

Çankırı Doğusunda Jips Karstlaşmasıyla Oluşan Sübsidans Dolinleri

Subsidence Dolines Formed by Gypsum Karstification at The East of Çankırı

Uğur DOĞAN

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

ÖZET

Çankırı şehri doğusunda, jips karstına bağlı olarak oluşan sübsidans dolinlerinin ele alındığı bu çalışmada; sübsidans dolinlerinin jeomorfolojik özellikleri, oluşum mekanizması ve süreci incelenmiştir. Bu alandaki sübsidans dolinlerinin bir kısmı dönemli akarsular tarafından açılmış, bir kısmı ise genellikle içerisinde göllerin bulunduğu kapalı dolinler hâlinededir. Jipsli seriler üzerindeki tedrici oturmalarla dolin oluşumuna yol açan sübsidans olayı, dolinlerin bulunduğu alanlarda yer altındaki jips çözünmesine bağlı olarak meydana gelmiştir. Buradaki sübsidans dolinleri büyük ölçüde fosil hâlinedir. Pleistosen'deki genel kaide seviyesi alçalmalarına bağlı olarak Acıçay'ın yatağını derinleştirmesi, yerel su tablasında alçalmalara yol açmıştır. Böylece, yer altındaki jips tabakalarından oluşan karstik boşlukların tavanları üzerindeki yer altı suyu yüzücü desteği kaybolmuş ve yukarıdaki malzemelerin boşluklara doğru harekete geçmesi sonucunda da sübsidans dolinleri oluşmuştur.

Anahtar Kelimeler: Karst, sübsidans dolini, jips, Çankırı

ABSTRACT

In this study, subsidence dolines formed in connection with gypsum karst at the east of city of Çankırı are dealt with, and their geomorphological properties, formation mechanism and process are examined. A part of subsidence dolines in this area in question are captured by streams, the others are closed dolines in which lakes are present in general. Where dolines are present, subsidence event which caused dolines to be formed on gypsum series are formed in connection with underground gypsum solution. Subsidence dolines which the site have are of fosil type. Acıçay's deepening its bed in connection with lowerings of base level in Pleistocene has given rise to withdrawal in local water table level. Thus, ground water buoyant support over underground void formed in underground gypsum layer has been lost, and subsidence dolines are formed after material over karstic voids have moved toward these voids.

Key Words: Karst, subsidence doline, gypsum, Çankırı

1. GİRİŞ

Yeryüzünde jips veya evaporit karstının görüldüğü alanlar, karbonatlı kayalar (kireçtaşı, dolomit vb.) üzerinde gelişen karstik alanlar kadar yaygın olmamakla birlikte, karstik gelişim süreci ve beşerî hayata olan etkisi açısından, önemli alanları oluşturmaktadır. Jips, su ile temas ettiğinde kireçtaşına oranla çok daha hızlı çözünebilir bir kayadır. Bu nedenle de jips karstına ait jeomorfolojik birimler kireçtaşı karstına ait şekillere göre daha hızlı gelişir ve daha hızlı bir şekilde tahrip olur.

Bu çalışmanın da konusunu oluşturan sübsidans dolinlerine, jips karstının görüldüğü yerlerde ve özellikle jipsin karstik olmayan formasyonlarla örtülü olduğu alanlarda sıkça rastlanmaktadır. Genel bir ifadeyle; bu dolinler tabandaki jips çözünmesine bağlı olarak yüzeyde meydana gelen tedrici oturmalar ile oluşur. Jips karstının geliştiği alanlarda sık rastlanan morfolojik şekillerden olan sübsidans ve çökme dolinleri, hem oluşum süreci ve mekanizması, hem de oluşması muhtemel sahalarda yerleşim alanları, yollar vb. yapılar ile insan güvenliğini tehdit etmeleri açısından araştırılması gereken yeryüzü şekillerindedir.

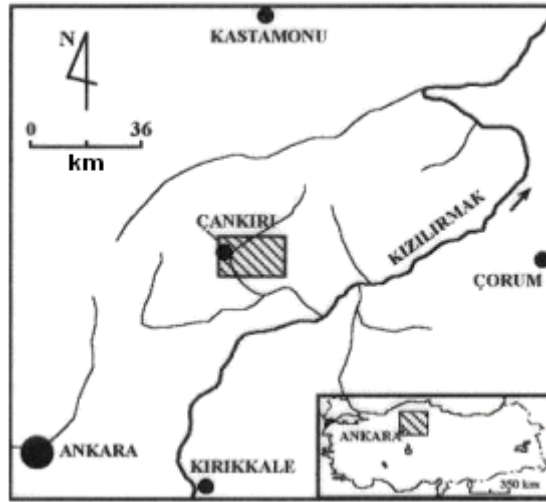
Pek çok ülkede jips karstı görülmektedir. İngiltere (Paukstys ve diğ., 1999; Cooper ve Saunders, 2002; Lamont-Black ve diğ., 2002), İspanya (Benito ve diğ., 1998; Elorza ve diğ., 1998; Calaforra, 1999), Litvanya (Paukstys ve diğ., 1999), Irak (Jassim ve diğ., 1997), Suudi Arabistan (Amin ve Bankher, 1997), İtalya (Belloni ve diğ., 1972), Almanya (Pfeiffer ve Hahn, 1972), Romanya (Bleahu, 1972), ABD (White, 1988) ve Türkiye (Alagöz, 1944; 1967; Garipağaoğlu, 1993; Karacan ve Yavuz, 1997) bunlardan sadece bir kısmını oluşturmaktadır. Adı geçen bu ülkelerin büyük bir kısmında çökme ve sübsidans olayları şehir ve kır yerleşmeleri, çeşitli yapılar ve insan güvenliği açısından doğal tehlike oluşturmaktadır. Bir başka ifadeyle; jipsli alanlar, potansiyel doğal tehlike alanlarıdır. Aynı zamanda, jips karstı alanlarındaki yüzey ve yer altı sularının büyük bir kısmı sülfatça zengin sulardır ve bu sular bazen o sahanın tek su kaynağıdır. Bu nedenle jipsli alanlar, oluşabilecek doğal tehlikeler ve su kaynakları açısından, ulusal ve yerel ölçekteki plânlamalarda dikkate alınmalıdır.

