

İSTANBUL'UN DEPREMSELLİĞİNİ OLUŞTURAN TEKTONİK YAPILAR VE İSTANBUL İÇİN BİR MİKROBÖLGELEME DENEMESİ

A. Aykut Barka¹

ÖZET

Kuzey Anadolu Fay zonunun kuzey kolu, Marmara Denizinin kuzey yarısında KD-GB doğrultulu, doğrultu atımlı faylar arasında normal faylarla açılan bir dizi basenlerden oluşan 30-40 km genişliğinde bir deformasyon zonu meydana getirmektedir. Bu fay segmentlerinin bazılarının kuzey kenarları İstanbul şehir güneyinde kadar uzanmaktadır. Kuzey Anadolu fayından başka KB-GD doğrultulu Istranca fayı, Istranca Dağları boyunca Karadeniz sahiline paralel olarak Terkos Gölü yakınlarına kadar takip edilmektedir. Bir olasılıkla bu fay Terkos Gölü doğusunda çatallanmaktadır. Ancak bu fayın bazı morfolojik verileri dışında güncel aktivitesi hakkında henüz bir bilgi yoktur. Üçüncü ve son olası aktif zon ise, Karadeniz içindeki kıta yokuşu boyunca Bulgaristan'dan doğuya devam eden Srednogorie K-G açılma zonunun devamı olan zondur. Bu zon diğer iki fay zonuna göre İstanbul metropoliten alanına daha uzakta kalmaktadır. Bu ana fay zonları arasında İstanbul çevresinde daha küçük faylar vardır ve bunların aktif olup olmadığı ve bunların yıkıcı deprem potansiyel varlığı güncel olarak tartışılmaktadır. Bunlara rağmen, İstanbul çevresini etkileyen yıkıcı depremlerin esas kaynağının Kuzey Anadolu fay zonu olduğu kabul edilmektedir.

Kuzey Anadolu fay zonunun çeşitli segmentlerinin tarihsel dönemde oluşturdukları depremlerin kuvvetli yer sarsıntıları İstanbul metropoliten alanındaki farklı zemin ve jeolojik yapı (örneğin heyelanlı alanlar) koşullarında hasarlar meydana getirmişlerdir. Örnek olması amacı ile, çok basit olarak, İstanbul'un surlar içinde kalan kısmının mikro-bölgelendirme haritası yapılmıştır. Bu harita yapılırken, jeolojik formasyonların litolojik özellikleri, heyelanların dağılımı ve topografik özellikler göz önüne alınmıştır. Ayrıca bu harita özellikleri ile 1509 ve 1894 depremleri hasar dağılımı ile karşılaştırılmaya çalışılmıştır. Bu tür yaklaşımlar, kuvvetli yer sarsıntıları sırasında farklı zeminlerin farklı

¹ Doç.Dr., Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Jeofizik Anabilim Dalı, Çengelköy, İstanbul.

GİRİŞ

İstanbul ve çevresi tektonik açıdan oldukça karışık bir alanda yer almaktadır. Güneyde, Kuzey Anadolu fay zonunun kuzey kolu, Kuzeyde Karadeniz yokuşu boyunca Bulgaristan'dan uzanan Srednogorie zonunun devamı olabilecek olası bir normal fay sistemi ve kuzeybatıda ise Trakya fayı uzanmaktadır (Şekil 1). Ayrıca, bu ana fay zonları arasında daha küçük ölçekte faylarda yer almaktadır. Tarihsel deprem kayıtlarında da İstanbul ve yakın çevresini etkileyen birçok yıkıcı depremin varlığı eskiden beri bilinmektedir (Şekil 2). 1976-1990 dönemi hassas aletsel ölçümleri İstanbul yakın çevresinde bazı mikro deprem kümelenmelerinin varlığını ortaya koymaktadır (Şekil 3). Bütün bunların yanısıra İstanbul şehri dünyanın en hızlı ve düzensiz büyüyen şehirlerinden biri olup her yıl yaklaşık 500,000 insan bu şehre göç etmektedir. Bu sayı yaklaşık Türkiye büyüklüğündeki ve depremelliği benzer olan California'ya olan göçe hemen hemen eşittir ve California'nın o kadar gelişmişliğine ve zenginliğine rağmen, yöneticiler bu göçe başta konut olmak üzere birçok sosyal hizmeti yeterince verememekten yakınmaktadır. Yalnız bu karşılaştırma bizim karşısında olduğumuz problemin boyutlarının ne kadar büyük olduğunu göstermektedir.

ÖNEMLİ TEKTONİK YAPILAR

Kuzey Anadolu fayının kuzey kolu İzmit ile Ganos Dağları arasında tek bir çizgi veya D-B uzanımlı bir graben olmayıp, KD-GB doğrultulu "en echelon" fay segmentlerinden oluşan geometrik bir yapı göstermektedir (Şekil 1). Bu geometri Karamürsel ve Marmara Denizinin kuzey yarısındaki üç büyük çukurluğunun "pull-apart" yapı olarak oluşmasını sağlar (Şekil 1), (Barka and Kadinsky-Cade 1988). Marmara Denizi için ilk defa Barka ve Kadinsky-Cade (1988) tarafından ortaya koyulan bu yeni model bilinen diğerlerine nazaran Marmara Denizinin kuzey yarısının şekillenmesini daha iyi açıklar niteliktedir. Bu tektonik modelde iki ana fay sistemi yer alır. Bunlar KD-GB uzanımlı doğrultu-atımlı faylar (deniz içi sırtları) ve D-B veya KKB-GGD uzanımlı normal faylardır. Derin çukurlar bu iki fay sistemi arasında açılmaktadır. İstanbul için en önemli tektonik yapı İstanbul'un güneyinde yer alan Çınarcık çukurluğudur. Bu çukurluğun batı kenarındaki doğrultu atımlı ana fayın (NE-SW) İstanbul'un güneyine kadar uzanma olasılığı vardır. Ayrıca bu çukurluğun kuzey kenarını oluşturan normal fay sisteminin, kuzeyde Adaları da içeren, Salacak Gebze arasında uzanan alanda benzer faylanmalar oluşturması söz konusu olabilir. Genelde Şekil 1' de de görüldüğü gibi Kuzey Anadolu fayının Marmara Denizinin kuzey yarısında kısa segmentlerden oluşması ve ikincil normal fayların varlığı İstanbul ve çevresinin tarihsel dönemdeki yoğun deprem aktivitesinin en birinci sebebidir.

Karadeniz kıta yokuşunun aktivitesi hakkında henüz kesin veriler yoktur. Ancak Bulgaristan'dan doğuya doğru uzanan Srednogorie

graben sisteminin Karadeniz içinde de devam ettiği düşünülmektedir (Şekil 1). Özellikle Şile açıklarında 1990 yılında $M=4.6$ (Kandilli Rasathanesi) depreminden sonra bir kümelenme görülmektedir(Şekil2).Genelde, Karadeniz'in güney kenarı Anadolu kıyıları boyunca tektonik açıdan son derece karışıktır.Örneğin Cide-Ereğli arasında kalan kesimi "bindirme" karakterindedir. (1968 Bartın depremi, Alptekin ve diğer.1986) Bu yapı büyük olasılıkla Kuzey Anadolu fayının Orta Karadeniz bölgesindeki bükümünden kaynaklanmaktadır. Fayın bu bükümünün, Anadolu Bloku'nun batıya doğru hareketini engeller nitelikte olması, Karadeniz'in kıta yokuşunun bu kesiminde bindirmelerin oluşmasına neden olabilir. Ancak Ereğli'nin batısında Kuzey Anadolu Fayının, Batı Anadolu genişleme rejimine girmesiyle bu bindirme sistemi kaybolur ve yerini genişleme tektoniğine bırakabilir. Bununla beraber bu iki farklı tektonik yapının birbirine nasıl geçtiği henüz belirlenmemiştir.

Istranca fayı KB-GD doğrultulu olup Bulgaristan sınırından Terkos Gölü yakınlarına kadar uzanır (Şekil 1). Fayın bu alanda güneybatıya çatallandığı düşünülmektedir. Nitekim, 1976-1990 sismisitesi Büyükçekmece kuzeyinde KB-GD eksenli bir deprem kümelenmesinin varlığını ortaya koymaktadır (Şekil 2). Her ne kadar hava fotoğraflarında bu konuda belirgin bir veriye rastlanmamışsa da, kıvrım eksenlerinin gidişleri (Erentöz 1964) bu kümelenmenin uzun eksenini ile benzer doğrultudadır. Istranca fayının Kömürköy ile Bulgaristan arasındaki kısmı Çağlayan ve diğerl. (1988) tarafından çalışılmış olup güneydoğuya uzantısı da yazar tarafından 1/60.000'lik hava fotoğraflarında takip edilmiştir. Bu kesimde fay en belirgin olarak Istranca Köyü kuzeyinde görülmektedir. Çağlayan ve diğerl. (1988) fayın metamorfikler içinden geçtiğini fakat güncel olarak aktif olup olmadığını hakkında kesin bir sonuca varamadıklarını belirtmişlerdir. Bu fay her ne kadar uzay fotolarında bazı ötelenmiş nehirler şeklinde genç morfolojik belirtiler gösteriyorsa da (Sipahioğlu 1991, sözlü görüşme) bu özelliklerin arazi verileri ile de denetlenmesi gerekmektedir.

