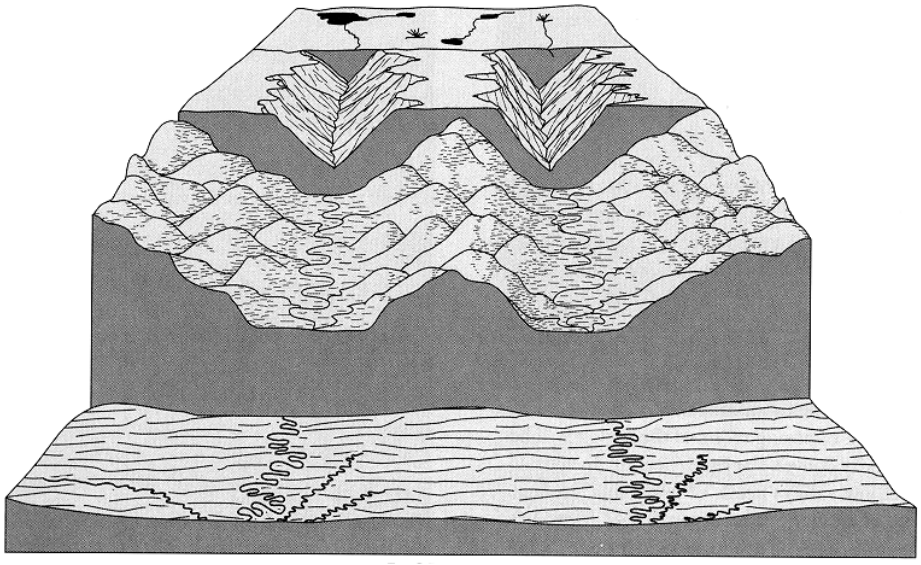
JEOMORFOLOJİ

DERS NOTLARI



Doç.Dr.Kadir Dirik

HÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü

2005

Dersin Adı:	Kodu:	Sömestrisi :
JEOMORFOLOJİ	**JEO467**	**8. Yarıyıl**
Türü: **T: 2; P: 0**	Saat/Hafta/GS/BS	Kredisi
Seçmeli lisans dersi	**2 s/GS**	**2**

Ders Sorumlusu: Doç. Dr. Kadir DİRİK

Fakülte/Bölüm:

Hacettepe Universitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü 06532, Beytepe, Ankara, Telephone: +90.312.297 77 33, Fax: +90.312.299 20 34
e-mail: kdirik@hacettepe.edu.tr

Eğitim Programındaki Konumu:

Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Eğitim-Öğretim Programının Teknik Seçmeli Dersi

Dersin Amacı:

Öğrenciyi Dünya üzerindeki yerşekillerinin orijini ve yüzeyi biçimlendiren yöntemler konusunda bilgilendirmek, jeomorfik karakterlerin sınıflandırılmasını öğretmek, jeomorfik karakterlerle erozyon ve tektonizma arasındaki ilişkiyi anlamasını sağlamak. Yüzeyde etkili olan yöntemleri ve aşınma ürünlerini kontrol eden iklimin önemi konusunda bilgi sahibi olmasını sağlamak.

Öğretim Dili : Türkçe

Öğretim Yöntemi:

Asetat ve slayt yardımıyla ders anlatımı.

Ön Koşul: Yok

Yardımcı Araçlar: Öğretim üyesince verilen ders notları, kaynak kitap listesi.

Sınav Metodu:

Yazılı Sınav (toplam %50'lik 2 ara sınav ve %50'lik final sınavı)

Açıklamalar:

Bu ders Yerbilimleri ile ilişkili tüm öğrenciler için uygundur

Kısaltmalar:

Dersin Kodu: Üniversite tarafından yayınlanan dersler kataloğundaki kod.
GS: Güz Sömestrisi
BS: Bahar Sömestrisi
T: Teorik
P: Pratik

I. GİRİŞ

I.1. Tanımlar ve jeomorfolojinin diğer bilim dallarıyla ilişkisi

Jeomorfoloji (geomorphology), *karalar üzerinde ve denizaltında yerkabuğunun yüzeyinde görülen şekilleri (landforms) inceleyen, oluşum ve evrimlerini açıklayan, bunları kendi metodolojisi içerisinde sınıflandıran, coğrafi dağılım ve gruplandırmalarını, nedenleriyle birlikte araştıran bir bilim dalıdır*. Bu tanım doğrultusunda çok disiplinli bir bilim dalı olan yerbilimleri topluluğunun bir dalını oluşturur. Konusu bakımından ise yerbilimleri içerisinde, *yerkabuğunun yapısı ve dinamiğiyle ilgili jeoloji ile insan-doğal çevre koşulları arasındaki ilişkiyi inceleyen fiziksel coğrafya bilimi arasındaki sınırda yer alan bir bilim dalı* olarak tanımlanabilir. **Fiziksel coğrafik** yaklaşımda jeomorfolojinin konusu olan yerşekilleri iklim, sular ve doğal canlılarla birlikte değerlendirilir. **Jeolojik açıdan** ise yerkürenin cansız elemanları olan yeryapısı, yerşekli, iklim ve sular (fizyografya) jeomorfolojinin konusunu oluşturur.

Yukarıdaki tanımdan da anlaşılabileceği gibi jeomorfoloji, *yerkabuğunda güncel olarak süregiden yerşekillenmesi süreçleri ile uğraşır ve nihai olarak jenetik yaklaşımla bu şekillenmenin tarihçesini ortaya koymaya çalışır*. Yerkabuğu ve yer yapısında güncel olarak meydana gelen olay ve değişimler aynı zamanda jeolojinin de konusudur ve jeoloji bilimi bunlardan topladığı bulgularla yerkürenin zaman içerisinde geçirdiği evrimi aydınlatmayı hedefler. Bu kapsamda jeomorfoloji bugünün jeolojisi, jeoloji ise geçmişin jeomorfolojisi olarak değerlendirilebilir.

Jeomorfoloji bilimi fiziksel coğrafya ve jeoloji araştırma yöntemlerinin her ikisini birden kullanır. Jeomorfolojik araştırma ve anlatımlar genelde **sistematik** ve **analitik** olmak üzere iki türde yapılır. Uygulamalı jeomorfoloji araştırmalarında ise jeolojideki mühendislik alt disiplini araştırmalarına benzer yöntemler uygulanır. **Sistematik yaklaşımda** (systematic approach) *yer şekilleri görünüm ve büyüklüklerine göre ana yerşekili gruplarından başlanarak en küçük şekillere kadar taksonomik bir sınıflandırmaya tabi tutulur ve tanımlanır*. **Analitik yaklaşımda** (analytic approach) ise *yerşekilleri oluşum süreçlerine göre ayırt edilir*.

I.2. Yerşekillerinin boyutları

Boyutları açısından yerküre yüzeyindeki şekiller makro (büyük), mezo (orta) ve mikro (küçük) ölçekte olmak üzere üç ana gruba ayrılır.

Büyük ölçekli yerşekiller: Yerkabuğunun global ölçekteki tektonik yapısı tarafından belirlenmiş yerşekilleridir. Okyanus çanakları, kıtalar, büyük kıvrımlı dağ sıraları gibi.

Orta ölçekli yerşekilleri: Büyük ölçekli yerşekilleri üzerinde iklim koşullarına bağlı olarak baskın dış süreçlerin egemenliğinde biçimlenmiş yerşekili gruplarıdır. Çöl, buzul gibi

Küçük yerşekilleri: Belirli iklim kuşakları içersinde jeolojik faktörlere bağlı olarak gelişmiş yerşekilleridir. Horst-graben, karstik, volkanik yerşekilleri gibi.

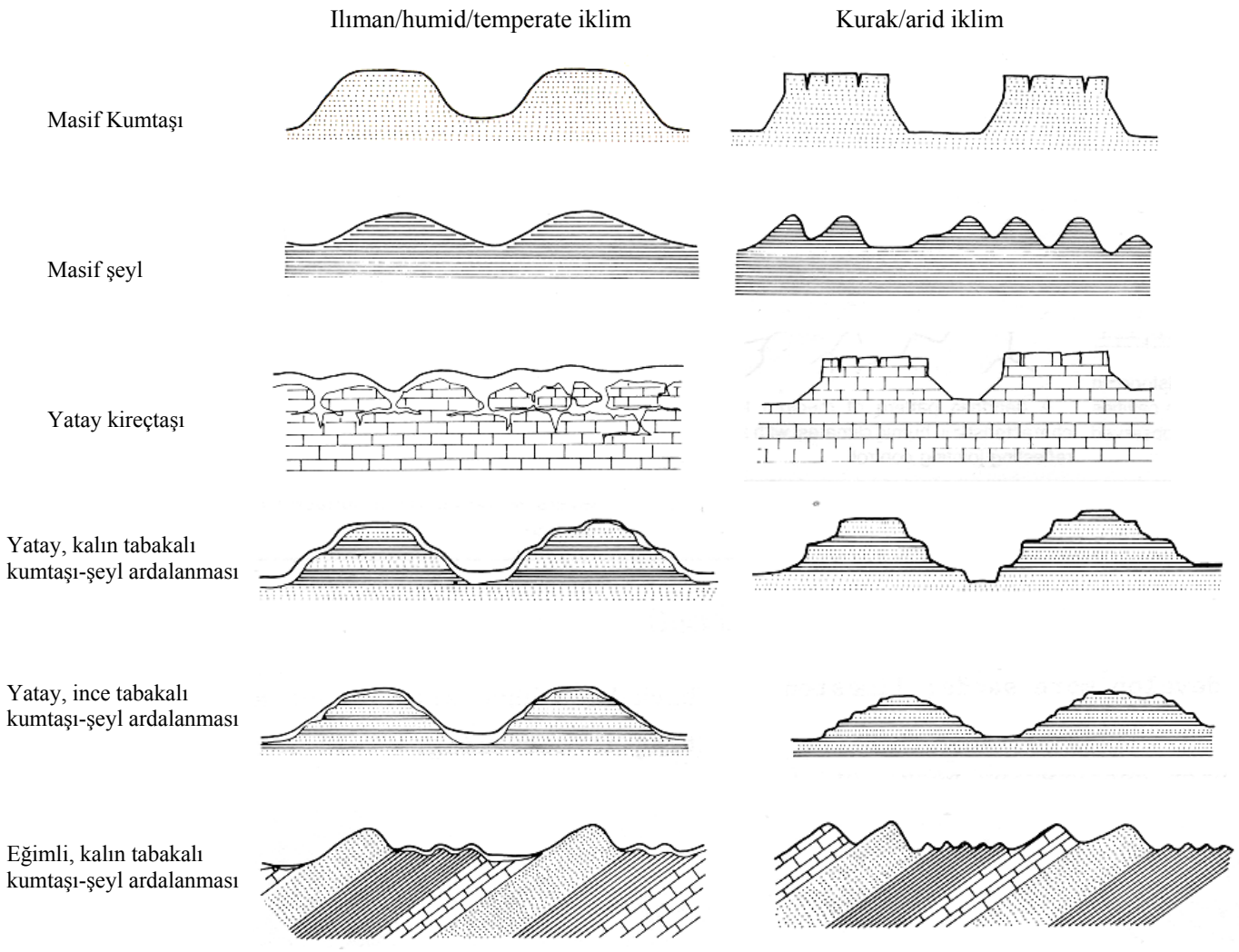
II. YERŞEKİLLERİNİN OLUŞUM VE EVRİMİNİ DENETLEYEN ETMENLER

Yerşekillerinin oluşumu karmaşık ve aynı zamanda değişken etken ve süreçlerin eseridir. Yerşekilleri, kaya türü ve jeolojik yapı, şekillendirici süreç ve etkenler ile zamana bağlı olarak gelişir.

II.1. Kaya türü (rock type/lithology) ve Jeolojik yapı (geologic structure)

Yerşekillerinin ilksel biçimi, özellikleri ve zaman içerisinde uğradıkları değişimler öncelikle *suda eriyebilirlik, tane boyu, gözeneklilik, geçirimlilik* gibi kaya türü özellikleri tarafından belirlenir. Her kaya biriminin aşınıma karşı gösterdiği direncin farklı olması nedeniyle kaya türü yerşekillenmesi üzerinde doğrudan rol oynar. Örneğin, kolay aşınabilen/ eriyebilen kaya türleri (kireçtaşı, dolomit, anhidrit, jips vb.) ile aşınıma karşı direnci yüksek olan kaya türleri (kumtaşı, çakıltaşı, granit, gabro, bazalt, andezit vb.) üzerinde gelişen yerşekillerinin biçimi ve özellikleri farklıdır. Kaya türü dağılımı yerşekli gruplarının dağılımını da denetler. Örneğin, kolay aşınabilen kaya türü toplulukları (şeyl, çamurtaşı, kiltaşı, sleyt vb.) üzerinde alçak yerşekli grupları (vadi, ova vb.) gelişirken, dirençli kaya topluluklarının bulunduğu alanlarda ise yüksek yerşekli grupları (dağ, tepe, sırt vb.) meydana gelir (differential erosion).

