

## Lice Formasyonu Evaporitleri ve Killerinin Ekonomik Önemi: Baykan – Kurtalan – Şirvan Bölgesi (Siirt)

Çetin Yeşilova<sup>1</sup> Cahit Helvacı<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Yüzüncü Yıl Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Van

<sup>2</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 35160 Buca/İzmir  
e-posta: cetinyesilova@gmail.com

**Özet:** Çalışma alanı, Bitlis Zagros Kenet Kuşağı'nın güneyinde, Baykan-Kurtalan-Şirvan (Siirt) bölgelerini kapsamaktadır. Çalışma, Alt – Orta Miyosen yaşlı Lice Formasyonu'nun ekonomik potansiyelini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

Lice Formasyonu Sulha ve Yapılar üyelerinden oluşmaktadır. Sulha üyesi, tabanda gri-yeşil ve bordo-kahverengi renkli killi, siltli ve jipsli birimlerin ardalanması ile yeşil-gri renkli killi birimler ile ara katmanlı, yer yer çamurtaşı çakılları içeren tuzlardan oluşmaktadır. Yapılar üyesi ise jipsli, pembe renkli kıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı, çakıltaşı ve kireçtaşından oluşmaktadır.

Tuz içeriği birimlerin ekonomik olarak sınıflanmasında önemli rol oynamaktadır. Sulha üyesi'nin ilk 200 metresi sadece jipsli – killi birimlerden oluşmaktadır. Bu kesimlerden alınan örneklerden yapılan ana – eser element analizleri sonucunda, Alüminyum modülü ortalama, (A.M) =  $Al_2O_3 / Fe_2O_3 = 1,582$ , silika modülü ise ortalama olarak, (S.M) =  $SiO_2 / (Al_2O_3 + Fe_2O_3) = 2,288$  değerleri elde edilmiştir. Bu değerler çimento sektöründe sorunsuz olarak kullanılabileceklerini göstermektedir. Tuzlu kesimlerden alınan örneklerin alüminyum ve silika değerleri yine kullanılabilir sınırlarda olmasına rağmen, tuz içeriğinden dolayı toplam alkali miktarı =  $Na_2O + K_2O = 4,56$  olarak çıkmaktadır. Bu değerler tuzlu kesimlerin çimento hammaddesi olarak kullanılmayacağını göstermektedir. Ancak 200. metrenin üzerine gelen tuz – tuzlu birimler, çözelti madenciliği yöntemi ile tuz üretimde kullanılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Siirt, Lice Formasyonu, Sulha üyesi, tuz, çimento hammaddeleri

## Economic Importance of Lice Formation Evaporites and Clays: Baykan – Kurtalan – Şirvan Region (Siirt)

**Abstract:** Study area covers the regions at south of Bitlis-Zagros suture zone and between Baykan-Kurtalan-Şirvan (Siirt). The study was made to determine the economic potential of Lower-Middle Miocene age Lice Formation.

Lice Formation is composed of Sulha and Yapılar members. Sulha member consists of alternation of grey-green and burgundy-brown colored clayey, silty and gypseous units at base and salts that include mudstone pebbles intercalated with green-grey colored clayey units. Yapılar member consists of gypseous, pinkish colored claystone, sandstone, mudstone, conglomerate and limestone.

Salt content acts an important role in classification of units economically. The first 200 meters of Sulha member consists only of gypseous – clayey units. According to results of major-trace element analyses that are made at samples from these units, mean value of Aluminum modulus (A.M. =  $Al_2O_3 / Fe_2O_3$ ) is 1,582 and mean value of silica modulus (S.M. =  $SiO_2 / (Al_2O_3 + Fe_2O_3)$ ) is 2,288. These values indicate that these units can be used in cement industry. Values of aluminum and silica modulus of samples that were collected from salty units are also in usable limits. But, value of total alkali ( $Na_2O + K_2O$ ) is 4,56 because of salt content. This value indicate that, salty units can not be used as cement raw material. Despite that, the salt and salty units over first 200 meters of units are used for salt production by solution mining process.

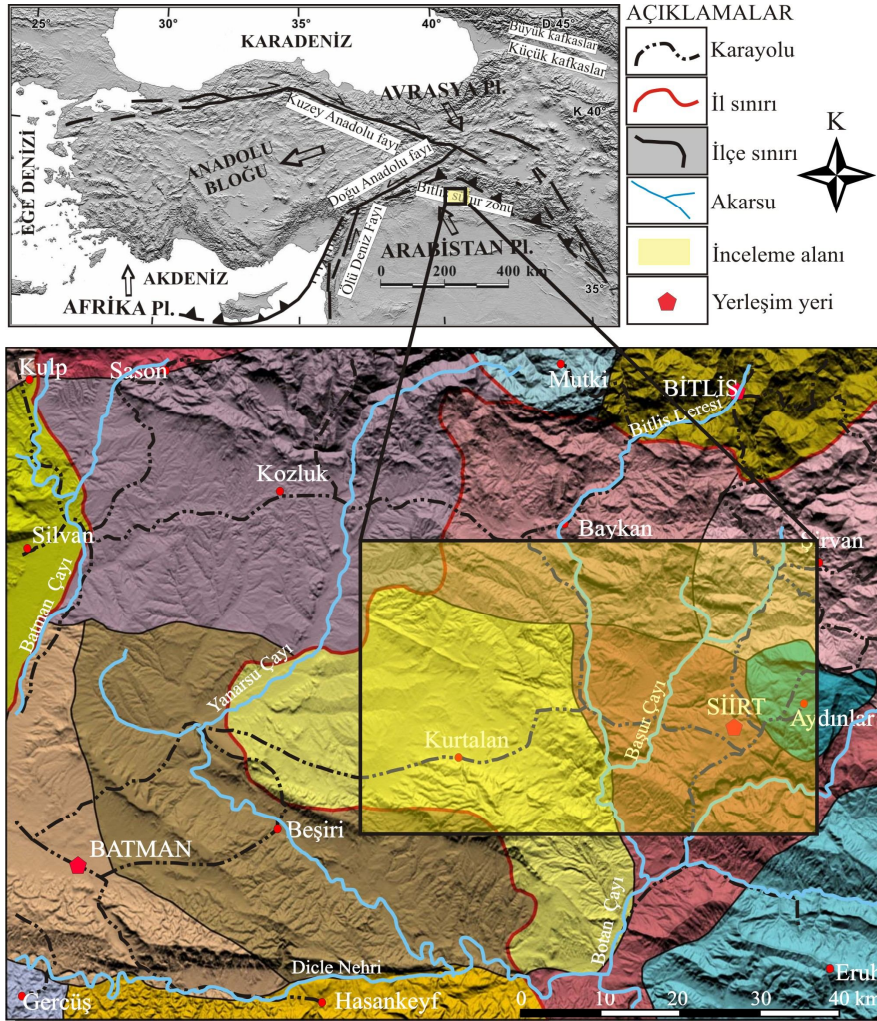
**Key Words:** Siirt, Lice Formation, Sulha member, salt, cement raw materials

## Giriş

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin stratigrafisi, Kambriyen'den günümüze kadar etkisini gösteren tektonik hareketlerle şekillenmiştir. Bölgede Arap plakası'nın şelf kenarında; farklı zamanlarda (Albiyen-Erken Maestrihtiyen, Erken Paleosen, Orta Eosen sonu ve Erken Miyosen sonu) tektonizma etkili olmuştur (Perinçek, 1980). Bölgede en şiddetli

tektonizmalardan birisi Erken Miyosen sonrası başlayıp Geç Miyosen'e kadar devam etmiş ve bölgeye bugünkü şeklini kazandırmıştır (Perinçek, 1980; Sungurlu, 1974).

