

DÜZCE-BOLU BÖLGESİ'NİN JEOLJİSİ, DİRİ FAYLARI ve HASAR YAPAN DEPREMLERİ

Bülent ÖZMEN

Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi(ozmen@deprem.gov.tr)

1. GİRİŞ

Bu çalışmanın amacı 12 Kasım 1999 Düzce Depreminden en fazla etkilenen, en fazla hasar ve can kaybına uğrayan Düzce, Kaynaşlı, Bolu ve yakın civarının jeolojisini, bu bölgelerdeki diri fayları ve Düzce'nin 100 km batı ve doğusunda Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde oluşan ve hasar yapan depremleri hakkında bilgiler vermektir.

2. BÖLGENİN JEOLJİSİ

2.1. Düzce ve Kaynaşlı'nın jeolojisi

Düzce ovası ve çevresinin jeolojisi MTA ve Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ile birlikte hazırlanan (MTA ve AU, 1999) rapordan yararlanılarak aşağıdaki şekilde özetlenmiştir (Şekil 1).

Düzce civarındaki en yaşlı birim Düzce ovasının güney batısında Efteni Gölü ile Çapayakbey köyü arasında yüzeylenen Prekambriyen yaşlı metagranotoyitlerdir (**PEy**). Düzce Fayı, bu birimler ile Kuvaterner çökelleri arasındaki sınırı oluşturur.

Paleozoyik yaşlı formasyonlar;

Kocatöngel formasyonu (**Ok**); Kumtaşı araseviyeli silisli çamurtaşından oluşan bu formasyon Düzce'nin kuzeyinde Karacaören-Gürcühüseyinağa köyleri arasında Bolu Masifi temel kayaları üzerine uyumsuz olarak gelir.

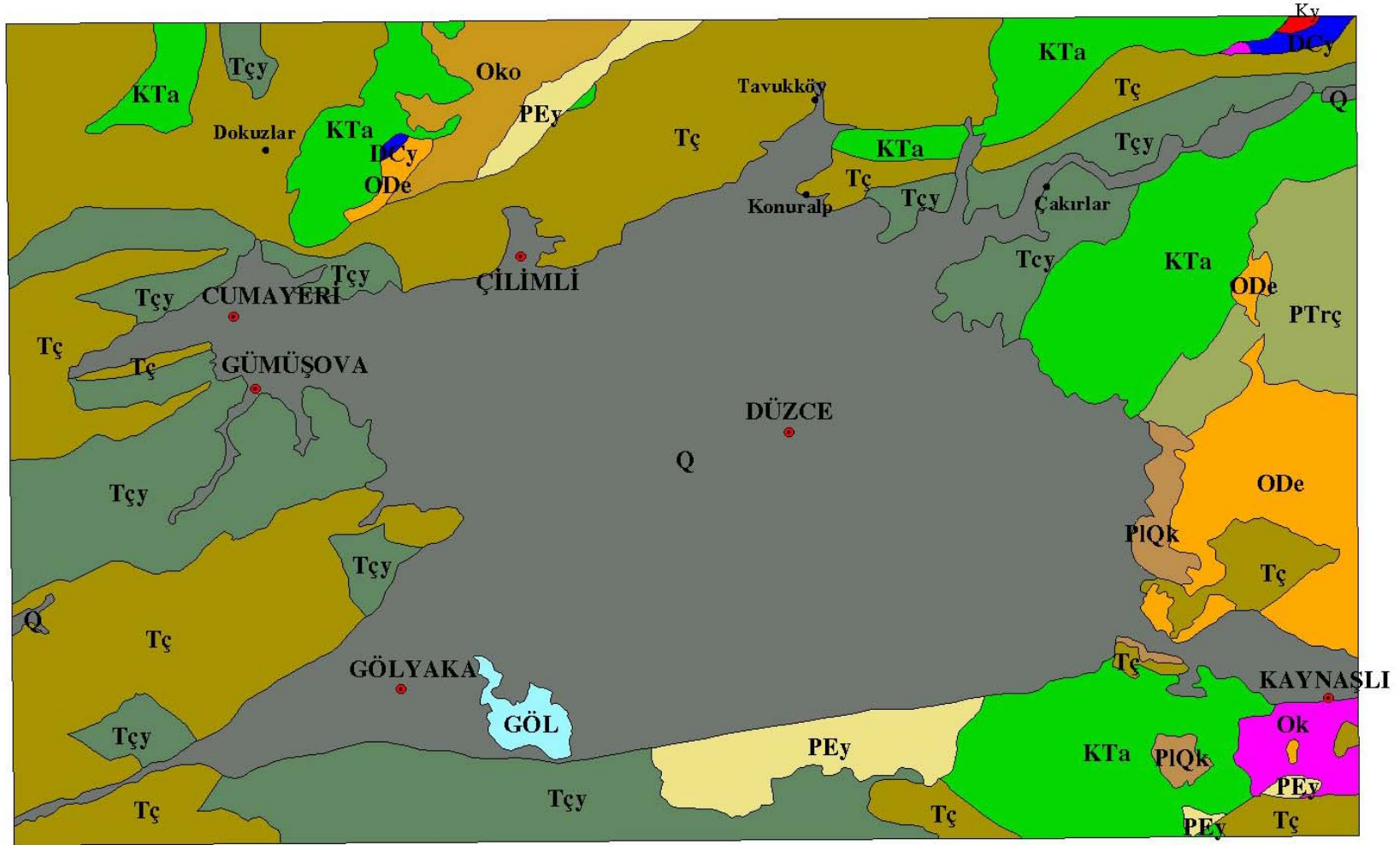
Kurtköy formasyonu (**Ok**); Çamurtaşı, Silttaşı, Çakıltası ara seviyeli kumtaşlarından oluşan bu formasyon Düzce'nin güneydoğusunda Kaynaşlı civarında yüzeylenir.

Ereğli formasyonu (**ODE**); Kireçtaşı ara seviyeli Şeyl-Kumtaşından oluşan bu formasyon Kaynaşlı'nın kuzeyinde yüzeylenir.

Yılanlı formasyonu (**DCy**); Dolomitik Kireçtaşı ve Dolomitten oluşan bu formasyon Çilimli'nin kuzeybatısında Dokuzlar köyü civarında çok sınırlı bir alanda gözlenir.

