

STEPHEN JAY GOULD'UN
SUNUŞUYLA

DAVID M. RAUP

YOK OLUŞ

KÖTÜ OLAN
GENLERİMİZ Mİ
ŞANSIMIZ MI?

YOK OLUŞ

KÖTÜ OLAN GENLERİMİZ Mİ, ŞANSIMIZ MI?

Nıvart Taşçı 1981 İstanbul doğumlu. İstanbul Üniversitesi Tıbbi Biyolojik Bilimler mezunu. Boğaziçi Üniversitesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü'nde ve aynı üniversitenin Atatürk Enstitüsü'nde yüksek lisans yaptı. Yayıncılık alanında çalışıyor ve serbest çevirmenlik yapıyor.

YOK OLUŞ

KÖTÜ OLAN GENLERİMİZ Mİ, ŞANSIMIZ MI?

DAVID M. RAUP

Çeviren: Nivart Taşçı



**BOĞAZIÇI
ÜNİVERSİTESİ
YAYINEVİ**

David M. Raup
Extinction
Bad Genes or Bad Luck?
© David M. Raup, 1991. All rights reserved.

Yok Oluş
Kötü Olan Genlerimiz mi, Şansımız mı?
© BÜTEK A.Ş. 2010. Tüm hakları saklıdır.

BÜTEK Boğaziçi Eğitim Turizm Teknopark Uygulama
ve Dan. Hiz. San. Tic. A.Ş.
Boğaziçi Üniversitesi Güney Kampüsü, 7. Lojman,
3. Kat, P.K. 34342, Bebek-Beşiktaş/İstanbul
Telefon: 0212 359 46 30

Yönetim Yeri:
Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi
Boğaziçi Üniversitesi Uçaksavar Kampüsü
Garanti Kültür Merkezi, Arka Giriş
Etiler/İstanbul

bupress@buvak.org.tr, bupress@boun.edu.tr
www.bupress.org, www.bupress.net
Telefon ve faks: (90) 212 257 87 27
Sertifika No: 10821

*Bu kitabın yayın hakları Akçalı Telif Hakları aracılığıyla alınmış ve
W.W. Norton & Company, Inc.'nin 1991 baskısından çevrilmiştir.*

Genel Yayın Yönetmeni: Murat Gülsoy
Redaksiyon: Mehmet Doğan
Yayın Hazırlayan: Meltem Aravi, Ergun Kocabıyık
Kapak Tasarımı: Kerem Yeğin
Baskı: G.M. Matbaacılık ve Ticaret A.Ş.
100 Yıl Mah. Matbaacılar Sitesi, 1. Cadde, No: 88
Bağcılar/İstanbul
Telefon: (0212) 629 00 24
Sertifika No: 12358

Birinci Basım: Aralık 2011

Boğaziçi University Library Cataloging in Publication Data
Raup, David M.

Yok oluş: kötü olan genlerimiz mi, şansımız mı? / David M.
Raup; çeviren Nivart Taşçı
197 p. ; 21 cm.

ISBN 978-605-4238-64-4

1. Extinction (Biology) -- Extinction: bad genes or bad luck? I.
Title. II. Taşçı, Nivart.
QH78|b.R38

İÇİNDEKİLER

Önsöz, ix

SUNUŞ, xi

1. NEREDEYSE TÜM TÜRLERİN NESLİ TÜKENDİ, 17

Yok Oluş Önemli midir?, 17 ❖ Kötü Genler mi, Kötü Şans mı?, 18 ❖ Yok Oluşun Doğası, 19 ❖ Yok Oluş Kimin Alanıdır?, 22 ❖ Sözcük Hakkında Bir Çift Söz, 26 ❖ Türün Tanımı, 27 ❖ Yok Oluşun Amacı, Eğer Varsa, 29.

2. YAŞAMIN KISA TARİHİ, 33

Yaşamın Kökeni, 33 ❖ Karmaşık Yaşam, 34 ❖ Fosil Kaydının Niteliği, 37 ❖ 600 Milyon Yıllık Telaş, 38 ❖ Borsa Benzetmesi, 41 ❖ Trilobit Gözleri, 43 ❖ Tropik Resifler, 44 ❖ Uçan Sürüngeçler, 47 ❖ İnsanın Evrimi, 48 ❖ Yaşayan Fosiller, 49.

3. KUMARBAZIN İFLASI VE BAŞKA PROBLEMLER, 53

Kumar, 53 ❖ Rastlantısallık Kavramları, 57 ❖ Sağkalım Kumarı, 58 ❖ Farklılık Gösteren Yok Oluş ve Türleşme Oranları, 60 ❖ Eğimli Histogramlar, 61 ❖ Diğer Modeller, 64 ❖ Soyadların Yok Oluşu Üstüne Bir Not, 66.

4. KİTLESEL YOK OLUŞLAR, 69

K-T Kitlesele Yok Oluşu, 70 ❖ Yok Oluşu Ölçmek, 74 ❖ Ölümler Üstüne Bir Hatırlatma, 78 ❖ Kitlesele Yok Oluşların Uzunluğu, 78 ❖ Kitlesele Yok Oluşlar Zemin Yok Oluştan Farklı mı?, 83 ❖ Ölüm Eğrisi, 86.

5. YOK OLUŞUN SEÇİCİLİĞİ, 90

Buzul Çağı Baskını, 90 ❖ Baskının Seçiciliği, 92 ❖ Beden Ölçüsü ve K-T Yok Oluşu, 94 ❖ Boyut Eğilimine Dair Başka Örnekler, 96 ❖ Diğer Seçicilik Örnekleri, 97 ❖ Taksonomik Seçicilik, 101 ❖ Trilobitlerin Kötü Genleri, 103 ❖ Bazı Çıkarımlar, 104 ❖ Özet, 106

6. NEDEN ARAYIŞI, 108

Yok Oluşun Seyrekliği, 108 ❖ Uydurma Açıklamalar, 111 ❖ Dikkat! Antropomorfizml, 112 ❖ Ölüm Eğrisi, Yeniden, 114.

7. YOK OLUŞUN BİYOLOJİK NEDENLERİ, 118

Türler ve Ekosistemler Kırılgan mıdır?, 118 ❖ Step Tavuğu Örneği, 120 ❖ İlk Darbenin Önemi, 122 ❖ Küçük Popülasyonların Sorunları, 123 ❖ Rekabet, 126 ❖ Tür-Yüzölçümü Etkileri, 128 ❖ Tür-Yüzölçümü ve Geçmişteki Yok Oluşlar, 130 ❖ Büyük Amerikan Göçü, 131 ❖ Tropikal Yağmur Ormanlarının Tarihi, 132.

8. YOK OLUŞUN FİZİKSEL NEDENLERİ, 137

Geleneksel Favoriler, 138 ❖ Deniz Seviyesi ve İklim, 138 ❖ Tür-Yüzölçümü Etkileri, 141 ❖ Deniz Seviyesini ve İklimi Sınamak, 143 ❖ Pleistosen Deneyimi, 145 ❖ Egzotik Fiziksel Nedenler, 148 ❖ Eşi Görülmemiş Volkan Faaliyetleri, 148 ❖ Kozmik Nedenler, 150.

9. GÖKYÜZÜNDEN YAĞAN TAŞLAR, 152

Krater Oluşum Oranları, 154 ❖ Yıkım Gücü, 156 ❖ Alvarez ve K-T Yok Oluşu, 157 ❖ Tükenişin Dönemselliği ve Nemesis, 159.

10. TÜM YOK OLUŞLARIN NEDENİ GÖKTAŞI ÇARPMASI OLABİLİR Mİ?, 163

Olasılık Savları, 163 ❖ Gözlemden Doğan Önergeler, 167 ❖ Yok Oluş Kraterlere Bağlıdır, 169 ❖ Yok Oluş Kraterlere Bağlı Değildir, 171 ❖ Değerlendirme, 173.

11. YOK OLUŞA DAİR FARKLI BAKIŞ AÇILARI, 175

Bir Nesil Nasıl Tükenir, 175 ❖ İlkesiz Yok Oluş, 178 ❖ Yok Oluşun Evrimdeki Rolü, 180 ❖ Genler mi, Kötü Şansımız mı?, 184 ❖ Bugünkü Yok Oluşlara Dair Bir Hatırlatma, 185

SONSÖZ:

SEÇTİĞİMİZ GEZEĞEN GÜVENLİ Mİ?, 187

ÇİZİMLER

1-1.	Kuşların Kökeni	21
1-2.	Türleşme ve Filetik Dönüşüm	24
1-3.	Yok Oluşun Evrim Ağaçları Üzerindeki Etkisi	31
2-1.	Standart Jeolojik Zaman Cetveli	40
2-2.	Tropik Resiflerin Tarihi	46
3-1.	Kumarbazın İflası Simülasyonları	54
3-2.	Fosil Cinslerinin Yaşam Döngüleri	62
3-3.	Memelilerde Cins Boyutları	63
3-4.	Kırk Sopa Simülasyonu	65
4-1.	Geçmişteki Büyük Yok Oluşlar	71
4-2.	Tersine Seyreltme Grafiği	77
4-3.	Erozyonun Jeolojik Sıralanımında Etkileri	80
4-4.	Büyük ve Küçük Yok Oluşların Sıklığı	84
4-5.	Fosil Türlerine Ait Ölüm Eğrisi	87
6-1.	Ölüm Eğrisi, Yeniden	115
7-1.	Tür-Yüzölçümü Etkisi Grafiği	129
7-2.	Güney Afrika'daki Yağmur Ormanlarının Dünü ve Bugünü	134
8-1.	Deniz Seviyesinin Tarihi	140
8-2.	Okyanus Suyu Sıcaklıklarının Tarihi	142
10-1.	Yok Oluş-Çarpma Eğrisi	165
	Son Sözü Doğa Söyler	192

ÖNSÖZ

Bu kitap yeryüzündeki yaşamın tarihini konu almaktadır; bu tarihin sayısız sapakları ve dönemeçleri bir şekilde bizi ortaya çıkarmıştır. Elinizdeki kitap, biyolojik kökenlerimizin, en az, evrenimizin fiziksel kökenleri kadar önemli –ve ilginç– olduğu inancıyla yazılmıştır.

Başından sonuna kadar yok oluş –yani tür ölümü– üstünde yoğunlaşacağım; organik evrimin şaşılacak ölçüde az ilgi gören bir yüzü bu. Dönüp dolaşıp gündeme getireceğim temel soru şu olacak: Jeolojik geçmişte ölmüş olan milyarlarca tür, sırf yeterli olmadıkları için mi (kötü genler yüzünden mi), yoksa yalnızca yanlış zamanda yanlış yerde oldukları için mi (kötü şans yüzünden mi) öldü? Türler hayatta kalmak için mücadele mi eder yoksa kumar mı oynar? Bu bizi daha da tanıdık mecralara götürüyor: Bizler, doğal bir üstünlükten ötürü mü buradayız (serçe parmakla birleşebilen başparmaklarımız, büyük beyinlerimiz gibi), yoksa sadece basbayağı şanslı olduğumuzdan mı? Diğer bir ifadeyle, en uygun olan hayatta kalır doktorinin üzerine basa basa söylediği gibi, yaşamın evrimi gerçekten de adil bir oyun mu?

Geçmişteki yok oluşlar kendi başına önemli bir konu, fakat bunun ötesinde, tehlike altındaki türler, biyoçeşitlilik kaybı ve insan faaliyetlerinin neden olduğu yok oluşlar gibi çağdaş meselelerle de ilgili. Bu bakımdan türlerin yok oluş tarihi, küresel ekolojinin bugünü ve geleceği hakkında değerli bir bakış açısı sunar.

Bu kitabı hayata geçirmemde yardımcı olan kişilere ve kurumlara teşekkür etmek benim için bir zevk. Yok oluş konusunda sürdürdüğüm araştırmalar, NASA'nın Uzay Biyolojisi programı tarafından, ajansın evrendeki

yaşamla ilgili devam etmekte olan araştırmalarının bir parçası olarak, senelerdir desteklenmekte; onlara minnettarım. Chicago Üniversitesi sayesinde, yıllanmış sorulara yepyeni açılardan bakarak düşünmeyi denerken fazlasıyla ihtiyaç duyduğum iki şeye, entelektüel bir ortama ve sorgulayan öğrencilere kavuştum.

Yok oluşla ilgili veriler içeren muazzam külliyatını benimle teklifsizce paylaşan meslektaşım Jack Sepkoski'ye minnettarım. Ayrıca Jack'e ve ortak dostumuz Dave Jablonski'ye, yok oluş olgusu konusunda yaptığımız sayısız tartışmadan ötürü teşekkür ediyorum. Bu soruların etrafında o kadar çok dönüp durduk ki hangi fikrin kimden çıkmış olduğunu söylemek imkânsız. Bununla beraber, ilerideki sayfalarda ifade edilen tuhaf fikirlerin bazılarında ne Jack sorumlu tutulmalıdır, ne de Dave.

Üretim aşamasında, karım Judie Yamamoto'ya benden esirgemediği destek ve hoşgörü, tabii bir de henüz yazım aşamasındayken okuduğu onca taslak için teşekkür ediyorum. Bilgisayarımın bakımını üstlenen Wesley Gray'e müteşekkirim; bu hayati yardımı çok makbule geçti. Ayrıca taslağı okuyan ve iyi önerilerde bulunan Clark Chapman, Marianne Fons, Kubet Luchterhand, Daniel McShea, Matthew Nitecki, Jack Sepkoski ve Gene Shoemaker, hepinize teşekkürlerimi sunuyorum. Son olarak, Norton'dan Ed Barber projeyi başından sonuna kadar destekledi; düzeltileri çok yapıcıydı; kendisine minnettarım.

Chicago
Kasım 1990

SUNUŞ

Doğa ve yeryüzü geleneksel olarak kadın bedeniyle temsil edilmiştir; oysa tüm mesleklerin ve kurumların (hem sürekliliğe duyduğumuz bireysel ihtiyacın, hem de toplumumuzdaki cinsiyetçiliğin bir açıklaması olarak) kurucu babaları, ülkesinin Washingtonları, modern astronominin Kopernikleri vardır. Jeolojinin herkesçe kabul gören “babası”, öncelikle, modernizmin yasalarını ders kitabı olarak ciltler halinde *Principles of Geology*'de [Jeolojinin İlkeleri] (1830-1833) anlatan Charles Lyell'dır. Lyell, felsefesini, sonradan birörneklilik (*uniformitarianism*) olarak adlandıracağı doktrin çerçevesinde özetler; bu, odak noktasında “geçmişin anahtarı bugündür” öğretisinin yer aldığı karmaşık bir inanç dizgesini ifade etmektedir. Kuramsal olarak, mevcut doğal süreçlerin ve bunların meydana gelme oranlarının; yeryüzünün ve yaşamın tarihinde yer alan bütün bir geçmiş nedenler cümbüşünü açıklamamıza yeteceğini ileri sürer. Ona göre bu ilke, “felaketlere yol açan” hayali (ve sözde teolojik) nedenleri bir kenara bırakmamızı ve geçmişteki değişimlerin muazzamlığını, çok uzun zamanlara yayılmış gündelik küçük değişimlerin (damla damla ilerleyen çökelmeler ve erozyonlar) yavaş ve tedrici birikimi olarak görmemizi sağlayacak bir yöntem reformudur.

Ne kadar da makul ve sağduyulu bir düşünce gibi gözüküyor. Jeolojideki modern çağa ait en büyük devrim, yani kıta kayması ve levha tektoniği kuramları açısından bile, yılda birkaç santimetrelik kıta hareketlerinin, ancak muazzam büyüklükteki jeolojik zaman dilimlerinin sonunda büyük çapta birikimli değişimlere ulaştığı yönündeki çıkarımın ne kadar da etkin olduğu fikri, birörnekçi

görüşün bir dışavurumudur. Üstelik, hangi bakış açısından (kuramsal veya deneysel) bakarsanız bakın, Lyell'in inancı çok fazla bir anlam ifade etmez ve bir dogma olarak bulunduğu konum, olsa olsa toplumsal ve psikolojik tercihlerimizin bir göstergesi olabilir. Öncelikle, içinde bulunduğumuz gözlemlenebilir küçük zaman kesitinin, yeryüzünü değiştirebilecek tüm olası süreçleri kapsama olasılığı nedir? Tarihimizde tek bir kere gözleme şansımızın bile çok düşük olmasına neden olacak kadar nadir gerçekleşen, devasa, fakat bir o kadar da doğal olaylara ne demeli peki? İkincisi, Lyell'in tedriciliği, nasıl oluyor da paleontolojinin temelinde yatan gerçeği, yaşamın tarihi boyunca defalarca gerçekleşmiş olan yaygın ve görünüşe göre hızlı fauna devirlerini ("kitlesel yok oluşları") açıklayabiliyor? (Geleneksel açıklamalar, bu büyük ölümleri en az birkaç milyon yıllık zaman dilimlerine yayarak ve örneğin sıcaklık ve deniz seviyelerindeki değişimler gibi, gündelik nedenlerdeki şiddetlenmeye bağlayarak "yumuşatmaya" çalışır, fakat ileri sürülen savlar daima zorlamadır.)

Kavramsallaştırması zor olmayan, ancak ilk defa 1980'de güçlü verilerin desteğiyle ileri sürülmüş olan, dünyadışı çarpımların neden olduğu kitlesel yok oluş kuramı, sadece yaşamın tarihine bakışımızda devrimsel bir değişime neden olmakla kalmaz, meşruiyet kazandırdığı felaketçi anlayışı tekrar saygı duyulur bir konuma taşıyarak bütün bir tarihsel değişim kavramımızı dönüşüme uğratar. Dolayısıyla, bilim tarihçisi William Glen'in savunduğu gibi, çarpmanın yarattığı etkiyle ilgili kuramlar, yer-küre mekaniği hakkındaki anlayışımızı yeniden şekillendiren fakat bir yandan da Lyellci değişim anlayışına halel getirmeyen levha tektoniği kuramına kıyasla, kavramsal açıdan çok daha önemli ve kapsayıcı olabilir.

Çarpma senaryosunun geçerliliği, halihazırda, hiçbir açıdan yok oluşların en büyüğü olmayan, fakat dinozorları ortadan kaldırarak memelilere bir şans tanıyan, böylece kendi evrimimizi mümkün hale getiren, ve işte

bu yüzden de kalbimizde özel bir yere sahip olan Kretas yok oluşu için belgelenebilmiştir yalnızca. Öyle de olsa, konunun diğer kitlesel yok oluşları da içerecek şekilde genişletilebilir oluşu heyecan verici bir olasılık; tabii mevcut araştırmalar için de cazip bir konu haline gelmiştir. Bu konuyla ilgili verilerimizin kaynağı fosil kayıtlarıdır; yok oluş şablonlarının sayısallaştırılması en önemli ve umut vaat eden konudur. Ne var ki, yok oluş, varlığı gün gibi ortada olmasına rağmen şimdiye kadar yeterli ilgiyi görmedi. Uyum sağlama, tedrici değişim ve ilerlemenin fazlasıyla yer bulduğu bir Darvinci dünyada yok oluş, fazlasıyla olumsuz görüldü: Nihai başarısızlık; evrimin “asıl” marifetinin öteki yüzüydü; kabul edilen fakat öyle ulu orta tartışılmayan bir şeydi.

Bu tuhaf savsaklama, son on yılda tersine döndü; artık paleontologlar arasında yok oluştan daha fazla ilgi uyandıran ikinci bir konu yok. Bunun birçok nedeni var; kitlesel ölüme neden olan çarpma kuramıyla bağlantısı özellikle öne çıkıyor. Fakat ne olursa olsun, söz konusu değişimin baş mimarı, parlak meslektaşım David M. Raup’dur. Dave, tozlu bir fosil çekmecesinin başında vakit geçirmektense, bilgisayarının başında kendisini daha rahat hissediyor olabilir (zaten eleştirilerden kendi payına düşeni de en çok buna karşı tavır alan gelenek yanlılarından alıyor), fakat kendisi, fosil kayıtlarını sayısal açıdan değerlendirme konusunda tartışılmaz bir usta. Çarpma senaryosu karşısında çoğu paleontolog öfkeyle veya alayla homurdanırken ve bu senaryoyu ciddiye almayı reddederken, Dave, bunun ne kadar güçlü bir öneri olduğunu daha en başından gördü. Bu alanın en önemli keşiflerini yaptı; kitlesel yok oluşların 26 milyon yıllık devirler halinde tekrarlanıyor olabileceği önerisi de dahil olmak üzere, bu alandaki en ilginç ve en kışkırtıcı varsayımları öne sürdü. Her zaman paleontolojinin yaramaz çocuğu oldu; ellisinden sonra da böyle kalmak kolay değil (onunla uğraşıp duruyorum), fakat bir yandan da bilimdeki tüm statüler

arasında en yüce olanı yaramazlıktır. Dave'in bir sloganı olsaydı eğer, olsa olsa şu olurdu: Düşünülemez olanı düşün (ve sonra, nasıl işleyebileceğini gösteren bir matematiksel model geliştir); geçerlilik alanı kısıtlı, olmayacak bir fikri al, sonra bak bakalım o alan her şeyi açıklayabilecek kadar genişletilebiliyor mu. Dave'in, büyük kitlesel yok oluşlardan biri hakkındaki çarpma senaryosunu değerlendirmekle kalmayıp, "sadece kitlesel ölümlerin değil, tüm yok oluşların, yerel alanlarda gerçekleşen en küçük kayıpların bile değişik boyutlardaki çarpmalardan kaynaklandığını varsaymamızı" istediği bu kitap, geçerlilik potansiyeli taşıyan bu putkırıcılığın mükemmel bir resmi-dir. Onun istediğini yapacak, dediğini varsayacak olursak yaşamın tarihi neye benzer? Şu andaki yaşamın tarihine benzer mi?

Paleontoloji, ilgi çekici her bilim dalı için son derece alışıldık, tüm o malum dolambaçlı tartışmalara boğazına kadar gömülmüş de olsa, nispeten daha dost canlısı bir alandır. Meslektaşların arasında sevmediğim kimse yok gibi, fakat sezgileriyle ilham veren ve beni olmadık yenilikleri de değerlendirmeye iten bir avuç dostum var ki, onlara duyduğum yakınlık bambaşka. Dave Raup bu bir avuç içinde iyinin de iyisi. Daha şahsen tanışmamışken, yazdığım ilk makaleyi incelemiş ve kendinden hiç de emin olmayan (o zamanların) bu yüksek lisans öğrencisine, gayet dostane ve yüreklendirici biçimde yaklaşarak, olabilecek en destekleyici biçimde, yaptığı bariz hataları göstermişti. 1970'li ve 80'li yıllar boyunca beraber bir dizi makale üstünde çalıştık (rastlantısal süreçlerin, çoğu paleontoloğun geleneksel nedenselliğin *prima facie* kanıtı [aksi ispatlanmadıkça doğru kabul edilen kanıt] olarak yanlış yorumlayabileceği, aleni bir düzen üretme gücü üstüneydi). Ardından Dave, bütün kitlesel yok oluşların aslında birer muhakeme hatası olduğu, temel yok oluş hızının zaman içinde kesinlikle farklılık göstermediği ve yok oluş gibi gözükten olguların aslında fosil kayıtlarındaki kusurlardan

kaynaklanan yanlış anlamalar olduğu düşüncesini kurcalamaya başladı. (Defalarca itiraz ettim. “Fakat Dave, böyle söyleyemezsin. Mesele, türlerin %95’inin Permien sonunda ölmüş olması değil; mesele Trias’ta tekrar geri dönmemiş olmaları. Yani gerçekten de ölmüş olmalılar!” dedim. Tartışmadan galip çıktığımı sanıyorum fakat bu konuşma, Dave’in her şeyi dikkate aldığını ve fikrini değiştirebilen biri olduğunu gösteriyor).

Kıskançlığın, komplonun ve sahtekârlığın bilimciler arasındaki ilişkilerde kural haline geldiğini düşünmek bugünlerde moda. Oysa böyle şüpheli davranışların bu kadar göz önünde olmasının tek nedeni kötülüğün; iyilikten, yardımseverlikten ve işbirliğinden çok daha kolay görölmesi. Asla kayıtlara geçmeyen on binlerce iyilik, çıkar gözetken tek bir davranışla ilgili atılan her gazete manşetini dengelemekten çok daha fazlasını yapıyor. Bilimin tutkalı da işte bu dayanışmadır; yokluğunda, can sıkıntısı ve muhtelif taahhütlerin çileden çıkaran baskısından başka bir şey bulamayacağınız bir mesleğin tadı tuzu. Doğruluktan ve aklın sorgulayıcılığından şaşmayan Dave gibi meslektaşlara sahip olduğuma seviniyorum. İnsanı dürtten böyle arkadaşlar yanınızdayken, ne gençliğinizi kaybedersiniz ne de iyiliğe olan inancınızı...

Stephen Jay Gould
Harvard Üniversitesi
Karşılaştırmalı Zooloji Müzesi

Profesyonel futbolcuların neredeyse tümü hâlâ hayatta. Çekirdek fizikçileri, şehir plancıları ve vergi uzmanları da öyle muhtemelen. Hayatta kalma konusundaki bu başarı, kısmen, profesyonel futbolun, çekirdek fiziğinin ve diğerlerinin yeni dallar oluşuna, kısmen de nüfustaki büyümeye bağlıdır; geçmişte hiç olmadığı kadar çok insan var şimdi. Büyük demograf Nathan Keyfitz'in 1966'da yaptığı bir hesaplama göre o sırada hayatta olan insanların sayısı, o ana kadar doğmuş olan tüm insanların yaklaşık %4'ünü oluşturuyordu. İşte, yenilik ve nüfus artışı bir kere daha karşımızda.

Türler açısından durum pek de böyle değil! Yeryüzünde milyonlarca farklı hayvan ve bitki türü var; muhtemelen kırk milyon kadar. Fakat zaman içinde toplam beş ila elli *milyar* tür yaşamıştır. Dolayısıyla, her bin türden ancak biri bugün hâlâ hayatta; tam anlamıyla berbat bir sağkalım sicili: Başarısızlık oranı %99,9! Bu kitapta iki temel soru ele alınıyor: Neden bu kadar çok sayıda türün nesli tükendi? Nasıl tükendi?

YOK OLUŞ ÖNEMLİ MİDİR?

Evet, hem de çok önemli olduğunu düşünüyorum. Hepimiz etrafımızdaki doğal dünya hakkında, onun geçmişi ve geleceği hakkında, birtakım fikir ve düşünceler edinir, bunlarla büyürüz. Bu fikirleri aldığımız binlerce kaynak vardır; çizgi romanlar, okullar, televizyon dizileri... Tüm bu fikirler, kültürümüzün ortak duruşunu yansıtır. Yeryüzünün, yaşamak için oldukça güvenli ve müşfik bir yer olduğu konusunda sanırım hepimiz hemfikiriz; insanların yeryüzüne

ve birbirlerine yapabileceklerini hesaba katmazsak tabii. Depremler, kasırgalar ve salgın hastalıklar vurup geçebilir fakat yine de yeryüzümüz genel anlamda dengelidir. Ne çok sıcak, ne de çok soğuktur; mevsimler öngörülebilir; güneşin doğuşu ve batışı belli bir takvimi izler.

Yaşamın üç buçuk milyar yıldır kesintisiz devam ettiğinden kuşku duymayız; gezegenimiz hakkındaki olumlu düşüncelerimizin büyük bir kısmı da bundan ileri gelir. Ayrıca, doğal dünyada meydana gelen çoğu değişikliğin yavaş ve tedrici olduğu öğretilmiştir bizlere. Türler uzun zaman aralıkları boyunca atılan küçücük adımlarla evrimleşir; erozyon ve açık hava etkisi, arazileri değiştirir değiştirmesine fakat, neredeyse ölçülemeyecek kadar düşük bir hızla. Kıtalar hareket eder, tıpkı Kuzey Amerika kıtasının hâlihazırda Avrupa'dan öteye sürüklenmesi gibi, fakat yılda birkaç santimetrelik bu kaymanın ne bizim, ne de çocuklarımızın hayatı üzerinde kayda değer bir etkisi var.

Bütün bunlar doğru mu, yoksa daha çok bizi rahatlatmaya yarayan peri masalları mı? Bundan daha fazlası var mı? Sanırım var. Geçmişteki neredeyse tüm türler başarısızlığa uğradı. Eğer nesilleri aşamalı bir şekilde ve sessiz sedasız tükendiyse, ya da birtakım aşağı özelliklere sahip oldukları için ölmeyi hak ettilerse, yeryüzü hakkında olumlu duygularımıza hâlel gelmez. Fakat ölümleri şiddet doluyorsa; üstelik hiçbir hataları da olmamışsa, o zaman dünyamız o kadar da güvenli bir yer değil demektir.

KÖTÜ GENLER Mİ, KÖTÜ ŞANS MI?

Bu kitabın ismini, birkaç yıl önce İspanya'da yayımladığım bir araştırma makalesinden aldım. O sırada, trilobitlerin¹ Paleozoik çağda uğradığı hezimetle ilgileniyordum.

¹ Trilobitler (Trilobita), eklembacaklılar bölümünün fosil sınıfıdır. Erken Kambriyenden Geç Permiyene kadar yaylıış gösterirler —*ed. notu*.

Yaklaşık 570 milyon yıl öncesinden itibaren bu karmaşık, yengeç benzeri organizmalar, okyanus tabanındaki yaşamın, ya da en azından bu döneme ait fosil topluluklarının hâkimi oldu. 325 milyon yıllık Paleozoik çağ boyunca trilobitler, hem sayıca, hem de çeşitlilik anlamında azaldı; sonunda 245 milyon yıl önce, çağı sonlandıran kitlesel yok oluşla birlikte tamamen ortadan kayboldular. Bildiğimiz kadarıyla trilobitlerden geriye hiç mirasçı kalmadı.

O zamanlar İspanya'da sorduğum soruda hâlâ ısrarcıyım: Neden? Trilobitler bir hata mı yaptı? Temelde aşağı organizmalar mıydılar? Yoksa akıllı mı değillerdi? Ya da sadece yanlış zamanda yanlış yerde olacak kadar şansızlar mıydı? İlk seçenek, yani kötü genler seçeneği, hastalıklara yatkınlık, duyuşsal algılarda eksiklik veya düşük üreme kapasitesi gibi şekillerde kendini gösterebilir. İkinci seçenek, kötü şans, trilobitlerin yaşadığı alandaki tüm hayatı silip süpüren tuhaf bir felaket olabilir. Temelde bu bir 'doğuştan mı, sonradan mı' meselesidir. Yok oluşa yatkınlık; türlerin içkin bir özelliği, bir zayıflığı mıdır, yoksa her an diken üstündeki dünyamızda talihin bir oyunu mu?

Elbette sorun, tıpkı insandavranışlarındaki 'doğuştan-sonradan' karşıtlığı gibi, burada sunduğumdan çok daha karmaşık. Ne var ki her durumda, hem doğuştan olana karşılık gelen doğa (genetik yapı), hem de sonradan olan derken kastedilen yetiştirme şekli (çevre), belli bir dereceye kadar geçerlidir; ve asıl zor olan, hâkimiyetin hangisinde olduğunu ve orantısızlığın zamana ve mekâna göre değişkenlik gösterip göstermediğini keşfetmektir.

YOK OLUŞUN DOĞASI

Yok oluş meselesini, dolayısıyla bu kitabı boş verip es geçebilirdik. Sıradan bir bitki veya hayvan türünün jeolojik yaşam süresinin sadece dört milyon yıl olduğunu ve yaşamın milyarlarca yıllık geçmişi bulunduğunu belirtebilirdik. Bu açıdan bakıldığında, yaşam döngüsünü

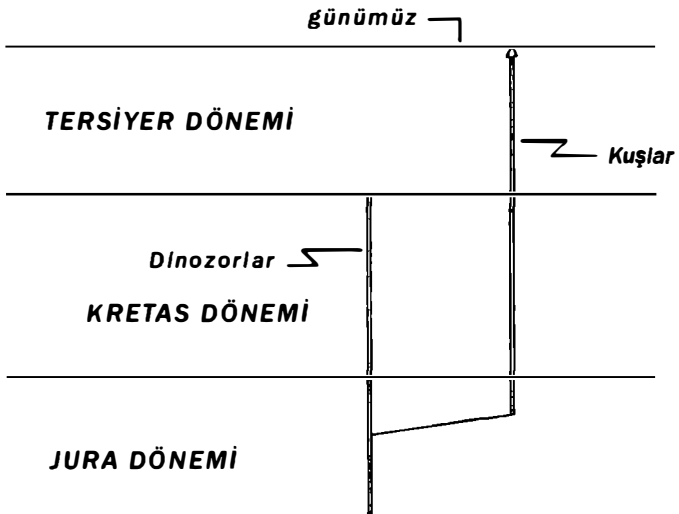
kısa tutmanın, doğanın türlere biçtiği bir kader olduğunu savunabilirdik. Will Cuppy, denemelerden oluşan nefis eseri *How to Become Extinct*'te [Bir Nesil Nasıl Tükenir], "Sürüngeçler çağı bitti, çünkü yeterince uzun sürmüştü; üstelik, daha en başından bir hataydı" der.

Türlerdeki döngü için, tıpkı insanoğluna –doğa tarafından– bahşedilen kısıtlı yaşam süresi gibi, doğanın kanunudur deyip geçersek, türlerin yok oluşu karşısında bizi hayrete düşürecek bir şey de kalmaz. Oysa türlerin yaşam süresinin insanlarınkiyle kıyaslanmasını sağlayacak bir zemin kesinlikle bulunmamaktadır. Türlerin yaşlandığına dair hiçbir kanıt, ya da neden sonsuza kadar yaşamadıklarının bilinen bir nedeni yoktur. Aslında, fiili bir ölümsüzlük, yaşayan fosiller olarak adlandırılan canlılara (mesela hamam böceklerine veya köpek balıklarına) çoktan atfedilmiştir bile...

Sorunu savuşturmanın bir diğer yolu da türlerin aslında yok olmadığını, sadece doğal seçilim yoluyla başka türlere (muhtemelen daha iyilerine) evrimleştiklerini iddia etmek olabilirdi. Darwin'in *Türlerin Kökeni* adlı eserinin temelinde, türlerin tedricen yeni türlere dönüşmesi yatar. Bu şekilde yeni bir tür oluştuğunda, ilk tür ortadan kaybolmuş olmaz; sadece başka bir türe dönüşmüştür. Bu durumda ilk türün "hakiki yok oluşa" değil, "sahte-yok oluşa" uğradığı kabul edilir. Sahte-yok oluşlar doğada kesinlikle gerçekleşiyor olsa da, hakiki yok oluşlar sayısız türü tamamen ortadan kaldırmıştır. Bir zamanlar küresel biyotanın² önemli bir kısmını oluşturan birçok büyük bitki ve hayvan grubu artık yaşamıyor; miraslarını devralmış torunları da yok. Evrimsel biyoloji alanının (Stephen Jay Gould tarafından savunulan) "kesintili denge" kuramı üzerine yürütülen tartışmaların büyük bölümü de yaşam tarihindeki hakiki ve sahte yok oluşların oranı meselesine odaklanmıştır.

² Biyota: Belirli bir bölgedeki tüm bitki ve hayvan yaşamı —*ed. notu*.

Kuşların Jura Dinozorlarından Evrimleşmesi



ŞEKİL 1-1. Kuşların kökenini, Jura döneminde yaşamış dinozorlar soyuna bağlayan (fazlasıyla basitleştirilmiş) evrim ağacı. Bu şablon, dinozorların nesillerinin Kretas sonunda tükenmediğini, yalnızca Jura döneminde kanatlarının evrimleştiğini ve uçmaya başladıklarını iddia eden bir görüşe yol açmıştır.

İleri sürülen bir sözde-yok oluş tipi daha var. Dinozorların nesillerinin tükenmediği, sadece kanatlarının evrimleştiği ve uçmaya başladıkları ileri sürülmüştür. Belli bir dereceye kadar yerinde bir akıl yürütme. Kuşlar, yaklaşık 150 milyon yıl önce, Jura döneminde yaşamış dinozorlardan evrimleştiler (Şekil 1-1). İlk kuş fosillerini, küçük boyutlu Jura dinozorlarından ayırt etmek güçtür. Öyleyse kuşlar, grup olarak dinozorlardan geliyor; ve bunu gösteren birçok anatomik benzerlik mevcut. Günümüzde yaşayan 8.600 kuş türünün her birinde, sürüngen atalarından miras kalan bir şeyler var.

Fakat kuş soyu, dinozorların Kretas dönemini sona erdiren kitlesel yok oluşlarından milyonlarca yıl önce ayrı bir dal oluşturmuştur. Kretas dinozorlarındaki temiz bir

ölümdü! Onlarınki, nihai yok oluştu. Hakiki yok oluş, yer-yüzündeki yaşamın evrimsel soyağacının önemli bir parçasını belirlemiştir; o parçanın gerçek boyutunu bilmesek de, bundan kaçamayız...

YOK OLUŞ KİMİN ALANIDIR?

Tuhaftır, yok oluş, akademisyenler arasında veya akademik çalışmalarda pek rağbet görmüyor. Bu adı taşıyan bir bilim dalı da bulunmuyor. Öyle ya da böyle, konu hakkında bildiklerimiz az değil. 19. yüzyılın başlarında jeologlar, jeolojik olayları zaman sıralamasına koymanın en iyi yolunun, fosil türleri arasındaki kısıtlı örtüşmeyi kurgulamak olduğunu keşfetti. Tersten akıl yürütecek olursak; jeologlar, üzerindeki fosilleri tanımlayarak, bir kayacın zamandaki yerini, yani yaşını mükemmelen belirleyebilir. Bugün bile, petrol ve doğal gaz keşiflerinin büyük bölümü, fosil kayıtlarındaki değişimlere dayanan bir kronoloji, diğer bir ifadeyle, türlerin ortaya çıkışının ve yok oluşunun belgesi olan bir kronoloji üzerinde yükselir.

Ancak, yok oluş meselesi, ne jeologların ne de işin asıl zor kısmını üstlenmiş meslektaşları paleontologların ilgisini çekti. Belki de bu bilimciler fosil kayıtlarıyla o kadar haşır neşir oldular ki, içten gelen o merak ve hayranlık duygusunu yitirdiler. Kayaçlarda tespit edilen türlerin soylarının fiilen tükenmiş olduğunu düşünürsek, sorulacak sorunun 'neden' değil, 'ne zaman' olarak kurgulanması gerektiğini görürüz. İlginçtir, tehlike altındaki türlere dair duyulan endişeye veya bizi bekleyen yok oluşlar hakkındaki öngörülere taraf olmuş jeologların ve paleontologların sayısı da çok azdır.

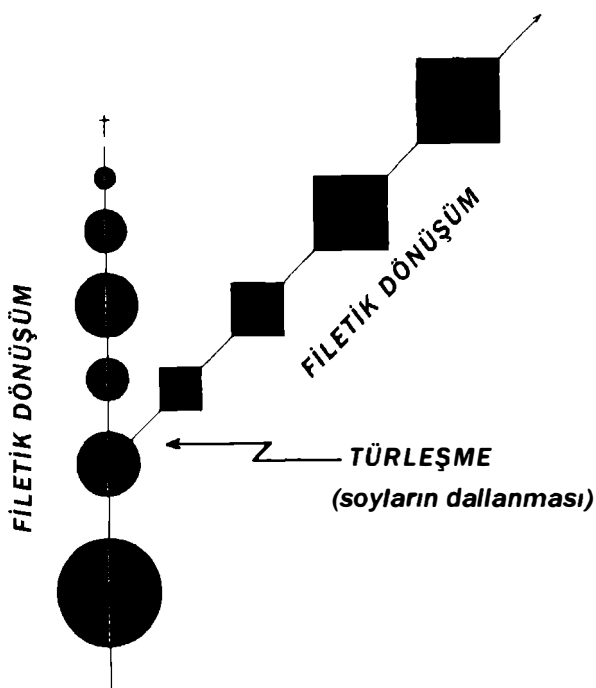
Paleontoloji eğitimi aldığım lisansüstü programında yok oluş hakkında; türlerin birbirleriyle yer ve kaynaklar konusunda hiç durmadan rekabet ettiklerini ve fiziksel çevreleriyle daima mücadele içinde olduklarını öğrendim. Arka planda, sabit bir düzeyde ilerleyen, zaman zaman da kitlesel yok oluş adı verilen büyük olaylarla kesintiye

uğrayan yok oluşun (zemin yok oluşu), yaşamın tarihinin kaçınılmaz bir parçası olduğunu öğrendim. Sağduyu daha derine inememiştir. Sınıflarda, ders kitaplarında kitlesel yok oluşa belli bir yer ayrılrsa da, bu olaylar anlaşılama-yacak kadar karmaşık olarak nitelendirildi. Okuldaki görevimiz, en önemli fosilleri ve bunların jeolojik zamandaki dizilimini tespit etmeyi öğrenmektir.

Öte yandan jeologlar ve paleontologlar yok oluşa hak ettiği ilgiyi göstermemiş olsalar da, biyologlar aynı-sını yapmadı şüphesiz. Organik evrim, biyolojinin hemen tüm veçhelerinde, merkezde yer aldı. Moleküler genetik ve popülasyon genetiğinden taksonomiye, ekolojinin birçok alanından biyocoğrafyaya, biyolojinin bütün alt birimleri, evrim tarihini belgelemeye ya da organizmaların evrimleş-mesini sağlayan süreçleri incelemeye çalışır. Kim kimden, ne zaman, neden ve nasıl türedi? Fakat tipik bir biyolog açısından yok oluşun evrim tarihinde oynadığı rol, garip-senecek derecede önemsizdir.

Biyolojinin son yirmi-otuz yılını meşgul eden önem-li konulardan biri, *türleşme* olarak bilinen hadise oldu. Ortak kanaat uyarınca bu terim, evrim çizgisinde, bir tür varken sayıyı iki ayrı türe çıkaran bir bölünmeyi, çatallan-mayı ifade eder. Gülünç olan, Charles Darwin'in üzerinde durduğu türlerin kökeninin, bu tarz bir türleşme hadisesi olmayışıdır. Darvinci değişimin ana eksenini, bir türün diğer türe doğru tedrici dönüşümü oluşturur; eşzamanlı olarak var olan türlerin toplam sayısında ise bir artış ol-maz. Aslında Darvinci tipteki tür kökenine, birçok biyolog türleşme bile dememekte, bunun yerine, biraz da becerik-sizce, *filetik dönüşüm* terimini yeğlemektedir.

Şekil 1-2'de, türleşme ve filetik dönüşüm arasındaki farkı resimledim. Üzerinde sembollerin yer aldığı iki çizgi, zaman içinde evrimleşen hayali bir hayvanın farklı türlere ait soylarını betimliyor. Her bir türün anatomisi dairelerle karikatürleştirilmiş. Daireler zamanla (ortalama olarak) küçülüyor, yani evrim daha küçük vücut boyutlarına doğru ilerliyor. Bu değişim, filetik dönüşüm yoluyla ger-



Şekil 1-2. Filetik dönüşüm ve türleşme arasındaki ayrımı gösteren varsayımsal evrim ağacı. Hayali organizmalar (dairesel ve kareler) zaman içinde giderek değişerek, daha büyük ya da küçük hale geliyorlar (FILETİK DÖNÜŞÜM). Dallanma noktasında (TÜRLEŞME), daire şeklindeki organizmalardan kare organizma soyu ortaya çıkıyor.

çekleşmektedir.

Şekil 1-2'deki zincirin yarısında bir çatallanma meydana geliyor: Dairesel organizmalardan bazıları, kare organizmalar soyunu başlatmak üzere zincirden ayrılıyor. Ardından kareler de filetik dönüşüm yoluyla evrimleşiyor; bu seferki anatomik değişim, boyut artışı lehine oluyor. Dikkat edin; ilk türü (daire şeklinde) yok ettim fakat ondan türeyenler (kare olanlar) hayatta.

Eğer gelmiş geçmiş tüm türlerin %99,9'u yok olmuşsa, ortaya çıkan türlerle yok olan türlerin toplamının neredeyse aynı olduğu sonucuna ulaşıyor. Mevcut biyoçe-

şitlilik, yani yaşayan milyonlarca tür, bize çok gelebilir; oysa günümüzün biyotası, yok oluşlar karşısında türleşmedeki çok küçük bir artık değer, çok uzun bir zaman dilimi boyunca birikmesinin sonucudur.

Hal böyleyken, evrim biyologlarının dahi yok oluşa neredeyse hiç önem vermemiş olmaları şaşırtıcıdır. Türleşme üzerine kapsamlı incelemeler ve ders kitapları kaleme alınmış; sayısız insan, kariyerini bu konu üzerine inşa etmiştir. Oysa yok oluşa elini süren hiç yok gibidir. Bu biraz da, bir nüfus bilimcinin ölüm oranlarını hesaba katmadan nüfus artışını incelemeye çalışmasına benzer. Ya da bir muhasebecinin borçları bir kenara bırakıp yalnızca alacaklarla ilgilenmesine... Evrim biyolojisi konusundaki ders kitaplarının yok oluş hakkında söyledikleri, “Türler değişimle başa çıkamadıklarında yok oluşa gider” ya da “Nüfusun boyutu sifıra yaklaştığında yok oluş muhtemeldir” gibi klişelerin ve totolojilerin ötesine geçmez. *Britannica Ansiklopedisi*’ne (1987) göre “Bir tür, nüfusun yenilenmesi düzeyinde üreyemediğinde yok oluş gerçekleşir.” Bu önermeler hemen hemen hiçbir şey ifade etmez.

Ancak, bilimin ilgi alanları değişiyor; yok oluş konusunda da olan bu... Neyse ki Nobelli fizikçi Luis Alvarez ve Berkeley’deki çalışma arkadaşlarının gözüpek savları sayesinde, dinazorların yok oluşuna bir göktaşı çarpmasının mı neden olduğu konusunda şiddetli bir tartışma patlak verdi. Bu tartışma, tehlike altındaki türlere duyulan merakla birleşerek, yok oluşu ve bu olgunun yaşamın tarihinde oynadığı rolü irdeleme konusunda daha fazla insanı cesaretlendirdi. Yeni yeni ortaya çıkmakta olan yok oluş çalışmaları, günün birinde “oloji” ile biten bir isim alır belki de, kimbilir... Benim bu kitaptaki vazifem, birçoklarımızın yok oluşu daha fazla anlayabilme yolunda gösterdiği çabayı sizlerle paylaşmak olacak.

Yok oluş araştırmalarının hâlâ küçük ölçekli, kendine yetecek kadar bir zanaat teşkil ettiğini vurgulamam gerekiyor. Bilimin büyük konularının şaşaasına sahip değil; Supercollider (parçacık hızlandırıcı), İnsan Genom Projesi

ya da Hubble Uzay Teleskopu ile kaşılaştırılabilir tarafı yok. Yine de yok oluş hakkındaki sorularımız, evrendeki yerimizi anlama konusundaki süregiden çabamız ve yanıt aradığımız o nihai soru kadar ilginç ve esastır: Neden varız?

SÖZCÜK HAKKINDA BİR ÇİFT SÖZ

İlginçtir, *yok olmuş* (*extinct*) sözcüğü bir sıfattır. Türlerin yok olmuş *olduğunu* ya da yok oluşa *uğradıklarını* söyleriz. Edilgen çatılı bu sözcük, tükenişi ifade eder. Her ne kadar *yok olmuş* sözcüğü İngilizcede etken çatılı bir fiil olarak kullanılmışsa da, bu kullanım 17. yüzyıldan itibaren İngilizcedeki geçerliliğini yitirmiştir. Bitkiler ve hayvanlar her türden etken eylemde bulunurlar: Mücadele ederler, yerler, göç ederler, ürerler, hatta türleşirler. Fakat bir tür öldüğünde, yok oluşa *uğramıştır*. Belki de yok oluş, tıpkı türlerin ölümü gibi, az biraz korkutucudur ve biz de farkında olmadan etken çatı kullanmaktan kaçınımsızdır. Belki de bu kullanım, türlerin dış etkenlere ceva-ben, denetimleri dışında yok oluşa uğradıklarını ima eder. Akıllıca; zira herhangi bir türün intihara meyilli olduğunu düşünmek için, kimi bireyleri gerçekten öyle de olsa, hiçbir sebep yoktur.

Yok oluş hakkında araştırmalar yapan meşhur Kanadalı paleontolog Digby McLaren, *kitlesel yok oluş* yerine *kitlesel ölüm* terimini savunuyor. Bunu yapmasının nedeni tekil hayvanların ölümünü türlerin ölümünden ayırt edebilmek. McLaren, kitlesel yok oluşun en çarpıcı özelliğinin çok sayıda bireyin ani ölümü olduğuna kanaat getirmiş. Ona göre türlerin yok oluşu, aslında, ölümlerin bütünü kapsadığı durumlarda ortaya çıkan bir yan ürün. Bu yüzden McLaren farklı bir kelime önermiyor; bunun yerine vurgunun türlerden bireylere aktarılmasını savunuyor.

Yeni yayımlanmış birkaç makalemde, biraz daha ileri giderek, *yok olmuş* ve *yok oluş* kelimeleri yerine *ölü* ve *ölüm* kelimelerini önerdim. Biraz da arsızca, bekliyorum, bakalım meslektaşlarım bu kullanımı benimseyecekler

mi? Hiç olmazsa Digby McLaren'la nefis bir sohbe zemin hazırlar diye umuyorum.

TÜRÜN TANIMI

Daha da ileri gitmeden, *tür* diyerek neyi kastettiğimi netleştirmeliyim. Tür, yok oluş çalışmalarının çoğunun geleneksel hesap birimidir; McLaren'ın görüşü ne olursa olsun...

Bir canlı türü, işinin ehli bir taksonomist öyledir diyorsa, türdür. Biraz iğneleyici de olsa, biyoloji ve paleontolojinin en fazla başvurduğu işlevsel açıklamadır bu. İşe yarar; zira biyoloji dünyası, aslında doğal birimlere ayrılmıştır. Profesyonel taksonomistler zamanlarının ve enerjilerinin çoğunu, organik dünyayı temel birimlerine, yani belli türde organizmalardan ayırt edilebilen belli türlere göre sınıflandırmaya ayırır. Ölçütleri arasında anatomi, biyokimya, renk, üreme sistemleri ve bazen de davranışlar yer alır. Taksonomistin deneyimi, tutarlı sınıflandırmaları mümkün kılacak özellikleri seçmeye yarar.

Daha keskin bir tanım vermek de mümkün: *tür, ortak bir genetik materyal havuzunu (genomu) paylaşan bireysel organizmalar grubudur*. Tüm insanlar tek bir türe aittir çünkü doğurgan döl üretmek için kendi aralarında çiftleşmeleri şarttır. Cinsiyetin yanı sıra, türümüzün bireyleri açısından üremenin önündeki engeller coğrafi ve kültürelidir. Biyolojik dünya, her biri zamanla değişen fakat birbirine karışmayan, ayrı ve bağımsız genomlar dizisidir. Türler üreme açısından yalıtık olduklarından, anatomilerindeki ve davranışlarındaki farklılıklar evrimleşir.

Taksonomistin işi doğal türleri tanımak ve ayırt etmektir. Ne yazık ki, üreme yalıtımını sınavan çiftleşme deneyleri genellikle kullanışsızdır; bu gibi testler, organizmaların farklı bölgelerde yaşadığı ve esaret altında doğal davranmadıkları durumlarda imkânsızlaşır. Bu yüzden taksonomist çoğunlukla, fiziksel görünüş, davranış, çiftleşme döngüleri ve bunun gibi temsili bilgilere itimat eder.

Türler arasında olduğu kadar tür içinde de farklılıklar

bulunduğu gerçeği, taksonomistin görevini zorlaştırır. Bir türün belli bir bölgede yaşayan popülasyonu, aynı türün başka bölgede yaşayan popülasyonundan farklı olabilir, hem de çarpıcı biçimde... Farklılıklar, yerel şartlara bağlı ufak adaptasyonlardan veya sadece, normal şartlar altında çiftleşmeyen popülasyonlar arasında gelişmiş rastlantısal ayrımlardan kaynaklanabilir. Türlerin coğrafi değişkenlerine (türün farklı coğrafyalardaki versiyonlarına), aynı bölgede yaşasalardı (ve isteselerdi) çiftleşebilirlerdi anlamına gelen, *alttür*, *varyasyon* ya da *ırk* adı verilir. Alttürler başlangıç aşamasındaki türlerdir; yani özgün tür, türleşme sürecindedir. Coğrafi yalıtım yeterince uzun sürerse, alttür tamamıyla bağımsız bir tür haline gelir.

Türler arasında zaman zaman, tür sınırlarını bulanıklaştıran, başarılı melezleşmeler meydana gelir, özellikle de bitkilerde (sözgelimi meşe). Melezler, genellikle şeklen, arada yer alır. Yeryüzünde melezleşme alıp başını gitseydi, organizmaları tür tür ayırdığımız koca bir sınıflandırma sistemi heba olurdu. Taksonomistlere ve muhtemelen evrime ne mutlu ki bu gerçekleşmemiştir. Son tahlilde, uçmak ve yüzmek kadar birbirinden farklı adaptasyonların evrimleşmesini ve kalıcılışmasını sağlayan, bağımsız olarak evrimleşebilen genomların varlığıdır. Türler arası engeller olmasaydı dünyamız çok farklı olurdu; ve muhtemelen biz de var olmazdık. Bütün dünyada biyolojiye; her şeyden biraz anlayan, fakat hiçbir şeyi çok iyi yapamayan özelleşmemiş organizmalar hâkim olurdu muhtemelen.

Organizmaların üreme becerilerini test etmek, fiiliyatta nadiren mümkün ya da uygulanabilir olabildiğinden, türlerin sınırları hakkında taksonomistlerin bir sürü aklı başında tahminde bulunması gerekir. Farklı taksonomistlerin sınıflandırmaları karşılaştırılarak, herhangi bir yaklaşımın çoğunlukla daha iyi sonuç verip vermediği doğrulanabilir. Yeni Gine'nin ıssız kesimlerindeki kuş türlerinin, Batılı ornitologlar ve yerli kabilelerin birbirlerinden bağımsız olarak yaptıkları listeler arasındaki karşılaştırma özellikle çarpıcıdır. Neredeyse mükemmelen örtüşürler.

Biyologlar nasıl yaşayan organizmaları sınıflandırıyor, paleontologlar da fosilleri sınıflandırır. Elbette fosiller üzerinde üreme deneyleri yapmak ya da onlardan davranışlara veya fizyolojiye dair bilgiler almak mümkün değildir. Fakat araştırmaların dış görünüşle sınırlanmış olması, yaşayan organizmalarla çalışan biyologların 'da çoğu zaman kararlarını bu temelde verdikleri hesaba katıldığında, büyük bir kayıp değil.

YOK OLUŞUN AMACI, EĞER VARSA

Yok oluş iyi bir şey miydi yoksa daha çok evrimin yapıcı güçleri tarafından güç bela bastırılan bir illet mi? Kesin bir cevabı olmayan, ilginç ve zorlu bir soru bu. Ortak bir kanıya göre "Elbette iyi bir şeydir, çünkü yetersiz türleri iskartaya çıkarmaya yarar." Asıl vurgusu daima tür *için*deki üreme başarısı da olsa, bu son derece örtük kavrama *Türlerin Kökeni*'nde de rastlanabilir. Kimilerine göre yok oluşun son kertede iyi bir şey olduğu o kadar açıktır ki bunu test etmeye gerek yoktur: Üreme konusunda yeterli türler, yetersiz türlerden tek başına sağkalım olgusuyla ayırt edilebilir.

Rahatsız edici gerçek şudur ki, jeolojik geçmişte meydana gelmiş ve sağlam kanıtlarla belgelenmiş binlerce yok oluşun hiçbirisi hakkında, bunun neden gerçekleştiğine dair güçlü bir açıklamamız yok. Belli vakalar için birçok önerimiz var elbette: Trilobitler, yeni evrimleşen balıklarla girdikleri rekabet sonucunda öldü; dinazorlar ya çok büyüklerdi, ya da çok aptal; İrlanda geyiğinin boynuzları haddinden fazla ağırlaşmış ve biçimsizleşmişti. Bunların tümü makul senaryolar, fakat ne kadar makul olursa olsunlar, üzerlerindeki haklı şüpheleri giderecek durumda değiliz. Aynı derecede makul, alternatif senaryolar kolaylıkla türetilabilir; bunlardan hiçbirisi, verili bir türün ya da anatomik biçimin yok olmaya mahkûm olduğunu önceden gösterebilme anlamında bir öngörü gücüne sahip olmayacaktır.

