

# Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Sediment Taşınması ve Kıyı Erozyonu Etkileşimleri

## Giriş

Genel olarak düşünüldüğünde, akarsuların sediment yükünün taşınması, denize girişi ve dağılımı henüz nitelik ve nicelik olarak en az çalışılmış konuları oluşturmaktadır. Bunun sebebi, bu olayın karmaşık yapısı ve ölçümlerin yapılmasının zorluğudur. Sedimentin hareketi ve taşınması her hidrolitik koşul için farklı özelliklerde oluşur. Bundan başka, katı maddelerin taşınma şekli nehrin başından sonuna kadar devamlı değişme gösterdiği gibi, erozyon ve birikme nehir boyunca her yerde oluşabilir. Alüvyon madde birikimi nehrin ağzında ve kıyıda malzeme taşıma kapasitesini azaltmasına rağmen, sonuçta birikme ve dağılım yeri deniz ortamıdır. Nehirlerdeki sediment birikimi ve taşınması olaylarına kıyasla sedimentin denize girişi ve deniz ortamında dağılması daha karmaşık yapıdadır. Farklı yoğunluklardaki su sonuçta denize ulaşarak çevrim içine girse bile, bunun bir kısmını kontrol edilen nehirlerdeki rezervuarlarda tutulur veya endüstriyel amaçlı kullanılır. Denize ulaşan sedimentin bir kısmı kapalı koy ve limanlarda tutularak denize karışmaları engellenir. Partikül boyutları bakımından sahil zonu için çok önemli olan dip sedimentlerinin derin denizaltı vadilerindeki sediment kanallarına akmaları da çoğu kez önlenemez.

Lokal koşullara bağlı olarak dalga hareketleri kıyı zonundaki kayaları aşındırarak kıyının karaya doğru ilerlemesine veya parçalanmış partikülleri kıyıya doğru taşıyarak sediment birikimine sebep olur. Bu durum, önemli faktörler arasında bir dengenin oluşmasına ve neticede kıyıda stabil bir profilin oluşmasına sebep olur. Bununla birlikte, deniz dibi profili prosesleri ve stabil kıyı çizgisi oluşumu birbirinde ayrı olarak düşünülemez. Bu oluşumlar insanların ekonomik aktiviteleri ile de çok yakından ilişkilidir. Kıyı bölgeleri, kendilerine etkileyen rüzgâr, dalga, akıntı gibi çeşitli dış etmenler ve kendilerini besleyen akarsular gibi kaynakların ve kendilerinden malzeme kaybına yol açan çeşitli faktörlerin etkisi altında binlerce yıllarla ifade edilebilen süreçte, kum, çakıl, silt ve kil gibi katı madde (sediment) taşınımı açısından dinamik bir dengeye ulaşır. Kıyı dengesini bozacak bir faktör etkin olmadığı sürece, kıyılarda önemli ölçüde erozyon (kıyı gerilemesi) veya yığılma (kıyı ilerlemesi) durumlarıyla karşılaşmaz. Kıyının dinamik dengesini bozan en önemli faktörler, mevsimlerdeki anormal değişimler sonucu büyük fırtınala-

**Tablo 1 - Karadeniz'e dökülen önemli nehirler için yıllık akış miktarları**

Nehir	Yıllık debi (km <sup>3</sup> )	%
Tuna	200	57.5
Dinyeper	43.5	12.5
Rioni	13.37	3.8
Dinyester	9.1	2.6
Çoruh	8.71	2.5
Kızılırmak	5.90	1.7
Sakarya	5.60	1.6
Yeşilirmak	5.30	1.5
Kodori	4.17	1.2
Bzyb	3.79	1.1



