

# Van Gölü havzasının temel yapısal unsurları, tektonik ve sedimanter evrimi, Doğu Türkiye

**Mustafa TOKER\***, A.M. Celal ŞENGÖR

*İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İklim ve Deniz Bilimleri ABD, Yer Sistem Bilimi Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul*

## Özet

*Sismik yansıma verilerinin yapısal analizi ve yorumlanması Van Gölü havzasının batıdaki sınır fayının bükümlenme gösterdiği gerilmeli kenarında geliştiğini göstermiştir. Batıdaki transtansiyonel faylanma, transtansiyonel ve doğrultu atımlı sedimentasyon gösteren merkezi Tatvan havzasının gelişiminde ana kontrol mekanizması olarak davranmıştır. Sınır fayının büküm aşağı transtansiyonel hareketi aşamalı olarak, batıdaki bükümden uzağa doğru olmak üzere yatay bir harekete dönüşmüştür. Bu yapısal oluşum, merkezi Tatvan havzasında gelişen karakteristik doğrultu atımlı dizilim sekanslarını oluşturmuştur. Böyle bir yapısal sonuçta oluşan mekansal ve yersel boşluklar, faylanmalar boyunca gelişen doğrultu atımlı harekete ek olarak, hem batı ve güney kenarlardaki lokalize olarak gelişen yatay gerilme ve incelmeyi ve hem de kuzey kenardaki kısılma ve kalınlaşmayı gerektirmiştir. Kuzey marjini boyunca gelişen dik faylanma her ne ölçüde dik olarak gelişebilmişse, fay bükümlenmesine bağlı olarak gelişen gerilmeyi karşılamak için gerekli çökme o derece hızlı gerçekleşmiştir. Fay büküm yapısının gölün yapısal gelişiminde oynadığı rol öyle belirgindir ki, düşünülmesi gereken, havza asimetrisinin tektonik yapısından çok çökel merkezinin yatay taşınımına ve doğrultu-atım sedimentasyonuna havza asimetrisinin etkisidir. Asimetrik havza yapısı ve gölün tek yönlü yapısal gelişimi aynı zamanda, güney marjindeki sağ yanal transtansiyonun, daha önce var olan Muş suturunu izlediğini ve var olan tektonik rejimin eski bindirme faylarını reaktif ederek yeniden harekete geçirdiğini göstermiştir. Bu bindirme fayları çökel merkezinin yatay migrasyonunu karşılayabilmek için oblik olarak, hem gerilmeli ve hem de sıkışmalı bileşenler olarak, atım yapmışlardır.*

**Anahtar Kelimeler:** *Genişlemeli mekanizma, Türkik tipi orojen, temel reaktivasyonu, Paleotektonik dönem.*

\*Yazışmaların yapılacağı yazar: Mustafa TOKER. tokermu@itu.edu.tr; Tel: (212) 285 61 62.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İklim ve Deniz Bilimleri ABD ve Yer Sistem Bilimi Programında tamamlanmış olan "Van Gölü havzasının tektonik ve magmatik yapısı ve yapısal evrimi, Doğu Anadolu Yığılım Karmaşığı (DAYK), Doğu Türkiye" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 28.01.2011 tarihinde dergiye ulaşılmış, 23.03.2011 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 29.02.2012 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Bu makaleye "Toker, M., Şengör, A.M.C., (2011) 'Van Gölü havzasının temel yapısal unsurları, tektonik ve sedimanter evrimi, Doğu Türkiye', İTÜ Dergisi/D Mühendislik, 10: 4, 119-130" şeklinde atıf yapabilirsiniz.

## Structural elements of Lake Van basin, its tectonic and sedimentary evolution, Eastern Turkey

### Extended abstract

*The peculiar one of the wedge-basins in E-Turkey is orogen-parallel Lake Van trough that is the deepest basin of the rotated portions of EAAC and thrust-bounded region. This lake is emplaced at N-end of Bitlis-Pötürge Massive (BP-M) along Muş suture, separating EAAC from BP-M. Lake Van region is a place where no mantle lid exists and hot asthenosphere is doming, therefore, it has dome-shaped structure with the highest elevation (2 km), termed as Lake Van Dome. The domal pattern of the lake, in fact, is a morphological paradigm, well representing the surficial effects of delamination event, crustal consolidation and crust-forming process. Not surprisingly, outline anatomy of Lake Van Dome clearly exhibits an orogenic structure with its formation of the squashy basin and thus, both its morphological and limnological characteristics may imply basement reactivation and orogenic features of the Highlands rifting phenomena in the domal center of accretionary complex.*

*Compared to other convergent lakes in major mountain ranges, such as Lake Baikal, Lake Van is not well studied, its geophysical characteristics are poorly documented and understood. An overall understanding of this lake as a complex highlands system is still lacking. This lack assumes utmost importance given the fact that Lake Van and surrounding highlands are prone to thinning convergent crust, decompressional melting magmatism and post-collisional opening of sutures, through which extensional magma propagates. These processes dictate how ascending magmatic materials are transported through the crust toward the surface and react with their surrounding environment within the volcanic or magmatic edifice. A sequential development of these events is focused on understanding the rich dynamics of multiple linked systems with weak basement coupling and with many internal variables that exhibit multiscale interactions beneath the lake. Multi-component approach into basement and basin margin weakening highlights the relative roles of upper crustal tectonics, magmatism and the role of delamination and break off events, just beneath the lake. This generates deep insights into upper crust-driven seismicity and its results in basin response and subsequent impact on*

*anisotropic variability of the convergent crust. The focus and objectives of Lake Van basin research are to provide a better understanding and overview of tectonic and magmatic processes in accretionary orogens and their role in the formation and evolution of the continental crust. Understanding post-collisional dynamics of accretionary wedges beneath Lake Van and their effect on Lake Van basin formation is essentially needed in this study.*

*Multi channel seismic reflection profiles with a length of 850 km across Lake Van basin are collected by International Continental Scientific Drilling Program, (PaleoVAN 2004 Project). Seismic structural interpretation showed that Plio-Quaternary structural development of the Lake Van basin is the result of two separate stress regimes: a Paleotectonic period of collision-compression and a Neotectonic period of extension/strike-slip deformation. Older structural elements bordering the lake have undergone reactivation as sinistral and dextral strike-slip faults along the basin margins. The consequence of this stress reversal has been tectonic instability of accretionary wedges, a reactivation of convergent basement and a change in kinematic boundary conditions of the lake. As a result, during post-collisional period, Lake Van region has undergone basin block fragmentation and separation, implying an oblique opening of Muş suture, through which extensional magmatism propagated into the lake, intensely deformed lake sediments and created the huge magma-hydrothermal lacustrine system. The oblique opening of suture zone views the Highlands rifting phenomena in Lake Van, especially its S-margin. Based on the above observations, the structural form of the early compressional Lake Van basin is quite different from the present-day basin. An interplay of sedimentation and tectonics in Lake Van provided a new angle on basement reactivation, oblique motion of the upper crustal flakes and the strike-slip evolution of accretionary wedge basins in Turkic-type orogenic setting. Lake Van is the Highlands rifted basin produced by doming asthenosphere, hence, Lake Van basin should be evaluated in a concept of the Highlands dynamics of hot and younger accretionary and Turkic-type orogens. Lastly, Lake Van basin shows tectonics and sedimentary characteristics of the Highlands Turkic type orogeny and thus, opens a new paradigm.*

