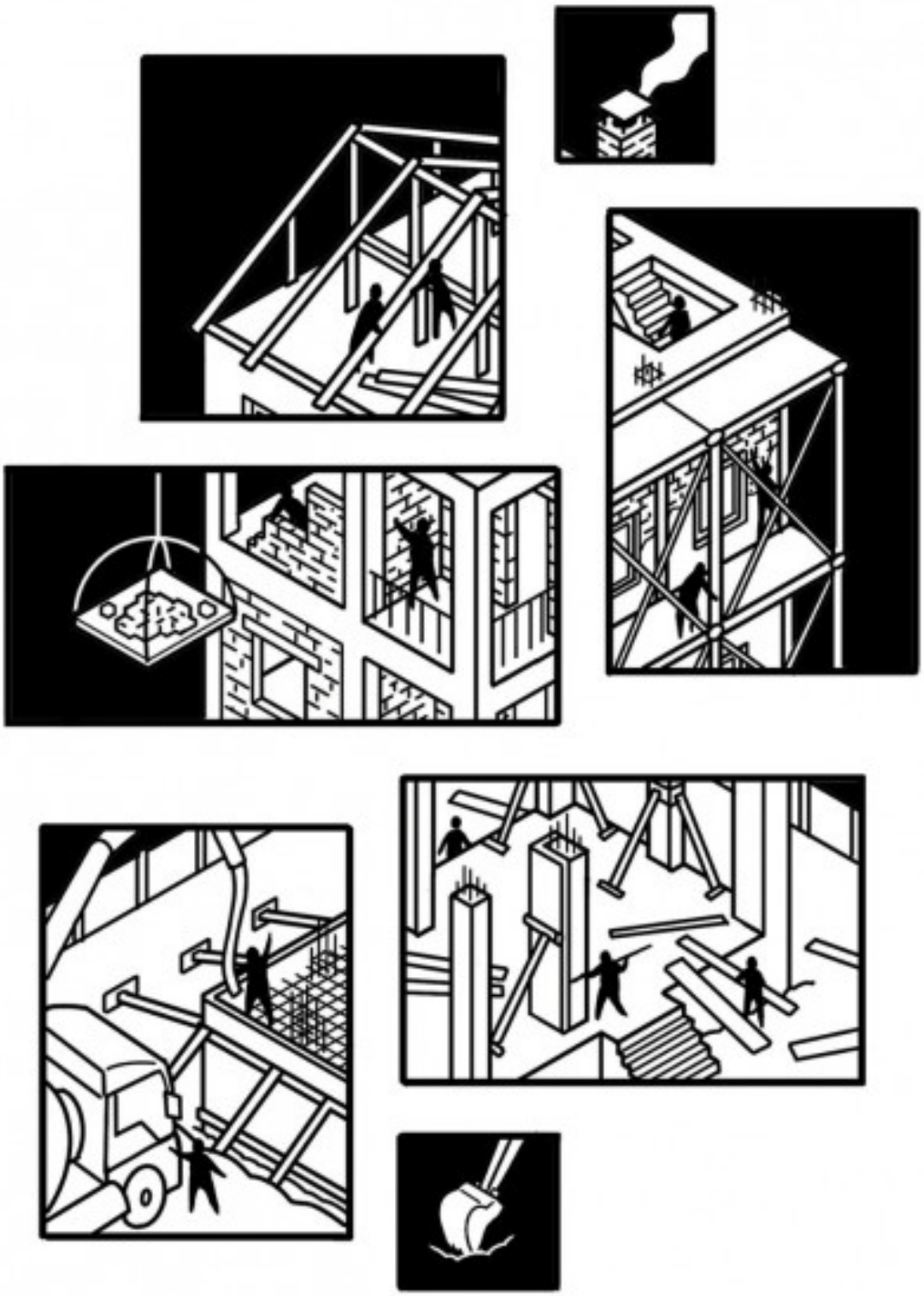
MİMARLAR ODASI
İZMİR ŞUBESİ

EGE MİMARLIK

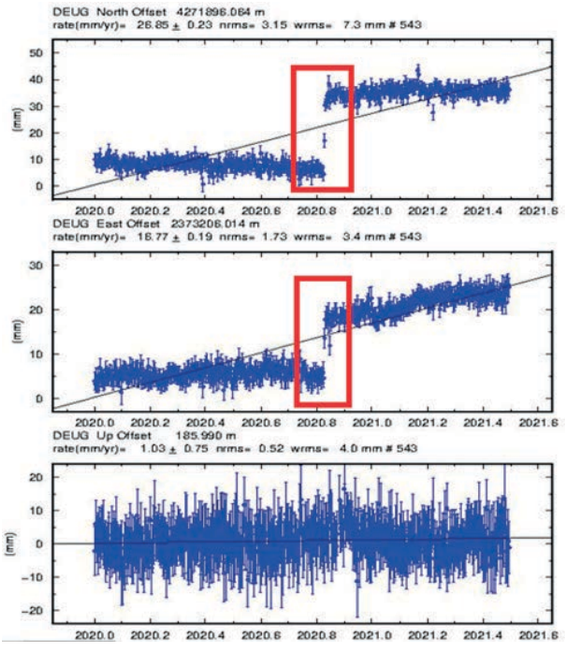
ISSN 1301-9694
2023/3 119



TEMA İMALAT

Deprem ile Yaşamak

Oya Ankaya Pamukçu, Hasan Sözbilir, Ayça Çırmık, Fikret Doğru, Özkan Cevdet Özdağ, Ekrem Tuşat, Fatih Uysal, Ufuk Aydın, Metehan Uluğtekin, Fulya Özdemir, Zülfikar Erhan



ÜSTTE DEÜ Tınaztepe Kampüsü Buca'da bulunan DEUG isimli 7/24 GNSS ölçümü alan sabit istasyonuna ait kayıt. Kırmızı dikdörtgen ile belirtilen zaman dilimi 30 Ekim 2020 Sisam Adası depremine aittir. Grafikler üstten alta doğru sırasıyla yeryüzünün kuzey, doğu ve düşey yönündeki hareketidir. (Şekil 1)

SAĞ ÜSTTE DEÜ yürütücülüğündeki TÜBİTAK 121Y272 projesinin kampanya ve sabit GNSS istasyonlarının konumları (Kırmızı simgeler kampanya istasyonlarını; sarı simgeler sabit istasyonları temsil etmektedir). (Şekil 2)

SAĞ ALTTA Aliağa'da 7/24 ölçüm alan ALIA noktasının kontrolü ve veri aktarımından bir görüntü (Oya Ankaya Pamukçu ve Ayça Çırmık) (Şekil 3)

Depremler yeraltında gerilim oluşan bir ortamda, gerilimin taşınamayıp kırılması ile oluşur ve bu kırılma sonucunda açığa çıkan enerji küresel olarak yayılır. Bu yayılma sırasında enerji herhangi