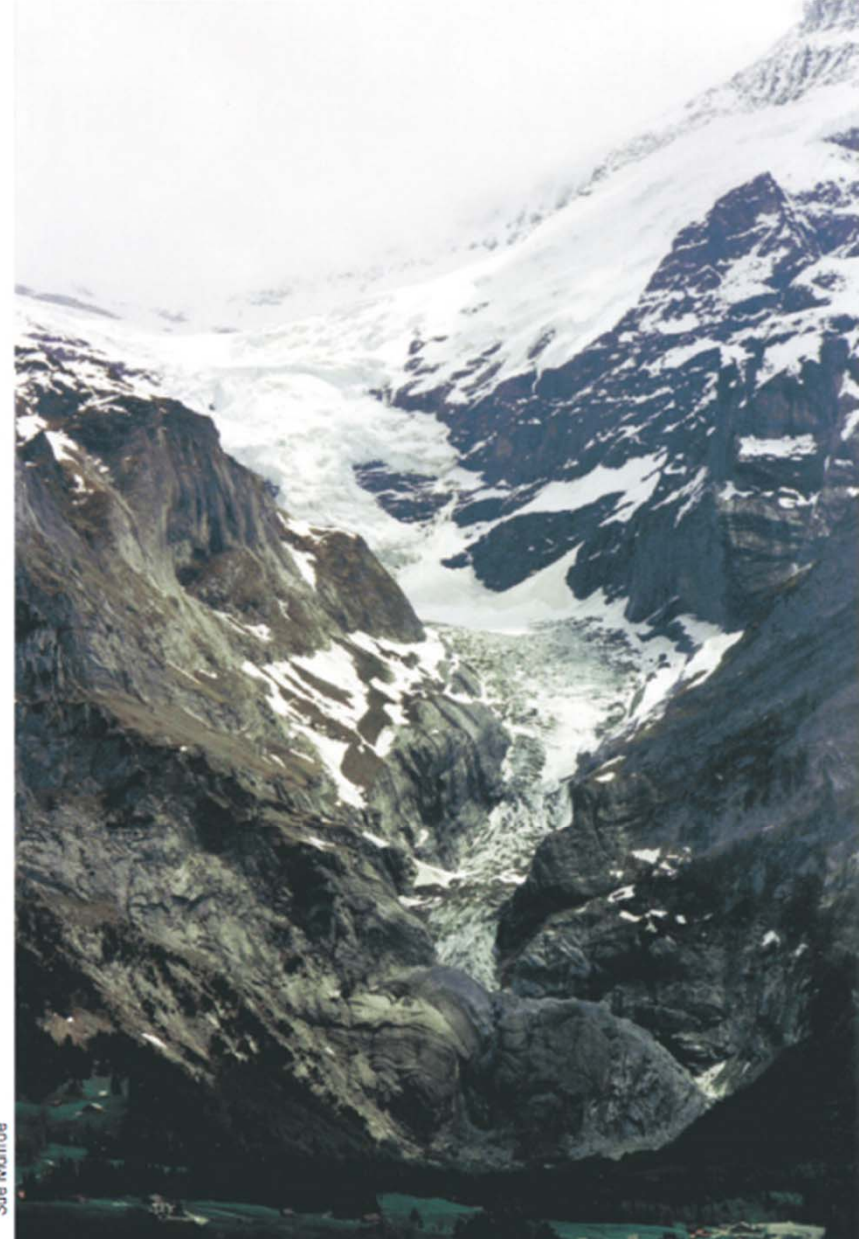


15 BUZULLAR/GLACIERS



(a) Küçük Buzul Çağı'nda Avrupa'da birçok buzul vadisi günümüzde olduğundan daha aşağıya uzanmaktaydı. Samuel Birmann (1793 –1847) *The Unterer Grindelwald* adlı bu görünümü 1826'da resmetmiştir. (b) Günümüzde ucu vadisinin alt ucundaki bir kaya çıkıntısı ardında kalan aynı buzul.

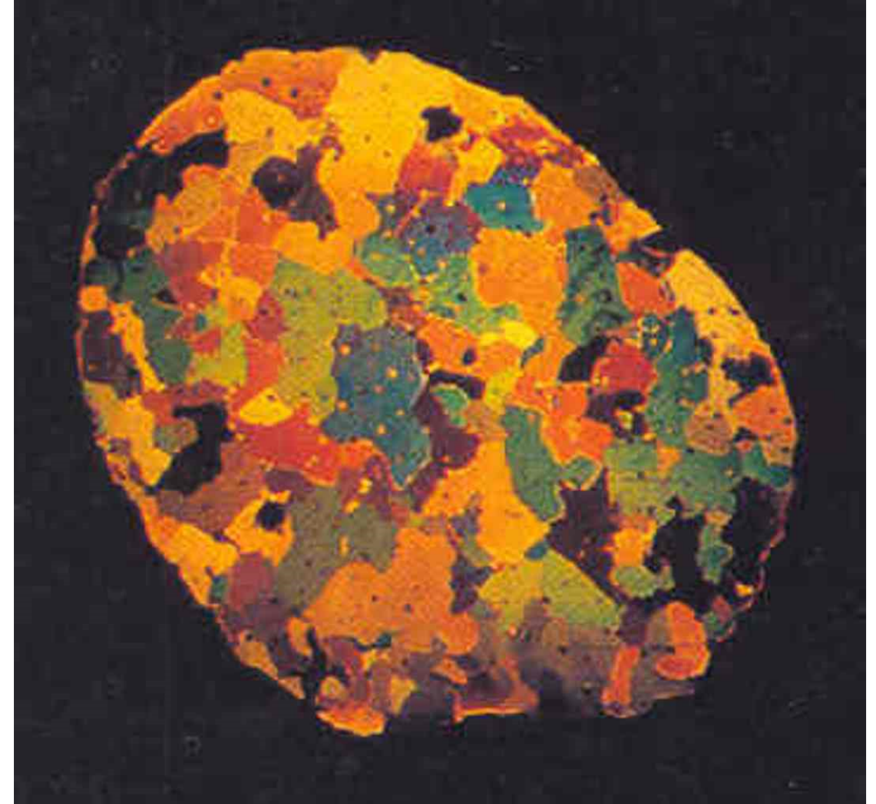


Sue Monroe

Monroe & Wicander 2005

KAYAÇ OLARAK BUZ

Buzullarla ilgilenen yerbilimciler için buz da bir kayaç çeşidi olup; buz mineralinden oluşan ve kristalli tanelerden meydana gelen bir kayaç olarak tanımlanır. Diğer kayaçlara göre yoğunluğu daha düşüktür. **Katılaşmış bir akışkan** olarak magmatik kayaçlara, yeryüzünde **tabakalar şeklinde çökelerek** büyük kalınlıklara ulaşabilen bir kayaç olarak tortul kayaçlara; ve **basınç altında tekrar kristallenerek** (recrystallization) oluşan bir formasyon olarak başkalaşım kayaçlarına benzerlik gösterir. Buz mineralinin diğer eşdeğerlerinden bir farkı da **çok düşük sıcaklıklarda erimesidir**, diğerleri yüzlerce derece daha yüksek sıcaklıklarda erimektedirler.



Buzul nedir ?

Bir buz kütlesi, diğer herhangi bir zemin veya kaya kütlesi gibi yamaç aşağıya hareket edebilir. Bu, hareket eden veya eskiden etmiş olduğu anlaşılan buz kütlelerine buzul denir.

Bu kütleler iki başlıkta incelenir: **kıtasal buzullar** (continental glaciers) ve **vadi buzulları** (valley glaciers).

Kıtasal buzullar

Kıtasal buzullar, vadi buzullarına göre çok daha geniş alanlar kaplarlar. Bunlar çok yavaş hareket eden ve çok kalın buz tabakalarıdır. En genişleri, Grönland ve Antarktika'da bulunanlarıdır. Bunlar bu kıtasal alanların hemen hemen tümünü örterler.

Vadi buzulları

Kayak yapanlarla dağcılar, **vadi buzullarını** - **alpin buzullar** da denir - tanırlar. Bu tür buzullar, dağlık kesimlerde yağan ve biriken karların, vadiler içinde ve aşağıya doğru yaptıkları hareketlerle oluşurlar. Buzullar genellikle vadilerin enini tamamen kaplarlar ve vadi tabanındaki kayaları yüzlerce metre örterler. Sıcak ve düşük enlemdeki bölgelerde, vadi buzulları vadilerin ancak başlarında, dağların yüksek kesimlerinde bulunabilirler. Daha soğuk ve yüksek enlemdeki bölgelerde ise, buzullar çok daha geniş alanlar kaplarlar. Bazen denize kadar uzanırlar ve buz parçaları kırılarak denize düşebilir ve denizde yerdeğiştirirler (iceberqs, buzdağları, Titanik !).

