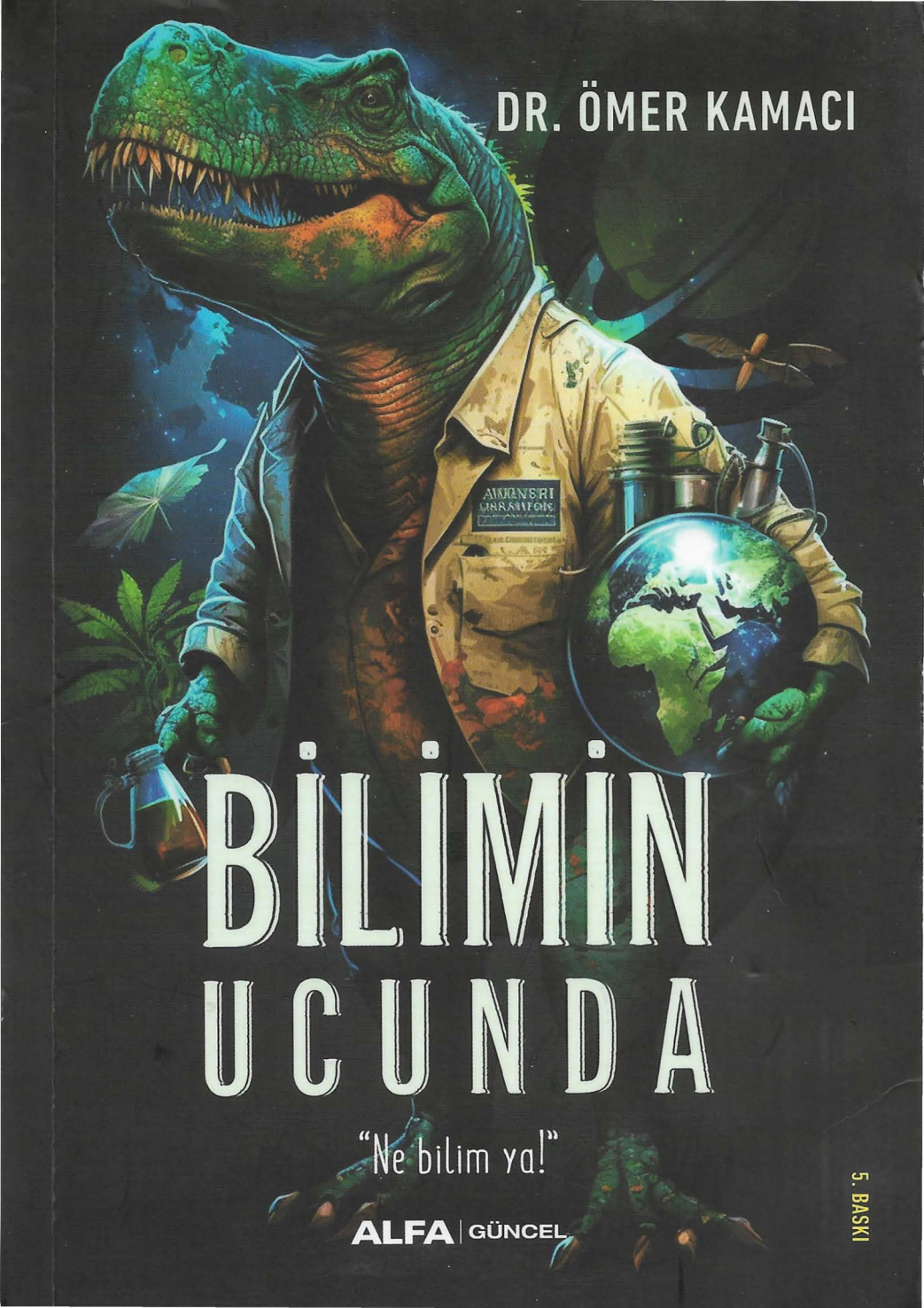


DR. ÖMER KAMACI

BİLİMİN UCUNDA

"Ne bilim ya!"

ALFA | GÜNCEL

5. BASKI

DR. ÖMER KAMACI

İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. Lisans ve yüksek lisans derecelerini Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği'nden alarak doktora çalışması için İTÜ Jeoloji Mühendisliği'ne başladı. Bu sürede araştırma görevliliği de yapan Kamacı'nın doktora çalışması TÜBİTAK 1001 ve TÜBİTAK 2214A burslarınca desteklendi. Doktora sürecinde ABD'de bulunan Cincinnati Üniversitesi'nde petroloji ve termodinamik, Kentucky Üniversitesi'nde mineral kimyası çalışmaları yaptı. Doktora çalışması, 2021 yılında İTÜ Doktora Özel Ödülü'ne layık görüldü. Kamacı, çalışmalarını İTÜ Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü'nde öğretim üyesi olarak sürdürmektedir. Aynı zamanda popüler bilim paylaşımları yapan Bilimin Ucunda isimli instagram hesabının kurucusudur. Evli ve iki çocuk babasıdır.

© 2023, ALFA Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.

Kitabın Türkçe yayın hakları Alfa Basım Yayım Dağıtım Ltd. Şti.'ne aittir. Tanıtım amacıyla, kaynak göstermek şartıyla yapılacak kısa alıntılar dışında, yayıncının yazılı izni olmaksızın hiçbir elektronik veya mekanik araçla çoğaltılamaz. Eser sahiplerinin manevi ve mali hakları saklıdır.

Yayıncı ve Genel Yayın Yönetmeni M. Faruk Bayrak
Genel Müdür Vedat Bayrak
Yayın Yönetmeni Mustafa Küpüşoğlu
Kitap Editörü Özgür Batur
Kapak Tasarımı Dilan Kaya
Kapak Görseli Yapayzeka Programıyla oluşturulmuştur.
Sayfa Tasarımı Gökhan Özmen

ISBN 978-625-449-789-6

1-2. Basım: Nisan 2023
3-5. Basım: Mayıs 2023

Baskı ve Cilt
Melisa Matbaacılık
Çiftehavuzlar Yolu Acar Sanayi Sitesi No: 8 Bayrampaşa-İstanbul
Tel: 0(212) 674 97 23 Faks: 0(212) 674 97 29
Sertifika no: 45099

Alfa Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.
Alemdar Mahallesi Ticarethane Sokak No: 15 34410 Cağaloğlu-İstanbul
Tel: 0(212) 511 53 03 (pbx) Faks: 0(212) 519 33 00
www.alfakitap.com - info@alfakitap.com
Sertifika no: 43949



BİLİMİN UCUNDA

DR. ÖMER KAMACI

İÇİNDEKİLER

Önsöz **9**

1. BEYİNLER SÖZLÜĞÜ **21**

N'oluyo kardeşim? Ne bu tantana! 21
Milet'in adamı, Milet'in kararı 27
Akıl kapıyı çalar 31
Ay doğdu üzerimize 33
Maymun gözünü açtı 36
Bilim nasıl yapılır? 38

2. UZAY-ZAMANIN İNŞASI **41**

Gökkuşağından zaman makinesi yapmak 41
İçimizden geçen dalgalar 45
Hubble, Einstein'ı döver, Lemaître hepsini! 50
Kaç yaşındasın sen!? Ben sana soruyor muyum! 52
Öyle bir geçer zaman ki 56
İnsanın hammaddesi: süpernovalar ve yıldız tozları 59
Başlamak bitirmenin yarısıdır 61
İki yiğit çıktı meydane, ikisi de birbirinden merdane 63
Hayalperest Yahudi! 66
Şehirlere bombalar yağarken bilim yapmak 71
İsyanım var ulan! 75
Aç bakalım, Bahattin Abi tam ölmüş mü? 77
Evreni şekillendiren kargocular 79
Enerjimiz birliğimizden gelir 80
Tüccar hukukçuya, hukukçu bilimciye 83

Hepsi burada, bir arada, standart tayfa 85
Bölüm önerileri: 87

3. EVİN İNŞASI 89

Zibilyon yıl önce! 89
Ağırsıklet unvan maçı 92
Nükleer, dünyaya hükümdar olur 97
Kaderin cilveleştiği adam 100
Ana, baba, bacı, gardaş 104
Çekirdekle zaman ölçmek 108
Kader ayırdı bizi 115
Bal yatağında püskevit 122
Tarih tekerrürden ibarettir 126
Ateş ve buzun savaşı 131
Oturmaya mı geldik? 138
Bir garip Anadolu 139
Kıyameti Sugra (Küçük Kıyamet): Toz, duman ve su! 144
Deprem olacak mı, olmayacak mı sen onu söyle! 148
Biraz matematik 150
Eee, ne zaman buluşuyoruz? 152
Yeraltı canavarı 155
Bunlar hiçbir şey değil, daha büyük şeyler olacak! 161
Bölüm Sonu Canavarı 166
Yaşam için en büyük tehdit 171
Transparan canlılar ve korku 176
Başımıza daş yağar mı? 177
Bölüm önerileri: 179

4. CANLILARIN İNŞASI 181

En iyi olan kazansın! 181
Mutant canavarlar nerede? 190
Seni seçtim Pikaçu! 193
Bilimin Ucunda gezmek 197

Bilim sihirli bir değnek mi? 201
Türkiye'de bilim-din yorumları 205
Ulvi sayılar 209
Bölüm önerileri: 211
Sonsöz 212

Önsöz

Dışarıda hava buz gibi, evde de battaniyenin altında ısınabiliyorum, zira ısıtma sistemleri kutup soğuğu yüzünden zarar görmüş durumda. Okulda da durum farklı değil, tatil bu yüzden. Arabalar yoğun kar yağışı nedeniyle neredeyse görünmez oldu. Meşhur *polar vortex* (kutup girdabı) kuzey kutup dairesinden güneye doğru sokulmuş ve gitmek de bilmiyor. Tüm bunların bir hafta boyunca devam edeceğinden habersiz üçüncü gündeyim. Neyse ki internet var! Bir Orta Amerika kasabasında kucağımda diz üstü bilgisayarımla evde hapsolmuş durumdayım. Üstelik haftalardır üzerinde çalıştığım makalede de 9 bin kilometre uzağımdaki danışmanımla anlaşamadığımız sorunlar var, canım sıkkın. Bari absürd mizahın titanları Cenk & Erdem dinleyip kafamı dağıtayım diyorum ve podcast listesini sıradan çalmaya başlıyorum. Diğer taraftan *Açık Bilim* dergisi için bir popüler bilim yazısı kaleme alıyorum. "Bilim Ucunda!" diyor Erdem Uygan, her gün ismi değişen absürd bilgi yarışmasının o günkü ismini haykırıyor. Hemen başka bir dünyaya çekip alıyor beni, gülmeye başlıyorum. Ve şu geliyor aklıma: *Bilimin Ucunda* komikli-eğlenceli bir bilim kanalı için çok güzel bir isim olmaz mıydı? Cenk ve Erdem gibi geyik yapıp bilim sosu katmak. İyi fikir ama çok iş var, kim uğraşacak şimdi…

Batı Anadolu orojenik kabuğunun Eo-Oligosen döneminde susuz dehidrasyon ergimesi 740-839°C sıcaklık ve 6 kilobar basınç altında gerçekleşmiştir. Kısmi ergimeyi takip eden süreçte fraksiyonel kristallenme etkin rol oynasa da litosferik manto ergiyiklerinden etkilenme olabileceği Sr ve Nd izotop verileri ışığında olasıdır. Bu

kabuk ergiyikleri Erken Miyosen döneminde bölgesel genişlemeyle ilişkili sıyrılma fayları ile sünekten kırılgana deforme olup yüzeylenmiştir.

Ne anladınız şimdi bu paragraftan? Orojenik, dehidrasyon, miyosen, fraksiyonel kristallenme... Bol bol *jargon* (toplumun küçük bir kesimine ait kavramsal ortak dil) içeren ve muhtemelen ülkede hepi topu 200 kişinin anlayabileceği bir dil bu. Neden peki? Neden *bilim dili* hekim yazısı gibi anlaşılmaz olmak zorunda? Çünkü bilimin dili teknik jargonlara tutunmak zorundadır. Zira yukarıdaki paragrafta geçen terimler sayesinde sayfalar sürecek anlatımlar yerine kısa yoldan iş görebiliyorsunuz. Sözgelimi *orojen* (kıtaların bir araya gelip kaynaşması sürecini karşılayan) kavramı üzerine zibilyon tane çalışma var. Hakeza diğer terimler için de öyle. Yani yukarıdaki paragraf amiyane tabirle *zip*lenmiş, sıkıştırılmış bir içerik barındırıyor. Okuyacak kitlede yerleşik bir dekoder olması gerekiyor anlamın karşıya geçmesi için (Cine5 zamanlarını hatırlayanlar daha iyi anlar burayı). Tabii hâlâ ülkenin geri kalanı için neredeyse hiçbir şey ifade etmiyor bu anlatım yöntemi. Yine de zorla okuduğunuz, hatta çoğunuzun önemsemeyerek geçtiği o paragraf bana doktor unvanı kazandırdı, daş doktoru :)

19. yüzyılda birçok bilim kitabının Batı'da en çoksatanlar (*bestseller*) listesine girdiğini biliyor muydunuz? Mesela Charles Darwin'in *Türlerin Kökeni* adlı eseri 1859 yılında çıkar çıkmaz tükendi. Darwin'in kalan yaşamı boyunca bu kitap altı baskı yaptı. Neden peki bilim kitapları bu kadar çok ilgi görüyordu? Bunun birden fazla cevabı olabilir ama muhtemelen en makulü dilin açık ve halkın anlatılanları anlayabiliyor olmasıydı. Yani bir dekoder gerektirmemesiydi. Bilim yeni yeni gelişmeye başladığı için yığınla jargon yerine jargonların tanımlandığı zamanlar-

dı 19. yüzyılın ortaları. Tabii zamanla yeni yeni terimler eklenmeye başladıkça her bilim dalının kendine ait bir sözlüğü oluşmaya başladı. Eksiksiz tüm bilim dallarında bu sözlüklerin hacimleri her geçen gün artıyor ve artmaya devam edecek. Bu durumda buluşların ve gelişmelerin halka ulaştırılması da aynı hızda zorlaşacak. Halk olup biteni anlamazsa bilime ilgi azalacak ve yeni bilim insanları üretmek zorlaşacak. Bu da insanları bilime mesafeli yapacak. Sadece birkaç bin kişinin anladığı bilimden ülkeye pek bir fayda gelmeyeceği de aşikâr. Halka yayılmamış hiçbir fikir, düşünce, inanç kalıcı olamaz zira.

İşte bu noktada bilimin halka ulaştırılmasında ağdalı bilim dilini uzman olmayanlara da anlatabilmek, dahası geniş halk kitlelerine ulaştırmak kritik önem taşıyor. Batı 70'lerden itibaren bunun farkına vardı. Mesela Amerika'nın bilime bakışını 1980 yılında TV'de arzıendam eden bir adam değiştirdi diyebiliriz: Carl Sagan (Seygın diye telaffuz edenler de var, bodoslama Sagan diyen de). *Cosmos* (Kâinat) isimli programında çok temel kuramları anlatıyordu Sagan, özellikle uzmanı olduğu gökbilimde. Program o kadar tuttu ki önce Amerika'da, sonra da yayımlandığı diğer ülkelerde koca bir nesle ilham kaynağı oldu. Sagan, berrak ve basit bir anlatımla bilimi halka tercüme ediyordu. Jargonlarda takılıp kalmadan, yoğurdun kaymağını sıyırarak halka uzatıyordu. İlham olduğu kişilerden biri de programın 2014 yılında yenilenen versiyonunu hazırlayan gökbilimci Neil DeGrasse Tyson'dı. Sagan'ın açtığı yoldan giden Tyson ve yapımcı-oyuncu-komedyen Seth MacFarlane programın ismini bile aynı tuttu: *Kozmos: Bir Uzay Serüveni*. Yalın ve basit anlatımın yanında teknolojinin nimetlerinden de faydalandılar ve ortaya müthiş bir iş çıktı. Bu yapımı izleyen ergenlik çağındaki insanların ağzına leziz bir bal çaldılar adeta. Zihinlerin

açlığını doyuracak bir davetti bu. Tyson'ın Türkçe seslendirmesini Haluk Bilginer üstlendi. Hem orijinal hem de Türkçe olarak izlenebilecek harika bir iş çıkardılar.

Atlantik (Atlas) Okyanusunun diğer tarafında ise devlet kanalı BBC yükleniyordu bilimi halka anlatma görevini. Vatandaşlara, yurttaşlara bilimi ücretsiz ulaştırmak devlet televizyonlarının birincil görevlerinden biri olmalı. Neyse, İngiltere'de 60'lardan bu yana belgeselcilik geleneğini oturtan kişi David Attenborough'du. Gayet basit ve kendine has üslubuyla sayısız belgeselde canlılığı ve Dünya'yı insanlara anlatmaya çalıştı. Sonraları BBC, *Horizon* serisiyle işleri daha da ileri götürüp bilimsel çıktıları daha hızlı bir şekilde halka ulaştırmaya çalıştı. Bu seri bana da çok şey kattı.

Ülkemizde ise bu yük başta TÜBİTAK Yayınları'yla (*Bilim ve Teknik*, 1967) halka ulaştırılmaya başlandı. Her ne kadar 2000'li yıllarla birlikte popüler bilim dergileri rafları süslemeye başlasa da bir popüler bilim geleneği ne yazık ki yeterince oturmadı. Bu da halk ile bilim arasındaki köprünün kopuk olmasına neden oldu. Bunun muhtemelen en önemli sebebi, popüler bilime kayan bilim insanlarının akademi içerisinde hor görülmesidir. *Bilim insanı, bilim üretmelidir, basit şeyleri halka anlatarak zaman kaybetmemelidir* şeklinde bir duruş var akademide. Hatta *Bilimin Ucunda* YouTube yayınında Celâl Şengör, Carl Sagan için sahtekâr demişti hatırlarsanız. Bunun nedeni Sagan'ın gökbilime katacak daha çok şeyi olduğu halde uzmanlığı olmayan konularda konuşma cüretini göstermesiydi. Bir anlamda saf bilim üretmek yerine enerjisini ünlü ve gösterişli olmaya, daha çok kitap satmaya vermesini eleştiriyordu. Akademik çalışmalar oldukça dar bir kitleye hitap eder, değer görür. Oysa popüler bilimciler daha basit ve temel kavramları anlattıkları halde bu ki-

şilerden daha ünlüdürler ve geniş halk kitlelerini arkalarından sürüklerler. Muhtemelen bu kitap iyi bir satış grafiği yakalayıp bana ün katarsa İTÜ Maden Fakültesi koridorlarında yürürken meslektaşlarımın hor gören bakışlarını hissedeceğim. Bu "mahalle baskısı" yüzünden bilim insanları bu gömleği giymekten çekiniyor. Böyle olunca yayımcılık konusunda deneyimi olan hukukçu Barış Özcan atılıyor ortaya ve milyonlarca insana popüler bilimi gayet profesyonel ve açık bir dille anlatıyor. Boşluk olmasını sevmiyor hayat. Konu YouTube'a gelmişken, popüler bilimin ülkede hareketlenmesinin ana nedenlerinden biri bu özgür yayın platformu. Evrim Ağacı'nın başı çektiği kaliteli bilimsel içerik üreten kanalların sayısı zaman içerisinde artarak bilimi halka ulaştırma iddiasıyla önemli misyonlar üstlendiler ve üstleniyorlar.

Ama YouTube bir yere kadar! TV hâlâ en büyük yükü üstleniyor evlere girme konusunda. Bu yüzden ülkemizde popüler bilime en önemli güncel katkı bir özel kanaldan geldi desem abartmış olmam sanırım. Gazeteci Fatih Altaylı'nın çabasıyla ekranlarda boy gösteren Celâl Şengör ve İlber Ortaylı ikilisinin sanki bu gezegenden değillermiş gibi yaptığı ikili sohbetler büyük ses getirdi. Diğer kanallarda çözümsüz siyasi meseleler konuşulurken bu iki adam coğrafi keşifleri tartışıp arada da klasik müziğe atlıyordu. Hatta bunlar olurken İlber Hoca çayını hüpletiyor, Celal Hoca da ekler gömüyordu. Bu ikilinin kavga etmeden, neşeyle anlattıkları bilim tarihi hikâyeleri yayımlandığı akşamların en çok izlenen programları arasına giriyordu. *Teke Tek* programı sonradan *Teke Tek Bilim* ismiyle bilimsel gelişmelerin halka aktarılmaya çalışıldığı özel bir yapıma dönüştü.

Bu satırları yazarken Şengör, benim de parçası olduğum İTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümünden yeni emekli

olmuştu. TV'ye çıkmadan önce de yerbilim camiasında oldukça hak edilmiş uluslararası bir üne sahipti. Ancak TV'de yaptığı çıkışlarla (sadece bilimsel olanları düşünelim) geniş kitleler tarafından da takip edilmeye başladı. Basite indirgiyordu o da. Zira Batı'daki popüler bilim geleneğine aşinaydı. Şengör'ün konuk olduğu videolar hem TV'de hem de YouTube'da üzerinden yıllar geçse de milyonlarca kez izleniyor. Konu da dinozorların yok oluşu! Düşünebiliyor musunuz, Türkiye'de milyonlarca insan dinozorların yok oluşunun nasıl gerçekleştiğini sırf Celâl Şengör anlatıyor diye merak ediyor. Bazı videolarının izlenme sayılarına Amerika'da bile ulaşmak kolay değil. İşte ihtiyacımız olan şey bu sihir! Ayrıca Şengör, ekranlarda popüler bilim anlatmasına rağmen parıltılı kariyerine de devam ediyor. Tabii ünün bir de yan etkisi var: her mikrofona konuşmak, her konuda görüş bildirmek zorunda hissetmek gibi. Neyse bunları göz ardı edelim. Konumuz popüler bilim...

İlk paragraftaki tecrübeyi yaşadıktan 4 yıl sonra 2017 sonbaharında İTÜ Maden Fakültesinde mineraloji dersinde öğrenciler bir YouTube kanalı açmam konusunda telkinde bulundular: "Bu geyikler bu duvarlar arasında kalmasın." Sonra aklıma "Bilimin Ucunda" ismi geldi. O sırada danışman hocam da Antarktika'da gömülü magmatik faaliyetleri çalışmak üzere en uzak kıtaya gitmişti. Yani üç ay kadar kendi başıma kalma fırsatı bulmuştum.

O sıralar Türkiye'de bilim gereğinden fazla ciddiydi! Birinin bunu sulandırması gerekiyordu! Ama benim dilim de çok suluydu. Önce Erdem Uygan'a Twitter'dan yazıp ismi kullanmak için izin istedim. O da olumlu yanıtı verince biraz ciddi olarak girdik YouTube'a. Kamera arkasında o sırada yüksek lisans yapan araştırma görevlileri Hüseyin Demir (namı diğer @metaphorearth), Işıl

Nur Güraslan ve doktora öğrencisi Alp Ünal vardı. Bu üçlü hâlâ var ve Alp doktor oldu bile. Ses işlerini ise sonraları Madrigal grubuna katılıp önemli başarılara imza atan ses mühendisi kardeşim Burak hallediyordu (Spotify Türkiye'nin tüm zamanlarda en çok dinlenen şarkılarından "Seni Dert Etmeler"in düzenleme ve mixing'inde yer aldı Burak. Büyük kardeşim Kadir de aynı şarkının mastering çalışmasını yapmıştı Bağcılar'daki stüdyosunda). Birkaç bölüm çektikten sonra YouTube'un zor bir iş olduğunu anlamam uzun sürmedi. Bu sırada Evrim Ağacı gibi büyük kanallar alıp başını gitmişti. Ayrıca kamera önündeki performansım da berbattı. Baktım onlar kadar kaliteli içerik üretecek ne vaktim ne yeteneğim ne de imkânım var, Instagram'a zaman ayırmaya başladım. Zira o zamanlar en hızlı büyüyen platformdu. Ve kaliteli bilim yayını konusunda neredeyse ıssızdı. Başlangıçta sululuğu bir kenara bırakıp basit bir dille başkalarına ait videoları özgünlüğü az bir üslupla yorumlamaya başladım. Hesap büyümeye başladıktan sonra artık vakti geldi deyip gazların kimyası üzerinden "Gaz Çıkarmanın (*suruğun) Bilimi" adlı çekici bir kaydırmalı içerik hazırlayıp biraz da promosyonla yayına koydum. Bunu takiben piyasa için tamamen yeni olan aklımdaki sulu üslubu da gün yüzüne çıkardım. "Ne saçmalıyorsun birader?!", "Olmaz olsun böyle bilim!", "Ciddiyetinizi takının!", "Cringe bilim bu!" diyenler bir kenara önemli bir takipçi akışı oldu. Tepkilere hak vermiyor değilim, zira yaptığım şey eski köye yeni âdetti. O gün kulakları tıkayıp geyik yapmaya devam ettim ve hesap kısa sürede 500 bini geride bıraktı. Bu satırları yazarken Instagram'da 645 bin takipçisi vardı Bilimin Ucunda'nın.

İçeriklere gelen yorumlarda sıklıkla kitap yazmam gerektiğine yönelik öneriler de alıyordum. "Ne kitabı abi, bizim

millet kitap okumuyor ki! Avrupa'nın en düşük oranları bizde!" diye düşünüp süreci emek israfı olarak gördüm. Sonrasında birkaç yayınevi iletişime geçip onlar da kitap yazmam konusunda ısrarcı olunca gerçekten bu ciddiyetsizliğin ciddiye alındığını fark ettim. Özellikle iki farklı yayınevinden Özlem Esmergül ve Çiğdem Argan bu konuda motive edici oldu. Ve bu andan itibaren elinizdeki kitap oluşmaya başladı. Kitabın hazırlanmasında birlikte çalıştığımız karikatürist hekim Dr. Tarık Arıcı'ya uzun nöbetler arasında zaman ayırıp çizdiği karikatürler için teşekkürlerimi sunuyorum. Kitap boyunca karikatürlerde göreceğiniz Celâl Şengör'ü andıran karakter aslında *Prof(iterol) Doktor,* yani benim!

Kitabın ilk halini okuyan ve değerli yorumlarıyla katkı veren, günümüzde ve gelecekte uluslararası alanda isminden uzun süreler söz ettireceğine inandığım astrofizikçi Dr. Tansu Daylan'a, popüler bilimin önemli isimlerinden *Açık Bilim* kurucu ortağı, bilimkurgu yazarı Dr. Tevfik Uyar'a, kitabın üslubunu "Rezil!" olarak niteleyen edebiyatçı mühendis Akif Coşkun'a, jeomikrobiyolog Fatih Şekerci'ye ve Bilimin Ucunda kurucularından Hüseyin Demir'e (bir kez daha) teşekkür ediyorum. Evet, zincirleme teşekkür reaksiyonu başladı! Bundan sonraki üç paragraf boyunca teşekkür edeceğim. Atlamak isteyenler takip eden dördüncü paragrafa geçebilir.

Instagram'daki üretim sürecinde sürekli destek olup içerik öneren kadim dostlarım İsmail Önen ve Dr. Enes Zengin'e, tıpla ilgili her konuda danışmanlık yapan Dr. Doğa Damla Demir, biyolojiyle ilgili içeriklere danışmanlık yapan Biyolog Cansel Yalçın teşekkürleri en başta hak edenler arasında. Yine içerikler konusunda sürekli sağımda solumda yer alan "Yürüyen Google" lakaplı Dr. Ali Tuğcan Ünlüer, kapakla ilgili içerik alışverişinde bulunduğum Dr. Yağmur Güneş ve sanatçı Mesut Kul teşekkürü

hak ediyor. YouTube sürecinde ilk konuğumuz olup her fırsatta yayına aldığımız Prof. Dr. Celâl Şengör'e ve kahrımızı çeken Oya (Şengör) Hanıma da teşekkür ediyorum. Bilimsel birikimi ve saf zekâsıyla yol gösteren Bilim Akademisi üyesi Prof. Dr. Yücel Yılmaz hocayı unutmam olası değil. Kitap için özel hazırlanan "karekod videoları"na yardımcı olan İTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü ve Kulübü öğrencilerine de teşekkür ediyorum.

"Web sitesi de mi denesek, belki cebimize beş kuruş para girer" deyip internet siteleri yarışına katıldığımız, sonra elimizde patlayan Bilimin Ucunda web sitesi girişiminde yazılarıyla destek veren arkadaşlarımız da teşekkürü hak ediyor. Girişimci ekosisteminde duyulmamız için çaba gösteren , aynı zamanda kitabın mottosuna (Ne bilim ya!) da ilham olan Zeynep Mete'ye, ayrıca Robert Kolej ve Üsküdar Amerikan Lisesi öğrencilerinden Tunahan, Kuzey, Bayram ve Metehan'ın öncülük ettiği "Bilimin Ucunda Lise" grubuna da sağladıkları içerikler için minnettarım.

Teşekkür faslını, beni sürekli daha iyi biri yapmak için çaba harcayanlarla bitiriyorum. Bağcılar sokaklarından çekip çıkaran, kitap başına oturtan, arada lezzetli terliğini yediğim anacım, sürece çatık kaşlarıyla destek olan babam da önemli roller oynadı. Özellikle üniversite hayatımda sofraya bir tabak fazla, cebime de harçlık koyan ve belki de bu kitabın en önemli destekçisi rahmetli dedem ve babaanneme uzay-zamanı aşan teşekkürlerimi sunuyorum. Üniversite zamanları ödeyemediğim ev kirası için destek olan ev arkadaşım Taylan Aygen'in de önemli bir rolü var bu işte, okula devam edemeyebilirdim. Yaptığım hiçbir işi beğenmeyen, hep daha iyisini bekleyen doktora danışmanım Prof. Dr. Şafak Altunkaynak beni alıp bambaşka bir seviyeye koydu. Son olarak benim gibi bir moronla yaşamak zorunda olan, yurtdışında, ofiste,

laboratuvarda ve uzun süren arazi çalışmaları boyunca tek başına çocuk doğuran, büyüten, belki de bu yüzden şakalarıma asla gülmeyen eşim Öznur'a, verdiği her türlü destek için buradan da teşekkür ediyorum. Olmasaydınız, olmazdı bu kitap. Bir saniye! Kitabı yazarken arka planda verdiği müzik ziyafeti ve tüm müzik kariyeri için George Michael'a da teşekkür etmek istiyorum.

Şimdi bu absürd kitabı nasıl anlamanız gerektiğiyle ilgili konuşup gevezeliğe son verelim. Bölümler için o bölümle ilgili ipucu içeren absürd başlıklar seçtim. Alışılagelmişin dışında ama gizemli! Bazılarımız için tabu olan konular da var bu kitabın içinde. Tabular, önyargılar tarafından beslenir. Bu otomatikleşmiş tepkilerle enerji tasarrufu yaparız, zira beyin enerji harcatacak yeni fikir ya da tecrübelerden pek hazzetmez. Ama bu kitabı aldığınıza göre bu dünyada size huzur yok!

Madalyonun diğer yüzünde ise gizem var. Başlıkların konularla dolaylı ilişkisi, akışın sizi hangi durağa getireceğinden habersiz bir suya bırakıyor. Burada önemli nokta güven, bu nehrin sonu bir şelaleyle sonlanmayacak. Çünkü Bilimin Ucunda'nın bilimsellik rotasından ayrılmadığı ve ayrılmayacağı takipçilerin malumu. Ama aralara alabora olmayacak kadar dip akıntısı eklenebilir. Bu da gizemin yanında yeni manzaraların keyfini çıkarmanıza olanak verecek. Beklentinizi düşük tutun, bu eserle Nobel Edebiyat Ödülü'ne aday gösterilmeyeceğim. Zaten bu satırları yazan vatandaş bir edebiyatçı değil, yerbilimci. Beklentiler düşerse, nehir boyunca ağaçtan düşen tüm lezzetli meyveler yanınıza kâr kalacak.

Bazı yerlerde birbiriyle kesişen konuların tekrar gündeme geldiğini göreceksiniz. Bunu özellikle tuttum. Zira evren yasaları izole değil, birbiriyle alakasız gibi görülen konuların alakasızlığı muhtemelen bilgi eksikliğimizle

alakalıdır. Bu yüzden bir terimin ya da kavramın üzerinden bazen iki, bazen üç kez geçtim.

Metinde yabancı kelime kullanımından yapabildiğim kadar kaçınmaya çalıştım. Bazılarından kaçınmak mümkün olmadığından *italik* fontta yazdım. Teknik tabirleri de yine *italik* olarak gösterdim. Böylece bir kuram ya da kavramdan bahsettiğimi paragrafa bakıp görmeniz mümkün olacak. Hem de bunları ileri okuma yapmak üzere, olduğu gibi gugıllamanız da mümkün. Zira burada her şeyi anlatamam. Kitap ucuz olsun, herkes alabilsin diye elimizden geleni yaptık. Bu yüzden her şeyden dibine kadar bahsedemiyoruz. Belki başka kitaplarda anlatırız, kim bilir…

Bölümler içinde anlatılan konularla ilgili özgün ve sadece bu kitabın okuyucusu için hazırlanmış karekod videoları var. Bu nedenle bir karekod okuyucuya ihtiyacınız olacak. Güncel Apple ve Android modellerinde yerleşik olarak geliyor karekod uygulaması, güncel iPhone kameralarına entegre hatta. Telefonunuzda yoksa App Store ya da Google Play'den ücretsiz olarak indirebilirsiniz. Yeter gari! Başlayalım artık!

Ocak 2023, Bağcılar

1. BEYİNLER SÖZLÜĞÜ

N'oluyo kardeşim? Ne bu tantana!

Henüz medeniyetin ulaşmadığı bir coğrafyadan, iklim değişikliği nedeniyle göç etmek zorunda kalan, cıbıldak halde yol alan bir Amazon kabilesi tuhaf bir yere ulaşıp daha önce görmedikleri farklı şeylerle karşılaşıyor. Kendilerine benzeyen kimse yok bu yeni geldikleri yerde. Bırakın benzeyeni, benzemeyen de yok! Bir çiftliğe doğru yaklaşıyorlar. Garajdan bozma bir yerde de 690 beygirlik teknoloji harikası bir Tesla'ya rastlıyor kabile. Tabii ne beygir gücünden ne de ne işe yaradığından haberleri var bu aletin. Daha önce böyle bir şey görmediklerinden şaşkınlar. İncelemeye başlıyorlar, sağına soluna, altına üstüne bakıyorlar. İçine girmeye çalışıyorlar ama nafile. Tüm tuşlara basıp bölüm geçmeye çalışan amatör "*gamer*lar" gibi bulabildikleri her yere dokunuyorlar, çekiyorlar, itiyorlar... Bu sırada birisi yandaki masanın üzerinde gördüğü kumandayı kurcalarken tesadüfen doğru konfigürasyonu bulup aktive ediyor arabayı. Kapılar açılıyor, korkusuz birkaç meraklı atlıyor içine. Herkes birbirine bakarken favori müzikler eşliğinde harekete geçiyor makine: Bindik bi alamete... Sonra kapılar otomatik olarak kitleniyor! Önündeki çalı çırpının üzerinden geçerek ilerliyor araba yavaş yavaş. Bu sırada önündeki bir kabile mensubunu fark eden sensörler, makine öğrenmesiyle sayısal görüntüyü işliyor ve ekrana köylünün üçboyutlu modelini çıkarıp ani bir kararla aracı durduruyor. Adam yoldan çekilince araç hareketine devam ediyor. İçindekiler korkuyla

kendilerini dışarı atmaya çalışıyor ama boşuna, kapılar açılmıyor. Seyir halinde kapılar açılmaya çalışılınca araba güvenlik protokollerini devreye alıp park için uygun bir yer buluyor ve durup kapıları açıyor. Dehşet içinde çıkıyorlar bu şeytan icadından.

Bu olaydan sonra arabayla ilgili fikir yürüten üç grup çıkıyor ortaya: önemsemeyip günlük hayatına devam edenler bu üç grubun en kalabalık olanı, *konforcular*. Çünkü bu tuhaf şeyin günlük hayattaki yemek bulma, barınma, üreme ve çocuk bakma gibi temel işlevlere pratik bir katkısı olduğunu düşünmüyorlar, ki bu konuda haksız sayılmazlar. Bu grubun derdi göç ettikleri bu yeni toprakların yerleşime uygun olup olmaması, bu kadar basit! Dolayısıyla bu yeni şey de onlar için gereksiz.

Sayısı daha az olan bir diğer grup ise bu tuhaf şeyi kimin tasarlamış olabileceğine odaklanmayı tercih ediyor. Zira gördükleri şey inanılmaz becerilere sahip. Daha önce aşina oldukları hayvanlarda da enteresan meziyetler görmüşlerdi ama bu başka bir şeydi, eti kemiği yoktu ve sert bir malzemeden oluşuyordu. Bu grup, araçtaki mekanizmaların çalışma prensipleri üzerine düşünmek yerine bunun gibi karmaşık bir şeyi tasarlayan, perde arkasındaki varlığa odaklanmayı tercih ediyordu. Öyle ya, kendi kendine oluşamayacak kadar inanılmaz, hayranlık uyandırıcı meziyetlere sahip bir şeydi bu. Hayranlık duyarak ona bağlı olmanın daha güvenli ve dolayısıyla huzur verici bir davranış olacağına inanıyorlardı. Ki bu da mantıklıydı. Çünkü bu makinede ortaya koyduğu gibi harika meziyetleri olan varlık (ya da varlıklar) başka tuhaf şeyler yapmaya da güç yetirebilirdi. Tasarımcının varlığını duyularıyla algılamasalar da hissediyordu, seziyordu bu grup. "Arka plandaki neden"e odaklı bu gruba da *nedenciler* diyelim. Bu grup genel olarak gözlemlerini teorilerine

uyduran kişilerdi, yani temelde bir fikirleri vardı. Nedenciler, aracın arkasındaki aklın, özünde iyi biri olduğuna ve bu şeyi iyilik için var ettiğine inanmayı seçtiler. Çünkü gözleri olmadan da görebilen bu şey, önüne çıkan kabile mensubunu ezmemek için hem yavaşlamış hem de yolunu değiştirmişti. Hatta daha derin düşünerek, seyir halinde içinden çıkmaya çalıştıklarında onlara zarar vermemek için kapıları açmalarına izin vermemesinin de bir lütuf olduğuna inandılar. Bunlar merhamet ve iyiliğin göstergesiydi. Özünde merhametliydi bu tasarımcı, büyük fotoğrafı görüyordu çünkü. Tasarladığı bu şeye ahlaki bir donanım eklemişti.

Üçüncü ve son grup ise sadece birkaç kişiden oluşuyordu. Bu grup için de arabanın varlığı büyük bir olaydı ve bu şeyin "nasıl" işlediğini anlamaları gerekiyordu. Bu gruba da *nasılcılar* diyelim. Nasılcılar, arabayı anlamanın en iyi yolunun onu önyargısız ve ön kabulsüz bir tavırla incelemek olduğuna inanıyordu. Bu nedenle onu parçalarına ayırıp çalışma prensiplerine, detaylara daha yakından bakmak istiyorlardı. Ama nedencilerin içindeki aşırı bir grup bu şeyi çoktan kutsallaştırmıştı ve yakından, olduğu gibi inceleme isteğine karşı çıkmışlardı. Zamanla konforcular da konfor alanının bozulmaması için nedencilerle aynı safta yer aldılar ve araç tamamen kutsanmış ve dokunulmaz oldu. Yıllarca araca kimse dokunmadı, yanından geçip öylece baktılar. Yerinde durduğu haliyle zararsızdı. Nedenciler içinde yeni bir yol arayan Sápara isimli bir çılgın, nasılcıların arabayı anlamada daha başarılı olacakları yönündeki savlarına ikna olmuştu, öyle ya da böyle arabayı parçalamayı kafasına koydu! Bazı nedencilerin araba üzerindeki kutsal tutumlarının yanlış olduğunu da açıkça söyledi de! Kazanımlarının riske atılmasına karşı çıkan topluluk beklenen kararı alarak

kutsala el uzatmaya cesaret eden Sápara'yı cezalandırdı. Sápara'nın ölümü beklenenin aksine bir etki yaparak nasılcılar safına daha fazla kişinin eklenmesine neden oldu. Nasılcılar en sonunda bir gece vakti arabayı kaçırıp başka bir yere götürdü.

Takip eden yıllarda arabayı paramparça edip tüm çalışma mekanizmalarını çözmeye çalıştılar. Bununla da yetinmeyip sonrasında buldukları başka arabaları da parçalayıp incelediler. Nasılcıların elde ettiği başarılar ve önerdiği pratik çözümlerle arabadan öğrendikleri bazı buluşları kabile içindeki sorunları çözmek üzere kullanmaya başladılar. Hayatlarının kolaylaşmaya başladığını gören baskın grubun gücü zaman içinde azaldı ve parçalanmış arabayı ve ondan devşirilen bilgi birikimini kabullenmek zorunda kaldılar. Zira pratik faydalar üretiyordu. Uzun zaman zarfında elektrik motorunun çalışma prensibi, dev bataryalar, otomatik şanzıman, amortisörler, hareket sensörleri, GPS sistemleri, kablosuz bağlantı teknolojileri olmak üzere birçok büyük keşfe imza atıldı. Her buluş yeni bir buluşun kapısını araladı: Elektrik motoru verimli bataryaları anlamayı zorunlu kıldı mesela.

Tüm bu karmaşık sistemlerin ahenk içinde çalışıyor olması, neredeyse tüm parçaların birbirleriyle ilişki halinde olması gerçekten rafine bir tasarımla karşı karşıya olduklarını anlamalarını sağladı. Ve bu ahengin nedeni bir şekilde talep edilmiş olmalıydı. Yani amaca yönelik bir makineydi bu. Nedenciler, deneye ihtiyaç duymadan "amaca yönelik tasarım"a vurgu yapıyordu. Ahenk içinde çalışan yüzlerce farklı parçanın varlığı gerçekten de ortada bir amacın var olduğu gibi bir sonuca vardırıyor muydu? Biri çıkıp tüm bu yapının zaman içinde ufak değişimlerle ortaya çıktığını iddia edene kadar yaygın kabul buydu. Bu kişi nedenciler arasından çıkacaktı. Zaman

içinde bu iki grubun sınırları bulanıklaşabiliyordu. Yani nedenciler içinde nasılcılara, nasılcılar içinde nedencilere yakınsamalar mümkündü. Ancak bu yeni beyin bu bulanıklaşmayı oldukça keskin sınırlara doğru "evirmeye" başladı.

Tarihin gidişatını değiştirecek olan bu kişinin adı Dâw idi. Dâw, bu aracın mükemmel olduğunu kabul etmekle birlikte daha öncesinde mükemmele yakın, daha da öncesinde ise sadece işe yarayan ataları olabileceğini iddia etti. Zaten halihazırda bu arabaya benzer dört tekerli, direksiyonlu, farklı renklerde, benzer formlarda araçlar da bulunmuştu. Bunların kimisinin motorları petrole ihtiyaç duyuyordu, kimisinin de manuel kontrol edilebilen şanzıman sistemleri vardı. İşte Dâw bu eski bulguların ellerindeki mükemmel örneğin ataları olduğuna inanıyordu. Yaptığı uzun yolculuklarla motorların, aktarma organlarının değişiminden araba formlarının değişimine kadar her şeyin değiştiğini, türleştiğini gördü. Bu değişimi de *doğal seçilim* dediği zorunlu bir mekanizmaya bağladı. Çevresel değişimlere karşı tasarımları zorlayan bir seçim mekanizmasıydı bu. Beklendiği üzere nedencilerin çoğu böyle kör bir mekanizmanın olamayacağını ve inandıkları gücün bu arabaları kendine has özellikleriyle tek tek var ettiğini iddia etmişlerdi. Nasılcılar, yasaların ötesinin ya da arkalarında olabilecek güç ya da güçlerin test edilemeyeceğini ve yanlışlanamayacağını iddia ederek bilimsel olarak bu özneye "doğa" dediler. Bu doğa, birlikte çalışan tüm yasaların, sistemlerin bütünüydü. Yani sistemler, sonuçların sorumlusuydu. Nasılcılar, nedencilerin iddia ettiği gibi sonuçların sorumlusu sistemler değil de mutlak bir güçse, "Bu mutlak gücün uzay-zamanda yeri var mı? Varsa neye benziyor? Sınırları ne? Yoğunluğu ne kadar? Ölçülebilir bir sıcaklığı var mı? Ne kadar hızla hareket

ediyor? Hangi dalga boyunda gözlenebilir? Ve en önemlisi Nerede?" gibi soruların sorulabilmesi gerektiğini düşündü. Eğer uzay-zaman dışında mutlak bir varlıksa –ki nedencilerin iddiası bu yöndeydi– doğayı anlamak üzere kullandıkları yeni yöntem yani bilim bu varlıkla ilgili bilgi edinemezdi. Kontrollü testlerle onunla ilgili ortaya atılan iddiaları test edemezdi. Hakkında kuramlar üretemezdi.

Bunlar uzun uzun tartışıldıktan sonra pratik, yanlışlanmaya açık hipotezlerin yargılandığı yöntem oturmaya başladı ve faydalı sınırlamalar sayesinde gerçekten test edilebilecek iddiaların ortaya konabileceği yöntemler (*metodoloji, usul*) geliştirildi. Böylece arabalara daha iyi odaklanan ve anlayan zihinler ortaya çıktı. Tesla'dan yola çıkarak Elon Musk'ı tanımaya ya da Google'ın milyarlarca karakterlik devasa algoritma evreninde Larry Page ya da Sergey Brin'e rasyonel yolla ulaşmaya çalışmaktan vazgeçerek daha pratik ve test edilebilir şeylere yani "nasıllar"a odaklanmanın daha somut, elle tutulabilir getirileri olacağı açıktı. Elbette bu bakış açısı, Musk'ın ya da Brin'in var olmadıkları anlamına gelmiyor. Bunların varlıkları (bir bit ya da kod olarak) sistem içerisinde test edilemediğine göre bilginin değil inancın konusu olarak kalmaya devam etmesi daha mantıklı gibi görünüyordu. Böylece pratik çıktılarla yeni nesil, daha güvenli ve verimli araçlar üretebilmenin yöntemi ellerindeydi artık...

Bu kusursuz bir hikâye değil elbette; benzetme, benzetilen şeyi tamamen karşılamaz. Karakterlerin kesin sınırlarla ayrılamayacak birden çok vasfı var ve bunları özellikle ihmal ettim. Musk, kendi de kabul edeceği gibi, kusursuz bir tasarımcı (fikir babası) değil. Hele Tanrı hiç değil; Twitter'da buna da katılmayanlar olacaktır. Bu hikâyenin amacı, içinde din, felsefe ve bilimin başrol oynadığı düşünce tarihinin evrimini popüler kültüre adapte

ederek insan düşüncesinin dinamik yapısını göstermeye çalışmaktı.

Bir bilim kitabında din ve felsefenin ne işi olabilir ki diye düşünebilirsiniz. Ancak kasten ya da değil, popüler bilim kitaplarında çeşitli milatlardan başlanarak din ve felsefenin bilim üzerindeki rolünün göz ardı edilmesi yazılı olmayan bir yasa gibidir. Bilimin kökenleri ile felsefe ve dinin iç içe geçmiş olması su götürmez bir gerçektir. Günümüzde bilim insanları felsefenin sadece *epistemoloji* (bilgi kuramı, doğru bilgiye ulaşma yöntemlerine odaklanan felsefe alanı) gibi pratik faydalarına odaklansa da tarihsel kurgudaki rolünü göz ardı etmeyi yeğlemekteler. Burada net olarak şunu savunacağım: Dini ve felsefi düşünceyi anlamadan bilimsel düşüncenin yeşermesi ve yerleşmesi anlaşılamaz. Joker'in neden Joker olduğunu bilmeden yıllarca suçlayıp durduk. Ta ki Todd Phillips'in Joker'in acı dolu geçmişini anlatmaya başlamasıyla tüm hikâye yerine oturana kadar. Bilimin yeşermesinden sonra özellikle modern bilimsel yöntemin çalışmasında artık din ve felsefeye ihtiyaç duyulmadığını da hatırlatalım. Şimdi gelin binlerce yıl süren bu zıplamanın hikâyesine kısaca bakalım.

Milet'in adamı, Milet'in kararı

Biraz geçmişe gidelim, Büyük Menderes'in Ege Denizi'ne kavuştuğu yere... Hayır, Didim'in kuzey sahillerinden bahsetmiyorum. Biraz daha içeri, 10 km kadar doğuya. MÖ 7. yüzyılda burası Milet isimli bir İyonya limanıydı. Bugünse yaklaşık 10 km kadar içeride, jeolojik olarak oldukça kısa bir zamanda Menderes Nehri'nin karadan kopup getirdiği alüvyonla doğal olarak doldurulmuş halde. İşte bu güzel coğrafyada ticaretle de uğraşan, bu vesileyle Mısır'ı da görmüş bir adam, bildiğimiz kadarıyla doğayı

anlama konusunda ilk kez nedenleri değil nasılları düşünmeye teşebbüs etmiştir. Ünlü İngiliz filozof Bertrand Russell'e göre de bunu yaptığı bilinen ilk kişidir Thales. Yani bilimi bulan adam! Yaptığı şey bugün bize çok basit gelse de Thales'i farklı kılan doğal görüngülerin (*fenomenlerin*) doğaüstü güçler yerine, gözlenen olaylarla açıklanabileceğini iddia edebilecek bir zihin yapısına sahip olmasıydı. Bu oldukça cüretkâr tavır, doğalcı temel üzerinde yeni fikirlerin doğmasına neden olmuştur. Doğadaki işleyişin keşfedilebilir yasalar tarafından geliştiğini ve herkesin gözlemleyebileceği şeylerle açıklanabileceğini düşünüyordu Thales. Efsaneler yerine olayları doğal olarak algılamayı seçmiş ve "doğa olayı" tanımını yapmıştır. Ama bu aydınlanmayı oturduğu yerde değil Mısır'da yaşamıştır!

Taşkınlarıyla meşhur, verimli toprağın kaynağı Nil Nehri'nin heba ettiği tarım arazilerini ölçüp hasar analizi yapan memurları görür Thales. Yaptıkları şeyin evrensel olarak işe yarayabilecek bir yöntem olduğunu kavrar. Tanrılara ihtiyaç olmadan doğa hakkında direkt doğadan bilgi sahibi olabilecek akılcı bir metot olabilir mi? Mısırlıların göremediği şey! Hani türev, integral çözeriz ama ne işe yaradığını bilmeyiz ya, onun gibi! Neden böyle peki? Çünkü piyango, bileti olana vurur. Thales'in kafasında zaten bir sorun var ve Nil Nehri'nde gördüğü şey tam olarak Tetris'te beklenen uzun çubuk etkisi yapıyor zihninde.

Bu düşünce yapısı bir devrim olup şu temel soruyu soruyor: *Nil Nehri'ni rüzgâr gibi doğal bir neden mi taşıracaktı, yoksa tanrılar mı?* O dönemde yaşıyor olsaydık, yaygın kabule (*paradigmaya*) uyarak çok büyük olasılıkla cevabımız tanrılar olacaktı (konforcular ve nedenciler gibi). Çünkü bu gibi sorular on binlerce yıldır hep bu paradigmaya uygun şekilde cevaplanmıştı. Doğada işleyen süreçler küçümseniyor ve sadece bir enstrüman olarak

görülüyordu. Eski köye yeni âdet getirmek bir nevi mahalle baskısıyla karşılaşma riskini doğurabilirdi (arabanın varlığında olduğu gibi). Neyse ki Milet böyle bir yer değildi. Felsefe yapılabilecek kadar düşünmelerine ve elbette bunları ifade etmeye izinleri vardı insanların. Diğer taraftan, bu aydınlanma Thales'i direkt olarak tanrısızlığa götürmedi. Ama bir şerh koydu: Her şeyde bir Tanrı ya da ruh olabilir ama akılla açıklanabilecek şeyler için –ki buna doğa diyebiliriz– doğaüstü cevaplar gereksizdir. Bu şekilde tamamen doğal, gözlenebilen şeylerle Güneş tutulmasının gününü tahmin etmeyi başarmış olabileceği düşünülüyor (karekod video alarmı, bölüm sonunu boş geçmeyin). Bu öyle devrimsel bir bakış açısıydı ki zaman içinde doğaüstü olayların giderek azalması ve bilginin kapsadığı alanın giderek artmasına neden olacak olan bilimin doğuşuna yol açacaktı. Elbette Thales'in büyük bilimsel teorileri yoktu, hatta kafayı suya takmıştı, her şeyin sudan oluştuğunu düşünüyordu. Ancak açtığı yolda yürüyenlerin (mesela Anaksimandros) onu eleştirebilmeleri de bu yolun inşasıyla mümkündü. "Ateş, su, toprak, tahta" söylemi (Yok yok, hava olacak o, tahta değil!), yani meşhur dört elementin varlığını da Thales'in açtığı yoldan giden Empedokles öne sürmüştür. Ve ne tuhaftır ki maddeyi meydana getiren bu temel öğeler sevgi ve nefret gücüyle birleşip ayrılıyorlardı Empedokles'in modelinde. Tıpkı *G.O.R.A.*'daki *hiperoptik vasküler dondurucu* çalışmadığında bu dört elementi birleştiren o ihtiraslı öpücük gibi.

Günümüzde saçma geliyor belki ama bu cevapların muhatabı *Nasıl?* sorularıdır. Bu çok yerleşmiş kabulü girişteki hikâyede ben de kullandım. Ama gerçekte olay soruda değil yanıttadır:

— *Deprem nasıl gerçekleşir?*

— *Tabii ki deprem tanrısının isteğiyle!*

Bu da bir cevap mıdır? Evet! Ama süreci anlatmaz. Doğaüstü, *metafizik* (fizikötesi) alanda bir görüş bildirir sadece. O halde Thales'in *nasıl* sorusundan anladığı, cevap için "eldeki malzemeleri" kullanmaktır, ki herkes bu malzemelere ulaşabilsin.

Özetle, Sokrates öncesi (*Presokratik*) dönemde doğayla ilgili somut ve cevaba yönelik sorular sorulmaya başlanarak mitoloji penceresine alternatif bir görüş getirilmiştir... demek isterdim ama mistik düşünme elbette son bulmadı filozoflar arasında, Pisagor mesela. Thales gibi onun da yolu Mısır'a düştüğünden felsefe ve pratik bilgiselliği bir araya getirebildiğini düşünebiliriz. Çağdaşlarının aksine maddecilik yerine soyut düşünme üzerinden matematiksel kanıtlar üretmeye çalışıyordu. Sayılara takmıştı, demircinin çekiç vuruşlarıyla oluşan seste bile sayıların rolünü düşünüyordu. Sayıları somutlaştırmayı amaçlayarak üzerine model oturtmaya çalıştı. Müritleri bile vardı! Hatta bu müritler meşhur Pisagor teoreminin tanrısal bir esinle dünyaya indiğini düşünmekteydi. Bir bakımdan haksız da sayılmazlardı, zira hipotenüsün karesinin diğer iki dik kenarın karesinin toplamına eşit ($a^2 + b^2 = c^2$) olduğunun ortaya konması doğanın matematiksel olarak yorumlanmasına ve mühendislik girişimlere muazzam bir katkı yaptı. Mısır ve Çin'de mühendislik yapıları için pratik olarak kullanılan matematiğin Ege'de teoriye dökülmesi herkes tarafından anlaşılması ve evrensel olarak uygulanabilir kapılar açması açısından son derece önemliydi.



Akıl kapıyı çalar

Sonra Sokrates geldi... Çoğunlukla Batı felsefesinin babası olarak isimlendirilir ve iki büyük yıldızın direkt ya da dolaylı hocasıdır Sokrates. Doğadan çok içe, yani insana dönen ilk filozoftu kendisi ve bilginin mahiyeti üzerine yaptığı çözümlemeler yöntem olarak kullanılacaktı. Öğrencisi ve *Akademi*'nin babası Platon, namı diğer Eflatun, Sokrates'le ilgili bildiğimiz ya da bildiğimize inandığımız tüm veriyi sağlayan kişidir. Zira Sokrates yazmaya karşıydı. Yazının gerçek bir iletişim aracı olamayacağını düşünüyordu. Platon, bununla da kalmamış hocasının yöntemlerini geliştirerek yepyeni bir pencere açmıştır: *idealizm*, yani mutlak gerçeği aramak. Evrenin ve insan zihninin bir tasarımı ve amacı olduğunu varsaymak ve bu amacı keşfederek her şeyin anlaşılabilir olduğuna inanmak. Yani önce kabullerimiz, sonra bu kabullere uyan teorileri desteklemek gibi. Hiç yabancı gelmedi değil mi? Bilimin Ucunda içeriklerinin altında gördüğümüz o meşhur ve çok beğeni alan yorumlardan bahsediyorum:

> *Her şeyi anlattın ama nedeni, arkasındaki gücü anlatmadın!*
> *Neden gerçeği görmemekte ısrar ediyorsunuz?*

"Neden" sorusu, büyük fotoğrafın arkasındakini görme arzusundaki zihinlerin yapılanmasında önemli bir rol oynamıştır. Peki böyle bir neden kesin olarak var mı? İdealizme göre var. Çünkü evren mükemmel bir şekilde işliyor, geometri neredeyse her yerde var: kübik, dörtgen, altıgen sistemler ve tabii simetri... Platon, geometri ve düzen konusunda Pisagor'dan fazlasıyla etkilenmiş gibiydi. Her şeyin bir işlevi ve amacı olmalıydı. Bu çıkarım bilimin işleyişinde önemli bir rol oynayacaktı.

