

yüzey sularındaki asılı sedimanların uzaktan algılanması^(*)

JERRY C. RITCHIE
FRANK R. SCHIEBE
G. ROGER McHENRY

U.S. Department of Agriculture, Oxford, MS 38655
U.S. Department of Agriculture, Oxford, MS 38655
U.S. Department of Agriculture, Oxford, MS 38655

6 Kuzey Mississippi depolanmasının yüzey sularındaki asılı sedimanların sayısal (kantitatif) hesabı güneş rasyosyonunun yansımalarının kullanılmasıyla yapılmıştır.

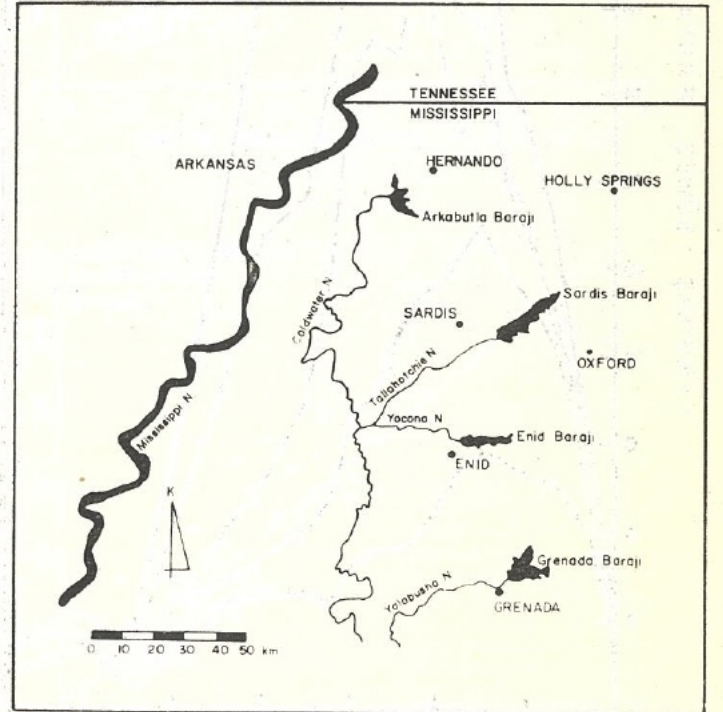
GİRİŞ

Asılı sedimanlar akarsular, göller ve nehir ağızlarının en önemli sorunudur (Robinson, 1971) ve emilmiş kimyasal madde taşımaktadırlar (Romkens ve diğ., 1973) Bu sedimanlar suya yaşayan bütün canlı topluluklarını etkilemektedirler (Bondurant ve Livesey, 1965; Ritchie, 1972).

Asılı sediman konsantrasyonu ölçümü için, günümüz ölçüm teknikleri, optik ve gravimetrik olarak, çökelme konsantrasyonunun ölçümlerini (National Oceanographic Instrument Center, 1974) kapsamaktadır. Bu ölçüm sistemlerinin kullanılması, sınırlı olup, suyun geniş ölçüde değil fakat noktasal olarak ölçümünü sağlar. LANDSAT'tan alınan ölçümleri ve su kütlesinden yansıyan ışınların uçaktan ölçümlerini kullanan son çalışmalar, su kütlelerinin yüzey sularındaki asılı sedimanların genel görünümünün, sayısal olduğu kadar niceliksel sonucunu da alabilmek için bu tür uzak platformlara gerekliliği göstermektedir. Bizim çalışmalarımızın, amacı, uzak platformlardan, yüzey sularının asılı sediman konsantrasyonlarının sayısal belirlenmesi için en yararlı dalga boyunu saptamaktır.

YÖNTEM VE GEREÇLER

Çalışma için Kuzey Mississippi'deki 6 depolanma alanı seçilmiştir (Şekil: 1). Bu depolanma alanları Oxford (Mississippi) dan en fazla 70 km, uzakta ve 3 ile 4300 hektarlık alan kaplamaktadırlar. Kıyı ovaları bölgesinde yer alan jeolojik malze-

