

İNGİLTERE'NİN GÖLLER BÖLGESİNDE LUDLOVIEN  
YAŞLI PALEO-AKINTILARIN YÖNLERİ

*SILURIAN (LUDLOWIAN) PALEO-CURRENT DIRECTIONS  
IN THE LAKE DISTRICT AREA OF ENGLAND*

Teoman N. NORMAN

*Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara*

ÖZET. — Bölgemizin stratigrafik dizisini bir seri münavebeli, çamurtaşı (=mudstone) ile umumiyetle dereceli tabakalanma gösteren kumtaşı tabakaları teşkil eder. Toplam kalınlığı 3400 metre civarında olan Ludloviyen (Üst Silurien) yaşlı bu dizi, «bol kum fasiesli» ve «bol çamur fasiesli» olmak üzere birkaç formasyona ayrılmıştır. Kum taşları grauvak tipinde olup, umumiyetle türbid paleo-akıntılara atfedilen birçok sedimanter strüktürler teşhir etmektedirler. Bu strüktürlerin işaret ettikleri yönler istatistik usullerle araştırılmış ve elde edilen neticeler paleo-coğrafik bakımdan yorumlanmıştır.

Bu akıntı yönlerinin, kabaca ENE-WSW doğrultusunda olan ve ENE yönünde dalımlar gösteren kıvrım eksenleriyle münasebeti üzerinde durulmuştur.

Ortalama N 55° E ve N 31° W yönlerinden gelen iki akıntının, uzun eksenine kabaca NE-SW doğrultusunda olan oblong bir basenin kenarlarından eksenine doğru başlayıp, daha sonra eksen boyunca SW yönüne doğru aktıkları mülâhaza edilmiştir. Bu basen, maksimumları NW-SE doğrultularında tesir eden ve bütün sedimantasyon ve mütaakıp kıvrımlanma boyunca doğrultularını muhafaza eden tektonik kuvvetlerin etkisiyle husule gelmiştir. Basenin derinleşmesine mukabil çevresinin yükselmesi, paleo-akıntıların varlıklarını, yönlerini, getirdikleri materyelin granülometrik ve mineralojik özelliklerini izah eder. Araştırma sonunda, bölgede sedimantasyon ile tektonizma arasında sıkı bir ilgi bulunduğu neticesine varılmıştır.

Yazarın, 1959-1960 seneleri arasında, İngiltere'nin Göller bölgesinde, Coniston Gölü civarında yapmış olduğu doktora çalışmasının (NORMAN, 1961) bir kısmını ihtiva eden bu makalede, sahanın stratigrafik ve tektonik durumundan kısaca bahsedildikten sonra, paleo-akıntıların incelenmesine teferruatıyla girilecektir. Bununla beraber, istatistikî analiz kısmında sadece ana çözümlerin işaretlenmesiyle yetinilip, bütün istatistik kitaplarında bulunabilecek çözüm formüllerinin kullanılması... v.s. ele alınmayacaktır.

ABSTRACT. — The stratigraphical succession in this area consists of a series of alternating mudstones and sandstones, the latter generally exhibiting graded bedding. This succession, which has a total thickness of approximately 3400 m.f all

of Ludlowian age, has been divided into a number of «sand dominant» and «mud dominant» formations. The sandstones, which are of graywacke type in texture and composition, usually exhibit many sedimentary structures which are generally associated with turbidity current deposition» Directions of sediment transport as indicated by some of these structures have been measured and subjected to statistical analyses. The results thus obtained have been interpreted from the paleogeographical point of view. Attention has also been paid to the relationship between these current directions and the direction of tectonic axes, which are oriented roughly ENE-WSW, plunging towards ENE.

It has been concluded that, the two dominant current directions, which originated from N 55° E and N 31° W respectively, were maintained without much directional change throughout the Ludlowian times. They, probably, first flowed down the sides of an oblong basin of deposition, which was formed by tectonic forces whose maxima were acting roughly in a NW-SE direction, thus causing the long axis of the basin to take a roughly NE-SW orientation. Lateral currents, having reached the axis, probably turned at right angles and continued to flow parallel to the axis. In conclusion, there seems to have been a close relationship between the deposition of sediments and the tectonic movements (mainly sinking) of the basin area.

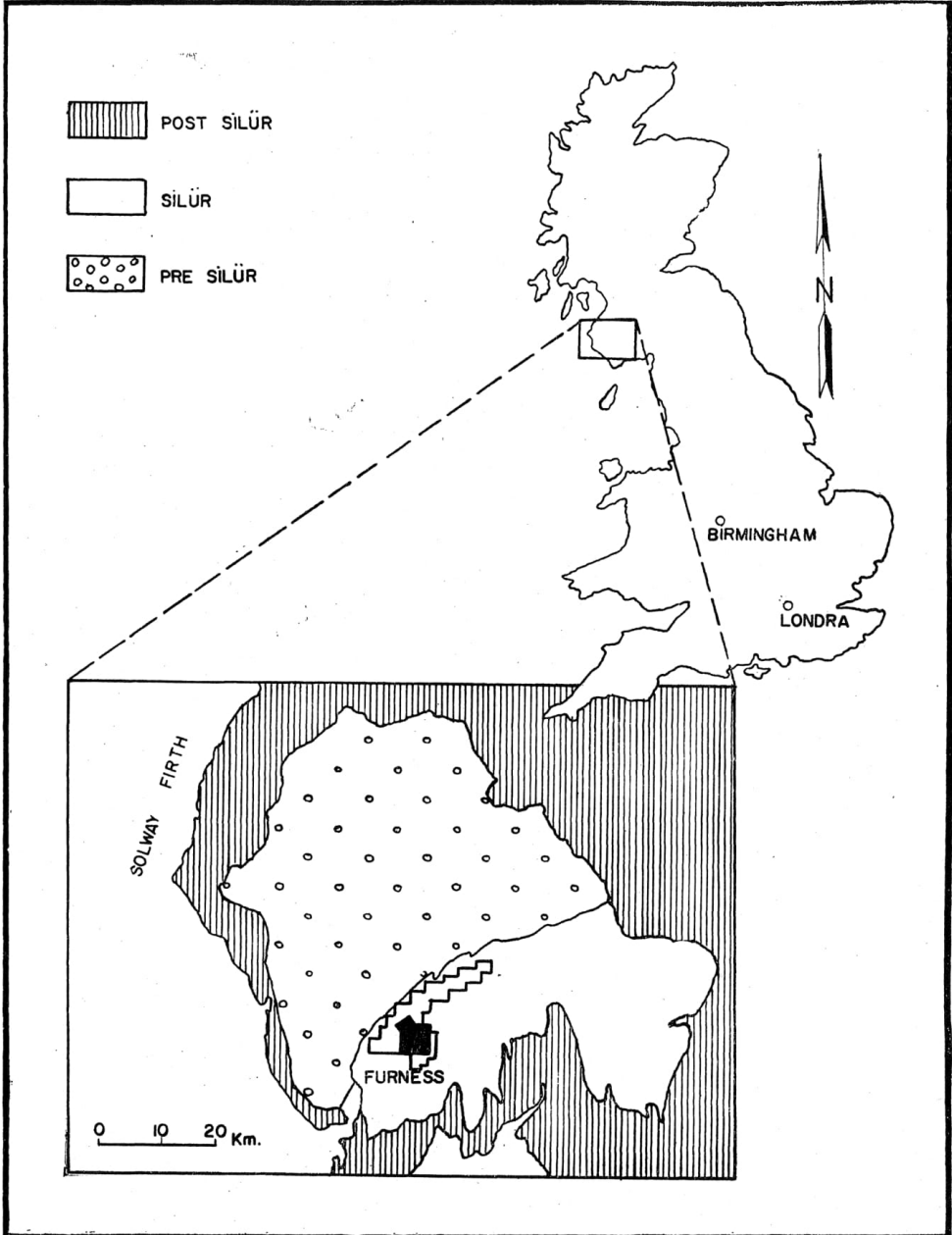
## GİRİŞ

İngiltere'nin kuzeybatısında (Şek. 1) takriben Coniston, Broughton, Greenodd ve Torver kasabalarının sınırlandığı saha ile Coniston gölü kuzeyinden Hawkshead kasabası üzerinden Windermere gölüne kadar uzanan 3 km genişliğinde bir kısımdan müteşekkil olan, toplamı 125 km<sup>2</sup> lik bu arazinin 50 km<sup>2</sup> si detay jeolojik incelemeye tabi tutulmuş, geri kalan kısmında sadece paleo-akıntılar araştırılmıştır (Şek. 2).

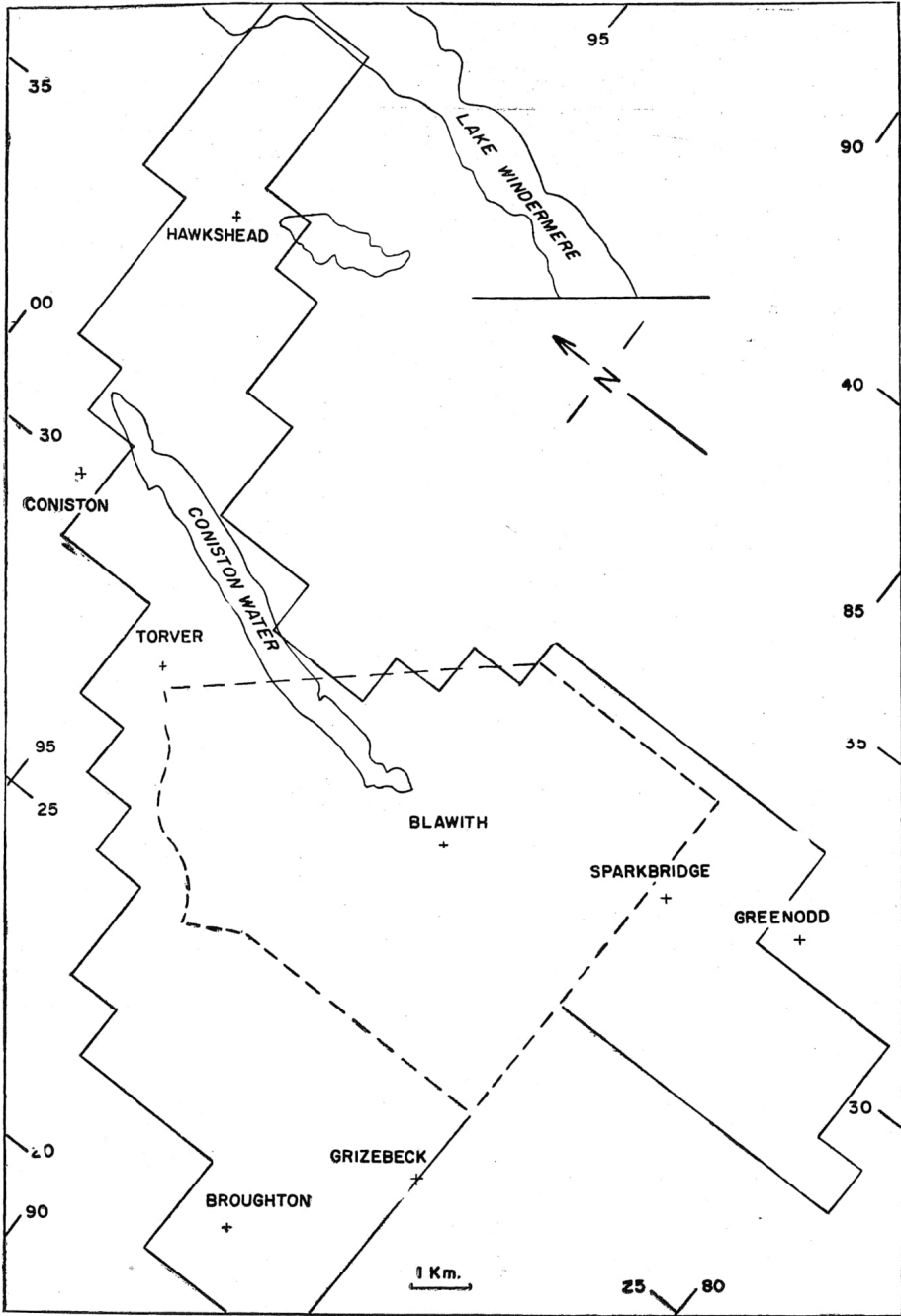
Mülayim bir rölüfe olan bu arazide topografik yükseklikler umumiyetle deniz seviyesinin üzerinde 50 m ile 250 m arasında değişmekte, tepelerin çok az bir kısmı 300 metrenin üzerine çıkmaktadır.

