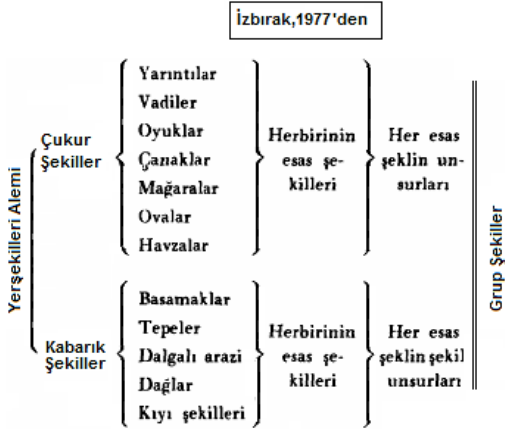


DIŞ KUVVETLER RÜŞTÜ ILGAR

YERYÜZÜNÜN ŞEKİLLENMESİNDE ETKİLİ OLAN DIŞ KUVVETLER

Yeryüzünü şekillenmesinde etkili olan amiller, “yapı”, “süreç ve şekil”, olmak üzere iki şekilde ele alınabilir (Doğan, 2015). Bu şekillenme iç etmen ve süreçler ile dış etmen ve süreçlere bağlı olup; (Erinç, 1982; Hoşgören, 1993, Hoşgören, 2003) birlikte veya bağımsız olarak yeryüzünü şekillendirmektedir. Yer şekilleri İzbırak tarafından sistematığın ana hatları açısından ele alınmış, çeşitli oluşumlara yol açtığı belirtilmiştir. Yine aynı çalışmada yer şekilleri sınıflandırmasında ana tekil olarak adlandırılan bir takım yeryüzü şekillerinin varlığı ve bu şekiller üzerinde oluşmuş çukur ve kabarık tali yeryüzü şekillerine değinilmiştir (İzbırak, 1977).



Şekil 60. Ana ve Tali Yeryüzü Şekilleri

Erinç ve Yalçınların çalışmalarında yer şekilleri yapısal olarak değerlendirilmiş, yatay, monoklinal, kıvrımlı, faylı gibi belirli yapı çeşitlerine göre ele alınmış, oluşum ve gelişimindeki süreçler yapının belirlediği modeller ya da aşamalar biçiminde ele alınmıştır. Ana amel olarak flüvyal şekillendiriciler ön plana çıkarmıştır Jeomorfolojik oluşum şekilleri için jeolojiye en yakın olan ve Davis okulunun izlerini en açık bir biçimde yansıtan yaklaşım tarzı kabul edilmiş, bu nedenle bu yaklaşıma, bir bakıma jeolojik jeomorfoloji eksenli denilmiştir (Erinç 1982, Yalçınlar 1996).

DIŞ KUVVETLER

Dış kuvvetler yeryüzünü değiştirme sürecinde faaliyetleri için gerekli olan enerjiyi Güneş'ten alan güçlerdir. Oluşumda birinci derecede yer çekiminin etkisi önemlidir. Dış güçler çeşitli yollarla yer kabuğunu şekillendirirler. Başlıcaları akarsular, rüzgârlar, buzullar ve deniz suyunun hareketleridir. Belirli bir iklim şartlarına bağlı olarak ortaya çıkmış ve o iklime özgü ortaya çıkmış olan etmenler yeryüzünün şekillenmesinde etkili olmaktadır. Bu tür etmen ve süreçlere bağlı olarak oluşan yeryüzü alanlarına **morfojenetik bölge** denir.

Kuvvetler enerjisini yeryüzünden veya güneşten alan kuvvetlerdir. Başlıca dış kuvvetler rüzgârlar, buzullar, sular, canlılar ve enerjisini güneşten alan ısı ve ışık değişkenlikleridir.



Şekil 101. Dış kuvvetlerin kavram haritası

Dış kuvvetlerin etkisiyle yeryüzünde bir takım olaylar gerçekleşir. Bu olaylardan en çok etkilenen kayaçlardır. Kayaçlar dış kuvvetlerin etkisi ile zamanla daha küçük parçalara ayrılırlar. Parçalanma sürecine “ayırışma” veya “çözünme” adı verilir. Yer kabuğunu oluşturan kayaçlar, akarsuların, yağışın, iklim elemanlarının ve canlıların etkisiyle parçalanıp, ufalanırlar. Zamanla kayacı oluşturan mineraller arasındaki bağ gevşer, parçalara ayrılır, ufalanır. Kayaçların parçalanması dış güçlerin etkisiyle kayaçların çözülmesi fiziksel ve kimyasal yolla olmak üzere iki şekilde gerçekleşir (ancak kayaçlar üzerinde canlıların çeşitli etkilerine bağlı olarak ortaya çıkan organik

DIŞ KUVVETLER RÜŞTÜ ILGAR

çözünme denilen dış güçlerin etkisiyle oluşmayan çözünme olayı da mevcuttur).

Fiziksel (Mekanik) Cözülme: Fiziksel çözünme kayaçların fiziksel etkilere maruz kalmaları sonucunda küçük parçalara ayrılmasıyla oluşur. Bu çözünme sürecinde kayaçları oluşturan minerallerin kimyasal yapısında herhangi bir değişiklik olmaz. Fiziksel (mekanik) çözülme, kurak, yarı kurak ve soğuk bölgelerde daha belirgindir. Fiziksel çözülme çöl, karasal alan, step, tundra gibi, aşırı sıcaklık farkı görülen iklimlerin etkili olduğu yerlerde daha kolay meydana gelir. Akarsular, eğime bağlı olarak kazandıkları güçle, yatağındaki kayaları parçalayıp aşındırırlar. Bir akarsuda akışla taşınan silt, kil, kum ve çakıl parçaları, organik kompozitler, askıda, sıçrama, yatakta kayma ve yuvarlanma ile fiziksel aşındırmaya yol açar. Fiziksel aşındırmada askıdaki katı maddeler parçalarının çarptığı vadiler özellikle çatlaklarından zayıflatılması, yarılması, kopartılması şeklinde etkisini hissettirir. Çarpma hızı, akım, debi, akarsuyun yükü ve yükün cinsi, vadinin litolojik yapısı gibi etmenlere bağlıdır. Fiziksel (mekanik) çözülme çeşitli şekillerde olabilir:

- Güneşlenmeye bağlı gece ile gündüz, yaz ile kış arasındaki sıcaklık farklarının fazla olduğu yarı kurak ve kurak bölgelerdeki çözünmeler fiziksel çözülmeye bir örnektir. Gündüz, güneşlenme ve ısınmanın etkisiyle minerallerin hacimleri genişler. Gece, sıcaklık düşüncü minerallerin hacimleri yeniden küçülür. Bu hacim değişikliği kayaçların parçalanmasına neden olur. Sıcaklık farklarının fazla olduğu yarı kurak ve kurak bölgelerde daha belirgin olarak parçalanma görülür.

