

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ



ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ

REVUE DE LA FACULTE DES SCIENCES FORESTIERES
DE L'UNIVERSITE D'ISTANBUL



TOPRAĞIN BAŞLICA KİL MİNERALLERİ, TEŞEKKÜL ŞARTLARI VE ATOMİK YAPILARI

Yazan

Doç. Dr. Faik Gülğur

Yapılan en kaba ve basit bir müşahede toprakların inorganik kısmının muhtelif çaptaki parçacıklardan ibaret olduğunu gösterir. Toprakların mekanik terkipleriyle ilgili beynelmilel ıskalada 2 mikrondan ufak olan parçacıklara “ Kil fraksiyonu ” ismi verilmiştir. Killer primer silikatların tabii şartlar altında ayrışmasıyla teşekkül ederler ve böyle bir ayrışmanın en son mahsullerinden oldukları için sekonder tabiattadırlar. 2 mikrondan ufak olan bu fraksiyon orijin itibariyle tamamen sekonder tabiattaki kilden ibaret değildir. Kil fraksiyonu içerisinde kolloidal dimenzionlara kadar ufalanmış primer ve sekonder menşeli birçok materyal mevcuttur. Bu meyanda kalsit, dolomit, mika parçacıkları, pirit ve feldispat gibi primer ve sekonder menşeli materyel zikredilmektedir (Grim, p. 4). Bundan başka birçok killerin içerisinde kuvars ve çapları 1 mikrona yaklaşan kristobalit'in mevcut olduğu tesbit edilmiştir (Joffe, p. 107). Ayrıca birçok killerde renk maddesi tesiri yapan fevkalâde ince dimenzionlara ufalanmış demiroksit veya hidroksitlerin mevcudiyetine işaret edilmiştir. Kil fraksiyonunda yukarıda zikredilen inorganik materyalden başka çapları 1 mikrona yaklaşan organik kolloitler de mevcuttur. Renkli organik maddeler kil materyaline koyu gri veya siyah rengini verirler, fakat renk ile kil materyalinin organik madde muhtevası arasında doğrudan doğruya bir münasebet her zaman mevcut değildir (Grim, p. 5-6).

Röntgen ışınlarıyla yapılan araştırmalar, allophan'ların istisnasizlikle, killerin kristalin bir yapıya malik olduğunu göstermiştir. Kil mineralleri diğer birçok ayrışma mahsulleri gibi tabiaten kolloittirler ve kolloitlerde görülen suyu emme, kationları absorbe etme, plâstiklik v.s. gibi fiziko-şimik bütün hassalara sahiptirler.

Silikat minerallerinin kimyasal ayrışması ve bunun neticesi olarak sekonder karakterdeki kil kompleksinin teşekkülü için teorik olarak iki

yol mevcuttur. Birinci halde, kil kompleksi silikat minerallerinin kristal kafesinden muayyen element veya element gruplarının ayrılmasıyla teşekkül eder. Bazı hallerde kristal kafesinden ayrılan bu elementler veya element grupları yerine hidrojen veya hidroksil grupları geçebilir. Meydana gelen mahsulde orijinal silikat mineralinin kristal kafesi yapısı ya umumî hatları itibariyle aynen muhafaza edilir, yahut, daha büyük bir ihtimalle, yeni bir kristal yapısı teşekkül eder. İkinci halde, kil kompleksi silikat minerallerinin hidrolizleriyle meydana gelen çözünmüş maddelerin, ilk defa Van Bemmelen tarafından ortaya atılmış olan faraziye gereğince, karşılıklı olarak yekdiğerini çöktürmesiyle teşekkül eder. Bu çöktürme teorisine göre meydana gelen mahsul gayri muayyen terkipte amorf bir absorpsiyon bileşigidir. Fakat gayri muayyen terkipteki amorf absorpsiyon bileşiklerinin sonradan muayyen terkipteki kristalin bileşikleri hâsıl etmeleri mümkün olduğu gibi, karşılıklı çökme neticesinde doğrudan doğruya belirli terkipte kristalin bileşiklerin teşekkülü de aynı şekilde mümkündür.

Silikatların kimyasal ayrışmasına, “ bilhassa hidrolize ” müessir olan ekstrem iklim şartları bir tarafa bırakılacak olursa, alelade toprakların kil komplekslerinde bu iki ayrı tip mahsule bir arada tesadüf etmek mümkündür. Şiddetli bir şekilde yıkanmış topraklarda daha çok artık mahsullerin, natamam yıkanmış topraklarda ve birikme horizonlarında ise galip olarak çökme mahsullerinin bulunması muhtemeldir (Robinson, p. 47-63).

Kimyasal ayrışmanın cereyan tarzı büyük mikyasta iklimin tesiri altında olmasına rağmen kısmen de anataşının etkisi altındadır. Hidrolize müsait humid iklim şartları altında anataşının ayrışma mahsullerine olan tesiri ancak ayrışmanın ilk safhasında görülür. Aradan yeter derecede uzun bir zaman geçtiği takdirde bu tesir tamamıyla ortadan kalkar ve böyle şartlar altında meydana gelen sekonder mahsul içerisinde anataşına ait karakteristiklere tesadüf edilmez. Viswanath ve Ukil Hindistan topraklarında yaptıkları araştırmalarda jeolojik farkların iklimin tesiri altında silindiğini ifade etmektedirler (Mohr, p. 119). Buna mukabil W. A. Mitchell ve A. Irmak'ın Türkiye'nin mutedil iklim şartları altında bulunan topraklarında yaptıkları incelemeler anataşı ile kil mineralleri arasında bir münasebet bulunduğunu göstermiştir (Mitchel and Irmak, p. 184-192). Zonal arid iklim şartları altında meydana gelen ayrışma mahsullerinde anataşının tesiri sarîh bir şekilde görülür (Grim, p. 330-331). Bu şartlar altında hidroliz, ayrışma kitlesinin esas anataşından pek az fark gösterdiği bir safhada durmuş olabilir. Hidrolizle ay-

nlan alkali ve toprak alkalileri bu safhada ayrışma mahsulleri içerisinde karbonat veya sülfat halinde görülebilirler (Robinson, p. 59). Diğer taraftan aynı mineralojik terkibe sahip anataşlarının muhtelif iklim sahalarında yekdiğerinden oldukça farklı tâli mahsul verdikleri tesbit edilmiştir. Sedletsii (Joffe, p. 116, t. 15) nin cenubi Uralların podsolizasyon zonu ile çernozem zonunda ve Hindistandaki krasnozem zonunda granit ve gnays üzerinde gelişen topraklarda yaptığı tesbitler, anaş aynı olduğu halde değişik iklimatik etkiler dolayısıyla bu toprakların farklı ayrışma mahsullerine sahip olduklarını göstermektedir. Mezûr anaşından sekonder mahsul olarak podsolizasyon zonuunda kuvars, kaolinit, hidratlanmış müskovit ; çernozem zonunda montmo illonit ve illit; krasnozem zonunda ise halloysit, hidratlanmış hematit, hidratlanmış götüt meydana gelmiştir*.

