

## Landsat (Erts) görüntüleri yardımıyla batı Karadeniz kıyı akıntılarının incelenmesi

*Coastal currents of Western Black Sea using Landsat (Erts) imagery*

TEOMAN NORMAN      *Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara*

ÖZ: Landsat peykleri tarafından çekilen uzaktan algı görüntüleri yardımı ile, denize dökülen akarsuların taşıdıkları sediment gerecin oluşturduğu püsküllerin şeklinden faydalanılarak, kıyı yakınlarındaki deniz akıntılarının yön ve hızlarının ölçülmesi olanaklıdır. Batı Karadeniz kıyılarını kapsayan bazı görüntülerdeki, Sakarya, Melen, Filyos ve Bartınsuyu püskülleri incelenerek, bu kıyılardaki deniz akıntılarının yön ve hızları saptanmış ve daha önce deniz yüzeyinden yapılan ölçümlerle uyumlu olduğu görülmüştür. Landsat uzaktan algı görüntülerinden, ayrıca daha önce kayıtlanmamış olan yeni bulgular da elde edilmiş, 20-30 m derinlikte bir "ters" akıntının varlığı saptanmıştır. Bu yöntem, denizüstü yöntemlerinden daha sağlıklı, daha kolay ve az masraflı görünmektedir. Peykten çekilen görüntülerin sinoptik alanları çok geniş olmakla beraber, uygun zamanlarda yapılacak uçaktan çekimlerden, hattâ balondan çekimlerden de yararlı sonuçlar alınabileceği sanılmaktadır.

ABSTRACT: By analysing the shapes of stream plumes on LANDSAT (ERTS) imagery, it is possible to derive the directions and velocities of coastal currents. On some imagery covering the plumes of Sakarya, Melen, Filyos, and Bartınsuyu, it has been possible to establish the directions and velocities of coastal currents and compare the derived values with those obtained earlier by ground work. Apart from good correlation with earlier data, this study yielded new information which had not been recorded on ground: An "opposite" current at an approximate depth of 20-30 metres. This method appears to be more accurate, easier, as well as cheaper per sq. km. of ground, than the conventional ground methods. Though the 'synoptic views of satellite imagery are greater, it is thought possible to employ aeroplane, or balloon, imagery usefully.

## GİRİŞ

Modern deniz sedimentlerinin çökmesi ile ilgili araştırmalarda, dikkate alınması zorunluluğu olan en önemli öğelerden biri de, denizdeki akıntı sistemleridir; çünkü bu sistemler, sediment çökmesi sırasında gerecin yayılımı derecede etkilediği gibi, çökelen sedimentlerin granülometrik ve mineralojik özellikleri ile yapısal karakteristiklerini de önemli ölçüde kararlaştırır. Ancak, deniz akıntılarının saptanması ve ölçülmesi oldukça zor ve pahalıdır; çünkü bir yönden akıntılar zamana, yere ve derinliğe göre değişebilir, diğer yönden de deniz üzerindeki araçlarla yapılacak ölçmelerde hata payları ve fiziksel güçlükler oldukça fazladır. Uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak kıyı akıntı parametrelerinin hiç değilse bazıları, örneğin yüzeysel ve yüzeyle yakın olan akıntılarının yönleri, hattâ bazı ön bilgiler toplamak koşuluyla hızları, elde edilebilir. Bu çalışmada, uzaktan algılama yöntemi, Landsat peykleri tarafından çekilmiş olan batı Karadeniz kıyı görüntülerine uygulanarak, kıyı akıntıları hakkında bir ön fikir edinilmek istenmiş ve bulgular, eldeki akıntı ölçüleri ile karşılaştırılmıştır.

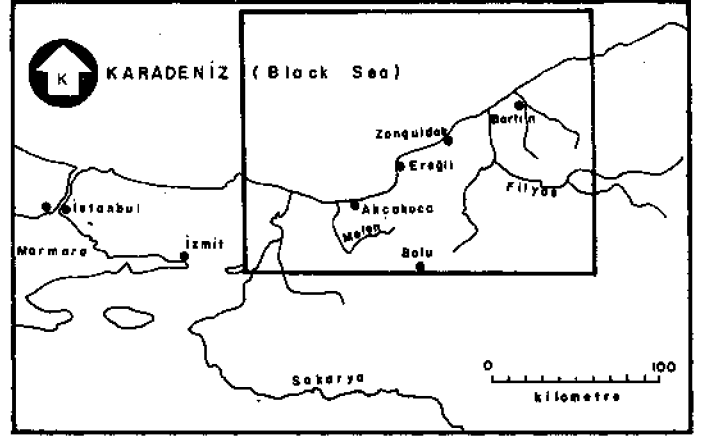
## Genel

Akarsuların denize açılan ağızlarını kapsayan bir çok hava fotoğraflarında ve peykten çekilmiş görüntülerde, akarsuyun taşıdığı mil gerecin (mil + kil) denize bir püskül (plume) şeklinde yayıldığı, ancak deniz akıntılarının yön ve hızlarına göre bu püskülün çeşitli şekiller aldığı gözlenmiştir. Genellikle püskül, denizde o sırada egemen olan akıntılarının yönünde bükülmekte, yayılmakta ve akarsu ağzından uzaklaştıkça, mil gerecin çökmesi sonucunda yavaş yavaş saydamlaşarak kaybolmaktadır. Genellikle püskülün akarsu ağzından dikine çıkış uzaklığı akarsuyun yüzey hızına, yayılma alanı büyüklüğü de akarsuyun debisine bağlı görünmektedir (Hunter, 1973). Ancak püskülün son şekli ve konumu (orientation) deniz akıntıları tarafından kararlaştırılmaktadır. O halde, uygun koşullarda (örneğin bulutsuz hava, yağıştan sonra, v.b.) çekilmiş bir uzaktan algı (peyken, uçaktan veya balondan) görüntüsü, o anda yüzlerce yerde birden alınmış akıntı ölçülerine yakın değerlerde bir bilgi kaynağı olabilir. Ayrıca, bu çekimler çeşitli zaman aralıkları ile sinelenerek, zamana ve mevsime bağlı değişimler de kolayca incelenebilir.

## Görüntüler

Landsat-1 ve Landsat-2 (Eski ERTS-1 ve 2) peykleri tarafından 900 km yükseklikten çekilmiş olan uzaktan algı görüntüleri içinde, Türkiye'nin Batı Karadeniz kıyılarına ait olan bir kaç incelenerek bu konuda bir ön çalışma yapılmıştır, özellikle Sakarya, Melen, Filyos ve Bartınsuyu ağızlarını kapsayan görüntü (16 Haziran 1975, 2145-07565), bu akarsuların oluşturduğu püsküllerin deniz akıntılarından etkilendiğini açık bir şekilde göstermektedir (şekil 1 ve levha I). Çalışma alanının batı yarısına ait üç görüntü (17 Haziran 1975, 30 Mayıs 1975 ve 15 Kasım 1972) ile, doğu yarısına ait bir görüntü (27 Temmuz 1972) daha yazar tarafından incelenmiştir. Bütün görüntüler yerel saatle sabah 10:00 dolayında (08.00 GMT) çekilmiştir.

1972 tarihli olanları Landsat-1 (ERTS-1) ve 1975 tarihli olanları Landsat-2 peyki tarafından çekilmiş olan bu görüntüler, MSS (Multi Spectral Scanner = Çok tayf bantlı tarayıcı) sistemi ile elde edilmiş olup, 180x180 km<sup>2</sup> lik bir alanı kapsayan her görüntü, aynı anda dört ayrı tayf bandı (ışık süzgeci) aracılığı ile elde edilmiştir. Peyk yapımıcısı tarafın-



Şekil 1: İnceleme alanının yeri.

