

Çözümlü Problemlerle
AKARSU YAPILARI

Prof. Dr. M. Salih KIRKGÖZ

Toros Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Mersin



AKADEMİSYEN
KİTABEVİ

© Copyright 2018

Bu kitabın, basım, yayın ve satış hakları Akademisyen Kitabevi A.Ş.'ne aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kağıt ve/veya başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz. Tablo, şekil ve grafikler izin alınmadan, ticari amaçlı kullanılamaz. Bu kitap T.C. Kültür Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır.

ISBN	Sayfa ve Kapak Tasarımı
978-605-258-002-8	Rahime DİLMEN
Kitap Adı	Yayıncı Sertifika No
Akarsu Yapıları	25465
Yazar	Baskı ve Cilt
Prof. Dr. M. Salih KIRKGÖZ	Özyurt Matbaacılık
Yayın Koordinatörü	DOI
Yasin Dilmen	10.37609/akya.2327

GENEL DAĞITIM
Akademisyen Kitabevi A.Ş.

Halk Sokak 5 / A
Yenişehir / Ankara
Tel: 0312 431 16 33
siparis@akademisyen.com

www.akademisyen.com

ÖNSÖZ

Su kaynaklarının geliştirilmesi amacıyla yapılan *mühendislik çalışmaları*, tüm canlı hayatını etkilediğinden, ülkelerin kalkınmasında büyük öneme sahiptir. Bu alandaki konuları farklı boyutlarda kapsamak üzere, üniversitelerimizin *İnşaat Mühendisliği Lisans Programlarında*; *Akarsu Yapıları, Su Yapıları, Hidroloji, Su Getirme ve Kanalizasyon, Sulama ve Kurutma, Su Kaynakları Mühendisliği* ve *Kıyı Mühendisliği* adları altında çeşitli dersler yer almaktadır.

Akarsular, ülkelerin ekonomik ve sosyal hayatına önemli katkılar sağlayan başlıca su kaynaklarını oluştururlar. Akarsuların kalkınma hedefleri doğrultusunda geliştirilmesinin sağlanması amacıyla inşaat mühendislerinin hizmetine ihtiyaç vardır. **AKARSU YAPILARI** adıyla hazırlanan bu kitabın, iki yarıyılık bir öğretim süreciyle, *Akarsu Mühendisliği* kapsamında karşılaşılabilecek problemlere ve ilgili yapıların mühendislik tasarımlarına belirli ölçülerde bilgi tabanı oluşturması umulmaktadır.

Akarsu Yapılarının konuları; genelde, su ve zemin ile etkileşim halindeki yapıların karmaşık mühendislik problemlerine teorik ve deneysel yöntemlerle çözümler üretmeye çalışır. Bu yapıların *analiz* ve *tasarımı* geniş bir mühendislik bilgi birikimine ve deneyimine ihtiyaç gösterir.

Kitabın başlangıç bölümlerinde, akarsu yapılarının tasarımında gerekli olan temel bilgilere yer verilmiş, daha sonraki bölümlerde tasarıma yönelik esaslar ele alınmıştır. Kitapta, **SI birim sistemine** göre hazırlanmış **55** adet *çözümlü problem* bulunmaktadır.

Okuyucu görüş ve önerilerinin kitabın geliştirilmesine katkı sağlayacağı düşüncesiyle, **Akarsu Yapıları** kitabının *İnşaat Mühendisliği Bölümü* öğrencilerinin, öğrenimlerinde ve mezuniyet sonrası mühendislik çalışmalarında yararlı olmasını diliyorum.

