

MORALLI DERESİ DRENAJ HAVZASINDAKİ VE VAN GÖLÜ'NÜN DOĞU KİYISINDAKİ YÜZEY TORTULLARININ MİNERAL TOPLULUKLARI VE KİL MİNERALLERİ DAĞILIMI: KÖKEN, TAŞINIM VE PALEOİKLİMSEL YAKLAŞIMLAR (TUŞBA, VAN/TÜRKİYE)

Mineral Assemblages and Clay Minerals Distribution in the Surface Sediments Around the Moralli Stream Drainage Basin and the East Coast of the Lake Van: Source, Transport and, Paleoclimatological Approaches (Tuşba, Van/Turkey)

Gül ŞEN¹

Türker YAKUPOĞLU²

^(1, 2) Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye ¹**ORCID No: 0000-0002-9729-242X**

ÖZET

Bu çalışmada, Moralli Deresi drenaj havzasındaki ve Van Gölü'nün drenaj havzasıyla bağlantılı olan doğu kıyısını kapsayan kaynak alandaki pekişmemiş yüzey tortullarındaki mineral topluluklarını, kil minerallerini tespit ederek, Holosen yaşlı yüzey tortullarındaki kil minerallerinin kökenini, dağılımını ve bunların işaret ettiği iklim koşullarını ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. Akarsu-göl tortullarındaki mineralleri tayin etmek için X-ışını kırınım yöntemi ile (XRD) tüm kayaç ve kil fraksiyonu analizleri yapılmıştır. Tüm kayaç analizi sonucunda yüzey tortullarında amfibol, feldispat, kalsit, kuvars, mika, piroksen ve kil mineral topluluğu, kil fraksiyon analizi sonucunda ise illit, kaolinit, klorit, simektit, karışık katmanlı klorit-simektit mineralleri tespit edilmiştir. Tortullarda tespit edilen illit, kaolinit, klorit ve simektit, minerallerinin çalışma alanında mostra veren volkanik, metamorfik ve sedimanter kayaçlarda bulunan ve çeşitli bozunma süreçlerine maruz kalan amfibol, feldispat, mika ve piroksen grubu minerallerinden türediği sonucuna varılmıştır. Van gölü kıyı tortullarında tespit edilen illit mineralinin, klorit mineraliyle birlikte bulunuşu, illit mineralinin detritik kökenli olduğunu ve akarsu ile taşınarak kıyıda depolandığını işaret etmektedir. Ayrıca, kıyı tortullarında (pç5, pç-10 ve pç-15 kodlu numunelerde) tespit edilmiş kaolinit, klorit ve simektit kil mineral birliği, volkanik set gölü özelliğinde olan Van Gölü'nde bulunan volkanik malzemenin yerinde alterasyona uğramış olduğunu işaret etmektedir. Yüzey tortullarında iyi kristallliğe sahip illit, klorit ve kaolinit minerallerinin baskın olarak bulunması, Holosen döneminde baskın ve uzun süreli olarak soğuk ve kuru iklim koşullarının hüküm sürdüğünü (buzul dönemlerini), simektit mineralinin varlığı ise kısa süren nemli ve mevsimsel iklim koşullarını (buzularası dönemleri) işaret etmektedir.

68

Anahtar Kelimeler: Akarsu-göl tortulları, Van Gölü, Kil mineralojisi, Paleoiklimsel yaklaşımlar

ABSTRACT

This study aimed to reveal the source, distribution and climate conditions indicated by the clay minerals in the Holocene aged surface sediments by detecting the mineral assemblages and clay minerals belonging to the surface sediments of the source area in the Moralli Stream drainage basin and the eastern shore of Lake Van connected with the drainage basin. The bulk rock and clay fraction analyses were performed by X-ray diffraction method (XRD) to determine the minerals in the fluvio-lacustrine sediments. As a result of bulk rock analysis, amphibole, feldspar, calcite, quartz, mica, pyroxene and clay mineral assemblage, and the clay fraction analysis, illite, kaolinite, chlorite, smectite, mixed-layer chlorite-smectite minerals were determined in the surface sediments. It was concluded that illite, kaolinite, chlorite and smectite minerals detected in the sediments are derived from amphibole, feldspar, mica and pyroxene group minerals found in volcanic, metamorphic and

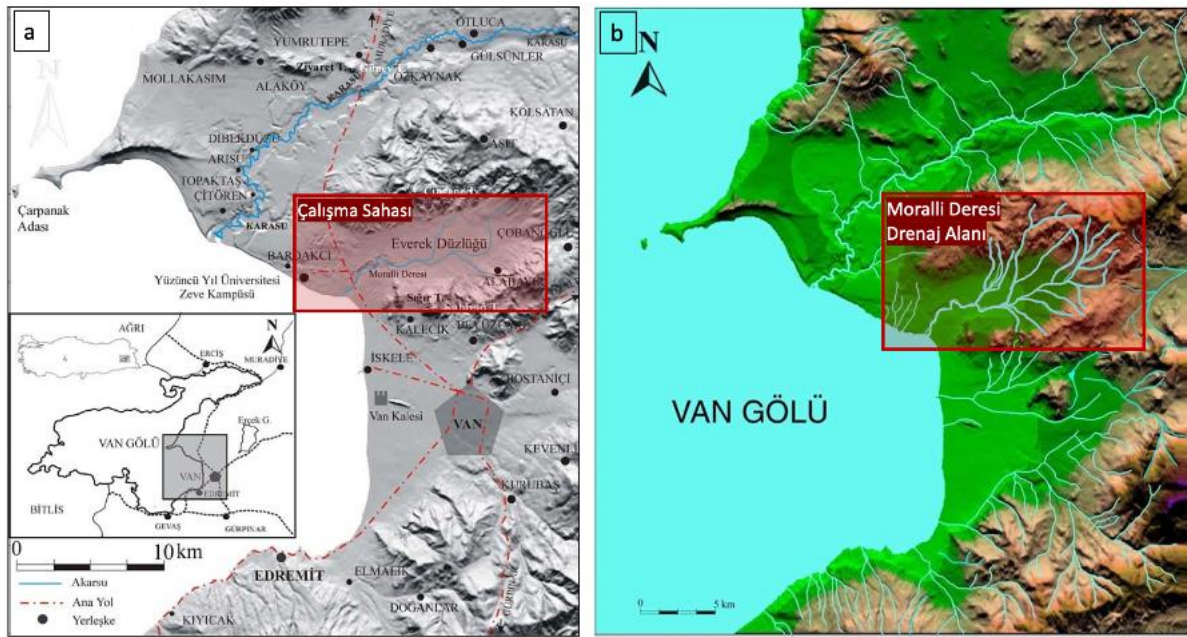
sedimentary rocks outcropped in the study area and subjected to various weathering processes. The illite mineral associated with the chlorite mineral detected in the coastal sediments of Van Lake indicates that the illite mineral is of detrital origin and was transported by the Moralli stream and deposited on the shore of Lake Van. In addition, kaolinite, chlorite and smectite clay mineral associations detected in coastal sediments (pç5, pç-10 and pç-15) indicate that the volcanic material found in Lake Van has the characteristics of a volcanic barrier lake, has been altered in situ. The predominance of the illite, chlorite and kaolinite minerals with good crystallinity in the surface sediments indicates that cold and dry climatic conditions (glacial periods) prevailed in the Holocene period for a long time. In contrast, the presence of smectite indicates that humid and seasonal climatic conditions (interglacial periods) existed for short interval periods.

Keywords: Fluvio-lacustrine sediments, Lake Van, Clay mineralogy, Paleoclimatological approaches

1. GİRİŞ

Killer birçok farklı jeolojik birimde örneğin alterasyona uğramış kayalarda ve topraklarda, karasal ve denizel ortam çökellerinde, volkanik tortullarda, jeotermal alanlarda, plütonik kayalar ve hidrotermal sıvıların intrüzyonu sonucu altere olan yan kayaç duvarlarında ve düşük dereceli metamorfik kayalarda oluşmaktadır. Farklı depolanma ortamlarında, çeşitli sıcaklık ve basınç koşullarında oluşan kil mineralleri farklı özelliklere sahip olur ve bu karakteristik özellikler killerin oluşumuna olanak tanıyan kayaç kökeniyle ilişkilidir (Galan, 2006). Kil mineralleri çoğunlukla önceden var olan minerallerden, temel olarak kayaç oluşturan silikatlardan dönüşüm ve/veya kayaların su, hava veya buharla temasına maruz kalması sonucunda neoformasyon yoluyla oluşmaktadır (Konta, 1992). Bu bağlamda çalışma kapsamındaki kaynak alana ait pekişmemiş yüzey tortullarındaki kil minerallerini belirleyerek, kil minerallerinin türediği temel kayalar, bu kayaların alterasyona uğramasına sebep olan Holosen jeolojik zaman dilimindeki iklimsel değişiklikleri tayin etmek ve Van Gölü ile bağlantılı olan akarsu sistemindeki göl ve akarsuya ait detritik kil minerallerinin arasındaki bağlantıyı değerlendirmek amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, Moralli Deresi kanalı tortullarına, drenaj havzasındaki taşkın ovası tortullarına, delta tortullarına ve göl kıyısı tortullarına ait kil mineral verileri sunulmuştur ve Holosen döneminde Moralli Deresi sisteminin karasal tortullarındaki kil minerallerinin sistem içindeki dağılımı, oluşum mekanizması, taşınımı, iklimsel değişikliklere ait kayıtları ortaya çıkarılmıştır. Van Gölü çevresinde bulunan farklı yaşlardaki ve farklı ortamları temsil eden kayalar kil mineraloji bakımından birçok araştırmacı (Kılıçer, 2009; Ateş, 2010; Kılıçer & Yakupoğlu, 2011; Ateş & Yakupoğlu, 2012; Akman, 2017; Aras & Kılıç, 2017) tarafından çalışılmış olsa da Moralli Deresi sistemine ait pekişmemiş yüzey tortulları üzerinde daha önce benzer bir çalışma yapılmamış olması dolayısıyla ilk veriler bu çalışma kapsamında sunulmuştur.