Ülkemizde jipsli formasyonların dağıldığı alanlar azımsanmayacak kadar fazladır. Buna paralel olarak jips karstı da oldukça yaygındır. Ülkemizde bugüne kadar jips karstına ilişkin yapılan çalışmalar, daha çok Sivas çevresine aittir (Alagöz, 1967; Garipağaoğlu, 1993; Karacan ve Yavuz, 1997). Çankırı çevresi ve jips karstının görüldüğü diğer kesimler ile ilgili doğrudan bir çalışma bulunmamaktadır.

Çankırı çevresi, Türkiye'de özellikle Oligo-Miosen jipsli serileri olarak bilinen formasyonların geniş ölçüde yer kapladığı sahalardan bir tanesini oluşturmaktadır. Çankırı çevresindeki jips karstına ait şekiller genel olarak dolinlerden ibarettir. Bu bölgenin çeşitli ölçekli topografya haritaları incelendiğinde, jipsli araziler üzerinde bazı

yerlerde hiç bulunmazken bazı yerlerde seyrek olarak dağılmış bir şekilde, çoğunlukla içlerinde geçici göllerin işaretlendiği, irili ufaklı dairesel çukurluklar (dolinler) dikkati çekmektedir. Bu alandaki jipsler, Tersiyer'in farklı dönemlerine ait olup, çamurtaşı, silttaşı vb. litolojilerden oluşan tabakalar ile ardalanmalı olarak bulunur (Erol, 1953). Bir başka anlatımla bu alandaki jipsler devamlı ve kalın serileri hâlinde bulunmamaktadır. Bu sebepten dolayı da Çankırı çevresindeki jipsli arazilerde bulunan karstik şekiller, Sivas çevresinde görülen jips karstındaki kadar tipik ve yoğun değildir.

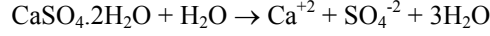
Jips karstına ait sübsidans dolinlerinin ele alındığı bu çalışma, Çankırı şehri ile şehrin doğusunda yer alan ve Tekel tarafından işletilen tuz işletmesi (tuz mağarası) arasındaki sahada gerçekleştirilmiştir. Batısında Çankırı şehrini içine alan çalışma alanı, şehrin yaklaşık 16,5 km doğusunda son bulur (Şekil 1). Bu çalışmada Çankırı doğusundaki jips karstına ait sübsidans dolinlerinin varlığı ve oluşum mekanizmasının ortaya konması amaçlanmıştır. Bunun yanında bu çalışma ile jips karstının görüldüğü alanlarda karşılaşılabilecek çökme ve sübsidans olayları gibi doğal tehlikelere, özellikle geleceğe yönelik plânlamalar açısından dikkat çekilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca bu çalışma Çankırı çevresindeki jips karstına ait veri eksikliğinin kısmen giderilmesi yönünde de karst literatürüne bir katkı sağlayacaktır.



Şekil 1. Çalışma alanının lokasyon haritası

Jipsin Çözünme Süreci ve Sübsidans Dolini Oluşumu

Çözünürlüğü yüksek bir mineral olan jips, su ile temas ettiğinde;



denkliğine göre hızlı bir şekilde çözünebilir (White, 1988; Ford ve Williams, 1989; Karacan ve Yavuz, 1997; Paukstys ve diğ., 1999; Cooper ve Saunders, 2002). Tatlı su sistemin üst tarafından enjekte olur ve jipse ya da tuza doymuş bir çözelti hâlinde hidrolik gradyan aşağısından yüzeye çıkar (White, 1988). Jipsin suda çözünebilirliği, sulu solüsyonun kimyasına, sıcaklığa ve basınca bağlıdır (Elorzo ve diğ., 1998). 25 °C'de ve 1 atmosfer basınç altında jipsin çözünürlüğü 2400 mg l⁻¹ ve kaya tuzunun çözünürlüğü 360.000 mg l⁻¹ olup, bu değer yağmur suyunda jips için 0- 1.500 mg l⁻¹ ve kayatuzu için 5-10.000 mg l⁻¹ dir (Ford ve Williams, 1989). 1 Atmosfer basınç altında jipsin maximum çözüldüğü sıcaklık ise, 35 °C-40 °C dir (White, 1988; Elorzo ve diğ., 1998).

Jipsin çözünürlüğü kireç taşından daha yüksektir. Bu yüzden de jips üzerindeki karstik şekiller, kireç taşına göre daha hızlı gelişir (Jennings, 1971; White, 1988; Ford ve Williams, 1989; Karacan ve Yavuz, 1997; Cooper ve Saunders, 2002).

Jipsin çözünürlüğünü, litoloji, tabakanın kalınlığı, çözünen materyalin içeriği ve jeolojik yapı olmak üzere dört faktör belirler. Permeabiliteyi ise üzerleyen sedimentin litolojisi ve kalınlığı, dolin yoğunluğu, karstik kayaçların dalışı ve sızma kat sayısı olmak üzere beş faktör etkiler. Yer altı suyunun bulunmasını yağış etkinliğinin miktarı, yüzey ve yer altı akışı, aşağı sızma, yan akiferlerden sızma ve hidrolik gradyan olmak üzere altı faktör tayin eder. Yer altı suyunun çözücü etkisini (agresifliğini) ise, suyun doyma derecesi, sıcaklık ve pH olmak üzere üç faktör belirler (Paukstys ve diğ., 1999). Genel olarak bir değerlendirme yapıldığında; jips formasyonlarında karstın gelişimini, ayrışma sürecini kontrol eden, litolojik, stratigrafik, yapısal, hidrojeolojik ve jeomorfolojik faktörler ile yağış-sıcaklık gibi iklimle ilgili çevresel faktörler denetler (Elorzo ve diğ., 1998).