Dereler umumiyetle jeolojik strüktürlerin gösterdiği ENE-WSW ve NE-SW doğrultularına uyar ve N-S doğrultusunda yerleşmiş göllerden güneye doğru akan nehirlerle dökülürler.

Ormanlık kısmı nispeten az olan bu bölgede, tarım yapılan vadi içleri ve tabanları istisna edilirse, mostra pek boldur. Çalışma süresince 5000 in üzerinde sayıda mostra incelemek mümkün olmuştur.



Şek. 1 - Çalışma bölgesinin coğrafik ve jeolojik lokasyonu ile sınırlarını gösterir kroki  
 Detay jeolojik inceleme yapılan saha siyahla gösterilmiştir.

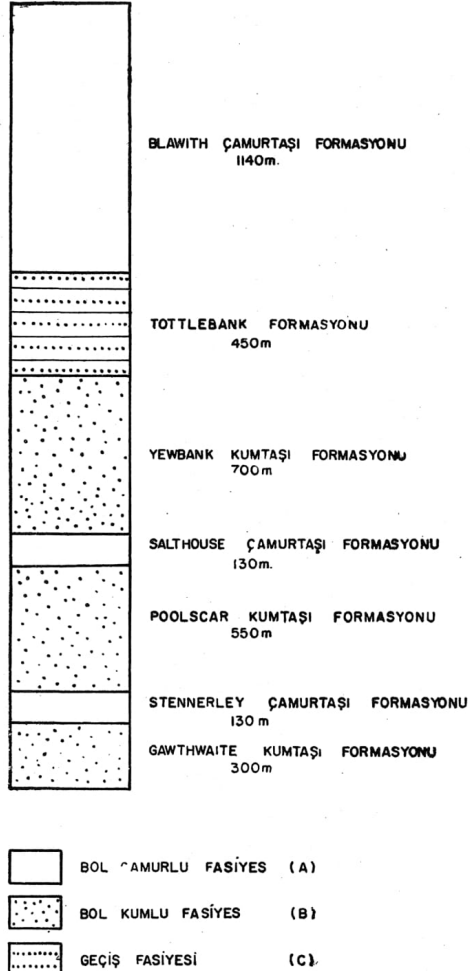


Şek. 2 - Paleo-akıntı ölçülerinin toplanma sahası sınırları  
 Detay jeolojisi çalışılan saha kesik çizgilerle işaretlenmiştir.

Bu bölgede incelenen ve toplam kalınlığı takriben 3400 metre olan formasyonların hepsi Silürinin en üst kısmını teşkil eden Ludloviyen yaşındadır. Bu genel yaşı işaret eden graptolitlerin çok nadir bulunmaları dolayısıyla, daha detay bir zonal sınıflandırılma yapılamamıştır.

Litolojik bakımdan formasyonları başlıca üç gruba ayırmak mümkündür (Şek. 3):

a. Birinci grupta ortalama 60 cm kalınlığında, mavi-gri renkli kumtaşları hâkimdir ve birim tabakalar birbirlerinden 1-10 cm kalınlığında koyu gri renkli çamurtaşı (= mudstone; çamur = mil + kil, FOLK, 1959) bandları ile ayrılmışlardır. Kumtaşları ekseriya çeşitli sedimanter strüktürler göstermektedir: dereceli tabakalanma, akıntı dalgacıkları (current-ripples), çeşitli lâminasyonlar (düz, dalgalı, konvolüt), çapraz tabakalanma (cross-bedding) ilkel sedimanter taban strüktürleri (primary sedimentary sole structures), oluk izleri (groove casts), oyuk izleri (flute casts), sıçrama izleri (bounce casts), saplanma izleri (prod casts), kayma izleri (slide marks) gibileri mebzuldür. Kumtaşı yatakları grauvak tekstür ve kompozisyonunda olup, taneler sekonder kalsit ve silis ile birbirlerine bağlanmıştır. Yatakları birbirinden ayıran



Şek. 3 - Çalışlıan bölgesinin Ludloviyen yaşlı stratigrafik dizisini ve fasieslerini gösterir diyagram

çamurtaşları, silis ve kalsitle çimentolanmış mil (silt) ve kil materyellerinden ibaret olup, umumiyetle düzgün lâminasyondan başka bir strüktür göstermezler.

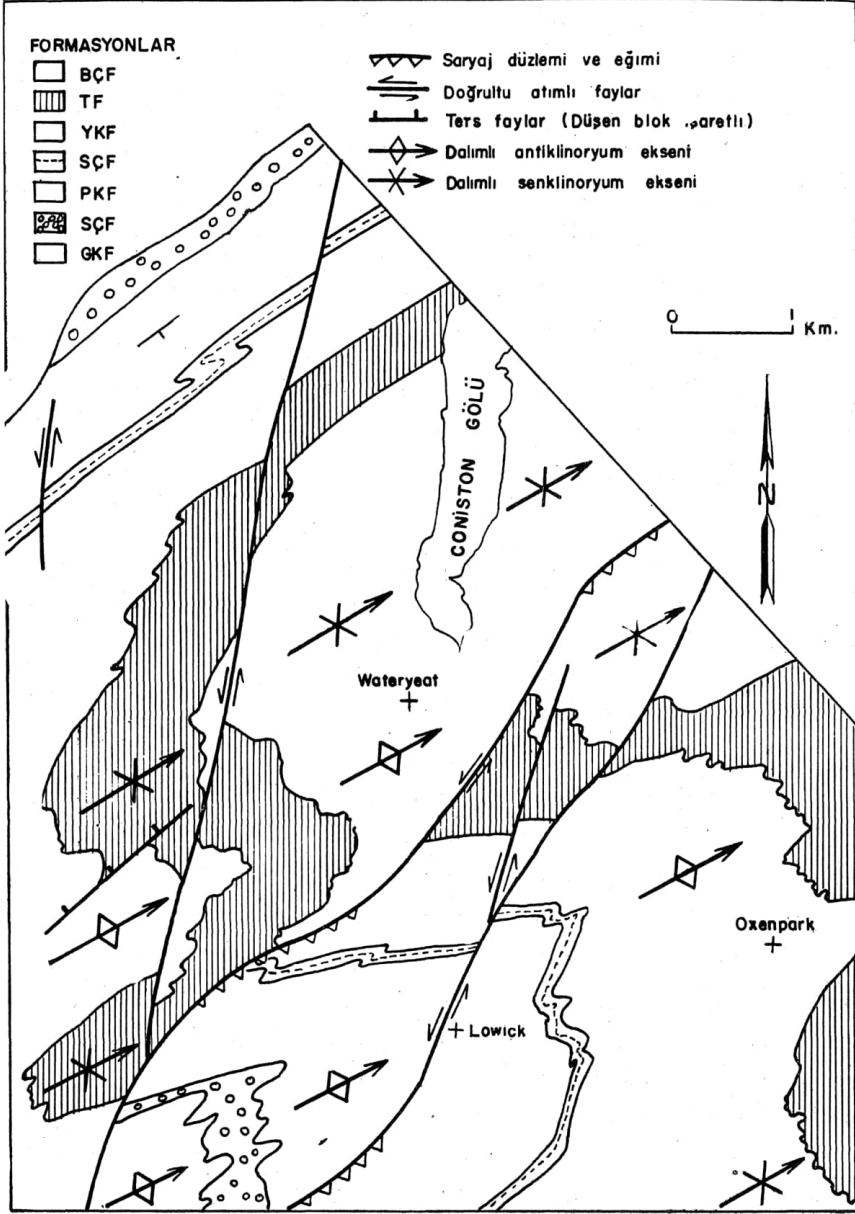
B. İkinci grupta çamurtaşları hâkimdir. Tipik olarak metrelerce kalınlıkta koyu gri renkli ve hiçbir sedimanter strüktür göstermeyen masif çamur tabakası içinde yer yer, birkaç santimetre kalınlığında açık renkli kumtaşı tabakaları görülür. Bu kumtaşı tabakalarında yukarıda bahsedilen bütün sedimanter strüktürleri, daha küçük ölçekte olmakla beraber, bulmak mümkündür.

