

ÇEVRE VE İNŞAAT MÜHENDİSLERİ İÇİN
ANALİTİK VE SAYISAL ÇÖZÜMLERLE

REAKTÖR HİDROLİĞİ

2. BASKI

Galip SEÇKİN



AKADEMİSYEN
KİTABEVİ



© Copyright 2022

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

978-605-258-398-2

Kitap Adı

Reaktör Hidroliği

Yazar

Galip SEÇKİN

ORCID iD: 0000-0003-4606-6702

Yayın Koordinatörü

Yasin DİLMEN

Sayfa ve Kapak Tasarımı

Akademisyen Dizgi Ünitesi

Yayıncı Sertifika No

47518

Baskı ve Cilt

Vadi Matbaacılık

Bisac Code

TEC009000

DOI

10.37609/akya.1410

GENEL DAĞITIM
Akademisyen Kitabevi A.Ş.

Halk Sokak 5 / A Yenışehir / Ankara

Tel: 0312 431 16 33

siparis@akademisyen.com

www.akademisyen.com

ÖNSÖZ

Bu kitapta, reaktör hidroliği, fiziksel, kimyasal ve biyolojik reaksiyonların münferit veya beraberce meydana geldiği kapalı-açık bir tank, havuz, göl, deniz, akarsu vb. gibi sistemlerde akışkan olarak su akımının özelliklerini inceleyen bir bilim dalı olarak tanımlanmaktadır.

Reaktör içerisinde meydana gelen bu reaksiyonların ve akım özelliklerinin matematiksel olarak modellenmesi, tüketilen zaman, işletme maliyeti, enerji tasarrufu vs. bakımından pratik uygulamalarda büyük önem arz etmektedir. Diğer bir amaç ise, Çevre ve İnşaat Mühendisliği öğrencilerinin matematiksel modelleme yeteneklerinin geliştirilmesine katkıda bulunabilmektir. Bu bağlamda öğrenciye analitik (Birinci ve ikinci dereceden sabit katsayılı homojen diferansiyel denklemler) ve sayısal yöntemlerin (Euler, Runge-Kutta, Taylor serisi, sonlu farklar, determinasyon ve korelasyon katsayıları, istatistiksel hata hesabı, hata fonksiyonu (error function) hesabı, matris çözümü için Gauss eleme, deneme-yanılma hesabı için Newton-Raphson, en küçük kareler; lineer ve üssel modeller, Monod, Arrhenius modelleri vb.) reaktör hidroliğinde nasıl kullanıldığı, en basit şekliyle anlatılmaya çalışılmıştır.

Bu kitabın birinci baskısında akım bir boyutlu (1D) olarak incelenmişti. Bu yeni baskıda iki (2D) ve üç (3D) boyutlu akım da ayrı bir bölüm olarak ilave edilmiştir.

Okuyucu görüş ve önerileri bu kitaptaki eksikliklerin giderilmesine ve geliştirilmesine büyük katkı sağlayacaktır.

Bu kitabın öğrencilere ve araştırmacılara faydalı olmasını diliyorum.

Galip SEÇKİN

Aileme

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

TEMEL BİLGİLER	1
1.1.Reaktör Hidroliği Tanımı	1
1.2.Temel Boyutlarve Birimler	1
1.3.Yoğunluk	1
1.4 . Konsantrasyon.....	2
1.5 . Debi.....	2
1.6 . Akı.....	3
1.7 . Bekletme süresi.....	3
1.8 . Viskozite.....	3
1.9 İdeal Akım	3
1.10 İdeal Olmayan Akım (Gerçek Akım)	4
1.11 Kararlı Durum	4
1.12 Kararsız Durum	4
1.14 Korunmayan Madde	4

BÖLÜM 2

REAKTÖR HİDROLİĞİNDE KULLANILAN MATEMATİKSEL YÖNTEMLER	5
2.1. Analitik Yöntemler.....	5
2.1.1. Birinci Dereceden Sabit Katsayılı Diferansiyel Denklemler	5
2.1.2. İkinci Dereceden Sabit Katsayılı Homojen Diferansiyel Denklemler	8
2.2. Sayısal Yöntemler	10
2.2.1. Euler Yöntemi	10
2.2.2. Runge-Kutta Yöntemi	12
2.2.3. Taylor Serisi Yöntemi	14
2.2.4. Hata Hesabı	16
2.2.5. Gauss Eleme Yöntemi	17
2.2.6. Newton-Raphson Yöntemi	23
2.2.7. Taylor Serileri – Sonlu Farklar Yöntemi	26
2.2.7.1. Taylor Serilerine Giriş	26
2.2.7.2. “a _n ” Katsayısı İçin Formül Geliştirilmesi	27
2.2.7.3. Genel Taylor Serileri.....	28
2.2.7.4. Taylor Serileri Yardımıyla Hataların Bulunması	30
2.2.8. En Küçük Kareler Yöntemi	33

