

ASBEST (AMYANT)*

W. J. Van BILJON

I — GİRİŞ

Bu konu benim için, sadece asbest üzerinde çalışmış olmam dolayısıyla değil, fakat asbesti en enteresan ve en karışık endüstriyel mineral-lerden birisi olarak kabul ettiğim için çok ilgi çekicidir. Asbestin mine-ralojisi, özellikleri, kaynakları ve sınıflandırılması hakkında pek çok yazı yazılmıştır. Bugün daha ziyade bu enteresan madenin orijini üzerinde durmak istiyorum, çünkü eğer bir madeni aramak niyetinde iseniz bil-hassa asbest için o yatağın kaynağını bilmek çok lüzumludur.

Başlamadan önce asbestin ne olduğunu tarif etmek gerekir. Bu, tek bir maden değil, ince ince lifler halinde bulunan birçok minerallere ve-rilen addır. Başlıca iki tipte görüyoruz (Şekil: 1). Birincisi, serpantin

Şekil · 1

<u>SERPANTİN ASBEST:</u>	
KRİZOLİT	$Mg_3 Si_2 O_5 (OH)_4$
<u>AMFİBOL ASBEST:</u>	
KROKİDOLİT (Riebekit)	$Na_2 Fe_2^{3+} Fe_3^{2+} Si_4 O_{11} (OH)_2$
AMOSİT (Grünerit)	$(Mg, Fe)_7 Si_4 O_{11} (OH)_2$
TREMOLİT	$Ca_2 Mg_5 Si_4 O_{11} (OH)_2$

* Bu konferans, 13 Haziran 1969 tarihinde, Ankara'da (Alaçam Mühendislik Fir-ması) adına İngilizce olarak verilmiş ve tam metni, M.T.A. Enstitüsü ekonomistler-inden Feyza Arıkkın tarafından dilimize çevirilmiştir.

lifli şekli ki buna krizotil asbest ($Mg_3Si_2O_5(OH)_2$) denir; diğeri amfibol grubu minerallerinin lifli şekilleridir. Bunların en önemlisi lifli riebekittir ki, buna krokidolit asbest ($Na_2Fe_2^3+Fe_3^2+Si_4O_{11}(OH)_2$) ve lifli grünerittir ki buna da amozit asbest ($(Fe, Mg)_7Si_4O_{11}(OH)_2$) denir. Lifli tremolit ve aktinolitler de bulunmaktadır. Fakat bunlar ekonomik bakımdan önemli değildir. Bu sebeple bugün sadece krizotil, krokidolit ve amozitten bahsedeceğim.

Bu minerallerle çalışırken dikkati çeken husus, bunların daima birçok çevrelerde görülen altın, bakır, kurşun ve çinko ve hattâ normal olarak ultrabazik ve bazik kayalara münhasır olduğu halde serpantin, dümit, harzburgit, anortosit ile bulunan kromit ile de beraber bulunmalarıdır.

Asbestin ana kayaçla bu yakınlığının sebebi şudur: Asbestiform mineralleri birçok şartlarda içinde bulunduğu kayacın tekrar kristalizasyonu neticesinde oluştuğu için kimyasal bakımdan ana madde ile aynıdır. Krizotil asbestin kimyasal kompozisyonunun amorsit ve krokidolitten çok farklı olduğunu gördüğümüze göre onların birbirinden çok farklı çevrelerde bulunmaları tabiidir.

Tek müşterek özellikleri asbestiform tabiatlarıdır. Bu sebeple onlardan ayrı ayrı bahsedeceğiz.

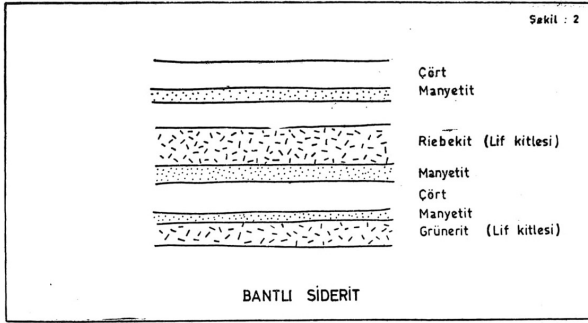
II — KROSİDOLİT VE AMOSİT ASBEST

Halen, bu iki mineral; krosidolitin bir zamanlar Avustralya'da çıkarılmış olmasına rağmen sadece Güney Afrika'da üretilmektedir.

