



ZEMİN SIVILAŞMASININ 17 AĞUSTOS 1999 DEPREMİNDE

ADAPAZARI'NDAKİ HASARA ETKİSİ

The Impact of Soil Liquefaction on Damages of 17 August 1999 Earthquake in

Adapazarı City

Hüseyin TUROĞLU^a

^a İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü
turogluh@istanbul.edu.tr

Alındığı tarih: 31.05.2004; Kabul tarihi: 24.08.2004

Abstract

Earthquakes cause damages with both directly effect by vibration and indirectly by trigger to soil liquefaction on earth's surface. Up to day, It was thought that all earthquake damages had been directly occurred by vibration effect. Because of the characteristic damage features of soil liquefaction, according to coming out manners is noticed easily. Soil liquefaction bringing about earthquake or other origins shaking in saturated soils is a phenomena causing damages by decrease of strength and stiffness of soils in natural filling and artificial filling lands. Natural filling and artificial filling lands, texture, structure features and disperse of its vertical and horizontal geometries of study area, groundwater level and saturated conditions, geomorphological properties of study area are determination of physical factors for soil liquefaction. Due to this causing, It has major importance study of geomorphological features of area for comming about soil liquefaction.

A part of earthquake damage that took place during the 17 August 1999 earthquake have been come true by soil liquefaction. When geomorphological features of Adapazarı city and its vicinity have been investigated, it can be realized that earthquake damages coming from liquefaction have occured on every kind of structures which was taking place on deserted riverbeds of Sakarya River and Çarksuyu and its tributary. It have caused incerase of soil liquefaction damages that Adapazarı city center has taken place on the ancient levees of Sakarya river.

Risk of soil liquefaction damages in geomorphological units have been designated according to data collecting dispersal features of soil liquefaction damages overlay with

geomorphological features of Adapazarı city and its vicinity. Also, the model has been developed on types of soil liquefaction damages and severity features of its by using same metod. Because the areas having suitable physical conditions for soil liquefaction and high earthquake frequency and severity much widespread in the Anatolian peninsula, it is necessary to study precaution- mitigation for soil liquefaction damages. Geographic Information Systems and Remote Sensing technologies are methods having a lot of advantages for study of precaution- mitigation for soil liquefaction damages.

Key Words: Adapazarı city, earthquake damage, geomorphology, soil liquefaction.

Anahtar Kelimeler: Adapazarı, deprem hasarı, jeomorfoloji, sıvılaşma.

GİRİŞ

Dünyanın var oluşundan bu yana yeryüzünde tektonik hareketlerin neden olduğu depremler meydana gelmekte ve bunlar çeşitli şekillerde yeryüzünde hasarlara neden olmaktadır. Yer sarsıntısı, Yüzey kırıkları ile yatay ve/veya düşey yönlü yer değiştirmeler, tsunami ve toprak sıvılaşması depremlerin neden oldukları hasarların meydana gelmesinde rol oynayan depremin etkilerindedir. Deprem hasarın analizine yönelik yapılan çalışmalar, depremin neden olduğu hasarın tek bir yöntemle meydana gelmediğini göstermektedir. Sismik kökenli yer sarsıntısının özellikle insan yapıları üzerindeki yıkıcı etkisi, daima en önemli deprem etkisi olarak kabul edilmiştir. Hatta dolgu alanlarında, sıvılaşma ile meydana gelen deprem hasarları da uzun yıllar yer sarsıntılarının doğrudan neden olduğu hasarlar olarak görülmüş ve yorumlanmıştır. Oysa sıvılaşma ile meydana gelen hasarın oluşumu farklı bir yöntemle gelişmekte olup, sismik yer sarsıntıları, olayı tetikleyen faktörlerden biri olarak etkili olmaktadır. Sıvılaşmanın meydana geldiği, yapay veya doğal dolgu alanlarındaki hasar tipleri dikkatle incelendiğinde bu hasarlarından farklı bir yöntemle ve şartlarda geliştiği görülmektedir.

17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminde Adapazarı'ndaki yapıların hemen tamamı değişik hasar derecelerinde etkilenmiştir. Şehir merkezinde yapılan araştırmada, yapılarda meydana gelen hasar türlerinin de farklılığı dikkat çekici olmuştur. Bu farklılığın, hasara etki eden diğer

faktörlerin yanında, sıvılaşma olayı ile yakından ilgili olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada; sıvılaşma ve sıvılaşma - jeomorfoloji ilişkisi üzerinde durularak, sismik yer sarsıntılarının sıvılaşma ile neden olduğu hasar örnekleri ve bunların Adapazarı şehrinde, jeomorfolojik birimlere göre dağılışı özelliklerinin araştırılması hedeflenmiş, konu ile ilgili Coğrafi Bilgi Sistemi (C.B.S.) uygulamaları önerilmiştir. İlk bölümde konunun teorik kapsamı verilmiştir. Arazi çalışmaları ise sıvılaşmanın neden olduğu hasar örnekleri ve bunların dağılışı özellikleri belirlenmiş ve araziden toplanan veriler, Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojileri ile yapılan çalışmalarda kullanılarak sahanın jeomorfolojik özellikleri ile ilişkilendirilmiştir.

