

YENİDOĞAN (SİVRİHİSAR) SEPIOLİT YATAĞININ JEOLojİSİ, MİNERALojİSİ VE OLUŞUMU

Mefail YENİYOL*

ÖZ. - Lületaş olarak tanınan yumru sepiolitler dışında 1960 lı yıllardan bu yana Eskişehir Neojen havzasında bazı tabakalı sepiolit yataklarının da bulunduğu bilinmektedir. Sivrihisar'ın güneyinde Yenidoğan köyü bitişiğinde bulunan sepiolit yatağı, bu yataklar arasında en önemlilerinden biridir. Burada sepiolit, dolomit ve dolomitik marn ardalanmasından meydana gelen Pliyosen istifinin üst kesiminde iki ayrı seviye halinde yer alır. Alt sepiolit seviyesi en çok 3 m kalınlığında olup sepiolit kili ve dolomitli sepiolit içerir. Üstteki seviyenin maksimum kalınlığı ise 10 m dir ve düzenli bir biçimde 750 000 m² yi aşkın bir alanda yayılım gösterir. Bu seviye sepiolit kili ve sepiolitli tabaka ve mercerlerin ardalanmasından meydana gelir, sepiolit kili % 90 dan fazla sepiolit minerali ve değişen ancak % 10 nu geçmeyen oranlarda organik malzeme içerir. Bunların dışında bazan % 5 ten az kuvars, feldispat, illit, dolomit ve pomza kırıntıları da bileşimde bulunabilir, sepiolitli dolomit üst seviyede en bol bulunan sepiolitli malzemedir. Dolomit içeriği % 50 den az olup, bazan illit ve kuvars kırıntıları da bileşiminde yer alabilir, sepiolit alkalın göl ortamının sığ kenar kesimleri, kısa ömürlü gölcükler ve bataklıklarda çökelmiştir, sepiolit oluşumunu 8-8.5 pH değerlerindeki Si⁴⁺ ve Mg²⁺ açısından zengin çözeltiler sağlamıştır. Bu koşullarda sepiolit, göl suyundan doğrudan kristallenme ve çökeltme ile oluşmuştur, sepiolit oluşumu ayrıca diyajenez ve diyajenez sonrası evrelerde de taneler arası boşluk ve kuruma çatlaklarında dolayım halindeki çözeltilerden doğrudan kristalleşme yoluyla meydana gelmiştir.

GİRİŞ

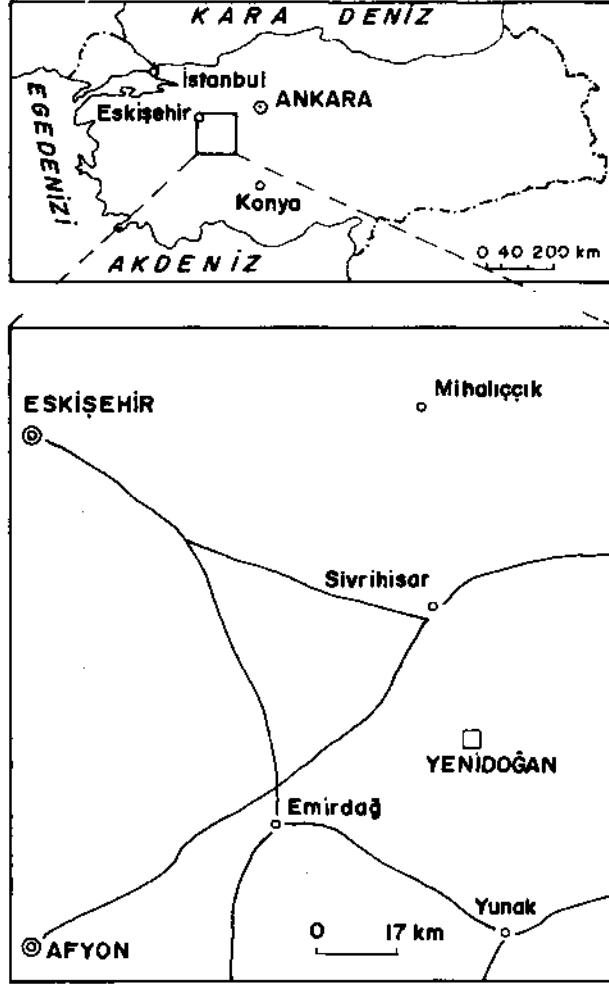
Eskişehir dolayında zuhur eden lületaş, uygun fiziksel özellikler nedeniyle yüzyıllardır pipo ve süs eşyası yapımında kullanılmıştır. Neojen yaşlı konglomeralarda yumru biçiminde bulunan bu lületaş, Türkiye'de ticarî değer taşıyan tek sepiolit türü olarak bilinmiştir. 1960 lı yıllarda MTA Enstitüsü tarafından yapılan çalışmalarla yörede Sedimenter oluşumlu ve tabakalı sepiolitlerin de var olduğu anlaşılmıştır. Ekonomik değerlendirme amaçlı olan bu çalışmalarla ilgili teknik raporlarda, bu sepiolitlerden tabakalı lületaşları olarak söz edilmiştir. Konuyla ilgili olarak yayınlanan ilk çalışma ise Akıncı'ya (1967) aittir. Bu çalışmada, Eskişehir'in güneybatısında yer alan sepiolit zuhuru incelenmiş, bir kesit boyunca sepiolitinin istifteki konumu tanımlanmış ve bazı mineralojik bilgiler verilmiştir. 1960 lı yıllarda ve kısa bir süre için, bu metnin konusu olan Sivrihisar ilçesinin güneyindeki sepiolit yatağından çok az miktarda sepiolit üretilmiş, sondaj çamuru olarak kullanılmak üzere ihraç edilmiştir. Daha sonra da bu sepiolitlerle ilgili herhangi bir işletme veya inceleme yapılmamıştır.

Tabakalı sepiolitler oluşum tarzları nedeniyle ekonomik boyutlarda rezerv sunan yataklanma gösterirler. Bu sepiolitler, fiziko-kimyasal özelliklerinden dolayı son birkaç on yılda sayısı gittikçe artan kullanım alanı bulan ilginç bir endüstri minerali haline gelmiştir. Bu metnin konusu olan çalışma, Türkiye'de yeterince incelenmemiş ve endüstriyel kullanıma henüz sunulmamış bu tipteki sepiolitleri yataklanma, mineralojik ve köken özellikler açısından incelemeyi amaçlayan çalışmaların bir kısmıdır. Bu metinde içerdiği rezerv açısından en önemli zuhurlardan biri olarak görünen Sivrihisar güneyindeki sepiolit yatağı tanımlanmaktadır (Şek. 1).

GENEL JEOLojİ

inceleme alanı ve yakın çevresinde, Tersiyer öncesi ve Neojen yaşındaki kayaçlar yer alır. Tersiyer öncesi kayaçlar, kuzeybatı-güneydoğu gidişli morfolojik yükseltileri meydana getirirler. Bu yaşlı litoloji, 25 km kadar güneybatıda; bazan dolomitik karakter gösteren ve şist seviyeleri de içeren, başlıca rekristalize kireçtaşları ve serpantinlerle temsil edilir (Yeni Yol, 1982). 12 km kadar kuzeydoğuda; mermer, rekristalize kireçtaşları, gnays, şist ve granodiyoritler yer alır. 30 km kadar kuzeybatıda ise, Neojen örtüsünün aşınmasıyla, ultramafik kayaçlar ada biçiminde mostra verirler. Bunlardan kireçtaşı, mermerler, şist ve gnayslar Mesozoyik (muhtemelen Kretase) yaşlıdır (Niehoff, 1964). Başlıca serpantinlerle temsil edilen ultramafik kayaçların yerleşme yaşı ve granodiyoritlerin egemen olduğu kayaçların sokulum ve yerleşme yaşı Üst Kretasedir (Erentöz, 1975; Yeni Yol, 1982).