Çalışmalarımızın bir neticesi olarak şunu belirtebiliriz ki: orijin bakımından, ikinci gruptaki ince kumtaşı tabakalarının birinci gruptaki kalın tabakalardan hiçbir farkı yoktur. Yapılan granülometrik ve mineralojik analizler ile sedimanter strüktür çalışmaları bu kültelerin, normal olarak çamur materyelin çökeldiği jeosenkinal bir basene zaman zaman türbid paleo-akıntılar vasıtasıyla getirildiğini belirtmiştir (KUENEN & MIGLIORINI 1950; NORMAN, 1961). Umumiyetle birinci gruptaki fasiesi tektonik bakımdan aktif bir devreye ikinci gruptaki fasiesi ise nispeten pasif bir devreye bağlamak kabildir. Aktif devrede basenin ortası çöker, çevreliyen dağlık kısım yükselir, artan erozyonla husule gelen detritik materyel kıtasal yamaçlarda bol miktarda birikir, hafif sarsıntılarla dengesi bozulan bu yığınlar aşağıya kayarak türbid paleo-akıntıları ve bunların çökelttiği kalın kumtaşı tabakalarını meydana getirir (KUENEN, 1952). Pasif devrede bu hâdiseler çok daha ufak çapta cereyan ederek ikinci grup fasiesi teşkil eder.

c. Üçüncü grubun özelliği, ilk iki grup fasieslerinin sık sık münavebeli olarak gelmeleridir. Birinci grup formasyonlardan ikinci grup formasyonlara geçişi teşkil eder. Bu «geçiş formasyonları» umumiyetle nispeten ince oldukları için ayrıca formasyon olarak ayrılmamışlardır, yalnız istisnai bir halde, haritaya işlenebilecek bir kalınlık gösteren, üçüncü grup fasiesteki bir tabaka dizisi ayrı bir formasyon olarak tefrik edilmiştir (Şek. 3).

### TEKTONİK STRÜKTÜR

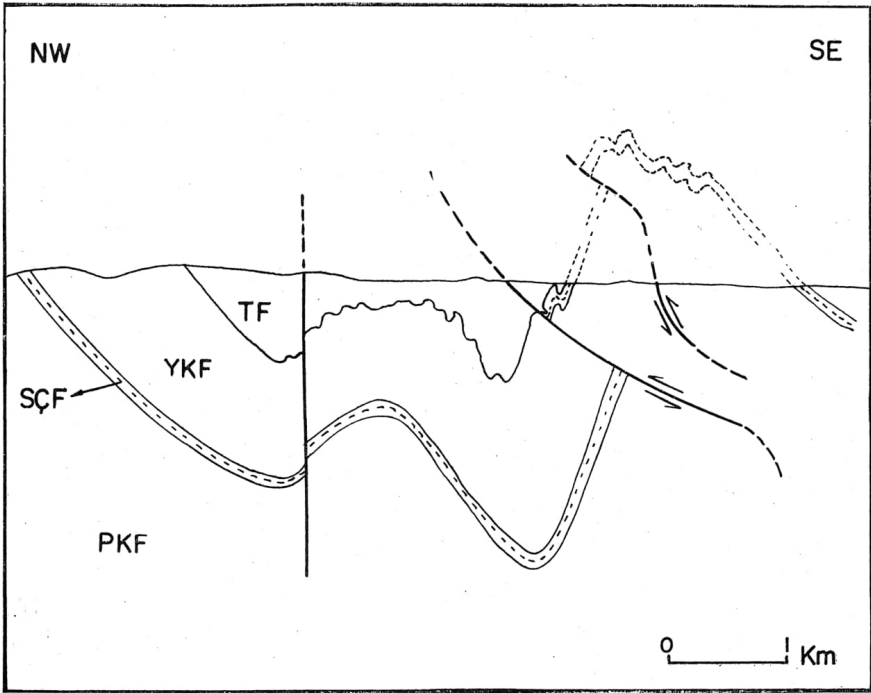
Bahis konusu bölgenin tektonik durumu, bu sedimanları getiren paleo-akıntıların yönlerini tâyin etme metoduna tesir etmesi bakımından



Şek. 1 - Detay jeolojik etüdü yapılan bölgenin basitleştirilmiş jeolojik haritası

bir ehemmiyet arzeder (TEN HAAF, 1959; NORMAN, 1960; RAMSAY, 1961). Bölgenin basitleştirilmiş (küçük faylar ve kıvrımlar gösterilmemiştir) bir jeolojik haritasında (Şek. 4) bütün formasyonlarda NE ya dalımlı bir seri antiklinoryum ve senklinoryum tipi kıvrımlar oldukları görülmektedir. Ortalama 30° civarında olan bu eksen dalımları, bu ana kıvrımlar üzerindeki tâli kıvrımlarda ve bunların da kanatlarında yerleşmiş minör kıvrımlarda aynen muhafaza edilmektedir.

NW-SE doğrultularında tesir eden bir maksimum basınca uygun olarak, kıvrımlanmayı mütaakıp, bölgede şariyajlar, bindirmeler, deks-tral ve sinistral doğrultu atımlı faylar teşekkül etmiştir (Şek. 5).



Şek. 5. Bölgenin umumî tektonik durumunu gösterir şematik kesit

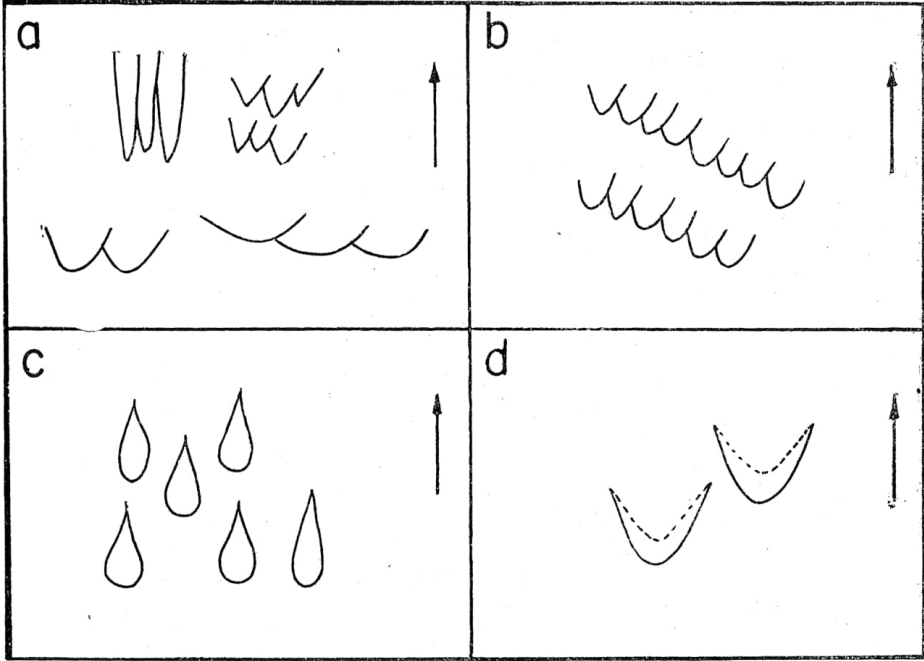
### SEDİMANTER STRÜKTÜRLER

Bölgedeki sedimanlar içerisinde, sadece, konumuzla doğrudan doğruya ilgisi olan, akıntı yönlerini gösterenler ele alınacaktır.



a. Oygı izleri (flute casts).— Altlarındaki nispeten yumuşak çamurtaş tabakası aşınmış olan, sert kumtaşlarının tabanlarında, yelpaze veya ampul biçimli çıkıntılar (kabartmalar) görülmektedir (Foto A). Yelpaze şeklinde olan çıkıntıların dip kısımları daha kabarıklık olup, kanat kısımları ise tabaka yüzeyine tedricen yaklaşarak birleşmektedir. Şekil itibariyle dar veya geniş, dip kısımları sivri veya yuvarlak olan bu strüktürler (Şek. 6a), umumiyetle tabakaların tabanlarında bir bir veya elemanları kısmen birbirlerini örten diziler halinde bulunmaktadır (Şek. 6b). Daha nadir görülen şekiller arasında ampul biçimli veya V-şeklinde olanlar mevcuttur (Şek. 6c, d).

Bu strüktürler, şimdi aşınmış olan çamurtaş tabakasına, üstteki materyeli getiren türbid paleo-akıntıların açmış olduğu oyguların, gelen materyel tarafından teşkil edilen kalıpları olarak telâkki edilmektedir (CROWELL, 1955). Bu tefsire göre strüktürlerin çok çıkıntılı ve/veya dar olan uçları akıntının geldiği doğrultu ve yönü işaret etmektedir.



Şek. 6 . Oygı izleri çeşitlerinin tabakanın altından bakıldığı zaman görünüşleri

a) Yelpaze, b) Dizi, c) Ampul, d) V-biçimli. Bütün şekillerde akıntının yönü aşağıdan yukarıya doğrudur (ok işareti).

b. *Oluk izleri (groove casts)*.— Türbid paleo-akıntıların sürüklediği çamur parçalarının, fosil kavkılarının veya çakılların, yumuşak olan (semi-plâstik vaziyette) çamur üzerinde açtığı birbirine paralel olukların kalıpları, kumtaşlarının tabanlarında paralel sırtlar halinde müşahede edilir (Foto C). Uzunlukları birkaç santimetreden birkaç metreye kadar, genişlikleri ise birkaç milimetreden birkaç santimetreye kadar değişebilen bu strüktürler akıntının doğrultusunu belirtirlerse de, yönü hakkında bir fikir vermezler.

c. *Sıçrama izleri (bounce casts)*.— Türbid paleo-akıntı tarafından taşman materyel içindeki bazı tanelerin zaman zaman yumuşak tabana, kısa bir an için değerek, bıraktıkları izlerin kalıplarıdır. Umumiyetle 0.5 ilâ 1 santimetre boyunda ve 1-2 cm eninde olan bu izlerin iki uçları sivri olup, akıntının yalnız doğrultusunu verirler.

d. *Saplanma izleri (prod casts)*.— Akıntı tarafından sürüklenen bir parçanın, çamur tabana gittikçe derinleşen bir çukur açarak saplanması ve çok defa yine akıntının gücüyle yerinden alınıp götürülmesi sonucunda geride kalan oyugu kalıbıdır. Kumtaşı tabakasının tabanında, bir ucu küt olan bir sıçrama izini andırır. Küt olmıyan uç akıntının geldiği yöne işaret eder. Strüktürün boyu umumiyetle birkaç santimetre, eni ise birkaç milimetredir.

---

#### FOTOLARIN İZAHİ

**Foto A - Oygu İzleri:** Dik bir vaziyette olan tabakaların tabandan görünüşü.

Yelpaze şeklinde olan izlerin «sivri» uçları, akıntının, fotoğrafta aşağıdan yukarıya doğru bir yönde (yani tabaka doğrultusuna aşağı yukarı dik) hareket etmiş olduklarını göstermektedir.

**Foto B - Oygu izleri:** Tabandan görünüş. Yelpaze ve ampul şekillerindeki izler akıntının soldan sağa doğru (tabaka doğrultusuna aşağı yukarı paralel) hareket ettiklerini göstermektedir (çekmiş sapı 30 cm).

**Foto C - Oluk izleri:** Kumtaşı ünitesinin tabanında paralel veya sub-paralel sırtlar halinde görülmektedir (çekicinin gözüken kısmı 20 cm).