Diğer bütün şartlar müsavi olduğu takdirde topoğrafya, bilhassa meyil unsuru vasıtasıyla, toprak yüzünden akan (erozyon tesiri) ve toprak içerisine sızan (profilin şakuli yıkanması) suyun miktarını kontrol ederek ayrışmanın ilerleyişinde ve karakterinde müessir olur. Bu sebeplerden dolayı topoğrafyanın etkisi, teşekkül etmiş olan sekonder mahsullerde kendisini belli eder. W. A. Mitchell'in İskoçya'da yapmış olduğu araştırmalar toprakların drenaj özellikleriyle hâsil olan kil mineralleri arasında bazı münasebetlerin mevcut olduğunu göstermektedir (Mitchell, p. 94, 98).

Ayrışma ve dolayısıyla meydana gelen sekonder mahsulleri kontrolleri altında bulunduran iklim (vejetasyona da şamil olarak), anaş ve topoğrafyayı ehemmiyet derecelerine göre bir tasnife tabi tutmak pek uygun olmaz ; zira onların nisbi ehemmiyetleri daima aynı değildir. Ayrışmaya tesir eden faktörlerin tesirleri, tesir için geçen zamanla doğru orantılıdır.

Killerin kristalin bir yapıya sahip olduğuna yukarıda kısaca temas etmiştik. Bugünkü modern mânâda *kil mineralleri* kavramını ilk defa 1887 de Le Chatelier ve bilâhare 1909 da Lowenstein ortaya atmıştır (Grim, p. 16-25). Onlar killeri, mahdut miktarda kristalin mineralleri ihtiva eden ekstrem şekilde ufak parçacıklar olarak telâkki etmişlerdir. Lüzumlu âlet ve vasıtaların bulunmayışından dolayı bu anlayış uzun zaman tecrübi olarak tahkik edilememiştir. Nihayet, 1923 yılında İsviçte Harding ve 1924 yılında Almanya'da Rinne, birbirinden tamamen habersiz olarak, kil materyaline ait ilk röntgen analizleri neticelerini neşrettiler.

*) Belli başlı toprak tiplerinin mineral topluluklarına ait fazla malûmat için (Joffe) un 113-115 inci sahifelerindeki cetvellere müracaat tavsiye edilir.

Bunları, tabiiyen 1924 senesinde Ross ve arkadaşlarının evvelâ bentonitler ve bilâhare endüstride kullanılan ve çeşitli topraklarda bulunan killere üzerindeki çok dakik optik araştırmaları takip etti. Bu araştırmalar sonunda kil materyalinin esas itibariyle mahdut sayıda kristalin komponentlerden teşekkül ettiği ortaya çıktı ve bu mahdut sayıdaki kristalin komponentlere bu araştırmacılar tarafından "kil mineralleri" ismi verildi. Hendricks ve Fry 1930 da ve Dore ve Brown 1931 de müstakilen yapmış oldukları röntgen analizleri neticelerini neşrettiler. Bu araştırmalar en ince fraksiyon da dahil olmak üzere toprak materyalinin muhtelif kristalin parçacıklardan ibaret olduğunu ve bu kristalin parçacıkların killerde mahdut sayıda bulunduğunu göstermiştir.

Bu başlangıç araştırmalarından sonra modern kil minerali kavramı umum tarafından kabul edilmeye başlandı ve bunun üzerine muhtelif milletlere mensup pek çok sayıda araştırmacı killeri muhtelif gaye ve maksatlar için çeşitli metodlar kullanarak incelediler. Bu intansif araştırmalar neticesinde elde edilen sonuçlar ve onlarla ilgili neşriyat kil minerali mefhumunun gittikçe daha sarîh şekilde kavranmasına âmil olmuştur. Bu kavramın izahında büyük emekleri geçmiş pek çok ilim adamı mevcuttur. Grim (p. 225-275), modern mânâdaki kil minerali anlayışını, "killere esas itibariyle, kil mineralleri ismi verilen son derece ufak kristalin parçacıklardan bir veya bir çoğunun bir araya gelmesiyle teşekkül etmişlerdir. Esas itibariyle hidratlanmış alumino-silikatlar terkibindedirler, bazılarında demir veya mağnezyum kısmen veya tamamen alüminyumun yerine geçer, bazılarında ise alkaliler veya toprak alkalileri esas mürekkip olarak mevcuttur." şeklinde tarif ve izah etmektedir.

Her kristal üç buutlu motifler (pattern) dahilinde tertiplenmiş atom veya atom gruplarından ibarettir ve bu motifler kristal içerisinde tekerrür ederler (Read, p. 127-147). Motiflerin tam olan en küçük kısmına "yapı taşı" (= unit cell)* ismi verilir ve onların bir araya gelmeleriyle motifler teşekkül ederler. Herhangi bir mineralin içerisindeki atom sayısının onun umumî formülünün aynı olması zarureti yoktur. Atom sayısı, formülün herhangi basit bir katsayı ile çarpılmış şeklidir. Meselâ Na Cl için bu katsayı 4 dür. İçinde motiflerin tekerrür ettiği noktaların boşluktaki nizamına "kristalin kafesi" ismi verilir.

Kil mineralleri içerisindeki atomlar, silikat minerallerinde de oldu-

* Unit cell bir İngilizce tabirdir, karşılığı olarak yapı taşı tabiri alınmıştır. Bu tabir mefhum itibariyle, muayyen bir nesci teşkil eden aynı yapıdaki münferit hücreler yahut bir duvarı teşkil etmiş olan tuğtaların (yapı taşlarının) beheri gibi telâkki edilmelidir.

ğu gibi, iyonlaşmış durumdadırlar, yani her atom bir veya müteaddit elektronu ya kaybetmiş veya kazanmıştır. Bu sebepten elektriki olarak nötr olacak yerde pozitif veya negatif yüklere sahiptirler. İyonları bir arada tutan kuvvet bu zıt elektriki yükler arasındaki karşılıklı çekme kuvvetidir. Her iyon zıt elektriki yükü taşıyan iyonlarla çevrilmiş durumdadır ve bunun neticesinde bütün yapı elektriki olarak nötr halde bulunur. İşte bu suretle iyonların zıt elektriki kuvvetleri tesiriyle bir arada tutulmalarından meydana gelen kristale "iyonik kristal" denir. Herhangi bir katyonun etrafını çevirmiş olan negatif iyonların (aniyonlar) sayısına "koordinasyon sayısı" ismi verilir.

İyonlar muhtelif çaptaki küreler gibi tasavvur edilmeli ve iki iyon arasındaki mesafe o iki iyonun çapları toplamı olarak düşünülmelidir. Bu halde iyonlar, temas halindeki küreler gibi düşünülmelidirler. İyonların çapları angstrom (A°) ünitesiyle ($1 A^\circ = 10^{-8}$ santimetre) ölçülürler.

Aşağıdaki iki cetvelde Angstrom ünitesi cinsinden muhtelif iyonların yarıçapları periyodik sıraya ve valanslarına göre gösterilmiştir (Read, p. 127-147).

