

# MANİSA/SARIGÖL BÖLGESİ MEVSİMSEL ETKİLERİN SAR VERİLERİNDEN BELİRLENMESİ

K.Ö. Hastaoglu<sup>a,\*</sup>, F. Poyraz<sup>a</sup>, H.Erdoğan<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü Sivas, Türkiye– (khastaoglu, fpoyraz>@cumhuriyet.edu.tr

<sup>b</sup> Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü Aksaray, Türkiye – hediye.erdogan@aksaray.edu.tr

**ANAHTAR KELİMELER:** PSInSAR, Zaman Seri Analizi, Tektonik Hareket

## ÖZET:

Son yıllarda Permanent Scatterers Interferometry Synthetic Aperture Radar (PSInSAR) yöntemi tektonik hareketlerin izlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Mevcut yazılımlar kullanılarak, Permanent Scatterers (PS) verilerinden Line of Sight (LOS) yönündeki hız değerleri doğrusal regresyon analizi yardımı ile belirlenmektedir. Bu yüzden PS noktalarında hız değerleri kestirilken periyodik etkiler göz ardı edilmektedir. Bu çalışmada 2013-2015 yılları arasında Manisa/Sarıgöl bölgesine ait Terrasar-X verileri değerlendirilmiş ve bölgede mevsimsel etkilerin olabileceği düşünülen PS noktalarına zaman seri analizi uygulanmıştır. İlk olarak verilerden doğrusal regresyon yöntemi ile trendler belirlenmiş daha sonra trend bileşeni giderilmiş serinin zaman bölgesinden frekans bölgesine dönüşümü Hızlı Fourier Dönüşümü (HFD) ile yapılarak seride var olan periyodik hareketlerin frekansları belirlenmiştir. Periyodik etkilerden arındırılmış verilerden tekrar doğrusal regresyon yöntemi ile yıllık hız değerleri kestirilmiştir. Sonuç olarak çalışma bölgesi için PS noktalarında periyodik etkilerden arındırılmış sadece tektonik hareketlerden kaynaklanan LOS yönündeki hız değerleri kestirilmiştir.

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda InSAR yöntemi doğal afetlerin izlenmesinde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Arıkan vd., (2010) Batı Anadolu Menderes bölgesinde tektonik hareketlerin izlenmesinde, Hooper vd., (2007) aktif volkan alanında, Yen vd., (2011) ve deprem kaynaklı yüzey hareketlerinin incelenmesinde, heyelan (Peyret vd., 2008, Hastaoglu 2016, Hastaoglu vd. 2018), volkanik alanlardaki yer değişimleri (Hooper vd. 2004 Hooper vd., 2007), jeolojik ya da şehir alanlarında (Meisina vd., 2006), madencilik (Abdikan., 2013) meydana gelen çökmeler gibi uzun sürede meydana gelen hareketlerin belirlenmesinde son on beş yılda sıklıkla kullanılmaktadır. Hooper vd. PS İnterferometri tekniğini farklı bir yaklaşımla ele alarak 2007 yılında yaptıkları kabuk hareketlerinin deformasyon analizinde StaMPS (Stanford Method for PS ) yöntemini geliştirmişlerdir. Bu yöntem, bina gibi belirgin nesnelere olmasın, her arazi türünde analiz yapmak için düşük faz değişimi gösteren pikselleri bulmada interferometrik fazın mekansal korelasyonunu kullanmaktadır. Bu yöntem sonucunda PS noktalarına ilişkin hız değerleri basit regresyon analiz yöntemi kullanılarak belirlenmektedir. Kullanılan regresyon analiz yönteminde PS noktalarındaki periyodik hareketler göz ardı edilmektedir. Bu yüzden bazı alanlardaki lokal periyodik etkiler PSInSAR yöntemi ile belirlenmemektedir. Bu çalışma kapsamında Manisa/Sarıgöl bölgesindeki periyodik etki barındırdığı düşünülen bazı PS noktalarına ait LOS yönündeki yer değiştirme değerleri zaman seri analizine tabi tutulmuş ve bu PS noktalarındaki periyodik etkiler incelenmiştir.

