

I. KAYAÇLARIN ELEKTRİKİ ÖZELLİKLERİ

I. 1. 1. TANIM :

Bütün kayaçların elektriği iletmesi metalik veya iyonik nedenlerle olur. Bazı kayaçların mineral depozitlerinin elektriği iletme kabiliyetleri bünyelerindeki metal miktarlarıyla oranlıdır. Pirit, Galenit, Magnetit ve bu gibilerde olduğu gibi elektriğin metalik nedenlerle, diğer bir deyişle iletken bünyesindeki serbest elektronlar nedeniyle, iletilmesi hali metalik iletkenliktir. Ancak mineral muhtevası kayaçların yapısını tüm olarak karakterize etmez. Satış kayaçları oluşları nedeniyle Porozlu bir yapıya sahiptirler ve Porozlar kısmen veya tamamen bünyesinde tuz eriyiği ihtiva eden suyla doludur. Suyun bünyesindeki bu tuz iyonları satış kayaçlarında elektriğin iletilmesinde aktif rolü oynarlar. Elektriğin iletken bünyesindeki iyonlar nedeniyle iletildiği bu gibi hallere «İyonik İletkenlik» denir. Metalik iletkenlerde elektriğin geçişi herhangi bir madde hareketi olmaksızın vuku bulur. İyonik iletkenlerde ise elektriğin geçişi daima bir madde taşınmasıyla olur. Bunun yanında iki sınıf iletken arasında bir fark daha vardır: Amorf karbon bir tarafa bırakılırsa, metalik iletkenlerin direnci, sıcaklığın yükselmesiyle artar, iyonik iletkenlerin direnci sıcaklığın yükselmesiyle azalır.

Doğru akımla yapılan çalışmalarda homogen ve izotrop kayacı elektriki yönden karakterize eden büyüklük rezistivite değeridir. Eu hal doğru akımla yaklaşık penetrasyon özelliğine sahip; düşük frekanslı alternatif akımlar için de aynı kabul edilebilir. Rezistivite büyüklüğü OHM kanunu ile matematiksel olarak tarif edilir.

$$E = J \cdot \rho$$

Eşitlikte: E, Potansiyel şiddeti, metre başına Volt; J Akım yoğunluğu, metrekaşe başına Amper; ρ OHM. metre cinsinden rezistivite değeridir. Bazı hallerde rezistivite değeri yerine rezistivitenin tersine ($1/\rho$) ya eşit olan kondüktivite değeri kullanılır. MKS sisteminde kondüktivite birimi MHO/metre'dir.

Bu büyüklüklerin pratikte çok kullanılan katları şöyledir :

$$1 \text{ Ohm.m.} = 100 \text{ Ohm.cm.}$$

$$1 \text{ Mho/m} = 0.01 \text{ Mho/cm} = 10000 \mu \text{ Mho/cm.}$$

Tabiatta mevcut kayaçların rezistivite değerleri büyük bir aralıkta değişmektedir. Bunun sebebi ise, aynı kayacın arzın farklı yerlerinde farklı fiziki özelliğe sahip olmasıdır. Bundan da anlaşılacağı gibi belirli bir rezistivite değer aralığında birçok farklı kayaçlar bulunabilmektedir. Diğer bir deyişle birçok farklı kayaç aynı rezistivite değerine sahip olabilmektedir. Bu nedenle tatbikatta yalnızca, rezistivite değerinden istifadeyle kayacı tanımlayabilmek mümkün olamamaktadır.

Bilindiği gibi Jeolojide kayaçların adlandırılması daha farklı özelliklere göre, yaş ayrımları ise kayaç bünyesindeki karakteristik fosillere göre yapılmaktadır. Oysa jeolojik zaman ayrımını mümkün kılan karakteristik fosil elektriki yönden hiç bir özellik arzetmemekte ve jeolojik olarak tek adla tanımlanan bir kayaç birden fazla farklı rezistivite değerli seviyeler gösterebilmektedir. Bu nedenle jeofizik çalışmalarla, fiziki özelliğe göre ayrımlanan arz seviyelerinin, her zaman jeolojik seviye ayrımlarını belirtmesi beklenemez. Ancak tatbikatta jeofizik'le yapılan ayrımların belirli şartlarda, indirekt yollarla hangi kayaca tekabül ettiğini ve bazı hallerde de hangi jeolojik zamanı belirttiğini söyleyebilmek mümkün olabilmektedir.