2-	1-	0	1+	2+	3+	4+
O 1.32	F 1.33	He	Li 0.78	Be 0.34		
S 1.74	Cl 1.81	Ne	Na 0.98	Mg 0.78	Al 0.57	Si 0.39
Se 1.91	Br 1.95	A	K 1.33	Ca 1.06	Ga 0.62	Ge 0.44
Te 2.11	I 2.20	Kr	Rb 1.49	Sr 1.27	In 0.92	Sn 0.74
		X	Cs 1.65	Ba 1.43	Tl 1.05	Pb 0.84

Angstrom ünitesi olarak iyonların yarı çapları (Bragg'a göre)

Metalik iyonların yarıçapları

Monovalan	Cu = 0.96	Ag = 1.13	Au = 1.37	
Divalan	Fe = 0.83	Co = 0.82	Ni = 0.78	Mn = 0.91
	Zn = 0.83	Cd = 1.03	Hg = 1.12	
Trivalan	Cr = 0.64	Fe = 0.67	Mn = 0.70	

Her sütunun üstünde o gruptaki iyonlara ait hamule gösterilmiştir. Oksijen iyonu çapı Si^+ , Al^+ , Mg^+ ve Fe^+ gibi katyonların çapından

büyüktür. Bundan dolayı oksijen iyonlarının 4 lü ve 6 lı koordinasyonlarında aralarında bırakmış oldukları (interstice) çapları ufak olan bu kationlar girerek minerallerin yapı taşlarını teşkil ederler. H^+ iyonu pozitif bir hamulenin boyutları olmayan bir merkezi gibi düşünülür. Bundan dolayı OH^- iyonunun çapı oksijen iyonunun çapına eşit itibar edilir.

Kil minerallerinin çoğunun atomik kafesinde iki strüktür ünitesi bahis konusudur (Grim, p. 43 45). Birinci ünite, sıkı şekilde istiflenmiş oksijen veya hidroksil iyonlarının teşkil ettiği ve iki safiha halinde uzaya oktahedronlar (8 üçgen yüzeyli mücessem şekil) mevcuttur. Bu oktahedronların merkezleri Al, Fe ve Mg gibi kationlardan birisi tarafından işgal edilmiştir. Dolayısıyla adı geçen kationlardan oktahedral pozisyonda olanlar altı oksijen veya hidroksil iyonundan aynı uzaklıkta bulunurlar. Al mevcut olduğu takdirde, strüktürü tevizin için oktahedral pozisyonlardan yalnız $2/3$ i alüminyum tarafından işgal edilir. $Al_2(OH)_6$ formülüyle gösterilen gibbsit'in strüktürü böyledir. Mağnezyum mevcut olduğu vakit, strüktürü tevizin için bütün oktahedral pozisyonlar mağnezyum tarafından işgal edilir. $Mg_3(OH)_6$ formülündeki burcit'in strüktürü böyledir. Oksijenden oksijene olan normal mesafe $2,60 \text{ \AA}$, hidroksilden hidroksile olan mutad mesafe ise takriben 3 \AA dır. Bu strüktürde oktahedral koordinasyonda olan iyonlar için mevcut boşluk takriben $0,61 \text{ \AA}$ dır. Kil mineralleri strüktüründe ünitenin kalınlığı $5,05 \text{ \AA}$ dır. İkinci ünite, silika tetrahedronlarından (4 üçgen yüzeyli mücessem şekil) teşekkül etmiştir. Bu grupta Si iyonu köşeleri oksijen iyonları veya strüktürün tevizini için lüzumlu ise HO^- iyonları tarafından işgal edilmiş olan bir tetrahedronun merkezinde bulunur. Dolayısıyla 4 oksijen veya hidroksil iyonundan aynı uzaklıktadır. Silika tetrahedronları silikat ve kil minerallerinin en önemli yapı taşlarıdır ve silikat minerallerinin tasnifi bu tetrahedronların aralarında yapmış olduğu çeşitli gruplanmalara istinad eder. Kil minerallerinde, silika tetrahedronlarının yapmış oldukları gruplanmalardan başlıca ikisi ehemmiyetlidir. Birinci halde, silika tetrahedronlar hegzagonal bir ağ şeklinde tertiplenirler ve hudutsuz olarak tekerrür ederek genel terkibi $Si_4O_6(OH)_2$ olan safiha strüktürü teşkil ederler. Tetrahedronların reisleri aynı istikamete yönelmiştir ve tabanları aynı düzlem içinde bulunurlar. Safiha strüktüründe, her tetrahedronun tabanını teşkil eden üç oksijen atomu aynı düzlem dahilinde olmak üzere komşu üç tetrahedronun silisyum atomlarıyla aynı aynı birleşmiş haldedir. Silisyum atomları tetrahedronların tabanlarını teşkil eden temas halindeki üç oksijen atomunun aralarında bıraktıkları boşluklarda bulunurlar ve bu suretle altı köşeli bir

ağ örgüsü teşkil ederler. Hidroksil iyonları ise tetrahedronların reislerini teşkil edecek şekilde, doğrudan doğruya, silisyum atomlarının üzerinde yer almışlardır. Silika tetrahedron safihada oksijenden oksijene olan mesafe $2,55 \text{ \AA}$, tetrahedral koordinasyondaki iyonlara ayrılan boşluk ise $0,55 \text{ \AA}$ dır. Kil mineralleri strüktüründe ünitenin kalınlığı $4,93 \text{ \AA}$ dır. Bu ünitelerden her birisi merkezden merkeze ölçülmek şartıyla $11,5 \text{ \AA}$ lık bir kalınlığa sahiptirler. İkinci halde, genel formülü Si_4O_{11} olan bir çift zincir strüktürü bahis konusudur. Amfibollerde bulunan bu strüktür esas itibariyle safiha strüktürüne benzer. Ondan yalnız bir istikamete uzamasıyla ayrılır. Diğer istikamet takriben $11,5 \text{ \AA}$ lık bir genişlikle tahdit edilmiştir. Bu strüktürde her tetrahedron tabanındaki iki oksijen atomuyla komşu iki tetrahedrondaki silisyum atomlarına bağlanmıştır. Zincirler yekdiğerine altı aktif oksijen atomuyla çevrilmiş alüminyum ve mağnezyum, yahut alüminyum veya mağnezyum atomları vasıtasıyla bağlanırlar. Aktif oksijen atomları silisyum atomuna bir bağla bağlı olan atomlardır. Bu sebepten zincirlerin köşelerinde ve tetrahedronların tepelerinde bulunurlar.

Aynı boyutlardaki aynı yükü haiz iyonların birbirinin yerine geçmesine izomorfik yer değiştirme denir (Read, p. 127-147). Silikat minerallerinde olduğu gibi kil minerallerinde de bu tarz yer değiştirmelere kesretle tesadüf edilir. İzomorfik yer değiştirmelerin imkânı valanstan çok boyutlara tabidir. İyonik çapları yekdiğerine çok yakın olan katyonlar, kil minerallerinde, 4 lü ve 6 lı koordinasyonlarda, birbirinin yerlerine geçerek muayyen bir gruptaki çeşitli varyeteleri teşkil ederler. İzomorfik yer değiştirmeler tesadüfidirler. İzomorfik yer değiştirmelerin iyonların valanslarından çok boyutlarına tabi olduğuna dair en güzel misâl sodyum ve kalsiyum iyonlarının plajyoklas feldispatlardaki yer değiştirmelerinde görülür. Sodyum ve kalsiyum iyonlarının boyutlarının birbirine yakın olması, valansları farklı olduğu halde böyle bir yer değiştirmeyi mümkün kıldığı halde, valansları aynı olan sodyum ve potasyum iyonlarında, potasyum iyonunun boyutu sodyum iyonundan önemli nisbette büyük olmasından dolayı, böyle bir yer değiştirme mümkün olamamaktadır. Aynı şekilde 6 lı koordinasyonda Li^+ , Mg^+ un yerine geçebilir. 4 lü ve 6 lı koordinasyonlarda çeşitli iyonlar birbirinin yerine geçebilirler. Alüminyum 4 lü ve 6 lı koordinasyonda silisyumun yerine geer. 6 lı koordinasyonda ise alüminyum yerine mağnezyum, iki ve üç kıymetli demir geçebilir. Düşük valanslı bir katyon daha yüksek valanslı bir katyonla yer değiştirdiği takdirde strüktürde elektrik denge bozulur. Bu takdirde sistemi nötrleştirmek için diğer bir katyonun

pozitif hamulesine ihtiyaç vardır. Boyutları yekdiğerine yakın olan O^{--} , OH^- ve F^- gibi anyonlar da strüktürde birbirinin yerine geçebilirler.