**Keywords:** *Extensional mechanism, Turkic-type orogeny, Basement reactivation, Paleotectonics.*



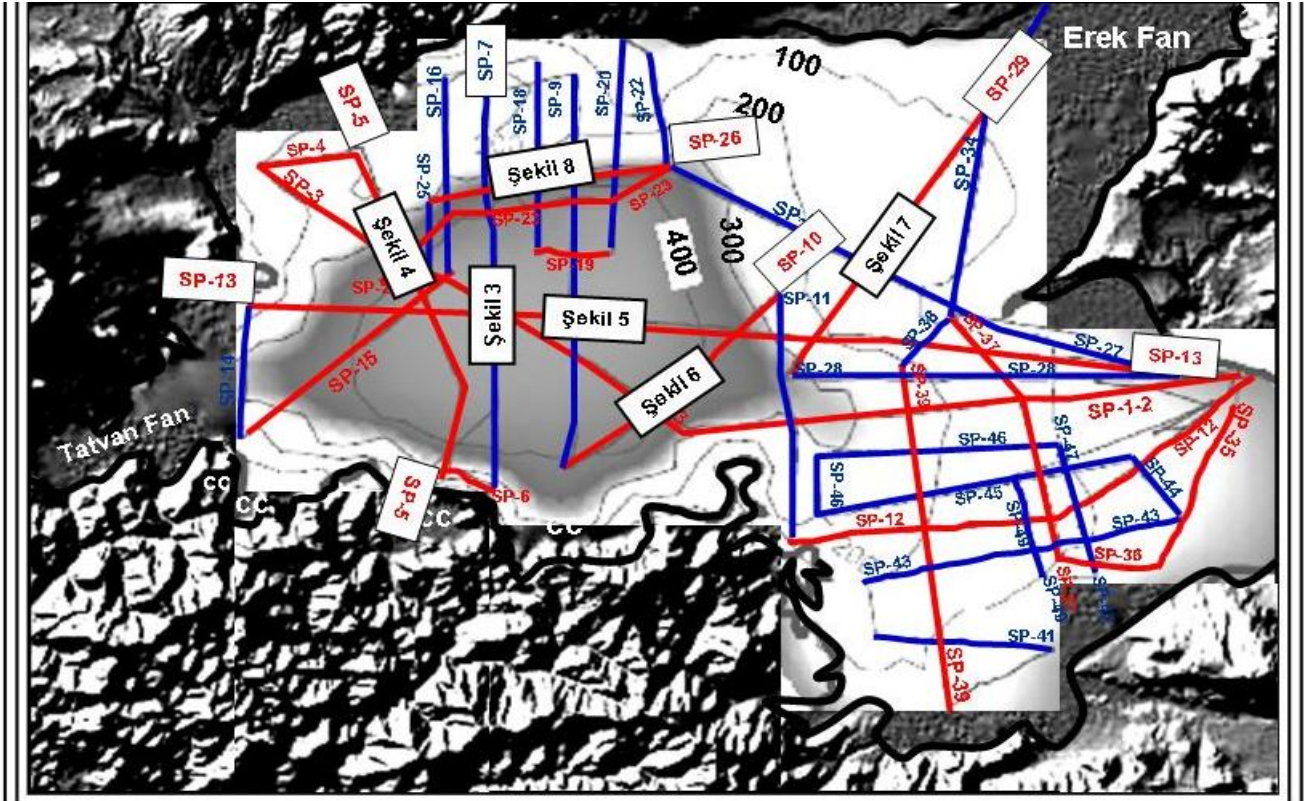
anlaşılabilirliğiyle cevaplandırılabilir. Bu kama havzalarının en belirgin olanı, orojenik doğrultuya paralel olarak gelişmiş olan volkanik bir yerleşkeye sahip Van Gölü çukurluğudur (Şekil 1). Bu orojenik çukurluk, DAYK'nın rotasyonel kısımlarının derinliğinde gelişmiş ve bindirmelerle sınırlanmış bir bölgedir (Şengör ve Yılmaz, 1981). Bu göl havzası, Bitlis Pötürge masifinin Kuzey sınırına, Muş kenet zonu boyunca yerleşerek, DAYK'yı, BPM'den yapısal olarak ayırmaktadır. Van Gölü, litosferik yapının bulunmadığı ve sıcak astenosferin yukarı domlaşma gösterdiği bölgede bulunmaktadır, bu nedenle, göl yaklaşık 2 km'lik yüksekliğe sahip dom şeklinde bir morfoloji göstermekte olup, Van Gölü Domu olarak isimlendirilmiştir (Şengör vd., 2008). Gölün dom şeklinde biçimlenmesi, kabuk oluşturma ve kabuksal yoğunlaşma süreçlerini ve litosferik ayrılmanın yüzeysel etkilerini yapısal bir şekilde temsil edebilen morfolojik bir paradigma olarak kendisini göstermiştir. Van Gölü Domu'nun anatomik yapısı sünek, zayıf, dirençsiz havza oluşumlu orojenik bir yapıyı açıkça gösterebilmektedir. Gölün sıradışı morfolojik ve limnolojik doğası, DAYK'nın domlaşma merkezinde olası plato riftleşmesinin çarpışma sonrası tektonik ve magmatik özelliklerini yansıtması ve temelin yeniden hareketlenmesini göstermesi açısından önem arz etmektedir.

Diğer dağ oluşum kuşaklarında çarpışmayla oluşan benzeri göllerle kıyaslandığında (Baykal gölü), Van Gölü'nün yeteri kadar çalışılmadığı ve jeofizik özelliklerinin ise beklenen düzeyde olmamakla beraber, henüz anlaşılmadığı görülmektedir. Sonuçta, karmaşık bir plato sisteminde yerleşen Van Gölü'nün gerçek manada bütüncül olarak anlaşılması hala sağlanamamıştır. Bu yetersizlik, önemli bir eksikliği de beraberinde getirmiştir. Van Gölü ve çevresi incelenmiş sıkışmalı bir kabuk yapısının, kısmi ergimeleli ve genişlemeli magmatizmanın nüfuz edebildiği, çarpışma sonrası açılan kenet zonlarının yapısal önemini göstermektedir. İfade edilen bu süreçler, yükselen magmatik malzemenin kabuğun içinden yüzeye doğru nasıl taşındığı ve volkanik ya da magmatik bir ortam içerisinde yakın çevreyle nasıl bir ilişkiye girdiğini göstermektedir. Bütün bu süreçlerin ardışık gelişimi, göl'ün

temel yapısındaki birçok karmaşık ilişkiyi göstermiştir. Göl temel yapısına ve havza kenarı zayıflamasına çok yönlü bir yaklaşım, göl altı litosfer ayrılması ve kopması olaylarının, üst kabuk tektoniği ve magmatizmasının göreceli rollerine ışık tutmaktadır. Bu durum, üst kabuk kontrollü sismik aktivitelere havzanın verdiği cevaba ilişkin derin bir bakış açısının oluşmasını sağlamaktadır. Bir başka deyişle, Van Gölü sıkışmalı kabuğun homojen olmayan, anizotropik değişkenliğine dair önemli bir etkinin varlığına işaret etmektedir. Bu nedenle, Van Gölü havzası, hem Doğu Türkiye'deki kıta içi kabuk deformasyonunun karakteristik doğasını ve hem de Türki tipindeki bir orojenik kuşak içerisindeki kıta içi deformasyon kuramının farklı görüşlerini daha iyi anlayabilmek için bütüncül bir pencere görevini üstlenmiştir. Bu araştırma, çarpışma sonrası havza oluşum süreçlerinin, bir takım güncel ve kritik sorunlarını incelemekte ve yeryüzündeki yığışım kaması havzalarının en belirgin örneğini ve bu örneğin, neotektonik süreç boyunca devam eden temel yapısal unsurlarını, tektono- sedimanter evrimini ve kabuksal gelişimini tartışmaktadır.