Değişik litolojiler üzerinde, iki değişik iklim koşulunda gelişen yüzey şekilleri



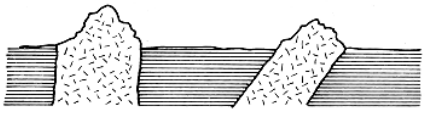
Granit



Şist



Değişik yüzey şekilleri



Şeyl içine sokulmuş dayk



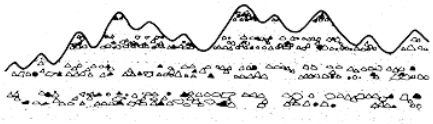
Volkan konisi



Bazaltik lav akıntısı

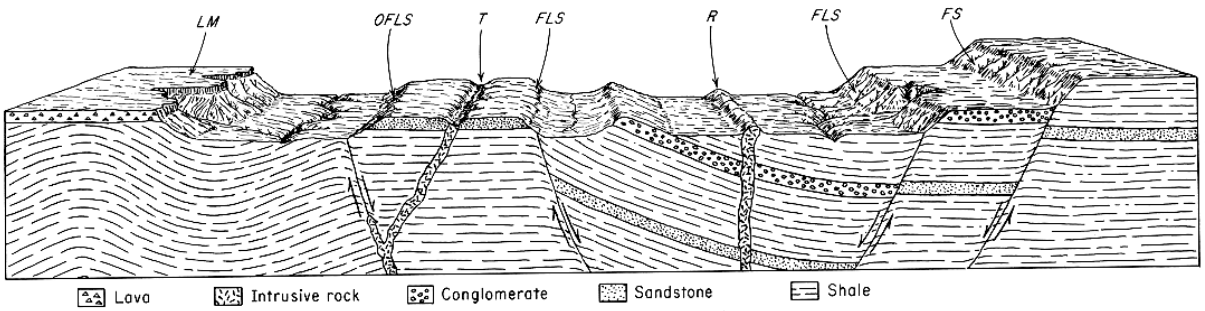


Payroklastik ve lav akıntısı ardalanması

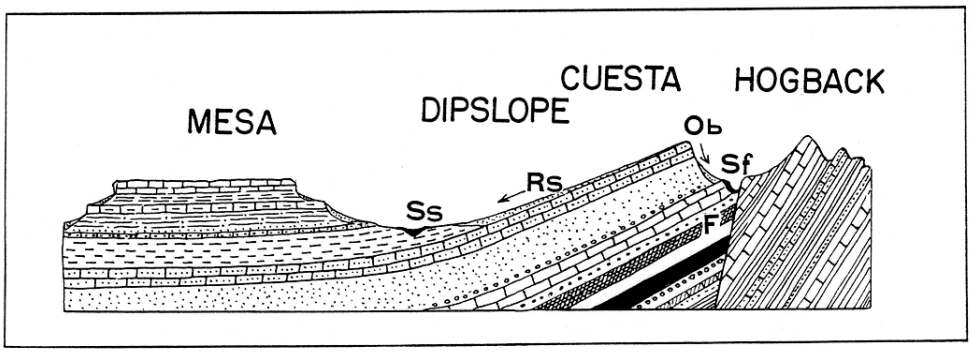


Payroklastik

Kaya topluluklarının **yapısal özellikleri** ve **tektonik yapı** da yerşekillenmesi üzerinde belirleyici etkendir. *Kıvrımlı, faylı, monoklinal, yatay, eğimli, dik* vb. yapılar üzerinde gerek ilksel gerekse jeomorfolojik evrimin ileri aşamalarında ortaya çıkan yerşekli grupları birbirinden farklıdır. Yapı, tabaka doğrultu ve dalımı, fay, eklem vb. süreksizlikler (discontinuties) özellikle akarsuya bağlı olan yerşekillerinin gelişiminde drenaj ve vadi kuruluşu üzerinde belirleyici rol oynar.

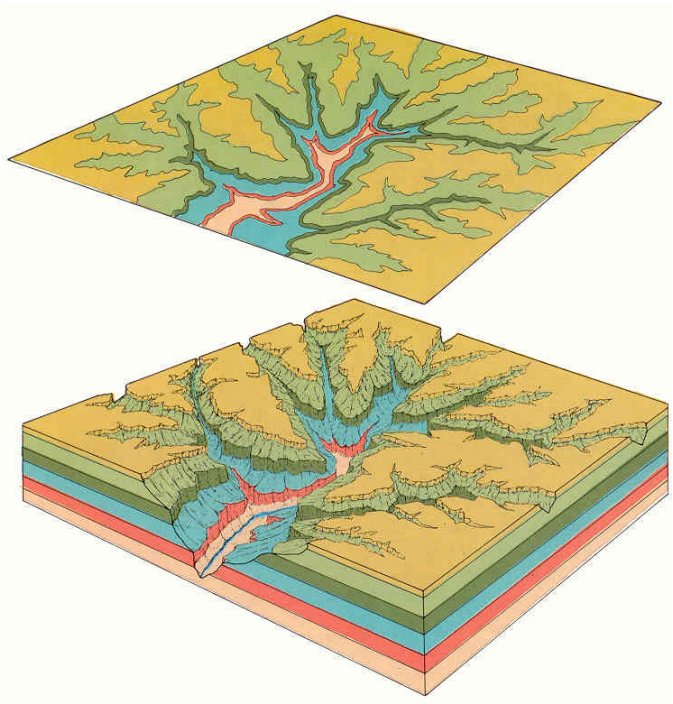


Litoloji ve jeolojik yapıların yerşekillenmesindeki kontrolünü gösteren diyagram. LM: Mesa, FLS: Fay sarplıkları, R: Sırt.

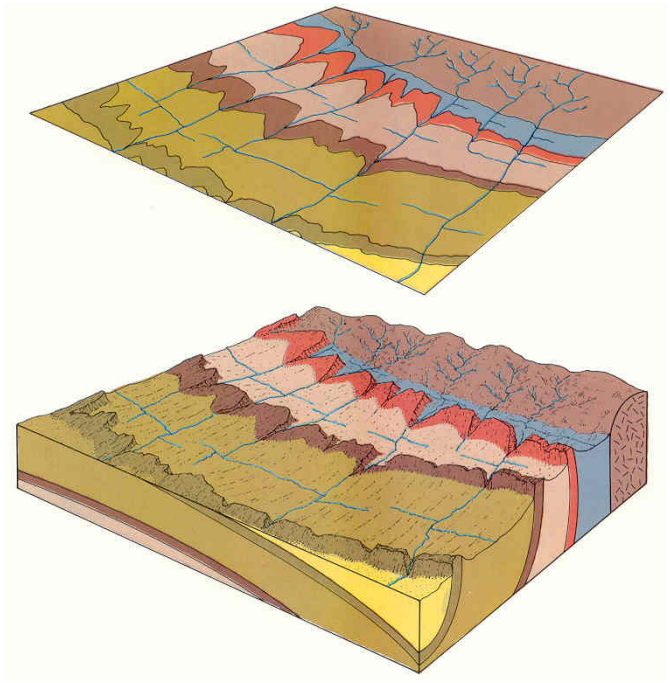


Tabaka konumuna göre oluşan yüzey şekilleri.

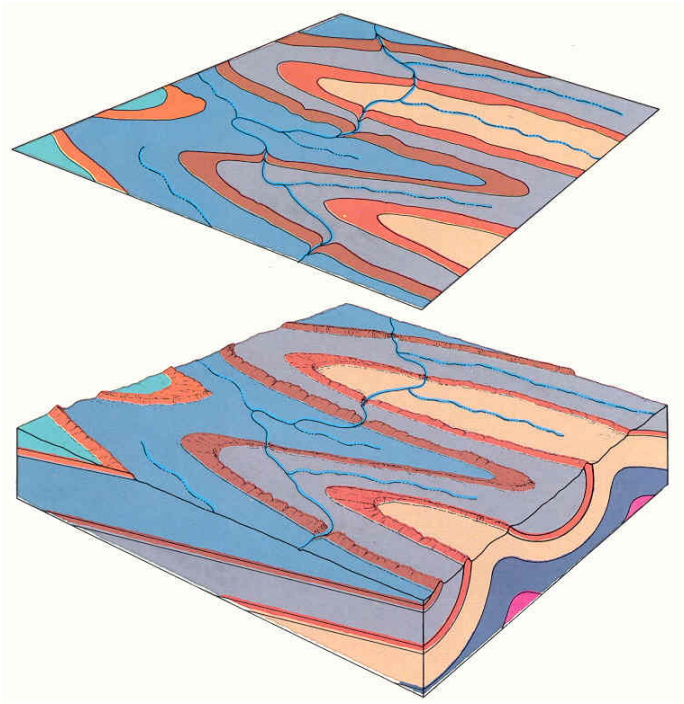
Tabakanın konumu ile yüzey şekillerinin ilişkisini gösteren blok diyagramlar ve jeolojik haritalar



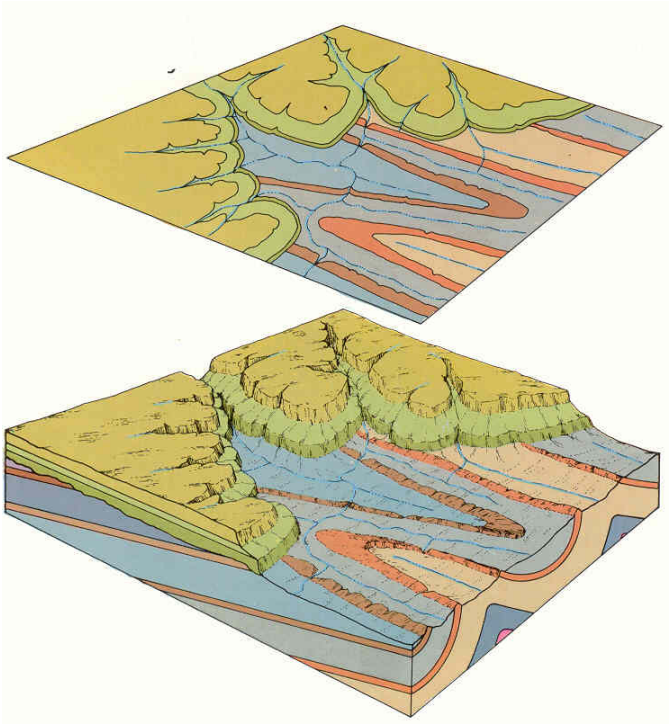
Yatay tabakalar üzerinde gelişmiş morfolojiyi gösteren blok diyagram (altta) ve jeolojik harita (üstte)



Eğimli tabakalar üzerinde gelişmiş morfolojiyi gösteren blok diyagram (altta) ve jeolojik harita (üstte). Tabaka eğimlerindeki farklılığın mostra genişliğini nasıl etkilediğine dikkat edin ve üstteki haritaya 'V' kuralını uygulayın.



Kıvrımlı tabakalar üzerinde gelişmiş morfolojiyi gösteren blok diyagram (altta) ve jeolojik harita (üstte).



Kıvrımlı tabakalar ve bunları açısal uyumsuzlukla örten yatay konumdaki birimler üzerinde gelişmiş morfolojiyi gösteren blok diyagram (altta) ve jeolojik harita (üstte).

II.2. Süreç (process) ve Etkenler (factors)

Jeolojik anlamada **süreç**, *yeryüzeyi üzerinde şekil değişikliği meydana gelmesine yol açan olayları ifade eder*. Yeryüzeyinde biçim değişikliğine yol açan etken ve süreçler enerjisini yerkürenin iç dinamik olayları ve güneş enerjisinden alırlar. Bu nedenle yerşekillenmesine yol açan olaylar iç ve dış dinamik etken ve süreçler olarak iki ana grupta toplanır ve yerşekillerinin biçimi, boyutları ve özellikleri bu iki süreç topluluğunun karşılıklı etkileşimi sonucunda belirlenir.

II.2.1. İç etken ve süreçler (internal process and factors)

Kuvvet kaynağını yeriçi olaylardan alan yerkabuğundaki hareketler olarak tanımlanabilir ve kıta oluşumu, kıvrımlanma, kırılma, kubbeleşme, çanaklaşma, çarpılma, volkanizma gibi olaylar halinde yerşekillenmesi üzerinde etkin olurlar. Bu süreçlere bağlı olarak gelişen önemli yer şekilleri: dalma-batma zonları (subduction zone), okyanus sırtları (oceanic ridges), çarpışma zonları (collisional zones), rift vadileri (rift valleys), kıta düzlüğü (continental shelf), kıta yamacı (continental slope), abisal düzlük (abbysal plain), ada yayları (island arcs), yay-ardı havzaları (back-arc basins), yayönü havzaları (fore-arc basins), değişik tür faylar (normal ters, doğrultu atımlı, verev atımlı) ve volkanlar. Yerkabuğunun kaya türü özellikleri de iç etken olarak tanımlanabilir. Jeomorfoloji açısından iç dinamik süreçler genelde yapıcı özellik taşırlar ve evrimin ilksel hareket noktasını tayin ederler. Jeomorfolojik evrimin değişik aşamalarında ortaya çıktıkları taktirde ise evrimde kesinti ve karışıklıklara yol açarlar.

II.2.2. Dış etken ve süreçler (external process and factors)

Bunların enerji kaynağı güneştir ve yer şekillenmesindeki etkileri yer çekimi (earth's gravity) nedeniyle meydana gelir. İç dinamik süreçlerle belirlenmiş olan ilksel topoğrafya yüzeyi üzerinde etkin olurlar. İç dinamik etkenlerin geneldeki yapıcı/kurucu etkisine karşın dış dinamik süreçler, iç dinamik süreçlerin şekillendirdiği ilksel topoğrafyayı yer çekiminin de etkisiyle sürekli aşındırmak, tesviye etmek (denüdasyon-denudation) ve sonuç olarak ise deniz seviyesine alçaltmak işlevini yerine getirirler. Bu nedenle yerşekillerinin oluşum sürecinde iç ve dış dinamik süreçler karşılıklı etkileşim içerisindedir. Bu etkileşimde iç dinamik süreçler egemen ise yapısal öğelerin ağırlıklı olduğu yerşekli grupları, dış etken ve süreçler etkin ise aşınım ve birikim unsurlarının egemen olduğu yerşekli grupları egemen olur.

Dış etkenler topoğrafya üzerinde belli süreçler şeklinde cereyan ederler. Yerkabuğunu şekillendiren süreçler **değişmeyen (statik)** ve **değişken (dinamik)** olmak üzere iki grupta toplanır. *Yerkabuğu yüzeyindeki kayaçlarda herhangi bir yer değiştirmeye yol açmadan biçim değişmesine neden olan süreçler* **statik süreç** olarak tanımlanır. *Ayrışma* (fiziksel ufalanma ve kimyasal ayrışma, günlenme / weathering) ve *toprak oluşumu* yerşekillenmesi üzerinde etkili olan en önemli statik süreçtir. **Değişken veya dinamik süreçler** ise *yerçekiminin etkisiyle yerkabuğu malzemesinin yer değiştirmesine yol açan olaylardır*. *Kütle hareketleri* (mass movements), *su* (yağmur damlası, yüzey sellenmesi, akarsu, yeraltısuyu), *buzul, rüzgar, dalga ve akıntılar ve organizma faaliyetleri* yerşekli oluşumunda etkili olan dinamik dış etken ve süreçlerdir.

Statik süreçler (çözülme/ayrışma) *yerkabuğunun malzemesi olan kayaları yerinde değişikliğe uğratarak dinamik süreçlerle yer değiştirebilecek hale hazırlar*. Dinamik süreçler ise *yer değiştirmeye hazır hale getirilmiş malzemenin aşındırma (erosion), taşıma (transportation) ve biriktirme (deposition) yoluyla yer değiştirmesine, dolayısıyla yerşekillenmesine neden olur*. Bu kapsamda yerşekillerinin oluşum ve evriminde statik ve dinamik süreçler birbirini tamamlayıcı bir sistem işlerler.

II.3. İklim, Morfoklimatik bölgeler ve jeolojik yorumlardaki kullanımı

Yerşekli oluşumunu belirleyen dış etken ve süreçlerin (çözülme, kütle hareketleri, akarsular, rüzgar, buzul vb.) yerküre üzerindeki dağılımı iklim tarafından belirlenir. İklim karakterine bağlı olarak bu süreçler dünya üzerinde belirli alanlarda yoğunlaşmıştır. Bu kuşaklardaki yerşekillenmesi ve dolayısıyla meydana gelen jeomorfolojik yapı baskın dış sürece uygun olarak yapılanır. Bu nedenle her iklim kuşağında, o iklimi karakterize eden yerşekilleri oluşur.