Tabiatıyla izomorfik yer değıştirmelerin meydana gelmesinde bir hudut mevcuttur. İzomorfik yer değıştirmelerde en stabil tip meydana gelince gayeye varılmış olur.

Kil minerallerinin bütün minerolojik hususiyetlerine şamil bir tasnif yapmak, halen elden mevcut malûmatın tam olmamasından dolayı kabil olamamaktadır. Bugüne kadar toplanmış olan malûmata istinaden yapılmış olan çeşitli tasniflerin bu itibarla eksik tarafları bulunacaktır. Zamanın geçmesiyle bu sahadaki bilgilerimiz artacak ve dolayısıyla elde mevcut olan tasniflerde gerekli tadilatın yapılması zarurî olacaktır. Bütün bunlara rağmen kil minerallerinin tetkikini kolaylaştırmak için, bir tasnife ihtiyaç vardır. Bu itibarla en yeni malûmata istinaden Grim (Grim, p. 27) tarafından verilmiş olan tasnif aşağıya aynen nakledilmiştir.

Kil minerallerinin tasnifi

- I. Amorf olanlar
 - Allofan grubu
- II. Kristalin olanlar.
 - A. İki tabakalı tip (üniteleri bir tabaka silika tetrahedron ve bir tabaka alumina oktahedronlardan müteşekkil olan safiha strüktürü)
 1. Safihaları arasındaki mesafeleri eşit olanlar
Kaolinit grubu
Kaolinit, nakrit v.s.
 2. Uzamış olanlar (elongate)
Halloysit grubu
 - B. Üç tabakalı tipler (İki silika tetrahedron tabakası arasında bir dioktahedral veya trioktahedral tabakayı muhtevi safiha strüktürü).
 1. Kristal kafesi genişliyenler
 - a. Safihaları arasındaki mesafeleri eşit olanlar
Montmorillonit grubu
Montmorillonit, sosonit v.s.
Vermikülit

Uzamış olanlar (elongate)

Montmorillonit grubu

Nontronit, saponit, hektorit

2. Kristal kafesi genişlemiyenler

İllit grubu

- C. Muntazam karışık tabakalı "mixed-layer" tipler (muhtelif tiplerin mütenavip tabakaları muntazam şekilde istiflenmiş olanlar)

Klorit grubu

- D. Zincir strüktürü tipleri (oksijen ve hidroksillerin Al ve Mg atomlarını muhtevi oktahedral grupları vasıtasıyla silika tetrahedronları bağlanmış hornblendeye benzer zincirler)

Attapulgit

Sepiolit

Palygorakit

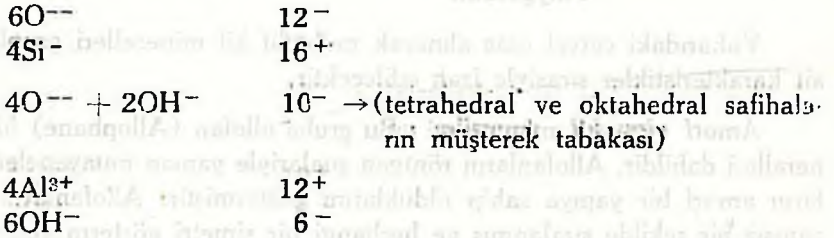
Yukarıdaki cetvel esas alınarak muhtelif kil mineralleri gruplarına ait karakteristikler sırasıyla izah edilecektir.

Amorf olan kil mineralleri : Bu gruba allofan (Allophane) kil mineralleri dahildir. Allofanların röntgen şualarıyla yapılan muayeneleri onların amorf bir yapıya sahip olduklarını göstermiştir. Allofanların intizamsız bir şekilde sıralanmış ve herhangi bir simetri göstermeyen oktahedral pozisyondaki metalik iyonlarla silis tetrahedronlarının bir karışımı olması muhtemel görülmektedir (Grim, p. 45-46). Bu grup üzerinde çok az araştırma yapılmıştır. Araştırmaları, onlara karışmış bulunan kristalin maddelerin ayrılmasının müşkül olmasından dolayı, bilhassa büyük bir güçlük arz etmektedir.

Kaolin grubu : Bu gruba dahil olan mineraller bir silika tetrahedron safihasıyla bir alumina oktahedron safihasının birleşmesiyle vücut bulan tabakaların kristalin c mihveri istikametinde üst üste istiflenmesinden meydana gelmişlerdir (Grim, p. 46-52). Bu birleşmede silika tetrahedronlarının tepelerindeki oksijen atomları oktahedral safihadaki atomlarla müşterek bir tabaka teşkil ederler. Silika tetrahedronlarının tepesindeki oksijen atomları bir taraftan tetrahedronların diğer taraftan oktahedronların merkezlerini gösterecek şekilde aynı istikamete yönelmişlerdir. Silika tetrahedronları ile alumina oktahedronlarının teşkil ettikleri safihalar kristalin a ve b mihverleri istikametinde yekdeğerlerince

oldukça benzerler ve bu iki istikamette hudütsüz şekilde uzarlar. Tetrahedron ve oktahedron gruplarının teşkil ettikleri müşterek tabakada atomların 2/3 i silisyum ve alüminyum ile iştirak halindedir ve bu sebepten bu atomlar hidroksil halinden oksijene dönmüşlerdir. Oktahedral safihada alüminyum atomunun almasının mümkün olduğu mevkilerden yalnız 2/3 i bu atom tarafından işgal edilmiştir. O halde oktahedral safihaların alüminyum ile muntazam şekilde doldurulması için imkân dahilinde olan üç plân mevcuttur. Alüminyum atomlarının yukarıdan ve aşağıdan iki OH⁻ ile ayrılacak şekilde yer aldıkları ve böylece oktahedral safihanın merkezindeki müstevide hegzagonal bir dağılma gösterdikleri tasavvur edilmelidir. OH grupları tetrahedral tabakada oksijen atomları tarafından teşkil edilmiş olan hegzagonal ağız hasıl ettiği deliklerin doğrudan doğruya altına gelecek şekilde yer almışlardır.

Silika tetrahedral ve alumina oktahedral safihalarının birleşmesiyle meydana gelen tabakalardaki elektrik yüklerinin dağılışı aşağıdaki şekilde olmaktadır :



Yukarıdaki pozitif ve negatif elektrik yüklerine ait değerler toplanacak olursa strüktür ünitelerindeki elektriki kuvvet yüklerinin denkleştirilmiş olduğu kolayca tesbit edilebilir.

Bu gruba ait minerallerin kimyasal terkip formülü Al₂O₃.2SiO₂.2H₂O, strüktür formülü ise (OH)₈Si₄Al₄O₁₆ dır. Teorik terkipinde % 46,54 SiO₂; % 39,50 Al₂O₃ ; % 13,96 H₂O mevcuttur.