Ne acıdır ki, yok oluşun kurbanlarının zayıflığını an-

latan elimizdeki tek kanıt, yok olmuş olmalarıdır; döngüsel bir sav. Argümanın zayıflığı, yok oluşun, üreme başarısına dayalı olduğu ilkesini geçersiz kılmıyor elbette; sadece bilgisizliğimizi yansıtıyor. Sözgelimi, Kretas'ın son dönemlerindeki memeliler, muhtemelen dinozorlardan daha iyi uyum sağlamıştır, fakat bu hayvanlar hakkında bildiklerimiz, söz konusu üstünlüğü tespit edecek yeterlilikte olmayabilir.

Kurmaca bir deney niyetine, hiçbir tür yok olmasaydı evrim neye benzerdi, bir değerlendirelim. Şekil 1-3'te iki varsayımsal evrim ağacı şeması gösteriliyor. Her ikisinde de zaman aşağıdan yukarıya doğru ilerliyor ve her çizgi, bir tür soyuna karşılık geliyor. En tepeyi kesen yatay çizgi şimdiki zaman; bugün yaşayan türler, bu çizgiye ulaşan soylarla gösterilmiş oluyor. Her iki ağaç yukarı doğru dallanıyor, merkezî bir gövdesi olmayan çalılar gibi... Her dallanma noktası, bir türleşme olayı anlamına geliyor.

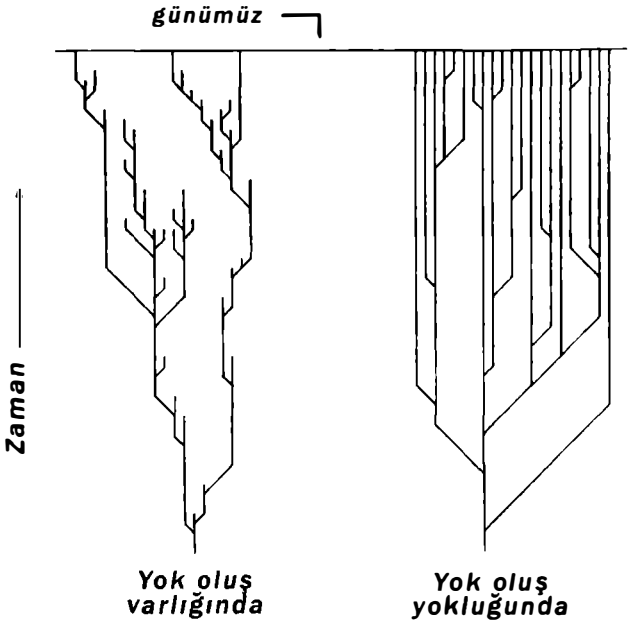
Soldaki evrim ağacı, evrimin fiiliyatta neye benzediğini gösteriyor. Tabandan itibaren okuyacak olursak, en tepeye varmadan sonlanan tür soyları yok olmuş olacak. Aynı anda var olan türlerin sayısı (biyoçeşitlilik), türleşmeyle yenileri eklendikçe ve yok oluşla var olanlar eksildikçe değişecek.

Sağdaki ağaç da aynı kuralları izliyor, ama tek farkla: burada türler ölmüyor. Genel görünüş bir söğütünkünden çok yabanmersini çalısına benziyor. Artık soldaki ağacın, fiili yaşamın tarihine dair daha düzgün bir tasvir olduğunu biliyoruz çünkü yok oluşun varlığına dair kâfi derecede kanıtımız var. Fakat evrim yok oluş olmaksızın işler miydi?

Muhtemelen işlerdi, ama iyi işlemezdi. Yok oluşsuz evrim birçok sorun demektir. En önemlisi biyoçeşitlilik üssel bir artış gösterecektir. Ne kadar fazla türün soyu vücut bulursa, daha fazla tür üretmek için o kadar fazla soy vücut bulur. Sistem çok geçmeden doyum noktasına ulaşacaktır: Yeni türlere yer olmayacağından türleşme duracaktır.

Doğal seçim yoluyla adaptasyon, var olan türleri bi-

Evrim Ağaçları



Şekil 1-3. Türlerin yok oluşunun biyoçeşitlilik üstündeki etkisini gösteren varsayımsal evrim ağaçları. Soldaki ağaç, türlerin soy dallanmasıyla oluştuğu fakat çoğunlukla yok olduğu filli yaşamın tarihini gösteriyor. Günümüzde sadece üç tür hayatta. Sağdaki ağaç, hiçbir tür yok olmasaydı evrimin neye benzeyeceğini gösteriyor. Aynı anda var olan türlerin sayısı (biyoçeşitlilik), doyum noktasına ulaşana kadar yükselecekti.

lemeye ve işlemeye devam edecek; her türün daha fazla zamanı olacağından, göstereceği uyumun nihai niteliği de belki bugün tanık olduklarımızın bile üstünde olacaktı. İlk oluşan organizmalarda, bugün gördüklerimizden çok daha iyi yapılar evrimleşebilirdi...

Dolayısıyla, yok oluşsuz bir evrim sistemi hayal etmek mümkün; belki de bu sistem, uzaydaki başka gezegenlerde vardır. Fakat yok oluşun olmadığı bir dünya, yerküremizin ürettiği kadar çok biyolojik çeşitlilik üretebilir miydi? Trilobitler, balıklar, uçan sürüngenler, balinalar

ve insanlar gibi farklı farklı organizmalar üretebilir miydi? Cevap muhtemelen hayır, fakat emin olamayız. Yok oluş, gelecek vaat eden soyları, sıklıkla da uyum sürecinin daha başında, ortadan kaldırır, fakat bu, evrimsel yeniliklere alan açar. Bu nedenle, en azından bizim dünyamızda yok oluş, yeni yaşam alanları ve yeni yaşam biçimleri keşfedebilecek farklı organizmalara durmaksızın yeni fırsatlar sunar. Yok oluş süreci, “çeşitlenme işini sürdürmek” ve geçmişte ve günümüzde, farklı yaşam biçimlerine ulaşabilmek için gerekli olabilir.

Bu anlatılanlar, yok oluşun evrim açısından gerekli bir bileşen olabileceğini düşündürüyor, fakat mesele bununla bitmiyor. Bu konuya gelecek bölümlerde döneceğiz; birçok şeyin, yok oluşun, kurbanlarını belirlerken rasgele mi yoksa seçerek mi davrandığına bağlı olduğunu göreceğiz.

KAYNAKLAR VE EK OKUMALAR

Cuppy, Will. 1983. *How to Become Extinct*. Chicago: University of Chicago Press. 1941 tarihli klasiğin yeniden baskısı.

Darwin, Charles. 1859. *On the Origin of Species*. Londra: Murray. Birçok basımı ve tekrar baskıları mevcut.

Erwin, T. L. 1988. “The Tropical Forest Canopy”. *Biodiversity* içinde (referans aşağıda), s. 123-129. Dünya üzerinde kırk milyon tür yaşadığının hesaplanmasını sağlayan çığır açıcı araştırmanın özeti.

Keyfitz, N. 1966. “How Many People Have Ever Lived on Earth?”. *Demography* 3:581-82. Yaşayan insanların oranının nasıl hesaplandığını anlatan kaynak.

Raup, D. M. 1981. “Extinction: Bad Genes or Bad Luck?”, *Acta Geologica Hispanica* 16 (1-2):25-33.

Wilson, E. O. (ed.). 1988. *Biodiversity*. Washington, D.C.: National Academy Press. Mevcut ve gelecekteki yok oluşlarla ilgili meselelere dair denemelerin ve araştırma raporlarının bir toplamı; Eylül 1986’da, Washington D.C.’de gerçekleştirilen Ulusal Biyoçeşitlilik Forumu’ndaki (National Forum on Biodiversity) sunumlar temel alınmıştır.

2 | YAŞAMIN KISA TARİHİ

Yaşamın tarihine ilişkin bu derleme seçilmiş başlıklar üzerine olacak, çünkü bütün işi 5.000 kelimelik tek bir bölümde halletmeye çalışmak, her bir kelimedede 700.000 yılı özetlemeyi gerektirirdi. Fosil kayıtlarının, aşağıdaki tartışmalara zemin sağlayacak kimi veçhelerini, ayrıca yok oluşla ilgili birkaç önemli noktayı ele alacağım.

YAŞAMIN KÖKENİ

Başlangıçta bakteriler vardı. Yeryüzündeki yaşama dair en eski tarihli kayıtlar, yeryüzünün en yaşlı kayalarından sadece yarım milyar yıl daha genç olan, Avustralya'daki 3,5 milyar yıllık (3,5 gigayıl GÖ olarak kısaltılır: günümüzden –gigayıl– önce anlamında) kayalardan gelir. Bu fosiller, oksijenli solunum ve fotosentez yapmayan, tek hücreli bakterilere aittir; hücrelerinde ne çekirdek vardır, ne de ileri yaşam formlarının başka birçok özelliği. İlkel olarak niteleniyor olsalar da bu organizmalar olağanüstü başarılıdır ve hâlâ çeşitli ortamlarda çoğalırlar.

Avustralya fosilleri yeryüzünün neredeyse ilk yaşam formları olarak kabul edilir. Ayrıca canlılığın, kendiliğinden gelişen kimyasal tepkimelerin sonucu olarak cansızlıktan doğduğu varsayılır. Tüm bu varsayımlar ispatlanabilir değildir; dahası, alternatif kuramlardan bol miktarda bulunur. Sözgelimi, yaşamın kökenindeki ilk kimyasal adımların başka bir yerde gerçekleşmiş ve dünyaya uzaydan gelmiş olması imkânsız değildir. Öte yandan bu sorun üzerinde çalışan birçokları için yaşamın dünyevi başlangıcı hâlâ en basit alternatif. Yaşamın kökeni konulu araştırmalar, hareketli fakat kısıtlı bir alan. Bir kısmı

bütününüyle kuramsal; bir kısmı, genç yeryüzünde ortaya çıkmış hayat olasılığı üzerine laboratuvar çalışmalarını içeriyor; bir kısmı da uzayda karmaşık organik molekül arayışlarını gerektiriyor.

Neredeyse evrensel hale gelmiş bir diğer varsayıma göre, tüm müteakip yaşam formları, ata-torun çiftlerinden oluşan kesintisiz bir zincir boyunca başlangıçtaki yaşam formundan türedi. Bu varsayım doğru gözüküyor; üstelik yaşayan tüm organizmalarda biyokimyasal özellikler ortaktır. Elbette genç yeryüzünde yaşamın birden çok kereler ortaya çıktığı, fakat biri –bildiğimiz yaşamın atası olan tek soy– hariç tümünün ortadan kaybolduğu düşünülebilir. Eğer böyle olduysa, bu, ilk kayda değer tür yok oluşuydu.

Yıllar önce, yaşamın birden çok kereler ortaya çıkmış olabileceği fikrini test etmek üzere California (Berkeley) Üniversitesi'nden paleobiyolog Jim Valentine ile çalışmış-tım. Yaşamın birbirinden bağımsız çok sayıda başlangıcı olmuşsa eğer, bunlardan biri hariç tümünün yok olma ihtimali nedir sorusunu yanıtlamak üzere Kumarbazın İflası (*Gambler's Ruin*) probleminden (gelecek bölümde ele alacağım) bazı yöntemler kullanmıştık. İncelemelerimize göre, yaşam on defa ortaya çıkmış olsa bile, yalnızca şansa bağlı kalındığında, aralarından sadece bir tanesi varlığını sürdürebiliyordu. Başlangıçların sayısı on rakamını aştığında ilk yaşam formlarından en az ikisinin soyu devam ediyor olacaktı. Aslında yaşamın birçok başlangıcı olmuşsa eğer ve biri hariç tümünün ortadan kalkması, bizi 'kötü gen mi, kötü şans mı' sorusuyla karşı karşıya bırakır: Yaşam formları arasında en iyi olan, varoluş mücadelesinde galip mi gelmişti, yoksa hayatta kalan soy yalnızca çok mu şanslıydı?

KARMAŞIK YAŞAM

En yaşlı bakteri (3,5 gigayıl önce) ile karmaşık, çok hücreli organizmaların ortaya çıkışı (yaklaşık 0,6 gigayıl önce)

arasındaki uzun jeolojik zaman aralığı Prekambriyen olarak bilinir; Kambriyen devri öncesi anlamına gelir. Prekambriyene ait fosil kayıtları kıt da olsa belli bir evrimsel değişim sergiler. Sözelimi, fotosentezin ilk doğrudan kanıtı günümüzden yaklaşık 2 gigayıl öncesine uzanır; ökaryotlar (çekirdekli hücreli organizmalar) ise yaklaşık 1,9 gigayıl önce ortaya çıkmıştır.

İnsana özgü bir bakış açısıyla Prekambriyen, küresel biyoçeşitliliğe anatomik yönden basit birkaç organizmanın hâkim olduğu, uzunca bir ağır aksak değişimler aralığıydı. Öte yandan bu süreçte, atmosfer kimyasında ve canlılığın çevresinden faydalanma yetisinde büyük değişimler meydana geldi; muhtemelen müteakip evrim açısından hayati değişimlerdi bunlar. Belki de en önemlisi, bitkilerin ortaya çıkışının ilk aşamalarında doğan bir ürün olarak oksijenli atmosferin gelişimiydi. Öyle ki bu gelişme, oksijen soluyan hayvanları mümkün kıldı. Dolayısıyla oksijenli atmosfer, yaşamın çeşitlenmesinin hem sebebi hem de sonucuydu.

Muhtemelen ve *belki* gibi kelimeleri defalarca kullandığımı fark edeceksiniz; yaşamın ve yeryüzünün başlangıcındaki koşullara ilişkin çalışmalar risklidir; isabetli tahminlerde bulunmayı ve gerektiğinde kurgulara başvurmayı gerektirir (fakat bilimin diğer dallarındaki kadar değil).

Yaklaşık 600 milyon yıl önce (günümüzden 600 milyon yıl ya da 0,6 gigayıl önce) organik evrim kıyameti koptu. Kayaçlardaki kayıtlar, birden, karmaşık ve farklı organizmaların kalıntılarıyla dolup taşı. En eski fosil topluluklarından biri, Avustralya devleti için çalışan maden jeoloğu R. C. Sprigg tarafından 1946'da keşfedilen Ediakara faunasıdır.

Burada ironik bir durum var: Hiçbir paleontoloji uzmanı fosil aramak için Sprigg'in onları bulduğu yere, nadiren fosil kaydı içeren saf kuvars kumtaşlarına bakmazdı. Dahası, bu kayaların Kambriyen dönemine ait trilobit topluluklarından ve diğer fosil kalıntılarından daha eski oldukları biliniyordu. Sprigg'in Avustralya'daki görevi, aslında, eski kurşun madenlerini keşfetmekti; bir yandan

da fosil toplamaya karşı, amatör, fakat güçlü bir ilgi duyuyor, hiçbir paleontoloğun dönüp bakmayacağı kayaçları bile gözleriyle tanıyordu.

Bugün Ediakara faunasını tanımayan yok. Faunaya ait fosiller tuhaf, yumuşak vücutlu su organizmalarıdır. Bazıları, bugün yaşayan evrim gruplarına ait olabilir, fakat çoğu bir muamma. Paleontologlar arasındaki yaygın bir görüşe göre, Ediakara, evrimin kökü kazınmış ana dallarından biridir; yani bir nevi hatalı çıkıştır... Bu bakış açısıyla Ediakara, Stephen Jay Gould'un *Wonderful Life* [Muhteşem Yaşam] adlı eserinde çok iyi bir şekilde tasvir ettiği ve yorumladığı, kısmen daha genç olan Burgess Şisti (İngiliz Kolombiyası'nın Orta Kambriyen'i) ile karşılaştırılabilir niteliktedir.

Ediakara organizmalarının kökenleri ve kaderleri ne olursa olsun, bunlar, son Prekambriyen boyunca birçok bölgeyi istila etmiş, karmaşık hayvanlardı. Hepsi neredeyse aynı çağda ortaya çıkmış, öyle ki Ediakara saltanatının süresini tahmin etmek güç; muhtemelen çok kısa sürdü.

Kambriyen döneminin başlangıcına, yani günümüzden yaklaşık 570 milyon yıl öncesine, çok daha büyük bir çeşitlilik damgasını vurmuştur. O zamandan günümüze, fosil içerebilecek kayaçların teki bile boş geçmemiştir.

O kadar uzun süren yavaş evrim döneminin ardından yeryüzündeki yaşam, genellikle Kambriyen *patlaması* olarak anılan etkileyici bir değişimle neden birdenbire farklılaştı? Bir kurama göre fiziksel çevrede, daha geniş bir organizma çeşitliliğinin gelişimini tetikleyen bir şey oldu; okyanusların ve atmosferin içeriğinde bir değişim, kim bilir... Belki kalsiyum karbonatın okyanuslardaki kullanılabilirliğinde ani bir artış; sert iskelet ve kabuk gelişimi için kalsiyum karbonat kullanan organizmaların evrimini tetikledi.

Farklılaşmanın biyolojik bir nedeni de olabilir: Basit alg topluluklarıyla kaplı sığ deniz kıyısı alanlarından beslenen, böylece çeşitliliği destekleyen organizmaların ortaya çıkışı. Bu fikir, Case Western Reserve Üniversitesi'nden

Steven Stanley'nin savunduğu, *biçicilik* (*cropping*) adı verilen meşhur ekoloji ilkesine dayanmaktadır: İster otçul ister etçil, tüketen bir türün varlığı, biçiciliğe maruz kalan alandaki tür çeşitliliğini tetikler.

Kambriyen patlamasının nispeten farklı, fakat cazip bir açıklamasında, evrimin bu aşaması bir hastalık salgınına benzetilir. Hastalık yapan organizmaların birçoğunun nüfusu yıllarca düşük seviyelerde devam eder ve sonra, görünür bir neden olmaksızın salgın düzeyine ulaşırlar. Hastalıkların artışı üsseldir (bileşik faiz gibi): Hastalık yapan organizmalar arttıkça, kısa bir süre içinde onlara (üremeye) eklenen yenilerin sayısı da artar. Yalnızca birkaç birey varken, nüfustaki büyüme çarpıcı olmaktan uzaktır, fakat nüfus büyüdüğü, her üreme döngüsüne daha fazla birey eklenir ve hastalık salgına dönüşür.

Türleşmeyi, hastalık yapan organizmaların üremesiyle, yok oluşu ise, ölmeleriyle denk tuttuğumuzda, evrim bir hastalığa benzetilebilir. Türleşme hızı yok oluş hızını aştığı müddetçe, tür sayısı (biyoçeşitlilik) üssel artış göstermek zorundadır. Ne kadar çok tür varsa, daha fazla türleşme için o kadar çok olanak vardır. Böylelikle yavaş evrimsel genişlemesiyle birlikte o uzun Prekambriyen, üssel büyüme eğrisinin dik kısmına henüz ulaşmamış bir hastalık yapıcı organizmanın dengi olabilir. Kurduğumuz benzerlik doğruysa, ister fiziksel ister biyolojik olsun, Kambriyen patlamasını tetikleyen özel bir olay aramak boşunadır.

FOSİL KAYDININ NİTELİĞİ

Fosil kayıtları hem berbat, hem de müthiş! Bir yanda, geçmiş yaşamın ancak çok küçük bir kısmı fosilleşmiş (ve paleontologlar tarafından bulunmuş); öte yanda, üzerinde çalışacak milyonlarca korunmuş fosile sahibiz. Yaklaşık 250.000 tür tasvir edildi, adlandırıldı, zamanda ve uzamda akılcı bir biçimde konumlandırıldı. Bu yüzden geçmiş yaşamın örnekleme bütününe ancak küçük bir yüzdesi de

olsa, bilgi edinmek için yeterince büyüktür.

Bir sorun daha var. Fosil örneklerinin niteliği bir organizmadan diğerine, bir fiziksel ortamdan ötekine muazzam değişiklik gösteriyor. Genellikle su organizmalarının korunması, karadakilere göre daha olasıdır, çünkü göl ve okyanuslar çökelti birikim alanlarıdır. Sert, mineralli iskeleti olan hayvanlar, yumuşak vücutlulardan daha kolay fosilleşir. Dolayısıyla su kabuklularının fosil kayıtları, kara böceklerinininkinden çok daha iyidir.

Fosilleşmenin tuhaf bir başka veçhesi daha var: Bitki veya hayvanların bozulmama olasılıkları, yaşadıkları ortamdan uzaklaştırıldıklarında artar. Çoğu türün doğal ortamı biyolojik olarak aktiftir ve aralarında ayrıştırıcı bakterilerin de bulunduğu birçok leşçil organizma barındırır. Bir bitki ya da hayvan o ortamda ölürse, leşçiller o canlının kalıntılarını çok geçmeden tüketir. Fakat cansız beden hızla biyolojik olarak aktif olmayan bir yere taşınırsa, korunma potansiyeli artar. Sayısız Pleistosen hayvanının sıvı katranda kısıp kaldığı La Brea katran çukurları dahil en iyi fosil alanlarımız, bu şekilde oluştu. Kara hayvanlarının volkanik küllerde boğulduğu birkaç nadir vaka da mevcuttur; bu türden çılgın olaylar, geçmişe açılan bulunmaz pencereler sunuyor bizlere.

600 MİLYON YILLIK TELAŞ

Kambriyen'in sonundan itibaren küresel biyoloji incelikli ve muhtelif topluluklar ortaya çıkardı, en azından okyanuslarda... Kuru kara alanları mevcuttu, fakat henüz işgal edilmemişlerdi: Ne ağaç vardı, ne böcek, ne de uçan organizmalar. Jacques Cousteau o dönemde yaşasaydı, köpek balıkları ve birçok balık türü olmadan idare etmek zorunda kalsa da, ilginç ve heyecan verici bir televizyon programı hazırlamakta zorlanmazdı. Ne de olsa filme kaydedecek tropik resifler, yüzen ve dipte yaşayan bir dizi ilginç hayvan vardı. İri boyutları ve büyük çeşitlilikleri nedeniyle Cousteau muhtemelen trilobitler üzerinde dururdu.

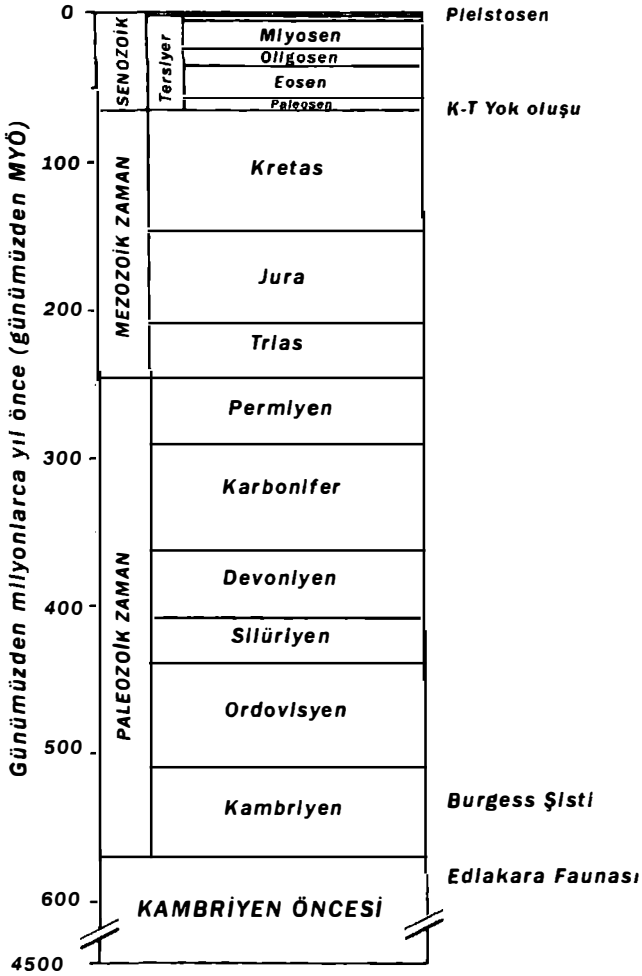
Ediakara'dan günümüze uzanan ve Fanerozoik olarak bilinen 600 milyon yıllık süre, bizlere devasa bir fosil kaydı ve evrim (ve yok oluş) hakkında büyük bir bilgi birikimi sağladı. Fanerozoik devir, okullarda sıklıkla bir dizi ayrık zaman aralığı olarak öğretilir: Balık Devri, Kertenkele Devri vb. diye devam ederek Memeliler Devri'ne ve bize uzanan bir hat. Oysa Stephen Jay Gould, Fanerozoik devrin tam da öyle olmadığını; görülmemiş karmaşıklıkta organizmaların egemen olduğu bir küresel hanedanlıklar zinciri olmadığını ustalıkla gösterdi.

Doğru, Fanerozoik devirde biyolojik dağarcığa birçok önemli eklemeler oldu. Bunların çoğu hâlâ hayatta ve hâlâ evrimleşiyor. Devoniyen dönemde kuru bölgeler (zaman cetveli için bkz. Şekil 2-1) bitkiler tarafından işgal edilmişti; hemen ardından yüksek düzeyde evrimleşmiş böcek uçuşu geldi. Karbonifer dönemden itibaren tropik yağmur ormanları gayet gelişmişti (uygun koşullar altında), hemen akabinde karada yaşayan omurgalı hayvanların gelişi çok gecikmedi. Karbonifer yağmur ormanlarından elde edilen bazı fosil topluluklarıyla ilgili çalışmalar, böcek çeşitliliğinin yerel düzeyde bugünkü kadar fazla olduğunu ortaya koyuyor.

Permien döneminden itibaren karada bolca irili ufaklı omurgalı hayvan mevcuttu. Genellikle, büyük sürüngenlerin, Jura ve Kretas dönemlerinde uzun süreler boyunca, hem karada hem de okyanuslarda yeryüzüne hâkim olduğu söylenir, fakat bu, işi abartmak olur. Şüphesiz bazı sürüngenler, karadaki büyük dinozorlarla okyanuslardaki ihtiyozor ve mozazorlar, yaşayan en büyük canlılardı. Fakat küresel biyokütle açısından bakıldığında bunlar, milyonlarca küçük organizmaya kıyasla çok fazla türe ve geniş popülasyona asla sahip olmamış ikincil aktörlerdi. Kuvvetle muhtemel, birim zamanda bir arada yaşamış dinozor türlerinin sayısı elliyi aşmıyordu. Buna karşın bugün yaşayan sincap türlerinin sayısı bunun beş katından fazla.

Dinozorların ve büyük deniz sürüngenlerinin Kretas'ın

JEOLJİK ZAMAN CETVELİ



Şekil 2-1. Yeryüzü tarihinin daha erken zamanlarına ait, standart jeolojik zaman cetveli; zamanlar, dönemler (Tersiyer'den Kambriyen'e) ve Tersiyer'e alt bölümler (Paleosen, Eosen ve diğerleri) gösteriliyor. (Aslında Paleosen bölümünü Miyosen izliyor, fakat bu cetvelde gösterilemeyecek kadar kısa bir bölüm bu.) Söz konusu sınıflandırma temelde fosillere dayanıyor. Soldaki cetvel, fosillere dayanan zaman cetvelinin güncellenmiş bir düzenlemesidir (Harland ve diğ., 1990).

sonundaki yok oluşlarını memelilerin hızla farklılaşması izledi. Bu farklılaşma zamanla bizim türümüzü, *Homo sapiens*'i getirdi.

Fanerozoik devir boyunca, az önce belirttiklerimiz de dahil, çok sayıda önemli evrimsel yenilik meydana geldiğinden, kimi paleontologlar bu süreci basitten karmaşık organizmalara, ilkelden gelişmiş organizmalara, küçükten büyük organizmalara doğru düzenli bir ilerleme dönemi olarak gördü. Fakat bu tarz genellemeler, derinlemesine araştırmalar karşısında fazla dayanamadı. Aslında Fanerozoik devirde yaşamın evrimine gelgitler ve kuru gürültü hâkimdi. Büyük evrim grupları ortaya çıktı; bir süreliğine serpilip geliştiler ve ardından yok olup gittiler; yerlerini alan organizmalar görünür biçimde daha karmaşık, daha ilerlemiş ya da daha büyük değillerdi, fakat farklıydılar.

BORSA BENZETMESİ

Fanerozoik devrin tarihini anlamak için onu yıllanmış hisse senedi tablolarıyla karşılaştırabiliriz. 1920'lerde New York Borsası bugünküyle neredeyse aynı tablo biçimini kullanıyordu: şirket isimlerinin alfabetik sıralaması, fiyat bildirimleri, gelirler vb. O zamanki toplam şirket sayısı bir şekilde bugünkünden daha azdı; tıpkı Devoniyen biyoçeşitliliğinin bir şekilde bugünkünden daha az olması gibi. Yıllar boyunca şirketler hisse senedi listelerine girip çıkar. Bir defa yok oldular mı da bir daha da geri dönmezler. Kimi sanayi kollarıysa önce palazlanır sonra küçülür. 1920'ler ve 30'lar boyunca demiryolu hisse senetleri çok fazlayken hava yollarınıninkiler ihmal edilebilir düzeydeydi. Zaman zaman yeni sanayi kolları ortaya çıktı; tutunabilenler genişleme ve güçlenme evrelerinden geçti. Tüm bunları her bir sanayi kolu için listelenmiş şirketlerin sayısına bakarak takip etmek mümkün.

Hisse senedi fiyatları her hafta düzensiz dalgalanmalar yaşar. Kimi zaman neredeyse tüm hisse senetleri aynı yönde hareket eder; kimi zaman da görünüşte birbirlerin-

den bağımsız bir şekilde bazı şirketler bir yöne, diğerleri aksi yöne savrulurlar. Haftanın sonunda tüm hisse senetlerinin ortalama fiyatı, fiyatları etkileyen sayısız iç ve dış etkenin bir sonucudur. Bir hisse senedinin fiyatı sıfıra yaklaştığında şirket yok olur. Her şeyin ötesinde, hisse senedi fiyatları kadar tüm bir piyasanın bileşimi neredeyse bir haftadan diğerine, ya da bir on yıldan diğerine öngörülebilir değildir. Fanerozoik devirdeki biyolojik evrim de işte böyleydi.

Hisse senedi piyasası Fanerozoik evrim açısından şaşırtıcı derecede iyi bir model olsa da, benzetmemiz bazı açılardan işlerliğini yitiriyor. Sözelimi, son dönemdeki şirket birleşmeleri akımının karşılığı melezleşme denen biyolojik süreçtir: evrimsel soyların birleşmesi. Bildiğimiz kadarıyla bu, evrimde sık rastlanan bir durum değildir.

Elli veya yetmiş beş yılı kapsayan borsa raporları karşılaştırıldığında şirketlerin daha modern bir çeşitliliğe doğru düzensiz fakat mutlak bir kayma gösterdiği fark edilebilir. Plastik ya da uzay havacılığı firmaları serpilmiş ve Xerox, Apple Computer gibi bazı tanınmış isimler ortaya çıkmıştır. Kaçınılmaz bir şekilde liste yavaş yavaş bugünkü haline yaklaşır. Aynı şey Fanerozoik devrin fosil kayıtlarında da gerçekleşir. Fauna ve floradaki her değişimle beraber küresel biyota günümüze bir adım daha yaklaşır. Zaman dizininin bir ucunda hâkim noktadan baktığımız için, söz konusu değişimler, bizim bulunduğumuz yere varan güdümlü bir ilerleyiş izlenimi verir; diğer bir deyişle ilerleme hissi... Fakat bu his, evrimsel ilerleyiş bütünüyle düzensiz olsaydı da geçerli olacaktı.

Eğilim ve modellere dair algı, kişinin baktığı hâkim noktaya o kadar bağlıdır ki, evrim kayıtlarına nesnel bir gözle bakmak kolay değildir. Bu, özellikle de karada yaşayan omurgalı hayvanların evrimiyle uğraştığımızda geçerlidir: İki yaşayışlılar (amfibiler), sürüngenler, kuşlar ve memeliler. İnsan türünün, ileriye –“ileri” her ne anlama geliyorsa–dönük bir gidişatın doruk noktası olduğu hissine kapılmamak neredeyse imkânsız. İlerleme kavramı

memelilerin sürüngenlerden ya da iki yaşayışlılardan bir şekilde daha iyi organizmalar olduğunu, insanlarınsa diğer memelilerden bir şekilde daha iyi olduğunu ima eder. Bu mantıkla geçmişteki yok oluşları kurbanların zayıflıklarına, diğer bir ifadeyle kötü genlere bağlar.

Fanerozoik yaşamdan birkaç kesit, evrim kayıtlarının zarafetini ve düzensizliğini gösterecektir.

TRİLOBİT GÖZLERİ

Görsel algı, hayvanlar âleminde birbirinden bağımsız olarak birçok kereler evrimleşti. Bazı durumlarda görme gücü, hayvan açısından değerli fakat göz olarak nitelendirilmesi zor, ışığa duyarlı dokularla sınırlı kaldı yalnızca. Aydınlığı karanlıktan ayırt edebilme şeklindeki basit yeti, deniz kestanesi, deniz yıldızı ve başka birçok omurgasızda yaygındır. Gerçek gözler, böceklerden yumuşakçalara, kuşlardan memelilere birçok farklı grupta gelişmiştir. Yeterince geriye gidildiğinde bu grupların ortak bir atası olsa da, bu gözler bağımsız evrimsel icatlardır.

Paleozoik zamanın (günümüzden 570 ila 245 milyon yıl önce) trilobitleri, modern yengeçler, böcekler ve diğer eklembacaklılarınkine benzer petek gözlere sahipti. Bu örnekteki benzerlik muhtemelen ortak kökenin bir sonucu; yine de bunu kanıtlayacak fosil kayıtları bulunmamaktadır. Petek göz, imge oluşturmak için birlikte çalışan, ayrı merceklerle sahip birçok farklı bileşenden oluşur. Nadir durumlarda, trilobit fosilleri, gözün mercek sistemini neredeyse hiç bozulmamış haliyle gösterecek kadar iyi durumda olabilir.

Trilobit mercek sistemi yıllar önce Chicago Üniversitesi'nden bir hekimin, hevesli bir fosil koleksiyoncusu Riccardo Levi-Setti'nin ilgisini çekti. Levi-Setti, Edinburgh Üniversitesi'nden trilobit uzmanı Euan Clarkson ile birlikte çalışarak heyecan verici bazı gözlemlerde bulundu. İyi korunmuş fosil örneklerinde trilobit gözünün her bir bileşeninde üst üste iki mercek bulunuyordu. Yukarıdan

bakıldığında mercekler arasındaki arayüz, kenarları yuvarlak ortası içbükey bir şekle sahipti.

Trilobit gözünün iki mercekli yapısına modern optik tasarımlarda sıkça rastlanır ve çift mercek olarak adlandırılır. Fakat üst merceğin şekli, şu an kullanımdaki doğal ya da insan yapımı merceklerinkine benzemez. Bununla beraber, eğitim ve uzmanlığı mercekler üzerine olan Levi-Setti, trilobit gözünün üst mercek şeklinin, 17. yüzyılda Huygens ve Descartes tarafından ayrı ayrı yayımlanmış tasarımlarıyla aynı olduğunu fark etmişti. Bu mercek şekli, küresel sapmayı asgari düzeye çekmek üzere tasarlanmıştı. Görünüşe göre Huygens ve Descartes'ın tasarımları hiç kullanılmamıştı, zira diğer mercekler aynı amaca hizmet edebiliyordu.

Alt mercek, trilobitlerin fikriydi. Levi-Setti, çift mercek sisteminin suyun altında küresel sapmayı engellemeye yaradığını gösterdi; bu, 17. yüzyıl tasarımcılarının üzerinde durmadığı bir şeydi.

Söylemek istediğim şu ki, organizmalar, Fanerozoik devirde bile son derece karmaşık sistemler evrimleştirmişti; bahsettiğimiz örnekte, insan ifadesiyle, iyi eğitim almış, yaratıcı bir optik mühendisi gerektirecek sistemler. Trilobitlerin gözleri, modern yengeçlerinkinden ya da karideslerinkinden daha mı etkiliydi? Bu soruyu yanıtlayamıyoruz çünkü gözlemleyebileceğimiz bir canlı trilobit yok. Tek söyleyebileceğimiz, modern yengeçlerin gözlerinin daha iyi olduğunu gösteren bir kanıtın bulunmadığı...

TROPİK RESİFLER

Günümüzde tropik resifler, her biri farklı, bir o kadar karmaşık bitki ve hayvan topluluklarından oluşan, devasa, göz alıcı mercan kayalıklarıyla çevrilidir. Su yüzeyine doğru zirve yapan, dalga hareketlerinin çoğuna dayanıklı resifler, genellikle öteki farklı toplulukları destekleyen korunaklı lagünler oluşturur. Modern resiflerin çoğunun sert dış iskeleti, Scleractinia takımına mensup mercan

kolonilerinin iskeletlerinden yapılmıştır. Bugünkü deniz biyoçeşitliliğinin büyük kısmı tropik resiflere bağlıdır.

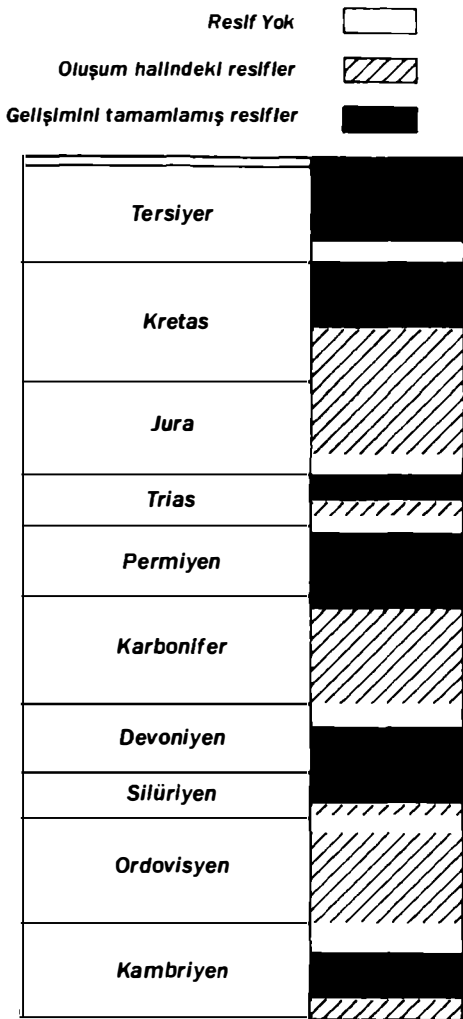
Resifler daha çok tropik okyanuslara özgüdür. Bunun sebebi, kısmen iklim (sıcaklık), kısmen de güneş ışınlarının alçak enlemlerde yüksek bir açıyla gelmesidir, çünkü mercanlar, simbiyotik alglerin yoğun fotosentezine bağımlıdır. Geride kalan birkaç on milyon yıl boyunca koşullar değiştikçe, resiflerin yaşam alanları ekvatora yaklaştı ya da ekvatorдан uzaklaştı.

Jeolojik tarihin derinlerinde tropik okyanuslarda kimi zaman gelişkin resifler vardı; kimi zaman da yoktu. Resiflerin (şimdiki gibi) palazlanmış olduğu zamanlar ile akabinde gelen resifsiz zaman aralıklarını ve resiflerin başlangıç aşamasında oldukları nispeten uzun dönemleri gösteren Şekil 2-2 bu tarihi özetliyor. “Başlangıç” sözcüğünden kastım, belli birkaç alanla sınırlı, sağlam bir dış çerçevesi olmayan resiflerdir.

Resif biyotasının böyle değişkenlik göstermesi kısmen, coğrafyayla ve iklimle ilgili koşullardaki değişime bağlıydı: Kıtalar hareket etti ve hava koşulları değişti. Fakat resiflerin var ya da yok olmasının en önemli nedeni biyolojikti, yani resif iskeleti inşa etmeye yarayan organizmaların bulunabilirliğine bağlıydı. Şekil 2-2’de, resiflerin olmadığı zaman aralıklarının tümü, büyük kitlesel yok oluşların ardından geliyor. Görünen o ki kitlesel yok oluşlar hassas resif türlerini ortadan kaldırdı ve (Kretas sonundaki) son temizlik hariç tümünde, resif topluluklarının yeniden evrimleşmesi için milyonlarca yıl gerekti. Resifler her defasında yeniden gelişerek, yok oluş önceindeki topluluğunkinden farklı bir bileşime ulaştı.

Bugünkü mercanlar (skleraktinler) nispeten yeni bir evrimsel gelişmedir: Orta Trias’a, yani günümüzden yaklaşık 240 milyon yıl öncesine kadar fosil kayıtlarında görünmezler. Ayrıca aynı temel yapıya ve ekolojiye sahip resiflere Fanerozoik devrin neredeyse başlangıcında da rastlanır. Bu resifler inanılmaz çeşitlilikteki organizma-

Tropik Resiflerin Zaman İçindeki Seyri



Şekil 2-2. Tropik resiflerin çağlar boyunca ortaya çıkışının özeti. Tamamıyla gelişmiş olan resiflerin, yarıdan az yer kapladıklarına dikkat edin. Resiflerin tamamen ortadan kayboldukları dönemler, kitlesel yok oluşların hemen ardından gelmektedir. (Copper 1988'den uyarlanmıştır.)

lardan yapılmıştır.

Erken dönem resifler, ana iskelet organizması olarak kalkerli algleri kullanmıştır. Ardından süngerler, sonrasında da modern mercan resiflerinden anatomik olarak farklı, günümüzde var olmayan bir dizi mercan grubu; hatta rudist denen bir midye türü bile resif inşasında kullanılmıştır. Bilhassa Kretas denizlerinde yaygın olan rudist resifler, Kretas'ı sonlandıran kitlesel yok oluşta (ya da ondan kısa bir süre önce) tamamen yok oldu. Öğrenciler, alışılmış midyelere hiç benzemeyen rudistleri, mercan morfolojisinin bazı özelliklerini taşımalarından dolayı sık sık mercanlarla karıştırırlar.

Tropik resiflerin tarihi, genel anlamda ekosistem tarihinin tipik bir örneğidir. Hiçbir şeyin amacı yok gibidir; sadece bir sistemden diğerine bir dizi ani kayma ya da genellikle resifin başlıca sakinlerinin yok oluşuyla tetiklenen değişimler...

UÇAN SÜRÜNGENLER

On beş metre açıklığındaki kanatlarıyla bugünkü kıyı şeritleri üzerinde süzülen bir sürüngen görmek ne harika olurdu! Uçmak, tıpkı görmek gibi birden çok kereler evrimleşmiştir. Ayrıca, yine aynen görmede olduğu gibi, bazen uçan sürüngenlerinki kadar incelikli, bazen de, günümüzün uçan karidesleri ya da uçan balıkları gibi basit, daha ziyade amatör çabalar şeklindedir.

Genel isimleri pterozor olan uçan sürüngenler, günümüzden yaklaşık 200 milyon yıl öncesinden itibaren Kretas devrinin sonuna, yani 65 milyon yıl öncesine kadar yaşamıştır. Dev *Pteranodon*, bugünkü kuş türlerinin tümünden belirgin biçimde daha büyüktü; hatta birçok uçaktan bile... Tüysüz kanatları, daha ziyade yarasalardaki gibi, aşırı uzamış parmak kemiklerinin her birinden sarkan geniş deri perdeler ve uzantılardan oluşuyordu.

Daha büyük pterozorlardan bazıları muhtemelen daha çok havada süzülerek (kendilerini hava akımlarına

bırakarak) idare ediyorduysa da, düz zeminden havalanabiliyor ya da takatli uçuşa (bir nevi motorlu uçuşa) geçebiliyorlardı. Rüzgâr tüneli deneyleri de dahil olmak üzere Pterozor modelleriyle birçok kapsamlı teorik ve deneysel çalışma yapıldı; sonuçlar, pterozorların usta uçucular olduğunu ortaya koymuştur. Fakat ne kadar usta olduklarını bilmemizin bir yolu yok. Bu devasa hayvanlar yeryüzündeki yaşamlarının çok büyük bir kısmında kuşlarla birlikte var oldu, fakat kuşların o zamanlar ne kadar iyi uçtuklarını bilmiyoruz.

Uçan sürüngenlerin mirasçısı yok; ortaya çıkmış, belli bir zaman serpilmiş, ardından ortadan kaybolmuş bir başka başarılı türdüler yalnızca. Pterozorların döneminin kısa soluklu olduğu izlenimini vermemek için, bizim dönemimizin şimdiye kadarki uzunluğunun otuz katı olduğunu hatırlatırım.

İNSANIN EVRİMİ

İnsanlar evrimin geç gelen misafirlerdir; üstelik fosil kayıtları inanılmaz derecede kötü olduğundan evrim tarihleri üstünde çalışmak güçtür. Atalarımızın çoğu, fosillerin nadiren korunduğu dağlık arazilerde yaşadı. Ayrıca insanlığın uzun bir tarihi olmadığı gibi büyük nüfuslara da sahip olmamıştır. Fosil kayıtlarının bölük pörçüklüğü birçok bilginin üzerini örtüyor olsa da, yok oluş atalarımızın tarihinde fazla yer kaplamıyor gibi.

Buna rağmen, yaşamın tarihi bağlamında insanın evrimine dair üzerinde durulması gereken önemli bir nokta var. Genellikle insan zekâsı için türümüzün en belirgin özelliği olduğunu düşünürüz; muhtemelen doğrudur da... Fakat yüksek zekâ, Fanerozoik devrin hemen herhangi bir zamanında, herhangi bir biyolojik grupta, sürüngenler, balıklar, böcekler hatta trilobitlerde evrimleşmiş olabilirdi. Böceklerde bizimki gibi bir zekânın gelişmiş olabileceğini söylemek kulağa biraz tuhaf geliyor; nihayetinde bunlar, küçük beyinli, açıkça aptal hayvanlardır. Fakat, anatomi

mik ve embriyolojik düzeydeki uygun değişimler eşliğinde zekânın neden böceklerde evrimleşmemiş olduğuna dair ne nörolojik ne de başka bir neden duydum. Aynı sebeple, zekânın hiç evrimleşmemiş olması gerekirdi.

Bu akıl yürütmeler, insansı zekânın, eğer varsa, dünyadışı organizmalar arasındaki var olma olasılığı göz önünde bulundurulduğunda önem kazanır. NASA'nın SETI Programı (Search for Extraterrestrial Intelligence) [Dünyadışı Zekâ Arama] gibi devam etmekte olan kimi araştırma projeleri bu soruyu ciddiye alıyor. Yaygın bir kanaate göre, herhangi evrimleşmiş biyolojik bir sistemin, aşağı yukarı aynı sıralamaya sahip evrim aşamalarından geçmesi beklenir; bunlar zekâyâ, teknoloji uygarlığına ve uzaktan iletişime götüren aşamalardır. Bu görüşün savunucuları, dünyadışı yaratıkların görünüşte insana benzedikleri konusunda ısrarcı değildirler, fakat ET'lerin davranışlarının ve zekâlarının bizimkilere benzediğini düşünüyorlar. Fanerozoik devir kayıtları böylesi bir öngörüye ya da tutarlılığa dair kanıt sunmadığından, bu görüş, paleontologlar ve biyologlar arasında yaygın değildir. Onların karşı çıkışlarına katılmakla birlikte, SETI çalışmasını gönülden destekliyorum. Kendi biyolojik sistemimizin henüz farkına varamadığımız, öngörülebilir şablonlar sergileyip sergilemediğini bilmemizi sağlayacak araçları, ancak uzayın başka bir noktasında yapılacak biyolojik sistem keşiflerinin sunacağını düşünüyorum.

YAŞAYAN FOSİLLER

Yüz milyonlarca yıl boyunca değişmeden kalmış türleri hepimiz duymuşuzdur. Hamam böceği, atnalı yengeci, köpek balığı, sölekant balığı, ginkgo ve atkuyruğu otu bilinen örneklerden bazıları. Genel yargı bu türlerin evrim mücadelesinin kazananları oldukları ve ideal nişler bularak yok oluşa karşı bağışıklık kazandıkları yönündedir. Ayrıca sert koşullarda, hemen her besinin varlığında hayatta kalabilen özelleşmemiş canlılar olduklarından do-

layı da hayatta kalabildikleri kabul ediliyor. Köpek balığı yaşayan fosillerin belki de en tipik örneğidir. Çok parlak canlılar değiller fakat güçlüler, kolay kolay öldürülemezler ve ölü ya da diri, her şeyi yiyebiliyorlar. Ayrıca köpek balıklarının belirgin biçimde ilkel bir görünüşleri var.

Bir önceki paragrafta yazdığım hemen her şeyin pahlava olduğundan şüpheleniyorum! Öncelikle, yaşayan bir türün fosil türle aynı görüldüğü bir örnek yok. Hemşire köpek balığından çekiç başlı köpekbalığına kadar yaşayan yüzlerce farklı köpek balığı türü var ve bunların her biri, ataları olan köpekbalıklarından anatomik özellikleriyle ayırt edilebilir. Jura döneminden kalma fosil atnalı yengeçleri yaşayan emsallerine çok daha fazla benzer, fakat bu, muhtemelen, hem önceki hem de şimdiki atnalı yengeçlerinin diğer yengeçlerden çok farklı olmasından doğan, büyük ölçüde öznel bir izlenimdir. Ayrıntıya inildiğinde, Jura türleri bugünkülerle karıştırılamaz.

Yaşamın tarihi, geniş bir aralıkta seyreden oranlarda ve miktarlarda evrimsel değişim geçirdi. Sölekanlar gibi yaşayan fosiller olarak adlandırdığımız türlerin çoğu muhtemelen bu yelpazenin en yavaş ucunda yer alıyor, fakat bunun ayrı bir evrim türü olduğuna dair bir kanıt yok. Daha da önemlisi, organizmaların şimdiye kadar yok oluşa karşı bağışıklık geliştirmiş olduğuna dair bir kanıt da yok.

Bu bölümde, yaşamın tarihini oluşturan evrimsel olaylar dizisinin öngörülemezliği üzerinde durdum. Fosil kaydının hiçbir noktasında belli bir olaya bakıp, "Tabii ki bu böyle olmalıydı" diyemeyiz. Uçan sürüngenler evrimleşmeseydi, hiçbir anatomi veya fizyoloji uzmanı onların yokluğunu sorgulayamayacaktı. Aynı sebeple, biyolojik açıdan imkân dahilindeki vücut planlarının ya da yaşam biçimlerinin tükenip tükenmediğini bilmiyoruz. Tüm olası organizma tasarımlarını tasavvur edebilseydik, (şimdiye kadar) bu tasarımların çoğunun mu yoksa ancak küçük bir kısmının mı denenmiş olduğunu söyleyemezdik. Hareket etmek için tekerlek ya da rüzgâr yelkeni kullanan

organizmalar yok (biraz da tekerlek ve yelkenin nasıl tanımlandığına bağlı olsa da). Tekerlek ve yelken, canlı bir organizma açısından kullanışsız ya da gelişmesi imkânsız mı, yoksa aslında imkân dahilindeler de evrim mi onları henüz keşfetmedi? Evrim biyolojisinin bu belirsizlik düzeyi, büyük tutarlılıklara ve öngörülebilirliklere alışkın diğer disiplinlerdeki bilimcilerin gözünü korkutur.

Evrimin son 3,5 milyar yıllık seyrinin öngörülebilir olmadığına ısrar eden ben, bir ikazda bulunmak zorundayım. Görünüşteki düzensizlik yalnızca cehaletimizin bir yansıması olabilir: Belki de evrimin belirgin şablonları var ve buna dair veriler aslında bizden önce geldi, fakat biz tespit edemedik. Aynı zamanda dış uzayda yaşam keşfedecek olursak, yeryüzündeki yaşamın hangi özelliklerinin “olağan” ya da kaçınılmaz olduğu konusunda artık bir yargıya varabileceğiz.

KAYNAKLAR VE EK OKUMALAR

- Clarkson, E. N. K. ve R. Levi-Setti, 1975. “Trilobite Eyes and the Optics of Descartes and Huygens”. *Nature* 254: 663-67. Trilobit optiği üzerine bir tartışma.
- Cloud, P. E. 1988. *Oasis in space: Earth History from the Beginning*. New York: W. W. Norton. Genel okuyucuya uygun olarak yazılmış; yeryüzünün ilk dönemleri ve Kambriyen öncesine ait kayıtlar üstünde duruyor.
- Copper, P. 1988. “Ecological Succession in Phanerozoic Reef Ecosystems: Is it Real?” *Palaios* 3: 136-52. Şekil 2-2’nin temellendirildiği araştırma makalesi.
- Gould, Stephen Jay. 1989. *Wonderful Life*. New York: W. Norton. Burgess Şisti fosilleri ve evrim açısından yok oluşun anlamı üzerine etkileyici bir çözümleme.
- Harland, W. B. ve diğ. 1990. *A Geological Time Scale 1989*. Cambridge: Cambridge University Press. Kitaptaki jeolojik zaman tahminleri buradan esas alındı.
- Margulis, L. 1988. “The Ancient Microcosm of Planet Earth”. *Origins and Extinctions* içinde, D. E. Osterbrock ve P.H. Raven (ed.). New Haven: Yale University Press, 83-107. Kambriyen öncesi yaşamın mükemmel bir özeti.
- Nitecki, M. H. (ed.) 1988. *Evolutionary Progress*. Chicago: University

- of Chicago Press. Yaşamın evrimi açısından ilerlemenin tanımı üzerine bilim ve felsefe denemelerinin bir toplamı.
- Padian, K. 1988. "The Flight of Pterosaurs". *Natural History*, Aralık, 58-65.
- Raup, D. M. ve S. M. Stanley. 1978. *Principles of Paleontology*. 2. baskı. San Francisco: W. H. Freeman. Ders kitabı.
- Raup, D. M. ve J. W. Valentine, 1983. "Multiple Origins of Life". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 80: 2981-84. Yaşamın birden çok kereler evrimleşmiş olabileceği ihtimali üzerine bir araştırma makalesi.
- Schopf, J. W. (ed.) 1983. *Earth's Earliest Biosphere: Its Origin and Evolution*. Princeton: Princeton University Press. Kambriyen öncesi çevre ve yaşamın ilk zamanları üzerine ayrıntılı ve kapsamlı denemelerin toplamı.
- Schopf, J. W. ve C. Klein (ed.) 1991. *The Precambrian Biosphere*. Cambridge: Cambridge University Press. Kambriyen öncesi yaşamın çok daha kapsamlı bir değerlendirmesi.
- Stanley, S. M. 1973. "An Ecological Theory for the Sudden Origin of Multicellular Life in the Late Precambrian". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 70: 1486-89. Kambriyen Patlaması'nın sebebi olarak öne çıkaran araştırma makalesi.
- Stanley, S. M. 1989. *Earth and Life Through Time*. 2. baskı. New York: W. H. Freeman. Ders kitabı.

KUMAR

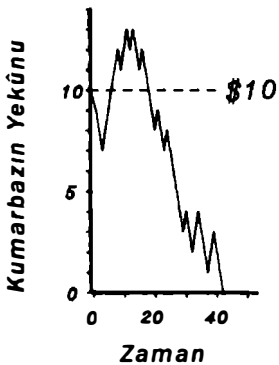
Farzedin ki bir kumarhanedesiniz ve kazanma-kaybetme olasılığı eşit olan bir oyuna denk gelecek kadar şanslısınız; her oyunda sizin de kasanın da kazanma olasılığı %50. Sıfırların (yeşil rakamların) olmadığı bir rulet masası olabilir bu; eğer öyle bir şey varsa tabii... Rulet tekeri üzerinde eşit sıklıkta bulunan kırmızı ya da siyahlara oynuyorsunuz sadece. Oyuna on dolarla başladınız ve kırmızılardan birine bahis yatırdınız. Teker kırmızıda duracak olursa bir dolar kazanırsınız ve böylece elinizde on bir dolar olur; siyahta duracak olursa bir dolar kaybedersiniz ve dokuz dolarınız kalır. Bu şekilde devam ederek bahsiniz bir dolarlık adımlarla inip çıkar; ta ki şu üç şey gerçekleşene kadar: (1) iflas edersiniz, (2) kumarhane iflas eder (ya da sizden çıkıp gitmenizi ister, çünkü çok kazanıyorsunuzdur) (3) zamanınız kalmamıştır ya da başka bir nedenle siz çıkıp gitmeye karar verirsiniz.

