

## Dolin Sınıflamasında Yeni Yaklaşımlar

### New Approaches in Doline Classification

Uğur DOĞAN

Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara-TÜRKİYE

#### Özet

*Karstik arazilerin karakteristik şekillerinden olan dolinler, karstik gelişim sürecinin de en önemli göstergelerinden biridir. Dolayısıyla bir sahanın jeomorfolojik ve hidrojeolojik karstik gelişiminin belirlenebilmesi için dolin tiplerini iyi bilmek ve adlarını doğru koymak gerekmektedir. Ülkemizdeki jeomorfoloji ve karst literatüründe son yıllardaki bazı çalışmalar dışında, dolinler genel olarak erime (çözünme) ve çökme dolini olmak üzere iki gruba ayrılmış ve obruklar da genellikle bunlardan ayrı değerlendirilmiştir. Uluslar arası karst literatüründe ise dolinler, 1970'li yıllardan itibaren, 4, 5 veya 6 tipe ayrılmıştır. Dünya karst literatüründeki en son araştırmalarda yer alan dolin sınıflamasını Türkiye karst literatürüne kazandırmaya çalıştığımız bu makalede oluşum mekanizmasına göre dolinler, çözünme dolini, çökme dolini, örtü kayası çökme dolini, örtü çökme dolini, alüvyal dolin (örtü sübsidans dolini) ve örtülmüş dolin olmak üzere altı gruba ayrılmıştır.*

**Anahtar Kelimeler:** Karst, dolin, dolin sınıflaması

#### Abstract

*Dolines, the characteristic features of the karstic terrains, are also one of the major indicators of the karstic development process. Therefore, the determination of the geomorphological and hydrogeological karstic development of an area requires a correct definition of doline types and their correct indication. The dolines in Turkey, except in some recent studies, were generally classified as dissolution and collapse dolines and "obruks" were evaluated separately from those. The dolines in international karst literature have been classified into 4, 5 and even 6 types starting from 1970s. In this study carried out to introduce the international karst classification system to the Turkish karst literature, the dolines are classified into six types as dissolution doline, collapse doline, caprock doline, dropout doline, alluvial (suffosion) doline and buried doline according their formation mechanism.*

**Key Words:** Karst, doline, doline classification

## 1. Giriş

Karstik arazilerdeki makro şekillerden biri olan dolinler karstik gelişim sürecinin de en önemli göstergelerinden biridir. Dolayısıyla bir sahanın jeomorfolojik ve hidrojeolojik karstik gelişiminin belirlenebilmesi için öncelikle dolin tiplerini iyi bilmek ve adlarını doğru koymak gerekmektedir. Bunun yanında oluşum süreci hızlı işleyen ya da aniden oluşan bazı dolinler (çökme dolini, örtü çökme dolini veya sübsidans dolinleri) insanların can güvenliği ve çeşitli yapılar açısından doğal tehlike oluşturmaktadır (Cooke ve Doornkamp, 1990; Elorzo ve Santolalla, 1998; Buttrick ve Schalkwyk; 1998; Nichol, 1998; Cooper ve Saunders, 1999; Cooper ve Waltham 1999; Gongyu ve Wanfang, 1999; Kannan, 1999; Kaufmann ve Quinif, 1999; Paukstys ve diğ., 1999; Thomas ve Roth, 1999; Arkin ve Gillat, 2000; Hu ve diğ., 2001; Lamont-Black ve diğ. 2002; Cooley, 2002; Doğan ve Çiçek, 2002; Doğan, 2003). Bu nedenle dolin tiplerini belirlemek ve oluşum süreçlerini ortaya koymak jeomorfolojik açıdan önemli olduğu kadar, bölgesel planlama, yerleşme, hidrojeoloji mühendisliği, inşaat mühendisliği ve çevre yönetimi gibi disiplinler açısından da oldukça önemlidir.

Karstik alanlarda yapılan çalışmalar bilime katkının yanında, tarım, turizm, yerleşme ve su kaynaklarının değerlendirilebilmesi açısından da önemli veriler sağlar. Özellikle karstik alanlardaki su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir bir faydanın sağlanması da bu alanlardaki jeomorfolojik-hidrolojik çalışmalar sonucunda ortaya çıkacak plânlamalarla sağlanabilir. Karstik alanlardaki su sirkülasyonunun jeomorfolojik delilleri olan dolinlerin doğru bir şekilde araştırılması da bu süreçte oldukça önemlidir. Dolinlere boşaltılan çöpler ve endüstriyel atıkların yeraltı suyunun kirlenmesine yol açtığı bilinmektedir (Karacan ve Yılmaz, 1997). Dolayısıyla gelecekte dünyadaki en büyük sorunlardan birinin su sıkıntısı olacağı da dikkate alınırsa konunun önemi kendiliğinden ortaya çıkar.

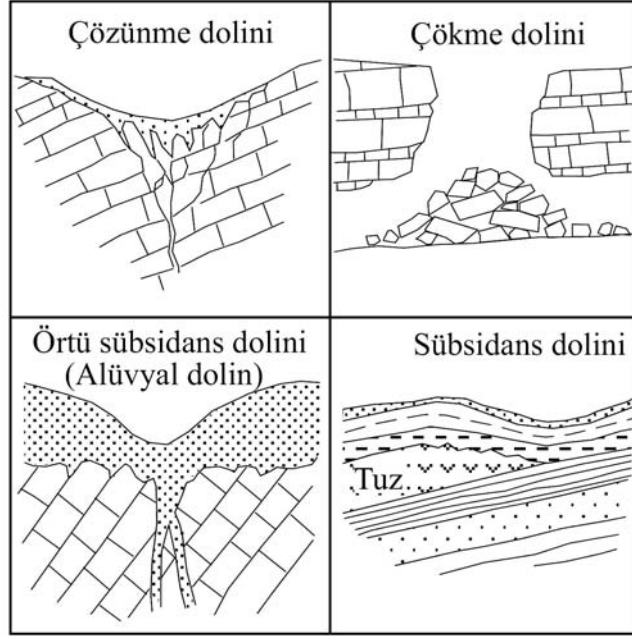
Türkiye karst literatüründe, karst jeomorfolojisi ya da jeomorfoloji ile ilgili kaynaklarda dolinler genel olarak erime (çözünme) dolini ve çökme dolini olmak üzere ikiye ayrılmış, bazen de çökme mekanizmasıyla oluşan obruklar hangi tip dolin olduklarına bakılmaksızın ayrı bir başlıkta incelenmiş (Erinç, 1971; 2001; İzbirak, 1979; 1986;