bir faya etkidiğinde o fayı çalıştırabilir ya da enerjinin yayıldığı düzlemdeki zeminlerin özelliklerini değiştirebilir; bu sırada o zemin parametrelerine uygun olmayan yapılaşmalarda yıkımlar gerçekleşebilir. Ege'den Doğu Anadolu Bölgesi'ne yaşadığımız coğrafya çok sayıda ve farklı özellikli fay vb. jeolojik elemanlar içermektedir. Bunların, yeryüzünde gözlenip tanımlandığı gibi, yeraltında da devamlılıkları mevcuttur veya yeraltındaki yapılar hiç tanımlanmamış olabilir. Bu durumda, özellikle yerleşim bölgelerinde yeraltındaki yapılara yönelik jeofizik ölçüm ve değerlendirmelerle saptanan parametreler inşaat mühendislerince kullanılır ve ilgili bölgeye uygun bir yapılaşma ortaya çıkarılır. Ayrıca yeraltı yapısının modellenmesi şehir ve bölge planlama açısından da oldukça önemli bir bulgudur. Ege Bölgesi'nde 17-21 Ekim 2005 tarihinde Sığacık Körfezi, Seferihisar (İzmir) depremleri (M=Magnitüd=Büyüklük) (Ml=5.7; 5.9) ile başlayan, 30 Ekim 2020 tarihli Sisam Adası depremi (Mw=6.9) ile ağır bedel ödenen ve ardından Doğu Anadolu Bölgesi'nde 6 Şubat 2023 tarihli Kahramanmaraş depremleri (Mw=7.6) ile üzücü sonuçlarını hala atlatamadığımız durum, güncel depremler ile aktivitesini devam ettirmektedir.