SIVILAŞMA VE OLUŞUM ÖZELLİKLERİ

Sıvılaşma, suya doygun zeminlerde, yer sarsıntıları-titreşimler vasıtası ile zemin taşıma kapasitesinin azalması ve zayıflaması olayıdır. Böylece, depremin neden olduğu yersarsıntıları çok büyük hasarlara neden olurlar. Sıvılaşma için temel iki şart; yersarsıntısı ve suya doygun, taneli unsurlardan oluşan bir dolgu zeminin varlığıdır. Yersarsıntısı, hasarlara neden olan sıvılaşma için, depremin meydana getirdiği titreşimler ile üretilir. Magnitüdü 5'ten az olmamak üzere, M 5.5 - 6.0 ve üstü olan depremler sıvılaşmaya neden olarak hasarlar için etkilidir. Taneli unsurlardan oluşan dolgu zeminler ise doğal veya yapay dolgu alanları olabilir. Dolguyu oluşturan tanelerin kum, silt ve kil boyutunda

*ZEMİN SIVILAŞMASININ 17 AĞUSTOS 1999 DEPREMİNDE
ADAPAZARI'NDAKİ HASARA ETKİSİ*

olması ayrıca tane boyutlarının benzeşim göstermesi sivilaşma için uygun olan diğer şarttır. Suya doygunluk ise sivilaşmanın meydana gelmesindeki diğer temel şarttır (Washington, 2004, Abag, 2004, Cen.bris, 2004, Earthquake.USGS, 2004, Cee.UIUC, 2004, Jcpreports, 2004, Berkeley, 2004, Brunel, 2004).

Tektonik kökenli alüvyal dolgulu çöküntü ovaları, alüvyal tabanlı akarsu vadileri, deltalar, su kütleleri kıyılarındaki dolgular başta olmak üzere, genel olarak doğal ve yapay dolgu alanları, taneli yapıları ile birçok yeraltı suyu sistemlerinin temel akiferleridir. Bu morfolojik birimler pekişmemiş yapıları ile önemli akifer olma özelliği kazanırlar. Akarsuyun drenaj sistemi ve rejimi, onun çökelti özellikleri üzerinde belirleyici rol oynar. Menderesli akarsuların birikim şekilleri kum, silt ve kil gibi ince taneli malzemelerden oluşmakta olup, bunlar aynı zamanda iyi akifer olma özelliği taşır. Artbataklık çökelleri, kopuk menderes büklümüne dolguları olan silt ve killi, leve, krevas ve kayma yamacı(burun setti)

depoları ise ince kum birikimleridir. Ayrıca taşkın ovaları da ince taneler içerdiğinden önemli yeraltı suyu kaynaklarıdır. Tekstür özellikleri ve suya doygunluk dereceleri dikkate alındığında; İnce taneli terkedilmiş menderes kuşağı depoları, güncel, ince taneli, akarsu birikim şekilleri, alüvyal vadi tabanları, akarsu taraçaları, göl kıyıları ve suya doygun eski göl tabanı arazileri ve taraçaları, eski bataklık sahaları, deltalar, deniz kıyısı dolgu alanlarının toprak jeomorfolojik birimler olduğu görülmektedir (Strahler, 1974: 420-431, Forbes, 1985: 203, Bradshaw, vd., 1989: 138, Coates, 1990: 341, Erinç, 2000: 434, Creationscience, 2004, Campus, 2004, CGRG, 2004).

Çakılsız akarsu çökelleri olarak akarsu leveleri, art bataklık depoları, terkedilmiş menderes büklümlerinin dolguları (kil tıkaçları), krevas depoları, kayma yamacı (burun setti) depoları tane boyutları bakımından birbirinden farklı özelliklere sahiptir (Tablo 1).

Tablo 1- Akarsu birikim şekillerinin tür ve tane boyutu dağılışı özellikleri (Strahler, 1974: 420; Forbes, 1985: 203; Bradshaw, vd., 1989: 138; Coates, 1990: 341; Erinç, 2000: 434; Princeton, 2004)

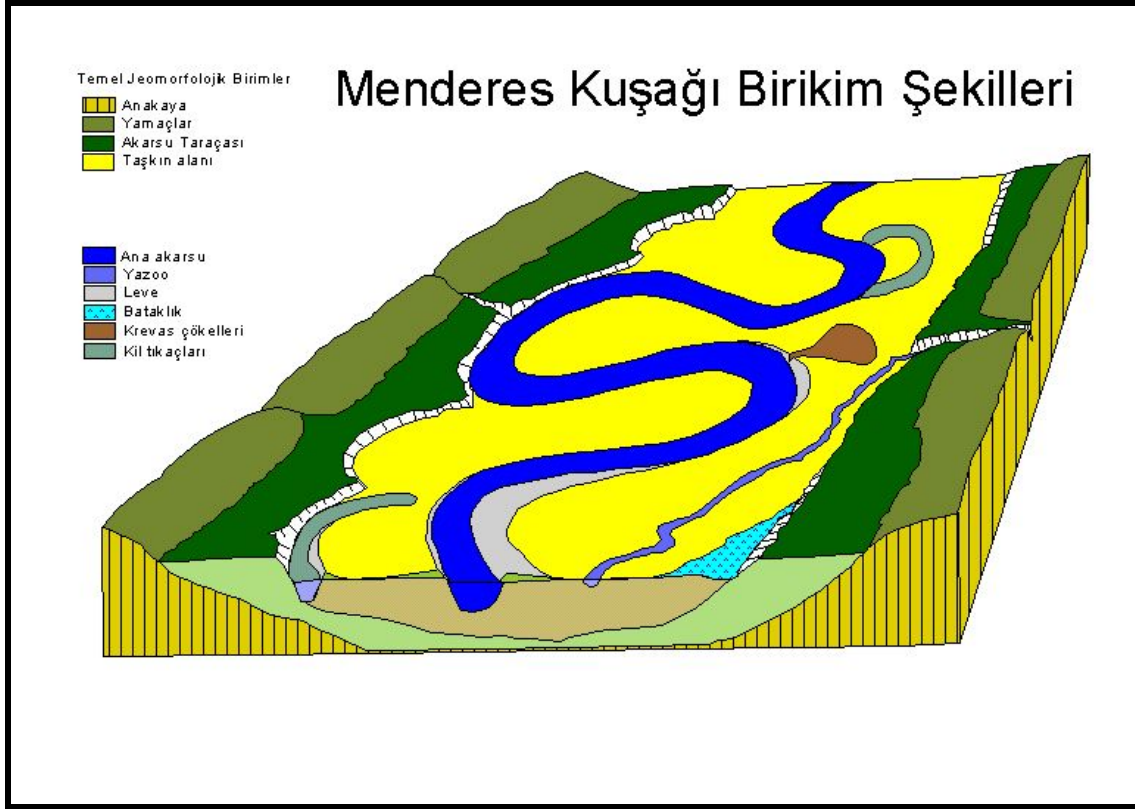
Morfolojik birim	Tane türü	Boyutu
Yatak dip Çökelleri	Çakıl	Tane çapı > 2 mm
Kayma yamacı(Burun setti) depoları	Kum	Tane çapı 0,06 – 2 mm
Leve	Kum	Tane çapı 0,06 – 2 mm
Örgülü çığır depoları	Kum	Tane çapı 0,06 – 2 mm
Krevas deposu	Kum	Tane çapı 0,06 – 2 mm
Terkedilmiş çığır depoları	Silt-çamur	Tane çapı < 0,06
Art bataklık depolar	Silt-çamur	Tane çapı < 0,06