## 2. ZAMAN SERİ ANALİZİ

PS noktalarının kabuk hareketi, yer altı su kaynaklarının hareketi vb. farklı etkiler altında gösterdiği davranış biçimi

(lineer, periyodik vb) ve büyüklüğü, bu noktalarda zamana bağlı olarak yapılan sürekli gözlemlerin zaman serilerinin analizi ile açıklanabilir. Bu işlem hem zaman bölgesinde hem de frekans bölgesinde ele alınır ve her iki boyutta yapılan analizler birbirini tamamlayıcı niteliğe sahip olup aynı bilgi farklı şekillerde PS noktalarına ait zaman serilerinin niteliği hakkında farklı fikirler verirler.

Genel olarak  $t_i$  ( $i=1, 2, 3, \dots, N$ ) zamanlarında PS noktalarında yapılan ölçümlerin  $Y(t_i)$  zaman serisini, yapay veya ko-sismik ve post-sismik atılımların sebep olduğu kayıklıklar hariç, üç bileşene ayırabiliriz (Gülal vd., 2013).

$$Y(t_i) = T(t_i)_{Trend} + P(t_i)_{Periyodik} + S(t_i)_{Stokastik} \quad (1)$$

Zaman serileri analizinde, ilk olarak serinin zaman eksenini grafiği çizilerek serideki olağan dışı ölçüler (örneğin; kaba hatalar) giderilir ve serinin genel bir yorumu yapılabilir. Serideki trend bileşeni, serinin zamana bağlı uzun zamanlı değişimlerini temsil eder ve genellikle fonksiyonu polinom şeklinde olup zaman bölgesinde aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$T(t_i)_{Trend} = \sum_{k=1}^m c_k t_i^{k-1} \quad (2)$$

Burada  $c_k$ , ( $k=1, 2, \dots, m$ ) fonksiyonun derecesine bağlı parametrelerdir. Serideki periyodik bileşen,  $f_s$  ( $s=1, 2, \dots, p$ ) frekansları ile  $P(t_i)$  ölçülerine bağlı olarak eşitlik (3) ile trigonometrik fonksiyonu ile modellenilebilmektedir.

$$P(t_i)_{periyodik} = \sum_{s=1}^p [a_s \cos(2\pi f_s t_i) + b_s \sin(2\pi f_s t_i)] \quad (3)$$

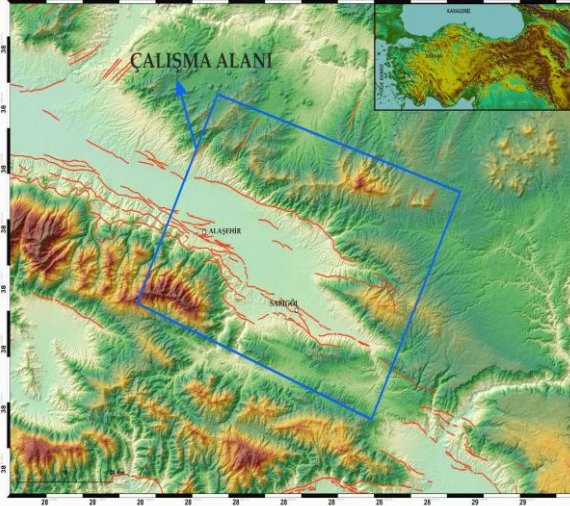
Trend bileşeni giderilmiş serinin zaman bölgesinden frekans bölgesine dönüşümü Hızlı Fourier Dönüşümü (HFD) ile yapılır.

\* Corresponding author. This is useful to know for communication with the appropriate person in cases with more than one author.

### 3. UYGULAMA

#### 3.1 Çalışma Sahası

Çalışma sahasının yer aldığı Alaşehir ve Sarıgöl çevresini kapsayan Ege Çöküntü Sistemi (EÇS), genel olarak D-B doğrultulu normal faylar ile sınırlandırılmış birçok bloklardan meydana gelmektedir. Bu bloklar arasında, D-B uzanımlı çöküntü alanları yer almaktadır (Poyraz vd. 2017). Bölge, genel olarak KKD-GGB yönlü bir çekme rejiminin etkisi altında bulunmaktadır (Şekil 1). Grabenin ana fayı güney kenarı boyunca uzanır, kuzeyde ise yer yer bu fayın antitetik bileşeni yer alır. Gediz Grabeninin Neojen çökellerini metamorfik temelden (Menderes Masifi) ayıran ana fay, güney sınır fayı (Seyitoğlu ve Scott, 1996) ya da Karadut Fayı (Emre, 1996) olarak adlandırılmaktadır. Grabenin iç kesimlerine doğru bir yarı-paralel fay, Neojen-Kuvaterner çökellerini sınırlamaktadır (Seyitoğlu ve Scott, 1996). Gediz grabeninin güney kenarını ve Büyük Menderes grabeninin kuzey kenarını oluşturan Bozdağ horstunun kenarlarındaki genişleme türü fay sistemlerine göre her iki havza, asimetrik yarı-graben olarak tanımlanmaktadır (Karamandere, 1982; Roberts, 1988; Patton, 1992; Emre, 1996).