Yukarıda da temas edilmiş olduğu gibi, bu gruba ait mineraller a ve b mihverleri istikametinde uzanan ve c mihveri istikametinde üst üste yığılan tabaka paketlerinden teşekkül etmişlerdir. Bu gruba dahil muhtelif âzalar arasındaki nisbi tahavvüller, muhtemel olarak, tabaka paketlerinin üst üste yığılmalarında ve oktahedral safihadaki alüminyumun işgal etmesi mümkün olan mevkilerin bu atom tarafından muhtelif şekilde işgal edilmesinden ileri gelmektedir.

Kaolin grubuna dahil minerallerde tetrahedral ve oktahedral safi-

haların teşkil etmiş olduğu tabakalar arasındaki mesafe $7,13 \text{ \AA}$ dır. Brindley'e göre (Brindley, p. 33-39) bu grubun mümessil âzası olan kaolinit (kaolinite) minerali triklin sisteminde tebellür etmiştir ve kaolinit tabakasındaki bir yapı taşına (unit cell) ait parametreler sırasıyla aşağıda gösterilmiş olan değerlerdedir :

$$\begin{array}{ll} a_0 = 5,14 \text{ \AA} & \alpha = 91,8^\circ \\ b_0 = 8,93 \text{ \AA} & \beta = 104,5^\circ - 105^\circ \\ c_0 = 7,37 \text{ \AA} & \varphi = 90^\circ \end{array}$$

Aynı müellif nacrit, dickit, kaolinit ve metahalloysit isimli mineraleri bu gruba dahil etmektedir.

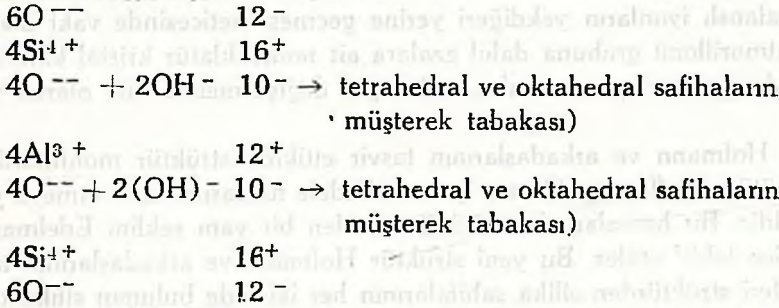
Halloysit (Halloysite) grubu : Bu gruba dahil olan mineraller, kaolinit grubu minerallerinden, tabakaları arasında muayyen miktarda su molekülü ihtiva etmeleriyle ayrılırlar. Başlıca iki halloysit formu mevcuttur. Birincisinin kimyasal formülü $(\text{OH})_8\text{Si}_4\text{Al}_4\text{O}_{10}$, ikincisinin ise $(\text{OH})_8\text{Si}_4\text{Al}_4\text{O}_{10} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dur. İkinci form nisbeten alçak sıcaklıkta birincisinin irreverzibl şekilde dehidrate olmasından meydana gelmiştir. Dehidrate olmuş halloysit formunda tabaka paketleri arasındaki mesafe $7,2 \text{ \AA}$, yani takriben kaolinit tabakası kalınlığındadır. Hidratlanmış formda ise bu mesafe takriben $10,1 \text{ \AA}$ dır. Bu ikisinin farkı olan $2,9 \text{ \AA}$ lık değer tek bir su molekülü safihasının kalınlığına takriben eşittir (Grim, p. 52-55). Bu iki ekstrem arasında bir de kısmen hidralanmış form, metahalloysit mevcuttur. Brindley ve arkadaşlarının (Brindley, p. 33-39) yapmış olduğu araştırmalar, hidratlanmış halloysitin $60-75^\circ\text{C}$ lik bir sıcaklığa uzun müddet maruz kaldığı zaman kısmen hidratlanmış metahalloysit'e, 400°C lik bir sıcaklığa maruz bırakıldığı zaman ise dehidrate olmuş halloysite döndüğünü göstermektedir. Aynı müellifin bulduğuna göre, şayet halloysitin genel formülü $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ şeklinde gösterilirse bu formüldeki n emsali, halloysitin dehidrate edilmek için maruz bırakıldığı suhunet derecelerine tâbi olarak 2 den 4 e kadar kıymetler alır ve bu suretle üç halloysit formundan birisi teşekkül eder. Hidratlanmış halloysitte n 3,5 ve 4 kıymetini alır. Bu halde tabaka paketleri arasındaki mesafe $9,6 - 10,1 \text{ \AA}$ dır. $n=3,5$ olması tamamıyla hidratlanmış halloysit'in her 4 su tabakasından 1 nin kaybolmasına tekabül eder. Metahalloysit'te (kısmen dehidrate olmuş halloysit) tabaka paketleri arasındaki mesafe $7,35$ ve $7,9 \text{ \AA}$ dır. Bu tipte n emsali $2,25$ ve $2,75$ arasındadır. n emsalinin ve tabaka paketleri arasındaki mesafelerin üst hudutlarına ait değerler ($n=2,75, 7,9 \text{ \AA}$) her 4 silis tabakasında 1 bakiye suyun mevcudiyetine tekabül ederler. Dehidrate

olmuş halloysit tipi ancak 400° C ye ısıtmakla elde edilir. Tabaka paketleri arasındaki mesafe $7,3 \text{ \AA}$ a yaklaşır ve n emsali ise takriben 2 ye eşittir.

Montmorillonit grubu : Montmorillonit mineralleri yalnız fevkalâde küçük parçacıklar halinde hâsıl oldukları için tek kristale ait X ışını analizlerinden bir netice elde edilememiştir. Montmorillonite ait ilk çalışmalar 1933 de Hofmann, Endel ve Wilm tarafından yapılmıştır. Bilâhare bu anlayış Macgdefrau, Hofmann ve Marshall tarafından tadil edilmiştir (Grim, p. 57-64). Bu son anlayışa göre montmorillonit grubu mineralleri iki silika tetrahedron safıyası ile onlar arasında yer almış bir alumina oktahedron safıyasından meydana gelmiştir. Bütün tetrahedronların tepeleri aynı istikamete, ünitenin merkezine doğru yöneymişlerdir. Tetrahedron tabakasıyla oktahedron tabakası o suretle birleşmişlerdir ki bu birleşmede her silis safıyasına ait tetrahedron tepesi ile oktahedral safıyanın hidroksil tabakalarından birisi müşterek bir tabaka teşkil eder. Tetrahedral ve oktahedral müşterek tabakasındaki atomlar hidroksil halinden Oksijen haline dönmüşlerdir. Tabakalar kristalin a ve b mihverleri istikametinde mütemadidirler ve c mihveri istikametinde yekdiğeri üzerine istiflenirler. Silis-Alumina-Silis tabakalarının istiflenmesinde, her ünitenin oksijen tabakaları komşu ünitelerin oksijen tabakalarıyla bitişiktirler, bunun neticesinde aralarında çok zayıf bir bağ ve çok yüksek bir yanılma hassası meydana gelir. Montmorillonit strüktüründe ehemmiyetli olay su ve bazı polar bileşiklerin tabaka paketleri arasına girebilmeleridir. Bunun neticesinde kristal kafesi c mihveri istikametinde genişler. Montmorillonit'te, c mihveri istikametinde, tabaka paketleri arasındaki mesafe sabit değildir. Tabaka paketleri arasında polar moleküller mevcut olmadığı takdirde bu mesafe $9,6 \text{ \AA}$ dan başlayarak bazı hallerde tabaka paketlerinin tamamıyla ayrılmasına kadar gider. Mübadele kationları silikat tabakaları arasında tutulurlar ve tamamıyla dehidrate olmuş montmorillonit'te c mihveri istikametindeki tabaka paketleri arasındaki mesafeler, bazı hallerde, tabakalar arasında tutulan kationun boyutlarına tâbi olurlar. Kation ne kadar büyük olursa bu mesafe o kadar büyük olur. Silikat tabakaları arasına polar organik moleküllerin adsorpsiyonu halinde c mihverinin boyutu organik molekülün boyutu ve hendeşi şekli ile tahavvül eder. Silikat üniteleri arasındaki su molekülünün kalınlığı, muayyen bir su buharı tazyikinde mübadele kationununun tabiatına tâbi olur. Adı şartlar altında, mübadele kationu olarak Na^+ ihtiva eden bir montmorillonit'te bir molekül kalınlığında bir su tabakası mevcuttur ve c mihveri istikametindeki tabaka paketleri arasındaki mesafe $12,5 \text{ \AA}$ dır. Aynı şartlar altında Ca^{++} ile iki molekül su tabakası

