

**ANTALYA DENİZ DEŞARJI BÖLGESİ ÇEVİRİNTİ DÜZENİNİN
BELİRLENMESİ**

Murat ÇETİN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2010
ANKARA**

Murat ÇETİN tarafından hazırlanan ANTALYA DENİZ DEŞARJI BÖLGESİ ÇEVİRİNTİ DÜZENİNİN BELİRLENMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Lale BALAS

Tez Danışmanı, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Şahnaz TİĞREK

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, ODTÜ

Prof. Dr. Lale BALAS

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Önder KOÇYİĞİT

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Tarih: 29/06/2010

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Murat ÇETİN

ANTALYA DENİZ DEŞARJI BÖLGESİ ÇEVİRİNTİ DÜZENİNİN**BELİRLENMESİ****(Yüksek Lisans Tezi)****Murat ÇETİN****GAZİ ÜNİVERSİTESİ****FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ****Haziran 2010****ÖZET**

Türkiye kıyılarında yer alan birçok körfez, su değişimlerinin oldukça sınırlı olduğu kapalı su alanlarıdır. Kapalı su alanlarında su hareketleri, taşınım ve su kirliliği derinlemesine incelenmesi gereken konulardır. Su kirliliğinin ve çevrinti hareketlerinin izlenmesi gerekli olan önemli körfezlerimizden birisi de Antalya Körfezi'dir. Tez çalışmaları kapsamında, Antalya Derin Deniz Deşarjı kıyı suları bölgesinde akıntı düzeninin belirlenmesi amacıyla alan çalışmaları yürütülmüş ve kirlilik dağılımının modellenmesi çalışmaları yapılmıştır. Alanda, ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde, birer hafta boyunca, Lagrange yöntemi ve Euler yöntemi kullanılarak akıntılar ölçümlenmiştir. Üç boyutlu hidrodinamik sayısal model HİDROTAM-3 ile, bölgenin akıntı ve kirlilik dağılımı benzeşimleri yapılmıştır.

Bilim Kodu : 911.1.083
Anahtar Kelimeler : Deniz deşarjı, kirlilik bulutu, dağılım, modelleme
Sayfa Adedi : 142
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Lale BALAS

**DETERMINATION OF THE CURRENT REGIME IN THE FIELD OF
ANTALYA SEA OUTFALL**

(M.Sc. Thesis)

Murat ÇETİN

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

June 2010

ABSTRACT

Many bays located on Turkish coastal line are enclosed areas where water circulation is considerably limited. Water motion, convection and pollution are the issues which need profound examination in enclosed areas. Antalya Bay is among the major bays of Turkey which needs to be observed profoundly in regard to water pollution and circulation. In this survey, field studies have been performed to examine current regimes at the area of Antalya Deep Sea Outfall System and pollution distribution has been modelled. At the area, currents have been measured by using both Lagrange Method and Euler Method in a one week period at each season. Currents and pollution distribution have been simulated using a three-dimensional hydrodynamic numerical model called HIDROTAM-3.

Science Code : 911.1.083

Key Words : Sea outfall, pollutant cloud, diffusion, modelling

Page Number : 142

Adviser : Prof. Dr. Lale BALAS

TEŞEKKÜR

Çalışmalarında değerli fikir ve katkılarıyla beni yönlendiren, tüm çalışmalar boyunca emeğini benden esirgemeyen kıymetli Hocam Prof. Dr. Lale BALAS' a,

Güçlü destekleriyle hayatım boyunca arkamda duran canımdan değerli AİLEME,

Tez çalışmalarının finansörü olan ve aynı zamanda çalışmalarım süresince bana burs imkanı sağlayan TÜBİTAK' a,

Zorlu saha çalışmalarını birlikte yürüttüğümüz Yrd. Doç. Dr. Rıfat TÜR ve Sayın A. Mehmet ŞİRİN' e,

Özverili yaklaşımıyla, başka bir şehirde yüksek lisans yapmanın sıkıntılarını bir nebze olsun azaltan Sayın Müdürüm Hasan YAVUZ' a,

Saha çalışmalarında destek ve yardımlarıyla bizlerle birlikte olan SAGUN A.Ş. dalgıç ve kaptanlarına,

Tez çalışmalarının ilk safhalarında teknik ve teorik bilgilerini benimle paylaşmaktan kaçınmayan Dr. Alp KÜÇÜKOSMANOĞLU' ya

Sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Bu tezde sunulan çalışmalar “Derin Deniz Deşarjı ile Bırakılan Atık Suların Alıcı Ortamda Tutsaklanması Durumunda Bakteri Konsantrasyonunun Tahminindeki Belirsizliklerin İncelenmesi” konulu 107Y184 TÜBİTAK 1001 Projesi çerçevesinde yürütülmüştür.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xviii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xix
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR.....	6
3. ANTALYA DERİN DEŞARJ SİSTEMİNİN TANITIMI.....	12
4. UYGULAMA ALANININ METEOROLOJİK ÖZELLİKLERİ.....	15
5. SAHA ÇALIŞMALARI.....	17
5.1. Sonbahar Dönemi Saha Ölçümleri.....	20
5.2. Kış Dönemi Saha Ölçümleri.....	35
5.3. İlkbahar Dönemi Saha Ölçümleri.....	48
5.4. Yaz Dönemi Saha Ölçümleri.....	60
6. HİDROTAM-3 MODELİNİN ANTALYA DENİZ DEŞARJI SU ALANINA UYGULANMASI.....	72
6.1. Sonbahar Dönemi.....	74
6.2. Kış Dönemi.....	81
6.3. İlkbahar Dönemi.....	88

	Sayfa
6.4. Yaz Dönemi.....	95
7. SONUÇLAR.....	102
KAYNAKLAR.....	105
EKLER.....	107
EK-1 Üç Boyutlu Hidrodinamik ve Taşınım Modeli (HİDROTAM3).....	108
EK-2 Derinliğe Göre Sınıflandırılmış Yüzek İzleri.....	121
ÖZGEÇMİŞ.....	141

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Antalya 1981-2006 yılları arası rüzgar verilerine göre hazırlanan, yön ve rüzgar hızına göre sınıflandırılmış, rüzgar oluşma sayıları.....	16
Çizelge 5.1. Sonbahar dönemi ölçümlerinde çeşitli derinliklere bırakılan yüzeklerin numaraları ve ortalama hızları.....	22
Çizelge 5.2. Kış dönemi ölçümlerinde çeşitli derinliklere bırakılan yüzeklerin numaraları ve ortalama hızları.....	37
Çizelge 5.3. İlkbahar dönemi ölçümlerinde çeşitli derinliklere bırakılan yüzeklerin numaraları ve ortalama hızları.....	50
Çizelge 5.4. Yaz dönemi ölçümlerinde çeşitli derinliklere bırakılan yüzeklerin numaraları ve ortalama hızları.....	62

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Alıcı deniz ortamında tabakalaşma olması ve olmaması durumlarında kirlilik bulutunun davranışı.....	3
Şekil 1.2. Laboratuvar ortamında hazırlanmış yoğunluk katmanlı alıcı ortam içerisinde kirlilik bulutunun tutsaklanması	3
Şekil 2.1. Deşarj noktasının yakınlarında 1999, 2000, 2001 ve 2002 yılları temmuz ayında yapılan sıcaklık ölçümlerinin sonuçları.....	9
Şekil 2.2. Deşarj noktasının yakınlarında 1999, 2000, 2001 ve 2002 yılları temmuz ayında yapılan deniz suyu yoğunluğu hesaplamalarının sonuçları.....	9
Şekil 2.3. Deşarj noktasının yakınlarında 2001 yılı Ocak, Nisan, Temmuz ve Kasım aylarında derinlik boyunca yapılan sıcaklık ölçümleri sonuçları..	10
Şekil 2.4. Deşarj noktasının yakınlarında 2001 yılı Ocak, Nisan, Temmuz ve Kasım aylarında derinlik boyunca yapılan deniz suyu yoğunluğu hesaplarının sonuçları.....	10
Şekil 3.1. Akıntı ölçümü kıyısal su bölgesi UTM koordinatları.....	14
Şekil 4.1. Antalya 1981-2006 yılları arası rüzgar verilerine göre hazırlanmış rüzgar gülü.....	15
Şekil 5.1. Tüm ölçüm dönemleri boyunca elde edilen yüzek izleri.....	19
Şekil 5.2. Sonbahar dönemi ölçümleri rüzgar gülü.....	20
Şekil 5.3. Sonbahar dönemi ölçümleri yüzek izleri.....	21
Şekil 5.4. 27 Eylül 2008 rüzgar histogramı.....	23
Şekil 5.5. 27 Eylül 2008 yüzek izleri.....	23
Şekil 5.6. 28 Eylül 2008 rüzgar histogramı.....	24
Şekil 5.7. 28 Eylül 2008 yüzek izleri.....	24
Şekil 5.8. 29 Eylül 2008 rüzgar histogramı.....	25
Şekil 5.9. 29 Eylül 2008 yüzek izleri.....	25

Şekil	Sayfa
Şekil 5.10. 23 Ekim 2008 rüzgar histogramı.....	26
Şekil 5.11. 23 Ekim 2008 yüzek izleri.....	26
Şekil 5.12. 24Ekim 2008 rüzgar histogramı.....	27
Şekil 5.13. 24 Ekim 2008 yüzek izleri.....	27
Şekil 5.14. 25 Ekim 2008 rüzgar histogramı.....	28
Şekil 5.15. 25 Ekim 2008 yüzek izleri.....	28
Şekil 5.16. 26 Ekim 2008 rüzgar histogramı.....	29
Şekil 5.17. 26 Ekim 2008 yüzek izleri.....	29
Şekil 5.18. 27 Ekim 2008 rüzgar histogramı.....	30
Şekil 5.19. 27 Ekim 2008 yüzek izleri.....	30
Şekil 5.20. Sonbahar dönemi ölçümlerinde difüzör uç noktasına yerleştirilen akıntıölçerden alınan hız dağılımları.....	31
Şekil 5.21. Sonbahar dönemi ölçümlerinde difüzör uç noktasında, ölçüm başlangıcından itibaren 7.5 saat, 15 saat, 22.5 saat ve 30 saat sonraki derinlik boyunca yatay hız bileşenleri dağılımları.....	33
Şekil 5.22. Kış dönemi ölçümleri rüzgar gülü.....	35
Şekil 5.23. Kış dönemi ölçümleri boyunca çeşitli derinliklerde elde edilen yüzek izleri (Göstergede verilen derinlikler metredir).....	36
Şekil 5.24. 27 Şubat 2009 rüzgar histogramı.....	38
Şekil 5.25. 27 Şubat 2009 yüzek izleri.....	38
Şekil 5.26. 1 Mart 2009 rüzgar histogramı.....	39
Şekil 5.27. 1 Mart 2009 yüzek izleri.....	39
Şekil 5.28. 2 Mart 2009 rüzgar histogramı.....	40
Şekil 5.29. 2 Mart 2009 yüzek izleri.....	40
Şekil 5.30. 3 Mart 2009 rüzgar histogramı.....	41

Şekil	Sayfa
Şekil 5.31. 3 Mart 2009 yüzek izleri	41
Şekil 5.32. 4 Mart 2009 rüzgar histogramı	42
Şekil 5.33. 4 Mart 2009 yüzek izleri	42
Şekil 5.34. 5 Mart 2009 rüzgar histogramı	43
Şekil 5.35. 5 Mart 2009 yüzek izleri	43
Şekil 5.36. Kış dönemi ölçümlerinde difüzör uç noktasına yerleştirilen akıntıölçerden alınan hız dağılımları	44
Şekil 5.37. Kış dönemi ölçümlerinde, difüzör uç noktasında, ölçüm başlangıcından itibaren 7,5 saat, 15 saat, 22,5 saat ve 30 saat sonraki, derinlik boyunca yatay hız bileşenleri dağılımları	46
Şekil 5.38. İlkbahar dönemi ölçümleri rüzgar gülü	48
Şekil 5.39. İlkbahar dönemi ölçümleri boyunca çeşitli derinliklerde elde edilen yüzek izleri (Göstergede verilen derinlikler metredir).....	49
Şekil 5.40. 27 Nisan 2009 rüzgar histogramı	51
Şekil 5.41. 27 Nisan 2009 yüzek izleri.....	51
Şekil 5.42. 28 Nisan 2009 rüzgar histogramı	52
Şekil 5.43. 28 Nisan 2009 yüzek izleri.....	52
Şekil 5.44. 29 Nisan 2009 rüzgar histogramı	53
Şekil 5.45. 29 Nisan 2009 yüzek izleri.....	53
Şekil 5.46. 30 Nisan 2009 rüzgar histogramı	54
Şekil 5.47. 30 Nisan 2009 yüzek izleri.....	54
Şekil 5.48. 1 Mayıs 2009 rüzgar histogramı.....	55
Şekil 5.49. 1 Mayıs 2009 yüzek izleri	55
Şekil 5.50. İlkbahar dönemi ölçümlerinde difüzör uç noktasına yerleştirilen akıntıölçerden alınan hız dağılımları	56

Şekil	Sayfa
Şekil 5.51. İlkbahar dönemi ölçümlerinde, difüzör uç noktasında, ölçüm başlangıcından itibaren 7,5 saat, 15 saat, 22,5 saat ve 30 saat sonraki, derinlik boyunca yatay hız bileşenleri dağılımları	58
Şekil 5.52. Yaz dönemi ölçümleri rüzgar gülü	60
Şekil 5.53. Yaz dönemi ölçümleri boyunca çeşitli derinliklerde elde edilen yüzek izleri (Göstergede verilen derinlikler metredir).....	61
Şekil 5.54. 31 Mayıs 2009 rüzgar histogramı.....	63
Şekil 5.55. 31 Mayıs 2009 yüzek izleri	63
Şekil 5.56. 1 Haziran 2009 rüzgar histogramı	64
Şekil 5.57. 1 Haziran 2009 yüzek izleri	64
Şekil 5.58. 2 Haziran 2009 rüzgar histogramı	65
Şekil 5.59. 2 Haziran 2009 yüzek izleri	65
Şekil 5.60. 3 Haziran 2009 rüzgar histogramı	66
Şekil 5.61. 3 Haziran 2009 yüzek izleri	66
Şekil 5.62. 4 Haziran 2009 rüzgar histogramı	67
Şekil 5.63. 4 Haziran 2009 yüzek izleri	67
Şekil 5.64. Yaz dönemi ölçümlerinde difüzör uç noktasına yerleştirilen akıntıölçerden alınan hız dağılımları	68
Şekil 5.65. Yaz dönemi ölçümlerinde, difüzör uç noktasında, ölçüm başlangıcından itibaren 7,5 saat, 15 saat, 22,5 saat ve 30 saat sonraki, derinlik boyunca yatay hız bileşenleri dağılımları	70
Şekil 6.1. Modelde kullanılan su alanı ve su derinlikleri.....	72
Şekil 6.2. 100 x 100 metrelik çözüm ağı	73
Şekil 6.3. Sonbahar dönemi model benzeşiminde GGB yönünden 5 m/s hızla esen rüzgar etkisiyle su yüzeyinde oluşan akıntı düzeni.....	74

Şekil	Sayfa
Şekil 6.4. Sonbahar dönemi model benzeşiminde GGB yönünden 5 m/s hızla esen rüzgar etkisiyle su tabanında oluşan akıntı düzeni.....	75
Şekil 6.5. Bakteri konsantrasyonu ölçüm noktaları.....	76
Şekil 6.6. Sonbahar dönemi model benzeşiminde S0 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili	76
Şekil 6.7. Sonbahar dönemi model benzeşiminde S1 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili	77
Şekil 6.8. Sonbahar dönemi model benzeşiminde S2 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili	77
Şekil 6.9. Sonbahar dönemi model benzeşiminde S3 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili	78
Şekil 6.10. Sonbahar dönemi model benzeşiminde S4 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili	78
Şekil 6.11. Sonbahar dönemi model benzeşiminde S5 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili	79
Şekil 6.12. Sonbahar dönemi model benzeşiminde S6 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili	79
Şekil 6.13. Sonbahar dönemi model benzeşiminde S11 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili	80
Şekil 6.14. Sonbahar dönemi model benzeşiminde GGB yönünden 5 m/s hızla esen rüzgar etkisiyle su yüzeyinde kirletici dağılımı.....	81
Şekil 6.15. Kış dönemi model benzeşiminde GGB yönünden 5 m/s hızla esen rüzgar ve yoğunluk değişimi etkileriyle su yüzeyinde oluşan akıntı düzeni	82
Şekil 6.16. Kış dönemi model benzeşiminde GGB yönünden 5 m/s hızla esen rüzgar ve yoğunluk değişimi etkileriyle su tabanında oluşan akıntı düzeni	82
Şekil 6.17. Kış dönemi model benzeşiminde S0 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili	83
Şekil 6.18. Kış dönemi model benzeşiminde S1 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili	83

Şekil	Sayfa
Şekil 6.19. Kış dönemi model benzeşiminde S2 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili.....	84
Şekil 6.20. Kış dönemi model benzeşiminde S3 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili.....	84
Şekil 6.21. Kış dönemi model benzeşiminde S4 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili.....	85
Şekil 6.22. Kış dönemi model benzeşiminde S5 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili.....	85
Şekil 6.23. Kış dönemi model benzeşiminde S6 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili.....	86
Şekil 6.24. Kış dönemi model benzeşiminde S11 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili.....	86
Şekil 6.25. Kış dönemi model benzeşiminde GGB yönünden 5 m/s hızla esen rüzgar ve yoğunluk değişimi etkileriyle su yüzeyinde kirletici dağılımı.	87
Şekil 6.26. İlkbahar dönemi model benzeşiminde GGB yönünden 5 m/s hızla esen rüzgar ve yoğunluk değişimi etkileriyle su yüzeyinde oluşan akıntı düzeni	88
Şekil 6.27. İlkbahar dönemi model benzeşiminde GGB yönünden 5 m/s hızla esen rüzgar ve yoğunluk değişimi etkileriyle su tabanında oluşan akıntı düzeni	89
Şekil 6.28. İlkbahar dönemi model benzeşiminde S0 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili.....	90
Şekil 6.29. İlkbahar dönemi model benzeşiminde S1 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili.....	90
Şekil 6.30. İlkbahar dönemi model benzeşiminde S2 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili.....	91
Şekil 6.31. İlkbahar dönemi model benzeşiminde S3 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili.....	91
Şekil 6.32. İlkbahar dönemi model benzeşiminde S4 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili.....	92

Şekil	Sayfa
Şekil 6.33. İlkbahar dönemi model benzeşiminde S5 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili	92
Şekil 6.34. İlkbahar dönemi model benzeşiminde S6 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili	93
Şekil 6.35. İlkbahar dönemi model benzeşiminde S11 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili	93
Şekil 6.36. İlkbahar dönemi model benzeşiminde GGB yönünden 5 m/s hızla esen rüzgar ve yoğunluk değişimi etkisiyle su yüzeyinden 20 m. aşağıda kirletici dağılımı.....	94
Şekil 6.37. Yaz dönemi model benzeşiminde GGB yönünden 5 m/s hızla esen rüzgar ve yoğunluk değişimi etkileriyle su yüzeyinde oluşan akıntı düzeni.....	95
Şekil 6.38. Yaz dönemi model benzeşiminde GGB yönünden 5 m/s hızla esen rüzgar ve yoğunluk değişimi etkileriyle su tabanında oluşan akıntı düzeni.....	96
Şekil 6.39. Yaz dönemi model benzeşiminde S0 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili.....	97
Şekil 6.40. Yaz dönemi model benzeşiminde S1 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili	97
Şekil 6.41. Yaz dönemi model benzeşiminde S2 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili	98
Şekil 6.42. Yaz dönemi model benzeşiminde S3 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili	98
Şekil 6.43. Yaz dönemi model benzeşiminde S4 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili	99
Şekil 6.44. Yaz dönemi model benzeşiminde S5 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili	99
Şekil 6.45. Yaz dönemi model benzeşiminde S6 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili	100
Şekil 6.46. Yaz dönemi model benzeşiminde S11 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili	100

Şekil**Sayfa**

Şekil 6.47. Yaz dönemi model benzeşiminde GGB yönünden 5 m/s hızla esen rüzgar etkisiyle su yüzeyinden 38 m aşağıda kirletici dağılımı	101
--	-----

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Antalya atık su arıtma tesisinin ve deşarj yapılan bölgenin görüntüsü ...	13
Resim 5.1. Akıntı ölçümlerinde kullanılan yüzekler	17
Resim 5.2. Saha çalışmalarından bir görünüm	18
Resim 5.3. Saha çalışmalarından bir görünüm	18

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
B	Kinetik enerjinin kaldırma çarpımı
C	Kirletici derişimi
C_d	Havanın sürüklenme katsayısı
C_f	Taban sürtünmesi için ampirik bir katsayı
Cl	Klor (%)
C_p	Suyun özgül ısısı
d	Ortalama kirletici dane çapı
D_x	x yönündeki türbülansın difüzyon katsayısı
D_y	y yönündeki türbülansın difüzyon katsayısı
D_z	z yönündeki türbülansın difüzyon katsayısı
f	Coriolis Katsayısı
g	Yerçekimi ivmesi
h	Sakin su yüzeyinden ölçülen su derinliği
H	Toplam su derinliği
k	Kinetik enerji
K	Yüzey ısı transferi katsayısı
k_p	Kirleticinin yok olma hızı
L_w	Gel-git dalga boyu
p	Basınç
Pr	Prandtl ya da Schmidt türbülans sayısı
S	Tuzluluk (%)
S_s	Kirletici kaynağı
t	Zaman
T	Sıcaklık (°C)

Simgeler	Açıklama
T_e	Dengedeki su sıcaklığı
T_s	Yüzeydeki su sıcaklığı
T_w	Gel-git dalga periyodu
u	Herhangi bir çözüm ağı noktasında x yönündeki hız bileşeni
u_b	Tabana en yakın çözüm ağı noktasında x yönündeki hız bileşeni
u_s	Yüzeydeki su parçacığının x yönündeki hızı
u_w	Rüzgar hızının x yönündeki bileşeni
u_{*s}	Yüzey kesme hızı
v	Herhangi bir çözüm ağı noktasında y yönündeki hız bileşeni
v_b	Tabana en yakın çözüm ağı noktasında y yönündeki hız bileşeni
v_s	Yüzeydeki su parçacığının y yönündeki hızı
v_w	Rüzgar hızının y yönündeki bileşeni
w	Herhangi bir çözüm ağı noktasında z yönündeki hız bileşeni
W	Rüzgar hızı
w_f	Çökelme hızı
a_T	Gel-git derinliği
Δz_s	Yüzey ile yüzeyin hemen altındaki çözüm ağının ilk noktası arasındaki mesafe
ε	Kinetik enerjinin dağılma oranı
η	Su seviyesi
κ	Karman sabiti
ρ	Su yoğunluğu
ρ_o	Referans yoğunluk
ρ_a	Havanın yoğunluğu
τ_{bx}	Taban kesme kuvvetinin x yönündeki bileşeni
τ_{by}	Taban kesme kuvvetinin y yönündeki bileşeni

Simgeler	Açıklama
τ_{wx}	Rüzgar kuvvetinin x yönündeki bileşeni
τ_{wy}	Rüzgar kuvvetinin y yönündeki bileşeni
ν_x	x yönündeki eddy viskozitesi
ν_y	y yönündeki eddy viskozitesi
ν_z	z yönündeki eddy viskozitesi
ν_w	Suyun kinematik viskozitesi

Kısaltmalar	Açıklama
B	Batı
BGB	Batı - Güneybatı
BKB	Batı - Kuzeybatı
D	Doğu
DGD	Doğu – Güneydoğu
DKD	Doğu - Kuzeydoğu
G	Güney
GB	Güneybatı
GD	Güneydoğu
GGB	Güney – Güneybatı
GGD	Güney – Güneydoğu
K	Kuzey
KB	Kuzeybatı
KD	Kuzeydoğu
KKB	Kuzey - Kuzeybatı
KKD	Kuzey - Kuzeydoğu

1. GİRİŞ

Günümüzde atık bertaraf işlemi için temel olarak üç yöntem kullanılmaktadır. Bunlar;

- I. Tamamen arıtma
- II. Toprağın özümleme kabiliyetini kullanarak kurtulma
- III. Denizin özümleme kabiliyetini kullanarak kurtulmadır.

Tamamen arıtma, atık suyun arıtma tesislerinde tamamen arıtılarak içilebilir düzeye getirilmesidir, ancak bu metodun yatırım ve işletme maliyeti oldukça yüksektir. Örneğin Hollanda, atık su arıtmada bu yöntemi kullanmakta, arıtılan suyu tekrar şebekeye pompalamaktadır.

Toprağın özümleme kabiliyetini kullanarak kurtulma yönteminde atık su toprağa verilerek bertaraf edilir. Genellikle kıyıya uzak bölgelerde bu yöntem kullanılmaktadır. Eğer yer altı su seviyesi düşükse bu yöntemin kullanılması zararlı olmayacaktır. Türkiye’de sıkça tercih edilen bir atık arıtma yöntemidir.

Denizin özümleme kabiliyetini kullanarak kurtulma yönteminde atık su doğrudan ya da bir ön arıtmadan geçirildikten sonra deniz ortamına bırakılır. Maliyet açısından bakıldığında diğer atık arıtma metotlarına göre daha ucuz olan bu yöntem kıyı alanlarında sıkça kullanılmaktadır.

Ülkemizde atık suların deniz ortamına bırakılması için alıcı ortamda yeterli seyrelme kapasitesinin bulunduğunun ayrıntılı mühendislik çalışmaları sonucunda kanıtlanması gerekmektedir. Yapılacak deşarjın alıcı ortamdaki ekolojik dengeleri bozmayacağı ve özellikle ağır metaller, nütriyentler ve Tehlikeli ve Zararlı Maddeler Tebliğinde belirtilen diğer maddelerin birikim yapmayacağı, bir çevresel etki değerlendirme çalışması ile ispat edilmelidir [Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004].

Deniz ortamında derinlik boyunca sıcaklık ve tuzluluk farklılıklarının oluşması neticesinde, belirli bölgelerde ve belirli mevsimlerde yoğunluk tabakalaşması oluşabilmektedir. Evsel atık suların yoğunluğu genellikle deniz suyu yoğunluğundan daha küçüktür. Bu nedenle, deniz suyunda bir yoğunluk tabakalaşması yoksa atık su bulutu deniz suyuyla ne kadar karışırsa karışsın, karışımın yoğunluğu alıcı ortam yoğunluğundan daha büyük olamayacağı için atık su bulutu her zaman deniz yüzeyine ulaşacaktır.

Deniz suyunda katmanlaşma söz konusu ise, derinlerdeki ağır suyun atık suyla karışması, atık su bulutu karışım yoğunluğunun daha yükseklerdeki deniz suyu yoğunluğuna eşit olmasını doğuracaktır. Bu durumda atık su bulutu, deniz yüzeyine erişmeden, karışım yoğunluğuyla alıcı ortam yoğunluğunun birbirine eşit olduğu bir derinlikte tutsaklanır. Şekil 1.1 alıcı ortamda yoğunluk tabakalaşması olması ve olmaması durumunda atık su bulutunun davranışını göstermektedir.

Tutsaklanma derinliği ile ilgili bir çalışma için derinlik boyunca sıcaklık ve tuzluluğun değişimlerinin izlenmesi gerekmektedir. Şekil 1.2’de laboratuvar ortamında hazırlanmış yoğunluk katmanlı alıcı ortam içerisinde kirletici bulutunun tutsaklanması görülmektedir.