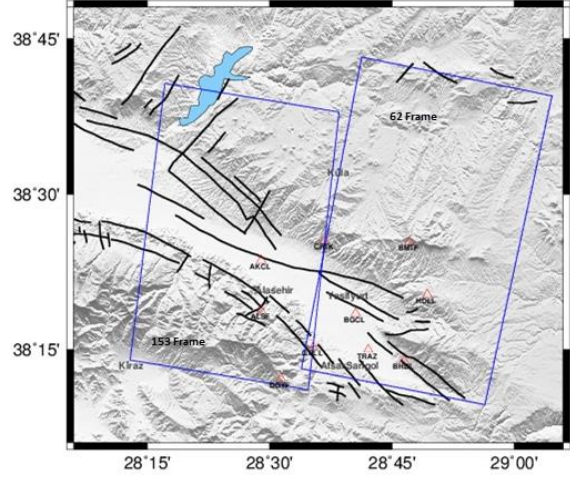


Şekil 1. Çalışma Sahasını gösteren yerbulduru haritası (Poyraz vd. 2017)

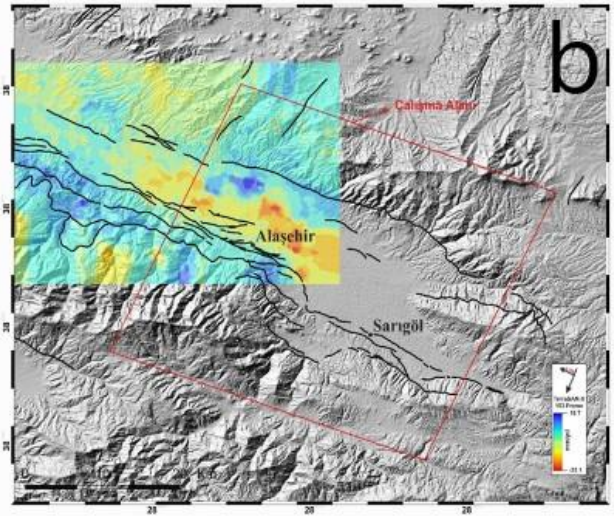
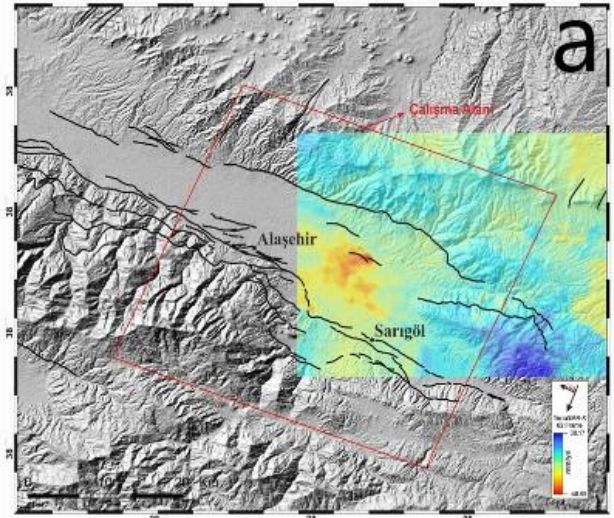
#### 3.2 SAR Verilerinin Değerlendirilmesi

62 ve 153 iz numaralı (Şekil 2) çerçevelerden yaklaşık olarak 17 şer görüntü temin edilmiştir.

Çalışma sahası uydu radar görüntüleri Alman Uzay Ajansının yönlendirdiği TERRASAR-X görüntüleridir. 153 ve 62 iz numaralı uydulara ait 2014 Mayıs ayından 2015 Kasım ayına kadar olan 18 adet görüntü kullanılarak, değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir. Değerlendirme aşamasında açık kaynak kodlu STAMPS yazılımı kullanılmıştır. Değerlendirme sonucunda Şekil 3' de verilen PS noktalarına ait LOS doğrultusundaki yıllık hız değerleri elde edilmiştir.