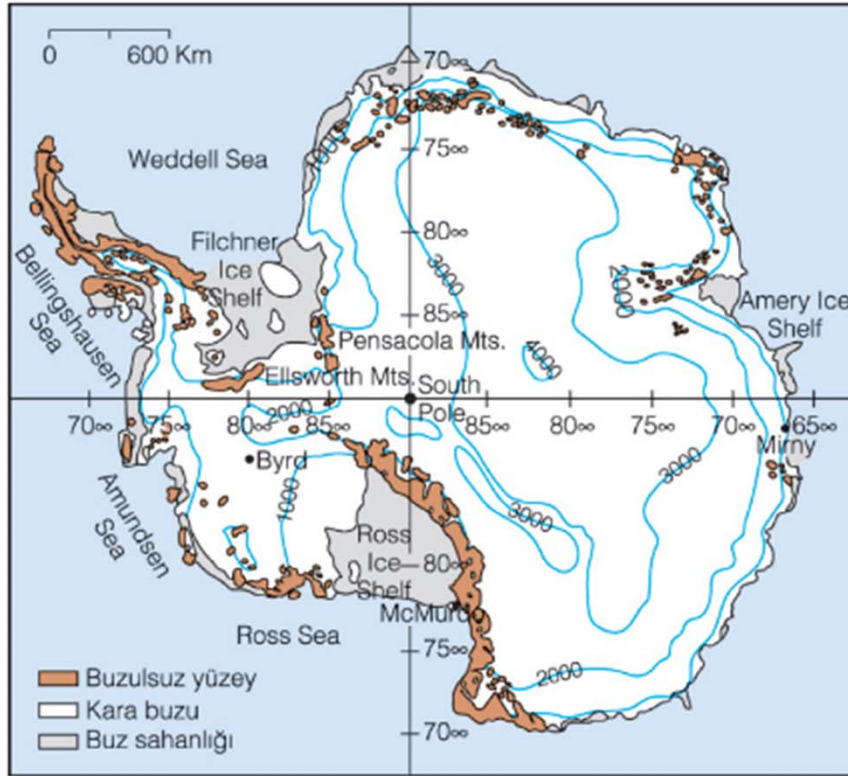


Sue Monroe

(b)

■ Şekil 17.4

(a) Alaska'da bir vadi buzulu görünümü. Büyük buzul kollarna dikkat ediniz. (b) İsviçre'de bir vadi buzulunun üst ucunun görünümü. Bu buzulun ucu yaklaşık 22 km dir.



(a)



James S. Monroe

(b)



James S. Monroe

■ Şekil 17.5

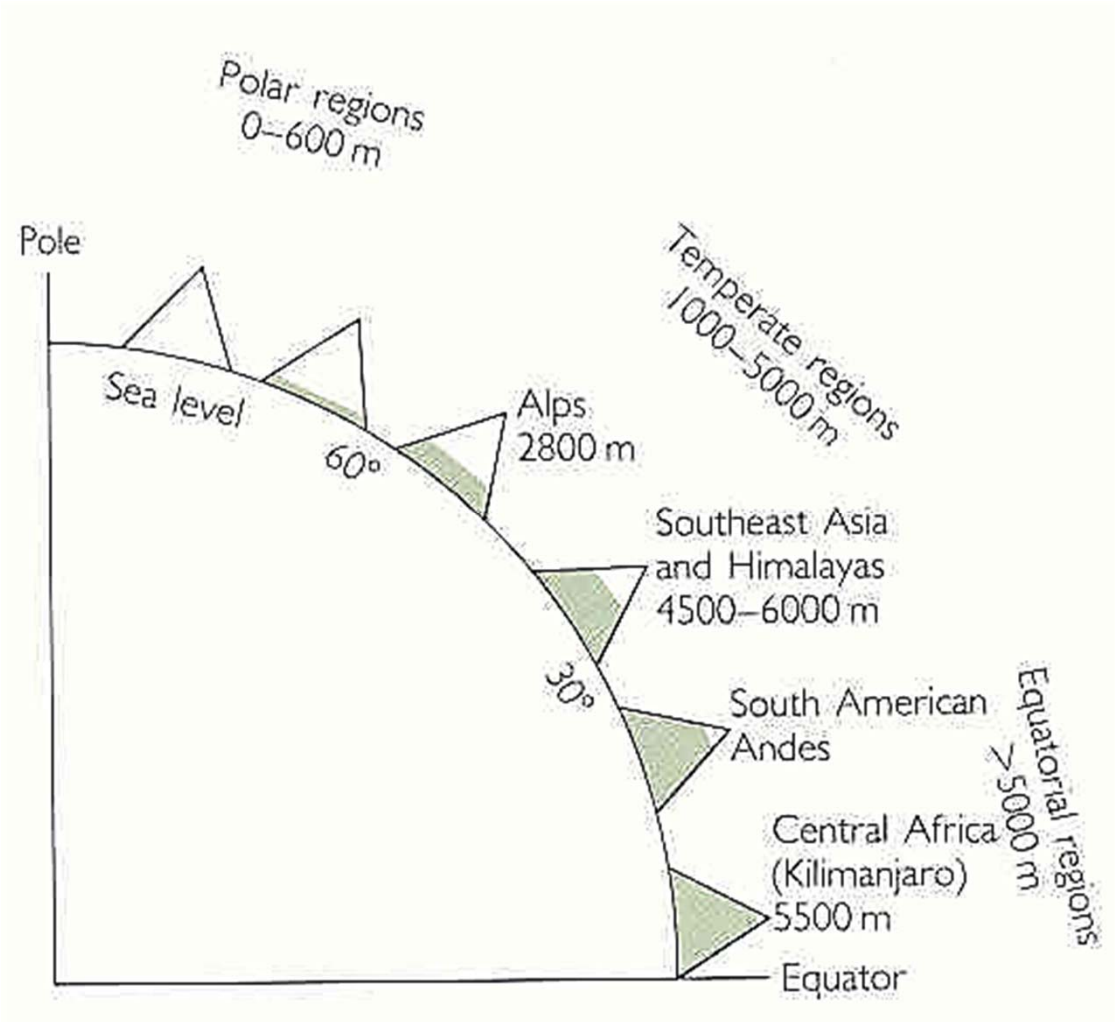
(a) Batı Antarktika ve daha geniş olan Doğu Antarktika buz yaygıları ortalama 2160 m kalınlığında ve maksimum yaklaşık 4000 m ye ulaşan kalınlığa sahip olan neredeyse kesintisiz bir buz örtüsü

Buzullar nasıl oluşurlar ?

Bir buzulun başlangıcında çok miktarda yağın ve yazın erimeyen kar vardır. Kar yavaş yavaş buza dönüşerek hareket etmeye başlar ve bir buzul oluşur.

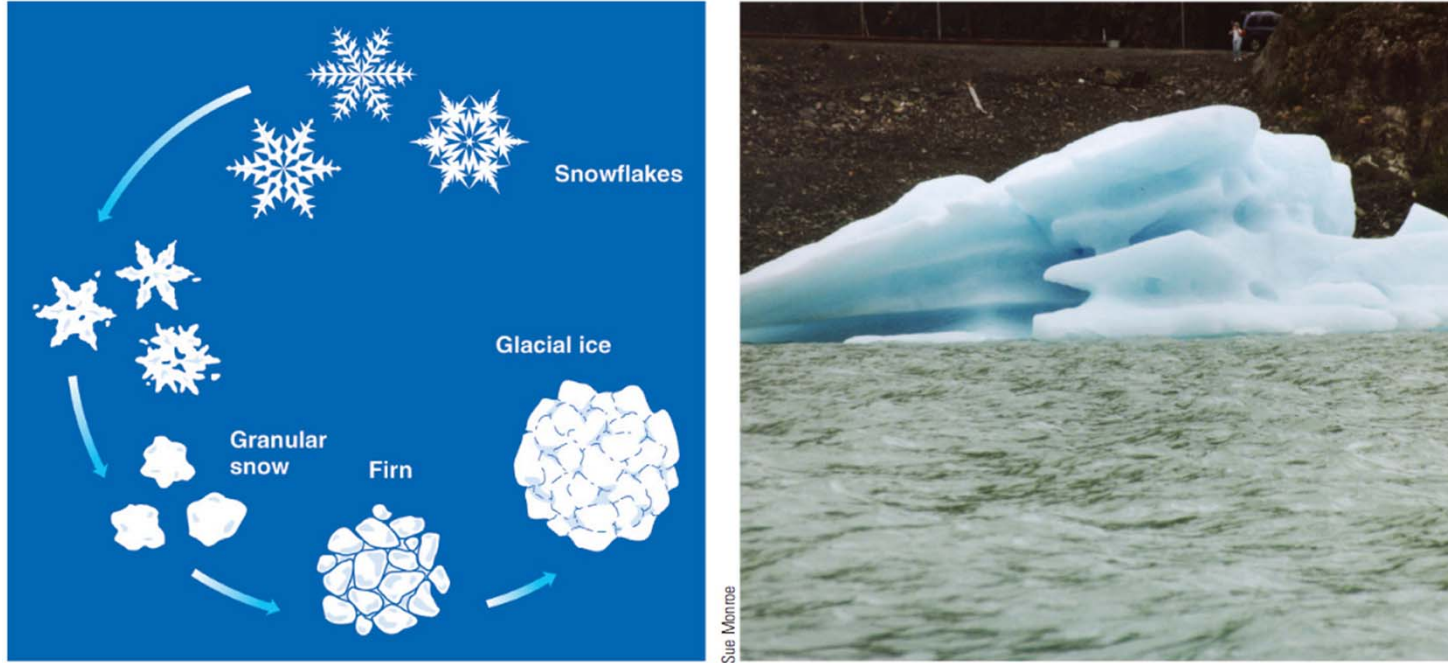
İlk koşul: düşük sıcaklıklar

Buzulların oluşabilmesi için, karın yıl boyunca yerde kalabilmesi, bunun için de düşük sıcaklıklar gerekmektedir. Bu da ya yüksek enlemde yerlerde, ya da topoğrafik olarak yüksek kesimlerde gerçekleşebilir. Yandaki şekilde yeryüzünde enleme ve yüksekliğe bağlı olarak buzulların oluşabildikleri alanlar belirtilmiştir. Görüldüğü gibi, kutup bölgelerinde deniz seviyesinde buzulların oluşabilmesi veya kalabilmesine karşın, Orta Afrika'da bu seviye, Kilimanjaro dağlarında 5500 metreye ulaşmaktadır.