Bu tez çalışmasında, derin deniz deşarj sistemlerinde, deşarj bölgesi akıntı düzeninin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmış, deşarj edilen atık suların alıcı deniz ortamında dağılım ve yayılımı incelenmiştir. Uygulama alanı olarak Antalya Derin Deniz Deşarj sistemi seçilmiştir. Deşarj noktası çevresinde rüzgar hızı ve yönlerinin gözlemlenmesine paralel olarak yapılan akıntı ölçümleriyle, söz konusu alanın mevsimsel olarak değişen akıntı rejimine yönelik veriler toplanmış, HIDROTAM3 adlı hidrodinamik sayısal model kullanılarak, bölgede rüzgar kaynaklı akıntı ve kirlilik dağılımı benzeşimleri yapılmıştır.

Tez, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) 1001 kodlu Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Programı tarafından desteklenen “Derin Deniz Deşarjı ile Bırakılan Atıksuların Alıcı Ortamda Tutsaklanması Durumunda Bakteri Konsantrasyonunun Tahminindeki Belirsizliklerin İncelenmesi” adlı, 107Y184 numaralı projenin bir parçasıdır.

Akıntı hızları, dinamik deniz ortamı içerisinde, farklı bölgelerde çok farklı değerlere sahip olabilmektedirler. Farklı koordinatlarda akıntı hız ve yönleri arasında farklılıklar olduğu gibi, aynı koordinatlarda su kolonu derinliği boyunca da büyük değişimler gözlenmektedir. Dinamik deniz ortamı içerisinde herhangi bir noktadaki akıntı hızı ve yönü ancak hidrodinamik modellerin kullanımı ile tahmin edilebilmektedir.

Bilgisayar kullanımıyla gerçekleştirilen modelleme çalışmaları, ileri matematik yöntemlerle hidrodinamik esaslara dayanmaktadır. Tez çalışmasında, 2000 yılında Prof. Dr. Lale Balas ve Prof. Dr. Erdal Özhan tarafından oluşturulmuş ve ilerleyen yıllarda yapılan çalışmalarla geliştirilmiş olan HIDROTAM3 isimli sayısal model kullanılmıştır. HIDROTAM3, hidrodinamik, taşınım ve türbülans alt modellerini içeren, üç boyutlu bir baroklinik sayısal modeldir.

Deniz deşarjlarında tutsaklanmanın yaşanmadığı hallerde yüzey akıntılarının, tutsaklanma görülen hallerde ise tutsaklanma derinliği belirlenerek bu derinliklerdeki akıntıların hız ve yönleri hesaplanmakta, bu sayede kirlilik bulutunun hareket ve seyrelme hesapları yapılabilmektedir.

Ülkemizin oldukça uzun bir kıyı şeridi bulunmaktadır ve genellikle kıyı yerleşim bölgelerinde oluşan atıksuların kısmen veya ileri seviyede arıtılarak deniz ortamına verilmesi yönünde güçlü bir eğilim vardır. 107Y184 nolu TÜBİTAK 1001 projesinden elde edilecek sonuçlarla, atıksu deniz deşarjı sistemleri için önemli tasarım parametrelerine karar verebilmesi açısından, proje mühendislerinin seyrelme mekanizmasını daha iyi anlaması sağlanacaktır.

Turizm sektörünün büyük bir gelir ve istihdam kaynağı olduğu ülkemizde deniz suyunun yüksek kalitede tutulması, yerel ve yabancı turistlerin ilgisini çeken en önemli faktörlerden biridir. Antalya Deniz Deşarjı çevresinde bakteri konsantrasyonu değerlerinin hesaplanması turizm açısından da büyük bir öneme sahiptir. Çünkü bölgedeki rekreasyonel faaliyetler sadece kıyı bölgesinde değil, kıyıdan açığındaki noktalarda da gerçekleştirilmektedir. Gezinti tekneleri ile yüzmeye ve çevreyi göstermek amaçlı olarak Antalya Körfezi'nde günlük geziler düzenlenmektedir. Bu gezinti teknelerinin pek çoğu deniz deşarjı çevresinde dolaşmakta ve deniz deşarjı noktasının çok yakınında bulunan Fare Adası gibi noktalarda turistlerin yüzmesi için uzun molalar vermektedir. 107Y184 nolu TÜBİTAK 1001 projesinin sonuçları, yüzmeye ve diğer rekreasyonel faaliyetler açısından, hangi bölgelerin elverişli olduğunu da gösterecektir.

Evsel kaynaklı atıksular içinde organik maddeler, azot ve fosfor, koliform bakteriler, askıda katı madde, yağ ve gres sayılabilir. Koliform bakteriler hariç diğer kirleticiler çoğu zaman deniz ortamındaki seyrelme sonucu deniz suyu kalitesi için izin verilen standart değerlerin altına inebilmektedir. Bu sebeple, deniz deşarjları tasarımında, rekreasyonel faaliyetler düşünüldüğünde, deniz kıyısı gibi belirlenen hedef noktalardaki bakteri konsantrasyonları için kontroller yapılmaktadır.

2. LİTERATÜR

Belirli bir derinlikten deşarj edilen atık su, deşarj deliğinden çıkarken sahip olduğu momentumun ve deniz suyu ile arasındaki yoğunluk farkının etkisiyle alıcı ortam içerisinde yükselmeye başlar. Bu yükselme sırasında deniz suyu ile karışan atık su, difüzör iğnesinden çıkarken sahip olduğu jet hızından kaynaklı türbülansın etkisiyle seyrelmeye başlar. Buna birinci seyrelme denilmektedir.

Birinci seyrelmeden sonra su yüzeyine ulaşan yada belirli bir derinlikte tutsaklanan atık su, akıntı etkisi ile, akıntı yönünde ve akıntı hızına bağlı olarak hareket eder. Bu hareket sırasında atık su tarlasının dış kenarı türbülanslı karışım nedeniyle deniz suyuna biner ve atık su tarlası seyreterek dışarıya doğru yayılır. Bu süreçte meydana gelen seyrelme ikinci seyrelme olarak tarif edilir.

Kirleticilerin ayrışması ve bakterilerin ölmesinden ileri gelen seyrelmeye ise üçüncü seyrelme adı verilmektedir.

Bir deniz deşarjı sisteminden beklenen en önemli işlev, seyrelme yoluyla o bölgedeki kıyı kesiminin kullanma amacına ve atık suyun niteliğine bağlı olarak saptanan sınır değerlerin altına düşürülmesidir [Akyarlı, 1991].

K. Cederwall, alıcı deniz ortamında yoğunluğa bağlı tabakalaşma bulunmayan durumlarda deniz yüzeyine kadar çıkan atık suyun uğradığı birinci seyrelmeyi tahmin etmek için çalışmalar yapmıştır [Cederwall, 1968]. Bu çalışmalarda elde edilen denklemler ülkemizde halen deniz deşarjlarında birinci seyrelme değerini tahmin etmede kullanılmaktadır.

Cederwall'ın birinci seyrelme tahmini için geliştirdiği denklemler, bazı düzenlemelerle, yoğunluk katmanlı alıcı ortamın bulunduğu deşarj sistemlerinde de kullanılabilir. Bunun için bilgisayar yardımıyla, her katman için ayrı ayrı boyutsuz yoğunluksal Froude sayısının hesaplanması ve her katmanda karışımın

yoğunluğu hesaplanarak tutsaklanma olup olmadığı kontrol edilmesi gerekmektedir [DANIDA ve WHO, 1978].

Roberts ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada atık su bulutunun yüzeye ulaştığı durumlarda seyrelmelerin yüksek olduğu ve 600 ile 5400 değerleri arasında değişerek ortalama 1350 değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Atık su bulutunun yüzeye ulaşmayarak deniz tabanından belli bir yükseklikte tutsaklanması durumunda ortalama seyrelme değerinin 630 olduğu belirtilmiştir. Seyrelme değerlerindeki farklılığın, mevsimsel değişimlerde atık suyun alıcı ortamda davranış çeşitliliklerinden kaynaklandığı belirtilmiştir [Roberts, 1999].

Shankar ve arkadaşları, üç boyutlu hidrodinamik çalkantı için sonlu farklar yöntemini kullanan bir model geliştirmişlerdir. Geliştirilen model dört durum için test edilmiştir: Rüzgar kaynaklı akıntılar, yoğunluk kaynaklı akıntılar, su alanlarındaki basınç değişikliklerinden kaynaklanan dalgalanmalar, açık kanallardaki gel-git kaynaklı çalkantılar. Çalışmada, modelden elde edilen sonuçlarla bu dört durumun idealize edildiği analitik çözüm sonuçları kıyaslanmıştır [Shankar ve ark., 1997].

Langenber, Kuzey Denizindeki temiz su alanlarının rüzgar ve yoğunluk kaynaklı akıntılarla etkileşimini incelemiştir. Çalışmada Kuzey denizinin üç boyutlu baroklinik çalkantı modelini kullanmıştır. Baroklinik model sonuçlarını tuzluluk ve sıcaklık değerlerini aynı büyüklükte bir çözüm ağı kullanan barotropik modelle ve daha az sayıda nokta içeren çözüm ağı kullanan bir başka modelle kıyaslamıştır. Çalışmada rüzgar etkileşimlerinin incelenmesi için saha ölçümleri kullanılmıştır. Yoğunluk değişiminin yüzey akıntılarında belirgin bir artışa neden olduğu ancak derinlik boyunca deniz suyu ısısının azalmasıyla akıntıların gücünü yitirdiği gözlenmiştir [Langenber, 1997].

Gross ve arkadaşları, üç boyutlu bir hidrodinamik modeli, taşınım ve iki denklemlilikli türbülans modeli ekleyerek geliştirmişlerdir. Elde edilen model San Francisco Körfezindeki tuzluluk değişimini modellemek için uygulanmıştır. 64 günlük zaman

periyotlu çalışmada az miktardaki temiz su girişi dikkate alınmıştır. Bu zaman süresince gözlemlenen tuzluluk değerleri modelle benzeştirilmiştir. Model çalışmaları ile uzun dönemde tabakalanmanın ve basınç değişikliklerinin önemi araştırılmıştır. Yoğunluk kaynaklı akıntıların ve yoğunluk tabakalanmasının taşınım üzerinde önemli etkileri olduğu görülmüştür [Gross ve ark., 1999].

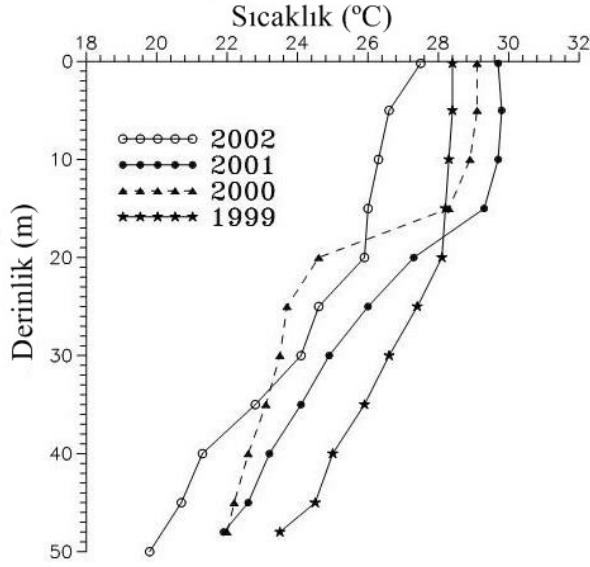
Carvalho ve arkadaşları, atıksuya boya karıştırılarak saha ölçümleri yapmıştır. Ölçümler sonucunda kirletici bulutunun yoğunluk tabakalaşmasından önemli ölçüde etkilenecek belli bir derinlikte tutsaklandığı ve bu durumda seyrelmenin düşük değerlere sahip olduğu saptanmıştır. Tabakalaşmanın olmadığı durumda bulutun deniz yüzeyine ulaştığı ve seyrelme değerinin arttığı saptanmaktadır [Carvalho ve ark., 2002].

Tez yöneticisi Prof. Dr. Lale Balas'ın, üç boyutlu hidrodinamik ve kirletici taşınımı modellemesi alanında yayınlanmış çok sayıda bilimsel çalışması vardır. Yayınlanmış çalışmalar, tabakalaşmış kıyı su sistemleri ve kapalı su sistemlerine örnek olan Göksu Lagünü, Marmaris ve Fethiye Körfezleri'nde uygulanmıştır. Arazi ölçümleri ile elde edilen akıntı hızları ile modelden tahmin edilen sonuçlar arasında büyük benzerlikler elde edilmiştir [Balas ve ark., 2000, 2001a, 2001b, 2002, 2003, 2006a, 2006b].

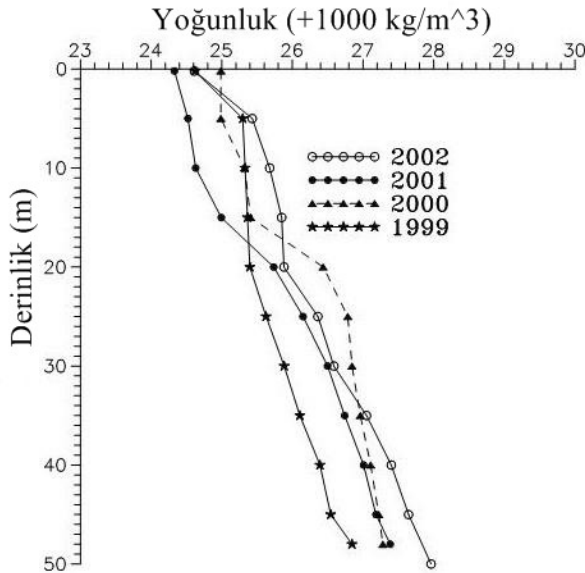
Antalya Deniz Deşarj Sistemiyle ilgili olarak da önceki yıllarda bazı çalışmalar yapılmıştır. Antalya deniz deşarjı çevresindeki su kalite izleme çalışmalarına, Akdeniz Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü tarafından Kasım 1998'de başlanmıştır. Ancak Dünya Bankası, Avrupa Yatırım Bankası ve Antalya Büyükşehir Belediyesi tarafından desteklen bu çalışmalar dört yıl sonunda finansal desteğin bitmesiyle sona ermiştir [Muhammetoğlu ve ark., 2003].

Deniz ortamındaki yoğunluk profili, sıcaklık ve tuzluluk ölçümlerinin kullanılması ile hesaplanır. Şekil 2.1'de deniz suyu kalitesi izleme programı süresinde, deniz deşarj noktasının yakınında bulunan bir istasyonda Temmuz ayında derinlik boyunca

yapılan sıcaklık ölçüm sonuçları ve şekil 2.2’de bu ölçüm sonuçları kullanılarak derinlik boyunca hesaplanan yoğunluk değerleri verilmektedir.

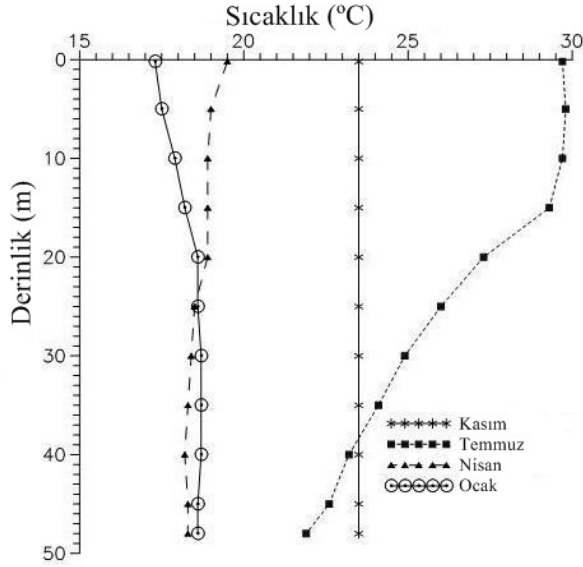


Şekil 2.1. Deşarj noktasının yakınında 1999, 2000, 2001 ve 2002 yılları temmuz ayında yapılan sıcaklık ölçümlerinin sonuçları [Muhammetoğlu ve ark., 2003]

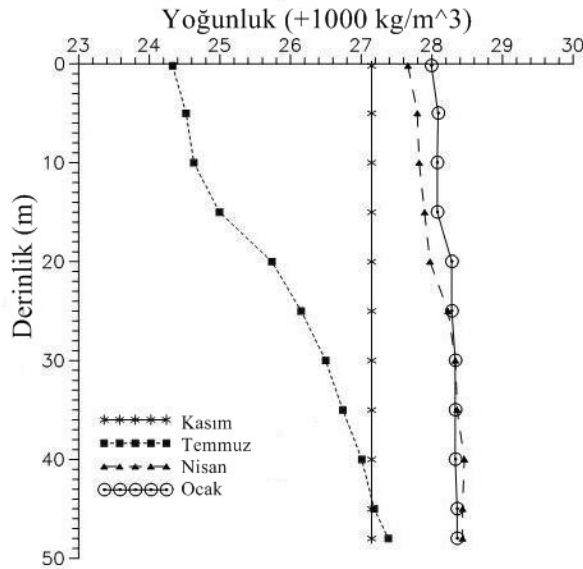


Şekil 2.2. Deşarj noktasının yakınında 1999, 2000, 2001 ve 2002 yılları temmuz ayında yapılan deniz suyu yoğunluğu hesaplamalarının sonuçları [Muhammetoğlu ve ark., 2003]

Şekil 2.3 ve şekil 2.4’de, aynı istasyonda, 2001 yılının farklı aylarında derinlik boyunca yapılmış olan sıcaklık ölçümü ve yoğunluk hesaplaması çalışmalarının sonuçları verilmiştir.



Şekil 2.3. Deşarj noktasının yakınlarında 2001 yılı Ocak, Nisan, Temmuz ve Kasım aylarında derinlik boyunca yapılan sıcaklık ölçümlerinin sonuçları [Muhammetoğlu ve ark., 2003]



Şekil 2.4. Deşarj noktasının yakınlarında 2001 yılı Ocak, Nisan, Temmuz ve Kasım aylarında derinlik boyunca yapılan deniz suyu yoğunluğu hesaplamalarının sonuçları [Muhammetoğlu ve ark., 2003]

Şekilde de görüldüğü gibi, yapılan çalışmalarda, Antalya Körfezi'nde özellikle yaz mevsiminde denizde güçlü bir tabakalaşma oluşurken, diğer mevsimlerde tabakalaşmanın azaldığı ve bazı dönemlerde homojen bir hal aldığı belirlenmiştir.

3. ANTALYA DERİN DEŞARJ SİSTEMİNİN TANITIMI

Tezin bir parçası olduğu TÜBİTAK destekli “Derin Deniz Deşarjı ile Bırakılan Atıksuların Alıcı Ortamda Tutsaklanması Durumunda Bakteri Konsantrasyonunun Tahminindeki Belirsizliklerin İncelenmesi” adlı projenin uygulama alanı olarak Antalya Derin Deşarj Sistemi seçilmiştir. Proje mühendislerinin, atıksu deniz deşarjı sistemleri için önemli tasarım parametrelerine karar verebilmesi açısından seyrülme mekanizmasını daha iyi anlamasını sağlayacak bu projeye uygulama alanı olarak Antalya Derin Deşarj Sisteminin seçilmesinin temel nedenleri:

- Proje için gerekli çalışmaların sürdürülebilmesi bakımından, bölgenin meteorolojik ve coğrafi açıdan uygun olması (coğrafi konumu, saha çalışmalarının dört mevsim sürdürülebilmesi, uzun dönem rüzgar datalarının bilinmesi vb.)
- Ülke turizminin kalbi Antalya’nın kıyılarında bakteri konsantrasyonlarının belirlenmesinin önemi

olarak sıralanabilir.

Antalya Körfezi, Türkiye’nin güneyinde Akdeniz kıyılarında yer almaktadır. 30-32 derece doğu meridyenleri ve 36 derece kuzey paraleli, körfezin coğrafi konumunu ifade etmektedir.

Arıtma tesisinden önce, Antalya’da atık suların tamamı sızdırmalı fosseptikler yardımı ile yeraltına verilmekteydi. Zerkemin denilen traverten yapı yıllarca verilen atıksuları özümlemekteydi. Ancak bölgede yeraltı su seviyesi çok yüksek olduğu için bu bölgelerde sızdırmalı fosseptikler ile atık su uzaklaştırılması sonucu yer altı su kaynaklarının kaybedilmesi riski her geçen gün artıyordu. 1996 yılında Antalya Büyükşehir Belediyesi tarafından, Dünya Bankası destekli olarak başlatılan “Antalya

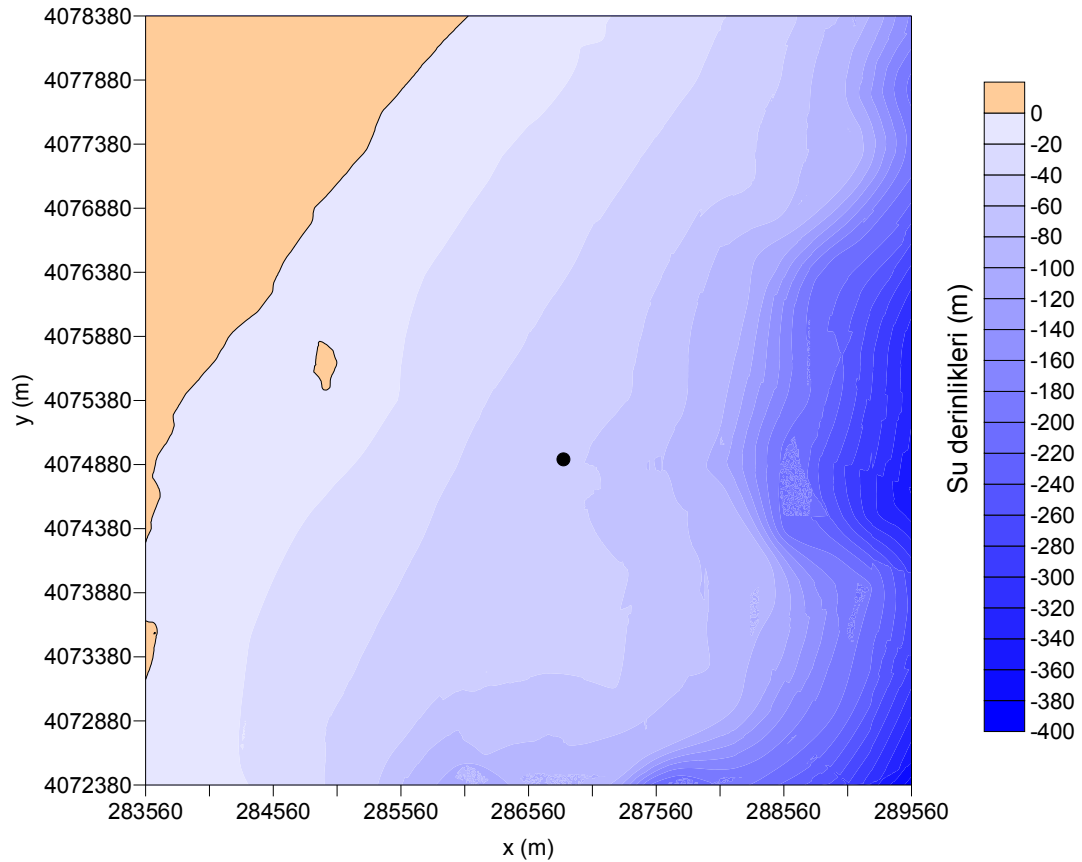
Entegre Su ve atık su Projesi” kapsamında Antalya’daki atık suların toplanması, arıtılması ve uzaklaştırılması sağlanmıştır.

Antalya atık su arıtma tesisi ön arıtma ve biyolojik arıtma sistemlerinden oluşmaktadır. Ön arıtma sistemi; kaba ızgara, ince ızgara, kum tutucu ve yağ tutucu öğelerinden oluşmaktadır. Proje aşamasında önceleri ön arıtmadan kısmen arıtılmış olarak çıkan atık suların denize deşarjı düşünülmüş, ancak özellikle azot ve fosfor gibi bitki besin maddelerinin deniz ortamında uzun vadede oluşturabilecekleri olumsuz durumlar düşünülerek bir biyolojik arıtma tesisi sisteme dahil edilmiştir.



Resim 3.1. Antalya atık su arıtma tesisinin ve deşarj yapılan bölgenin görüntüsü

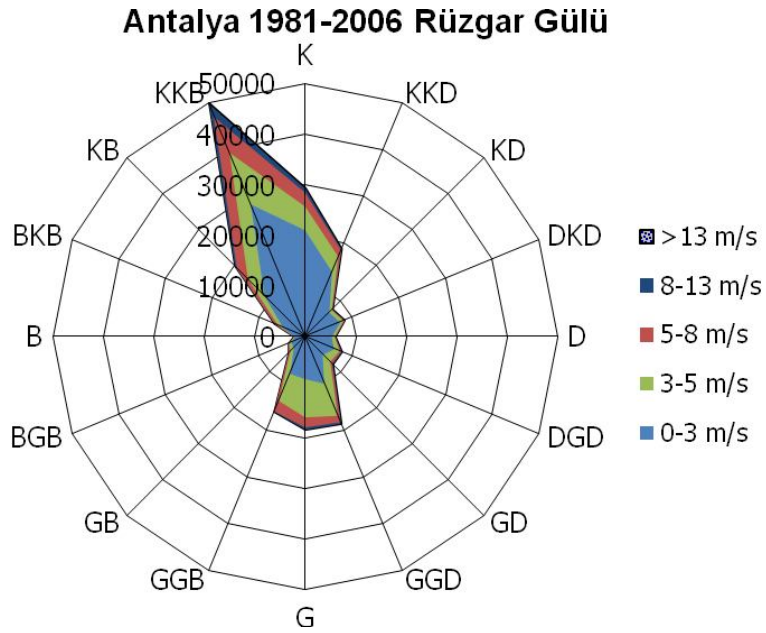
Antalya Deniz Deşarj Sisteminin yapımı 1997 yılında tamamlanmıştır. Deniz deşarjı ana borusunun deniz içindeki uzunluğu 2600 m, difüzör kesitinin uzunluğu ise 315 m'dir. Deşarj noktasındaki deniz suyu derinliği yaklaşık 48 m'dir. Kullanılan boru malzemesi yüksek yoğunluklu polietilendir (HDPE) ve ana borunun dış çapı 1600 mm, iç çapı 1478 mm'dir. Difüzör kesiti her biri 105 m uzunluğa sahip üç parçadan oluşmaktadır. Difüzör kesitinin karaya yakın en üst parçası, ana boru ile aynı çap büyüklüğü olan 1600 mm'ye sahiptir. Buna bağlantılı ikinci ve üçüncü parçalar sırası ile 1200 mm ve 800 mm çapa sahiptir. Difüzör üzerinde 120 adet port vardır ve her birinin çapı 160 mm'dir. atık suyun minimum ve maksimum deşarj debileri tasarım için sırası ile 280 lt/s ve 4040 lt/s olarak tanımlanmıştır. Maksimum ve minimum tasarım debileri arasındaki bu büyük fark; deşarj sisteminin ekonomik ömrü boyunca hesaplanan nüfus artışı ve bir turizm şehri olan Antalya'nın yaz aylarında nüfusunun birkaç misline katlanarak artmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 3.1. Akıntı ölçümü kıyasal su bölgesi UTM koordinatları ve su derinlikleri
 •: Ultrasonic akıntı ölçer ile ölçüm yapılan difüzör uç noktası

4. UYGULAMA ALANININ METEOROLOJİK ÖZELLİKLERİ

Uygulama alanı olarak seçilen Antalya Derin Deşarj Sistemi bölgesinde meteorolojik koşulların modellenebilmesi için Antalya Meteoroloji İstasyonundan 1981-2006 yılları arasındaki rüzgar verileri alınmıştır. Çizelge 4.1’de, bölgedeki 1981-2006 yılları arası rüzgar verilerine dayanarak hazırlanan, yön ve rüzgar hızına göre sınıflandırılmış, rüzgar oluşma sayıları verilmektedir. Bu veriler ile hazırlanan rüzgar gülü Şekil 4.1’de sunulmaktadır. Hakim rüzgar yönünün Kuzey Batı – Kuzey (KB-K) olduğu görülmektedir.