A. B. Devletleri ve Rusya'da, az miktarlarda krosidolit bulunduğu bildirilmişse de bunların işletildiğine dair bir bilgi verilmemiştir.

A) Ana kayaç:

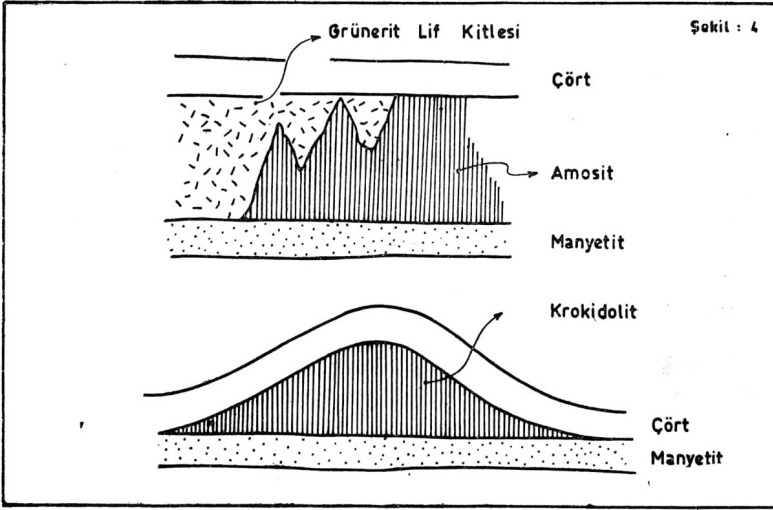
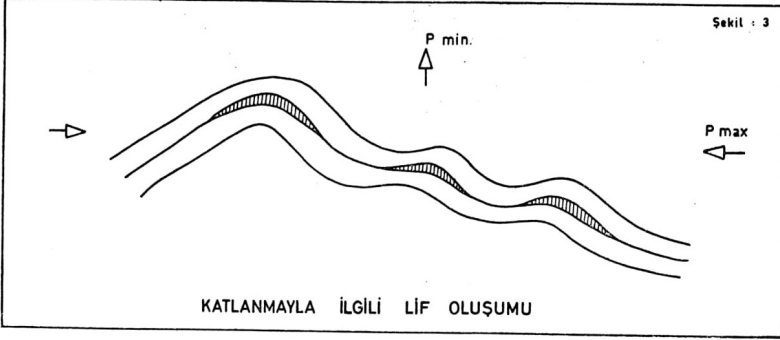
Bu iki mineralin bulunduğu kaya tipine bantlı siderit veya takonit adı verilir (Şekil: 2). Oksitlenme bölgesinin altında değişen kriptokristalin kuvars ve manyetit tabakalardan meydana gelmiş sedimanter bir kayaçtır. Bâzı kısımlarında çok ince kristalli ve değişmemiş riebekit ve grünerit ve bâzan da stilpnomelan bulunur. Yüzeye yakın yerlerde manyetit ve silikatlar genellikle hematit ve limonite okside olmuşlardır. Riebekit (sodyum bakımından zengin) ve grünerit (magnezyum bakımından zengin) tabakalar sedimanter sıranın büyük bir kısmını meydana getirir ve sedi-



manter tabandaki volkanik hareketin bir neticesidir. Mineraller diajenez esnasında teşekkül etmişlerdir, çünkü birkaç kattan başka metamorfizma gösteren bir emare mevcut değildir. Sabit bir pozisyonları vardır ve tek tek tabakalar yirmi kilometre kadar devam etmektedir.

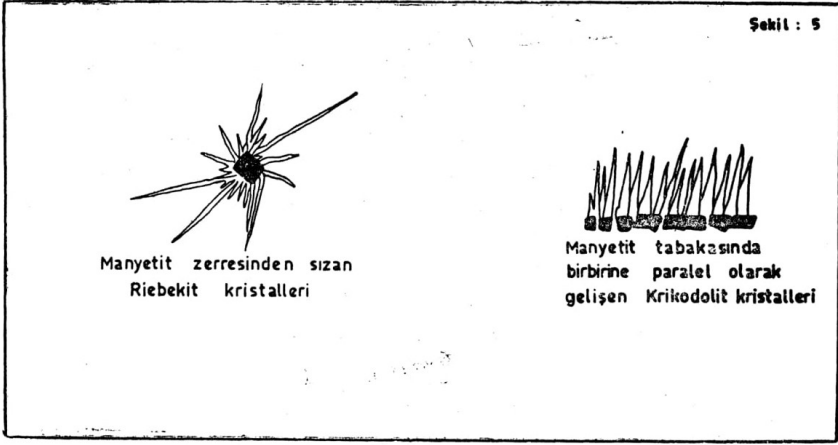
B) Asbest yatakları:

İnce kristalli riebekit ve grünerit (lif kütlesi) yatakların teşekkülüne paralel olarak ve yatak yüzeylerine dik açı yapacak şekilde intibak etmiş liflerle beraber krokidolit veya amosit asbestinin birleşmelerini meydana getirmek için tekrar kristalize olmuşlardır. Kuzey Kap Bölgesinde sodyum bakımından zengin tabakalar bulunmaktadır ve sadece krokidolit teşekkül etmiştir. Transvalde ise hem sodyum ve hem de magnezyum bakımından zengin tabakalar mevcuttur. Krokidolit ve amozit birbirlerine yakın teşekkül etmişlerdir. Bu yataklarda yapılan daha önceki aramalarda en iyi liflerin tabakaların kat yerlerinde bulunduğu görülmüştür (Şekil: 3). Fakat bu kat her yerde belli değildir ve bâzı en iyi yataklarda bile ilk bakışta tespit edilememektedir. Riebekit ve grünerit lif kütleleri doğrudan doğruya asbeste tekrar kristalize olurlar, fakat yatak yüzeyinde materyalin yandan hareket halinde olduğu görülmektedir (Şekil: 4). Kat yerlerinin her zaman belli olmaması sebebiyle asbest hakkında diğer orijin teorileri de meydana çıkmıştır. Cilliers ve Genis liflerin manyetit tabakaları üzerindeki özlülenme neticesinde geliştiğini ileri sürmüşlerdir. Manyetit zerrelere üzerinde parlayan riebekit kristalleri olduğunu görmüşler (Şekil: 5) ve böylece bir manyetit tabakası olunca diğerlerinin

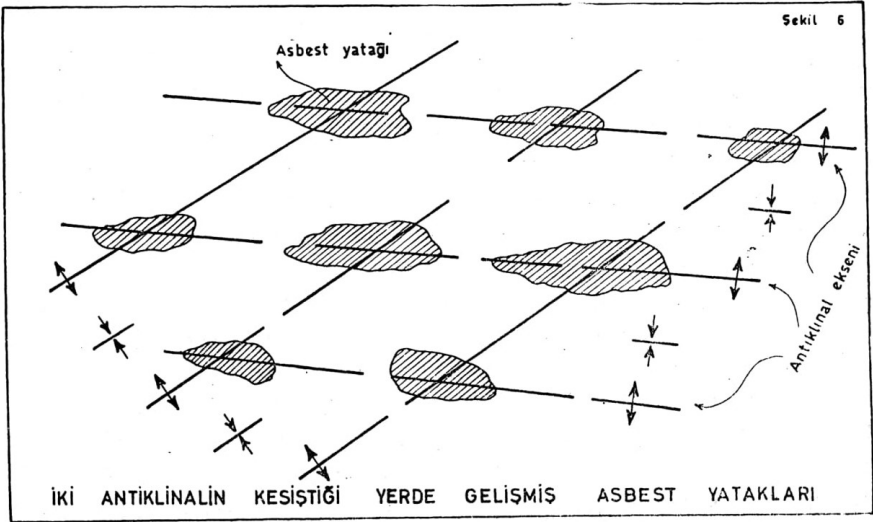


de ona paralel olarak teşekkül edeceğini söylemişlerdir. Birçok krokidolit ve amozitlerin de manyetit tabakalarında buldukları doğru olmakla beraber bu teori manyetitin yanındaki lif kütlelerinin neden tekrar kristalize olmadığını izah etmemektedir. Teori aynı zamanda manyetitin neden bazı yerlerde bulunup, diğer yerlerde bulunmadığını da açıklamamakta ve bu minerallerin aranmasında yardımcı olmamaktadır.