İkinci koşul: nem

Kar ve buzul oluşumu, nem ve soğuk gereksinmektedir. Buzullar, dağlık alanlarda nemli rüzgarların yağış bıraktıkları kısımda gelişebilirler fakat yağış gölgesinin olduğu diğer dağ yamacı kuru ve buzulsuz olacaktır (bakınız yağış gölgesi). Güney Amerika'nın And dağlarında hakim rüzgarlar doğudan estikleri için, bu dağların doğu kısımları buzullu, batı kısımları ise karsız ve buzulsuzdur



(a) Yeni düşen karın buzkar ve buzul buzuna dönüşmesi. (b) Alaska, Portage Golu'nde bu buzdağı tipik buzul mavisi rengi gösterir. Buz beyaz ışığın daha uzun dalga boylarını absorbe ederken mavi rengi acıklayan tarzda mavi (kısa dalga boyu) buz icine yayılıp sacılmaktadır.

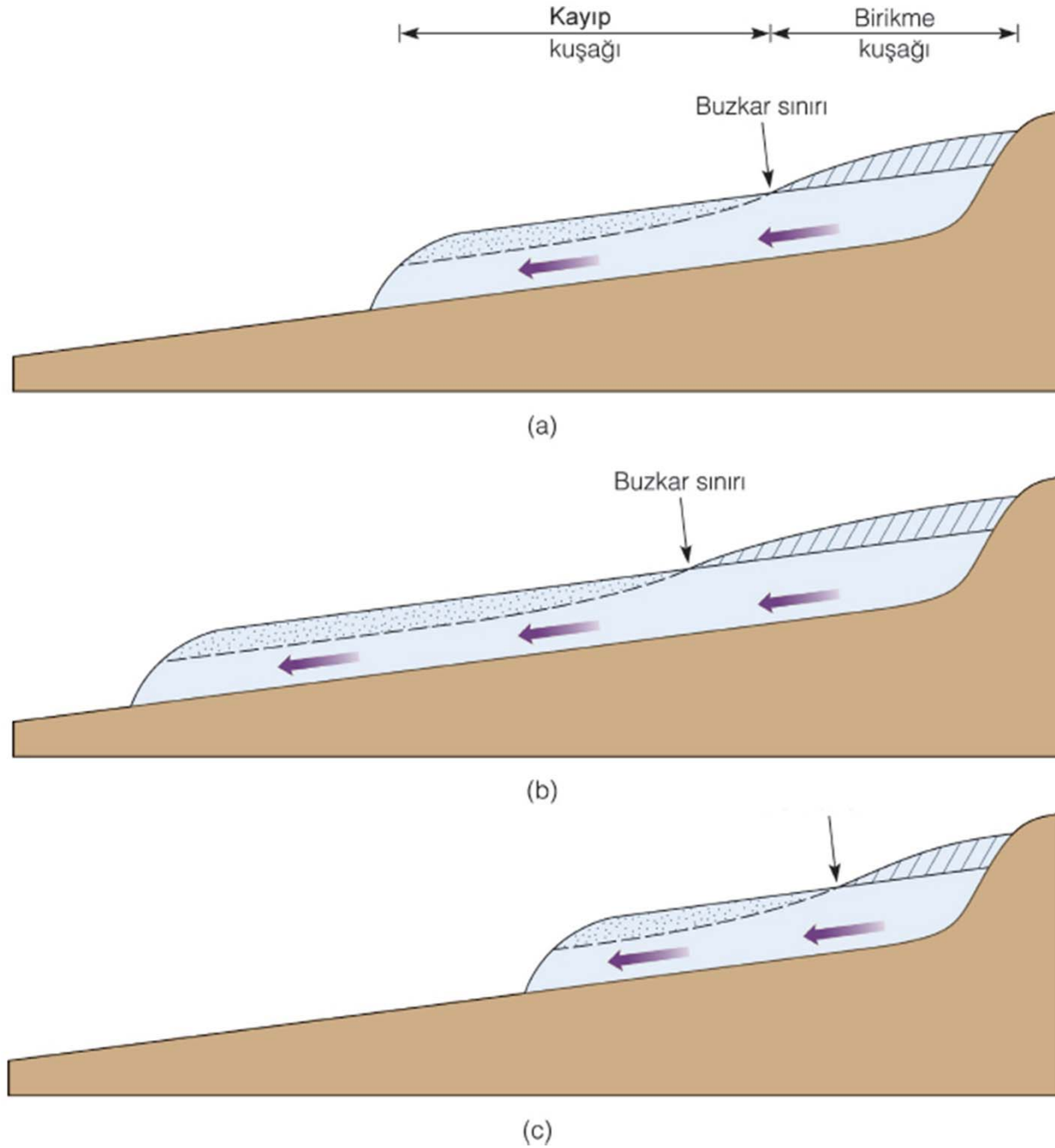
Buzul büyümesi: birikme

Taze bir kar yağışı, toz gibi gevşek kar tanelerinden oluşur. Bu tür kar yerde kaldıkça aşağıya doğru çöker, sıkışır ve daha yoğun, taneli bir yapı kazanır. Bu karın üzerine gelen her yeni kar kütlesi, alttakini sıkıştırarak daha yoğun hale getirir. Bu şekilde kar kütlesi gitgide sıkışan, yoğunlaşan ve taneleri eriyerek tekrar çimentolanan bir kayaç gibi pekişir. Genellikle 10 ila 20 sene arasında zaman alan bu buzul oluşturma olayına **birikme (accumulation)** denir. Buzullar içinde hem mamut gibi hayvan, hem de eski insanlara ait az bozulmuş kalıntılara rastlanmıştır. Ayrıca, kalın buzulların kimyasal analizleri bize buzulun oluştuğu zamanlara ait atmosferin kimyasal özelliklerini - örneğin CO2 miktarı - vermektedir.

Buzulun küçülmesi: yüzden erime (ablation)

Bir buzulun bir yılda kaybettiği toplam buz miktarına **yüzeyden erime (ablation) denir**. Nedenleri şunlardır:

- **erime**: buz eridiğinde - örneğin buzulun hareketleri sonucu daha sıcak kesimlere gelmesi ile - buzul malzeme kaybeder;
- **buzdağları oluşumu** ile: bir buzul kıyıya geldiğinde, buz parçaları kırılarak denize düşerler;
- **süblimasyon**: soğuk kesimlerde buz, doğrudan katı halden gaz haline geçebilir;
- **rüzgar aşındırması**: kuvvetli rüzgarlar, buzdu eriterek ve süblimasyonla aşındırabilir.



Varsayılan bir buzulun butcesindeki değişmelere tepkisi.

(a) noktalama ile gosterilen kayıp kuşağındaki kayıplar taranma ile gosterilen birikme kuşağındaki kazanclara eşit olduğunda buzulun ucu değişmeden kalır.

(b) Kazanclar kayıpları geçtiğinde buzulun ucu ilerler.

(c) Kayıplar kazancları geçtiğinde buzul akmayı sürdürmesine karşın buzulun ucu geri çekilir.

BUZULLAR NASIL HAREKET EDER ?

Buz, kendini yerinde tutan direnç - sürtünme - kuvvetlerini yerçekimi etkisi ile yenecek kadar kalınlaşınca -metrelerce kalınlık gerekir - hareket etmeye başlar. İlk bakışta sağlam görünen buzdan oluşmuş bir buzul kütlesi neden ve niçin hareket eder ?

Buzul hareketinin nedenleri

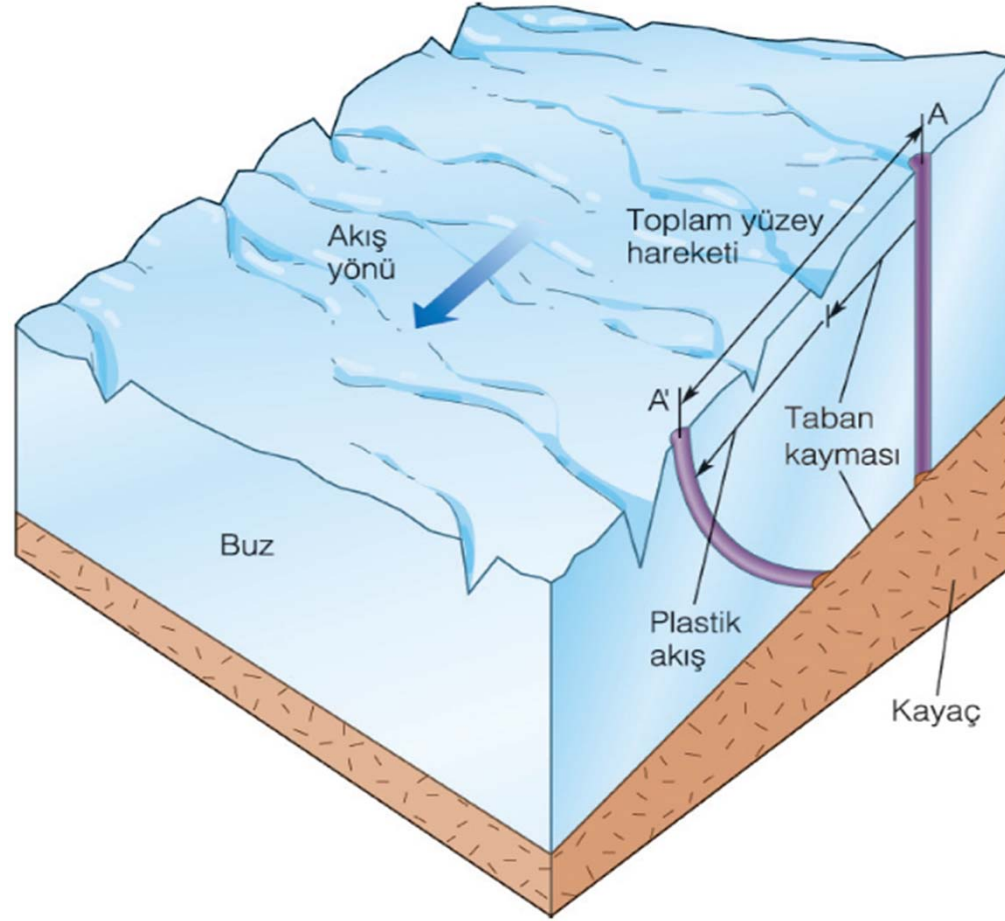
Bu hareket iki türlü olur: buzulun (kendi) içinde ve buzulun altında. Buzulun içinde olan plastik bir akıştır ve buzulun içinden mikroskopik ölçeklerde kaymasıdır. Buzulun dibinden kaymasına **temelden kayma** denir ve buzulun temelinden itibaren üstünde bulunduğu ortam üzerinde kaymasını ifade eder.