Atalay, 1987; Ardos ve Pekcan, 1994; Güney, 1994; Sür, 1994; Pekcan, 1995; Hoşgören, 2000; Sanır, 2000) veya pek çok karst araştırmasında çökme mekanizmasıyla oluşan karstik şekiller için obruk ismi kullanılmıştır (Erinç, 1960; 2001; Biricik, 1985; Erol, 1990; Sür, 1994; Sayhan, 1999; Doğan, 2001; Canik ve Arıgün, 2001; Göçmez ve diğ., 2001) Türkiye’de dolinlerle ilgili son yıllarda yapılan bazı çalışmalarda sübsidans dolini (Doğan, 2002; Doğan, 2003), çözünme-sübsidans dolini (solution-sübsidans) (Çelik ve Afşin, 1998) ve örtü çökme dolini (cover-collapse doline) (Doğan ve Çiçek, 2002) gibi tanımlamalar kullanılmıştır. Doğan’ın (2003) bir çalışmasında yabancı karst literatürüne atfen dolinler genel olarak 4 gruba ayrılmış ve çökme dolinleri de kendi içerisinde üç grupta ele alınmıştır.

Karstla ilgili ulaşabildiğimiz uluslar arası temel kaynaklarda ise en az 1970’li yıllardan buyana dolinler 4, 5 veya 6 tipte incelenmiştir (Jennings, 1971; Sweeting, 1973; Bögli, 1980; White, 1988; Ford ve Williams 1989, Waltham, 1989; Lowe ve Waltham, 2002; Waltham ve Fookes, 2003).

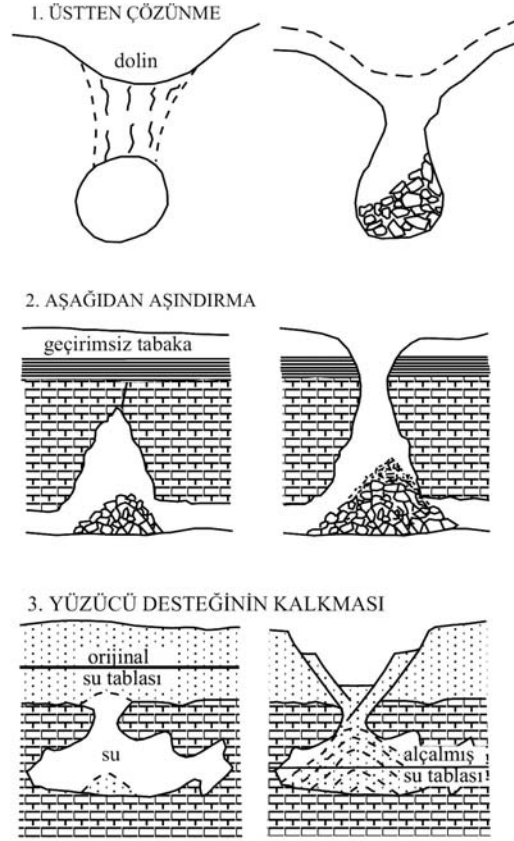
Jennings (1971) dolinleri, çözünme dolini, çökme dolini, örtü kayası çökme dolini (subjacent karst collapse doline), sübsidans dolini ve alüvyal dolin olmak üzere 5 tipte ele almıştır. Sweeting (1973) dolinleri Williams (1969)’dan alıntı yaparak, çözünme dolini, alüvyal dolin, çökme dolini ve çözünme-sübsidans dolini (örtü kayası çökme dolini anlamında) dört gruba ayırmıştır. Çökme dolinini ise mağara tavanı çökme dolini ve örtü çökme dolini olarak kendi içerisinde iki kısımda değerlendirmiştir. Bögli (1981) de Sweeting’e benzer şekilde dolinleri, çözünme dolini, alüvyal dolin, sübsidans dolini ve çökme dolini olmak üzere 4 başlık altında toplamıştır. White (1988) ise çözünme, çökme, sübsidans, örtü çökme ve örtü sübsidans olmak üzere 5 tip belirlemiştir. Ford ve Williams (1989) dolinleri, çözünme, çökme, alüvyal (örtü sübsidans) ve sübsidans dolini olmak üzere 4 grup altında incelemiş (Şekil-1), çökme dolinlerini çözünme dolinin altındaki mağara tavanının çökmesiyle oluşan çökme dolini, geçirimsiz tabaka altındaki kireçtaşında meydana gelen çözünme ile oluşan çökme dolini (örtü kayası çökme dolini) ve karstik boşluk üzerindeki alüvyal örtüde yüzücü desteğinin ortadan kalkması (su tablasının alçalması) sonucunda oluşan çökme dolini olmak üzere 3 gruba

ayırıştır (Şekil-2). Waltham (1989) dolinleri, çözünme, mağara çökme, sübsidans ve örtülmüş dolin olarak 4 ana başlıkta incelemiştir.



