

SİVAS HAVZASINDA ANA KAYA FASİYESİ VE PETROL OLUŞUMUNUN ORGANİK JEOKİMYASAL YÖNTEMLERLE ARAŞTIRILMASI

Search of source rock faciès and petroleum occurrence in Sivas basin, through organic geochemical methods

Sadenin KORKMAZ K.T.Ü.. Jeoloji Müh., Bölümü, Trabzon.

ÖZ : Sivas havzasında, metamorfik ve ofiyolitik temel üzerinde, yaklaşık 6 bin m. kalınlığında, kırıntılı ve evaporitik çöklclerden oluşan bir istif yüzeyler. Bu istif içerisinde hidrokarbon ana kayası olabilecek iki ayrı formasyonun varlığı ortaya konmuştur. Havzada,, ana kaya özelliği taşıyan bu birimlerden alman örneklerin laboratuvarlarda organik jeokimyasal analizleri yapılmıştır., Bu analizlerden yararlanarak formasyonların petrol ve doğal gaz oluşturma potansiyelleri araştırılmıştır.

ABSTRACT: In Sivas basin» a sequence, comprising detritic and evaporitic sediments, approximately 6000 metres in thickness resting upon, a metamorphic and ophiolitic 'basement, crops out. In this sequence, the occurrences' of two different formations appropriate for being a hydrocarbon source rock: have been determined.. In the basin, samples collected from, these units have been analyzed in laboratories., On the basis, of these analysis the potentials of these formations for creation of petroleum and natural gas,, have been, searched.

GİRİŞ

İç Anadolu bölgesinde yer alan Sivas havzası, doğu-batı uzanımlı olup yaklaşık 300 km. uzunluğunda, ve ortalama 30-50 km. genişliğindedir. Havzanın çeşitli kesimlerinde şimdiye kadar değişik amaçlı bir çok jeolojik, araştırma yapılmıştır. Bunlar arasında Okay (1952), Neben (1956), Kurtman (1961 a, b ve 1963), Norman (1.964), Arpat (1964) ve Artan ve Sestini (1971)'i sayabiliriz. Bölgenin 1/500.000 ölçekli kompilasyonu ise Erentöz ve Baykal (1966) tarafından yapılmıştır, Havzanın büyük bir bölümü Kurtman (1973): tarafından ele alınmış ve birimler formasyon ölçeğinde ayırtılarak adlandırılmışlardır., Bu makalede de aynı adiamalar esas alınmıştır. Gökçem (1981) ise daha sonra havzadaki Paleojen yaşlı istifin sediman-tolojik incelemesini gerçekleştirmiştir.

Bu çalışmada, havzanın değişik yörelerinde ölçülen tip kesitlerden alman, ana kaya. örneklerinin laboratuvar incelemeleri, yapılarak havzadaki formasyonların 'hidrokarbon oluşturma potansiyelleri araştırılmıştır,

Organik jeokimyasal verilerden yararlanarak, sedimanter bir havzanın hidrokarbon oluşturma potansiyeli yaklaşık olarak belirlenebilmektedir.. Ülkemizde yer alan çeşitli havzaların hidrokarbon potansiyelleri değişik araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur., Bunların başlıcaları Erzurum-Pasinler havzasında Pelin (1981), Adana havzasında. Yalçın (1982), Çankırı-Çorum havzasında Ünalın (1.982), S am sun-Sinop havzasında Korkmaz (1984), Gedik ve Korkmaz (1984),

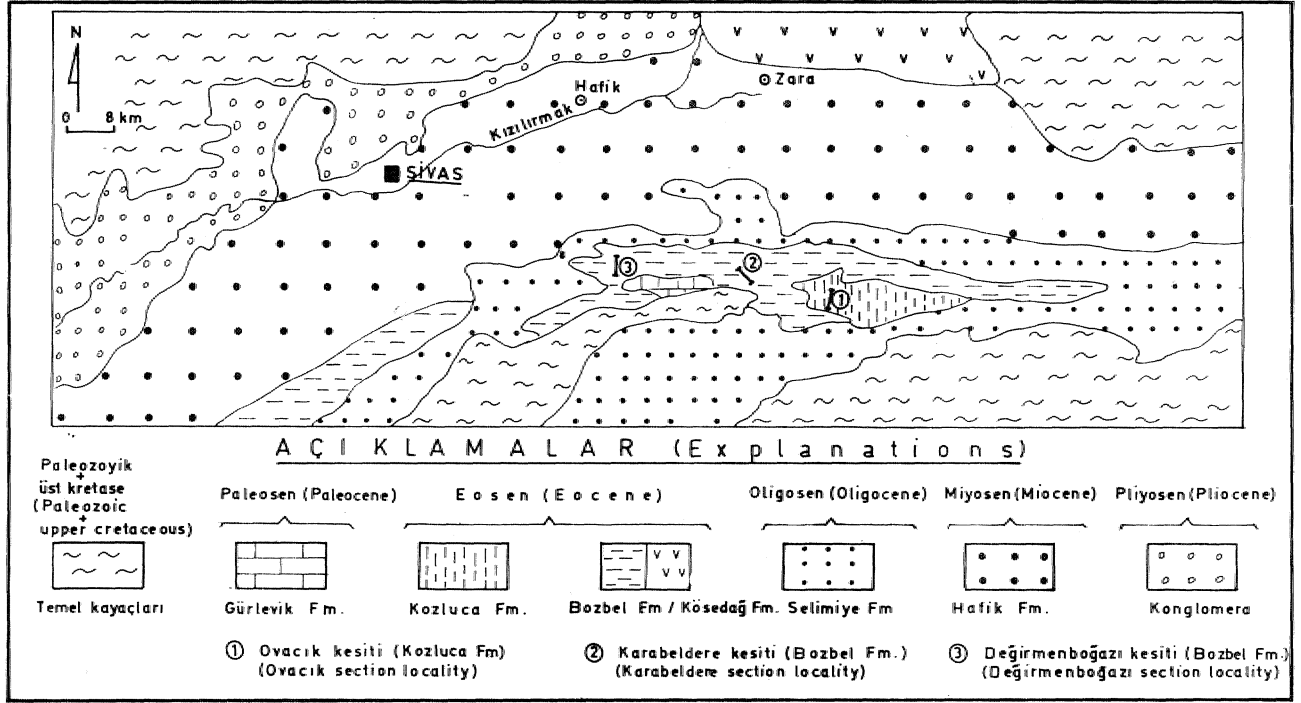
Boyabat yöresinde S önel ve diğ., (1989), Mut havzasında Korkmaz ve Gedik (1990)'in çalışmalarıdır. Ayrıca TPAO'da, çeşitli havzalarda ve sondaj kuyularda organik, jeokimyasal analizlere dayalı çalışmalar yürütmektedir.,

Vitrinit yansıması ölçümleri ile Rock-Eval analizleri Jülich KJFA. Organik Jeokimya ve Petrol Enstitüsü (Almanya), toplam, organik karbon yüzde tayinleri M.T.A. Genel Müdürlüğü ve kil analizleri de Heidelberg Üniversitesi (Almanya) laboratuvarlarında yapılmıştır.