Kuru buzullarda hareket: plastik akış

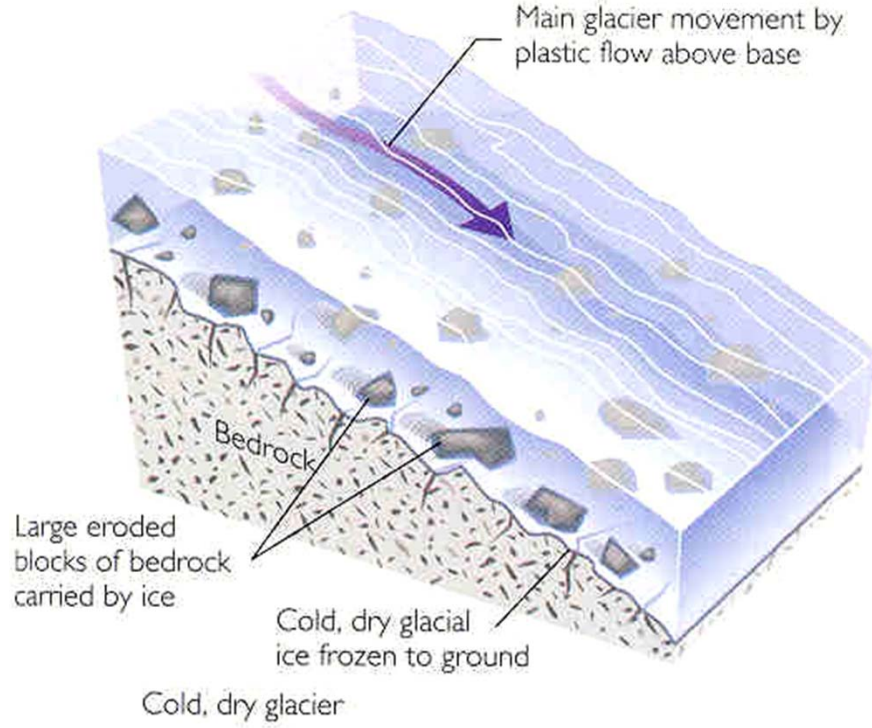
Bir buzulun içinde hüküm süren büyük basınçlara maruz kalan buz kristalleri kısa zamanlarda çok küçük hareketler (milimetrenin on milyonda biri kadar) yaparlar. Buna **plastik akış (plastic flow)** denir. Bu tür bireysel hareketlerin çok büyük sayıda kristal tarafından yapıldığı düşünüldüğünde, toplam hareketin önemli hızlara ulaşabileceği ortaya çıkar. Bu tür hareket buzulların çok soğuk iklim koşullarında olmaları durumunda egemendir. Tüm buzul, erime sıcaklığının çok altında bir sıcaklıktadır ve altındaki zemine donarak yapışmıştır. Plastik akışla, buzulun hareketleri zemindeki toprak veya kayalar deforme ederek koparır ve buzulla beraber taşır.

Nemli (sulu) buzullarda hareket: temelden kayma (basal slip)

Temelden kayma, temel ile buzul arasındaki kısmın sıcaklığına bağlıdır. Buzulların alt kesimlerinde temele uyguladıkları basınç, buz kütlesinin yüksekliği nedeni ile çok büyüktür. Basınç arttıkça erimenin de artması ile, buzulun alt kesimlerinde buz eriyebilir ve bir yağ gibi kaydırıcı etkisi olan bir su tabakası oluşabilir. Bu suyun oluşumu, donma noktasının altında sıcaklıklarda dahi olabilir - buz pateninde, patenin altındaki ince çelik sırtın buzda yaptığı büyük basınçla buzu eritmesi ve kayma olması gibi. Kristallerin plastik akış sırasında da sürtünme dolayısı ile çok az da olsa bir miktar buz eriyerek suya dönüşür. Bu su miktarları, buzulun içinde su filmleri yaratarak yağlayıcı etki ile kaymaların oluşmasına neden olurlar.

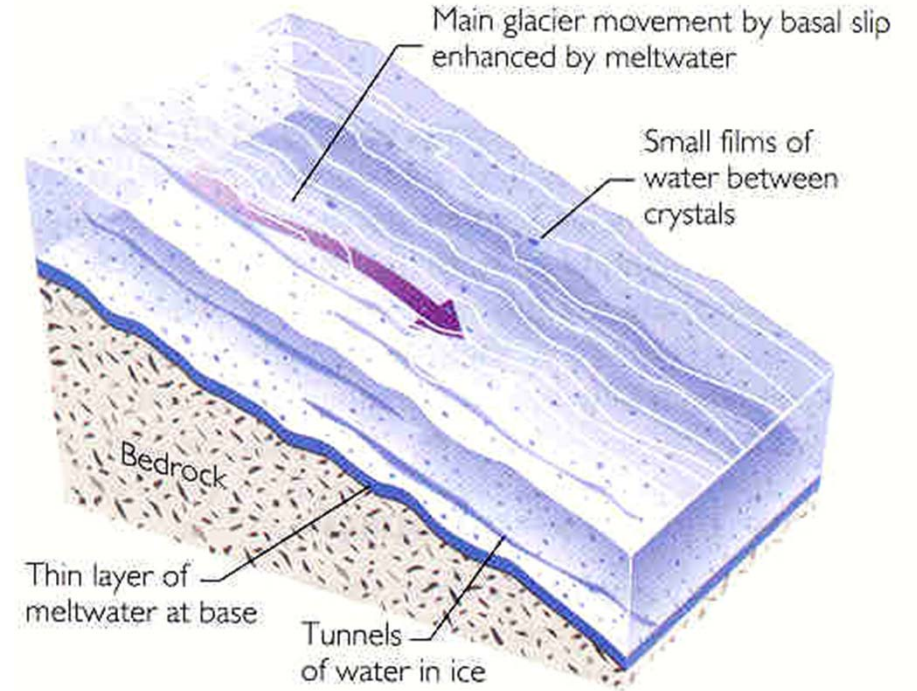


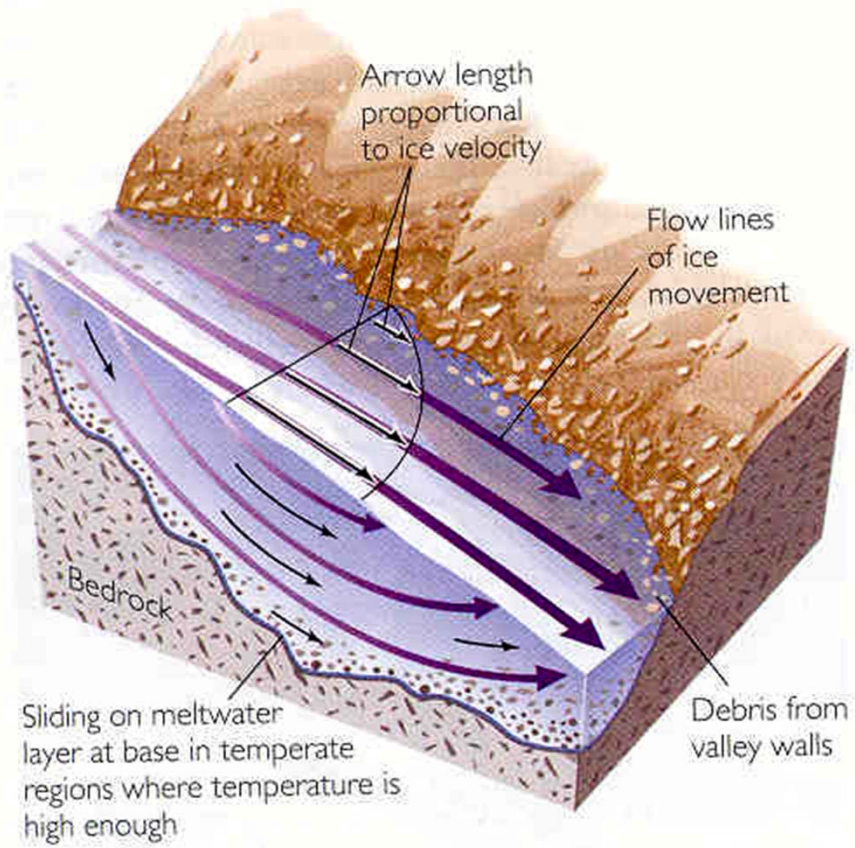
Plastik akma ve taban kaymasının bileşkesiyle hareketi gösteren bir buzul parçası. Plastik akma buz içindeki deformasyonu kapsarken taban kayması buzun altındaki yüzey üzerinde kaymasıdır. Buzul donduğunda sadece plastik akmayla hareket eder. Verilen bir zamanda buzul üstünün altından daha uzağa hareket ettiğine dikkat ediniz.



