

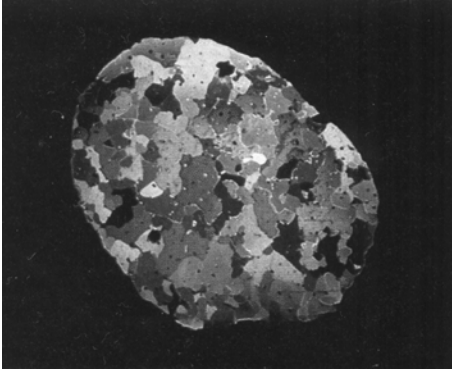
BÖLÜM 15 BUZULLAR VE İŞLEVLERİ

(GLACIERS: THE WORK OF ICE)

GİRİŞ

Bu bölümde, yeryüzünün % 10 kadar bir alanını kaplayan buzulların aşındırma ve taşıma işlemlerindeki rolü incelenecektir.

KAYAÇ OLARAK BUZ NEDİR ?



Şekil 15.1. Buz kristalleri.

Buzullarla ilgilenen jeologlar için buz da bir kayaç çeşitidir: buz mineralinden oluşan ve kristalli

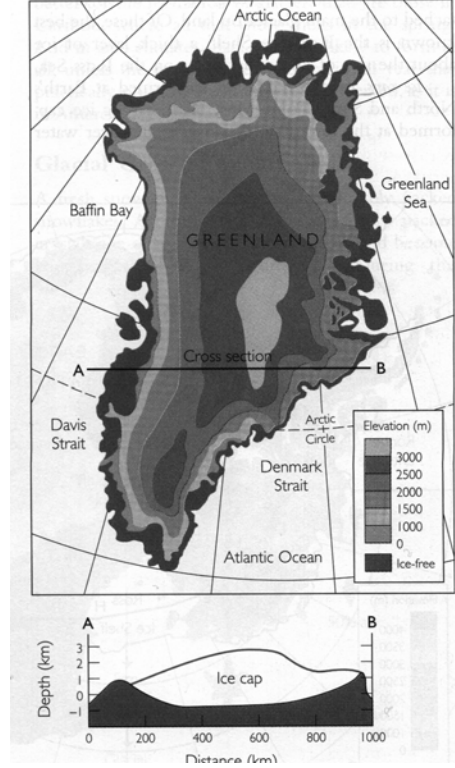
tanelerden meydana gelen bir kayaç (Şekil 15.1). Diğer kayaçlara göre yoğunluğu daha düşüktür. Katılaşmış bir akışkan olarak magmatik kayaçlara; yeryüzünde tabakalar şeklinde çökerek büyük kalınlıklara ulaşabilen bir kayaç olarak tortul kayaçlara; ve basınç altında tekrar kristallenerek (recrystallization) 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 (Şekil 15.2) ve Antarktika'da bulunanlarıdır. Bunlar bu kıtasal alanların hemen hemen tümünü örterler.



Şekil 15.2 Kıtasal buzullar

Vadi buzulları

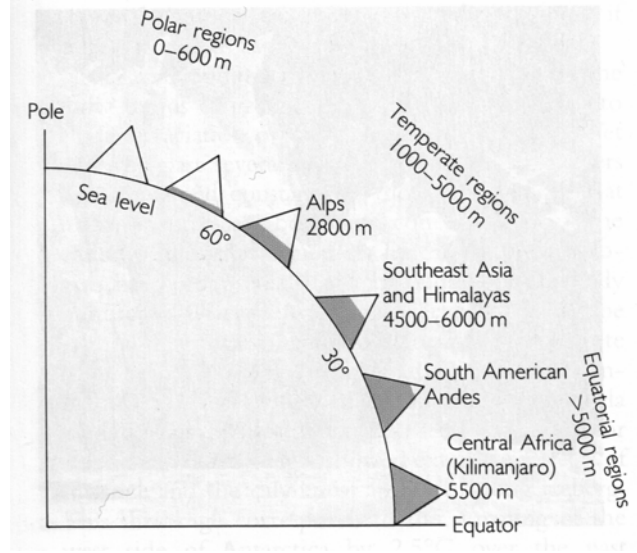
Kayak yapanlarla dağcılar, vadi buzullarını - alpin buzullar da denir - tanırlar. Bu tür buzullar, dağlık kesimlerde yağan ve biriken karların, vadiler içinde ve aşağıya doğru yaptıkları hareketlerle oluşurlar. Buzullar genellikle vadilerin enini tamamen kaplarlar ve vadi tabanındaki kayaları yüzlerce 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 yerdeğistirirler (icebergs, buzdağları, Titanik !).

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. Şekil 15.3'te, 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.



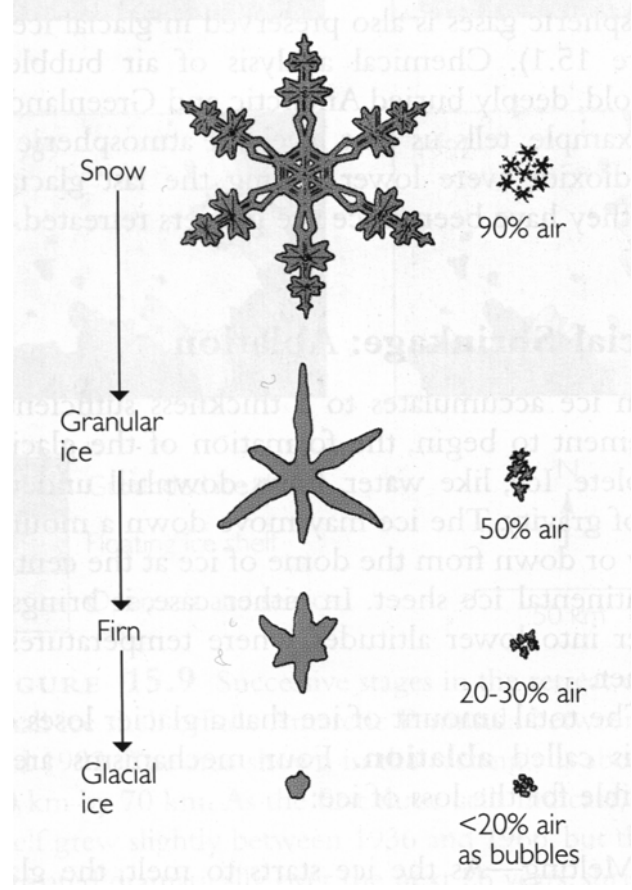
Şekil 15.3. Enlem-yükselti-buzul oluşumu.

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.

Buzul büyümesi: birikme

Taze bir kar yağıışı, 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 (Şekil 15.4). 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.



Şekil 15.4. Karın buza dönüşmesi.