Figure 1: Location of the study area.

dan bu bantlara 4, 5, 6 ve 7 numaraları verilmiş olup, filtrelerin geçirdikleri tayfin ışık dalga boyu limitleri şöyledir:

- |          |            |          |                            |
|----------|------------|----------|----------------------------|
| 4. Bant: | 5000-6000  | Angström | (Yeşil süzgeç)             |
| 5. Bant: | 6000-7000  | "        | (Kırmızı süzgeç)           |
| 6. Bant: | 7000-8000  | "        | (Yakın kızılötesi süzgeci) |
| 7. Bant: | 8000-11000 | "        | (Uzak kızılötesi süzgeci)  |

Bu suretle her görüntü, 4 ayrı süzgeç ile aynı anda çekilmiş 4 adet siyah-beyaz resim halinde bulunmaktadır (levha I). Her bantın görüntüsü, tayfin bütün dalga boylarını içeren güneş ışığının, o banda ait yansıyanlarını kaydetmekte, bu suretle beyaz kısımlar o bantta en çok yansıtan cisimleri, koyu kısımlar da o bantta en az yansıtan veya hiç yansıtmayan cisimleri göstermektedir, örneğin, bitkiler kızılötesi ışınları çok yansıttıkları için 6. ve 7. bant görüntülerinde beyaz görünmekte, sularla kaplı alanlar ise bu ışınları hiç yansıtmadığı için, bu görüntülerde siyah olarak kaydedilmiş bulunmaktadır.

## AKARSU PÜSKÜLLERİNİN ŞEKİLLERİ

Doğadaki akarsu püsküllerinin, görüntülerdeki gibi iki boyutlu olmayıp, gerçekte üç boyutlu olduğu, sedimentlerin bir taraftan deniz yüzeyinde yayılırken bir taraftan da belli bir hızla dibe çökerek sonunda tabana ulaştığı bilinmektedir. Uzaktan algılama yönteminde uygulanan çok bantlı görüntü çekme, bu püsküllerin üçüncü boyutlarının (hiç değilse deniz yüzeyine yakın olan kısımlarının) da incelenmesine olanak sağlamaktadır. Bunun için, tayfin değişik bantlarına ait değişik dalga boylu ışınların, suya girebilme (nüfuz etme) yeteneklerinin farklı olmasından yararlanılmaktadır (Polcyn, 1970). örneğin, 4. Bant ışınları (yeşil) suya yaklaşık 30 m derinliğe kadar girebilmekte (Roos ve Jensen, 1969), yolu üzerinde mil parçacıkları varsa yansıyarak geri dönmekte ve alıcı (sensor) tarafından kaydedilmektedir. Buna karşılık 7. Bant ışınları (uzak kızıl ötesi) suya hemen hemen hiç girememekte, ancak suyun üstünde yüzen uygun yansıtıcılar (örneğin yeşil alg bitkileri) varsa, alıcı tarafından kaydolmaktadır (Sherman, 1970).

## Kalitatif Eğriler

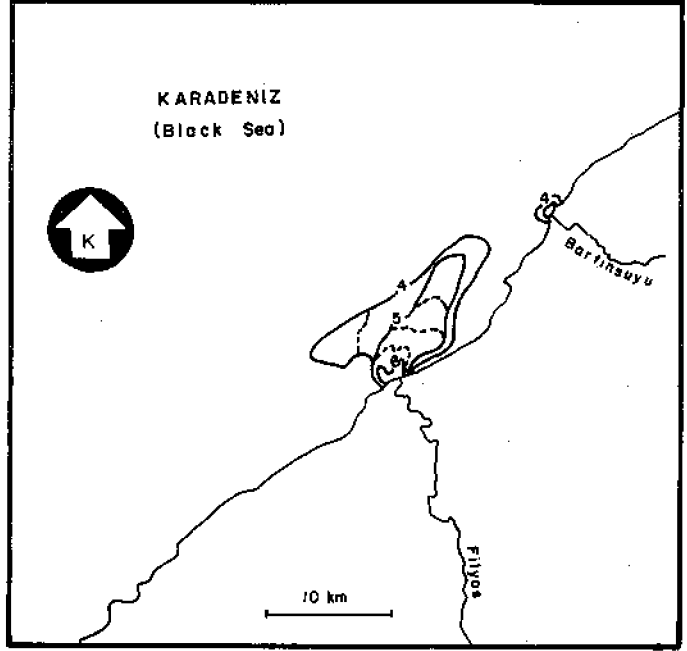
Bu suretle, deniz içinde 3 boyutlu olarak düşünülecek bir püskülün, çeşitli derinliklerdeki üst sınırları, değişik bantlar-

da kaydedilen görüntülerle belirlenmektedir. Başka bir deyimle, her bantta görülen püskül sınırı, o bantı oluşturan ışın dalga boyunun ulaşabildiği derinliği belirtmekte ve bu suretle püskül üzerinde bir çeşit eş derinlik eğrisi oluşturmaktadır (şekil 2 ve 3). Bu suretle, her banttaki görüntü üzerinde, püskülün sınırı ve sınır içindeki eşit tonlu (iso-density) bölgeleri belirtmek ve daha sonra görüntüler üst üste getirilmek suretiyle (Coker, vd., 1976), püskülün bir çeşit kalitatif eğri haritası elde edilmiş olmaktadır. Esasında eğrilere kantitatif bir değer de verilebilir; ancak bunun için, görüntünün çekildiği zamandaki şartlara veya ona yakın koşullara uygun başka bir zamanda, her bant ışınının denize girme derinliğinin bir gemiden saptanması gerekmektedir. Karadeniz bölgesinde yeşil ışığın suya girebilme yeteneği 20-30 metre olarak kabul edilebilir (D. S. Ross, 1976, sözlü görüşme). Ancak, sudaki alg ve diğer yüzen gereç dolayısıyla bu derinliğin yer yer çok azalabileceği de gözönünde tutulmalıdır.

Özellikle Sakarya ve Filyos akarsularına ait püsküllerin incelendiği bu çalışma, püsküllerin üç boyutlu şekillerinin zaman zaman çok karmaşık durumlar alabildiğini ortaya çıkarmıştır (şekil 2, 3).

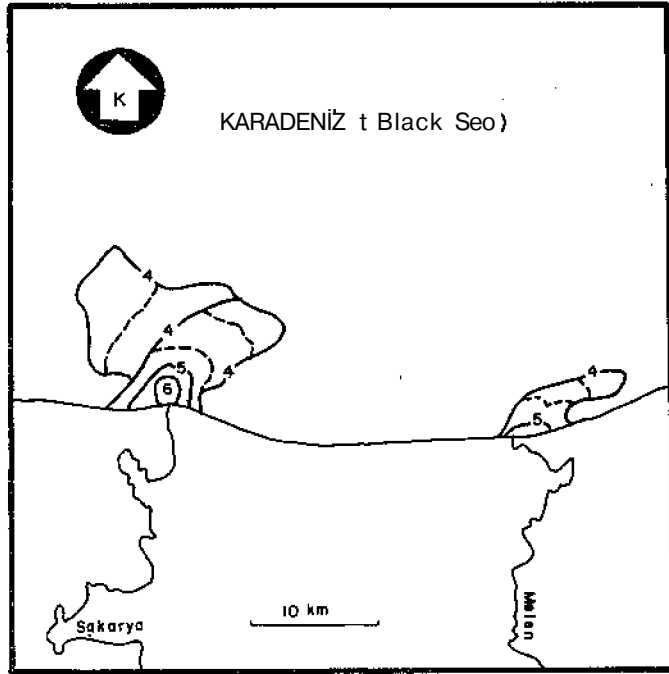
#### Püskül Şekillerinin Yorumundaki Etkenler

Görüntünün çekimi anında bir akarsu püskülünün üç boyutlu şeklini kararlaştıran başlıca etkenler: akarsuyun o soralardaki debisi, denize çıkış hızı, mil malzemenin granülo-metrik bileşimi, akarsu ile deniz suyu arasındaki yoğunluk farkları, deniz akıntılarının yönü ve hızı, bir de o bölgedeki



Şekil 3: Filyos ve Bartınsuyu püsküllerinin 16.6.1975 tarihli görüntüsü üzerine kalitatif eğriler (Açıklama için şekil 2'ye bakınız).

