

Geydar Dağlarında (KB İRAN) Orta – Geç Miyosen Upper Red Formasyonunun Çökeli mi İle Eş Yaşlı Tektonik Rejim Hakkında İlk Gözlemler

Preliminary Observations on the Syn-Sedimentary Tectonic Regime of the Middle-Late Miocene Upper Red Formation in Geydar Mountains (NW IRAN)

MOOSARREZA TOORI, GÜROL SEYİTOĞLU

Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tektonik Araştırma Grubu, 06100 Tandoğan, Ankara

Geliş (received) : 20 Mayıs (May) 2011

Kabul (accepted) : 29 Haziran (June) 2011

ÖZ

KB İran'da yer alan Geydar dağlarının jeolojisi, Miyosen sonrası gelişen sol yanal doğrultu atımlı fay sisteminin etkisi altındadır. Yörenin Miyosen jeolojisi ele alındığında, Miyosen yaşlı Upper Red Formasyonunun çökeldiği Halab havzasının GB'dan normal faylarla sınırlanan bir yarı graben olduğu ve formasyonun bu faylara doğru kalınlaştığı saptanmıştır. Bu durum sadece Halab havzası ile sınırlı olmayıp, bölgesel ölçekte Sanandaj-Sirjan ile Güney Hazar havzası arasındaki Garmab, Zanjan ve Tarım havzalarında da geçerlidir. Bu makale önceki çalışmalarda Orta İran'da Paleosen'den itibaren varolduğu öne sürülen genişlemeli tektoniğin Miyosen sonuna kadar devam ettiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca bu genişlemeli sistemin Sanandaj-Sirjan ve Elburz'un bir metamorfik çekirdek kompleksi olarak yüzeylenmesi ile ilişkili olabileceği konusunda öngöründe bulunmakta olup, bu alandaki havzaların ön ülke havzası olarak değerlendirilmesinin uygun olmadığını belirtmektedir.

Anahtar Kelimeler: Upper Red Formasyonu, Halab, Geydar Dağları, Orta İran

ABSTRACT

In NW Iran, the geology of Geydar Mountains is affected by post-Miocene left lateral strike-slip faulting tectonics. When the Miocene times are considered, it can be observed that SW border of Halab basin is a normal fault and Miocene Upper Red Formation show wedge geometry thickened towards SW. This typical half-graben structure is also observed on other basins between Sanandaj-Sirjan and south Caspian basins such as Garmab, Zanjan, Tarom basins. This paper suggests that extensional tectonics continued until the end of Miocene which is initiated during Palaeocene according to previous studies. In addition, it can be speculated that this extensional tectonics may be related to the exhumation of Sanandaj-Sirjan and Elburz as a core complex. Therefore, these sedimentary basins can not be evaluated as foreland basins.

Keywords: Upper Red Formation, Halab, Geydar Mountains, Central Iran

GİRİŞ

İran'da Zagros kenet kuşağında meydana gelen uzun süreli dalma-batma ve çarpışma, Orta İran'ın kabuğunu etkilemiş ve Tersiyer döneminde temel kayalar yüzeylenmiştir. Sanandaj-Sirjan ve Elburz kuşakları temel kayaçların en yaygın yüzeylediği alanlardır (Şekil 1). Bu alanların yüzeylenmesi termokronolojik yaşlandırılmalara göre 80 My'dan itibaren dönemsellik göstermektedir (Guest vd., 2006). İlk dönem Geç Kretase olup, bunu Eosen ve Miyosendeki dönemler izlemektedir. Son yüzeyleme dönemi ise Pliyosen'dir (Axen vd., 2001).

Tersiyer dönemini temsil eden Eosen yaşlı filiş ile Miyo-Pliyosen yaşlı ve kalınlığı yaklaşık 15 km'yi bulan devasa çökel istif dikkat çekicidir. İran'da Neojen yaşlı çökellerin genel olarak ön ülke havzalarında çökeldiği savunulmuştur (örneğin Alavi, 1996; Allen vd., 2003; Ballato vd., 2008). Ancak bazı çalışmalarda ise metamorfik çekirdek komplekslerinin yüzeylenmesiyle eş zamanlı açılma ve sedimentasyonun var olduğu belirtilmiştir (Tillman vd., 1981; Stockli vd., 2004; Hassanzadeh vd., 2004; Gilg vd., 2006; Moritz vd., 2006; Verdel vd., 2007).

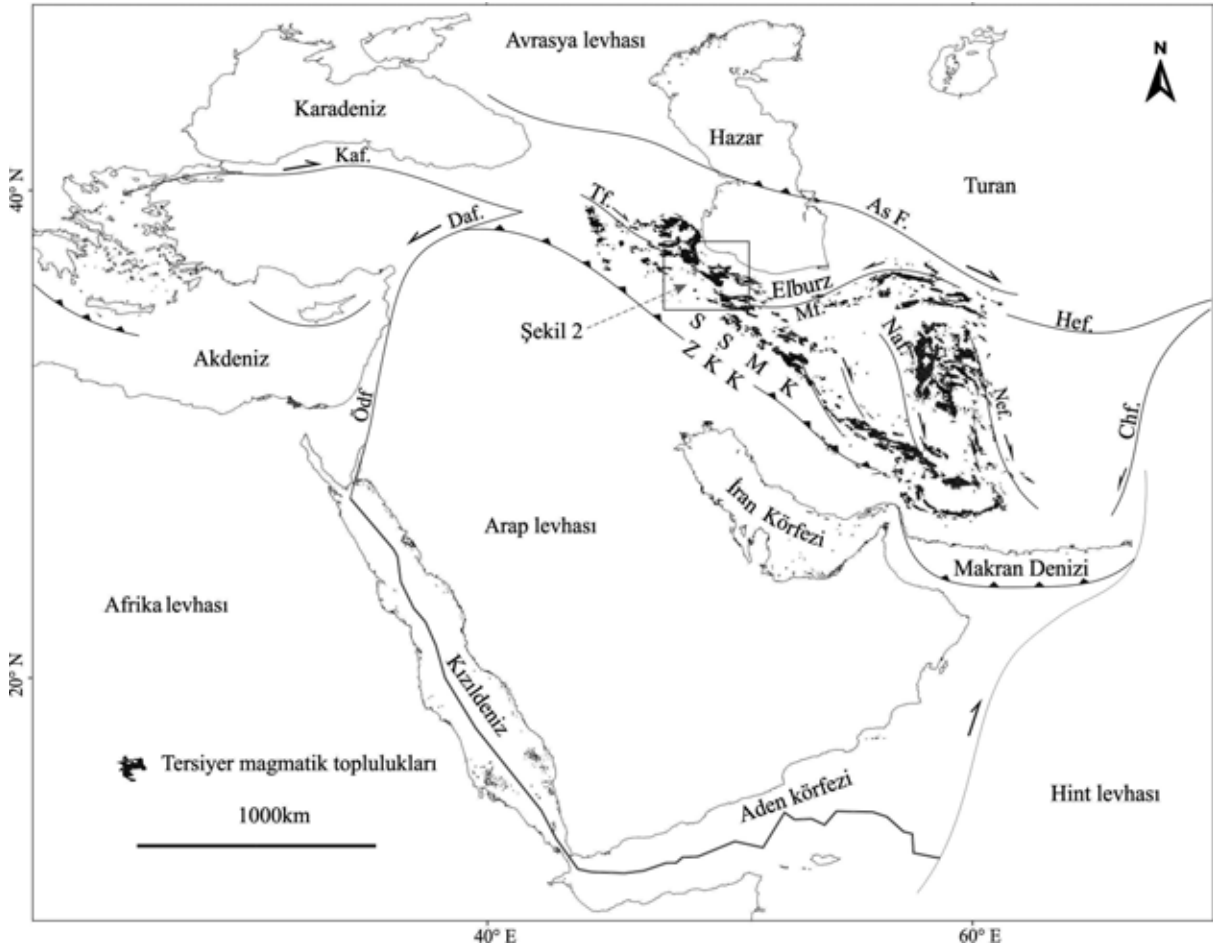
Orta İran'da aynı zaman dilimi içinde çökelmiş istiflerden elde edilen sonuçların bir değerlendirilmesi yapılmadığı gibi, Elburz ve Sanandaj-Sirjan kuşaklarının bir parçası olan Miyosen yaşlı havzaların gelişim mekanizması üzerinde daha önce yapılmış bir çalışma da bulunmamaktadır. Bu kuşakların arasında kalan kesim Orta İran'ın KB'sında yer almakta ve morfolojik olarak KB-GD doğrultulu yükseltilerden ve aralarındaki Zencan, Halab ve Tarım ovaları gibi Kuvaterner yaşlı ovalardan oluşmaktadır. Bu alanın morfolojisini oluşturan tektonik yapı Toori ve Seyitoğlu (2010)'na göre Miyosen sonrası gelişen sol yanal sistem ile açıklanabilmektedir.

Bu çalışmada amaç, en son gelişen sol yanal doğrultu atımlı tektoniğin öncesinde Orta İran'ın KB'sında Halab civarında mostra veren Miyosen yaşlı birimlerin çökmesinin hangi tektonik rejimde gerçekleştiğini incelemektir (Şekil 2). Bunun için son gelişen sol yanal doğrultu atımlı sistem ve bunun yarattığı yapıların inceleme alanının jeolojisindeki etkileri dikkate alınmayarak çökme ile eş yaşlı yapılar üzerinde durulmuştur.

