

## Sediment Tane Büyüklüğüne Bağlı Bulanıklık- Konsantrasyon İlişkilerinin Belirlenmesi

Ramazan MERAL<sup>1</sup> Sebahattin KAYA<sup>1</sup> Yasin DEMİR<sup>2</sup> Azize DOĞAN DEMİR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bingöl (rmeral@bingol.edu.tr)

<sup>2</sup>Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bingöl

Geliş Tarihi : 15.02.2013

Kabul Tarihi : 16.04.2013

**ÖZET :** Akarsularda sediment ölçümü erozyonla kaybolan toprak miktarının tahmininde, su kirliliğinin kontrol edilmesinde, su depolama yapılarının planlanması ve yönetiminde büyük önem taşımaktadır. Ancak sediment taşınımının alan ve zamansal bazlı çok değişken olması nedeniyle yeterli doğrulukta ölçülmesi oldukça zordur. Geleneksel sediment ölçümlerinde örnekleme ve laboratuvar işlemleri pek çok zorluklar içermekle birlikte ölçümlerde sürekliliği de sağlayamamaktadır. Alternatif bir yöntem olarak bulanık değerleri ile dolaylı olarak sediment değerleri tahmin edilebilmektedir. Bulanıklığın su içerisindeki parçacıkların ışığı yansıtmasına bağlı olarak değişmesinden hareketle konsantrasyon hakkında gerçekçi tahminler elde edilmektedir. Nispeten ucuz ve kullanımı kolay olan bu yöntem uygun kalibre koşullarında kullanıldığında sedimentin sürekli izlenmesine olanak sağlayabilecek niteliktedir. Burada önemli olan nokta, sedimentin özellikleri ve su kalitesine bağlı olarak bulanıklık değerlerinin farklı şekillerde etkilenmesidir. Bu problemin doğrudan örnekleme yöntemiyle daha sık kalibre kontrollerinin yapılmasıyla veya debi, su kalitesi ve sediment tane özellikleri gibi etkenlerin tanımlanmasıyla elimine edilebileceği düşünülmektedir. Bu amaçla gözetilerek bu çalışmada sediment tane çap değişiminin bulanıklık değerlerine etkisi ve sediment konsantrasyon ilişkileri incelenmiştir. Bu amaçla 0-50, 50-100, 100-200 ve 200-250 mikron aralıklarında dört farklı sediment materyali için bulanıklık ölçümleri yapılmıştır. Dane çapı en düşük olan ortamda en yüksek bulanıklık değerleri elde edilirken dane çapının artmasına bağlı bulanıklık değerleri de düşmüştür. Bu durum kil içeriği daha yüksek örneklerde sediment bulanıklık ilişkisini düşürürken, yüksek konsantrasyon ( $> 4 \text{ g L}^{-1}$ ) değerlerinde bulanıklık ölçümlerinin hata verdiği görülmüştür. Bununla beraber bulanıklık - konsantrasyon arasındaki  $R^2$  değerleri tüm konularda 0.90'ın üzerinde bulunmuştur. Sonuç olarak bulanıklık ölçümü, ucuz ve kullanım kolaylığı yanı sıra, yeterli doğrulukta ve sürekli sediment izleme amaçlı kullanılabilirliği anlaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sediment, Bulanıklık, Su kirliliği.

### Assessment of Turbidity-Concentration Relations in Different Sediment Sizes

**ABSTRACT :** Measurements of suspended sediments in rivers are important for understanding soil losses, controlling water pollution, planning and management of water storage structures. Due to temporal and spatial variation, measurement of suspended sediments is very difficult. The traditional technique for measuring concentration is direct water sampling method which has many sampling and laboratory difficulties. However, this technique is restrictive in its ability to provide continuous monitoring of suspended sediment concentration. Turbidity measurement is an alternative indirect method to determine sediment concentration. Changes in turbidity values depending on particles in water, sediment concentration can be estimated. This method is relatively cheap and easy, and it supply continuous monitoring with suitable calibrations. But it can be considered of particles and water properties effect on turbidity. This problem can be solved with more frequently calibration or definition of effective factors. In this study particles size affecting on turbidity values was investigated with using four different sediment sizes (0-50, 50-100, 100-200 and 200-250 micron)

The highest turbidity values were determined for small size sediment and it decreased for bigger sediment size. Clay content decreased of relationship between sediment and turbidity and caused reading error for high concentration ( $> 4 \text{ g L}^{-1}$ ). However  $R^2$  values were obtained bigger than 0.90 for all treatments. As a result of this study it could be concluded that this method can be used for sediment concentration measurement with adequately accuracy besides cheap and easy using advantages.