Dokuz Eylül Üniversitesi (DEÜ) yürütücülüğünde 2009 yılından bu yana İzmir ve çevresinde TÜBİTAK 108Y285, TÜBİTAK 106G159, Deprem Odaklı Yer Bilimleri Araştırma Alanı Saha Çalışması Destek projesi, TÜBİTAK 121Y272 (devam ediyor), DEÜ destekli projeler 2015. KB.FEN.034, 2018.KB.FEN.010, 2018. KB.FEN.013 kapsamında jeofizik, jeodezik ve jeolojik çalışmalar yürütülmektedir.

İzmir ve çevresi "Batı Anadolu genişleme bölgesi" olarak adlandırılan kuzey-güney doğrultusundaki genişleme kuvvetlerinin etkisinde şekil değiştiren bir bölgede yer alır (Şengör vd., 1985). Bu genişleme tektoniği eğim atımlı ve doğrultu atımlı faylarla parçalanmış ve çöküntü alanlarında 2000-3000 metreye varan volkanik ara katkılı tortul istifler içeren havzalar oluşmuştur (Sözbilir, 2001; 2002). Bu şekilde karmaşık jeolojik ve tektonik özelliklere sahip olan İzmir ve çevresinin önce 2005 yılı Seferihisar depremleri, 2017 yılı Ege Denizi (Karaburun (İzmir) açıkları, Midilli Adası açıkları) depremi, son olarak 2020 yılında Sisam Adası (Seferihisar (İzmir) açıkları) açıklarında meydana gelen deprem ve sonrasındaki artçı şoklarla birlikte sismik riski oldukça yüksek bir bölge olduğu bir kez daha ortaya çıkmıştır. 30 Ekim 2020 tarihinde aletsel büyüklüğü Mw=6.9 olan Sisam Adası'nın kuzeyinde meydana gelen deprem İzmir'in güney kıyısı olan Seferihisar'da tsunamiye neden olurken İzmir'in Bayraklı ilçesinde yıkımlara yol açmıştır. Bu deprem kapsamındaki temel tartışma konusu, depremde yıkılan binaların depremin merkezinden oldukça uzak

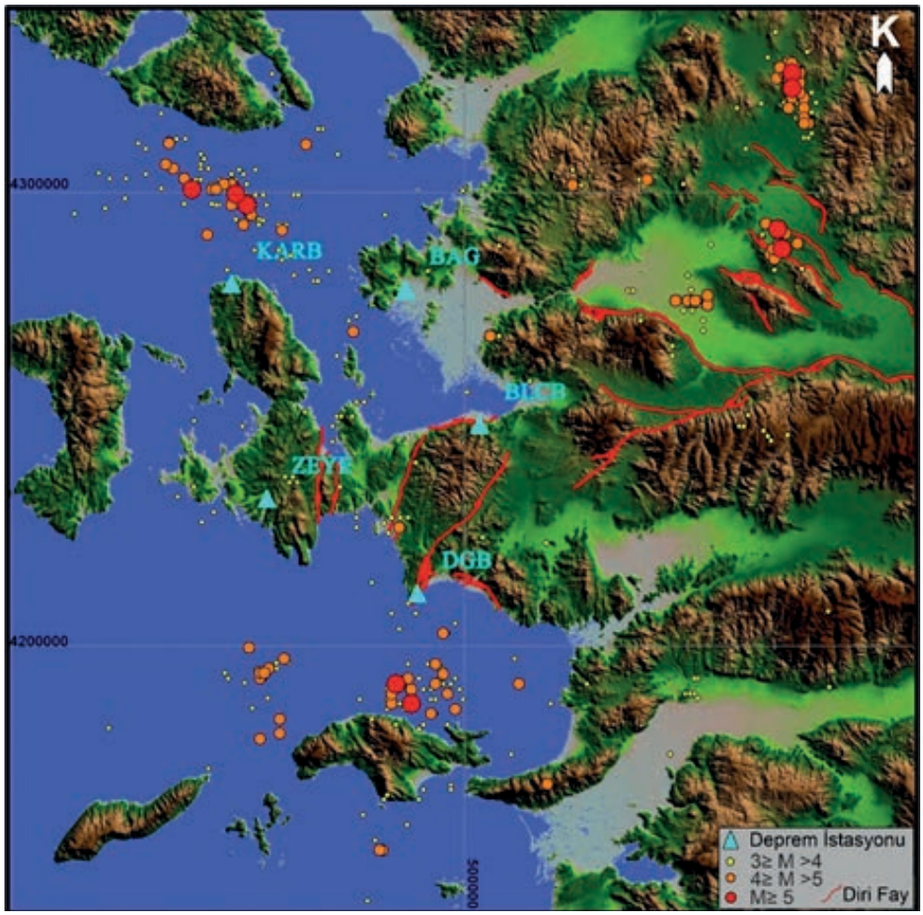
mesafede yer almalarıdır. Deprem dalgaları yayılımları sırasında fiziksel özelliklerini en yüksek şekilde ileten yolu izlediklerinde güçlenerek ilerlemektedir. Ayrıca, geçtikleri ortamlardaki kinematik mekanizmayı tetikleyerek sismik riski daha da yükseltebilmektedir. Deprem dalgaları yayıldıkları ortamın sıkışma ve/veya gerilme tektoniği, fay yoğunluğu ve rijiditesine bağlı olarak genlik ve hızlarında değişimler göstermektedir.