BÖLGESEL JEOLJİ

Çalışma alanı İran'ın KB'sında Sanandaj ve Zencan'ın arasında yer alan Geydar dağlarının batı kesiminde yer almaktadır. Geydar dağlarında temel Kretase yaşlı, şiddetle deforme olmuş, genelde karbonatlı sleyt, marnlı kireçtaşı, şeyl ve şistlerden oluşur. Bu kayalar Geydar dağlarının KB'sında ve KB-GD gidişli eksen boyunca gözlenmektedir (Şekil 2). Kretase yaşlı temel kayalar ile Eosen yaşlı Karaj Formasyonuna ait filişler arasında açılma uyumsuzluk gözlenmektedir. Hem Kretase yaşlı temel kayaları, hem de Eosen Karaj formasyonu Oligo-Miyosen yaşlı çökeller tarafından uyumsuzlukla üzerlenmekte olup, karasal ve denizel fasiyeler ile temsil edilmektedir. Oligo-Miyosen yaşlı çökeller alt kesimlerde Lower Red Formasyonuna ait kırıntılı sedimentler birimler, marn ve tüflerden oluşmuştur. Resifal kireçtaşlarından meydana gelen Qom Formasyonu Lower Red ve Upper Red formasyonlarını birbirinden ayırmaktadır (Stocklin, 1972). Qom Formasyonunun görülmediği alanlarda (örneğin, Tarım ovası, Zencan, Kazvin ovası) bu ayırım gerçekleşmediği için sadece Neojen Red Beds veya Neojen çökeller olarak isimlendirilir (Şekil 3).

Şelf ortamını temsil eden Qom Formasyonuna ait resifal karbonatlar yama halinde dağılım göstermekte (Stocklin ve Setudehnia, 1991) ve Orta İran havzalarının bu dönemde güneyde "Tethyan Seaway" olarak tanımlanan deniz ile bağlantısını düşündürmektedir (Reuter vd., 2009). Oligo-Miyosen döneminde meydana gelen deniz ilerlemesinin Brunet vd. (2003)'e göre sıkışma sonucu "flexural subsidence" ile ilişkili olduğu ifade edilmekle birlikte, bazı araştırmacılara göre bu transgresyonun sıkışmalı değil de genişlemeli bir tektonik rejim ile geliştiği savunulmaktadır (örneğin; Hassanzadeh vd., 2004). Upper Red Formasyonu genel olarak altta klasik çökellere geçiş gösteren evaporitik oluşumlardan meydana gelmekte olup (Rahimpour-Bonab ve Kalantarzadeh, 2005), üste doğru kırmızı ve yeşil çamurtaşları ile jips seviyelerinin ardışımından oluşmaktadır. Daha üst kesimlerde ise tane boyunda kabalaşmayı temsil eden silttaşları, kumtaşları ve konglomera ardalanması görülmektedir. Upper Red Formasyonunun



Şekil 1. Arap-Avrasya plakaları arasındaki çarpışma / sıkışma sonucu oluşmuş ana yapılar ve Orta İran'daki Tersiyer dönemine ait volkanik birimlerin dağılımı (Aghanabati, 1991); AsF: Ashkabad Fayı, Ch:Chaman Fayı, DaF: Doğu Anadolu Fayı, HeF: Herat Fayı, KaF: Kuzey Anadolu Fayı, MF: Mosha Fayı, NyF: Nayband Fayı, NeF: Nehbandan Fayı, Ödf: Ölüdeniz fayı, TF: Tebriz Fayı (Alavi 1991; Haghipour, 1992).

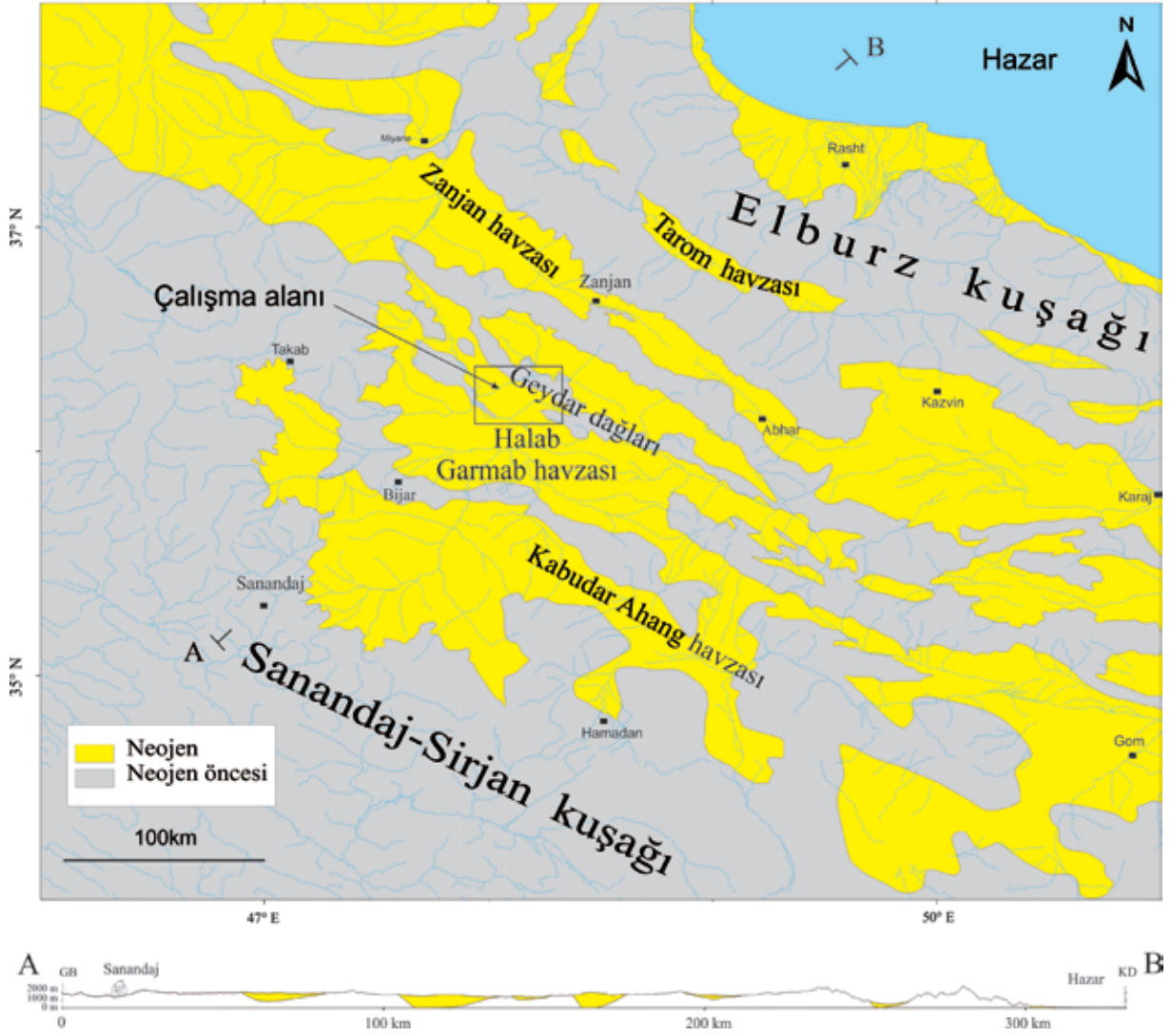
Figure 1. Main structures due to the collision / compression between Arabia and Eurasia and distribution of Tertiary volcanic units in Central Iran. (Aghanabati, 1991); AsF: Ashkabad Fault, ChF:Chaman Fault, DaF: Doğu Anadolu Fault, HeF: Herat Fault, KaF: Kuzey Anadolu Fault, MF: Mosha Fault, NaF: Nayband Fault, NeF: Nehbandan Fault, Ödf: tDead Sea Faul, TF: Tebriz Fault (Alavi 1991; Haghipour, 1992).

karasal koşullarda çökeldiği açıklanmış (Rahimzadeh, 1994) ve Zanjan civarında bu birimlerde bulunan karasal memeli iz fosili sayesinde bu görüş kesinleştirilmiştir (Abbasi, 2010).

Upper Red Formasyonu'nun fasiyes tanımlanmasında havza içi ve havza kenarı olmak üzere iki bölümden bahsedilmektedir. Havza kenarları kaynak kayalara yakın ve klastik birimlerle temsil edilirken, havza içi birimler ise lagün ortamındaki çökellerle tanımlanır (Rahimzadeh, 1994). Lasemi (1990) ise Upper Red Formasyonu için playa oluşumu ile sonlanan menderesli bir akarsu ortamı önermektedir.

Upper Red Formasyonu ile ilgili yapılan magneostratigrafi çalışmaları 6.5 km kalınlığa erişen bu birimin örnek alınan bölümünün Burdigaliyen-Tortoniyen (Miyosen) yaşlı olduğunu göstermiştir (Ballato vd., 2008). Upper Red Formasyonu'nun Pliyosen'e kadar devam ettiğine dair çalışmalar mevcuttur (Rahimzadeh, 1994).

