

# BUZULLAR

Pierre de LATIL

**Buzullar neden akarlar? Neden bazı buzullar ileri akarken diğerleri geri çekilirler?**

**Bugün kıtaların toplam yüzeyinin % 10'unu örten buzlar neden bazı çağlarda aynı yüzeyin % 32'sini kaplamıştı?**

**Coğrafyacılar, fizikçiler ve buzul uzmanları (glasiyolog'lar) ikiyüz senelik araştırmalardan sonra bile bu sorulara tam cevap verememişlerdir.**

**Fakat buzun ince yapısını araştırdılar, mikroskop altında suyun donmasını ve buzun erimesini gözlediler, akmakta olan buzullar üzerinde ölçmeler ve analiz'ler yaptılar. Hattâ bu katı ırmakların olağanüstü karmaşıklığını daha iyi anlamak için kutuplara kadar gittiler.**

## Oksijen Atomlarının Altıgen Dizilişi

**S**uyun donması olağanüstü bir şey olmayıp Dünya'nın temel olaylarından sayılır. Donan suyun hacmi 65 defa büyür. Bir diğer şaşırtıcı sayı: bazı mevsimlerde karaların 9/10'u buzlarla kaplanmış olur.

Buzullar kendi başlarına 15 milyon km<sup>2</sup> ilk yer kaplar ki bu karaların % 10'una karşılıktır. Senenin belli zamanlarında bazı denizlerin buz tuttuğunu da unutmamalıyız. Fakat özellikle uçsuz bucaksız "permafrost" (devamlı donmuş kara) bölgelerini hatırlayalım. permafrost bölgelerinin dünyanın 1/6'sından fazlasını kapladığını da öğrenirsek donmuş su imparatorluğunun ne kadar geniş olduğunu daha iyi anlarız.

Dünyanın bazı bölgelerinde büyük buz stoklarının bulunması meteoroloji olayları bakımından çok önemlidir. Geçmiş çağlarda buzullar dünyanın çok daha geniş bir bölümünü kaplamış bulunuyorlardı. Riss buzulları çağında dünyanın % 32'si, Würm buzulları çağında % 27'si buzullarla kaplı bulunuyordu. Buzulların yaptığı aşındırmalarla yeryüzünün ne kadar değiştiğini bir düşünün: karaların bugünkü görünüşünü büyük ölçüde geçmişteki bu aşındırmalar belirlemiştir.

Buzun önemini şu örnekle belirtebiliriz bugün yeryüzündeki bütün buzlar eriseydi, şehirlerimizin hepsi su altında kalacaktı. Buz, Dünya'da çok kararsız bir durumdadır. Katı, sıvı ve gaz fazları hemen hemen denge halinde bulunan tek "kaya" buzdur; buz devamlı değişim halindedir.

Buzul bilim (glasiyoloji) çok genç bir bilim dalıdır. Buzullar uzun süre insanlar için korkulan ve kaçılan şeyler olarak kaldılar. İlk önce Cenova'lı tabiat bilimcileri Mont-Blanc buzullarını inceleyerek korku duvarını aştılar. Daha sonra aralarında fizikçi Tyndall'ın da bulunduğu İngiliz bilim adamları Alp buzullarını incelediler. Fakat uzun süre vanlız gözlemlerle yetinildi.

Ancak insanlar Antarktika'da devamlı yaşamaya başladıktan sonra ve özellikle 1958 - 1959 Milletlerarası Jeofizik Senesi'nden sonra buzul bilim gelişmeye başladı. Bu bilim coğrafyanın bir dalı olarak kalmakla birlikte artık jeofizikğin de önemli bir alt dalı olmuştur.

Yeryüzünün ve hayatın ana elemanı su 0° de donar. Bu basit olay aslında çok karmaşık olayları kapsamaktadır.

Su altıgen şeklinde kristaller yaparak donar. Büyütle kara bakılırsa altıgenler görülür. Fakat bu buz kristalleri aralarında büyük farklar





**Mont-Rose dağı eteklerindeki Görner Gölü her yaz boşalır ve gölün ortasında Görner buzunun getirdiği buz kuleleri (serak'lar) kalır. Resimde kuru Görner gölü ve buz kuleleri görölüyor. Çember içindeki iki adam buz kulelerinin büyüklüğü hakkında fikir veriyor.**

gösterir. Buz ile kar arasındaki fark nedir? Dağcılar bilirler ki buz ile kar devamlı birbirlerine dönüőürler. Buzul bilim uzmanları kar ile buz arasında bilimsel bir ayırım yaparlar: kütleyle su girebilirse kar, su giremezse buz söz konusudur.