GENEL JEOLOJİ

Sivas 'havzasının temelini Paleozoyik yaşlı metamorfitle, Üst Kretase yaşlı ofiyolitik kayaç toplulukları oluşturmaktadır., Bu karmaşık temel üzerinde; kalınlığı yaklaşık 6 bin metreye varan ve çoğunluğunu kırıntılı çöklclerin oluşturduğu Tersiyer yaşlı istifler yer alır (Şekil-1).

Havzanın güney kesiminde Gürlevik dağında yüzeyleyen Paleosen yaşlı Gürlevik formasyonu marn aratabakalı kireçtaşlardan. oluşmuştur',. Eosen yaşlı çöklclerin tabanında yer alan ve kalınlığı 500 m.'ye- varan Bahçecik formasyonu, sıkı çimento lu cakıltaşlarıyla temsil edilir. Bölgenin güneydoğu kesiminde yüzeyleyen İpresiyen yaşlı Kozluca formasyonu başlıca kumtaşı, şeyi, marn ve kireçtaşı ardalanm.as,ından oluşmuştur. Bu birim üzerine uyumlu olarak, tabanda tüfitlerle başlayan ve üste doğru, ince katmanlı, siyak renkli, kumtaşı ve kireçtaşı ara katmanlı, şeyi ve marnlardan oluşan Lütisiyen yaşlı



Şekil-1. Sivas havzasının basitleştirilmiş jeoloji haritası (Erentöz ve Baykal, 1966 ve Kurtman, 1973'den) ve kesit yerleri
Figure-1. Simplified geological map of the Sivas basin (after Erentöz and Baykal, 1966 and Kurtman, 1973) and section locality

Bozbel formasyonu gelir. Havzanın kuzey kesiminde yer alan ve yine Lütesiyen yaşlı Kösedag formasyonu da başlıca kumtaşı, marn, şeyi arakatmanlı andezitik lav ve piroklastlardan, meydana gelmiştir. Havzada Kozluca formasyonunun kalınlığı 500-750 m. Bozbel formasyonunun kalınlığı ise 1500-2500 m. arasında değişmektedir.

Bölgede Eosen, yaşlı birimler üzerine hafif bir uyumsuzlukla Oligosen yaşlı evaporitik ve karasal çökellerden oluşan Selimiye formasyonu gelir. Bu formasyonun alt seviyeleri jipslerden,, üst seviyeleri, ise alacalı renkli kumlası ve silttaşı ard al anmasından oluşmuştur.

Sivas havzasında geniş alanlarda yüzeyleyn Miyosen yaşlı çökeller 1000-1500 m. kalınlığında olup genelde iki ayrı fasiyeste gelişmişlerdir» Bunlardan Karacaören formasyonu kireçtaşı, kumlu kireçtaşı» kumtaşı. ve şeyi araldanmasından, Hafik formasyonu ise alacalı renkli kumlası, silttaşı ve jipslerden oluşmuşlardır. Bölgede açık kırmızı renkli çakıl taşlarından oluşan Pliyosen yaşlı çökeller bütün birimleri açısız uyumsuzlukla üstler.

ANA KAYA İNCELEMELERİ

Saha Çalışmaları: Sivas havzasında yapılan arazi çalışmaları sonucu Eosen yaşlı Kozluca ve Bozbel formasyonlarının ana kaya özelliği taşıdıkları gözlenmiştir. Bu nedenle her iki formasyonun, en tipik olarak gözlendikleri yerlerde tip kesitleri ölçülerek sistematik örnek alımı yapılan ıştır (Şekil-1). Ana kaya özelliği taşıyan bu formasyonların başlıca özellikleri şöyledir:

Kozluca formasyonu (fpresiyen): Birim,, esas olarak, kumtaşı» kireçtaşı, marn ve şeyi araldanmasından oluşmuştur.. Ayrıca içinden yer yer kırmızimsı-bordo renkli seviyeler yer alır. Formasyon bölgesel tektonik nedeniyle çok kıvrımlı ve kırıklı bir yapı kazanmıştır. Bu istif havzada başlıca Fıdıldağı ile Bozbel dağlarının güney kesiminde Kozluca, Doğan ve Ovacık köyleri dolaylarında yüzeyler. Tip kesiti Sincan kuzeyindeki Ovacık Köyü ile Sivri Tepe (1898 m.) arasında ölçülmüştür. Formasyonun alt sınır gözlenmemiştir,, Birimin, üzerine Bozbel formasyonuna ait volkano-tortul seriler gelir.

Bozbel formasyonu (Lütesiyen): Formasyon,, kumtaşı ara.katm.anlı» gri-siyah renkli şeyi ve marn ağdalanmasından oluşmuştur. Birim,, havzanın güney kesiminde ve doğu-batı yönünde oldukça geniş alanlarda yüzeyler. Bu bölgede başlıca Fıdıldağı, Karyagan, Alışeki ile Gürlevik dağıının kuzey kesimi, ayrıca Kızıllarla, Yağmurluyurt, Değirmenboğazi, Aktaş ve Karabel Dere dolaylarında gözlenir. Formasyonun kalınlığı. 1000-2500 m. arasında değişmektedir. Bu istiften iki ayrı tip kesit, ölçülerek örnek alımları yapılmıştır. Birinci kesit Zara-Divriği karayolu boyunca doğu-batı yönünde uzanan bir antiklinalin güney kanadında ölçülmüş ve örnek alımları yapılmıştır. İkinci kesit ise, Gürlevik dağıının 4 km. kuzeybatı yönünde yer alan Değirmenboğazi Köyü civarında Eymirkulesi tepeden kuzeye doğru, devrik bir antiklinalin kuzey kanadı boyunca ölçülmüş ve sistematik örnek alımı gerçekleştirilmiştir.