Akademi'de ders alan öğrencilerden biri, hocası Platon'a karşı oldukça güçlü tezler geliştirmiştir. Aristoteles sahneye çıktığından bu yana dünya eskisi gibi olmayacaktı, en azından birkaç yüzyıl sonra. Tüm hipotez ve teorilerin sezgiye dayanmak yerine, doğal gözlemlere karşı test edilmesi bilimsel yöntemin temel bir parçasıdır. Biraz zorlarsak, yaklaşık 2000 yıl sonra John Locke'un sistematik hale getirdiği deneyciliği Aristo'ya kadar indirebiliriz (felsefeciler kızmasın). Taraf tutmak gibi olmasın ama şu an bu satırları okumanızı sağlayan teknolojinin temelinde deneyciliğin önemli bir rolü var. Elinizdeki basılı kitap, bilgisayar, tablet, kitap okuyucu ekranı... Tüm bunlar deneyciliğin getirdiği pratik kazanımlardır. Yani Aristo, evreni "olduğu gibi" anlayabilecek yöntemi öneren ilk kişiydi diyebiliriz.

Bu arada John Locke ismi bir yerden tanıdık geliyor olabilir. *LOST* dizisinin en baba karakteriydi kendisi (Spoiler alarmı!). Seküler (dünyevi), hatta muhtemelen ateist bir karakter olan Doktor Jack Shepard'la ters düşüyordu hep John. Hatta dizinin büyük bir kısmının bu ikilinin hayatı algılama tarzına ışık tuttuğunu söylemek mümkün. Evet "*LOST* çok bozdu" ama bilim-felsefe tarihinin önemli isimlerine muhtemelen her bölümde bir gönderme vardı. Bu bile onu değerli kılmaya yeter. Mesela favori karakterlerimden Desmond Hume, filozof David Hume'a gönderme yapılan karakterdi. İkisi de İskoç'tu. Ama Desmond mucizelere inanırken, felsefeci Hume mucizelerin doğa yasalarını anlamakla ilişkili olduğunu düşünüyordu. Birisi yıllardır yaptığı şeyi inanarak yaparken, diğeri şüpheciydi. Bir anlamda zıtlıklar üzerinden tasarlanmış felsefe ve bilim tarihi için önemli şahsiyetlere gönderme yapmasıyla bu kitapta kendinden söz ettirmeyi başardı. Si yu in enadır layf brada! (Başka bir hayatta görüşürüz kardeşim).

Bilime giden yolda bilgi, sezgi ve deneyim üzerinden devam edelim... Bazı kavramları oturtalım ki bilime doğru giden merdivende bir adım daha atmış olalım. Bir şeyin deneyimden bağımsız (önceden, *a priori*) akıl yürütmeyle elde edilmesi yanlış olduğunu göstermez, mesela matematik a priori akıl yürütmeyle evreni anlamak için kullandığımız dil olmuştur. Oturmadı değil mi? Peki günlük hayattan örnek verelim: "Evli olmayan herkes bekârdır" önermesini doğrulamak için herhangi birinin bekâr statüsünü deneyimlemiş olması gerekmez. Kelimenin anlamı gereği evli zaten bekâr olamaz. Islağın kuru olamayacağı gibi. Diğer taraftan, deneyime bağlı (sonradan *a posteriori*) akıl yürütmede ise sonuç deneyimden sonra gelir. Yani buradaki bilgi deneysel kanıta dayalı olmalıdır. Örneğin "Her gökkuşağı yağmurdan sonra çıkar" önermesi bir deneyimin ürünüdür. Önce yağmur, sonra da gökkuşağının oluşması gözlenmiştir. Peki mutlak olarak doğru mudur bu? Yani her gökkuşağı için yağmura gerek var mıdır? Tam olarak değil. Güneş ışınları, yağmur olmaksızın bulutlar içindeki buz kristallerinden de yansıyabilir. Bu da belirli bir bölgede gökkuşağını (*görünür spektrumu*) oluşturabilir. Birbirinden farklı olmasına rağmen doğruya yakın iki çıkarım, işte bilimsel gelişim bu! Tahmin edebileceğiniz üzere bilimsel yöntem (*metodoloji*) içinde, bilgi deneyimden sonra edinilir ya da öyle olması beklenir diyelim, zira insan zihni iyi bir dansözün beli kadar kıvraktır. Özellikle kılıfına uydurma konusunda uzmandır.

Ay doğdu üzerimize

Presokratik dönemden Sokrat dönemi filozoflarına kadar doğayı inceleme anlamında çok önemli adımlar atıldı. Ancak bunlar hâlâ bilimsel yöntemin tam olarak oturduğu

dönemler değildi. Yani Aristoteles'in yaşadığı MÖ 350'lerde bilimsel diyebileceğimiz bir kuram (*teori*) ortada yoktu ve olamazdı da. Çünkü bilim dediğimiz şey neredeyse her yüzyıl başka bir niteliğe büründü. Günümüzdeki bilimsel metodun ilksel hali içinse neredeyse 16. yüzyıla kadar gitmek gerekiyor. Ya da arayı o kadar açmasak mı? En azından Batı'da bu hikâye hep bu şekilde anlatılageldi. Zira tarihi "kazananlar" yazar ve bunu objektiflikle yapmaları kendi vicdanlarına kalır. Bilim tarihi konusunda ülkemizin ve İslam medeniyetinin medarıiftiharlarından olan Fuat Sezgin, "Bilim, sahiplenenin olur" der. Bilim aynı zamanda kimsenin ebedi malı da değildir. Bu durumun en acı göstergelerinden biri, Fuat Sezgin'i İngilizce Wikipedia'nın, Türkçe Vikipedi'den daha ayrıntılı anlatmasıdır. Sadece bilim değil, tarih de sahiplenenin olur. Neyse, biz yine bilim tarihinde gezmeye devam edelim.

Batı Aydınlanmasından 500 yıl kadar geriye, Bağdat'a gidersek Batı medeniyeti dışında da bilim yapmaya hevesli insanların olduğunu görürüz. Bari biz görelim değil mi? O zaman bahsi biraz daha artırıp Batı Aydınlanmasının İslam medeniyetinin fikri birikimi üzerine inşa edildiğini söyleyelim. Hatta Antik Yunan ile Avrupa arasındaki köprünün Müslümanlar tarafından kurulduğunu da. Bu artık aksi iddia edilemeyecek kadar açık ve yaygın bir görüştür.

Bir insan koca bir medeniyetin kaderini değiştirebilir mi? Değiştirir! Hatta bu işin yazılı olmayan kuralı budur da diyebiliriz. İdealist ve güçlü bir insan, milletinin de, medeniyetinin de kaderini değiştirebilir. Bunu yapmanın en kolay yolu inandığınız şeye daha çok kişinin inanmasını sağlamak, yani ikna etmektir. Ne kadar çok kişi inanırsa hedefe ulaşmak o kadar kolay olur. İşte ünlü Halife Hârûn Reşîd'in oğlu El-Me'mûn da İslam medeniyetinin bilime yön vermesine neden olan kişidir diyebiliriz. İlki-

nin Bağdat'ta kurulduğu Bilgelik Evi (*Beytü'l-Hikme*), modern bilimin temellerinin atıldığı yer olarak görülebilir. Temel amacı Yunan kaynaklarından felsefe-bilim çevirileri yapmak olan bu organizasyon zamanla kendi ürünlerini de vermeye başlamıştır. Tıpkı başta sadece Apple gibi büyük markaların tasarladığı telefonları üreten ve sonra da kendi ürünlerini (Huawei ve Xiaomi gibi) üretebileceğini anlayan Çin gibi.

Bu düşünsel devrimle 8-12. yüzyıllar arasında Müslümanlar matematik, biyoloji, astronomi, fizik ve coğrafya alanlarında o kadar yol almışlardır ki Nobel ödülleri o dönemlerde dağıtılacak olsa 400 yıl boyunca ödüller sadece birkaç yüz kilometre karelik bir alana giderdi. El-Hârezmî (matematik, cebir), El-Câhız (biyoloji), İbn-i Sînâ (biyoloji, kimya, jeoloji), Ömer Hayyâm (matematik, astronomi), İbn-i Heysem (fizik, astronomi, bilim felsefesi) ve Batı'da rasyonalizmin babası olarak tanınan, Avrupa'ya İslam Bilimini öğreten Endülüslü İbn-i Rüşd bu parlak zekâların önde gelenleriydi. Bu isimlerin tamamı hezarfen (*polymath*) olarak bilinen çok yönlü düşünürlerdi.

Yine de bu isimlerin katkıları yöntemsel olarak modern bilimsel görüş içerisinde değerlendirilemez. Bu bilginler, akıl yürütmeyle bilgi üretmiştir. Ama bilimsel yöntemin temellerinin de yine bu dönemde atılmaya başlandığını söyleyebiliriz. Bulguların deney yoluyla test edilmesi ve yanlışlanma ilkesini kullanan ilk insan muhtemelen modern optiğin babası İbn-i Heysem'di (965-1040).

"Bilim insanlarının çalışmalarını araştıranların amacı doğruyu öğrenmekse, kendisini okuduğu her şeye düşman kılması ve ona her yönden saldırması gerekir. Önyargıya veya hoşgörüye düşmemek için de eleştirel incelemesini yaparken kendisinden şüphe etmelidir," demiştir İbn-i Heysem. Bilimsel şüphecilik konusunda devrim niteli-

ğinde bir yaklaşım bu. Çağdaşı El-Bîrûnî de tekrarlanan deneylerin fikrin güçlenmesi için önemli olduğunu belirtirken, her yöntemin her çalışmaya uygun olmadığına, farklı dalların farklı yöntemlere ihtiyaç duyacağına vurgu yapmıştır. Yani o da bir nasılcıydı diyebiliriz. Ancak bu modern yaklaşımlar İslam medeniyeti içinde bile güdük kaldı, ilgi görmedi. Zaten birkaç on yıl sonra bilim tasını tarağını toplayıp İslam coğrafyasından ayrıldı. Uzunca bir süre de göçebe olarak yersiz yurtsuz kaldı. İnsanlar kendilerini birkaç adım ileri götürecek olan deneysel bilime mesafeli oldu. Bundan yaklaşık 200 yıl sonraysa İngiliz Filozof Roger Bacon'la deneyselcilik Avrupa'da doğdu. Ancak bu güzel çocuğun kaderi de Doğu'daki gibi olacak ve yine yüzyıllar boyu sahiplenilmeyecekti. Hikâyenin bundan sonrası malum, tüm bilim tarihi kitaplarında anlatılan şeyler. Uzun uzadıya tekrarlamaya gerek yok. Yoğurdun kaymağından tadıp geçelim.

Maymun gözünü açtı

16. yüzyılın başlarında Kopernik'in gökbilim çalışmaları İncil'deki Dünya (yer) merkezli (*geosentrik)* Batlamyus modeliyle ters düşer. Batlamyus'a göre Dünya, evrenin merkezinde konumlanır. Kopernik ise niceliksel hesaplamalara dayalı olarak Güneş merkezli (*heliosentrik*) evren modelini savunur. Ancak kanıta ve/veya deneye dayalı değil, rasyonel bir çıkarımdır (*argüman*) bu, alet edevattan yoksundur Kopernik. Sonra Kepler gelip gezegen sistemlerinin yasalarını ortaya koyar. Çağdaşı olan Galileo ise daha sesli ve bilimsel olarak savunur Kopernik modelini ve Kiliseyi karşısına alır. Suçu kutsala dil uzatmasıdır. Batı'da din-bilim karşılaşması ilk kez gerçekleşir. Suç aleti bellidir: gözlem ve deneysel bilgi. Oysa kutsal sayılan model yaklaşık 1500 yıl önce Batlamyus (*Ptolemy*) tarafından ortaya atılmış mo-

deldir. Yani bilim bir şekilde din olmuştur uzun zaman diliminde. Bu İstanbul'un 100 yıl boyunca depremsiz bir dönem yaşaması üzerine kutsal kitaba "İstanbul'da deprem riski yoktur!" cümlesini bir mutlak gerçeklik olarak eklemek gibi bir şey olurdu. Oysa bu risk var! Kutsalın, mutlak *hakikati* (gerçekliği) savunduğunu kabul edersek (ve inanırsak) bu bölümün kutsal olamayacağı açıktır. Bu cümleleri şimdi kurmak kolay tabii. Ortaçağda bu kadar özgür değildi insanlar. Yani kitabın bu bölümünü alıp ortaçağa götürürseniz önce kâfir ilan edip zindana atarlardı, sonra da ibretiâlem olsun diye diri diri yakarlardı.

Kopernik hafiften geri adım atmak suretiyle engizisyondan (Katolik Kilisesine bağlı mahkeme) paçayı kurtarır. Ama Giordano Bruno (hikâyemizdeki Sápara) daha dik başlıdır, geri adım atmaz ve kutsala muhalefet suçundan yanarak ölüme mahkûm edilir. Sanılanın aksine Bruno'nun Hıristiyanlığa tek eleştirisi bilimsel iddialar üzerinden değildi. Üçleme (*teslis*) inancına ve Hz. Meryem'in bakire olmadığına dair fikirleri de vardı Bruno'nun. Özetle Hıristiyanlığın temel direkleri hakkında da oldukça eleştirel bir pozisyon alıyordu, bugünkü tabirle azılı bir muhalifti. Bilimsel iddiaları da tuzu biberi oldu. Sonrası malum, Kilisenin özgür düşünce üzerindeki bu baskıcı tutumu sönmeyecek bir fitili ateşler ve o günden itibaren kiliseye karşı büyük ve haklı bir tepki oluşur. Peki Kiliseye mi sadece? Hayır, tüm dinlere karşı da oluşur. Özellikle aydın (*entelektüel*) kitle içinde yeni teori ve ideolojileri şekillendirecek bir tepkidir bu ve Bruno tüm bunların merkezinde yer alan –ve muhtemelen yer alacak olan– ilk bilim şehididir.

Bilimin pratik kazanımları zaman içinde Kiliseye karşı doğalcılığın elini kuvvetlendirir. Bilimsel yöntemin oturması Bacon (Francis), Descartes, Galileo, Newton ve Kant

gibi isimlerle devam ettiği gibi bilimin altın çağı olan 19. yüzyıla da temel oluşturur bu yaklaşımlar. 20. yüzyılda Karl Popper ve Thomas Kuhn'un katkılarıyla günümüzde bilimsel yöntem eskiye göre çok daha güçlüdür.

Bilim nasıl yapılır?

O zaman son olarak şu an ulaştığımız noktada basitçe bir teorinin nasıl yapılandırıldığına bakalım:

1. Gözlem yapılır.
2. Gözleme uygun önsav (*hipotez*) belirlenir.
3. Hipotezin doğruluğu deney veya dikkatli gözlemlerle test edilir (her bilim dalı deneye izin vermeyebilir).
4. Test sonucuna göre hipoteze doğrulama/yanlışlama yapılır.
5. Doğrulanmışsa deney tekrarlanır, doğrulanmamışsa hipotez revize edilir/gözden geçirilir.
6. Tekrarlı testlerden geçen, yani tekrar tekrar doğrulanan hipotez teori rütbesine ulaşır.

Hadi somutlaştıralım bu aşamaları. Salonda kitap okuyorsunuz ve bir anda ışık sönüyor. Işığın sönmesi bir gözlemdir. Sonra soru gelir: "Ha bu ışık niye söndü şimdi?" Çeşitli hipotezler gelir ardından:

a. Salondaki ampulün ömrü bitti.
b. Sigorta attı.
c. Elektrik kesildi.

Hemen bir deney yapıyorsunuz ve diğer odaların ışıklarını deniyorsunuz ve görüyorsunuz ki onlar da yanmıyor. Dolayısıyla ilk hipotez çöküyor. Çünkü hem salonun hem de diğer tüm ampullerin aynı anda ömürlerinin bitmesi oldukça düşük bir olasılık. Sırada "sigorta attı" hipotezini test etmek var. Bunun için de dış kapıyı açıp apartman ya da kapıdaki sensöre görünüyorsunuz. Eğer apartman ışığı yanıyorsa sigorta hipotezi doğrulanmış, "elektrik kesildi"

hipotezi çökmüş oluyor. Sonra sigortaya bakıyorsunuz ve aslında bir sorun olmadığını görüyorsunuz! Hoppalaa! Bu hipotez de mi çöktü şimdi? Tam olarak değil, hipotezde bir güncellemeye ihtiyaç var. Yani yeni bir test gerekiyor. Yeni hipotezimiz biraz daha ayrıntı içeriyor: "Sigorta *ana panodan* atmıştır." Bu kez de bu hipotezi test için elektrik panolarının olduğu alana gidiyorsunuz ve burada gerçekten de sadece sizin evinizin sigortasının attığını, diğer tüm dairelere elektrik gittiğini sayaçlardaki aktiviteden görüyorsunuz. Hipotez artık algılarımızın sınırları içinde bir gerçeğe dönüşüyor. Sigortayı açıp evinize dönüp kitap okumaya devam ediyorsunuz. İşte bilimsel yöntemin çok basit ama pratik bir çözümü. Farkındaysanız yanlışları eleyerek doğru bilgiye ulaşılmak üzere tasarlanmış bir metodoloji bilim. Yeni verilerle hatalar ayıklanır, geriye kalan rafine bilgiye "bilim" deriz. Bir heykeltıraşın mermer kütlesinden yavaş yavaş eksilterek yaptığı heykeller gibi.



Şekil 1. Bilimsel yöntemle evreni anlama yaklaşımı: yanlışları elemek, fazlalıkları atmak.

Aksi durumu düşünelim, deneysiz bir akıl yürütmeyle mesela: "Aha elektrik gitti!" deyip oturduğunuz yerden kalkmayacaktınız. Aklınızdan alternatif modeller de geçebilir ama "Yok yok, elektrik gitmiştir" deyip karanlıkta oturmaya devam ettiniz. Hatta hükümetlerin politikalarına da bir güzel giydirdiniz, çünkü bir inanç paketi olarak zihninizin bir

kenarında kum torbası olarak hazırda bekliyor. Bu inançla da onaylandığına göre "elektrik gitmiştir" hipotezi doğrulanmış oluyor. Bu hipotez de akılcı ama sadece rasyonel bir argüman içeriyor. Evet, elektriğin olmadığı aşikâr ama hipotez –duygu ve inançlar dışında– test edilmedi. "Neyin testi yahu! Elektrik yok işte!" diyebilirsiniz. Apartmanda var ama? İlk veriyi onaylayıp deney yapmadan teoriye ulaştın kuzum. Oldu mu böyle? İlk bakışta oldu gibi görünüyor belki ama çözülecek bir problem çözülemez hale geldi. Kopernik'in kuramı da aşağı yukarı böyleydi. Düşünsenize, şu an övgüler yağdırdığımız Güneş Merkezli Evren kuramı aslında evrenin merkezi tahmininde çok büyük bir ıskalama yapıyor. Şu an bu fikri savunana ahmak diyebilirdik. Diğer taraftan, Kopernik'ten önce 1500 yıl boyunca doğru kabul edilen Batlamyus'un yermerkezli modelinin savunması ise düpedüz çılgınlıktır (500 yıl sonra da şu anki fikirlerimizi çılgınca bulurlar mı dersiniz? Sanmam, muhtemelen sadece eksik bulacaklar). İşte bu çalışmayan yöntemlerle binlerce yıl iş görmeye kalktı insanlık. Son 200 yılda bilim ve teknolojinin bu denli hızlı ilerlemesi ve akıl almaz boyutta veri üretmesi tesadüf değil. Akılcı yöntemler geliştirmeyi başarmamız ve bu sayede ulaştığımız *inovasyonizm* (sürekli yenilik) bu sıçramada büyük bir rol oynuyor.

Gece boyunca elektriksiz oturup bu bahtsızlığı kadere bağlayıp ertesi gün elektriğin sadece sende gittiğini, anlamsızca karanlıkta oturduğunu anlayabilmek bir tarafta, ışık söndükten beş dakika sonra sigortayı kaldırıp kitaba devam etmek diğer tarafta. Hangisini alırdınız? Cevabınız ikinci seçenekse evrenin gizemlerini çözme çabasına katılma bileti kazandınız! Cevabınız birinci seçenekse, ikinci seçeneği tercih eden bir dostunuza kitabı hediye edin lütfen.

Hayden bağalım, serüven başlıyor! Bağlayın kemerlerinizi!

2. UZAY-ZAMANIN İNŞASİ

Gökkuşağından zaman makinesi yapmak

Malzemeler:
Yağmur, Güneş, İbn-i Heysem, Bacon, Newton, Herschel, Ritter ve Einstein.
Ayrıntılı tarif:

Tarihin gördüğü en büyük dâhilerden biri 17. yüzyılda dünyaya teşrif etti. Gözü yükseklerde bir adamdı Newton, tam olarak gökyüzünde. 1666-1672 yılları arasında beyaz ışığı "parçalarına ayırarak" tüm renklerin paketlenmiş hali olduğunu anladı bu süper zekâ. Dar bir güneş ışığı demeti, bir cam prizmanın (ya da eski avize taşlarının) yüzüne belli bir açıyla çarptığında bir kısmının yansıdığını, bir kısmınınsa camın içinden geçerek farklı renkli bantlar olarak ortaya çıktığını gözlemledi. Oluşturduğu bu yapay gökkuşağına *spektrum* (Latince görünüş) adını verdi. Elbette ışıkla ilgili bilimsel yaklaşımlar (ki buna optik diyebiliriz) Newton'la başlamadı. Yaklaşık 700 yıl önce modern optiğin babası, Latince ismiyle *Alhazen* yani İbn-i Heysem, Basra'da optik biliminin temellerini attı. Batı ortaçağının nadir parlak zekâlarından İngiliz filozof Roger Bacon, gökkuşağının oluşma biçimi ile ışığın cam veya kristalden geçişinin benzer olduğunu düşünmüştü. Newton bir değil, birkaç adım attı, hatta tam olarak depar attı! 1704 yılında yayımlanan *Opticks* isimli şaheserinde, ışığın farklı renklerde parçacıklardan oluştuğunu, farklı renklerin cam gibi saydam madde içinde farklı hızlarda hareket ettiğini, kırmızı ışığın mor ışıktan daha hızlı ha-

reket ettiğini varsaydı. Kırmızı ışığın prizmadan geçerken mor ışıktan daha az kırılması (*refraksiyon*), bu kırılma ve hız farklılıklarının renk spektrumunu oluşturduğunu ortaya koydu. Newton önce altı renk sınıfladı: kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi ve mor. Ama sonra mistik tarafı ağır basınca sayıyı mükemmel sayı olan yediye tamamlamasının gerektiğini düşünüp mavi ile mor arasına çivit (*indigo*) mavisini ekledi ve Kanal 7'ye göz kırptı J.

Bu satırları yazarken bir yandan da James Webb Uzay Teleskobunun (JWUT) Fransız Guyanası'ndan fırlatılışını NASA'nın YouTube kanalından canlı olarak takip ediyorum. Tüm fizik camiası neredeyse her uzay keşfinde olduğu JWUT için de Newton'a minnettarlığını sunuyor. Zira bu keşif öyle önemli yollar açacak ki uzay-zamanda daha uzaklıkları görebilmemizi sağlayacak. Bu kitabı 2030'da elinize alsanız mesela, muhtemelen teleskobun müthiş keşiflerinden birçoğunu burada bulamayacaksınız. Yazar ve okuyucu açısından hüzünlü, bilim açısından harika bir haber bu! Neyse, konuya dönelim. Elbette Newton'dan JWUT'ye zıplamak mümkün değil, arada birkaç köprü mimarından da bahsetmek lazım, zaman makinesinin mucidi William Herschel mesela. Herschel, her dalga boyuna (renge) bir termometre koydu ve mor renkten kırmızıya sıcaklığın arttığını gözlemledi. Bununla da kalmadı, kırmızının hemen yanındaki karanlığı da ölçtü ve ısı artışının orada da devam ettiğini gördü! Yani göremediğimiz alanda da bir şeyler vardı. Herschel bu bölgeye kızılötesi (*infrared*) ismini verdi. Bundan sonraki adım, Herschel'in adımı kadar yaratıcı değildi belki ama önemliydi. Sizce bundan sonraki katkı ne olmalıydı? Herschel, kırmızının yanındaki karanlığın sıcaklığını ölçtüğüne göre birinin de görünür spektrumun diğer ucunda, yani morun ötesindeki bölgedeki radyasyonu bulması beklenirdi. Bu kişi Johann

Wilhelm Ritter oldu. İlk denemelerinde mor ve ötesini bulamadı Ritter, bir derdi vardı artık ama içinde de tutmadı, kalsa neye yarardı hem. İşte bu yüzden zekice bir yöntem geliştirdi. Gümüş klorür (AgCl) ısıtıldığında beyazdan siyaha döner. Ritter bu bileşiği aldı, Güneş'in tayfının mor ucundaki karanlık bölgeye yerleştirdi ve beyazdan siyaha dönüşümün bu bölgede normalden daha hızlı gerçekleştiğini fark etti. Bu dönüşümün nedeni sıcaklık değildi. Bu yüzden bu ışınlara Almancasıyla "de-oxidierende Strahlen" dedi, yani deokside/kimyasal ışınlar. Ritter'ten sonra bu bölgeye daha akılda kalıcı ve aşina olduğumuz bir isim verildi: morötesi (*ultraviolet*; *ultra*: ötesi, *violet*: mor).

Olay burada da bitmedi tabii. JWUT'nin teorik altyapısı (tayf ölçümü) için hâlâ alınması gereken yollar vardı ama eskisi kadar uzun değil. 1802'de bilge Thomas Young oldukça baş ağrıtıcı olan çift yarık deneyinin ilksel halini kullanarak bir ışık huzmesinin dalga boyunu ölçtü ve renklere sayısal (*analitik*) bir kimlik kazandırmış oldu. Buna göre İstanbul'un meşhur beton grisi, ağaç yeşili, deniz mavisi, buğdayın ya da Hadise'nin saçlarının sarısı, kısacası Dünya tecrübemizin 380 nanometrelik dalga boyu (mor) ile 750 nanometre uzunluğundaki dalga boyu (kırmızı) arasında olduğunu anlamış olduk. Hepi topu 370 nanometre uzunluk içinde sıkıştırılmış bir renk cümbüşüne Dünya diyoruz, en azından insan türü için. Yine de bu genelleme hepimiz için geçerli değil, nüfusun yaklaşık %4 kadarı görünür spektrumu tam olarak algılayamıyor. Renkleri algılayıcı koni hücrelerindeki hasar neticesinde özellikle kırmızı ve yeşil oldukça soluk algılanıyor. Yine de "renk körlüğü" fazlasıyla genellemeci bir tanım. Tersi de var, normalden fazla renk görebilen *tetrakromat*lar! Kadınların binde 4'ünde görülen bu anormal durum mavi, yeşil ve kırmızıya ek olarak bir renk reseptörünün daha

varlığıyla mümkün oluyor. Elbette spektrumun canlıların hayatındaki yeri bununla sınırlı değil. Renkler birçok tür için varlığa, hayatta olmaya eşit hayati bir değer taşıyor. Hatta yeri gelmişken bu fizik yolculuğuna ara verip önümüzdeki biyoloji durağında soluklanalım.

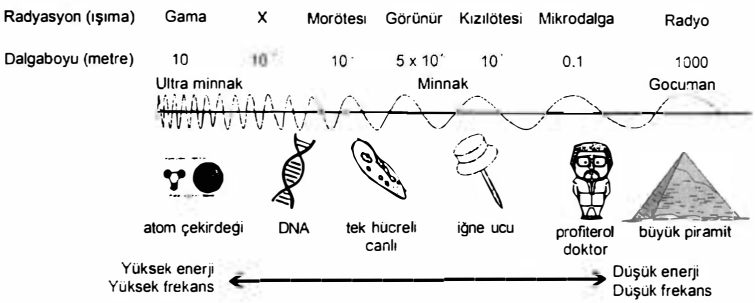
Hayatın karaya çıkış denemeleri ancak 375 milyon yıl önce olası olmuş gibi görünüyor. Ozon tabakasının kalınlaşıp morötesi ışınları kırmaya başlaması bu kadar uzun bir zaman alıyor çünkü. Aslında bu konudaki yenilik (doğanın öz inovasyonu) karaya çıkmadan çok daha öncelere de gidiyor. Mesela büyük beyaz köpekbalığı alttan ve üstten farklı renklerle boyanmış bir avcıdır. Altı beyaz, üstü koyu gri tonlarındadır. Üstten bakan av, derinliği andıran rengiyle Jaws'ı seçemeyebilir. Alttan bakan elbette daha kolay seçecektir, ancak yine de yapılabilecek en iyi AR-GE çalışması yapılmış ve gökyüzü gibi beyaz renkle boyanmıştır köpekbalığı. Afrika savanasında da benzer inovasyonlar yer alır: aslan, leopar, çita gibi avcılar da çevrelerine uygun renk ve desenleriyle görünmez (*kamufle*) olurlar. Bu da onların avlarına daha rahat yaklaşmalarını ve avlanmalarını kolaylaştırır. Savunma tarafındaki renk kullanımları daha da inanılmazdır. Ağaçla bir olan güve, kuş ve elbette bu işin feriştahı olan bukalemun türleri, avcılara (ve bazen avlara) karşı görünmez olurlar. Böyle olunca doğal seçilim, "Gel yavrum, şuraya oturuver. Al bak, bu hayat! Genlerini gelecek nesillere aktarmaya ve daha da önemlisi Bilimin Ucunda içeriklerinde yer alma hakkı kazandın! Artık ünlüsün!" der ve ödüllendirir bu renk adaptasyonlarını. Burada, tam olarak şu anda, konuşulmasının nedeni de milyonlarca yıllık başarı hikâyeleridir.

Fiziğe geri dönelim. Renklerin elektromanyetik dalgalardan ibaret olduğunu Newton'dan 100 yıl sonra anlamış olduk. Sevgilinizin mavi gözlerine bunu kondurmak kolay

olmayabilir. Onlara bakarken hissettiklerinizin aslında birer elektromanyetik dalgadan ibaret olduğu ortamdaki hissi öldürmeye yeter mi bilemiyorum. Böyle durumlarda bu "gereksiz" bilgileri unutup ânı yaşamakta fayda var. Mesela domates ve kan benzer dalga boyu ve frekanslarında ışıkları yansıttığı için kırmızı renkte görünürler. Kırmızı bir Ferrari de bu kurala boyun eğer. Ferrari ve domates elektromanyetik olarak neredeyse eşittir! Bize göre ise aralarında yaklaşık 6 milyon kat fark var (Yeniköy'de satılan bir Ferrari SF90'a göre hesaplandı). Ama Ferrari'den ketçap üretip patates ya da makarnanın üzerine sıkamazsınız, dolayısıyla yokluğu domates kadar hissedilmez.

İçimizden geçen dalgalar

Günümüz itibariyle artık genel kızılötesi ve morötesi paketlerinin içinde daha çok ve ayrıntılı sınırlandırılmış dalga boyları var. Kızılötesi ışığın dalga boyu topluiğnenin topu kadarken, mikrodalganın boyu maksimum bir Hobbit kadar uzun olabilir. Radyo ve TV dalgalarının boyları ortalama bir bina kadarken, arabanızın radyosunda açtığınız AM (*amplitude modulation*; genlik modülasyonu) frekansının dalga boyu Mısır'daki Keops Piramidi kadar olabilir. Morötesi paketini açtığımızda ise morun hemen sağ tarafından itibaren başlayan alanda dalga boyları yaklaşık molekül boyutlarındadır. X-ışınları bölgesinde atomun çapı kadarken, gama ışınlarında ise atom çekirdeği boyutlarına kadar küçülmektedir. Yani akıl almaz derece küçük dalga boylarına (0.1 *Angström*, metrenin yüz milyarda biri!) ve oldukça yüksek tekrarlama sıklığına (frekanslarına) sahiptir bu dalgalar. Zaten bu yüzden birçok şeyin içinden geçebilirler ve bu özellikleriyle hem faydalı hem de oldukça zararlı olabilmektedirler.



Şekil 2. Elektromanyetik dalgaların özellikleri.

Tam olarak burada radyasyon tabirine girelim ama bodoslama olmasın. Zira bodoslama girersek kötü şöhretli bir kelimeyle karşılaşırız. Oysa radyasyon (ışınım) olmasa bu yazıyı okuyamayacaktınız. Hatta çevrenizdeki hiçbir şeyi göremezdiniz. Görme olayını doğal olarak Güneş'ten yayılan ışınlara, yani radyasyona borçluyuz. Birinden elektrik almadan önce ondan radyasyon alırız :) Güneşten gelen ışık demetleri bedenine çarpar ve hop karşımızda bir vatandaş arzıendam eder. Güneşten gelen radyasyon paketi atmosfer (ozon tabakası) tarafından filtrelenir. Instagram filtreleri sizi güzelleştirebilir ama ozon filtresi yaşatır! Bunu bilmeden yaşarız ama Instagram'ı bilmeden yaşayan var mı? Daha az olmalı. Ozon filtresinden geçen büyük dalga boylu radyasyona *iyonlaştırıcı olmayan radyasyon* denir. Kısa dalga boylu, morötesi paketinin ürettiği radyasyon ise *iyonlaştırıcı* özelliğe sahiptir ve bildiğimiz kadarıyla hayatın karaya teşrif etmesini yüz milyonlarca yıl geciktirmiştir. "İnsanı kanser edersin!" tepkisi iyonlaştırıcı radyasyon için son derece yerindedir. Zira bu dalgalar o kadar kısadır ki DNA'mızın içinden geçebilirler (her iki anlamda). Kontrollü olarak verildiğinde ise iyonlaştırıcı radyasyon içeride neler olup bittiğini an-

lamamızı sağlar, ki bunlara genellikle medikal X-ışınları denir. Keşfinin ilk zamanlarında dikizciliğe bilimsel bir kılıf uydurmuş olan Wilhelm Conrad Röntgen tarafından "bilinmeyen" anlamında kullanılmıştır (matematik sorularındaki baş belası x gibi). X-ışını altında kemikler beyaz görünür, çünkü daha yoğun nesneler daha fazla radyasyon emer. Deri ve kaslar gibi vücudun daha az yoğun kısımları radyasyon içlerinden geçtiği için röntgen görüntülerinde karanlık kalır.

Peki bu iyonlaştırıcı radyasyon hep gökyüzünden mi gelir? Hayır, yerden de gelebilir, özellikle magmatik kökenli kayalardan. Dağlarda bunun bir sorun olma ihtimali şehirden daha fazladır tabii. Ama medeniyetin olduğu bazı özel yerlerde de, mesela hastanelerde görüntüleme cihazlarında ve İTÜ Jeoloji Bölümü koridorlarında da buna maruz kalmanız olasıdır! Elbette düşük seviyelerden bahsediyorum. Özellikle magmatik kayaların içerisinde zenginleşen bazı mineraller (örneğin nükleer silah üretmek için kullanılan "uraninit" – UO_2) önemli miktarda uranyum elementi içerebilir. Uranyum ve toryum radyoaktif elementlerdir ve X-ışını yayarlar. Mineralin, mikron (milimetrenin binde biri) boyutunda yani minnacık olduğu düşünüldüğünde radyasyon miktarının tehlike arz etmediği anlaşılabilir. Ayrıca mesafe de önemlidir, özellikle alfa ve beta ışımaları için. Bu yüzden İTÜ Jeoloji Bölümünde kimsede üçüncü kulak ya da göz belirmedi, henüz :)

Peki başlıktaki zaman makinesi ne alaka?! İşte burada nihayet gezegenin gördüğü muhtemelen en son dâhiyle karşılaşıyoruz. Çocukluğundan beri kafayı ışığa takmış ve bir gün "Acaba ışığın üzerinde seyahat etmek neye benzerdi?" gibi deli bir soru sormaya cesaret etmiş patent memuru Albert Einstein'dan bahsediyorum. 1905 yılında özel görelilik isimli janjanlı kuramı (*teoriyi*), daha sıradan "Ha-

reketli Cisimlerin Elektrodinamiği Üzerine" başlıklı makalesiyle ortaya attı. O sırada ışığın hızını ölçme konusunda bir yarış vardı fizik camiasında. Einstein çıktı ve "Babalar, ışık hızı tüm eylemsiz gözlemciler için sabittir ve geçilemez!" dedi ve özel görelilik kuramının besmelesini çekti. Bu o denli büyük bir buluş olacaktı ki zamanda yolculuğu olası kılacaktı, hem de şu an bu kitabı okuduğunuz yerden! İster arabada, otobüste, metronun yüzeye çıktığı istasyonlarda; ister evin, okulun penceresinde, bahçesinde... Gece gündüz gökyüzüne bakmamızı sağlayacak her yerde, gündüz gördüğümüz Güneş ve gece gördüğümüz yıldızlara her baktığımızda aslında bir nevi zaman yolculuğu yapıyoruz, zira gördüğümüz şey baktığımız şeyin anlık görüntüsü değil! Çılgınca ama gerçekten böyle! Işık, saniyede yaklaşık 300 bin kilometre (tam olarak 299.792,458 km) yol katediyor. Bildiğimiz her şeyden çok çok çok daha hızlı. Ama uzaydaki mesafeler o kadar büyük ki bu hız bile bize anlık bilgi ulaştırma konusunda yetersiz kalıyor. Mesela yıldızımız Güneş'le aramızda kabaca 150 milyon kilometre mesafe var. O zaman Güneş'e her baktığımızda (gözlerimizin sağlığı için sadece batarken ya da doğarken bakalım) ne kadarlık bir zaman kaybı oluştuğunu hesaplayalım:

1. Güneş ışınlarının bize ulaşma süresi =

$$\frac{\textit{Güne ile aramızdaki mesafe}}{\textit{ışık hızı}}$$

2. Güneş ışınlarının bize ulaşma süresi =

$$\frac{150.000.000\ km}{300.000\ km/saniye}$$

3. Güneş ışınlarının bize ulaşma süresi = 500 saniye

Bu durumda Güneş'e her baktığımızda onun 500 saniye yani 8 dakika 18 saniye önceki halini görüyoruz! Çünkü

Güneş'in bize doğru gönderdiği ışık ancak bu sürede aradaki yolu katedip gözlerimize ulaşıyor. Ne kadar tuhaf değil mi? Gökyüzüne her baktığımızda aslında ve gerçekte geçmişe bakıyoruz, geçmişi görüyoruz. Bu durum Ay için bile geçerli! Ay'ın bize uzaklığı yaklaşık 384 bin km. Yani ışığın bir saniyedeki hareket hızından yüksek. Bu da Ay'a baktığımızda bile 1 saniye önceki halini gördüğümüzü işaret eder. Madem konuyu açtık, diğer gökcisimlerini de aradan çıkaralım, kabaca ve ortalama ne kadar geçmişe baktığımızı görelim:

Venüs: 2 dakika 18 saniye

Mars: 4 dakika 24 saniye

Satürn: 1 saat 12 dakika

Mesafeler uzadıkça artık bizim ölçülerimiz bol sıfırlı ve anlamsız hale geldiğinden yeni bir ölçü birimi gerekiyor: *ışık yılı*. Aslında bir zaman birimi değil bu, mesafeyi ölçüyor; ışığın aşağı yukarı bir yılda aldığı mesafeyi. Mesela en yakın yıldız Proxima Centauri yaklaşık 4,3 ışık yılı mesafede. Yani yıldıza her baktığımızda yaklaşık 4 yıl önceki halini görüyoruz. Gökyüzündeki en parlak yıldız olan Sirius'a 8,5 yaşındaki çocuğumuz ya da yeğenimizle baktığımızda ise Sirius'un ufaklığın doğduğu gündeki halini görüyoruz (ar yu Sirius!?). O zaman biraz daha uzaklaşalım, Samanyolu Galaksisinin merkezine olan uzaklığımıza bakalım... 26 bin ışık yılı! Yazın köyde ya da ışık kirliliğinin daha az olduğu yerlerde gökyüzünde gördüğümüz o uzun diskin bize yakın olan yıldızlarının binlerce yıl önceki halini görüyoruz aslında. Bakıyoruz ama gördüğümüz şey baktığımız şey değil! Komşu Andromeda Galaksisiyle aramızdaki mesafe ise yaklaşık 2,5 milyon ışık yılı! Oradan bize gelişmiş bir teleskopla bakan komşularımız bizi, yani insanı göremez. Çünkü henüz teşrif etmemize 2,2 milyon yıl daha var!

Sayılar sıkmış olabilir ama yukarıdaki laf salatası evrenin sadece ufacık, minnacık bir bölümünden bahsediyor. Mesela dolaylı olarak fotoğrafı çekilen ilk süper kütleli kara delik (M87) bizden yaklaşık 53 milyon ışık yılı uzakta (neyse ki!). Peki o akıllardaki soruyu soralım: Zamanın başladığı anlardan gelen en uzaktaki yıldız bizden ne kadar uzakta? Bu satırlar yazılırken Hubble Teleskobunun izini yakaladığı en uzak yıldız 12,9 milyar ışık yılı mesafede! Vay babayın kemüğüne! Teleskoba ulaşan ışık, kaynağından ta 13 milyar yıl önce salınmış, fosillerin tillahı bir ışık bu. Işık, ışık olalı bu kadar eskimedi! "Yediğin içtiğin senin olsun, gördüklerini anlat hele" denilebilecek ve bunun hakkını en iyi verecek varlık bu! Neredeyse tüm evrenin tarihini görmüş bir ışık. Belki yakın olmayan gelecekte ışığın içinde bir kayıt bulabiliriz, ne de olsa deştikçe daha derine inebiliyoruz...

Hubble, Einstein'ı döver, Lemaître hepsini!

Einstein statik yani durağan bir evrene inanıyordu. Bu inanç o kadar güçlüydü ki genel görelilik denklemlerinin (ilerleyen bölümlerde konuşacağız bunun hakkında), evrenin şu anda genişlemesine ve uzak gelecekte büzülmesine izin verecek şekilde kolayca çözülebileceğini keşfettiğinde, bu denklemlere *kozmolojik sabit* dediği şeyi eklemişti. Ta ki bir babayiğit gelip Einstein'a, kozmolojik sabitin "hayatının en büyük hatası" olduğunu söyletene kadar.

1929 yılı evrene bakışımızı önemli ölçüde değiştirecek bir buluşun yapıldığı önemli bir tarih. Chicago Üniversitesinde matematik ve astronomi eğitimi almış, ancak babasını da kırmayarak kariyerine Oxford'da hukuk eğitimini eklemiş, bununla da yetinmeyip okulun (Chicago) basket takımının şutörü olarak takımı şampiyonluğa ta-

şımış Edwin Hubble isimli çok yönlü bir adam galaksi ötesi uzayla ilgili önemli çalışmalar yapmak üzere California'daki Wilson Dağı Gözlemevinde çalışma fırsatı buluyor. Gözlemleri sırasında bir şey fark ediyor: Galaksiler kızıla kayma gösteriyor. Ne demek şimdi bu? Yukarıda dalga boylarıyla ilgili bayağı laf ettik. Mordan kırmızıya dalga boylarının arttığını belirttik. Böylece kırmızıya kaymanın dalga boylarının büyüme eğilimini gösterdiğini anlayabiliriz. Peki neden? İşte Hubble'ın buna getirdiği yorum: Kırmızıya kayma mesafeyle ilişkilidir ve bu nesnelerin uzaklaştığını gösterir. Aslında bu etkiyi günlük hayatta sıklıkla yaşıyoruz. Yaklaşan cisimlerin (arabalar diyelim) sesleri tizleşirken, uzaklaşan cisimlerin sesleri boğuklaşır. Buna *Doppler Etkisi* deniyor. Burada ses (*akustik*) dalgalarının sıklığı arttığında dalga boyları azalıyor, bize yaklaşmış oluyorlar (mor ışık gibi). Diğer taraftan, uzaklaşırken dalga sıklığı azalmış, dalga boyları artmış oluyor ve boğuklaşıyor (kırmızı ışık gibi). Burada daha enteresan olan gökcisimlerinin sadece bizden değil birbirlerinden de uzaklaşmış olduğu gerçeğiydi (bu durum kütle çekiminin etkin olduğu Güneş Sistemi gibi yerel sistemler için geçerli değildir. Yerel sistemler sülale gibi birlikte hareket ederler). Bu nasıl mümkün olabilirdi ki? Olayı zihinde canlandırmak için genellikle balon örneği verilir. Balonu şişirmeden önce üç ayrı nokta işaretlenir ve balon şişirilir. Sonrası malum, bu noktaların tamamının arasındaki mesafe artar. Yani evreni (uzay-zamanı) bir balona benzetmek mümkündür. Ne âlâ!

Özetle evren genişliyor! Aslında bu çıkarım 1927'de, yani Hubble'dan iki yıl önce teorik olarak ortaya konmuştu. Belçikalı rahip, fizikçi Georges Lemaître'ın Fransızca kaleme aldığı makalesi Anglosaksonlar tarafından fark edilmedi. Bu bilimin neden ortak bir dile sahip olması

gerektiğinin güzel bir örneği. Neyse ki bu sorun 2018 yılında aşıldı ve artık Hubble Yasası değil *Hubble-Lemaître Yasası* olarak tanınmaya başlandı. Doksan bir yıl sonra gelen iadei itibar. Balon örneğine geri dönelim: Balon şu an şişiyorsa zamanı geriye sararsak büzülmesi gerekir. Yani gökcisimlerinin tamamının birbirlerine yakınlaşması gerekir. İşte bu çıkarım bilim tarihindeki en büyük buluşlardan birine götürdü fizikçileri: *Big Bang*! Yani büyük patlama. Aslında teorinin ismi alay etme amacıyla statik evrenci İngiliz astronom Sir Fred Hoyle tarafından kondu: "Ne yani, evren sonsuz değil de büyük bir patlamanın sonucunda mı oluştu! Ya bırakın abi ya!" gibi çıkışması sırasında ortaya çıktı. Leon Lederman'ın Higgs bozonu için söylediği "Tanrı'nın lanet parçacığı (*Goddamn particle*)!" nasıl Tanrı Parçacığı olduysa, Big Bang'in de adı böyle kondu. Her neyse... Teorinin ortaya atılmasından sonra Big Bang'le ilgili kozmik mikrodalga arka alan (fon) ışıması, H/He (Hidrojen/Helyum) oranı gibi daha fazla destekleyici bilgi elde edildi. Büyük patlama, günümüzde evrenin oluşumu için öne sürülen en güçlü teorilerden biri konumunda: sonsuz yoğunlukta ve sıfır hacme sahip, evrenin tüm malzemesini içeren paketin fışkırması. Peki ne zaman gerçekleşti bu büyük patlama?

Kaç yaşındasın sen!? Ben sana soruyor muyum!

Evrenin tüm hikâyesini içinde barındıran büyük patlamanın zamanını hesaplamak için yine kızılötesi dalga boylarını kullanıyoruz, zira çok uzaktan gelen ışınların dalga boyları bize ulaşana kadar artarken frekansları azalır. Bunu gözlemlemek için en uygun aralık yakın kızılötesidir, ki James Webb Uzay Teleskobu da buna göre ayarlanmıştır.

Evrenin genişlediğini anladıktan sonra tek yapmanız gereken şimdiki genişleme oranını hesaplamak ve bunun zaman içinde nasıl değiştiğini belirlemektir. Yani geldiğiniz yollar belliyse bu yoldan geri dönerek başlangıç noktasını bulmak kabaca olasıdır. Yukarıda anlattığım gibi basitçe, bir gökcismi bizden ne kadar uzaktaysa kırmızıya kayması o kadar büyük olacaktır. Madem galaksiler ne kadar uzaktaysa o kadar hızlı uzaklaşıyor bunu ortalama bir sabit olarak kullanmak akıllıca olmaz mıydı? Oldu bile: *Hubble sabiti*. Bu sabite, 1 megaparsek başına yaklaşık 70 km/saniye'dir. Megaparsek birimi astronomik mesafeleri kolay söylemek için kullanılan bir dönüştürme. Hani 10 bin metrekare dememek için 1 hektar deriz ya, onun gibi. Burada da 3.262.000 ışık yılı mesafeyi anlatmak için 1 megaparsek (Mpc) diyoruz. Yani mesafe arttıkça örneğin 10 megaparsek (32 milyon ışık yılı) mesafede evrenin genişleme hızı yaklaşık 700 km/saniye'dir.

Peki bunlarla ne yapacağız? Amaç ne? Tabii ki sabitten sonuna kadar faydalanmak! Hadi formüllerle anlatalım da havamız olsun:

4. V (galaksilerin uzaklaşma hızı) = H (Hubble sabiti) X D (Mesafe)

Bu eşitliğe Hubble Yasası diyoruz. Yukarıda yüzlerce kelimeyle anlatmaya çalıştığım şey bu formülle, yani "V = H x D"yle hayat bulur. Tıpkı Yahya Kemal'in iyi bir şiir için önerdiği formül gibi: *Şiir, darası alınmış sözdür*.

Elimizde belli bir mesafe ve hızı belli bir araba varsa memlekete ne kadar sürede varabileceğimizi tahmin edebiliriz. Aynı şey evrenin yaşına yaklaşımda bulunmak için de geçerlidir! Yani:

5. $T \text{ (zaman)} = \dfrac{\textit{mesafe (D)}}{\textit{hız (V)}}$

Hızı, yukarıdaki Hubble yasasından, yani 4. eşitlikten alalım ki evrenin yaşıyla ilgili bir şeyler söyleyelim:

$$6.\ T\ (\text{evrenin yaşı}) = \frac{\textit{mesafe (D)}}{\textit{galaksilerin uzaklaşma hızı (HxD)}}$$

Pay ve paydadaki iki D (mesafe) birbirini götürüverdiğinde tuhaf bir şekilde yine Hubble sabitiyle (H) baş başa kalırız. Tam olarak baş aşağı:

$$7.\ T\ (\text{evrenin yaşı}) = \frac{1}{H\ (70km/s/Mpc)}$$

1 megaparsek yaklaşık 310×10^{17} kilometreye eşittir. Yukarıdaki 7 numaralı eşitlikte ters çevirmek zorunda olduğumuzdan bu sayıyı 70 km/saniye'ye böleriz. Ortaya çıkan 4.4×10^{16} saniyeyi ise 31.556.926 saniyeye bölerek yıla çevirdiğimizde aşağıdaki yaklaşık sonuç çıkar:

T (evrenin yaşı) = ~14 milyar yıl

Elbette bu hesaplama için basit varsayımlarda bulunulduğunu söylemek gerek. Sadece bu veriyle sonuca varmak çok iyimser olurdu. Diğer taraftan, evreni bir küre olarak düşünecek olursak kürenin merkezinden sınırlara gittikçe mesafe artacağından genişleme hızı artacak. Öyle bir noktaya gelecek ki genişleme hızı ışık hızını geçecek. Yani? Görebileceğimiz son nokta aslında genişleme hızının ışık hızını aştığı bu nokta olacak. Dolayısıyla oradan ötesine bakma şansımız olmayacak. Hatta yok! Basitçe, zaman geçtikçe gördüğümüz gökcismi sayısı azalacak. Zira bizden ışık hızından daha hızlı uzaklaştıkları için ışık bize ulaşamayacak. Genişlemenin de sürekli arttığını göz önüne alırsak her geçen zaman daha az galaksi gö-

receğiz. İşte bu yüzden evrenin yaşı yaklaşık 14 milyar yılken bize en uzaktan gelen ışık (elektromanyetik dalga) yaklaşık 45 milyar ışık yılı mesafede! Kafalar karıştı değil mi? Bu son derece normal bir durum. Hem ışık hızının sabit olması hem de referans noktasının giderek uzaklaşması bu tuhaflığa neden olan etkenler.

Genişleme olayındaki tuhaflığa bakalım. Düz yolda biraz soluklanmak üzere pedal çevirmeyi bıraktınız diyelim. Bisiklet er ya da geç duracaktır. Topa vurduğunuzda da zamanla hızını kaybeder. Bu yavaşlama ve durmaların nedeni sürtünme kuvvetidir. Ya da bisikleti boşta kullanıyorsunuz ve karşınıza bir yokuş çıktı. İşte burada yerçekimi "Hoop hemşerim, nereye!?" demek suretiyle bisikleti, topu, arabayı ya da hareket eden neyse durdurur. Yani sürtünme ve yerçekimi kuvvetleri hareketi bitiren kuvvetlerdir. Bunların olmadığı ortamlarda verdiğiniz enerji kayba uğramadan devam eder. Gaza dokundunuz ve ayağınızı çektiniz, araba 30 km/saat hızla ilerliyor diyelim. Yavaşlatıcı kuvvetler olmadığı sürece bu hareket sonsuza kadar devam eder. Ama evrene baktığımızda büyük patlamanın neden olduğu genişleme hızının halen arttığını görüyoruz. Şimdi diyeceksiniz ki yokuş aşağı salarsan bisiklet de hızlanır, top da, araba da. Ancak uzayda kütle çekimiyle ilgili böyle bir hızlandırıcı etken bilinmiyor. Bu bilinmezliğe *karanlık enerji* diyoruz. Ve bu karanlık enerjinin evrenin %74'ünü kapladığı düşünülmekte. Evet, yanlış görmediniz %74! Evreni eşyoğunluklu bir şekilde tamamen kapladığı ve tüm enerji yığınının %74'ünü oluşturduğu düşünülüyor. Karanlık maddeyi de hesaba katınca gözlemlediğimiz evren %5'ten çok değil.

Özetle, evrenin neyden oluştuğu da son derece önemli yaşını belirlemek için. Neyse ki elinizde tuttuğunuz kitap bu sınırları daha fazla zorlamıyor ve konunun temel çer-

çevesini çizmekle yetiniyor. Günümüz itibariyle evrenin yaygın olarak kabul edilen yaşı yaklaşık 13,8 milyar yıldır.

Öyle bir geçer zaman ki

Andromeda Galaksisi biraz daha parlak olsaydı açık gecelerde gökyüzünde bir disko topumuz olurdu. İyi bir teleskopla açık bir gökyüzünde gördüğünüz spiral yapı içinde irili ufaklı 1 trilyon kadar yıldız var. Güneş benzeri 1 trilyon yıldız! Ne kadar muazzam bir büyüklüğe baktığımızı daha iyi anlamak için 1,3 milyon tane Dünya'nın Güneş'in hacmine sığabileceğini hatırlayalım.