Şekil-1: Ford ve Williams'a (1989) göre dolin tipleri

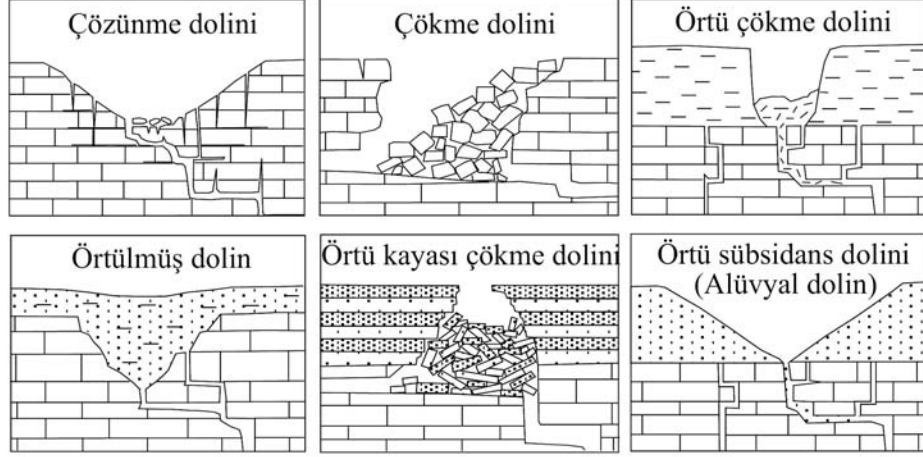
Son olarak Lowe ve Waltham (2002) ve Waltham ve Fookes (2003) dolinleri, çözünme dolini, çökme dolini, örtü kayası çökme dolini, örtü çökme dolini, alüvyal dolin (örtü sübsidans dolini) ve örtülmüş dolin olmak üzere 6 gruba ayırmışlar (Şekil-3), örtü çökme ve alüvyal dolinin aynı zamanda birer sübsidans dolini tipi olduklarını ifade etmişlerdir.



Şekil-2: Ford ve Williams'a (1989) göre çökme dolini tipleri

Yapılan bu değerlendirmeler ışığında, Ford ve Williams (1989) veya Lowe ve Waltham (2002), Waltham ve Fookes (2003) tarafından yapılmış olan en son ve en kapsamlı dolin sınıflamalarının Türkiye'deki karst jeomorfolojisi çalışmalarına önemli bir katkı sağlayacağı söylenebilir. Bu iki sınıflama arasında çok küçük farklar bulunmaktadır. Ford ve Williams'ın (1989) sınıflamasında örtülmüş dolin bulunmazken, onların sınıflamasında yer alan sübsidans dolini Lowe ve Waltham (2002) veya Waltham ve Fookes'in (2003) dolin sınıflamasında örtü çökme dolini ve alüvyal dolin (örtü sübsidans dolini) ile karşılık bulmuştur. Bununla birlikte Ford ve Williams'ın (1989) sübsidans dolini tipi diğer sınıflamalardan biraz farklı olarak interstratal (tabakarası)

karst alanında, tabanda yer alan karstik kayaçtaki çözünmeye bağlı olarak yüzeydeki elastik özellikteki formasyonda meydana gelen tedrici oturmayı yada aşağıya doğru bükülmeyi ifade etmektedir.



Şekil-3. Lowe ve Waltham'a (2002) ve Waltham ve Fookes'e (2003) göre dolin tipleri

Dünya karst literatüründeki en son araştırmalarda yer alan dolin sınıflamasını Türkiye karst literatürüne kazandırmaya çalıştığımız bu makalede, birbirinin aynı olan Lowe ve Waltham (2002) ve Waltham ve Fookes'in (2003) dolin sınıflaması benimsenmiş, ancak Ford ve Williams'ın (1989) bu araştırmacılarından biraz farklı yorumladığı sübsidans dolini de örtü sübsidans dolini içerisinde değerlendirilmiştir.

Bu makalede ele alınan yeni dolin sınıflamasının çeşitli eğitim kademelerinde okutulan, konuyla ilgili ders kitaplarının güncelleştirilmesine katkıda bulunacağını ve Türkiye'deki karst ve uygulamalı jeomorfoloji çalışmalarına yeni bir açılım getireceğini düşünmekteyiz.

## 2. Dolin Sınıflaması

### 2.1. Çözünme Dolini (Dissolution Doline, Solution Doline)

Çözünme dolini karstik arazilerde en yaygın olarak bulunan ve tanımlanması en kolay olan dolinlerdir. Çözünme dolinleri, karstik kayaç yüzeyinin kimyasal yolla çözünmesi sonucunda oluşan, birkaç metre derinlik ve genişlikten onlarca metre derinliğe ve yüzlerce metre genişliğe sahip olabilen, dairesel veya eliptik, kapalı doğal çukurluklardır (Şekil-3) (Erinç, 1971, 2001; Jennings, 1971; Sweeting, 1973; Bögli, 1980; White, 1988; Ford ve Williams, 1989; Lowe ve Waltham, 2002; Waltham ve Fookes, 2003). Çözünme dolini oluşumuna tabanda meydana gelen bazı küçük ölçekli çökmeler eşlik edebilir ancak bu önemli sayılabilecek boyutta değildir (Waltham ve Fookes, 2003) Bu dolinlerin görünüşü çay tabağı, fincan ya da huni şekilli olabilir. Genellikle dik yamaçlara sahip değildirler (Şekil-4).



Şekil-4: Hafik (Sivas) jips karstındaki çözünme dolinleri (poligonal karst)

Çözünme dolinleri, karstik arazilerde yağış ve kar sularının yeraltına indiği, karstik çözünme açısından zayıf direnç alanları hâlinde olan, yarık, çatlak, fay ve tabaka eklem

yerleri (ikincil porozite alanları) çevresinin korrozyonla boşaltılması sonucunda oluşur. Karstik kayaçtaki ikincil porozite alanlarının çevresinde karstlaşmanın ilerlemesiyle birlikte dairesel kapalı çukurluklar oluşmaya başlar ve daha sonra yüzey suları bu çukurlukların merkezine odaklanır. Böylece çözünme dolinleri şekillenmeye devam eder (daha fazla bilgi için bk. Erinç, 1971; 2001; Sweeting, 1973; Ford ve Williams, 1989). Çözünme dolinlerinin sık olarak bulunduğu alanlar dolin karstı olarak tanımlanabilir. Eğer karstik alandaki dolinler birbirinden alçak sırtlarla ayrılan ve birim alanda sayısı oldukça fazla olan sığ çukurluklar halinde olursa bu tip dolin karstına “poligonal karst” adı verilir (Waltham, 2002).

Çözünme dolinlerinin drenajı, dolin tabanındaki yarık ve çatlaklar ya da düdenler aracılığıyla sağlanır. Dolinin tabanında, kireçtaşının çözünmesinden arta kalan veya jips içerisindeki çözünmeyen sedimentlerin oluşturduğu kil içeriği yüksek olan topraklar yer alır (Şekil-4). Akdeniz ülkelerinde kireçtaşının çözünmesi sonucunda oluşan kırmızı renkli bu topraklara terra rossa adı verilir (Erinç, 2001). Bazı büyük dolinlerin tabanı tarım alanı olarak değerlendirilir (Şekil-4).