Birkaç sene önce Cape Asbest Co'dan Mr. C. J. B. Dreyer tarafından detaylı bir strüktürel araştırma yapılmıştı. İlk önce 2 katlanma dönemi olduğu ve en iyi lifin 2 antiklinalin rastladığı noktada bulunduğu keşfedilmişti (Şekil 6). Aynı zamanda meyildeki ufak farkların çok önemli olabileceği ve 5-6°'lik bir meyil farkının bir yatak teşkil etmek için yeter-



li olduğu meydana çıkmıştı. Esasen en iyi yataklar dikey katlarda değil, geniş ve yatay katlarda teşekkül etmişti. Bu teoriye dayanan sondajların neticeleri çok cesaret verici olmuştur ve amfibol asbest yataklarının da katlanma esnasındaki gerilim şartları neticesinde ortaya çıktığı kesinleşmiştir. Lif kütesinin yeniden asbeste kristalize olma şekli ve neden böyle olduğu araştırılmaktadır.



III — KRİZOTİL ASBEST

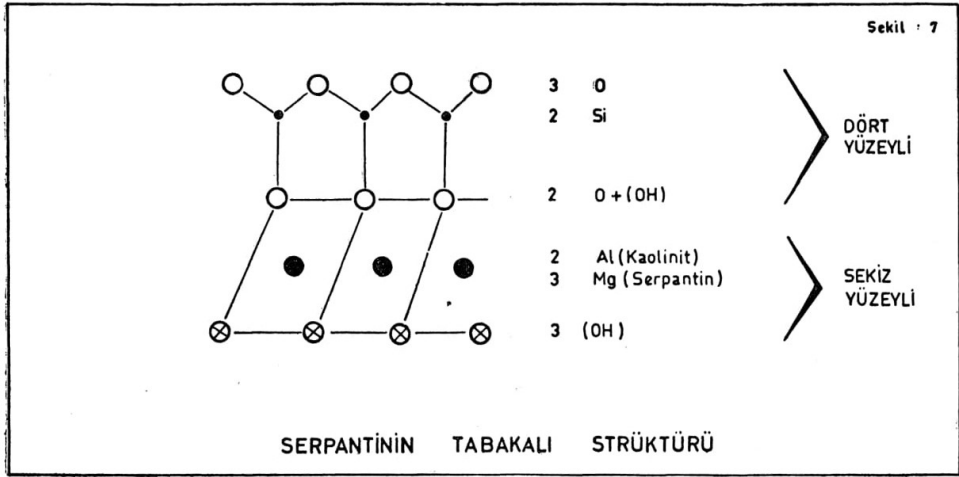
Krizotil asbest amfibol asbestten daha yaygındır. Kanada, Güney Afrika, Rodezya, Kıbrıs, Yunanistan, Avustralya, Brezilya ve Türkiye ve birçok başka yerlerde bulunmaktadır. Krizotil asbest için ana kayaç birçok yerlerde serpantinittir. Bu da dünit, harzburgit ve bâzan dolomit serpantinleşmesiyle meydana gelir. Krizotil serpantininde (şerit lif) paralel damarlar şeklinde veya değişik istikametlerde ayrılan damarlar (maden ocağı çerçeve yapısı) şeklinde görünür. Daha ziyade intizamsız krizotil asbest lif kütleleri halindeki damar duvarlarına dik açı yapacak şekilde bulunan asbest liflerine çapraz lifler, damarlara paralel bulunanlara geçme lifler denir.

Literatürde krizotil asbest kaynakları üzerinde birçok teorilere rastlanmaktadır. Birçok defalar asbestin serpantininden teşekkül ettiği fakat genellikle yeniden kristallenmeye sebep olan ya bir granit entrüzyon veya bir diabaz dayk şeklinde bir mağmatik kaynak aranmaktadır. Kendi araştırmalarıma göre kontrolün sadece strüktürel olduğunu ve mağmatik entrüzyonların liflerin teşekkülünde küçük bir rolü olduğunu zannediyorum.

Strüktürel kontrol üzerinde durmadan önce serpantin ve krizotil asbestin mineralojisine kısa bir göz atmak gerekir.