Çalışma sahası, Van Gölü doğusunda bulunmakta, kuzeyde Bardakçı Köyü, güneyde Kalecik Köyü, batıda Van Gölü ve doğuda Çobanoğlu Köyü ile sınırlanan yaklaşık 30 km²'lik bir alanı kapsamakta ve Van ili K50-c4 paftası içerisinde yer almaktadır (Şekil 1a). Bu araştırma kapsamındaki Moralli Deresi, Ağazul Tepe'nin güneyinden doğan Beyaztaş ve Tekmal Dereleri ve Kavran Tepe çevresinde doğan Osmangöl ve Katar dereleriyle Everek düzlüğünün merkez sayılabilecek bölgesinde birleşmektedir. Akış aşağı yönde Batıya doğru gidildikçe, Kurudere ile Sığır Tepenin kuzeyinde bulunan kaynakları da bünyesine ekleyerek Van Gölü'ne dökülmektedir (Şekil 1b).



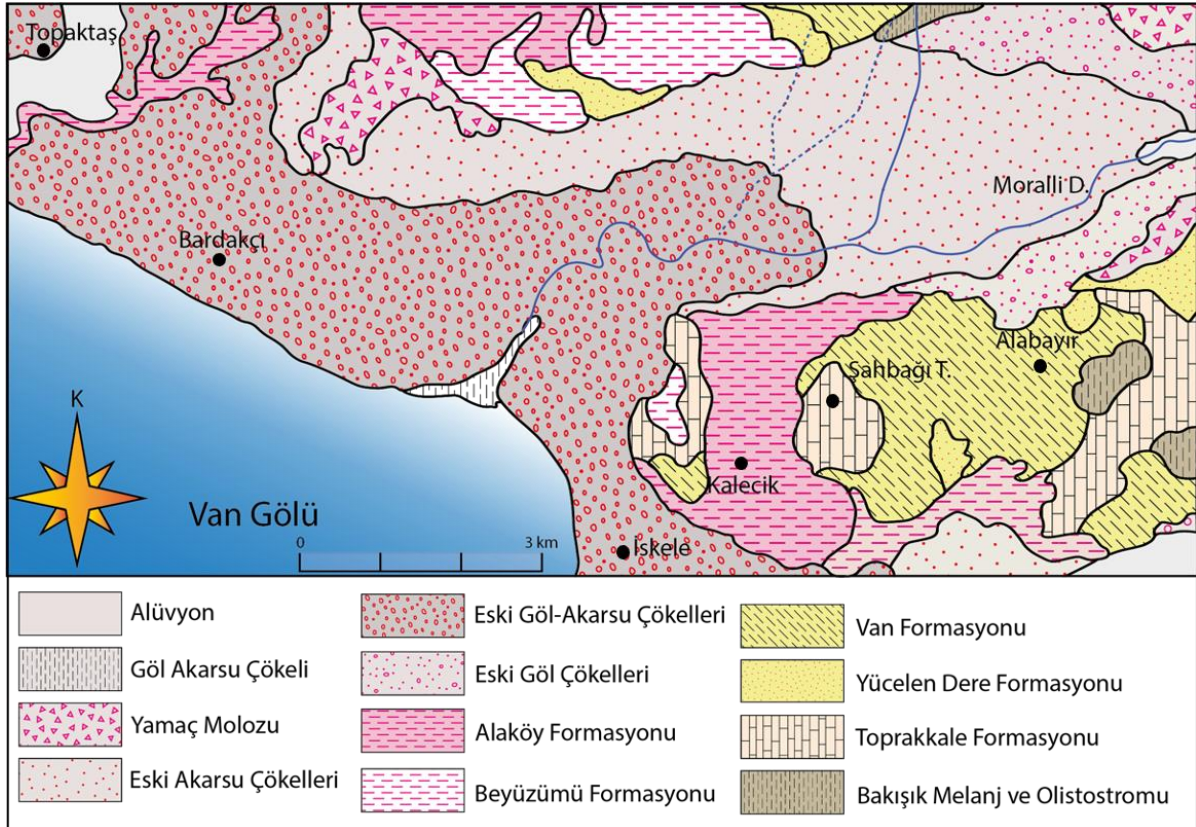
Şekil 1. a) Çalışma alanı lokasyon haritası, b) Çalışma alanı akaçlama alanı haritası (Özkaymak, 2003'ten değiştirilerek hazırlanmıştır).

2. GENEL JEOLojİ

Van Gölü Havzası, Paleozoyik'ten günümüze kadar farklı yaşlara ait kayaç gruplarını içermektedir (Acarlar vd., 1991 ve Üner, 2003). Çalışma alanında mostra veren en yaşlı birim Şenel vd. (1984) tarafından tanımlanmış Üst Kretase yaşlı Bakışık melanj ve olistrostromudur. Bakışık melanji sedimanter kayaçlardan ise çört, dolomit, kireçtaşı, kiltası, kumtaşı, radyolarit, şeyl, volkanik kayaçlardan dunit, gabro ve son olarak metamorfik kayaçlardan harzburgit, mermer, serpantinitten oluşmaktadır. Bakışık melanjına ait kayaçların, çalışmanın yapıldığı kaynak alanın hem güney hem de kuzey bölgesinde mostra verdiği tespit edilmiştir ve çalışma alanını kapsayan bölge için hazırlanan haritada ve stratigrafik kolon kesitte gösterilmiştir (Şekil.2 ve Şekil.3). Acarlar vd., (1991)'de Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı karbonat şelf ortamında çökelmiş bej ve gri renkli masif görünümlü ve kalın tabakalı neritik kireçtaşlarından oluşan birime Toprakkale Formasyonu adı verilmiştir. Toprakkale formasyonu, Moralli Deresinin güney ve güneydoğusunda mostra vermekte ve geniş yayılım göstermektedir. Orta-Üst Eosen yaşlı Yücelendere Formasyonu (Şenel vd., 1984; Acarlar vd., 1991) ise kırmızı ve sarımsı renkli pelajik kireçtaşları ile türbiditik özellikteki ince tabakalı çamurtaşı, kumtaşı ve marn aralanmasından oluşmaktadır. Çalışma alanında Moralli Deresi'nin kuzeybatı, doğu ve kuzeydoğusunda mostra vermektedir ve yayılımı oldukça kısıtlıdır. Oligosen-Alt Miyosen yaşlı Van Formasyonu (Yılmaz, 2017; Kazak, 2019; Korkmaz, 2020) transgresif özellik sunan, kıyı, şelf ve denizaltı yelpaze ortamlarını temsil eden ve türbiditik özellikte kumtaşı, silttaşı, kiltası ve kalkarenit aralanmasından meydana gelmiştir. Van formasyonuna ait mostralar, çalışma alanının güney kısmında geniş yayılım göstermekte, kuzey bölgesinde ise güney bölgedeki yayılıma nazaran çok daha az yayılım gösterdiği tespit edilmiştir. Acarlar vd., (1991) ve Üner vd., (2003) çalışmalarında incelenen Üst Pliyosen yaşlı Beyüzümü Formasyonu göl kıyısı depolanma ortamında çökelmiş çakıltası, kumtaşı ve kokinalı kireçtaşından oluşmuştur. Çalışma alanının özellikle kuzeyinde geniş yayılım gösteren Beyüzümü formasyonu, çalışma alanının güney bölgesinde ise dar bir alanda mostra vermektedir. Üst Pliyosen-Pleyistosen yaşlı Alaköy Formasyonu (Acarlar vd., 1991) ise akarsu-delta ortamında çökelmiş kumtaşı, silttaşı ve gölsel çökeller ile (marn, kiltası, kumtaşı) aralanmalı olarak depolanmış sedimanter kayaçlardan meydana gelmiştir ve Moralli Deresi'nin kuzeybatısı ve güneydoğusunda mostra vermektedir. Çalışma alanı kapsamında değerlendirilen son jeolojik birim ise Kuvaterner yaşlı eski göl tortulu, eski göl-akarsu tortulu, eski akarsu tortulu, yamaç molozu, göl-akarsu tortulu ve alüvyonlardır (Şekil 2). Eski göl tortulları Moralli Deresi kaynak alanı çevresinde, eski akarsu çökelleri çalışma alanının merkez bölgesinde, eski göl-

akarsu çökelleri ise Moralli Deresi'nin Van Gölü'ne döküldüğü alanda ve civarında geniş yayılım göstermektedir. İklimsel değişiklikler ve tektonik faaliyetlerin etkisi altındaki mostra veren temel kayaların gerek kimyasal, fiziksel ve biyolojik unsurların aktivitesine bağlı olarak alterasyona maruz kalarak oluştuğu yerde depolanması, gerekse altere olmuş kırıntıların çeşitli taşıma ajanları (akarsu, rüzgâr, kütle hareketleri) aracılığıyla havzaya taşınıp depolanmasıyla Kuvaterner yaşlı birimler oluşmuştur.