Bu çalışmada, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan Siirt iline bağlı Baykan, Kurtalan ve ilçeleri arasındaki yaklaşık 2000 km<sup>2</sup> lik bir alan çalışılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. İnceleme alanı yerbulduru haritası.

Çalışma alanında allokton ve otokton birimler yüzeylemektedir. Allokton birimler; Paleozoyik – Mesozoyik yaşlı Bitlis Metamorfizmaları'na ait birimler, Üst Kretase Ofiyolitleri ile Paleosen yaşlı Baykan Karmaşığı'dır. Bu birimler ile Eosen – Alt Miyosen yaşlı Çüngüş Formasyonu, Arap kıtasına ait otokton birimlerin üzerine bindirmeler ile taşınmıştır. Bölgede mostra











veren otokton birimler; Paleosen yaşlı Germav, Alt Eosen yaşlı Gercüş, Orta Eosen yaşlı Hoya, Oligosen yaşlı Germik, Alt Miyosen yaşlı Fırat ve Lice Formasyonları, Orta – Üst Miyosen yaşlı Şelmo Formasyonu, Pliyosen – Pleyistosen yaşlı Lahti Formasyonu, Kıradağı Bazaltı ile Kuvaterner yaşlı eski ve yeni alüvyonlardır. (Şekil 2,3)





## AÇIKLAMALAR

	Alüvyon
	Eski Alüvyon
	Volkanitler
	Lahti Formasyonu
	Şelmo Formasyonu
	Lice Formasyonu / Sulha Üyesi
	Lice Formasyonu / Yapılar Üyesi
	Fırat Formasyonu
	Germik Formasyonu
	Hoya Formasyonu
	Gercüş Formasyonu
	Germav Formasyonu
	Çüngüş Formasyonu
	Baykan Karmaşığı
	Ofiyolitik Karmaşık

	Bitlis Masifi
	Ters fay
	Bindirme fayı
	Muhtemel ters fayı
	Normal fay
	Doğrultu atımlı fay
	Muhtemel doğrultu atımlı fay
	Köy
	İl-İlçe merkezi
	Ask2 - 26 nolu örnek



0 10 20 km

Şekil 2. İnceleme alanı jeoloji ve örnekleme haritası.

TEKTONİZMA SONRASI BİRİMLER			YAS	FORMASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	KUVATERNER	ALÜVYON	ALÜVYON	ALÜVYON		Alüvyon, taraça, traverten ile pekişmemiş kum, çakıl, silt ve blok boyutu malzeme
						Uyumsuzluk
TERSIYER	PLİYÖSEN	ESKİ ALÜVYON	ESKİ ALÜVYON	KIRADAĞ BAZALTI		Az pekişmiş kum, çakıl, silt boyutu malzeme
						Uyumsuzluk
TERSIYER	PLİYÖSEN	LAHTI FORMASYONU	LAHTI FORMASYONU	LAHTI FORMASYONU		<b>A: Kıradağ Bazaltı</b> Gri - füme renkli, gözenekli bazalt
						Uyumsuzluk
TERSIYER	PLİYÖSEN	LAHTI FORMASYONU	LAHTI FORMASYONU	LAHTI FORMASYONU		<b>B: Lahti Formasyonu</b> Orta-iyi pekişmiş kum, çakıl, silt ve blok boyutu malzeme
						Uyumsuzluk
TERSIYER	PLİYÖSEN	LAHTI FORMASYONU	LAHTI FORMASYONU	LAHTI FORMASYONU		<b>C: Lahti Formasyonu</b> Kahverengi - gri renkte çamurtaşı ve kumtaşı
						Uyumsuzluk
ALLOKTON BİRİMLER	PALEOZOYİK MESOZOYİK	BİTLİS MASİFİ	BİTLİS MASİFİ	BİTLİS MASİFİ		Mermer, fillit, şist, kuvarsit ile metamorfize olmuş sedimanter kayaç topluluğu
						Bindirme
						Serpantin, radyolarit, kumtaşı ve kireçtaşı
						Bindirme
MESOZOYİK (ÜST KRETASE)	OFİYOLİTLİ KARMAŞIK	OFİYOLİTLİ KARMAŞIK	OFİYOLİTLİ KARMAŞIK	OFİYOLİTLİ KARMAŞIK		Yeşil-gri renkli kumtaşı ve kaba çakıltaşı
						Bindirme
PALEOSEN	BAYKAN KARMAŞIĞI	BAYKAN KARMAŞIĞI	BAYKAN KARMAŞIĞI	BAYKAN KARMAŞIĞI		Yeşil, grimsi, alacalı renkte çamurtaşı ve kumtaşı
						Bindirme
EOSEN - ALT MİYOSEN	ÇÜNGÜŞ FORMASYONU	ÇÜNGÜŞ FORMASYONU	ÇÜNGÜŞ FORMASYONU	ÇÜNGÜŞ FORMASYONU		<b>D: Şelmo Formasyonu</b> İyi pekişmiş kum, çakıl, silt ve blok boyutu malzeme
						Uyumsuzluk
OTOKTON BİRİMLER	SENOZOYİK	TERSIYER	MİYOSEN	ÜST	ŞELMO FORMASYONU	<b>E: Şelmo Formasyonu</b> Kırmızı - grimsi renkte çamurtaşı ve kumtaşı
						Geçişli sınır
OTOKTON BİRİMLER	SENOZOYİK	TERSIYER	MİYOSEN	ORTA	LİCE FORMASYONU	<b>F: Lice Formasyonu Sulha üyesi</b> Yeşil-bordo renkli, jips aratabakalı kıltaşı, silttaşı ve tuzlar
						Geçişli sınır
OTOKTON BİRİMLER	SENOZOYİK	TERSIYER	MİYOSEN	ALT	FIRAT FORMASYONU	<b>G: Lice Formasyonu Yapılar üyesi</b> Pembe renkli, çamurtaşı, jips, kumtaşı ve çakıltaşı
						Geçişli sınır
OTOKTON BİRİMLER	SENOZOYİK	TERSIYER	MİYOSEN	ALT	FIRAT FORMASYONU	<b>H: Fırat Formasyonu</b> Krem-bej renkli, fosilli, sert, orta-kalın tabakalı kireçtaşı
						Uyumsuzluk
OTOKTON BİRİMLER	SENOZOYİK	TERSIYER	OLİGOSEN	GERMİK FORMASYONU	GERMİK FORMASYONU	<b>I: Germik Formasyonu</b> Beyaz-gri renkli jips, anhidrit ve dolomit
						Geçişli sınır
OTOKTON BİRİMLER	SENOZOYİK	TERSIYER	OLİGOSEN	GERMİK FORMASYONU	GERMİK FORMASYONU	<b>J: Germik Formasyonu</b> Sarı - sütü kahve renkli, çok gözenekli altere olmuş kireçtaşı ve marn
						Geçişli sınır
OTOKTON BİRİMLER	SENOZOYİK	TERSIYER	EOSEN	ORTA-ÜST	HOYA FORMASYONU	Orta-kalın tabakalı, sert, krem bej renkli, bol mikro fosilli, erime boşluklu dolomitik kireçtaşı
						Uyumsuzluk
OTOKTON BİRİMLER	SENOZOYİK	TERSIYER	EOSEN	ALT	GERCÜŞ FORMASYONU	İyi pekişmiş karbonat çimentolu taban çakıltaşı
						Uyumsuzluk
OTOKTON BİRİMLER	SENOZOYİK	TERSIYER	PALEOSEN	GERMAV FORMASYONU	GERMAV FORMASYONU	Bordo-kırmızı renkli kumtaşı ve kötü boylanmalı, yer yer tane destekli çakıltaşı
						Uyumsuzluk
OTOKTON BİRİMLER	SENOZOYİK	TERSIYER	PALEOSEN	GERMAV FORMASYONU	GERMAV FORMASYONU	Yeşil-gri renkli az çakıllı kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı ardalanması ile kötü boylanmalı çakıltaşı
						ÖLÇEKSİZ