Rezistivite değeriyle kayacın diğer fiziki büyüklükleri arasındaki ilişki oldukça komplekstir. Tabiatta mevcut kayaçların farklı fiziki yapılarında bulunmaları nedeniyle, hadisenin tüm kayaçları kapsıyacak bir matematiksel ifadesini verebilmek mümkün değildir. Bu nedenle konuyla ilgili araştırmalar, kayaçları çimentolanmış ve çimentolanmamış kayaçlar olarak iki ana gruba ayırarak yürütülmüştür. Volkanik kayaçlar elektriki yönden benzer özellik göstermesi nedeniyle çimentolanmış kayaçlar bölümünde mütalâa edilmiştir.

Verilecek bütün neticeler iyonik iletkenlik hali için geçerlidir.

I. 2. 1. ÇİMENTOLANMAMIŞ KAYAÇLAR :

Bu grup kayaçlarda, farklı boyutlardaki kayaç parçaları farklı dağılım ve dizilimde bir araya gelmişlerdir. Çakıl, kum, kumlu çakıl v.s. gibi. Böyle ortamların rezistivite değeri genel olarak; ortamı meydana getiren tanelerin büyüklüğüne, taneler arası boşluğa, bu

boşluğu dolduran sıvının rezistivite değerine, boşlukların sıvıyla kısmen veya tamamen dolu olup olmayışına bağlı olarak değişir.

Kuyu jeofiziği dalında konu ayrıntılı olarak incelenmiş ve bazı eşitlikler verilmiştir. Bu eşitliklerden en çok kullanılanı ARCHIE tarafından kilsiz, temiz formasyonlar için empirik olarak verilen ve kendi adıyla bilinen eşitliktir :

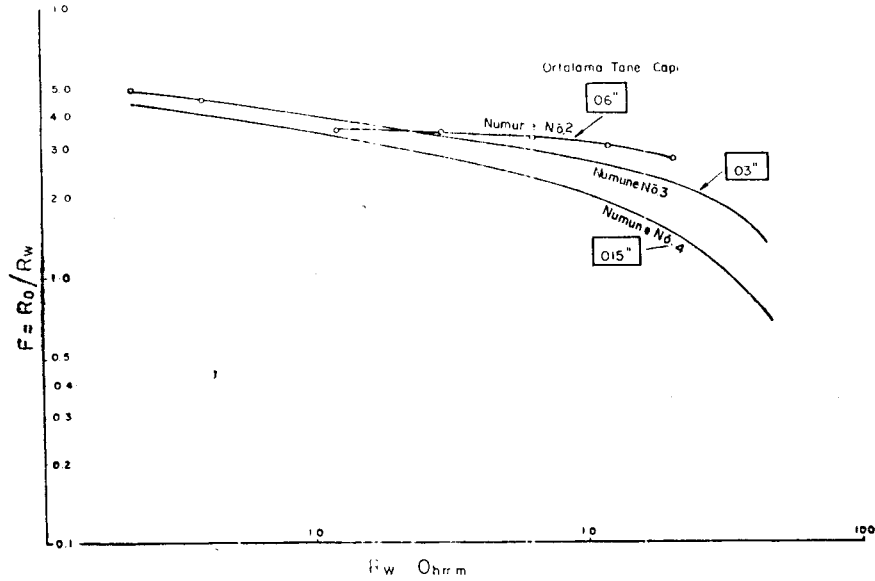
$$R = a \cdot R_w \cdot S^n \cdot \phi^{-m} \quad (1)$$

