

DENİZ DEŞARJINDA SEYRELME MODELLEMESİ

Müge KANBER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EYLÜL 2005
ANKARA**

DENİZ DEŞARJINDA SEYRELME MODELLEMESİ

Müge KANBER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EYLÜL 2005
ANKARA**

DENİZ DEŞARJINDA SEYRELME MODELLEMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Müge KANBER

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Eylül 2005

ÖZET

Bu tez çalışmasında, derin deniz alıcı ortamına deşarj borusu sistemi ile bırakılan atığın yakın alan, uzak alan ve bakteriyel seyrelmelerini, atık su bulutu genişliğini ve toplam seyrelme mesafelerini hesaplayan bilgisayar programları geliştirilmiştir. Deniz suyu alıcı ortamının su derinliği ile değişen ya da sabit olan su yoğunluğuna sahip olmasının, mevcut akıntı düzeninin ve akıntı hızının, difüzör borusunun akıntıya göre konumunun, atık suyun toplam seyrelmesi üzerine olan etkileri incelenmiştir .

Geliştirilen programlar, derin deniz deşarjı boyutlandırma ve performans problemlerinin hızlı ve güvenilir çözümüne olanak sağlamaktadır.

Geliştirilen bilgisayar programları mevcut Anamur deniz deşarj sistemine uyarlanmıştır.

Bilim Kodu	: 624.02.03
Anahtar Kelimeler	: Seyrelme, deniz deşarjı, difüzör, modelleme
Sayfa Adedi	: 152
Tez Yöneticisi	: Doç. Dr. Lale BALAS

MODELING DILUTION OF SEA OUTFALLS
(M. Sc. Thesis)

Müge KANBER

GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
September 2005

ABSTRACT

In this study, computer programs that simulate the width of plume, the near field, far field and bacterial decay dilutions of wastewater discharged into the ambient sea water by outfall systems have been developed. The effects upon the total dilution of current pattern and its speed; the orientation of diffuser pipe according to the current direction; the density of the ambient sea water whether it is constant or varying through the depth have been investigated.

Computer programs are useful and reliable tools for the sea outfall sizing and performance problems.

Developed computer programs have been applied to existent Anamur Sea Outfall System.

Science Code	: 624.02.03
Key Words	: Dilution , sea outfall, diffuser, modelling
Page Number	: 152
Adviser	: Doc. Dr. Lale BALAS

TEŞEKKÜR

Eğitim ve tez çalışmalarım sürecinde değerli destek ve katkılarıyla beni yönlendiren, her zaman güçlü yapısı ve düşünceleriyle biz öğrencilerine de güç veren kıymetli Hocam Doç. Dr. Lale BALAS' a, yine kıymetli bilgi birikimlerini bizlerle paylaşan tüm hocalarıma, manevi destekleriyle her zaman yanımda olan eşim Korhan KANBER' e, sevgili annem Ayşe EVİRGEN' e, kardeşlerim S. Emre, Uğur ve Esra'ya, aynı mesleği paylaştığım çok uzaklardan bizleri seyreden ve her zaman kalbimizde olan sevgili babam Vahit EVİRGEN' e teşekkürü borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xx
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR.....	2
3. DENİZ DEŞARJLARININ PROJELENDİRİLMESİ.....	7
3. 1. Tasarım Dalgasının Seçilmesi ve Dalga Kırılma Derinliğinin Hesaplanması.....	7
3. 2. Boru Denge Hesapları.....	8
3. 3. Deşarj Borusunun Dengesi.....	12
3. 3. 1. Deşarj borusu için gerekli birim boy ağırlığı.....	12
3. 4. Dolgu Malzemesinin Seçilmesi.....	13
3. 4. 1. Yöntem 1.....	14
3. 4. 2. Yöntem 2.....	14
3. 4. 3. Yöntem 3.....	15
3. 5. Seyrelme Hesabı.....	15
3. 5. 1. İlk seyrelme (Yakın alan seyrelmesi)	15
3. 5. 2. İkinci seyrelme (Uzak alan seyrelmesi)	17
3. 5. 3. Bakteriyel seyrelme.....	18

3. 6. Kayıp Hesapları.....	19
3. 6. 1. Difüzör kayıpları.....	19
3. 6. 2. Yoğunluk farkı kaybı	20
3. 6. 3. Deşarj borusunda kayıp (Terfi merkezi - difüzör arası)	21
4. ANAMUR DERİN DENİZ DEŞARJI SİSTEMİ.....	22
4. 1. Tasarım Dalgasının Seçilmesi ve Dalga Kırılma Derinliğinin Hesaplanması.....	23
4. 2. Boru Denge Hesapları.....	26
4. 3. Deşarj Borusunun Dengesi.....	36
4. 3. 1. Deşarj borusu için gerekli birim boy ağırlığı.....	36
4. 4. Dolgu Malzemesinin Seçilmesi.....	39
4. 5. Seyrelme Hesabı.....	40
4. 5. 1. İlk seyrelme (Yakın alan seyrelmesi)	41
4. 5. 2. İkinci seyrelme (Uzak alan seyrelmesi)	42
4. 5. 3. Bakteriyel seyrelme.....	43
4. 6. Kayıp Hesapları.....	44
4. 6. 1. Difüzör kayıpları.....	44
4. 6. 2. Yoğunluk farkı kaybı	47
4. 6. 3. Deşarj borusunda kayıp (Terfi merkezi - difüzör arası).....	47
5. ATIK SU SEYRELME SAYISAL MODELLEMESİ.....	49
5. 1. Çizgisel Difüzörler için Karışım Bölgesi Analizi.....	50
5. 1. 1. Lineer tabakalı alıcı ortam.....	51
5. 1. 2. Tabakasız Alıcı Ortam.....	54
5. 2. Uzak Alan Bölge Analizi.....	57

5. 3. Bakteri Ölümü Nedeniyle Seyrelme.....	59
5. 4. Toplam Seyrelme Problemi için Grafik Çözüm.....	60
5. 5. Nomogramların Kullanımı.....	67
5. 5. 1. Tabakalı alıcı ortamda çizgisel difüzörler.....	67
5. 5. 2. Tabakasız alıcı ortamlar için çizgisel difüzörler.....	68
5. 6. Deşarj Boyutlandırma Problemleri Çözümü.....	70
5. 6. 1. Korunamayan maddeler.....	70
5. 6. 2. Korunabilir Maddeler.....	71
5. 7. Deşarj Performans Problemleri Çözümü.....	71
5. 7. 1. Korunamayan maddeler.....	71
5. 7. 2. Korunabilir maddeler.....	71
6. ANAMUR DERİN DENİZ DEŞARJI SİSTEMİ SEYRELME MODELLEMESİ UYGULAMALARI	73
6. 1. Derin Deniz Deşarj Sistemlerinin Korunabilir Maddeler için Boyutlandırılması	73
6. 1. 1. Tabakasız alıcı ortam.....	73
6. 1. 2. Tabakalı alıcı ortam.....	81
6. 2. Derin Deniz Deşarj Sistemlerinin Korunamayan Maddeler için Boyutlandırılması	90
6. 2. 1. Tabakasız alıcı ortam.....	90
6. 2. 2. Tabakalı alıcı ortam.....	100
6. 3. Derin Deniz Deşarj Sistemlerinin Korunabilir Maddeler için Performans Analizleri	110
6. 3. 1. Tabakasız alıcı ortam.....	110
6. 3. 2. Tabakalı alıcı ortam.....	117

6. 4. Derin Deniz Deşarj Sistemlerinin Korunamayan Maddeler için Performans Analizleri	124
6. 4. 1. Tabakasız alıcı ortam.....	124
6. 4. 2. Tabakalı alıcı ortam.....	132
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	142
KAYNAKLAR.....	145
EKLER.....	148
EK-1.....	149
ÖZGEÇMİŞ.....	152

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3. 1. İki farklı kaynağa göre C_D , C_M , C_L katsayıları.....	9
Çizelge 4. 1. Sinoptik haritalardan alınan yıllık pik belirgin dalga yükseklikleri ve gumbel dağılımına göre aşılmama olasılıkları.....	23
Çizelge 4. 2. Anamur meteoroloji istasyonundan alınan rüzgar verilerinin yıllık belirgin dalga yükseklikleri ve aşılmama olasılığı.....	24
Çizelge 4. 3. Çeşitli yineleme dönemleri için derin deniz belirgin dalga yükseklikleri ve periyotları.....	25
Çizelge 4. 4. Çeşitli yönlerden gelen dalgaların d=15 m. derinlikteki karakteristikleri.....	28
Çizelge 4. 5. Çeşitli yönlerden gelen dalgaların d=15 m. derinlikli yerlerde yarattığı kuvvetler(Boru eksenini Kuzey yönü ile 180° açı yapması halinde).....	29
Çizelge 4. 6. Çeşitli yönlerden gelen dalgaların d=15 m. derinlikli yerlerde yarattığı kuvvetler(Boru eksenini Kuzey ile 165° açı yapması halinde).....	30
Çizelge 4. 7. 50 yıl yineleme dönemli tasarım dalgasının d=15 m derinlikteki özellikleri.....	32
Çizelge 4. 8. 50 yıllık tasarım dalgasının d=15 m derinlikte yarattığı hidrodinamik kuvvetler.....	33
Çizelge 4. 9. WSW veya ESE yönünden gelen 50 yıl yineleme dönemli maksimum dalga'nın çeşitli derinliklerdeki özellikleri.....	34
Çizelge 4. 10. WSW veya ESE yönünden gelen 50 yıl yineleme dönemli maksimum dalga'nın deşarj borusu boyunca çeşitli derinliklerde yarattığı kuvvetler.....	35
Çizelge 4. 11. Çeşitli derinliklerdeki tespit kitlesi ağırlıkları.....	37
Çizelge 4. 12. Çeşitli derinliklerdeki tespit kitlesi ağırlıkları.....	39
Çizelge 4. 13. Deniz tabanındaki maksimum hız ve ivmeler.....	39

Çizelge**Sayfa**

Çizelge 4. 14. Dolgu malzemesi boyutları.....	40
---	----

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2. 1. Yoğunluk tabakalaşması durumunda atık su bulutu davranışı.....	5
Şekil 4. 1. Anamur' un konumu	22
Şekil 4. 2. Anamur deniz deşarjı sisteminin güzergahı	23
Şekil 5. 1. Yakın alan seyrelme mesafesi	53
Şekil 5. 2. Uzak alan seyrelme mesafesi	57
Şekil 5. 3. Korunamayan maddeler için seyrelme probleminin grafik çözümü (a) Dispersiyon katsayısında 4/3. kuvvet ile artış	63
Şekil 5. 3. Korunamayan maddeler için seyrelme probleminin grafik çözümü (b) Dispersiyon katsayısında lineer artış.....	64
Şekil 5. 4. Korunabilen maddeler için seyrelme probleminin grafik çözümü (a) Dispersiyon katsayısında 4/3. kuvvet ile artış.....	65
Şekil 5. 4. Korunabilen maddeler için seyrelme probleminin grafik çözümü (b) Dispersiyon katsayısında lineer artış	66
Şekil 6. 1. Farklı difüzör-akıntı açılarındaki yakın alan seyrelmesi.....	74
Şekil 6. 2. Farklı difüzör-akıntı açılarındaki uzak alan seyrelmesi.....	74
Şekil 6. 3. Farklı difüzör-akıntı açılarındaki bulut genişliği.....	75
Şekil 6. 4. Farklı difüzör-akıntı açılarındaki toplam seyrelme mesafesi.....	75
Şekil 6. 5. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi.....	76
Şekil 6. 6. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi.....	77
Şekil 6. 7. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında yakın alan uzunluğu.....	77

Şekil	Sayfa
Şekil 6. 8. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında uzak alan uzunluğu.....	78
Şekil 6. 9. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme mesafesi.....	78
Şekil 6. 10. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi.....	79
Şekil 6. 11. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi.....	79
Şekil 6. 12. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında yakın alan uzunluğu.....	80
Şekil 6. 13. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında uzak alan uzunluğu.....	80
Şekil 6. 14. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme mesafesi.....	81
Şekil 6. 15. Farklı difüzör-akıntı açılarında yakın alan seyrelmesi.....	82
Şekil 6. 16. Farklı difüzör-akıntı açılarında uzak alan seyrelmesi.....	82
Şekil 6. 17. Farklı difüzör-akıntı açılarında bulut genişliği.....	83
Şekil 6. 18. Farklı difüzör-akıntı açılarında yakın alan uzunluğu.....	83
Şekil 6. 19. Farklı difüzör-akıntı açılarında uzak alan uzunluğu.....	84
Şekil 6. 20. Farklı difüzör-akıntı açılarında toplam seyrelme mesafesi.....	84
Şekil 6. 21. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi.....	85
Şekil 6. 22. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi.....	86
Şekil 6. 23. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında yakın alan uzunluğu	86
Şekil 6. 24. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında uzak alan uzunluğu.....	87

Şekil	Sayfa
Şekil 6. 25. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme mesafesi.....	87
Şekil 6. 26. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi.....	88
Şekil 6.27. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi.....	88
Şekil 6. 28. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında yakın alan uzunluğu.....	89
Şekil 6. 29. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında uzak alan uzunluğu.....	89
Şekil 6. 30. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme mesafesi.....	90
Şekil 6. 31. Farklı difüzör-akıntı açılarında yakın alan seyrelmesi.....	91
Şekil 6. 32. Farklı difüzör-akıntı açılarında uzak alan seyrelmesi.....	91
Şekil 6. 33. Farklı difüzör-akıntı açılarında bakteriyel seyrelmesi.....	92
Şekil 6. 34. Farklı difüzör-akıntı açılarında bulut genişliği.....	92
Şekil 6. 35. Farklı difüzör-akıntı açılarında toplam seyrelme mesafesi.....	93
Şekil 6. 36. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi.....	94
Şekil 6. 37. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi.....	95
Şekil 6. 38. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında bakteriyel seyrelme.....	95
Şekil 6. 39. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında yakın alan uzunluğu.....	96
Şekil 6. 40. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında uzak alan uzunluğu.....	96

Şekil	Sayfa
Şekil 6. 41. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme mesafesi.....	97
Şekil 6. 42. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi.....	97
Şekil 6. 43. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi.....	98
Şekil 6. 44. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında bakteriyel seyrelme.....	98
Şekil 6. 45. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında yakın alan uzunluğu.....	99
Şekil 6. 46. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında uzak alan uzunluğu.....	99
Şekil 6. 47. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme mesafesi.....	100
Şekil 6. 48. Farklı difüzör-akıntı açılarında yakın alan seyrelmesi.....	101
Şekil 6. 49. Farklı difüzör-akıntı açılarında uzak alan seyrelmesi.....	101
Şekil 6. 50. Farklı difüzör-akıntı açılarında bakteriyel seyrelme.....	102
Şekil 6. 51. Farklı difüzör-akıntı açılarında bulut genişliği.....	102
Şekil 6. 52. Farklı difüzör-akıntı açılarında toplam seyrelme mesafesi.....	103
Şekil 6. 53. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi.....	104
Şekil 6. 54. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi.....	105
Şekil 6. 55. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında bakteriyel seyrelme.....	105
Şekil 6. 56. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında yakın alan uzunluğu.....	106

Şekil	Sayfa
Şekil 6. 57. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında uzak alan uzunluğu.....	106
Şekil 6. 58. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme mesafesi.....	107
Şekil 6. 59. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi.....	107
Şekil 6. 60. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi.....	108
Şekil 6. 61. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında bakteriyel seyrelme.....	108
Şekil 6. 62. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında uzak alan uzunluğu.....	109
Şekil 6. 63. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme mesafesi.....	109
Şekil 6. 64. Farklı difüzör-akıntı açılarında yakın alan seyrelmesi.....	111
Şekil 6. 65. Farklı difüzör-akıntı açılarında uzak alan seyrelmesi.....	111
Şekil 6. 66. Farklı difüzör-akıntı açılarında bulut genişliği.....	112
Şekil 6. 67. Farklı difüzör-akıntı açılarında toplam seyrelme.....	112
Şekil 6. 68. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi.....	113
Şekil 6. 69. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi.....	114
Şekil 6. 70. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme.....	114
Şekil 6. 71. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi.....	115

Şekil	Sayfa
Şekil 6. 72. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi.....	115
Şekil 6. 73. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme.....	116
Şekil 6. 74. Farklı atık su debilerinde paralel difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme.....	116
Şekil 6. 75. Farklı atık su debilerinde dik difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme.....	117
Şekil 6. 76. Farklı difüzör-akıntı açılarında yakın alan seyrelmesi.....	118
Şekil 6. 77. Farklı difüzör-akıntı açılarında uzak alan seyrelmesi.....	118
Şekil 6. 78. Farklı difüzör-akıntı açılarında toplam seyrelme.....	119
Şekil 6. 79. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi.....	120
Şekil 6. 80. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi.....	121
Şekil 6. 81. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında toplam seyrelmesi.....	121
Şekil 6. 82. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi.....	122
Şekil 6. 83. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi.....	122
Şekil 6. 84. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme.....	123
Şekil 6. 85. Farklı atık su debilerinde paralel difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme.....	123
Şekil 6. 86. Farklı atık su debilerinde dik difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme	124

Şekil	Sayfa
Şekil 6. 87. Farklı difüzör-akıntı açılarında yakın alan seyrelmesi.....	125
Şekil 6. 88. Farklı difüzör-akıntı açılarında uzak alan seyrelmesi.....	125
Şekil 6. 89. Farklı difüzör-akıntı açılarında bakteriyel seyrelme.....	126
Şekil 6. 90. Farklı difüzör-akıntı açılarında toplam seyrelme.....	126
Şekil 6. 91. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi.....	127
Şekil 6. 92. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi.....	128
Şekil 6. 93. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında bakteriyel seyrelme.....	128
Şekil 6. 94. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme.....	129
Şekil 6. 95. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi.....	129
Şekil 6. 96. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi.....	130
Şekil 6. 97. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında bakteriyel seyrelme.....	130
Şekil 6. 98. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme.....	131
Şekil 6. 99. Farklı atık su debilerinde paralel difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme	131
Şekil 6. 100. Farklı atık su debilerinde dik difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme.....	132
Şekil 6. 101. Farklı difüzör-akıntı açılarında yakın alan seyrelmesi.....	133
Şekil 6. 102. Farklı difüzör-akıntı açılarında uzak alan seyrelmesi.....	133

Şekil	Sayfa
Şekil 6. 103. Farklı difüzör-akıntı açılarında bulut genişliği.....	134
Şekil 6. 104. Farklı difüzör-akıntı açılarında bakteriyel seyrelme.....	134
Şekil 6. 105. Farklı difüzör-akıntı açılarında toplam seyrelme.....	135
Şekil 6. 106. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi.....	136
Şekil 6. 107. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi.....	137
Şekil 6. 108. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında bakteriyel seyrelme.....	137
Şekil 6. 109. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme.....	138
Şekil 6. 110. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi.....	138
Şekil 6. 111. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi.....	139
Şekil 6. 112. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında bakteriyel seyrelme.....	139
Şekil 6. 113. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme.....	140
Şekil 6. 114. Farklı atık su debilerinde paralel difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme.....	141
Şekil 6. 115. Farklı atık su debilerinde paralel difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme.....	141

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
$H_{\max}$	En yüksek birey dalga yüksekliği, m
$(H_s)_0$	Belirgin dalga yüksekliği, m
H_d	Deşarj borusu derinliğindeki dalga yüksekliği, m
$(H_{\max})_0$	Derin denizden gelen dalganın en yüksek birey dalga yüksekliği
K_r	Sapma katsayısı
K_s	Sığılaşma katsayısı
α_0	Derin deniz açısı
F	Yatay kuvvet, kg/m
F_D	Sürüklenme kuvveti, kg/m
F_I	Atalet kuvveti, kg/m
C_D	Direnç katsayısı
ρ	Akışkan yoğunluğu
A	Akışkana dik yöndeki alan, m ²
U	Boru eksenine normal yöndeki akışkan parçacıklarının hızları
C_I	Atalet katsayısı
V	Boru hacmi, m ³

Simgeler	Açıklama
a	Boru eksenini seviyesindeki ivme, m/sn^2
F_L	Kaldırma kuvveti, kg/m
C_L	Kaldırma katsayısı
e	Boru ve deniz tabanı arasındaki mesafe, m
D	Boru çapı, m
L	Dalga uzunluğu, m
T	Dalga periyodu, sn
d	Deşarj borusunun bulunduğu su derinliği, m
H	Dalga yüksekliği, m
F_{max}	Birim boydaki boruya etkiyen yatay hidrodinamik yükler, kg/m
C_{max}	Boyutsuz ψ parametresine bağlı olarak değişen katsayı
U_{max}	Boru eksenine normal yöndeki en büyük akışkan parçacık hızı
P_{max}	Birim boydaki boruya etkiyen düşey hidrodinamik yükler, kg/m
K_{max}	Boyutsuz ψ parametresine bağlı olarak değişen katsayı
F'_{max}	Birim boru boyuna gelen maksimum yatay dalga kuvveti, kg/m
ϕ	Dalga dikleri ile boru eksenini arasındaki açı
C'_{max}	ϕ açısına bağlı olarak değişen en büyük yatay kuvvet katsayısı
β_1	1,08 düzeltme katsayısı
U_{1max}	Boru eksenini derinliğinde S.A.W.T' e göre en büyük yatay hız
P'_{max}	Birim boru boyuna gelen maksimum dalga kaldırma kuvveti

Simgeler	Açıklama
K'_{max}	ϕ açısına bağlı olarak değişen en büyük düşey kuvvet katsayısı
$a_{1,max}$	Deniz tabanındaki maksimum yatay ivme
ψ	Boyutsuz parametre
W'_B	İçi atık su dolu olan borunun su içindeki ağırlığı, kg/m
W_B	Deşarj borusunun ağırlığı, kg/m
W_0	Boru içindeki atık su ağırlığı, kg/m
D_{dis}	Boru dış çapı, m
$D_{iç}$	Boru iç çapı, m
t_e	Boru et kalınlığı, m
γ_{boru}	Boru özgül ağırlığı, kg/m ³
γ_o	Atık su özgül ağırlığı, kg/m ³
γ_s	Deniz suyu özgül ağırlığı, kg/m ³
WB'	Boş olan borunun su içindeki ağırlığı, kg/m
W_T	Borunun birim boyu için beton kitlelerinin su içindeki ağırlığı
μ	Sürtünme katsayısı
a_{max}	Tasarım dalgasının tabanda oluşturduğu en büyük ivme
g'	Yoğunluk farkı nedeniyle değiştirilmiş ivme, m/sn ²
D_k	Kritik dane çapı, m
D_2	Gömülmüş boru için dolgu malzemesi çapı, m
D_3	Harekete geçen dane çapı, m

Simgeler	Açıklama
$Q_{\max}$	Maksimum deşarj pompa debisi, m ³ /sn
$Q_{\min}$	Minimum deşarj pompa debisi, m ³ /sn
S_m	Cederwall formülüne göre ilk seyrelme
F_0	Boyutsuz yoğunluksal Froude sayısı
D_0	Delik çapı, m
U_0	Çıkış deliği ağzındaki jet hızı, m/sn
ρ_a	Atık su yoğunluğu, kg/m ³
ρ_0	Deniz suyu yoğunluğu, kg/m ³
g	Yerçekimi ivmesi, m ² /sn
z	Su derinliği, m
q_1	Bir delikten geçecek debi, m ³ /sn
N_p	Delik adedi
L_D	Difüzör boyu, m
S_{1g}	Grace tarafından belirlenen ortalama jet seyrelmesi
p	Bulut etkisini tanımlayan büyüklük
w_{0d}	Akıntıya dik yöndeki bulut genişliği, m
S_2	Brooks tarafından önerilen ikinci seyrelme
c_0	Başlangıç konsantrasyonu
c_t	t süresinde değişen konsantrasyon
$erf(x)$	Hata fonksiyonu
β	Boyutsuz parametre

Simgeler	Açıklama
V_x	Akıntı hızı, m/sn
x	Difüzörün orta noktasından kıyı koruma bandına olan mesafe
T_{90}	Bakterilerin % 90' ının yok olması için gerekli süre, sn
K_t	T_{90} 'a bağlı katsayı
X	Toplam seyrelme mesafesi, m
t	Atık suyun kıyı koruma bölgesine ulaşması için geçecek süre
S_3	Bakteri ölümü nedeniyle seyrelme
S	Toplam seyrelme
a_i	i nolu delik alanı
a_1	Son deliğin alanı
U_1	Son delikten çıkan debi hızı
d_1	Son delik çapı
R_e	Reynolds sayısı
ν	Kinematik viskozite, m ³ /sn
E_2	2. deliğe kadar toplam difüzör kaybı
$E_{1,max}$	1. delikteki difüzör kaybı
l	Delikler arası mesafe, m
h_L	Delikler arası sürtünme kaybı, m
f	Sürtünme katsayısı
h_y	Yoğunluk farkı kaybı, m

Simgeler	Açıklama
$V_{\max}$	Delikten çıkan atık suyun maksimum hızı, m/sn
K	Boru dirseklerinde sürtünme katsayısı
$h_{\max}$	Maksimum sürtünme kaybı, m
$h_{\min}$	Minimum sürtünme kaybı, m
$V_{\min}$	Delikten çıkan atık suyun minimum hızı, m/sn
$H_{1/3}$	Pik belirgin dalga yüksekliği, m
$P(H_{1/3})$	Aşılmama olasılığı
R_p	Yenileme Dönemi, yıl
$P(H_s)$	Aşılmama olasılığı
T_s	Belirgin dalga periyodu, sn
H_{20}	20 m. derinlikteki dalga yüksekliği, m
L_0	Derin deniz dalga uzunluğu, m
S_1	Başlangıç seyrelmesi
b	Birim difüzör uzunluğu boyunca toplam kaynak yüzdürme akısı
Q	Atık su debisi, m ³ /sn
N	Yüzdürme frekansı
F_R	Froude sayısı
U	Akıntı hızı, m/sn
ρ_a	Rayzır seviyesinde alıcı ortam yoğunluğu, kg/m ³
ρ_{ef}	Rayzır seviyesinde atık suyun yoğunluğu, kg/m ³

Simgeler	Açıklama
z_y	Atık su bulutunun ulaştığı yükseklik, m
X_i	Başlangıç karışım bölgesi uzunluğu, m
w_o	Yakın alan sonundaki atık su bulut genişliği, m
H_y	Deşarj noktasında deniz derinliğini, m
X	Toplam karışım uzunluğu, m
X_f	Uzak alan mesafesi, m
β	Boyutsuz sayı
ϵ_0	Uzak alan başında denizde yatay difüzyon için eddy difüzivitesi
ϵ	Denizdeki yatay difüzyon için eddy difüzivitesi
θ	Deşarj borusu eğim açısı

Kısaltmalar	Açıklama
S.A.W.T	Küçük genlikli dalga teorisi

1. GİRİŞ

Atık suların toplanarak arıtılmasında çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Denize kıyısı olan yerleşim bölgelerinde, toplanan atık suyun uzaklaştırılması için arıtma tesisleri yerine denizlerin doğal özümleme kapasitesi nedeniyle daha ekonomik olan deniz deşarj sistemleri tercih edilmektedir. Turistik açıdan öneme sahip sahil şeritlerinde arıtma tesisleri hem işletme problemleri hem de çevreye verdiği görsel ve işitsel kirlilik nedeniyle deniz deşarj sistemlerine göre dezavantajlı konumdadır.

Deniz deşarj sistemleri tercih edildiği takdirde, kirleticilerin ekosistemde birikimine yol açmayacak ve uzaklaştırılan atığın kıyı bölgesine geri dönüşüne engel olunacak şekilde yer seçiminin yapılması gerekmektedir.

Deniz deşarj sistemlerinin projelendirilmesinde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Deneysel ve ölçümsel metotların yanında matematiksel modellemelerle deniz deşarj sistemleri planlanmaktadır.

Deniz deşarj sistemlerinin çevreye ve deniz ekosistemine zarar vermeden çalıştırılacak şekilde tasarımının yapılabilmesi için gerekli veriler tespit edilerek, planlayıcılara kolaylık sağlayacak şekilde bir deniz deşarj sistemi tasarım programı, FORTRAN programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir.

2. LİTERATÜR

Deniz deşarj sistemleri, atık suyun borular yardımıyla kıyıdan belli bir mesafeye taşınarak, çevre standartlarını sağlayacak şekilde belli bir deniz derinliğine boşaltılmasını gerçekleştirmektedir. Deniz deşarj sistemleri, deşarj borusu, difüzör, tespit kitleleri ve terfi merkezi gibi elemanlardan oluşmaktadır. Deşarj boruları, atık suyun denize verileceği derinliğe bağlı olarak önce deniz tabanına gömülerek daha sonra deniz tabanına oturtularak döşenmektedir. Atık suyun, çevre şartlarına uyacak şekilde istenen değerlere ulaşarak deniz suyuyla karışımını sağlayan unsur olan difüzörler deşarj borusunun ucuna yerleştirilmektedir. Tespit kitleleri belli mesafelerde yerleştirilerek difüzörlerin stabilitesini sağlamaktadır. Deşarj edilecek atık su debisinin borulardan istenen hızlarda geçişini sağlamak amacıyla terfi merkezleri kullanılmaktadır (1).

Kanalizasyon sistemi ile difüzör arasındaki bağlantıyı sağlayan deşarj borularının tasarımı, hidrolik kriterlere göre çaplarının hesaplanması ve borulara etkiyecek kuvvetlerle boruların yapısal özelliklerini kaybetmeyecek şekilde planlamanın yapılması, sistemin işletilmesi sırasında oluşabilecek problemlerin önlenmesi bakımından büyük önem taşımaktadır (2).

Deşarj borularında taşınan atık suyun deniz suyuna(alıcı ortam) çıkışını sağlayan difüzörün yapısal özellikleri, sabitleştirileceği ve yerleştirileceği doğrultu, belli hidrolik kriterlere uyularak ve istenilen nitelikte bir seyrelme elde edilecek şekilde tespit edilmektedir. Difüzörün yer alacağı derinlikteki akıntı özellikleri seyrelme olayı üzerinde önemli etkisi olan fiziksel bir süreçtir (2).

Atık su denize deşarj edildikten sonra başlangıç seyrelmesi ve dispersiyon yoluyla seyrelme ile alıcı ortamdaki atık su konsantrasyonu hızla azalır. Biyolojik oksijen ihtiyacı ve askıdaki katı madde miktarı seyrelmeler ile indirgenir. Fakat indirgenmelerin gerçekleşebilmesi ve kıyıya taşınımın

olmaması için alıcı ortamdaki akıntı yapısı ve kıyıya olan mesafe uygun olmalıdır. Atık suyun denize deşarjından önce mümkün olduğunca az askı malzemesi deşarj sistemine girmelidir. Deşarj veriminin düşük olması durumunda dezenfeksiyon yapılmalıdır (3,4).

Bir deniz deşarjı sisteminden beklenen en önemli işlev, ortama verilen korunan ve korunamayan madde konsantrasyonlarını, seyrelme yoluyla o bölgedeki kıyı kesiminin kullanma amacına ve atık suyun niteliğine bağlı olarak saptanan sınır değerlerin altına düşürülmesidir (2).

Literatürde, denize kıyısı olan bölgelerde gerek deneysel gerek matematiksel gerekse saha ölçümleriyle birçok çalışma yapıldığı ve bu çalışmalardan elde edilen veriler doğrultusunda deniz deşarj sistemlerinin ve sistem elemanlarının tasarımının yapıldığı belirtilmektedir.

Carvalho, Roberts ve Ronaldo tarafından atığa eser boya eklenerek yapılan saha ölçümleri ile akıntı, tabakalaşma ve seyrelme değerleri ölçülmüştür. Ölçümler sonucunda bulut davranışının büyük miktarda yoğunluk tabakalaşmasından etkilenerek belli bir derinlikte tutsaklandığını ve seyrelmenin düşük değerlere sahip olduğu saptanmıştır. Tabakalaşmanın olmadığı durumda bulutun deniz yüzeyine yükseldiği ve seyrelme değerinin arttığı saptanmaktadır. Saha ölçüm sonuçları 3 matematiksel modelle karşılaştırılmıştır (5,6).

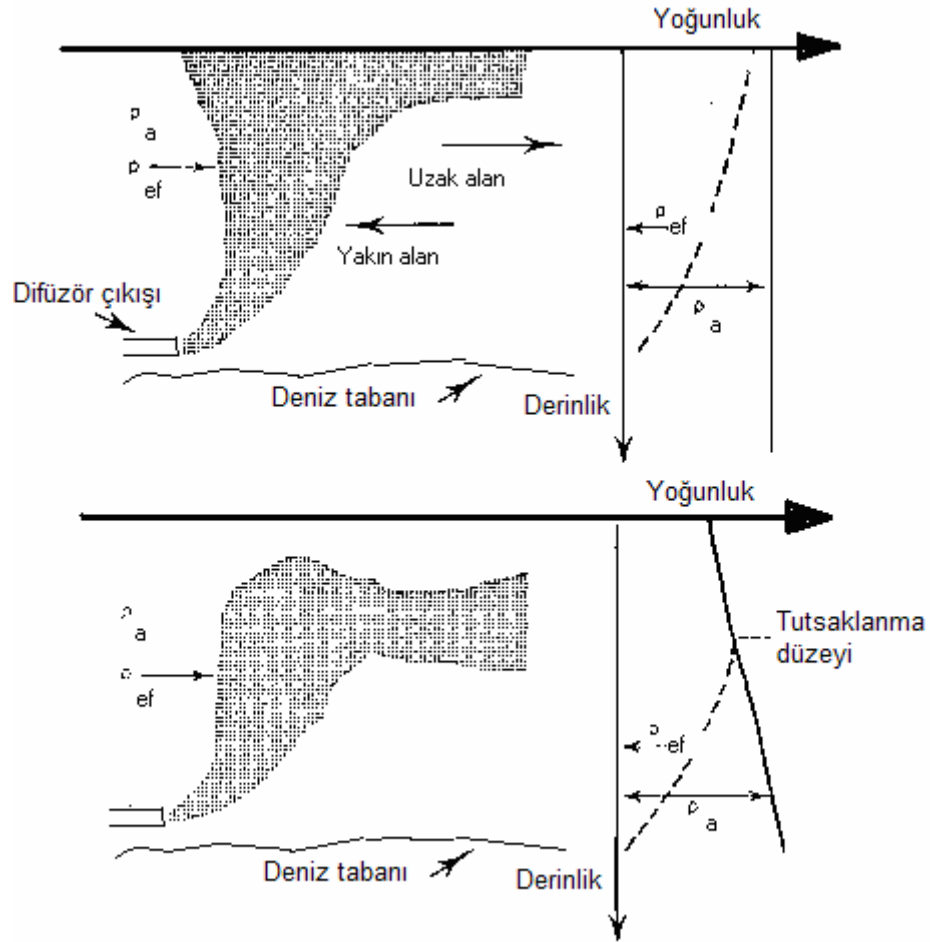
Roberts ve arkadaşları tarafından yapılan bir model çalışmada atık su bulutunun yüzeye ulaştığı durumlarda seyrelmelerin yüksek olduğu ve 600 ile 5400 değerleri arasında değişerek ortalama 1350 değerine sahip olduğu tespit edilmektedir. Atık su bulutunun yüzeye ulaşmayarak deniz tabanından belli bir yükseklikte tutsaklanması durumunda ortalama seyrelme değerinin 630 olduğu belirtilmektedir. Seyrelme değerlerindeki farklılığın, mevsimsel değişimlerde atık suyun alıcı ortamda davranış çeşitliliklerinden kaynaklandığı belirtilmektedir (7).

Chou ve Cheng, difüzör boyunca gerçekleşen debi dağılımını analitik, nümerik ve deneysel yollarla çalışmış ve duvar sürtünme katsayısı, delik momentumu gibi parametreler ile delik çapı için değerler saptamışlardır (8).

Difüzörler, birincil seyrelmeyi arttırmak için deniz deşarj sistemlerinden atık suyun alıcı ortama verildiği çıkış kısımlarına yerleştirilmektedir. Seyrelme değerinin ve iletim uzunluğunun yüksek olması için difüzörler yatay doğrultuda yerleştirilmektedir. Difüzörler üzerindeki delikler yeterli mesafelerde yerleştirilerek alıcı ortama verilen atık su bulutlarının birbirleriyle birleşmemeleri engellenmektedir (9).

Nemlioğlu, delik şeklinin hidrolik performans ve servis ömrüne etkisini deneylerle incelemiştir. Deneyler sonucunda eski tip delik şekilleri yerine çan-ağız veya farklı tip keskin-kenar ağız delik tiplerinin tercih edilmesinin uygun olacağını belirtmektedir. Yapılan deneyler deniz deşarj sistemlerinin hidrolik kapasitelerinin artırılmasıyla atık su deşarj hacim ve kalitesinin artırılabilirliğini göstermektedir (10,11).

Evsel ve endüstriyel pis suların yoğunluğu deniz suyu yoğunluğundan genellikle küçüktür. Bu nedenle, deniz suyunda bir yoğunluk tabakalaşması yoksa, atık su bulutu her zaman deniz yüzeyine ulaşmaktadır. Deniz suyunda belirgin bir katmanlaşma varsa, derinlerdeki ağır suyun atık suyla karışması bulut içerisindeki karışımın yoğunluğunun daha yükseklerdeki deniz suyu yoğunluğuna eşit olmasını sağlamaktadır. Bu durumda atık su bulutu deniz yüzeyine erişmeden, belirli bir derinlikte tutsaklanır. Şekil 2. 1 yoğunluk tabakalaşması durumunda atık su bulutunun davranışını göstermektedir (12).



Şekil 2.1. Yoğunluk tabakalaşması durumunda atık su bulutunun davranışı

Denize boşaltım tasarımı için ısı, tuzluluk ve yoğunluk gibi deniz suyu özellikleri araştırılmalıdır. Boşaltım noktasındaki deniz suyu yoğunluk kesiti, difüzör çıkışlarından boşalan atık su bulutunun davranışını etkilemektedir (13).

Deniz suyunun atık suyla ilk karışımı, atık su jetinin momentumunu yitirmesi ve atık su / deniz suyu karışımı yoğunluğunun deniz suyu yoğunluğuna eşit oluncaya kadar devam etmektedir. Yoğunluklar eşitlendikten sonra, atık su bulutunun taşınmasında ve yayılmasında akıntılar etkili olmaktadır. Deniz suyu akıntılarının bilinmesi, kıyı sularının kirlenme düzeyinin tahmini için gereklidir (12).

Roberts ve Tian tarafından uygulanan yeni üç-boyutlu bir sistem(3DLIF) ile bir deniz deşarj sisteminden yerinde ölçümler yapılmış, ölçülen koşullara dayanarak orantılı laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar deneylerinden elde edilen sonuçlar matematiksel modellerle karşılaştırılmıştır. Yeni bir teknik olan 3DLIF ile yakın alan matematiksel modellerinin gelişiminin sağlanacağı belirtilmektedir (14).

3. DENİZ DEŞARJLARININ PROJELENDİRİLMESİ

Deniz deşarjı sistemleri, üç tarafı denizlerle çevrili bir ülke olmamız nedeniyle uygun bir atık su uzaklaştırma alternatifi olarak düşünülmektedir. İller Bankası Genel Müdürlüğü' nün denetiminde gerçekleştirilen projeler ile birçok yerleşim bölgesinin atık su arıtımı, deniz deşarjları ile sağlanmaktadır.

Deniz deşarjları projelendirilmeden önce kıyı bölgelerinde mevsimlere göre nüfus belirlenmelidir. Nüfus hesaplama metotları sonucunda belirlenen nüfusun ilerleyen yıllarda yaklaşık olarak kaç kişi olacağı tahmin edilmektedir. Nüfus tahminine göre pis su debisi hesaplanmaktadır.

3.1. Tasarım Dalgasının Seçilmesi ve Dalga Kırılma Derinliğinin Hesaplanması

Deniz deşarj sisteminin yapılacağı bölgenin dalga iklim analizleri, meteoroloji istasyonlarından alınan rüzgar verileri veya sinoptik haritalar kullanılarak yapılmaktadır. Bölgede, derin deniz belirgin dalga yüksekliğinin olasılık dağılımı belirlenerek yineleme dönemlerine göre derin deniz belirgin dalga yükseklikleri ve periyotları belirlenmektedir. Dalganın geliş yönü, boru stabilite incelemeleri için belirlenmelidir (15).

Belirgin dalga yüksekliği, fırtına anındaki en yüksek dalgaların 1/3'ünün ortalamasıdır. Fırtına anında, belirgin dalga yüksekliğinden daha yüksek tek dalgalar yani birey dalgalar olabilmektedir. Birey dalgalar boru hattında yapısal hasara neden olabilmektedir. Bu nedenle, en yüksek birey dalga yüksekliği dizayn dalga yüksekliği olarak Grace tarafından belirtildiği gibi hesaplanmaktadır (15,16).

$$H_{\max} = 1,8 \cdot (H_s)_0 \quad [3.1]$$

Farklı yönlerden gelen dalgaların, dalga kırılma hesaplamaları yapılarak kırılma dalga yüksekliği ve derinliği hesaplanmaktadır. Derin denizden gelen dalganın, deşarj borusu derinliğindeki özellikleri belirlenmelidir. Dalgaların kırıldığı bölgede deşarj borularının yapısal özelliklerinin korunması sağlanmalıdır.

$$H_d = (H_{\max})_0 \times K_r \times K_s \quad [3. 2]$$

Deşarj borusunun hangi derinliğe kadar gömüleceği kırılma hesaplarına göre yapılmaktadır. Derin deniz açısı α_0 belirlenerek, öngörülen en yüksek dalganın kırıldığı derinlik bulunmalıdır. Bölgenin taban eşderinlik eğrileri ve taban eğimi göz önünde tutularak kırılma derinlikleri hesaplanabilmektedir. Deşarj borusunun en azından kırılma derinliğine kadar gömülmesi boru stabilitesinin sağlanması bakımından uygun olmaktadır (15).

3.2. Boru Denge Hesapları

Deniz tabanına yerleştirilen deşarj borularına dalgalar ve akıntılar nedeniyle hidrodinamik kuvvetler etki etmektedir. Boru ekseninin dalga diklerine dik olması durumunda F yatay kuvveti Morrison eşitliğine göre

$$F = F_D + F_I \quad [3. 3]$$

elde edilebilir (18). Burada sürüklenme kuvveti F_D ;

$$F_D = C_D \cdot \frac{\rho}{2} \cdot A \cdot U \cdot |U| \quad [3. 4]$$

eşitliğinden hesaplanmaktadır. Eş. 3. 4' te; boru eksenine normal yöndeki akışkan parçacıklarının hızları U ; sürüklenme katsayısı C_D ; ρ akışkan yoğunluğudur (18).

Atalet kuvveti F_I ise ;

$$F_I = C_I \cdot \rho \cdot V \cdot a \quad [3. 5]$$

olarak verilmektedir. Burada, C_I atalet katsayısı; V boru hacmi; a boru eksenini seviyesindeki ivmedir (18).

Tüm bu kuvvetlere ek olarak dalgalar, deniz tabanında bulunan deşarj borularına kaldırma kuvveti uygulamaktadır. Deşarj borusuna etkiyen F_L kaldırma kuvveti Grace tarafından

$$F_L = C_L \cdot \frac{\rho}{2} \cdot A \cdot U^2 \quad [3. 6]$$

ile belirtilmekte ve C_L kaldırma kuvveti katsayısını ifade etmektedir (16,18). C_D , C_I , C_L katsayıları boru ve deniz tabanı arasındaki mesafenin (e) , boru çapı oranına (e/D) bağlı olarak değişmektedir (16,18).

Çizelge 3.1 İki farklı kaynağa göre C_D , C_M , C_L katsayıları (18).

Kaynak	e / D = 0			e / D = 0,25		
	C_M	C_D	C_L	C_M	C_D	C_L
Grace (1978)	3,29	1,0	1,0	2,15	1,0	0,5
Det (1981) NORSKE VERITAS	3,29	0,77	2,5	2,3	1,1	0,5

Atalet, kaldırma ve sürüklenme kuvvetlerinin hesaplanabilmesi için dalga hareketlerinin yarattığı hız ve ivme büyüklükleri bilinmelidir. Küçük genlikli dalga teorisi (S.A.W.T) denklemleri dalga hareketi özelliklerinin tanımlanmasında gerçeğe yakın sonuçlar vermektedir (18).

$$U = \frac{H\pi}{T} \frac{\cosh \frac{2\pi}{L}(d+y)}{\sinh \frac{2\pi}{L}d} \cos\left(\frac{2\pi}{L}x - \frac{2\pi}{T}t\right) \quad [3. 7]$$

$$a = \frac{2\pi^2 H}{T^2} \frac{\cosh \frac{2\pi}{L}(d+y)}{\sinh \frac{2\pi}{L}d} \sin\left(\frac{2\pi}{L}x - \frac{2\pi}{T}t\right) \quad [3. 8]$$

Kuvvetler arasında faz farkı olması nedeniyle, faz açısına bağlı olarak sürüklenme, kaldırma ve atalet kuvvetlerinin vektöriyel toplamaları alınmalıdır. Dalga diklerinin boru eksenine dik olması halinde birim boydaki boruya etkiyen yatay ve düşey hidrodinamik yükler, Grace tarafından verilen ifadelerle hesaplanabilmektedir (16,18).

$$F_{\max} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_{\max} \cdot D \cdot U_{\max}^2 \quad [3. 9]$$

$$P_{\max} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot K_{\max} \cdot D \cdot U_{\max}^2 \quad [3. 10]$$

Eş. 3. 9 ve Eş. 3. 10 tekrar yazılırsa dalga diklerinin boru eksenine geliş açısına göre birim boydaki boruya gelen maksimum yatay ve düşey dalga kuvvetleri;

$$F'_{\max} = C'_{\max} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot D \cdot \beta_1 \cdot U_{1\max}^2 \quad [3. 11]$$

$$P'_{\max} = K'_{\max} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot D \cdot \beta_1 \cdot U_{1\max}^2 \quad [3. 12]$$

$F'_{\max}$, birim boru boyuna gelen maksimum yatay dalga kuvvetini; $P'_{\max}$, birim boru boyuna gelen maksimum dalga kaldırma kuvvetini ve $U_{1\max}$ boru ekseninin bulunduğu derinlikte küçük genlikli dalga teorisine göre bulunan maksimum yatay hızı ifade etmektedir. $\beta_1 = 1,08$ düzeltme katsayısıdır (18).

Deniz tabanındaki maksimum yatay hız ve ivme

$$U_{1,\max} = \frac{\pi H}{T} \frac{1}{\sinh \frac{2\pi}{L} d} \quad [3. 13]$$

$$a_{1,\max} = \frac{2\pi^2 H}{T^2} \frac{1}{\sinh \frac{2\pi}{L} d} \quad [3. 14]$$

ile hesaplanmaktadır (18). Burada H dalga yüksekliği (m); T dalga dönemi (san); d deşarj borusunun bulunduğu su derinliği (m) 'dir.

$C_{\max}$ ve $K_{\max}$ katsayıları boyutsuz ψ parametresine bağlı olarak değişmektedir (18). Boyutsuz ψ parametresi

$$\psi = 0,86 \frac{U_{1,\max}^2}{a_{1,\max} \cdot D} \quad [3. 15]$$

ile hesaplanmaktadır (18).

Dalga dikleri ile boru eksenini arasında belirli bir ϕ açısı olması halinde, boruya etkiyen yatay ve düşey hidrodinamik yüklerin hesabında Grace tarafından verilen ilişki kullanılabilir. $C'_{\max}$ ve $K'_{\max}$, ϕ açısına bağlı olarak değişen katsayılardır (16,18).

Dalga özellikleri ve su derinliğinin bilinmesi ile birim boydaki bir deşarj borusuna etkiyen yatay ve düşey hidrodinamik kuvvetler hesaplanabilmektedir (18).

Tasarım için, en büyük hidrodinamik kuvvetlere yol açan tasarım dalgası saptanmalı, yönü belirlenerek deşarj borusunun hangi doğrultuda yerleştirileceği belirlenmelidir. Deşarj borusu boyunca değişik derinliklerde değişen kuvvetler hesaplanmalıdır (18).