Buz tek tek kristallerin (monokristal) üstüste gelmesinden oluşur; kristallerin büyüklüğü çok değişik olup 3, 4 ve hattâ 5 cm. ye erişebilir; kristallerin şeklini kristal geometri'si değil, içinde bulunduğu ortam belirler. Kristaller arasında zigzag çizgiler şeklinde küçük çatlaklar belirir ki suyun içindeki yabancı cisimler ve gazlar burada toplanır.

Bir monokristal'in içindeki atomların düzenli bir biçimde dizildikleri görölür. X ışınları kırınım (diffraksiyon) metodu ile kristaldeki oksijen (O) atomlarının "bazal düzlemler" üzerinde altıgenler yapacak şekilde dizildikleri anlaşılmıştır. O atomları arasındaki uzaklık 4523 Angström'dür.

Her O atomu komşu düzlemlerdeki O atomlarına kendi düzlemindeki O atomlarına olduğundan daha yakındır: bir O atomu bir üst düzlemdeki O atom'undan ve bir alt düzlemdeki 3 O atom'undan 3683 Angström uzaklıktadır, bu dört atom, düzenli bir dörtyüzlü (tetraedr) oluştururlar.

Her O atomuna iki H atomu arkadaşlık eder. Fakat H atomlarının yeri kesinlikle belirlenmemiştir. Bir kere kristal geometrisi O atomlarını birleştiren çizgiler üzerinde H atomlarının farklı durum almalarına imkân verir; sonra bazı H atomları normal yerlerinde bulunmaz ve bu durum kristalin elektrik dengesini bozar. Buzun elektriği çok az iletmesinin nedeni bu olaydır.

—Uygulanan potansiyel farkı kristal'deki elektrik denge bozukluklarının yer değiştirmesi için kullanılmış olur.

Buzda çok hafif bir çift kırıcılık (birefringens) özelliği vardır. Bu sayede iki polaroid yaprak arasına ince bir buz tabakası konularak meydana gelen renk değişmelerinden buz kristallerini tanımak mümkündür.

### **Buzullar Kıtaları Örtünce**

Inlandsis nedir? Buzulla inlandsis arasında ne fark vardır? Eđer buzulun derinliği engebelerin yüksekliğinden azsa "buz ırmağı" diye bilinen buzullar söz konusudur; buz yüksek havzalarda



birikir, sonra kütlesinin etkisiyle vâdiye doğru yavaşça akmağa başlar.

Fakat buzullar dağları örtecek kadar derinse engebeler gözden silinir ve yüzlerce, binlerce kilometre üzerinde buzullar kendi örtü ve tepeliklerini oluşturur, bu tip buzullara Dani-marka dilinden alınmış ve ilk kez Grönland'da kullanılmış bir terim uygulanıyor: "Inlandsis", aynen çevirisi "toprak içinin buzu". Profesör Lliboutry'nin verdiği tanım şöyle "inlandsis enge-beleri tamamen gözden silecek kadar derin bir buzuldur"

Engebelerin buzul örtüsünün biçimi üzerinde etkisi olmayabileceğine bir kanıt: bugün dünyadaki iki inlandsis'in en yüksek noktalarının (Grönland'da 3100 m., Antarktika'da 4000 m.) altında tepeler değil tam aksine çukur bölgeler vardır. Bu şaşırtıcıdır, fakat anlaması güç değildir: çukur yerlerde buz birikir, buz birikince o bölge soğur, soğuma kar yağışını arttırır. Böylece buzul çukur bölgelerde en fazla derinleşmiş olur. A. de Cailleux'nün işaret ettiği bir diğer etken de deniz seviyesinden yüksekliktir: buzul büyüdükçe yüksekliği artmakta, yükseklere daha fazla kar düştüğünden ve yükseklerde kar daha güç eridiğinden buzul yükseldikçe daha da yükselmek eğilimi taşımaktadır. Böylece buzun en kalın ve bölgesel ısının en düşük olduğu yerlerde inlandsis devamlı derinleşmektedir.