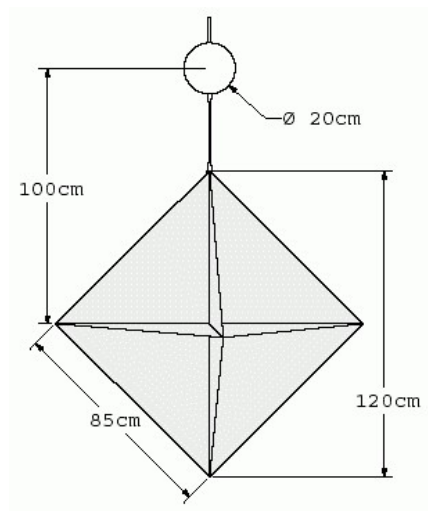
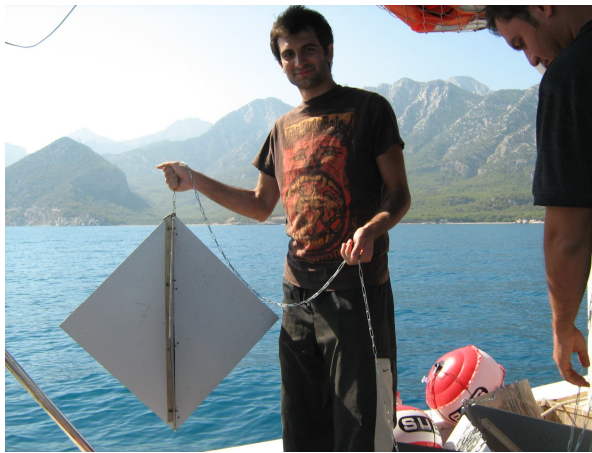
Şekil 4.1. Antalya 1981-2006 yılları arası rüzgar verilerine göre hazırlanmış rüzgar gülü

Çizelge 4.1. Antalya 1981-2006 yılları arası rüzgar verilerine göre hazırlanan, yön ve rüzgar hızına göre sınıflandırılmış, rüzgar oluşma sayıları

Rüzgar Hızı	K	KKD	KD	DKD	D	DGD	GD	GGD	G	GGB	GB	BGB	B	BKB	KB	KKB
0-1 m/s	3332	2536	1669	2244	1779	2116	1602	2371	2475	2165	1133	1074	827	1241	2116	3607
1-2 m/s	10292	6945	3719	4021	2639	2726	1912	3474	2680	2698	1309	1286	1018	2361	5895	13425
2-3 m/s	7517	4519	1462	1315	892	1432	1417	4123	3140	2996	753	579	237	1110	3453	11434
3-4 m/s	2930	2040	472	483	369	786	1375	4812	4689	3419	631	312	71	689	2701	6572
4-5 m/s	1650	1086	121	183	149	330	680	2114	2940	2429	391	161	39	428	1898	4319
5-6 m/s	1246	705	74	89	54	163	276	769	1153	1470	304	102	13	250	1410	3324
6-7 m/s	938	477	27	54	26	75	138	362	506	579	112	34	10	197	947	2667
7-8 m/s	571	214	26	17	21	61	80	195	302	151	20	12	1	151	584	1721
8-9 m/s	366	117	16	4	8	38	78	150	215	65	7	5	1	88	349	1226
9-10 m/s	242	57	10	1	4	45	50	107	135	32	6	0	0	44	188	718
10-11 m/s	139	25	1	0	2	28	34	68	66	33	3	0	0	21	107	415
11-12 m/s	61	29	4	0	1	20	27	39	34	19	2	0	0	7	49	206
12-13 m/s	26	13	3	0	0	17	13	14	15	9	0	0	0	3	15	114
>13 m/s	20	16	2	0	0	4	17	17	16	0	0	0	0	1	5	102
Toplam	29330	18779	7606	8411	5944	7841	7699	18615	18366	16065	4671	3565	2217	6591	19717	49850

5. SAHA ÇALIŞMALARI

Bölgedeki akıntı düzeninin belirlenmesi amacıyla alan çalışmalarında hem Lagrange yöntemi (akıntı ile aynı hızda sürüklenen yüzeklerin yollarını izleme) hem de Euler yöntemi (bir noktada derinlik boyunca akıntı ölçümü) kullanılmıştır. Lagrange yönteminde, akıntı yönü doğrudan, akıntı hızı ise yolun zamana göre türevi alınarak bulunmaktadır. Kıyusal akıntıların izlediği yol, akıntı ile aynı hızda sürüklendiği varsayılan yüzeklerin, Küresel Yer Belirleme Sistemi (Global Positioning System - GPS) kullanılarak izlenmesiyle saptanmıştır. Farklı derinliklerde izlenen yüzeklerin yolları boyunca akıntı hızları hesaplanmıştır. Yüzeklerin kanatlarından ikisi, akıntı yönüne yaklaşık olarak dik konum almakta ve akıntının kanatları itmesiyle, bağlı oldukları deniz yüzeyindeki şamandıra taşınmaktadır. Kanatlar ile şamandıra arasındaki bağlantının uzunluğu ayarlanarak, istenilen derinlikte akıntının ölçülmesi sağlanmaktadır. Farklı derinliklerde kullanılmak amacı ile farklı yüzekler tasarlanmıştır (85x85cm, 35x35 cm). Proje çalışmalarında kullanılan kanatlı yüzekler Resim 5.1’de gösterilmiştir. Euler yönteminde, ultrasonik akıntı ölçer (ultrasonic aquadoppler) diffüzör çıkış ağzına yakın bir noktaya (UTM koordinatları $x=286830$, $y=4074920$) yerleştirilerek derinlik boyunca akıntı hızları ölçülmüştür.



Resim 5.1. Akıntı ölçümlerinde kullanılan yüzekler

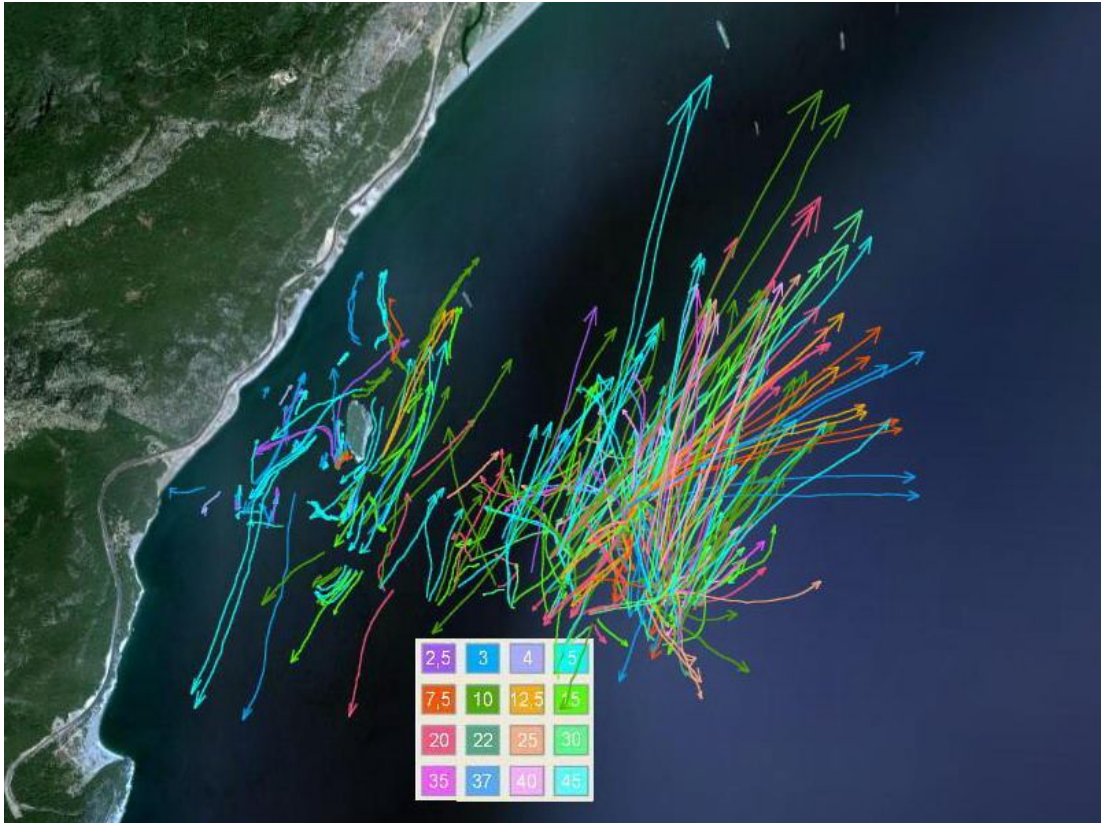


Resim 5.2. Saha çalışmalarından bir görünüm



Resim 5.3. Saha çalışmalarından bir görünüm

Proje alanında, sonbahar mevsiminde 24-28 Eylül ve 23-27 Ekim 2008, kış mevsiminde 27 Şubat - 5 Mart 2009, ilkbahar mevsiminde 27 Nisan - 1 Mayıs 2009 ve yaz mevsiminde 31 Mayıs - 4 Haziran 2009 tarihleri arasında akıntı ölçümleri yürütülmüştür. Şekil 5.1’de, tüm ölçüm dönemleri boyunca elde edilen yüzek izleri verilmektedir.

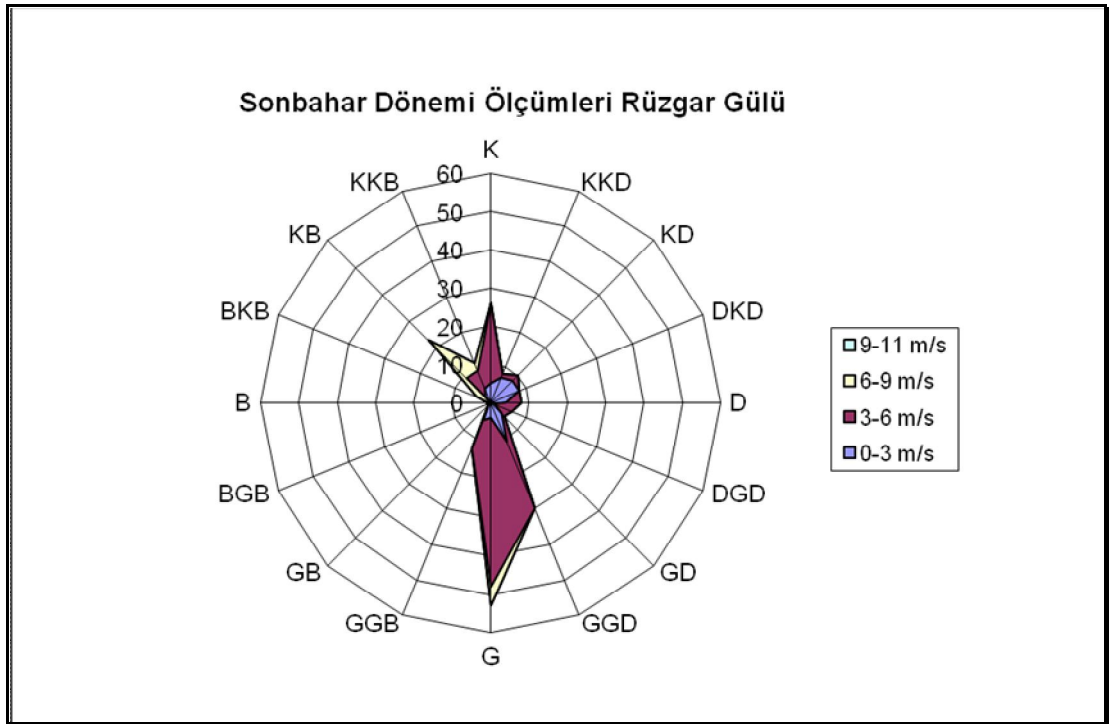


Şekil 5.1. Tüm ölçüm dönemleri boyunca elde edilen yüzek izleri (Göstergede verilen derinlikler metredir)

Mevsimsel olarak gerçekleştirilen saha çalışmalarında elde edilen verilerle birlikte meteoroloji istasyonundan alınan rüzgar verileri ilerleyen sayfalarda sunulmuştur. Her ölçüm dönemi için, öncelikle dönem boyunca ölçüm sırasında esen rüzgarlara ait rüzgar gülü ile birlikte dönem boyunca elde edilen tüm yüzek izleri verilmiştir. Sonra, her bir güne ait rüzgar histogramı ve o güne ait yüzek izleri paylaşılmıştır. Son olarak, diffüzör uç noktasına bağlanan akıntı ölçerden alınan derinlik boyunca hız dağılımları sunulmuştur. Derinliğe göre sınıflandırılmış yüzek izlerini gösteren şekillere “Ekler” bölümünde yer verilmiştir.

5.1. Sonbahar Dönemi Saha Ölçümleri

Sonbahar dönemi ölçümlerinin yapıldığı 24-29 Eylül ve 23-27 Ekim 2008 tarihlerinde ölçüm yapılan saatler arasında (07:20 – 17:20) alınmış rüzgar datalarına göre hazırlanan rüzgar gülü Şekil 5.2’de sunulmaktadır.



Şekil 5.2. Sonbahar dönemi ölçümleri rüzgar gülü

Saha ölçümlerinin sırasında rüzgarların en sık estiği yön Güney (G) yönü olup, en fazla oluşma sıklığı 3-6 m/s rüzgar hızı aralığındadır. Ölçümler sırasında en kuvvetli rüzgarların 6-9 m/s aralığında, sıklıkla Kuzey-Batı (KB) yönünden estiği görülmektedir.

Ölçümler boyunca çeşitli derinliklerde yapılan ölçümlerle elde edilen yüzek izleri Şekil 5.3’te sunulmaktadır. Yüzeklerin ortalama hızları Çizelge 5.1’de verilmiştir.

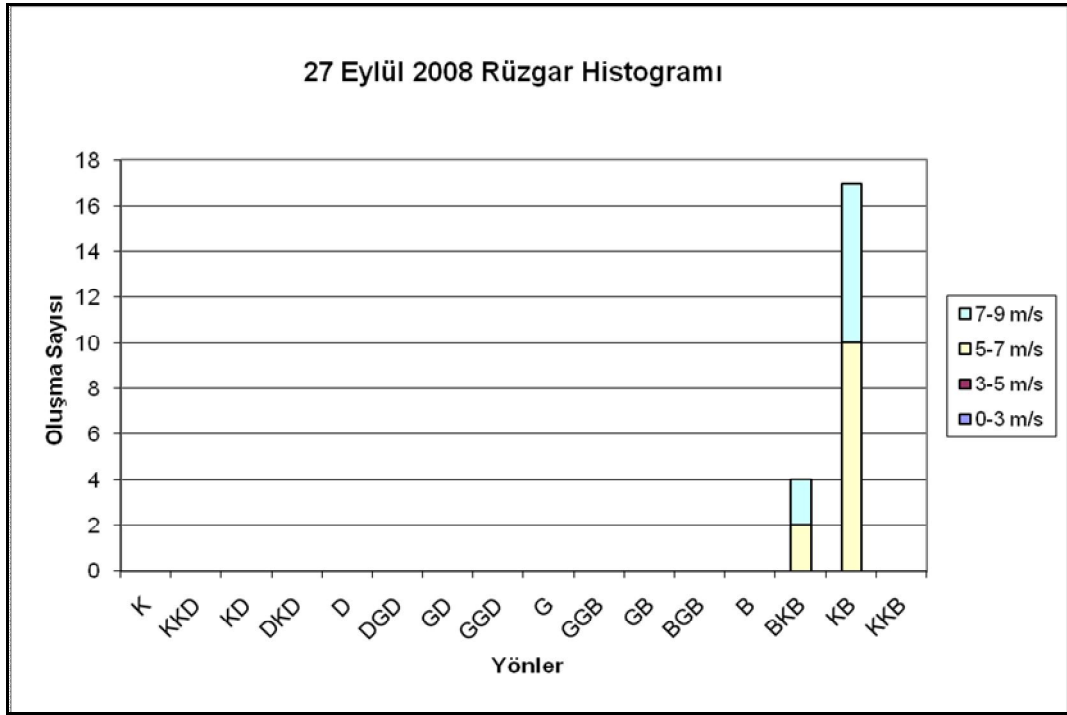


Şekil 5.3. Sonbahar dönemi ölçümleri boyunca çeşitli derinliklerde elde edilen yüzek izleri (Göstergede verilen derinlikler metredir)

Çizelge 5.1. Sonbahar dönemi ölçümlerinde çeşitli derinliklere bırakılan yüzeklerin numaraları ve ortalama hızları

Y#	Derinlik (m)	Ortalama Hız (cm/s)	Y#	Derinlik (m)	Ortalama Hız (cm/s)	Y#	Derinlik (m)	Ortalama Hız (cm/s)
A01	5	14,44	E03	5	17,97	G03	45	3,47
A02	5	17,56	E04	25	7,34	G04	45	1,03
A03	5	15,68	E05	25	12,90	G05	40	3,98
A04	5	16,20	E06	35	5,62	G06	40	4,79
A05	10	7,17	E07	4	3,33	G07	35	5,68
A06	3	14,56	E08	10	15,34	G08	35	4,94
A07	3	20,93	E09	10	17,78	H01	40	7,24
B01	25	5,39	E10	30	4,47	H02	40	6,46
B02	25	5,49	E11	3	1,74	H03	2,5	8,10
B03	12,5	18,56	E12	15	5,01	H04	5	3,07
B04	10	6,77	E13	15	13,12	H05	35	5,95
B05	10	5,04	E14	15	16,06	H06	35	6,78
B06	10	18,61	E15	40	4,84	H07	7,5	1,86
B07	25	6,07	E16	5	3,96	H08	7,5	3,61
B08	22	5,72	F01	15	17,53	H09	20	7,67
B09	12,5	17,07	F02	15	6,44	H10	45	6,63
C01	5	7,74	F03	15	12,48	H11	45	6,07
C02	5	10,44	F04	25	17,37	H12	7,5	3,12
C03	7,5	5,16	F05	5	2,12	H13	7,5	4,39
C04	5	8,63	F06	5	5,69	H14	15	3,81
C05	5	5,62	F07	35	15,90	H15	2,5	8,42
C06	10	3,56	F08	4	2,02	H16	2,5	15,95
C07	5	10,19	F09	4	9,84	H17	37	8,07
C08	5	7,51	F10	10	17,77	H18	37	7,69
C09	12,5	2,34	F11	10	4,65	H19	10	2,02
C10	5	11,15	F12	10	6,60	H20	10	4,00
C11	5	7,79	F13	30	17,12	H21	25	7,54
C12	25	4,55	F14	3	2,14	H22	5	4,14
D01	20	11,76	F15	3	10,00	H23	7,5	2,25
D02	25	12,33	F16	20	16,62	H24	45	9,76
D03	35	10,68	F17	20	7,69	H25	45	7,51
D04	30	12,88	F18	40	16,19	H26	5	4,93
D05	15	10,96	F19	5	1,69	H27	5	5,64
D06	40	11,59	F20	5	11,35	H28	10	2,49
E01	20	5,65	G01	37	5,15			
E02	20	15,77	G02	37	3,47			

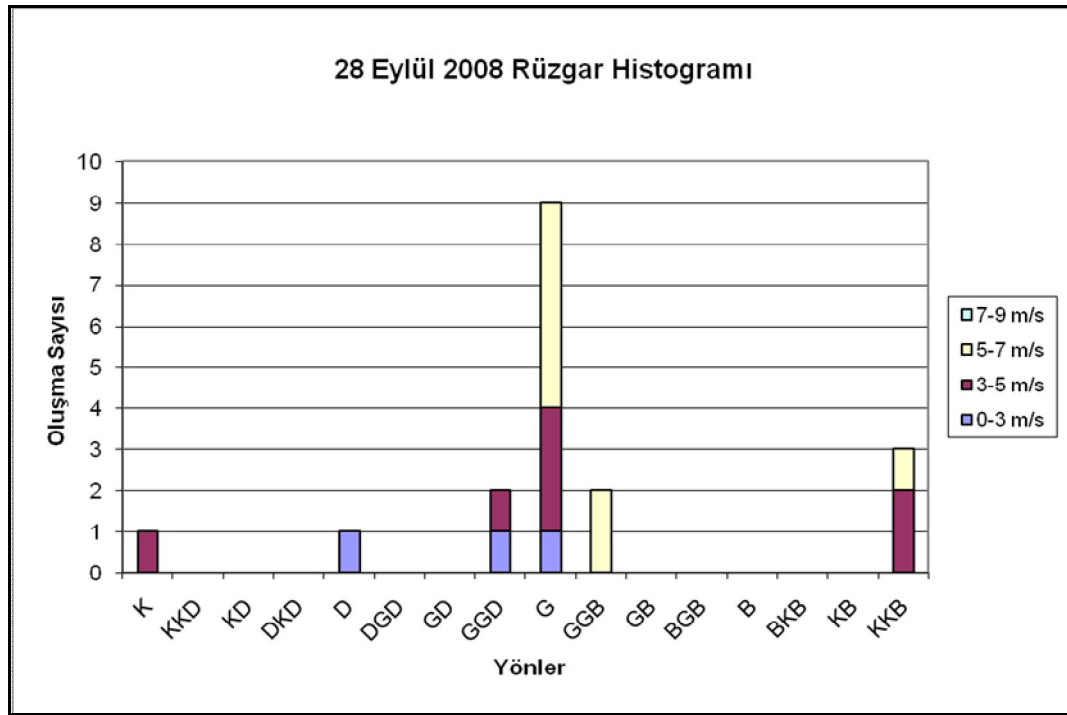
İlerleyen sayfalarda, her bir güne ait rüzgar histogramı ve o güne ait yüzek izleri verilmiştir.



Şekil 5.4. 27 Eylül 2008 rüzgar histogramı



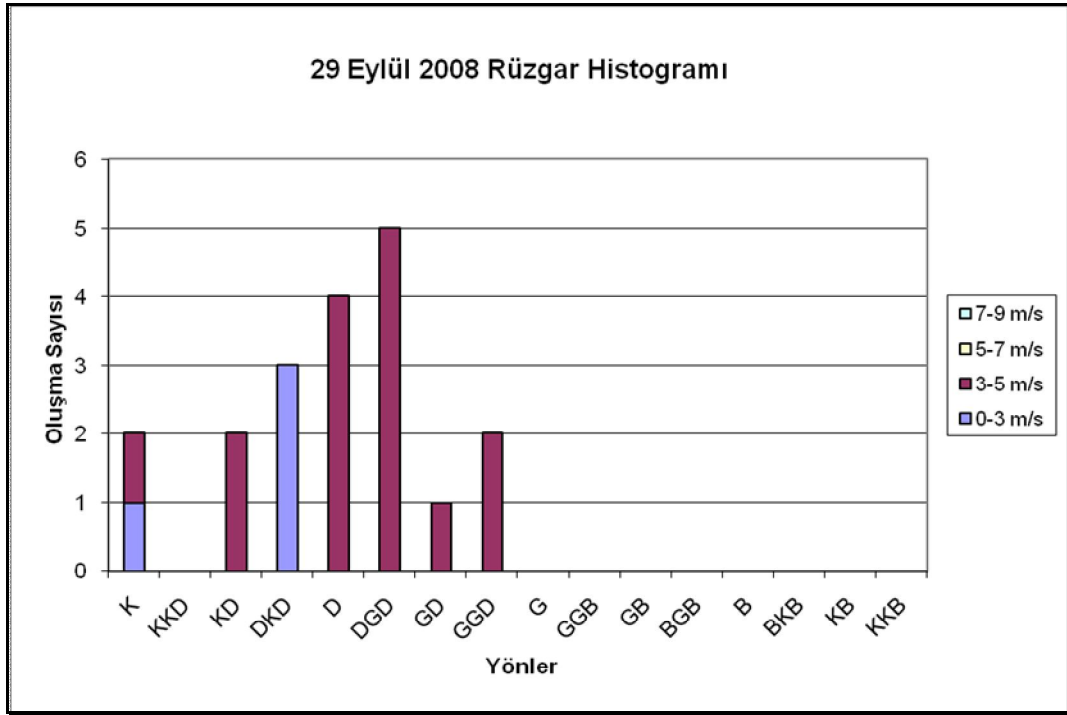
Şekil 5.5. 27 Eylül 2008 yüzük izleri



Şekil 5.6. 28 Eylül 2008 rüzgar histogramı



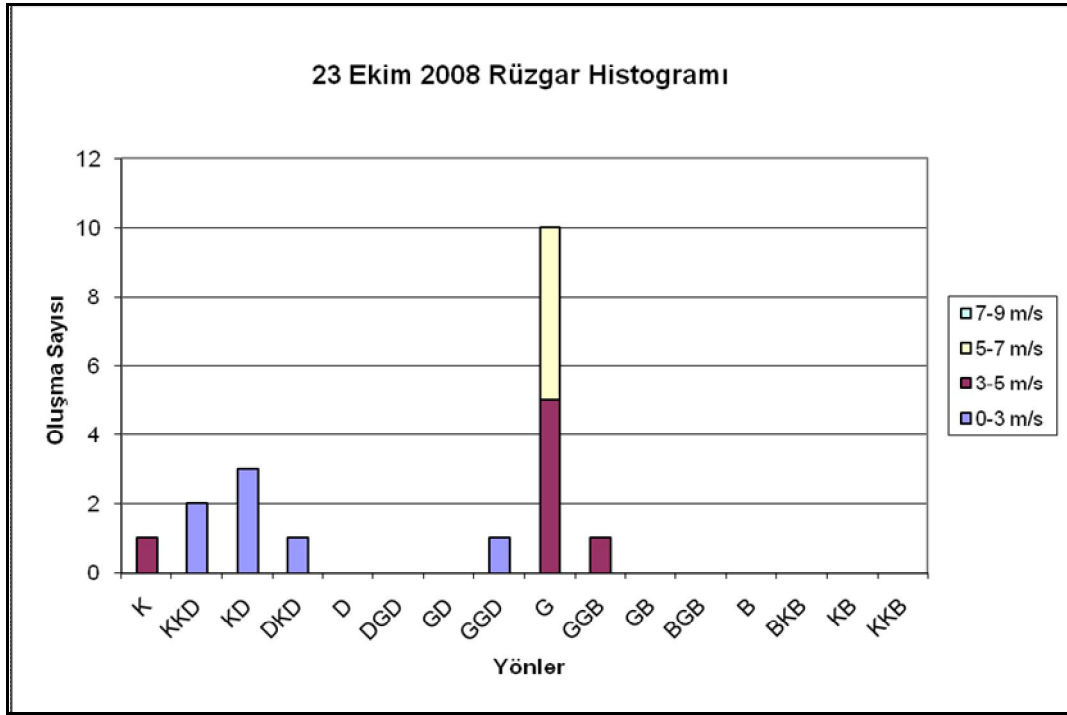
Şekil 5.7. 28 Eylül 2008 yüzek izleri



Şekil 5.8. 29 Eylül 2008 rüzgar histogramı



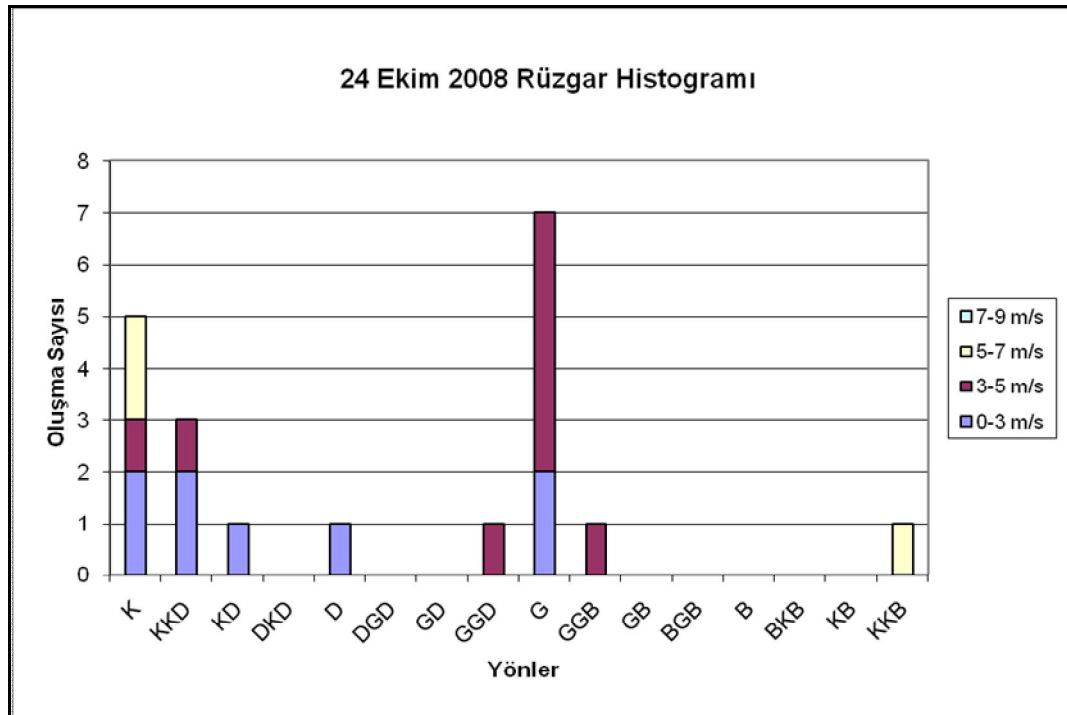
Şekil 5.9. 29 Eylül 2008 rüzgar histogramı