3.3. Deşarj Borusunun Dengesi

Deşarj borularının dalga, akıntı gibi etkiler nedeniyle dengelerinin bozulmayacak bir ağırlığa sahip olmaları gerekmektedir. Boru ağırlığı dalga hareketleri nedeniyle oluşan yatay ve düşey yükleri karşılayabilmeli veya gerektiğinde beton ağırlık kitleleri yardımıyla da boru ağırlığı arttırılmalıdır (18).

3.3.1. Deşarj borusu için gerekli birim boy ağırlığı

Birim boy ağırlığının hesabı için ilk olarak borunun hangi cins malzemeden yapılacağı kararlaştırılmalıdır. Boru iç ve dış çapı ile et kalınlığı belirlenmelidir (18). İçi atık su dolu olan borunun su içindeki ağırlığı ;

$$W'_B = W_B + W_O - F_L \quad [3. 15]$$

ile hesaplanmaktadır (18). W_B deşarj borusunun ağırlığı , W_O boru içindeki atık su ağırlığı ve F_L boruya etkiyen kaldırma kuvvetidir (18).

$$W_B = \frac{\pi}{4} (D_{diş}^2 - D_{iç}^2) \gamma_{boru} \quad [3. 16]$$

$$W_o = \frac{\pi}{4} (D_{i\varphi}^2) \gamma_o \quad [3. 17]$$

$$F_L = \frac{\pi}{4} (D_{diş}^2) \gamma_s \quad [3. 18]$$

Borunun içi boş iken

$$WB' = W_B - F_L \quad [3. 19]$$

ile hesaplanmaktadır (18).

Deşarj borusunun birim boyu için gereken beton kitlelerinin su içindeki ağırlığı W_T , borunun kaymaya karşı güvenli olabilmesi koşulu uyarınca;

$$W_T = \frac{1,5F'_{\max}}{\mu} + P'_{\max} - W_B \quad [3. 20]$$

bağıntısı yazılabilir (18). Grace sürtünme katsayısı sınırlarını kum zeminler için 0,6 ile 1,4 arasında değişmekte olduğunu belirtmektedir (16). Deşarj borusunun dengesini sağlamak için gereken ağırlıklar, çeşitli derinliklerde hidrodinamik kuvvetlerin farklı değerlerde olması nedeniyle değişiklik gösterecektir. Bu nedenle tespit kitlesi ağırlıkları, deşarj borusu boyunca hesaplanmalıdır. Ayrıca tespit kitlelerinin ne kadar mesafelerle yerleştirileceği belirlenmelidir (18).

3.4. Dolgu Malzemesinin Seçimi

Borunun gömülü olarak geçeceği bölgede açılacak hendekte kullanılacak dolgu malzemesinin, dalga etkisi ile taşınmayacak çapta ve ağırlıkta olması

gerekmektedir. Grace tarafından belirtilen yöntemlerden en kritik olanı dolgu malzemesi çapı seçimi için kullanılabilir (16,18).

3.4.1. Yöntem 1

İngiltere Wallingford Hidrolik Araştırma Enstitüsü tarafından geliştirilen yöntemde dalga hareketinin etkisi ile harekete geçebilecek dane çapı arasında aşağıdaki bağıntı verilmektedir (18).

$$\frac{a_{\max} \cdot D_k}{U_{\max}^2} = \begin{cases} 6,69 \left(\frac{a_{\max}}{g} \right)^{2,278} & \longrightarrow 0,067 \leq \frac{a_{\max}}{g} \leq 0,158 \\ 0,533 \left(\frac{a_{\max}}{g} \right)^{1,340} & \longrightarrow 0,005 \leq \frac{a_{\max}}{g} \leq 0,067 \end{cases} \quad [3. 21]$$

$U_{\max}$ ve $a_{\max}$ tasarım dalgasının tabanda oluşturduğu en büyük yatay hız ve ivmeyi, D_k ise kritik dane çapını göstermektedir (18).

$$a_{\max} = 1,36 \cdot a_{1,\max} \quad [3. 22]$$

$$\frac{U_{\max}^2}{a_{\max}} = 0,86 \frac{U_{1,\max}^2}{a_{1,\max}} \quad [3. 23]$$

Bu hesaplamalarda dalgaların geliş yönlerinin önem taşımadığı, yüksekliği en büyük olan tasarım dalgasının alınması ile güvenilir tarafta kalınacağı belirtilmektedir (18).

3.4.2. Yöntem 2

Kıyı koruma, planlama ve tasarlama (1966) tarafından önerilen gömülmüş boru için dolgu malzemesi çapı;

$$V = 0,213D_2^{0,5} \quad D_2 \geq 3 \text{ mm} \quad [3. 24]$$

ile hesaplanmaktadır. Bağıntıda V m/san, D_2 ise mm.' dir. Bağıntının gömülmüş dane çapları ve $2,65 \text{ ton/ m}^3$ özgül ağırlığı olan daneler için geçerli olduğu belirtilmektedir (18). Gömülmemiş daneler için

$$V = 0,72 \cdot 0,213D_2^{0,5} \quad [3. 25]$$

bağıntısı önerilmektedir (18).

3.4.3. Yöntem 3

Dane çaplarını belirlemenin bir diğer yolu ise “ Shields Eğrisi ” kullanılarak harekete geçen dane çapını (D_3) belirlemektir (18).

3.5. Seyrelme Hesabı

Seyrelme hesapları, deşarj pompa debileri $Q_{\max}$ ve $Q_{\min}$ 'e göre yapılmaktadır (18).

3.5.1. İlk seyrelme (Yakın alan seyrelmesi)

Cederwall formülü kullanılarak

$$S_m = 0,54 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{Z}{D_0 F_0} \right)^{7/16} \quad ; \quad \frac{Z}{D_0} < 0,5 \cdot F_0 \quad [3. 26]$$

$$S_m = 0,54 \cdot F_0 \cdot \left(0,38 \cdot \frac{Z}{D_0 F_0} + 0,66 \right)^{5/3} \quad ; \quad \frac{Z}{D_0} > 0,5 \cdot F_0 \quad [3. 27]$$

ilk seyrelme hesapları yapılır (9,18).

Boyutsuz yoğunluksal Froude sayısı F_0 , çıkış deliği ağzındaki jet hızı (m/san) U_0 , atık suyun yoğunluğu (kg / m^3) ρ_a , deniz suyu yoğunluğu (kg / m^3) ρ_0 , yerçekimi ivmesi g , su derinliği (m) z , delik çapı (m) D_0 olarak tanımlanmaktadır. Boyutsuz yoğunluksal Froude sayısı,

$$F_0 = U_0 / [((\rho_0 - \rho_a) / \rho_0) \cdot g \cdot D_0]^{1/2} \quad [3. 28]$$

ile hesaplanır (9,18).

Bir delikten geçecek debi ;

$$q_1 = \frac{Q_{\max}}{\sum \left(N_p \cdot \frac{\pi D_0^2}{4} + N_p \cdot \frac{\pi D^2}{4} \right)} \cdot \frac{\pi D_0^2}{4} \quad [3. 29]$$

$$U_0 = q_1 / \frac{\pi D_0^2}{4} \quad [3. 30]$$

$\frac{z}{D_0}$ oranının $0,5 \cdot F_0$ ' ten büyük veya küçük olması durumuna göre S_m ' in hesaplanacağı formül seçilmektedir (9,18).

Dairesel ağızlı deliklerden deşarj yapılması durumunda Grace tarafından belirlenen ortalama seyrelme ;

$$S_{1g} = 1,74 \cdot S_m \quad [3. 31]$$

ile hesaplanmaktadır(18).

Sarıkaya, deniz deşarj sisteminde bulut etkisini tanımlayan p büyüklüğü ile oluşacak gerçek ortalama ilk seyrelmenin hesaplanabileceğini belirtmektedir (18,19).

$$p = \frac{Q \cdot S_{1g}}{U \cdot d \cdot w_{0d}} \quad [3. 32]$$

$$S_g = \frac{S_{1g}}{(1 + p)} \quad [3. 33]$$

Burada toplam atık su debisi Q , ortalama jet seyrelmesi S_{1g} , öngörülen akıntı hızı U , deşarj borusunun bulunduğu su derinliği d ve akıntıya dik yöndeki bulut genişliği w_{0d} olarak tanımlanmaktadır (18).

3.5.2. İkinci seyrelme (Uzak alan seyrelmesi)

İkinci seyrelme hesaplarında Brooks tarafından önerilen yöntem ile hesaplamalar yapılmaktadır (18).

$$S_2 = \frac{C_0}{C_t} \quad [3. 34]$$

$$S_2 = \frac{1}{\operatorname{erf}\left(\frac{3/2}{[1 + (2/3)\beta(x/L_D)]^3 - 1}\right)^{1/2}} \quad [3. 35]$$

$$\beta = \frac{12E}{V_x \cdot L_D} \quad [3. 36]$$

$$E = 4,53 \cdot 10^{-4} (L_D)^{4/3} \quad [3. 37]$$

V_x akıntı hızını, $\text{erf}(x)$ hata fonksiyonunu, L_D difüzör boyunu ve x difüzörün orta noktasından kıyı koruma bandına olan mesafeyi ifade etmektedir (18).

3.5.3. Bakteriyel seyrelme

$$c = c_0 \cdot e^{-Kt} \quad [3. 38]$$

$$K = \frac{2,3}{T_{90}} \quad [3. 39]$$

T_{90} , bakterilerin % 90' ının yok olması için gerekli süreyi ve t difüzörden çıkan suyun kıyı koruma bölgesine ulaşması için geçecek süreyi belirtmektedir (10).

$$t = \frac{x}{U} \quad [3. 40]$$

Bakteriyel seyrelme

$$S_3 = \frac{1}{e^{-K \cdot t}} \quad [3. 41]$$

ile hesaplanabilmektedir.

Toplam seyrelme değeri;

$$S = S_g \cdot S_2 \cdot S_3 \quad [3. 42]$$

ile hesaplanmaktadır. Ayrıca koliform miktarı ve arıtma verimine göre kıyı koruma bandına ulaştığında istenen değerin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmelidir (18).

3.6. Kayıp Hesapları

3.6.1. Difüzör kayıpları

Deşarj edilecek maksimum debi miktarı, difüzör delik sayısı ve çaplarına göre son delikten çıkan debi miktarı hesaplanmalıdır (18).

$$q_1 = \left(\frac{Q}{\sum a_i} \right) \cdot a_1 \quad [3. 43]$$

Burada a_i i nolu delik alanı, a_1 son deliğin alanını tanımlamaktadır. Son delikten çıkan debi hızı U_1

$$U_1 = \frac{Q}{\frac{\pi d_1^2}{4}} \quad [3. 44]$$

olarak hesaplanmaktadır (18).

Deniz deşarj sistemlerinde difüzör delikleri genellikle, tıkanmaya karşı daha güvenli ve daha büyük debi katsayıları vermeleri nedeniyle çan eğrisi şeklinde tercih edilmektedir (18).

Debi katsayılarının bulunmasında $V^2 / 2gH - C_D$ grafik bağıntısından yararlanılmaktadır (18).

Debi katsayısı C_D değeri grafikten seçilerek

$$E_{1,\max} = \frac{U_1^2}{2g \cdot C_D^2} \quad [3. 45]$$

hesaplanmaktadır (18).

Delikler arası sürtünme kayıpları, iki delik arası mesafeye (l) ve boru çapına (D) göre aşağıdaki ifadeler ile hesaplanmaktadır (18).

$$h_L = f \frac{l}{D} \frac{V_1^2}{2g} \quad [3. 46]$$

$$V_1 = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}} \quad [3. 47]$$

$$R_e = \frac{V_1 \cdot D}{\nu} \quad [3. 48]$$

κ_s değeri belirlenerek $\frac{\kappa_s}{D}$ değeri hesaplanıp Moody Diyagramından f değeri okunur (18).

$$E_2 = E_{1,\max} + h_L \quad [3. 49]$$

Difüzörde kayıp hesapları son deliğe kadar yapılmaktadır (18).

3.6.2. Yoğunluk farkı kaybı

Derinlik boyunca atık su ve deniz suyu yoğunlukları arasındaki farklılık nedeniyle kayıplar söz konusu olmaktadır (18).

$$h_y = z \left(\frac{\rho_a - \rho_o}{\rho_o} \right) \quad [3. 50]$$

3.6.3. Deşarj borusunda kayıp (Terfi merkezi - Difüzör arası)

Deşarj borusu boyunca oluşacak kayıplar

$$V_{\max} = \frac{Q_{\max}}{\frac{\pi D^2}{4}} \quad [3. 51]$$

$$h_{\max} = f \frac{L}{D} \frac{V_{\max}^2}{2g} + K \frac{V_{\max}^2}{2g} \quad [3. 52]$$

$$V_{\min} = \frac{Q_{\min}}{\frac{\pi D^2}{4}} \quad [3. 53]$$

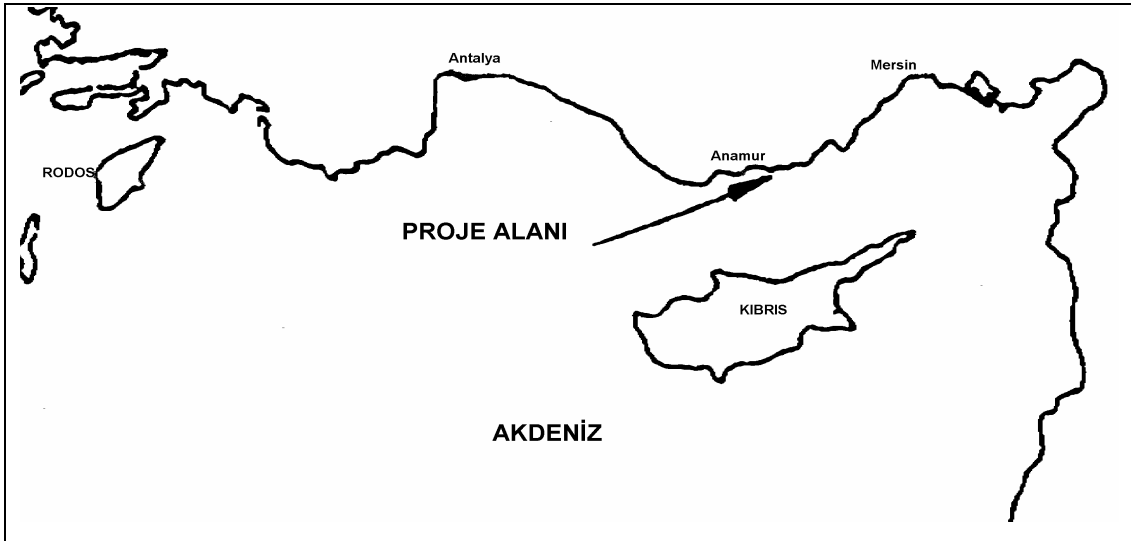
$$h_{\min} = f \frac{L}{D} \frac{V_{\min}^2}{2g} + K \frac{V_{\min}^2}{2g} \quad [3. 54]$$

Tüm bu kayıpların yanında gel-git su seviyesi farkı ve terfi merkezi içinde kayıplar sistemde söz konusu olacaktır (18).

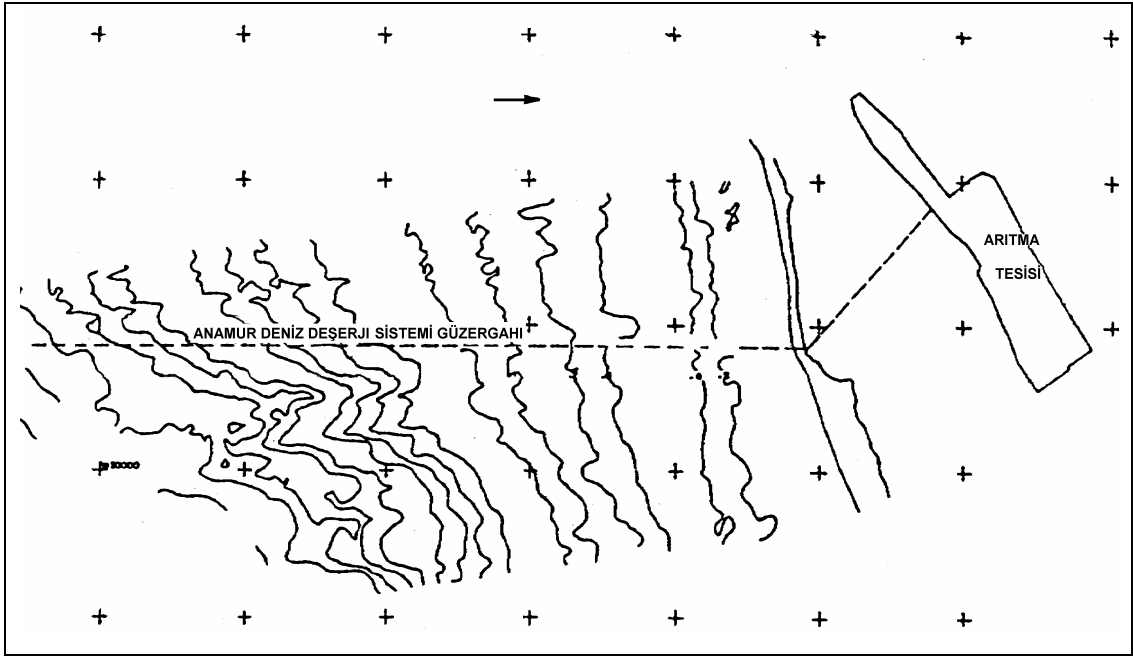
4. ANAMUR DERİN DENİZ DEŞARJI SİSTEMİ

İller Bankası Genel Müdürlüğü Kanalizasyon Daire Başkanlığı' nca yaptırılan Anamur pis su arıtma tesisi ve deniz deşarjı uygulaması incelenecek olursa bir deniz deşarjı sisteminin tasarımı için gerekli bilgiler tespit edilebilir .

Akdeniz kıyı şeridinde yer alan Anamur, turistik ve tarihi niteliklere sahip bir şehrimizdir. Bu özellikleri nedeniyle şehir nüfusu mevsimlere göre değişiklik göstermektedir. Yaz aylarında şehir nüfusu artmakta, kış aylarında nüfus azalmaktadır. Nüfus hesaplama metotları sonucunda 2027 yılı itibariyle Anamur' un nüfusunun yaklaşık olarak 170.000 kişi olacağı tahmin edilmektedir. Nüfus tahminine göre pis su debisinin $0,66 \text{ m}^3/\text{sn}$ olacağı hesaplanmaktadır (15).



Şekil 4.1. Anamur' un konumu (15).



Şekil 4.2. Anamur deniz deşarjı sisteminin güzergahı (15).

4.1. Tasarım Dalgasının Seçilmesi ve Dalga Kırılma Derinliğinin Hesaplanması

Bölgenin dalga iklim analizleri, 16 yıllık rüzgar verileri ve 9 yıllık sinoptik haritalar kullanılarak yapılmıştır. Çizelge 4. 1 ve Çizelge 4. 2' de yıllık pik belirgin dalga yükseklikleri yıllara göre belirtilmiştir (17). Derin deniz belirgin dalga yüksekliğinin olasılık dağılımı belirlenerek 10, 25, 50 ve 100 yıllık yineleme dönemlerine göre derin deniz belirgin dalga yükseklikleri ve periyotları Çizelge 4. 3' te belirtilmiştir (15,17).

Çizelge 4.1. Sinoptik haritalardan alınan yıllık pik belirgin dalga yükseklikleri ve Gumbel dağılımına göre aşılmama olasılıkları (15,17).

M	YIL	$H_{1/3}$	$P(H_{1/3})$ (%)	YÖN
1	1982	2,79	10	WSW
2	1977	3,04	20	SSE
3	1984	3,87	30	WSW

Çizelge 4.1. Sinoptik haritalardan alınan yıllık pik belirgin dalga yükseklikleri ve Gumbel dağılımına göre aşılmama olasılıkları (15,17) (devamı).

M	YIL	$H_{1/3}$	$P(H_{1/3})$ (%)	YÖN
4	1983	4,02	40	SSW
5	1976	4,03	50	SW
6	1979	4,46	60	WSW
7	1980	5,02	70	SW
8	1978	5,09	80	WSW
9	1981	5,17	90	SW

Çizelge 4.2. Anamur meteoroloji istasyonundan alınan rüzgar verilerinin yıllık belirgin dalga yükseklikleri ve aşılmama olasılığı (15,17).

M	YIL	$(H_s)_0$	$P(H_s)$ (%)	YÖN
1	1983	2,87	5,88	ESE
2	1970	3,11	11,76	WSW
3	1982	3,27	17,65	ESE
4	1977	3,32	23,53	WSW
5	1980	3,49	29,41	WSW
6	1984	3,80	35,29	WSW
7	1972	3,81	41,18	ESE
8	1978	3,90	47,06	WSW
9	1973	3,91	52,94	ESE
10	1974	4,27	58,82	WSW
11	1971	4,31	64,71	ESE
12	1976	4,37	70,59	WSE
13	1979	4,39	76,47	SW
14	1975	4,61	82,35	SSW
15	1969	4,96	88,24	SW
16	1981	5,65	94,12	WSW

Çizelge 4. 3 Çeşitli yinleme dönemleri için derin deniz belirgin dalga yükseklikleri ve periyotları (15).

Yenileme Dönemi R _p (Yıl)	10	25	50	100
Meteoroloji İstas. (H _s) ₀	5,17± 0,10	5,81± 0,14	6,28± 0,18	6,76±0,21
Meteoroloji İstas. T _s	8,62	9,14	9,50	9,86
Sinoptik Haritalar (H _s) ₀	5,62± 0,43	6,40± 0,61	6,98± 0,76	7,55±0,90
Sinoptik Haritalar T _s	8,81	9,40	9,82	10,27

Çizelge 4. 3' ten görüleceği gibi iki farklı veri kaynağından elde edilen sonuçlar büyük farklılık göstermemektedir. Bu nedenle 50 yıllık yenileme dönemi sinoptik haritalardan elde edilen derin deniz belirgin dalga yüksekliği (H_s)₀ =6,98 m. ≈ 7,00 m ve belirgin dalga periyodu T_s= 9,82 sn. ≈ 10,0 sn. olarak alınmaktadır (15).

Derin deniz dalga yüksekliğinin ekstrem dalga yüksekliği olasılık dağılımı, Anamur bölgesinin WSW - ESE yönlerinden gelen dalgalardan etkilendiğini göstermektedir. WSW - SW yönlerinden gelen dalgaların boru stabilite incelemelerinde hakim dalga yönü olarak, ESE yönünden gelen dalgaların ikinci hakim dalga yönü olarak değerlendirilmesi gerektiği belirlenmektedir (15).

En yüksek birey dalga yüksekliği belirgin dalga yüksekliği olarak Grace tarafından belirtildiği gibi Eş. 3.1' den hesaplanmaktadır (15,16).

$$H_{\max} = 1,8 \cdot (H_s)_0 = 1,8 \cdot 7 = 12,6m$$

Hesaplanan dalga yüksekliği, ortalama 50 yılda bir kez olması beklenen ekstrem bir fırtınadaki en yüksek birey dalgadır (15).

Derin denizden gelen dalganın, deşarj borusu derinliğindeki özellikleri belirlenecek olursa Eş.3. 2' den $d=20$ m. derinlikteki dalga yüksekliği sapma katsayısı $K_r=0,89$ ve sığlaşma katsayısı $K_s=0,92$ olduğunda

$$H_{20} = 12,6 \times 0,89 \times 0,92 = 10,32m.$$

bulunur (15).

Derin deniz açısı $\alpha_0=0^\circ$ alınırsa, öngörülen en yüksek dalganın kırıldığı derinlik bulunmalıdır. Güler, Collins tarafından önerilen denklemleri kullanarak taban eşderinlik eğrilerini düz, paralel; taban eğimini 1/50 kabul ederek kırılma derinliklerinin 13-15 metreler arasında gerçekleştiğini belirlemektedir. Kırılma bölgesinin hesaplanması sonunda deşarj borusunun en az -15 m. su derinliğine kadar olan kısmının hendek içinde ve gömülerek geçilmesinin boru stabilitesi açısından uygun olacağı belirtilmektedir (18).

4.2. Boru Denge Hesapları

Dalga özellikleri ile su derinliği bilindiği takdirde birim boydaki bir deşarj borusuna etkiyen yatay ve düşey hidrodinamik kuvvetler hesaplanabilmektedir.

Başlangıç olarak deşarj borusunun zemin üstüne çıktığı ve tüm boru boyunda oluşan en büyük hidrodinamik kuvvetlerin oluşacağı -15 m.'lerde çeşitli yönlerden gelen dalgaların özellikleri Çizelge 4. 4. 'te belirtilmektedir (15).

Deşarj borusu ilk olarak kuzey ile 180° açı yapacak doğrultuda yerleştirilmiş ve etkiyen hidrodinamik kuvvetler hesaplanmıştır (Çizelge 4. 5) (15).

Dalga çalışmalarından dalgaların çoğunlukla WSW-SW yönünde olduğu belirlenmektedir. WSW-SW yönünden gelen dalgalar Anamuryum burnunda

kırınımına uğrayarak, etkilerini yitirerek kıyıya ulaşmaktadır. ESE yönünden gelen dalgalar kıyıya WSW-SW yönü dalgalarına göre daha az yitirerek ulaşacaklardır. Bu nedenle deşarj borusunun ikinci yerleşimi Kuzey ile saat yönünde 165° açı yapacak doğrultuda yerleştirilerek boruya etkiyen hidrodinamik kuvvetler bulunmaktadır (Çizelge 4. 6) (15).

Çizelge 4. 4. Çeşitli yönlerden gelen dalgaların d=15 m. derinlikteki karakteristikleri (15).

YÖN	α_0	$(H_{1/3})_0$	T	L_0	d/L_0	L	K_s	K_r	H_s	α_{15}	ϕ
WSW*	67,5	5,65	9,0	126,40	0,1186	95,60	0,92	0,73	3,8	44,30	42,00
SW	45,0	5,17	8,5	112,70	0,1330	88,91	0,917	0,92	4,36	34,00	31,00
SSW*	22,5	4,61	8,1	102,40	0,1460	83,43	0,9138	0,986	4,15	18,16	20,00
SSE	22,5	3,04	6,5	66,00	0,2270	56,32	0,925	0,988	2,78	19,06	20,00
ESE	67,5	4,31	7,9	97,40	0,1540	81,96	0,913	0,78	3,10	50,94	52,00

* Dalga yükseklikleri meteoroloji istasyonu ölçümlerinden elde edilen dalga yüksekliklerinden alınmıştır.

$$\frac{\sin \alpha_0}{L_0} = \frac{\sin \alpha}{L} \quad \sin \alpha_{15} = \frac{L}{L_0} \cdot \sin \alpha_0$$

$$\alpha_0 = 67,5^\circ \text{ ve } (H_{1/3})_0 = 5,65 \text{ m. alındığında } \sin \alpha_{15} = \frac{95,60}{126,40} \cdot \sin 67,5 = 0,698 \quad \alpha_{15} = 44,30, \quad K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_{15}}} = \sqrt{\frac{\cos 67,5}{\cos 44,3}} = 0,73$$

Sığışma katsayısı K_s yoğunluklu dalga tablosundan (gravity wave table) alınırsa 15 m. derinlikteki dalga yüksekliği

$$(H_{1/3})_{15} = (H_{1/3})_0 \cdot K_r \cdot K_s = 5,65 \cdot 0,73 \cdot 0,92 = 3,8 \text{ m. olarak hesaplanmaktadır.}$$

Çizelge 4. 5. Çeşitli yönlerden gelen dalgaların d=15 m. derinlikli yerlerde yarattığı kuvvetler (Boru eksenini Kuzey yönü ile 180° açı yapması halinde) (15).

YÖN	ϕ	H_s (m)	T (san)	$U_{1,max}$ (m/san)	$a_{1,max}$ (m/san ²)	$0,86 \frac{U_{1,max}^2}{a_{1,max} \cdot D}$	C_{max}	K_{max}	$\frac{C'_{max}}{C_{max}}$	$\frac{K'_{max}}{K_{max}}$	C'_{max}	K'_{max}	F'_{max} (kg/m)	P'_{max} (kg/m)
WSW	42,0	3,8	9,0	1,155	0,8	2,36	4,00	4,40	0,35	0,50	1,40	2,20	63,35	98,69
SW	31,0	4,36	8,5	1,27	0,94	2,46	3,80	4,25	0,20	0,20	0,76	0,85	41,00	46,50
SSW	20,0	4,15	8,1	1,16	0,9	2,15	4,15	4,50	-	-	-	-	-	-
SSE	20,0	2,78	6,5	0,59	0,51	0,77	5,15	5,50	-	-	-	-	-	-
ESE	52,0	3,1	7,9	1,8443	0,69	1,56	4,50	4,80	0,60	0,65	2,70	3,185	65,30	77,0

$$U_{1max} = \frac{\pi H}{T} \frac{1}{\sinh \frac{2\pi}{L} d} \quad a_{1max} = \frac{2\pi^2 H}{T^2} \frac{1}{\sinh \frac{2\pi}{L} d} \quad \rho = \frac{\gamma}{g} = \frac{1027}{9,81} \quad D = 0,61 \text{ m.}$$

$$F'_{max} = C'_{max} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot D \cdot \beta_1 \cdot U_{1max}^2 \quad P'_{max} = K'_{max} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot D \cdot \beta_1 \cdot U_{1max}^2$$

Çizelge 4. 6. Çeşitli yönlerden gelen dalgaların d=15 m. derinlikli yerlerde yarattığı kuvvetler (Boru eksenini Kuzey ile 165° açı yapması halinde) (15).

YÖN	ϕ	H_s (m)	T (san)	$U_{1,max}$ (m/san)	$a_{1,max}$ (m/san ²)	$0,86 \frac{U_{1,max}^2}{a_{1,max} \cdot D}$	C_{max}	K_{max}	$\frac{C'_{max}}{C_{max}}$	$\frac{K'_{max}}{K_{max}}$	C'_{max}	K'_{max}	F'_{max} (kg/m)	P'_{max} (kg/m)
WSW	58,0	3,8	9,0	1,15	0,80	2,36	4,00	4,40	0,92	0,80	3,68	3,52	165,08	157,90
SW	48,0	4,36	8,5	1,27	0,94	2,46	3,80	4,25	0,60	0,65	2,47	2,76	135,13	151,00
SSW	33,0	4,15	8,1	1,16	0,90	2,15	4,15	4,50	0,20	0,20	0,83	0,9	37,9	41,00
SSE	4,0	2,78	6,5	0,59	0,51	0,77	5,15	5,50	-	-	-	-	-	-
ESE	35,0	3,10	7,9	0,84	0,69	1,56	4,50	4,80	0,25	0,30	1,125	1,47	26,93	35,20

$$F'_{max} = C'_{max} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot D \cdot \beta_1 \cdot U_{1max}^2 \quad P'_{max} = K'_{max} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot D \cdot \beta_1 \cdot U_{1max}^2$$

Çizelge 4. 5 ve 4. 6 incelendiğinde Kuzey yönü ile 180° lik açı yapan deşarj borusunda WSW-SW ve ESE yönlerinden gelen dalgaların yarattığı hidrodinamik kuvvetlerin yakın değerler verdiği görülmektedir. Kuzey yönü ile 165° lik açı yapan deşarj borusunda ise SSE ve ESE yönünden gelen dalgaların hidrodinamik kuvvetleri etkisini yitirmekte buna karşılık WSW-SW yönünden gelen dalgaların yarattığı hidrodinamik kuvvetlerin etkisinin yaklaşık iki kat arttığı belirlenmektedir (15).

Hesaplar sonunda deşarj borusunun Kuzey yönü ile saat yönünde 180° lik açı yapacak doğrultuda yerleştirilmesinin uygun olacağı saptanmaktadır (15).

50 yıl yinleme dönemli ekstrem bir fırtınada, en yüksek birey dalğanın $H_{\max}=12,6$ m, $T=10$ san. WSW, SW, SSW, S, SSE, SE, ESE yönlerinden geldiği varsayılarak hesaplar yapılmıştır (Çizelge 4. 7 ve 4. 8) (15).

Yapılan ön değerlendirmeler sonucunda, en büyük hidrodinamik kuvvetlere yol açan tasarım dalgası saptanmaktadır. Kuvvetlerin derinlik boyunca değişmesi nedeniyle tasarım dalgasının yaratacağı kuvvetler deşarj borusu boyunca farklı derinliklerde hesaplanmalıdır. Çizelge 4. 8 'den WSW ve ESE yönünden gelen dalgaların yaratacağı hidrodinamik kuvvetlerin daha büyük olduğu görülmektedir. Bu nedenle değişik derinliklerde bu yönden gelecek olan dalgaların özellikleri belirlenmektedir (Çizelge 4. 9 ve 4.10) (15).

Çizelge 4. 7. 50 yıl yineleme dönemli tasarım dalgasının d=15 m. derinlikteki özellikleri (15).

YÖN	α_0	$(H_{\max})_0$	T	L_0	d/L_0	L_{15}	K_s	K_r	$(H_{\max})_{15}$	α_{15}	d/L
WSW	67,5	12,6	10,0	156	0,096	110,62	0,9384	0,712	8,42	40,92	0,1356
SW	45,0	12,6	10,0	156	0,096	110,62	0,9384	0,90	10,64	30,00	0,1356
SSW	22,5	12,6	10,0	156	0,096	110,62	0,9384	0,98	11,58	15,75	0,1356
S	0,0	12,6	10,0	156	0,096	110,62	0,9384	1,00	11,82	0,0	0,1356
SSE	22,5	12,6	10,0	156	0,096	110,62	0,9384	0,98	11,59	15,75	0,1356
SE	45,0	12,6	10,0	156	0,096	110,62	0,9384	0,90	10,64	30,00	0,1356
ESE	67,5	12,6	10,0	156	0,096	110,62	0,9384	0,712	8,42	40,92	0,1356

$$\sin \alpha = \frac{L_{15}}{L_0} \cdot \sin \alpha_0 K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_{15}}}$$

Çizelge 4. 8. 50 yıllık tasarım dalgasının d=15 m derinlikte yarattığı hidrodinamik kuvvetler (15).

YÖN	ϕ	$H_{\max}$ (m)	T (san)	$U_{1,\max}$ (m/san)	$a_{1,\max}$ (m/san ²)	$0,86 \frac{U_{1,\max}^2}{a_{1,\max} \cdot D}$	$C_{\max}$	$K_{\max}$	$\frac{C'_{\max}}{C_{\max}}$	$\frac{K'_{\max}}{K_{\max}}$	$C'_{\max}$	$K'_{\max}$	$F'_{\max}$ (kg/m)	$P'_{\max}$ (kg/m)
WS W	41, 0	8,42	10	2,76	1,73	6,29	2,0	2,2	0,35	0,50	0,70	1,10	180,8 7	284,2 3
SW	30, 0	10,6 4	10	3,49	2,19	7,95	1,5	1,3	0,20	0,20	0,30	0,26	123,9 5	107,4 2
SSW	15, 0	11,5 8	10	3,79	2,38	8,65	1,3	1,25	0,20	0,20	0,26	0,25	126,7	121,8 1
S	0,0	11,8 2	10	3,87	2,43	8,83	1,25	1,0	0,20	0,20	0,25	0,20	127,0	101,6 1
SSE	15, 0	11,5 9	10	3,79	2,38	8,65	1,3	1,25	0,20	0,20	0,26	0,25	126,7	121,8 1
SE	30, 0	10,6 4	10	3,49	2,19	7,95	1,5	1,3	0,20	0,20	0,30	0,26	123,9 0	107,4 2
ESE	41, 0	8,42	10	2,76	1,73	6,29	2,0	2,2	0,35	0,50	0,70	1,10	180,8 7	284,2 2

$$F'_{\max} = C'_{\max} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot D \cdot \beta_1 \cdot U_{1\max}^2 \quad P'_{\max} = K'_{\max} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot D \cdot \beta_1 \cdot U_{1\max}^2$$

Çizelge 4. 9. WSW veya ESE yönünden gelen 50 yıl yineleme dönemli maksimum dalganın çeşitli derinliklerdeki özellikleri (15).

Derinlik	α_0	$H_{\max}$	T	L_0	d/L_0	L	K_s	K_r	$(H_{\max})_d$	α_d	d/L
20	67,5	12,6	10,0	156	0,128	121,65	0,9176	0,74	8,56	46,10	0,1644
19	67,5	12,6	10,0	156	0,122	118,8	0,9194	0,73	8,45	44,33	0,16
18	67,5	12,6	10,0	156	0,115	116,9	0,922	0,728	8,46	43,81	0,154
17	67,5	12,6	10,0	156	0,109	114,1	0,926	0,72	8,40	42,51	0,149
16	67,5	12,6	10,0	156	0,102	111,9	0,9316	0,715	8,40	41,50	0,143

15	67,5	12,6	10,0	156	0,096	110,62	0,938	0,712	8,42	40,92	0,1356
----	------	------	------	-----	-------	--------	-------	-------	------	-------	--------

$$\sin \alpha_d = \frac{L_d}{L_0} \cdot \sin \alpha_0 \quad K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_d}}$$

Çizelge 4.10. WSW veya ESE yönünden gelen 50 yıl yineleme dönemli maksimum dalganın deşarj borusu boyunca çeşitli derinliklerde yarattığı kuvvetler (15).

d	ϕ	$H_{\max}$ (m)	T (san)	$U_{1,\max}$ (m/san)	$a_{1,\max}$ (m/san ²)	$0,86 \frac{U_{1,\max}^2}{a_{1,\max} \cdot D}$	$C_{\max}$	$K_{\max}$	$\frac{C'_{\max}}{C_{\max}}$	$\frac{K'_{\max}}{K_{\max}}$	$C'_{\max}$	$K'_{\max}$	$F'_{\max}$ (kg/m)	$P'_{\max}$ (kg/m)
20	46	8,56	10	2,19	1,38	5,00	2,6	2,75	0,45	0,55	1,17	1,513	190,34	264,14
19	44	8,45	10	2,24	1,41	5,12	2,5	2,70	0,45	0,55	1,13	1,49	192,32	253,6
18	43,8	8,46	10	2,36	1,48	5,39	2,4	2,6	0,42	0,53	1,00	1,38	188,92	260,71
17	42,51	8,40	10	2,45	1,54	5,58	2,3	2,5	0,4	0,52	0,92	1,3	187,32	264,7
16	41,5	8,40	10	2,58	1,62	5,88	2,2	2,4	0,38	0,51	0,84	1,224	189,66	276,4
15	40,92	8,42	10	2,76	1,73	6,29	2,0	2,2	0,35	0,50	0,70	1,1	180,87	284,3

4.3. Deşarj Borusunun Dengesi

Deşarj boruları üzerinde etki gösteren dalgaların özellikleri ve dalgalar tarafından yaratılan kuvvet değerleri hesaplanarak deşarj borularının dengelerinin bozulmayacağı bir ağırlığa sahip olmaları için boru cinsine göre hesaplamalar yapılmaktadır (18).

4.3.1. Deşarj borusu için gerekli birim boy ağırlığı

Birim boy ağırlığının hesabı için ilk olarak borunun hangi cins malzemeden yapılacağı kararlaştırılmalıdır. Anamur deniz deşarj sisteminde çelik boru ve HDPE boru için hesaplamalar yapılmaktadır (18).

Çelik boru iç çapı $D_{iç}=0,594$ m, dış çapı $D_{dis}=0,61$ m ve et kalınlığı $t_e=8$ mm. olarak belirlenmiştir (18).

Eş. 3.16' dan deşarj borusunun ağırlığı

$$W_B = \frac{\pi}{4} (D_{dis}^2 - D_{iç}^2) \gamma_{boru} = \frac{\pi}{4} (0,61^2 - 0,594^2) \cdot 7850 = 119 \text{ kg/ m}$$

Eş. 3.17' den boru içindeki atık su ağırlığı

$$W_o = \frac{\pi}{4} (D_{iç}^2) \gamma_o = \frac{\pi}{4} (0,594^2) \cdot 1000 = 277 \text{ kg/m}$$

Eş. 3.18' den boruya etkiyen kaldırma kuvveti

$$F_L = \frac{\pi}{4} (D_{dis}^2) \gamma_s = \frac{\pi}{4} (0,61^2) \cdot 1027 = 300 \text{ kg/ m}$$

hesaplanarak içi atık su dolu olan borunun su içindeki ağırlığı Eş. 3. 15' ten

$$W'_B = W_B + W_O - F_L = 119 + 277 - 300 = 96 \text{ kg/ m}$$

olarak hesaplanmaktadır (18).

Borunun içi boş iken su içindeki ağırlığı Eş. 3. 19'dan

$$WB' = W_B - F_L = 119 - 300 = -181 \text{ kg/ m}$$

bulunmaktadır (18).

Deşarj borusunun birim boyu için gereken beton kitlelerinin su içindeki ağırlığı W_T ve $F'_{\max}$ ile $P'_{\max}$ değerleri dalgalar tarafından yaratılan en büyük yatay ve düşey hidrodinamik kuvvetler belirlenerek İller Bankası Genel Şartnameleri gereği yatay ve düşey yüklere karşı güvenilirlik katsayısı 1,5 alınarak tespit kitlesi ağırlıkları hesaplanmaktadır. Ağırlıklar deşarj borusu boyunca Çizelge 4. 11' de hesaplanmıştır (18).

Çizelge 4.11. Çeşitli derinliklerdeki tespit kitlesi ağırlıkları (18).

d (m)	$F'_{\max}$ (kg / m)	$P'_{\max}$ (kg / m)	WB' (kg / m)	W_T (kg / m)
20	190,34	246,14	96	467,40
19	192,32	253,6	96	478,13
18	188,92	260,7	96	479,57
17	187,32	264,7	96	481,00
16	189,66	276,4	96	496,50
15	180,87	284,3	96	490,00

HDPE boru iç çapı $D_{iç}=0,5586$ m, dış çapı $D_{dis}=0,63$ m ve et kalınlığı $t_e=0,0357$ m. olarak belirlenmiştir($\gamma_o=1000$ kg/m³ $\gamma_s=1027$ kg/m³, $\gamma_{boru}=1000$ kg/m³).

Eş. 3. 16' dan deşarj borusunun ağırlığı

$$W_B = \frac{\pi}{4} (D_{dis}^2 - D_{iç}^2) \gamma_{boru} = 66,65 \text{ kg/ m}$$

Eş. 3. 17' den boru içindeki atık su ağırlığı

$$W_o = \frac{\pi}{4} (D_{iç}^2) \gamma_o = 245 \text{ kg/m}$$

Eş. 3.18' den boruya etkiyen kaldırma kuvveti

$$F_L = \frac{\pi}{4} (D_{dis}^2) \gamma_s = 320,14 \text{ kg/ m}$$

hesaplanarak içi atık su dolu olan borunun su içindeki ağırlığı Eş. 3. 15' ten

$$W'_B = W_B + W_o - F_L = 66,65 + 245 - 320,14 = - 8,49 \text{ kg/ m}$$

olarak hesaplanmaktadır (18).

Borunun içi boş iken su içindeki ağırlığı Eş. 3. 19' dan

$$WB' = W_B - F_L = 66,65 - 320,14 = - 253,49 \text{ kg/ m}$$

bulunmaktadır (18).

Deşarj borusunun birim boyu için gereken beton kitlelerinin su içindeki ağırlığı Çizelge 4. 12' de hesaplanmıştır (18).

Çizelge 4.12. Çeşitli derinliklerdeki tespit kitlesi ağırlıkları (18).

d (m)	$F'_{\max}$ (kg/ m)	$P'_{\max}$ (kg/ m)	WB' (kg/ m)	W_T (kg/ m)
20	190,34	246,14	- 8,49	572,00
19	192,32	253,60	- 8,49	582,60
18	188,92	260,70	- 8,49	584,01
17	187,32	264,70	- 8,49	585,39
16	189,66	276,40	- 8,49	601,00
15	180,87	284,30	- 8,49	594,24

4.4. Dolgu Malzemesinin Seçimi

Borunun gömülü olarak geçeceği bölgede açılacak hendekte kullanılacak dolgu malzemesinin, dalga etkisi ile taşınmayacak çapta ve ağırlıkta olması gerekmektedir (18).

En büyük dalga yüksekliğini yaratan ESE veya WSW-SW yönünden 50 yıl yinleme dönemli gelen dalgalar hendek geçişi boyunca Çizelge 4.13' te hesaplanmaktadır (18).

Çizelge 4.13. Deniz tabanındaki maksimum hız ve ivmeler (18).

d	H	$U_{1,\max}$	$a_{1,\max}$	$a_{\max} = 1,36 \cdot a_{1,\max}$	$\frac{U_{\max}^2}{a_{\max}} = 0,86 \frac{U_{1,\max}^2}{a_{1,\max}}$	$U_{\max}$
20	8,58	2,19	1,38	1,88	5,62	2,37
19	8,45	2,24	1,41	1,92	5,87	2,42
18	8,46	2,36	1,48	2,012	6,52	2,55

Çizelge 4.13. Deniz tabanındaki maksimum hız ve ivmeler (18) (devamı).

d	H	$U_{1,max}$	$a_{1,max}$	$a_{max} = 1,36 \cdot a_{1,max}$	$\frac{U_{max}^2}{a_{max}} = 0,86 \frac{U_{1,max}^2}{a_{1,max}}$	U_{max}
17	8,4	2,45	1,54	2,1	7,04	2,65
16	8,4	2,58	1,62	2,2	7,77	2,78
15	8,42	2,76	1,73	2,35	8,9	2,98

İngiltere Wallingford Hidrolik Araştırma Enstitüsü tarafından geliştirilen yöntemde (Bölüm 3. 4. 1) dalga hareketinin etkisi ile harekete geçebilecek dane çapı D_1 ; kıyı koruma, planlama ve tasarlama (1966) tarafından önerilen yöntemle (Bölüm 3. 4. 2) hesaplanan dane çapı D_2 ; “Shields Eğrisi” kullanılarak (Bölüm 3. 4. 3) harekete geçen dane çapı D_3 hesaplanarak Çizelge 4. 14’ te verilmektedir (18).

Çizelge 4.14. Dolgu malzemesi boyutları (18).

d	H_{max}	a_{max} / g	H / d	d / D	D_1	D_2	D_3	Seçilen
20	8,58	0,12	0,428	150	0,16	0,12	0,13	0,16
19	8,45	0,12	0,45	100	0,18	0,13	0,19	0,19
18	8,46	0,13	0,47	90	0,21	0,143	0,20	0,21
17	8,4	0,13	0,49	80	0,23	0,15	0,21	0,23
16	8,4	0,14	0,53	50	0,27	0,17	0,32	0,32
15	8,42	0,15	0,56	40	0,32	0,20	0,38	0,38

4.5. Seyrelme Hesabı

Anamur deniz deşarj sisteminde seyrelme hesapları, deşarj pompa debileri $Q_{max} = 0,660 \text{ m}^3/\text{san}$ ve $Q_{min} = 0,220 \text{ m}^3/\text{san}$ ‘e göre yapılmıştır (18).

4.5.1. İlk seyrelme (Yakın alan seyrelmesi)

Cederwall formülü kullanılarak ilk seyrelme hesapları yapılmaktadır (9,18).

Bir delikten geçecek debi Eş. 3. 29' dan

$$q_1 = \frac{Q_{\max}}{\sum \left(N_p \cdot \frac{\pi D_0^2}{4} + N_p \cdot \frac{\pi D^2}{4} \right)} \cdot \frac{\pi D_0^2}{4} = \frac{0,660}{\left(20 \cdot \frac{\pi (0,10)^2}{4} + \frac{\pi (0,15)^2}{4} \right)} \cdot \frac{\pi (0,10)^2}{4}$$

$$q_1 = 0,0297 \text{ m}^3/\text{san}$$

Eş. 3.30' dan

$$U_0 = q_1 / \frac{\pi D_0^2}{4} = 0,0297 / \frac{\pi (0,10)^2}{4} = 3,78 \text{ m/san}$$

Eş. 3. 28' den

$$F_o = U_0 / [((\rho_0 - \rho_a) / \rho_0) \cdot g \cdot D_0]^{1/2} = 3,78 / [((1028 - 1000) / 1000) \cdot 9,81 \cdot 0,10]^{1/2}$$

$$F_o = 22,81$$

Eş. 3. 26' dan

$$\frac{z}{D_0} = \frac{19}{0,10} = 190 > 0,5 \cdot 22,81 \text{ için } S_m \text{ hesaplanmaktadır (9,18).}$$

Eş. 3. 27' den

$$S_m = 0,54 \cdot F_0 \cdot \left(0,38 \cdot \frac{z}{D_0 F_0} + 0,66\right)^{5/3} = 0,54 \cdot 22,81 \cdot \left(0,38 \cdot \frac{19}{0,10 \cdot 22,81} + 0,66\right)^{5/3}$$

$$S_m = 115,25$$

Anamur deniz deşarj sisteminde jetin dairesel ağızlı deliklerden çıkması planlanmış ve İller Bankası Şartnamelerine göre deliklerden çıkan jetlerin hızı 3 – 5 m / san arasında alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Eş. 3. 31' den ortalama seyrelme;

$$S_{1g} = 1,74 \cdot S_m = S_{1g} = 1,74 \cdot 115,25 = 200,54$$

olarak hesaplanmaktadır (9,18).