2.2.8.1. Doğrusal (Lineer) Model.....	33
2.2.8.1. 1. Determinasyon ve Korelasyon Katsayısı.....	39
2.2.8.2. Üssel Model.....	41
2.2.8.3. Monod Modeli.....	43
2.2.8.4. Arrhenius Modeli.....	46

BÖLÜM 3

İDEAL AKIŞLI REAKTÖRLERDE KÜTLE DENGESİ49

3.1. Kütle Dengesi	49
3.1.1. Kararlı Kütle Dengesi Durumu (Kararlı Hal)	51
3.1.2. Kararsız Kütle Dengesi Durumu (Kararsız Hal).....	51
3.2. Reaktör Tipleri.....	51
3.2.1. Akışsız Reaktörler	52
3.2.1.1. Tam Karışımli Kesikli Reaktörler	52
3.2.1.2. Yarı Kesikli Reaktörler (Ardışık Kesikli Reaktörler)	58
3.2.2. İdeal Akışlı Reaktörler	62
3.2.2.1. Tam Karışımli Sürekli Akımlı Reaktörler	62
3.2.2.2. Tam Karışımli Sürekli Akışlı Seri Bağlı Reaktörler	75
3.2.2.2.1. Fraksiyon (F) Dağılımı.....	81
3.2.2.3. İdeal Piston Akımlı Reaktörler.....	83
3.3. İdeal Piston Akımlı Reaktör ile Tam Karışımli Sürekli İdeal Akışlı Reaktör Performansının Karşılaştırılması	95

BÖLÜM 4

GERÇEK AKIŞLI REAKTÖRLERDE KÜTLE DENGESİ97

4.1. Adveksiyon	97
4.2. Dispersiyon.....	97
4.3. Kararlı Kütle Dengesi Durumu (Kararlı Hal).....	99
4.4. Kararsız Kütle Dengesi Durumu (Kararsız Hal).....	111
4.5. Korunan Madde İçin Durgun Ortamda Ani Dökülme (Enjeksiyon) Halinde Konsantrasyon Değişimi	115
4.6. Korunan Madde İçin Akımlı Ortamda Ani Dökülme (Enjeksiyon) Halinde Konsantrasyon Değişimi	121
4.7. Korunmayan Madde İçin Akımlı Ortamda Ani Dökülme (Enjeksiyon) Halinde Konsantrasyon Değişimi	125
4.7.1. Korunan Madde Ve Akımlı Ortamda Konsantrasyon Denklemine Boyutsuz Hale Getirilmesi	128

4.8. Korunmayan Madde İçin Sürekli Dökülme (Enjeksiyon) Halinde Kon-	
santrasyon Değişimi	133
4.9. Hata Fonksiyonunun Hesaplanması.....	142
4.10. Dispersiyon / Difüzyon Katsayısının Tespiti.....	144

BÖLÜM 5

GERÇEK AKIŞLI REAKTÖRLERDE İKİ (2D) VE ÜÇ BOYUTLU (3D) ADVEKSİYON-DİSPERSİYON DENKLEMİNİN ANALİTİK ÇÖZÜMÜ 149

5.1. İki Boyutlu (2D) Adveksiyon-Dispersiyon denkleminin	
Analitik Çözümü.....	151
5.2. Üç Boyutlu (3D) Adveksiyon-Dispersiyon denkleminin	
Analitik Çözümü.....	153
5.3. Sonlu Uzunluklu Bir Çizgisel Kaynak Hali (Değişken	
Difüzyon Katsayısı)	154

BÖLÜM 6

ATIKSULARIN ADVEKSİYON-DİSPERSİYON YOLUYLA DENİZLERDE SEYRELMEŞİ 161

Denizlerde Seyrelme	173
Seyrelme Hesabı İçin Geliştirilen Yöntemler	
Cederwall Yöntemi	
Brooks Yöntemi	
Fan ve Brooks Yöntemi	
Agg ve Wakeford Yöntemi	
Muellenhoff Yöntemi	
Lee ve Neville-Jhones Yöntemi	
Roberts Yöntemi	
Difüzör Hidrolik Tasarımı	217

KAYNAKLAR 229

KAYNAKLAR

Bu kitabın yazılmasında aşağıdaki kaynaklardan faydalanılmıştır.

Agg, A.R. and Wakeford, A. C. (1972). Field studies of jet dilution of sewage at sea outfalls. Institute of Public Health Engineers, 71: 126-49.