Leveler, ince kum boyutundaki birikim şekilleri olup, akarsuyun iki kıyısında, çevresine göre daha yüksek alanları temsil eder. Akarsuyun sularının fazlaştığı dönemlerde sular bu setleri yer yer yararlar ve art bataklığa doğru yayılır. Böylece, Krevas adı verilen bu yarıklar önünde akarsu levelerinin tane özelliklerine benzer, ancak ince tanelerinde yer aldığı çökeller gelişir. Art bataklık çökelleri, durgun su ortamı olan silt boyutun-

daki çok küçük taneli çökelti alanlarıdır. Kil tıkaçları ise terk edilmiş menderes büklümlerinin dolması ile meydana gelmiş olan menderes kuşağı çökellerindedir. Kayma yamacı çökelleri ise akarsuyun akışı sırasında enerjisinin en az olduğu kıyısında meydana gelen kum boyutundaki birikimlerdir. Akarsu dip çökelleri ise diğer birikim şekillerindeki tane boyutlarına oranla daha iri olan birikimlerdir (Şekil 1). Menderes kuşağı

içindeki bu birikim şekillerinin tekstürlerinde ortak olan özellik ise her bir birikim şeklinin tane boyutları kendi içinde benzeşim göstermesidir. Tane boyutların benzeşim göstermesi ve kum, silt ve kil boyutlarında olması sivilaşmayı

teşvik edici rol oynar. Farklı tane boyutlarındaki malzemelerin bir arada olması, gözeneklerin dolmasına, bu durumda gözenek suyunun azalmasına ve sivilaşma riskinin azalmasına neden olmaktadır.



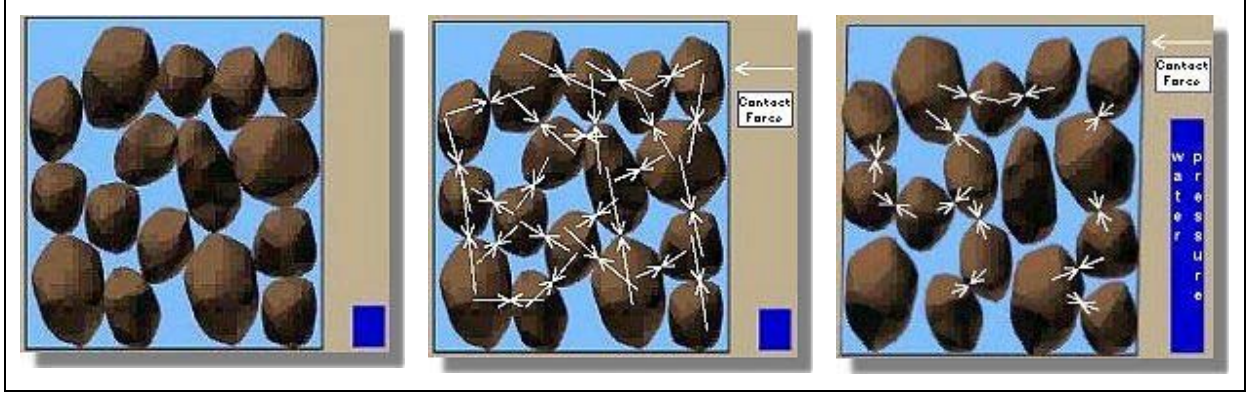
Şekil 1- Akarsu menderes kuşağı birikim şekilleri (ERİNÇ, 2000: 435, BRADSHAW, vd., 1989: 138)