**Foto D - Akıntı dalgacıkları:** Dik vaziyetteki tabakaların üstten görünüşü. Resmin yüksekliği takriben 15 m ye tekabül etmektedir. Akıntı yönü sol üst köşeden sağ alt köşeye doğrudur.

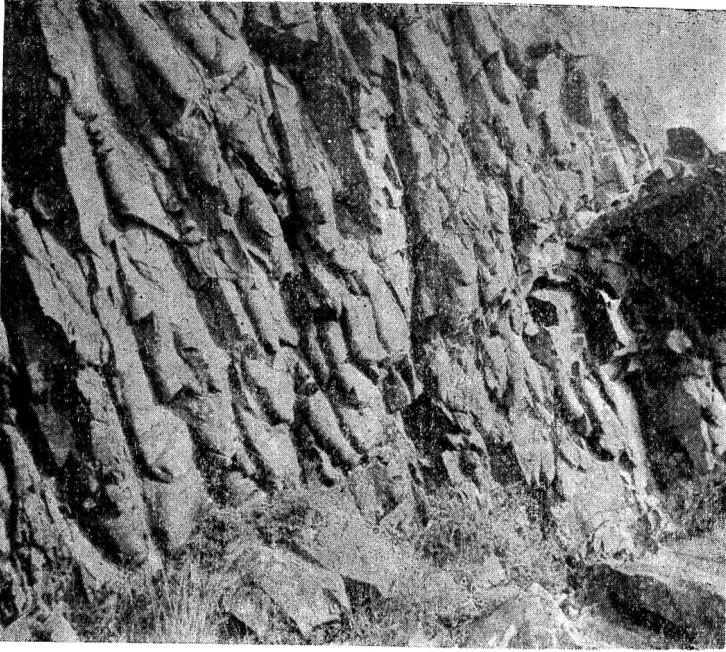


Foto A



Foto B

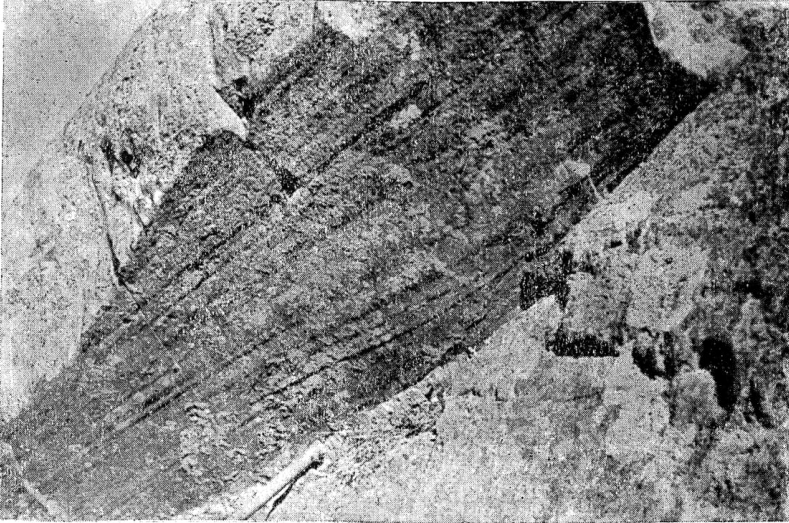


Foto C

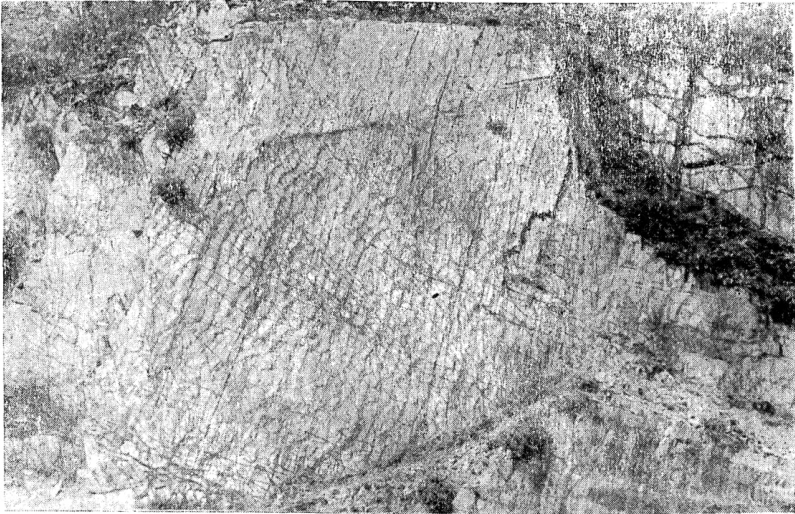
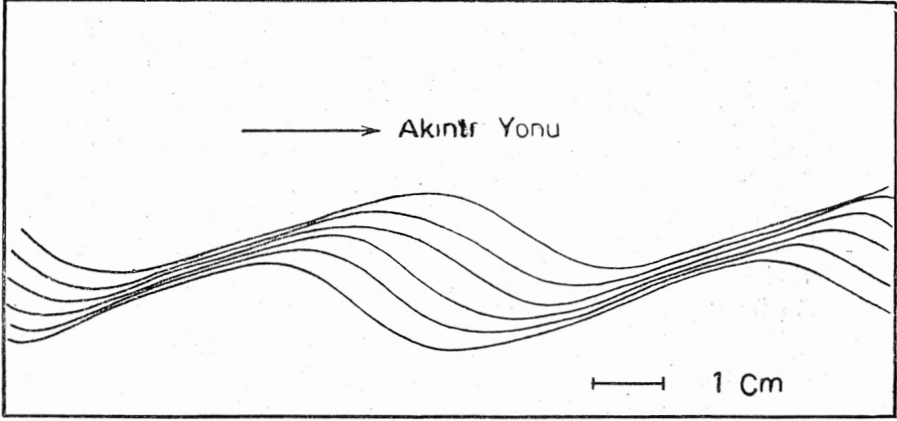


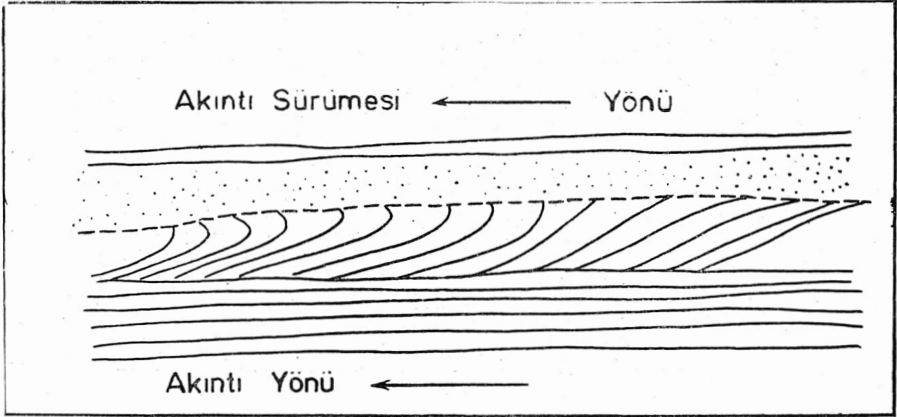
Foto D

e. *Akıntı dalgacıkları (current ripples)*. — Bu strüktürlere daha ziyade kumtaşı ünitelerinin orta ve üst kısımlarında raslanılmıştır. Üstte ekspozе oldukları zaman, birbirlerine az çok paralel olan bir seri asimetrik sırtlar olarak görünürler (Foto D). Bu sırtlara dik olan kesitlerde eğimi fazla olan (enli) yüz, akıntının gittiği yöne, eğimi az olan (ensiz) yüz ise geldiği yöne bakar (Şek. 7).



Şek. 7 - Akıntı dalgacıkları (current ripples) kesiti

Şekilde görüldüğü gibi, sonra gelenlerin daha öne doğru teşekkül etmeleri halinde dalgacık kayımı (ripple-drift) tâbiri de kullanılır.

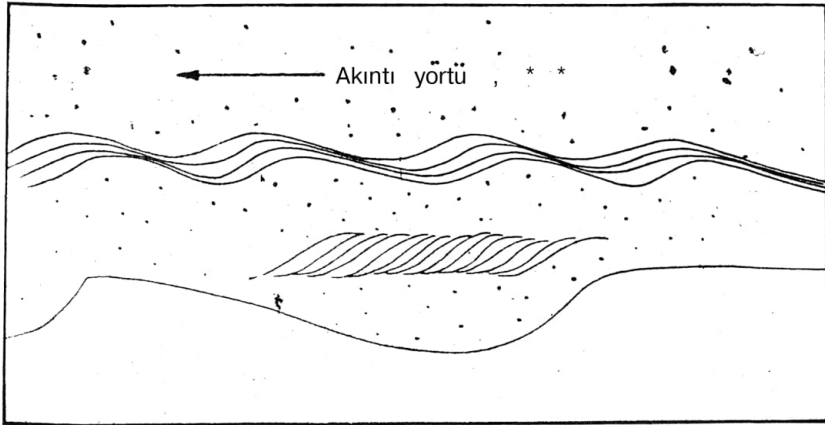


Şek. 8 - Çapraz tabakalanma (kesit)

Tabakaların üst kısımları sedimanlar daha semi-plâstik bir haldeyken^ sonraki bir paleo-akıntının sürümesiyle öne doğru bükülmüştür.