Mesozoyik yaşlı formasyonlar;

Çakraz formasyonu (**PTre**); Çakıltası, Kumtaşı, Çamurtaşından oluşan bu formasyon Düzce'nin doğusunda Ereğli formasyonu ile dokanakta görülür.



Şekil 1: Düzce ve Kaynaşlı civarının jeolojisi (MTA, A.U., 1999)' dan değiştirilerek alınmıştır.

Yemişliçay formasyonu (**Ky**); Volkanik kumtaşı, kilitaşı, aglomera, andezitik-bazaltik lav, tüfit ve mikritik kireçtaşından oluşan bu formasyon Düzce'nin kuzeydoğusunda Yılanlı formasyonu ile birlikte sınırlı yayılımlı olarak bulunur.

Akveren formasyonu (**KTa**); Kilitaşı, Silttaşı ara seviyeli killi kireçtaşı-marn ve resifal kireçtaşından oluşan bu formasyon Kaynaşlı'nın kuzeyinde Çapayakbey ile Kaynaşlı arasında, kuzeydoğuda Yukarıbayır, Sallar ve Nalbantoğlu köyleri civarında, Ketenciler-Kurtköy arasında ve kuzeybatıda Domuzgözü tepe yöresinde yüzeyler.

Senozoyik yaşlı formasyonlar;

Çaycuma formasyonu (**Tç**) ve Yığılca Üyesi (**Tçy**) ; Kumtaşı-konglomera-marn-tüfit (volkanik kumtaşı) ten oluşan Çaycuma formasyonu Düzce'nin kuzeyi ve batısında iyi gözlenir. İçindeki geniş yayılımlı volkanitler Yığılca Üyesi olarak ayrılır. Yığılca Üyesi başlıca volkanik kumtaşı, tüf/tüfit, andezit-bazaltik lavlar ve/veya volkanik breşlerden oluşur ve Düzce'nin güneyi ve batısı ve kuzeydoğusunda gözlenir.

Karapürçek formasyonu (**PIQk**); Zayıf tutturulmuş çakıltası, kumtaşı, çamurtaşından oluşan Karapürçek formasyonu Düzce'nin doğusunda temel kayaların önünde etek düzlükleri teşkil edecek şekilde bulunur.

Genç Çökeller (**Q**); Düzce havzasını dolduran tümü kırıntılı çökellerin (Geç Pleistosen-Holosen), depolama yerine bakmaksızın çakıl-kum-silt ve killerden oluştuğu görülür. Havza kenarlarında çok az miktardaki döküntü veya yamaç molozunun dışında alüvyal ve gölsel alanlarda depolanmış oldukları dikkat çeker. Düzce havzasındaki tortul kalınlığı hakkındaki bilgiler sınırlı sayıda sondaja esas itibariyle jeofizik verilere dayanır ve yaklaşık 260 m civarındadır.

2.2. Bolu ve yakın civarının jeolojisi

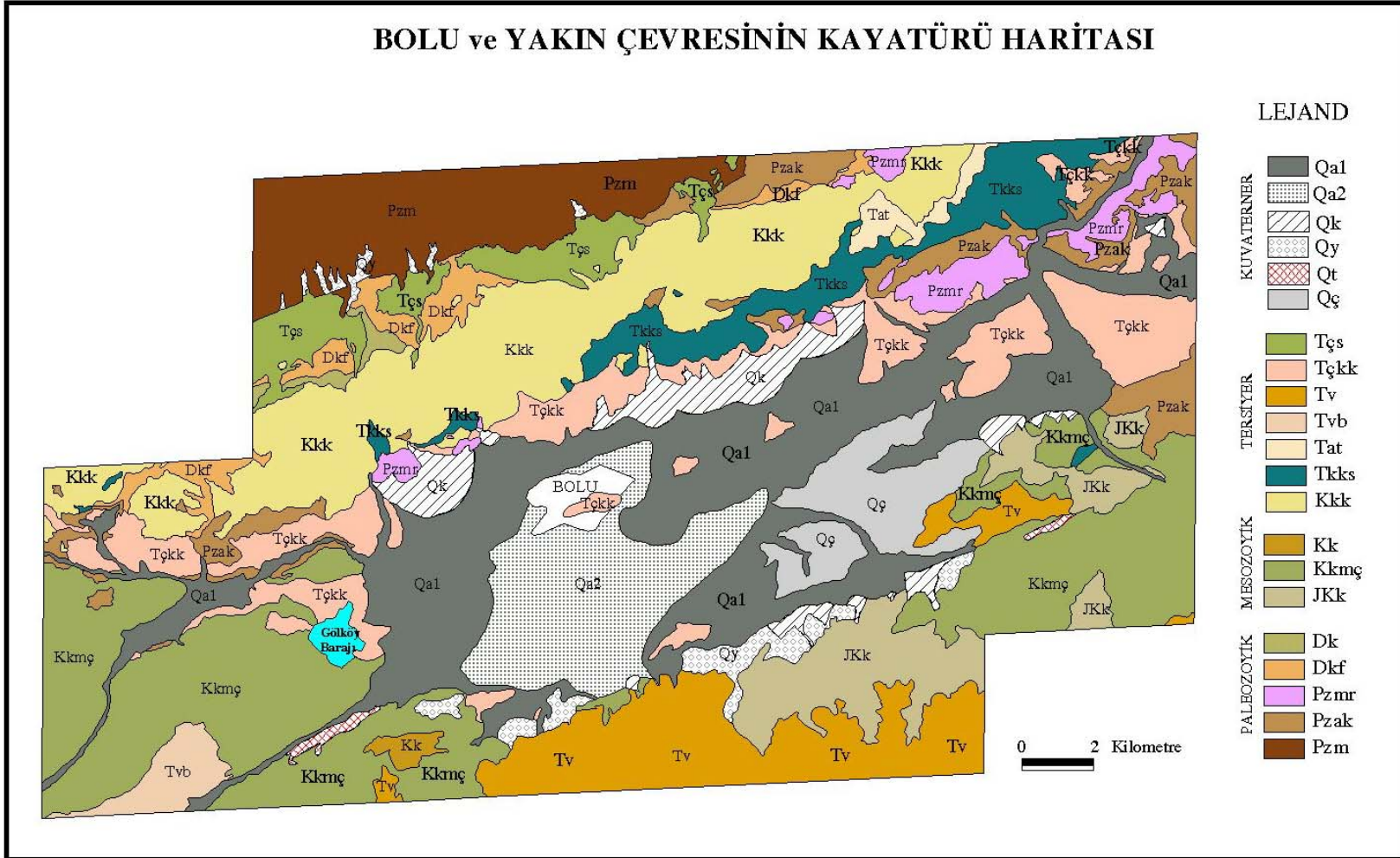
Bolu ve yakın civarının jeolojisi Aktimur vd. (1983) tarafından hazırlanan Bolu ve Yakın Çevresinin Yerbilimleri Sorunları ve Muhtemel Çözümleri isimli rapordan yararlanılarak aşağıdaki şekilde özetlenmiştir.