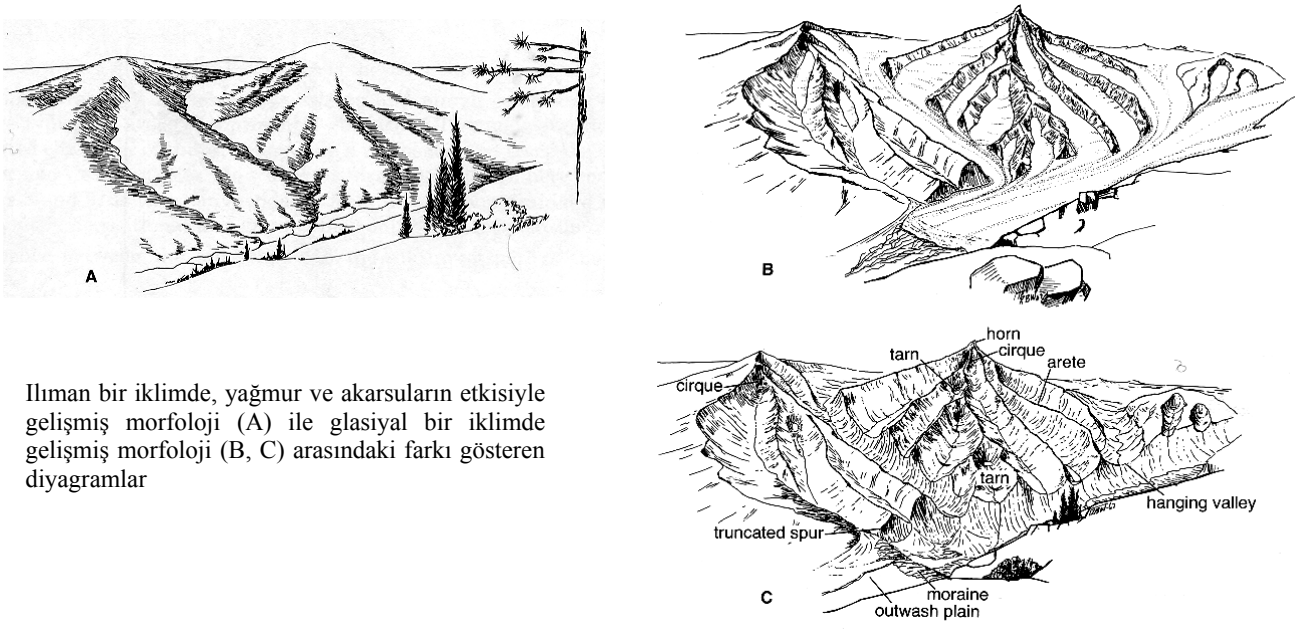
Yerküre üzerinde iklim farklılıkları nedeniyle meydana gelmiş topoğrafik özellikleri nedeniyle birbirinden ayrılan jeomorfolojik kuşaklara **morfoklimatik bölge veya kuşak** denir. Yerküre üzerinde günümüzdeki başlıca morfoklimatik kuşaklar **soğuk, dönemsel soğuk, ılıman, subtopikal, yarı kurak ve tropikal** olarak sıralanır (Tablo 1). Zaman içerisinde iklim kuşaklarının alanlarında salınımlar veya yerdeğiştirmeler olabilir. Bu durumda farklı iklim dönemlerine ilişkin yerşekilleri iç içe veya üst üste gelişir ve jenetik açıdan farklı jeomorfolojik birimler bir arada izlenir.

Yerşekillenmesi üzerinde etkin olan iç dinamik süreçlerin belirlediği yapısal şekillenmede bu tür coğrafik kuşaklar oluşmaz. Dolayısıyla, yerşekili oluşumunda ilksel topoğrafya iç dinamik süreçlerin niteliğine bağlı olarak birbirine benzer nitelikler sunar. Ancak, herhangi bir bölgede ilksel topoğrafyanın jeomorfolojik evrim içersinde geçirdiği değişimler iklimin belirlediği baskın dış etken

ve süreçlere bağlı olarak gelişmeye başlar. İç dinamik süreçlerin kurucu/yapıcı, dış dinamik süreçlerin ise bozucu/aşındırıcı/tesviye işlevleri arasındaki denge, jeomorfolojik evrim süresince oluşan yerşekillerinin biçimini ve özelliklerini tayin eder. Örneğin iç dinamik süreçler şekillenmede etkin ise tektonik ağırlıklı yerşekili grupları, dış süreçler ağırlıklı ise aşınım egemen yerşekilleri oluşur.

Tablo 1. Yerkürenin morfoklimatik kuşakları

BÖLGE	COĞRAFİ KONUM	DIŞ SÜREÇ VE ETMENLER	YERŞEKİLLERİ
Soğuk (glacial)	Kutup bölgeleri Kalıcı karlı dağ zirveleri	Buzul aşındırma ve biriktirmesi	Cilalı ve hörgüç kayalar, tekne vadi, buz yalağı, basamaklı yamaç, asılı vadi, fiyord, buzul gölü, moren, ve moren setleri, durumlin, ekser, kames, sandur ovası
Dönemsel soğuk (periglacial)	Kutup-ılıman kuşak geçişi karlı dağ buzul çevresi	Buzkar (nival) aşındırması, donma-çözünme ve fiziksel ufalanma, soliflüksiyon, kütle hareketleri, rüzgar	Solüfliksiyon taraçaları, poligonal ve şeritli topraklar, yuğrulmuş topraklar, buz kaması, kumul, lös, blok döküntüsü ve kaya buzulları
Ilıman (humid/temperate)	40º-60º enlemleri arası	Orta şiddette kimyasal çözülme, hafif donma-çözünme, kütle hareketleri, akarsu aşındırma ve biriktirmesi	İleri derecede yoğun drenaj ve vadi ağı, hızlı yamaç gelişimi, yapısal denetim hariç basık tepe, sırt ve dorukler, kaide seviyesi yönünde düzenli topoğrafik alçalım, seçici aşınım maksimum.
Subtropikal kuşak (Çöl kuşağı) (arid)	30º-40º enlemleri arası	Fiziksel ufalanma, rüzgar aşındırma ve biriktirmesi, çamur ve yüzey sellenmesi (mud-sheet flood)	Pediment, kumul, yardang, anıt kaya, çöl kaldırımı, yapı platformları, playa gölü, bahada bolson, kaliş, çamur ve moloz akması
Yarı kurak (semi-arid)	Subtropikal-ılıman (step) Subtropikal-tropikal (savan)	Kurak dönem: subtropikal kuşak süreçleri Yağışlı dönem: sellenme karakterli akarsu aşındırma ve biriktirmesi. Yüzeysel sellenme Kurak dönem: Subtropikal süreçler Yağışlı dönem: Tropikal süreçler	Dik eğimli yamaç, kanyon vadi, yapı platosu, pediment, birikinti koni ve yelpazesi, çamur akıntıları, playa, badlands, kaliş, kabuk, kumul, birikinti koni ve yelpazesi, talus Subtropikal kuşaktan ılıman kuşağa geçiş
Tropikal (tropical)	Ekvatoral bölge 0º-30º enlemleri arası	Derin ve şiddetli kimyasal ayrışma, kütle hareketleri, yüzey yıkanması ve akarsu taşınması	Gelişim hızı düşük dik eğimli yamaçlar ve keskin sırtlar, seçici aşınma etkisi az, ani yükselen diklikler, genel topoğrafik farklılıklar maksimium, lateritik topraklar



Ilıman bir iklimde, yağmur ve akarsuların etkisiyle gelişmiş morfoloji (A) ile glasiyal bir iklimde gelişmiş morfoloji (B, C) arasındaki farkı gösteren diyagramlar

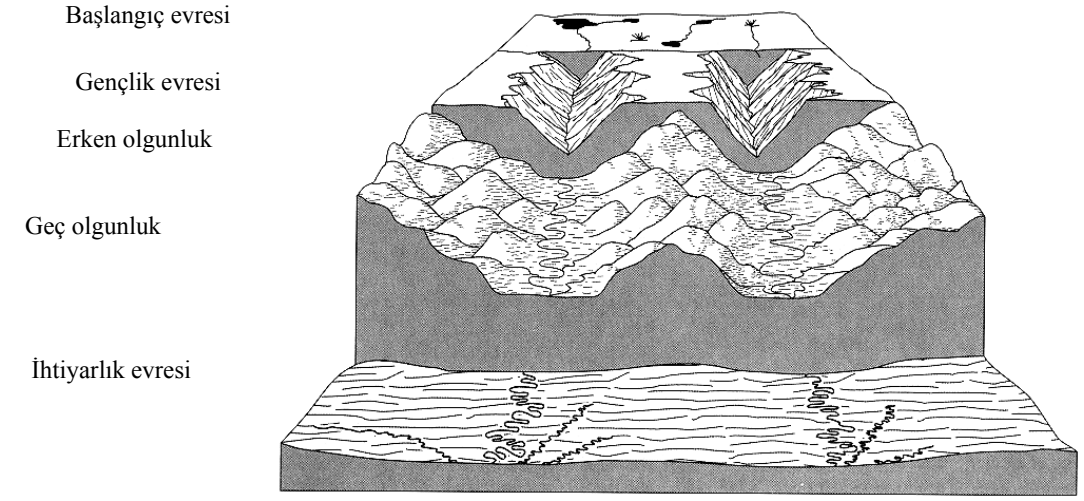
II.4. Zaman, Jeomorfolojik evrim ve kesinti karışıklıkları

Yerşekillerinin oluşumunu belirleyen dördüncü etken zamandır. Yerşekillenmesi üzerinde zamanın etkisi süre ile doğru orantılıdır. İç ve dış etkenlerin yerşekillenmesine etkisi yavaştır. Bunların yerşekillenmesine yaptığı etkiler zamanla kendisini belli eder. Örneğin levha hareketleri gibi yerkabuğu boyutunda gerçekleşen şekillendirici süreçlerin etkileri milyonlarca yılda yeryüzü şekillenmesi üzerine yansır ve büyük coğrafik değişimler gerçekleşir. Yine depremler şeklinde kendini gösteren faylanmalar sonucu meydana gelen yerşekili değişimleri zaman içerisinde kendini belli eder. Dış etken ve süreçler için de aynı durum geçerlidir. Örneğin yılda 1 mm aşınan bir bölgedeki 4000 metre yüksekliğindeki bir dağ kütlesi dış etken ve süreçler tarafından 4 milyon yılda deniz seviyesine kadar aşınabilir.

Zaman, şekillendirici iç ve dış süreçlerin seyrine bağlı olarak doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki yolla yerşekillenmesini etkiler. Bunlardan birincisinde jeolojik yapı, iç ve dış dinamik süreç ve etkenler değişmediği halde yerşekillenmesi zamanın akışına bağlı olarak biçim değiştirerek belirli aşamalardan geçer. *Zamana bağlı olarak yerşekillenmesinde gerçekleşen bu topoğrafik değişimlere* **jeomorfolojik evrim (döngü)** denir. Zamanın ikinci etkisi ise akışı esnasında şekillendirici süreçlerde meydana gelen topoğrafik değişimler şeklinde gerçekleşir. Bu değişimler jeomorfolojik döngüde kesinti ve karışıklıklara yol açar ve çok kökenli yerşekillerinin meydana gelmesine yol açar.

II.4.1. Jeomorfolojik evrim/döngü (geomorphologic cycle)

İlksel olarak iç dinamik süreçlerle kurulmuş topoğrafya iç ve dış dinamik süreçlerin etkisiyle sürekli değişim ve yeni yapılanma içindedir. İç dinamik süreçler durağan kabul edildiğinde yeryüzü şekillerinin değişimi sürekli olarak yüksek topoğrafyanın aşındırılması ve tesviye edilmesi şeklinde gelişir. Dış dinamik süreçlerin son hedefi karaların yükseltisini deniz seviyesi düzeyine indirgemektir. Bu gelişim belirli bir zaman periyodunda gerçekleşir ve zamana bağlı olarak yerşekilleri belirli biçimsel değişimlerden geçer. Bu değişimler morfolojide belirli dönemlere karşılık gelir. *Yerşekillerinin ilksel oluşumdan en son aşınabilecekleri seviyeye kadar geçirdikleri şekillenme evresine* **jeomorfolojik evrim/döngü** (geomorphologic cycle) denir. Klasik jeomorfolojide bu şekillenme dönemleri **gençlik** (youth/young stage), **olgunluk** (mature stage) ve **ihtiyarlık** (old stage) evreleri olarak tanımlanmıştır.



Kaya türü ve yapısal özellikler ile iç dinamik süreçler aynı olsa bile morfoklimatik kuşaklarda jeomorfolojik evrimin çeşitli aşamalarında farklı yerşekilleri gelişir. Jeomorfolojik evrimin en ileri aşamasında karalarda peneplen olarak tanımlanan ve deniz düzeyine yakın seviyelere kadar tesviye edilmiş düzlükler oluşur.

II.4.1.1. Gençlik evresi (youth stage)

Jeomorfolojik evrimin başlangıç evresi olan bu evrede topoğrafik yükselimler ilksel jeolojik koşullar tarafından belirlenir. Akarsular ilksel eğim denetiminde gelişir. Göl ve benzeri çökel havzaları yapısal denetimlidir ve aşınma-taşınma-çökelme ilişkilerinde yapısal unsurlar egemendir. Gençlik evresinde topoğrafyada yapısal unsurlar ve dış dinamik süreçlerin ortak etkisi görülür. Akarsuda vadi gelişimi belirgindir ve genelde kertik vadi (V-vadi) oluşumu egemendir. Yamaç eğimleri diktir ve kütle hareketleri yamaç şekillenmesinde egemendir. Vadiler arasındaki sırtlar düzdür. Akarsuların boyuna profillerinde kaya türü ve yapı denetimli eğim kırıkları izlenir. Rölyef yarılması maksimum seviyededir. Morfolojide ilksel topoğrafyaya ilişkin yerşekili grupları seçilebilir. Akarsularda düşey doğrultuda derine kazıma ve aşındırma maksimum seviyede olup vadi tabanı gelişmemiştir. Akarsular boyunca sedimantasyon çok az olup yersel eğim kırıklıkları veya havza tabanlarında gerçekleşir.