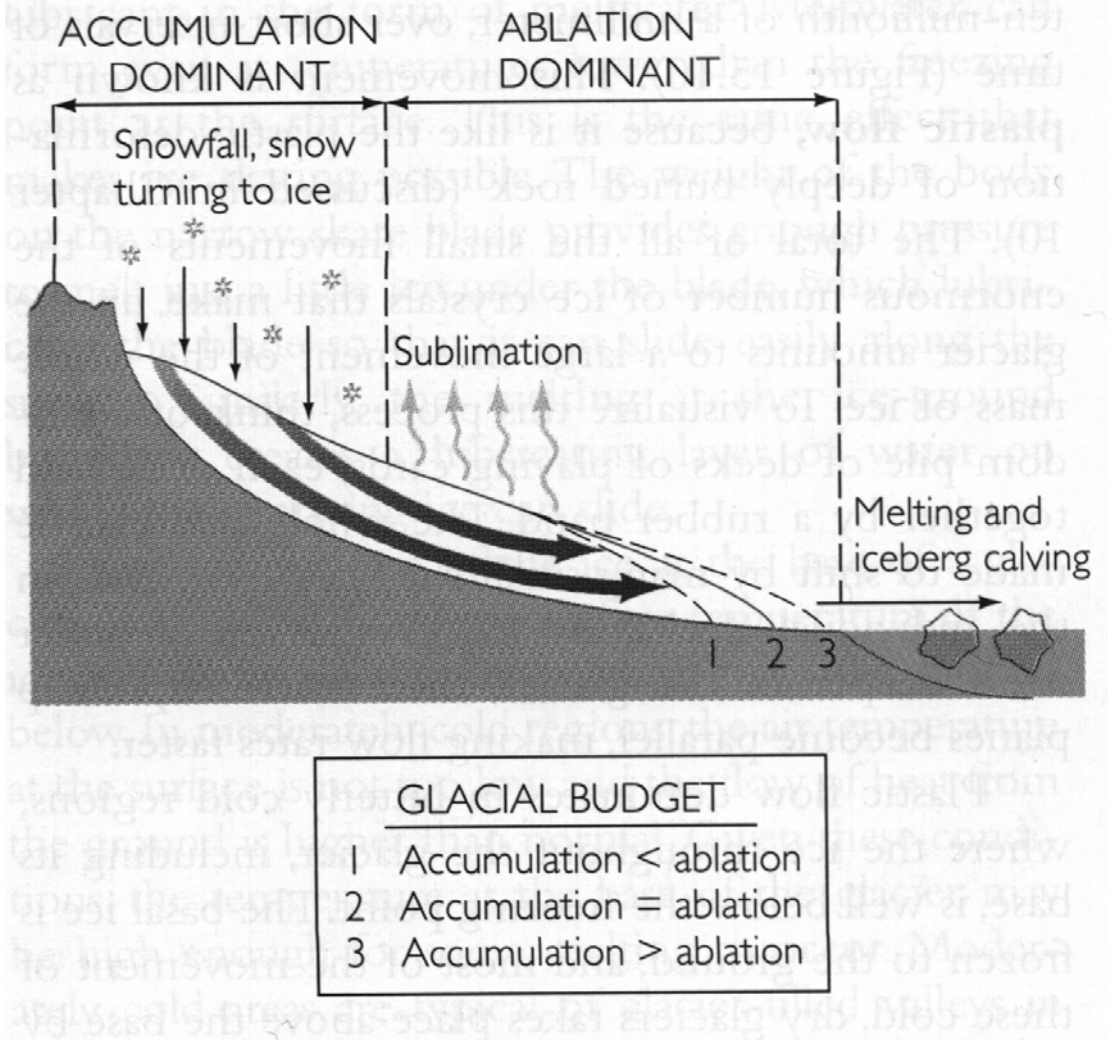
Buzullar içinde hem mamut gibi hayvan, hem de eski insanlara ait az bozulmuş kalıntılara rastlanmıştır. Ayrıca, kalın buzulların kimyasal analizleri bize buzulun olduğu zamanlara ait atmosferin kimyasal özelliklerini - örneğin CO₂ miktarı - vermektedir.

Buzulun küçülmesi: yüzden erime (ablation)

Bir buzulun bir yılda kaybettiği toplam buz miktarına **yüzeyden erime** (ablation) denir (Şekil 15.5). 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, buzı eriterek ve süblimasyonla aşındırabilir.

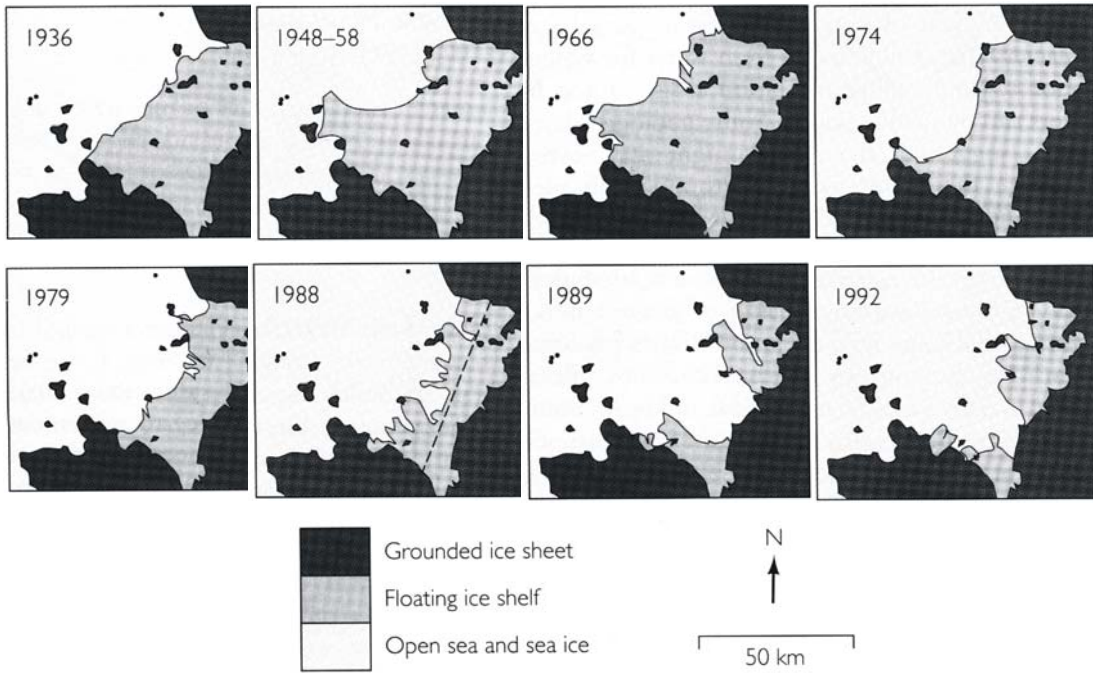


Şekil 15.5. Buzlarda beslenme ve erime.

Buzul bilançosu: birikme ile yüzeyden erimenin farkı

Birikme ile yüzeyden erimenin farkı buzul bilançosunu verir. Bu fark uzunca bir süre için sıfırsa buzul harekette olsa bile hacmi değişmez. Böyle bir buzulda, üst kesimlerde karla birikme, alt kesimlerde ise yüzeyden erime ile buz kaybı olur.

Antarktika buzullarının bir kesiminde yapılan bir araştırma, 1936-1992 arasında özellikle 1966'dan sonra buzul kütlesinin önemli miktarda azaldığını göstermektedir (Şekil 15.6). Bu, küresel ısınmanın olduğunu gösteren bir delil sayılabilir.



Şekil 15.6. Antarktika buzullarının azaldığını gösteren haritalar.

BUZULLAR NASIL HAREKET EDERLER ?