Aktimur vd. (1983), Bolu ve yakın çevresi için yapmış oldukları çalışmada birimleri formasyon ve üye mertebesinde ayrılması ve tanımlanması yerine kaya türlerinin ayırtlanması ve bunların tanımlanması şeklinde yapmışlardır. Kayatürlerini yaşlıdan gence doğru "Paleozoyik Yaştaki Kaya türleri", "Mesozoyik Yaştaki Kaya türleri" ve "Tersiyer Yaştaki Kaya türleri" başlıkları altında üç bölümde irdelemişlerdir (Şekil 2). Bu kayatürleri şunlardır:

Paleozoyik yaştaki kayaç türleri:

Metamorfitler (**Pzm**); Bolu'nun kuzeyinde yer alırlar. Ağaclar yayla, Çakmaklar yayla ve Hamzabey köy hattının kuzeyindeki topoğrafik yükseklikler ve tepeler bu kayatürlerinden oluşmaktadır. Ayırtlanmamış olan ve temeli oluşturan bu karmaşık genellikle amfibolit, gnays, biyotit-muskovit-albit şist, üst seviyelerde de kuvarsitlerden oluşmuştur. Bunlar yer yer granit, diyorit ve gabrolarla kesilmiştir.

BOLU ve YAKIN ÇEVRESİNİN KAYATÜRÜ HARİTASI



Şekil 2: Bolu ve Yakın Çevresinin Kayatürü haritası (Aktimur vd., 1983'den değiştirilerek alınmıştır.)

Arkoz, Kuvarsit, Metakonglomera ve diğerleri (**Pzak**); Genelde Bolu ovasının kuzeyinde yüzeyleşmişlerdir. Çalışma alanının doğusunda ve batısında da dağınık yüzeylemeler halinde izlenir.

Mermer (**Pzmr**); Yüzeylemeleri Bolu ovasının kuzeydoğusuna serpilmiş durumdadır. Batıdan itibaren Kürkçüler köyü batısında, Alpagut köyü kuzey ve güneyinde, Musluklar köyü doğu ve batısında küçük yüzeylemeler halinde, Aşağı Çandır mahallesi güneyindeki Çolça tepesi ve daha doğuda Kollukbayır tepesi oluşturan yüzeylemelerinde oldukça geniş alanlar kaplamaktadır.

Kayrak, fillit (**Dkf**); Bolu ovasının kuzeyinde, B, GB-D, KD doğrultusunda dizilmiş dağınık yüzeylemeler şeklinde izlenmektedir. Batıdan doğuya Elmacık köyü kuzeyinde Elmalık ve Künerli dere vadilerinde, Çatak mahallesi ve Sincan yayla kuzeyinde, daha doğuda Gölcük köyü çevresinde gözlenmektedir.

Kireçtaşı (**Dk**); Bolu'nun kuzeybatısında, Çatak mahallesi kuzeyinde yer yer yüzeyleşmişlerdir. Devoniyen'e ait kayrak ve fillitlerin üzerine gelmektedirler ve dokanak ilişkileri pek açık görülmemektedir.

Mesozoyik yaştaki kaya türleri:

Kireçtaşı (**JKk**); Bolu'nun güneydoğusunda Tınaztepe, Dikmenköy tepe arasında yüzeyleşmişlerdir. Ayrıca Dombaydere, Yukarıhacılar mahallesi güneyi, Bübnük güneyi ve Yenicezamettin köyü doğusunda da yüzeylemeleri gözlenmiştir.

Kireçtaşı, Marn, Kumtaşı, Çakıltası ve Miltaş aralanması (Fliş) (**Kkmç**); Bolu ovasının güneyinde, batıda Bakırlı dereden çalışma alanı güney sınırına kadar uzanan; doğuda Saraycık, Kırha, Düvenlik, Mahmutlar köyleri çevrelerinde geniş yayılımları gözlenmektedir. Genelde fliş karakterinde olan kayatürleri diğer birimlerden kolayca ayrılırlar.

Kireçtaşı (**Kk**); Bolu'nun güneyinde Dikmen tepe'de yüzeylenen bu kireçtaşları, fliş karakterli birim içinde bir mercek olarak düşünülebilir.

Kireçtaşı, Kumtaşı, Kıltaşı, Çakıltası aralanması (**Kkk**); Çalışma alanının kuzeyinde, tüm alan boyunca batıdan doğuya uzanır. Kuzey'de temele ait eski birimler üzerine aşıl uyumsuzlukla gelmiştir. Güneyde yer yer Neojen'in detritik seviyeleri ile örtülmüş, yer yerde Eosen'in detritikleri üzerine şarye olmuş durumda izlenmektedir. Genelde fliş karakterinde ve kesin sınırı ayrılamayan Kretase-Paleosen yaştaki sedimanlardan oluşmuştur.

Tersiyer yaştaki kaya türleri:

Kireçtaşı, Kumtaşı, Kıltaşı ve Siltaşı aralanması (**Tkks**); Çalışma alanının doğu yarısında, Bolu ovasının kuzeyinde ve B, GB-D, KD doğrultuda, gittikçe genişleyen ve kesiksiz devam eden yüzeylemesi vardır. Bunun dışında batıda Elmalık köyü kuzeyinde, Karamanlar ve Ağaççılar çevresinde de küçük ve süreksiz yüzeylemeleri gözlenmiştir.