yükü 300.000 m<sup>3</sup>, Harşit ile Yeşilirmak arasındakilerin toplam yükü ise 850.000 m<sup>3</sup>'dür. Hesaplar 2-3 milyon m<sup>3</sup> nehir yükünün Türkiye'de sahil formasyonuna kullanıldığını, deniz sedimentlerinin de 5.6 milyon m<sup>3</sup> olduğunu göstermektedir. Nehirlerin kontrolü (Barajlar vb) ve endüstriyel amaçlı su kullanımı sebebiyle, önemli nehirlerdeki sediment yükü çok fazla düşüm göstermiştir (Yeşilirmak ve Kızılırmak'ta %97, Sakarya nehri'nde %19). Rezervuarlarda hemen hemen tamamen tutulmaları nedeniyle, büyük boyutlu partiküller önemli derecede azalmaktadır. Türkiye'de Karadeniz nehirlerinin kontrolü çalışmaları 1980 yılında başlamıştır. Önceleri haliçlerde önemli etkisi olmayan sediment hareketleri, barajların yapılması ile değişerek, denize taşınan sediment miktarında azalma oluşmuştur. Günümüzde Türkiye'de Karadeniz havzası nehirlerindeki rezervuarlarda yılda 17 milyon m<sup>3</sup>'ten fazla sediment tutulmaktadır. Normal koşullar altında ise, Karadeniz'e nehirlerden ulaşan sediment miktarının yılda 25-26 milyon m<sup>3</sup> olması gerekmektedir.

## Gürcistan Kıyılarındaki Akarsuların Sediment Yükleri

Karadeniz'in Gürcistan kıyıları, nehir yükü, deniz sahili ve denizde malzeme birikimi arasındaki ilişkilerin çok açıkça görüldüğü birkaç yerden biridir. Bu bölgede, nehir sediment yükünün oluşumu ve endüstriyel amaçlı kullanımı yanında çok miktarda sedimentin derin denizaltı kanyonlarına akmasına rağmen, denizdeki sediment birikimi, nehirlerdeki doğal yük çevriminin dengesi ile ilişkilidir.

Nehirlerin taşıdığı toplam 11.100.000 m<sup>3</sup> yükün 4.300.000 m<sup>3</sup>'ü denize ulaşmaktadır. Bunun 2.300.000 m<sup>3</sup>'ü sahil zonunda kalarak kıyı oluşumunu sağlamakta, 2.000.000 m<sup>3</sup>'ü ise derin kanyonların kanallarına akmaktadır. 6.800.000 m<sup>3</sup> ince malzeme sahil zonundan açık denize taşınmaktadır. Bu bölgedeki sedimentin partikül boyutları Karadeniz'in diğer bölgelerine kıyasla daha büyüktür. Denize verilen yükün %90'ından fazlası büyük nehirler (Bzyb, Kodori, Inguri, Rioni ve Çoruh) tarafından verilmektedir (Şekil 2; Tablo 4).

Gürcistan'da rezervuarlar ve endüstriyel yapılar tarafından nehirler kontrol edildiği için, nehirlerin doğal dinamikleri zamanla ciddi şekilde değişmiştir. Bunun sonucunda Gürcistan kıyılarındaki akarsuların taşıdıkları sediment yükleri azalmaktadır. Nehirlerin kontrolü 1936 yılında başlamıştır. Nehir suyu yüzyıllardır sulama için kullanılmaktadır. 1933 den itibaren Rioni Nehri ve kolları üzerinde hidroelektrik santraller kurulmuştur. Bunlardan Gumatri hidroelektrik santrali nedeniyle 1958 den beri nehrin sediment yükü yarıya düşmüştür. Kum elde etmek için taşocağı işletmeciliği sahildeki nehir sediment yükünü %15 azaltmıştır.