bulunur ve c mihverindeki aralıklar $15,5 \text{ \AA}$ olurlar. Genişleme hassası reverzibil'dir. Tabakalar arasındaki polar moleküllerin tamamıyla çıkmasıyla strüktür birdenbire çökerse bunu takip eden yeniden genişleme güçlülükle vaki olur. Bradley, Grim, Clark'ın çalışmaları, birbirini takip eden silikat tabakaları arasındaki su tabakalarının kalınlıklarının 1, 2, 3, 4 ve ilh... gibi tam adetteki su moleküllerinin teşkil ettiklerini göstermiştir. Roth, montmorillonitlerden ibaret olan killerin en önemli fiziksel vasıflarının tabaka paketleri arasındaki su tabakasının muntazam ve ya tesadüfi oluşuna tâbi olduğunu bulmuştur.

Tabakalar içerisinde yer değiştirmeler nazarı itibara alınmadan hamulelerin teorik dağılışı aşağıda olduğu gibidir :



Tabakalar arasındaki H_2O veya diğer polar moleküller

Kristal kafesinde yer değiştirmeler olmadan düşünülen nazari formül $(\text{OH})_4\text{Si}_5\text{Al}_4.n\text{H}_2\text{O}$ (tabakalar arası) dir. Bu nazari formülde tabakalar arasında herhangi bir materyalin mevcut olmaması şartıyla. % 66,7 SiO_2 ; % 28,3 Al_2O_3 ; % 5 H_2O mevcuttur. Montmorillonitin yukarıdaki teorik formülden daima farklı olduğunu ilk defa Marshall ve Hendricks beyan etmişlerdir. Mezkûr müellifler bu mübâyenetin sebebini alüminyum ve muhtemelen fosforun hem tetrahedral hem de oktahedral koordinasyonda Si_4^+ ile ; magnezyum, demir, çinko, lityum ve ilh... gibi kationların oktahedral pozisyondaki Al^{3+} ile yer değiştirmesine atfetmektedirler. Tetrahedral safihada Al^{3+} in Si^{4+} ile yer değiştirmesi mayduttur ve % 15 den az olarak görülür. Yukarıda verilmiş olan formülde oktahedral safihada mümkün olan pozisyonların yalnız $2/3$ i Al^{3+} tarafından doldurulmuştur. Mg^{2+} nin Al^{3+} ile yer değiştirmesi ya 1:1 oranında yani her alüminyum yerine bir magnezyum geçmesi şeklinde, yahut 2 Al^{3+} yerine 3 Mg^{2+} geçmesi suretinde vuku bulur. 3 Mg^{2+} nin 2 Al^{3+} yerine geçmesi halinde doldurulması mümkün olan bütün

oktahedral pozisyonlar magnezyum tarafından işgal edilmiştir. 3Mg^{2+} nin 2Al^{3+} yerine geçmesiyle saponit minerali hasil olur. Alüminyum yerine demirin geçmesi nontronit'i, kromun geçmesi volkonskoit'i, çinkonun gemesi ise sauconit'i hâsıl eder.

Tabakalı minerallerin bu umumî tipi içerisinde bütün oktahedral pozisyonları meşbu olanlara " octaphyllite " ler veya " trioctahedral " ler ve muhtemel pozisyonların yalnız $2/3$ i doymuş olanlara " heptaphyllite " ler veya " dioctohedral " ler ismi verilmektedir.

Biraz evvel izah edildiği gibi, muhtelif kationların tetrahedral ve oktahedral sahifalarda yekdiğerinin yerine geçmesi neticesinde montmorillonit, elektriki yük bakımından, daima dengesiz bir halde bulunur ve bu sebepten nazari formülünden her zaman farkedir. Muvazenetsizlik, tetrahedral veya oktahedral sahifalarda veya her ikisinde birden, muhtelif valanslı iyonların yekdiğeri yerine geçmesi neticesinde vaki olabilir. Montmorillonit grubuna dahil azalara ait nomenklatür kristal kafesi içerisinde, yukanda mevzubahis edilen yer değiştirmelere tâbi olarak yapılır.

Hofmann ve arkadaşlarının tasvir ettikleri strüktür montmorillonitin bütün vasıflarını, bilhassa iyon mübadele hassasını ifade etmeye yeter değildir. Bu hassaları daha iyi ifade eden bir yapı şeklini Edelman ve Fawjee teklif ettiler. Bu yeni strüktür Hofmann ve arkadaşlarının tasvir ettikleri strüktürden silika sahifalarının her ikisinde bulunan silika tetrahedronların birer fasıla ile aksi istikamete çevrilmiş olmasıyla farketmektedir. Ters çevrilmiş olan silika tetrahedronlar esas silika sahifasından kısmen uzaklaşmışlardır. Bunların tepelerindeki oksijen iyonları yerine hidroksil iyonları geçer. Bu strüktürde silisyum atomları, silika tetrahedron sahifasında aynı müstevi içerisinde değildir. Strüktürü tevzin için oktahedral sahifalarda bazı oksijen iyonlarının hidroksil iyonlarıyla yer değiştirmesi zarureti vardır. Bu yeni yapının strüktür formülü $(\text{OH})_{12} \text{Si}_8\text{Al}_4\text{O}_{16} \cdot \text{H}_2\text{O}$ (tabakalar arası) dır. Bu strüktürde mübadele kapasitesi için kristal kafesinde hiç bir yer değiştirme lüzumlu değildir. Kafes tamamıyla tevzin edilmiş olabilir. Mübadele kapasitesinin, esas silika tetrahedron sahifasından uzaklaşmış olan silika tetrahedronların tepelerindeki hidroksil gruplarına bağlı hidrojenler vasıtasıyla yapıldığı tahmin edilmektedir. Strüktürde mübadele kapasitesi için lüzumlu olandan fazla hidroksil mevcuttur. Edelman ve Fawjee bu hidroksil gruplarından bazılarının mübadeleye kabiliyetli olduklarını düşünmektedirler.

İllit grubu : Mika strüktürü, terkiplerindeki tahavvüller ve polimerik değişmeler Pauling, Mauguin, Jackson, West, Winchel ve Hendricks, Jefferson tarafından oldukça teferrüatla araştırılmıştır (Grim, p. 65 - 69).

