23 EKİM 2011 VAN DEPREMİNDE HASAR GÖREN KÖYLERİN MİKROTREMOR YÖNTEMİYLE YER-YAPI ETKİLEŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ

İ. Akkaya[1,6], A. Özvan[2,6], M. Tapan[3,6], M.A. Şengül[4] ve M. Bor[5,6]

[1] *Yardımcı Doçent Doktor, Jeofizik Müh. Bölümü, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van*
[2] *Yardımcı Doçent Doktor, Jeoloji Müh. Bölümü, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van*
[3] *Yardımcı Doçent Doktor, İnşaat Müh. Bölümü, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van*
[4] *Yüksek Mühendisi, Jeoloji Müh. Bölümü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul*
[5] *Yüksek Lisans Öğrencisi, Jeoloji Müh. Bölümü, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van*
[6] *Afet Yönetimi ve Deprem Uygulama Araştırma Merkezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van*
Email: iakkaya@yyu.edu.tr

ÖZET:

23 Ekim 2011 Van depremi (Mw = 7.1) sonrası meydana gelen hasarlar, depremlerin ortaya çıkardığı etkilerin sosyal ve ekonomik boyutunun önemini bir kez daha ortaya koymuştur. Deprem, Van il merkezi ve civar köylerinde büyük hasarlara neden olmuştur. Yaşanan hasarların en önemli nedenlerinden biri de yapıların üzerine kurulu olduğu kötü zemin koşullarıdır. Çalışma alanının genelinde, Van yerleşim alanından kuzeye doğru gidildikçe Oligosen - Miyosen yaşlı kırıntılı çökel kayalar, Pliyo-Kuvaterner yaşlı göl ve akarsu çökelleri, güncel alüvyal çökeller ile volkanik kayalar yüzeylenmektedir. Bu zemin çeşitliliği nedeniyle, yerleşimlerin üzerine kurulu olduğu zeminlere ait mühendislik özelliklerin belirlenmesi; dinamik yükler altında zeminlerin davranışlarının bilinmesi ve böylece meydana gelebilecek zararların en aza indirilmesi önemlidir. Bu çalışma kapsamında, Van depreminden olumsuz yönde etkilenmiş köylerin yerel zemin koşulları belirlenmiş, depreme kaynaklık eden yapısal unsurlarla olan ilişkileri saptanmış, hasar gören yapıların deprem-zemin-yapı etkileşimlerinin belirlenmesi amacıyla köylerde mikrotremor ölçümleri alınmıştır ve zemin yüzeyindeki deprem özelliklerinin büyümesine yol açabilen fiziksel etkenler ortaya çıkarılmıştır. Bu ölçümler sonucunda çalışma alanında periyod dağılımlarının 0.1-1.5 sn, zemin büyütme değerlerinin ise 2-12 kat arasında değiştiği belirlenmiştir. Hasarlı köylerin genelinde periyod değerlerinin 0.4-0.8 sn arasında olması, çalışma alanının genelde kalın ve gevşek, suya doygun, güncel malzemeden oluştuğunu göstermektedir. Volkanik birimler üzerinde yer alan ve hasarın az olduğu köylerden elde edilen periyod değerleri 0.1 sn, büyütme değerleri ise yaklaşık 2 katı civarındadır. İnceleme alanında sıvılaşmanın gözlendiği kesimlerde yapılan ölçümler neticesinde ise, yer altı suyu seviyesinin yüzeye yakın olması, ince kum-silt tane boyutundaki malzemenin varlığı gibi sıvılaşma koşullarını sağlayan özelliklere ek olarak yüksek baskın periyod değerleri elde edilmiştir. Köylerde bulunan yapıların hasar nedenlerinin araştırılmasında, ana depremi oluşturan kaynak faya olan uzaklığında etkisi değerlendirilmiştir. Bunun sonucunda, hareket eden fayın tavan bloğunun üzerinde yer alan, Pliyo-Kuvaterner yaşlı çökeller üzerinde bulunan yapıların daha fazla hasara uğradığı belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Van, deprem, mikrotremor, dinamik zemin davranışı.

1. GİRİŞ

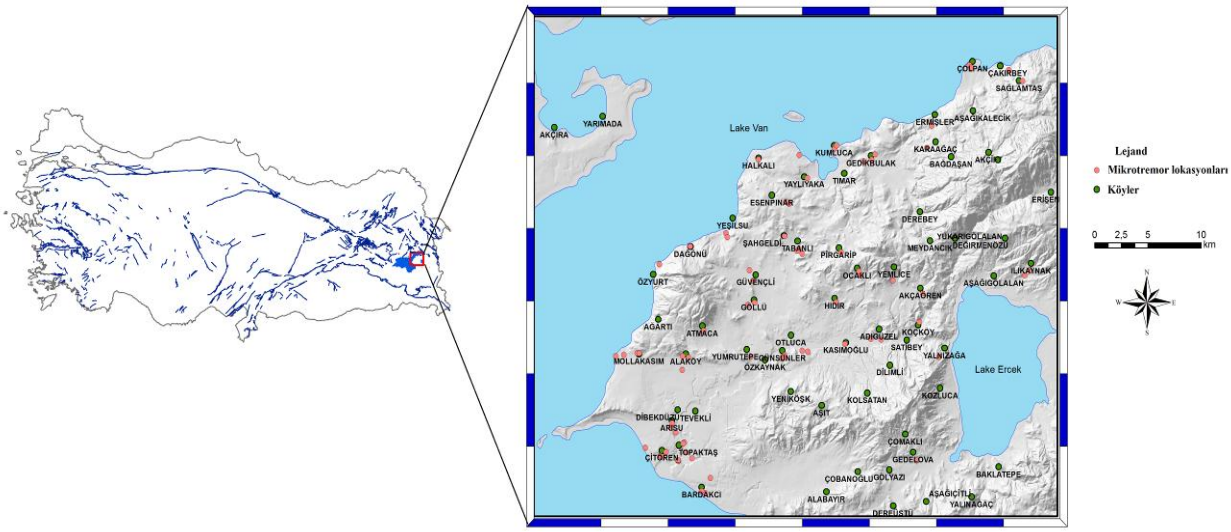
23 Ekim 2011 tarihinde yerel saatle 13.41'de, Van Gölü'nün kuzeydoğusunda merkez üssü Tabanlı Köyü olan M_w = 7.1 büyüklüğünde yıkıcı bir deprem meydana gelmiştir. Deprem başta Van olmak üzere çevre il, ilçe ve çevredeki köylerde hissedilmiştir (KOERİ 2011). Ters faylanma sonucu oluşan Van depremi, Van ilinde ve Erciş İlçesi'nde çok sayıda yapının hasar görmesine, yıkılmasına ve toplam 644 kişinin hayatını kaybetmesine neden