Ortam suyla % 100 doygun olduğunda,

$$F = R_0 / R_w = a / \phi^m = \text{Sabit} \quad (2)$$

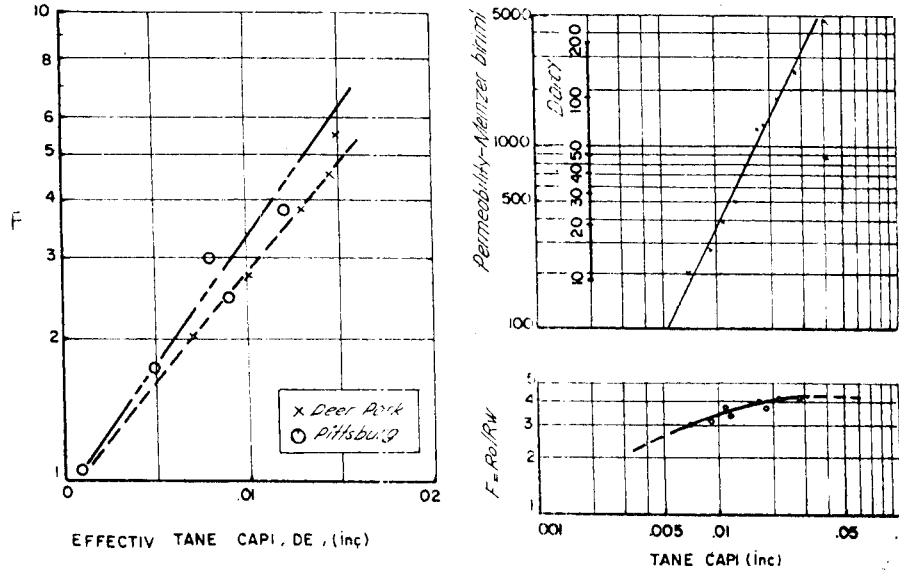
Eşitliklerde: R ortamın suyla S doygunluk yüzdesindeki rezistivite değeri, R_w taneler arası boşluklardaki suyun rezistivite değeri, S boşlukların suyla doygunluk yüzdesi, ϕ birim hacimdeki boşluk yüzdesi (Porozite değeri) a, m, n empirik olarak hesaplanan ortamın fiziki yapısıyla ilgili sabitler, F formasyon faktörü, R_0 ortamın suyla % 100 doygun olduğu haldeki rezistivite değeridir.

Ancak verilen bu eşitlikler R_w nin küçük (Takriben 0.01 Ohm'dan küçük) değerleri için neticeyi sağlamakta; büyük (takriben 0.01



Şekil : 1 — Formasyon faktörünün, farklı tane çaplı ortamlarda, R_w 'ye bağlı değişim eğrisi (Sarma ve Roa'nın çalışmalarından)

Ohm'dan büyük) değerleri için sağlamamaktadır. Pratikte yukarıda kaba sınırları verilen R_w nin küçük değerleri petrol şartlarını, büyük değerleri de yeraltı suyu şartlarını belirler. R_w nin büyük olduğu yeraltı suyu şartlarında formasyon faktörüyle Porozite arasındaki münasebet $F = R_a / R_w$ sabit değildir. F nin değeri R_w ye ve ortamı meydana getiren tanelerin büyüklüğüne bağlı olarak değişir. R_w arttıkça F küçülür, tane büyüklüğü arttıkça F artar. Bu normal olarak petrol şartlarında bilinenin tersidir. F nin R_w ye, tane çapına ve kayacın diğer fiziki büyüklükleri olan efektif tane çapına ve permaabiliteye bağlı olarak değişimleri şekil 1, 2, 3, 4 de gösterilmiştir. Büyüklükler arasındaki münasebet incelendiğinde yeraltı suyu araştırmaları için ilginç olan şu netice çıkmaktadır. Çimentolanmamış kayalarda, kayacın % 100 suyla doygun olduğu hallerde; yüksek rezistivite değerli zonlar yüksek permaabiliteli zonları gösterir.



Şekil : 2 — Deer Park ve Pittsburg su kuyularında, formasyon faktörünün efektif tane çapına bağlı değişim eğrileri (R. P. Alger'den)

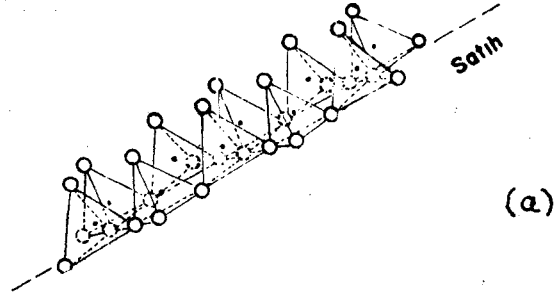
Şekil : 3 — Kum numuneleri üzerinde yapılan çalışmalarla elde edilen, permaabilite ve formasyon faktörünün tane çapına bağlı değişim eğrileri (Jones ve Buford'un çalışmalarından)

R_w nin büyük olduğu yeraltı suyu şartlarında F nin 3 no.lu eşitlikten farklı olarak değişmesinin nedeni satıh iletkenlik tesirine bağlanmaktadır.

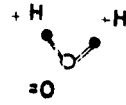
1. 2. 2. SATIŞ İLETKENLİK TESİRİ (Surface Conductance Effect) :

Satış iletkenlik tesiri, katı-sıvı halindeki cisimlerin birbirleriyle temasında görülen, çift tabaka hali diye bilinen elektrokinetik bir olay sebebiyle olur. Heterogen bir katı maddenin bir elektrolitle teması halinde, maddeler ters işaretli yükleri kazanırlar. Katı haldeki madde üzerindeki yük işareti, katyonlarla anyonların birbirine göre adsorbsiyonuna tabidir; şöyle ki, katyonlar anyonlardan fazla adsorbe edilirse katı madde negatif yüklü, aksi halde bunun tersi olur. Coehn, böyle ortamlardaki maddelerin elektriki yüklerinin nev'ini, şu hipoteziyle izâha çalışmıştır. «Birbirleriyle temasta bulunan iki heterogen maddeden, dielektrik sabiti büyük olanı diğerine nazaran pozitif olarak yüklenir».