Sivilaşmanın mekanizması

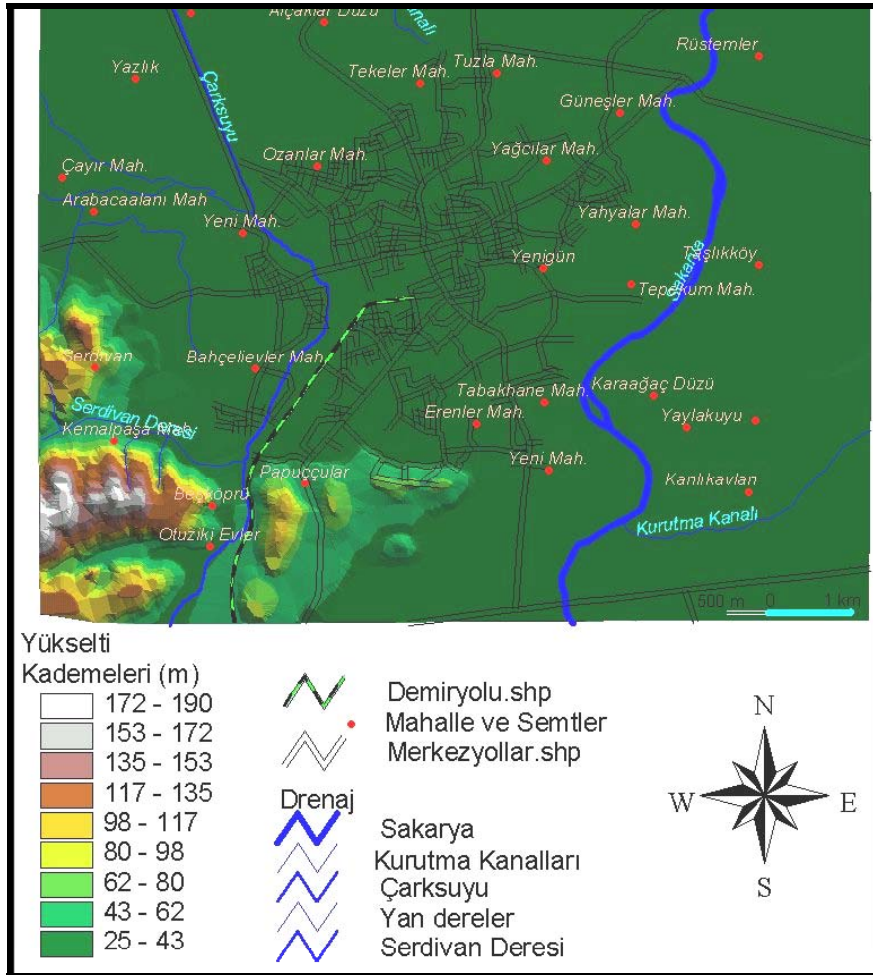
Sivilaşmasının meydana gelişini şu şekilde özetlemek mümkündür: Yukarıda belirtilen jeomorfolojik birimlerdeki suya doymun, taneli dolgu zeminlerde, taneler arasındaki boşluklar su içerir (Şekil 2). Normal şartlarda, taneler birkaç noktadan bir biri ile temas halinde olup, dayanıklılıkları ve taşıma güçleri yüksektir (Şekil 2). Tanelerin ve dolayısıyla zeminin taşıma gücü, tanelerin bir birleri ile temas ettikleri noktaların fazlalığı ile doğru orantılıdır. Yersarsıntıları, ki sivilaşma ile önemli hasarlara neden olan yer

sarsıntıları sismik kökenli olanlarıdır, boşluklardaki suyun basınç kuvveti ile taneleri harekete zorlar. Suyun hareketi ile taneler arasındaki temas noktaları azalarak zayıflar ve basınç altındaki su, birbirinden uzaklaşan tanelerin aralarındaki boşluktan yüzeye doğru yükselir (Şekil 2). Taneler arasındaki temasın azalması ve zayıflaması, zeminin de taşıma kapasitesinin azalmasına neden olur. Böylece; yapıların gömülmesi, yan yatması, yıkılması, çökmesi, tittleşme ve kütle hareketleri, meydana gelir (Şekil 3).

ZEMİN SIVILAŞMASININ 17 AĞUSTOS 1999 DEPREMİNDE
ADAPAZARI'NDAKİ HASARA ETKİSİ



Şekil 2- Sıvılaşmanın meydana gelmesinde, toprak tanelerinin ve gözenek suyunun hareketi (Washington, 2004)



Şekil 3- Adapazarı şehri mahalle ve semtleri dağılışı özellikleri.

17 AĞUSTOS 1999 DEPREMİNDE ADAPAZARINDAKİ HASAR-MORFOLOJİ-TOPRAK SIVILAŞMASI İLİŞKİSİ

Anadolu üzerinde tektonik kökenli, alüviyal dolgulu çöküntü ovaları, deltalar ve kıyı ovaları, diğer flüviyal kökenli dolgu alanları ve yapay dolgu sahaları çok geniş alanlar kaplar. Bu alanların genel jeomorfolojik özellikleri de birbirine çok benzer. Çok büyük hasarlara neden olması bakımından, 17 Ağustos 1999 depreminin Adapazarı'ndaki etkileri üzerinde durulmuştur. Adapazarı örneğinde, tektonik kökenli alüviyal dolgulu çöküntü ovalarında, depremin sivilaşma etkisinin akarsu jeomorfolojisi ile ilişkisi incelenmiştir. Bunun için, 17 Ağustos 1999 depreminde, Adapazarı'ndaki yapılar üzerinde meydana gelen hasar tipleri, hasarların dağılışı özellikleri ve sahanın akarsu jeomorfolojisi araştırılmıştır. Bütün bu veriler birlikte

değerlendirilerek, Adapazarı örneğinde, sivilaşma - akarsu jeomorfolojisi ilişkisi açıklanmaya çalışılmıştır.

Hasarın dağılışı özelliği

17 Ağustos 1999 depreminden sonra Adapazarı şehrinde yapılan çalışma ile depremden etkilenecek zarar gören hasarlı yapılar; tam hasarlı, yarı hasarlı, az hasarlı ve hasarsız veya çok az hasarlı olmak üzere dört hasar sınıfında listelenmiştir. Yapılan listeleme sonunda meydana gelen toplulaşmaya bağlı olarak mahalle ve semtler aynı hasar tanımlaması ile gruplandırılmıştır (Tablo 2) (Şekil 3 - 4 - 5). Yapılan çalışmada; hasarlı yapıların, zemin özelliklerine, yapıların mimarileri ve kullanılan malzeme özelliklerine bağlı olarak, depremin doğrudan vibrasyon etkisi ve dolaylı olarak sivilaşmaya neden olması ile zarar gördükleri belirlenmiştir.

Tablo 2- Adapazarı ve çevresindeki hasarlı mahalle ve semtlerin dağılışı.