Figure 3: Qualitative contours on Filyos and Bartınsuyu plumes, on image obtained on 16.6.1975 (for explanation, see Figure 2).



Şekil 2: Sakarya ve Melen püsküllerinin 16.6.1975 tarihli görüntüsü üzerine kalitatif eğriler. Eğriler üzerindeki rakamlar, sınırın hangi banttan alındığını göstermektedir. Kesikli eğriler, banttaki eş-tonlu (iso-density) yüzeylerin yaklaşık olarak sınırlarını göstermekte ve yardımcı eğri görevini yapmaktadır.

Figure 2: Qualitative contours on Sakarya and Melen plumes on 16.6.1975 image. Figures on contours indicate the band number from which they are drawn. Dashed contours are approximate iso-density curves within a particular band, acting as supplementary contours.

deniz tabanı topoğrafyasının etkisidir. Akarsu püsküllerinin şekilleri yorumlanırken, bütün bu etkenlerin katkıları ayrı ayrı değerlendirilmelidir.

1 — Debi. Akarsuyun bir saniyede taşıdığı su hacmi, dolayısıyla beraberinde askıda taşıdığı (süspansiyon halinde) sediment miktarı, püskülün yayılma alanının büyüklüğünü kararlaştıran en önemli etkenlerden biridir. Nitekim debisi büyük akarsuların (örneğin Sakarya, Filyos) püsküllerinin geniş bir alan kapsamalarına karşın, debisi küçük akarsuların (Melen, Bartınsuyu... v.b.) püskülleri de küçük olmaktadır (levha 1, 4. Bant) Yağıştan sonraki taşkın durumlarında da, artan debiyle doğru orantılı olarak püskülün büyüklüğü de artmaktadır.

2 — Çıkış Hızı. Akarsu kütesinin ağızdan denize çıkarken sahip olduğu moment, hız X debi ile doğru orantılıdır. Bu momentum, püskülün çıkıştaki ilk şeklini ve kıyıda denize doğru dikine yayılma uzaklığını kararlaştırır. Hızın ve debinin yüksek olduğu sellenme durumlarında, püskülün denizin daha açıklarına kadar yayılabildiği görülmektedir.

3 — Mil Gereç. Akarsu püskülünün görünür hale gelmesi ve alıcılar tarafından görüntü olarak çekilebilmesi, yaklaşık olarak 30 metre derinliğe kadar mil gerecin askıda kalabilmesine bağlıdır. Örneğin, çok ince kum (62-125 mikron çapında) taneçikler 2.5 - 3 saatte 30 m derinliğe çökelerek 4. Bant algılamaya aygıtının yeteneği dışına çıkabilir, bu suretle tane boyutları çoğunlukla çok ince kum olan bir püskül, görüntülerde küçük bir alanı kapsamış olarak belirir. Halbuki çökme hızı çok daha yavaş olan ince mil ve kil boyutlu taneler, 30 metrelik derinliğe günlerce sonra ulaşabilir ve bunların egemen olduğu bir püskül çok daha geniş alanlara yayılmış

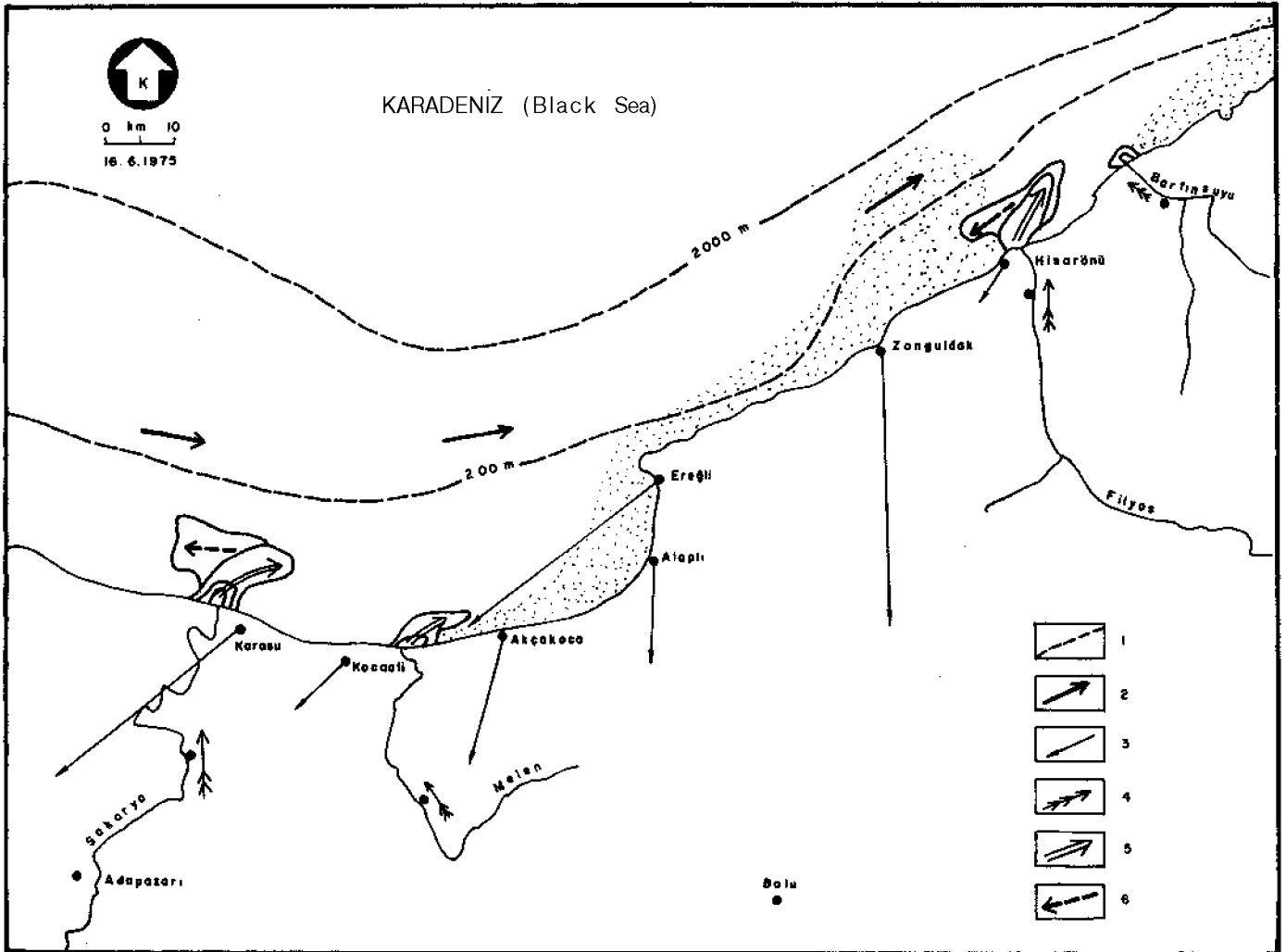
olarak kaydedilir. O halde, akarsuyun askıda taşıdığı mil gercin granülo-metrik dağılımını bilmek, yorum yapmada çok önemlidir, özellikle kilin çoğunlukta olduğu mil gereçli akarsuların, deniz akıntılarını izlemekte yararlı oldukları muhakkaktır. Örneğin, debisi ve hızı küçük olmasına rağmen, kil bakımından zengin görünen Melen suyunun püskülü, batı Karadeniz kıyısı boyunca yaklaşık 120 km'lik bir uzaklığa kadar izlenebilmekte, Akçakoca österlerinden Filyos ağzı açıklarına kadar görülebilmektedir (levha I).