Aglomera, Tüf, Tüfit (**Tat**); Bolu'nun kuzeydoğusunda, Kürtler mahallesi, Yukarıçandır mahallesi ve Banaz köyleri çevresinde yüzelemiştir. Tüf ve tüfitlerle başlayan seviyeler, Eosen yaşta üst kırmızı kilaşları ve gri mor kumtaşları ile ardalanmalı başlar sonra tamamen volkanik elemanlı olarak devam eder.

Volkanik Hamurlu Bloklu Seri (**Tvb**); Bolu'nun güneybatısında, Yukarı ve Aşağı Yenice mahallesi ile Gölcük ve Softalar mahalleleri arasında yüzelemiştir.

Bazalt, Andezit, Tüf ve Aglomera (**Tv**); Çalışma alanının güneyinde yaygın ve devamlı yüzeylemeler halindedir.

Çakıltaşı, Kumtaşı, Kilaşı ardalanması (**Tçkk**); Bolu da Bolu ovasının kuzey kenarında, ovanın kuzeydoğusunda Ocuklar, Dadaniköy ve Yuvaköyü, Ayazlar mahallesi civarında, ovanın batısı ve güneyinde büyüklü küçüklü yüzeylemeler halinde gözlenmiştir.

Çakıltaşı, Kumtaşı, Silttaşı ardalanması (**Tçs**); Bolu'nun kuzeyinde B, GB-K, KD doğrultusunda uzanmakta ve metamorfiteğin güneyindeki tektonikle oluşmuş bir çukuru doldurmaktadır. Batıdan doğuya At yaylası, Alput yayla, Çakmaklar yayla, Bakırlıçansa yayla ve Çukurvıran köyü çevresinde devamlı yüzeylemeler halindedir.

Kuvaterner Yaştaki Kayatürleri:

Çakıltaşı (**Qç**); Bolu ovasının doğusunda Kuzey Anadolu Fayı ile Büyüksu arasında Hariçgeçitviran, Susuzkınık ve Oğuldoruk köyleri çevresinde yüzelemiştir.

Traverten (**Qt**); Çalışma alanında Kuzey Anadolu Fayı boyunca yer yer yüzelemiştir.

Yamaç Molozu (**Qy**); Çalışma alanının kuzeyinde, topoğrafik olarak yükseklik gösteren metamorfik şistlerin eteklerinde ve güneydeki Mesozoyik yaştaki kireçtaşı ve genç volkanitlerin oluşturdukları yükseltelerin, Bolu ovasının güney sınırı ile birleştikleri eteklerde yüzelemiştir.

Alüvyon Konisi (**Qk**); Bolu ovasının kuzeyden ve güneyden açılan dere ve akarsuların ağızlarında görülür.

Alüvyon (**Qa1, Qa2**); Çalışma alanının ortasında yer alan Bolu ovasında, yaklaşık 12 km uzunlukta ve 8 km genişlikteki büyük bir alanda yüzelemiştir.

Alüvyon (Kaba tane hakim) **Qa1**; Bolu'nun kuzeyinde, batısında ve doğusunda görülmektedir.

Alüvyon (İnce tane hakim) **Qa2**; Daha çok ovanın ortasında görülür.

3. DİRİ FAYLAR

Kuzeyde Asya-Avrupa levhası ile güneyde Anadolu levhacığını birbirinden ayıran Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), yaklaşık uzunluğu 1200 km. olan doğrultu atımlı bir fay sistemi olup ülkemizin en önemli tektonik yapılarından biridir. Düzce ve Bolu havzası bu fay üzerinde bulunmaktadır.

KAFZ Bolu'nun batısında iki kola ayrılmıştır. Güneydeki kol ise Dokurcun'un batısında tekrar iki kola ayrılmıştır. Kuzey koldaki fay Düzce Fayı diye isimlendirilmiştir. 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 depremlerinin bu zon üzerinde meydana gelmesi aktivitenin devam ettiğinin bir göstergesidir. Kuzey Anadolu Fay zonunun batı segmentinin inceleme alanı içindeki kesimi yaklaşık Doğu-Batı doğrultusunda Düzce-Akyazı-Sapanca gölü ve İzmit arasında genellikle sağ yönlü doğrultu atımlı faylardan oluşan dar bir zon biçiminde gözlenmektedir. İnceleme alanının depremselliğini bu zon belirlemektedir. Düzce – Bolu ve yakın civarındaki diri faylar Şekil 3'te gösterilmiştir.

Düzce havzasına en yakın olan ve deprem potansiyeli taşıyan aktif faylar Düzce, Hendek ve Çilimli faylarıdır. Bu faylardan Düzce ve Hendek fayları aktif fay karakterindedir. Çilimli fayı ise olası aktif faydır (MTA, AU., 1999).

Düzce Fayı: Akyazı-Kaynaşlı arasında uzanan ve Efteni gölünün güneybatısında çatallanan yaklaşık D-B uzantılı ve uzunluğu 70 km olan bu fay sağ yönlü doğrultu atımlı aktif bir faydır (Şaroğlu vd., 1987).