Şekil 5.10. 23 Ekim 2008 rüzgar histogramı



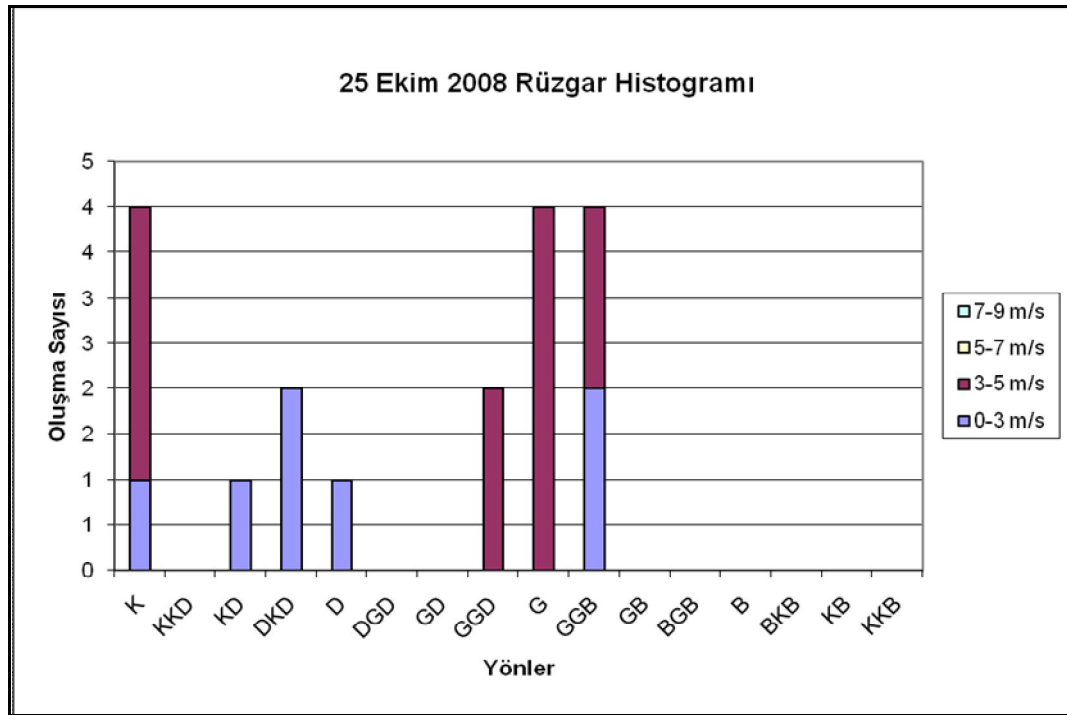
Şekil 5.11. 23 Ekim 2008 yüzük izleri



Şekil 5.12. 24 Ekim 2008 rüzgar histogramı



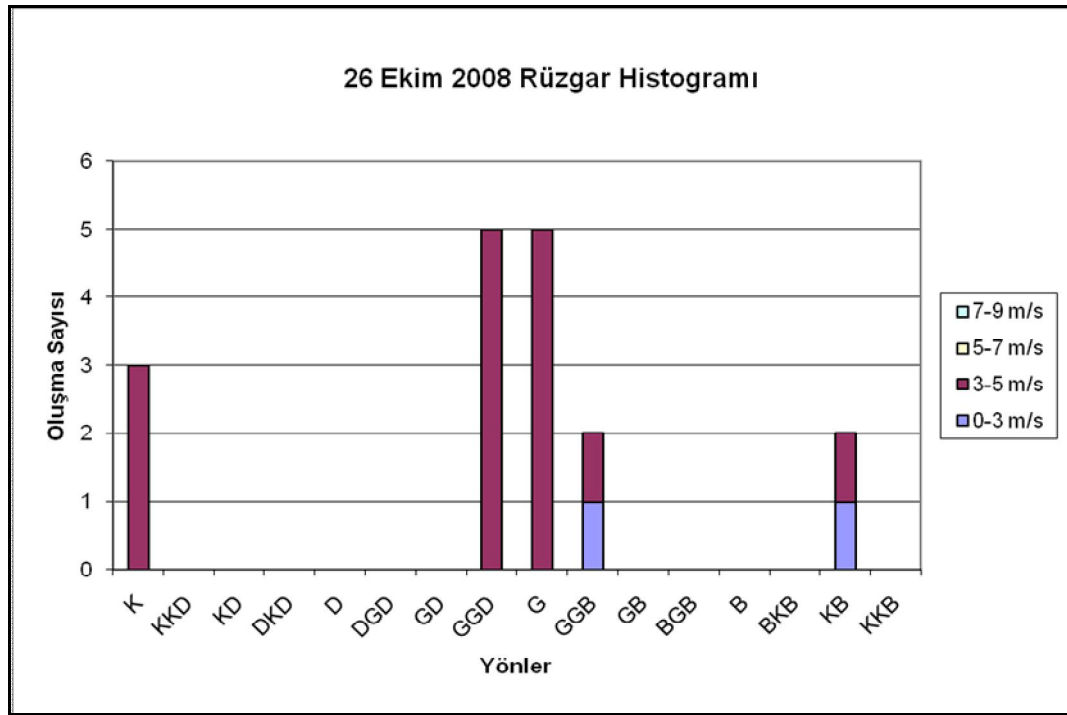
Şekil 5.13. 24 Ekim 2008 yüzük izleri



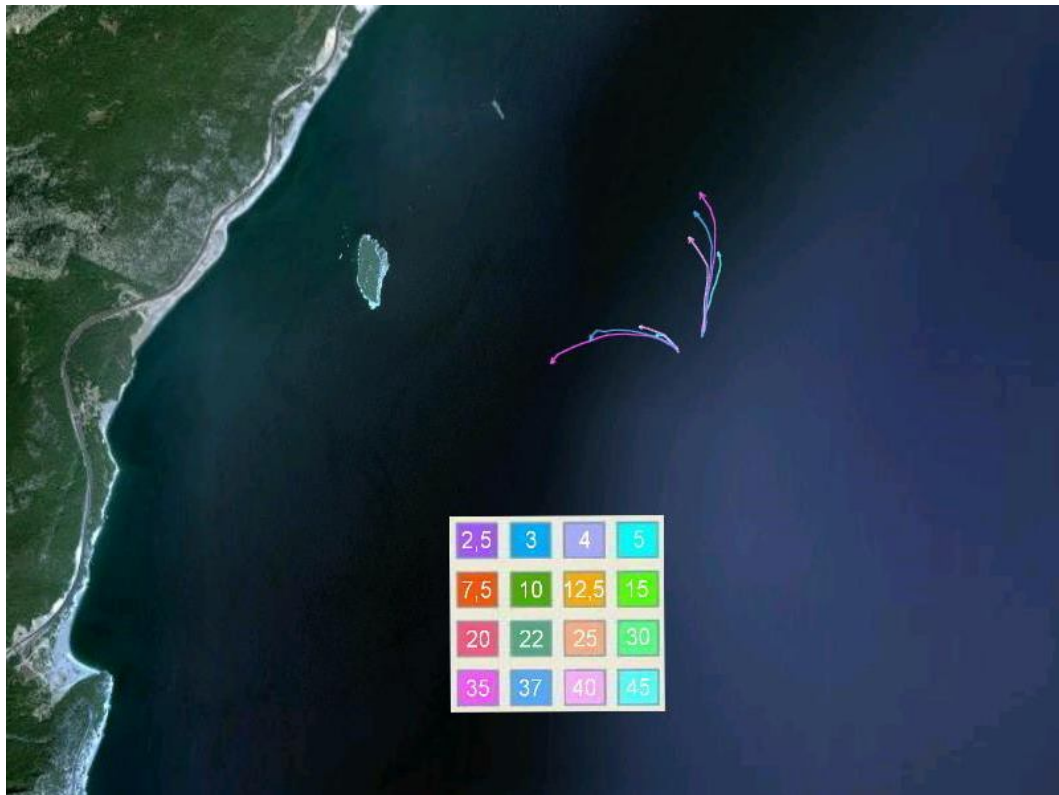
Şekil 5.14. 25 Ekim 2008 rüzgar histogramı



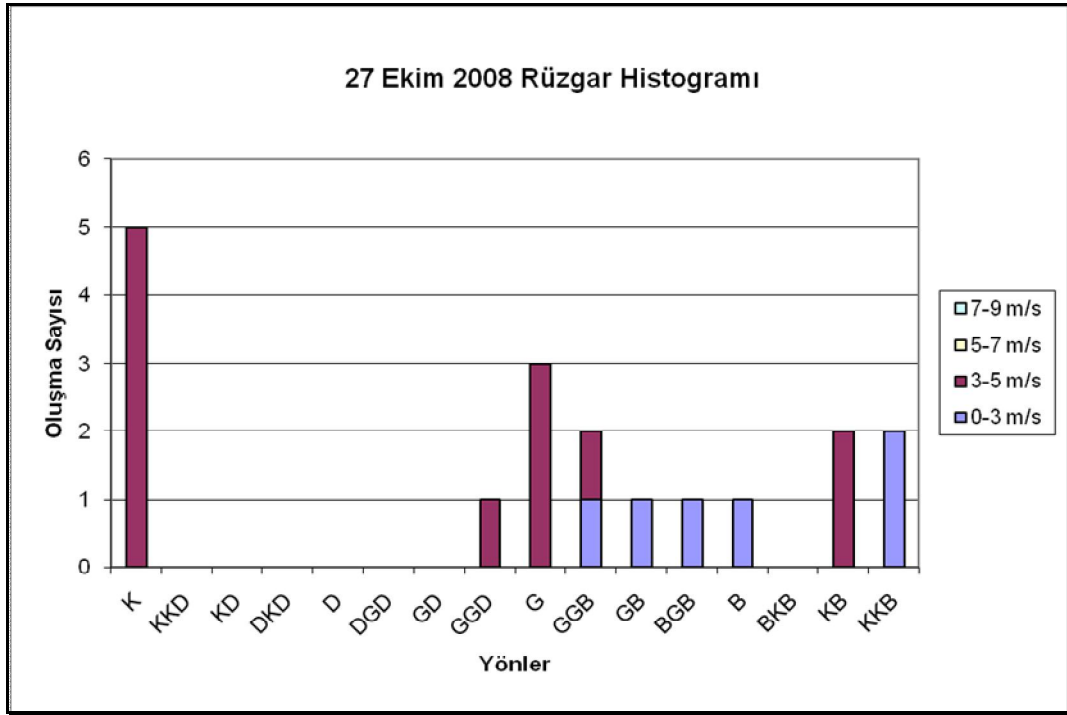
Şekil 5.15. 25 Ekim 2008 yüzük izleri



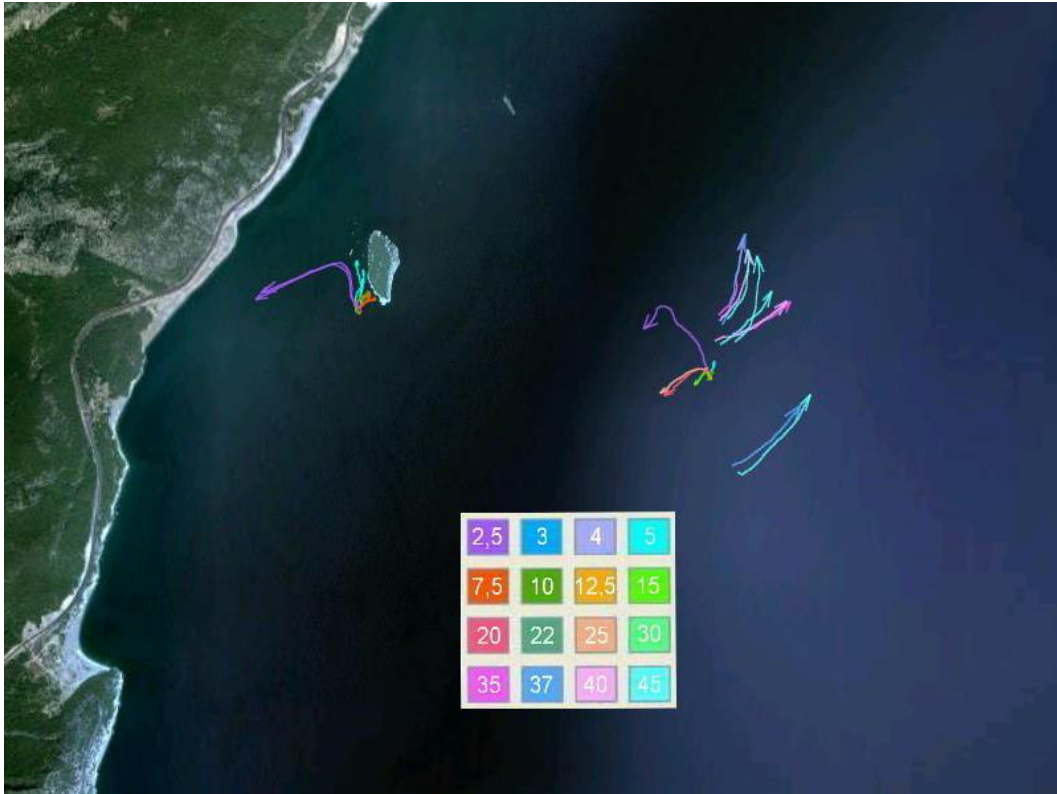
Şekil 5.16. 26 Ekim 2008 rüzgar histogramı



Şekil 5.17. 26 Ekim 2008 yüzük izleri

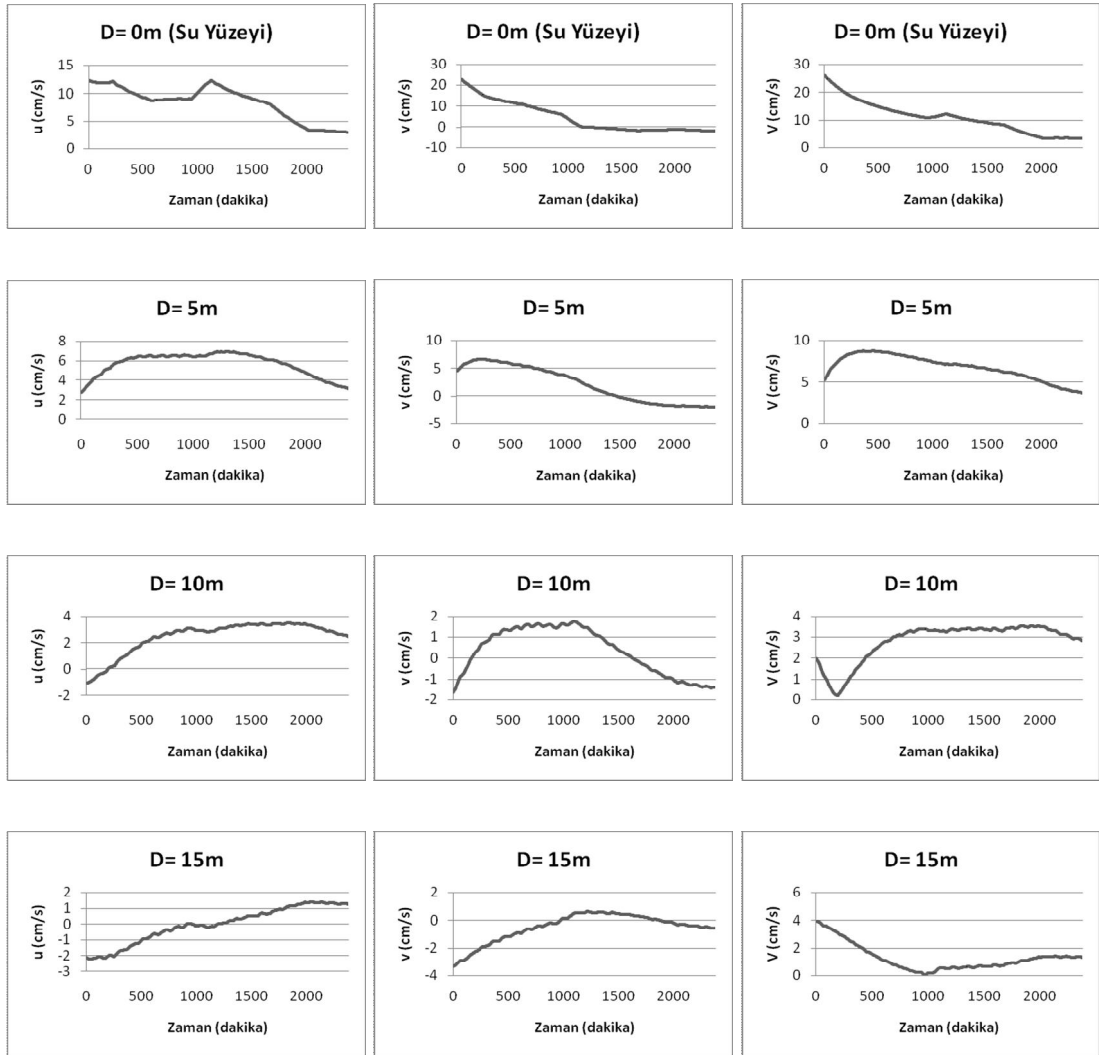


Şekil 5.18. 27 Ekim 2008 rüzgar histogramı

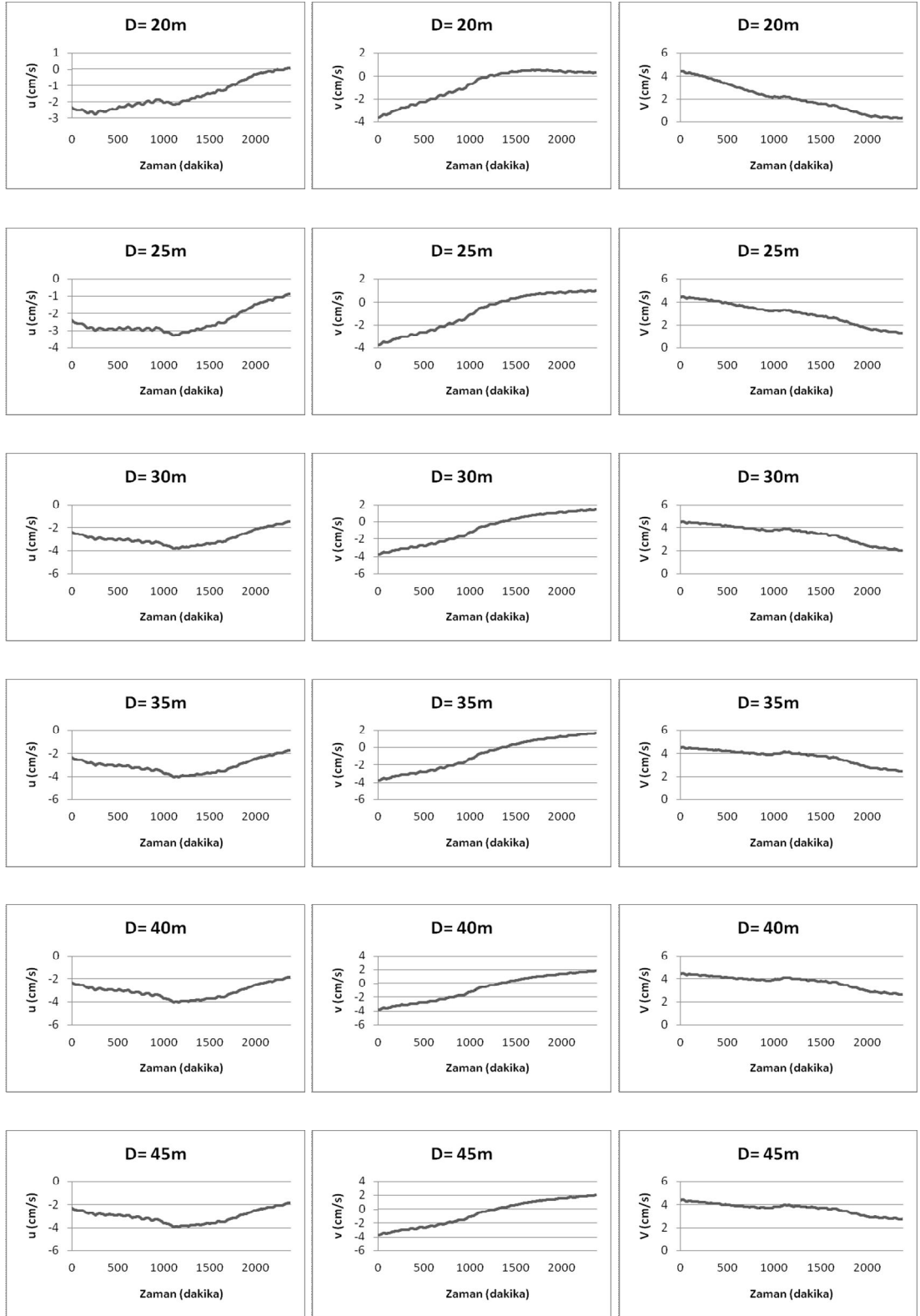


Şekil 5.19. 27 Ekim 2008 yüzük izleri

Şekil 5.20’de, difüzör uç noktasına yerleştirilen akıntıölçerden alınan hız dağılımları verilmiştir. Çizimlerde, u hız bileşeninin işaretinin pozitif (+) olması akıntı yönünün doğuya doğru, negatif (-) olması ise batıya doğru olduğunu gösterir. Aynı şekilde; v hız bileşeninin işaretinin pozitif (+) olması akıntı yönünün kuzeye doğru, negatif (-) olması ise güneye doğru olduğunu gösterir. Bileşke hızın (V) verildiği grafikler, bileşke hızın skalar değerini göstermektedir.

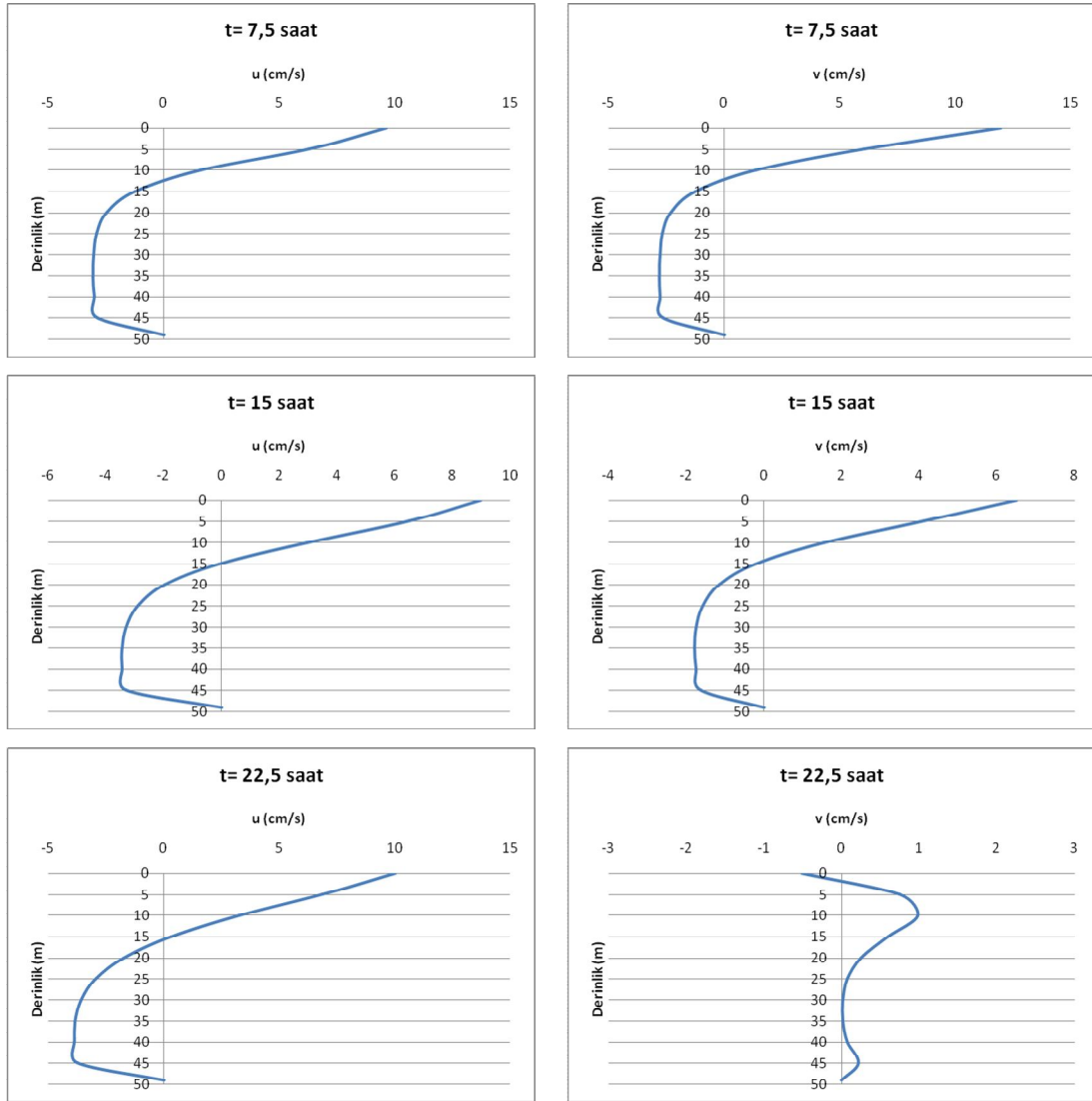


Şekil 5.20. Sonbahar dönemi ölçümlerinde difüzör uç noktasına yerleştirilen akıntıölçerden alınan hız dağılımları

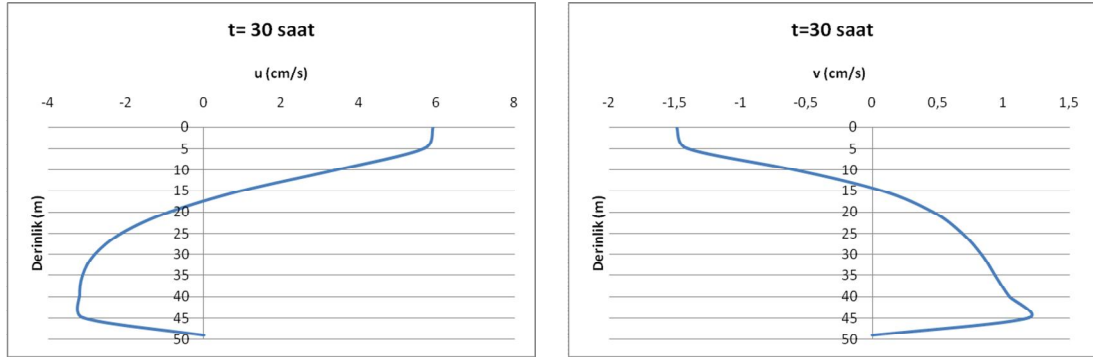


Şekil 5.20. (Devam) Sonbahar dönemi ölçümlerinde difüzör uç noktasına yerleştirilen akıntıölçerden alınan hız dağılımları

Şekil 5.21’de, difüzör uç noktasında, ölçüm başlangıcından itibaren 7,5 saat, 15 saat, 22,5 saat ve 30 saat sonraki, derinlik boyunca yatay hız bileşenleri dağılımları verilmiştir. Çizimlerde, u hız bileşeninin işaretinin pozitif (+) olması akıntı yönünün doğuya doğru, negatif (-) olması ise batıya doğru olduğunu gösterir. Aynı şekilde; v hız bileşeninin işaretinin pozitif (+) olması akıntı yönünün kuzeye doğru, negatif (-) olması ise güneye doğru olduğunu gösterir.