Hasar Sınıflaması	Yayımlı Alanları
Tam hasarlı mah. - mevkiler	Çark Cad. , İzmit caddesi, Yeni Bosna Cad., Çark sanayi, Şeker Mah., Atatürk bulvarı, Otuziki evler, Hacıoğlu mahallesi, Papuçular, İstiklal, Tıgçılar, Yenicami, Yenidoğan, Yenigün, Sedat Kirtepe caddesi, Karaosman
Yarı hasarlı mah. - mevkiler	Ozanlar, Kuyudibi mevki, Sakarya caddesi, Yorgalar mevki, Semerciler mahallesi, Güllük mevki, Şirinevler, Ankara caddesi, Akıncılar mahallesi, Yahyalar mahallesi, Mithatpaşa, Cumhuriyet, Donatım mevki, Gaziler mahallesi, Çukurahmediye, Tuzla, Kurtuluş, Orta mahalle, Ambarlı caddesi
Az hasarlı mah. - mevkiler	Tepekum, Serdivan kuzeyi, Güneşler mevki, Altınova, Hızırtepe, Güllük
Hasarsız veya çok az hasarlı mah. - mevkiler	Maltepe, Beşköprü, Serdivan, Şirinevler

Genel alüviyal jeomorfoloji özellikleri

Dört hasar grubu temel alınarak yapılan sınıflamanın, özellikle sivilaşmaya bağlı meydana gelen hasar dağılışının

alüviyal jeomorfoloji ile ilişkisinin belirlenebilmesi için sahanın jeomorfolojik birimleri haritalanmıştır. Bu haritada sivilaşma için önemli olan akarsu

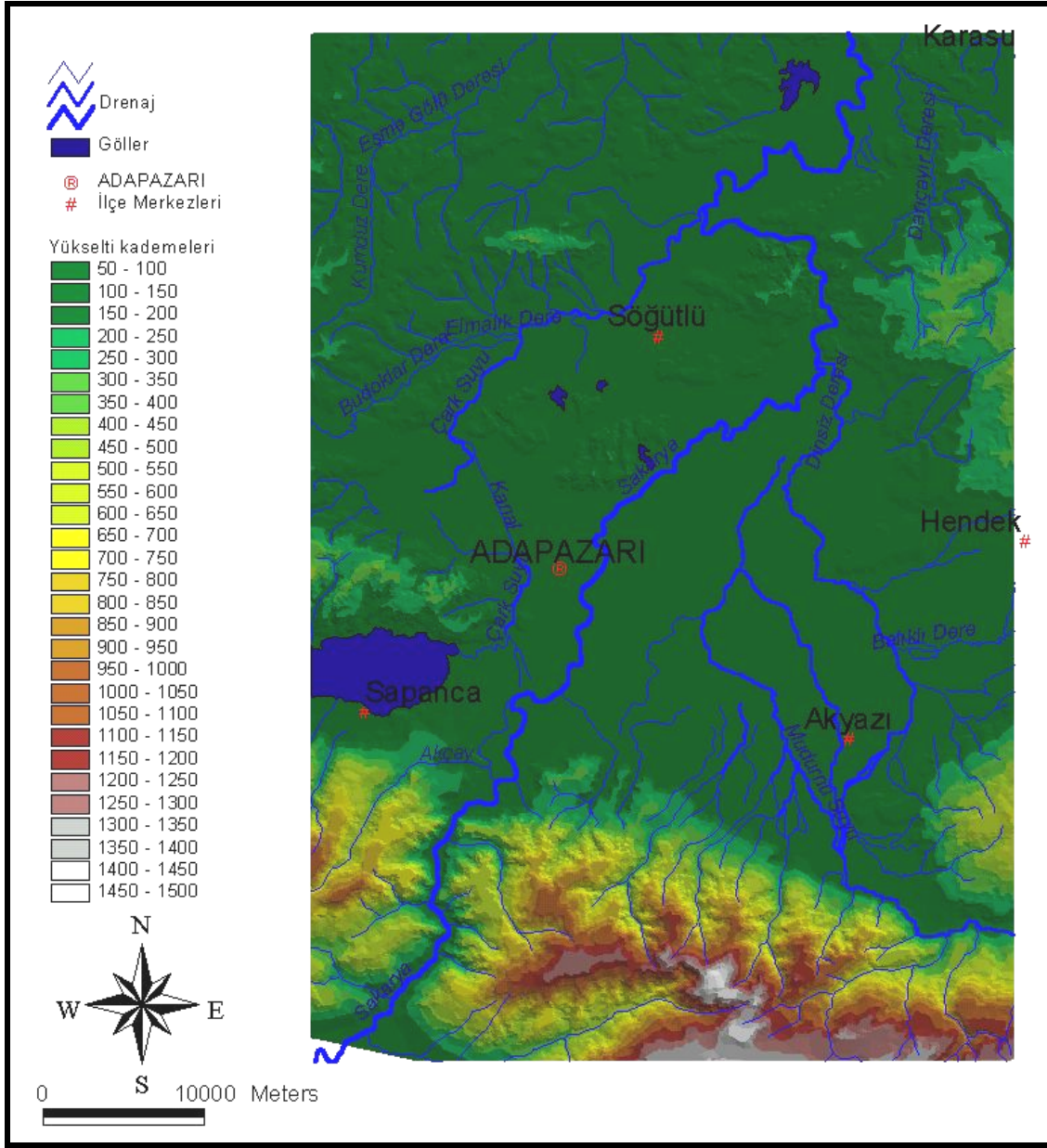
*ZEMİN SIVILAŞMASININ 17 AĞUSTOS 1999 DEPREMİNDE
ADAPAZARI'NDAKİ HASARA ETKİSİ*

biriktirme şekilleri, terk edilmiş akarsu yatakları, göller, bataklık alanlar önceki çalışmalar, arazi gözlemleri ve C.B.S. teknolojileri ile ayırtılarak gösterilmiştir (Şekil 6). Sakarya nehrinin, geçmiş dönemde, Adapazarı Ovası içerisinde bir çok kez yatak değiştirdiği ve menderes kuşağı içindeki ardbataklık, leve, burun seddi vb. çakılsız çökellerinin Adapazarı Ovası'nın hemen her yerinde rastlandığı bilinmektedir (Bilgin, 1984: 64). Sakarya Nehri ve kolları ile Çark Suyu eski yataklarına ait izlerin ve günümüz drenaj hatlarından farklı sistemleri 1945 tarihli topografya haritalarından da görülmektedir. Hızla genişleyerek büyüyen Adapazarı şehri de Sakarya'nın yüksek