Bölge, Lütisen ile Neojen arasındaki (Erentöz, 1975) yükselme ve alçalma karakterindeki yapısal hareketlerden etkilenmiştir. Bu hareketlerle önce kuzeybatı-güneydoğu gidişli bölgesel ölçekteki büyük gravite



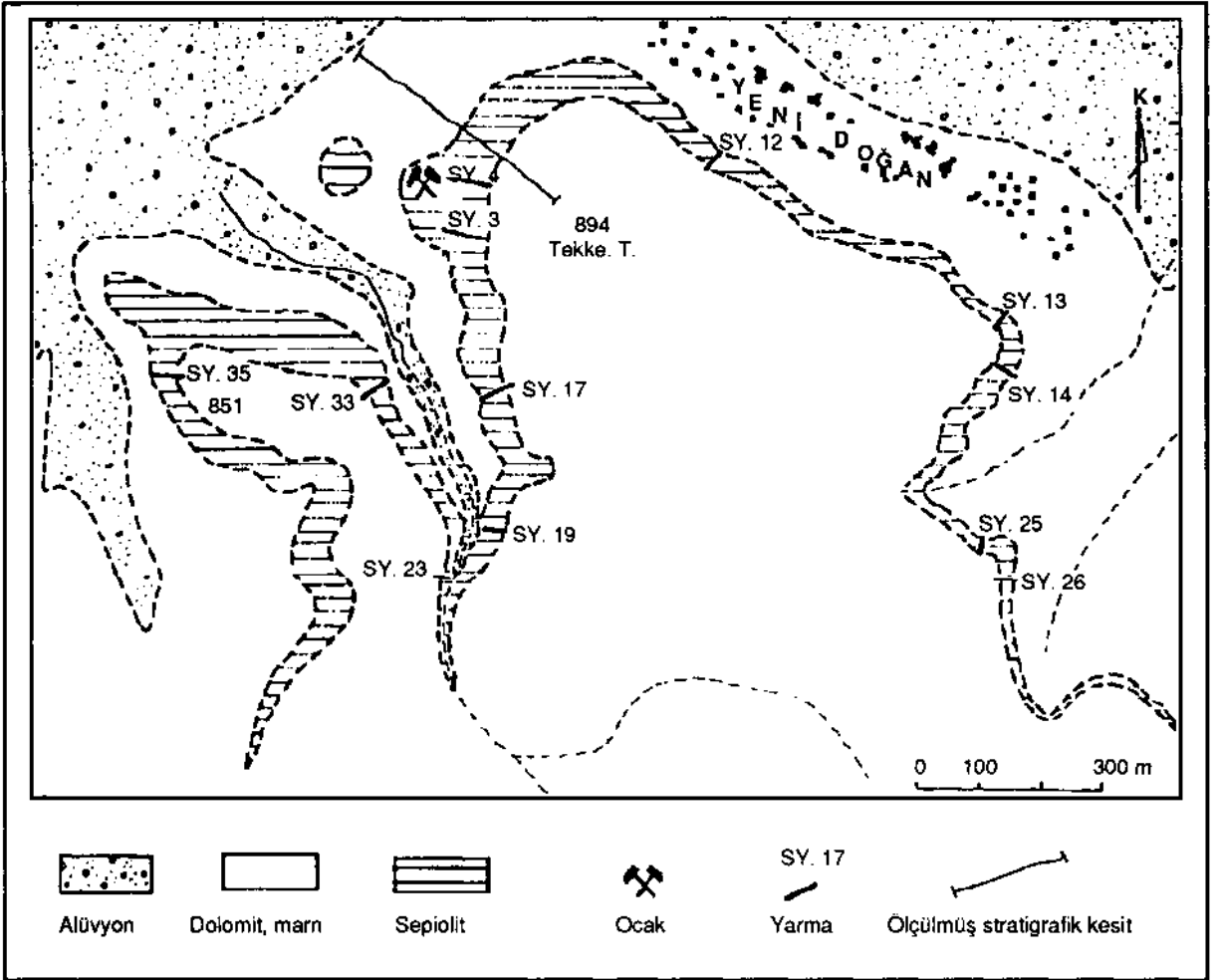
Şek. 1- Bulduru haritası.

faılanmaları, daha sonra da kuzeydoğu-güneybatı gidişli tektonik çizgilerle bugünküne yakın bir morfoloji kazanmıştır. Neojen sedimentleri, penepenleşmiş yaşlı litolojiye ait morfolojik yükseltelerin sınırlandırdığı çöküntü alanlarında çökelmiştir. Tektoniğin aktif olduğu sedimentasyonun ilk döneminde havzanın tabanı ve özellikle kenar kesimlerinde; kalın, iri, iç kesimlerinde ise ince klastik malzeme depolanmıştır. Daha sonra meydana gelen tektonik aktivitedeki yavaşlama ve durgunluk dönemlerinde, istifin üst kesimlerinde yer alan kimyasal sedimentasyon ürünü kayaçların çökelimi egemen olmuştur. Sedimentasyona zaman zaman Miyosende gelişmiş daha sonra Pliyosende şiddetlenmiş olan (Erentöz, 1975) volkanizma ürünleri de katılmıştır.

incelenen alanın tümü, Neojen yaşlı sedimentlerden meydana gelmiştir (Şek. 2). Bu sedimentler, alanın doğu sınırının hemen dışından geçen Sakarya nehri vadi tabanından itibaren, yaklaşık 200 m kalınlığında bir istif meydana getirirler. Çökelme ortamları ve bazı litolojik karakter farklılıkları bakımından stratigrafik istifi, kabaca üç ayrı kayaç topluluğu olarak tanımlamak mümkündür.

Tabandan itibaren istifin yaklaşık 80 m kalınlığında olan ilk kesimi; dolomit dolomitik marn, tuf, kumtaşı, siltli-killi kayaç arıalanmasıyla temsil edilir. Dolomitler sert ve mikritik, bazan da gevşektir. Bazı dolomit seviyelerinde yoğun tatlı su gastropod fosilleri bulunur. Birçok seviye de muhtemelen volkanik faaliyetlerle ilgili olarak silisleşme gösterirler. Bu silisleşmiş dolomit seviyeleri 5-10 m aralıklarla yer alırlar ve kalınlıkları yer yer 10 m ye ulaşır, istifin bu kesiminde asidik tuf ve volkanik malzeme içeren kumtaşı, oldukça sık aralıklarla dolomitlerle

YENİDOĞAN SEPIOLİT YATAĞI



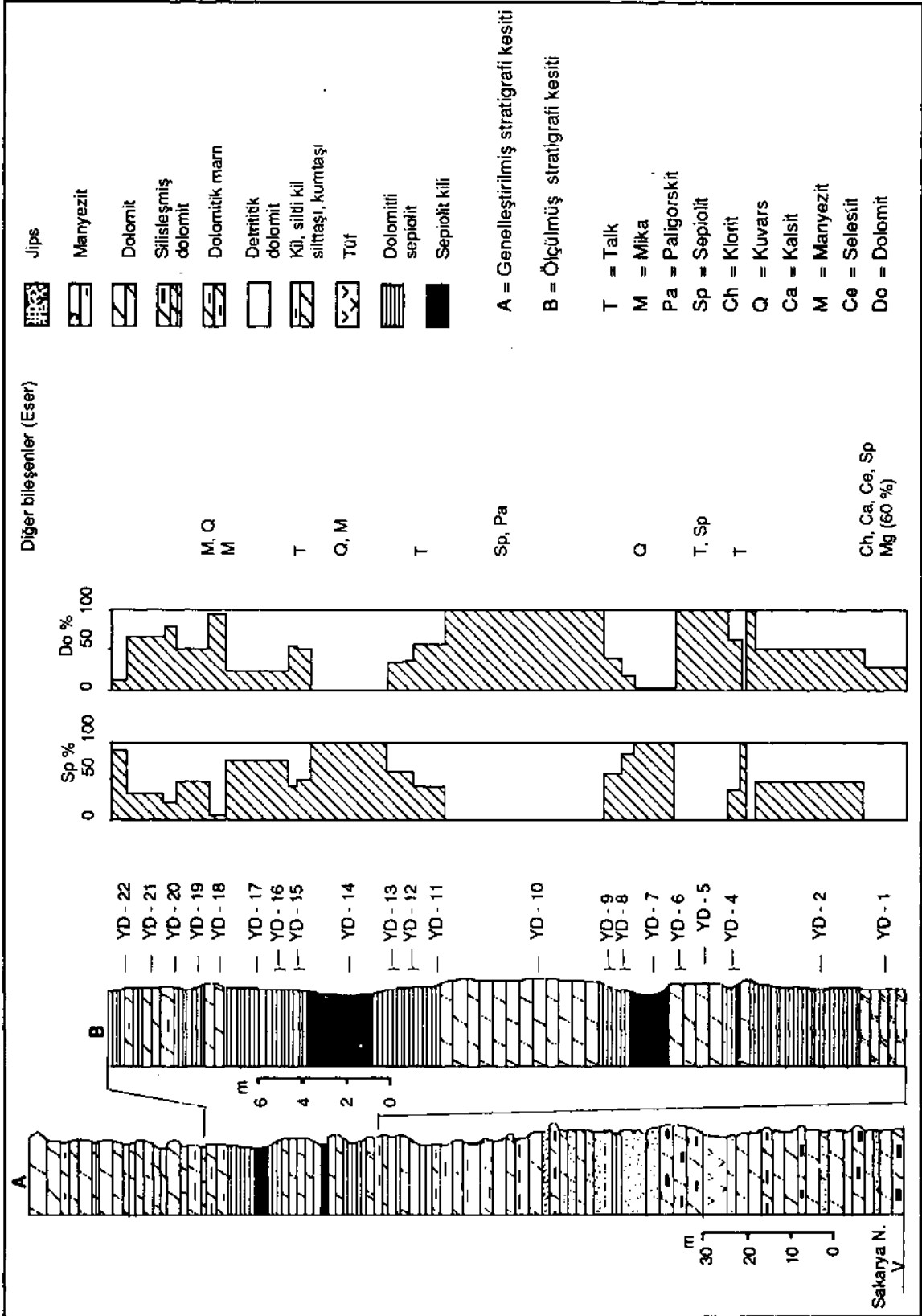
Şek. 2- Yenidoğan (Sivrihisar) sepiolit yatağının jeoloji haritası.

ardalanma gösterir, istifin üst kesimlerinde ise bu ardalanmaya dolomitik marn ve detritik olan kumtaşı ile siltli-killi seviyeler katılır. En üstte ise 1 -1.5 m kalınlığında sert bir silisleşmiş dolomit seviyesi yer alır (Şek. 3).