Temmuz 2018

Prof. Dr. M. Salih KIRKGÖZ

skirkgoz@cukurova.edu.tr
salih.kirkgoz@toros.edu.tr
skirkgoz@gmail.com

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1	Su Kaynaklarının Geliştirilmesi	1
1.1	Giriş	1
1.2	Su Kaynakları Mühendisliğinin Tanımı	1
1.3	Su Kaynakları Mühendisliğinin Tarihçesi	3
1.4	Geliştirmenin Kapsamı, Hedefleri ve Aşamaları.....	4
1.5	Su Kaynaklarının Geliştirilme Amaçları.	5
1.6	Türkiye'nin Su Kaynakları Hakkında	7
1.7	Su Yapılarının Sınıflandırılması	11
1.8	Tasarımda Akarsu Akımlarının Sınır Değerleri	12
Bölüm 2	Akarsulara Ait Ölçümler	15
2.1	Giriş	15
2.2	Akarsu Yataklarına Ait Topoğrafik Ölçümler	16
2.3	Akarsuda Seviye Ölçülmesi.....	17
2.4	Su Kalitesi İle İlgili Ölçümler.....	18
2.5	Akarsuda Debi Ölçülmesi.....	21
2.6	Akarsuda Katı Madde Ölçülmesi	45
2.7	Akarsu Ölçümlerinin Değerlendirilmesi.....	45
Bölüm 3	Akarsularda Katı Madde Hareketleri	51
3.1	Giriş	51
3.2	Akarsu Morfolojisi	52
3.3	Akarsuda Katı Maddelerin Taşınma Şekilleri	58
3.4	Katı Maddelerin Özellikleri.....	60
3.5	Yatakta Katı Madde Hareketinin Başlaması.....	70
3.6	Tabanın Aldığı Şekiller ve Sürtünme Direnci	77
3.7	Sediment Debrisinin Bulunması	85
3.8	Kaplamasız Kanallarda Kararlı Kesit Tasarımı	117
3.9	Akarsudan Su Alınmasında Sediment Sorunu.....	128
Bölüm 4	Akarsu Düzenlemeleri	131
4.1	Giriş	131
4.2	Akarsu Düzenlemesinde Genel Esaslar	134
4.3	Düzenlemelerde Kullanılan Yapı Elemanları.....	136
4.4	Akarsu Düzenleme Yapıları	138

Bölüm 5	Akarsu Geçişleri	179
	5.1 Karayolları ve Demiryollarının Akarsu Geçişi	179
	5.2 Kanalların Akarsudan Geçişi	198
	5.3 Boru Hatlarının Akarsudan Geçişi.....	206
Bölüm 6	Bağlamalar	209
	6.1 Giriş	209
	6.2 Sabit Bağlamalar.....	213
	6.3 Hareketli Bağlamalar	265
	6.4 Bağlamalarda Su Alma Sistemi	284
Bölüm 7	Baraj Planlaması	299
	7.1 Baraj Planlamasını Etkileyen Faktörler	299
	7.2 Baraj Planlamasının Aşamaları	304
	7.3 Barajların Sınıflandırılması	310
	7.4 Baraj Tipi Seçimini Etkileyen Faktörler.....	320
	7.5 Barajın Elemanları ve Uygulanan Tasarımlar.....	323
Bölüm 8	Baraj Hazneleri	325
	8.1 Giriş	325
	8.2 Haznelerin Fiziksel Özellikleri	327
	8.3 Hazne Planlaması İçin Temel Veriler.....	328
	8.4 Haznede Ölü Hacim Hesabı	332
	8.5 Haznede İhtiyaç Hacmi (Aktif Hacim) Hesabı.....	336
	8.6 Haznede Taşkın Kontrol Hacminin Hesabı	350
	8.7 Barajda Hava Payının Hesabı	358
Bölüm 9	Ağırlık Barajları	367
	9.1 Ağırlık Barajına Gelen Kuvvetler.....	367
	9.2 Ağırlık Barajının Geometrisi	377
	9.3 Ağırlık Yöntemi ile Analiz	379
	9.4 Ağırlık Barajlarının İnşası	388
	9.5 Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) Ağırlık Barajları.....	398
Bölüm 10	Kemer Barajlar	407
	10.1 Giriş	407
	10.2 Kemer Baraj Türleri.....	408
	10.3 Kemer Barajların Yapısal Analizi	411
	10.4 Kemer Barajların Tasarımı	415