- Rüzgârların fiziksel etkisiyle kayaçlarda deformasyon ve çözünme artar. Rüzgâr bünyesinde partiküler madde niteliğindeki toz, kum vb. unsurlar bulunduruyorsa çözünme miktarı artar. Rüzgâr aşındırması sonucu oluşan korozyona en güzel örnek mantar kayalardır.

- Dalgalar fiziki darbeleriyle parçalanmalara yol açar. Dalgaların oluşturduğu bu tarz parçalanmalara **abrazyon** adı verilir ve falezler buna en güzel örnektir.

- Buz çatlaması yolu ile fiziksel çözülme ortaya çıkabilir. Özellikle sıcaklığın çok zaman donma noktasına yakın olduğu ve yağışın yeter derecede olduğu yüksek dağlar ve yüksek enlemlerde görülen

çözülme şeklidir. Yağışlardan sonra taşların delik, çatlak ve ince yarıklarına sular dolar. Sıcaklık donma noktasına kadar düşüncü, taşın içine sızmış olan sular donar. Donan suyun hacmi genişlediği için basıncın etkisiyle taşlar parçalanır ve çözülür.

- Tuz çatlaması yolu ile fiziksel çözümler görölmektedir. Kayaçların tuzlu suları emmiş bulunduğu ve buharlaşmanın çok fazla olduğu çöl bölgelerinde görülür. Kurak bölgelerde buharlaşma ile kılcal taş çatlaklarından yeryüzüne yükselen tuzlu sular, yüzeye yaklaştıkça suyunu yitirir. Çatlakların kenarında tuz billurlaşması olur. Gece nemli geçerse, suyunu yitiren tuz billurları yeniden su alır ve hacmi genişler. Basınç etkisiyle kayaçlar parçalanır ve çözülür.

Kimyasal Cözülme: Kimyasal reaksiyonlara bağlı olarak gelişen suyun ve sıcaklığın reaksiyonu hızlandırdığı, sıcak ve nemli bölgelerde yaygın olarak görülen çözülme şeklidir. Kimyasal çözülme daha fazla yağışın bol ve sıcaklığın yüksek olduğu yerlerde ise kimyasal aşınma söz konusudur. Ekvatorial, Muson, Okyanus ve Akdeniz iklimlerinin etkili olduğu yerlerde daha belirgindir. Akarsuların kimyasal aşındırmasında yağmur veya kar biçiminde beslenme şekline göre değişkenlikler gözlemlenir. Kar ve yağmur içerikli suların dışında, deniz kıyılarında nemin aşındırmalar üzerinde büyük etkisi vardır. Ancak nem maksimum etkiyi tropik bölgelerde gösterir.

Kimyasal aşındırmada suya karışmış olan maddelerin yol açtığı suyun pH değeri önemlidir. Karışım veya solüsyonların pH konsantrasyonu ne kadar çok olursa aşındırma o derece fazladır. Akarsuya gelen su girdileri sülfat iyonlarını içeriyorsa reaksiyon hızlanır. Bu iyonların her biri suyun elektriksel iletkenliğini arttırarak oksijen konsantrasyonu da artırma yoluyla aşındırmada etkili olurlar. Örneğin, tuz içeren kayaçlarda kireçtaşlarının eriyebilmesi için daha güçlü asitler gerektirir.

Kayaçların yapısı da akarsuyun aşındırmasını güçleştirir veya kolaylaştırır. Kireçtaşı, dolomit, mermer, jips, tuz, kalsit çimentolu konglomera ve kumtaşı gibi erimeye uygun karbonatlı ve sülfatlı kayaçlar kolay eritilip aşındırılırken, granit, bazalt içerikli kayaçlar daha zor aşındırılmaktadır.

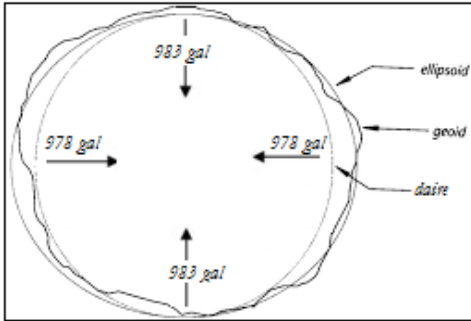
DIŞ KUVVETLER RÜŞTÜ ILGAR

Yeryüzünden çeşitli yollarla (bitki, toprak ve kayalardan) akarsulara karışan CO₂ miktarı aşındırmayı zorlaştırır. Sıcaklık akarsu aşındırmayla doğru orantılı bir değişkendir. Sıcaklık ne kadar yüksek olursa eritme o kadar fazla olur. Bu yüzden ki kimyasal aşındırma yaz aylarında ve sıcaklığın yüksek olduğu tropikal bölgelerde daha fazladır. Kayaçlar, kimyasal yolla parçalanıp ufalanmaya açıktırlar. Aynı zamanda bu süreçte kimyasal bileşimleri de değişir.

1. TOPRAK KAYMASI VE HEYELAN

Heyelanlar yeryüzünde aşındırma ve şekillendirmeye yol açan en önemli dış etmenlerden biridir. Toprağın ve kayaçların buldukları yerlerden aşağılara doğru kayması ya da düşmesine **toprak kayması** ve **göçmesi** ya da **heyelan** adı verilir. Yer çekimi, yamaç zemin yapısı, eğim ve yağış koşulları heyelana neden olan etmenlerdir. Heyelanlar yeryüzünde çok sıklıkla oluşan ve en yaygın görülen kütle hareketleridir. Anlık olarak meydana gelir. Toprak büyük kütle halinde kayar. Yamaçlardaki kütle hareketleri yani asıl heyelanlar dışında, göçmüş kütleler veya bloklar, su ile doymun hale gelen ve kayganlaşan yüzeyli depoların, döküntü örtüsünün veya toprakların yamaçlardaki hareketlerine bağlı olarak heyelanlar oluşur. Heyelanın oluşumunda etkili olan unsurlar şunlardır.

Yer çekimi: Yerküre geometrik olarak tam bir küre olmadığından, yer çekimi ivmesinin Kutuplardaki değeri Ekvator' dakik değerinden fazladır (Kutuplar 'da 983 gal, Ekvatorda 978 gal).



Şekil 102. Yer çekiminin değişkenliği (gal yer çekimi ivmesi (Galile'nin anısına "gal" ile ifade edilir. 1gal = 1cm/s² dir.)