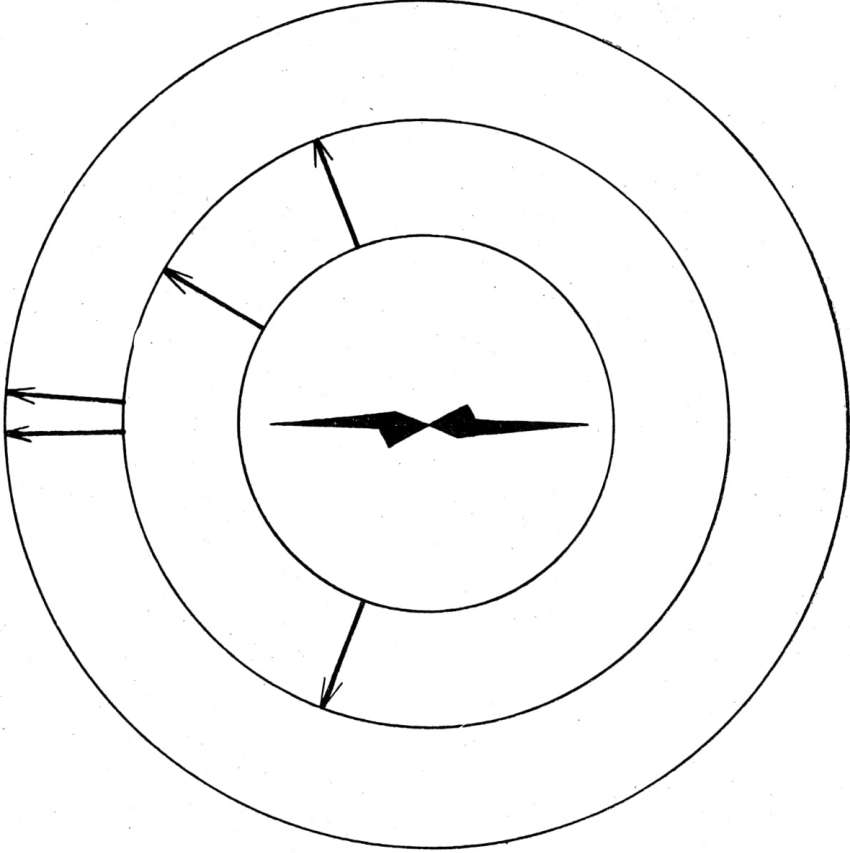
f. Çapraz tabakalanma (cross-bedding). — Umumiyetle dereçeli tabakalanma gösteren kaim kumtaşı ünitelerinin üst kısımlarına yakın yerlerde veya ikinci grup fasiesteki ince kumtaşı bandlarının içerisinde müşahede edilmiştir. İnce lâminalar akıntının gittiği yöne doğru eğimlidir. Bazı numunelerde, lâminaların üst uç kısımlarının, daha yarı-plâstik bir haldeyken, sonraki bir akıntı veya kayma tarafından bükülmüş oldukları görülmüştür (Şek. 8).

g. Strüktürlerin uyumu. — Bölgede, belirli bir kumtaşı ünitesi üzerinde bulunan ve akıntı yönü gösteren çeşitli sedimanter strüktürler birbirlerine ne dereceye kadar uyur? Simetri düzlemine paralel olarak kesilip cilalanan bir oyuğu izinde, oygu kalıbını teşkil eden ince kum içerisinde çapraz tabakalanma ve daha yukardaki seviyelerde akıntı dalgacıkları görülmüştür. Bu strüktürlerin verdiği akıntı doğrultuları, oygu izinden elde edilene tamamen uymaktadır (Şek. 9). Bir başka numunede, tabanda oygu ve sıçrama izleri, kesitte ise üç ayrı seviyede akıntı dalgacıkları görülmüştür. Bütün bu strüktürlerden elde edilen veriler bir diyagramda toplandığında (Şek. 10), oygu ve sıçrama izlerinin birbirlerine uygun, akıntı dalgacıklarının verdikleri yönlerin ise daha değişken fakat ortalama itibariyle diğerlerine uygun olduğu görülmüştür. Birçok kumtaşı ünite tabanlarında oygu, oluk, sıçrama ve saplanma izlerinin bir arada, ortalama bir yöne çok iyi uydukları da müşahede edilmiştir.



Şek. 9 - Bir oygu izinin simetri düzlemine paralel kesiti

Sediman içerisinde görülen çapraz tabakalanma ve akıntı dalgacıklarının verdikleri akıntı yönü, oygu izininkine tamamen uymaktadır (sağdan sola doğru).



**Şek. 10 - Akıntı yönlerinin birbirlerine uyumu**

Bir kumtaşı ünitesinin tabanında ve içinde görülen strüktürlerin relatif oryantasyonları diyagramda gösterilmiştir. Ortadaki dairede: Tabandaki 50 adet sıçrama izinin gül diyagramı. Dış çemberde: Tabanda görülen iki oygu izinin gösterdiği akıntı yönleri. Orta çemberde: Numunenin içinde üç ayrı seviyede raslanan akıntı-dalgacıklarının gösterdikleri akıntı yönleri. Son gruptaki ortalama yönden olan sapmaların diğer gruptakilerden daha fazla olduğu açıkça görülmektedir.

#### AKINTI DOĞRULTULARININ ÖLÇÜLMESİ

Akıntı doğrultularını gösteren strüktürlerin aranması ve mostra üzerinde tanıdıktan sonra, uzaydaki durumlarının kaydı aşağıdaki esaslara göre yapılmıştır.

a) *Kafes sondajı (grid sampling)*.— Her hangi bir bölge içerisinde mevcut bütün akıntı yönlerini (toplam kitle) ölçmek her ne kadar arzu edilirse de, fizikî bakımdan imkânsız olan bu işlem yerine, sondaj ölçüleri (örnek ölçü almak) ile, toplam kitleyi temsil eden bir «örnek kitle» teşkil etmek mecburiyeti vardır (KRUMBEIN, 1959). Sondaj ölçülerin alınması da çeşitli mülâhazalara göre yapılabilir (FURGAÇ, 1960). Bu makalenin mevzuunu teşkil eden çalışmada, bölgenin  $\text{km}^2$  lik kafeslere ayrılmasından ve her  $\text{km}^2$  lik «göz» de muayyen adette ölçü alınmasından ibaret olan, «kafes sondajı» olarak adlandıracağımız bir örnek ölçü alma sistemi kullanılmıştır.

Her «göz» de en aşağı 2, mümkün olduğu takdirde 3, ölçü alınması, her ölçünün 3 defa ölçülerek ortalamasının kullanılması yoluna gidilmiştir. Bu suretle, takriben  $125 \text{ km}^2$  lik bir saha kaplıyan bölgemizden 301 itimat edilir örnek ölçü toplanmıştır. (Orijinleri şüpheli veya ölçü almada hata payı büyük olanlar göz önüne alınmamışlardır.) Bu sistemde, herhangi bir  $\text{km}^2$  «göz» içerisinde iki (veya üç) ayrı mostrada ölçüler alındıktan sonra yandaki  $\text{km}^2$  «göz» e geçmek mümkün olduğundan, zaman ve iş tasarrufu oldukça ehemmiyetlidir.

b) *Değerlerin ölçülmesi*.— Mostradaki bir kumtaşı ünitesinin tabanında (veya üst yüzeyinde) görülen strüktürlerin gösterdikleri akıntı doğrultuları bir tebeşirle tabaka yüzeyine çizildikten sonra, bir pusula ve iletinin yardımıyla aşağıdaki değerler ölçülmüştür.

$\alpha$  = Tabakanın eğimi (klinometre ile).

$\beta$  = Tabaka eğim doğrultusunun N ile yaptığı azimut açısı (saat yönünde,  $0^\circ$  den  $360^\circ$  ye kadar, pusula ile).

$\gamma$  = Akıntı doğrultusunu gösteren tebeşir çizginin yatımı (yani tabaka üzerinde, çizginin tabaka doğrultusuyla yaptığı açı, iletki ile). (Muhtemel bir karışıklığı önlemek üzere, bu değer  $0^\circ$  den  $180^\circ$  ye kadar, tabaka altından bakıldığında, saat yönünün aksi yönde ölçülmüştür.) Devrik tabakalarda ( $\gamma$ ) nın işareti (—) olur.

$\varphi$  = Strüktürlerin üzerinde buldukları tabakaların teşkil ettikleri kıvrımların o noktadaki dalım miktarları (derece olarak). Bu değer, doğrudan doğruya küçük kıvrım eksenlerinin veya klivaj-tabaka düzlemlerinin kesiştiği doğruların dalımlarının klinometre



ile ölçülmeleri, veyahut kanatları ayrı ayrı ölçülmüş olan kıvrımların stereonetler üzerinde inşa edilerek eksenlerinin tâyini ile tesbit edilmiştir.

Ayrıca, akıntının doğrultusundan başka yönünü de gösteren strüktürler de mevcut olduğu takdirde, tabaka yatay durumda iken akıntının kabaca hangi yönden geldiği de not edilmiştir.

c. *Akıntı doğrultu ve yönlerinin tâyini.*— Yukarda açıklanmış olan değerler aşağıdaki formülde yerlerine konarak, akıntı doğrultusunun, kıvrımlanma ve çapraz kıvrımlanma (cross-fding) olmadan önceki yatay durumunda, N ile yaptığı açı ( $\theta$ ) elde edilir:

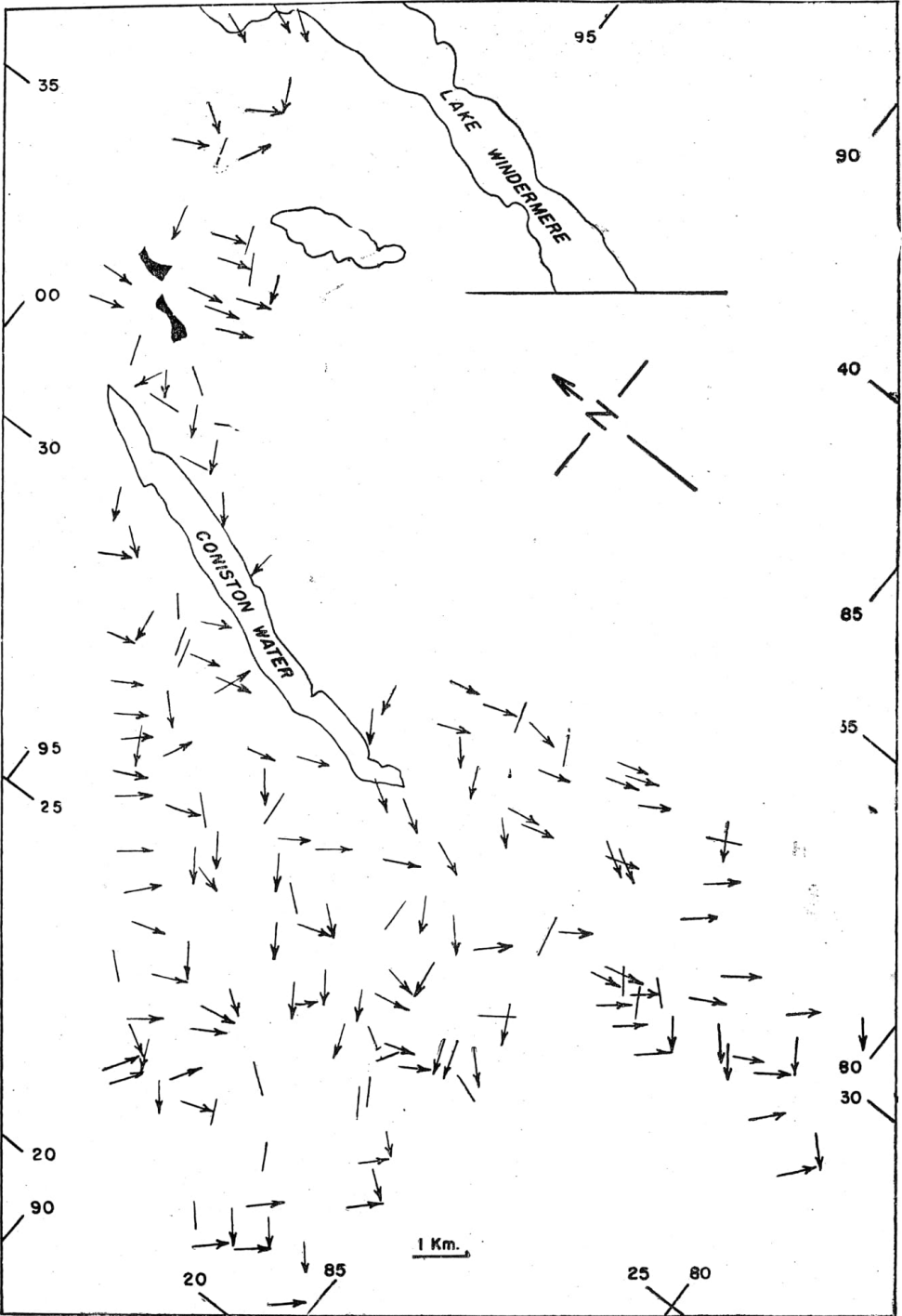
$$\theta = \beta + \gamma - 90 \pm \omega$$