### Katı İrmaklar

Kutuplardaki düz yaylalarda buzlar hemen hiç yer değiştirmez. Buralardaki büyük buz takkelerinde buzların ışınal olarak hareket ettiği bir gerçekse de çok küçük olan bu hareketi kanıtlamak güçtür. Bu uçsuz bucaksız buz örtülerinin ancak kenarlarında buz hareketleri önem kazanır ve gerçek buzullara, bir çeşit "Boşaltma kanalları"na buralarda rastlanır.

Alp'lerde örneği bulunan gerçek buzullar hakkında çok şey bilinmektedir. "Alp tipi buzul" veya "vâdi buzulları"nda buzulun doğduğu bir buz yalağı ve buzulun aktığı bir havza vardır; buna karşı "yalak buzullar" veya "asma buzul-lar"da buzul, yalağından dışarı akmaz, orada kalır. Bir de adı az duyulmuş "yenilenen buzullar" var; burada çok yüksek dağlardaki asma buzul'lardan birinin ön duvarının zaman zaman yıkılması söz konusudur; bu "buz yığınlarının düşüşü", kayalık duvarların altında akan bir buzulu besler, bu buzula "yenilenen buzul" denmektedir, bu tip buzullar yalnız karla değil, buzla da beslenmektedir.

Buzul taşlarını da (moren'ler) şöyle bir hatırlatalım: kenar buzul taşları yukarlarda buzul

yatağının yan duvarlarından düşmüş taşlardır; ön buzul taşları buzulun akışı sırasında rastladığı ve kendisiyle birlikte sürükledikleridir; orta buzul taşları birleşen iki buzulun kenar taşlarından oluşmuştur. Sırası gelmişken "kayalı buzul" terimini de açıklayalım: bir ön buzul taşının çekirdeği buzdan ibaret olabilir, tabii bu buz görülmez. Hattâ bazen buz çekirdeği çakıl büyüklüğünde taşlarla tamamen örtülmüş olabilir. Grenoble'daki Alp Coğrafyası Enstitüsü hangi vâdilerde kayalı buzulların bulunduğunu incelemektedir.

Buzullarda buzulun karla beslendiği bir "birikme bölgesi", bir de buzulun gerek erime — hem kaya yatağına, hem de açık havaya bakan yüzünde erime —, gerekse buharlaşma nedeniyle küçüldüğü bir "buz kaybetme bölgesi" ayırt edilmelidir.

"Birikme dönemi" ve "buz kaybetme dönemi" terimlerinin anlamı ortadadır. Bu terimler buzulun kaybettiğinden fazla buz kazandığı veya bunun aksi dönemleri anlatmaktadır. Bir de buzul bilim yayınlarında sık rastlanılan bir terim var: "malî yıl". Buzulun "malî yılı" buz kazanma döneminden buz kaybetme dönemine geçiş sıralarında başlamaktadır; buna dayanılarak bir buzulun "bütçesi" saptanır. Bu iki dönem içiçe geçerse işler karışır, Fransa buzulları böyledir.