Gürcistan kısmında bulunan deniz altı vadilerinin derinliklerine yılda 2.000.000 m<sup>3</sup> büyük boyutlu partikül madde taşınmaktadır. Kıyı oluşumunu sağlayan sedimentin en büyük kısmı Çoruh kanyonu tarafından yutulmaktadır. Bunun miktarı yılda 1.800.000 m<sup>3</sup> değerine ulaşabilmekte ve ayrıca 100.000 m<sup>3</sup> sediment Kodori kanyonunda kaybolmaktadır. Daha küçük miktarlar da Bzyb, Rioni

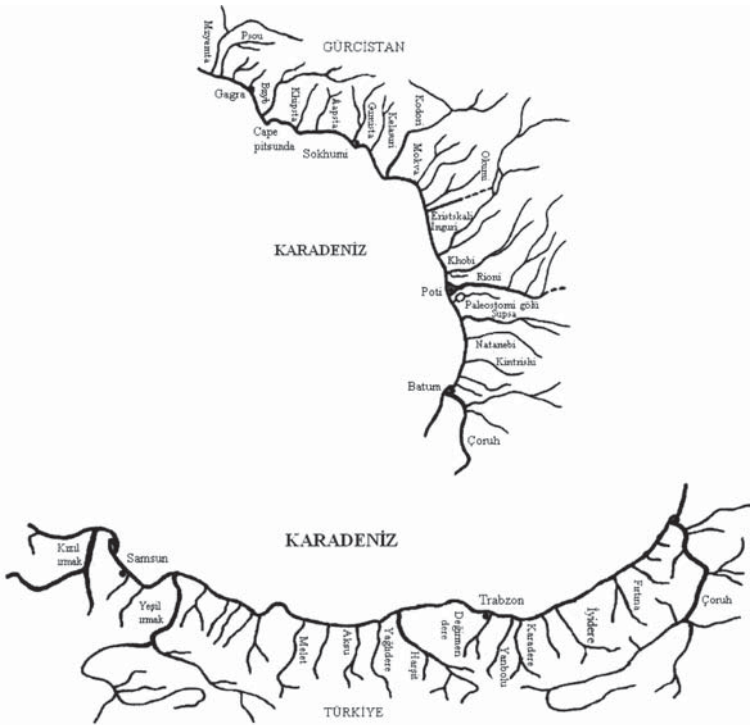
**Tablo 2 - Karadeniz çevresinde nehir yüklerinin bölgesel değerleri (Jaoshvili,2002)**

Bölge	Mevcut Durumda nehir yükü			Kontrol öncesi Nehir yükü hacmi (Milyon m <sup>3</sup> )
	(Milyon m <sup>3</sup> ) Toplam	Sahil Şeridi	Deniz	
Kuzey doğu kısmı	0.93	0.32	0.61	1.00
Doğu kısmı	11.1	4.30	6.80	14.5
Güney kısmı	8.00	2.50	5.50	25.5
Batı kısmı	0.45	0.10	0.35	0.85
Tuna	30.0	3.00	27.0	50.0
Kuzey batı kısmı	1.66	1.50	0.16	3.00
Kırım	0.075	0.025	0.050	0.09
<b>Toplam</b>	<b>52.2</b>	<b>11.7</b>	<b>40.5</b>	<b>94.0</b>

**Tablo 3 - Türkiye'de Karadeniz'e dökülen akarsularının sediment yükleri (Jaoshvili,2002)**

Nehir Havzası	Bin ton/yıl	Sediment yükü Bin m <sup>3</sup> /yıl	m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> yıl
Çoruh ile Harşit arası		(750)	(80)
Harşit		(300)	(85)
Harşit ile Yeşilirmak arası		(850)	(75)
Yeşilirmak	<u>330</u> 12 500*	<u>195</u> 7 350*	<u>205</u> *
Yeşilirmak ile Kızılırmak arası		(175)	(70)
Kızılırmak	<u>440</u> 16 700*	<u>260</u> 9 800*	<u>125</u> *
Kızılırmak ile Filyos arası		(600)	(60)
Filyos(Yenice)	3 700	2 170	170
Filyos ile Sakarya arası		(220)	(60)
Sakarya	<u>3 800</u> 4 600*	<u>2 230</u> 2 700*	<u>50</u> *
Sakarya ile Mutludere (Rezovska) arası		(250)	(50)
*Kontrol öncesi			

ve Supsa kanyonlarında kaybolmaktadır. Ayrıca yan kanyonlarda da kayıplar oluşmaktadır. Batum limanının dalgakıranının yakınında biriken fazla sedimentin küçük bir itki tesiriyle Batum kanyonuna kayması birkaç kez olmuştur. Sadece bir olayda 50.000 m<sup>3</sup>'den fazla sediment kaybı olabilmektedir.