olmuştur. Özellikle deprem merkez üssüne yakın olan köyler (Göllü, Güveçli, Alaköy, Mollakasım, Dağönü, Timar, Hıdırköy gibi) depremden olumsuz yönde etkilenmişlerdir.

Van depremine bağlı oluşan yapısal hasarlarda, yapı özellikleri, deprem kaynak özellikleri, depremin yapıya etkisi, sismik dalga fazları ve bölgesel jeoteknik koşulların son derece önemli olduğu bir kez daha ortaya çıkmıştır. Deprem dalgaları, zemin tabakaları içinden geçerken, tabakaların özelliklerini de (sıvılaşma, dayanım azalması, zemin büyütmesi, vb) etkilemektedir. Bölgesel jeoloji, tektonik ve topografik koşullar, deprem dalgalarının özelliklerini önemli ölçüde değiştirerek, aynı sismik hareketlere maruz kalan birbirine yakın bölgelerde, farklı derecelerde hasara yol açabilmektedir (Ansal, 1999). Bunun en büyük sebebi ise yerel ölçekte zemin koşullarının farklılığından veya ortamın kısa mesafelerde çok çeşitlilik göstermesinden kaynaklanmaktadır.
Bu kapsamda, Van depremi sonrasında depremden etkilenmiş köylerde hasar gören yapıların yer-yapı etkileşimlerini belirlemek amacıyla mikrotremor ölçümleri alınmıştır. Özellikle; Bardakçı, Topaktaş, Arısu, Zeve, Çitören, Çakırbey, Ermişler, Gedikbulak, Şahgeldi, Tabanlı, Dağönü, Güveçli, Göllü, Ağartı, Gülsünler, Yumrutepe, Mollakasım, Alaköy, Arısu, Tevekli, Özkaynak, Tabanlı, Şahgeldi, Gülsünler, Hıdır, Ocaklı, Yemlice, Akçaören, Koçköy, Yalnızağaç, Kasımoğlu, Adıgüzel, Göllü, Güveçli köylerinde 10-30 dakika arasında değişen sürelerde mikrotremor ölçümleri alınmıştır (Şekil 1). Alınan mikrotremor kayıtları üzerinde uygun veri-işlem adımları gerçekleştirilerek adı geçen köyler için zeminin hâkim titreşim periyodu ve zemin büyütmeleri belirlenmiştir. Van depremi sonrası, Van Valiliği tarafından yapılan ve itirazlar sonrası kesinleşmiş hasar durumları da değerlendirmelerde kullanılmıştır (Çizelge 1). Ayrıca bölgenin tektonik, jeolojik ve jeofizik durumu ile köylerde bulunan yapıların hasar nedenleri irdelenmiştir.

Çizelge 1. Son hasar tespit durumu (Van Valiliği, Mart 2012; Turan 2012)

Hasar Durumu	Yapı Tipi	Van	Van - Köyler
Hasarsız	Ev	23715	1621
	İşyeri	3227	38
	Ahır	352	723
Az Hasarlı	Ev	34873	4351
	İşyeri	6353	51
	Ahır	811	1876
Orta Hasarlı	Ev	15333	326
	İşyeri	3153	8
	Ahır	75	143
Enkaz / Ağır Hasarlı	Ev	17828	7266
	İşyeri	1434	82
	Ahır	1593	4350
Toplam Hasar Tespiti	Ev	91749	13564
	İşyeri	14167	179
	Ahır	2831	7092



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

İnceleme alanı ve yakın çevresindeki yerleşimler, Pliyo-Kuvaterner yaşlı eski göl–akarsu çökelleri, eski yelpaze çökelleri ve Kuvaterner yaşlı akarsu çökelleri üzerine kurulmuştur (Acarlar vd., 1991; Özvan, 2004; Özvan vd., 2005; Özvan vd., 2008). Çalışma alanında yapılan önceki çalışmalar, arazi incelemeleri ve jeofizik çalışmalar ışığında Van Gölü doğusunda bulunan köylerde hasarlara ilişkin değerlendirmeler yapılmıştır.