leveleri üzerinde yer almaktadır. Çark caddesi ve Vagon Fabrikasının bulunduğu hat, İzmit caddesi, Atatürk bulvarı, Ozanlar Erenler terk edilmiş akarsu yatakları ve yakın çevrelerindeki çakılsız çökellerine ait lokasyonlardır (BİLGİN, 1984: 53-66). Adapazarı şehrinde ve yakın çevresinde yapılan sondajlarda değişik kalınlıklardaki bitkisel toprak tabakasından sonra kum, kil, kumlu kil, silt, siltli kum, kumlu çakıl vb. çökeller kesilmiştir. Bu çökeller akifer birimler olup, sondajlarda 230 m alüvyon kalınlıkları kesilmiştir (İNANDIK, 1952-1953: 126 - BİLGİN, 1984: 48 - ULUDAĞ, 1998: 65).



Şekil 4- 17 Ağustos 1999 depreminde Adapazarı'nda sıvılaşma ile hasar gören yapılarda bazıları.



Şekil 5- Adapazarı şehri ve yakın çevresinin Sayısal yükselti modeli (DEM) ve yerleşim özellikleri.

Coğrafi bilgi sistemi teknolojileri ile sivilleşme risk analizi

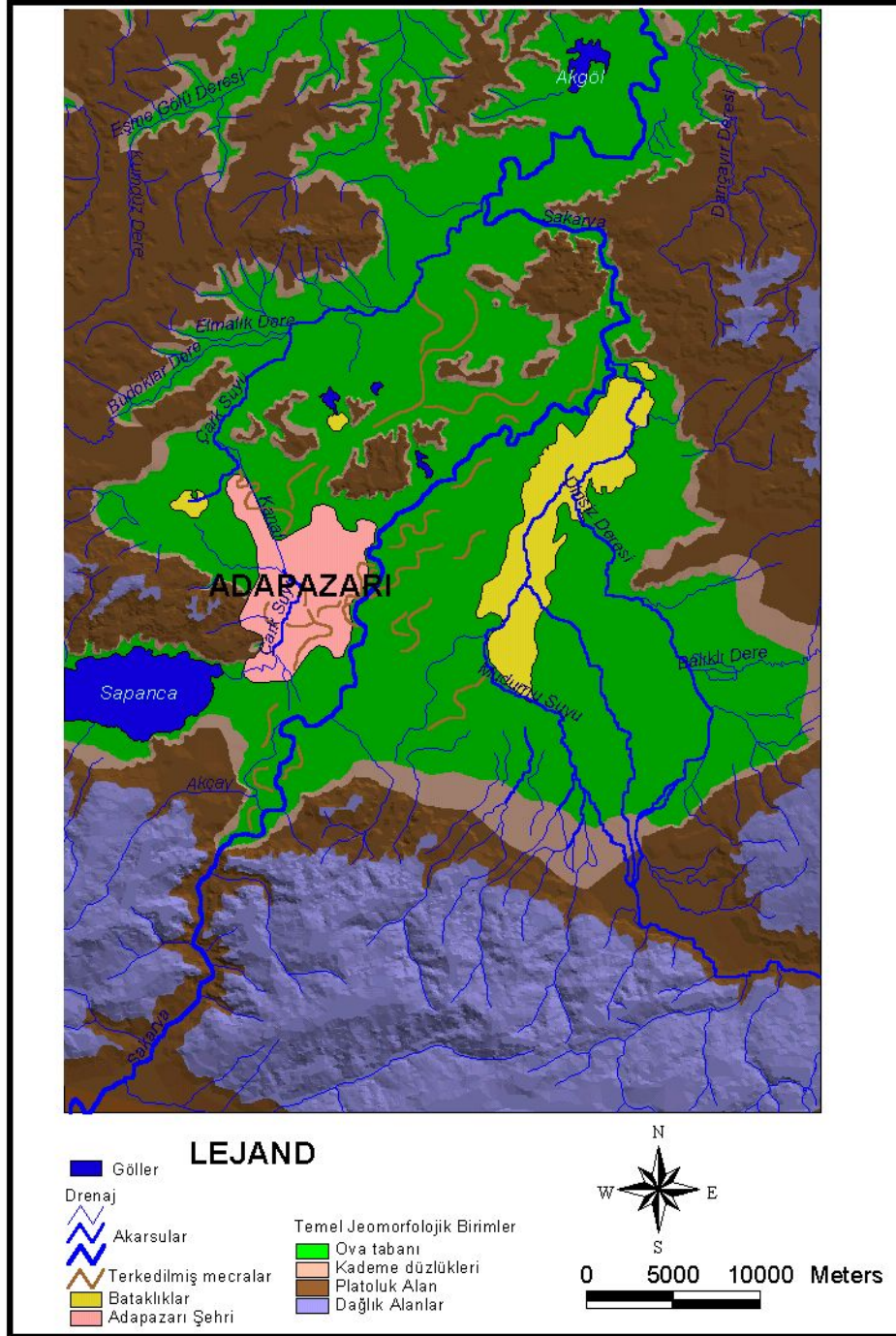
17 Ağustos 1999 depreminde sivilleşmanın neden olduğu hasarlar sadece Adapazarı'nda değil, ayrıca Değirmendere, Halidere, Ulaşlı, Seymen hattında, Sapanca oluğu ve Sapanca Gölünün Eşme (kuzey) kıyılarında da çeşitli şekillerde görülmüştür.