**Keywords:** Sediment, Turbidity, Water pollution.

### GİRİŞ

Süspanse sediment taşınımı hidrolojik çalışmalarda önemli bir parametre olup; akım, havza ve iklim özelliklerine bağlı olarak zamansal değişim göstermektedir. Bu bakımdan sürekli ölçümde bir takım güçlükler bulunmaktadır. Genel olarak sediment ölçümleri özel bazı ekipmanlarla alınan su örneklerinin laboratuvarda filtre edilmesiyle yapılmaktadır. Ancak bu metot, alınabilecek örnek sayısını sınırlamasıyla, alındığı nehir kesitini hem alansal hem de zaman bazlı yeterli doğrulukta temsil edememektedir. Sürekli sediment izleme amaçlı daha gelişmiş yöntemlerin kullanılma gerekliliği mevcut olup; son yıllarda teknolojik gelişmelerle beraber, ses veya ışığın su içerisindeki hareketinden yararlanarak

sediment miktarının tahmin edilmesi çalışmaları önem kazanmıştır. Bulanıklık ölçümleri bu amaçla kullanılabilir ekonomik ve kullanımı kolay alternatif bir yöntem olup artan bir şekilde kullanım alanı bulmaktadır (Nakato, 1988; McBean and Al-Nassri, 1988).

Bulanıklık, su içerisinde geçen ışıktan ziyade tutulan ve yansıtılan ışığın neden olduğu optik bir özellik olarak tanımlanmaktadır (APHA, 1999). Su içerisindeki sediment parçacıklarının ışığı yansıtması, sedimentin konsantrasyonu hakkında yorum yapmayı sağlamaktadır. Sürekli olarak bulanıklığın ölçülmesi olanağı sürekli sediment izlemeyi de sağlamış olacaktır (Gray vd., 2002).

Sediment ölçümlerinde bulanıklık değerinin, NTU (Nephelometric turbidity units), kullanılması dolaylı bir yöntem olup, bulanıklık ile sediment konsantrasyonu (SSC) arasında istatistiksel ilişkilerin elde edilmesine dayalıdır. Bu ilişki genel olarak lineer, non-lineer veya polynomial fonksiyonu şeklinde olmaktadır (Sun vd., 2001)

Bulanıklık değerleri sediment konsantrasyonun yanı sıra sediment boyutu, rengi ve mineral bileşimine bağlı olarak ta değişim göstermektedir. Sediment konsantrasyonunun bulanık değerlerine bağlı tahmin edilmesinde bu etkininde göz önünde bulundurulması gerekmektedir (Ziegler, 2002). Bu amaçla ölçüm yapılan koşullar için ayrı bir kalibrasyon ilişkisinin elde edilmesine ihtiyaç vardır. Yapılacak örneklemelerde gravimetrik yöntemle belirlenecek sediment içerikleri ile eş zamanlı yapılacak bulanıklık ilişki arasındaki ilişkiden yararlanılarak kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmektedir (Gray vd., 2002). Gippel (1989) bulanıklık ve sediment ilişkisinin zaman ve yere özel her havza birimi ve belirli sürelerle özel elde edilmesini önermiştir

Chanson vd., (2008) laboratuvar koşullarında yaptıkları çalışmada  $0.8 \text{ gL}^{-1}$  den düşük sediment konsantrasyonlarında, konsantrasyon ile NTU arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışma sonucunda silt ve kum materyali için yüksek  $R^2$  değerine sahip ( $R^2=0.9924$  ve  $0.9922$ ) ilişkiler elde etmişler.

Mitchell vd., (2003) ise nehir koşullarında SSC ve NTU arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir.