Bu ana fay zonları dışında bazı küçük faylar İstanbul'un depremselliği açısından önemli olabilir. Bunların başında Büyükdere fayı yer almaktadır (Şekil 4). Bu fay Oktay ve diğerl. (1990) tarafından Büyükdere basenini oluşturan güneye eğimli bir normal fay olarak değerlendirilmiş olup aynı basenini güney kenarında kuzeye eğimli diğer bir normal fayla tam bir graben yapısı olarak şekillendirildiği kabul edilmiştir. Aynı araştırmacılar bu iki fay arasında da bu fayları ve baseni kesen doğrultu atımlı faylarında varlığına dikkat çekmişlerdir. Yapılan hava fotoğrafı ve kısa arazi gözlemlerinde Büyükdere fayının, Büyükdere civarında büyük bir heyelan boyunca devam ettiği ve bunun hemen kuzeyinde yine doğu-batı doğrultulu sağ-yanal karakterde başka bir fay varlığı belirlenmiştir. Ancak bütün bu yapılar 4-5 km devamlılık göstermekte olup kara içine girildikçe fay izleri kaybolmaktadır. Boğazın Anadolu Yakasında da bu faylarla ilgili devamlılığı ifade eden hiçbir iz

rastlanmamaktadır. Bu morfolojik ve jeolojik verilerin yanısıra son yıllarda bu alanda görülen sismik aktivite de bu yapıların aktifliğinin bir kanıtı olarak kabul edilebilir. Bununla beraber Büyükdere ve civarında daha detaylı çalışmaların yapılması gerekmektedir (detay haritalama, jeofizik ve paleosismik çalışmalar gibi). Büyükdere dışında, Oktay ve diğerleri (1990). Ataköy ve Kuşdili basenlerinin de aktif faylarla Geç Kuvaternerde oluştuklarını ileri sürmüşlerdir.

Bilindiği gibi Marmara Denizi ve Boğazların Kuvaterner tektoniği çok karışıktır ve henüz tam anlaşılammıştır. Bu konuya gelecek yıllarda yapılacak detaylı deniz içi ve çevresi jeoloji araştırmalarının ve modern metodlarla yapılan yaş tayinlerinin açıklık getireceğine inanılmaktadır. Bunlara paralel olarak Boğazın kökeni de, İstanbul'un deprenselliği açısından büyük önem taşımaktadır. Zira güncel olarak Meriç ve Sakıncı (1991) Boğazın yaklaşık 7000 yıl önce açıldığını ve bu açılmanın tektonik orijinli olabileceğini savunmuşlardır. Eğer bu sav doğruysa bu genç tektoniğin günümüzde de devam etmesi gerekmektedir. 1976-1990 mikro deprem dağılımı bunu doğrular nitelikte değildir (Şekil 3). Ancak bu kayıt döneminin çok kısa olduğu da göz önüne alınmalıdır. Boğaz boyunca yapılan hava fotoğrafı çalışmalarında, Boğazın kenarlarının, özellikle kuzey yarısında, büyük ölçekte heyelanların varlığı gözlenmiştir. Bu heyelanların, vadi kenarlarının dik olması ve Boğazın açılmasından sonraki deniz seviyelerinin değişmesiyle geliştiği düşünülebilir. Bu heyelanların yanısıra Üsküdar-Çengelköy ve Kabataş-Ortaköy çizgisellikleri Boğazı oluşturan faylı kıyılar olarak yorumlanabilir (Şekil 4). Ancak bu yapıların genç yapılar olmayıp Paleozoik'e ait eski yapılar olması ihtimali daha ağır basmaktadır. Kısaca Boğazın kökeninin de bir sonuca bağlanması İstanbul'un deprem tehlikesinin belirlenmesinde en önemli faktörlerden biridir.

Diğer faylar olarak D-B gidişli bir fay Aydos Dağı kuzeyinde yer alır, yine aynı civardaki KD-GB doğrultulu bir çizgisellik hava fotoğraflarında belirlenmiştir (Şekil 4). Boğazın Rumeli tarafının kuzey ucunda KB-GD doğrultulu sağ-yanal bir fay Üst Kretase birimleri içinde yer alır. Bu faylar hakkında arazi gözlemlerine ihtiyaç vardır.

TARİHSEL DEPREMLER

Şekil 5 'de tarihsel depremlerin, Kuzey Anadolu fayının kuzey kolu boyunca bölgelere göre dağılımını göstermektedir. Bu şekilden hemen anlaşılacağı gibi İstanbul ve çevresinde diğer bölgelere göre aşırı bir aktivitenin varlığı ortaya çıkmaktadır. Bu durum İstanbul'un tarih boyunca bir merkez olmasından çok Kuzey Anadolu fayının kuzey kolunun Marmara Denizini şekillendiren birçok segmentinin aktivitesinden kaynaklandığı var sayılmalıdır. Bu şekilden çıkarılacak diğer bir sonuç da İstanbul ve çevresi için, son 2000 yıllık kayıtlara göre (Eginitis 1895, Pınar 1943, Ambraseys 1971, Soysal ve diğerleri. 1981, Sipahioğlu 1984) ortalama olarak her 35 yılda $I \geq VIII$ ve her 115 yılda

I \geq IX şiddetinde depremlerin tekrarlandığıdır. Ancak güncel olarak Ambraseys ve Finkel (1991)'in Marmara Denizi ve çevresi tarihsel depremleri ile ilgili son çalışmasında İstanbul çevresindeki depremlerin önceki çalışmalarda gösterildiği kadar sık olmadığı ortaya konulmaktadır (Şekil 6). Bu son çalışmadan ortaya çıkan sonuca göre I VIII şiddetindeki depremlerin ortalama tekrarlanma aralığı 95 yıl ve I IX ise yaklaşık 200-250 yıldır.

İstanbul'u son olarak etkileyen deprem 1894 depremidir ve İstanbul ve çevresinin son yüzyılda suskun bir dönem geçirdiği söylenebilir. Yukarıda ortaya konulan çalışmalardan, I \geq VIII ve I \geq IX şiddetindeki depremlerin tekrarlanma aralıklarının aşıldığı veya aşılacak üzere olduğu ortaya çıkmaktadır.

Şekil 2'de son 250 yılda meydana gelen önemli depremlerin dağılımı gösterilmektedir. Bu şekilde dalgalı motifli elipsler yaklaşık olarak tarihsel depremlerin ilgili olabilecekleri fay segmentlerini göstermektedir. Bu sonuç, fay segmentlerinin dağılımı, hasar dağılımı ve depremin büyüklükleri dikkate alınarak, yaklaşık olarak elde edilmiştir. Gölge elipsler aletsel dönemde meydana gelmiş önemli depremleri göstermektedir. Elipslerin büyüklüğü, hem depremlerin büyüklüğüne ve hem de varsa artçı depremlerin dağılımına göre çizilmiştir. Kesikli çizgiler ise yine bu yüzyılda karada meydana gelmiş ve yüzey kırıkları arazide gözlenmiş depremleri göstermektedir. Bu şekilden görüldüğü gibi bu depremlerin ana kaynağı Kuzey Anadolu Fay zonudur. Kuzey kolun İstanbul'un güney batısındaki NE-GB uzanımlı doğrultu-atımlı segment üzerinde son 250 yılda oluşan büyük bir depreme rastlanmamıştır ve sismosite haritalarında bu segmentin¹ 1900-1990 hareketsiz olduğu gözlenmektedir. Bu sebeplerle fay zonunun, özellikle bu segmenti, bir sismik boşluk olarak değerlendirilebilir niteliktedir (Barka ve Toksöz 1989). Bunun yanısıra hem kuzey kol üzerinde ve yukarıda anlatılan diğer fay ve fay zonlarının da deprem potansiyeli olan diğer segmentlerinde varlığı gözardı edilmemelidir.

MİKROBÖLGELENDİRME

Mikrobölgelendirme haritaları, bir alanda yıkıcı bir deprem olmadan önce deprem zararlarının azaltılması amacıyla yönelik, deprem etkilerinin o alanlardaki dağılımını belirleyen çalışmalardır (Erdik 1991, Erdik ve diğerleri, 1991) ve dünyanın deprem tehlikesi altında olan birçok şehri için yapılmıştır (örneğin San Francisco, Los Angeles,

¹ Bu segmentin, fayın ana ve uzun segmentlerinden biri olması sebebiyle oluşturacağı depremin büyüklüğünün M=7+ (1509 Depremi gibi) civarında olması beklenebilir. Bu büyüklükteki bir depremin, İstanbul'a yakınlığı sebebiyle, İstanbul ve civarında I IX olarak hissedilmesi gerekir. Ancak son 250 yıllık kayıtlarda böyle bir depreme rastlanmamıştır.

Tokyo gibi). Bu çalışmaların sonuçları her türlü yapının yer seçimi ve uygun mimari ve inşaat tekniklerinin kullanılması açısından son derece önemlidir. Mikrobölgelendirme haritalarının bu önemli yararlarına ve İstanbul'un yukarıda sayılan bütün deprem tehlikesine rağmen şimdiye kadar İstanbul için yapılmış olan bir mikrobölgelendirme çalışması yoktur. Bu makalede bu tür çalışmalara örnek olarak İstanbul'un surlar içinde kalan kısmının mikrobölgelendirme denemesi yapılmıştır.

İstanbul şehir merkezi bir yarımada olup Beyoğlu'ndan Haliç ile ayrılmaktadır (Şekil 7). Bu yarımada üç sırttan oluşmaktadır; iki tanesi KB-GD doğrultulu ve 60-70m yüksekliğindedir (Edirnekapı-Fatih-Beyazıt, Topkapı-Aksaray), ve diğeri KD-GB doğrultulu 40m yüksekliğindeki Sarayburnu'dur. Yenibahçe deresi iki KB-GD sırtı ayrılmaktadır. Hava fotoğrafı çalışmaları sonucunda özellikle Marmara sahili ve daha az Haliç yamaçları boyunca eski heyelanlar gözlenmiştir. Bu heyelanlar yoğun yapılaşmanın altında kalmıştır ve ancak cadde ve sokakların heyelan geometrisine uyulması ile tanınabilirler.