La bora tu var tu celle meler i: Sedfmanter bir havzada oluşan ve ana kaya özelliği taşıyan çökel istiflerinin jeolojik devirler boyunca 'hidrokarbon üretip-üretmedikleri yapılan organik jeokimyasal analizler sonucu anlaşılabilir nctedir.

Yapılan araştırmalar, kay açl ar içindeki organik madde türünün ve olgunluğunun, oluşacak hidrokarbonların bileşim ve miktarını denetlediğini ortaya koymuştur (Phüippi, 1974; Tissot ve diğ., 1974; Vanderbroucke ve diğ., 1976; Durand ve Espitalie, 1976; Tissot ve Weite, 1978; Hunt, 1979; Bostick., 1979; Peters, 1986)., Hidrokarbonlar, kayaçtar içinde bulunan organik maddelerin özellikle kerojeniu ısı, basınç, gömülme ve zaman gibi parametrelerin etkisiyle bir dizi karmaşık fizik o -kimyasal değişimler geçirmesi sonucu oluşmuştur (Tissot ve Weite, 1978; Hunt, 1979).

Ana kayalardaki organik maddeler üzerinde yapılan analizler üç gruba ayrılmaktadır:

1. Ana kaya içindeki organik madde miktarının ölçülmesi,
2. Ana kaya içindeki organik madde (kerojen) tipinin belirlenmesi (Rock-Eval analizleri),
- 3., Ana kaya içindeki organik maddenin (kerojen) olgunluk derecesinin belirlenmesi (Vitrinit yansıması ölçümleri)..

Bu analizler, özellikle yüzeysel etkilerden korunmuş kuyu örneklerinde oldukça sağlıklı sonuçlar vermektedir. Ancak,, Sivas havzasında açılan. Celalli-1 kuyusunda, ana. kaya özelliği taşıyan formasyonlardan herhangi birisi kesüemediğinden sistematik taze yüzey örnekleri alınmuştır.,

ORGANİK MADDE MİKTARININ ÖLÇÜMÜ

Ana kayalardaki organik madde miktarı, kaya içindeki toplam, organik karbon miktarının (T ..O.K.) ölçülmesiyle belirlenmiştir.

'Toplam organik karbon miktarı, kaya içindeki kerojene ilişkin karbon miktarı ile bu kerojenden türemiş, fakat kaya dışına altlamamış hidrokarbonlara, ait karbon miktarının toplamıdır (Durand ve diğ., 1972; Jonathan ve diğ., 1976).

Bir kayadaki organik madde miktarı ve cinsi., ana kaya potansiyeli hakkında fikir vermektedir. Ağırlık yüzdesi cinsinden ancak % 0.50 den daha fa /la miktarda organik karbon içeren kayaların ana. kaya olabilecekleri bilinmektedir (Ronov, 1958; Gehman, 1962; Weite, 1965; Me Tver, 1967; Tissot ve diğ., 1971; Dow., 1978; Tissot ve Weite, 1978).. Bu değerden daha düşük oranda organik karbonu olan kayalar ana kaya olamamaktadır. Çünkü bu tür kayalar içinde bir miktar petrol oluşsa da, bu petrol kaya dışına atılamamakta., atılsa bile gittiği yerde önemli bir birikim sağlayamamaktadır (Ünalın, İ982).

Genellikle yazarlar., organik karbon miktarını % 0,5 den az ise zayıf, düşük, % 0.5-1.0 arasında orta ve % 1.0 den fazla ise iyi, zengin ana kaya olarak tanımlamaktadırlar (Thomas, 1979; Kraus ve Parker, 1979),

Sivas havzasında ana kaya. özelliği taşıyan iki ayrı formasyonda Ölçülen üç ayrı tip kesitten toplamı 34 adet örneğin organik karbon yüzdeleri tayin edilmiştir (Çizelge-1).

İpresiyen yaşlı Kozluca formasyonundan alınan örneklerin organik, karbon yüzde dağılımları 0.05 ile 0.26 arasında değişmektedir. Formasyonun ortalama, değerı ise % 0.13 olarak belirlenmiştir.,

Lütesiyen yaşlı. Bozbel formasyonundan iki ayrı bölgede kesit ölçümü yapılarak örnek alınmuştır., Karabel Dere boyunca ölçülen kesitteki organik karbon, dağılımları 0.15-0.44 arasındadır. Bu kesitin ortalaması ise % 0.31 dir., Gürlevik dağının kuzeyinde Değerimenboğazı mevkiinde ölçülen kesitteki organik karbon yüzde dağılımları 0.09 ile 0.75 arasındadır.. Bu kesitteki, ortalama değer ise % 0.31 dir. Birimin organik karbon dağılımı % 0.15 ile 0.75 arasında değişmektedir., Formasyonun genel ortalaması ise % 031. dir.,

.Analizlerden elde edilen, organik karbon yüzdelerini, ana kaya sınıflamalarında kullanılan değerlerle karşılaştırdığımızda, gerek İpresiyen yaşlı Kozluca formasyonunun ve gerekse Lüicsiyen yaşlı Bozbel formasyonunun zayıf ana kaya ö/elliği

E O S E N (E o c e n e)	Y A ř (Age)	Form. adı (Formation)	Kesit yeri (Section locality)	Örnek No (Sample No)	Toplam organik Karbon (Total organic carbon %C)	Kesit yeri (Section locality)	Örnek No (Sample No)	Toplam organik Karbon (Total organic carbon %C)	Dağılım ve ortalama (Distribution and mean)			
										Form. adı (Formation)	Kesit yeri (Section locality)	Örnek No (Sample No)
İpresiyen (Ypresian)	Lütesiyen (Lutetian)	BOZBEL FORM.	DEğerİMENBOğAZI KESİTİ (Değerimenboğazı section)	D-9	0.41	KARABEL DERE KESİTİ (Karabel dere section)	K-7	0.39	0.09 - 0.75 0.31			
				D-8	0.25					0.09 - 0.26 0.13		
				D-7	0.35						K-6	0.33
				D-6	0.25						K-5	0.27
				D-5	0.13						K-4	0.30
				D-4	0.21						K-3	0.27
				D-3	0.09						K-2	0.44
				D-2	0.75						K-1	0.15
				O-10	0.06							
				O-9	0.09							
O-8	0.22											
O-7	0.13											
O-6	0.12											
O-5	0.06											
O-4	0.16											
O-3	0.09											
O-2	0.26											
O-1	0.05											