Oluşum mekanizmasına göre karstik alanlarda dört ayrı dolin tipi görülebilmektedir. Bunlar çözünme, çökme, sübsidans ve alüvyal (suffosion) dolinlerdir (Ford ve Williams 1989). Bunlar arasında oluşma ihtimalinin bulunduğu alanlarda, çökme ve sübsidans dolinleri insan hayatı başta olmak üzere binalar ve çeşitli yapılar için doğal tehlike oluşturacağından, bazı önlemlerin alınması zorunlu olan oluşumlardır. Sübsidans dolinleri, kireç taşı, dolomit, jips ve tuz gibi karstik kayaçların karstik olmayan formasyonlar ile örtülü olduğu alanlarda ya da başka litolojiler ile ardalanmalı oldukları alanlarda yer altında gerçekleşen çözünmeye bağlı olarak yerüzünde meydana gelen dairesel tedrici oturmalar sonucunda oluşur. Bu tip dolinlerin oluştuğu alanlar, ya örtülü karst (covered karst) ya da tabaka arası kartlaşmanın (interstratal karst) meydana geldiği

yerlerdir. Sübsidans olayında jipsi çözen karst mekanizması, su tablası oynamaları ile ilişkilidir. Bu oynamalar, kaide seviyesi değişmesine eşlik eden akarsuların derine kazması ve su tablası alçalması şeklinde olur (Cooper and Saunders, 2002).

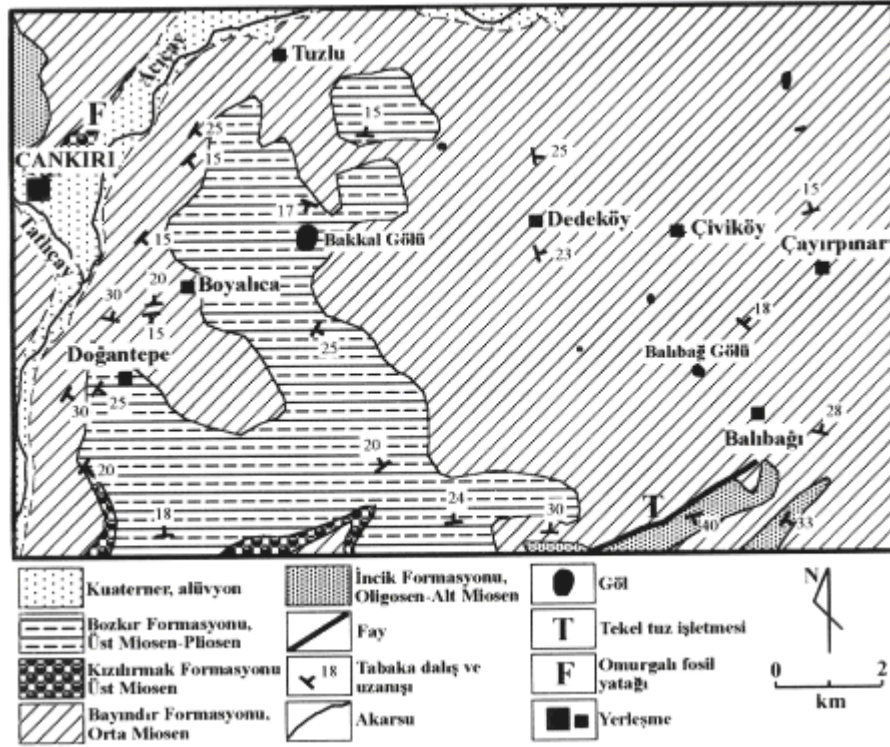
Karstik olmayan genç örtü formasyonu içerisinde sızan tatlı suların, bu örtü formasyonu altında yer alan jips veya tuzu çözmesine bağlı olarak oluşan karstlaşmaya tabaka arası (interstratal) karstlaşma adı verilir (White, 1988). Kompleks evaporitik tortullar arasında yataklanmış tuz, anhidrit, jips, karbonat vb. kayalar, interstratal karstlaşmaya yol açar. Sistemin üst tarafından tatlı su enjeksiyonu ile doymuş jipsli suların veya tuzlu eriyiğin gradyanın alt tarafından açığa çıkmasıyla tabakalar arasında yer alan jips vb. tortullar içerisinde boşluklar oluşur (White, 1988). Bu işleyişin devam etmesine bağlı olarak oluşan boşluklar aracılığıyla, dipteki materyalin taşınması devam eder. Taşınan bu malzemenin yerinde oluşan boşluklara yukarıdaki tabakaları oluşturan malzemenin doğrudan hareket etmesi ya da oluşan boşluklara doğru üstteki tabakaların eğilmesi sonucunda, yüzeyde sübsidans olayı gerçekleşmeye başlar. Sübsidans dolinleri interstratal karstik alanlarının karakteristik şekilleridir (White, 1988).

Evaporit sübsidansı litolojik-yapısal kontrollüdür. Eriyebilir kayacın dağılışı veya onun yapısı karstlaşma ve sübsidansın alanını belirler. Karstlaşma yoğunluğu ve sübsidans oranını, kaya tuzu yataklarının varlığı veya çatlak yoğunluğu artırırken, evaporitik ana kaya içerisinde çözünmeyen tabakaların varlığı etkiyi hafifletir. Diğer taraftan iklim değişikliklerine nedeniyle oluşan akış varyasyonları, evaporitik çözeltinin miktarını ve sübsidans oranını belirler (Benito ve diğ., 1998).

Jeolojik Özellikler

Çalışma alanında, Tersiyer dönemine ait olan eskiden yeniye doğru İncik Formasyonu, Evaporitik zon, Bayındır (Çamlıgüney), Kızılırmak ve Bozkır formasyonları yer alır (Şekil 2).

Çankırı doğusundaki dolinlerin görüldüğü alanlarda jeolojik formasyonların dikey kesitine bakıldığında, en altta üst seviyelerine doğru jipslerin görülmeye başladığı karasal İncik formasyonu bulunur. Kızıl, alacalı ve boz renkli konglomera, kum taşı ve silt taşlarından oluşan İncik formasyonu, menderesli akarsu ortamında çökelmiştir (Yoldaş, 1982). Formasyonun üst sınırında jips mercikleri ve tuf içerikleri gözlenmiştir. Birimin yaşı Oligosen-Alt Miosen'dir (Uğuz vd., 1999). Formasyonun üst seviyelerinde gözlenen jipsler subasan tabanlardaki kapiler zonda anhidrit olarak çökelmiştir. İncik formasyonu, Bayındır formasyonu ile diskordant olarak örtülür (Yoldaş, 1982).



Şekil 2. Çalışma alanının jeoloji haritası (Çevikayak, 1981 ve Yoldaş, 1982' den kısmen değiştirilerek alınmıştır).