Çalışma alanında tanımlanan alüvyonları temsil eden pekişmemiş akarsu-göl yüzey tortulları akarsu drenaj alanında, deltada ve göl kıyısında çökelmiştir. Akarsu tortulları açık kahverengi ve açık yeşilimsi gri renkte çakıl, kum, silt, kil boyu tortullardan oluşmaktadır. Delta tortulları bej ve açık gri renkli ince kum-kil boyu malzemeden, göl kıyısı tortulları ise sarımsı gri, koyu gri renkli çakıl-kum-silt boyu kırıntılı malzemeden oluşmaktadır (Şen, 2015).



Şekil 2. Çalışma alanının jeoloji haritası (Sümengen, 2008'ten yararlanılarak çizilmiştir).

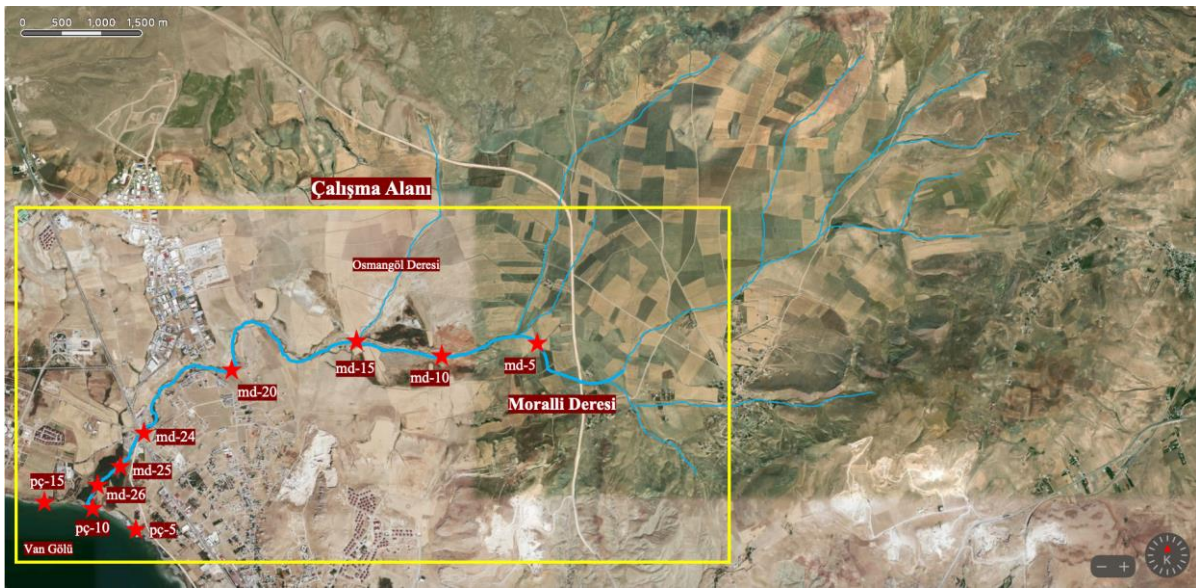
SİSTEM	KUVATERNER			LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
	SERİ	FORMASYON	KALINLIK (m)		
	HOLOSEN	Holosen tortulları	>20		
	PLEYİSTOSEN	Pleyistosen tortulları	150		
NEOJEN	PLİYOSEN	Alaköy	100		Kumtaşı, kilitaşı, marn, pomza ardalanması
		Beyüzümü	100		
	OLİGO-MİYOSEN	Van	350		Konglomera, kumtaşı, silttaşı, kilitaşı ardalanması
	EOSEN	Yücelendere	200		Marn, kireçtaşı, kumtaşı, çamurtaşı vb.
PALEOJEN	PALEOSEN	Toprakkale	150		Neritik kireçtaşı
	GEÇ KRETASE	Bakışık Melanji	400		Bakışık melanji ve olistrostromu: Serpantinit, harzburjit, dunit, gabro, kireçtaşı vb.

Şekil 3. Çalışma alanının stratigrafik kolon kesiti (Acarlar, 1991; Sümengen, 2008'ten faydalanılarak çizilmiştir).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu araştırma kapsamında Moralli Deresi kanalından, Moralli Delta'sından ve Van Gölü kıyı alanından toplam 42 adet 2 kg ağırlığında pekişmemiş tortul numunesi alınmıştır ve bu numunelerden 10 tanesi mineralojik tayin için seçilmiştir (Şekil 4). Mineralojik tayin amacıyla yapılan XRD analizleri, Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü bünyesindeki Analiz, Teknoloji ve

Kalibrasyon Laboratuvarlarında PANalytical X-Pert Powder Model X-Işını Difraktometresi (XRD) ile (Anot=CuK α , gerilim=60kW ve akım=30mA koşullarında) yapılmıştır. Tüm kayaç çekimleri için numuneler toz haline getirilmiştir ve toz formda olan numuneler özel bölmeli lam üzerine konularak XRD çekimleri yapılmıştır. Tüm kayaç çekimleri 2 θ değeri 2.50-70.00 aralığında gerçekleştirilmiştir. Tortul numunelerindeki kil boyu (<2 μ m) malzemenin ayrılması işlemi için sedimentasyon yöntemi uygulanmıştır. Numunelerdeki kil boyu malzemelerin kil fraksiyonu difraktogramları, normal (N), Etilen Glikollü (EG) ve fırınlanma (300 °C ve 550 °C) uygulamalarından geçirilerek elde edilmiştir. Bu difraktogramların ham verileri X'Pert HighScore yazılımı kullanılarak birleştirilmiştir. Difraktogramlardaki pik yansımasına ait d değerleri Grim (1968); Brown & Brindley, (1980); Velde (1985) ve Moore & Reynolds (1997) gibi farklı kaynaklardan yararlanılarak değerlendirilmiştir. Öncelikle, tüm sediman çekimlerinden tortul numunelerinin mineralojisi, sonrasında ise kil fraksiyonu çekimlerinden kil mineralojisi çalışılmıştır. Mineraller tanımlanırken öncelikle en şiddetli birincil pik yansımaları, daha sonra sırasıyla diğer pik yansımaları değerlendirilmiştir (Hanawalt yöntemi).



Şekil 4. Moralli Deresi sistemine yüzey tortul numunelerinin alındığı noktaları gösteren Google Earth haritası.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1.Holosen Yaşlı Yüzey Tortullarının Mineralojik Özellikleri

Pekişmemiş yüzey tortullarının mineralojik bileşimlerinin belirlemek adına yapılan tüm kayaç ve kil fraksiyonu XRD analizinden elde edilen veriler, numunelerin alındığı konumlara göre sınıflandırılmış olup Çizelge 1 ve Çizelge 2’ de verilmiştir. Buradaki coğrafik konumlar: (1) Moralli deresi kanalı, (2) Moralli deresi deltası ve (3) Van Gölü kıyısı olarak gruplandırılmıştır.

4.1.1. X-ışınları kırınımı tüm kayaç mineralojisi

X-Işınları kırınımı standart analizleri kapsamında, tortul numunelerinin tamamında kil dışı minerallerden feldispat, kalsit, kuvars, mika, piroksen mineralleri ve kil mineralleri tespit edilmiştir. Ayrıca, altı adet numunede amfibol mineralleri olduğu tespit edilmiştir (Şen, 2015). Amfibol mineralleri md-5, md,24, md-25, pç-5, pç-10 ve pç-15 kodlu tortul numunelerinin difraktogramlarında tespit edilmiştir (Şekil 5 a, c, e) (Çizelge 1).