Bunun üzerinde yer alan kayaç topluluğu yaklaşık 40 m kalınlıkta olup dolomit çökelinin egemen olduğu bir dolomit, dolomitik marn ardalanması ile temsil edilir. Topluluk, tabanda 1-2 m kalınlıkta olan ince kristalli bir jips seviyesi ile başlar. Orta ve üst kesimlerde ise acı su ortamında çökelen yeşil ve kahve renklerdeki kloritli-korrensitli killer, doiomit-marn ardalanmasma katılır.

Yukarıda tanımlanan kayaç toplulukları, çökelmelerinden sonra meydana gelen düşey yöndeki hareketlerle incelenen alan dışında ve doğuda bir dom yapısı kazanmışlardır, incelenen alanın güneydoğusunda mostra veren kayaçlar, sözkonusu yapının bir devamı olarak, kuzey ve kuzeybatıya doğru eğim gösterirler. Bunların üzerinde konkordan olarak yer alan en üstteki topluluk, alanın güneydoğusunda ince ve aynı yönlerde eğimlidir. Kuzey, batı ve kuzeybatıya doğru gidildikçe eğimi azalarak yataya yakın bir durum kazanır. Kalınlığı ise 70 m yi aşar.

Bu topluluk tabanda yer yer gözlenen ve kalınlığı 2 m yi aşan (Şek. 3; YD-1); açık yeşilimsi-beyaz renkli, gevşek ve çamurtaşı niteliğinde olan bir manyezitli seviye ile başlar. Üste doğru, içinde başlıca iki seviye halinde sepiolitli tabakaların da yer aldığı, dolomit-dolomitik marn ardalanmasıyla devam eder. En üstte ise, 3.5 m yi aşkın kalınlıkta olan sert bir mikritik dolomit seviyesiyle tamamlanır.



Şek. 3- Litolojik istiflenme ve mineral bileşimlerini gösteren stratigrafik kesit ve diyagramlar.

Dolomitler, kirlı beyaz-açık bej renklerde, genellikle sert, sıkı ve mikritik, yer yer gevşek ve tebeşirimsi olup bazan detritik doku gösterirler. Bileşimini meydana getiren ana mineral dolomittir. Ayrıca bazı seviyelerde kimyasal çökeltme ürünü olarak (Isphording, 1984) talk minerali de eser miktarlarda bileşimde yer alırlar.

Dolomitik marnlar % 50 dolaylarında dolomit/kil mineralleri bileşimi gösterirler. Alt kesimlerde, dolomit mineraline refakat eden kil minerali sepiolit olup bu bileşimdeki marnları "sepiolitik marn" olarak adlandırmak da mümkündür. Topluluğun üst kesimlerinde trioktahedral simektit (stevensit ?) ± sepiolit, daha üst kesimlerde ise simektit ve klorit mineralleri, marnların kil bileşenleri olarak bileşimlerinde yer alırlar.

Gerek dolomit gerekse marnlar, bazı seviyelerinde, çok az miktarlarda ince köşeli kuvars, muskovit ve yuvarlak volkanik cam kırıntıları içerirler. Ayrıca bazı seviyelerde ve muhtemelen kurak dönemlerde çökeltmeye katılmış, seyrek ve en çok 1 mm çaplı; yuvarlak dolomit, sepiolit ve simektit gibi yeniden işlenmiş (reworked) malzeme kırıntıları da yer alabilmektedir.

Siğ çökeltme ortamını işaret eden, yoğun veya seyrek, bitki sapı ve gömülen organizma (burrows) izleri, birçok seviyede izlenen ikincil yapılarıdır. Ayrıca bazı seviyelerde, Sedimentlerin zaman zaman (aşırı kurak dönemlerde) su yüzeyine çıktığını işaret eden; tabakalanmaya dik ve paralel yönlerde gelişmiş, ikincil dolomit dolgulı kuruma çatlaklarının meydana getirdiği fenestra ve kutu (boxwork) yapıları da (Şek. 3; YD-3, 19, 20) gözlenebilmektedir.

SEPIOLİT

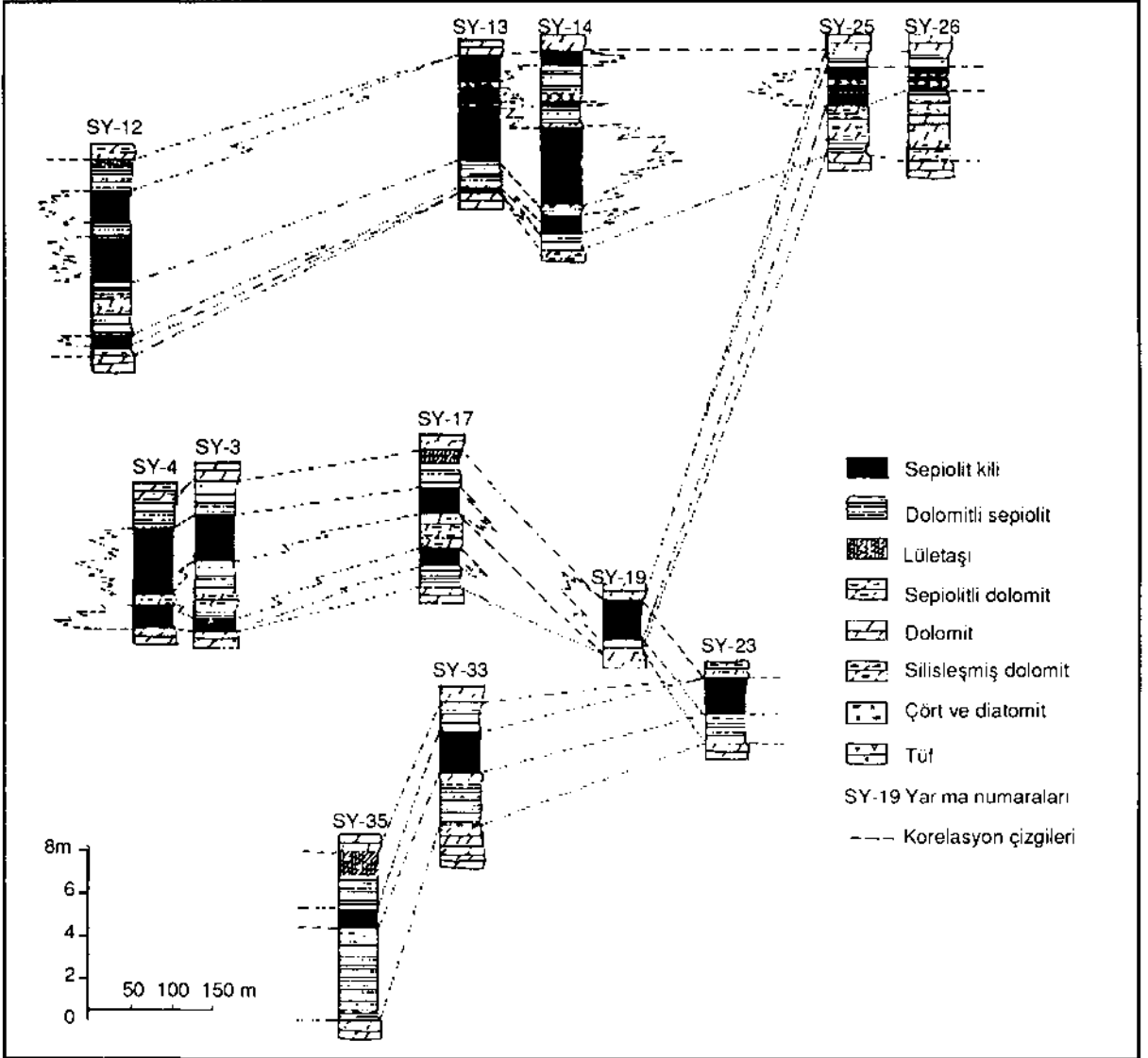
Sepiolit oluşukları, en üstteki kayalık topluluğunun alt yarısında, başlıca iki ayrı seviye halinde mostra verirler (Şek. 3). Alttaki sepiolitli seviye, "ölçülmüş stratigrafi kesifi boyunca izlendiği gibi en çok 3 m ye ulaşan bir kalınlık gösterir. Bu seviyenin alt ve üst kesimleri detritik karakterde olup dolomitli sepiolit bileşimindedir (YD-7, 9). Bileşimi, sepiolit hamuru ile bunun içinde yer alan dolomit kırıntılarından meydana gelir. Orta kesiminde ise 50-60 cm kalınlığında lamina yapılı sepiolit kili yer alır (YD-8). Sözkonusu sepiolitli seviye, tavan ve tabanda dolomitlerle oldukça keskin sınırlıdır. Yanal olarak kalınlığı yer yer azalır ve bileşimi dereceli olarak sepiolitli dolomite geçer.