Şekil 3-1'de kumarhane senaryosunun olası sonuçları gösteriliyor. Bir ev bilgisayarının rasgele sayı üretme programında simüle edilmiş de olsa, olası sonuçlar, yazı tura atmak ya da kırmızı ve siyahların kullanıldığı bir deste oyun kartından rasgele birini çekmek gibi otomatik olmayan yöntemlerle de bir o kadar kolayca üretilebilirlerdi. Her durumda kumarbazımız son kertede iflas ediyor, fakat olasılıklardan birinde (3 nolu oyun), bir süre hiç de fena gitmiyor.

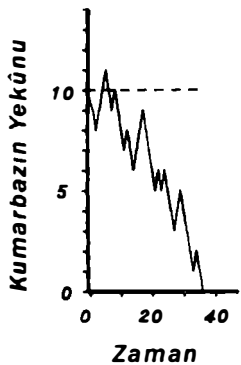
İstatistikçiler, burada en yalın haliyle anlatılan Kumarbazın İflası problemini, olasılık çeşitleri için bir model

Kumarbazın İflası

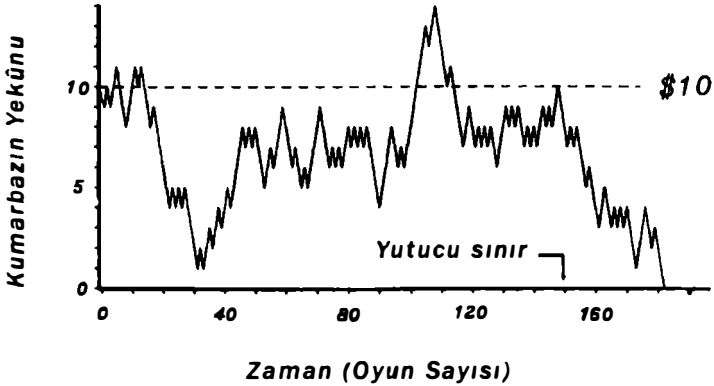
1. Oyun



2. Oyun



3. Oyun



Şekil 3-1. Bir eş-İhtimaller oyunundaki (yani her oyunda kazanma olasılığının %50 olduğu) kumar sonuçlarının simülasyonu. Kumarbazın başlangıçtaki varlığı 10 dolar, her bahis 1 dolar olsun. Dolayısıyla, ilerli sürülen para, 1 dolarlık kademeler halinde, bir aşağı bir yukarı dalgalanma gösterir. Yutucu sınıra, yani sıfıra ulaşıldığı vakit Kumarbazın iflası gerçekleşir. Her oyunu, on türle yola çıkan bir cinsin kaderine benzetmek mümkün. Bir tür, bir başka türü oluşturmak üzere dallanma gösterdiğinde, tür sayısı artar; tür, yok oluşa uğradığında ise sayı azalır.

olarak yıllarca kullandılar. Kaçınılmaz olarak Kumarbazın İflası'nı merkeze alan özel bir dil şekillendi. Sözgeli-mi Şekil 3-1'de gösterilen, kumarbazın talihinin izlediği yollara, *rasgele yürüyüşler* deniyor. Rasgele yürüyüş bir defa başladı mı daha önceki bir düzeye geri dönme eğilimi göstermez. Kumarbaz on dolarla başladıysa, yolun on dolar civarında kalmasını ya da on dolara geri dönmesini tetikleyecek bir güç yoktur. Sistemin belleği yoktur. Elbette her iyi kumarbaz şunu bilir: Üst üste kaybetmiş olmak, gelecekteki bahisleri etkilemez.

Şekilde 3-1'de gösterilen her grafikte yatay çizgi, sıfır hisse noktasını gösterir; yani kumarbazın başlangıçtaki payını kaybettiği ve iflas ettiği düzeyi... Buraya *yutucu sınır* adı verilir, çünkü yol bu düzeye ulaşırsa dönüş yok demektir; oyun biter. Bu koşulu, kendimiz bir koşul öne sürerek değiştirebiliriz: Sıfırı tükettiğiniz halde devam edebilmeniz için kumarhane size her seferinde bir dolar versin. Bu durumda grafiğin tabanı *yansıtıcı sınır* haline gelir: En azından bir adım yukarı sekerek oyuna geri dönmüş olursunuz. Borç verenler dışında bunu yapan bir kumarhane bilmiyorum.

Şekil 3-1'deki 3 nolu oyunda, kumarbazın hissesi oyunun erken bir aşamasında 10'dan 1'e düştü; ardından 14'e yükseldi ve en sonunda 0'ı buldu (yutucu sınır). Kumarbazın on yerine dokuz dolarla başladığını farzedin; oyundaki diğer her şey aynı olsun. Daha o ilk düşüşte sıfırı bulacak ve sonraki başarıyı asla tadamayacaktı; dolayısıyla küçük bir kârla oyundan çekilme fırsatını da... Bu, ilk hissenin büyüklüğünün önemini gösteriyor: İlk hisse ne kadar büyükse, yutucu sınırdan o kadar uzaktır ve kumarbaz o kadar uzun süre oyunda kalacaktır.

Teorik olarak kumarhaneler, oyuncuların bahis miktarlarına sınırlama getirebildikleri müddetçe, bahislerin bire bir verdiği şans oyunundan kâr sağlayabilir. Bu yüzden ki tipik bir kumarbazın kumarhaneye girerken cebindeki para, kumarhanenin mal varlığından ziyade sıfıra yakındır. Kumarbazın İflası probleminde üst sınırın

kendisi de bir yutucu sınırdır (kumarhanenin iflası), fakat bu sınır genellikle o kadar yüksektir ki bireysel düzeyde müşteriye ilgilendirmez. Bire bir bahis oranı veren kumarhanemizin kapısından büyük oynayan bir kumarbaz girmiş olsun; toplam varlığı kumarhaneninkinin tam olarak yarısı kadar olan bir kumarbaz. Eğer oyuncumuz yeterince uzun bir süre oynamaya devam eder ya da masaya yeterince büyük bahisler sürmesine izin verilirse, kumarhaneyi batırma şansı yarı yarıya olur.

Yok oluş bağlamında, kumarbazın bahis miktarını, belli bir evrim grubundaki tür sayısı gibi düşünebiliriz. Örnek olarak verdiğimiz 10 dolarlık bahis, jeolojik geçmişin şu veya bu anında yaşamış 10 türden ibaret bir cins olabilir. Kumarbazın zaman ölçeği yerine milyon yıllık birimlere ayrılmış kendi zaman ölçeğimizi kullanacağız. Her bir milyon yıllık zaman aralığında, bir türün gelecek bir milyon yıllık zaman aralığının başlangıcına kadar hayatta kalma şansı %50'dir; eğer hayatta kalmışsa, yeni bir tür üretmek üzere türleşme şansı da %50'dir. Bu cinsin akıbeti konusunda, sizce ne tür bir öngöründe bulunabiliriz?

Aslında birçok ilginç öngöründe bulunmak mümkündür. Örneğin, *tür sayısının (çeşitliliğin), tıpkı bir rasgele yürüyüş halindeymiş gibi, bir aşağı bir yukarı dalgalanacağı*ni söyleyebiliriz. Türlerin yok oluşu çeşitliliği azaltır; türleşmeysen artırır. Yok oluş ihtimali, türleşme ihtimaliyle aynı olduğu (yarı yarıya) müddetçe, netice bir rasgele yürüyüş olacaktır.

Dahası, *cinsin nihai yok oluşu kaçınılmazdır*. Bir şekilde mantığa aykırı gelse de, bu durum sıfır tür noktasında tek bir yutucu sınır bulunmasından ileri gelir. Rasgele yürüyüşte, ileri geri yapma şansının sınırsız olduğunu görmüştük. Eğer bir üst yutucu sınır yoksa, rasgele yürüyüşün nihayetinde *alt* yutucu sınıra toslaması kesindir.

Elbette, kumarhanenin toplam varlığına denk düşecek bir üst yutucu sınır belirleyebilirdik. Küresel biyoloji açısından baktığımızda, üst yutucu sınır, dünyadaki tüm organizmalara ait alanların toplamı olurdu. Bir evrim gru-

bu, mesela bir cins, geride ikinci bir cins bırakmayacak kadar çok sayıda türleşerek “bütün parsayı toplayabilirdi”. Dünyadaki bütün türler aynı cinse mensup olurdu. Basit bir kumarbazın bütün bir kumarhaneyi yenmesi kadar düşük olasılıklı bir durum bu. Dolayısıyla, bilimüm pratik nedenlerden ötürü, cinsin nihai yok oluşu kesindir.

RASTLANTISALLIK KAVRAMLARI

Rastlantısallığın doğal yaşamdaki karşılığı nedir? Yazı tura atmanın rastlantısal olduğu söylenir. Çoğu insana göre bu, sonuç bütününüle şans işi –nedensiz– demektir. Fakat yazı tura atmaya da şüphesiz neden-sonuç ilişkisi yönetir. Paranın yazı tarafının mı yoksa tura tarafının mı üste geleceği, başlangıçta dışa bakan yüzün hangisi olduğundan, atış kuvvetine –dolayısıyla paranın havadaki dönüş sayısına– kadar neredeyse sayılamayacak kadar çok fiziksel etkene bağlıdır. Hava akımının durumu (rüzgâr gibi) ve bir ihtimal barometrik basınç da etkili olmalı; bozukluğun kendi durumunu saymıyoruz bile. (Sırası gelmişken, bir yanıla benzer bir örnek olan at nalı fırlatıcılığında, iyi oyuncular nalın havadaki dönüş sayısını kontrol etme konusunda ustalaşır.) Yazı tura atmak o kadar karmaşık bir iş ki, belirleyici faktörlerin tümünü *denetleyemeyiz* ya da *denetlememeyi tercih ederiz*.

Bunun yerine bir dizi nedenin, bozuk parayı, süreç rasgele ilerliyormuş gibi hareket ettirmek üzere bir araya geldiğini varsayarız. Bu varsayımı seçmekle, rüzgâr akımlarını ve diğer ayrıntıları yok sayabilir, yazı ve tura olasılıklarının eşit olduğunu söyleyen istatistiksel varsayımı benimseyebiliriz. Bu, aynı zamanda, “Art arda yirmi defa yazı gelmesini ne sıklıkta beklemeliyiz?” gibi sorulara yanıt vermemizi sağlayan, rastlantısal olayları konu edinmiş bir matematik işlemleri cephanesini kullanıma açar. Rastlantısallık varsayımı akıllıca bir hile. Böylece, neden-sonuç ilişkisini ve beraberindeki tüm karmaşıklığı yok sayarak, haklarında ilginç ve işe yarar varsayımlarda

bulunabileceğimiz itaatkâr olgulara ulaşmış oluruz.

Birçok bilimci ve filozof, artık, doğal dünyada hiçbir şeyin gerçek anlamda rastlantısal olmadığını kabul ediyor. Bir gazdaki molekül hareketlerinin, bir buzuldaki genişlemenin, oluşan bir kasırganın, meydana gelen bir depremin, bir salgının yayılmasının, tümünün belli nedenleri vardır. Bazı durumlarda, özellikle depresyon ve hastalık söz konusu olduğunda, bu nedenleri incelemek hem mümkün hem de uğraşmaya değerdir. Fakat geri kalan durumlar için bilinecek her şeyi bilemeyiz ya da bilmeyi seçeriz. Örneğin, bir gazdaki molekül hareketlerinin rastlantısal olduğunu varsayarak sayısız mühendislik uygulaması için kritik öneme sahip gaz yasalarına (Boyle yasası ve benzerleri) ulaşmamız mümkündür.

Doğal sistemlerdeki rastlantısallığı en iyi açıklayan tanım belki de şudur: *Rastlantısal olaylar, olasılık dışındaki alan açısından öngörülemez olaylardır. %70 ihtimalle yağmur yağacağı tahmini, bunun tipik bir örneğidir.*

Yok oluş konusunda Kumarbazın İflası yaklaşımını kullandığımızda aynı türden olasılıklarla karşı karşıya kalırız. Bir türün yok olması için belli sayıda, muhtemelen çok sayıda neden olduğunu varsayarız. Fosil kayıtlarında bulunan fakat belli bir ölçeğin altında, tamamıyla rastlantısal süreçlerle üretilme ihtimali bulunan şablonlardan ayırt edilebilir olmayan yok oluş şablonlarını inceleriz. Türlerin akıbeti açısından bakıldığında, bu, baskı ve belanın birinden kaçsalar diğerine yakalanacaklarını söylemekle eşanlamlıdır. Bir kez rastlantısal davranış varsayımında bulunduğumuzda şablonlarla çalışmak mümkün hale gelir. Bu yaklaşım, daha geleneksel “duruma göre değişir” yaklaşımının erişim sınırları dahilinde olmayan genellemeleri mümkün kılar.

SAĞKALIM KUMARI

Bir cinsin ya da herhangi bir akraba türler grubunun evrim hikâyesinde, az önce tanımlanmış anlamıyla rastlantı-

sallık, belli bir düzeyde mevcuttur. Bir fiziksel ve biyolojik etkenler bileşkesi, herhangi bir cins içindeki her bir türün ne kadar yaşayacağını ve türlerin dallanmalarla yeni türler meydana getirip getirmeyeceğini belirler. Türlerin yok oluşu o cinsin geleceğini sallantıya sokarken türleşme, koruyucu etki gösterir. Cinslerin var olma mücadelesi vermedikleri, aslında var olma kumarı oynadıkları söyle-negelmiştir.

Oyun, sadece şans eseri, bir cins (ya da başka herhangi bir grup) için işler; hem de azımsanmayacak bir zaman boyunca şanslı yolunda gidebilir; tıpkı bir kumarbazın müthiş başarılı olabileceği gibi. Dahası, bir dizi talihli olay bir sürü tür ortaya çıkartmışsa, ki kumarhanede üst üste kazanmakla eşdeğerdir bu, gelecek birkaç milyon yıl içinde o cinsin yok olma ihtimali azalır. Dolayısıyla çok sayıda tür, grup için yok oluşa karşı geçici bir koruma sağlar.

Günümüzde kemirgen türlerinin sayısı (yaklaşık 1.700 kadardır), diğer herhangi bir memeli takımının tür sayısının üzerindedir. Çeşitlilik sıralamasının ikinci basamağında, yaklaşık 900 türle yarasalar gelir. Buradan hareketle, tüm yaşayan memeli türlerinin yaklaşık üçte ikisinin ya kemirgen ya da yarasa olduğunu varsayabiliriz. Bu, sadece şans eseri olabilir mi? Bu iki grup bir dizi türleşme mi yaşadılar yoksa tarihlerinin erken bir evresinde yok oluştan talihli bir sıyrılma mı? Yoksa sadece, hayatta kalma ve/veya türleşme konusunda, birtakım tartışma götürmez biyolojik nedenlerden ötürü iyiler mi?

Bu alternatiflerden biri konusunda karar vermenin bir sıkıntısı da, rastlantısal süreçlerin geniş bir sonuçlar yelpazesi yaratıyor olmasındandır; o yelpaze üzerindeki konumunun ne olacağıysa büyük ölçüde öngörülemezdir. Kemirgenlerin ya da yarasaların durumunda ortaya çıkan soru şudur: Grubun evrim tarihi, bire iki oran veren bahis oyununun beklenen sınırları içinde mi gelişmiştir yoksa türleşmenin yarattığı artıdeğer makul istatistiksel beklentilerin ötesinde midir? İkincisi doğruysa, bir şeyleri doğru yapıyor olmalılar. Will Cuppy, *How to Become*

Extinct kitabında, cevabı bildiğini düşünüyordu. Şunları yazmıştı: “Yarasalar da tepetaklak olacak; herkes biliyor bunu, Yarasalar hariç herkes.”

FARKLILIK GÖSTEREN YOK OLUŞ VE TÜRLEŞME ORANLARI

Tüm bunları anlatırken, türleşme ve türlerin yok olma hızlarının eşit olduğunu varsaydım. Türlerin doğumlarına ve ölümlerine bütünüyle eş olasılık atfettim. Türlerin doğumu ve ölümü bu kadar farklı olgularken, bu varsayım nasıl gerçekçi olabiliyor?

Sorunun iki yanıtı var. Öncelikle, rasgele yürüyüş mantığı, eş olmayan olasılıklar söz konusu olduğunda kusursuz işler; sadece olayın matematiği bir parça değişir. Kumarhane benzetmesine geri dönecek olursak; normal şartlarda kasa, bahis ikramiyelerinde oransızlık yaratarak kendi kârını kollar. Rasgele yürüyüş işlemeye devam eder, fakat müşterinin bir parça aleyhinde. Böylelikle, evrimde, türleşme ve yok oluş olasılıklarının farklılık gösterdiği olguları da zorlanmadan ele alabiliriz. Sözgelimi, kemirgenlerin ve yarasaların, türleşme olasılığının yok oluş olasılığından daha yüksek olduğu koşullarda yaşadıklarından şüphelenebiliriz. Daha önce de belirtildiği gibi, kemirgenlerin ve yarasaların, temelde, güçlüklerin üstesinden gelecek kadar şanslı olduklarını düşünürken temkinli olmalıyız. Bazı kumarbazlar kazanır, kazanır ve durmadan kazanır.

Oranların eşitliği varsayımıyla ilgili sorunun diğer cevabı, yaşamın tarihindeki türleşme olaylarının toplam sayısının, yok oluş olaylarının toplam sayısı ile neredeyse aynı olmasında yatar. Yok olmuş canlı türleri ile yaşamakta olan canlı türleri arasındaki, ilk bölümde tartışılan 1000/1 oranından çıkan bir sonuçtur bu. Eğer geçmişte 40.000.000.000 tür oluştuysa ve bugün 40.000.000 tür hayattaysa (tam rakamı bilmediğimizi aklımızdan çıkarmadan), 40.000.000.000 türleşmeye karşılık 39.960.000.000 yok oluş gerçekleşmiş demektir. Öyleyse, uzun vadede

ortalama türleşme ve yok oluş oranları neredeyse eşittir. Söz konusu “neredeyse eşit” olma halinin nedenleri bir yana, bu rakamlar, bire iki bahis oranı modelinin mantıksız olmadığını gösteriyor.

EĞİMLİ HİSTOGRAMLAR

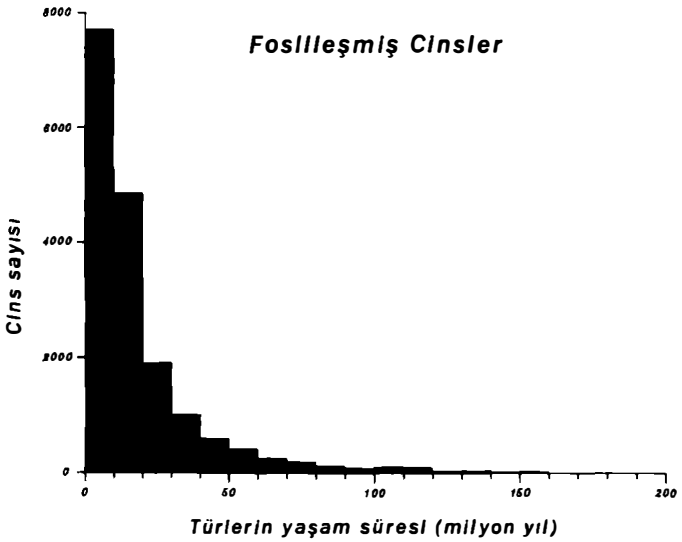
Paleontologlar, türleşme ve yok oluşun kimi zaman eşit kimi zaman da eşit olmayan oranlarda görüldüğü biyoçeşitlilikteki rasgele yürüyüşün türlü sonuçlarına vakıf olabilmek için birçok bilgisayar simülasyonu geliştirdi. Simüle edilen gruplardan bazıları bilgisayarın belleğini aşacak kadar genişledi; bazıları da görece erken bir yok oluş yaşadı. Az parayla oyuna başlayan, yani yutucu sınıra yakın bir kumarbaz nasıl daha çabuk meteliksiz kalırsa; bir grubun yok oluşu da, yaygın bir görüş olarak, az sayıyla yola çıkmasına bağlıdır.

Evrimde, cins ya da aile gibi bir grup, tanım gereği tek bir tür ile başlar. Acemi grubun hayatta kalabilmesi, kurucu türün yok olmadan türleşmesine bağlıdır. Yeni evrimleşen grup küçük olduğundan genellikle uzun yaşamaz. Bu da yaşamın tarihinin önemli bir veçhesine tekabül eder: Çoğu türün yaşam süresi, tüm grupların ortalama yaşam süresinden kısadır. Şekil 3-2’de fosilleşmiş cinslerin yaşam süresi histogramları gösteriliyor. Grafiğin bir sürü kısa ve birkaç uzun yaşam süresinden müteşekkil eğimli bir şekli var.

Varyasyonun gösterdiği eğimli (asimetrik) şekil, yok oluş meselesiyle ilişkili önemli biyolojik özelliklere özgüdür. Bu özellikler şunları içerir:

- bir cinsteki türlerin sayısı
- türlerin yaşam süresi
- türlerdeki bireylerin sayısı
- türlerin coğrafi yayılma alanı

Her kategoride, “küçük olandan” daha çok mevcut. Bir ör-

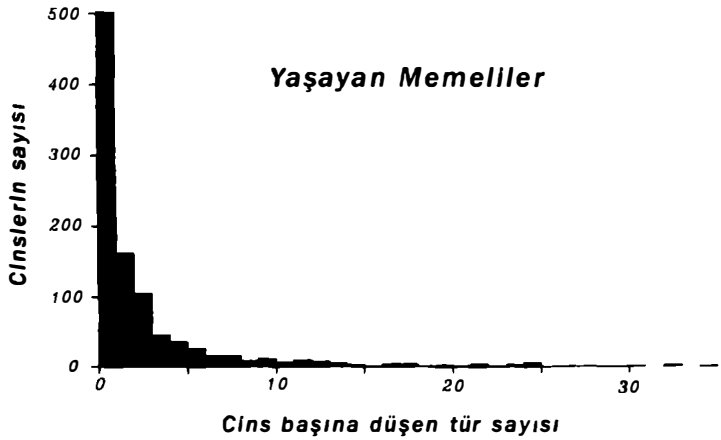


ŞEKİL 3-2. Fosilleşmiş cinslerin Jeolojik yaşam sürelerinin dağılımını gösteren histogram. Fosilleşmiş cinslerin ortalama yaşam süresi yaklaşık yirmi milyon yıl. Grafik epey eğimli; yaşam süresi ortalamanın altında olan cinsler, yaşam süresi ortalamanın üzerinde olanlardan çok daha fazla. (17.505 cinslik zaman aralığı temel alınmıştır; J. J. Sepkoski, Jr. tarafından tablolaştırılmıştır.)

nek daha vereyim: Yaşayan memeli türlerinin sayısı yaklaşık 4.000; bunlar yaklaşık 1.000 cins altında gruplanmış. Bu cinslerin neredeyse yarısı tek bir türden ibaret; yaklaşık %15'indeyse sadece iki tür var. Rakamlar düzgün bir gerileme gösteriyor; öyle ki tür sayısı 25'i geçen sadece birkaç cins var (Şekil 3-3). Yaşayan en türü-bol memeli cinsinde (küçük bir böcekçil) yaklaşık 160 tür var. Genel ortalama, cins başına 4 tür şeklinde ($4.000/1.000$), fakat asimetri yüzünden cinslerin tam olarak dörtte üçünde tür sayısı 1, 2 ve 3'ün, dolayısıyla da ortalamanın altında.

Yukarıda bahsi geçen noktalardan bazılarını özetleyeyim. Hem kuram hem de gözlemden doğan bazı nedenlerden ötürü –ki bunlardan bazıları Kumarbazın İflası problemine bağlıdır– şu genellemeleri yapmamız mümkündür:

- Türlerin ve cinslerin çoğu kısa ömürlüdür (ortala-



ŞEKİL 3-3. Yaşayan memelilerde cins büyüklüğünü gösteren eğimli dağılım. Cinslerin hemen hemen yarısında tek tür var. Tür sayısı 10'u bulan cinsler nadirdir. (Anderson ve Jones'un (1967) verileri temel alınmıştır.)

ma ile karşılaştırıldığında).

- Türlerin çoğunda birey sayısı azdır.
- Cinslerin çoğunda tür sayısı azdır.
- Türlerin çoğu küçük coğrafi alanlara yayılmıştır.

Eğimli varyasyon doğada son derece yaygındır. Öte yandan, ne tuhaftır ki çoğumuz doğal olaylarda varyasyonun çan eğrisi şeklinde olduğuna, yani ortalamanın üzerinde ne kadar öge varsa altında da o kadarının bulunduğu inanacak şekilde eğitildik; konu ister insanların boyları ya da kiloları olsun, ister hava durumu veya beyzbol maçlarının ortalamları... Hiçbir şey gerçeğe bu kadar uzak olamaz.

Eğimli varyasyona verilen klasik örnekler arasında enfeksiyon hastalıklarının kuluçka süresi ile kanser hastalarının yaşam süresi beklentileri yer alır. Her ikisinde de vakaların çoğunluğu ortalamanın altındadır; ortalama değer, birçok kısa zaman aralığı ile daha uzun birkaçının toplanarak, toplam vaka sayısına bölünmesiyle elde edilir. *Medyan* zamanın, yani bireylerin yarısı tarafından aşılacak zamanın kullanılması çok daha isabetli olurdu.

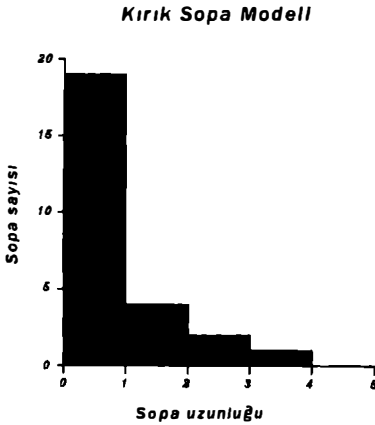
Çan eğrileri (matematikçilerin adlandırmasıyla normal dağılım ya da Gauss dağılımı) bazen doğada da gerçekleşir; sadece diğer eğriler daha çoktur. İstatistikçiler bu sorunla boğuşup dururlar; üstelik en iyi istatistik testlerinin çoğu, çan eğrisine göre tasarlanmıştır. Çözümü genellikle işlenmemiş verileri dönüştürmekte bulurlar, yani ölçüm cetvelini değiştirerek sonuçları sanki çan eğrisi dağılımı gösteriyormuş gibi ele alırlar. Bu türden dönüştürmeler arasında, bazen işe yarayanlardan biri, tüm ölçümleri logaritmalarına çevirmektir (ya da kare köklerine). Dönüştürülmüş rakamlar çan eğrisi dağılımı gösteriyorsa, araştırmacı, bu şekil üzerine kurulu testleri uygulayabilir.

DİĞER MODELLER

Kumarbazın iflası problemi bizi, türler hakkında yok oluş meselesiyle ilişkili genellemelere götürdü. Diğer yandan çoğu şablonun, özellikle de eğimli dağılımların, kumarla ya da biyolojiyle ilgisi olmayan işlemlere benzetilmesi mümkündür.

Elinize 250 santim uzunluğunda bir sopa aldığınızı ve bunu, ortasını ya da başka bir kısmını kayırmadan rasgele 25 noktadan kırdığınızı varsayın. İşiniz bittiğinde 26 kısa sopanız olacak. Şimdi, kısa sopaları sayın, ölçün ve bir histogram oluşturun. Sopa uzunluklarının gösterdiği varyasyonun şekli, türler ve cinsler için gösterdiklerime çok benzer olacak: Sola doğru bir çıkıntı ya da tepe ile sağa doğru devam eden uzun bir kuyruk. Şekil 3-4'te bir bilgisayar simülasyonunun sonuçları görülüyor.

ABD'deki şehirlerin nüfus büyüklüklerinin gösterdiği varyasyon buna çok benzer bir şablon izler; ölçebildiğimiz ya da sayabildiğimiz diğer birçok şey gibi. Kırık sopa olarak adlandırılan model, bu şablonlara uyarlanabileceklerden biri; aslında en anlamlı sonuç veren ve gözlemlerle en fazla örtüşen modelin hangisi olduğuna dair birçok çalışma yapıldı. Bu kitabın amacını göz önünde bulundurduğumuzda önemli olan, dağılımların birçoğunun eğimli oldu-



ŞEKİL 3-4. Bir sopanın rasgele 25 noktadan kırıldığı bir simülasyonun sonuçları. Histogramda, kısa sopaların boy dağılımı gösteriliyor. Eğilimin belli bir uca toplanmış olması, doğal olaylara özgü histogramlarda sıklıkla karşımıza çıkan şekilleri anımsatıyor.

ğü sonucudur. Hepimizin kulağına çalınmış olan simetrik çan eğirisinin yakınından bile geçmiyorlar.

Yok oluş konusunda çıkarılacak derslerden biri de, bazı bitkilerin ve hayvanların, yok oluşa ötekilerden daha yatkın olduğudur. Bugün hayatta olan türlerin çoğu, küçük nüfusa sahip ve kısıtlı bir coğrafi alanda yaşıyorlar; bunlar nadiren gördüğümüz canlılardır. Sayıca kalabalık ve yaygın türleri sık sık görürüz, fakat bunlar şaşırtıcı derecede azdır. Bu nedenle, memeliler ve böcekler hakkında makul boyutlarda faydalı rehberler kaleme almak mümkündür. İster biyolojik ister fiziksel olsun, çevre koşulları sertleşmeye başladığında, yok oluş karşısında en savunmasız olanların, daha nadir türler olduğu düşünülür. Böylece, belli bir yok oluş olayının biyoçeşitliliğin %40'ını veya %80'ini ortadan kaldırdığını söylediğimizde, hangi %40'tan ya da %80'den bahsettiğimizi de söylememiz gerekir. Olayın mahiyeti, ağırlıklı olarak kurbanların sayısına, bir de bu kurbanların her tarafa yayılmış türlerden mi yoksa belli bölgelere özgü türler mi olduklarına bağlı olacaktır.

SOYADLARIN YOK OLUŞU ÜSTÜNE BİR NOT

18. yüzyılın sonundan 19. yüzyılın başına kadar yaşamış İngiliz iktisatçı Thomas Malthus, nüfus büyümesi ve bunun toplumsal etkileri hakkındaki fikirleriyle anılır. Nüfusun gıda kaynaklarından daima daha hızlı bir artış gösterdiği savı, Charles Darwin'in doğal seçim kuramını geliştirmesinde güçlü bir ilham kaynağı olmuştur. Bu nedenle Malthus'un meşhur çalışması *Essay on the Principle of Population*'ın [Nüfus İlkesi Üstüne Bir Deneme] yok oluş meselesine önemli bir yorum getirmesi tuhaftır.

Malthus'un *Deneme*'sinin küçük bir kısmı, İsviçre'nin Bern kentine ait nüfus değerlerine ayrılmıştır. Malthus burada önemli ailelerin –bir başka deyişle tüccarlar ya da zanaatkârlar gibi burjuvazi mensuplarının– isim listelerini, 1583'ten 1783'e kadar uzanan 200 yıllık bir dönem aralığında karşılaştırır. Dönemin başlangıcındaki ailelerin tamamına dörtte üçünün (toplam nüfusta bir değişiklik olmaksızın) bu sürenin sonunda ortadan kaybolmuş olması Malthus'u hayrete düşürür. Sözkonusu soyadların sahipleri ya ölüp gitmiş ya da Bern'i terk etmiştir. Malthus, yaptığı gözleme bir açıklama getirmez; söz konusu olgu, nüfusların ölümünden ziyade artmasına odaklanan bir bölümün satırları arasında fark edilmeden kaybolup gider.

19. yüzyıl boyunca, özellikle Avrupa'daki kraliyet aileleri ve İngiliz asilzadeleri gibi düzgün şekilde kayıt altına alınmış başka gruplarda, aile yok oluş oranlarının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ortaya çıkan tablo mantıkla çelişiyor: İsimleri asırlar ötesine götürülebilecek büyük ailelerin varlığından herkes haberdardı, fakat istatistikler katiydi.

Yok olan soyadlarının çokluğu birçok gözlemci tarafından üst sınıf ailelerdeki bazı temel zayıflıkların ya da yetersizliklerin ifşası olarak yorumlandı. Burjuvazi ve kraliyet aileleri mensuplarının bir şekilde, uzun yaşama ya da ailelerinin devamlılığını sağlayacak kadar çok çocuk yapma ihtimalleri daha azdı. Bu yorum, işçi sınıfı verileri-

nin daha istikrarlı olacağını kabul eden örtük varsayıma dayanıyordu; yıllarca, bu varsayımı doğrulama ihtiyacını hisseden olmamıştır.

Öte yandan, Francis Galton ve H.W. Watson'ın 1875'te yayımladıkları klasikleşmiş matematik çalışmalarında, Malthus'un ilk gözlemlerinin tam olarak beklentileri karşıladığı gösterildi. Bütün bir nüfusu içeren geniş tabanlı sayım verileri tetkik edildiğinde Galton ve Watson'un ulaştıkları sonuç doğrulanmış oldu.

Buna göre, insan topluluklarındaki soyadların çoğu şaşırtıcı ölçüde kısa ömürlüdür. Yeni bir soyad genellikle tek bir kişi veya az sayıda kişiyle başlar, nesiller boyunca devam edip etmeyeceği de kör talihe kalmıştır. Devamlılıkları, kaç erkek çocuğun (soyadını aktaran o olduğundan) doğacağına ve döl verecek kadar uzun yaşayıp yaşamayacaklarına bağlıdır. Her bir ailenin büyüklüğü, rasgele yürüyüş gibi dalgalanma gösterir. Toplam doğum oranları nüfus artışı sağlayacak kadar büyükse, rasgele yürüyüş, soyadın devamlılığına doğru hafif bir kayma gösterir, fakat bu kayma, özellikle de yeni aileler az kişiyle yola koyulduklarından, Kumarbazı İflas'tan kurtaracak kadar güçlü değildir. Dolayısıyla Amerikalıların aşına oldukları büyük aileler –Smithler ve Johnsonlar– azınlıktadır. Bu ailelerin başarısı belki kemirgenlerin ve yarasalarınkine benzerdir.

Soyadlar üzerine son bir yorum yapacak olursak; herhangi bir insan topluluğunu binlerce yıllık süreç sonunda bekleyen akıbet nedir? Soyadlar yokolduğundan nüfus giderek daha az sayıda aile etrafında yoğunlaşmalı ve topluluğun ulaştığı nihai sonuç (sonsuz zaman koşullarında) tek bir aile olmalı. Soyadlar her şeyden önce soyların ayırt edilmesi ve etiketlenmesi işine yaradığına göre, her bir topluluk için optimal bir sayı bulunmalı. Soyadlar, yok oluş sebebiyle iyice azaldığında, ailelerin ayrılarak yeni isimlerin ortaya çıkması yönünde güçlü bir eğilim olacağını düşünüyorum. Bu, evrimsel bir ayrılma, fakat biyoloji dünyasında belirgin bir benzeri yok. Yoksa... var mı?

KAYNAKLAR VE EK OKUMALAR

- Anderson, S. ve J. K. Jones. 1967. *Recent Mammals of the World*. New York: Ronald Press. Şekil 3-3'ün alındığı kaynak. Başlıktaki *Recent*¹ sözcüğü “yaşayan” anlamındaki teknik ifadedir (“yok olmuş” sözcüğünün karşıtı). Güncellenmiş hali 1984'te *Orders and Families of Recent Mammals of the World* (New York: John Wiley) başlığıyla yayımlanmışsa da istatistiklerde kayda değer bir değişim olmamıştır.
- Dubins, L. E. ve L. J. Savage. 1976. *Inequalities for Stochastic Processes-How to Gamble if You Must*. New York: Dover Publications. Kumarhane oyunu modeline dayanan ağır bir matematik işlemi; bir kumarbazın her bir kumarhane seferinden, %90 ihtimalle galibiyetle ayrılacağını, kalan %10'luk kısımda da tüm kazancını yitireceğini temin eden bir formül içeriyor.
- Galton, F. ve H. W. Watson. 1875. “On the Probability of the Extinction of Families”. *Journal of the Anthropological Society of London* 4:138-44. Aile isimlerinin yok oluşu üzerine klasik bir çalışma.
- Malthus, T. R. 1826. *An Essay on the Principle of Population*. 6. baskı. Londra: John Murray. Birinci cildin 352. ve 353. sayfalarında İsviçre'deki aile isimlerinin yok oluş verileri yer alıyor.

¹ Türkçede “son, yeni vuku bulmuş olan” anlamında kullanılır —*cev. notu*.

4 KİTLESEL YOK OLUŞLAR

Kitlesel yok oluş gişe rekorları kırdı. Popüler medyanın sevgilisi o; dergi kapaklarına, televizyon için çekilmiş belgesellere, kitaplara ve hatta bir rock şarkısına konu oldu. *Discover* dergisi Ekim 1989 sayısını şu konuya ayırmıştı: “Bilimin On Yılı: Seksenlerden Sekiz Büyük Fikir” Beş numarada, Stephen Jay Gould’un “Uğruna Ölünecek Asteroit” başlıklı yazısında tasvir ettiği yok oluş yer alıyordu. 1989’un sonunda Associated Press, yok oluşu “Son On Yılın En Önemli On Bilimsel Gelişmesi”nden biri ilan etti. *Economist* dergisinden *National Geographic*’e, herkes konuyla ilgilendi.

Yok oluş konusuna duyulan bu coşkunun birçok nedeni var. En belirgin ve şüphesiz en önemlisi, 1980’de, L. W. Alvarez, W. Alvarez, F. Asaro ve H. V. Michel tarafından yayımlanan tartışmalı araştırmaydı. Makalede dünyanın 65 milyon yıl önce devasa bir kuyruklu yıldız veya asteroitle çarpıştığı ve bunun, yaşamın tarihindeki en büyük kitlesele yok oluşlardan birini tetiklediği ileri sürülüyordu. Yok oluşun dinozorları canından ettiği gerçeği, genel ilgiyi daha da artırdı.

Ardından, 1984 yılında Jack Sepkoski’yle birlikte, yok oluşun son nabız atışlarının, yaklaşık 26 milyon yılda bir ilerleyen bir saatin tiktaklarına benzediği şeklindeki iddiamızı yayımladık. Bunun üzerine gök bilimciler, güneş sistemi ya da galaksi odaklı açıklamalara yöneldiler; en önemlisi, güneşimizin (Nemesis lakaplı) bir refakatçi yıldızla sahip olduğunu ve bu yıldızın her 26 milyon yılda bir, kuyruklu yıldız yörüngelerini bozduğunu söyleyen kuramdı. Bu önerilerin bir araya gelişi, tartışmaları daha da alevlendirdi.

Bu bilimsel gelişmeler, kitlesele yok oluş konusunda heyecan yaratmaya yeterli gelmeliydi. Ancak, kültürümüzün kıyamet senaryolarına gösterdiği doğal eğilim

kavramı gibi başka bazı ilave açıklamalar ileri sürüldü. Şayet büyük kitlesel yok oluşlar kuyruklu yıldızlarla çarpışmalardan kaynaklanıyorsa, bunlar, gerçek anlamda yıkıcı, ani ve etkileyici olaylardı. Tekrar edebilirler miydi? Cevap evetse, ne zaman?

Küresel savaş ve nükleer kışla ilgili yaygın korkuların bizi küresel felaketlerden söz etme konusunda hassaslaştırdığı bile söylendi. Eğer bu doğruysa, küresel ısınma ve sera etkisi de muhtemelen karışımın bir parçası.

Bir paleontoloğa kaç kitlesel yok oluş yaşandığını sorun; cevap değişmez: Beş. Ordovisyen, Devoniyen, Permien, Trias ve Kretas dönemlerinde yaşanmış, *Büyük Beşli* olarak bilinen olaylar. Aralarda neler olup bittiği sorusuna genellikle şu cevap verilecektir: “Zemin yok oluşu” adı verilen, belki zemin seviyesinin birkaç atım üzerinde seyrederken fakat kitlesel yok oluş olarak adlandırılacak kadar büyük olmayan, sürekli ve düşük düzeyde bir yok oluş daima mevcuttu.

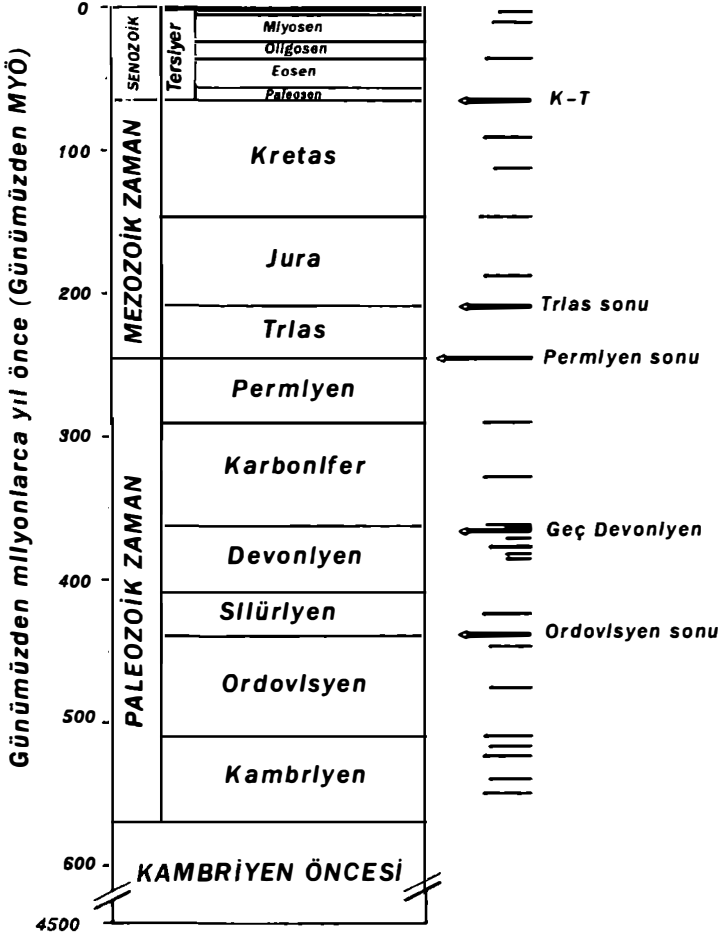
Şekil 4-1’de değişik boyutlardaki yok oluş olaylarının zaman sıralaması gösterilmeye çalışılmış. Ortası boşluklu, uzun oklar Büyük Beşli’ye ait; Permien’in sonundaki (245 milyon yıl önce) boşluklu ok, en büyük olanı. Daha kısa olan oklar daha küçük olayları gösteriyor; okların boyu, kabaca yok oluş olayının şiddetine göre değişiyor.

Bu, birçok soruyu akla getiriyor: Yok oluş nasıl ölçülür? Büyük yok oluşların yaşandığı zaman aralığı, *olay* kelimesiyle ifade edilebilecek kadar kısa süreli midir? Kullandığımız terminolojinin de işaret ettiği gibi, büyük ve küçük yok oluşlar arasında, yok oluşun boyutları haricinde, temel farklılıklar var mıdır? Bu soruları ele almadan önce, büyük kitlesel yok oluşun kısa bir tasvirini sunacağım.

K-T KİTLESEL YOK OLUŞU

Büyük Beşli arasında, bulgularla en iyi ortaya konmuş olan Kretas’ın sonundakidir. Yaygın adlandırması, Kretas dönemi (İngilizce karşılıkları sırasıyla Carboniferous ve

Büyük Yok Oluş Olayları



Şekil 4-1. Fanerozoik devrin belli başlı yok oluş olaylarını gösteren Jeolojik zaman cetveli. Ok uzunlukları, yok oluş büyüklüğüyle kabaca orantılıdır. İşaretili olaylar Beş Büyük kitlesel yok oluşu gösteriyor. (Sepkoski tarafından 1986'da oluşturulan benzer bir diyagramdan uyarlanmıştır.)

Cambrian olan; dolayısıyla C harfiyle kısaltılan Karbonifer ve Kambriyenle karıştırılmaması için Kretas –İngilizcede Cretaceous– K olarak kısaltılır) ile onu izleyen Tersiyer (T) arasındaki sınıra atıfla K-T şeklindedir. Büyük Beşli'nin en yakın tarihte gerçekleşeni olduğundan, kayaç ve fosiller iyi korunmuştur. Ayrıca Kretas dönemine ait çökeltiler de son derece yaygındır, çünkü kıtaların sığ denizler altında kalışı, kara yüzeylerinde denizlere ait bol miktarda kayıt bırakmıştır.

Görünüşe göre tüm bitki ve hayvan grupları, karada-kiler olsun, denizdekiler olsun, Kretas dönemi içinde ya da sonunda tür ve cins kaybına uğramıştır. Deniz hayvanları, cinslerinin %38'ini yok oluşa kurban vermiştir; kara hayvanlarında oran biraz daha yüksektir. Bir cinsin tamamen ortadan kalkması için tür içindeki tüm bireylerin ortadan kalkması gerektiği düşünüldüğünde bunlar büyük rakamlardır. Fosil kayıtları kesin konuşmamızı sağlayacak kadar iyi durumda olmasa da kara bitkilerinin durumu biraz daha iyidir.

Okyanuslardaki büyük tür ve cins kayıpları deniz sürüngenleri, kemikli balıklar, süngerler, salyangozlar, deniz kabukluları, ammonitler (ahtapotlarla uzaktan akraba olan yumuşakçalar), deniz kestaneleri ve formaniferler (genellikle sert bir iskelete sahip olan tek hücreli hayvanlar) etrafında yoğunlaşmıştır. Yine de hiçbir grup kaçabilmiş değildir. Tüm türlerini kaybetmiş olan büyük gruplar –aileler ve takımlar– en dikkat çekici olanlardı. Deniz sürüngenleri (pleziozorlar, mozazorlar ve ihtiyozorlar), ammonitler ve bir zamanlar başarılı olmuş başka birçok grup tamamen yok oldu. Bazıları Kretas'ın sonuna gelmeden çok önce azalmaya başladı; bazıları da aniden öldü.

Karaların en bariz kurbanı dinozorlardı, fakat çeşitli sürüngen, memeli ve iki yaşayışlı türlerde de büyük kayıplar yaşandı. Kuzey Amerika'nın batısında, tüm memeli cinsinin tam üçte biri Kretas dönemi içinde veya bitişi öncesinde yok oldu.

Hayatta kalanlar da vardı elbette. Timsahgillerin, ali-

gatorların, kurbağaların, semenderlerin, kaplumbağaların ve memelilerin tümü, bazı türlerin soyu tükenmiş de olsa, gruplar halinde hayatta kaldı.

Ölenler ve kalanlar listesi bir bakıma yanıltıcıdır. Memelilerin hayatta kaldığı önermesi, ağır kayıplara maruz kaldıkları gerçeğini gizler. Belli başlı taksonomik grupların akıbetleri üzerinde çok fazla durmak, kitlesel yok oluşun nedenlerini ararken basite indirgemelere, sözgelimi “Dinozorları öldürüp de memelileri etkilemeyen neydi?” türünde yanlış sorulara götürebilir.

Daha da vahimi, bu listeler, yok oluşun aşırı etkilerini –son derece kalabalık birkaç türün yaşadığı devasa yok oluşu– gizler. Sözgelimi, çoğu K-T sınırı yatağı, karalardaki bitki örtüsü dağılımında ani bir kayma yaşandığını ve bunun, kapalı tohumlu polenlerindeki (çiçekli bitkilerde) azalmayla ve eğreltiotu sporlarındaki sıçramayla kendini gösterdiğini ortaya koyar. Bu, eğreltiotu sıçraması olarak bilinen olaydır; birkaç milimetrelik tortul kesitindeki eğreltiotu sporu muhtevisiyatı %25’ten %99’a çıkar. Bu değişim, günümüzde orman yangınlarından sonra sıkça karşılaştığımız, ani bir bitki örtüsü kaymasına benzer; gür bir ormanın yerini, eğreltiotlarının hükmettiği fırsatçı bir flora alır.

Eğreltiotu sıçramasının akabinde, çiçekli bitkiler, tür sayılarından fazla kaybetmemiş olarak geri dönerler. Yalnızca tür ve cins sayılarına bakılacak olsa, olayın yarattığı sarsıntı göz ardı edilebilir. Digby McLaren’ın geçmişte yaşanan kitlesel ölümlerin anlamı hakkındaki savı tam da budur (bkz. Bölüm 1).

Bir diğer kitlesel ölüm, okyanusta, yüzeye yakın foraminiferler (“planktonik foramlar”) arasında yaşanmıştır. Bu küçük hayvanlarda sadece birkaç tür vardır fakat her biri müthiş kalabalıktır; öyle ki o zamana ait tortul yatakları genelde bunların iskeletleriyle doludur. Planktonik foramların çoğunun K-T sınırındaki kıyımlarından geriye pek kimse kalmamış, böylece üstlerini örten tortulun rengi ve genel görünümü çarpıcı bir şekilde değişime uğra-

mıştır. Planktonik foramlar, çok daha ilerideki Tersiyer kesitinde yeniden ortaya çıkar; bunlar, belli ki Kretas'ta hayatta kalmış tek bir türden türeyen yeni türlerdir. Az sayıda tür söz konusu olduğundan, planktonik foramların olayın genel istatistiğine katkısı fazla değildir, fakat biyokütle kaybı anlamında büyük önem arz ederler.

Ne yazık ki fosil kayıtları, ölen bireyleri sayma ya da toplam biyokütle kaybını ancak nadiren ölçme imkânı sunar. Eğreltiotu sıçraması ve planktonik foramlar gibi olgular, jeolojik geçmişte gerçekleşen ölümlere dair alışılmadık işaretler sunar. Bu nedenle, geniş kapsamlı ölen-kalan şablonları üzerinde sürdürülen, hesaplamaların daha ziyade türlerle, cinslerle ve daha büyük taksonomik gruplarla yapıldığı analizlere başvurmaya mecburuz.

Büyük Beşli'deki yok oluşların her birini tek tek anlatmayacağım. Zamanda geriye gittikçe organizmalar giderek daha az tanıdık hale geliyor; kazananlar ve kaybedenler listesi kabarıklaşıyor, hatta can sıkımaya başlıyor. Yok oluş olgusuyla ilgili genel tartışmaya uygunluk gösterdiği ölçüde bazı olayların değişik veçhelerini detaylandıracam. Göreceğimiz üzere, her bir yok oluş hem yeri hem de sonuçları bakımından diğerlerinden farklı; yine de bazı genel cevaplara ulaşmamızı sağlayan şablonlar da yok değil.

YOK OLUŞU ÖLÇMEK

K-T yok oluşunun şiddetini ölçmenin yollarından biri Kretas'ın son döneminde yaşamış fakat K-T sınırında ölüp gitmiş türlerin (ya da tür gruplarının) yüzdesini hesaplamaktır. Yüzdelere yaklaşık olarak aşağıda gösterildiği gibidir: En çarpıcı olan, listenin alt sıralarına, yani büyük gruplardan küçüklere inildikçe ölümlerin gösterdiği artıştır. Küçük gruplar, büyüklerin alt birimleridir: Her şube en az bir sınıf, her sınıf en az bir takım içerir vb.

Sayıları kavrayabilmek için şu kurmaca deneye göz atalım: Öyle bir dünya hayal edin ki, her türde on organiz-

ma, her cinsten on tür, her ailede on cins ve tek bir şubede on sınıf bulunana kadar devam etsin. Bu aritmetik tam olarak bir milyon bireye kadar iş görür. Şimdi de, belli bir türe ya da daha yüksek grup düzeylerinden birine üyelik referans alınmadan, bireylerin rasgele öldüğünü düşü-
nün. Bu senaryoya Mayın Tarlası diyorlar: Bireyler, üzer-
lerine basıldığında patlayan mayınlarla dolu bir tarlada
var olmaya çalışıyorlar; ölüm ya da yaşam şansa kalmış.
Berbat bir tablo, fakat işe yarıyor.

<i>Grup</i>	<i>Kayıp Yüzdesi</i>
Şube	0
Sınıf	1
Takım	10
Aile	14
Cins	38
Tür	65-70
Birey	?

Eğer bu kurmaca deneydeki bireylerin %75'i ölürse, tak-
sonomik grubun yok oluş yüzdesi ne olur? En üstten
başlarsak, şubelerde ölüm oranı sıfır olmak zorunda zira
tek bir şube var, o da üyelerinin sadece dörtte üçünü
kaybediyor. On sınıfın onunda da birey sayısı 100.000;
öyleyse şu soruyu sorabiliriz: Genel ölüm oranı %75 ise
bu sınıflardan herhangi birinin 100.000 üyesinin *tümünü*
birden kaybetme olasılığı nedir? Pratik nedenlerden ötürü
bu olasılık sıfırdır, ki bu da K-T'de sınıfların %1'inin (82
sınıftan 1'inin) dahi yok oluşunu beklenmedik kılar.

Taksonomik hiyerarşide aşağı inildikçe, grupların
yalnızca şansa bağlı yok oluşu giderek daha olası hale
gelir. En dipte, herhangi bir türün on bireyini birden Ma-
yın Tarlası'nda kaybetme olasılığı yaklaşık olarak yirmide
birdir (0,056 veya %5,6). Böylelikle, hayali olayımızda yok
olan türlerin oranı sadece %5 olacaktır. Ölüm rastlantısal-

sa, türün %5'inin yok oluşuna neden olması için bireylerin %75'inin ölmüş olması gerekmektedir.

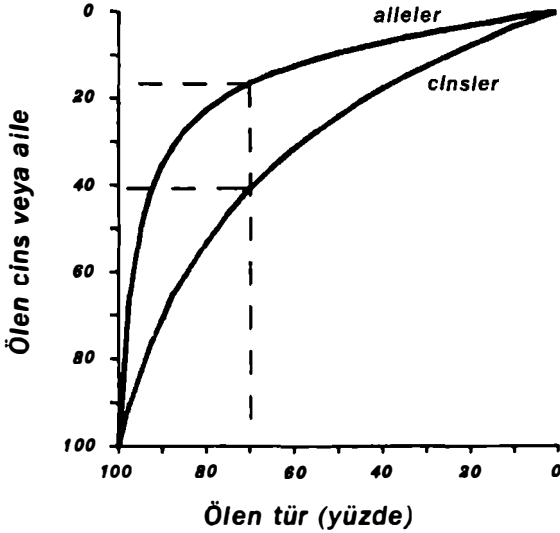
Bu alıştırmanın içerdiği anafikir şudur: Ölümün rastlantısal olduğu koşullarda yok oluş oranı, taksonomik merdivenin aşağılarına indikçe artar. Yok oluş oranı daha yukarı seviyelerde sıfır olacaktır; organizmaların tümü ölmemişse elbette. Birçok okuyucunun muhtemelen çoktan fark ettiği bir noktaya dikkat çekmek istiyorum: Kurmaca deneyimizde kullandığım sayılar gerçek dışı. Önceki bölümlerde vurgulandığı üzere, doğada grup boyutları asimetriktir; küçük gruplar en yaygın olanlardır.

Mayın Tarlası senaryosu gerçekçi sayılarla da kullanılabilir; işin matematiği daha karmaşıksa da yok oluş oranları arasındaki ilişki öncekiyle büyük ölçüde aynı kalır. Şekil 4-2'de tersine seyreltme adı verilen bir yöntem gösterilmektedir. Bu, rastlantısal ölümün bireylerden ziyade türleri vurduğu varsayımına dayanır. Analizde kullanılan ham veri için, canlı organizma gruplarının güncel tür, cins ve aile sayılarından yola çıkılmıştır.

Şekil 4-2'de, 'taksonomik düzey azaldıkça yok oluş oranları artar' şablonu doğrulanmaktadır. Aslında, %65-70'lik K-T'deki tür yok oluşu oranı bu grafikten alınmıştır, çünkü türlere ait fosil kayıtları doğrudan sayım yapılamayacak kadar eksiktir. Başka bir deyişle, tür oranlarına dair tahmin, türlerin rastlantısal ölümü varsayımını (Mayın Tarlası senaryosu) kullanan, yüksek düzeydeki yok oluş rakamlarına dayanmaktadır.