Lower ve Upper Red Formasyonları, Kretase yaşlı temel kayaları ile Eosen yaşlı Karaj Formasyonlarından malzeme almıştır. Bu birimler Eosen yaşlı Karaj Formasyonundan, özellikle Urmiye-Dokhtar magmatik topluluğundan, bol



Şekil 2. Orta İran'ın KB'sında Güney Hazar havzasıyla Sanandaj-Sirjan kuşağının arasındaki Neojen birimlerinin dağılımı (Stocklin ve Eftekhari-Nezhad 1969; Bolourchi, 1969; Annells vd., 1975; Clark vd., 1975; Zahedi vd., 1985).

Figure 2. The distribution of Neogene units between Sanandaj-Sirjan belt and South Caspian Basin in NW of Central Iran (Stocklin ve Eftekhari-Nezhad 1969; Bolourchi, 1969; Annells vd., 1975; Clark vd., 1975; Zahedi vd., 1985).

miktarda çakıl içerir. Bu çökeller Eosen sonrası kuzeyde Elburz (Guest vd., 2007) ve güneybatıda Sanandaj-Sirjan ve Urmiye-Dokhtar (Tillman vd., 1981) kuşaklarının aşınma ürünü olarak tanımlanır.

Bölgede uyumsuz olarak tüm birimleri örten, yaşı tam olarak saptanmamış Hezardere Formasyonu ortalama 1km'ye ulaşan tabakalı konglomeralardan oluşur. Çakılları Eosen Karaj

Formasyonundan türemiştir ve yaşı üst Pliyosen olarak önerilmiştir (Rieben, 1966). Bu birimin üzerine bloklu konglomeralardan oluşan tabakalanması belirsiz, olası geç Kuvaterner yaşlı yelpaze çökelleri gelmektedir. Bu yelpaze çökellerinin çakılları Eosen Karaj Formasyonundan, Kretase ve daha yaşlı metamorfik temelden türemiştir.

Periyod	Litoloji	Açıklama	Jeotektonik
Kuvaterner		Alüvyon yelpaze	Doğrultu atımlı rejim
Pliyosen		Hezardare Formasyonu konglomera	
Miyosen	Üst	Açısal Uyumsuzluk	deniz ilerlemesi
	Orta	Upper Red Formasyonu evaporit, çamurtaşları, jips, silttaşları, kumtaşları ve konglomera ardalanması	
	Erken	Qom Formasyonu resifal kireçtaşı	
Oligosen		Lower Red Formasyonu kırıntılı sedimanter birimler, marn ve tuf	Metamorfik çekirdeklerin yüzeylenmesi sonucu meydana gelen genişleme
Eosen		Karaj Formasyonu filiş	Yay ardı genişleme
Kretase		Açısal Uyumsuzluk karbonatlı sleyt, marnlı kireçtaşı, şeyl ve şistler	Neotetisin kapanması

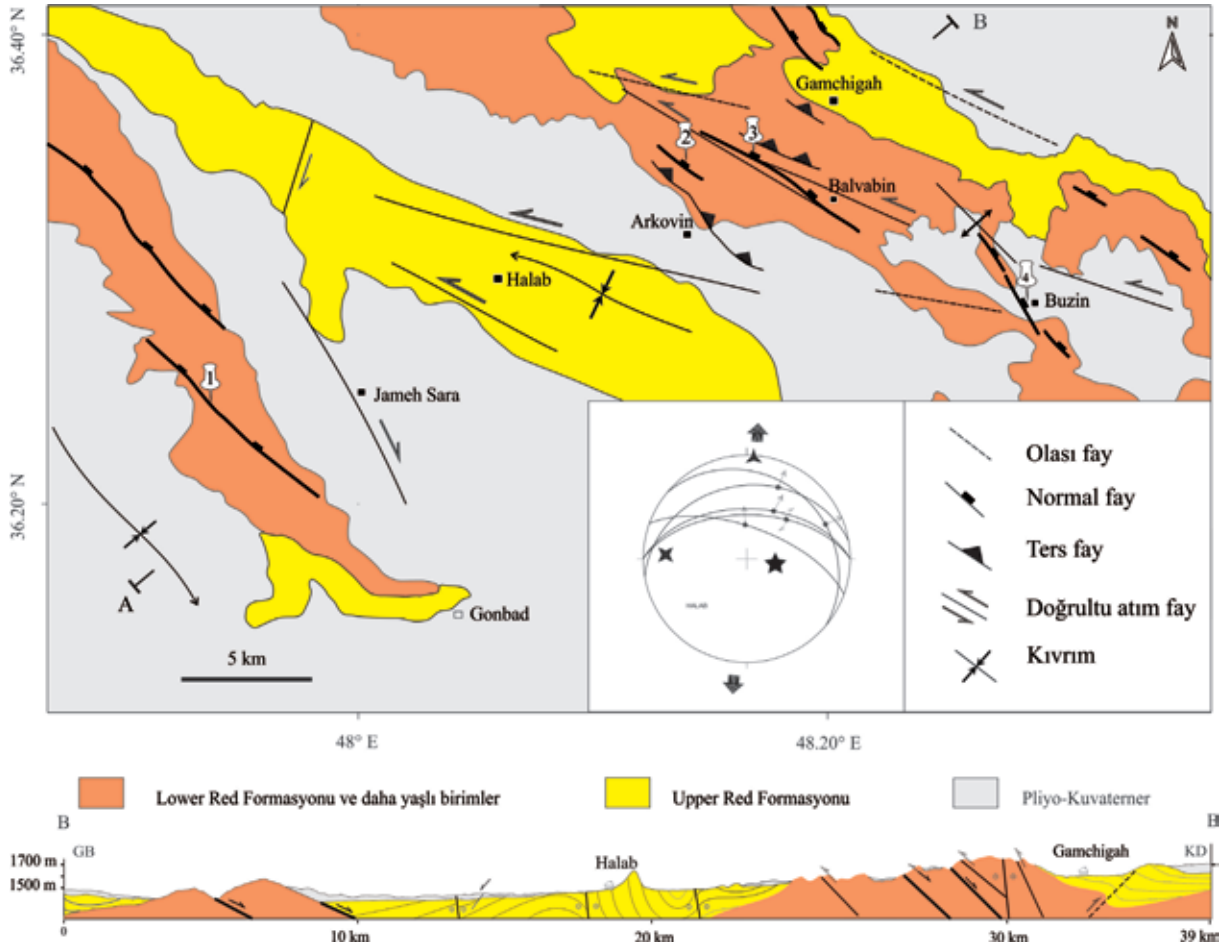
Şekil 3. Çalışma alanının geliştirilmiş stratigrafisi. Stocklin ve Eftekhari-Nezhad (1969)'dan yararlanarak hazırlanmıştır.

Figure 3. Generalized stratigraphy of the study area. After Stocklin and Eftekhari-Nezhad (1969).

GEYDAR DAĞLARININ BATISINDAKİ JEOLÖJİK GÖZLEMLER

Bu bölümde çalışmanın amacına yönelik Geydar Dağlarının Oligo-Miyosen yaşlı birimleri denetleyen yapılar ve arazi gözlemleri irdelenecektir. Bu yüzden bölgeyi etkilemiş sol yanal doğrultu atımlı rejime ait yapılar (Toori ve Seyitoğlu, 2010) dikkate alınmamıştır.

Geydar dağları morfolojik olarak KB-GD gidışli sirtlardan oluşmuştur ve bu morfolojinin GB'sında Halab-Bijar ovası bulunur (Şekil 2). Bu ovanın geneli jeolojik olarak Miyosen yaşlı Upper Red Formasyonundan meydana gelmekte olup, Oligosen ve daha yaşlı kayalardan oluşmuş temel, sadece Halab köyünün 10km GB'sında 2km genişlikte mostra vermektedir. (Şekil 4).



Şekil 4. Çalışma alanının jeolojik haritası ve bölgede gözlenen normal fayların asal gerilme eksenleri; $\sigma_1=100$, 67(yıldız); $\sigma_2=273$, 23; $\sigma_3=4$, 3. INVD Direct Inversion yöntemi (Angelier, 1990) kullanılarak elde edilmiştir, yapısal verilerin alındığı lokasyonlar beyaz raptiyeler ile gösterilmiştir.
 Figure 4. The geological map of the study area and the principal stress axes of observed normal faults in the region ($\sigma_1=100$, 67(star); $\sigma_2=273$, 23; $\sigma_3=4$, 3) calculated by INVD Direct Inversion method (Angelier, 1990). The structural data locations are marked with white pins.

Bijar ile Zencan arasındaki karayolu, Halab ve Gamchigah üzerinde yapılmıştır. Dolayısıyla KB-GD gidişli morfolojinin KD-GB kesit görünümü bu yol üzerinde kolaylıkla gözlenmektedir. Arazi çalışması bu kesit boyunca Jameh Sara köyünün 10 km GB'sından Gamchigah köyünün 5 km KD' suna kadar yapılmıştır (Şekil 4). Jeolojik birimlerin ve yapısal elemanların yanal devamlılığı arazi gözlemlerine dayanarak uydu görüntüsü ve eski çalışmaları (Alavi ve Amidi, 1976 ve Stöcklin ve Eftekhari-Nezhad, 1969) değerlendirilerek sunulmuştur.