Berkun, M. (2006). Atık Su Arıtma ve Deniz Deşarjı Yapıları. Seçkin Yayıncılık San. Ve Tic. A.Ş., Ankara.

Brooks, N. H. (1960). Diffusion of sewage effluent in an open current. Proc. 1st. Intl. Conf. Waste Disposal in Marine Environment, Pergamon Press, New York, pp. 246-267.

Brooks, N. H. (1970a). Conceptual design of submarine outfalls I. Jet diffusion. California Institute of Technology. W. M. Keck Laboratory Technical Memorandum 70-1.

Brooks, N. H. (1970b). Conceptual design of submarine outfalls II. Hydraulic design of diffusers. California Institute of Technology. W. M. Keck Laboratory Technical Memorandum 70-2.

Brooks, N. H. (1973). Dispersion in hydrologic and coastal environments, California Institute of Technology. W.M. Keck Laboratory of hydraulics and water resources. Report no. KH-R-29.

Carslaw, H.S. and Jaeger, J.C. (1947). Conduction of Heat in Solids, Clarendon Press, Oxford, p. 34.

Cederwall, K. (1968). Hydraulics of marine waste disposal, Report No:42, Hydraulics Division, Chalmers Institute of Technology, Gotenburg.

Chanson, H. (2004). Environmental hydraulics of open channel flow. ELSEVIER, Butterworth-Heinemann. 430 sayfa.

Chapra, S.C. (2015). Yüzeysel Su Kalitesi Modelleme, Çeviri Editörü Gülfem Bakan, Nobel Yatınevi. 843 sayfa.

Chapra, S.C. and Canale, R.P. (2015). Numerical Methods for Engineers, Seventh Edition, McGRAW-HILL International Editions, 970 sayfa.

Charlton, J. A. (1985). Sea Outfalls, in developments in Hydraulic Engineering, Vol. 3, (ed. P. Novak), Applied Science, London.

Danckwerts, P.V. (1953). Continuous Flow Systems. Distribution of Residence Times. Chem. Engr. Sci. 2(1):1-13.

Edwards, C.H. and Penney, D.E. (2011). Bilgisayar Destekli Matematiksel Modellemeli Diferansiyel Denklemler ve Sınır Değer Problemleri (Çeviren: Prof. Dr. Ömer Akın). Palme Yayıncılık, 787 sayfa.

- EPA (1970). National Service Center for Environmental Publications (NSCEP), Ocean Outfall Design V. 1. Literature Review and Theoretical Development.
- Fan, L.H. and Brooks, N.H. (1966). Discussion of "Horizontal jets in stagnant fluid of other density" by G. Abraham. *Journal of the Hydraulics Division, ASCE*, 92(HY2), 423-9.
- Fischer, H.B., List, E.J., Koh, R.C.Y., Imberger, J., and Brooks, N.H. (1979). *Mixing in Inland and Coastal Waters*. (Academic Press: New York, USA).
- Fogler, H.S. (2010). *Temel Kimyasal Tepkime Mühendisliği (Çeviren: Satılmış Basan). Dördüncü Baskı, Gazi Kitabevi, 1080 sayfa.*
- Grace, R.A. (1978). *Marine outfall systems: Planning, Design and Construction*. Prentice Hall. Inc. New Jersey, 07632. 601 pages.
- Hastings, C. (1955). *Approximations for Digital Computers*, Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Khandan, N.N. (2002). *Modeling Tools for Environmental Engineers and Scientists*, CRC Press, 313 sayfa.
- Kırkgöz, M.S., (2013). *Akışkanlar Mekaniği*. Birsen Yayın Dağıtım Ltd. Şti., İstanbul. 561 sayfa.
- Koh, Robert C.Y. and Brooks, N.H. (1975). "Fluid mechanics of waste-water disposal in the ocean". *Annual review of fluid mechanics*, Vol. 7, Annual Reviews, Inc. Palo Alto, Calif., pp. 187-211.
- Koh, Robert C.Y. (1983). "Delivery systems and initial dilution" *From Ocean Disposal of Municipal Wastewater: Impacts on the Coastal Environment*, Volume I. E.P. Myers, ed. Cambridge, Mass: Sea Grant College Program, M.I.T.
- Kunz, R.G. (2009). *Environmental Calculations*, WILEY Edition, 703 sayfa.
- Lee, J.H.W. and Neville-Jones, P. (1987). Initial dilution of horizontal jet in crossflow *Journal of Hydraulic Engineering*, 113(5):615-30.
- Levenspiel, O. (1972). *Chemical Reaction Engineering*, 2nd ed., Wiley, New York, 703 sayfa.
- Liseth, P. (1976). "Wastewater disposal by submerged manifolds." *Journal of the Hydraulics Division, ASCE*, 102 (HY1), 1-14.
- Ludwig, R.G. (1984). "Marine outfall planning and design." *Lecture notes*, Encibra S.A., Sao Paulo, Brazil.
- Mohammed, N.A. (2017). *Elektrokimyasal Oksidasyon Yöntemi İle Tekstil Endüstrisi Atıksularından Renk Ve Organik Madde Gideriminin Araştırılması*. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Tez danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Turan Yılmaz).