20 sene öncesine kadar serpantin minerallerin strüktürü iyi anlaşılamamıştı. Amfibol asbestin lifli tabiatı amfibollerin silikat zinciri içerisinde olmasıyla izah edilir ve bunlar uzayan kristaller teşkil etmeye mütemayildirler. Kimyasal kompozisyona göre serpantin tabakalı bir strüktürü olmalıdır, fakat 1933'te Pauling, Kaolinit strüktür için bir magnezyum benzerliği olamayacağını ileri sürmüştü. Alüminyumun yerini alan magnezyumun bulunduğu sekiz yüzeyle tabakanın dört yüzeyle tabakaya intibak edemeyeceğini hesaplanmış ve böylece strüktürün yerleşmemiş olduğunu bulmuştu (Şekil 7).

1949'da Bates ve Mink, elektronmikroskopik çalışmalar neticesinde krizotil liflerinin aslında içi boş tüpler şeklinde olduğunu ve bunlara "sarılmış" tabakalar denebileceğini ortaya koymuşlardı. Bu şekildeki strüktür sabitti. X ışını araştırmaları birçok sayıda çok şekilli $Mg_3-Si_2O_5(OH)_4$ bulunduğunu, bunların içinde tüp biçiminde strüktürlü



krizotilin ve yatay strüktürlü antigonitin yaygın olduğu meydana çıkarılmıştı. Serpantinit kayacının bu iki mineralin değişen karışımlarından meydana geldiği bulunmuştu. Yatay antigonitin alüminyumun yerini alan bir miktar magnezyum ile stabilize olduğuna karar verilmişti.

Şimdi krizotil asbestin orijinine dönelim. Damarların tabiatını ve yatakların dağılımını etüd ederek liflerin gerilim tesiri altında geliştiğini ve Taber'in dediği gibi duvarlarını itmediğini veya boşlukları doldurmadığını belirtmek isterim. Liflerin oryantasyonu ve damarların şekilleri saf kimyasal olmaktan ziyade strüktürel bir orijin göstermektedir (Şekil: 8). Şimdi problem gerilimin kaynağını bulmaya kalıyor. Birçok Güney Afrika yataklarını tetkik ettikten sonra vardığım netice, gerilimin tek sebebinin faylaşma olduğudur. Bu sebeple, serpantinit kayaç kitlesinin reformasyonu sırasında ilk olarak kayacın kırıldığı öne sürülmektedir. Kırıklı serpantinit kayacının yüksek basınca sahip yerlerinden solüsyon girecek ve bu solüsyon gerilim şartları altında açılan kırıklara doğru ilerleyecektir. Krizotil bu kırıklar içinde gerilimin mevcut olduğu sürece kristalize olacaktır. Gerilim ortadan kalktıktan sonra geriye kalan herhangi bir serpantinli solüsyon mutlaka asbest şeklinde değil, fakat krizotil şeklinde kristalize olabilir. Pikrolitin bu şekilde oluştuğu öne sürülmektedir. Birçok lifli damarların ince ve pikrolit yatak başlığına sahip olduğu hususu dikkati çekmektedir. Bence, bu durum,

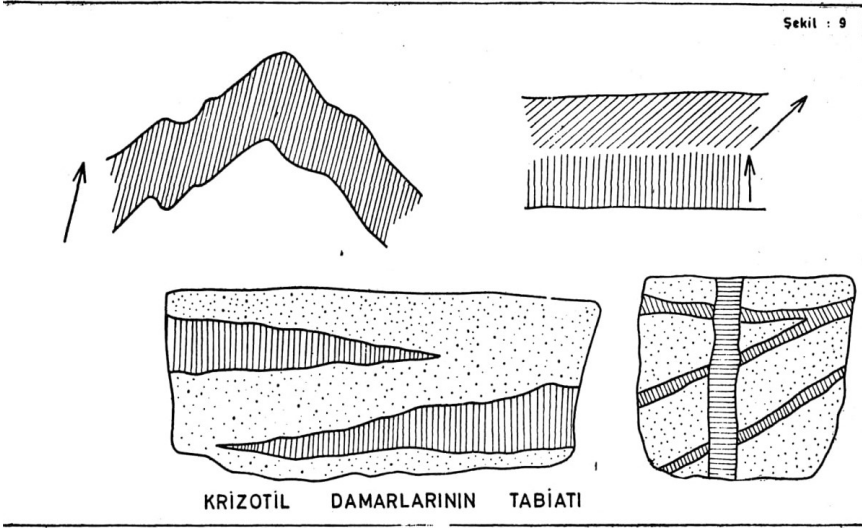


nihaî solüsyonun, gerilimin ortadan kalktığı sırada mevcut olduğunu göstermektedir.