Bu çalışmada yapılan gözlemlere göre jeolojik birimler, Orta Miyosen öncesi temel kayalar,

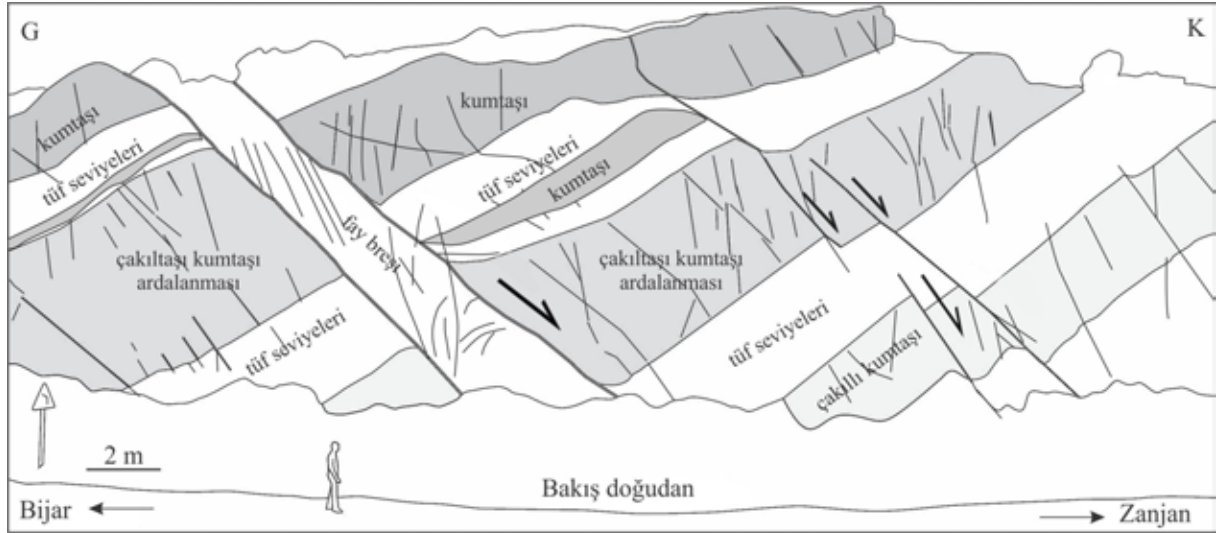
Upper Red Formasyonu ve Miyosen sonrası çökeller olarak üçe ayrılmaktadır. Temel birimler Oligo-Miyosen yaşlı Qom formasyonu ve daha yaşlı kayaları temsil etmektedir. Miyosen sonrası birimler ise Upper Red Formasyonunu açısız uyumsuzlukla örten, eski ve yeni teraslar alüvyon yelpazelerden meydana gelmektedir. Bu çökellerin yaşı eski çalışmalara göre (Alavi ve Amidi, 1976; Stöcklin ve Eftekhari-Nezhad, 1969) Pliyo-Kuvaterner olarak verilmiştir (Şekil 4).

Çalışma alanında GB'dan KD'ya doğru yapılan gözlemlere göre temel kayalar KB-GD ve D-B doğrultularında gelişmiş normal faylardan etkilenmiştir. Bu faylar genel olarak temel birimlerin

KD sınırlarında veya temelin içinde görülmektedir. Bu yapıların tipik görüntüleri Şekil 4'te 1, 2, 3 ve 4 ile gösterilmiştir.

Çalışma alanının GB'sında mostra veren temel birimler, iyi tabakalanmış kumtaşı ve konglomera-dan oluşmakta ve tabakaların eğim doğrultuları genelde $K40^{\circ}B/35^{\circ}GB$ ve $K25^{\circ}B/45^{\circ}GB$ arasında değişmektedir. Bu birimler sistematik olarak GB' dan KD' ya doğru KB-GD doğrultuda normal fay zonu ile biçilmiştir (Şekil 4: 1 nolu lokasyon). Normal fayların genel pozisyonları $K30^{\circ}B$ olup eğimleri KD' ya ve 45° 'den daha düşüktür. Fay düzlemlerindeki kinematik belirteçler

bunların sağ bileşenli oblik normal fay olduğunu göstermektedir (Şekil 5). Normal faylarla ilişkili gelişmiş eşlenik kırıklardan biri genelde düşey konumda bulunmakta olup, eşlenik düzlemler arasındaki dar açının açıortay pozisyonu (s1) GB'ya tiltlenmiştir (Şekil 4). 1 nolu lokasyonda gözlenen normal faylar KB' ya doğru 35km devamlılık göstermekte ve GD' dan Gonbad köyün yakınlarına kadar izlenebilmektedir (Şekil 4). Burada yüzeyleyen temel GB'dan uyumsuzlukla örtülürken, KD sınırı faylı ve üzerlemeli dokanak özelliği gösterir. Miyosen sonrası çökeller normal faylı KD sınırını çoğu yerde örtmektedir



Şekil 5. Çalışma alanında 1 nolu lokasyonla (Jameh Sara köyünün GB'sı, Şekil 4) gösterilmiş normal fayın arazi görüntüsü.

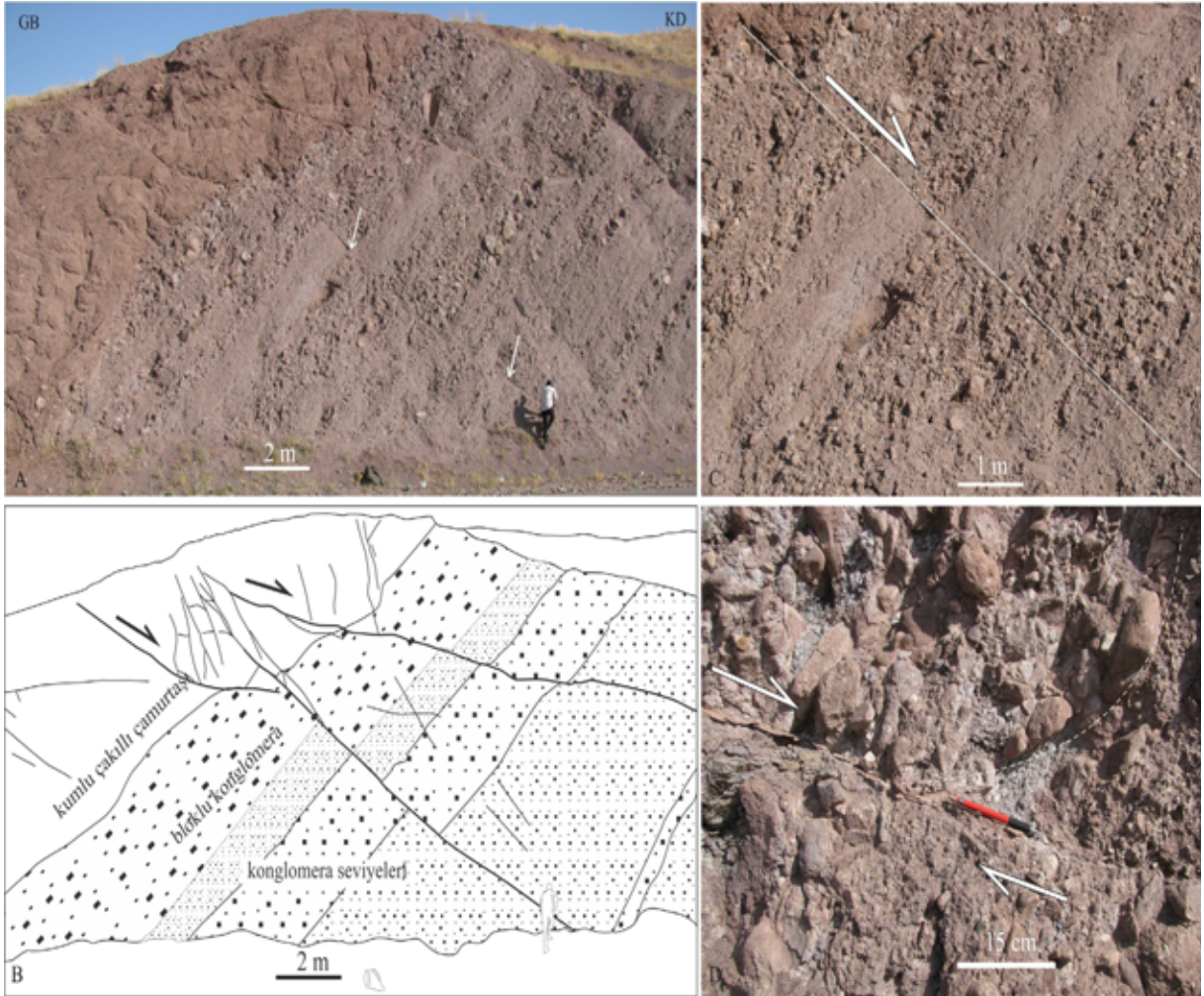
Figure 5. The field view of normal fault, marked number 1 in the study area (SW of Jameh Sara village, Figure 4).

fakat Upper Red formasyonu'nun bu örtünün altında temel ile faylı dokanak yaptığı derin kazılmış vadi tabanlarında gözlenmektedir.