Esas strüktür ünitesi merkezde bir oktahedral safiha ihtiva eden iki tetrahedral safihadan ibarettir. Her silis safihadaki tetrahedronların reisleri ünitenin merkezine doğru teveccüh etmiş ve tepesindeki oksijen iyonları hidroksil iyonlarıyla uygun şekilde yer değiştirerek tek tabaka halinde oktahedral safihayla birleşmişlerdir. Ünite, alüminyum iyonlarının bazı silisyum iyonlarının yerini alması ve açıkta kalan negatif hamulelerin K^+ iyonları tarafından doyurulması halinin istisnasıyla, montmorillonit'in aynısıdır. İyi kristalize olmuş mikaların ekserisinde silisyum iyonlarının $1/4$ i alüminyum ile yer değiştirmiştir. Tabaka paketleri a ve b istikametlerinde sonsuz olarak uzanırlar ve c mihveri istikametinde üst üste istiflenirler. Yüzeydeki oksijen tabakalarının meydana getirdiği boşluğu tamamen dolduran potasyum iyonları tabaka paketleri arasında yer alırlar. Komşu tabakalar o şekilde dizilmişlerdir ki potasyum iyonları bu iki komşu tabakanın altışar oksijen iyonu ile (cem'an 12 oksijen iyonu) aynı mesafededirler.

İllit kil mineralleri iyi kristalize olmuş mikalardan muhtelif yollarla ayrılırlar. Oktahedral safihada alüminyumun silisyum yerine geçmesi illit kil minerallerinde daha az sayıda vakit olmaktadır. Nitekim iyi kristalize olmuş mikalarda her 4 silisten birisinin yerine alüminyum geçer. Bunun tabii neticesi olarak mikalardaki silis-alümin nisbeti, illit kil minerallerine nisbetle, daha düşüktür. İllit kil minerallerindeki tabaka paketlerinde çıkacak potasyum iyonlarının Ca^{++} , Mg^+ ve H^+ gibi diğer katyonlarla yer değiştirmesi muhtemeldir. c mihveri istikametinde tabakaların dizilişinde kısmen tesadüfi bir hal mevcuttur. Tabii olarak meydana gelen illit parçacıklarının boyutları çok küçüktür. Bu boyutlar 1-2 mikron veya daha ufaktır.

Dioktahedral illitler, bir miktar demir ve magnezyumun alüminyum ile yer değiştirmesiyle meydana gelmişlerdir. Dioktahedral ve trioktahedral illitler arasında ister bir münasebet mevcut olsun ister olmasın illitler tam ve kat'i olarak bilinmemektedirler.

İllit strüktürü montmorillonit strüktüründen önemli farklar arzeder. İllitte yer değiştirmeler dolayısıyla tabaka paketleri arasındaki elektrik yük açığı 0,30 - 1,50 olduğu halde bu açık montmorillonitte 0,65 dir. İllitte yük açığının başlıca görüldüğü yer silika tetrahedron safihaları olduğu halde, montmorillonitte ekseriya tabaka paketlerinin ortasında bulunan oktahedral safihalardır. Diğer taraftan illite tabakalar arasındaki yükü büyük miktarda veya tamamen tevzin eden katyon potasyumdur. Yukarıda izah edilen farklardan dolayı illit strüktürüne ait tabaka pa-

ketleri mevkilerinde nisbeten sabittirler ve bu suretle polar iyonların onların arasına girerek genişlemeyi mucip olamazlar. Tabaka paketleri arasındaki kationlar illitlerde kabili mübadele değildirler. Ekseri ahvalde montmorillonit ile illit'in ayrılması tamamiyle ihtiyaridir, umumiyetle tabaka paketleri genişleyebilenlere montmorillonit, genişlemiyenlere illit ismi verilmektedir.

Klorit grubu : Bütün kloritler aynı umumî kafes yapısına maliktirler. Strüktür mikaya ve brusit (brucite)' e benzer tabakaların yekdiğerini takip etmesinden meydana gelir. Tabakalar a ve b istikametinde uzanırlar ve c istikametinde istiflenirler (Grim, p. 69-72). c mihveri istikametinde istiflenen tabakalar arasında esas yarılma mevcuttur. Mikaya benzer (mica-like) tabakalar trioktahedraldirler, umumî terkipleri $(OH)_4(SiAl)_8(Mg,Fe)_6O_{20}$ dir. Brusit'e benzer (brucite-like) tabakaların umumî terkibi $(Mg, Al)_6(OH)_{12}$ dir. Al^{3+} in Si^{4+} yerine geçmesinden dolayı mikaya benzer tabakalar muvazene halinde değildirler. Bu suretle ortaya çıkan hamule açığı brusit tabakasından Mg^{2+} in yerine Al^{3+} üç geçmesiyle meydana gelen hamule fazlalığı tarafından tevzin edilir. İki brusit'e ve iki mikaya benzer tabaka klorit'in yapı taşını (unit cell) teşkil eder. $a = 5,3 \text{ \AA}^\circ$; $b = 9,3 \text{ \AA}^\circ$; $c = 28,52 \text{ \AA}^\circ$ ve $\beta = 97^\circ 8'$ dir.

Klorit grubunun muhtelif âzaları birbirinden, brusit tabakasıyle tetrahedral ve oktahedral pozisyonlardaki mika tabakaları içinde vaki olan iyonik yer değiştirmelerin (substitution) şekil ve miktarıyla ayrılırlar. Onlar keza, birbirini takip eden oktahedral ve tetrahedral tabakalarının muayyen istikametlere yönelmesine ait tafsilâta, mika ve brusit tabakalarının münasebetlerinde ve yekdiğerini takip eden klorit ünitelerinin istiflenmesinde de farkedirler.

Tetrahedral safihalar içerisindeki yer değiştirmeler takriben Si_3Al den Si_2Al_2 ye dönme, oktahedral tabakalar içerisindeki yer değiştirmeler Mg_5Al den Mg_4Al_2 ye dönme şeklinde olur. Bu son değişmede kısmen Fe^{++} ve Mn^{++} gaznezyum yerine, Fe^{3+} veya Cr^{3+} kısmen alüminyum yerine geçebilir. Tetrahedral safihalarda alüminyumun silisyum yerine geçmesi aralarına biraz daha büyük oktahedral tabakaların yerleşmesine müsaade edecek kadar onları genişletir.

Brindley ve arkadaşlarının tek klorit kristali üzerinde yaptıkları araştırmalar onların biotit mikalara müşabih polimorfik formlardan hâsıl olduğunu göstermiştir.

Bazı kil minerallerinde ince tabakalı kloritlerin mevcudiyeti tesbit edilmiştir.

Vermikülit grubu : Gruner, vermikülit mineralinin su molekülleri vasıtasıyla yekdiğerinden ayrılan trioktal:edral mika veya talk safihalarından ibaret olduğunu göstermiştir. Bu su molekülleri boşlukta muayyen bir yer işgal ederler, kalınlıkları $4,98 \text{ \AA}$ 'dır. Mezkûr kalınlık iki su molekülü kalınlığına takriben eşittir. O halde mineral, mika ve çift su tabakalarının tenavübünden meydana gelmiştir (Grim, p. 72-77).