Eş. 3. 32' den deniz deşarj sisteminde bulut etkisini tanımlayan p büyüklüğü w_{0d} değeri difüzör uzunluğuna eşit alınarak hesaplanırsa

$$p = \frac{Q \cdot S_{1g}}{U \cdot d \cdot w_{0d}} = \frac{0,66 \cdot 200,54}{0,10 \cdot 19 \cdot 80} = 0,87$$

oluşacak gerçek ortalama ilk seyrelme Eş. 3. 33' den

$$S_g = \frac{S_{1g}}{(1+p)} = \frac{200,54}{(1+0,87)} = 107,24$$

hesaplanmaktadır (18,19).

4.5.2. İkinci seyrelme (Uzak alan seyrelmesi)

İkinci seyrelme hesaplarında Brooks tarafından önerilen yöntem ile Eş. 3. 37, 3. 36 ve 3. 35' den

$$E = 4,53 \times 10^{-4} (L_D)^{4/3} = 4,53 \times 10^{-4} (80)^{4/3} = 0,156$$

$$\beta = \frac{12E}{V_x \cdot L_D} = \frac{12 \cdot 0,156}{0,10 \cdot 80} = 0,234$$

$$S_2 = \frac{1}{\operatorname{erf}\left(\frac{3/2}{[1 + (2/3)\beta(x/L_D)]^3 - 1}\right)^{1/2}} = \frac{1}{\operatorname{erf}\left(\frac{3/2}{[1 + (2/3) \cdot 0,234 \cdot (800/80)]^3 - 1}\right)^{1/2}}$$

$$S_2 = \frac{1}{\operatorname{erf}(0,294)} = 3,14$$

olarak hesaplanmaktadır (18).

4.5.3. Bakteriyel seyrelme

T_{90} , bakterilerin % 90 'ının yok olması için gerekli süre 1,5 saat alınarak bakteriyel seyrelme Eş. 3. 39, 3. 40 ve 3. 41' den hesaplanmaktadır (18).

$$K = \frac{2,3}{T_{90}} = \frac{2,3}{1,5} = 1,53/\text{saat}$$

$$t = \frac{x}{U} = \frac{800}{0,10} = 8000 \text{ san} = 2,22 \text{ saat}$$

$$S_3 = \frac{1}{e^{-K \cdot t}} = \frac{1}{e^{-1,53 \cdot 2,22}} = 29,86$$

olarak hesaplanmaktadır (18).

Anamur nüfusunun 2027 yılı için toplam seyrelme değeri Eş. 3. 42' den ;

$$S = S_g \cdot S_2 \cdot S_3 = 107,24 \cdot 3,14 \cdot 29,86 = 10055$$

hesaplanmaktadır (18).

Ayrıca koliform miktarı($1 \cdot 10^8$) ve arıtma verimine(% 90) göre kıyı koruma bandına ulaştığında istenen değerin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edildiğinde

$$1 \cdot 10^8 - 0,9 \cdot 1 \cdot 10^8 = 1 \cdot 10^7 / 100 \text{ ml}$$

Kıyı koruma bandına ulaştığında koliform miktarı :

$$\frac{1 \cdot 10^7}{10055} = 995 / 100 \text{ ml} < 1000 / 100 \text{ ml}$$

İle istenen değeri sağladığı görülmektedir (18).

4.6. Kayıp Hesapları

4.6.1. Difüzör kayıpları

Deşarj edilecek maksimum debi miktarı, difüzör delik sayısı ve çaplarına göre son delikten çıkan debi miktarı Eş. 3. 43' ten hesaplanmalıdır (18).

$$q_1 = \left(\frac{Q}{\sum a_i} \right) \cdot a_1 = \frac{0,660}{\left(20 \cdot \frac{\pi(0,10)^2}{4} + \frac{\pi(0,15)^2}{4} \right)} \cdot \frac{\pi(0,15)^2}{4}$$

$$q_1 = 0,0667 \text{ m}^3/\text{san}$$

Burada a_i i nolu delik alanı , a_1 son deliğin alanını tanımlamaktadır. Son delikten çıkan debi hızı U_1 Eş. 3. 44' ten

$$U_1 = \frac{Q}{\frac{\pi d_1^2}{4}} = \frac{0,0667}{\frac{\pi(0,15)^2}{4}} = 3,77 \text{ m/ san}$$

olarak hesaplanmaktadır (18).

Anamur deniz deşarj sisteminde difüzör delikleri, tıkanmaya karşı daha güvenli ve daha büyük debi katsayıları vermeleri nedeniyle çan eğrisi şeklinde tercih edilmiştir (18).

Debi katsayılarının bulunmasında $V^2/2gH - C_D$ grafik bağıntısından yararlanılmaktadır (18).

Grafikten debi katsayısı C_D değeri seçilerek Eş. 3.45' ten

$$E_{1,\max} = \frac{U_1^2}{2g \cdot C_D^2} = \frac{(3,77)^2}{2 \cdot 9,81 \cdot (0,91)^2} = 0,88 \text{ m}$$

hesaplanmaktadır (18).

Delikler arası sürtünme kayıpları, iki delik arası mesafeye ($l=4,0 \text{ m}$) ve boru çapına ($D= 600 \text{ mm}$) göre aşağıdaki ifadeler ile hesaplanmaktadır (18).

Eş. 3. 47' den

$$V_1 = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{0,0667}{\frac{\pi(0,6)^2}{4}} = 0,24 \text{ m/san}$$

Eş. 3. 48' den

$$R_e = \frac{V_1 \cdot D}{\nu} = \frac{0,24 \cdot 0,6}{1,0105 \cdot 10^{-6}} = 142504 > 20000$$

$\kappa_s = 0,0046$ değeri belirlenerek $\frac{\kappa_s}{D} = 0,00008$ değeri hesaplanıp Moody Diyagramından $f = 0,0115$ değeri okunur (18).

Eş. 3.46' dan

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{V_1^2}{2g} = 0,0115 \frac{4,0}{0,6} \frac{(0,24)^2}{2 \cdot 9,81} = 0,00023 \text{ m}$$

Eş. 3. 49' dan

$$E_2 = E_{1,\max} + h_L = 0,88 + 0,00023 = 0,88 \text{ m}$$

$\frac{V_1^2}{2g} / E_2 = 0,0033$ küçük bir değer olması nedeniyle C_D değeri değişmemektedir (18).

$$C_{D2} = 0,91$$

$$U_2 = C_{D2} [2 \cdot g \cdot E_2]^{1/2} = 0,91 [2 \cdot 9,81 \cdot 0,88]^{1/2} = 3,78 \text{ m/san}$$

$$q_2 = U_2 \cdot a_2 = 3,78 \cdot \frac{\pi(0,10)^2}{4} = 0,0297 \text{ m}^3/\text{san}$$

$$q_1 + q_2 = 0,0667 + 0,0297 = 0,0964 \text{ m}^3/\text{san}$$

$$V_2 = \frac{0,0964}{\frac{\pi(0,6)^2}{4}} = 0,34 \text{ m/san}$$

$$h_{L_{2-3}} = 0,0115 \frac{4,0 (0,34)^2}{0,6 \cdot 2 \cdot 9,81} = 0,0005 \text{ m}$$

$$E_3 = E_2 + h_{L_{2-3}} = 0,88 + 0,0005 = 0,881 \text{ m}$$

$\frac{V_2^2}{2g} / E_3 = 0,007$ küçük bir değer olması nedeniyle C_D değeri değişmemektedir (18).

Difüzörde kayıp hesapları belirtildiği şekilde son deliğe kadar yapılmaktadır (18).

4.6.2. Yoğunluk farkı kaybı

Derinlik boyunca atık su ve deniz suyu yoğunlukları arasındaki farklılık nedeniyle kayıplar söz konusu olmaktadır (18). Eş. 3. 50' den

$$h_y = z \left(\frac{\rho_a - \rho_o}{\rho_o} \right) = 19 \left(\frac{1028 - 1000}{1000} \right) = 0,53 \text{ m}$$

4.6.3. Deşarj borusunda kayıp (Terfi merkezi - difüzör arası)

Deşarj borusu boyunca oluşacak kayıplar Eş. 3. 51' den $V_{\max}$, Eş. 3. 53' ten $V_{\min}$ hesaplanarak Eş. 3. 52 ve 3. 54' ten toplam maksimum ve minimum kayıp değerleri sürtünme kaybı için $f=0,0115$, bir adet 60° dirsek için $K=0,25$ ve 2 adet 15° dirsek için $K=0,1 \cdot 2=0,2$ için hesaplanırsa

$$h_{\max} = f \frac{L}{D} \frac{V_{\max}^2}{2g} + K \frac{V_{\max}^2}{2g} = 0,0115 \frac{1320}{0,6} \frac{2,33^2}{2 \cdot 9,81} + 0,45 \frac{2,33^2}{2 \cdot 9,81} = 7,13 \text{ m}$$

$$h_{\min} = f \frac{L}{D} \frac{V_{\min}^2}{2g} + K \frac{V_{\min}^2}{2g} = 0,0115 \frac{1320}{0,6} \frac{0,78^2}{2 \cdot 9,81} + 0,45 \frac{0,78^2}{2 \cdot 9,81} = 0,80 \text{ m}$$

bulunur (18).

Tüm bu kayıpların yanında gel-git su seviyesi farkı ve terfi merkezi içinde kayıplar sistemde söz konusu olacaktır (18).

5. ATIK SU SEYRELME SAYISAL MODELLEMESİ

Atık sular, denizlerin doğal özümleme kapasitelerini kullanmak amacıyla denize boşaltılmaktadır. Belirli hacimdeki atık su, alıcı ortamdaki büyük hacimdeki suyla karışarak miktarı azalmakta böylece seyrelme oranı büyümektedir. Bu sayede atık suların imha edilmesi çevreye minimal etkiyle gerçekleşmektedir (3).

Atık suyun toplam seyrelmesini ve bulut yüksekliğini hesaplayan bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Deşarj sisteminden alıcı ortama boşaltılan atıkların toplam seyrelmesinde üç mekanizma önemlidir: Başlangıç seyrelmesi S_1 , dispersiyon nedeni ile seyrelme (uzak alan seyrelmesi) S_2 ve bakterilerin ölmesinden ileri gelen seyrelme S_3 tür. Toplam seyrelme S , Eş. 5.1' den hesaplanmaktadır (20,21).

$$S = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \quad [5.1]$$

Atık su, deşarj borusundan bir su jeti şeklinde çıkmaktadır. Alıcı ortamın yoğunluğu ortamın tuzluluğuna ve sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Denizlerde tuzluluk değeri ile sıcaklık, derinlikle önemli değişim göstermektedir. Bu değişim nedeniyle alıcı ortamın derinliği boyunca tabakalaşmalar oluşmaktadır (7).

Mevsimlere göre farklılık gösteren tabakalaşma, alıcı ortam yoğunluğunun çeşitli derinliklerde farklı değerlere sahip olmasına neden olmaktadır. Deşarj borusundan verilen atık suyun yoğunluğunun, alıcı ortam yoğunluğuna eriştiği seviyede atık su tutsaklanmaktadır. Tabakalaşmanın zayıf olduğu veya homojen ortamlarda ise başlangıç seyrelmesi, atık suyun su yüzeyine yükselmesine kadar devam etmektedir (14).

Atık su yüzeye veya tutsaklanma seviyesine ulaştığında, o bölgedeki akıntı sisteminin etkisiyle belirli bir yönde ve hızda hareket ederek seyrelir. Bu sırada meydana gelen seyrelme dispersiyon nedeni ile seyrelme olarak adlandırılmaktadır (22).

Bakteri ölümlerinden ileri gelen seyrelme S_3 , korunamayan maddelerin kimyasal değişimleri, ölümleri ve çökelmeleri ile açıklanmaktadır. Bakteriler, içinde bulundukları ortamdaki yaşam şartlarının değişmesiyle genel olarak % 90 oranında azalmaktadır (20).

Mevsim, gün içindeki saatler ve atığın doğası bakteri ölüm oranlarını etkileyen faktörlerdir. Ham atıklar için 0,2 ile 2 saat arasında, birincil atık sular için 2 ile 4 saat arasında, ikincil atık sular için 9,6 saate kadar ölüm ve sedimentasyon dağılımı değerleri verilmektedir (20).

Yoğunluktaki tabakalaşma yaz aylarında kış aylarına göre daha belirgindir. İlkbahar, yaz ve sonbaharın başlangıcında yaygın olan deniz suyu tabakalaşması başlangıç seyrelmesini ve atığın yükselmesini sınırlamaktadır. (20,21).

5.1. Çizgisel Difüzörler için Karışım Bölgesi Analizi

Seyrelme miktarı, çizgisel difüzörün oryantasyonundan etkilenmektedir. Literatürde akıntıya dik (90^0), 45^0 ve paralel (0^0) yönler için matematik ve grafik çalışmaları mevcuttur. Çizgisel difüzörler için karışım bölgesi analizlerinde belirtilen açılar en yakın ara yönleri kapsadığı kabul edilmektedir (20). Cederwall tarafından önerilen seyrelme eşitliklerinden farklı olarak akıntı hızına ve yönüne bağlı olarak verilen seyrelme eşitlikleri incelenmiştir (9,20).

5.1.1. Lineer tabakalı alıcı ortam

Başlangıç seyrelmesi

T şeklindeki rayzırlı (delikler her iki yönde difüzör eksenine dik) difüzörler için yakın alan sonundaki ortalama seyrelme, delik aralıkları, jet momentum akısı ve yükseklikle lineer alıcı ortam yoğunluk değişimi ihmal edilirse Roberts ve arkadaşları tarafından türetilen aşağıdaki eşitliklerden hesaplanmaktadır (20,21).

$$S_1 = 2 \cdot \frac{b^{2/3}}{\frac{Q}{L_D} \cdot N} \cdot \left(2,19 \cdot F_R^{1/6} - 0,52 \right), \quad 90^\circ \quad [5. 2]$$

$$S_1 = 2 \cdot \frac{b^{2/3}}{\frac{Q}{L_D} \cdot N} \cdot \left(1,3214 \cdot F_R^{0,2014} \right), \quad 45^\circ \quad [5. 3]$$

$$S_1 = (0,1209 \cdot \ln F_R + 2,1846) \cdot \frac{b^{2/3}}{\frac{Q}{L_D} \cdot N} \cdot \left(1,15 \cdot F_R^{0,1345} \right), \quad 0^\circ \quad [5. 4]$$

Eş. 5. 2 - 4' te kullanılan, difüzör uzunluğu boyunca toplam kaynak yüzdürme akısı b , yüzdürme frekansı N , Froude sayısı F_R , yoğunluk farkı nedeniyle değiştirilmiş ivme g' , aşağıdaki eşitliklerden bulunmaktadır (20).

$$b = \left(g' \cdot \frac{Q}{L_D} \right) \quad [5. 5]$$

$$N = \left(\frac{\rho}{\rho_a} \cdot \frac{d\rho_a}{dz} \right)^{1/2} \quad [5. 6]$$

$$F_R = \left(\frac{U^3}{b} \right) \quad [5. 7]$$

$$g' = \left(g \cdot \frac{\rho_a - \rho_{ef}}{\rho_a} \right) \quad [5. 8]$$

Burada, L_D difüzör uzunluğunu, U akıntı hızını, ρ_a rayzır seviyesinde alıcı ortam yoğunluğunu, ρ_{ef} rayzır seviyesinde atık suyun yoğunluğunu, g yerçekimi ivmesini tanımlamaktadır.

Bulut yüksekliği

Atık su bulutunun ulaştığı yükseklik z_y , Roberts tarafından verilen Eş. 5. 9 - 11' den hesaplanmaktadır (20,21).

$$z_y = 2,74 \cdot \frac{b^{1/3}}{N}, \quad 0 \leq F_R \leq 1 \quad [5. 9]$$

$$z_y = 2,5 \cdot \frac{b^{1/3}}{N} \cdot F_R^{-1/6}, \quad 90^\circ \text{ ve } 45^\circ \quad 1 \leq F_R \leq 100 \quad [5. 10]$$

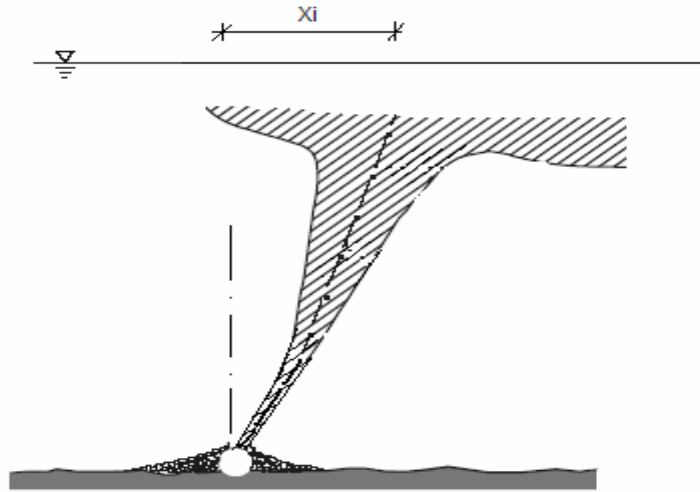
$$z_y = 2,59 \cdot \frac{b^{1/3}}{N} \cdot F_R^{-0,0447}, \quad 0^\circ \quad 1 \leq F_R \leq 100 \quad [5. 11]$$

Eş. 5. 2-4 tamamen batmış ($z_y < H_y$) atık su bulutuna uygulanmakta ve $0,1 \leq F_R \leq 100$ aralığındaki değerler için S_1 değeri yaklaşık olarak hesaplanmaktadır (20,21).

Yakın Alan Uzunluğu

Dik akıntılar için başlangıç karışım bölgesi uzunluğu X_i (Şekil 5. 1), Roberts tarafından verilen Eş. 5. 12a' dan hesaplanmaktadır (20,23) .

$$\frac{X_i}{b^{1/3}} = 8,5 \cdot \frac{F_R^{1/3}}{N} , \quad 90^0 \quad [5. 12a]$$



Şekil. 5. 1. Yakın alan seyrelme mesafesi (25).

Eş. 5. 7, Eş. 5. 12a' ya yerleştirilirse, Eş. 5. 12b elde edilir.

$$X_i = 8,5 \cdot \frac{U}{N} , \quad 90^0 \quad [5. 12b]$$

45^0 ve 0^0 akıntılar için daha uygun denklem olmadığı için başlangıç karışım bölgesi uzunluğu (yakın alan uzunluğu) X_i , 90^0 için çıkarılan denkleme eşit olduğu kabul edilmektedir. Bu kabul yakın alan uzunluğunun olduğundan daha fazla hesaplaması üzerine kurulmuştur. Roberts, 90^0 akıntılar için yakın

alan uzunluğu X_i değerinin aynı akıntı hızında 0^0 akıntılardan daha büyük olduğunu belirtmektedir (20,23).

Bulut Genişliği

Roberts tarafından, dik akıntılar için yakın alan sonundaki bulut genişliği w_o , aşağıdaki eşitliklerle verilmiştir. Aynı zamanda bu denklemin 45^0 akıntılar için de uygulanabileceği önerilmektedir (20,23).

$$\frac{w_o}{L_D} = 1 + 0,17 \cdot \left(\frac{X_i}{b^{1/3}} \cdot N \cdot F_R^{-1/3} \right)^{1/2}, \quad 90^0 \text{ ve } 45^0 \quad [5. 13a]$$

Eş. 5.7 ve 5.12b, Eş. 5.13a ' ya yerleştirilirse aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$w_o = 1,5 \cdot L_D, \quad 90^0 \text{ ve } 45^0 \quad [5. 13b]$$

Paralel akıntılar için Roberts tarafından verilen Eş. 5. 14 uygulanmaktadır (20,23).

$$w_o = 0,70 \cdot X_i \cdot F_R^{-1/3}, \quad 0^0 \quad [5. 14]$$

5.1.2. Tabakasız Alıcı Ortam

Roberts' a göre, tutsaklanmanın zayıf olduğu ve atık su bulutunun yüzeye yükseldiği ($z_y > H_y$), tabakalı olmayan alıcı ortam için aşağıda verilen eşitlikler uygulanabilmektedir (20).

Başlangıç Seyrelmesi

Kıyı suları sonbahardan ilkbahara kadar tabakasız olma eğilimindedir ve atığın yüzeye ulaşmasına izin verir. Bazen yaz periyodunda bile, deniz güçsüz tabakalaşma sergiler ve atık su bulutu tutsaklanması gerçekleşemez. Bu şartların olduğu durumlarda, yakın alan sonundaki ortalama seyrelme aşağıdaki eşitliklerden hesaplanmaktadır (20,24).

$$S_1 = 1,41 \cdot \frac{U \cdot H_y}{\frac{Q}{L_D}} \cdot 0,58, \quad 90^0 \quad 0 \leq F_R \leq 100 \quad [5. 15]$$

$$S_1 = 1,41 \cdot \frac{U \cdot H_y}{\frac{Q}{L_D}} \cdot (0,3653 \cdot F_R^{-0,185}), \quad 45^0 \quad 0 \leq F_R \leq 1 \quad [5. 16]$$

$$S_1 = 1,41 \cdot \frac{U \cdot H_y}{\frac{Q}{L_D}} \cdot (0,3715 - 0,005 \cdot \ln F_R), \quad 45^0 \quad 1 \leq F_R \leq 100 \quad [5. 17]$$

$$S_1 = (0,085 \cdot \ln F_R + 1,545) \cdot \frac{U \cdot H_y}{\frac{Q}{L_D}} \cdot (0,314 \cdot F_R^{-0,2495}), \quad 0^0 \quad 0 \leq F_R \leq 20 \quad [5. 18]$$

$$S_1 = (0,085 \cdot \ln F_R + 1,545) \cdot \frac{U \cdot H_y}{\frac{Q}{L_D}} \cdot (0,188 - 0,0128 \cdot \ln F_R), \quad 0^0 \quad 20 \leq F_R \leq 100 \quad [5. 19]$$

Burada; U akıntı hızını, H_y deşarj noktasında deniz derinliğini, F_R Froude sayısını, L_D difüzör uzunluğunu, Q atık su debisini, S_1 başlangıç seyrelmesini tanımlamaktadır (20,24).

Dik akıntılar için Eş. 5. 15, Roberts' ın minimum seyrelme bağıntıları üzerine dayandırılmıştır ve ortalama seyrelmeye dönüştürmek için Muellenhoff tarafından çarpmak gerektiği belirtilen 1.41 katsayısıyla çarpılmıştır (20).

Eş. 5.16 ve 5.17, 45^0 akıntılar için Roberts tarafından hazırlanan minimum seyrelme grafiğine uymakta ve ortalama seyrelmeye dönüştürmek için 1.41 çarpanını içermektedir. Eş. 5.18 ve 5.19 paralel akıntılar için Roberts tarafından hazırlanan minimum seyrelme grafiğine uymakta ve ortalama seyrelmeye dönüştürmek için bir fonksiyon içermektedir (20,24).

Yakın Alan Uzunluğu

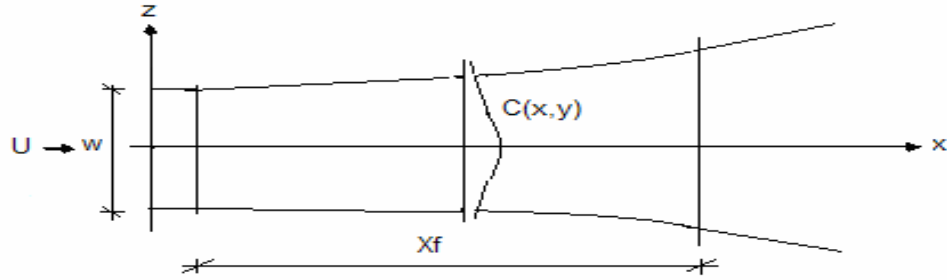
Dik akıntılar için başlangıç karışım bölgesi uzunluğu X_i , aşağıdaki eşitliklerden hesaplanmaktadır (20,24).

$$X_i = H_y \cdot (0,566 \cdot F_R + 3,389) \quad [5. 20]$$

Bu eşitliğin 45^0 ve 0^0 akıntılar için uygulanabileceği önerilmektedir (20,24).

Bulut Genişliği

Roberts yakın alan sonundaki bulut genişliği w_0 ' ın, 90^0 , 45^0 , 0^0 akıntılar için tabakalı alıcı ortamlardaki Eş. 5. 13b ve Eş. 5. 14b' den hesaplanabileceğini belirtmiştir. Bu hesapla yakın alan sonundaki bulut genişliği w_0 (Şekil 5. 2), gerçek değerinden daha aşağıda tahmin edilmektedir. Tabakasız alıcı ortam içindeki gerçek yayılma daha yüksek olmaktadır (20,23).



Şekil 5.2. Uzak alan seyrelme mesafesi (25).

5.2. Uzak Alan Bölge Analizi

Uzak alan difüzyon bölgesi içinde atık su bulutunun yanal dispersiyonu yakın alanın ötesinde ek bir seyrelme vererek yatayda oluşur. Boylamsal ve dikey difüzyon ihmal edilip sabit akım kabulü yapıldığı takdirde, Brooks bağıntıları dispersiyon nedeniyle merkezi bulut seyrelmesinin hesaplamaları için kullanılmaktadır (20).

Yayılmının sınırsız olduğu kabulü ile dispersiyon katsayısı ε , bulut genişliği w_0 ' in 4/3. kuvvet artışı ile büyümektedir. Dispersiyon nedeni ile seyrelme S_2 , Eş. 5. 21 ile hesaplanmaktadır (20).

$$S_2 = \frac{1}{\sqrt[erf]{\frac{1,5}{\left(1 + \frac{2}{3} \cdot \beta \cdot \frac{X_f}{w_0}\right)^3 - 1}}}}, \quad \varepsilon' \text{ da 4/3. kuvvet ile artış} \quad [5. 21]$$

Kapalı körfezlere boşaltım gibi özel durumlar için, dispersiyon katsayısı ε' nun bulut genişliği w_0 ile lineer olarak artacağı kabul edilmektedir (20). Dispersiyon nedeni ile seyrelme S_2 , Eş. 5. 22 ile hesaplanmaktadır (20).

$$S_2 = \frac{1}{\sqrt[erf]{\frac{1,5}{\left(1 + \beta \cdot \frac{X_f}{w_0}\right)^2}}}}, \quad \varepsilon \text{ da lineer artış} \quad [5. 22]$$

Eş. 5. 21 ve 5. 22' de kullanılan β parametresi, boyutsuz bir sayı olup, Eş. 5. 23' ten hesaplanmaktadır (20).

$$\beta = \frac{12 \cdot \varepsilon_0}{U \cdot w_0} \quad [5. 23]$$

Uzak alan başlangıcında denizdeki yatay difüzyon için eddy difüzivitesi ε_0 , Pearson tarafından Eş. 5. 24' teki gibi verilmektedir (20).

$$\varepsilon_0 = \frac{0,01 \cdot (100 \cdot w_0)^{4/3}}{10^4} \quad [5. 24]$$

Eş. 5. 23 ve 5. 24, Eş. 5. 21 ve 5. 22' ye yerleştirilirse aşağıdaki eşitlikler elde edilmektedir (20).

$$S_2 = \frac{1}{\sqrt[erf]{\frac{1,5}{\left(1 + 0,00371 \cdot \frac{X_f}{U \cdot w_0^{2/3}}\right)^3 - 1}}}}, \quad \varepsilon' \text{ da } 4/3. \text{ kuvvet ile artış} \quad [5. 25]$$

$$S_2 = \frac{1}{\sqrt[erf]{\frac{1,5}{\left(1 + 0,00557 \cdot \frac{X_f}{U \cdot w_0^{2/3}}\right)^2 - 1}}}}, \quad \varepsilon' \text{ da lineer artış} \quad [5. 26]$$

Eş. 5. 25 ve 5. 26 aşağıdaki fonksiyonel formda yazılmaktadır (20).

$$S_2 = f_1 \left(\frac{X_f}{U \cdot w_0^{2/3}} \right) \quad [5. 27]$$

5.3. Bakteri Ölümü Nedeniyle Seyrelme

Bakteri ölümlerinden ileri gelen seyrelme S_3 , Eş. 5. 28' den hesaplanmaktadır (20).

$$S_3 = \exp \left(2,303 \cdot \frac{t}{T_{90}} \right) \quad [5. 28]$$

Atık suyun kıyıya taşınma zamanı t , akıntı hızı U ve toplam karışım uzunluğu X ' in fonksiyonu olarak hesaplanmaktadır (20).

$$t = \frac{X}{U} \quad [5. 29]$$

$$X = X_i + X_f \quad [5. 30]$$

Burada X_i yakın alan karışım uzunluğunu, X_f uzak alan karışım uzunluğunu, X toplam karışım uzunluğunu, T_{90} bakterilerin % 90' ının ölmesi için geçen zamanı tanımlamaktadır. Eş. 5. 29 ve 5. 30, Eş. 5. 28' e yerleştirilirse Eş. 5. 31 ve 5. 32 elde edilir (20).

$$S_3 = \exp \left(\frac{2,303}{3600} \cdot \frac{(X_i + X_f)}{U \cdot T_{90}} \right) \quad [5. 31]$$

veya

$$S_3 = \exp\left(\frac{2,303}{3600} \cdot \frac{X_i}{U \cdot T_{90}}\right) \cdot \exp\left(\frac{2,303}{3600} \cdot \frac{X_f}{U \cdot T_{90}}\right) \quad [5. 32]$$

5.4. Toplam Seyrelme Problemi için Grafik Çözüm

Korunamayan madde durumunda Eş. 5. 27' deki uzak alan seyrelmesi S_2 ve Eş.5.32' deki bakteri ölümü nedeniyle seyrelme S_3 , Eş. 5.1' e yerleştirilirse aşağıdaki eşitlikler elde edilir (20).

$$\frac{S}{S_1} = f_1\left(\frac{X_f}{U \cdot w_0^{2/3}}\right) \cdot \exp\left(\frac{2,303}{3600} \cdot \frac{X_i}{U \cdot T_{90}}\right) \cdot \exp\left(\frac{2,303}{3600} \cdot \frac{X_f}{U \cdot T_{90}}\right) \quad [5. 33]$$

veya

$$\frac{S}{S_1 \cdot \exp\left(\frac{2,303}{3600} \cdot \frac{X_i}{U \cdot T_{90}}\right)} = f_1\left(\frac{X_f}{U \cdot w_0^{2/3}}\right) \cdot \exp\left(\frac{2,303}{3600} \cdot \frac{X_f}{U \cdot T_{90}}\right) \quad [5. 34]$$

$$\frac{S}{S_1 \cdot \exp\left(\frac{2,303}{3600} \cdot \frac{X_i}{U \cdot T_{90}}\right)} = f_1\left(\frac{X_f}{U \cdot T_{90}} \cdot \frac{T_{90}}{w_0^{2/3}}\right) \cdot \exp\left(\frac{2,303}{3600} \cdot \frac{X_f}{U \cdot T_{90}}\right) \quad [5. 35]$$

Eş. 5. 35, grafik çözüme uygun olan aşağıdaki fonksiyonel formda yazılmaktadır (20).

$$\frac{S}{S_1 \cdot \exp\left(\frac{2,303}{3600} \cdot \frac{X_i}{U \cdot T_{90}}\right)} = f_2\left(\frac{X_f}{U \cdot T_{90}}, \frac{T_{90}}{w_0^{2/3}}\right) \quad [5. 36]$$

Şekil 5. 3' deki nomogram Eş. 5. 36' yı dispersiyon katsayısının 4/3. kuvvet ile artışı ve lineer artışı ile çözmektedir (20). Korunabilen veya yavaşça çürüyen madde durumunda bakterilerin %90' ının ölmesi için geçen süre T_{90} değeri yüksektir ve Eş. 5. 32' deki bakterilerin ölmesinden ileri gelen seyrelme S_3 değeri 1'e eşit olmaktadır. Bu durumda, toplam seyrelme S , Eş. 5. 37' deki gibi yazılmaktadır (20).

$$S = S_1 \cdot S_2 \quad [5. 37]$$

Eş. 5. 27, Eş.5. 3'e yerleştirilirse Eş.5. 38 elde edilmektedir (20).

$$\frac{S}{S_1} = f_1 \left(\frac{X_f}{U \cdot w_0^{2/3}} \right) \quad [5. 38]$$

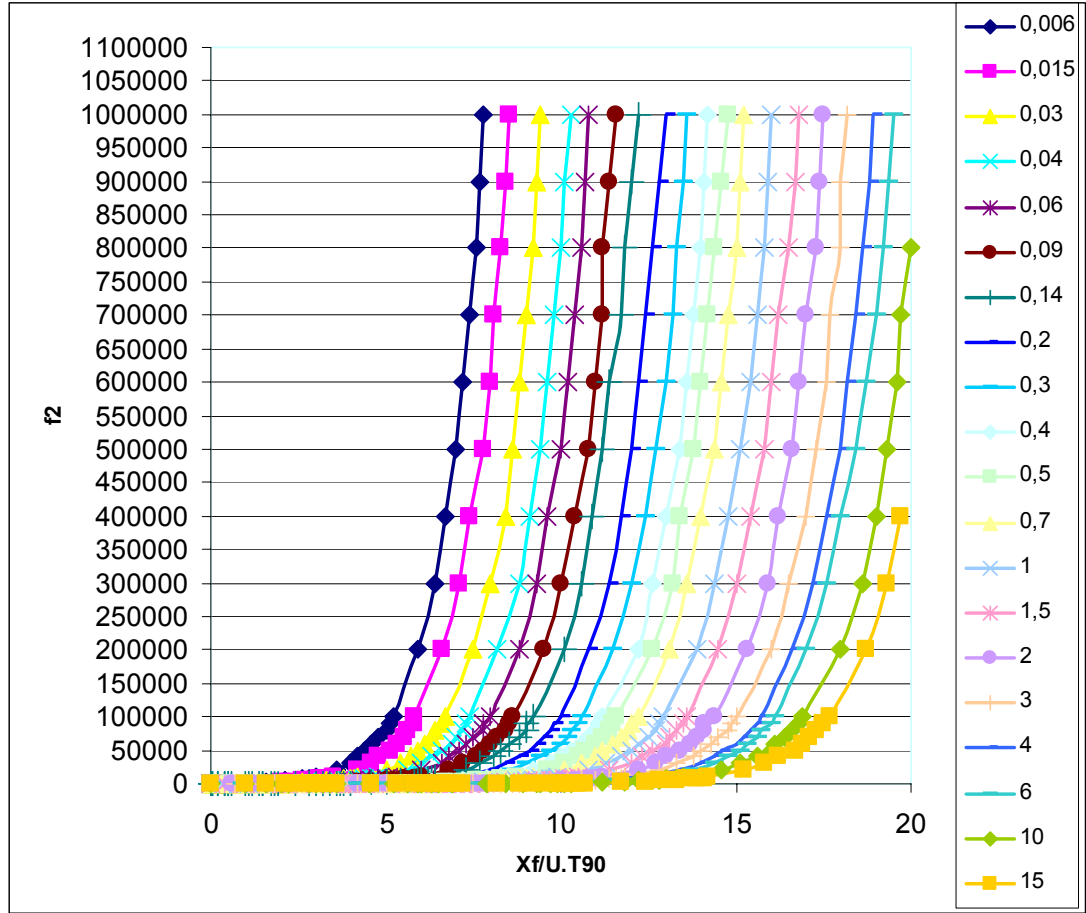
Eş. 5. 38 dispersiyon katsayısının 4/3. kuvvet artışı ile ve lineer artışı için grafik çözüme uymaktadır (20).

Tasarımcı, Şekil 5. 3 ve 5. 4' deki nomogramlarla, atık su bulutunun ulaştığı yükseklik z_y , yakın alan seyrelme mesafesi X_i , yakın alan sonundaki bulut genişliği w_0 ve başlangıç seyrelmesi S_1 için verilen eşitlikleri kullanarak verilen toplam seyrelme S değeri için toplam karışım uzunluğu X değerini hesaplayarak deşarj boyutlarına veya toplam karışım uzunluğu X için toplam seyrelme S' yi hesaplayarak deşarj performansına ulaşmaktadır. Bunun için saha parametreleri, debi Q , rayzır seviyesindeki alıcı ortam yoğunluğu ρ_a , rayzır seviyesindeki atık suyun yoğunluğu ρ_{ef} , difüzör uzunluğu L_D , akıntı hızı U , bakterilerin %90' ının ölmesi için geçen süre T_{90} , deşarj noktasındaki deniz derinliği H_y ve tabakalaşma parametresi $d\rho_a/d_z$ için

uygun tasarım değerleri gereklidir. Ayrıca, toplam seyrelme S veya toplam karışım uzunluğu taşınma mesafesi X bilinmelidir (20).

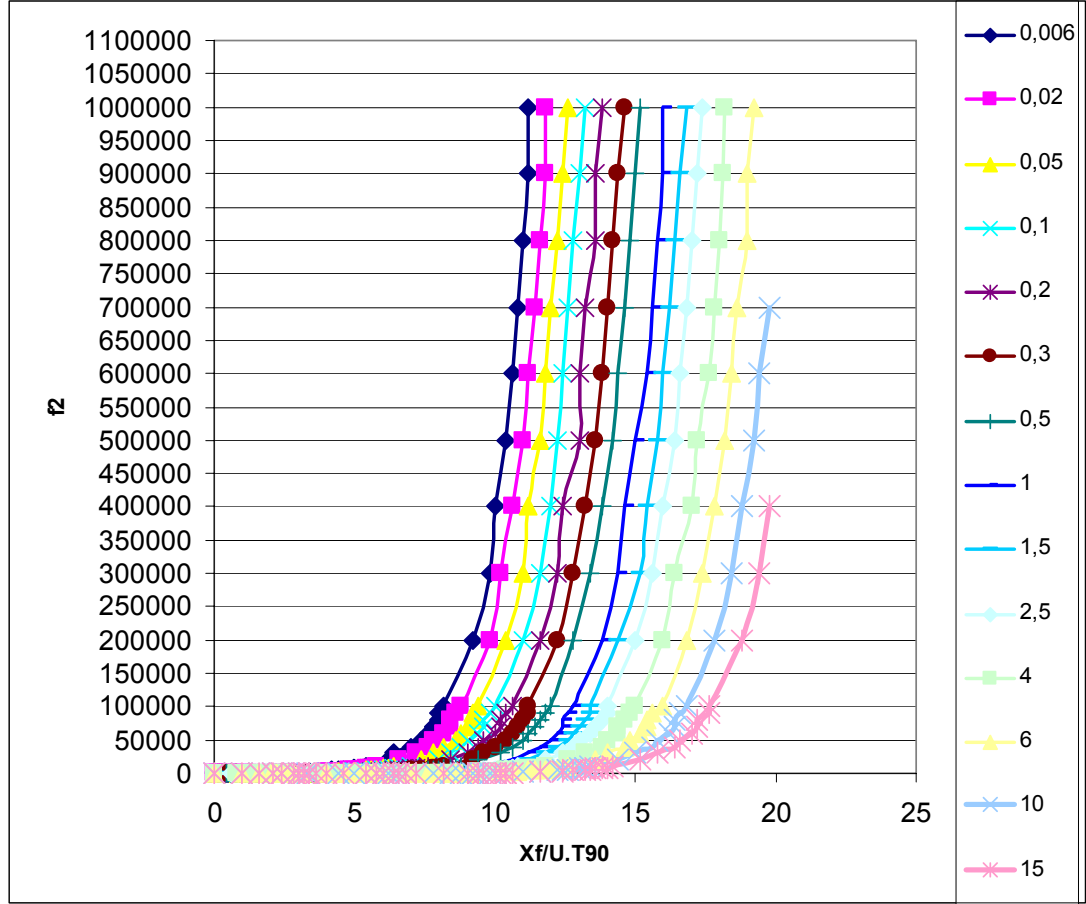
Şekil 5. 3 ve 5. 4' deki nomogramlar; akıntı hızı (U) 0,05 m/sn' den 0,5 m/sn' ye kadar, bakterilerin ölmesi için geçen süre (T_{90}) 1 saatten 10 saate kadar ve atık su debisi (Q) 100 m³/gün' den 500 000 m³/gün' e kadar uygundur (20).

Eş. 5. 36 ve 5. 38 ile çözüm grafikleri Şekil 5. 3 ve 5. 4, yüzen bulut deşarjlar, yatay veya düşey tek delikli deşarjlar, her yönden gelen akıntı, tabakalı ve tabakasız alıcı ortam, batmış veya yüzen atık su bulutları için geçerlidir (20).

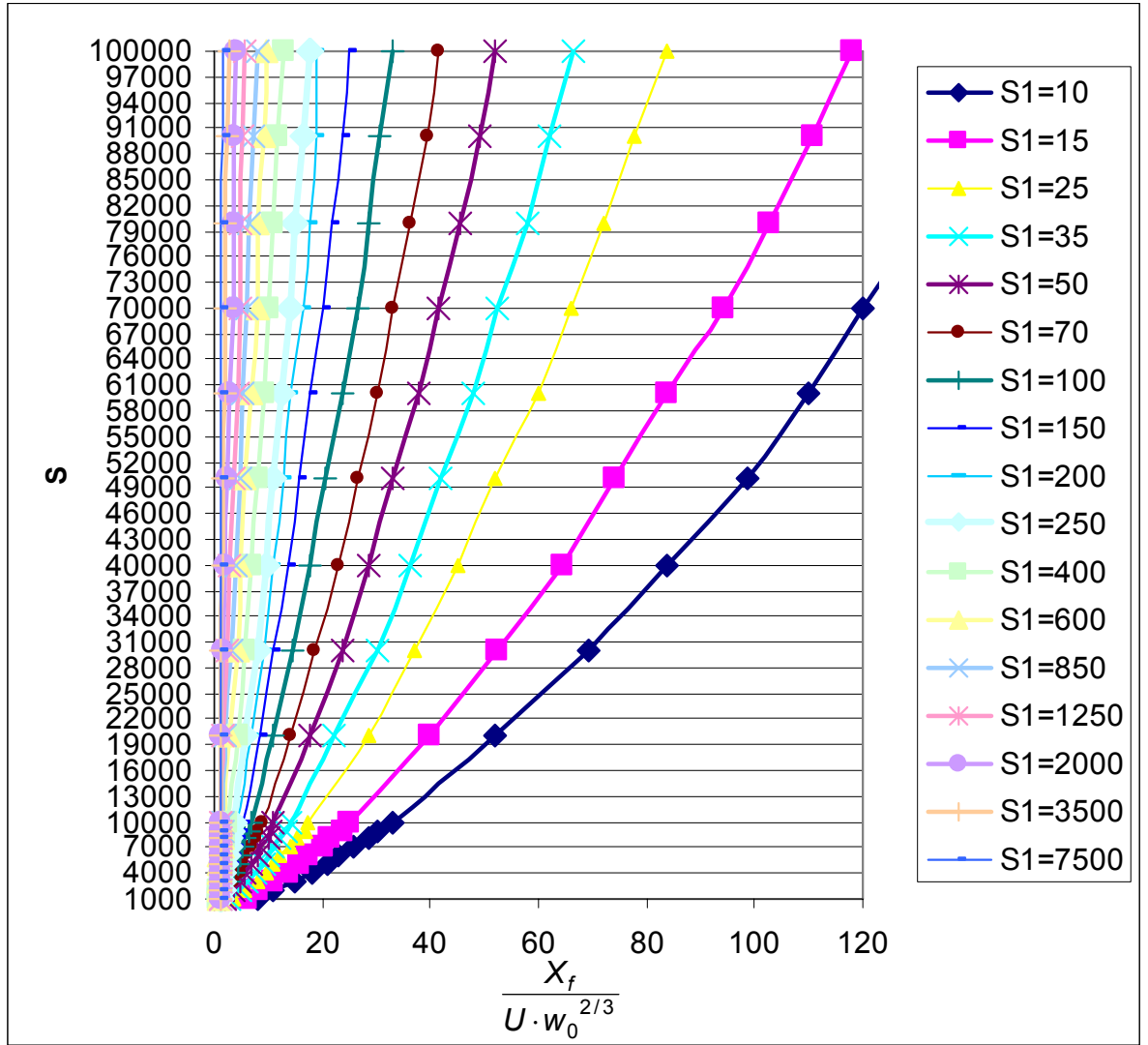


Şekil 5. 3. Korunamayan maddeler için seyrelme probleminin grafik çözümü

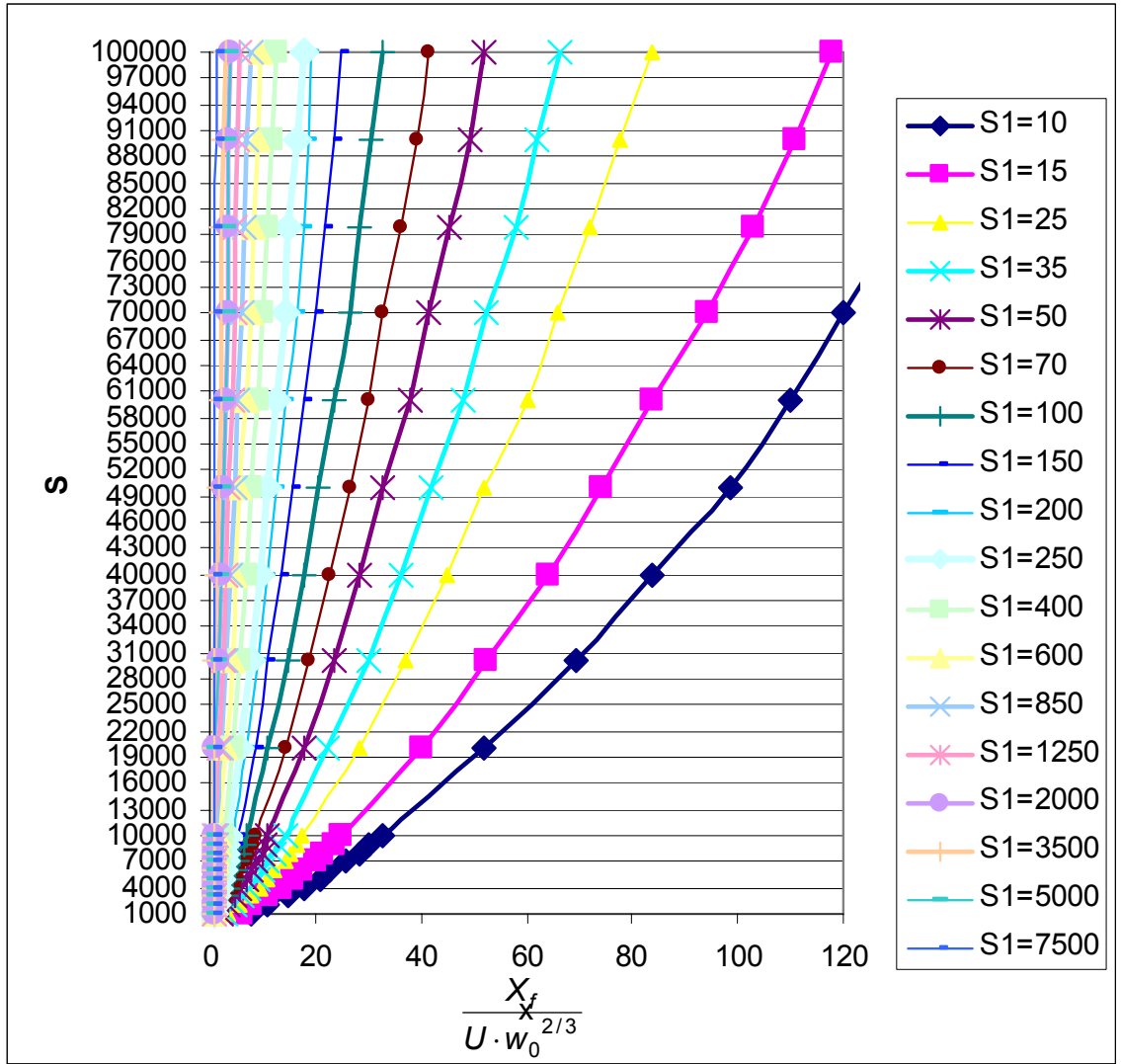
(a) Dispersiyon katsayısında 4/3. kuvvet ile artış (20).