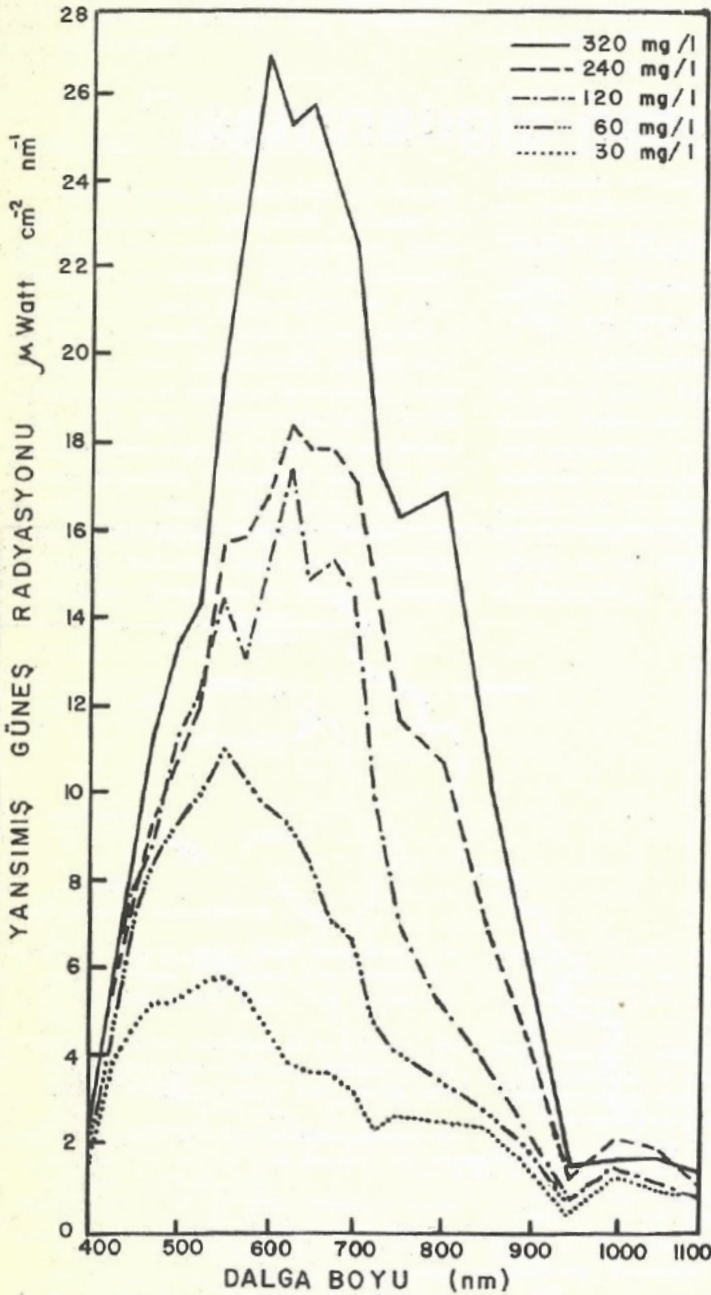


Şekil 1: Yer bulduru haritası.

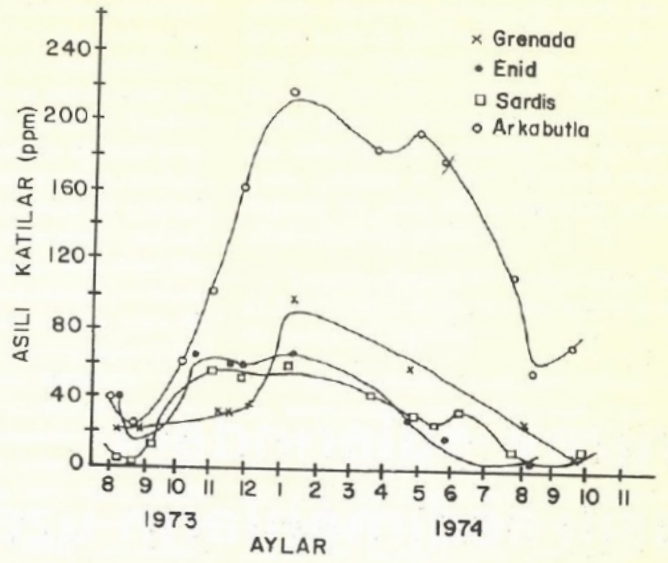
(x) Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. XLII-tir.

No. 12, December 1976, p. 1539'dan Erhan Köktöz Türkçeleştirmiş-

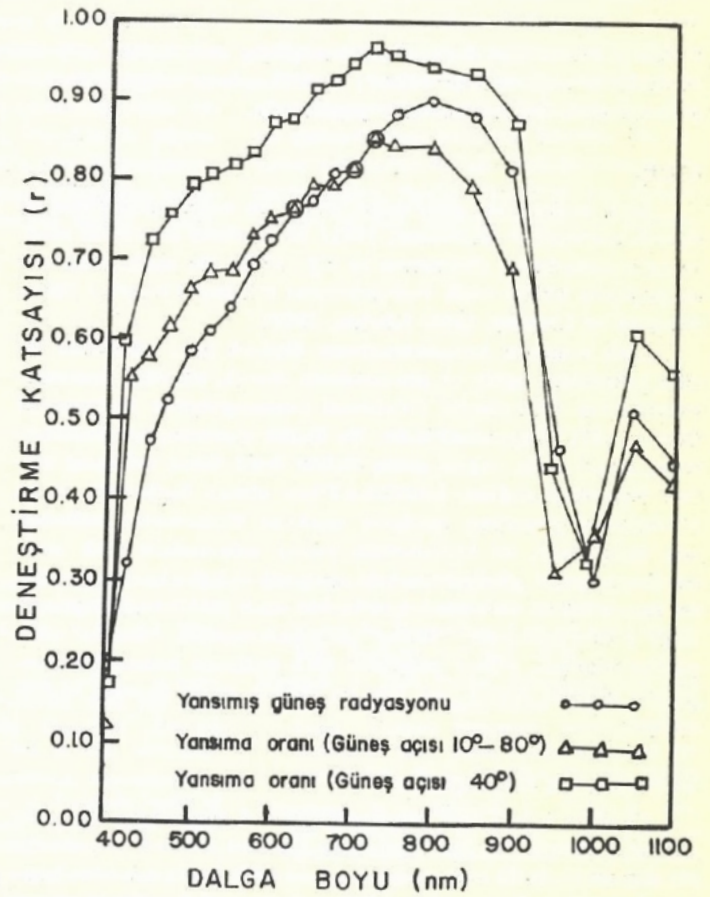
me Üst Kretase, Paleosen ve Eosen çökellerini kapsamaktadır. Lössler, derinlikleri 0 ile 3 m. arasında değişen su ayırım çizgilerini kapsar. Jeolojik formasyonlar Batı'ya dalmaktadır. Formasyonlar, Doğu'dan Batı'ya doğru Selma, Ripley, Prairie Bluff, Clayton, Porters Creek, Fearn Springs, Ackerman, Meridian, Tellahatla ve Kosciusko'dur. 6 su ayırım çizgisinin toprağı Memphis, Grenada ve Loring serilerinde etkindir. Memphis, Grenada ve Loring serileri renk ve pek çok özellikleri bakımından birbirlerine benzerler. 6 Kuzey Mississippi depolanma alanının üstündeki yansımış ve düşen güneş radyasyonu Ağustos 1973 ve Aralık 1974 tarihleri arasında, 2.95 m fiber