- Muellerhoff, W. P. Et al. (1985). Initial mixing characteristics of municipal ocean discharges, Report EPA/600/3-85/073, US Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- Muslu, Y. 2002. Temel İşlemler ve Temel Prosesler. Su Vakfı Yayınları, 472 sayfa.
- Neville-Jones, P. And Dorling, C. (1986). Outfall design for environmental protection: a discussion document, ER 209E, Water Research Center, Marlow.
- Novak, P., Molfat, A. Nalluri, C. and Narayanan, R. (2001). Hydraulic Structures. Spon Press, Taylor and Francis Group.
- O'Loughlin, E.M. and Bowmer, K.H., (1975). Dilution and Decay of Aquatic Herbicides in Flowing Channels. J. Hydrol. 26: 217-235.
- Öztürk, İ. (2011). Deniz Deşarjı Tesisleri Tasarımı. Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Pearson, E. A. (1956). An Investigation of the Efficacy of Submarine Outfall Disposal of Sewage and Sludge, State Water Pollution Control Board, Publication 14, Sacramento, California.
- Rawn, A.M. and H.K. Palmer (1930). Pre-determining the extent of a sewage field in sea water. Trans. ASCE, 94:1036-1060.
- Reynolds, T.D. and Richards, P.A. (2011). (Çeviren: Ülker Bakır Öğütveren). Çevre Mühendisliğinde Temel İşlemler ve Süreçler, İkinci Baskı, Efil Yayınevi, 822 sayfa.
- Robert, A. G. (1978). Marine outfall systems. 600 pages.
- Roberts, P.J.W. (1977). "Dispersion of buoyant wastewater discharged from outfall diffusers of finite length." W.M. Keck Laboratory of Hydraulics and Water Resources, California Institute of Technology, Report No. KH-R-35.
- Roberts, P.J.W., Snyder, W.H., and Baumgartner, D.J. (1989a). "Ocean outfalls. I: Submerged wastefield formation." Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 115(1), 1-25.
- Roberts, P.J.W., Snyder, W.H., and Baumgartner, D.J. (1989b). "Ocean outfalls. II: Spatial evolution of submerged wastefield. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 115(1), 26-48.
- Roberts, P.J.W., Snyder, W.H., and Baumgartner, D.J. (1989c). "Ocean outfalls. III: Effect of diffuser design on submerged Wastefield." Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 115(1), 49-70.
- Roberts, P.J.W. (1996). Sea Outfalls in Environmental Hydraulics; V. P. Singh and W. Hager, Editors, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Roberts, P. J. W. and Webster, D. R., (2002). Turbulent diffusion, in Environmental Fluid Mechanics Theories and Application, edited by H. Shen, A. Cheng, K.-H. Wang, M.H. Teng, and C. Liu, ASCE.

- Ross, S.L. (2004). Differential Equations, Third Edition, WILEY-India Edition, 807 sayfa.
- Runkel, R.R. and Bencala, E.K., (1995). Environmental Hydrology, V.P. Singh (ed.) 137-164. U.S. Government. Printed in Netherlands.
- Schnoor, J.L. (1996). Environmental Modeling, A Wiley-Intersence Publication, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Shaw, D.J. (1966). Inturduction to Colloid and Surface Chesmistry, Butterworth London.
- Sperling, M.V. (2007). Basic Principles of Wastewater Treatment, IWA Publishing, 195 sayfa.
- Streeter, V.L. (1984). Fluid Mechanics, McGraw-Hill Education(ISE editions), 550 sayfa.
- Tchobanoglous, G. and Schroeder, E.D. (1985). Water Quality Management, Addison Wesley Publishing Company.
- Tchobanoglous, G., Burton, F.L., Stensel, H.D. (2003). Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. Fourth Edition, Metcalf & Eddy Publishing Company, 1878 sayfa.
- Thibodeaux, L.J. (1996). Chemodynamics : Environmental Movement of Chemicals in Air Water and Soil 2nd edition ,John Wiley & Sons, New York.
- Vesilind, P.A. ,Morgan S.M. and Heine L.G.(2011). Introduction to Environmental Engireening (Çeviren : Prof. Dr. İsmail TORÖZ) 606 sayfa.
- Winkel, B. (2017). "Chapter Nine – Mathematical Models with Differential Equations.," <https://www.simiode.org/resources/4015>.