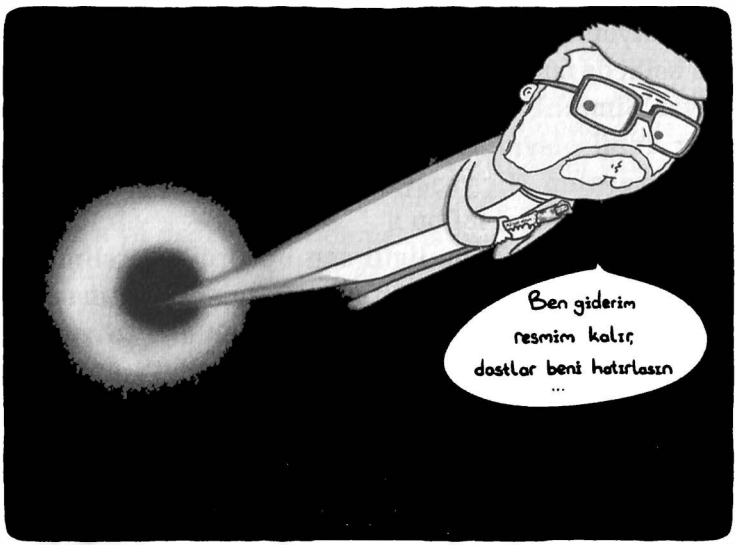
Bu devasa yapıyla aramızdaki mesafe yaklaşık 2,5 milyon ışık yılı. Yani bu disko topuna her baktığımızda aslında yaklaşık 2,5 milyon yıl önce bize gönderdiği ışınları görüyoruz. Oraya gitmek olası mı peki? Yani ışık hızının sınırlarına kadar yaklaşsak oraya varmak 2 milyon yıldan fazla mı sürer? Bu soruyu bir soruyla daha açmak gerek: Kime göre? Ünlü teorik fizikçi Michio Kaku'ya göre ışık hızına yakın hızlarda Andromeda'ya yol alan bir uzay aracı 23 yılda bu yolculuğu tamamlayabilir![1] Elbette bu yolcu için geçerli bir süre. Yani yola çıktığında 30 yaşında olan bir vatandaş, Andromeda'ya vardığında yaklaşık 53 yaşında olacak. Peki gider gitmez durmadan Samanyolu ve Dünya'ya doğru geri dönmek istese? Ekle bir 23 daha, oldu mu 76? Olsun bakalım. Ancak 76 yaşında bir dede olarak yuvasına geri dönen uzay yolcusu Dünya'yı 5 milyon yıl daha yaşlı bulacak! Ana babayı geçtim, torun torbayı da göremeyecek. Hatta belki de insan türü bile terki diyar etmiş olacak. Ya da Dünya'yı tamamen terk edecek ve tüm medeniyeti yıldızlar arasına taşıyacak kadar yüksek teknolojiye ulaşmış olacak. Kim bilir? Işık hızına yaklaştıkça

1 Michio Kaku, *Geleceğin Fiziği*, ODTÜ Yayıncılık, Ankara, 2011.

zamanın akışını yavaşlamasından dolayı arada 5.000.000 yıl – 76 yıl kadar fark oluyor! Elbette tüm bu hikâye tamamen teorik fiziğin sınırları içerisinde, yani zihnimizde olası, şimdilik... Diğer taraftan 76 yaşındaki uzay yolcusu dede Dünya'ya kıyasla aslında 5 milyon yıl yaşında olmuş olacak! Sanırım şu gerçeğin farkına vardık: Zaman diye ölçtüğümüz şey son derece göreceli. Bir referans noktasından sıfırlıyoruz ve üzerine saymaya başlıyoruz. Olaylar arasında geçen süreyi ölçüyoruz ve buna zaman diyoruz. Doğduk, okula başladık, sevdik, sevildik, çocuğumuz oldu, anamız babamız öldü ve biz de sona doğru gidiyoruz. Arada geçen tüm o olaylar birbirini takip ediyor ve biz önce ve sonrayı kanıksayarak geçen süreyi zaman olarak algılıyoruz. Ancak uzayda ne saniyenin ne de dakikanın gücü hüküm sürer. Bir standardı yok yani bu işin. Işık hızına bizden daha az yaklaşanlar zamanı bizden çok daha kısa yaşıyor, eğer orada bir yerlerde varsalar. Doğduğumuz andan itibaren ışık hızına yakın hızda seyahat etsek, milyonlarca Dünya yılı kadar yaşamış olabilirdik. Ya da belki de ışığın ötesinde bir ölümsüzlük, zamansızlık duruyor. Şimdilik sadece birer fikir ve fanteziden ibaret bunlar. Tabii olayın tamamen gözlemciyle ilgili olduğunu unutmayalım. Hiç yaşayan ile uzaktan izleyen bir olur mu? Yaz bunu, güzel laf bu :)

Zamanın çılgınlığıyla ilgili son bir örnek verelim. Olmaz ya, kara deliğin olay ufkuna yakalandınız maazallah. Arkadaşınız da güvenli bir mesafede sizi izliyor. Ne olurdu dersiniz? İşte zaman kaymasıyla ilgili en çılgın nokta burada. Zerrelerinize ayrılmak, spagetti gibi uzama olasılığı var. Olur da hayatta kaldınız diyelim, tekilliğe doğru yol alırken içeride (tekillikte) ne olduğuyla ilgili kimsenin bir fikri yok. "Yıldızlarası" (*Interstellar*) filminde Cooper'ın kızı Murphy'ye olan sevgisi kadar sever-

seniz Dünya'ya dönme şansınız olur. Al sana bir fantezi daha! *G.O.R.A.*'da halı-kilim-travel işi yapan Arif, Ceku'yu sevince "Zırva bu!" demeyi biliyoruz! Neyse –biraz daha bilimsel olursak– kara deliğe düştüğünüzde sizi umutsuzca izleyen arkadaşınızın göreceği manzara ne olacak? Kara deliğin ağzında ışık hızına ulaştığınız için gözlemci pozisyonunda bulunan arkadaşınız için zaman durmuş olacak. Yani sizi son gördüğü haliyle hatırlamak zorunda değil, zira ömrünün sonuna kadar her baktığında sizi o halde görecek. Ölümsüz bir fotoğrafı deneyimlemek gibi. Bu yüzden olur da kara deliğe düşerseniz güzel bir pozla veda etmeyi unutmayın. İşte genel göreliliğin kutsal çıktısı olan "ışık hızının sabitliği" zamanın böyle oynak olmasına neden oluyor.



İnsanın hammaddesi: süpernovalar ve yıldız tozları

DNA'mızdaki karbon, dişlerimizdeki kalsiyum, kanımızdaki demir, içtiğimiz sudaki oksijen kendi içine çökmüş bir yıldızda yapılmıştır. Bu da bizi birer yıldız tozu yapar.

–Carl Sagan

Evren dev bir kimya laboratuvarıdır. Çevremizde gördüğünüz hemen her şeyin hammaddesi uzaydaki nükleer reaktörlerde, yani yıldızlarda üretilir. Nükleer füzyon (kaynaşma) iki hafif elementin nükleer reaksiyonlar sonucu birleşerek daha ağır bir element oluşturması olayıdır. Evrenin ilk anlarında üretilen hidrojen tüm elementlerin gerçek atasıdır. Türk mutfağının olmazsa olmazı salçanın evrendeki karşılığıdır hidrojen, o olmaksızın yemek yapılamaz. Güneş gibi orta büyüklükteki yıldızların görevi hidrojenleri kaynaştırıp (*füzyon*) helyum üretmektir. Mesela siz bu satırları okurken bitkiler hidrojenin helyuma dönüştürülmesiyle oluşan bu enerjiyi kullanıyor ve klorofil vasıtasıyla oksijen üretip okumaya devam etmemizi sağlıyor.

Helyumdan sonraki durak, yaşamın olmazsa olmazı karbondur. Canlılık dediğimiz şey karbon bazlı bir inşa girişimidir diyebiliriz. O olmaksızın ne bir organik molekül ne de elmas oluşurdu. Hatta daha da önemlisi bu yazıyı okuyan siz olmazdınız. Karbondan, içimize çekmek suretiyle akciğere ve oradan da kanımıza karıştırdığımız oksijene geçeriz füzyon vesilesiyle. Oksijenden, yerkabuğunun tek hâkimi ve birçok estetik probleme deva olup insanları mutlu eden silisyuma (silikon) geçeriz. Tabii silikonun sadece estetiğe değil yarıiletken teknolojisini, neredeyse tüm elektronik cihazların zekâsına yön verdiği-

ni de unutmayalım. Kaynaşmanın son durağı demire yani oksijen taşıyan kargocuya gelelim. Hemoglobin proteini demir açısından son derece zengindir. Akciğerlere giren oksijen, kanda bulunan hemoglobine yapışarak vücuttaki dokulara taşınır. Demirden sonrası için daha büyük bir olaya ihtiyaç var: süpernova! Yani ömrünün sonuna gelmiş, hidrojenini tüketmiş dev bir yıldızın infilak ederek malzemesini uzaya saçması. Periyodik cetveli tamamlamak için enerjisi biten bu büyük yıldızlara ihtiyacımız var. Bunların akıl almaz bir şiddetle patlamasıyla ortaya çıkan enerjiyle de muz yiyebiliriz mesela, zira potasyum da oradan geliyor. Süpernova deyip geçersek taş olabiliriz maazallah.

Birkaç yıl önce *Science* dergisinde yayımlanan bir çalışmada[2] bu olayda üretilen muazzam enerji ölçülmeye çalışıldı. Güneşimiz her saniye 3,8 x 10^{26} (1'in yanına 26 adet sıfır ekleyelim: 380.000.000.000.000.000.000.000.000) vat güç üretir. Bu süpernova ise güneşimizden yaklaşık 580 milyar kat daha parlaktı! Patlama her saniye Güneş'in son 18 bin yılda ürettiği kadar güç yaydı. Dünya'daki tüm santrallerin ürettiği toplam elektrik enerjisi yılda yaklaşık 7,9 x 10^{19} juldür. ASASSN-15lh süpernovası tek bir nanosaniyede 2,8 milyar yıl boyunca tam kapasitede çalışan bu santrallerin üretebileceğinden daha fazla enerji üretti! Akıllara durgunluk veren muazzam bir güç bu. İşte bu şiddet gösterisi sonucunda birçok element peydahlanıp uzaya salınır. Ve bakarsınız bir gün bizim gezegenimizin hammaddesi oluverir. Yani her birimiz milyarca yıl önce gerçekleşmiş olayları içimizde saklarız. Sevgilinize ya da eşinize takdim ettiğiniz altın var ya, işte o altının arkasında bu akıl almaz güç yatıyor. Ona bir daha bakın. Belki

2 https://www.science.org/doi/10.1126/science.aac9613.

Hüküm Dağı'nda dövülmedi ama arkasında hâlâ müthiş bir emek var. Evrene bakacak olursak hepimiz aynı hammaddenin ürünüyüz!

Başlamak bitirmenin yarısıdır

Matrix Revolutions'ta Ajan Smith, Neo'nun işini bitirdiğini düşündüğü sırada şu efsanevi sözü söyler:

Başlangıcı olan her şeyin bir sonu vardır.

Wachowski kardeşlerin felsefeye olan bağlılıklarından süzülen çıkarımlardan biri daha. Fizik perspektifinden baktığımızda da doğru bir iddia gibi görünüyor. Güneş de, Samanyolu Galaksisi de, hatta evren de muhtemelen bir gün son bulacak. Elimizde bununla ilgili önemli deliller var. Malumunuz evren genişliyor ve yaş hesabı yaparken de bahsettiğimiz gibi bu genişleme hızı artmakta. Genişleme hızına bir de evrenin yoğunluğunu eklersek evrenin olası sonu hakkında kabaca birkaç çıkarım yapmak olasıdır. Kabaca diyorum, zira *karanlık enerji* ve *karanlık madde* hakkında hâlâ çok az şey biliyoruz. Ama önce evrenin sınırlarıyla ilgili birkaç şey söylemekte fayda var.

Sınırları olan, kapalı bir evren düşünelim. Birbirine paralel iki doğrudan bahsederiz ya hep, hani birbiriyle kesişmeyen. İşte bu "doğru" yalan olur kapalı evrende! Elbet bir yerde kesişirler. Zira böyle bir evrenin şekli eliptik olmak zorundadır. Bu durumda genişleme hızı sınırlara gelip çarptıktan sonra kütle çekimine yenilebilir. Diğer taraftan, evrenin geometrisi açık da olabilir. Bu durumda kesişmeyen doğrular birbirinden daha da uzaklaşır ve kesişmezler. Bu geometrisiyle karanlık enerji olmaksızın evren genişlemeye devam edebilir. İyi de ders kitaplarındaki paralel doğruların birbirleriyle mesafelerini koruduğunu

öne süren kabuller hangi modele uyuyor? Bu durum düz evren modelinde böyle. Düz evren modelinde evrenin ortalama madde yoğunluğu, bu yoğunluğun kritik değerine eşittir. Öklid geometrisi yani temel geometri birikimimiz bu kabulün üzerine bina edildi (çalışan kabuller olmaksızın ilerlemek mümkün değildir). Bunları bir araya getirerek iki temel senaryo üzerinde durmak gerekiyor:

1. Evren genişlemeye devam eder ve genişleme hızı galaksileri bir arada tutan kütle çekimini sonsuza denk yendiği anda sonsuz boşluğa doğru genişleme başlar. Daha bilimsel konuşacak olursak, yukarıda bahsettiğimiz Hubble sabitinin zaman içinde artmasıyla temel kuvvetlerin çekici özellikleri son bulur ve evren sonsuzluğa saçılır. Evren balonunu patlayana kadar şişirdiğimizi düşünün. Büyük Boşluk (*Big Rip*) teorisi deniyor buna ve bilgi birikimimize göre de en güçlü "son hipotezi" bu gibi duruyor.
2. Evrenin genişleme hızının, yani Hubble sabitinin zamanla azalmasıyla kütle çekimi genişlemeye üstünlük kurar ve evren genişlemenin aksi yönünde içe çökmeye başlar. Şişirdiğimiz balonun iple bağladığımız ağzını açtığımızı düşünün. Ya da kapalı evren modelinde genişleme hızından bağımsız olarak gerçekleşir bu çökme. Yani balonun sınırları vardır. Hikâye geri sarar ve evren yok olur. Buna da *Big Crunch* (Büyük Çatırtı) hipotezi deniyor.

Peki bunlar gerçekten son mu? Yoksa her son yeni bir başlangıç olabilir mi? Olsun be! İşte burada teorik fiziğin bile sınırlarında geziyoruz, bilimin ucundan düşmeyi göze alarak konuşuyoruz. Evet, her çöküşün yeni bir evreni yarattığına dair bir hipotez de var. Eğer evren kapalıysa, evren bir kez çöktükten sonra Büyük Patlamaya benzer bir olayda başka bir evren oluşturacağı veya itici bir

kuantum kuvvetinin yeniden genişlemeye neden olacağı tahmin ediliyor. Yani tüm varlığın Büyük Patlama döngüsünü sürekli olarak tekrarlayacağı öne sürülüyor.

Fark ettiğiniz üzere bu hipotezler içinde oldukça fazla bilinmez ve bunun yarattığı varsayımlar var. Yani "Evrenle ilgili daha ne biliyorsun da konuşuyorsun bre cahil!" dense yeridir. Ama bilim tam olarak eldeki veriyle konuşur ve öngörüde bulunur. Bu kadar basit. Fal bakmıyor. Olur da yeni bir bulgu gelirse –ki gelecektir– hipotezler test edilip çöpe atılabilir. Yani kutsalı yoktur... Daha doğru bir ifadeyle, olmaması gerekir.

İki yiğit çıktı meydane, ikisi de birbirinden merdane

Kütle çekimi... Her an etkisini hissettiğimiz bir doğa yasası. Kendisi son derece zayıf (elektromanyetik kuvvetten yaklaşık 10^{35} kat daha zayıf) olmasına rağmen kütlesi olan tüm partikül ve madde için menzili sınırsız bir kuvvettir. Tabii kütle çekiminin sadece çekici olduğu, elektromanyetik kuvvetinse itici de olabileceğini hatırlatmakta fayda var. Yine de yere düşürdüğünüz bir çiviyi basit mıknatısla yerden çekebilirsiniz, ki bu kütle çekiminin kolay yenilebildiğini gösterir. Ancak kütle arttığında işler değişir. Gezegenlerin, yıldızların, galaksilerin ve kara deliklerin arkasında kütle çekimi var. "O kadar uzağa gitmeye ne gerek var canım!" diyenlerinize de hak veriyorum elbet. Şu anda bu kitabı tavanda değil de koltuğumuzda, toplu taşıma aracında ya da klozette otururken okuyabilmeyi kütle çekimine borçluyuz.

Kütle çekimini anlamak kolay değil, bunu en baştan söyleyelim. Zaten standart modelde yer alamayışı da bunun göstergesi (kuantum fiziğini konuşurken el atacağız bu konuya). Biz yine de Bilimin Ucunda kafasıyla baka-

lım olaya ve süreci üçe bölelim ki lokmalar daha kolay yutulsun. Kütle çekimini anlamak için önce tarihsel birikim, sonra da iki dâhiyle yola devam edelim: Isaac (İshak) Newton ve Albert Einstein. El-Bîrûnî, kütle çekiminin Dünya'ya özgü olmadığına, diğer gökcisimleri için de geçerli olduğuna inanıyordu. 1586 yılında fizikçi Simon Stevin farklı boyut ve ağırlıktaki iki top güllesinin bir kuleden atıldığında benzer hızda düştüğünü gözlemledi. Daha sonra Galileo Galilei, topları yokuştan aşağı yuvarlarken yaptığı dikkatli ölçümler sonucunda kütle çekim ivmesinin tüm nesneler için aynı olduğunun deneysel yolla belirlenmesini sağladı. Nasıl yani, kuş tüyü ile top mermisi aynı hızda mı yere düşer? Evet! Galileo, hafif kütleli ve yüksek yüzey alanına sahip nesnelerin (kuş tüyü gibi) daha yavaş düşmesinin nedeninin atmosferdeki hava direnci (sürtünmesi) olduğunu öne sürdü. Yani sürtünmesiz (vakumlu) ortamda kuş tüyü de, bir altın külçesi de aynı zamanda yere düşer ve düşüyor da! Dolayısıyla kütle çekim ivmesi (g) her nesneye aynı oranda etkiyor.

Bu birikim elinde olan Newton, 1684 yılında kütle çekimini modelleyen ilk kişi oldu ve "Gezegenleri yörüngelerinde tutan kuvvetler, etrafında döndükleri merkezlere olan uzaklıklarının kareleri kadar olmalıdır," dedi sonrasında fiziğin kutsal kitabı olarak anılacak *Doğal Felsefenin Matematiksel İlkeleri* (Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica) adlı kitabında. Bu cümle matematik diline şöyle çevrildi:

$$F = G \text{ (evrensel kütle çekim sabiti) } x \frac{m_1 \text{ (.cismin kitlesi) } x m_2 \text{ ikinci cisminkütlesi}}{r^2 \text{(merkezler arası mesafenin karesi)}}$$

Hemen Dünya ile Ay arasındaki kütle çekimini hesaplayalım mesela.

Dünya'nın kütlesi (m_1 diyelim) = 5.97×10^{24} kg

Ay'ın kütlesi (m_2 diyelim) = 7.34×10^{22} kg

Evrensel kütle çekim sabiti (G) = 6.67×10^{-11} $m^3/kg.s^2$

Dünya'nın merkezi ile Ay'ın merkezinin ortalama uzaklığı (r) = 384.000 km

$$F = 6.67 \times 10^{-11}\ m^3/kg.s^2 \times \frac{5.97 \times 10^{24}\ kg \times 7.34 \times 10^{22}\ kg}{(384.000.000\ \textit{metre})^2}$$

Bundan sonrası dört işlem, çarp böl, topla çıkar. Siz uğraşmayın, yazalım. Dünya ile Ay'ın arasındaki kütle çekimi ortalama 2×10^{20} newton. Çok büyük bir sayı olması normal, zira cisimlerin kütleleri devasa. Peki ya aynı formülü kullanarak sevgiliniz, arkadaşınız ya da aile dostunuzla aranızda oluşacak kütle çekimini hesaplasak? Hanımefendi 50 kilogram, beyefendimiz ise 70 kilogram olsun. Aralarındaki mesafe de 1 metre olsun (o gün biraz mesafeli olsunlar, aralarından su sızıyor olsun). Aynı formülü kullandığımızda elde edeceğimiz sonuç yaklaşık 2×10^{-7} (0,0000002) newtondur. Bu durumda Dünya ile Ay arasındaki kütle çekimi iki insan arasındaki kütle çekiminden milyar kere milyar kere milyar daha fazladır. Yani aramızdaki çekim çok çok küçüktür ve hissedilmez. Örneğin 10 amper akımla çalıştıracağınız 1000 dönüşlü ve enine kesiti yarım metre olan irice bir mıknatısınız olduğunu düşünürsek bunun 1,5 metre uzaklıktaki bir metal parçasına yapacağı elektromanyetik (çekim) kuvveti yaklaşık 14 newtondur. İki insanın çekim kuvvetinin yaklaşık 70 milyon katıdır bu sayı. Bir mıknatıs nasıl iki insanın birbirine olan çekiminden milyonlarca kat fazla olabilir ki! Fiziksel olarak böyle tabii. Duygu dünyamızda mıknatısın milyon kat fazla olan çekimi şiir yazdırmaz ya da şarkı söyletmez mesela...

Peki çekime neden olan fiziksel "şey" ne? Bunun için zamanı ileri sarmak, yeni bir dâhinin teşrif etmesini beklemek gerekecek.

Hayalperest Yahudi!

Bu basit formülasyon 200 yıldan fazla gayet güzel bir şekilde çalıştı. Hatta direkt gözlenmemesine rağmen Neptün'ün yerinin doğru tahmin edilmesini sağladı. Ama zamanla formülün bazı sorunları olduğu anlaşıldı. Mesela Merkür'ün yörüngesinde bir problem vardı. Ama büyük Newton yanılmış olamazdı. Bu tutarsızlığın açıklaması muhtemelen keşfedilmemiş bir gökcismiydi. Ancak böyle bir cismi bulmak için yapılan tüm çabalar sonuçsuz kaldı. Ta ki bir diğer dâhi teşrif edip sazı eline alana kadar.

Einstein'ın bir dâhi olduğunu duymayan yoktur. Peki neden ona dâhi diyorlar biliyor musunuz? Dehası hayalperestliğinden geliyor. Hangimiz hayalperest değiliz ki? Onunla aramızdaki fark, bizim hayallerimizin çoğunlukla *işkembei kübradan* (büyük işkembeden) hayaller ve dürtüsel fantezilerden oluşması. Onun hayal dünyası ise dibine kadar evrenin yasaları üzerine inşa ediliyor. Aslında hepsi değil, ziyadesiyle çapkın biriydi kendisi. Neyse, hayallerin temeli sağlam, bilimsel temel üzerinde hayal kuran yaratıcı bir zihne sahip. Kurduğu zihinsel modeller, meşhur teorilerinin yayımlandığı ilk zamanlar "Fizikçi bile değil!" ve "Yahudi bilimci!" olarak yaftalanmasına neden olmuş, "sıradan bir patent memuru" denerek aşağılanmış, bazıları da deli olduğunu düşünmüştür. Peki Newton'un göremediği neyi gördü Einstein?

1900 yılında, günümüzdeki ismiyle ETH Zurich'ten (günümüzde oldukça prestijli bir okuldur) mezun olan Albert, asistanlık için yaptığı başvurulardan sonuç alamaz. Bunun üzerine 1902 yılında mekanik alandaki patent başvurularını incelemek üzere "üçüncü sınıf teknik uzman" sıfatıyla İsviçre Patent Ofisi'nde göreve başlar. Hayatını kazanmak için girdiği bu işten vakit bulduğu zamanlarda teorik fizikle uğraşır. Altın yere düşmekle pul olmaz. Bir gün binanın

penceresinden bakarken uzunca bir merdivenle camları temizleyen işçileri görür ve aklına şöyle bir soru gelir: "Ulen şu merdiven bir kaysa, adam kesin ölür!" Yok yok, o bizim aklımıza gelecek olan. Albert şöyle düşünür: "Adam düştü diyelim, düşerken ne görür, ne hissederdi acaba?" Hissettiği şeyin korku olacağı kesin ama biz duygusal değil fiziksel tecrübeye bakalım. Temel kütle çekimi yasasından 9,8 m/s^2'lik yerçekim ivmesiyle hızlanarak yola devam edeceği aşikâr. Peki hiç yere vurmayacağı bir senaryoyu hayal edelim. Hava sürtünmesi de olmasın. Yani hem Dünya'yı hem de atmosferi göz ardı edelim. Hayal ya bu, sınırsız ve özgür düşünelim. Bu durumda düşen vatandaş kendi ağırlığının farkında olmayacak, öylece süzülecekti.

Hayal dünyasındaki gezinti birkaç şimşeği çaktırdı Albert'in zihninde. Sonra başka bir hayal âlemine daldı, zihninin içinde evreni yargılamaya devam etti: Pencereleri olmayan bir banyo olsun. Duşa girmeden bir tartılayım dediniz. Tartıda 70 kg yazdığını gördünüz. Peki bu banyoyu bir uzay roketine koyup tam olarak yerçekimi ivmesine eşit (9,8 m/s^2) bir ivmeyle uzaya doğru yol aldırsak ve bu sırada tartılsak tartıda ne yazardı? Kilolarından kurtulmak istemiyor, yanlış anlaşılmasın. Cevap: Uzaya doğru yol alan bu banyoda da yine 70 kg olurduk! Yani içerideki vatandaş uzaya doğru yol aldığından haberi olmasa Dünya'dan farklı olmazdı bu durum. Anlayacağınız üzere Albert, kafayı kütle çekimi ve ivmesine takmıştı.

Düşünmeye devam etti; yani hâlâ Einstein'ın zihnindeyiz. Yine yukarıya doğru hareket eden bir uzay roketinde olalım ve bu sefer elimizde bir fener olsun. Ayrıca bizi aşağıya çeken Dünya gibi bir cisim de yok. Feneri odanın bir ucundan diğerine tutalım. Bu durumda hassas bir cihaz fenerden çıkan ışığı kaynağından ve yansıdığı duvardan ölçse ne olurdu? Yani tabandan feneri tutuğumuz el seviyesine

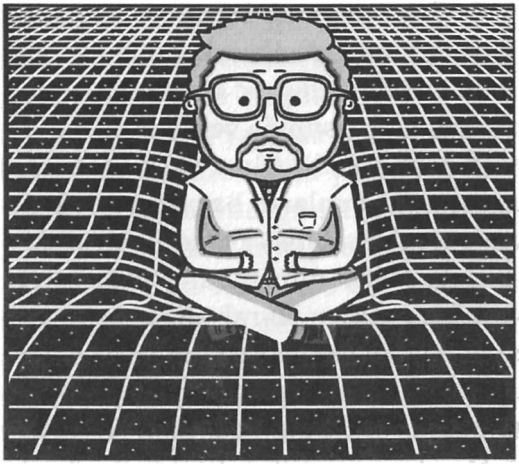
kadar olan mesafe ve ışığın düştüğü duvar ile yer arasındaki mesafe aynı mı olurdu, farklı mı? Işığın kaynağından biraz daha aşağıda çıkacağını düşündü yansıdığı duvarda. Yani ışık az da olsa bükülüyordu. Çünkü odanın zemini, ışık odaya yayılırken her zamankinden daha yüksek hızlarla yukarı doğru yol alacaktı. Malum, oda 9,8 m/s^2 ivmeyle sürekli olarak yukarıya doğru hızlanarak hareket ediyordu. Böyle olunca ışık huzmesi sanki hafiften aşağıya doğru kıvrılarak duvara yansıyacaktı. Bu zihinsel deneyi Dünya'da yapsaydık –ki her gün yapıyoruz– ışık yerçekimi ivmesinin 9,8 m/s^2 aşağı yönlü hareketi ve yerin aynı oranda zıt yönlü tepkisi altında kıvrılmadan dümdüz bir rota çizecekti. Dolayısıyla bir tepki kuvveti olmaksızın ışığın bir yerçekimi alanında bükülmesi gerektiğini düşündü hayalperest reis.

Çok büyük bir iddia bu! Ayrıca ışığın her zaman iki nokta arasındaki en kısa yolu izleyeceğine dair kabule de tersti. Peki ya ışık gerçekten en kısa yolu bükülerek izliyorsa? Hem düz bir çizginin en kısa yol olacağını kim söyledi? Mesela Dünya'nın kavisli yüzeyinde ışık asla dümdüz yol alamaz! Zira en kısa yol eğri olanıdır, çünkü 2000 yıldır bildiğimiz üzere Dünya düz değildir! Yani ışık bir şekilde zemini referans alarak hareket eder. Diğer bir deyişle "bükülür."

Bu eğitilmiş zihindeki yolculuk acayip şeylere yol açar: "O halde kütlesi olan cisimler bir şekilde uzayı büker," der Einstein, ki ışık da bu yolu takip etsin. Pehh! Tabii hayal dünyasının bilimsel olabilmesi için bir doğrulayıcıya ihtiyacı vardı. Bu doğrulayıcı aynı zamanda hayallerin evrenin diline tercüme edilmesini de sağlayacaktı. Tahmin ettiğiniz üzere ileri derece matematiğe ihtiyacı vardı. Madem eğrilik mevzubahis, o zaman "Eğri uzayların geometrisini çalışan matematikçi Marcel Grossman'a gidip derdimi açayım," dedi Einstein. Birlikte kavisli uzayın ge-

ometrisini çözdüler ve sonrasında Einstein 1915 yılında "Genel Görelilik Teorisi"ni yayımladı.

Newton, "uzay-zaman sabittir" demiş ve bu varsayımla hareket kanunlarını tanımlamıştı. Yüzyıllar sonra Einstein ufak bir düzeltme yaptı: Uzay dokusunda bükülme olduğu için çekim oluyor babayiğit! Kütle çekimini bir kuvvet yerine uzay-zaman eğriliği olarak değerlendiriyordu. Uzay-zamanı bir halı gibi düşünün, büyük kütleli cisimler bu halıyı büker. Halı büküldüğü an çevresindeki görece küçük kütleli cisimler bu eğriliğe yenilerek büyük cisme doğru çekilir. Oturmadı mı? Alın bir battaniye, karşınıza arkadaşınızı da alıp gerin. Ortaya bir futbol topu atın. Battaniye ortadan aşağıya doğru sarkacak. Sonra birkaç tane misketi de battaniye üzerinde herhangi bir yere bırakın. Hatta öylece değil de ilk hızı olacak şekilde (yani ivmeli olarak) bırakın. Misket döne döne futbol topuna doğru yol alacaktır. Çılgınca değil mi?!



Şekil 3. Genel görelilik teorisine göre uzay-zamanın bükülmesi. Şu an daha az kilolu olduğumdan uzay-zamanı bu kadar bükemem.

Bükülmenin sadece uzayla sınırlı olmadığını, zamanı da içine kattığını hatırlatalım, yukarıda zırt pırt uzay-zaman diyoruz ya. Neden mi? Çünkü:

$$Hız\ (v) = \frac{mesafe\ (m)}{zaman\ (t)}$$

Çocuk oyuncağı! İşte buradaki hız, ışık hızı olduğuna göre bu sabit bir değer. Peki mesafe? Uzayın bükülmesine neden olacak bir kütlenin olmadığı durumda ışık dümdüz yol alacaktı. Oysa kütlenin büktüğü uzayda ışığın alacağı yol yani mesafe (m) uzayacak. Ee, ışığın hızı sabit olduğuna göre ne değişecek? Zaman! Sabit hızla yürüdüğünüzü varsayın, evinize dümdüz giden bir yoldan ilerleyerek mi daha kısa sürede varırsınız, yoksa genişçe bir yay çizerek mi? Elbette düz yolu kullanarak daha kısa sürede varırsınız, çünkü mesafe daha kısadır. Bu durumda bir gerçek daha çıkıyor ortaya: Kütle, uzay gibi zamanı da büküyor! Bu yüzden dev kütleli bir yıldızın yanından geçen ışık, yolunu değiştirerek sapmak zorunda. Böylece sapan ışığın bize ulaşma süresi gecikecek. Tıpkı eve giderken yay çizilen yoldan gittiğimizde geç kalmamız gibi.

İyi, güzel konuşuyorsun da veri var mı veri? Sen ondan haber ver Einstein Efendi? Olma mı! Kendisi üç tane "klasik" test sunuyor, ki bunların bazılarını doğrulayabilmek yıllar sonra gerçekleşebilecek öneriler. Anlık olarak sunulabilecek test Merkür'ün tuhaf yörüngesiyle ilgiliydi. Güneş'e en yakın gezegen olarak elips yörüngesinde tuhaf bir hareket (devinim) yapıyor ve Güneş'e en yakın noktası her seferinde değişiyor. Yani sistemdeki diğer gezegenler gibi sabite yakın değil, oldukça belirgin bir sapma söz konusu. Sanki elipsin kendisi Güneş tarafından döndürülüyor gibi. Einstein da bu tuhaflığı genel görelilikle test eder ve bükülmüş uzay dokusu teorisini bu yörüngeye uy-

gular. Ve yörüngeyi tam olarak modellemeyi başarır! Yani Newton fiziğinin çalışmadığı bu problemi çözmüş olur genel görelilik, dolayısıyla "hayalperest" Einstein.

Şehirlere bombalar yağarken bilim yapmak

Ama Newton'u yenmek öyle kolay bir olay değil. Yüzyıllarca fiziği domine etmiş üstattan bahsediyoruz. Daha fazla veri lazımdı, daha fazla test. Einstein'ın ikinci test önerisi ışığın Güneş gibi yıldızlar tarafından bükülüp saptırılmasıydı. 29 Mayıs 1919 tarihinde, yani Atatürk'ün Samsun'a ayak basmasından 10 gün sonra, 500 yılın en uzun Güneş tutulması yaşanacaktı. Yaklaşık 6 dakika sürecek olan tutulma boyunca hatırı sayılır bir gözlem yapılabilirdi. Zira tutulma sırasında Güneş ışınları Ay tarafından engellendiği için Güneş çevresindeki olaylar daha net görülebilecekti. Güneş, Taurus Takımyıldızındaki Boğa Yıldız Kümesi (Hyades) önünde konumlanacaktı, yani birçok yıldız gibi görünür olacaktı. Tutulma sırasında çekilen fotoğraflar gece çekilmiş referans görüntülerle karşılaştırılacaktı. Güneş önemliydi, çünkü bize en yakın, en büyük kütleli cisimdi. Dolayısıyla gözlem yapmak daha kolaydı. Einstein, genel görelilik kuramı yardımıyla yıldız ışığının Güneş'in yanından geçerken sapmasını (gecikmesini) 1,75 ark saniye (açısal ölçüm birimi) olarak hesaplamıştı. Daha önce 1911 yılında aynı Einstein bu olayı 0,83 ark saniye olarak ölçmüş ve yanılmıştı. Ama artık elinde esaslı bir teori vardı.

Teoriyi test edecek iki kişi o zamanki düşmanlardı: İngilizler! Olayın iki ayrı perdesi var: 1. Avrupa'nın gergin olduğu dönemler, taraflar seçiliyor, kılıçlar çekiliyor. 2. İngilizler için onur vesikası olan büyük üstat Newton yargılanıyor! Yani Einstein hem kâğıt üstünde düşman olarak sınıflanan bir Alman, hem de Newton'u yanlışlamak iste-

yen bir çılgındı. İngiliz astrofizikçiler Arthur Eddington (sonradan Sir unvanı verilecek) ve Frank Watson Dyson bu zorlu görev için hazırlardı. Tarihe *Eddington Deneyi* olarak geçecek bu test genel görelilik teorisini gözlemsel olarak yargılamayı planlıyordu. Dünya'da tam tutulmanın gözleneceği çizgi üzerinde Sobral (Brezilya) ve Príncipe (Batı Afrika) vardı. Buralarda gözlem yapmaya karar verdiler. Daha önce de gözlemek istediler (Rusya'da mesela), ancak bu sırada insanların savaşmak gibi daha ciddi işleri vardı! Bu yüzden dünya savaşının bitmesini beklemek zorunda kaldılar. Eddington, Sobral ve Príncipe'den elde edilen verileri analiz ederek yıldız pozisyonlarının arasındaki farkları 1,61 ve 1,98 ark saniye olarak açıkladı ve sonuçları İngiltere'de sundukları an düşman Einstein, vatandaş Newton'u tahtından indirdi! Yani yıldızdan gelen ışık Güneş'in yanından geçerken belirgin bir şekilde, Einstein'ın hesabına uygun olarak sapıyordu! Ve fiziğin yeni babası olarak tahta oturdu Einstein.



Şekil 4. Eddington deneyi ve genel görelilik yasasının doğrulanması.

Şimdi eğri oturup doğru konuşalım, şunu bilimden başkası yapamaz: Düşmanlıktan bağımsız bir adalet anlayışı... Duygu elbette var ama dizginlenmiş, akıl her zaman birkaç adım önde. Bu yüzden duygusal kaprisler göz ardı ediliyor. Aklın önderliğindeki argümanlarınız düşmanınız tarafından bile test edilebilir olunca ortada duyguya pek yer kalmıyor. O sırada İngilizler içten içe Newton'un haklı olmasını istediler muhtemelen, ancak test (deney) Einstein'ı haklı buldu. Bilim, düşmanınız tarafından bile alkışlanmanızı gerektirir. Bunu herkes yapamaz elbette, yapmamıştır da. Ama o zamanki İngilizler bunu başarabildi ve Einstein'a hak ettiği payeyi verdiler. Nihayetinde Einstein, Newton'dan sonra gelen dâhi olarak tanındı. Dünya çapında üne kavuştu. Buluşları o kadar akıl almazdı ki testleri için teknolojinin gelişmesi, arkadan yetişmesi gerekiyordu. Bunların hepsini önce zihninde, sonra da matematikle yapmıştı Einstein. İnanılmaz!

Yine de her fani gibi ölümlüydü, kalbinin yakınlarındaki bir damardaki sorun nedeniyle 18 Nisan 1955 tarihinde veda edip göçtü bu uzay-zamandan. Ölmeden önce bu sağlık probleminin olası çözümü için ameliyat olmak isteyip istemediği sorulduğunda, vakit geldiğinde gitmek gerek minvalinde bir söz söyleyerek ameliyat olmayı istememişti. Yahya Kemal'in dediği gibi:

Artık demir almak günü gelmişse zamandan,
Meçhule giden bir gemi kalkar bu limandan...

Ölümünden 4 yıl sonra Robert Pound ve Glen Rebka, Harvard Üniversitesinde bulunan 22,5 metre uzunluğundaki binanın bodrumuna ve zirvesine oldukça hassas zaman ölçerler koydular. Cihazlar o kadar hassastı ki saniyenin 1,6 trilyonda birindeki sapmayı bile algılayabiliyorlardı. Einstein haklıysa bodrum katında zaman

kulenin tepesine göre daha yavaş akmalıydı. Zira bodrum katı, binanın tepesine göre 22,5 metre daha yakındı kütle merkezine. Ölçüm sonucunda bodrum katında zaman, kulenin tepesine oranla her gün *saniyenin 210 trilyonda biri* kadar yavaş akıyordu!

Kabaca bir ömür boyu bodrum katında yaşayan biri, aynı binanın 7. katında yaşayan komşusundan her gün saniyenin yaklaşık 10 milyonda biri kadar daha az yaşlanırdı. ("Ulen o kadar parayı boşuna mı veriyoruz!" tepkisiyle yavaş yavaş gerilen rezidans/plaza sakinleri cümle ilerledikçe nasıl da rahatladı ama. Bir diğer tuhaflık da ömrümüz boyunca uzay-zamanın en çok büküldüğü kütle merkezine daha yakın olan ayaklarımızın, 1 metreden fazla uzak olduğu kafamızdan daha genç olmasıdır. Tabii bu mikro düzeydeki etkileri hissetmek olası değil. Aradaki mesafeleri uzatsak mesela, binlerce kilometre yapsak? Dünya'nın çekirdeği ile kabuğu arasındaki mesafe 6.000 kilometreden fazladır (Dünya'nın yarıçapı: 6.371 kilometredir). Böyle olunca 4,5 milyar yıllık ömürde Dünya'nın çekirdeği kabuğundan 2,5 yıl genç olur genel görelilik kuramına göre. Elbette mevzu metreler, hatta kilometrelerse bu böyle. Peki ya ışık yılı mesafede, yani trilyonlarca kilometrede? 22 metre nire 9.000.000.000.000 kilometre (1 ışık yılı mesafe) nire? Hatta durun açık yazalım, ikisi de aynı birim, yani metre olsun: 22 metre nire, 9.000.000.000.000.000 metre nire! Ki bu sadece 1 ışık yılı mesafe. En yakın yıldız *Alpha Centauri* yaklaşık 4 ışık yılı uzakta. Fotoğrafı çekilen ilk kara delik olan M87 ise 53 milyon ışık yılı uzakta!

İşte böyle devasa mesafelerde hatırı sayılır sapmalar beklemek olasıdır. Daha önce söylediğimiz gibi uzayda gördüğümüz hiçbir gökcismi ne mekân ne de zaman olarak baktığımız yerdedir. Hatta biraz daha ileri gidelim,

gördüğünüz cisim bir bütün olarak homojen yaşta bile değildir. Özetle, tüm gökcisimleri ve parçalarıyla aramızda aşılmaz bir zaman duvarı ve uçurumu vardır.

Aramızda uçurumlar
Yeniden seven o bakışlar
Anlasana, içimdeki
Duvarı yıkamazlar.

İsyanım var ulan!

Efendilik arıyorsan, git klasik fizikle uğraş! O sana efendilik yapar! Burada olasılık var, olasılık!

Einstein'ın bile canını sıkan bir dünyaya adım atalım mı? Şimdiden uyarıyorum, öyle bir dünyaya giriyoruz ki kuralları son derece absürd. Bilimsel metodun sınırlarına dayandığı, hatta bilimin ucuna kadar geldiği ve bazen de oradan düştüğü bir dünya burası. Sınıflama ve sınırlama konusunda bilimin sınıfta kaldığı ve halen alacak yolu olduğu bir dünya. Nedensellik ilkesine, yani her sonucun bir nedene bağlanarak açıklanabilir olmasına karşı yapılan bir devrim: kuantum (atom altı) dünyası! Öyle bir dünya ki bu, baba ve oğlu farklı sonuçlara vararak Nobel alabiliyor. Baba J.J. Thomson, elektronların parçacıklar olduğunu keşfettiği için 1906'da Nobel Ödülünü kazanıyor. Oğlu George (aynı zamanda Adam Smith'in damadıdır) ise 31 yıl sonra, "Hayır efendim, ne münasebet!" deyip 1937'de elektronların dalga olduğunu gösterdiği için aynı ödülü kazanıyor. Ee şimdi hangisi haklı? İkisi de! *Dalga-parçacık ikiliği* teorisi tüm maddelerin yalnızca kütlesi olan bir parçacık değil, aynı zamanda da enerji transferi yapan bir dalga olduğunu savunmaktadır. Böyle bilim mi olur

yahu! Mevzubahis kuantum dünyasıysa oluyor. Peki nasıl? Basitçe şunu söyleyelim: Kuantum dünyası bir anlamda "inşallahlı, maşallahlı" bir dünyadır, yani ihtimallere, belirsizliklere dayanır, klasik fiziğe göre kesinliğe daha az yatkındır.

Şimdi en başa, meşhur çift yarık deneğine bakalım. Thomas Young, 1801 yılında bu çılgın deneyi ilk yapan kişi olarak tarihe geçmiştir. Young'ın hedefi ışığın davranışını anlamaktı. Bunun için bir ışık kaynağının karşısına iki yarıklı bir plaka yerleştirdi. Plakanın arkasına da yarıkları olmayan düz bir fon koydu. Işığı açtı ve ışığın bir kısmı duvardan sekerken, bir kısmı ise yarıkların içinden geçip fonda desenler oluşturdu. O gün bugündür sayısız kez farklı versiyonlarıyla tekrarlanacak olan deneyin ilki gerçekleşmiş oldu.

Uzun uzadıya anlatmadan, kafa bulandırmadan söyleyelim, bu deneyde ortamda gözlemci varken farklı sonuçlar, yokken daha farklı sonuçlar çıkıyor ortaya. Kabaca gözlemcinin varlığı olasılıklar kabına elini daldırıp oradan birini seçmek demek. Ya da gözlemci de, ışık da aynı uzay-zaman matrisi içinde birbirlerini etkiliyorlar. Zor geldi değil mi? İnanın bu çılgınlığı anlayabilen nadir bir kitle var. Şu sırrı verelim: Anlamak için alışılagelmiş sebep-sonuç ilişkilerini bir kenara bırakıp olasılıklara "inanmak" gerekiyor. Kesinlik konusunda bir belirsizlik var. Mesela atom altı parçacıkların momentumu ve konumu aynı anda ölçülemiyor. Birini ölçünce diğeriyle ilgili hassasiyet ortadan kaybolur. Parçacığın momentumunu ölçünce konumunu, konumunu ölçünce hızını kaybediyoruz. Hatta hangi tarafta daha çok hassas ölçüm yapılırsa diğer taraftaki veri daha kaba hale geliyor. Werner Heisenberg, 1927 yılında buna *belirsizlik ilkesi* dedi. Yani baştan aşağı tuhaf bir âlem! Tabii buradan mistik bir de-

neyim anlamı çıkmasın. Kuantum dünyasındaki bulgular bilimseldir, yani gerekçelendirilmiş, hesaplanmış olasılıklardır. Sadece nedensellik ilkesinin çizilen karizması Einstein'ı olduğu gibi bizi de üzer:

> *Kuantum fiziği kesinlikle etkileyici ama içimde bir ses asıl gerçeğin bu olmadığını söylüyor. Teori çok şey söylüyor ama bizi kadim olanın (Tanrı'nın) sırlarına yaklaştırmıyor. Ben her halükârda O'nun zar atmadığından eminim.*

Candan Erçetin'i de:

> *Bahar geldiğinde mi ben böyle olurum?*
> *Yoksa böyle olduğumda mı gelir bahar?*
> *Ayrıca bunun seninle ne ilgisi var?*

Ne kadar üzülürsek üzülelim görünen o ki "algımıza göre" Tanrı zar atıyor. Yani "Evren, zihnimize uygun kesinlikte, kavranabilecek yasalarla işliyor" kabulü sarsılmış olabilir. Bu satırlar yazılırken 2022 Nobel Fizik Ödülü *kuantum dolanıklık* üzerine çalışan Alain Aspect, John F. Clauser ve Anton Zeilinger'e gitti. Bir saniye! Kuantum neyi?! Birazdan geliyor.

Aç bakalım, Bahattin Abi tam ölmüş mü?

Bir kedi düşünelim. Hatta kutuya koyalım. Bunlar yetmezmiş gibi yanına da bir şişe zehir, biraz radyoaktif mineral ve bir de radyasyon sensörü koyup kutuyu kapatalım. Canice görünebilir ama hepsi zihnimizde, gerçek değil. Radyoaktif mineralin bir süre sonra bozunma ve bozunmama ihtimali eşit olsun. Radyasyonu ölçen sensör bozunmayı algılarsa şişeyi kırsın ve zehir kediyi öldürsün.

Bu durumda bu süre içinde kedinin hayatta kalması ya da ölmesi durumu eşit olasılıktadır ve radyasyona bağlıdır. Ee bu normal değil mi? Ya ölü ya canlı? Başka bir ihtimal var mı ki? Evet öyle ama bu ihtimallerden hangisinin gerçekleştiğini görmek için kutuyu açıp bakmak gerekiyor. Yani sonuç sanki biz gözlem yaptığımız için belirleniyor gibi görünüyor. Biz bakana kadar kedi hem ölü hem de canlıdır. Çift yarık deneyiyle benzeştirirsek sonuç hem parçacık hem de dalgadır. Biz baktığımızda hangi olasılığın gerçek olduğunu görürüz. Bu zihinsel (düşünsel) deney Erwin Schrödinger tarafından 1935 yılında önerildi. Bu nedenle zavallı kedinin adı da *Schrödinger'in kedisi* olarak kaldı.

Toparlayalım, bir elektron aynı anda hem "burada" hem de "orada"dır. "Tamam da niye oradasın?" diye sormak yerine sadece bir kez gözlem yaptığımızda "buraya" ya da "oraya" yerleşir. Yani hangisinde olma olasılığının en yüksek olduğunu ancak bir kez baktığımızda söyleyebiliriz. Bu olasılıklar yine Schrödinger tarafından *dalga fonksiyonu* olarak adlandırılan olasılık odaklı bir fenomendir. Bir gözlem yapıldığında dalga fonksiyonu "çöker" ve nesneyi birçok olası durumundan sadece birine zorladığını söyleyebiliriz. Yani olasılık kesinleşmiş olur. Buna *Kopenhag yorumu* deniyor.

Peki hep bir gözlemci olmak zorunda mı? Yani tüm evren biz gözlemleyelim diye mi var? Zor sorular ama çeşitli yaklaşımlar var. Mesela çoklu evrenler yorumu, hiçbir seçeneğin zorunlu olmadığını savunur. Bunun yerine, ölçüm yapıldığı anda gerçeklik kendisinin iki kopyasına bölünür: Birinde A sonucunu deneyimleriz, diğerinde ise B sonucunun ortaya çıktığını görürüz. Yani bir gözlemciye ihtiyaç yok gibi; sayısız paralel evrende olasılıklar denizinde yüzüp buna gerçeklik diyoruz. Ya da böyle al-

gılıyoruz. Mesela Bilimin Ucunda'yı 2017 yılı sonunda kurmaya karar vermeseydik bu kitabı yazma yoluna muhtemelen girmeyecektim. Ve tabii bu kitap olmayacağı için şu an elinizde başka bir şey olacaktı. Bu eylemle tamamen farklı bir olasılığı harekete geçirdim. Tabii ki siz de Bilimin Ucunda'yı takibe alarak ve/veya bu kitabı satın alarak farklı bir geleceğe doğru yol aldınız. Yine bu kitabı okumak suretiyle bilime olan önyargısı ortadan kalkan ve potansiyelini keşfetmeye açılan zihinlerden dünyanın kaderini değiştirebilecek insanlar çıkabilir. Bu kadar abartmaya gerek yok derseniz, 5 yerine 10 dakika sonra tuvalete gitmenizin bile sizi ve dünyanın geride kalan kısmını farklı bir geleceğe götüreceğini söylemek mümkündür. Diğer taraftan çoklu evren hipotezine dayanarak da "Güzelleş be oğlum! Başka bir evrende, en güzel halinle, Einstein kadar iyi bir fizikçi olma ihtimalin var," diyebiliriz. Lisede sadece kendine ayrılan süre içinde dersi bitirmek için gelen bir fizik öğretmeni yerine canhıraş bir şekilde öğrencileri için uğraşan bir öğretmene rastladığın bir evreni düşün mesela. Belki de o evrende bu kitabı yazan ben de hayatımı değiştiren kişilere rastlamayıp Bağcılar'da zamanımı sokaklarda harcayacaktım. Yine bu evrende, bu kitabı alabilmiş olman ve bu kitabı okuyabilme ihtimali olan insanların olması benim mutluluğum.

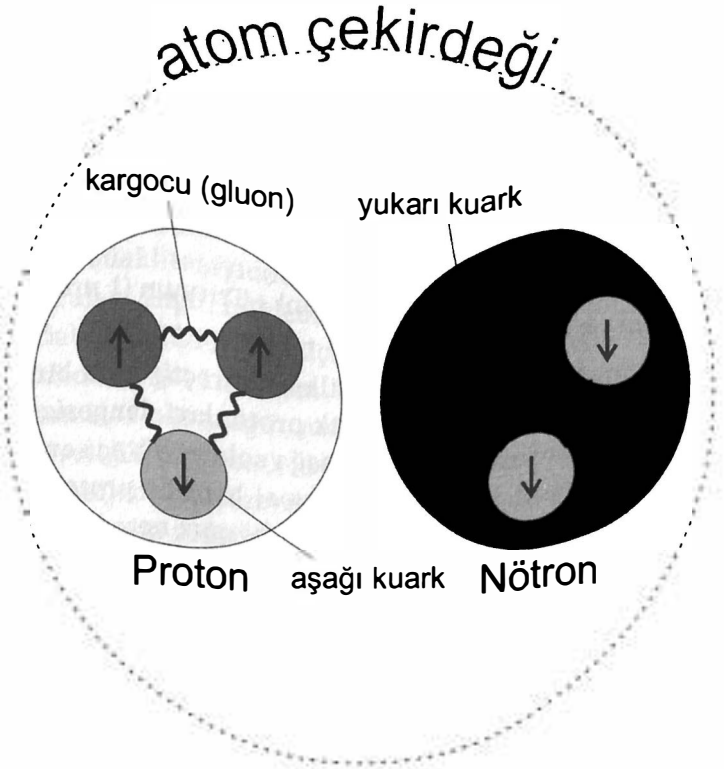
Evreni şekillendiren kargocular

Klasik fizikle kuantum dünyasını birleştirmek çok büyük bir iddia gibi görünse de en azından teorik açıdan kuantum boyutlarının evreni nasıl şekillendirdiğine bakalım bu bölümde. En başta şunu söyleyelim: Evrende gözlemlenebilir temel kuvvetler ve bu kuvvetleri "taşımakla" görevli parçacıklar olduğunu savunur *standart model*.

Güç sırasına göre güçlü nükleer kuvvet, elektromanyetik kuvvet, zayıf nükleer kuvvet ve standart modele dahil edilemeyen kütle çekimi. Şimdi diyeceksiniz ki sürtünme kuvveti, gerilme, hava direnci gibi zibilyon tane kuvvet var, onlara ne olacak? Tüm o kuvvetler aslında bu dört temel kuvvete indirgenebilir. Ama dört temel kuvvet birbirine indirgenemez. Hadi girişelim şu işe. En güçlüsünden başlayalım: adı üstünde *Güçlü Nükleer Kuvvet.*

Enerjimiz birliğimizden gelir

Güçlü nükleer kuvvetten Dünya'nın yaşının hesaplanması konusunda bahsedeceğiz ama burada da giriş yapalım. Atomun çekirdeğinde bulunan yüksüz nötron ile pozitif yüklü protonu birbirine yapıştıran, bir arada durmalarını sağlayan kuvvettir bu. Nükleer deyince akla –özellikle nükleer enerji santrali olmayan bizim gibi ülkeler için– hep olumsuz şeyler gelse de bu kuvvet atomu tanımlar. Atomun kimliği, hatta kaderidir içerdiği nötron ve protonlar. Elementlerin atası ve en basiti olan hidrojen atomuyla başlayalım. Kendisi Big Bang'in ilk dakikalarında dünyaya geldi (evrene doğdu diyelim). Çekirdeğinde sadece bir adet proton var. Halen bir çekirdeği olduğuna göre çekirdekteki dengeyi güçlü nükleer kuvvet sağlıyor. Zira proton tek başına durmuyor orada, *kuark* denen yerinde durmayı bilmeyen atom altı parçacıklar da var. Bunları yani çekirdeği bir bütün halinde tutan ise *gluon* isimli parçacıklar. Yani güçlü nükleer kuvvetin kargocuları (taşıyıcıları, *bozonları*).



Şekil 6. Standart modele göre atom çekirdeği.

Adını Yunan mitolojisindeki Güneş Tanrısı *Helios*'tan alan helyum atomunun çekirdeğine baktığımızda ise 2 proton ve 2 nötron görüyoruz. Helyumun adını Güneş'ten alması tesadüf değil, zira Güneş bir nükleer reaktör olarak hidrojeni helyuma çevirmekle, helyum üretmekle meşgul yaklaşık 4,5 milyar yıldır. Güneş ve tüm yıldızlar *füzyon* denen kaynaştırmayı yaparken devasa bir enerjiyi paketliyorlar atom çekirdeğine (Bu satırlar yazılırken ilk kez bir füzyon reaksiyonundan –yani Yapay Güneş'ten–

az da olsa verim elde edildi). İşte bu paketlemeyi gluon parçacıkları aracılığıyla güçlü nükleer kuvvet yapıyor. Hidrojenin iki akrabası (*izotopu*), döteryum 1 protonun yanında 1 de nötron içerirken, trityumda ise 1 protona 2 nötron eşlik eder. Güneşin çekirdeğindeki sıcaklık o denli yüksektir ki bu iki hidrojen izotopu birbirine kaynamaya (birleşme, füzyon) başlar:

Döteryum (1 proton ve 1 nötron) + Trityum (1 proton ve 2 nötron) → Helyum (2P ve 2N) + 1N

Füzyon, helyum oluşturan ilksel süreçtir ama bununla da bitmez. Muazzam sıcaklık protonları dengesiz hale getirip lambur lumbur fırlatır sağa sola ve süreç sonunda hem bolca enerji (*radyasyon*, ışıma) hem de proton salınır. İnsanlık tarihi boyunca kullandığımız neredeyse tüm enerjinin kaynağı yukarıdaki kutsal reaksiyonlardan geliyor diyebiliriz. Soluduğumuz oksijen, kullandığımız araçların yakıtları, ısındığımız doğalgaz ve tabii bronzlaşmamızı sağlayan o enerji bu şekilde üretiliyor. Peki protonlar ne yapıyor? Onlar da uzaya saçılıyor ve bizim manyetosfer tabakası tarafından buyur ediliyor Dünya'nın kuzey ve güney kutup bölgelerine. Sonra biz de bunları görmek için paraları basıp gidiyoruz İzlanda, İsveç, Norveç ve Finlandiya'ya. Evet, kutup ışıklarından bahsediyorum, kuzey (Aurora Borealis) ve güney (Aurora Australis) ışıklarından.

2 protondan oluşan helyumdan 92 proton içeren uranyuma... tüm bu paketlemeyle elimizde çok büyük enerji potansiyeli içeren maddeye sahibiz. Bu enerjinin serbest bırakılması olan *fizyon* sürecini Dünya başlığı altında bulabilirsiniz. Ancak şunu söyleyeyim de içimde kalmasın, füzyonun neden olduğu paketlemeyi tersine işletmek, paketi açmak (fizyon) da mümkün. Mesela uranyumdan

toryum, radyum, polonyum, kurşun, cıva, hatta hidrojen ve helyum üretmek de mümkün.

Bir diğer temel kuvvet olan kardeş *zayıf nükleer kuvvete* ayrı bir başlık açmak isterdim ama yukarıda anlattığım çoğu şeyle direkt bağlantısı olduğundan kısaca değinmek yeterli olacaktır. Zayıf nükleer etkileşim fizyon ve füzyon dediğimiz radyoaktif bozunumlardan sorumludur. Buradaki taşıyıcılar *W ve Z bozonları*dır, namı diğer kargocular. Zayıf nükleer kuvvet sadece kütle çekiminden daha güçlüdür ve güçlü nükleer kuvvet gibi kısa bir mesafede iş görür. Önemine gelecek olursak, radyoaktif bozunmalar olmasaydı nefes bile alamazdık. Zira klorofil (biyolojik pigment), Güneş ışınlarını ememeyecek ve bitki oksijen üretemeyecekti. Tam burada bir yanlış anlamayı hemen giderelim: Asıl oksijen kaynağımız ağaçlar değil, okyanusun yüzey tabakasında yaşayan fotosentetik planktonlardır. Bunlar çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük olmalarına rağmen devasa ağaçlardan daha çok oksijen üretirler. Hatta bilim insanlarına göre bu oran %70'i bulmakta! Elbette ağaçları, yeşili koruyalım ama asıl kaynak okyanuslarda. Yani önceliğimiz okyanuslar olmalı. Ancak okyanuslarda oluşturduğumuz çöp adaları düşünüldüğünde bu konuda da sınıfta kaldık.