Şekil 2: Yüzeş suundaki asılı sedimanların farklı konsantrasyonları için yansımış güneş radyasyonu ile dalga boyu arasındaki ilişki.



Şekil 3: Bazı Kuzey Mississippi depolanmalarında, yüzeş suundaki asılı sedimanların mevsimlik dağılımları.



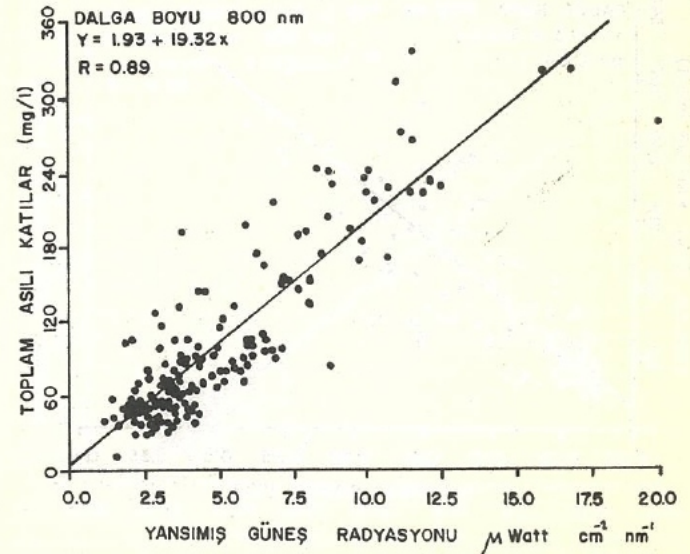
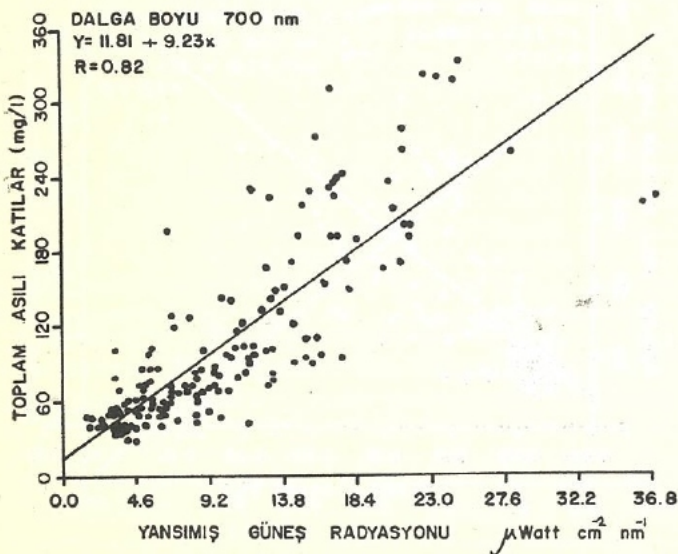
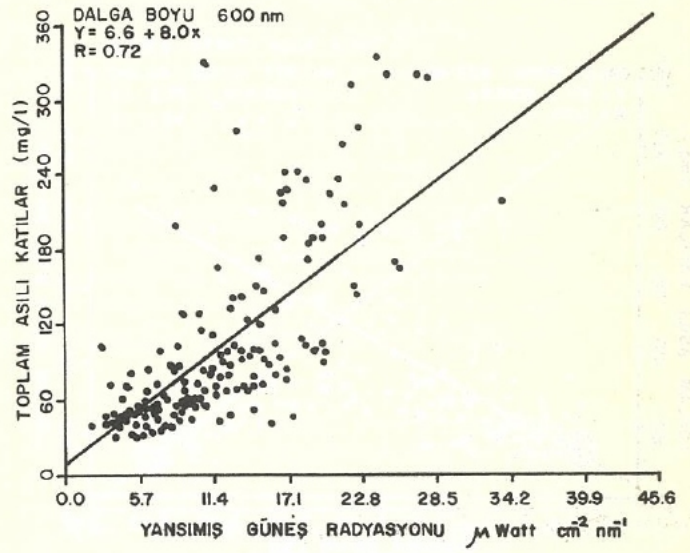
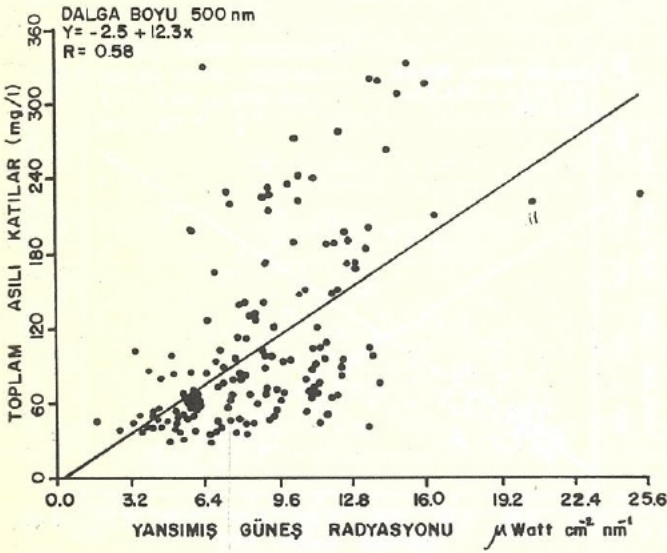
Şekil 4: Yüzeş suunda asılı sedimanların konsantrasyonunun lineer regresyonu için deneşirme katsayısı (r) ve yansımış güneş radyasyonu, gelen ışınla yansıyan ışının oranı ve dalga boyu ile arasındaki ilişkiler.