4 — Yoğunluk Farkları. Genellikle daha az yoğun olan akarsuyun, daha yoğun olan deniz suyu üzerinde geniş bir alana yayılması olağandır. Ancak, akarsu içinde askıda bulunan mil gercin katkısıyla, yoğunluğunun deniz suyuna eşit, hattâ taşkın durumlarında deniz suyundan fazla olması halinde, püskülün şekli ve yayılması da olumsuz yönde etkilenmektedir. Bir de, püskülün yayılması sırasında, sedimentlerin çökmesi ve karışımın artması ile, yoğunlukları ve sıcaklık-

ları farklı olan bu sıvıların özelliklerinin birbirine yaklaştığı ve sonunda birleştiği hatırdan çıkarılmamalıdır. Başka bir deyimle, görüntülerdeki püskülün son sınırı, alıcı yeteneğinin sınırı olabileceği gibi, farklı sıvıların artık farklı olmadıkları çizgiyi de gösterebilir.

- 5 — **Deniz Tabanı.** Püskülün üzerinde hareket ettiği tabanın derinliği az ise, tabanın topoğrafik şekli, derinliği ve eğim açısı püskülün yayılış alanını etkilemektedir. Bu etki sığ denizlerde uzak mesafelere kadar açık bir şekilde görülmekte, ancak taban eğimlerinin yüksek ve derinliklerin süratle arttığı denizlerde kısa mesafelerde kaybolmaktadır, özellikle çalışılan kıyıların tabanı yüksek açılı olduğu için, Sakarya ve Filyos püskülleri için taban topoğrafyasının etkisi ihmal edilebilir görülmüştür.

6 — **Deniz Akıntıları.** Akarsu tarafından denize salınan püskül, yukarıda sözü edilen etkenlerin etkisi azaldıkça, sadece denizdeki akıntı sistemlerinin etkisiyle şekil al-



Şekil 4: Eldeki yer bilgileri ile, püsküllerden elde edilen akıntı yönleri. 1 — Batimetri eğrileri (m), 2 — Temmuz ayında kayıtlanmış ortalama yüzeysel deniz akıntıları. 3 — 16.6.1975'de yaklaşık saat 08.00 (GMT) de ölçülen rüzgâr yön ve hızları (m/s) (Okların boyu rüzgâr hızıyla orantılıdır), 4 — Akarsuların 16.6.1975'de ölçülen debileri (m³/s), 5 — Üst akıntı, 6 — Alt akıntı. Noktalı alanlar püskül tüllerini göstermektedir.

Figure 4: Ground measurements compared with current directions obtained from imagery. 1 — Bathymetric contours (m), 2 — Average surface current for July, 3 — Direction and velocity (m/sec) of winds, at approximately 08.00 GMT on 16.06.1975 (Length of arrow proportional to velocity), 4 — Discharge rates (m³/sec) of streams on the same date, 5 — Upper current, 6 — Lower current. Dotted areas indicate plume cloud trails.

maya başlamaktadır. Genellikle çıkıştan sonra bir kaç kilometrelik uzaklığı kateden püskül malzemesi, bundan sonra, alıcının "gözünden" kaybolana kadar, çeşitli deniz akıntılarının hareketine bağlı olarak sürüklenmektedir. Genellikle hızları saniyede santimetre mertebesinde olan bu akıntılar, gerçekte bütün su kitlesinde ve üzerindeki hava kitlesinde gelişen olayların bir bileşkesi olup, yere, zamana ve derinliğe bağlı olarak değişmektedir. Bu bakımdan, püskülün şekli, o andaki ve o noktadaki bileşkenin bir çeşit yansıması olmakta, dinamik bir olay dizisinin statik bir resmini vermektedir. Bu değişkenlik, bir gün (24 saat) ara ile çekilmiş görüntülerde bile kendisini belli etmektedir (şekil 4 ve 5).

## UYGULAMA

### Aynı Andaki Akıntı Yönleri

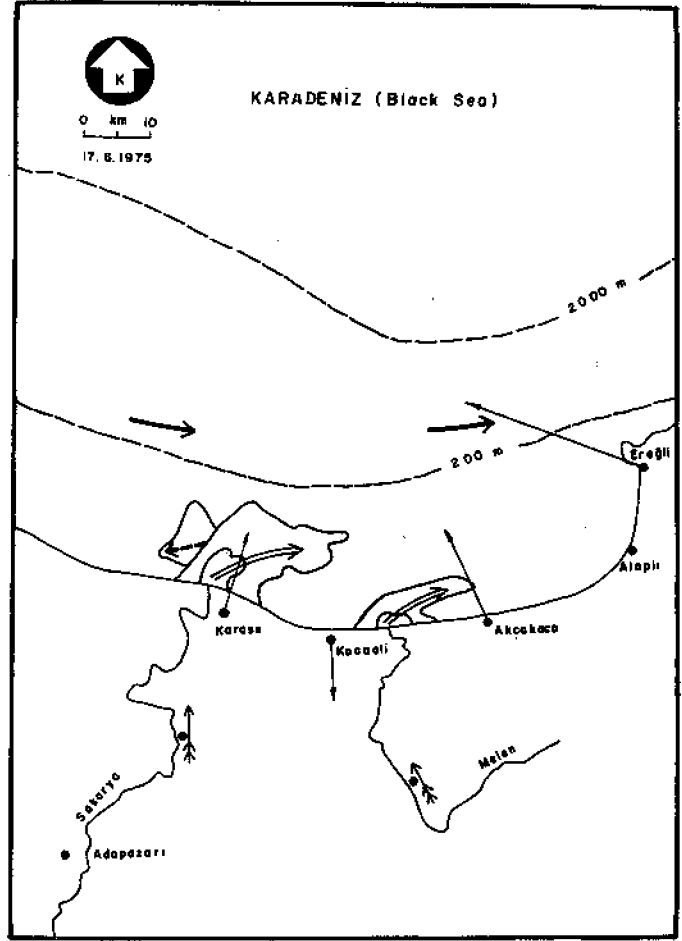
Yukarıda belirtilen görüşlerin ışığı altında batı Karadeniz kıyılarına dökülen iki büyük (Sakarya ve Filyos) ve iki küçük (Melen ve Bartınsuyu) akarsuyun püsküllerini içeren görüntüler incelenmiştir. Bunlardan **16 Haziran 1976** tarihli olanı, bütün bu akarsuların püsküllerinin tümünü kapsadığı için özellikle yararlı olmuştur (levha I ve şekil 4).

Sakarya püskülü 7. Bantta (yüzeyde) hiç bir şey göstermemekte, ancak diğer 6., 5., 4. bantlarla derinliğe inildikçe, püskülün akarsu ağzından yaklaşık 10 km açıklara kadar yayıldığını belirtmektedir (şekil 2). Yine bu püskülde, yüzeye yakın gerecin (6. Bant) 2 km açıklara kadar akıntılardan pek etkilenmediği, daha derindeki gerecin (5. Bant) 3 km açıklarda püsküle doğruya doğru bir asimetri kazandırdığı görülmektedir. Daha derine girebilen 4. Bant ise püskülün önce doğruya doğru uzandığını, ancak 10-12 km kadar yol aldıktan ve gereç daha derin bir düzeye çökdükten sonra ters yönde, batıya doğru, döndüğünü göstermektedir. Püskülün şeklini bir helezon (corkscrew) olarak tanımlamak mümkündür. Bu şekil, yüzeye yakın akıntıların doğruya doğru, daha derindeki akıntıların ise batıya doğru yönelmiş olmaları ile açıklanabilir. Püskülün, akarsu ağzı dolayındaki kıyı boyunca yayılan kısımları olasılıkla dalgaların ve taban topoğrafyasının etkisinde kalmış olan yerlerdir.