Surlar içindeki en eski jeolojik birim kumtaşı, şeyl ve çamurtaşından oluşan Karbonifer yaşlı Trakya Formasyonudur (Şekil 8). Bu formasyonun üst kısımlarında 2-18 m arasında değişen kalınlıkta bir alterasyon zonu vardır. Ayrıca bu birim aşırı derecede kıvrılmış ve kıvrımlanmıştır. Bu formasyonun üzerinde geç Miyosen yaşlı karasal ve sığ deniz çökelleri yer almaktadır. Bu çökel grubunun en altında kum ve çakıllar yer alır (Çukurçeşme Formasyonu) ve kalınlığı birkaç metre ile 20m arasında değişmektedir. Bu formasyonu kil ve marn'dan oluşan Güngören formasyonu örter. Bu birimin kalınlığı Yedikule'den Sultanahmet'e doğru 120m'den 6-7m'ye kadar azalır. Maktralı kireçtaşından oluşan Bakırköy formasyonu üst Miyosen sedimentlerinin en üst birimidir ve yaygın olarak Yedikule ile Topkapı arasında mostra verir. Bu formasyon yer yer kil ve kumla aratabakalıdır. Üst Miyosen birimleri güneye doğru hafif eğilimlidir. Kuvaterner aluviyonları Yenibahçe deresi boyunca Aksaray-Yenikapı arasında haritalanmıştır (SIAL 1986). Esas Kuvaterner çökelleri Haliç boyunca yer almaktadır. Bu çökeller suni dolgularla örtülüdür ve beraber kalınlıkları 60-70m'ye kadar ulaşmaktadır. Dolgu kalınlığı Marmara Sahilinde 10m civarındadır ancak sahilden uzaklaştıkça bu kalınlık burada artar. Sondaj verilerine ve büyük inşaatların temel kazıları gözlemlerine göre kıyı şeriti dışında Beyazıt-Sultanahmet arasındaki sırtta da suni dolgu 3-7m arasında değişmektedir (Şekil 9), (Sayar ve Sayar 1962).

Önemli yapı olarak iki yarı paralel fay Topkapı Sarayı'nın iki yanında paleozoik içinde yer aldığı hava fotoğraflarında ve daha önceki yayınlarda ortaya koymuştur. Trakya Formasyonu içindeki kıvrım eksenlerinin genel gidişleri KKB-GGD ve faylar KD-GB ve KB-GD dur (Kaya 1971).

Jeoteknik çalışmalara göre (Aksoy 1982) çamur ve suni dolguların kompresyon gerilmesi $0.15-2.50 \text{ kg/cm}^2$ 'dir. Bu değer Trakya Formasyonu için $10-340 \text{ kg/cm}^2$ arasında alterasyonun derecesine göre

değişmektedir. Yine bazı birimlerde yapılan S dalgası hızları; Kuvaterner çökelleri için 365 ± 100 m/s, Maktra kireçtaşı için 750 m/s ve kum çakıl için 330 ± 75 m/s olarak ölçülmüştür (Ercañ ve İş 1991). Dolgu birimlerinde bu değerlerin çok daha az olduğu varsayılmaktadır (100-200 m/s).

Bu mikrobölgelendirme denemesinde geçmiş depremlerden 1509 ve 1894 depremlerinin oluşturduğu hasar dağılımları da göz önüne alınmıştır (Şekil 10 ve 11). Bu haritalar Ambraseys ve Finkel (1990) ve Öztin ve Bayülke (1990)'dan elde edilen bilgilerden derlenmiştir. Her iki harita da özellikle 1509 depremi ile ilgili olan bu alanda yapıların eşit yoğunlukta dağılmamaları sebebiyle yanıltıcı olabilir. 1509 magnitüdü 7.4 civarında tahmin edilen ve tarihsel dönemde İstanbul'u en çok etkileyen depremlerin başında gelmektedir. Bu depremde farklı kaynaklara göre 5000-13.000 kişinin öldüğü ortaya konmuştur. Ambraseys ve Finkel (1990) İstanbul ve Beyoğlu'nda hemen hemen bütün evlerin hasar gördüğünü ve bazı yerlerde yüzeyde açılmalar ve kum fışkırımları meydana geldiğini belirtmişlerdir. Öztin ve Bayülke (1990) bu deprem sırasında Tsunami meydana geldiğini ve 6 m yüksekliğinde dalga oluştuğunu belirtmişlerdir.

1894 depremi daha küçük bir deprem olup, $M=6.7 \pm 0.1$, İstanbul çevresinde VIII şiddetinde hissedilmiştir (Eginitis 1895, Öztin ve Bayülke 1990). Ancak Gündoğdu ve diğeri. (1991) şiddetin X olduğunu savunmuşlardır. Sabah Gazetesi'ne göre hasarın önemli kısmı Fatih ve Beyazıt sırtlarında meydana gelmiştir. Eminönü'nde dolgu malzemesinde bazı göçükler gözlenmiştir (Eginitis 1895). Kapalıçarşı yine dolgu üzerinde inşa edilmiş olduğu için çok hasar görmüştür ve toplam 280 ölüm olayının 135'i Kapalıçarşı'nın yıkılmasından kaynaklanmıştır (Öztin ve Bayülke 1990). Yine aynı kaynağa göre Adalarda ivmenin 1g üzerinde olduğunu gösteren verilere rastlanmıştır. İki depremde Kuzey Anadolu fayının kuzey kolunun segmentlerinin hareketi ile ilgilidir. Bu sebeple İstanbul içi yüzey faylanma tehlikesinden uzaktır.

Şekil 12'de gösterilen mikrobölgelendirme denemesi yukarıda sıralanan, morfoloji, jeoloji, tarihsel deprem, sondaj ve bazı jeoteknik bilgilerden yararlanılarak hazırlanmıştır. Bu şekilde 4 zona ayırtlanmıştır. Birinci zonda Trakya Formasyonu ve Bakırköy formasyonu duraylı zeminler olarak belirlenmiştir. Ancak Trakya Formasyonu içindeki aşırı kırık yapısı ve üst kısmındaki alterasyon zonu ve Bakırköy Formasyonu içindeki maktrali kireçtaşı içinde aratabakalı kum ve killer bazı yerlerde sorun yaratabilir. Bu sebeple her özel alanda inceleme yapılması gereklidir. Yarıduraylı zon olarak Üst Miyosen yaşlı kum ve killer seçilmiştir. Bu birimin yamaçlarında heyelanlar yer almaktadır. Beyazıt-Sultanahmet arasındaki örtü kalınlığının fazla olması ve bu sebeple yersarsıntılarını arttırabilmesi nedeni ile bu kısım daha zayıf üçüncü bir zon olarak değerlendirilmiştir. Sahiller boyunca uzanan altta genç çökellerin üstte de kalın dolguların yer aldığı alanlar en zayıf zeminler olarak

değerlendirilmiştir. Bu tür zeminlerde göçme ve sıvılaşma olayları olağandır.

Bu bölgelendirme haritası sadece bu tür çalışmalara bir örnektir ve bu harita esas alınıp kesin planlama ve/veya hesaplama yapılamaz. Gerçekte bu tür araştırmaların büyük projeler olarak çok daha detaylı yapılması gerekmektedir. Bu çalışmalarda jeofizik ölçümler ve hidrojeoloji araştırmaları da önemli yer tutar. Benzeri çalışmalar Los Angeles ve San Francisco'da da yapılmıştır ve yapılmaktadır. Bu şehirlerin tektonik konumlarının İstanbul'a benzer olması sebebiyle bu çalışmalar son derece önemlidir ve bu tür araştırmalar için en iyi örneklerden ikisini teşkil eder.