Üstteki sepiolitli seviye incelenen tüm alanda yamaçlar boyunca izlenebilen düzenli bir yayılım gösterir. Kalınlığı Tekke Tepenin kuzeybatısında ve kuzeydoğusunda 10 m ye yaklaşır (Şek. 3, 4). Güney ve güneybatıya doğru gidildikçe düzenli bir biçimde kalınlığı azalır ve incelerek kaybolur. Bu seviye, sepiolit kili, sepiolitik marn ve çeşitli oranlarda sepiolit/dolomit bileşimi gösteren, tabaka ve mercceklerin ardalanmasından meydana gelir.

Sepiolit kili, biri altta diğeri üstte olmak üzere (Şek. 4), daha küçük boyutlu mercceklerin yan yana ve üst üste gelmesiyle meydana gelen iki ayrı tabaka halinde yer alır. Alttaki sepiolit tabakasının yanal devamlılığı daha az olup kalınlığı yer yer 2.5 m ye ulaşır. Üstteki tabaka ise, Tekke Tepenin güneyinde gözlenen morfolojik boyunda yaptığı bir kesiklik dışında hemen hemen tüm inceleme alanında devamlılık gösterir. Kalınlığı ise en çok 3.5 m dir.

Sepiolit kili, ıslak olduğunda yumuşak balmumu niteliğindedir. Rengi, genelde bej veya kahve, organik madde içerdiğinde ise esmer hatta siyah renklindedir. Kuru olduğunda çok hafif olup, dile kuvvetle yapışma özelliği gösterir. Rengi ise açık bej veya bejdir. Sepiolit kili bazan homojen görünüşlü, laminalı veya ince tabakalıdır. Kuruyunca, bazan dağ kayışını (mountain leather) andıran laminalanmaya paralel ince levhalara ayrılır. Bazan sepiolit hamuru içinde çeşitli oranlarda yuvarlak, sepiolit bileşimli intraklastlarda yer alabilmektedir. Sepiolit kili bazan da Tekke Tepenin batısındaki ocakta olduğu gibi, tabakalanmanın iyi gelişmediği, masif yapı ve detritik karakter gösterir.

Tekke Tepenin güneydoğusundaki bazı yarmalarda (Şek. 2, 4, 13, 14, 25, 26) sepiolit kilinin içinde; ince tuf, diyatomit ve çört arakatıklarının yer aldığı izlenmektedir. Tuf; beyaz renkli asidik cam (pomza), 1-2 mm büyüklükte vermiküler biyotit ve daha az muskovit bileşimindedir. Sepiolitle ardalanmalı, 0.5 mm-10 cm kalınlıklarda ince seviyeler veya onun içinde saçılmış köşeli kırıntılar halinde yer alır. Diyatomit; tuf malzemesine yakın kesimlerde, sepiolit içinde saçılmış kavıklar veya bunların yoğun biçimdeki yığışımından meydana gelen, birkaç cm kalınlığında seviyeler halinde bulunur. Çört ise birkaç cm büyüklüğünde olabilen nodüller veya ince



Şek. 4- Litostratigrafik korelasyon diyagramı.

Üst sepiolit seviyesinde, hacmin en büyük kesimini, "dolomitli sepiolit" olarak tanımlanan ve % 50 den fazla sepiolit içeren malzeme meydana getirir. Dolomitti sepiolitlerin rengi; bileşimindeki sepiolit içeriğinin artışına uygun olarak, beyazdan, açık bej ve bej renklerine doğru değişir ve birim hacim ağırlıkları azalır.

Dolomitli sepiolitler, masif yapıya sahip olup tabakalanma genellikle iyi gelişmemiştir. Bir kısmı kimyasal çökeltme ürünü ve çok ince tanelidir. Bazan detritik yapıya sahip olup yer yer 1 cm ye ulaşan büyüklükte, ancak genellikle kum ve daha ince boyutlarda olan intraklastlar aynı yaşta sedimentlere ait sepiolit ve dolomit içerirler. Kuruduklarında, mostrada çeşitli yönlerde gelişmiş, bazan tabakalanma yüzeyine dik yönde sütunsal kuruma çatlakları gösterirler.

Yukarıdaki paragraflarda tanımlanmakta olan ana sepiolitli seviyenin üst kesimlerinde dolomitti sepiolitler yer yer lületaşı özelliği gösterirler. Beyaz, bazan açık bej renklerde olan, suda dağılmayan bu malzeme, ıslak olduğunda kolayca yontulup işlenebilir. Detritik dokulu ancak çok ince taneli ve porselen görünümlü olan lületaşı, mostra verip kurduğunda, seyrek ve 1-2 cm açıklıkta poligonal kuruma çatlakları gösterirler. En çok 1.4 m kalınlıkta ve kabaca mercem biçiminde görünen lületaşı niteliğindeki bu malzemenin, yataktaki diğer sepiolitli malzemeler arasında özel bir ekonomik önemi vardır.

YENİDOĞAN SEPIOLİT YATAĞI

Gerek dolomitli sepiolitler gerekse sepiolit kilinde, yer yer ve çok ince damarcıklar halinde genç sepiolit oluşukları ile sığ çökeltme ortamını işaret eden bitki ve gömülen organizma izleri görülür. Ayrıca, bazı tabakalarda (Şek. 3; YD- 12, 16, 19, 20) kurak dönemlerle ilgili olarak meydana gelen, fenestra ve kutu yapıları da gözlenmektedir.

Sepiolit kili ve dolomitli sepiolitler, yanal olarak birbirleriyle dereceli geçiş ilişkisi gösterirler. Düşey yönde ise bu geçiş çok kısa mesafede yer alır. Bazan da aralarında oldukça keskin sınır ilişkisi vardır.

Yukarıdaki paragraflarda özellikleri tanımlanan üst sepiolit seviyesi tabanda, kalınlığı değişen sert bir dolomitte (YD- 10) sınırlıdır. Üzerinde ise bazan dolomitli sepiolit bileşimi gösteren, sert, rölyefli bir dolomit seviyesi yer alır (Şek. 3; YD- 18, 19, 20). Bazı kesimlerinde detritik özellik ve fenestra yapısı gözlenen bu seviyenin üzerinde, yersel olarak ince manyezit ve manyezitli kil oluşukları gözlenir. Ayrıca yer yer yanal devamlılığı az olan, dolomitli sepiolit veya bazan fenestra yapılı ve paleosol özelliği gösteren, sepiolit+trioktahedral simektit (muhtemelen stevensit) bileşimli tabakalar da yer alır.