Tüccar hukukçuya, hukukçu bilimciye

1735 yılında Yorkshire'da bir tüccar, büyük bir kutuya çok sayıda çatal bıçak koyar ve kutuyu büyük bir odanın köşesine yerleştirir. Sonra ani bir gök gürültüsü ve ardından şimşek çakar. Tüccar, bunun üzerine kutuyu tezgâhın üzerine koyup bıçakları kutudan çıkarır. Bu sırada bıçaklar tezgâhın üzerinde bulunan çivileri kendine doğru çekmeye başlar. Sonra çatalları da çıkarır, aynı şeyi onların da

yaptığını görür. Hem de her birinin her defasında çivileri çektiğini gözlemler. "Hikmetinden sual olunmaz yüce Rabbim" deyip geçer. Ee tüccarın işi değil zaten, o kendine yarayacak kadarını alır ve olay orada biter. Ne bilim ne de yöntem. Sadece gözlem yapar, test edilecek hipotez atmaz ortaya. On yıllar sonra 1802'de İtalyan hukukçu Domenico Romagnosi, voltaik pil kullanarak manyetik bir iğneyi saptırır. Deneyin kurulumu veya iğneden akım geçip geçmediği tam olarak açık değildir. Zira kendisi de bir bilim insanı değildir. Keşfin açıklaması 1802'de bir İtalyan gazetesinde yayımlanır, ancak çağdaşları tarafından büyük ölçüde göz ardı edilir; argo tabirle iplenmez. Çünkü kaderin elektromanyetizmayı açıklaması için seçtiği kişi Hans Ørsted'tir. 1820 yılında bir teldeki elektrik akımının yakındaki bir pusula iğnesinin hareket etmesine neden olduğunu gözlemler ve bu yönde bir hipotez geliştirir. Elektrik akımının manyetizmayı etkilediği hipotezini bilimsel yönteme uygun olarak tekrarlanabilir testlerle doğrular. Böylelikle elektromanyetizmanın temeli birçok beceriksiz denemeden sonra göz göre göre gelen bir golle atılır. O gün bugündür elektrik ile manyetizma arasında bir ilişki olduğunu biliyoruz. Sonra Faraday'lar, Maxwel'ler gelir ve elektromanyetizmanın külliyatını yazarlar.

Hayatımıza, hatta ilişkilerimize daha fazla dahil olan bir kuvvet: Zıt kuvvetler birbirini çeker ya da *elektromanyetizma*. Az önce atomun çekirdeğini bir arada tutan güçlü nükleer kuvvetten bahsetmiştik, şimdi de protonların varlığı nedeniyle pozitif yüklü olan çekirdeği ve bunu negatif yüklü elektron demetiyle (bulutuyla) dengeleyen ve atomun yapısını tamamlayan elektromanyetik kuvvette sıra. Buradaki kargocu (bozon) görevi ise *foton*a aittir. Foton, elektriği ve manyetizmayı bir arada taşır. Kendisi kütlesiz olmasına rağmen ağır bir yük taşır; yükte hafif,

pahada ağır. Hayat dediğimiz tecrübe fotonlar sayesinde görünür, hissedilir olur. Yukarıdaki füzyon reaksiyonu sonucu ortaya çıkan radyasyon yine elektromanyetik bir kuvvettir ve fotonlarla taşınır. İklimler, güneşten gelen fotonların açılarıyla yani elektromanyetizmayla değişir. Yazın denize, kışın kalorifere elektromanyetik kuvvet yüzünden yapışırız. Radyo, TV, kablosuz internet, Hubble ve James Webb Uzay Teleskopları gibi iletişim araçları da elektromanyetik kuvvetle ilişkilidir. Sürtünme, elastisite veya şeklini koruma kuvvetleri de birer elektromanyetik kuvvettir. Özetle hayatımızın en ücra köşelerine kadar nüfuz etmiş bir temel kuvvettir. Güçlü nükleer kuvvete göre daha zayıftır elektromanyetik kuvvet. Ama menzili sonsuzdur. Fotonlar, ışığa saniyede 300 bin km yol aldırır! Yeter ki ışık kaynağı güçlü olsun. Mesela 12 milyar ışık yılı uzaklıktaki bir galaksiden gelen ışığı görebiliriz! Hız, denge, zamanlama, hoop burdayım! Hadi bakiim, isyanım var ulen! Nasıl tak diye buradayım saniyede!

Hepsi burada, bir arada, standart tayfa

Yukarıdaki üç kuvvet yani güçlü, zayıf nükleer kuvvetler ve elektromanyetik kuvvetin ve bu kuvvetleri taşıyan parçacıkların oluşturduğu modele 1970'li yıllardan bu yana *standart model* deniyor.

Toplu bir fotoğrafını çekelim şu standart modelin desek fotoğrafta iki büyük grup olurdu: *fermiyonlar* ve *bozonlar*. Fermiyonlar, *kuark* ve *lepton* parçacıklarından oluşur. Kuarklar aşağı, yukarı, alt, üst, garip ve tılsımlı hareketlerde bulunan 6 parçacıktan oluşur. Eğitim hayatına 30-40 yıl önce başlayanlar için proton ve nötron atomun çekirdeğindeki bölünmez parçacıklardı. Artık protonun *2 yukarı kuark + 1 aşağı kuark*tan ibaret oldu-

ğunu, nötronların ise *1 yukarı kuark + 2 aşağı kuark*tan oluştuğunu biliyoruz. Leptonlara geldiğimizde kalabalık bir topluluk görürüz, ancak bu kitabın iki kapağı arasına dahil olabilecek kadar popüler olanı, en ünlüsü *elektron*dur. Bu kadarını bilmek yeterli yani.

Bozonlar (Hint parçacık fizikçi Satyendra Bose'nin ismini yaşatmak üzere kullanılıyor) yukarıda sıklıkla atıf yaptığımız kargoculardır; kuvvet (etkileşim) taşırlar. Teşbihte kusur olmaz derler. Bazı kargo firmaları gibi bozonların da kargoları geç getirdiğini düşünsenize! Maazallah evren yok oluverirdi! Neyse ki yapması gerekeni yapmamak insanlığın problemi. Bozonlardan *gluon*, kuarkları birbirine bağlayarak, yani proton ve nötronları "yapıştırarak" güçlü nükleer kuvveti oluşturur. *W* ve *Z bozonları*, atom çekirdeğindeki radyoaktif bozunmalara neden olarak zayıf nükleer kuvveti taşırlar. *Foton* ise pozitif ve negatif yüklü parçacıkların davranışlarını belirleyerek proton ile elektronu evlendirmek suretiyle atomun yapısını tamamlar. Son olarak meşhur *Higgs bozonu* kalıyor geriye. Gözlemlenmesi için hatırı sayılır bir para harcanan namı diğer Tanrı Parçacığı. Elbette Tanrı gibi sonsuz bir sorumluluğu yok Higgs bozonunun, sadece bozonlardan bazılarının (W ve Z bozonları) kütleli, bazılarınınsa (gluon ve foton bozonları) kütlesiz olmasının açıklanmasında kullanılan teorik bir parçacıktı. Yani teoride kütlesiz parçacıklar Higgs alanını görmezden gelirken, kuarklar, elektronlar ve diğer kütleli parçacıklar onunla etkileşime girerler. Dolayısıyla kütleli parçacıkların kütlesinin olma sebebi bu etkileşim olmalıdır. Bu parçacık hatırı sayılır bir kütleye, 133 tane protonun kütlesine sahip, bu da yaklaşık 125 GeV/c^2 karşılık gelir. Böyle kütle birimi mi olur yahu? Mikrogram, ne bileyim nanogram filan da mı değil bunlar? Değil! Bunlar parçacık olduğu için olağanüstü hızlarda hareket ediyor-

lar. Bu yüzden başımız sıkıştığında Einstein'ı çağırıyoruz ve onun meşhur $E = mc^2$ formülünden m'yi yani kütleyi çekiyoruz. Işık hızını (c^2), enerjinin (E) altına atınca karşımıza az önceki tuhaf birim geliyor: eV/c^2. Özetle neden bazılarının kütlesi var da "neden diğerleri bunu sallamıyor?"dan yola çıkarak bulunan bir (ya da birkaç) bozondur Higgs. CERN'de (Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi, Cenevre) yapılan çalışmalar sonunda 14 Mart 2013'te Higgs bozonunun varlığı gösterildi.[3] Bunun üzerine aynı yıl içinde Peter Higgs ve François Englert, Nobel Fizik Ödülünü tartışmasız bir şekilde kazandılar.

Bu bölümde çok kez tekrara düştüğümün farkındayım. Bunu özellikle tercih ettim, zira kuantum dünyası, anlaşılmasını geçtim, hayal edilmesi bile oldukça zor bir âlem. Hem bolca tekrar hem de tüm bilgileri bir temele oturtmak gerekiyor. Bu nedenle standart modeli bu üç kuvveti anlattıktan sonraya bıraktım. Umarım anlaşılmıştır. Anlaşılmamışsa da Cem Karaca ustaya kulak verelim:

Hanimini hüppen denzigi banna rap rap
Kefeşle tayyüş ille de kıtmir rap rap
Hanimini hüppen denzigi banna rap rap
Kefeşle tayyüş ille de kıtmir rap rap

Bölüm önerileri:

- *Cosmos* (Kozmos) – Carl Sagan (1980)
- *A Brief History of Time* (Zamanın Kısa Tarihi) – Stephen Hawking (1988)
- *Contact* (Mesaj) – Robert Zemeckis & Carl Sagan (1997)

3 https://home.web.cern.ch/news/press-release/cern/new-results-indicate-particle-discovered-cern-higgs-boson.

- *Einstein: Yaşamı ve Evreni* – Walter Isaacson (2007)
- Einstein & Eddington – BBC (2008)
- Isaac Newton: The Last Magician (Son Büyücü) – BBC (2013)
- *Cosmos: A Spacetime Odyssey* (Bir Uzay Serüveni) – Neil deGrasse Tyson (2014)
- *Interstellar* (Yıldızlararası) – Christopher Nolan & Kip Thorne (2014)
- *The Science of Interstellar* (Yıldızlararası Bilimi) – Kip Thorne (2014) (Alfa Yayınları)
- *The Martian* (Marslı) – Ridley Scott & Andy Weir (2015)
- *Feynman Fizik Dersleri* – Richard Feynman – Cilt 1 & 2 (Alfa Yayınları)
- *Fizik Kitabı* (Ciltli) – Kolektif (Alfa Yayınları)

3. EVİN İNŞASI

Bu bölümde vitesi biraz daha artırıyoruz. Zira bu kitabı alanlar yoğurdun kaymağıyla yetinmeyecektir.

Zibilyon yıl önce!

"Bu 1 milyon yıl, 100 milyon yıl filan demiyorlar mı deli oluyorum! Manyak mısınız abi siz? Ne milyonu, milyarı?" diyenleri duymuşsunuzdur, siz dememişsinizdir tabii. En fazla bir akrabanız, arkadaşınız demiştir.

Hepi topu 70-80, bilemedin 90 yıllık ömürlerimiz için yüz binler, milyonlar, milyarlar çok uzun zaman dilimleri. Bu büyük zaman aralıklarını imgelemek (tasavvur etmek) çok güç. İki ucunda da kabul olması gereken bir durum bu: ya bilime (ve bilim insanlarına) güvenmek ya da direkt reddetmek. Ret kararına götüren süreç bazıları için yöntemleri anlayamamaktan ileri geliyor olabilir. Bu yüzden şimdi varsa önyargılarınızı kenara bırakıp bu bol sıfırlı zaman dilimleri nasıl hesaplanıyor öğrenelim.

Dünya'nın yaşının ciddi anlamda tartışılmaya başlaması 19. yüzyılı bulur! Bundan önce kutsal metinlerden yola çıkarak, Başpiskopos James Ussher tarafından söz konusu yaşın 6000 yıl kadar olduğu (MÖ 4004) hesaplanmıştı. Tabii bu anlatılar hep Batı'dan devşirildiğinden pek bahsi geçmese de Kuran'da da 6 günden (sitteti eyyâm) bahseder. Ancak bu süre Dünya'nın değil evrenin yaratılışı için kullanılır. Günümüzde bu hesabın doğru olamayacağını, gün ve yıl kavramlarının zaman içinde değişen anlamları nedeniyle dönem, evre olarak kabul edilmesi gerektiğini savunuyor ilahiyatçılar. Öyle ya, Güneş ortada

yokken ya da Güneş Sistemi henüz stabilize olmamışken hangi günden bahsedilebilir ki? Tabii bu tavrın nedeni bilimin bu konuda ortaya koyduğu doğrular.

Peki süreç nasıl gelişti? Konuyla ilgili ilk bilimsel hesaplama, çağının en büyük bilim insanlarından biri olan İrlandalı-İskoç William Thomson'dan geldi ya da daha çok bilinen namıyla Lord Kelvin. William parlak bir zekâya sahipti, henüz 10 yaşındayken Glasgow Üniversitesi matematik bölümüne girdi. Ben o yaşlarda kendimi *Ninja Kaplumbağalar*'daki Michelangelo sanıp Bağcılar'daki evin bodrumunda mahalleyi Shredder'a karşı koruyordum. William'ın başarıları hayatı boyunca elektrik, manyetizma, termodinamik ve hidrodinamik konularında yazdığı 650'yi aşkın makale, 70 patentle devam etti. Bu başarıları Britanya tarihinin meşhur hükümdarlarından Kraliçe Victoria tarafından 1866 yılında şövalye (Sir) unvanı verilerek taçlandırıldı. William, Güneş'in zar zor battığı İngiltere krallığının geleceği için maddenin sırlarına vâkıf olmaya çalıştığı fizik çalışmalarına devam etti. Kraliçe, baktı adam çok başarılı ama hâlâ "soysuz," biz bunu soylu yapalım diyerek William'ı *Lord Kelvin of Largs* ilan etti 1890'lı yıllarda. Mutlak sıfır değeri olarak kullanılan 0 Kelvin var ya hani, bizim termometrelerde –273,15°C'ye karşılık gelen, tabii kırılmazsa, o Kelvin işte. Niye adamın hayat hikâyesine bu kadar odaklandık peki? Çünkü o bu başarılarının ardından sözü dinlenen, çalışmaları yaygın kabulü (paradigmayı, modeli) belirleyen ağır bir abi oldu. İşte bu önemli şahsiyet Dünya'nın yaşını verilerle hesaplamaya yönelik ilk çabalardan birine imza attı. Ama elbette bir temelin üzerinde, sıfırdan değil...

Şimdi Dünya'nın yaşını hesaplamak gibi tuhaf bir fikir geçmiş olsun aklınızdan ve "Bırak Allahaşkına, başka işim mi yok!" deyip sıyrılmadan ciddi ciddi üzerinde düşünse-

niz mesela. Nasıl hesaplanırdı? 19. yüzyılda elinizde Google yoktu tabii ama hiçbir şey de yok değildi. Fiziğin temelleri oturmuştu mesela. Biraz somutlaştıralım. Eve geldiniz ve mutfakta yemek masasına konmuş bir tabak kuru fasulye var. Ama evde kimse yok. Karnınız da aç ve bu ikramı geri çevirmek istemiyorsunuz. Üstelik hiç kullanılmamış kaşık ve bir baş soğan da tabağın yanında! Kaşığı alıp önce sıcaklık kontrolü yapıyorsunuz yenebilecek sıcaklıkta olup olmadığını anlamak için. Ve görüyorsunuz ki ne çok sıcak ne çok soğuk. Bir 5 dk daha geçse yenmeyecek kadar soğuk olacak. Yani ivedilikle mideye indirilmesi gereken bir termodinamik durumda. Absürdlük bu ya, tam olarak burada kapıyı çalıp geliyorum ve yemeğin ne kadar önce ısıtıldığını soruyorum. Kesin bir zaman vermiyorsunuz ama aklınızda bir şeyler var; mesela dün değil, bu sabah da değil, belli ki daha yakın bir zamanda ısıtılmış olmalı ki bu sıcaklığa inmiş. Eldeki verilerle "15 dakika kadar önce sıcak yemek bu tabağa konmuş olmalı," diyorsunuz. Sonra kafayı çevirip ocağa baktığınızda bir koca tencere dolusu kuru fasulye görüyorsunuz. Tencere hâlâ sıcak ama tabak biraz daha soğuk. Yani tabaktaki fasulyenin, tenceredekine göre –daha az olan kütlesi nedeniyle– daha hızlı ısı kaybetmesi gerektiğini kitaplardan okumanıza gerek kalmadan tecrübelerinize dayanarak söylüyorsunuz. Dolayısıyla fasulyenin tencereden tabağa konma olayına 15 dakikalık bir "yaş" verdiniz. Eğer mutfak konusunda biraz da bilgi sahibiyseniz fasulyenin 40 dakikada pişeceğini bilirsiniz (tencere düdüklü değilse). Dolayısıyla tencerenin ocağa konmasıyla yemeğin yenmesi arasında kabaca 55 dakikalık bir hesap yapmış oldunuz.

Buradaki temel düşünce "sıcak bir şeyin zamanla ısı kaybederek soğuyacağı" argümanıdır. Bunun için fizik bilmeniz gerekmez, çocukluğunuzdan beri gözlediğiniz

bir olaydır. İşte bu basit argümanla yola çıkarak süreci zaman ölçeğinde ele aldınız. Farkında olun ya da olmayın bilimsel yönteme uygun bir varsayımda bulundunuz.

İlk bilimsel hesaplamalar da böyle yapıldı! Sıcak bir şeyin soğuması için geçen zamanı ölçmeyi hedefleyerek. Ne peki bu sıcak şey? Dünya tabii ki! O zamanlar da Dünya'nın uzunca bir zaman önce bir ateş topu olduğu, zamanla soğuduğu düşünülüyordu. Al sana tencere dolusu kuru fasulye! Mutfak da evren. Tabii bu kadar kolay değil, çok fazla değişken ve bilinmez vardı...

Ağırsıklet unvan maçı

Bildiğimiz kadarıyla bu yöntemle Dünya'nın yaşını ölçmeye yeltenen ilk insan doğa tarihinin babalarından Comte de Buffon'du. 1779 yılında bileşim olarak Dünya'ya benzer, boyut olarak elbette çok çok daha küçük bir küre tasarladı. Bu kürenin soğuma hızını ölçtü ve oranlayarak Dünya'nın yaklaşık 75.000 yaşında olduğunu öne sürdü. Başpiskoposun hesabının çok çok üzerinde bir sayıydı bu! Seksen üç yıl sonra, 1862'de Lord Kelvin sahneye çıktı ve ilk tahminini yaptı: Dünya 100-200 milyon yıl yaşında! Kelvin'in çıkış noktası, Fransız matematikçi Joseph Fourier'in, *Isının Analitik Teorisi* başlıklı 1822 tarihli bir incelemesine dayanıyor. Dünya'nın yüzeyinden ısı kaybı hızının matematiksel olarak ifade edilerek ölçülmesinin gezegenin yaşına yaklaşımda bulunabileceğini iddia ederek ulaşıyor bu sayıya. İşin tuhaf tarafı, zaman ilerledikçe bu sayıyı azaltmaya başlıyor Kelvin, 1897 yılında nihai tahminini yapıyor: 20-40 milyon yıl.

Kelvin'in otoritesinden bahsetmiştik. Ancak Kelvin'in karşısında bu sayıların bile çok az olduğunu iddia eden bir güruh vardı: jeologlar! Bu grubun da esaslı bir dâhisi

vardı: Sir Charles Lyell. Bilim tarihindeki en büyük bilimsel kapışmalardan birine tanıklık ediliyordu 19. yüzyılın ikinci yarısında. Lyell, "Günümüz, geçmişin anahtarıdır," diyordu. Yani bugün gördüklerimizle geçmişi aydınlatabiliriz. Çok uzun zaman dilimlerinde gerçekleşen küçük değişikliklerin zamanla birikerek büyük değişimlere neden olduğu şeklinde yorumluyordu doğa tarihini (bu yorum daha sonra Charles Darwin üzerinde de büyük bir etki yaratacaktı). Ve bu yorumun en basit çıktısı: Küçük değişimlerin birikmesi için milyonlarca, belki de milyarca yıla ihtiyaç olduğuydu. Yarım metreden fazla sakalıyla yanınıza yaklaşan kişinin bu sakalı uzatmak için uzunca zaman sakallarını salması gerektiğini herkes bilir. Bu sürenin ortalama 2 yıl kadar olduğunu belirletelim, zira sakal kılları ayda ortalama 1,2 cm hızla uzar. Yavaş işleyen süreçlerin uzun zaman dilimlerinde birikerek büyük değişimleri ortaya koyabileceğine dair ecnebilerin sıklıkla verdiği tırnakların uzaması örneğini de es geçmeyelim. Tırnaklarınızı yıllarca kesmediğinizi düşünün. Bir hayli uzayacaklar, yılda ortalama 3 cm kadar. Az mı geldi? 5 yılda 15 cm, 13,5 yıl kesmesek 40 yapar! 40 cm yani. Peki ömrümüzü aşacak kadar teorik bir süre versek? Mesela Selçuklu döneminde uzatmaya başlasak şimdi (yani 1000 yıl sonra) 10 katlı bir bina kadar olurdu. Son ve daha müspet bir örnek verelim. Günde sadece 2 sayfa kitap okusanız, haftada 14 sayfa, ayda 60 sayfa yapar. Bu da yılda 700 sayfadan fazla okuyabileceğiniz anlamına gelir. Bu kadar az okuyarak bile yılda 2-3 kitap bitirmek mümkün. Yavaş yavaş ama devamlı.

Hadi bu yavaş ama devamlı değişim hipotezini doğaya uygulayalım: Atlantik (Atlas) Okyanusunun iki tarafı yani Güney Amerika ve Afrika kıtaları arasındaki mesafe yaklaşık 5.000 km'dir. Okyanusun ortasındaki genişleme

bölgesinden yapılan ölçümlere göre her yıl 2,5 cm'lik bir hızla okyanus tabanı yayılıyor, genişliyor ve kıtaların arası bu hızla açılıyor. Big Bang teorisinde yaptığımız gibi süreci geri saralım mı? Arada 5.000 km var diyelim ve bu mesafenin her yıl 2,5 cm uzadığını kabul edelim. Bu durumda 5.000 km'lik mesafenin ne kadar zamanda oluştuğunu tahmin etmek zor olmasa gerek. Yapalım hadi!

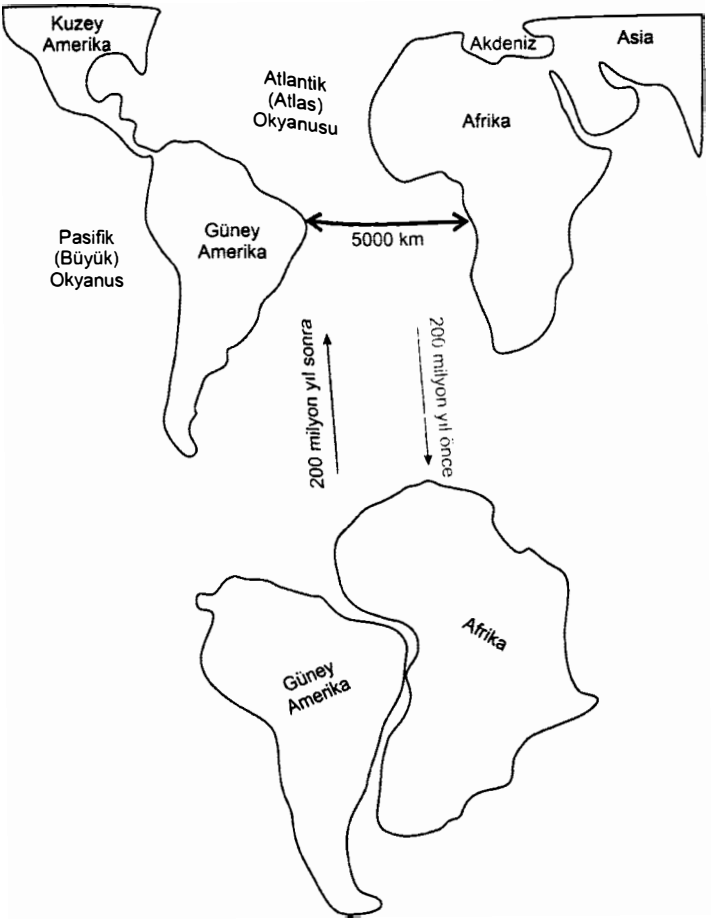
1. Okyanusun açılma süresi =

$$\frac{\textit{iki kıta arasındaki güncel mesafe } 5000\ km)}{\textit{yıllık açılma miktarı } (2{,}5\ cm/yıl)}$$

(5.000 km'yi cm'ye çevirelim = 500.000.000 cm)

2. Okyanusun açılma süresi = $\dfrac{500.000.000\ cm}{2{,}5\ cm/yıl}$

Okyanusun 5.000 km'ye kadar genişlemesi için geçen süre 200.000.000 yıl. Yani Atlantik Okyanusu 200 milyon yıl önce açılmaya başlamış olmalı. Ve bu varsayım doğruysa, 200 milyon yıl önce Güney Amerika ve Afrika tek bir kıtaydılar.



Şekil 6. Levhaların hareketi ve Atlantik Okyanusunun 200 milyon yıllık açılma hikâyesi.

Bu basit hesaplamayla bile Dünya'nın yaşının milyonlarla değil milyarlarla açıklanması gerektiği ortaya çıkıyor. Zira kıtaların oluşması için geçen sürenin 200 milyon yıldan çok çok daha fazla olması gerekir (takip eden levha tektoniği başlığında ayrıntılı olarak konuşacağız). Aslın-

da jeologların penceresinden bakacak olursak, Lyell'den çok daha önce 17. yüzyılda Nicolas Steno, fosil kalıntıları ve jeolojik tabakalar arasındaki bağlantıyı keşfetmişti. Yaş tartışmalarının alevlendiği 19. yüzyıldan çok daha önce 1790'larda William Smith, Steno'dan bayrağı alarak, benzer fosillerin bulunduğu katmanların birbirinden çok farklı yerlerde olmalarına rağmen aynı yaşta olduğunu gösterebileceğini iddia etmişti. Smith'in öğrencisi John Phillips ise büyük bir cüretle 1841 yılında, kaya tabakalarındaki fosillerin karşılaştırılmalarına dayanan ilk küresel jeolojik zaman ölçeğini yayımladı ve Dünya'nın yaklaşık 96 milyon yaşında olduğunu hesapladı.

Yani jeologların ve fizikçilerin Dünya'nın yaşıyla ilgili gözlemleri farklı metotlara dayanıyordu. Bilimselliklerine bakılınca hepsi bilimseldi, zira yanlışlanmaya açık, verilerle desteklenerek gerekçelendirilen hipotezlerdi. Ancak her modelde olduğu gibi iki grubun da çeşitli varsayımları vardı. Mesela Kelvin şunları varsayıyordu:

1. Jeolojik süreçlerin devamı için gereken enerji Dünya'nın iç ısısından geliyor.
2. Bu iç ısı yenilenmiyor ve sürekli kaybediliyor.
3. Dünya'yı basit bir küre olarak modelleyebiliriz.

Günümüz penceresinden bakarsak ilk varsayım doğruydu (radyoaktiviteden bahsederken konuşacağız bunu). Üçüncüsü geometrik bir çıkarım olduğundan hesaplamada büyük hatalara yol açmıyordu ve kabul edilebilir hataları vardı. Ancak ikinci varsayım, Dünya'nın iç yapısı ve evrimiyle ilgili büyük bir yanlışa neden oluyordu.

Lyell'in varsayımı ise jeolojik süreçler geçmişte de şimdi olduğu gibi aynı şekilde ve aynı yoğunlukta işliyordu; bilimsel ifadesiyle *tekdüzelik (Üniformitaryanizm) doktrini*. Bu tedrici (derece derece) değişim sayesinde Big Bang kuramında olduğu gibi zamanı eksiksiz geri sarmak

mümkündü. Bu modele göre yarım metrelik sakal 2 yıl önce, Atlantik Okyanusu ise 200 milyon yıl önce yoktu! Bu aşamada jeologların ve fizikçilerin kapışmasındaki düğümü çözecek bir şeye ihtiyaç vardı. Bu da beklenmedik bir yerden, bir iç minnaktan gelecekti: atomdan!

Nükleer, dünyaya hükümdar olur

19. yüzyılın ikinci yarısında yaşanan bu bilimsel tartışmanın bir tarafında yer alan fiziğin içinde ışımalarla (*radyasyon*) ilgili çalışmalar ün salmıştı. Bunlar genelde Güneş'in başrolde olduğu kimyasal reaksiyonların sebep oldukları ışımalardı.

Radyoaktivite ise farklıydı. Çok basit bir benzetmeyle: Hapşırma gibi kendiliğinden gelişen bir olaydı. İçeride dengesiz giden bir şeyler var, mesela ilkbaharda alerjik reaksiyon. Kaslar harekete geçer ve orada olmaması gerektiğini düşündüğü şeyi dışarı atmaya çalışır. Radyoaktivite de neredeyse böyle bir şey. Bir atomun kendi iç yapısındaki bir dengesizlikten kaynaklanır. Malumunuz, atom çekirdeğinde proton ve nötronlar bulunur. Proton pozitif yüklü, nötron ise yüksüzdür (nötr). Böyle olunca manyetizma dışında bir kuvvete ihtiyaç duyulur ki bu iki farklı yüklü parçacık bir arada bulunsun. Bunlara *nükleer kuvvetler* denir (kuantumdan bahsederken ıncığına cıncığına bakacağız). Bu kuvvetler hem çekirdeği bir arada tutar (güçlü nükleer kuvvet), hem de radyoaktif bozunmayı olası kılar (zayıf nükleer kuvvet). Söz konusu kuvvetler o kadar güçlüdür ki uygun koşullarda bu zalım enerjiyi kullanarak bir şehri yok edecek kadar büyük bir enerji açığa çıkarabilirsiniz. Amerika Birleşik Devletleri (ABD), atomda saklı bu enerjiyi "II. Dünya Savaşını sonlandırmak için" Japonya topraklarında iki kez açığa çıkardı maalesef. Robert

Oppenheimer önderliğindeki bilim insanlarının "tehdit amaçlı ürettiği," ancak sonucun böyle olmadığı iki bombanın patlaması sırasında oluşan ısı enerjisiyle yaklaşık 225 bin insan öldü ve daha kötüsü, patlamanın etkisiyle yayılan beta parçacığı ve gama ışınları hayatta kalanları da zamanla geri dönülemeyecek, nesiller sürecek genetik hastalıklara sürükledi. Bu orantısız güç gösterisi sonrasında da düşmanlarına gözdağı verdi: "Bende atom çekirdeğindeki kuvveti açığa çıkaracak bilim ve teknoloji var! Ayağınızı denk alın!" Artık savaşmasına gerek kalmadan aba altından nükleer bomba göstermesi yeterliydi gezegene şekil vermek için. Bu öyle bir etki yarattı ki günümüzün dünyasını, sosyolojisini, ekonomisini ve daha birçok şeyin kaderini ABD'nin çizmesine olanak sağladı. Ulusların üstünlük kriterlerini, nükleer silahların keşfinden sonra tamamen bilim ve teknoloji belirledi diyebiliriz. Bunun bir nişanesi olarak ABD yaklaşık 20 yıl sonra Ay yarışını da kazanıp Dünya'nın abisi olduğunu ilan etti.



Şekil 7. Hiroşima'ya atılan atom bombasının yapay zekâ (OpenAI) tasviri.

İşte bu güçlü nükleer kuvvet doğal koşullarda da ortaya çıkabilir! Nasıl yani her an atom bombası patlama ihtimali var mı doğada? Bir anlamda evet, ama bunlar o kadar küçük olaylar ki pek hissedilmez. Nükleer bombalarda kullanılan yöntem, süreci daha yıkıcı yapmak için daha çok kütle ve zincirleme reaksiyonların özellikle ve kasten tercih edilmesinden kaynaklanır. Peki doğal olarak nasıl gelişir bu süreç? Bilim tarihinde oldukça aktif geçen 50 yıla kısa bir bakış atalım.

Kaderin cilveleştiği adam

Hani bir şeyi ararken başka bir şeyin keşfedildiği hikâyeler vardır ya. Bunun ağa babası Henri Becquerel'in hikâyesidir. Maddelerin ışığı gecikmeli tutarak yansıtma (*fosforesans*) özelliğini çalışıyordu Henri. Hani polislerin, ambülans çalışanlarının ve bisikletçilerin araba farından yayılan ışığı bünyesinde geçici olarak hapsedip gece görülmeyi kolaylaştıran kıyafetleri var ya. Onlar fosforlu şeritlere sahip işte. Wilhelm Conrad Röntgen'in 1896'da X-ışınlarını keşfetmesinin ardından herkes X-ışınlarına takmıştı kafayı. Henri de fosforesans ile X-ışınları arasındaki ilişkiyi merak ediyordu.

Kapalı bir günde uranyum tuzlarını Güneş ışınlarına maruz bırakamadığından dükkânı erken kapatmak zorunda kalır. Tabii kaderin kendisiyle cilveleştiğinden habersiz, muhtemelen heba edilmiş güne veda ederken uranyumlu malzemeyi çekmeceye koyar. Uranyumlu malzemenin altında ışınımları gözlemleyebilmek için kullandığı siyah kâğıda sarılmış bir film vardır. Birkaç gün sonra tuzları çekmeceden çıkarıp filmi banyo ettikten sonra uranyum kristalinin güneş ışığını görmediği halde "kendi kendine" filme iz bıraktığını yani ışıma yaptığını (radyasyon yaydığını) görür ve çok şaşırır. Zira böyle bir şey daha önce gözlenmemişti. Bu büyük gözlemden sonra Becquerel'in doktora öğrencisi Polonyalı Maria Salomea Skłodowska (Fransa'ya yerleştikten ve Pierre Curie'yle evlendikten sonra Marie Curie) özellikle radyum ve toryum elementleri üzerinde bu çalışmaları birkaç adım ileri taşımak suretiyle X ışımasının ismini, 120 yıl sonra günümüzde de aynen kullanılacak olan, *radyoaktivite* kavramıyla değiştirdi. Becquerel, Marie ve Pierre Curie üçlüsünün yaptığı devrim İsveç Kraliyet Bilimler Akademisi

tarafından 1903 yılında Nobel Fizik Ödülüyle ödüllendirildi. Marie bunu başaran ilk kadın olarak tarihe geçti ama bununla da yetinmeyip 1911 yılında bu kez de Nobel Kimya Ödülü alarak iki Nobel Ödülü kazanan ilk ve tek insan oldu. Bu durum geçen 122 yılda da değişmedi.

Bilim çevrelerinde konu o kadar popülerdi ki takip eden her yıl önemli buluşlar geldi. Popüler konularda çalışmak hem makale basmada hem de çalışmanın fonlanması gibi konularda önemli avantajlar sağlar bilim insanlarına. Getireceği ün de cabası. Paralel gelişim gösteren diğer tartışma da atom modellerinin üzerinden işliyordu ve bu iki olay (atomun yapısı ve radyasyon) zamanla bir arada ele alınmaya başladı. Ernest Rutherford, çekirdekte ışımaların olduğunu iddia ettiği atom modelini 1911 yılında sundu. Rutherford aynı zamanda çekirdekten *alfa* ve *beta* isimli iki ışıma olduğunu iddia etti. Paul Villard'ın da *gama* ışımasını keşfetmesiyle birlikte günümüzde kullandığımız ışıma türleri henüz 20. yüzyılın başında tanımlanmış oldu.

Bu durumda dengesiz haldeki atom hapşırdığında çekirdekten alfa, beta ve gama olarak temelde üç farklı parçacık fırlatıyor. Bu üçlü sırasıyla giderek küçülen boyutlara sahip. Alfa parçacığı (bir Helyum atomu) bir kâğıt tarafından bile durdurulabilirken beta parçacığını (bir elektronu) durdurmak için bir sac levha yeterli oluyor. Ancak gama ışımasını durdurmak için oldukça güçlü ve kalın bir kurşun levha gerekiyor. Aklınızda bulunsun, olur da nükleer bir felaket olursa kendinizi korumak için malzeme belli: kurşun. Çekirdeğin karakterinin sunulacağı atom modeli ise 1932 yılında James Chadwick tarafından ortaya kondu. Chadwick, Niels Bohr'un modelindeki *elektron kabuklara* (*orbital*lere) sadık kalmakla birlikte atomun çekirdeğine proton ve nötronları ekledi. Yani günümüzde ders kitaplarını süsleyen modelden bahsediyoruz.

1934 yılında Enrico Fermi, "Ulen bu uranyum çekirdeğine nötron fırlatsak uranyumdan daha ağır elementler elde edebilir miyiz acep?" deyip nötron bombardımanına tutar çekirdeği. Beklemediği şeyin tersi olur ve hafif elementlerin oluştuğunu görür. Dört yıl sonra Otto Hahn ve Fritz Strassmann yine nötronları uranyuma yollar ve daha hafif bir element olan baryumun ortaya çıktığını görürler. Olay burada bitse iyi. Ortaya çıkan elementlerin toplam kütlelerini ölçerler ve uranyumunun kütlesinden neredeyse yarı yarıya az olduğunu görürler. İyi de bu kütle nereye gitti? Başka bilim insanlarını da araya sokup fikir alırlar. Sıkıştıkça kimi çağıracaktık? Tabii ki Einstein! Maddenin –kütlenin– enerjinin bir formu olduğunu iddia etmişti büyük dâhi. Sırtı Einstein'a dayayarak kaybolan kütle için "Olsa olsa enerjiye gitmiştir" dediler. Bu olaya *fizyon* ismi verildi. 1942 yılında Chicago Üniversitesinde Fermi önderliğinde artık zincirleme reaksiyonla (bir sonraki bölümde içinden geçeceğiz) nükleer gücü ortaya çıkarabilecek teoriler hazırdı. Bu bilimsel çıktının üç yıl sonra şeytanca bir silaha dönüşeceğini beklemiyorlardı...

Bu başlığı böyle bitirirsem "nükleer"e külliyen karşıymışım gibi bir izlenim bırakabilirim. Netleştirelim, nükleer silahlar sadece insanın değil, gezegenin de düşmanıdır. Yok edilmeleri konusunda ivedilikle uzlaşma sağlanması ve tüm nükleer silahların imha edilmesi gerekir. Nükleer enerjiye gelirsek, 1950'lerden bu yana enerji üretmek için en verimli ve temiz çözüm nükleer enerjidir. Nükleer enerji, denizaltılara yakıt ikmaline ihtiyaç duymadan yaklaşık 20 yıl boyunca çalışma imkânı verebilecek kadar müthiş çözümler üretebilmekte. Teoride ve uygulamaların büyük çoğunluğunda son derece verimlidir. Çoğunda diyoruz, zira nükleer denince akla hemen onun adı gelir: Çernobil,

Çernobil, Çernobil. Bu facianın bir uygulama sorunu olduğunu söyleyelim ve açalım biraz.

Zincirleme reaksiyonu başlatan nötronlar var ya, *fırlama nötronlar*, fırlatalım uranyum çekirdeğine. Sonra çekirdeğin içinden nötronlar saçılacak. İşte bunların hızları reaksiyon için çok önemli. Kontrol altında tutulmaları ve yavaşlatılmaları gerekir ki reaksiyon zincirleme olarak devam edebilsin. Bazı reaktörlerde nötron hızlarının kontrolü için *grafit* (karbon) minerali kullanılır (*grafit kontrollü reaktör*). Yani hızlı gelen nötronlar grafit mineraliyle yavaşlatılır İşte bu tür reaktörlerde yaşanan teknik problem nedeniyle Çernobil felaketi yaşandı. Aslında sadece Çernobil değil, 1957 yılında İngiltere'de de (Windscale Yangını) benzer ama daha ufak bir sorun yaşandı. Görüldüğü gibi felaketin direkt değil, dolaylı nedenidir nükleer enerji. Elbette sonuca bakacak olursak Çernobil olayı nükleer bir felakettir. Getirisi götürüsünden daha azdır ve en önemli etken olan insan ve çevreye karşı uzun vadede zararlara neden olmuştur. Çernobil, nükleer enerjiye bakışta soru işaretlerine neden oldu. 2011 yılında Japonya'da yaşanan 9,0 büyüklüğündeki devasa Tohoku depremi ve tsunamisi sırasında Fukushima nükleer reaktörü büyük hasar alınca nükleer enerjiye karşı pozisyon haklı olarak daha dirençli hale geldi. Nükleer reaktörlerdeki sorunların önüne geçilmesi zor felaketlere yol açıyor olması, rüzgâr türbinleri ve güneş panelleri gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeyi daha güvenli ve zorunlu hale getirdi. Yine de yenilenebilir enerji, nükleer enerji kadar verimli değil. Hatta aralarında fersah fersah fark var. Dünyanın büyük çoğunluğunun aklı ve gözü nükleer enerjide kalmış olsa da yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneliyor, yönelmeye çalışıyorlar. Ancak şunu da

unutmayalım: Güneş panelleri de nükleer enerjiyle üretilmiş olan Güneş ışınlarından enerji üretiyor.

Ana, baba, bacı, gardaş

Silahları filan geçelim, bilime devam edelim. Modern atom modelindeki atom numarası ve izotop kavramlarını da tanımlayalım. Atom numarası çekirdekteki proton sayısına eşittir ve elemente isim vermemizi sağlar. Yani bir nevi TC kimlik numarasıdır. Normal koşullarda beklenen, çekirdekteki proton ve nötronların eşit sayıda olmasıdır. Ancak bu her element için geçerli değildir. Çekirdeğinde aynı proton sayısı ile farklı nötron sayıları bulundurabilen atomlara o elementin *izotop*ları denir. Mesela karbon elementinin çekirdeğinde 6 tane proton vardır. Ancak nötron sayıları 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 olabilir. Böylece en hafifi 6 (proton) + 3 (nötron) ile karbon-9, en ağırı ise 6 (proton) + 10 nötron olan karbon-16 olan toplam 8 adet izotopu vardır. Elementlerin yüzü ve kimliği proton sayısı olduğundan bunların tamamı hâlâ karbondur ve nötron sayılarına bakılmaksızın hepsi aynı görülerek bileşik oluştururlar. Dışarıdan tamamen aynı görünen ama farklı paket ya da motor seçenekleriyle içi zenginleştirilmiş arabalar gibi. Böyle olunca her biri sıradan bir karbon olarak bünyemize girebilir.

Hayat dengeleri ödüllendirirken dengesizlikleri dengeye ulaştırmak için çaba harcıyor gibi görünüyor. Bu durum atomun çekirdeği için de geçerli. Proton ve nötron sayılarındaki yakınlık arttıkça atom çekirdeği (ve tabii element) dengeli oluyor: 6 proton ve 6 nötron gibi. Ancak bu denge şaştığında işler değişiyor. Mesela "6 proton – 3 nötron" ve "6 proton – 10 nötron" bulunduran izotopların çekirdeklerindeki denge şaşıyor. Bu dengesizlik çekirde-

ğin kararsızlaşmasına neden oluyor. Ve sayfalardır süren laf salatasından sonra nihayet *radyoaktif çekirdek* kavramı karşımıza çıkıyor! Yani doğal nükleer bomba! Atom çekirdeğindeki bu huzursuzluğun meyvesi yukarıda anlattığım alfa, beta ve gama ışımalarıdır. Atomun alerjisi çekirdeğindeki dengesizlik, hapşırması ise fırlatılan parçacıklar, yani radyasyondur.

Bazen bu radyasyonlar ortamda olmayan elementlerin doğmasına da olanak verir. Mesela muzun içinde bolca bulunan potasyum (K) elementinin üç ana izotopu bulunur: potasyum-39, potasyum-40 ve potasyum-41. Potasyumun proton sayısı 19 olduğuna göre bu üç izotopun nötron sayılarını yazalım da havamız olsun: sırayla 20, 21 ve 22. Bu izotopların arasında en nadir ve tabii en kararsız olanı 21 nötron sayılı olanıdır, ki stabil olmadığından bu onu radyoaktif izotop yapar. Çekirdekteki kararsızlığı gidermek üzere sürekli parçacık fırlatmak yerine dengeye getirici bir misafir de kabul edilebilir. 19 proton – 21 nötron barındıran potasyum çekirdeğinde pozitif yüklü olan proton, negatif yüklü bir elektronu kendisine çekmek suretiyle nötrona dönüşür. Ee o zaman proton sayısı 19'dan 18'e inmiş olur. Buna hâlâ potasyum diyebilir miyiz? Hayır! Bu durumda daha kararlı çekirdeğe sahip olan, 18 protonu olan argon (Ar) elementi "doğar." Doğar diyorum, çünkü buradaki argonun kökeni radyoaktivitedir. Bu da onu *radyojenik* (radyasyon kökenli) yavru yapar. Anası babası (*parent*, ebeveyn) ise malumunuz radyoaktif potasyumdur. Ana baba, çoluk çocuk belli olduğuna göre bu doğumların ne sıklıkla olduğuna bakalım.

Çekirdekte ne zaman bir ışınım olacağı kuantum dünyasının olasılık denizinde olduğundan kesin olarak bilmeye şimdilik imkân yoktur. Ancak bu sorunu çözmek için fizikçiler kullanışlı bir çözüm olan *yarı ömür* kavramı-

nı kullanırlar. Kavram, atom çekirdeğinin babası Ernest Rutherford'a ait olup bozunumları anlık olarak görmek yerine –ki bu mümkün değil– toplu olarak görmeyi hedefler. Yarı ömür, kararsız çekirdeklerin ne kadar sürede radyoaktif bozunmaya uğradığını, radyoaktif atom sayısının ne kadar sürede yarıya indiğini hesaplamak amacıyla kullanılır.

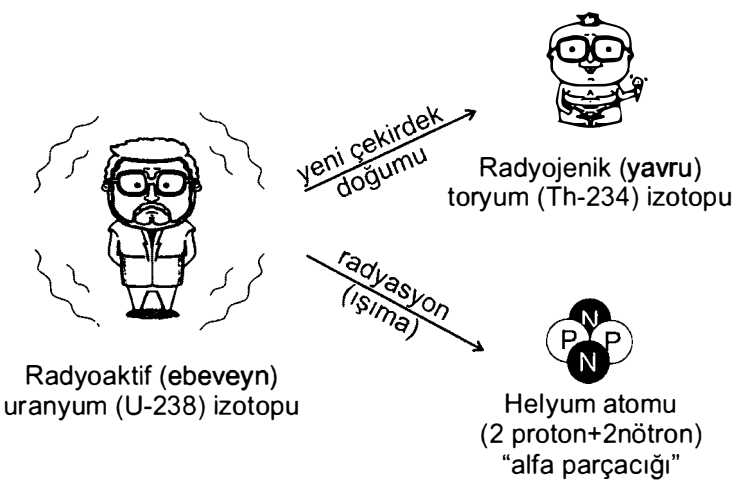
Yukarıdaki K (potasyum)-Ar (argon) çiftinden devam edelim. 100 potasyum atomu olsun elimizde. Kapalı bir ortamda (mesela kurgusal bir fanusta) tutalım ki oluşacak (doğacak) yavru argonlar kaçmasın. Uzun zaman sonra elimizdeki 100 potasyum atomu yavaş yavaş yavru argonlar üretmeye başlar. Yarılanmanın gerçekleşmesi için, yani 50 potasyum – 50 argon atomu oluşması için geçen süre yaklaşık 1.250.000.000 yıldır! Yazıyla yazalım, bir milyar iki yüz elli milyon yıl! Buraya kadar neredeyse tüm gelişmeler mantık çerçevesinde giderken bir anda aklın sınırlarını zorlayan bir süre geldi! Tahmin edeceğiniz üzere ikinci yarılanma zamanında, yani 2,5 milyar yıl sonra ana baba olan potasyum izotopları 25 taneye düşerken yavru argonlar 75 adeti bulacak. Yani kurgusal fanus içinde demokrasi olsa argonlar seçimi kazanacak duruma ilk yarılanma ömrünün hemen sonrasında gelirdi.

Radyoaktivitenin Oscar'lı oyuncuları olan uranyum-toryum-kurşun zincirine de bakalım. Uranyumun doğal olarak oluşan iki izotopu var: uranyum-238 ve uranyum-235. Bunların ikisi de kararsız izotoplar. Potasyum-argon çiftinden daha farklı olmak üzere uranyum bir dizi zincirleme bozunmayla toryum ve kurşun elementlerine dönüşür. Proton sayısı (*atom numarası*) 92 olan uranyumun 143 nötronlu izotopu olan urayum-235 oldukça nadirdir (1.000 uranyum izotopundan 993'ü uranyum-238, sadece 7'si tehlikeli uranyum-235 izotopu-

dur). Biz barışçıl olduğumuzdan uranyum-235 izotopunu es geçip uranyum-238'in radyoaktif bir seri sonucu kurşun-206'ya dönüşmesine bakalım:

Uranyum-238 → 8 alfa ışıması + 6 beta ışıması + ısı enerjisi → **Kurşun-206**

Bu karmaşık radyoaktif zincir yoluyla oluşan yarılanma ömrü ne kadardır dersiniz? 4 milyar 470 milyon (4,47 milyar) yıl! İzotopların yarılanma ömürlerini bilmek tarihlendirme veya yaşlandırma için en kritik veriyi sağlıyor. Gerisi ana baba ve yavru izotopları ölçmeye kalıyor.



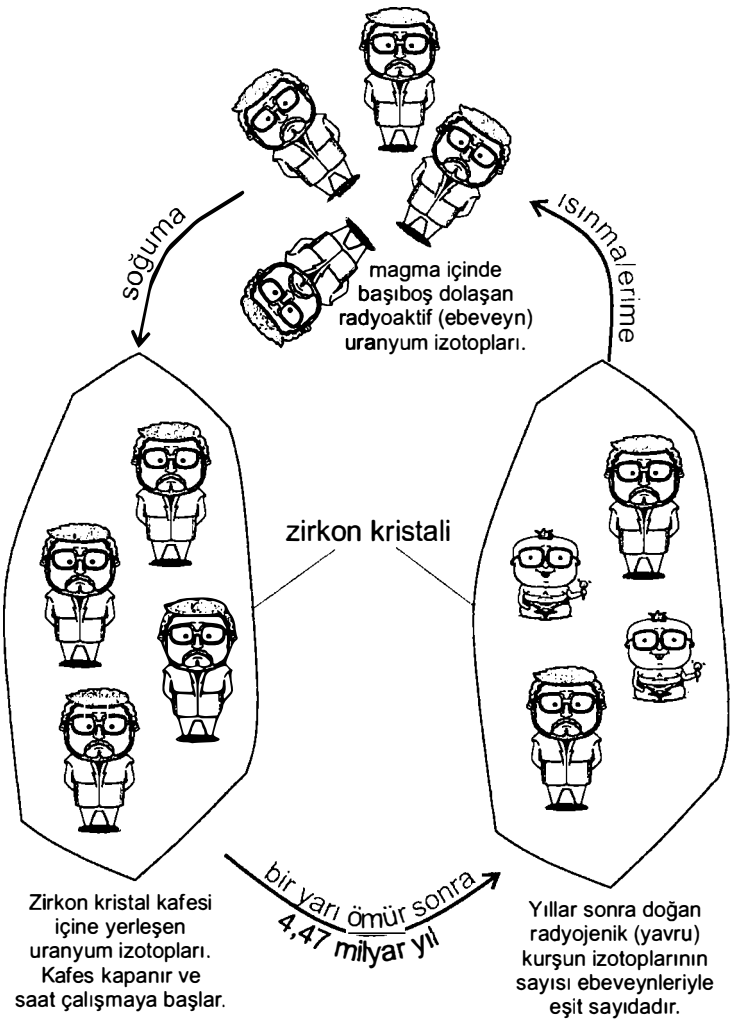
Şekil 8. Uranyum-238 izotopunun fizyon bozunumu sonucunda oluşan yavru toryum-234 izotopu ve alfa parçacığı.

Çekirdekle zaman ölçmek

Tamam anladık, atomun çekirdeğindeki kararsızlık (dengesizlik) belli bir zaman sonra kendi kendine ışıma yapmaya (radyasyona) neden oluyor. İyi de bunun zaman ölçmeyle ne alakası var! Aslında yukarıda ipuçları var ama biraz daha vurguyla "alakayı" gün yüzüne çıkaralım. İki anahtar olay var: (1) kapalı alan, bizim kurgusal fanus gibi ve (2) bu fanusun içinde radyoaktif elementlerin varlığı. "Bu iki anahtar olay bir kaya içinde bulunabilir" diye düşündü Ernest Rutherford... Sen nasıl bir kralsın be adam! Heykeli yapılsa kafaya beton yetmez! (Bu arada memleketi Yeni Zelanda'da heykeli var.) Ama fikri uygulamak başka birine düştü: Bertram Boltwood, tarihteki ilk radyometrik yaşlandırmayı (tarihlemeyi) yaptı. İçinde uranyum bulunan bir kayaya (ve tabii minerale) uranyum-kurşun tarihlemesi yaptı. Ve bulduğu sonuç 400 milyon ile 2,2 milyar yıl arasındaydı!

Uranyum, en yaygın *zirkon* isimli mineralde bulunur. Zirkon magmatik kökenli bir mineral olsa da tortul (*sedimanter*) ve başkalaşmış (*metamorfik*) tüm ana kaya türlerinin bünyesinde bulunabilir. Magma soğumaya başladığı an ilk kristaller oluşmaya başlar. Buzun erimesi gibi homojen değildir magma, zibilyon tane element ve oksit içerir. Yani magmanın bir kısmı kristalleştiğinde diğer kısım sıvı olarak kalmaya devam eder (bir süre daha). Kristal demek, bir düzen içindeki kafes yapısı (*kristal sistemi*) demek. Her mineralin soğuma sırasında kristal kafesini kapatma (kapanım) sıcaklığı vardır. Bazıları yüksek, bazıları düşük sıcaklıkta kristal kafesini kapatır. Zirkon mineralinin kristal kafesini kapatma sıcaklığı 800-1000 °C arasındadır. Bu sıcaklık, üzerine medeniyeti inşa ettiğimiz yerkabuğundan alınacak ortalama bir kayayı rahatlıkla eritebilir (basıncı göz ardı ediyorum).

Peki kapanım olayı neden bu kadar önemli? Yukarıda bahsettiğim gibi dışarıdan malzeme girişi ya da dışarıya malzeme çıkışı olmamalı ki radyometrik saat düzgün çalışsın: "Kıbrıs'ta olan Kıbrıs'ta kalır." Hadi biraz daha açalım. Maç saati geldiğinde stat kapıları kapanır, içerideki seyircilerle maç başlar; mineral kapanım sıcaklığına ulaştığında da içerideki uranyum-238'le radyometrik saat çalışmaya başlar. Yani mineral kapandığında radyometrik saat 0'dır. Örneklenen kaya içerisindeki zirkon mineraline U/Pb tarihlendirme yöntemi kullanır ve sözgelimi 50 milyon yıllık bir yaşa ulaşılırsa bu kaya 50 milyon yıl önce 800-1000 °C sıcaklığındaydı anlamına gelir. Yani en son 50 milyon yıl önce 800 °C'ye indi. 55 milyon yıl önce ise henüz mineral kapanmamıştı, sıcaklık 1000 °C'lerin üzerindeydi; maç başlama saati gelmemiş, seyirci girişi (uranyum) devam etmekteydi. Daha bilimsel bir örnekle, magma soğumaya başlasın ve sıcaklık yaklaşık 900 °C'ye düşmüş olsun. Zirkon mineralleri sıvı haldeki magmaya, "Gidiyom ben ağalar, hakkınızı helal edin," demek suretiyle veda edip kristalleşmeye başlar, sıvıdan katı faza geçer. Oluşan zirkon kristal kafesinin içinde uranyum-238 izotopu da vardır. İşte tam olarak bu kristallenme anında radyometrik saat sıfırlanmış olur. Zira ortamda kurşun-206 izotopundan, yani radyojenik yavrulardan hiç yoktur, ya da olmaması beklenir. Yani ilk durumda zirkon kristalinin içinde, 100 uranyum-238 izotopu ve 0 tane kurşun-206 izotopu vardır. Zaman geçtikçe yavaş yavaş yavrular oluşmaya başlar, zira uranyum-238 kararsız bir izotoptur. Uranyum-238 izotopunun yarılanma ömrünü bildiğimize göre (4,47 milyar yıl) kafesin içindeki uranyum-238 ve kurşun-206 izotoplarını ölçmek yeterlidir!



Şekil 9. Magmanın soğumaya başlamasıyla kristalleşmeye başlayan zirkon minerali ve zaman içinde radyoaktif bozunmaya uğrayarak yavru kurşun izotoplarını oluşturması.

Mesela iki farklı örnekten ölçüm almış olduğumuzu varsayalım:

1. 98 tane uranyum-328 ve 2 tane kurşun-206 izotopu
2. 75 tane uranyum-238 ve 25 tane kurşun-206 izotopu

Soru: Hangi ölçüm daha yaşlı bir örneğe (kayaya) aittir?

Böyle soru mu olur yahu! Elbette 2. ölçüm daha yaşlı bir kayaya aittir! Çünkü kafes içinde 25 yavru (kurşun-206) izotop var. İlkinde ise sadece 2 yavru izotop var. Yani ilk örnekteki yavru izotop, ikinciye göre çok çok genç, cicim aylarında olan bir evliliğe ait. Tam yaş ölçümü için elbette karmaşık hesaplar devreye giriyor ama süreç basitçe böyle işliyor.