Büyük nüfus barındıran ayrıca sosyal, ekonomik ve stratejik öneme sahip İstanbul, olası büyük bir depremden etkilenme riski taşıdığı bilinmektedir. Tuzla ve Çekmece gölleri, Ayamama ve Çırpıcı Dereleri, Kurbağlıdere, Haliç yakın çevresi gibi lokasyonlar sivilleşme için uygun jeomorfolojik özelliklere sahip alanlardır. Başta İstanbul olmak üzere, genel anlamda, tektonik kökenli alüvyial

*ZEMİN SIVILAŞMASININ 17 AĞUSTOS 1999 DEPREMİNDE
ADAPAZARI'NDAKİ HASARA ETKİSİ*

dolgulu çöküntü ovaları, diğer deniz, göl, akarsu ve baraj kıyılarındaki alüviyal dolgu alanlarında toprak sıvılaşması risk

zonlamasının yapılması önleme-zarar azaltma konusunda yerinde çalışmalar olacaktır.



Şekil 6- Adapazarı şehri ve yakın çevresinin jeomorfoloji haritası.

Sıvılaşmaya karşı hassas alanların belirlenmesi amaçlı olarak topografya, alüvyal morfoloji, sondaj, yeraltı suyu ve akifer verilerinin C.B.S. teknolojilerinin kullanıldığı metodoloji ile analizlerin yapılması gerekmektedir. Bu kapsamda suya uygunluk en önemli faktördür. Su seviyesinin yüzeyden derinlere çekilmesi oranında risk faktörü azalacaktır. Suya uygunluğunu yüzeye yakın olduğu alanlarda Alüviyal jeomorfoloji kapsamında tekstür ve strüktür, birikimin yaş ve çökelim ortamları, akiferin ve suya doymun sonun yüzeye yakınlığı, deprem oluş sıklığı ve büyüklük özellikleri gibi konulara ait veri tabanı oluşturularak karşılaştırma, sorgulama, sınıflama uygulamaları yapılmalıdır (Turoğlu, 2000: 78, NBMG, 2004, CSC Noaa, 2004, GIS ESRI, 2004, GIS Development., 2004).

Risk zonlamasında sıvılaşma hassasiyetini yönlendiren faktörlerin ayırtlanması ve etkinlik katsayılarının belirlenmesi, sağlıklı zonlama için çok önemlidir. Her bir faktöre ait “çok yüksek, yüksek, orta, az ve çok az” tanımlamalarını kapsayan beş etkinlik sınıflaması sayısal olarak yapılarak haritalanmalıdır. Üretilen bu haritalar, sıvılaşma olayındaki etkinlik derecelerine göre sayısal tanımlamalar ile

çakıştırılarak, sahanın sıvılaşma risk haritalarının hazırlanma imkanı vardır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Zemin sıvılaşması, alüvyal jeomorfoloji kapsamında incelenmesi halinde önemli katkılarının sağlanacağı bir konudur. Özellikle; akarsu biriktirme şekilleri, göl ve bataklık çökelleri, hatta insan tarafından yapılan dolgular toprak sıvılaşması için çok uygun ve şiddet artırıcı jeomorfolojik birimlerdir (Tablo 3).

Yapıların sıvılaşmaya hassas alüviyal birimler üzerinde yer alıp almamaları, yer sarsıntısının doğrudan veya dolaylı etkisinin neden olacağı hasarın şiddeti üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Hatta depremin vibrasyon etkisinden zarar görmeyen yapıların fiziki hasarları olmamasına rağmen, zemin sıvılaşmasının meydana gelmesi ile gömülme, yan yatma veya kayma şeklindeki etkilenmelere ve zarar görmeye uğramaktadır. Adapazarı şehrinde yapılan bu çalışma sonunda, depremin, farklı jeomorfolojik birimleri üzerinde doğrudan vibrasyon ve dolaylı olarak da sıvılaşma ile neden olduğu hasar türleri ve şiddet özellikleri çıkartılmıştır (Tablo 4).

Tablo 3- Jeomorfolojik birimler ve sismik yer hareketleri kaynaklı sıvılaşma ilişkisi.

Jeomorfolojik birimler	Yer sarsıntısından sıvılaşma olasılığı
Plato yüzeyi	Yok
Yamaçlar (Anakaya)	Yok
Yamaç depoları, Birikinti konileri	Genel olarak düşük, ancak yer altı suyu seviyesine göre bazı derecelerde mevcut.
Kademe düzlükleri	Yok
Vadi tabanı ve taraçalar	Lokal yayılımlar için etkili
Akarsu leveleri	Belli oranlarda etkili
Art bataklık sahaları	Lokal yayılımlar için etkili
Bataklıklar ve killi depolar	Yüksek
Terk edilmiş akarsu yatakları	Yüksek
Kum çökelleri	Genel olarak düşük
Yapay ve Sığ deniz dolgu alanları	Yüksek

**ZEMİN SIVILAŞMASININ 17 AĞUSTOS 1999 DEPREMİNDE
ADAPAZARI'NDAKİ HASARA ETKİSİ**

Tablo 4- Jeomorfolojik birimlere göre hasar tipleri ve şiddet özellikleri.