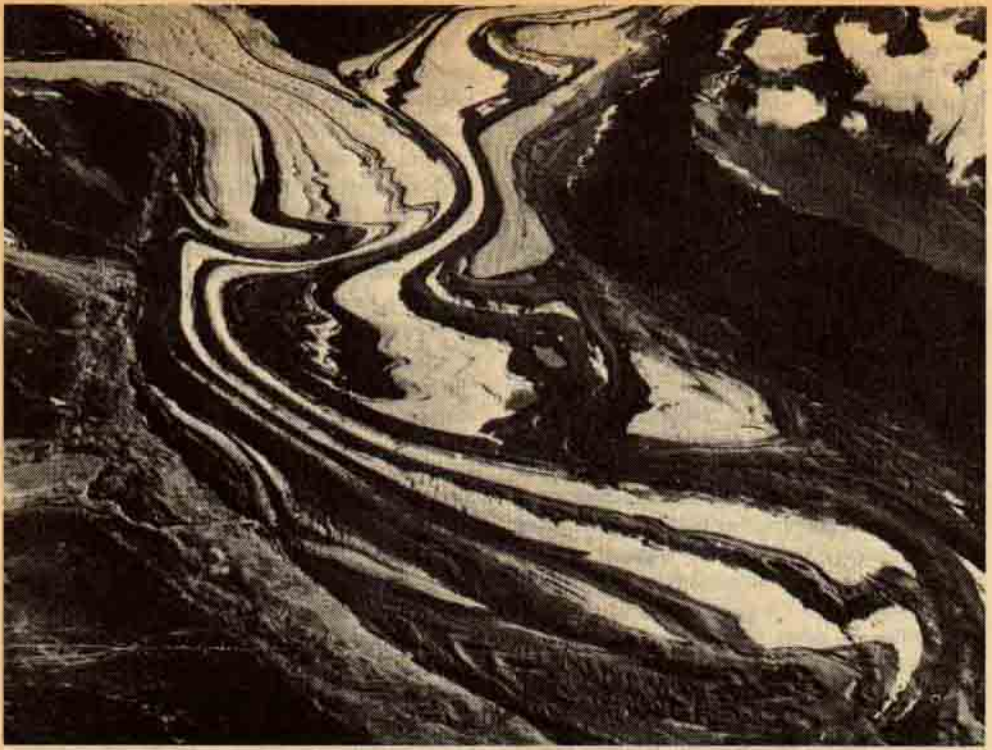
Bir buzulun "bilânço'su" kazandığı ve kaybettiği buz miktarı arasındaki farktır. Tabii ki yükseklerde bu bilânço pozitif, aşağıda vâdilerde ise negatif'dir. Bilanço'lar ya belli bir yükseklik (altitüd) dilimi için, ya da bir havzanın tümü üzerinden hesaplanabilir. Bu arada her çeşit suyu dikkate alan su bilanço'su (hidrolojik bilanço) ile yalnız buzlu dikkate alan buz bilanço'sunu (glasiyolojik bilanço) ayırt etmek de gerekir.

Bir diğer farklı kavram bir buzulun "akış"ıdır (rejim). Bu terim karmaşık hesaplar ve ince ölçmelerle elde edilen buz birikmesi ve buz kaybının ortalamasıdır. Daha duyarlı bir kavram üç entegral'li bir formülle ifade edilen "aktivite katsayısı"dır. Buzulun kaybettiği ve kazandığı buz miktarı eşitse buzulun "bütçe'si" denktir denir. Bütün bu kavramlar Laponya buzullarını inceleyen İsveç'li Ahlmann tarafından getirilmiş olup matematik olmasa bile gerçekten bilimsel bir buzul bilimin temelini atmıştır.

### Buz Kayası

Katı buz nasıl olup da akıyor diye sorulduğunda "canım, eğimli vâdide aşağı kayıyor işte" diyebilirsiniz. Fakat bu işi çok basitleştirmek olur.





**Alaska'da üç buzulun birleşmesi görülüyor. Orta ve yan buzul taşları şaşırtıcı menderesler yapıyor.**

Önce şu nokta iyi belirtilmelidir: önemli olan buzulun altındaki yatağın değil, buzulun kendisinin eğimidir. Yatağı hiçbir eğim göstermeyi dümdüz bir buzul düşünelim, dağ etekleri vâdilerden daha fazla yağış aldığından böyle bir buzul dağ eteklerinde daha derin, vâdilerde daha sığ olacak ve hiçbir eğim olmamasına rağmen dağ eteklerinde biriken buz kitlesi vâdiye doğru akacaktır.

Fakat buzun hareketini daha iyi anlamak için onun ince fiziksel yapısını öğrenmek gerekir.

Buz: doğada bol bulunan kayalar arasında en safıdır. Fakat kimyasal saflık —yalnızca monokristal'lerdeki saflık kastediliyor, kristallerarası çatlaklardaki değil— kristal yapısının da kusursuz olduğu anlamına gelmez. Buzun içinde mikroskop'la bile görülemeyecek kadar küçük boşluklar (vaküol'ler) bulunduğu şüphesizdir. Atom yapısına göre hesaplanan buz yoğunluğu (0.917) ile ölçülen buz yoğunluğu (0.906) arasındaki farkı başka türlü açıklamaya imkân yoktur.

Buz erirken yukarıda sözü edilen kristallerarası çatlaklarda, daha doğrusu üç çatlağın kavşaklarında erir. Erimeye başladıktan az sonra saydam

buzun içinde çok küçük su lamelleri belirir, bütün bu lameller kristalin bazal düzlemleri doğrultusunda yer alır, ışık altında çeşitli şekiller göstererek parladıkları için bu lamellere "tyndall çiçekleri" denmiştir.