Çalışma alanının GD'sunda Upper Red formasyonu'nun GB'ya doğru kalınlaşan bir kama geometrisine sahip olduğu açık bir şekilde görülmektedir. Halab köyünde mostra veren Upper Red Formasyonu'nun üst seviyeleri sol yanal genç tektonik (Toori ve Seyitoğlu, 2010) nedeniyle düşey konumda bulunmaktadır (Şekil 4). Bundan faydalanılarak birimin en az 2.5 km kalınlık gösterdiği söylenebilir. Upper Red Formasyonu'nun ortalama kalınlığı KD'ya

doğru azalır ve Oligo-Miyosen yaşlı temel kayaları Arkovın köyünün kuzeyinde üzerler (Şekil 4).

2 nolu lokasyonda (Şekil 4) Oligo-Miyosen yaşlı temel kayalar içinde genel olarak KD'ya eğimli normal faylar yer almaktadır (Şekil 6). Arkovın ile Gamchigah arasında saptanan en önemli yapı Balvabin köyünün güney kenarında KB-GD doğrultuda gelişmiş olan 3 nolu lokasyonda tanımlanan normal faydır. KD eğimli bu normal fayın yükselen bloğunda Kretase yaşlı metamorfik temel yüzeyleşmiştir ve bu kayalar ile Lower Red Formasyonuna ait kayaları karşı karşıya getirdiği uydu görüntüsünden kolaylıkla gözlenmektedir (Şekil 7).



Şekil 6. Arkovın köyünün kuzeyinde 2 nolu lokasyon (Şekil 4) ile gösterilmiş yapının önündeki GB'ya eğimli konglomera ve çamurtaşı seviyelerinde gözlenen normal fayların arazi görüntüsü (A), şematik çizimi (B), normal yerdeğiştirme ve bunu destekleyen çekme kıvrımı detayları (C, D).

Figure 6. The field view of normal faults in the SW dipping conglomerate and mudstone layers which is located in front of the structure marked number 2 (Figure 4) in the north of Arkovın village (A), schematic drawing (B), normal displacement and details of drag folding (C, D).

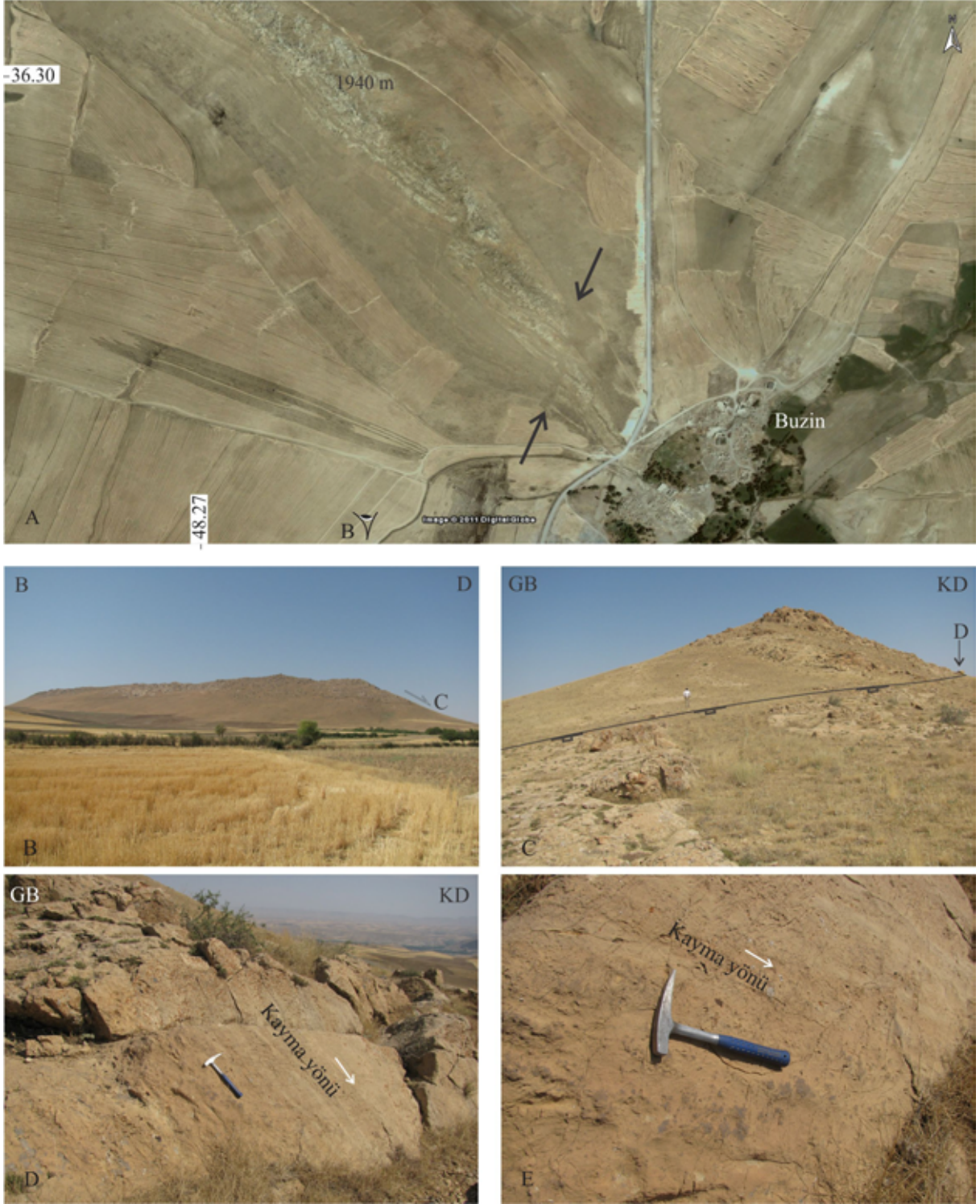


Şekil 7. Balvabin köyünün batısında (Şekil 4) yüzeyleşmiş metamorfitik temel ve kuzey sınırındaki normal fay ilişkisi. Google Earth resmi (A), tavan blokta Red Formasyonuna ait çamurtaşı seviyeleri (B).
 Figure 7. In the west of Balvabin village (Figure 4), the relationship between the exposed metamorphic basement and the normal fault at its northern border. The mudstones of Red Formation are in the hanging wall.

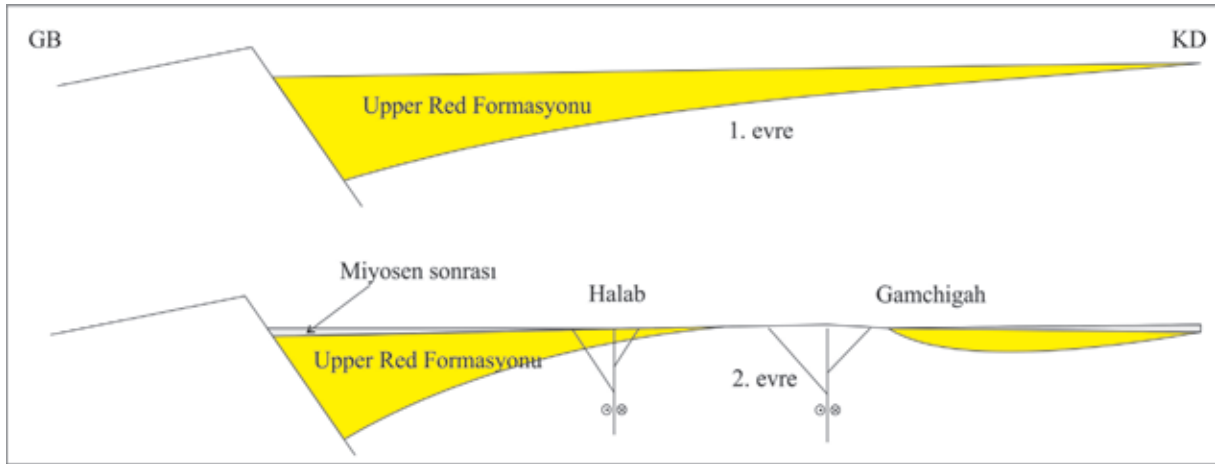
KD'ya doğru Lower Red Formasyonu üzerine Upper Red Formasyonuna ait tabakalar gelmektedir ve eğimleri 15-25° ile KD'ya doğrudur (Şekil 8). Bunları Miyosen sonrası Pliyo-Kuvaterner örtü birimleri Gamchigah köyünün 2.5 km KD'suna örtmektedir.

Genel olarak Jameh Sara köyünün GB sında gözlenen ve Pliyo-Kuvaterner çökeller tarafından üzerlenmiş olan normal fayın Upper Red

Formasyonu'nun çökelişini denetlediği bu formasyonun kalınlığında GB' ya doğru gözlenen artış ile desteklenmektedir (Şekil 9). Bu yarı graben yapısı daha sonra gelişen sol yanal sistemle etkilenmiş olup, Halap köyünde dikleşmiş tabakaların nedenini ve Gamchigah köyü civarındaki Upper Red Formasyonundan daha yaşlı birimlerin yüzeylenmesinin nedeni oluşturmaktadır (Şekil 4).