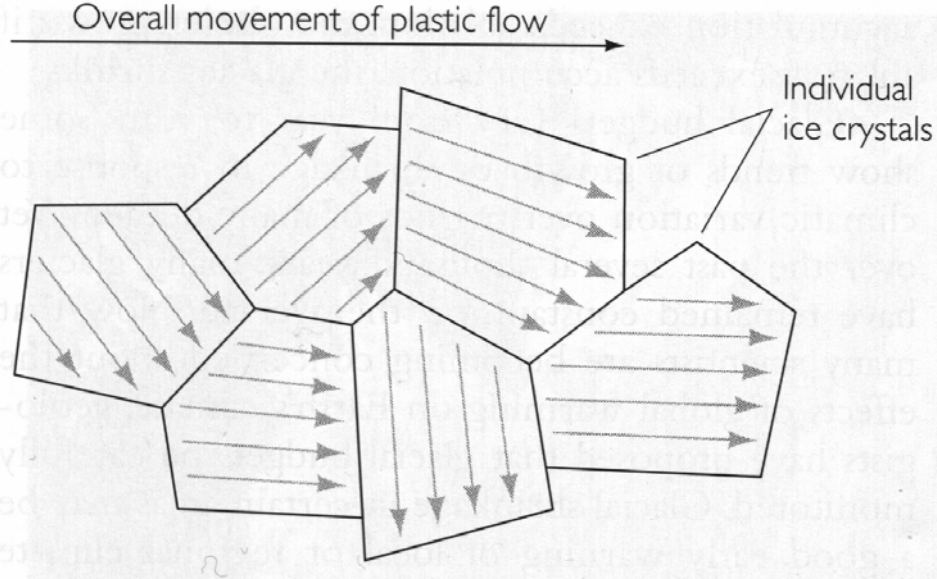
Buz, kendini yerinde tutan direnç - sürtünme - kuvvetlerini yerçekimi etkisi ile yenecek kadar kalınlaşınca - metrelerce kalınlık gerekir - hareket etmeye başlar. İlk bakışta sağlam görünen buzdan oluşmuş bir buzul kütlesi neden ve niçin hareket eder ?

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

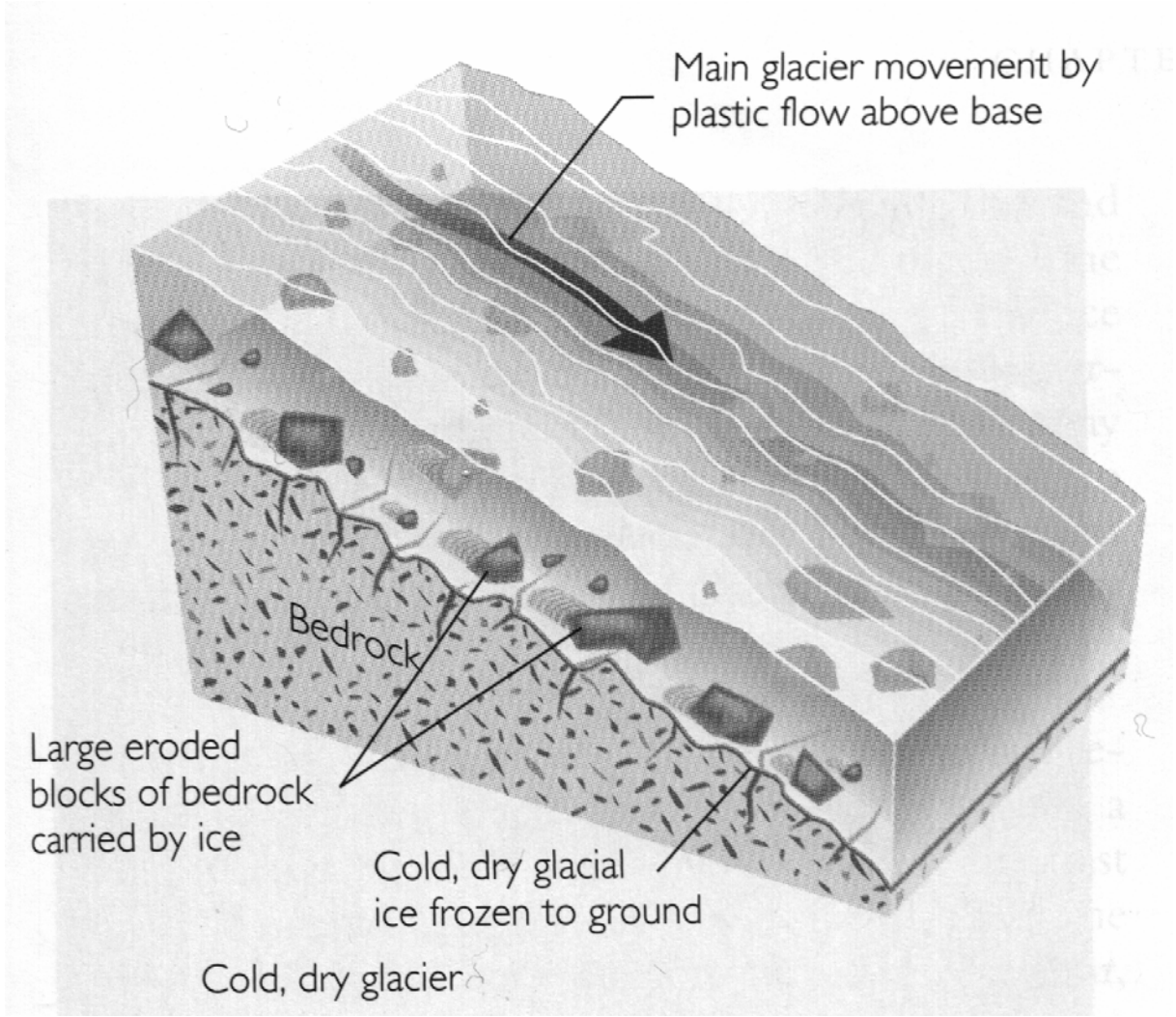
Bir buzulun içinde hüküm süren büyük basınçlara maruz kalan buz kristalleri kısa zamanlarda çok küçük hareketler (milimetrenin on milyonda biri kadar) yaparlar (Şekil 15.7). Buna **plastik akış** (plastic flow) denir.



Şekil 15.7. Buz kristallerinin plastic akışı.

Bu tür bireysel hareketlerin çok büyük sayıda kristal tarafından yapıldığı düşünüldüğünde, toplam hareketin önemli hızlara ulaşabileceği ortaya çıkar (Şekil 15.8).