Soğuk ve kuru bir buzuldaki plastik akma

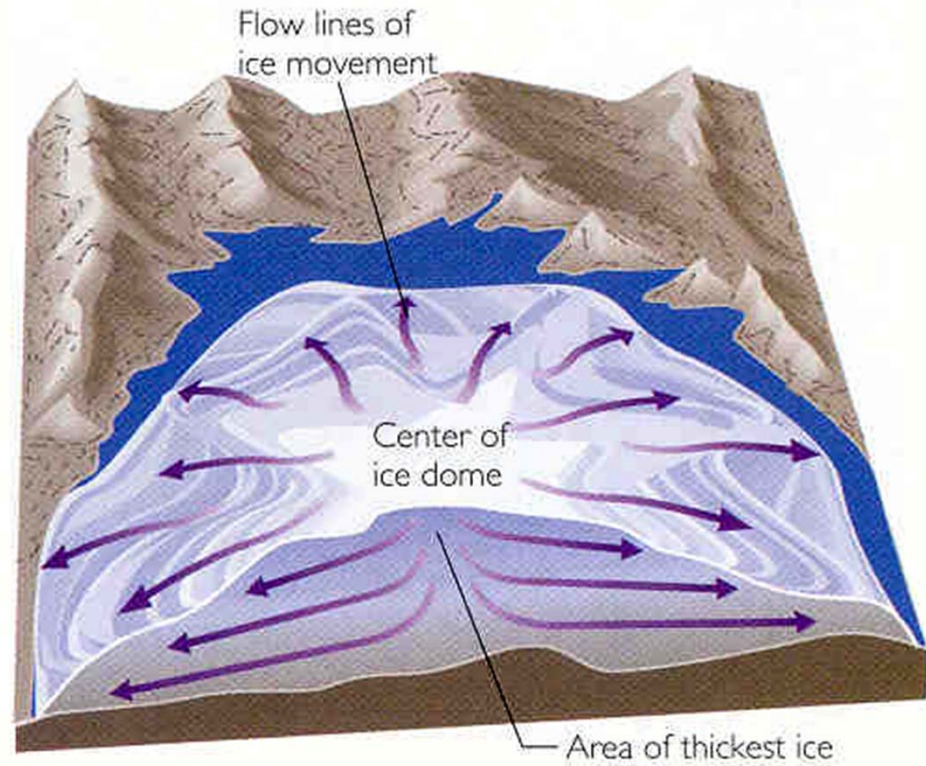
Tabanında ince su tabakası bulunan buzuldaki taban kaymasına bağlı olan hareket

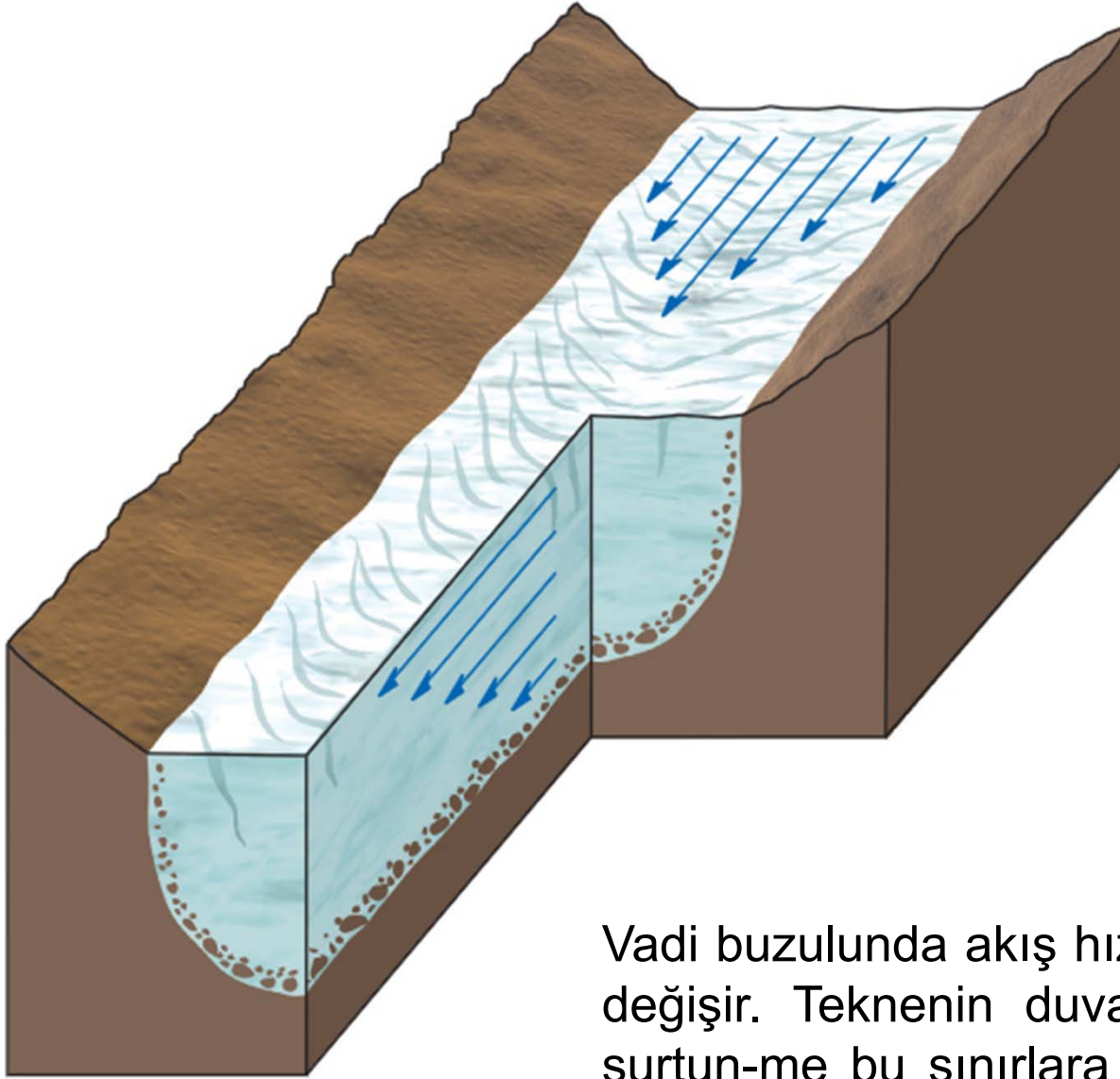




Kıta buzullarındaki hareket.

Vadi buzullarındaki hareket





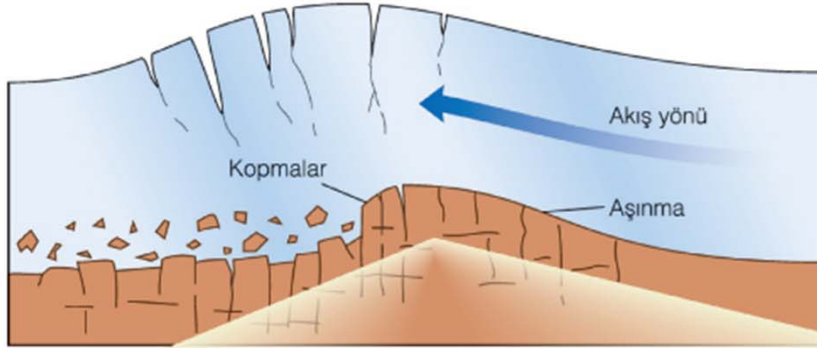
Vadi buzulunda akış hızı yatay ve düşey olarak değişir. Teknenin duvarları ve tabanıyla olan sürtünme bu sınırlara bitişik olan akışın daha yavaş olmasına yol açtığından buzulun üst ortasındaki hız en büyük değerdedir. Şekildeki okların uzunlukları hızla orantılıdır.



Sue Monroe

Alaska'da buzullar uzerinde krevaslar. (b) Bu goruntunun ortasinda yer alan kaotik buz alanı İsvicre'de kucuk bir buzul uzerindeki buz duşmesidir.