Şekil 8. Çalışma alanının doğusunda Buzin köyünün KB'sında jeolojik haritada 4 ile gösterilmiş normal fayların uydu ve arazi görüntüleri. Google Earth resmi (A), A'da işaretli kesimin arazi ve mostra görüntüleri (B, C, D, ve E).
 Figure 8. The satellite and field views of normal faults marked number 4 in the geological map at the east of study area, NW of Buzin village. Google Earth picture (A), the field and outcrop pictures of the location marked in A (B, C, D and E).



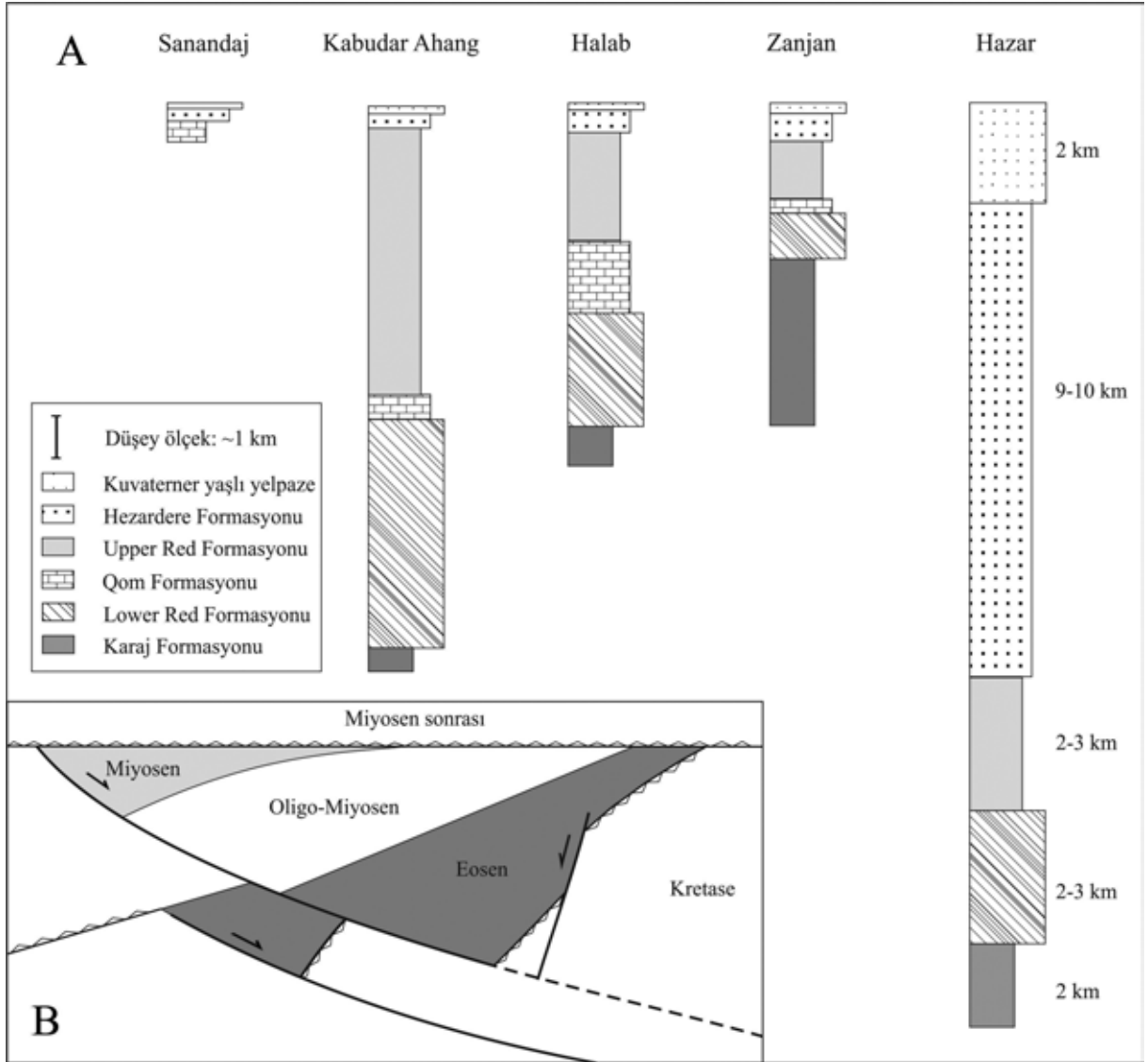
Şekil 9. Halab Neojen havzasının Miyosen ve Miyosen sonrası evrimi.
Figure 9. The Miocene and post-Miocene evolution of Halab Neogene basin.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Neotetis okyanusal litosferinin uzun süre Orta İran'ın altına dalması İran'ın genelinde yaygın bir magmatizmaya neden olmuştur (Şekil 1). Bu magmatik etkinlik Eosen döneminde kıtasal yay volkanizması (Alavi, 1996) ve Oligosen döneminde yay ardı havzası içindeki volkanik etkinlik olarak (örneğin; Verdel 2009) yorumlanmıştır. Oligosen döneminde Arap-Avrasya çarpışmasıyla bölgenin sıkışma altında kaldığı ve İran'ın iç havzalarının bu sıkışma rejiminde geliştiği öne sürülmüştür (örneğin; Allen vd., 2003). Orta-Geç Miyosen yaşlı Upper Red Formasyonu bu sıkışmanın ürünü olarak değerlendirilmiştir (Alavi, 1996). Fakat Orta İran'ın KB'sında Geydar dağlarında yapılan arazi gözlemlerine göre Miyosen yaşlı Upper Red Formasyonu GB kenarlarından normal faylarla sınırlanmaktadır. Ayrıca Upper Red Formasyonuna ait birimlerin kalınlığı normal fay sınırlarına doğru (GB'ya) kama geometrisi göstererek artmaktadır. Sanandaj-Sirjan kuşağıyla Güney Hazar havzasının arasında kalan bölgede bulunan Miyosen havzalarındaki GB yönü kalınlık artışı bölgesel ölçekte olup, Güney Hazar, Tarım Havzası, Halab havzası ve Kabutar Ahang havzalarında gözlenmiştir (Şekil 10) (Stocklin ve Eftekhari-Nezhad 1969; Bolourchi, 1969; Annells vd., 1975; Clark vd., 1975; Zahedi vd., 1985; Brunet vd., 2003). Dolayısıyla bu alandaki Miyosen yaşlı birimlerin çökmesinin normal fay karakterindeki büyüme faylarının

denetiminde gerçekleştiği söylenebilir. Upper Red Formasyonu magnetostratigrafik yaşlandırılmalarına göre 17.5 My yaşındadır ve sıkışma rejiminde çökeldiği savunulmuştur (Ballato vd., 2008). Ancak sıkışmayı destekleyen çökme ile eşyaşlı yapılar verilmemiş ve üste doğru kabalaşan istiflerin varlığı, sıkışmalı bir tektonik rejimdeki sedimantasyona kanıt olarak gösterilmiştir. Ön ülke havzalarında üste doğru kabalaşan istif ancak havza tabanındaki çökme oranının sedimantasyon oranından düşük olduğu zamanlar oluşur (Bridge, 2003) Halbuki üste doğru tane boyunun artması ve yelpazelerin ilerlemesine sıyrılmaya faylarıyla denetlenen genişlemeli havzalarda da rastlanabilmektedir (örneğin; örneğin; Steel vd., 1977; Miller ve John 1988; Friedmann ve Burbank 1995; Miall, 1996). Bu alanlarda havzaların çökmesiyle birlikte faylı bloklar sıyrılmaya yüzeyleri boyunca yüksek alanlara taşınır (Şekil 11). Böylece havzadaki sedimantasyon oranının çökmeye göre artması (Bridge, 2003) ve devamında istifte kabalaşma beklenir.

Elburz kuşağında yapılan termokronolojik yaşlandırmalar (örneğin; Guest vd., 2006) 80 My'dan itibaren bu kuşağın yüzeylediğini göstermektedir. Bu yükselmeler Geç Kretase, Eosen ve Neojen dönemlerinde ve özellikle Neojen dönemin sonlarında (Axen vd., 2001) hızlanmıştır. Neojen döneminde Elburz ve Sanandaj-Sirjan kuşaklarında meydana gelen yüzeylemeyle bağlı normal fayların bu kuşakların arasında



Şekil 10. Güney Hazar havzası (Brunet vd. 2003) ve Elburz kuşağının GB'sında yer alan Zencan ve Halab (Stocklin ve Eftekhar-Nezhad, 1969), Kabudar Ahang (Bolourchi, 1969) ve Sanandaj (Zahedi vd., 1985) arasında bulunan Tersiyer yaşlı birimlerin karşılaştırılması. A) Jeolojik haritalardan elde edilen kalınlıklar. B) Kretase sonrası olayları (Eosen döneminde yay ardi genişleme ve devamında metamorfik çekirdek kompleksi gelişimi ile meydana gelen kabuk açılması) yorumlayan çizim.