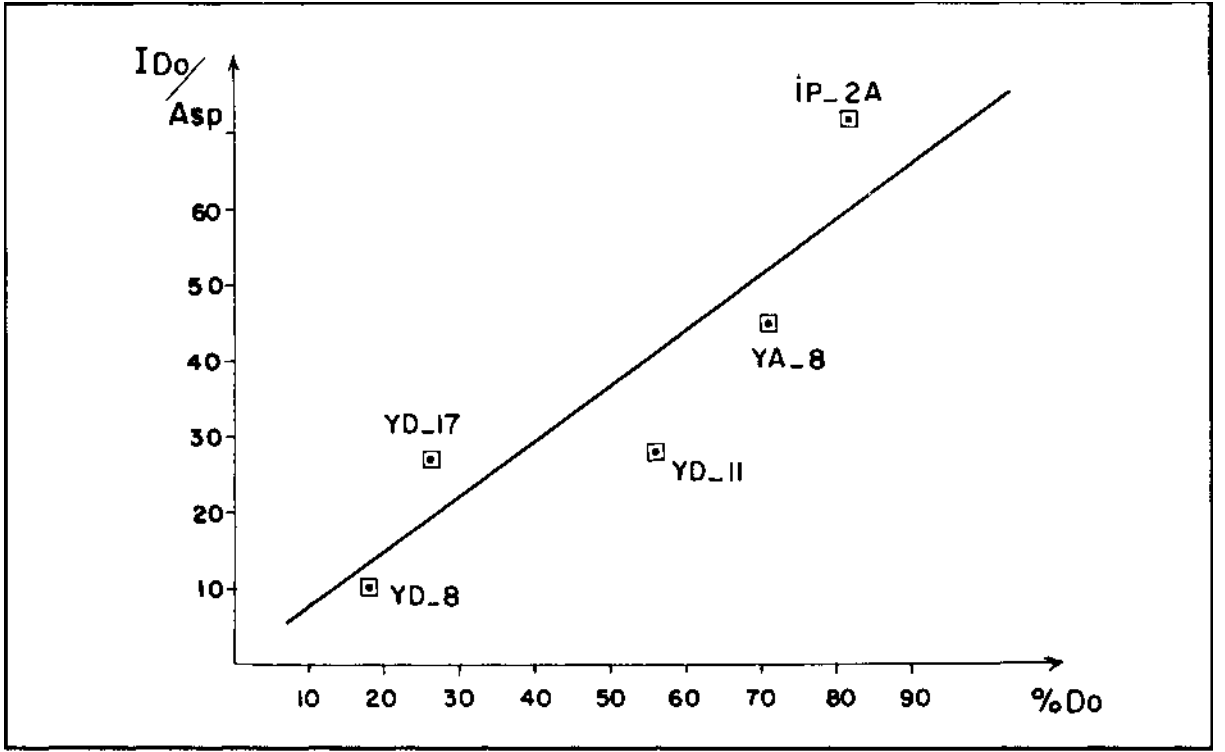
MATERYAL ve METOT

İstiflenme tarzı ile dokusal özellikler, mineral bileşimi ve bunların değişimlerini ayrıntılı olarak izlemek ve tanımlamak için; sepiolit oluşuklarının yer aldığı istifin en üst kesiminin ölçülmüş stratigrafi kesiti hazırlanmıştır. Ayrıca sepiolitli seviyelerde tabakalanmaya dik yönde 34 adet yarma açılmıştır. Alandaki çeşitli litolojik birimler, stratigrafi kesiti, yarmalar, kuyular ve ocaktan laboratuvar incelemeleri yapmak üzere oluklama tarzında 170 adet numune alınmıştır. Numuneler önce binoküler mikroskopla incelenmiş, daha sonra bunlardan gerekli olan 38 adet numunenin XRD analizleri, 5 adet numunenin mikroprob ve tarama elektron mikroskop (SEM) analizleri ile 46 adet numunenin kimyasal analizleri yapılmıştır.

Kalitatif mineral tayinleri Philips XRD cihazıyla yapılmış, analizler doğal haldeki numunelerin öğütülmesiyle hazırlanan yönlenmemiş toz preparatlar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Aynı kayıtlarda sepiolite ait ilk pikin (110) integral alanı ile diğer minerallerin maksimum pik yüksekliklerinin karşılaştırılması ile yarı kantitatif bileşim tahmini yapılmıştır.

Bir yaklaşım olmak üzere, dolomitli sepiolitlerde kantitatif bileşim tahmini, hazırlanan bir çalışma eğrisinden yararlanılarak yapılmıştır. Eskişehir yöresindeki sepiolit zuhurlarından alınan ve farklı dolomit/sepiolit oranları gösteren numunelerin hem CaO analizleri hem de XRD kayıtları yapılmıştır. Kimyasal analizlerden hesaplanan % CaO değerleri absis, XRD kayıtlarından ölçülen dolomit ve sepiolit minerallerine ait en şiddetli piklerinin oranları (I_{Dc}/A_{Sp}) ordinat alınarak hazırlanan eğriden (Şek. 5), rutin çalışmalarda sadece XRD kayıtları alınan numunelerin bileşim tayinlerinde yararlanılmıştır.

Elektron mikroskop incelemelerinde, birbirinden farklı bileşim ve dokusal özellikler gösteren numuneler kullanılmıştır. Numuneler önce ince bir film halinde altınla kaplanmış, daha sonra analizler JEOL - 733 elektron mikroprob ve JSM-T 330 tarama elektron mikroskobu kullanarak yapılmıştır.



Şek. 5- Numunelere ait X-ışını toz difraksiyon patternlerindeki dolomit/sepiolit pik oranları ile dolomit içeriği arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram. YD: Yenidoğan; YA: Yörükakçayır; IP: İlyaspaşa.

Çizelge 1 - Sepiolit kilinin kimyasal bileşimi

	(1)	(2)
SiO ₂	54.04	54.02
Al ₂ O ₃	2.85	0.19
Fe ₂ O ₃ *	1.08	0.51
MgO	20.69	23.13
MnO	0.01	-
CaO	0.19	0.06
Na ₂ O	0.11	0.02
K ₂ O	0.69	0.02
A.Z.	20.07	21.63
Toplam	99.74	99.58

* Toplam demir.

(1) Masif sepiolit kili.

(2) Lületaşı (Yeniöl ve Öztunalı, 1985).

YENİDOĞAN SEPIOLİT YATAĞI

DOKU

Tarama elektron mikroskobu altında, lamina yapılı sepiolit kilinin sepiolit liflerinden meydana geldiği gözlenmektedir. Bazan ondüasyon gösteren, tabakalanma düzlemine uygun, birbirine paralel veya paralele yakın tarzda istiflenmiş olan bu lifler, bu tip sepiolitteki laminasyonun nedenidir. Laminalı sepiolit kilinde bazan sepiolit hamuru içinde çok seyrek olarak ve 0.5 mm den daha küçük çaplı, yuvarlak, muhtemelen eoliyen kökenli sepiolit kırıntıları da yer alır. Bazı yerlerde veya bazı seviyelerde ise sepiolit hamuru içinde seyrek veya yoğun intraklastlar bulunur. Çeşitli boyutlarda, bazan 1-2 cm çapa ulaşabilen bu intraklastlar, sepiolit bileşiminde birincil lamina yapısının korunduğu; köşeleri yuvarlaklaşmış, yassı veya yuvarlak biçimdedirler. Bazan dolomitten meydana gelmiş olduğu gözlenen bu intraklastlardan başka, yer yer sepiolit hamuru ile keskin sınır gösteren; muskovit vermiküler biyotit, volkanik cam ve tuf kırıntıları gibi volkanik kökenli malzeme de sepiolit hamuru içinde yer almaktadır.

Masif sepiolit kili, hacimde düzensiz dağılmış bazan 2-3 cm kadar büyüklükte olabilen ancak genellikle kum ve daha küçük boyutlu intraklastlar ile hamur maddesinden meydana gelir. Bileşimi sepiolitten oluşan bu intraklastlar; lamina yapılı, köşeleri yuvarlaklaşmış, astyuvarlak ve yassıdır. Detritik doku mikroskop altında da belirgindir. SEM altında, malzemenin 2u ile 15u. arasındaki boyutlarda olan taneler ile taneler arasındaki boşluğu dolduran lif yapılı sepiolitten meydana geldiği görülür. Sepiolit, tanelerin çökmesinden sonra ve diyajenez evresinde; önce tane yüzeylerine paralel dizilerek daha sonra tane yüzeylerinden itibaren ışınal olarak büyüyerek hacmi kaplamıştır. Sepiolit lif uzunlukları genelde 0.5-1u arasındadır. Bazan daha geç evrede gelişmiş 15 u aşan uzunlukta lifler de gözlenebilmektedir (Levha I, şek. 1).

Dolomitli sepiolitlerden detritik karakterde olanlar, masif sepiolit kiline benzer dokusal özellikler gösterirler. Ancak bu sepiolitlerde bazan intraklastlar sepiolit, hamur maddesi dolomit veya bunun tersi olabilmektedir. Bazanda intraklastlar, değişik oranlarda olmak üzere; hem sepiolit hem de dolomitten meydana gelirler. Sonuçta hangisi olursa olsun, tüm bu varyasyonlar malzemeye dolomitli sepiolit niteliğinde brüt bir bileşim kazandırır.