## 2.2. Çökme Dolini (Collapse Doline)

Çökme dolinleri karstik yer altı boşlukları ya da mağara tavanlarının üzerindeki yükü taşıyamayacak duruma gelmesi ve tavanın çatlaklar boyunca aniden çökmesi sonucunda oluşan, dairevî görünüşlü ya da huni şekilli, dik yamaçlara sahip ve bazen içlerinde göller bulunan, derin doğal çukurluklardır (Şekil-3; 5) (Pekcan, 1995; Karacan ve Yılmaz, 1997; Erinç, 2001; Lowe ve Waltham, 2002). Bu dolinler mağara tavanı çökme dolini (cavern collapse doline) olarak da isimlendirilmektedir (Waltham, 1989). Genç olan çökme dolinlerinin içerisinde mağara tavanına ait olan malzeme bir enkaz yığını hâlinde görülebilir (Doğan ve Nazik, 2003). Karstik arazilerde yer altı drenajını sağlayan mağaralar üzerinde bazen art arda sıralanmış çökme dolinleri görülebilir. Ülkemizde en iyi bilinen çökme dolinleri Cennet ve Cehennem obruklarıdır (Atalay, 1987) ve Toros Karst Kuşağı’ndaki pek çok obruk da bu tip bir çökme dolinidir. Obruk Plâtosunda çökme mekanizmasıyla oluşmuş çok sayıda dolinin ya da obruğun yer aldığı bilinmektedir (Erinç, 1960; 1971; 2001; Biricik, 1985; Atalay, 1987; Erol, 1990; Canik



ve Arıgün, 2001). Ancak, Obruk Plâtosu'ndaki pek çok obruğun oluştuğu formasyonun üst kesimlerine doğru görülen marn, kireçtaşı ve kil ardalanması (Canik ve Arıgün, 2001) nedeniyle bu şekillerin bir kısmının veya tamamının çökme dolini mi yoksa örtü kayası çökme dolini mi oldukları ayrı bir araştırma konusudur.

Bu tip dolinlerin oluşmasında karstlaşmanın ileri bir aşamada olmasının yanında karst taban seviyesi değişikliklerinin de önemli bir payı vardır. Jips karstının kireçtaşına göre 10-30 kez daha hızlı olması nedeniyle (Bögli, 1980), jips karstında çökme dolinlerinin oluşum süreci kireçtaşı arazilerindekine göre daha hızlıdır. Kireçtaşındaki çözünme 100 yılda milimetreler ile ifade edilirken bu değer jipste 1 metreyi bulmaktadır (Waltham ve Fookes, 2003). Sivas jips karstı alanında yer alan çok sayıdaki çökme dolini bunun bir kanıtıdır (Şekil-5). Dolayısıyla jips alanları dışındaki karstik alanlarda oluşan çökme dolinleri mekanizmanın yavaş işlemesi nedeniyle örtü çökme dolinlerine veya sübsidans dolinlerine göre daha az tehlikelidir. Saf kireçtaşı dayanıklı ve sert olduğundan büyük çaptaki bir mağaranın çökmesi nadir olarak gerçekleşir (Waltham ve Fookes, 2003). Bu nedenle kireçtaşı arazilerinde sık rastlanmayan bu tip dolinlerin çoğu fosil veya eskidir ve genel olarak olgun ya da yaşlı karst alanlarında görülürler (Waltham, 2002).



Şekil-5: *Hafik (Sivas) jips karstındaki Kızılçam çökme dolini*

### 2.3. Örtü Kayası Çökme Dolini (Caprock Doline, Subjacent Karst Collapse Doline)

Örtü kayası çökme dolinleri, temeli oluşturan kireçtaşındaki veya diğer karstlaşabilir formasyonlardaki bir karstik boşluğun ya da mağaranın üzerinde bulunan karstik olmayan (insoluble) tabakanın çökmesi sonucunda oluşur (Şekil-3) (Jennings, 1971; Ford ve Williams, 1989; Lowe ve Waltham, 2002; Waltham ve Fookes, 2003). Bu dolinler üzerinde örtü kayasının bulunması dışında oluşum mekanizması olarak çökme dolinlerine (mağara çökme dolinlerine) benzer. Örtü kayası çökme dolinleri genellikle interstratal karst ya da paleokarst arazilerinde meydana gelir.

Obruk Platosu'ndaki pek çok obruk, Mucur Obruğu ve Dipsizgöl Kapalı Havzasındaki ofiolitik melanj içerisinde yer alan ve tabandaki kireçtaşındaki meydana gelen çözünmeye bağlı olarak oluşan Dipsizgöl ve diğer dolinler (Doğan, 2003) örtü kayası çökme dolinleridir. Ayrıca Bismil-Batman arasında, Dicle nehrinin kuzeyindeki interstratal karst alanında, konglomera, marn, kil, kumtaşıdan oluşan Üst Miosen-Pliosen formasyonu içerisinde yer alan dolinler örtü kayası çökme dolinin en güzel örneklerini oluşturur (Şekil-6). Bu dolinler örtü formasyonunun altında yer alan jips ve kireçtaşındaki çözünmeye bağlı olarak oluşmuşlardır.