Yeryüzünde bir noktadaki çekim kuvveti; bu noktanın yer merkezine olan uzaklığına, noktanın deniz seviyesine göre yüksekliğine ve noktayı çevreleyen maddelerin yoğunluğuna bağlı olarak değişir. Yer kabuğunun kütleleri ve yoğunlukları birbirinden heyelani oluşturan en önemli etkidir. Yer çekimi gücü sürtünme gücünden fazla olduğu zaman yamaçtaki cisimler aşağıya doğru kayar. Yamaça ek bir yük binmesi yer çekimiyle heyelana daha açık hale gelir.

Heyelanların meydana gelmesinde rol oynayan faktörler, doğal ve insanlardan kaynaklanan faktörler olmak üzere iki grupta toplanır. Başlıca doğal faktörler aşağıdaki gibidir.

a) Dış etkiler: Akarsu, göl veya deniz tarafından sevin (yamacın) topuğunun aşındırılması, sismik etkiler (deprem) ve volkanik aktivite,

b) İklim etkileri: Aşırı yağışlar ve karın ani erimesi (yeraltı ve yerüstü suları-gözenek suyu basıncındaki artışlar), *Yağış Koşulları:* Yağmur, kar suları tabakalar arasına sızarak toprağı kayganlaştırır, Toprağı doymun hale getirir. Sızıntı suları ile toprak strüktürünün değişmesi ile su ile doymun kütlelerin yamaç aşağı kayması kolaylaşır. Heyelan genellikle yağışlardan sonra oluşur.

c) Yamaç zeminin jeolojik yapısı: Suyu emerek içerisinde tutan taş ve topraklar kayganlaşır. Özellikle killi yapının yaygın olduğu yamaçlarda kil, suyu içinde tuttuğı ve kayganlaştırdığı için heyelan daha sık görülür. Yamaç eteklerinin alttan oyulması ve Kalker gibi suyu alt tabakalara geçiren kayaçların oluşturduğu yamaçlarda ise heyelan daha az görülür.

d) Yamaç zeminin jeomorfolojik yapısı: Yamaç eğimi yer çekiminin etkisini artırıcı bir rol oynar. Bu nedenle dik yamaçlarda heyelan olasılığı daha fazladır. Özellikle fay yamaçları dik eğimleri heyelana açıktır. Ayrıca tabakalar yamaç eğimine uyum sağlamışsa, yani

DIŞ KUVVETLER RÜŞTÜ ILGAR

paralelse yer kayması kolaylaşır. Yol, kanal, tünel ve baraj yapımları sırasında yamaçların dengesi bozulursa, volkanizma, deprem gibi doğal etkenler de heyelana neden olur.

İnsan aktivitesinden kaynaklanan faktörler ise,

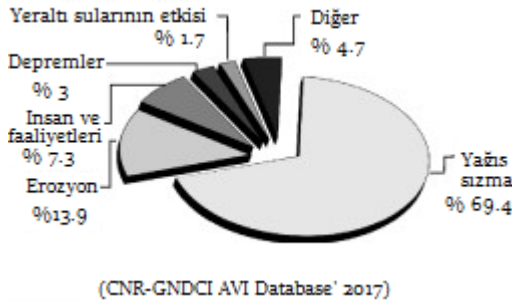
a) Yapı inşası, şev üstüne dolgu yığılması vb. gibi nedenlerden kaynaklanan statik, trafik ve patlatma gibi dinamik etkilerin neden olduğu dış yükler,

b) Denetimsiz kazı yapılması (rneğin, topukta kazı, özellikle yerleşim alanlarında veya civarında taşocağı ve maden işletmeleri)

c) Boşluk suyu basıncını arttıran faktörler (gömülü alt yapı elemanlarından kaçakların olması) ve su tablasındaki ani değişimler,

d) Bitki örtüsünün tahrip edilmesidir (Ulusay, 2008:160-161).

Heyelanların oluşumlarının oransal dağılımına bakıldığında en fazla yağış ve sonrası gelişen olaylar ön plana çıkmaktadır.



Şekil 103. Heyelanların Oluşumuna Neden Olan Etmenlerin Dağılımı

Farklı faktörlerin etkileşimi sonucu ortaya çıkmaktadır. Bir rnek vermek gerekirse: Van Edremit, Çayırbaşı heyelanının oluşumu ve gelişiminde litolojik faktörler (stte bol çatlaklı travertenler, altta geçirimsiz

marnların bulunması), topoğrafik faktörler (faylarla arazinin kesilmesine bağlı olarak 50- 70 e arasında değişen eğimli bir yüzeyin olması) ve iklimatik faktörler (heyelanın aktif olduğu dönemlerde ortalamanın oldukça üzerinde yağışın düşmesi) etkili olmuştur (Deniz ve Sındır 2001:94). Heyelana yol açaan hazırlayıcı ve tetikleyici faktörler řu Şekilde zetlenebilir:

- Ani kar erimesi
- Ani sağanak yağış
- Deprem
- Dere-topuk aşındırması
- Patlatma ve vibrasyon
- Heyelan topuğundan malzeme alınması
- Pasa, Dolgu ve diğer atık malzemeler
- Kontrolsüz kazılar
- Yol açama çalışmaları
- Őebeke ve depodan su kaçakları

Heyelan Çeşitleri:

Genel olarak heyelan terimi ile açaılan kütle hareketleri asıl heyelanlar, göçmeler ve toprak kaymaları olmak üzere üç tipe ayrılır.

1. Asıl Heyelanlar: Bunların oluşumunda su, hazırlayıcı bir rol oynar. Fakat asıl heyelan kütlesi, su ile hamurlaşmış halde değildir. Kuru bir kütle halinde, fakat kaymaya uygun bir zemin üzerinde yer değişirmiştir. Bu tip heyelanlar ülkemizde sık sık oluşurlar. Bu heyelanların en büyük olanları, genellikle bol yağışlı ve dik eğimli sahalarda, özellikle kuvvetle yarılmış, nemli ve litoloji bakımından da elverişli olan Kuzey Anadolu dağlık alanında oluşmuştur. Sera Heyelanı bir örnek olarak verilebilir. Heyelan kütlesi Sera deresinin vadisini tıkamış ve burada 4 km uzunluğunda, ortalama 150 m genişlikte ve 55 m derinliğinde oldukça büyük bir set gl oluşmuştur. Araştırmalar, bu heyelanın oluşumunda normalden daha fazla yağışlı geçen kiş mevsimi ile karların hızla erimesine neden olan Fhn karakterinde güney rüzgarlarının etkisi olduğunu göstermektedir.