Filyos püskülü, şekil olarak Sakarya püskülünü andırmakta, ancak daha küçük olup akarsu ağzından ancak 6-7 km açıklara kadar yayılabilmektedir. Burada da yüzeyde (7. Bant) bir belirtiye rastlanmamakta, derine indikçe püskülün önce kıyıya paralel olarak kuzeydoğuya uzandığı, 10-12 km kadar gittikten sonra daha derinlere çökelmiş olan gerecin bu defa güneybatıya sürüklendiği açıkça belirgin olmaktadır.

Diğer ikisinden de daha küçük olan Melen püskülü, 7. ve 6. bantlarda hemen hiç kayıt vermemekte, ancak 5. ve özellikle 4. bantlar, 2 km kadar açıkta püskülün oldukça keskin bir şekilde doğruya doğru bükülmüş olduğunu göstermektedir. Bu püskülün birincil (primary) kısmının yaklaşık olarak 9-10 km doğruya uzandığı belirgin ise de, daha derine inen kısmının ne olduğu görüntülerde pek açık değildir. Ancak, Melen'in çok ince (kil) gerecinden oluştuğu sanılan ikincil (secondary) bir 'püskül tülü', yarı saydam bir halde kıyı boyunca doğruya doğru uzanmaktadır (levha I ve şekil 4).

Ereğli-Alaplı koyunda genişliği 15-20 km'ye ulaşan bu püskül tülü, Ereğli burnu etrafından dolaşırken 5 km'ye kadar daralmakta, ancak daha sonra Zonguldak-Filyos açıklarında 40 km'ye kadar yine genişlemektedir. Yaklaşık olarak



Şekil 5: 17.6.1975 günündeki durum (Açıklama için şekil 4'e bakınız.)

Figure 5: State on 17.6.1975 (For explanation, see Figure 4).

120 km uzunluğu olan tülün bu noktada birdenbire kaybolması, sürekli olarak çökelmekte olan gerecin derindeki ters akıntı düzeyine ulaşması ile ilgili olabilir.

- Bartınsuyu püskülü çok küçük olup, hiç bir bantta incelemeye değer bir şekil göstermemektedir. Ancak, ikincil bir püskül tülü, Bartınsuyu ağzından kuzeydoğuya doğru 50-60 km uzanmakta ve genişliği de Kastamonu açıklarında 40 km'-yi bulmaktadır. Böylece bu püskülün de aynı akıntı sisteminin etkisine işaret ettiği belirlenmektedir.

### Zıt Yönlü Akıntılar

Sonuç olarak, 16 Haziran 1975 tarihli görüntüden, Batı Karadeniz kıyılarında aynı anda zıt yönlü iki akıntının varlığı ortaya çıkmaktadır. Bunlardan yüzeye yakın olanı kıyıya paralel olarak doğruya veya kuzeydoğuya yönelmiş bulunmaktadır. Daha derinde olanı (olasılıkla 20-30 m arası) ise ters yönde hareket edip, yerine göre batıya veya güneybatıya yönelmiş görünmektedir. Bu bilgiler, aynı günde ve görüntü çekimine yaklaşık saatlerde ölçülmüş rüzgâr yön ve hızları ile karşılaştırıldığında (çizelge I ve şekil 4), beklenilenin aksine olarak, yüzeye yakın akıntıların rüzgâra zıt yönde yol aldıkları görülmektedir. Bu yön ise, Haziran-Temmuz ayları için

Çizelge 1: Görüntü çekimi tarihlerinde yaklaşık olarak 08.00 GMT'de inceleme alanındaki meteoroloji istasyonlarında kaydedilen rüzgâr yön ve hızları (m/s). Yönler rüzgârın geldiği tarafı göstermektedir. (•) işaretli istasyonların kayıtları nispeten daha sağlıklıdır.

Table 1: Wind velocity and direction at meteorological stations within the study area, approximately during image recording time (08.00 GMT). Stations marked (\*) have more dependable records.

Meteoroloji istasyonu	27.7.72	15.11.72	30.5.75	16.6.75	17.6.75
Karasu	N 3.0	NW 3.0	NE 1.0	NE 7.0	SW 2.0
Kocaeli	NE 3.0	NE 2.0	NE 1.0	NE 2.0	NE 2.0
Akçakoca(*)	NNE 3.4	SSE 3.3	SSE 3.7	NNE 4.1	SSE 3.1
Alaplı	SW 2.0	SW 1.0	—	N 3.0	S. 1.0
Ereğli(*)	E 7.7	ESE 10.1	W 8.8	NE 7.7	ESE 5.7
Zonguldak(*)	NW 5.8	ESE 6.3	WNW 5.1	N 8.1	WNW 4.9
Hisarönü	NE 1.0	NE 1.0	NE 1.0	NE 1.0	NE 2.0

kaydedilmiş bulunan genel akıntı yönlerine uygun düşmektedir (çizelge 2 ve şekil 4). Görüntüde daha derinde görülen ters akıntı yönüne, daha önceki deniz kayıtlarında rastlanmamış olması dikkati çekicidir. Ancak, Marchuk v.d. (1975, şekil 7a), Batı Karadeniz'in bu kısımları için yaptığı haritada, doğadaki saat yönünde, batıdaki de zıt yönde hareket eden iki anaför merkezi göstermiştir. Bu merkezlerin Türkiye kıyılarındaki bileşenleri, biri doğu ve kuzeydoğuya, diğeri batı ve güneybatıya olmak üzere iki vektör oluşturmaktadır. Bu suretle, uzaktan algılama yöntemleri ile, deniz ölçülerinin analizi aynı sonuçta toplanmış olarak görünmektedir. Rüzgârın Etkisi

Görüntünün çekildiği anda ölçülmüş olan rüzgâr yön ve hızlarının püskül (çizelge 1 ve şekil 4, 5, 6) şeklini açıklamaya yetmeyeceği de yine ortaya çıkan hususlar arasındadır. Deniz akıntıları, uzun mesafe ve sürelerle esen rüzgârlarla harekete geçtikleri zaman kazandıkları moment, onları yollarından kolay kolay sapıramamakta, göllerdeki durumun tam tersine (Pluhowski, 1976), çabuk değişebilen rüzgâr yönleri suya hemen aynen yansımamaktadır. Bu bakımdan püskülün sapma yönü (dolayısıyla akıntı yönü) ile rüzgârlar arasında bir ilişki aranırken, görüntünün çekiminden önceki 48 saat boyunca rüzgâr kayıtlarının yapılmasının yararlı olacağı anlaşılmaktadır.