İncik formasyonu ile üzerindeki Bayındır formasyonu arasında, kalınlığı 250 m civarında olan kaya tuzu formasyonu yer almaktadır. Evaporitik zon, inceleme alanında temel seviye olan İncik formasyonu üzerine düşey geçişli oturmakta olup, üstten yine düşey geçişli olarak Bayındır formasyonu ile sınırlanmıştır. Bu zon alttan başlayarak jips-silt taşı-kil arabantlı kaya tuzu ve jips, silt taşı-kil ara dolgulu kaya tuzundan oluşur. Bu seviye, Üst Eosen-Oligosen' de denizin çekilmesiyle oluşan karasal ortam koşullarında ve bu koşullarda dağlar arasındaki tuzlu çorak havzalarda oluşmuştur. Kalınlığı ise 250 m' dir (Çevikayak, 1981).

Kaya tuzunun üzerindeki Bayındır formasyonu da karasal olup jips tabakaları bol olan bir formasyondur. Yüzeyde geniş alanlar kaplayan Bayındır formasyonu, altındaki evaporit zonu üzerine düşey geçişli oturmakta ve üstten diskordant olarak Kızılırmak formasyonu ile sınırlanmaktadır. Jipsler arasında kum taşı, silt taşı ve çamur taşı seviyeleri görülmektedir. Jipsler beyaz ve sarımsı beyaz renkli olup genellikle yumrulu bir yapı gösterir (Şekil 3). Yumrular arası çamur taşları ile dolguludur (Yoldaş, 1982).

Formasyonun yaşı Orta Miosen'dir (Uğuz, vd., 1999). Karasal olan Bayındır formasyonu dağlar arası menderesli akarsuların boşaldığı bir plâya alanıdır. Kurak kurak iklim ise, buharlaşmayı artırarak evaporitlerin çökmesinde etken olmuştur (Yoldaş, 1982).



Şekil 3. Fotoğrafta, Dereköy yakınlarında bir vadi yamacında mostra veren Bayındır formasyonuna ait jips tabakası görülmektedir.

Bayındır formasyonu üzerindeki Kızılırmak formasyonunda jips yok denecek kadar azdır. Bu formasyon çoğu yerde, vadi yamaçlarında, aşınmadan arda kalmış yamalar hâlinde görülür (Şekil 2). Kızılırmak formasyonu, altındaki Bayındır formasyonu üzerine diskordant olarak yer alır, üstten ise konkordant olarak Bozkır formasyonu ile sınırlanmaktadır. Formasyon, konglomera, kum taşı, kil, marn seviyelerinden oluşur. Kızılırmak formasyonun yaşı, içerisinde bulunan omurgalı fauna fosillerine göre Üst Miosen' dir (Sevim ve Kiper, 2001).

Bozkır formasyonu, açık yeşilimsi boz renkli ince çamur taşı ara katkıları içeren lâminalı jipslerden oluşmaktadır. Kalınlığı tip kesitinde 411 m ölçülmüş, toplam kalınlığı ise 800 m' dir. Ancak bu alanda büyük bir kısmı aşınmıştır (Yoldaş, 1982). Litoloji topluluğunu lâminalı jipsler ile primer ve sekonder jips kristalleri içeren çamur taşları oluşturmaktadır. Jipsler beyaz veya sarımsı beyaz renklidir. Açık yeşilimsi, açık boz renkli olan çamur taşları, jips seviyelerine oranla daha ince olup genellikle jips kristalleri içerirler. Üst Miosen yaşında olduğu bilinen Kızılırmak formasyonu ile yanar ve düşey geçiş gösterdiğinden, Bozkır formasyonunun Üst Miosen-Pliosen yaşında olacağı kanısına varılmıştır (Yoldaş, 1982). Bunlar buharlaşmanın etkin olduğu dağlar

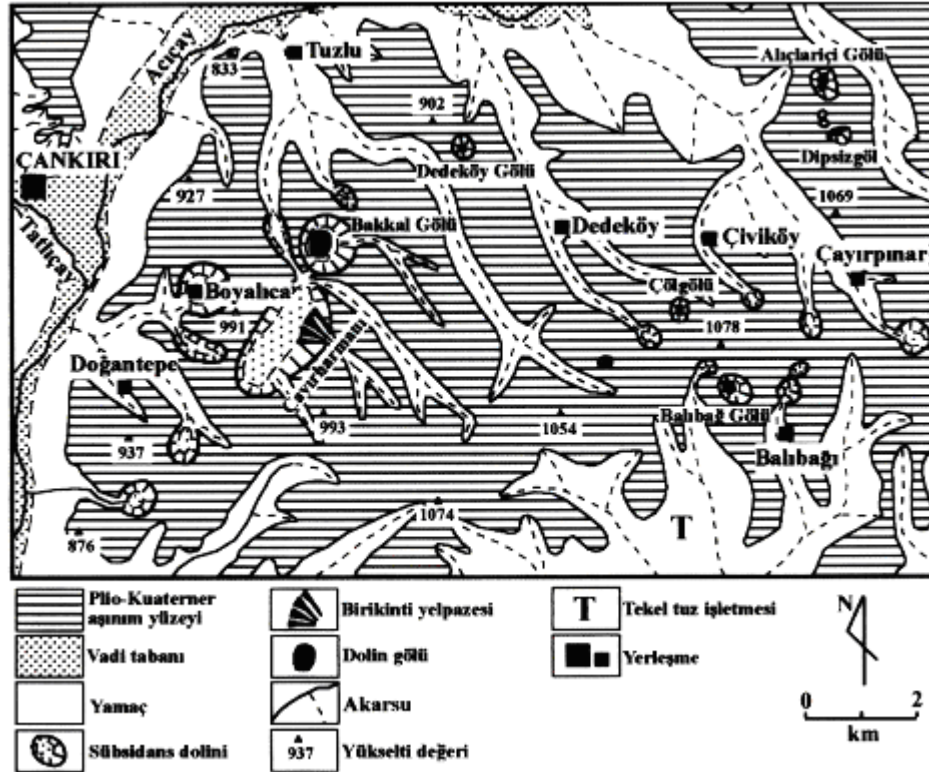
arası bir gölde olmuştur. Lâminalı jips seviyeleri sığ göl çökellerini, kuruma çatlaklı çamur taşı seviyeleri ise, zaman zaman atmosferle ilişkili kıyı düzlüklerini temsil etmektedir (Yoldaş, 1982).