Araştırmacılar özellikle bahar sezonunda su kalitesi ve sediment materyali özelliklerindeki komplekslik nedeniyle bulanıklık değerlerinin hatalı sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Sediment tane boyutu ile bulanıklık arasındaki ilişkinin bilinmesi durumunda, akarsularda dane boyutundaki değişim süreçlerinde, kalibrasyon eşitliklerinin daha etkili kullanımına olanak verecektir. Laboratuvar koşullarında yürütülen bu çalışmada, akarsularda taşınabilecek farklı tane boyutlarındaki sedimentin, farklı konsantrasyonlar altında ölçülen bulanıklık değerleri olan etkisinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Çalışma sonucunda bu koşullarda sediment konsantrasyonu tahmininde kullanılacak kalibrasyon eşitlikleri belirlenmiştir.

### MATERYAL ve METOT

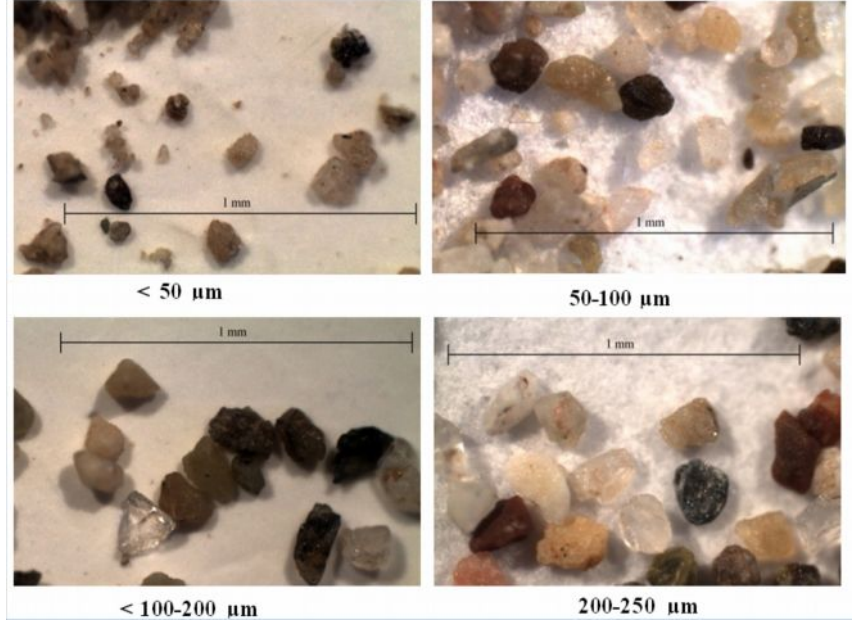
Bulanıklık ölçümleri Seapoint Turbidity Metre cihazı ile yapılmıştır (Şekil 1). Bu cihaz bir sensör aracılığıyla  $5 \text{ cm}^2$  lik bir alanda  $15-150^0$  açıklığı ve  $880\text{nm}$  aralığında dönen ışık sinyalinin ölçmektedir. Kullanılan sensör standart Formazin bulanıklık ilkesi ile FTU biriminde ölçüm yapmakta ve lineer ölçüm aralığı %2 sapma ile  $0-750$  FTU arasındadır. Sensör boyutları küçük olup arazi koşullarında sıcaklık ayarlı ve yüksek çözünürlüğe sahip kullanıma sahiptir. Ölçülen değerlerin depolanması ise harici bir datalogger tarafından yapılmaktadır. Sensör dakikada 60 bulanıklık değeri alacak şekilde ayarlanmış olup her bir konsantrasyon için iki dakika süreyle ölçüm yapılmış ve 120 değerlerin ortalaması alınmıştır.



Şekil 1. Seapoint Turbidity Metre sensörü ve datalogger cihazı

Süspanse sediment ortamı oluşturmak amacıyla sediment örnekleme düzeneği hazırlanmıştır. Düzenek tabanında motorla çalışan bir karıştırıcı yardımı ile sürekli karışım sağlanmış ve homojen bir ortam elde edilmiştir. Sediment materyali olarak

kil+silt, ince kum olmak üzere iki farklı materyal kullanılmıştır (Şekil 2). Her bir malzeme sırasıyla  $0-50$  (kil+silt),  $50-100$ ,  $100-200$  ve  $200-250$  mikron aralıklarında elenerek gruplar oluşturulmuştur.