## **UKDP-Sismik veri ekipmanı ve yöntem**

Bölgenin temel yapısını oluşturan yığışım kamalarının çarpışma sonrası dinamiğini ve bu kamaların Van Gölü havzasının oluşumundaki etkin rolünü anlayabilmek bu çalışma boyunca sürekli olarak kendini hissettirmiştir. Bilimsel verinin elde edilmesi ve araştırma konusunun metodolojisi, Uluslararası Kıta Delme Programının (UKDP) 2004 yılı PaleoVan projesi dahilinde gerçekleşen sismik veri ekipmanına, 850 km uzunluğundaki çok kanallı, Mini-Airgun sismik yansıma profillerine ve yüksek çözünürlüklü, göl tabanı sürekli profillemeye GeoChirp sistemine dayanmaktadır (Şekil 2). Sismik Profil (SP) hat ve lokasyonları, göl batimetrisi üzerine işlenerek numaralandırılmış ve böylece derinlik takibi sağlanmıştır. Havza analizi için, sismik sekans stratigrafisinin temel yorumlama teknikleri uygulanmış ve tasarlanan havza modeli için, bazı özel yaklaşım teknikleri geliştirilmiş ve bunlar etkin bir şekilde kullanılmıştır.



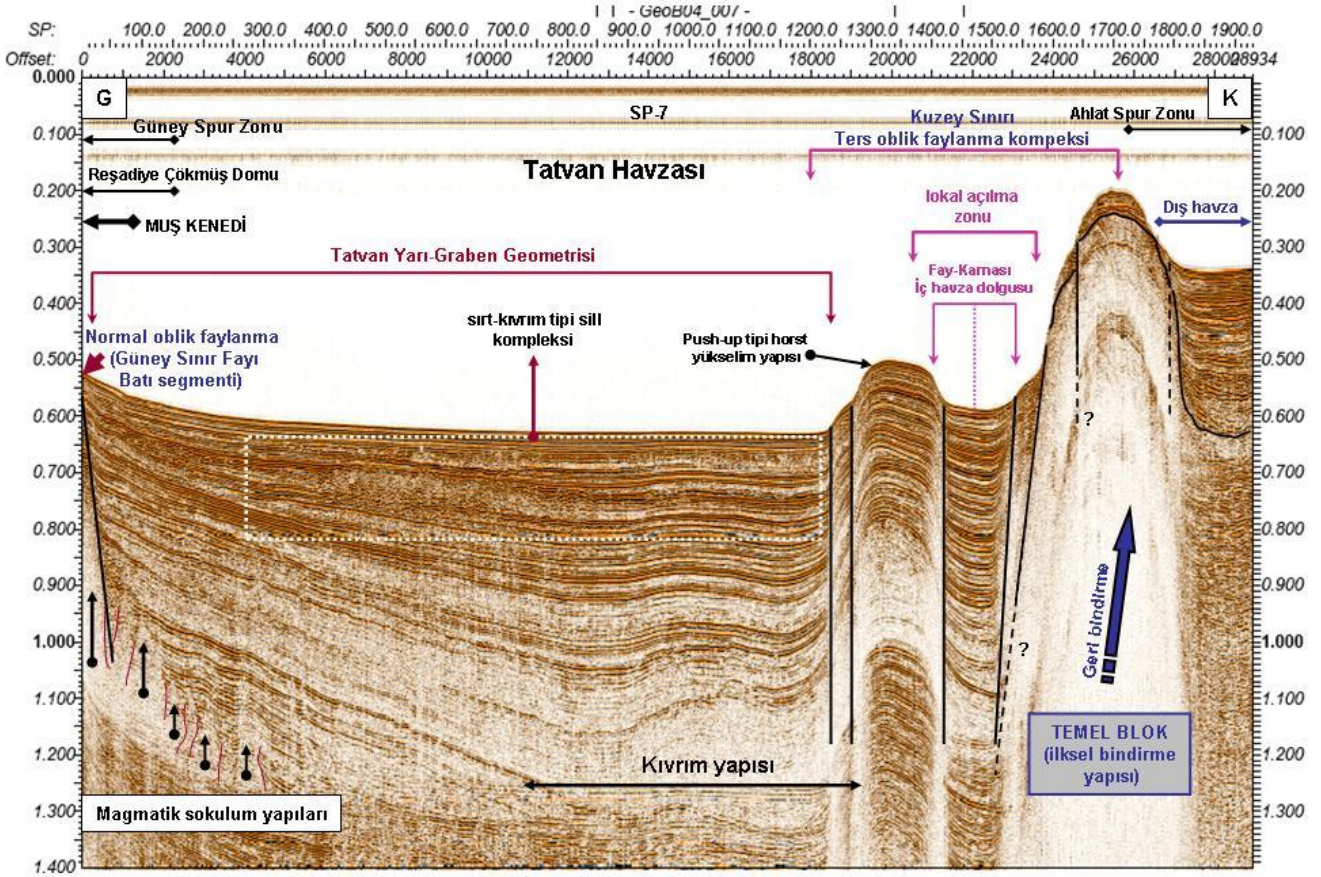
Şekil 2. Göl batimetrisi üzerine oturtulmuş sismik hat haritası. Kullanılan veriler sismik profil (SP) numaralarıyla gösterilmiş ve aynı sismik hat lokasyonu üzerine ait olduğu şekil numarası gösterilmiştir

Van Gölü'nün sismik yansıma profilleriyle araştırılmasında (Şekil 2), yüksek kaliteli veri setinin, yüksek orandaki hassasiyeti ve ölçüm doğruluğu tektonik ve magmatik olayların doğru tahminini verebilmiştir. Sismik yansıma metodu kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışma, Van Gölü havzasındaki orojenik yapının tektonik ve magmatik kaydını göstermek ve yorumlamak için bazı ilksel sonuçları ortaya çıkarmıştır. Gölün genişlemeli olarak faylanmış batı ve doğu kenarlarında göç ederek ilerleyen magmatizmanın yapısal olgunlaşmasına dair bir takım model tasarıları önerilmiştir.

### Sismik yansıma verisi

Kuzey-güney doğrultulu sismik profil-7 (SP-7) (Şekil 3) Tatvan havzasının yapısal ve sedimanter unsurlarını göstermektedir. Merkez havzanın eğimlenmiş yarı-graben geometrisi, güneyde, güney sınır fayının batı segmenti ve kuzeyde ise, kuzey sınır fayının neden olduğu ikincil fay sistemleri tarafından, normal ve ters oblik olarak

kontrol edilmektedir. Güney sınırda beliren magmatik sokulum yapıları ve eğim kazanmış çökel serileri, normal bileşenli bir faylanmayı işaret etmektedir. Kuzeyde ise ikincil fay sistemleri çökel serilerini deforme ederek hem bir yükselim yapısına ve hem de lokal bir iç havzaya neden olmuşlardır. Kuzey sınırda ana fayın yer değiştirmesi, olası bir ilksel bindirme yapısını temsil eden temel bloğunu etkilemiştir. Blok yapısının geriye (kuzeye) terslenmesi kuzey bitiminde 250 m çökel kalınlıklı, lokal bir dış havzanın oluşmasına neden olmuştur. Kuzey sınırı, genişlemeli-sıkışmalı doğrultu-atımlı fayların oluşturduğu yanal-sıkışmalı bir sistem görünümündedir. Merkez havzadan kuzeye doğru, bu yanal-sıkışmayla kıvrımlanmış çökeller, ikinci faylarla sert bir şekilde kesilerek, yükselim yapısına dahil olmuşlardır. Merkez havzada görülen kaotik ve düzensiz yansımalar, güney sınır fayının neden olduğu genişlemeden beslenerek, havza ortalarına doğru gravitasyonel akma ve yayılma gösteren magmatik malzemeyi