optic conduit ve teflon yayılım ekranı ile donatılmış taşınabilir bir ISCO Model SR Spektrometre ile ölçülmüştür. Yayılım ekranı, Lambert'in Kosinüs yasasına uygun olarak açısal yanıt üretmektedir. Işık borusu ve yayılım ekranı 2 m. boyundaki bir alüminyum çubuğun üstüne monte edilmiştir. Bu alüminyum çubukta kayığın yanına monte edilmiş olup, yayılım ekranı ise kayığın kenarından 1.5 m. açıktadır. Spektrometre, ISCO Model SRC Spektrometre ayarlayıcısı ile ayar edilmiştir. Güneş radyasyonu $\mu\text{Watt}/\text{cm}^2 \text{ nm}$ olarak ölçülmüştür. Yansımış güneş radyasyon verileri, toplam derinliği Secchi sönme derinliğinin en az beş katı derinlikte olan suyun yüzeyinden 20-50 cm. yukarısından ölçülmüştür. Secchi derinliği 8 - 160 cm. arasında değişmektedir. Gelen güneş radyasyonu su yüzeyine tam 180° olacak yataylıkta ölçülmüştür. Yansıyan ve gelen güneş radyasyonunun ölçümü 25-nm aralıklarla, 400-nm'den 750-nm'ye ve 50-nm aralıklarla 750-nm'den 1550-nm'ye kadar bulutsuz günlerde yapılmıştır. Güneş

açısı (Zenit'ten sapma olarak tanımlanmıştır) her veri seti için hesaplanmıştır.

Litrede miligram (mg/l) olarak tanımlanan yüzey suundaki toplam katı madde konsantrasyonu, radyasyonun okunduğu yerlerden alınan iki yüzey suyu örneğinden saptanmıştır. Örnekler toplama kabını yüzey suyuna daldırmak yoluyla toplanmıştır. Her örnekten alınan 100 ml. iyice kuruyuncaya kadar buharlaştırıldıktan sonra kalan katı kısım tartılmıştır. Çözünmüş katılardan alınan 100 ml. lik bir alıntı 0.45 mikrometre'lik filtreden geçirilip, kurutulup, tartıldıktan sonra saptanmıştır. 20 mg/l ile 50 mg/l arasında sınıflandırılan çözünmüş katılar 16 ay boyunca yapılan çalışmalarda ne mevsimsel özel biçim, ne de göller arasında farklar göstermiştir.

500 ile 600 nm, 600 ile 700 nm, 700 ile 800 nm ve 800 ile 1100 nm arasındaki gelen ve yansıyan güneş radyasyonu için