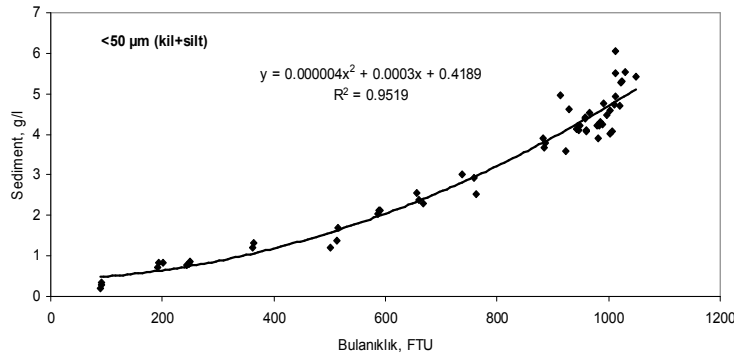
Şekil 2. Denemede kullanılan farklı boyutlardaki sedimentin mikroskop görüntüleri

Her bir sediment çeşidi ve boyut grubu için, 0.0-7.0 g L<sup>-1</sup> arasında yaklaşık 50 farklı konsantrasyon kullanılmıştır. Bu amaçla düzenek hacmi dikkate alınarak istenilen konsantrasyonu oluşturacak sediment miktarı belirlenerek karışım hazırlanmış ve gerçekleşen konsantrasyon ayrıca su örnekleri alınarak yeniden belirlenmiştir. Bu amaçla her bir konsantrasyon uygulamasından üçer kez 250 ml kapla su örneği alınmıştır. Alınan örneklerde filtrasyon ve kurutma yöntemleriyle sediment içerikleri belirlenmiştir.