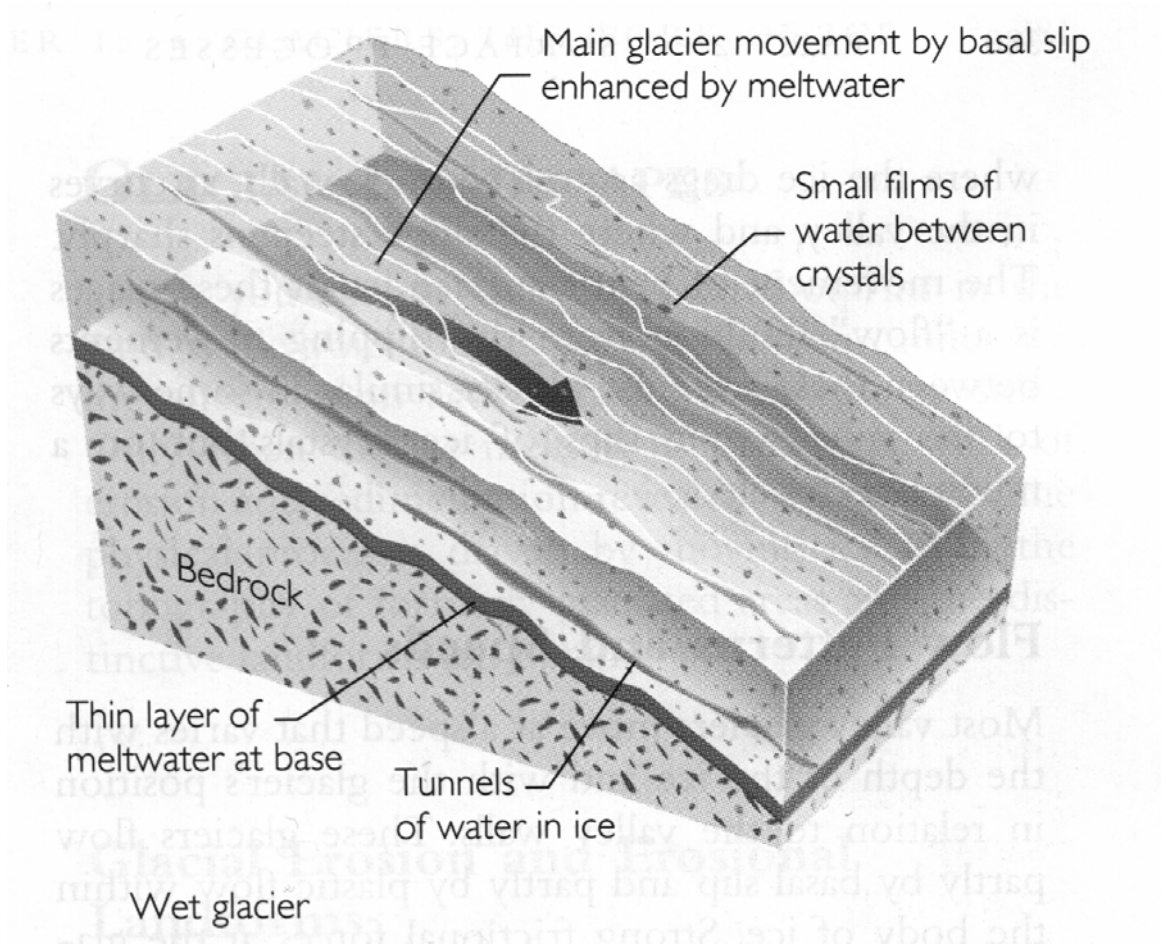
Bu tür hareket buzulların çok soğuk iklim koşullarında olmaları durumunda egemendir. Tüm buzul, erime sıcaklığının çok altında bir sıcaklıktadır ve altındaki zemine donarak yapışmıştır. Plastik akışla, buzulun hareketleri zemindeki toprak veya kayaları deforme ederek koparır ve buzulla beraber taşır.



Şekil 15.8. Buzul ölçeğinde plastik akış.

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 (Şekil 15.9). 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.



Şekil 15.9. Buzulda temelden kayma.

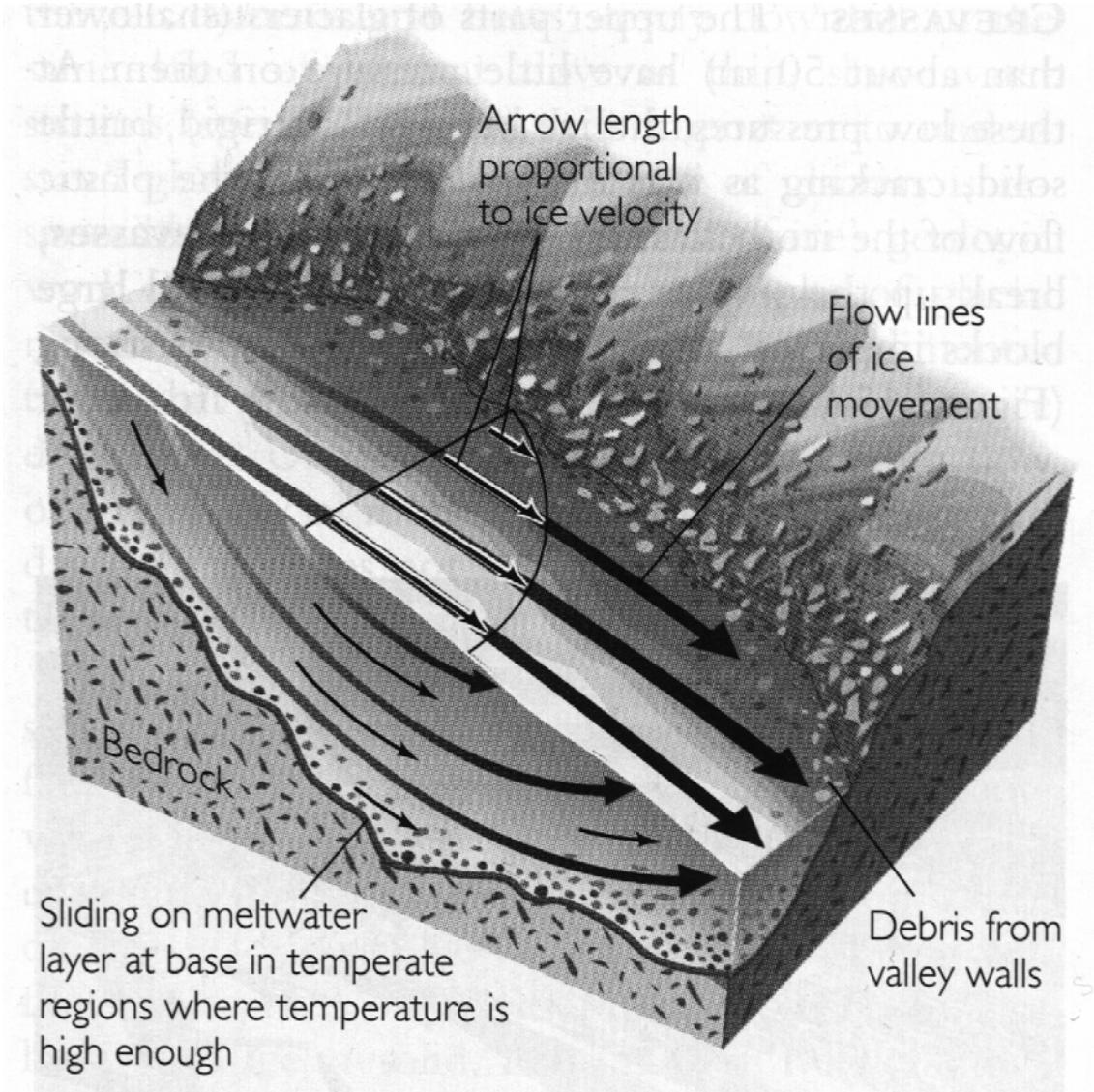
Kristallerin plastik akış sırasında da sürtünme dolayısı ile çok az da olsa bir miktar buz eriyerek suya dönüşür. Bu su miktarları, buzulun içinde su filmleri yaratarak yağlayıcı etki ile kaymaların oluşmasına neden olurlar.