Şekil 3. İnceleme alanının genelleştirilmiş kolon kesiti (Sungurlu, 1974; Perinçek, 1978; Ketin, 1983; Duran ve ark., 1988; Göncüoğlu ve Turhan, 1992; Çoruh ve ark., 1997; Günay, 1998; Ziegler, 2001'den derlenmiştir).

### Materyal ve Yöntem

Çalışma alanının 1/25000 ölçekli jeoloji haritasının hazırlanmasından sonra bölgede çalışmanın amacını en iyi ifade edecek şekilde 10 adet ölçülü stratigrafik kesit alınmış, bu kesit güzergahları ve önemli diğer lokasyonlardan toplam 20 adet kaya örneği alınmıştır. Ölçülü stratigrafik kesitler ile birimlerin ayrıntılı litostratigrafik özellikleri not alınarak bölgenin ortamsal evrimi, arazide kısmen çözüme kavuşturulmuştur. Bölgede Fernas Enerji Şirketleri'nin yapmış olduğu sondaj karotları incelenmiş ve amaca uygun olarak örnek ve gerekli notlar alınmıştır. Alınan kaya örnekleri Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği ince kesit laboratuvarında çeneli kırıcılar tarafından tane boyları küçültülmüş, sonrada agat havanda 250 meşlik elekten geçecek şekilde toz haline getirilmiştir. Her örnekten sonra çeneli kırıcı ve agat havan, etil alkolle temizlenmiştir. Tane boyları küçültülen bu örnekler Kanada'daki ACME laboratuvarlarında ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectroscopy) cihazı kullanılarak element analizi (majör, iz-eser element) yapılmıştır. Ayrıca bölgede faaliyet gösteren Limak Çimento Fabrikasına gidilerek Lice Formasyonu killeri üzerinde yapılan X – ışınları kırınım sonuçlarına erişim sağlanmıştır.

### Bulgular

Lice Formasyonu'nun çökel istifi yapılan stratigrafik ve sedimantolojik incelemeler sonucunda iki üyeye ayrılmıştır. Bu üyeler;

1. Yapılar üyesi
2. Sulha üyesi

### Yapılar üyesi

Yapılar üyesi, ismini Yanarsu, Uluköy ve Tütün köyleri boyunca uzanan Yapılar Dere'sinden almaktadır. Arazide sadece Yanarsu, Uluköy, Aktaş, Doluharman ve Akyamaç Köyleri'nin bulunduğu hat boyunca yüzlek vermektedir (Şekil 4). Yapılar üyesi, Yanarsu, Uluköy ve Aktaş Köyleri'ndeki Sulha üyesine ait birimler üzerine gelmektedir.

Aktaş, Doluharman ve Akyamaç Köyleri'nin bulunduğu hat boyunca ise

Germik Formasyonu'nun üzerine açılacak uyumsuzlukla gelmektedir. Yapılar üyesi tabanda; bordo-kırmızı renkli, orta- kalın katmanlı, yer yer çakıl ara seviyeli, çapraz tabakalı kumtaşları ile başlamaktadır (Şekil 5). Bu kumtaşlarının üzerine, jips içeren, pembe renkli çamurlu birimler gelmektedir. Çamurlu birimler çamur düzlüklerine özgü kuruma çatlakları içermektedir (Şekil 5 A, B, C). Bu çatlakların içi lifsi jipsler ile doldurulmuştur. Çamurlu birimlerin üzerine tabanla aynı özellikteki kumtaşları, normal dereceli çakıltaşları, pembe renkli kireçtaşı çakıllarından oluşmuş, bağlayıcısı karbonat çimentolu olan çakıltaşları ile ince-orta tabakalı kireçtaşlarından oluşan birim gelmektedir (Şekil 5 D, E, F, G). Yapılar üyesi bu birimler ile son bulmakta üzerine Sulha üyesine ait çökeller gelmektedir. Yapılar üyesi; bordo – kırmızı rengi, yumrulu ve lifsi jips içeriği ve kuruma çatlakları içeren çamurlardan oluşması sebebiyle taşkın ovası – sabka ortamlarında çökelmiştir (Sherman, 1963; 1977; Butler ve ark., 1964; Murray, 1964; Hardie ve Eugster, 1971; Hsü ve ark., 1973; Shultz, 1984; Waresback ve Turbeville, 1990; Orti ve Rossell, 2000).