Çizelge-1. Toplam, organik karbon analiz, sonuçları Table»!., Results of the total organic carbon .analyses

taşıdığı görülmektedir. Ancak Bozbel formasyonunda yer yer orta derecede ana kaya özelliği taşıyan, seviyelerde, gözlenmiştir. Sonuç olarak, Kozluca formasyonu oldukça düşük, değerler göstermesine karşın, Bozbel formasyonu zayıf orta arası değerler vermektedir. Bu da her iki formasyonun hidrokarbon potansiyeli açısından zayıf olduğunu gösterir.

ROCK-EVAL (PIROLİZ) ANALİZLERİ

Kayaların içinde yer alan organik maddelerin tür ve evrimlerinin tespitinde Rock-Eval (Source Rock Characterization and Evaluation) aleti kullanılmaktadır. Bu alette ana kaya örneklerinin özel bir ısı programı altında oksijensiz bir ortamda pirolizi yapılmaktadır.

Bu piroliz işleminde, ilk önce serbest hidrokarbonlar¹ (S₁) açığa çıkar. Isı yükseldikçe daha sonra kerojen parçalanarak yeni hidrokarbonlar oluşur (S₂). Ayrıca piroliz sırasında çok azda CO₂ oluşur (S₃). Bu işlemde T_{max} değeri piroliz sırasında kerojenin parçalanması sonucu açığa çıkan hidrokarbon miktarının maksimumuna ulaştığı sıcaklığı göstermektedir.

Rock-Eval analizlerinden elde edilen değerler kullanılarak ana kayanın çeşitli özellikleri belirlenebilir (Barker, 1974; Espitalie ve diğ., 1977; Tissot ve Weite, 1978). Buna göre, S₂/C_{org} hidrojen indeksini (HI), S₃/C_{org} oksijen indeksini (OI) verir. Bu değerlerin, kerojenin element analizi sonucu elde edi-

len atomik H/C ve O/C oranlarıyla doğrudan korele edilebildiği tespit edilmiştir. Bu değerlerden yararlanarak organik madde tipi belirlenmektedir.

Petrol ana kayaları kapsadıkları organik madde (kerojen) tiplerine göre üçe ayrılmaktadır (Laplante, 1973, 1974; Tissot ve diğ., 1974; Raynaud ve Robert, 1976; Urban, 1976; Espitalie ve diğ., 1977; Tissot ve Weite, 1978; Dow, 1978; Bostick, 1979; Peters, 1986).

Birinci tip kerojenler, denizel kökenli alglerden türemiş olup H/C oranı yüksektir. Bunlar petrol ve doğal gaz oluştururlar. İkinci tip kerojenler de denizel kökenli organik maddelerden türemiş olup, H/C oranı ile petrol ve doğal gaz oluşturma potansiyeli 1. tipten daha azdır. Üçüncü tip kerojenlerde ise, H/C oranı düşük, buna karşılık O/C oranı diğer tiplerden yüksektir. Bunlar karasal kökenli bitkilerden itibaren, oluşmakta ve sadece gaz üretebilirler.

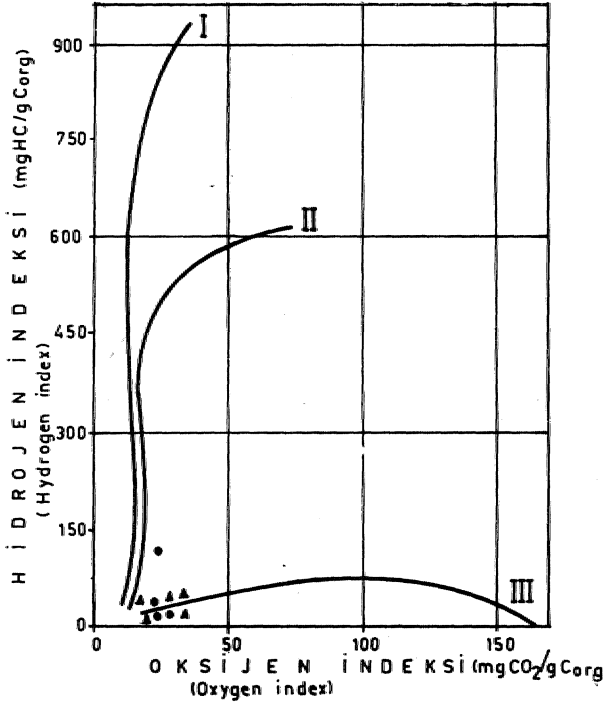
Ayrıca, S₁ + S₂ değerlerinin toplanmasıyla elde edilen Jenetik Potansiyel değeri; HC/gr cinsinden ana kayanın petrol oluşturma potansiyelinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Transförmasyon (dönüşüm) oranı S₁/S₁+S₂ ve T_{max} değerleri; ana kayanın ısıl gelişimini ve olgunluğunu belirlemede kullanılmaktadır.

Sivas havzasında ana kaya özelliği taşıyan iki ayrı formasyondan seçilen 9 adet örneğin Rock-Eval analizleri

Y A Ş (Age)	FORM, ADI (Formation)	Örnek No (Sample)	Toplam organik karbon (Total organic carbon % C)	S ₁ (MgHC/g)	S ₂ (MgHC/g)	S ₃ (MgCO ₂ /g)	HI Hidrojen indeksi (Hydrogen Index)	OI Oksijen indeksi (Oxygen Index)	T _{max} (°C)	Jenetik potansiyel (Genetic potential) (S ₁ + S ₂)	Transförmasyon oranı (T _{ratio}) (S ₁ /S ₁ +S ₂)	
E O S E N (Eocene)	Lüttesiyan (Lutetian)	B O Z B E L	K-4	0,38	0,05	0,13	—	35	—	—	0,18	0,28
			D-9	0,41	0,03	0,16	—	38	—	—	0,19	—
			K-3	0,39	0,06	0,13	—	34	—	—	0,19	0,31
			D-7	0,44	0,03	0,09	—	21	—	—	0,12	—
			K-2	0,65	0,11	0,20	—	30	—	—	0,31	0,36
E O S E N (Eocene)	İpsesiyan (Ypresian)	K O Z L U C C A	O-10	0,05	0,01	0,05	—	106	—	—	0,06	0,17
			O-8	0,29	0,02	0,07	—	24	—	—	0,09	0,22
			O-4	0,19	0,02	0,06	—	30	—	—	0,08	0,25
			O-2	0,25	0,01	0,06	—	24	—	—	0,07	0,14

Çizelge-2.1. Rock-Eval analiz sonuçları

Table-2.1. Results of the Rock-Eval analyses



(• Kozluca Fm., — 4 Bozbel Fm.)