BUZUL AŞINDIRMASI VE TAŞINMASI



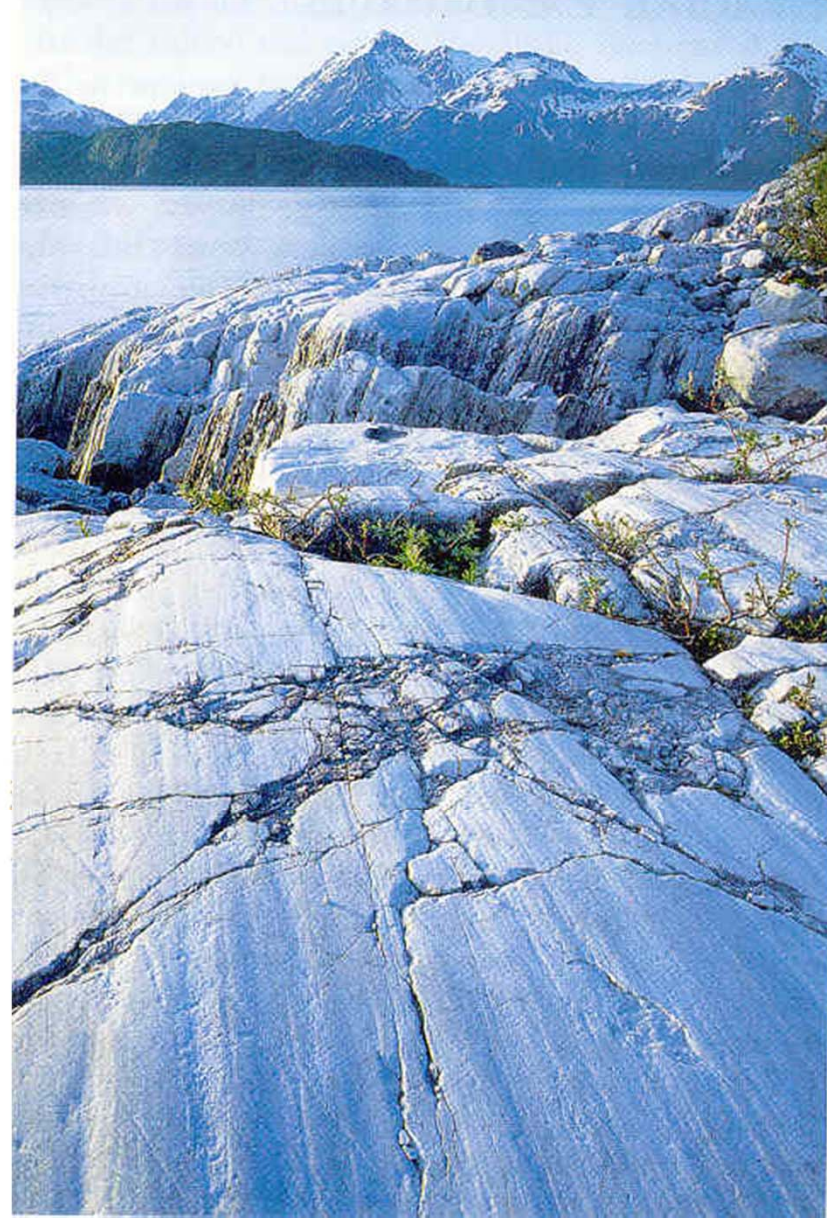
(a)



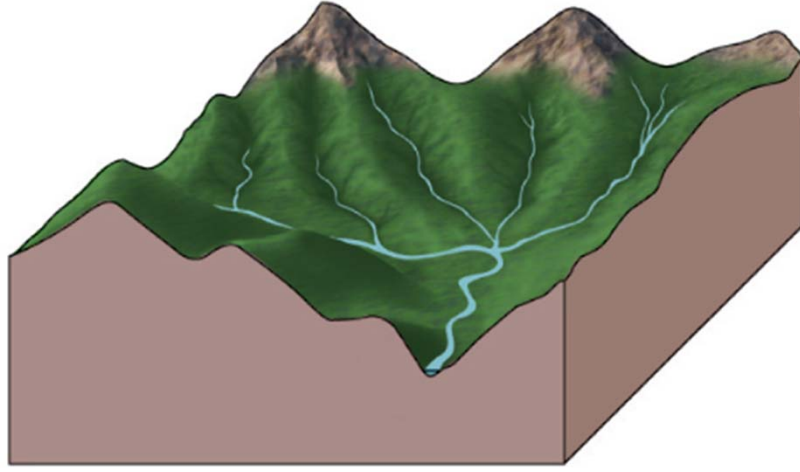
(a) **Hörgüçlü kayanın** kökeni. Buz, tepe üstünde hareket ettiğinde “ustcığır” ını aşındırma ile düzler, “altcığır” ını ise kopartıp surukliyerek şekillendirir.
(b) Montana’da horguclu bir kaya.



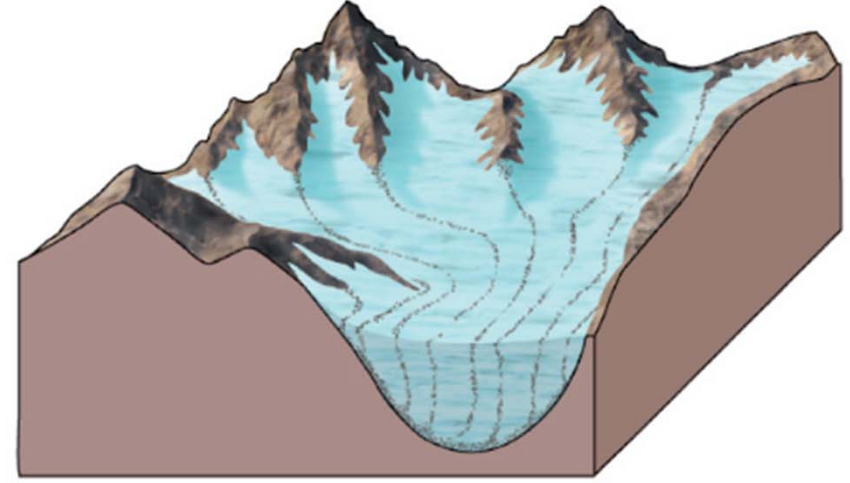
(a)



Buzul hareketinin çizdiği ve cilaladığı yüzeyler

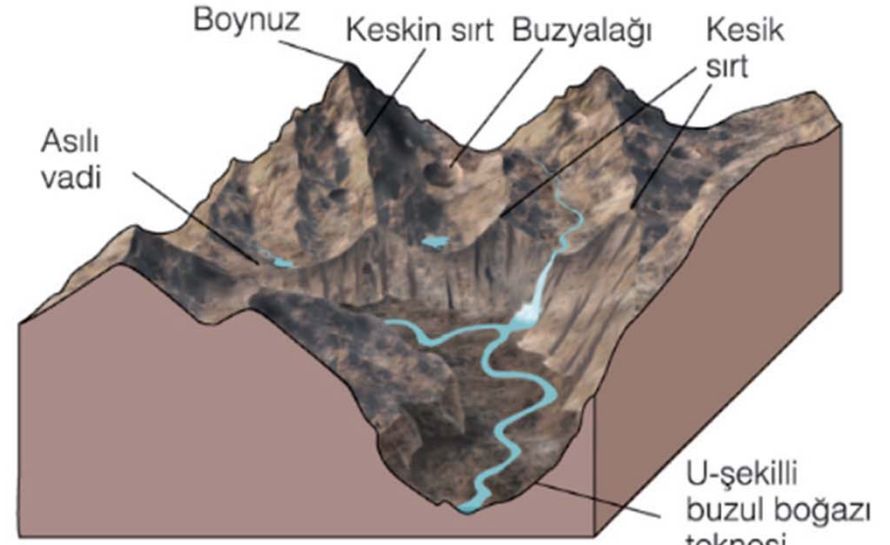


(a)



(b)

Vadi buzullarının ortaya koyduğu aşınma şekilleri. (a) Buzullaşma oncesinde bir dağ alanı. (b) Vadi buzulları maksimum yayıldığı sırada aynı alan. (c) Buzullaşma sonrası.



(c)



Ron Watts/Corbis

Keskin köşeli zirveler, sırtlar ve yuvarlaşmış vadiler

Kıta Buzulları ve Aşındırma Şekilleri

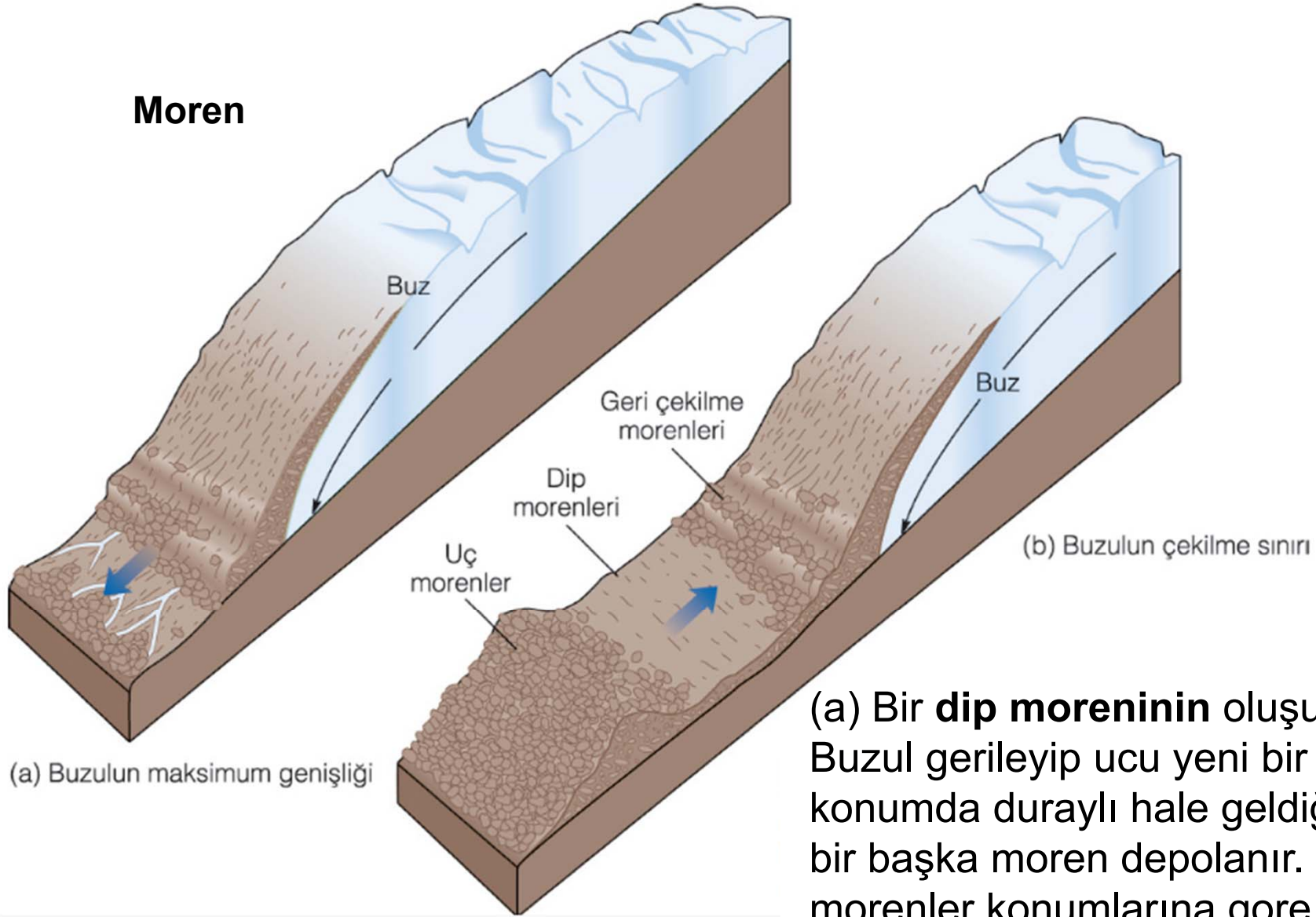
Bu buzullar buzun icine cıkıntı yapan yüksek alanları eğimli hale getirip aşındırdığından kıta buzullarıyla aşınmış alanlar düz ve yuvarlaşmış olma eğilimindedir. Vadi buzullaşmasına özgü keskin, köşeli yüzey şekillerini ortaya çıkarmaktan ziyade yuvarlaşmış tepelerle kesilen oldukça düz bir topografya görünümü ortaya çıkarır.