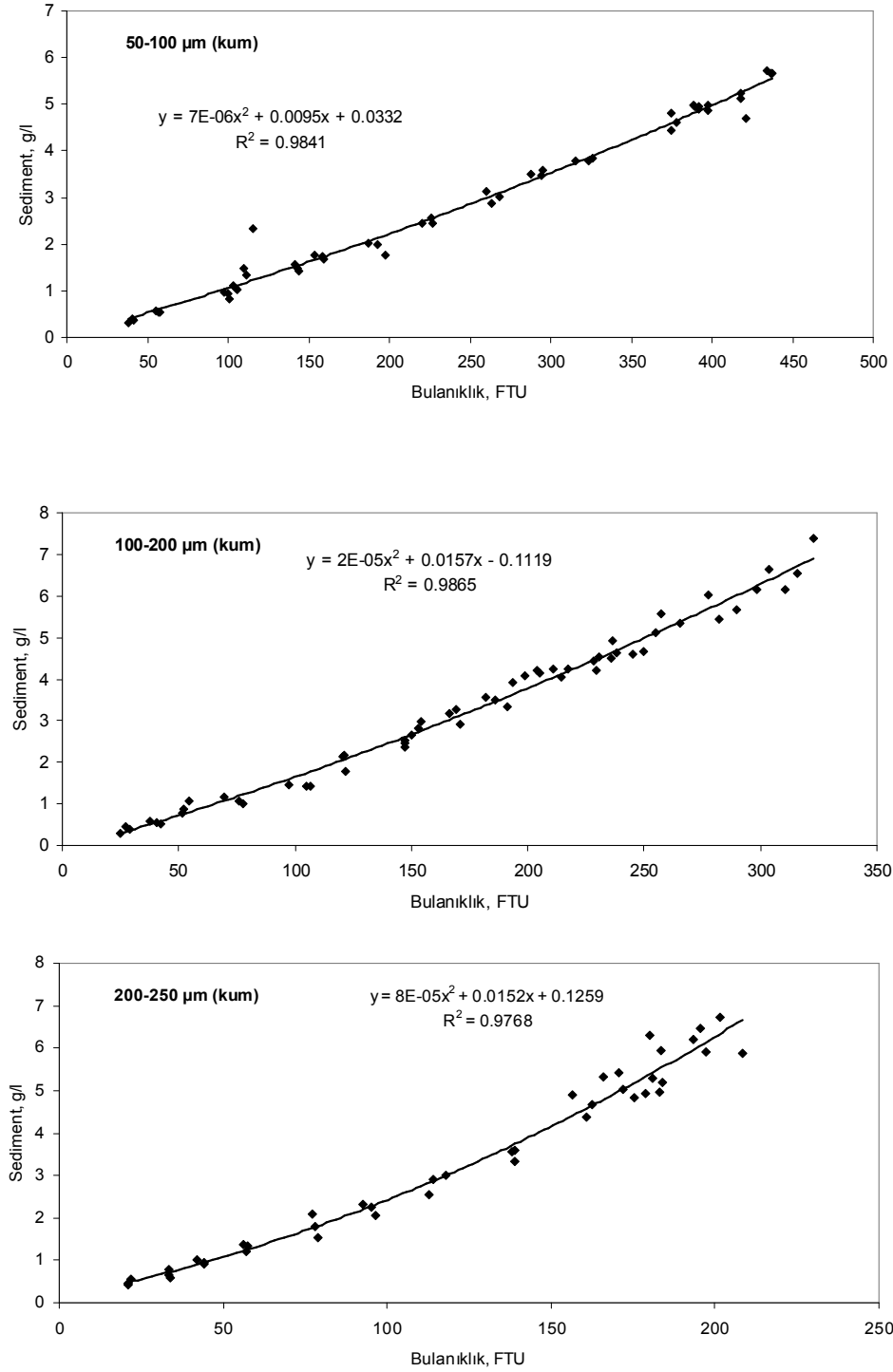
### BULGULAR VE TARTIŞMA

Laboratuar ortamında kil+silt ve farklı tane boyutu aralığında kum materyalleri kullanılarak elde edilen farklı sediment konsantrasyonlarında bulanıklık ölçümleri yapılmış elde edilen sonuçlar Şekil 3 ve Şekil4'te verilmiştir. Genel olarak bulanıklık ile sediment değerleri arasında oldukça iyi

ilişkiler bulunmuştur ( $R^2=0.9519 - 0.9865$ ). Ancak kil+silt materyalli sediment ortamında 4 g L<sup>-1</sup> konsantrasyon veya 900 FTU üzeri değerlerde ilişkinin bozulduğu görülmektedir. Bu durum bulanıklık yönteminin su içerisindeki kil içeriğinin artması durumunda iyi sonuç vermeyeceğini göstermekte olup oluşabilecek alternatif koşullar altında daha detaylı incelenmesi gereğini ortaya koymaktadır. Mevcut koşullarda bu etkiye rağmen sediment ile bulanıklık arasındaki oldukça iyi ilişki elde edilmiştir ( $R^2=0.9519$ ). Kullanılan sediment materyali boyutundaki artışa paralel olarak bulanıklık değerlerinde düşüş gözlenmiştir. Seçilen her bir sediment aralığı için yeterli düzeyde  $R^2$  değerleri elde edilmiş ancak bu durum nehir koşullarında farklı tane dağılımlarının oluşabileceği düşünüldüğünde bulanıklık yönteminin kalibrasyonunun önemli olduğu sonucunu göstermiştir.



Şekil 3. Kil+silt için sediment konsantrasyonu-bulanıklık ilişkisi



Şekil 4. Kum için sediment konsantrasyonu-bulanıklık ilişkisi

Elde edilen sonuçlar tane boyutundaki değişimden bulanıklık değerlerinin önemli düzeyde etkilendiğini göstermektedir. Benzer olarak Foster vd., (1992) ve Pavanelli ve Bigi (2005), bulanıklık ölçümlerinde sediment tane boyutu değişim

aralığının yüksek olması durumunda güvenilir olmayan sonuçlar alınabileceğini belirtmişlerdir. Bu nedenle Pavanelli ve Bigi (2005) yaptıkları laboratuvar çalışmalarında tane dağılımını farklı akarsu koşulları için; 124-149, 58-81 ve 19 -

31 mikron aralıklarında tutmuşlardır. Yöntemin uygulanabilirliğini sınırlayan bu duruma karşın, sediment tane boyutunun da farklı akış koşulları için izlenmesi, hatta bulanıklık yolu ile sediment tahmininde debi ve tane boyutu faktörlerinin modellere katılması daha yararlı olacaktır.