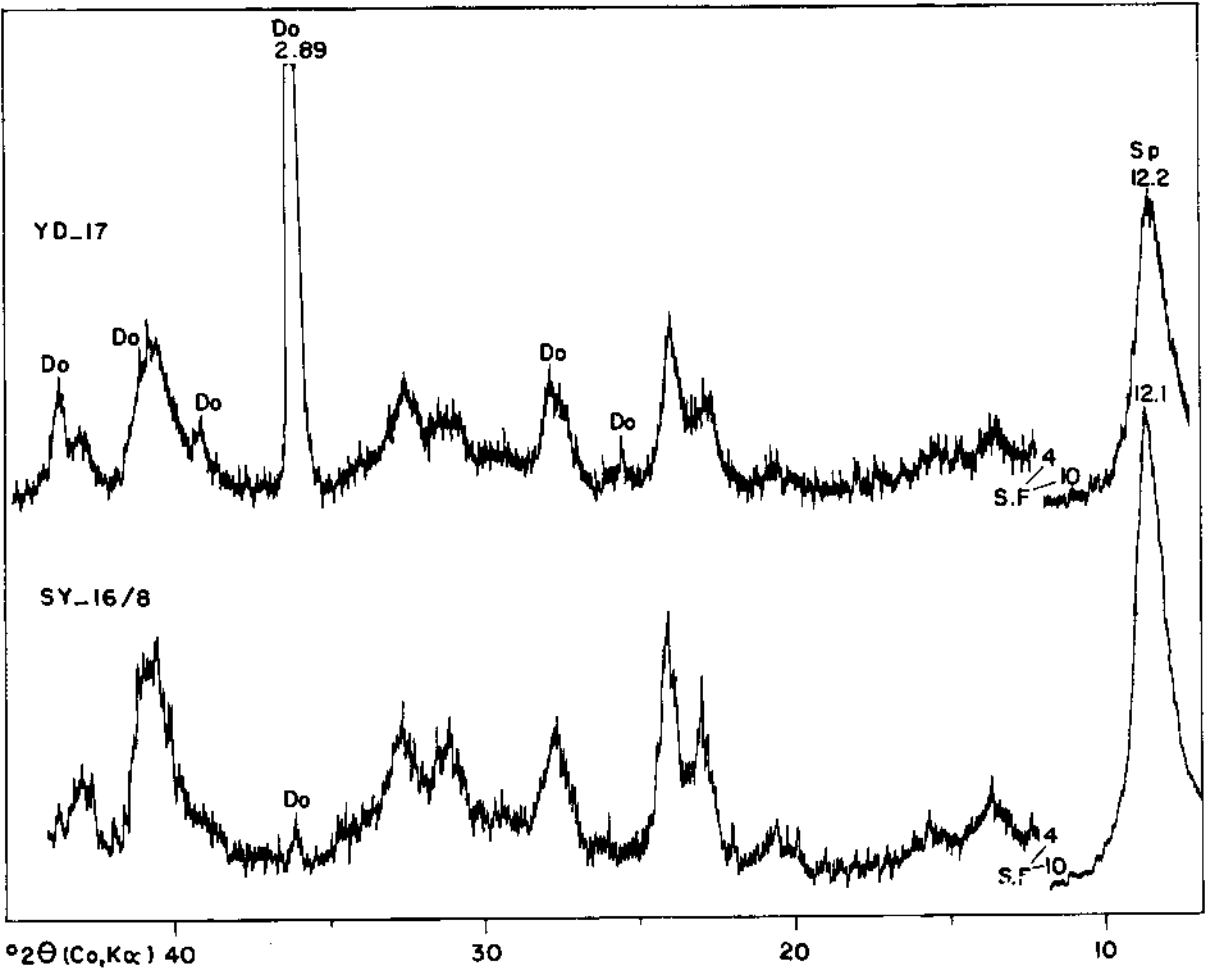
Dolomitli sepiolitlerden kimyasal çökeltme ürünü olanlar, 1j dan daha küçük olan çok ince dolomit ve sepiolit minerallerinden meydana gelirler. Farklı kristal morfolojileri, bu iki mineralin hacimde karışık dağılmış olmaları, ayrıca elektrolitli ortamda çökelererek flokulasyon yapmaları, hem mikro boyutta hem de çıplak gözle görünen homojen yapısının nedenleridir.

Lületaşı niteliğindeki sepiolit detritik dokulu ve ince taneli olup, tane boyutu çok ince kum ile 2 arasında değişir. Taneler arası boşlukta ve tane yüzeylerine dik yönlerde karşılıklı olarak büyüyen ve kenetlenen sepiolit lifleri muhtemelen malzemeye suda dağılmama özelliği kazandırmıştır (Levha I, şek. 2). Ayrıca yer yer saptanan ve taneler arası boşlukta sepiolit oluşumundan sonra meydana gelen kalsit oluşuklarının da suda dağılmama özelliğine katkıda bulunan ve malzemeye beyaz renk veren ek bir etken olduğu sanılmaktadır.

MİNERALOJİ

Tüm sepiolitli malzeme türlerinde kil mineral bileşeni bazan oldukça iyi kristalize olan sepiolit mineralidir (Şek. 6). Laminalı sepiolitlerde sepiolit minerali bileşimde % 90 ı aşan oranlarda bulunur. Ayrıca hemen her zaman organik malzeme de bu tipteki sepiolit kilinin bileşiminde yer alır. Ancak sepiolit kiline koyu renk veren organik maddenin oranı % 10 u aşmaz. Masif yapılı sepiolit kilinde ise gerek intraklastlar, gerekse hamur maddesi sepiolit mineralinden meydana gelir. Genellikle organik madde içermeyen bu tipte sepiolit içeriği % 90 dan fazladır. Ayrıca toplam olarak % 10 u aşmayan oranlarda dolomit intraklastları, detritik kuvars ve serisit ile feldispat ve yuvarlak volkanik cam kırıntıları da bileşimde yer alabilmektedir.

Dolomitli sepiolitler çoğunlukla % 50 ve daha fazla oranlarda sepiolit içerirler. Sepiolit dışındaki başlıca bileşen, dolomit mineralidir (Şek. 6). Ana sepiolit seviyesinin üst kesimlerinde dolomitli sepiolitlerde; yer yer % 5-10 oranlarda illit, çok az oranlarda detritik kuvars ve volkanik cam da bulunur. Yer yer sepiolit içeriğinin % 50 nin altına düşmesiyle malzeme sepiolitli dolomit niteliğini kazanır. Ancak ana sepiolit seviyesindeki malzemede sepiolit hemen her zaman % 10 ve daha fazla oranlarda bileşimde yer alır. Lületaşı özelliğinde olanlar ise % 50-70 dolayında sepiolit, az dolomit ve bazan da çok az oranlarda kalsit içerirler.



Şek. 6- X-ışını toz difraksiyon patternleri. YD-17: Dolomitli sepiolit; SY 16/8: Sepiolit kili (SY-16/8 numunesi, SY-3 ile SY-17 yarmaları arasında açılan bir yarmadan alınmıştır); Do: Dolomit; Sp: Sepiolit; SF: Ölçek faktörü.

ORTAM VE SEPIOÜT OLUŞUMU

Neojen litolojisinin çökeldiği sedimentasyon havzası; bölgesel ölçekte birbirine bağlantılı geniş depresyon alanlarını kaplayan alkalin bir göl ortamı ile göl yüzeyinin küçüldüğü kurak dönemlerde bu ana kütlede ayrılan, yağışlı dönemlerde ise ana göl kütleleriyle birleşen sığ ve aralıklı göl ve gölcükler niteliğindedir. Bu tarzdaki playa ve playa benzeri göllerde çökeltme, evaporitik koşullarda genellikle kimyasal çökeltme yoluyla olmuştur. Bazı dönemlerde ise sınırlı ölçüde detritik ve volkanik malzemenin de çökeltimi yer almıştır.

Stratigrafik ve litolojik özellikler, mevsimsel yağışlı kurak (arid) veya yarı kurak (semi-arid) iklim koşullarının egemen olduğunu işaret etmektedir. Bu iklim koşullarında Neojenden daha yaşlı olan çevre kayaları kimyasal bozuşmaya uğramış, yağışlı dönemlerde düşük enerjili yüzey sularıyla havzaya başlıca iyon ve jel halinde malzeme taşınmıştır. Çevre kayalarından bölgesel ölçekte en geniş yayılımı gösteren rekristalize kireçtaşları, sedimentasyon havzasına taşınan Ca^{2+} iyonlarının başlıca kaynağıdır, istifle egemen litoloji durumunda olan dolomitler için gerekli olan bu iyonun kaynağı olacak bu denli yayınlıkta bir başka çevre kayacı yoktur. Rekristalize kireçtaşlarından sonra en geniş yayılım gösteren ultramafik kayalar ve bunların türevleri olan serpantinler, dolomitler ve magnezyumlu killer için gerekli olan Mg^{2+} iyonlarının başlıca kaynağıdır. Bunların dışında rekristalize kireçtaşları içindeki dolomitik kesimlerden daha az oranlarda Mg^{2+} getirimi de olasıdır. Ultramafik kayalar, havzaya Mg^{2+} yanında aynı zamanda Si^{4+} iyonları da sağlamıştır. Ayrıca zaman zaman

Sedimentasyona eşlik eden volkanizmayla suya düşen volkanik cam ve külün devitrifikasyonu da bu evrelerde ortama ek silis sunmuştur.