Bölüm 11 Destekli Barajlar	419
11.1 Destekli Baraj Türleri	419
11.2 Genel Durum Planı	423
11.3 Destek Aralıklarının Belirlenmesi	424
11.4 Destekli Barajların Tasarımı.....	424
Bölüm 12 Dolgu Barajlar	431
12.1 Dolgu Barajlar Hakkında Genel Bilgi	431
12.2 Toprak Dolgu Barajlar	445
12.3 Kaya Dolgu Barajlar	479
Bölüm 13 Dolusavaklar, Dipçıkışlar ve Enerji Kırıcılar	483
13.1 Dolusavaklar	483
13.2 Dipçıkışlar	517
13.3 Enerji Kırıcılar - <i>Düşüm Yatakları</i>	523
Bölüm 14 Hidroelektrik Güç	547
14.1 Giriş	547
14.2 Hidroelektrik Güç İçin Temel Tanımlar	549
14.3 Hidroelektrik Santral Düzenlemeleri.....	561
14.4 Santrallerin Düşüye Göre Sınıflandırılması.....	565
14.5 Hidroelektrik Güç Tesislerinin Elemanları.....	568

KAYNAKLAR

- Angarer, F. (1930). *Wehrtypen an Gebirgsbaeche*. Wasserkraft und Wasserwirtschaft, Heft 15 und 16.
- ASCE Committee on Uplift in Masonry Dams (1952). *Final Report of the Subcommittee on Uplift in Masonry Dams*. Trans. ASCE, 117, 1218-1252.
- Bauer, W. J. (1954). *Turbulent boundary layer on steep slopes*. Transactions ASCE, 119, 1212-1233.
- Bagnold, R. A. (1956). *The flow of cohesionless grains in fluids*. Philosophical Trans. Roy. Soc. London, A, 249, No. 964.
- Bakhmeteff, B. A., Matzke, A. E. (1936). *The hydraulic jump in terms of dynamic similarity*. Trans. ASCE.
- Bazin, M. H. (1896). *Expériences nouvelles sur l'écoulement en déversoir*. Annales des Ponts et Chaussées, Vol. 7, Sér. 7.
- Blaisdell, F. W. (1948). *Development and hydraulic design, St. Anthony Falls Basin*. Trans. ASCE, 113.
- Bligh, W. G. (1910). *Dams barrages and weirs on porous foundations*. Engineering News.
- Bradley, J. N., Peterka, A. J. (1957). *Hydraulic design of stilling basins: stilling basin and wave suppressors for canal structures, outlet works, and diversion dams (Basin IV)*. J. of Hydraulics Division, ASCE, 83 (HY5), Paper 1404.
- Brown, C. B. (1950). *Engineering Hydraulics*. Editör H. Rouse, Wiley.
- Brune, G. M. (1953). *Trap efficiency of reservoirs*. Trans. Am. Geophysical Union, 34(3), 407-418.
- Camp, T. R. (1946). *Sedimentation and the design of settling tanks*. Trans. ASCE, 111.
- Casagrande, A. (1937). *Seepage Through Dams*. Harvard University Publication 209.
- Chanson, H. (1994). *Hydraulics of stepped spillways and cascades*. Int. Conf. on Hydraulics in Civil Engineering, University of Queensland, Brisbane, 15-17 February.
- Chien, N. (1954). *The present status of research in sediment transport*. Proc. ASCE, 80, No 565.
- Chow, V. T. (1959). *Open Channel Hydraulics*. McGraw-Hill, Tokyo.
- Christodoulou, G. C. (1993). Energy dissipation on stepped spillways. J. of Hyd. Engrg., ASCE, 119(5), 644-650.
- Creager, W. P. (1929). *Engineering for Masonry Dams*. John Wiley & Sons, New York.
- Creager, W. P., Justin, J. D., Hinds, J. (1945). *Engineering for Dams*. Wiley, New York.
- Crookstone, B. M., Tullis, B. P. (2011). *The design and analysis of labyrinth weirs*. 21st Century Dam Design-Advances and Adaptations, 31st Annual USSD Conference, San Diego, California, April 11-15.
- Coyne, A. (1951). *Obsevation sur les déversoirs en saut de ski*. 4th Congr. ICOLD, New Delhi, 2(89), 737-756.
- Çeçen, K., Garbrecht, G. (1957). *Über die Verfassung aus Geschiebe führenden Flüssen*. Die Wasserwirtschaft, August.