İzmir ve çevresinde tarihsel ve aletsel dönemde çok sayıda deprem meydana gelmiştir. Böylelikle İzmir ve çevresine ait üst kabuk, yıkıcı deprem üretme potansiyeline sahip çok sayıdaki diri fay segmenti ile parçalanmıştır. Hem karada hem de Ege Denizi'nde yer alan bu faylar, bölgedeki gerilim değişimine uygun olacak şekilde yanal ve düşey atımlı fay mekanizmasıyla çalışarak değişik boyutlarda fay bloklarının gelişmesiyle sonuçlanmıştır. 2005 Seferihisar depreminin ardından bölgede gerçekleştirilen 108Y285 numaralı TÜBİTAK projesi kapsamında deprem sonrası kabuk özellikleri ve deformasyon analizi sonuçları yayınlanmıştır (Çetiner, 2012; Pamukçu vd., 2013, 2014, 2015a, 2015b; Çırmık vd., 2017a, 2017b; Kahveci vd., 2019, Pamukçu vd., 2018, Malaliçi, 2019). Bu sonuçlarda 30 Ekim 2020 Sisam Adası depreminde hasar gören bölgenin hâlihazırda yüksek deformasyon değerine sahip olduğu önceden saptanmıştır. Şekil 1'de DEÜ Tınaztepe Kampüsünde yer alan, sabit olarak 7/24 ölçüm alan GNSS (Küresel Konum Belirleme Sistemi) istasyonu kayıtlarındaki değişim sunulmuştur. Şekil 1'de kırmızı dikdörtgen ile işaretlenen sıçrama deprem anındaki nokta ile koordinatın ne kadar yer değiştirdiği ve devamındaki zaman diliminde artık bu noktanın koordinatlarının değişim gösterdiği, yeni koordinatının kalıcı olduğu izlenmektedir. Buna göre, Sisam Adası depreminden sonra İzmir ve çevresinde kuzey ve doğu yönlerinde kalıcı deformasyon meydana gelmiş ve yaşamsal yeryüzü koordinatlarımız değişmiştir. Bu aynı zamanda mekânsal anlamda binalarımıza da yansımıştır. Güncel durumda binalarımız bu deformasyon yüklemesini taşımaktadır.



"SİSAM ADASI DEPREMİNDEN SONRA İZMİR VE ÇEVRESİNDE KUZEY VE DOĞU YÖNLERİNDE KALICI DEFORMASYON MEYDANA GELMİŞ VE YAŞAMSAL YERYÜZÜ KOORDİNATLARIMIZ DEĞİŞMİŞTİR. BU AYNI ZAMANDA MEK NSAL ANLAMDA BİNALARIMIZA DA YANSIMIŞTIR. GÜNCEL DURUMDA BİNALARIMIZ BU DEFORMASYON YÜKLEMESİNİ TAŞIMAKTADIR"





SOLDA İzmir çevresinde, AFAD tarafından işletilen BAG, BLCB, DGB, KARB ve ZEYE deprem kayıt istasyonlarındaki 1 Ocak 2017-31 Aralık 2020 tarihleri arasında kaydedilmiş büyüklüğü 3'ün üzerindeki depremlerin odak dağılımı haritası. (Şekil 4)