Okuyucuların çoğu, Permien dönem bitmeden, bu dönemde hayatta olan türlerin %96'sının, o zamanın büyük kitlesel yok oluşunda öldüğünü duymuş olacaktır. Bu rakam, Şekil 4-2'deki tersine seyreltme grafiğinden elde edildi. Ulaşılan oran muhtemelen abartılı; zira türlerin yok oluşu bütünüyle rastlantısal değildir. Yok oluşun odağında belli cins ve aileler yer aldıysa, ölümler bu gruplarda yoğunlaşacaktır. Şayet cins veya ailelerin yok oluş oranlarından yola çıkarak türlerin ölüm oranını hesaplarken tersine seyreltme yöntemi kullanılacaksa, çıkış nok-

Tersine Seyreltme



Şekil 4-2. Yüksek taksonomik düzeylerde gerçekleşen yok oluş rakamlarından yola çıkarak belirlenen tür ölüm oranlarının hesaplanmasında kullanılan tersine seyreltme yöntemi. Örnek olarak (kesik çizgi); cinslerin %40'ının yok oluşa maruz kalması, türlerin %70'inin yok olduğunu gösterir. Söz konusu yöntem, türlerin ölümünün, hangi cinse mensup olduklarına bakılmaksızın, rastlantısal olduğu şeklindeki sadeleştirici bir varsayıma dayanır. Başka bir deyişle, katıksız bir Mayın Tarlası senaryosu uygulanır ve nihayetinde elde edilen sonuçlar, ancak bu senaryonun tatmin ediciliği ölçüsünde doğrudur. Tüm türlerin %96'sının Permliyen sonunda öldüğünü ortaya koyan hesaplama (Raup, 1979), bu grafiğe ve allelerin %52'sinin ortadan kalktığı gözlemine dayanmaktadır.

tasına rastlantısal ölümü (Mayın Tarlası'nı) yerleştirmek, tür ölümlerini yukarı çekecektir.

Permliyen dönemi için %96 rakamının bu kadar sık telaffuz ediliyor olması beni biraz utandırıyor; aslında 1979'da yazdığım bir makalede tersine seyreltme yöntemi-ni sunarak, buna ben sebep oldum. Her ne kadar makalemden rastlantısal ölüm varsayımına ilişkin bolca uyarıda bulunmuş, %96 oranının üst sınır olduğunu belirtmiş de olsam, bu oranı benimseyenlerin çok büyük kısmı bu uyarıları dile getirmeyi ihmal etti. Doğrusunu isterseniz,

bunları vurgulama konusunda muhtemelen ben de fazla çaba harcamadım. Yok oluşta seçicilik meselesi, genel yok oluş meselesi açısından can alıcıdır; gelecek bölümlerde bu konuyu daha fazla tartışacağız.

ÖLÜMLER ÜSTÜNE BİR HATIRLATMA

Mayın Tarlası senaryosu ve bütün bu ölüm meselesi üzerine birkaç kısa yorumda bulunmak istiyorum. Tartışma boyunca ölüm ve kıyım olgusunun öne çıkışı bir parça marazi. Ancak bu, benim ilk bölümde bahsettiğim, yok oluşu geleneksel olarak kabul edilenden çok daha aktif bir süreç olarak ele alma çabamın bir sonucu.

Öte yandan, çok daha sessiz sakin yok oluş senaryoları da ileri sürüldü. Bunlara göre yok oluşun sebebi, doğum oranlarının ölüm oranlarına ayak uyduramamasıdır. Estetik açıdan hoş bir senaryo, sonuçta kimse ölmüyor; yok oluş, temelde yeterli doğum sayısına ulaşılmamasına bağlı olarak ortaya çıkıyor, kimsenin canı yanmıyor. Bu senaryo kesinlikle mümkün, fakat teslim etmeliyim ki onu asıl cazip kılan estetik oluşu –bilimsel kuramlar geliştirilirken sıklıkla karşımıza çıkan bir tehlike (estetik kaygı meselesi).

Bu bana, son dönemlerde, kitlesel yok oluşun görüldüğü gibi olmadığını ileri süren paleontologları hatırlattı –onlara göre yok oluş, yalnızca yeni türlerin ortaya çıkışındaki belirgin bir azalmanın pasif sonucuydu. Kuramı desteklemek üzere ileri sürülen bulgular ikna edici olmasa da, mantıklı... Yine de itici gücün –belki de bilinçsiz– bazılarını kurtarma (hepsini öldürmeme) arzusu olduğundan şüpheleniyorum. Göreceğiz.

KİTLESEL YOK OLUŞLARIN UZUNLUĞU

K-T yok oluşu milyonlarca yıl mı sürdü yoksa birkaç dakikada son mu buldu? Can sıkıcı olduğu kadar önemli bu soruya verilebilecek en dolambaçsız yanıt ise şu: Bilmiyoruz.

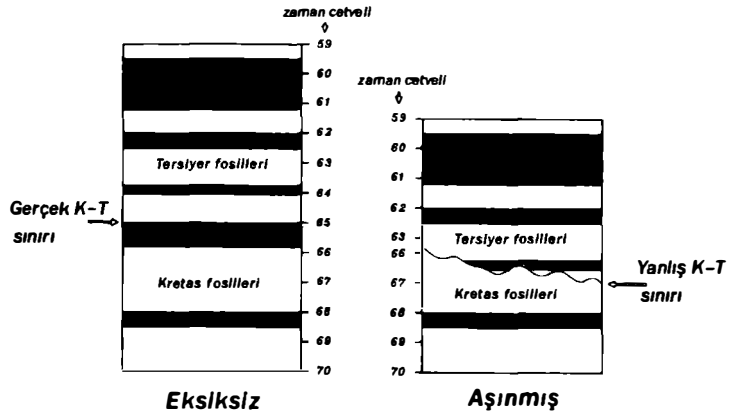
Fosil soylarına ait, şimdiye kadar yayımlanmış zaman çizelgelerinin çoğu, K-T yok oluşunun anlık olduğu izlenimini uyandırır; aslında yok olmuş soyları betimleyen çizgiler K-T sınırında aniden kesilir (örneğin, Şekil 1-1'deki dinozor soyu). Fakat bu çizelgeler aşırı derecede basitleştirilmiştir. Birçok soy açısından çizgiyi K-T sınırında bırakmak, o soyun, Kretas'a ait olduğu ayırt edilebilir son zaman biriminde bir yerde bulunmuş olduğu anlamına gelir. Genellikle de bu, Kretas'ın son dokuz milyon yılını kapsayan Maastricht evresidir. Söz konusu soy, o zaman aralığının herhangi bir noktasında yok olmuş olabilir. Şayet yok oluşlar bu uzun döneme yayılmışlarsa, K-T'ye anlık bir "olay" diyemeyiz.

Paleontologlar, K-T sınırını içeren tek bir kayaç çıkıntısının her bir santimetresinden, bol miktarda fosil toplayabilir ve sınıra yaklaştıkça türlerin hangi noktada ortadan kaybolduğunu tam olarak görebilirler. Bu işlemi dünyanın çeşitli bölgelerinde tekrararlarsa, kitlesel yok oluşun uzunluğu meselesini de çözmeye vakıf olurlar. Ne yazık ki, böyle bir çabanın önüne dikilen birçok pratik sorun var.

Jeolojik tarihlendirme genellikle o kadar belirsizdir ki, farklı alanlardan toplanan kayaçların aynı yaşta olup olmadığını kesin olarak bilmemiz mümkün değildir. Her alandaki K-T sınırı –her zaman mümkün olmasa da– belirlenebilir, fakat bu sınırların kendisi aynı yaşta olmayabilir. Bu alanların birinde, Kretas'ın son iki ila üç milyon yılında tortulaşan kayaçların Tersiyer'in başlangıcından önce aşırıya uğradığını farz edin. En genç Kretas kayaçlarının en üst yüzeyi olarak tanımlanan K-T sınırı, K-T geçişinin gerçek yaşından milyonlarca yıl daha eski olacaktır.

Söz konusu mantık Şekil 4-3'te resmedilmiştir. Soldaki kayaç sütununda, farklı kayaç türlerinin birbirinin yerini aldığını anlatan ardışık siyah ve beyaz şeritlerle eksiksiz bir kronoloji temsil ediliyor. Günümüzden 65 milyon yıl önceki gerçek K-T sınırı okla gösteriliyor. Sağdaki sütunda, günümüzden 65 milyon yıl öncesi civarında bir aşınma aralığı meydana gelmiş olsa, aynı dizinin neye

Erozyonun Etkileri



Şekil 4-3. Erozyonun, Kretas-Tersiyer sınırının konumu üzerindeki etkisini gösteren iki varsayımsal kayaç dizilimi. Sağdaki dizilimde, Kretas'ın bitimi ile Tersiyer çökeltilerinin başlangıcı arasında kalan milyonlarca yıllık zaman dilimine alt kayıtlar kayba uğramış. Buna bağlı olarak, Tersiyer'e alt ilk oluşumlar, Kretas'ın bitiminden iki milyon yıl önce çökelmiş kayaçlara dayanıyor. Söz konusu kayıp, Kretas soylarının yok oluş tarihleri konusunda belirsizlik yaratıyor; yanlış K-T sınırında hayattaymış gibi gözüken bir fosil, gerçek sınırı aslında hiç görememiş olabilir.

benzeyeceği gösteriliyor. Dalgalı çizgi, üzerine Tersiyer kayaçlarının oturduğu Kretas kayaçlarının aşınan yüzeyini temsil ediyor. Solda, günümüzden 65 milyon yıl öncesi ile 66 milyon yıl öncesi arasında görülen siyah şerit, sağdaki sütünde, aşınma nedeniyle tamamen ortadan kalkmış durumda. Tortulaşma yeniden başladığında Tersiyer kayaçlar aşınan yüzeyin üzerine oturmuş. Sonuç olarak, Kretas'ın hayatta kalan en gençleri ile Tersiyer'in hayatta kalan en yaşlıları arasındaki sınır, farklı yaştaki kayaçları temas ettirmiş. Diğer bir ifadeyle, Kretas'ın bitiminden çok sonra oluşmuş kayaçlar, çok önce oluşmuş olanların üzerine oturmuş. Böylece, aşınan sütünde bir Kretas-Tersiyer sınırı mevcut, fakat milyon yıllarla ölçülen yaşı, şiddetli aşınmaların bir sonucudur.

Kayaç kayıtlarındaki aşınma ya da diğer nedenlere bağlı boşluklar yüzünden, "kitlesel yok oluşlar, Kretas'ın

bitimine yakın bir zamanda meydana gelmiştir” cümlesinin ötesinde bir şeyler söylememize yetecek miktarda, yüksek nitelikli veri toplamamız son derece zordur.

Çoğu kitlesel yok oluşun ilgi çekici bir başka özelliği de, sıra dışı uzunlukta boşluklara sahip jeolojik sütun parçalarında görülüyor olmalarıdır. K-T yok oluşu için genel anlamda geçerli olan bu durum, Permien kitlesel yok oluşu söz konusu olduğunda daha da belirgindir. Dünyanın birçok yerinde, en son Permien kayıtlarından bütünüyle silinmiş büyük parçalar bulunmaktadır; bu boşluklar çoğunlukla üç milyon yıl ve üzerindedir.

Makul bir bütünlük gösteren yegâne Permien dizisi Çin’dedir. (Tuhaftır, yeryüzünün ilginç jeolojik kayıtlarının büyük bölümü Çin’dedir.)

Büyük kitlesel yok oluşlar sayıca fazla değildir ve çoğu açısından uzun boşluklarla bağlantılandırılmak bir şey ifade etmeyebilir. Fakat söz konusu bağlantı gerçekte, bize yok oluşun nedenleri hakkında bir şeyler söyleyebilir. Boşlukların büyük çoğunluğuna iç denizlerin kuruması neden olduğundan, yok oluşların, deniz seviyesindeki bir küresel azalmadan kaynaklanabileceği ileri sürülmüştür. Bu olasılığı daha sonraki bölümlerden birinde ele alacağım.

Bir yok oluşun aniliğini, eksiksiz bir dizide bile değerlendirmek güç olabilir. Fosillerin muhafazası düzensiz bir şekilde gerçekleşmişse –ki sıklıkla öyledir– bir fosil türünün son görüldüğü zaman, yok oluşun gerçek zamanını göstermeyebilir. Fosilin son görüldüğü zaman bize sadece o türün, en son muhafaza edilen fosilin zamanında hâlâ hayatta olduğunu söyler.

Bir örnek vereyim. Birkaç yıl önce Biscay Körfezi’nde bir konferansa katıldım. Enfes Kretas-Tersiyer kesitlerini görmek üzere, İspanya’nın Zumaya şehrine ve Fransa’daki Biarritz yakınlarına, bir saha gezisine çıktık. Yıllardır bol miktarda fosil toplamış olanlar, bir Alman grup ile bağımsız çalışan bir Amerikalı ekipti. Gündemde, ammonitlerin –Kretas yok oluşunun baş kurbanlarının– K-T sınırında

mı yoksa bundan çok daha önce mi yok olduğu meselesi vardı. Bulunan ammonit örneklerinden sadece biri sınıra yakındı; kalan tümü en az on metre aşağıdaydı. Bir başına kalmış bu örnek, nispeten kötü durumdaydı; Kretas'ın daha erken dönemlerinde tortulaştığını, ardından (bir çakıl taşı gibi) aşındığını ve sonra tekrar tortulaştığını, dolayısıyla görüldüğünden daha yaşlı bir fosil olduğunu ileri sürenler oldu. Böylelikle, ammonitlerin öldüğünü ve Kretas'ın sonundan çok daha önce ortadan kaybolduğu savını ileri sürmek mümkün oluyordu.

Geziye başkanlık eden Alman paleontologlardan biri, K-T sınırından on metre altına kadarki aralıkta ammonit bulabilene, en iyi İspanyol konyağından bir şişe vaat etti. Bu arada Biscay kayalıklarında bu sınır açık ve nettir; kayaların renk ve yapısındaki ani değişimden kolayca fark edilebilir. Daha öğlen olmamıştı ki gruptan birisi on metrelik alan içinde mükemmel bir ammonit örneği bulmayı başarmıştı. Yeterince teşvik edilmiş onlarca eğitilmiş gözün birkaç saatte bulabileceği şeyi, birkaç paleontologun örnek toplamakla geçen çetin yılları ortaya çıkaramamıştı. Biscay sahilindeki bu ve başka bulgular açıkça gösteriyor ki, K-T sınırının hemen altında birçok ammonit örneği bulmak mümkün. Bu derece kapsamlı çalışmalar yapma şansı çok nadir mümkün olmuştur.

Pek çok paleontolog, kitlesel yok oluşların uzunluğu konusunda kesin kanılara sahiptir. Ehil ve dürüst bilimciler aynı veriye bakıp karşıt sonuçlara ulaşırlar. Kişisel görüşüm, çoğu vakada, olguların en iyi ani ölümle açıklandığı yönünde. Fakat ben de farkına varamadığım bir önyargının kurbanıyım belki de. Kanıt bulma yükü ağırlıklı olarak konunun hangi yönüne tahsis ediliyor, asıl mesele bu; zira yapılan gözlemler, her iki tarafa da pek güzel uyarlanabilir. Ben her halükârda, kitlesel yok oluşların ani ve kısa süreli olduklarını kabul etmeye ve bu nitelikleri ima eden "olay" sözcüğünü kullanmaya devam edeceğim.

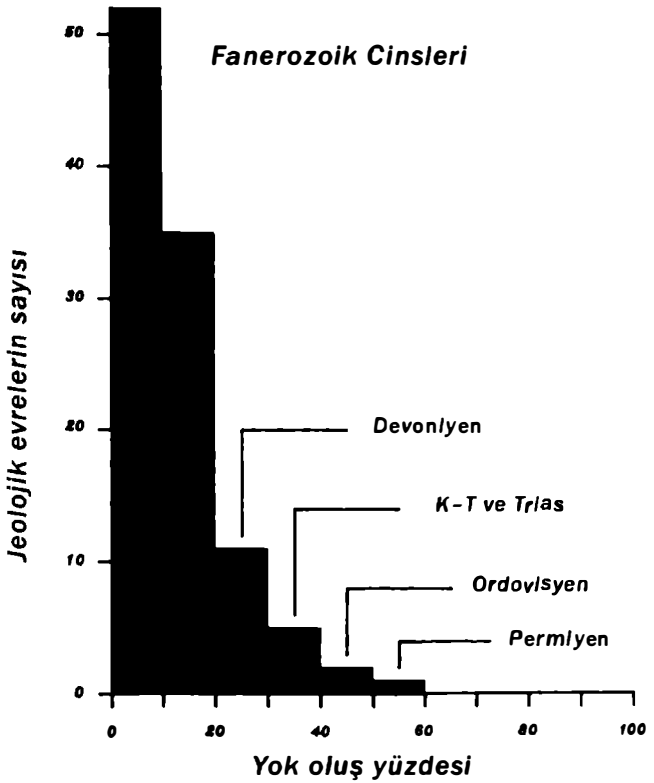
KİTLESEL YOK OLUŞLAR ZEMİN YOK OLUŞTAN FARKLI MI?

Yaşamın tarihi, oldukça istikrarlı bir değişimler akışı olarak görülür; gelenekselleşmiş bu anlayışa göre söz konusu sabitlik, zaman zaman temposu daha canlı adımlarla kesintiye uğrar. Kitlesel yok oluşlar ise tarihin bu olağan seyri içinde farklı bir yerde duruyor gibi. Peki, bu ayrım gerçek midir?

Deneyim alanımız dahilinde yer alan bir benzetme yapmak üzere kasırgayı ele alalım; havanın olağan sey-rinden kesinlikle farklı bir olgu bu. Batı Hint Adaları veya Japonya'da yaşayan insanlar, bu bölgedeki kasırgaların yakın dönem tarihçesini ezberden söyleyebilir. Peki kasırgalar diğer güçlü fırtınalardan gerçekten farklı mıdır? *Kasırga*, dönüş hızı sert, yüzey rüzgârları en az 64 knot-luk (73 mil/saat) tropikal bir siklon olarak tanımlanır. Rüzgârın daha zayıf olduğu durumlarda, aynı hava olayı *tropikal fırtına* olarak adlandırılır (rüzgâr hızı 34-63 knot arasındadır); ve bu sıralama aşağı doğru, daha hafif tropikal siklonlar şeklinde devam eder: yüzey rüzgârları 33 knotun altındaki *tropikal depresyonu*, kuvvetli rüzgârların görülmediği fakat düzenli siklon yapısının halen mevcut olduğu *tropikal bozulma* evresi izler. Bu tasniflendirme vesilesiyle, aslında var olmayan kesintili bir görüntü yaratıyoruz.

Şekil 4-4'teki histogram, son 600 milyon yılda gerçekleşen yok oluşun şiddetindeki varyasyonları gösteriyor. Grafiği oluşturabilmek için, belirlenmiş zaman aralıklarının her birinde yok oluşa uğrayan fosil deniz hayvanları cinslerinin yüzdesi çizelgeye yerleştirilmiştir. Öncelikle histogramın eğimli oluşuna dikkat edin; düşük yoğunluklu yok oluşlar diğerlerinden daha fazla. Sağa uzanan kuyrukta büyük kitlesel yok oluşlar yer alıyor. Histogram, kitlesel yok oluşların temelde, oldukça düzgün seyreden bir dağılımın tek ucunda yer aldığını açıkça göstermektedir.

Büyük Beşli hâlâ çok özel görünüyor; zira bu boyuttaki yok oluşlara sık rastlanmıyor. Ancak, bu seyrekliğin



Şekil 4-4. Fosil cinslerine ait yok oluşun şiddetini 106 zaman aralığında gösteren histogram (jeolojik evre veya evre kesiti). Hayli asimetrik bir dağılım görüyoruz; zaman aralıklarının %52'sinde yok oluş düzeyi %10'u aşmıyor. Histogram, düşük yok oluş düzeyinden (zemin yok oluşu olarak da adlandırılıyor) Büyük Beşli içinde yer alan kitlesel yok oluşlara doğru (işaretili) yavaşça kademeleniyor. Büyük ve küçük yok oluşlar arasında devamsızlık olmadığını düşündüren bir tablo bu. (Veriler J. J. Sepkoski, Jr.'dan alınmıştır.)

hiçbir gizemli yanı yok. Doğal olayların çoğu –şiddetli fırtınalar, depremler, volkan patlamaları, kuraklıklar– zamanda hep aynı biçimde dağılım gösterir: Küçük olaylar sık uca, büyükler nadir uca yerleşir. Yüksek yoğunluklu uçta deneyimlediklerimizin sayısı azdır ve bu birkaç örnek bize oldukça özel görünür. Kitlesel yok oluşların özel

olaylar oldukları yönündeki ortak algının temelinde de sanırım bu yatıyor.

Başka uzmanlık alanlarında da benzer tipte sorunlarla karşılaşmış, çözümler geliştirilmiştir; bunlardan en etkilisi, nehir mühendislerinin ve hidrologların, sellerle başa çıkmak için geliştirdikleri yöntemdir. Öncelikle belli bir nehir için geçerli tüm debi kayıtlarını toplarlar. Ardından bu kayıtları öyle bir düzenlerler ki debi yoğunluğu, (ortalama) o kadar yılda bir gerçekleşen taşkınının seviyesine ulaşan ya da bunu aşan su seviyesi olarak ifade edilir. Dolayısıyla, 10 yıllık sel, (ortalama) on yılda bir, 100 yıllık sel ise, yüz yılda bir gerçekleşene karşılık gelir ve böylece devam eder. *Geri dönüş süresi* ya da *bekleme süresi* olarak adlandırılan bu zaman aralığı, belli bir sel düzeyinin yeniden görülmesi için geçmesi gereken zamandır. Bu, çapı büyüdükçe sıklığı azalan her olay için geçerli bir sistemdir. Yok oluşta olan da tam olarak budur.

Hidrologlar, bekleme sürelerine dair, geçmişle ilgili mevcut kayıtlardaki sürenin ötesinde makul tahminlerde bulunabilmek için, aşırı değer istatistiği olarak adlandırılan bir yöntem kullanır –nehir düzeylerinin yalnızca 100 yılı kayıt altına alındığında 1.000 yıllık sele karşılık gelen bekleme süresi. Tahminler mükemmel olmasa da bu önemli bir girişimdir; hele de zayıf öngörülerin hiç yoktan iyi olduğu durumlarda.

Yok oluş söz konusu olduğunda, son 600 milyon yıla ait kayıtlarımız iyi durumda; dolayısıyla 10 milyon ve 30 milyon yıllık yok oluş düzeylerine dair güvenilir tahminlerde bulunabiliriz. K-T yok oluşu 100 milyon yıllık bir olay olduğu anlaşılmıştır. Belki de Permien sonundaki yok oluş 600 milyon yıllık bir olaydır; ne de olsa 600 milyon yıl içinde bunlardan sadece bir tane oldu; ya da milyar yıllık bir olaydır. Permien'in sadece 200 milyon yıllık bir olay olması da mümkün; bunlardan, 600 milyon yılda sadece bir tane görecektik kadar şanslıyızdır belki de. Bekleme süresi kayıt uzunluğuna yaklaştıkça tahminler bulanıklaşır.

Bir keresinde, “Yeryüzündeki tüm türlerin yok oluşu ne sıklıkta gerçekleşebilir?” sorusunu sorabilmek için, aşırı değer istatistiğini yok oluş verilerine uygulamaya çalıştım. Sonuçlar ne kadar güvenilir bilmiyorum fakat en azından iç rahatlatıcı: Canlılığı tamamen silecek çaptaki yok oluşlar arasında ortalama iki milyar yılı aşkın bir mesafe bulunuyor olmalı.

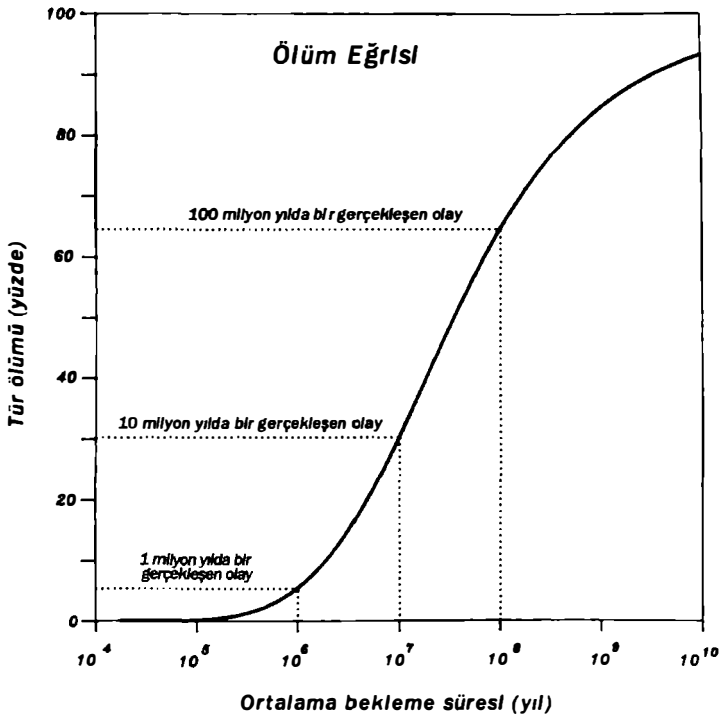
ÖLÜM EĞRİSİ

Şekil 4-5'teki *ölüm eğrisinde* (adından da anlayabileceğiniz üzere kendi icadım), bir dizi bekleme süresi için geçerli tür ölüm ortalamaları gösteriliyor. Eğri, cinslere ait yaklaşık 20.000 yok oluş kaydından elde edilen veriler eklenerek, tür düzeyinde oluşturuldu.

Kitlesel yok oluş olarak adlandırdığımız olaylar ölüm eğrisinde fazla; oysa zemin yok oluşu dediklerimiz, grafiğin sol alt köşesinin yakınlarında. Eğri üzerinde, kitlesel yok oluşu daha küçük çaptaki yok oluşlardan farklı betimlemeyi haklı gösterecek herhangi bir kırılma ibaresi de gözüküyor. Şayet böyle bir kesinti varsa –ki olabilir– elimizdeki fosil kaydı bunu göstermeyecektir.

Dikkat edin, 100.000 yıl (10 üssü 5 şeklinde gösterilmiş) ve altındaki bekleme süreleri söz konusu olduğunda, eğrinin gösterdiği tür yok oluşu ihmal edilebilir düzeyde. Bu da tipik 100.000 yıllık zaman aralığında hiç yok oluşun yaşanmadığını gösteriyor; tıpkı hayatımızın, şiddetli fırtınalara ya da büyük depremlere maruz kalmadığımız, tipik bir haftası gibi. Ölüm eğrisi, kitlesel yok oluşun ne zaman gerçekleşeceğine dair bir tahminde bulunmaz elbette; sadece, belli bir süre zarfında bunun gerçekleşme olasılığına dair bir ortalama sunar.

Ölüm eğrisinin verdiği en önemli haber şudur: Türler çoğunlukla (eğrinin alt kısmı) düşük derecede yok olma riski altındadır ve bu göreceli güvenlik hali, muazzam büyüklükteki yok olma riski tarafından nadir aralıklarla kesintiye uğratılır. Uzun sıkıntı evrelerini ara ara gelen



ŞEKİL 4-5. Son 600 milyon yıllık dönemde (Fanerozoik), deniz organizmalar arasında gerçekleşen yok oluşun tarihini özetleyen ölüm eğrisi. Eğri, farklı şiddetteki yok oluş olayları arasında geçen ortalama süreyl (bekleme süresini) gösteriyor. Örneğin, türlerin yaklaşık %5'inin ölümüyle sonuçlanan bir yok oluş, yaklaşık her bir milyon yılda bir (10^6 üssü 6) meydana geliyor. Büyük Beşli olarak adlandırılan kitleli yok oluşlar, yaklaşık 100 milyon yıllık olaylar (Permian yok oluşu bu kuralın muhtemelen dışında kalıyor) ve tüm türlerin yaklaşık %65'inin ölümüne neden oldular. (J. J. Sepkoski, Jr.'ın sunduğu verilere dayanmaktadır.)

panik dönemleri böler. Yok oluşun nedenlerine dair getirilecek akla yatkın her açıklamanın bu şablona uyması gerekmektedir.

Bu bölümde, oldukça karmaşık bir iş olan kitleli yok oluşların tanımlanması ve betimlenmesine dair bazı önemli noktalara değindim. Yaşamın tarihindeki kitleli yok oluşlar, ölçmesi zor da olsa, ve hatta bilgi dağarcığımızda, kitleli yok oluşlar uzun mu sürmüştür, kısa mı

gibilerinden boşluklar da olsa, kuşkusuz gerçektirler. Öyle görünüyor ki yok oluşun büyüklüğü, kitleselden başlayıp daha küçük çaplı yok oluşlardan geçerek, zemin yok oluşu olarak adlandırılan olaya doğru, büyükten küçüğe belli belirsiz bir derecelenme göstermektedir. Dolayısıyla, türlerin %65'i ölmüştür gibi, keyfi de olsa bir imha oranı vermeden ya da 100 milyon yıl gibi, yine keyfi bir bekleme süresi üzerinde uzlaşmadan, kitlesel yok oluşa dair bir tanım veremeyiz.

Kitlesel yok oluşun, ancak keyfi kurallar çerçevesinde tanımlanabileceğini kabul etsek bile, yok oluşun biyolojik sonuçları dahilinde birtakım önemli kesintiler söz konusu olabilir. Ekosistemin temel yapısının bozulma sınırının hemen altında kalan bir tür ölümü gerçekleştirebilir; bu da, daha küçük çaptaki ölümlerin birikmesiyle ulaşılamayacak kadar ağır evrimsel sonuçları tetikleyebilir. Bu türden ilginç ve akla yatkın senaryolar geliştirmek mümkün; şu andaki bilgi düzeyimizle bunları kanıtlamak zor bile olsa... Gelecek bölümlerden birinde bu konuyu tekrar ele alacağım.

KAYNAKLAR VE EK OKUMALAR

- Alvarez, L. W., W. Alvarez, F. Asaro ve H.V. Michel. 1980. "Extra-terrestrial Cause for the Cretaceous-Tertiary Extinction". *Science* 208:1095-108. Kuyruklu yıldız veya asteroit çarpmasını, K-T kitlesel yok oluşunun nedeni olarak sunan ilk araştırma makalesi.
- Gore, Rick. 1989. "What Caused the Earth's Great Dyings?" *National Geographic* 175 (Haziran): 662-99. Kitlesel yok oluşları ele alan kapsamlı ve saygın bir değerlendirme.
- Gumbel, E. J. 1957. *Statistics of Extremes*. New York: Columbia University Press. Nadir olayların öngörülmesi meselesini ele alan, matematik ağırlıklı bir değerlendirme.
- Raup, D. M. 1979. "Size of the Permo-Triassic Bottleneck and its Evolutionary Implications". *Science* 206:217-18. Tüm türlerin %96'sının Permiyen kitlesel yok oluşunda öldüğü sonucuna varan bir araştırma makalesi.
- Raup, D. M. 1991. "A Kill Curve for Phanerozoic Marine Species".

Paleobiology 17:37-48. Şekil 4-5'teki ölüm eğrisine ulaşan bir araştırma makalesi.

Raup, D. M. ve D. Jablonski (ed.). 1986. *Patterns and Processes in the History of Life*. Berlin: Springer-Verlag. Haziran 1985'te Berlin'de gerçekleştirilen Dahlem konferansında sunulan araştırma makalelerinden bir seçki.

Raup, D. M. ve J. J. Sepkoski, Jr. 1984. "Periodicity of Extinctions in the Geologic Past". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 81:801-5. Yok oluş olaylarının zamanda eşit aralıklarla dağılmış olduğunu ileri süren araştırma makalesi.

Sepkoski, J. J., Jr. 1986. "Phanerozoic Overview of Mass Extinction". *Patterns and Processes in the History of Life* içinde, s. 277-295 (referans yukarıda verilmiştir). Şekil 4-1'in alındığı kaynak.

5 | YOK OLUŞUN SEÇİCİLİĞİ

Kötü genler mi, kötü şans mı sorusunun temel meselelerinden biri, yok oluşun seçici olup olmadığı üzerinedir. Kurbanlar biyoçeşitliliğin bütününden rasgele mi seçiliyor –yani meziyete bağlı bir seçim olmuyor mu– yoksa daha yüksek risk altında olan organizmalar ya da yaşam alanları var mı? Yok oluşa karşı bağışıklık kazanmış türler var mı ve eğer varsa, söz konusu bağışıklığın doğası nedir? Dördüncü Bölüm’de tartışılan Mayın Tarlası senaryosu mutlak rastlantısallık kabulüne dayanır. Bunun gerçekte ne kadar bağdaşık olduğunu bilseydik, yok oluş ve nedenleri hakkında çok daha fazlasını biliyor olurduk. Ayrıca, seçicilik meselesi, yok oluşun evrimdeki rolüyle de açık bir bağlantı içeriyor. Yok oluş daha az rastlantısal oldukça, evrimin seyri üzerindeki etkisi, iyi ya da kötü yönde, daha fazla olacaktır.

BUZUL ÇAĞI BASKINI

Yeni Dünya’ya atları 16. yüzyılda İspanyollar getirdi ve efsaneye göre Amerikan yerlileri bu koca hayvanlardan çok etkilendi. Aslında atlar Yeni Dünya’nın yabancısı değildi; burada uzun bir geçmişleri vardı, fakat İspanyolların geliştiren binlerce yıl önce ortadan kalkmışlardı. Fosil kanıtlarından bildiğimiz kadarıyla Kuzey ve Güney Amerika, gelişmiş büyük bir memeli faunasına sahipti; atları da içeren bu fauna, Pleistosen buzlanmasının büyük bölümü boyunca hayatta kalmıştı. Atlar mamutlarla, mastodonlarla, kılıç dişli kedilerle (kılıçdişli kaplan) ve tembel

dev yer hayvanlarıyla yan yana yaşamıştı. Bu hayvanlar hâlâ hayatta olsalardı hayvanat bahçelerimiz pek egzotik yerler olurdu. Bu tabloya en çok yaklaşılabildiğimiz yerler monte edilmiş iskeletlerin sergilendiği müzelerdir; özellikle de Los Angeles'taki La Brea katran çukurlarının hemen kenarında yer alan Page Müzesi.

Pleistosen'deki memeli yok oluşu, seçicilik meselesi için iyi bir örnektir. Karbon-14 tarihlendirmesi iyi bir yöntem olduğundan, daha önceki yok oluşlara kıyasla bu sonuncusu ile ilgili sahip olduğumuz kronoloji çok daha düzgün. Yok oluşun zaman ve uzamda gösterdiği şablonlar oldukça ilginçtir. Örneğin, Kuzey ve Güney Amerika kıtaları, Avustralya ve Madagaskar, diğer bölgelere göre çok daha ağır darbe almışlar. Ayrıca yok oluşlar eş zamanlı gerçekleşmemiş. Avustralya'daki keseli hayvanlar, Kuzey ve Güney Amerika'daki muadillerinden binlerce yıl önce yok olmuş; Madagaskar'daki dev lemurların yok oluşu da yine aynı tarihte gerçekleşmemiş. Kürklü mamut günümüzden yaklaşık 18.000 yıl önce Çin'de, 14.000 yıl önce Britanya'da, 13.000 yıl önce İsveç'te ve 12.000 yıl önce bir tarihte Sibirya'da yok olmuş. Yok oluşların çoğu topyekûn gerçekleşmiş (örneği, kılıç dişli kedilerin yok oluşu); bazılarının yok oluşu ise (örneğin atları ve develerinki) sadece bir ya da iki kıtada meydana gelmiş ve başka yerlerde hayatta kalanlar da olmuştur.

Kuzey Amerika'da, Pleistosen yok oluşlarına ait karbon tarihlendirmeleri, günümüzden 10.800 ila 11.000 yıl öncesine (MÖ 8.800 ila 9.000) denk gelen dar aralıkta toplanır. Bu tarih, insan yerleşimine dair Kuzey Amerika'da bulunan en eski kanıtlardan (Clovis kültürü) kısa bir süre sonrasına karşılık gelir. Ayrıca bazı arkeolojik alanlarda ilk insanların büyük mamutları avladığı ve katlettiği gösterilmiştir. Bu alanlar aynı zamanda, yok oluşu açıklamak için insan avcılarının aşırı avlandığı fikrini ileri süren baskın kuramının doğduğu yerlerdir. Baskın modeli, coğrafi farklılıkları ve eşgüdüm eksikliğini, insanla-

rın yerleşim şablonlarının bir sonucu olarak yorumlar. Asya ve Afrika gibi uzun, kesintisiz yerleşim alanlarında yok oluş, Kuzey Amerika gibi geç bir dönemde ve oldukça ani biçimde insanlar tarafından işgal edilmiş bölgelerden daha azdır.

Baskın kuramı tartışmalıdır ve her iki taraftan da çok şey yazılıp çizilmiştir. En mahir sözcülerinden biri –ve en dikkatli analizcisi– Arizona Üniversitesi’nden Paul Martin’dır. Martin bu sorun üstüne derinlemesine yazılar yazmış ve karşıt görüşleri sunmaya daima özen göstermiştir.

Birçok kişi (Paul Martin hariç) Pleistosen’deki memelilerin ortadan kalkışını kitlesel yok oluş olarak adlandırsa da; bu, tam da söylendiği gibi değildir. Büyük kayıplar; memelilerle, bazı uçamayan kuş türleriyle ve başka birkaç grupta sınırlıydı. Deniz hayvanlarının başına olağandışı hiçbir şey gelmedi. Bu olayı, K-T kitlesel yok oluşuna ya da Büyük Beşli içindeki öteki yok oluşlara, ancak memeli sınıfının en şoven üyeleri –yani bizler–uzaktan da olsa benzetebilirdik. Yine de büyük otçulların ve etçillerin karalardaki devasa alanlardan aniden çekilmesi, kara ekosistemini derinden etkilemiş olmalı.

BASKININ SEÇİCİLİĞİ

Buzul çağındaki yok oluş seçiciydi; memelileri diğer organizmalardan çok daha fazla etkilemiş, büyük memeliler arasındaki yok oluş oranı küçüklerden çok daha yüksek olmuştu. Büyük ve küçük memelileri ayırt ederken kullanılan geleneksel sınır 44 kilogramlık erişkin vücut ağırlığıdır.

Vücut büyüklüğü üzerindeki seçicilik hem cins, hem tür düzeyinde görülebilir. Aşağıdaki rakamlar Kuzey Amerika memelileriyle ilgilidir:

	Yok Oluş Öncesinde Yaşayanların Sayısı	Ölenlerin Sayısı	Ölenlerin Oranı
Küçük Hayvanlar			
Türler	211	21	%10
Cinsler	83	4	%5
Büyük Hayvanlar			
Türler	79	57	%72
Cinsler	51	33	%65

Oranların büyük hayvanlarda daha yüksek oluşu çarpıcıdır; örneklem kümesinin büyüklüğü de istatistik testlere olanak tanıyacak boyuttadır. Testlere bakıldığında, yok oluşun büyük hayvanlar arasındaki yaygınlığının yalnızca şansa (kötü şansa) bağlı olmadığı anlaşılabilecektir. Görünüşe göre büyük boyutta olmaları, kara memelilerinin yok oluş riskini gerçekten de artırmıştır. Daha önce de belirtildiği gibi, Paul Martin ve başka bazı kişilere göre bunun nedeni, tarihöncesi insanların aşırı avlanmasıdır.

Martin'in kuramı doğruysa, insan müdahalesinin damgasını vurduğu Pleistosen yok oluşu, daha genel yok oluş sorunu açısından bakıldığında pek bir katkı sunmıyor. Coğrafya ekolojisinin parlak isimlerinden Princetonlu Robert MacArthur, bir defasında, yeterli zekâsı ve odaklanma süresiyle insanın, bir başka türün toptan yok oluşuna –avlanan tür coğrafi olarak yeterli yaygınlıkta ise– sırf yırtıcılık yoluyla sebebiyet verebilecek tek tür olduğunu yazmıştı.

Birçok paleontolog, baskın kuramına karşı çıktı. Genellikle iki tip eleştiri yöneltiliyordu. Öncelikle jeolojik tarihler tartışmaya açıldı. Radyoaktif izotoplara dayalı her tarihlendirme gibi radyokarbon tarihlendirmesi de hataya ve değişik yorumlara açıktı. Dolayısıyla, meşru tartışmalar genellikle radyokarbon tarihlendirmesine dayalı ihtilaflı sonuçlara varıyordu. Martin'in savı büyük ölçüde Kuzey

Amerika'ya insanların ilk ayak basmasıyla ilgili tarihlere dayanıyordu.

Baskın kuramına yönelik ikinci saldırı, iklim dengesizliğinin daha muhtemel bir neden olduğunu söyler. Buz tabakalarındaki genel bir erime, deniz seviyesinin yükselmesine ve buzul göllerinin kurummasına yol açmıştır. Sonuçta ortaya çıkan ekolojik bozulma, büyük memelilere fazla gelmiş olabilir. Aslında, insan göçünün iklimdeki yumuşamayla mümkün hale gelmiş olabileceğini belirterek, yok oluşun zamanı ile insanların Kuzey Amerika'ya geliş zamanları arasındaki bariz çakışmayı açıklamak üzere bu savı kullananlar da olmuştur.

Oldum olası iklim savını bir anlamda tek vakaya mahsus diye görmüşümdür; aşırı avlanma kuramı kadar yalın ve basit olmadığı da muhakkak. Fakat baskın savı da fazla basit olduğu gerekçesiyle eleştirilmiştir. Tecrübelerime göre, "Bilimsel problemlerin cevabı nadiren basittir" diyenlerin sayısı aşağı yukarı, "Seçim yapma şansı varsa, daha basit olan açıklamanın doğru olması daha olasıdır" diyenlere eşittir. Her iki ifadede de çözümlemeden çok söz söyleme sanatı ağır basıyor; öyle ki herhangi bir savın lehine veya aleyhine kullanılıyor olduklarını görmek insanı çileden çıkarıyor.

BEDEN ÖLÇÜSÜ VE K-T YOK OLUŞU

Bu bölümü hazırlarken, vücut boyutunun Kretas kitlesel yok oluşu açısından belirleyici bir unsur olup olmadığını saptamak üzere en son araştırmalara gömüldüm. Genel kabul, sürecin büyük hayvanların aleyhine işlediği yönündeydi; yine de daha fazla ayrıntıya girmek istedim. Michael LaBarbera (Chicago Üniversitesi) tarafından 1986'da yayımlanmış, vücut büyüklüğünün evrimdeki yerini ele alan bir derlemeye rastladım. Şöyle yazıyordu:

Şayet büyük boyutlu hayvanlar stenotipiklerse [yani, içinde bulundukları çevre, çeşitlilik anlamında dar bir

menzile sahipse], kitlesel yok oluş zamanlarında büyük ve küçük vücutlu grupların sağkalım açısından farklılık göstermelerini beklemeliyiz. Görünüşe göre, *büyük vücutlu omurgalıların neredeyse tümünün yok olduğu* nihai Kretas yok oluşu olayında kesinlikle böyle olmuştu. (vurgu bana ait)

Bunun dışında, yine 1986'da, Berkeley Üniversitesi'nden, kara omurgalıları konusunda uzmanlaşmış olan paleontolog William Clemens'in, K-T yok oluşları hakkında yazdığı bir derlemede, şu ifadeye rastladım:

Hesaba katılan, ister erişkin bireylere ait ortalama vücut büyüklüğü, ister tekil örnekler olsun, belli bir aralıkta seyreden *vücut büyüklüğü, Kretas sonunda hayatta kalmış veya yok olmuş tüm gruplara ait ortak bir özellik değildir.* (vurgu bana ait)

Bu iki ifade, yok oluşta seçiciliğin tespiti meselesini açığa çıkarır; üstelik her ikisi de doğrudur. Mike LaBarbera'nın desteklediği sava göre, Kretas'ın sonunda hayatta olan en büyük omurgalı hayvanların, yani büyük sürüngenlerin soyu tükenmiş, bu da ona, pek yerinde olarak, vücut boyutunun bir etken olabileceğini düşündürmüştür. Diğer tarafta Bill Clemens, büyük ve küçük canlılar arasında bir ayırım yapabilmek için 25 kilogram sınırını, yani Pleistosen örneğindeki 44 kilogramlık sınırın muadilini kullanıyordu. Bu sınır esas alındığında, Clemens, K-T olayından sonra hayatta kalan taksonomik grupların tümünün, erişkin beden ağırlığı belirlenen sınırın üzerinde kalan en az bir türe sahip olduğunu tespit etmiştir. Pek fazla güçlük çekmeden hayatta kalan birkaç büyük timsah ve kaplumbağa türü bunlara dahildir.

Bu görüşlerin hiç mi eksigi yok? Aslında her şey gözlemcide bitiyor. Vücut boyutuyla ilgili bir değerlendirme yapmak için her iki görüşü de kullanarak iyi savlar ileri sürmek mümkün. Peki ortalama ya da azami boyutlar kullanılmalı mı? Bu iş için, boyutla ilgili en iyi ölçüt vü-

cut ağırlığı mıdır? Vücut ağırlığı yerine vücut uzunluğuna yani boya da sık sık başvurulur. Clemens'in üzerinde durduğu bir diğer nokta da, doğum ebatlarının mı yoksa erişkin ebatlarının mı daha önemli olduğuna karar vermenin önemidir. Bu sorularla ilgili bir karara varıp, bir dizi temsili veri toplamaya girişilse bile, verilerin tetkiki için seçilecek yöntem çok fazla inisiyatif kullanmayı gerektirecektir.

Bir araştırma stratejisi belirlemeye çalışırken alternatiflerin çok sayıda olması, araştırılacak vakanın sınırlarının son derece kesin hatlarla çizilmiş olmasını gerektirir; ancak o zaman startejilerin tümünde aynı cevaba ulaşmak mümkün olur. K-T'deki vücut ebatı, farklı yaklaşımların son derece farklı cevaplar üretebilmesine olanak tanıyan yeterince kesin bir hükümdür, ki zaten bunlar son derece farklı cevaplar üretiyor.

BOYUT EĞİLİMİNE DAİR BAŞKA ÖRNEKLER

Yok oluşun boyut aleyhine eğilim gösterdiği iddia edilen başka birçok örnek var. Ammonitler, tüm zamanların en büyük omurgasızlarından bazılarını içeren bir gruptur. Aralarında çapı bir metreyi aşanlar vardır. Tüm ammonitler Kretas sonunda yok olmuştur, fakat en büyükleri o zamana kadar bile gelememiştir. Nesli tükenmiş Paleozoik eklembacaklılarından öripteridler de buna benzer bir başka örnektir. Devasa yengeçleri andıran bu tuhaf yaratıklar, yaşamış en büyük omurgasızlar arasında yer alıyordu, fakat yok oluşlarının büyük ebatlarından kaynaklandığını ortaya koyan tek bir kanıt bulunmamaktadır. En büyük örneklerine, ait oldukları jeolojik zamanın sonunda bir daha rastlanmamıştır.

Büyük vücut ebatlarının yok oluşla aslında bağlantılı olduğunu kanıtlamanın, makul şüphe düzeyini aşan bir yolunu bulacak kadar talihli olsaydık, kuramlardan yola çıkarak getirdiğimiz açıklamalar hazır ve nazır olurdu. Mike LaBarbera ve diğerlerinin gösterdiği gibi, vücut

ebatı birçok ciddi fizyolojik sonucu da beraberinde getirir: Metabolizma hızından (ki genelde, vücut ebatı büyüdükçe düşer), kas gücünün, kemiklerin ve tendonların çeşitli özelliklerine kadar birçok şeyi etkiler. Vücut ebadına bağlı birçok ekolojik ve demografik değişken de bulunmaktadır. Büyük hayvanların popülasyonları küçük olur; bunlar, aynı zamanda, coğrafi menzillerinde daha dağınık yaşar. Dahası, toplam enerjilerinden üremeye ayırdıkları pay çok daha azdır. Tüm bunların ışığında, yok oluş-boyut bağlantısının daha güçlü olmaması biraz şaşırtıcıdır.

DİĞER SEÇİCİLİK ÖRNEKLERİ

Yok oluşa meyilli olmayı ifade eden tek özellik boyut değildir. Örneğin, tropikal organizmaların yok oluşa maruz kalma ihtimallerinin, daha ılıman iklimlerde yaşayan muadillerinden daha fazla olduğu söylenir. Planktonik organizmaların, diplerde yaşayan su canlılarından daha fazla risk altında olduğu, ya da denizlerdeki resif topluluklarının, öteki topluluklardan daha hassas oldukları düşünülür.

Bana sorarsanız bu iddiaların çoğu işe yaramaz! Ne yazık ki, bunların çoğunu test etmek neredeyse imkânsızdır. Belli bir yok oluş olayı üstünde çalıştığımızı farz edin; elimizde de kurbanların ve hayatta kalanların bir listesi olsun. Bu gibi listeler genellikle pek uzun olmaz; özellikle de yüksek bir taksonomik düzeyde (takım, sınıf, aile gibi) çalışıyorsak. Dahası, en iyi çalışmalar, belli bir organizma grubunda uzmanlaşmış kişilerin elinden çıkıyor; böylelikle, kurbanlar ve hayatta kalanlar listesi daha da kısalmış oluyor. Küçük sayılarla yapılan istatistiksel testler aldattıcıdır.

Bir defa elimizde listeler olduğunda hemen ortak paydaları aramaya başlamamız gerekir: Kurbanların çoğu tarafından paylaşılan fakat hayatta kalanlarda bulunmayan –ya da tam tersi– bir özellik. Bu dolambaşsız bir yoldur; sonuçlarını da memelilerin vücut boyutları örneğinde gördük. *Sorun şu ki, organizmalarda önem atfedile-*

bilecek özelliklerin sayısı neredeyse sonsuzdur. Anatomiy-le, davranışla, fizyolojik özellikle, coğrafyayla, ekolojiyle ve hatta soyla ilgili olabilir bunlar. Kurbanlar ve hayatta kalanlar listesini, gücümüz ne kadarına yeterse o kadar sayıda özellik açısından karşılaştırabiliriz. Eğer listemiz çok uzun değilse, bunu bir vaka olarak değerlendirmemizi sağlayacak bir ya da daha fazla sayıda özelliğe rastlamamız kaçınılmazdır diyebiliriz.

Bu yöntem sayesinde ilginç bir bağıntı yakalarsak, söz konusu bağıntının rastlantısal olma olasılığını değerlendirmemizi sağlayacak istatistiksel testler uygulayabiliriz. Bu testlerden her biri, şu veya bu şekilde, aynı soruyu soracaktır: “Belli bir özelliğin, türler arasında rasgele ortaya çıkmış bir özelliğin, bizim gözlemlediğimiz özellik kadar sağlam bir bağıntıya şans eseri ulaşmış olma olasılığı nedir?” Bu olasılığın çok düşük olduğu, diyelim ki %5 ve altında seyrettiği ortaya çıkarsa, bu özelliğin rasgele görülmüş olma ihtimalini gönül rahatlığıyla reddeder ve gözlemlediğimiz bağıntının gerçek bir neden-sonuç ilişkisine dayandığı sonucuna varırız.

Bu mantıktaki ölümcül hata, umut vaad eden bir özellik bulmadan önce başka birçok özelliği elden geçirmiş olduğumuz gerçeğine bu testin uyumlu olmamasıdır. Unutmayın; bütünüyle rastlantısal dağılımlı yirmi özellikten ortalama biri, yirmide bir olasılık düzeyi kabul edilebilirse şayet, testi geçecektir; bilimsel araştırmalarda yirmide bir genellikle kabul edilebilir bir orandır. Özelliklerin sayısını kestirmemiz neredeyse olanaksız olduğundan (çünkü çoğunu tek bir bakışta ıskartaya çıkarmışızdır) testin sonuçlarını hiçbir özellik açısından değerlendiremeyiz.

Bu, sadece paleontolojiye ya da bilime özgü bir sorun değildir. Eğer benim düşünme şeklimi kabullenmekte zorlanıyorsanız eğer, kendiniz de bazı deneyler yapın. Örneğin, beyzbol istatistiklerini veya seçim sonuçlarını ele alın; yani size bir kazananlar ve kaybedenler listesi verecek herhangi bir şey bulun. Elli veya yüz sonuçluk bir liste yeterli olacaktır. Şimdi, kazananların veya kaybedenlerin ortak

özelliklerini görebilecek şekilde listeyi bir daha inceleyin. Ulaştığınız şablonun kusursuz bir tutarlılık göstermesi gerekmiyor; istatistiksel bir eğilim bulmak yeterli. Ayrıca, liste boyunca ilerledikçe, temel kurallarda değişiklik yapmakta özgürsünüz. Öyle ki, eğer işinize yarayacaksa, kazanan ve kaybeden terimlerini yeniden tanımlamak bile mümkün. Sonuç kategorileri arasından, en küçük olana özellikle dikkat edin. Örneğin, birinci sıradaki beyzbol takımlarının özelliklerini öteki takımlarınkiyle karşılaştırmak isteyebilirsiniz. Daha kısa listelerde (örneğin, birinci sıradaki takımlar listesinde) ortak özellik bulma şansı, daha uzun listelerdekinden daha yüksektir. Bu durumda, şu türden bir sonuç çıkarmaya cesaret edebilirsiniz: “İlk sıradaki takımlardan çoğunun (ya da şansınız varsa tümünün) baş antrenörü, ailenin ilk doğan çocuğudur; diğer takımların baş antrenörleriye ulusal ortalama düzeyinde seyrediyor.” Aşağıda benim tasarladığım yarım yamalak deney yer alıyor; beyzbolla hiçbir ilgisi yok...

Dünyadaki şehirleri sahip oldukları nüfusa göre ölçecek olursak, bazıları “kazananlar”, bazıları da “kaybedenler” olarak sıralanacaktır. Araştırmalara göre, adı alfabenin ikinci yarısında yer alan bir harfle başlayan şehirler çok daha fazla insan çekmektedir. Bu bağlantıyı, bütün düzgün demografik veri tabanlarında açıkça görmek mümkün olsa da, basit bir istatistik testle de kanıtlanabilir. Şöyle ki: *Dünya Atlası*’na (*World Wide Atlas*, Reader’s Digest, 1984) göre dünyanın en kalabalık yedi metropol bölgesi (kalabalıktan aza doğru sıralarsak) şunlardır:

Tokyo-Yokohama
 New York
 Meksiko Şehri
 Osaka-Kobe-Kyoto
 Sao Paulo
 Seul
 Moskova

Dikkat edin; hepsi de M-Z arasındaki harflerden biriyle başlıyor; yani alfabenin hemen hemen ikinci yarısında yer alan bir harfle. Bu yedi metropol bölgesi arasında yer alan en küçük şehirler bile bu aralıkta (Yokohama), ya da bu aralığın çok yakınında (Kobe-Kyoto) yer alıyor.

Neredeyse kusursuz bu bağlantı için, nüfusun ve şehir isimlerinin gelişigüzel dağılımının sonucunda ortaya çıkan bir rastlantı demek mümkün. Fakat aynı zamanda, dünyada çoğu şehrin ismi alfabenin ikinci yarısında yer alan bir harfle başlıyor da olabilir. Bu alternatif varsayımları test etmek üzere, aynı kaynaktan bir kontrol grubu devşirildi. En kalabalık metropoller sıralamasının ikinci yedilisi (sırayla) şöyle:

Kalkūta
Buenos Aires
Londra
Bombay
Los Angeles
Kahire
Rio de Janeiro

Rio de Janeiro hariç tümünün ilk harfi, alfabenin A-L harfleri arasında kalan bölümünden; hatta o tek istisnanın ikinci ve üçüncü kelimelerinin (de Janeiro) ilk harfleri de A-L arasından. Hatta, dikkatinizi çekerim; kontrol grubundaki isimlerden iki tanesinin ikinci kelimelerinin ilk harfleri de alfabenin en başındaki harflerden (Aires ve Angeles). İstatistiksel açıdan bunun şans eseri gerçekleşmiş olma ihtimali o kadar düşük ki, rastlantısallıkla ilgili bir varsayımın reddi çok normal. Neden ve sonuç açıkça ortada.