- d'Aubuisson, J. F. (1840). *Traité d'hydraulique*. Pitois, Levraut et Cie, Paris.
- Douma, J. H. (1934). *Discussion of the study of the stilling basin design*. Trans. ASCE, 490-523.
- Du Boys, M. P. (1879). *Le Rhone et les rivieres a lit affouillable*. Mem. Doc., Ponts et Chaussees, Ser. 5, Vol. XVIII.
- Einstein, H. A. (1942). *Formulae for transportation of bed-load*. Trans. ASCE, 107, 561-577.
- Einstein, H. A. (1950). *The Bed-Load Function for Sediment Transportation in Open Channel Flow*. U.S. Dept. of Agriculture, Tech. Bull. No. 1026, Washington, D.C.
- Erkek, C., Ağırlioğlu, N. (2010). *Su Kaynakları Mühendisliği*. Beta Bas. Yay. Dağ. A.Ş.
- Fahlbusch, F. (1982). *Power tunnels and penstocks-economics re-examined*. Water Power and Dam Construction, June, 13-15.
- Fannin, J. (2008). *Karl Terzaghi: From Theory to Practice in Geotechnical Filter Design*. J. of Geotechnical and Geoenvironmental Eng. ASCE, 134(3), 267-276.
- Fortier, S., Scobey, F. C. (1926). *Permissible canal velocities*. Transactions ASCE, 89, 940-984.
- Garg, V., Jothiprakash, V. (2008). *Trap efficiency estimation of a large reservoir*. ISH Journal of Hydraulic Engineering, 14, 88-101.
- Gessler, J. (1970). *Self stabilizing tendencies of sediment mixtures with large range of grain size*. J. Waterways and Harbors Div., ASCE, 96, 235-249.
- Gilbert, K. G. (1914). *The transportation of debris by running water*. U.S. Geological Survey, Paper 86.
- Goncharov, V. N. (1962). *Basic River Dynamics*. Hydro-Meteorological Press, Leningrad.
- Graf, W. H. (1998). *Fluvial Hydraulics: Flow and Transport Processes in Channels of Simple Geometry*. John Wiley.
- Henry, H. R. (1950). *Discussion of diffusion of submerged jets*, by M. L. Albertson, Y. B. Dai, R. A. Jensen and H. Rouse. Transactions ASCE, 115, 687-694.
- Habermaas, F. (1935). *Geschiebewanderung in Werkkanäle und deren Verhinderung*. Wasserkraft und Wasserwirtschaft, Heft 9.
- Hjulström, F. (1935). *Studies of the morphological activity of rivers as illustrated by the river Fyris*. Bulletin, Geological Inst. of Upsala, XXV, Upsala, Sweden.
- Hudson, R. Y. (1959). *Laboratory investigation of rubble mound breakwaters*. J. of Waterways and Harbors Div., Proc. ASCE, Paper No. 2171.
- Kalinske, A. A. (1947). *Movement of sediment as bed-load in rivers*. Trans. Am. Geophys. Union. 28(4).
- Kennedy, J. F. (1963). *The mechanics of dunes and antidunes in erodible bed channels*. J. Fluid Mech., 16, 521-544.
- Kırkgöz, M. S. (2018). *Akışkanlar Mekaniği*. Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Kırkgöz, M. S., Güzel, H. (1991). *Experimental investigation of the energy dissipation in the spillway chute*. Ç.Ü. Müh-Mim. Fak. Dergisi, 6(2), 1-14.
- Kindsvater, C. E. (1944). *The hydraulic jump in sloping channels*. Transactions ASCE, 109, 1107.
- Koelzer, V. A., Lara, J. M. (1958). *Densities and compaction rates of deposited sediment*. J. of the Hydraulics Div., ASCE, 84 (HY2).
- Kresser, W. (1964). *Gedanken zur Geschiebe und Schwebstoffführung der Gewässer*. Österreichische Wasserwirtschaft, 16.