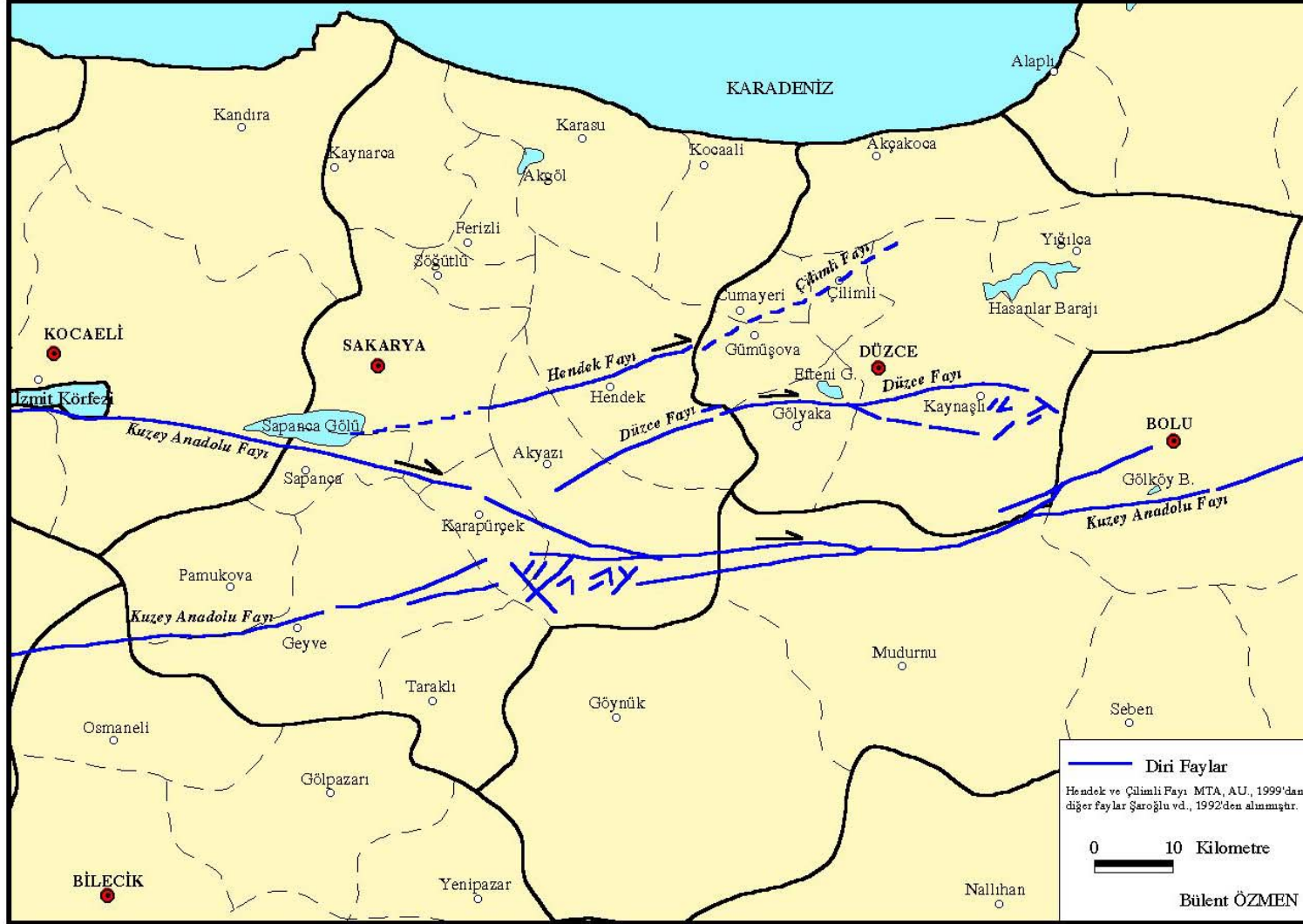
Hendek Fayı: Düzce havzasının batısında Sapanca Gölü-Hendek-Cumayeri arasında uzanan KD-GB uzanımlı fay Hendek fayı olarak isimlendirilmiştir (Emre vd., 1998). Sağ yönlü doğrultu atımlı fay yaklaşık 50 km uzunluğundadır. Hendek-Cumayeri arasında kalan 25 km'lik bölümünde morfolojik olarak çok belirgin olan bu fay Adapazarı ovasında olası olarak haritalanmıştır (MTA, AU., 1999).

Çilimli fayı: Düzce havzasının kuzeyinde Cumayeri-Konuralp arasında uzanan ve yaklaşık uzunluğu 13 km olan bir faydır. Fayın niteliği ve aktivesine ilişkin ayrıntılı veri toplanamamasına rağmen arazide fay boyunca uzamış şekilli basınç sırtlarının gözlenmesi ve fay çizgisi boyunca çok sayıda kaynak dizilimi gözlenmiş olması sebebi ile olası aktif fay olarak değerlendirilmiştir (MTA, AU., 1999).

4. DÜZCE DEPREMİNİN YÜZEY KIRIĞI

Bu bölümde sadece Düzce Depremi nedeniyle oluşan yüzey kırığı ve maksimum sağ yanal yer değiştirme miktarı değişik kaynaklardan derlenerek verilecektir. Çizelgeden görüldüğü gibi yüzey kırığı ve sağ yanal yer değiştirme miktarı değişik araştırmacılar tarafından farklı ölçülmüştür. Yüzey kırığı uzunluğu 30 – 45 km arasında maksimum sağ yanal yer değiştirme ise 380 – 490 cm arasında değişmektedir.

BOLU ve DÜZCE CİVARININ DİRİ FAYLARI



Şekil 3: Bolu ve Düzce civarının diri fayları

Çizelge 1: Değişik araştırmacılara göre Düzce Depremi Yüzey kırığı uzunluğu ve maksimum sağ yanal değiştirme miktarları

| Araştırmacı | Fay kırığı(Km) | Sağ Yanal Yer Değiştirme(cm) |
|--------------------|----------------|------------------------------|
| Arpat vd., 1999 | 40 | 450 |
| Barka vd., 1999 | 40 | 450 |
| Demirtaş vd., 2000 | 35 | 400 |
| Emre vd., 1999 | 43 | 410 ±10 |
| Kalafat vd., 1999 | 39-41 | 400 |
| Komut, 2000 | 40 | 490 |
| Nurlu, 2000 | 45 | 450 |
| Özden vd., 2000 | 30 | 380 |
| Özel vd., 1999 | 40 | 400 |

4. HASAR YAPAN DEPREMLER

Düzce ve Bolu bölgesi sismik olarak oldukça aktiftir. Düzce kent merkezinin 100 km doğu ve batısında Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde tarihsel ve aletsel dönemde birçok deprem olmuştur (Şekil 4). Bu depremler tarihsel ve aletsel dönem olarak iki bölümde incelenecektir.

Tarihsel dönemde M.Ö. 2100 ve M.S. 1900 yılları arasında bu bölgede Sipahioğlu vd., (1991) tarafından hazırlanan kataloğa göre 6 tane hasar yapan deprem oluşmuştur. Aletsel dönemde ise 1900-2000 yılları arasında bu bölgede 9 tane hasar yapan deprem olmuştur. Bu depremlere ait bulgular tarih sırasına göre aşağıda sunulmuştur.

Tarihsel dönemde meydana gelen depremler:

170 yılında meydana gelen depremin maksimum şiddeti Io:VIII, episantırı 40.80K, 29.90D dur. İzmit ve civarında hasara neden olmuştur.