Kanada Kuzeybatı Arazilerinde **buz - kazımalı** bir ova. .

BUZUL ÇÖKELLERİ

Moren



(a) Buzulun maksimum genişliği

(b) Buzulun çekilme sınırı

(a) Bir **dip moreninin** oluşumu. (b) Buzul gerileyip ucu yeni bir konumda duraylı hale geldiğinde bir başka moren depolanır. Dip morenler konumlarına göre **uç morenler** ya da gerileme morenleri olarak tanımlanır.



Uç moren

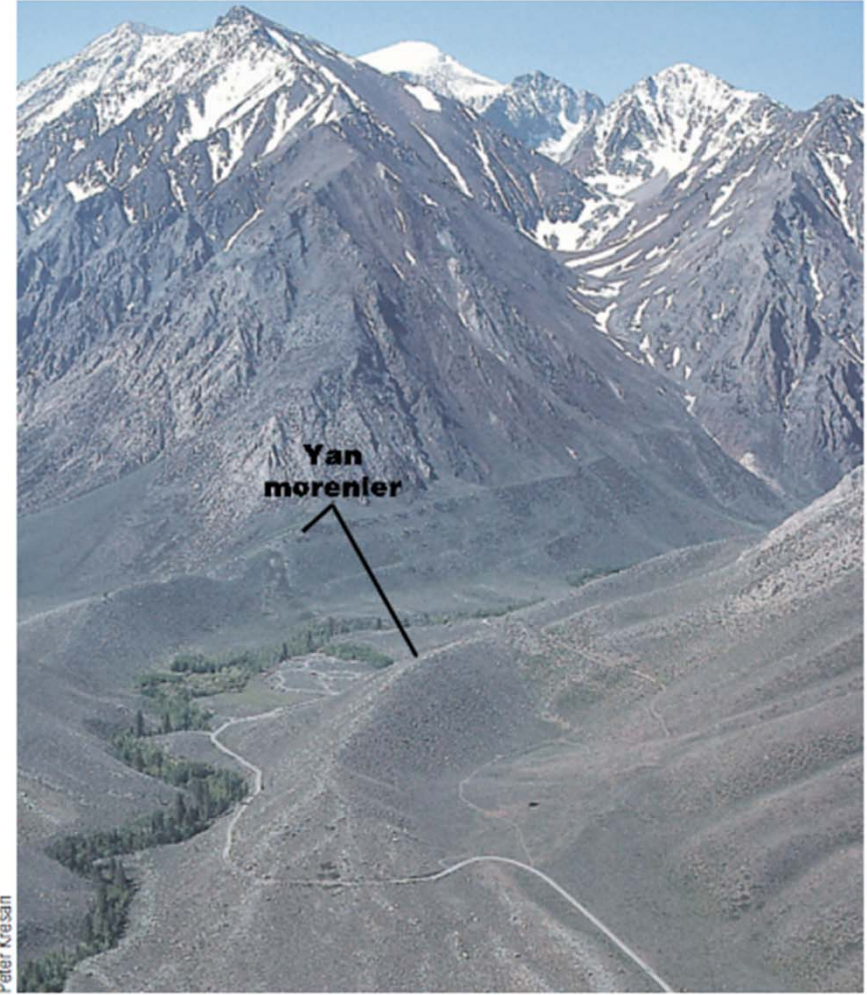
(a)



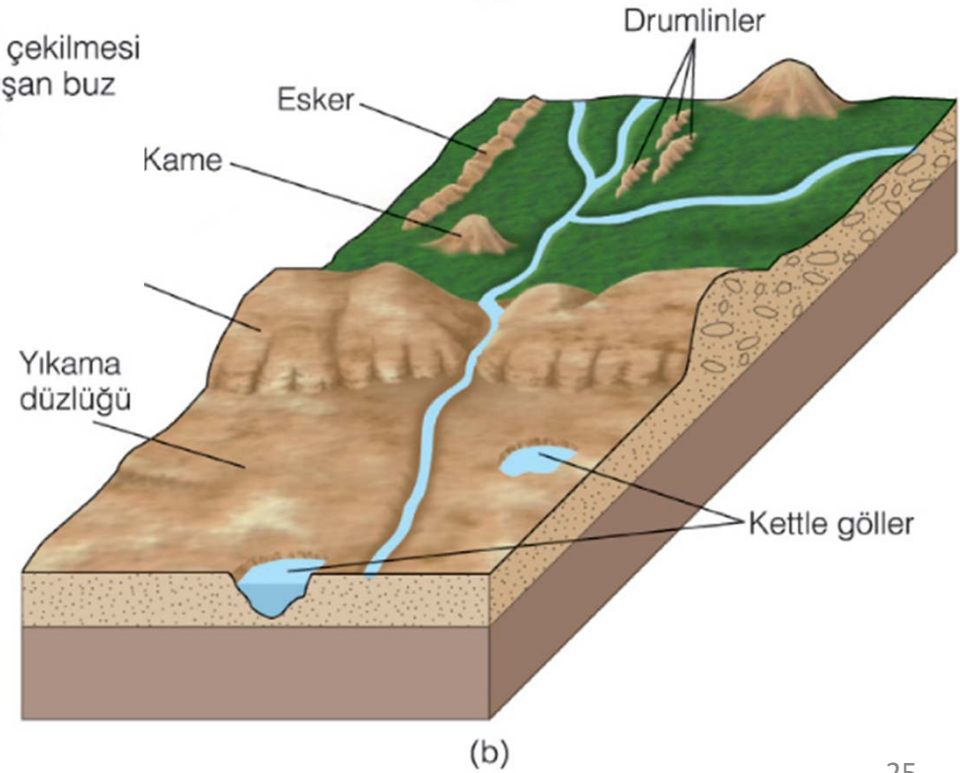
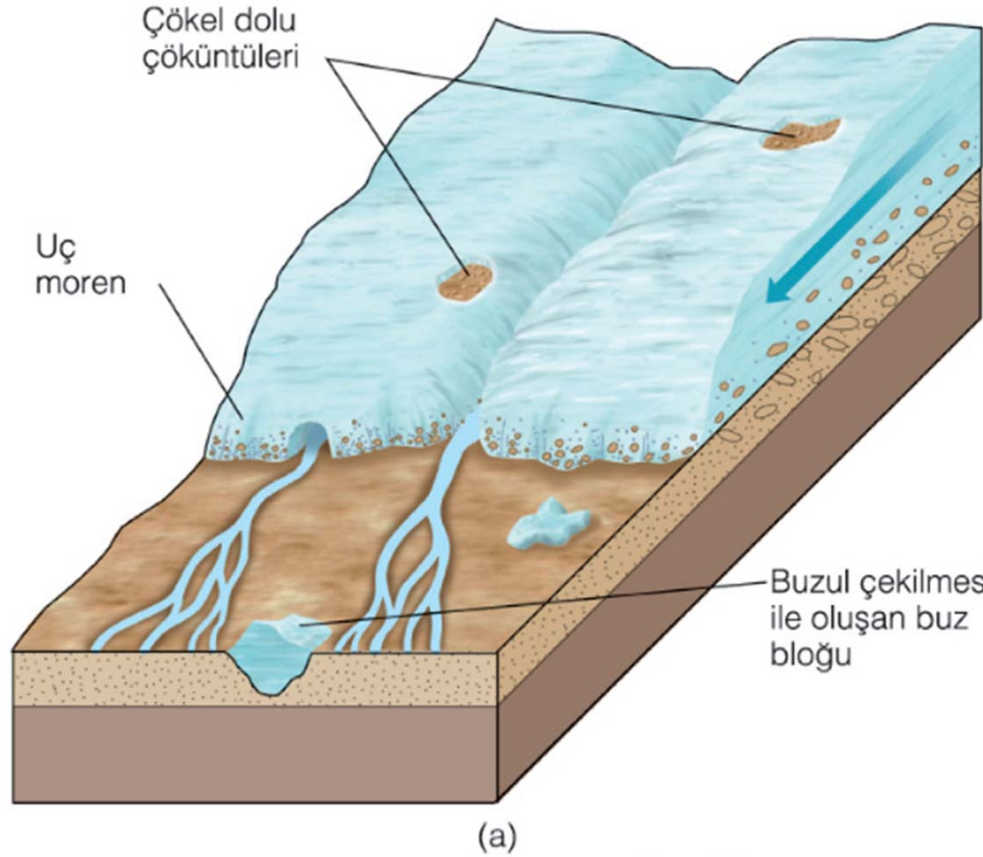
James S. Monroe

■ Şekil 17.18

(a) Vadi buzulunun depoladığı bir dip moreni. Bu özel uç moreni buzulun kaynağından çok uzakta olduğundan dolayı aynı zamanda bir uç morenidir. (b) Uç moreninin yakından görünümü. Çökelin



Alaska'da bir buzulda **yan ve orta morenler**. İki buzul kolunun birleştiği yerde iki yan moren bir orta moren oluşturacak tarzda birleşir. (b) Bu dağ vadisinden uzanan iki paralel sırt yan morenlerdir.