Burada ( $\omega$ ) terimi, kıvrımların dalımlı olmalarından dolayı mevcuttur ve değeri ( $\alpha$ ) ve ( $\varphi$ ) değerlerini kullanarak basit bir tablodan bulunabilir (NORMAN, 1960). Dalım miktarları  $5^\circ$ - $10^\circ$  olan ve tabakalarının eğimi  $45^\circ$  den az olan kıvrımlarda bu değer sadece birkaç derece tuttuğundan ihmal edilebilirse, bölgemizde olduğu gibi, dalımların bazan  $50^\circ$  yi bulduğu ve tabakaların çok defa dik bazan da ters devrilmiş olduğu yerlerde, ( $\omega$ ) değeri  $50^\circ$ - $60^\circ$  ye yükselebilir. Bu durumda bunun akıntı yönünün tâyiniinde oynayacağı rol aşikârdır.

( $\omega$ ) değerinin işareti basit bir kaide ile tâyin edilebilir: Sağ el, avuç içi yere bakar vaziyette, işaret parmağı antiklinal ekseninin dalımını göstermek üzere tutulursa, başparmak tarafındaki kanatta olan strüktürler için (+), diğer taraftakiler için (—) işareti kullanılır.

Şurasını işaret etmeliyiz ki, kıvrımlanmış tabakalar üzerinde ölçtüğümüz akıntı yönlerini horizontal duruma getirmek için yaptığımız bu «düzeltme operasyonlarında», kıvrımlanma esnasında veya daha sonra, dikey bir eksen etrafında muhtemelen vuku bulmuş bloklar-arası-relatif-hareketleri dikkate almıyoruz. Bu gibi hareketlerin yönlerini ve miktarlarını sıhhatli olarak ölçebilecek kriterya henüz bilinmediği gibi, istatistik ortalamada bu hareketlerden doğacak hataların, geniş sahalarda birbirlerini telâfi edecekleri tahmin edilmektedir.

Bölgede ölçülen 301 adet sondaj ölçü, yukardaki esaslar dahilinde «düzeltildikten» sonra, haritada geçirilmiştir (Şek. 11).



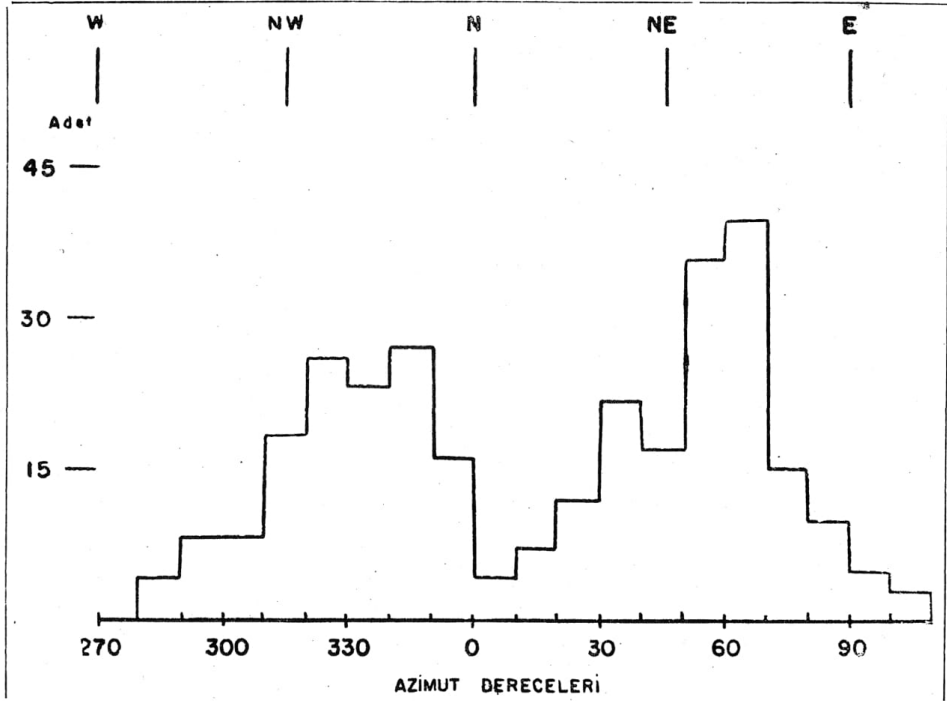
Şek. 11 - Bölgeden alınan toplam akıntı doğrultu ve yön ölçüleri  
Ok, akıntının akış yönünü gösterir.

## ÖLÇÜLERİN ANALİZİ

Şekil 11 de, doğrultusu ve yönü belli olan akıntı yönleri birer ok işareti ile (okun uç noktası mostrayı göstermek üzere), sadece doğrultu veren ölçüler ise mostrayı ortalı yan birer doğru parçası olarak gösterilmişlerdir. Şekil incelendiğinde, zahiren, akıntıların WNW dan ESE ya kadar geniş bir yay parçasından gelmiş oldukları görülür. Bütün bu ölçülerin aritmetik ortalamasını alsaydık, takriben N den gelen bir akıntı yönü bulacaktık ki, aşağıda da göreceğimiz üzere böyle bir netice eldeki verilerin gösterdiği hakikatten çok uzaktır.

Bu ölçülerin frekans dağılımlarını incelemek üzere, değerler bir histogram halinde toplanmıştır (Şek. 12). Absis üzerinde, N in iki tarafındaki yay parçaları  $10^\circ$  ara ile, ordinatta ise, her  $10^\circ$  lik sınıfa düşen ölçü adedi (adet frekansı) gösterilerek inşa edilen bu histogramda:

1. Bütün ölçülerin iki grup (örnek kitleler) halinde toplanmaya müte-mayil oldukları,



Şek. 12 - 301 adet akıntı yönü ölçüsünün dağılımlarını gösterir histogram.

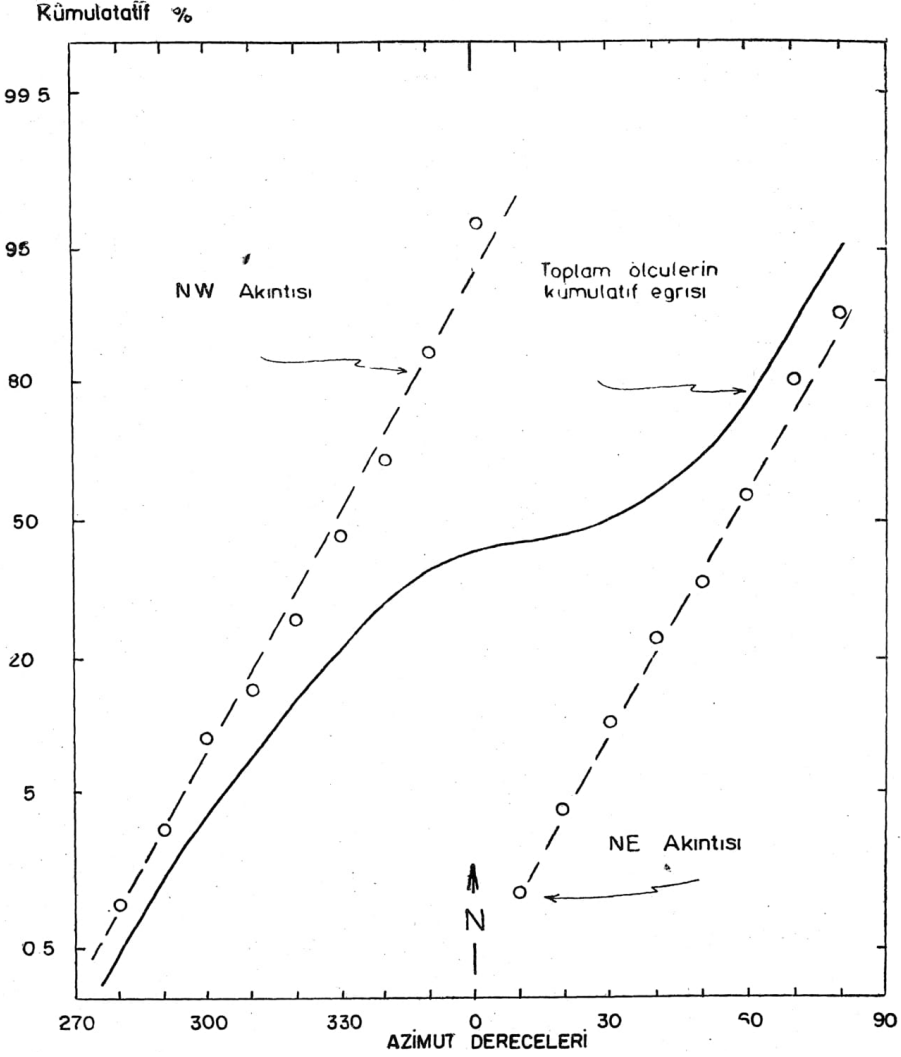
2. Grup ortalamalarının NW ve NE civarında oldukları,
3. İki grupun hafifçe birbirleri üzerine aşmalı oldukları,
4. Bütün ölçülerin aritmetik ortalaması olan N den ise hakikatte en az miktarda akıntı geldiği görülür.

Histogram üzerinde, akıntı yönlerinin ortalama değerleri kabaca bulunabilirse, histogramların şekilleri<sup>3</sup>, gerek orijin noktasının seçimine gerekse tesbit edilen sınıf büyüklüğüne göre değişmeler gösterdiğinden (CURRAY, 1956), iki grupun birbirinden sıhhatle ayrılması ve her grupun parametrelerinin (yani aritmetik ortalama ve standart sapmalarının) hesaplanması için biraz daha hassas bir metod kullanılmıştır.