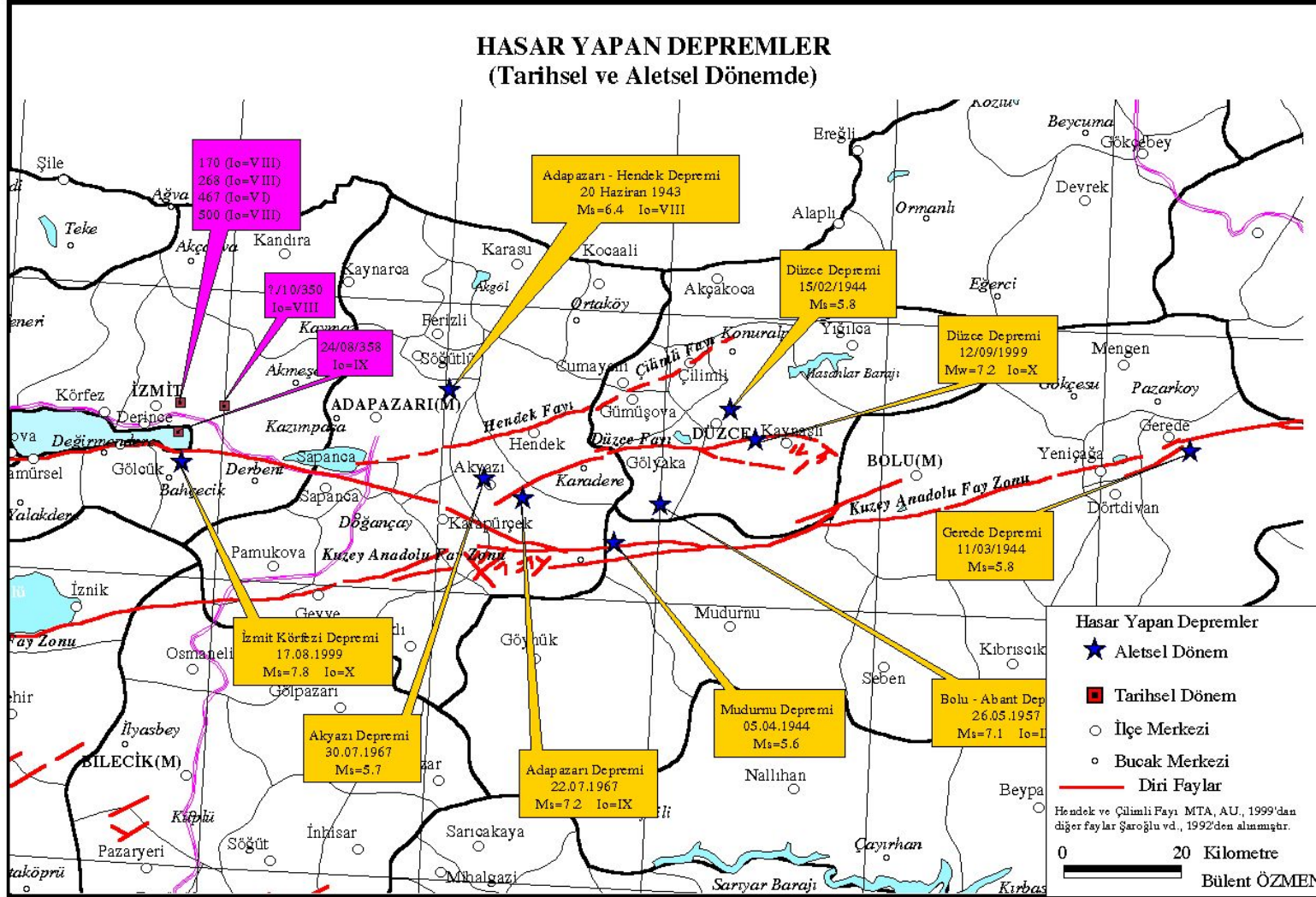
268 yılında meydana gelen depremin maksimum şiddeti Io:VIII, episantırı 40.80K, 29.90D dur. İzmit ve civarında hasara neden olmuştur.

350 yılının onuncu ayında meydana gelen depremin maksimum şiddeti Io:VIII, episantırı 40.80K, 30.00D dur. İzmit ve İznik te hasara neden olmuştur.

24/08/358 tarihinde meydana gelen depremin maksimum şiddeti Io:IX, episantırı 40.75K, 29.90D dir. Kocaeli, İznik ve İstanbul da hasara neden olmuştur.

467 yılında meydana gelen depremin maksimum şiddeti Io:VI, episantırı 40.80K, 29.90D dir. İzmit civarında hasara neden olmuştur.

500 yılında meydana gelen depremin maksimum şiddeti Io:VIII, episantırı 40.80K, 29.90D dir. İzmit civarında hasara neden olmuştur.



Şekil 4: Hasar yapan depremler (Tarihsel ve Aletsel Dönemde)

Ambraseys vd., (1968)'e göre inceleme bölgesi içinde tarihsel dönemde aşağıdaki depremler olmuştur. Bu depremlerin gözlemsel dış merkezleri hakkında herhangi bir bilgi verilmemiştir.

2 Eylül 967 tarihinde Bolu-Çerkeş arasında büyük tahribata neden olan bir deprem olmuştur.

3 Mayıs 1035 tarihinde Gerede'nin 40 km doğu-kuzeydoğusunda özellikle Bayındır ve Hamamlı'da hasara neden olan bir deprem olmuştur.

18 Aralık 1036 tarihinde Hamamlı ve Bayındır'da etkili olan bir deprem olmuştur.

18 Temmuz 1668 tarihinde Kastamonu, Gerede ve Bolu civarını etkileyen bir deprem olmuştur. Bu depremin bir çok artçı şoku olmuştur.

24 Kasım 1863 tarihinde Bolu'da hasara neden olan bir deprem olmuştur.

19 Nisan 1878 tarihinde İzmit Adapazarı arasında bir çok evin yıkılması ve bir çok insanın ölmesine neden olan bir deprem olmuştur. Bu deprem nedeniyle Sapanca ve Esmе tamamen yıkılmıştır.