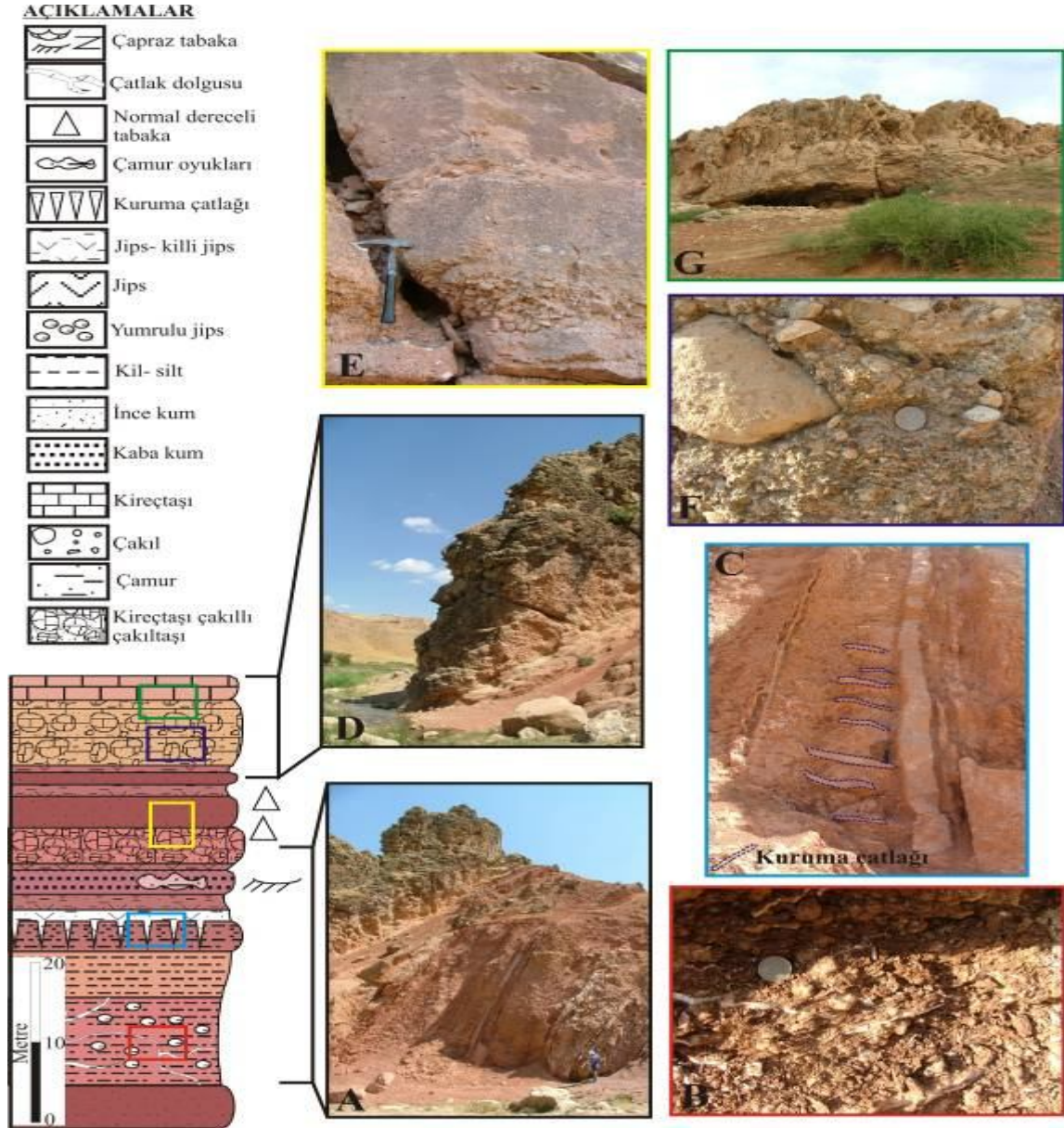
Şekil 4. Yapılar üyesinin genel görünümü (Yapılar Deresi) (A: Germik Formasyonu Kireçtaşı üyesi, B: Lice Formasyonu Sulha üyesi, C: Lice Formasyonu Yapılar üyesi, D: Şelmo Formasyonu).

### Sulha üyesi

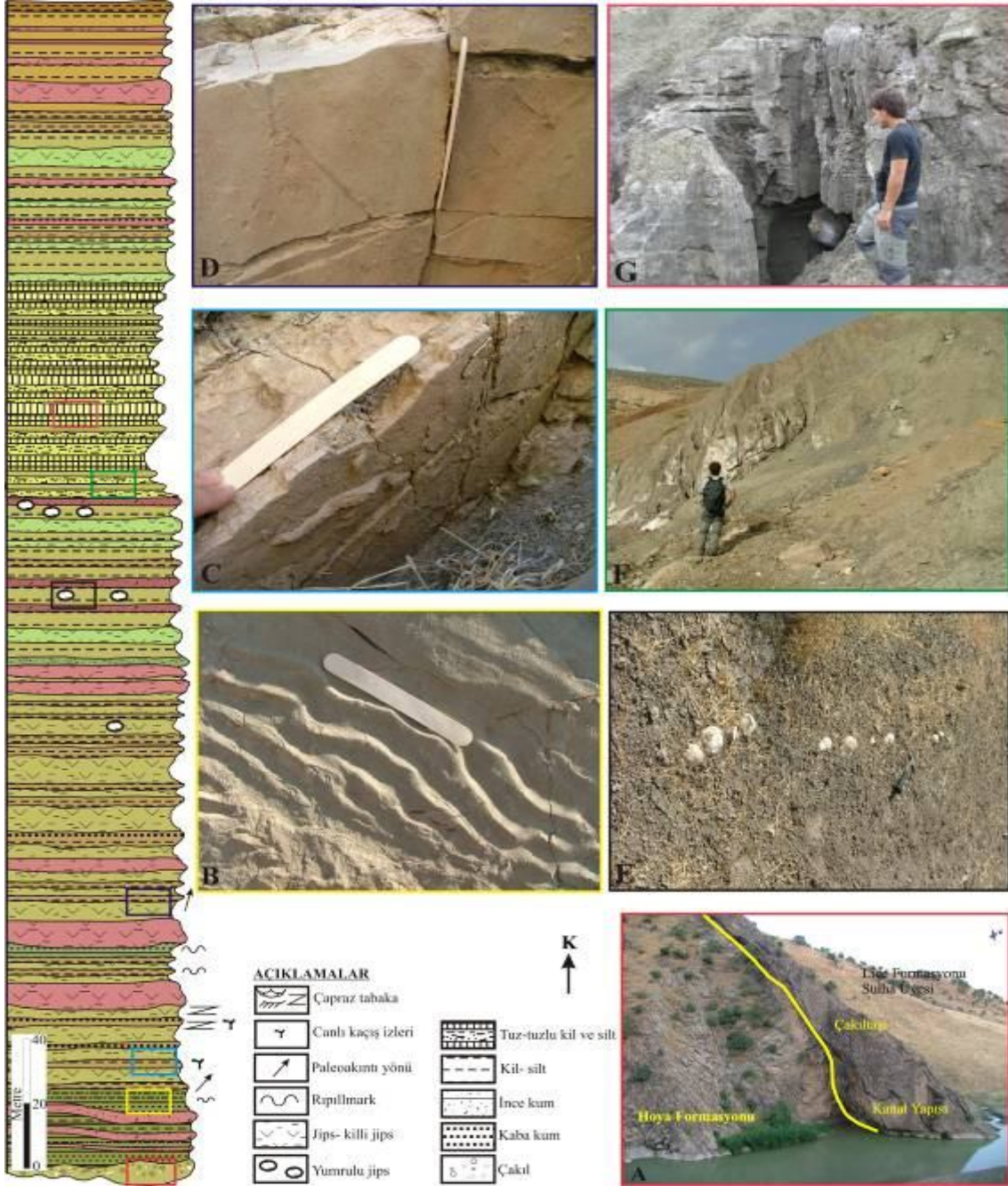
Sulha üyesi, inceleme alanının doğu kesimlerinde yüzlek vermektedir. İsmi

tabandan tavana tüm istifin eksiksiz görüldüğü Dodan Antiklinali'nin güneybatısındaki Sulha Tuzlası'ndan almaktadır. İstifin ortalama kalınlığı 400m civarındadır. Sulha üyesi tabanda akarsuların oluşturduğu çakıllı bir seviye ile başlamaktadır (Şekil 6 A). Bu seviye sadece Çaykaya Köyü kuzeydoğusundaki Dodan Antiklinali civarında gözlenmektedir.