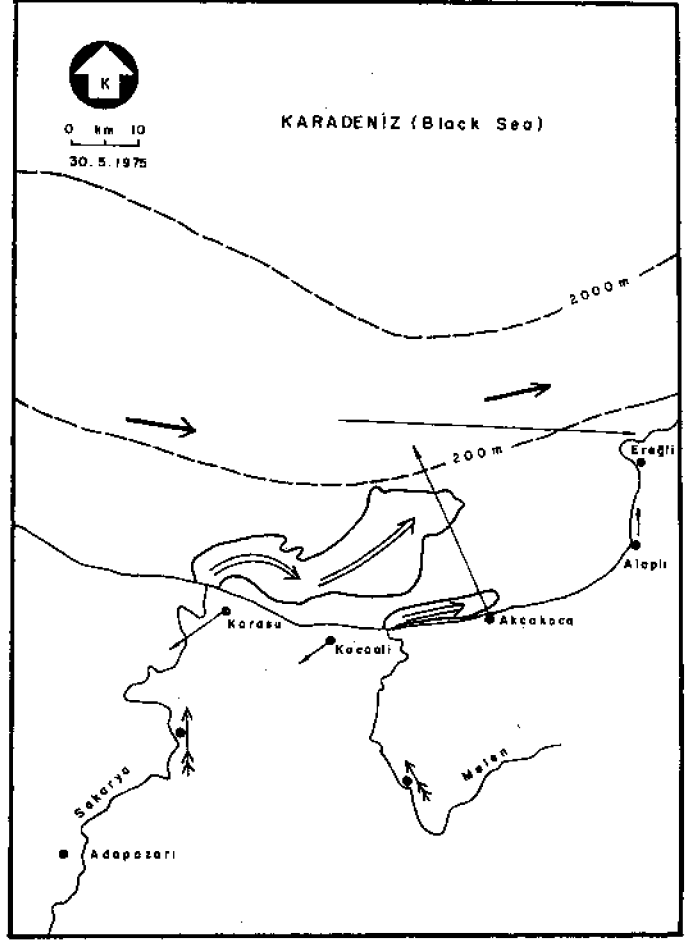
#### Zamanla Değişim

Akarsu püskül şekillerinin, deniz akıntı yönlerinin ve diğer etkenlerin değişkenliklerine bağlı olarak zamanla değiştiği bir gerçektir. 16 Haziran 1975 tarihli görüntüdeki Sakarya ve Melen püskülleri, 24 saat sonraki görüntü ile karşılaştırıldığında (şekil 4 ve 5), gerek püskül şekilleri, gerek-

Çizelge 2: Temmuz ayında Batı Karadeniz kıyılarında deniz akıntılarının çeşitli derinliklerdeki hızları (Yön, kıyıya paralel olarak doğu veya kuzeydoğuya doğrudur).

Table 2: Current velocities (iknotts or cm/sec) at various depths (m) during the month of July (Current direction parallel to the coast, towards east or northeast).

Derinlik (metre)	Akıntı hızları	
	Knott (mil/s)	Santimetre/Saniye
0 (Yüzey)	0.03	1.5
20	0.03	1.5
50	0.03	1.5
100	0.02	1.0



Şekil 6: 30.5.1975 günündeki durum (Açıklama için şekil 4'e bakınız).

Figure 6: State on 30.5.1975 (For explanation, see Figure 4).

se çeşitli bantlarda kaydolan görüntülerin oluşturduğu kalitatif eğriler arasında değişikliklerin bulunduğu açıkça görülebilmektedir:

1 — Sakarya ve Melen püsküllerinin daha geniş bir alana yayıldıkları ve egemen olan deniz akıntılarının etkisinde doğuya doğru daha fazla büküldükleri açıktır. Bunda, karşıdan esen rüzgârın azalmış olması, hattâ yer yer akıntı yönünde esmeğe başlamasının bir rolü olabilir. Dikkati çeken husus, batıya doğru yönelmiş olan "ters" akıntının belirginliğini biraz kaybetmiş görünmesidir. Ancak, akıntının varlığı, 4. Bantta halâ batıya doğru yönelmiş bir püskül kolunun bulunmasından anlaşılmaktadır.

2 — Görüntü alanlarının büyüklüklerindeki değişim de dikkati çekicidir. 16 Haziranda 4. Banttaki Sakarya püskülü yaklaşık 110 km<sup>2</sup>lik alana, 17 Haziranda ise 170 km<sup>2</sup> lik bir alana yayılmıştır. Melen için bu rakamlar 20 km<sup>2</sup> ve 60 km<sup>2</sup> olmaktadır. Alan büyümesinde deniz akıntılarının, rüzgârlardan ve dalgalardan daha etkili olduğu sanılmaktadır. Örneğin, 16 Haziran 1975 tarihli görüntüde, deniz akıntıları ile yayılan Sakarya Püskülünün uç kısmının, Sakarya ağız hizasından 10 km doğuya (rüzgâra karşı) uzandığı görülmektedir. 17 Haziranda, rüzgârın batıya doğru olan bileşeninin değişmesine rağmen, püskülün 5 km daha ilerlediği görülmektedir. Bu su-

retle doğuya doğru olan akıntının ortalama hızı 5,8 sm/s olarak belirmektedir. Melen püskülü ile yapılan hesap da aynı sonucu vermektedir. Bulunan değer, deniz yüzeyinden yapılmış ölçülerle aynı mertebede olup (çizelge 2), muhtemelen daha sağlıklıdır. Çünkü, gemiden yapılan ölçülerde, o andaki rüzgârın ve o andaki gemi sürüklenmesinin etkileri yanında, elde edilen ölçümler ancak o andaki ve o noktadaki akıntı yönünü ve hızını verdiklerinden, gerçek ortalama değerleri yansıtmayabilir.

Batıya yönelik olan alt akıntı ise, Sakarya püskülünü ilk gün 7. km'ye, ikinci gün 10. km'ye ulaştırmıştır. Bu akıntının hızı 3,4 sm/s olarak hesaplanmıştır.

Doğu ve Batı akıntı vektörlerinin toplamı, hızı 2,4 sm/s olan doğuya yönelik bir vektördür. Bu sonucun, denizden elde edilen bulgulara uygunluğu dikkati çekicidir (çizelge 2).

3 — Görüntü alanlarında, 4. ve 5. bantlarda zamanla bir büyüme (yayıma) olmasına karşılık, 6. ve 7. bantlarda zamanla bir azalma olduğu dikkati çekmektedir. Bu son iki banttaki görüntü alanlarını etkileyen unsur, deniz akıntılarının daha çok akarsuların kendi özellikleriyle ilgili görünmektedir (örneğin, akarsuyun momentinin azalması). Bu tarihlerde elde edilebilen debi ve hız değerleri, 6. ve 7. bantlardaki püskül alanları ile doğru orantılıdır (çizelge 3 ve şekil 4, 5, 6).

Sakarya ve Melen akarsularının belirli tarihlerdeki görüntülerde 6. Bant püskül alanları ölçülmüş (7. Bantta her zaman püskül görülememektedir) ve aynı tarihlerde kaydedilen debi ve hız değerleri ile karşılaştırılmıştır (şekil 7). Bu değerler arasında yakın bir ilişki olduğu açıkça görülmektedir ( Bu ilişkinin doğrusal olmadığı ölçüklerin logaritmik olarak alındığı dikkatten kaçmamalıdır).