Çizelge 1. Yüzey tortullarının XRD tüm kayaç analizinde tespit edilmiş mineraller

Numune No	Lokasyon	Tüm Kayaç						
		Amfibol	Feldispat	Kalsit	Kristobalit	Kuvars	Mika	Piroksen
md-5	Moralli Deresi	+	+	+	+	+	+	+
md-10	Moralli Deresi	-	+	+	+	+	+	+
md-15	Moralli Deresi	-	+	+	+	+	+	+
md-20	Moralli Deresi	-	+	+	+	+	+	+
md-24	Moralli Deltası	+	+	+	+	+	+	+
md-25	Moralli Deltası	+	+	+	+	+	+	+
md-26	Moralli Deltası	-	+	+	+	+	+	+
pç-5	Van Gölü Kıyısı	+	+	+	+	+	+	+
pç-10	Van Gölü Kıyısı	+	+	+	+	+	+	+
pç-15	Van Gölü Kıyısı	+	+	+	+	+	+	+

Amfibol grubu mineraller 8.42-8.95 Å d(110) değerlerindeki en şiddetli yansıma pikleriyle tanımlanmıştır. Mineralin diğer yansıma pikleri ise 4.73-4.74 Å d(200) ve 3.12 Å d(310) olarak tespit edilmiştir. Tortulların tüm kayaç XRD difraktogramlarında belirlenen piroksen mineralleri 2.23 Å d(212), 1.57 Å d(251), 1.54 Å (350) ve 1.37 Å d(043) pik yansımaları ile tanımlanmıştır (Downs et al., 1993).

Feldispat mineralleri, çalışma kapsamında XRD analizi yapılan bütün tortul numunelerinde tespit edilmiştir. Brown & Brindley (1980)'de feldispat mineralleri 3.66-3.67 Å d(130,131) ve 6.-6.37 Å d(001) yansıma pikleri ile tanımlanmıştır. Her bir tortul numunesine ait feldispat minerallerinin yansıma pikleri tüm kayaç difraktogramlardan okunmuştur. Tortul numunelerinin tüm kayaç difraktogramlarındaki 6.37-6.46 Å d(002-020), 4.02-4.04 Å d(202), 3.65-3.67 Å (200), 2.38-2.45 Å (310-114) ve 1.87 Å (224) yansıma pikleri Feldispat grubu minerallerinden olan Anortit mineralini temsil etmektedir. Feldispat minerallerinin yansıma pikleri asimetric ve keskin özellik sunmaktadır.

Tortul numunelerinin tüm kayaç difraktogramlarında keskin ve en şiddetli pik yansımasını 3.03 Å d(104)' da veren mineralin kalsit minerali olduğu tespit edilmiştir. Kalsit mineralinin 3.85-3.84 Å d(012), 2.84 Å d(006), 2.50-2.49 Å d(110), 2.09 Å d(202), 1.91 Å d(018) ve 1.60 Å d (122) yansıma pikleri de XRD difraktogramlarında gözlenmiştir. Kalsit mineralleri simetric ve keskin özellikte yansıma piklerine sahip olduğu gözlenmiştir. Moralli Deresi sisteminden alınan tüm tortul numunelerinin XRD çekimlerinde kalsit mineraline rastlanmıştır.

Düşük sıcaklık kuvars mineralini işaret eden belirgin yansıma pik değerleri 4.26-4.24 Å d(100) ve 3.33-3.34 Å d(011/101) iken, yüksek sıcaklık kuvars mineralinin varlığını işaret eden 4.43-4.34 Å d(100) ya da 3.39-3.42 Å d(101) yansıma pik değerleridir (Brown & Brindley, 1980). Tortul numunelerinde kuvars mineralini temsil eden 4.26-4.24 Å d(100), 3.33-3.34 Å d(011/101), 2.45-2.46 Å d(110), 2.28 Å d(012/102), 2.12-2.13 Å d(200), 1.97-1.98 Å d(021/201), 1.81-1.82 Å d(112) ve 1.66-1.67 Å d(022) yansıma pikleri tüm kayaç XRD difraktogramlarında tespit edilmiştir (Downs et al., 1993; Moore & Reynolds, 1997). Tortul numunelerinde belirlenmiş kuvars mineraline ait yansıma pikleri keskin ve simetric özelliktedir. Mika minerallerinden muskovit 9.9-10.1 Å d(002) yansıma pikleri çok şiddetli özellik sunmuştur ve d(020) pik yansıması olarak da 4.5-5.0 Å değerleri arasında gözlemlenmiştir. Tüm kayaç difraktogramlarında gözlenen 9.97-10.13 Å d(002), 4.46-4.74 Å d(020), 2.82-2.88 Å d(115) ve 2.57-2.59 Å d(200) pik yansımalarının muskovit mineralini temsil ettiği düşünülmektedir (Downs et al., 1993). Difraktogramlarda tespit edilen 9.97 d(002), 4.51 d(020), 3.34 d(024) ve 1.98 d(224) pik yansımaları 2M₁ muskovit mineralini işaret etmektedir.

4.1.2. X-ışınları kırınımı detay kil mineralojisi

X-ışınları kırınımı detay kil mineralojisi analizi sonucunda yüzey tortullarında kaolinit, klorit, klorit-simektit, simektit ve illit mineralleri tespit edilmiştir (Çizelge 2) (Şekil 5 b, d, f). Kil minerallerinin yüzey tortullarındaki dağılımına bakıldığında, md-5, md-15, pç-5, pç-10 ve pç-15 kodlu numunelerde simektit mineralinin bulunduğu, ancak diğer tortul numunelerinde bu mineralin bulunmadığı gözlemlenmiştir. Simektit minerali dışındaki diğer kil mineralleri bütün tortul numunelerinde belirlenmiştir.

Çizelge 2. Yüzey tortullarının XRD kil fraksiyon çekiminde tespit edilmiş mineraller

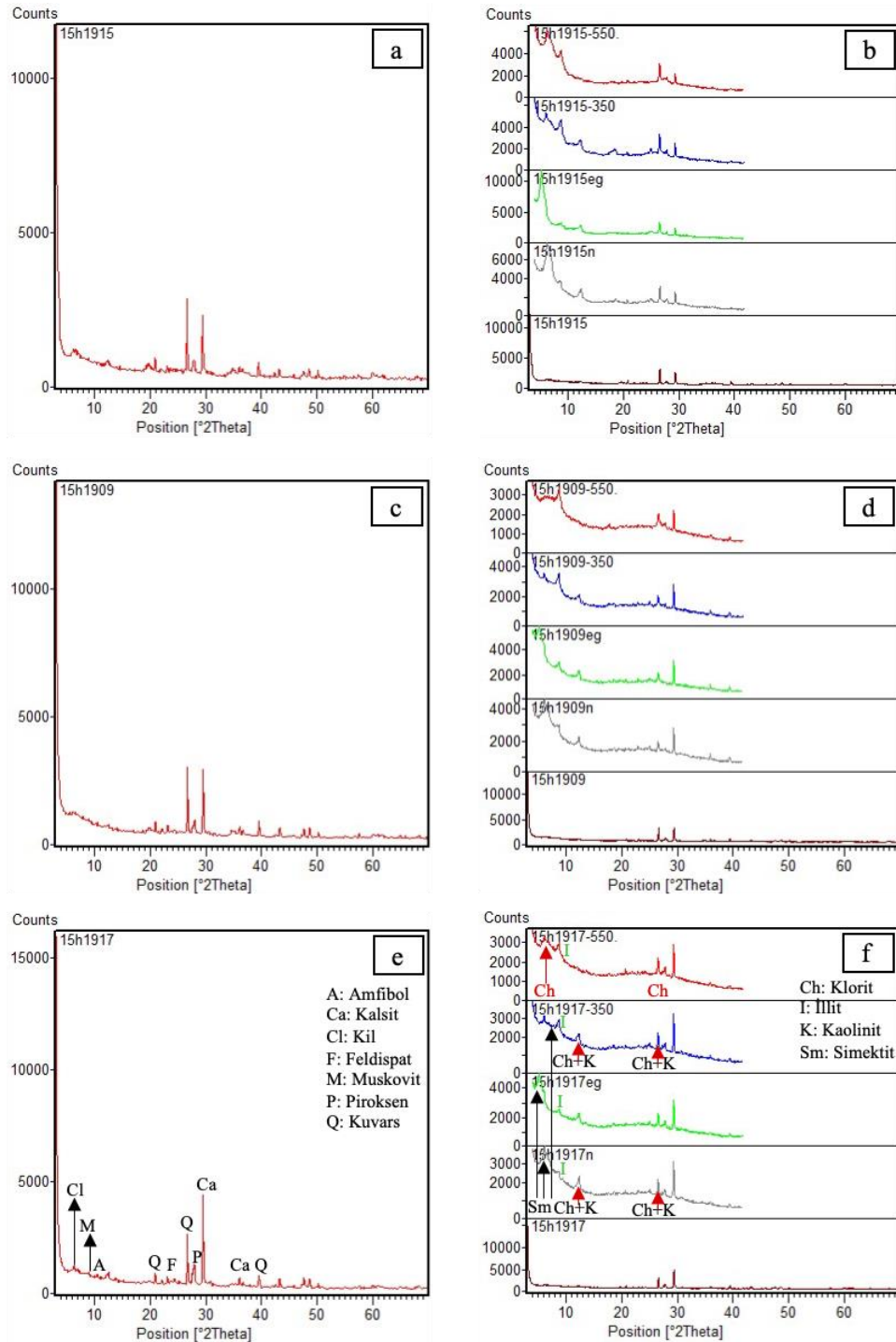
Numune No	Lokasyon	Kil Fraksiyonu				
		İllit	Kaolinit	Klorit	Simektit	Vermikülit
md-5	Moralli Deresi	+	+	+	+	+
md-10	Moralli Deresi	+	+	+	+	+
md-15	Moralli Deresi	+	+	+	+	+
md-20	Moralli Deresi	+	+	+	+	+
md-24	Moralli Deltası	+	+	+	+	+
md-25	Moralli Deltası	+	+	+	+	+
md-26	Moralli Deltası	+	+	+	+	+
pç-5	Van Gölü Kıyısı	+	+	+	+	+
pç-10	Van Gölü Kıyısı	+	+	+	+	+
pç-15	Van Gölü Kıyısı	+	+	+	+	+