Şekil 5.21. Sonbahar dönemi ölçümlerinde, difüzör uç noktasında, ölçüm başlangıcından itibaren 7,5 saat, 15 saat, 22,5 saat ve 30 saat sonraki, derinlik boyunca yatay hız bileşenleri dağılımları

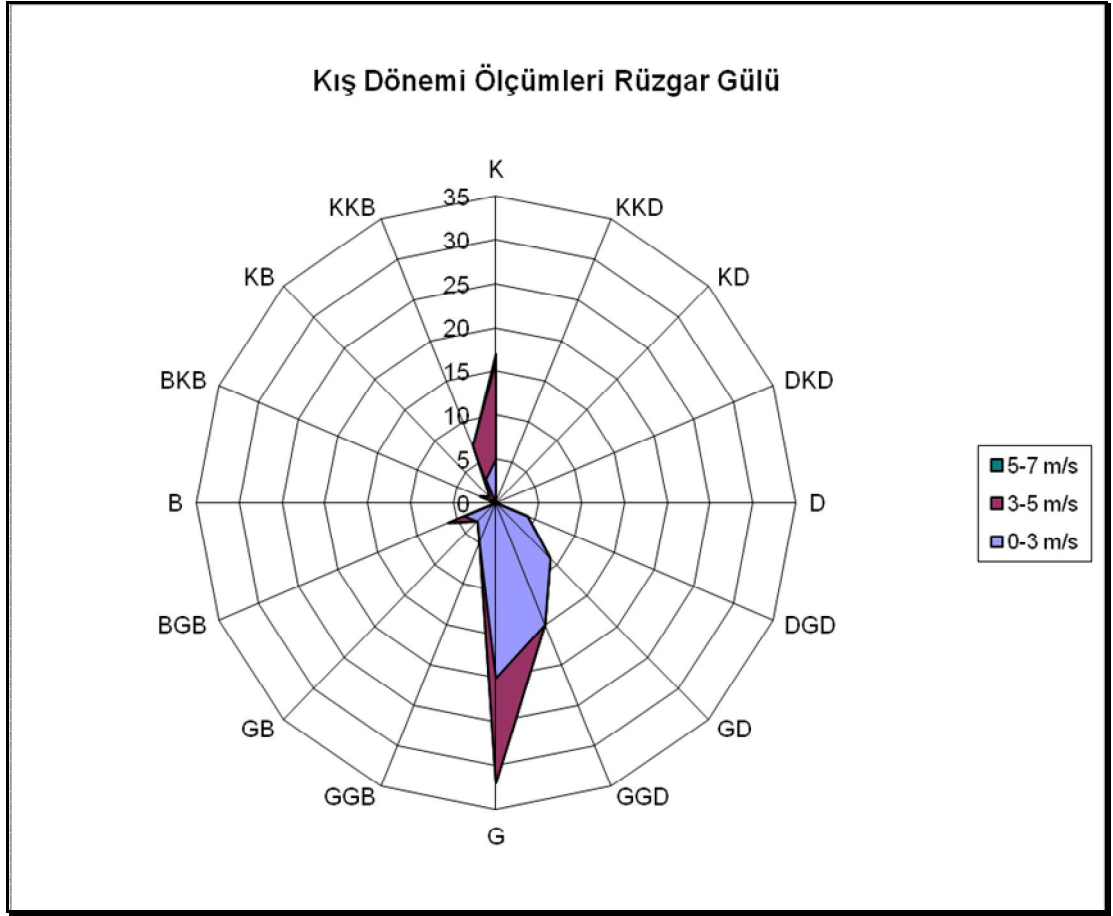


Şekil 5.21. (Devam) Sonbahar dönemi ölçümlerinde, difüzör uç noktasında, ölçüm başlangıcından itibaren 7,5 saat, 15 saat, 22,5 saat ve 30 saat sonraki, derinlik boyunca yatay hız bileşenleri dağılımları

Sonbahar ölçümleri sırasında rüzgarların en sık estiği yön Güney (G) yönü olup, en fazla oluşma sıklığı 3-6 m/s rüzgar hızı aralığındadır. Ölçümler sırasında en kuvvetli rüzgarların 6-9 m/s aralığında, sıklıkla Kuzey-Batı (KB) yönünden estiği görülmüştür. Difüzörün bulunduğu su derinliklerinde akıntıların yüzeyde Güneyden Kuzeye doğru olduğu, derinlere inildikçe akıntı yönünün Güneye döndüğü görülmektedir. Adanın etrafında açık denizden karaya doğru ilerleyen akıntılar, kuzeydoğu ve güneybatı yönlerinde ikiye ayrılmaktadır. Adanın doğusunda akıntılar kuzeydoğu yönünde, adanın batısında ise akıntılar güneybatı yönünde ilerlemektedir. Ada ile kara arasında bir çevrinti bölgesi oluşmaktadır. Adanın etrafında, yaklaşık olarak yüzeyde 21 cm/s akıntı hızlarından, tabanda 2 cm/s akıntı hızlarına azalma olduğu görülmüştür.

5.2. Kış Dönemi Saha Ölçümleri

Kış dönemi ölçümlerinin yapıldığı 27 Şubat – 5 Mart 2009 tarihlerinde ölçüm yapılan saatlerde alınmış rüzgar datalarına göre hazırlanan rüzgar gülü Şekil 5.22’de sunulmaktadır.



Şekil 5.22. Kış dönemi ölçümleri rüzgar gülü

Sahada kış ölçümleri sırasında rüzgarların en sık estiği yön Güney Doğu (GD)-Güney (G) yön aralığı olup, en fazla oluşma sıklığı 3 m/s'den yavaş rüzgarda görülmektedir. Ölçümler sırasında en kuvvetli rüzgarların 7 m/s hızıyla Kuzey (K) yönünden estiği görülmektedir.

Ölçümler boyunca çeşitli derinliklerde yapılan ölçümlerle elde edilen yüzek izleri Şekil 5.23'te sunulmaktadır. Yüzeklerin ortalama hızları Çizelge 5.2'de verilmiştir.

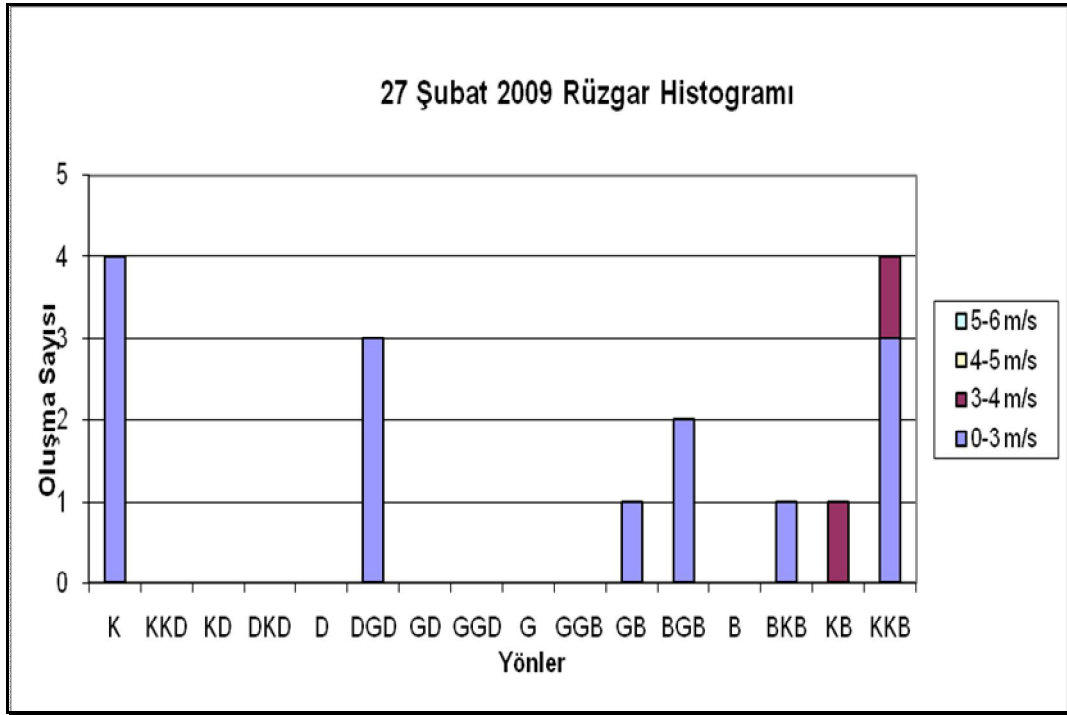


Şekil 5.23. Kış dönemi ölçümleri boyunca çeşitli derinliklerde elde edilen yüzek izleri (Göstergede verilen derinlikler metredir)

Çizelge 5.2. Kış dönemi ölçümlerinde çeşitli derinliklere bırakılan yüzeklerin numaraları ve ortalama hızları

Y#	Derinlik (m)	Ortalama Hız (cm/s)	Y#	Derinlik (m)	Ortalama Hız (cm/s)	Y#	Derinlik (m)	Ortalama Hız (cm/s)
I01	7,5	7,15	K07	7,5	15,95	M13	10	4,56
I02	3	8,28	K08	20	13,89	M14	5	5,37
I03	12,5	10,39	K09	12,5	25,61	M15	5	5,86
I04	7,5	7,22	K10	20	15,40	M16	15	5,39
I05	12,5	9,61	K11	7,5	17,54	M17	15	4,05
I06	20	13,23	K12	3	17,00	M18	10	6,83
I07	3	9,30	K13	3	19,15	M19	10	7,72
I08	20	12,97	K14	12,5	16,43	M20	5	4,11
I09	7,5	5,62	K15	7,5	16,29	M21	10	5,14
I10	3	6,62	K16	20	15,80	M22	5	3,78
I11	12,5	8,41	L01	20	13,64	M23	5	3,73
I12	7,5	5,65	L02	10	18,48	M24	15	4,59
I13	12,5	7,95	L03	30	13,42	N01	15	1,96
I14	20	10,44	L04	5	19,45	N02	10	4,31
I15	3	6,85	L05	10	19,28	N03	10	2,85
I16	20	10,21	L06	5	19,10	N04	5	0,70
J01	20	3,16	L07	20	13,91	N05	10	2,47
J02	20	2,46	L08	30	13,15	N06	5	1,49
J03	12,5	2,40	L09	20	22,15	N07	5	1,11
J04	12,5	2,49	L10	10	27,06	N08	15	2,30
J05	7,5	8,17	L11	30	23,10	N09	15	3,95
J06	3	8,77	L12	5	25,41	N10	10	2,14
J07	3	7,94	L13	10	26,69	N11	10	2,75
J08	7,5	7,21	L14	5	24,10	N12	5	3,40
J09	20	2,30	L15	20	22,68	N13	10	3,09
J10	20	4,57	L16	30	21,73	N14	5	3,56
J11	12,5	3,02	M01	20	8,26	N15	5	4,01
J12	12,5	4,70	M02	10	9,63	N16	15	3,95
J13	7,5	7,20	M03	30	6,08	N17	3	5,76
J14	3	9,72	M04	5	8,75	N18	10	3,32
J15	3	7,20	M05	10	8,87	N19	7,5	5,56
J16	7,5	6,28	M06	5	8,51	N20	5	3,50
K01	12,5	14,29	M07	20	8,19	N21	10	2,69
K02	20	14,09	M08	30	5,96	N22	5	3,48
K03	7,5	15,72	M09	15	5,56	N23	7,5	3,56
K04	3	16,41	M10	10	4,80	N24	3	4,76
K05	3	16,14	M11	10	5,02			
K06	12,5	14,44	M12	5	4,76			

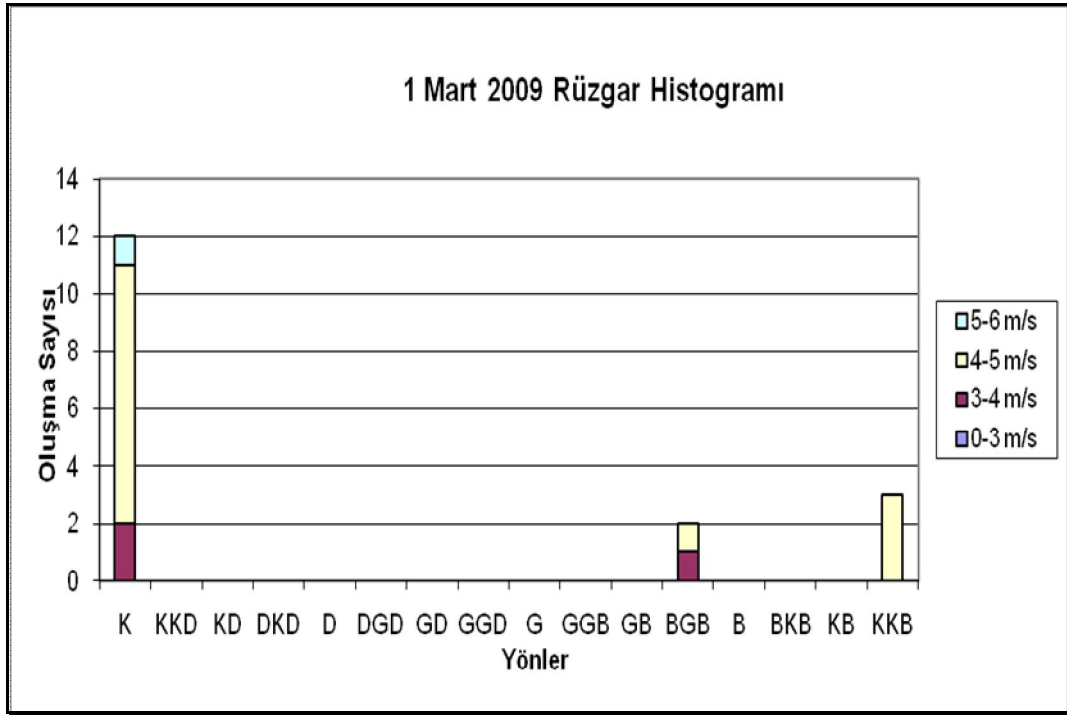
İlerleyen sayfalarda, her bir güne ait rüzgar histogramı ve o güne ait yüzek izleri verilmiştir.