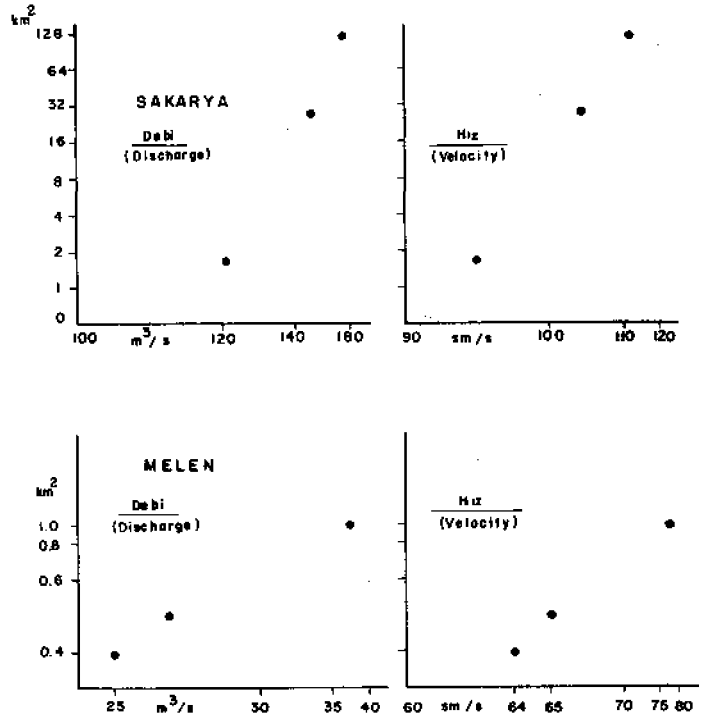
6. Bant püskül alanları ile debi ve hız (moment) arasında kurulacak bir ilişkiden, denizdeki görüntüden akarsuyun momentini elde etmek, 4. Banttaki püskül kıvrılmasından, abaklar yardımıyla, deniz akıntısının momentini veya hızını elde etmek mümkün görünmektedir. Ancak bu konuda planlı bir araştırmanın gerektiği de açıktır.

4 — Yüzeyleki akıntı yönlerinin mevsime göre de değiştiği, Landsat görüntülerinden ortaya çıkmaktadır (Carlson, 1976). Nitekim, 16 ve 17 Haziran 1975, 30 Mayıs 1975 ve 27 Temmuz 1972 tarihlerine ait görüntülerde Batı Karadeniz kıyı akıntılarının esas olarak doğuya veya kuzeydoğuya yönelik olduğu görülmekte, olasılıkla ilkbahar ve yaz mevsimlerinin genel akıntı yönleri temsil edilmektedir. Buna karşılık 15 Kasım 1972 tarihli bir görüntüde ise yüzeylede egemen akın-

Çizelge 3: Sakarya ve Melen'in 6. Band püskül alanlarının, belirli tarihlerdeki büyüklükleri akarsuların o günlerdeki debileri ve hızları.

Table 3: Plume area gize (km<sup>2</sup>) of Sakarya and Melen streams on the sixth band, compared with their discharge rates and velocities measure at stations near their months on the image recording dates.

Sakarya	30.5.1975	16.6.1975	17.6.1975
Debi (m <sup>3</sup> /s)	172	152	121
Hız (sm/s)	111	104	95
Alan (km <sup>2</sup> )	113	28	1.6
Melen	30.5.1975	16.6.1975	17.6.1975
Debi (m <sup>3</sup> /s)	37.2	26.5	25.0
Hız (sm/s)	78	65	64
Alan (km <sup>2</sup> )	1.0	0.5	0.4



Şekil 7: Sakarya ve Melen püsküllerinin 6. Banttaki alanlarının, çeşitli tarihlerdeki debi ve hızlarla karşılaştırılması. Değerler arasında oldukça iyi bir korelasyon bulunduğu göze çarpmaktadır.

Figure 7: Comparison of discharge rates, velocities and plume sizes on the sixth band of Sakarya and Melen streams on different dates. A good correlation appears to exist between the variables.

tının tamamen aksi yönde bulunduğu, bunun da muhtemelen sonbahar ve kış mevsimi akıntılarını temsil ettiği görülmektedir. Bu mevsimlerdeki akıntı yönleri, daha önce denizden saptanmış mevsimlik yönlerle uymaktadır.

## SONUÇ

Osenografik araştırmalarda, özellikle aktüel sedimentlerle ilgili çalışmalarda, deniz akıntılarının yön ve hızlarının saptanması önemlidir. Bu bilgilerin, uzaktan algı yöntemleriyle (balondan, uçaktan veya peykten çekilen görüntülerle) saptanması halinde, daha sağlıklı ve daha geniş bir alanda aynı anda ölçüm sağladıkları için, denizden yapılan ölçümlere kıyasla daha üstün sonuç alınabileceği anlaşılmaktadır.

Akarsuların püsküllerinden yararlanılarak yapılan bu tür çalışmada, değişik bantlardan püskülün üç boyuttaki şekli elde edilmekte ve bu, deniz akıntılarının çeşitli düzeylerdeki yönünü bulmakta kullanılabilir. Görüntüde 6. Banttan elde edilen püskül alanı ise, bazı araştırmaların tamamlanmasıyla, olasılıkla akıntılarının hızını saptamakta kullanılabilir.

Deniz akıntılarının hızları, ayrıca, zaman aralıklı görüntülerle de sağlıklı bir biçimde ölçülebilir. Bu ölçümler, deniz yüzeyinden yapılanlardan daha sağlıklı olabilir.

Bu yöntemler, batı Karadeniz kıyılarını kapsayan eldeki Landsat görüntülerine uygulanarak şu sonuçlara varılmıştır:

1 — Haziran ayında kıyı boyunca zıt yönlü iki akıntı görülmektedir. Üstteki akıntı (yüzeyleki akıntı) ortalama 5,8 sm/s

lik bir hızla kıyı boyunca doğu ve kuzeydoğuya hareket etmekte ve Sakarya'dan Kastamonu'ya kadar izlenebilmektedir. Altındaki akıntı (muhtemelen 20-30 m derinlikte) ise, ortalama 3,4 sm/s lik bir hızla batıya yöneliktir.

2 — Değişik aylarda çekilen görüntüler bu iki akıntıdan birinin zaman zaman egemen duruma geçebildiğini göstermektedir. Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarına ait görüntülerde doğuya doğru olan akıntı yüzeyde görülmekte, Kasım ayına ait bir görüntüde ise batıya giden akıntı egemen duruma geçmektedir.

3 — Akıntı yönlerinin ve hızlarının, görüntü çekimi sırasındaki rüzgârdan fazla etkilenmediği, ancak uzun süreli rüzgâr yön, hız ve suya değme mesafesine bağlı olarak etkilenebildikleri anlaşılmaktadır.

4 — Landsat görüntülerinden elde edilen akıntı yönleri ve hızları, daha önce deniz yüzeyinden ölçülen değerlerle uyumlu olup, ayrıca yeni bulguları da kapsamaktadır.

#### KATKI BELİRTME

Landsat peyklerinden çekilen uzaktan algı görüntüleri CENCO yardımı ile elde edilmiş, MTA Enstitüsü Uzaktan Algı Servisi tarafından büyütülerek basılmıştır. Püskül eğrileri ODTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümünde çizilmiştir. DSİ ve EİE ile Meteoroloji akarsularına ve rüzgârlara ait bilgileri, SHOD ise deniz akıntı değerlerini sağlamıştır. Yazar, bu kuruluşlara ve ilgililerine en candan teşekkürlerini sunar.

Yayıma verildiği tarih: Aralık, 1976

#### DEĞİNİLEN BELGELER

- Carlson, P. R., 1976: Mapping surface current flow in turtaid nearshore waters of the northeast Pacific. U.S.G.S. professional paper 929, s. 328-329.
- Coker, A. E., Higer, A. L., Goodwin, C. R., 1976: Detection of turbidity dynamics in Tampa Bay, Florida. U.S.G.S. professional paper 929, s. 330-333.
- Hunter, R. E., 1973: Distribution and movement of suspended sediment in the Gulf of Mexico off the Texas coast. NASA Goddard Space Flight Center, Symposium on Significant Results obtained from ERTS-1, İB, s. 1341-1348.
- Marchuk, G. I., Kordzade, A. A. ve Skiba, Y. N., 1975: Calculation of the basic hydrological fields in the Black Sea. Izv., Atmospheric and Oceanic Physics, 11, 379-393.
- Pluhowski, E. J., 1976: Dynamics of suspended sediment plumes. U.S.G.S. professional paper 929, s. 157-159.
- Polcyn, F. C., 1970: Measurement of water depth by Multispectral ratio techniques. NASA, EROS Program, Third Annual Review, Houston, Texas, 3, s. 6107-6112.
- Ross, D. S. ve Jensen, R. C., 1969: Experiments in oceanographic aerospace photography. NASA, EROS Program, Second annual Review, Houston, Texas, 3, 5101-5132.
- Sherman, J. W., 1970: On the use of a single blue band in oceanography. NASA, EROS Program, Third Annual Review, Houston, Texas, 3, s. 6601-6610.