Kayaç içinde oluşan gerilim kırıklarının tabiatı ve buna bağlı olarak krizotil asbest damarlarının tabiatı strüktürel durum ve fay oluşum tipine bağlıdır. Bu oldukça karışık olabilir, fakat genellikle üç ana tipin var olduğunu görmüş bulunuyorum:

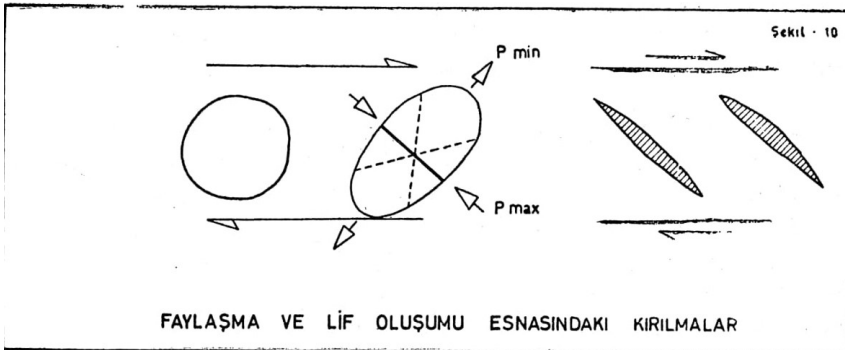
A) Fayın bir tarafındaki veya iki fay arasındaki sürüklenmeden ötürü meydana gelen kırıklar (Şekil: 9). Bu kırıklar fay düşeyi ile bir açı teşkil ederek meydana gelmişlerdir ve minimum gerilim yönüne göre dikeydirler. Lifler minimum gerilim yönüne paralel bir gelişme göstereceklerdir. Yataklar fay boyunca kademeli bir şekilde düzenleneceklerdir. Bu tip strüktürel modellerde deformasyon elipsoidinin makaslama düzeyine paralel hareketler ve daha başka gerilim şartları meydana gelebilir. Bu durum birden fazla krizotil damar set'i (takımı) nin meydana gelmesiyle neticelenir ki sonuç olarak karışık bir yapı gösteren filonlar görülür. Swaziland'daki Havelock ve Rodezya'daki Shabani ocakları gibi en büyük asbest yataklarının bu şekilde bir gelişim gösterdiklerine inanmaktayım. Türkiye'de ve Orhaneli yöresindeki Fatmatape'de bulunan yataklar da muhtemelen bu tiptedirler.

B) Faylaşma ile birlikte bulunan ikinci kırılma tipi, fay düzeyindeki düzensizlikler neticesinde fay düzeyine paralel bir gelişme gösteren kırıklardır (Şekil 10). Fay düzlemi düz bir yüzey olmadığı zaman, kayaç birtakım yerlerde birbirinden uzaklaşmak temayülü gösterecek ve gerilim şartları fay düzeyi ile dik bir açı meydana getirecektir. Bu sebeple

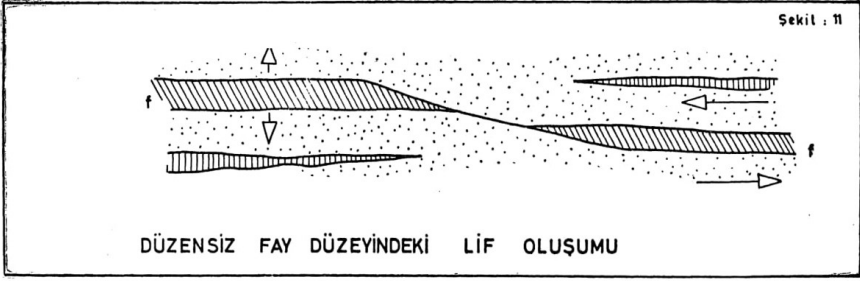


krizotil asbest fay düzeyi veya faya paralel kırıklar içinde gelişebilir. Fayın içinde oluşan lifler de damara paralel harekete mâruz kalacaklardır, öyle ki lifler kırığın cidarı ile açı teşkil edecek bir şekilde uzanacaklardır. Bu, fevkalâde durumlar da kaygan lifleri meydana getirecektir.