Birimin üzerine, gri-yeşil renkli siltli killi jipsli birimler ile bordo-kırmızı renkli siltli, kumlu, yer yer jipsli birimlerin aralanmasından oluşan tortullar gelmektedir. Bu sedimanter birimler, çapraz tabakalanma, ripilmarklar, canlı kaçış izleri ve kaval yapıları içermektedir (Şekil 6 B, C, D). Jipsler selenitik jips, yumru jips ve jips arenit şeklinde gözlenmektedir (Şekil 6 E).



Şekil 5. Yapılar üyesi genelleştirilmiş kolon kesiti. A: 4 – 33m'leri arası genel görünüm (Yapılar Deresi), B: yumru ve çatlak dolgusu şeklinde gelişmiş jips (Yapılar Deresi), C: pembe renkli çamur içindeki kuruma çatlağı ve bunları dolduran lifsi jipsler (Yapılar Deresi), D:Yapılar üyesinin son 12 metresi (Yapılar Deresi), E: normal derecelenme gösteren çakıltaşı ve üzerindeki kumtaşı tabakası (Aktaş Mahallesi, Başur Çayı vadisi), F: Yapılar üyesi içindeki polijenik elemanlı çakıltaşı (Aktaş Mahallesi, Başur Çayı vadisi).



Şekil 6. Sulha üyesinin genelleştirilmiş kolon kesiti. A: tabanda gözlenen çakıltaşı (Çaykaya Köyü doğusu, Dodan Antiklinali güney kanadı), B: ince kumtaşıda gözlemlenen ripillmarklar (ölçek: 15cm) (Çaykaya Köyü doğusu), C: ince kumtaşıda gözlemlenen canlı kaçış izleri (Çaykaya Köyü doğusu), D: kumtaşıda gözlemlenen paleookıntı izleri (Çaykaya Köyü doğusu) E: çapları 2cm ile 8cm arasında değişen jips yumruları (Yapılar Deresi), F: bindirmelerin etkisiyle ilksel yapısı tamamen bozulmuş tuz içeren killer (Çaykaya Köyü doğusu Başur Çayı vadisi), G: Baykan – Siirt yolu 19. km’inde mostra veren kayatuzu tabakaları

Sulha üyesi’nde 200. metreden sonra tuzlu birimler başlamakta, tuzlar çoğunlukla killer ve siltlerin içinde bulunurken, bazı bölgelerde kaya tuzu mostraları vermektedirler (Şekil 6 F, G). Kaya tuzu mostraları, 5m kalınlığa erişirken (Şirvan

Antiklinali doğusu), tuz ihtiva eden killi, siltli birimlerin yaklaşık kalınlığı 70m civarındadır. Kayatuzu mostraları; Dodan Antiklinali’nin 500m güneyinde Başur Çayı kenarında, Ziyaret–Siirt yolunun 15. kilometresinde yol üzerinde, Şirvan–Pervari



yolunun 3. kilometresinde, Tom Çayı'nın kenarında ve Şirvan Antiklinali'nin güney kanadının 300m doğusunda yer almaktadır (Şekil 6 F, G). Tuz içeren birimler ile kayatuzu mostralara, Dodan ve Şirvan Antiklinalleri'nin kuzey kesimlerinde rastlanılmamıştır. Ayrıca Dodan ve Şirvan Antiklinalleri'nin kuzey kesiminde, Sulha üyesi'nin kalınlığı 100–170m ile sınırlıdır. Bu durum, Sulha üyesi'nin tuz içeren kesimlerinin, bindirmelerin altında kaldığına dair kanıt sunmaktadır. Şirvan İlçesi'nin güneybatısında bulunan Tavan Antiklinali'nin güney kanadının 200m güneyinde, Baykan Karmaşığı üzerinde Fernas Enerji Şirketleri baraj amaçlı sondajlar yapmıştır. SSK-6, ASK-2 ve ASK-4 isimli bu sondajlarda, 20 ile 70 metreler arası tuzlu birimler kesilmesi de, tuz içeren birimler ile kaya tuzu mostralarının, bindirmelerce örtüldüğünü ispatlamaktadır (Şekil 7).



Şekil 7. Fernas Enerji Şirketleri tarafından yapılan SSK-6 nolu sondajda kesilen kayatuzlarına ait karotlar.

Sulha üyesi, bordo-kırmızı renkli birimlerin daha baskın olduğu, tabanla aynı özelliği gösteren killi, siltli ve kumlu birimlerle son bulmaktadır. Sulha üyesinin, Çaykaya Köyü'nün batı kesimlerinde, üzerine Uzunyazı üyesi gelirken, doğu kesimlerinde, bindirmelerle Baykan Karmaşığı gelmektedir. Bu bindirmeler Sulha üyesinin kendi içerisinde de yer yer gözlenmektedir. Sulha üyesine ait killi, siltli, jipsli ve tuzlu çökeller, bölgede var olan denizin gittikçe sığlaştığını, kalın kil ve silt istifleri ise karadan taşınan bu malzemenin sığlaşan denizi hızlıca doldurduğunu göstermektedir. üye içindeki sedimanter

yapılar ortamın sığ bir ortam olduğunu ve deniz altı akıntılarının varlığını göstermektedir. Yine çökellerin kırmızı renkli birimlerle ardalanması, bu çökellerin sürekli hava ile temasta olduğunu ve sabka ortamında oluştuğunu göstermektedir (Eugster ve Hardie, 1975; Miall, 1978; Handford, 1982; Kendall, 1984; Shultz, 1984; Waresback ve Turbeville, 1990). Killi ve siltli birimlerle birlikte bulunan jipslerin, jips arenit ve yumru jips şeklinde bulunması, ortamın sığ su ortamı veya kıyusal sabka olduğunu göstermektedir (Sherman, 1963, 1977; Butler ve ark., 1964; Murray, 1964; Hardie ve Eugster, 1971; Hsü ve ark., 1973; Orti ve Rossell, 2000). Gelgit üstü sabka ortamlarında gelişen göllerin yer altı sularıyla beslenmesi ve takip eden evrede kırıntılı istifin gözeneklerindeki kılcal suyun evaporasyonu sonucu, ortamdaki tuz konsantrasyonu artmaktadır (Warren, 1982). Vadoz zondaki kırıntılıların gözenek suyundaki yoğun tuz iyonları birbirleriyle birleşerek yumruları oluşturmakta ve oluşan yumruların boyu matriks geçirgenliği ile ilişkilendirilmektedir (Sherman ve Fuller, 1969). Bu durumda ortamdaki yumrular göz önüne alındığında jipslerin oluştuğu kırıntılılar yüksek geçirgenliğe sahip olduğu söylenebilir.