- Krumbein, W. C., Pettijohn, F. J. (1938). *Manual of Sedimentary Petrography*. Appleton-Century Co., New York, N.Y.
- Lane, E. W. (1935). *Security from under-seepage masonry dams on earth foundations*. Transactions ASCE, 100, 1235-1351.
- Lane, E. W. (1957). *A Study of the Shape of Channels Formed by Natural Streams Flowing in Erodible Material*. Sediment Series Number 9, Missouri River Division, U.S. Army Corps of Engineers.
- Leliavsky, S. (1955). *Irrigation and Hydraulic Design*. Chapman & Hall, London.
- Levy, E. E. (1956). *River Mechanics*. National Energy Press, Moskova.
- Maitre, R., Obolensky, S. (1954). *Étude de quelques caractéristiques de l'écoulement dans la partie aval des évacuateurs de surface*. La Houille Blanche, 4.
- Masonyi, E. (1988). *Water power development (low head plants)*. Developments in Hydraulic Engineering, 5, P. Novak (ed.), Elsevier Applied Science, London.
- Meyer-Peter, E., Favre, H., Einstein, H. A. (1934). *Neuere Versuchsergebnisse über den Geschiebetrieb*. Schweiz. Bauzeitung, 103 (13).
- Meyer-Peter, E., Müller, R. (1949). *Eine Formel zum Berechnung des Geschiebetriebes*. Schweizerische Bauzeitung, 3.
- Moore, W. L. (1941). *Energy loss at the base of a free overfall*. Proc. ASCE, 1697-1714.
- Müftüoğlu, F. (1982). *Akarsu Yapıları II*. İTÜ İnşaat Fakültesi.
- Nagler, F. A. (1918). *Obstruction of bridge piers to the flow of water*. Transactions ASCE, 82, 334-395.
- Novak, P., Cabelka, J. (1981). *Models in Hydraulic Engineering-Physical Principles and Applications*. Pitman, London.
- Novak, P., Moffat, A. I. B., Nalluri, C., Narayanan, R. (1990). *Hydraulic Structures*. Unwin Hyman Ltd., London.
- Page, N. (1936). *Discussion of the hydraulic jump in terms of dynamic similarity*. Trans. ASCE.
- Peterka, A. J. (1984). *Hydraulic Design of Stilling Basins and Energy Dissipators*. Engineering Monograph No. 25, US Department of the Interior, Bureau of Reclamation.
- Raabe, J. (1985). *Hydro Power*. Dusseldorf, VDI Verlag.
- Rajaratnam, N. (1990). *Skimming flow in stepped spillways*. J. of Hyd. Engrg., ASCE, 116(4), 587-591.
- Rand, W. (1955). *Flow geometry at straight drop spillways*. Proc. ASCE, paper 791.
- Raudkivi, A. J. (1976). *Loose Boundary Hydraulics*. Pergamon Press, Oxford.
- Rehbock, T. (1921). *Verfahren zur Bestimmung des Brückenstaues bei rein strömenden Wasserdurchfluss*. Der Bauingenieur, Berlin, 2 (22), 603-609.
- Richardson, E. V., Simons, D. B. (1967). *Resistance to flow in sand channels*. Int. Assoc. Hydr. Res., 12th Congress, Fort Collins.
- Rouse, H. (1937). *Modern conceptions of the mechanics of fluid turbulence*. Trans. ASCE, 102, 463-505.
- Rouse, H. (1939). *An Analysis of Sediment Transportation in the Light of Fluid Turbulence*. Soil Conservation Service Report No. SCS-TP-25, U.S. Dept. of Agric., Washington, D.C.
- Safranez, K. (1929). *Untersuchungen ueber der Wechselsprung*. Bauingenieur, 13, 649-668.