Biscaye (1964)'te tortullardaki kaolinit ve klorit minerallerini ayırt etmek için X-ışını kırınımı yönteminden faydalanılmış ve hızlı taramada 7 Å d pik yansıması yavaş tarama ile çözümlenerek 7.16 Å ve 7.08 Å d değerinde 2 farklı tepe noktası sahip pik yansımaları tespit edilmiştir. Belirlenen piklerden majör olanı daha şiddetli pik yansımasına sahipken, diğerinin ise şiddetli pik yansımasına omuz oluşturduğu belirlenmiştir. Ayrıca 3.5 Å 'da çift pik yansıması hızlı tarama ile çözümlenmiş ve bir pik yansımasının çok şiddetli (3.58 Å) diğerinin (3.54 Å) ise buna omuz oluşturduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda aynı tortul numunesinin çift tepeli pik yansımalarında, 7.16 Å, 3.58 Å ve 2.384 Å d(003) pik yansımalarının kaolinit mineralini, 7.04 Å, 3.54 Å ve 4.72 Å pik yansımalarının klorit mineralini temsil ettiği sonucuna varılmıştır. Bu çalışma verileri göz önüne alındığında, tortul numunelerinde ilk 7.16 Å'da d(001), ikinci 3.58 Å'da d(002) yansıma pikleri veren mineralin kaolinit mineralini temsil ettiği düşünülmüştür (Şekil 5 b, d, f). Ayrıca, 550 °C ısı uygulaması sonucunda klorit mineraline ait 14 Å civarında yansıma pikinin şiddetinin arttığı (Tellier et al., 1988) ve kaolinit minerallerini temsil eden karakteristik yansıma piklerinin (7.16 Å d(001) ve 3.58 Å d(002)) yıkıldığı gözlenmiştir.

Klorit minerali, normal çekimlerde tespit edilen 14.20-14.40 Å'da d(001) karakteristik yansıma pikiyle tanımlanmıştır (Moore & Reynolds, 1997). Ayrıca, klorit mineraline ait 7.10-7.20 Å'da d(002), 4.74 Å'da d(003) ve 3.53 Å'da d(004) yansıma pikleri de tespit edilmiştir. XRD difraktogramlarında belirlenen klorit mineraline ait yansıma pikleri keskin ve asimetric özellik sunmuştur. Akarsu tortullarını temsil eden md-5, md-10, md-15 ve md-20 kodlu numunelerin XRD difraktogramlarında belirlenen 14.21-14.40-14.25-14.15 Å'daki yansıma pik değerleri, delta tortullarını temsil eden md-24, md-25 ve md-26 kodlu numunelerin XRD difraktogramlarında görülen 14.29-14.32-14.01 Å'daki yansıma pik değerleri ve son olarak Van Gölü kıyı tortullarını temsil eden pç5, pç-10 ve pç-15 kodlu numunelerin XRD difraktogramlarında gözlenen 14.15-14.21-14.18 Å'daki yansıma pik değerleri klorit, klorit-simektit minerallerini temsil etmektedir (Şekil 5 b, d, f). Klorit mineraline ait yansıma pikleri geniş tabanlı ve şiddetli özellik sunmuştur. EG-difraktogramında klorit mineralinin yansıma pikinin yeri ve şiddeti değişmemektedir. Ancak, bu yansıma pikine bitişik olan ve EG uygulamasından sonra oluşan şişme bölgesindeki diğer yansıma piki aratabakalı klorit+simektit minerallerini temsil etmektedir. Simektit minerali normal çekimlerde 12.50-13.00 Å'da d(001) (Wilson et al., 2004) civarında yansıma pikleri sunmuşken, etilen glikollü çekimlerde 16 Å civarında yansıma pikleri sunmuştur. Isıl uygulamalardan sonraki XRD çekimlerinde klorit mineraline ait yansıma piklerinin konumlarında bir değişiklik olmadığı, simektit mineralini temsil eden yansıma pikinin konumunun ise dereceli olarak 10 Å'a gerilediği gözlenmiştir (Şekil 5 b, d, f). Bu pik değerleri sodyumlu simektitler için tipiktir (Wilson, 1987). X-ışınları difraktogramlarında simektitlerin yansıma pik genişliklerinin fazla olması ve asimetric pikler sunması, simektit minerali kristallerinin iyi gelişmediğini işaret etmektedir.

İllit mineralleri 10 Å d(001) civarındaki şiddetli pikiyle karakteristiktir (Moore & Reynolds, 1997). Akıska & Karakaş (2021)'de 10,1 Å'daki d(001), 5 Å civarındaki d(002), 3,35 Å'daki d(003), 2,55 Å'daki d(116) yansıma piklerinin illit mineralini işaret ettiği, normal, EG ve ısı uygulamalar sonrası yapılan çekimlerde değişmeyen 10,1 Å'daki değerindeki d(001) yansıma piklerinin illit mineralinin tanımlanmasında kullanıldığı belirtilmiştir. Bu çalışmada illit mineralinin tanımlanmasında, 10.00-10.20 Å'da d(001), 4.8-5.0 Å'da d(002), 4.26-4.28 Å'da (111) ve 3.35 Å'da

d(003) yansıma pikleri kullanılmıştır. Difraktogramlarda gözlemlenen illit minerallerinin yansıma pikleri geniş tabanlı ve asimetrik özellik sunmaktadır. Ayrıca, etilen glikol ve ısı uygulamaları sonrasında yapılan XRD çekimlerinde 10.00-10.20 Å'daki d(001) yansıma pikinin konumunda değişiklik olmadığı belirlenmiştir. Yansıma piklerinden elde edilen gözlemler sonucu illit/K-mika (2M₁ muskovit) mineralinin detritik kaynaklı olabileceğini düşünülmüştür.



Şekil 5. XRD difraktogramları: a) md-5 kodlu tortul numunesine ait tüm kayaç difraktogramı, b) md-5 kodlu tortul numunesine ait birleştirilmiş kil fraksiyonu difraktogramları, c) md-25 kodlu tortul numunesine ait tüm kayaç difraktogramı, d) md-25 kodlu tortul numunesine ait birleştirilmiş kil fraksiyonu difraktogramları, e) pç-5 kodlu tortul numunesine ait tüm kayaç difraktogramı, f) pç-5 kodlu tortul numunesine ait birleştirilmiş kil fraksiyonu difraktogramları

4.2. Kil dışı ve Kil Minerallerinin Kaynak Kayaçları, Bozunmaları ve Taşınımı

Amfiboller, geniş bir kimyasal bileşim yelpazesi ile hem magmatik hem de metamorfik kayaçlarda kristalleşmektedir (Simmons, 2016). Çalışma alanı içinde tespit edilmiş Bakışık karmaşığına ait ofiyolitik istifte yer alan peridotit türü kayaçlarda yapılan petrografi analizi sonucunda olivin-piroksen mineralleri belirlenmiştir (Üner & Mutlu, 2019). Ayrıca, pekişmemiş yüzey tortullarının tüm kayaç XRD difraktogramlarında da amfibol ve piroksen mineralleri belirlenmiştir. Bu minerallerin Üst Kretase yaşlı Bakışık karmaşığına ait ofiyolitik istifte bulunan ultra mafik magmayı temsil eden kayaçlardan kaynaklandığı düşünülmüştür. Çalışma alanı çevresinde yüzeylenen ve alterasyona maruz kalan Bakışık karmaşığına ait metamorfik ve volkanik kayaçlardan türeyen amfibol ve piroksen minerallerine ait kırıntıların çeşitli taşıma ajanlarıyla (yağış, rüzgâr, kütle hareketleri) Moralli Deresi drenaj ağı alanına ulaşp gerek dere yatağındaki tortullarda gerekse de akarsu ile Van Gölü kıyı alanına taşınarak kıyı tortullarında depolanmıştır. Ayrıca, çeşitli taşıma ajanlarıyla taşınma sürecinde ve farklı kimyasal özellikteki ortamlarda depolanması sonucu fiziksel ve kimyasal alterasyona maruz kalan amfibol ve piroksen mineralleri için günlenme sürecinin devam etmesi, kil minerallerinin oluşumuna olanak vermiştir. Chamley, (1989)' da simektit ve kaolinit minerallerinin depolanma ortamındaki pH seviyesine bağlı olarak (bazık/asidik), piroklastik ve volkanik kayaçların alterasyonundan türeyen bileşenlerin yerinde çökmesi sonucunda oluştuğı belirtilmiştir. İsmail (1970)' da kurak ve alkali koşullar ve Kapoor (1972)'de nemli ve asidik koşullar altında, mika minerallerinin (biyotit) ayrışmasının bir sonucu olarak simektit minerallerinin oluştuğı belirtilmiştir. Banfield & Barker (1994) çalışmasında, amfibollerin ayrışarak simektit minerallerine dönüştüğünü bulmuştur. Wilson & Farmer (1970)' te ise bir amfibol minerali olan hornblendin, ara tabakalı klorit-saponit minerallerine ayrıştığı keşfedilmiştir. Kaynak alanda mostra veren ve kimyasal ve fiziksel ayrışmaya uğrayan Bakışık melanjinin ait volkanik, metamorfik ve sedimanter kayaçlardan türeyen, çeşitli taşıma ajanları ile (akarsu, kütle hareketleri, rüzgar vb.) karasal depolanma ortamlarına taşınarak çökelen ve detritik özellik kazanan amfibol, piroksen ve mika grubu minerallerin farklı iklimsel ve pH koşulları altında bozunarak, bu çalışma kapsamında belirlenen simektit ve klorit minerallerine dönüştüğü düşünülmüştür.