Bölgede görülen dar, devrik kıvrımlar ve faylar şiddetli tektoniği niteleyen yapısal şekillerdir. Tektonizma etkinliği Pliosen'i dahi etkileyecek biçimde geç zamanlara kadar sürmüştür (Çevikayak, 1981; Yoldaş, 1982). Tektonik hatlar, kuzeydoğu-güneybatı ve doğu-batı doğrultuludur. Sahada tuz işletmesi civarında görülen antiklinalin çekirdeğinde, İncik formasyonu, kanatlarında ise evaporitik zon ile Bayındır formasyonu yer alır.

Düşey elektiriki sondaj şeklinde yapılan çalışmada, kaya tuzunun Balıbağ-Çayırpınar-Çiviköy ve Dereköy arasındaki alanda yüzeye daha yakın olduğunu göstermektedir. Batıda kaya tuzu üzerindeki örtü daha kalındır. Tuz üzerindeki örtü kalınlığının az olduğu yerler, Balıbağ köyü güneyindeki antiklinal eksenine boyunca ve eksene paralel olarak görülmektedir. Balıbağ köyünden güneybatıya ve kuzeydoğuya doğru gidildikçe tuz üzerindeki örtü kalınlığı artmaktadır. Boyalıca köyü kuzeydoğusuna doğru kaya tuzunda yükselim görülmektedir. Tuz üzerindeki örtü ortalama 150-200 m civarındadır (Çevikayak, 1981).

Çankırı Doğusundaki Sübsidans Dolinleri

Çalışmanın konusunu oluşturan sübsidans dolinleri, Çankırı şehri doğusunda 850-1050 m yükseltiler arasında görülen bir aşınım yüzeyi üzerinde bulunmaktadır (Şekil 4). Karasal-gölsel ortamdaki tortulanmanın Pliosen'de son bulduğu bu alan, iklimde görülmeye başlayan nemli koşullar ve neotektonik hareketlere bağlı olarak, geniş çaplı bir aşınım sahası hâlini almıştır. Kısmen yapısal faktörlerin denetiminde gelişen ve kuzeye doğru eğimli, geniş dalgalı düzlükler hâlinde olan bu aşınım yüzeyi, Üst Pliosen-Alt Pleistosen (Plio-Kuaterner) periyodunda şekillenmiştir. Plio-Kuaterner aşınım yüzeyi sahada Bayındır, Kızılırmak ve Bozkır formasyonlarını kesmektedir (Şekil 2,4). Çalışma sahasındaki yüzeyin oluşması esnasında, jeolojik olarak en üstte yer alan Üst Miosen-Pliosen yaşlı Bozkır formasyonunun büyük bir kısmı aşındırılarak ortadan kaldırılmıştır.



Şekil 4. Çalışma alanının jeomorfoloji haritası

Sahayı drene ederek Kızılırmak'a kavuşan Acıçay, Pleistosen içerisinde genel kaide seviyesinde meydana gelen alçalmalara bağlı olarak hızla yatağına gömülmeye başlamış ve litolojik açıdan aşınmaya karşı dayanıksız olan jipsli karasal formasyonlar içerisinde derin bir vadi açmıştır. Böylece Plio-Kuaterner aşınım yüzeyi, Acıçay ve kolları tarafından derince yarılmış ve bir plato özelliği kazanmıştır. Çalışma alanının batısında Acıçay'ın tabanı ile plâto yüzeyi arasındaki yükselti farkı, 150-200 m' yi bulmaktadır. Oligo-Miosen jipsli serilerinin yapısından ve vadi yamaçlarının dik olmasından dolayı gömülmenin izleri olan seki dolguları, bu kesimde yağışlarla birlikte genel olarak yamaç akmaları şeklinde ortadan kaldırılmıştır. Yine arazinin jeolojik yapısı ve bitki örtüsünün zayıf olması sebebi ile özellikle vadi yamaçlarında kırgıbayır topografyası dikkati çekmektedir.

Jipsli serileri kesen Plio-Kuaterner aşınım yüzeyi üzerinde, tabandaki jipsin çözünmesine bağlı olarak yüzeydeki tedrici oturmalar ile oluşmuş, bir kısmı kapalı ve bir kısmı dönemli dereler tarafından kapılarak açılmış olan çok sayıda dolin

bulunmaktadır (Şekil 4). Kapalı dolinlerin tamamının tabanında, suları tuzlu olan çeşitli büyüklükteki sığ göller yer almaktadır (Şekil 4,5). Birbirinden farklı yükseltilerde, farklı derinliklerde ve çaplarda olan sübsidans dolinleri çalışma sahasının batı ve doğusunda yoğunlaşmıştır. Bu alandaki kapalı dolinlerin en büyükleri, sahanın batısında yer alan Bakkal Gölü ve Çayırharmanı dolinleridir (Şekil 4). Dolinlerin büyük bir kısmı dairesel olmakla birlikte, Çayırharmanı dolini uzun eksenli KD-GB yönünde 2 km, D-B yönünde genişliği ise 1 km'yi bulan bir tekneyi andırmaktadır. Dairesel kapalı dolinlerin en büyüğü derinliği 30'm yi, çapı ise 1 km'yi bulan Bakkal Gölü dolinidir (Şekil 6). Bakkal Gölü dolinin içerisinde çapı 500 m' yi bulan suları tuzlu sığ bir göl bulunmaktadır. Bu alandaki kapalı sübsidans dolinleri ile ilgili morfometrik bilgiler, Tablo 1'de verilmiştir.

Dolinlere ilişkin morfometrik veriler incelendiğinde, bu alandaki sübsidans olaylarının boyutlarının ne kadar büyük olduğu ortaya çıkmaktadır. Sübsidans dolinlerinin çaplarının Toros Karst Kuşağı'nın herhangi bir kesimindeki kireç taşı karstı ile oluşan dolinlerin çaplarına göre bir hayli büyük oldukları görülmektedir. Çalışma alanında kapalı dolinlerin yanında, onlardan sayıca biraz daha fazla olan dış drenaja açılmış veya kapılmış dolinler bulunmaktadır. Bu dolinler, sahada yer alan önemli dereler tarafında geriye aşındırma yolu ile Geç Pleistosen ya da Holosen'de kapılmıştır. Bunların taban düzlükleri parçalanma yoluyla kısmen asıl şeklini kaybetmiştir. Çeşitli çap ve derinliklere sahip olan açılmış dolinlerin en büyük olanı Boyalıca dolinidir (Şekil 4). Bu dolinin çapı 1 km, derinliği ise 30 m civarındadır. Dolin tabanında kapılmadan önce içerisinde büyük bir göl olduğunu gösteren tortullar vardır. Doline adını veren Boyalıca köyü dolin tabanında kurulmuştur (Şekil 4).