TARTIŞMA VE SONUÇ

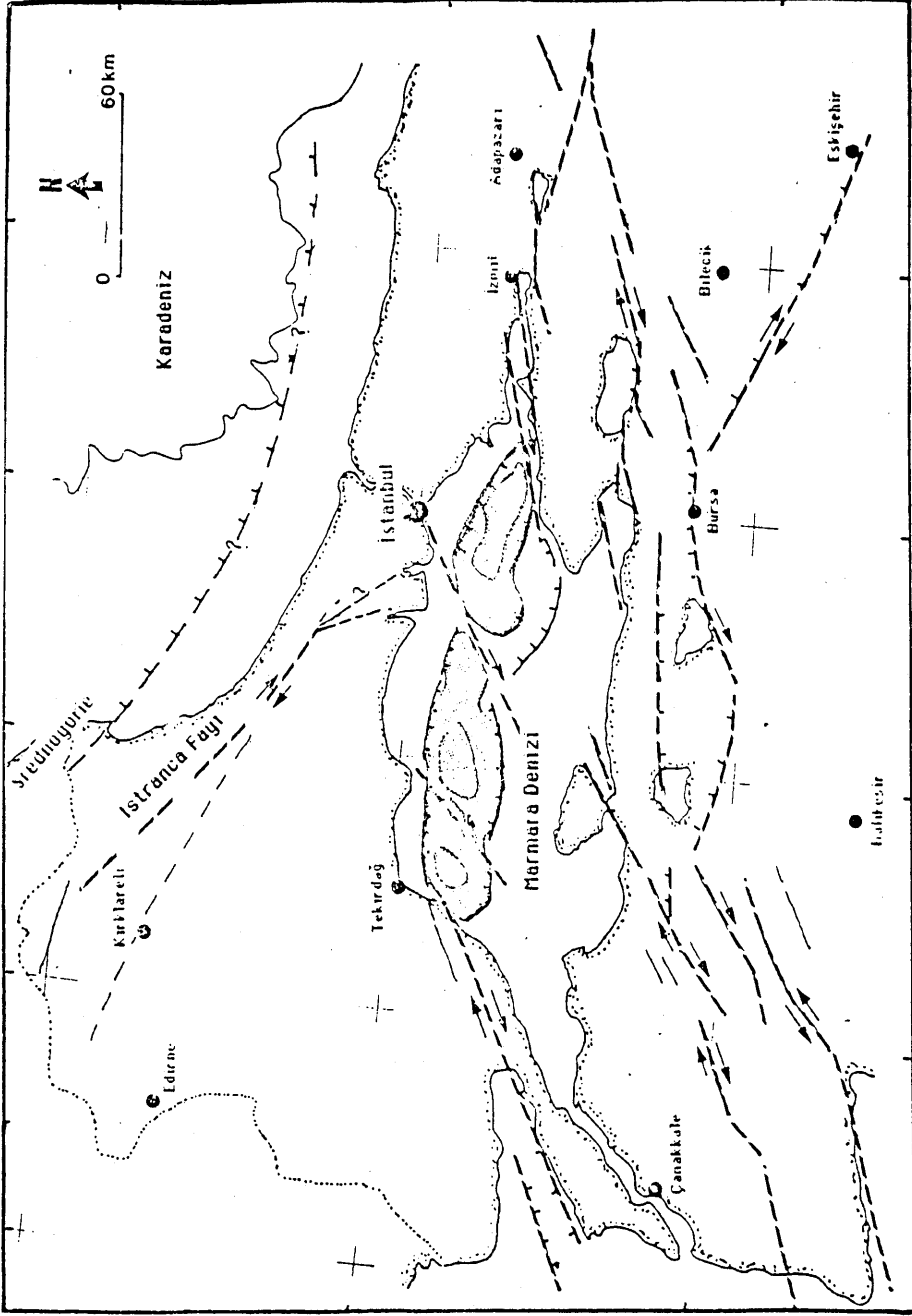
Bayülke (1982) ve Erdik (1991)'in araştırmalarına göre Türkiye'deki VIII şiddetindeki depremler sonucunda 2-5 katlı betonarme binaların % 10±5 ağır hasar gördüğü ve %3±3'de tamamen yıkıldığı ortaya konulmuştur. Alçak yığma binalarda bu değerler %37 ağır hasar ve %27 yıkılma olarak belirlenmiştir. Birinci kategoride tamamen yıkılan binalarda ölüm oranı bina başına 0.45 ikinci kategoride ise 0.77 dir. Kaba bir hesaplama 8 milyonluk İstanbul'un 5 milyonu 100.000 betonarme apartmanda ve geri kalan 3 milyonun 600.000 kadar yığma gecekonduda yaşıyor kabul edersek ve yukarıdaki ağır hasar ve yıkım ölüm oranlarını alırsak, günümüzde İstanbul'da VIII şiddetinde bir depremi de varsayarsak yalnız tamamen yıkılan binalar kategorisinde ölü sayısının 125.000 civarında olduğu görülür. Şiddetin bazı tarihsel depremlerde olduğu gibi IX veya X olması halinde bu rakamların çok daha büyük değerlere ulaşacağı ortadadır. Bu kaba hesaplar bile bize İstanbul'un içinde bulunduğu deprem tehlikesinin büyüklüğünü ifade etmeye yeterlidir. İstanbul ve çevresinin detay mikrobölgelendirme çalışmalarına şiddetle ihtiyacı vardır ve bu konuda geç bile kalınmıştır. Bu çalışmaların süratle başlatılması, deprem zararlarının azaltılması açısından son derece önemlidir. Bununla beraber İstanbul ve çevresindeki hızlı ve çarpık yapılaşma devam ettikçe ve buna göz yumuldukça, bu makalede ve bu sempozyumda ve benzerlerinde ortaya konulan sonuçların yazılanların hiçbir anlamı olmayacağı ortadadır.

DEĞİNİLEN BELGELER

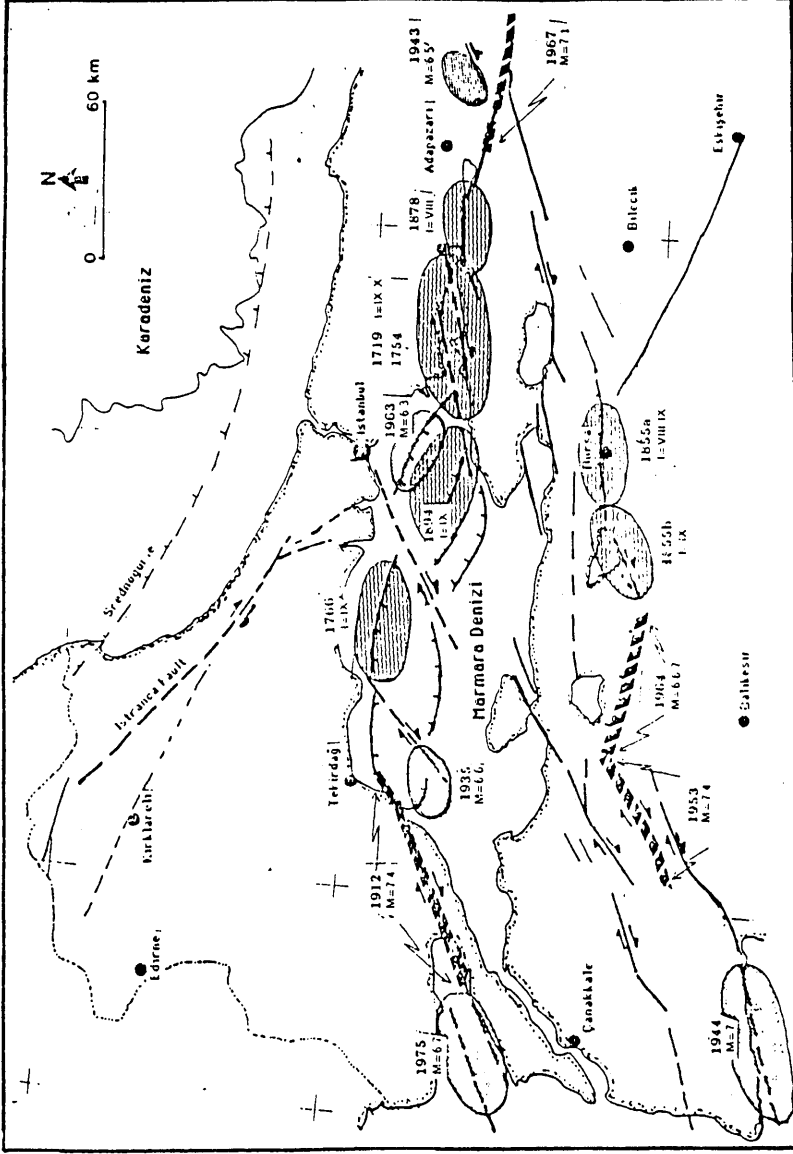
- Aksoy, İ.H. 1982. İstanbul'da tarihi yapılarda uygulanan temel sistemleri. Doktora tezi, İst. Tekn. Üni. İnşaat Fak. 98 sayfa.
- Alptekin, Ö., Nabelek, J.L. ve Toksöz, N.M. 1986. Source mechanism of the Bartın earthquake of September 3, 1968 in northwestern Turkey: Evidence for active thrust faulting at the southern Black Sea margin. Tectonophysics, 122, 73-88.

- Ambraseys, N.N. 1971. Value of historical earthquakes. *Nature*, 232, 375-379.
- Ambraseys, N.N. ve Finkel, C.F. 1990. Marmara Sea earthquake of 1509. *Terra Motae*, 167-174.
- Ambraseys, N.N. ve Finkel, C.F. 1991, Long-term seismicity of İstanbul and of the Marmara region. *Engin.Seis.Earthq. Report 91/8*, Imperial College.
- Barka, A.A. ve Kadinski-Cade, K. 1988. Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. *Tectonics*, 7, 663-684.
- Barka, A.A., Toksöz, N.M. (1989). Seismic gaps along the North Anatolian Fault. *Özet, IASPEI meeting in İstanbul, Turkey, S9-1*.
- Bayülke, N. 1982. Building types in Bolu and their predicted earthquake damages. Risk assesment and development of model code for seismic design, UNDP/UNESCO project RER/79/ 014, Sofia.
- Çağlayan, A.M., Şengün, M. Yurtsever, A.1988. Main Fault Systems shaping the Istranca massif, Turkey. *METU J.Pure Appl. Sciences.*, 21, 145-154.
- Eginitis, M.D.1895. Le tremblement de terre de Constantinople du 10 Juillet 1894. *Ann. Geogr.* 4, 151-165.
- Ercan, A. ve İş, S. 1991. Kuvaterner'den Paleozoik'e zemin ve kayaların yermühendislik özellikleri ve ilişkileri, İstanbul, Türkiye Jeofizik.
- Erdik, M. 1991. Urban earthquake hazard risk and mitigation. Fifth inter. Conf. Soil Dyn. Earthq. Eng. Karlsruhe.
- Erdik, M., Barka, A.A. ve Üçer, B. 1991. Seismic zonation studies in Türkiye; an overview. 5th Conf.Seism.Zonation, San Francisco.
- Erentöz, C. 1964. Çatalca bölgesinde jeoloji teknikleri. İst. Üniversitesi yayını.
- Gündoğdu, O., Altınok, Y., Özer, N. ve Kolçak, D. 1894 depremi ve İstanbul. Türkiye 12. Jeofizik Kurultayı Bildiri Özetleri. 41.
- Kaya, O. 1971. İstanbul'un Karbonifer stratigrafisi. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 14, 2, 143-201.
- Meriç, E. ve Sakıncı, M. 1991. İstanbul Boğazı ve Haliç dip çökellerinin (Holosen) foraminifer topluluğu ve çökeltme ortamının ekolojik özellikleri. 44. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özetleri.2.
- Oktay, F.Y., Sakıncı, M. ve Meriç, E. 1990. Geological evolution of İstanbul late Quaternary basins (Kuşdili, Ayamama and Büyükdere). Abstract, Inter. Earth Sciences Cong. on Aegean Regions. İzmir, Turkey, 123-124.
- Öztin, F. ve Bayülke, N. 1990. Historical earthquakes of İstanbul, Kayseri and Elazığ. Report, Earthquake Research Department, General Directorate of Disaster Affairs, Ministry of Public Works and Settlement, Ankara, Türkiye, 22 sayfa.