Şekil 13 teki kümülâtif eğriler, absisi aritmetik bölümlere, ordinatı ise ihtimaliyet (= probability) bölümlerine ayrılmış bir grafik kâğıdına çizilmiştir. İki noktayı açıkladıktan sonra bu şeklin ifade ettiği mânâyı mülâhaza edeceğiz. Granülometrik analizlerden de hatırlanacağı gibi, kümülâtif eğriler, absis üzerinde orijin noktasından (yani en soldaki noktadan) her hangi bir noktaya kadar olan devreye düşen ölçülerin, bütün ölçülerin yüzdesi olarak hesaplanmasından sonra, bu noktanın ordinatı olarak işaretlenmesi ve böylece elde edilen bütün noktaların birleştirilmesi ile elde edilir. Bu suretle nokta nokta inşa edildiklerinden, kümülâtif eğriler, neticeleri histogramlardan çok daha büyük bir hassasiyetle gösterebilirler. İkinci bir noktada, kullandığımız grafik kâğıdının bir hususiyetidir. Matematik bir normal dağılıma (distribution) sahip bütün kitlelerin kümülâtif eğrileri, bu grafik üzerinde bir doğru olarak tezahür eder.

Bu izahlar göz önünde tutularak Şekil 13 incelenirse, ortada kalın çizgiyle gösterilmiş olan ve bütün ölçüleri temsil eden kümülâtif eğrinin, hakikatte uçları birleşmiş iki doğru parçası olma temayül ettiği görülür. Eğri, yatay bir teğetin eğriyi kestiği noktadan ikiye ayrılmıştır. Bu nokta absis üzerinde N 10° E ya tekabül etmektedir.<sup>1</sup> Buna göre, ölçüler, bu noktanın doğusunda (NE akıntısı) ve batısında (NW akıntısı) olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Her akıntı grupuna ait ölçüler ayrıca hesaplanarak kümülâtif eğrileri (grafikte açık noktalarla belirtilmiş) ve «en küçük kareler metodu»

<sup>1</sup> Hesaplarımıza göre, eğriyi bu noktadan kesmekle, her grupun aritmetik ortalama değerini sadece  $\pm 1^\circ$  miktarında az bir hata ile tahmin etmiş oluyoruz.



Şek. 13 - 301 adet akıntı yönü ölçüsünün dağılımını gösterir kümülatif eğri  
N 10° E noktasından kesilerek ikiye ayrılan eğrinin parçaları tekrar % leri hesaplanarak ayrı ayrı çizilmiş (beyaz noktalar) ve bunlardan, «en küçük kareler» metodu ile, en uygun doğrular geçirilmiştir (kesik çizgiler).

ile bu noktalardan geçen istatistik bakımdan en uygun doğru çizilmiştir (CROXTON, 1959).

Böylece bütün ölçüleri iki gruba ayırdıktan sonra (Şek. 14 ve 15), bu grupların aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları (yani o gruba ait bütün ölçülerden ortalama değer etrafına düşen 2/3 ünün sınırları) basit istatistik formüllerle hesaplanmıştır (Tablo 1).

**Tablo I**

<i>Akıntı grubu (Geliş yönü)</i>	<i>Geliş yönünün aritmetik ortalaması</i>	<i>Grupun standart «sapması</i>
NE akıntısı	55° (N 55° E)	± 20°,2
NW akıntısı	329° (N 31° W)	± 19°,6

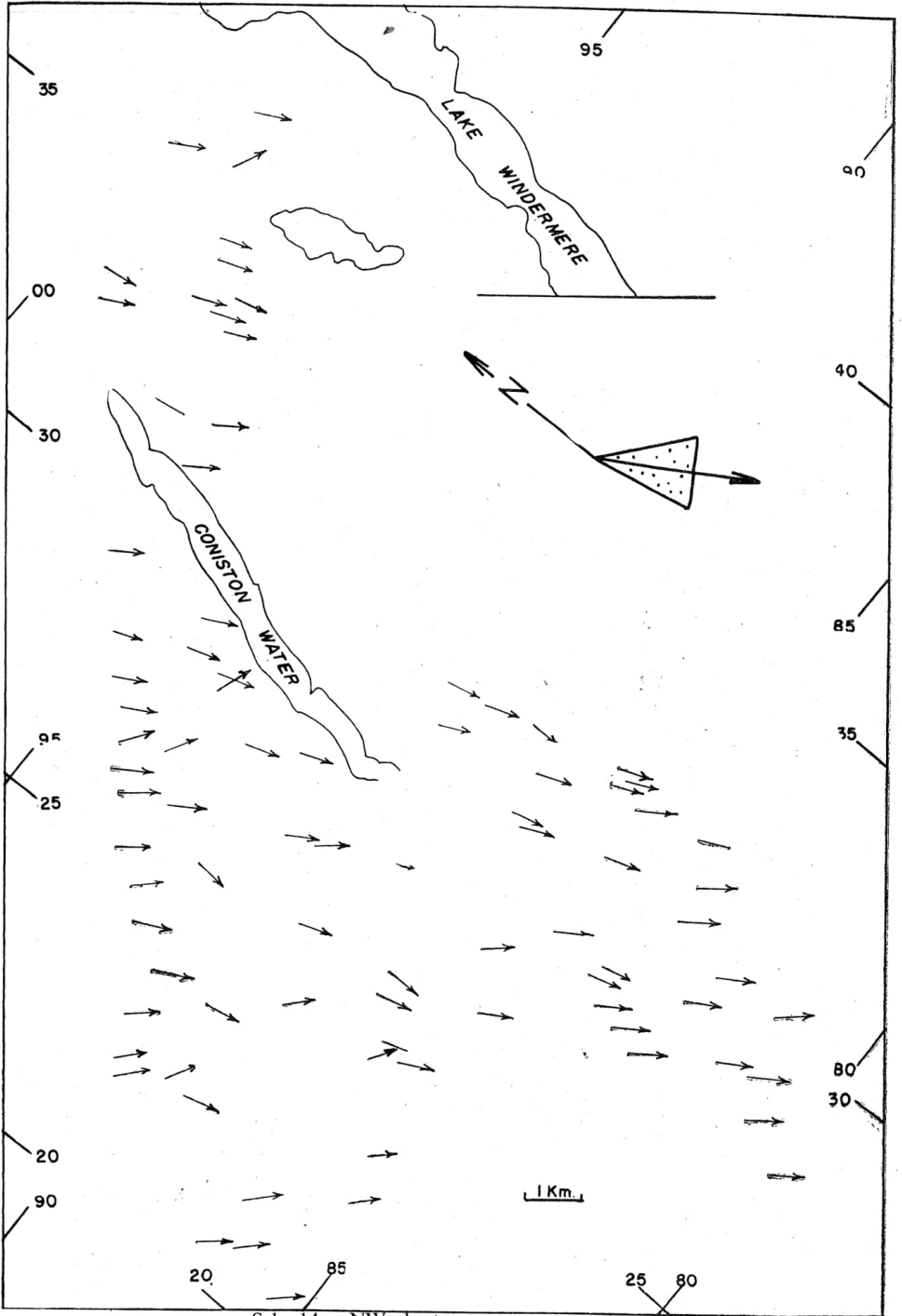
Görülüyor ki her iki grupta da, aritmetik ortalama yönlerin iki yanlarında alınan takriben 20° lik açılar (yani her grup için 40° lik bir sahayı kaplıyan açı) o gruba ait ölçülerin 2/3 ünü kapsamaktadır.

### VARYANSLARIN ANALİZİ

Yazımızın buraya kadar olan kısmında sadece elimizdeki ölçülerin iki tabii gruba ayrıldığını müşahede ettik ve bu grupların aritmetik ortalamaları ile standart sapmalarını hesapladık. Araştırmamızı biraz daha derinleştirerek, bu sapmaların neden ileri geldiğini sorabiliriz, istatistik hesaplarda sapma miktarlarından ziyade, onların kareleri olan varyanslar kullanıldığından, biz de mütaakıp mülâhazamızda bu terimi istihdam edeceğiz. Bu durumda her iki akıntının varyansları 400 civarındadır.

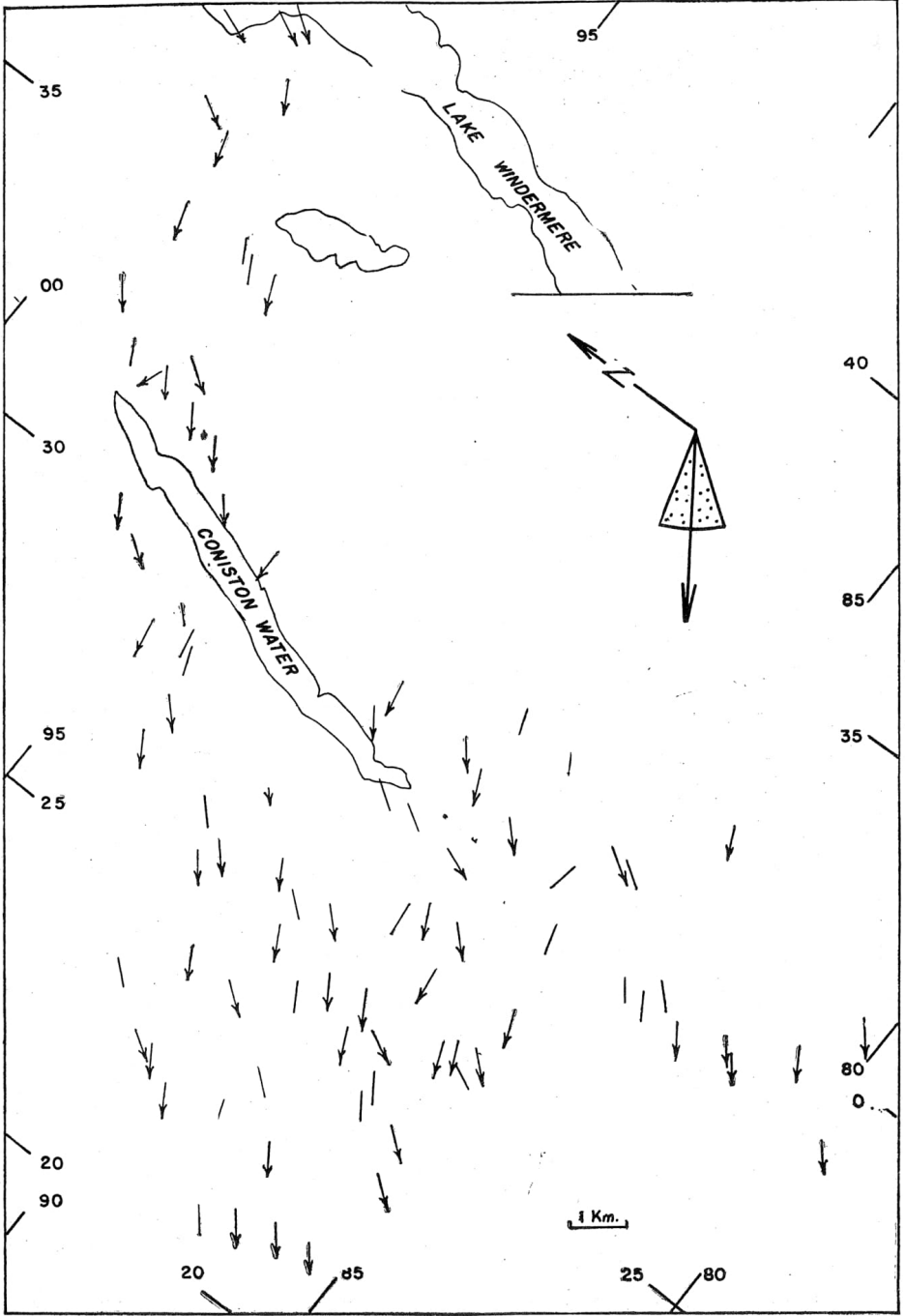
Bu miktardaki varyans sadece normal bir akıntının açtığı izlerin normal olarak sağa sola kaçmalarından husule gelebilir. Fakat, daha büyük bir ihtimalle, bu varyans birden fazla sebepten husule gelmiştir. Bu sebeplerin belli başlı olanlarını sıralıyalım :