2.1. İnceleme Alanının Jeolojisi

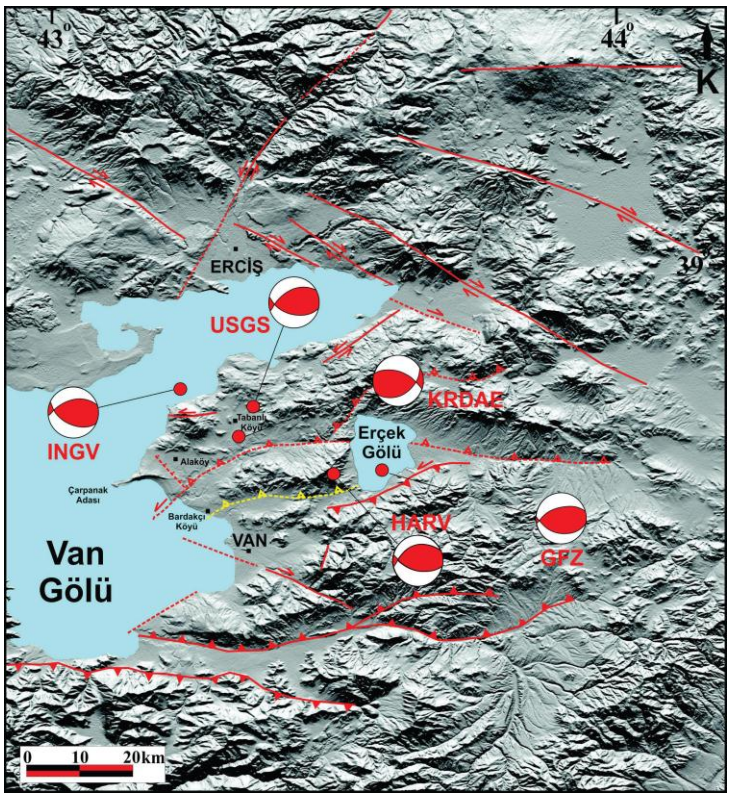
İnceleme alanında güneyden kuzeye doğru gidildikçe genç birimlerden yaşlı birimlere doğru geçilmektedir. İncelenen köyler genellikle gevşek genç karasal ve gölsel çökeller üzerinde yer almaktadır. Oligosen- Alt Miyosen yaşlı kumtaşı, konglomera, silttaşı, kiltaşı, kalkarenit vb. kaya türlerinden oluşan Van formasyonu, Alt Miyosen yaşlı resifal kireçtaşlarından oluşan Adilcevaz kireçtaşı, Orta Miyosen yaşlı konglomeralardan oluşan Aktaş formasyonu, Üst Miyosen yaşlı Yağlık bazaltı ile Üst Miyosen yaşlı yer yer jips, kumtaşı, konglomera, silttaşı ve kiltaşlarından oluşan Kurtdeliği formasyonu, bölgedeki Miyosen yaşlı kaya birimlerini oluşturur (MTA, 2007; 2008). Bunun dışında çalışma alanında incelenen köylerin birçoğunun üzerine kurulu olduğu göl ve akarsu ortamlarının egemen olduğu Pliyo-Kuvaterner döneminin sedimanter ve volkanik birimleri bulunmaktadır. Van Gölü'nün 16.000 yıl önce en yüksek seviyesine çıktığı ve 10.000 yıldan beridir şimdiki seviyesine gerilediği bilinmektedir (Degens ve diğ., 1978). Bu hareket sonucunda, Eski alüvyon yelpaze çökelleri, Eski göl çökelleri, Eski akarsu çökelleri, Alüvyonlar, güncel göl ve akarsu çökelleri ve yamaç molozları Pliyo-Kuvaterner birimler olarak bölgeye hakim olmuştur (MTA, 2007; 2008).

23 Ekim 2011 Van depreminde yıkımın en yoğun yaşandığı, Çitören, Arısu, Mollakasım, Alaköy, Yumrutepe, Atmaca, Göllü, Güveçli, Tabanlı, Dağönü, Şahgeldi, Yeşilsu, Ocaklı, Pirgarip, Hıdır, Aşağıgölalan, Esenpınar, Sağlamtaş, Çakırbey köyleri kumtaşı, kiltaşı, konglomera ve marn ardalanmalarından oluşan Oligosen-Miyosen yaşlı kırıntılı kayalar üzerinde yer almaktadırlar. Bu köylerde zemin yer yer sıkı iken yer yer gevşek molozlardan da oluşabilmektedir. Bardakçı, Topaktaş, Özkaynak, Gülsünler, Kasımoğlu, Satıbey ve Koçköy köyleri Karasu nehrinin taşkın düzlüğünde yer almaktadır. Bu köyler Kuvaterner yaşlı Alüvyonal birimler ve Taraçalar üzerinde kuruludur. Bölgedeki volkanik birimler ise Halkalı, Timar (Gedikbulak), Çolpan, Karaağaç ve Yaylıyaka kesiminde yer almaktadır. Kumluca köyü kısmen volkanik birimler üzerinde kısmen de kıyı çökelleri üzerinde yer almaktadır.

2.2. Bölgenin Depremselliği

Çalışma alanı, Doğu Anadolu Bölgesinin neotektonik döneminin başlangıcına neden olan çarpışma kuşağının (Bitlis Kenet Kuşağı) hemen kuzeyinde yer almaktadır. Bölgede, yaklaşık K-G yünlü sıkışmaya bağlı olarak bir dizi doğu-batı uzanımlı bindirme ve kıvrım kuşağı gelişmiş, yükselimlerin arasında kalan alanlar ise daha çok sıkışmalı rejimin ürünü olarak doğrultu atımlı faylar ile sınırlanmıştır (Şaroğlu ve Güner, 1981; Koçyiğit, 2005). Depremden etkilenen bölge güneyde bindirme düzlemleri ile kuzeyde ise volkanik alanlar ile çevrilmiştir. Orta alanda ise Van Gölü havzası ve güncel çökeller ile örtülmüştür.