Aletsel dönemde meydana gelen depremler:

20 Haziran 1943 Adapazarı-Hendek Depremi; 20 Haziran 1943 tarihinde meydana gelen Adapazarı-Hendek depreminin maksimum şiddeti $I_0=VIII$ (MSK), magnitüdü $M_s=6.4$ (Ambraseys, 1988) ve episantrı 40.85K, 30.51D (Gencoğlu, 1986) olarak saptanmıştır. Pamir ve diğ. (1943)'ne göre, bu deprem nedeniyle Hendek'te yapıların % 25'i tümüyle yıkılmıştır. Adapazarında bu oran % 20 dir. Adapazarında ilçenin orta kesiminde özellikle çarşı ve yakınındaki Gedikyolu, Semerciler, Kurtuluş, Sakarya, İbrahimbey, Hocazade mahallelerinde bütün yapılar yıkılmış ve dört katlı betonarme yapılar olduğu gibi çökmüştür. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın raporuna göre bu depremde yıkılan yada onarılamayacak kadar zarar görmüş yapı sayısı 5975, onarılabilecek yapı sayısı 4361'dir. 304 yurttaş yaşamını yitirmiş, 234 kişide yaralanmıştır.

1 Şubat 1944 Bolu-Gerede Depremi: 1 Şubat 1944 tarihinde meydana gelen Bolu-Gerede depreminin maksimum şiddeti $I_0:X$ (MSK) (Ergin vd., 1967), magnitüdü $M_s:7.2$ ve episantrı 40.80K, 32.20D (Gencoğlu, 1986) olarak saptanmıştır. Gencoğlu, (1986)'na göre deprem nedeniyle 9422 yapı yıkılmış, 8206 yapı ağır hasara uğramış ve 2552 kişi ölmüş, 1182 kişi yaralanmıştır. Hasar Bolu, Gerede, Çerkeş, Beypazarı-Güdül'de fazla olmuştur.

Ambraseys vd., (1968)'e göre bu depremin artçısı olan ve hasar yapan depremler şunlardır:

15 Şubat 1944 (Düzce Depremi) tarihinde meydana gelen artçı şokun magnitüdü $M_s:5.8$, episantrı 40.84K, 31.15E ve derinliği 10 km dir. Bu deprem nedeniyle Düzce'de 3000 ev yıkılmış, 80 kişi ölmüştür.

11 Mart 1944 (Gerede Depremi) tarihinde meydana gelen artçı şokun magnitudü Ms:5.8, episantrı 40.80K, 32.20D dir. Deprem nedeniyle Gerede'de 5300 yapı hasar görmüş ve 700 kişi ölmüştür.

5 Nisan 1944 (Mudurnu Depremi) tarihinde meydana gelen artçı şokun magnitudü Ms:5.6, episantrı 40.60K, 30.90D ve derinliği 10 km dir. Deprem Mudurnu'da 900 evin hasar görmesine ve 30 kişinin ölmesine neden olmuştur.

26 Mayıs 1957 Bolu-Abant Depremi; KAFZ' nun Mudurnu vadisindeki kesimi üzerinde gözlenen bu depremin maksimum şiddeti Io=IX, magnitudü Ms=7.1, odak derinliği 10 km. ve episantrı 40.67K, 31.00D olarak belirlenmiştir (Gencoğlu, 1986). Deprem Bolu'dan başlayıp Abant silsilesi ve Dokurcun vadisini izleyerek batıda Akyazı'ya kadar uzanan 40 km. den fazla bir alandaki köylerde hasar ve can kaybına neden olmuştur. Gencoğlu (1986)'na göre deprem 5000 yapının ağır hasar görmesine, 52 kişinin ölümüne ve 101 kişinin ise yaralanmasına neden olmuştur.

22 Temmuz 1967 Adapazarı Depremi; KAFZ üzerinde gözlenen ve büyük hasar yapan depremin magnitudü Ms=7.2, odak derinliği 33 km., maksimum şiddeti Io=IX ve episantrı 40.67K, 30.69D olarak belirlenmiştir (Bağcı vd., 2000). Deprem 1957 Abant depreminin devamı olan Mudurnu vadisi üzerindeki KAFZ' nun 50 km. lik kısmı üzerinde gözlenmiştir. Oldukça büyük yapısal hasara yol açan bu deprem sonucunda 5569 yapı ağır hasarlı, 5110 yapı orta hasarlı, 3210 yapıda az hasarlı olarak saptanmıştır. Ayrıca bu deprem sonucunda 89 kişi hayatını kaybetmiş, 235 kişide yaralanmıştır. Bu deprem Adapazarı ilçesini VIII şiddetinde etkilemiştir.

30 Temmuz 1967 Akyazı Depremi; Bu deprem 22.07.1967 tarihinde meydana gelen Adapazarı depreminin artçısı olarak 30.07.1967 günü meydana gelmiştir. Bu depremin magnitudü Ms=5.7, episantrı 40.70K, 30.40D ve derinliği 16 km olarak ölçülmüştür. Deprem 1000 e yakın binanın yıkılmasına veya ağır hasar görmesine neden olmuştur.

17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi; Bu deprem 17.08.1999 tarihinde meydana gelmiştir. Depremin maksimum şiddeti Io=X, magnitudü Ms=7.8 ve episantrı 40.70K, 29.19D olarak saptanmıştır. Deprem sonucunda 66.448 konut ağır hasara, 66.756 konut orta hasara ve 79.576 konut da hafif hasara uğramıştır. Depremde 17.479 kişi hayatını kaybetmiş, 43.953 kişide yaralanmıştır. Adapazarı ilçe merkezinde 11.472 konutun ağır hasar, 4.951 konutun orta hasar ve 7.851 konutun ise hafif hasar gördüğü belirlenmiştir (Özmen, 2000).

12 Kasım 1999 Düzce Depremi; İzmit Körfezi Depreminden yaklaşık üç ay sonra meydana gelen bu depremin magnitudü Mw=7.2, odak derinliği 11 km., episantrı 40.79K ve 31.21D olarak saptanmıştır. Düzce baseninin güneyindeki Düzce Fayı üzerinde gözlenen bu depremin maksimum şiddeti X olarak belirlenmiştir. Deprem sonucunda 26.704 ağır hasarlı, 37.825 orta hasarlı, 40.944 hafif hasarlı konut saptanmıştır. 763 kişi hayatını kaybetmiş, 4948 kişide yaralanmıştır (Özmen, 2000).