Uranyum (ana baba)-kurşun (yavru) tarihlendirmesinden sonra potasyum-argon, rubidyum-stronsiyum, samaryum-neodimyum, toryum-kurşun, renyum-osmiyum ve lütesyum-hafniyum tarihlendirmeleri farklı amaçlarla, farklı kayalara uygulandı, uygulanıyor. Özellikle samaryum-neodimyum metodunda yarı ömrün yaklaşık 106 milyar yıl olduğunu belirtelim. Yani evrenin ilk gününden bu yana bırakın yarılanmayı, çeyreğine bile ulaşmadı süreç. Kaplumbağayı, kağnıyı, ülkemizdeki ortalama internet hızını filan unutun! Bu yavaşlıkla baş edebilecek hiçbir şey yok! Bunlardan çocuk filan doğmaz!

Canlılar gibi organik malzeme içeren kütlelere ise karbon-14 (radyokarbon) metodu kullanılır. Bu metot kısaca karbon-14 (6 proton + 8 nötron) izotopunun bir beta ışıması yla daha kararlı olan azot-14 (7 proton + 7 nötron) izotopuna dönüşmesiyle oluşur. Yarılanma ömrü sadece 5730 yıldır. Yani oldukça kısa sürede yarılanır ve arkeolojik çalışmalar için uygun bir yöntem olarak kullanılır.

Ee artık Dünya'nın yaşının nasıl hesaplandığını biliyorsunuz, en azından yöntemleri öğrendik. Peki bu zor görev için hangi örnekler kullanıldı? Ne sonuçlar alındı?

1. Dünya'nın yaşını ölçmek istiyorsak gidip de Hawaii volkanından alacağımız yeni soğumuş bir lavı örneklemek saçmalık olurdu. Zira içinde muhtemelen hiç yavru izotop olmazdı: örnek yaşı = 0! İşte bu yüzden eski olması potansiyel kayalara bakmakta fayda var: *gnays* mesela. Dünya tarihi boyunca yüksek dereceli basınç ve sıcaklığa maruz kalmış, başına gelenlerle sağını solunu şaşırmış bir metamorfik kaya grubudur gnayslar. İşte bu yüzden Kanada'nın kuzeybatısında 1999 yılında bulunan Acasta Gnaysından alınan zirkon yaşı 4 milyar 31 milyon (4,031 ± 0,003 milyar) yıl olarak saptandı.[4] 2001 yılında Batı Avustralya'dan ortalama 4 milyar 404 milyon (4,404 ± 0,008 milyar) yıllık zirkonlar ölçüldü.[5] 2014 yılında *Nature* dergisinde yayımlanan bulgulara göre bu zirkonların en yaşlısı 4 milyar 374 milyon (4,374 ± 0,006 milyar) yıl yaşında.[6] Pehhh, ne yaşlı bir gezegenimiz varmış, uzaktan mavi-yeşil renkleriyle genç görünen koca, yaşlı, şişko Dünya. Günümüz itibariyle gezegenimizin resmi yaşı 4 milyar 540 milyon (4,54 ± 0,05 milyar) yıldır. Görüldüğü üzere bu hesaplamalarda ± 50 milyon yıllık bir sapma olasıdır. 4 milyarın yanında 50 milyonun lafı mı olur azizim!

Zirkon kristallerini ve içerisindeki uranyum izotoplarının bozunmasını mikroskop altında görmek için aşağıdaki karekod videosu sizi bekliyor.

Şimdi esaslı bilim safhasına geçelim, olaya gerçek bir bilim insanı gözüyle bakalım. Yaklaşık 4,5 milyar yıl

4 Samuel A. Bowring ve Ian S. Williams, "Priscoan (4.00–4.03 Ga) orthogneisses from northwestern Canada," *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 1999, 134 (1): 3

5 Simon A. Wilde *ve diğerleri*, "Evidence from detrital zircons for the existence of continental crust and oceans on the Earth 4.4 Gyr ago (letter)," *Nature*, 2001, 409 (6817): 175-178.

6 John W. Valley *ve diğerleri*, "Hadean age for a post-magma-ocean zircon confirmed by atom-probe tomography," *Nature Geoscience*, 2014, 7 (3): 219-223.



önce Dünya üzerindeki soğuyan bir magmada bulunan zirkonyum elementi, silisyum ve oksijenle bağ yaparak zirkon ($ZrSiO_4$) kristallerini, yaklaşık 900 °C'de, oluşturmaya başlıyor. Burada zaman sıfırlanıyor ve saat çalışmaya başlıyor. Tüm magma kristalleştikten sonra kayaya dönüşüyor. Kayanın başından zibilyon tane olay geçiyor. Bu süreçte tüm mineraller tektonik süreçlerle hırpalanıyor, eziliyor, eriyor, bitiyor ama dirençli zirkon minerali, içindeki hikâyeyi bize anlatmak üzere direniyor! İşte feraset, işte fazilet, işte mineral gibi minerallik! Uzunca bir zaman sonra, 2000'li yıllarda bir vatandaş gelip bu kayalara çekiç sallayıp örnekliyor. Kaya örneğini laboratuvara getirip kırmak suretiyle tane boyunu küçültüyor. Mikroskopta incelenebilecek inceliğe (30 mikron; 0,03 mm) getirip derinlemesine bakıyor (polarizan ışık altında). Zirkon kristallerini görüyor. İşte tarihe tanıklık eden o mineral! Bu aşamadan sonraki amaç, kayayı daha ince tanelere indirerek kaya içinden zirkon kristallerini ayıklamak. Bunun için de incelttiği mineral topluluğunu gravimetrik (yoğunluk farkına dayalı) ayırmaya tabi tutuyor SPT (Sodyum Politungstat) isimli yoğun sıvıda. "Ağam yeter, ben iptalim!" diyenler olacaktır. Korkma yahu! Amaç, ağır olanı dibe çökertmek, bu kadar basit. SPT'nin yoğunluğu 3,8 g/cm^3 civarındayken zirkonun yoğunluğu 4,6 g/cm^3. Diğer minerallerin çoğu zirkondan daha az yoğun olduğundan (mesela kuvars gibi) zirkon dışındakiler SPT çözeltisi üzerinde –zeytinyağı gibi– yüzer. Zirkon ise salına salına, sinsice dibe çökmeye başlar. İşte yakalandın, sırlarını tek tek anlatacaksın! Dibe çöken zirkonlar bir kaba konularak bu kez binoküler mikroskop altında ince-

lenir. En temiz ve güzel şekilli olanlar analiz için ayıklanır. Sıra katodolüminesans mikroskobundadır. Binoküler altında görülemeyen ayrıntılar görülerek son bir seçme işlemi uygulanır. Artık bundan sonrası, zirkon minerali içindeki uranyum ve kurşun izotoplarını bir kütle spektrometresi (LA-ICP-MS) ya da yüksek çözünürlüklü hassas iyon mikroprob (SHRIMP) cihazıyla ölçmektir.

Neden bu metodolojiyi uzun uzadıya anlattım? Neden canınızı sıktım? Ne işinize yarayacak ki bunlar? Bu süreçlerin ardında görmenizi istediğim gerçekten ciddi bir emek var. Aradaki bazı safhaları es geçtiğim de oldu. Tüm sürecin tamamlanması laboratuvarların yoğunluğuna göre 1 yıldan fazla sürebilir. Yani bir bilim insanı milyonlarca yıldan bahsediyorsa bunun ardında ciddi bir teorik altyapı, saha ve laboratuvar çalışmaları var. Yani emek var, emek! Oturdukları yerden sallamıyorlar! Mantığa uymaması bilgi eksikliğinden kaynaklanabilir. Yukarıdaki paragrafları okuduktan sonra artık Dünya'nın yaşına göre ufacık, saniyelik ömürler yaşadığımızı görmek mantıksal olarak gerekçelendirilmiş oluyor gibi.

Bölümü bitirirken "Nükleer Fizik ve Radyometrik Yaşlandırma" gibi havalı bir başlık koysaydım, kaç kişi okurdu bunları? Muhtemelen nükleer fiziği görünce bir kısmı bırakırdı okumayı. O halde "etiketleme yoluyla korkmak"tan kaçınmakta fayda var. Yukarıda sayılan bilim insanlarının büyük çoğunluğu (hepsi değil) sıradan insanlar. Onları diğer insanlardan, yani bizden ayıran fark, çalıştıkları alanla ilgili motivasyon ve odaklanmaları. Evet, bu kadar basit. Sevdiğiniz işi yaparsanız kendinizi çalışmaya zorlama gereği duymaz ya da zorluk hissetmezsiniz. Hatta yorulmazsınız bile! Bu insanların çoğu gerçekten sevdiği işi yaptı. Ama bazıları için de su testisinin su yolunda kırılmasına neden oldu bu seçimler! Mesela Rutherford

ve Madam Curie muhtemelen çalışmaları sırasında maruz kaldıkları iyonize radyasyondan genç yaşta öldüler. Curie'nin radyumu elde etmek için kullandığı *radyobarit* ($Ba,RaSO_4$) minerali, uranyumun elde edildiği *uraninit* (UO_2) mineralinden en az 40 kat daha radyoaktiftir! Curie, uzun yıllar bu mineralle (ve tabii radyumla) yakın temasta bulunmuştur. Bu yüzden Curie'nin çalışma odasının kapı kolu ölümünden 100 yıl sonra bile normalden 10 kat fazla ışıma sergiliyor (1,5 mikrosievert/saat olmasına şaşırmamak gerek). Ama bilime yaptıkları eşsiz katkıları yüzyıllar sonra bile hâlâ onlardan bahsetmemize neden oluyor. Kendileri farkında olamasalar da ürettikleriyle hâlâ aramızdalar. Madam... Bilimin kadını, fiziğin anası olacaksın!



Curie'nin göremediğini görmek isterseniz karekodu okutun gari!

Kader ayırdı bizi

Madem artık radyometrik tarihlendirmenin mantığını ve yöntemini anladık artık kafayı gezegenimizin kabuğuna çevirelim... Analitik yöntemlerin gelişmesini hassas ölçüm yapabilen cihazlar takip etti. Önceden sadece birkaç büyük laboratuvarda bulunan yaş ölçme cihazları artık daha ulaşılır durumda (bu satırlar yazılırken İstanbul Üniversitesinde de vardı mesela). Bu yaygınlaşma sayesinde mümkün olan, ulaşılabilir tüm kayalar yaşlandırıldı ve yaşlandırılmaya devam ediyor. Dünya'nın kaya yaşları haritası yapıldığında rengârenk ve ilk bakışta anlamsız gibi görünen kaotik şekiller ortaya çıkıyor. Ama ortak olan bazı büyük yaşlar (500 milyon yıl ya da daha eski) Dünya'nın muhte-

lif yerlerine yayılmış durumda. Bu yaşlı kayalar neredeyse tüm Güney Afrika'da görülüyor. Tuhaf olanı ise aynı kayaların Brezilya boyunca da görülmesi! Aynı durum Kuzey Amerika ve Kuzey Avrupa'nın bir kısmı için de geçerli.

Benzerlikler sadece yaşlar için geçerli değil, Dünya'daki dağ zincirlerini takip ettiğimizde benzer tuhaflıklar yine ortaya çıkar. Afrika, Güney Amerika, Güney Avrasya, Avustralya ve Antarktika'daki dağ zincirleri sanki birbirlerini takip ediyor gibi görünür. Bu dağ zincirlerinin 400 ila 500 milyon yıl önce oluştuğu düşünülüyor. Bir parçası İngiltere'de olan bu kuşağın diğer parçası Kuzey Amerika'da! Şimdi diyeceksiniz ki İngiltere nire, Kuzey Amerika nire!

O zaman artık şu Dünya haritasını önümüze alıp gün gibi ortada olan yapboza bir daha bakalım. Amerika kıtası tüm endamıyla Avrupa ve Afrika'ya veda edip çekip gitmiş gibi duruyor. Yukarıda okyanusun açılması konusundaki hesaplarımıza göre bu kıtalar 200 milyon yıl önce bir arada olmalıydı. Formları da birbirlerinden ayrıldıklarını gösteriyor gibi.

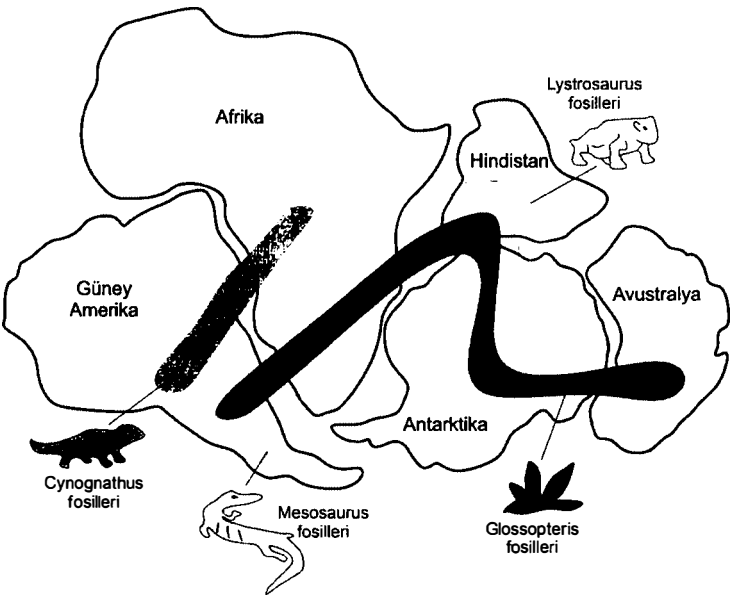
Peki ya biyolojik tarih yani fosil kayıtları ne diyor bu durumla ilgili? Aşağıdaki türler enteresan bir şekilde birçok kıtaya yayılmış durumda. Aralarındaki devasa okyanusları da hesaba katarsak tuhaf bir durum bu. Hadi hayvanlar yüzdü diyelim bu mesafeyi (~5000 km) –ki mümkün değil– bitkiler nasıl gitti?

Glossopteris, Güney Amerika, Afrika, Madagaskar, Hindistan, Antarktika ve Avustralya'da fosillerine rastlanmış, dile benzeyen yapraklarıyla tanınan bir bitki. Yüzemeyeceği söyleniyor. Fosil yaşları 299-252 milyon yılları arasında.

Mesosaurus, Güney Amerika ve Güney Afrika'da yaşamış bir sürüngen. Kıyıda, sahilde yaşadığı düşünülüyor. Timsahı andırıyor. Yani okyanusu aşacak kabiliyete sahip değil. Bulunan fosilleri 299-280 milyon yıl yaşında.

Cynognathus, sadece Güney Amerika ve Afrika'da yaşamış. Memelileri andırıyor, ama sürüngen. Yani bir kara hayvanı. Fosillerinin yaş aralığı 247-237 milyon yıl.

Lystrosaurus, Afrika, Hindistan ve Antarktika'da fosilleri bulunmuş bir otçul, kara hayvanı. Yani yüzemez! Fosil yaşları 255-230 milyon. Bölgede bulunan fosillerin %95'ini bu tür oluşturuyor.



Şekil 10. Birbirlerinden binlerce kilometre mesafe uzakta bulunan kıtalar üzerinde aynı fosillerin gözlenmesi.

Özetle okyanusların farklı taraflarında ortak olarak bulunan fosillerin yaşları en az (*minimum*) 230 milyon yıl kadardır. Yani sanki kıtalar bu süre önce birlikteydi. Tabii bunu yüzlerce analitik veriyle, on binlerce gözlemle söylüyoruz. Peki ya 1900'lü yılların başında bir meteoroloğun elde neredeyse hiçbir şey yokken tüm kıtalar bir

zaman önce bir arada olmalı diye çılgınca bir fikir ortaya atmasına ne demeli?

Meteorolog Alfred Lothar Wegener, 1915 yılında Kıtasal Kayma (*Continental Drift*) teorisini anlattığı "Kıtaların ve Okyanusların Kökeni" başlıklı makaleyi yayımladı. Sonraki yıllarda teorisinin delilleri için bol bol gezdi. Elindeki veriler:

1. Kıtaların yapboz formlarını andırması
2. 200-300 milyon yıldan daha yaşlı fosillerin Atlantik Okyanusunun iki yanında da gözlenmesi (fosillerin bulunduğu tabakalara göre göreceli yaşlandırma)
3. Yapbozu birleştirdiğinde Güney Amerika ve Afrika arasındaki bazı eski dağ zincirlerinin birbirini tamamlaması

Wegener, teoriyi yayımladıktan sonra önemli bir çoğunluk tarafından alay konusu haline geldi. Zira o dönemde kıtaların sabit olduğuna inanılıyordu. Böyle iddialı bir teori için kullanılan verilerin yeterli olmayacağı söylenmiş ve herhangi bir mekanizma sunulamadığı için yetersiz bulunmuştu. Bunun üzerine Wegener açık açık sordu: "Bağa bi söyleyin ağalar, içinde bitkilerin de olduğu canlılar nasıl oldu da 5.000 km mesafeyi aştılar?" Ama paradigmayı (genel kabulü) yıkmak kolay değildir. Bilim içinde de genel kabuller zaman içinde kuvvetli inançlara dönüşebilir. Bununla ilgili Max Planck'a kulak verelim:

> *Yeni bir bilimsel gerçek, karşıtlarını ikna ederek ve ışığı görmelerini sağlayarak değil, karşıtları er ya da geç öldüğü ve ona aşina yeni bir nesil yetiştiği için zafer kazanır.*[7]

7 S.T. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, 2. baskı, University of Chicago Press, Chicago, 1970.

Bu paradigma ağalarından biri kalkıp suların sığlaştığı zamanlarda arada bir kara köprüsünün oluşabileceğini savladı! Yani 5.000 km uzunluğunda bir kara köprüsü oluşabileceğini iddia etti! İnancın teorileri şekillendirmesi konusuna güzel bir örnek. Bunların içinde Wegener'in teorisi ilgi görmedi, ta ki yeni veriler gelene kadar...

II. Dünya Savaşı sırasında Amerikan ordusunda, okyanus tabanı projesinde yer alan Harry Hammond Hess, sonar teknolojisinin kullanıldığı gemilerden birinde görevliydi. Sonar yardımıyla okyanus tabanının haritasını çıkarırken tuhaf yükseltiler keşfetti. Bu yükseltilere odaklanan Hess, yükseltiler boyunca hareket ederken okyanusun neredeyse merkezinde gezindiğini fark etti. Sonraları bu yükseltilerin tüm okyanusun merkezinde olduğunu anladı. Merkezden kıyılara doğru gidildiğinde derinliğin arttığını da gördü, ki aksinin olması beklenir. Daha enteresan bir keşif de yükseltilerin üzerine gelindiğinde sıcaklıklarda önemli bir artışın gözlenmesiydi. Bu yükseltilerden bazalt isimli mantoya ait kayalar geliyordu! Hess, 1962 yılında tüm bulgularını Deniz Tabanı Yayılması (*Sea Floor Spreading*) teorisi çevresinde "The History of Ocean Basins" [Okyanus Havzalarının Tarihi] başlığıyla yayımladı.[8]

Hess'ten sadece bir yıl sonra Frederick Vine ile Drummond Matthews'un deniz tabanı yayılmasıyla ilgili çok önemli bulgularına göre deniz tabanından alınan bazalt lavları soğuduklarında yerkürenin o zamanki manyetik özelliğini kaydediyordu.[9] Buna göre okyanus merkezleri

8 H.H. Hess, "History of Ocean Basins," A.E.J. Engel, Harold L. James, B.F. Leonard (ed.) *Petrologic Studies: A Volume in Honor of A.F. Buddington* içinde, 1962

9 F. J. Vine ve D.H. Matthews, "Magnetic Anomalies Over Oceanic Ridges," *Nature*, sayı: 199, 1963, s. 947-949

sırtlarından alınan örnekler günümüzün manyetik özellikleriyle örtüşürken, sırttan simetrik olarak uzaklaşıldığında manyetik *anomaliler* (anormal; normal olmayan değerler) görülmeye başlıyordu. Yani manyetik kutbun sürekli olarak değiştiği kayalarda çok güzel bir şekilde kaydedilmişti. Ve bu değişiklikler okyanus sırtlarının iki tarafında da sırtlara aynı uzaklıkta yani simetrik olarak değişiyordu. Dolayısıyla okyanus tabanı yayılıyordu...

Ünlü jeofizikçi John Tuzo-Wilson, Hawaii adalarının oluşumu için bir sıcak noktanın (sorguç; *hot-spot*) Pasifik levhasının altında olduğunu ve levhanın kabaca kuzeybatıya doğru hareketinin bu adaları oluşturduğu modelini ortaya attı. Adalardaki magmatik kayaların yaşlarının güneydoğu yönünde azalmasını ve ana adanın çok genç kayalardan oluşmasını modeli için delil olarak sundu. Sonuçta Pasifik levhasının kabaca kuzeybatıya doğru hareketinin bu adaları oluşturduğunu düşünüyordu.

Hot-spot volkanlarının nasıl çalıştığını kavramak için sıcak noktayı temsilen bir ateş kaynağı (çakmak/kibrit) alıp levhayı temsil eden bir kâğıdı, sabit tuttuğunuz ateş kaynağının üzerinde kuzeybatıya doğru hareket ettirin. Yanan her noktayı söndürmeyi ihmal etmeyin. Dolayısıyla yanmış bir şerit elde edeceksiniz. En son yaktığınız nokta en sıcak noktadır ve bu nokta diğerlerine göre güneydoğuda yer alır. İşte o nokta Hawaii dediğimiz yerdir. (Not: Bu deneyi riskli olabilecek kapalı alanlarda gerçekleştirmemeye özen gösteriniz, yani evde denemen guzum).

Jack Oliver, 1968 yılında Güney Pasifik'e sismografik istasyonlar kurarak depremleri kaydederken aynı zamanda çok önemli bir gerçeği de kaydetmişti: okyanus tabanının hareket ettiğini! Bu bulgu, Wegener'in teorisi için sayısal bir kanıttı. Nasıl Eddington, Einstein'ın genel görelilik teorisini kanıtladıysa, Oliver da Wegener'in teorisini

kanıtladı ama Wegener bu sırada gezegeni çoktan terki diyar eylemişti. Oliver ise 2011 yılında hayata gözlerini yumdu. Edebiyatla da ilgilendiğinden gitmeden Shakespeare'e laf dokundurmadan edemedi:

Anahtar noktayı kaçırıyorsunuz,
Hayat "olmak" değil, "yapmak"tır!
Bir görev seçin, devam edin.
Sonsuza kadar mutlu yaşayacaksınız...[10]

Levha Tektoniği için daha karmaşık bulgular, doktorasını Cambridge Üniversitesinde tamamlayan Dan McKenzie'den geldi. Termodinamik hesaplamalarına göre manto tabakasının malzeme davranışında (*reolojisi*) farklı ve dinamik iki alan bulunuyordu ve levhaların hareketini sağlayan mekanizma aslında bunlarla ilişkiliydi. McKenzie doktorasını yayımladığında Wegener'in teoriyi duyurmasından bu yana 51 yıl geçmişti. Elli bir yıl önce fazla kurgusal bulunan düşünceler birikimli (*kümülatif*) bulgularla doğrulanmış ve kıtaların kayma teorisinin *Levha Tektonik* kuramının bir parçası olduğu anlaşılmıştı. Vaktinden sonra gelen övgünün tamamı kuramın sahibine aittir. Wegener'in teoriyi ortaya atmasından bu yana 100 yıldan fazla geçti ve resmi sonuçlara göre "adam kazandı."

Su testisi su yolunda kırılır. Wegener, 1930 yılında Grönland'da yaptığı araştırma gezisi sırasında muhtemelen kalp rahatsızlığı nedeniyle 50 yaşında hayata gözlerini yumdu. Ona eşlik eden genç bir araştırmacıyla Grönland'daki ekibe yemek götürmek üzere yola çıktıklarında buzulların ortasında verdi son nefesini. Yol arkadaşı onu buza gömdükten sonra kayak malzemeleriyle yerini işaretledi ve yoluna devam etti. Sonrasında yol arkadaşı

10 https://www.nytimes.com/2011/01/12/science/earth/12oliver.html.

da muhtemelen buzulun ortasında can verdi, zira kimse ondan haber alamadı. Altı ay sonra bir ekip Wegener'in gömüldüğü yeri bulup kar ve buzları kullanarak piramit şeklinde bir mezar inşa ettiler. Muhtemelen böyle bir ölümü tercih ederdi Wegener, sahnede bırakıp gitmek gibi...

Son olarak levha tektoniğinin ülkemizdeki öncülerinden de bahsedelim. Celâl Şengör ve Yücel Yılmaz, 1981 yılında yayımladıkları "Türkiye'nin Tetis Evrimi: Levha Tektoniği Yaklaşımı" başlıklı klasikleşmiş makaleleriyle kuramın bölgemizdeki işleyişini Türk ve dünya yerbilim camiasına sundular.[11] Söz konusu makale, jeoloji kategorisinde tüm zamanların en çok atıf alan makalelerindendir.

Bal yatağında püskevit

Dünya'da bir şeyler olacak ve bu bizi es geçecek! Ne mümkün! Üzerinde yaşadığımız levhaların (plakaların) bir şekilde hareket ettiğini öğrendik sanırım. Bizde kervan yolda düzülür genelde, bu yüzden öğrenmeden tecrübe etmek zorunda kalıyoruz birçok şeyi. Kıtaların hareketlerinden de habersizdik, (bilim insanları dışında diyelim). 1999 yazında Adapazarı'nda, Körfez'de, Avcılar'da, sonra Düzce'de yaşananlardan sonra acıyla öğrendik maalesef. Bu tecrübe edinme ve oldukça yavaş öğrenme süreci on binlerce cana mal oldu ve olmaya da devam edecek gibi görünüyor ne yazık ki. Bu konuya "Oturmaya mı geldik?" bölümünde ayrıntılı bir şekilde değineceğim. Şimdi levha hareketlerinin yerkabuğuna nasıl şekil verdiğine bakalım.

Günümüzde yerkabuğu dediğimiz katı yapının 7 büyük, 8 de küçük olmak üzere toplam 15 parçalı bir yapbozu andırdığını biliyoruz. Bir yapbozu tamamlamanın yegâne

11 A.M. Celâl Şengör ve Yücel Yılmaz, "Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach," *Tectonophysics*, 1981, 75 (3-4): 181-241.

kuralı doğru parçaları yan yana getirmektir. Yerkabuğunun evriminin basit yapbozlardan bir farkı var; yapbozlar sınırlarına riayet eder, saygı gösterirler; doğa bunu yapmaz! Mesela yapbozda parçalardan birini diğerinin altına ya da üstüne itekleyemezsiniz. Ya da birbirinden uzaklaştıramaz, aralarında boşluk bırakamazsınız. Zaten bunu yapmak istediğinizde yapbozun düzeni bozulur, uzaklaştırmak istediğinizde komşu parçaya yakınlaşmış, yakınlaştırdığınızda ise arkada kalan parçadan uzaklaşmış olursunuz. Hatta şansınızı zorlarsanız kuralı bozduğunuz alanlardaki yapboz parçalarında kırılma ve ezilme gibi deformasyonlar olur. Ne kadar saçma değil mi? Ama gezegenimizde gerçekleşen tam olarak budur! Depremlerin ardındaki temel neden levhaların birbirlerine göre bağıl (izafi, göreceli) hareketleri ve bunların neden olduğu deformasyonlardır. Elbette bu hareketler sadece depremlere neden olmaz, coğrafyaları, hatta biraz daha ileri gidersek yaşamı şekillendirir. Bildiğimiz kadarıyla levha tektoniği diğer kaya gezegenlerde (Mars, Venüs, Merkür) çalışmıyor, daha doğrusu böyle bir sistem yok. Bu gezegenlerde karmaşık canlıların hayatlarına devam edebileceği, türleşebileceği ortamı şekillendirecek bir kıtasal devinim de yok demek oluyor bu. Levha tektoniğinin neden olduğu sürekli malzeme (element ve mineral gibi) döngüsü de yaşamı şekillendirme konusunda önemli bir rol üstleniyor. Özetle, gezegenimize dinamik yapıyı, malzeme döngüsünü/tedarikini levha tektoniği sağlıyor.

İstanbul'u da, Diyarbakır'ı da, İzmir'i ve Trabzon'u da levha tektoniği şekillendiriyor. Bu önüne geçilemez sürecin yaklaşık 3,2 milyar yıl önce başlamış olabileceği öne sürülüyor. Ondan önce niye yoktu ya da niye o zaman başladı peki? Malumunuz Dünya oluşmaya başladığı 4,5 milyar yıl önce şimdiki gibi mavi değil, muhtemelen dev bir ateş to-

puydu. Termodinamiğin buyruğu üzerine, yanan her ateş bir gün söner ve soğur. Dünya da buz gibi (yaklaşık –273°C) uzay içerisinde zamanla soğumuş, kabuk bağlamaya başlamıştır. Kabuk homojen ya da her yerde eşit özellikli bir yapı değildi büyük olasılıkla. Farklılıklar arasında yoğunluk en önemli etken. Zira klasik fiziğin en temel kuvveti olan kütle (yer) çekimini çalıştırmak için bir tetikleyiciye ihtiyaç var. Bu ya bir boşlukla (bisikleti yokuştan aşağı salmak gibi) ya da yoğunluk farkıyla (zeytinyağının suyun üzerine çıkması gibi) tetiklenebilir. Muhtemelen yoğunluk farkı, ilk kıtalar karşılaştığında kimin altta kimin üstte olacağını belirlemiş olmalı. Peki bunları ne bir araya getirdi? Dışı kabuk olsa da içi hâlâ fokur fokur kaynıyordu yerkürenin, ki hâlâ buradan enerji akışı sağlanıyor. Karmaşık manto süreçleri kıtaların hareket etmesini sağlamış olmalı.

Şöyle düşünelim: Ocağın üzerine tencereyi koyduk ve kıvamlı bir balı da tencereye boca ettik. Sonra balın üzerine farklı yoğunluktaki bisküvilerden koyduk, biri üzümlü tam buğdaylı, diğeri beyaz undan üretilmiş olsun mesela. Ocaktan yayılan ısı balda bir konveksiyon (ısının taşınımı, transferi) meydana getirecek ve bisküviler hareket etmeye başlayacak. Ve bir bakmışsınız ki yan yana gelmişler! İşte burada sürecin zorunlu olarak devamı gerekiyor. Yani bisküvileri zorlamanız gerek. Biri diğerinin altına doğru hareket etmeye başladığı an levha tektoniğinin durdurulamaz süreci başlamış olur! Dalma-batma (ecnebicesi *subduction*) süreci bir kez başladığında durdurulamaz olaylara neden olur. Mesela daha yoğun olan, az yoğun olanın altına "dalmaya" başladığında aşağıya doğru bükülür. Kütle çekimi bu andan itibaren daha esaslı bir şekilde çekmeye başlar dalan levhayı. Yani süreç hızlanarak devam eder. Tahmin edebileceğiniz üzere bu artan çekilme, zıt yöndeki (arka taraftaki) kabuğun yırtılmasına neden olur ve buradan da sıcak manto gelir,

tıpkı derinizi yardığınızda fışkıran kan gibi. İşte bu sürece "levha tektoniği" diyoruz. Ancak bu süreçlerin detaylarının halen tartışmalı olduğunu belirtelim.

Yukarıdaki modelin çalışması için bisküvinin kolaylıkla kırılmadan diğer bisküvinin altına dalabiliyor olması gerekiyor. Bir diğer ön kabul ise soğuyan kabuğun *heterojen* (çoktürlü) olması. Bazı teorilere göre kabuk tamamen homojen yani tek parçadan oluşuyordu. Bu durumda kabuğu parçalayacak ve parçaladıktan sonra dalma-batma sürecini başlatacak etkenler lazım. Tek parçadan oluşuyorsa bir diğerinin altına hangi kuvvetle dalacak? Ne kadar çok ön kabul o kadar çok kurgu demek. Yine de elimizde hiçbir teori ya da model olmamasından iyidir. Zaten bilim hiçbir zaman mutlak doğruya ulaştığını iddia edemez. Yeni verilerle hatalar ayıklanır, geriye kalan rafine bilgiye bilim deriz (bunu kitabın son bölümünde konuşacağız).

Neyse, sıcak bal ve farklı bisküvilerle oluşturduğumuz modelimizin gerçeğe en yakın model olduğunu kabul edelim. Bu modelde itilme ve çekilmeden bahsettik, ancak bu iki olay arasında meydana gelebilecek geçiş deformasyonlarından da bahsetmek gerek, yani *transform* (yanal) hareketten. Bir yerden çekilme, bir yerden itilme olduğu zaman bu zıt kuvvetler arasındaki yük transferini transform (doğrultu atımlı) bir hareket karşılamak zorundadır. Örneğin güneydoğu sınırlarımız boyunca Arap levhası tarafından itilen coğrafyamız (Anadolu mikrokıtası), güneybatı sınırımızda (Ege-Akdeniz'de) çekilmektedir. Bu iki zıt hareketi ise iki büyük transform fay sistemi karşılar: meşhur Kuzey Anadolu Fayı ve daha az meşhur Doğu Anadolu Fayı. Yani öyle bir ülkedeyiz ki her yanımız farklı bir fay sistemiyle çevrili. Fay anasını be!

Devam etmeden önce kablosuz internetiniz varsa hemen aşağıdaki karekodu telefonunuza okutun ve ülkemizin güncel tektoniğini ve depremlerin nedenlerini görsel olarak izleyin:



Levha tektoniği kuramının ana unsurları ve işleme biçimi kaba hatlarıyla böyledir: itme, çekme ve kuvvetlerin dengeleyicisi olarak transform hareket. Levha tektoniğinin getirdiği bu dinamizm zaman içinde tuhaflıkların oluşmasına da neden olmuştur. Mesela Açık Bilim dergisinde yazdığım zamanlardan kalma şu kurgusal hikâyeye bakalım:

Douala, Kamerun... Bugün de ilikleri donduran bir soğuk var. Değişen bir şey yok, dağlarda beyazdan başka bir renk görmek mümkün değil. Kamaşan gözlerimizi daha düşük kotlarda yeşile adapte etmekle uğraşıyoruz. Bugün de bitki örtüsünün yarattığı problemlerle uğraşmak zorunda kalıyoruz. Jeolojik açıdan oldukça durağan bir alan burası. 13 gündür aynı şeyleri görüyoruz: Eski dünyanın kayaları. Anlatacak yeni bir şey yok yani, sıkıcı. Yarın 20 km batıdaki Natal'a geçmeyi planlıyoruz, Brezilya'ya(!)[12]

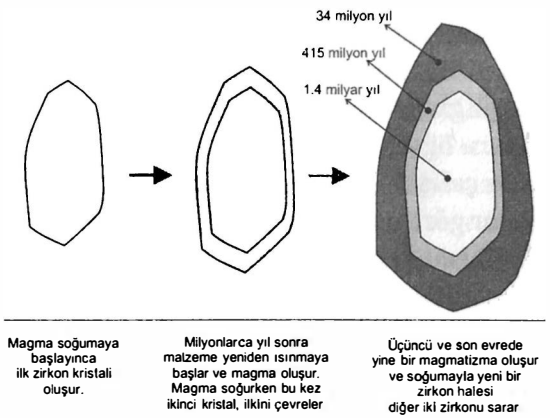
Yaklaşık 200 milyon yıl önce geçen bir olay bu! Zira şu an Kamerun ile Brezilya arasında 5.000 km mesafe olduğu yetmiyormuş gibi aralarında dev Atlantik Okyanusu uzanıyor! Önceki bölümlerde okyanusun açılma yaşının yaklaşık 200 milyon yıl olduğunu ve günümüzde uzaklaşma hızının yılda ortalama 2,5 cm olduğunu söylemiştik. Süreklilik ilkesinin karşı konulamaz cazibesi bu işte (selam sana Charles Lyell!). Bu cazibeden bize düşen payı almadan biraz daha geçmişe gidelim, ilk süperkıtaya!

Tarih tekerrürden ibarettir

Ayrılan âşıklar bir araya gelir mi bilinmez ama kıtalar gelir! Yine ayrılmak üzere... Ve görünüşe göre bu döngü orta-

12 http://www.acikbilim.com/2013/08/dosyalar/kader-ayirdi-bizi-levha-tektonigi-ve-evrim.html.

lama 300-500 milyon yıl sürüyor. İlk süperkıta, Columbia (ya da Nuna Süperkıtası), yaklaşık 1,8 milyar yıl önce bir araya gelmiş olmalı. Nereden biliyorsun, gördün mü? Sayılır! Zirkon kristallerinin çekirdeklerindeki U/Pb (uranyum/kurşun) oranları (tarihlendirmesi) bize 1,5-1,8 milyarlık yaşlar veriyor. Yani bu dönemde geniş alanlara yayılmış bir magmatizma oluşmuş. Zirkon minerali yine kayıt tutan bir nevi yazman olarak görev yapar. Bu dönemdeki magmatik faaliyetlerden birinin izlerini Balıkesir'de, Bursa'da görmek mümkün. Zirkon dışında *paleomanyetizma* verileri de kayaların Dünya'daki eski konuklarıyla ilgili bilgi sağlıyor. Nasıl uzayda geçmişi görmek mümkünse yerde de benzeri kayıtlar yer alıyor. Sanki her şey bir şekilde kaydediliyor gibi. Ve aklımızı kullanırsak bu kayıtlara ulaşma hakkı kazanıyoruz...



Şekil 11. Zamanla yeni magmatizma olaylarıyla şişmanlayan ya da sürekli yeni selülitler (zon) geliştiren zirkon minerali ve gösterdiği zaman kaydı.

Nuna'nın sonu da 1,3 milyar yıl sonra geliyor ve çatırdıyor kıta, yeni bir ayrılık şarkısı yazılıyor: Nuna seslendiriyor, *Yarıldım!* Ama bu ayrılık 300 milyon yıl sürüyor ve

âşıklar *Rodinya* ismiyle bir araya geliyor, yaklaşık 1 milyar yıl önce. Yeni bir ayrılık kapıda tabii, sonsuz birliktelik kime verilmiş ki? Sonra yeni birleşmeler gerçekleşiyor. Her birleşmede kıtalar daha çok büyüyor. Son birleşme yaklaşık 300 milyon yıl önce gerçekleşiyor *Pangea* ismi altında. Ama bu diğerlerinden çok farklı. Üzerinde gezinen, oynaşan hayvanlar var artık. Şen bir süperkıta yani Pangea. Ve son ayrılık 190 milyon yıl önce Atlantik Okyanusunun oluşmaya başlamasıyla, Pangea'nın çatırdamasıyla gerçekleşiyor. Böylece günümüzdeki harita oluşuyor ama hikâye böyle bitmeyecek. Kıtasal kabuk üretimi devam edecek, kıtalar yakınlaşacak ve yeni bir süperkıta oluşacak. Akdeniz tarih olacak mesela, bir fermuar gibi kapanacak. Bunlar olurken biz buralarda olmayacağız. Belki de hiçbir gelişmiş canlı türü buna şahit olmayacak, kim bilir...

Artık topraklarımıza gelelim. Sırları açığa çıkarma konusunda haklı bir üne sahip olan Susurluk'a gidelim! Ayran ve tost eşliğinde başlayalım uzun hikâyeye. Henüz çaylak bir doktora öğrencisiyim. Gerçekten problemli bir alan olan doktora çalışma konum TÜBİTAK tarafından desteklenmeye değer görüldü ve altı aydan daha fazlasını dağlarda, bir o kadarını laboratuvarda ve yaklaşık on katını da bilgisayar başında kafa patlatacağım on bir yıllık bir dönem başladı. Susurluk, kuzeyde *Lavrasya* (evet L'si de var), güneyde *Gondwana* isimli iki dev kıtanın çarpıştığı hat üzerinde konumlanır. Bu hat kabaca İzmir'den başlar, Ankara'dan geçerek Erzincan'a kadar uzanır. Bu hat üzerinde okyanusların derinliklerine ait kayalar yüzeylenir. Yani buraya ait olmayan, derinlerden bir şekilde buraya ulaşmış kayalar, bu yüzlerce kilometrelik hattı takip eder. Hattın kuzeyinde başka dünyalara ait kayalar, güneyinde ise bambaşka dünyalara ait kayalar bulunur. Bu iki ana veri, yani farklı kaya gruplarının keskin bir sınırla birbirinden ayrıl-

ması ve bu aralığın okyanusa ait kayalarla (*ofiyolit*) dolmuş olması bu hattın bir kıta-kıta çarpışması alanı ya da basit tabiriyle bir kıta fermuarı olduğunu gösterir. Yani birbirinden binlerce kilometre uzakta olan kuzeyde *Lavrasya*, güneyde *Gondwana* kıtaları zaman içinde aralarındaki *Tetis Okyanusunu* aşarak vuslata ermiş ve birleşmişlerdir. Bu kıta-kıta çarpışması bundan 70-60 milyon yıl önce gerçekleşti. Yani neredeyse dinozor katili göktaşının Dünya'ya çarptığı dönemde. Dolayısıyla dinozorlar yok olurken bizim haritamız yeni şekilleniyordu.

İki kıtanın birleşmesi sırasında yerkabuğunun derinliklerinde karmaşık süreçler gelişir. Mesela doktora çalışmam sırasında Lavrasya kıtası içinde aldığım örnekler laboratuvar çalışmaları sırasında özellikle zirkon minerallerinin nitelikleri Gondwana kıtasına ait çıktı! Yani birbirinden binlerce kilometre uzakta bulunan iki kıta gelip çarpışıyor ve kuzeydeki Lavrasya kıtası içinde güneydeki Gondwana kıtasının parçaları yer alıyor. Peki bu nasıl mümkün olabilir? Buna teoride *dilim dalması* deniyor. Yoğun olan kıta malzemeleri, daha az yoğun olan malzemelerin altına dalar. Yani bir tarafta su, diğer tarafta zeytinyağı malzemesi var gibi düşünelim. İşte bu batan malzeme ait olmadığı derinliklere indikçe dengesizlik çıkar ortaya. Zira bu malzeme içinde su da bulunmaktadır. Ama serbest halde değil elbet. *Kristal suyu* olarak bilinen kristal yapısı içindeki sudan bahsediyorum. Bu kristal suyu serbest kaldığında malzeme çok hızlı bir şekilde hal değiştirmeye başlar. Malumunuz sıvı faza geçen malzemelerin yoğunluğu azalır. İstisnaları olsa da bunlar kaideyi bozmaz. Suyu serbest bırakmak içinse iki değişkene ihtiyaç var: sıcaklık ve basınç.

Derinlerde ısınarak yol alan Gondwana kıtasına ait bu sulu malzeme kritik bir sıcaklık-basınç koşuluna geldi-

ği anda içerdiği suyu kaybetmek suretiyle erimeye başlar (*dehidrasyon*). Basınç değişken olsa da sıcaklık 700-800 °C arasında değişir. İşte bu yerkabuğunun derinliklerinde bir dizi olayı tetikler. Derinliklerdeki kayalar yumuşamaya ve akmaya başlar. Kıvamlı bir bal gibi olurlar. Eriyen malzeme bir çekirdek oluşturup bu kıvamlı balı yukarıya doğru itmeye başlar. Neden? Ee yoğunluğu azalır dedik ya: "Ben hafifledim, kalkıyorum. Ait olduğum yere, yeryüzüne doğru gideyim, yolumuz uzun!" der ve yukarı doğru akıtmaya başlar yumuşamış malzemeyi. İşte bu yumuşak malzeme yerkabuğunun kaskatı ve kırılgan olan yaklaşık 10-15 km kalınlığındaki üst bölümüne (*üst kabuk*) doğru gelince orada kalır. Zira bu bölgedeki malzeme soğuk ve katıdır, geçişine izin vermez! Bu bekleme sırasında soğumaya başlar alttan gelen malzeme. Zira burası taş çatlasın 300 °C kadar sıcaktır sadece. Dolayısıyla bu süreçte kaçınılmaz olarak soğur. Alttan itilen malzeme zamanla üst kabuğu alttan kırmaya başlar. Yani faylanma meydana gelir. Yukarıdaki etkisi depremdir bunun. Bu olay potasyum-argon (ve farklı argon izotoplarıyla) radyometrik yaşlandırmasına göre yaklaşık 21 milyon yıl önce gerçekleşmiş olmalı. O sırada Bursa-Balıkesir civarında olsak iyi bir sallantı olacaktı. Ama 21 milyon yıl sonra ulaşabildik alana biz ve o üst kabuğu kıran faylanmanın izleri üzerine oturduk Mustafakemalpaşa, Bursa'da. İşte yöntemlere dayalı gizem çözme, birikimlerin üzerinde yükselmek bu kadar keyifli. Artık bir dev kıtanın diğer dev kıta içerisinde nasıl bulunabileceğini biliyoruz. Bunun ülkemizdeki karşılığını Dünya'ya da duyurduk.[13]

13 Ömer Kamacı ve Şafak Altunkaynak, "The role of accreted continental crust in the formation of granites within the Alpine style continental collision zone: Geochemical and geochronological constrains from leucogranites in the Çataldağ Metamorphic Core Complex (NW Turkey)," Lithos, 2020, s. 354, 355.

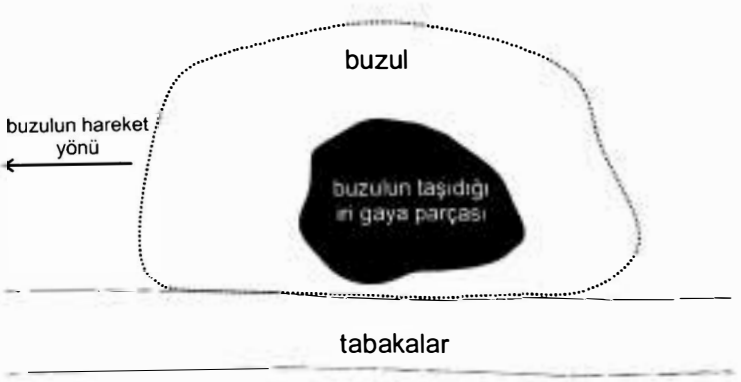
Hep geçmişe bakacak değiliz ya... Milyonlarca yıl sonraya bakalım. Süreklilik ilkesine sırtımızı yaslayarak geleceğe yönelik şu çıkarımları yapmak mümkün:

İzmir, Kordon'da oturuyoruz. Kordon derken sahil değil, 5.000 metre yükseklikteki bir dağ artık burası. Zira yaklaşık 50 milyon yıl gelecekten sesleniyorum! Ayrıca artık Akdeniz de yok, hatta biraz gelecekte devasa Atlantik de yok olacak! Avustralya, Antarktika ve tüm Amerika kıtası gelip Avrasya-Afrika'yla birleşecek. İşte karşınızda yeni süper kıta: *Pangea Ultima*! Bildiğimiz 7. süper kıta olacak Ultima. Ve Dünya daha başka bir yer olacak. Elbette bunlar tamamen teorik ama modellerle test edilen fikirler. Süreklilik ilkesiyle baktığımızda geleceği görmenin olası olması kadar basit.

Ateş ve buzun savaşı

Hayır hayır, *Taht Oyunları*'ndan [*Game of Thrones*] bahsetmiyorum. Anlatacağım hikâye gerçekten ateş ile buzun milyonlarca yıl süren savaşını konu alıyor. Ama duygusuz hikâyelerin de tadı olmuyor. Madem öyle biraz duygu katalım hadi (fonda senfonik bir eserle seslendirin, Hans Zimmer olabilir mesela):

Eskilerin hikâyeleri vardı yeşil, mavi ve sarı üstüne. Binlerce metre yükseklikte yeşil setlerden bahsederlerdi. Kilometrelerce uzayıp giden sarı vadiler; sınırı görülmeyen, uçsuz bucaksız dev bir mavi deniz vardı. Gökten damlaların indiğini söylerlermiş! Hem de milyonlarcasının bir anda indiğini ve aktığını görmüşler! Gökyüzündeki beyaz topun bile sarı olduğunu iddia etmişler! Artık hiçbiri yok. –50°C'de olabildiğince beyaz bir gün. Onlarca yılı geride bıraktıktan sonra eskilerin hikâyelerine inanası gelmiyor insanın, birer söylenceden farksızlar. Hatta basbayağı safsata bunlar!



Buzul erir ve taşıdığı iri gaya dımdızlak oracıkta kalır. Zamanla üzerine yeni tabakalar çökelir. Zibilyon yıl sonra gözlem yapmak üzere arazide bulunan Profiterol Doktor aşağıdaki şu sahneyle karşılaşır:



Şekil 12. Buzullarla taşınan kaya parçalarının buzullar eridikten sonra geride bıraktığı damlataşların oluşum modeli.

Yaklaşık 630 milyon yıl önce Dünya'da tuhaf bir olay

oldu. Söz konusu olayın izleri o kadar nadirdi ki çok yönlü ve itinalı çalışmayı zorunlu kılıyordu. Brian Harland, oldukça tartışmalı ve zayıf bir kuram olan *küresel buzullaşma* fikrinin üzerine gitmeye karar verdi.[14] Douglas Mawson'ın 20. yüzyılın ilk yarısında yetersiz verilerle savunmaya uğraştığı teoriyi güçlendirmek için Grönland'a gidip buradaki buzul çökelleri (*tillit*) üzerinde çalıştı. Buralarda rastladığı "damlataş" (*drop stone*) olarak bilinen ve buzul bir ortamın karakteristik özelliğini sergileyen kayaları gözlemledi.

Farkında olmasak da buzullar hareket eder. Hatta hızlandırılmış görsellerde bunun ne kadar güçlü bir hareket olduğunu görmek mümkün. Buzullar bir yüzey boyunca hareket ettikçe yüzeyden kopardıkları bazen oldukça iri olan kayaları bünyelerine alıp götürürler. Bunlar genellikle okyanusa taşınır, bazen de karasal bir düzlüğe. Sonra *iklim değişir, Akdeniz olur* ve buzul erir. Bizim iri kaya parçası dımdızlak kalır ortada (New York Central Park'ın içinde bu iri kayalardan biri halen durmakta). İşte Harland, bu damlataşları içeren tabakaların oluşum yaşlarını hesapladıktan sonra bir şey fark etti: Dünya'da benzer yaştaki kayalarda da bu yapılar var! Tüm Dünya buzullarla kaplanmış olabilir mi?

Bu önemli bir bulgu olsa da tüm Dünya'nın buzullarla kaplandığını kabul etmek için yetersizdi. Eğer gerçekten böyle sıra dışı bir hipotezle yola çıkıyorsanız, yüzleşmek zorunda olduğunuz ilk şey en uç örnek olmalı. Mesela eğer ekvator kuşağında damlataş varsa bir dönemde dünya yüzeyi tamamen donmuş olabilir! Çünkü bilinen hiçbir dönemde buzullar ekvatora yaklaşamadı. Tesadüfe bakın ki Güney Afrika ülkesi Namibya'da damlataş içeren tabakalar da benzer yaşlarda. Yani dünyanın dört köşesinde

14 W.B. Harland, "Critical evidence for a great Infracambrian glaciation," *Geologische Rundschau*, 1964, sayı: 54, 45-61.

benzer zaman aralıklarında aynı yapılar gözleniyor; kısaca Dünya donmuş olabilir!

Bir saniye, hemen gaza gelmeyelim! Benzer bir hatayı Douglas Mawson da yapmıştı. Namibya'nın şu anki konumu ile yüzlerce milyon yıl önceki konumunu aynı varsayma hatasını... Oysa artık biliyoruz ki, levha tektoniği kuramına göre yerküre dinamiktir, yani kıtalar sabit değildir. Dolayısıyla levha tektonik teorisi de olayın içine katılarak ele alınmalıydı. Bunu da Caltech Üniversitesinden jeobiyolog Joseph Kirschvink yaptı; hem de fazlaca iddialı bir şekilde. 1992 yılında yayımladığı makaleye şöyle çekici bir başlık attı: *Geç Proterozoyik (750-550 milyon yıl öncesi) Düşük Enlem Küresel Buzullaşması: "Kartopu Dünya."*[15] Kirschvink'e göre söz konusu buzul çökellerinin içerdiği magmatik kayaların manyetik kutupları, bu kayaların ekvatora yakın soğuduğunu göstermiştir. Yani bu kayaların içerdiği manyetik mineraller Dünya'nın o zamanki manyetik kutbunu ve dolayısıyla katılaştığı sırada yerküredeki yerini kaydetmiştir. Bir nevi doğal GPS kaydı. Bu durumda Namibya'daki kayalar gerçekten o zaman da ekvatora yakındı. Bu katkı, hipotezi birkaç adım birden atlattı.

Peki Dünya nasıl tamamen bir kartopuna dönüşmüş olabilirdi? Bu denli büyük bir iklim değişikliği mümkün olabilir miydi? Kartopu Dünya, jeolojik olarak tatmin edici bir hipotezdi ama gezegenin tümünü, yani atmosferi ve Güneş'i de hesaba katarsak biraz sıkıntılı gibi görünüyordu (2023 itibariyle hâlâ böyle görünüyor).

Kirschvink'ten çok daha önce, 60'lı yıllarda Rus iklimbi-

15 J.L. Kirschvink, "Late Proterozoic low-latitude global glaciation: The snowball Earth. In The Proterozoic Biosphere: A Multidisciplinary Study," J.W. Schopf ve C. Klein (ed.), *The Proterozoic Biosphere: A Multidisciplinary Study* içinde, Cambridge University Press, 1992, s. 51, 52.

limci Mikhail Budyko, buzullaşmaya yönelik enteresan bir model yayımlamıştı.[16] Buna göre eğer buzullar kutuplardan yeterince uzaklaşabilirse Güneş ışınlarını geri yansıtabilirler. Dolayısıyla Dünya ısınmaz. Söz konusu eşik değer aşıldığı anda Güneş verdiği ışınları geri alır ve buzullaşma süreci hızlanır. Buzullar ekvatora doğru ilerledikçe atmosferde bir şemsiye açılır ve her yer buza döner.

Oldukça iddialı görünse de söz konusu olayın küçük çapta benzerleri yakın tarihte ve günümüzde de yaşanmıştır. Yaklaşık 75.000 yıl önce Sumatra Adasındaki Toba Volkanı (Şimdi Toba Gölü) patladığında Dünya, 10 ile 1000 yıl arasında küçük bir buzul çağı yaşadı. Buna ek olarak, 1960'larda, soğuk savaş sırasında yapılan nükleer denemeler nükleer bir kış yaşattı Dünya'ya. Yani Güneş ışınlarının geçişine engel olabilen herhangi bir olay ortalama sıcaklıkları düşürebilir. Ancak elbette bu düşüş ekvatoru bile donduracak denli bir buzullaşmaya neden olamaz. Daha büyük bir şey olmalı.

Hipotezin savunmasından devam edelim. Mavi gezegenin renkli günleri geride kalmıştı. Buzul kalınlığı ekvatorda bile 1 km'yi bulmuş, daha düşük enlemlerde 5 km'ye kadar ulaşmıştı! O zamanlar yeryüzündeki tek canlı türü olan tekhücreli *siyanobakteriler* bile tehdit altındaydı. Çünkü buzul örtü kalınlığı Güneş ışınlarının geçmesine engel olabilir ve bu da okyanuslardaki fotosentezi sona erdirebilirdi. Karada ise çok uzun bir zamandır yağmur yağmamaktaydı. Kirschvink'e göre nedeni basitti: Dünya ısınmıyordu, yerde buharlaşacak bir sıvı yoktu, dolayısıyla bulut da yoktu. Yaşam, en büyük tehditle yüzleşmek zorundaydı...

Kirschvink'in kurtuluş teorisinde yerin altında kızgın bir Hızır ordusu vardı: volkanlar. Dünya'yı, girdiği bu

16 M.I. Budyko, "The effect of solar radiation variations on the climate of the Earth," *Tellus A*, 1969, 21 (5): 611-619.

çıkmazdan levha tektoniği kurtarabilirdi sadece. Kalın buz tabakalarını delip geçerek atmosfere karbondioksit ve su buharı aşılamak suretiyle yaşamı kurtarmak üzere volkanlar çalışmaya başladı. İşte ateş ile buzun savaşı burada başladı. Kaderin tuhaf bir cilvesi, bu yüzyılda kendisinden kurtulmak için çaba harcadığımız karbondioksit (CO_2) gibi sera gazları, sera etkisi yapmak üzere atmosfere pompalandı. Bu doğal sera etkisiyle yerküre ısınmaya başladı. Buzulların erimeye başlamasıyla ekvatoral bölgelere Güneş ışınları girmeye başladı. Milyonlarca yıl sonra Güneş yeniden karaları renklendirdi. Geçiş elbette kolay olmayacaktı. Buzullaşma eşik değeri gibi sera etkisi de durdurulamazdı. Dünya çok ani bir iklim değişikliği yaşamış olmalıydı. Yağmurların karbon çözme yeteneği ve biriken bolca karbon nedeniyle asit yağmurları başladı. Korkunç kasırgalar ve 100 metrelik dev dalgalar, deniz seviyesindeki muazzam değişim...