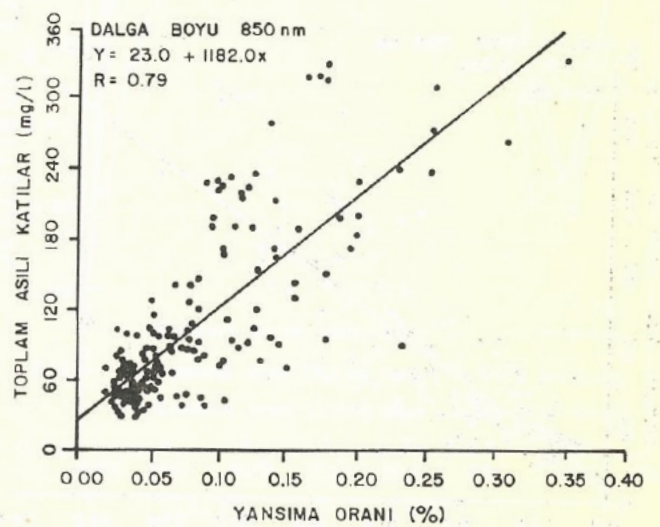
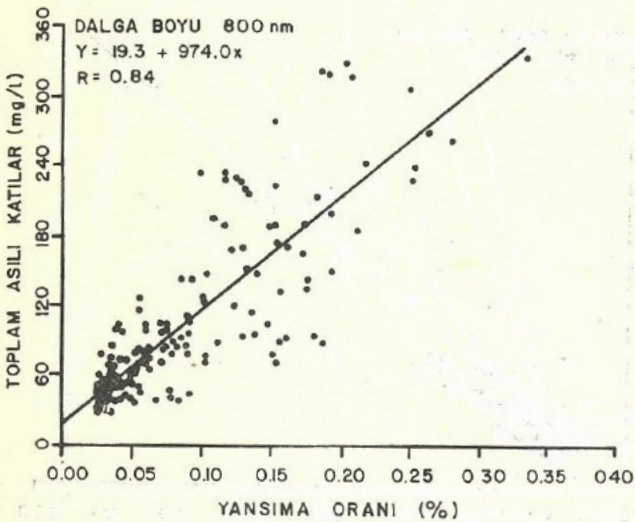
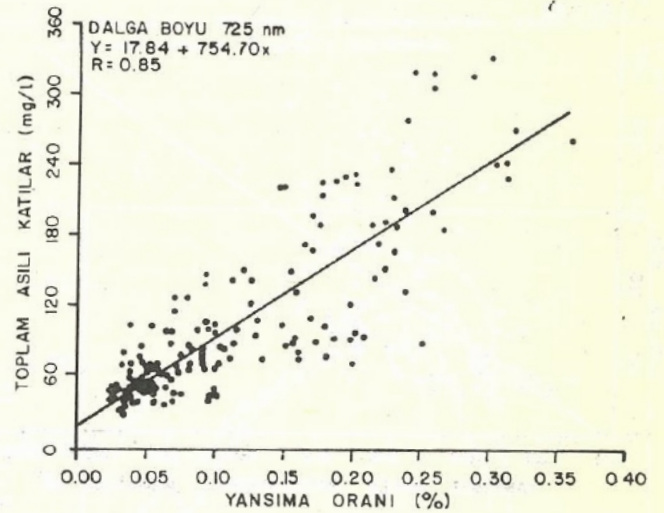
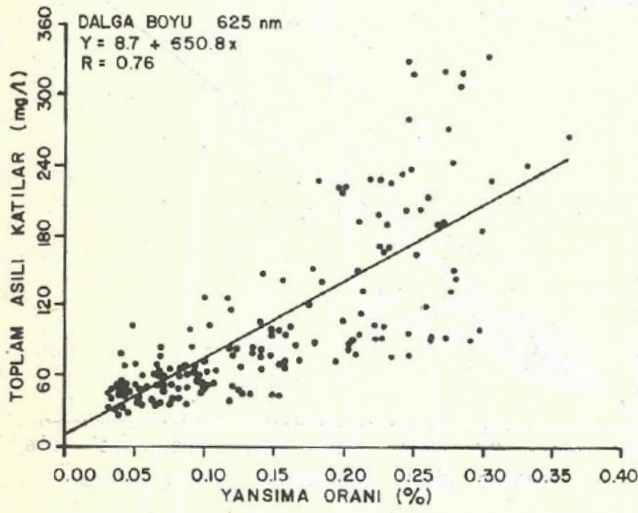
Şekil 5: Yüzey suyundaki asılı sediman konsantrasyonu ve 500, 600 700 ve 800 nm. deki yansımış güneş radyasyonu arasındaki ilişki.

veri, yansıyan güneş radyasyon tayfı altındaki sahanın entegrasyonu yoluyla ölçülür. Sayısal çalışmalar göstermiştir ki, bir lineer regresyon, en iyi, yüzey suyundaki toplam katı madde konsantrasyonu ile yansıma (yansıyan güneş radyasyonu ile gelen güneş radyasyonunun oranı) ve yansımış güneş radyasyonu arasındaki ilişkiye uyar.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Su yüzünden yansıyan güneş radyasyonu asılı sedimanların miktarı ile ve dalga boyuyla değişmektedir. (Şekil : 2). Genel olarak, 450 nm ile 900 nm arasındaki yansımış güneş radyasyonu, asılı sedimanların arttığı gibi artmaktadır. Maksimum yansımış güneş radyasyon bölgesi, düşük sediman konsantrasyonunda 600 nm'ye yükseltilmiştir. 700 ve 800 nm arasındaki güneş radyasyonu yansıma ile asılı sediman değişmesi, 400 ile 700 nm arasında görünenden daha düzgün örnek sergilemektedir. Gelen ışınla yansıyan ışın arasındaki oran ölçümleri, aynı, yansımış güneş radyasyonundaki gibi örnekleri sergile-

miştir (Ritchie ve diğ., 1974; Kalko, 1972). Yüzey suyundaki asılı sedimanlar, iklimsel faktör ve depolanma alanı yöntemi nedeniyle mevsimlik farklar göstermektedir (Şekil : 3). Veri göstermiştir ki (Şekil : 2), asılı sedimanların konsantrasyonundaki değişim, su yüzeyinden yansıyan radyasyon miktarındaki değişikliğe neden olmuştur. Lineer, en küçük alan regresyon analizleri, farklı dalga boylarındaki bu değişikliklerin değerini saptamada kullanılmıştır. Ölçülmüş lineer regresyon denkleminin uygunluğu (Şekil : 4), yansımış güneş radyasyonu için 400 mm, 800 mm arasında, gelen ışınla yansıyan ışın arasındaki oranı için 400 nm, 725 nm arasında sağlanmıştır. Su yüzeyinden yansıyan radyasyon miktarının 600 ile 700 nm arasında daha fazla olmasına rağmen, yansıyan güneş radyasyonu veya yansımayı kullanarak, lineer eşitliklerden hesaplanan asılı sedimanların ön kestirimi (tahmini) için en iyi tayf bölgesi 700 ile 800 nm arasında olacaktır. Verinin karakteristik noktaları (Şekil : 5-6), dağılımı ve 200 mg/l'den fazla asılı katı maddelerin bazı toplanmış veri noktalarını göstermektedir. Kuzey Mississipi'deki bu 6 göl'deki