Şekil 5. 3. Korunamayan maddeler için seyrelme probleminin grafik çözümü
(b) Dispersiyon katsayısında lineer artış (20).



Şekil 5. 4. Korunabilen maddeler için seyrelme probleminin grafik çözümü
(a) Dispersiyon katsayısında 4/3. kuvvet ile artış (20).



Şekil 5. 4. Korunabilen maddeler için seyrelme probleminin grafik çözümü

(b) Dispersiyon katsayısında lineer artış (20).

5.5. Nomogramların Kullanımı

Nomogramlar ile yeni deşarj boyutlandırması veya mevcut deşarj performansına ulaşmak mümkün olmaktadır. Her iki durumda da nomogramlar kullanılmadan önce atık su bulutunun ulaştığı yükseklik z_y , yakın alan karışım uzunluğu X_i , atık su bulut genişliği w_0 ve başlangıç seyrelmesi S_1 parametrelerinin aşağıda izlenen sıra ile hesaplanması gerekmektedir (20).

5.5.1. Tabakalı alıcı ortamda çizgisel difüzörler

Eş. 5. 5' ten difüzör uzunluğu boyunca toplam yüzdürme akısı b , Eş. 5. 6' dan alıcı ortam tabakalaşmasını tanımlayan yüzdürme akısı N , Eş. 5. 7' den Froude sayısı F_R , Eş. 5. 8' den yoğunluk farkı nedeniyle değiştirilmiş ivme g' değerleri hesaplanır (20).

Eş. 5. 9, Eş. 5. 10 veya Eş. 5. 11' den atık su bulutunun ulaştığı yükseklik z_y değeri hesaplanır. Eğer $z_y > H_y$ ise tabakasız alıcı ortamlar için belirtilen prosedür uygulanmalıdır (20).

- Eş. 5. 12b' den yakın alan karışım uzunluğu X_i değeri hesaplanır (20).

$$X_i = 8,5 \cdot \frac{U}{N}, \quad 90^\circ \quad [5. 12b]$$

- Eş. 5. 13b veya Eş. 5. 14' ten atık su bulut genişliği w_0 değeri hesaplanır (20).

$$w_0 = 1,5 \cdot L_D, \quad 90^\circ \text{ ve } 45^\circ \quad [5. 13b]$$

$$w_0 = 0,70 \cdot X_i \cdot F_R^{-1/3}, \quad 0^0 \quad [5. 14]$$

- Eş. 5. 2, Eş. 5. 3 veya Eş. 5. 4' ten başlangıç seyrelmesi S_1 değeri hesaplanır (20).

$$S_1 = 2 \cdot \frac{b^{2/3}}{\frac{Q}{L_D} \cdot N} \cdot \left(2,19 \cdot F_R^{1/6} - 0,52 \right), \quad 90^0 \quad [5. 2]$$

$$S_1 = 2 \cdot \frac{b^{2/3}}{\frac{Q}{L_D} \cdot N} \cdot \left(1,3214 \cdot F_R^{0,2014} \right), \quad 45^0 \quad [5. 3]$$

$$S_1 = (0,1209 \cdot \ln F_R + 2,1846) \cdot \frac{b^{2/3}}{\frac{Q}{L_D} \cdot N} \cdot \left(1,15 \cdot F_R^{0,1345} \right), \quad 0^0 \quad [5. 4]$$

5.5.2. Tabakasız alıcı ortamlar için çizgisel difüzörler

Eş .5 .5' den difüzör uzunluğu boyunca toplam yüzdürme akısı b , Eş. 5. 7' den Froude sayısı F_R ve Eş. 5. 8' den yoğunluk farkı nedeniyle değiştirilmiş ivme g' değeri hesaplanır (20).

- Eş. 5. 20' den yakın alan karışım uzunluğu X_i değeri hesaplanır (20).

$$X_i = H_y \cdot (0,566 \cdot F_R + 3,389) \quad [5. 20]$$

- Eş. 5.13b veya 5.14' ten atık su bulut genişliği w_0 değeri hesaplanır (20).

$$w_0 = 1,5 \cdot L_D, \quad 90^0 \text{ ve } 45^0 \quad [5. 13b]$$

$$w_0 = 0,70 \cdot X_i \cdot F_R^{-1/3}, \quad 0^0 \quad [5. 14]$$

- Eş. 5. 15, Eş. 5. 16, Eş. 5. 17, Eş. 5. 18 veya Eş. 5. 19' dan uygun olan ile akıntı-difüzör arasındaki açığa ve F_R sayısına göre başlangıç seyrelmesi S_1 değeri hesaplanır (20).

$$S_1 = 1,41 \cdot \frac{U \cdot H_y}{\frac{Q}{L_D}} \cdot 0,58, \quad 90^0 \quad 0,1 \leq F_R \leq 100 \quad [5. 15]$$

$$S_1 = 1,41 \cdot \frac{U \cdot H_y}{\frac{Q}{L_D}} \cdot (0,3653 \cdot F_R^{-0,185}), \quad 45^0 \quad 0,1 \leq F_R \leq 1 \quad [5. 16]$$

$$S_1 = 1,41 \cdot \frac{U \cdot H_y}{\frac{Q}{L_D}} \cdot (0,3715 - 0,005 \cdot \ln F_R), \quad 45^0 \quad 1 \leq F_R \leq 100 \quad [5. 17]$$

$$S_1 = (0,085 \cdot \ln F_R + 1,545) \cdot \frac{U \cdot H_y}{\frac{Q}{L_D}} \cdot (0,314 \cdot F_R^{-0,2495}), \quad 0^0 \quad 0,1 \leq F_R \leq 20 \quad [5. 18]$$

$$S_1 = (0,085 \cdot \ln F_R + 1,545) \cdot \frac{U \cdot H_y}{\frac{Q}{L_D}} \cdot (0,188 - 0,0128 \cdot \ln F_R), \quad 0^0 \quad 20 \leq F_R \leq 100 \quad [5. 19]$$

Yakın alan karışım uzunluğu X_i , atık su bulut genişliği w_0 , başlangıç seyrelmesi S_1 , parametrelerin hesaplanması yalnızca çizgisel difüzörler ile sınırlandırılmamakta, kullanıcı tarafından seçilen herhangi bir korelasyona uygulanabilmektedir (20).

Yakın alan karışım uzunluğu X_i , atık su bulut genişliği w_0 , başlangıç seyrelmesi S_1 , bilirse Şekil 5. 3 ve 5. 4' deki nomogramlar kullanılarak deşarj boyutlandırmalarında verilen toplam seyrelme S için toplam karışım uzunluğu X , deşarj performans analizlerinde verilen toplam karışım uzunluğu X için toplam seyrelme S hesaplanır (20).

5.6. Deşarj Boyutlandırma Problemleri Çözümü

Amaçlanan toplam seyrelme S değerini sağlayacak toplam karışım uzunluğu X değeri hesaplanmaktadır. Hesaplamalar aşağıdaki şekilde yapılmaktadır (20).

5.6.1. Korunamayan maddeler

$\frac{T_{90}}{w_0^{2/3}}$ değeri ve Eş. 5. 36' dan $\frac{S}{S_1 \cdot \exp\left(\frac{2,303 \cdot X_i}{3600 \cdot U \cdot T_{90}}\right)}$ ile f_2 değeri

hesaplanır.

Şekil 5. 3' den $\left(\frac{X_f}{U \cdot T_{90}}\right)$ bulunur ve uzak alan karışım uzunluğu X_f hesaplanır (20).

Eş. 5. 30' dan atık suyun kıyı bandına ulaşma mesafesi olan toplam karışım uzunluğu X değeri hesaplanır (20).

5.6.2. Korunabilir maddeler

Şekil 5. 4' den $\left(\frac{X_f}{U \cdot w_0^{2/3}} \right)$ bulunur ve uzak alan karışım uzunluğu X_f değeri hesaplanır (20).

Eş. 5. 30' dan toplam karışım uzunluğu X değeri hesaplanır (20).

$$X = X_i + X_f \quad [5.30]$$

5.7. Deşarj Performans Problemleri Çözümü

Uzunluğu bilinen (X) bir deşarj borusundan bırakılan maddenin korunabilir veya korunamayan olmasına göre atık suyun toplam seyrelme miktarı hesaplanır (20).

5.7.1. Korunamayan maddeler

Eş. 5. 30' dan uzak alan karışım uzunluğu X_f değeri hesaplanır (20).

$$\left(\frac{X_f}{U \cdot T_{90}} \right) \text{ ve } \left(\frac{T_{90}}{w_0^{2/3}} \right) \text{ değerleri hesaplanır (20).}$$

Şekil 5. 3' den f_2 değeri elde edilir ve Eş. 5. 36 kullanarak toplam seyrelme S değeri hesaplanır (20).

5.7.2. Korunabilir maddeler

- Eş. 5. 30' dan uzak alan karışım uzunluğu X_f değeri hesaplanır (20).

- $\left(\frac{X_f}{U \cdot w_0^{2/3}} \right)$ değeri hesaplanır (20).

- Şekil 5. 4' den toplam seyrelme S değeri elde edilir (20).

Deniz deşarj sistemlerinin çevreye ve deniz ekosistemine zarar vermeden çalıştırılacak şekilde tasarımının yapılabilmesi için gerekli veriler yukarıda belirtilen eşitlikler ve nomogramlar ile elde edilebilmektedir. Planlayıcılara kolaylık sağlayacağını düşünerek belirtilen eşitlikler kullanılarak nomogramlardan okunan değerleri hesaplamalara dahil eden bir program FORTRAN programlama dili kullanılarak yazılmıştır.

6. ANAMUR DERİN DENİZ DEŞARJİ SİSTEMİ SEYRELME MODELLEMESİ UYGULAMALARI

Derin denizdeşarj sistemlerinin boyutlandırma ve performans problemlerinin çözümünü sağlamak amacıyla 4 ayrı program geliştirilmiştir. Seyrelme modellemelerini yapan programlarda Anamur derin denizdeşarj sistemi verileri kullanılarak boyutlandırma problemleri için toplam seyrelme mesafeleri, performans problemleri için toplam seyrelme değerleri elde edilmiştir. Programlarda difüzör uzunluğu $L_D=80\text{m}$, toplam koliform konsantrasyonu $10^8/100\text{ ml}$, kıyı su kalite limiti $1000\text{ koliform}/100\text{ ml}$, akıntı hızı $U=0,1\text{ m/sn}$, alıcı ortam yoğunluğu $\rho_a=1028\text{ kg/m}^3$, kirletici yoğunluğu $\rho_{eff}=1000\text{ kg/m}^3$, bakterilerin %90'ının ölmesi için gereken süre $T_{90}=1,5\text{ saat}$, atık su debisi $Q=0,66\text{ m}^3/\text{sn}$, derinlik boyunca yoğunluk farkı $d\rho_a/dz=0,02$ ve su derinliği $d=20\text{ m}$ alınmıştır (18).

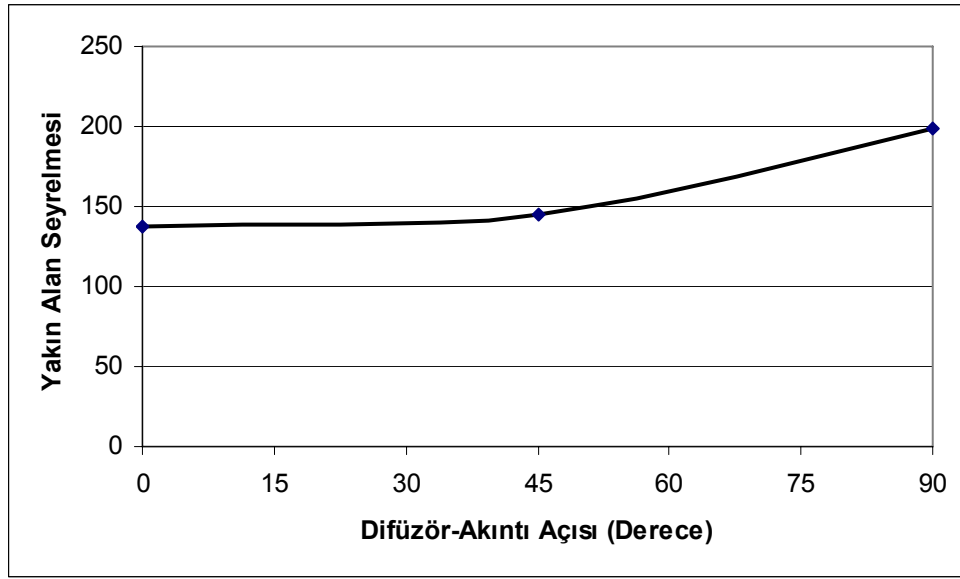
6.1. Derin Deniz Deşarj Sistemlerinin Korunabilir Maddeler için Boyutlandırılması

Derin denizdeşarj sistemlerinin ön tasarımı için geliştirilen "SIZECON" adlı programda korunabilen maddeler ele alınarak toplam seyrelme mesafesi hesaplanmaktadır.

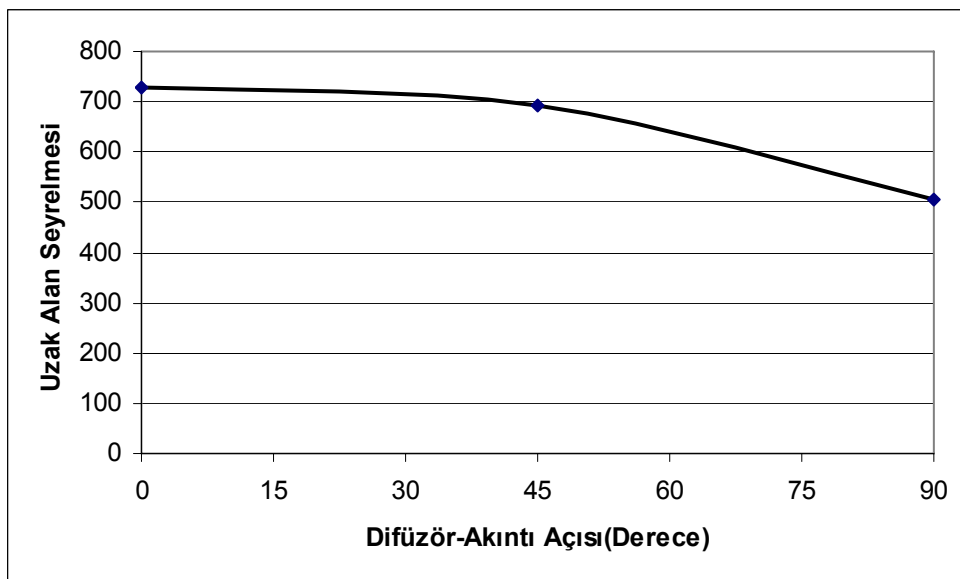
6.1.1. Tabakasız alıcı ortam

Sabit akıntı hızlı, tabakalaşmanın olmadığı bir alıcı ortamda paralel difüzör-akıntı açılarından dik difüzör-akıntı açlarına doğru yakın alan seyrelme değerinin arttığı, uzak alan seyrelme değerinin azaldığı grafiklerden görülmektedir. Bulut genişliği artarken uzak alan seyrelme değeri azalmaktadır. Dik difüzör-akıntı açılarında, paralel olan açılara göre toplam seyrelme mesafesinde artış görülmektedir. Toplam seyrelme mesafesi değeri 45° difüzör-akıntı açısında en yüksek değerine ulaşmaktadır. Yakın alan

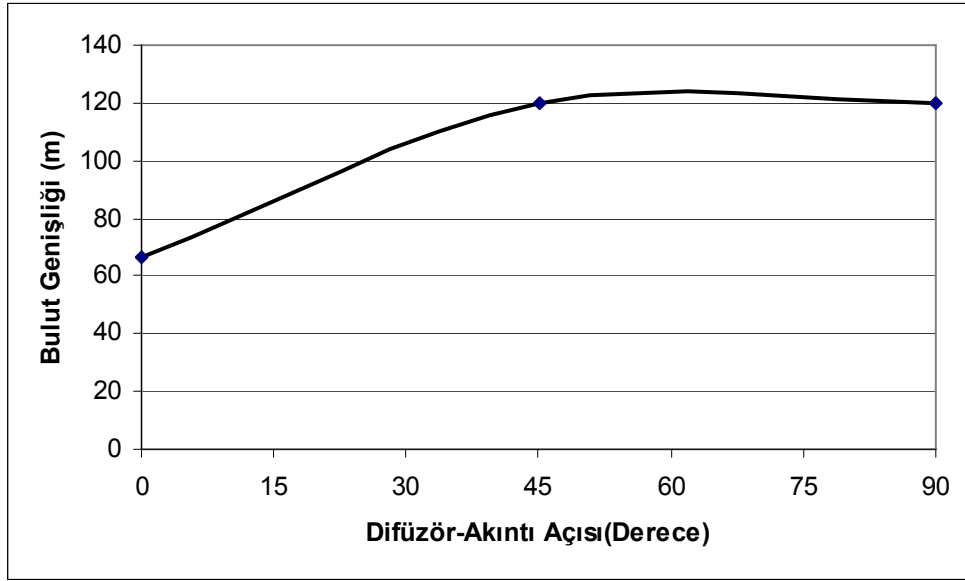
uzunluğu ve uzak alan uzunluğunun toplamı olarak belirlenen toplam seyrelme mesafesi, yakın alan uzunluğu değerinin tüm difüzör-akıntı açısı doğrultularında sabit değerler vermesi nedeniyle, uzak alan uzunluğu değerinin toplam seyrelme mesafesi değeri üzerinde etkisi, yakın alan uzunluğu değerine göre büyük olacaktır.



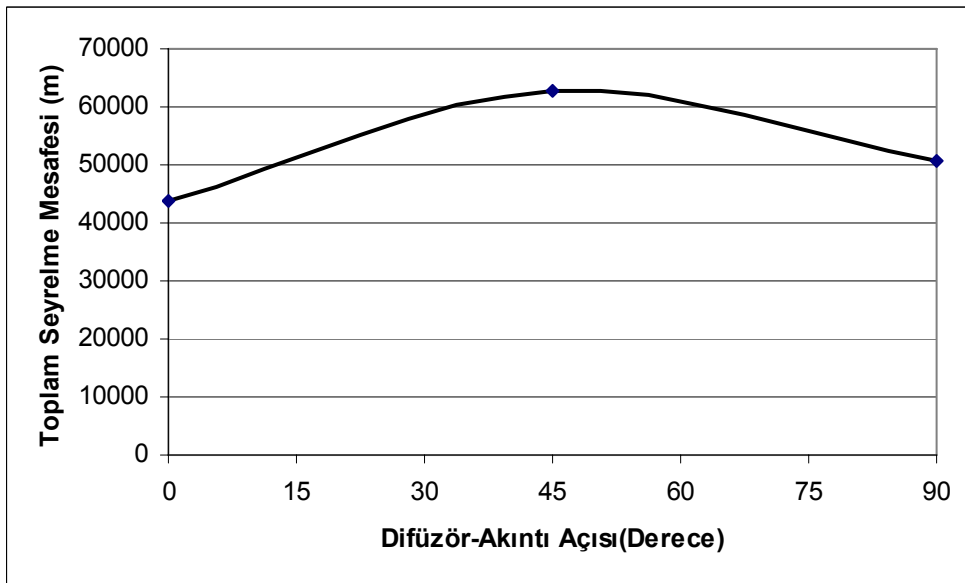
Şekil 6. 1. Farklı difüzör-akıntı açılarında yakın alan seyrelmesi



Şekil 6. 2. Farklı difüzör-akıntı açılarında uzak alan seyrelmesi

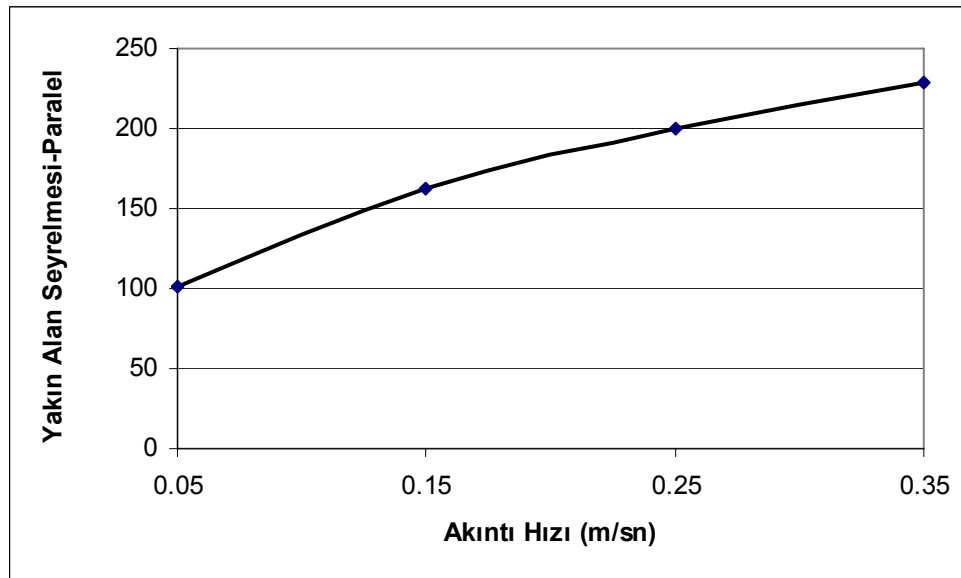


Şekil 6. 3. Farklı difüzör-akıntı açılarında bulut genişliği

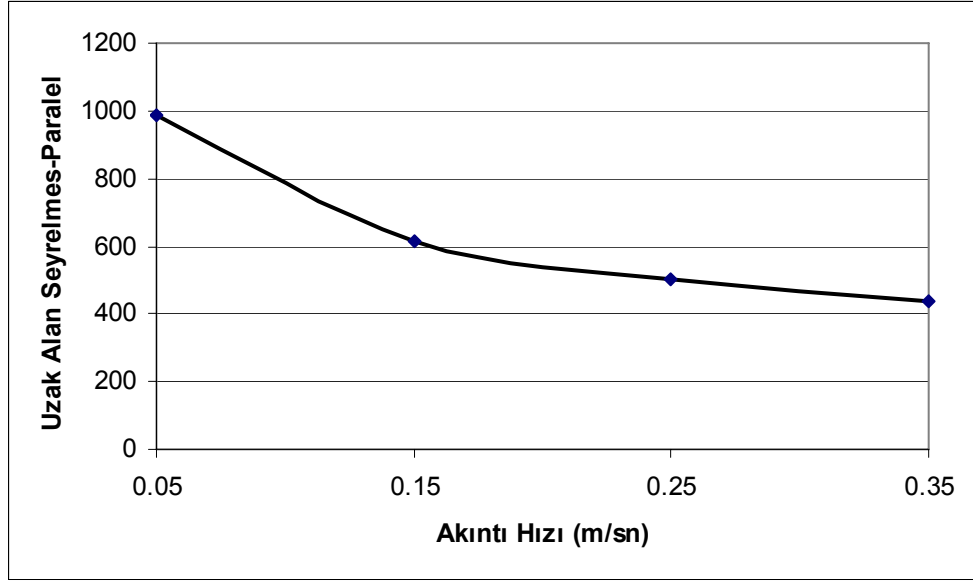


Şekil 6. 4. Farklı difüzör-akıntı açılarında toplam seyrelme mesafesi

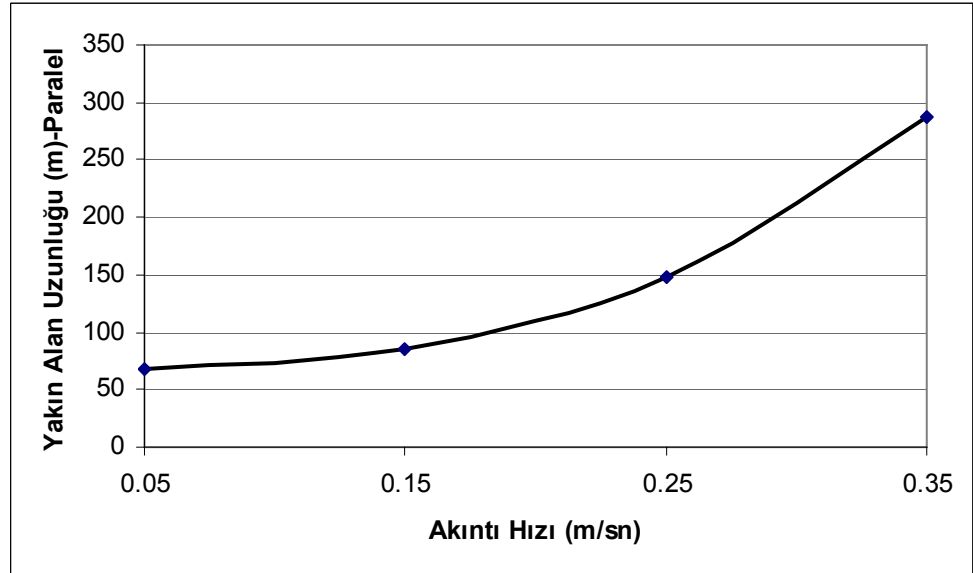
Paralel, 45° ve dik difüzör-akıntı açılı tabakalaşmanın olmadığı alıcı ortamlar incelendiğinde değişen akıntı hızlarında ön tasarım için gerekli toplam seyrelme mesafelerinin değerleri görülmektedir. Artan akıntı hızlarında paralel ve dik difüzör-akıntı açılı derin deniz deşarj sistemlerinde yakın alan seyrelme değerinin arttığı, uzak alan seyrelme değerinin azaldığı grafiklerden görülmektedir. Yakın alan uzunluğu ve uzak alan uzunlukları, artan akıntı hızı ile artış göstermekte, buna bağlı olarak toplam seyrelme mesafesi artmaktadır. Paralel ve dik difüzör-akıntı açılı derin deniz deşarj sistemlerinde toplam seyrelme mesafeleri karşılaştırıldığında dik difüzör-akıntı açılı sistemlerdeki değerlerin daha küçük olduğu görülmektedir.



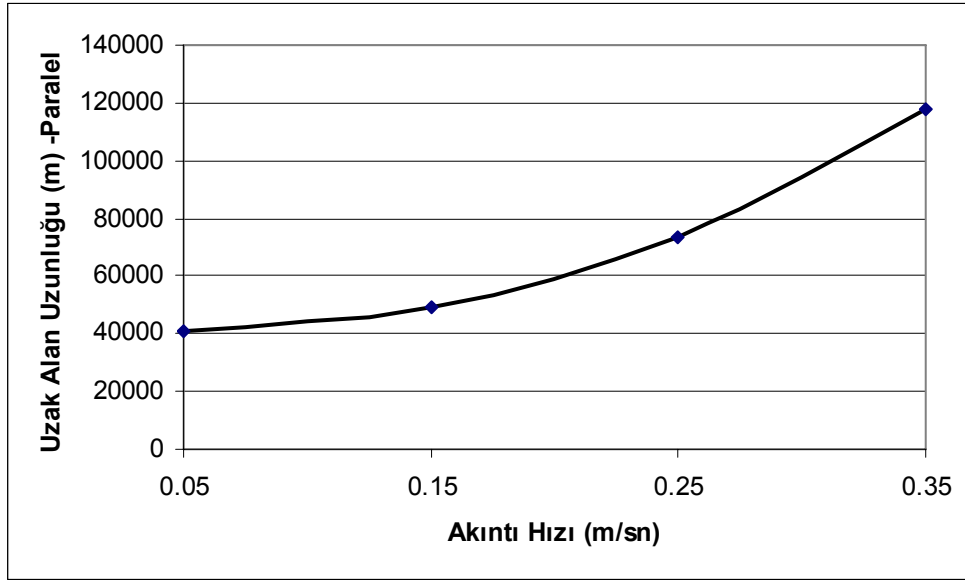
Şekil 6. 5. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi



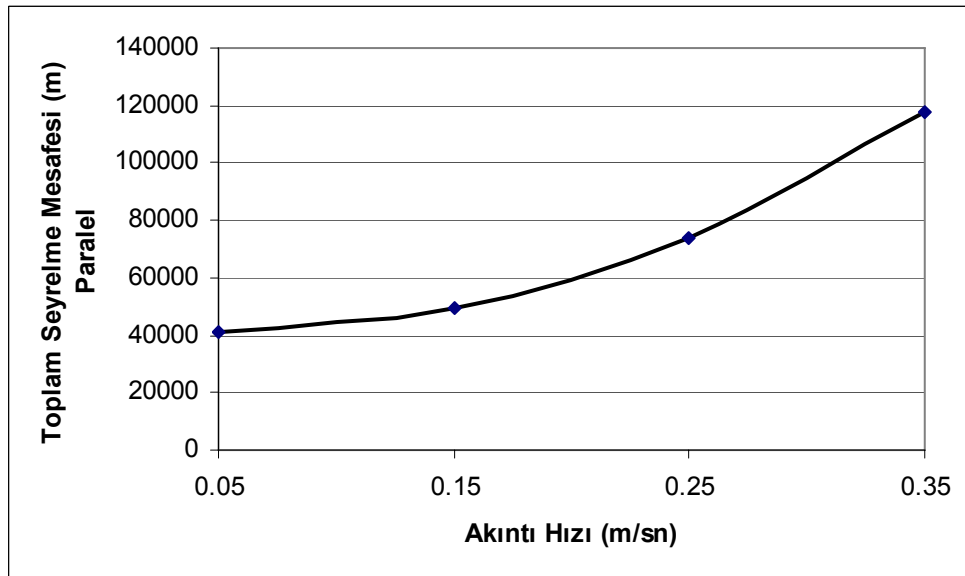
Şekil 6. 6. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi



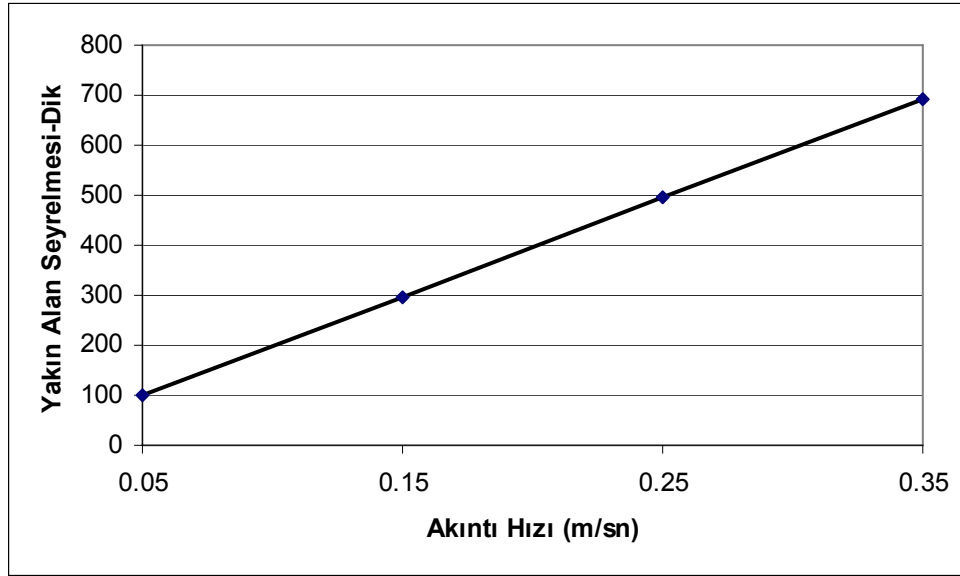
Şekil 6. 7. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında yakın alan uzunluğu



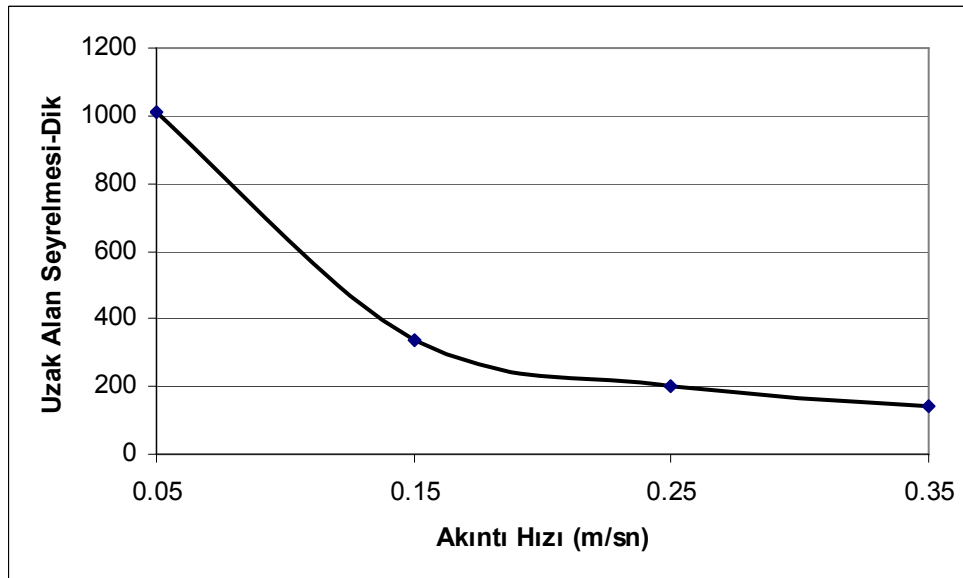
Şekil 6. 8. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında uzak alan uzunluğu



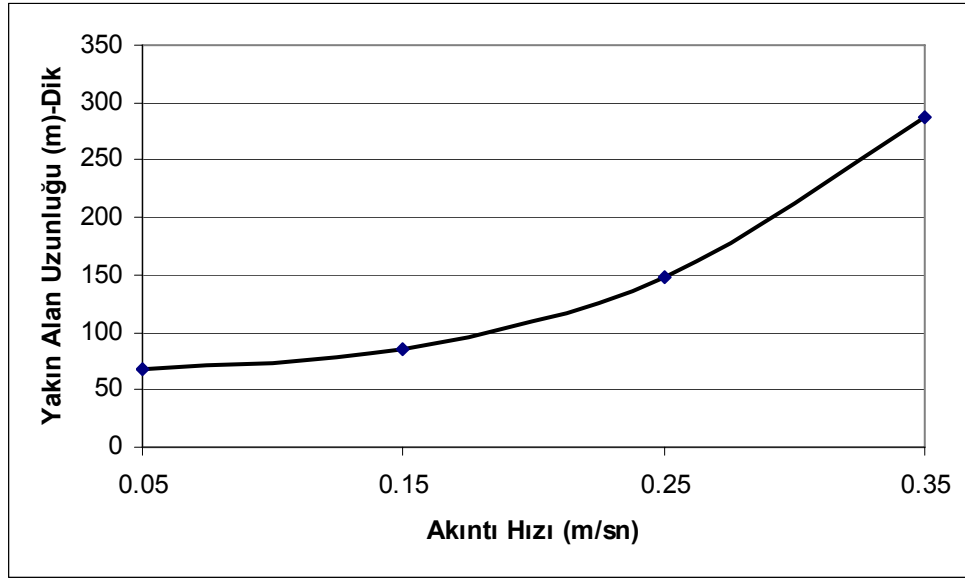
Şekil 6. 9. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme mesafesi



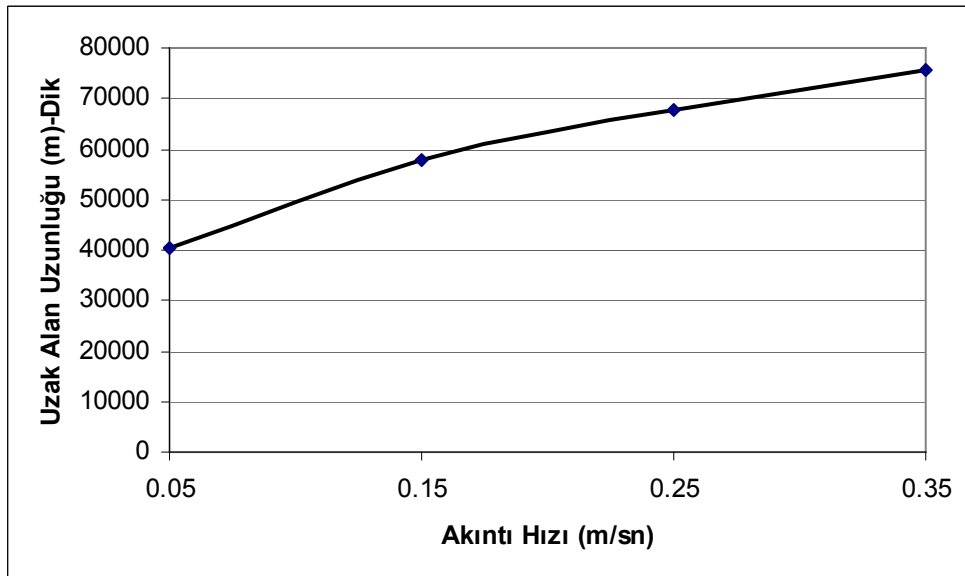
Şekil 6. 10. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi



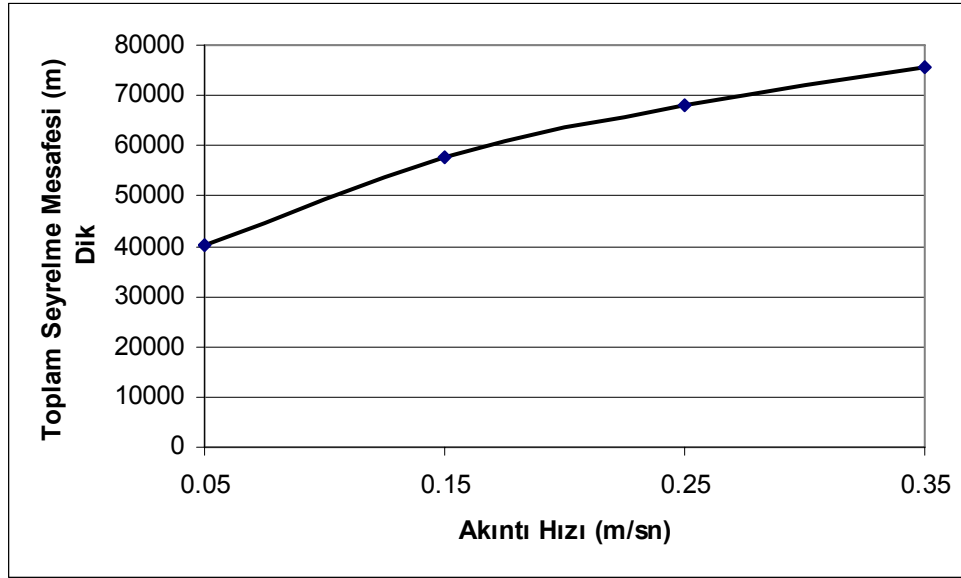
Şekil 6. 11. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi



Şekil 6. 12. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında yakın alan uzunluğu



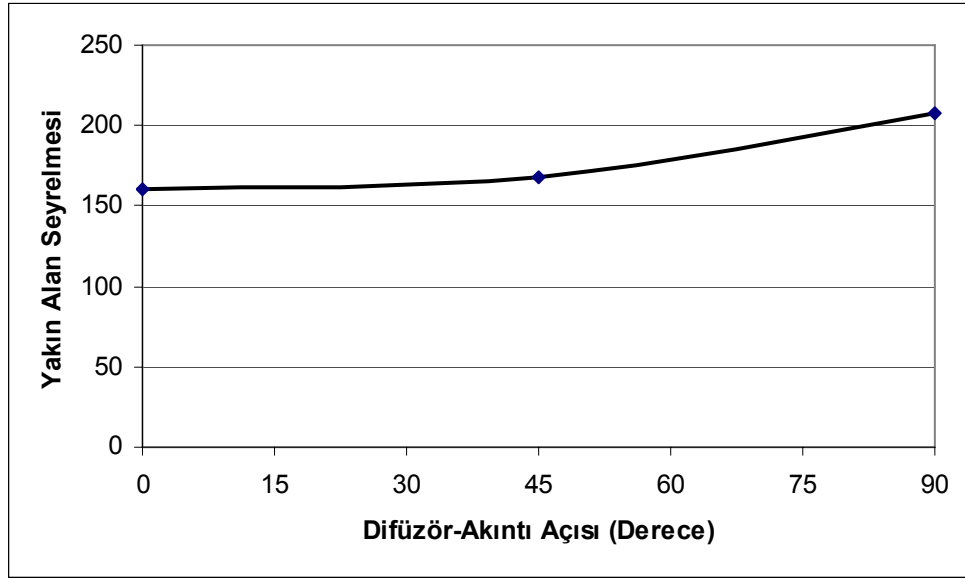
Şekil 6. 13. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında uzak alan uzunluğu



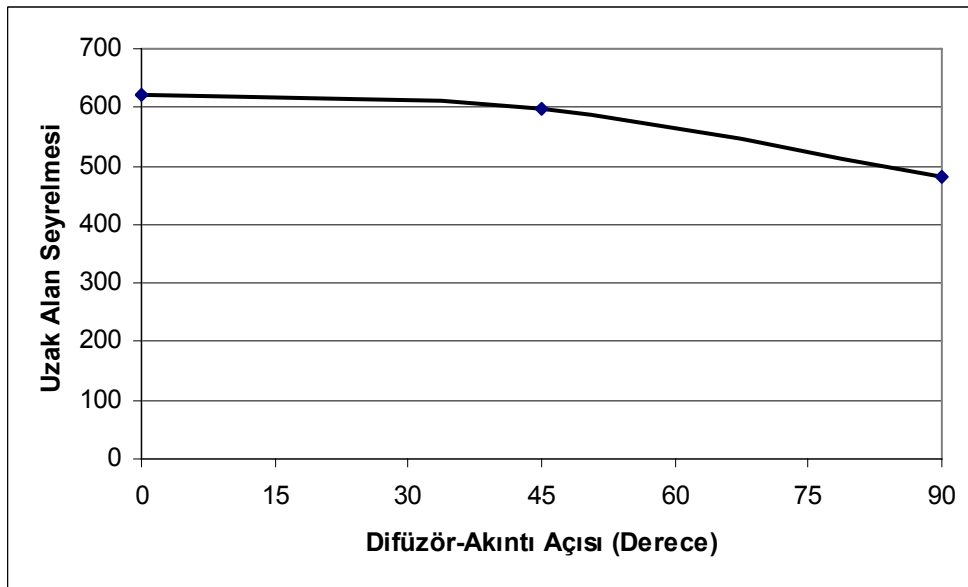
Şekil 6. 14. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme mesafesi

6.1.2. Tabakalı alıcı ortam

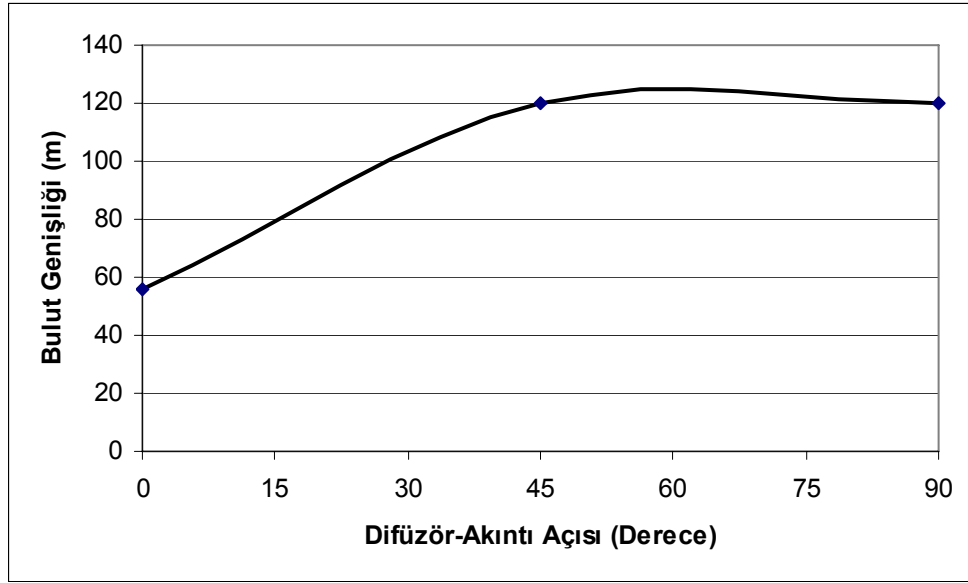
Sabit akıntı hızlı, tabakalaşmanın olduğu bir alıcı ortamda paralel difüzör-akıntı açılarından dik difüzör-akıntı açılara doğru yakın alan seyrelme değerinin arttığı, uzak alan seyrelme değerinin azaldığı grafiklerden görülmektedir. Bulut genişliği artarken uzak alan seyrelme değeri azalmaktadır. Dik difüzör-akıntı açılarında, paralel olan açılara göre toplam seyrelme mesafesinde artış görülmektedir. Toplam seyrelme mesafesi değeri 45° difüzör-akıntı açısında en yüksek değerine ulaşmaktadır. Yakın alan uzunluğu ve uzak alan uzunluğunun toplamı olarak belirlenen toplam seyrelme mesafesi, yakın alan uzunluğu değerinin tüm difüzör-akıntı açısı doğrultularında sabit değerler vermesi nedeniyle, uzak alan uzunluğu değerinin yakın alan uzunluğu değerine göre etkisi büyük olacaktır.