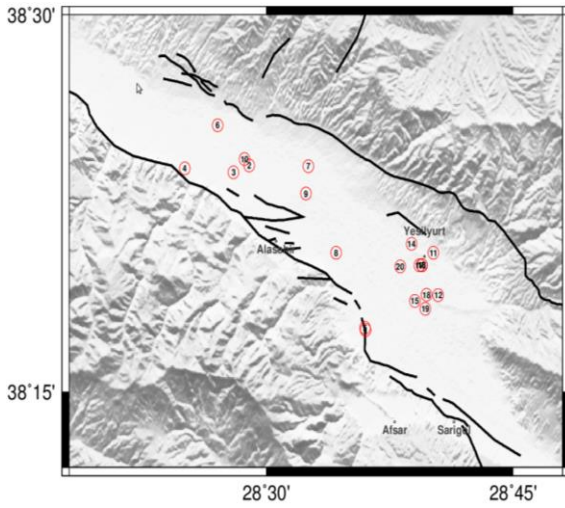
Şekil 2. Çalışma sahasını kapsayacak şekilde seçilen TERRASAR-X uydu radar görüntülerinin yaklaşık kapsama alanı (Poyraz vd. 2017)



Şekil 3. a) 62 iz numaralı TERRASAR-X b) 153 iz numaralı TERRASAR-X, görüntülerinin değerlendirilmesi sonucu elde edilen uydu bakış yönündeki enterpole hız değerleri

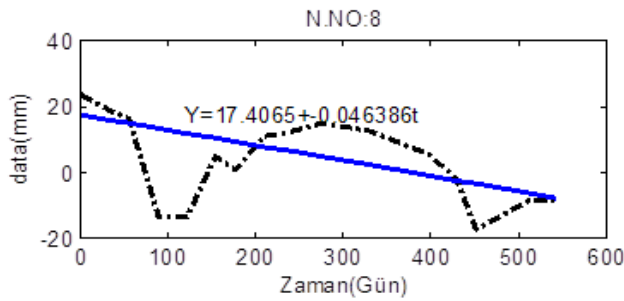
### 3.3 PS Noktalarının Zaman Seri Analizi

Gediz Grabenin doğu kesimindeki tektonik hareketlerin araştırılmasında kullanılan PS noktalarının mevsimsel etkilerini incelemek için zaman seri analizinden yararlanılmıştır. Zaman seri analizinin yapılması için bütün PS noktaları kullanılmamıştır. Sadece Grabenin temsil edecek yaklaşık 20 adet PS noktasının (Şekil 4) detaylı bir şekilde incelenmiştir. 20 PS noktasında yapılan zaman seri analizini seçilen 8 numaralı nokta için yapılan işlem adımları bu bölümde anlatılmıştır. Diğer 19 noktada aynı işlemler tekrar edilmiştir.



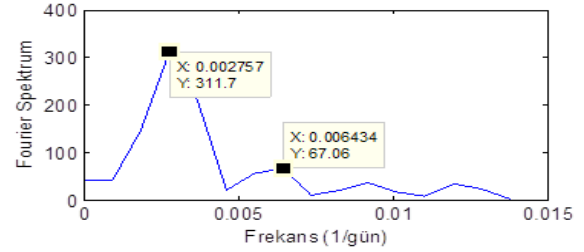
Şekil 4. Zaman seri analizinde incelenen 20 PS noktası (Poyraz vd. 2017)

PS noktalarına ait zaman serisindeki lineer değişimleri belirlemek için, Y verileri ve t zaman olmak üzere, lineer fonksiyon  $Y=a+bt$  şeklinde öngörüldü. Daha sonra, fonksiyonun a ve b parametreleri ve standart sapmaları EKKY (En Küçük Kareler Yöntemi) göre hesaplandı. Her bir parametrenin anlamlı olup olmadığı  $\alpha=0.05$  yanılma olasılığı ile t-dağılımı güven sınırına göre karar verildi. Şekil 5' de 8 nolu PS noktası için kestirilen parametreler ve zaman serisi görülmektedir.