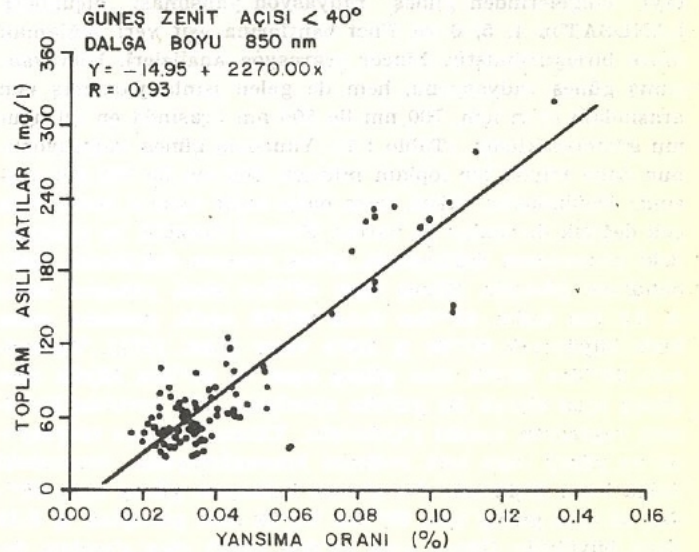
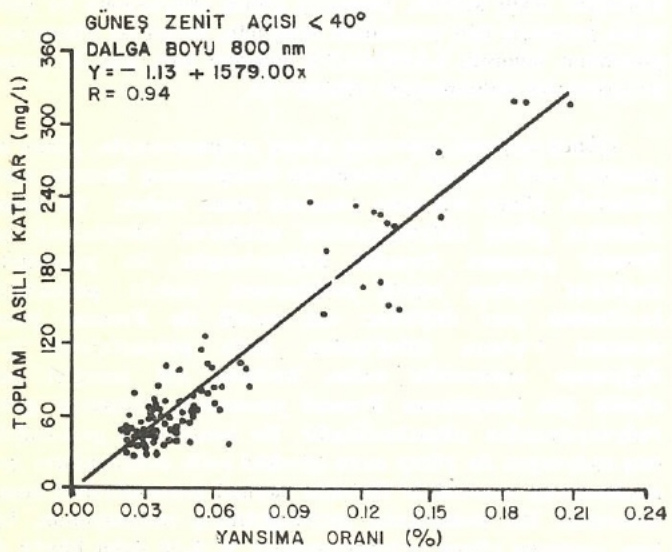
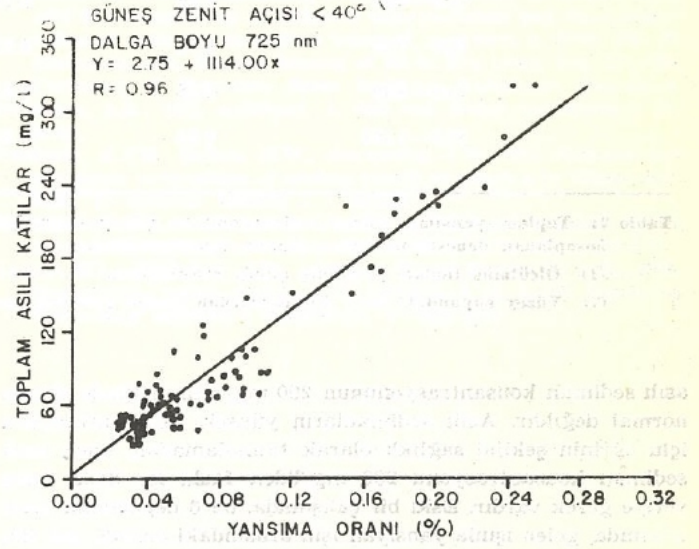
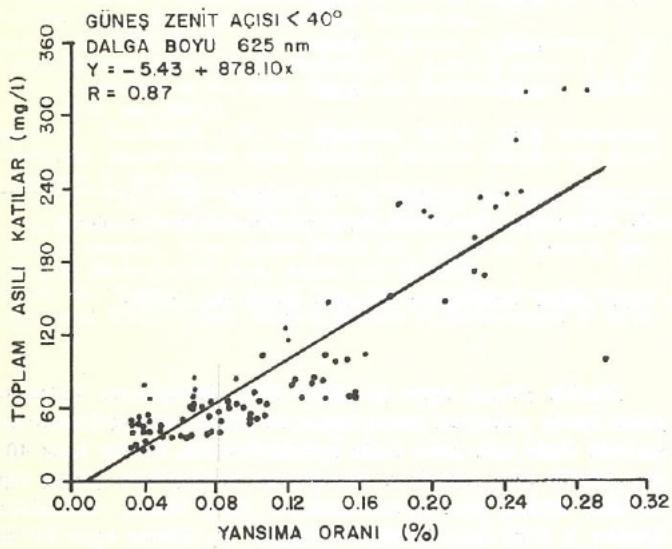


Şekil 6: Yüzey suyundaki asılı sediman konsantrasyonu ve 625, 725, 800 ve 850 nm. deki gelen ışınla yansıyan ışın oranı arasındaki ilişki.