Şekil 5.24. 27 Şubat 2009 rüzgar histogramı



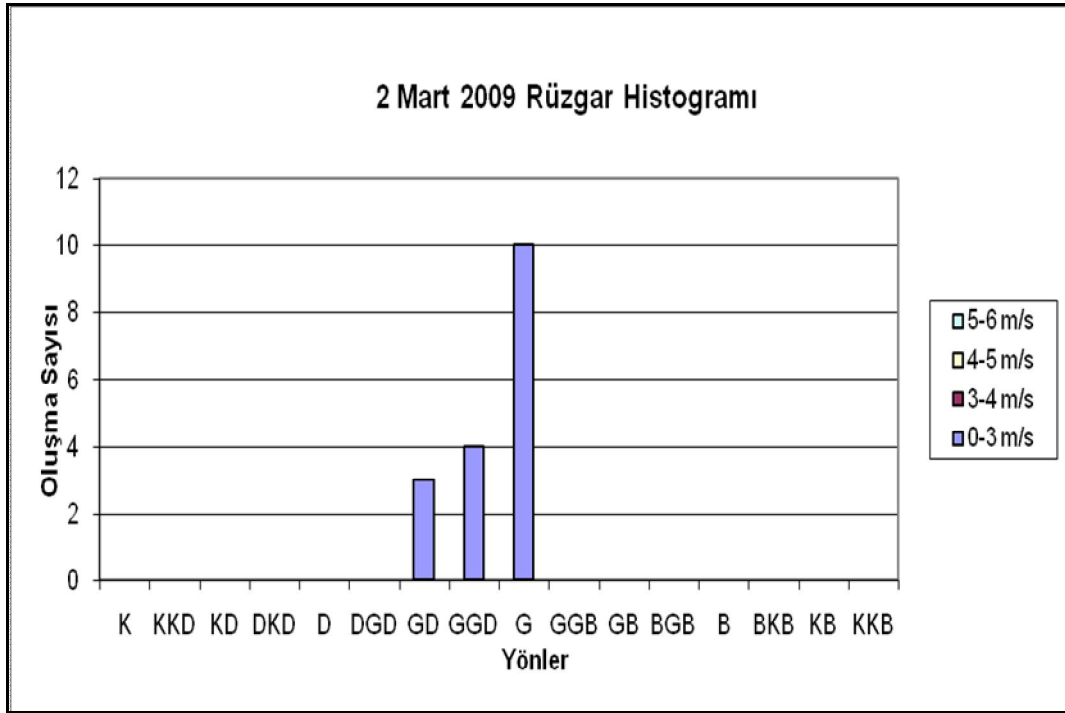
Şekil 5.25. 27 Şubat 2009 yüzük izleri



Şekil 5.26. 1 Mart 2009 rüzgar histogramı



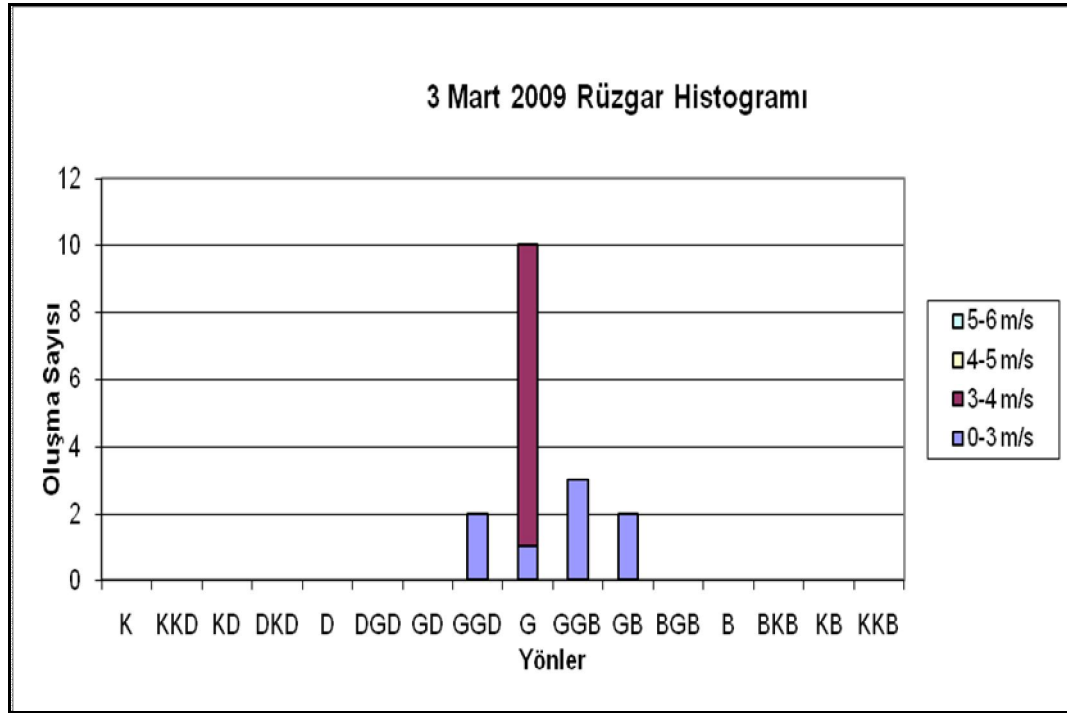
Şekil 5.27. 1 Mart 2009 yüzük izleri



Şekil 5.28. 2 Mart 2009 rüzgar histogramı



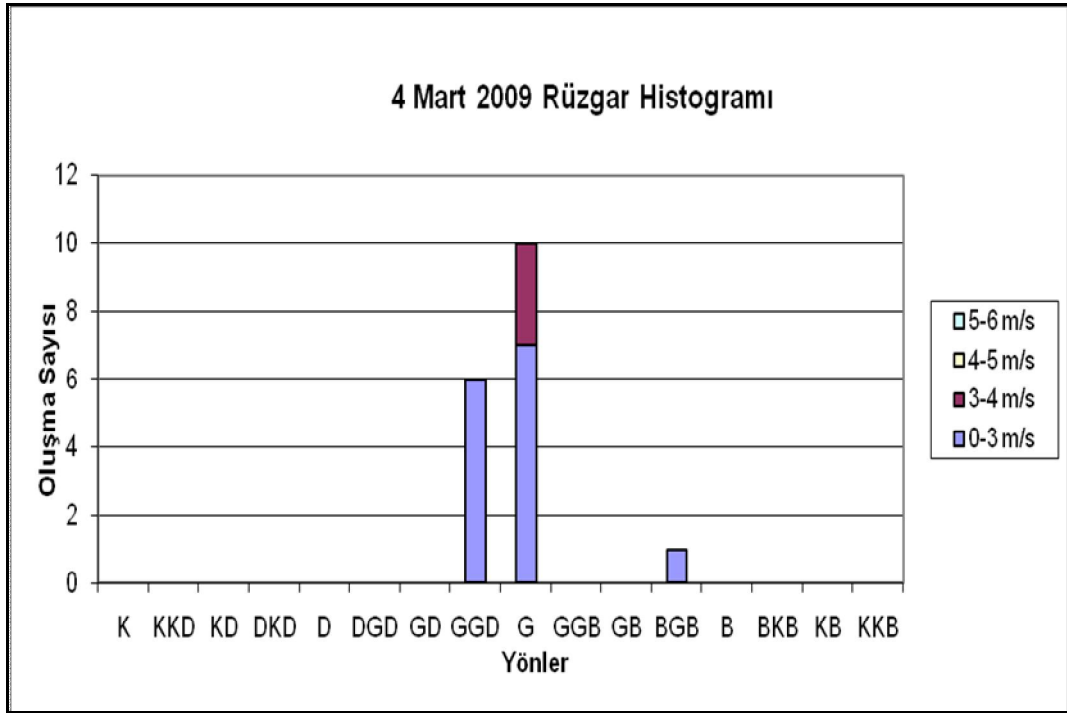
Şekil 5.29. 2 Mart 2009 yüzük izleri



Şekil 5.30. 3 Mart 2009 rüzgar histogramı



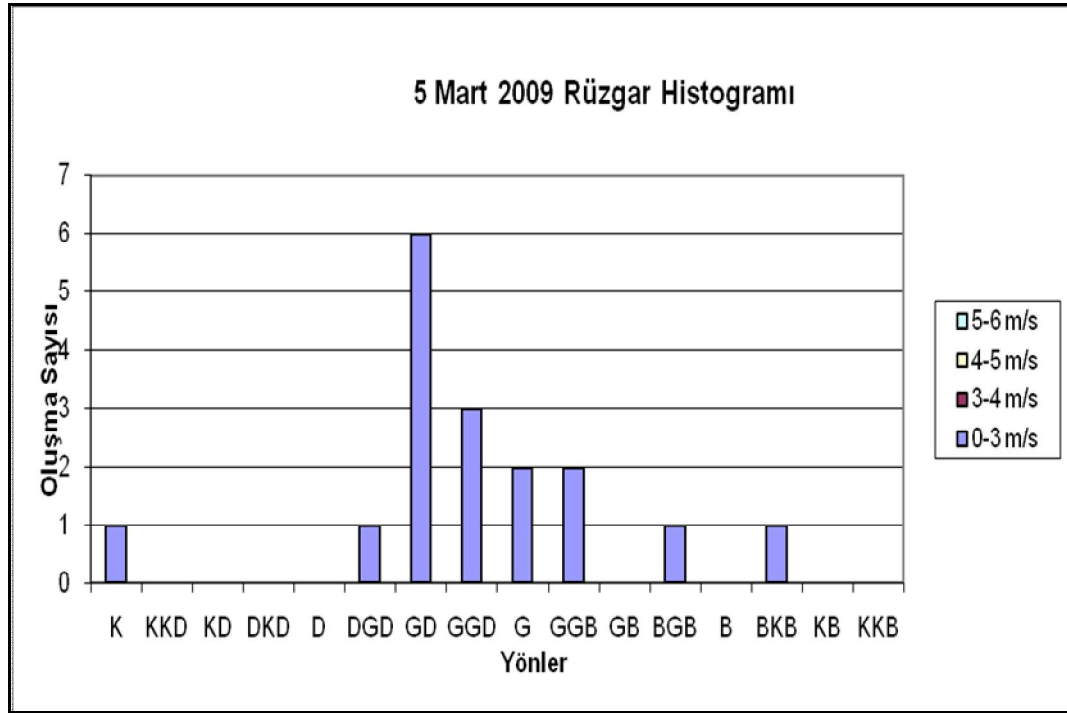
Şekil 5.31. 3 Mart 2009 yüzük izleri



Şekil 5.32. 4 Mart 2009 rüzgar histogramı



Şekil 5.33. 4 Mart 2009 yüzük izleri

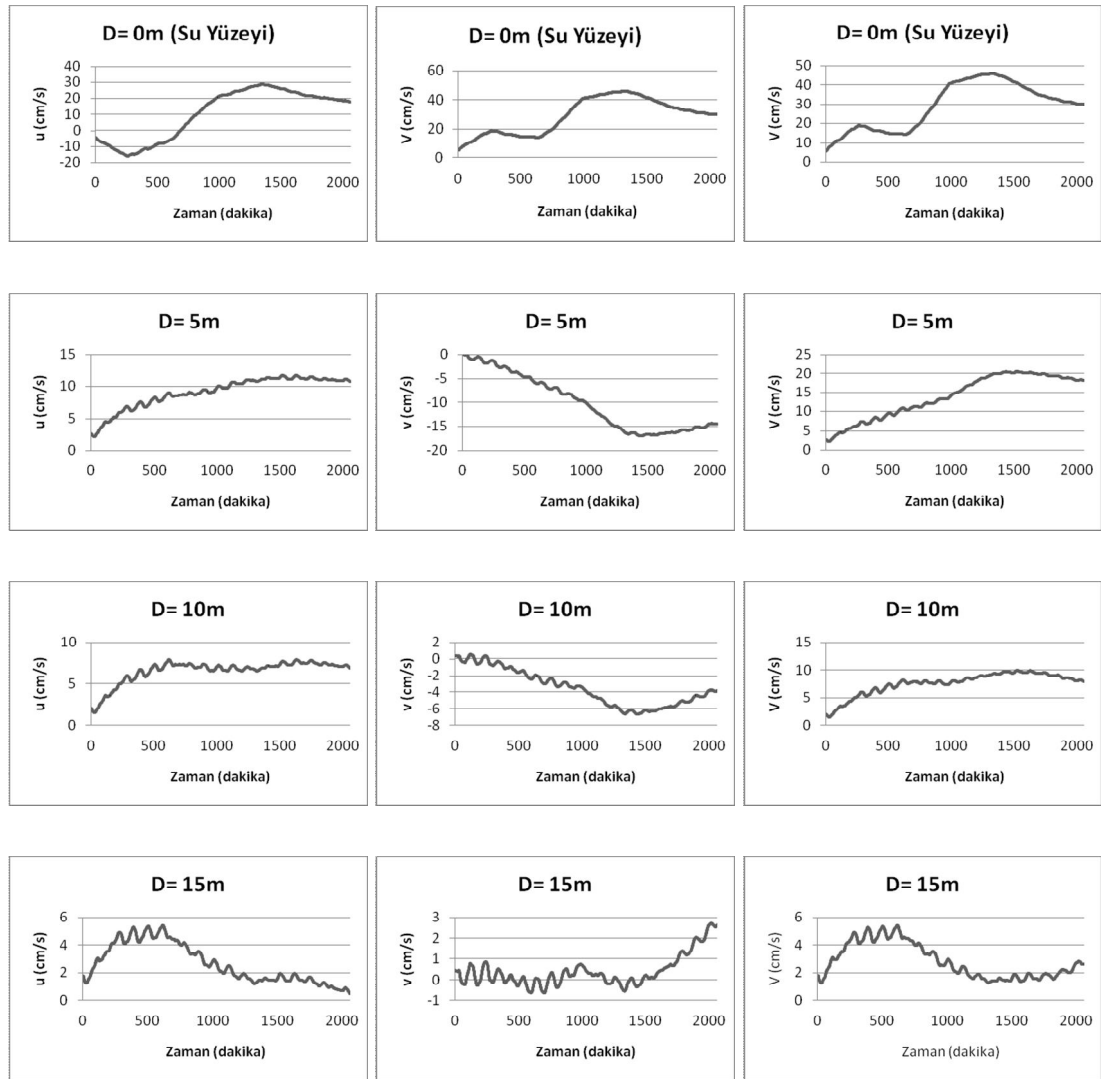


Şekil 5.34. 5 Mart 2009 rüzgar histogramı

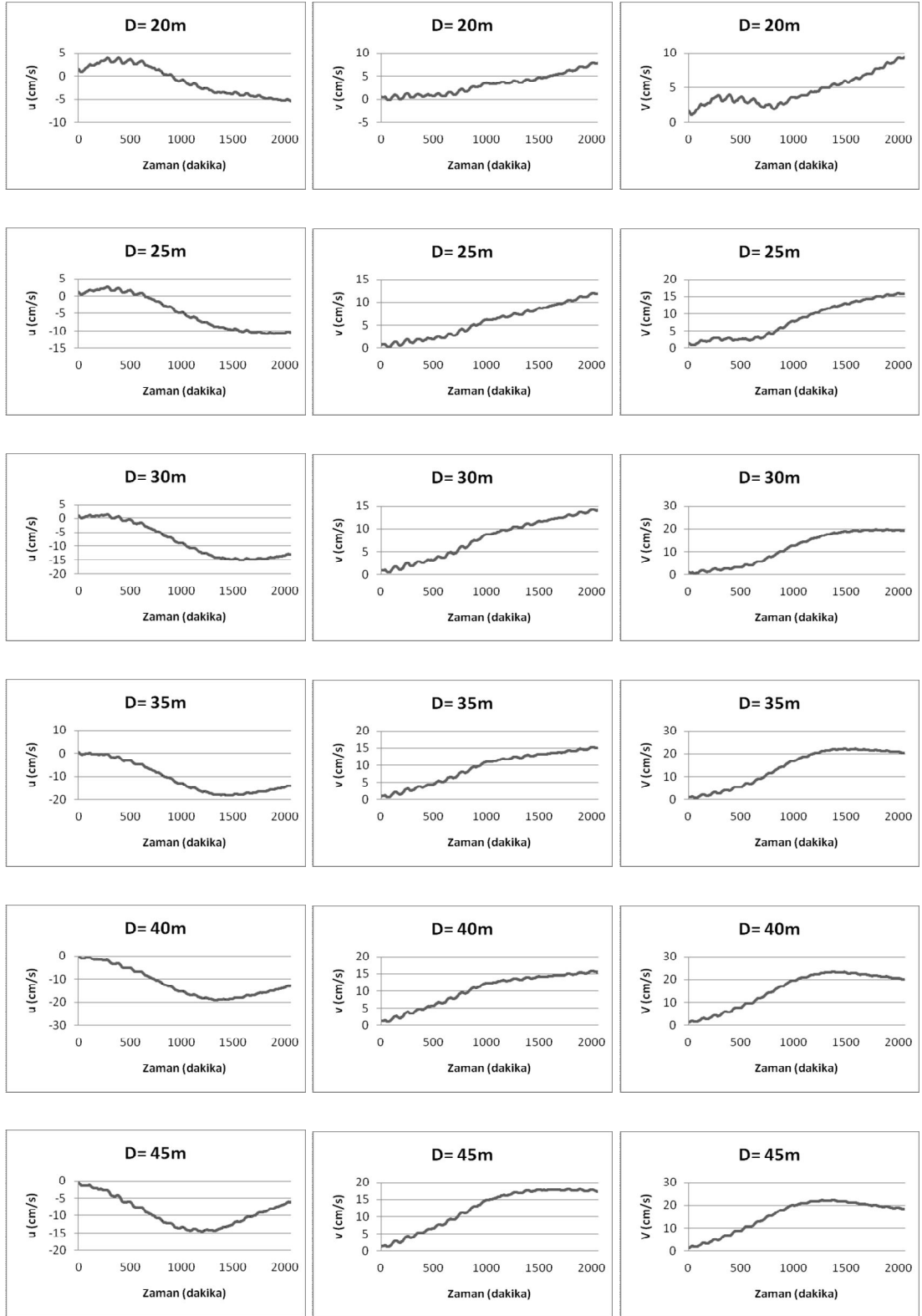


Şekil 5.35. 5 Mart 2009 yüzek izleri

Şekil 5.36'da, difüzör uç noktasına yerleştirilen akıntıölçerden alınan hız dağılımları verilmiştir. Çizimlerde, u hız bileşeninin işaretinin pozitif (+) olması akıntı yönünün doğuya doğru, negatif (-) olması ise batıya doğru olduğunu gösterir. Aynı şekilde; v hız bileşeninin işaretinin pozitif (+) olması akıntı yönünün kuzeye doğru, negatif (-) olması ise güneye doğru olduğunu gösterir. Bileşke hızın (V) verildiği grafikler, bileşke hızın skalar değerini göstermektedir.

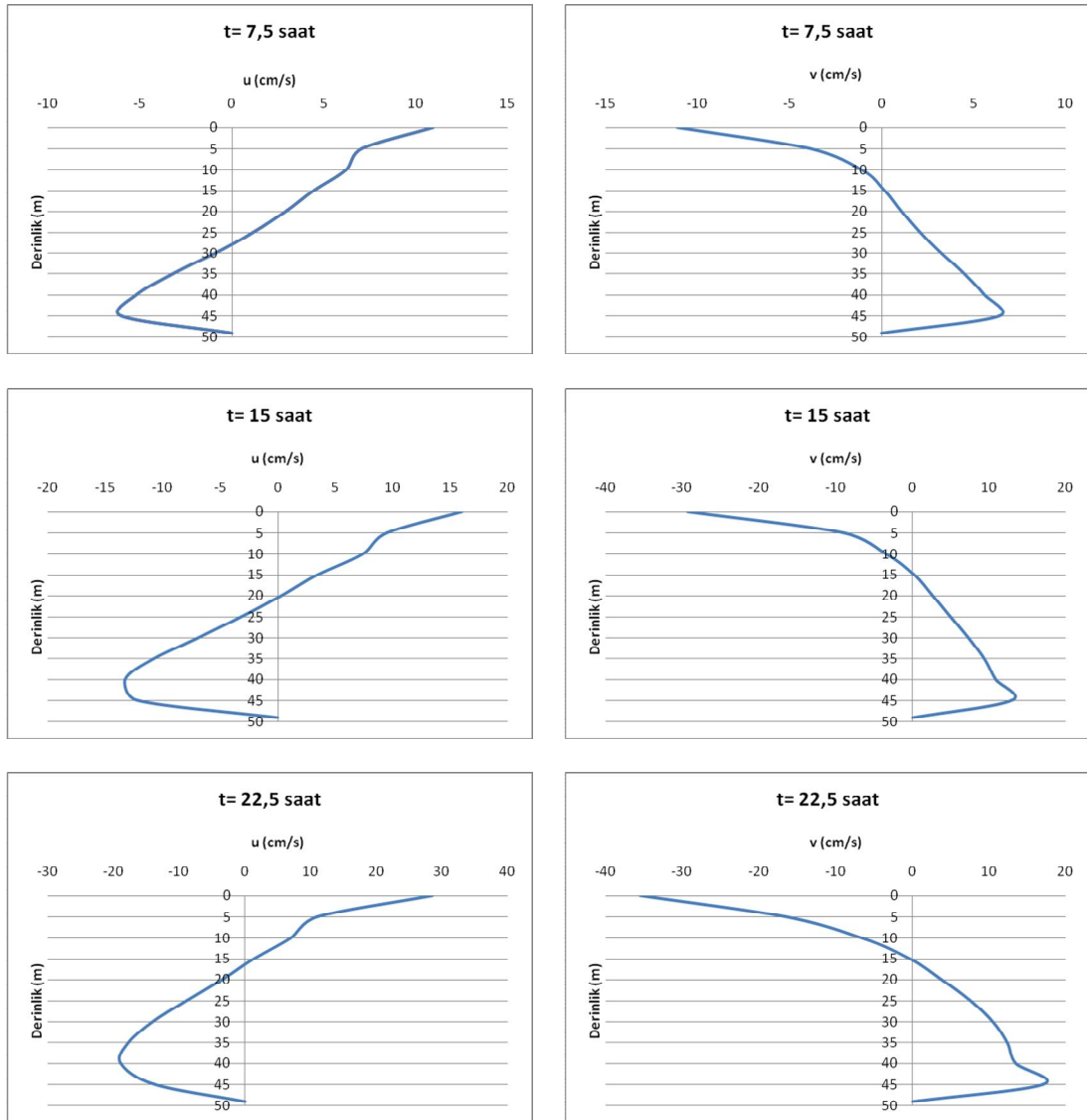


Şekil 5.36. Kış dönemi ölçümlerinde difüzör uç noktasına yerleştirilen akıntıölçerden alınan hız dağılımları

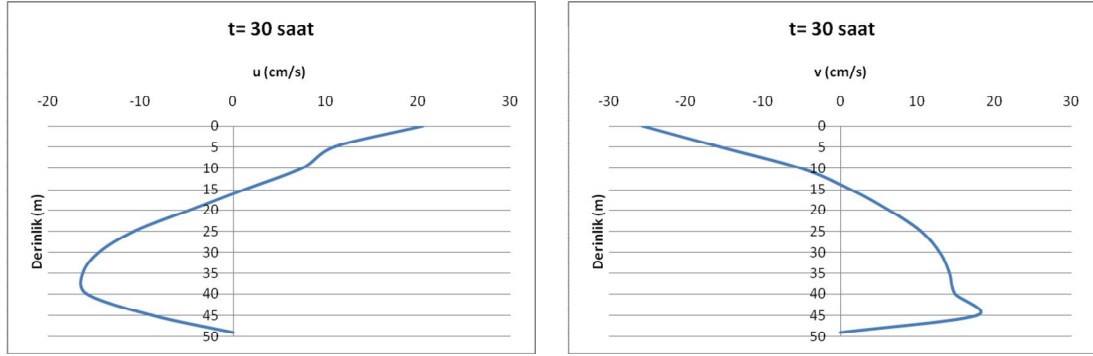


Şekil 5.36. (Devam) Kış dönemi ölçümlerinde difüzör uç noktasına yerleştirilen akıntıölçerden alınan hız dağılımları

Şekil 5.37’de, difüzör uç noktasında, ölçüm başlangıcından itibaren 7,5 saat, 15 saat, 22,5 saat ve 30 saat sonraki, derinlik boyunca yatay hız bileşenleri dağılımları verilmiştir. Çizimlerde, u hız bileşeninin işaretinin pozitif (+) olması akıntı yönünün doğuya doğru, negatif (-) olması ise batıya doğru olduğunu gösterir. Aynı şekilde; v hız bileşeninin işaretinin pozitif (+) olması akıntı yönünün kuzeye doğru, negatif (-) olması ise güneye doğru olduğunu gösterir.



Şekil 5.37. Kış dönemi ölçümlerinde, difüzör uç noktasında, ölçüm başlangıcından itibaren 7,5 saat, 15 saat, 22,5 saat ve 30 saat sonraki, derinlik boyunca yatay hız bileşenleri dağılımları

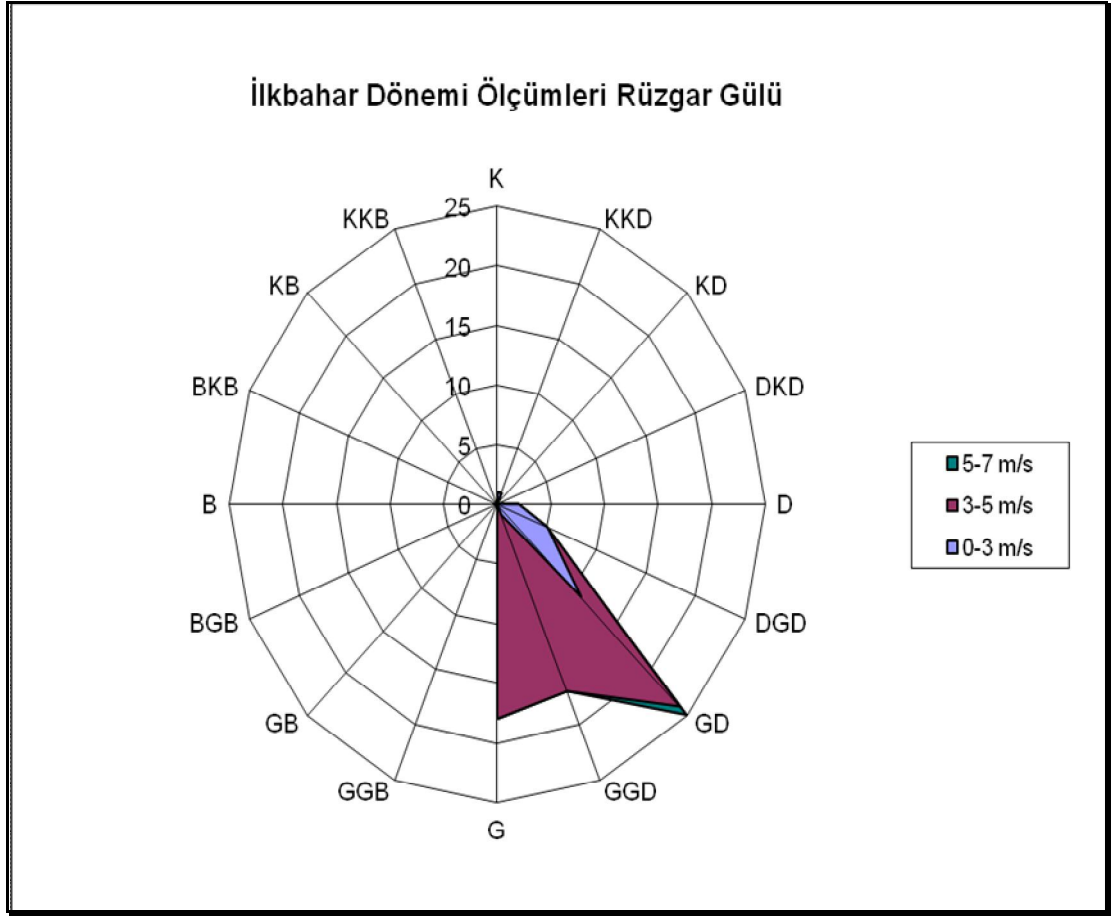


Şekil 5.37. (Devam) Kış dönemi ölçümlerinde, difüzör uç noktasında, ölçüm başlangıcından itibaren 7,5 saat, 15 saat, 22,5 saat ve 30 saat sonraki, derinlik boyunca yatay hız bileşenleri dağılımları

Kış dönemi ölçümlerinde, rüzgarların en sık estiği yön Güney Doğu (GD)-Güney (G) yön aralığı olup, en fazla oluşma sıklığı 3 m/s'den yavaş rüzgarlardadır. Ölçümler sırasında en kuvvetli rüzgarların 7 m/s hızıyla Kuzey (K) yönünden estiği görülmektedir. Yüzek çalışmalarından ada etrafında, yüzeyden tabana doğru 5 m lik yüzey tabakasında (d=0-5 m) akıntı hızlarının yaklaşık olarak 6 cm/s olduğu görülmüştür. Difüzör etrafında ise yüzey tabakası hızları 25-35 cm/s ye ulaşmakta, yüzeyden 10 m aşağıdaki tabakada akıntı hızları 10 cm/s ye, yüzeyden 20 m aşağıda 3 cm/s ye azalmaktadır. Yüzey akıntısının ters dönme derinliğinin rüzgara bağlı olarak yüzeyden itibaren yaklaşık 20-25 m derinlikleri olduğunu görülmektedir. Güneyden esen rüzgarlar etkisinde yüzey akıntıları Güney Güney Batı - Kuzey Kuzey Doğu yönündedir. Kuzeyden esen rüzgarlar etkisinde ise yüzey akıntı yönü Kuzey Kuzey Doğu - Güney Güney Batı yönüne dönmektedir.

5.3. İlkbahar Dönemi Saha Ölçümleri

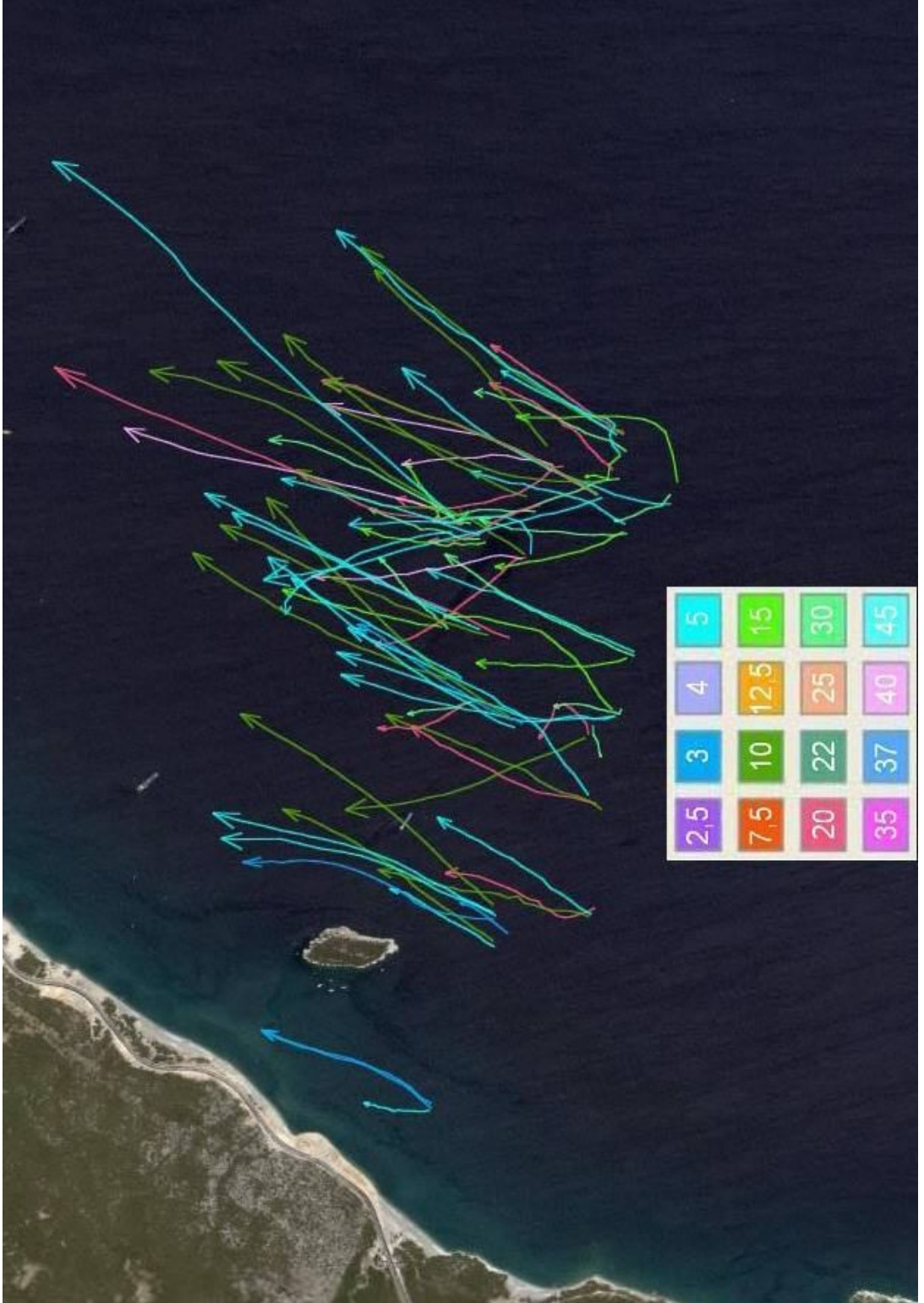
İlkbahar dönemi ölçümlerinin yapıldığı 27 Nisan – 1 Mayıs 2009 tarihlerinde ölçüm yapılan saatlerde alınmış rüzgar datalarına göre hazırlanan rüzgar gülü Şekil 5.38'de sunulmaktadır.



Şekil 5.38. İlkbahar dönemi ölçümleri rüzgar gülü

Sahada ilkbahar ölçümleri sırasında rüzgarların en sık estiği yön Güney Doğu (GD)-Güney (G) yön aralığı olup, en fazla oluşma sıklığı 3-5 m/s rüzgar hızı aralığındadır. Ölçümler sırasında en kuvvetli rüzgarların 7 m/s hızıyla Güney-Doğu (GD) yönünden estiği görülmektedir.

Ölçümler boyunca çeşitli derinliklerde yapılan ölçümlerle elde edilen yüzek izleri Şekil 5.39’da sunulmaktadır. Yüzeklerin ortalama hızları Çizelge 5.3’te verilmiştir.