Kettle, kame, esker, drumlin ve selinti ovalarının iki oluşum evresi. (a) buzullaşma boyunca ve (b) buzullaşma sonrası.



(a)

(a) Alaska'da bir morende bir kettle.



Tom Bean/Corbis

(c)

(b) Wisconsin'de bu küçük tepe bir kamedir. (c) Kuzey Dakota, Dahlen yakınında bu dolambacı sırt bir eskerdir.

BUZUL CAĞI

Bugün Pleyistosen Buzul Çağının yaklaşık 1.6 m.y. önce (MYA) başladığını ve daha sıcak buzularası dönemlerle ayrılan birkaç buzul genişleme aralığından oluştuğunu biliyoruz. Bu dönem 10.000 yıl önce sona ermiştir.

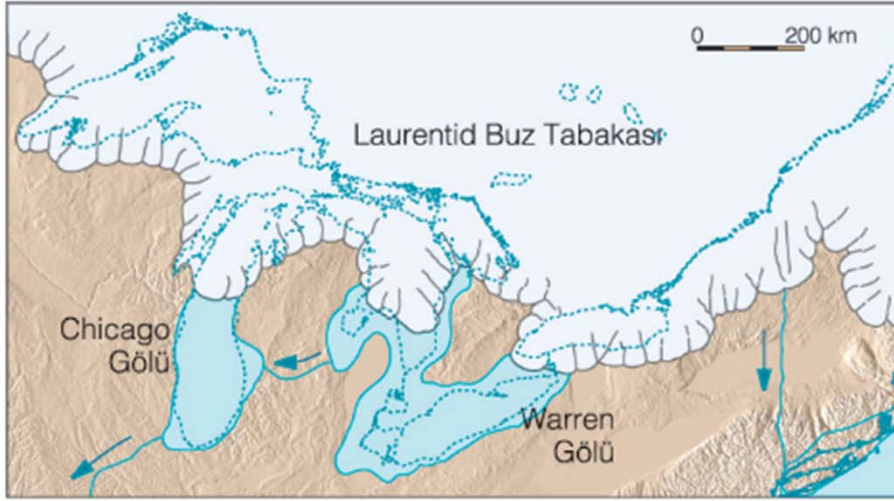


(a)



(b)

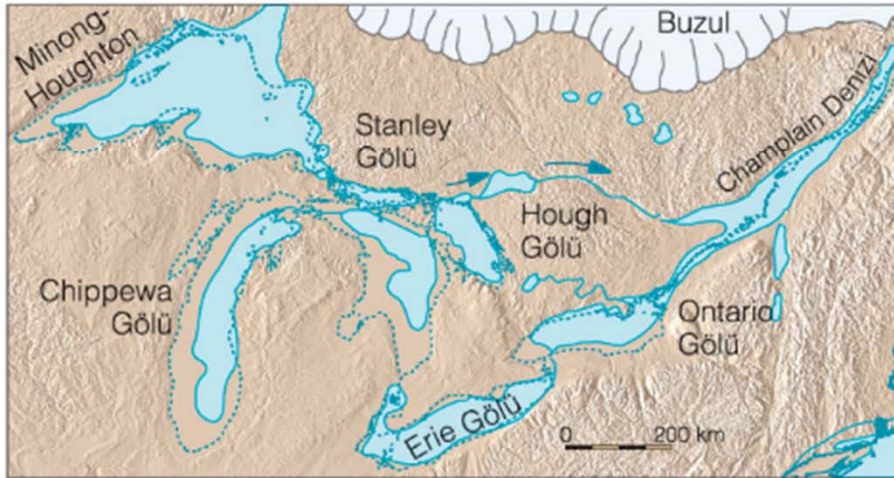
(a) Kuzey Amerika'da buz birikme merkezleri ile maksimum Pleyistosen buzullaşması yayılımı. (b) Maksimum Pleyistosen buzullaşması yayılımı sırasında Avrupa'da buz birikme merkezleri ile buz hareketi yonleri.



13,000 yıl önce



11,500 yıl önce



9,500 yıl önce

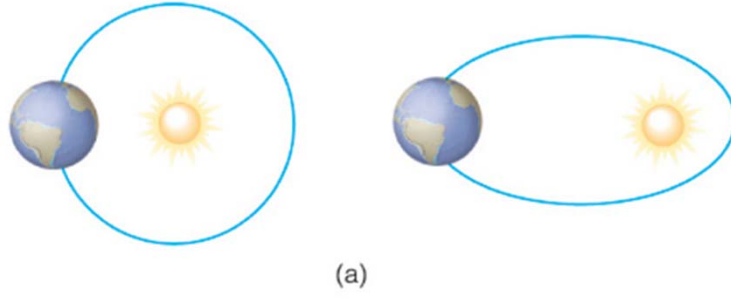


6,000 yıl önce

Milankoviç Kuramı

Yer'in yörüngesindeki değişimlerin ara dönemli iklim olaylarının bir nedeni olduğu ilk olarak 1800'lerin ortalarında önerilmekle birlikte fikri 1920'lerde Sırp astronom Milutin Milankovic popüler hale getirmiştir. Yer'in dönmesi ve yorungesinde küçük düzensizliklerin belli bir enlemde alınan güneş miktarını değiştirmeye yeterli olduğunu ve dolayısıyla iklim değişimlerine yol açtığını ortaya atmıştır. Başlangıçta gözardı edilen **Milankoviç kuramı** 1970'lerden bu yana yeniden ilgi kazanmış ve yaygın kabul görmüştür.

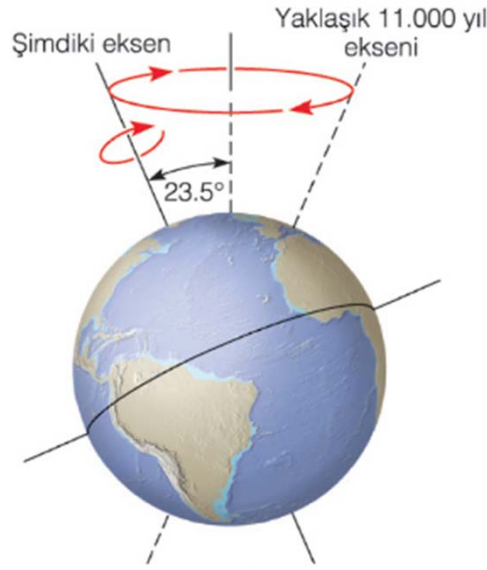
Milankoviç Pleyistosen Buzul Çağının başlangıcını Yer yörüngesinin üç açıdan değişmesine bağlamıştır. Birincisi Yer yorungesinin daireden sapma derecesi olan *yörünge dışmerkezliğidir*. Yörünge yaklaşık dairesel olduğunda hem Kuzey hem de Güney Yarıküre mevsimler arasında benzer aykırılıklara sahiptir. Bununla birlikte yörünge daha eliptik olursa bir yarıkürede sıcak yazlar ve soğuk kışlar olurken diğer yarıkürede sıcak yazlar ve serin kışlar olacaktır. Hesaplamalar Pleyistosen'de olan 20 sıcak - soğuk iklim döngusuyle sıkı bir şekilde ortuşen maksimum dışmerkezlik dönemleri arasında kabaca 100,000 yıllık bir döngüyü göstermektedir. Milankovic ayrıca Yer'in eksenini ile ekliptik düzlemine dik bir çizgi arasındaki açının 41,000 yıllık bir dönemde yaklaşık 1.5° dereceden bugünkü 23.5° değerine değiştiiğine de işaret etmiştir.



(a)



(c)



(b)



(d)

Yer'in donmesi ve yörüngesinde küçük düzensizlikler iklim değişimlerini etkileyebilir. (a) Yer'in yörüngesi yaklaşık bir daireden (sol) bir elipse (sağ) geçmekte ve yaklaşık 100,000 yılda tekrar değişmektedir. (b) Yer, Güneş etrafında yörünge düzlemine 23.5° tıltlı ve Kuzey Yıldızını işaret eden kendi eksenini etrafında dönerken yörüngesi etrafında da hareket eder. Yer'in donme eksenini yavaş hareket etmekte ve uzayda bir koni hareketini izlemektedir. (c) Bugün Kuzey Yarımküre'nin kış geçirdiği Ocak'ta Yer Güneş'e en yakın durumdadır. (d) Presesyon sonucu yaklaşık 11,000 yıl sonrasında Kuzey Yarımküre'de yazın olduğu Temmuz'da Yer Güneş'e en yakın olacaktır.