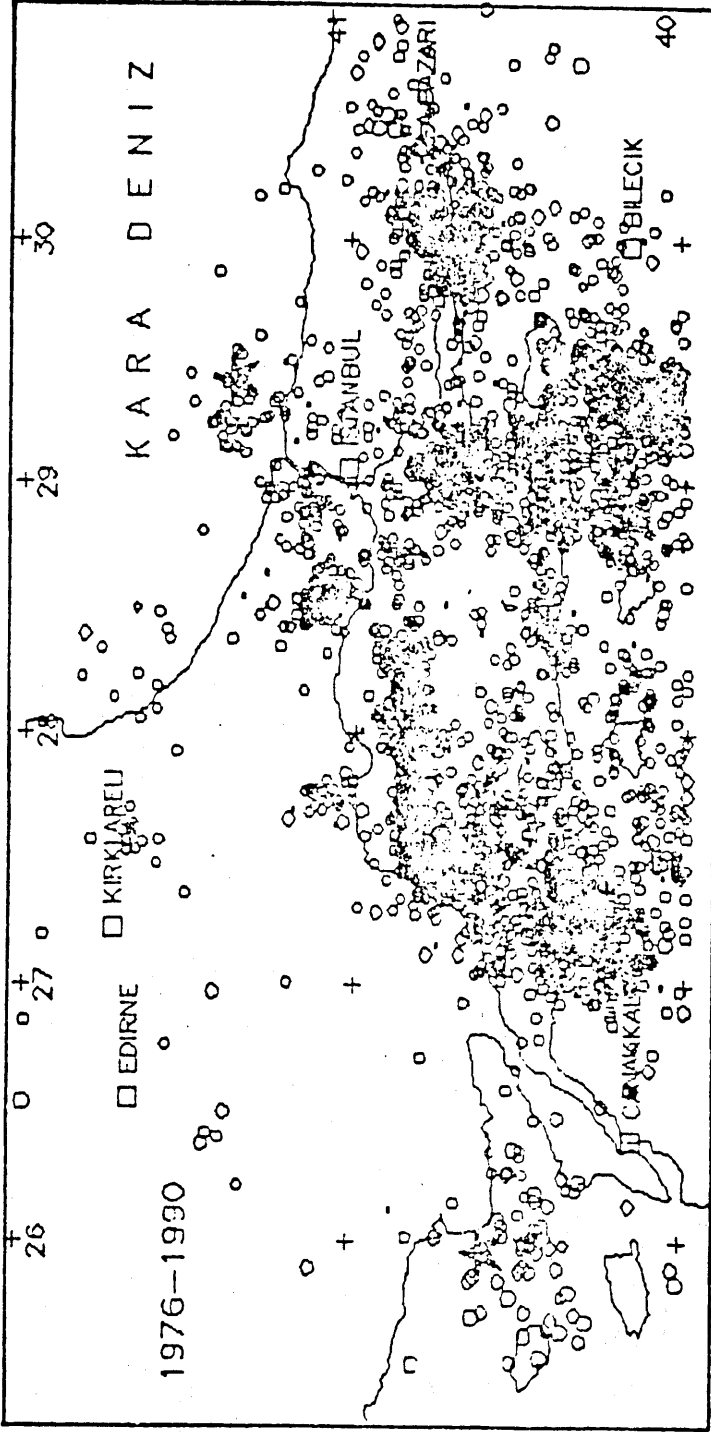
- Pınar,N. 1943. Marmara Denizi basenlerinin jeolojisi, sismisitesi ve meteorolojisi. İst. Üni. Fen. Fak. Mec. 7,314.
- Sayar,M. ve Sayar, C. 1962. The Geology of the area within the ancient walls of İstanbul, Türkiye. İst. Techn. Üniver. 22 sayfa.
- Sial, 1986. İstanbul'un Jeoloji Haritası. Jeoloji Müh. Odası yayını.
- Sipahioğlu,S. (1984). Seismo-tectonic features of the North Anatolian fault zone. Bull. Earthq. Res. Inst. Turkey, 45,5-139.
- Soysal,H., Sipahioğlu,S., Kolçak,D., and Altınok,Y., 1981. Türkiye tarihsel deprem kataloğu. Tübitak Project No:TBAG.341.



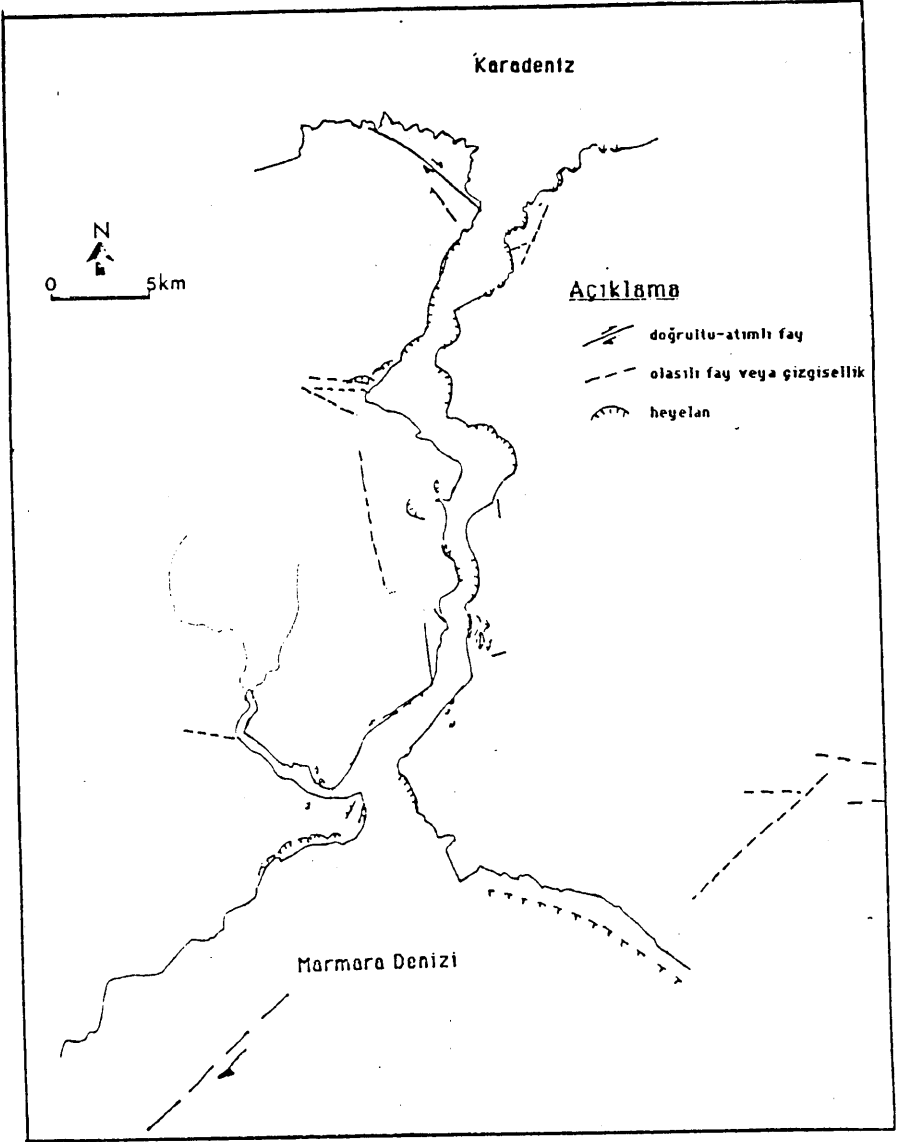
Şekil 1. İstanbul ve çevresindeki önemli tektonik yapılar. Taranmış alanlar Marmara denizi çukurlarını belirlemektedir (Barka ve Kadinsky-Cade 1988).