II.4.1.2. Olgunluk evresi (mature stage)

Bu evrede akarsu ağı maksimum yoğunluktadır. Erken (early mature) ve geç (late mature) olgunluk evresi olarak ikiye ayrılır. Aşınma-taşınma-birikim olayları deniz seviyesi **(nihai taban düzeyi / ultimate base level)** tarafından denetlenir. Akarsu ağı ise kaya türü tarafından denetlenir. Akarsu vadileri ve tabanı erken olgunluk evresinden başlayarak genişlemiş ve yamaçlar basıklaşmıştır. İlksel topoğrafya denetimi ortadan kalkmış ve vadiler arasındaki sırtlar keskinleşmiştir. Akarsularda derine aşındırma az olup yanal aşındırma ön plandadır. Gençlik evresinde yamaçları şekillendiren hızlı kütle hareketleri etkinken olgunluk evresinde kütle hareketlerinin etkisi azalır. Vadi tabanında çökelme başlar ve geç olgunluk evresinde menderesli akarsu çökelleri yaygın olarak gelişir. Geç olgunluk evresinde akarsular denge profiline (graded profile) ulaşmıştır. Olgunluk evresinde yerkabuğu yüzeyi karasal çökellerin ağırlıklı olduğu çökelme alanlarına dönüşür.

II.4.1.3. İhtiyarlık evresi (old stage)

Fluviyal jeomorfolojik evrimin son aşaması olan ihtiyarlık evresinde tüm topoğrafik unsurlar basık ve yatıklaşmış biçimdedir. Akarsular boyunca geniş taşkın ovaları gelişmiştir. Menderesli akış rejimi egemen hale gelmiştir. Vadiler yanal yönde maksimum genişliktedir. Kaya türü ve yapısal denetimden kaynaklanan topoğrafik farklılıklar minimum düzeydedir. Arazinin genel eğimi deniz yönündedir ve yüzeyi deniz seviyesine yakın dalgalı düzlükler halindedir. Jeomorfolojik evrimin son döneminde ortaya çıkan bu topoğrafyaya **peneplen** adı verilir.

II.4.2. Jeomorfolojik döngü kesintileri ve karışıklıklar

Yerşekillerinin yukarıda tanımlanan evrim aşamalarından geçebilmesi için uzun zamana ihtiyaç vardır. Bu zaman sürecinde yerşekillerinin oluşumunu etkileyen iç ve dış dinamik süreçlerde meydana gelen değişimler jeomorfolojik döngüde kesinti ve karışıklıklara yol açar ve yerşekillenmesi yeni süreçlere göre gelişmeye başlar. Şekillendiği süreçlerde meydana gelen bu değişim veya yenilenme yeni bir yerşekli oluşum sürecini başlatır. Jeomorfolojik evrimde bu şekilde meydana gelen değişimlere döngü

kesintisi adı verilir. Döngü kesintisi olmadan gerçekleşen yerşekli gruplarına **tek döngülü** (monojenik), birden fazla kesinti sonucu ortaya çıkmış yerşekli gruplarına ise **çok döngülü** (polijenik) yerşekilleri denir. Jeomorfolojik döngüde kesintiler iç dinamik süreçlerdeki farklılaşma veya iklimsel değişimlerden kaynaklanır.

II.4.2.1. İç dinamik süreçlerden kaynaklanan döngü kesintileri

Bu kesintilere yerkabuğu hareketlerindeki değişimler neden olur ve bunlar topoğrafyada yükselme ve alçalmalara neden olurlar. İç dinamik olaylar sonucu yükselme şeklinde gerçekleşen döngü kesintilerinde dış dinamik süreçlerde değişim gerçekleşmez. Bunun sonucu ortaya çıkacak yeni yerşekli oluşum süreci ve ortaya çıkan yerşekillerinin niteliği ve biçimsel özellikleri iç dinamik süreçlerle dış dinamik süreçler arasında denge ve ilişkiler sonucu belirlenir. Bu ilişkiler i) yükselimin aşınıma eşit; ii) yükselme-aşınma hızlarının farklı ve süreçlerin hızının değişken olduğu hallerde farklı yerşekillerinin oluşumu ile sonuçlanır.

i) *Tektonik yükselmenin aşınmaya eşit olduğu hallerde* arazinin topoğrafik yükselimi genel olarak aynı seviyede kalır. Kesinti jeomorfolojik evrimin hangi aşamasında gerçekleşmişse zamansal olarak iç-dış dinamik süreçler arasındaki denge bozulana kadar evrim sürekli aynı evrede kalır.

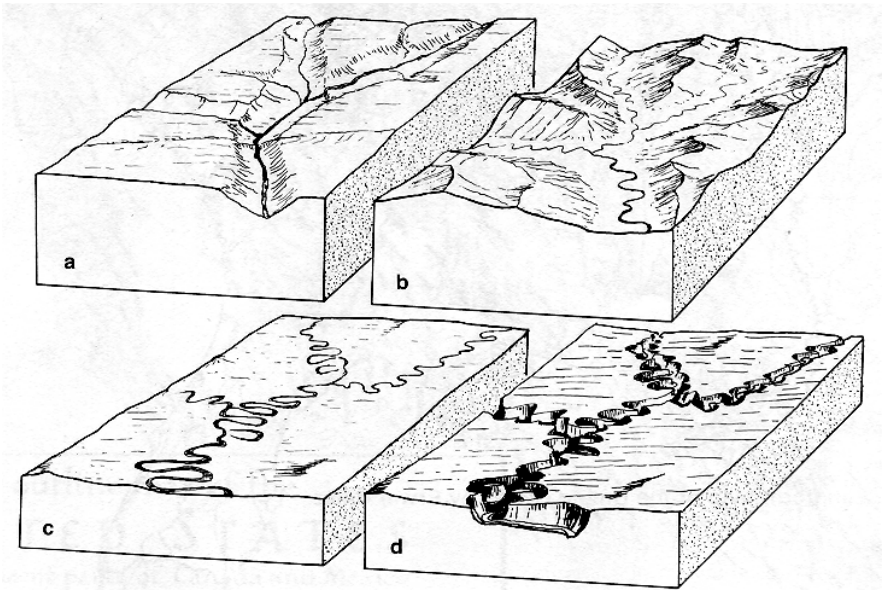
ii) *Yükselme ve aşınma hızlarının farklı olduğu durumlarda* ise yerşekillenmesi baskın sürecin denetimine girer. Yükselme hızının aşınma hızından düşük olduğu hallerde yerkabuğu aşındırıcı süreçlerin etkisinde normal jeomorfolojik evrimdeki gibi fakat gecikmeli olarak şekillenir. Buna karşılık iç dinamik süreçlerin yol açtığı yükselmenin hızı aşınımın tesviye hızından fazla ise morfolojiye yapısal kökenli yerşekilleri egemen olur. Bu değişim süreci jeomorfolojik evrimin hangi aşamasında gerçekleşmiş ise evrimde geriye doğru gidiş trendi yani gençleşme başlar. Ihlara vadisi bu olaya güzel bir örnektir. Jeomorfolojik döngüde iç dinamik süreçlerle meydana gelen değişimler bazen alçalmalar şeklinde gelişir. Bu tür değişimler de döngü kesintileri ve karışıklıklara yol açar. Alçalmalar kara kütlesi üzerinde gerçekleşirse akarsuların taşıma hızı azalır ve yer şekillenmesinde birikim süreçleri ağırlık kazanır. Alçalma ve terslenmeler deniz ve kıyı bölgelerinde oluşursa yersel deniz basması (transgresyon) gerçekleşir ve kıyılar düzensizleşir.

II.4.3. Jeomorfolojik döngüde gençleşme (rejuvenation)

Jeomorfolojik döngüde gençleşme *eskisine oranla aşınımın canlanması veya hızlanması sonucu ortaya çıkan yerşekillenmesi değişikliğidir*. Gençleşme çok dönemli jeomorfolojik birimlerin gelişmesine yol açar ve jeolojide de sedimantasyon süreçlerinde farklılaşmaya yol açar. Belirli aşınım dönemleri sonucunda gelişmiş yerşekli grupları arasında yer alan topoğrafik diskordans gençleşmenin tanıtıcı özelliğidir. Farklı yükselti basamaklarında aşınım yüzeyleri ve bunlara eşlik eden akarsu taraçaları, gömük menderesler, basamaklı yamaçlar ve iç içe gelişmiş diğer morfolojik unsurlar gençleşmenin verileri arasındadır.

Jeomorfolojik gençleşme *tektonik*, *östatik* ve *statik* kökenli olmak üzere üç yolla gelişebilir. *Yerkabuğunu etkileyen tektonizma sonucu meydana gelen yükselmelerin neden olduğu gençleşme* **tektonik gençleşme**, *iklim değişmeleri sonucu yerküre üzerinde deniz seviyesinin (aşınım için taban seviyesi/ultimate base level) alçalması sonucunda akarsu yataklarının derinleşmesi ve gömülmesi yoluyla meydana gelen gençleşme* **östatik gençleşmedir**. *Taban seviyesi değişikliğine yol açan tektonik ve östatik değişimlere bağlı olmayan, sadece iklim ve drenaj ağı değişimlerinin akarsuyun*

aşındırma-taşıma ve biriktirme süreçlerinde meydana getirdiği değişimler yoluyla gerçekleşen genleşme ise **statik gençleşme** olarak tanımlanır. Tektonik kökenli gençleşmeler kıtasal boyutta levha hareketleri, kubbeleşme, çanaklaşma, kıvrımlanma, kırılma yoluyla gerçekleşir. Östatik kökenli gençleşmeler akarsuların aşındırmasında taban seviyesini oluşturan deniz seviyesindeki alçalmalar sonucunda oluşur. Statik gençleşmeler ise bunların dışındaki nedenlerle akarsu aşındırması ve taşımasında meydana gelen artışlarla gelişebilir.



a) gençlik evresi, b) olgunluk evresi, c) yaşlılık evresi d) gençleşme (rejuvenation)

Jeolojide, jeomorfolojik gençleşme özellikle karasal çökellerin anlaşılması ve ortam değişimleri açısından önemli yer tutar. Örneğin, ince kırıntılıların egemen olduğu bir çökel ortamına aniden kaba kırıntı çökellerinin egemen olması jeolojik açıdan kaynak alanda yükselmeye yol açan tektonizmaya bağlı olarak açıklanabilir. Halbuki, jeomorfolojik açıdan bu ortam değişikliği tektonizma dışında, kaynak alanda yersel bir kaide seviyesinin ortadan kalkması, akarsu ağında meydana gelen bir kapma ile akarsuyun taşıma gücünün artması, kaya türü farklılığı nedeniyle ayrışma süreç ve malzemesinin değişmesi gibi birçok nedenle daha açıklanabilir.

III. AYRIŞMA / GÜNLENME / ÇÖZÜNME (WEATHERING)

Ayrışma, *yerkabuğunu oluşturan kayaçlarda yüzey ve yüzeye yakın kesimlerde yerdeğiştirmeye uğramadan, mekanik ve kimyasal süreçlerle meydana gelen nitelik değişimleri* olarak tanımlanır. Kayaçlardaki ayrışma, çeşitli fiziksel etkiler altında gelişebileceği gibi mineraller arasındaki bağlayıcının kimyasal süreçlerle bozularak ortadan kalkması sonucu da oluşabilir. Bu nedenle ayrışma kimyasal ve fiziksel süreçler olmak üzere iki kategoride gerçekleşir. Bu iki ayrışma süreci çoğunlukla birlikte etkir veya birbirine ortam hazırlar. Hava bileşiminde yer alan gazlar, su, sıcaklık, canlı ve organik maddeler ayrışma sürecinin başlıca etkenleridir.

III.1. Fiziksel ayrışma

Kayaçlardaki fiziksel ayrışma (ufalanma) suyun mekanik etkisi (don), ani sıcaklık değişimleri ve kimyasal çözünmenin mekanik etkisi gibi olaylarla oluşur. Suyun mekanik etkisi donma-çözünme yoluyla gerçekleşir. Kayaç yüzeyinde ilksel olarak bulunan çatlak sistemlerine giren suların donarak hacim genişlemesi yoluyla yarattığı basınçlar kayacın parçalanmasına ve ufalanmasına neden olur. Bu süreç gerilim direnci düşük ve gözenekliliği fazla olan kayaçlar ile donma-çözünmenin yaygın olduğu iklim kuşaklarında etkilidir. Isı farklılaşmasından kaynaklanan fiziksel ufalanma daha çok günlük ısı farklarının çok yüksek olduğu yörelerde gerçekleşir. Ani sıcaklık artış ve düşüşleri kayaç yüzeyindeki bölümlerde mineraller arasındaki bağlayıcılığı azaltarak ufalanmaya yol açar.

III.2. Kimyasal çözünme

Kayaçların **kimyasal yollarla ayrışması** oksidasyon, karbonasyon, hidroliz, hidratasyon vb. yoluyla gerçekleşir. **Oksidasyon**; kayaç bileşiminde yer alan minerallerin oksijenle birleşmesi sonucu meydana gelen kimyasal değişimdir. Çoğunlukla demir mineralleri içeren kayaç yüzeylerinde gerçekleşir ve oluşumunda suyun etkisi büyüktür. Örnek; limonit. **Karbonasyon**; karbondioksitin kayaç mineralleri üzerinde yol açtığı kimyasal değişimdir. Genellikle su içerisinde erimiş hali (karbonik asit) ile kayaç yapısını etkiler. Sudaki oranı sıcaklık ile ters orantılıdır. Karbonatlı çözeltilerin kimyasal yollarla çözünmesinde (karstlaşma) başlıca rolü oynar. **Hidroliz**; kayaç yapısında suyun etkisiyle meydana gelen reaksiyon ve kimyasal değişmelerdir. Bu değişime suyun H^+ ve OH^- iyonları ile kayaç bileşimindeki element ve iyonlar arasındaki reaksiyon neden olur. Yeryüzünde en yaygın kimyasal ayrışma sürecidir. Silikatlı kayaçların ayrışmasında başlıca etkendir. Örneğin ortoklazın hidrolizi sonucunda kil minerali olan kaolinit oluşur. **Hidratasyon** ise minerallerin yapısına su moleküllerinin katılması ile meydana gelen kimyasal değişimdir ve genellikle mineral hacminde büyümeye yol açar. Örneğin hematit limonite, anhidrit jips'e dönüşür.

Kimyasal süreçlerin ayrışmadaki rolü ve etkinliği, kayaç yapısı ve su durumuna göre değişir. Örneğin karbonatlı kayaçlarda karbonasyon, bazı kil türlerinde hidratasyon, granitlerde ise hemen hemen tüm süreçler etkindir.