Van Gölü ve çevresi büyük deprem üretebilecek farklı nitelikte (doğrultu atımlı, normal ve ters fay) fay sistemleri içermektedir (Aksoy & Tatar 1990; Koçyiğit vd. 2001; Örçen vd. 2004). 23 Ekim 2011 Van depremi bunun en belirgin örneğidir. Bu fay sistemleri, Çaldıran fay kuşağı, Erciş fay kuşağı, Süphan fay kuşağı, Muş fay kuşağı, Güzelsu fay kuşağı, Başkale fay kuşağı, Van fay kuşağı, Özalp fay kuşağı, Gevaş fay kuşağı ve çok sayıdaki tekil faylardır (Bulanık fayı, Malazgirt fayı, Kuşcu fayı, Çakırbey fayı, Alabayır fayı, Erçek fayı gibi) (Koçyiğit vd. 2001). Bunlardan Özalp ve Gevaş fay kuşakları yaklaşık D-B gidişli ters fay özelliğinde, Çaldıran ve Erciş fay kuşakları KB-GD doğrultulu sağ yanal doğrultu atımlı fay özelliğinde, Süphan ve Başkale fay kuşakları ise yaklaşık KD-GB doğrultulu sol yanal doğrultu atımlı fay özelliğindedir (Koçyiğit vd. 2001) (Şekil 2). 23 Ekim 2011 Van depremi, Türkiye'de ters faylardan kaynaklanmış en yıkıcı deprem özelliğine sahiptir (Koçyiğit, 2011). Bölgedeki sismik aktivite tarihsel ve aletsel dönemde yoğun bir şekilde devam etmektedir. Özellikle 2000 yılından sonra göreceli olarak artış gösteren depremler 2011 Van depremiyle birlikte bölgenin sismik etkinliğini bir kez daha ortaya koymuştur. 23 Ekim 2011 Van depreminin çeşitli kurumlar tarafından yapılan fay düzlemi çözümleri depremin bindirme/ters faylanma mekanizmasıyla geliştiğini göstermektedir (Şekil 2). Söz konusu depremlerin ardından, bölgede büyüklükleri 2.0 ile 5.0 arasında değişen yaklaşık 12000 artçı deprem meydana gelmiştir (AFAD, 2011).



Şekil 2. Bölgedeki ana faylar ve ana şokun farklı merkezler tarafından yapılan mekanizma çözümleri (Emre ve diğ.,2011, Koçyiğit ve diğ., 2011, Poyraz ve diğ. 2011 den değiştirilmiştir.)

2.3. Mikrotremor Ölçümleri

Depremlere bağlı hasarların tespitinde jeolojik birimlerin dinamik özelliklerinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Aynı kalitedeki yapılarda farklı hasarlar oluşabilmektedir. Bunun en önemli nedeni, bu yapıları taşıyan birimlerin depreme karşı gösterdikleri farklı sismik tepkilerdir. Yüzey tabakalarının dinamik özelliklerinin belirlenmesinde mikrotremor yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Zemin hakim titreşim periyodu ve büyütmesini belirlemeye yönelik olan mikrotremor yöntemi, mikro titreşimlerin kaydedilmesi temeline dayanır. Bu titreşimler genellikle 0.1-1 mikron, periyotları ise 0.005-2 sn arasında değişir (Kanai ve Tanaka 1954; 1961). Mikrotremor ölçümleri, sismik büyütme ve zemin hakim periyodunun bulunması amacıyla mikrobölgelendirme çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

23 Ekim 2011 (Mw = 7.1) Van depremi sonrasında Van ve çevresinde depremden etkilenmiş köylerde hasar gören yapıların yer-yapı etkileşimlerini belirlemek amacıyla, Van Gölü doğusunda yer alan köylerde mikrotremor ölçümleri alınmıştır. Yatay hareket bileşenlerinin düşey hareket bileşenine göre spektral oranlarının belirlendiği Nakamura Yöntemi'ne göre ölçümler alınmıştır (Nakamura, 1989). Mikrotremor ölçümleri GURALP Marka 3 bileşenli CMG-6TD model sismograf ile alınmıştır. Kayıtlar için 10 ile 30 dakikalık ölçüm süresi kullanılarak, 100 Hz (dt=0.01 sn) örnekleme aralığında veriler alınmıştır. Her bir gürültü kaydı önce 0.1-10 Hz arasında Butterworth Band-geçişli filtre ile filtrelenmiştir. Yatay-düşey spektral oran eğrilerinin hesaplanması için her bir bileşenden elde edilen veri 10 ile 30 sn arasında değişen uzunlukta pencerelenip, her bir pencereye ait verinin Fourier spektrumları alınmıştır. Yatay-Düşey spektral oran eğrileri her bir pencere için hesaplanmış, hesaplanan eğrilerin ortalaması alınarak ölçüm noktasını temsil eden spektral oran eğrisi ve standart sapması belirlenmiştir. Spekturumlar elde edilirken Parzen pencere uygulaması yapılmıştır. Ayrıca 40 sn'lik Konno-Ohmachi penceresi kullanılarak %10 cosinüs tapering ile düzgünlenmiştir (Şekil 3). Mikrotremor kayıtları yukarıdaki işlemlerden geçirilerek değerlendirmeye hazır hale getirildikten sonra Nakamura Spektral Oran Yöntemine göre köyler için maksimum büyütme ve bu büyütmeyi veren zemin hakim periyot değerleri elde edilmiştir (Şekil 4). Ayrıca bölgenin jeolojik-jeofizik durumu ve köylerde bulunan yapıların hasar nedenleri irdelenmiştir. Elde edilen verilerin işlenmesinde SESAME (Site EffectS assessment using AMbient Excitation) adlı proje kapsamında geliştirilmiş ve literatürde yaygın olarak kullanılan GEOPSY adlı yazılım ve Mikrotremor Verilerinin Analizi ve Görüntülenmesi amacıyla hazırlanan Matlab tabanlı MicPro yazılımı kullanılmıştır.