Fakat doğanın buzları böyle erimez. Burada önce "ılık" buzullar ile "soğuk" buzulları ayırt etmek gerekir. Ilık buzulların ısı çok nâdiren 0°'nin altına düşer, Avrupa buzulları böyledir. Oysa İndianis'lerin merkezinde ısı sıfırdan çok daha düşük olabilir. Ilık buzullarda erime olayı mümkünken soğuk buzullarda erime mikroskopik olarak dahi imkânsızdır. Bundan "ılık" ve "soğuk" buzulların doğadaki davranışlarının çok farklı olacağı sonucuna varılır.

Bir cismin katı halden doğrudan doğruya gaz haline geçmesi (süblimasyon) yaygın bir olaydır. Buzun çevresindeki havada çok az su buharı varsa (atmosfer "çiğ negatif" ise) buz doğrudan doğruya su buharına dönüşebilir, soğuk kuşaklardaki durum da budur.

Buz fiziğinde büyük önem taşıyan bir deney vardır: Tyndall deneyi. Çelik bir tel alınır, bir buz bloku üzerine konular, telin iki ucuna da birer



ağırılık asılır ve görülür ki tel yavaş yavaş buzun içinden geçer ve telin üstünde kalan buz tekrar donarak kapanır.

Basınç altında kalan buz daha düşük ısılarda erir, fakat hemen sonra çevrenin ısısı eriyen buz tekrar dondurur. Erime noktasındaki bu alçalış  $1 \text{ cm}^2$  üzerindeki 1 kg. basınç için 0.0074 derecedir.  $1 \text{ cm}^2$  kesitindeki ve 11.4 metre uzunluğundaki bir buz sütunu 1 kg. geldiğinden bu özelliğin büyük buzullardaki önemi anlaşılır (Örneğin 1000 m. kalınlıktaki bir buz tabakasının en dibinde buzun erime ısısı  $0.9^\circ$  kadar düşer). Buzulun yolu üstündeki engeller onu sıkıştırırlar, bu sırada buzulun en fazla sıkışan bölgeleri erirler. Buzulun diğer bölgelerinde de sıkışma sonucu erime ve yataktan ayrılma eğilimi varsa —örneğin bir tümseği aşkıktan sonra— eriyen sular tekrar donana kadar buzulun iki bölgesi arasında bir su dolaşımı görülür.

İlık buzulların dibinde su - buz dengesi devamlı olarak değişmekte olduğundan buzun içinde pekçok su cepleri sıkışıp kalır. Bütün bunlar buza bağlı fiziksel problemlerin griftliği hakkında ancak kabaca bir fikir verebilir. Örneğin kristallerarası çatlaklar arasında kılcal kanalların oluşması da ayrı bir problemdir, bu kılcal kanallara su girer. Fakat buzun içinde daima bulunan hava kabarcıkları işe karışır: bu kabarcıkların kılcal kuvveti kılcal kanallara su girmesine engel olabilir. Buna rağmen buzun yüzeysel bölgelerinin suya hafifçe geçirgen (permeabl) olduğu, bazen onlarca metre derinlere kadar su geçtiği düşünülmektedir.

Buzul üzerinde etkili basınç ve ısı sene boyunca buzulun izlediği yön üzerinde devamlı değişme gösterdiğinden monokristal'lerin büyüklüğü de buna uyarak değişir. Buzul kristallerinin büyüklüğü mevsimlere ve buzulun bölgelerine göre değişir: buzulun kaynağından ucuna doğru gidildikçe kristaller çok büyür. En uzun buzullarda en iri kristaller bulunduğundan kristal hacminin buzulun yaşı ile ilgili olduğu da söylenebilir.

Diğer taraftan dik yamaçlardan akan buzulların kristalleri diğerlerinden daha küçüktür. Bu buzullarda iç gerilimlerin, dolayısıyla zorlanmaların en büyük olduğu bölgelerde büyük kristaller daha küçük kristallere dönüşür (milonizasyon olayı).

### **Penelop ve Oğlu Telemak**

Bütün bu olaylar uzun süre deneye dayanmayan gözlemler olarak kaldı. Bugün ise bu olayları Grenoble'lü Profesör Lliboutry ve yardımcıları tarafından gerçekleştirilen "Penelop" adlı makine

deneyisel olarak meydana getirebilmektedir. Bir buzulun dibinde geçen olayları araştırmak güç, hattâ imkânsızdır. Bu bakımdan sürtünmelerin buz üzerindeki etkilerini laboratuarda incelemek düşünülmüştür.