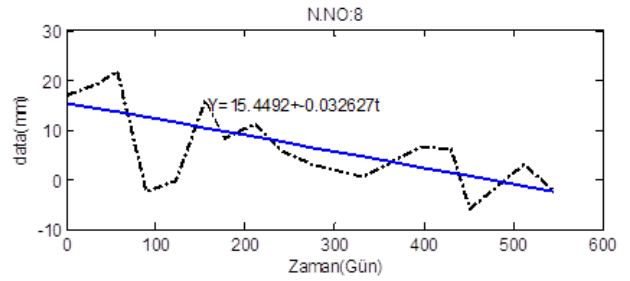
Şekil 5. (8) nolu nokta için periyodik etki giderilmemiş lineer fonksiyon

Daha sonra; Hızlı Fourier Dönüşümü (FFT) ile verilerdeki frekansları ve dolayısıyla periyodik hareketleri, genlik değerlerini ve periyodik hareket süresini bulundu (Şekil 6).



Şekil 6. (8) nolu nokta için periyodik etki giderilmemiş lineer fonksiyon

Anlamlı frekans yani periyodik hareket verilerden giderildikten sonra veriler için yeniden lineer analiz yapıldı ve aynı şekilde test edildi (Tablo 1). 8 nolu nokta için Hız=-11.91 'dir. Bu durumda, periyodik etki içeren veri ile periyodik etki içermeyen veriden hesaplanan hız değişmektedir. Bu nokta için periyodik etki giderildikten sonra hız 5.02mm azalmıştır (Şekil 8).



Şekil 7. (8) nolu nokta için periyodik etki giderilmiş lineer fonksiyon

N.NO	PERİYODİK HAREKETLER (gün)			HIZ* (mm/yıl)	HIZ** (mm/yıl)	HIZ FARKI (mm/yıl)
	f1	f2	f3			
1	362.7			-24.32	-24.82	+0.5
2	272.0			-14.00	-13.04	-0.96
3	272.0			-14.11	-14.65	+0.54
4				-8.95	-9.4	+0.45
5	362.7			-19.03	-18.67	-0.36
6	362.7	181.3		-13.15	-9.54	-3.61
7	362.7			-17.45	-15.04	-2.41
8	362.7			-16.93	-11.91	-5.02
9	362.7			-7.63	-5.24	-2.36
10	362.7			-14.77	-8.74	-6.03
11	280.0	160.0	124.4	-27.99	-24.54	-3.45
12	280.0		124.4	-28.48	-26.20	-2.28
13	280.0	140.0		-22.57	-23.32	+0.75
14	280.0			-20.38	-21.09	+0.71
15	280.0			-18.20	-17.16	-1.04
16	280.0	140.0		-27.23	-26.44	-2.79
17	280.0			-20.34	-19.80	-0.54
18	280.0	124.4		-21.76	-19.16	-2.6
19	280.0	140.0		0.04	1.15	-1.11
20	280.0			-8.14	7.32	+0.82

\*Periyodik hareket içeren, \*\*Periyodik hareket içermeyen hız değerleri

Tablo 1. PS noktaları için periyodik etki giderilmemiş ve giderilmiş hızları ve frekansları



Periyodik etki giderilen noktalarda yeniden lineer fonksiyon analizi yapılmış ve noktalara ait hız değerleri hesaplanmıştır. Tablo1’de periyodik hareket içeren hız değerleri ile periyodik hareket içermeyen hız değerlerinin farklı olduğu, periyodik etki giderildikten sonra hesaplanan hız değerlerinin çoğunlukla azalma yönünde (artan noktalarda 1mm altında) olduğu, hatta periyodik hareket içeren noktalarda lineer hareket istatistiksel olarak anlamsız iken periyodik hareket içermeyen lineer fonksiyonların anlamlı olduğu görülmektedir. Sonuç olarak yıllık hız değerlerinde -6 mm/yıl ile +1 mm/yıl arasında değişen mevsimsel etkiden kaynaklanan farklılıklar hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra 4 nolu nokta haricinde bütün noktalarda periyodik bir etki belirlenmiştir. 153 iz nolu uydu için bu değer baskın olarak 362 günlük bir periyot iken, 62 iz nolu uydu için 280 gündür.