Şekil-6: Bismil (Diyarbakır) doğusunda Keşki Gölü örtü kayası çökme dolini

#### **2.4. Örtü Çökme Dolini (Cover-Collapse Doline, Dropout Doline, Subsidence Doline)**

Örtü çökme dolini karstlaşabilir formasyon üzerinde yer alan alüvyon, kolüvyal kil veya gevşek olan diğer kalın toprak örtülerinde meydana gelen büyük boşlukların (soil voids) tavanının çökmesi ile oluşur (Şekil-3; 7) (White, 1988; Ford and Williams, 1989; Waltham, 1989; Benito ve diğ., 1998; 2000; Buttrick ve van Schalkwyk; Elorzo ve Santolalla, 1998; Nichol, 1998; Kaufmann ve Quinif, 1999; Arkin ve Gillat, 2000; Cooley, 2002; Doğan ve Çiçek, 2002; Waltham ve Fookes, 2003). Örtü çökme dolinini meydana getiren yer altı boşluk gelişimi, tabandaki kireçtaşı içerisindeki çatlak veya karstik kanal üzerinde, kireçtaşı ile örtü formasyonu (alüvyon) sınırında başlar. Örtü formasyonunda yeraltına inen sular tarafından alüvyal malzeme yıkanarak anakayadaki karstik kanallar aracılığıyla taşınmaya devam eder ve böylece örtü içi boşluk sürekli olarak büyür. Bir başka ifade ile; örtü çökme dolinleri genel olarak kayaçlardaki dar fissürler üzerinde gelişir ve zaman geçtikçe yüzeyin çökmesinden önce toprak bu fissürler aracılığıyla nakledilir. Dolinlerin oluşumunda görülen periyodik çökmeler, toprağın akması, kayması veya yüzeydeki hızlı çökmeler, daha yavaş gerçekleşen yeraltı süreçlerinin yalnızca bir sonucudur (Waltham, 1989; Doğan ve Çiçek, 2002; Waltham ve Fookes, 2003).

Toprağın kohezyonu, toprak içerisindeki boşlukların olgunluğunu belirlediğinden dolayı, oluşacak çökmelerin büyüklüğünü ve hızını da etkiler. Killi kohesif bir toprak içerisindeki sediment yıkanması olayı, artan oranlarda yukarı doğru yer değiştiren ve sonunda ani bir örtü çökme dolinine dönüşen boşluklar oluşturur (Şekil 8). Örtü çökme dolini oluşumunun ana kayadaki (kireçtaşı, jips vb.) karstik boşlukların genişlemesiyle bütünüyle ilişkisiz olması oldukça dikkat çekicidir. Kireçtaşıdaki çözünme oranı, toprak örtüsündeki yıkanma hızına göre oldukça azdır. Bu yüzden yüzeyin çökmesi yalnızca bir toprak hareketidir. Bazı dolinler altında mağaralar bulunabilir fakat bunların sadece enkazın yutulmasında rolü vardır. Örtü çökme dolinleri genel olarak toprak derinliğinin arttığı yerlerde sık gerçekleşmez; ancak, drenaj ve geçirimsizlik oranları bu durumu değiştirebilir (Waltham, 1989).



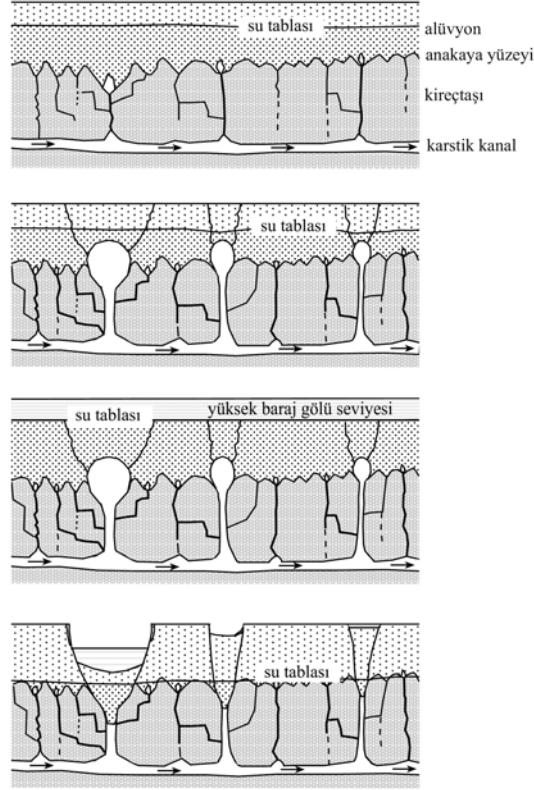
Şekil-7: May Barajı (Konya) rezervuar alanındaki alüvyal örtüde oluşmuş örtü çökme dolini

Bazı dolinler örtülü kireçtaşındaki büyük çatlakları takip ederek çizgisel olarak gelişirler (May Barajı rezervuar alanında oluşan dolinlerde olduğu gibi), fakat bu hatlar nadir olarak tanımlanabilir (Waltham, 1989, Doğan ve Çiçek, 2002). Dolin oluşumu ve dağılımını çok daha dikkat çekici bir şekilde kontrol eden faktör, formasyon sınırlarıdır. Örtülü kireçtaşı zemini üzerinde drene edilen toprak suyu, 30 metreden fazla derinlikte bile örtü zemini üzerinde uzanan dolin formasyonunu harekete geçirebilir. Bu tip dolinler yükseltinin fazla olmadığı arazilerde ve kuru vadi tabanlarında daha çok; su tablasının yüksek ve düz uzandığı taban seviyelerinde ise daha az görülür (Waltham, 1989).

Toprak örtü içindeki bu boşlukların büyümesinde yeraltı suyu tablasında meydana gelen alçalıp yükselmeler önemli bir paya sahiptir (Şekil-8) (Prokopovich, 1985; White, 1988; Ford and Williams, 1989; Waltham, 1989, White and White, 1996; Nichol, 1998; Tharp, 1999; Taqieddin ve diğ., 2000; Cooley, 2002; Lolcama ve diğ., 2002; Doğan ve Çiçek, 2002; Yang ve Drumm, 2002; Salvati ve Sasowsky, 2002, Waltham ve Fookes, 2003).

Su tablasındaki seviye oynamaları (eğimlenme-dalgalanma-alçalma), esas olarak topraktaki yıkanmanın artmasını sağlayarak dolin oluşumunu tetikler (Şekil-8). Drenaj hızındaki bir artma, özellikle türbülans akışının meydana geldiği yerlerde, toprak içerisindeki kanalcıklarda gerçekleşen sediment taşınma sürecine ivme kazandırır. Toprak suyu akışı devam ederken, su tablasındaki bir seviye oynamasının kurak bir döneme oranla dolin oluşumuna yol açması daha muhtemeldir. Su tablasındaki seviye değişimleri ise, killi formasyonun dönemsel olarak suya doyması ve daha sonra kurummasıyla erozyonu teşvik edici bir rol oynar. Bu da toprak içi boşlukların gelişiminde önemli bir etkidir (White, 1988; Waltham, 1989). Su tablasının alçalmasıyla sedimentler üzerindeki kaldırma kuvvetinin (buoyancy support) ortadan kalkması, killi bir toprak altında, boşluklardaki çökmeyi veya vakumlamayı meydana getirebilir (Ford ve Willams, 1989; Waltham, 1989). Yeraltı su seviyesinin düşmesinin dolin oluşumunu etkilememesinin tek yolu su tablasının tekrar yükselmesine izin vermektir, ancak bunun başarılması yeraltı su kaynaklarının aşırı kullanım sonucu bölgesel bir değişim gösterdiği alanlarda kolay değildir (Waltham, 1989). Bunun yanında May Barajı rezervuar alanında olduğu gibi bazen su tablasının yükselmesi ve dolayısıyla rezervuardaki suyun yükselmesi örtü içerisindeki boşlukların üzerine yük bindirebilir ve baraj alanlarında rezervuar seviyesinin yükselmesi örtü dolini oluşumunu tetikleyebilir (Şekil-8) (Uromeihy, 2000; Doğan ve Çiçek, 2002).