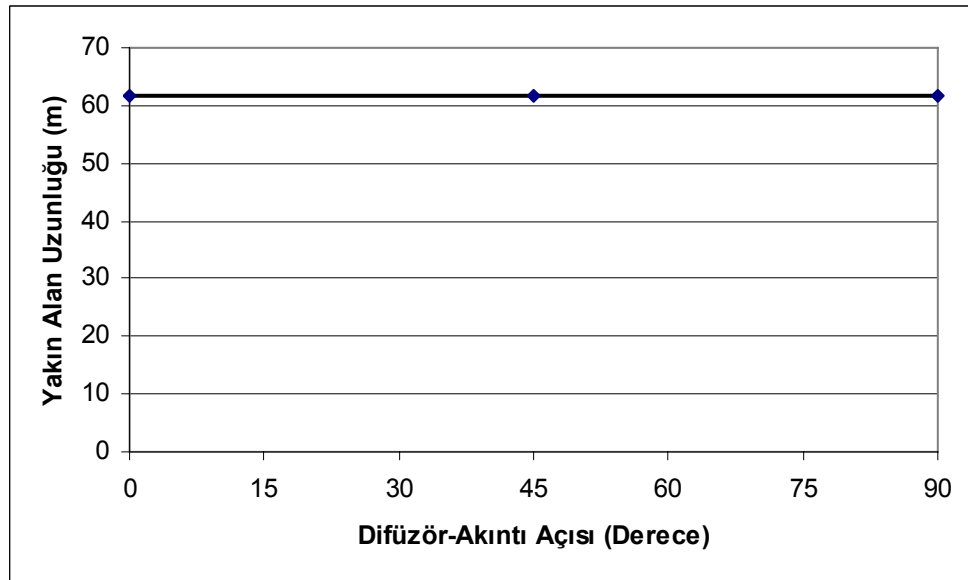
Şekil 6. 15. Farklı difüzör-akıntı açılarında yakın alan seyrelmesi



Şekil 6. 16. Farklı difüzör-akıntı açılarında uzak alan seyrelmesi



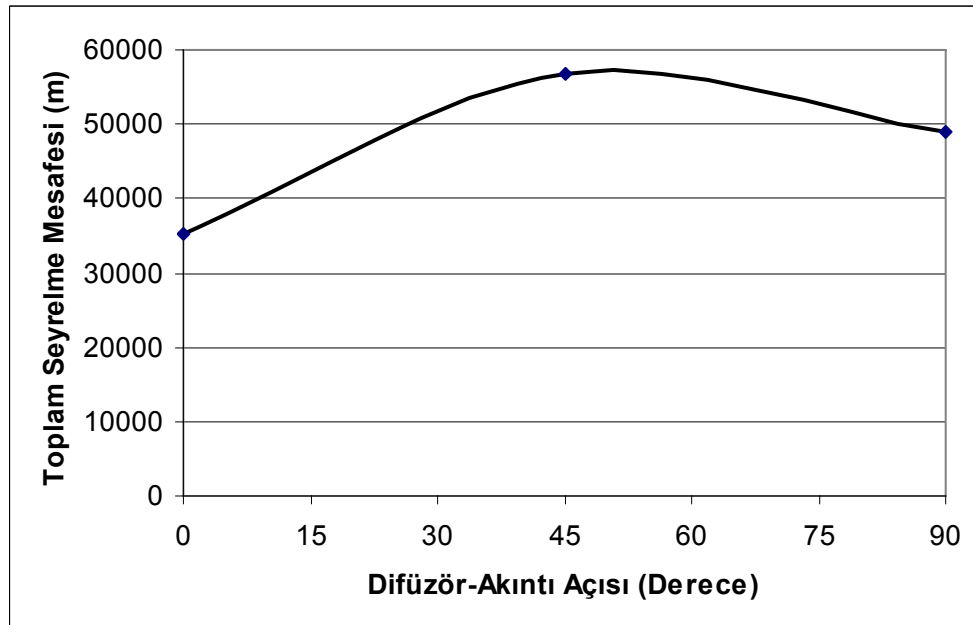
Şekil 6. 17. Farklı difüzör-akıntı açılarında bulut genişliği



Şekil 6. 18. Farklı difüzör-akıntı açılarında yakın alan uzunluğu

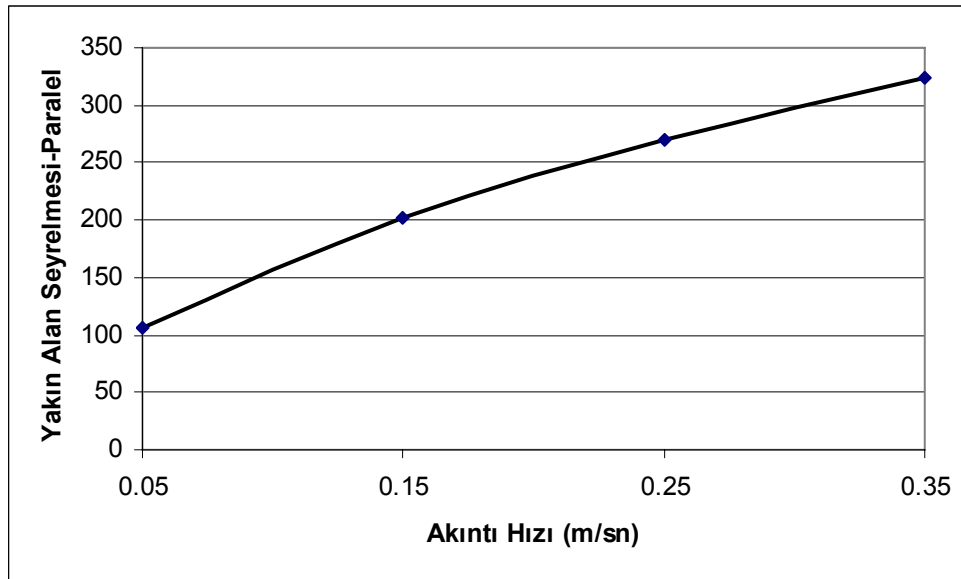


Şekil 6. 19. Farklı difüzör-akıntı açılarında uzak alan uzunluğu

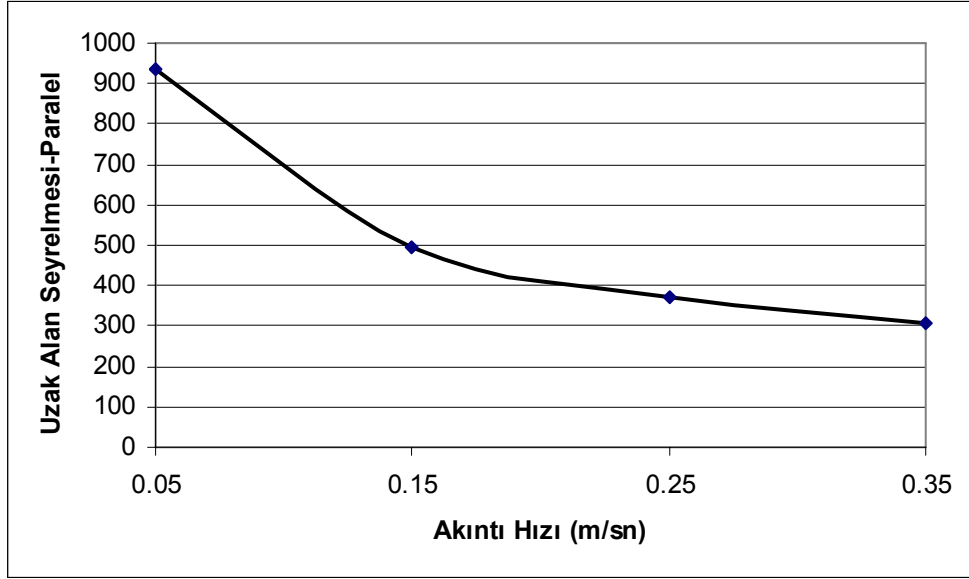


Şekil 6. 20. Farklı difüzör-akıntı açılarında toplam seyrelme mesafesi

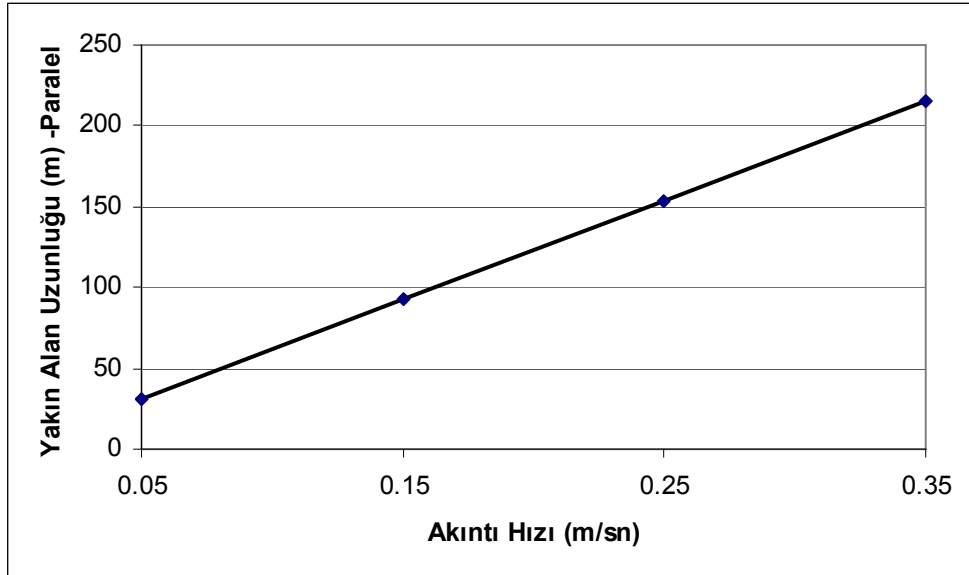
Paralel, 45° ve dik difüzör-akıntı açılı tabakalaşmanın olduğu alıcı ortamlar incelendiğinde değişen akıntı hızlarında ön tasarım için gerekli toplam seyrelme mesafelerinin değerleri görülmektedir. Artan akıntı hızlarında paralel ve dik difüzör-akıntı açılı derin deniz deşarj sistemlerinde yakın alan seyrelme değerinin arttığı, uzak alan seyrelme değerinin azaldığı grafiklerden görülmektedir. Yakın alan uzunluğu ve uzak alan uzunlukları, artan akıntı hızı ile artış göstermekte, buna bağlı olarak toplam seyrelme mesafesi artmaktadır. Paralel ve dik difüzör-akıntı açılı derin deniz deşarj sistemlerinde toplam seyrelme mesafeleri karşılaştırıldığında paralel difüzör-akıntı açılı sistemlerdeki değerlerin daha küçük olduğu görülmektedir.



Şekil 6. 21. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi



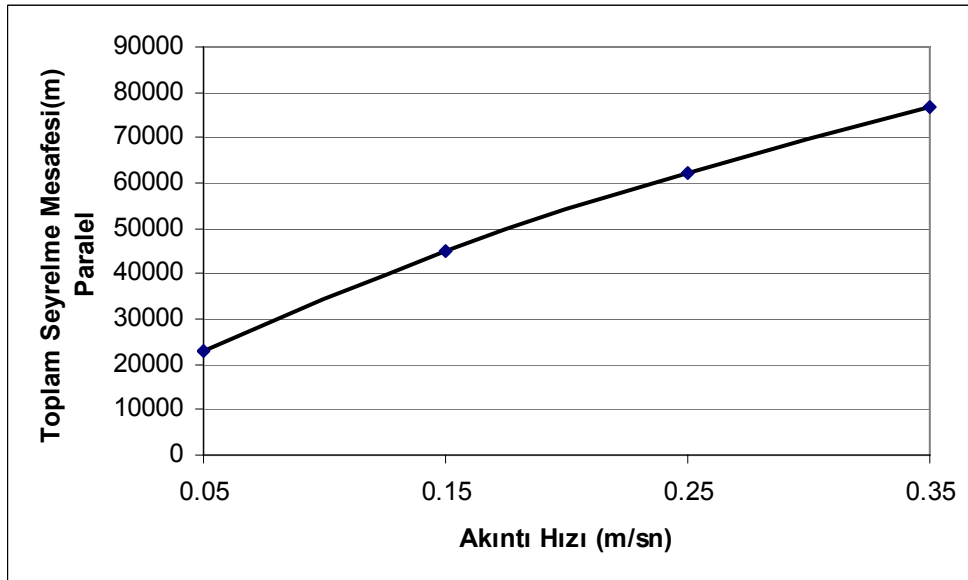
Şekil 6. 22. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi



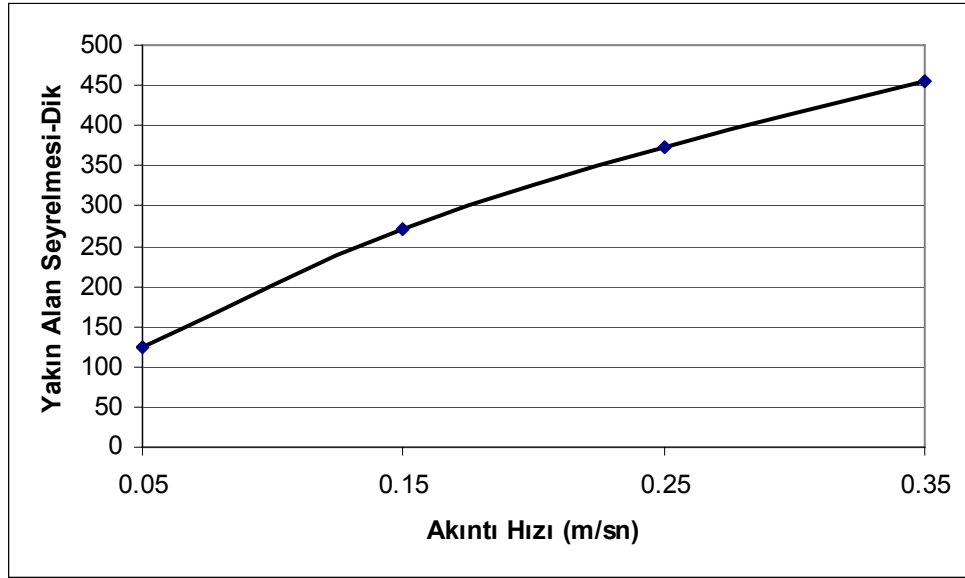
Şekil 6. 23. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında yakın alan uzunluğu



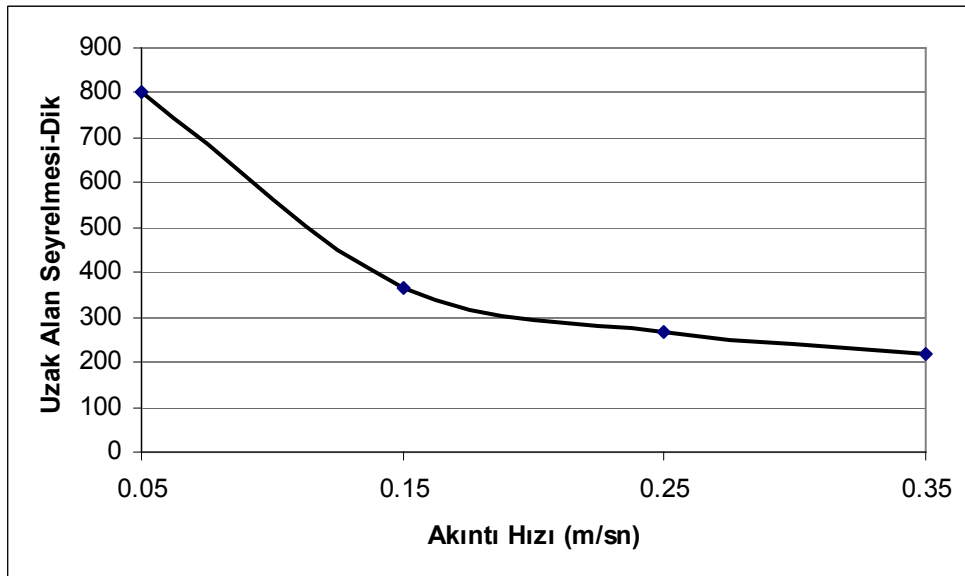
Şekil 6. 24. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında uzak alan uzunluğu



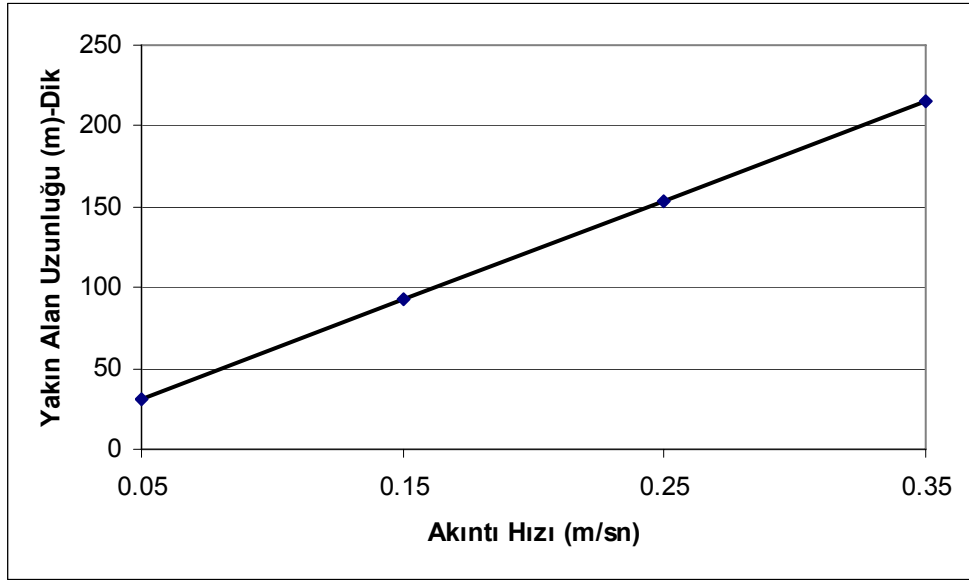
Şekil 6. 25. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme mesafesi



Şekil 6. 26. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi



Şekil 6. 27. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi



Şekil 6. 28. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında yakın alan uzunluğu



Şekil 6. 29. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında uzak alan uzunluğu



Şekil 6. 30. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme mesafesi

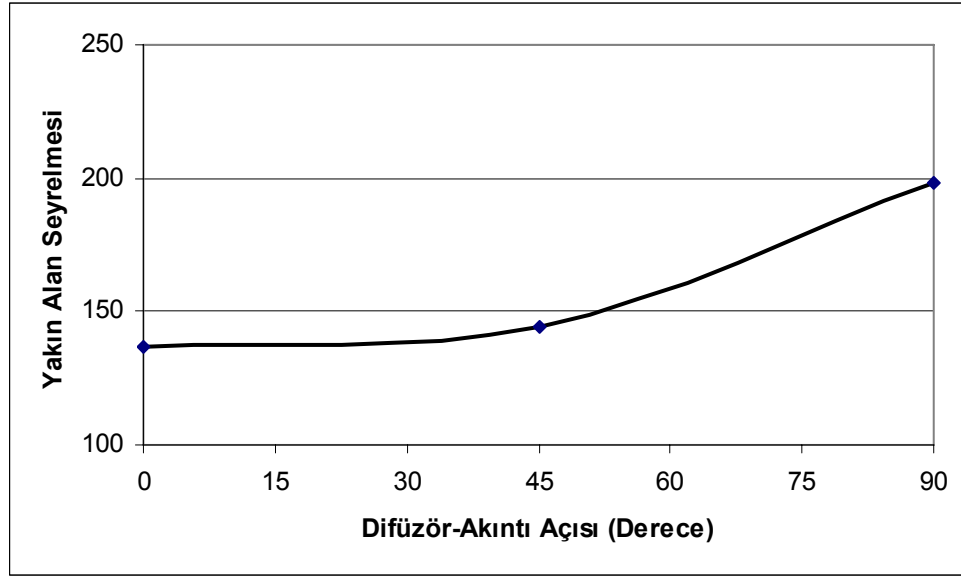
6.2. Derin Deniz Deşarj Sistemlerinin Korunamayan Maddeler için Boyutlandırılması

Derin deniz deşarj sistemlerinin ön tasarımı için geliştirilen “SIZENONCON” adlı programda korunamayan maddeler ele alınarak toplam seyrelme mesafesi hesaplanmaktadır.

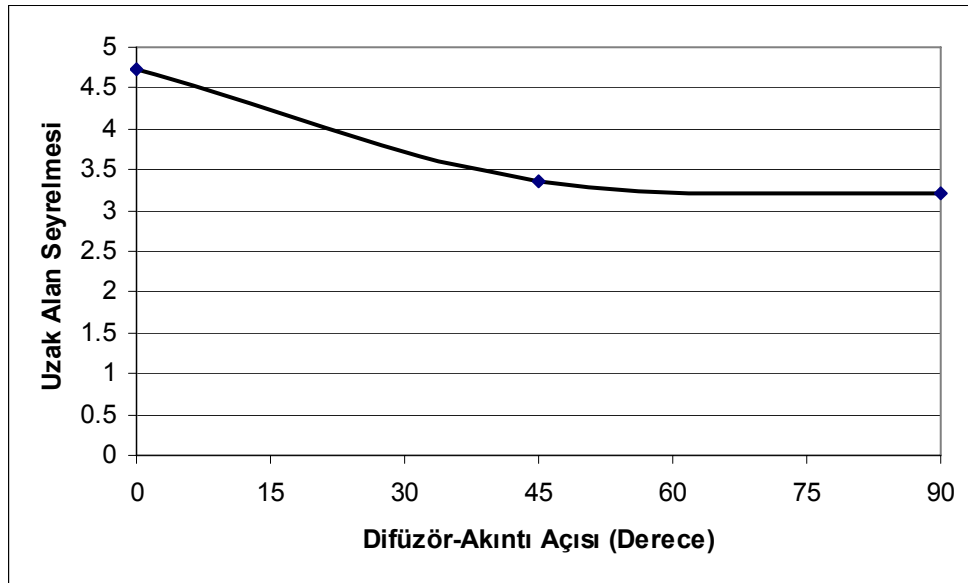
6.2.1. Tabakasız alıcı ortam

Sabit akıntı hızlı, tabakalaşmanın olmadığı bir alıcı ortamda paralel difüzör-akıntı açılarından dik difüzör-akıntı açılara doğru yakın alan seyrelme değerinin arttığı, uzak alan seyrelme değerinin azaldığı ve bakteriyel seyrelme değerinin arttığı grafiklerden görülmektedir. Bakteriyel seyrelme değeri 45° difüzör-akıntı açılarında en yüksek değere sahip olmaktadır. Bulut genişliği artarken uzak alan seyrelme değeri azalmaktadır. Dik difüzör-akıntı açılarında, paralel olan açılara göre toplam seyrelme mesafesinde artış görülmekte, fakat bakteriyel seyrelme değerinin en yüksek değere sahip

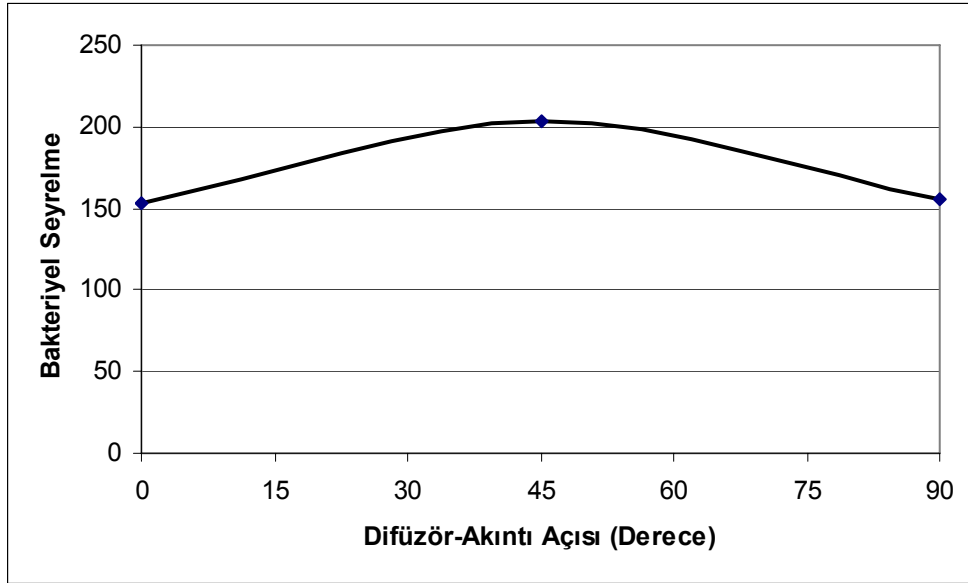
olduğu 45° difüzör-akıntı açılarında toplam seyrelme mesafesi de en yüksek değere sahip olmaktadır.



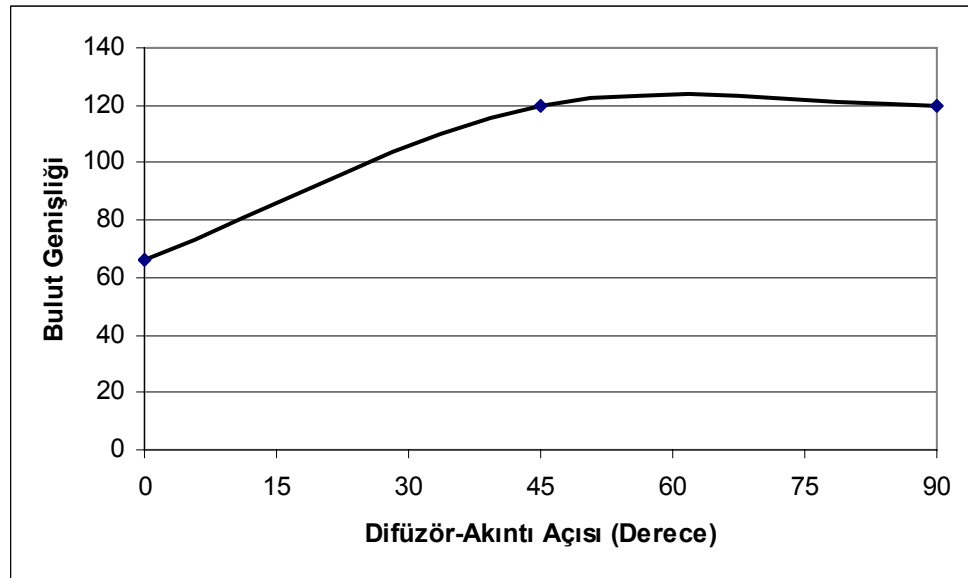
Şekil 6. 31. Farklı difüzör-akıntı açılarında yakın alan seyrelmesi



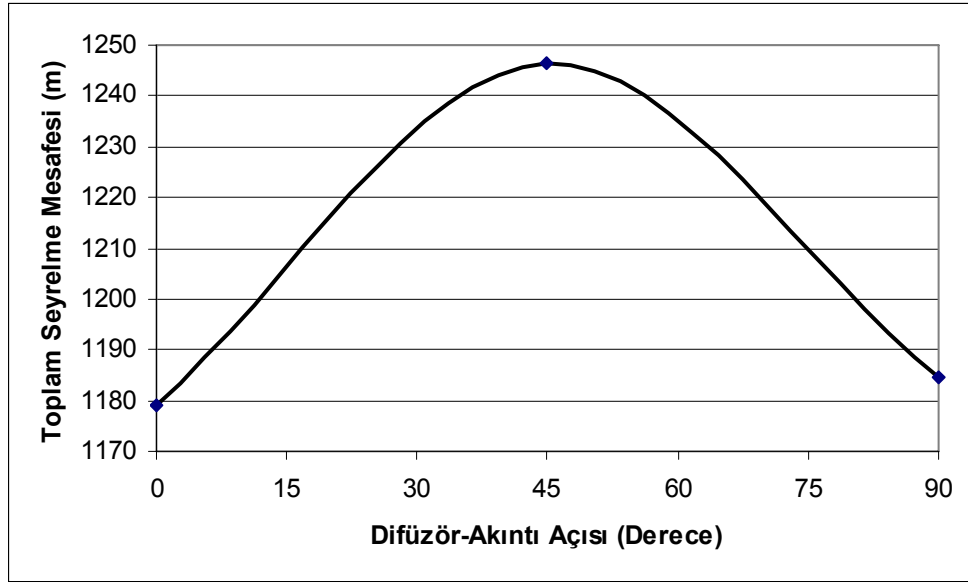
Şekil 6. 32. Farklı difüzör-akıntı açılarında uzak alan seyrelmesi



Şekil 6. 33. Farklı difüzör-akıntı açılarında bakteriyel seyrelmesi

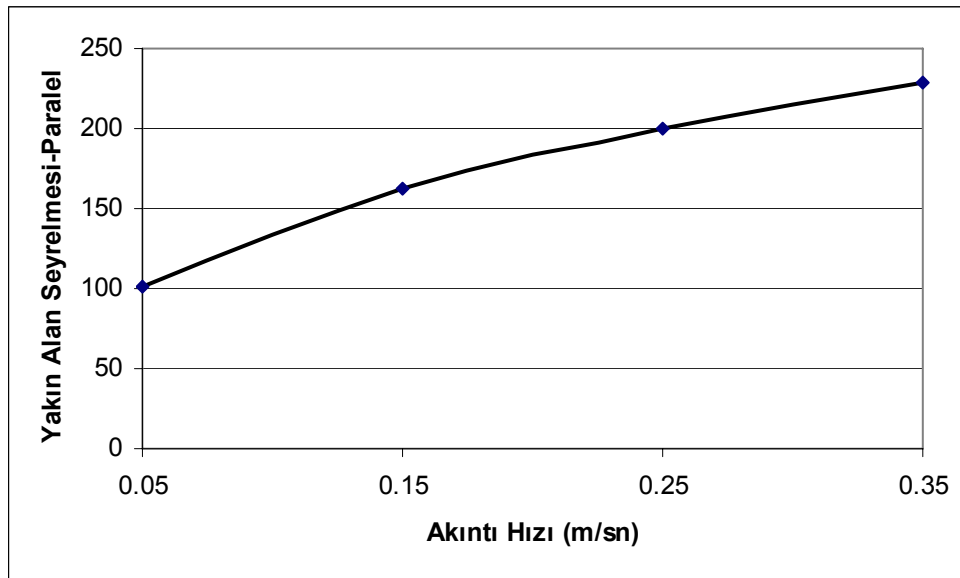


Şekil 6. 34. Farklı difüzör-akıntı açılarında bulut genişliği

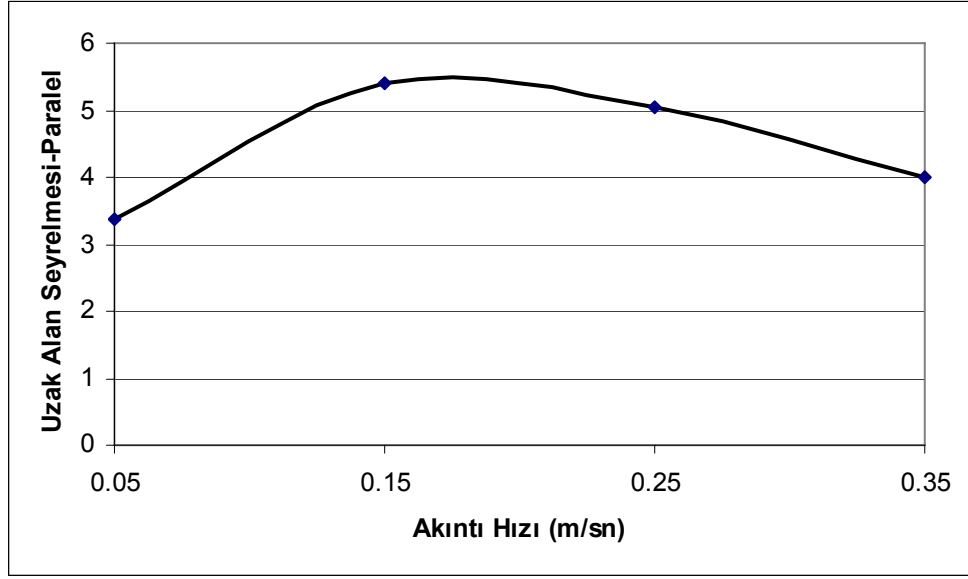


Şekil 6. 35. Farklı difüzör-akıntı açılarında toplam seyrelme mesafesi

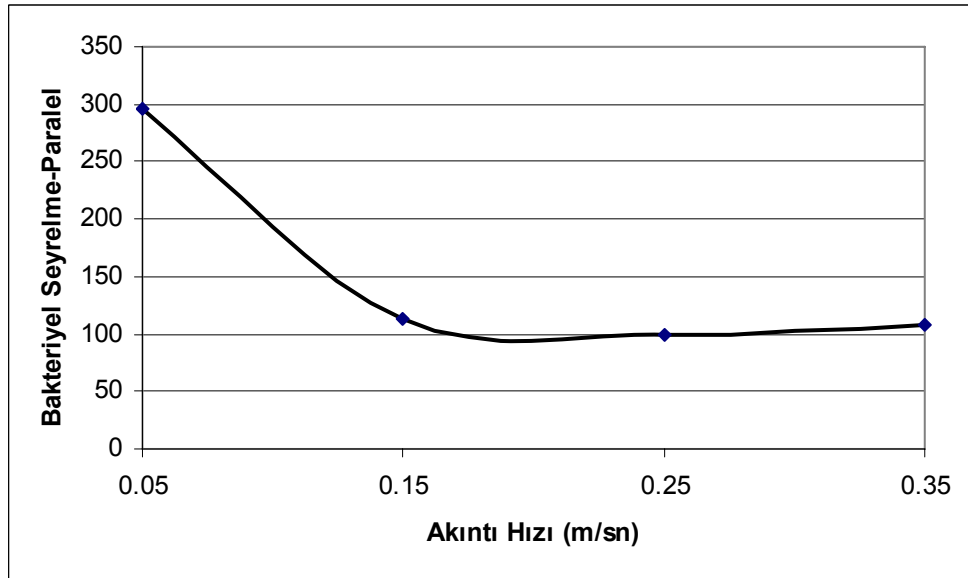
Paralel, 45° ve dik difüzör-akıntı açılı tabakalaşmanın olmadığı alıcı ortamlar incelendiğinde değişen akıntı hızlarında ön tasarım için gerekli toplam seyrelme mesafelerinin değerleri görülmektedir. Artan akıntı hızlarında paralel ve dik difüzör-akıntı açılı derin deniz deşarj sistemlerinde yakın alan seyrelme değerinin arttığı, uzak alan seyrelme değerinin azaldığı ve bakteriyel seyrelme değerinin azaldığı grafiklerden görülmektedir. Yakın alan uzunluğu ve uzak alan uzunlukları, artan akıntı hızı ile artış göstermektedir. Paralel ve dik difüzör-akıntı açılı derin deniz deşarj sistemlerinde toplam seyrelme mesafeleri karşılaştırıldığında dik difüzör-akıntı açılı sistemlerdeki değerlerin daha küçük olduğu görülmektedir.



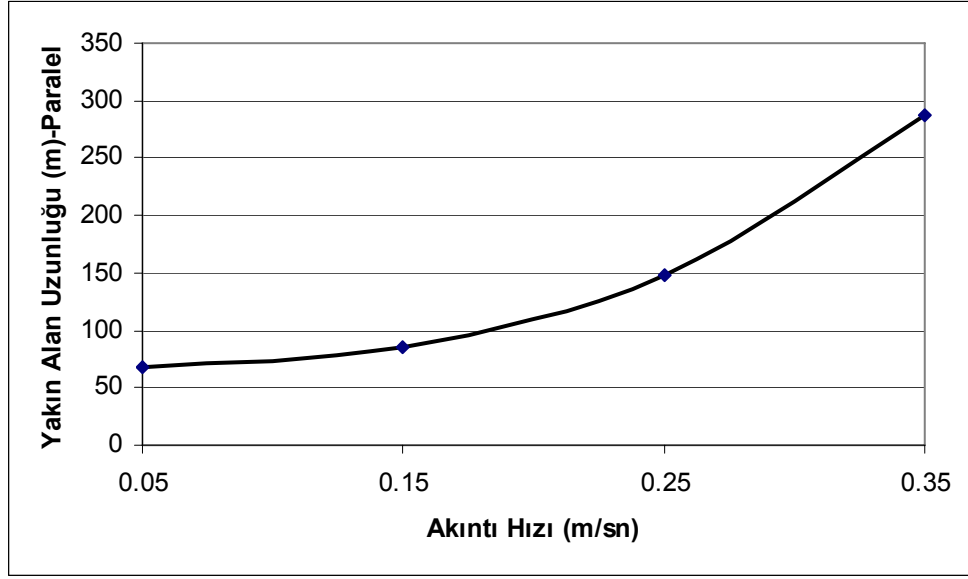
Şekil 6. 36. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi



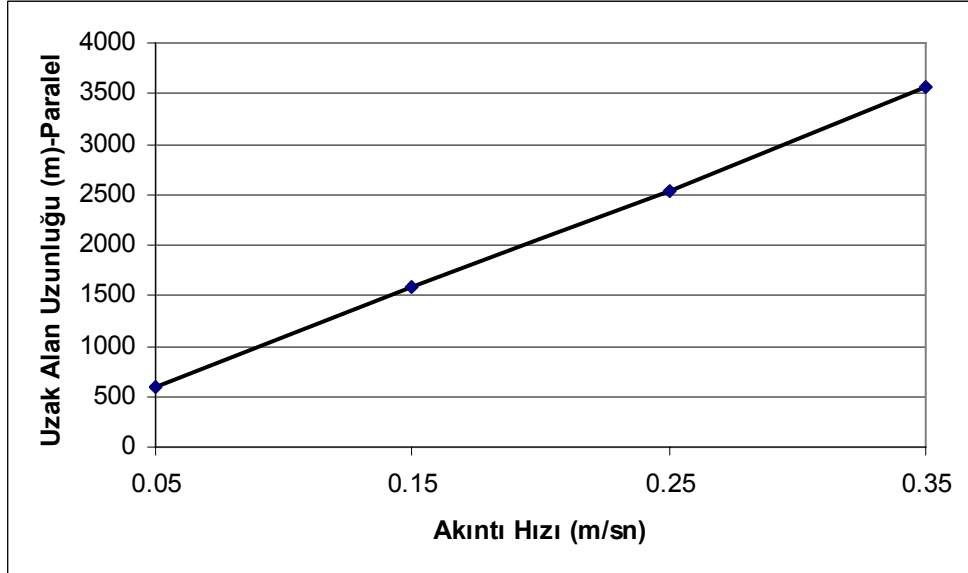
Şekil 6. 37. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi



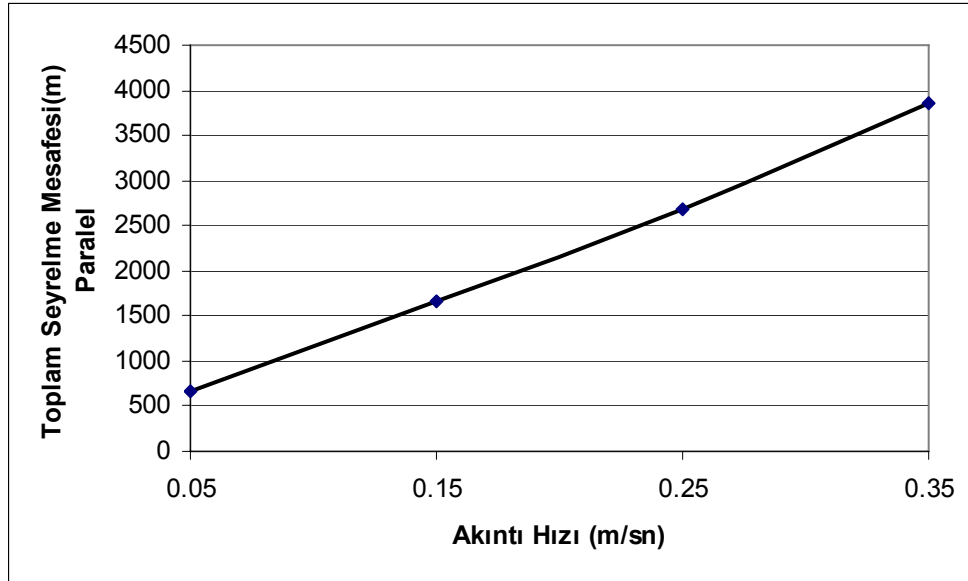
Şekil 6. 38. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında bakteriyel seyrelme



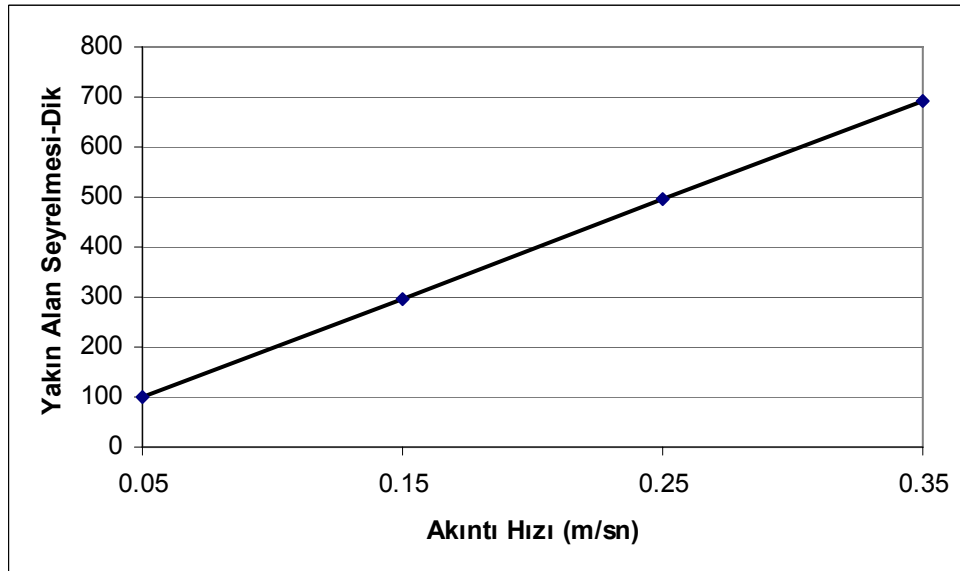
Şekil 6. 39. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında yakın alan uzunluğu



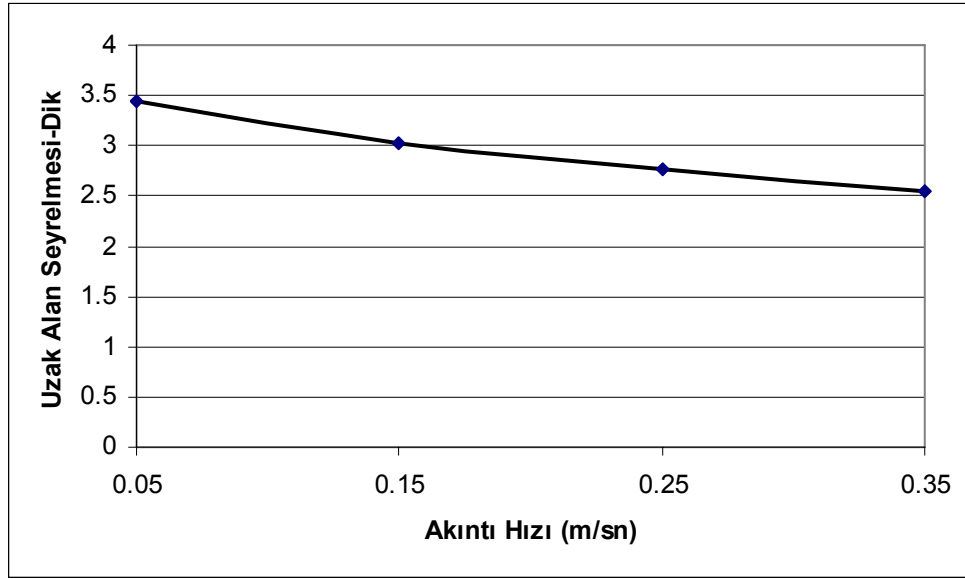
Şekil 6. 40. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında uzak alan uzunluğu



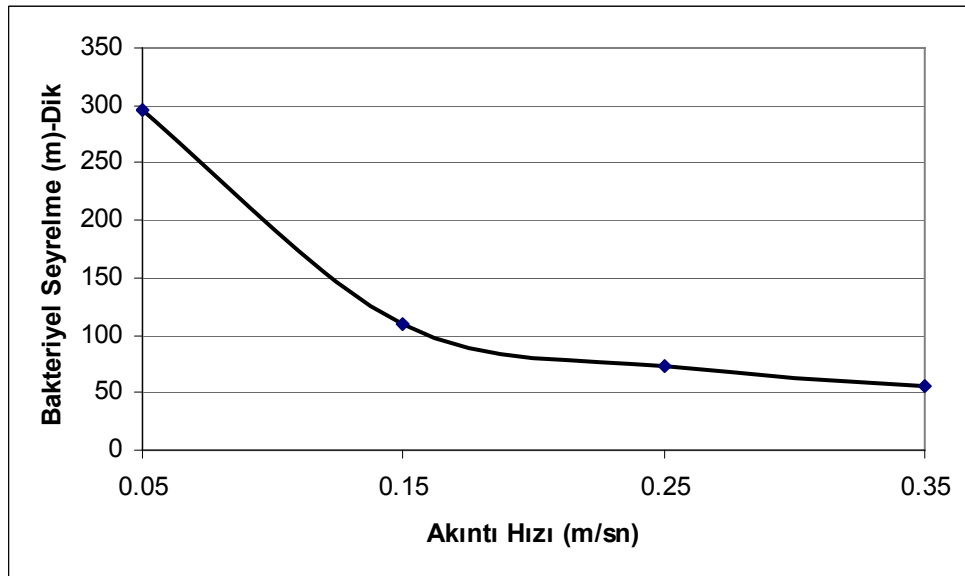
Şekil 6. 41. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme mesafesi



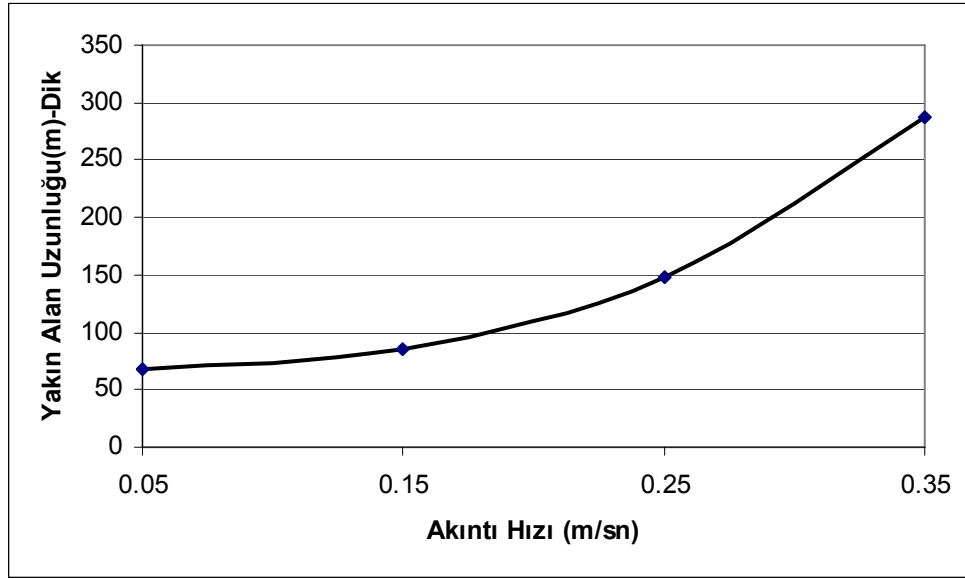
Şekil 6. 42. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi



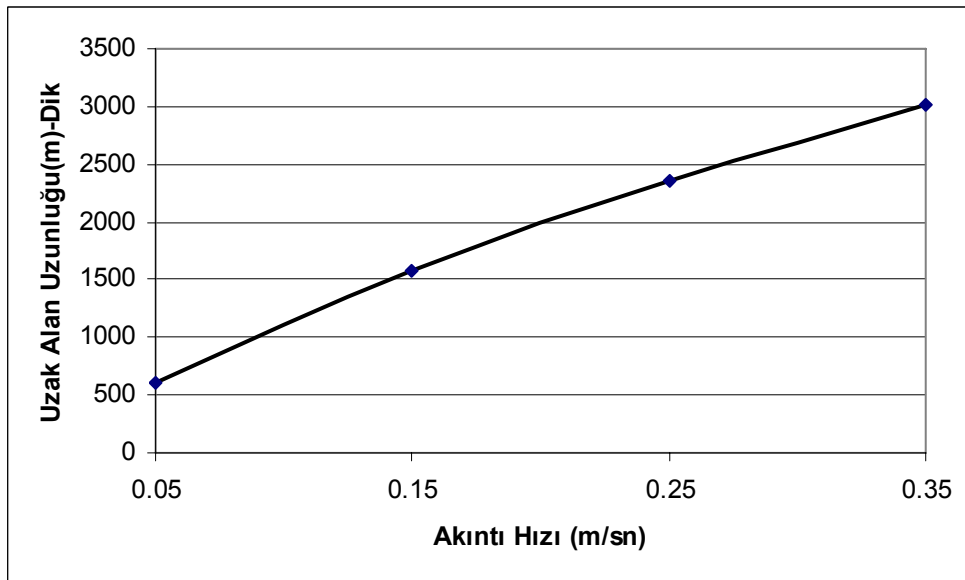
Şekil 6. 43. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi



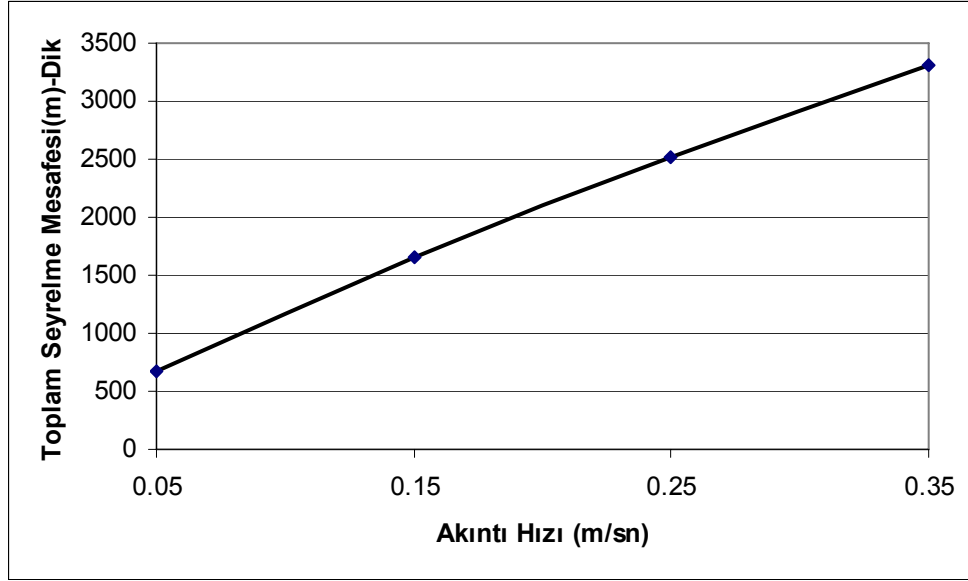
Şekil 6. 44. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında bakteriyel seyrelme



Şekil 6. 45. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında yakın alan uzunluğu



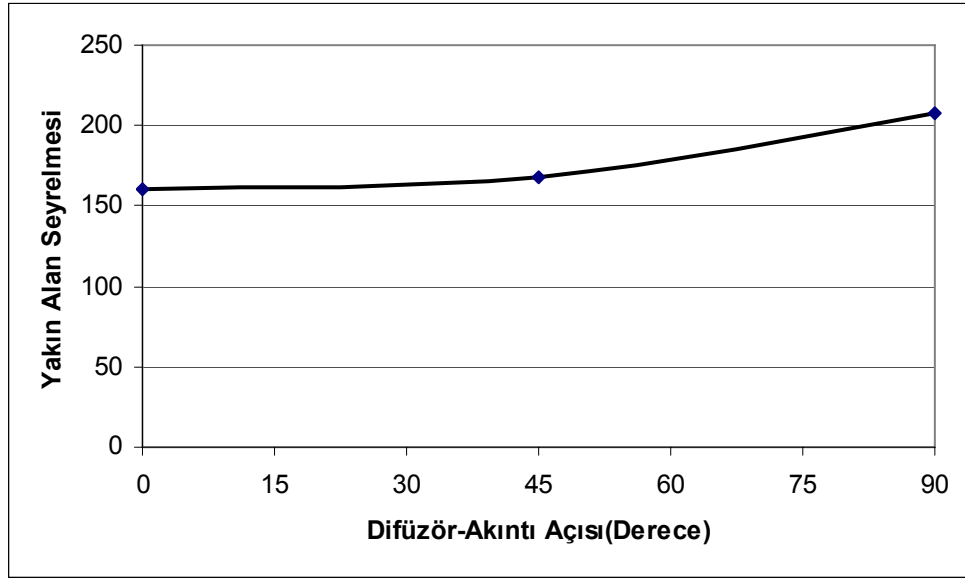
Şekil 6. 46. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında uzak alan uzunluğu



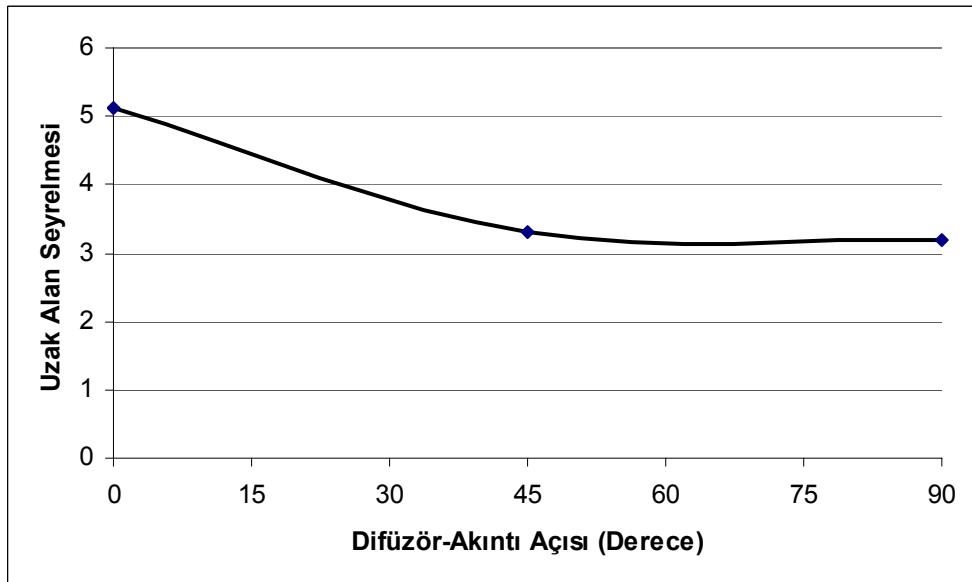
Şekil 6. 47. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme mesafesi

6.2.2. Tabakalı alıcı ortam

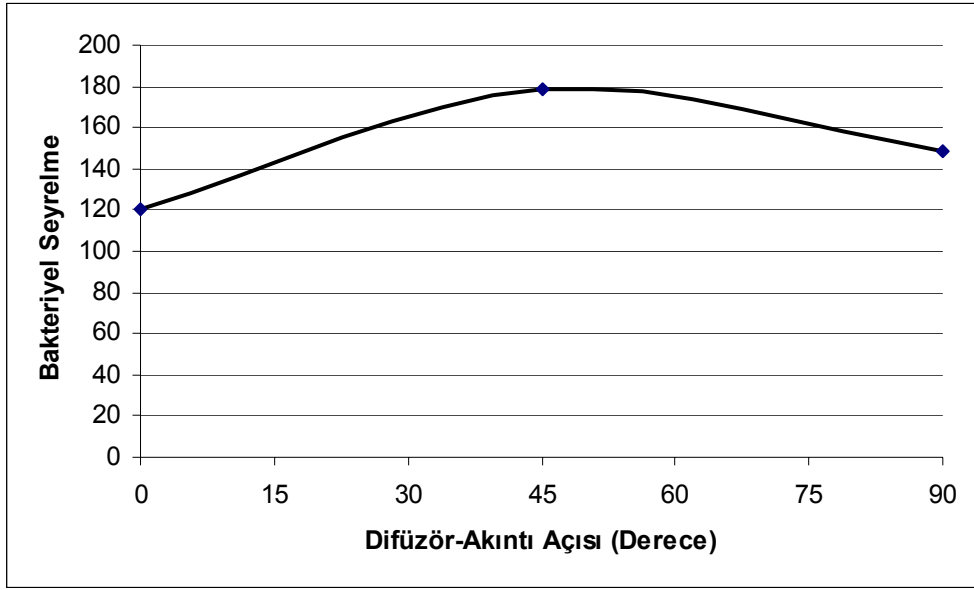
Sabit akıntı hızlı, tabakalaşmanın olduğu bir alıcı ortamda paralel difüzör-akıntı açılarından dik difüzör-akıntı açılara doğru yakın alan seyrelme değerinin arttığı, uzak alan seyrelme değerinin azaldığı ve bakteriyel seyrelme değerinin 45° difüzör-akıntı açılarında en yüksek değere sahip olarak arttığı grafiklerden görülmektedir. Bulut genişliği artarken uzak alan seyrelme değeri azalmaktadır. Dik difüzör-akıntı açılarında, paralel olan açılara göre toplam seyrelme mesafesinde artış görülmekte, fakat bakteriyel seyrelme değerinin en yüksek değere sahip olduğu 45° difüzör-akıntı açılarında toplam seyrelme mesafesi de en yüksek değere sahip olmaktadır.