#### 4. SONUÇLAR

Mevcut yazılımlar kullanılarak gerçekleştirilen PSInSAR analizleri sonucunda elde edilen LOS hız değerleri, regresyon analiz yöntemini kullanarak kestirilmektedir. Bu yöntem ile kestirilen hız değerleri periyodik ya da mevsimsel birçok etkiyi içerisinde barındırabilir. Özellikle tektonik hareketlerin izlenmesi çalışmalarında bu mevsimsel etkilerden arındırılmış hız değerlerinin kestirilmesi gerekmektedir. Şayet bu etkiler arındırılmadan kestirilen hız değerleri kullanılacak olur ise plaka hareketleri yanlış yorumlana bilinir. Bu yüzden PSInSAR sonuçlarının yeterli veri kümesi oluşturularak zaman serisi analizine tabi tutulmasında büyük fayda vardır. Gerçekleştirilen çalışma sonucunda hız değerlerinde %2 ila % 40 arasında değişim gözlenmiştir. Ortalama olarak periyodik etki giderildikten sonra hız değerlerinde %12’ lik bir değişime rastlanılmıştır.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK 113Y526 Nolu Proje kapsamında TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

#### KAYNAKLAR

Abdikan, S., Arikan, M., Şanlı F.B., Çakir, Z., Kemaldere, H., 2013. Zonguldak Maden Alanlarında Meydana Gelen Yer Yüzeyi Hareketlerinin InSAR Zaman Serileri ile Belirlenmesi (Subsidence Monitoring in Zonguldak Coal Mining Area with SAR Interferometry), *Harita Dergisi*, v. 149, p 1-6.

Arikan M, Hooper A, Hanssen R., 2009. Fringe 2009 Workshop, “Radar time series analysis over West Anatolia”, Frascati. 30 November-4 December (ESA SP-677, March 2010).

Poyraz F, Hastaoğlu K.Ö., Gürsoy Ö, Koçbulut F., 2017. Gediz Grabeninin Doğu Kesimindeki Tektonik Hareketlerinin GPS ve PS-InSAR Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi. TÜBİTAK 113Y526 Nolu Proje Raporu.

Emre, T., 1996. Gediz grabeninin tektonik evrimi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 39 (2), pp. 1-18.

Gülal E., Erdoğan H., Tiryakioğlu İ., 2013. Research on the stability analysis of GNSS reference stations network by time series analysis, *Digital Signal Processing* 23, pp. 1945–1957.

Hastaoglu, K. O., 2016. Comparing the results of PSInSAR and GNSS on slow motion landslides, Koyulhisar, Turkey. *Geomatics, natural hazards and risk*, 7(2), 786-803.

Hastaoglu, K. O., Poyraz, F., Turk, T., Yılmaz, I., Kocbulut, F., Demirel, M., ... & Balik Sanli, F., 2018. Investigation of the success of monitoring slow motion landslides using Persistent Scatterer Interferometry and GNSS methods. *Survey review*, 50(363), pp. 475-486.

Hooper, A., Zebker, H., Segall, P., Kampes, B., A new method for measuring deformation on volcanoes and other natural terrains using InSAR persistent scatterers, 2004. *Geophysical Research Letters*, 31.

Hooper A., P. Segall, H. Zebker Persistent Scatterer InSAR for Crustal Deformation Analysis, with Application to Volcán Alcedo, Galápagos, 2007. *J. Geophys. Res.*, 112.

Karamanderesi, Y. H., Yilmazer, S., 1982. Türkiye Jeoloji Kurultayı. “Gediz vadisinde genç tektonik olaylar ve buna bağlı jeotermal enerji olanakları”.66 s.

Meisina C., et al., 2006. Ground deformation monitoring by using the Permanent Scatterers Technique: The example of the Oltrepo Pavese (Lombardia, Italy), *Engineering Geology*, 88, pp. 240–259.

Patton, S., 1992. Active normal faulting drainage patterns and sedimentation in southwestern Turkey. *Journal of the Geological Society*, 149, pp. 1031-1044.

Peyret, M., Rolandone, F., Dominguez, S., Djamour, Y., Meyer, B., Source model for the Mw 6.1, 31 March 2006, Chalan–Chulan Earthquake (Iran) from InSAR, 2008. *Terra Nova* 20 (2), pp. 126–133.

Roberts, S.C., 1988. Active Normal Faulting in Central Greece and Western Turkey. University of Cambridge (Ph.D. Thesis), Unpublished.

Seyitoğlu, G., Scott, B. C., 1996. The age of Alaşehir graben (west Turkey) and its tectonic implications. *Geological Journal*, 31, pp. 1-11.

Yen J.Y., Lu C.H., Chang C.P., Hooper A., Chang Y.H., Liang W.T., Chang T.Y., Lin M.S., Chen K.S., 2011. Investigating Active Deformation in the Northern Longitudinal Valley and City of Hualien in Eastern Taiwan Using Persistent Scatterer and Small-Baseline SAR Interferometry. *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, 22(3), pp. 291-304.