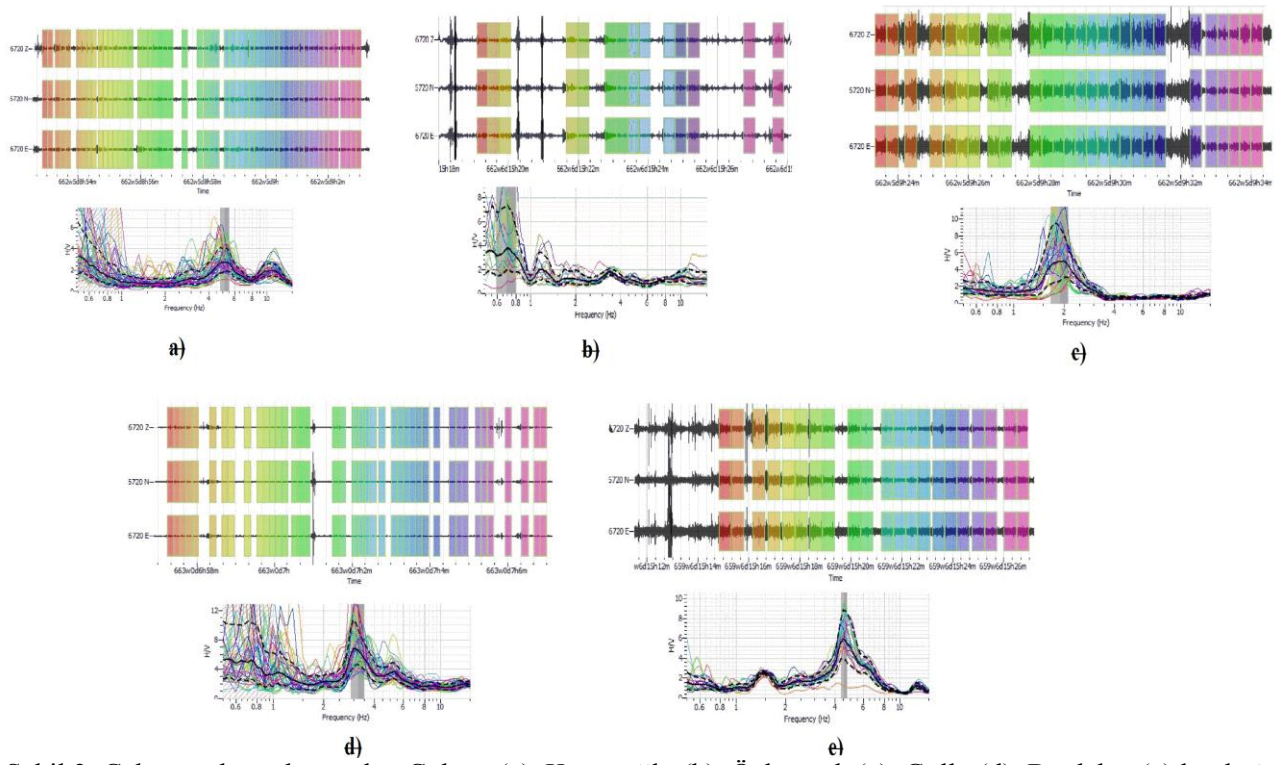
3. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada 2011 Van Depreminde hasar gören ve tek yapı tipinin hakim olduğu köy yerleşimleri irdelenerek kırsal alanlarda depremlere bağlı yapısal hasarların nedenleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Van ili yerleşim alanı ve Van Gölü doğusundaki köyler genel olarak gevşek yapılı karasal, akarsu ve göl çökelleri üzerinde yer almaktadır. Çalışma alanında yapılmış olan mikrotremor verilerine göre alanın genelinde periyot değerlerinin 0.4-0.8 sn arasında olması, çalışma alanının genelde kalın ve yumuşak güncel çökellerden oluştuğunu göstermektedir. Bu bölgelerde zemin büyütme değerleri (2-12 kat) oldukça yüksektir.

Bu çalışmada, 23 Ekim 2011 Van depreminden sonra incelenen alanındaki köylerde hasarın ve yıkımın nedenleri aşağıdaki başlıklarda açıklanmıştır;

* Çalışma alanının genelinde yaşam alanlarının yığma ve kerpiç yapılardan inşa edilmesinden kaynaklı hasarlar.
* Hasarın yoğun olduğu köylerin Pliyo-Kuvaterner yaşlı göl ve akarsu çökelleri üzerinde yer alması. Bu köylerde de göreceli olarak yüksek periyot değerleri ve zemin büyütmesindeki artış (Arısu, Mollakasım, Alaköy, Bardakçı, Topaktaş, Özkaynak, Gülsünler, Kasımoğlu, Satıbey ve Koçköy, Yumrutepe, Atmaca, Göllü, Güveçli, Tabanlı, Dağönü, Şahgeldi, Yeşilsu, Ocaklı, Pirgarip, Hıdır, Aşağıgölalan).
* Çalışma alanının genelinde sismik dalgaların yumuşak zemin tabakaları içinden geçerken genliklerinin artması.