Gelen ışınla yansımış ışın arasındaki oran

| LANDSAT Bantları | Dalga boyu (nm) | Yansımış güneş radyasyonu | | | Gelen ışınla yansımış ışın arasındaki oran | | |
|--------------------------|-----------------|---------------------------|------|------|--|------|------|
| | | Güneş açısı | | | Güneş açısı | | |
| | | 10—70° | 40° | 40° | 10—70° | 40° | 40° |
| Deneştirme katsayısı (r) | | | | | | | |
| 4 | 500—600 | 0.51 | 0.73 | 0.60 | 0.72 | 0.83 | 0.65 |
| 5 | 600—700 | 0.66 | 0.84 | 0.73 | 0.78 | 0.91 | 0.72 |
| 6 | 700—800 | 0.88 | 0.92 | 0.84 | 0.84 | 0.96 | 0.83 |
| 7 | 800—1100 | 0.84 | 0.87 | 0.78 | 0.72 | 0.90 | 0.72 |

Tablo 1: LANDSAT eşiti verilerinin lineer regresyon analizleri için deneştirme katsayıları.



Şekil 7: Güneş açısının 40°'den düşük olduğu örnekler için, 625, 725, 800 ve 850 nm. deki gelen ışınla yansıyan ışının oranı ve yüzey suyundaki asılı sediman konsantrasyonu arasındaki ilişki.

| Dalga boyu (nm) | Yansımış güneş radyasyonu | | Gelen ışınla yansıyan ışın arasındaki oran | |
|--------------------|---------------------------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| | Toplam ¹ | Negatif yansıma oranı ² | Toplam ¹ | Negatif yansıma oranı ² |
| | Denestirme katsayısı (r) | | | |
| 650 | 0.77 | 0.81 | 0.79 | 0.80 |
| 675 | 0.80 | 0.84 | 0.79 | 0.80 |
| 700 | 0.81 | 0.84 | 0.81 | 0.82 |
| 725 | 0.85 | 0.88 | 0.85 | 0.86 |
| 750 | 0.87 | 0.90 | 0.84 | 0.85 |
| 800 | 0.90 | 0.92 | 0.84 | 0.85 |
| 850 | 0.88 | 0.90 | 0.79 | 0.81 |
| 500—600 | 0.66 | 0.72 | 0.72 | 0.73 |
| 600—700 | 0.78 | 0.82 | 0.78 | 0.80 |
| 700—800 | 0.88 | 0.91 | 0.84 | 0.86 |
| 800—1100 | 0.84 | 0.88 | 0.72 | 0.75 |

Tablo 2: Toplam yansımış güneş radyasyonu ve yüzey suyundaki asılı sedimanlar arasındaki ilişki ve geri-dağılımdan, dolayı hesaplanan denestirme katsayılarının karşılaştırılması.

(1) Ölçülmüş toplam yansımış güneş radyasyonu.

(2) Yüzey suyundaki asılı sedimanlardan oluşan geri-dağılmaya bağlı olarak hesaplanmış yansımış güneş radyasyonu.

asılı sediman konsantrasyonunun 200 mg/l'nin üstünde olması normal değildir. Asılı sedimanların yüksek konsantrasyonu için eğrinin şeklini sağlıklı olarak tanımlamadan, önce, asılı sediman konsantrasyonu 200 mg/l'den fazla ise daha fazla veriye gerek vardır. Eski bir çalışmada, bu 6 depolanma alanı arasında, gelen ışınla yansıyan ışın arasındaki oranda çok küçük fark olduğu gösterilmiştir (Ritchie ve diğ., 1974). Farklı tayf bölgelerinden güneş radyasyon yansıması ölçümleri, LANDSAT'ın 4, 5, 6 ve 7'nci bantlarına eşit veri sağlamak üzere birleştirilmiştir. Lineer regresyon analizleri, hem yansımış güneş radyasyonu, hem de gelen ışınla yansımış ışın arasındaki oran için, 700 nm ile 800 nm arasında en iyi uyumu göstermektedir. (Tablo : 1). Yansımış güneş radyasyonunun daha büyük bir toplam miktarı, 600 nm ile 700 nm arasında ölçülmüştür, fakat, keza daha zayıf uyuma neden olan çok değişik durumlar da vardır. Fresnel formülü, su yüzeyindeki yansımının değişiminin, güneş açısının değişimine bağlı olduğunu gösterir. Güneş açısı 40°'den azsa, yansıma oranı % 2.5 tan azdır, 40°'den daha büyük açıda, yansıma oranı hızla büyüyerek 90°'de % 100'e varır (List, 1971). Verilerimiz, 40°'den düşük olan güneş açısı ve 40°'den büyük olan güneş açısı olarak iki guruba ayrılarak, her gurubun bir lineer regresyon analizi yapılmıştır. Yansımış güneş radyasyonu ve yüzey suyu asılı sediman konsantrasyonu arasındaki dalga boyu ilişkisinin denestirme katsayısı, güneş açısı 40°'den az olan gurup için, 40°'den büyük olan guruptan % 5-15 daha büyüktür. Güneş açısı 40°'den küçük olan gurubun denestirme katsayısı, bütün diğer örneklerin denestirme katsayısından % 2-5 daha büyüktür.

Farklı güneş açısı grupları için, denestirme katsayısı, gelen ışınla yansıyan ışının oranı ve yüzey asılı sedimanı arasındaki ilişki için daha fazla geliştirilmiştir. Güneş açısı 40°'den küçük olan gurubun denestirme katsayıları, güneş açısı 40°'den büyük olan gurubunkinden veya bütün örneklerinkinden % 5-20 daha büyüktür (Şekil: 4). Güneş açısı 40°'den düşükken ölçülen denestirme katsayıları 0,96'ya kadar yükselmiştir. Aynı şekilde, yansımış güneş radyasyonu ve gelen ışınla yansımış ışın arasındaki oran için, veriyi iki güneş açısı gurubuna bölerek, LANDSAT'a eşdeğer veri için de benzer geliştirmeler bulunmuştur (Tablo : 1).