- Sarkaria, G. S. (1979). *Economic penstock diameters: a 20-year review*. Water Power and Dam Construction, November.
- Schmidt, M. (1957). *Der Vollkommene und Unvollkommene Ausfluss unter Schützen*. Bautechnik, 34(8), 301-303.
- Schoklitsch, A. (1934). *Geschiebetrieb und die Geschiebefracht*. Wassercraft und Wasserwirtschaft, 39(4).
- Schoklitsch, A. (1962). *Handbuch des Wasserbaues*. Springer, Viyana.
- Shamov, G. E. (1952). *Formulae for determining near-bed velocity and bed load discharge*. Proceedings of the Soviet National Hydrology Institute, 36.
- Shields, A. (1936). *Anwendung der Aenlichkeitsmechanik und der Turbulenzforschung auf die Geschiebebewegung*. Mitteilungen der Preussischen Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau, Berlin, No. 26.
- Simons, D. B., Richardson, E. V. (1961). *Forms of bed roughness in alluvial channels*. J. Hydr. Div., ASCE, 87.
- Smetana, J. (1934). *Experimental study of the submerged or expanded hydraulic jump*. Translated from Russian by A. D. Kalal, Bureau of Reclamation.
- Straub, L. G. (1950). *Engineering Hydraulics*, Editor H. Rouse, Wiley & Sons.
- Task Committee on Preparation of Sedimentation Manual (1962). *Sediment transportation mechanics: Introduction and properties of sediment*. Proc. of the ASCE, 88 (HY4), 77-108.
- Terzaghi, K. (1922). *Der Grundbruch an Staumauern und seine Verhuetung*. Die Wasserkraft.
- Terzaghi, K. (1929). *The science of foundations*. Trans. ASCE, 93, 270-405.
- Terzaghi, K., Peck, R. B. (1948). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. Wiley, New York.
- Toch, A. (1955). *Discharge characteristics of tainter gates*. Transactions ASCE, 120, 290-300.
- U.S. Army Corps of Engineers (1955). *Drainage and Erosion Control-Subsurface Drainage Facilities for Airfields*. Engineering Manual, Military Construction, Washington DC.
- USBR (1948). *Studies of crests for overfall dams; Boulder Canyon Project*. Final Reports, Part VI, Bulletin 3, Denver, Colorado.
- USBR (1948a). Manual, 7, 9/4.
- USBR (1955). *Research studies on stilling basins, energy dissipators, and associated appurtenances*. U.S. Bureau of Reclamation, Hydraulic Laboratory Report No. Hyd-399.
- USBR (1987). *Design of Small Dams*. U.S. Department of the Interior, Washington DC.
- Van Rijn, L. C. (2007). *Unified view of sediment transport by currents and waves: I. Initiation of motion, bed roughness and bed-load transport*. J. Hyd. Eng., ASCE, 133, 649-667.
- Weide, L. (1951). *The Effect of the Size and the Spacing of Floor Blocks in the Control of the Hydraulic Jump*. M.S. thesis, Colorado A.&M College.
- Westergaard, H. M. (1933). *Water pressure on dams during earthquakes*. Transactions of ASCE, 98, 418-472.
- White, C. M. (1940). *The equilibrium of grains in the bed of a stream*. Proc. Royal Soc. of London, 174, 322-334.

- Wu, C. K. (1949). *The hydraulic jump in rectangular channels*. M.S. thesis, Texas A&M.
- Yalın, M. S. (1972). *Mechanics of Sediment Transport*. Pergamon Press.
- Yurtsever, Y., Göksu, E., Alışık, A., Özenir, C. (1978). *Türkiye akarsu havzalarının ortalama sediment verimi üzerine bir etüt ve bulunan sonuçlar*. I. Ulusal Erozyon ve Sedimentasyon Sempozyumu Tebliğleri, D.S.İ. Genel Müd., 25-27 Nisan, Ankara.
- Zangar, C. N. (1953) *Hydrodynamic pressures on dams due to horizontal earthquakes*. Proc. Soc. Exp. Stress Analysis. 10, 93-102.
- Zeller, J. (1963). *Einführung in then Sedimenttransport offener Gerinne*. Bauzeitung, 81, İsviçre.