Diğer taraftan hadisenin mahiyeti katı maddelerin kristal bünyelerindeki molekül dokuları ve molekül dizilimleriyle izâha çalışılmıştır. Bu izâh şeklinin geneli şöyledir: Kristal bünyesindeki molekül dokuları ve dizilimleri o şekilde meydana gelirken, mineralin molekülündeki spesifik bir atom, diğerlerine nazaran daima kristal sathına daha yakın olarak bulunur. Bu nedenle kristalin sathı dışardan bakıldığında izâfi olarak elektrikle yüklenmiş gibi tesir gösterir. Silikatlarda genel olarak molekül bünyesindeki oksijen atomları diğerlerine nazaran kristal sathına daha yakın bulunurlar ve kristal sathı kendisiyle kontakt halinde bulunan maddeye karşı negatif elektrik yüklüymüş gibi tesir eder. (Şekil 4) Ancak katı maddelerin yüzeyleri genellikle kristal yüzeyleri değildirler. Coehn hipotezinin doğruluğunu gösteren birçok deliller bulunmakla beraber, birçok araştırma sonuçları da hipotez neticesine uymazlar. Bunlardan da anlaşılacağı gibi bugün için mevcut hipotezler hadisenin menşeyini tam olarak izâh edememektedirler. Bununla birlikte iyonların kontakt halinde oldukları katılar tarafından adsorbsiyon olayı Briggs'in deyişiyle şöyle özetlenebilir: «Her katının, belli bir iyonla karşı bir özgül adsorbsiyon kabiliyeti olduğunu farzedebiliriz, bu kabiliyet katının özgül yüzeyine, sıcaklığa, gözönüne alınan iyonun eriyikteki derişikliğine ve mevcut olan katı tarafından evvelce adsorbe edilmiş bulunan diğer iyonlara tâbidir».



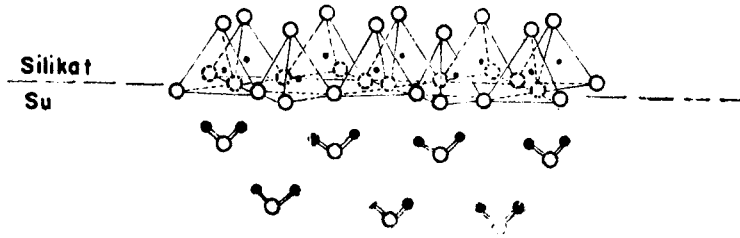
(a)



(b)

Şekil : 4 — a) Silikat kristalinin sathında, silicon ve oksijen atomlarının şematik dizilimi, b) Su molekülünün şematik görünümü.

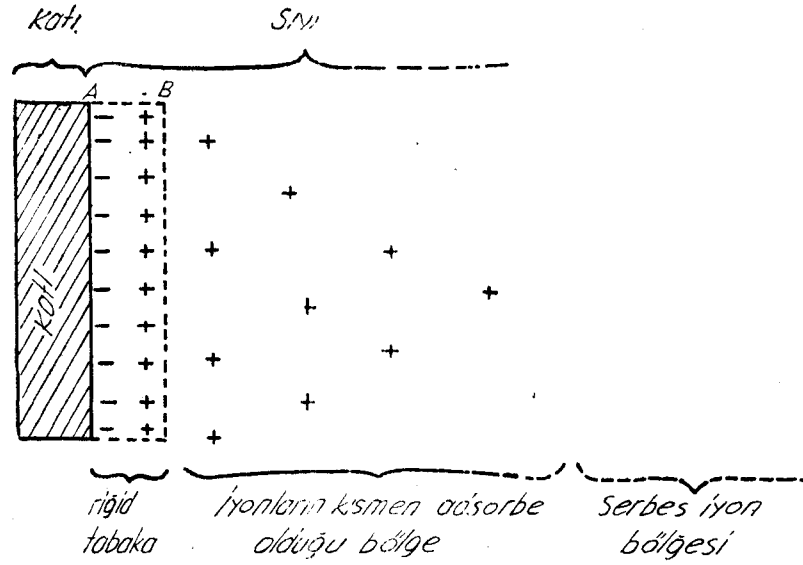
Deney sonuçları katıların çoğunun suyla temasında, negatif bir yük kazandıklarını ortaya koymuştur. Suyla kontaktında negatif yük kazanan bir katının suyla teması halinde negatif - pozitif yük kütle merkezlerinin aynı noktada olmayışı nedeniyle elektriki bir momente sahip olan su molekülleri, hidrojen atomları katı maddenin sathına gelecek şekilde yönelirler (Şekil: 5). Coulomb kanunuyla büyüklüğü