* Yamaç etkisi; havza kenarlarında cisim dalgalarının yüzey dalgalarına dönüşmesi (deprem dalgalarının çeşitli şekillerde kırılma ve yansımalara uğrayarak girişime bağlı genlik değişimi) ve bu dalgaların zemin tabakaları içinde kapanlanarak hareket genliğinin ve süresinin artmasına neden olmasıdır (Alaköy, Göllü, Güveçli, Mollakasım, Dağönü Köyleri).

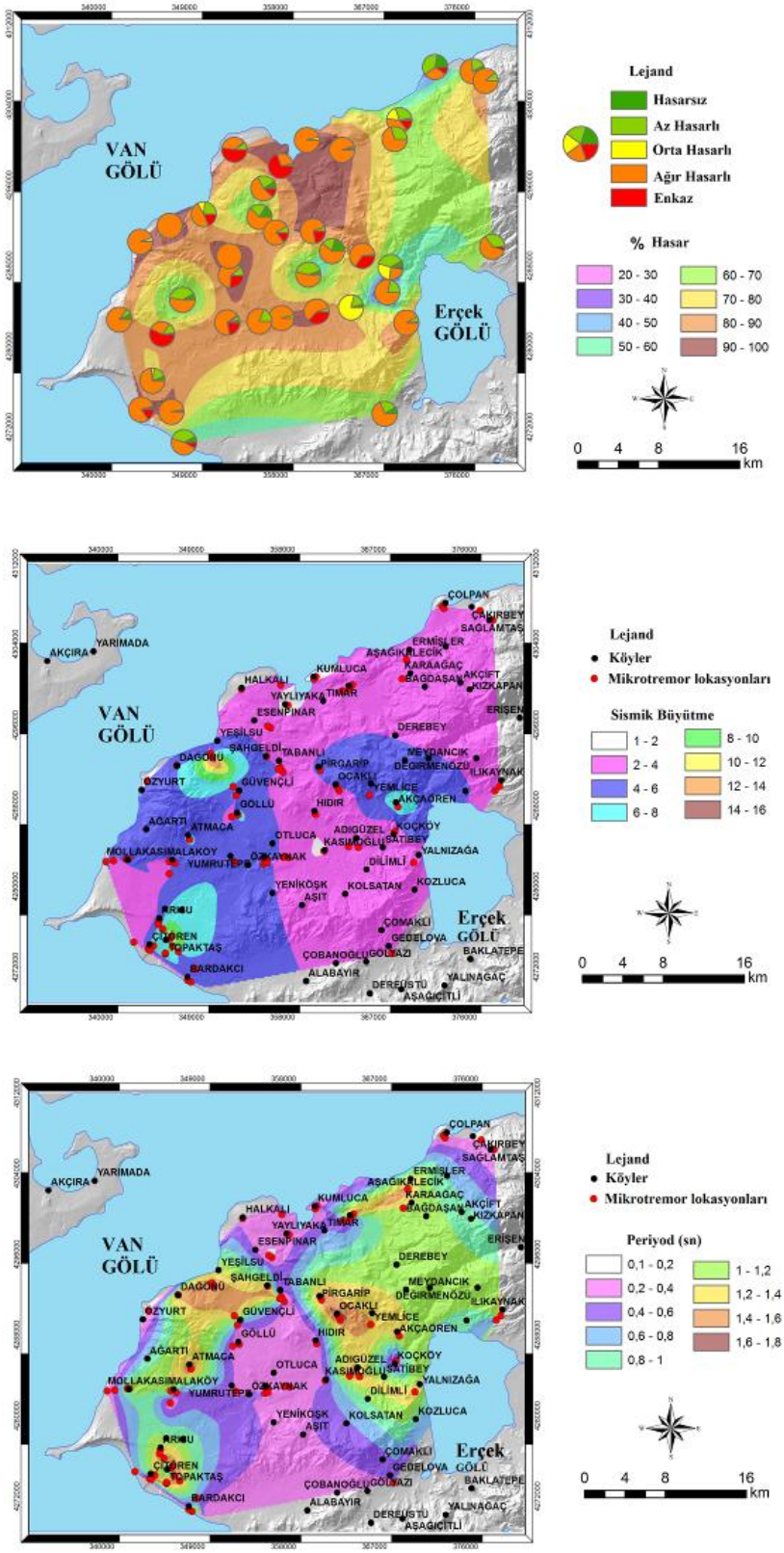


Şekil 3. Çalışma alanında yeralan Çolpan (a), Kasımoğlu (b), Özkaynak (c), Göllü (d), Bardakçı (e) köylerinden elde edilen mikrotremor verilerinin yorumlanmış durumu.

Yıkımı etkileyen faktörlerden biri de heyelan ve yeraltı suyunun yüzeye yakın olmasıdır. Heyelana bağlı hasarlar da çalışma alanında (Özkaynak, Satıbey, Ermişler Köyleri) gözlenmiştir. Ayrıca, yüksek baskın periyodun bulunduğu bölgelerde, yeraltı su seviyesinin sığ olması ve kumlu seviyenin bulunması sıvılaşma riskini arttırıcı yönde etki yapmıştır (Arısu, Topaktaş, Güveçli Köyleri).

Bölgede volkanik birimler üzerinde bulunan Çolpan, Çakırbey, Halkalı, Timar, Karaağaç, Sağlamtaş, Yaylıyaka, Kumluca gibi köylerde düşük periyot (0.1sn civarı) ve düşük büyütme (2-3 kat) değerleri elde edilmiştir. Buna paralel olarak 2011 Van depremlerinde bu köylerde hasar gözlenmemiştir.