Akış şekilleri ve hızları

Vadi buzulları, hızları buzulun derinliği ve vadi yamaçlarına olan uzaklıklarına bağlı olarak hareket ederler. Buzulun temelde ve vadi yamaçlarında kayaçlarla olan dokanaklarında kuvvetli sürtünmeler mevcuttur.

Buzullarda yürütülen ölçme çalışmaları, buzulun en hızlı kısmının ortasında olduğunu göstermiştir (yılda 75 metre olabilir). Ayrıca buzulun içine açılan düşey deliklerdeki deformasyonların incelenmesinden, buzulun temelini - altının - ortasına göre daha yavaş hareket ettiğini ortaya çıkarmıştır (Şekil 15.10).

Günümüzde buzul hızları uydu ve uçak radarları ile tespit edilebilmektedir.



Şekil 15.10. Buzullarda hareketler.

BUZULLARIN OLUŞTURDUKLARI YERŞEKİLLERİ

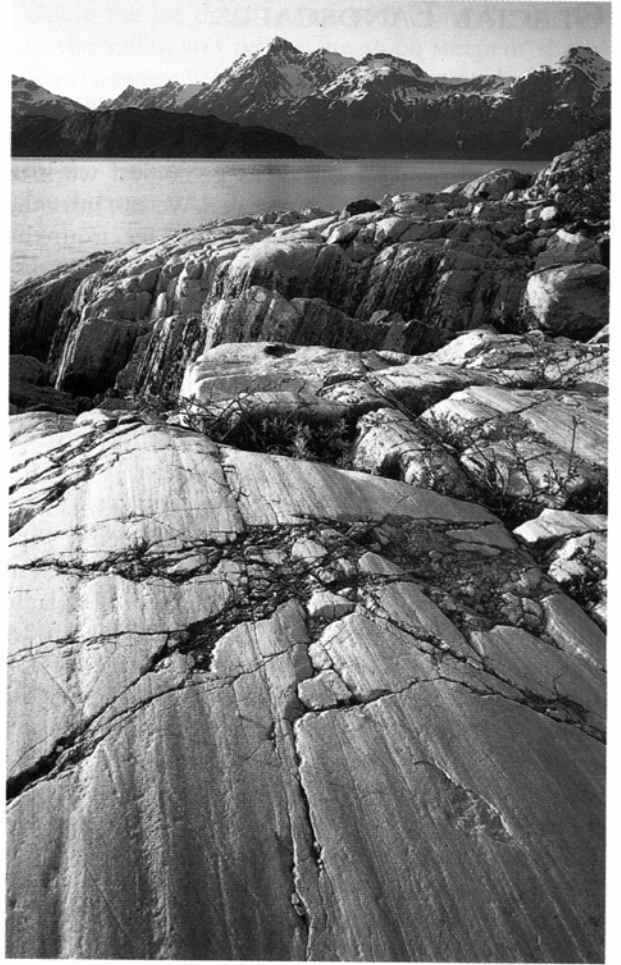
Buzullara bağlı olarak gelişen yerşekilleri ancak buzullar çekildikten sonra anlaşılabilir.

Buzul aşındırması ve aşındırma şekilleri

Buzulların aşındırma gücü dikkat çekicidir. Birkaç yüz metre yüksekliğindeki bir buzul, bir yılda milyonlarca ton kayı koparmakta ve öğütmektedir - bunu taşımak için 300 büyük iş kamyonu 365 gün çalışmak zorunda kalır. Buzulların aşındırma büyüklüğü, su ve rüzgarla karşılaştırıldığında çok büyüktür.

Kenarlarında ve temelinde bir buzul, kayaları parçalar ve bunları altındaki kayacı öğütür. Böylece ev boyunda kayı blokları ile kil boyuna -

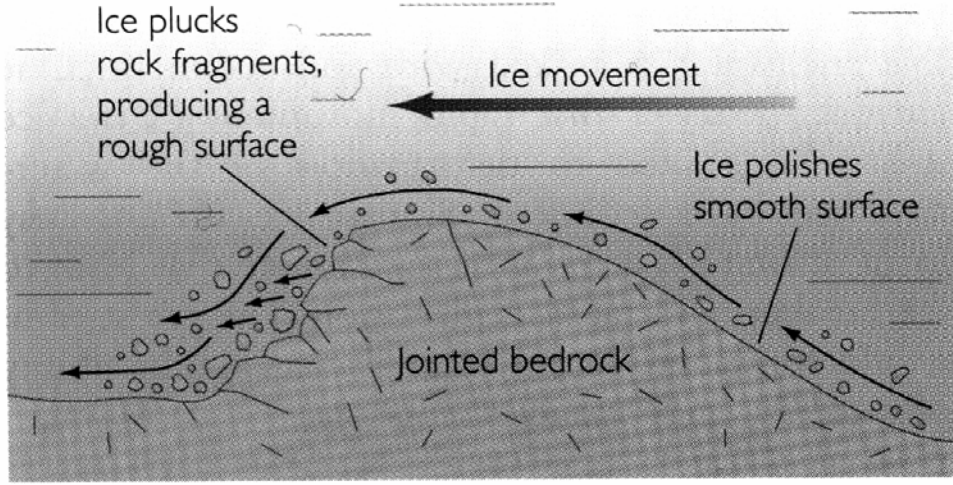
buna kayı unu (rock flour) denir - kadar değişik boyutta malzeme öğütülür.



Şekil 15.11. Buzul hareketi çizikleri

Buzul üzerinden geçtiği kayaları çizer (Şekil 15.11). Bugün gözlemlenen bu tür çizikler (striations) hem bir buzul hareketinin olduğunu hem de bu buzulun ne tarafa doğru hareket ettiğini gösterirler.

Burada da kayı engellerine rastlayan buzullar, kayanın çarptıkları kısmını zımparalarlar, diğer kısım ise, kumullarda olduğu gibi, parçalanmış tanelerin biriktiği bir yer olur (Şekil 15.12). Bu birikim kısmı, fransızcadan gelen ve "koyunun arkası, gerisi" - roche moutonnée: koyunsu kayı, koyunun kuyruk kısmına olan benzerlik dolayısıyla ile - anlamına gelen bir deyimle anılır ve buzulun hareket yönünü saptamada kullanılır. Bu şekilde, eskiden buzulların nasıl hareket etmiş oldukları anlaşılabilir.



Şekil 15.12. Buzul hareketi ile oluşan bir yapı: "koyunsu kaya".

Bir buzul vadisinin en üst oluşum kesimlerinde, aşındırma ile "amfiteatr" şeklinde ve sirk (cirque) denen bir şekil gelişir (Şekil 15.13). Sirklerden itibaren aşağı kesimlere doğru vadileri kullanarak inen buzullar, vadilerin yamaçlarını aşındırarak şekillendirirler. U harfine benzemesi nedeni ile, bu vadi türlerine U şeklinde vadiler denir. Bunlar, dağlık kesimlerde akarsuların oluşturdukları V şeklindeki vadilerden farklıdır.