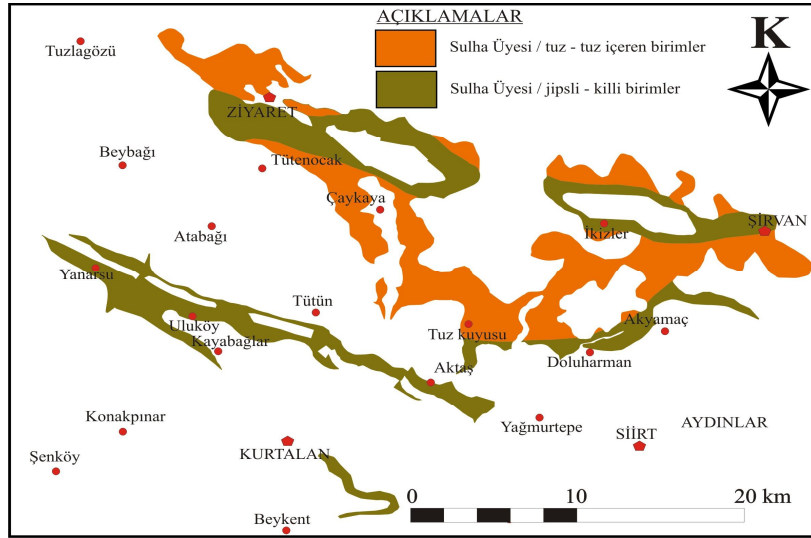
### Ekonomik Jeoloji

Bu başlık altında bölgesel ölçekte ekonomik değeri olan Lice Formasyonuna ait Sulha üyesi incelenecektir.

Sulha üyesi'nin ilk 200 metresi sadece jipsli – killi birimlerden oluşmaktadır. Bu 200 metrenin üzerine tuz – tuzlu birimler gelmektedir. (Şekil 8).

### Killerin çimento hammaddesi olarak değerlendirilmesi

Bir bölgede var olan kilin çimento hammaddesi olarak kullanılabilmesi için, kimyasal analizleri yapılarak çimento kalitesine doğrudan etki eden silika ve alüminyum modülleri ile toplam alkali miktarları değerlendirilmesi gerekmektedir. Kilin çimento hammaddesi olarak kullanılabilir olması üç önemli faktöre (modüle) bağlı bulunmaktadır. Bu modüller: Silika modülü, Alüminyum modülü ve Toplam alkali miktarıdır.



Şekil 8. Sulha üyesindeki jipsli – killi birimler ile tuz – tuz içeren birimlerin yüzeylediği alanlar.

### Silika modülü (S. M)

Silika modülü,  $(S.M) = SiO_2 / (Al_2O_3 + Fe_2O_3)$  olarak tanımlanmaktadır. Silika modülünün artması, likid faz miktarını düşürmek suretiyle klinkerin pişebilirliğini ters yönde etkiler ve fırında çeşitli problemlere oluşmasına yol açar. Dahası, yüksek silika modülü çimentonun prizini ve donmasını yavaşlatır (Terzibaşoğlu 1995). Silika modülünün azaltılması ise likid faz miktarını artırır, böylece pişebilirlik artar ve fırında istenmeyen problemler giderilir (Terzibaşoğlu 1995). Silika modülü 1,9 ile 3,2 değerleri arasında değişmektedir. Bazen, özellikle beyaz portland çimentosu ve yüksek silisli çimentolarda bu değer 3,57'ye kadar çıkmaktadır (Terzibaşoğlu 1995). Aynı şekilde 1,5-2,0 gibi düşük değerlere de rastlamak mümkündür. Silika modülü için ideal değer genellikle 2,2 – 2,6 arasında olmasıdır (Duda, 1988).

### Alüminyum modülü (A. M)

Bu modül çimentoda alümina'nın ( $Al_2O_3$ ) demiroksite oranı olarak gösterilir. Alüminyum modülü,  $(A.M) = Al_2O_3 / Fe_2O_3$  olarak formüle edilmektedir. A.M'nün düşük olması klinkerleşme ısısını düşürerek daha az yakıt kullanılmasını sağlamaktadır (Terzibaşoğlu 1995). A.M'nün yüksek olması halinde ise çabuk donan ve ilk dayanımları yüksek olan çimentolar üretilmektedir (Terzibaşoğlu 1995). Bu nedenle farinin A.M'nün 1,5 - 2,5 arasında olması istenir (Duda, 1988). Yüksek alumina modülü ve

düşük silika modülü bulunmasının sonucu, çabuk priz tutan ve priz süresinin ayarlanabilmesi için çok miktarda jips ilavesine gerek duyulan çimentolar üretilir (Terzibaşoğlu 1995).

### Toplam alkali miktarı

Toplam alkali =  $Na_2O + K_2O$  ile tayin edilir. Fazla olan alkali miktarları, agregalarda bulunabilen ve çözülebilen silisli birleşerek alkali reaktivitesini oluşturabilir. Bu nedenlerle alkalilerin % 2'den fazla olması istenmemektedir (Duda, 1988). Ancak toplam alkali miktarı % 4'e kadar olanlar da işletilebilir killer sınıfında değerlendirilmektedir (Terzibaşoğlu, 1995).

Çizelge 1'de Kurtalan çimento tarafından Şelmo Formasyonu'na ait killerden yapılan XRF sonuçlarının 2011 yılı ortalaması verilmektedir. Bu değerlere göre Alüminyum modülü,  $(A.M) = Al_2O_3 / Fe_2O_3 = 1,582$ , silika modülü ise,  $(S.M) = SiO_2 / (Al_2O_3 + Fe_2O_3) = 2,288$  değerleri çıkmaktadır. Her iki değerde Duda (1988)'in belirlemiş olduğu parametreler arasında olduğu için çimento sektöründe sorunsuz olarak kullanılabilir. Buradaki temel sorun toplam alkali oranları olacaktır. Bölgedeki killer tuz içermediği sürece toplam alkali oranları çimento yapımında herhangi bir problem teşkil etmemektedir.

Ancak Çizelge 2'de verildiği gibi jipsli, killi birimlerle, tuzlu birimlerin geçiş bölgelerinde, bazen tam sınırdaki değerler çıkabilmektedir.

Burada görüldüğü üzere A.M= 1,428 ve S.M=1,919 olarak bulunmaktadır. Burada alüminyum ve silika modülleri kabul edilebilir alt limitin hemen altında çıkmaktadır. Bu değerler kabul edilebilir değerlerdir ancak, toplam alkali = Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O = 4,56 olarak çıkmaktadır. Bu sınır Duda (1988)'in %2 ve Terzibaşoğlu (1995)'in %4'lük değerlerinde üzerinde

olduğu için işletilmesi problem yaratacak türden killerdir.