Bu çalışmanın sonucunda, suya doygun, gevşek ve kalın çökeller (deprem etkisini büyüten zeminler) üzerinde kurulu yerleşim alanlarında depremle birlikte ağır hasarlar gözlenmiştir. Bu durum can ve mal kayıplarını arttırıcı bir etkendir. Deprem zararlarının azaltılmasında zemin ve yapı kaynaklı hasarların en aza indirgenmesi için, yerleşim alanları belirlenirken yerbilimleri çalışmaları olmazsa olmazdır. Yerleşim alanlarında Jeolojik ve Jeofizik etüt ve araştırmalara daha fazla önem verilmelidir (Bölgenin deprem etkinliği, faylar ve konumları, zemin durumu, yeraltı su seviyesi, risk analizleri, mikro-bölgeleme çalışmaları, dinamik parametreler, sıvılaşma, heyelan vs. çalışmaları). Yapılacak yapılarda, Deprem yönetmeliğine uyulmalı, ilgili kurum ve kuruluşların denetlemelerini daha sıkı bir şekilde yapmaları sağlanmalıdır.



Şekil 4. Çalışma alanında doğal titreşim ölçümlerine dayalı mikrotremor kayıtlarından elde edilen sismik büyütme (a) ve zemin hakim titreşim periyot haritaları (b).

4. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı (BAP) tarafından **"2012-HIZ-MİM002"** nolu **"23 Ekim 2011 Depreminde Hasar Gören Köylerin Mikrotremor yöntemiyle Yer-yapı Etkileşimlerinin Belirlenmesi "** isimli proje olarak desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Acarlar, M., Bilgin, E., Elibol, E., Erkal., T., Gedik, İ. (1991). Van Gölü Doğu ve Kuzeyinin Jeolojisi. MTA Jeoloji Etütler Dairesi, Derleme No: 1061, Ankara.

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), 23 Ekim 2011 Van depremi raporu. Aralık 2011, 98 s.

Akkaya, İ. ve O. Köse (2002). Van Gölü Havzası'nda Depremselliğin Periyodik Tekrarlanma Olasılığı, *55. Türkiye Jeoloji Kurultayı*, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Bildiri Özleri Kitabı, Ankara.

Akkaya İ., Ç. Özkaymak ve O. Köse (2002). Van ve çevresinin depremselliği. *Doğu Anadolu Jeoloji Çalıştayı – 2002 (DAJEO – 2002)*, Bildiri Özleri Kitabı, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik – Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, p.20, 2002, Van.

Aksoy, E. ve Tatar, Y. (1990). Van İli doğu-kuzeydoğu yöresinin stratigrafisi ve tektoniği. *TÜBİTAK Doğa Dergisi* **14**, 628-644.

Altuncu S., Şengül M.A., Pinar, A. (2012). Source Rupture Process and Seismotectonic Implication of Van Tabanli Earthquake, October 23, 2012, *European Geosciences Union General Assembly 21-27 April, Vienna, Austria*. Vol. 14, EGU2012-14409-2.

Ambraseys, N.N. & Finkel, C.F. (1995). The seismicity of Turkey and adjacent Areas: A historical review, 1500–1800. İstanbul: Eren publishing & booktrade.

Ambraseys, N.N. & Jackson, J.A. (1998). Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern mediterranean region. *Geophysical Journal International* **133**, 390−406.

Ansal,A (1999). Strong Ground Motions and Site Amplification Theme Lecture, *2nd Int.Conf. on Earthquake Geotechnical Engineering*, **3**, 879-894, Ed.P.S.Pinto, Balkema, Rotterdam.

Ansal,A (1999). The Cyclic Behaviour of Soils and Effects of Geotechnical Factors During 17 August 1999 Kocaeli Earthquake, *Earthquake Hazard and Risk in the Mediterranean Region, Nicosia* **1**, 89-104.

Bour, M., Fouissac, D., Dominique, P., Martin, C. (1998). On the use of microtremor recordings in seismic microzonation. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* **17**, 465-474.

Çiftci, Y., Selcuk, L., Özvan, A., Akkaya, İ., Sengül, A., Aras, B. (2004). Seismic risk analysis for the settlements in the basin of Lake Van, Turkey, *Proceedings of 5 th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, Vol.2,Thessaloniki, Greece*, 964-966.

Degens, E.T., Wong, B.K., Kutman, F. ve Finckh, P. (1978). Van Gölü'nün jeolojik gelişimi, bir özet, The geology oflake Van. *MTA Yayınları*, **No: 169**, 147-158.

Dikmen, Ü. and Mirzaoğlu, M. (2005). The Seismic Microzonation Map of Yenisehir-Bursa, NW of Turkey by means of ambient noise measurements. *Balkan Geophysical Society* **8:2**, 53-62.

Emre, Ö., Duman, T., Özalp, S., Elmaci, H. (2011). 23 Ekim 2011 Van Depremi Saha Gözlemleri ve Kaynak Faya İlişkin Ön Değerlendirmeler. *Jeoloji Etütleri Dairesi, Aktif Tektonik Araştırma Birim, MTA Raporu*. 22s.

JMO (2011). 23 Ekim 2011 Van Depremleri Raporu, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, (www.jmo.org.tr/resimler/ekler/1a0aa3add71a744_ek.pdf). Son Erişim: 23 Şubat 2012.

Kanai K. and Tanaka T. (1954), On microtremors I, *Bull. of the Earthquake Research Inst*.**32**, 199-209.

Kanai, K. and Tanaka, T. (1961). On Microtremors VIII, *Bulletin of Earthquake Res. Inst., Un. of Tokyo* **39**, 97-114.