Türkiye’de örtü çökme dolinleri ile ilgili araştırma sayısı yok denecek kadar azdır (Çelik ve Afşin, 1998; Doğan ve Çiçek, 2002). May barajı rezervuar alanında (Konya) oluşan üç tane çökme dolininin (Şekil 7; 8) uzun süre yöre halkı, televizyon ve gazeteler tarafından göktaş düşmesi olarak yorumlanmasında bu eksikliğin de bir payı olsa gerektir. Bu tip dolinlere araştırmalarımız esnasında Sivas jips karstı alanında da rastlanılmıştır.



Şekil-8. May Barajı (Konya) rezervuar alanındaki örtü çökme dolinlerinin şematik gelişim aşamaları (Doğan ve Çiçek, 2002)

### 2.5. Alüvyal Dolin veya Örtü Sübsidans Dolini (Suffosion Doline, Alluvial Doline, Subsidence Doline, Shakehole)

Bu dolinler de örtü çökme dolini gibi karstik kayalar üzerindeki örtü tabakasında meydana gelen yağışlarla sediment taşınmasına bağlı olarak oluşur (Şekil-3). Bu dolinin oluşabilmesi için örtü formasyonunun kohesif olmayan dağınık materyalden meydana gelmiş olması gerekir. Bu tip dolin oluşumunda büyük toprak içi boşlukları genelde görülmez. Alüvyal dolinler kireçtaşıdaki fissür ya da düdenlerin etrafındaki dağınık örtü malzemesinin sular tarafından kireçtaşıdaki karstik kanal aracılığıyla taşınması sonucunda oluşur (Jennings, 1971; Sweeting, 1973; Bögli, 1980; White, 1988; Ford ve Williams, 1989, Benito ve diğ., 1998; 2000; Elorzo ve Santolalla, 1998; Lowe ve

Waltham, 2002; Waltham ve Fookes, 2003). Oluşum sürecinde küçük çökmeler de etkili olur. Bir örtü sübsidansı dolinin granüler malzeme içerisinde gelişimi yılları bulabilir (Waltham ve Fookes, 2003).

Bu tip dolinler alüvyal tabana sahip kuru vadilerde ve Sarioot Polyesi (Bozkır) tabanında olduğu gibi polye tabanlarındaki düdenler etrafında bulunabilir (Şekil-9). Türkiye karst literatüründe bu tip dolinler bazen toprak düdeni veya toprak dolini olarak isimlendirilmişlerdir (Güldalı, 1970). Örtü sübsidansı dolini gelişimi bina ve yol gibi yapılar üzerinde doğal tehlike oluşturur.



Şekil-9: Sarioot Polyesi tabanındaki alüvyal dolin

Karstik kayaç üzerindeki örtünün elastikiyet özelliği fazla olan kil, marn gibi formasyondan oluştuğu interstratal karst alanlarında ise örtü formasyonun çökme olmadan alttaki karstik kayaç içerisindeki boşluklara doğru yavaş yavaş hareket etmesi veya örtü formasyonundaki tedrici oturmalar sonucunda da yüzeyde sübsidans dolinleri oluşabilir. Bu tip sübsidans dolini oluşumunda çökme izleri görülmez (Ford ve Williams, 1989). Çankırı doğusunda interstratal jips karstı alanında bu tip dolinler

görülmektedir (Doğan, 2002). Bu oluşumlar da çeşitli yapılara ve yerleşim alanlarına zarar verebilir.

### **2.6. Örtülmüş Dolin (Burried Doline, Filled Doline)**

Bu dolin aslında bir oluşum mekanizmasından çok, karstik gelişimin evresi içerisinde meydana gelen olaylar ya da paleocoğrafya hakkında bilgi verir. Bu dolin tipi daha önceden oluşmuş çözünme veya çökme dolinlerinin toprak, alüvyon veya moren gibi gevşek malzemelerle dolması sonucunda oluşur (Şekil-3) (Waltham, 1989; Lowe ve Waltham, 2002; Waltham ve Fookes, 2003). Bazen örtülmüş dolinler üzerinde sığ çukurluklar olabilir. Bu durum dolinin içerisini dolduran toprak deposunun kompakt bir hale gelmesi nedeniyle oluşabilir veya derinlerdeki toprağın dolin tabanındaki karstik boşluklar aracılığıyla uzaklaştırıldığı yerlerde görülür.

Örtülü zemin rölyefinin (rockhead) ekstrem bir formunu oluşturan alüvyal dolinler zemin dengesinin bozulmasına yol açabilir. Bu tip dolinlerin tabanında toprak veya breşle dolu karstik kanalcıklar olabilir, ancak bunlar fazla etkin değildirler (Waltham ve Fookes, 2003). Su tablasındaki alçalımlar örtülü dolinler içerisinde yükün tedrici oturmasına ve yüzeyde sığ çukurlukların oluşmasına yol açabilir. Türkiye’de Obruk Platosu’nda yöre halkı tarafından “yerobruğu” olarak isimlendirilen kısmen veya tamamen örtülmüş obrukların varlığı bilinmektedir (Erol, 1990).