Tüm kayaç türlerinde bulunan feldispatlar en yaygın olarak magmadan kristalleşerek oluştuklarından magmatik kayaçlarda, feldispat içeren kayaçların fiziksel ayrışmasına bağlı olarak feldispat içeren tortullar ve tortul kayaçlarda, ayrıca feldispat ve/veya oluşumları için gerekli kimyasal elementleri içeren öncü kayaçlardan oluşan birçok metamorfik kayaçta da bulunabilmektedirler (Dietrich, 2018). Tazaki (1986)'da ayrışmış volkanik külde, Eswaran & Bin (1978)'de ayrışmış granitte, Tazaki & Fyfe, (1987)'te alkalın magmatik komplekste, Robertson & Eggleton (1991) ve Kawano & Tomita (1996)'da ayrışmış granit kayaçlarında feldispat mineralini tespit etmişlerdir. Bu çalışma alanında mostra veren Üst Kretase yaşlı Bakışık melanji içinde bulunan volkanik kayaçlar ve Pliyosen-Pleyistosen yaşlı Alaköy formasyonu içinde bulunan pomza vb. volkanik kayaçlar, tortul numunelerinde tespit edilen feldispat minerallerinin kaynak kayacı olma özelliğindedirler. Anand et al. (1985)'te feldispat ayrışması üzerine yapılan çalışmada feldispatların bozunması sonucu elde edilen en yaygın ürünlerin halloysit ve kaolinit mineralleri olduğu bulunmuştur. Bu bağlamda tortullarda tespit edilen kaolinit minerallerinin, kırıntılı malzeme olarak çeşitli taşıma ajanları ile depolanma ortamına taşınmış olabileceğı (Keller, 1978) ya da feldispat grubu minerallerin, ortamdaki su aktivitesine bağlı olarak gerçekleşen kimyasal etkileşimler sonucu bozunmasıyla depolanma ortamında artan silisyum ve alüminyum elementlerinin yerinde/insitu çökmesiyle oluşmuş olabileceğı sonucuna varılmıştır (Koukouzas et al., 2009).

Kireçtaşlarında tespit edilen kalsit denizel ve gölsel ortamlarda çeşitli koşullar altında (sıcaklık, pH vb.) farklı formlarda oluşmaktadır ve sedimanter kayaçların ve bunların metamorfoz ürünlerinin bir bileşenidir (Dietrich, 2021). Tortul numunelerinin tüm kayaç XRD difraktogramlarında belirlenmiş olan kalsit minerali, çalışma alanında mostra veren Üst Kretase yaşlı Bakışık melanji içinde bulunan kireçtaşlarının, Paleosen yaşlı Toprakkale formasyonuna ait karbonat self ortamını temsil eden neritik kireçtaşlarının, Eosen yaşlı Yücelendere formasyonuna ait pelajik

kireçtaşlarının ve Pliyosen-Alt Pleyistosen yaşlı Beyüzümü formasyonuna ait göl ortamında çökelmiş kokinalı kireçtaşlarından kaynaklanmaktadır.

Mikalar, konsolidasyona uğrayan magmadan kristalleşerek, magmatik faaliyetlerden türeyen sıvıların depolanmasıyla hem kontakt hem de bölgesel metamorfizma sırasında dolaşan sıvıların depolanmasıyla ve kayaçlardaki alterasyon süreçlerinin sonucu olarak meydana gelen ayrışma sonucu oluşmaktadır (Dietrich, 2021). Bu bağlamda akarsu drenaj alanındaki yüzey tortullarında ve kıyı tortullarında tespit edilen $2M_1$ muskovit minerallerinin kaynağının çalışma sahasında bulunan magmatik, metamorfik ve sedimater kayaçlarından türediği düşünülmüştür. Tortullarda tespit edilen kuvars ve muskovit minerallerinin, Üst Kretase yaşlı Bakışık karmaşığındaki volkanik ve metamorfik kayaçlardan, Paleojen (Toprakkale Fm., Yücelendere Fm., Van Fm.) ve Neojen (Beyüzümü Fm., Alaköy Fm.) yaşlı sedimanter kayaçlardan türemiş olması muhtemeldir. Yüzey tortullarında tespit edilen illit minerali, yine aynı tortul numunesinde tespit edilen muskovit mineralinin kil boyutunun temsilcisidir ve ayrıca, gölsel kıyı tortullarında klorit mineraliyle birlikte bulunuşu göz önüne alındığında bu kil mineralinin akarsu kaynaklı detritik kökenli olduğu sonucuna varılmıştır (Singer, 1984; Ehrmann et al., 2005; Fagel, 2007; Huyghe et al, 2011; Akıska & Karakaş, 2021).

Tortullarda tespit edilen kaolinit, simektit, klorit ve illit minerallerinin çalışma alanında mostra veren volkanik, metamorfik ve sedimanter kayaçlarda bulunan ve çeşitli bozunma süreçlerine maruz kalan feldispat, mika, amfibol ve piroksen grubu minerallerinden türediği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, göllerde temel kayaç olarak bulunan volkanik kayaçların ya da göl havzasına taşınan volkanik kırıntılı malzemenin göl suyu ile etkileşime girmesi sonucunda dönüşüme uğrayarak kaolinit, klorit ve simektit mineral birliğinin oluşumunu sağladığı belirlenmiştir (Millot, 1970; Grim, 1968; Weaver, 1989). Van Gölü kıyısından alınan kıyı tortullarının kil fraksiyonu difraktogramlarında gözlenen (pç5, pç-10 ve pç-15 kodlu numuneler) kaolinit, klorit ve simektit kil mineral birliğinin, volkanik set gölü özelliğinde olan Van Gölü havzasında bulunan volkanik malzemenin göl suyu ile etkileşime girerek bozunmaya uğradığını gösteren bir işaretçi olarak kullanılabileceği düşünülmüştür. Ayrıca, akarsu yüzey tortul numunelerinden md-15 kodlu numunede de kaolinit, klorit ve simektit kim mineral birliği tespit edilmiştir. Bu numune Moralli Deresi kanalı ile Osmangöl Deresi kanalının Everek düzlüğünün merkezi bir noktasında birleştiği lokasyondan alınmıştır (Şekil 4). Osmangöl Deresi'nin kaynak alanının Bakışık karmaşığına ait volkanik kayaçların mostra verdiği bölgede bulunduğu gözlemlenmiştir. Dolayısıyla, diğer akarsu ve delta tortullarında bulunmayan ancak md-10 kodlu tortul numunesinde tespit edilen kil mineral birliğinin, Osmangöl Deresi tarafından taşınarak depolanma ortamına getirildiği ve Osmangöl Deresinin kaynak alanını temsil eden volkanik kayaçların bozunmasına bağlı olarak oluştuğu tespit edilmiştir.