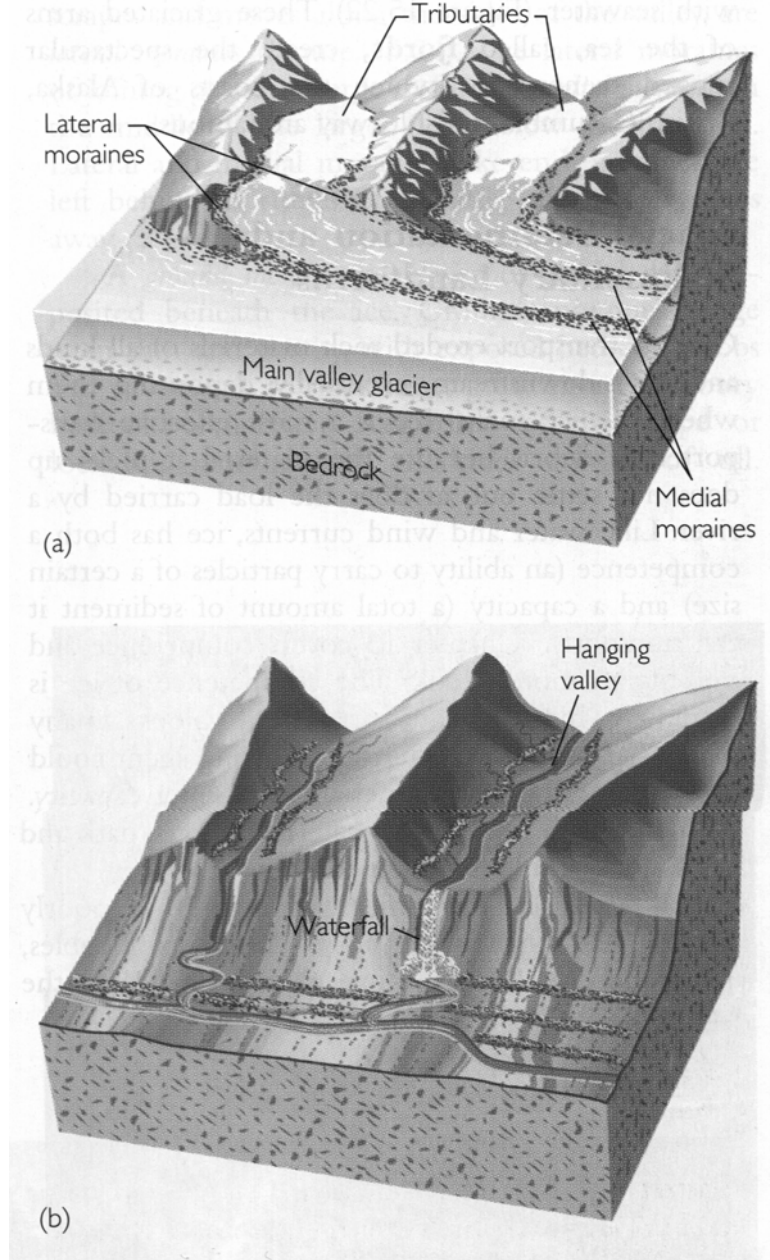


Şekil15.13. Buzullarla oluşan sirkler.

Buzul ve akarsular sadece vadi şekilleri ile değil aynı zamanda kolları ile olan eklemleri ile de farklılıklar gösterirler. Buzullar erimeden bu eklemler birbirlerine benzerler fakat bu durum buzullar eridiğinde değişebilir. Buzul erimesi ile ortaya daha

derin bir ana vadi ve ona kavuşan fakat daha sığ ve erime sonrasında **asılı kalan vadiler** (hanging valley) oluşabilirler (Şekil 15.14). Bu tür eklemlerde kollardan gelen su, şelalelerle (waterfall) ana kola kavuşur.

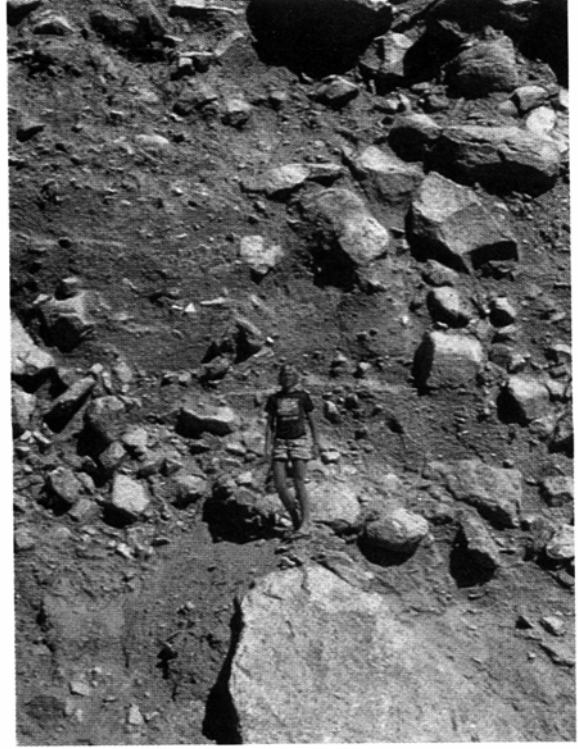
Yine akarsulardan farklı olarak, buzul vadileri denizel kesimlerde aşındırmasına devam etmiş olabilir. Buzul çekildiğinde ortaya çıkan, denize doğru ilerleyen U şekilli uzun vadilerdir. Bunlara fiyord (fjord) ismi verilir.



Şekil 15.14. a) Morenler ve oluşumları.b) Buzullar eridikten sonra ortaya çıkan yerçekimleri.

Buzullara bağılı çökelme ve oluşan yerşekilleri

Buzullar önlerine kattıkları her boyuttan malzemeyi sürükleyerek hareket ederler. Buzulun eridiği kesimlerde bu sürüklenen malzeme çökelir. Bu çok değişik boyutlarda tane içeren, kötü boylanmış, tabakasız, karmakarışık bir yapıdadır (Şekil 15.15) ve "sürüklenme, til" (drift, till) denir.