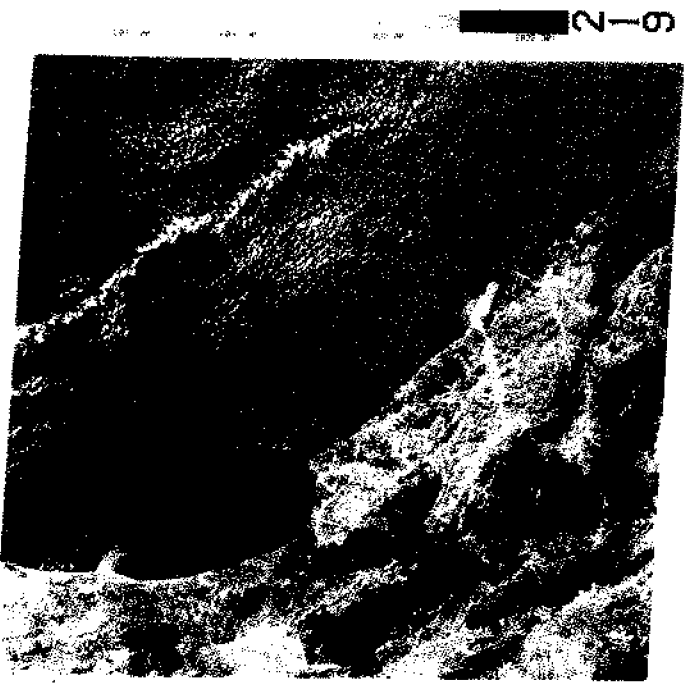
#### LEVHA I

Landsat-2 uzaktan algı görüntüsü, 4yırı bant üzerinde görülmektedir. Batıdan doğuya doğru Sakarya, Melen, Filyos ve Bartın-suyu Püskülleri belirgindir. Sakarya ve Filyos püskülleri 4. Bantta helezon görünümündedir. Ayrıca, püskül büyüklüklerinin her bantta değiştiği dikkati çekmektedir.

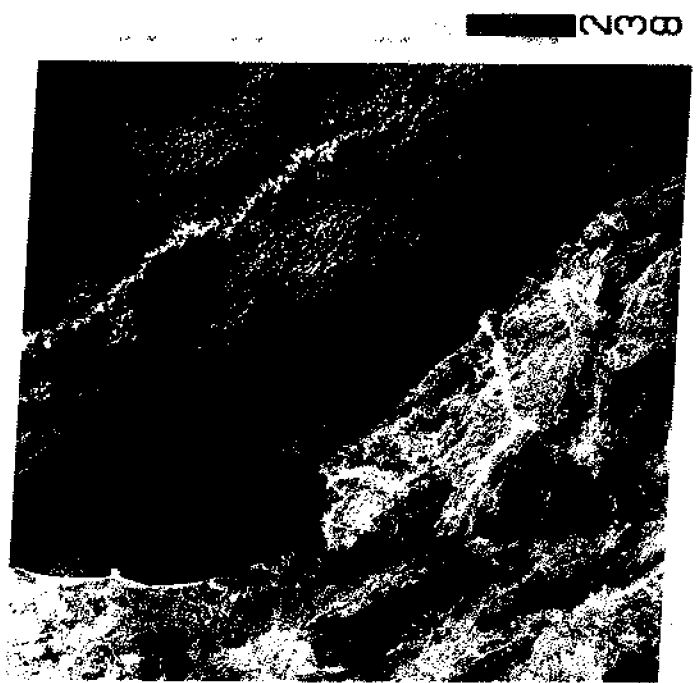
#### PLATE I

Remote sensing imagery acquired by Landsat-2 is recorded on four different bands. Plumes of (west to east) Sakarya, Melen, Filyos and Bartinsuyu streams are clearly observable. Note the helical "corKscrew" shapes of Sakarya and Filyos plumes on the fourth band. Also note the change in plume size on different bands.

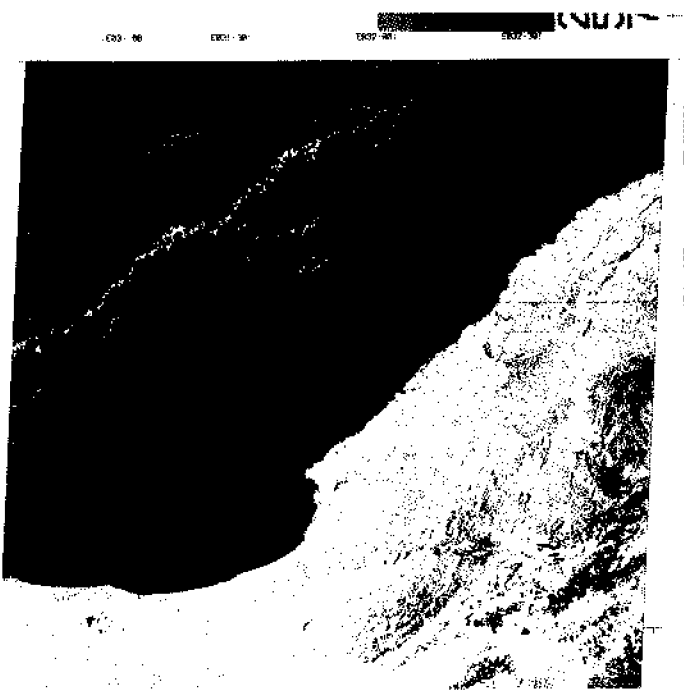




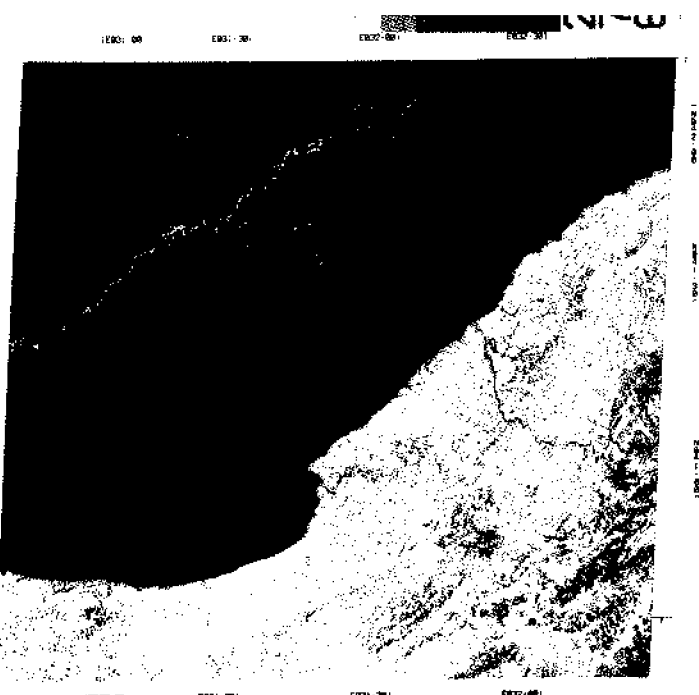
Bant 4



Bant 5



Bant 6



Bant 7