Bu konuda daha fazla araştırma yapılması gerekiyor, fakat öyle görünüyor ki alfabenin sonunda yer alan harfler/isimler büyük olasılıkla refah ve bolluk duygusu veriyor insana; böylece büyük insan kitleleri buralara doğru göç ediyor. Rio de Janeiro bir istisna gibi gözükse de, bu şehrin yanlış isimlendirilmiş olması veya gerçek nüfusunun, hesaplananın üstünde olması kuvvetle muhtemel. Ayrıca bu örnekte, alfabe-nüfus ilişkisinin, sadece nüfus ölçeğinin en tepesinde, yani nüfusu on milyona yaklaşan

veya on milyonu aşan kent merkezlerinde geçerli olması, oldukça anlamlı. Bu düzeyin altındaki şehir isimlerinin belli bir sıralama izlemiyor olması, muhtemelen, bu şehirlerin henüz sabit bir nüfus dengesine ulaşmamış olmasından kaynaklanıyor. Son olarak, en tepedeki on dört nüfus merkezinin yer aldığı listenin en altında yer alan Rio de Janeiro, alfabe-nüfus olgusunun tespit edilebilir sınırına çok yakın bir noktada duruyor.

Seçicilik için bir örnek oluşturmak ne kadar kolay gördünüz mü? Bu bizi, büyük memelilerin, Pleistosen'in son döneminde, büyük boyutlara sahip oldukları için ortalamanın üstünde bir düzeyde yok oluşa maruz kaldıkları iddiası konusunda şüpheyi sevk etmeli mi? Memelilerin daha başka kaç özelliği incelemeye alındı? Belki de asıl suçlu, beslenme şekli ya da diş minesinin kalınlığıdır. Sezgilerim, vücut boyutlarının Pleistosen memelilerinin kaderini değiştirdiğini söylüyor, fakat bunu kanıtlamam mümkün değil.

TAKSONOMİK SEÇİCİLİK

Bazı taksonomik grupların bazı zaman dilimlerinde sahip oldukları yok oluş oranlarının, sırf şansla açıklanamayacak kadar yüksek seyrettiği bir seçicilik tipi mutlaka olmalı; buna şüphem yok. Dinozor örneğini bir düşünün. Daha önceki sayfalarda adını zikrettiğim Berkeleyli paleontolog Bill Clemens, Kuzey Amerika'nın batısının iç kısımlarında bulunan, Kretas'ın son dönemlerinden kalma kayaçlardan, omurgalı hayvanların yok oluşlarına dair bol miktarda veri toplamıştır. Kaleme aldığı bir derlemede, cinslerin sayısını da veriyor (aşağıda gösteriliyor).

Ortalama %43'lük bir yok oluş oranı, Kretas sonunda tüm cinsler için geçerli küresel ortalamanın çok az üstündedir. Tabloda gösterilen grupların çoğu için örnek sayısı oldukça azdır; düzensizlikler de pekâlâ şansa bağlı olabilir. Örneğin, plasentalı dokuz memeliden birinin, keseli dört hayvandan üçünün nesli tükenmiştir (oranlar sıra-

sıyla %11 ve %75). Oranlar arasındaki bu fark, keselilerin plasentalılardan (yani atalarımızdan) çok daha fazla zarar gördüğü hissini uyandırıyor; muhakkak ki öyle. Fakat elimizdeki sayılar, istatistiksel güvenilirlik sağlayamayacak kadar küçük; bu sonuçları, zar atıp elde edebileceğimiz tıpatıp aynı oranlardan ayırt etmek mümkün değil.

	Yok Oluş Öncesindeki Sayı	Ölenlerin Sayısı	Ölenlerin Oranı
“Balık”			
Kıkırdaklı balıklar	5	3	%60
Kemikli balıklar	13	5	%38
İkiyaşayışlılar	12	4	%33
Sürüngenler			
Deniz kaplumbağaları	18	2	%11
Diapsit sürüngenler	1	0	%0
Timsahlar	4	1 ?	%25 ?
Eolatacertilia	1	1	%100
Kertenkeleler	15	4 ?	%27 ?
Yılanlar	2	0 ?	%0 ?
Kertenkele benzeri sürüngenler	8	8	%100
Kuş benzeri sürüngenler	14	14	%100
Pterozorlar	?	?	%100
Kuşlar	?	?	?
Memeliler			
Mikrotüplüler	11	4	%36
Keseliler	4	3	%75
Plasentalılar	9	1	%11
TOPLAM	117	50	%43

Öte yandan bazı farklılıkları sırf rastlantıyla açıklamak mümkün değil. İki dinazor grubundaki –Kertenkele benzeri sürüngenler (kertenkele-kalçalı) ve Kuş benzeri sü-

rüngenler (kuş-kalçalı)- cins sayısı toplam yirmi iki ve yirmi ikisi birden yok olmuş. Genel yok oluş oranı %43 iken, yirmi iki bileşenli bir grubun %100'ünün şans eseri tükenme olasılığı neredeyse sıfır. Bu karşılaştırmayı yapmadan önce tüm dinozor türlerinin neslinin tükenmiş olduğunu elbette biliyorduk; yukarıda söylediğimiz yine de geçerli. Demek ki dinozorlar bir yerlerde hata yapmış. Başka bir deyişle, Kretas yok oluşuna neden olan şey her neyse, dinozorlar ona karşı aşırı hassasiyet göstermiş.

Yok oluş açısından bakıldığında, bu tür durumların ezici çoğunlukta olduğu söylenemese de, oldukça yaygındırlar. Fosil halindeki deniz canlılarına ait büyük veri tabanlarında yaptığım muazzam istatistiksel analizlerde, sırf rastlantı sonucu meydana gelmiş olamayacak buna benzer birkaç taksonomik seçicilik örneği daha saptadım. Toplam bakiye büyük sayılmaz, ama gerçek.

TRILOBİTLERİN KÖTÜ GENLERİ

Birinci Bölüm'de bu kitabın başlığını, trilobitlerin yok oluşu üzerine yazdığım bir araştırma makalesinden aldığımı söylemiştim. Bu da bir taksonomik seçicilik örneği aslında...

Kambriyen dönemine (günümüzden 570-510 milyon yıl öncesi) ait kayaçlarda, altı bini aşkın trilobit türü bulunmuş ve isimlendirilmiş. Bu rakam, aynı döneme ait olduğu bilinen fosillerin dörtte üçüne karşılık geliyor. Bundan 325 milyon yıl sonra, Paleozoik zamanının sonunda, geriye bir tane bile kalmamış. Trilobitler için geçerli türleşme ve yok oluş oranlarının, Paleozoik'deki diğer tüm hayvanlarınkiyle aynı olduğu şeklindeki temel varsayıma dayanarak şu soruyu sormuştum: "Trilobitlerinki kadar büyük bir grup, yeterince zaman tanınırsa, iflasa sürüklenen varlıklı bir kumarbaz gibi, yok oluşa sadece şansı yaver gitmediği için sürüklenmiş olabilir mi?"

Trilobitlerin ortadan kalkmasının, tür yok oluşunun rastlantı eseri türleşmeyi aşması yüzünden meydana gelme olasılığını hesaplamak için matematiksel modellerden

(Üçüncü Bölüm'de bahsettiğim rasgele yürüyüş çizgisinde geliştirilmiş bir modelden) faydalandım. Sonuç: Trilobit örneğinde rastlantının tek başına iş görüyor olma olasılığı yok denecek kadar az. Trilobitler için, Paleozoik ortalamalarına eşdeğer bir doğal yok oluş ve türleşme oranı sergilediğini söyleyen temel varsayım açıkça yanlıştı. Ayrıca bu varsayım trilobitlerin (şu veya bu nedenle) türleşme yetilerinin daha düşük, yok oluş yetilerinin ise daha yüksek olduğu iddiasıyla devam ediyordu. Yok oluşla ilgili iddiayı test eden birinin, ulaştığı rakamları güvenilir bulabilmesi için, trilobit türlerinin yaşam uzunluklarının, Paleozoik ortalamasının %14 ila %28'in altında olduğunu kabul etmesi gerekir.

Buradan yola çıkarak, trilobitlerin aslında bir şeyleri yanlış yapmış oldukları (ya da öteki grupların bir şeyleri daha iyi yaptıkları) sonucuna vardım. Oyumu kötü genlere veriyorum. Bu analiz bize elbette trilobitlerin neyi yanlış yaptığını, ya da öteki hayvanların neyi doğru yaptığını söylemez, fakat bir başlangıç sunar. Gerçekten de keşfedilmeyi bekleyen bir çelişki olduğu konusunda bizi ikna eder.

BAZI ÇIKARIMLAR

Biyolojik grupların bazıları, gerçekten de ötekilerden daha fazla zarar görüyorsa, yok oluşa yol açan baskılar, aynı grupta yer alan türler tarafından paylaşılan özellikleri "görüyor" olmalı. Aynı grubun mensupları, tanım gereği, birbirlerine ortak ataları vasıtasıyla bağlarsa, bazı özellikleri paylaşıyor olmaları kaçınılmazdır. Sözgelimi, grubun tüm üyelerinin metabolizma hızları hemen hemen aynı olabilir veya benzer biçimde büyüklükleri, yaşam alanı tercihleri ya da coğrafi menzilleri; olasılıklardan birkaçını saymış olduk.

Bu düşünme şekli, bizi, neredeyse aynı tür ve cins sayısına sahip olmalarına karşın, Kretas'ın sonunda neden memelilerin değil de dinazorların ortadan kalktığını

anlamaya bir adım daha yaklaştırır. Dinozorların tümünün, onları memelilerden daha hassas kılan bir veya daha fazla sayıda özellik taşıdığı muhakkak.

Bu, dinozorların mutlaka daha aşağı ya da uyum sağlama konusunda başarısız canlılar olduğu anlamına gelmez. Nihayetinde 100-150 milyon yıl boyunca sorun yaşamadılar. Ugradıkları sonu öngörmüş olabilecek bir Mezozoik zaman biyoloğu düşünemiyorum.

Chicago Üniversitesi'nden tanıdığım meslektaşım Tom Schopf'un, dinozor yok oluşuna dair, birkaç sene önce gelen vakitsiz ölümüne dek savunduğu ilginç bir iddiası vardı. Kretas sonundaki bütün dinozor vakalarını incelemiş ve dünyanın birçok noktasında, dinozorların Kretas'ın en son dönemlerinde hâlâ hayatta olduğunun aslında kanıtlanamayacağını söylemişti. Tam K-T sınırından önce yaşayan dinozorlara dair tek açık kanıt, ABD'nin ve Kanada'nın iç batı kesimlerinde bulunuyordu. Tom, Kuzey Amerika'nın batısında gerçekleşen birtakım yerel olayların ve çevre koşullarındaki düzensizliklerin dinozorları öldürdüğü, öte yandan, memelilerin, dünyanın bambaşka yerlerinde yaşayan türlere sahip olmaları nedeniyle zarar görmediği şeklinde bir kuram geliştirdi.

Omurgalı paleontologu dostlarımla, dinozorların mevcudiyetinin Kretas sonuna doğru, yalnızca Kuzey Amerika'yla sınırlı olduğu konusunda ciddi şüpheleri var. Omurgalı paleontolojisi alanının dışından biri olarak, konu hakkında bir yargıda bulunamayacağım. Ancak, Tom'un düşüncesinin doğru olması için, tuhaf bir kötü gen-kötü şans karışımıyla karşı karşıya olmamız gerekir. Buna göre, dinozorların şansı kötüdür, çünkü zarar göcekleri bir bölgede yaşamaktadırlar. Bir ihtimal genlerinde de kabahat vardır; göç etme ve küresel bir dağılım gösterme şeklindeki doğal yetilerini muhafaza edemedikleri için. Bu akıl yürütme şekli çarçabuk bulanıklaşır ve açıkçası, doğru yolda olduğumuzu bile sanmıyorum. Son tahlilde, bana öyle geliyor ki, coğrafi dağılım gibi son derece yalın bir şeylerin, rahatlıkla sağkalım ve yok oluş arasındaki

fark anlamına gelebileceği açık.

Yine Chicago Üniversitesi'nden, meslektaşım Dave Jablonski, Kretas'ın son on altı milyon yılında hayatta olan yumuşakçalara ait fosilleri bir istatistiksel analize tabi tuttu. Sonuçta, büyük kitlesel yok oluş öncesinde, coğrafi menzili geniş olan türlerin ve cinslerin, menzili küçük olanlara kıyasla yok oluşa daha fazla direnç gösterdiğini saptadı. Ancak, en azından türler açısından bakıldığında bu ilişki, K-T kitlesel yok oluşunda kesintiye uğruyor. Başka bir deyişle, geniş bir coğrafi dağılım gösteriyor olmak, türlere sadece sakın zamanlarda koruma sağlıyor, fakat kitlesel yok oluş dönemlerinde işe yaramıyor. Belki de kitlesel yok oluşa neden olan baskı unsuru (unsurları) o kadar geniş bir alana yayılmıştı ki, hiçbir yer güvenli değildi. Öte yandan Jablonski, cinsler açısından, geniş coğrafi dağılımın kitlesel yok oluş zamanlarında da belli bir koruma sağladığını gösterdi. Dolayısıyla, yok oluşun seçiciliği, taksonomik sıralamadaki düzeye göre farklılık gösterebilir.

ÖZET

Öyle görünüyor ki yok oluş, belli bir dereceye kadar ve bazı durumlarda seçici, fakat bunu kanıtlamak tam bir cehennem azabı. Fiili düzeyi ne olursa olsun, seçicilik asla çok fazla öne çıkmıyor. İşe yarar bir örnek arayışına girdiğimiz her seferinde, cehaletimiz ayağımıza dolanıyor. Ya da risk alıp, cevaplara duyduğumuz heyecanın sağduyuyu gölgelemesine izin veriyoruz, fakat işin eğlenceli ve insanı zorlayan tarafı da burada. Zorlu bir bilim dalında çalışmak ne güzel! Herkesin pozitif bilim diye adlandırdığı tarafın karşısında olmak!

KAYNAKLAR VE EK OKUMALAR

- Clemens, W. A. 1986. "Evolution of the Vertebrate Fauna During the Cretaceous-Tertiary Transition". *Dynamics of Extinction* içinde, D. K. Elliott (ed.), s. 63-85. New York: Wiley-Interscience. K-T yok oluşunun gösterdiği taksonomik seçicilik tartışmasıyla ilgili bir kaynak.
- LaBarbera, M. 1986. "The Evolution and Ecology of Body Size". *Patterns and Processes in the History of Life*, D.M. Raup ve D. Jablonski (ed.), s. 69-98. Berlin: Springer-Verlag. Vücut büyüklüğünün evrimdeki yeri meselesi üstüne bir derleme.
- MacArthur, R. H. 1972. *Geographical Ecology*. New York: Harper & Row. Türlerin coğrafi dağılımı hakkında bir inceleme.
- Martin, P. S. 1986. "Refuting Late-Pleistocene Extinction Models". *Dynamics of Extinction* içinde, D. K. Elliott (ed.), s. 107-30. New York: Wiley-Interscience.
- Martin, P. S. ve R. G. Klein, 1984. *Quaternary Extinctions: A Prehistoric Revolution*. Tucson: University of Arizona Press. Pleistosen yok oluşunu tüm veçheleriyle ele alan, fakat özellikle memeliler konusuna odaklanan otuz sekiz araştırma makalesi ve derleme.
- Schopf, T. J. M. 1982. "Extinction of the Dinosaurs: A 1982 Understanding". *Geological Implications of Impacts of Large Asteroids and Comets on Earth* içinde, L. T. Silver ve P. H. Schultz (ed.). Geological Society of America, Özel Makale 190. s. 415-22. Boulder: GSA. Dinozorların, Kretas'ın son döneminde, yalnızca Kuzey Amerika'da yaşamış olduğunu ileri süren, dolayısıyla onları yok oluşa götüren bir küresel nedene ihtiyaç olmadığını ortaya koyan araştırma makalesi.

Geçmişte, paleontologlar, fosil kayıtlarında belgelenen onca tür yok oluşunun altında ne yattığına, tuhaftır, pek dikkat etmediler. Fakat bu durum, Alvarez'in 1980'de yayımladığı gezegen çarpışmalarıyla ilgili makalesiyle birlikte değişti. Şimdilerde, araştırma dünyasında yok oluş mekanizmalarını konu alan ateşli savlardan geçilmiyor. Bu kısa bölümde, neden arayışını genel terimlerle tartışmaya açacağım; ayrıntıları açıklama işini ise daha sonraya bırakacağım.

YOK OLUŞUN SEYREKLİĞİ

Jeolog ve paleontologlar genellikle şu ilkeyi benimserler: "Bugün, geçmişin anahtarıdır." Nitekim mevcut benzerlikler üzerinde çalışarak birçok büyük ilerleme kaydedilmiştir, zira süreçlerin bilfiil işleyişini görmek mümkündür. Ancak yok oluş söz konusu olduğunda şimdiki zaman pek de işe yaramaz; yerleşik bir türün doğal sebeplerle ortadan kaybolması, insanların zaman ölçeğinde nadir bir olaydır.

Fosil kayıtlarına göre türlerin ortalama ömrü yaklaşık dört milyon yıldır. Dolayısıyla her yıl, aşağı yukarı dört milyon türden yalnızca biri doğal sebeplerle yeryüzünden silinir. Bugün, kırk milyon türün hayatta olduğunu kabul edersek, ortalama bir yılda nesli tükeneceklerin sayısı sadece ondur. İnsanların başının altından çıkmayan tür yok oluşu pek nadirdir. Tehlike altındaki türler konusunda bunca bilinçlendirmenin olduğu bir zamanda bunu duy-mak şaşırtıcı, hatta anlamsız gelebilir. Yine de bir türün, saha biyologları tarafından tam küresel yok oluş anında yakalanma şansı çok düşüktür.

Şunu belirtmek de önemli: Bir türün tüm çeşitlerinin

ancak belli bir kısmında toplu ölümlerin görülmesi, kitle-
sel yok oluştan çok daha muhtemeldir. Örneğin 1980'ler-
de Karayiplerde, siyah deniz kestanesi *Diademalar* büyük
zarar görmüştü. Birçok bölgede ölüm oranları %95'i aştı.
Muhtemel neden, hızlı hareket eden, su kaynaklı bir vi-
rüstü. Deniz kestaneleri birkaç yıl içinde toparlandı ve
yok oluş, güçlük çekmeden atlatıldı. Bu gibi olgular kaçınılmaz olarak, doğal tür yok oluşlarının sayısını, gerçekte olduklarından daha fazla algılamamıza yol açar.

Yılda on türün yok olduğu yönündeki tahmin, fosil kayıtlarındaki yaşam sürelerine dayanır; dolayısıyla bu tahmin muhafaza edilebilecek ve keşfedilebilecek kadar kalabalık türler için geçerlidir. Bu da genellikle, oldukça geniş bir coğrafi dağılım gösteren, büyük nüfuslu ve makul derecede uzun yaşamış türleri ifade eder. Burada eksik olan, yerleşik olmayan türlerdir. Şayet bunlar da hesaplamalara dahil edilebilseydi, hiç şüphesiz yok oluşun çok daha yaygın olduğu yargısına varırdık; fakat iş üstündeki saha biyologu açısından, doğal yok oluşlar yine de nadirdir.

Yok oluş üstüne çalışan bir biyolog başka yollara da başvurabilir; yok oluşu bölgesel düzeyde çalışıp, sonuçları tüm bir türe genellemek gibi. Küçük bir alanda, belki bir gölet veya bir dönüm ağaçlık arazide, türler sürekli ortaya çıkar ve kaybolur. Göletin birinde, bir yıl kurbağadan geçilmezken öteki yıl tek bir taneye bile rastlanmayabilir. Bölgesel yok oluşların nasıl meydana geldiğini ortaya çıkararak, kıtalara yayılmış bütün bir türe dair genelleme yapabiliriz. Öte yandan küçük bir parçadan yola çıkarak bütüne ulaşma edimi ciddi tuzaklar barındırır. Yerel popülasyonu ortadan kaldıran koşullar –örneğin bahar aylarında görülen gecikmeli don– türün bütünü açısından etkisiz ya da ihtimal dışı olabilir.

Bir diğer yaklaşım –buna hile de denebilir– bir türün popülasyon büyüklüğünü ve coğrafi dağılımını takibe alıp, yok oluşun yaklaştığını gösteren eğilimleri tespit etmektir. Eğer bir tür yıllar içinde azalma göstermişse, yok oluşun

kaçınılmaz olduğu varsayılabilir. Azalmanın nedenleri, bize yok oluşun nedenleri hakkında da bir şeyler söyleyebilir. Bu yaklaşım oldukça risklidir zira eğilimler sıklıkla tersine döner. Hakikaten de Karayip deniz kestanelerindeki göz alıcı azalama devam etmemiş ve yok oluşla sonlanmamıştır. (Dün, Dow Jones Sanayi Endeksi otuz beş puanlık bir düşüş gösterdi. Günde otuz beş puanlık bu eğilim devam edecek olursa, New York Menkul Kıymetler Borsası üç aya kalmaz yok olur.)

Bir diğer yaklaşım, insanın yarattığı etki üzerinde çalışmaktır. İnsan marifeti yok oluş örnekleri mevcut ve bunlardan öğrenilecek çok şey var. Fakat bir kez daha tedbiri elden bırakmamak gerekiyor; bu strateji, kaynağını insan faaliyetlerinden alan çevre baskılarının doğada da gerçekleştiği şeklindeki örtük varsayıma dayanır. Bu baskılardan bazıları gerçekleşir, bazıları gerçekleşmez. Robert MacArthur'un ulaştığı sonucu hatırlayın: Doğada, avlanarak yerleşik bir türü ortadan kaldırmaya vakıf tek türün insan olduğunu söylüyordu.

Doğal yoldan gerçekleşen yok oluşların seyrekliği göz önünde bulundurulursa, temsili verilerin üç kullanım şekline tanık olduk: (1) yerel düzeydeki yok oluşla ilgili veriler, (2) azalma eğilimlerine dair veriler ve (3) insanın yarattığı etkiyle ilgili veriler. Üçü de isabetli temsili verilerdir; vekâleten orada bulunduklarının ve getirdikleri sarkıncaların iyice anlaşılması şartıyla.

Yaşam tarihi çalışmalarında akılda tutulması gereken noktalardan biri de, kimi yok oluş mekanizmalarının, neredeyse şüpheye yer bırakmayacak biçimde, insan deneyiminin *dışında* kaldığı gerçekliğidir. Çok da uzun bir zamandır burada değiliz; kayıtlı tarihin birkaç bin yılı yalnızca. Oysa yaşam 3.500 milyon yıla yayılmıştır. Şimdiye kadar yaşamın tarihinin altı üstü %0,0001'lik kısmını deneyimledik. Aslına bakarsanız %0,0001'lik yaşam tarihimiz için, doğal süreçlerin eksiksiz bir örneğidir demek, pek küstahça. Belki de –aslında– geçmiş, bugünün (ve yarının) anahtarıdır.

UYDURMA AÇIKLAMALAR

Bilimin bir zevkli yanı da, kuram tasarlamak, yani olan bitene açıklama getirmektir. Bu kuramların çoğu, “Ya öyleyse?” sorusunun kapı açtığı bir önseziyi pek aşamaz. Bazısı bütünüyle mantıksız olduğundan ya da kimi doğa kanunlarıyla çeliştiğinden, derhal ıskartaya çıkartılabilir.

Fakat bu önsezi ilk elemeyi geçerse, onu, bizzat ve nihayet, hipotez mertebesine yükseltebiliriz. Ardından, kuram olarak kabul edilmek için, usule uygun muntazam testlerden geçmeli (olgu olarak kabul edilmesi aşamasına daha geçmedik). Kimi durumlarda test işlemleri belli bir standarda oturtulmuştur –istatistik testleri gibi, çünkü daha önce benzer durumlarda defalarca kullanılmışlardır; ya da iyi netice verdiği bilinen bir mantikî savlar dizgesi mevcut olabilir. Yine de, ne ilginçtir ki, test edilecek hipotez genellikle yeni bir biçime sahiptir ve yeni test işlemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Eğer herhangi bir şey için öne sürülen açıklama bütün akla yatkınlık ve güvenilirlik testlerinden geçiyorsa, bu açıklama doğru mudur? Ya da birbirinin yerini alabilecek birçok açıklama öne sürülmüş ve bunlardan biri diğerlerinden daha inandırıcı bulunmuşsa, onun mutlaka doğru mu olması gerekir? Her iki soruya da benim verdiğim yanıt, güçlü bir ‘hayır’dır.

Bir şeyin akla yatkın olduğunun gösterilmesi, onun doğruluğunu kanıtlamaz. Tam da bu nedenle ağır ceza mahkemelerinde ikinci dereceden kanıtlara ağırlık verilmez. Sırf sanık suçu işlemiş olabileceği için, bunu yapmaya fırsatı, hatta nedeni olduğu için ona suçlu diyemeyiz. Yok oluşa getirilen birçok açıklama yalnızca olasılık savlarına dayanarak, yok oluşun hangi yolla gerçekleşmiş olabileceğine dair önerilerde bulunuyor. Robert Kipling’in, fillerin hortumlarının ya da kaplanların şeritlerinin nereden geldiği hakkındaki öylesine sunduğu hikâyelerinden ötürü bunlara, küçümseyici bir Uydurma Açıklamalar yaftası yakıştırılmıştır.

Peki ya öne sürülen açıklama, diğerlerinin tümünden daha iyiye ne olacak? Elimizde, A, B, C ve D şeklinde tasnif edilmiş, birbirine rakip dört açıklama bulunduğunu varsayın. Üstelik bunların doğru olma olasılıklarını da hatasız olarak değerlendirmeye muktedir olduğumuzu düşünün. A'ya %40 doğru olma şansı tanıyın; diğer üçüne ise %20. A açıklaması, diğerlerinden **iki** kat daha olasıdır. Fena sayılmaz; A'ya bel bağlanabilir. Fakat dikkat edin, bahisler altmışa kırk oranında A'ya *karşı*. Dolayısıyla bir hipotezi, sırf diğer seçeneklerden daha iyi olduğu için seçemeyiz. Öte yandan biri, ötekilerin birleşiminden daha iyiye, elimizde savunacak bir davamız var demektir. Bu bir 'çoğulluluğa karşı çoğunluk' meselesidir.

Yok oluş meselesiyle ilgilenenler de dahil olmak üzere bilim yazınında, "ötekilerden iyidir" mantığından başka bir şeye dayanmayan popüler savların sayısı şaşırtıcı derecede çoktur.

DİKKAT! ANTROPOMORFİZMİ

Çeşitli yazarlar, hatta haber sunucuları bile, büyük kitlesel yok oluşların sebeplerine ilişkin listeler sunmuşlardır. Bu listeler, hem olabileceklerin ne kadar geniş bir yelpazeye yayıldığını, hem de bazılarının ne kadar budalaca olduğunu gösterir. "Dinozorlar bir kuyruklu yıldızın üzerlerine geldiğini gördü ve korkudan öldüler." Ancak budalaca olanlar ve Uydurma Açıklamalar bir defa elendi mi, geriye güvenilir bir öz kalır. Aşağıdaki, belli bir sıralama gözetmeksizin listelediğim maddelerin, güçlü adaylar olduğu konusunda, sanırım çoğu meslektaşım benimle hemfikirdir:

- İklim değişimi, özellikle de soğuma ve kuraklık
- Deniz seviyelerinde alçalışlar ve yükselişler
- Yırtıcılık
- Salgın hastalıklar (yırtıcılığın bir türü)
- Diğer türlerle rekabet

Kuyruklu yıldızların ya da göktaşlarının çevre üzerindeki

etkisini, sadece şimdilik de olsa, kasten dışarıda bıraktım.

Yukarıdaki maddelerin her biri akla yatkın. Ancak burada daha ziyade antropomorfizmin izlerini görüyorum. İnsanların gündelik hayatlarında beslediği geleneksel endişeler ve korkular nelerdir? Hava, bilhassa da soğuk ve yağmursuz hava; su seviyeleri (nehirlerin ve göllerin taşması ya da kuruması); vahşi hayvanlar (buna böcekler de dahil) ya da başka insanlar, halklar tarafından saldırıya uğramak ve rekabet (hem birbirimizle, hem de öteki halklarla). Yok oluşun muhtemel sebepleri olarak sunduğumuz liste, sakın bizi bireysel düzeyde korkutan şeylerin bir listesi olmasın? Fetihleri, savaşları, açlığı ve salgınları temsil eden Mahşerin Dört Atlısı'nı hatırlayın.

Bana göre böylesi bir antropomorfizm iddiasında bulunabilmek için insanın olağan korkularını yansıtmayan ya da en azından kısa süre öncesine kadar yansıtmamış olan kabul edilebilir, fakat popüler olmayan maddelerden oluşan, paralel bir liste hazırlayabiliyor olmalıyım. Şunu deneyelim:

- Okyanus sularında kimyasal zehirlenme
- Atmosfer kimyasının değişmesi
- Gökyüzünden yağın taşlar
- Kozmik radyasyon
- Küresel volkan faaliyetleri
- Dış uzaydan gelen istilacılar

Bunların her biri, şu veya bu zamanda yok oluş etkenleri olarak ileri sürüldü fakat bilim çevreleri tarafından pek ciddiye alınmadılar. İlk ikisi bugünlerde zihnimizi fazlasıyla meşgul etse de bu konulara yeni yeni ilgi gösteriliyor; ayrıca yok oluş mekanizmalarını gösteren o kutsal listeye de henüz yeterince katkı sağlamadıklarını söylemek zorundayım.

Gökyüzünden yağın taşlar fikri, malum kuyruklu yıldız/göktaş etkisine gönderme yapıyor. Söz konusu kavramın bunca tartışma yaratmasının nedenlerinden biri, deneyim alanımızın dışında olmasıdır. Arizona'daki Mete-

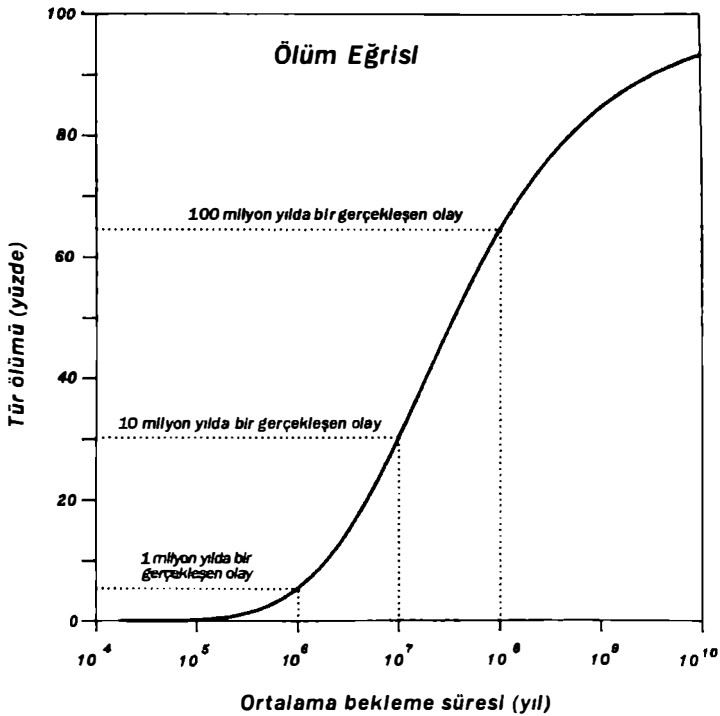
or Krateri gibi şans eseri olaylar dışında, okullarda çoğumuza, büyük kayaların gökyüzünden öylece düşmediği öğretilirdi. Listemdeki son üç madde, kozmik radyasyon, küresel boyuttaki volkan faaliyetleri ve uzaylıların istilası pek inandırıcı gözüküyor; hatta bunları kuramsal düzlemin dışında bırakmaya çalışan bilimciler de mevcut. Fakat belki de, göktaşı çarpması gibi hiç karşılaşmadığımız olgular olduklarından, yalnızca tuhaf (ve olasılık dışı) geliyorlardır.

Antropomorfizm davasında haklı olup olmadığının kararını okuyucuya bırakıyorum. Son kertede, önerdiğimiz yok oluş mekanizmalarını, bize en tanıdık gelen fiziksel ve biyolojik etkenlerden alma eğiliminde olduğumuzu düşünüyorum. Bu tavır belli bir dereceye kadar kaçınılmaz da olsa, dikkat edilmesi gereken bir önyargı –bir çıkar çatışması– içeriyor.

ÖLÜM EĞRİSİ, YENİDEN

Dördüncü Bölüm’de, fosillere ait yok oluş kayıtlarından yola çıkarak elde edilen ölüm eğrisini göstermiştim. Aynı eğriyi Şekil 6-1’de kolaylık olsun diye yeniden oluşturdum. Ölüm eğrisine bakarak, belli büyüklükteki bir yok oluşu tespit etmeden önce, ortalama kaç yıl beklememiz gerektiğini anlayabiliriz. Örneğin, yaşayan tüm türlerin %5’inde etkisini gösterecek bir yok oluşun meydana gelmesinden önce, ortalama bir milyon yıl geçmesi gerekiyor. Bu, aynı zamanda, %5’lik yok oluşlar arasında geçen ortalama sürenin bir milyon yıl olduğunu söylemenin başka bir yoludur. Daha önce de bahsettiğimiz gibi, daha büyük yok oluşlar yine de nadirdir; öyle ki %65’lik bir yok oluş (K-T vakasına benzer büyüklükte) için bekleme süresi 100 milyon yıldır.

Ölüm eğrisinin önemli bir özelliği de, tasvir ettiği ölümlerin, jeolojik zamanın büyüklüğüne kıyasla, kısa zaman aralıklarında gerçekleşiyor olmasıdır. Teknik nedenlerden ötürü 10.000 yıllık standart zaman aralığı, eğriyi hesaplamak için kullanılır; fakat bu, yok oluşların fiilen o kadar



ŞEKİL 6-1. Dördüncü Bölüm'deki ölüm eğrisinden yola çıkarak çizilmiştir.

uzun sürdüğü anlamına gelmez. Daha önce de belirtildiği gibi, gerçekte ne kadar sürdüklerini bilmiyoruz.

Ölüm eğrisi, ölümle sonlanan süreç hakkında ilginç bir çerçeve sunarak olası sebeplere ilişkin seçimlerimizi sınırlandırmamızı sağlar. Şimdi anlatacağım mantık, bunun nasıl işlediğini gösteriyor. Jeolojik zaman boyunca yok oluş riski tüm türler açısından sabit olsaydı, fiili yok oluşta yalnızca şans eseri de olsa bir varyasyon beklentisi içine girebilirdik. Fanerozoik devirdeki ortalama yok oluş oranı, 10.000 yılda %0,25'tir. Tamamıyla gelişigüzel bir modelde 10.000 yıllık zaman aralıklarının bazılarında daha çok, bazılarında da daha az ölüme rastlanacaktır. Ancak, riskin sabit olduğu bir rasgele varyasyon mode-

linde, tüm türlerin %5'inin aynı zaman diliminde ölmesini bekleyemeyiz. Bu nedenle canlılığın %65'inin kısacık bir zaman aralığı içinde son bulmuş olması dikkat çekicidir. Bu durum, bizlere, üstüne basa basa yok oluş riskinin sabit olmadığını gösterir. Türler, bir çeşit ortak soruna, yok oluş tehlikesini geniş bir cephede artıran bir soruna tepki vermektedir.

Böylece bazı yok oluş senaryolarının, büyük ve ani yok oluşlara uyarlanamayacağını söyleyebiliriz. Örneğin, sadece sahibi açısından ölümcül olan bir virüs düşünün, fakat sahibinden başka bir türe de saldırmıyor. İnsanlarda AIDS hastalığına neden olan HIV virüsü neredeyse türe özel bir hal almıştır. Bu gibi virüsler oldukça yaygındır; herhangi bir türü ortadan kaldırma potansiyeline de sahiptir. Nitekim hayvanlardan sayısız kere buna yakın sinyaller aldık. Fakat söz konusu yok oluş mekanizmasına göre, birim zamanda etkilenen tür sayısı tektir. Her biri farklı bir türe etki eden birçok farklı virüsün, ani evrimsel yayılımını ya da birbiriyle ilişkisiz çok sayıda türü hedef alan tek bir virüsün ortaya çıktığını varsaymadıkça, kitlesel bir yok oluşu türe özgü virüsler yoluyla açıklamamız mümkün değildir.

Türe özgü yok oluş nedenlerine bir örnek daha: Bermuda adası iri bir pavurya türüne ev sahipliği yapar; bu tür, içinde yaşamak için boş salyangoz kabuğuna ihtiyaç duymasıyla bilinir. Ne var ki bugün Bermuda'daki salyangozların hiçbiri, pavuryaların yerleşebileceği büyüklükte değildir. Bu nedenle pavuryalar da, büyük ve soyu tükenmiş bir salyangoz türünün kabuğunu kullanıyor; fosillerin Pleistosen çökeltilerinden silinmesi pahasına! Pavuryalar açısından fosil kabukları, geri dönüşümsüz bir kaynaktır. O fosiller de gittiğinde yengeçler ya uyum sağlayacak (tahminimce küçülecekler) ya da yok olacaklar. Şayet yok olurlarsa, yok oluşun nedeni, türe özgü bir baskı olmuş olacak.

Türe özgü nedenler, ölüm eğrisinin en alt kısmındaki

yok oluşları açıklamaya yarayabilir, fakat büyük olayları açıklamak açısından yetersiz kalacaklardır. Büyük olayların merkezinde bir çeşit ortak neden söz konusudur. İzleyen bölümlerde göreceğimiz üzere, bu ortak neden, ekosistemin büyük bölümünün çöküşü gibi biyolojik veya iklimde belirgin bir bozulma ya da göktaşı çarpması gibi fiziksel nitelik taşıyabilir.

KAYNAKLAR VE EK OKUMALAR

- Chaloner, W. G. ve A. Hallam. 1988. *Evolution and Extinction*. Londra: Royal Society. Yok oluşu ele alan araştırma makalelerinin bir derlemesi; çalışmalar, Londra'da düzenlenen, Linnean Cemiyeti'nin 200. yılının kutlandığı bir toplantıdan alınmıştır.
- Ehrlich, P. R. ve A. H. Ehrlich. 1981. *Extinction: The Causes and Consequences of the Disappearance of Species*. New York: Random House. Yok oluş meselesi üzerine popüler bir değerlendirme; çağımızdaki yok oluş üzerinde de duruyor.
- Nitecki, M. H. (ed.). 1984. *Extinctions*. Chicago: University of Chicago Press. Yok oluşla ilgili derleme makaleler seçkisi –geçmiş, şimdi ve gelecek.
- Stanley, S. M. 1987. *Extinction*. New York: Scientific American Books. Genel okuyucu için yazılmış kapsamlı bir değerlendirme; yok oluşun ana etkeni olarak iklim vurgusu yapıyor.

7 | YOK OLUŞUN BİYOLOJİK NEDENLERİ

İster fiziksel ister biyolojik olsun, hemen her tip baskı yok oluşa yol açabilir. Bu ve sıradaki bölümde, yok oluş sürecinin belli başlı bileşenleri olabilecek nedenleri ele alacağım. Tartışma, kitlesel yok oluşlarla sınırlı kalmayacak, çünkü önemli olmakla birlikte bu olaylar, tüm yok oluşların ancak küçük bir kısmına karşılık geliyor. Ölüm eğrisinden yola çıkarak yapılan hesaplamalara göre Büyük Beşli, Fanerozoik'deki tür yok oluşlarının %5'ten azını içeriyor.

Yok oluşun fiziksel ve biyolojik nedenlerini ayırmaya çalışacağım, fakat tür ölümlerinin son kertede biyolojik olaylar olduğu akıldan çıkarılmamalıdır. Karşılaştıkları sorunlar ister biyolojik kökenli olsun, ister bütünüyle fiziksel, tekil organizmalar ve türün bütünü, canlı varlıklar olarak işlev görmeyi keser. Eğer bir hayvan –mesela bir sincap– tepesine koca bir kaya parçası düştüğü için ölürse, ölümünün fiziksel bir nedene bağlı olduğunu, biyolojiyle hiçbir ilgisinin olmadığını söyleyebiliriz; öte yandan, sinca-bın, kayanın gelişini fark edecek zekâya sahip olmadığını, dolayısıyla ölümünün biyolojik nedenli olduğunu söylemek de bir o kadar mümkündür. Belirsizlikler mevcut olmasına mevcut, fakat virüs salgını gibi yok oluşa getirilen kimi açıklamalar biyolojik nedenleri öne çıkarırken, iklim değişikliği gibi diğer nedenler, fiziksel etkenlere göz kırpar.

TÜRLER VE EKOSİSTEMLER KIRILGAN MIDIR?

Bizim kültürümüzde hemen herkese bitki ve hayvan topluluklarının hassas olduğu öğretilmiştir –dengeli olduğu kadar tehlikeye açık bir bağımlılıklar ve etkileşimler ağı

toplama. Her türün topluluk içindeki konumu ve üstlendiği rol, milyonlarca yıllık adaptasyon ve diğer türlerin evrimi ile bağlantısı sonucunda kazanılmıştır. Hatta kimilerine göre topluluğun kendisi, bir organizma gibi evrimleşir ve uyum sağlar. Bu karmaşık ağın bir parçasını yerinden oynatacak olursanız diğer parçaları, hatta belki de bütünü kaybedersiniz. İster insan eliyle olsun ister doğanın işi, ani düzen değişiklikleri negatif bir güç teşkil eder; yıkımın kaçınılması gereken gücü.

Okullarda, doğa bilimleriyle ilgili bölümlerde ve televizyon belgesellerinde durmadan tekrarlanan ve derinlere işlemiş olan böyle bir doğa algısı, mutlaka ki abartılıdır. İyi bilinen –ve önemli– binlerce karşılıklı bağımlılık ilişkisi mevcut, bu doğru, fakat bitki ve hayvan toplulukları basmakalıp düşüncelerle ifade edilenden çok daha az düzenli ve çok daha fazla dirençli, bu da doğru. Hatta birçok canlı topluluğu, gelişebilmek için belli bir düzeyde karmaşaya bile ihtiyaç duyar. Banks çamı (*Pinus banksiana*) bunun iyi bilinen bir örneğidir; bu bitki, tohumlarını, ancak orman yangını düzeyinde bir sıcaklığa maruz kaldığında çimlenmek üzere salar.

Ekoloji uzmanları yıllarca, bitki ve hayvan topluluklarının yapısı hakkında birbirlerine girdi. Bir uçta “organizma olarak topluluk” fikrine yaklaşanlar yer aldı; bunlar, belli bir alanda yaşayan türler arasında belirgin bir düzenin hâkim olduğu fikrine davetiye çıkaran kuramlar üzerinde durdu. Diğer uçta ise, topluluklara, yaşam alanları çakışan ya da örtüşen türler toplamı olarak bakan ekologlar yer aldı. Onlara göre, her tür, bu durumla elinden geldiği ölçüde başa çıkıyor, uygun olan her ne varsa yiyor ve fırsatçı yaklaşarak yaşam alanları buluyordu.

Yapıcı bir tartışmaydı bu; ekolojinin kavramsal çerçevesi hakkında herkesi düşünmeye teşvik etti, fakat kimi zaman kindarlaştı. Benim açımdan tek sorun, karşıt tarafların asıl sözcüsü, kanaat lideri konumundaki iki ismin, aynı zamanda en beğendiğim iki bilimci olmasıdır:

California Üniversitesi'nden Jared Diamond ve Florida Devlet Üniversitesi'nden Dan Simberloff. Olabilecek en uç görüşleri ne Diamond ne de Simberloff benimsedi, fakat Diamond, düzenli topluluk düşüncesini savunuyor; Simberloff ise buna karşı geliştirilen tepkiye öncülük ediyordu. Her ikisi de bir bilim kurumundan çıkabilecek en parlak ve başarılı araştırmacılar arasında yer alır.

Türlerin kırılğan mı, yoksa dirençli mi olduğu sorusuna gelince; bu, jeolojik geçmişteki yok oluş sorunuyla bağlantılıdır. Türler kırılğan ise, yani yok oluşa daima açıklarsa, yok oluşa yol açan baskılar nispeten hafif, hatta sıradan olabilir. Fakat türler dirençliyse, yok oluşa neden olacak koşulların çok daha şiddetli (ve muhtemelen olağan dışı) olmaları gerekir. Doğal topluluklar, karşılıklı hassas bağımlılık ağlarından müteşekkilse eğer, tek bir türün kaybı, ötekilerin de kaybıyla sonuçlanabilir. Fakat topluluklar o kadar da iç içe geçmiş değilse, bir türün yaşadığı yok oluş ötekinin yaşadığı yok oluştan bağımsız olabilir.

STEP TAVUĞU ÖRNEĞİ

Step tavuklarının (*Tympanuchus cupido cupido*) aşırı avlanma nedeniyle yok olması, modern çağın en iyi şekilde belgelenmiş, yok oluşa dair klasik örneklerden biridir. Burada insan faaliyetleri başroldeydi belki, fakat söz konusu vakanın daha birçok karmaşa barındırıyor olması, yok oluşun biyolojik nedenlerine giriş konusunda işimize yarayacak.

Step tavukları sömürge dönemi Amerikasında yenilebilir, kolay avlanan, Maine'den Virginia'ya, doğu sahilinin büyük bir kısmı boyunca görülen kalabalık bir türdü. Aşırı avlanmaya, insan nüfusunun genişleyerek yaşam alanlarında yarattığı tahribat da eklenince, step tavuklarının coğrafi dağılım aralığı giderek daraldı. 1840 itibarıyla Long Island, Pensilvanya'nın bazı kesimleri, New Jersey ve başka birkaç yere hapsolmuşlardı. 1870 yılına gelindiğinde bulundukları tek yer, Massachusetts kıyılarının açıkla-

rında kalan Martha'nın Üzüm Bağı adasıydı. Adadaki step tavuğu nüfusu 1908'e kadar azalmaya devam etti; en son bu tarihte, geriye kalan elli kuşun korunması için 1.600 dönümlük bir koruma alanı tayin edildi.

Koruma işleminin akabinde Martha'nın Üzüm Bağı adasındaki nüfus istikrarlı bir artış gösterdi. Kuşlar bütün adaya yayıldı; 1915'e gelindiğinde sayıları yaklaşık iki bine çıkmıştı. Avlanma işi çoktan mazide kalmıştı; üstelik koruma alanı ateşli silahlarla korunuyordu. Buraya kadar her şey yolundaydı.

Ardından, 1916'dan başlayarak, birçoğu doğal yollar-dan gerçekleşen olaylar dizisi, nihai yok oluşa yol açtı. İlki şiddetli bir rüzgârla yayılan ve bütün çiftleşme alanını tahrip eden, doğal yollarla çıkmış bir orman yangınıydı. Yangını, şiddetli bir kış ve (tesadüfen) yırtıcı atmacaların istilasını izledi; bu ikinci olaydı. Üçüncü olay, popülasyon büyüklüğündeki azalma nedeniyle ortaya çıkan tür içi çiftleşme ve cinsiyet dağılımında kazara meydana gelen bozulmaydı. Dördüncü ve son olay ise, hindilerden oluşan ve geri kalan kuşların büyük kısmını öldüren bir kümes hayvanı hastalığıydı. 1927 yılında geriye sadece on bir erkek ve iki dişi kuş kalmıştı. İzleyen yılın sonunda, hâlâ yaşamakta olan tek bir hayvan vardı; en son 11 Mart 1932'de görülmüştü.

Step tavuklarının başına gelenler, aslında yok oluş olarak adlandırılmaz. Bu kuş, şimdilerde büyük çayır tavuğu olarak bilinen; ortabatı Amerika ile orta Amerika'nın düzlük kesimlerinde oldukça geniş bir dağılıma sahip, *Tympanuchus cupido* türünün birçok alttüründen (varyasyonundan) biridir. Yine de bu vaka, genel yok oluş sorunuyla ilişkilidir.

Step tavuğunun yok oluşuyla ilgili asıl önemli nokta, bunun iki ayrı aşamada gerçekleşmiş olmasıdır. İlki, yeni ve ani bir baskı unsurunun, insanların avlanmasının yarattığı yıkımdı. Bu, coğrafi menzilin şiddetle daralmasına yol açtı. 1916'da başlayan ikinci aşamada, bazıları fiziksel, bazıları da biyolojik, bir dizi kaza söz konusuydu; bunlar,

o türü nihai yok oluşa götürecekti. Türün yaşam alanı Martha'nın Üzüm Bağı adası ile sınırlanmış olmasaydı, bu kazaların hiçbirinin kayda değer yanı olmayacaktı. Step tavukları hâlâ Maine'den Virginia'ya kadar yayılmış ol- saydı ne orman yangını, ne atmacaların istilas, ne yakın akrabalar arası çiftleşme, ne de kümes hayvanı hastalığı para edecekti. Baskı unsurunun belli bir bölge içinde kal- dığı hallerde, ortadan kalkan popülasyonlar olacaktı bel- ki; hatta muhtemelen olmuştur da, fakat step tavukları, avlanmamış olsalardı, muhtemelen bir grup olarak gelişip serpilmeye devam edeceklerdi.

İLK DARBENİN ÖNEMİ

Step tavuğu örneğinden yola çıkarak bazı genellemeler ya- pabilir miyiz? Yerleşik bir türün yok oluşu için ilk darbe- nin –ilk saldırının– coğrafi menzili küçültecek kadar şid- detli olması ve bu darbeyi, işi nihayete erdirecek bir dizi talihsizliğin mi izlemesi gerekir? Olabilir. Yalnız bir sorun var: Atmaca istilas ya da şiddetli geçen kışların artışı gibi yavaş etki eden baskı unsurları, o ilk darbe olmadan da bir yok oluşa yol açabilir miydi? Bu da bizi, yavaş işleyen süreçlerin uzun vadeli etkileri meselesine götürüyor; bu sorunun jeolojik devirlerde gerçekleşen yok oluş üzerinde güçlü bir etkisi vardır.

Step tavuklarını konu alan sayısız yazıda hemfikir olu- nan bir nokta var: O ilk darbe olmasaydı, malum türümüz zımnen ölümsüz olacaktı. Simberloff, “kıtalar üzerinde doğal yok oluşun epey nadir olması gerektiği” yorumunda bulunmuştu. “Doğal” sözcüğüyle kastettiği, insanın etki- siyle gerçekleşmeyen yok oluşlardı; “kıta” diyerek, geniş alanlara yayılmış türleri ima ediyordu. Fakat ne kadar nadir? Bir biyolog açısından yüzlerce ya da binlerce yıl yaşamak, ölümsüzlükle eşdeğerdir. Oysa paleontologların gözünde bin yıl pek kıymetsizdir; milyonlarca yıllık zaman dilimini göz önünde bulunduracak olursanız, küçücük bir dezavantaj bile var olma mücadelesinde belirleyici olacak-

tır. Bu düşünce, trilobitlerin uğradığı hezimet konusunda benim vardığım sonucun da özünü oluşturur. Şu veya bu nedenle, hayatta kalma oranları diğer deniz hayvanlarınınkinden biraz daha düşüktü. 325 milyon yıl almış da olsa, onları yok oluşa götüren bu oldu.

Tüm bunlar, yerleşik bir türün yok oluşa uğraması için bir ilk darbenin genellikle (ya da sıklıkla) gerekli olup olmadığı sorusunu hâlâ yanıtlamaz. Bu, cevapsız bir soru olarak kalsın. İlk darbenin mevcut olduğu koşullarda sürecin ciddi bir ivme kazandığını ve (sanırım) ilk darbe gerçekleşmeden de yok oluşun meydana gelebileceğini tespit ettik. Ancak hangi senaryonun daha yaygın olduğunu, dolayısıyla yaşamın tarihi açısından hangisinin daha önemli olduğunu tespit edemedik.

KÜÇÜK POPÜLASYONLARIN SORUNLARI

Küçük popülasyonlarda yok oluş tehlikesi konusu, koruma biyolojisi olarak adlandırılmış oldukça yeni bir dalda boy gösteren ekoloji uzmanları tarafından uzun uzadıya ele alınmıştır; çünkü koruma biyolojisinin öncelikli amacı, tehlike altındaki türleri koruyacak yollar geliştirmektir; dolayısıyla küçük popülasyonlar meselesi özellikle ilgi çekmiş, araştırmalar bu alanda yoğunlaşmıştır.

Bu çalışmalar neticesinde, 1967’de, Robert MacArthur ve E. O. Wilson tarafından geliştirilen *asgari yaşayabilir popülasyon büyüklüğü* (*minimum viable population*, AYP) kavramı doğmuştur. Dan Simberloff’un ifadesiyle, “Bu seviyenin üzerindeki popülasyonlar zımnen yok oluşa bağlıdır; altında kalanların ise hızla tükenmeleri olasıdır.” Simberloff, AYP’nin altında kalan popülasyonlarda en sık görülen dört yok oluş nedenini şöyle sıralamıştır:

1. *Demografik stokastisite*. Bu, temelde, Üçüncü Bölüm’de bahsettiğim bir Kumarbazın İflası vakasıdır. (*Stokastisite* kelimesi burada “rasgeleliği” ifade eder.) Popülasyon boyutu küçük olduğunda, çiftleşme, üreme ya

da yavruların hayatta kalması gibi konularda ortaya çıkacak en ufak arızalar, popülasyon boyutunun, sıfır noktasını ifade eden yutucu sınıra kadar aşağı çekilmesine neden olabilir. Diğer bir ifadeyle, popülasyon boyutu zaten küçükse, talihin küçükçük bir oyununa bile yenik düşülebilir.

2. *Genetik bozulma.* Küçük popülasyonların genomları, ister istemez daha büyük popülasyonlarınkinden küçüktür. Bu, en azından en uç durumlarda, ilgili türün, değişen koşullara uyum sağlayacak genetik değişebilirlik yetisine sahip olmadığı anlamına gelir. Ayrıca küçük popülasyonlar, “genetik sürüklenme” olarak adlandırılan olaya yatkındır: Buna göre genom, doğal seçilimden bağımsız –ya da doğal seçilime rağmen– rasgele doğrultularda değişim geçirebilir.
3. *Sosyal işlevsizlik.* Bu kapsamlı kategori, popülasyonların çok küçülmesi halinde kimi davranış özelliklerinde meydana gelen bozulmaları içerir. Örneğin, sürü halinde yaşamayan türlerde, popülasyonların devamlılığı, dişi ve erkeğin çiftleşmek üzere birbirlerini bulma becerisine bağlı olabilir. Popülasyon fazla seyrek bir dağılım göstermeye başladığında, doğum oranları düşecektir.
4. *Dış kaynaklı etkiler.* Bu madde, Martha’nın Üzüm Bağı adasındaki son step tavuğu popülasyonunun akıbetini belirleyen, yangın, hastalık ve benzeri sorunlardan müteşekkil, irili ufaklı çeşit çeşit olumsuzluğu kapsar. Gerçi Simberloff’un listesindeki ilk üç kategori, popülasyonların küçük olmasının sonucudur. Ancak, dış kaynaklı etkiler her büyüklükteki popülasyonu vurabilir; sadece, daha küçük olanlara daha büyük zararlar verir. Step tavuklarında, tüm popülasyonların, küçük bile olsalar, Martha’nın Üzüm Bağı’ndan uzakta varlıklarını sürdürebilselerdi, dış kaynaklı etkilerin büyük çoğunluğu bölgesel olduğundan, türleri hayatta kalabilecekti. Simberloff, dış kaynaklı etkilerin çoğu açısından türün ne genişlikte bir coğrafi yayılım gösterdiğinin, tür içindeki bireylerin sayısından daha önemli olduğuna işaret etmiştir.

Simberloff'un bu dört kategorisinin geçerli olması için popülasyonun ne kadar küçük olması gerekir? Asgari yaşayabilir popülasyon (AYP) büyüklüğü birçok değişik koşulda incelendi ve ilginç sonuçlara ulaşıldı. AYP, bir organizmadan diğerine büyük farklılıklar gösteriyor. Organizmalara has doğum oranları en önemli değişkenlerden biri. Doğum oranının yüksek olduğu durumlarda türler, zorlukların üstesinden çabucak gelebilir ve aynı zamanda (ortalık sakinken) içinde bulunduğu çevrenin taşıma kapasitesine yakın bir seviyede kalabilir.

AYP düzeyindeki farklılıklarına rağmen çalışmaların tümü aynı çarpıcı sonuca ulaşır: AYP büyüklüğü çok düşüktür; çoğunlukla onlarca veya yüzlerce birey aralığındadır. 1915'te sayıları iki bini aşmayan step tavukları, belki de asgari yaşayabilir popülasyon büyüklüklerine yakın bir noktada duruyordu.