III.3. Ayrışmayı etkileyen faktörler

Ayrışmanın/çözünmenin hızı ve niteliği **iklim**, **rölyef** ve **kaya türüne** bağlıdır. **İklim süreçleri** ayrışmanın niteliğini doğrudan etkileyen en önemli unsurdur. Kimyasal çözünme öncelikle suyun varlığı ile ilişkilidir ve herhangi bir bölgedeki suyun varlığı ve kayaç üzerindeki etkileri iklim koşulları altında tayin edilir. İklim ayrıca çözünme üzerinde etkili olan bitki örtüsü yoğunluğu ve türünü de

belirleyen etmendir. İklim bu özelliği nedeniyle yerküre üzerinde ayrışma süreçlerinin dağılımını kontrol eden bir faktördür. **Rölyefin** çözünme üzerindeki etkisi dolaylı yoldan gerçekleşir. Rölyefin çözünmedeki etkisi öncelikle yükselti yoluyla olur. Yükselti ise klimatik koşulları denetleyen bir öğedir. Rölyefin çözülmeye diğer bir etkisi yamaç türü ve eğim yoluyladır. Eğimi fazla yamaçlarda çözünme süreçleri daha hızlı gerçekleşir. Rölyef unsurlarından olan bakı (herhangi bir alanın güneşlenme konumu) ise klimatik yolla ayrışmayı etkiler. Kayaç türü ise nitelik, mineral kapsamı, porozite, genleşebilirlik, çatlak sistemi ve yoğunluğu, homojenlik vb. gibi özellikleri ile ayrışma/çözünme hızı ve niteliğini belirler.

III.3. Ayrışma ürünleri

Döküntü/moloz örtüsü, döküntü konisi, döküntü blokları önemli fiziksel ayrışma ürünleridir. Hem fiziksel hem de kimyasal ayrışmanın etkisiyle oluşan ayrışma ürünü ise topraktır.

Ayrışmanın sonucu meydana gelen **toprak** oluşumu başlıca **iklim**, **kaya türü**, **organizma**, **topoğrafya** ve **zaman** faktörlerine bağlıdır. Oluşumda tüm bu etkenler az veya çok oranda katkı sağlar. Fakat iklim belirleyici rol oynar. Bu nedenle jeomorfoloji ve jeoloji araştırmalarında toprak oluşumu ve jenetik kökeninin anlaşılmasına yönelik incelemeler paleocoğrafik koşulların ortaya konmasında kullanılan verilerden biridir.

Genelleştirilmiş toprak profilinde (soil profile) üstten alta doğru A, B, C olarak adlandırılan üç zon görülür. En üst zon olan **A zonu** organik malzeme (humus) içeren yıkanma zonuna (zone of leaching) karşılık gelir. Bu yıkanma zonunda eriyebilir maddeler eriyik halde, eriyemeyen maddeler ise mekanik yolla tabana doğru aktarılır. **B zonu** birikim zonudur (zone of accumulation). Üst kısımda erimiş ve katı halde gelen malzeme bu kesimde çökelir. Toprak profilindeki C zonu ayrışmış ana kayayı temsil eder.

Jenetik açıdan topraklar zonal, intrazonal ve azonal olmak üzere üç gruba ayrılır. İklime bağlı olarak oluşmuş ve yerküre üzerinde belirli kuşaklar boyunca dağılmış olan topraklara **zonal topraklar** denir (pedalfer, pedokal). Zonal kuşak içersinde yersel etkenler nedeniyle oluşmuş ve dağılımları sınırlı olan topraklara **intrazonal topraklar** olarak tanımlanır. Genç karasal yığışımların (alüvyon) oluşturduğu, zonlanma gelişmemiş olan topraklar ise **azonal toprakları** oluşturur (alüvyon birikintileri, kumlar, morenler).

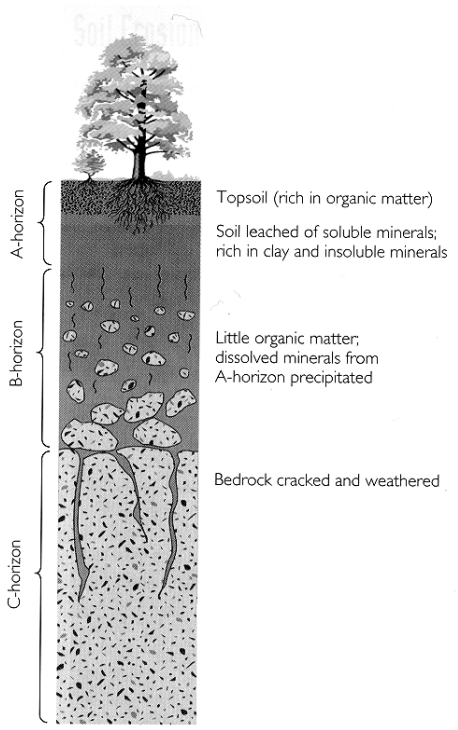
Nemli iklim bölgelerinde toprağın A zonunda kuvvetli yıkanma egemendir. Bitki örtüsünün yoğunluğu nedeniyle bu üst zon zengin organik kırıntı ve humus içerir. B zonu (birikim zonu) ise alüminyum ve demir bileşikleri bakımından zengindir. Bu nedenle nemli iklim bölgesindeki topraklar **pedalfer** olarak adlandırılır. Üst zondaki yıkanmanın niteliği nedeniyle soğuk-nemli ve sıcak-nemli iklim bölgesi pedalferleri farklılık sunar. Sıcak iklimde **lateritleşme**, soğuk iklimde ise **podsollaşma** egemendir. Podsolik topraklarda üst zonda silis oranı yüksektir. Buna karşın lateritik topraklarda ise düşük değerdedir. Sıcak-nemli iklim koşullarında meydana gelmiş topraklarda humus birikimi gelişmez.

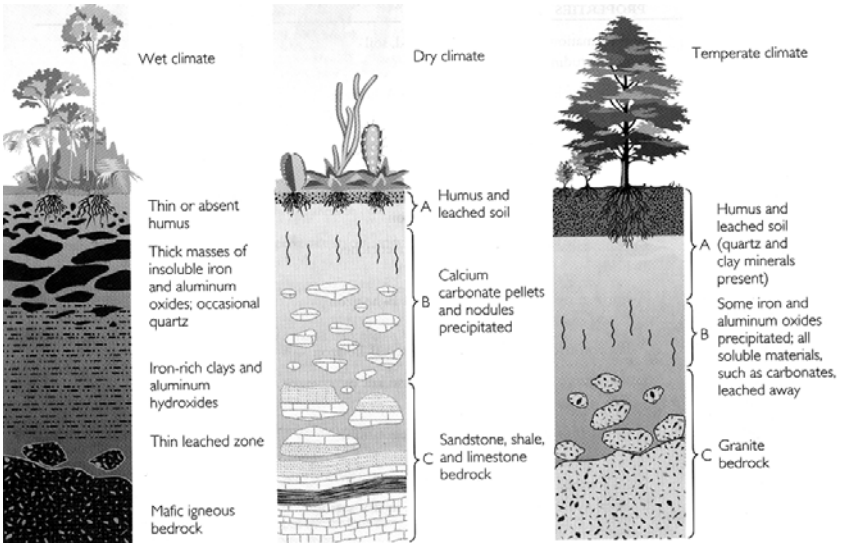
Kurak iklim koşulları altında gelişmiş toprakların üst zonunda yıkanma az veya minimumdur. Bu nedenle kurak iklim topraklarının tanıtıcı özelliği **kalsifikasyon** sunmalarıdır. BU nedenle kurak iklim toprakları **pedokal** olarak adlandırılır. Bu topraklarda A zonu incedir. Kurak iklim şartlarından nemliye doğru olan iklim koşullarında A zonunun kalınlığı artar ve kalsiyum karbonatın biriktiği

seviye derinleşir. Kuraklık derecesi arttıkça da B zonu yüzeye yaklaşır veya tamamen yüzeylenir. Kurak bölgelerde görülen kalker kabuk veya kaliş aslında toprağın B zonunun (kalsifikasyon zonu) yüzeylemiş şeklidir.

Toprak oluşum mekanizması ve tipleri bazı jeolojik yorumlar için önemli ipuçları sağlar. Fosil veya **paleosol** topraklar, jeolojik evrimin açıklanması ve paleoklimatoloji koşullarının yorumlanmasında kullanılabilen veriler niteliğindedir.

Zemin profili
(soil profile)





Laterit Pedokal Pedalfer

IV. FLUVİYAL JEOMORFOLOJİ VE FLUVİYAL YERŞEKİLLERİ

Akarsu süreçleriyle meydana gelmiş yerşekilleri **fluviyal jeomorfolojik oluşumlar** olarak tanımlanır. Akarsuların yerşekillendirmesindeki etkisi esas olarak ılıman kuşaklarda gerçekleşir. Fakat diğer morfoklimatik kuşaklardaki yerşekillerinin oluşumunda da belirli oranda akarsu etkisi izlenir. Bu nedenle jeomorfolojide akarsulara bağlı yerşekillerinin gelişimi esas alınır.

IV.1. Akarsular ve akarsuların yerşekillendirme sürecindeki etkisi

Bir yatağa bağlı olarak yeryüzeyinde akan sulara **akarsu** adı verilir. Yeryüzüne düşen yağış suları topoğrafik eğim ve çekime bağlı olarak çizgisel veya yüzeysel olarak akışa geçer. Çizgisel akış **vadi** olarak tanımlanan belirli bir yatak içinde gerçekleşir ve bunlar büyüklüklerine göre sel, dere, çay ırmak veya nehir olarak adlandırılır. Belirli bir yatağa bağlı olmayan ve yamaç yüzeyleri üzerinde gerçekleşen su akışı ise yüzey **sellenmesi** (sheet flood/flow) olarak adlandırılır. Akarsuların yerşekillenme sürecindeki etkisi akarsu ağının sıklığı, yatakta taşınan su kütlesinin debisi ve enerjisi ile yakından ilgilidir. Akarsuyun herhangi bir noktasındaki kesitinden bir saniyede geçen suyun ortalama hacmine **akım** (debi) denir. Akımın zamana ve yere göre gösterdiği değişimler ise akarsuyun **rejimini** tanımlar. Akım rejimleri açısından akarsular **düzenli** ve **düzensiz** olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Yatağa gelen su ile çeşitli yollardan uğranılan kayıplar arasındaki eşitlik veya oynamaların düşük olduğu akarsular düzenli rejimli, su bilançosunda farklılıkların yüksek olduğu akarsular ise düzensiz rejimli olarak tanımlanır. Akarsuyun fazla su taşıdığı dönemlerdeki yatağına **taşkın yatağı** (flood plain), az su kütlesi taşıdığı zamanlarda kullandığı yatağa ise **küçük yatak** (channel) adı verilir. Boyuna profilde yatağın en düşük kotta yer alan noktalarının birleşmesinden elde edilen enine profile **talveg** (taban düzeyi) denir. Jeomorfolojide akarsuların drenaj havzaları boy profilleri esas alınarak **yukarı**, **orta** ve **aşağı çığır** olarak üçe ayrılır. Yukarı çığır yada yatakta talveg eğimi genelde yüksek olup akarsu enerjisinin büyük bölümü aşındırma sürecine harcanır. Orta çığırda taşıma, aşağı çığırda ise biriktirme egemen süreçtir.

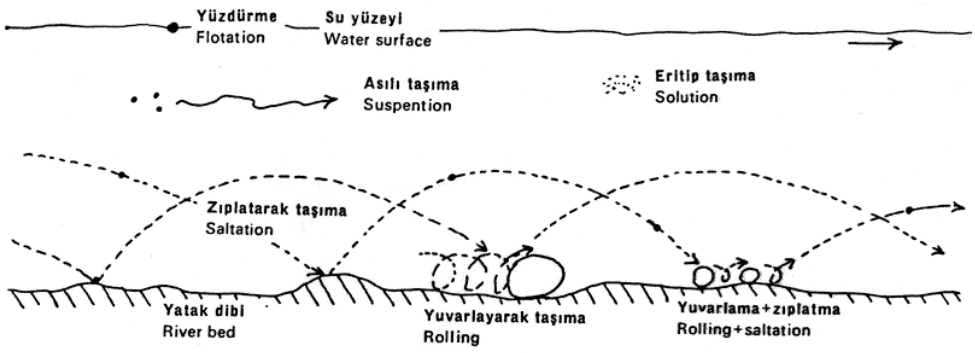
IV.1.1. Aşındırma (erosion)

Çizgisel akışın bir sonucu olan akarsu aşındırması derine (vertical), yana (lateral) ve geriye (backward) olmak üzere üç şekilde gelişir. Derine aşındırma yatağın düşey yönde kazılması, yana aşındırma ise yanal yönde genişleme ile sonuçlanır. Geriye aşındırma ise kaide seviyesinden kaynak alana doğru gerçekleşmenin bir sonucudur ve kazınmanın kaynak yönünde ilerlemesini temsil eder.

Yatak kazınması, suyun hidrolik etkisi (akarsuyun gücü), çarpma ve eriterek aşındırma yoluyla gerçekleşir. *Yatağın hızı* ise, akarsuyun kinetik enerjisi, taşıdığı *yükün kinetik enerjisi* ve *zemindeki kaya türünün* niteliği ile yakından ilişkisidir. *Suyun kinetik enerjisi (aşındırma potansiyeli),* su kütlesi ve akış hızına bağlıdır. Akarsu yükünün aşındırmadaki etkisi de yine katı yükün kinetik enerjisiyle ilişkilidir ve yük ile taşıma hızı arttıkça akarsuyun aşındırma gücü de artar. Yükün yol açtığı aşındırma çarpma yoluyla gerçekleşir. Kaya türü ise akarsu gücü ve yükün yol açtığı aşındırma sürecinin etkidiği mekan olması nedeniyle aşınmayı etkileyen unsur olup akarsu aşındırmasını kolaylaştırıcı veya sınırlandırıcı etki yapar.

IV.1.2. Taşıma (transportation)

Drenaj havzasından çeşitli süreçlerle yatağa aktarılmış olan veya yatak aşındırması esnasında kazanılmış olan yükün (load) naklidir. Akarsu yükü *eriyik* (solution), *yüzer/askıda* (suspension) halde taşınma, *sıçratma* (saltation), *kayma* (sliding) ve *yuvarlanma* (rolling) şeklinde taşınır. Taşınan yükün unsur boyutları akarsuyun gücüne bağlıdır. Kaynaktan ağza doğru gidildikçe taşınan yükün unsur boyutları küçülür. Bu küçülme de akarsuyun gücü yanında taşınan malzemenin birbirine çarparak ufalanmasının da rolü vardır.