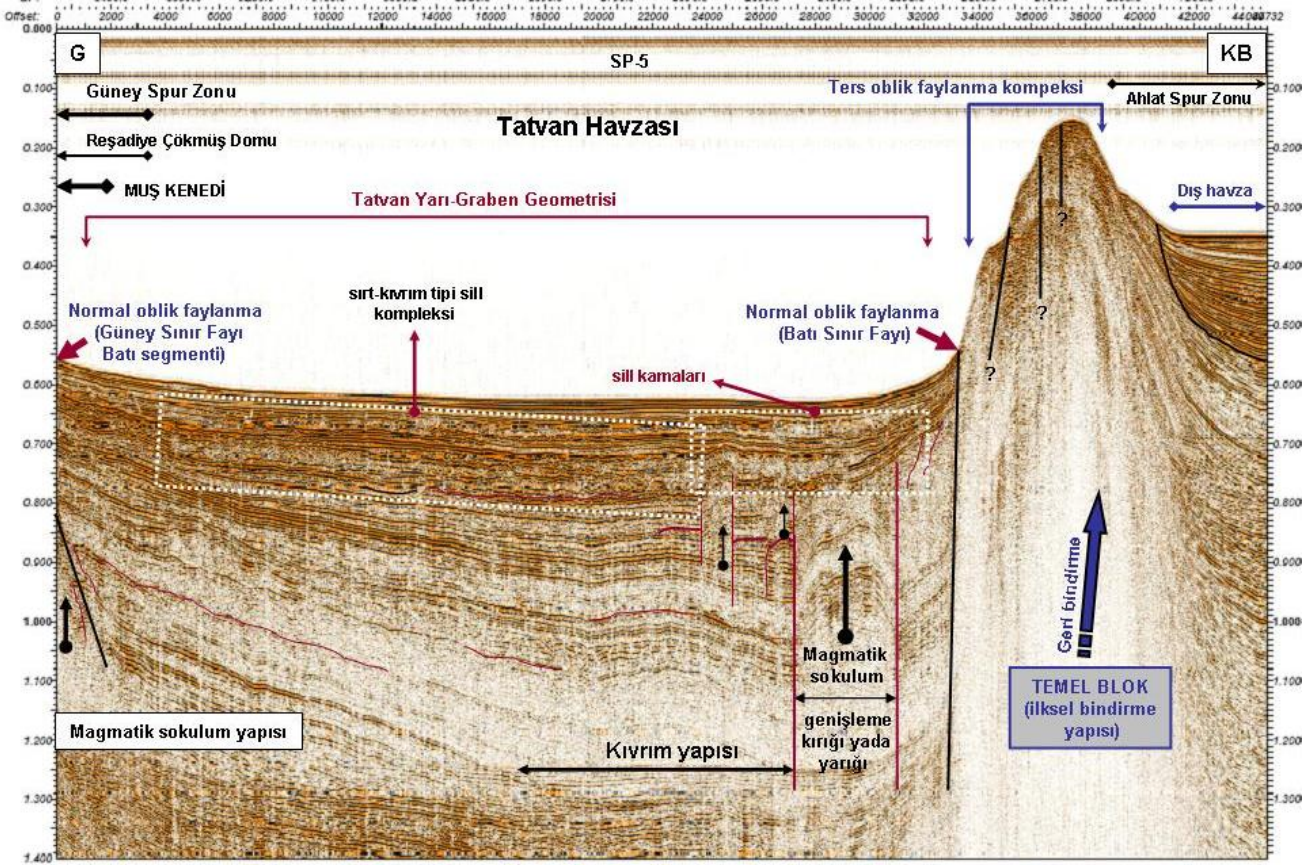


Şekil 3. Kuzey(K)-Güney(G) doğrultulu sismik yansıma profili. Sismik profil numarası 7 (SP-7). Profil lokasyonu için Şekil 2'ye bakınız

(sill) ifade etmektedir. Güney sınır fayının karasal uzantısında çökmüş bir dom yapısı bulunmakta ve bu sınır fayı, Muş kenedi ile hemen hemen aynı lokasyon ve doğrultuda uzanmaktadır. Tatvan havzasının maksimum çökel kalınlığı 575 m ve minimum kalınlık ise 328 m'dir.

Kuzeybatı-güney doğrultulu sismik profil-5 (SP-5) (Şekil 4) Tatvan havzasının yapısal ve sedimenter unsurlarını göstermektedir. Merkez havzanın eğimlenmiş yarı-graben geometrisi, güneyde, güney sınır fayının batı segmenti ve kuzeybatıda ise, batı sınır fayının neden olduğu ikincil fay sistemleri tarafından, normal oblik olarak kontrol edilmektedir. Güney sınırda belirgin magmatik sokulum yapısı ve eğim kazanmış çökel serileri, normal bileşenli bir faylanmayı işaret etmektedir. Kuzeybatıda ise ikincil fay sistemleri lokal bir dış havzaya neden olmuşlardır. Kuzeybatı sınırda ana fayın yer değiştirmesi,

olası bir ilksel bindirme yapısını temsil eden temel bloğunu etkilemiştir. Blok yapısının geriye (kuzeye) terslenmesi kuzey bitiminde 175 m çökel kalınlıklı, lokal bir dış havzanın oluşmasını sağlamıştır. Kuzeybatı ve batı kenarı, kuzey sınırının (Şekil 3) yapısal bir devamı niteliğinde olup, yanal-genişlemeli bir sistem görünümündedir. Merkez havzadan kuzeybatıya doğru, bu yanal-genişlemeli çökel, magmatik sokulum tarafından deforme olmuşlardır. Merkez havzada görülen kaotik ve düzensiz yansımalar, güney sınır fayının neden olduğu genişlemeden beslenerek, havza ortalarına doğru gravitasyonel akma ve yayılma gösteren magmatik malzemeyi (sill) ifade etmektedir. Güney sınır fayının karasal uzantısında çökmüş bir dom yapısı bulunmakta ve bu sınır fayı, Muş kenedi ile hemen hemen aynı lokasyon ve doğrultuda uzanmaktadır. Tatvan havzasının maksimum çökel kalınlığı 557 m ve minimum kalınlık ise 366 m'dir.