Küçük popülasyon boyutunun yarattığı tehlikeler hurafe değil; önemsiz hiç değil. Yok oluş sürecini tamamlayan son darbe genellikle bunlardan geliyor. Öte yandan, fosil kayıtlarının çoğunu kapsayan yerleşik türler açısından küçük popülasyon boyutu, ancak ilk darbeyi yedikten –ya da bunun uzun vadedeki karşılığı olan yavaş bozulmayı yaşadktan– sonra önemli hale geliyor.

Çoğu okuyucunun muhtemelen gözlemlediği bir şeyi hatırlatınama izin verin. Biyologların geliştirdiği yok oluş kuramı daha çok bize benzeyen, yani hareketli, karada yaşayan, eşeyli üreyen hayvanların organizmalarının incelenmesine dayanıyor. Neden? Kısmen kendimiz de karada yaşayan omurgalı hayvanlar olduğumuz, kısmen de büyük kara hayvanları üstünde çalışmak kolay olduğu için. Çağımıza ait yok oluşla ilgili bildiklerimiz büyük ölçüde kuşlara dayanıyor; çünkü elimizde her kıtadan kendini bu işe adanmış amatörlerin gözlemlerinden oluşan devasa bir bilgi yığını bulunuyor.

Yok oluş sorunu öteki organizma grupları açısından çok farklı bir nitelik sergiliyor olabilir. Bitkiler, süngerler ya da deniz zooplanktonları açısından ne ifade ediyor

mesela? Sözgelimi, istiridyelerin AYP düzeyi nedir? Birçok deniz omurgasız gibi istiridyelerde de, döllemenin dışarıda gerçekleştiği bir çiftleşme sistemi mevcut; kuşların veya insanların çiftleşme davranışlarıyla karşılaştırılabilir hiçbir tarafları yok istiridyelerin. Her bir istiridye, iyi (şanslı da denebilir) bir yıl geçiriyorsa, on binlerce verimli döl üretebilir; kötü bir yıldaysa hiç döl vermez. Bu gibi farklılıklardan ötürü, istiridye ve benzeri canlıların popülasyon boyutları büyük dalgalanmalar gösterme eğilimindedir. Bu durum hiç şüphesiz zaten tükenme tehlikesi altındaki türleri olumsuz etkiler, fakat kuşlar ve memeliler üzerinde yürütülmüş titiz incelemelerin çoğu, bitkiler ve hayvanlar dünyasının kalan kısmına henüz uzanabilmiş değildir.

REKABET

Darwin'in rekabet konusuna yaptığı vurgu göz önünde bulundurulursa, rekabeti, her türden yok oluşun biyolojik nedenleri listesinin başına koymak gerekir. Varoluş mücadelesi çoktandır şu şekilde tanımlanıyor: Avcı ve av arasındaki veya av peşindeki avcılarının kendi aralarındaki veya hayatta kalmaya çalışan avların kendi aralarındaki rekabet. Rekabet, televizyondaki doğa programlarında en çok ele alınan konu olsa gerek.

Bilim çevreleri, özellikle ekoloji ve evrim biyolojisi uzmanları, rekabet konusuna eğilmiştir. Rekabetin tesir gücü yüksek bir etken olduğu aşikar. Ne var ki oynadığı rol, ekoloji uzmanları tarafından giderek önemsizleştirildi. Rekabet elbette var, fakat zannettiğimiz kadar önemli olmayabilir, özellikle de yok oluş meselesinde.

Rekabetin, sağkalım şansını azaltıp azaltmadığını ortaya çıkarmak üzere modern türler üzerinde bazı çalışmalar tasarlandı. En iyi çalışmalar kara bağlantılı olarak nitelendirilen adalarla ilgili olanlardır: Trinidad ve Tazmanya gibi, bir zamanlar bitişindeki kara parçasına bağlı olan fakat deniz seviyelerinin buzul çağı sonrasında

yükselmesiyle bu bağlantıyı yitiren ve yalnız kalan adalar bunlara örnektir. Kopuş öncesinde adadaki fauna ve flora, bitişik kara parçasındakiyle örtüşüyordu. Fakat bağlantının kopmasıyla beraber ada üzerindeki türler yok oluşa sürüklendi; aslında alan, tamamını taşıyacak büyüklükte değildi. (Yüzölçümü ve tür sayısı arasındaki ilişki bir sonraki başlıkta ele alınacak.)

Kara bağlantılı adalar, yakın geçmişte meydana gelen yok oluş olayları üzerinde çalışmaya elverişlidir; çünkü şimdi karada bulunup da adada bulunmayan türlerin nesillerinin, bağlantı koptuktan sonra tükendiği varsayılabilir. Biraz riskli bir mantık bu, fakat epeyce çok sayıda tür istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde, ulaşılan sonuçlar muhtemelen sağlamdır. Jared Diamond ve başka birçok ekoloji uzmanı, hem kara bağlantılı adalarda hem de yaşam alanı adaları (*habitat island*) olarak adlandırılan, o yaşam alanındaki başka bölgelerden kısa bir süre önce kopmuş küçük toprak parçalarını ifade eden bölgelerde, yok oluşla ilgili ayrıntılı çalışmalar yürüttüler.

Princeton Üniversitesi'nden John Terborgh ve Blair Winter, kara bağlantılı bir ada olan Trinidad'da yürüttükleri çalışmalarında şu sorunun yanıtını aradılar: Anakarada yaşamaları halinde, öteki türlerle güçlü bir rekabet içinde olan kuş türlerinin adadaki yok olma oranı ortalamanın üzerinde miydi? Yani anakarada rakipleriyle burun buruna olan türlerin Trinidad'da yok olma olasılıkları daha mı fazlaydı? Kuş davranışları hakkında bildiklerimiz, rekabeti, tekil olgular temelinde değerlendirmeye yetecek düzeye nadiren ulaştığından, Terborgh ve Winter dolaylı bulgu kullanma yoluna gittiler. Normal şartlar altında, kendi cinslerinden öteki türlerle (cinsdaşlarıyla) bir arada yaşayan kuş türlerinin, bu türlerle aynı zamanda rekabet içinde olduğunu varsaydılar. Bu varsayım sayesinde sorun, kurbanlarla hayatta kalanların sayılmasına ve anakarada cinsdaşlarıyla birlikte yaşayan türlerin, Trinidad'da yok olmaya daha meyilli olup olmadıklarının anlaşılmasına indirgenmiş oldu. Sordukları sorunun ce-

vabı olumsuzdu. Anakarada cinsdaşlarıyla yaşayan türler, Trinidad'da cinsdaşlarıyla birlikte yaşamayan türler kadar hayatta kalabilmiştir.

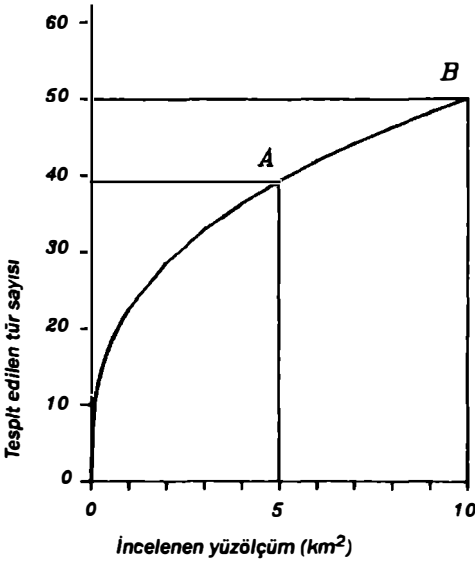
Bunlar elbette negatif sonuçlar; dolayısıyla yorumlanmaları kolay değil. Terborgh ve Winter, yok oluşa yatkınlık ve rekabet arasında hiçbir ilişki bulamadı, fakat bu sonuç, görünür olmayan değişik karmaşık etkenlerden kaynaklanıyor olabilir. Görünür olmayan bir şeyin eksikliğini kanıtlamak kolay değildir. Öte yandan, bu kuşların doğal tarihinin değişik veçheleri üzerine yürütülmüş onca kapsamlı incelemenin ardından, Terborgh ve Winter ikilisi, nispeten güçlü şöyle bir önermeye ulaştı: "Yok oluş, kurbanlarını seçerken tarafsızdır; her boydan [vücut ebatları kastediliyor], beslenme düzeyinden ve taksonomik gruptan tür, yok oluşa kurban gidebilir. Kırılganlığın en iyi göstergesi, öyle görünüyor ki, az bulunurluktur (nadirlik)." Bu da bizi AYP'ye ve Kumarbazın İflası'na geri götürüyor: Popülasyonları büyük olmayan türler, yok oluşa en yakın olanlardır.

TÜR-YÜZÖLÇÜMÜ ETKİLERİ

Bir bölgenin boyutu ve o bölgenin kaldırabileceği tür sayısı arasındaki ilişki, koruma biyolojisinin köşetaşlarından biridir. Şekil 7-1'de, yüzölçümü ve tür sayısı arasındaki özgün ilişki gösteriliyor. Ham veriler, birbirlerinden kısmen de olsa ayrılmış alanlardaki tür sayısına karşılık geliyor. Bunlar, suyla çevrili gerçek adalar olabileceği gibi, yaşam alanı adaları da olabilir. Jared Diamond'ın çalışmalarından birinde, ada olarak bahsedilen yerler, Nevada ve bitişik eyaletlerdeki dağ zirveleriydi. Bu dağ adalarının krokisi, 2.300 metrelik yükseklik çizgisi ile çizilir. Normal şartlarda ıssız vadilere tırmanamayan küçük memeliler için bu çizgi, bir okyanus adasının kıyısıyla eşdeğerdir. Her bir adada bulunan tür sayısı, o adanın yüzölçümü ile bağlantılıdır.

Tür-yüzölçümü ilişkisi düz bir çizgi olsaydı, fazla ilgi

Tür - Yüzölçümü Etkisi



ŞEKİL 7-1. İncelenen coğrafi alan ve tespit edilen tür sayısı arasındaki ilişkinin bir örneği. Eğrinin tam şekli, biyolojiye ve çalışılan alanın doğal tarihine bağlı olarak değişiklik gösterse de, kendine özgü bir genel görünüme sahiptir. Şekildeki örnekte, gözlenen alan ikiye katlandığında, bunun tür sayısına katkısı ancak %25 düzeyindedir. Tür-yüzölçümü ilişkisi, park ya da başka türde koruma alanlarının tasarımında, ayrıca, yaşanabilir alanlardaki azalmanın neden olacağı yok oluşa dair sayısal tahminlerde, koruma biyologları tarafından çokça kullanılır.

görmeyecekti. Ancak, eğrinin yarattığı etkiye dikkat edin. Eğer Şekil 7-1'de, A noktasındaki alanı iki katına (yani 5 kilometre kareden 10 kilometre kareye) çıkarırsak, tür sayısını (B noktası) iki katına çıkarmış olmayız, sadece artırmış oluruz; sayı 39'dan 50'ye çıkar. Buna karşılık, alanı yarıya indirirsek (B'den A'ya), tür sayısındaki azalma yarıdan az olur (50'den 39'a iner).

Üzerinde 100 tür barınan bir ada hayal edin. En ortaya uzun bir çit çekerek adayı iki eşit parçaya ayırın. Ayrıca, çitleme esnasında buradaki türlerin tümünün bütün adaya yayılmış olduğunu farz edin. Şimdi bekleyin. Şayet

tür-yüzölçümü etkisi işe yarıyorsa, adanın ne bir yarısı, ne de diğeri 100 türün 100'ünü de taşıyabilecek yeterlilikte olacak. Her iki yarıda da yok oluşlar meydana gelecek ve türlerin sayısını daha küçük yüzölçümlerinin taşıyabileceği düzeye indirecek. Eğer her iki yarıda da aynı türe ait bireyler yok olmuşsa, toplam biyoçeşitlilikte de bir azalma meydana gelmiş olacak.

Koruma biyolojisinde, yaşam alanının ortadan kalkmasıyla ortaya çıkacak tür kaybına dair tahminlerde bulunurken tür-yüzölçümü etkisine çokça başvurulur. Belli bir bölge, bitki ya da hayvan grubu için geçerli tür-yüzölçümü eğrisinin şekline bağlı olarak, tür kaybı; korumaya alınan yaşam alanlarının, yani oluşturulan yapay adaların miktarı ve dağılımı üzerinde makul bir denetim sağlanması yoluyla asgari düzeye çekilebilir.

Terborgh ve Winter'ın Trinidad'daki kuş yok oluşuyla ilgili deneyimini hatırlayın: Tek bir özelliikle ilişkisi dışında—ki o da başlangıçtaki seyreklikti— seçici bir süreç olmadığını (yani rastlantısal olduğunu) tespit etmişlerdi. Hangi türün neslinin tükeneyeceği konusunda öngörü sağlayan tek özellik, popülasyon boyutu olmuştu. Şu durumda, kuramsal olarak, tür sayısını azami düzeyde tutacak bir barınak sistemi tasarlamak mümkün; türlerin bazıları bir barınakta, ötekiler, şans eseri, diğer barınakta yaşayacak. Fakat Terborgh ve Winter'ın da saptadığı üzere, başlangıçta nadir olan türler her iki barınakta da hayatta kalamayabilir.

Yukarıdaki tartışma, karmaşık ve gitgide büyüyen bir araştırma alanını teğet geçiyor. Tür-yüzölçümü kavramı eleştirilere maruz kalmış olsa da (ne de olsa, burada sunduğum kadar derli toplu sayılmaz), yok oluşla bağlantılı koruma çabalarının merkezinde yer almaya devam ediyor.

TÜR-YÜZÖLÇÜMÜ VE GEÇMİŞTEKİ YOK OLUŞLAR

Yaşam için elverişli olan alanların sayısı jeolojik zaman boyunca farklılık gösterdi. Deniz seviyesindeki azalma, sık kıta sahanlıkları üzerinde devasa alanları kurutarak,

deniz dibinde yaşayan su organizmaları için elverişli olan yaşanabilir alanları azalttı. Su seviyesindeki bu azalma, dünya tarihinin, örneğin Kretas gibi, pek çok dönemine damgasını vurmuş geniş iç denizlerde de benzer bir kumaya neden oldu. Diğer taraftan bakacak olursak, deniz seviyesindeki bir artış, deniz organizmaları için yeni alanlar yaratır. Artışın karalarda meydana getirdiği etki ise bunun tam tersidir: Deniz seviyesindeki azalma, yaşanabilir alanların artışı anlamına gelir.

Büyük kıtalar arasında kara köprülerinin oluşması ve bozulması, büyük bir adanın etrafının çitlerle çevrilmesine ya da çitlerinden arındırılmasına benzer. Örneğin Panama kanalı, geride kalan birkaç milyon yıl boyunca, su yüzüne çıkmak ile sular altında kalmak arasında gidip gelmiştir. Panama'nın yukarı çıktığı vakitlerde, kara hayvanları, kuzey ve güney arasında göç edebilmelerini sağlayacak doğal bir koridora sahip oldu, fakat Meksika Körfezi'ndeki deniz hayvanları, doğu Pasifik'tekilerden yalıtılmış oldu. Panama su altında kaldığında ise bunun tam tersi gerçekleşti.

BÜYÜK AMERİKAN GÖÇÜ

Panama kara bağlantısının yarattığı tür-yüzölçümü etkisi, özellikle kara memelilerinde çok iyi belgelenmiştir. Memeli evriminin büyük bölümünde Kuzey Amerika'yı Güney Amerika'dan ayıran bu bağlantı sular altındaydı. İki memeli faunası birbirlerinden oldukça farklı bir gelişim gösterdi; Güney Amerika'da keseliler, Kuzey Amerika'da ise plasentalı hayvanlar çoğunluğa geçtiler. Bir taraftan diğerine göçler oldu: bunlar, Antil adaları zinciri boyunca bir kara parçasından diğerine sıçrayarak hareket etmeyi başaran, tabir caizse, başıboş göçmenlerdi. Yine de son kertede, her kıtanın kendi bağımsız memeli topluluğu mevcut ve görünüşe göre her birindeki tür sayısı, yaşanabilir alanla denge halinde.

Ardından, yaklaşık üç milyon yıl önce, kara köprüsü

yavaş yavaş belirmeye başladı ve memeliler, kuzeyden güneye ve güneyden kuzeye doğru kelimenin tam anlamıyla yürüdüler. Kuzey Amerika'dan güneye ilerleyen memeliler arasında kokarcalar, pekarigiller, kurtlar, tilkiler, ayılar, develer, atlar, tapirgiller, mastodonlar ve daha başka gruplar yer aldı. Kuzeye yürüyenler ise kemerli hayvanciller, oklu kirpiller, keseli sıçangiller, yakalı yer ve ağaç tembel hayvanları, maymunlar ve cüce karıncayiyenler oldu. Eşit bir değıştokuş değildi bu: Kuzey Amerika'dan güneye gelişler, Güney Amerikalı türlerin kuzeye göçünü aştı. Bu eşitsizliğin çıkış noktası, başlangıçta, yani karşılıklı göç öncesinde, Kuzey Amerika'da daha fazla sayıda türün bulunmasıydı.

Tür-yüzölçümü eğrilerine (örneğin, Şekil 7-1) göre Kuzey ve Güney Amerika'daki arazilerin toplam alanı, daha önce ayrı kıtaları mesken tutmuş olan türlerin tümünü birden kaldıramaz. Göçler gidiş gelişli olduğundan yok oluş kaçınılmazdı.

Bu karşılıklı göç, hem kuzeyde hem de güneyde önce tür sayısını artırdı. Ardından tür-yüzölçümü kısıtlaması devreye girince, her bir bölgedeki tür sayısı, kısmen, karşılıklı göçün öncesindeki düzeyin de altına geriledi. Günümüzde, Güney Amerika'daki memeli cinslerinin yaklaşık %50'si Kuzey Amerika kökenlidir; aynı şekilde, kuzeydeki türlerin %20'si Güney Amerika'dan gelmiştir. Hem karşılıklı göçün yarattığı yok oluşlar hem de iki kıtada gerçekleşen Pleistosen yok oluşları yüzünden toplam fauna eskisinden küçüktür.

TROPİKAL YAĞMUR ORMANLARININ TARİHİ

Bize göre, tropikal yağmur ormanları, yüz milyonlarca yıla yayılmış yavaş evrimin değışmez ürünleridir; böyle düşünmeye alışmışız. Halbuki hiç de öyle değiller! Jeolojik kayıtlara göre, yağmur ormanlarının mekân ve zamanda belirmeleri çok nadiren gerçekleşmekte, çünkü ortaya çıkışları, nispeten kısa sürelerle varlığını sürdürebilecek

tipte, olağandışı bir dizi koşulun bir araya gelmesini gerektiriyor.

Amazon Havzası'nda, Batı Afrika'da ya da başka bir takım yerlerdeki yağmur ormanlarının varlığı; ekvator bölgesindeki mevsim döngülerini kısaltacak oranda *düşük* bir küresel sıcaklığa, tropikal bölgede yağış miktarının yoğunlaşmasına olanak tanıyacak bir kıta ve arazi düzenlenişine ve son olarak, türlerin karmaşık topluluklar halinde evrimleşmelerine yetecek uzunlukta zamana bağlıdır. Chicago Üniversitesi'nde görevli paleocoğrafya uzmanı, iklimbilimci Fred Ziegler'in tahminlerine göre, kara florasının ilk evrimleştiği 350 milyon yıllık zaman diliminde tropikal yağmur ormanları, bunun yaklaşık çeyreği kadar bir süre içinde gelişti.

Yağmur ormanlarından öteki orman tiplerine geçiş, yaşanabilir alanlarda muazzam değişikliklere neden olmuş ve mutlaka ki, türlerin yok oluşunu tetiklemiş olmalı. Bu kaymaların yapıcı bir etkisi de söz konusu olabilir: Yağmur ormanları, tek tük sağ kalanlardan yeniden evrimleştikleri her defasında, yeni adaptasyonları da içeren evrimsel yenilenme fırsatı yakalıyordu.

Yağmur ormanları görüngüsüne dair ilginç bir özellik de, içerdiği biyoçeşitliliiktir. Bugün, bilinen bitki ve hayvan türlerinin çoğunluğu nemli tropikal bölgelerde yaşamaktadır. Yağmur ormanları kaybedilecek olsa, küresel biyoçeşitlilik de düşecektir. Dolayısıyla, yağmur ormanları jeolojik geçmişte iniş çıkışlar yaşadığından, küresel biyoçeşitliliğin de paralel dalgalanmalar yaşamış olması gerekir; muhtemelen bugünkünden hem daha fazla hem daha az olduğu zamanlar yaşandı.

Bugünkü yağmur ormanlarının son elli bin yıllık hikâyesi özellikle ilginçtir. Eldeki tarih kayıtları cılız da olsa –zira tropikal bölgelerde fosil muhafazası sınırlıdır– bildiklerimiz ilginç sorular sormamızı sağlamaya yeter. Amazon Havzası ve Batı Afrika'nın son elli bin yılda en az dört defa daha soğuk ve kurak bir yere dönüştüğünü ve yağmur ormanlarının daraldığını gösteren sağlam kanıt-

Tropikal Yağmur Ormanlarının Dağılımı



Günümüz



Pleistosen - kurak dönem
(çıkarımlara dayanarak)

ŞEKİL 7-2. Bugün Güney Amerika'da bulunan yağmur ormanlarının, Buzul çağı zamanlarındakile, yani bölge daha kurak bir iklimle karşılaşmış olmasının karşılaştırması. Buzul çağına ait bu şablon, İkinci kanıtlardan yola çıkarak hazırlanmış çıkarımlara dayanıyor; dolayısıyla, doğrulanabilmesi için daha fazla jeolojik araştırmaya ihtiyaç var. (Simberloff'dan uyarlanmıştır, 1986.)

lar bulunmaktadır.

Şekil 7-2'de, Güney Afrika'daki değişime dair bir öngörü resmediliyor. Soldaki haritada, tropikal yağmur ormanlarının bugün kapladığı alanı görebilirsiniz; sağdaki haritada ise yağmur ormanlarının kurak dönemlerdeki muhtemel sığınma alanları işaretli. Batı Afrika için oluşturulmuş benzer haritalar mevcut: Büyük, kesintisiz alanların, bir sürü küçük toprak parçasına bölündüğünü görürüz bu haritalarda. Geç Pleistosen çağa ait yağmur ormanı haritalarının da tartışmalı olduklarını hatırlatalım, zira iyi belgelenmiş verilerin kıt olduğu durumlarda tartışmaya açık temsili verilere başvurmak gerekebilir.

Koruma biyolojisi için bulunabileceğimiz çıkarımlardan ayrı olarak, yağmur ormanlarının tarihi daha geniş

bir dolu evrimsel çıkarıma gebedir. Şekil 7-2'deki gibi yağmur ormanlarının hiç de uzak olmayan bir geçmişte, %84 azalma gösterdiğini kabul ettiğimizi varsayalım. Bazısı tür-yüzölçümü etkisinden kaynaklanan, bazısı da ormansızlaşan bölgelere özgü türlerin ortadan kalkmasıyla alakalı, bir dolu yok oluş meydana gelirdi. Birçok tropikal türün, özellikle de böceklerin, sadece tek bir küçük bölgede, hatta bazen tek bir ağaçta yaşadıklarını unutmayın.

Yukarıdaki önermeyi kabul edecek olursak, yağmur ormanlarının sergilediği muazzam çeşitliliğin büyük bölümünün, elli bin yıldan daha kısa bir sürede nasıl evrimleşebildiğini açıklamak gibi bir sorunla karşı karşıya kalırız. İnanılmaz bir türleşme hızı bu; bir şeylere cevap olmaktan ziyade, daha fazla soruya sebep oluyor.

Yağmur ormanlarının yakın tarihinin nasıl bir olgusal zemine oturduğunu çözmek mümkün, fakat ancak iklim tarihini ve paleontolojik kanıtları çalışmalarına dahil eden kapsamlı araştırma programları ışığında. Bu gerçekleşene kadar, yağmur ormanlarının tarihi ve içerdiği evrimsel çıkarımlar saklı kalacaktır.

KAYNAKLAR VE EK OKUMALAR

- Halliday, T. 1978. *Vanishing Birds: Their Natural History and Conservation*. New York: Holt, Rinehart ve Winston. Step tavuğu olgusuna dair bilgiler içeriyor.
- MacArthur, R. H. ve E. O. Wilson. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton: Princeton University Press. Tür-yüzölçümü düşüncesinin geliştirildiği klasikleşmiş monografi.
- Marshall, L. G., S. D. Webb, J. J. Sepkoski, Jr. ve D. M. Raup. 1982. "Mammalian Evolution and the Great American Interchange". *Science* 215:1351-57.
- Simberloff, D. 1986. "Are We on the Verge of a Mass Extinction in Tropical Rain Forests? *Dynamics of Extinction* içinde, D. K. Elliott (ed.), s. 165-80. New York: Wiley-Interscience. Yağmur ormanlarının buzullaşma sonrası tarihi hakkında bir tartışma; şekil 7-2 için kaynak.
- Soule, M. E. (ed.). 1986. *Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity*. Sunderland, Mass.: Sinauer Associates. Koruma

biyolojisi hakkındaki araştırma makalelerinin mükemmel bir derlemesi.

Terborgh, J. ve B. Winter. 1980. "Some Causes of Extinction". *Conservation Biology: An Evolutionary-Ecological Perspective* içinde, M. E. Soule ve B. A. Wilcox (ed.). s. 119-33. Sunderland, Mass.: Sinauer Associates.

Ziegler, A. M. ve diğ. 1987. "Coal, Climate and Terrestrial Productivity: The Present and Early Cretaceous Compared". *Coal and Coal-bearing Strata: Recent Advances* içinde, A.C. Scott (ed.). Geological Society of America, Special Publication 32. s. 25-49. Boulder: GSA. Başta yağmur ormanları olmak üzere iklim tarihinin çeşitli veçhelerini çözümleyen bir araştırma makalesi.

8 | YOK OLUŞUN FİZİKSEL NEDENLERİ

Üniversiteler için hazırlanmış *Yaşamın Tarihi* (1976) başlıklı bir ders kitabında, California Üniversitesi'nden Richard Cowan (Davis), Kretas kitlesel yok oluşu konusunda şu nedenleri sıralamıştır:

Her tür açıklama getirildi: Göktaşı çarpımları, devasa volkan patlamaları, güneşten yayılan ölümcül ışınlar, volkanik küllerin yol açtığı selenyum zehirlenmesi, Nuh Tufanı ve daha başkaları. Fakat sağduyulu bilimciler olarak bizler, olgulara açıklama getirirken, kanıtlanması veya çürütülmesi çok zor olan birtakım açıklamalara sığınmadan önce, gayet olağan bir dizi koşulun arayışında olmalıyız.

Bu alıntı, tam da jeologların ve paleontologların uzun zamandır şiar edindikleri felsefeye parmak basıyor: Bugün, geçmişin anahtarıdır. Göktaşları, volkanik faaliyetler, ölümcül radyasyon patlamaları ve buna benzer olaylar, (mevcut) insanlık tarihinde, kitlesel yok oluşlara yol açacak büyükölüklerde kaydedilmiştir; dolayısıyla göz ardı edilebilirler.

Yaşamın Tarihi'nde Cowan, kitlesel yok oluşun “sağduyulu” ve “gayet olağan” nedenlerini tartışmaya devam ediyor ve sözlerini şu önermeyle tamamlıyor:

Böylece, ilk etapta kıta hareketlerinin tetiklediği iklim değişiminin, aslında, Kretas'ın sonunda gerçekleşen biyolojik değişimlerde büyük rol oynadığı sonucuna varabiliriz. Şüphesiz henüz ete kemiğe bürünmemiş bir senaryo bu; mutlaka somut olgularla desteklenmesi gerekir. Yine de Orta Kretas'taki kıta taşkınlarının hemen ardından gelen Kretas yok oluşuna getirilebilecek en iyi açıklama budur.

Alıntıladığım parçaların arasındaki sayfalarda Cowan,

ulaştığı sonuç için kısa fakat akılcı bir savunma sunuyor. Yok oluş, hem karadaki, hem de denizdeki organizmaları içerdiğinden, “hakikaten dünya çapında” bir gücün gerekli olduğunu, böylece aday gösterilen çoğu maddenin zaten devre dışı kaldığını belirtiyor.

İklim değişimini sanık ilan ediyor, aslında tüm çevreyi etkileme olasılığı söz konusu; üstelik, Kretas’ın bitimine yakın bir zamanda küresel soğuma gerçekleştiğine dair jeolojik kanıtlar da mevcut. Cowan, buna ayrıca, genellikle “ekolojik anlamda tehlike arz edecek kadar birbirlerine yakın yaşayan” büyük hayvanlardan bazılarının yok oluşunu ekliyor. Cowan, davanın karara bağlandığını söylemiyor; sadece iklim değişiminin en olası açıklama olduğunu belirtiyor.

GELENEKSEL FAVORİLER

Yok oluşa getirilen fiziksel açıklamalar, geleneksel olarak şu iki ölçüye uygundur: Kitlesel yok oluş veya zemin yok oluşu. Kitlesel yok oluş söz konusu olduğunda, küresel iklim değişiklikleri ve deniz seviyelerindeki değişimler en çok tutulanlardır. Okyanus sularının tuzluluk derecesini de bu gruba dahil edebiliriz. Bu açıklamalara bir de oksijenin sığ sularda ve deniz çevresinde azalması anlamına gelen anoksi, yani oksijen yetersizliğini de eklemek gerekir.

Daha küçük çaptaki yok oluşlara gelince, bir fiziksel nedenler sepeti önerildi. Karada meydana gelen bölgesel iklim değişimi ve buna eşlik eden erozyon oranlarındaki oynamalar gibi; böylece okyanuslara taşınan tortu miktarı ve yapısı değişir. Ne var ki küçük çaplı yok oluşlar genellikle pek ilgi görmemiştir. Belki de o kadar karmaşık veya kaçınılmaz oldukları düşünülmüştür ki, nedenlerini ara-maya çabalamak faydasız, hatta gereksiz görülmüştür.

DENİZ SEVİYESİ VE İKLİM

Okyanuslar var olduğundan bu yana deniz seviyelerinde

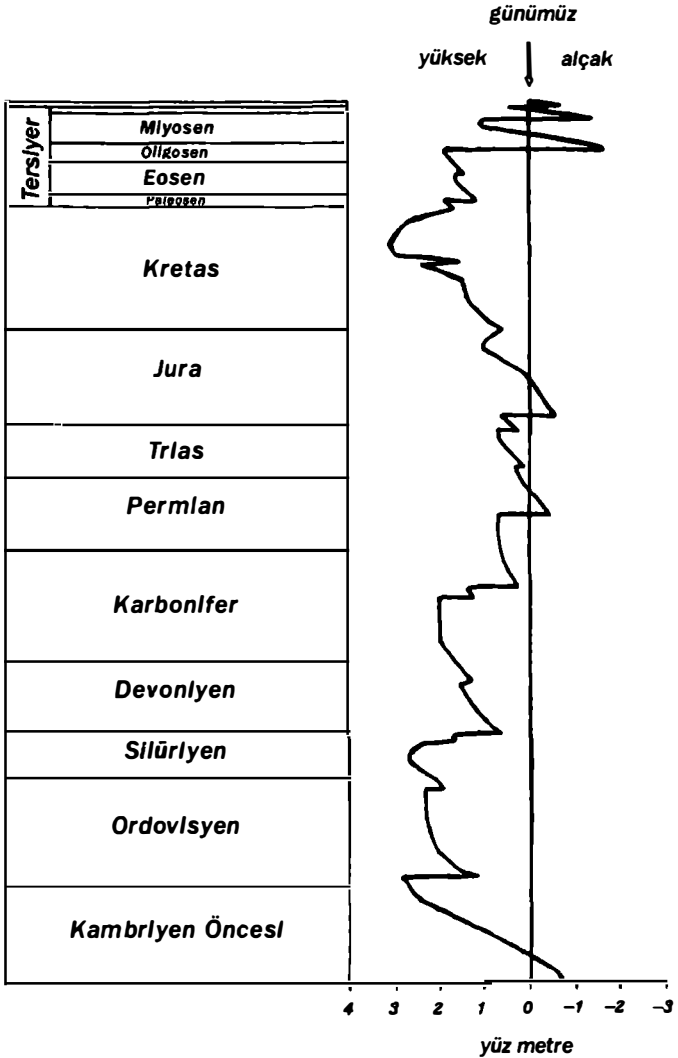
de dalgalanmalar olmuştur. Bugün deniz seviyeleri belki nispeten alçak, fakat Pleistosen buzullaşmasının doruğa ulaştığı dönemlerde, deniz seviyeleri bugünkünün iki yüz metre altına düşmüştü. Deniz seviyesi, daha küçük alanlarda, yer kabuğunun bölgesel hareketlerinden etkilenir. Kara yüzeyi, tektonik güçlerin etkisiyle bir yukarı bir aşağı çekilir; kara ve denizin kesiştiği noktaları kaydırır. Deniz seviyesi insan faaliyetlerinden bile etkilenebilir; Los Angeles'ın üzerine oturduğu kayaçlardan petrol çıkarıldığı yıllarda yaşanan alçalma gibi.

Deniz seviyesindeki daha büyük değişimler, ya buzullaşmadan ya da okyanus havzasının şeklini değiştiren yer kabuğu kaymalarından kaynaklanır. Geçen yüzyıllar boyunca küresel deniz seviyesi, kutuplardaki buzlar eridikçe yükseldi. Öte yandan bu yükseliş, kimi yerlerdeki bölgesel hareketlerle dengelendi; hatta bu hareketlerin bazıları buzullaşmadan kaynaklanıyordu. Örneğin, İskandinavya'nın büyük bölümünde deniz seviyesi düzenli bir düşüş gösterdi; zira yer kabuğu, buzul tabakasındaki en son kopuşun akabinde yükselişine devam ediyordu.

Deniz seviyesinin yeryüzü tarihi boyunca gösterdiği değişimleri izlemek teoride kolay, pratikte zordur. Fosiller genellikle karaların ve denizlerin dağılımını gösterir: Kara organizmaları olarak bilinen canlılar karalardaki çökelti-leri, deniz organizmaları ise okyanus tabanındakileri gösterir. Tortul kayaçlardan da, özellikle de sığ suların ve sahil birikintilerinin ayırt edici özellikleri hakkında bilgi elde edilebilir. Öte yandan, tümünde karşımıza çıkabilecek bir sorun var: Yerel veya bölgesel etkiler küresel kayıtları bozabilir. Şekil 8-1'de, Exxon araştırma grubu tarafından geliştirilmiş olan ve Vail eğrisi olarak adlandırılan, bir deniz seviyesi eğrisi görüyoruz.

Deniz seviyesi eğrileriyle ilgili yabana atılmaması gereken bir sorun da, kimi zaman gizli kalıyor olmalarıdır. Petrol şirketleri, geçmişteki deniz seviyelerinin takibi için Ar-Ge faaliyetlerine büyük paralar yatırır, çünkü petrol ve doğalgaz, eskiden kıyı şeridi olan yerlerde birikme eği-

Fanerozoik – Deniz Seviyesi Eğrisi



Şekil 8-1. Fanerozoik devirdeki küresel deniz seviyesine dair bir tahmin. Pleistosen ve diğer zamanlardaki buzullaşmalarla bağlantılı daha büyük dalgalanmalar dahil edilmemiştir. Bugünkü deniz seviyesinin, geçmiştekinden genel olarak daha düşük olduğuna dikkat edin. (Vail ve diğ. 1977'den uyarlanmıştır.)

limi gösterir. Şekil 8-1'de gösterilen eğri, bilim yazınının herkese açık bir organında yayımlamıştır, fakat bu gibi sonuçlar genellikle saklanır ya da bazı kısımları gölgede bırakılır. Bazen de eğrinin tamamı yayımlanır, fakat nasıl oluşturulduyuyla ilgili bilgi verilmez.

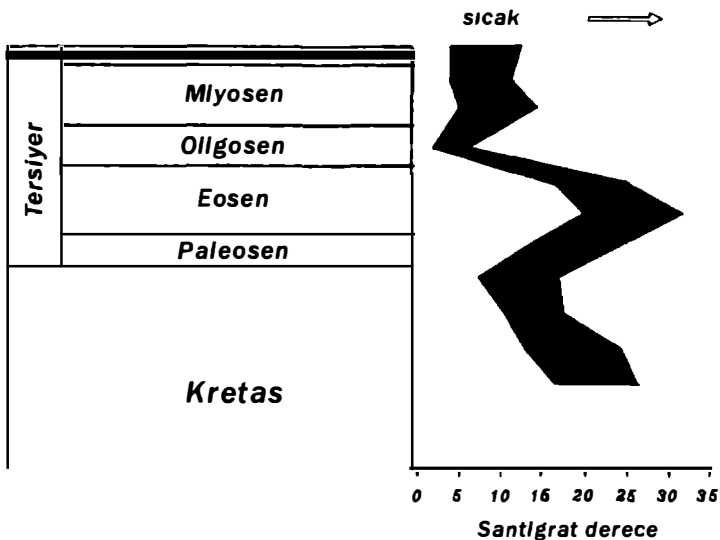
İklim değişiminin zaman sıralamasını oluşturmak daha da zor. Sıcaklık, hava akımı şablonları, mevsim döngüleri ve daha başka etkenlerin bir yığını olan iklim, karmaşıktır. Birçok bileşen arasında, şimdiye kadar en iyi çalışılmış olanı sıcaklıktır. Geçmişteki hava sıcaklıklarına dair veriler, sınırlı bir iklim aralığından toplanan fosillere ve mevcut sıcaklık kayıtlarını içeren –çoğu izotopik– kimyasal tetkiklere dayanmaktadır. Elbette, hava sıcaklığı bir bölgeden diğerine muazzam değişiklikler gösterir; (ister karada ister denizde) tipik olarak nitelendirilebilecek bir sıcaklık kaydına rastlamak mümkün değildir. Bu da zaman sıralaması oluşturma işini daha da zorlaştırır. Tüm bu sorunlara rağmen, iklim tarihini gösteren eğriler yok değildir. Bunların, hava sıcaklığına dayanarak oluşturulmuş bir örneğini şekil 8-2'de görebilirsiniz.

TÜR-YÜZÖLÇÜMÜ ETKİLERİ

Daha önce de belirttiğimiz gibi, kara ve denizlerin dağılımındaki değişimler, organizmalar için yaşanabilir olan alanları etkiler. Kuzey ve Güney Amerika, Panama Kanalı ile birbirine bağlyken, tür-yüzölçümü etkisinin, nasıl kimi kara memelilerinin yok oluşuna neden olduğunu gördük. Bu bölümde, iklim ve deniz seviyesindeki değişimlerin tür-yüzölçümü etkilerini ele alacağım.

Karaların büyük bölümünü çevreleyen geniş kıta sahanlığı üzerindeki deniz canlılarını düşünün. Tipik bir kıtanın kıyı bölgesinden açıldıkça taban derinliği giderek artar ve yaklaşık 135 metreye ulaşır (küresel ortalama). Sahanlık hafif bir eğim gösterir; bir derecenin onda birini çok az aşan bir ortalamada seyrederek. En kenar noktasında ise belirgin bir açı değişimi görülür; burada deniz taba-

Okyanus Suyu Sıcaklığı (Kuzeybatı Avrupa)



ŞEKİL 8-2. Deniz yumuşakçalarına alt fosillerde saptanan oksijen izotopu oranlarından yola çıkarak oluşturulan, son 100 milyon yıla alt sıcaklık kaydı. Şerit genişliği, tetkikler arasındaki farklılıkları ifade etmektedir. Sıcaklıktaki dalgalanmalar çok büyük de olsa, günümüze yaklaştıkça genel eğilim soğuma yönündedir. Başka bölgelere ait başka fosillerden yola çıkarak oluşturulan eğrilerde de aynı eğilimi görmek mümkün; bu, küresel ölçekte bir soğumanın söz konusu olduğunu gösteriyor. (Anderson'dan (1990) yola çıkarak yeniden düzenlenmiştir.)

nı keskin bir şekilde aşağı iner; buna da kıta eğimi denir. Kıta sahanlıklarının genişliği farklı farklılık gösterir; güney Kaliforniya sahillerinde neredeyse sıfır seviyesindeyken Kuzey Amerika'nın doğusunda yüzlerce mili bulur.

Besin yönünden oldukça zengin olan kıta sahanlıkları, okyanus derinliklerinden daima daha büyük bir biyokütle taşır. Yine de sahanlıklar, pekâlâ, deniz seviyesi dalgalanmalarının kapsama alanı içindedir. Kıta sahanlıklarındaki su çekilecek olursa, sahanlıkta yaşayan türlerin yaşam alanı şiddetle azalır. Buna karşılık, eski kıta

eğimleri üzerinde nispeten sığ alanlar varlığını sürdürür, fakat çok daha keskin bir eğime sahip olduklarından, ideal derinlikteki alanlarda azalma meydana gelmiş olur.

Yaşanabilir alan, geniş içdenizler için de geçerli bir etkindir (Kretas'ta Kuzey Amerika içlerinin batı kesimlerinin büyük bölümünü kaplayan deniz gibi). Bunların çoğu, geniş alanlara yayılmış, belli birkaç metre derinliğinde sığ sularlardı. Dolayısıyla, deniz seviyelerindeki orta düzey bir düşüş bile, tüm su kütlesinin kurumasıyla sonuçlanıyordu.

Tür-yüzölçümü etkisi, belli bir ölçekte, bir taşıp bir kuruyan kıta sahanlıkları ve içdenizlere de uygulanabilir. Su bollaştığında, sahanlıklar ve içdenizlerde türleşme için yeni alanlar açılmış olur, fakat aynı bölgelerdeki kuruma, yok oluşla sonuçlanır.

İklim değişimi, tür-yüzölçümü etkisini yaratan bir diğer etkindir. Küresel sıcaklık düştükçe, orta ve düşük yüksekliklerdeki iklim kuşakları daralır. İzoterm (yani eş sıcaklık) eğrileri, Kuzey Yarımküre'de güneye, Güney Yarımküre'de ise kuzeye kayar. Küresel sıcaklık artış halindeyse, bu eğriler ekvatordan uzaklaşarak tropikal hattı genişletir. İklim kuşaklarının aynı bir körük gibi genişleyip daralması, birçok bitki ve hayvan türü açısından yaşanabilir alanları bir artırır bir azaltır.

Bütün bunlar çerçevesinde, iklim ve deniz seviyesindeki değişimlerin, tür-yüzölçümü etkisi uyarınca iş görerek, geçmişteki yok oluşlara getirilecek açıklamalar için bir numaralı aday olmaları pek de şaşırtıcı değil.

DENİZ SEVİYESİNİ VE İKLİMİ SINAMAK

Deniz seviyesi veya sıcaklıkla, yok oluş arasındaki bağlantıyı istatistiksel açıdan test etmeye pek kimse uğraşmamış. Bu, bir ölçüde, deniz seviyesi ve hava sıcaklığı verilerindeki, yukarıda ifade edilen belirsizliklerden kaynaklanıyor. Fakat sanırım biraz da, jeologların ve paleontologların çoğunun, uygun yöntemler hakkında yeterince eğitilmemiş olmalarıyla da ilgili. Yok oluş konusu,

bir istatistik dalı olan fakat en temel seviyedeki derslerde bile gösterilmeyen *zaman dizilerinin analizi* yöntemlerinin kullanılmasını gerektiriyor.

Bu nedenle, iklim ve deniz seviyesiyle ilgili savlar, genellikle Büyük Beşli'yi oluşturan kitlesel yok oluşlardan en az birini içeren, vaka incelemelerinin bir toplamı olarak, daha ziyade niteliksel veriler halinde sunulur. Matematiksel olmayan yaklaşımlar kesinlikle kötüdür demeye çalışmıyorum. Sadece katı bir matematikle desteklenen kuramlar kabul edilseydi, bilim kendini sıkıntılı bir darboğazın içinde bulurdu. Fakat vakaları tek tek inceleyen yaklaşım da, savların karşılaştırılıp değerlendirilmesini zorlaştırıyor.

Chicago'daki meslektaşlarımdan Dave Jablonski ve Arizona Üniversitesi'nden Karl Flessa, deniz seviyesindeki düşüşün yarattığı tür-yüzölçümü etkisinin kuvvetine ilişkin ilginç bir test yapmışlardı. İşe, şu önemli soruyu sorarak başladılar: Günümüz kıta sahanlıklarındaki mevcut yaşam ortadan kalkacak olsa, küresel boyutta kaç yok oluş gerçekleşirdi? Jablonski ve Flessa, çok farklı çeşitlerdeki deniz yumuşakçalarının coğrafi özellikleri hakkında veri topladılar. Ardından, kıta sahanlıklarının ortadan kalkması halinde geride kalacak küresel faunanın tablosunu oluşturdular ve varsayımsal bir yok oluş oranı hesapladılar. Bu senaryo, sahanlık türlerinin denize doğru kaçmalarına izin vermediğinden, uçlarda dolaşıyordu; dolayısıyla, Jablonski ve Flessa'nın ortaya koyduğu tahmin, en üst sınırı, yani olabilecek en kötü durumu gösteriyordu.

Şaşılacak derecede düşük bir yok oluş oranı tespit ettiler: Tüm ailelerin yalnızca %13'ü. Bu, Permien kitlesel yok oluşundaki, bugünkülerin muadili hayvan ailelerinin yok oluş oranlarından (%52) çok daha düşüktü. Bu sonuçların açıklaması çok basit: Mevcut hayvan ailelerinin %87'sinde, bu ailelere mensup en az bir tür, dik yamaçlı okyanus adalarının etrafındaki sığ sularda, yani suların çekilmesi halinde, yaşanabilir alanlarda bir eksilme mey-

dana gelmeksizin, kıyı şeridinin dışarıya doğru hareket edeceği adalarda yaşamaktadır.

Jablonski ve Flessa'ya cevaben; kıta sahanlıklarındaki su çekilmesinin, aslında türlerin popülasyon büyüklüklerini ve coğrafi menzillerini küçülten bir ilk darbe olduğu, dolayısıyla okyanus adalarında hayatta kalanların, daha hafif baskıların yaratacağı son –öldürücü– darbelere açık hale geldiği ileri sürülebilir. Öte yandan, Jablonski ve Flessa, bu sava, %87'lik kısmı adalarda yaşayan ailelerin çoğunun, en az iki adada tespit edildiğini söyleyerek karşılık vereceklerdir.

Bu iki araştırmacı, ister buzullaşmadan ister tektonik hareketlerden kaynaklanıyor olsun, denizlerdeki çekilmenin kitlesel yok oluş üzerindeki etkinliğine gölge düşürdü, fakat yine de bütün kapıları kapattıklarını sanmıyorum. Sadece daha ince eleyip sık dokuyan testlere ihtiyacımız var.

İklim ve deniz seviyesini, belli başlı yok oluşların asıl neden(ler)i olarak ileri süren ya da buna karşı çıkan savların tamamını burada ele alma şansım yok. Bunlar, belirli yok oluş olaylarının ayrıntılı tetkiklerini gerektiren, karmaşık savlardır. Bu yüzden, okuru kendi düşüncemle başbaşa bırakmak durumundayım: Ne iklimin ne de deniz seviyesinin büyük yok oluş olaylarına neden olduğu, ikna edici bir şekilde gösterilebilmiş değildir. Yine de, şüpheli olmak için iyi bir nedenim daha var: Pleistosen buzullaşması.

PLEİSTOSEN DENEYİMİ

Eğer deniz seviyesi veya iklimdeki bir değişiklik kitlesel yok oluşa yol açabiliyorsa, en son kıta buzullaşmasının tufan yaratması gerekirdi!

Resmî adlandırılışıyla Pleistosen çağı 1,64 milyon yıl önce başladı. On bin yıl önce, kıtasal buz örtülerindeki son çekilmeyle birlikte sona erdi. Pleistosen'in günümüzden 10.000 yıl önce sona erdiğini söylemek, buz örtüleri-

nin bir daha çekilmeyeceğini varsaydığından, iyimser bir yargıdır. Buzullaşma, daha hafif seyreden zaman dilimleriyle birbirinden ayrılmış atımlar halinde ilerlediğinden, şu anda bir buzularası dönemde olabiliriz; belki de Pleistosen bitmemiştir.

Pleistosen'le ilgili kayıtlarımız tam. Jeolojik takvimden bakıldığında daha dün meydana geldi sayılır; üstelik arkasında, kara yüzeyinde rahatlıkla çalışılacak çökeller bıraktı. Küresel çevrenin, hem karadaki hem denizdeki ortamların büyük değişimlere uğradığı bir zamandı. Deniz seviyeleri yukarı veya aşağı yüzlerce metrelik oynamalar gösterirken, sıcaklık kuşakları ekvatora doğru sıkışıyor-du. Belli başlı hava olayları, özellikle de muson sistemi bugünkünden belirgin farklılıklar gösteriyordu. Atmosferdeki karbondioksit düzeyinde de kayda değer değişimler söz konusuydu.

Buzullar büyüyüp küçüldükçe, adalar ve kıstaklar bir çıkıp bir kayboluyor, böylece deniz seviyesindeki dalgalanmalar coğrafyayı değiştirmiş oluyordu. Yeryüzü tarihinde daha önce de birçok buzul çağı görülmüştü, fakat muhtemelen Pleistosen, en şiddetlilerinden biriydi. Daha öncekileri iyi bilmediğimizden bunun sıralamada tam olarak kaçınıcı olduğunu söylemek zor.

Pleistosen'de de birtakım yok oluş olayları meydana gelmişti, fakat hiçbirisi Büyük Beşli'ye benzemiyordu. Bunların şiddeti, jeolojik zamanın dönemlerini ve daha küçük birimlerini belirlemek için kullanılanlardan çok daha düşüktü. Büyük kara memelileri için, baskın kuramı çerçevesinde tartıştığımızın haricinde, Pleistosen yok oluşları, düzensiz ve duruma özeldi. Birkaç bölgedeki birkaç biyolojik grup musdarip olmuştu, fakat kaybedilen cins veya ailelerin sayısı birkaç taneyi geçmiyordu. Kitlesel yok oluşa belki de en fazla yaklaşanlar, Atlantik Okyanusu'nun tropikal batı kıyılarındaki ve Karayip Denizi'ndeki deniz yumuşakçaları olmuştu; buralarda buzullaşma öncesi soğuma, günümüzden 3,5 milyon yıl öncesinden başlamıştı. Söz konusu olgu üzerinde uzun uzadıya çalışmış olan Ste-

ven Stanley'nin vardığı sonuca göre, bu, coğrafi anlamda sıcaklıktaki düşüşe yakalanan faunalarda gerçekleşen bir “bölgesel kitlesel yok oluş”tu. Stanley, Pasifik yumuşakçaların üzerine yürüttüğü paralel çalışmada, kayda değer bir yok oluşa rastlamamıştı.

Dolayısıyla, Pleistosen’de, bazıları iklim veya deniz seviyesindeki düşüşle bağlantılı yok oluşlar meydana gelmiş olsa da, bunlar, kitlesel yok oluşlarla aynı kulvarda yer almıyor. Aynı sebeple, geçmişteki yok oluşlarla buzullaşmalar arasında kayda değer bir ilişki bulunmadığını söylemek mümkün. Örneğin Kretas kitlesel yok oluşu, buzulların görülmediği uzun bir zaman aralığı içinde meydana geldi. Bu yüzden Pleistosen deneyimi, olsa olsa, deniz seviyesini ve iklimi, yok oluşa getirilen yaygın açıklamalar olarak kabul eden birinin heyecanını söndürmeye yarar.

Bu noktada, kimi meslektaşlarımın, tek bir yok oluş nedeni bulmak için fazlasıyla üstelediğimden şikâyet ettiklerini duyar gibiyim. Çoğu yok oluş olayının karmaşık ve birbirinden farklı olduğunu neden kabul etmeyelim ki? Permiyen’e denizlerdeki çekilme, Kretas’a iklim, Devoniyen’e de tamamen farklı bir şey hâkim olmuş olamaz mı?

Buna vereceğim cevap, yeryüzünün işleyiş şeklinin aslında bu olabileceğidir, fakat umarım hatalıyım. Aslında şimdi ifade edeceğim nedenden ötürü bunu kanıtlamak pek kolay değil. Denizlerde muazzam bir çekilmenin ve kitlesel yok oluşun yeryüzü tarihinde yalnızca bir defa meydana geldiğini varsayın. Şayet bu iki tekil olay zamanda kesişirse, yani aynı zamanda meydana gelirlerse, karşımızda, yok oluşun nedeni olarak denizlerdeki çekilmenin söz konusu olduğu bariz bir durum var demektir. Gelin görün ki, denizlerdeki çekilmeler ve kitlesel yok oluşlar, daha başka birçok şeyle, jeolojik tarihe yayılmış vaziyettedir. Neden-sonuç ilişkisini değerlendirmenin tek yolu, kesişme şablonlarını bulup çıkarmaktır; bu da, birçok neden-sonuç çiftinin incelenmesini gerektirir. Eğer her yok oluş olayı ötekilerden farklıysa, içlerinden birinin

şifresini çözmeye yarayan ipucu, diğerinde kesinlikle işe yaramayacaktır.

EGZOTİK FİZİKSEL NEDENLER

Eğer “olağan” jeolojik süreçler (iddia ettiğim gibi) kayda değer bir yok oluşa neden olacak güce sahip değilse, bunların alternatifi nedir? Tanım itibariyle bunlar, daha önce yaşamadığımız süreçlerdir (veya olaylar). Bu kadar sert şeyler yaşamamış olmamız iyi bir şey elbette, fakat bu durum bizi spekülasyon yapmaya zorluyor.

Her türlü egzotik neden (yani olay), kendisini destekleyecek iki eyleme ihtiyaç duyar: Olmuş olan ve yok oluşla bağlantılı olarak olmuş olan. Süreç ya da görüngü, arkasında ipuçları bırakmalıdır; dumanı tüten bir silah mesele... Şimdiye kadarki en iyi aday, yerkürenin, güneş sistemi artıklarıyla, yani kuyruklu yıldızlarla ve gök taşlarıyla çarpışmasıdır. Bu, oldukça sağlam bir kanıt olduğundan, bir sonraki bölümü ona ayıracağım, fakat önce diğer bazı olasılıklara bakalım.

EŞİ GÖRÜLMEMİŞ VOLKAN FAALİYETLERİ

Yok oluşun akla yatkın nedenlerinden biri de, insanlık tarihinde benzeri görülmemiş şiddetteki volkan faaliyetleridir. İleri sürülen senaryolardan biri, 1883'te meydana gelmiş Krakatoa püskürmesini çağrıştırmaktadır, fakat ondan çok daha büyük bir ölçekte, bir sürü büyük volkanın aynı anda harekete geçtikleri bir şekilde. Krakatoa püskürmesi, yüzlerce megaton TNT'ye eşdeğer bir patlamayla başlamıştı. Atmosfere o kadar çok atık madde, kül ve sülfat ayrosolu saçtı ki, etkileri senelerce dinmedi. Güneş ışınlarını perdediği için küresel sıcaklıklarda birkaç derecelik düşüş meydana geldi. Bu kadar güçlü olmasına rağmen, Krakatoa püskürmesinin, hemen etrafındaki alanda meydana gelenler haricinde, bilinen bir biyolojik etkisi olmamıştır. Ancak eşzamanlı hareket eden binlerce Krakatoa, büyük bir iklim

değişimini tetikleyebilir; hatta bir ihtimal, güneş ışığını, fotosenteze engel olacak kadar bile kesebilir.

Volkan bilimciler, vakit kaybetmeden, böyle bir duruma neden olacak düzeyde büyük volkan patlamalarının, hem de aynı anda meydana geldiğini gösteren hiçbir kanıt bulunmadığı; ayrıca, eşgüdümlü püskürmelere neden olacak böyle bir mekanizmanın bilinmediği cevabını verecektir. Dahası ,volkan faaliyetleri akalarında kendileri hakkında uzun ömürlü kayıtlar bırakır; bunlardan hiçbirinde, eşzamanlı püskürmelere dair jeolojik kanıtlara rastlanmış değildir. Öte yandan, mevcut jeolojik tarihlendirme yöntemlerinin, hassas bir eşzamanlılık tespiti yapmaya elverişli olmama ihtimali de söz konusu. Kretas'ın sonları aslında bir volkan faaliyetleri dönemi, fakat elimizde eşzamanlı püskürdüklerine dair kanıt bulunmamaktadır.