5. SONUÇLAR

Tarihsel ve aletsel dönem deprem kayıtları bölgede çok sayıda hasar yapan depremin oluştuğunu ve bu depremlerin bir çok can ve mal kaybına neden olduğunu göstermektedir.

Bölgenin depremselliği Kuzey Anadolu Fay Zonu tarafından belirlenmektedir.

Düzce Depreminin yüzey kırığının uzunluğu ve maksimum sağ yanal yer değiştirme miktarları değişik araştırmacılar tarafından farklı ölçülmüştür. Yüzey kırık uzunluğu 30 – 45 km arasında, maksimum sağ yanal yer değiştirme miktarı ise 380 – 490 cm arasında değişmektedir.

6. KAYNAKLAR

Aktimur, T., Algan, Ü., Ateş, Ş., Oral, A., Ünsal, Y., Karatosun, H., Öztürk, V., Sönmez, M., 1983, Bolu ve Yakın Çevresinin Yerbilim Sorunları ve Muhtemel Çözümleri, MTA Rapor No 7387, Ankara.

Ambraseys, N.N., Zapotek, A., Taşdemiroğlu, M., Aytun, A., 1968, The Mudurnu Valley (West Anatolia) Earthquake of 22 July 1967, UNESCO, Paris.

Ambraseys, N.N., 1988, Engineering Seismology, Journ. Earthq. Eng. & Struct. Dyn., 17/1-105.

Arpat, E., Herece, E., Komut, T., Özgül, N., 12 Kasım 1999 Düzce Depremi İlk 3 Günlük Jeolojik Saha Verilerinin Ön Değerlendirilmesi, <http://193.140.203.16/duzce/duzce.html>

Bağcı, G., Yatman, A., Özdemir, S., Altın, N., 2000, Türkiyede Hasar Yapan Depremler, Jeofizik Bülteni, Sayı 37, 91-93 s, Ankara.

Barka, A., Altunel, E., Akyüz, S., Sunal, G., Hartleb, R., Uslu, O.B., Toroman, E., 1999, 12 Kasım 1999 Düzce Depremi, TUBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, Sayı 385, 40-42 s, Ankara.

Demirtaş, R., Erkmen, C., Yaman, M., 2000, 12 Kasım 1999 Düzce Depremi: Yüzey Kırık Geometrisi, Atım Miktarı Dağılımı ve Gelecek Deprem Potansiyeli s:61-99, 12 Kasım Düzce Depremi Raporu (Editör: Bülent Özmen ve Günruh Bağcı), Deprem Araştırma Dairesi, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

Emre, Ö., Erkal, T., Tchapylyga, A., Kazancı, N., Keçer, M. ve Ünay, E., 1998, Doğu Marmara'nın Neojen ve Kuvaterner'deki evrimi; MTA Derg., 120.

Emre, Ö., Duman, T.Y., Doğan, A., Ateş, Ş., Keçer, M., Erkal, T., Özalp, S., Yıldırım, N., Güner, N., 12 Kasım 1999 Düzce Depremi Saha Gözlemleri ve Ön Değerlendirme Raporu (16 Kasım 1999), <http://www.mta.gov.tr/deprem/dzc.html>.

- Ergin, K., Güçlü, U., Aksay, G., 1971, Türkiye ve civarının deprem kataloğu (MS. 11-1964), İstanbul Teknik Üniversitesi, Yer Fiziği Enstitüsü yayınları No:24, İstanbul.
- Gencoğlu, S., 1986, Deprem Kataloğu (Yayımlanmamış).
- Kalafat, D., Yılmaz, M., 12 Kasım 1999 Düzce Depremi, Ön Jeolojik Saha Gözlemleri, http://www.koeri.boun.edu.tr/seismo/12_kasim_1999_duzce_depremi.html
- Komut, T., 2000, 1999 Düzce Depreminin Yüzeysel Kırığının Değerlendirilmesi, Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu, T.C. İzmir Valiliği, 189-197 s.
- MTA Genel Müdürlüğü ve Ankara Üniversitesi (AU), 1999, 17 Ağustos 1999 Depremi Sonrası Düzce (Bolu) İlçesi Alternatif Yerleşim Alanlarının Jeolojik İncelenmesi, TÜBİTAK Yer Deniz Atmosfer Bilimleri ve Çevre Araştırma Grubu Raporu, 59s.
- Nurlu, M., 2000, 12 Kasım 1999 Düzce Depreminin Tektonik Özellikleri s: 49-60, 12 Kasım Düzce Depremi Raporu (Editör: Bülent Özmen ve Günruh Bağcı), Deprem Araştırma Dairesi, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Özel, N., Kalafat, D., Pınar, A., Gündüz, H., Cranswick, E., Yılmaz, M., Kara, M., Ögütçü, Z., 2000, 17 Ağustos 1999 İzmit ve 12 Kasım 1999 Düzce Depremlerinin Artçı Sarsıntıları, Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu, T.C. İzmir Valiliği, 79-86 s.
- Özden, S., Tatar, O., Mesci, B.L., Koçbulut, F., Tutkun, S.Z., Doğan, B., Tüvar, O., 2000, 12 Kasım 1999 Düzce Depremi ve Bölgesel Tektonik Anlamı, Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt 43, Sayı 2, Ağustos 2000, 61-69 s, Ankara.
- Özmen, B., 2000, 12 Kasım 1999 Düzce Depreminin Konut ve İşyeri Hasarları (Rakamsal Verilerle) s: 155-214, 12 Kasım Düzce Depremi Raporu (Editör: Bülent Özmen ve Günruh Bağcı), Deprem Araştırma Dairesi, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara
- Özmen, B., 2000, 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depreminin Hasar Durumu (Rakamsal Verilerle), Türkiye Deprem Vakfı, 132s, İstanbul.
- Pamir, H., Baykal, F., Ketin, İ., 1943, Adapazarı-Hendek Depremi (20.06.1943) hakkında jeolojik rapor, Deprem Araştırma Enstitüsü, Ankara. (Yayımlanmamış rapor)
- Şaroğlu, F., Emre, Ö., Boray, A., 1987, Türkiye'nin Diri Fayları ve Depremsellikleri, MTA raporu 8174, 394 s.