Jeomorfolojik Üniteler	Deprem Etkisi		Hasar Tipi	Hasar Şiddeti
	Vibrasyon	Sıvılaşma		
Ova Tabanı	B1	B2, B1	A1, A2, A3, A4, A5	C1, C2
Koni-Taraça	B1, B2	B3, B4	A1, A2, A3, A4, A5	C1, C2, C3
Yamaçlar (Örtülü)- Fan	B2, B3, B1	B3, B4	A1, A2, A3, A4, A5	C2, C3, C1
Yamaçlar (Anakaya)	B3, B2, B1	B5	A1, A2, A4, A5	C3, C4, C2, C1
Plato Yüzeyi	B3, B4,	B5	A1, A2, A4, A5	C4, C3, C2, C1

AÇIKLAMALAR :

A1 - Taşıyıcı sistemde kırılmalar,
A2 - Çökme,
A3 - Yanyatma, Oturma, Gömülme ,
A4 - Direnç kayıplarına bağlı hasarlar,
A5 - Diğer yapıların fiziki etkileri,

B1 - Çok fazla etkili
B2 - Etkili
B3 - Zayıf etkili
B4 - Hissedilir
B5 - Yok

C1 - Tam hasarlı
C2 - Yarı hasarlı
C3 - Az hasarlı
C4 - Çok az

Anadolu yarımadası; sıvılaşmaya hassas ve tektonik bakımdan çok aktif olan alanları geniş yayılımla sahip olduğu bir sahadır. Bu yüzden, sıvılaşma kaynaklı önleme-zarar azaltma çalışmalarının yapılması, planlama-uygulamada kullanılması ve takibi büyük öneme sahiptir.

KAYNAKÇA

BİLGİN, T., 1984, *Adapazarı Ovası ve Sapanca Oluşunun Alüviyal Morfolojisi ve Kuaternerdeki Jeomorfolojik Tekamülü*, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları, İstanbul.
BRADSHAW, M. J.- ABBOTT, A. J. ve GELSTHORPE, A. P., 1989, *The Earth's Changing Surface*, Hodder and Stoughton, London, Sydney, Auckland, Toronto.
COATES, D. R., 1990, "Geomorphic controls of groundwater hydrology", in "Groundwater

Geomorphology; The role of Subsurface water in earth-surface process and landforms", Edited by Charles G.Higgins, Geological Society of America Special Paper 252, s.341-349, New York .

ERİNÇ, S., 2000, *Jeomorfoloji I*, DER yayınları, İstanbul.

FORBES, D. L., 1985, "Morphology and sedimentology of a sinuous gravel-bed channel system: lower Babbage River, Yukon coastal plain, Canada", in *Modern and Ancient Fluvial Systems*, Edited by J.D.Collinson and J.Lewin, Special publication number 6 of the international association of sedimentologists published by Blackwell Scientific Publications.

İNANDIK, H., 1952-1953, "Adapazarı Ovası ve Çevresinin Jeomorfolojik Etüdü", *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, Sayı 3-4, s.107-138, İstanbul.

STRAHLER, A. N., 1974, *Physical Geography* 4th ed., John Wiley and sons, Inc., New York, London, Sydney, Toronto.

TUROĞLU, H., 2000, *Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esaslar*, Çantay Kitapevi, İstanbul.

ULUDAĞ, M., 1998, *Adapazarı Ovası ve Çevresinin Geç Kuaternerdeki Jeomorfolojik Gelişimi*, İ.Ü.Sosyal Bilimler Enstitüsü Fiziki Coğrafya Bilim Dalı, Basılmamış Doktora Tezi, İstanbul.

<http://www.ce.washington.edu/~liquefaction/html/what/what1.html>, son erişim 22 Mayıs 2004.

<http://www.abag.ca.gov/bayarea/eqmaps/liquefac/liquefac.html>, son erişim 22 Mayıs 2004.

<http://www.cen.bris.ac.uk/civil/students/eqteach97/geo2.htm>, son erişim Mayıs 2004.

http://earthquake.usgs.gov/image_glossary/liquefaction.html, son erişim 22 Mayıs 2004.

<http://earthquake.usgs.gov/faq/effects.html>, son erişim 22 Mayıs 2004.

http://www.exploratorium.edu/faultline/activities/liquefaction_activity.html, son erişim 23 Mayıs 2004.

<http://cee.uiuc.edu/sst1/education/liquefaction/>, son erişim 22 Mayıs 2004.

<http://www.jcpreports.com/html/articles/liquefa.html>, son erişim 21 Mayıs 2004.

<http://www.ce.berkeley.edu/Programs/Geoengineering/research/Kobe/KobeReport/ch3/ch3-1.html>, son erişim 18 Mayıs 2004.

<http://www.creationscience.com/onlinebook/Liquefaction3.html>, son erişim 20 Mayıs 2004.

<http://www.cee.princeton.edu/~radu/papers/const/node17.html>, son erişim 23 Mayıs 2004.

<http://gis.esri.com/library/userconf/proc02/pap0535/p0535.htm>, son erişim 22 Mayıs 2004.

<http://www.nbmng.unr.edu/nesc/liquefaction.htm>, son erişim 22 Mayıs 2004.

http://www.csc.noaa.gov/products/tsunamis/htm/cascadia/lq_mgate.htm, son erişim 22 Mayıs 2004.

<http://www.gisdevelopment.net/aars/acs/2000/ts1/agri005b.shtml>, son erişim 23 Mayıs 2004.

<http://www.ce.utexas.edu/prof/rathje/TurkeyLiq.htm>, son erişim 23 Mayıs 2004.

<http://www.brunel.ac.uk/depts/geo/iainsub/palaeose/tsld006.htm>, son erişim 23 Mayıs 2004.

<http://campus.umn.edu/geotech/research/sp3.html>, son erişim 23 Mayıs 2004.

<http://cgrg.geog.uvic.ca/abstracts/ChillarigeLiquefactionFlow1995.html>, son erişim 18 Mayıs 2004.