Şekil 5. Balıbağ sübsidans dolini ve gölünün kuzeyden görünüşü



Şekil 6. Bakkal gölü ve sübsidans dolininin kuzeyden görünüşü

Tablo 1. Kapalı sübsidans dolinlerinin morfometrik özellikleri

Sübsidans Dolinleri	Çap veya uzun eksen (m)	Derinlik (Göl yüzeyine kadar)	Yüzey kotu	Taban kotu	Göl çapı/ uzun eksen (m)
Bakkal Gölü	1000	30	890	860	500
Boyalıca	1000	30	910	880	
Çayırharmanı	2000	30	910	880	
Dedeköy	500	20	890	870	125
Çölgölü	250	20	1045	1025	175
Balıbağ Gölü	500	20	1055	1035	250
Dipsizgöl	250	10	955	945	200
Alıçlarıçı	500	20	935	915	275

Dolinlerin oluşumunu sağlayan sübsidansın gerçekleştiği formasyonlar, jips ve çamur taşı vb. ardanmalı tabakalar hâlinde metrelerce tekrar etmektedir. Özellikle Bozkır formasyonunda, kalınlığı birkaç metre ile 10-12 m' yi bulan jipsler, yine kalınlıkları birkaç metre ile 5 metreyi bulan çamur taşı (ya da killi marn) tabakaları bir biri ardına sıralanmış hâldedir. Bu duruma göre, sübsidans dolinlerinin oluşmasında sadece dolin tabanına en yakın jips tabakasındaki çözünmeyi değil, daha aşağıdaki jips tabakalarındaki çözünmeyi de düşündürmektedir. Bunun yanında bu alandaki sübsidans olayında bazı yerlerde yüzeyin 150-200 m aşağısında olan tuz formasyonundaki muhtemel çözünmenin de etkili olabileceği gözden uzak tutulmamalıdır. Çalışma sahasındaki büyük sübsidans dolinlerinin oluşmasında kaya tuzu formasyonundaki fay ya da çatlak hatları boyunca oluşabilecek muhtemel çözümlerin de etkili olabileceğini düşünmekteyiz. Çünkü bu alanda çok kalın bir formasyon hâlinde olan kaya tuzu

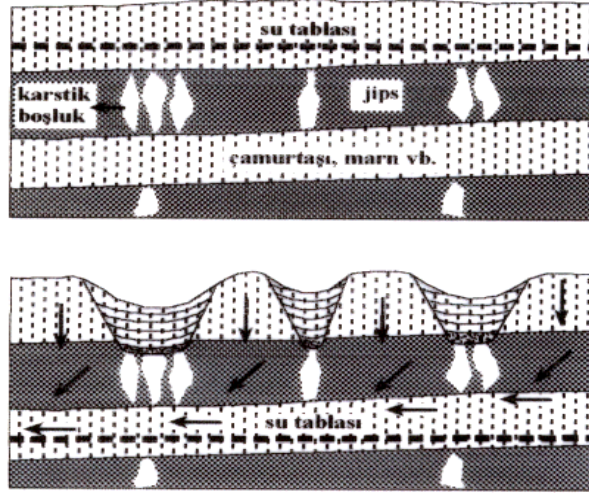
içerisinde çözünme ile oluşacak boşlukların boyutları, jips içerisinde oluşandan daha büyük olabilecektir. Bu durum da sübsidans olayının daha etkin bir şekilde meydana gelmesine yardımcı olacaktır.

Dolinlerin bir kısmı Bozkır formasyonu üzerinde, diğerleri ise Bayındır formasyonu üzerinde oluşmuşlardır. Dolinlerin büyüklük ve derinlikleri üzerinde jeolojik yapı oldukça etkili olmuştur. Bozkır formasyonundaki jips tabakaları daha kalın ve aralarındaki çamur taşı tabakaları ince olduğu için bu formasyon üzerinde bulunan Bakkal Gölü ve Çayırharmanı dolinini oluşturan çözünme ve sübsidans olayı Bayındır formasyonundakilere göre daha etkili olmuştur (Şekil 2,4).

Çankırı çevresindeki bu dolinler, büyük ölçüde fosil dolinlerdir ve Alt Pleistosen'deki yağışlı dönemlerde jipslerde meydana gelen çözünmeler sonucunda oluşmuşlardır. Sahada yeni sübsidans olaylarının yaşanmaması ya da bu alandaki sübsidans dolinlerinde zemin oturmalarının görülmemesi, bu dolinlerin fosil olduklarının en büyük kanıtıdır. Ayrıca kapılmış olan Boyalıca sübsidans dolini içerisinde yer alan Boyalıca köyündeki evlerin temellerinde çarpılma ya da oturmaların bulunmaması da sübsidans olayının çok önceden sona erdiğini gösteren en önemli kanıtlardan bir tanesini oluşturmaktadır (Şekil 4). Bugün Çankırı'ya düşen 409 mm'lik yıllık yağış miktarı ve sübsidans olayını oluşturan mekanizma göz önüne alınacak olursa, bu boyutlardaki sübsidansların, günümüz koşullarında oluşmasının zor olduğu kendiliğinden ortaya çıkmaktadır.