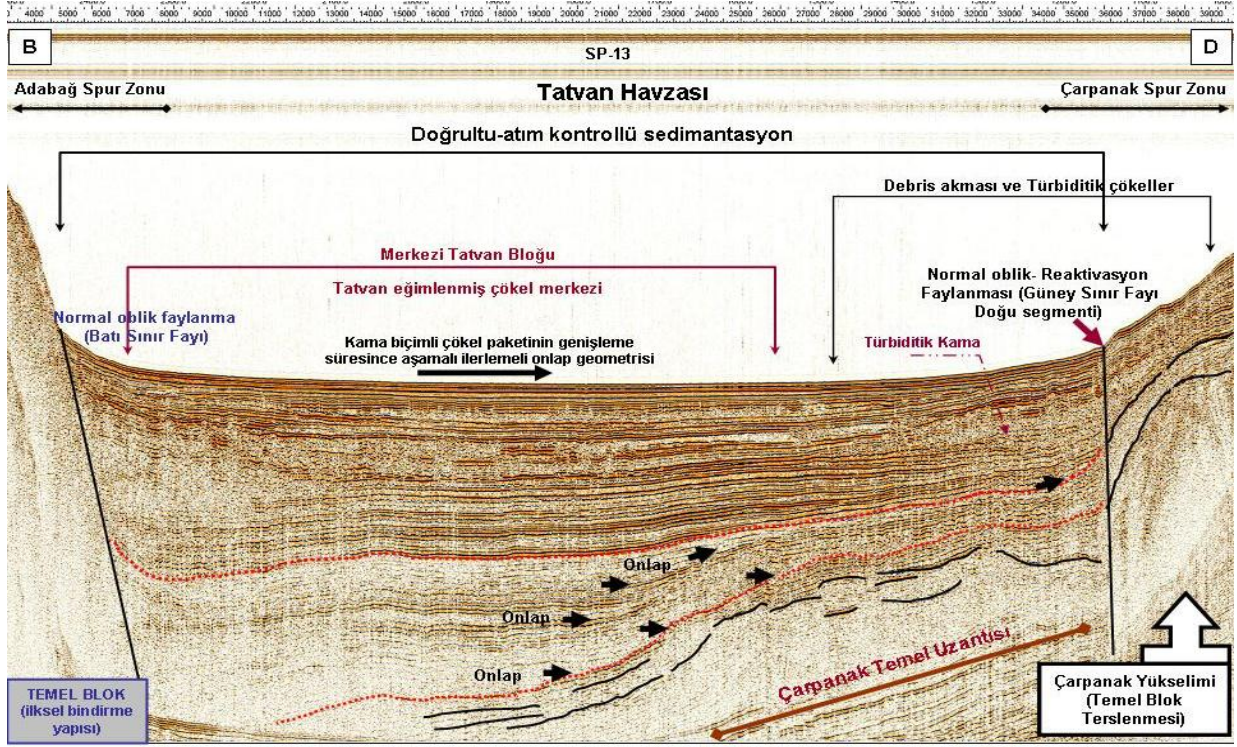


Şekil 4. KuzeyBatı(KB)-Güney(G) doğrultulu sismik yansıma profili. Sismik profil numarası 5 (SP-5). Profil lokasyonu için Şekil 2'ye bakınız

Batı-doğu doğrultulu sismik profil-13 (SP-13) (Şekil 5) Tatvan havzasının yapısal ve sedimanter unsurlarını göstermektedir. Merkez havzanın eğimlenmiş yarı-graben geometrisi, güneyde, güney sınır fayının doğu segmenti ve batıda ise, batı sınır fayı tarafından normal oblik olarak kontrol edilmektedir. Güney sınırının doğu segmentindeki normal oblik faylanma bir reaktivasyon (yeniden hareketlenme) faylanmasıdır. Eğimlenmiş türbiditik kama ve debris, normal bileşenli bir faylanmayı işaret etmektedir. Doğu kenarda beliren Çarpanak yükselimi, eski bir sıkışmalı temel yapıyı temsil etmektedir, bu ilksel yapı, güncel normal oblik faylanma tarafından yeniden harekete geçirilerek yükseltilmiştir. Batı sınırda ise normal oblik fay sistemi, ilksel bindirme yapısı olan temel bloğu geriye iterek, tüm bir çökel sistemini eğimlendirmiş ve merkez havzanın doğu sınırını kontrol etmiştir. Hem batı ve hem de doğu sınırlardaki bu fayların hareketi, ilksel sıkışma yapıları olan temel blokla-

rını etkilemiştir. Çarpanak temel yükseliminde görülen kıvrımlı ve bükümlü parabolik yansımalar, temel blok terslenmesini işaret etmektedir. Doğu segmenti normal oblik olarak yeniden harekete geçmiş eski bir sıkışmalı yapının izlerini taşımaktadır. Batı sınırı ise, geriye bindirmenin neden olduğu fayın yanal-genişlemeli hareketini gösterir. Merkez havzada, batıdan doğuya gidildikçe, doğrultu atım yada yanal-genişleme kontrollü sedimantasyon onlap serileri tarafından belgindir. Merkez havzada görülen kaotik ve düzensiz yansımalar, batı sınır fayının genişlemesiyle, gravitasyonel akma ve yayılma gösteren magmatik malzemeyi ifade eder.

Güneybatı-Kuzeydoğu doğrultulu sismik profil-10 (SP-10) (Şekil 6) Tatvan havzasının yapısal ve sedimanter unsurlarını göstermektedir. Merkez havza, Güney sınır fayının doğu segmenti tarafından normal oblik olarak kontrol edilmektedir. Doğu segmentindeki normal oblik fay-

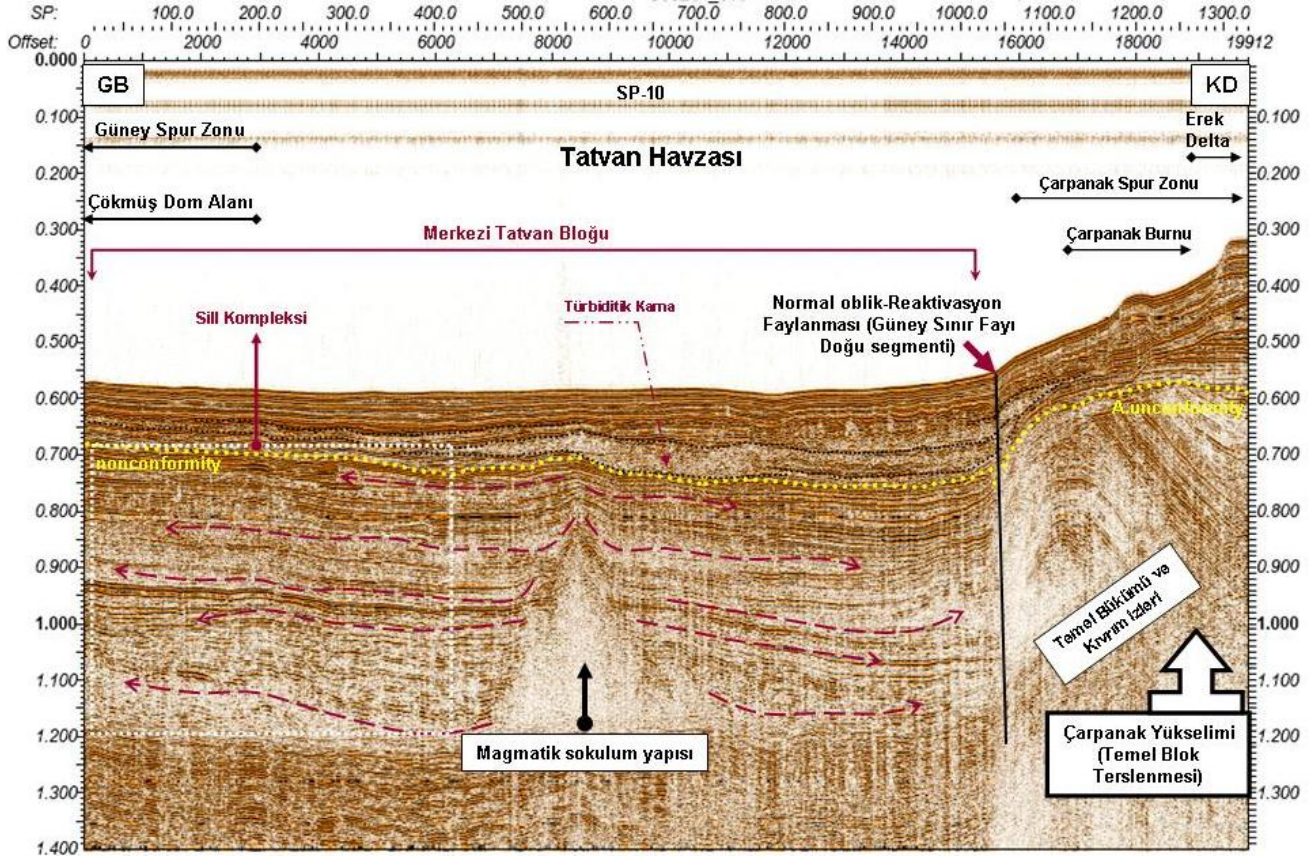


Şekil 5. Batı(B)-Doğu(D) doğrultulu sismik yansıma profili. Sismik profil numarası 13 (SP-13). Profil lokasyonu için Şekil 2'ye bakınız