Lice Formasyonu, Sulha üyesi'ne ait killerin çimento hammaddesi olarak kullanılabilmesi tamamen toplam alkali (tuz) oranına bağlıdır. Buna göre, tuzlu killerin çimento hammaddesi olarak kullanılmasından kesinlikle kaçınılmalıdır

Çizelge 1. Lice Formasyonu killerine ait 2011 yılı XRF ortalaması

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	LOI	Cl	AM	SM	TE
42,00	11,25	7,11	14,45	2,95	17,66	0,0114	1,58	2,90	4,78

Çizelge 2. ASK2–26 nolu örneğin XRF sonuçları (ASK2-26 örnek lokasyonu için Şekil 1'e bakınız).

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	AK	CO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	Cl
ASK2-26	39,26	12,03	8,43	8,82	5,47	1,80	2,76	15,17	2,17	3,05	1,03

### Bölgedeki tuzun üretimi ve ekonomiye katkısı

Bölge genelinde tuzlar üç şekilde bulunmaktadır. Bunlar;

1. Sulha üyesindeki kırıntılı birimlerin içerisinde.
2. Bindirme sınırlarının altında, ilksel yapısı kaybolmuş ve killi – siltli birimlerin içerisinde kaya tuzu gövdeleri olarak.
3. Tabakalı kayatuzu olarak gözlenmektedir (Şekil 9).

Bölgede tuzlar Lice Formasyonu Sulha üyesi içinde bulunmaktadır. Sulha üyesinin ilk

200 metresini jipsli, killi ve siltli birimler oluşturmaktadır. Bu birimlerin üzerine 60 metre kalınlığında tuzlu birimler gelmektedir. Sulha üyesi, tuz içeren birimlerin üzerine gelen, jipsli, killi ve siltli birimlerle son bulmaktadır. Şekil 8'de tuz içeren birimler ile tuz içermeyen, jipsli, killi ve siltli birimlere ait mostralar ayrıntılı olarak gösterilmektedir. İnceleme alanındaki tuz içeren birimler bu alanlarla sınırlı kalmamaktadır. Bölgede çeşitli amaçlarla, Fernas Enerji Şirketleri ve TPAO'nun yapmış olduğu sondajlarda bindirmelerin altında, farklı metrelerde kesilen tuzlar, inceleme alanının kuzey kesimlerinde, alloktan birimlerin altında da Lice Formasyonu'na ait tuzların olduğunu göstermektedir. Yapılan sondajlardan kesilen tuz kalınlıkları ve arazi gözlemleri bölgede

15 ile 80m arası kalınlıklarda değişen tuz ve tuz içeren birimler olduğunu göstermektedir.

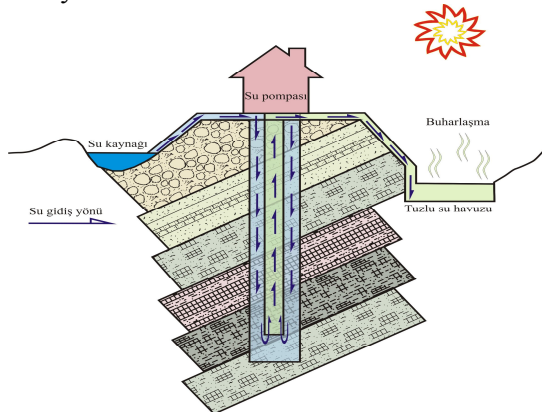


Şekil 9. Baykan – Siirt yolu 19. km sinde bulunan kil ara seviyeli tuzlar.

Çalışma alanındaki tüm işletmeler açmış oldukları 5 – 25m derinlikteki kuyulardan suyu çıkırla çekerek yapılan havuzlara boşaltmakta, sıcak ve kurak bir iklime sahip olan bölgede salamura suyunu buharlaştırarak tuz elde etmektedirler. Ancak buradaki su, yer altı suyu olduğu için belli bir zamandan sonra su seviyesi düşmekte ve birçok işletme çalışamaz duruma gelmektedir. yalnızca çok derin kuyulara sahip işletmeler sürekli çalışabilmektedir.

Bölgedeki temel sorun parasal kaynak sıkıntısı olup, tuzlarda üretilen tuz ile çalışanların geçimi ancak sağlanmaktadır. Bu yüzden gerekli yatırımlar yapılamamaktadır. Bölgede fazla miktarda tuz üretimi için pompalarla çağdaş çözelti madenciliği yapılmalıdır. Sözü edilen madencilikte, tuzlu kesimlerin altına kadar sondajla inilmekte ve

sadece tuzlu kesimleri yıkayacak şekilde kuyuya su gönderilmektedir. İkinci pompa ile kuyudaki tuzlu su alınarak modern havuzlarda evaporasyona terk edilmektedir. Böylece yer altı su seviyesi problem olmamakta, havuzlarda su buharlaştırılarak daha çok tuz elde edilmektedir (Şekil 10). Çözelti madenciliğinin yapılabilmesi için gerekli bir sistemin maliyeti 40.000 TL ile 100.000 TL arasında değişmektedir. Kuyu derinliği, kuyu çapı, pompaların cinsi, yapılacak havuz sayısı, havuzun cinsi, maliyeti etkilemektedir.



Şekil 10. Pompalarla tuzları çözmek için su basılması ve salamura suyun havuzlarda buharlaştırarak tuz elde edilmesi (Ergin, 1988'den değiştirilerek alınmıştır).

Siirt ve Batman illerinde irili ufaklı onlarca tuzla bulunmaktadır. Bunların en önemlileri, Tuzlagözü, Şirvan ve Pervari'dedir. Çalışma alanı sınırları içinde kalan Tuzlagözü üretim sahasında Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında ortalama 75 ton tuz elde edilmektedir. Tuzla personeli olarak 6 kişi görev yapmaktadır. Şirvan İlçesi, Nöbetiya vadisi içinde bulunan 9 tuzlada ise toplamda yıllık 1000 ton tuz üretimi yapılmaktadır. En küçük tuzla 40 ton, en büyük tuzla ise 250 ton üretmektedir (Şekil 11).

Bölgede tuzların 2012 yılı için ortalama ton fiyatı 100 – 150 TL arasında değişmektedir. Tüm tuzlaların toplam üretimini 2000 ton olarak alırsak ekonomiye 200.000 – 300.000 TL arası bir katkı sunacaktır. Çalışan kişi sayısı göz önüne alındığında aylık gelirleri neredeyse asgari tutarı bulmaktadır. Bu durumda bölgede koşulları tamamen iyileştirilmiş yeni ve modern tuzlalara ihtiyaç duyulmaktadır.

İnceleme alanında birçok tuzlu kaynak mevcuttur. Yılın birkaç ayı faaliyet gösteren bu kaynakların etrafında hayli tuz birikimleri gerçekleşmektedir. Ancak buralar tamamen kendi haline bırakılmış konumdadır. Buralarda yapılacak rehabilitasyon çalışmalarının sonrasında bu kaynak bölgeler de ekonomiye kazandırılabilir.



Şekil 11. Nöbetiya vadisi içindeki tuzla (Şirvan kuzeydoğusu).