### **3. Sonuç**

Karst jeomorfolojisinde önemli bir yere sahip olan dolinler karstik gelişim sürecini en iyi yansıtan şekillerden biridir. Bu nedenle oluşum mekanizmalarına göre dolin sınıflamasının doğru olarak yapılması karst jeomorfolojisi çalışmaları için büyük bir önem taşımaktadır. Bunun yanında, çökme mekanizması ve sübidans sonucunda oluşan bazı dolinler can güvenliği ve çeşitli yapılar açısından doğal tehlike oluşturmaktadır. Bu nedenle dolin tiplerini belirlemek ve oluşum süreçlerini ortaya koymak jeomorfolojik açıdan önemli olduğu kadar bölgesel planlama, yerleşme, hidrojeoloji mühendisliği,



inşaat mühendisliği ve çevre yönetimi gibi disiplinler açısından da önemlidir. Türkiye karst literatüründe son yıllardaki bazı çalışmalar dışında, dolinler erime (çözünme) ve çökme dolini olmak üzere iki kısma ayrılmış, hangi tip dolin olduklarına bakılmaksızın obruklar da genellikle bunlardan ayrı değerlendirilmiştir. Uluslar arası karst literatüründe ise dolinler 1970’li yıllardan itibaren 4, 5 veya 6 tipe ayrılmıştır. Dünya karst literatüründeki en son araştırmalarda dolinler oluşum mekanizmasına göre, çözünme dolini, örtülmüş dolin, çökme dolini, örtü kayası çökme dolini, örtü çökme dolini, alüvyal dolin (örtü sübidans dolini) olmak üzere altı gruba ayrılmaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışmada yapılan yeni dolin sınıflaması, Türkiye’deki karst ve uygulamalı jeomorfoloji çalışmalarına yeni bir açılım getirmenin yanında, çeşitli eğitim kademelerindeki konuyla ilgili ders kitaplarının güncelleştirilmesine de katkıda bulunacaktır.

### Kaynaklar

- Ardos, M., Pekcan, N. (1994). *Jeomorfoloji Sözlüğü*. İstanbul: Edebiyat Fakültesi Basımevi.
- Arkin, Y., Gillat, A. (2000). Dead Sea sinkholes-an ever-developing hazard. *Environmental Geology* 39 (7), 711-722.
- Atalay, İ. (1987). *Türkiye Jeomorfolojisine Giriş*. İzmir: Ege Üniv. Ed. Fak. Yay. No: 9.
- Benito, G., Perez-Gonzalez A., Gutierrez, F., Machado, M.J. (1998). River response to Quaternary subsidence due to evaporite solution (Gallego River, Ebro Basin, Spain). *Geomorphology* 22, 243-263.
- Benito, G., Gutierrez, F., Perez-Gonzalez, A., Machado, M.J. (2000). Geomorphological and sedimentological features in Quaternary fluvial systems affected by solution-induced subsidence (Ebro Basin, NE-Spain). *Geomorphology* 33(3-4), 209-224.
- Biricik, A. S. (1985). *Obruk Platosu ve Çevresinin Jeomorfolojisi*. İstanbul: İst. Üniv. Doçentlik Tezi.
- Bögli, A. (1980). *Karst Hydrology and Physical Speleology*. Berlin: Springer Verlag.
- Buttrick, D. van Schalkwyk, A. (1998). Hazard and risk assessment for sinkhole formation on dolomite land in South Africa. *Environmental Geology* 36 (1-2), 170-178.

- Canik, B., Arğün, Z. (2001). *Karapınar-Kızören (Konya) Dolayındaki Obrukların Oluşumu ve Karapınar Volkanizmasının Bu Olaya Etkisi. Konya Karapınar Belediyesi, Karapınar Sempozyumu Kitabı*, s.295-303, Konya
- Cooke, R.U., Doornkamp, J.C. (1990). *Geomorphology in Environmental Management*. Oxford: Clarendon Press,.
- Cooley, T. (2002). Geological and geotechnical context of cover collapse and subsidence in mid-continent US clay-mantled karst. *Environmental Geology* DOI 10.1007/s00254-001-0507-6, 1-10.
- Cooper, A.H., Saunders J.M. (1999). Road and bridge construction across gypsum karst in England. *Engineering Geology* 52(1-2), 93-103.
- Cooper, A.H., Waltham, A.C. (1999). Subsidence caused by gypsum dissolution at Ripon, North Yorkshire. *Quarterly Journal of Engineering Geology* 32, 305-310.
- Çelik, M., Afşin, M. (1998). The role of hydrogeology in solution-subsidence development and its environmental impacts; a case-study for Sazlıca (Niğde, Turkey). *Environmental Geology*, 36 (3-4), 335-342.
- Doğan, U. (2001). Mucur Obruğu'nun Jeomorfolojisi ve Turizme Kazandırılması. Ank. Üniv. *Türkiye Coğ. Araş. ve Uyg. Mer. Der.* 8, 89-107.
- Doğan, U. (2002). Çankırı Doğusunda Jips Karstlaşmasıyla Oluşan Sübsidans Dolinleri. *G.Ü. Gazi Eğt. Fak. Der.* 22 (1), 67-82.
- Doğan, U., Çiçek, İ. (2002). Occurrence of cover-collapse sinkholes (cover-collapse dolines) in the May Dam reservoir area (Konya, Turkey). *Cave and Karst Science* 29 (3), 111-116.
- Doğan, U. (2003). Dipsiz Göl Kapalı Havzası'ndaki Çökme ve Sübsidans Dolinleri. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13 (2), 1-21.
- Doğan, U., Nazik, L. (2003). Çamlık Caves System (Konya, Turkey). *Cave and Karst Science* 30 (1), 9-14.
- Elorzo, M.G., Santolalla F.G. (1998). Geomorphology of the Tertiary gypsum formations in the Ebro Depression (Spain). *Geoderma* 87, 1-29.
- Erinç, S. (1960). Konya Bölümünde ve İç Toros Sıralarında Karst Şekilleri Üzerinde Müşahedeler. *Türk Coğrafya Dergisi* 20, 83-106.
- Erinç, S. (1971). *Jeomorfoloji II (Genişletilmiş II. Baskı)*. İstanbul: İst. Üniv. Coğ. Enst. Yay. No: 23,.
- Erinç, S. (2001). *Jeomorfoloji II (Güncelleştirilmiş 3. Basım)*. İstanbul: Der Yayınları: 294.