**Şekil 2 - Doğu Karadeniz'de Türkiye ve Gürcistan'da bulunan nehir, akarsu ve dereler**

Inguri'de hidroelektrik santral için inşa edilen kemer barajı sebebiyle sahildeki nehir yükü %83 azalmıştır. Sokhumi santralinin inşa edilmesi Gumista'daki yükü azaltmıştır. Benzeri durumlar diğer nehirlerde de mevcuttur. Nehirlerden malzeme alınması nehirlerin doğal dinamik dengelerini bozmakta ve sediment yükü üzerinde çok büyük etkiler yapmaktadır. Örneğin, 1972'den buyana Çoruh Nehri'nin ağzından 7 km içeride bulunan malzeme ocağından yılda 600.000 m<sup>3</sup> iri alüvyon malzeme nehir yatağından çıkarılmıştır. Benzeri şekilde Rioni Nehri'nin ağzından 50 km içerideki Sadzhevakho ilçesinin yakınındaki malzeme ocağından yılda 500.000 m<sup>3</sup> kum ve çakıl alınmaktadır. Kodori'den çekilen malzeme miktarı 150.000 m<sup>3</sup> kadardır. Küçük miktarlarda malzeme çekimi her yerde yapılmaktadır. Çekilen malzeme miktarı bir defa yapılması halinde bile küçük akarsuların yıllık sediment yükünü aşabilmekte ve özellikle küçük akarsuların dinamik dengelerine çok zarar vermektedir. Örneğin 1997-1998 arasında bir benzin terminalinin inşası için 40.000 m<sup>3</sup> alüvyon çekilmiş-

**Tablo 4 - Gürcistan'ın Karadeniz'e dökülen akarsularının sediment yükü ve sahilde ve denizde sediment birikim miktarları (Jaoshvili,2002)**

Nehir	Nehirden gelen sediment yükü			Sahilde birikme (m <sup>3</sup> /yıl)	Denizde Birikme (m <sup>3</sup> /yıl)
	(Bin ton/yıl)	(Bin m <sup>3</sup> /yıl)	(m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> yıl)		
Psou	158	90.8	215	38.0	52.8
Khashupse	80.5	46.0	230	23.8	22.2
Zhove-Kvara	53.7	30.7	426	15.3	15.4
Bzyb	767	445	295	133	312
Mchishta	20.2	11.7	69.2	2.2	9.5
Khipsta	34.4	19.7	119	11.0	8.7
Aapsta	37.7	21.6	88.8	9.5	12.1
Gumista	264	153	265	46.0	107
Besleti	12.0	6.85	84.0	2.5	4.35
Kelasuri	84.2	48.5	220	27.4	21.1
Madzharka	15.9	9.05	79.3	5.0	4.05
Kodori	1 295	754	371	362	392
Tumush	3.35	1.9	30.5	0.85	1.05
Dgamysh	9.0	5.1	42.5	1.85	3.25
Tskenistskali	3.35	1.9	31.1	0.8	1.1
Mokva	46.8	27.5	81.9	8.3	19.2
Galidzga	94.7	54.6	113	21.6	33.0
Okumi	34.5	19.7	74.5	7.2	12.5
Eristskali Canal	-	-	-	-	-
Inguri	<u>450</u> 2 700*	<u>260</u> 1 500*	<u>385</u> 385*	<u>78.0</u> 490*	<u>182</u> 1 010*
Khobi	221	130	97.0	40.0	90.0
Rioni –north delta	3 390	1 990	264	610	1 380
Rioni –south delta	2 630	1 550		4 50	1 100
Supsa	246	143	126	46.0	97.0
Natanebi	146	84.9	129	36.2	48.7
Kintrishi	22.3	12.6	43.2	6.9	5.7
Chakvistskali	19.0	10.6	61.4	8.5	2.1
Korolistskali	8.30	4.6	83.6	3.5	1.1
Chorokhi (Çoruh)	8 440	4 920	222	2 310	2 610