4.3. Paleoiklimsel Yaklaşımlar

Moralli Deresi sistemi yüzey tortullarında tespit edilen kil mineralleri ve mineral birliklerinin depolanma ortamları, oluşma koşulları ve bütün bunları etkileyen Holosen döneminde hüküm süren iklimsel özellikler belirlenmiştir. Klorit minerali, yüksek enlemlerdeki soğuk ve kurak iklim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen fiziksel ayrışmanın kararlı bir detritik ürünüdür (Singer, 1980). Kil boyutu fraksiyonda klorit ve illit, silt fraksiyonda ise muskovit, kuvars ve amfibollerden oluşan mineral toplulukları, yüksek enlemlerdeki karasal depolanma ortamı tortullarında ve/veya soğuk ve kurak iklim koşulları altında ana kayaçların bozunması sonucunda meydana gelen toprak ve tortullarda sıklıkla gözlenmiştir (Biscaye, 1965; Jacobs, 1970; Campbell & Claridge, 1982). İllit ve klorit birincil minerallerdir ve ana kayaçların zayıf hidrolizi ve/veya aktif tektoniğin ve yoğun mevsimsel yağışın neden olduğu güçlü fiziksel erozyon sonucunda oluşmaktadır (Liu et al., 2016). Chamley (2013)'te kil minerallerinin, özellikle de illitin kristallik derecesi ve şekline birincil önem verilmiş ve illitin kristalinitesinin, kaynak alanı ortamı ve iklim koşulları hakkında bilgi verdiği ispatlanmıştır. Yüksek yağış ve sıcaklık, mineralin güçlü bir şekilde hidrolize olmasına yol açmakta ve kristallik değerini ifade eden illit yapısının "açılması" ile sonuçlanmaktadır. Başka bir ifade ile illit mineralinin hidrolize olması, kristalliğinin bozulmasını işaret etmektedir. Zıt koşullarda örneğin düşük sıcaklık ve kuraklık koşullarında illit mineralinin kristalliği korunmaktadır. Bu nedenle, illitin

kristalliği, buzullarla sıklıkla ilişkilendirilen soğuk-kurak dönemler ile sıcak-nemli buzullar arası dönemleri ayırt etmeye yardımcı olmaktadır. Bu çalışma kapsamında illit mineralini temsil eden yansıma piklerinin geniş tabanlı ve asimetrik özellik sunduğu belirlenmiş olup, kristalleşmesinin iyi olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu sonuç ise illit mineralinin hidrolize olduğunu ve dolayısıyla nemli ve ılıman iklim koşullarını işaret etmektedir.

Rao & Sharma, (1995)' te akarsularda, fiziksel/meکانik bozunma ürünlerinin (illit ve klorit), kimyasal bozunma ürünlerine (simektit ve kaolinit) oranla daha baskın olarak bulunduğu değinilmiştir. Örneğin, kaolinit genellikle sıcak ve nemli iklim altında yoğun kimyasal ayrışmayı (hidroliz) temsil eden ana kayaların monosiyalizasyonu ile oluşmaktadır (Chamley, 1989). Nemli ve ılıman iklim koşullarının hüküm sürdüğü tropik bölgelerde, kayaçların sıvı/su etkileşimine bağlı olarak bozunması ve kimyasal ayrışması sonucunda, kıtasal birimlerde kaolinit ve gibsit minerallerince bolluk olduğu tespit edilmiştir (Singer, 1984). Kaolinit/simektit oranı iklimsel değişiklikler hakkında bilgi sağlayan bir temsilci işlevi gördüğü ve kaolinitçe zenginliğin nemli-ılık iklim koşullarını, simektitçe zenginliğin ise kuru ve mevsimsel iklim koşullarını yansıttığı öne sürülmüştür (Adatte ve diğerleri, 2002). Kaolinitin hem Pliyosen hem de Kuvaterner çökellerinde kalıcılığı, daha eski, kaolinitçe zengin çökellerin yeniden işlenmesi veya paleosollerin erozyonu ile açıklanmaktadır (Wilson, 1999). Van Gölü'nün kuzey havzasında paleoiklim kayıtlarını ve göl seviyesini bulmak üzere yapılan araştırma sonucunda erken Holosen döneminde bölgede nemli iklim koşullarının hüküm sürdüğü, geç Holosen döneminde ise oldukça soğuk ve kurak iklim koşullarının hüküm sürdüğü ortaya çıkarılmıştır (Çağatay et al., 2014). Bu çalışma kapsamında kil fraksiyonunda tespit edilen klorit ve illit minerallerinin yüzey tortul numunelerinin tümünde yoğun bir şekilde bulunduğu gözlenmiş ve bunun soğuk ve kurak iklimsel koşullarının Holosen döneminde hüküm sürdüğüne işaret ettiği sonucu çıkarılmıştır. Ancak, bazı yüzey tortullarında tespit edilen kaolinit ve simektit minerallerinin varlığı değerlendirildiğinde, baskın olarak hüküm süren soğuk ve kurak iklim koşullarının, kısa süren nemli-ılıman iklim koşullarıyla kesilmiş ya da aralanmış olması muhtemeldir.

5. SONUÇLAR

Moralli Deresi sistemi akarsu-göl ortamlarına ait pekişmemiş yüzey tortullarının mineral içeriğini belirlemek için yapılan XRD tüm sediman ve kil fraksiyonu analizi sonucunda, amfibol, feldispat, kalsit, kuvars, mika, piroksen, illit, kaolinit, klorit, simektit, karışık katmanlı klorit-simektit mineralleri tespit edilmiştir. Tortullarda tespit edilen illit, kaolinit, klorit ve simektit, mineralleri çalışma sahasında yüzeylenen volkanik, metamorfik ve sedimanter kayaçların bileşiminde yer alan ve fiziksel, kimyasal ve biyolojik alterasyon uğrayan amfibol, feldispat, mika ve piroksen grubu minerallerinden türeyerek gerek birincil gerekse de ikincil bileşen olarak oluşmuştur. Göl kıyısı yüzey tortullarında belirlenmiş illit mineralinin, klorit mineraliyle birlikte bulunuşu, illit mineralinin detritik kökenli olduğunu göstermektedir ve Moralli deresi ile taşınarak kıyıda çökeldiğini işaret etmektedir. Ayrıca, volkanik set gölü özelliğinde olan Van Gölü'nde bulunan volkanik malzemenin alterasyona uğraması sonucunda, göl kıyısı yüzey tortullarında (pç5, pç-10 ve pç-15 kodlu numunelerde) belirlenmiş kaolinit, klorit ve simektit kil mineral birliğinin olduğu yerde çökeldiğini göstermektedir. Yüzey tortullarında illit, klorit ve kaolinit minerallerinin baskın olarak bulunması ve bu minerallerden illitin pik yansıma verilerinin göreceli olarak iyi kristalleşme göstermesi, Holosen döneminde baskın ve uzun süreli olarak soğuk ve kurak iklim koşullarının hüküm sürdüğünü (buzul dönemlerini), simektit mineralinin varlığı ise kısa süren nemli ve mevsimsel iklim koşullarını (buzularası dönemleri) işaret etmektedir.

KATKI BELİRTME

Bu makale birinci yazarın Yüksek Lisans Tezi'nden (Şen, 2015) yararlanılarak yazılmıştır.

KAYNAKLAR

Acarlar, M., Bilgin, E., Elibol, E., Erkal., T. ve Gedik, İ. (1991). Van Gölü doğu ve kuzeyinin jeolojisi. MTA No: 9469 (yayımlanmamış).

Adatte, T., Keller, G., Stinnesbeck, W. (2002). Late Cretaceous to early Paleocene climate and sea-level fluctuations: the Tunisian record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 178, 165–196.

Akıska, E., & Karakaş, Z. (2021). Clay mineralogy and paleoclimatic properties of the Neogene Deposits in Sinanpaşa Basin (Afyon-Western Anatolia). *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 164(164), 93-117.

Akman, T. (2017). *Van Gölü Kuzey ve Doğusundaki Göl Taraçalarının Kil Mineralojisi*. (Yüksek Lisans Tezi), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye.

Anand, R. R., Gilkes, R. J., Armitage, T. M., & Hillyer, J. W. (1985). Feldspar weathering in lateritic saprolite. *Clays and Clay Minerals*, 33(1), 31-43.

Aras, A., & Kiliç, S. (2017). The mineralogy and firing behaviour of pottery clays of the Lake Van region, eastern Turkey. *Clay Minerals*, 52(4), 453-468.

Ateş, Y. (2010). *Van Gölü Havzası Killerinin Mineralojik, Fiziksel, Kimyasal Özellikleri ve Kullanım Alanlarının Belirlenmesi*. (Doktora Tezi), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye.

Ateş, Y., & Yakupoğlu, T. (2012). Assessment of lacustrine/fluviat clays as liners for waste disposal (Lake Van Basin, Turkey). *Environmental Earth Sciences*, 67, 653–663
<https://doi.org/10.1007/s12665-011-1512-z>

Banfield, J. F., & Barker, W. W. (1994). Direct observation of reactant-product interfaces formed in natural weathering of exsolved, defective amphibole to smectite: Evidence for episodic, isovolumetric reactions involving structural inheritance. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 58(5), 1419-1429.

Biscaye, P. E. (1964). Distinction between kaolinite and chlorite in recent sediments by X-ray diffraction. *American Mineralogist: Journal of Earth and Planetary Materials*, 49(9-10), 1281-1289.

Biscaye, P. E. (1965). Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in the Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans. *Geological Society of America Bulletin*, 76(7), 803-832.

Brindley, G.W. (1980). Quantitative X-ray mineral analysis of clays, In Brindley, G.W., Brown, G. (Eds.), *Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-Ray Identification*. London: Mineralogical Society, 125-195.

Brown, G. T., & Brindley, G. W. (1980). X-ray diffraction procedures for clay mineral identification.

Campbell, I. B., & Claridge, G. G. C. (1982). The influence of moisture on the development of soils of the cold deserts of Antarctica. *Geoderma*, 28(3-4), 221-238.

Chamley, H. (1989). Clay formation through weathering. In Chamley, H. (Eds.). *Clay Sedimentology*. Berlin: Springer- Verlag, 21-50.