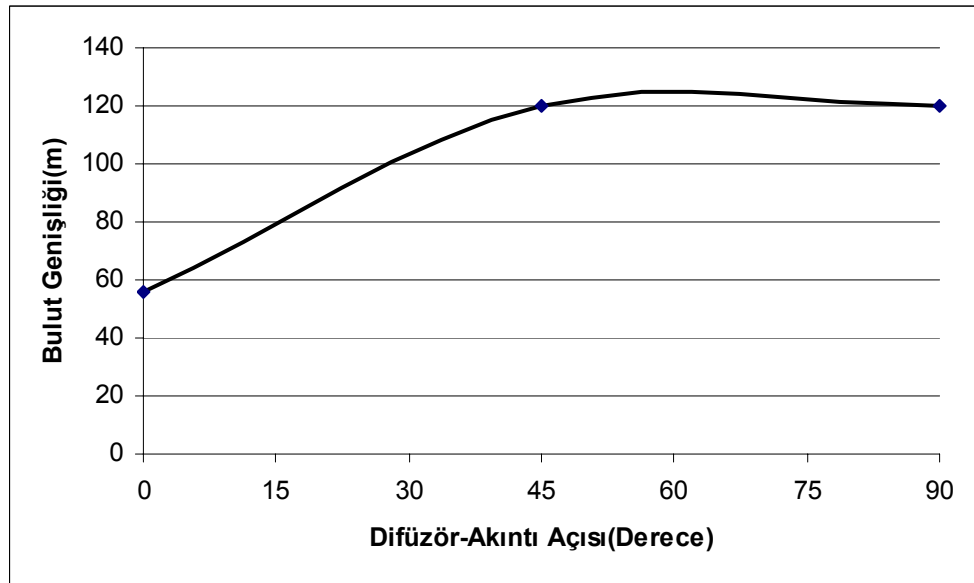
Şekil 6. 48. Farklı difüzör-akıntı açılarında yakın alan seyrelmesi



Şekil 6. 49. Farklı difüzör-akıntı açılarında uzak alan seyrelmesi



Şekil 6. 50. Farklı difüzör-akıntı açılarında bakteriyel seyrelme

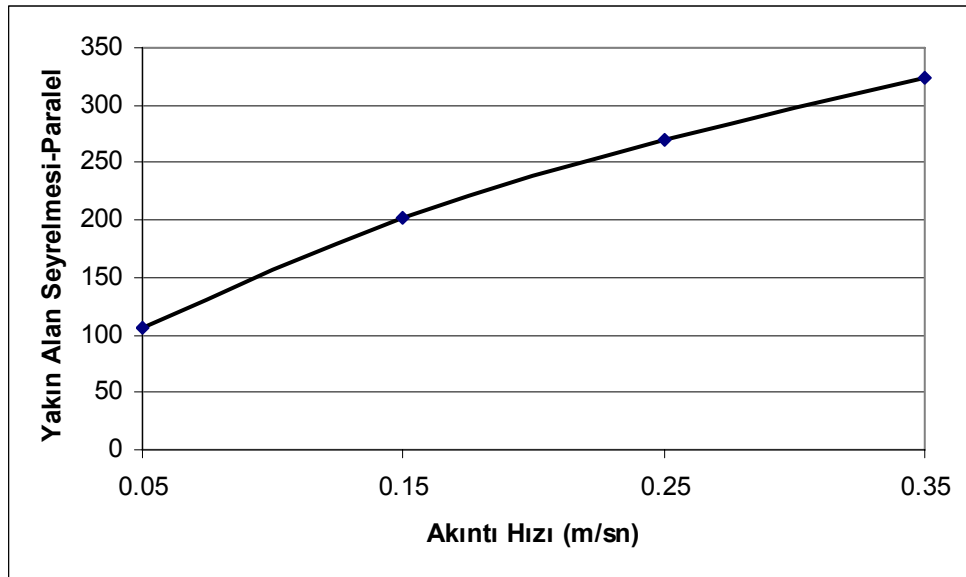


Şekil 6. 51. Farklı difüzör-akıntı açılarında bulut genişliği

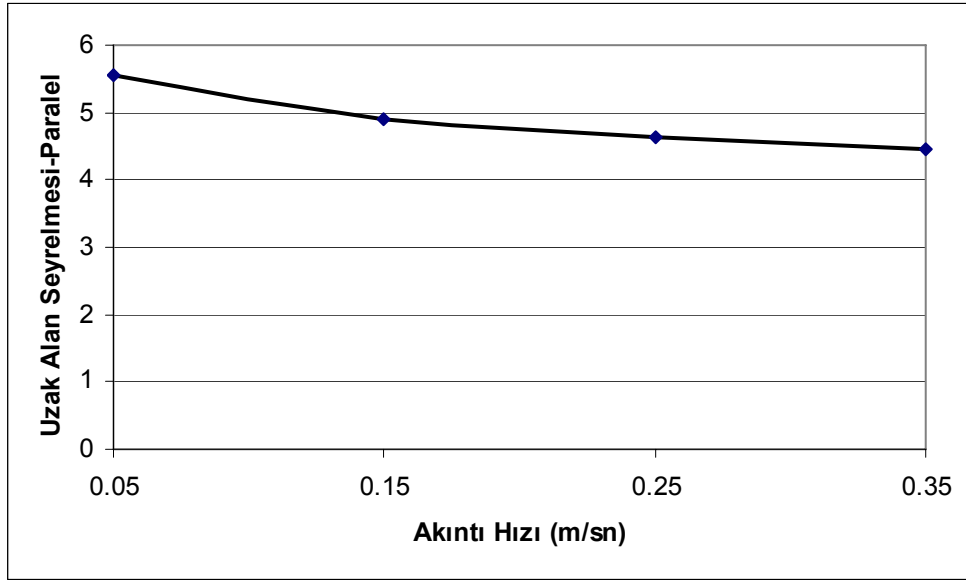


Şekil 6. 52. Farklı difüzör-akıntı açılarında toplam seyrelme mesafesi

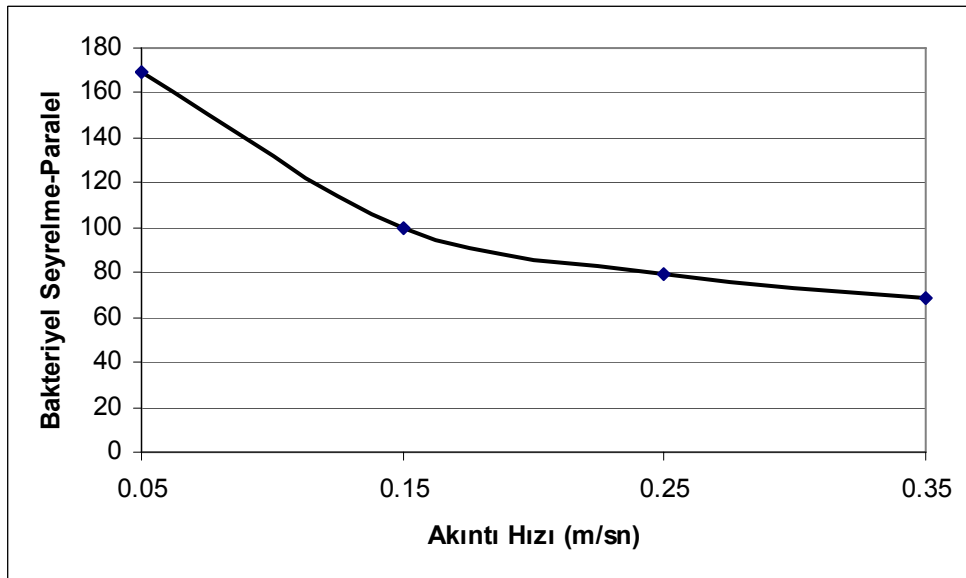
Paralel, 45° ve dik difüzör-akıntı açılı tabakalaşmanın olduğu alıcı ortamlar incelendiğinde değişen akıntı hızlarında ön tasarım için gerekli toplam seyrelme mesafelerinin değerleri görülmektedir. Artan akıntı hızlarında paralel ve dik difüzör-akıntı açılı derin deniz deşarj sistemlerinde yakın alan seyrelme değerinin arttığı, uzak alan seyrelme değerinin azaldığı ve bakteriyel seyrelme değerinin azaldığı grafiklerden görülmektedir. Yakın alan uzunluğu ve uzak alan uzunlukları, artan akıntı hızı ile artış göstermekte, buna bağlı olarak toplam seyrelme mesafesi artmaktadır. Paralel ve dik difüzör-akıntı açılı derin deniz deşarj sistemlerinde toplam seyrelme mesafeleri karşılaştırıldığında paralel difüzör-akıntı açılı sistemlerdeki değerlerin daha küçük olduğu görülmektedir.



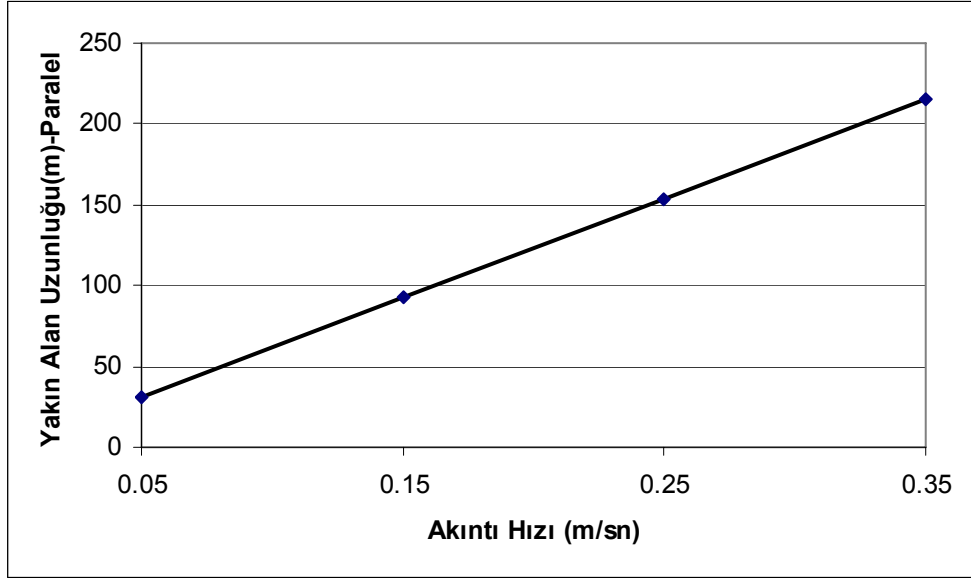
Şekil 6. 53. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi



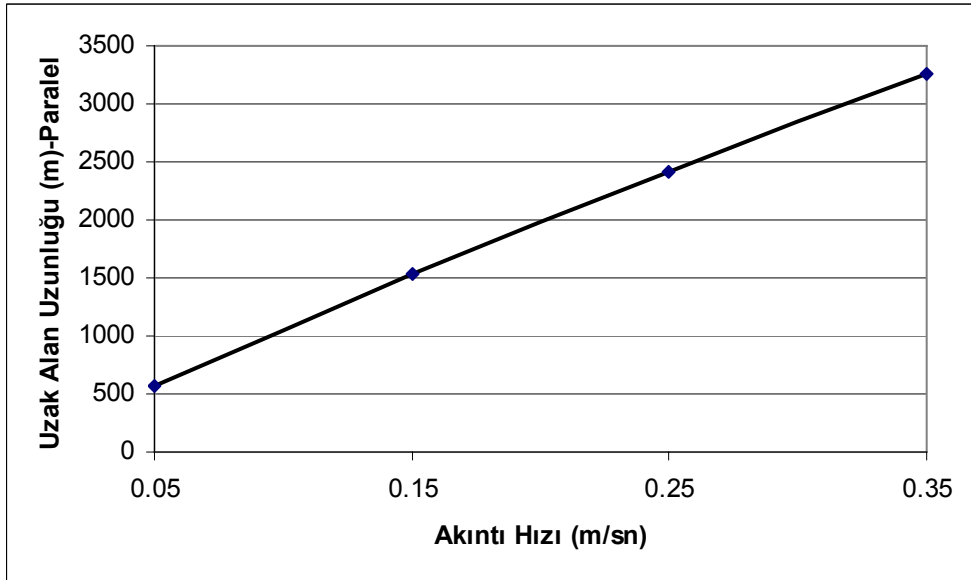
Şekil 6. 54. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi



Şekil 6. 55. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında bakteriyel seyrelme



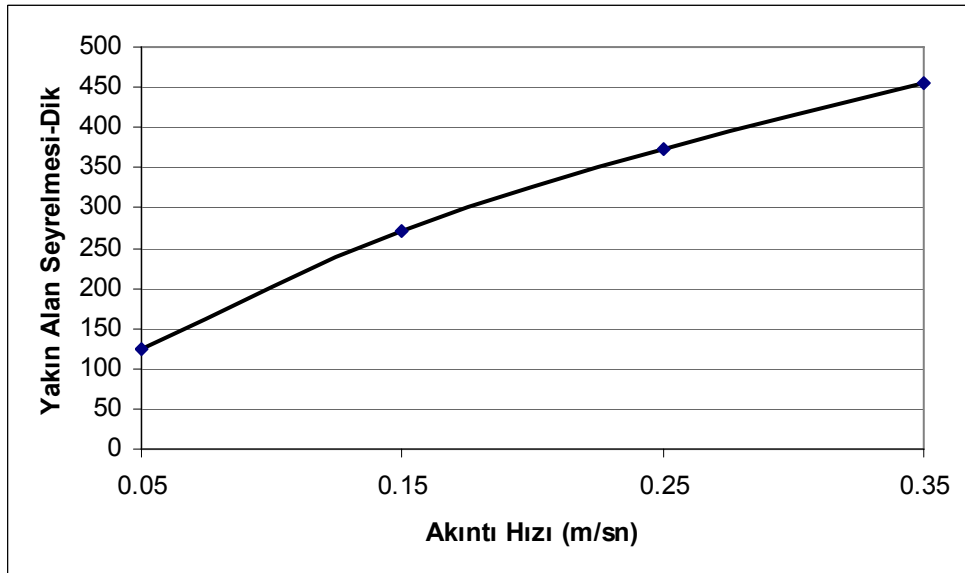
Şekil 6. 56. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında yakın alan uzunluğu



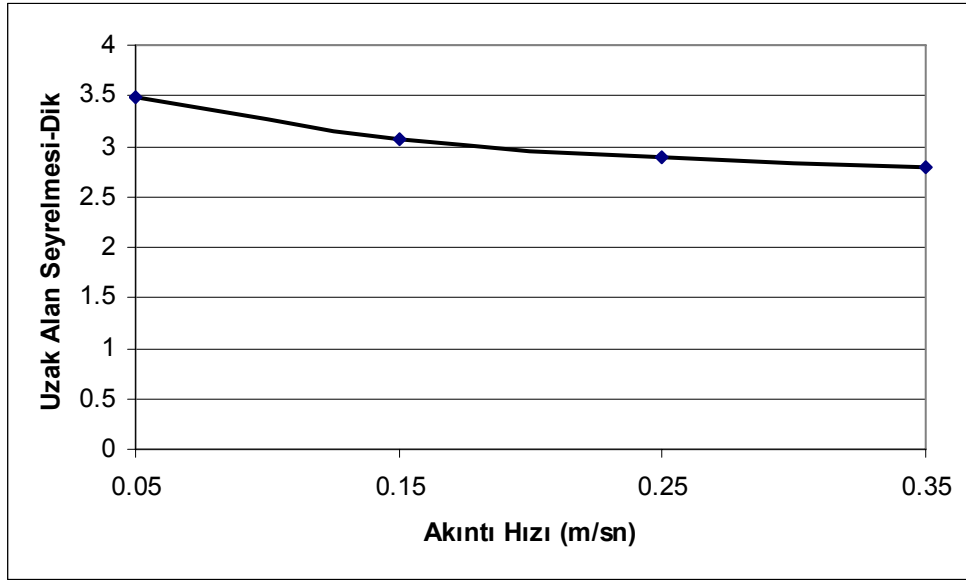
Şekil 6. 57. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında uzak alan uzunluğu



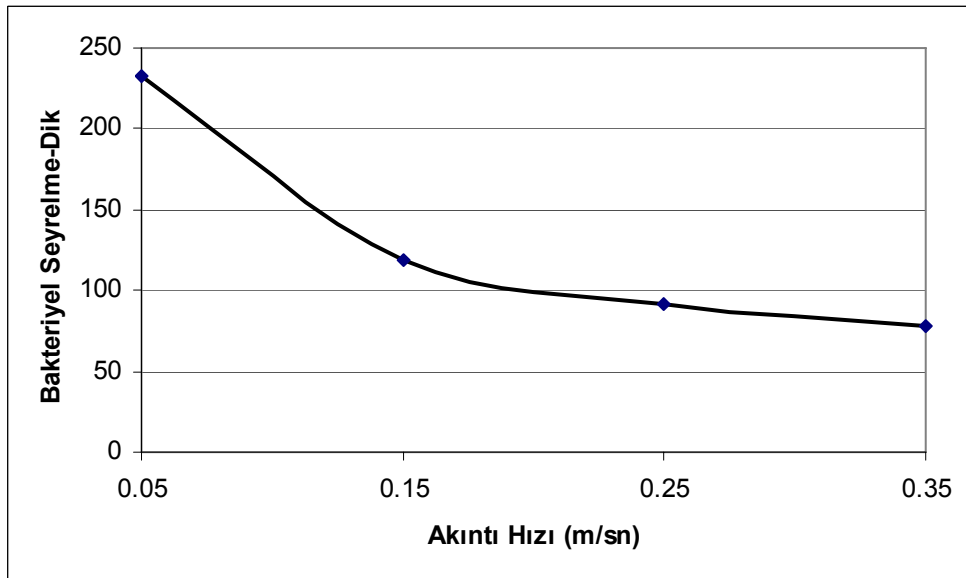
Şekil 6. 58. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme mesafesi



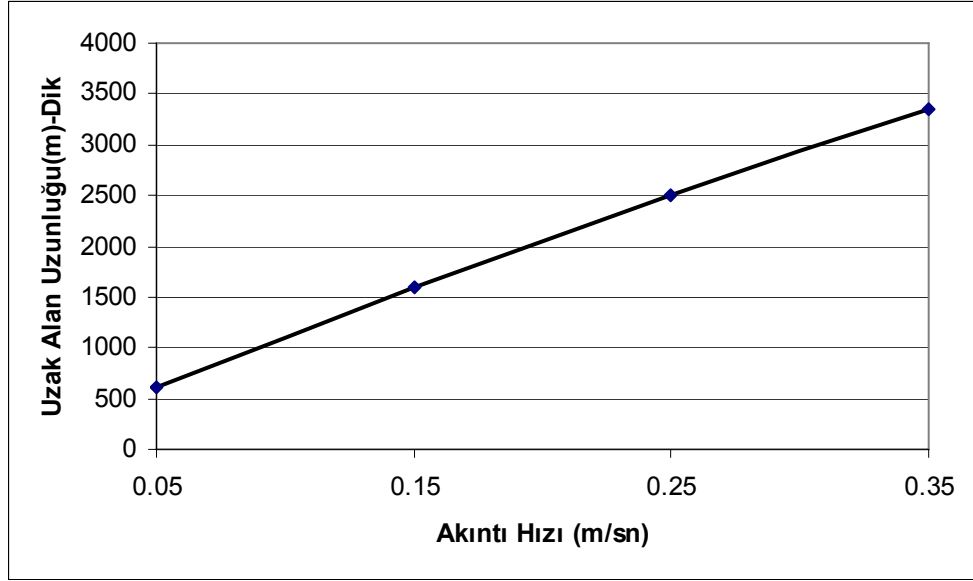
Şekil 6. 59. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi



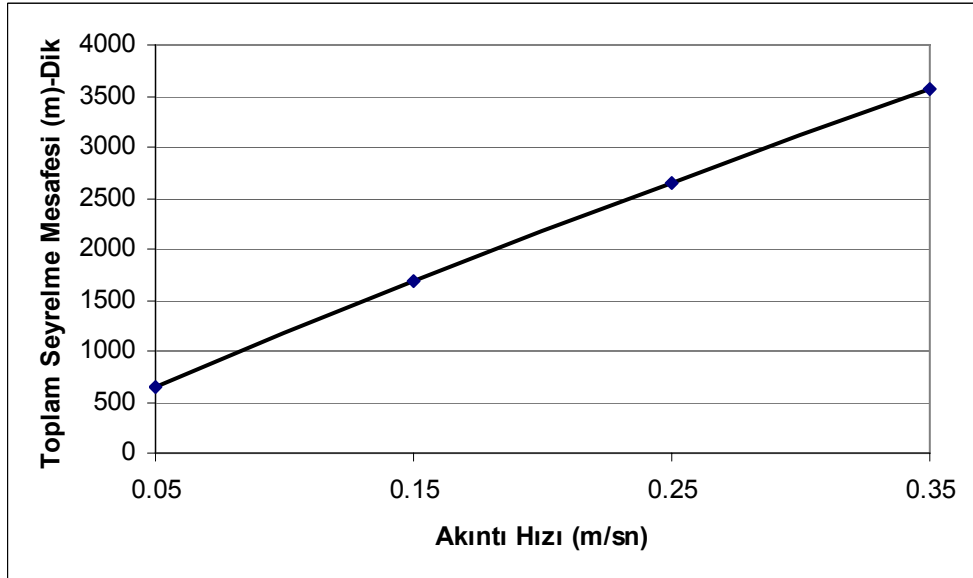
Şekil 6. 60. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi



Şekil 6. 61. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında bakteriyel seyrelme



Şekil 6. 62. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında uzak alan uzunluğu



Şekil 6. 63. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme mesafesi

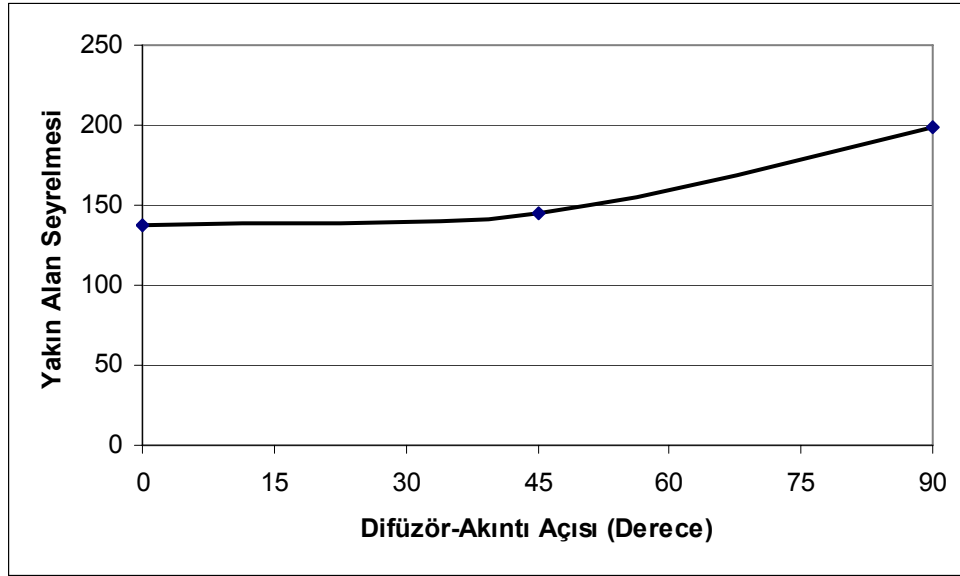
Bakteriyel seyrelmenin korunabilen maddeler nedeniyle toplam seyrelme üzerinde etkisinin olmadığı derin deniz deşarj sistemlerindeki toplam seyrelme mesafeleri, korunamayan maddelerin alıcı ortama verildiği sistemlere göre daha yüksek değerler vermektedir.

6.3. Derin Deniz Deşarj Sistemlerinin Korunabilir Maddeler için Performans Analizleri

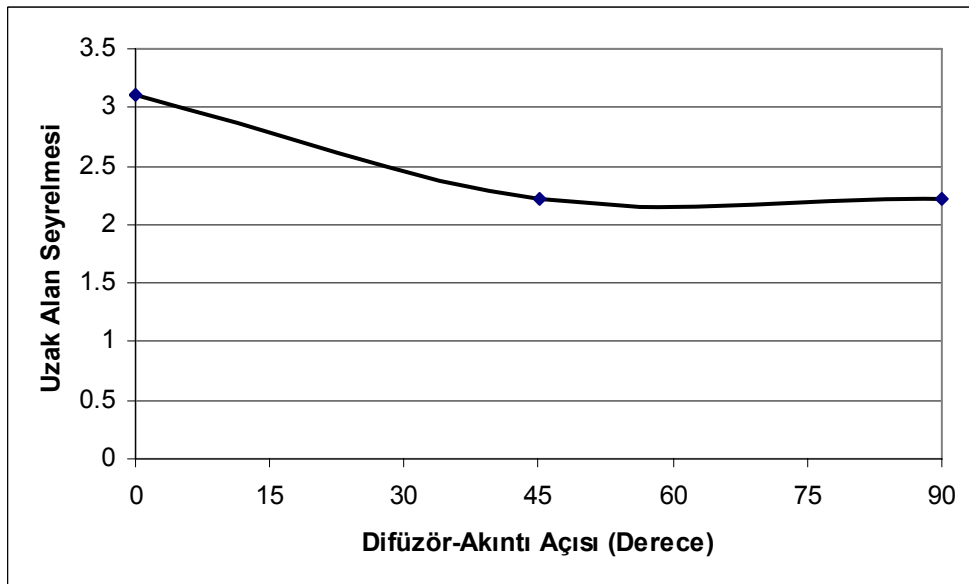
Derin deniz deşarj sistemlerinin performansını değerlendirmek için korunabilen maddeler ele alınarak geliştirilen “PERCON” adlı programda toplam seyrelme değerlerinin çevre kriterlerine uygun olup olmadığı irdelenebilmektedir.

6.3.1. Tabakasız alıcı ortam

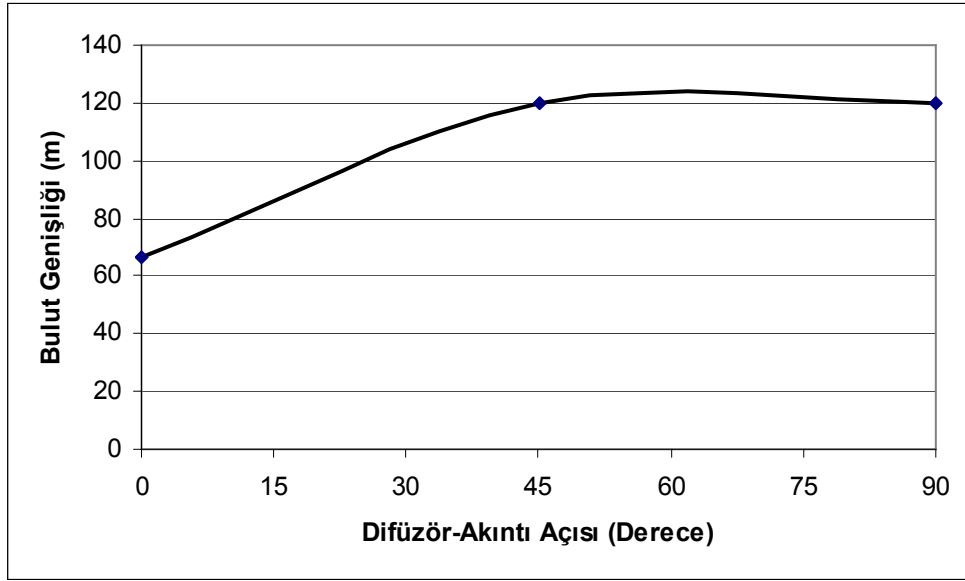
Sabit akıntı hızlı, tabakalaşmanın olmadığı bir alıcı ortamda paralel difüzör-akıntı açılarından dik difüzör-akıntı açılara doğru yakın alan seyrelme değerinin arttığı, uzak alan seyrelme değerinin azaldığı grafiklerden görülmektedir. Bulut genişliği artarken uzak alan seyrelme değeri azalmaktadır. Dik difüzör-akıntı açılarında, paralel olan açılara göre toplam seyrelme değerinde artış görülmektedir. Toplam seyrelme değeri 45° difüzör-akıntı açısında en düşük değerine ulaşmaktadır.



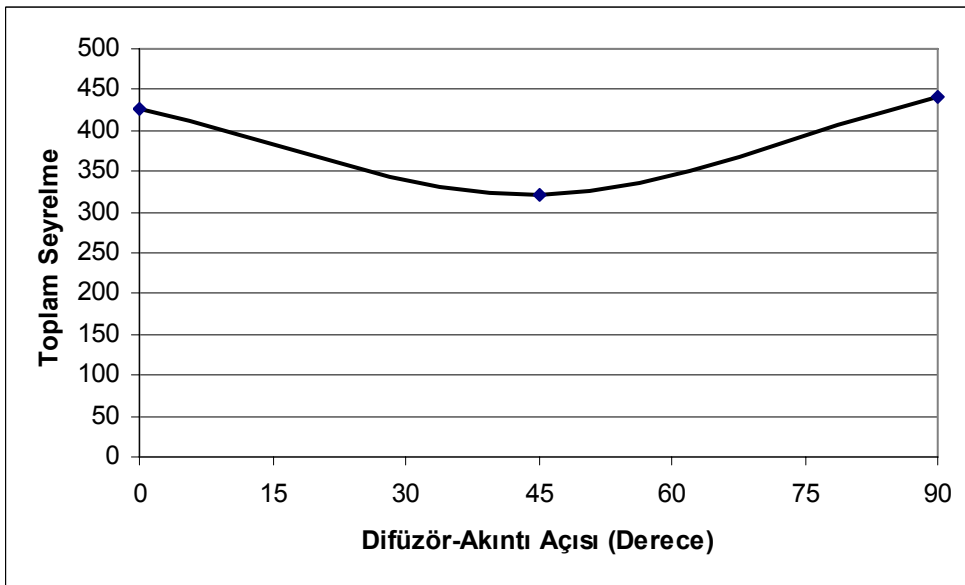
Şekil 6. 64. Farklı difüzör-akıntı açılarında yakın alan seyrelmesi



Şekil 6. 65. Farklı difüzör-akıntı açılarında uzak alan seyrelmesi

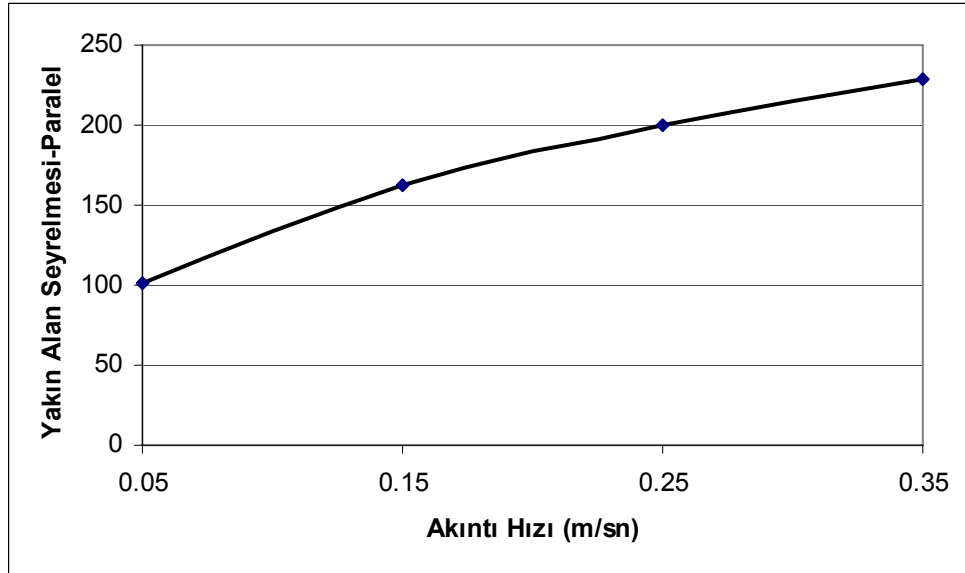


Şekil 6. 66. Farklı difüzör-akıntı açılarında bulut genişliği

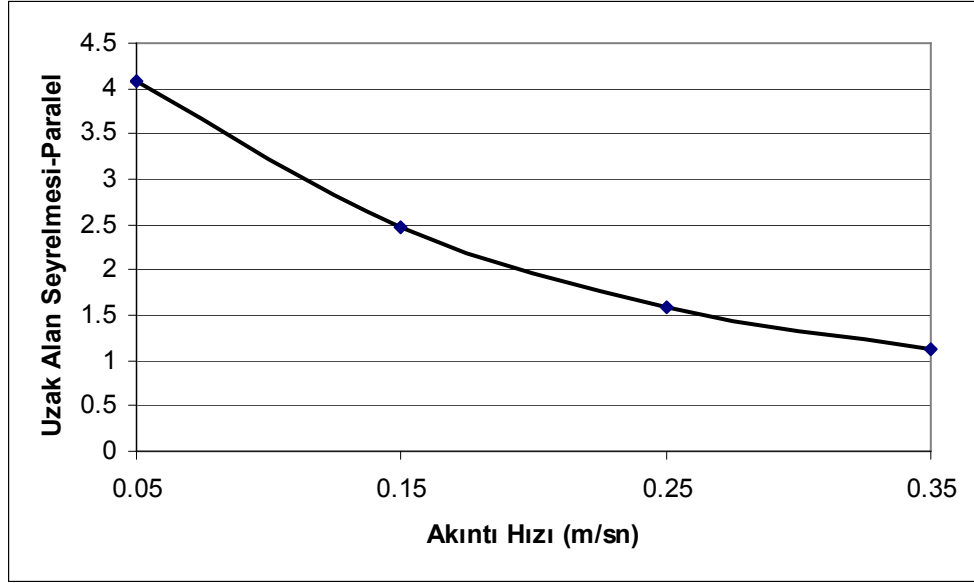


Şekil 6. 67. Farklı difüzör-akıntı açılarında toplam seyrelme

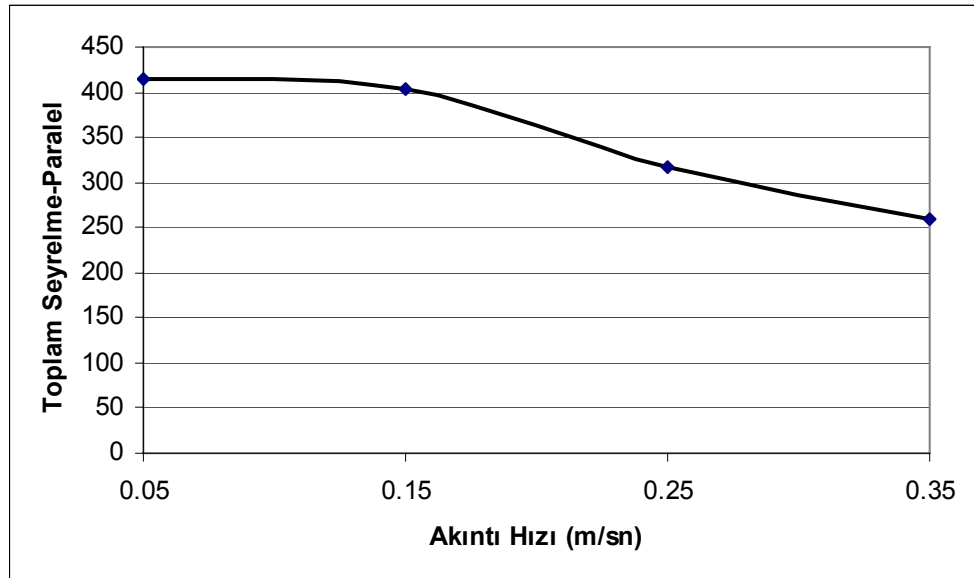
Paralel, 45° ve dik difüzör-akıntı açılı tabakalaşmanın olmadığı alıcı ortamlar incelendiğinde değişen akıntı hızlarında ön tasarım için gerekli toplam seyrelme değerleri görülmektedir. Artan akıntı hızlarında paralel ve dik difüzör-akıntı açılı derin deniz deşarj sistemlerinde yakın alan seyrelme değerinin arttığı, uzak alan seyrelme değerinin azaldığı grafiklerden görülmektedir. Paralel difüzör-akıntı açılı derin deniz deşarj sistemlerinde toplam seyrelme değerlerinin artan akıntı hızlarında azaldığı, dik difüzör-akıntı açılı sistemlerdeki değerlerin arttığı görülmektedir.



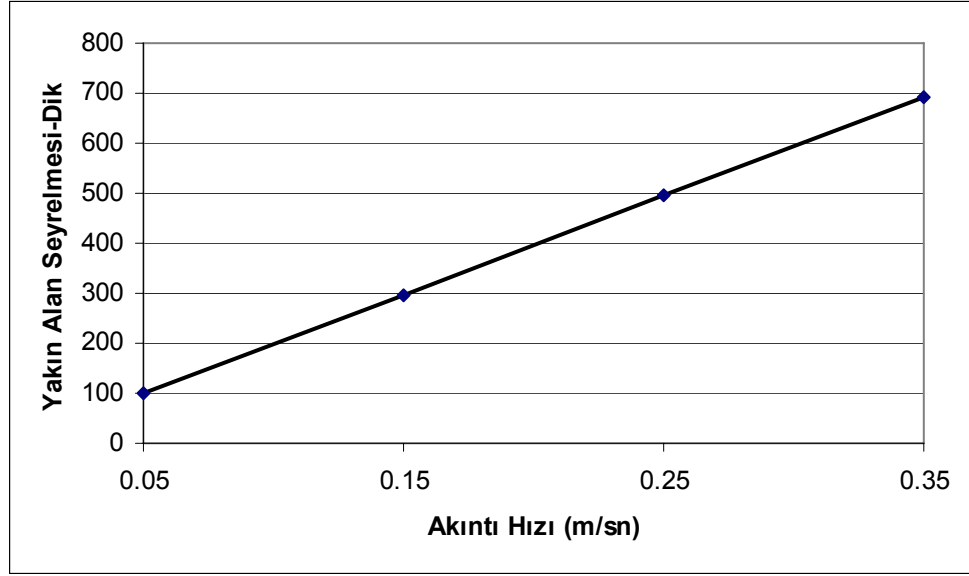
Şekil 6. 68. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi



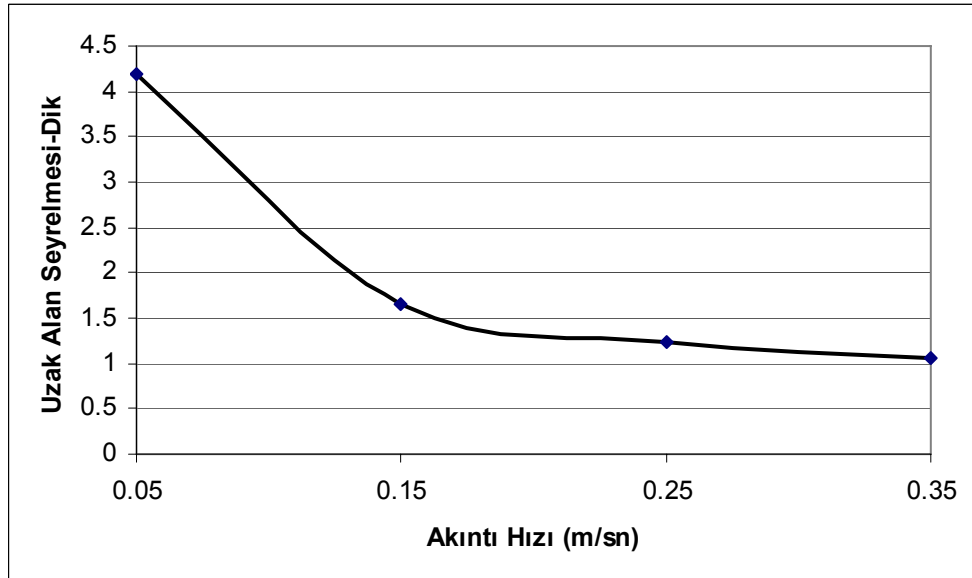
Şekil 6. 69. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi



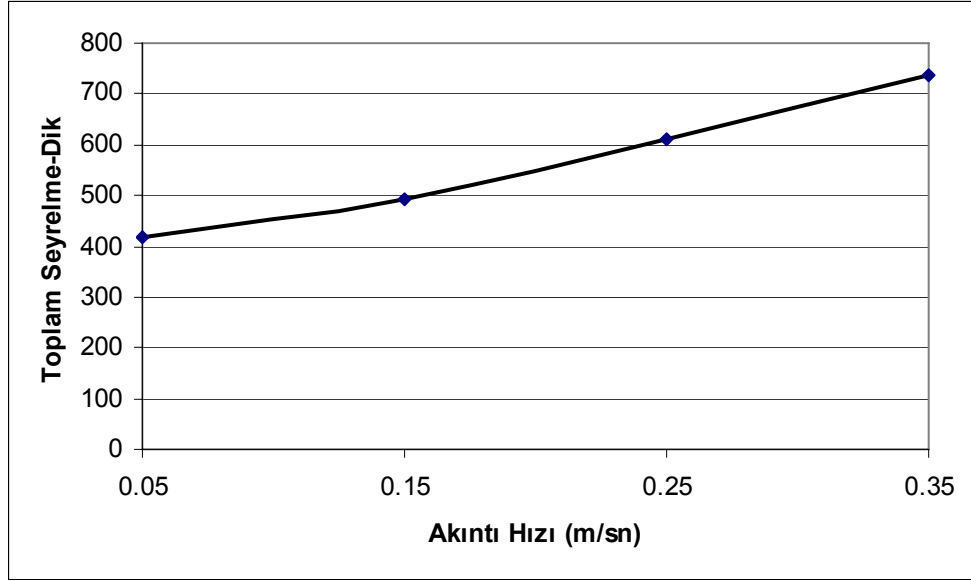
Şekil 6. 70. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme



Şekil 6. 71. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi

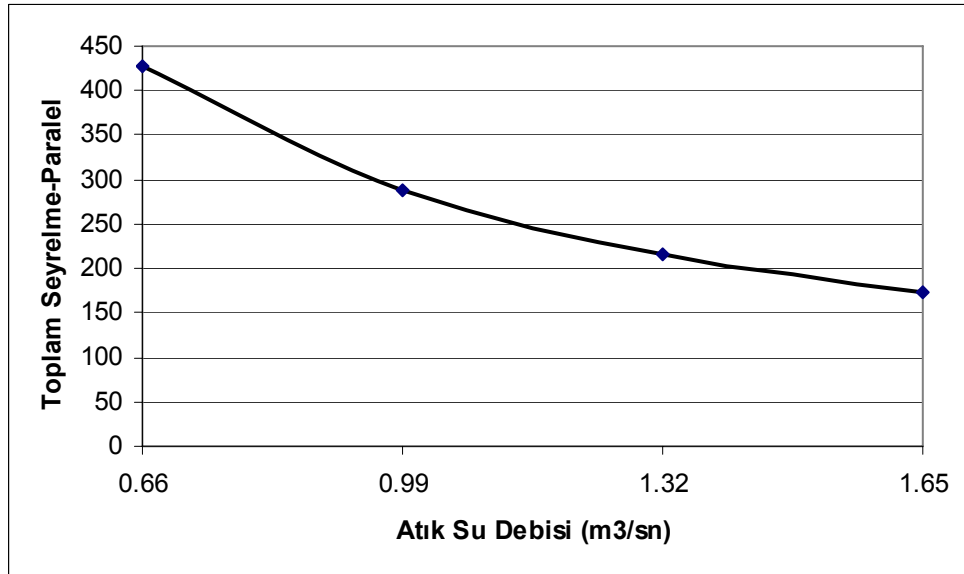


Şekil 6. 72. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi

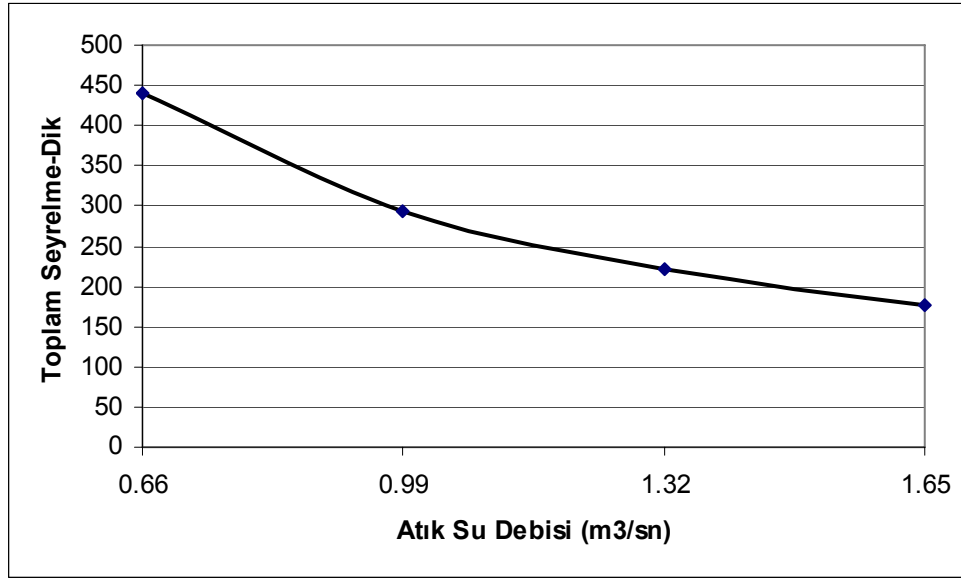


Şekil 6. 73. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme

Tabakasız bir alıcı ortamda sabit difüzör uzunluğunda artan atık su debi değerleri için toplam seyrelme değerlerinin paralel ve dik difüzör-akıntı açılarındaki değerleri grafiklerden görülmektedir.