\*Kontrol Öncesi

tir. Yakın bir gelecekte Türkiye'deki kontrol çalışmaları (Çoruh barajları) sebebiyle Çoruh Nehri'nin ağzında ve Acaristan sahil zonunda büyük değişmelerin olması beklenmektedir. Sediment miktarındaki ve partikül boyutundaki azalma 10 yıldır sürmektedir. Çoruh barajları tamamlanınca bu nehrin sediment yükü çok azalacaktır. Bu kaybın yapay besleme gibi yöntemlerle karşılanması mümkün değildir. Gürcistan'daki akarsuların bu kaybı karşılayabilmesi mümkün değildir. Gerekli önlemler alınmazsa Çoruh ve Batum arasındaki yoğun yerleşim yerleri dalgalar tarafından ciddi şekilde erozyona uğrayabilecektir. Yeni benzin terminalinin inşa edildiği Khobi Nehri'nin ağzında önemli değişmelerin olması beklenmektedir.

## Tartışma ve Sonuçlar

Kıyı dengesini bozan yapay faktörlerin en önemlileri; kıyıda malzeme alınması, kıyıyı besleyen malzemenin engellenmesi ve teknolojik yapılaşmalar sonucu kıyıda sediment taşınım rejiminin bozulmasıdır. Liman ve barınak mendireklerinin sebep olduğu erozyon ve liman basenindeki sığlaşma problemleri ile mahmuz ve açık deniz mendireği gibi kıyı yapılarının ve barajların akarsularında ve deniz kıyısında sediment taşınım şeklini ve miktarını etkilemeleri sonucunda, Doğu Karadeniz akarsularında ve deniz kıyılarında önemli morfolojik değişimler oluşmaktadır.

Karadeniz'de kara kökenli malzeme nehirler tarafından taşınarak sediment yükü olarak denize getirilmektedir. Bu önemli konu taşıdığı önceliğe rağmen, Karadeniz havzasının sediment yükü bütün bölgelerde aynı ve yeterli derecede araştırılmamış olup, sadece bazı bölgeler için yapılmış bazı araştırmalar vardır. Bu nedenle kapalı bir rezervuar olan Karadeniz'e verilen ve dağılan sediment yükü hakkında elde olan verilerin güvenilirliği tartışma götürür durum göstermektedir.

Türkiye'de doğu Karadeniz'de kıyı kara yolu, barajlar ve HES'ler ile yoğun bir yapılaşma sürdürülmekte ve kıyı zonu morfolojisi bunların doğrudan veya dolaylı olarak etkisi altında kalmaktadır. Hidrolik model çalışmaları ve ÇED raporları yeterlilik, içerik ve kapsam bakımından tartışmalı yapı göstermektedir. Çok yapı sistemleri için kümülatif etki değerlendirme raporlarının yapılmasına henüz başlanamamıştır. Bu bölgede, akarsulardan ve kıyıda malzeme alınması, kıyıyı besleyen malzemenin engellenmesi ve teknolojik yapılaşmalar sonucu kıyıda sediment taşınım rejiminde büyük değişimler oluşmuştur. Liman ve barınak mendireklerinin sebep olduğu erozyon ve liman basenindeki sığlaşma problemleri ile mahmuz ve açık deniz mendireği gibi kıyı yapılarının ve barajların akarsulardaki sediment taşınım şeklini ve miktarını etkilemeleri sonucunda, doğu Karadeniz akarsularında ve deniz kıyılarında önemli morfolojik değişimler oluşmaktadır. Bunların incelenmesine yönelik çalışmalar ise yetersiz kalmaktadır. Örneğin yapımının tamamına yakını tamamlanan ve bölge trafiğine önemli bir rahatlama getirmekte olan Karadeniz Sahil Yolu'nun güzergâhı, yeterince araştırma yapılmadan deniz kenarından geçirilmiş ve bu yolu korumak için yapılan çok sayıda yapı nedeniyle kıyıda sediment dağılım ve taşınım rejimi bozulmuştur. Bu güzergâhın seçilmesi, kıyı hukuku, yönetimi, ekolojisi ve mühendisliği açısından da çeşitli sakıncalar taşımaktadır.