Bir akarsuyun içindeki yükün nasıl taşındığını gösteren diyagram (Erol 1985)

IV.1.3. Biriktirme/Çökelme (deposition)

Çökelme süreci, akarsuyun gücünün taşınan yükü nakletmeye yetmediği durumlarda gerçekleşir ve suyun gücü ile yükün miktarı arasındaki dengeye göre değişir. Çökelen tortulların miktarı ve tane boyutları akış hızı ile ters orantılıdır. Hız azaldıkça çökelme miktarı artar ve tane boyu küçülür. Akarsu gücünün azalması ve yükün artması başlıca çökelme nedenleridir.

Akarsu gücünün azalması genelde aşağıda sıralanan nedenlere bağlı gelişir:

a. *Eğim azalması.* Dik topoğrafyadan düzlüklere geçiş, tektonik ve yatak uzunluklarının artması.

b. *Tıkanma ve sellenme.* Birikinti koni ve yelpaze setlemesi, ana nehrin yan dereyi setlemesi, kütle hareketi, volkanizma, buzul, kumul setlemesi.

c. *Yayılmadan kaynaklanan güç azalması*. Yüksek alandan düzlüğe geçişin yol açtığı yayılma, taşkın yayılması, kollara ayrılma.

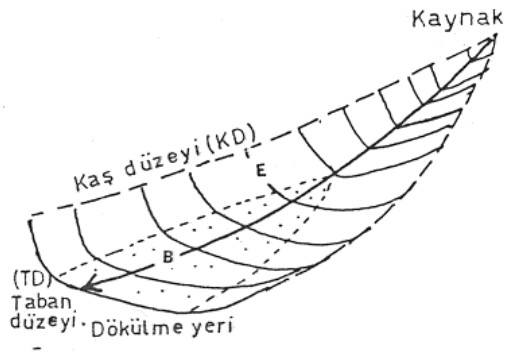
d. *Su kütlesinin azalmasından kaynaklanan güç azalması*. Buharlaşma, iklim kuraklaşması, sızma.

e. *Kapma*.

f. *Yükün artmasına bağlı çökelme*. Kaynak alanda çözülme ve kütle hareketlerinde artış, tektonik yükselme, buzullaşma, bitki örtüsünün seyrekleşmesi.

IV.2. Akarsu vadisi ve vadi oluşumu (fluvial valley and valley development)

Bir akarsu vadisi kısaca *sürekli eğimi olan dar ve uzun bir çukurluktur*. Vadiyi oluşturan akarsuların akabilmesi için bir eğime gerek olduğundan sürekli eğime sahip olmak bir akarsu vadisinin en belirgin özelliğidir, ve onu benzer başka dar ve uzun çukur yerşekillerinden ayırt eder. Yeryüzünde buzul vadileri (glacial valleys), çöküntü vadileri (rift valleys) de vardır. Dış görüntüleri akarsu vadilerine benzese de buzul veya çöküntü vadilerinin sürekli bir eğimi mevcut değildir. Çöküntü vadilerinin tabanında oluştuğu sıralarda çeşitli çanak ve eşikler mevcuttur ve bu çanakları genelde göller doldurur. Buzullar eridikten sonra bir buzul vadisinin tabanında buzulun oyduğu çanaklar yada buzultaş (moren) eşiklerinin bulunduğu gözlenir. Böyle vadilerde de dizi dizi göller bulunur. Sürekli eğimi olmayan bu vadilere zamanla akarsular yerleşirse, o akarsular gölleri alüvyonlarla doldurup, eşikleri yararak o vadilere sürekli bir eğim kazandırır ve bir akarsu vadisine dönüştürür. Ancak oluşumu akarsulara bağlı olmayan böyle dar uzun çukurluklara akarsu vadisi denilmez. Bu nedenle, içinde sonradan yerleşmiş akarsular bulunsa dahi buzul vadileri yada çöküntü çukurluklarını normal akarsu vadilerinden ayırt etmek gerekir. Genelde, sonradan akarsularla işlenmiş buzul yada çöküntü vadilerinin boyutlarına oranla, onların içine yerleşmiş akarsular küçük (cılız kalır). Bunlar hacim yönünden uyumsuz (misfit) akarsulardır. Halbuki gerçek bir akarsu vadisinde akarsuyun hacmi ile oluşturduğu vadinin boyutları, yani derinliği ve genişliği arasında her zaman bir uyum vardır.

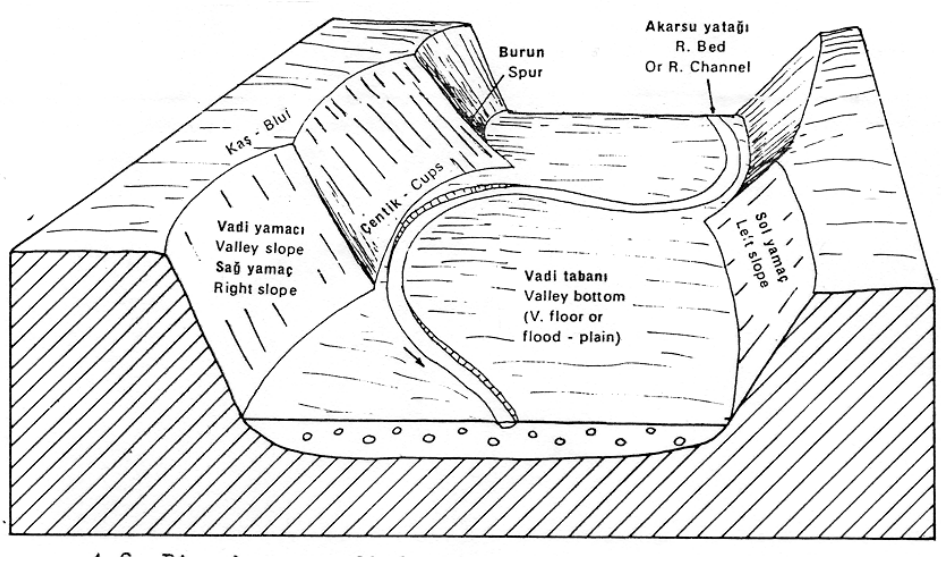


Bir akarsu vadisinde enine ve boyuna yanay ilişkileri (Erol 1985)

Akarsu vadilerinin en belirgin bir özelliği, kendisini oluşturan akarsuların akışına uygun bir şekilde gelişmiş *enine* ve *boyuna yanaylara (profillere)* sahip olmasıdır. Vadinin *boyuna yanayı*, akarsuyun doğduğu kaynak ile döküldüğü ağız arasında sürekli eğimi olan, parabol biçimli bir eğridir. Bu eğrinin kaynak yakınındaki eğimleri daha diktir ve dökülme yerine doğru giderek yatıklaşır. Vadinin *enine yanayı*, iki kenardaki kaş düzeyi ile akarsu yatağı arasında yine parabol biçimli iki bölümden oluşur. Bu nedenle vadinin enine yanayı bu parabol biçimli iki parçanın birbirini tamamlamasıyla oluşmuş bir oluk şekli gösterir. Vadilerin bu şekli, akarsu yatağında akan akarsuyun doğrudan yada dolaylı etkisi altında geliştiği için, vadilerin enine ve boyuna yanayları birbirine ve akarsuyun hacmine uyumlu bir bütün oluşturur.

IV.2.1. Akarsu vadisinin enine yanayının öğeleri

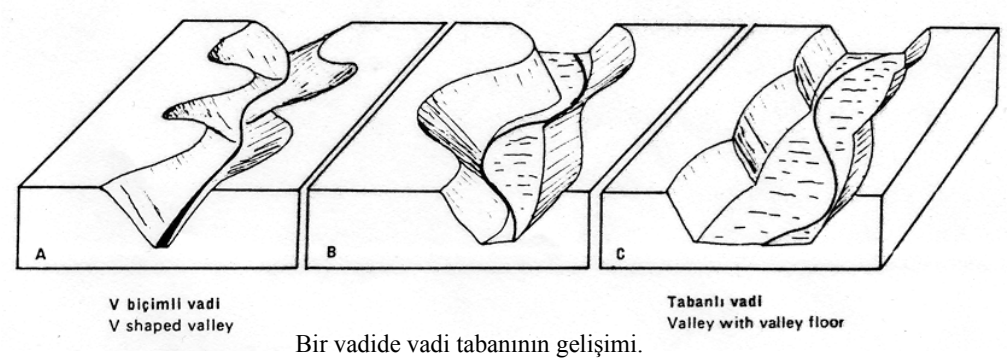
Akarsu yatağı, vadi tabanı, vadi yamacı ve vadi kaşı, gelişmiş bir vadinin enine yanayının önemli öğeleridir.



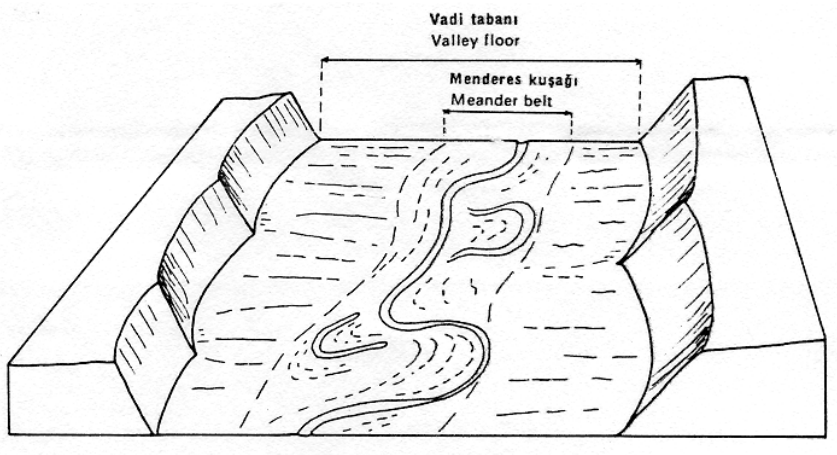
Bir akarsu vadisi enine yanayının öğeleri (Erol 1985)

Akarsu yatağı (River bed or channel). Vadiyi oluşturan akarsuyun içinde aktığı dar ve uzun bir su oluğudur. Akarsu yatağı genellikle bütün yıl suyla doludur. Yatağı içinde akan akarsular, yatağın dibi ve kenarlarının doğrudan doğruya aşındırır, yatağın iki yanındaki vadi yamaçlarını da dipten oyarak yamaçları oluşturan malzemenin aşağı yuvarlanmasına neden olur. Böylece akarsular yataklarını aşındırarak, aşınma ürünlerini taşıyıp götürerek, yataklarını derinleştirip yamaçları geriletir ve sonuçta dar uzun bir çukurluğu, yani vadiyi meydana getirirler. Akarsu vadisinin belirli bir kesimindeki yatak, vadinin oradan yukarıdaki bölümlerinde aşınım olayları için bir baz (taban) oluşturduğu için oradaki akarsu yatağına **taban düzeyi** (base level) denir. Deniz seviyesi bütün bir vadi seviyesi için **ana taban düzeyi** (fundamental base level), akarsu yatağının vadi boyundaki herhangi bir noktası da, kendinden yukarıdaki vadi bölümleri için bir **yerel taban düzeyi** (local base level) oluşturur. Taban düzeyi vadi oluşumunu denetleyen en önemli etmendir.

Vadi tabanı (valley bottom/valley floor). Gelişkin vadilerde bulunan, akarsu yatağının iki tarafındaki düzlüklere denir. Vadi tabanı, taşkınlar sırasında getirilen malzeme, yan derelerden taşınıp getirilen birikintilerle yanal yönde kayan akarsu mendereslerinin iç kenarında, yani yığınak alanlarında oluşan birikintilerden (point bar deposits) oluşur. Bu nedenle vadi tabanında ince yada kalın bir alüvyon örtüsü vardır. Akarsu mendereslerinin salınımı sırasında oluşan vadi tabanı kesimine menderes kuşağı (meander belt); menderes kuşağı kenarlarında, yandere dolguları ile oluşmuş taban kesimine yüksek vadi tabanı; zaman zaman taşkın suları altında kalan kesime taşma tabanı (flood plain); genel olarak ta hepsine birlikte vadi taban düzlüğü (valley floor) adı verilir.



Bir vadide vadi tabanının gelişimi.



Menderes kuşağının vadi tabanı içindeki konumu (Erol 1985).

Vadilerden yararlanmada bu kesimlerin iyi değerlendirilmesi gerekir. Yollar, köyler, vb. kalıcı yapıların taşma tabanı dışında yani yüksek tabanda inşa edilmesi, nispeten yavaş değişen menderes kuşağının tarım alanları, taşma tabanlarının ise daha kısa süreli kullanım, örneğin hayvancılık yapıları, kum-çakıl çıkarılan yerler olarak değerlendirilmesi uygundur.

Vadi yamacı (valley slope). Vadi tabanlarının, taban yoksa vadi yatağının iki kenarında az yada çok eğimli kesimlere **vadi yamacı** denir. Yönümüzü akarsuyun akış yönüne çevirdiğimizde sağımızda kalan yamaca **sağ yamaç**, solumuzdakine de **sol yamaç** adı verilir. Vadi yamaçları yatağında akan akarsuların dipten oyması ile oluşmaya başlar. Dipten oyulma yamacın üst bölümdeki malzemenin dengesinin bozulmasına ve gravitenin de etkisiyle aşağı yuvarlanmasına neden olur. Malzemenin aşağı doğru yuvarlanarak yamacın zaman içinde gerilemesine **yamaç gerilemesi** (slope recession) adı verilir. Akarsu mendereslerinin dış kenarında, suların çarpmasıyla akarsu tarafından dipten oyulan vadi yamaçlarının dibinde yarımay biçimli oyuntular, yarlar oluşur. Bunlara akarsu çarpakı (river cliff) adı verilir. Ortalama 1-5 metre yükseklikteki böyle çarpak dikliklerinin üstünde, yamaçlarda yine yarımay biçimli oyuk yamaç bölümleri (cusp) gelişir. Yamaçların yarımay biçimli oyuk bölümleri arasında ise burunlar (spur) bulunur. Vadi yamacı gerilemesinde ana neden dipten oyulma olmakla birlikte, yamaç üzerine yağan yağmur sularının yıkaması (rainwash), selinti ve selcik sularının aşındırması (rillwash) ile birlikte, ana kayanın özelliğine göre çeşitli kaya yuvarlanmaları (rock fall), kaymalar (slump), akmalar (earth flow) ve heyelan (landslide) gibi kütle hareketlerinin de yamaç gerilemesinde yardımcı etkisi vardır.

Vadi kaşı (valley bluff). Akarsu vadisi yamaçlarının üst kenarında, akarsuyun doğrudan yada dolaylı etkilerinin erişebildiği kesim akarsu etkisi dışında kalan yerler arasında bir sınır vardır. Bu sınır çizgisi, hemen bütün vadilerin kenarında bir çıkıntı, eğim dikleşmesi halinde kendini belli eder. İnsanların kaşına benzetilerek bu sınır çizgisine de vadi kaşı (bluff) adı verilmektedir.Vadi erozyonu, vadinin iki yanındaki bu kaş çizgileri ile akarsu yatağı arasında olup, kaş düzeyi (çizgisi) ötesinde vadi oluşumundan başka süreçler etkinlik göstermektedir. Taban düzeyi vadi oluşumunun alt sınırını, kaş düzeyi üst sınırını belirler.