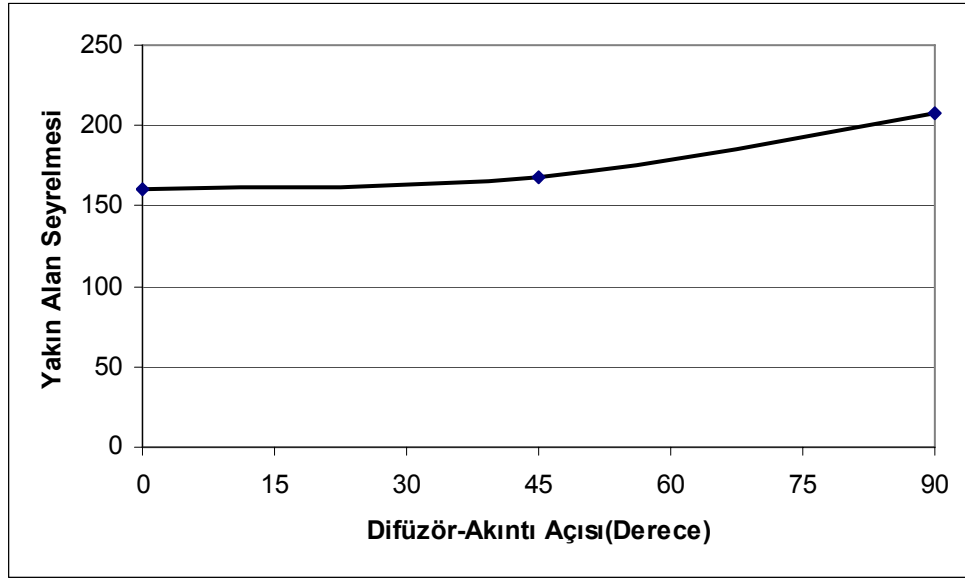
Şekil 6. 74. Farklı atık su debilerinde paralel difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme



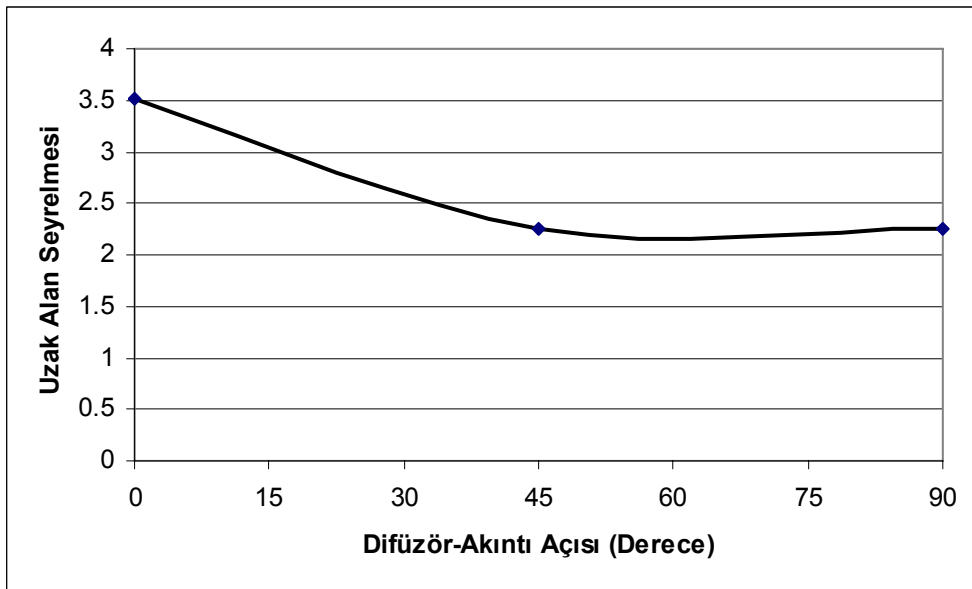
Şekil 6. 75. Farklı atık su debilerinde dik difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme

6.3.2. Tabakalı alıcı ortam

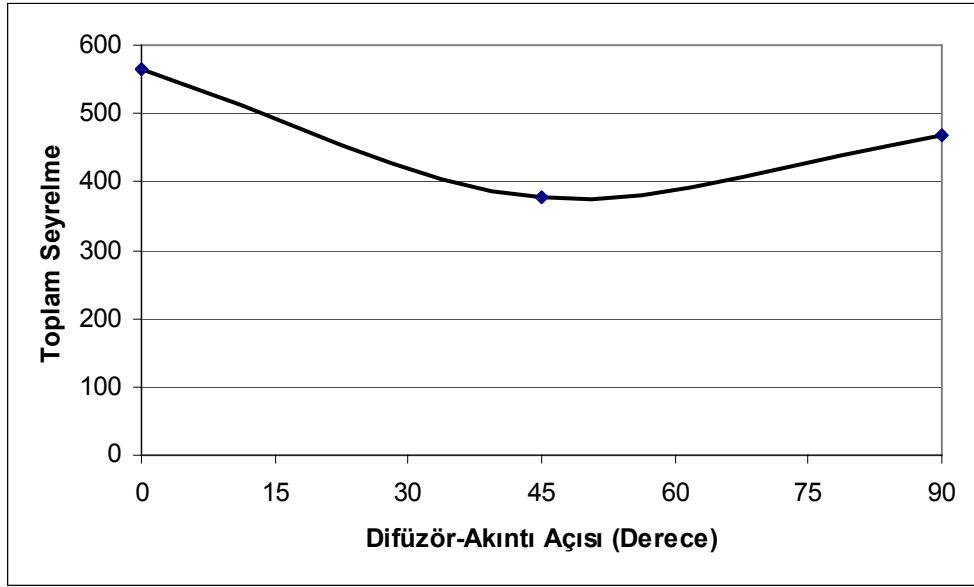
Sabit akıntı hızlı, tabakalaşmanın olduğu bir alıcı ortamda paralel difüzör-akıntı açılarından dik difüzör-akıntı açılara doğru yakın alan seyrelme değerinin arttığı, uzak alan seyrelme değerinin azaldığı grafiklerden görülmektedir. Bulut genişliği artarken uzak alan seyrelme değeri azalmaktadır. Dik difüzör-akıntı açıları, paralel olan açılara göre toplam seyrelme değerinde azalma görülmektedir. Toplam seyrelme değeri 45° difüzör-akıntı açısında en düşük değerine ulaşmaktadır.



Şekil 6. 76. Farklı difüzör-akıntı açılarında yakın alan seyrelmesi



Şekil 6. 77. Farklı difüzör-akıntı açılarında uzak alan seyrelmesi

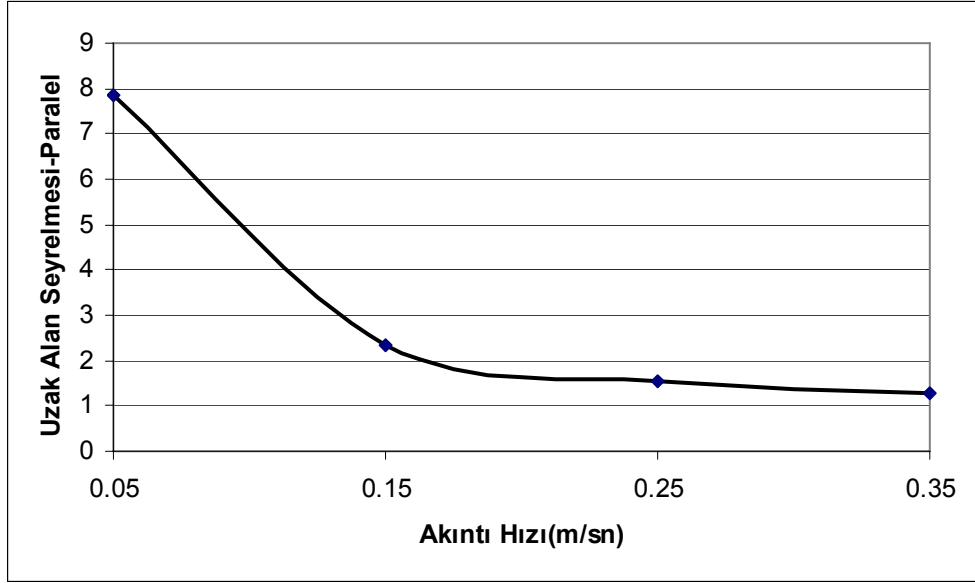


Şekil 6.78. Farklı difüzör-akıntı açılarında toplam seyrelme

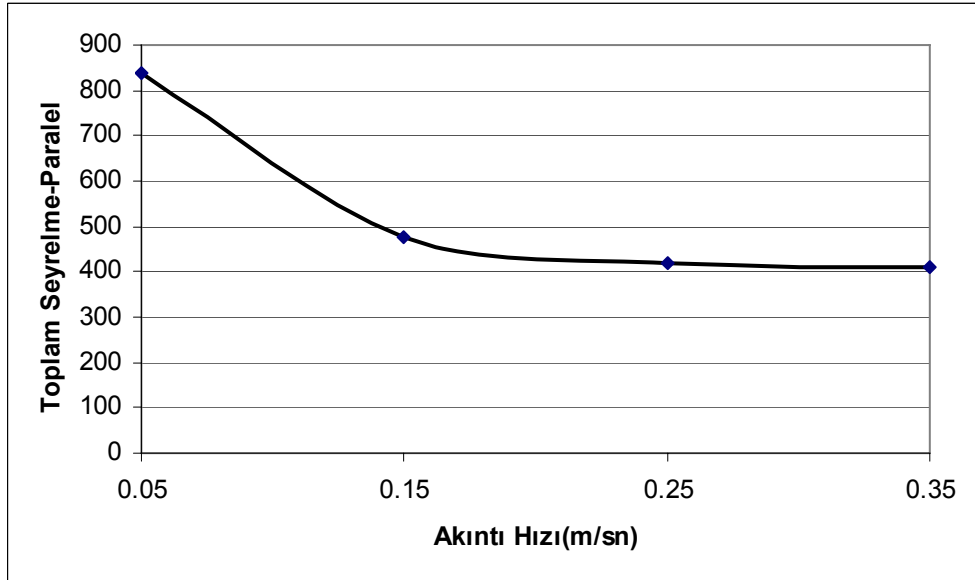
Paralel, 45° ve dik difüzör-akıntı açılı tabakalaşmanın olduğu alıcı ortamlar incelendiğinde değişen akıntı hızlarında ön tasarım için gerekli toplam seyrelme değerleri görülmektedir. Artan akıntı hızlarında paralel ve dik difüzör-akıntı açılı derin deniz deşarj sistemlerinde yakın alan seyrelme değerinin arttığı, uzak alan seyrelme değerinin azaldığı grafiklerden görülmektedir. Paralel ve dik difüzör-akıntı açılı derin deniz deşarj sistemlerinde toplam seyrelmeler karşılaştırıldığında paralel difüzör-akıntı açılı sistemlerdeki değerlerin daha yüksek olduğu görülmektedir.



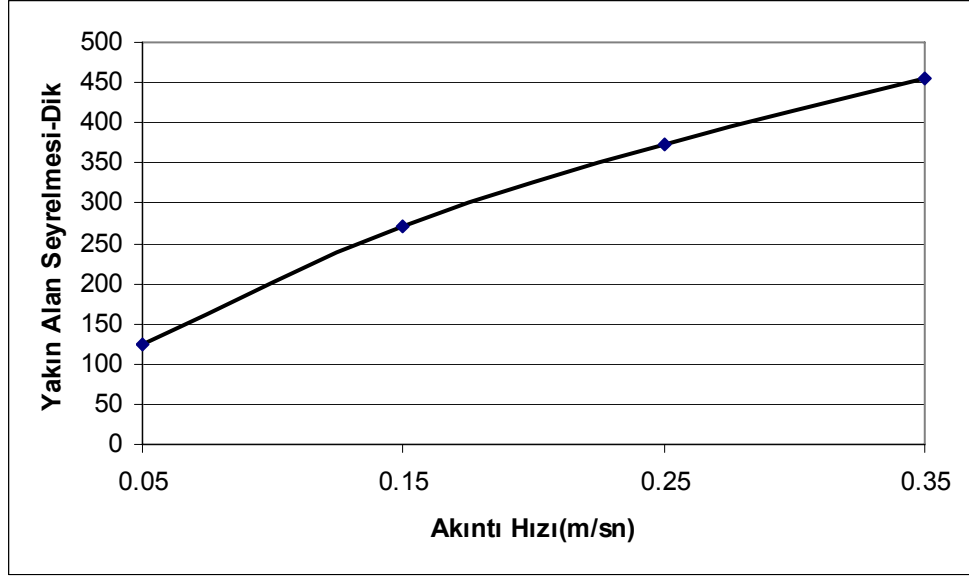
Şekil 6. 79. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi



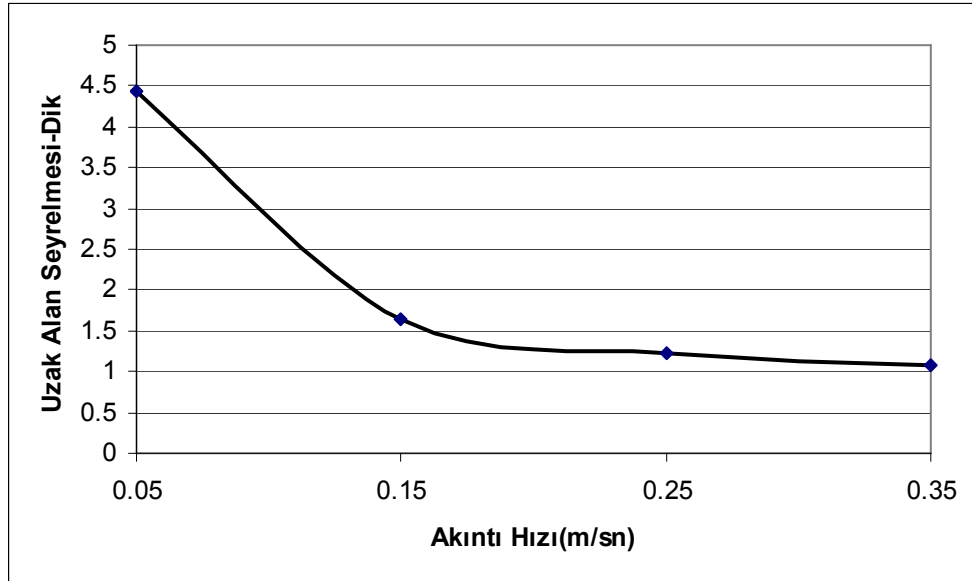
Şekil 6. 80. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi



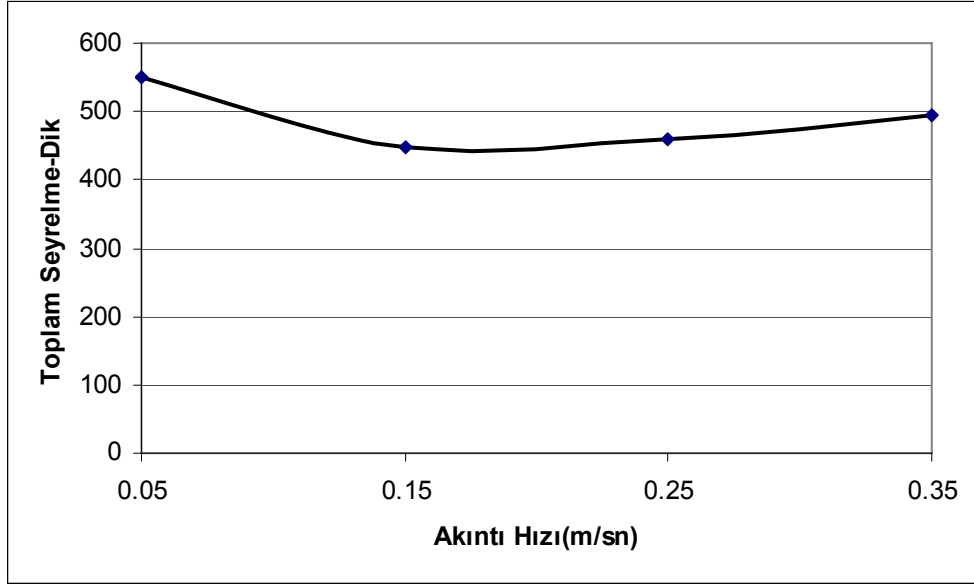
Şekil 6. 81. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme



Şekil 6. 82. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi

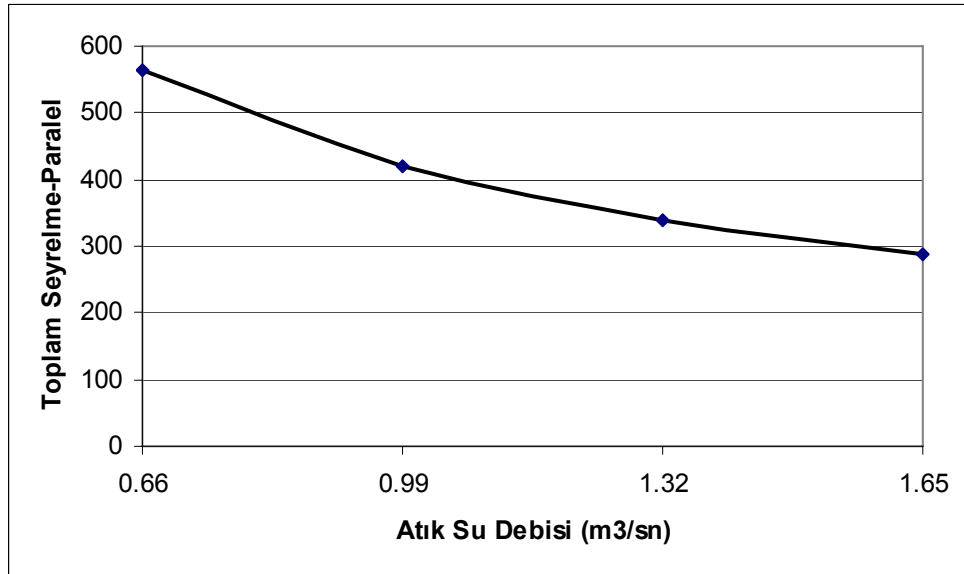


Şekil 6. 83. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi

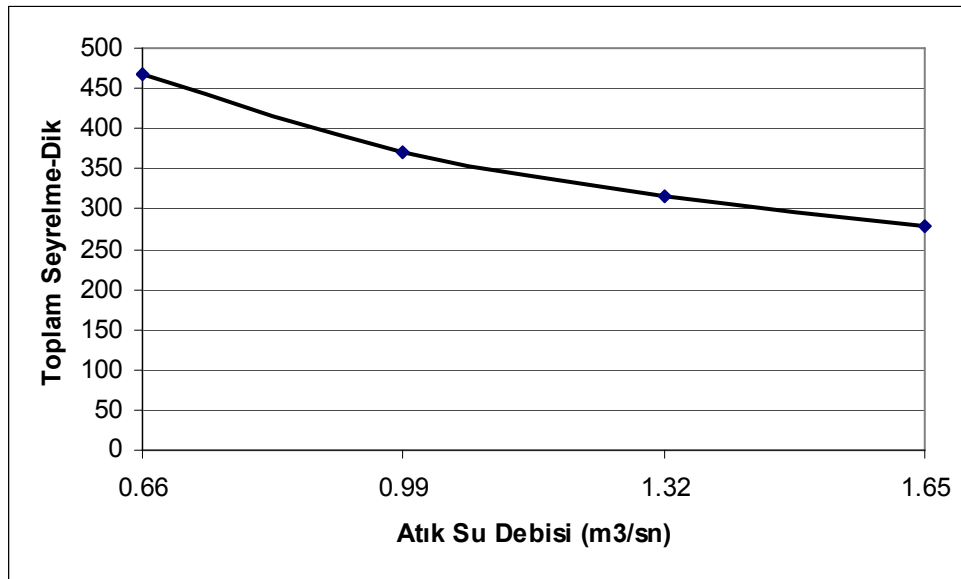


Şekil 6. 84. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme

Tabakalı bir alıcı ortamda sabit difüzör uzunluğunda artan atık su debi değerleri için toplam seyrelme değerlerinin paralel ve dik difüzör-akıntı açılarındaki değerleri grafiklerden görülmektedir.



Şekil 6. 85. Farklı atık su debilerinde paralel difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme



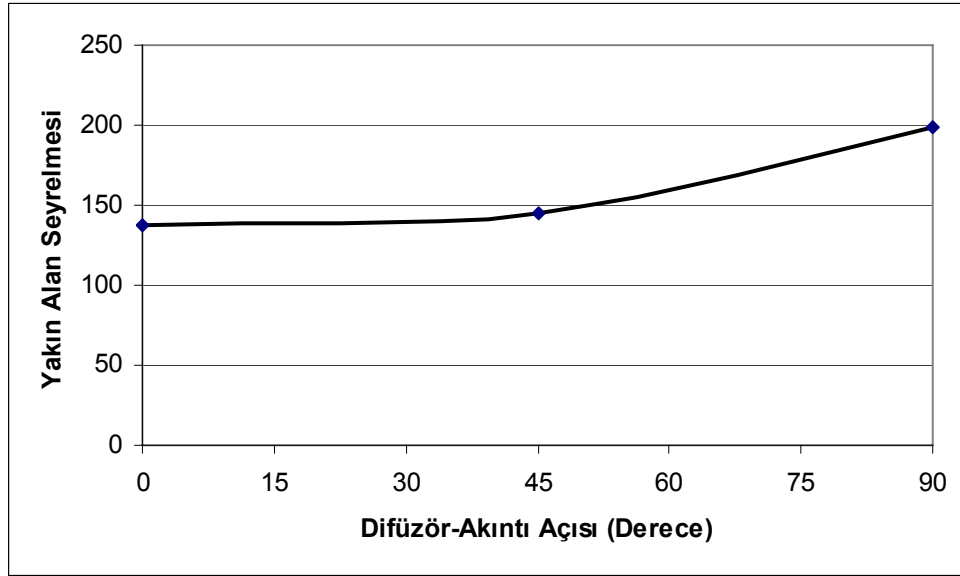
Şekil 6. 86. Farklı atık su debilerinde dik difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme

6.4. Derin Deniz Deşarj Sistemlerinin Korunamayan Maddeler için Performans Analizleri

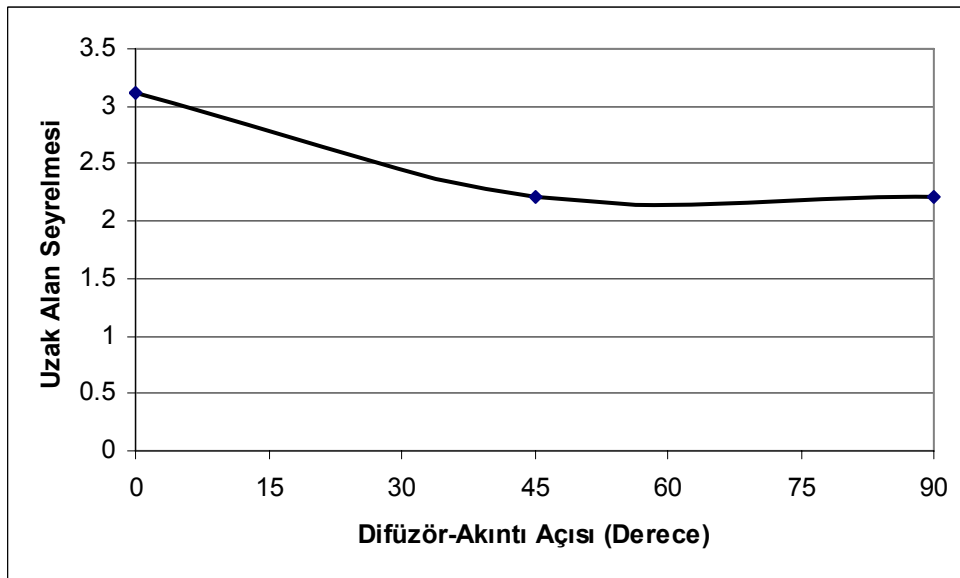
Derin deniz deşarj sistemlerinin performansını değerlendirmek için korunamayan maddeler ele alınarak geliştirilen “PERNONCON” adlı programda toplam seyrelme değerlerinin çevre kriterlerine uygun olup olmadığı irdelenebilmektedir.

6.4.1. Tabakasız alıcı ortam

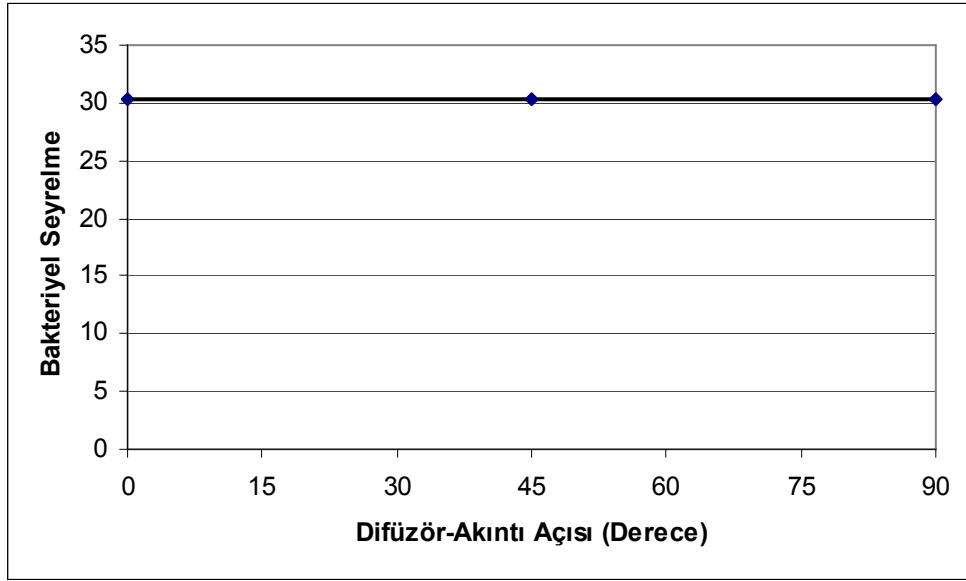
Sabit akıntı hızlı, tabakalaşmanın olmadığı bir alıcı ortamda paralel difüzör-akıntı açılarından dik difüzör-akıntı açılara doğru yakın alan seyrelme değerinin arttığı, uzak alan seyrelme değerinin azaldığı ve bakteriyel seyrelme değerinin sabit kaldığı grafiklerden görülmektedir. Bulut genişliği artarken uzak alan seyrelme değeri azalmaktadır. Toplam seyrelme değeri dik difüzör-akıntı açılarındaki paralel olan açılara göre daha yüksek değer vermekte fakat 45° difüzör-akıntı açılarındaki en düşük değere sahip olmaktadır.



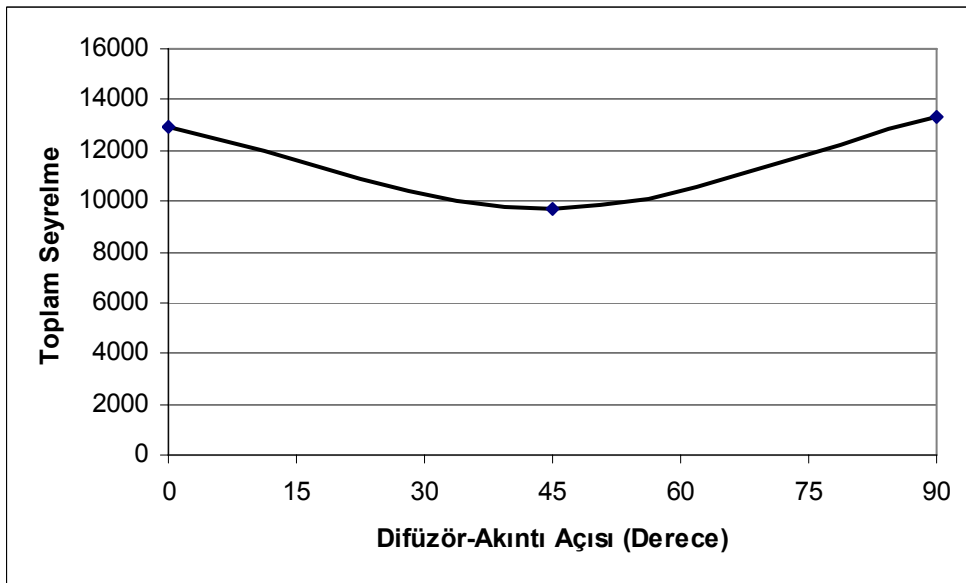
Şekil 6. 87. Farklı difüzör-akıntı açılarında yakın alan seyrelmesi



Şekil 6. 88. Farklı difüzör-akıntı açılarında uzak alan seyrelmesi

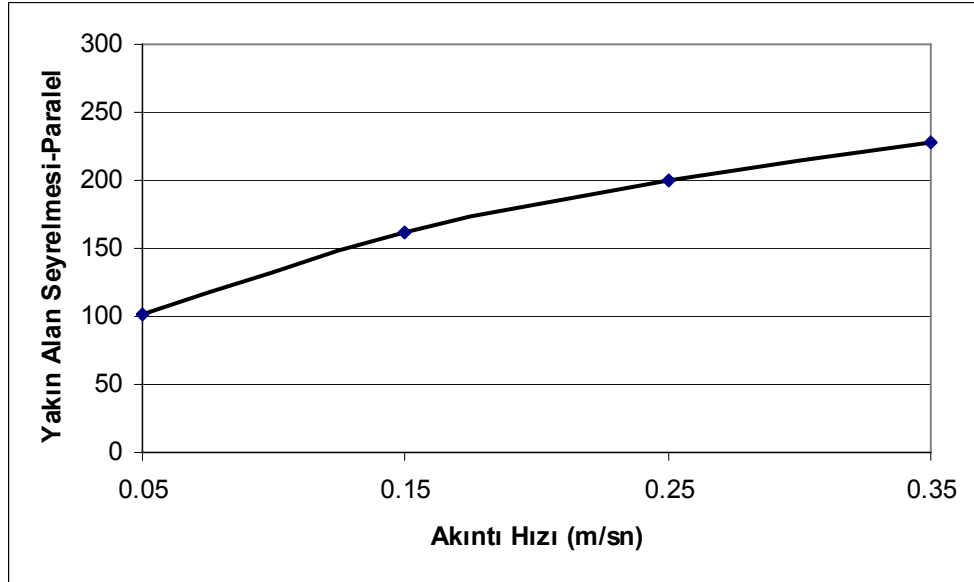


Şekil 6. 89. Farklı difüzör-akıntı açılarında bakteriyel seyrelme

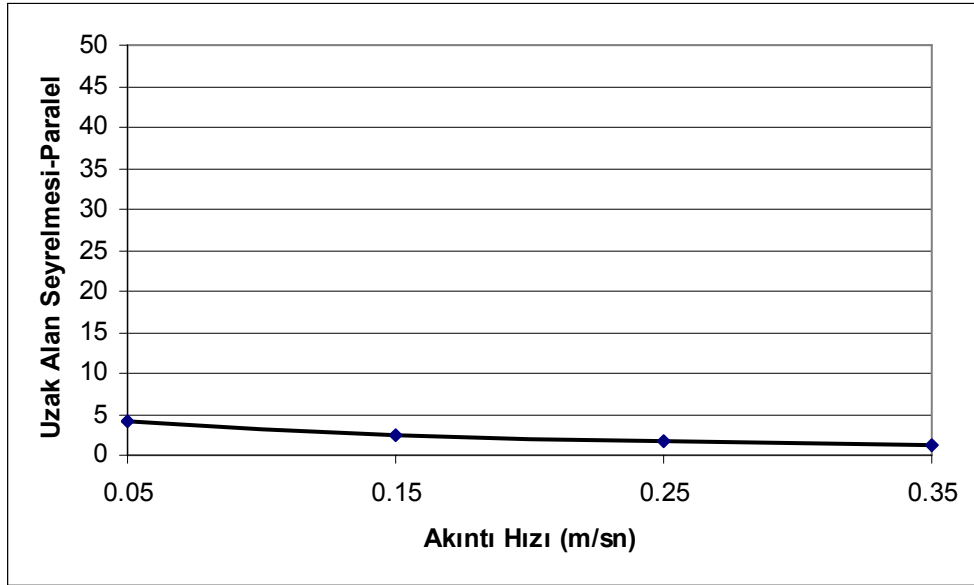


Şekil 6. 90. Farklı difüzör-akıntı açılarında toplam seyrelme

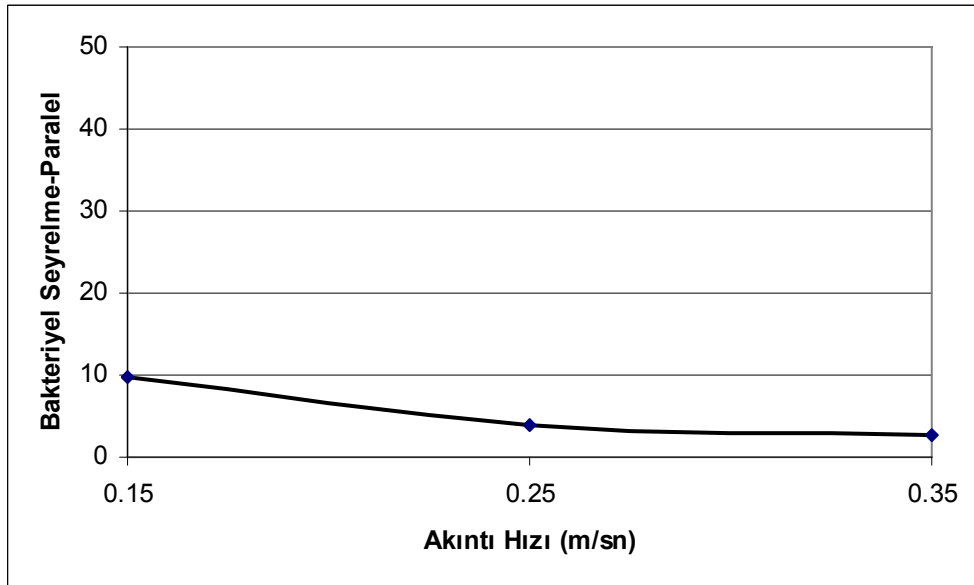
Paralel, 45° ve dik difüzör-akıntı açılı tabakalaşmanın olmadığı alıcı ortamlar incelendiğinde değişen akıntı hızlarında ön tasarım için gerekli toplam seyrelme değerleri görülmektedir. Artan akıntı hızlarında paralel ve dik difüzör-akıntı açılı derin deniz deşarj sistemlerinde yakın alan seyrelme değerinin arttığı, uzak alan seyrelme değerinin azaldığı ve bakteriyel seyrelme değerinin azaldığı grafiklerden görülmektedir. Dik difüzör-akıntı açılarında, paralel olan açılara göre toplam seyrelme değerinin arttığı görülmektedir.



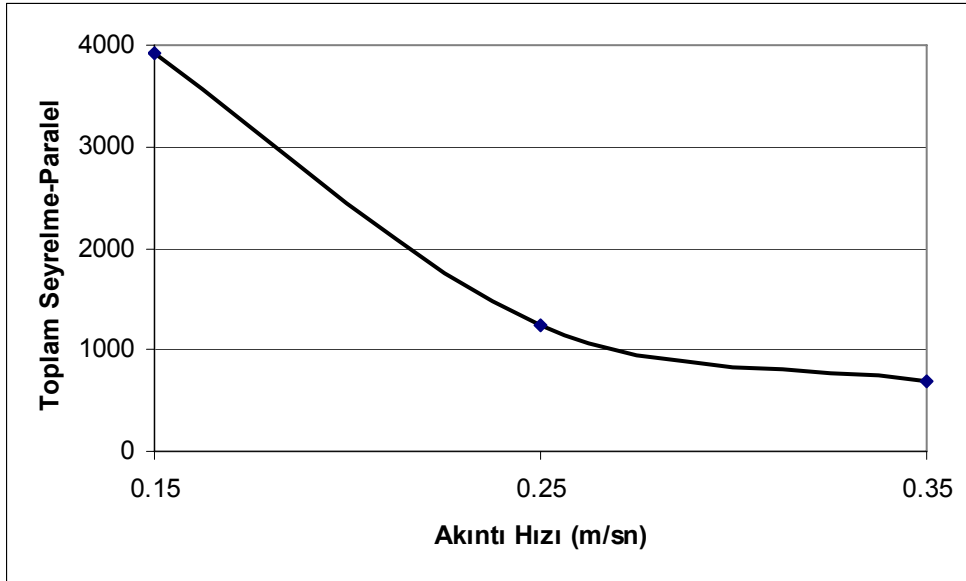
Şekil 6. 91. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi



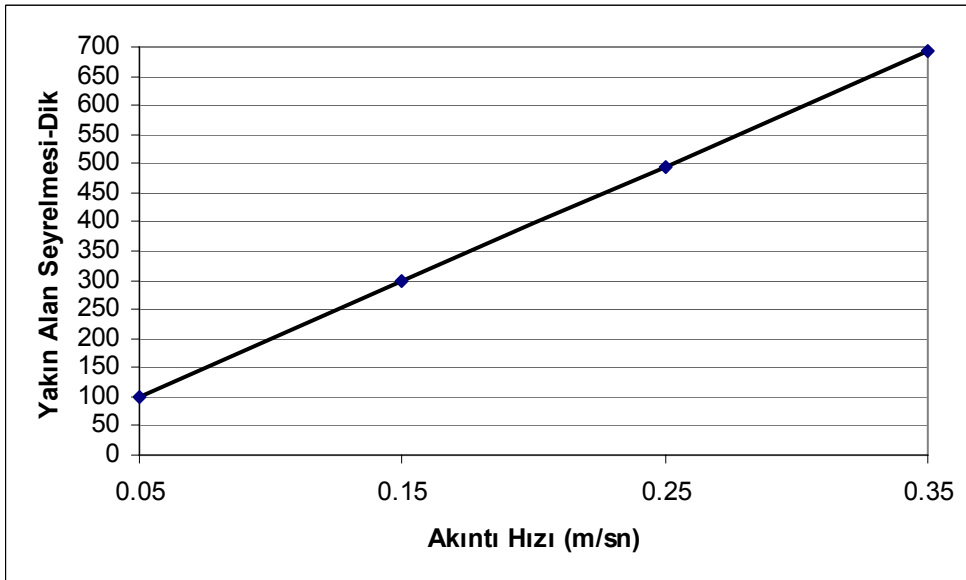
Şekil 6. 92. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi



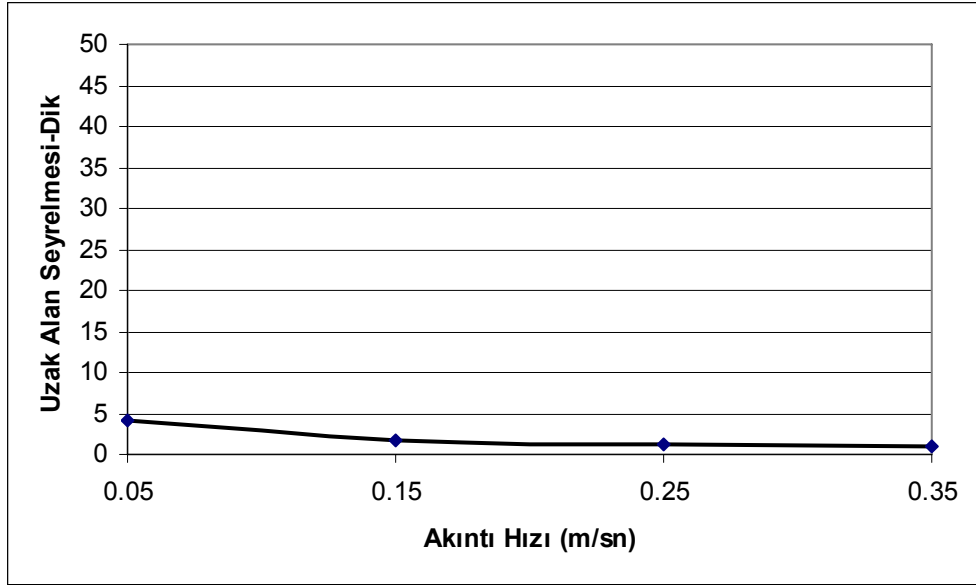
Şekil 6. 93. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında bakteriyel seyrelme



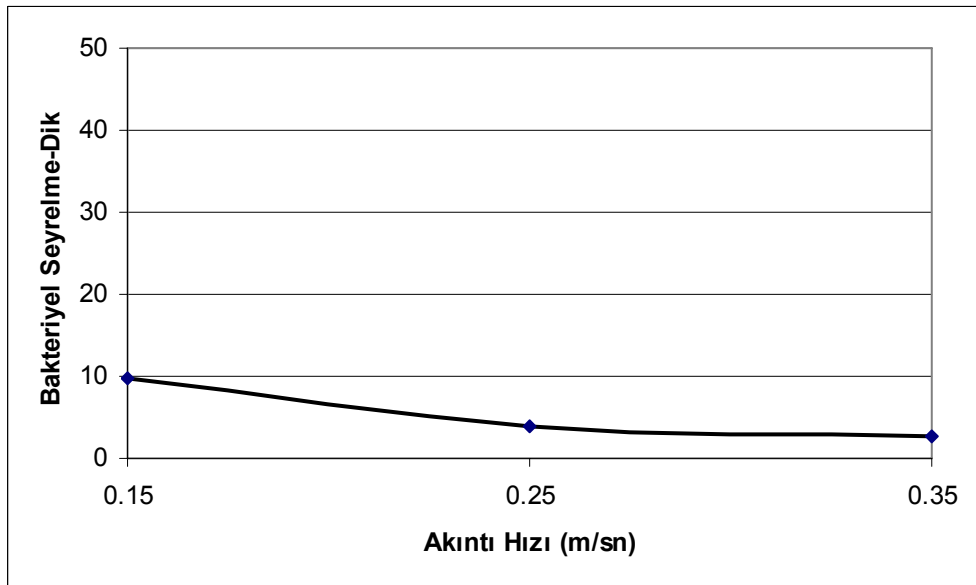
Şekil 6. 94. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme



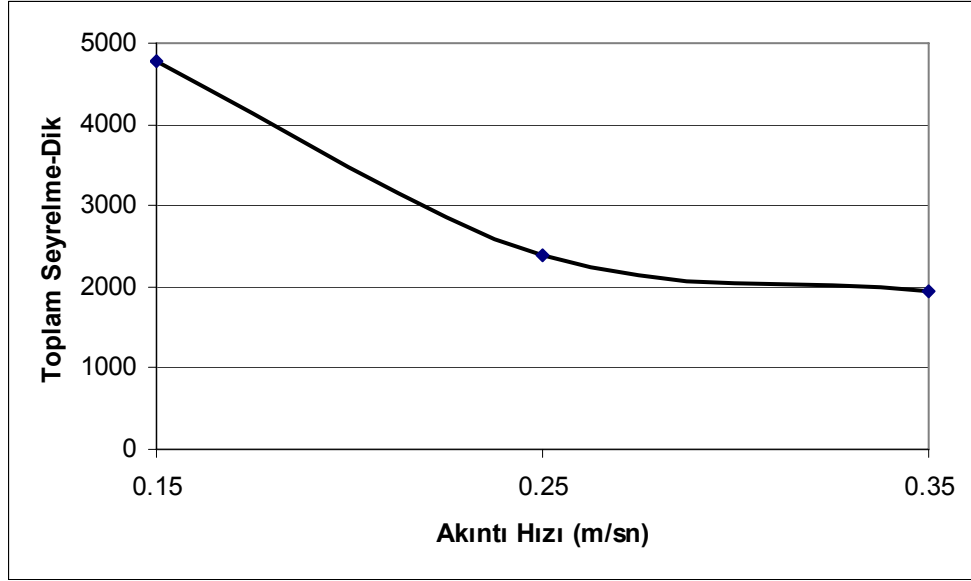
Şekil 6. 95. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi



Şekil 6. 96. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi

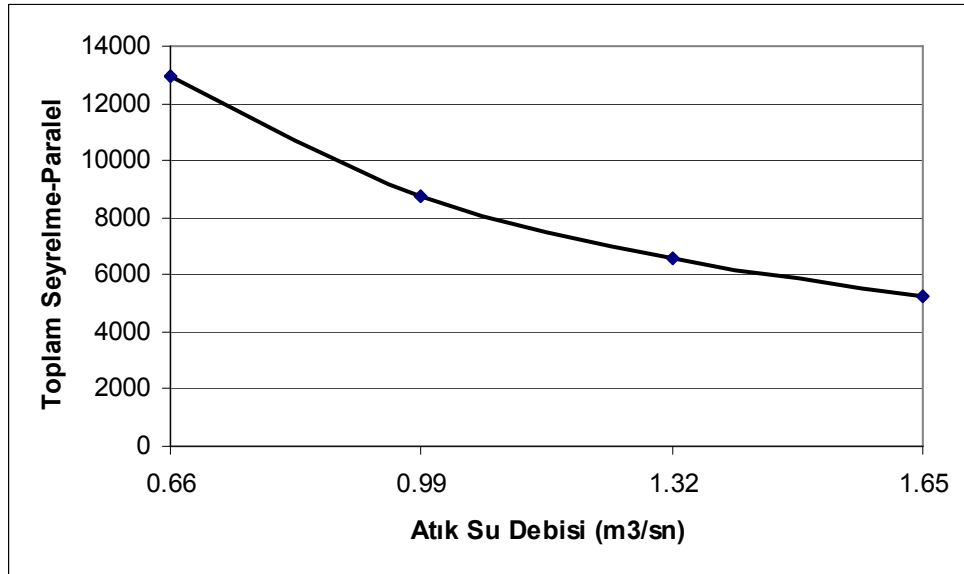


Şekil 6. 97. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında bakteriyel seyrelme

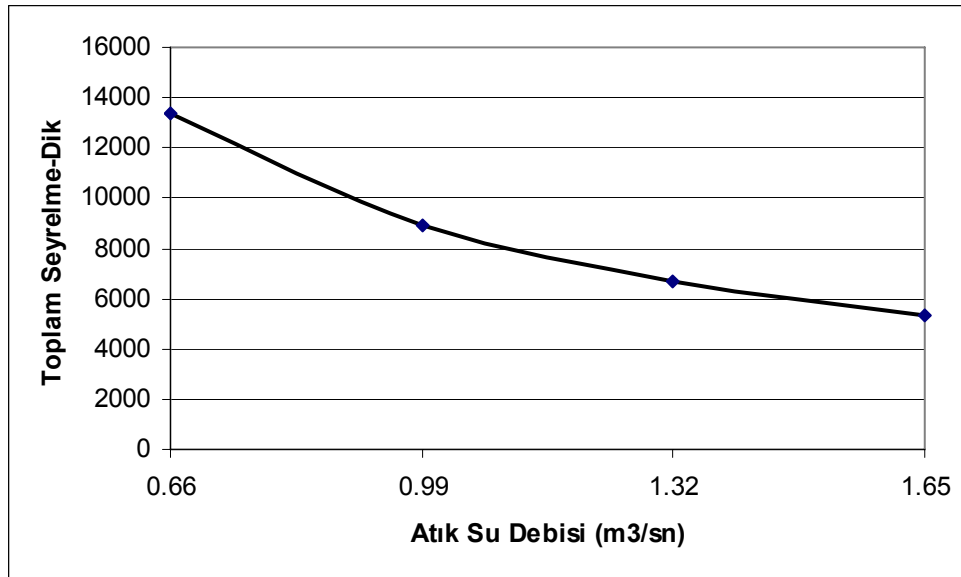


Şekil 6. 98. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme

Tabakasız bir alıcı ortamda sabit difüzör uzunluğunda artan atık su debi değerleri için toplam seyrelme değerlerinin paralel ve dik difüzör-akıntı açılarındaki değerleri grafiklerden görülmektedir.