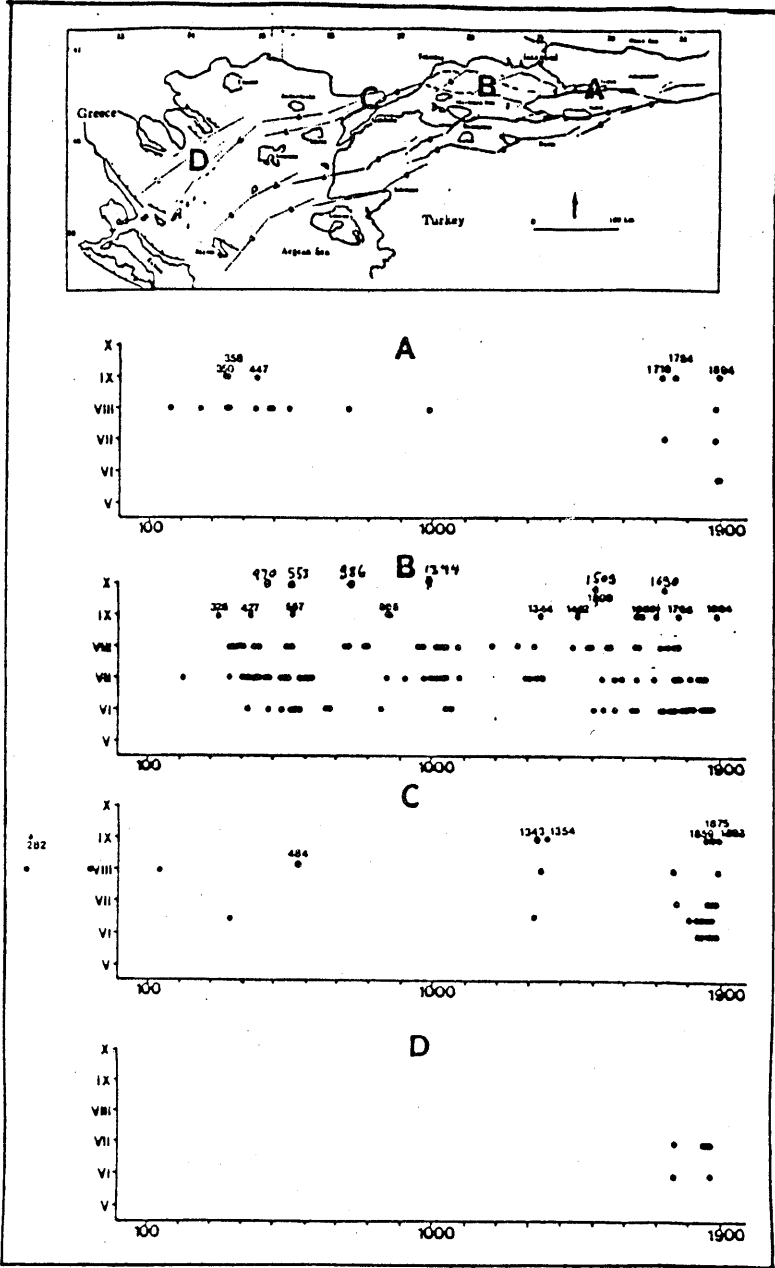
Şekil 2. İstanbul çevresinde yaklaşık son 250 yılda meydana gelmiş önemli depremlerin dağılımı. Dalgalı elipsler tarihsel depremlerin yaklaşık yerlerini göstermektedir. Elipslerin büyüklüğü depremin büyüklüğüne ve etki alanlarının dağılımına göre yaklaşık çizilmiştir; kalın kesikli çizgiler bu yüzyılda karada meydana gelmiş depremlerin gözlenen yüzey kırıklarını göstermektedir; noktalı alanlar ise bu yüzyılda denizde meydana gelmiş depremlerin etki alanlarını göstermektedir. Bu elipsle, aletsel episantr, makrosismik gözlemler ve artçı depremlerin dağılımına göre belirlenmiştir.



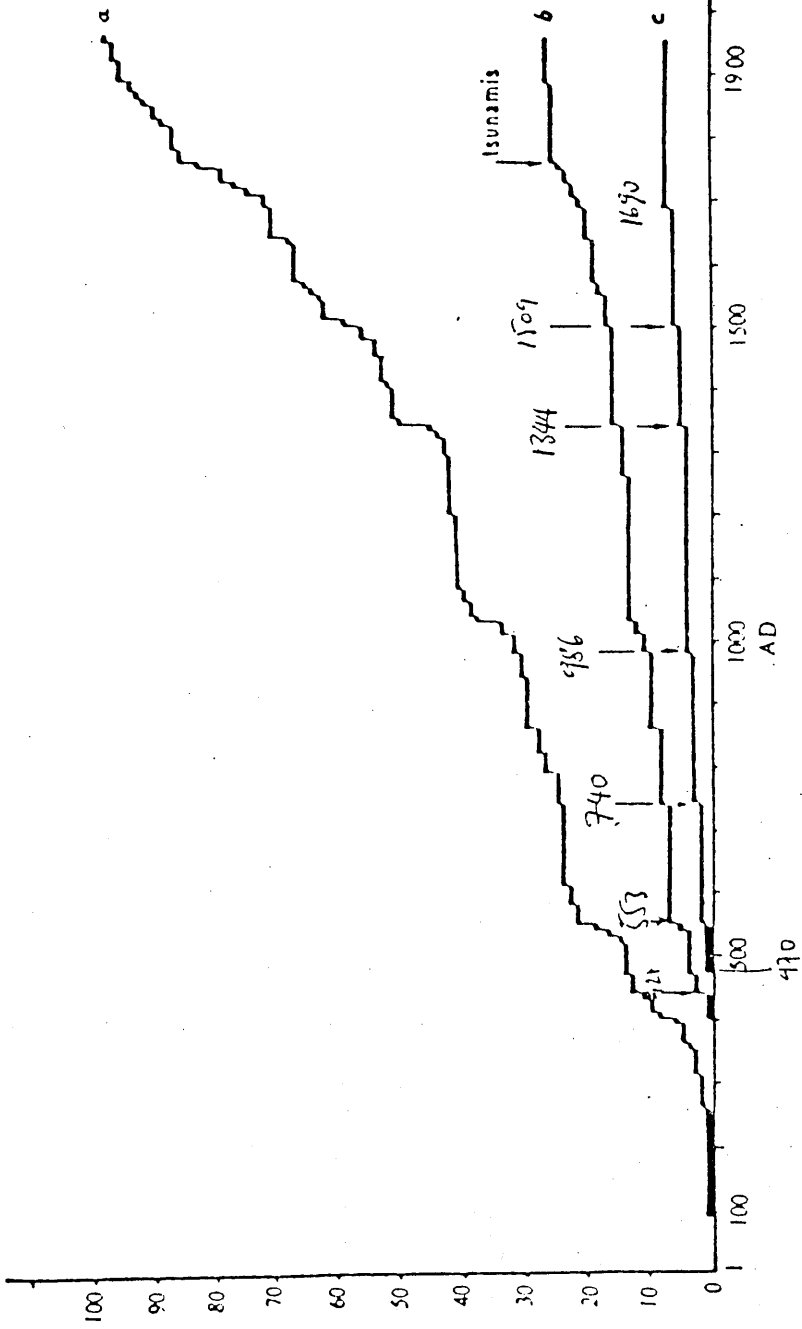
Şekil 3. 1976-1990 yılları arasında bütün depremlerin ($M > 0$) dağılımı (Üçer, 1991). Bu şekil Kuzey Anadolu fay zone dışında da (İstanbul kuzeyi ve batısı, Büyükdere ve Karadeniz, Büyükçekmece) bazı deprem kümelenmelerinin varlığını göstermektedir.



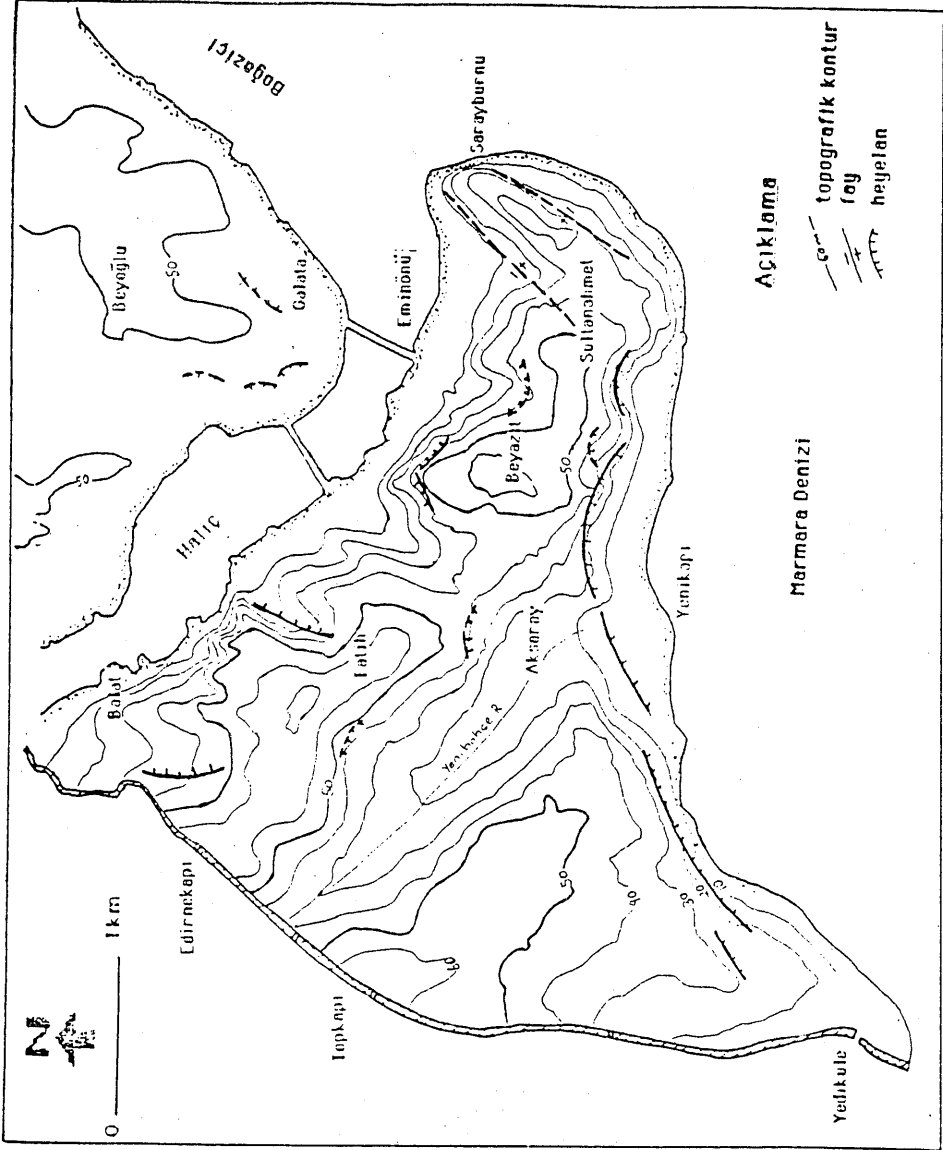
Şekil 4. İstanbul Boğazı ve yakın çevresinin hava fotoğraflarından elde edilmiş yapısal özellikleri. Boğazın özellikle kuzey yarısındaki kenarları boyunca gelişmiş yer kaymaları dikkate değerdir.