Gürcistan su temini ve endüstri gereksinimi için Çoruh Nehri'nin suyunu kullanmamaktadır. Zirai amaçlı olarak kullanılan suyun miktarı da azdır. Çoruh Nehri üzerinde planlanan barajlar hidroelektrik amaçlı olduğu için, Gürcistan nehirdeki su akışındaki değişimlerden etkilenmeyecektir. Bu nedenle, su kalitesi üzerindeki etkilerde önemli olmayacaktır. Gürcistan'ın enerji üretimi ve su gereksinimi açısından Çoruh Nehri'ne bağımlı olmaması iki ülke arasındaki potansiyel anlaşmazlıkları azaltmaktadır. En önemli problem nehrin sediment yükü rejiminde oluşacak büyük değişimin Çoruh deltasında ve özellikle Batum'un kıyı kesimlerinde sebep olacağı kıyı erozyonu ve bunun balıkçılık üzerindeki potansiyel etkileridir. Çoruh Nehri Doğu Karadeniz'e taşınan toplam sediment yükünün %32'ni getirmektedir. Batum kıyıları ve sahil kesimi esas olarak Çoruh Nehri'nin taşıdığı sediment ile beslenmektedir. Çoruh barajları ile bunun %83 oranında azaltılması Gürcistan kıyıları için potansiyel erozyon tehlikesi taşımaktadır. Benzeri problemler halen Gürcistan'daki Rioni ve Enguri Nehirleri üzerindeki barajlar sebebiyle de oluşmuştur.

## Kaynaklar

- Algan O., Gazioglu C., Yuçel Z., Cagatay N., Gonencil B. *Sediment and Freshwater Discharges of the Anatolian River into the Black Sea // IOC-BSRC Workshop «Black Sea Fluxes». Workshop Report No. 145. Paris: UNESCO, 2000. P. 38–50.*
- Berkün, M., Anılan, T., Aras, E., 2010. *Doğu Karadeniz Bölgesi Akarsularında Sediment Taşınması, Barajlar ve Kıyı Erozyonu Etkileşimleri, Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları VIII. Ulusal Kongresi, KTÜ, Trabzon (Cilt 3, 1169-1179).*
- Barbosa, F.A.R., Padisak J., Espindola E.L.G., Borics G., Rocha O., 1999. *The cascading reservoir continuum concept (CRCC) and its application to the river Tiete-basin, Sao Paulo State, Brazil in Tundisi. J.G. and M Straskraba, M. (Eds): theoretical Reservoir Ecology and its Applications. Leiden, The Netherlands, Blackhuy Publishers.*
- ENCON, *Yusufeli Dam and Hydroelectric Power Project Environmental Impact Assessment, Ankara, Turkey, (2006).*
- Hay, B. J. *Sediment and water discharge rates of Turkish Black Sea rivers before and after hydropower dam construction // Environmental Geology, 23, 1994. P. 276–283.*
- Jaoshvili, S., 2002, *The rivers of the Black Sea, European Environment Agency, Technical report No 71.*
- Milliman, J. D. *Transfer of river-born particular material to the Ocean river inputs to ocean systems. Switzerland. UNEP UNESCO, 1981. P. 5–12.*
- Milliman, J. D., Meade R. H. *World-wide delivery of river sediment to the Ocean // The Journal Geology. 1983. V.91, P. 1–21.*
- Milliman J., Syvitski J. *Geomorphologic/Tectonic control of sediment discharge to the Ocean: The importance of small mountainous rivers // The Journal of Geology. 1992. V.100. P. 525–544.*