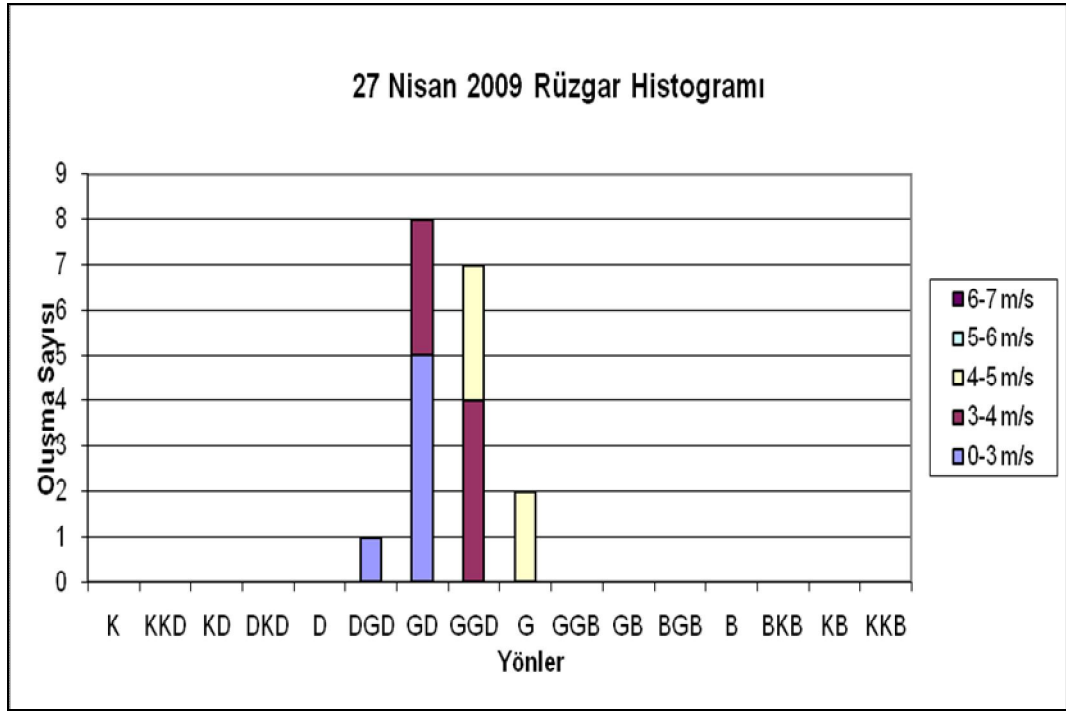


Şekil 5.39. İlkbahar dönemi ölçümleri boyunca çeşitli derinliklerde elde edilen yüzek izleri (Göstergede verilen derinlikler metredir)

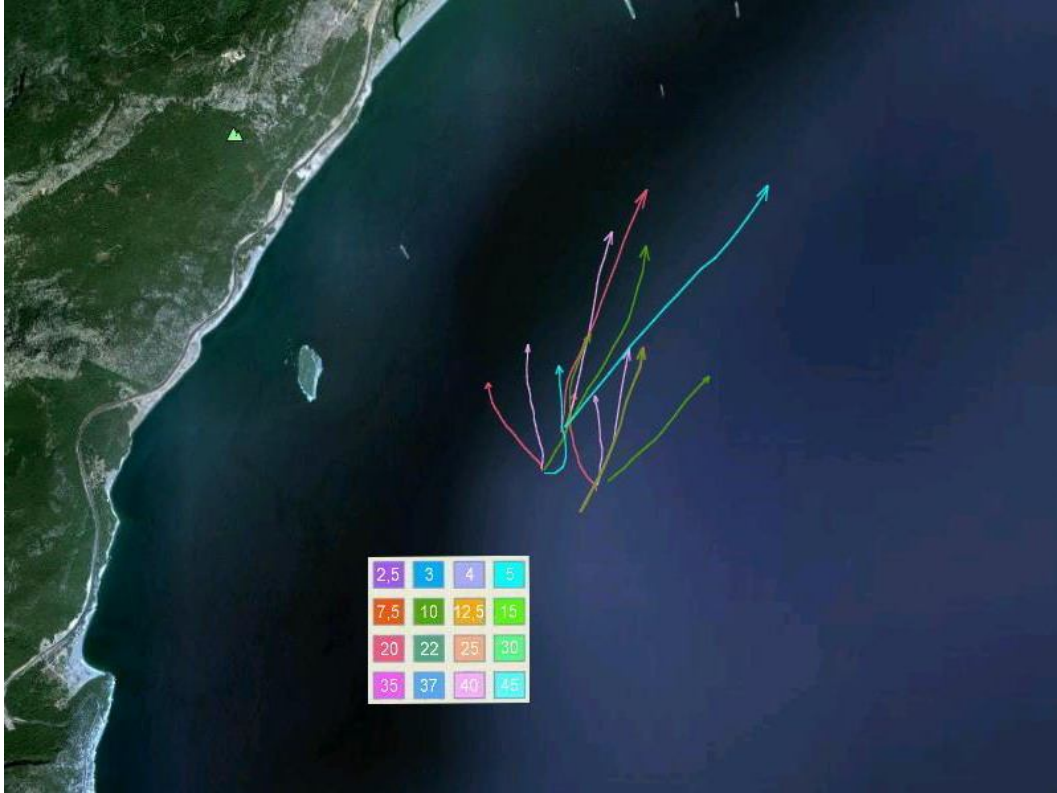
Çizelge 5.3. İlkbahar dönemi ölçümlerinde çeşitli derinliklere bırakılan yüzeklerin numaraları ve ortalama hızları

Y#	Derinlik (m)	Ortalama Hız (cm/s)	Y#	Derinlik (m)	Ortalama Hız (cm/s)
O.01	5	6,39	R08	10	22,17
O.02	20	5,52	R09	20	11,13
O.03	20	5,49	R10	5	24,01
O.04	40	6,54	R11	20	10,63
O.05	10	7,59	R12	10	19,95
O.06	40	4,71	R13	5	9,29
O.07	10	7,57	R14	10	25,04
O.08	5	16,22	R15	3	14,73
O.09	20	8,99	R16	5	22,93
O.10	20	13,19	R17	3	4,29
O.11	40	10,34	R18	10	19,00
O.12	10	10,50	S01	30	2,97
O.13	40	8,87	S02	15	9,55
O.14	10	9,00	S03	30	3,37
P01	5	5,41	S04	5	13,50
P02	30	5,60	S05	5	12,85
P03	15	3,14	S06	15	9,48
P04	30	7,18	S07	5	14,24
P05	5	6,69	S08	3	13,42
P06	15	1,72	S09	3	19,11
P07	5	11,54	S10	10	22,81
P08	30	15,02	S11	5	21,56
P09	15	10,65	S12	5	20,89
P10	30	10,35	S13	3	13,51
P11	5	15,63	S14	5	5,04
P12	15	9,37	T01	20	3,81
P13	5	18,63	T02	10	18,08
P14	30	9,18	T03	20	6,91
P15	15	14,98	T04	5	15,51
P16	30	10,57	T05	30	1,49
P17	5	21,30	T06	10	11,26
P18	15	11,58	T07	30	7,53
R01	5	9,87	T08	20	7,02
R02	10	7,26	T09	10	21,72
R03	20	5,36	T10	20	8,90
R04	5	6,01	T11	5	14,74
R05	20	6,66	T12	30	5,24
R06	10	7,81	T13	10	21,14
R07	5	21,23	T14	30	7,72

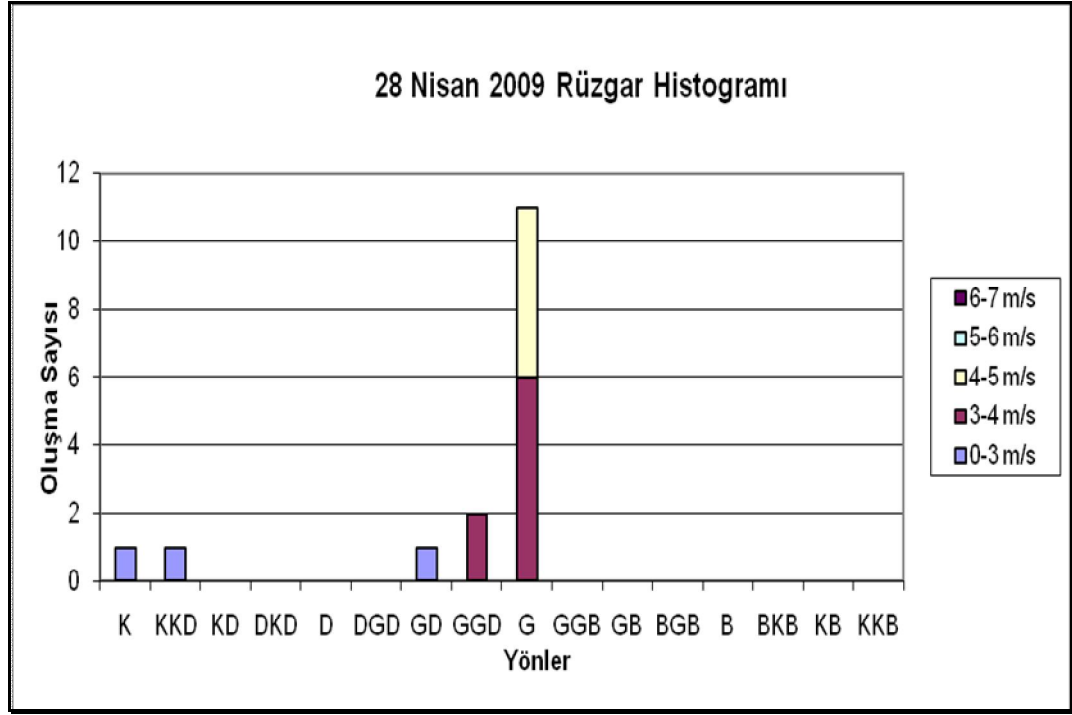
İlerleyen sayfalarda, her bir güne ait rüzgar histogramı ve o güne ait yüzek izleri verilmiştir.



Şekil 5.40. 27 Nisan 2009 rüzgar histogramı



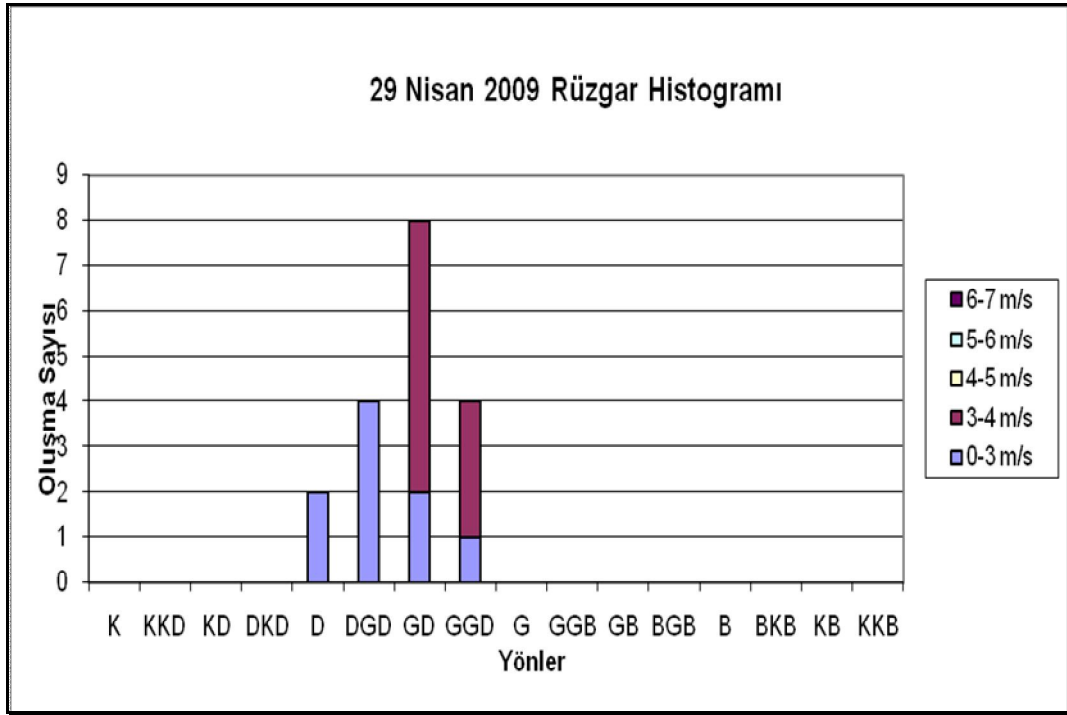
Şekil 5.41. 27 Nisan 2009 yüzük izleri



Şekil 5.42. 28 Nisan 2009 rüzgar histogramı



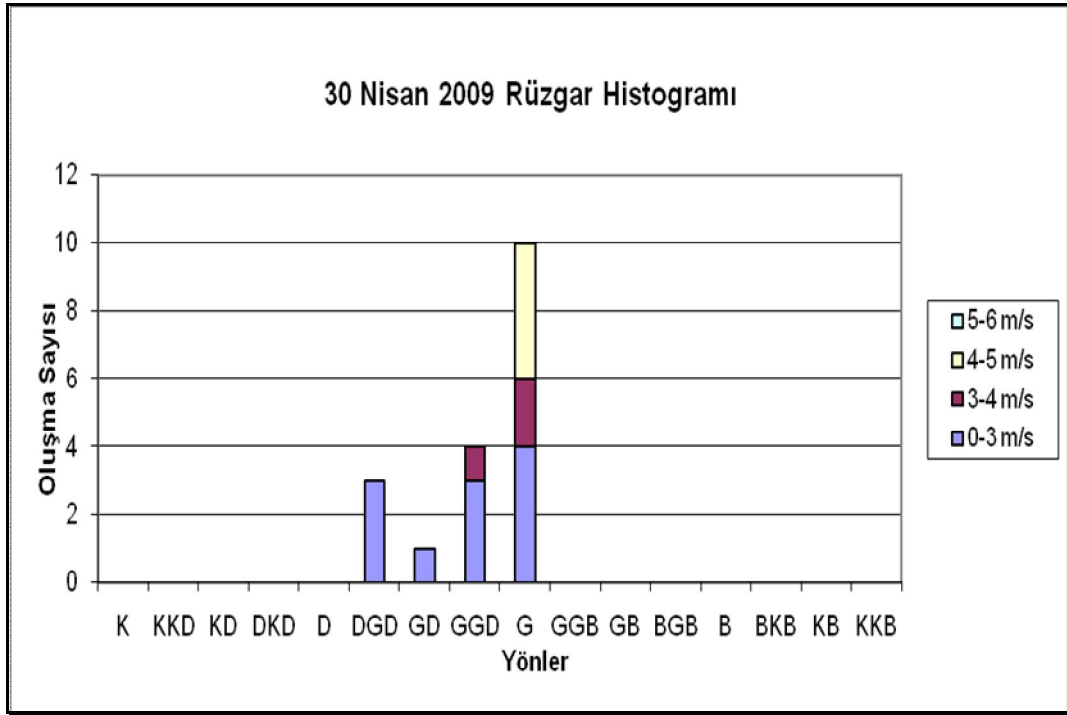
Şekil 5.43. 28 Nisan 2009 yüzük izleri



Şekil 5.44. 29 Nisan 2009 rüzgar histogramı



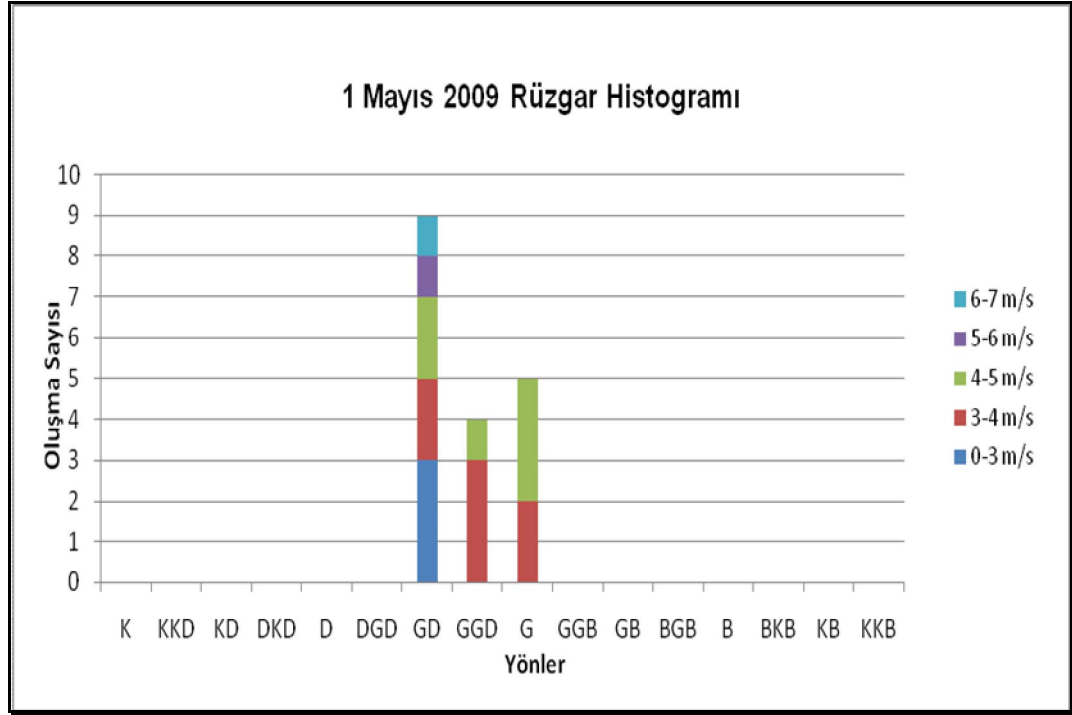
Şekil 5.45. 29 Nisan 2009 yüzük izleri



Şekil 5.46. 30 Nisan 2009 rüzgar histogramı



Şekil 5.47. 30 Nisan 2009 yüzük izleri

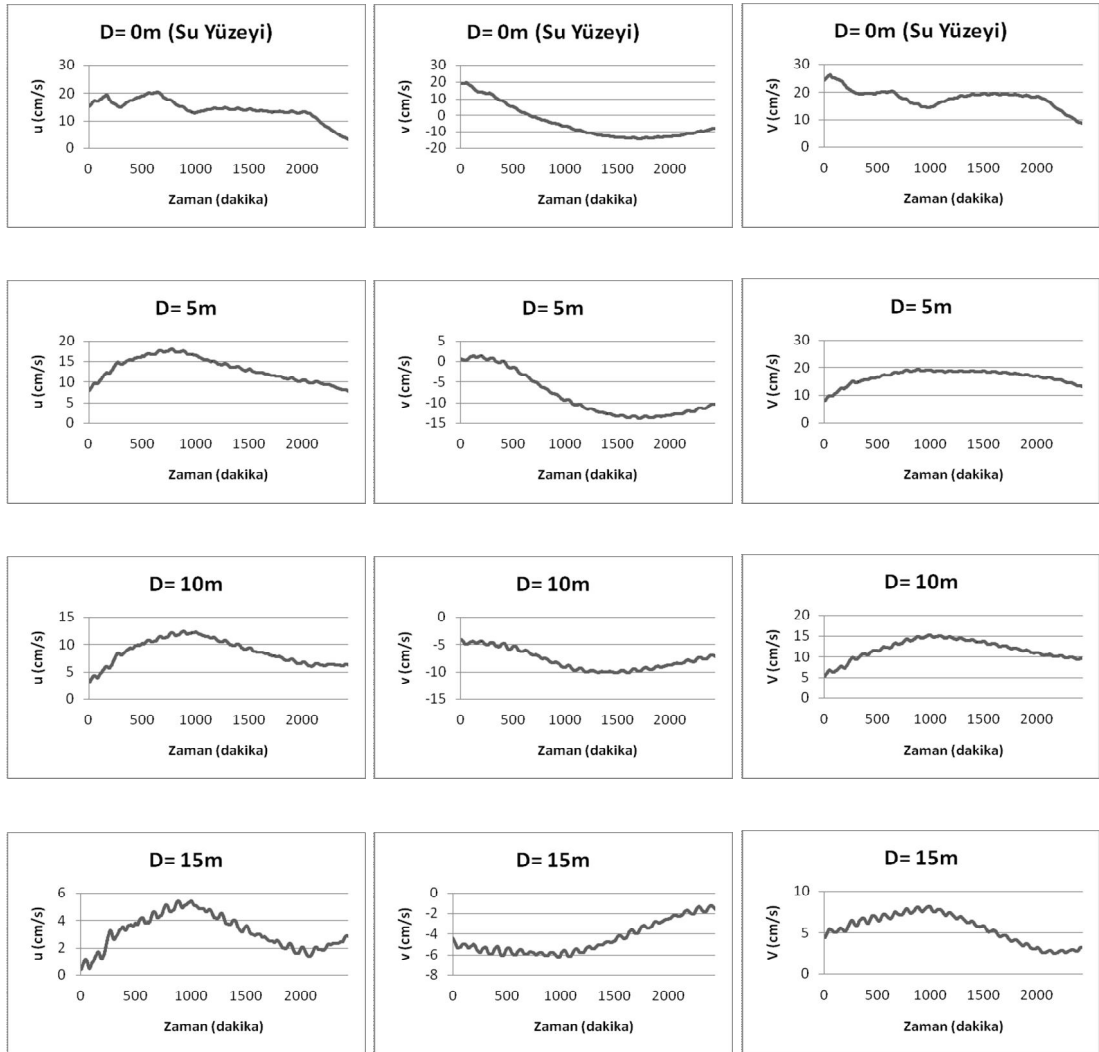


Şekil 5.48. 1 Mayıs 2009 rüzgar histogramı

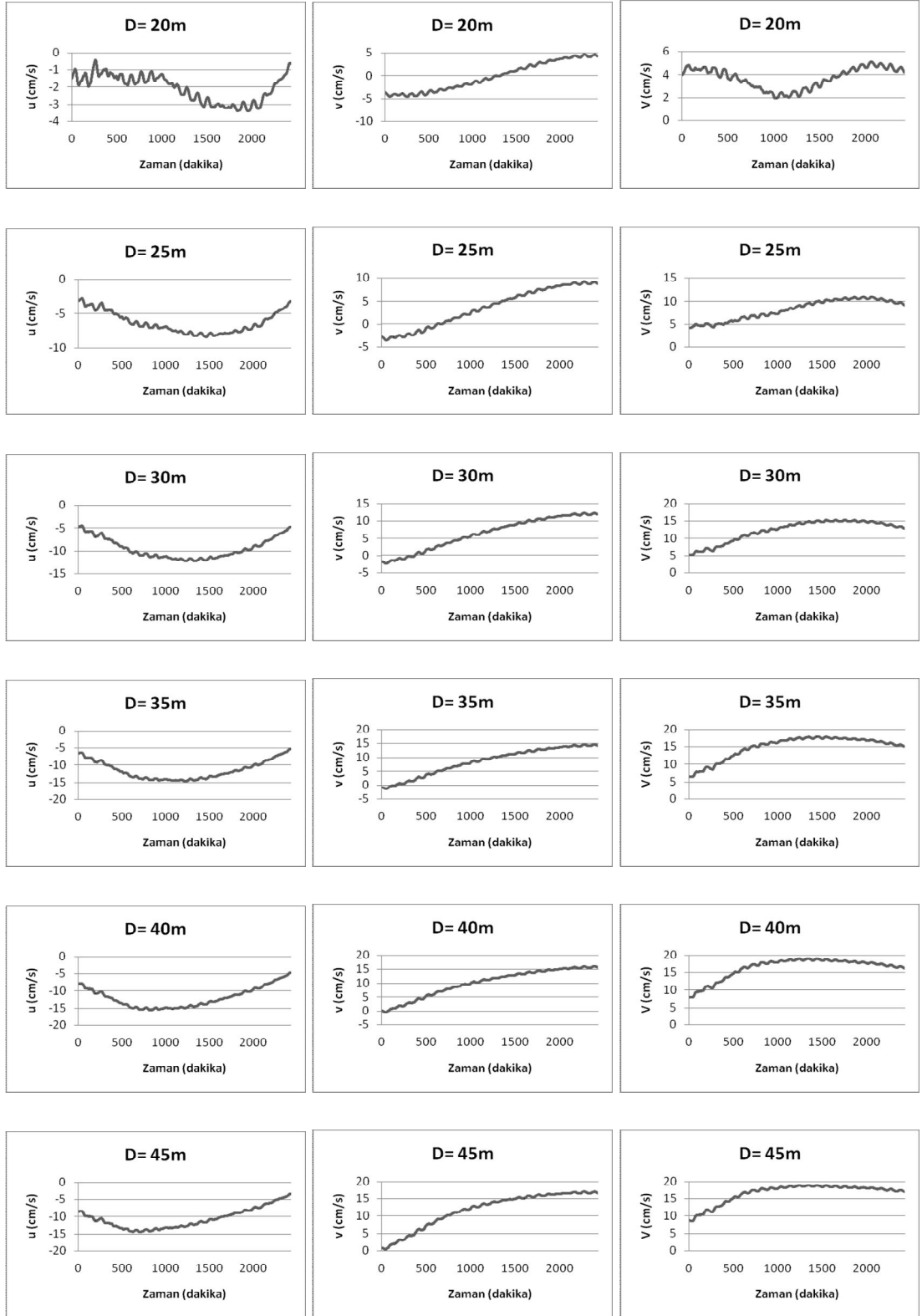


Şekil 5.49. 1 Mayıs 2009 yüzük izleri

Şekil 5.50’de, difüzör uç noktasına yerleştirilen akıntıölçerden alınan hız dağılımları verilmiştir. Çizimlerde, u hız bileşeninin işaretinin pozitif (+) olması akıntı yönünün doğuya doğru, negatif (-) olması ise batıya doğru olduğunu gösterir. Aynı şekilde; v hız bileşeninin işaretinin pozitif (+) olması akıntı yönünün kuzeye doğru, negatif (-) olması ise güneye doğru olduğunu gösterir. Bileşke hızın (V) verildiği grafikler, bileşke hızın skalar değerini göstermektedir.

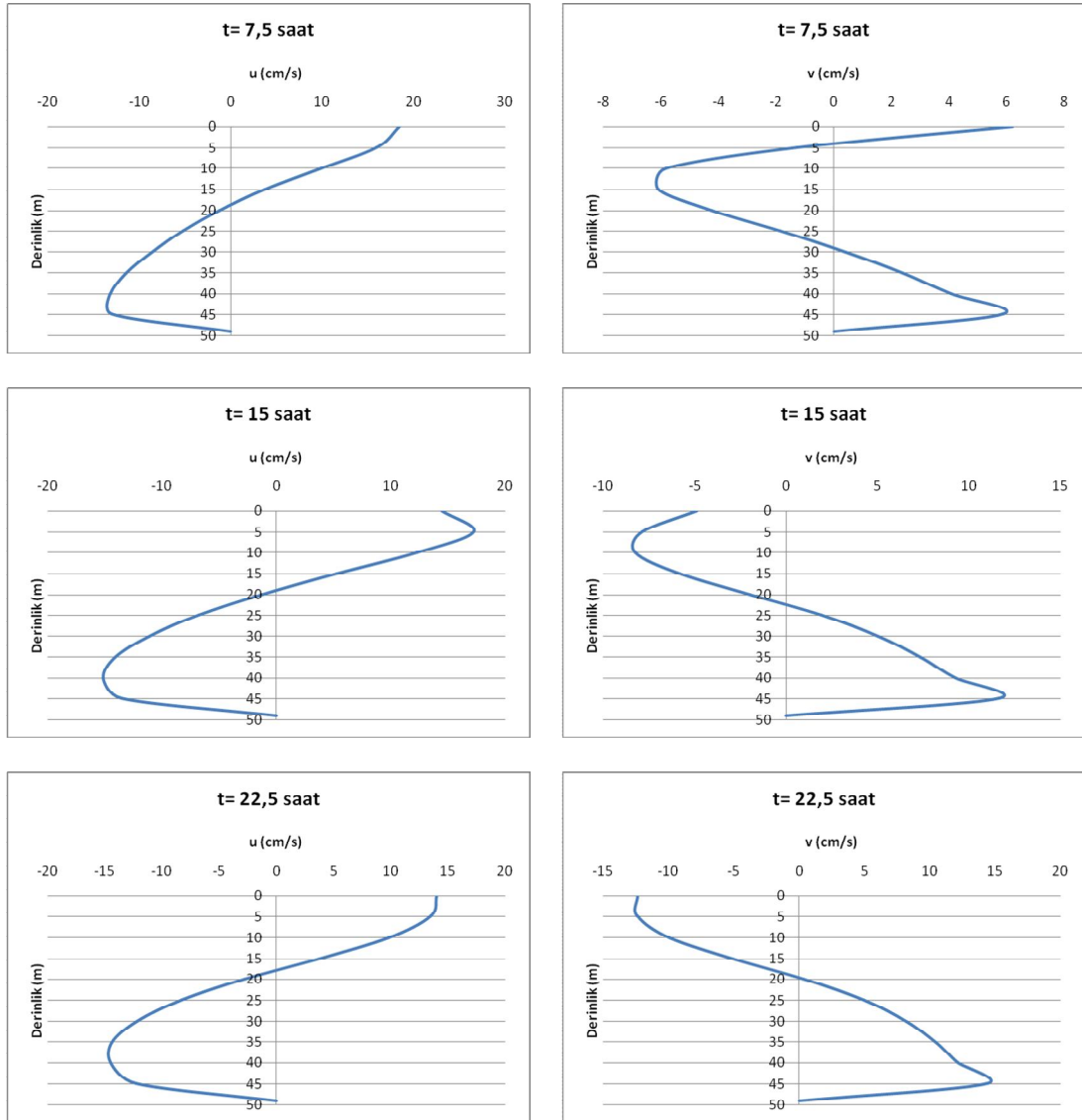


Şekil 5.50. İlkbahar dönemi ölçümlerinde difüzör uç noktasına yerleştirilen akıntıölçerden alınan hız dağılımları

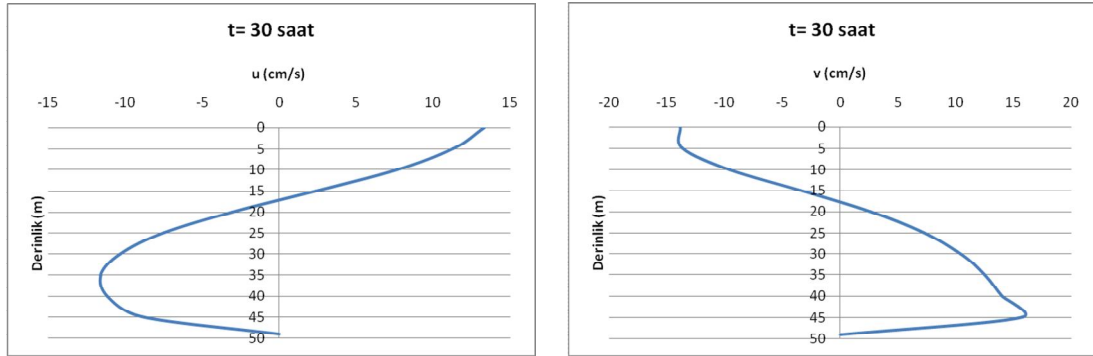


Şekil 5.50. (Devam) İlkbahar dönemi ölçümlerinde difüzör uç noktasına yerleştirilen akıntıölçerden alınan hız dağılımları

Şekil 5.51’de, difüzör uç noktasında, ölçüm başlangıcından itibaren 7,5 saat, 15 saat, 22,5 saat ve 30 saat sonraki, derinlik boyunca yatay hız bileşenleri dağılımları verilmiştir. Çizimlerde, u hız bileşeninin işaretinin pozitif (+) olması akıntı yönünün doğuya doğru, negatif (-) olması ise batıya doğru olduğunu gösterir. Aynı şekilde; v hız bileşeninin işaretinin pozitif (+) olması akıntı yönünün kuzeye doğru, negatif (-) olması ise güneye doğru olduğunu gösterir.