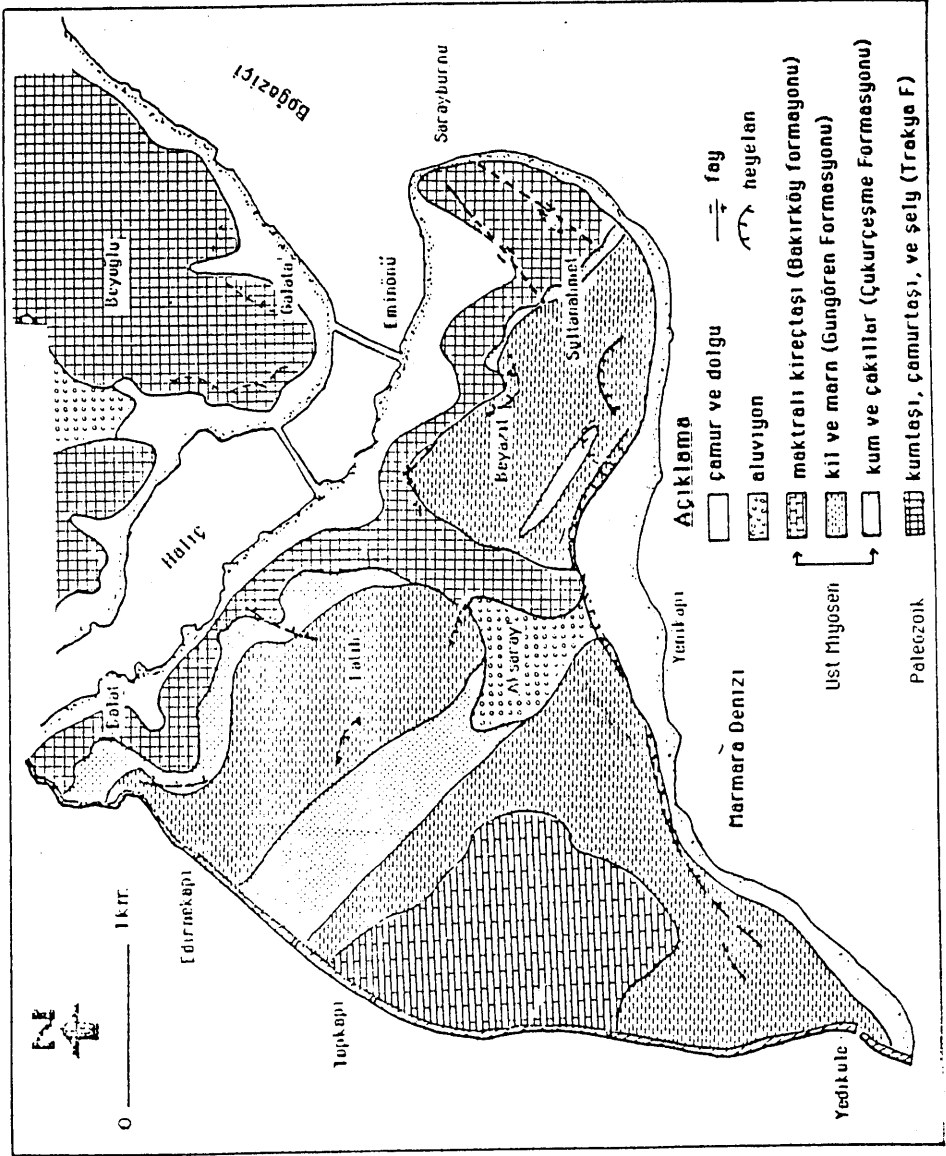
Şekil 5. Kuzey Anadolu fayının kuzey kolu boyunca tarihsel depremlerin zaman-şiddet dağılımları. Bu şekildeki İzmit ve Saros bölümlerinin (a ve c) deprem sıklığı ile İstanbul deprem sıklığı (b) karşılaştırıldığında, İstanbul depremleri olarak bilinen depremlerin aslında bütün Kuzey Marmaraya ait olabileceği sonucu ortaya çıkmaktadır (Eginitis 1985, Pınar 1943, Ambraseys 1971, Soysal ve diğerl. 1981, Sipahioğlu 1984).



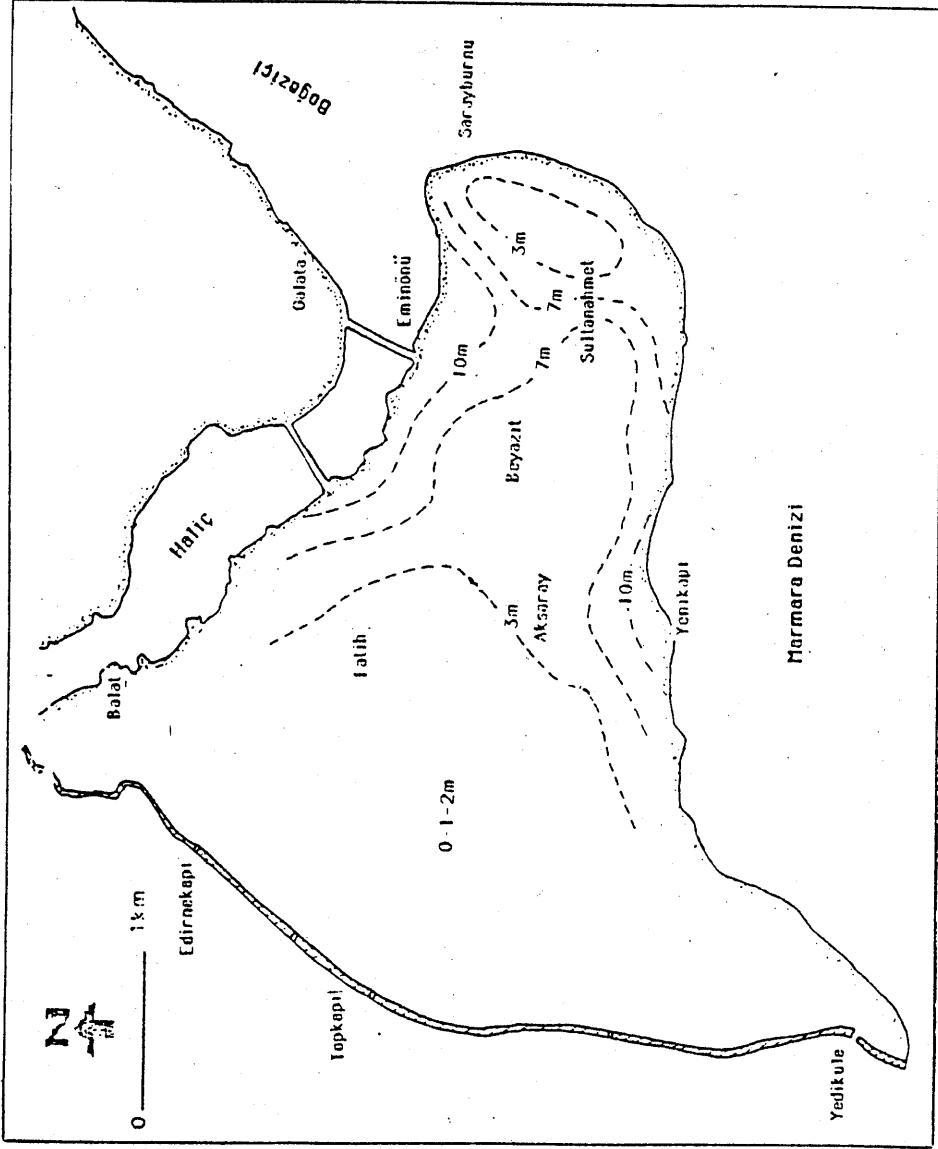
Şekil 6. İstanbul ve çevresinin Tarihsel depremleri, Ambraseys ve Finkel (1991)'den düzenlenmiş olup bazı depremlerin üzerindeki küçük oklar bu depremlerin şiddetlerinin bir birim fazla olabileceğini göstermektedir.



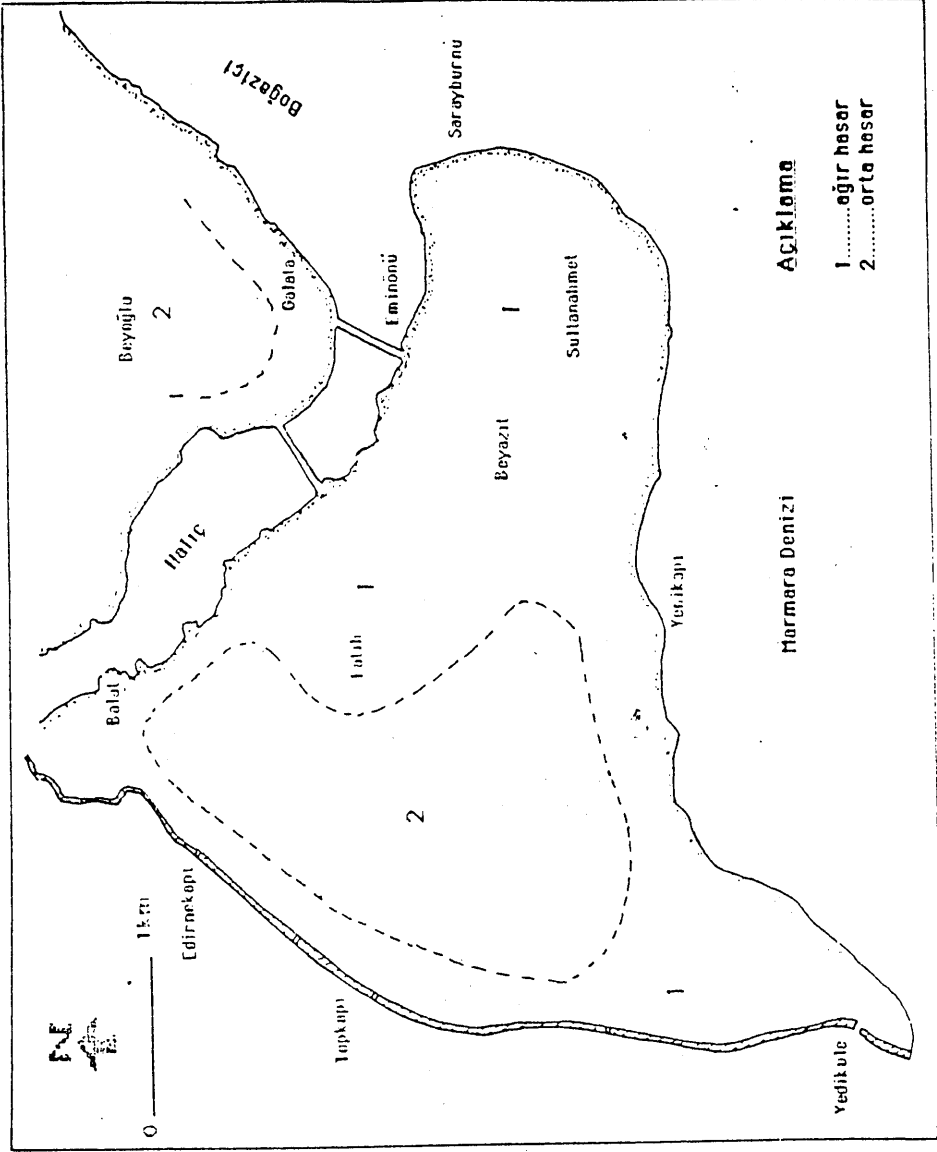
Şekil 7. İstanbul surlar içinin basitleştirilmiş topografya haritası.