C) Faylarla birlikte bulunan üçüncü kırık tipi, değişik strüktürdeki kayaların temasları boyunca gelişenlerdir (Şekil: 11). Kırıkların gerçekten ne şekilde oluştuğu konusunda tam olarak emin değilim, ancak liflerin bu şekilde geliştiklerine sık sık dikkat ettim. Muhtemelen en iyi örnekler serpantinize dolomit içinde olanlardır. Dolomit içinde entrüsif meydana getiren diabaz siller dolomitin kontak boyunca serpantinize olmasına sebebiyet vermişlerdir, ancak krizotil asbest sadece



devam eden fay veya daykların bu kontağı kestikleri yerlerde bulunmaktadırlar. Iliç yakınlarında bulunan Sarıkonak'taki krizotil zuhurları da bu şekilde oluşmuş olabilirler. Çünkü buradaki lif zonu silstone ve serpantinitle arasındaki kontak'a paralel bir gelişme göstermektedir.

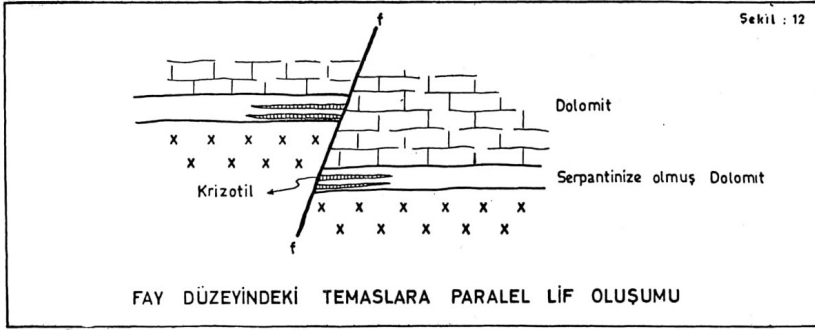


Bununla birlikte lifin tabiatı ile strüktürel model arasında kolayca bir ilginin kurulamadığı zuhurlar da mevcuttur. Burada Güney Afrika'daki Stolzburg ocağındaki yataklar aklıma gelmektedir. Burada lifler serpantinitle kafalarını çevreleyen konsentrik tabakalar içinde zuhur etmektedirler (Şekil: 12). Birtakım kayma zonları mevcut olmasına rağmen, liflerin oryantasyonununun izahı zordur. Beypınarı sahasındaki Şabanözü ve Ateş Ali gibi di baz kafaları etrafındaki lif zuhurları da aynı şekilde problematiktirler.

Fay oluşumu ile ilgili olmayan diğer bir gerilim, şartı için menşei, soğuma neticesinde mağmatik bir kütlemin büzülmesi veya serpantinizasyon sırasında ultrabazik bir kayacın genleşmesi gibi hacim değişikliklerinden ötürü meydana gelen gerilimdir. İkinci halde, gerilim kırıklıkları, serpantinize olmuş kayac içindeki serpantinleşmemiş enküzyonlar civarında meydana gelebilirler.

Serpantinizasyon ve krizotil formasyonun relatif yaşı:

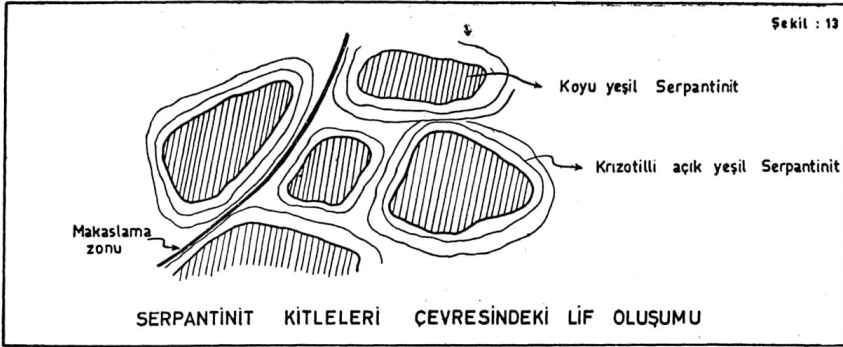
Şu ana kadar serpantinitle yaş veya menşei hakkında herhangi bir şey söylememiş bulunuyorum. Eski yazarların büyük bir kısmı (asbest konusu ile uğraşan) serpantinizasyon ve lif formasyonunu ilgili gelişmeler olarak düşünmüşlerdir. Söylemiş olduklarımdan genetik ilgiyi gerekli görmediğimi açıklamış bulunuyorum. Bana göre serpantinitle