2. Gçmeler: Heyelanın hareket bakımından farklı bir başka tipini oluştururlar. Bu tip heyelan bir kaşığa benzeyen konkav kopma yüzeyleri boyunca dönerek

DIŞ KUVVETLER RÜŞTÜ ILGAR

yer deęiŐtiren kısımlardan oluşur. Kayan kısımlardan her biri, geriye doğru çarpılır. Bunu sonucunda, kayan kütlelerin ilksel eğimleri değişir ve bunların yüzeyleri kopma yarasının bulunduğu tarafa doğru yeni bir eğim kazanır. Yamaçların alt kısımlarının akarsular, dalgalar gibi etkenler tarafından fazla oyulması göçme şeklindeki heyelanların başlıca sebebidir. Falezlerin ve yamaçların gerilemesi, menderes halkalarının büyümesi sırasında alttan oyma sürecine bağlı olarak sık sık göçmeler oluşur. Göçmüş kütleler veya bloklar büyük oldukları durumda, bunlar arasında küçük göller veya yamaçlarda taraçalara benzer sahanlıklar oluşur. Küçük ve Büyük Çekmece göllerinin kenarlarında bu tür göçmelerin tipik örnekleri yaygındır.

3. Toprak Kaymaları: Bunlar heyelanın, bazı bakımdan çamur akıntılarına benzeyen bir türüdür. Fakat çok yavaş oluşmaları, belli bir yatağa bağlı olmamaları ve içerdikleri suyun çok daha az olması gibi farklarla çamur akıntılarından ayrılırlar. Geriye doğru eğimlenme göstermediklerinden dolayı da, yukarıda açıklanan göçmelerden farklı oldukları görülür. Toprak kaymaları, su ile doygun hale gelen ve bu şekilde bütünü ile kayganlaşan yüzeyssel depoların, döküntü örtüsünün veya toprakların yer aldığı yamaçlarda oluşur. Bu şekilde bir kopma ile kıvamlı bir hamur gibi yer deęiŐtiren heyelan kütlesi meydana gelir. Toprak kaymaları asıl heyelandan daha yüzeysseldir. Bu kütle hareketinin en yaygın olduğu sahalarda, litoloji bakımından da uygun olmak koşulu ile nemli iklim alanlarıdır (<http://www.icisleriafad.gov.tr/heyelan>).

2. EROZYON

Erozyon, toprak örtüsünün, çeşitli etmenlerin etkisiyle bir yerden alınıp farklı bir yere taşıyarak yeryüzünün şeklini deęiŐtiren dış etmenlerdendir. Yeryüzünde eğim, toprak, su ve bitki örtüsü arasında doğal bir uyum bulunmaktadır. Bu uyumun bozulmasında arazinin yanlış kullanılması, eğim fazlalığı ve cılız bitki örtüsü, çeşitli beŐeri faktörler, doğal etmenler rol oynamaktadır. Yeryüzünün her yerinde görülmekle beraber en fazla kurak ve yarı kurak enlemlerde önemli bir sorundur. Toprak kaybı ve toprak kaybındaki mekânsal farklılıklar üzerinde etkili olan faktörler; litoloji, yağış, eğim, toprak ve zemin örtüsü gibi etkileyen faktörler bağımsız deęiŐkenlerdir (ÖŐzahin, 2016:126). Örneğin, Türkiye’de bir kilometre karelik birim alandan taşınan toprak miktarı, Afrika’dan 22 kat, Avrupa’dan 17 kat, Kuzey Amerika’dan 6 kat fazla olup yılda bir milyar ton toprak erozyon nedeniyle taşınmaktadır.

Erozyon ÇeŐitleri:

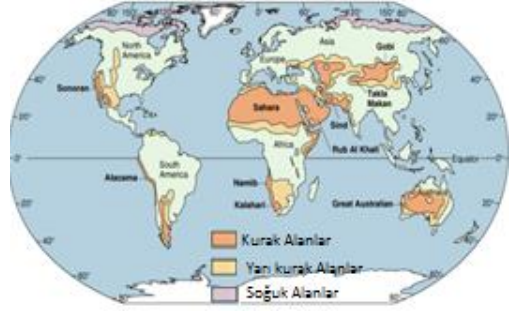
a) Su Erozyonu: Eğimin fazla olduğu yerlerde sular daha kolay akıŐa geçerek toprak örtüsünün taşınmasını hızlandırır. Yağış koşulları, özellikle yağmur şeklindeki yağışlar, toprak erozyonunun artıŐında önemli rol oynamaktadır (Cürebil ve Ekinici, 2006). Akarsuların erozyonda etkisi büyüktür. Ancak standarda indirgemek söz konusu olamamaktadır. Özellikle Türkiye gibi ölkelerde her akarsuyun aşındırma ve erozyon boyutları deęiŐkenlik göstermektedir. Yağış koşulları ve zemin örtüsünün farklılığı en önemli etken olmaktadır (Erkal ve Yıldırım, 2012). Zeminin etkisi çıplak, bitki örtüsü, eğim, yerleşme, tarım alanı, orman faktörü, su yüzeyleri, açık alan gibi faktörler (C faktörü olarak belirtilmekte) erozyonda toprak kaybı ve etki faktöründe dikkate alınan önemli hususlardır (Efe ve diğ. 2008). Dünya nüfusunun hızla artması toprağın daha fazla kullanımına yol açmıştır. Böylece topraklar üzerindeki baskı giderek artmıştır. Ayrıca, mera ve orman arazisi olarak kullanılması gereken sahalarda da tarıma açılmıştır. Sonuçta, farklı amaçlarla toprağın daha yoğun kullanımı ve çevreye yapılan olumsuz müdahaleler erozyonu artırmaktadır (Zeybek, 2003:101). Su erozyonuna bağlı

DIŞ KUVVETLER RÜŞTÜ ILGAR

erozyon ile bitki örtüsünün cılız ya da hiç olmadığı yerlerde toprağın ve ana kayanın sularla yerinden kopartılarak taşınmasıyla su erozyonu ortaya çıkar. Yağmur damlasının toprak yüzeyine çarpma kuvveti ve toprağın fiziksel özellikleri toprağın parçalanarak aşınmasında önemli rol oynamakta ve erozyon süreci başlamaktadır. Daha sonra da splash (sıçrama) ve yüzeysel akış yoluyla aşınmış olan toprak parçacıkları taşınmaktadır. Bunlar doğal erozyon prosedürü içinde kabul edilir (Akşit 2003:194). Kırgıbayır ve peribacası su erozyonu ile oluşan şekillere örneklerdir.