Şekil : 5 — Silikat yüzeyi ile suyun kontak halinde su moleküllerinin şematik dizilimi

verilen elektriki kuvvet tesiriyle meydana gelen bu dizilim, karşılıklı gelen yüklerin nötrlenmesiyle bir molekül kalınlığındaki birden faz-

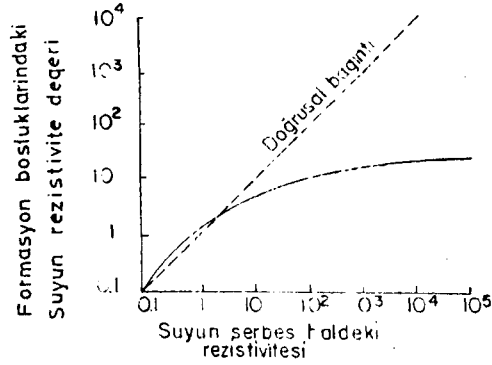
la zarfların sıralanması şeklinde olabilir. Böyle bir katının eriyikle temasında meydana gelen çift tabakanın muhayyel görünümü (Şekil: 6) da verilmiştir. Çift tabaka katı sathından eriyik içine doğru,



Şekil : 6 — Katı-Sıvı kontağında meydana gelen çift tabaka halinin muhayyel görünümü

takriben monomoleküler kalınlıktaki rigid bir tabaka (Şekil, 6) AB; bunun dışında sınırı kesin olmayan, bünyesindeki izâfi yük yoğunluğu sıvı içine doğru asimtotik olarak azalan ikinci bir tabakadan ibarettir. Böylece bir eriyiğin katıyla teması halinde, yukarıda belirlenen nedenlerle, eriyikteki iyonların bir kısmı tamamen, bir kısmı kısmen katı sathı tarafından adsorbe edilecek, bir kısım iyonlar da bu adsorbsiyon tesiri dışında kalacaktır. Adsorbsiyon derecesi, Şekil: 6 da gösterildiği gibi katı sathından eriyik içine doğru asimtotik olarak azalır. Neticede eriyik, biri adsorbe olmuş iyonların meydana getirdiği (çift tabaka bölgesi): diğeri de adsorbe olmamış serbest iyonların meydana getirdiği (serbest iyon bölgesi) olmak üzere iki zona ayrılmış olacaktır. Bu iki zonun iletkenliği, bir zondaki iyonların adsorbe edilmiş olmaları nedeniyle, izâfi olarak birbirinden farklı olacaktır. Yapılan deneyler bu izâfi farklılığın eriyikteki iyon konsantrasyonuna bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. (Şekil, 7). İyon kon-

santrasyonunun az olduğu yeraltısuyu şartlarında yapılan deneyler çift tabaka zonunun serbest iyon zonuna kıyasla daha fazla iletken olduğunu ortaya koymuştur. Yani diğer faktörler sabit kalmak şar-



Şekil : 7 — Suyun katıyla temas halindeki rezistivite değerinin, suyun serbest haldeki rezistivite değerine bağlı tecrübi değişim eğrisi. (G. V. Keller'den)

tıy.a, katıyla kontakt halinde bulunan sıvının zahiri iletkenliği, aynı sıvının serbest haldeki iletkenliğinden daha büyüktür. Çift tabaka hadisesiyle meydana gelen bu tesir, formasyon faktörünün verilen (2) no.lu eşitliği sağlamayıp, formasyon boşluklarındaki suyun rezistivite değerine ve formasyonu meydana getiren tane çapına bağlı olarak değişmesinin baz sebebi olarak bilinir.