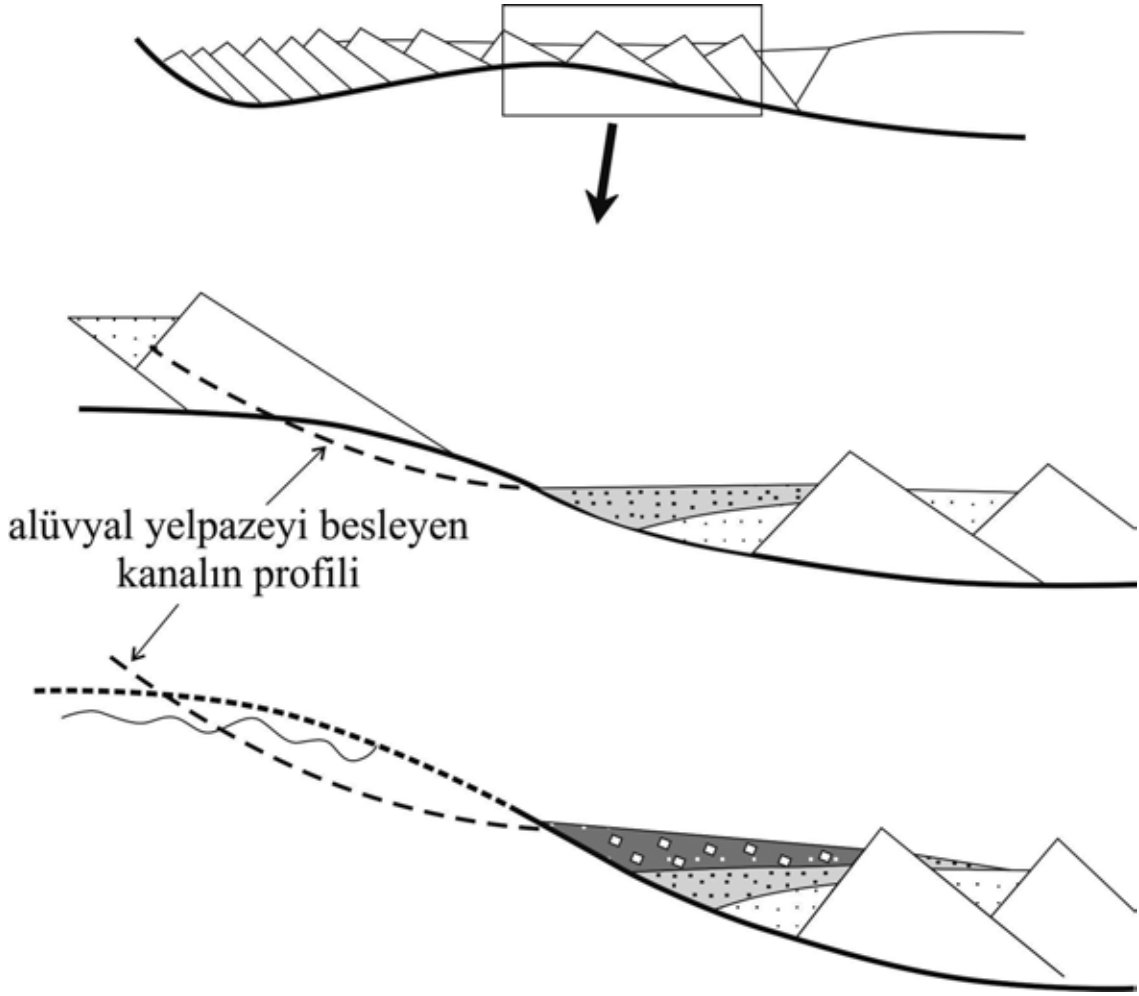
Figure 10. The correlation of Tertiary units in South Caspian basin (Brunet vd. 2003) Zencan, Halab (Stocklin and Eftekhar-Nezhad., 1969), Kabudar Ahang (Bolourchi, 1969) and Sanandaj (Zahedi et al., 1985). A) The thickness of sedimentary units obtained from geological maps. B) A sketch interpreting post -Cretaceous events (i.e. Eocene back-arc extension and following core complex formation).

yer alan orta İran havzalarındaki Upper Red Formasyonun çökmesini kontrol ettiği düşünülmektedir.

Orta İran'ın doğusunda yapılan çalışmalar Eosen dönemindeki genişlemenin metamorfik çekirdeklerin yükselmesiyle meydana geldiğini göstermiştir (Verdel vd., 2007). Benzer çalışma

Orta İran'ın KB'sında Oligo-Miyosen dönemine ait birimlerde de yapılmıştır (Stockli vd., 2004). Bu çalışmada Geydar dağlarının batı ve güneyinde Orta-Geç Miyosen aralığında genişlemeli rejimin devam ettiği düşünülmektedir (Şekil 12).

Sonuç olarak, Orta İran'ın KB'sında yer alan Zencan, Halab ve Kabudar Ahang Neojen

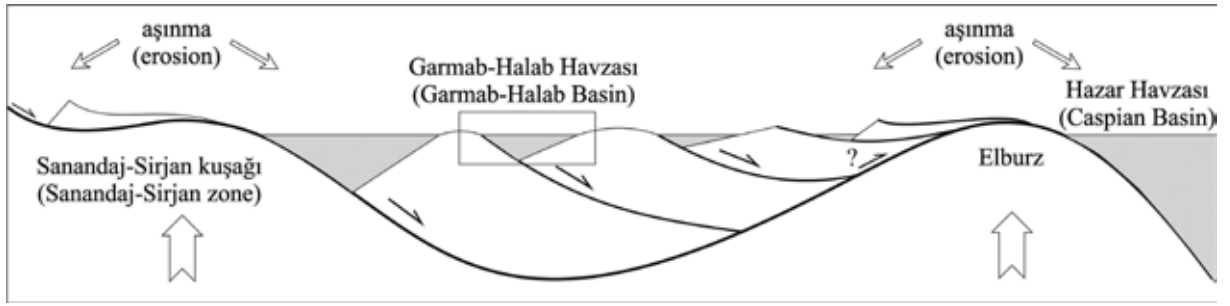


Şekil 11. Sıyrılma faylarına bağlı olarak gelişen sedimanter havzalarda yükselen taban blok nedeniyle istifte tane boyunda üste doğru kabalaşmayı gösteren şematik kesit (Miller ve John, 1988; Friedmann ve Burbank, 1995).

Figure 11. Schematic diagram of a sedimentary basin related to the detachment faulting displaying coarsening upward basin fill (Miller and John, 1988; Friedmann and Burbank, 1995).

havzalarının ön ülke havzası olarak değerlendirilemeyeceği ve genişleme tektoniğiyle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Güney Hazar havzasının güney sınırı bazı kaynaklarda (Clark vd., 1975; Huber ve Eftekhar-Nezhad, 1978) normal faylı olarak gösterilmiştir ve Tersiyer döneminde Orta İran ile stratigrafik olarak benzerlik göstermektedir. Dolayısıyla Elburz kuşağının yükselmesiyle birlikte Güney Hazar havzası çökmüştür. Benzer durum Orta İran'ın güneybatısında Sanandaj-Sirjan kuşağında meydana gelmiştir ve Neojen döneminde yarı graben sedimanter havzalar gelişmiştir. Bu dönemde metamorfik kayaların yüzeylenmesiyle kabuk yapısında

meydana gelen incelmeler astenosferin yükselmesine neden olmuştur. Üst kabuğun sıyrılmalar sonucu incelmeleri Elburz kuşağının kabuk yapısındaki anomali ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bu kuşağın kabuk yapısı jeofizik veriler ile bölgesel ölçekte; Kadinsky-Cade vd., (1981) ve Dehghani ve Makris (1984) tarafından incelenmiştir. Moho derinliğine bölgesel ölçekte baktığımızda Zagros kuşağında oldukça belirgin kabuk kalınlaşması görmemize karşın (~45-70 km, Paul vd., 2006) Elburz kuşağında ilginç bir anomali bulunmaktadır. Elburz kuşağı Zagros'a göre daha yüksek topografyaya sahip olmasına rağmen, Elburz dağlarının altında



Şekil 12. Orta İran havzaları ve Hazar havzasının Miyosen döneminde genişlemeli sistem içindeki durumunu gösteren varsayımsal mekanizma.

Figure 12. The hypothetical mechanism showing positions of central Iran and Caspian basins in the extensional system during Miocene.

manto derinliği İran'ın yüksek olmayan ovalarındaki gibi 30-40 km derinliktedir.

Elburz kuşağında metamorfik çekirdeklerin yükselmesi sadece bu kuşağın KD'sunda korunmuştur. Diğer alanlarda ise sol yanal doğrultu atımlı sistem tarafından maskelenmiştir. Bu alanda yüzeyleyen metamorfik çekirdek Gorgan şistleri olarak tanımlanmıştır (Gansser, 1951; Stocklin, 1971).

KATKI BELİRTME

Yazarlar makalenin incelemesi sırasında yapıcı eleştirileriyle önemli katkı sağlayan Dr. M. Tekin Yürür'e (Hacettepe Üniversitesi) ve olumlu değerlendirmede bulunan Dr. Vedat Toprak'a (Orta Doğu Teknik Üniversitesi) teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

Abbasi, N., 2010. Vertebrate Footprints from the Miocene Upper Red Formation, Shokorchi Area, Zanjan Province, NW Iran. *Ichnos*, 17(2), 115-126.