Chamley, H. (2013). *Clay Sedimentology*. Berlin: Springer Science & Business Media.

Çağatay, M. N., Öğretmen, N., Damcı, E., Stockhecke, M., Sancar, Ü., Eriş, K. K., & Özeren, S. (2014). Lake level and climate records of the last 90 ka from the Northern Basin of Lake Van, eastern Turkey. *Quaternary Science Reviews*, 104, 97-116.

Dietrich, R. (2018). *Feldspar*. Encyclopedia Britannica. Erişim tarihi: 01.02.2022, <https://www.britannica.com/science/feldspar>

Dietrich, R. (2021). *Mica*. Encyclopedia Britannica. Erişim tarihi: 01.02.2022, <https://www.britannica.com/science/mica>

Downs, R. T., Bartelmehs, K. L., Gibbs, G. V., & Boisen, M. B. (1993). Interactive software for calculating and displaying X-ray or neutron powder diffractometer patterns of crystalline materials. *American Mineralogist*, 78(9-10), 1104-1107.

Ehrmann, W., Setti, M., Marinoni, L. (2005). Clay minerals in Cenozoic sediments off Cape Roberts (McMurdo Sound, Antarctica) reveal palaeoclimatic history. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 229, 187-211.

Eswaran, H., & Bin, W. C. (1978). A study of a deep weathering profile on granite in peninsular Malaysia: III. Alteration of feldspars. *Soil Science Society of America Journal*, 42(1), 154-158.

Fagel, N. (2007). Clay minerals, deep circulation and climate. Proxies in Late Cenozoic. *Paleoceanography*, 1, 139-184.

Galán, E. (2006). Genesis of clay minerals. *Developments in clay science*, 1, 1129-1162.

Grim, R.E. (1968). *Clay mineralogy*. New York: McGraw Hill, 596.

Huyghe, P., Guilbaud, R., Bernet, M., Galy, A., & Gajurel, A. P. (2011). Significance of the clay mineral distribution in fluvial sediments of the Neogene to Recent Himalayan Foreland Basin (west-central Nepal). *Basin Research*, 23(3), 332-345.

Ismail, F. T. (1970). Biotite weathering and clay formation in arid and humid regions, California. *Soil Science*, 109(4), 257-261.

İzcier, E. & Yakupoğlu, T. (2018). Morgedik Köyü (Erciş-Van) çevresindeki killerin mineralojisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23 (1), 104-114.

Jacobs, M. B. (1970). Clay mineral investigations of Cretaceous and Quaternary deep sea sediments of the North American Basin. *Journal of Sedimentary Research*, 40(3).

Kapoor, B. S. (1972). Weathering of micaceous clays in some Norwegian podzols. *Clay Minerals*, 9(4), 383-394.

Kawano, M., & Tomita, K. (1996). Amorphous aluminum hydroxide formed at the earliest weathering stages of K-feldspar. *Clays and Clay Minerals*, 44(5), 672-676.

Kazak, M. (2019). *Akın ve Taşkonak Köyleri (Van) Çevresinde Yüzeyleyen Orta-Geç Miyosen Yaşlı Killi Kayaçların Mineralojik ve Jeokimyasal İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, Türkiye.

- Keller, W.D. (1978). Classification of Kaolins exemplified by their textures in scan electron micrographs. *Clays and Clay Minerals*, 26, 1-20.
- Kılıçer, A., (2009). *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüs Alanı Karot Örneklerinin Kil Mineralojisi*. (Yüksek Lisans Tezi), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, Türkiye.
- Kılıçer, A., & Yakupoğlu, T. (2011). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Zeve kampüsü alanı karot örneklerinin kil mineralojisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 110-119.
- Konta, J. (1992). Phyllosilicates in rivers: result of weathering, erosion, transportation and deposition. In: Gala n, E., Ortega-Huertas, M. (Eds.), XI Reunion Cientifica Sociedad Espanola de Arcillas. University of Granada, Spain, 23–44.
- Korkmaz, K. (2020). *Van Formasyonunun Nannoplankton Biyostratigrafisi ve Yaşı*. (Yüksek Lisans Tezi), Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray, Türkiye.
- Koukouzas, N., Ward, C. R., Papanikolaou, D., Li, Z., & Ketikidis, C. (2009). Quantitative evaluation of minerals in fly ashes of biomass, coal and biomass–coal mixture derived from circulating fluidised bed combustion technology. *Journal of Hazardous Materials*, 169(1-3), 100-107.
- Liu, Z., Zhao, Y., Colin, C., Stattegger, K., Wiesner, M. G., Huh, C. A., ... & Li, Y. (2016). Source-to-sink transport processes of fluvial sediments in the South China Sea. *Earth-Science Reviews*, 153, 238-273.
- Millot, G. (1970). *Geology of Clays*. (Translated by W.R Farrand and H. Paquet). New York: Springer-Verlag.
- Moore, D.M., Reynolds, R.C. (1997). *X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals (second edition)*. New York: Oxford University Press.
- Özkaymak, Ç. (2003). *Van Şehri ve Yakın Cevresinin Aktif Tektonik Özellikleri*. (Yüksek Lisans Tezi), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, Türkiye.
- Rao, D.R., Sharma, K.K. (1995). Petrological and geochemical constraints on the petro- genesis of the Jaspa granitic pluton, Lahual region, NW Himalaya. *Journal of the Geological Society of India*, 45 (6), 629–642.
- Robertson, I. D., & Eggleton, R. A. (1991). Weathering of granitic muscovite to kaolinite and halloysite and of plagioclase-derived kaolinite to halloysite. *Clays and Clay Minerals*, 39(2), 113-126.
- Simmons, W. B. (2016). *Amphibole*. Encyclopedia Britannica. Erişim tarihi: 01.02.2022, <https://www.britannica.com/science/amphibole>
- Singer, A. (1980). The paleoclimatic interpretation of clay minerals in soils and weathering profiles. *Earth-Science Reviews*, 15(4), 303-326.
- Singer A., & Galan E. (1984). Paligorskite-Sepiolite. *Developments in Sedimentology*, 37, 473.

- Sümengen, M. (2008). 1/100000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları, Van K50 Paftası. MTA Arşiv No:65, 18 s (yayımlanmamış).
- Şen, G. (2015). *Moralli Deresinin (Tuşba, Van) ve Çevresinin Sedimentolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, Türkiye.
- Şenel, M., Acarlar, M., Çakmakoglu, A., Dağar, Z., Erkanol, O., Örence, S., Taşkıran, M.A., Ulu, Ü., Ünal, M.F. ve Yıldırım, H., 1984. Özalp (Van)-İran sınırı arasındaki alanın jeolojisi: MTA Rapor No: 7623, 18 s (yayımlanmamış).
- Tazaki, K. (1986). Observation of primitive clay precursors during microcline weathering. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 92(1), 86-88.
- Tazaki, K., & Fyfe, W. S. (1987). Primitive clay precursors formed on feldspar. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 24(3), 506-527.
- Tellier, K.E., Hulchy, M.M., Walker, J.R., and Reynolds, R.C. (1988) Application of high gradient magnetic separation (HGMS) to structural and compositional studies of clay mineral mixtures. *Journal of Sedimentary Petrology*, 58(4), 761-763.
- Üner, S. (2003). Van Gölü Doğusu (Beyüzümü-Göllü Dolayı) Pliyo-Kuvaterner Yaşlı Karasal Çökellerin Sedimentolojisi. (Yüksek Lisans Tezi), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, Türkiye.
- Üner, T., & Mutlu, S. (2019). Savatlı-Özalp Ofiyolitinde (Van-Doğu Anadolu) Gözlenen Ultramafik Kayaçlar ve İlişkili Mafik Daykaların Petrolojik Özellikleri. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34(1), 115-128.
- Weaver, C.E. (1989). Clays, muds and shales. *Developments in Sedimentology*, 44, 819.
- Wilson, M.J. (1987) X-ray diffraction. In: *A Handbook of Determinative Methods in Clay Mineralogy*. (M.J. Wilson, editor). Blackie, London.
- Wilson, M. J., & Farmer, V. C. (1970). A Study of Weathering in a Soil Derived from a Biotite-Hornblende Rock: II. The Weathering of Hornblende. *Clay Minerals*, 8(4), 435-444.
- Wilson, M. J. (1999). The origin and formation of clay minerals in soils: past, present and future perspectives. *Clay minerals*, 34(1), 7-25.
- Wilson, J., Cuadros, J., & Cressey, G. (2004). An in situ time-resolved XRD-PSD investigation into Na-montmorillonite interlayer and particle rearrangement during dehydration. *Clays and Clay Minerals*, 52(2), 180-191.
- Velde, B. (1985). Clay Minerals, a physico-chemical exploration of their occurrence. *Developments in Sedimentology*, 40, 427.
- Yılmaz, A. V. (2017). *Ağartı-Özyurt Civarında (Van Gölü Doğusu) Yüzeyleyen Orta Eosen ve Orta Miyosen Türbiditlerinin Sedimentolojik ve Yapısal Özelliklerinin İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, Türkiye.