"YÜKSEK SİSMİK RİSK TAŞIYAN ÇALIŞMA ALANI İZMİR'İN KUZEYİNDE BERGAMA'DAN GÜNEYDE SELÇUK'A KADAR YAYILMAKTA, BÖLGEDE KAYA ZEMİN ÜZERİNDE BULUNAN GNSS (KÜRESEL KONUM BELİRLEME SİSTEMİ) İSTASYONLARI İLE YENİ VE TEKRARLI ÖLÇÜMLER YAPILMAKTADIR"

Sisam Adası depreminden sonra bu deformasyonun İzmir ve çevresindeki değişimini saptamak amacıyla güncel durumda devam eden 121Y272 numaralı TÜBİTAK projesi kapsamında Şekil 2'de görülen ölçüm noktalarında GNSS ölçümleri yapılmaktadır. GNSS ölçümleri ile elde edilecek kabuk deformasyon analizi sonuçları can ve mal kaybı yaratabilecek alanları işaret eden stratejik bulgular içerecektir (Şekil 3). Bu kapsamda yüksek sismik risk taşıyan çalışma alanı İzmir'in kuzeyinde Bergama'dan güneyde Selçuk'a kadar yayılmakta, bölgede kaya zemin üzerinde bulunan GNSS istasyonları ile yeni ve tekrarlı GNSS ölçümleri yapılmaktadır. Çalışma alanında bulunan sismolojik istasyonlardan elde edilen jeofiziksel parametreler ile yaşam alanının altındaki yeraltı yapısına ait sismik özellikler değerlendirilmektedir. Yapılan InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) çalışmaları ile bölgede M>4 olan depremlerin yanal yönde oluşturduğu deformasyon takip edilmektedir. Sonraki adımda ise amaç deprem ön kestirimi ile ilgili çalışmalara ağırlık vermektir.

Yapılan çalışmadan elde edilen ön sonuçlara göre Şekil 2'deki 7/24 ölçüm alan sabit GNSS istasyonlarının gerek denizde gerekse karada olan depremlerden etkilendiği saptanmıştır. İzmir ve çevresinin güncel durumda gerilim altında bulunan bölgelerinden biri Buca ve çevresidir. Son bir yıldır Buca'daki sismik aktivite oldukça yükselmiştir. Diğer önemli bulgu İzmir kuzeyinde Aliağa ve civarında yine gerilim alanın yüksek olduğudur.

Sismoloji çalışmaları kapsamında ise AFAD tarafından işletilen beş farklı istasyonda (BAG, BLCB, DGB, KARB ve ZEYE) 1 Ocak 2017 ile 31 Aralık 2020 tarihleri arasında büyüklüğü 3'ün üzerinde, risk yaratabilecek deprem verileri ve kabuk ile ilgili sismik parametreler hesaplanmaktadır (Şekil 4).

Yapılan InSAR çalışmalarında ise Sisam Adası depreminden sonra bu tarihe kadar İzmir ve çevresinde meydana gelen depremlerin yanal yönde büyük ölçekli bir deformasyon oluşturmadığı izlenmiştir.

Sonuç olarak, Ege kıyıları boyunca kuzey-güney yönlü gerilim alanı

ve sismik aktivite halen tehlike arz etmektedir. Bu tehlike, doğal bir afet olan depremle yaşadığımız sürece hiç bitmeyecektir. Bu kapsamda yapı ve yapılaşma konuları yaşam güvenliği için büyük önem taşımakta ve her zaman ön planda tutulmalıdır. ◘

Oya Ankaya Pamukçu, Prof. Dr. Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü; Dokuz Eylül Üniversitesi Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi Yönetim Kurulu Üyesi

Hasan Sözbilir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği; Dokuz Eylül Üniversitesi Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi

Ayça Çırmık, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği

Fikret Doğru, Atatürk Üniversitesi, Oltu Meslek Yüksekokulu, İnşaat

Özkan Cevdet Özdağ, Dokuz Eylül Üniversitesi, Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi

Ekrem Tuşat, Konya Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği

Fatih Uysal, Konya Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği

Ufuk Aydın, Atatürk Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, Metehan Uluğtekin Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği,