krizotilden önce oluşmuş olmalıdır, ancak serpantininin ne zaman oluştuğu hususu önemli değildir, lif den çok daha yaşlı olabilir veya çok kısa bir süre önce oluşmuş olabilir, gerçekte çağdaştır. Gerçekte Hatay bölgesinde ve Orhaneli'nde bulunan bazı yataklar, kayacın kırılmasına ve ultrabazik kayaçların serpantinizasyonu için solüsyonların kırıklara girmesine sebebiyet veren aynı güçlerin krizotil asbest oluşum sebebi olmak görüşünü öne sürmektedirler.

Krizotil asbest oluşumu için şartlar:

Evvelce söylenenlerden krizotil formasyonu için gerekli şartların birinci olarak serpantin mevcudiyeti ve ikinci olarak da elverişli gerilim şartlarının varlığı olduğu açıktır. Bununla birlikte gerekli olan bir üçüncü şart daha vardır; yani serpantin krizotil haline rekristalize olmasına yardımcı bir solüsyon. Bu tip solüsyonlar için evvelce mağmatik bir kaynak öne sürülmekte idi. Bununla birlikte krizotilin oluştuğu derinliklerde bu tip solüsyonların normal olarak mevcut olacaklarına inanıyorum. Bununla birlikte mağmatik entrüzyondan gelen ısı ve volatillerin lif formasyonunu kolaylaştırdığı da mümkündür. Bowen ve Tuttle tarafından yapılan deneylerden krizotilin brusit mevcudiyetinde 450°C ilâ 500°C'ye kadar sabit kaldığı bilinmektedir. Bu temperaturün üstünde krizotil talk haline gelmektedir. Bu sebeple temperatur 450°C'yi aşmadıkça, krizotil mağmatik bir kontak civarında muhtemelen daha çabuk bir oluşum gösterecektir, ancak bu hususu mutlak lüzumlu kabul etmemekteyim.



Krizotilin kalitesi:

Nihayet krizotilin kalitesi hakkında da birkaç söz söylemek gerekmektedir. Altın, bakır gibi diğer ekonomik minerallerin aksine asbestin değeri liflerin uzunluğu ve özelliklerine bağlıdır. Kanada sistemindeki liflerin uzunluklarına göre yapılan bir sınıflandırma herkesçe bilindiği için burada üzerinde durmayacağım. Liflerin kalitesi de çok önemlidir. Lifler ince ipek gibi veya yaylı olabilir, iki tip de kullanılacakları makaslara göre makbuldür. Lifler alçak veya yüksek güce de sahip olabilir. Alçak güçlü olan bükülünce veya sürtününce hemen kırılanlardır. Bunlar kuvvetli liflere nazaran daha az talebedilirler. Çabuk kırılmanın sebebi daha pek belli değildir. Bana göre şu faktörlerden dolayı olabilir: 1) Talka dönüşüm, 2) Alüminyumun daha sert lifler meydana gelmesine sebep olan magnezyumla yer değiştirmesi, 3) Liflerin manyezit ve kalsit gibi mineral tabakalarıyla kaplanması.

SONUÇ

Krizotil asbestin orijini hakkındaki görüşleri belirttiğimi ümit ediyorum. Asbest yatakları olmadığı halde geniş serpentinit alanlarının bulunmasını soru ile karşılamış olabilirsiniz. Cevaben serpentinit kompozisyonunun antigonitten krizotile değişmesini meydana getirecek şekilde olmadığı söylenebilir. Örneğin çok miktarda alüminyum bulunabilir. Gerekli strüktürel şartlar olmayabilir veya gerçekten yataklar henüz bulunmamış olabilir. Alaçam firmasının sayesinde büyük bir yatağın daha memleketinizde bulunacağını ümit ediyorum ve esasen böy-

le yatakların mevcut olduğunu ve gerekli çalışmalar yapıldığı takdirde bulunacağından emin olduğumu tekrarlamak isterim.