Şekil-2... Ana kaya tipinin H ve O indekslerine göre sınıflaması (Espitali ve diğ., 1977)

Figure-2. Classification, of the source rock types-by using H and O indices (Espitali et al, 1977)

yapılmıştır. Bu analizlerde,, toplam organik karbon miktarı, S₁, S₂, S₃ değerleri, T_{max}, hidrojen, ve oksijen indeksleri tayin edilmiştir., Bu değerlerden yararlanarak Jenetik Potansiyel ve Transformasyon Oranı hesaplanmıştır (Çizelge-2).

Ana Kaya Tipinin Belirlenmesi: Pirolizi yapılan 9 örnekte S₁'ün çok düşük olması nedeniyle ölçüm yapılamamış ve dolayısıyla oksijen, indeksi (OI) belirlenememiştir. Aynı örneklerin hidrojen indeksi (HI) değerleri ise 21-106 arasında değişen oldukça düşük değerler göstermektedir. Hidrojen indeksinin, düşük olması bunların muhtemelen karasal kökenli organik maddelerden türemiş 3. tip kerojen olduklarını veya organik maddece oldukça fakir ana kaya olduklarını göstermektedir (Şekil-2). Dolayısıyla bunların petrol, yönünden hiçbir potansiyelleri yoktur. Ancak, bir miktar gaz üretmiş olabilirler.

Ana. Kaya Potansiyeli: Rock-Eval analizlerinden yararlanarak ana kaya potansiyeli hakkında nicelik, yönünden bir fikir elde edilebilmektedir. Jenetik Potansiyelin {S₁+S₂X bir ton. ana kayada kg hidrokarbon cinsinden ifadesine ana kaya potansiyeli denilmektedir. Ana kaya potansiyelinin nicel sınıflaması Tissot ve Weite (1978)'e göre şöyledir:

(S₁ + S₂) < 2 kg/ton: Petrol ana kayası olamaz, ancak ender olarak doğal gaz ana kayası olabilir,

2 kg/ton < (S₁+S₂) < 6 kg/ton: Orta derecede potansiyele sahip ana kaya.

(S₁ + S₂) > 6 kg/ton: İyi derecede potansiyele sahip ana kaya.

Bu sınıflamadan, yararlanarak çizelge-2'deki Jenetik Potansiyel değerlerini yukarıda verilen birimlere çevirdiğimiz zaman, çok düşük, değerler elde edildiği görülür. Bu durumda gerek Kozluca formasyonu ve gerekse Bozbel formasyonu, kesinlikle petrol ana kayası olamazlar. Ancak çok ender olarak doğal gaz ana kayası olabilirler¹.

ANA KAYA OLGUNLUĞUNUN BELİRLENMESİ

inceleme alanındaki ana kayaların olgunluklarını belirlemek için vitrinit yansımaları ölçümleri ile ilik kristalitik ölçümleri yapılmıştır.

Vitrinit Yansımaları Ölçümleri

Organik maddece zengin tortul kayaların içerisinde bulunabilen vitrinit maseralinin yansımaya değerinin, ölçülmesi ile bir kayacın olgunluk, derecesi kolayca anlaşılabilir. Ana kaya içindeki organik madde (kerojen) diğer maddelerden çeşitli, yöntemlerle ayrılır ve elde edilen kerojenden parlatılmış kesitler hazırlanarak ölçümler yapılır..

Yansımaya (reflektans) değeri. (Ro), parlatılmış yüzey üzerine gönderilen ışıktan, yansıyan miktarının emilene oranıdır. Parlatılmış yüzeylerden itibaren gerçekleştirilen vitrinit yansımaları bir fotometre aracılığı ile sayısal değerlere dönüştürülebilmektedir. Bu, bir ana kayacın, olgunluk derecesini tespit etmede kullanılan en güvenilir yöntemlerden biridir (Raynaud ve Robert, 1976; urban, 1976; Tissot ve Weite, 1978; Bostick, 1979; Teichmüller ve Teichmüller, 1979; Robert, 1980).

Vitrinit yansımaları ölçümlerinden elde edilen Ro değeri 0.5'den küçük olanlar henüz diyajenez aşamasında, olan olgunlaşmamış ana kayalardır., Ro=0.5-2.0 arasında olan kayalar katabajenez evrede olup olgunlaşmış ana kaya olarak kabul edilmekte, ve ancak bu, kayaların petrol ve doğal gaz üretmiş olabilecekleri belirtilmektedir. Ro değeri 2.0-4.0 arasında olan kayalar ise matajenez evrede, olup aşırı olgunlaşmış kayalar olup yalnızca, gaz verebilirler (Raynaud ve Robert, 1976; Bowel ve diğ., 1978; Tissot ve Weite, 1978; Bostick, 1979).

Sivas havzasında ana kaya özelliği taşıyan, iki ayrı formasyonda ölçülen, üç ayrı kesitten seçilen 9 örnek üzerinde vitrinit yansımaları, ölçümleri yapılmıştır (Çizelge-3).

İpresiyen yaşlı Kozluca, formasyonunda seçilen 4 örnekten hiçbirinde ölçüm yapılacak vitrinit maserali bulunamamıştır.

Lütesiyen yaşlı Bozbel formasyonunda ölçülen, iki ayrı kesitten, seçilen örneklerde ise Karabel Dere kesitinden seçilen üç örnekten birinde, Değirmenboğazı kesitinden seçilen iki örnekten birinde vitrinit maseraleri bulunarak ölçümler yapılmıştır, ölçüm için seçilen 9 adet örnekten sadece ikisinde ölçüm yapılabilmektedir..