Aparey'de meydana getirilen buz 90 cm. çapında, ortası delik bir disk şeklindedir. İki dişli arasına sıkıştırılan bu buz diski saatte 5 mm. gibi çok küçük bir hızla döner ve bu sırada ortasındaki çekirdeğe sürtünür. Bu çekirdeğin üzerinde plastikten yapılmış iki tümsek bulunur. Döner buz bu engellerle rastlayınca gerçek buzulun bir engel karşısında karşılaştığı zorlanmalarla karşılaşır. Penelop ismi her zaman aynı işi yaptığı için, bir de devamlı daha üstün bir duruma getirilmekte oluşu nedeniyle verilmiştir. Penelop'un bir oğlu var: Telemak. Telemak'ın yapımı henüz bitmemiştir. Penelop'dan daha küçüktür ve ısıya karşı daha iyi izole edilmiştir. Penelop'da sürtünme ısısı ile savaşmak gerek-mekte idi. Bu aygıtlarla buz kristallerinin deformasyonları (biçim değişikliği) ölçülmektedir.

### **Buzullan Delme Yöntemleri**

Petrol bulmak amacı ile toprağı delme (sondaj) yöntemlerini buzullara uygulamak mümkün değildir. Buzu ısıtarak eritme yöntemleri kullanılır.

Buzula sokulan bir borunun (sonda'nın) alt ucundan su buharı verilebilir. Fakat bu yöntemle ancak 30 m. kadar derine inilebilir. Daha fazla derinleşebilmek için açılan kuyuda toplanan suyun ağırlığını yenebilmek gerekir, bunun içinse kullanılan su buharının basıncını ve ısısını çok yükseltmek zorunludur. Metodun üstünlükleri ise hızlı oluşu (40 metre/saat'e kadar) ve hafif materyal gerektirmesidir.

Çok daha basit bir metod buz buharla değil, sıcağı geçirerek eritmektir. O zaman saatte 20 M. bir hızla 120 - 150 m'ye kadar inmek mümkündür. Bu metodun sakıncası inlandsis'lerde kullanıldığında ortaya çıkmaktadır: aşırı soğuk nedeniyle açılan kuyuyu dolduran su donabilir ve sondanın çıkışını engeller.

Gerekli sıcaklığı bir elektrik dirençle sağlamak da mümkündür. Bu metod ilk kez 1948'de Aletsch buzulunda denenmiştir. Bugün için en iyi aygıt Grenoble buzul bilim laboratuvarlarında geliştirilendir: izole edici bir madde ile kaplanmış ve daha sonra havasız bir yerde eritilmiş gümüşe batırılmış direnç telleri. Parmak kalınlığında böyle bir sonda ile 800 Watt'lık bir güç elde edilebilir. Bir diğer yeni teknik ucunda motör bulunan sonda aygıtları kullanılmaktadır. Fransa'nın



**Kıtasal buzların toplam hacmi: 32.500.000 km<sup>3</sup> veya tatlı suların % 98, 48'i.**

**Tropik ve ılımlı kuşakların buzulları: yüzey: 65.800 km<sup>2</sup>, hacim: 10.000 km<sup>3</sup>**

**Kutupların buzulları (Inlandsis'ler hariç):**

**375.500 km<sup>2</sup>, 370.000 km<sup>3</sup>**

**Grönland Inlandsis'i: 1.650.000 km<sup>2</sup>, 3.70 milyon km<sup>3</sup>**

**Antarktika Inlandsis'i: 13.500.000 km<sup>2</sup>, 28.5 milyon km<sup>3</sup>**

petrol aramak için geliştirdiği bu tekniği Amerikalılar Antarktik buzlarını delmek için kullanırlar.