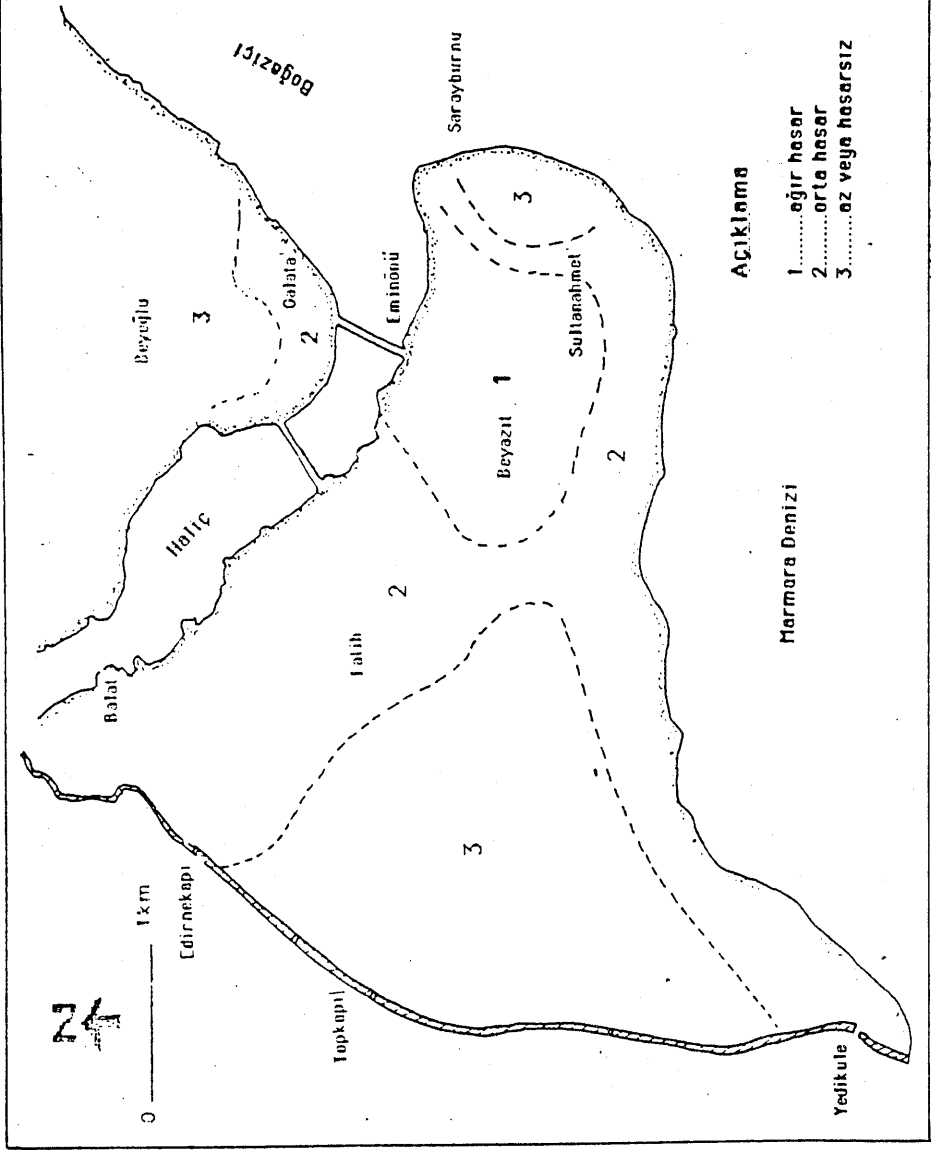
Şekil 8. İstanbul surlar içinin jeoloji haritası (Sayar ve Sayar 1986'dan yararlanılarak yapılmıştır).



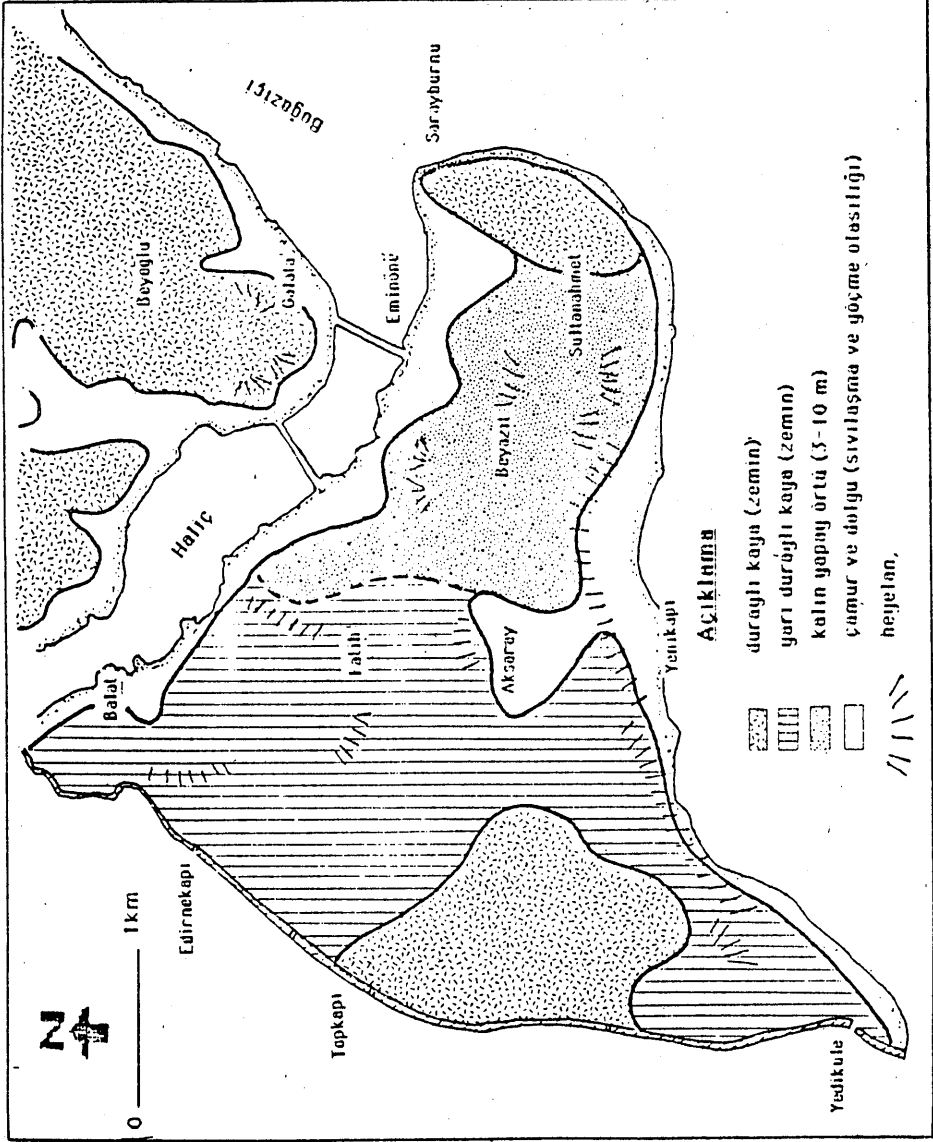
Şekil 9. İstanbul surlar içinde yüzey dolgusunun kalınlık haritası (Sayar ve Sayar 1962'deki bilgilerden yararlanılarak yapılmıştır).



Şekil 10. 1509 depremi basitleştirilmiş hasar dağılımı. Bu şekil Amhrasey ve Finkel (1990)'dan yararlanılarak çizilmiştir. Yerişim alanlarının her yerde aynı yoğunlukta olmaması nedeni ile bu şekil yalnız başına değerlendirildiğinde yanlış yorumlara sebep olabilir.



Şekil 11. 1894 depremi basitleştirilmiş hasar dağılımı haritası. (Özün ve Büyülke 1990 ve Sabah gazetesinden yararlanılarak yapılmıştır).



Şekil 12. İstanbul surlar içinde şekil 7-II'den yararlanılarak yapılan mikrobölgelendirme haritası.