Koçyiğit, A., Yilmaz, A., Adamia, S., Kulashvili, S. (2001). Neotectonics of East Anatolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: Implication for transition from thrusting to strike-slip faulting. *Geodinamica Acta* **14**, 177-195.

Koçyiğit, A.(2005). 2005.01.25, Mw=5.9 Sütlüce (Hakkari) Depreminin Kaynağı: Başkale Fay Kuşağı, GD Türkiye. *Deprem Sempozyumu*, 23-25 Mart 2005, Kocaeli.

Koçyiğit, A., Deveci, Ş., Kaplan, M. (2011). Van Depremleri Raporu, 23 Ekim- 30 Kasım 2011. Ortadoğu Teknik Ünivesitesi, *Aktif Tektonik ve Deprem Araştırma Lab. Yayını*, 22 s.

KOERİ (2011). Probabilistic Assessment of the Sismic Hazard for the Lake Van Basin, Ocotober, 23, 2011, Son Erişim: 23 Aralık 2011.

MTA (2007). Van İlinin Yer Bilim Verileri, Ankara.

MTA (2008). Van K50 Paftası Jeoloji Haritası, Ankara.

MTA, (2011). 23 Ekim 2011 Van Depremi Saha Gözlemleri ve Kaynak Faya İlişkin Ön Değerlendirmeler (http://www.mta.gov.tr/v2.0/deprem/2011_Van-Depremi_On-Degerlendirmeler.pdf). Son Erişim: 13 Aralık 2011.

Nakamura,Y. (1989). A Method for Dynamic Characteristics estimation of Subsurface Using Microtremor on the Gorund Surface. *QR of RTRI* **30**, 25-33.

Örçen, S., Tolluoğlu, A.Ü., Köse, O., Yakupoğlu, T., Çiftçi, Y., Işık, A., Selçuk, L., Üner, S., Özkaymak, Ç., Akkaya, İ., Özvan, A., Sağlam, A., Baykal, M., Özdemir, Y., Üner, T., Karaoğlu, Ö., Yeşilova, Ç., Oyan, V. (2004). Van Şehri Kentleşme Alanlarında Yüzeyleyen Pliyo-Kuvaterner Çökellerinde Sedimantolojik Özelliklerin ve Aktif Tektonizmanın Depremselliğe Yönelik İncelemesi, *YDABAG-101Y100, TÜBİTAK- VAP (Van Araştırma Projesi)*, 2004.

Özvan, A., Kaplan, C., Çiftçi, Y. (2002). Van İli Yerleşim Alanının Sıvılaşma Potansiyeli, *55. Jeoloji Kurultayı*, 233-234, 11-15 Mart 2002, Ankara.

Özvan, A. (2004). Van Yerleşim Alanının Mühendislik Jeolojisi. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, 89 Sayfa.

Özvan, A., Akkaya, İ., Tapan, M., Şengül, M. A. (2005). Van yerleşkesinin deprem tehlikesi ve olası bir depremin sonuçları, *Deprem Sempozyumu Kocaeli 2005*, 23-25 Mart 2005, Kocaeli.

Özvan, A., Akkaya, İ., Tapan, M., Şengül, M. A. (2005a). Van Yerleşkesinin Deprem Tehlikesi ve Olası Bir Depremin Sonuçları. *Deprem Sempozyumu*, 1386-1393, 23-25 Mart, 2005, Kocaeli.

Özvan, A. Akkaya, İ., Yılmazer, İ. (2005b). Van Yerleşkesindeki Killerin Plastisite Özellikleri, *12. Ulusal Kil Sempozyumu*, 485-492, 05-09 Eylül 2005, Van.

Özvan, A., Şengül, M.A., Tapan, M. (2008). Van Gölü Havzası Neojen Çökellerinin Jeoteknik Özelliklerine Bir Bakış: Erciş Yerleşkesi. *Ç.Ü. Yerbilimleri Dergisi (Geosound)* **52**, 297-310.

Poyraz, S. A., Şengül, M. A., Pınar, A. (2011). 23 Ekim 2011 Van-Tabanlı Depremi Kaynak Mekanizması ve Sismotektonik Yorumu. *İstanbul Yerbilimleri Dergisi* **24:2**, 129-139.

Soysal, H., Sipahioğlu, S., Kolçak, D., Altınok, Y. (1981). Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu (2100 B.C.–1900 A.D.). *TÜBİTAK raporu, No. TBAG-341*.

Şaroğlu, F. ve Güner, Y. (1981). Doğu Anadolu'nun jeomorfolojik gelişimine etki eden ögeler: Jeomorfoloji, tektonik, volkanizma ilişkileri. *Türkiye Jeol. Kur. Bült.* **24**, 39-50.

Tapan M. (2003). Deprem Etkilerinin Yerleşim Birimleri Üzerindeki Etkilerinin Tahmini-Van Örneği. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi), Gebze, Kocaeli.

Tapan, M., Muvafık, M., Özvan, A., Şengül, M.A. (2010). Van'daki Zeminlerin Dinamik Özellikleri ve Bu Özelliklerin Betonarme Yapılar Üzerindeki Etkileri, *63. Jeoloji Kurultayı*, 136-137, 05-09 Nisan 2010, Ankara.

Turan, M. (2012). Lessons Learnt From Van and Erciş Earthquakes 2011, Turkey: An Evaluation of Disaster Management. *International Journal of Business and Social Science* **3:22**, 42-52.

Utkucu, M. (2013). 23 October 2011 Van, Eastern Anatolia, earthquake (MW 7.1) and seismotectonics of Lake Van area. *Journal of Seismology*. **17**, 783–805.