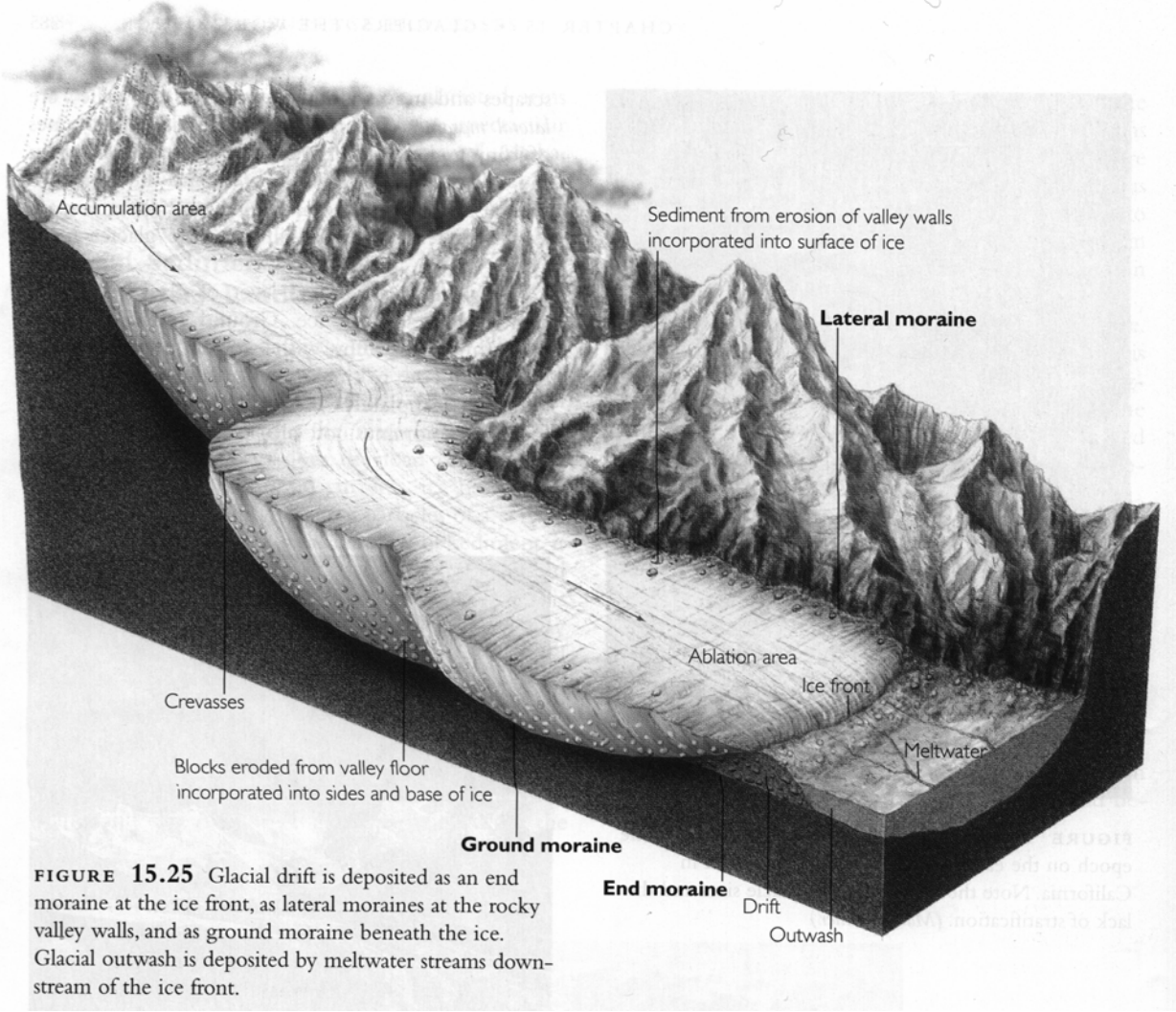
Şekil 15.15. Till yapısı (ortadaki insana dikkat).

Buzulun erimesi ile oluşan su, diğer akarsu çökellerinde olduğu gibi ve sürüklemelere göre daha düzenli, daha iyi boylanmış ve tabakalı yapıda bir tortul kayaç bırakır (outwash).

Buzullara bağılı çökeller

Bir buzul tarafından taşınan veya sürüklenme olarak çökeltile bloklu, kumlu ve killi malzemeye genelde moren (moraine) adı verilir. Buzulun ne tarafında oluşmuşsa morene o tarafla ilgili isimler verilir (Şekil 15.16). Boyut ve görünüm açısından en göze çarpanı, buzulun ucunda oluşan uç morenidir (end moraine). Bitiş moreni (terminal moraine) ise bir buzulun ulaşabildiği en uzak noktada çökelen ve dolayısı ile bu noktayı simgeleyen bir morendir. Yanal morenler (lateral moraine), buzulun vadi yamacında parçaladığı ve bıraktığı sürüklemelerdir. İki komşu ve birleşen vadiye ait

yanal morenler ise, vadilerin birleşme noktasından aşağıya doğru orta moreni (medial moraine) oluştururlar. Yer moreni ise, buzulun tabanında yaptığı aşındırma işlemi ile taşıdığı ve biriktirdiği morendir.



Şekil 15.16. Moren çeşitleri

Buzul suyuna bağlı çökeller

Buzullardan eriyerek akan ve tortul taşıyan ve çökeltten sularla değişik şekillerde çökeltme olabilir. Bunlardan **eskerler** (esker), buzullardan çıkan ve genellikle düz olmayan, fakat ortalama olarak buzul hareket doğrultusunda akan suların bıraktıkları dar, uzun, kum ve çakıldan oluşan çökellerdir (Şekil 15.17).

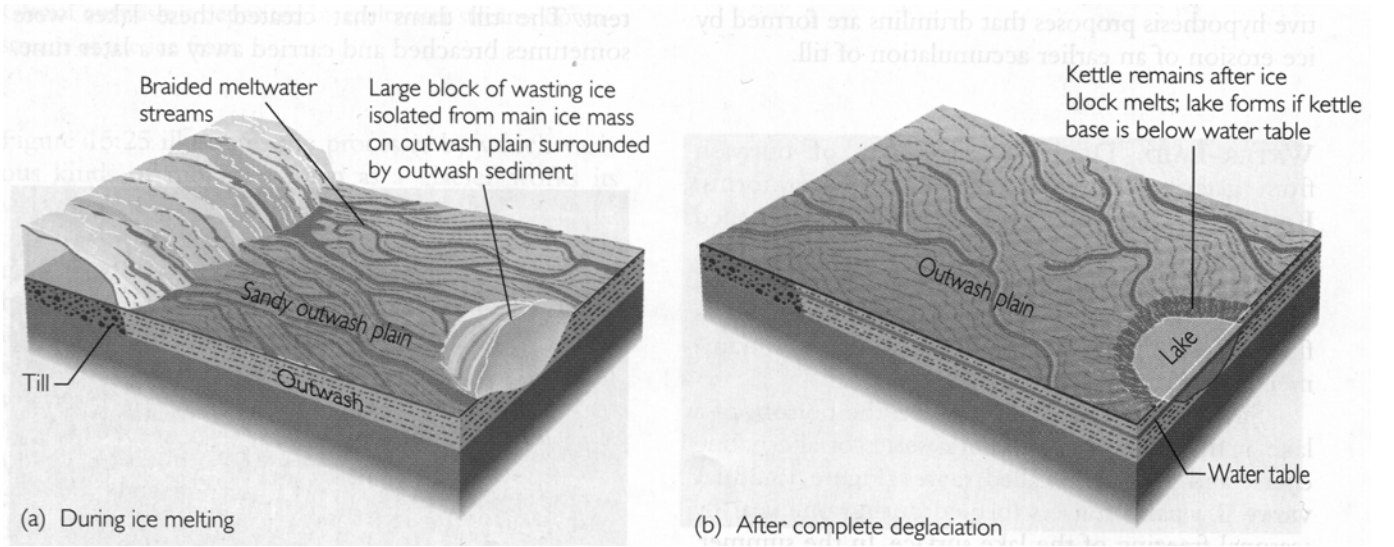


Şekil 15.17.Esker yapıları.