### SONUÇ ve ÖNERİLER

Sediment izlemede kullanılabilecek alternatif bir yöntem olan bulanıklık ölçümleri, kil içeriğinden önemli düzeyde etkilenmiş ve oldukça yüksek bulanıklık değerlerine ulaşmıştır. Ancak yüksek kil koşulunda da bulanıklık ile sediment değerleri arasında oldukça iyi ilişkiler elde edilmiştir. Yüksek kil içerikli sediment koşullarında  $4.0 \text{ g L}^{-1}$  den yüksek konsantrasyonlarda ölçümler için bulanıklık yönteminin iyi sonuçlar vermeyeceği anlaşılmaktadır. Ancak özellikle ülkemiz koşullarında akarsularda sediment konsantrasyonu genel olarak bu değerlerin altında gerçekleşmektedir (Yalçın vd., 2006). Bu bakımdan bulanıklık yöntemi yaygın olarak kullanılıp, ekstrem durumlarda geleneksel örnekleme yöntemi ile sorunun giderilmesi mümkündür. Bunun dışında belirli zaman aralıklarında kalibrasyon eşitliklerinin yenilenmesi, alternatif olarak debi ve tane boyutu faktörlerinin eşitliklere eklenmesi çalışmalarının yapılması durumunda yöntemin sağlıklı bir şekilde kullanılabileceği anlaşılmaktadır. Ancak kirlilik kaynaklı renk değişimleri ve ışık geçirgenliğine bağlı olarak bulanıklık değerinin de olumsuz etkilenmesi beklenen bir sonuçtur. Bu bakımdan akarsu koşullarında farklı özelliklerde ortamlarda ileri çalışmaların yapılmasına gereksinim bulunmaktadır.

### KAYNAKLAR

- APHA, 1999. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th edn. American Public Health Association, Washington, D.C.
- Chanson, H., Takeuchi, M., Trevethan, M., 2008. Using turbidity and acoustic backscatter intensity as surrogate measures of suspended sediment concentration in a small subtropical estuary. *J. Environ. Manage.* 88, 1406-1416.
- Foster, I. D. L., Millington, R., Grew, R. G., 1992. The impact of particle size controls on stream turbidity measurement; some implications for suspended sediment yield estimation. Erosion and sediment transport monitoring programmes in river basins. Proceedings of a Workshop, Oslo, IAHS-AISH Publ. no. 210, pp 51-62.
- Gippel, C.J., 1989. The Use of Turbidity Instruments to Measure Stream Water Suspended Sediments Concentration. Department of Geography and Oceanography. University College, Australian Defense Force Academy. Monograph Series No. 4.
- Gray, J. R., Glysson, G. D., Mueller, D. S., 2002. Comparability and accuracy of fluvial-sediment data-a view from the US Geological Survey. Proceedings of the American Society of Civil Engineers Hydraulics Measurements & Experimental Methods Symposium, Estes Park, CO, July 28 –August 1.
- Nakato, T., 1988. Test of selected sediment transport formulas. *J. Hydraul. Eng.* 116, 362-379.
- McBean, E. A., Al-Nassri, S., 1988. Uncertainty in suspended sediment transport curves. *J. Hydraul. Eng.* 114, 63-73.
- Mitchell, S. B., Lawler, D. M., West, J. R., Couperthwaite, J. S., 2003. Use of continuous turbidity sensor in the prediction of fine sediment transport in the turbidity maximum of the trent Estuary. *UK. Coastal and Shelf Sci.* 58, 645-652.
- Pavanelli, D., Bigi, A., 2005. Indirect analysis methods to estimate suspended sediment concentration: reliability and relationship of turbidity and settleable solids. *Biosystems Eng.* 90, 75-83.
- Sun, H., Cornish, P. S., Daniell, T. M., 2001. Turbidity based erosion estimation in catchment in South Australia. *J. Hydrol.* 253, 227-238.
- Yalçın, E., Uludağ, S., Düz, M., 2006. Türkiye Akarsularında Süspanse Sediment Gözlemleri (1999-2005). Hidrolik Etütler Dairesi Başkanlığı Yayınları, 978-975-8964-69-7.
- Ziegler, C. A., 2002. Issues related to use of turbidity measurements surrogate for suspended sediment. Turbidity and Other Sediment Surrogates Workshop, April 30 – May 2, Reno, NV.