Ölçümü yapılan örneklerin organik madde tipleri de göz önüne alınarak değerlendirilmeleri yapılmıştır (Şekil-3). Buna göre;

örnek no: K-4 (Bozbel form., Karabel Dere. kesiti): örnek içinde taşınmış 11 ve yerli. 39 adet organik madde bulunmuştur (Şekil-3a). Yerli topluluklar üzerinde yapılan ölçümlerde yansıma değerlerinin dağılımı. $R_o = 0,8 - 1,0$ arasındadır. Ortalama değer ise 0,9'dur.

Örnek no: D-7 (Bozbel form., Değirmenboğazı kesiti): örnek içinde taşınmış 22 ve yerli 18 olmak üzere toplam: 40 adet organik madde bulunmuştur (Şekil-3b). Yerli topluluklar üzerinde yapılan ölçümler sonucu vitrinit yansıması değerleri $R_o = 0,7 - 0,85$ arasında dağılım göstermektedir. Bu örneğin ortalama değeri ise 0,78'dir.

Bu ölçümlere göre, Bozbel formasyonu vitrinit yansıması açısından katajenez evrenin petrol oluşum zonu içinde yer almaktadır (Şekil-4).

İllit Kristallik Ölçümleri

İllit kristallik derecesinden yararlanarak ortaların hangi olgunluk aşamasında oldukları ve kolayca anlaşılabilir. Bunun için Kozluca ve Bozbel formasyonlarından seçilen 19 adet örneğin kil analizleri yapılmıştır (Şekil-5). Örneklerde Mİ minerali olarak, az oranlarda illit ve montmorillonit ve oldukça bol olarak klorit gözlenmiştir. Kozluca formasyonunda

Y A Ş (Age)	FORM. ADI (Formation)	ÖRNEK NO (Sample)	VİTRİNİT YANSIMASI (Vitrinite reflectance) (R_o)	STANDARD SAPMA (Standard deviation)	ÖLÇÜ SAYISI (Number of measurement) (n)	
E O S E N (Eocene)	Lütesiyen (Lutetian)	B O Z B E L	K-4	1,0	0,05	39
			D-9	—	—	—
			K-3	—	—	—
			D-7	0,85	0,04	18
E O S E N (Eocene)	İpresiyen (Ypresian)	K O Z L U C A	O-10	—	—	—
			O-8	—	—	—
			O-4	—	—	—
			O-2	—	—	—

Çizelge-3. Vitrinit yansıması ölçüm sonuçları

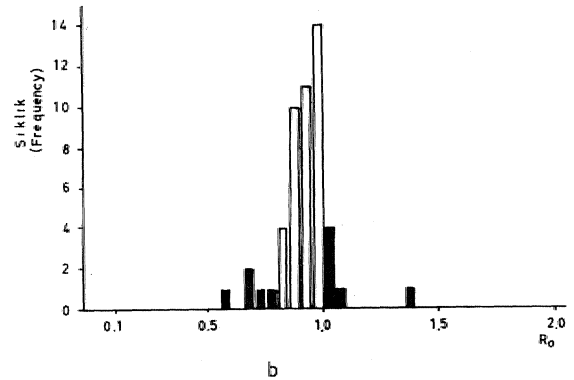
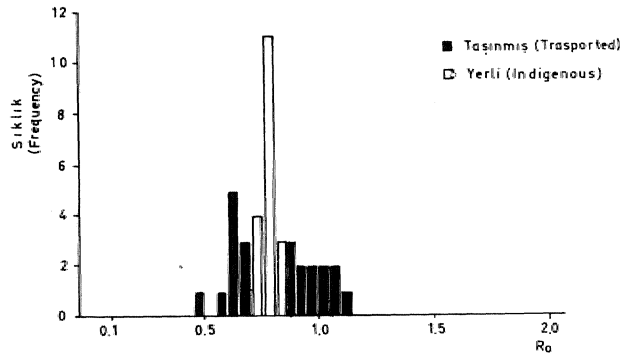
Table-3. Results of the vitrinite reflectance measurements

illit-klorit ve çok az montmorillonit, Bozbel formasyonunda ise illit-klorit-mon.tm.orillonit parajenezi vardır.

Bozbel formasyonunda ölçüm yapılabilecek, ideal illit pikleri elde edilememiştir. Kozluca formasyonunda ise sadece 0-2 ve 0-4 numaralı örneklerde ölçüm yapılabilecek ideal pikler elde edilmiştir. Bu piklerde yapılan ölçümler sonucu illit kristallik derecesi 2 mm., civarında bulunmuştur. Bu değer Kiibler (1968 y. in sınıflamasında ankimetamorfizma zonuna karşılık gelmektedir. Dolayısıyla Kozluca formasyonu da yeterli, olgunluğa erişmiş durumdadır.

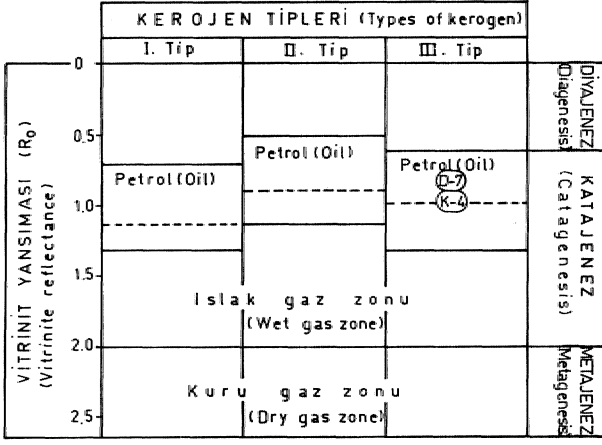
TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Sivas havzasında şimdiye kadar açılan petrol amaçlı tek kuyu Celalli-1 sondajdır, bu kuyuda 3643 m. kalınlığında Oligosen yaşlı bir istif kesilerek kuyu terkedilmiştir. Dolayısıyla saha çalışmalarında tespit edilen ve ana kaya özelliği taşıyan formasyonlar arasında hiçbirisi bu kuyuda kesilememiştir. Bu nedenle ana kaya özelliği gösteren iki ayrı formasyondan tip kesitler ölçülerek sistematik örnek alımları yapılmış ve daha sonra bu



Şekil-3. Eosen yaşlı Bozbel formasyonuna ait örneklerdeki vitrinit dağılımları

Figure-3. Vitrinite distributions belonging to samples from Bozbel formation or Eocene age



Şekil-4. Vitrinit yansımaları ve kerojen tipi açısından petrol ve gaz zonlarının yaklaşık sınırları (Tissot ve Weite, 1978)

- Figure-4. Approximate boundaries of the oil and gas zones in terms of vitrinite reflectance and kerogen type (Tissot and Weite, 1978)

örneklerin laboratuvarlarda organik jeokimyasal incelemeleri gerçekleştirilmiştir.