Deniz ve okyanus alanlarındaki dalga, akıntı, nem, tuz, fiziksel etki kombinasyonuna bağlı olarak su erozyonuna yol açar. Kıyı petroğrafyasındaki falezler, kumullardan oluşmuş bir çeşit tortul kayaç olan eolinit ve kum taşlarının çözünmesi gerçekleşebilir. Bu tür kayaçların çözülme mekanizmasıyla oluşan ve gelişen kıyı şekilleri oldukça önemlidir. Kıyı oluşumlarında deniz suyuna bağlı olarak biriken tuz kristalleri kayaçların arasına sızar. Rüzgâr etkisiyle hızlı buharlaşan su kaybolabilir. Tekrar suyun gelmesine bağlı olarak kayaç içerisindeki tuz kütleleri tekrar şişer ve kayaç porozitelerinde genişlemeye bağlı olarak bal peteği şekilli çözümler artmaktadır (Erginal ve diğ. 2013).

b) Rüzgâr Erozyonu: Rüzgâr erozyonuna bağlı olarak erozyon ile bitki örtüsünün olmadığı ya da cılız olduğu yerlerde toprağın rüzgârlarla yerinden kopartılarak taşınmasına rüzgâr erozyonu denir. Rüzgâr aşındırmasına korrazyon da denir. Günlük sıcaklık farklarının fazla olduğu çöllerde fiziksel (mekanik) çözümler şiddetlidir. Rüzgârlar buralarda oluşan kırıntıları; tozları ve ince kumları havaya kaldırır. Rüzgârların havalandırdığı bu parçalar çarptıkları yerleri aşındırır. Rüzgârlar aşındırma ve biriktirme yolu ile yeryüzünü şekillendiren önemli bir dış güçtür. Buharlaşmanın yağıştan çok olduğu bölgelerde yani kurak ve yarı kurak bölgelerde yeryüzünü şekillendirici önemli etkileri vardır.



Şekil 104. Dünya'da Kurak ve Yarı-Kurak Alanlar

Rüzgârın etkisiyle aşındırma ve biriktirme şekillerine bağlı olarak yeryüzü şekilleri oluşabilmektedir. Rüzgâr aşındırması sonucu oluşmuş başlıca şekiller şunlardır:

Ventifakt: Rüzgâr aşındırmasının (abrazyon) yaygın bir ürünüdür; bunlar yüzeyleri rüzgârla parlatılmış, kazılmış, yivlenmiş ya da düzgün yüzeyler haline dönüştürülmüş taşlardır.

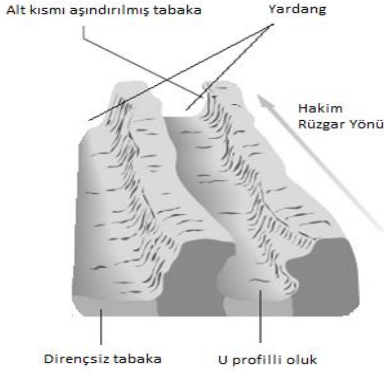


Şekil 105. Ventifakt Şekli

Yardang: Kurak ve yarı kurak iklim sahalarında görülen, rüzgârın aşındırması, topoğrafya da gevşek ve

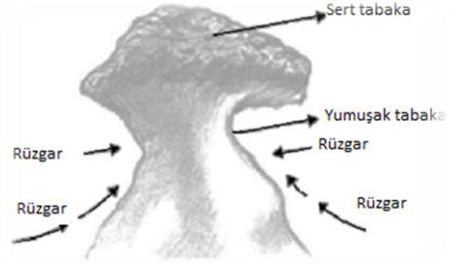
DIŞ KUVVETLER RÜŞTÜ ILGAR

deflasyona dayanıksız malzemenin aşındırılması ve geriye aşındırılan malzemeye göre dayanıklı malzemenin kalması ile oluşmaktadır. Tortul kayaların zayıf kısımlarının aşındırması ile rüzgâr yönüne paralel uzanan U profilli oluklar ortaya çıkar. Yardang adı verilen bu Şekiller Orta Asya'da, çöllerde yaygındır. Yardang Şekillerinin yapısı topoğrafya, ana kaya ve iklim özelliklerine göre deđiŐmektedir. Nitekim Lut Çölü'nde oluşan yardangların boyları enlerinden daha uzun Şekil kazanmakta iken; Orta Asya Çin coğrafyasında ise daha basık Şekilde yardanglar oluşmaktadır. Amerika Kıtası'ndaki yardanglar daha Őekilsizdirler.



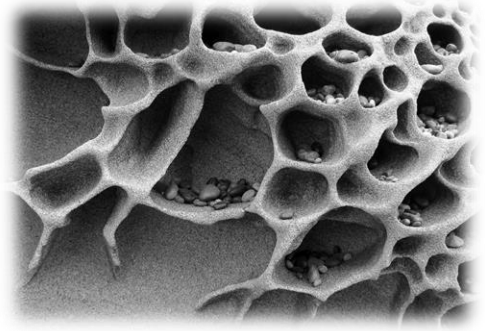
Şekil 106. Yardang Oluşumu

Mantar Kaya: Kurak ve yarı kurak bölgelerde rüzgârlar sürükledikleri veya savurdıkları taneleri kayaların özellikle alt kısımlarındaki yüzeylere çarptırarak mantarı andıran Şekiller ortaya çıkar. Mantar kaya oluşumunda, aşınmanın alt kısımlarda fazla olmasının nedeni rüzgârın aşındırma gücünün bu bölümlerde yoğunlaşmasıdır.



Şekil 107. Mantar Kaya

Tafoni: Kurak, yarı kurak, sıcak bölgelerde granitoid yerlerde kayaların suda çözünmüş oyuklarının rüzgâr tarafından daha da aşındırılması ile oluŐabileceđi gibi, kayaların içinde bulunan gevsek bölümlerin, su ve nemin etkisiyle buharlaşma sonucunda zayıflaması ve rüzgâr erozyonu ile oyularak daha da aşındırılması ile ortaya çıkan gözeneklere **tafoni** denir. Bir kaç santimden 1 m' ye kadar olabilmektedir. Antik Yunan'da "taphos" kelimesinden türetilen "tomb" yani mezar anlamına da gelmektedir.