Fulya Özdemir, Konya Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği

Zülfikar Erhan, Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği

• Bu çalışma TÜBİTAK 121Y272 projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Projeye arazi ölçümlerinde destek veren DEÜ Jeofizik, Konya Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümlerine ve lisans, lisansüstü öğrencilerinden Batuhan Aydın, İbrahim Berkan Kırdök, Cem Güldaş, Berk Yaşar Bilgin, Ramazan Er, Şükrü Utku Yüksel, Yaprak İpek Özdağ, Ayşe Nur Şenyiğit, Hakan Eser, Mehmet Ayberk Er'e, sismolojik verilerini kullandığımız AFAD'a, projeye ait GNSS verileri işlenirken kullanılan Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA-Aktif) istasyonları verileri için Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü ile Harita Genel Müdürlüğüne ve InSAR verileri için Comet ile Gacos'a teşekkür ederiz. Ayrıca Ege Mimarlık Dergisine deprem farkındalığının artması için göstermiş oldukları ilgiden dolayı teşekkürü bir borç biliriz.

KAYNAKLAR

• Çetiner, M. (2012). *İzmir ve Çevresindeki Mikrogravite Verilerinin Değerlendirilmesi* (Yayınlanmamış doktora tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
• Çırmık, A., Doğru, F., Gönenç, T. Ve Pamukçu, O. (2017a). The stress/strain analysis of kinematic structure at Gülbahçe fault and Uzunkuyu intrusive (Izmir, Turkey), *Pure and Applied Geophysics, 174*(3), 1425-1440.
• Çırmık, A. ve Pamukçu, O. (2017b). Clarifying the interplate main tectonic elements of Western Anatolia, Turkey by Using GNSS velocities and bouguer gravity anomalies. *Journal of Asian Earth Sciences, 148*, 294-304.
• Kahveci, M., Çırmık, A., Doğru, F., Pamukçu, O. ve Gönenç, T. (2019). Subdividing the tectonic elements of Aegean and Eastern Mediterranean with gravity and GPS data, *Acta Geophysica,67*(2), 491-500.
• Malaliçi, B.C. (2019). *Gülbahçe Fayı ve Çevresinin Jeodinamik Yapısının İrdelenmesi* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Izmir.
• Pamukçu, O., Gönenç, T., Yurdakul, A. ve Kahveci, M. (2013). Sismik riski yüksek olan İzmir-Karaburun'un güneyinde yapılmış mikrogravite ve GPS çalışmaları, *Jeofizik Dergisi, 26*(2), 59-66.
• Pamukçu, O., Gönenç, T., Uyanik, O., Sözbilir, H. ve Çakmak, O. (2014). A microgravity model for the city of İzmir (Western Anatolia) and its tectonic implementations, *Acta Geophysica, 62*(4), 849-871.
• Pamukçu, O., Gönenç, T., Çırmık, A., Sındırgı, P., Kaftan, I. ve Akdemir, Ö. (2015a). Investigation of vertical mass changes in the south of Izmir (Turkey) by monitoring microgravity and GPS/GNSS methods, *Journal of Earth System Science 124*(1), 137–148.
• Pamukçu, O., Gönenç, T., Çırmık, Y.A. ve Kahveci, M. (2015b). Investigation of the Sıgacık Bay's displacement characteristic by using GPS and gravity data in Western Anatolia, *Journal of Asian Earth Sciences 99*, 72–84.
• Pamukçu, O. ve Malaliçi, B. (2018). Analysis of Preseismic and Postseismic Deformation of Gülbahçe and surroundings with Sığacık (Izmir-Turkey) Earthquake 2005. *International Conference on Engineering and Natural Sciences Proceeding Books.*
• Sözbilir, H. (2001). Extensional tectonics and the geometry of related macroscopic structures: field evidence from the Gediz detachment, western Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences, 10*(2), 51-67.
• Sözbilir, H. (2002). Geometry and origin of folding in the Neogene sediments of the Gediz Graben, western Anatolia, Turkey, *Geodinamica Acta,15*(5-6), 277-288.
• Şengör, A. M. C., Görür, N. ve Şaroğlu, F. (1985). Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study, K.T.Biddle, N.Christie-Blick (Ed.) *Strike-Slip Deformation, Basin Formation, and Sedimentation içinde. Society for Sedimentary Geology 37*, https://doi.org/10.2110/pec.85.37