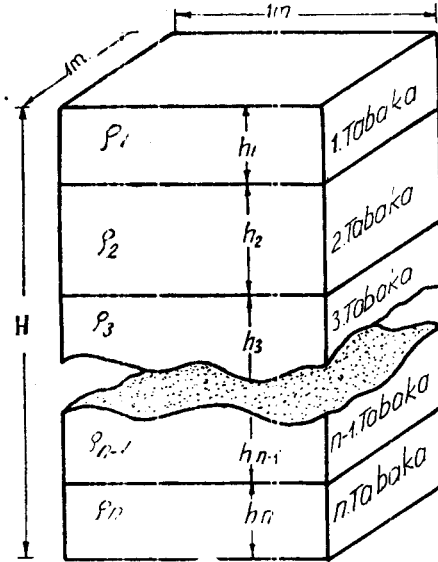
I. 2. 3. HOMOGEN İZOTROP ORTAM :

Homogen ve izotrop kayacı elektriki yönden karakterize eden büyüklüğe rezistivite değeri demiştik. Böyle ortamlarda rezistivite büyüklüğü skalerdir, her doğrultuda aynı değere sahiptir. Homogen fakat Anizotrop bir ortamda ise rezistivite büyüklüğü tansördür. Farklı doğrultularda farklı değerlere sahiptir. Rezistivite değerinin akım doğrultusuna bağlı olarak değişmesi hali, literatürde elektriki Anizotropi olarak bilinir. Jeoelektrik araştırmalarda mikro, makro ve zahiri (pseudo) olmak üzere üç tip anizotropiden bahsedilir. Mikro anizotropi; ortamı meydana getiren malzemelerin mikro görünüşteki farklı dizilim, kristallenme vs. nin meydana getirdiği anizotropik haldir. Örneğin farklı kil minerallerinin dizilimi, bu dizilimlerin kulcal kapilerite sistemleriyle kesilmeleri hali, makro anizotropi farklı litolojideki mikro anizotrop veya izotrop seviyelerin sıralanması veya tekra-

rıyla meydana gelen haldir. Farklı litolojideki seviyelerin münavebeli dizilimleriyle meydana gelen filiş formasyonu, makro anizotropi için bilinen bir misaldir. Zahirî anizotropi ise birden fazla farklı rezistivite değerli seviyelerin matematiksel olarak eşdeğer tek bir seviyeye tahvilinde ortaya atılan teorik bir büyüklüktür. Makro ve mikro anizotropi arasındaki fark izâfidir. J. V. Keller bu iki hal arasındaki farklılığı şöyle belirler: «Makro anizotropi, elektriki logla tesbit edilebilecek büyüklükteki bant dizilim ve tekrarlarının meydana getirdiği Makro skaladaki haldir; daha küçük bant dizilim, tekrarlarının meydana getirdiği hal ise mikro anizotropidir.» Bu izâh şekli mikro ve makro anizotropi ayrımı hakkında genel bir kavram verebilmesi yönünden faydalıdır. Zahirî anizotropi hakkında detaylı bilgi bölüm III. 3. 2. de verilecektir.

I. 2. 4. TABAKALI ORTAM :

Homogen ve izotrop bir ortamın elektriki özelliğinin rezistivite büyüklüğüyle karakterize edildiğini görmüştük. Birden fazla homogen izotrop tabakanın paralel olarak sıralanmasıyla meydana gelen



tabakalı ortamın elektriki özelliğini karakterize etmek için bu büyüklük yeterli değildir. Böyle bir ortamın bütününün elektriki özelliği beş parametreyle belirlenir. Bu parametreler sırasıyla: Ortamın ta-

tabakalanmaya dik doğrultudaki rezistansı (Transverse resistance) T; ortamın tabakalanmaya dik doğrultudaki eşdeğer rezistivitesi (Transverse resistivity) ρ_T ; ortamın tabakalanmaya paralel doğrultudaki kondüktansı (Longitudinal Conductance) S; ortamın tabakalanmaya paralel doğrultudaki eşdeğer rezistivitesi (Longitudinal resistivity) ρ_L ve anizotropi sabiti λ dır. Bu parametreler, elektrik akımının tabakalanmaya dik ve paralel doğrultuda tatbik edildiği düşünülerek, ortamı meydana getiren tabakaların rezistivite ve kalınlık değerleri cinsinden hesaplanır. Şekil, 8 de gösterildiği gibi ortamın bütününden tabakalanmaya dik doğrultuda, 1 m X 1 m taban alanlı dikdörtgen prizması şeklinde bir dilimini alıp, yukarıda belirtildiği gibi parametrelerin değerlerini hesaplayalım.