Toplam organik karbon miktarı yönünden Kozluca formasyonuna ait örnekler oldukça düşük değerler verirken Bozbel formasyonuna ait bir örnek orta, diğerleri ise yine düşük değerler vermiştir.

Rock-Eval analizlerinden her iki formasyonda düşük H/C oranının elde edilmesi ve ana kaya potansiyelinin azlığı, bu birimlerin hiçbir hidrokarbon potansiyeli taşımadıklarını göstermektedir.

Organik maddelerin olgunluk derecelerini belirlemek için yapılan vitrinit yansımaları ölçümlerinde Bozbel formasyonuna ait örneklerin katajenez evrenin petrol oluşum zonu içinde, yer aldıkları gözlenmiştir. Kozluca formasyonuna ait örneklerde yapılan il lit kristallik ölçümlerinde birimin yeterli olgunluğa eriştiği tespit edilmiştir.

Analizlerden elde edilen sonuçları topluca değerlendirirsek, Sivas havzasında yüzey leyle en ana kayaların kesit ölçülen bölgelerde, hidrokarbon üretebilecek olgunluğa erişmesine karşın, organik maddece son derece fakir olmaları nedeniyle hiç bir petrol potansiyelleri yoktur. Ancak az miktarda doğal gaz üretebilirler.

KATKI BELİRTME

Arazi çalışmaları sırasında M.T.A. Sivas Bölge Müdürlüğü ile Hafik Kamp Şefliğinin imkanlarından yararlanmamı sağlayan C.Emin ve T. Kaya'nın, organik jeokimyasal analizlerimi yapan Jülich K.F.A., Organik Jeokimya ve Petrol Enstitüsünden Prof. Dr. D.H.Weite ile Dr.R.Littke'ye, ayrıca H.İzcan'a (TPAO) yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Y A Ş (Age)	FORM. ADI (Formation)	ÖRNEK NO (Sample)	KİL MINERAL PARAJENEZİ (Paragenesis of clay minerals)			Tüm kayaç mineral parajenezi (Mineralogical paragenesis of whole rock)
			İllit (Illite)	Klarit (Chlorite)	Montmorillonit (Montmorillonite)	
E O S E N (Eocene)	Lütetiyen Lutetian)	B O Z B E L	D-9			Ca, Q, F
			D-8			Q, Ca, F
			D-7			Ca, Q, F
			D-6			Q, Ca, F
			D-5			Ca, Q, F, Amt
			D-4			Q, Ca, F
			D-3			Ca, Q, F
			D-2			Ca, Q
			D-1			Ca, Q, F, D
			E O S E N (Eocene)	İpresiyen (Ypresian)	K O Z L U C A	O-10
O-9						Q, Ca
O-8						Q, F
O-7						Q, F, Ca
O-6						Q, F
O-5						Q, F, Ca
O-4						Q, Ca, F
O-3						Q, Ca, F
O-2						Ca, Q, F
O-1						Q, Ca, F

Şekil-5. Kil mineral parajenez dağılımları

Figure-5. Distributions of the clay mineral paragenesis

DEĞİNİLEN BELGELE»

- Arpat, E., 1964» Gürlevik dağı bölgesinin genel jeolojisi ve petrol imkanları: M.T.A. derleme rapor no: 4180, Ankara.
- Artan, t), ve Seslini, G.; 1971, Sivas-Zara-Beyşınan bölgesinin jeolojisi: M.T.A. Derg., 76, s.80-97.
- Barker, C., 1974, Pyrolysis techniques for source-rock evaluation: A.A.P.G. Bull., 58» 11» s.2349-2361.
- Bostick, N.H., 1979, Microscopic measurement of the level of catagenesis of solid organic matter in sedimentary rocks-a review: SEPM special publ. no, 26, s. 17-43.