lanma bir reaktivasyon (yeniden hareketlenme) faylanmasıdır. Eğimlenmiş türbiditik kama ve debris, normal bileşenli bir faylanmayı işaret etmektedir. Doğu kenarda beliren Çarpanak yükselimi, eski bir sıkışmalı temel yapıyı temsil etmektedir, bu ilksel yapı, güncel normal oblik faylanma tarafından yeniden harekete geçirilerek yükseltilmiştir. Doğu segmentindeki bu fay hareketi, ilksel sıkışma yapısı olan temel bloğunu etkilemiştir. Çarpanak temel yükseliminde görülen kıvrımlı ve bükümlü parabolik ve çarpaz yansımalar, temel blok terslenmesini işaret etmektedir. Bu nedenle, doğu segmenti normal oblik olarak yeniden harekete geçmiş eski bir sıkışmalı yapının izlerini taşımaktadır. Merkez havzada görülen kaotik ve düzensiz yansımalar, güney sınır fayının doğu segmentinin neden olduğu yan-genişlemeden ve ikincil fay sistemlerinden beslenerek sokulum gösteren ve çökel serilerinin içlerine doğru yayılan magmatik malzemeyi ifade etmektedir. Tatvan havzasının maksimum çökel kalınlığı 532 m. GüneyBatı-KuzeyDoğu doğrultulu sismik profil-29 (SP-29) (Şekil 7) KuzeyDoğu Ereğ deltasının ve Çarpa-

nak çıkıntı (spur) zonunun yapısal ve sediment unsurlarını göstermektedir. Ereğ Deltası ve Çarpanak Burnu, güney sınır fayının doğu segmenti tarafından normal oblik olarak kontrol edilmektedir. Doğu segmentindeki normal oblik faylanma bir reaktivasyon (yeniden hareketlenme) faylanmasıdır. Ereğ Deltası'nın tabanını oluşturan Çarpanak yükselimi, eski bir sıkışmalı temel yapıyı temsil etmektedir, bu ilksel yapı, güncel normal oblik faylanma tarafından yeniden harekete geçirilerek yükseltilmiştir. Çarpanak temel yükseliminde görülen kıvrım yapıları, temel blok terslenmesini işaret etmektedir. Bu nedenle, doğu segmenti normal oblik olarak yeniden harekete geçmiş eski bir sıkışmalı yapının izlerini taşımaktadır. Bu temel yapı üzerine aşırı uyumsuz olarak yerleşen Ereğ Deltası çökellerinde progradasyon kamaları belirgindir. Güneybatı kenarda, doğu segmentinin neden olduğu yan-genişlemeli bir iç havza oluşumu vardır (Deveboynu iç havzası). Ereğ Deltası'nda çökel kalınlığı 250 m ve Deveboynu iç havzasındaki çökel kalınlığı ise 380 m'dir.





Şekil 6. GüneyBatı(GB)-KuzeyDoğu(KD) doğrultulu sismik yansıma profili. Sismik profil numarası 10 (SP-10). Profil lokasyonu için Şekil 2'ye bakınız

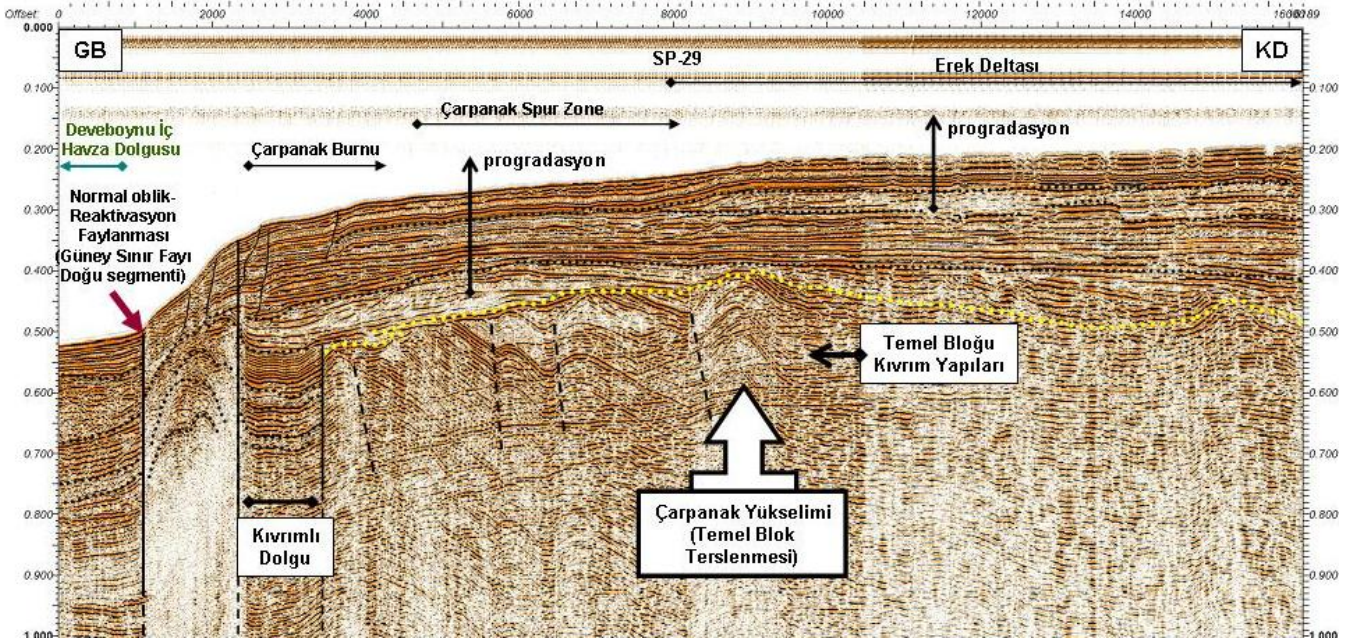
### Deformasyonlar ve tektonik evrim

Tatvan havzasındaki sedimanlar, B-D olarak yerleşmiş yarı-graben sistemini yaratan genişlemeli bir fazın gelişim süresi boyunca çökelmiştir (Şekil 3-5). Merkezi yarı-graben sisteminin ilksel oluşumuna dair herhangi bir hassas yaşlandırma verisi bulunmamaktadır. Ama bölgesel korelasyonlar, graben sisteminin Pliyosen boyunca gelişmeye başladığını önermektedir. Merkezi Tatvan havzası, yanal- genişlemeli ve yanal-sıkışmalı bir sistem içerisinde hareket eden doğrultu atımlı faylar tarafından kontrol edilmektedir. Doğrultu atım sistemi, güney kenarında negatif ve kuzey kenarında pozitif çiçek yapısına sahiptir, böylece horst şeklindeki yükselimlerin ve graben şeklindeki çukurlukların oluşmasına neden olmuştur (Şekil 3).