Akımın tabakalanmaya dik doğrultuda tatbik edildiğini düşünürsek, prizmanın tabakalanmaya dik doğrultudaki rezistansı T, tabakaların rezistansları toplamına eşittir.

n'ninci tabakanın rezistansı :

$$T_n = \rho_n \cdot h_n \quad \text{olduğuna göre}$$

$$T = \sum_{i=1}^n \rho_i \cdot h_i \quad (3) \text{ bulunur.}$$

Tabakalanmaya dik doğrultudaki eşdeğer rezistivite değeri yani ρ_T , T nin tabaka kalınlıkları toplamı H'ya bölümüne eşittir.

$$\rho_T = \frac{T}{H} = \frac{\sum_{i=1}^n \rho_i \cdot h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \quad (4)$$

n'ninci tabakanın kondüktansı :

$$S_n = h_n / \rho_n \quad \text{olduğuna göre}$$

$$S = \sum_{i=1}^n h_i / \rho_i \quad (5)$$

Prizmanın tabakalanmaya paralel doğrultudaki eşdeğer rezistivite değeri yani ρ_L , tabaka kalınlıkları toplamı H'nın S'ye bölümüne eşittir.

$$\rho_L = \frac{H}{S} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{\sum_{i=1}^n h_i/\rho_i} \quad (6)$$

Tabakalı ortam yukarıda verilen neticelerden de anlaşılacağı gibi, tabakalanmaya dik ve paralel doğrultuda izotropdur. Ancak bu belirli doğrultular dışında ortam izotrop olmayıp anizotropdur. Yani ortamın rezistivite değeri akım doğrultusuna bağlı olarak değişir. Literatürde rezistivite değerinin akım doğrultusuna bağımlılığı olarak tarif edilen elektriki anizotropinin değeri λ , tabakalanmaya dik ve paralel doğrultulardaki rezistivite değerleri oranının karekök değerine eşittir.

$$\lambda = \sqrt{\frac{\rho_T}{\rho_L}} = \sqrt{\frac{T.S}{H^2}} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n \rho_i \cdot h_i \cdot \sum_{i=1}^n h_i/\rho_i}{\left(\sum_{i=1}^n h_i \right)^2} \right]^{1/2} \quad (7)$$

Tabakalanmaya dik doğrultudaki eşdeğer rezistivite değeri, paralel doğrultudaki eşdeğer rezistivite değerinden daima büyük olduğundan anizotropi sabiti değeri de daima birden büyüktür.

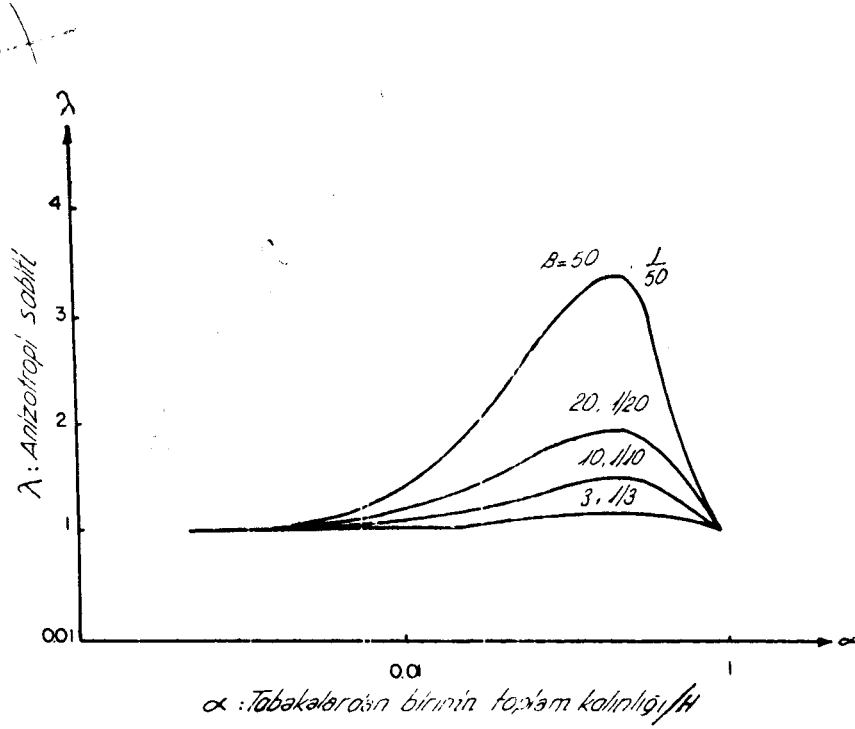
Ortam rezistivite ve toplam kalınlık değerleri sırasıyla ρ_1, ρ_2 ve d_1, d_2 olan iki tabakanın tekrarıyla meydana gelsin. Ortamın kalınlığı $H = d_1 + d_2$ dir. Böyle bir ortam için anizotropi sabitinin genel ifadesi :

$$\lambda = \sqrt{\frac{T.S}{H^2}} = \left[\frac{(\rho_1 \cdot h_1 + \rho_2 \cdot h_2) (h_1/\rho_1 + h_2/\rho_2)}{H^2} \right]^{1/2}$$

$$h_1/H = \alpha, h_2/H = 1-\alpha, \rho_1/\rho_2 = \beta \quad \text{dersek}$$

$$\lambda = \left\{ \frac{1}{\beta} \left[\alpha^2 \beta + \beta (1-\alpha)^2 + \alpha (1-\alpha) + \beta^2 \alpha (1-\alpha) \right] \right\}^{1/2} \quad \text{bulunur.}$$