- Dow, W.G., 1978, Petroleum source beds on continental slope and rises: A.A.P.G. Bull.» 62, 9, s. 1584-1606.
- Durand, B., Espitalie, J., Nicaise, G., 1972,, Etude de la matière organique insoluble des argiles de Toarcien du Bassin de Paris: Rev.Ins.FrPétrole, 27, 6, s.865-884.
- Durand, B. ve Espitalie» J., 1976, Geochemical studies on the organic matter from Daoula Basin, II. Evolution of kerogen: Geoch. Cosm.LActa, 40» s. -801-808.,
- Erentöz, C, ve Baykal, F., 1966, İzahlı 1/500.000 ölçekli. Türkiye jeoloji haritası Sivas "paftası: M.T.A. yayımı.
- Espitalie, J., Madec, M, ve Tissot, B., 1977,, Source rock characterization: 9 th offshore technology conference,, s. 439-444.
- Gedik, A. ve Korkmaz, S» 1984, Sinop havzasının jeolojisi ve petrol olanakları; Jeoloji Müh. Derg.,» 19, s.53-79.
- Gehman, H.M., 1962, Organic matter in limestone: Geoch.. et Cosm.Acta, 26, s.385-897.
- Gökçen, S.L., 19-81, Zara-Hafik güneyindeki Paleojen istifinin sedimantolojisi ve paleocoğrafik evrimi: H.Ü. Yerbilimleri, 8, s.1-25.
- Hunt, J.M., 1979, Petroleum Geochemistry and Geology; Freeman, 617s.,
- Jonathan,, D., Le Tran» K., Oudin, J.L, ve Van der Weide» B.M., 1976,, Les méthodes d'étude physico-chimique de la matière organique: Bull. Centre RechJPau., SNPA, 10,, 1, s.89-108.
- Korkmaz, S., 1984, Boyabat (Sinop) kuzeydoğusunun petrol yönünden jeolojik ve jeokimyasal incelemesi: doktora tezi, K.T.-Ü. Fen BİLEnst.,» 193 s., Trabzon.,
- Korkmaz, S. ve Gedik A., 1990» Mut-Ermenek-Silifke(Konya-Mersin) havzasında ana kaya fasiyesi ve petrol oluşumunun organik jeokimyasal yöntemlerle- incelenmesi: T.I.. Bülteni,, 33, !.
- Kraus, G.P., ve Parke?, K.A., 1979, Geochemical evaluation of petroleum source rock in Bonaparte Gulf-Timor sea region: NW Australia, A.A.P.G. Bull., 63, 11, 5.2021-204 L
- Kubler, B., 1968, Evaluation quantitative du métamorphisme par la cristallinité de FilMte, Etat des progrès réalisés ces dernières années: Bull. Centre Rech.Pau SNPA, 2» s.385-397.
- Kurtman, F., 1971 a, Sivas-Divriği arasındaki sahanın jeolojisi ve jipsti seri hakkında müşahadeler: M.T.A. Derg., 56, s.14-25.,
- Kurtman, F., 1961 b, Sivas civarındaki jipstli serinin stratigrafik durumu: MT.A. Derg., 56, s. 26-30
- Kurtman, F., 1963, Tecer dağlarının jeolojisi ve alacalı seri hakkında bazı müşahadeler: T.J.K. Bült.. 8 (1/2) s.19-26
- Kurtman, F., 1973, Sivas-Hafik-Zara ve İmranlı bölgesinin jeolojik ve tektonik yapısı:: M.T.A. Derg.,, 80, s. 1-32.
- Laptante, R.E., 1973, Hydrocarbon generation related to carbonization and faciès types in Danver Basin Upper Cretaceous: A.A.P.G. Bull., 57, 4,, s. 790-796..
- Laptante, R.E., 1974» Hydrocarbon generation in Gulf Coast Tertiary sediments: A.A.P.G. Bull., 58, 7, s, 1281-1289.
- Me iver, R.D., 1967, Composition of kerogen-clus to its role in the origin of petroleum: Proceodings of the 7th World Petr.Cong., Mexico, 2, s.25-36.
- Nebert, K., 1956,, Sivas vilayetinin. Zara-tmranlı mıntıkasındaki , jips serisinin, stratigrafik durumu, hakkında: M.T.A. Derg., 48, s, 76-82.,
- Norman, T., 1964, Celalli (Hafik) bölgesinin jeolojisi: M.T.A.; derleme- rapor.. (Yayınlanmamış), Ankara
- Okay, A.C., 1952» Sivas 62/2 paftası lövesi raporu, M.T.A, derleme rapor (Yayınlanmamış), Ankara.
- Pelin,, S., 1981, Pasinler (Erzurum) .havzasında ana kaya özelliklerinin ve petrol oluşumunun açıklanması: K.T.Ü.; Yer Bilimleri Derg., Jeoloji, 1, 2, s.127-143. I
- Peters, K.E., 1986, Guidelines for evaluating petroleum source! rock using programmed pyrolysis: A.A.P.G. Bull., 70, 3,i S.318İ329. i
- Philippi, G.T., 1974.. On the depth time and mechanism of petroleum generation: Geoch. Cosmo. Acta, 29,^ s. 1021-1049.
- Powcl, T.G., Fosolos, A.E., Günther,, P.R. ve Snowdon, L.R.,; 1978, Diagenesis of organic matter and fine clay, minerales,, a comparative study: Geochcm. Cosmo.. Acta, \ 42, s.l 181-11.97.. :
- Raynaud, J.F., ve Robert, P., 1976, Les méthodes d'études optiques de la matière organique: Bull. Centre Rech. Rau., SNPA,, 10, 1, s. 109-127.
- Robert,, P., 1980, The optical evolution of kerogen and. geothermal histories applied to oil and gas exploration: ; In:-Durand B., (Ed.) q.v., chapter 11, s.,340-414.. :
- Ronov, A.B., 1958,, Organic carbon in sedimentary rocks: i Geochemistry, 5, s.496-509. \
- Sonel, N., Sar» A., Coşkun, B. ve Tozlu,, E., 1989, Boyabat \ (Sinop) havzası Ekinveren, fayının petrol aramalanndaki ; önemi: T.J, Bülteni, 32, 1-2, s.39-49. ;
- Teichmüller, M. ve Teichmüller, R_m 1979,, in diagenesis in i sediments and sedimentary rocks: Larsen and Chilin., : s.207-246.
- Thomas,, B.M. 1979, Geochemical analysis of hydrocarbon occurrences in northern Perth Basin, Australia: A.A.P.G. ; Bull.,, 63, 7,, s. 1092-1107.
- Tissot, B., Califet-Debyser, Y., Deroo, G. ve Oudin, .IL.,, 1971, ; Origin and evolution of hydrocarbons in early Toarcian : shales: A.A.P.,G, Bull, 55, s.2177-2193. ;
- Tissot, B., Durand. IB., Espitalie» I. ve Comba,, A., 1974, Influence of mature and. diagenesis of organic matter in • formation of petroleum.: A.A.P.G. Bull., 58, s.499-506. '
- Tissot» B. ve Weite, D.H., 1978, Petroleum Formation and Occurrence: Springer Verlag, Berlin, 538 s.
- Urban,, J.B., 1976, Palynology, thermal maturation by vitrinite reflectance and visual color estimation and kerogen description, of source rocks: Core Lab Inc.. sp. publ.
- Ünalın, G., 1982, Kalecik-Tüney-Sulakyurt (Ankara) arasındaki bölgenin petrol olanaklarını araştırılması.: Doçentlik tezi, I.Ü.F.F., 88 s.
- Vanderbroucke, M., Albrecht, P. ve Durnad, B., 1976, Geochmical studies on the organic matter from, the Doula Basin III. Comparison with the early Toarcian shales: GeockCosm., Acta, 40, s. 1241-1249.
- Weite, .D.H., 1965,, Relation between petroleum. and source rock: A.A.P.G. Bull., 63, 2, s.239-245.
- Yalçın, M., 1982, Jeokimya yöntemleriyle Adana havzası petrol potansiyelinin araştırılması: doçentlik tezi, I.Ü.F.F., • İstanbul,