Bir diğer volkan faaliyeti türü olan taşkın tipi püskürmede, patlama olmaksızın, geniş ve kalın bir lav tabakası üretilir. ABD'nin kuzeybatısında yer alan Kolombiya Nehri ve Snake Nehri'ndeki volkanik kayalar bunun iyi birer örneğidir. Bir diğeri, Hindistan'ın üçte birini örten kalın bazalt yatağı Dekan'dır. Akış hızı ile ilgili tahminler, muazzam bir ısı üretiminin olduğunu gösteriyor; bazı iklimbilimciler, bu çaptaki bir ısı kaynağının, hele de ekvator civarında yer alıyorsa, küresel dolaşımı değiştirebileceğine dair tahminlerde bulunurlar.

Jeolojik kayıtlarda, taşkın tipi volkan faaliyetlerinden doğan büyük çökellerin sayısı altıdır; aralarında Kolombiya nehri bazaltları ve Dekan da bulunuyor. Bazı kitleysel yok oluşların, yoğun volkan püskürmesi dönemlerine denk düştüğünü gösteren ipuçları da mevcut. Örneğin, Dekan'daki volkan hareketliliği, tam Kretas yok oluşu esnasında başlamış olabilir. Ne yazık ki başka örneklerin sayısı o kadar az, tarihlendirmelerdeki belirsizlikler o kadar büyüktür ki, düzgün bir istatistik testi yapmanın imkânı yok. Bu nedenle taşkın tipi volkan faaliyetlerinin taraftarları (ki sayıları hiç de az değildir), meslektaşlarını ikna etmede epeyce güçlük çekmiştir.

KOZMİK NEDENLER

Bilim kurgu yazarları, uzayın pek sevimsiz olabileceğini yazmaya bayılır. Patlayıp birbirine giren yıldızlar... Devasa molekül bulutlarından geçen gezegen sistemleri... Yüksek enerjili radyasyonun her türlüüne maruz kalan kozmik ortam... Bu türden olayların yerüzündeki yaşam üzerinde ağır etkileri olmuş mudur? Yaşamın tarihi, evrenin tarihinin %15 ila %30'luk bir kısmına tekabül eder; bu süre zarfında çok şey olmuş olabilir.

Uzaydaki kuyrukluyıldızlar ve gök taşları dışında kalan yok oluş mekanizmalarının neler olduğu konusunda birkaç araştırma yapılmıştır. Tespit edilen olasılıklar, yakınlarda meydana gelen yıldız patlamalarından (süpernova), güneş ışınındaki değişimlere kadar uzanıyor. Hiçbiri bir sonuca ulaşmadı. Süpernovaların görülme sıklığı, en azından istatistiksel açıdan biliniyor, fakat uzaybilimcilerin üzerinde uzlaştığı bir nokta var: Kayda değer bir biyolojik hasara neden olabilecek kadar sıcak yaklaşmaların sayısı çok az.

Güneşin şiddetindeki (yani güneş sabitindeki) çeşitlilik de umut vaat ediyor, fakat buna dair veriler en fazla birkaç yüzyıl öncesine gidiyor. Güneşteki kimi değişimleri, yıldız evrimi kuramlarından yola çıkarak tahmin etmek mümkün; ancak bunlar uzun erimli eğilimler (yerkürenin ortaya çıkışından bu yana güneş sabitindeki %30'luk artış gibi). Oysa bize kitlesel yok oluşa yönelik kısa erimli görüngüler gerek.

Egzotik nedenler konusunu, hüsrana duyarak rafa kaldırıyorum. Daha önce kimsenin görmediği yok oluş unsurlarını değerlendirmeye çalıştım; böylece spekülasyona ve hayal gücünün, aşırılık yanlılarına özgü serbest uçuşuna davetiye çıkarmış oldum. Fakat buna alternatif olarak önümüze konan, yani tüm olası adayları bildiğimiz varsayımı, yenilir yutulur gibi değil.

KAYNAKLAR VE EK OKUMALAR

- Anderson, T. F. 1990. "Temperature From Oxygen Isotope Ratios". *Paleobiology, A Synthesis* içinde, D. E. G. Briggs ve P. R. Crowther (ed.), s. 403-406. Oxford: Blackwell. Şekil 8-2 için kaynak.
- Cowan, R. 1976. *History of life*. New York: McGraw-Hill. Paleontoloji hakkında, üniversitelere yönelik temel bir ders kitabı; yeni baskısı hazırlanıyor.
- Jablonski, D. ve K. W. Flessa. 1984. "The Taxonomic Structure of Shallow-water Marine Faunas: Implications for Phanerozoic Extinctions". *Malacologia* 27:43-66. Deniz seviyesindeki azalmanın, tür-yüzölçümü etkisinden dolayı, deniz organizmalarında yok oluşa neden olduğu varsayımını test eden bir araştırma makalesi.
- Milne, D. H., D.M. Raup, J. Billingham, K. Niklas ve K. Padian (ed.). 1985. *The Evolution of Complex and Higher Organisms*. NASA Special Publication SP-478. Washington, D.C.: NASA. Evrim üzerindeki dünyadışı etkileri değerlendirmek üzere NASA tarafından yürütülen bir dizi atölye çalışmasına ait rapor.
- Vail, P. R., R.M. Mitchum ve S. Thompson. 1977. "Global Cycles of Relative Changes of Sea Level". *Seismic Stratigraphy-Applications to Hydrocarbon Exploration* içinde C. E. Payton (ed.). American Association of Petroleum Geologists, Memoir 26. s. 83-97. Tulsa: AAPG. Şekil 8-1 için kaynak.

9 | GÖKYÜZÜNDEN YAĞAN TAŞLAR

Gökyüzünden düşen bir asteroit parçasına veya kuyruklu-yıldızın küçüğüne meteorit, yani göktaşı denir. 1950'lerde üniversite ve yüksek lisans yıllarımda göktaşları hakkında bir şeyler öğrenmiştim, ama pek fazla sayılmaz. Bunlar hakkındaki çalışmalar, bilim dalları arasında oldum olası küçük bir alt birime karşılık geldi. Öte yandan, göktaşı bilimcileri ve kozmos kimyacıları açısından bakıldığında bu egzotik kayaçlar, güneş sisteminin ilk dönemlerine benzersiz bir bakış olanağı sunar.

Göktaşı çalışmaları, çarpmadan sonra, aşınmadan kaçabilecek kadar kısa bir süre içinde bulunan birkaç cisme dayanmaktadır. Daha çok, birkaç santimetreden, birkaç metreye kadar uzanan boylardaki bu taşlar, genellikle, ekin yapılan tarlalarda rastlantı eseri karşımıza çıkar. Birçoğu, darbe anında fark edilebilir boyutlarda bir krater açamayacak kadar küçüktür. Bilinen en büyük göktaşı, Namibya'da hâlâ düştüğü yerde durmakta olup, 66 ton ağırlığındadır; sergilenen en büyük göktaşı ise, New York'ta, Hayden Gözlem Evi'nde bulunan 34 tonluk numunedir.

Hatırladığım kadarıyla, okulda verilen bilimsel öğretinin bir kısmında, güneş sisteminin ilk geliştiği dönemde, büyük cisimlerden gelen darbelerin sıklığından ve bunun, yeryüzü ile diğer dünya benzeri gezegenlerin oluşumunda önemli bir pay sahibi olduğundan bahsediliyordu, fakat bombardımanın, dünyanın mevcut yüzeyi oluşmadan çok önce sona erdiği anlatılıyordu. Sona ermişti, çünkü güneş sisteminin ilk döneminden kalma atıklar tükenmişti. Ay ve Mars üzerinde, bu ilk bombardımanlardan kalma kraterleri hâlâ görmek mümkün; yeryüzündekiler ise erozyonun

etkisiyle silinip gitti. Yeryüzünde bulunan küçük göktaşları, tükenmiş bir atık bulutundan kalan cılız bir kalıntıdan fazlası değil. Bildiklerimiz böyle sürüp gidiyordu... Ve bildiğimizi sandığımız birçok şeyde olduğu gibi, bu hikâyenin de kısmen gerçeğe uygun olduğu anlaşıldı.

Yapılan en büyük hata, büyük cisimlerin ilk bombardımanlardan sonra da gökyüzünden yağmayı sürdürdü-ğünü göz ardı etmek oldu. Bunların en bilinenlerinden biri, Arizona'daki Meteor krateridir; Barringer krateri olarak da bilinir. 1950'lerin ders kitaplarında bu kraterden kerhen bahsediliyor. Hem bu taşın, hem de yeryüzünde bulunan ve çarpma kaynaklı olduğu ileri sürülen bilim dairesel cisimlerin kökeni hakkındaki tartışmalar yıllarca devam etti. Ellilerin bilim yazınına bir göz atacak olursanız, jeologların, çarpma sonucunda oluşmuş yakın geçmişe ait kraterlerin varlığını kabul etmek istemedikleri his-sine kapılırsınız. Jeologların çoğu, Barringer Krateri'nin bir volkan patlaması sonucunda oluştuğuna inanmıştı; üstelik, bütün bir alana, nikel-demir alaşımı metal parçaları dağılmış vaziyette olduğu halde.

1960'larda ve 70'lerde, yapılan birçok heyecan verici keşif sayesinde çok şey değişti: (1) stişovit ve koezit olarak adlandırılan iki tip kuvarz mineralinin, şiddetli çarpma-larda ortaya çıkan yüksek basıncın kesin bir göstergesi olduğu tespit edildi; (2) yeryüzüne dair uydu fotoğrafları, öyle krater benzeri yapılar ortaya çıkardı ki zamanında bunlara getirilen açıklamalar (volkan kalderaları; eroz-yonda kazara ortaya çıkan yapılar ve daha niceleri) yeter-siz kaldı; (3) Apollo astronotlarının Ay'dan getirdikleri bazı kayaçlara ait tarihlendirmeler, bu kraterlerin, ilk bombar-dımanlardan çok daha sonraya dayandığını gösterdi; (4) uzay boşluğunun yeryüzüne yakın kısımlarında yapılan astronomik gözlemler, yörüngeleri dünyanın yörüngesiyle çakışan birçok büyük cismin bulunduğunu, yani dünya-ya çarpabilecek göktaşlarının söz konusu olduğunu orta-ya koydu.

Tüm bunların verdiği cesaretle jeologlar, bütün dünyada çarpma eseri oluşmuş kraterler aramaya koyuldu. Şimdiye kadar yüzden fazla krater tespit edildi. Bu süreçte, Barringer'dakinin de, en küçük (çapı 1,2 kilometre) ve en genç (günümüzden 50.000 yıl önce) kraterlerden biri olduğunu öğrendiğimizden, ona ilk bulunduğu zamanki gözle bakmıyoruz artık.

Öte yandan etrafımız, kraterler hakkındaki son çalışmalar henüz duymamış olan, hatta, o eski bombardıman görüşünün çökmüş olduğundan bihaber paleontolog ve jeologlarla dolu. Bu da, Alvarez'in 1980'de yayımladığı ve K-T yok oluşunun nedenini bir göktaşı çarpmasına bağladığı makalesinin insanlarda uyandırdığı korkuyu ve şüpheyi açıklıyor. Bunu söylemek; dinazorların, uzay gemileriyle gelen küçük yeşil adamlar tarafından vurulduğunu ileri sürmekten farksızdı.

KRATER OLUŞUM ORANLARI

İlk aşamada ağır bombardımanların yaşandığı ve bunu keskin bir düşüşün izlediği konusunda görüş birliğine varılmış olsa da; bombardımanlar, ortalama bir düzeyde bugüne kadar sürdü. Hatta bombardımanların son 600 milyon yılda artış gösterdiğine dair kanıtlar bile mevcut.

Aşağıdaki tabloda, bugünkü krater oluşum oranlarına ait en son ölçümleri göreceksiniz. Veriler, krater oluşumu çalışmalarına büyük katkı sağlamış, ayrıca, dünyayı kesen yörüngelerdeki göktaşlarını teleskopla incelemiş olan, ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu üyesi Eugene Shoemaker'ın çalışmalarından elde edilmiştir. Ölçümler, belirli boylardaki kraterler arasında kalan ortalama zaman aralıkları (bekleme süreleri) olarak ifade edilmiştir. Bunlara göktaşları (%70) ve kuyruklu yıldız çekirdeği (%30) tarafından oluşturulanlar da dahil. Krater boyutları, en azından kabaca, onlara yol açan cisimlerin boyutu olarak düşünülebilir. Hızına, çarpma açısına ve diğer etkenlere

bağlı olmak şartıyla, çapı 1 kilometrelik bir cisim, 10 ila 20 kilometrelik bir kratere, 10 kilometrelik olanıysa 150 kilometrelik bir kratere yol açabilir. Hakkında yapılmış onca televizyon programına ve etkileyici fotoğraflara rağmen, tabloda, Barringer Krateri gibi küçük olanlara yer verilmemiş. Barringer'a yol açan cismin çapı, yaklaşık olarak bir futbol sahası genişliğindeydi. Kitapta tartışmaya açtığım birçok doğal olay gibi krater oluşumu da oldukça eğimli bir dağılım gösterir: Bir sürü küçük olay ve az sayıda büyük olaydan ibarettir.

<i>Krater Çapı</i>	<i>Ortalama Zaman Aralığı</i>
> 10 km	110.000 yıl
> 20 km	400.000 yıl
> 30 km	1,2 milyon yıl
> 50 km	12,5 milyon yıl
>100 km	50 milyon yıl
>150 km	100 milyon yıl

Yok oluş meselesi açısından bakıldığında, Shoemaker'ın ölçümlerinin ne kadar iyi olduğunu ve çarpmaların, türlerin yok oluşuna yol açacak kadar büyük bir yıkım gücüne sahip olup olmadığını bilmemiz gerekiyor. Shoemaker, ölçümlerindeki belirsizlik katsayısının "en az 2" olduğunu belirtiyor. Buna göre, 10 kilometrelik (ve üzeri) kraterlerin oluşumuna neden olacak çarpmalar için hesaplanan ortalama 110.000 yıllık zaman aralığı, 55.000 ila 220.000 yıl arasında bir noktada olabilir; yani, tercih edilen ölçümün yarısına veya iki katına karşılık gelebilir. Şüphesiz, epey geniş bir aralık bu; yine de bizi takribi bir hesaba götürüyor. Üstelik söz konusu belirsizliğe yabancı değiliz; hem yeryüzündeki, Ay'daki ve başka gezegenlerdeki farklı krater çalışmalarında, hem de göktaşları ve kuyrukluyıldızlar üzerine yapılan çağdaş gözlemlerde, böyle bir belirsizliğe varılmıştı.

Shoemaker'ın tercih ettiği ölçümler iyi değilse, muhtemelen yeterli miktarda veriye dayanmıyorlar demektir; ayrıca bir yanda krater keşifleri devam ediyor, diğer yanda yeni göktaşları her geçen gün daha büyük bir hızla görünüleniyor. Üstelik, yeryüzündeki bu gibi oluşumların, petrol şirketlerinin uyguladığı politikalarından ötürü eksik görüldüğü, neredeyse kesin. Daha genç kayaçların altında gömülü kalmış birçok krater var; bunların civarındaki ufalanmış kayaçlar, petrol ve doğalgaz birikimi için elverişli bir ortam sağlıyor. Yüzeyaltı kraterlerinin değerini yeni fark eden petrol şirketleri, söz konusu alanları halka duyurmaya yanaşmıyor. Neyse ki bu, evrensel hale gelmiş bir uygulama değil; birkaç yıl önce, faaliyetlerine Nova Scotia kıta havzasında devam eden petrol şirketleri, yok oluş meselesi açısından önem arz eden bir gömülü krater buldu ve bununla ilgili bilgiyi yayımladılar. 45 kilometre çapındaki Montagnais Krateri'ydi bu. Söz konusu bilginin yayımlanması, Kanada yasaları tarafından zorunlu tutulmuştu.

YIKIM GÜCÜ

Bu noktada, bugünkü gözlemlerin bize söylediği hiçbir şey yoktur. Shoemaker'ın tablosundaki çarpımların en ufağına biraz olsun yaklaşan bir olay, ne deneyimlerimiz ne de uygarlığımızın kaydettikleri arasında yer alıyor. Bildiklerimiz arasında en büyüğü Tunguska olayı. Sibirya'nın yerleşim olmayan bir noktasında, 30 Haziran 1908'de meydana gelmiş. Bulunabilmiş bir krater yok, fakat bin kilometre kareyi aşan bir alan üzerindeki tüm ağaçlar, şok dalgasının etkisiyle yere serilmiş. Gelen cisim, atmosfere çarptığı an patlamış. Yaklaşık on iki megaton TNT'ye, yani aşağı yukarı çok büyük bir hidrojen bombasına eşdeğer düzeyde enerji açığa çıkmış. Olay, 350 mil öteden geçen Sibirya ekspresindeki yolcular ve mürettebat tarafından gözlenmiş (ve duyulmuş), fakat saha çalışması ancak yıllar sonra yapılabilmiş.

Göktaşının yıkım gücüne dair öngörüler, neredeyse tamamen kurama, ya da kuramlardan yola çıkarak oluşturulan bilgisayar simülasyonlarına dayalıdır. Bir kilometrelik (yani 10 futbol sahası büyüklüğündeki) bir cisim için hesaplanan enerji salımı bile gerçekten inanılmaz büyüklüktedir: Mevcut bütün nükleer silahların aynı anda ateşlenmesiyle ortaya çıkacak enerjinin kat kat üstünde. Luis Alvarez, 10 kilometrelik bir cisim için söz konusu olabilecek çarpmanın büyüklüğünü şöyle dile getirmiştir: Yüz milyon megaton TNT. Bu çok büyük bir rakam belki ama yıkım gücü hayal gücüne meydan okuyor.

Büyük çarpmaların tahmin edilen etkileri arasında şok dalgaları, tsunamiler (gelgit dalgaları), asit yağmurları, orman yangınları, atmosfere yayılan toza ve ise bağlı karanlık ve küresel ısınma ya da küresel soğuma yer alıyor. Sıcaklık hakkındaki belirsizlik ise, atıkların tıkadığı bir atmosferin, (ısı hapsoldüğü için) seragazi ısınmasına mı yoksa (güneş ışığı azaldığı için) şiddetli soğuklara mı yol açacağını bilinmiyor oluşundan kaynaklanıyor.

Bu genellemelerin dışında, böyle bir olayın yaratacağı çevre etkisi hakkında pek az şey biliyoruz. Bizzat bir çarpma yaşamadığımız halde, en isabetli tahminlerimiz, fosil kayıtlarının koynunda yatıyor. Düzgün bir şekilde tarihlendirilmiş çarpmalar göz önünde bulundurulduğunda, hangi yaşam alanlarındaki ne gibi türler öldü (eğer ölen olduysa)? Şayet bu yaklaşım işe yararsa, bugünün (ve yarının) kapılarını aralayan geçmiş anlayışı bir örnek daha kazanmış olacak.

ALVAREZ VE K-T YOK OLUŞU

Nobel ödüllü fizikçi Luis Alvarez'in jeolog oğlu Walter ve iki kimyagerle, Frank Asaro ve Helen Michel ile, yaşamının ilerleyen yıllarında yürüttüğü K-T kitlesel yok oluşu çalışmasının hikâyesi defalarca anlatılmıştır. Bütün ayrıntıları duymak isteyen okuyucular, *National Geographic*'te ya-

yımlanan ilgili makaleyi (Haziran 1989) veya bu hikâyeye adanmış sayısız kitaptan herhangi birini okuyabilir –ki bunlardan bir tanesini de ben kaleme aldım, *The Nemesis Affair* (1986); burada kısaca değineceğim.

Alvarez ve ekibi; İtalya, Danimarka ve Yeni Zelanda'daki, Kretas-Tersiyer sınırına ait kayaçlarda yüksek yoğunlukta iridyum bulunduğunu keşfettiler. Gelin görün ki, bazı göktaşlarında oldukça sık rastlanan iridyum, yer kabuğunda yok denecek kadar nadirdir. Bunun üzerine Alvarez ve ekibi, pek makul bir sonuca vardılar: K-T yatakları, bir asteroit veya kuyruklu yıldız çarpmasından kaynaklanan molozlardan oluşmuştur. İridyum o kadar fazlaydı ki çarpan cisim (genellikle *bolit* olarak adlandırılır) 10 kilometre çapında olmalıydı. Büyük bir kitlesel yok oluşla zamanlama açısından kesişiyor olmasından yola çıkarak, çarpmanın çevrede yarattığı etkilerin yok oluşla sonuçlandığını ileri sürdüler. Türlerin ölümünü, öcelikle, atık bulutu yüzünden karada ve denizde fotosentez faaliyetlerinin durmasına bağladılar.

Alvarez'in makalesine gösterilen yoğun tepki o kadar çok yeni araştırmayı tetikledi ki, K-T sınırı ve kitlesel yok oluş hakkındaki bilgilerimiz benzersiz bir düzeye ulaştı. Dünyanın dört bir yanında bulunan K-T sınırı kayaçlarındaki iridyum yoğunlukları tespit edildi. Daha da önemlisi, şok metamorfozuna uğrayan mineraller ve izotop sinyalleri gibi çarpmaya işaret eden yeni kanıtlara rastlanmıştı; ultra yüksek basınca işaret eden stışovit minarelleri bile bulunmuştu. Dolayısıyla iridyum, artık K-T çarpmasının birçok göstergesinden yalnızca biri haline gelmiştir (üstelik en iyisi de değil).

K-T çarpması olgusu, boyutu ve yaşı doğrulanmış bir kraterin çok faydasını görecektir. Gezegen yüzeyinin büyük kısmı okyanuslar altında kaldığından; kraterlerin burada tespit edilmeleri pek kolay olmadığından; üstelik, Kretas'a ait deniz tabanının büyük bölümü levha tektoniğinin etkisiyle yıkıma uğradığından (veya başka bir levha

tabakasının altına daldığından); bu çoğu jeologlar açısından önemli değildir. Öte yandan paleontologlara bir krater –yani dumanı tüten bir silah– gerekiyor; bir tane bulunanana kadar da Alvarez’in söyledikleri tartışmalı kalmaya devam edecek.

Kayıp krater meselesi çözülmenin eşiğinde olabilir. Bu makaleyi yazdığım 1990 yılının Haziran ayında, bilim çevreleri Karayipler üstüne yazılmış iki yeni raporu hazırlamakla meşguldu. Bunlardan biri, Yukatan’ın altındaki muhtemel krateri inceliyordu; diğeryse, Haiti’deki kayalar tasvir ederek, bunların, muazzam bir çarpmanın akabinde oluşan çökeller olduğunu söylüyordu. *Science* dergisinden Richard Kerr (derginin yazar kadrosundan, bilimci), bu raporlardan birini ele aldığı eleştiri yazısında, “Kretas’ın sonundaki kitlesel yok oluşu tetikleyen unsurun, yeryüzü ve bir asteroit arasındaki çarpışma olduğunu söyleyen kuramla ilgili kanıtlar, elle tutulur bir çarpma alanı bulunduğunda tamamlanmış olacak” diyordu. Kerr, aynı yazının sonunda, “araştırmaya dahil olan bilimcilerden çoğu için kanıtların yeterli olduğunu” ifade ediyordu. Kerr’in yorumu, bana, bu düşüncenin sergilediği gelgitlerin sona ermeye başladığını düşündürüyor. Belki de, önümüzdeki birkaç ay içinde, çarpma-çarpışma bağlantısından şüphe eden tek bir kişi bulmakta bile güçlük çekeceğiz. 1960’larda, levha tektoniği ve kıta kayması kuramları aynen bu şekilde kabul edilmişti.

TÜKENİŞİN DÖNEMSELLİĞİ VE NEMESIS

Birçok insanın kafasında, göktaşı çarpmasını K-T yok oluşunun olası nedeni olarak görmek, bir başka soruna göbekten bağlıdır: Büyük yok oluşların 26 milyon yıllık aralıklarla gerçekleştiği iddiası; oysa bu iki sav birbirinden bağımsızdır.

Jack Sepkoski ile beraber, 1984’te yayımladığımız kısa bir makalede, son 250 milyon yıl boyunca gerçekleşen belli başlı yok oluşlarla ilgili bir istatistiksel analiz sunmuş ve

bu olaylar arasındaki boşluğun saat gibi işlediği, her 26 milyon yılda bir meydana geldikleri sonucuna varmıştık. Bu söylediğimiz çok da yeni bir fikir değildi; aslında tek yaptığımız, A. G. Fischer ve Michael Arthur (her ikisi de Princetonlı) tarafından yedi yıl önce ulaşılmış benzer bir sonucu doğrulamaktı. Jack'le beraber dönemselliği açıklayan nedensel bir mekanizma önermemiştik, fakat bunun, muhtemelen dünya dışından kaynaklandığını ileri sürmüştük.

Vardığımız sonucu kabul eden sayısız astronom, güneş sisteminin veya galaksiyle ilgili mekanizmaların dünyadaki dönemselliği açıkladığını ileri sürdü. En fazla ilgiyi; güneşimizin bir refakatçi yıldızla sahip olduğunu ve bunun, 26 milyon yıl süren yörünge hareketi süresince güneş sisteminin bizim bulunduğumuz tarafına, kuyruklu yıldızları dünyanın üstüne salacak kadar hızla yaklaştığını söyleyen kuram oldu. Çeşit çeşit isimlerin verildiği bu refakatçi yıldız, yaygın olarak Nemesis diye bilinir.

Araştırmalarda ve basında en çok dönemsellik meselesine ve astronomların açıklamalarına yer verildi. İşte en son gelişmelerin kısa bir özeti:

- Yok oluşla ilgili veriler on kişilik bir istatistikçi, jeolog, paleontolog ve astronom ekibiyle yeniden incelendi. Sonuçlar karışık: Ekibin neredeyse yarısı 26 milyon yıllık dönemselliği savunurken (bazı olgularda söz konusu aralıkta ufak düzeltmelere gidilmiştir), öteki yarısı şu veya bu uzunlukta döngülerin bulunduğu na dair ikna edici bir kanıta rastlamamıştır.
- Refakatçi yıldız (Nemesis) ve dönemsellikle ilgili önerilen diğer mekanizmalar, birçok astronom tarafından reddedildi. Nemesis fikri sınıfta kaldı; üstelik, bilgisayar simülasyonları, büyük bir yörünge üzerinde yer alan küçük bir refakatçi yıldızın kararlı durumda kalamayacağını, öteki yıldızların yakınına geldikçe, kolaylıkla kararsızlaşacağını gösteriyordu. Otomatik bir teleskopla yapılan hatırı sayılır araamlara karşın, Nemesis bugüne kadar tespit edilemedi.

Bana soracak olursanız, dönemsellik hâlâ mevcut ve yok oluşun son 250 milyon yıllık tarihini (süregelmiş bir mekanizmadan yoksun da olsa) gayet iyi tasvir ediyor. Tartışma canlılığını büyük ölçüde yitirdi, çünkü taraf olan bilimcilerin çoğu, yok oluş verilerinin dönemsellik göstermediğinde karar kıldı. Ancak, iddia hâlâ yerli yerinde duruyor ve yeni verileri ya da eski verilere getirilecek yeni yaklaşımları bekliyor.

Neyse ki dönemsellik, bu kitaba konu olan mesele bakımından hayati değil. Evrim açısından bakıldığında, yok oluşun düzenli veya düzensiz aralıklarla geliyor oluşu pek bir farklılık yaratmıyor. Yok oluş olayları arasındaki ortalama bekleme süresine dayanan ölüm eğrisi, dönemsellikten hemen hemen bağımsızdır.

KAYNAKLAR VE EK OKUMALAR

- Alvarez, L. W. 1987. "Mass Extinctions Caused by Large Bolide Impacts". *Physics Today*, Haziran, s. 24-33. Çarpmanın yok oluşa neden olduğu iddiasına dair güçlü bir savunma; hem de fikrin babasının kaleminden.
- Glen, W. 1990. "What Killed the Dinosaurs?" *American Scientist*, Temmuz-Ağustos, s. 354-70. Bir bilim tarihçisinin kaleminden, kitlesel yok oluş muammasının dününe ve bugününe dair bir derleme.
- Goldsmith, D. 1985. *Nemesis: The Death Star and Other Theories of Mass Extinction*. New York: Walker. Kitlesel yok oluş hakkındaki rağbet gören değerlendirmelerden biri.
- Hsu, K. J. 1988. *The Great Dying*. Orlando: Harcourt Brace Jovanovich. Charles Darwin'in yok oluşa ve genel anlamda hayata dair düşünme şekilleri üzerindeki etkisini merkeze alan, kitlesel yok oluşlar hakkında okumaya değer bir değerlendirme.
- Kerr, R. A. 1990. "Dinosaur's Death Blow in the Caribbean Sea?" *Science* 248:815. Karayip Havzası'nda çarpma olduğunu gösteren bir kanıtın keşfi üzerine yazılmış bir yorum yazısı.
- Muller, R. 1988. *Nemesis: The Death Star*. New York: Weidenfeld & Nicolson. Nemesis kuramının yaratıcılarından birinin anlatımıyla, K-T yok oluşunun nedenleri hakkında yapılan araştırmanın hikâyesi.

Raup, D. M. 1985. *The Nemesis Affair: A Story of the Death of Dinosaurs and the Ways of Science*. New York: W. W. Norton.

Silver, L. T. ve P.H. Schultz (ed.). 1982. *Geological Implications of Impacts of Large Asteroids and Comets on the Earth*. Geological Society of America, Special Paper 190. Boulder: GSA. 1981'de, Utah, Snowbird'de gerçekleştirilen bir toplantıyı esas alarak bir araya getirilen araştırma makalelerinden önemli bir seçki.

Bir önceki bölümde, on yıldır devam etmekte olan K-T yok oluşuyla ilgili çarpma kuramı tartışmasının çok yakında sona erebileceğini söylemiştim. Kuramı destekleyenler daha önce zaferlerini ilan etmiş de olsa, ileri sürülen görüşün gelgitleri pekâlâ denebilir. Bilim böyledir. Bu noktada, tartışmayı devam ettirmek yerine, daha kapsamlı bir soru sormayı deneyeceğim: Göktaşı çarpması, yaşamın tarihinde meydana gelen tür yok oluşlarının birincil nedeni olabilir mi? Tuhaftır, bu soru öncekilerden daha kolay. Rastlantının büyük pay sahibi olabileceği tekil bir olay hakkında akıl yürütmek yerine, bu bölümde, yok oluşun bütün bir tarihini ve sergilediği şablonları inceleyeceğiz.

OLASILIK SAVLARI

Geçmiş yıllarda meslektaşlarıma, çoğu yok oluşun sorumlusunun göktaşı çarpması olabileceğini defalarca söylemişimdir. Aldığım tepkiler ilginçti. En sık verilen cevap, “Fakat, kitlesel yok oluşlardan bazılarına başka etkenler neden olmuş olamaz mı?” gibilerinden bir şeydi. Ben “yok oluş” dediğimde, beni dinleyenlerin duyduğu “kitlesel yok oluş” oluyordu. Çarpma, kitlesel yok oluşun nedeni olduğunda tartışılabilir bir konu iken, tüm yok oluşların büyük çoğunluğunun nedeni olduğunda, o kadar tuhaf bir şeye dönüşüyordu ki hakkında sarf edilen sözcükler işitilmez oluyordu. 1988’de yok oluş konusunda gerçekleştirilen bir konferansta, çarpışmaya bağlı yok oluşun evrenselliği üstüne bir makale sundum. Fikrin görünüşte iyi karşılanmasının en büyük nedeni, ona fiilen inandığımı söylemek

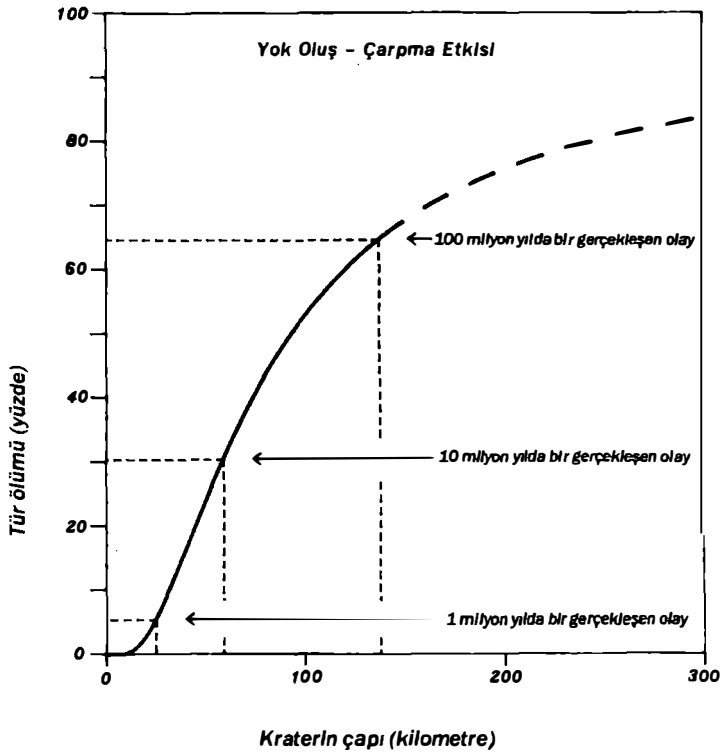
yerine, “kurmaca bir deney” yaftasıyla dinleyici karşısına çıkarmış olmamdı.

Kuyruklu yıldız ve asteroit çarpmalarının, Büyük Beşli’den birine veya daha fazlasına neden olmaktan başka, zemin yok oluşuna da yol açtığını düşünmek akılcı mıdır? Evet, sanırım akılcıdır. Bu kitabın bölümleri boyunca ilerledikçe, doğanın, geniş alanlara yayılmış olan türleri ortadan kaldırmakta çektiği büyük güçlükten çok etkilendim. İnsanlar tarafından avlanana kadar step tavuğu görünüşte güvencedeydi; en azından beşerî zaman cetveli uyarınca. Bu gibi durumlarda, en sık görülen ve hatta belki de gerekli olan hamle, coğrafi menzili daraltacak bir ilk darbedir.

Pleistosen buzullaşması sırasında çevre baskısının hızlı ve şiddetli biçimde artış göstermesi, kayda değer bir yok oluş artışı yaratmadı. Bunu iki şekilde açıklayabiliriz: (1) Yerleşik türlerin menzili dahilinde, türün devamını sağlayacak büyüklükte sığınma noktaları yer alır; (2) Türlerin göçü, çoğunlukla, iklim kuşaklarının veya kıyı çizgilerinin hareketinden daha hızlıdır. Görünüşe göre Pleistosen buzullaşması, çarpıcı sayıda türün ölümüne neden olacak kadar hızlı veya şiddetli değildi. Bu tempoyu ve yoğunluğu aşan öteki normal jeolojik süreçler nelerdir?

Kıta kayması, özellikle büyük kara kitleleri ayrılıp birleştikçe devreye giren tür-yüzölçümü etkisinden ötürü, birkaç olasılıktan biri. Öte yandan, bunun, yok oluşların büyük bölümünü açıklayabileceğini düşünmüyorum. Yedinci Bölüm’de, Panama Kanalı boyunca yaşanan göçün, memeli yok oluşunu nasıl tetiklediğinden bahsetmiştim. Yok oluşlar gerçetti, fakat genellikle ufak çaplıydı ve muazzam sonuçlara yol açmayacak türdendi.

Ölüm eğrisi (Şekil 4-5), *yok oluş* ve *zaman* arasındaki bağlantıyı ortaya koyarken; Shoemaker’ın krater oluşum oranlarıyla ilgili hesaplamaları (Dokuzuncu Bölüm) ise *göktaşı çarpması* ve *zaman* arasındaki ilişkiyi veriyor. Bu iki bağlantıdaki ortak bileşenin zaman olduğunu düşünürsek, büyük bir sıçrama yapıp, tüm tür yok oluşları-



ŞEKİL 10-1. Kuyruklu yıldız veya asteroid çarpması sonucunda oluşan kraterin boyu ile tür yok oluşu arasındaki ilişki. Bu eğri Ölüm eğrisi ile Shoemaker'ın krater oluşum oranına dair ölçümleri -yok oluşun birincil nedeninin çarpmalar olduğunu söyleyen temel varsayıma dayanarak- birleştirilmenin kaçınılmaz bir sonucudur. Bu eğrinin ne derece inandırıcı olduğuyorsa, söz konusu varsayımın geçerliliğinin bir ölçütüdür.

na göktaşı çarpması neden olmuştur gibi bir iddiada (işe yarar bir hipotezde, kurmaca deney önerisinde, kehanette ya da ne isterseniz onu deyin) bulunabiliriz. Bu durumda, her iki bağlantı için geçerli denklemler yazabilir, bunları birleştirebilir ve ortak değişkeni, yani zamanı dışarı alabiliriz. Böylece çarpma ve yok oluşu ilişkilendiren tek bir denklem kalır elimizde. Şekil 10-1'de, bu denkleme ait grafik yer almaktadır; yok oluşun tek nedeninin çarpma olduğu varsayımına dayanarak belli boyutlardaki

bir çarpmanın neden olduğu tür ölümü gösterilmektedir. Eğri, çapı 150 kilometrenin üstündeki kraterleri kapsamaktadır; bu, Shoemaker tarafından hesaplanan krater oluşum oranının sınırındır.

Diğer soruya gelince; çarpmanın etkilerine dair öteki bilgilerle karşılaştırıldığında, Şekil 10-1'deki çarpma-yok oluş eğrisi inandırıcı mıdır? Alvarez ve ekibinin yaptığı çalışmaya göre K-T çarpması, yaklaşık 150 kilometre çapında bir krater bırakmış olmalı; bu nedenle ilgili eğrinin gösterdiği yaklaşık %70'lik tür ölüm oranı, olayla ilgili fosil kayıtlarından elde edilen tür yok oluşu hesaplarına yakın bir düzeyde seyreder. Buraya kadar tamam. Bu düzeyin üstünde, tür ölümleri, krater çapı arttıkça artar, fakat çok yavaş bir artıştır bu. Eğrinin bu kısmı kesikli olduğundan, tam konumu doğru olmayabilir, fakat en azından, yaşamın topyekûn imhası gibi bir öngörüsü yoktur. Bu da, benim başlangıçtaki iddiamı destekliyor, çünkü işin matematiği çok farklı sonuçlar verebilirdi. Sözgelimi, diyelim 200 kilometre çapında bir krater için eğrinin ulaştığı ölüm oranı %100 olabilir, diyebilirdi.

Çarpma-yok oluş eğrisinin alt sınırında, çok küçük çarpmaların (çevresi 10 kilometreyi aşmayan kraterlerin) yarattığı öldürücü etki sifıra yaklaşır. Küçük kraterlerin çoğu, olağan dışı yok oluşlarla bağlantılı olmadıklarından, deneyimizle de çelişmeyen bir sonuçtur bu. Eğriye (ve denklemine) tam olarak bağlı kaldığımızda, %5'lik bir tür yok oluşunun, 24,5 kilometrelik kraterlerle meydana geldiğini ve bunun, ortalama 1 milyon yılda bir yaşandığını görürüz. %5'lik oran, kabaca, normal şartlarda "biyost-ratigrafik kuşak" (küresel veya küresele yakın bir ölçekte, fosillerden yola çıkarak ayırt edilebilen, en küçük jeolojik zaman birimi) olarak tanımlanan yok oluş düzeyine karşılık gelir. Paleontologlar, jeolojik sütunun birçok kısmında, stratigrafik¹ kuşağın ortalama uzunluğunu yaklaşık bir

¹ Stratigrafi (Tabaka Bilim): Yer kabuğunun kısımları olarak ele alınan tabakalı kayaların formasyonlarından, bileşimlerinden,

milyon yıl olarak ölçmüştür.

Yukarıdaki yorumlar, çarpma-yok oluş eğrisinin, hiçbir şekilde neden ve sonuç anlamında geçerli bir önerme olduğunu kanıtlamaz, fakat onu, olabilirlik sınırlarına katmış olur. Eğride, tamamen bağımsız kaynaklardan –kraterlerden ve fosillerden– türetilmiş iki bağlantı bir araya getirilir; ulaşılan sonuçlar yine de anlamlıdır. Bu da, bir kez daha, yok oluşun genel nedeninin çarpmalar olduğu değerlendirmesini güçlendirmektedir.

GÖZLEMDEN DOĞAN ÖNERMELER

Ele almamız gereken sıradaki konu, çarpma tarihleri ve yok oluş arasında gerçekten bir örtüşme olup olmadığıdır. İki yaklaşım deneyeceğim. Biri, son on yılda yayınlanmış olan iridyum verilerine bakmak olacak. Çarpmaya dair iridyumdan daha iyi göstergeler mevcut, fakat şimdiye kadar en fazla incelenmiş olan özellik bu. İkincisiyse, bilinen kraterlerin yaşına bakıp yok oluşla çakışıp çakışmadıklarını görmek olacak.

K-T sınırından başka, iridyum anomalilerinin belgelendiği altı jeolojik düzlem var:

<i>Jeolojik Evre</i>	<i>Iridyum Anomalisinin Yaşı (günümüzden milyon yıl önce)</i>
Pliyosen (Tersiyer)	3
Orta Miyosen (Tersiyer)	12
Eosen (Tersiyer)	35
[K-T sınırı 65]	
Senomaniyen (Kretas)	90
Kallovien (Jura)	157
Frasniyen (Devoniyen)	367

istiflenmelerinden, ve korelasyonlarından söz eden; bir alan veya bölgedeki kayaları nitelik, kalınlık, istiflenme, yaş ve korelasyon yönlerinden ele alan tasvirici jeoloji bölümüdür —*ed. notu.*

Söz konusu altı anomalinin, çarpma-yok oluş bağlantısını destekleyip desteklemediği tartışmalıdır; üstelik bu, birçok etkene bağlıdır. İridyum anomalilerinin en eskisi, Frasnien, Büyük Beşli'ye mensup bir kitlesel yok oluşla çakışır. Bir sonraki, Kalloviyen, büyük bir yok oluş olmakla birlikte, orta ve üst Jura arasındaki, fosillere dayalı sınırı gösterir. Bunu izleyen Senomaniyen, iyi bilinen, fakat uzunca bir süre, okyanuslardaki oksijen tükenmesini (anoksi) gösteren kanıtlarla ilişkilendirilmiş bir yok oluş olayıdır. Üzerinde çalışılmış bir diğer yok oluş, Eosen, pek büyük değildir; o da bir çarpmanın varlığına dair kanıtlar sunar. Bundan bir sonraki, Orta Miyosen, Sepkoski'nin veri tabanındaki yok oluş zirvesiyle kesişir, fakat paleontologlar arasında büyük bir olay olarak tanınmaz. Eğer en sonuncusuna, coğrafi olarak konumlandırılabilmiş bir anomali olan Pliyosen'e eşlik eden bir yok oluş varsa, bu, küçük çaplı olmalıdır. Başka bir deyişle iridyum kayıtları, karma bir bavuldur; çarpma-yok oluş bağlantısına verdiği destek, meşru tartışmalara açıktır.

İridyum verilerinin peşini bırakmayan iki önemli sorun vardır. Birincisi; anomalilerin çoğu, bilinen yok oluş zamanlarının taranması sonucunda ortaya çıkarılmıştır. İridyum analizlerinin ne kadar masraflı ve vakit alan araştırmalar olduğu düşünülürse, bu anlaşılır bir durumdur. Bir şeyi nerede bulmayı umarsan, ilk önce oraya bakarsın. Ancak, elinizde yok oluşun söz konusu olmadığı zamanlarda iridyumun da *olmadığına* ilişkin veriler yoksa, düzgün bir bağlantı kurmanız mümkün olmaz. Daha geniş bir zemine dayanan çalışmalar yapılmıyor değil, fakat iridyum ve yok oluş arasında kesin bir bağlantı olduğunu söylemek için çok erken.

İkinci sorun ise şu: En son saptanan altı iridyum anomalisinden üçü, iridyumun, stromatolit (tortu parçacıklarını içine hapseden mikrobik örtü) adı verilen fosillerde sıkışmış olduğunu gösteriyor. Yüksek iridyum konsantrasyonunun, yalnızca, organizmaların deniz suyunda doğal olarak oluşan eser miktardaki bileşenleri soğurma

yetilerine bağlı olduğu ileri sürülebilir; hatta sürülmüştür de. Dolayısıyla, iridyumun, uzaydan gelen cisimlerle hiçbir ilgisi bulunmayabilir. Öte yandan, organizmalarda normal aşan miktarlardaki iridyum, bu elementin deniz suyundaki yoğunluğunun, bir göktaşı çarpması sonucunda yükselmiş olmasından kaynaklanıyordur belki de, kimbilir.

Büyük yok oluşlar arasında, göktaşı çarpmasıyla ilgili herhangi bir kanıt rastlanmamış olanlar var mıdır? Evet, hem de bir sürü. Bunların en bilineni ve bütün yok oluşların büyük büyük dedesi Permiyen'e dair bir çarpma izine rastlamak için yürütülen onca çaba sonuçsuz kalmıştır. Çarpma-yok oluş bağlantısını destekleyen birinin yapabileceği en iyi savunma, birçok büyük çarpmanın, özellikle de buzlu kuyrukluysıldızların, beraberinde iridyum getirmemiş olduğuna dikkat çekmektir. Dahası, içlerinde sıkışmış iridyum bulunan Permiyen kayaçları belki de bir zamanlar var olmuş ve erozyonla kaybedilmiştir; çarpmadan kaynaklanan atık çökelmesinin oldukça kısa sürdüğünü düşünülürse, bu, makul bir olasılık olarak görülebilir.

Bugünkü kraterlere dönüp bakacak olursak, yok oluşla kesişen büyük kraterlere dair etkileyici bir liste devşirmek mümkün, fakat bir o kadar sönük bir liste de çıkarılabilir ortaya. Şimdi söz savunmanın; tarafların kendi savlarını ileri sürdüğü iki savunma metni var karşımızda.

YOK OLUŞ KRATERLERE BAĞLIDIR

Grieve ve Robertson tarafından kaleme alınmış yetkin değerlendirmeye göre çapı en az 32 kilometre olan, yaşları ise Kambriyen başlangıcından sonrasına dayanan on bir krater keşfedilmiştir. 32 kilometrelik altsınır anlamlıdır; üstelik bu, tam da şekil 10-1'deki darbe-yok oluş eğrisinde gösterildiği üzere, türlerin %10'unun tükenmesine yol açabilecek bir boyuttur. Söz konusu on bir krater arasından dokuzu için makul bir jeolojik tarihlendirme yapılabilmiştir. Bunlardan çoğunun jeolojik yaşı, büyük yok oluşlarla aşağı yukarı çakışmaktadır.

Aşağıda gösterildiği üzere, Büyük Beşli olarak adlan-

dırılan gruptaki kitlesel yok oluşlardan üçüyle bağlatılı büyük kraterler mevcuttur. Belirtilen yaşlar, belirsizlik düzeyi bir olgudan diğerine değişkenlik gösteriyor olsa da, en olası (tercih edilen) yaşlardır.

Büyük kraterlerin korunmuş olma ve keşfedilme ihtimallerinin ne kadar düşük olduğu hesaba katılacak olursa, Büyük Beşli'den üçüyle çakışan kraterlerin varlığı oldukça şaşırtıcıdır. Aslında bu öylesine yüksek bir orandır ki, her bir kitlesel yok oluşun tek bir çarpmadan ziyade, yoğunlaşmış bir cisim yağmurlarından (muhtemelen kuyrukluysıldızlardı bunlar) kaynaklandığından, böylece kraterlerden en az birinin korunma ihtimalinin arttığından şüphelenilebilir. Kuyrukluysıldız yağmurları, uzun zamandır, rasgele yıldız geçişlerinin kuyrukluysıldız yörüngelerinde neden olduğu bozulmanın muhtemel sonucu olarak kabul edilmektedir.

Kraterlerin yaşlarıyla çakışan daha birçok küçük çaplı yok oluş olayı vardır. Sovyetler Birliği'ndeki devasa Popigay Krateri (100 kilometre) günümüzden 39 milyon yıl (artı/eksi 9 milyon yıl) öncesine aittir; bu, günümüzden 35 milyon yıl önce gerçekleşen Eosen sonu yok oluşunu rahatlıkla içine alan bir zaman aralığıdır. Bundan başka, günümüzden 290 milyon yıl (artı/eksi 20 milyon yıl) önce aynı anda oluşmuş, Kanada'daki Clearwater Kraterleri (32 ve 22 kilometrelik) var. Bu tarihle ilgili büyük belirsizlikler mevcut, fakat Harland'ın 1989 tarihli zaman cetvelini esas alacak olursak, Karbonifer dönemini sona erdiren yok oluşla tam olarak çakışan bir tarihtir bu.

<i>Krater (Çap)</i>	<i>Yaş</i>	<i>Yaş</i>	<i>Kitlesel Yok Oluş</i>
Manson, Iowa (32 km)	65	65	Kretas-Tersiyer Sınırı
Manicouagan, Kanada (100 km)	210	208	Triasik-Jura Sınırı
Charlevoix, Kanada (46 km)	360		
Siljan, İsveç (52 km)	368	367	Frasniyen-Fameniyon Sınırı (Devonian)

Yok oluş tarihleriyle örtüşmeyen birkaç krater hakkında daha fazla araştırma yapmak gerekiyor. Ne olursa olsun, bunların sayısı, kraterler ve yok oluşlar arasındaki güçlü ilişkiye gölge düşürebilecek kadar çok değil.

Çapı 32 kilometreyi aşmayan daha küçük kraterler, jeolojik kayıtlarda oldukça yaygın olmakla birlikte, bilinen yok oluşlarla nadiren ilişkilendirilmişlerdir. Almanya'daki Ries Krateri (24 kilometre) ve onun yakınlarındaki Steinheim Krateri (3,4 kilometre) bunun olası istisnalarıdır. Her ikisi de tam olarak günümüzden 14,8 milyon yıl (artı/eksi 0,7 milyon yıl) öncesine dayanır; bu, Orta Miyosen'in sonunda (günümüzden 12 milyon yıl önce) gerçekleşen küçük çaplı yok oluş olayına yakın bir tarih.

İkna oldunuz mu?

YOK OLUŞ KRATERLERE BAĞLI DEĞİLDİR

Yok oluş olayları esas itibarıyla sayılabilir değildir; üstelik yok oluşun yoğunluğundaki sürekliliği sınıflara ya da kategorilere ayırmanın mantıkla bağdaşır bir yolu da yoktur. Büyük Beşli'nin ötekilerden ayrı olması, biz öyle dediğimiz içindir. Dolayısıyla, beşinden üçünün kraterlerle bağlantısı varmış gibi gözüküyorsa da, yok oluşla ilgili başka sınıflandırma tiplerini devreye soktuğumuzda bu bağlantı geçersizleşir. Örneğin, biri kalkıp da kitlesel yok oluşları en büyük beş olay yerine en büyük on olay şeklinde tanımlayacak olursa, kraterlerle çakışan yok oluşların oranı çarpıcı bir düşüş gösterecektir. Başka bir deyişle, yok oluşla ilgili sınıflandırmanın keyfi niteliğinden ötürü, farkına varmadan yanlış sonuçlara ulaşmamız ya da istatistik testleriyle ilgili herhangi bir sonucun akla aykırılığı kaçınılmazdır.

Bütün yok oluşların en büyüğünü (Permiyen olayı) destekleyen bir göktaşı çarpmasına dair hiçbir kanıt yoktur; başka etkenlerden kaynaklanmış olmalı.

Çarpma ve yok oluş tarihlendirmelerinin içerdiği belirsizlikler herkesin malumudur. Kraterlerin yaş tespiti için yapılan radyometrik ölçümler, birçok farklı kaynağa

bağlı hatalar içerebilir; birtakım eksi artı değer aralıkları genellikle veriliyor olsa da, hatanın kaynağı veya hata ölçümleriyle ilgili yöntemler nadiren söylenir. İfade edilen hatalar cüzi değerler olarak kabul edilse bile, krater yaşlarıyla ilgili belirsizlikler çoğu zaman öyle büyüktür ki, bunların yok oluş tarihleriyle yapılacak karşılaştırmalarda kullanılması mümkün olmaz. Örneğin, 360 milyon yıl yaşındaki Charlevoix kraterinin yayımlanan belirsizlik düzeyi, 25 milyon yıldır, yani Charlevoix, günümüzden 335 ila 385 milyon yıl öncesinde bir yerlerde oluşmuş olabilir. 367 milyon yıl önceki Frasnien yok oluşu da dahil olmak üzere birçok yok oluş olayı barındıran bir zaman aralığından söz ediyoruz.

Krater tarihlendirmesi için belirsiz sözcüğünü kullanıyorsak, yok oluş için daha beterini bulmalıyız. Jura'yı sona erdiren yok oluşun tarihini ele alalım; çarpma-yok oluş bağlantısının savunucularının atladığı önemli bir yok oluş olayı bu (Titonien olayı). Son on yılda yayımlanmış belli başlı beş jeolojik zaman cetvelinde Jura'nın sonu için verilen tarih 130 milyon yıl öncesinden 145,6 milyon yıl öncesine kadar değişiyor.

Tarihlendirme sorunlarının ışığında, krater yaşları ile yok oluş tarihlerini ilişkilendirme çabalarından hiçbiri anlamlı gözüküyor. Al birini vur ötekine.

Kraterlerin boyutu da bir sorun, çünkü saptanan tarihlere denk düşen bir yok oluş söz konusu olmadığı için hak ettikleri ilgiyi görmeyen iki büyük krater var: Nova Scotia kıta sahanlığı açıklarında bulunan Montagnais Krateri ile Avustralya'nın Queensland şehrindeki Tukumuka Krateri. 51 milyon yıl yaşındaki Montagnais'nin çapı 45 kilometre; 128 milyon yıl yaşındaki Tukumuka'nınki ise 55 kilometre. Her ikisi de kayda değer biyolojik etki oluşturmak için gerekli kabul edilen 32 kilometrelik alt sınırın epey üzerinde. Oysa ikisinin de bağlantılı olduğu belirgin bir yok oluş olayı yok; sadece, Harland'ın 1982 tarihli zaman cetvelini esas alan bir kişi, Jura sonundaki yok oluşla (yukarıda) Tukumuka arasında yaklaşık bir çakışma olduğunu ileri sürmüştü.

Kendisiyle ilişkilendirilen bir yok oluş olayı bulunma-

yan tek bir büyük kraterin varlığı bile yeterince kesin bir çelişkidir. Eğer, ileri sürüldüğü gibi, büyük bir çarpmanın sonunda açığa çıkan enerji mutlaka çok sayıda türün yok oluşuyla sonuçlanacaksa; o halde yok oluş, sadece bazı ya da birçok büyük çarpma ile değil, tüm büyük çarpmalarla ilişkilendirilmelidir. Geleneksel istatistiksel düşüncenin kendine yer bulamadığı durumlardan biridir bu.

Kanıtlardan yola çıkarsak, kraterler ve yok oluşlar arasındaki var gibi gözükken çakışmanın rastlantıya, örneklem kümesinin küçüklüğüne ve belki biraz da veri seçimindeki (şüphesiz farkında olmaksızın) taraflılığa bağlı olduğu sonucuna varmak zorundayız.

DEĞERLENDİRME

Bilim dünyasında yayın haline getirilen araştırma makaleleri, genellikle birtakım savlarla ilgili savunmalardan ibarettir. Bilim yazınında bilinmezlik veya belirsizlik nadiren açık edilir. Avukatların yazdığı dava fezlekelerinde olduğu gibi, olabilecek en güçlü savunma, tüm sonuçları destekleyecek şekilde hazırlanmış olandır. Bu iş nasıl başlamış bilmiyorum, ama kültürümüzün bir parçası olduğu kesin. Birtakım getirileri varsa da, bilim çevrelerini zor araştırma konuları söz konusu olduğunda kutuplaşmaya itmek gibi olumsuz bir etkisi de var; kesin bir cevabı olmayan, tartışılmayı ve alternatif varsayımların tümünün incelenmesini gerektiren konulardan söz ediyorum.