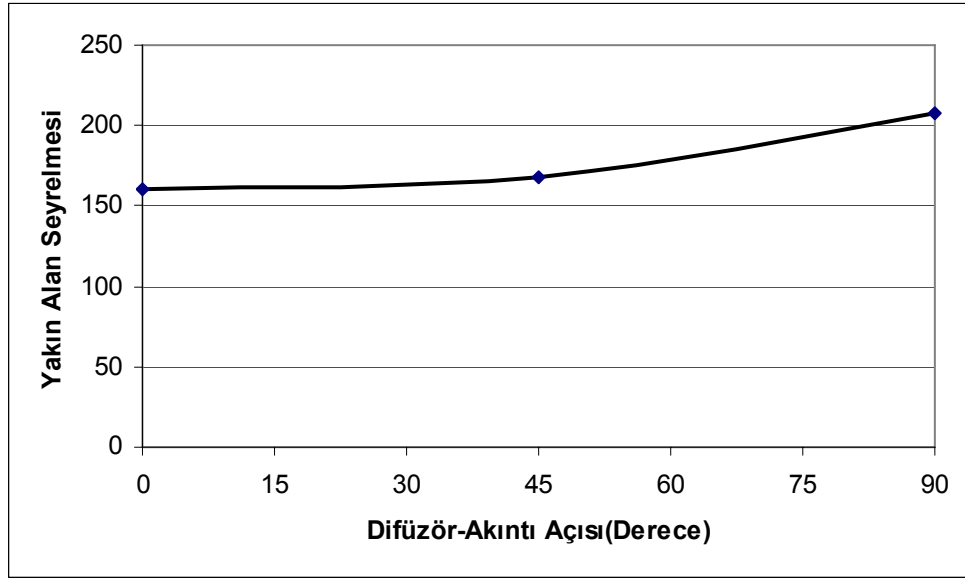
Şekil 6. 99. Farklı atık su debilerinde paralel difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme



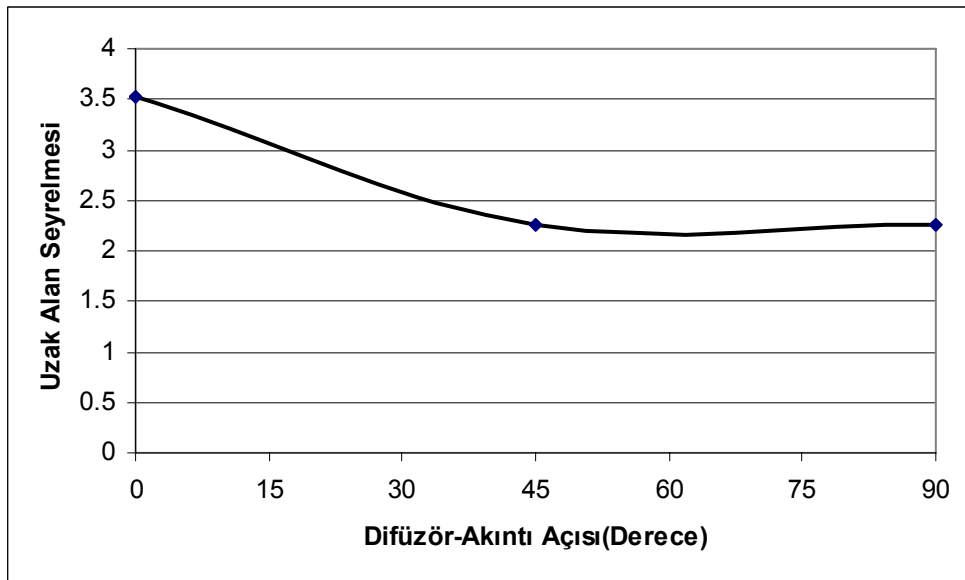
Şekil 6. 100. Farklı atık su debilerinde dik difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme

6.4.2. Tabakalı alıcı ortam

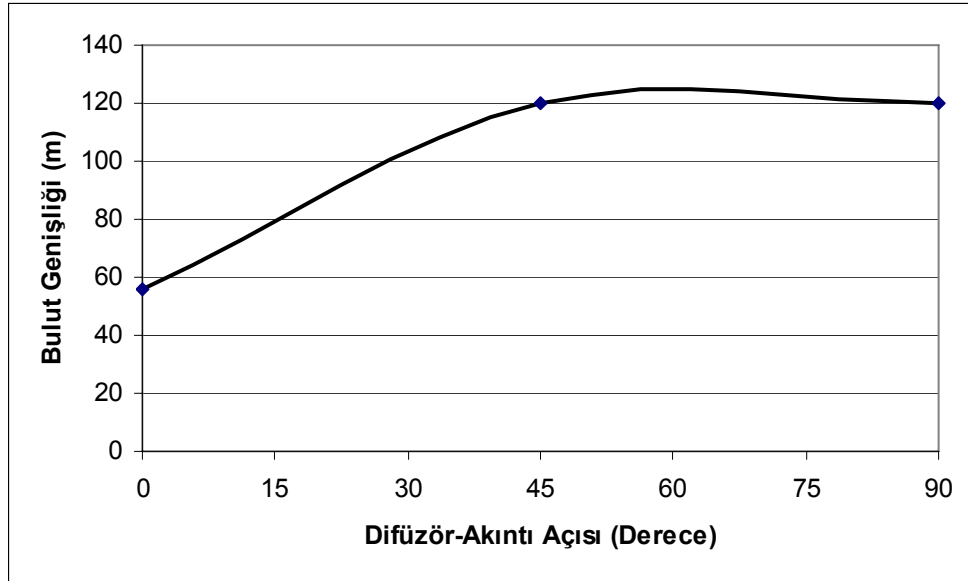
Sabit akıntı hızlı, tabakalaşmanın olduğu bir alıcı ortamda paralel difüzör-akıntı açılarında dik difüzör-akıntı açılara doğru yakın alan seyrelme değerinin arttığı, uzak alan seyrelme değerinin azaldığı ve bakteriyel seyrelme değerinin sabit değere sahip olduğu grafiklerden görülmektedir. Bulut genişliği artarken uzak alan seyrelme değeri azalmaktadır. Dik difüzör-akıntı açılarında, paralel olan açılara göre toplam seyrelme değerinin azaldığı, fakat en düşük değere 45° difüzör-akıntı açılarında sahip olduğu görülmektedir.



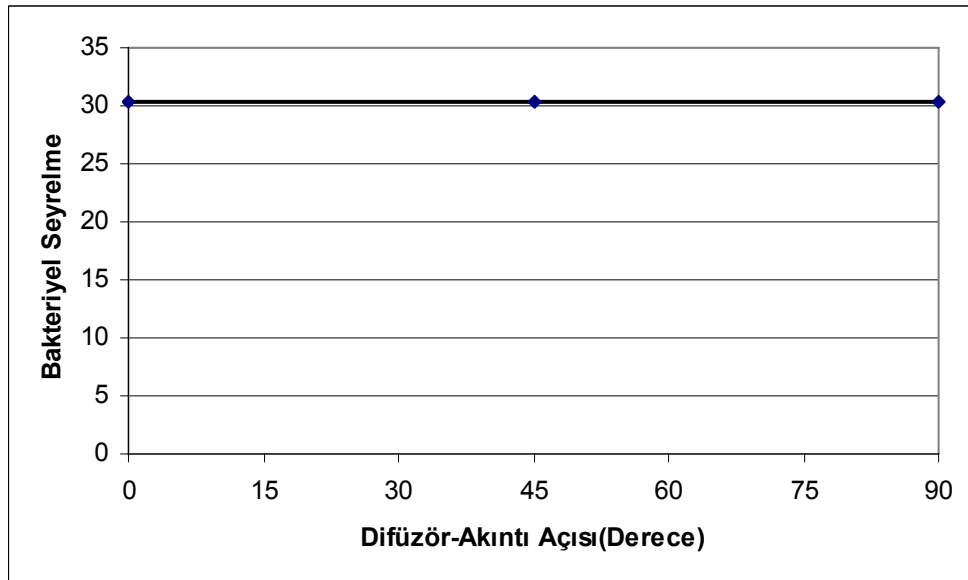
Şekil 6. 101. Farklı difüzör-akıntı açılarında yakın alan seyrelmesi



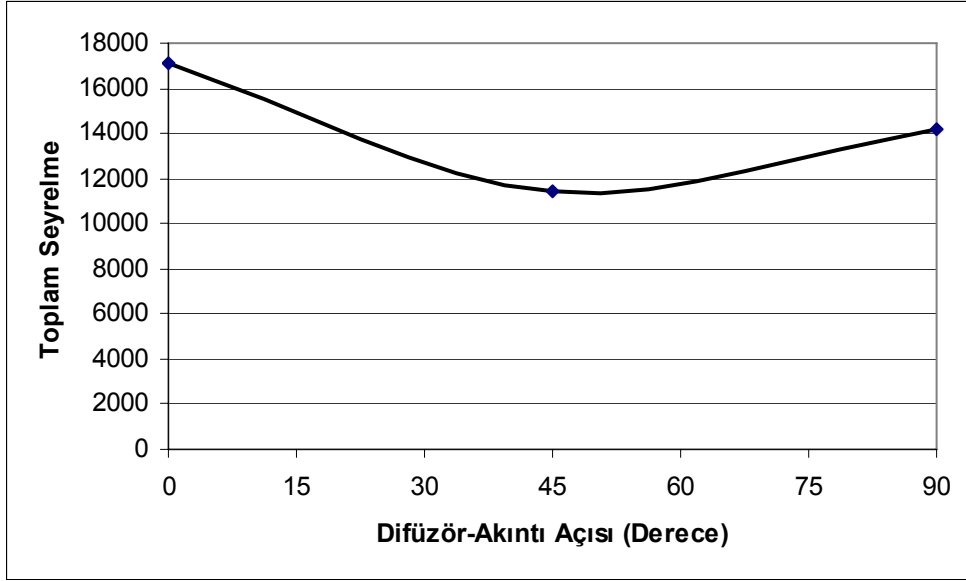
Şekil 6. 102. Farklı difüzör-akıntı açılarında uzak alan seyrelmesi



Şekil 6. 103. Farklı difüzör-akıntı açılarında bulut genişliği

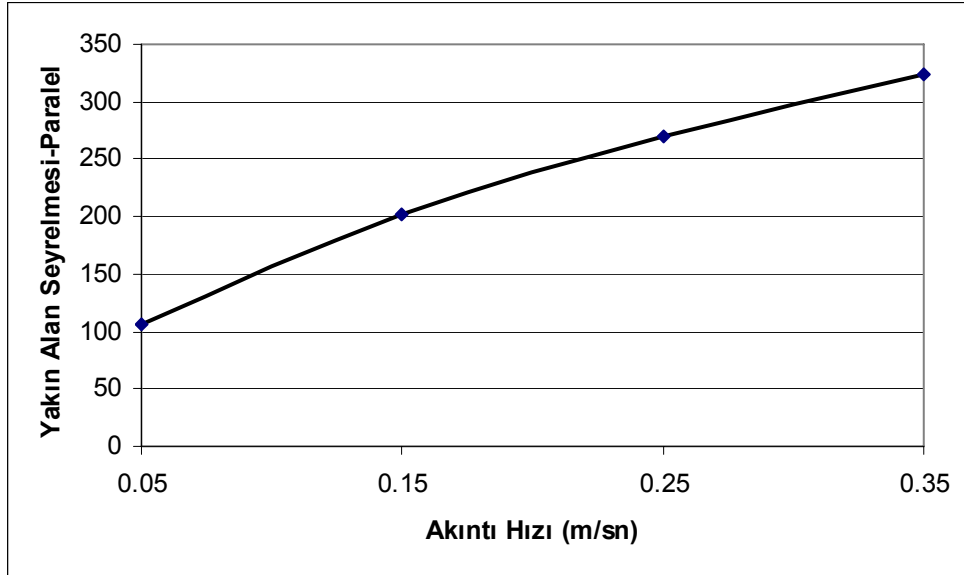


Şekil 6. 104. Farklı difüzör-akıntı açılarında bakteriyel seyrelme

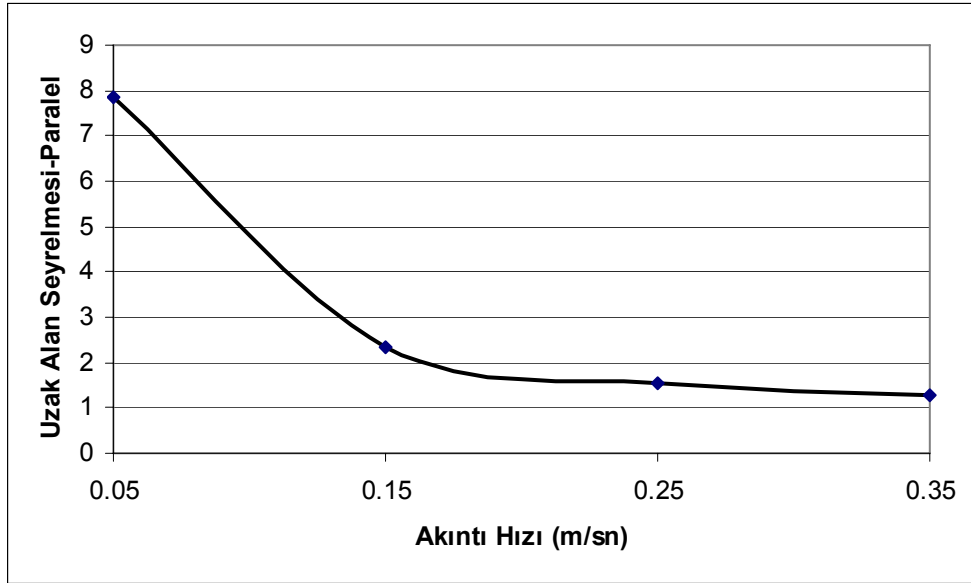


Şekil 6. 105. Farklı difüzör-akıntı açılarında toplam seyrelme

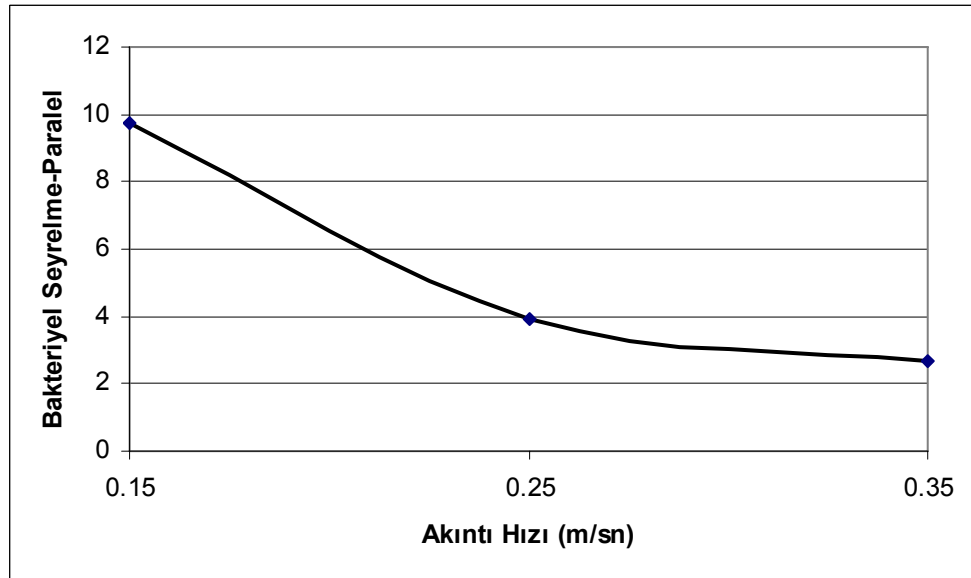
Paralel, 45° ve dik difüzör-akıntı açılı tabakalaşmanın olduğu alıcı ortamlar incelendiğinde değişen akıntı hızlarında ön tasarım için gerekli toplam seyrelme değerleri görülmektedir. Artan akıntı hızlarında paralel ve dik difüzör-akıntı açılı derin deniz deşarj sistemlerinde yakın alan seyrelme değerinin arttığı, uzak alan seyrelme değerinin azaldığı ve bakteriyel seyrelme değerinin azaldığı grafiklerden görülmektedir. Paralel ve dik difüzör-akıntı açılı derin deniz deşarj sistemlerinde toplam seyrelme değerleri karşılaştırıldığında paralel difüzör-akıntı açılı sistemlerdeki değerlerin daha büyük olduğu görülmektedir.



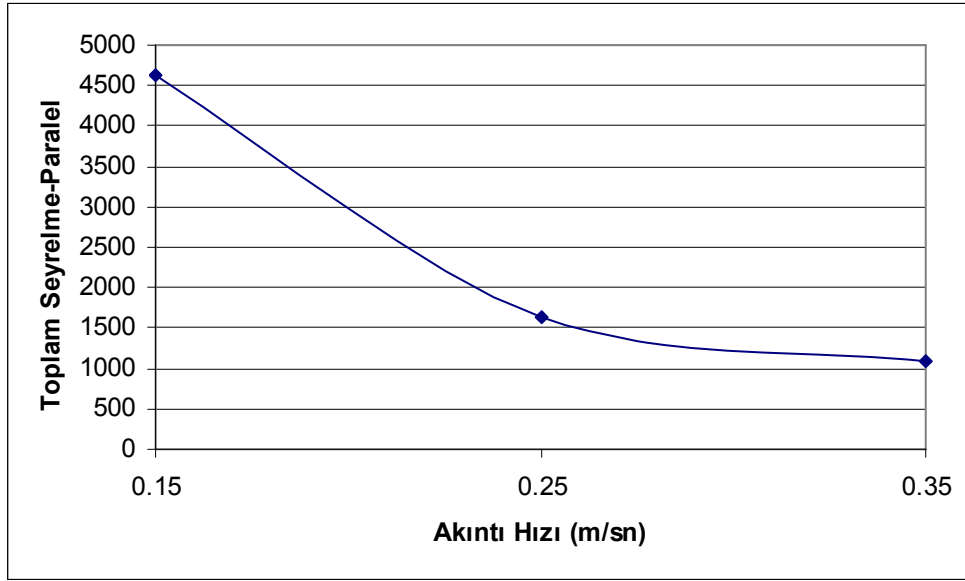
Şekil 6. 106. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi



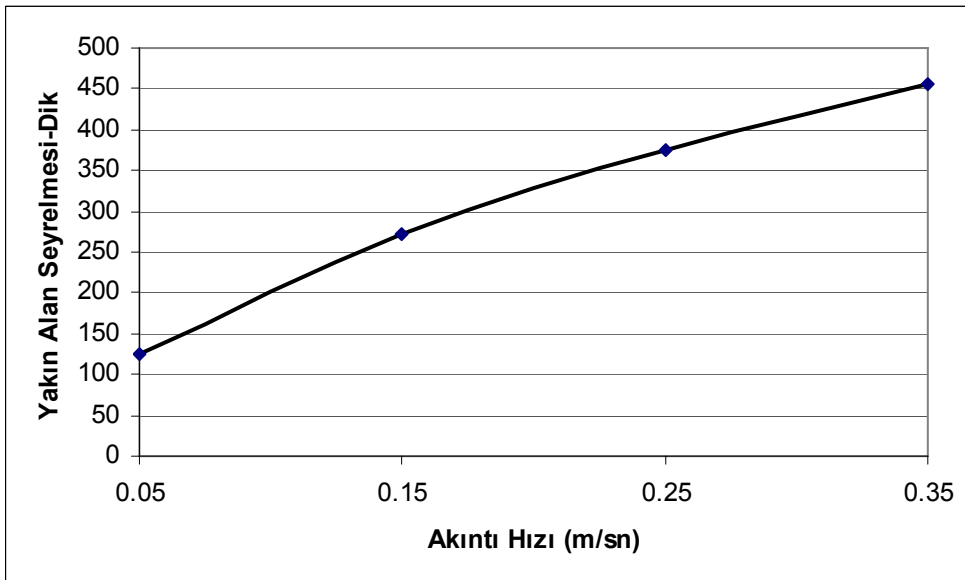
Şekil 6. 107. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi



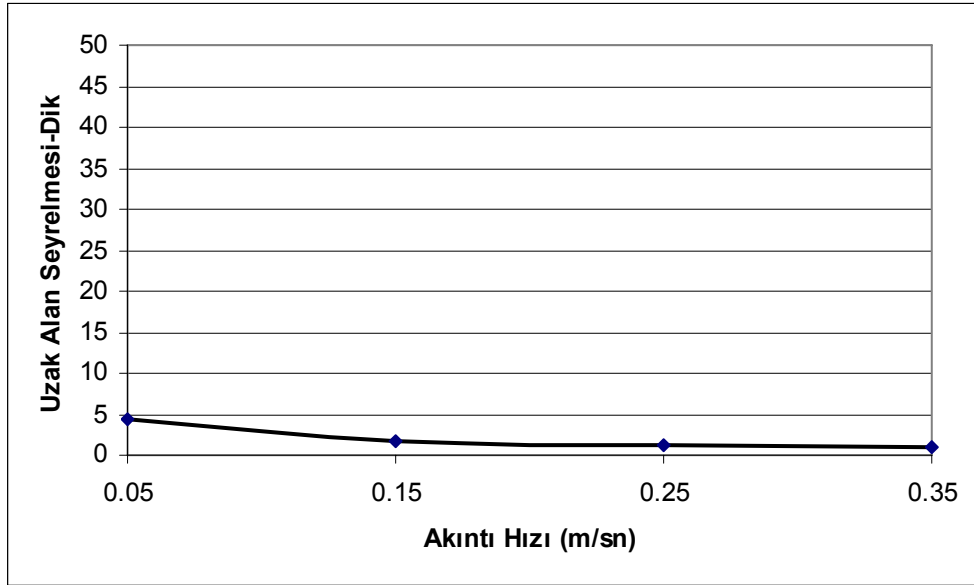
Şekil 6.108. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında bakteriyel seyrelme



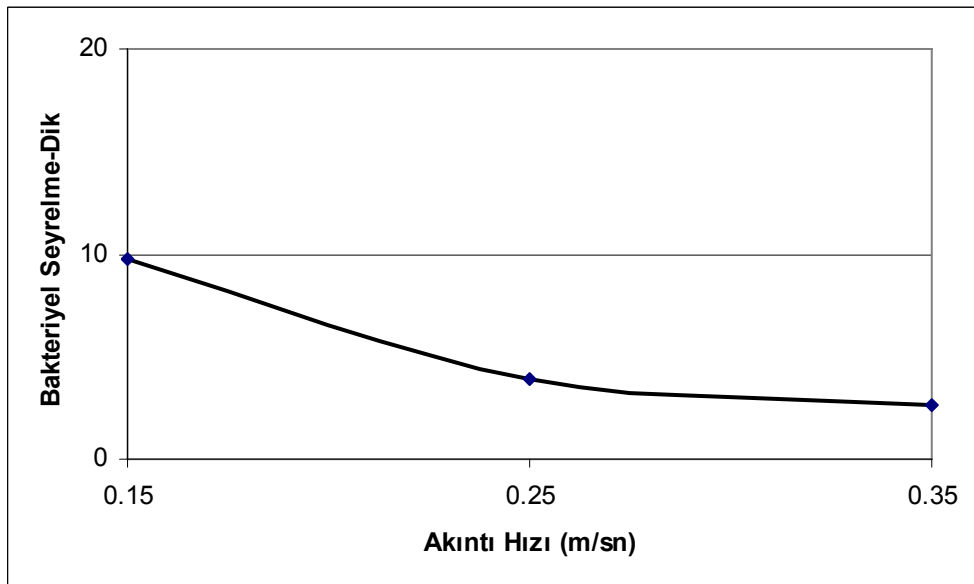
Şekil 6. 109. Farklı akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme



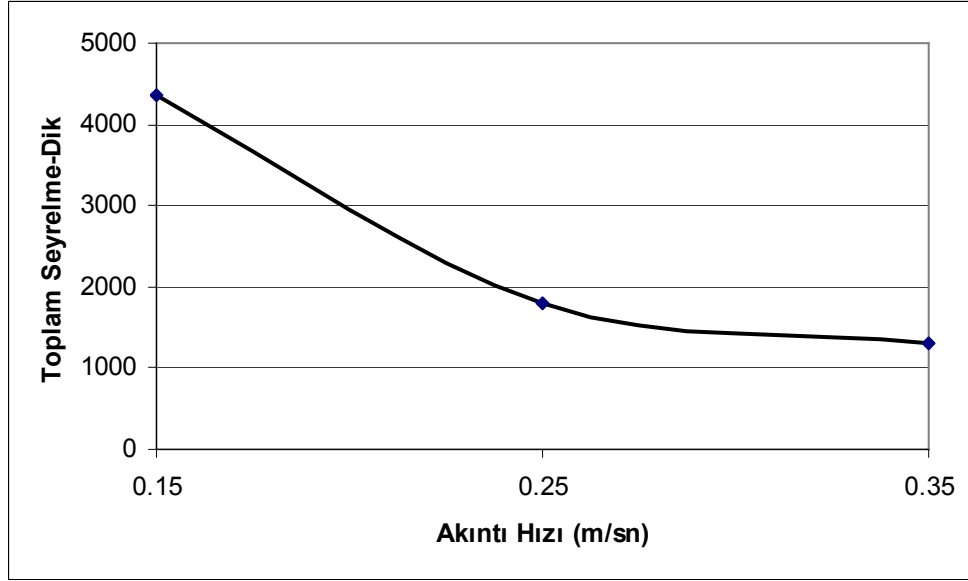
Şekil 6. 110. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında yakın alan seyrelmesi



Şekil 6. 111. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında uzak alan seyrelmesi



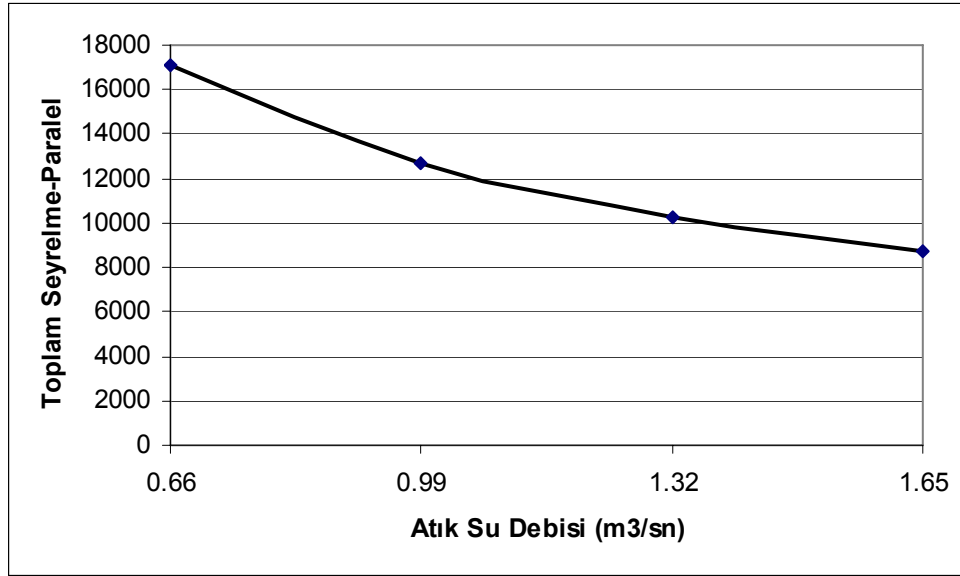
Şekil 6. 112. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında bakteriyel seyrelme



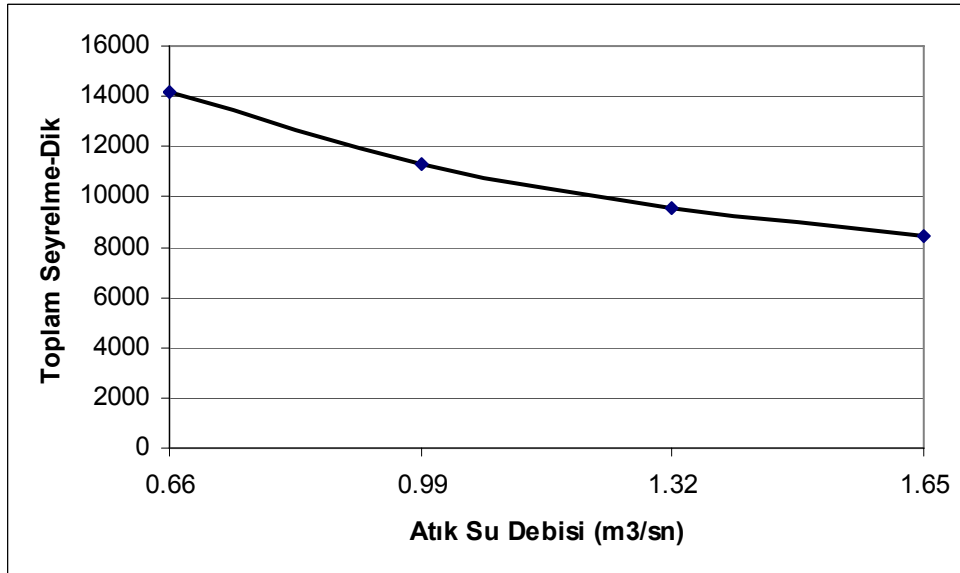
Şekil 6. 113. Farklı akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme

Bakteriyel seyrelmenin korunabilen maddeler nedeniyle toplam seyrelme üzerinde etkisinin olmadığı derin deniz deşarj sistemlerindeki toplam seyrelme mesafeleri, korunamayan maddelerin alıcı ortama verildiği sistemlere göre daha yüksek değerler vermektedir.

Tabakalı bir alıcı ortamda sabit difüzör uzunluğunda artan atık su debi değerleri için toplam seyrelme değerlerinin paralel ve dik difüzör-akıntı açılarındaki değerleri grafiklerden görülmektedir



Şekil 6. 114. Farklı atık su debilerinde paralel difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme



Şekil 6. 115. Farklı atık su debilerinde paralel difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Deniz suyuna deniz deşarjı sistemi ile bırakılan kirleticinin yakın alan, uzak alan ve bakteriyel seyrelmelerini hesaplayan bilgisayar programları geliştirilmiştir. Geliştirilen programlar derinlik boyunca sabit ya da değişken deniz suyu yoğunluğunu, korunabilen ve korunamayan kirletici türleri dikkate alınmıştır. Mevcut akıntı düzeninin seyrelme üzerine etkileri hesaplamalara dahil edilmiştir.

Anamur derin deniz deşarj sistemi verileri kullanılarak yapılan boyutlandırma problemi uygulamalarından, korunabilen veya korunamayan maddelerin deniz suyuna verildiği tabakasız alıcı ortamlarda sabit akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açılı sistemlerde, paralel olanlara göre daha uzun seyrelme mesafeleri bulunmaktadır. Sabit akıntı hızlı tabakasız alıcı ortamlarda paralel difüzör-akıntı açılı sistemler daha kısa mesafelerde seyrelme sağlamaları nedeniyle avantajlıdır. Artan akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açılı sistemlerde, dik olanlara göre daha uzun seyrelme mesafeleri bulunmaktadır. Artan akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açılı sistemler daha avantajlıdır.

Tabakalı alıcı ortamlar, kirleticilerin deniz tabanından belli bir yükseklikte tutsaklanmasına neden olarak birincil seyrelmeyi kısıtlar. Sabit akıntı hızlı, dik difüzör-akıntı açılı sistemlerde, paralel olanlara göre daha uzun seyrelme mesafeleri hesaplanmaktadır. Sabit akıntı hızlı tabakalı alıcı ortamlarda paralel difüzör-akıntı açılı sistemler daha avantajlıdır. Artan akıntı hızlarında, dik difüzör-akıntı açılı sistemlerde, paralel olanlara göre daha uzun seyrelme mesafeleri bulunmaktadır. Artan akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açılı sistemler daha ekonomik olmaları nedeniyle avantajlıdır.

Anamur derin deniz deşarj sistemi verileri kullanılarak yapılan performans problemi uygulamalarından korunabilen veya korunamayan maddelerin deniz suyuna verildiği tabakasız alıcı ortamlarda sabit akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açılı sistemlerde, paralel olanlara göre daha büyük toplam seyrelmeler

bulunmaktadır. Sabit akıntı hızlı tabakasız alıcı ortamlarda dik difüzör-akıntı açılı sistemler aynı mesafede daha büyük toplam seyrelme değerleri vermeleri nedeniyle avantajlıdır. Artan akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açılı sistemlerde toplam seyrelmeler azalmakta, dik difüzör-akıntı açılı sistemlerde toplam seyrelmeler artmaktadır. Artan akıntı hızlarında dik difüzör-akıntı açılı sistemler daha avantajlıdır.

Tabakalı alıcı ortamlar, kirleticilerin deniz tabanından belli bir yükseklikte tutsaklanmasına neden olarak birincil seyrelmeyi kısıtlar. Sabit akıntı hızlı, dik difüzör-akıntı açılı sistemlerde, paralel olanlara göre toplam seyrelmelerde azalma görülmektedir. Sabit akıntı hızlı tabakalı alıcı ortamlarda paralel difüzör-akıntı açılı sistemler daha avantajlıdır. Artan akıntı hızlarında, paralel difüzör-akıntı açılı sistemlerde, dik olanlara göre daha büyük seyrelmeler bulunmaktadır. Artan akıntı hızlarında paralel difüzör-akıntı açılı sistemler daha avantajlıdır.

Tüm programlarda veriler sabit tutulup, alıcı ortama verilen atık su debisi artırıldığında her difüzör-akıntı açısında toplam seyrelme değerlerinin azaldığı görülmektedir.

Derin deniz deşarjlarının seyrelme hesaplamalarında ve deşarj mesafesinin hesaplanmasında kolaylık sağlayan programlar ile deşarj sisteminin ön tasarımı için gerekli veriler elde edilebilmektedir. Program kullanılarak sistemin performansı irdelenebilmektedir. Programdan alınan sonuçlarla, deniz deşarj sisteminin gerekli çevre kriterlerini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilebilmektedir. Geliştirilen programlar erken uyarı sistemlerinin önemli bir aracı olarak önceden önlem alınması için kullanılabilirler.

Günümüzde kullanılan rüzgar veri analizi yapan programlardan alınan akıntı hızı ve yönü sonuçları bu çalışmada geliştirilen programa dahil edilebilmekte ve program kullanılarak kıyı şeridinden kirleticilerin istenen kriterlere uyacak şekilde uzaklaştırılıp uzaklaştırılmadığı kontrol edilebilmektedir.

Bundan sonraki çalışmalarda, deniz deşarj sisteminden alıcı ortama verilen kirleticilerin deniz suyuyla karışımını sağlayan difüzörlerin hidrolik modellemesinin de geliştirilen programa dahil edilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Dölgen, D. , Alpaslan, M. N. , "Atık Suların Deniz Deşarjı Sistemleriyle Uzaklaştırılması Ve Türkiye Özelinde İncelenmesi", **Türkiye Kıyıları 1997 Konferansı Bildiriler Kitabı**, Ankara, Türkiye (1997).
2. Akyarlı, A. O., "Deniz Deşarjı Sistemlerinin Tasarımında Meto-Oşinografik Süreçlerin Etkisi", İller Bankası Genel Müdürlüğü Kanalizasyon Daire Başkanlığı Deniz Deşarjında Proje, **İnşaat ve Kontrol Hizmetleri Paneli**, Ankara,Türkiye, (1991).
3. Yüksel, Y. , Çevik, E. , Çelikoğlu, Y. , " Deniz Deşarjı", Kıyı ve Liman Mühendisliği, 1.Baskı, **İMO**, Ankara, 272-286 (1998).
4. Novak, P. , Moffat, A.I.B. , Nalluri, C. , Narayanan, R. " Hydraulic Structures", Second Edition, **E&FN SPON** , 32-39 (1996).
5. Carvalho, J. L. B. , Roberts, P.J.W. , Roldao, J. , " Field Observations of Ipanema Beach Outfall", **Journal of Hydraulic Engineering**, 128(2): 151-160 (2002).
6. Frick, W. E. ,Roberts, P.J. W. , Davis, L. R. , Keyes, J. , Baumgartner, D. J. , George, K. P. , " Dilution Models for Effluent Discharges, 4 th Edition" **U.S. Environmental Protection Agency**, Environmental Research Division, NERL Standarts and Applied Science Division, Office of Science and Technology, Athens,38-56 (2000).
7. Roberts, P.J.W. , "Modeling Mamala Bay Outfall Plumes.I: Near Field", **Journal of Hydraulic Engineering**, 125(6): 564-573 (1999).
8. Cheng, R.Y. , Chou, H.T. , "Outflow Distribution along Multiple-port Diffusers", **Proc. Natl. Sci. Counc. ROC(A)**, 25(2): 94-101(2001).
9. Odgaard, J. , " Analytical Dilution Models ", Coastal Pollution Control, Vol.1, **WHO & DANIDA**, Zealand, Denmark, 51-70 (1976).
10. Nemlioğlu, S. , "Marine Outfall Lifetime Improvement by Changing Port Type of Diffuser Pipe in the Black Sea", **Fresenius Environmental Bulletin** , 11(9b): 647-651 (2002).
11. French, J. A. , " Pigging Submarine Outfalls ", **Journal of Environmental Engineering**, 121(5): 396 - 401 (1995).

12. Özhan, E. , “Denizde Atık Suların Yayılması”, Deniz Kirlenmesi Ve Atık Suların Denize Deşarjı – I; Bölüm VII, **Üniversite Sonrası Kursları, O.D.T.Ü.** , Çevre Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye (1976).
13. Hansen, J. A. , Jensen, P. , “Sea Disposal of Wastes from Small and Medium-Sized Communities”, Hydographic and Hydraulic Diffuser Design for Marine Waste Water Discharge, Kurs Notları, **O.D.T.Ü, İ.T.Ü. ve WHO**, Ankara-İstanbul (1977).
14. Roberts, P.J.W. , Tian, X. , “New Experimental Techniques for Validation of Marine Discharge Models”, **Environmental Modelling & Software**, 19: 691-699 (2004).
15. Güler, I. , “Sea Outfall of Anamur”, **The 1st Int. Conf. on the Mediterranean Coastal Environment**, MEDCOAST 93, Antalya, TURKIYE, 769 –786 (1993).
16. Grace, R. A. , “Marine Outfall Systems, Planning, Design and Construction”, **Prentice-Hall**, New Jersey, 96-103 (1978).
17. Ergin, A. , Özhan, E. , “ Wave Hindcasting and Determination of Design Characteristics for 15 Coastal Sites “, **M.E.T.U. Coastal and Harbour Engineering Research Center (KLARE)**, Tech. Rept. No: 35 (1986).
18. Güler, I. , “Anamur Pis Su Arıtma Tesisi ve Deniz Deşarjı Tatbikat Projesi-Deniz Deşarjı Proje Raporu” , **Yüksel Proje Uluslararası A.Ş.** , 6-68 (1993).
19. Sarıkaya, T. , “ Forces on a Cylinder Near a Plane Boundary in Sinusoidally Oscillating Flow”, **Journal of Fluids Engineering**, 98(2): 33-37 (1976).
20. Economopoulou, M.A. , Economopoulos, A.P. , “Graphical Sizing and Analysis of Ocean Outfalls with Buoyant Plumes”, **Journal of Environmental Engineering**, 127(1): 3-12 (2001).
21. Roberts, P.J.W. , Snyder, W. H. , Baumgartner, D. J. , ‘Ocean Outfalls I: Submerged Wastefield Formation” , **Journal of Hydraulic Engineering**, ASCE, 115(1): 1-25 (1989).
22. Jirka, G.H. , Akar, P.J. , “ Hydrodynamic Classification of Submerged Multiport Diffuser Discharged “, **Journal of Hydraulic Engineering**, 117(9): 1113-1128 (1994).

23. Roberts, P.J.W. , Snyder, W. H. , Baumgartner, D. J. , ‘Ocean Outfalls II: Spatial Evolution of Submerged Wastefield” , ***Journal of Hydraulic Engineering***, ASCE, 115(1): 26-48 (1989).
24. Roberts, P.J.W. , “Line Plume and Ocean Outfall Dispersion” , ***Journal of Hydraulic Division***, ASCE, 105(4): 313-331 (1979).
25. Öztürk, İ. “ Atık Su Ön Arıtma ve Deniz Deşarjı Sistemleri, ***İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Matbaası***, İstanbul, 178-192 (1996).
26. “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”, 4.9.1998 tarih ve 19919 sayılı resmi gazete, Türkiye

EKLER

EK-1

Su Kirliliği Kontrolü

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği 35. maddesine göre denize verilebileceği kabul edilen atık suların deşarj edilebilmesi için projedeki birinci seyrelme değerlerinin (yakın alan seyrelmesi) 40' ın altında olmaması gerektiği birinci seyrelme değerin 100 civarında olması gerektiği belirtilmektedir(26).

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği 35. maddesine göre minimum deşarj derinliği 20m olmalıdır. Ekonomik olarak bu derinliğe inmenin mümkün olmadığı durumlarda difüzör hariç deşarj boru boyunun ortalama kıyı çizgisinden itibaren aşağıda belirtilenden az olmaması gerektiği belirtilmektedir (26).

Çizelge E. 1. 1. Evsel atık su debilerine göre minimum deşarj boru boyu.

Nüfus	Debi	Minimum deşarj boru boyu
< 1000	200 m ³ / gün	500 m
1000-10000	200-2000 m ³ / gün	1300 m

Yaz aylarında Ege ve Akdeniz' de T₉₀ değeri en az 1,5 saat, Karadeniz' de ise 2 saat olarak tavsiye edilmektedir. T₉₀ değerlerinin daha yüksek olacağı kış aylarında ortalama 3-5 saat bulunacağı belirtilmektedir (26).

Derin deniz deşarjına izin verilebilecek atık su özellikleri ve derin deniz deşarjları için uygulanacak kriterler aşağıda verilen çizelgelerde belirtilmektedir.

Çizelge E. 1. 2. Derin deniz deşarjına izin verilen atık suların özellikleri (26).

Parametre	Sınır
pH	6-9
Sıcaklık	35°C
Askıda katı madde (mg/l)	350
Yağ ve gres (mg/l)	10
Yüzer maddeler	Bulunmayacaktır
5 günlük biyokimyasal oksijen ihtiyacı, BOI ₅ (mg/l)	250
Kimyasal oksijen ihtiyacı KOI (mg/l)	400
Toplam azot (mg/l)	40
Toplam fosfor (mg/l)	10
Yüzey aktif maddeler (mg/l)	10
Diğer parametreler	Tehlikeli ve Zararlı Maddeler Yönergesi' nde bu parametreler için verilen sınır değerlere uyulmalıdır

Çizelge E. 1. 3. Derin deniz deşarjları için uygulanacak kriterler (26).

Parametre	Limit
Sıcaklık	Deniz ortamının seyreltme kapasitesi göz önünde bulundurulmadan, denize deşarj edilecek suların sıcaklığı 35°C' yi aşamaz. Sıcak su deşarjları difüzörün fiziksel olarak sağladığı birinci seyrelme sonucunda karıştığı deniz suyunun sıcaklığını Haziran-Eylül aylarını kapsayan yaz döneminde 1 °C' den, diğer aylarda ise 2°C' den fazla arttıramaz.
En muhtemel sayı (EMS) olarak toplam ve fekal koliformlar	Derin deniz deşarjıyla sağlanacak olan toplam seyrelme sonucunda insan teması olan koruma bölgesinde, zamanın % 90' ında EMS olarak toplam koliform seviyesi 1000TC/100 ml ve fekal koliform seviyesi 200 FC/100 ml' den az olmalıdır.
Katı ve yüzen maddeler	Difüzör çıkışı üzerinde, toplam genişliği o noktadaki deniz suyu derinliğine eşit olan bir şerit dışında gözle izlenebilecek katı ve yüzer maddeler bulunmayacaktır.

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Manisa Akhisar' da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Akhisar'da tamamladı. 2001 yılında Celal Bayar Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. İnşaat Emlak kontrollüğünde 2001-2002 yılları arasında özel bir firmada şantiye şefi olarak çalıştı. Halen İnşaat Mühendisi olarak özel bir firmada çalışmaya devam etmektedir.