Güneş açısının, yansımış güneş radyasyonu ile, yüzey suyundaki asılı sediman arasındaki hesaplanmış ilişkiye etkisi bilinerek, yüzey suyunun yansıma oranı nedeni ile oluşan yansımış güneş radyasyonunun miktarını hesaplamak için Fresnel yansıma formülü kullanılmıştır. Su yüzeyinden uzaktaki toplam enerji radyasyonu, sudaki parçacıklar tarafından geri dağıtılan ani enerji ile Fresnel yansımasının toplamı olduğundan, asılı parçacıkların geri dağıtması sonucunda sudan üretilen ani enerjiyi elde etmek için hesaplanan Fresnel yansıması, yansımış güneş radyasyonundan çıkarılmaktadır. Bu hesaplanan geri-dağıtılmış radyasyon ile yüzey suyu içindeki asılı sedimanların konsantrasyonu arasındaki ilişkinin sayısal parametreleri hesaplanmıştır. Bu, hesaplanan geri-dağıtılmış radyasyonun, toplam yansımış güneş radyasyonundan % 2-10 daha büyük denestirme katsayıları vardır (Tablo: 2). Aynı zamanda yansıma için denestirme katsayılarında da küçük bir ilerleme gö-

rülmüştür. Bu veriler gösteriyor ki, yansımış güneş radyasyonu ile yüzey suyundaki asılı sediman konsantrasyonu arasında nicel bir ilişki vardır. Bu nicel ilişkiyi kullanmak için en iyi tayf bölgesi 700 ile 800 nm arasında olacaktır. Güneş açısı bu ilişkilerde kesin bir etkiye sahiptir ve yansımış güneş

radasyonu ve/veya gelen ışınla yansıyan ışının oranı ile yüzey suyundaki asılı sedimanların kestirilmesi için davranıldığında göz önünde tutulmalıdır. Verilerimiz, yüzey sulu-ndaki asılı sedimanları niceliksel olarak, uzak platformlardan saptayabilme olanağının varlığını göstermektedir.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Boundurant, D.C., ve Livesey, R.H., 1965 Sedimentation aspects in recreation planning. J. Hydraulic Divison, ASCE 91 : 51-64
- Carlson, P.R., ve McCulloch, D.S., 1974, Aerial observations of suspended sediment plumes in San Francisco Bay and the adjacent Pacific Ocean. J. Research, U. S. Geological Survey, 2 : 519-526.
- Clark, D.K., Zaitseff, J.B., Strees, L.V., ve Ghidden, W.S., 1974, Computer derived coastal waters classifications via spectra signatures, Proc. of Ninth Int. Symp. on Remote Sensing of environment. 9 : 1213-1239.
- Johnson, R. W., 1975, Quantative sediment mapping from remotely sensed multispectral data, p. 565-576. IN : F. Shahrokhi (ed) Remote Sensing of Earth Resources, Vol. IV, the University of Tennessee Space Institute, Tullahoma, Tennessee.
- Kaldo, A.G., 1972, Study of suspended sediment in reservoirs by spectral luminance method. Hydrology : Selected papers 2 : 101-110 (Translation of the State Hydrologic Institute-Trudy GGI-No. 191 (1972) pp. 159-171.
- Klemas, V., Borchardt, J.F., ve Treasure, W. M., 1973, Suspended sediment observations from ERTS-1. Remote Sensing of Environment 2: 205-221.
- , Otley, M., Philpot, W., ve Rogers, R., 1974, Correlation of coastal water turbidity and circulation with ERTS-1 and skylab imagery, Proc. of the Ninth Int. Symp. on Remote Sensing of Environment, Ann, Arbor, pp. 1289-1317.
- Kritikos, H., Yorinks, ve Smith, H., 1974, Suspended solids analyses using ERTS-A data. Remote Sensing of Environment 3: 69-78.
- List, R. J., 1971, Smithsonian meteorological tables. Smithsonian Institute Press, Washington D.C., p. 444.
- National Oceanographic Instrument Center., 1974, Proceedings NOIC turbidity workshop. U.S. Department of Commerce, NOAA, Washington D.C. 216 p.
- Plonke, S.H.B., ve Blanchard, B.J., 1975, The Remote Sensing of suspended sediment concentrations of small impoundments. Water, Air and Soil Pollution 4 : 19-32.
- Ritchie, J.C., 1972, Sediment, fish and fish habitat. J. of soil and water conservation 27 : 124-125.
- , McHenry, J.R., Schiebe, F.R., ve Wilson, R.B., 1974 The relationship of reflected solar radiation and the concentration of sediment in surface water of reservoirs p. 57-72. IN: F. Shahrokhi (ed), Remote Sensing of Earth Resources, Vol. III, The University of Tennessee Space Institute, Tullahoma, Tennessee.
- Robinson, A.R., 1971, Sediment. J. Soil and Water Conservation 26: 61-62.
- Romkens, M.J.M., Nelson, D.W., Mannering, J.W. 1973, Nitrogen and phosphorus composition of surface runoff as affected by tillage methods. J. Environ. Quality 2 : 292-295.
- Williamson, A.N., 1974, Interpretation of multispectral remote sensor data. I. Surveying and mapping division ASCE, 100 : 143-153.
- Yarger, H.L., McCauley, J.R., James, G.W., ve Magnuson, L.M., 1974, Quantitative water quality with ERTS-1. 3 rd Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, p. 1637-1651.