### **Buzulların Dibinde**

Buzullardaki çatlaklar acaba neden dağların dik duvarlarında görülmez de eteklerinde görülür? Çünkü buzul dik tepelerdeyken henüz kalınlaşmamıştır ve bu nisbeten ince buz tabakası, altındaki aşınmamış kaya tabakasının sivri noktalarına asılır. Kayalardaki sivrilikler ve buzun ince oluşu soğüğün kolaylıkla kayaya geçmesine imkân verir. Bu nedenlerden dolayı buzul dağın dik duvarlarında iken çatlamaz. Dağ eteklerinde ise buzulun hareketi çatlaklara sebep olur. Buzul genellikle konveks (dışbükey) bir toprak parçasını aşarken çatlar. Bu konveks'lik aşırı ise ve özellikle buzulu daha önceki çatlaklardan değişik bir doğrultuda çatlamaya zorluyorsa prizma biçiminde buz kuleleri oluşur (serak'lar). Daha aşağılarda konveks yamacın eğimi daha da belirginleşirse bu buz kuleleri dengelerini kaybederek devrilirler. Bu çatlaklardan buzulun içine girmek mümkündür. Fakat bu mavimsi uçurumlar ancak 20 - 30 m. kadar derindir; nadiren 40 - 50 m. kadar derin olabilirler (rekor Dev Buzul üzerindeki bir çatlaktır, 60 m. derinlikteki bu çatlağa düşen bir dağcı kurtarılmıştı).

Buzulun kesitinde neler görülür? Tabakalar. En üstte en son yağan kar tabakası. Bu kar tabakasının açık havaya uzun süre maruz kalan yerleri tozlarla kaplanır, bazı yerleri bir çöküntüden artan toprakları taşır. Bu kar tabakasının büyük bir kısmı yüzeyde erimiş ve yeniden donmuştur. Buzulun derinlerine inildikçe karın yerini buz almaya başlar. Derin tabakalarda jeoloji'dekine benzer şekilde yandan itilmelere bağlı kaymalar ve aksi yöndeki kuvvetlerin etkisine bağlı kırılmalar görülür.

Buzulların dibini doğrundan doğruya incelemek imkânsızdır. Bunun için sondaj'lara başvurulur. Bir Alp buzulunun normal derinliği 60-200

m. olup birkaç yüz metreye erişebilir. Grönland'da bir sondaj sırasında 1450 m.'ye kadar ve Antarktika'da Byrd üssüne yakın bir yerde elektro-mekanik sonda ile 2000 m.'ye kadar inilmiştir.

Buzulların iç ısı "ılık" veya "soğuk" oluşlarına göre değişir. Fransa'da Dumont —d'Urville'de yüzeye yakın — 15°, daha derinlerde — 5° bulundu. Sovyet buzulları rekor kırmaktadır: yüzeyde — 57°, 800 m.'de — 50°. Isısı en yüksek bölge daima buzulun "döşeme"si, yani en dibidir.

Buzulla buzulun altındaki kaya yatağı arasında ne gibi olaylar geçmektedir? Onbeş senedir, elektrik üretmek üzere buzul altında akan seller araştırılmaktadır. Bu amaçla buzulun altındaki kayada birçok tüneller oyulur. Fransa'da Alp Coğrafya Enstitüsü Buzul Laboratuvarı'ndan Robert Vivian 1972 Aralık ayında bu metotla çalışarak buzul ile kaya arasındaki olayları 7 gün izleyebildi. Tünelin tavanına yerleştirilmiş küçük bir tekerlek buzulun hareketini kaydediyordu. Buzulun günlerce hiç hareketsiz kalıp sonra küçük sıçramalar yaptığı görüldü. Tavana çizilen çizgilerin filmi alındı ve filmi yavaşlatarak göstermek yolu ile çizgilerin yer değiştirmesi izlendi. Suyun debisi (verdisi) hızla değişiyordu. Kaya ile buzul arasında hemen her zaman ince bir su tabakası bulunuyordu. Fakat en büyük buluş şu oldu: tünelde üç adamın bulunmasından doğan çok hafif ısı artışı buzulun kayaya değen kısmında erimeyi hızlandırmaya yetmişti. İklimin biraz değişmesinin bile en önemli sonuçlar verebileceğine bir örnek.

Buzulların diplerinin özel bir buzdan yapıldığı anlaşıldı: BİL (Basal Ice Layer veya Dip Buz Tabakası). Alp Coğrafya Enstitüsünde BİL blokları kimyasal analiz yapmak üzere buzdolaplarında saklanmaktadır. Şaşırtıcı derecede büyük kristallerden oluşan bu çok saydam buzun içinde kayalardan kopmuş parçacıklardan oluşmuş incecik tabakalar görülür. Nasıl oluştukları henüz çok az anlaşılmıştır, bununla beraber iclerinde kaya parçacıklarının bulunuşu, oluşmalarında

buzul yatağı aşınmasının önemli rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Bazen BIL blokları beyaz bir tozla örtülür: "Buzul unu". Buzul ununun nasıl oluştuğu biliniyor; kayaların buzul tarafından zımpara edilmesi.