Bu alandaki sübsidans dolinlerinin oluşumu, Pleistosen'in erken dönemlerinde genel kaide seviyesi değişiklikleri ve ona eşlik eden su tablası oynamaları ile başlamış olmalıdır. Çalışma sahasında Alt-Orta Pleistosen'deki buzul ve buzul arası dönemlere geçiş aşamasında, iklimin bugünkünden daha yağışlı ve buharlaşmanın da çok az olmasına bağlı olarak yaşanan pluvial dönemlerde, yüzeydeki aşınma ve jips çözünmesine koşut olarak yer altında da önemli miktarda jips çözünmesi olmuştur. Yağış fazlalığı ile jips çözünmesi arasındaki ilişki, jips çözünmesi konusunda ifade edildiği gibi doğru orantıya sahiptir. Bu nedenle sızma koşullarına ve akifer özelliğine sahip olan sahada, yağışlı dönemlerde yer altı su tablası bir hayli yükselmiş ve yer altı suyu âdeta jipsli-tuzlu çözelti ya da sulu solüsyon hâlini almıştır. Bunu takip eden dönemlerde, genel kaide seviyesi alçalmalarına bağlı olarak Acıçay'ın yatağına gömülmesi, sübsidans dolinlerinin oluşumunu tetikleyen hareket olmuştur. Akarsu vadisinin derinleşmesi yerel kaide seviyesinin alçalmasını sağlamıştır. Böylece, akarsu vadisi kenarında oluşan kaynaklar vasıtasıyla akiferden yer altı suyu boşalmaya başlamış ve su tablasının seviyesi alçalmıştır. Bunun sonucunda ise, su tablası yüksek olduğu dönemde çözünen jipslerin yerinde boşluklar oluşmuştur. Su tablasının alçalması ile oluşan bu boşlukların tavanları üzerinde suyun yüzücü desteği (White, 1988; Ford ve Williams, 1989) veya kaldırma kuvveti etkisinin de sona ermesi,

yukarıdaki malzemelerin boşluklara doğru yönelmesi ya da harekete geçmesine neden olmuş ve böylece sübsidans olayı başlamıştır (Şekil 7).



Şekil 7. Sahadaki sübsidans dolinlerinin şematik oluşum mekanizması

Su tablasının alçak olduğu dönemlerde ise hidrolik gradyanın artmasına bağlı olarak hızlanan su sirkülasyonu sonucunda, çözücü etkisi yükselen (agresif özellik kazanan) yer altı suları daha önce beliren zayıf noktadaki jips çözünmesini daha da etkin bir hâle getirmiş ve jips tabakalarında oluşan boşluklar giderek büyümüştür. Su tablasının alçalması sübsidansa ilâve olarak daha fazla agresif yer altı suyunun jips karstına girmesine neden olmaktadır (Paukstys ve diğ., 1999).

Bunu takip eden pluvial dönemlerde ise yükselen su tablasına bağlı olarak bu olaylar tekrarlanma sürecine girmiştir. Su tablasının tekrar alçalması ile boşluklar üzerinde bulunan kemerler üstündeki su tablasının yüzücü desteğinin tekrar kaybolması sonucunda, sübsidans olayı daha da etkinleşmiş ve yüzeydeki sübsidans dolinleri daha fazla belirginleşmiştir (Şekil 7). Dolinler aralıklarla tekrar eden lokal sübsidanslar sonucunda oluştukları için, uzun zaman dilimi içerisinde kapılmalar dışında şekillerini fazla bozulmadan günümüze kadar koruyabilmişlerdir.

Tabanda meydana gelen su sirkülasyonuna bağlı olarak jipste ve tuzda önemli miktarda ayrışmalar meydana gelmiştir. Genel olarak karstik alanlarda fay hatları ve belirli çatlak sistemleri yer altı su sirkülasyonunu yönlendiren ve karstik çözünmenin âdeta odaklandığı zayıf direnç alanlarını oluşturmaktadır. Aynı mekanizma Çankırı çevresindeki jips karstında da etkili olmuş ve sübsidans olaylarına yol açan jips

çözünmesi fay hatları ve jips formasyonunun bünyesinde bulunan çatlak sistemleri boyunca meydana gelmiştir. Dolayısıyla jips karstını oluşturan çözünme bu hatlarda odaklanmıştır. Dolinlerin bir kısmının güneybatı-kuzeydoğu doğrultusundaki hatlar boyunca sıralanmış bir hâlde olmaları, neotektoniğin etkisiyle oluşan fay ya da çatlak hatlarına bağlı olarak meydana geldiklerini göstermektedir (Şekil 4). Neotektoniğe bağlı olarak oluşan fay hatları ve çatlakların jips karstında erimeyi ve sübidansı artırdığı bilinmektedir (Benito ve diğ., 1998). Yer altındaki jips çözünmelerinin etkin olduğu bu noktalar yeryüzünde büyük çaplı oturmalar veya sübidanslar olarak karşılık bulmuştur. Ayrıca arazinin çamur taşlı, marnlı, killi ve jipsli olan litolojisi, yer altında oluşacak küçük boşluklarda dahi, bu tabakaların kısmi elastikiyetine bağlı olarak büyük çaplı sübidanslara yol açmasına yardımcı bir unsur olmuştur.

Günümüzde sahada yeni sübidans dolininin oluşmaması jips ve tuz çözünmesinin olmadığı ya da ilerleyen zaman içerisinde sübidans olayının gerçekleşmeyeceği anlamına gelmemektedir. Gerçekte bugün çalışma alanında tuzlu ya da acı olan çeşmeler ve kaynaklar, hatta suları jipsli-tuzlu akarsular ve onlara verilen isimler, jips ve tuz çözünmesinin hâlen aktif olduğunu göstermektedir. Öyleki; Çankırı şehrinin hemen güneyinde birleşen iki akarsudan batıda olan ve kaynaklarını çoğunlukla volkanik kayalardan alan akarsuyun adı Tathıçay, diğerine göre doğuda olan ve kaynaklarını Tersiyer jipsli serilerinden alan akarsuyun adı ise Acıçay' dır (Şekil 4). Yaz aylarında Acıçay'ın yatağına bakıldığında, jips-tuz çözünmesinin aktif olduğu akarsuyun su basan tabanında birikmiş olan beyaz tuz tortusundan kolayca anlaşılmaktadır. Bu aktif çözünme olayı, sahanın jeolojik yapısından dolayı normal olan bir durumdur. Ancak zaman içerisinde sübidans mekanizmasını işleten koşullar doğal ya da yapay yollar ile sağlandığında, yeni sübidans dolinlerinin oluşması kaçınılmaz olacaktır.

2. SONUÇLAR

Çankırı şehrinin doğusundaki jipsli serileri kesen Plio-Kuaterner aşınım yüzeyi üzerinde çok sayıda sübidans dolini bulunmaktadır. Bir kısmı kapalı ve bir kısmı dönemli dereler tarafından kapılarak açılmış olan bu dolinler, tabandaki jips çözünmesine bağlı olarak yüzeyde meydana gelen tedrici oturmalar ile oluşmuşlardır. Kapalı dolinlerin tamamının tabanında suları tuzlu olan çeşitli büyüklükteki sığ göller yer almaktadır.