Kirschvink bunları teoride söyleyebiliyordu. Ama fiziksel delili yoktu. Bunun için gerçek bir saha jeoloğuna ihtiyaç vardı. Harvard Üniversitesinden Paul F. Hoffman, tüm kariyerini Kartopu Dünya hipotezine adamıştı. Çalışmak için Namibya'ya gitti ve burada damlataşları inceledi. Aslında yaptığı şey ortalama bir jeolog için bile kolaydı. Çünkü karşısında öyle bir resim vardı ki tek başına yerkürenin inanılmaz geçmişinden bir kare sunmaya yetiyordu. Damlataşı içeren tabakaların hemen üzerinde ılık denizlere özgü kireçtaşları yer alıyordu![17] Yani Dünya kutupsal ve ekvatoral iklimi keskin bir geçişle yaşamış olmalıydı, –10°C'lerden 20-30°C'lere! Hoffman çalışmayı yayımladıktan sonra hipoteze olan ilgi 2000 yılından itibaren tavan yaptı ve konu popüler bilim

17 P.F. Hoffman ve D.P. Schrag, "Snowball Earth," *Scientific American*, sayı: 282, 2000, s. 68-75.

kategorisine girdi.

Akıllarda kalan en önemli soru, milyonlarca yıl boyunca bakterilerin buzulların altında nasıl canlı kalabildiğiydi. O dönemlerde canlılığın yeryüzündeki tek üyesi olan siyanobakteriler 1 km buz tabakası altında yeterince ışığı nasıl elde ettiler? NASA, kutuplarda yüzeyi kalınca bir buzulla kaplı göllerde inceleme yaptı ve burada bakterilerin canlı kaldığını gözlemledi. Bunun nedeni çok basitti aslında. Yavaş soğuyan su, ışık geçirme yeteneğine sahip olur. Yani söz konusu buzullar ışığın önemli bir bölümünü geçiriyordu, bakterilere kalansa birkaç milyon yıl kadar düşük ışık diyeti yapmaktı...

Kartopu Dünya (Kar Küre) hipotezinin halen tartışılmakta olduğunu belirtelim. Küresel iklim modelleri kar küre hipotezini destekleyecek verileri halen üretebilmiş değil. Umman'da hipotezin savunulduğu yaş aralığındaki kayaların hem buzul hem de buzul olmayan ortamlarda çökeldiğini göstermektedir. Stronsiyum izotoplarının buzullaşma öncesi ve sonrası ölçümlerinde teorik olarak salınması gereken bol metan gazını göstermediği savunulmakta. Ayrıca damlataşların sadece buzul ortamını yansıtmadığı, birden çok nedenle (mesela volkanik süreçlerle) de oluşabileceği gösterildi.

Şunu belirtmekte fayda var: Tüm bu tartışmalar büyük buzul çağının varlığı üzerine değil, ekvator dahil tüm dünyanın buzulla kaplanmış olması üzerinedir. Hipotezin teklif ettiği dönemi takiben fosil kayıtlarında eşine rastlanmamış bir değişim görülüyor. Olayın hemen ardından çokhücreli canlılar fosil kayıtlarını şenlendirmeye başlıyor. Bunu geride fosil izi bırakabilen karmaşık canlıların ortaya çıkmaya başladığı ünlü *Kambriyen Patlaması* takip ediyor. Doğa tarihi için bir milat gerçek-

leşiyor yani. Bu hipotez üzerine uzun yıllar tartışmaya devam edeceğiz gibi.

Gelelim, geçmişe inanmayı bırakmış kurgusal kahramanımızın kaderine... Dünyanın beyazdan kurtulduğu gün, büyük değişim sırasında orada olmak istemezdi. Zaten olmadı da. Şimdi olay yerine gelmiş dedektifler gibi anlama çabasında. Her gün ileriye doğru yeni bir adım atma telaşında. Beyaz hakkındaki fikirleri de değişti, artık tüm renkleri içinde barındırdığını öğrendi. Bunu sadece fiziğin değil, jeolojinin de söylediğini biliyor artık...

Oturmaya mı geldik?

Muharrem ayında bir salı günü
Saat hemen hemen geçmişti dördü
Ahali o anda bir zulüm gördü
Cihan bulanmıştı toza dumana...
Ne çâre, bozulmaz takdir-i Hüdâ
Varsın yardım etsin cümleye Mevlâ
Yıkıldı caminin alemi orda
Müezzin çıkamaz oldu ezâna...
Nasıl zelzele bu, tam bir zulümdür
Söz ve lâf anlamaz, böyle zâlimdir
Babalar, evlâdlar sarılır durur
Yeniden gelmişler sanki cihâna

Hâlid Efendinin 1894 depremi için yazdığı bu mısralar acılı bir bölümün bizi beklediğinin haberini veriyor. Yine de devam eden satırlar depreme aklın önderliğiyle yaklaşacağından acıdan çok nötr bilgiyle ilgileneceğiz.

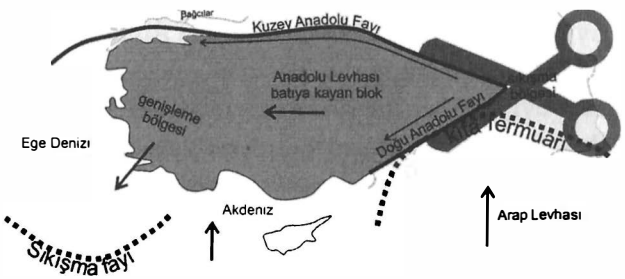
Bir garip Anadolu

Türkiye, Alp-Himalaya dağ silsilesi üzerinde yer alır. Bu dağ zinciri, dünyanın en yüksek noktasının (deniz seviyesinden yaklaşık 9 km) bulunduğu Everest Dağından Avrupa'nın zirvelerini biçimlendiren Alp Dağlarına kadar uzanan bir yükselti seviyesidir. Bu dağ silsilesini oluşturan olay ise 60-70 milyon yıl önce gerçekleşen iki büyük kıtanın çarpışmaya başlamasıdır. Levha tektoniğinden bahsederken söylediğim gibi bu süreçte iki kıta arasını dolduran *Tetis Okyanusu* zamanla yok olmaya başlamış, günümüzde ise sadece Akdeniz gibi küçük kalıntıları kalmıştır. Çarpışma sırasında şerit (kurdele) şekilli küçük kıtacıkların bir araya gelmesiyle üzerinde yaşadığımız topraklar meydana gelmiştir. Dolayısıyla ülkemiz bu büyük jeolojik olayların ortasında kalarak şekillenmiş, sismik olarak dünyanın en aktif ve en genç bölgelerinden biridir.

Şerit kıtalar birleşip birbirine kaynadıktan sonra da güneyden kuzeye doğru hareket devam etmiştir; etmektedir. Güneyden gelen hareketin karşılanması için kuzeye gitmek kadar olağan bir şey olamaz. Peki ya gidemiyorsak? Kuzeyimizdeki Rus toprakları oldukça dirençli (*rijit*) malzemeden oluşmakta, bu da kuzeye hareketi kısıtlamaktadır. Kuzeyde hareketi engelleyen bir blok oluşunca kaynaşan kıtalar doğu bölgelerimizde sıkışarak yükselmeye neden olurken, batıda yanal bir hareket oluşmasına neden oldu. Peki bu nasıl oldu? Şöyle ki: Kuzeye hareket edemeyen Anadolu mikro kıtası daha fazla sıkışamayınca kaçacak yer arar. Şimdi kalın bir mukavvayı kör bir makasla kesmeye çalıştığınızı hayal edin. Elbette kesemediniz ama kesmeye zorladıkça da mukavvanın deforme olup yanal yönde kaymaya çalıştığını gördünüz. İşte makasın kolları burada Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fayını temsil ediyor. Mukavva da Anadolu'yu. Bu jeolojik olarak kaçma tektoniği olarak da bilinen bir olay!

Olayı bir de masalla taçlandıralım mı? Afrikalılar ve

Araplar ayrı coğrafyalarda yaşayan bizleri kovalayarak bir araya gelmemizi sağladı. Araplar sınırlarımıza Afrikalılardan önce ulaşıp komşumuz oldu. Ancak bizimle olan husumetleri bitmedi ve üzerimize gelmeye devam ettiler. Çok genç bir topluluk olmamızdan mütevellit tecrübeli Araplara karşı koyamadan kuzeyimizdeki Rusya'ya doğru yöneldik. Ancak Ruslar çok çok daha eski ve tecrübeli bir topluluk olduğundan kapılarını bize açmadı, biz de zorlayamadık. Güneydoğudan üzerimize gelen Araplara karşı tek şansımız batımızdaki eski düşman yeni dost Yunanlar olacaktı; Ermenistan'a ulaşacak yollar da kapanmıştı. Yunanlar bizi kabul etmek zorunda kaldıkları, yani topluluk olarak batıya gitmeye karar verdiğimiz anda dünyanın en büyük ve tehlikeli faylarından biri (Kuzey Anadolu Fayı) oluşmaya başladı. Buna eşlik eden diğer tehlikeli fay ise Arapların zapt etmeye çalıştığı bölgenin çok yakınında oluştu (Doğu Anadolu Fayı). Yunan dostlarımızın bizi istemli ya da istemsiz kabulüyle Araplar bizi aradan çıkarıp direkt olarak Rusya'ya yönelmeye karar verdiler. Bu emelleri üzerinde halen sıkı bir şekilde çalışmaktalar, ki 1939-2022 yılları arasında meydana gelen depremlerde 60 bine yakın vatandaşımızı kaybettik.



Şekil 13. Ülkemize şekil veren itme, çekme ve kayma kuvvetleriyle oluşan Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay zonları.

Hemen hemen herkesin gözünün üzerinde olduğu Kuzey Anadolu Fayı ve korkuyla beklediği İstanbul depremine geçmeden önce kitabı editöre gönderdikten hemen sonra Kahramanmaraş ve çevresinde meydana gelen devasa depremlerden bahsetmek gerek. 6 Şubat 2023 Pazartesi, yine uykunun en derin anında büyük bir sarsıntı meydana geldi. İlksel verilere göre 7,8 büyüklüğündeki deprem oldukça sığ bir derinlikten yaklaşık 8 kilometreden geldi. Maalesef bu özelliği onu tarihteki en ölümcül depremlerden biri yaptı. Yaklaşık 90bin km²'lik alanda, 11 ilde yıkıma neden oldu. Bu satırlar yazılırken yaklaşık 45 bin vatandaşımızı kaybetmiştik.

Magnitüd (büyüklük), depremin gücünü ölçmek için Charles Richter'in önerdiği çok önemli ancak genel bir veri kaynağıdır. Mesela Şili'deki 7,8 ile Maraş'taki 7,8 aynı değildir. Aynı tarafları sismografta çizilen çizgilerin genliğidir. Daha ayrıntılı olarak yerel fiziksel unsurları da içine katabileceğimiz bir hesaplama yöntemi gerekli bize, mesela moment ölçümü. Moment magnitüd (büyüklük) ölçeği, depremin olduğu bölgedeki kayaların rijitliği (kayma-rijitlik modülü) yani dayanım özellikleri, fayın yaptığı atımı yani levhaların birbirlerine göre bağıl olarak yaptığı hareketi, kırılmanın etkin olduğu alan ve sismograftan gelen verinin hepsini bir arada değerlendiren bir formül ve yaklaşımdır. Elbette bunların hesaplanması uzun zaman alır ve kimse oturup bunu beklemez. Bu yüzden sismograftan gelen veri hızlıca servis edilir. Kabaca bir veri alırız depremle ilgili.

İşte bu ayrıntılı hesaplamalar gösteriyor ki bu 7.8 diğer 7.8'ler gibi değil! Aslında hiçbiri aynı değil ama bu çok daha yıkıcı. 10 kilometreden daha sığda gerçekleşmiş olması, merkez üssü kayalarının düşük dayanımı, 5 met-

reden fazla öteleme (atım) göstermesi ve yaklaşık 90bin km²'lik alanda yıkım yapması bu depremi bu yüzyılın en büyük felaketlerinden biri yapmıştır maalesef. Üstüne üstlük sadece 9 saat sonra bir de 7,6 büyüklüğünde bir deprem vurdu ki bu oldukça nadir bir doğa olayı. Bu iki depremde bölgeye yayılan yıkıcı enerji Hiroşima'ya atılan atom bombasının yaklaşık 880 katıdır!

Olayın bize, yani yaptığımız seçimlere bakan yüzü hatta yüzleri de var elbet. Alüvyondaki yapılaşma mesela. Ovalara yerleşmek her medeniyetin inşa sürecinde rastladığımız ortak özelliklerden biridir diyebiliriz. Zira basittir. Tepelerle, yükseltilerle cebelleşmeden düzlüğe kondurursunuz yapıyı. Ama ülkemizdeki düzlüklerin büyük çoğunluğu yapısal kontrollü ovalardır. Yani onları bu hale akarsular değil faylar getirmiştir! Çevreleri yükseltilerle doludur ve bu da taşınmış malzemelerin bu düzlüklerde birikmiş olması anlamına gelir. Yerli yerinde olmayan, taşınmış ve nispeten genç olan bu zeminlerin altında yer altı suyu da varsa (suya doygunsa) ince taneli, kumlu, killi zemin sismik dalgaların etkisiyle sıvılaşabilir. Ve bu çok çok kötü sonuçlara neden olur. Maalesef bu depremde özellikle Hatay ve Maraş'taki büyük yıkımın sebebi zayıf zeminler üzerine yapılaşmaydı. Yukarıdaki formülde olmayan diğer değişkense yapı kalitesi. Bu konuda herkesin bir fikri vardır sanırım, konuşmak abesle iştigal...

Bu devasa ve kahredici sonuçları olan depremlerle ilgili veriler biriktikçe daha çok bilgi sahibi olacak ve ayağı yere basan, daha güçlü teoriler üreteceğiz. Şimdilik kitabın normal akışına dönüp bir diğer ölümcül fay sistemi olan Kuzey Anadolu Fayı ile devam edelim.

Yaklaşık 1.200 km uzunluğuyla, Dünya'nın en aktif ve tehlikeli faylarından biri olan Kuzey Anadolu Fayı (KAF), Türk yerbilimi tarihinin en büyük yıldızı İhsan Ketin ta-

rafından 1948 yılında keşfedilmiştir.[18, 19] Ketin'in ardından Aykut Barka gibi çok değerli yerbilimciler tarafından katkılar sağlandı bilgi birikimimize. Sonradan yapılan çalışmalar bu güzel çalışmaların üzerine birer tuğla koyup olanları anlamada bizlere yardımcı oldu.

KAF, Karlıova, Bingöl'den başlayarak neredeyse tüm Kuzey Anadolu'yu geçerek İzmit Körfezinde Marmara Denizine ulaşan ve Saros Körfezini de geçerek son bulan bir fay sistemi olarak bilinir. Sanılanın aksine tek homojen bir faydan oluşmaz, irili ufaklı yüzlerce fayın oluşturduğu bir fay topluluğu anlamına gelen "fay zonu"dur. Sistemde genel hareket, Arap levhasının etkin bir şekilde deforme ettiği doğu bölgelerimizden batıya doğrudur. Depremlerin doğudan başlayıp batıda son bulan ve yeniden başlayan bir döngü şeklinde gerçekleştiği düşünülmektedir. Ancak yol üzerinde boşaltılamamış *stres* (gerilim) zamanla batıdan doğuya da transfer olabildiğini göstermektedir (1999 Ağustos: İzmit; 1999 Kasım: Düzce; 2022 Kasım: Düzce). Yirminci yüzyılın hemen başında bir önceki döngü Saros Körfezi yakınlarında son bulmuştur. 9 Ağustos 1912 tarihinde Şarköy'de meydana gelen Richter ölçeğine göre M7,2 büyüklüğündeki Mürefte depremi 300'e yakın can almıştır.

Daha sonra deprem doğu uca taşınmadan önce son yükünü 1916'da Almus'ta (Tokat) boşaltmış ve doğu ucuna taşınıp yeni döngünün başlayacağı 1939 yılını beklemiştir. 1939 yılına gelindiğinde kayıtlı tarihimizin en büyük depremi (M7,9) Erzincan'da gerçekleşmiş ve yaklaşık 30 bin cana mal olmuş, 100 bin kişi yaralanmış ve yaklaşık

18 İ. Ketin, "Über die tektonisch-mechanischen Folgerungen aus den großen anatolischen Erdbeben des letzten Dezenniums," *Geologische Rundschau*, sayı: 36, 1948, s. 77-83.

19 A.M. Celâl Şengör, "Kuzey Anadolu Fayı'nın keşfi," *Bilim ve Teknik*, sayı: 338, 1996, s. 8-15.

120 bin bina yıkılmıştır. Bu muazzam büyüklükteki depremde 360 km uzunluğunda yüzey kırığı oluşmuştur! Afrika levhasının neden olduğu deformasyonun ilk karşılandığı yerlerden olan bölge tarih boyunca büyük yıkımlara uğramıştır. Sonrasında yük transferi batıya doğru devam etmiş, Tokat'ta 7,0 büyüklüğünde (1942), Çankırı'da 7,2 ve 6,9 büyüklüğünde (sırasıyla 1943, 1951), Düzce'de 7,1 büyüklüğünde (1957), Sakarya'da 6,8 büyüklüğünde (1967) gerçekleşerek döngü Marmara Denizine ulaşmıştır.

Bir sonraki büyük felaket bağıra bağıra geliyorum demiş aslında. Ama duymamışız. Ya da kulak vermemişiz. 17 Ağustos 1999'da sabaha karşı 03.00 sularında Gölcük'te 7,4 (ya da 7,6) büyüklüğündeki sarsıntı ülkede hayatı durdurmuş, yaklaşık 18 bin insanımızın ölümüne ve büyük maddi hasara yol açmıştır. Sadece birkaç ay sonra Düzce'ye göç eden sismik aktivite 7,2 büyüklüğünde bir depreme yol açıp doğuda kalan deformasyonu boşaltmıştır.

Sistem artık Marmara Denizinde sıkışmış halde beklemektedir. Yeri gelmişken KAF'ın, Marmara Denizine ulaştığında çatallandığını da belirtelim. Kuzey kol, İzmit Körfezinden Adalar'ın güneyinden Saros Körfezine uzanan hat, güney kol ise İznik Gölünün güneyinden Gemlik Körfezine doğru uzanan ve buradan güneybatı yönüne giden hattır. Genel kanı, olası depremin kuzey kol üzerinde meydana geleceği yönünde olduğundan burada kuzey kol üzerinde durulmuştur.

Kıyameti Sugra (Küçük Kıyamet): Toz, duman ve su!

Aramızda kalsın ama İstanbul bir deprem şehridir! Tarihsel kayıtlar, İstanbul'un büyük depremlerle sarsıldığına dair tatmin edici delillerle doludur. Kadim şehir, konumları tartışmalı olsa da son 1600 yılda 10'dan fazla büyük depremden etkilenmiştir. Bu depremlerden 16. yüzyıla kadar

olanlarının büyüklüğü ve yeri konusunda maalesef çok fazla veriye sahip değiliz. On altıncı yüzyıldan sonrakiler en azından Osmanlı İmparatorluğu tarafından dolaylı olarak kaydedilmiştir. Bu depremlerden 1509 yılında olan deprem iddialara göre Adalar'ın hemen güneyinde meydana gelmiştir. Depremin ne kadar büyük bir kırık yarattığı tartışmalıdır. Önceki düşüncelere göre 100 km'den uzun olan kırık Çınarcık'tan başlayıp Marmara Denizinin doğusuna kadar büyük bir alanı kırmıştır. Tarihi kayıtlara göre İstanbul için en yıkıcı deprem olup büyüklüğünün 7,2 ila 7,5 aralığında olduğu tahmin edilmektedir. Ee 1999 depremi daha büyük değil mi? Bu çok karıştırılan bir durum. Adı üstünde Gölcük depreminin merkez üssü İstanbul değil, Gölcük'tü. Evet, İstanbul'da da hasar yaptı ama odak noktasının İstanbul'a uzaklığı 60 ile 110 km arasındaydı. Aslında bayağı uzaktan geldi. Neyse, Kıyameti Sugra'ya bakalım.

Osmanlı İmparatorluğu, İstanbul'u yaklaşık 65 yıl önce fethetmiş ve şehri yeniden inşa etmeye başlamıştı. 1470'te yapımı tamamlanan fethin sembollerinden olan Fatih Camiinin deprem sırasında kubbesi ve minareleri çökmüş, büyük zarar görmüştür. Tarihsel depremler konusunda çalışan Ambraseys ve Finkel'e göre depremden 30 yıl önce İstanbul ve Galata'nın nüfusu 160 bin civarındaydı ve 35 bin yerleşim birimi mevcuttu.[20] Depremde ise nüfus daha fazlaydı. 10 Eylül 1509 depremi sonucunda 1.000 ev yıkıldı ve 4-5 bin kişi yaşamını yitirdi (Tarihçi Murat Bardakçı'ya göre 13 bin kişi hayatını kaybetti). Ölenler arasında Osmanlı hanedanından 3 kişi de vardı. Vezir Mustafa Paşa ve emrindeki 360 atlı süvari öldü. Bu tarihsel belgelerde, İstanbul ve Pera'da hasara uğramayan hiçbir evin kalmadığı rapor edilmiştir.

20 N.N. Ambraseys ve C.F. Finkel, "The Marmara Sea earthquake of 1509," *Terra Nova*, sayı: 2, 1990, s. 167-174.

Bu deprem sırasında şehir surları da oldukça büyük hasara uğramış, Eğrikapı'dan Yedikule'ye kadar yıkım gözlenmiştir. Topkapı Sarayı duvarlarının Hastalar Kapısı ve Kayıklar Kapısı arasında yıkıldığı gözlenmiştir. Söz konusu duvarlara yakın birçok evin denize battığı görülmüştür. Galata duvarları, Galata Kulesi ve Fatih Camiinde ağır hasarlar gözlenmiştir. Yine Dikilitaş, Beşiktaş gibi birçok bölgede hasar gözlenirken, bazı belgelerde birçok kervansaray, hamam ve mescidin yıkıldığı bilinmektedir. Depremden sonra yapılan tamirlerden anlaşıldığına göre, Anadolu Hisarı, Yoros Kalesi, Boğaziçi, Rumeli Hisarı, Kızkulesi, Haliç ağır hasar görmüşür. Bu depremin oldukça geniş bir bölgede, Yunanistan'dan Mısır-Nil Deltasına, hatta Avusturya'da hissedildiği rapor edilmektedir. Artçı depremler aylarca sürmüş ve büyük depremler Edirne'den Athos'a kadar hissedilmiştir.

Büyük depremlerin bir sonraki teşrifi 1766 yılında, yani küçük kıyametten 257 yıl sonra gerçekleşti. Üç ay içerisinde 7,2 ve 7,6 büyüklüğünde olduğu tahmin edilen iki büyük deprem İzmit'ten Tekirdağ'a kadar geniş bir alanda hasara yol açtı. Marmara'yı yanal olarak tamamen kırdığı düşünülen bu deprem yaklaşık 5 bin kişinin ölümüne neden olup Topkapı Sarayında da önemli bir hasara sebep olmuştur. Ambraseys'in muhtelif çalışmalarında bu depremle ilgili Osmanlı arşivlerinde İzmit ve İstanbul'da hasar gören cami ve külliyelerinde başlatılan onarım çalışmalarına ait belgeler mevcuttur. Deprem sonucu Fatih Camiinin kubbesi (ikinci kez), imaret ve medrese çökmüş ve beş yıl boyunca ibadete açılamamıştır. Deprem ayrıca Sultanahmet Camii minaresinin de yıkılmasına sebep olmuştur. Çatalca, Küçükçekmece-Büyükçekmece, Kumburgaz, Burgaz, Lüleburgaz, Çorlu ve Tekirdağ'da önemli hasarlar gözlenmiştir.

İstanbul'u vuran son deprem 1894'te gerçekleşen 7,0 büyüklüğünde olduğu tahmin edilen depremdir. Daha çok

İzmit, Sakarya ve Yalova'da yıkıma neden olmuştur. Yaklaşık 1.400 insanımızı kaybettiğimiz depremin Sapanca'da 9, Yalova'da 8,5, Adapazarı, Büyükçekmece, Gebze, Kartal, Küçükçekmece ve Adalar'da 8 şiddetinde hissedildiği düşünülmektedir. Bu deprem, 1999 depremleri gibi merkez üssü İstanbul'a çok da yakın olmayan depremler gibi değerlendirilebilir; yani bir İstanbul depremi değildir. Madem büyüklük ve şiddet kavramları da objektife girdi, aradan çıkaralım. Büyüklük, depremin nerede olacağına; şiddet ise sizin onu nerede karşıladığınıza bağlıdır. Büyüklük (magnitüd) aletin yani sismometreyle ölçülen aletsel bir değerken, şiddet odak noktasından uzaklığa, zemine ve yapı kalitesine göre değişen dinamik bir değerdir. Temel hatlarıyla şiddeti modern Mercalli ölçeğine göre sınıflayalım:

Şiddet	Olay	Büyüklük (Magnitüd)	Açığa çıkan enerji
4	İçeride birçok kişi tarafından, dışarıda ise nadiren hissedilir, geceleri bazıları uyanabilir; sabit olmayan tabak çanak yer değiştirebilir.	3-3,5	500 kilogramdan fazla TNT patlayıcı
5	Çoğu insan tarafından hissedilir; tabakların, pencerelerin ve sıvanın kırılması; uzun nesnelerin yer düşmesi olasıdır.	3,5-4	3-15 ton TNT patlayıcı
6	Herkes tarafından hissedilir, korkutabilir; evlerde sıva çatlakları gibi küçük hasara neden olur. Ağır eşyalar yer değiştirir.	4-4,5	15-100 ton TNT patlayıcı
7	Dışarıya kaçma hissi oluşur; yapı kalitesine bağlı olarak binalarda hasar oluşmaya başlar; hareket halindeki otomobilsürücülri tarafından da hissedilir.	4,5-5	100-500 ton TNT patlayıcı
8	Ev ve fabrika bacaları, sütun ve anıtlar devrilir. Ağır eşyalar devrilir. Hasar belirginleşir.	5,5-6	Hiroşima'ya atılan atom bombasının ürettiği kadar eneji
9	Yapının temeli kaymaya başlar. Binalarda çatlaklar oluşur. eraltı boruları kopar. Yüzey kırılmaları görülür.	6-6,5	Hiroşima'ya atılan atom bombasından 6 taneye kadar
10	Raylar bükülür; toprak kaymaları oluşur. Kum ve çamur akmaları görünür. Yüzey kırıkları belirgin hale gelir. Eski yapılar çöker. (1999 Adapazarı ve Gölcük)	6,5-7,4	Hiroşima'ya atılan atom bombasından 127 taneye kadar
11	Büyük yıkım. Köprüler yıkılır, yerkabuğunda geniş yarıklar, çatlaklar oluşur; güçlü yapılar dahi haar alabilir. (2023 Hatay ve Maraş).	7,5-7,8	Hiroşima'ya atılan atom bombasından 504 taneye kadar
12	YIKIM	>7,8	>504

Yine sıklıkla karıştırılan diğer bir olgu da depremin geldiği kabuk yapısıyla ilgilidir. Sanıldığının aksine depremin denizden ya da karadan gelmesi gücüne etki etmez. Burada denizden kasıt okyanussa, evet, okyanustan gelen depremler ortalama 100-200 km uzaklıktan geldiğinden zayıflayarak ulaşır karaya. Ama Marmara gibi içdenizler zaten kıtasal kabuğun bir parçası olduğundan pek fark etmez.

Deprem olacak mı, olmayacak mı sen onu söyle!

Şimdi gelelim olası İstanbul depremi senaryosuna. 1999'dan sonra fayın davranışını anlayabilmek için milyonlarca dolar para akıtıldı Marmara Denizine. Yapılan birçok çalışma denizdeki fayların tüm Marmara'yı deforme edecek şekilde kırılabileceğine ve bunun da 7 ile 7,6 arasında deprem oluşturabileceğine yönelik. Yani en iyi senaryo ve en kötü senaryo sırasıyla 7 ve 7,6 büyüklüğünde gerçekleşecek depremlerdi.

Marmara'nın depremselliği üzerine yapılan güncel sayılabilecek çalışmalarda Boğaziçi, İTÜ, YTÜ ve TÜBİTAK grubu çok önemli verilere ulaştılar.[21] Yirmi yıllık GPS verilerini kullanan araştırıcılar dört ayrı fay segmentinde farklı *kayma hızı açığı* (slip-rate deficit) saptadılar. Ne demek şimdi bu? Kayması gerek ama kitlendiğinden kayamıyor demek. "İçine atıyorsun, atma! Birikir, bir gün patlarsın! Bu kadar stres insanı panik atak hastası yapar, ona göre!" der ya nasihatçi dostlarımız. İşte deprem de bunun gibi bir süreç. *Biriken stresin (gerilimin) hızlı bir deformasyonla boşalması.* Çalışmaya göre İzmit Körfezi ve Saros Körfezi yakınları (Ganos Fayı) yılda yaklaşık 20

21 S. Ergintav *ve diğerleri*, "Istanbul's earthquake hot spots: Geodetic constraints on strain accumulation along faults in the Marmara seismic gap," *Geophysical Research Letters*, sayı: 41, 2014, s. 5783-5788.

mm, Adalar (Çınarcık) fayı 10-15 mm/yıl, Orta Marmara (Kumburgaz) fayı ise 2 mm/yıl'dan daha küçük kayma hızlarına sahiptir. Tüm bunlar ne anlama geliyor? Bu kayma hızları ile o bölgede yaşanan en son depremleri dikkate alarak nasıl bir gelirim (stres) biriktiğini tahmin etmek mümkün. Modele göre Ganos fayında 2 metrelik bir atım (depremin neden olduğu hareket) birikmiş. 1999 Körfez depreminde boşalan stresten sonra o fay üzerinde biriken atım sadece 300 metre kadar. Deformasyon hızları yüksek olanlar zaten yumuşakça kayan, hareket eden alanlar. Deformasyonun yavaş yavaş boşalma ihtimalini gösterir. Buna krip (creep) de deniyor. Yani iki plaka arasındaki sürtünmenin büyük depreme neden olmayacak kadar az olmasıyla kolayca kayması. Bunun en temel nedeni iki kaya arasındaki plastik deformasyona yani kolayca kaymaya izin verecek olacak olan minerallerin varlığı. Böylece tektonik gerilim kayaların arasındaki sürtünmeyi yenmek için yüzlerce yıl beklemeyecek, ufak ufak depremlerle stres boşaltılacaktır. Özetle çalışmaya göre, Kumburgaz fayı yani Silivri açıklarındaki Orta Marmara segmentinde kayma deformasyonu oldukça yavaş. Yani bir anlamda sıkışmış, kitlenmiş gibi. Zaten 26 Eylül 2019 tarihinde M5,8 büyüklüğünde bir deprem üretti burası.

Bu deprem sırasında İTÜ Maslak yerleşkesinde çalışıyordum. Levhaların bağıl yer değiştirmesinin neden olduğu deformasyon –kısaca deprem– sırasında ortaya çıkan o yoğun sesten birkaç saniye sonra deprem dalgaları kampüse ulaştı. Ve bina sallanmaya başladı. Tabii biz yerbilimciler büyük İstanbul depremini beklediğimizden, çök-kapan-tutun pozisyonuna geçtik... diyeceğimi sanıyordunuz değil mi? Hayır! Olacakları önceden kestirebilmek daha büyük bir lanet olduğundan binanın büyük depremi kaldıramayacağı olasılığını düşünüp yaşama

ve sonrasında göçük altında hayatta kalma ihtimalimin daha fazla olduğu bir yere doğru koşmaya başladım. Oysa deprem anında yapılacaklar listemde bu yoktu, olamaz da. Ama o dürtüsel hayatta kalma mekanizması "kaç-savaş tepkisi" beynimi ele geçirdiğinde kapıyı açıp koridora çıktım. Kimleri gördüm dersiniz? İsmini vermeyeceğim ülkece tanınan bir yerbilimci de benimle birlikte koridordaydı. Hatta yüz yüze geldiğimiz anda TV'deki rahatlıktan iz olmadığını gördüm. Korku azizim, korku! En büyük hayatta kalma mekanizması. İnsana yapmam dediği şeyi yaptıran, adeta "Sen kimsin! Biz milyonlarca yıldır boşuna mı buradayız babayiğit!" diyen ve akıl iktidarına darbe yapan o güçlü tepki. Neyse ki 23 Kasım 2022 tarihinde Düzce'de meydana gelen M6.0 büyüklüğündeki depremde ufaklığı kucağıma alıp yatağın kenarında çömelmek suretiyle olası bir *yaşam üçgeni* aramayı başardım. Öğreniyor yani insan. Ayrıca birkaç gün sonra eşimin hatırlatmasıyla sallantının hemen sonunda "Bu harikaydı be!" demişim. Mesleki deformasyon dedikleri bu olsa gerek.

Biraz matematik

Şimdi biraz matematik ve biraz ön kabulle olası İstanbul depreminin nerede, hangi büyüklükte olabileceğini hesaplayalım. Uzun zamandır sessiz olduğu ve bazıları tarafından artık ölü bir fay olabileceği de düşünülen Adalar fayından başlayalım.

Eğer Adalar fayı üzerindeki son deprem 1766 depremiyse günümüze dek (2023-1766) 257 yıl depremsiz geçmiş demektir.

Yıllık deformasyon birikim hızı 10-15 mm/yıl olduğuna göre,[22] iki aralığı da hesaba ekleyelim:

22 S. Ergintav *ve diğerleri, a.g.m.*

257 yıl x 10 mm/yıl = 2.570 mm, yani 2,6 metre atım (depremin sebep olacağı hareket, öteleme)

257 yıl x 15 mm/yıl = 3.855 mm, yani 3,9 metre atım.

Yani olası deprem, Adalar fayı üzerinde bugün gerçekleşse 2,6 ile 3,9 metrelik atım yapmalı. Peki buradan nereye gidebiliriz? Bu atım ne kadar büyüklüğe denk gelir? Hangi deprem büyüklüğünün hangi atımlara yol açabileceğine yönelik modeller var elimizde.[23] Buna göre atım değerlerini maksimum olarak alırsak 7 ile 7,3 büyüklük arasında bir deprem beklememiz gerekiyor. Yani Adalar fayı hâlâ aktifse 7'den küçük deprem oluşturmayacak gibi görünüyor.

Eğer öngörüyü daha duygusal ve umut verici bir şekilde yapıp 1894 depreminin Adalar fayı üzerinde gerçekleştiğini varsayarsak bu zamana kadar 1,2 ila 1,8 metrelik bir atım birikir, ki bu da 6,8 ile 7 arasında bir değer verir.

Bu hesapları yaparken,

1. Sadece 20 yıllık (GPS) veri setinin kullanılıp bunların 257 yıllık bir dönemi temsil ediyor olması
2. Hukuk kayıtları gibi dolaylı verilere sahip olsak da büyük depremlerin kesin olarak hangi segment üzerinde gerçekleştiğinin bilinmiyor olması
3. Wells ve Coppersmith'in (1994) atım ortalamalarının standart sapmalarının bile deprem büyüklüğü tahmininde önemli değişimlere neden olacağı gibi ön kabullerde bulunduğumuzu aklımızdan çıkarmayalım.

Peki ya şiddet? Çok değişkenli olması nedeniyle bunu hesaplamak maalesef çok zor. Depremin merkez üssünün nerede olacağı şiddeti önemli ölçüde değiştirecektir. İster

23 D.L. Wells ve K.J. Coppersmith, "New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement," *Bulletin of the Seismological Society of America*, sayı: 84, 1994, s. 974-1002.

Adalar fayında ister Kumburgaz fayında olsun şiddet zemine ve yapı kalitesine göre Marmara'ya sahil ilçeler Silivri, Çatalca, Küçükçekmece, Büyükçekmece, Bakırköy, Zeytinburnu, Eminönü ve Fatih'te olası 7 büyüklüğündeki bir depremin 8-10 şiddetinde hissedilebileceği öngörülüyor.

Eee, ne zaman buluşuyoruz?

İstatistik, deprem zamanını tahmin etmede en önemli unsurların başında geliyor. Hangi ihtimali seçerseniz sonuçlar ona göre güzelleşir. Yukarıdaki hesaplarımıza zaman boyutunu da eklemeyi deneyelim. Hangi tarihsel depremin hangi fay segmenti üzerinde olduğunu kesin olarak bilemeyeceğimizden eldeki verilere göre yine ön kabullerde bulunmak durumundayız. Neyse ki bu veriler Osmanlı hukuk ve çevre kayıtlarından elde edildi. Ambraseys'in derlemelerine göre tüm Marmara göz önüne alındığında deprem periyodu yaklaşık 250 yıldır. Bu rakam ortalama olduğu için güvenilebilir bir değer. Segment segment baktığımızda İzmit Körfezi: 180 yıl, Adalar 260 yıl ve Tekirdağ (Saroz Körfezi) yaklaşık 280 yıl. Orta Marmara (Silivri) daha belirsiz. İzmit'te boşalma tamamlandığına göre daha batıya bakmakta fayda var.

Şimdi son adımı atalım ve Adalar fayının en son 1766 yılında kırıldığı modelimize zaman boyutunu ekleyelim. 256 yıl önce kırılmış olan fay için ortalama deprem aralığı 260 yıl...[24] Neyse ya, belki ölmüştür Adalar fayı. Olur ya gerilim boşalmak için yeni bir yol bulmuştur kendine! Saroz Körfezi depremine de daha çok var. Şimdi olsa bile yeterince stres (enerji) birikmedi, çok büyük olamaz. Peki ya Silivri? Burasıyla ilgili bir ortak görüş olmasa da bu

24 N. Çağatay *ve diğerleri*, "Istanbul Earthquakes and Their Sedimantery Recordings in Marmara Sea," 2014.

fay üzerinde en az M7,2 büyüklüğünde bir depremin gerçekleşme ihtimalinin ciddi bir olasılık olduğunu düşünen yerbilimciler var. Silivri gerçekten soğuk...

Peki biraz da enerji konuşalım. Adalar modelimizi ele alırsak, olası derinliği 15 km, atımı 4 metre aldığımızda ortaya çıkacak enerji 20-100 atom bombası büyüklüğünde olacak (Hiroşima'ya atılan ilk atom bombası 10^{21} erg yani 10^{14} jul değerinde enerji açığa çıkarmıştır). Yani varsayımımıza göre en az 20 tane *küçük çocuk*[25] Marmara'nın derinliklerine inebilir.

Eğlenerek öğreteceğini vaat eden kitaba bak! Buraya kadar ne güzel gidiyordu her şey! Felaket tellalı mısın birader!?

Haklısınız ama bunları konuşmak ve bilmek gerekiyor. Gelin şimdi de Tsunami ihtimalini konuşalım. Google Earth'ten Marmara Denizine bakanlar enteresan bir şey görecekler: derin çukurlar. Küçük bir deniz olmasına rağmen 1.250 metrelik derinlikler barındıran çukurlara sahip Marmara Denizi. Hem de bu derinlikler dereceli (*tedricen*) oluşan derinlikler değil. Adaların güneyinde 250 m olan derinlik bir anda korkunç bir uçurumla 1.250 metre oluveriyor ve kendini topografyadan bile görünür kılıyor. Yaklaşık 15 bin yıl önce dev bir heyelanın gerçekleştiğine dair görüşler var.[26] Bu dev heyelanın 15 metrelik dalgalarla sahilleri vurduğu düşünülüyor. İşte bu dev ölümcül dalgalara *tsunami* demiş Japonlar. 2011 yılında gerçekleşen M9.0 büyüklüğündeki devasa Tohoku depreminde tüm dünyanın canlı yayında gördüğü 30 metrelik dalgalardan bahsediyorum. 1509 depreminde tsunami dalgaları oluştuğuna,

25 *Little Boy*: Hiroşima'ya atılan atom bombasına verilen ad. Ne kadar da masum değil mi?!

26 A. Okay *ve diğerleri*, "An active, deep marine strike-slip basin along the North Anatolian fault in Turkey," *Tectonics*, sayı: 18, 1999, s. 129-147.

İstanbul Boğazı ve Mudanya Körfezinde önemli ölçüde hasar olduğuna dair deliller var. Bu dalgalar muhtemelen 6-7 metreye ulaşıp surları aşmış olmalı. 1766 depreminde Galata, Boğaziçi ve Mudanya kıyı şeridinde deniz seviyesinde yükselmeler gözlenmiş ve Marmara Denizindeki küçük adacıkların yarı yarıya suların altında kaldığı rapor edilmiştir. İstanbul'da olmasa da son olarak 1999 depreminde Gölcük'te meydana gelen tsunamide kıyı şeridini vuran dalgaların 2,5 metreye ulaştığı rapor edilmiştir.

Özetle Marmara depremlerinde tsunami olmuştur. Kimisi küçük, kimisi surları aşacak kadar büyük olabilmiştir (1509). Tsunamide itici güç, deprem sırasında meydana gelebilecek denizaltı kitle hareketleri, yani heyelanlardır. Adalar fayının neden olduğu 250 metreden 1.250 metreye çok ani yükseklik düşüşü heyelan için oldukça uygun bir ortam sunar. Deniz altındaki hareket, deniz yüzeyine büyük dalgalar olarak yansır.

Bitirmeden önce depreme düşman olmamak gerektiğini hatırlatmakta fayda var. Depremler verimli toprakların ve yeraltı suyunun birikeceği alanların oluşması için hayati öneme sahiptir. Bu nedenledir ki çoğu medeniyet farkında olmadan fay zonları üzerinde kurulmuştur. Eğer kaliteli zeminlere kaliteli yapılar inşa etmeyi başarırsak depremle barışık halde yaşarız. Venüs ve Mars gibi karmaşık canlılığın olmadığı diğer kaya gezegenlerde levha tektoniğinin çalışmadığını hatırlatmakta fayda var. Doğanın dilinden anlayarak, onunla aynı dili konuşarak şiddetsiz geçinmek daha olası. Bu da bilime güvenerek mümkün. En azından bitirişi absürd bir serzenişle yapalım:

Fay, yine mi keder?
Ama artık yeter!
Yine kapıda kara geceler

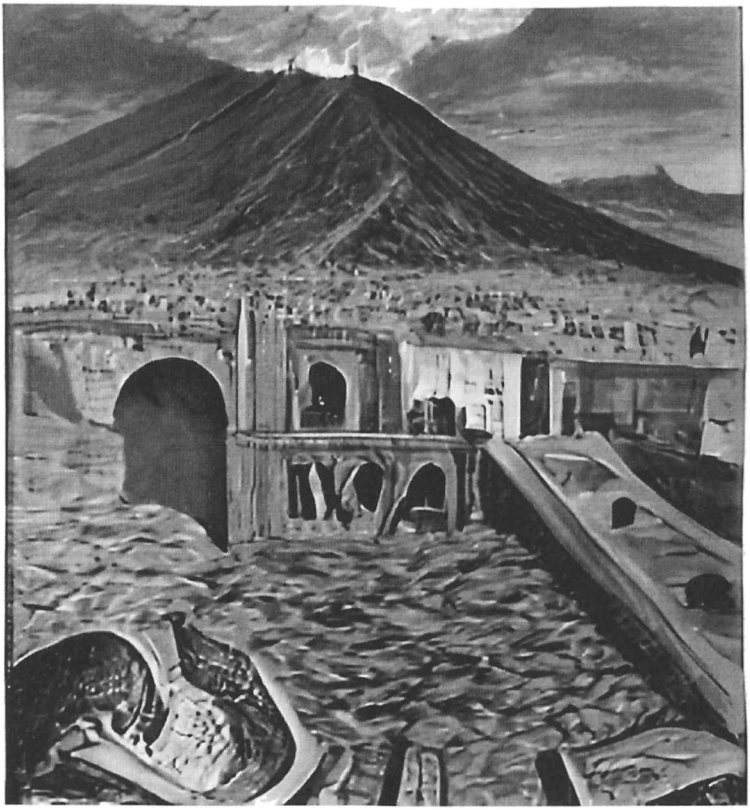
Fay, çileli başım
Ortasında kışın
İyice beter...

Yeraltı canavarı

24 Ağustos günü, öğleden sonra, annem alışılmadık bir büyüklük ve görünümdeki bulutu fark ederek amcama gösterdi. Amcam, dışarıda güneş altında soğuk duşunu almış, uzanarak öğle yemeğini yemiş, kitapları üzerinde çalışıyordu. Ayakkabılarını getirtti ve bu olayı en iyi görebileceği yere tırmandı. Bu uzaklıktan bulutun hangi dağdan çıktığı anlaşılmıyordu, ancak şekli bir şemsiyeye benziyordu. Önce yukarı yükseliyor, sonra kollara ayrılıp havaya dağılıyordu.[27]

MS 79 yılında Genç Pliny'nin donanma komutanı amcası Yaşlı Pliny'yle birlikte gördüğü şey Napoli'deki Vezüv Yanardağının (*volkanının*) aktivitesiydi ve kayda geçen ilk volkan gözlemini bilim camiasına sunuyordu arkadaşı Tacitus'a yazdığı mektupla.

27 The Younger of the Pliny, *The Letters of the Younger Pliny*, F.C.T. Bosanquet (ed.), Mektup 16, 2010.



Şekil 14. Yapay zekâ uygulaması Craiyon'nun gözünden Vezüv aktivitesi.

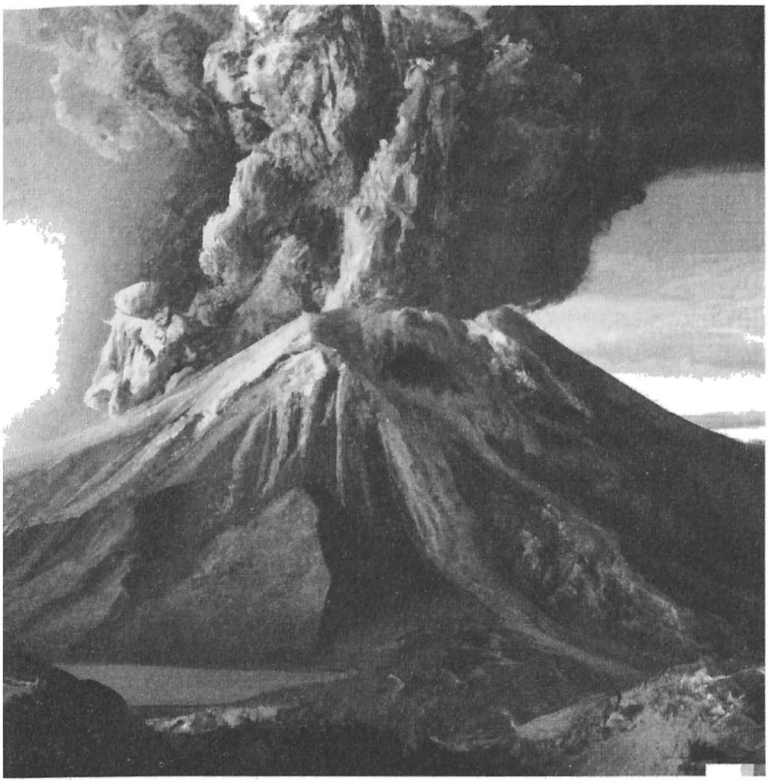
Yerkürenin en büyük hobilerinden biri volkanik battaniyeyi üzerine örtmesidir. Daha bilimsel bir ifadeyle, volkanik aktiviteler yerkabuğunun dinamik yapısının, yani levha tektoniğinin kaçınılmaz bir sonucudur. Yerkürenin volkanik aktivitelerle dolu geçmişinden en net olarak görebildiklerimiz 4,5 milyar yıllık yerküre tarihi için çok kısa sayılabilecek Kuvaterner periyodunda (2,6 milyon yıldan günümüze) aktif olmuş volkanlardır. Ayrıntılı

jeoloji ve *volkanoloji* (volkan bilimi) haritaları yapılması ve yeni yöntemlerin kullanılmasıyla bu volkanların aktivitelerinin boyutları ortaya çıkarılmaya başlanmıştır. Bu kayıtlara biraz daha yakından bakmak suretiyle yerkabuğunun altında neler döndüğünü anlamaya çalışalım.

18 Mayıs 1980... Berrak bir pazar sabahında kameralar volkanik bir aktiviteyi ilk kez canlı olarak kaydetme fırsatı buldu. ABD'nin batı kıyısındaki Washington eyaletinde yer alan St. Helens Dağı inanılmaz bir gürültüyle neredeyse ikiye bölündü! Dağ, kendisini çevreleyen gri kül kütlesiyle görünmez oldu! Yavaş yavaş büyüyen dev bir patlama bulutu (kolonu) geniş bir alanı kaplayarak atmosferde yükselmeye başladı. Sonra gri toz bulutlarının arasında kırmızı tonlarında renkler görülmeye başlandı, bunlar patlamanın yarattığı basınç ferahlamasıyla yukarı çıkan lavlardı. Kısa süre sonra hava kararmasıyla başlayan kül yağmuru 11 eyaleti etkileyecek büyüklükteydi![28] Patlamanın kümülatif etkileri günler sonra anlaşılacaktı. Patlama kolonu atmosferde 24,4 km yüksekliğe kadar ulaşmış, patlamanın buzul örtüyle etkileşimiyle oluşan çamur akıntısı (*lahar*) 80 km uzaklıktaki Kolombiya Nehrine kadar ulaşmıştı. Olaya tanık olmak isteyen bir yerbilimci ve bu görülmemiş olayı görüntülemek için orada bulunan bir fotoğrafçının da aralarında bulunduğu 57 kişi, 483 km/saat hıza sahip, 360 °C sıcaklığındaki gaz ve kaya parçalarından oluşan piroklastik akıntının etkisiyle yanarak can verdi.[29]

28 https://www.washingtonpost.com/archive/politics/2005/05/18/explosive-lessons-of-25-years-ago/140bb825-4f8d-4510-8c0e-4582865f6a97/.

29 Steven R. Brantley ve Bobbie Myers, "Mount St. Helens — From the 1980 Eruption to 2000," *U.S. Geological Survey*, Fact Sheet 036-00.



Şekil 15. St. Helens Volkanının 1980 yılındaki aktivitesinin yapay zekâ (OpenAI) gözünden tasviri.

Aktivitenin azalmasının ardından olay yerine ulaşan bilim insanları ve medya mensupları gördüklerine inanamadılar. Ağaçlar, dairesel şok dalgası (*surge*) etkisiyle topografyaya bir halı gibi yayılmış ve 9.400.000 m^3 hacminde bir yığın oluşturmuşlardı. Patlamanın ürettiği 1 km^3 hacmindeki volkanik malzeme (*tefra*) 596 km^2'lik bir alana yayılmış, volkan bacasının (*kraterin*) 27 km kuzeybatısına kadar ulaşmıştı. Patlamanın, İstanbul'da Yavuz Sultan Selim Köprüsünün (namı diğer 3. Köprünün) bulunduğu Ka-

radeniz kıyısında gerçekleştiğini düşünürsek malzemenin tüm Boğazı aşarak Marmara kıyılarına kadar gelmesi demek bu! Patlama, Hiroşima'ya atılan atom bombasının 1.600 tanesine eşdeğerdi. Spirit Gölü, dev dalgalara dönüşerek eski yatağından 61 metre yüksekliğe kadar ulaştıktan sonra ağaçları da bünyesine katıp zaman içinde eski havzasına ağaç çamuru olarak geri dönmüştü.[30]

Bu büyük felaketten sonra bilim insanlarıyla birlikte kamuoyu da volkanlara karşı ilgi duymaya başladı. TV'de felaketin boyutlarını gören marketçi amcalar bile "What the f*ck man!" demişti. Yani popüler bilim statüsüne ulaşmıştı artık volkanik felaketler. Ardı ardına yapılan çalışmalar ürpertici gerçekleri halkın da bilgisine sundu. 1883 yılında 36.417 kişinin ölümüyle sonuçlanan Krakatoa aktivitesi, St. Helens'e göre çok daha büyük bir felaketti. Ancak hem patlamasına anbean şahitlik edilmesi hem de olayın Amerika'da gerçekleşmesi St. Helens'in toplumda daha büyük bir etki yaratmasına neden oldu: Tanrı –en çok– Amerika'yı korusun!

Olaydan iki yıl sonra Newhall ve Self, bir "volkanik patlama endeksi" (*Volcanic Explosivity Index, VEI*)[31] tanımlayarak tarihsel ve güncel volkanik patlamaları, püskürme sırasında atmosfere ve yeryüzüne bıraktıkları kül ve kaya parçalarından oluşan volkanik malzemenin hacmine göre sıraladı. 2,5 milyar dolarlık bir zarara yol açan St. Helens aktivitesi, 0 ile 8 VEI arasında sıralanan listede 5'le (VEI) orta sıralarda yer aldı. Korkunç bir afet olan ve beyazper-

30 Robert I. Tilling ve diğerleri, "Eruptions of Mount St. Helens: Past, Present, and Future. The Climactic Eruption of May 18, 1980," *U.S. Geological Survey* (Special Interest Publication), 1990.

31 Christopher G. Newhall, ve Steve Self, "The volcanic explosivity index (VEI): An estimate of explosive magnitude for historical volcanism," *Journal of Geophysical Research*, 1982, 87 (C2): 1231-1238.

dede de hayat bulan[32] Krakatoa patlaması ise 6 büyüklüğündeydi. Bu liste aynı zamanda doğanın sahip olduğu ihtişamlı gücü ölçen bir skala olarak düşünülebilir.

Şu âna kadar saydığım afetlerin hiçbiri Endonezya'daki Tombora volkanınınkiyle boy ölçüşemez! 1812 yılında başlayan aktivite üç yıl boyunca devam etmiş ve 1815 yılında olağanüstü bir patlamayla sonlanmıştır. Kayıtlı tarihin gördüğü en büyük patlama olması sebebiyle üretilen "en yüksek ses" gibi birçok rekora da sahip küresel bir olaydır. Patlamayla 100 km^3'ten fazla malzeme üretilmiş, patlama kolonu ise atmosferde 40 km'den fazla yükselmiştir! 50 km^3'lük magma yeryüzüne ulaşmıştır. Aktivite sonrası oluşan kırıklarla zayıflayan kabuğun içeri doğru çökmesi sırasında meydana gelen deprem 500 km ötedeki Surabaya'da hissedilmiştir![33],[34] Yer sarsıntılarının büyüklüğünü saptamaya yarayan sismometre 19. yüzyılın sonu yerine başında icat edilmiş olsaydı bu deprem –muhtemelen– kaydedilmiş en büyük deprem olurdu!

1816 yılında, yaz mevsiminin gelmesini bekleyen Avrupa ve Kuzey Amerikalılar büyük hayal kırıklığı yaşadı. Tombora aktivitesi, ortalama küresel sıcaklıkta 3 °C'lik bir düşüşe neden olmuştu. Bu sayı küresel boyutta çok büyük ve ani bir değişimdir. 1816 yılı tarihe "yazsız yıl" olarak geçmiştir. Zira atmosfere o kadar çok kül pompalanmıştır ki, ısıtmak için gelen Güneş ışınlarını "Sayın müşterimiz, tadilat nedeniyle birkaç ay kapalıyız" deyip geri yollamıştır. Böyle olunca da Dünya kısa süreli olarak soğumuştur.

Tombora gerek aktivitesi sırasında gerekse sonrasın-

32 Krakatoa: East of Java. 1969. (http://www.imdb.com/title/tt0064555/)

33 S. Self ve diğerleri, "Volcanological Study of the Great Tambora eruption of 1815," *Geology*, 1984. 12: 659-663.

34 H. Sigurdsson ve S. Carey, "Plinian and co-ignimbrite tephra fall from the 1815 eruption of Tambora volcano," *Bulletin of Volcanology*, 1989, 51: 243-270.

da neden olduğu değişimler nedeniyle aktivite listesinde 7 (VEI) büyüklüğüyle yer alır. Küresel etkileri göz önüne alındığında Tombora sıradan bir volkandan farklıdır. Oregon'daki eski volkanların aktivitelerini çalışan F.M. Byers Jr, küresel etkiye neden olan volkanlar için "süpervolkan" adlamasını kullandı.[35]

Bu adlandırma, iddialı kelimelerden kaçınan bilim camiasınca benimsenmedi. Bilim için kaçınılması gereken spekülatif adlama ya da teoriler, medya için kaçınılmaz gerekliliktedir ve "haber değeri" taşır. Dünyanın en çok izlenen ve en eski belgesel serilerinden biri olan BBC Horizon, 2000 yılında *Supervolcano* adlı bir bölüm yayımlayarak *süpervolkan* adlandırmasını dimağlara kazıdı.

Bunlar hiçbir şey değil, daha büyük şeyler olacak!

Büyük yıkımlar, küresel değişimler... Yerkürenin jeolojik tarihi boyunca küresel afetlere sahne olduğunu ve bunun neredeyse döngüsel bir rutin olduğunu söyleyebiliriz. Peki size bu döngülerden birinde olduğumuzu söylesem ve uyanmak üzere olan bir devden bahsetsem? Vezüv, St. Helens, Krakatoa ve Tambora volkanlarının tümünü toplayıp 10'la çarpın desem? Yazının başından beri zikredilen akıl almaz olay ve rakamları cüceleştiren ve yeğ kılan bir süpervolkan var desem? Aktivitesi halinde bulunduğu kıtadaki yüz milyonlarca insanı doğrudan, tüm dünyayı ise dolaylı olarak tehdit edebilecek küresel bir afetten bahsetsem?