Hendricks ve Jefferson, tek kristal esasına göre mineralde aşağıdaki karakteristikleri tesbit ettiler :

$$\begin{aligned} a &= 5,34 \text{ \AA} \\ b &= 9,20 \text{ \AA} \\ c &= 28,91 \text{ \AA} \end{aligned} \quad \beta = 93^\circ 15'$$

Mezkûr müellifler vermikülitlerin a mihveri boyunca müskovit, talk ve pirofillit (pyrophyllite) ler gibi bir değişme gösterdiğini, ve b mihverine müvazi tabakaların yer değiştirilmesinde kısmen tesadüfün hâkim olduğunu gösterdiler.

Strüktür: başlıca alüminyumun silisyum ile yer değiştirmesinden dolayı denkleşmiş değildir. Bu yer değiştirmelerin mika kafesi içinde vaki başka yer değiştirmelerle kısmen teviz edilmesi muhtemeldir, fakat daima her yapı taşı (unit cell) için 1-1,4 arasında olan negatif bir yük açığı mevcuttur. Bu yük açığı mika tabakaları arasında bulunan ve büyük yük miyasta kabili mübadele olan kationlar vasıtasıyla doyurulur. Montmorillonit ile eşit ve bazı hallerde daha yüksek kation mübadele kapasitesini haiz tâbi mineralde teviz işini temin eden kation Mg^{++} dir, bazan cüz'î miktarda Ca^{++} da mevcut olabilir.

Vermikülit takriben 500°C ye kadar ısıtılırsa mika tabakaları arasındaki su dışarı çıkar, fakat mineral oda rütubet derecesinde ve sıcaklığında derhal ve sür'atle yeniden su alır. O halde mine al genişleyebilen bir kristal kafesine mâliktir. Fakat bu genişleme takriben $4,93 \text{ \AA}$ içerisinde veya iki su molekülü tabakası kalınlığıyla mahduttur. Şayet mineral 900°C ye kadar ısıtılacak olursa tekrar genişlemez olur. Böyle materalde röntgen şuaıyla yapılan difraksiyona ait 14 \AA ve daha yüksek çizgiler kaybolurlar ve yeni $9,3 \text{ \AA}$ çizgisi diğer mika çizgileriyle beraber meydana çıkar.

Vermikülitte su, bağlı ve bağımsız olmak üzere iki form halinde mevcuttur. Bağlı su magnezyum iyonu etrafında bir hidratlanma kabuğu (zarfı) şeklinde vaki olur. Her Mg^{++} için 6 su molekülü vardır. Bu gruplanma şekli muhtemel olarak oktahedral gruplanma şeklindedir. Şayet oktahedral gruplar komşu sahifalarda kendi asgari genişliklerini arzedecek tarzda yatar bulunurlarsa mevcut $4,98 \text{ \AA}$ lık aralık bu gruplanma için uygundur. Bağımsız su, oktahedral su üniteleri arasındaki aralıkları doldurur. Bağımsız ve bağlı suyun tabakalar arasındaki total suya nisbetinin 8:14 olduğunu Walker bulmuştur.

Madem ki vermikülit genişleyebilen bir yapıya ve yüksek baz mübadele kapasitesini haiz tezvin edilmemiş bir kristal kafes'ne mâliktir, o halde aynı hassaları gösteren montmorillonit ile mukayese etmek mühimdir. Vermikülit montmorillonitten genişlemesinin mahdut, takriben $4,98 \text{ \AA}$ olmasıyla ayrılır. Vermikülit muayyen organik molekülle i mika tabakaları arasına absorbe eder, fakat montmorillonitten absorbe edilen bu tabakaların daha ince ve daha az değişebilir olmasıyla ayrılır. Bu karakteristik nisbeten büyük olan vermikülit parçacıklarının eb'adının ve aynı zamanda vermikülit tabakalarının dizilişinde tesadüfün ehemmiyetli derecede daha az yer almasının bir neticesi olabilir. Hakikaten vermikülitte tesadüfler tabakaların yalnız ufki dizilişinde rol oynarlar. Bütün bu farklar muvazenetsizlik halinin vermikülitte başlıca tetrahedral tabakada, montmorillonitte ise başlıca oktahedral tabakada olmasına atfedilebilir.

Karışık tabakalı kil mineralleri : Birçok kil mineralleri birden fazla kil minerallerinden teşekkül etmişlerdir (Grim, p. 79 80). Kil mineralleri muhtelif tarzda karışabilirler. Karışım komşu kil minerali parçacıklarına göre belirli bir geometrik orientasyon göstermeyen münferit kil parçacıklarından ibaret olabilir.

Diğer bir karışma tipi de, muhtelif kil minerallerine ait tabakaların birbirini içerisine istiflenmesiyle (interstratification) meydana gelir. Böyle bir karışma tipinde her kil mineraline ait muhtelif tabakalar tek veya birkaç alumine silikat safihası halinde tertiplenmişlerdir. Karışık tabakalı ismi verilen bu mineraller, muhtelif kil minerallerine ait benzer tabakalardan meydana geldikleri için birbirlerine çok benzerler, hepsi silika tetrahedral-hegzagonal tabakalardan ve oksijen ve hidroksil gruplarının sıkkı şekilde paketlenmesinden meydana gelen oktahedral tabakalardan müteşekkildirler. Bu mineraller kendilerini teşkil eden muhtelif kil minerallerinin dayanaklılığı nisbetinde sabittirler.

Karışık tabakalı kil minerallerinin strüktürleri iki tiptir ; birinci haf-

de tabakalar halinde birbirleri arasında istiflenme muntazam olabilir. Meselâ c mihveri boyunca muhtelif kil minerallerine ait tabakalar muntazam şekilde istiflenirler. Böyle hallerde hâsıl olan yapı farklı karakteristika gösterir. Yapı taşı (unit cell) mürekkep tabakaların toplamına muadildir ve muntazam (001) refleksiyonları elde edilir. Buna en güzel misal mika ve brusit tabakalarının muntazam tekerrüründen meydana gelen klorittir. İkinci halde, mixed-layer strüktürü tabakaların tesadüfi olarak gayri muntazam şekilde birbiri arasına gelmesinden hâsıl olur. Bu halde tabakaların yeknesak tekerrürü mevcut değildir.

İllit ve montmorillonit, klorit ve vermikülit'in meydana getirdiği karışmış tabakalar bilhassa çok taammüm etmiştir. İllit ve kaolinit'in karışmasıyla meydana gelen kil mineralleri de mevcuttur.

FAYDALANILAN ESERLER

- 1) Brindley, G. W., "X-ray identification crystal structure of clay minerals", Mineralogical society of Great Britain monograph, London 1951.
- 2) Grim, R. E., "Clay mineralogy", McGraw-Hill book Company, Inc., New York 1953.
- 3) Joffe, J. S., "Pedology", Pedology publication, New Brunswick, New Jersey 1949.
- 4) Mohr, E.C.J., and Van Baren, F.A., "Tropical soils", Netherlands 1954,
- 5) Read, H.H., "Rutley's element of mineralogy", 25th edition, Thomas Murby and Co., London.
- 6) Robinson, G. W., "Soils, their origin, constitution and classification, third edition, London 1949.
- 7) Mitchell, W.A., "A review of the Scottish soil clay" The Journal of soil science, vol. 6, No. 1, 1955
- 8) Mitchell, W.A. and Irmak, A., "Turkish forest soils", The Journal of soil science, vol. 8, No. 2, 1957.