IV.2.2. Vadi oluşumu

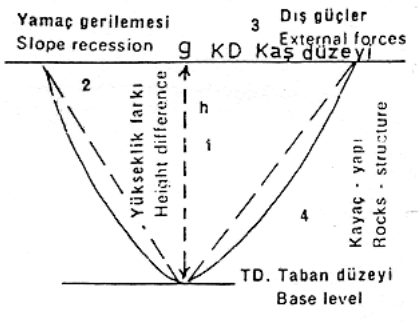
Vadi oluşumu çizgisel akışla başlar ve akarsuyun aşındırma ve biriktirme etkilerine göre gelişir. Vadilerde izlenen jeomorfolojik oluşumlar aşınım ve birikim olmak üzere iki kategoride gelişir. Bir akarsu havzasındaki aşınım sadece yatak içerisinde gelişen kazıma olmayıp tüm drenaj havzasında, çözülme ve kütle hareketleri yoluyla oluşan malzemenin yerinden sökülüp yatağa aktarılmasını da kapsar. Aşınma esnasında akarsu yatağı boyuna ve yanal yönde biçim değiştirir. Bu biçim değiştirme esnasında oluşan yerşekilleri jeomorfolojik evrimin belirli aşamalarında farklılıklar gösterir.

IV.2.2.1. Vadilerin boyuna profillerinin gelişimi

Vadilerin boyuna profillerindeki değişimler yatak derinleşmesi (kazınma) ile gerçekleşir. Akarsu yatağındaki kazılma belirli bir taban seviyesine göre gerçekleşir. Denizler akarsu aşındırmasında nihai taban seviyesidir (fundamental base level). Çeşitli nedenlerle bir akarsuyun değişik çığırlarında yerel veya geçici taban seviyesi / eğim kırıklığı (local base level) gelişebilir. Bu yerel taban seviyesi ortadan kalkana kadar kaynak alan yönünde aşınma-taşınma-çökelme süreçlerini denetler. Zaman içerisinde yerel taban seviyesini oluşturan etkenler ortadan kalktıkça akarsu yatağının boy profilinde izlenen eğim kırıkları tesviye edilir ve yatak eğimi nihai olarak su kütlesinin akışı ve yükün sürüklenmesine olanak sağlayan en az eğime ulaşır. Asgari eğime ulaşılan bu aşama denge profili olarak tanımlanır (profile of equilibrium). Jeomorfolojik evrimde denge profili olgunluk ve ihtiyarlık dönemlerinde gelişir. Vadilerin derinleşmesi esnasında yatakta beliren eğim kırıklıkları kaynak yönünde çok dönemli yerşekillerinin ortaya çıkmasına yol açabilir. Kaya türü farklılığı, tektonik, geriye aşındırma, statik gençleşme, setlenme gibi etkenler başlıca eğim kırıklığı nedenleridir.

IV.2.2.1.Vadi enine yanayının gelişimi

Bütün yerşekilleri gibi vadilerin enine yanayının oluşumu da dört grup etmen tarafından denetlenmekte olup bunlar yükseklik farkı, yamaç gerilemesi, dış güçler ve kayaçların litolojik ve yapısal özellikleridir.



Bir akarsu vadisi enine yanayının oluşumunu denetleyen etmenler (Erol, 1985)

Yükseklik farkı (height difference). Akarsular bir vadiyi oluşturan güç olduğuna göre, vadi kazılması her şeyden önce akarsuyun potansiyel enerjisine, bu enerjinin değeri de kaş düzeyi ile taban düzeyi arasındaki yükseklik farkına (h) bağlıdır. Taban düzeyi derinde olan vadilerde, akarsuyun doğrudan etkisi ve derine aşındırma gücü fazla, bu nedenle vadi dar ve derin olur. Taban düzeyindeki alçalmalar, kaş düzeyindeki yükselmeler bu değerleri yeniden etkiler.

Yamaç gerilemesi (slope recession). Vadi şeklinin belirmesinde ikinci önemli etmen, akarsuyun doğrudan etkisini ortaya koyan yatak erozyonu ve dipten oyulma yanında, yatağın dolaylı etkilerini yönlendiren yamaç gerilemesi olaylarıdır. Bunların etkisiyle yamaçlar dik, yatık, içbükey yada dışbükey şekilli olabilir.

Dış güçler (external forces). İklim en önemli dış güç olup akarsuyun rejimini, yamaç gerileme, günlenme süreçlerini, bitki örtüsü vb. etmenleri denetler. İklim değişmeleri süreçlerin zamanla farklılaşmasına neden olmak suretiyle etkilidirler. Örneğin diğer bütün koşullar aynı da olsa, tropikal, kurak ya da ılıman bölge vadilerinin biçimi farklıdır. Kurak ve yarı kurak bölgelerde paralel yamaç gerilemesi egemen süreçtir. Kurak bölge yamaç eğimleri genelde dik olup vadi yoğunluğu seyrektir. Nemli bölgelerde vadiler yoğun sıklıktadır ve yamaçları basık, yamaç işlenmesi süreklidir.

Kayaç-yapı (rocks-structure). Vadi tabanını ve yamaçları oluşturan kayaçların türü ve yapıları da vadinin şeklinin belirmesinde önemli etkiye sahiptir. Öte yandan yapıyı etkileyen genç tektonik olayların vadi oluşum sürecinde de değişmelere neden olan dinamik bir rolü vardır. Geçirimli kayaçların yüzeylediği alanlarda yamaç gelişim hızı düşük olup, yamaç profili dışbükeydir. Halbuki geçirimsiz kayaçlarda yamaç gelişim hızı yüksektir ve yamaçlar içbükey görünümdedir. Kolay aşınabilir vadilerde enine genişleme ve derine kazıma hızlı, dirençli kayalarda ise yavaş gerçekleşir. Bu nedenle akarsu boyunca sadece kaya türü farklılığına dayalı yerşekli grupları izlenebilir. Kayaçların yapısal konumları vadinin enine kesitlerinde de farklılıklara yol açar. Vadiler bu nedenle simetrik, asimetrik; basamaklı veya düz yamaçlı olabilir.

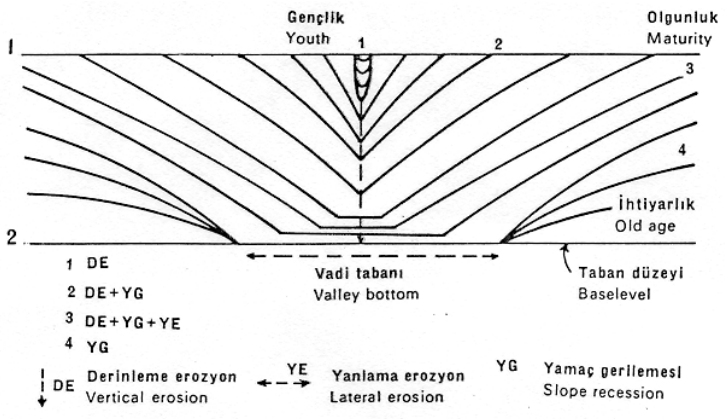
IV.2.2.2. Vadi enine yanayının gelişim evreleri

Vadi oluşumu çok etkenli bir süreç olduğu için, oluşum bu sürece bağlı birtakım evreler gösterir. Bu karmaşık süreci daha iyi anlatabilmek için önce diğer değişkenleri, yani yapı, iklim ve tektoniği değişmez (sabit) kabul ederek sadece akarsu erozyonu sürecini ele almakta yarar vardır. Bu varsayım fluviyal jeomorfolojide Davis'in aşınım dönemleri kavramı olarak bilinir. William Moris Davis tarafından ileri sürülen bu kavram gençlik, olgunluk ve ihtiyarlık evreleri olarak bölümlenmiştir. Ancak modern jeomorfolojik analizlerde diğer etkenlerde göz önüne alınmaktadır.

Gençlik evresi. Önceki dönemlerde aşınarak az çok düzleşmiş bir bölgede yeni bir tektonik yükselme olursa, akarsuların taban düzeyi ile yükselen kaş düzeyleri arasında bir yükseklik farkı belirir. Potansiyel bir güç kazanan akarsular, bu güçlerini kinetik enerjiye çevirerek yataklarını kazmaya başlarlar. Bu başlangıç evresinde akarsular önce yataklarının dibini aşındırarak yataklarını olduğu yere gömerler. Akarsuyun kinetik enerjisinin büyüklüğüne ve kayaçların dayanıklılığına bağlı olarak yüzlerce, binlerce yıl süren bu gömülme, yarılma sonucu orada çok dar ve bazen yüzlerce metreyi bulan derin yarıntılar meydana gelir. Bu gibi dar vadilere kısık, kapız, boğaz (gorge) gibi adlar verilmiştir. Kısıklar daha çok kolay eriyen ancak yıkılmayan kalkerler içinde, çatlaklı dayanıklı magmatik ve metamorfik kayaçlarda daha çok oluşur.

Kayaçlar nekadar dayanıklı, akarsu yatak erozyonu nekadar güçlü olursa olsun, kısık biçimli vadi belirli bir derinliğe ulaşınca yamaçlar kendini tutamaz hale gelir, yamaç gerilemesi devreye girerek yamaçların üst bölümünde bir açılma, genişleme meydana gelir. Gençlik evresinin ileri bir aşamasında yamaç gerilemesi sonucu taban yüzeyi ve kaş yüzeyi arasındaki yükseklik farkının

azalması, ve zamanın etkisi ile vadi genişliği ile yükseklik farkı arasındaki farkın azalması, vadi yamaçlarının giderek açılması ve V-biçimli bir vadinin oluşumu ile sonuçlanır.



Davis'e göre vadi, enine yanayı'nın gelişim evreleri (Erol 1985)

Olgunluk evresi. Akarsuyun derine kazılmasının azalması, akan suyun yamaç diplerini oyarak yanlamasına aşındırmayı başlatması yamaç gerilemesini arttırır ve vadi tabanının belirmesine neden olur. Olgunluk evresinin başlarında derinlemesine aşındırma henüz yanlamasına aşındırmadan güçlüdür ve vadi tabanı genişlemekle birlikte derinleşmesini de sürdürür. Derinlemesine aşındırmanın henüz etkili olduğu bu erken aşamada vadi tabanı üzerindeki alüvyon örtüsü incedir ve taban bir aşınım tabanı özelliğindedir. Olgunluk evresinin ileri aşamalarında, derine ve yanlamasına aşındırmalar arasındaki denge giderek değişir ve tabandaki alüvyon kalınlaşır, derinleşme yavaşlar, genişleme güçlenir. Ancak vadi tabanı genişlemesi sınırsız değildir. Taban genişliği yatak genişliğinin yaklaşık 18 katına erişinceye kadar devam eder sonra durur. Böyle bir aşamada vadi tabanı iyice alçalmış ve erişebileceği en fazla genişliği kazanmıştır.

İhtiyarlık evresi. Vadi tabanının mevcut koşullar altında erişebileceği derinlik ve genişliği bulmasından sonra, vadide derinleşme ve genişleme sona erer. Ancak vadi yamaçlarında henüz belirli bir yükseklik mevcuttur ve yavaşlamış da olsa dış süreçlerin denetimindeki yamaç gerilemesi sürmektedir. Bu durum doğal olarak vadiler arasındaki tepelerin alçalması, kaş düzeyi ile taban düzeyi arasındaki farkın giderek daha da azalması sonucunu doğurur, ve bölgede çok yassı bir aşınım düzlüğü oluşur. Bu düzlüğe **peneplen** adı verilir. Peneplen üzerinde seyrek aralıklarla, yüksekliği 200-300 metreyi aşmayan bazı **kalık tepeler** (residual hill) ve **sertgen** (monadnock) tepelere rastlanır.

IV.2.2.3. Enine profiline göre vadi tipleri

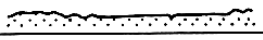
Boğaz, basamaklı kanyon, çentik (V biçimli), tabanlı, asimetrik (yamaçlar arsındaki litolojik fark nedeniyle).

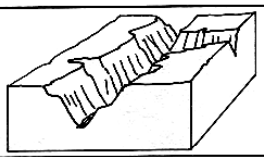
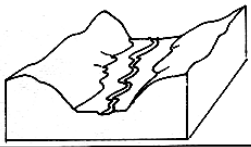
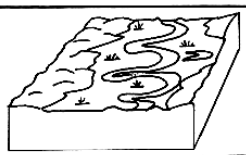
Oluşum nedenlerine göre asimetrik vadi tipleri

Homoklinal asimetri, tektonik kökenli asimetri, jeomorfolojik süreç asimetrisi (mendereslenme), klimatik asimetri.

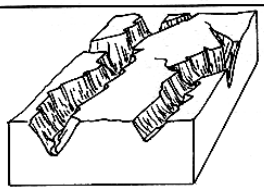
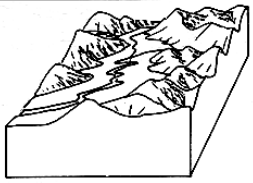
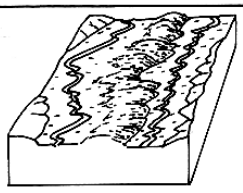
Vadi unsurları ve bölgesel unsurlarının jeomorfolojik döngü ile ilişkisini gösteren tablo.