## Sonuç

Tuz içeren Sulha üyesinin ekonomik önemi ayrıntılı olarak araştırılmış, bunun sonucunda üye iki farklı grup altında anlatılmıştır. Bunlardan birincisi olan ve Sulha üyesinin tuz içermeyen kesimlerini oluşturan jipsli – killi birimler çimento hammaddesi olarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda;

Alümina modülü:  $(A.M) = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3} = 1,582$ , silika modülü ise,  $(S.M) = \frac{SiO_2}{(Al_2O_3 + Fe_2O_3)} = 2,288$  değerleri bulunmuştur. Her iki değerde Duda (1988)'in belirlemiş olduğu parametreler arasında olduğu için çimento sektöründe sorunsuz olarak kullanılabilmesi belirtilmiştir. Bunun yanında tuzlu kesimlerin kesinlikle çimento yapımında kullanılamayacağı bu sebeple Sulha üyesi'nin ilk 200 metreden sonrasının çimento için elverişli olmadığı tespit edilmiştir. Bu bağlamda Sulha üyesi içinde tuz içeren ve tuz içermeyen kesimlerin haritası hazırlanarak çimento sektörüne katkı sunulmuştur.

Tuz içeren kesimlerde Baykan – Siirt karayolu, 19. km sinde bulunan tuzlu kesimlerin ayrıntılı sismik çalışmalardan sonra belki kaya tuzu işletmesine açılabilmesi geri kalan bölgelerin bindirmelerin etkisiyle tamamen ilksel yapısını kaybettiği için çözelti madenciliği

olarak işletilebileceği belirtilmiş, işletilecek tuzun gıda tebliği kodeksine uygun olması vurgulanmıştır.

Bölgede üretimin iyileştirilebilmesi için izlenmesi gereken çözelti madenciliği yöntemi ve yaklaşık maliyeti belirlenmiştir. Tüm bunların yanı sıra tuzun kullanım alanları ile ilgili önemli noktalar belirtilmiştir.

#### Kaynaklar

- Butler, G. P., Kendall, C. G. St. C., Kinsman, D. J. J., Shearman, D. J., Skipwith, A. d'E., 1964. Recent anhydrite from the Trucial Coast of the Arabian Gulf. Geological Society of London, 120: 3.
- Çoruh, T., Yakar, H., Ediger, V. Ş., 1997. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Otokton İstifinin Biyostratigrafi Atlası. TPAO Araştırma Merkezi Grubu Bşk, Yay. No: 30, Ankara. 212.
- Duda, W. H. 1988. Cement-Data-Book. Bauverlag GmbH, Yayın No: 3, Wiesbaden und Berlin. 149.
- Duran, O., Şemşir, D., Sezgin, İ., Perinçek, D., 1988. Güneydoğu Anadolu'da Midyat ve Silvan gruplarının stratigrafisi, sedimentolojisi ve petrol potansiyeli. TPJD Bülteni, 1 (2): 99–126.
- Ergin, Z., 1988. Tuzun üretim teknolojisi ve insan sağlığındaki yeri. Madencilik Dergisi, 27 (1): 9–30.
- Eugster, H. P., Hardie, L. A., 1975. Sedimentation in an Ancient Playa-Lake Complex: The Wilkins Peak Member of the Green River Formation of Wyoming. Geological Society of America Bulletin, 86 (3): 319-334.
- Göncoğlu, M. C., Turhan, N., 1992. Muş-I33 Sheet: 100 000 Scale Geological Map Series of Turkey. MTA, Ankara.
- Günay, Y., 1998. Güneydoğu Anadolu'nun jeolojisi. TPAO, Rapor No: 3939.
- Handford, C. R., 1982. Sedimentology and evaporite genesis in a Holocene continental sabkha playa basin-Bristol Dry Lake, California. Sedimentology, 29: 239-253.
- Hardie, L. A., Eugster, H. P., 1971. The depositional environment of marine evaporites: a case for shallow, clastic accumulation. Sedimentology, 16: 187-220.
- Hsü, K. J., Ryan, W. B. F., Cita, M. B., 1973. Late Miocene desiccation of the Mediterranean. Nature, 242: 240–244
- Kendall, A. C., 1984, Evaporites. Facies Models (editör: R. G. Walker). Geosci. eprint Series, Yayın No: 1, 259-296
- Ketin, İ., 1983. Türkiye jeolojisine genel bir bakış. İTÜ Maden Fakültesi Yayınları, Yayın No: 32, Türkiye
- Miall, A. D., 1978. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits. Canadian Society Petroleum Geologists, 5: 597-604.
- Murray, R. C, 1964. Origin and diagenesis of gypsum and anhydrite. Journal of Sedimentary Geology, 34 (3): 512–523.
- Orti, F., Rosell, L., 2000. Evaporative systems and diagenetic patterns in the Calatayud Basin (Miocene, central Spain). Sedimentology, 47: 665–685.
- Perinçek, D., 1978. V-VI-IX. bölge (Güneydoğu Anadolu otokton-allokon birimler) jeoloji sembolleri. TPAO, Rapor No: 6657.
- Perinçek, D., 1980. Arabistan kıtası kuzeyindeki tektonik evrimin, kıta üzerinde çökelen istifteki etkileri. Türkiye 5. Petrol Kongresi, Jeoloji-Jeofizik Bildirileri. Nisan 1980, Ankara. 77–93.
- Shearman, D. J., 1963. Recent anhydrite, gypsum, dolomite, and halite from the coastal flats of the Persian Gulf: Proceedings. Geological Society of London, 1607: 63–65.
- Shearman, D. J., Fuller, J. G., 1969. Anhydrite diagenesis, calcitization, and organic laminites, Winnipegosis Formation, Middle Devonian, Saskatchewan. Bull. Can. Petrol. Geol., 17: 496–525.
- Sherman, D. J., 1977. Sabkha Facies Evaporites. Scientific works book, London. 78.
- Shultz, A. W., 1984. Subaerial debris-flow deposition in the Upper Paleozoic Güller Formation, Western Colorado. Jour. Sed. Petrology, 54: 759-772.
- Sungurlu, O., 1974. VI. Bölge kuzey sahalarının jeolojisi, Türkiye 2. Petrol Kongresi Bildirileri. 22–25 Ocak 1974, Ankara. 85–107.
- Terzibaşoğlu, N., 1995. Bir kil sahasının çimento hammaddesi olarak kalite açısından incelenmesi. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 21–22 Nisan 1995, İzmir. 143-149.
- Waresback, D. B., Turbeville, B. N., 1990. Evolution of a Plio-Pleistocene volcanogenic-alluvial fan: the Puye Formation, Jemez Mountains, New Mexico. Geol. Soc. Am. Bull., 102: 298-314.
- Warren, J. K., 1982. The hydrological setting, occurrence and significance of gypsum in the late Quaternary salt lakes in South Australia. Sedimentology, 29: 609–637.
- Ziegler, M. A., 2001. Late Permian to Holocene paleofacies evolution of the Arabian Plate and its hydrocarbon occurrences. GeoArabia, 6 (3): 445.