İki tabakanın tekrarıyla meydana gelen halde, anizotropi değerinin α ve β ya bağlı olarak değişim grafiği, Şekil, 9 da verilmiştir.



Şekil : 9 — İki tabakanın tekrarıyla meydana gelen ortamda; λ anizotropi sabitinin, α ve $\beta = \rho_1 / \rho_2$ 're bağlı değişim eğrileri

Şekildeki eğrilerden ortamın rezistivite oranları ve kalınlık yüzdeleri bilinirse anizotropi değeri bulunabilir. Ortamda tabaka kalınlıkları toplamalarının birbirine eşit olması halinde yani $\alpha = 1/2$ için, anizotropi değeri maksimum olur. Bu değer :

$$h_1 = h_2 \quad \lambda_{max} = \frac{1}{2} \left(2 + \beta + \frac{1}{\beta} \right) / 2 \quad \text{dir.}$$

Rezistivite değerleri 10 ve 50 Ohm.m ve ikişer metre kalınlıktaki iki seviyenin tekrarıyla meydana gelmiş 100 m. kalınlığındaki bir ortam için yukarıda verilen parametrelerin hesaplanmasını bir misâl olarak inceleyelim :

Ortamın tabakalanmaya dik doğrultudaki rezistansı :

$$T = \sum_{i=1}^n \rho_i \cdot h_i = 10 \cdot 50 + 50 \cdot 50 = 3000 \text{ Ohm.m}^2$$

Tabakalanmaya dik doğrultudaki eşdeğer rezistivite değeri :

$$\rho_T = \frac{T}{H} = \frac{3000}{100} = 30 \text{ Ohm.m}$$

Tabakalanmaya paralel doğrultudaki kondüktans değeri :

$$\rho_L = \frac{H}{S} = \frac{100}{6} = 16.6 \text{ Ohm.m}$$

Tabakalanmaya paralel doğrultudaki eşdeğer rezistivite değeri :

$$S = \sum_{i=1}^2 h_i/\rho_i = \frac{50}{10} + \frac{50}{30} = 6 \text{ mho}$$

Anizotropi sabiti :

$$\lambda = \sqrt{\frac{\rho_T}{\rho_L}} = \sqrt{\frac{30}{16.6}} \approx 1.3$$

I. 3. 1. ÇİMENTOLANMIŞ (KOMPAKT) KAYAÇLAR :

Bu grup kayaçlarda kayacın elektriki büyüklükleriyle diğer fiziki büyüklükleri arasındaki ilişki çok komplekstir. Bu grup kayaçlar tam olarak incelendiğinde bazılarının elektriki yönden tabakalı bir yapı özelliği gösterdiği, bazılarının heterogen ve anizotrop; bazılarının da homogen ve izotrop bir yapıya sahip olduğu görülür. Elektriki yönden tabakalı bir yapı gösteren volkanik ve metamorfik kayaçların elektriki özellikler. çimentolanmamış kayaçlar kısmında görülen tabakalı ortamlar için verilen parametreler cinsinden ifade edilebilir. Elektriki yönden tabakalı yapı göstermeyen çimentolanmış kompakt kayaçların kitle özellikleri ortalama rezistivite değeri ve bünyesindeki çatlak - kırık sistemleri genel olarak biliniyorsa, anizotropi büyüklüğü cinsinden belirlenebilir.

Bu grup kayaçlarda anizotropi hali, rezistivite değerinin doğrultunun fonksiyonu olarak çizilmesiyle incelenebilir. Şekil: 10a; Re-zistivite değerinin her doğrultuda aynı olduğu izotrop bir kayaç halini gösterir. Şekil: 10b; tabakalı ortam halini karakterize eder. Elip-sin büyük eksen tabakalara dik doğrultudaki eşdeğer rezistivite de-ğerine; küçük eksen tabakalanmaya paralel doğrultudaki eşdeğer rezistivite değerine eşittir. Birbirine dik doğrultuda üç çatlak siste-