Aghanabati, A., 1991. Geological map of Iran: Geological Survey of Iran Ministry of Mines and Metals, scale 1:2,500,000.

Alavi, M. and Amidi, M., 1976. Geological Quadrangle map of Iran, 1:250,000 scale, (Takab), Geological Survey of Iran.

Alavi M., 1991. Tectonic map of the Middle East, scale, 1:5,000,000. Geological Survey of Iran. Tehran.

Alavi, M., 1996. Tectonostratigraphic synthesis and structural style of the Alborz Mountain system in northern Iran. *J. Geodyn.*, 21, 1-33.

Allen, M., Ghassemi, M.R., Shahrabi, M. and Qorashi M. 2003. Accommodation of late Cenozoic oblique shortening in the Alborz range, northern Iran. *J. Struct. Geol.*, 25, 659- 672.

Angelier, J. 1990. Inversion of field data in fault tectonics to obtain regional stress. III. A new rapid direct inversion method by analytical means. *Geophysical Journal International* 103, 363-376.

Annells R. N., Arthurton R. S., Bazley R. A. and Davies R. C. 1975. Explanatory text of the Qazvin and Rasht quadrangle map. Geological Survey 01 Iran, Tehran. Iran. pp. 94.

Axen, G.J., Lam, P.S., Grove, M., Stockli, D.F., and Hassanzadeh, J., 2001. Exhumation of the west-central Alborz Mountains, Iran, Caspian subsidence, and collision-related tectonics. *Geology*, 29, 559-562.

Ballato, P., Nowaczyk, N., Landgraf, A., Strecker, M.R., Friedrich, A. and Tabatabaei, S.H., 2008. Tectonic control on sedimentary facies pattern and sediment accumulation rates in the Miocene foreland basin of the southern Alborz mountains, northern Iran. *Tectonics*, 27, TC6001.

- Bolourchi, M.H., 1969. Geological Quadrangle map of Iran, 1:250,000 scale, sheet D5 (Kabudar Ahang), Geological Survey of Iran.
- Bridge J.S., 2003. Rivers and Floodplains. Oxford: Blackwell Sci. pp. 491.
- Brunet, M. F., Korotaev, M. V. , Ershov, A. V. and Nikishin, A. M., 2003. The South Caspian Basin: A review of its evolution from subsidence modeling, *Sediment. Geology*, 156, 119- 148.
- Clark, G. C., Davies, R. G., Hamzehpour, B. and Jones, C. R., 1975. Explanatory text of the Bandare Anzali quadrangle map, 1:250,000 Geological Survey of Iran, Tehran, Iran, pp. 198.
- Dehghani, G.A. and Makris, J., 1984. The gravity field and crustal structure of Iran. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie. Abhandlungen* 168 (2/3), 215–229.
- Friedmann, S.J. and Burbank, D.W., 1995. Rift basins and supradetachment basins: intracontinental extensional end-members. *Basin Research* 7, 109-127.
- Gansser, A. 1951. Geological reconnaissance in the Gorgan and surrounding areas. National Iranian Oil Company, Geological Report.
- Gilg, H.A., Boni, M., Balassone, G., Allen, C.R., Banks, D. and Moore, F., 2006. Marble-hosted sulfide ores in the Angouran Zn-(Pb-Ag) deposit, NW Iran: Interaction of sedimentary brines with a metamorphic core complex. *Mineralium Deposita*, 41, 1-16.
- Guest, B., Stockli, D.F., Grove, M., Axen, G.J., Lam, P.S. and Hassanzadeh, J., 2006. Thermal histories from the central Alborz Mountains, northern Iran: implications for the spatial and temporal distribution of deformation in northern Iran. *Geological Society of America Bulletin*, 118, 1507-1521.
- Guest, B, Horton, B.K., Axen, G.J., Hassanzadeh, J., and McIntosh, W.C., 2007. Middle to late Cenozoic basin evolution in the western Alborz Mountains: implications for the onset of collisional deformation in northern Iran. *Tectonics*, 26, doi:10.1029/2006TC002091.
- Haghipour, A., 1992, Geological map of Iran: Geological Survey of Iran Ministry of Mines and Metals, scale 1:2,500,000.
- Hassanzadeh, J., G. Axen, B. Guest, D. F. Stockli, and A. M. Ghazi, 2004. The Alborz and NW Urumieh-Dokhtar magmatic belts, Iran: Rifted parts of a single ancestral arc., *Geological Society of America Abstract with Programs*, 36, 434.
- Huber, H., and Eftekhari-Nezhad, J., 1978. Geological map of Iran, north-west Iran. National Iranian Oil Co., scale 1:1,000,000.
- Kadinsky-Cade, K., Barazangi, M., Oliver, J. and Isacks, B., 1981. Lateral variations of high frequency seismic wave propagation at regional distances across the Turkish and Iranian plateaus. *Journal of Geophysical Research* 86, 9377–9396.
- Lasemi, Y., 1990. Sedimentary environment of Upper Red Formation. Proceeding of the 9th Symposium on Geoscience, Geological Survey of Iran.
- Miall, A.D., 1996. *The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology*, Springer, Berlin, pp. 582.
- Miller, J.M.G. and John, B.E., 1988. Detached strata in a Tertiary low-angle normal fault terrane, southeastern California: A sedimentary record of unroofing, breaching and continued slip. *Geology*, 16, 645-648
- Moritz, R., Ghazban, F., and Singer, B.S., 2006. Eocene gold ore formation at Muteh, Sanandaj-Sirjan tectonic zone, western Iran: a result of late-stage extension and exhumation of metamorphic basement rocks within the Zagros orogen. *Economic Geology*, 101, 1497-1524.
- Paul, A., Kaviani, A., Hatzfeld, D., Vergne, J. and Mokhtari, M., 2006. Seismological evidence for crustal-scale thrusting in the Zagros mountain belt (Iran). *Geophysical Journal International*, 166, 227–237.

- Rahimpour-Bonab H. and Kalantarzadeh Z., 2005. Origin of the secondary potash deposits; a case from Miocene evaporites of NW central Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 25, 157-166.
- Rahimzadeh, F., 1994. Treatise on the geology of Iran, Oligocene, Miocene, Pliocene. Geological Survey of Iran Publication, 12, 311 p.
- Rieben H., 1966. Geological observations on alluvial deposits in northern Iran. *Geol. Surv. Iran Rep.* 9, pp. 40.
- Reuter M., Piller W. E., Harzhauser M., Mandic O., Berning B., Rögl F., Kroh A., Aubry M.-P., Wielandt-Schuster U. and Hamedani A., 2009. The Oligo-/Miocene Qom Formation (Iran): evidence for an early Burdigalian restriction of the Tethyan Seaway and closure of its Iranian gateways. *The International Journal of Earth Sciences*, 98, 627-650.
- Steel, R.X., Maehle, S., Nilsen, H., Roe, L., and Spinnangr, A., 1977. Coarsening-upward cycles in the alluvium of Hornelen Basin (Devonian) Norway, Sedimentary response to tectonic events. *Geological Society of America Bulletin*, 88, 1124-1134
- Stockli D.F., Hassanzadeh J., Stockli LD., Axen G., Walker JD. and Dewane T.J., 2004. Structural and geochronological evidence for Oligo-Miocene intra-arc low-angle detachment faulting in the Takab-Zanjan area, NW Iran. *Geological Society of America Abstract with Programs*, 36(5): 31.
- Stocklin, J. and Eftekhar-Nezhad, J., 1969. Explanatory text of the Zanjan quadrangle map 1:250,000. Geological Survey of Iran, Report No. D4, Tehran, Iran, 61 p.
- Stocklin J., 1971. Stratigraphic Lexicon of Iran. part 1 central, north, and east Iran. Geological Survey of Iran Report No. 18. Tehran.
- Stocklin J., 1972. Iran central, septentrional et oriental. *Lexique Stratigraphique International*, III, Fascicule 9b, Iran, pp. 1-283, Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.
- Stocklin, J. and Setudehnia, A., 1991. Stratigraphic lexicon of Iran. Geological Survey of Iran, Tehran, Iran, Report No. 18, 379 p.
- Tillman, J.E., Poosti, A., Rossello, S. and Eckert, A., 1981. Structural evolution of Sanandaj-Sirjan Ranges near Esfahan, Iran. *AAPG Bulletin*, 65, 674-687.
- Toori, M. and Seyitoğlu, G., 2010. Neotectonics of Zanjan (Central Iran): A Left-Lateral Strike Slip System and related Stepover Structure. *Tectonic Crossroads: Evolving Orogens of Eurasia-Africa-Arabia*. Geological Society of America Abstract with Programs, 36, 434.
- Verdel, C., Wernicke, B. P., Ramezani, J., Hassanzadeh, J., Renne, P. R. and Spell, T. L., 2007. Geology and thermochronology of Tertiary Cordilleran-style metamorphic core complexes in the Saghand region of central Iran. *Geological Society of America Bulletin*, 119, 961-977.
- Verdel, C., 2009. Cenozoic geology of Iran: an integrated study of extensional tectonics and related volcanism. Ph. D. thesis. California Institute of Technology. 287 pp
- Zahedi, M., Hajian, J. and Blourchi, H., 1985. Geology Map of Sanandaj (Scale 1:250000). Geological Survey of Iran.