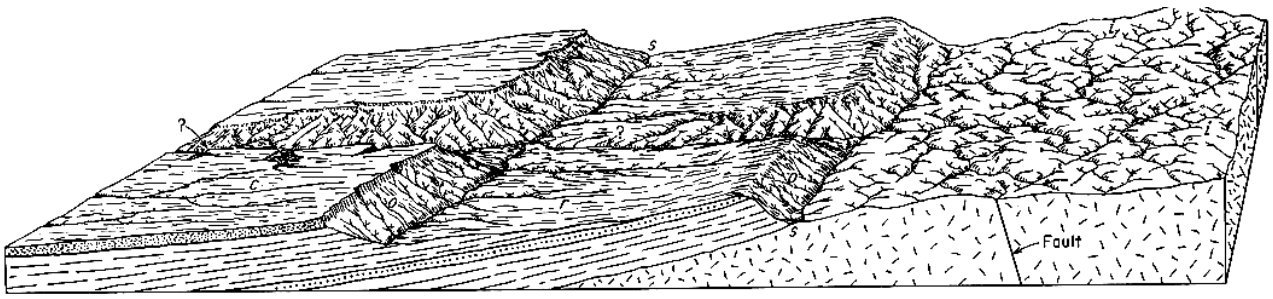
VADİ ÖGELERİ GENÇLİK OLGUNLUK YAŞLILIK

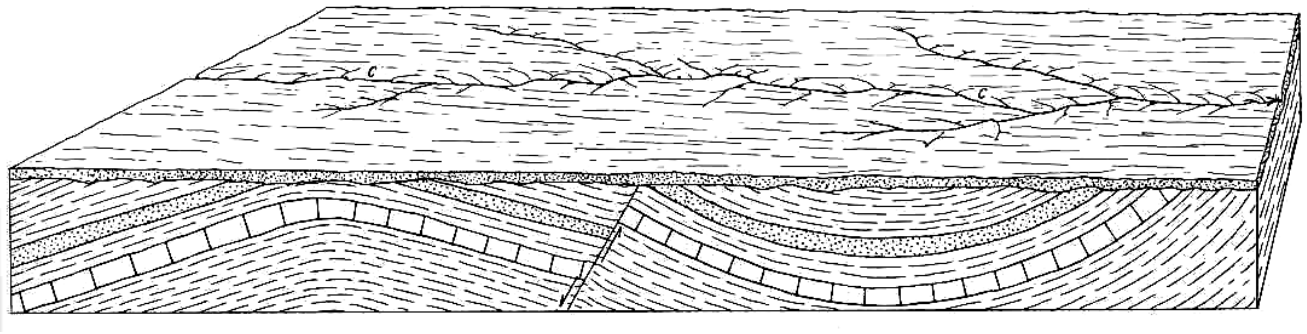
VALLEY FEATURE	YOUTH	MATURITY	OLD AGE
Channel	nearly straight	some meanders	widely meandering
Valley walls	steep	moderate	gentle and low
Cross-section			
Width	narrow	medium	broad
Depth	deep	deepest to moderate	shallow
Deposition	little	narrow flood plain	much deposition; broad flood plain
Erosion	downcutting	lateral cutting begins	lateral cutting in alluvium
Gradient	steep	moderate	low
Other features	falls, rapids	sometimes rapids; small meanders	swamps, oxbow lakes, natural levees
Examples	Grand Canyon	Susquehanna River	Lower Mississippi R.

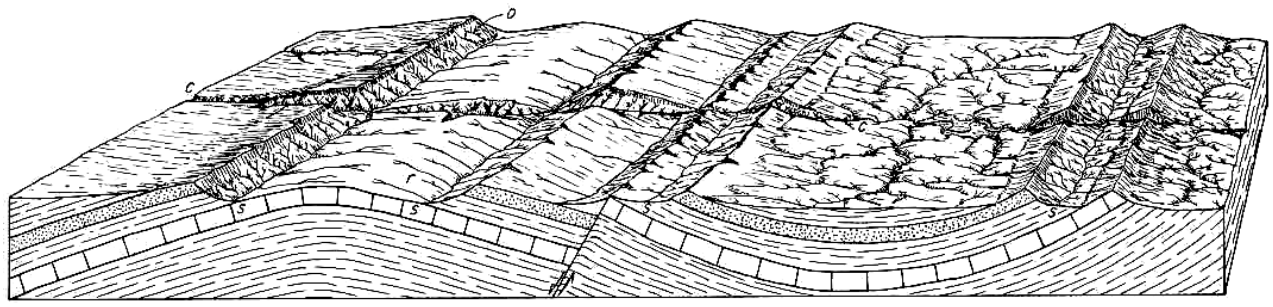




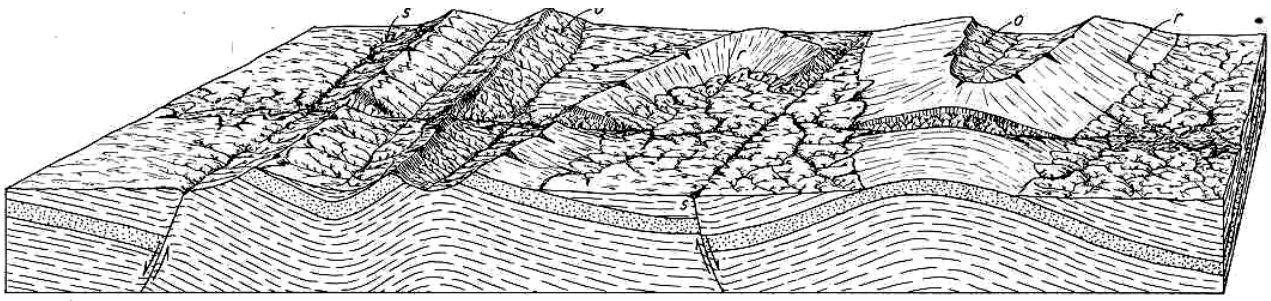
REGIONAL FEATURE	YOUTH	MATURITY	OLD AGE
Relief	high in valleys; low on divides	great (1000-3000')	least (< 1000')
Streams	few - most in youth	many - youthful and mature	few - most in old age
Tributaries	small, short, youthful	abundant - youthful	few
Divides	high, flat, broad	high, rounded, narrow	few, low, broad
Lakes	on uplands	few	on lowlands
Drainage	poorly developed	excellent	poor and swampy
Topography	rugged canyons - flat plateaus	hilly, land mostly in slopes	peneplain
Level Areas	on divides	in valleys	all over
Examples	Colorado Plateau	Southeastern U. S.	Mississippi Valley


P
S
C
Fault

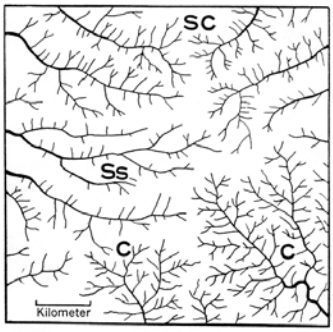

C
C


O
C
S
S
S

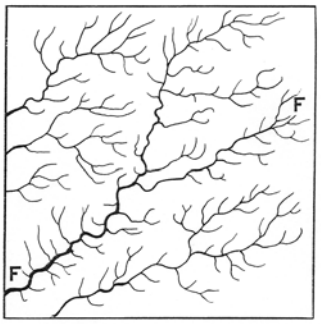

S
O
S

IV.3. Drenaj (drainage)

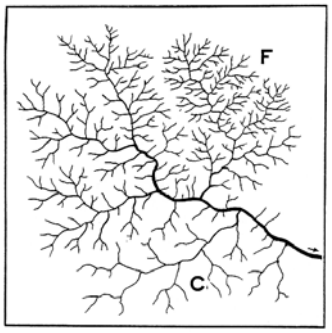
Drenaj ağının örgülenme düzeni (tipi) topoğrafik eğim, kaya türü, yapısal özellikleri ve zaman tarafından belirlenir. Yeryüzü üzerinde çok çeşitli örgülenme düzeni gösteren drenaj tipleri gözlenir. Drenaj ağı örgülenmesi değişik nedenlerden dolayı bir akarsu havzası boyunca farklı özellikler sunabilir.



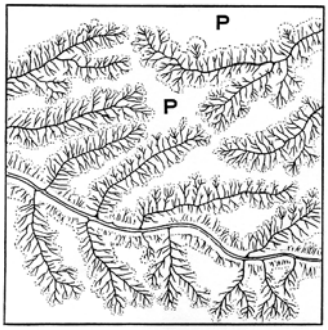
Dendritik drenaj
(C: clay, Ss: kumtaşı, SC: kumlu kil)



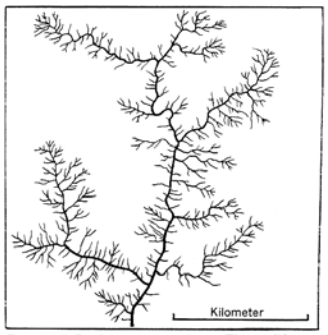
Fay kontrollu (FF) dendritik drenaj



Dendritik drenaj
(F: ince, C: iri dokulu)



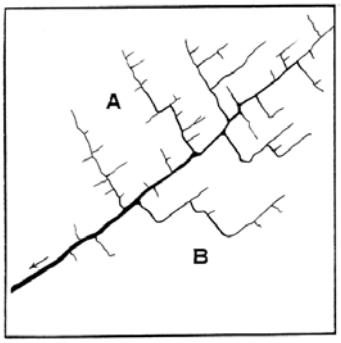
İnce dendritik drenaj



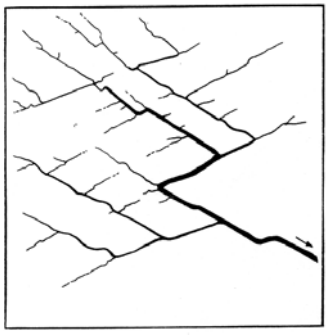
İnce dendritik drenaj



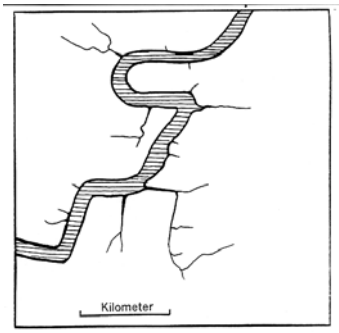
Dendritik-paralel drenaj



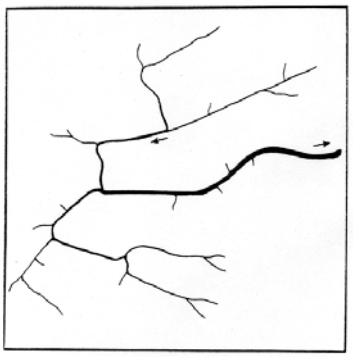
Kafesli drenaj



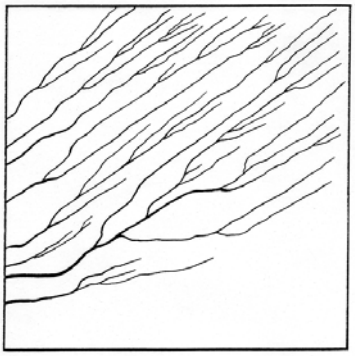
Köşeli drenaj



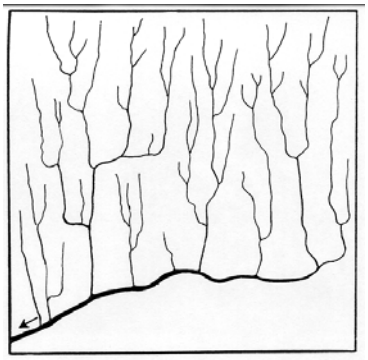
Köşeli drenaj



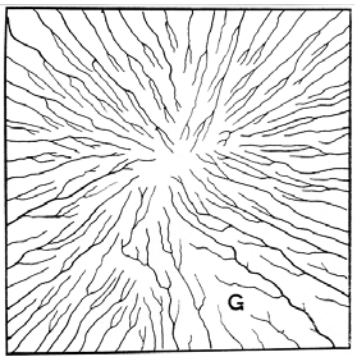
Bükünlülü drenaj



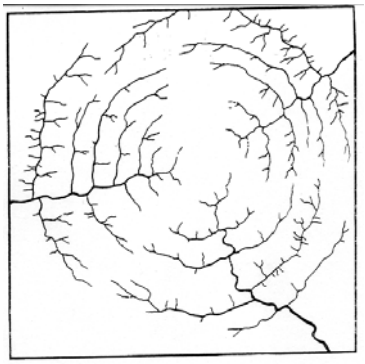
Paralel drenaj



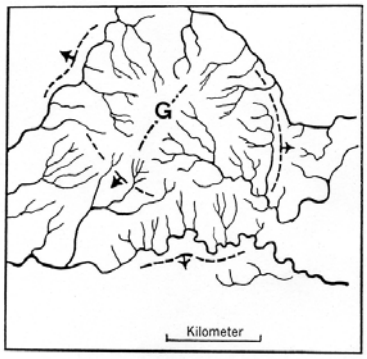
Paralel drenaj



Işınsal drenaj



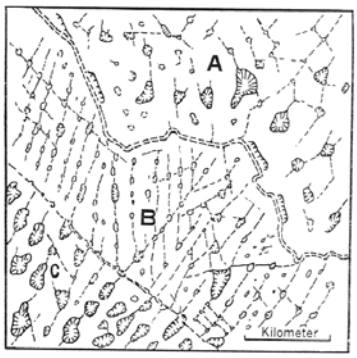
Halkalı drenaj



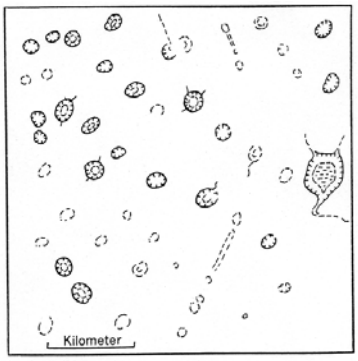
Işınsal-halkalı drenaj



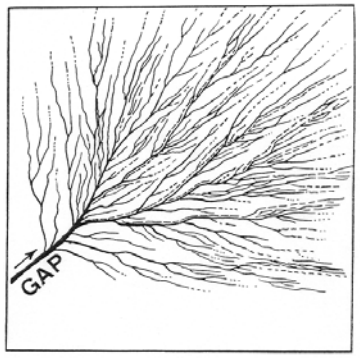
Kaba dendritik drenaj



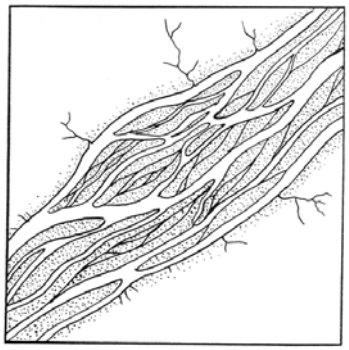
Karstik drenaj



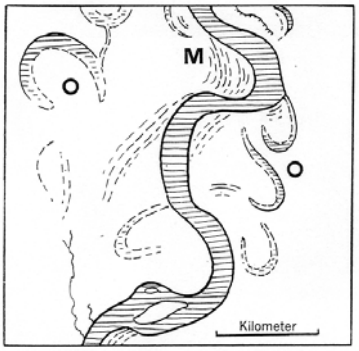
Karstik drenaj



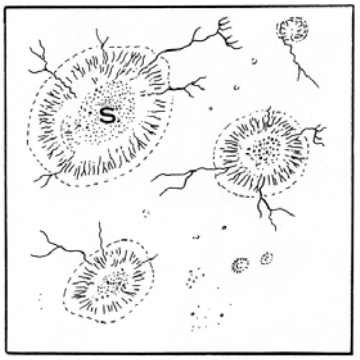
Yelpaze drenaj



Örgülü drenaj



Menderesli drenaj



Lagünel drenaj