Zaman zaman meydana gelen düşey hareketlerle çevre kayalarında hafif yükselme ve havzanın progresif çökmesi ile sedimentlerde hafif kıvrılma; çevre kayalarından iyonlarla birlikte detritik malzemenin de havzaya taşınmasını sağlamıştır. Ancak bu detritik malzemenin havzanın iç kesimlerine ulaşması, sınırlı ölçüde ve yüzey sularının enerjilerinin yüksek olduğu dönemlerde olmuştur. Klastik malzemenin bir başka kaynağı da asit karakterli volkanizmadır. Volkanik faaliyetlerle çökeltme ortamına; ince tuf, kül ve cam (pomza) niteliklerinde volkanoklastik malzeme katkısı sağlanmıştır. Ayrıca kurak dönemlerde göl alanının daralması sonucu atmosfere çıkan ve kuruyan Sedimentlerin, bu dönemleri izleyen nemli evrelerde aşınıp rüzgâr ve suyla taşınarak tekrar çökelmeleri tarzında da sedimentlere kırıntılı malzeme sağlanmıştır.

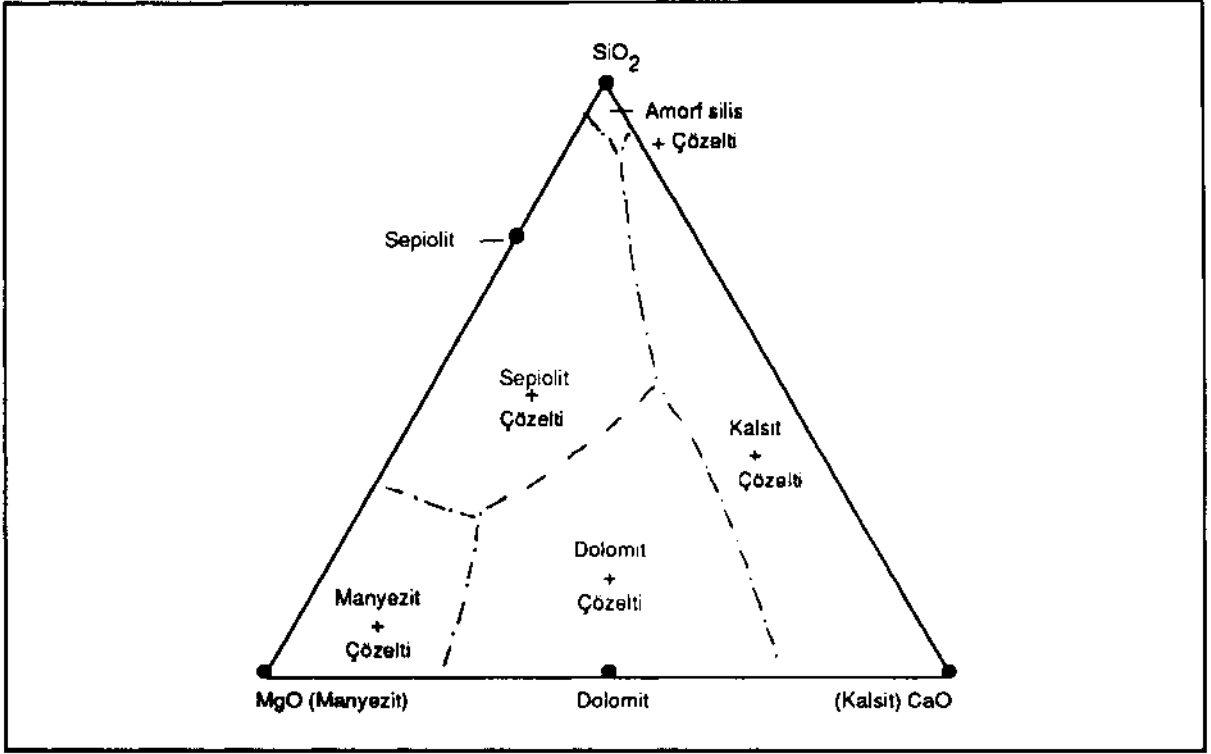
Kuars, feldispat, biyotit, serisit ile illit, havzaya çevre kayalarından taşınan veya volkanik aktivite sonucu katılan minerallerdir. Kalsit, dolomit, manyezit, sölestit, jips, korrensit, klorit, talk ve sepiolit ise otijenik oluşumludur. Sözkonusu otijenik minerallerin oluşumu, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Si^{4+} , SO_4^{2-} , iyonları ve bunların bağıl bolluğu, CO_2 kısmî basıncı, ortam ısı, buharlaşma, organik katalitikler ve diğer ortam koşullarının denetiminde olmuştur.

Oluşumu halen tartışmalı olan dolomit, kurak dönemlerde, ayrıca magnezyum silikatlarının da çökmesiyle göl suyundaki Mg^{2+}/Ca^{2+} aktivitesinin artışı sonucu kimyasal çökeltmeyle meydana gelmiştir. Havzada hüküm süren iklim ve diğer ortam koşulları genelde dolomit oluşumuna olanak sağlamıştır. Ekstrem iklim koşullarında ise, jips, korrensitli killer, manyezit ve sepiolit meydana gelmiştir, istifin orta kesimindeki litolojik özellikler, SO_4^{2-} iyonlarının katılmasıyla göl suyunun zaman zaman acı su karakteri kazandığını göstermektedir. Çok kurak dönemlerde meydana gelen aşırı buharlaşma sonucu, hipersalin ortam koşullarında kloritli-korrensitli killer (Veaver, 1984) ve jips oluşukları meydana gelmiştir. Göl suyunun kurumasına yakın ölçüde aşırı buharlaşma dönemlerinde; ortamdaki diğer katyonların eksilmesi ve Mg^{2+} konsantrasyonunun artması ile 10 ün üzerindeki pH değerlerinde (Alderman, 1965) manyezit çökelmiştir. Manyezit oluşumu bu tarzda meydana gelmiş olabileceği gibi, Mg^{2+} iyonunun yüksek hidrate özelliği nedeniyle manyezit; muhtemelen önce hidromanyezit veya neskehonit (nesquehonite) gibi önce sulu bir magnezyumlu mineral olarak, daha sonra bunların dehidratlaşmasıyla meydana gelmiş olabilir (Langmuir, 1965). Karbonat minerallerinden kalsit, diyajenez sonrası evrede kalsit oluşturmaya uygun bileşimde ve muhtemelen sepiolit oluşumu için gerekli olan yaklaşık 8 dolayındaki pH değerindeki (Galan ve Ferrero, 1982) yeraltı suyundan, taneler arası boşluk ile çatlaklardan meydana gelmiştir.

Bir paleoiklim indikatörü olan sepiolit oluşumu; mevsimsel yağışlı kurak veya yarı kurak iklim (Callen, 1984) koşullarında, ancak saha verileriyle açıkça izlendiği gibi, yağışlı dönemlerde meydana gelmiştir. Bu dönemlerde yüzey sularıyla beslenen ve böylece pH ı düşen göl havzasının kenar kesimleri, ana su kütlelerinin kenarlarında yer alan kısa ömürlü gölcükler ve bunların ana göl kütlesiyle su alışverişinde olan karışma zonları ile kısa ömürlü bitkilerin yaşayabildiği bataklıklar, sepiolit çökelme ortamlarıdır.

Sepiolite ilgili çalışmalar ve bu mineralin sentezini amaçlayan araştırmalara göre (Siffert, 1962; Wollast ve diğerleri, 1968; Hegelson ve diğerleri, 1969; Singer ve Norrish, 1974; Khoury ve diğerleri, 1982; Galan ve Castillo, 1984; Abtahi, 1985; vd.) sepiolit oluşması için pH değerinin 8-8.5 arasında olması gerekir. Ortamdaki Al^{3+} un düşük oranlarda olması, aynı pH koşullarında oluşan paligorskitin yerine sepiolit duraylı (stabil) bir mineral fazı olarak meydana gelmesine olanak verir.