Ruh halime göre, her iki savunma metninden birini destekleyebilirim. Bu daha çok verilerin nasıl seçildiğine ve düzenlendiğine bağlı. İlk açıklama insanı baştan çıkartacak kadar iyimser; ilerideki araştırmalar için pozitif bir çağrı sunuyor. İkincisi daha muhafazakâr ve olumsuz bir açıklama; onu savunanın da bütün bir düşünceyi gözden düşürmek için açıkça uğraştığını görüyorsunuz. İlk açıklamanın sahibi daha iyi bir insan gibi sanki, fakat saf mantıktan şaşmayan ve her adımın dikkatli bir şekilde doğrulanmasında ısrar eden biri; ikincisi muhtemelen

daha iyi bir bilimci.

Dikkat edin, her iki savunmacı da derdini anlatmak için bazı oyun ve hilelere başvuruyor. Gözlemler konusunda varılan fikir birliğine sırtını dayayan ilki, Montagnais ve Tukunuka kraterlerini görmezden geliyor; ikincisi ise bunların bilhassa önemli karşı-örnekler olduğu düşünceyle bu iki krater üzerinde duruyor. İlk araştırmacının bu kraterlerden haberi olmayabilir; sonuçta en son hazırlanan küresel krater derlemesinde bu ikisine yer verilmemiş (Grieve ve Robertson, 1987). Literatür taraması konusunda her iki tarafta da görülen eksiklik dehşet verici. Son olarak, ikinci araştırmacı tarafından, çarpma kaynaklı yok oluşu savunanların farkına varamadıkları bir taraflılık içinde oldukları şeklindeki (iki defa dile getirdiği) iddia, üzeri pek de örtülemeyecek bir sahtekârlık ithamı anlamına geliyor. Bu türden kinayelerin bilim yazınında yeri yok.

KAYNAKLAR VE EK OKUMALAR

- Azimov, I. 1979. *A Choice of Catastrophes*. New York. Simon and Schuster. Çöken yıldızlardan, aşırı nüfusun salıncalarına kadar, yeryüzünde yanlış gidebilecek her türden şeyin ayrıntılı bir özeti.
- Calder, N. 1980. *The Comet is Coming!* New York: Viking Press. Halley kuyruklu yıldızı üzerinde özellikle duran, kuyruklu yıldızlar hakkında mükemmel bir anlatı; ayrıca, Alvarez'in araştırmasının ilk dönemlerine dair harika bir de değerlendirme içeriyor.
- Grieve, R. A. F. ve P.B. Robertson. 1987. *Terrestrial Impact Structures*. Geological Survey of Canada (Ottawa), Harita 1658A. Yeryüzündeki, meteor krateri olduğu doğrulanmış 116 noktayı gösteren renkli bir duvar haritası.
- Sharpton, V. L. ve P. D. Ward. 1990. *Global Catastrophes in Earth History*. Geological Society of America, Special Paper 247. Boulder: GSA. Ekim 1988'de, Utah, Snowbird'de gerçekleştirilen, yok oluş konulu önemli bir konferansın tutanakları.

BİR NESİL NASIL TÜKENİR

Yok oluş zorlu bir araştırma konusudur. Eleştirel deneylere açık değildir; çıkarımların tümü, genel kuramlara dayanan ön kabullerden fazlasıyla etkilenir. Her şeye rağmen yok oluş hakkında söyleyebileceğimiz bazı şeyler var; bunlar, fosillerde ve yaşayan organizmalarda yürütülmüş somut gözlemler üstüne temellenen şeylerdir. Benim önerim şöyle:

1. *Türler geçicidir.* Karmaşık canlı türlerinden hiçbiri, yaşamın tarihinin küçük bir parçasından daha uzun bir müddet boyunca var olmamıştır. Bir tür için on milyon yıllık varoluş süresi olağan dışı uzunluktadır; oysa bu, canlılığın yeryüzündeki mevcudiyetinin sadece %0,25'idir. Kimi zaman, ortadan kaybolmalara sebebiyet veren şey sahte yok oluşlardır, yani bir türün bir başkasına filetik dönüşümü; yine de gerçek yok oluşların yaygınlığı da bir gerçek. Dinozorlar, trilobitler, ammonitler; bunlar, geride kimseyi bırakmadan ölüp giden, tür sayısı kalabalık gruplardan bazıları.
2. *Küçük popülasyonlu türler kolay ölür.* Üçüncü Bölüm'deki Kumarbazın İflası tartışmasından çıkan sonuç bu. Ayrıca, türler –dış dünyadan yalıtılmış haldeki adalarda yaşayan küçük popülasyonlar gibi– genellikle küçük sayılarla yola koyulduğundan, doğum anlarında ölüme çok yakın olurlar; üstelik genç türün üstüne titreyen bir anne babası da yoktur başında. Yedinci Bölüm'de ifade ettiğimiz gibi, türü oluşturan bireylerin sayısı, asgari yaşayabilir popülasyon (AYP) düzeyinin altındaysa, çok geçmeden yok oluşa maruz kalması muhtemeldir, ama sadece muhtemel.

3. *Yaygın türler zor ölür.* Tür yok oluşları, ancak ve ancak, döl verebilen tüm popülasyonlar ortadan kaldığı vakit tamamlanmış olur. Yırtıcıların bütün bir menzil üzerinde etkili olması gerekir; yalnızca büyük bölümü üzerinde hâkimiyet kurmaları yetmez. Aynı şey, rekabetin neden olduğu yok oluş durumunda da geçerlidir. Diyelim ki yok oluşa neden olan etken, fiziksel bir rahatsızlık olsun; bu öldürücü koşulun, ilgili türün yaşadığı her bir alanda kendini göstermesi gerekir.
4. *Yaygın türlerin yok oluşu, bir ilk darbe varlığında kolaylaşır.* Yaygın türlerin direnci, ancak, aşırı baskının (ister biyolojik, ister fiziksel) çok geniş bir alana, aniden uygulanması sonucunda kırılabilir. Yedinci Bölüm'de, step tavuğu örneğinden çıkardığımız bir dersti bu. İlk darbenin bir gereklilik olduğu haller de söz konusu olabilir, fakat bu, kanıtlanmış değildir.
5. *Yaygın türlerin yok oluşu, türlerin olağan koşullarda tecrübe etmedikleri baskılarla karşılaşmaları durumunda kolaylaşır.* Bitki ve hayvanların çoğunda, içinde bulundukları çevrenin olağan iniş çıkışlarına karşı savunma yöntemleri evrimleşmiştir. Tekil organizmaların yaşam süreleri kısıtlı da olsa, başarılı türler, 1.000 yıllık, hatta 100.000 yıllık olayları tecrübe edecek –ve bunlardan sağ çıkabilecek– kadar uzun yaşamıştır. Fakat bir türün daha önce hiç karşılaşmadığı bir baskı unsuruna maruz kalması yok oluşla sonuçlanabilir; Dördüncü Bölüm'deki ölüm eğrisini hatırlayın. Daha büyük yok oluş olayları arasındaki ortalama zaman aralığı onlarca milyon yılla ölçülürken, çok daha kısa zaman aralıklarında gerçekleşen yok oluşlar kayda değer sayılmazdı. Darvinci evrim anlayışı, doğal seçilimin *aralıksız* uyguladığı baskıya dayandığından, organizmalar nadiren karşılaştıkları koşullara uyum sağlayamaz.
6. *Birçok türün aynı anda yok olması, farklı ekolojik hatları kesen baskı unsurları gerektirir.* Aşırıya varmayan birçok yok oluş mekanizması, tekil ekosistemlerle ya da yaşam alanlarıyla sınırlıdır. Öteki uçtaysa etkisi tek bir türle sınırlı salgın hastalıklar yer alır. Bütün bir eko-

sistemin çöküşüne neden olan yok oluş mekanizmaları bile, birden fazla yaşam alanını nadiren etkiler. Fakat fosil kayıtlarında görülen daha büyük yok oluşların daha yayılmacı olduğu açıktır.

Bu altı maddeden beşincisi, yani “olağan” baskı unsurlarının yaygın türleri ortadan kaldıramayacağı şeklindeki önerme tartışmaya açıktır; olası istisnalardan biri salgın hastalıklar.

Hastalıkların, geniş alanlar boyunca türleri hızla kırıp geçirdiği durumlar sıklıkla belgelenmiştir; insan türünün, vebaya neden olan değişik organizmaların saldırısına uğraması da bunlardan biridir. Öte yandan, Amerikan kestanesi örneğindeki gibi, bütün bir türün hastalık sebebiyle yok oluş girdabına kapıldığı örnekler bulmak kolay da olsa, hastalık sebebiyle, küresel düzeyde gerçekleşen, topyekûn bir yok oluşa sürüklenen yaygın tür örnekleri aslında son derece nadirdir.

Amerikan kestanesi, bir zamanlar ABD’nin kuzeydoğusuna özgü meşe-ceviz ormanlarının en yüksek ağaçlarındandı. 1906’da, bölgenin tamamına yayılan (Çin’den yanlışlıkla getirilmiş) bir mantar türü, bütün büyük kestane ağaçlarını öldürdü, fakat bu ağaçların kökleri mantara dirençli olduklarından, bu tür, söz konusu coğrafi menzil boyunca hayatta kaldı. Kestaneler, alt bitki örtüsünün yaygın bir bileşeni artık; mantara kurban gitmeden evvel boyları yaklaşık altı metreyi buluyordu. Dolayısıyla, sık sık hastalık kaynaklı yok oluş vakası olarak gösterilen bu örnekte, söz konusu tür aslında hâlâ geniş bir alana yayılmış bulunmakta ve kararlı bir popülasyon yapısı göstermektedir. Geriye, kestanenin bir alt bitki örtüsü türü olarak mı kalacağı, yoksa, mantara direnç geliştirerek ilk haline geri mi döneceğini bekleyip görmek kalıyor.

Hastalık kaynaklı yok oluşun fillen var olmaması, belki de gayet basit bir nedenden, insan uygarlığının bunu gözlemlemek için birkaç bin yıldan fazlasına sahip olmamasından kaynaklanıyordur. Öyleyse, salgın hasta-

lıkların, yaygın türleri öldürme potansiyeli kanıtlanamadığından, “olağan” baskı unsurları arasında yer almaya devam ediyor.

Yavaş ilerleyen, hafif bir baskının yok oluşla sonuçlanacağı şeklindeki kavramsallaştırma, Darvinci paradigmanın bir parçasıdır. *Türlerin Kökeni*’nde Darwin, yüzeyinde bir sürü çentik bulunan ağaç kütüğü mecazını kullanmıştı. En son atılan çentikler, yeni evrimleşmiş olan türlere karşılık geliyordu. Çentikler (türler) haddinden fazla kalabalıklaşınca, her yeni gelen, eskilerden birini yerinden edip dışarıda bırakıyordu. Bu, açıkça şu anlamı geliyor: Yeni gelen –ve daha iyi uyum sağlayan– türün uyguladığı baskı, temel türlerden en az birini yok oluşa sürüklüyor. İlgi çekici bir düşüncedir bu; üstelik kimbilir kaç nesil biyoloji öğrencisi tarafından da hatmedilmiştir. Ancak, mevcut saha verileriyle doğrulanabilmiş bir bilgi olduğu söylenemez.

Yukarıdaki yaklaşımı kabul edecek olursak, geçmişteki yok oluşları açıklamak üzere, gerçekten de daha önce görülmemiş, yayılmacı bir nitelik sergileyen etkenler arayıp bulmamız gerekir. Bana göre, etraflıca ele alınmış adaylar arasında, inandırıcı bir mekanizma sunan yegâne etken, göktaşı çarpmasıdır. Bunun için gerekli olan enerjiye yalnızca büyük çarpmalar sahip olabilir: Bu işi görece kadar sık meydana geldiği bilinen, fakat yine de doğal seçim yoluyla adaptasyona köstek olacak kadar nadir gerçekleşen olaylardır bunlar.

İLKEİZ YOK OLUŞ

Soğuk savaşın en şiddetli zamanlarında, 1950’li ve 60’lı yıllarda insanlar, radyoaktif serpentinin sağlık üzerindeki etkilerine fena halde kafayı takmışlardı. Bu yüzden, yüksek dozlarda iyonlaşmış radyasyonun fizyolojik etkileri hakkında geniş çaplı araştırmalar yapılmıştı. En büyük ilgiyi radyasyonun akut etkileri görüyordu, yani uzun vadede kalıtsal etkilerinden çok, yarattığı bedensel hasar.

Araştırmalar sonucunda, radyasyonun her türlü bitki ve hayvanda bıraktığı bedensel hasarla ilgili birçok veri elde edildi. Muhtemelen hücre bölünme hızındaki doğal varyasyonla ilişkili nedenlerden ötürü, öteki organizmaları dosdoğru öldüren radyasyon dozları, bazı organizmaları hiç mi hiç etkilemiyordu. Örneğin, böceklerin ve otların direnci, memelilerden çok daha fazlaydı.

Şimdi yine kurmaca bir deney yapalım: Yeryüzünün dışuzaydan, mesela yakınlardaki bir süpernovadan gelen doğal dozlarda yüksek enerjili radyasyona maruz kaldığını düşünün. Az önce belirtilen araştırma sonuçlarından yola çıkarak, yerin üstünde yaşayan tüm memeliler için kesinlikle ölümcül olacak bir radyasyon düzeyi hesaplamak mümkündür. Öte yandan aynı doz, böceklerle ve otlara zarar vermeyecek. Hesaplarımızın noktası virgülüne kesin olması gerekmiyor; zira bütün bu grupların gösterdiği hassasiyet derecesi birbirinden çok farklıdır.

Varsayımsal süpernovamız büyük bir yok oluş olayına yol açacaktır. Öte yandan ölümler son derece seçici olacaktır; olaya kurban gidenler, söz konusu radyasyon dozunun kendileri için ölümcül olan organizmalar olacaktır; mesela kara memelileri. Memeliler sınıfındaki türlerin tümünün yok olup olmayacağı, saçılımın süresine, memelinin çukur kazma becerisine ya da korunma amacıyla mağarada/oyuklarda yaşama yetisine ve yok oluşun, ekosistemin daha geniş çaplı dimanikleri üzerindeki etkisine (örneğin daha evvel, olayın kurbanlarına bağlı olarak yaşayan türlerin hangileri olduğuna) bağlı olacaktır. Her halükârda, suyun perdeleyici etkisinden ötürü deniz memelileri (balinalar, yunuslar ve diğerleri) muhtemelen hayatta kalacaktır. Yok oluş, sınıf düzeyinde tamamlanmış olsun olmasın, memelileri ve diğer hassas hayvanları kırıp geçecek; geriye, oraya buraya dağılmış, atipik yaşam biçimi sergileyen tek tük türler kalacaktır, fakat böcekler, otlar ve hassasiyet göstermeyen ötekiler, yok oluşu neredeyse fark etmeyecektir bile.

Ürettiğim hayali senaryonun, seçicilik düzeyi son de-

rece yüksek bir yok oluş ortaya çıkarmakla birlikte, organizmaların normal durumlardaki uyum sağlama yetileriyle (yani üreme başarılarıyla) pek ilgisi yoktur. Böceklerin yüksek enerjili radyasyona gösterdiği direnç, doğal seçim yoluyla adaptasyona örnek değildir; çünkü yeryüzü tarihi boyunca normal radyasyon düzeyi, nükleer serpinti senaryosundaki düzeyin çok çok altında seyretmiştir. Hatta böceklerin gösterdiği direnç, evrimin rastlantısal bir yan ürünüdür.

Bu tür yok oluşlar yapıcı olmaktan ziyade seçicidir; organizmaları, doğal ortamlarında hayatta kalma konusunda daha mahir yaratıklara dönüştürmez (şayet, “ileri sürdüğümüz radyasyon düzeylerinin yeryüzü tarihi boyunca görülme sıklıkları, doğal seçilimin hammaddesi olamayacak kadar azdır” şeklindeki varsayımı kabul edersek). Bu gibi yapıcı olmayan, seçici yok oluşlara, *ilkesiz* yok oluş diyorum; sözcüğün İngilizcedeki karşılığı olan *wanton* kelimesinin asıl anlamından yola çıkarak elbette: *wanton*; disiplinsiz veya kuralsız anlamına gelir.

YOK OLUŞUN EVRİMDEKİ ROLÜ

Fosil kayıtlarında, büyük kitlesel yok oluşları birçok adaptasyon yeniliği izler; yani yeni ailelerin ve takımların ortaya çıkışına eşlik eden türleşme patlamaları. Buna verilen klasik örnek, dinozorların yok oluşunun hemen akabinde serpilen memelilerdir. Bu etkinin en bariz şekilde kendini gösterdiği dönemler Büyük Beşli’yi oluşturan kitlesel yok oluşlar sonrasında gelmiş olsa da, öteki ölçeklerde de benzer bir şablonla karşılaşmak mümkündür.

Birinci Bölüm’de, tür yok oluşu olmadığında, biyoçeşitliliğin belli bir doyum noktasına ulaşana kadar yükseleceğini ve izleyen süreçte türleşmenin durmak zorunda kalacağını ileri sürdüm. Doğal seçim, doyma noktasında da işlemeye devam edecek, daha ileri adaptasyon şekilleri gelişmeyi sürdürecektir. Ancak, yeni vücut tasarımları

ya da yeni yaşam biçimleri gibi evrimsel yeniliklerin çoğu muhtemelen ortaya çıkmayacaktır. Sonuç, evrimde yavaşlama ve bir tür denge-hali koşullarına yaklaşma olacaktır. Bu görüş uyarınca evrim açısından yok oluşun esas görevi, türleri elemeye tabi tutmak, böylelikle biyoçeşitliliği azaltarak, ekolojik ve coğrafi alanı yeniliklere elverişli hale getirmektir.

Yok oluşla ilerleyen evrimin ilginç bir istisnası vardır: Kambriyen öncesi döneme hükmeden bakterilere ve diğer ilkel organizmalara ait kayıtlar (İkinci Bölüm). Öyle görünüyor ki bu organizmalar, yeryüzündeki uzatmalı mevcudiyetleri süresince pek fazla değişime uğramamışlardır. En eski fosillerin birçoğunu, şekil ve yapı bakımından bugünkü muadillerinden ayırt etmek mümkün değildir, fakat bu, biyokimyasal değişimlere uğramadıkları anlamına gelmez. Şayet bu organizmalar neredeyse hiç değişmedilerse, bu durumu, yok oluşa hiçbir zaman daha karmaşık organizmalar kadar yatkın olmadıkları şeklinde açıklayabiliriz belki de. Bilhassa bakteriler uç koşullar dahil her türlü ortamda yaşayabilir ve genellikle de kolay kolay ölmezler.

NASA ve dünyadışı yaşamın –özellikle de zekâ sahibi yaşamın– peşinde koşan diğer kuruluşlar, yok oluşun evrim açısından sergilediği önemi kabul etmişlerdir. Daha yirmi yıl önce, ileri yaşam biçimlerinin evrimi için en iyisinin kararlı gezegen koşulları olduğunu düşünüyorduk. Oysa NASA artık açıkça çevre koşullarındaki düzensizliğin, yok oluşa neden olacak ve böylece türleşmeyi tetikleyecek düzeyde mevcut olduğu gezegenlere yöneliyor.

Seçicilik, yok oluşun evrimdeki görevini yerine getirmesi açısından önemli midir? Kitap boyunca, farklı bağlamlara oturan üç yok oluş biçimi gördük:

1. *Mayın Tarlası*: Üreme başarısındaki farklılıkların önemli olmadığı rastlantısal yok oluş.
2. *Adil oyun*: Üreme bakımından en başarılı veya çevreye en fazla uyum sağlamış türlerin sağkalımıyla sonuçla-

nan, Darvinci anlamda seçici yok oluş.

3. *İlkesiz yok oluş*: Bazı organizma türlerinin öncelikli olarak hayatta kaldığı, fakat bunun, olağan çevrelere daha iyi uyum sağladıkları için gerçekleşmediği, seçici yok oluş.

Şüphesiz üçü de, belli zamanlarda ve belli ölçeklerde iş görür, fakat üçüncüsünün, yani ilkesiz yok oluşun, yaşamın fosil kayıtlarına geçen tarihini üreten temel bileşen olduğunu ileri süreceğim.

Ancak öncelikle, *filogenetik kısıtlama* olarak adlandırılan kavrama açıklama getirmem gerekiyor. Bu, evrim gruplarının zaman içinde anatomik kararlılığa doğru ilerlediği şeklindeki saptamayla ilgili bir ifadedir. Bazı büyüme yolları genetik olarak sabitlenir. Organizma açısından o kadar temel bir hale gelir ki, bu noktada bir değişim olasılık dışı, adeta imkânsız kılınmıştır. Büyümeyle ilişkili “montaj hattı” o kadar karmaşık bir düzenlenişe sahiptir ki, meydana gelecek her türden kayda değer değişim, hattın sil baştan tasarlanmasını gerektirir; dolayısıyla evrim, var olan yapı üzerinde meydana gelecek nispeten ufak varyasyonlarla kısıtlanmıştır. Filogenetik kısıtlamadan ötürü bir memelinin ilave bir bacağa sahip olması ya da sindirim sisteminde bazı temel değişikliklere gitmesi son derece güçtür.

Peki, kısıtlamalar bütünüyle etkin olduysa, yeni vücut planları ya da yeni fizyolojiler nasıl ortaya çıkabildi? Evrim biyologlarının kafasını uzunca bir müddet karıştıran bu sorunun iki olası yanıtı var. Bir defa, evrimsel yenilik genellikle atasal grubun daha küçük, daha basit ve daha az özelleşmiş üyelerinde, yani filogenetik kısıtlama yükü asgari düzeyde olan türlerde ortaya çıkar. İkincisi, genellikle yok oluşun ardından gelen türleşme patlamaları birçok fırsat sunar; böylece en azından tek bir yeni vücut planının ya da fizyolojinin başarıya ulaşma şansı artar.

Şimdi yukarıda bahsettiğim üç yok oluş biçimine geri döneyim. Mayın Tarlası modelinde, trilobitler ve ammonit-

ler gibi, benzer ve akraba türlerden oluşan büyük gruplar, kalabalık oldukları için *daima hayatta kalacaklardır*. Daha da basitleştirmek için dünyanın iki organizmadan ibaret olduğunu varsayın: kırmızılar ve yeşiller. Ayrıca, her biri için tür sayısının 10 milyon olduğunu kabul edin. Yirmi milyon türün (rengine dikkat edilmeksizin) rasgele %99,9'u ölse bile, her iki renkten de birçok bireyin –bu örnek için her birinden yaklaşık 10.000 tanesinin– hayatta kalma şansı çok yüksektir. Daha önceki bölümlerde tartıştığımız trilobit yok oluşundan çıkardığımız ders şuydu: Kambriyen'de birçok tür bulunduğunu ve Mayın Tarlası yok oluşunu göz önünde bulundurduğumuzda, bütün trilobitlerin 325 milyon yılda sırf şansları yaver gitmediği için ölmüş olması matematiksel açıdan inanılır değildir.

Geçmişte yeni adaptasyon olasılıklarının ortaya çıkışı, ancak belli bir coğrafi menzili ya da yaşam biçimini boydan boya kaplayan bütün tür gruplarının ortadan kalkmasıyla mümkün olmuştur. Dolayısıyla, kayıtlara bir açıklama getirecekse şayet, yok oluşun seçici olması gerekir.

Söz konusu seçiciliğin temelde ilkesiz bir çeşitlilik gösterdiğine kanaat getirdim. Eğer yok oluş, hayatta kalanların hayatta kalmayı hak ettiği, kurbanlarınsa kurban olmayı hak ettiği, adil bir oyun olsaydı, elimizdekinden daha farklı bir evrim kaydına sahip olurduk.

Tropikal bölgelerdeki deniz resiflerinin tarihinden bahsetmiştim (Şekil 2-2). Birçok farklı organizma türü, şu veya bu zamanda, tropikal resiflerin dış iskeletini oluşturma rolünü üstlenmiştir. Bu türlerden birinin, yerini bir başkasına bırakması, genellikle, en yüzeydekilerin oluşturduğu resiflerin tümünün ortadan kalkmasının ardından gerçekleşir. Eğer yok oluş adil bir oyun olsaydı, sanırım resif toplulukları Fanerozoik devrin ilk dönemlerinde, iskelet yapıcı türlerden birinin (o sıralar etrafta kim varsa, onlardan en iyisinin) baskın gelmesiyle yerleşikleşirdi. Baskın türün mutlaka en elverişli organizma olması gerekmiyor, fakat her halükârda varlığı, yeni ve farklı organizmaların belini kıracaktı. Bu senaryoda da tropikal

resifler eksik olmayacak; hatta belki de bir ekosistem kadar mükemmel işleyeceklerdi. Fakat evrimin sergileyeceği çeşitlilik asla bilinemeyecekti.

Buradan yola çıkarak, yok oluşun evrim için gerekli olduğu sonucuna varıyorum; ve de sürece hâkim olan yok oluş biçiminin, büyük ihtimalle, organizmaların üreme başarısına büyük ölçüde duyarsız kalan seçici yok oluş (ilkesiz yok oluş) olduğunu söylüyorum. Stephen Jay Gould ve diğerlerinin altını çizdiği gibi, yok oluş tamamıyla adil bir oyun olsaydı, muhtemelen bizler var olmayacaktık.

Bütün bu söylediklerimiz, yok oluşun sadece yeryüzünde oynadığı rol açısından doğru olabilir; yani farklı gezegen koşullarında iş gören benzer bir biyolojik sistem, bundan çok farklı bir biçimde evrimleşebilir. Hem Mayın Tarlası, hem adil oyun, uygun bir fiziksel çevrede tam olarak işleyebilir; yine de elde edilen sonuçlar, bizim burada, bu dünyada elde ettiklerimiz kadar ilgi çekici olmayacaktır.

GENLER Mİ, KÖTÜ ŞANSIMIZ MI?

Yok oluş, şüphesiz, kötü genlerin ve kötü şansın bir birleşimidir. Bazı türler ölür, çünkü normal yaşam alanlarıyla başa çıkamazlar veya daha üstün birtakım rakipler ya da avcılar onları dışarı iter. Fakat, bu kitaptan da açıkça anlaşılacağı üzere, türlerin çoğunun şanssız oldukları için öldüğünü düşünüyorum. Öldüler, çünkü o zamana kadarki evrimleri boyunca meydana gelmesini beklemedikleri biyolojik veya fiziksel bir baskı unsuruna maruz kaldılar ve uyum sağlamalarına yardımcı olacak Darvinci doğal seçim için yeterli zamanları yoktu.

Bir savunma yapmam gerekirse, tek söyleyebileceğim: Genlerin suçu yok, kötü olan şans! Umarım okuyucu bu ifadedeki belirsizlikleri fark eder. Kötü şansı kötü genlere yeğlemek, ileri sürebileceğim en iyi tahmin. Meslektaşlarımla çoğu benimle aynı fikirde; öte yandan paleontologların ve biyologların çoğu, hâlâ, üreme bakımından en başarılı

türleri kayıran yapıcı bir güç olduğu yönündeki daha Darvini yok oluş yaklaşımını benimsemeyi sürdürüyor.

Kötü şansa dayalı yok oluş Darwin'in doğal seçilimine karşı bir meydan okuma mıdır? Değildir. Doğal seçim, hâlâ, gözler ya da kanatlar gibi karmaşık adaptasyonlara getirilebilecek tek geçerli ve doğalcı açıklama olma özelliğini koruyor. Doğal seçim olmasaydı bugün var olamazdık. Kötü şansa bağlı yok oluşun evrim sürecine katkısı, tekil türlerin kendi aralarında çiftleşerek çoğaldığı yerel popülasyonlar yerine, tür, aile ve sınıf düzeylerinde de iş gören bir unsur eklemiş olmasıdır. Başka bir deyişle, Darvencilik hâlâ taze, hâlâ iyi hoş, fakat, bir başına işleyerek yaşamın bugünkü çeşitliliğini üretmesinin mümkün olmadığını düşünüyorum.

BUGÜNKÜ YOK OLUŞLARA DAİR BİR HATIRLATMA

Bu kitapta ele alınan birçok konu, tehlike altındaki türler ve biyoçeşitlilikteki azalma gibi konulara son derece duyarlı günümüz okuru açısından biraz itici kaçabilir. Yerleşik türleri ortadan kaldırmak gerçekten hiç de kolay değilse, yaşam alanlarında yaratılan şuncacık harabiyet ya da aşırı avlanmanın etkileri neden bu kadar canımızı sıksın ki? Birkaç şekilde cevap vereyim buna.

Step tavuğu örneğinin açıkça gösterdiği gibi, insan faaliyetleri, türlerin coğrafi menzilini daraltan ilk darbeyi indirerek, başka nedenlerden kaynaklanabilecek yok oluşu olası hale getirir. Bu da tehlike altındaki türlerle ilgili mevcut kaygıları haklı çıkarır, çünkü insan türü düzenli olarak ilk darbe dediğimiz etkiyi üretir; oysa doğa ilk darbeleri ancak milyonlarca yıllık aralıklarla sunar.

Yok oluş ve biyoçeşitlilikteki azalmaya dair mevcut kaygılar, büyük ölçüde, *bütün* türlerin önemli ve korunmaya değer oldukları inancına dayanır. Bu düşünce, farklı ahlaki, estetik ve yararcı düzlemlerde doğrulanmış olup, tümü de insana özgü bir bakış açısı bağlamında geçerlidir. Eğer kendinizi tüm türlerin korunmasına ada-

mışsanız, birkaç dönüm arazinin otopark alanı inşa etmek için betonla kaplanması sizin için önemli hale gelir. Türlerin çoğunun coğrafi menzili dar olduğundan, yerel yaşam alanlarının tahribatı ister istemez çok sayıda türün ortadan kalkmasına neden olacaktır; tıpkı doğal afetlerin, yerel türleri silip süpürmesi gibi. Fakat benim bu kitaptaki amacım, yaşamın milyonlarca yıllık tarihi boyunca başrolü kapmış oyunculara odaklanmaktır; bu da kaçınılmaz olarak, yaygın türlere ve bunların yok oluşa gösterdiği şaşırtıcı dirence daha fazla ağırlık vermemi gerektirdi.

SONSÖZ: SEÇTİĞİMİZ GEZEĞEN GÜVENLİ Mİ?

Fosil kayıtları, çöküşlerine kadar gayet iyi idare etmiş birçok türün yok olduğunu ortaya koyuyor. Onlardan herhangi bir farkımız var mı? Doğanın her zamanki iniş çıkışlarıyla başa çıkma yeteneğimiz tecrübeyle sabit olsa da, biz *homo sapiens*’ler, doğal sebeplerle ortaya çıkan ve hepimizin canına okuyabilecek bir ilk darbeye karşı savunmasız mıyız? Yoksa daha düşük şiddetteki bir ilk darbe –topyekûn bir yok oluş hariç– insan uygarlığı dediğimiz şeyi yerle bir eder mi?

Geçmişteki yok oluşların göktaşı çarpmasından kaynaklandığını ister düşünelim ister düşünmeyelim; kuyruklu yıldız ve asteroit çarpması riski, bugünkü çevre koşullarının bir bileşenidir. Mesele, bu riskin, öteki gündelik tehlikelerle karşılaştırıldığında, kaygıları haklı çıkaracak kadar büyük bir risk teşkil edip etmediğidir. Eğer ediyorsa, bu konuda yapabileceğimiz bir şey var mı?

Bu soruları yanıtlamak için çok uğraşılar. 1981’de Jet Fırlatma Laboratuvarı, Kolorado’nun Snowmass kasabasında, Gene Shoemaker’ın başkanlık ettiği bir konferans düzenledi. Toplantıya alanının en iyi güneş sistemi astronomları, astrojeologları, mühendisleri ve havacılık uzmanları katıldı. Snowmass toplantısının sonunda bir rapor hazırlandı hazırlanmasına, fakat sorumluların, dünyayı kesen yörüngelerde yeni asteroitler aramak gibi başka projelerle meşgul olmasından olacak, asla yayımlanmadı. Neyse ki Clark Chapman ve David Morrison’ın kaleme aldıkları *Cosmic Catastrophes* [Kozmik Felaketler] kitabının Birinci Bölüm’ünde, ilk ağızdan sunulan bir özet bulmak mümkün.

Bizim veya çocuklarımızın, o da olmadı torunlarımızın hayatta olduğu süre içinde, dünyaya yıkıcı bir asteroit veya kuyrukluyıldız çarpması olasılığı nedir? Bir açıdan, göktaşı çarpmasına kurban giden bir insan daha önce hiç bildirilmemiş, dolayısıyla kayda değer bir risk söz konusu değil. Öte yandan, 1908'de gerçekleşen Tunguska olayı (bkz. Dokuzuncu Bölüm) koskoca bir şehri yutabilirdi. Burada açığa çıkan enerji, 20 megaton TNT'ye, yani Hiroşima'ya atılan atom bombasının (13 kiloton) bin katına eşdeğerdir. Isaac Asimov'un hesaplamalarına göre, Tunguska kuyrukluyıldızı altı saat sonra (yani dünya bir çeyrek dönüş daha yaptığında) çarpsaymış, St. Petersburg (Leningrad) şehrini haritadan silebilirmiş.

Dünyanın herhangi bir noktasında, Tunguska çapındaki (ya da daha büyük) olayların her 300 yılda bir gerçekleştiği tahmin ediliyor. Bu hesap yanlış değilse, insanlığın yazılı tarihi boyunca bir düzineden fazla Tunguska gerçekleşmiş olmalı. Dünya yüzeyinin (okyanuslar dahil) bu süre boyunca ne kadar az nüfus barındırdığını düşünecek olursak, bizim bunlardan sadece birinden haberdar olmamız da şaşırtıcı değil. Dolayısıyla, şehirleri yerle bir edecek büyüklükte olaylar arasındaki fiili bekleme süresi, 300 yıldan çok daha fazladır.

Öte yandan, bir risk değerlendirme yaklaşımı daha var: Snowmass katılımcıları, "uygarlık yıkan" çarpmaların, ortalama her 300.000 yılda bir gerçekleştiği sonucuna varmışlardı. Böylesi bir çarpmanın açığa çıkaracağı enerji yaklaşık 100.000 megatona eşdeğerdir; Tunguska'nın 8.000 katından, Hiroşima'nın 8 milyon katından fazla. "Uygarlık yıkıcı" şu anlama geliyor: O kadar büyük bir yıkım gerçekleşir ki, Karanlık Çağlara (ya da muhtemelen Taş Devri'ne) benzer uzun bir dönem yaşanır.

Şayet olaylar arasındaki ortalama mesafe 300.000 yıl ise, belli bir yılda uygarlığın yıkılma olasılığı $1/300.000$ 'dir. Yetmiş beş yıl yaşayan bir insanın bununla karşılaşma riski $1/4.000$ 'dir. Bu da bizi, öteki doğal ya da insan yapımı felaketler yelpazesine götürüyor. Chapman ve Morrison,

Cosmic Catastrophes'da bazı ilginç karşılaştırmalar sunuyorlar. Belirttiklerine göre, yaşam süresi normal sınırlar içinde kalan bir insanın, uygarlık yıkıcı bir felaketle karşılaşma olasılığı, uçak kazasında ölme riskinden çok daha fazla, elektrik çarpmasından ölme riskiyle aynı ve kaza kurşununa kurban gitme riskinin üçte biri kadardır.

Snowmass katılımcıları, risk değerlendirmesi konusuna kafa patlatırken, çarpma olasılıklarının, gerçekten güvenilir bir bilgi sunma konusunda ne kadar zayıf kaldığına dikkat çekmeye özen gösterdiler. Uygarlık yıkıcı bir olayın gerçekleşme olasılığıyla ilgili yapılabilecek en iyi tahmin 1/300.000 olarak hesaplanmış olmakla birlikte, Snowmass grubu, gerçek oranın 1/10.000 ila 1/1.000.000 arasında bir yerde olduğu sonucuna varmıştır. Bilgisizliğimiz bir ölçüde kuyrukluyıldız ve asteroit toplulukları (ve bunların yörüngeleri) hakkındaki bilgilerimizin yetersiz oluşundan, bir ölçüde de bunların çevre üzerindeki etkilerini bilmeyişimizden kaynaklanıyor.

Belirsizlik, Gene Shoemaker'ın büyük kraterlerin zamanlaması konusunda verdiği 2 katsayısı tahmininin (Dokuzuncu Bölüm) çok daha üzerindedir. Tuhaftır, büyük kraterler için yapılan tahminler, küçük çarpmalar için olanlardan çok daha güvenilir; zira küçük olanların arkalarında bıraktığı bir jeolojik kayıt bulunmuyor.

Şurası açık ki, insan topluluklarının içinde bulunduğu risk düzeyi kimine önemsiz, kimine kayda değer gelecektir: Bu, sizin neyi büyük bir felaket olarak gördüğünüze ve aritmetiğe nasıl yaklaştığınıza göre değişir. Bana sorarsanız kıl payı atlatmışız. Kabul edilebilir ve kabul edilemez riskleri birbirinden ayıran sınırın hangi yanında-
yız bilmiyorum. Chapman ve Morrison da bu konuda ihtiyatlı: Snowmass ölçümlerine kalırsa, yıkıcı bir çarpmaya bağlı ölüm riskinin (kişi başı), "TCE'ye [trikloroetilen, bir karsinojendir], asbestli yalıtıma, sakarine, maytaplara ya da nükleer güce" bağlı ölümlerden daha *yüksek* olduğunu, fakat sigaraya ve araba kazalarına bağlı ölüm riskinin hâlâ *altında* kaldığını belirtiyorlar.

Bütün bu meselede birçok şey, çarpmanın önlenabilir olup olmadığına bağlı. Bu da beraberinde başka soruları getiriyor: Olası bir çarpma konusunda uyarılabilir miyiz? Cevap evet ise, bu çarpmayı önlemek için yapabileceğimiz bir şey var mı? Yeterince zamanımız olacak mı?

Yörüngeleri dünyayla çakışan büyük asteroitlerin (>1 km) yalnızca yaklaşık %5'inin keşfedildiği tahmin ediliyor. Bu %5'lik kısmın yörüngeleri konusunda, yıllarca, hatta on yıllarca öncesinden uyarılabilecek yeterlilikte bilgi sahibiyiz. Ancak, keşfedilmeyi bekleyen %95 için uyarılma süresi hiç de uzun olmayacak; üstelik her şey, yaklaşmakta olan cismin o an tespit edilebilmesine bağlı olacak.

Mart 1989'da dünya yine direktten döndü. Çapı bir kilometrenin en az üçte biri kadar olan bir asteroit, dünya ve ay arasındaki mesafenin yaklaşık iki katı bir uzaklıktan geçip gitti. 1989FC adı verilen bu asteroit, dünyanın yanından geçtikten ancak günler sonra fark edilebildi. Asteroitleri tespit etmede kullanılan rutin yöntem, kırk beş dakika arayla çekilen gökyüzü fotoğraflarının karşılaştırılmasıdır. Dünyanın dönüşüne bağlı olarak yıldızlarda meydana gelen olağan yer değiştirmeler düzeltildikten sonra, asteroit (ya da kuyruklu yıldız), bir fotoğraftan diğerine kayma gösteren bir ışık noktası şeklinde gözükür. Dünyaya doğru gelen bir nesne söz konusu olduğunda ise, yer değiştirme görülemeyecek, dolayısıyla nesne muhtemelen fark edilemeyecektir. Ne ironi!

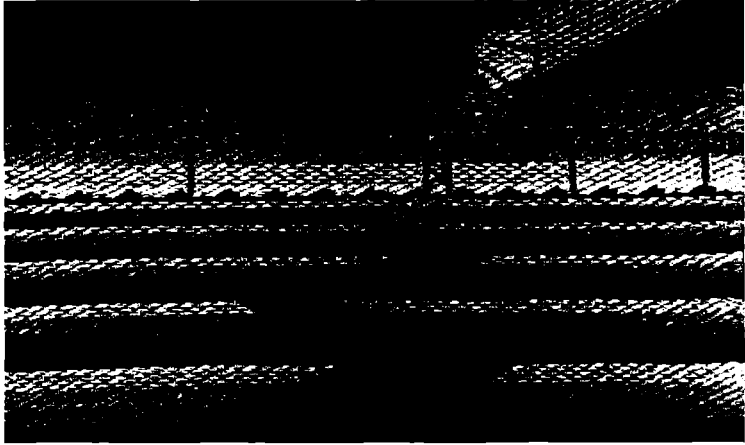
Şunu demek istiyorum: Uyarı süresi, işe yarar bir cevap ya da tepki vermek için yeterli gelmeyebilir. Yine de hâlâ iyimser bakanlar var. Amerikan Havacılık ve Uzay Enstitüsü'nün (American Institute of Aeronautics and Astronautics, AIAA) Mayıs 1990'da yayımladığı durum raporunda, güneş sistemindeki, yörüngeleri dünyayla çakışan nesneler hakkında daha fazla bilgi toplanması ve çarpmanın öngörüldüğü hallerde, söz konusu nesnelerin "yönünü değiştirecek veya bunları imha edecek yöntemlerin" keşfini amaçlayan ciddi çalışmalar yapılması (ve bun-

lara bütçe ayrılması) hararetle savunulmuştur. AIAA'nın bildirisi, Ulusal Uzay Araştırmaları Konseyi'ne başkanlık eden, ABD (eski) başkan yardımcısı Quayle tarafında da desteklenmiştir. Bir kere daha, söz konusu olgunun, güçlü mü zayıf mı olduğu, kısaca nasıl algılandığı, çarpma olasılıklarıyla ilgili mevcut tahminlerin doğruluğunun nasıl değerlendirildiğine bağlı olarak değişir.

Aşağı tükürsen sakal, yukarı tükürsen bıyık: Çarpma oranlarıyla ilgili daha fazla araştırma yapmadıkça, gezegenimizin ne derece güvenli (ya da güvensiz) olduğunu asla bilemeyeceğiz, fakat çarpmanın toplumsal düzeyde yaratacağı riskin ne denli ciddi olduğuna dair güçlü kanıtlar sunmaksızın da, bu tür araştırmalara bütçe ayrılmasını meşru kılmak zor. Kendimize seçtiğimiz gezegen güvenli mi, hâlâ bilmiyoruz.

KAYNAKLAR VE EK OKUMALAR

- Chapman, C. R. ve D. Morrison. 1989. *Cosmic Catastrophes*. New York: Plenum Press. Dünyanın evrendeki yerine dair gayet güzel yazılmış etkin bir anlatı; ciddi göktaşı çarpmasının bugünkü tehlikeleriyle ilgili bir tartışma da barındırıyor.
- Morrison, D. ve C. R. Chapman. 1990. "Target Earth: It Will Happen". *Sky and Telescope*, Mart, s. 261-265. Ciddi bir çarpmanın olabilirliğiyle ilgili başka tartışmalar.
- Trefil, J. S. 1989. "Craters, the Terrestrial Calling Cards". *Smithsonian*, Eylül, s. 80-93. Kuyrukluysıldızları, asteroitleri ve bunların açtığı kraterleri ele alan mükemmel bir inceleme.



“Son Sözü Doğa Söyler”, Sheila O'Hara, 1989.

Japonya doğumlu Sheila O'Hara, California'da güzel sanatlar eğitimi almıştır; dokuduğu yaratıcı duvar örtülerinin ünü uluslararası boyuttadır. Derin Ironi ve mizahla yüklü kuvvetli tarzı, ABD ve başka ülkelerde hem şirketler hem de bireyleri yüksek meblağlar ödeyecek kadar cezbetmiştir. İkametgâh adresi: 7101 Thorndale Drive, Oakland, CA 94611.

DİZİN

- 1989FC (asteroit) 190
ABD 64, 105, 149, 154, 177,
191, 192
AIDS 116
alg 36
Alvarez, Luis W. 25, 69, 88,
108, 154, 157
Alvarez, Walter 69, 88, 158,
159, 166
Amazon Havzası 133
Amerikan Havacılık ve Uzay
Enstitüsü (AIAA) 190,
191
Amerikan keşanesi 177
ammonitler 72, 96, 175, 182
Anderson, S. 63, 68, 142, 151
antropomorfizm 113
Arthur, Michael 160
Asaro, Frank 69, 157
Asgari Yaşayabilir Popülasyon
(AYP) 123, 125, 126,
128, 175
Asimov, Isaac 188
Associated Press 69
asteroitler 187
aşırı değer istatistiği 85
atlar 90, 132
atmosfer 35
Avustralya 33, 35, 91, 172
bakteriler 33, 181
Barringer krateri (Meteor
krateri) 113, 153, 155
baskın kuramı 146
Bermuda 116
Biarritz 81
biçicilik 37
Billingham, J. 151
biyoçeşitlilik ix, 24, 30, 31,
37, 133
biyoloji 20, 27, 38, 56, 67,
178
biyostratigrafik kuşak 166
bolit 158
böcekler 43, 48, 65, 113, 179
Britannica Ansiklopedisi 25
Burgess Şisti 36, 51
Calder, N. 174
Chapman, Clark x, 187, 188,
189, 191
Charlevoix krateri 172
Clarkson, Euan 43, 51
Clearwater kraterleri 170
Clemens, William 95, 96,
101, 107
Cloud, P. E. 51
Copper, P. 46, 51
Cosmic Catastrophes
(Chapman ve Morrison)
187, 189, 191
Cousteau, Jacques 38
Cowan, Richard 137, 138,
151
Cuppy, Will 20, 32, 59
çarpma-yokoluş eğrisi 166
Çin 81, 91, 177
Danimarka 158
Darvinci evrim 176
Darwin, Charles 20, 23, 32,
66, 126, 161, 178, 185
Dekan 149
deniz kabukluları 72
deniz kestaneleri 72
deniz yıldızı 43
Descartes, René 44, 51
develer 132
Diamond, Jared 120, 127,
128
dinozorlar 21, 29, 103
Discover 69
doğal seçim 20, 66, 178,
180, 184
Dubins, L.E. 68

- Ehrlich, P. R. 117
 eklembacaklılar 18
 ekoloji 37, 123, 126, 127
 erozyon 18, 138
 Erwin, T. L. 32
Essay on the Principle of Population (Malthus) 66, 68
 evrim 21, 23, 24, 25, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 39, 41, 42, 43, 48, 49, 50, 51, 56, 58, 59, 126, 176, 181, 182, 183, 184, 185
 filetik dönüşüm 23, 24
 filogenetik kısıtlama 182
 Fischer, A. G. 160
 Flessa, Karl 144, 145, 151
 foraminiferler 73
 fotosentez 33, 158
 Galton, Francis 67, 68
 genetik sürüklenme 124
 genler ix, 19, 90
 genom 124
 Glen, W. xii, 161
 Goldsmith, D. 161
 Gore, Rick 88
 Gould, Stephen Jay xv, 20, 36, 39, 51, 69, 184
 göktaşı 25, 113, 114, 117, 152, 154, 159, 163, 164, 165, 169, 171, 178, 187, 188, 191
 göktaşı çarpması 114, 117, 163, 164, 165, 169
 Grieve, R. A. F. 169, 174
 Gumbel, E. J. 88
 güneş 45, 69, 148, 149, 150, 152, 157, 160, 187, 190
 güneş sistemi 69, 148, 187
 Haiti 159
 Halliday, T. 135
 Harland, W. B. 51, 170, 172
 Hayden Gözlem Evi 152
 HIV virüsü 116
 Hindistan 149
History of Life (Cowan) 89, 107
homo sapiens 41
How to Become Extinct (Cuppy) 20, 32, 59
 Hsu, K. J. 161
 Huygens, Christian 44, 51
 ırk 28
 ihtiyozorlar 72
 iklim 45, 94, 117, 118, 135, 136, 137, 138, 141, 143, 144, 147, 148, 164
 İlk darbe 122, 123, 145, 176, 185, 187
 ilkesiz yokoluş 180, 184
 iridyum 158, 167, 168, 169
 İskandinavya 139
 İsveç 91, 170
 İtalya 158
 Jablonski, Dave x, 89, 106, 107, 144, 145, 151
 jeolojik zaman cetveli vii, 71
 Jet Fırlatma Laboratuvarı 187
 Jones, J. K. 63, 68, 110
 kalsiyum karbonat 36
 Kambriyen patlaması 36
 kanser 63
 Karayipler 159
 kasırgalar 18, 83
 kemikli balıklar 72
 Kerr, Richard 159, 161
 kertenkele benzeri sürüngenler 102
 keseliler 131
 "kesintili denge" kuramı 20
 Keyfitz, Nathan 17, 32
 Kipling, Rudyard 111
 kitlesel yokoluş XII, 22, 26, 45, 69, 70, 80, 81, 83, 87, 92, 95, 106, 145, 147, 158, 161, 163, 180
 Klein, C. 52

- Klein, R. G. 107
 koruma biyolojisi 123
 kötü genler ix, 19
 Krakatoa püskürmesi 148
 Kretas dönemi 70, 72
 Kretas-Tersiyer sınırı 80
 K-T kitlesel yok oluşu 157
 K-T sınırı 73, 79, 158, 167
 Kumarbazın İflası problemi
 vii, 34, 53, 54, 55, 58,
 62, 64, 123, 128, 175
 kuş benzeri sürüngenler 102
 kuşlar 21, 42, 126
 kuvartz 153
 kuyrukluyıldızlar 150, 155,
 174
 küçük popülasyonlar 123,
 124, 175
 LaBarbera 94, 95, 96, 107
 La Brea katran çukurları 38,
 91
 Levi-Setti, Riccardo 43, 44,
 51
 MacArthur, Robert 93, 107,
 110, 123, 135
 Madagaskar 91
 Malthus, Thomas 66, 67, 68
 Margulis, L. 51
 Marshall, L. G. 135
 Martha'nın Üzüm Bağı 121,
 122, 124
 Martin, Paul 92, 93, 107
 Mayın Tarlası senaryosu 75,
 76, 77, 78, 90, 181,
 182, 183, 184
 McLaren, Digby 26, 27, 73
 melezleşme 28, 42
 memeliler 30, 42, 65, 92, 107,
 126, 128, 132, 179
 Michel, Helen V. 69, 88, 157
 Milne, D.H. 151
 Mitchum, R.M. 151
 Montagnais krateri 156, 172
 Morrison, David 187, 188,
 189, 191
 mozazorlar 39, 72
 Muller, R. 161
 Namibya 152
 NASA ix, 49, 151, 181
National Geographic 69, 88,
 157
 Nemesis vi, 69, 158, 160,
 161, 162
Nemesis Affair, The (Raup)
 158, 162
 Niklas, K. 151
 Nitecki, M. H. x, 51, 117
 nüfus artışı 17, 67
 oksijen 35, 138, 142, 168
 okyanuslar 38, 158, 188
 omurgasızlar 96
 Orta Trias 45
 ökaryotlar 35
 ölüm eğrisi vii, 87, 161
 öripteridler 96
 Padian, K. 52, 151
 Page Müzesi 91
 paleontoloji 35
 Panama Kanalı 141, 164
 pavuryalar 116
 Permien dönemi 77
 planktonik foramlar 73, 74
 Pleistosen yok oluşu 93
 pleziozorlar 72
 Popigay krateri 170
 Pteranodon 47
 Quayle, Dan 191
 rasgele yürüyüş 56, 60, 67,
 104
 Raup, D. M. iv, XIII, XIV,
 32, 52, 77, 88, 89, 107,
 135, 151, 162
 rekabet 22, 29, 112, 113,
 126, 127, 128
 Ries krateri 171
 Robertson, P.B. 169, 174
 rudist resifler 47
 sağkalım 17, 29, 95, 105, 126

- salyangozlar 72
 Savage, L. J. 68
 Schopf, Tom 52, 105, 107
 Schultz, P. H. 107, 162
Science 88, 135, 159, 161, 162
 seçicilik 78, 90, 91, 92, 101, 103, 106, 107, 179
 SETI (Dünya Dışı Zekâ Arama) (NASA) 49
 Sharpton, V. L. 174
 Shoemaker, Eugene x, 154, 155, 156, 164, 165, 166, 187, 189
 Sibirya 91, 156
 Silver, L. T. 107, 162
 Simberloff, Dan 120, 122, 123, 124, 125, 134, 135
 Snake nehri 149
 Soule, M. E. 135, 136
 Sovyetler Birliği 170
 sölekant balığı 49
 Sprigg, R. C. 35
 Stanley, Steven 37, 52, 117, 147
 Steinheim krateri 171
 step tavuğu 121, 124, 164, 176
 stišovit 153, 158
 stromatolit 168
 süngerler 47, 72, 125
 süpernova 150
 sürüngeñler 31, 39, 42, 47, 48, 50, 102
 taksonomik seçicilik 103, 107
 Tazmanya 126
 tehlike altındaki türler ix, 185
 Terborgh, John 127, 128, 130, 136
 tersine seyreltme 76, 77
 Thompson, S. 151
 Trefil, J. S. 191
 trilobitler 19, 38, 175, 182
 Trinidad 126, 127, 128, 130
 tropik resifler 38, 44
 Tukunuka krateri 172
 Tunguska Olayı 156, 188
Türlerin Kökeni (Darwin) 29, 178
 türleşme 23, 24, 28, 30, 37, 56, 59, 60, 61, 103, 104, 135, 143, 180, 182
 tür yok oluşu 76, 86, 108, 165, 166, 180
 tür-yüzölçümü etkisi 130, 131, 143
 uçan sürüngeñler (pterozorlar) 31, 47
 "Uğruna Ölünecek Asteroit" (Gould) 69
 uydu fotoğrafları 153
 Uydurma Açıklamalar vi, 111, 112
 üreme 19, 27, 28, 29, 30, 37, 123, 180, 184
 üreme deneyleri 29
 Vail eğrisi 139
 Vail, P. R. 151
 Valentine, Jim 34, 52
 volkan faaliyetleri 113, 114, 149
 Ward, P. D. 174
 Watson, H. W. 67, 68
 Webb, S. D. 135
 Wilson, E. O. 32, 123, 135
 Winter, Blair 127, 128, 130, 136
Wonderful Life (Gould) 36, 51
 yağmur ormanları 39, 132, 133, 136
 yansıtıcı sınır 55
 yarasalar 59
 yaşam vii, 19, 20, 32, 33, 34, 36, 45, 50, 51, 61, 62, 63, 75, 90, 104, 109, 110, 119, 120, 122, 127, 128, 130, 142, 144, 150,

- 157, 176, 177, 179, 181,
183, 184, 185, 186, 189
yaşayan fosiller 20, 50
yazı tura atmak 53
yengeçler 43, 116
Yeni Gine 28
Yeni Zelanda 158
yırtıcılık 93
yok oluşun biyolojik nedenleri
126
yok oluşun seçiciliği 106
Yukatan 159
yumuşakçalar 72
yutucu sınır 55, 56
zekâ 48, 181
zemin yok oluşu 23, 84, 86,
88, 138
Ziegler, Fred 133, 136
Zumaya 81

Yok Oluş, yaşamın yeryüzündeki tarihini konu almaktadır ve biyolojik kökenlerimizin, en az evrenimizin fiziksel kökenleri kadar önemli ve ilginç olduğu inancıyla yazılmıştır. Kitap bütünüyle, organik evrimin az ilgi gören bir yüzü olan yok oluş, yani tür ölümü üstünde durmaktadır. Ortaya attığı temel soru şudur: Jeolojik geçmişte ölmüş olan milyarlarca tür, sırf yeterli olmadıkları için mi (kötü genler yüzünden mi), yoksa yalnızca yanlış zamanda yanlış yerde oldukları için mi (kötü şans yüzünden mi) yok oldu? Türler hayatta kalmak için mücadele mi eder yoksa kumar mı oynar? Bu soru başka bir soruyu daha doğurmaktadır: Bizler, doğal bir üstünlükten ötürü mü buradayız (serçe parmakla birleşebilen başparmaklarımız, büyük beyinlerimiz gibi), yoksa sadece şanslı olduğumuzdan mı? Diğer bir ifadeyle, en uygun olan hayatta kalır doktrininin üzerine basa basa söylediği gibi, yaşamın evrimi gerçekten de adil bir oyun mu?

PROF. DAVID M. RAUP (1933-) Chicago Üniversitesi'nde paleontologdur. Fosil kayıtları ve yeryüzündeki hayatın çeşitliliği ve türsel yok oluş olaylarını aydınlatma konusunda çalışmalar yapmaktadır. Başlıca kitapları: *The Nemesis Affair: A Story of the Death of Dinosaurs and the Ways of Science*, 1999; *Principles of Paleontology*, 1978 (Steven M. Stanley ile birlikte).