Hollywood'un Dünya haritası Kuzey Amerika kıtasından ibarettir. Geri kalanın... ne önemi var ki! Uzaylıysanız elbette New York ya da Los Angeles'ı ziyaret edersiniz. Ankara'da, Yeni Delhi'de falan ne işiniz var! İşte bu eşsiz

35 F.M. Byers, Jr., "Reviews: The Ancient Volcanoes of Oregon by Howel Williams," *The Journal of Geology*, Mayıs 1949, 57 (3): 324.

derecede güçlü olan volkan da Hollywoodcuları haksız çıkarmamış Yellowstone süpervolkanıdır. ABD'nin Wyoming eyaletinin kuzeybatısında yer alan bu çürük diş, aşina olduğumuz konik volkan formuna sahip değildir. Zira o konik yapı çökerek yok olmuştur! Bölge aynı zamanda bir doğa harikası olan Yellowstone Doğa Parkı olarak bilinir. Tahmin ettiğiniz gibi bu doğa parkını ziyaret edenler 45 km x 85 km büyüklüğündeki volkanik ağzın (*megakalderanın*) üzerinde yürüyor! Kalderanın genişliği muazzam! Park, dünyanın geri kalanından daha fazla gayzere (kaynaç, püsküren sıcak su kaynağı) sahip...

Peki ne oldu? Ne zaman oldu? Yaklaşık 640.000 yıl önce gerçekleşen aktivite *Lava Creek Tüfü* olarak bilinen dev volkanik kül birikimini yarattı. 1.000 km^3 hacimlik kaya (irili ufaklı, *lapilli*), toz ve kül 7.500 km^2'lik bir alana yayıldı![36] Patlama o denli güçlüydü ki (VEI 8) 2.000 km uzaklıkta, aktiviteye bağlı küllere rastlandı! Bu volkanın İstanbul'da patladığını düşünsek küller Lyon (Fransa) ya da Medine'ye kadar ulaşabilirdi! Bu kül birikimi Kuzey Amerika'nın neredeyse yarısını örttü. Kıta örten muazzam bir volkanik faaliyetten bahsediyoruz Azizim!

Yellowstone süpervolkanı VEI listesinin zirvesi olan 8 (VEI) büyüklüğündedir. 640.000 yıl önce meydana gelen bir patlamanın iklimdeki etkilerini takip etmek zor olduğu için bu felaketin iklimi ne denli değiştirdiğini bilemiyoruz. Teorik olarak patlama kolonunun atmosferde 50 km'den fazla yükselmesi iklim değişimi için yeterlidir. Mesela yaklaşık 75.000 yıl önce meydana gelen Toba volkanik aktivitesinin 1000 yıl süren bir buzul çağının başlamasına[37] ve insan nüfusunun 10.000'den de aza inmesine

36 "Yellowstone," Global Volcanism Program, Smithsonian Institution, 31 Aralık 2008.

37 Michael R. Rampino ve Stephen Self, "Climate–Volcanism Feedback and

neden olduğuna dair teoriler (*genetik darboğaz teorisi* gibi) vardır.[38],[39] Hani Buzul Çağı çizgi filmlerindeki mağarada yaşayan insanlar var ya, işte bu dönem resmediliyor.

Yellowstone megakalderasının güneybatı yönünde keşfedilen bir diğer kaldera 16 km x 16 km büyüklüğünde ve 1,3 milyon yaşındaydı. Sonra tüm bu aktivitelerden daha büyük olan (75 km x 95 km) bir kaldera daha bulundu ve bunun 2,1 milyon yıl önce oluştuğu anlaşıldı. Bu aktivitenin döngüsel olarak devam eden bir sıcak nokta (*hotspot*) aktivitesi olduğunu anlayan bilim insanları yaptıkları hesaplarda yeni bir süper patlamanın periyodu içerisinde olduğumuzu, yani zamanın yaklaştığını anladı. Modern aletlerle sürekli olarak izlenen Yellowstone, 2004-2008 yılları arasında ortalama 7,6 cm/yıl'lık eşi görülmemiş bir yüzey kabarması gösterdi.[40] Tıpkı puf ekmek gibi! Bilim insanlarını korkutan bu gelişme Amerikan basınında ilk haber olarak verildi. Daha sonra kabarma düşerek normal değerlere döndü. Bilim insanları bu iniş çıkışı volkanın nefes alması olarak karikatürize etti. Gayet mantıklı!

Son dönemde Yellowstone volkanının ne zaman patlayacağı ve patlayınca neler olabileceği tartışılıyor. Tüm kariyeri boyunca Yellowstone volkanizmasını çalışan Robert Smith'in tahminlerine göre patlama anında 87.000 kişi ölecek.[41] Zamanla biriken etkileri önce Amerika, sonra tüm dünya hissetmeye başlayacak. Patlamanın yarattığı

---

the Toba Eruption of ~74,000 Years ago," *Quaternary Research*, 1993, 40: 269-280.

38 Ann Gibbons, "Pleistocene Population Explosions," *Science*, 1 Ekim 1993, 262 (5130): 27-28.

39 "When humans faced extinction," BBC, 9 Haziran 2003.

40 "Recent ups and downs of the Yellowstone Caldera," Yellowstone Volcano Observatory, United States Geological Survey, 28 Eylül 2008.

41 Robert B. Smith ve Lee J. Siegel, *Windows into the Earth: The Geologic Story of Yellowstone and Grand Teton National Parks*, 2000.

damlacıkların (*aerosollerin*) bir ay içerisinde stratosferi (20-50 km arasındaki atmosfer tabakası) kaplayacağı düşünülüyor.[42] Bundan sonrasını öngörüp tüyü de dikelim:

Doğrudan etkiler:

- Patlama anında büyük ölçekli bir deprem meydana gelecek.
- Sıcak dairesel şok dalgası olağanüstü bir hızla önüne geleni yakıp/yıkıp geçecek.
- Sıcak gaz ve kaya parçalarından oluşan piroklastik akıntı ve lavlar kilometrelerce uzağa akacak ve önüne geçilemeyecek dev yangınları tetikleyecek.
- Günler, hatta haftalar sonra etkiler daha dayanılmaz hale gelecek. Kül yağmuru aylarca devam edecek, milyonlarca insan için büyük bir tehlike oluşturacak. Nefes alınmasına rağmen boğularak ölünmesine neden olacak. Zira oksijen değil, silisyum soluyor olacağız!
- Volkana uzaklığına göre 2-3 katlı evlerin tamamı kül yağmurunca örtülebilecek.
- Zehirli gazlar çevre eyaletlerdeki insanları tehdit edecek.

Dolaylı etkiler:

- Zamana bağlı olarak kaçacak yer kalmayacak. Çünkü uçakların havalanması aylar sonrasını bulabilecek. Kuzey Amerika'ya uzun bir süre ulaşılamayacak.
- Avrupa hava trafiğinde uzun zaman aksamalar meydana gelecek, herkes olduğu yerde kalacak.
- Enerji hatları zarar görecek ve su sıkıntısı baş gösterecek.
- Wall Street'in çöküşü tüm dünya borsalarını peşinden götürecek.

42 "Supervolcano: The Truth About Yellowstone," BBC, 2000.

- Yaklaşık 1 ay sonra aerosoller stratosferi kaplayarak iklimi değiştirmeye başlayacak.
- Yıllık ortalama sıcaklık düşüşü 3-7 °C'yi bulacak.
- Tarım zarar görecek ve tüm dünyada besin sıkıntısı baş gösterecek.
- Tüm dünyayı etkileyen bir kaos süreci başlayacak...

Bunlar sadece ilk akla gelenler. Dolaylı etkiler, yaşama bağlı her olguyu etkileyecektir. Bu boyuttaki bir patlamanın medeniyeti yok edebileceğini iddia edenler de mevcuttur.[43]

Son olarak olası Yellowstone aktivitesinin kıracağı rekorlara bakalım:

- Görülmüş en büyük patlama
- Görülmüş en büyük patlama kolonu (40-50 km)
- Kaydedilmiş en yüksek ses
- Tek afetle en büyük can kaybı
- Tarihin en büyük ekonomik kaybı
- Kayıtlı tarihin en uzun süren kışı (muhtemelen 100-1000 yıl arasında)
- En uzun süren kül yağışı (muhtemelen aylarca sürecek)

Jeolojik katmanlar bu gibi büyük olayların binlercesinin izlerini barındırır. Yerküre için bu olaylar yabancı değildir. Yüz milyonlarca yıl dünyaya hâkim olan dinozorlar da büyük yok oluşların kurbanı olmuştur (uçan dinozorların kuşlar olarak günümüzde devam ettiğini de unutmayalım). Asıl soru, medeniyetimizin böyle bir felaketi kaldırabilecek güçte olup olmadığıdır. İzlanda'daki sadece 4 (VEI) büyüklüğündeki *Eyyafyallayöküll* (hayır, random atmadım) aktivitesi Avrupa'da küçük çaplı bir ulaşım krizi çıkarmaya yetmişti 2010 yılında. Bir süper patlamanın görünen en

43 http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2152278/Supervolcanoes-power-destroy-civilisation-explode-far-rapidly-scientists-believed–bubbling-U-S-right-now.html.

büyük tehdidi –hayatta kalırsak– yaşam standardımızda büyük bir değişim yaratacak olmasıdır. İnsanlık 75 bin yıl önce mağaralarda hayatta kalmayı başardığına göre bunu yeniden başarabilecek güçte. Şarkıyla bitirelim:

Bu kez pek bir lapilli yalnızlık
Patlayan bir volkan kadar düşman
Ağzı sıcak üstelik, bırakmıyor acıtmadan...

Bölüm Sonu Canavarı

Saat 07.17... Baykal Gölünün kuzeybatısındaki sırtlarda yaşayan Evenkler, gökyüzünde güneş kadar parlak, mavimsi bir ışık huzmesi gördü. On dakika sonra inanılmaz bir parlamaya eşlik eden topçu ateşine benzer bir ses duydular. Birkaç saniye sonra orta dereceli bir deprem meydana geldi. Olaydan uzun bir süre sonra yüzlerce kilometre uzaklıktaki evlerin camlarının bu tuhaf olay nedeniyle kırıldığı anlaşıldı.

Tarihe *Tunguska Olayı* olarak geçen ve kayıtlı tarihin en büyük göktaşı patlaması olan bu felaket 1908 yılında Sibirya'da gerçekleşti. Görgü tanıklarının bildirimleriyle şekillenen olay, insanlık için bir ilk değildi.

Tarihte göktaşlarıyla ilgili –olması muhtemel– bilgiler mevcuttur. Söylence, efsane ve özellikle kutsal metinlerde "gökten inen taşlar" ya da "yanan taşlar"dan bahsedilmektedir. Yunanlardan Romalılara ve Amerika yerlilerine kadar, meteorlardan (ve meteor parçaları; meteoritlerden) bahsedilmiş ve birçoğunda bunların kutsallıklarına vurgu yapılmıştır. Amerika'da özellikle Hopewell kültüründe (MÖ 200) mezar taşlarında kuyrukluyıldızlara tapıldığını gösteren

çizimler mevcuttur.[44] Kuran'da ise Şuayip Peygamber ve çevresindekilerle (*kavim*) şöyle bir konuşma geçmektedir:

> *Eğer doğrulardansan o halde üzerimize gökten parçalar düşür![45]*

Bu veriler insanların göktaşlarıyla ilişkilerinin binlerce yıllık bir geçmişe dayandığını ortaya koymaktadır. (Söz konusu gökten inen parçalar, volkanik faaliyetlerce de oluşturabileceğinden konuya şüpheyle yaklaşmakta fayda var.)

Modern çağda göktaşlarına yaklaşıma geçmeden önce bazı temel kavramları tanımlamakta yerinde olacak.

- *Asteroid*: Yıldıza-benzer (Yunanca *asteroeides*, *aster* "yıldız" + *-eidos* "form, şekil") anlamına gelen "asteroid," terim olarak yörüngeleri Güneş Sisteminde Mars ile Jüpiter gezegenleri arasında kalan ve sayıları yaklaşık 40 bin kadar olan gökcisimleridir. Bu gökcisimleri görece küçük kütlelerinden dolayı "gezegenimsi" olarak da bilinir. Bizi ilgilendiren tarafı atmosfere girmemiş olmalarıdır.
- *Meteor (Göktaşı)*: Asteroid ya da diğer uzay cisimlerinin atmosfere girmesiyle kazandığı isim.
- *Meteorit*: Dünya yüzeyine düşmüş meteor parçası, demir ya da taş olmak üzere iki cinsi mevcuttur.

Yirminci yüzyılla birlikte gelişen teleskoplarla asteroidler, gökbilimcilerin yeni akademik ilgi alanı olmuştu. Tahmin edilebilen (yine süreklilik yasasıyla) hareketleri sayesinde birçok asteroid sınıflaması yapılmıştı. Ancak aynı şey meteor ve meteoritler için söylenemiyordu. Yerbi-

44 John G. Burke, *Cosmic Debris: Meteorites in History*, University of California Press, 1986.

45 Süleyman Ateş, *Yüce Kur'ân'ın Çağdaş Tefsiri*, Yeni Ufuklar Neşriyat.

limin –özellikle analitik olarak– gelişmesi diğer yardımcı bilimlerin gelişmesini izlediğinden göktaşı çarpmalarının jeolojik olarak tanımlanması ancak 20. yüzyılın ikinci yarısında gerçekleşti.

Yeryüzünü şereflendiren meteorlarla ilgili bilgi birikimimizin artmasıyla meteor boyutları, –varsa– krater çapı ve çarpma sıklıklarıyla ilgili bir sınıflamaya gidildi. Bu sınıflamaya göre çapı 4 m ile 85 m arasında olan meteorlar yerkabuğuna ulaşamadan atmosferde imha ediliyor. Basitçe, her katında 8 daire bulunan 28 katlı bir binanın, yerden yaklaşık 580 metre yükseklikte infilak ettiğini düşünebiliriz. İstatistiksel olarak böyle bir olay 3300 yılda bir gerçekleşiyor.

Çapı 100 metrenin üzerinde olan meteorlar ise atmosferin durduramadığı, yaşam için risk oluşturan meteorlardır. Bunlar çarpmaya bağlı çökel kayalar ve kraterler oluşturur. Söz konusu hesaplardan yola çıkarsak, Gize'deki Keops Piramidi yerini yadırgayarak atmosfer dışına çıkıp geri dönse, atmosfer tarafından durdurulamayacak ve yaklaşık 100 megaton TNT büyüklüğünde bir kinetik enerjiyle yere ulaşıp yaklaşık 2 km çapında bir çarpma krateri yaratırdı. Böyle yıkıcı bir olay istatistiksel olarak 11 bin yılda bir gerçekleşiyor.

Benzer şekilde, ebedi istirahatgâhında sıkça rahatsız edilen *Titanik*, üzerindeki yoğun ilgiden sıkılarak uzayda bir yolculuğa çıkıp kafa dinlemeyi tercih etse ve tamamen buz kütlesine dönüşmeden geri dönmeye karar verse, 600 megaton TNT gücüyle yerkabuğunda yaklaşık 4 km çaplı bir krater oluştururdu. Böyle bir olayın gerçekleşme sıklığı ise 59 bin yılda bir.

Peki ya 800 metre çaplı, yani üzerinde Vatikan şehrini barındırabilecek kadar geniş bir kütlenin üzerinize düş-

se? Kütle, Roma'ya düşmeden önce atmosfere girdiğinde yaklaşık 20.000 megaton TNT değerindeki enerjisiyle bu kez hatırı sayılır bir parlaklıkla aydınlatır. Yere ulaştığında ise 11 km çaplı dev bir kraterle Roma'yı ve çevresini haritadan siler. Böyle bir felaketin gerçekleşme sıklığı ise 250 bin yılda bir.

Söz konusu sınıflamalarda göz ardı edilen önemli bir değişken var aslında: meteorun geliş açısı ve nereye düşeceği. Karaya mı, okyanusa mı? Kısaca göktaşı ne kadar dik gelirse yere ulaşma ihtimali o kadar artar. Ne kadar düşük açıyla girerse atmosferde infilak ihtimali o kadar artar. Karaya düşerse daha sert bir tepki, okyanusa düşerse de daha bol dalga oluşumuna sebebiyet verir.

Bu kadar teorik bilgi yetti ama! Gözlemsel bilgilerden bahsedelim biraz da. Yaklaşık 10 bin yıl öncesine kadar uzanan ve doğruluğu tartışmaya açık veriler mevcut. Buna göre son 10 bin yılda 500'e yakın göktaşının atmosfere ya da yerkabuğuna ulaştığı iddia ediliyor. Bunların büyüklüğünün 70 m ile 150 m arasında olduğu tahmin ediliyor. Bu göktaşı olaylarının %70'i *Tunguska-tipi* olarak sınıflanan ve patlamanın yere ulaşmadan atmosferde gerçekleştiği ve yerde çarpma kraterinin oluşmadığı göktaşı olaylarıdır.

1908 yılında, Tunguska'da (Sibirya) gerçekleşen olayda, tahminen 50 m çaplı göktaşı, Hiroşima'ya atılan atom bombasının 185 tanesine eşit, 10-15 PJ (petajul) büyüklüğünde korkunç bir enerji üretmiştir. Şok dalgası, Avrupa ve Asya'daki sismik istasyonlarca kaydedilmiş ve 80 milyon ağacı halı yapmıştır.[46] Bölge, yaşama çok fazla elverişli olmadığından ölü sayısı bir elin parmaklarını geçmemiştir. Olay, kayıtlı tarihin en büyük göktaşı çarpmasıdır.[47]

46 Tunguska Event, http://en.wikipedia.org/wiki/Tunguska_event.

47 https://apod.nasa.gov/apod/ap071114.html.

Bu kitabı eline alıp "Arkadaş, hep bilimden bahsetmişsiniz, sıkıldık! Yok mu Chemtrails, HAARP filan? Komplosuz yaşayamayız" diyenleri de bu paragrafta mutlu etmeyelim mi? Tunguska Olayıyla ilgili enteresan bir anekdota göre Nikola Tesla o sırada Long Island, Amerika'da uzak mesafelere kablosuz enerji transferi üzerinde çalışıyordu. Projenin yan etkisi olarak "Ölümcül Işın" adlı bir silaha da dönüşebileceğini düşünüyordu. Bir gece projesini test etmeye karar verir ve bunu yapmadan önce kuzey kutbunda *trekking* (hafif tempolu sportif yürüyüş) yapan Robert Peary'den gökte gerçekleşebilecek enteresan bir olay için gözlem yapmasını ister. Deneyi, 30 Haziran 1908'de gerçekleştirir, ancak ne gazetelerden ne de Peary'den tuhaf bir olayın varlığı hakkında bilgi gelir. Sonraları kuzey kutbunda esrarengiz bir olay gerçekleştiğine dair söylentiler yayılır ve kimilerince Tunguska Olayı bu silahın bir denemesi görülür.[48] Ne demişler: Şeyh uçmaz, mürit uçurur

Bir paragraflık komplo teorisi dozu yeter sanırım. Bilime dönelim. Tunguska-tipi bir göktaşı olayının Akdeniz'de bronz çağı uygarlıklarını etkilemiş olabileceğine dair görüşler mevcuttur.[49] Benzer dönemlerde felakete dayalı (*apokaliptik*) din anlayışının önemli hale gelip daha çok taraftar bulması da dikkate değerdir. *Holosen* döneminden (10 bin yıl önceden) bu yana krater oluşturan herhangi bir patlama kaydedilmemiştir. Basit bir çıkarımla, son 10 bin yıldır tepemizden aşağı 100 metrenin üzerinde herhangi bir gökcismi atmosfere girmemiş olmalı. Ancak bir meteorun krater oluşturmaması (Tunguska-tipi gibi) zararsız olacağı anlamına gelmiyor.

48 https://www.newscientist.com/letter/mg17623644-800-tesla-and-tunguska/.

49 http://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/1361474/Meteor-clue-to-end-of-Middle-East-civilisations.html.

1490 yılında Çin'de büyük bir göktaşı felaketinin gerçekleştiğine dair izler görüyoruz. Ming Hanedanlığının kayıtlarına göre on binlerce insanın öldüğü ve bugün "meteor yağmuru" olarak tanımladığımız olay, Tunguska gibi atmosferde infilak eden ve görece küçük parçaların (meteorit) insan yerleşimlerinin olduğu geniş bir alana yayılarak önemli bir yıkım yaratmasıyla meydana gelmiştir.[50]

Yirminci yüzyılın başlarında yerbilimciler, meteorların infilakından geriye kalan meteoritlerin varlığından haberdardı. Hatta bu tuhaf kayaların dünyaya ait olamayacağından emindiler. Ancak bundan daha fazlasına sahip değildiler. Ta ki *Barringer Krateri* keşfedilene kadar.

Yaşam için en büyük tehdit

Yer Arizona, Amerika... 50 bin yıl öncesi... Yaklaşık 90 metre çaplı bir göktaşı atmosferi yenmeyi başararak yere ulaşıyor ve 1,2 km çaplı Barringer Kraterini yaratıyor. Yerbilimciler 50 bin yıl sonra olay yerine gelip soruşturma başlatıyor. Önce enteresan kaya tiplerinin varlığına şahit oluyorlar. Bunlar dar bir alanda oluşmuş çökel (tortul) kayalar. Daha sonra Barringer Kraterine benzer kraterler bulunuyor. Ve bu çökel tabakalar arasında enteresan bir bölüm keşfediliyor: bolca zenginleşmiş iridyum içeren seviyeler. Yerkabuğundaki ortalama bileşiminin çok çok üstünde zenginleşme gösteren ve bu tabakanın yer kökenli olamayacağını düşündüren bir seviye bu.

Yetmişlerin sonunda Meksika'nın Yucatán Yarımadasında petrol arayan Pemex firması, Antonio Camargo ve Glen Penfield adlı iki jeofizikçiyi petrol sondajı için görevlendirmişti. Penfield muhtemel sondaj konumlarını saptıyordu. Yaptığı çalışmalar sırasında sualtında 70 km çapında yay

50 K. Yau *ve diğerleri*, "Meteorite falls in China and some related human casualty events," *Meteoritics*, 1994, sayı: 29, s. 864-871.

şekilli dev bir sualtı havzasının varlığına ulaştı. Ardından yıllar önce yine şirketin yaptığı ve gizlilik ilkesi nedeniyle yayımlanmamış olan *gravite* (yerçekimi) haritasını aldı ve yarımadanın üzerinde de sualtı yayının devamının var olduğunu gördü ve bu yayları birleştirerek yaklaşık 180 km çapında, merkezi Chicxulub köyüne denk düşen dev bir çembere ulaştı. Pemex şirketi verilerin yayımlanmasına sıcak bakmadı ve Penfield'a izin vermedi. Veriler, şirket yetkilisi Camargo tarafından, 1981 yılında, katılımı düşük bir konferansta sunuldu. Bilim insanları tarafından fazlaca kurgusal bulundu ve beklenen etkiyi yaratmadı. Penfield sadece jeofiziksel veri setiyle fazla iddialı bulunmuştu ve elinde herhangi bir kaya örneği bulunmuyordu.

Aynı yıl Penfield'ın bulgularından habersiz Walter Alvarez (Nobelli fizikçi Luis Alvarez'in oğlu) ve çalışma arkadaşları, yaklaşık 65 milyon yıl yaşında bir tabakanın neredeyse tüm Dünya'ya yayılmış olduğunu, normalden 20 ila 160 kat daha fazla iridyum içerdiğini ve bununla dünya dışı dev kütlelerin jeolojik geçmişte dünyayı sarsmış olması ihtimalinin yüksek olduğunu savundu. Alan R. Hildebrand ve William Boynton da çalışmalarıyla katkı sağlayıp çok yüksek basınçlarda durağan olan *stişovit* (kuvars mineralinin şok basınç altında gelişen türü) minerali ve çok ani bir ısınmanın yarattığı camsı özellikteki *tektit* kayasını içeren iridyumca zengin yeşil kil tabakalarının çarpma kraterleri için önemli bir delil olabileceğini ortaya attılar. Her geçen yıl bölge ve çevresiyle ilgili enteresan veriler elde edildi. Çok kalın kaba taneli çökel kayaların belli bir yerden taşındığı ve böyle bir şeyin mümkün olabilmesi için ancak devasa tsunami dalgalarının oluşmuş olması gerektiğine yönelik teoriler de ortaya atıldı.

Tüm yapboz parçaları yerine otururken nihayet 1990 yılında Hildebrand, Penfield'ın çalışmalarından haber-

dar oldu ve Penfield, Pemex firmasını bu kez ikna ederek iki adet *kuyu logu*nu (silindirik yapıda uzun-derin sondaj örnekleri) incelemesi için Hildebrand'a yolladı. Kısa bir incelemenin ardından Hilderand şok basınç (*metamorfizma*) izlerini (stişovit ve tektitin varlığı) gördü ve kaya örneklerinin tipik bir çarpma kraterine işaret ettiğini belirtip söz konusu bulguları bir yıl sonra bilim dünyasına sundular. Böylece *Chicxulub Krateri* o zamana kadar bilinen en büyük çarpma krateri olarak tarihe geçti.

Uydu görüntüleme teknolojilerinin yüksek çözünürlüklü *topografya* (engebe, yükselti) fotoğraflarını elde etme kabiliyeti arttıkça yeni veriler elde edildi. 1996 yılında bilim insanları yeni uydu görüntüleriyle Penfield'ın bulgularını test etme imkânı buldu ve söz konusu çemberin meteor çarpması sırasında çöken 180 km çapında dev bir çöküntü alanı olduğunu doğruladılar.

İşin bundan sonrası hesaplara kalıyordu. NASA'nın tahminlerine göre söz konusu meteor 10 km çapında dev bir yok ediciydi. Çarpma sırasında ortaya çıkan enerji, bilinen en büyük patlama olan ve 240 gigaton TNT büyüklüğünde enerji açığa çıkaran La Garita Kalderasıyla (volkanı) karşılaştırıldığında bundan 400 kat daha güçlü bir patlama olduğu ve ortaya çıkan enerjinin yaklaşık olarak $4{,}2 \times 10^{23}$ jul gibi muazzam bir değerde olduğu hesaplandı.

Günümüzde meteor çarpmalarıyla ilgili sağlam bir bilgi birikimine sahibiz. Gökbilimciler havaya bakıp gelecekten haber vermeye çalışırken, yerbilimcilerin gözü yerde, yani yerkürenin tecrübelerinde. Artık tüm kıtaların jeolojik geçmişte başına kötü bir tecrübe geldiğini biliyoruz. Bunların kimi ucuz atlatılırken kimi yerkürenin kaderini değiştirdi.

Göktaşı çarpmalarının fiziği ve jeolojisi üzerine uzun uzun lafladıktan sonra sıra asıl soruda: Dev meteor çarpma-

larına Dünya nasıl tepki verdi? Fosil kayıtları canlı çeşitliliğinde belirgin değişimler olduğu, tür sayısında büyük anomaliler gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. Jeolojik zaman tablosu da genel olarak çağ ve devir gibi katları birbirinden ayırmak için bu ani değişimleri kullanır. Tür çeşitliliğindeki ani değişimlerin nedenlerini araştıran bilim insanları birkaç konu üzerinde uzlaşmış gibi görünüyor. Tarihin gördüğü en büyük beş yok oluş vakasından Permiyen yok oluşunda (yaklaşık 250 milyon yıl önce) denizel canlıların %90'ı yok olmuş, ekosistem sert bir değişime zorlanmıştır. Diğer önemli yok oluş (nesil tükenmesi) vakası ise *K-T Sınırı* olarak da bilinen Kretase-Tersiyer (66 milyon yıl önce) yok oluşudur. K-T sınırında hayvan ve bitkilerin %75'i yok olmuştur! K-T sınırıyla ilgili Dünya genelinde sıra dışı bir jeolojik oluşum gözlenmektedir. Karasal ve denizel kayalar içinde iridyumca zengin bir kil tabakası bulunmaktadır. Bu tabaka 66 milyon yıl yaşındadır ve uzantısı Yucatán Yarımadasındadır!

Fosil kayıtları, 66 milyon yıl önce gerçekleşen kıyametin muazzam boyutlarını gözler önüne serer. Karanın devleri dinozorlar, denizin devleri mosasaurlar başta olmak üzere, birçok kara ve deniz canlısı bir daha görülmemek üzere tarih sahnesinden silinmiştir. Bu yok oluşlar sadece birkaç bin yıl içinde gerçekleşmiştir, ki bu süre yerbilimi açısından son derece kısa bir zaman aralığıdır. Dolayısıyla bu sonuçlar çok ani ve yıkıcı bir değişimin varlığını zorunlu kılar. Ani değişime neden olabilecek ve önceki bulgularla da desteklenen en güçlü hipotez meteor çarpması modelidir. Buna göre çarpmanın hemen ardından:

- Dev küresel deprem fırtınası başladı.
- Yerküre tarihinin en büyük megatsunamilerinden biri oluştu.
- Süper-sıcaklıktaki toz ve kül atmosferde yükselmeye başladı.

- Ani CO_2 üretimi dünyanın çok hızlı bir şekilde sera etkisine girmesine neden oldu.
- Volkanlar püskürmeye başladı. Özellikle Hindistan'daki Deccan volkanları 1-2 milyon yıl boyunca devasa magmatik malzemeyi yeryüzüne taşıdı.
- Volkanik aktiviteler de sera etkisine girilmesini kolaylaştırdı.
- Toz ve parçalar dünya yüzeyini en azından 10 yıl boyunca örttü ve canlı yaşamını tehdit etti.
- Uzun bir süre boyunca güneş ışınları atmosferdeki toz partiküllerince engellenerek yeryüzünde ani bir soğumaya neden oldu.
- Güneş ışınlarının yeryüzüne ulaşamaması fotosentezi askıya aldı ve bu olay tüm ekosistemi etkiledi.
- Fotosentezin sekteye uğraması, oksijen ihtiyacı yüksek olan iri cüsseli yaratıklarda daha büyük bir etkiye neden oldu.



Şekil 16. Yapay zekânın (OpenAI) gözünden dev meteorun Dünya'ya çarpıp dinozorları tarih sahnesinden silmesi.

Transparan canlılar ve korku

Meteor, Meksika Körfezine çarptığı sırada 10 bin km uzakta, İzmir, Kordon'da kahvemizi yudumladığımızı var sayalım. Imperial College London ve Purdue Üniversitesinin hazırladığı meteor çarpma simülatörüne göre çarpma olduktan sonra haberi İzmir'e getirecek olan olay 33 dakika sonra gerçekleşecek yaklaşık 10 şiddetindeki bir deprem![51] Hayatta kaldık diyelim. Çarpmadan yaklaşık 8,5 saat sonra bu defa şok dalgası ulaşacak ve henüz kırılmamış tüm camları indirecek. Aynı şok dalgası Atlantik Okyanusunun diğer tarafında Portekiz'de ağaçların neredeyse yarısını halı gibi yere serdi bile... Yine hayatta kaldık diyelim, bu kez 198 saat sonra yaklaşık yarım metreyi bulan cılız bir tsunami dalgası İzmir'e ulaşacak. Dikkatinizi çekiyorum bu saydığım olaylar çarpmadan 10 bin km uzaklıkta gerçekleşen olaylar. Peki ya direkt Kordon'a düşse meteor, ne olurdu? Çarptıktan sonra ne olacağı belli ama asteroid atmosfere girdiğinde o kadar kuvvetli bir ışıma olacak ki çevrenizde bulunan herkesin canlı röntgenlerini görüyor olacaksınız büyük ihtimalle. Herkes iskeletiyle ortada olacak ve tabii dehşetle. Elbette teoride böyle. Sonrası daha acı. Tamamen değişen bir iklim ve milyonlarca, belki de milyarca can kaybı. Belki de medeniyetin yok oluşu. Yüzlerce yıl geriye gitmek...

Yüksek dozda kıyamet senaryolarının ardında tuhaf bir ikilem de var. Yaşanan gerçekten saf bir yok oluş muydu? Bu tür ani yok oluşlar evrimin gidişatını tamamen değiştirebilecek kadar güçlü olaylardır. Örneğin dinozorlar yaklaşık 150 milyon yıl boyunca Dünya'ya hükmederken karaların yegâne hâkimi konumundaydılar. Denizdeki devler için de aynı şey geçerliydi. K-T sınırı, uzun süredir dünyayı yöneten seçkinlerin hâkimiyetlerine zorla son

51 https://impact.ese.ic.ac.uk/ImpactEarth/ImpactEffects/.

verip yerine daha basit ve mütevazı bir yaşama adapte olmuş türleri öne çıkardı. Dev yırtıcıların terki diyar eylemesiyle Dünya bambaşka bir yere büründü. Meteordan sonraki çağın hanedanları, Dünya'yı sürüngenlerden daha farklı yöntemlerle ve onlardan çok daha baskın bir şekilde yöneten memeliler oldu. Meteor, türümüz ve diğer memeliler için gerçek bir milattı.

Başımıza daş yağar mı?

Discover dergisi 2000 yılında dünyada yaşamı yok edebilecek bir tehditler listesi yayımladı. Listenin bir numarasında muhtemel bir göktaşı çarpması yer aldı. Gerçekten bu kadar büyük bir tehdit var mı peki?

Bu konuda biraz ihtiyatlı yaklaşmakta fayda var. Kayıtlı tarihin en büyük göktaşı olayları listesinin zirvesinde yer alan Tunguska olayı, ciddi bir rakip için 105 yıl beklemek zorunda kaldı. 15 Şubat 2013 tarihinde, yine Rusya hava sahasında, bir göktaşı patlaması gerçekleşti. Tahminlere göre 15 metre çapındaki meteor,[52] 18 metre/saniye hızla, yerden 15-25 km yükseklikte infilak etti. [53]Patlamanın ortaya çıkardığı enerji 2,1 PJ (petajul: 10^{15} jul) yani Hiroşima'ya atılan atom bombasının 20-30 katı kadar güçlüydü. Bu rakamlar onu Tunguska'nın ardından "kayıtlı tarihte yaşanmış en büyük ikinci göktaşı olayı" yaptı. Hollywood filmlerinde Amerika'ya düşerken gerçek hayatta Rusya'ya düşüyor.

Daha geriye gidersek, 15. yüzyılda Çin'de meydana gelen göktaşı olayıyla karşılaşıyoruz. Yani 600 yıl içinde, en büyükler listesine girebilecek üç göktaşı olayımız var ve

52 https://www.discovermagazine.com/the-sciences/chelyabinsk-meteor-equaled-nearly-30-hiroshima-bombs.

53 http://en.wikipedia.org/wiki/2013_Russian_meteor_event.

bunlar türümüz için çok büyük tehdit değiller. Türümüzü yok edecek denli büyük göktaşı olayları için milyonlarca yıllık bir periyoda ihtiyacımız var gibi görünüyor. Yaşamı tehdit edebilecek büyüklükteki göktaşı olaylarını da bir sıralayalım burada isterseniz:

- Chesapeake Bay Krateri, Amerika, 35 milyon yıl önce
- Popigai Krateri, Rusya, 35,7 milyon yıl önce
- Chicxulub Krateri, Meksika, 65 milyon yıl önce
- Kara Krateri, Rusya, 70 milyon yıl önce
- Morokweng Krateri, Güney Afrika, 145 milyon yıl önce
- Manicouagan Krateri, Kanada, 215 milyon yıl önce
- Woodleigh Krateri, Avustralya, 364 milyon yıl önce
- Acraman Krateri, Avustralya, 580 milyon yıl önce
- Sudbury Baseni, Kanada, 1,8 milyar yıl önce
- Vredefort Krateri, Güney Afrika, 2 milyar yıl önce

Listeye bakarak bir iyi, bir de kötü haber verebilirim. İyiyle başlayalım: En yakın çarpma periyodu insanlığın (*Homo sapiens*'in) yaşının üç katı kadar. Genelde milyonlarca yıllık bir periyod gözleniyor. Kötü habere gelince, bildiğimiz ve gözlemlediğimiz kadarıyla en son 35 milyon yıl önce medeniyetimizi sonlandırabilecek büyüklükte bir göktaşı olayı yaşanmış, yani istatistiksel olarak artan bir ihtimal söz konusu.

İyi-kötü haber silsilesine bir yenisini daha ekleyelim. Bu sefer kötüden başlayalım: Bu liste sadece tespit edebildiklerimizden oluşmakta ve jeoloji haritalamaları tamamlanmamış alanlar göz önüne alındığında, jeolojinin Dünya'nın sadece üçte birine tam olarak vâkıf olması. İyi haberse, dev göktaşlarının tüm sistemi altüst etmesine rağmen yaşamı taşıyan dinamiklerin inatla ayakta kalmayı başarıyor olması. Bu mükemmel sistem, en kötü senaryoda bile inanılmaz çözümler üretip başkaldırıda bulunuyor ve yaşamın devamlılığı için savaşıyor. Şunu da

unutmamak gerekir ki, fosil kayıtları bu tarz yıkıcı olayların daima en karmaşık canlıları hedef aldığını gösteriyor. Anlaşılan, komplekslik sadece içinde yaşanılan koşullar için geçerli, sistemdeki ani değişim basitliğin avantajına işliyor gibi görünüyor.

Dev bir göktaşı medeniyetimizi sonlandırmak için yeterli olsa da yeryüzündeki hayatı silmesi düşük bir ihtimal; en azından şimdiye dek, hayatın başladığına inanılan 3 milyar yılda bunu başaramadı. Tüm sistem, "Yaşam devam edecek!" emrine boyun eğdi ve eğmeye devam edecek gibi görünüyor. Direnerek bitirelim:

Gelsin, hayat bildiği gibi gelsin
İşimiz bu, yaşamak
Unuttum bildiğimi doğarken
Umudum, ölmeden hatırlamak

Bölüm önerileri:

- *Earth: The Power of the Planet* – BBC, Iain Stewart (2007)
- *Earth Story* – BBC (1998)
- *How the Earth Was Made* – History Channel (2009)
- *Rise of the Continents* – BBC, Iain Stewart (2013)
- *Fire of Love* (Tehlikeli Ateş) (2022)
- *İnsan Düşüncesinde Yerküre* (Thinking About the Earth) – David Oldroyd (1996)
- *99 Sayfada İstanbul Depremi* – Ali Mehmet Celâl Şengör (2006)
- *Krakatoa: The Day the World Exploded* – Simon Winchester (2003)
- *Genel Jeoloji: Temel Kavramlar* – Lutgens Tarbuck Tasa (ed. Cahit Helvacı) (2021)

4. CANLILARIN İNŞASI

En iyi olan kazansın!

Hayvanlar, varlıklarını sürdürebilmek, yiyecek bulmak, başkası tarafından yenmemek ve çoğalmak için sürekli bir savaş içindedir. Çevresel etkiler, hayvanları, yaşamlarını sürdürebilmek için yeni özellikler geliştirmeye zorlar ve böylece yeni türler ortaya çıkar. Yavrulama fırsatı bulanlar bu başarılı özelliklerini daha sonraki nesle aktarırlar.

Bağcılar'da bir pide salonu... Müdavimi olduğum yerlerden biri ve arabesk yayın yapan kanalın açık olduğu TV'nin altındaki masama oturup kavurmalı-kaşarlı pide söylüyorum her zamanki gibi. Pide, üzerindeki parlak yağ tabakasıyla "Ben geldim!" diyor. Kavurmalara bakıyorum ve bir şey dikkatimi çekiyor: Kavurmada neredeyse et yok! Et/yağ oranı hak getire! Bayağı kaşarlı, yağlı pide yiyorum. Fiyatını soruyorum, makul bir cevap geliyor, fazla bir zam gelmemiş, enflasyonu düştüğümüzde hiç gelmemiş diyebiliriz rahatlıkla. Pide salonu sahibi, kitleyi kaybetmemek adına bir çözüm bulmuş: kaliteyi düşürmek pahasına fiyatın artmasına engel olmak. Bu vatandaşın aldığı pozisyona *adaptasyon* diyebiliriz. Zira çevre koşulları değişti (enflasyon) ve buna uyum sağlayamazsa müşteri kaybedecek, tabii bu durumda giderleri karşılayamayacak hale gelecek. Tıpkı dev firmaların lezzeti ve fiyatı sabit tutma çabasında gramajları düşürmesi, porsiyonları küçültmesi gibi bir uyum çabası bu.

Bu anlatılan olay vahşi doğada da işliyor. Doğada çevre şartları değiştiğinde bu değişime en iyi uyum sağlayanlar, ayak uyduranlar hayatta kalmak gibi büyük bir lütufla ödüllendiriliyor. Dinozorların hazin hikâyesine bakalım: Bu satırlar yazıldığında, *Nyasasaurus parringtoni* türü dinozorlar keşfedilmiş en eski dino türleriydi, ta 243 milyon yıl önceye gidiyor bu fosiller. O zamandan sonra hangi dinozorlar geldi, hangi dinozorlar geçti, dinozor ailesi büyüdükçe büyüdü. Gezegende yüz milyonlarca yıl boyunca hanedanlık kurdular. Arada çürük elmalar sepetten atıldı ve yerlerine daha iyi uyum sağlayanlar kaldı. Ta ki, yaklaşık 66 milyon yıl öncesine, gezegenin son kıyametine kadar...

Patagonya'nın geniş düzlüğünde gaz çıkara çıkara yürüyen 25 metre uzunluğundaki *Austroposeidon magnificus*'un, birazdan gökyüzünde belirecek, yaklaşık 7,5 trilyon kilometre uzaklıktan gelen Azrail'den haberi yoktu. Bünyesinde yaklaşık 100 milyar kadar kuyrukluyıldız bulunduran Oort Bulutundan geldiği düşünülen bu dinozor katili, Güneş Sisteminin, hadi Plutonculara kırmayalım, Pluton'un da çok çok ötesinden gelen bir kuyrukluyıldız ya da parçası, kısaca dev bir asteroid! Bu kuyrukluyıldızların 250 ila 730 milyon yılda bir gezegenimize çarptığı tahmin ediliyor. Bu arada yeri gelmişken olası bir yanlış anlamayı giderelim, *kuyrukluyıldız* adlandırması biraz problemli, zira yıldızlarla uzaktan yakından alakası yok bu gökcisimlerinin! Çoğunlukla buzla kaplı ve Güneş'e yaklaştıkça dıştan erimeye başlayan, bu nedenle de arkasında kuyruk gibi erimiş buz ve sudan oluşan bir yapıya sahip asteroidler bunlar. Kuyrukluyıldızlar, genellikle sistemin ağır abisi Güneş'e yakın yörüngelerde olmak ister, ancak Jüpiter bu yörüngeye muhalefet edebilir. Dev kütlesiyle yakınından geçen her şeyi içeri buyur etmesiyle, çekiciliğiyle ünlü gezegenimizdir Jüpiter ve bizi ola-

sı asteroid çarpmalarından en çok koruyan gezegendir. Jüpiter aynı zamanda Mars'la arasında bulunan asteroit kuşağının da orada olma sebebidir. Zira dev Jüpiter'in çekim gücü olmasaydı, Mars'la arasında bu gezegenimsiler yerine başka bir gezegen olacaktı.

Jüpiter bu kez hesabı yanlış yapmış ve Güneş'e yaklaşmak isteyen bu kuyrukluyıldızı yolundan saptırarak bize doğru gelmesine neden olmuş olabilir. Harvard Üniversitesinden Amir Siraj ve Abraham Loeb isimli araştırmacıların yaptığı yeni bir çalışma işte tam olarak bu teoriyi savunuyor.[54]

Gezegenin kaderinin değiştiği andan bahsediyoruz. "Jüpiter nire, Meksika Körfezi nire?" demeden önce şu tanıma bakalım: Bir sistemin başlangıç verilerindeki küçük değişiklikler büyük ve öngörülemez sonuçlar doğurabilir. Kelebeğin kanat çırpmasının büyük rüzgârları tetikleyebileceği benzetmesini yapmıştır Edward N. Lorenz. Bu çılgın kaotik olay, *Kelebek Etkisi* olarak günlük konuşmalarımızda bile kullandığımız fenomendir. Asteoridin, Dünya'ya yöneldikten sonrası malum...

"Ne yani, nefes almak da mı suç şimdi?!" Yeni dünyanın yeni atmosferinde, Amerika kıtası dışındaki dinozorların ölüm nedeni sadece nefes almaktı! Sıcaklıklar değişmiş, karbondioksit gibi zehirli gazlar tehlikeli düzeylere ulaşmıştı. Çok büyüklerdi ve bu büyüklük aşırı enerji gereksinimi demekti. Olası bir benzin kıtlığını düşünelim. 0,9 litre hacimli bir Renault Clio mu daha çok etkilenir, yoksa benzini su gibi içen, büyük hacimli V8 motora sahip, güçlü ve yüksek performanslı bir Ford Mustang mı? İşte bu yüzden, iyi günlerde Dünya'dan tükettiğin kadarını kötü günlerde bedel olarak verir ve tüketilirsin (güzel laf, yaz

54 A. Siraj ve A. Loeb, "Breakup of a long-period comet as the origin of the dinosaur extinction," *Scientific Reports*, sayı: 11, 2021.

bunu da). Tam olarak bu yüzden, doğadan daha az talepkâr olan 25 kilogramın altındaki bazı memeliler, kuşlar, küçük sürüngenler, balıklar ve amfibiler hayatta kalmayı başarmışlardı bu "yeniden başlatma" (*resetleme*) sırasında. Ve günümüze kadar ulaştı bu yaratıkların torunları...

"Mağrur olma (gururlanma) padişahım, senden büyük Allah var!" der gibi bakıyor ufak bir memeli, akrabalarını öğle yemeği yapan dev T-Rex'e. Düşünsenize, milyonlarca yıldır atalarınıza azap çektirmiş dinozorlar sisli, puslu birkaç yılın ardından ortadan kayboluyor. Tam olarak yok da olmuyorlar, devasa cesetleri, mağaralardan çıkan etçiller tarafından yenmeyi bekliyor! "T-bone steak" mi dersin, antrikot mu? Ne ziyafet ama! İşte bu ziyafetin nedeni dinozorların yeni dünyaya uyum sağlayamadan hızlı bir şekilde yok olmalarıydı. Doğanın keskin kılıcı bu kez tarihte yaşamış en muhteşem avcıların boynunu vurmuştu. Tekrar hatırlatmakta fayda var, dinozorlar yok olsa da onlardan türediği düşünülen kuşlar hâlâ aramızda!

Şimdi 66 milyon yıl öncesi Meksika Körfezinden günümüz Bağcılarına dönelim. Söz konusu pidecinin karşısında bir cep telefonu mağazası vardı. Yıllarca birbirlerine komşuluk ettiler. Ancak ekonomik sıkıntılar, Türk lirasındaki değer kaybı özellikle ithal ürünleri lüks kıldı. Bağcılar gibi gelir düzeyi çok yüksek olmayan yerler için Apple telefonlar fazlasıyla lüks hale geldi. Ve telefoncu çareyi yerini ucuz bir baklavacıya bırakarak gitmekte buldu, yani yok oldu sahneden! Peki baklavacı sadece işletmeyi açarak nihai bir başarıya ulaştı mı? Hayır! Alım gücü azaldıkça yeni bir adaptasyon zorunlu hale geldi: *Akşam 7'den sonra tüm tatlı ürünlerinde %50 indirim*! Bu satırlar yazılırken baklavacı hâlâ ayakta ama telefoncu artık eski fotoğraf ve videolarda yaşıyor, bir nevi fosil kayıtlarında yeri var. Özetle, doğal ayıklanma sanılanın aksine

sadece vahşi doğada değil, milyarlarca dolarlık bir şirketin yönetiminden Sirkeci'de simit satan amcaya kadar her yerde etkin olan "mantıksal bir işleyiştir."

Peki her adaptasyon her yerde çalışır mı? Mesela pideci, fiyatı sabit tutma pahasına kavurmadaki yağ oranını artırmayı Bağcılar'da değil de Bebek'te yapmış olsa ne olurdu? Birkaç ay içinde kapatmak zorunda kalabilirdi. Zira alım gücü yükseldikçe kalite talebinin de artması beklenir. Bu talep karşılanmazsa, talebi karşılayacak biri arzıendam eder. Ford Mustang ile motosiklet motoru takılmış A sınıfı minik araçla ilgili benzetmeyi hatırlayalım. Hem vergi yükü hem de yüksek yakıt tüketimiyle *muscle car*ları trafikte daha az görmek olası. Diğer taraftan, minik motorlu araçları her yerde görüyoruz artık. Ek olarak, öncü otomobil firmaları, geç de olsa büyük hacimli motorları daha çevreci hale dönüştürmek amacıyla ya küçülttüler ya da elektriğe dönüştürdüler. İşte bu da değişime ayak uydurmak amacıyla yapılan adaptasyonların doğurduğu faydaya örnek olarak verilebilir.

Otomotiv sektöründeki insan odaklı *yapay* seçilimden bahsederken Tesla'ya değinmeden geçmeyelim. Tesla'yı anlamak için de doğaya bakalım, biraz geçmişe, yaklaşık 550 milyon yıl önceye, *Kambriyen* dönemine gidelim. İskelet yapılarının gözlenmeye başladığı ve böylece anatomilerini daha iyi anladığımız türlerin fosil kayıtlarında belirdiği döneme yani. Öncesinde salyangoz gibi yumuşak dokuya sahip türlerin daha zor iz bıraktığını ve *Kambriyen Patlaması*yla birlikte organik, sert yapıların ortaya çıkmasıyla daha iyi anladığımız fosiller görmeye başlıyoruz. İşin tuhaf tarafı, neredeyse eşzamanlı bir *inovasyon* gerçekleşiyor ve bazı türler çeşitli silahlarla donanırken, diğerleri de savunma mekanizmaları sergiliyor! Yani ortalıkta henüz elle tutulur bir elektrikli araç yokken vizyon sahibi bir vatandaş harika

bir öngörüyle %100 elektrikli araç üretmeye başlıyor! Çünkü gezegenin iklimi değişiyor ve fosil yakıtları bu konuda en büyük sorumlulardan biri. Ayrıca bu *hidrokarbonlar* (petrol ve türevleri) sınırsız değil, yani gün gelip tüm petrolü tüketeceğiz. O halde bize üretebileceğimiz ve görece daha temiz bir yakıt gerekli. İşte bu silahın adı elektrikli otomobiller! Üstelik bu silaha karşı koyacak savunma mekanizması da yok ortalıkta, büyük bir sıçrama bu! Böyle olunca da Tesla bir roket gibi değerleniyor ve günümüzün en değerli otomobil markaları listesinde diğerlerini tek tek altına alıyor (umarız TOGG da uluslararası platformda başarılı olur). Öyle ki onlarca yıl pazara yön veren Toyota, Daimler (Mercedes), Volkswagen, Honda gibi büyük üreticilerin toplam piyasa değerinden daha değerli duruma geliyor Tesla. İşte seçilimin üretim sektöründeki rolüne yönelik bir benzetme. Değişime ayak uydurmak değil, değişimi öngörmek de önemli yani. Hatta bunu başaran, değişimin kendisine yön verme fırsatına da sahip olabilir. Elbette Tesla'nın da öngöremediği değişimler yakın gelecekte firmayı batırabilir. Yani süreç durmaksızın devam ederken yönü değişebilir, yeni bir adaptasyon gerektirebilir.

Hadi doğaya geri dönelim. Petrolün zaman içinde bitecek olması ve çevreye verdiği zarara *çevre koşullarındaki değişim* diyebiliriz. Doğada bu değişim alttan, üstten ve içten olmak üzere üç ayrı yerden gelebilir. Bu sınıflamada, dinozorların yok olmasına neden olan asteroid çarpması (üstten), yoğun volkanik faaliyet (alttan magma ve üstten piroklastik akma ve yağma) ve iklim değişikliği (üstten) olarak sınıflayabiliriz. Üstten gelen değişimleri iç (atmosfer, iklim) ve dış mihraklar (asteroid) olarak ikiye ayırmak da mümkün. Peki içten gelen değişim ne? Tür ya da türler arasında etkin olabilecek virütik ya da bakteriyel tehditler. Malumunuz veba, İspanyol gribi ve COVID-19 salgınları insan nüfusun-

da önemli kıyımlara neden oldu. Ayıklanma mekanizmasının bağışıklık sistemi iyi durumda olmayanları (ve maalesef aşılara ulaşamayanları) elemesi, bu içten değişimler sonucu oluşmakta. Yani doğal seçilimin insan üzerinde işlemediğini iddia etmek çılgınlıktan öte bir şey! Aynı şey virüsler için de geçerli tabii. Virüsün sürekli yeni varyasyonlarıyla karşımıza çıkması da insanın doğal seçilim sürecinde, seçilim baskısı denilen etkiyi oluşturmaktadır. Yani sınırsız değişkenlikte olan doğada (ve evrende) canlılar içinde de büyük ya da küçük değişimlerin olması kaçınılmazdır.

Çevre koşullarındaki değişimi açalım biraz daha. Doğa tarihi boyunca tüm kitlesel yok oluşlarda neredeyse ortak bir özellik görmek mümkün: iklim değişikliği. Zira iklim küresel çapta bir etkiye sahip. Küresel sıcaklıklardaki ufak değişimler bile Dünya ismini verdiğimiz bu dev fanusun içinde yaşayan canlıları etkiler; kimini fazla kimini az, kimini olumsuz kimini olumlu etkiler. Ancak iklim değişikliği tek başına değildir çoğu zaman, alttan gelen yakın bir dostu ona eşlik eder uzun vadede: levha tektoniği. Peki levha hareketleri doğal ayıklanmayı nasıl göreve çağırır, türleri nasıl değiştirebilir? Daha önce *Açık Bilim* için yazdığım bir makaleden alıntı yaparak açıklayalım:

A hayvanı hızlı koşan, görüş mesafesi yüksek bir avcıdır. Ağaçlara tırmanamaz, avını hızıyla yakalar. Pusu kurmayı bilmez.

B hayvanı hızlı koşamayan, görüş mesafesi düşük bir avcıdır. Ağaçlara tırmanma ve pusu kurma yeteneğine sahiptir.

C hayvanı hızlı koşan, algıları gelişmiş bir otçuldur. Kısa bitki örtüsüne adapte olmuş ve hayatta kalmayı tamamen hızlı koşmasına izin verecek alanlara borçludur.

Ortam 1: Günümüzdeki Afrika gibi geniş düzlüklere sahip, ağaç örtüsü olmayan bir coğrafya.

Soru: Kim, nasıl hayatta kalır?

A hayvanı, C hayvanının varlığına ve yeterliliğine bağlı olarak doğal ayıklanma tarafından seçilecektir.

C hayvanı, hızlı koşma yeteneğinin ilerlemesi ve gelişmiş algıları sayesinde hayatta kalacaktır.

B hayvanın hayatta kalma ihtimali, A ve C hayvanının başarısızlığıyla doğru orantılı olacaktır.

Ortam 2: Bu senaryoda levha tektoniği, kıtaları doğu-batı olmak üzere ayırır. Doğu, aynı nitelikte devam etmektedir. Ancak batıya giden parça günümüzde yağmur ormanlarına benzer sık bitki örtüsüne sahip, koşma, ivmelenme ve görüş alanının çok az olduğu bir ortama bürünür. Şimdi işler değişmiştir.

A hayvanı artık hızlı koşacak alan bulamaz, ağaca tırmanmayı ve pusu kurmayı bilmediği için muhtemelen doğal ayıklanma bu türün neslini azaltacak ya da uzun vadede sahneden kaldıracaktır.

B hayvanı yeteneklerini daha iyi sergileyebileceği ve diğerlerine oranla daha hızlı uyum sağlayabileceği bir ortamda olduğundan başarılı olacaktır. Afrika'daki hızı burası için yeterlidir. Ağaçların arasında rahatlıkla saklanarak avlanabilir. Doğal ayıklanma emreder; çoğal hadi!

C hayvanı için çok hüzünlü bir ortamdır burası. Bu yeni ortamın yemeklerini beğenmez, "Ben hesabı ödemeden kaçıyorum!" da diyemez çünkü koşabileceği bir alan yoktur. B hayvanı dişlerini bilemiştir, artık daha değerlidir ne de olsa... Özetle, acıklı hikâyenin gösterdiği üzere, levha tektoniği dünyayı biçimlendirdiği gibi yaşamın biçimlenmesinde de önemli görevler üstlenmiştir.

Geç bu teorik olayları, benzetmeleri! Var mı gözlemlenebilen bir doğal seçilim örneği, bundan bahset! Tabii, hemen. En bilinen örneği, Wikipedia'dan bile ulaşabileceğiniz, endüstriyel melanizmden bahsedelim. Endüstri devrimiyle birlikte İngiltere'de kükürt dioksit gazı baca-

lardan atmosfere sızmaya başladı. Tabii o zamanlar baca filtreleri hak getire. Bu gaz, endüstriyel kirliliğe neden olarak yakın çevredeki likenleri öldürerek ağaçları kurumla kapladı. Kirliliğin olduğu yerlerde ağaçlara konan farklı desenli kelebeklerden koyu olanların sayılarının arttığı, daha uzak alanlarda ise açık renkli kelebeklerin oluşturduğu popülasyonda (canlı topluluğunda) herhangi bir değişim olmadığı görüldü. Bunun nedeni ağaçların yeni koyu renginin açık renkli desenlere sahip kelebeklerin kamuflajı için uygun olmaması ve daha kolay yem olmalarından dolayıdır. Bu elenmeyle koyu pigmentli güvelerin oranı kirli bölgelerde bölgesel olarak artmıştır.