- Ölçülerdeki hata miktarı
- Aynı tabaka üzerindeki az değişik akıntı yönleri
- Tabakalar üzerindeki ortalama değerlerin tabakadan tabakaya değişmesi



Şek. 14 « NW akıntı grubu

Ortalama yön ve standart sapma açısı da gösterilmiştir.



Şek. 15 - NE akıntı grubu  
Ortalama yön ve standart sapma açısı da gösterilmiştir.



- Mostralar üzerindeki ortalama değerlerin mostradan mostraya değişmesi
- Km<sup>2</sup> «göz» lere ait ortalama değerlerin «göz» den «göze» değişmesi
- 25 er km<sup>2</sup> lik sahalara ait ortalama değerlerin sahadan sahaya değişmesi
- Akıntı yönlerinin geniş zaman bölümleriyle değişmesi.

Görülüyor ki ortaya sürülen bu sebepler basitten komplekse doğru büyümekte ve her seviyedeki sebep, kendinden önce gelen seviyelerdeki sebepleri ihtiva etmektedir. İstatistik bir «varyans analizi metodu» ile her seviyedeki sebeplerin toplam varyansa yaptıkları ilâveleri hesaplamak mümkündür (MİLLER, 1962). Birçok istatistik hesap kitaplarında bulunabilecek olan bu metoda girilmiyerek, ulaşılan neticeler sıralanacaktır:

a) İncelenen formasyonların toplamını, alt ve üst olmak üzere iki gruba ayırdığımızda, üst yandaki her iki akıntı grubu yönleri ile, alt yarıdaki her iki akıntı grubu yönleri arasında ehemmiyetli bir fark yoktur. Yani sebep seviyelerinden «zaman» ın varyansı, her iki akıntı grubu için de sıfır adde diledilir.

b) NE dan gelen akıntının saha ortalama yönü (saha = 5x5 km<sup>2</sup>) sahadan sahaya değişmemekte, buna mukabil NW menşeli akıntı sahadan sahaya ufak değişmeler göstermektedir. O halde NW menşeli akıntının toplam varyansının bir kısmı bu sebep seviyesinde husule gelmektedir.

c) Her iki akıntı grubunda da km<sup>2</sup> «göz» den «göze» fark ortalamalarda bir fark vardır. Yani bu seviye de toplam varyansın bir kısmını husule getirir.

d) Mostra, tabaka..... v. s. seviyelerinde de ortalama ölçüler arasında farklar bulunmuş ve bu seviyelerin de toplam varyansa iştirak ettikleri anlaşılmıştır.

## JEOLOJİK NETİCELER

Bölgemizdeki 3400 metre kalınlıktaki Ludlovien yaşlı sedimanların çökmesi esnasında, çökme havzasında iki hâkim akıntının iş gördüğü anlaşılmıştır. Biri N 55° E dan S 55° W ya doğru, diğeri de N 31° W dan S 31° E ya doğru akan bu akıntılar, bu zaman zarfında ehemmiyeti haiz bir ortalama yön değiştirmesi göstermedikleri halde, mevziî (local) olarak or-

talama yönlerinden sapmalarda bulunmuşlardır. Böyle bir hal ise, tabiiyle tamamen geometrik düzlemlerden teşekkül etmesi imkânsız olan oblong şekilli bir jeolojik basende normaldir.

Paleo-akıntılardan biri (NE dan geleni) şimdiki tektonik eksenlere paralel olarak, diğeri de (NW dan geleni) takriben buna dik olarak akmıştır. Tektonizma ile basen teşekkülünün birbiriyle olan münasebetlerini ve sedimantasyonu mütaakıp aynı tektonizmanın devamıyla basenin kıvrımlanması neticesinde kıvrım eksenlerinin basenin uzun eksenine olan paralellliğini göz önünde tutarsak, bölgemizdeki tektonizmanın, anormal kalınlıktaki sedimantasyonun, paleo-akıntıların mevcudiyetlerinin ve yönlerinin birbirleriyle ilgilerini, aşağıdaki basit fakat muhtemel paleocoğrafik tabloda canlandırabiliriz.

Takriben NW-SE istikametlerinde maksimum etkileri olan kuvvetlerin tesirleri altında, bölgemizde, uzun ekseni aşağı yukarı NE-SW istikametine olan bir basen teşekkül etmeye başlamış, buna mukabil baseni çevreleyen arazide bir yükselme olmuştur. Normal sedimantasyonu çamur olan ve deniz dalgalarının etki sahalarından daha derinlikte bulunan (aksi halde sedimanter strüktürler tahrip olurlardı) bu basenin NW ve muhtemelen N, NE kenarlarında, yükselmiş araziden (yani kısa mesafe ve dik eğimlerden) akarsularla gelen köşeli detritik materyel, hava etkilerinden veya kimyasal ve mekanik tesirlere fazla mâruz kalmadan, yığınaklar teşkil etmişlerdir. Devam eden tektonik tesirlerle gittikçe derinleşen basen ve buna mukabil yükselen civarlar, bu yığınakların su altındaki dengelerini bozarak zaman zaman «su-altı heyelanları» husule getirmiştir. Bu heyelanlar kâfi miktarda su ile karışıklarında türbid paleo-akıntılar haline geçmişler. Yamaçlardan inen paleo-akıntılar basenin ortasına ulaşınca eksen boyunca, yani yamaça paralel olarak akmaya başlamışlardır. (KUENEN, 1957, 1958; KNILL, 1959). Tektonik kuvvetlerin tesiri şiddetlendiği zaman bu hâdiseler de büyük mikyasta olmuş (birinci grup fasies teşekkülü), tesir şiddetini kaybettiği zaman ise hâdiseler de nispeten küçük mikyasta (ikinci grup fasies) cereyan etmiştir.

Basenin çökmesi ile sedimantasyon arasında bir dengenin sağlandığı bu devreden sonra, tektonik kuvvetlerin Kaledonien orojenezi esnasında-kompresif bir şiddet kazanmasıyla, basenin sedimanları kıvrımlanmış ve su üstüne yükselmiştir.

TEŞEKKÜR. — Çalışmalarında beni daima tenvir ve teşvik etmiş olan Birmingham Üniversitesi Jeoloji Enstitüsü profesörü Doç. Dr. F. W. SHOTTON'a, bilgi ve yardımlarını emrime sunan Dr. J. D. LAWSON'a ve Dr. F. MOSELEY'e, T. Jeoloji Kurumundaki konuşmamın ve bu makalenin hazırlanması için her türlü kolaylığı gösteren M.T.A. Enstitüsü Genel Direktörü Doç. Dr. S. ALPAN ile Direktör Dr. C. ERENTÖZ'e, bu çalışmalarımı sağlamak üzere bana burs veren M.T.A. Enstitüsü'ne bilhassa teşekkürlerimi sunarım.

### BİBLİYOGRAFYA

- CROWELL, J.C. (1955): Directional current structures from the pre-Alpine flysch, Switzerland. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, cilt 66, s. 1351-1381.
- CROXTON, F. E. (1959): Elementary statistics with application in medicine and biological sciences. Dover, New York.
- CURRAY, J. R. (1956): The analysis of two dimensional orientation data. *Jour. Geol.*, cilt 64, s. 117.
- FOLK, R. L. (1959): Petrology of sedimentary rocks. Hemphill's, Texas.
- FURGAÇ, H. (1960): İstatistik usulleri I. İstanbul.
- KNILL, J. L. (1959): Axial and marginal sedimentation in géosynclinal basins. *Jour. Sed. Pet.*, cilt 29, s. 317-325.
- KRUMBEIN, W. G. (1959): The geological population as a framework for analysing numerical data in geology. *Liverpool and Manchester Geol. Jour.*, cilt 2, s. 341-368.
- KUENEN, P. H. & C. I. MIGLIORINI (1950): Turbidity currents as a cause of graded bedding. *Jour. Geol.*, cilt 58, s. 91-127.
- KUENEN, P. H. (1952): Paleogeographic significance of graded bedding and associated features, *Proc. Con. Nederland Akad. Wet. Amsterdam*, seri B, 55, 1. S. 28-36.
- (1957): Longitudinal filling of oblong sedimentary basins. *Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnbouw Gen.*, cilt 18, s. 189-195.
- (1958): Problems concerning source and transportation of flysch sediments. *Geol. en Mijnbouw*, cilt 20, s. 329-339.
- MILLER, H. S. (1962): İktisadi istatistik. Ankara.

NORMAN, T. N. (1960): Azimuths of primary linear structures in folded strata. *Geol. Mag.*, cilt 97, s. 338-343.

—(1961): The geology of the Silurian strata in the Blawith area, Furness. Doktora tezi. Birmingham Üniversitesi, Birmingham, İngiltere.

RAMSAY, J. C. (1961): The Effects of folding upon the orientation of sedimentation structures. *Jour. Geol.*, cilt 69, s. 84-100.

TEN HAAF, E. (1959): Graded beds of the Northern Appennines. Doktora tezi. Groningen Üniversitesi, Holânda.

---