Kanala benzeyen uzanımda ve yilankavi (sinuous) olmaları, iyi boylanmış ve suyla taşınmış olduğunu düşündüren tortul yapıları eskerlerin akarsularla taşınmış

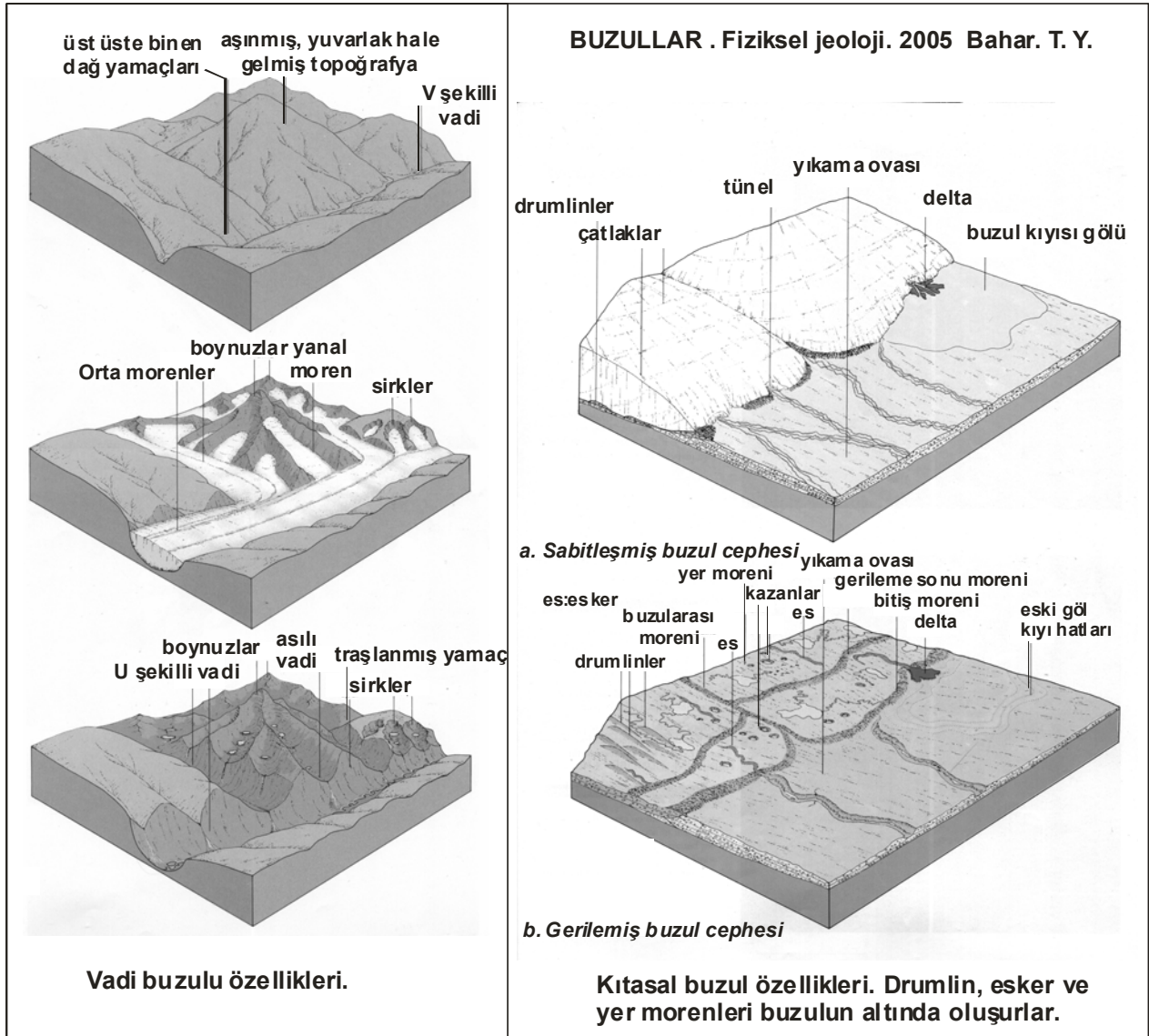
olduklarına işaret etmektedir. Eskerler, bir göle kavuşmaları durumunda bir delta şeklinde çökme ortamı yaratabilirler. Bunlara **kama** (kames) denir. Bu kamalarda, yazın erimiş sularla kaplı göllerde olan kaba siltli çökelmeler yerini kışın gölün donarak göl suyunun hareketsiz olması nedeni ile çökelen killi seviyeler alır. Böylece kışları yazın birikmiş olan siltli malzemenin üzerine daha ince killi kısımlar çökelerler.

İlginç bir diğer oluşum ise, outwash ovasında yeralan ve kenarları eğimli, içi bazen suyla dolu olan boşluklardır. Bu boşluklara **kazan** (kettle) adı verilir (Şekil 15.18). Varlıkları, güncel buzullarda da gözlenen bir olguyla açıklanmaktadır. Buzullardan kopan ve bireysel olarak outwash ovasında kayarak duran bir buz kütesinin erimesi için bir süre geçecektir (1 kilometre çapında bir buzul en azından 30 senede erir). Bu sırada buzul, etrafında hareket eden kum ve çakıl parçaları ile kısmen sıvanır. Bloğun erimesine kadar geçen sürede ana buzul outwash ovasını besleyemeyecek kadar geriye çekilebilir. Bu durumda, buzulun etrafını saran taneler, buzul eriyince bir boşluğun ortaya çıkmasını sağlarlar. Eğer bu boşluk alanı, yeraltı su tablasının altında ise burada bir göl oluşur.



Şekil 15.18. Kazanların (kettle) oluşumları.

Buzullar ve bunlara ilişkin yapılar Şekil 15.19'da verilmiştir.



Şekil 15.19. Buzullar ve bunlara ilişkin yapılar

BUZUL ÇAĞLARI: PLEYİSTOSEN BUZUL ÇAĞI

Buzul çökellerinin ulaştıkları alanları inceleyen jeologlar, bugün Grönland'da yeralan kıtasal buzulların bir zamanlar çok daha geniş yer kapladıklarını - Kuzey Amerika'nın ortalarına kadar - gösterdiler. Daha sonra yapılan çeşitli araştırmalar, yerkürenin Dördüncü zaman (Kuvaterner) boyunca bir kaç buzul çağı geçirmiş olduğunu ortaya çıkardı. Bu buzul çağları boyunca, okyanus suyunun buzullara dönüşmesi ile, bu

sularda önemli alçalmalar olduğu anlaşıldı. Buna göre, en önemli buzul çağlarından bir olan ve günümüzden 18 000 yıl önce oluşan buzul çağında, deniz suyunun yaklaşık 130 metre kadar düştüğü ve bugünkü buzul kütlelerinin üç misli kadarının olduğu (yaklaşık 70 milyar metre küp) düşünülmektedir.

Buzul çağlarının oluşmasını en iyi açıklayan kuram, güneşin etrafında dönen ve bu yıldızdan devamlı olarak ısı alarak dış dengesini oluşturan dünyanın eksenindeki kısa (10 000 yıllık), orta (20 000 yıllık) ve uzun (100 000 yıllık) vadeli değişikliklerdir. Bu değişiklikler ile, dünyanın aldığı ısı miktarı değişmekte ve azaldığında oluşan soğumanın sonucu buzullar artmaktadır.