Şekil 108. Tafonilerden Görünüm

Őahit Tepeler: Aşınımaya karşı dayanıklılıkları farklı olan malzemelerin üst üste birikerek farklı tabakalar oluşturduğu bölgelerde görülür. Gerek rüzgârın aşındırması, gerekse fiziksel ve kimyasal çözülme etkisiyle gevşemiş ve zayıflamış malzemelerin rüzgâr tarafından koparılıp taşınması sonucunda oluşan

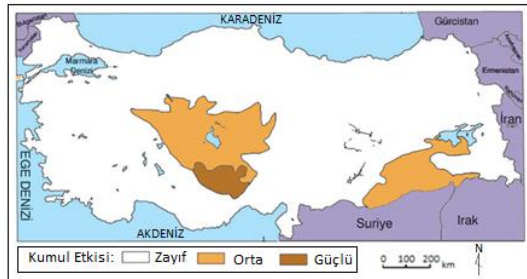
DIŞ KUVVETLER RÜŞTÜ ILGAR

yükseklilere Őahit tepe adı verilir. Örnek olarak; İstanbul BoĒazı'ndaki adalar (Prens Adaları) da Őahit tepe vasfındaki aşınım artıĒı tepelerdir. AŞınım sonrası deniz istilasına uğramıŐlardır (Güneysu, 2000).

RüzĒâr taşıyıp koparttıkları materyalleri belirli bir yerde biriktirirler. RüzĒârların biriktirmesiyle oluşmuş başlıca Şekiller Şunlardır:

Lös: RüzĒârların taşıyıp hızlarının azaldıĒı yerde biriktirdiĒi ince boyutlu materyallere **lös** denir. Lösler farklı sahalardan taŐınıp getirdiklerinden mineral yönünden zengindir. Bu yüzden lösler verimli topraklardır.

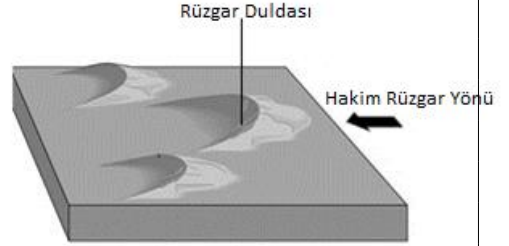
Kumullar: RüzĒârların taşıdıĒı materyallerin çökelmesiyle kumullar oluşur. Aynı zamanda kumullar rüzĒârların biriktirdiĒi maddelerden oluşan tepeciklerdir. RüzĒâr yoluyla oluşmuş kumullar çöllerde, kurak-yarı kurak bölgelerin gevşek yapılı arazilerinde daha yaygın olarak görülür. Kumullar hareket eder ve zamanla yer deĒiŐtirir. Belli bir Şekil almamıŐ kum örtüleridir. RüzĒâr yönünde uzanan kumul tepelerine **boyuna kumul**, rüzĒâra dik yönde olanlara da **enine kumul** denir. Kumulların yaygın olarak buldukları sahaların baŐında çöller gelir. Büyük Sahra, Namib, Kalahari, Atakama, Arizona, Arabistan ve Orta Asya çölleridir.



Şekil 109. Türkiye'de KuraklıĒın En Fazla OlduĒu Yerler

Barkanlar: RüzĒârın etkisiyle merkez alanda rüzĒârın gücünü kıran bir etkene baĒlı olarak hilal biçimli kumullara rastlanır. Bu tip oluşumlara ise barkan

adı verilir. Gevşek yapıya sahip olan kumullar sürekli yer deĒiŐtirmektedirler. Oluşumunda belirli yönden esen hâkim rüzĒârın etkisiyle yarım ay biçimli kumullar ortaya çıkar. Orta Asya çöllerinde yaygındır.



Şekil 110. Barkanlar

c) DiĒer Erozyonlar: Dalga ve akıntı, canlıların oluŐturduĒu erozyonlar yeryüzünde görölen diĒer erozyonlardır. Bu tip erozyonlar hidrografiya ve toprak bölümünde ele alınmaktadır.

DIŞ KUVVETLER RÜŞTÜ ILGAR

3. KARSTLAŞMA

Karst topoğrafyası Dünya üzerinde oldukça yaygındır. Dünya'da kara bölgelerinin (buzullar dışında) % 12'lik bir alan karstik iken Türkiye yüzölçümünün yaklaşık 1/3' i karbonat kayaçları ile kaplıdır. Dünya nüfusunun ¼' i bu alanlarda yaşamını sürdürmektedir. Karst etimolojik olarak bazı araştırmacılara göre "kras"tan, yani eski Yugoslavya'da Adriyatik Denizi'ne bakan dağlık alanda tipik yer şekilleri içeren kalker platolara (2000 m), yani yerel anlamda kras "taşlık, susuz yer" denilmektedir. Kullanımı buradan gelmektedir. Bazılarına göre ise İtalyanca "carso" deyiminden gelir (Sür, 1994). Kalkerli arazilerdeki oluşan yeryüzü şekillerinin kalıcılığı daha fazla iken, jips, dolomit ve kaya tuzu gibi kolay eriyebilen kayaçlar üzerinde gelişen karstik şekiller çok çabuk tahrip oldukları için kalıcı değildir. Karst topografyasına, kalker, jips, dolomit ve tebeşir gibi kayaçlar üzerinde rastlanmaktadır. Karstlaşma, eriyebilen kayacın yapısı, karst kaide seviyesinden yüksekliği, iklim, bitki örtüsü ve toprak özellikleriyle yakından ilgilidir. Genel anlamıyla karstlaşma, eriyebilen kayaçların sular tarafından eritilmesi ve aşındırılması sonucunda, yer üstü ve yeraltında, kendine has şekillerin meydana gelişini ifade etmektedir (Doğan, 19916). Karst topografyası, karbondioksitli suların başta kireçtaşı olmak üzere kalker, jips, kaya tuzu, dolomit ve tebeşir gibi eriyebilen kayaçları eritmesi ile oluşmaktadır. Suda eriyebilen kayaçlar evaporitler (jips, anhidrit, kaya tuzu), karbonatlı kayaçlar (kireçtaşı ve dolomit) ve mermerdir. Dolayısıyla bu tür kayaçların bulunduğu arazilerde karst topoğrafyası gelişir. Ancak son yıllarda yapılmış çalıőmalarda konglomeralar üzerinde meydana gelen karstlaşmanın mevcudiyetinden de söz etmek mümkündür.

Karstlaşma üzerinde etkili olan başlıca elementler őu şekilde özetlenebilir:

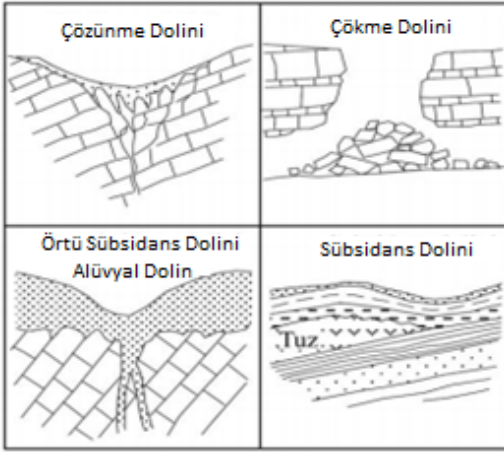
- 1- Kayaç cinsi
- 2- İklim
- 3- Tabakalaşma özellikleri
- 4- Jeomorfolojik özellikler
- 5- Zaman (Pekcan, 1995).