Bu alandaki sübidans dolinleri büyük ölçüde fosil hâldedir. Sahada yeni sübidans olaylarının yaşanmaması ya da bu alandaki sübidans dolinleri tabanlarında zemin oturmalarının görülmemesi, bu dolinlerin fosil olduklarının en büyük kanıtıdır. Pleistosen'deki genel kaide seviyesi alçalmalarına bağlı olarak Acıçay'ın yatağını derinleştirmesi yerel su tablasında alçalmalara yol açmıştır. Böylece yer altındaki jips

tabakalarında oluşan karstik boşlukların tavanları üzerindeki yer altı suyu yüzücü desteği kaybolmuş ve yukarıdaki malzemelerin boşluklara doğru harekete geçmesi sonucunda da sübsidans dolinleri oluşmuştur.

Sübsidans dolinlerinin oluşmasında sadece dolin tabanına en yakın jips tabakasındaki çözünme değil, daha aşağıdaki jips tabakalarındaki çözünme de etkili olmuştur. Dolinlerin taban kotları sübsidans olayının farklı jips katmanlarındaki çözünmeye bağlı olarak oluştuğunu göstermektedir.

Dolinlerin büyüklük, derinlikleri ve dağılışları üzerinde jeolojik yapı ve neotektonik oldukça etkili olmuştur. Dolinlerin bir kısmının güneybatı-kuzeydoğu doğrultusundaki hatlar boyunca sıralanmış bir hâlde olmaları, neotektonik etkisiyle oluşan fay ya da çatlak hatlarına bağlı olarak meydana geldiklerini göstermektedir.

Günümüzde sahada yeni sübsidans dolininin oluşmaması jips ve tuz çözünmesinin olmadığı ya da ilerleyen zaman içerisinde sübsidans olayının gerçekleşmeyeceği anlamına gelmemektedir. Ancak zaman içerisinde sübsidans mekanizmasını işleten koşullar, doğal ya da yapay yollar ile sağlandığında yeni sübsidans dolinlerinin oluşması kaçınılmaz olacaktır. Bir sübsidansın nerede nasıl olacağını tahmin etmek güçtür. Sahada açılacak kuyular sübsidansı tetikleyebilir, bu durum dikkatli bir şekilde kontrol edilmelidir.

Jipsli alanlar oluşabilecek doğal tehlikeler ve su kaynakları açısından ulusal ve yerel ölçekteki plânlamalar açısından dikkate alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- Alagöz, C. A., 1944. Türkiye Karst Olayları Hakkında Bir Araştırma. Türk Coğrafya Kur. Yay, S1, Ankara.
- Alagöz, C.A., 1967. Sivas Çevresi ve Doğusunda Jips Karstı Olayları. Ank. Üniv. D.T.C. Fak. Yay No. 175, Ankara.
- Amin, A., Bankher, K., 1997. Causes of Land Subsidence in the Kingdom of Saudi Arabia. Natural Hazards 16, 57-63.

- Belloni, S., Martins, B., Orombelli, G. 1972. Karst of Italy. Karst, Important Karst Regions of The Northern Hemisphere, Herak, M., Stringfield, V.T. (ed.), 85-125, Elsevier Pub. Com. New York.
- 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.
- Bleahu, M.D. 1972. Karst of Rumania. Karst, Important Karst Regions of The Northern Hemisphere, Herak, M., Stringfield, V.T. (ed.), 341-353, Elsevier Pub. Com. New York.
- Calaforra, J.M., Pulido-Bosch., 1999. Gypsum karst features as evidence of diapiric processes in the Betic Cordillera, Southern Spain. *Geomorphology* 29, 251-264.
- Cooper, A.H., Saunders, J.M., 2002. Road and bridge construction across gypsum karst in England. *Engineering Geology* (baskıda).
- Çevikayak, A.E., 1981. Çankırı Balıbağ Sahası Tuz Aramaları Jeofizik (Rezistivite) Etüdü. MTA Rap. No. 7079, Ankara.
- Elorzo, M.G., Santolalla F.G., 1998. Geomorphology of the Tertiary gypsum formations in the Ebro Depression (Spain). *Geoderma* 87, 1-29.
- Erol, O., 1953. Çankırı-Sungurlu-Tüney Arasındaki Havzanın ve Şabanözü Civarının Jeolojisi Hakkında Rapor. MTA Rap. No. 2026, Ankara.
- Garipağaoğlu, N., 1993. Ulaş Havzasında Jips Karstı Şekilleri ve Klimajeomorfolojik Açından Bir Yaklaşım. *Türk Coğrafya Dergisi*, S.28, s. 249-270, İstanbul.
- Jassim, S.Z., Jibril, A.S., Numan, N.M.S., 1997. Gypsum karstification in the Middle Miocene Fatha Formation, Mosul area, Northern Iraq. *Geomorphology* 18, 137-149.
- Karacan, E., Yılmaz, I., 1997. Collapse dolines in miocene gypsum: an example from SW Sivas (Turkey). *Environmental Geology* 29, 263-266.
- 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* (baskıda).
- Paukstys, B., Cooper, H.A., Arustiene, J., 1999. Planning for gypsum geohazards in Lithuania and England. *Engineering Geology* 52, 99-103.
- Pfeiffer, D., Hahn, J. 1972. Karst of Germany. Karst, Important Karst Regions of The Northern Hemisphere, Herak, M., Stringfield, V.T. (ed.), 189-221, Elsevier Pub. Com. New York.
- Sevim, A., Kiper, Y., 2001. 1999 Yılı Çankırı/Çorakyerler Kazısı. T.C. Kültür Bakanlığı Anıtlar ve Müzeler Gen. Müd. 22. Kazı Sonuçları Toplantısı Bildirileri, C. 1, s. 37-46, Ankara.
- Uğuz, M.F., Turhan, N., Bilgin, A.Z., Umut, M., Şen, A. M., Acarlar, M., 1999. Kulu (Konya) Haymana (Ankara) ve Kırıkkale Dolayının Jeolojisi. MTA Rap. No. 10399, Ankara.
- Yoldaş, R. 1982. Tosya (Kastamonu) ile Bayat (Çorum) Arasındaki Bölgenin Jeolojisi. İst. Üniv. Fen Fak. Gen. Jeol. Kürsüsü, Doktora Tezi (Basılmamış), İstanbul.