Bu tektonik faz, Kuvaterner döneminde gerçekleşmiştir. Geç Kuvaterner döneminde ise, yanal-sıkışmalı tektonik, merkezi Tatvan havzasının

kuzey kenarına doğru sığlaşmasına neden olmuştur. Böylece, Kuvaterner döneminde en üst düzeye ulaşan yanal-sıkışmalı tektonik aktivite, göldeki bütün bir çökel dolgusunun deforme olmasına, kıvrımlanmasına ve faylanması neden olmuştur (Şekil 3 ve 4). Sismik yapısal yorumlama, eski döneme ait sıkışmalı yapıların, Pliyo-Kuvaterner yaşlı genişlemeli ve doğrultu atım süreci tarafından ve özellikle Pliyo-Pleyistosen dönemi boyunca yeniden hareketlendiğini göstermiştir. Faylanma ve kıvrımlanmanın gelişim süreci temel alındığında, Tatvan havzası ve Van Gölü'nün tektonik evrimi aşağıdaki gibi özetlenebilir:

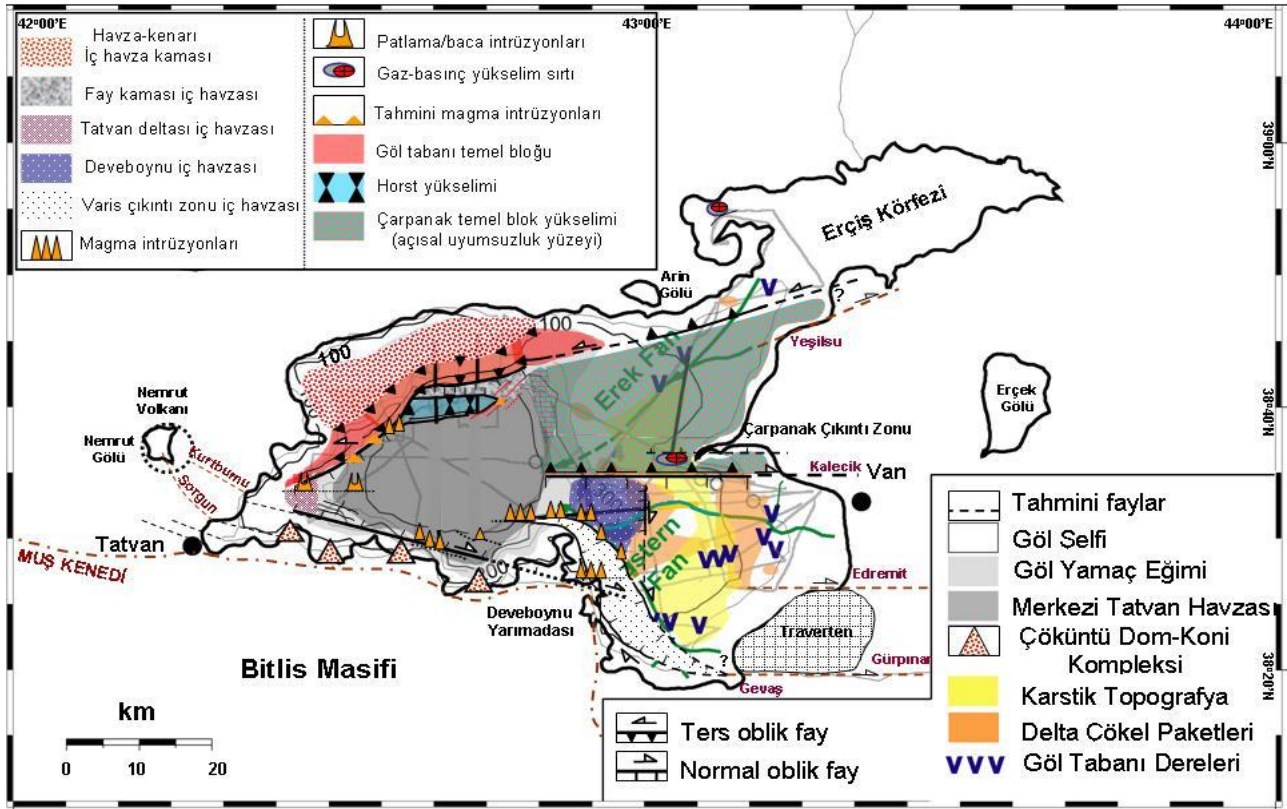
Genişlemeli faz boyunca belirginleşen en dikkat çekici yapı riftleşme sürecidir; bu süreç merkezi yarı-grabenini oluşturarak, iç havzalara ve horst tipi yükselim yapılarına ve eski yapıların yeniden hareketlenmesine neden olmuştur (Şekil 3-5). Havza dolgusu, bu faz boyunca, genişleme



Şekil 7. GüneyBatı(GB)-KuzeyDoğu(KD) doğrultulu sismik yansıma profili. Sismik profil numarası 29 (SP-29). Profil lokasyonu için Şekil 2'ye bakınız

süreciyle eş zamanlı olarak gelişen sedimantasyona maruz kalmıştır (genişlemeyle eş zamanlı sedimentasyon). Bu faza kuzey kenarda yanalsıkışmalı ve güney kenarda yanalgışlemeli faylanma eşlik etmiştir (Şekil 3 ve 4). Aynı evre boyunca, genişlemeli deformasyon açılma çatlak ve yarıklarına, sıçramalı faylara, yarı-graben oluşumuna ve graben tipindeki iç havzalara neden olmuştur. Merkezi Tatvan havzasının yapısal terslenmesini sağlayan genişlemeli evre, daha önce var olan ters fayların doğrultusu boyunca doğrultu atım yapılarının oluşmasına neden olmuştur. Bu genişlemeli evre, gölün kuzey ve güney kenarları boyunca gelişen sol ve sağ yanalgışlemeli doğrultu atımlı faylarla, yapısal olarak uyumludur, bu uyum özellikle, güney sınırında yerleşen kıta içi Muş kenedi boyunca belirgindir. Sol yanalgışlemeli olarak çalışan yanalsıkışma, kuzey kenarı boyunca gözlemlenen, geriye bindirmeleri, kıvrım ve horst yapılarını ve iç havzaları oluştururken, Muş kenedi boyunca uzanan güney kenardaki sağ yönlü yanalgışleme, güneydoğu deltasında çökmeyle eş zamanlı olarak gelişen ve küçük ölçekli sıçramalı faylarla sınırlanmış genç bir çek-ayır iç havzasını oluşturmuştur (Varis spur zonu).

Güney ve batı kenarlarındaki yanalgışlemeli rejimi, Geç Kuvaterner dönemine kadar uzanan sedimentasyon ve çökme periyotları izlemiştir. Bu süreç boyunca, güneyde, Muş kenedi boyunca gelişen makaslama zonunun doğubatı olarak doğrultu atım mekanizmasıyla ilerlemesi, Bitlis Pötürge-Masifi (BP-M) ve Doğu Anadolu Yığılım Karmaşığı (DAYK) arasında yer alan, eski bir kıta içi sıkışma-kilitlenme zonunu yeniden harekete geçirmiştir. Yeniden hareketlenme, genç oblik atımlı fayların, eski zayıflık zonlarını temsil ettiğini işaret etmektedir ki, bu zayıflık zonları sentetik/antitetik, sol-yanalgışlemeli/sağ yanalgışlemeli doğrultu-atımlı faylar olmak üzere yeniden çalışmışlardır (Şekil 3-7). Bu faylar, Çarpanak ve göl içi temel blok yükselimleri başta olmak üzere, ilkel olarak oluşmuş bindirme yapılarına doğru yanalgışlemeli geçişlilik özelliği gösterirler. Sismik kesitlerin yorumu, Van Gölü havzasının yapısal gelişiminin, büyük olasılıkla Pliyosen zamanında oluşmuş yarı-graben sistemini üreten genişlemeli bir süreç tarafından başlatılmış olduğunu göstermiştir. Bu yarı-graben oluşumuna, göldeki temel platformunu tümüyle kaplayan ve iç graben havzalarını doldurarak kalın sedimenter istiflerin çökmesini sağlayan bir transgresyon eşlik etmiştir (Şekil 5 ve 7).