Karst topoğrafyası üzerinde bazıları kimyasal aşınım, bazıları ise kimyasal birikime bağlı olarak çeşitli yer şekillerini oluşturur. Oluşmuş başlıca aşınım ve birikim şekilleri Şunlardır:

Lapya: Kalkerli arazilerde yağmur ve kar sularının kimyasal aşındırması ile oluşan oluk şeklindeki yarıntılardır. Karstik şekillerin en küçüğüdür. Karstik gelişimin gençlik safhasının ilk belirginleşen, ilk ortaya çıkan şekle lapya (Lapic, lapiez, lapiaz) kalker sahalar üzerinde, derinliği birkaç santimetreden 10-30 cm derinlikte küçük oluklar ve kanalcıklardır. Bazen kayaların belirli kısımlarının farklı çözünmesi sonucunda oluşmuş olan mikro topografya şekillerine de **lapya** denir (Güney, 2004). Bazen de arazinin eğimi yönünde uzanan ve derinlikleri 1–2 m'yi bulan oluk şekilli çukurluklar ile bunların arasındaki keskin sırtlardan meydana gelebilir. İlginç sivri doruklu peribacasına benzeyen lapya kompleksleri de oluşabilmektedir (Özşahin, 2013:551). Oluőumlarda flüvyo-karstik depresyonlar arasında iliőki bulunmaktadır. Tabanlarında terra-rossa topraklar oluşur. Lapyalar, serbest, yarı serbest ve örtülü lapyalar olmak üzere 3'e ayrılır (Pekcan, 1999,). Lapyalar bir araya gelerek lapya komplekslerini oluştururlar. Bu lapya kompleksleri de sivri, basık ve basamaklı olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır(Erinç, 2001).

Dolin: Kalkerli arazilerde erime ve çökme sonucu oluşan tava- kepçe şeklindeki karstik çukurlara **dolin** adı verilir. Genişlikleri 20-300 m derinlikleri ise 2-50 m arasında değişir. Zamanla kalker içerisinde bulunan terra rossalar dolinlerin tabanında bir toprak tabakası meydana getirirler. Ayrıca dolinlerin içinde göller de meydana gelebilir. Dolinler oluşum şekillerine göre dört gruba ayrılır. Çözünme, mağara çökme, sübsidans ve örtülmüő dolin olarak 4 ana başlıkta incelenir (Doğan, 2004:252).

DIŞ KUVVETLER RÜŞTÜ ILGAR



Şekil 111. Dolin Tipleri, Ford ve Williams'a (1989) göre dolin tipleri; Doğan 2004'ten alıntı

Obruk: Kalkerli arazilerdeki mağara tavanlarının çökmesiyle oluşan derin doğal kuyulardır. Obruk sözlük anlamı, oyuk, çukur, çökmüş, çukur halinde açılmış yerdir. Baca veya kuyu şeklinde, keskin köşeli, derin çukurluklara **obruk** denir. Derinliği 400-300 m'yi bulabilen obrukların bazılarının tabanında göl bulunur. Yeraltı su tablasındaki alçalma ve mevsimsel oynamalar yeni obruk oluşumuna neden olmaktadır (Yılmaz, 2010).



Şekil 112. Banaz Platosu'nda Bir Obruk ve Küçük Gölet

Uvala: Dolinlerin birleşmesi ile oluşan daha büyük çukurluklara **uvala** denir. Genişleyip, derinleşen dolinlerin birleşmesiyle oluşan, dolinlerden daha büyük çukurluklardır. Uvalaların düzensiz şekle sahip olması ve tabanlarındaki erimeden geriye kalan kalker çıkıntıları dolinlerden kolayca ayırt edilmesini sağlar. Dolin oluşumunu kolaylaştıran unsurlar arasında dik konumdaki tabaka yüzeyleri arasında ilişkiler önemlidir. Yapılmış bir çalışmada çoğunlukla oluşumların taban yüzeyleri arasında yer alan boşluklarda başladığı, paleo vadilere uyarak devam ettiği vurgulanmıştır (Öztürk ve diğ. 2015:59).

Polye (Gölova): Uvaladan daha büyük karstik erime ve tektonik çöküntü alanlarına **polye (gölova)** denir. Polyeler değişik litolojilerde ve değişik alanlarda çok geniş alanlı bir yayılıma sahiptirler. Karstlaşmaya uygun sahalarda en büyük karstik kapalı depresyon olarak çok değişik şekillerde gelişmişlerdir (Ege, 2015:385). Karstik yörelerdeki genişliği birkaç kilometre olan, uzunluğu 20-30 km'yi bulan, hatta geçebilen ova görünümlü büyük karstik çukurluklara polye denir.

Kör Vadi (Çıkma vadi): Bu vadilerde akarsu karstlaşma olayına bağlı olarak düden, mağara gibi deliklere girerek suları hızla yeraltına geçirir. Yani vadi bir düden veya mağara ile son bulur. Bazıları kuru vadi haline geldiklerinden, kuru vadi veya ölü vadi olarak adlandırılır.

Düden: Karstik bölgelerde karstik çatlakların genişleyerek yeraltı mağara ve galerileri ile birleşmesi sonucu oluşan şekillere **düden** adı verilir. Türkçe 'de "su batan veya su yutan", Sırça 'da "ponor", İngilizce 'de "swallowhole" terimleriyle tanınan tipik kuyulardır. Bazı dolin ve polye tabanlarında yağışlı dönemde biriken suların yeraltına geçmesiyle düdenler oluşmaktadır (Özdemir ve Sunkar, 2007:274).