- Erol, O. (1990). Konya-Karapınar Kuzeydoğusundaki Obrukların Jeomorfolojik Gelişimi ile Konya ve Tuzgözü Pleyistosen Plüvyal Gölleri Arasındaki İlişkiler. *İst Üniv. Deniz Bil. ve Coğ. Enst. Bült.* 7, 5-49.
- Ford, D. C., Williams P. W. (1989). *Karst Geomorphology and Hydrology*. London: Unwin Hyman.
- Gongyu, L., Wanfang, Z. (1999). Sinkholes in karstic mining areas in china and some methods of prevention. *Engineering Geology* 52, 45-50.
- Göçmez, G., Eren, Y., Aydın, Y., Söğüt, A.R. (2001). *Karapınar Çevresinde Yeni Oluşan Obruk. Konya Karapınar Belediyesi, Karapınar Sempozyumu Kitabı*, s.305-316, Konya
- Güldalı, N. (1970). *Karstmorphologische Studien im Gebiet des Poljesystems von Kestel (Westlicher Taurus, Türkei)*. Tübinger Geographische Studien, Heft 40, Tübingen.
- Güney, E. (1994). *Jeoloji Jeomorfoloji Terimleri Sözlüğü*. Diyarbakır: Dicle Üniv. Eğitim Fakültesi Yay No:6.
- Hoşgören, Y. (2000). *Jeomorfoloji'nin Ana Çizgileri II*. İstanbul: Çantay Kitabevi,.
- Hu, R.L., Yeung, M.R., Lee, C.F., Wang, S.J., Xiang, J.X. (2001). Regional risk assessment of karst collapse in Tangshan, China. *Environmental Geology* 40, 1377-1389.
- İzbirak, R. (1979). *Analitik ve Umumi Jeomorfoloji (3. Baskı)*. Ankara: Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Basımevi.
- İzbirak, R. (1986). *Coğrafya Terimleri Sözlüğü*. İstanbul: Millî Eğitim Basımevi,
- Jennings, J.N. (1971). *Karst*. Cambridge: The M.I.T. Press,.
- Kannan, R.C. (1999). Designing foundations around sinkholes. *Engineering Geology* 52, 75-82.
- Karacan, E., Yılmaz, I. (1997). Collapse dolines in miocene gypsum: an example from SW Sivas (Turkey). *Environmental Geology* 29, 263-266.
- Kaufmann, O., Quinif, Y. (1999). Cover-collapse sinkholes in the "Tournaisis" area southern Belgium. *Engineering Geology* 52, 15-22.
- Lamont-Black, J., Younger, P.L., Forth, R.A., Cooper, A.H., Bonniface, J.P. (2002). A decision-logic framework for investigating subsidence problems potentially attributable to gypsum karstification. *Engineering Geology* 65 (2-3), 205-215.
- Lolcama, J, L., Cohen, H.A., Tonkin M.J. (2002). Deep karst conduits, flooding, and sinkholes: lessons for the aggregates industry. *Engineering Geology* 65 (2-3), 151-157.

- Lowe, D., Waltham, T. (2002). *Dictionary of Karst and Caves*. Lancaster: BCRA Cave Studies Series 10.
- Nichol, D. (1998). Sinkholes at Glan Llyn on the A55 North Wales Coast Road, UK. *Engineering Geology* 50, 101-109.
- Pekcan, N. (1995). *Karst Jeomorfolojisi*. İstanbul: Filiz Kitabevi.
- Paukstys, B., Cooper, A.H., Arustiene, J. (1999). Planning for gypsum geohazards in Lithuania and England. *Engineering Geology* 52, 93-103.
- Prokopovich, N.P. (1985). Development of karst sinkholes and fluctuation of aquifer levels. *Karst Water Resources IAHS Publ.* 161, 387-397.
- Salvati, R., Sasowsky, I.D. (2002). Development of collapse sinkholes in areas of groundwater discharge. *Journal of Hydrology*, 264, 1-11.
- Sanır, F. (2000). *Coğrafya Terimleri Sözlüğü*. Ankara: Gazi Kitapevi.
- Sayhan, H. (1999). Mucur Obruğu (Kırşehir). *Türk Coğrafya Dergisi* 34, 111-121.
- Sür, A. (1994). Karstik Yerçekilleri ve Türkiye’de Örnekleri. Ank. Üniv. *Türkiye Coğ. Araş. ve Uyg. Mer. Der.* 3, 1-28.
- Sweeting, M.M. (1973). *Karst Landforms*. New York: Columbia University Press.
- Tharp, T. M., (1999). Mechanics of upward propagation of cover-collapse sinkholes. *Engineering Geology* 52, 23-33.
- Taqieddin, S.A., Abderahman, N.S., Atallah, M. (2000). Sinkhole hazard along eastern Dead Sea shoreline area, Jordan: a geological and geotechnical consideration. *Environmental Geology* 39 (11), 1237-1253.
- Thomas, B., Roth, M.J.S. (1999). Evaluation of site characterization methods for sinkholes in Pennsylvania and New Jersey. *Engineering Geology* 52, 147-152.
- Uromeihy, A. (2000). The Lar Dam; an example of intrastructural development in a geologically active karstic region. *Journal of Asian Earth Science*, 18, 25-31.
- Waltham, A.C. (1989). *Ground Subsidence*. Glasgow: Blackie & Son Ltd.,
- Waltham, T. (2002). Gypsum karst near Sivas, Turkey. *Cave and Karst Science* 29 (1), 39-44.
- Waltham, A.C., Fookes, P.G. (2003). Engineering classification of karst ground conditions. *Quarterly Journal of Engineering Geology* 36, 101-118.
- White, W. B. (1988). *Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains*. Oxford: Oxford University Press.

- White, W.B., White, E.L. (1996). Threshold for soil transport and the long term stability of sinkholes. *Int. Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 32(2), 51A.
- Williams, P. W. (1969). *The geomorphic effects of groundwater*. In Water, Earth, and Man, R. J. Chorly, Ed (Methuen, London), 269-284.
- Yang, M. Z., Drumm, E. C., (2002). Stability evaluation for the sitting of municipal landfills in karst. *Engineering Geology* 65 (2-3), 185-195.