Dolomit çökeliyle azalan $Ca+Mg/Si$ oranı, yağışlı dönemlerde yüzeysel sularla göl suyuna katılan Mg^{2+} ve Si^{4+} iyonlarıyla sağlanan uygun saturasyon indeksi (Khoury ve diğerleri, 1982) ile 8-8.5 dolayındaki pH değerlerinde sepiolit oluşumu meydana gelmiştir. Saha ve laboratuvar incelemeleri, sepiolit oluşumu ile volkanizma arasında doğrudan bir ilişkinin var olmadığını göstermektedir. Ancak volkanik camın devitrifikasyonu, sepiolit oluşumu için gerekli olan Si^{4+} oranını artırmak gibi dolaylı bir katkı sağlamış olabilir. Böylece uygun ortam koşullarında sepiolit; 1) göl suyundan doğrudan kimyasal çökeltme, 2) diyajenez evresinde taneler arası çözeltilerden çökeltme, 3) diyajenez sonrası evrede çatlak dolgusu olarak çökeltme olmak üzere üç ayrı tarzda ve evrede oluşmuştur.



Şek. 7- 25°C ve 1 atmosferde CaO-MgO-CO₂-SiO₂-H₂O sistemi için satürasyon diyagramı (Hegelson ve diğerleri, 1969).

Taze yüzey sularıyla beslenen küçük gölcükler ve bataklıklarda sepiolit; kimyasal çökeltme olarak tanımlanan, çözülden doğrudan kristallenme ve çökeltme ile meydana gelmiştir. Elektrolitlerin çok düşük konsantrasyonda ve böylece flokulasyonun etkili olmadığı bu ortamlarda sepiolit lifleri, uzun eksenleri tabana paralel olarak dizilerek çökelmiş ve sepiolit kiline laminalı bir yapı kazandırmıştır. Göl suyuna taze suyun karıştığı veya tatlı su ortamlarına göl suyu katılımının sağlandığı koşullarda sepiolit ve dolomit, birlikte Hegelson ve diğerlerinin (1969) satürasyon diyagramında (Şek. 7) dolomit ve sepiolit alanları arasında görülen bileşimdeki çözümlerden kimyasal çökeltmeyle oluşmuşlardır. Bu iki mineralin farklı kristal morfolojisine sahip olmaları, ortamdaki elektrolitlerin flokulasyon etkisi ve sabit çökeltme koşulları, bu tipteki sepiolitli malzemede gözlenen masif yapının nedeni olmalıdır.

Oluşan sepiolit ve ilişkili sedimentler, kurak dönemlerde zaman zaman göl alanının daralmasıyla yüzeylenerek kurumuşlardır. Bu sedimentler, daha sonraki yağışlı dönemlerde yüzey sularıyla aşınmış, taşınmış ve tekrar çökelmişlerdir. Bu tarzda ve hızla depolanan malzeme, yüzeylenen sedimentlerin türü ve yayılımına bağlı olarak, çeşitli dolomit/sepiolit oranları gösteren "dolomitli sepiolit" bileşimli detritik yapıli malzemenin meydana gelmesini sonuçlandırmıştır.

ikinci oluşum tarzını temsil eden diyajenez evresinde sepiolit oluşumu, detritik yapıli sepiolitler ve sepiolit-dolomit bileşimli sedimentlerin taneler arası boşluklarında yer almıştır. Sepiolit, uygun bileşimdeki gözenek çözümlerinden, tane yüzeylerinden başlayarak bu yüzeylere dik yönlerde ve lifler halinde büyüyerek meydana gelmiştir. Bu tarzda büyüyen liflerin karşılıklı gelerek kilitlemesiyle dolomitli sepiolitler, yer yer suda dağılmama özelliği ve özel durumlarda lületaşı niteliği kazanmışlardır.

Yukarıda sözü edilen iki oluşum tarzı dışında, diyajenez sonrası veya daha geç evrelerde de sepiolit oluşmuştur. Söz konusu evrelerde sepiolit, yeraltı sularından çökeltme kuruma çatlakları dolgusu olarak ince damarcıkları meydana getirmiştir.

YENİDOĞAN SEPIOLİT YATAĞI

KATKI BELİRTME

Yazar elektron mikroskop çalışmalarına olanak sağlayan ve yardımcı olan Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Araştırma Merkezinden Bülent Arman, İTÜ Kimya Metalürji Fakültesinden Prof. Dr. Adnan Tekin, Turgay Gönül ve Hüseyin Sezer'e içten teşekkür borçludur.

Yayına verildiği tarih, 21 Ocak 1991

DEĞİNİLEN BELGELER

- Abtahi, A., 1985, Synthesis of sepiolite at room temperature from SiO_2 and MgCl_2 solution: Clays and Clay Minerals, 20, 521-523.
- Alderman, A.R., 1965, Dolomitic sediments and their environment it the South-East of South Australia: Geochim. Cosmochim. Acta, 29, 1355-1365.
- Akıncı, Ö., 1967, Eskişehir l24 cl paftasının jeolojisi ve tabakalı lületaşı zuhurları: MTA Enst., Derg., 68, 82-97.
- Callen, R.A., 1984, Clays of the Palygorskite-Sepiolite group; depositional environments, age and distribution: Singer, A. ve Galan, E., ed., Palygorskite-Sepiolite Occurrences, Genesis and Uses da, Developments in Sedimentology, 37, 1-37.
- Erentöz, C., 1975, 1:500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası: Erentöz, C. der., MTA Enst., Yayl., Ankara.
- Galan, E. ve Castillo, A., 1984, Sepiolite-Palygorskite in Spanish Tertiary Basins; genetical patterns in Continental environments: Singer, A. ve Galan, E., ed., Palygorskite-Sepiolite Occurrences, Genesis and Uses da, Developments in Sedimentology, 87-124.
- ve Ferrero, A., 1982, Palygorskite-Sepiolite days of Lebrija, Southern Spain: Clays and Clay Minerals, 30, 191-199.
- Hegelson, H.C.; Garrels, R.M. ve Mackenzie, F.T., 1969, Evaluation of irreversible reactions in geochemical processes involving minerals and aqueous solutions-II. Applications: Geochim. Cosmochim. Acta, 33, 455-481.
- Isphording, W.C., 1984, The days of Yucatan, Mexico; a contrast in genesis: Singer, A. ve Galan, E., ed., Palygorskite-Sepiolite Occurrences, Genesis and Uses da, Developments in Sedimentology, 59-73.
- Khoury, H.N.; Eberl, D.D. ve Jones, F.B., 1982, Origin of megnesium days from the Amargosa Desert, Nevada; Clays and Clay Minerals, 30, 327-336.
- Langmuir, D., 1965, Stability of carbonates in the system $\text{MgO-CO}_2\text{-H}_2\text{O}$: Jour. Geol., 73, 730-754.
- Niehoff, W., 1964, 1:100 000 ölçekli Akşehir, 90/2 paftası, lgin, 91/1, 91/3 ve 91/4 paftaları üzerinde 1961 yaz mevsiminde yapılmış olan haritalama revizyon çalışmaları hakkında rapor: MTA Rap., 3387 (yayımlanmamış), Ankara.
- Siffert, B., 1962, Quelques reactions de la silice en solution; La formation des argiles: Mem. Serv. Carte Geol. Alsace-Lorraine, 21, 100 p.
- Singer, A. ve Norrish, K., 1974, Pedogenic palygorskite occurrences in Australia: Am. Mineral., 59, 508-517.
- Weaver, C.E., 1984, Origin and geologie implications of the palygorskite of the S.E. United States: Singer, A. ve Galan, E., ed., Palygorskite-Sepiolite Occurrences, Genesis and Uses da, Developments in Sedimentology, 39-58.
- Wollast, R., Mackenzie, F.T. ve Bricker, D.P., 1968, Experimental precipitation and genesis of sepiolite at earth Surface conditions- Am Mineral 53

Yeniyol, M., 1982, Yunak (Konya) magnezitlerinin oluşum sorunları, değerlendirilmeleri ve yöre kayaçlarının petrojenezi: İstanbul Yerbilimleri, 3, 21-51.

———ve Öztunalı, Ö., 1985, Yunak sepiolitinin mineralojisi ve oluşumu: Gündoğdu, M.N. ve Aksoy, H., ed., II. Ulusal Kil Sempozyumu bildiriler kitabında, Bizim Büro Basımevi, 171-186, Ankara.

LEVHA

LEVHA-I

Şek.1- Masif sepiolit kilinin tarama elektron mikrosrafı.
Çizgisel ölçek = 10 mikron.

Şek. 2- Lületafının tarama elektron mikrosrafı.
Çizgisel ölçek = 10 mikron.