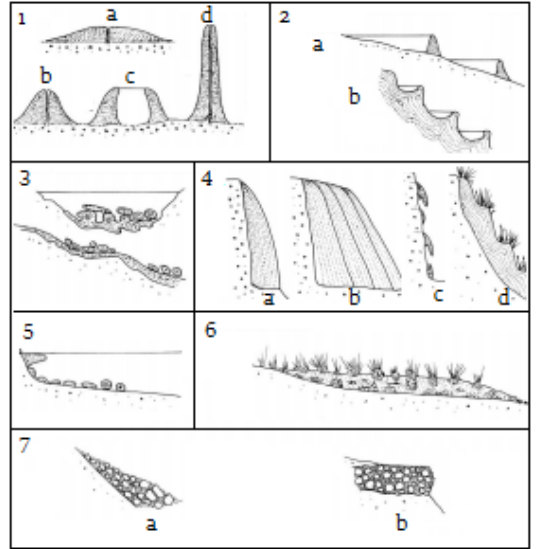
Mağara: Kalkerli arazilerde yeraltı sularının kimyasal aşındırması ile oluşan yeraltındaki boşlukları **mağara** olarak adlandırılır. Karstik bölgelerde en çok rastlanan şekillerden biridir. Mağara ve mağara sistemleri karstik yerçekillerinin oluşumları ortaya koymaları nedeniyle jeomorfolojik oluşum ve gelişime ışık tutmaktadırlar (Nazik, 1989). Mağaralar yeraltı

DIŞ KUVVETLER RÜŞTÜ ILGAR

sularının etkisiyle kayaların diaklazlı, kırıklı olduğu zayıf direnç sahaları ve tabakalaşma yüzeyleri gibi sızmaya en uygun kesimleri takip ederek oluşurlar. Mağaralar genellikle neritik kireçtaşları ile dolomitik kireçtaşlı temel yapı üzerinde bol çatlaklı yapılar ile erimeye son derece elverişli alanların olduğu noktalarda gelişirler (Ceylan, 2007:227). Örneğin, Türkiye’de mağaralara en fazla Akdeniz Bölgesi başta olmak üzere Güney Marmara Bölümü, Batı ve Doğu Karadeniz bölümlerinde, Doğu Anadolu Bölgesi’nin kuzey ve güney kesimleri ile İç Batı Anadolu’da rastlanmaktadır (Nazik, 1989). En uzun mağara, 15 km’den fazla olan Isparta Pınargözü Mağarası; en derin mağara -1429m ile Mersin, Peynirlikönü Mağarasıdır.

Traverten: Traverten Konisi ve Tufalar: Travertenler karstik, hidrotermal kaynaklar, küçük nehirler ve bataklıklarda organik ve inorganik işlemler sonucu oluşan kalsiyum karbonat birikimlerine **traverten** adı verilmektedir (Atabey, 2002:59). Travertenlerin ana maddesi $CaCO_3$ olup, $Ca+2$ ve HCO_3 ce zengin yeraltı sularının genellikle bir faydan, çatlaktan ya da yarıktan yeryüzüne çıktıkları yerde fizikokimyasal, biyokimyasal olarak bünyelerindeki $CaCO_3$ ’ü çökeltmesiyle oluşur. Bu çökeltme kaynak çıkışından eşit uzaklıkta ve eşit şartlarda olduğundan traverten çökeltimi genelde dairesel ve kesik koni biçimindedir (Polat, 2011:390). Traverten oluşmasında tektonizma birinci derecede rol oynasa da bu oluşumu sağlayan temel neden litoloji olarak kabul görmektedir (Elmacı ve Sever, 2011:143). Travertenlerin oluşumunda karstik kayalar içerisindeki suyun CO_2 miktarı, kayaç yapısı, sıcaklık, basıncın etkisi önemlidir. Erimeye açık kayaçlar sıcaklık, basınç, artan CO_2 emisyonuna bağlı olarak daha çok eritme yeteneğine erişirler. Yamaçların alt kısımlarından veya vadi tabanlarından çıkan kaynaklar akmakta oldukları yeraltından yüzeye çıktığında ortam değişimine bağlı olarak (basınç, sıcaklık, CO_2) içindeki kalsiyum karbonatı buldukları yamaçlara bırakarak traverten oluşumuna neden olurlar. Tufalar ise soğuk ya da ılık tatlı su ortamında yaşayan algler ya da bakterilerce çökeltilen, gözenekli ve süngerimsi yapıdaki düşük Mg kalsit çökeltilerdir.

Travertenler şekil ve oluşumuna bağlı olarak çeşitli şekilde sınıflandırılmaktadır. Örnek olarak İtalya’daki traverten depolarında morfolojik ve bakteriyolojik çalışmalar yürütülürken var olan travertenler beş farklı gruba ayrılmıştı (Chafetz ve Volk 1984). Ancak sonraki traverten sınıflandırmalarında 7’ye ayrılmıştır. Bunlar:



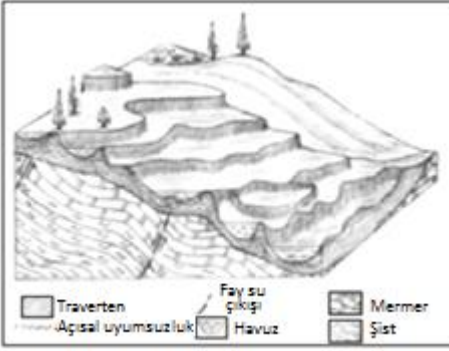
Şekil 113. Traverten Tipleri
(Pentecost ve Viles 1994:309)

1. Su kaynağı travertenleri
 - a) Düşük, höyük travertenleri
 - b) Dik höyük veya fissür sırtı travertenleri
 - c) Merkezi havuzlu höyük travertenleri
 - d) Uzun boylu su altındaki göl höyüğü
2. Teras tipi (baraj-havuzlu) travertenler
 - a) Büyük havuzlu teraslı travertenler
 - b) Yamaç havuzlu teraslı travertenler
3. Flüvyal örtüde çimentolaşmış travertenler
4. Basamaklı travertenler
 - a) Aşınımaya bağlı oluşmuş basamaklar
 - b) Zamana bağlı ilerleyen
 - c) Sarkan balık görünümü
 - d) Farklı zamanlarda oluşmuş basamaklar
5. Göl resiflerindeki travertenler

DIŞ KUVVETLER RÜŞTÜ ILGAR

6. Bitki köklerindeki travertenler
7. Yüzyde çimentolaşmış travertenler
 - a) Çıplak yüzy travertenleri
 - b) Alüvyal tabanlı arazi travertenleri

Türkiye'de görölen travertenler çoğunlukla teras, taraça tipindedir. Fay kaynakları içermektedir (Ayaz, 2002:125).



Şekil 114. Pamukkale Taraçalı Travertenler Tipi

Sarkıt-Dikit-Sütun: Yeraltı suları içinde erimiŐ halde bulunan kalkerin çökmesi ile oluşur. Çökme tavanda olursa sarkıt, tabanda olursa dikit, birleŐirse sütun oluşur. Sarkıtlar aşağıya doğru ışınal şekilde büyüdükleri ve içinde boş tüpler bulunduğu için direnci zayıftırlar (Kopar, 2010:37).