İşte bu buzul unudur ki buzuldan doğan suları beyaza boyar, bu renk o kadar karakteristiktir ki iki selin karıştığı noktada hangisinin bir buzuldan, hangisinin dağdan geldiği söylenebilir. Bonneval yukarılarındaki iki küçük gölü örnek verelim: biri Evettes buzulu ile beslendiği için beyaz, diğeri ise mavidir.

Bu sivri tanelerden oluşan tozun korkunç bir aşındırma gücü vardır: Fransa'da Buz Denizi diye anılan buzuldan doğan bir selin debisini ölçmek için yapılan bir set beş senede onbeş cm.'den fazla aşınmıştı. Gerçekten de "zımpara ımağı" denebilecek buzulların alçak vâdileri o kadar oymasına şaşmamak gerekir.

### Geçmişe Uzanmak

Buzullardaki buzun kimyasal analiz'i çok şey öğretebilir. Özellikle kutupları örten çok kalın buz örtülerinin izotop analizi geçmişteki iklimler hakkında bilgi verir.

Eski bir buzda sıkışıp kalmış havanın  $CO_2$  inde  $C^{14}$  izotop'u ölçülerek buzun yaşı belirlenebilir. Buzun yaşı tritium ile de belirlenebilir. Hidrojen'in radyoaktif bir izotop'u olan tritium yağmur ve karda bulunur ve her 12 senede bir % 50 oranında azaldığı için suyun ve buzun yaşını belirler.

Oksijen'in  $O^{18}$  izotop'u radyoaktif değildir, ancak kütle spektrografisi denen metotla ölçüle-

bilir.  $O^{18}$ 'nin 6 izotop'undan en fazla rastlanılanı  $O^{16}$ 'dır, bundan sonra % 0.2 oranla  $O^{17}$  gelir.  $O^{18}/O^{16}$  oranı bulunursa geçmişde yağmış karın ısıtılabildiği anlaşılabilir. Aynı şeyler deuterium/hidrojen oranı için de doğrudur. Fransa'da bu konuda en büyük uzman CNRS araştırmacılarından Claude Lorius'dur.

### SONUÇ

Suyun üç fazının kararsız denge durumunda bulunduğu buzullar, görüldüğü gibi çok karmaşık şeylerdir. Bir buzulun yaşamasına imkân veren ana faktör o bölgedeki düşük ısıdır, yani buzulun kendisidir. Fransız Alp'lerinde Buz Denizi denen buzulun bulunduğu yüksekliklerde, Chamonix yakınlarında, Alp otlakları da bulunmaktadır. Demek ki yükseklik tek etken değildir. Soğuk, buzulun oluşmasını kolaylaştırır, buzul ise havayı soğutur. Bu şekilde bir buzul büyüdükçe büyümek, geri çekildikçe geri çekilmek eğilimindedir. Bir buzulun yıllar geçtikçe vâdiye doğru indiğini düşünelim, en sonunda o kadar aşağı iner ki üst üste birçok sıcak yazlardan sonra geriye, dağa doğru çekilmeye başlar.

En son olarak şunu belirtelim ki buzullar canlılara benzer: kendi iç çatışmaları vardır ve dış etkenler yalnızca bu çatışmaları harekete geçirci bir rol oynar. Bu bakımdan 4. zamanın büyük buzullarının nedenlerine inebilmek, neden geriye çekildiklerini ve bugün neden orada burada ilerlediklerini anlayabilmek kolay değildir. Çünkü buzulların gerçekten kendilerine özgü bir hayatları vardır.

SCIENCE ET Avenir'den  
Çeviren: Dr. Selçuk ALSAN

● *Dikkatsizlik bilgi noksanlığından daha fazla ziyana sebep olur.*

FRANKLIN

● *Herkesin ilgisini çeken insanın sırrı, herkesle ilgilenmesindedir.*

William Dean HOWELLS

● *Ah şu insanlar ... Daha bir solucan bile yapamazken nice nice tanrı yapan insanlar .....*

MONTAIGNE