Madem İngiltere'ye gittik, dönmeden önce Darwin'in doğal seçilim fikrini oturtmasını sağlayan hayvan yetiştiriciliğine, yani kontrollü seçilime (*yapay seçilim*) bakalım. Özellikle de sadık dostlarımız kurtlara! Kurt mu dedim? Evet, kurt! Yaklaşık 14 bin yıl önceye kadar evcilleştirilmiş köpeklerin (*Canis lupus familiaris*) hiçbiri ortada yoktu![55] Tüm köpeklerin atası muhtemelen 100-12 bin yılları arasında yaşamış, günümüzde nesli tükenmiş bir gri kurt türüdür. Gri kurtların insanlarla kurmaya başladığı ilişkiler, evcilleştirilmeleri ve sonrasında gelen melezleştirmelerle günümüzdeki köpek cinslerini elde etmiş bulunuyoruz. Artık sadıklar, çünkü onları eğittik. Sadık olmanın avantajını yapay olarak seçtirdik, sadık bireyleri seçtik. Peki neden şimdiki dağ kurtları köpek olmuyor? Hepsinin köpek olması gerekmez mi? Gerekmez! Zira kurtlar doğal hayatlarını yaşamaya devam ediyor. Onları değişmeye sürükleyecek içsel (mutasyon) ya da dışsal (çevre koşulları) bir itki olmadığı sürece değişim ortaya çıkmaz (Özellikle de insan ömrü

55 J.M. Akey *ve diğerleri*," Tracking footprints of artificial selection in the dog genome," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2010, 107(3): 1160-1165.

gibi doğa ölçeğinde son derece kısa olan zaman diliminde). Milyonlarca yıldır değişmeden günümüze kadar gelen türler geniş aralıklı bir uyum spektrumuna sahip olduğundan "neredeyse" aynı kalırlar. Bu durum fosil kayıtlarında yüz milyonlarca yıldır belirgin olarak değişmeden kalan türler (köpekbalığı gibi) için de geçerlidir. Yani yağmur yağmadığından şemsiyeye ihtiyaç olmaz.

Mutant canavarlar nerede?

Doğal seçilimin işleyişini biraz anladıysak her geçişin aslında bir ara form olma potansiyelini gösterdiğini anlamak zor olmasa gerek. 2007 yılında piyasaya sürülen ilk iPhone ile 2023, hatta 2030 yılındaki iPhone arasında çok benzerlik göremezsiniz. Bir telefondan beklediğiniz düzeyde değişimler olacaktır. Boyu, ekranı, işlemcisi, *ram*'i, hafıza kapasitesi, kamerası ve sensörleri ilk versiyona göre son derece gelişmiştir. Ancak sadece ilk ve son ürünleri karşılaştırırsanız bunu bir sıçrama olarak görmeniz mümkündür. Oysa aradaki 15 yılda 24 farklı model üretildiğini öğrendiğinizde işin rengi değişir. Bir paleontolog edasıyla ilk modelleri incelemeye başladığınızda tasarım anlayışlarının birbirine olan benzerlikleri hemen göze çarpacaktır. Arada modellerde belirgin farklılıkların oluştuğu mikro sıçramaları da göreceksiniz elbette. Mesela bir anda tuşun kaybolduğu bir modele geçeceksiniz. Sonra ekrandaki çerçevenin giderek küçüldüğü modeller gelecek. Ekranın içinde gibi duran çentikli modeller takip edecek bunları. Ve en son sürüme yakın modellerin birbirine çok çok benzediğini, sadece arkadaki setüstü ocakları andıran kamera yerleşimlerinin farklı olduğunu göreceksiniz.

Şimdi bu benzetmede sorunlu olarak görülen ara geçiş formlarına bakalım. Evrim teorisine mesafeli olanlar ara formların eksikler barındıran sakat türler olması gerekti-

ğini düşünüyor. Burada çok temel bir hata var. Apple benzetmesine geri dönersek, işe yaramayan, kamerası bozuk ürünlerin fabrikadan tüketiciye ulaşması olası olmadığından ara geçiş formların işe yaramaması mümkün değildir! Yani ara formlar (türler) hayatta kalabilecek beceriye sahip olmalıdır ki diğer türe geçişe olanak versin. Zinciri kopmaz yani. Diğer taraftan, türün yok olmasına yol açabilecek zararlı mutasyonun neden olduğu değişimler oluşabilir. Ancak bunların türün gen havuzundaki değişim sürecinde, ara formlarının yalnızca bir zararlı mutasyonun doğurduğu sonuç olarak açıklanması doğru olmaz. Şu da öne sürülebilir: Kamera zart diye mükemmel hale gelmiş olsun. Bunu verimli kullanabileceğiniz donanım (işlemci-ram ve ekran) performansı olmadığı sürece kameradan fayda sağlamanız olası değil. Sürekli kayma ve gecikmeler istediğiniz kareyi yakalamanıza engel olacaktır. Böyle bir cihaz üretim bandından çıktıktan sonra tüketiciye ulaşır mı dersiniz? Apple'dan bağımsız olarak evet! Bazı markalar bu gibi dengesiz ve verimsiz telefonlar sürdü piyasaya ve çoğu artık yok. Serileri tükendi. Benzer şekilde doğadaki türleşme sürecinde de mutasyonun olumsuz sonuçlar doğurduğu (ki çoğunluğu olumsuzdur) bireyler hayatta kalamaz. Bu durumda çoğalamazlar da. Yani yok olurlar ve ara tür olmaları mümkün değildir. Geçiş formları da sağlıklı ve avantajlı türler olmalıdır. Elbette buna uygun olarak genlerini yavrularına aktarabilirler. Yani aradan seçebileceğimiz bir cihaz, hadi iPhone 6 olsun, efektif bir telefondur. Zamanının (2014 yılının) teknolojik gereksinimlerini barındırır. Bir önceki türe (iPhone 5) göre daha hızlı, daha büyük ve yüksek çözünürlüklü ekranlı, iki katı FPS (*frame per second*, saniye başına kare) desteği sunan daha iyi kameralı bir telefondur. Ama iPhone 14'e göre hâlâ ilkeldir. Önemli olan, bir önceki modele (türe) göre daha iyi olmasıdır. Aksi durumda satamaz ve firmayı

riske sokardı. Yani ara tür olarak başarılı olduğu için Apple, iPhone 6 satışından elde ettiği kârı yeni modeller için kullanabildi ve sonraki nesiller geldi. Nokia'nın kaderini yaşamadı mesela. 2000'lere damgasını vurmuş, adeta döneminin dinozorları kadar dünyayı domine etmiş bir markaydı ama artık piyasada payı yok Nokia'nın. Yine de bir dönem telefonların gelişimine yön vererek önemli bir görevi yerine getirdi. Geçmiş ile gelecek arasında bir köprü oldu, geçiş rolünü üstlendi. Tıpkı dinozorların da sürüngenler ile kuşlar arasında geçiş rolünü üstlenmesi gibi.

Şimdi tüm benzetme sürecini yıkıma uğratabilecek bir itiraz gelecektir: Telefonlar akıllı tasarımcı ve mühendisler tarafından ileri teknoloji cihazlarla belli amaçlar üzerine üretiliyor. Elbette geçişleri izlenebilir. Bu itiraz haklı gibi görünse de, doğada da işleyen bir mantık olduğunu anlayamayanların itirazlarıdır. Tamamen tesadüflerle ilerlemez süreç. Örneğin kuzey kutup dairesi, henüz tam olarak buzla kaplanmadan önce koyu renkli ayıların da mekânıydı buralar. Buzullaşmayla bu koyu renkli ayılar her yerden görünür oldular. Haliyle avlanmak zorlaştı, zira avlar için bembeyaz ortamda koyu renkli bir avcıdan kaçmak, araya mesafe bırakmak kolaylaştı. Süreç avın lehine işledi. Bu yüzden koyu renkli ayı türleri yavaş yavaş ortamdan silinmeye başladı. Bu durumda kim kalır geriye? Tabii ki beyaz kutup ayısı! Bu onu koyu renkli ayılardan güçlü kılar mı? Hayır ama değişen ortama uyumlu kılar! Güçlü olmasına gerek yok. Burada, var olan çeşitlilik içerisinden lehte olan özellik, rastgele olmayan şekilde seçilerek doğal seçilimle sonuçlanır. Dolayısıyla doğada işleyen bu rastgele olmayan ayıklamalar, bir mantığa ve bu mantığın dikte ettiği bir değişim sürecine yol açar. İşte bu mantığa "doğal seçilim" diyoruz işte.

Seni seçtim Pikaçu!

Hep türler arasındaki seçilimden bahsettik, peki ya tür içinde de bir seçilim var mı? Mesela kiminle çiftleşileceği, kimden yavru sahibi olunacağı hangi kriterlere göre belirleniyor hayvanlar âleminde? Ya da çiftleşme sürecinde doğal seçilimle açıklanamayacak farklı seçilim mekanizmaları devreye giriyor mu? Aslında bu soruların cevabına oldukça aşinayız ve bunlar hiç şaşırılmayacak derecede içselleşmiş kriterler. Önce doğaya bakalım, meşhur tavuskuşuna mesela. Erkeklerde görülen sanat eseri, göz desenli, yeşil ve mavi tonların hâkim olduğu kuyruk, bir güç ve heybet gösterisi olarak algılanıyor. Sadece bizim için değil, tavuskuşu dişisi için de öyle! Dişi, bu kuyruktan şu sonuca varıyor: "Onunla yavrularımız olmalı!" Neden peki? Çünkü bu gösterişli kuyruk sağlıklı bir gen diziliminin olası göstergesi. Çok büyük ihtimalle dişiler arasında bu "doğru" seçimi yapanlardan meydana gelen yavrular hayatta kaldı. Yani sadece seçilen değil, seçenin de üreme başarısına ulaştığı yol bu. "Doğru"ya giden yolda çift taraflı bir ödüllendirme bu. İkidir doğru kelimesini tırnak içine alıyorum, çünkü doğrunun tanımı mutlak bir doğruya işaret etmiyor doğada. Her an daha doğru bir doğru oluşabilir. Şartlar değişebilir, yeni "doğru"lar oluşabilir. Olamaz mı? Olabilir. Bu doğrular jeolojik zamanın bir bölümüne sıkışmış olabileceği gibi daha geniş bir periyotta da sabit kalabilir. Ancak benim odağımda daha çok değişken doğrular var. Örneğin, erkek tavuskuşunun görkemli tüyü, dişi seçiciliğinde, erkeğin üreme başarısını arttırabildiği için avantaj olsa da bu görkemli tüyün büyüklüğü ve ağırlığı, erkeğin avcılardan kaçma ve hayatta kalabilme kabiliyetini azaltarak dezavantaj oluşturmaktadır. İşte bu nedenle doğal seçilim yerine cinsel (eşeysel) seçilimden bahsederiz.

Peki bizim dünyamızdaki yansıması nasıl cinsel seçilimin? Çok daha karmaşık ve biraz daha acımasız. Bakalım hadi!

Ünlü bir restoranın önüne milyon dolarlık bir spor arabayla yanaştı. Pahalı kıyafetleriyle araçtan inip anahtarı benzer yaştaki valeye teslim etti ve kösele ayakkabılarının sesi, arabayı göremeyenler de dahil tüm gözleri üzerine çekiyor. Paparazzilerin kör eden ışıkları da üzerinde. Karanlıkta parıldayan bir yıldız edasıyla ortama girerken özellikle karşı cinsin ilgisine mazhar oluyor kaçınılmaz olarak. Hele ki hangi ünlü olduğu anlaşılınca durum daha da karşı konulmaz hale geliyor. Çünkü bu onu muhtemelen daha ulaşılmaz yapıyor. İç çamaşırlarınızla salonda otururken, TV vasıtasıyla evinize misafir olan kişi bu! Sizi göremeyen bir Zeki Müren'di ama şimdi tüm endamıyla, üçboyutlu haliyle karşınızda ve sizi görebiliyor. Biraz şanslıysanız parfümünün kokusunu almak bile mümkün.

Soru: Cinsel seçilim konusunda vale mi, yoksa yıldız isim mi daha avantajlı?

Bu sorunun cevabı ahlaki olarak can sıkıcı olsa da bilimsel olarak pek tartışma götürmeyecek kadar nettir. Seçilme ihtimalinizi fiziksel üstünlüğe borçlu olurdunuz eğer tavuskuşu olsaydınız. Daha sağlıklı, yakışıklı ve güzel çocuklar için yatırım yapılacak genlere sahipsiniz nihayetinde. Ancak insanların dünyasını üst düzeyde sosyallik şekillendirir. Yani seçime etkileyecek yeni özellikler açıldı: para (güç) ve üstünlük. Paranın insanların dünyasındaki yerini tartışmaya gerek yok. Hemen hemen her şeyi kolaylaştırma, hatta olanaksız gibi görüneni mümkün kılma aracı ve gücü olarak tanımlayabiliriz. Aslında bu da geleceğe yatırım gibi yorumlanabilir. Ancak üstünlük (Jean-Jacques Rousseau'nun tabiriyle "özsevgi," *amour-propre*) bize özgü bir duruş: "Bakın, bu benim eşim!"; "En iyi seçimi ben yap-

tım" ya da "O beni seçti"; "Çünkü ben sizden çok daha üstünüm! Bu da kanıtım, buyurun!" Bu üstünlük arzusu doğa için oldukça yeni bir seçim kriteri. Lamborghini spor araba, iPhone ProMaxUltraUltimate, Chanel çanta, Richard Mille kol saati ya da isimlerine aşina olamadığımız diğer pahalı aksesuar markaları türümüzün hayatta kalabilme başarısı için hayati bir değer taşımasa da sosyal alanda rakiplere üstünlük kurularak çiftleşebilme olasılığını arttırabildiği için önemli yönde kazanımlardır.

Peki valenin hiç mi şansı yok? Olmaz mı! Vale, birkaç kilometre mesafedeki İTÜ'de öğrenci ve harçlığını çıkarabilmek için yarı zamanlı (*part-time*) yaptığı bir iş bu. Üzerinde çalıştığı yeni blok zinciri teknolojisi oldukça iddialı. Ayrıca o bir kitap kurdu. Öğrenmek en büyük haz kaynağı. Fiziksel özellikleri ve görünen mesleği itibariyle çekici sayılmaz belki ama oturup konuştuğunuzda ufkunuzu genişletiyor. Aynı zamanda güvenilir. Yıldız oyuncu gibi dişi rakiplerin aklını kolayca çelemeyecek olması da bağlılık açısından bir avantaj olabilir. İşte bu özellikleri de onu seçilebilir kılıyor, özellikle *sapyoseksüel*ler için. Yani vale de kazanan tarafta olabilir. Elbette bu sosyoekonomik sınıflandırmalar cinsel seçilim için fazlasıyla basite indirgenmiş birkaç yaklaşıma dayanıyor. Ama genel resme uzaktan bakmak için yeterli ve daha kolay kavranabilir bir formu bu. Yoksa herkesin herkese karşı, mesleğinden bağımsız olarak az ya da çok şansı vardır. Gönül bu, aka da konar oka da:)

Hazır pidecide İbrahim Tatlıses'in "Aramam" şarkısı eşliğinde etsiz kavurmalı-kaşarlı gömerken bu bölümün gerçek başlığını atalım madem: Doğal Seçilim (Ayıklanma). Biyologlar elbette yukarıdaki laf salatası yerine Charles Darwin ve Alfred Russel Wallace'la popülerleşen bu tanımı daha doğru bulacaklardır: canlıların fenotiplerindeki (dış-

yapı) farklılıklardan dolayı hayatta kalma ve üremelerinin değişkenlik göstermesi. Yani doğal süreçlerde meydana gelen rastgele değişim mekanizmalarının, doğal çevre tarafından rastgele olmayan şekilde seçilerek hayatta kalma ve üreme başarısını arttırmasıdır. Tüm popülasyonlar sınırlı gıda arzı, sınırlı yuvalama alanları, yırtıcı hayvanlar, hastalık, sert iklim koşulları ve daha pek çok sınırlamalarla kontrol edilir. Sonsuza dek sınırsız sayıda üreyebilmek neredeyse imkânsızdır. Bu sınırlamalar önden haber verilmediğinden, belgesel kanallarında acımasız gibi görünen sahneleri izleriz. Yani doğa, doğum kontrolünü doğumdan önce değil, sonra yapar. Bir anlamda faydalıdır da bu. Zira boşa giden spermler (genetik malzeme) yerine sirkülasyona sokulan zigotlar (*sperm+yumurta*) ve sonrasında doğan yavrular diğer türler için besin demek, hayat demektir. Elbette aklımızın yanında duyguları da olan varlıklar olmamızdan mütevellit zayıfların ya da gereğinden fazla üretilmiş yavruların av olmaları bizi üzüyor, hatta bazılarımızı kahrediyor. Bunun için basit bir çözüm var: "Yaşayacak bir hayatı vardı yahu!" demek yerine "Yaşatacak bir hayatı var" dersek daha katlanılır olur bu acı gerçek.

Son olarak, elektrik dönüşümünü doğal seçilim mekanizmasına entegre etmeye çalışarak son verelim bu bahse:

Varyasyon: Geleneksel fosil yakıtlarını yakarak enerji elde eden motorların dünyasında beliren elektrikli motorlu otomobiller.

Genetik miras: Ortaya çıkan elektrikli motor varyantının zaman içinde çoğalarak araçlar (*popülasyon*) içinde sayılarının artması ve bu artış sırasında yeni özellikler de edinebilmeleri.

Yüksek nüfus artış hızı: Elektrikli araçların başarısını gören üreticilerin talepten fazla elektrikli araba üretmesi ve elde kalan malların değer yitirmesi. Piyasadaki para-

nın sınırlı olması daha fazla elektrikli araba satın almayı zorlaştırdığından tüketici ilgisinin azalması. Kârların düşmesi ve üretim bandının yavaşlaması.

Diferansiyel hayatta kalma ve çoğalma: Elektrikli araç piyasasındaki daralma devam ettikçe bazı firmaların tamamen batması ve bazılarının bu mücadelede ayakta kalabilecek çözümler üretmesi; bir nevi bol yağlı kavurma. Ya da telefon satmaktan vazgeçip telefon kabı satmaya yönelerek pazarda kalmaya devam etmek.

Mantıklı, değil mi? Çünkü zihnimiz ile evren benzer kurallarla işliyor. Evrenin, zihinlerimiz için anlaşılamayan bir yapıda olduğunu düşünsenize? Kapasitesi yüksek bir beyinle şempanze gibi yaşamak... Sıkıcı olurdu. Neyse ki böyle değil. Hatta tüm uzay-zaman bu mantık örüntüsüyle işliyor gibi. Ya da biz böyle kavrıyoruz, anlamlandırıyoruz. Peki bir canlının seçilim baskısı karşısında kendi lehine olacak yönde adaptif mekanizmalar geliştirmesi ve hayatta kalabilme şansını artırabilmesi yönünde seçimler yapabilmesine iten güç nedir? Bu sorunun cevabı bilimsel yöntemin yanlışlanabilme ilkesine aykırı olduğundan bilim için bir sır ama biz insanların çeşitli kabullerle çözmeye çalıştığı bir soru bu... Bir sonraki bölümde buna mı girsek? Korkuyorum ama girelim be, biz bizeyiz ne de olsa.

Bilimin Ucunda gezmek

Türleşme mevzu bahis olduğunda kadraja kaçınılmaz olarak bir konu daha girer: bilim-din ilişkisi. Bu çetrefilli konu tam olarak modern bilimin sınırları içinde değerlendirilemese de bilimin ucunda bir konudur ve bu kitabın çatısının altında kendine yer bulabilir. Din-bilim ilişkisi konusunda Richard Dawkins ya da Caner Taslaman gibi sizi ikna etmeye çalışmayacağım. Bu kitabı

aldığınıza göre bilime ilginiz var ve bu inançlarınızdan bağımsız olarak işleyen bir süreç. Farkında olsak da olmasak da birçoğumuz bilimi dine bağımlı ya da bağımsız inançlarımızı doğrulatmak için kullanıyor. Zira bilim çalışıyor ve başarıları taraflı-tarafsız herkes tarafından görülebilir durumda. Diğer taraftan böyle güçlü metodolojik çalışma sistemine inanç doğrulatmak ya da daha genel ifadeyle *onaylanmak* müthiş bir haz kaynağı. Bu yüzden birçok insanın bilime bir şekilde referans vererek ilerlediğini ya da ilerlemeye çalıştığını en başta cebe koyalım. Mesela "Dünya düzdür ve bunun nedeni Tanrı'dır" derseniz fazla takipçiniz olmaz. Ama "Tanrı her şeyi yoktan var etti ve Big Bang de bunun bilimsel kanıtı" derseniz takipçi sayınız artar, çünkü Big Bang bilimsel olarak güçlü bir teoridir. Fikrinizi destekleyenler arasına –kendileri farkında olmasa bile– Big Bang üzerine çalışan bilim insanlarını da dolaylı olarak eklemiş olursunuz böylece. Diğer taraftan "Evrim teorisi, Tanrı gibi metafizik bir açıklamaya gerek duymadan türleşmeyi doğa yasalarıyla açıklamaktadır" derseniz bu kez de seküler kitlede takipçi sayınız artacaktır, zira evrim teorisi de kendi alanında güçlü bir teoridir. Özetle herkes bilimi sahiplenmek istiyor gibi görünüyor.

Kütle çekiminin, elektromanyetizmanın, galaksi oluşumunun ya da evrenle ilgili diğer süreçlerin belli yasalar üzerine işlediği konusunda bir soru işareti yok sanırım kafamızda. Biz bu yasaları doğru anlayalım ya da henüz anlamamış olalım, belli ki yasalar orada. Çünkü olanları zihinlerimizle modelleyebiliyoruz ve bu bilimsel modeller çoğunlukla çalışıyor. Eksiklerimizi görüyoruz ve bunun için yeni araştırma sahaları beliriyor. Bilim insanları bunlar üzerine kafa patlatıyor. Ancak konu bir solucana gelince doğaüstü bir açıklamaya girişmek zorunda kalı-

yor insan zihni. Hareket eden ve bu yüzden kararlarını gözlemleyebildiğimiz canlıların türleşmesini evrende işleyen yasalarla bağdaştırma teşebbüsleri kötü bir amaç gibi algılanabiliyor. Çünkü kadim kültür ve inançlarda canlılar Tanrı'nın alanı olarak değerlendiriliyor.

Doğaüstü açıklamaya (inanışa) göre canlılar tek tek yoktan var edilmiştir. Birbirinden farklı türlerin farklı zamanlarda birbiriyle ilişkili olmadan, bir anda ortaya çıkması demek bu. Bu inancın bilimsel bir iddia olabilmesi için doğada gözlemlenmesi, türlerin birbirleriyle alakaları olmaksızın bir anda fosil kayıtlarında belirmesi gerekiyor. Gelgelelim, eldeki bilimsel verilere göre (örneğin radyometrik tarihlendirmelere) göre türleşme süreci neredeyse kesiksiz olarak birbirini takip ediyor. Yani elimizdeki tüm veriler canlılıktaki silsilenin kabaca bir sırayı izlediği yönünde. Mesela en genç dinozor fosili 65 milyon yıl yaş verirken ilk insan dediğimiz *Homo sapiens* sadece 300 bin yıl yaş vermekte. İnsana fiziksel benzerliği konusunda herhangi bir tartışma görülmeyen maymun türlerinin ilk fosilleri de dinozorlardan oldukça genç, insandan ise oldukça yaşlı görünüyor. Dahası, basit yaşam formlarının dinozorlardan da yaşlı olduğunu görüyoruz. Dolayısıyla eldeki veriler türleşmede iyi kötü bir sıranın olduğunu ve insanın yaklaşık 550 milyon yıllık zincirin en sonunda ortaya çıktığını gösteriyor. (Bu arada mikrobiyal yaşamın geçmişi 3,7 milyar yıla kadar uzanıyor, ancak karmaşık canlılar için milat genellikle Kambriyen Patlaması yani 550 milyon yıl öncesi kabul edilir.) Bu veriler ışığında doğaüstü açıklamayı güncellemek gerekiyor: *Tüm türler,* "sırayla," *tek tek yaratılmış olmalı.* Yanlış anlaşılmaya açık bir cümle oldu bu. Sıra derken dümdüz bir çizgiyi değil, ağaç gibi dallanmalı bir sırayı kastediyorum.

Diğer taraftan "bağımsız olarak tek tek yaratma" argümanına karşı bu çelişmeyi dinsizler (deist) ve ateistler, Kilise

baskısına karşı güçlü bir koz olarak kullandılar haklı olarak. Zira gözlem, kutsal olduğuna inanılan metinle çelişiyor. Buraya kadar akılcı bir süreç izliyor ama bundan sonrası teoriyi tüm dinlere ve kutsala karşı bir kalkan olarak kullananlar da türüyor. Böyle olunca da "Evrimi sadece tanrıtanımaz ya da dinsizler savunur" gibi bir algı çıkıyor ortaya. Ve bu durumda evrim, bilimsel bir teorinin ötesine geçip sosyolojiye ve felsefeye adım atıyor. Yani ideolojiler de bilim silahını kullanıyor.

"En iyi olan kazansın" bölümünün girişindeki alıntıyı hatırlıyor musunuz? O sözün kime ait olduğunu özellikle yazmayıp buraya sakladım. Çünkü o söz Darwin'den yaklaşık 1000 yıl önce bir Müslüman tarafından Basra'da söylendi. O kişi Ebû Osmân Amr bin Bahr el-Kinânî el-Fukaimi el-Basrî, namı diğer El-Câhiz (Yani "patlak göz," gözleri biraz dışarıda konumlandığından kendisi bu isimle tanınıyordu). Alıntı, *Kitâb'ül-Heyavân*'dan (Hayvanlar Kitabı). Doğal seçilimin tanımını yapmaya ne güzel yeltenmiş değil mi? Lamarck, Darwin ve Wallace henüz portakalda vitamin bile değilken! İki yüzyıl sonra gelen Müslüman filozof İbn-i Miskeveyh de tedrici geçişlerle türleşmeyi savunmuştu. Varlık hiyerarşisinin cansız minerallerden başlayıp sebzelere, hayvanlara ve en sonunda akıl sahibi insana uzandığına inanıyordu. Bu evrim modelinde tüm süreç "Allah'ın iradesi"yle gerçekleşiyordu. Yani bir anlamda doğal seçilimin yaratıcısı da, diğer doğa yasalarının yaratıcısı da Allah'tı. Aslında Darwin de teorisinin Tanrı inancıyla çelişmediğine inanıyordu:

> *Bir insanın hem evrimi savunup hem dindar olabileceğini kabul etmemek, ciddi derecede absürddür.*[56]

56 https://www.darwinproject.ac.uk/commentary/religion/what-did-darwin-believe.

Peki evrim ve din konusundaki ayrışma tam olarak ne zaman gerçekleşti? Yaşam mücadelesi ve türleşme aslında Aristo'dan beri tekrar edilegelen bir fikirdi. Ama bilimsel olarak ele alınması 19. yüzyılda mümkün oldu. Bunun mümkün olmasıyla Darwin'den sonraki paradigmanın tamamen doğalcılığa (*natüralizm*) döndüğünü ve o günden sonra fotoğrafa Tanrı'nın özellikle alın(a)madığını da ekleyelim. Modern bilimsel yönteme uygun olarak test edilmesi mümkün olmayan öğelerin teorilerde yer bulamaması demek bu. Gözleme açık olmayan ve test edilemeyen Tanrı'nın da modern bilimsel yöntemde yeri ol(a)mayacağı anlamına geliyor. Bu durumda bilimi tüm evrenin ve varlığın mutlak doğrulama, mutlak gerçekliğe ulaşma metodu olarak görenler ve rasyonalizm dışında sezgilerin önemsiz olduğuna inananlar için Tanrı ve ölüm sonrası hayat gibi *metafizik* (fizikötesi) olgular yoktur. Elbette bilimin kendisi bunu söyleyemez. Algılarımızdan farklı bir alan olmaması iddası da algı dışında gerçeklik olmadığı varsayımı üzerinde kurulan bir ön kabuldür. Özellikle mutlak gerçeklikle ilgili konuşamaz bilim. Yanlışlanabilirlik ilkesi zedelenir ve yeni bir din çıkar ortaya.

Bilim sihirli bir değnek mi?

Diğer taraftan bilimi mutlak gerçeklik olarak sunmanın büyük sorunları olacağını da söylemek gerek. Zira duyularımızın evreni olduğu gibi algıladığı ve evrenin zihinlerimiz tarafından anlaşılabilir bir yapıda olduğu kabulü (*determinizm, gerekircilik*) olmaksızın bilim yapılamaz. Evrendeki süreçlerin belli yasalar çerçevesinde geliştiği *başlangıç varsayımı*yla (*postüla*) bilim yapabiliyoruz. *İşleyen düzen varsayımı* olmasa insan zihni teoriler ya da yasalar bulmaya odaklanamaz. Çalışmalarının, var olan

bir doğa yasasını aydınlatma yolunda ilerleme olduğuna inanmayan bir bilim insanı teori geliştiremez. Bu *başlangıç inancı* olmaksızın bilimsel çalışmanın zorlukları karşısında direnç göstermenin de mantıklı bir nedeni olamaz. Einstein görelilik yasalarının peşinden on yıllar boyunca koştu mesela, çünkü evrenin yasalar üzerine işlediğini adı gibi biliyordu, inanıyordu. Bu yüzden bu başlangıç kabulleri kanıtsızdır ama çalışırlar.

"Kanıtlanabilen her şey doğrudur ama doğru olan her şey kanıtlanamaz,"[57] diyor ünlü matematikçi Ali Nesin. Kanıt, aklın alanına girdiğine göre her şeyin akılla açıklanabilir olması mümkün olmayabilir. Matematikteki aksiyomlar kanıt gereksinimi olmayan, kanıtlanamayan ön dayanaklardır mesela. Ama evreni anlamada ve şekillendirmede çalışırlar ve işe yararlar.

Özetle, bilimden başka bir veri kaynağı olmadığını iddia etmek bir inançtır diyebiliriz; hatta olmaması gerektiğini iddia etmek kesinlikle bir inanç ya da ideolojik pozisyondur (*pozitivizm*). Diğer taraftan Tanrı'nın varlığı ve kontrolündeki bir evren anlayışı da bir inançtır. Bunların tamamı test edilemez, bilimsel olamaz.

Bu yüzden Tanrı'nın ve ölüm sonrası hayatın (*ahiretin*) varlığı, bilimin uygulama alanı dışında olduğundan bunlara inanır ya da inanmayız. Bu anlamda bilim sizi ateist ya da inançlı yapamaz. Bu bilimden ayrı bir karar olmak zorundadır.

Peki ya bilimin test edebileceği alanları varsa dinin? Mesela *dünya merkezli evren modeli* gibi bir fikri, mutlak doğru olarak sunuyorsa din? O zaman bunun mutlak bir gerçeklik olmadığını görmek olasıdır, hatta günümüz imkânları ve bilgi birikimiyle bu iddiayı yıkmak çocuk

57 "Matematiksiz doğabilimleri olur mu?" *Teke Tek Bilim*, Haber Türk TV YouTube kanalı, 3 Ekim 2022.

oyuncağıdır. Bu durumda tanımı gereği mutlak hakikati savunma görevini bu alanda yerine getirmemiş olur söz konusu din. Din derken de neyi kastettiğimiz de önemli. Batı'da din denilince Hıristiyanlık, hatta daha genel manada Katolik mezhebi kastedilir. Ülkemizde din deyince elbette İslam dini anlaşılır. Tam burada, Batı'da anlatılagelen Kilise ile rasyonel zihinlerin uzun yıllar süren savaşının bize yabancı olduğunu, bizim tecrübemizde bu tarz bir kırılma olmadığını söylemem gerek. Dolayısıyla Batı'da yazılan kitapları buraya getirip çevirdiğimizde yabancı bir hikâyeyi devşirmiş oluyoruz: papaza sinirlenip imamı dövmek...

Din ile bilimi rasyonel olarak karşılaştırdığımızda dinin iddialarının zamandan bağımsız olduğunu, bilimin doğrularının ise değişken ve dinamik olduğunu, dün kırmızı dediğine bugün *turuncuya çalan kırmızı* diyebileceğini görürüz. Çünkü bilimin değişmez kutsalı yoktur. Daha iyi bir veri ya da teori gelir ve bir önceki yorumu yanlışlar ya da günceller. Ünlü fosil bilimci (*paleontolog*) Stephen Jay Gould'un *non-overlapping magisteria*'sına (birbiriyle örtüşmeyen alanlarına) bakalım:

Bilim, doğal dünyanın olgusal karakterini belgelemeye ve bu gerçekleri koordine eden ve açıklayan teoriler geliştirmeye çalışır. Öte yandan din, eşit derecede önemli, ancak tamamen farklı insani amaçlar, anlamlar ve değerler alanında faaliyet gösterir; bilimin olgusal alanının aydınlatabileceği, ancak asla çözemeyeceği konularla uğraşır.

Bu bakış açısı dinin bilimle çelişmediği alanlarda dini kaybetmeden bilimi, bilimi kaybetmeden dini çalışmalar yapabilmenize ya da inanabilmenize olanak tanıyan bir modeldir. Ama aramızda bu senteze karşı olacak dindar ve ateistlerin olması da olasıdır. Gould'un pozisyonundan

hazzetmeyen ve dünyanın en ünlü militan ateisti olarak tanınan biyolog Richard Dawkins şöyle buyurur:

> *Dinler varlık iddiasında bulunur ve bu da bilimsel iddia anlamına gelir.*[58]

İbrahimi (*semavi*) dinlerin (Yahudilik, Hıristiyanlık ve İslam) ilahi müdahaleden uzak olamayacağını da ekler Dawkins. Yani dinin bilim tarafından yargılanabilecek iddialar sunduğunu söyler. Mesela dünya merkezli evren modeli, (Katolik) bir dini kabulse bilim bunu yıkmıştır. Dolayısıyla Dawkins iki alanın ayrı olmadığını, mesela evrim karşıtlığını dinin yaratılışla ilgili görüşler sunmasına bağlar.

Söz Dawkins'e gelmişken öylece geçmek ne mümkün! Din-bilim tartışacağız ve Dawkins'i tek paragrafla geçeceğiz, taş oluruz, taş! Biyolog olarak başladığı kariyerini oldukça pürüzsüz bir üslupla popüler bilime kaydırdı (mesela *Gen Bencildir* [The Selfish Gene] eseri bir şaheserdir). Sonraları tamamen dinler ve Tanrı inancı üzerine, yani metafizik alanı rasyonel bir bakışla, hatta kaşları çatık bir bakışla incelemeye daldı Dawkins.[59] Zaman içinde olgunlaşan fikirleri, gazeteci Christopher Hitchens, sinirbilimci Sam Harris ve felsefeci Daniel Dennett'la birlikte daha agresif bir ateizm yaklaşımını (*militan ateizm*) benimsemeleriyle sonuçlandı. Kitapları genel olarak dünya çapında en çoksatanlar listelerine girmeyi başarmıştır. Üzerinde uzun uzun konuşmak gerekiyor ama bu kitabın ana odağı bu değil. Bu yüzden başka bir kitaba bırakalım.

Kendini inançlı bir Hıristiyan olarak tanımlayan (aynı zamanda evrimci olan), İnsan Genomu Projesi'nin lideri

58 https://secularhumanism.org/1998/04/when-religion-steps-on-sciences-turf/.

59 Richard Dawkins, *God Delusion*, Bantam Press, 2006.

Francis Collins'e göre de din ve bilim aynı alanlarda kesişir. Vé bir arada yürüdüklerinde aranan gerçek cevaba ulaşılabilir:

> *Bilim ve din, ortak sınırları boyunca harikulade karmaşık şekillerde iç içe geçerek birbirine dokunur. En derin sorularımızın çoğu, her ikisinin de tam bir cevabın farklı bölümleri için gereklidir.*[60]

Tartışmaların merkezinde, tahtında oturan Darwin'e bir kez daha söz verelim:

> *En ciddi çalkantılarımda bile bir Tanrı'nın varlığını reddedecek kadar ateist olmadım. Genel olarak, özellikle de yaşım ilerledikçe düşünüyorum ki, akıl durumumu ve düşüncelerimi en iyi yansıtan terim, agnostik (bilinemezlik) olacaktır.*[61]

Sanılanın aksine Darwin'in ateist olmadığını söylemek mümkün. Yani Darwin, *Darwin'in Rottweiler'ı* lakaplı Richard Dawkins'le bu konuda aynı fikirde değildi.

Türkiye'de bilim-din yorumları

Biraz da bizim bilim-din tecrübemizin güncel kısmına bakalım. Bunu yaparken kabaca iki grup altında inceleyeceğim: Din-bilim çelişir (*dikotomi*) diyenler ve din-bilim (direkt ya da dolaylı) çelişmez diyenler. İlk gruba fizikçi Kerem Cankoçak ve jeolog Celâl Şengör gibi din konusunda net pozisyon alanları ekleyebiliriz. Bu isimlerin kabul ettiği görüş genellikle dinlerin peri masalları seviyesin-

60 Francis Collins, *The Language of God*, Free Press, 2007.

61 https://www.darwinproject.ac.uk/commentary/religion/what-did-darwin-believe.

de ve yaratılışın ise bir efsane (söylence, *mit*) olduğu yönündedir. Dinin ve Tanrı gibi diğer metafizik olguların medeniyet kurma aşamasındaki görevini tamamladığına ve bilimin, evreni ve hayatı anlamada tek mutlak yöntem olduğuna inanırlar. Gözlemlenebilir olaylar dışında duyu ötesi gerçekliğin varlığını reddetmeye meyillidirler.

Bilim ve dinin çeliştiğine inanan diğer kitle daha seçici davranır. Ülkemizdeki inançlı kesimin tamamı Big Bang teorisini temelde savunurken, büyük çoğunluğu evrim teorisine karşı ya da mesafelidir. Özellikle gelenekçi olarak sınıflayabileceğimiz toplulukların (cemaatlerin) bir kısmı teorinin içeriğini önemsemeksizin direkt olarak görmezden gelirken, Said Nursî ekolünü devam ettiren *Sözler Köşkü* gibi milyonlarca aboneli YouTube kanalları evrimin bir teori olarak çöktüğünü çeşitli argümanlarla savunmaktadır. Ara geçiş türlerine ait fosillerinin "olmaması," faydalı mutasyonların "görülmemesi," bu mutasyonların yeni türleri ortaya koyacak işlevi "gösteremeyeceği," canlıların belirgin akıllı tasarım özellikleri gösterdiği gibi savlarla evrimi reddederek doğaüstü tek tek yaratılışı kabul ederler. Harun Yahya takma adıyla evrim konusunda kitaplar yayımlayan Adnan Oktar'ın da evrime karşı kullandığı savlar aşağı yukarı aynıdır. Bu grubu toplu olarak din-bilim çelişir kategorisinde sınıflamam muhtemelen kendini bu grupta konumlayan ya da yakın hisseden okuyucular tarafından kabul görmeyecektir. Ancak bu kitapta bilimden bahsederken kastedilen *modern bilim*dir. YouTube videolarında sıklıkla "Din ile bilim çelişmez" denilen "bilim," Newton ve öncesindeki bilim anlayışıdır dersek daha yerinde olur sanırım.

Din ve bilim çelişmez diyen grup ise daha çok dindar çevrenin rasyonel kesiminin çabası sonucu oluşmaktadır. Grubun önde gelenleri ilahiyatçı Mustafa İslamoğlu, biyolog-fizyolog Sinan Canan, felsefeci Caner Taslaman ve

fizikçi-felsefeci Enis Doko olarak sayılabilir. Bu grup evrimin İslam'la çelişmediğini açıkça ifade eder ve El-Câhiz/İbn-i Miskeveyh'e yakın pozisyon alırlar. Taslaman evrim teorisine karşı agnostik (bilinemezci) bir pozisyon alırken,[62] İslam'ın evrimi ne kabul ettiğini ne de reddettiğini savunur. İslamoğlu ise evrimin şempanzelere kadar işleyen, doğa yasalarıyla anlaşılabilecek, açıklanabilecek bir süreç olduğunu, ancak insanın ortaya çıkışının çok büyük bir sıçrama olduğunu düşünmektedir.[63] Bu görüşün Batı'da da büyük bir destekçi kitlesi olduğunu belirtmeliyim. İnsanlaşma yolculuğunun büyük çoğunluğu, evrim sürecinde hayvan olan bünyemize son birkaç yüz bin yılda Allah'tan *aşkın bir müdahale* geldiğine inanmakta İslamoğlu. Evrimleşme sürecinde meydana gelen hataların da tesadüfen değil bir ilahi müdahale ile gerçekleştiğine inanıyor. Bu aşkın müdahalenin insana (*Homo sapiens*'e) Allah'ın kendi *ruhundan üflemesiyle* aşırı sosyalleşecek dil kabiliyeti, medeniyet kurup bilim yapabilecek soyut düşünme ve "düşünme üzerine düşünme (katmanlı düşünme)," kuramlar üzerinden yasaları "zihinsel olarak modelleyebilme (*tasavvur*)" yeteneği gibi diğer türlerde olmayan üstün zihinsel kabiliyetler verdiği bu bağdaştırıcı bakış açısıyla savunulmaktadır. İslamoğlu, Hz. Âdem'in babasız olduğu iddiasına karşı çıkmış ve babasının bu kabiliyetlere sahip olmayan *Homo* (İnsansı, *beşer*) türlerinden biri olabileceğini öne sürmüştür.

Bu durumda "Din ile bilim çelişir mi?" sorusunun oldukça güdük ve yetersiz kaldığı ortada. Biraz derinleştikçe dinle çelişen bilimsel kuramın çoğunlukla evrim teorisi olduğu görülüyor. O zaman daha doğru sorular soralım: Hangi din

62 Caner Taslaman, *Evrim Teorisi, Felsefe ve Tanrı*, İstanbul Yayınevi, 2007.
63 Mustafa İslamoğlu, *Yaratılış ve Evrim*, Düşün Yayınları, 2015.

ile evrim çelişir? Ya da biraz açalım, "Hangi İslam yorumu ile evrim çelişir?" Ya da asıl soru *kimin din anlayışı ile evrim çelişir*? Bu soruların her biri yeni soruları doğurabilir.

Kafanız karıştı değil mi? Aslında karışıklığın nedeni bilim tarafında değil, dini inanç tarafındaki çeşitlilikten ya da zenginlikten kaynaklanıyor (Wikipedia verilerine göre sınıflanmış 10 binden fazla din var). Modern bilimin uygulama yöntemleri belirgin ve açıktır. Kavram olarak din, bilim gibi tanımlı metodolojiler bütünü değil, devasa geniş bir anlam havuzunu karşılar. Tüm kitap boyunca birçok önemli bilimsel çıktıya imza atan inançlı bilim insanlarının muhtemelen her birinin ayrı bir din anlayışı vardı. Genelleyecek olursak, bu bilim insanları bilimsel çalışmalarını yaparken uzay-zamandan bağımsız, *aşkın (transandantal) kaynaktan geldiğine inandıkları habere* (*vahye*) az ya da çok tabi olmaya devam ettiler. Bu görüşe tabi olmayan deist, *agnostik* (bilinemezci) ve ateistler de bilime katkı yaptığına göre bu tartışma bilimin dışında sürmüş, sürmekte ve sürmeye devam edecektir. Birçok bilim insanı da bu tartışmalara hiç girmemiş, görüş bildirmemiş, yok saymış, işine bakmıştır. Aslında günümüzde bilim insanlarının büyük çoğunluğu bu gibi konularda sorulmadığı sürece görüş bildirmemeyi tercih eder. Sorulmadığı halde bu konularda görüş bildiren, kitaplar yazan, konuşmalar yapan bilim insanlarının inançlarını ya da inançsızlıklarını kitlelere ulaştırma konusunda güçlü motivasyonları olduğunu söylemek yanlış olmaz sanırım.

Özetleyecek olursak, dindar olan Newton da fiziğe katkı yaptı, muhtemelen panteist (tümtanrıcı) olan Einstein da. Ateist olan Freud da psikolojiye katkı yaptı, inançlı Jung da. Ateist olan Celâl Şengör de jeolojiye katkı yaptı, dindar (Hıristiyan) dostu Le Pichon da. Militan ateist Dawkins de biyolojiye (ve popüler bilime) katkı yaptı, din-

dar Kenneth Miller da. Bu süreçte her farklı inanç grubu bilimsel gelişime katkı vermeye devam ediyorsa –ki ediyor– tartışma sürmeye devam edebilir, bir sakıncası yok. Her konuda hemfikir olmak gelişmeye engeldir.

Ulvi sayılar

"Ee günümüzde bilim insanlarının çoğunun inançsız olması neden peki?", "Ya da bu bir algı mı?", "Bilimin inançsızlığa sebep olması mümkün mü?" gibi sorular gelebilir aklınıza, kimin gelmiyor ki! Bu bölümü yazma nedenim, Bilimin Ucunda'ya en çok gelen soruların bu ve türevleri olması!

Paradigma (yaygın kabul, zamanın ruhu da diyebiliriz), insanları biçimlendirdiği gibi bilim insanları ve bilimle ilgilenen kitlenin zihnini de şekillendirir. İlk dönem bilim insanları kuramlarında muhakkak Tanrı'ya da yer ayırırdı. Yoksa çalışmaları basılmaz ya da önemsenmeyebilirdi; hatta yakılabilirlerdi de! Mesela Newton, kütle çekim yasasını sunarken cisimler arasındaki çekimin Tanrı tarafından gerçekleştiğine inanıyordu.

Hep Batı'yı örnek veriyoruz ama Doğu'da da mesela İslam medeniyetinde bilimsel bir kuram içinde direkt olarak Allah'a yer verilmemesi *tekfir* (kâfir ilan) edilmeye kadar götürebilecek bir problemdi. Günümüzde İslamoğlu'nun Hz. Âdem'in babasının bir insansı olabileceğini öne sürmesi bazı cemaat liderleri tarafından tekfir edilmesine neden olmuştur. Laik bir ülkede yaşamıyor olsaydık İslamoğlu'nun başı bu fikirleri nedeniyle büyük belada olacaktı. Mustafa Kemal Atatürk'e minnettar olmamak elde değil.

Günümüzde ise artık *metafizik* (gözleme kapalı, fizikötesi) herhangi bir varlık ya da kavrama kuramlarınızda yer veremediğinizden bilim insanları arasında ve bilimle ilgilenen kitle içerisinde ateizmin ya da deizmin dindarlığa göre

daha yaygın olması kadar doğal bir durum yok. Modern bilimin kapladığı alan artıkça, ateizm, agnostisizm ve deizmin artışının devam etmesi olasıdır. Amerika'da ünlü PEW araştırma merkezine ait 2009 tarihli bir ankete göre bilim insanlarının %41'i ateist olduğunu açıklarken, %51'i Tanrı ya da Tanrı gibi aşkın bir gücün varlığına inandığını belirtmiştir.[64] Halk arasındaki ateizmin oranı ise sadece %4'tür. Bu durumda Amerika'da bilim insanları içinde ateizmin görülme sıklığı halka oranla 10 kat daha fazladır. Benzer durum, Amerika'dan daha seküler olan Birleşik Krallık'ta da görülüyor. Halk arasında %18 olan ateizm (Amerika'nın 4 katı), bilim insanları arasında %45'e varıyor. Diğer pencereden bakıldığında bilim insanları arasında Tanrı inancı özellikle Amerika'da hâlâ yaygın durumda. Londra Kraliyet Cemiyeti içinde yapılan çalışmada ise cemiyetteki biyologların ateist olma ihtimallerinin fizikçilere göre belirgin şekilde fazla olduğu gösterilmiş.[65] Bu durumda "Cübbeli" Ahmet'in (Ahmet Mahmut Ünlü) *evrim teorisi ateist yapar* argümanı Londra Kraliyet Cemiyeti biyologları için çalışıyor gibi görünüyor.

Nobel ödüllerindeki istatistikler ise –muhtemelen uzun süreli örnekleme nedeniyle– daha başka şeyler söylüyor. Baruch Aba Shalev'in 2005 tarihli *100 Years of Nobel Prizes* [Nobel Ödüllerinin 100 Yılı] adlı kitabında Nobel Ödülü kazananlarla ilgili ayrıntılı istatistiklerde, kimya dalında ödül alanların %7'si, sağlık (biyoloji) alanında %9'u ve fizik dalında %5'i kendini ateist olarak tanımlıyor (Bu arada ateist oranı en yüksek kategori %35'le edebiyat).[66] Görünen o ki konu Nobel olunca bilim insanları

64 https://www.pewresearch.org/religion/2009/11/05/scientists-and-belief/.

65 https://www.futurity.org/uk-scientists-less-religious-1937692-2/.

66 https://www.johnlennox.org/resources/145/how-many-nobel-prize-winners.

arasında Tanrı inancı oldukça yaygın görülüyor. Hatta bu grup içindeki bilim insanlarının %60'ından fazlası kendini dindar olarak sınıflıyor. 1979 yılında parçacık fizikçi Muhammed Abdüsselam, 1999 yılında "femtokimyanın babası" lakaplı Ahmed Zewail ve 2015 yılında moleküler biyolog Aziz Sancar, bu ödülü kazanan Müslüman bilim insanları. Elbette tüm bilim insanları dinlerinden bağımsız olarak Nobel Ödülüne layık görülüyor. Kimseye inançlı ya da inançsız diye ödül vermiyorlar. Çığır açıcı bilimsel çalışmalarla Nobel kazanılıyor. Siz de inançlarınızdan bağımsız olarak –bilimsel yönteme uymak koşuluyla– bilim yapmaya devam edebilirsiniz. Hatta belki de Nobel Ödülü kazanabilirsiniz ister ateist, ister deist, ister Jedist (Star Wars dini), ister dindar (*teist*) olun.

Bölüm önerileri:

- *Charles Darwin: Hayat Ağacı* – BBC Earth (David Attenborough, 2009)
- *Yaratılış* (Creation) (2009)
- *What Darwin Didn't Know* – BBC (2011) (Türkçe altyazısı bulunabiliyor)
- *Türlerin Kökeni* – Charles Robert Darwin (1872 – 6.baskı)
- *Gen Bencildir (The Selfish Gene)* – Richard Dawkins (1976)
- *Pandanın Baş Parmağı* – Stephen Jay Gould
- *Darwin ve Sonrası* – Stephen Jay Gould
- *Evrim Kuramı ve Mekanizmaları* – Çağrı Mert Bakırcı (2013)
- *Yaratılış ve Evrim* – Mustafa İslamoğlu (2015) (Dindar okuyucumuz için bağdaştırıcı bir bakış)

Sonsöz

1432 yılında keşişler arasında hararetli bir tartışma çıkar. Tartışmanın nedeni, ortaya atılan temel bir sorudur. Sorunun cevabını bulmak için 13 gün boyunca tartışırlar. Tüm eski kitaplar çıkarılır, kadim kaynaklarda konuyla ilgili neler yazıldığına bakılır. On dördüncü günün başında, genç bir keşiş söz ister ve daha önce duyulmamış bir yöntem önerir. Bu teklifi duyan üstatlar çılgına döner ve çaylak keşişi dışarı atarlar. Zira şeytan, bu genç adamı, hakikati bulmanın kutsal olmayan ve duyulmamış yollarını önererek kadim öğretilere aykırı davranmak için ayartmıştır. Günün sonunda sorunun cevabının ezeli bir gizem olduğunu ilan ederek toplantıyı sonlandırırlar.

Bu hiciv Francis Bacon'a atfedilir. Hikâyedeki çözülmeyi bekleyen soru *bir atın ağzındaki diş sayısı*dır. Genç keşişin önerdiği yöntem ise günlerce kadim kaynaklara bakmak yerine dışarıda duran *atın ağzını açıp dişleri saymak*tır. Gözlem ve deney yani, bu kadar basit. Doğayı anlamayı olası kılan ve bilimi değerli yapan şey bu basit prensiplerdir. Evet, inanmak son derece keyifli, avantajlı ve kökenlerimize uyumlu (*adaptif*) kısa yollardır. Ancak bilimin alanına giren, gözleme ve teste açık konular için bilime güvenmeliyiz. Kitabın baştan beri –bir takıntı gibi– anlatmaya çalıştığı şey tam olarak budur. Kitap boyunca herkesten italik alıntılar yaptık, benim de laboratuvar önlüğüm üzerimdeyken metodik naturalist bir alıntım olmasın mı yani:

> *Evreni incelerken bilimsel yönteme uymanız yeterli. Gerisi size kalmış.*
>
> Prof(iterol) Dr. Ömer Kamacı

Bilimsel bir kitabın vedası abesle iştigaldir. Zira bilim bitmez! Ama kitap biter. Gitmeden önce birkaç cümleyle

kamerayı bize çevirelim istiyorum. En sonda söyleyeceğim şeyi en başta söyleyeyim: **Biz kalarak** da bilim yapabiliriz. Bir Doğu medeniyeti olarak Batı'yla mücadelede bir şamar yedik ve bu şamar çoğunlukla bilim ve teknoloji vasıtasıyla geldi. Osmanlı'nın son döneminden bu yana bir adaptasyon evresi yaşıyoruz, bir tür geçiş dönemi. Atatürk de bunu gördü ve bu yönde çaba gösterdi. Muasır medeniyet hedefi son derece yerinde ama bence 100 yıldır bu hedefe ulaşamamış olunmasının nedeni tamamen Batı gibi olmak korkusu. Böyle bir zorunluluk yok.

Doğu (*şark*) zihni inanmayı önceleme üzerine sert ve katılaşmış bir yapıya sahip dersem çok mu abartmış olurum? Batı'nın da yarım ağızla özür dilediği acı ve hunhar bir sömürü geçmişi var. Ki bunun ekmeğini hâlâ yiyorlar. Ayrıca gerek kültürel, gerekse ahlaki kodlarımızda bariz farklılıklar olduğu aşikar. O halde Batı'nın iyi yönlerini alıp bize uymayan taraflarını göz ardı ederek bir sentez oluşturabiliriz. Muhtaç olduğumuz kudret eşsiz bir enerji olarak içimizde saklı duruyor. Tek yapmamız gereken, sahip olduğumuz potansiyel enerjiden bilimsel alana da pay vermek. Bilime yönelik bir motivasyon gerekiyor bize. Kitap boyunca yapılan şaklabanlığın nedeni de bu. Çünkü bu motivasyonla büyütülmüyor çoğumuz maalesef. Şark zihni dedik ya azizim, neredeyse fabrika ayarımız. Eleştirel düşünme yok bu *default* ayarda. Kolayca inanmayı, inançlarımızı doğrulatmayı ve olayı kapatmayı seçiyoruz. Daha önce de söylediğim gibi inanmayı kötülemek mümkün değil; inanmak bir hazdır. Ama inanmaktan biraz daha fazlasını yapmak gerek: inancı gerekçelendirmek, her konuda. Bunun için de bilim ve akıl elimizdeki en iyi enstrümanlar. Bu medeniyet geçmişte kendi kalarak bilimsel gelişime katkıda bulunmuştur, örneklerini gördük. Yine yapabilir. Kitabın gizli ajandasında bu motivasyonu

damarlara zerk etmek var (kimseye söylemeyin). Enerjimizi bilime yönlendirirsek zincirleme bir reaksiyon oluşacak ve gerisi gelecek. Bunun olasılığına inanmanızı istiyorum. Evet, bu satırlar yazılırken çoğumuzda belirgin bir kötümserlik hâkimdi. Ancak *bir şeyden ümitsiz olan, ondan uzak olur* der Halife Hz. Ömer. *Ümitsizlik, sersemlerin elde ettiği bir neticedir* der politikacı Benjamin Disraeli. *Yaşam varsa, umut da vardır; sadece ölülerin umudu bulunmaz* der şair Theokritos. Çalışmalarının bir sonuca ulaşacağına inanan bilim insanı da bunu umutla yapar. Umudumuzu kaybetmeyelim.

İmkân olursa yeniden buluşmak dileğiyle. Bilimle kalın, Bilimin Ucunda kalın...

Arka kapağı çevirdiğinize ya da internette bu cümleyi okumaya başladığınıza göre kitap ilginizi çekti ve karar aşamasındasınız. Instagram'ın en büyük bilim hesaplarından olan *Bilimin Ucunda* içeriklerini beğeniyorsanız muhtemelen kitabı sepete eklediniz bile! Aşağıdaki paragraflar Bilimin Ucunda üslubuna aşina olmayanlara geliyor.

Dünya'nın deli dolu geçmişinde kartopuna döndüğü, volkanlarla cayır cayır yandığı ve bahtsız tiranlar dinozorların makus talihlerine yenildiği zamanlara yolculuk edeceğiz. Depremlerin yerkabuğunu nasıl şekillendirdiğine bakıp faylarla örülü ülkemizin hareketli jeolojik geçmişine ışık tutacağız: Fay anasını be!

Canlılık ve türleşme konusuna bir ucu Bağcılar, diğer ucu Natal, Brezilya'dan gireceğiz. Dünya'nın ve canlıların nasıl bir etkileşim içinde değiştiğini, Everest'in zirvesinde deniz kabukları arayarak hep birlikte göreceğiz.

Başlayalım mı?

Bilimin Ucunda, doğa algımızın bilimsel devrimlerle dolu evrimini temel olgulara değinerek ve teknik dilden arınmış bir şekilde okuyucuyla paylaşıyor.
Dr. Tansu Daylan (Astrofizikçi)

Olmaz olsun böyle üslup! Edebi bir facia.
M. Akif Coşkun (Yazar)"

ALFA
alfakitap
alfakitap
alfakitap
www.alfakitap.com
9 786254 497896
GÜNCEL