Şekil 8. Van Gölü'nün morfo-fizyografisi üzerine eklenmiş tektonik ve deformasyon haritası

Basitleştirilmiş genel stratigrafik görünüm, gölün sedimantasyonuna bağlı olarak gelişen tektonik fazın beş aşamalı döngüsünü işaret etmektedir: 1) temel-fay reaktivasyonu ve havza terslenmesi (Şekil 5-7), 2) regresif periyot: genişleme ile eş zamanlı sedimantasyon ve genişleme dolgusu (Şekil 3-5), 3) transgresif periyot: genişleme sonrası sedimantasyonu, ard arda dizili, eğim yukarı çökel serileri (onlap) ve eğim aşağı çökel serileri (downlap) (Şekil 5 ve 7), 4) terslenme sonrası topografyasının delta dolgusu (progradasyon ve agradasyon) (Şekil 7) ve 5) bütün bir stratigrafik kolonun oblik-atım deformasyonuna maruz kalması (Şekil 3-5). Van Gölü havzasının stratigrafik evrimi, Kuvaterner zamanı boyunca süresizlerle gelişen sıkışmalı ve genişlemeli tektonik olayların etkisini çok iyi bir şekilde yansıtmaktadır. Bu durum, gölün Pliyo-Kuvaterner dönemi boyunca değişkenlik gösteren gerilme rejimlerinin birbiriyle ilişkisinden kaynaklanan çok fazlı bir deformasyon tarafından oluşturulduğunu açıkça göstermektedir. Göl, sıklıkla fay büküm (büküm) havzası olarak tanımlanan doğrudan atım tektoniğinin

açık ve net bir kaydını kendi çökel ve deformasyon sistemi içerisinde çok iyi bir şekilde korumuştur (Şekil 8). Van Gölü'nün tektonik gelişimi, sınır fayları deformasyon sınırları ve kinematiki temel alındığında (Şekil 8), göl fay sistemi başlıca üç ana yapıya ayrılabilir: K-kenarı yanal-sıkışması, G-kenarı yanal-genişlemesi ve B-kenarı yanal-genişlemesi (Şekil 8). Fayların oblik gelişimi, gölün fayların doğrultusu boyunca asimetrik bir gelişim gösterdiğini ifade etmektedir. Merkezi Tatvan bloğu oblik bir şekilde faylanmaya doğru, yani kuzeye (güney kenarı) ve doğuya (batı kenarı) eğimlenmiştir ve fayların hareket eden kenarlarından uzağa doğru meyil kazanmış ve böylece faylar boyunca sadece tek bir yönde oluşum göstermiştir (Şekil 8). Bu durum doğu-kuzeydoğu yönelimli blok-kaçış ya da yatay blok kamalması tektoniğini ifade etmektedir. Bu şekilde, bükümlü bir kenar yapısı kuzey sınırda oluşurken, tipik bir genişleme ya da riftleşme biçimi batı ve güney sınırlarda aktif birer kenar yapısı olarak göze çarpmaktadır (Şekil 8). Graben tipindeki iç havzaların en belirginini, gü-

neydoğu deltasının batı sınırında oluşan, bir çek-ayır havzası tipindeki “sfenokazm” yapısıdır.

Van Gölü, batıdaki sınır fayının bükümlenme gösterdiği genişlemeli kenarında gelişmiştir. Batıdaki yanal-genişlemeli faylanma, yanal-genişlemeli ve doğrultu atımlı sedimantasyon gösteren merkezi Tatvan havzasının gelişiminde ana kontrol mekanizması olmuştur (Şekil 8). Sınır fayının yanal-genişlemesi aşamalı olarak, yatay bir harekete dönüşmüştür. Bu yatay hareket merkezi Tatvan havzasında gelişen karakteristik doğrultu atımlı dizilim sekanslarını oluşturmuştur. Doğrultu atımlı hareket, batı ve güney kenarlarda gelişen yatay genişleme ve incelmeyi ve kuzey kenardaki kısıalma ve kalınlaşmayı gerektirmiştir (Şekil 8). Ayrıca, güney kenardaki sağ yönlü yanal-genişlemenin, Muş kenedini izlediği ve güncel tektonik rejimin eski bindirme faylarını harekete geçirdiği düşünülmüştür. Oblik tektonizma (yanal-genişlemeli/yanal-sıkışmalı), gölün deformasyonunu karakterize etmiştir. Havza dolgusu-onlap/downlap serilerinin sismik geometrisi, faylardaki atım ve ötelenme oranının ve oblik deformasyonun semptomatik karakterini ifade etmektedir. Oblik deformasyon ve çökel merkezi migrasyonu, gölün temel yapısal unsurları olmakla beraber, dünyada iyi bilinen fay bükümü havzalarında olduğu gibi, Van Gölü'nün en belirgin tektonik ve sedimanter özelliklerini oluşturmaktadır.

## Sonuçlar

Sismik veriler sınır faylarını, Pliyo-Kuvaterner boyunca gelişmiş, üst kabuk bağlantılı doğrultu atımlı faylar olarak belirlemiştir. Bu faylar, yüksek oranda anizotropik özelliğe sahip, göl temel yapısını oluşturan yığışım kaması blokları ya da üst kabuk dilimleriyle ilişkilidir. Van Gölü'nün Pliyo-Kuvaterner tektonik ve sedimanter evrimi iki ayrı gerilme rejiminin sonucu olarak gözükmektedir. Bunların ilki, çarpışma-sıkışma periyodunun paleotektonik dönemi, diğeri ise, genişleme/doğrultu-atım periyodunun neotektonik dönemidir. Gölü sınırlayan eski yapısal unsur-

lar, havza kenarları boyunca sağ ve sol yanal doğrultu-atımlı faylar olmak üzere hareketlenmişlerdir. Bu gerilme terslenmesi, yığışım kamaslarının tektonik kararsızlığı ve sıkışmalı temel yapının yeniden hareketlenmesi, göl kenarlarının kinematik yapısında bir değişim olarak belirlenmiştir. Tektonik rejim değişimi ve temel blok hareketlenmesi “havza terslenme”sine neden olmuştur ve göl tabanı yığışım kaması blokları tektonik olarak kararsızlaşmıştır. Bu durum, genişlemeli magmatizmanın sokulum yaptığı üst kabuk bloklarının doğrultu ve oblik-atımlı hareketini oluşturmuştur. Tektonik deformasyon, gölde süresiz ve kesintili faylara neden olmuş ve deformasyona, fay hatları boyunca gelişen keskin kenarlı, sıçramalı kıvrımlar eşlik etmiştir. Oblik atımlı deformasyon yapıları, göl içerisinde oblik atımlı tektoniğin neden olduğu yatay ve dikey deformasyonları karşılamıştır. Sonuçta, Van Gölü havza-blok parçalanmasına ve ayrılmasına maruz kalmıştır. Blok ayrılması, Muş kenedinin oblik açılmasını işaret etmiştir. Muş kenedi boyunca genişlemeli magmatizma göle doğru ilerleme göstermiş, göl çökellerini deforme etmiş ve magma-hidrotermal göl sisteminin oluşmasına neden olmuştur. Van Gölü'nün ilksel sıkışmalı oluşumu, günümüz yapısından farklıdır. Havzadaki sedimantasyon ve tektoniğin etkileşimi, temel hareketlenmesi, üst kabuk bloklarının oblik hareketi, Türkik tipindeki orojenlerde bulunan yığışım kaması havzalarının doğrultu-atım tektoniğine geçişine yeni bir bakış açısı getirmiştir.

## Kaynaklar

- Şengör, A.M.C., Özeren, M.S., Keskin, M., Sakıncı M., Özbakır A.D., ve Kayan, I., (2008). Eastern Turkish high plateau as a small Turkic-type orogen: Implications for post-collisional crust-forming processes in Turkic-type orogens, In *Earth Science Reviews*. doi:10.1016/j.earscirev.2008.05.002.
- Şengör, A.M.C., ve Yılmaz, Y., (1981). Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, **75**, 181–241.