Şekil 5.51. İlkbahar dönemi ölçümlerinde, difüzör uç noktasında, ölçüm başlangıcından itibaren 7,5 saat, 15 saat, 22,5 saat ve 30 saat sonraki, derinlik boyunca yatay hız bileşenleri dağılımları

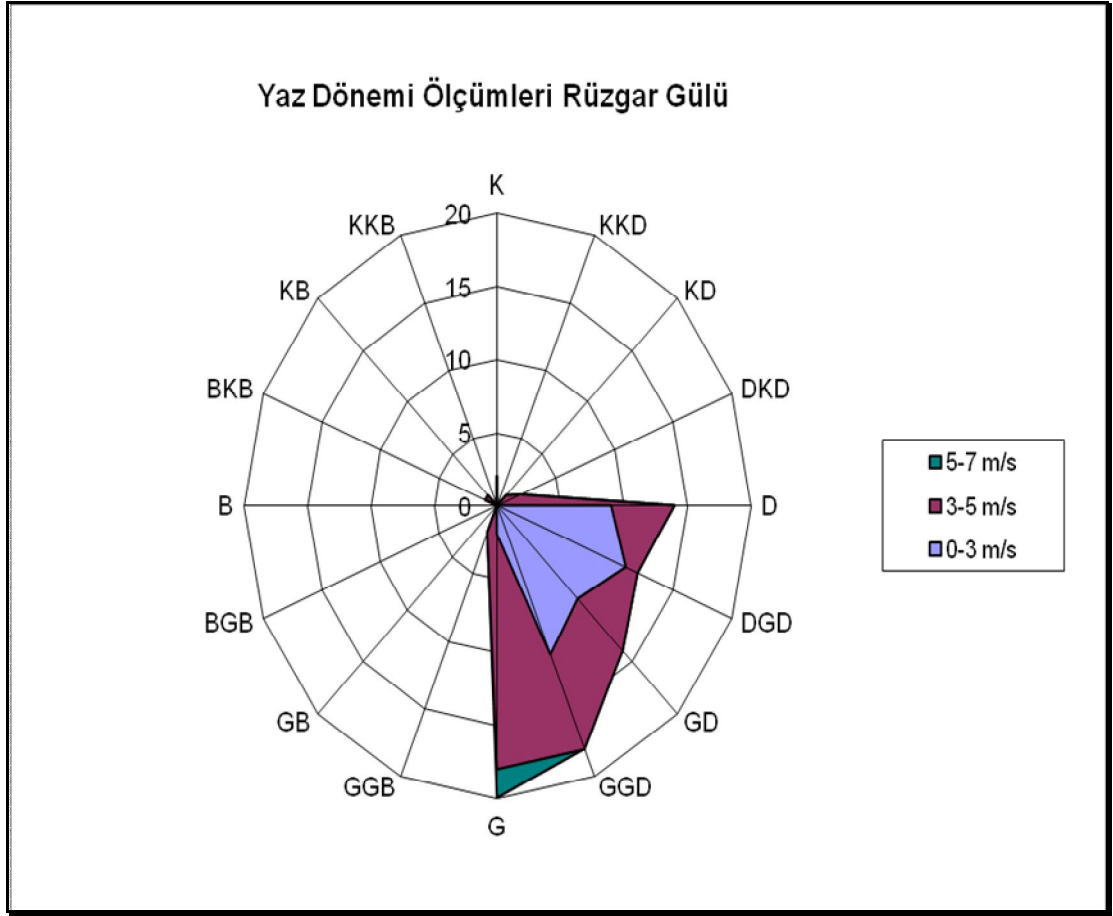


Şekil 5.51. (Devam) İlkbahar dönemi ölçümlerinde, difüzör uç noktasında, ölçüm başlangıcından itibaren 7,5 saat, 15 saat, 22,5 saat ve 30 saat sonraki, derinlik boyunca yatay hız bileşenleri dağılımları

İlkbahar ölçümleri sırasında rüzgarların en sık estiği yön Güney Doğu (GD)-Güney (G) yön aralığı olup, en fazla oluşma sıklığı 3-5 m/s rüzgar hızı aralığındadır. Ölçümler sırasında en kuvvetli rüzgarların 6-7 m/s aralığında Güney-Doğu (GD) yönünden estiği görülmektedir. Ada etrafında, yüzeyden tabana doğru 5 m lik yüzey tabakasında akıntı hızlarının yaklaşık olarak 15 cm/s olduğu görülmüştür. Difüzör etrafında ise yüzey tabakası hızları ortalama 20 cm/s ye ulaşmakta, yüzeyden 10m aşağıdaki tabakada akıntı hızları 15 cm/s ye, yüzeyden 20 m aşağıda 5 cm/s ye azalmaktadır. Yüzeyden 20 m su derinliğinin aşağısında akıntı hızları tekrar 5 cm/s nin üzerine çıkmaktadır. Güneyden esen rüzgarlar etkisinde akıntılar Güney Batı (GB)- Kuzey Doğu (KD) yönündedir.

5.4. Yaz Dönemi Saha Ölçümleri

Yaz dönemi ölçümlerinin yapıldığı 31 Mayıs – 4 Haziran 2009 tarihlerinde ölçüm yapılan saatlerde alınmış rüzgar datalarına göre hazırlanan rüzgar gülü Şekil 5.52’de sunulmaktadır.



Şekil 5.52. Yaz dönemi ölçümleri rüzgar gülü

Sahada yaz ölçümleri sırasında rüzgarların en sık estiği yön Doğu (D)-Güney (G) yön aralığı olup, en fazla oluşma sıklığı 3-5 m/s rüzgar hızı aralığındadır. Ölçümler sırasında en kuvvetli rüzgarların 6-7 m/s aralığında Güney(G) yönünden estiği görülmektedir.

Ölçümler boyunca çeşitli derinliklerde yapılan ölçümlerle elde edilen yüzek izleri Şekil 5.53'te sunulmaktadır. Yüzeklerin ortalama hızları Çizelge 5.4'te verilmiştir.

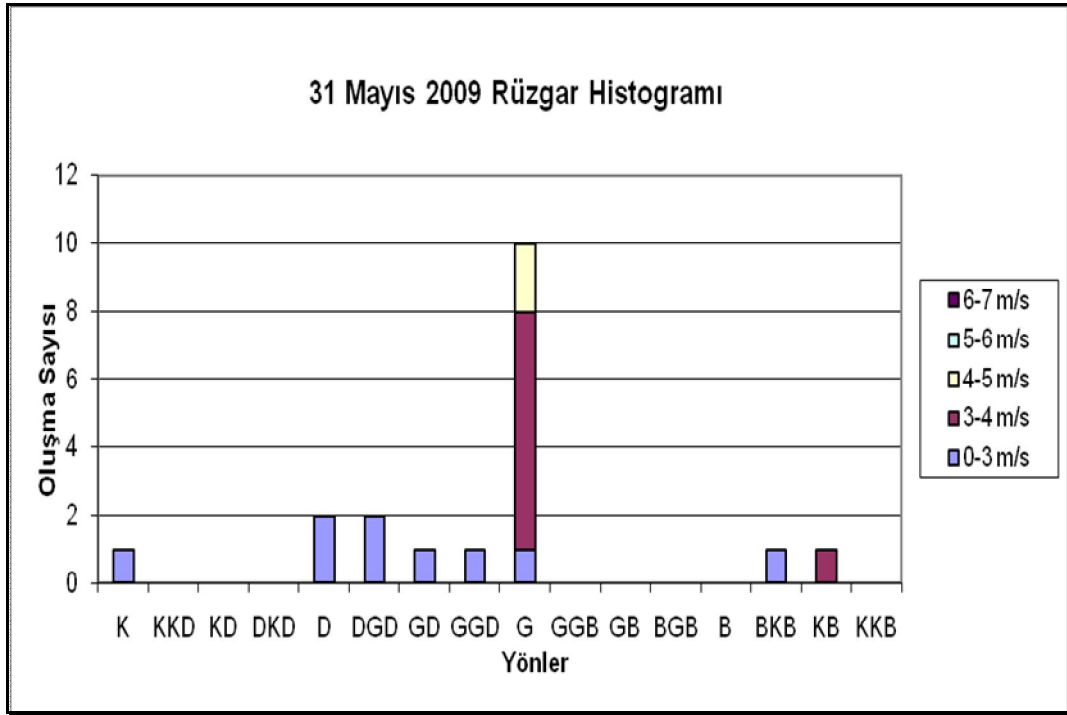


Şekil 5.53. Yaz dönemi ölçümleri boyunca çeşitli derinliklerde elde edilen yüzek izleri (Göstergede verilen derinlikler metredir)

Çizelge 5.4. Yaz dönemi ölçümlerinde çeşitli derinliklere bırakılan yüzeklerin numaraları ve ortalama hızları

Y#	Derinlik (m)	Ortalama Hız (cm/s)	Y#	Derinlik (m)	Ortalama Hız (cm/s)	Y#	Derinlik (m)	Ortalama Hız (cm/s)
U01	5	9,59	V10	10	14,32	X23	1,5	5,42
U02	5	8,27	V11	10	15,44	Y01	5	13,84
U03	20	1,87	V12	5	21,90	Y02	15	6,31
U04	10	8,08	V13	5	18,06	Y03	10	8,91
U05	10	7,04	V14	15	8,43	Y04	15	4,99
U06	5	7,78	V15	10	15,30	Y05	5	14,69
U07	20	1,25	V16	15	9,81	Y06	10	11,23
U08	5	9,98	V17	10	15,98	Y07	10	9,16
U09	5	10,85	X01	10	9,67	Y08	30	5,18
U10	15	9,12	X02	5	16,92	Y09	15	1,90
U11	10	11,52	X03	5	16,95	Y10	10	4,49
U12	10	11,82	X04	15	9,78	Y11	15	5,56
U13	5	13,83	X05	10	9,25	Y12	30	7,14
U14	15	7,70	X06	15	7,35	Y13	20	2,08
U15	5	3,11	X07	10	9,76	Y14	20	5,74
U16	5	2,44	X08	1	26,96	Z01	30	2,48
U17	3	5,50	X09	1	30,79	Z02	15	4,52
U18	3	4,83	X10	5	4,75	Z03	10	10,00
U19	3	2,72	X11	3	4,91	Z04	15	4,72
U20	5	-	X12	1	2,80	Z05	30	3,30
U21	3	3,11	X13	3	3,21	Z06	20	3,37
V01	10	12,55	X14	5	6,13	Z07	20	2,23
V02	30	2,07	X15	3	3,49	Z08	25	3,68
V03	40	4,08	X16	1	6,82	Z09	15	4,04
V04	15	4,59	X17	5	3,59	Z10	10	16,21
V05	30	3,30	X18	3	8,06	Z11	15	6,47
V06	15	5,44	X19	1,5	13,35	Z12	25	2,49
V07	40	4,15	X20	3	1,74	Z13	20	4,94
V08	30	2,31	X21	5	-	Z14	20	2,79
V09	40	3,44	X22	3	3,16	Z15	10	4,39

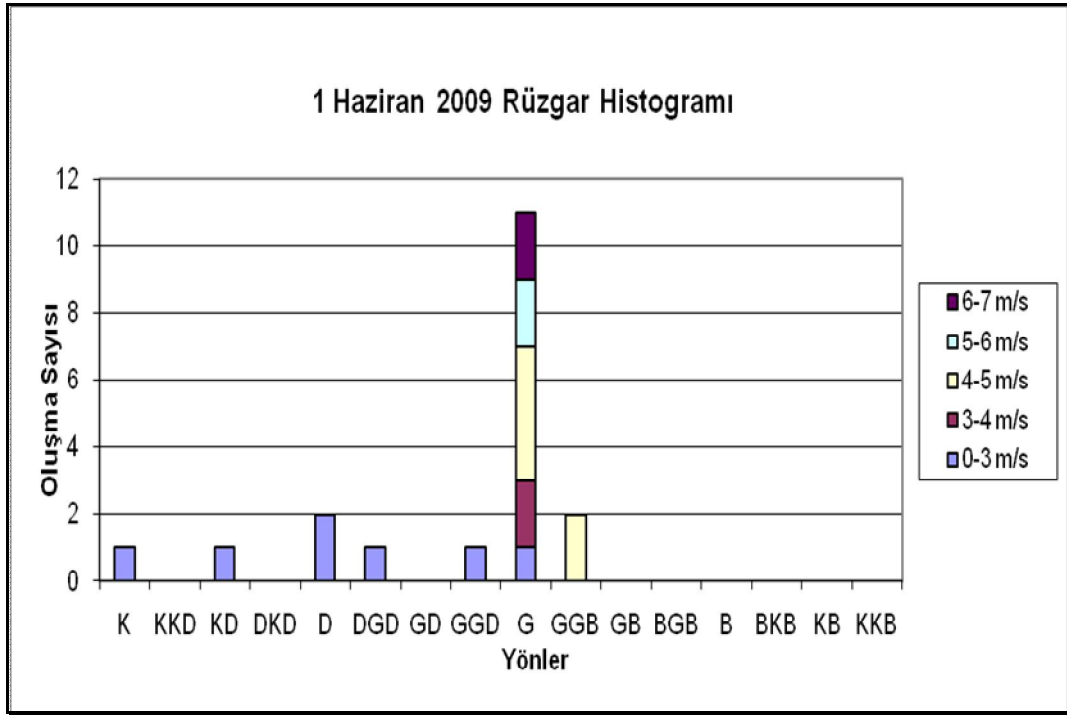
İlerleyen sayfalarda, her bir güne ait rüzgar histogramı ve o güne ait yüzek izleri verilmiştir.



Şekil 5.54. 31 Mayıs 2009 rüzgar histogramı



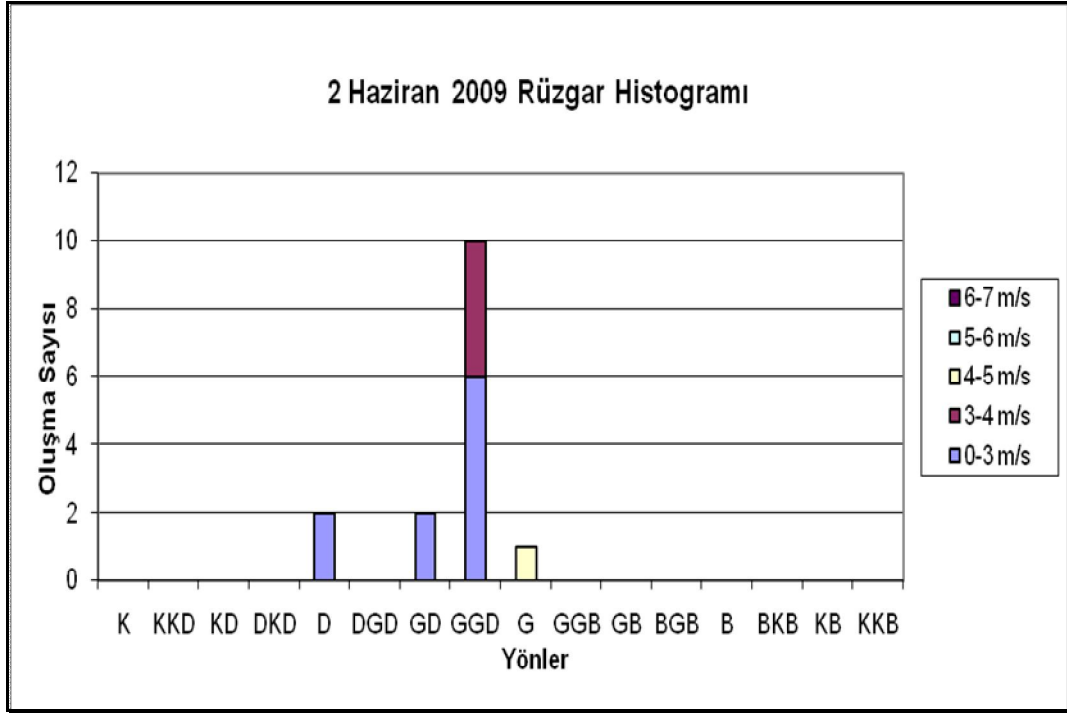
Şekil 5.55. 31 Mayıs 2009 yüzek izleri



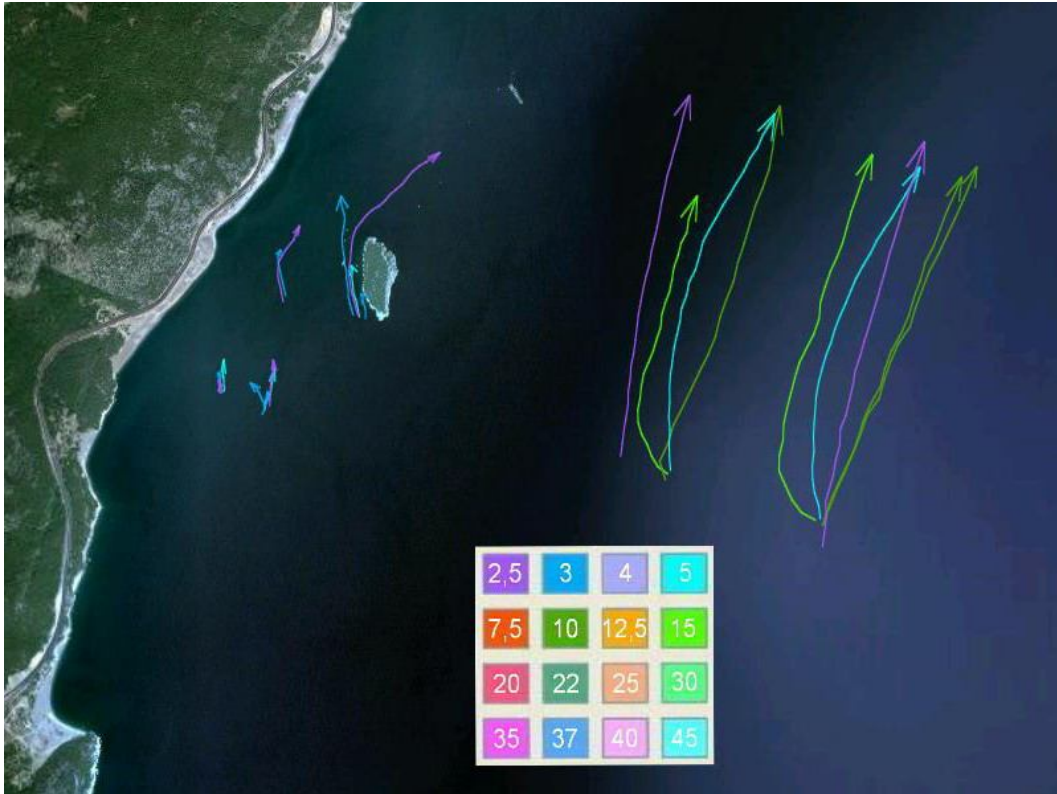
Şekil 5.56. 1 Haziran 2009 rüzgar histogramı



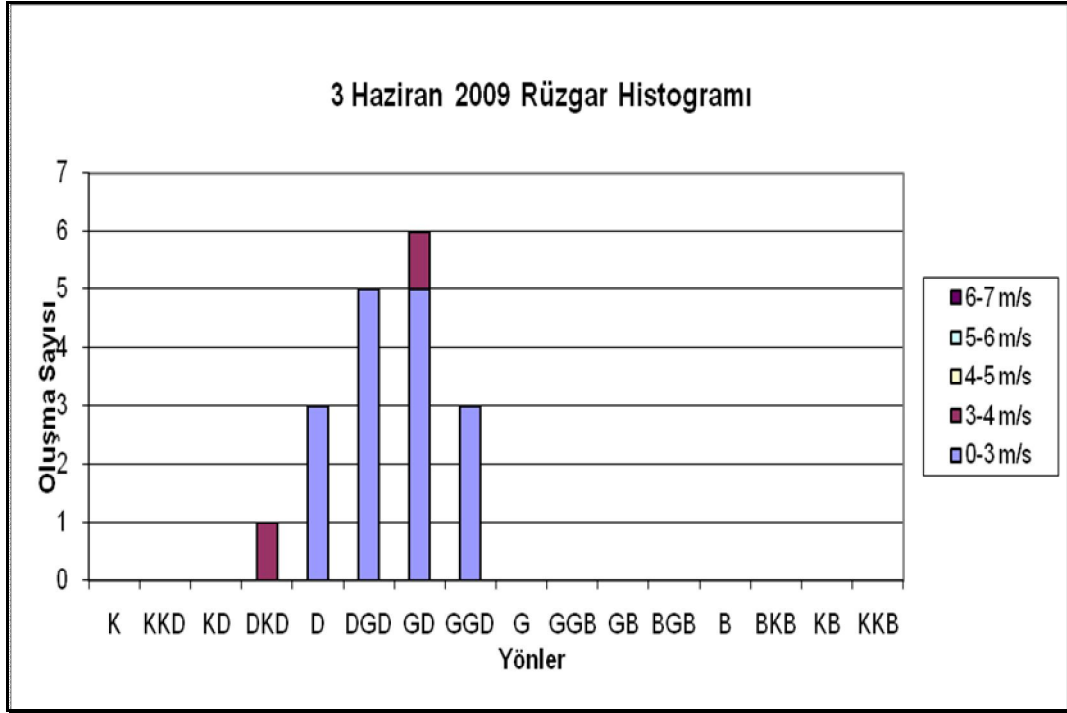
Şekil 5.57. 1 Haziran 2009 yüzek izleri



Şekil 5.58. 2 Haziran 2009 rüzgar histogramı



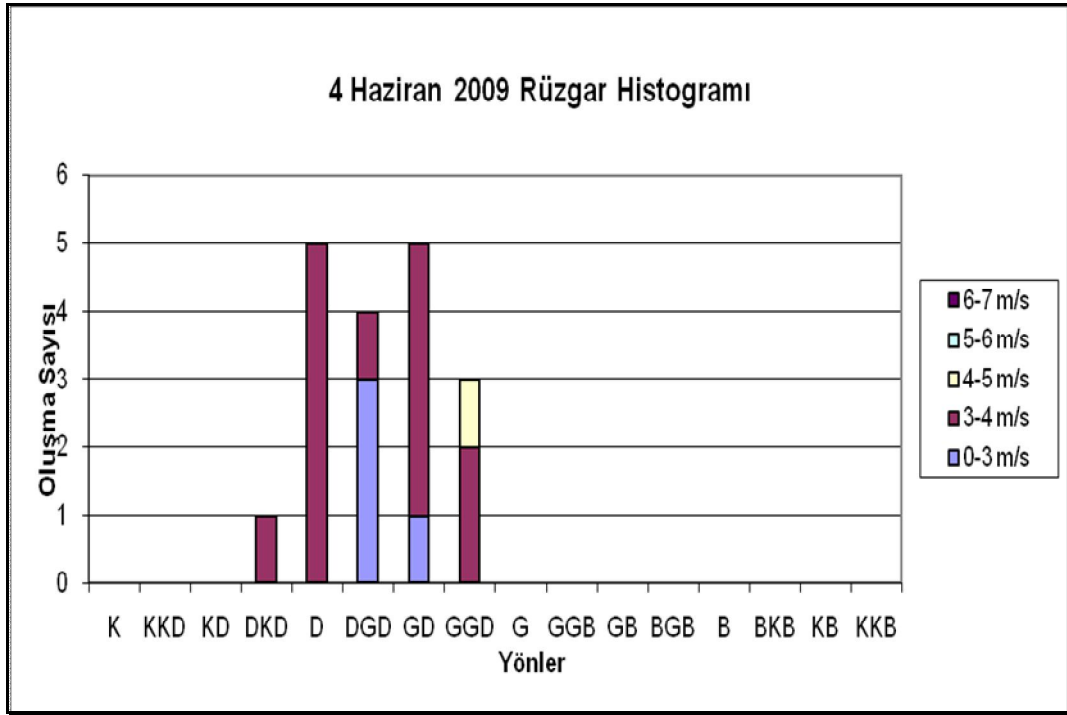
Şekil 5.59. 2 Haziran 2009 yüzük izleri



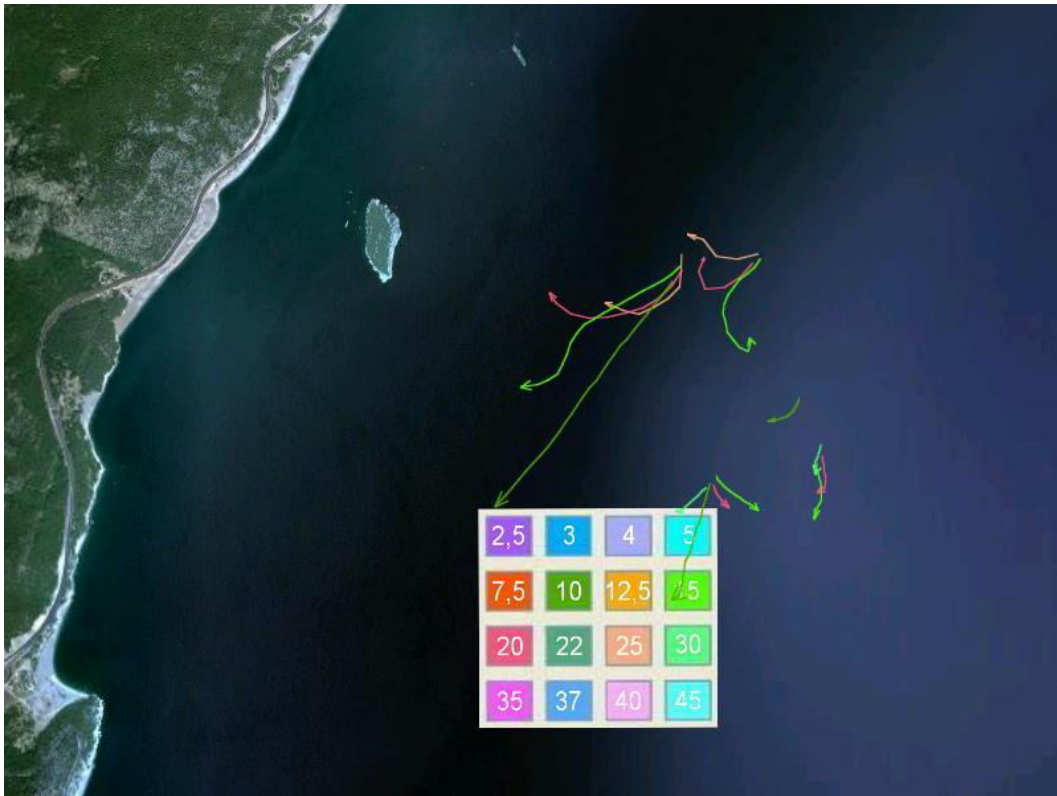
Şekil 5.60. 3 Haziran 2009 rüzgar histogramı



Şekil 5.61. 3 Haziran 2009 yüzük izleri

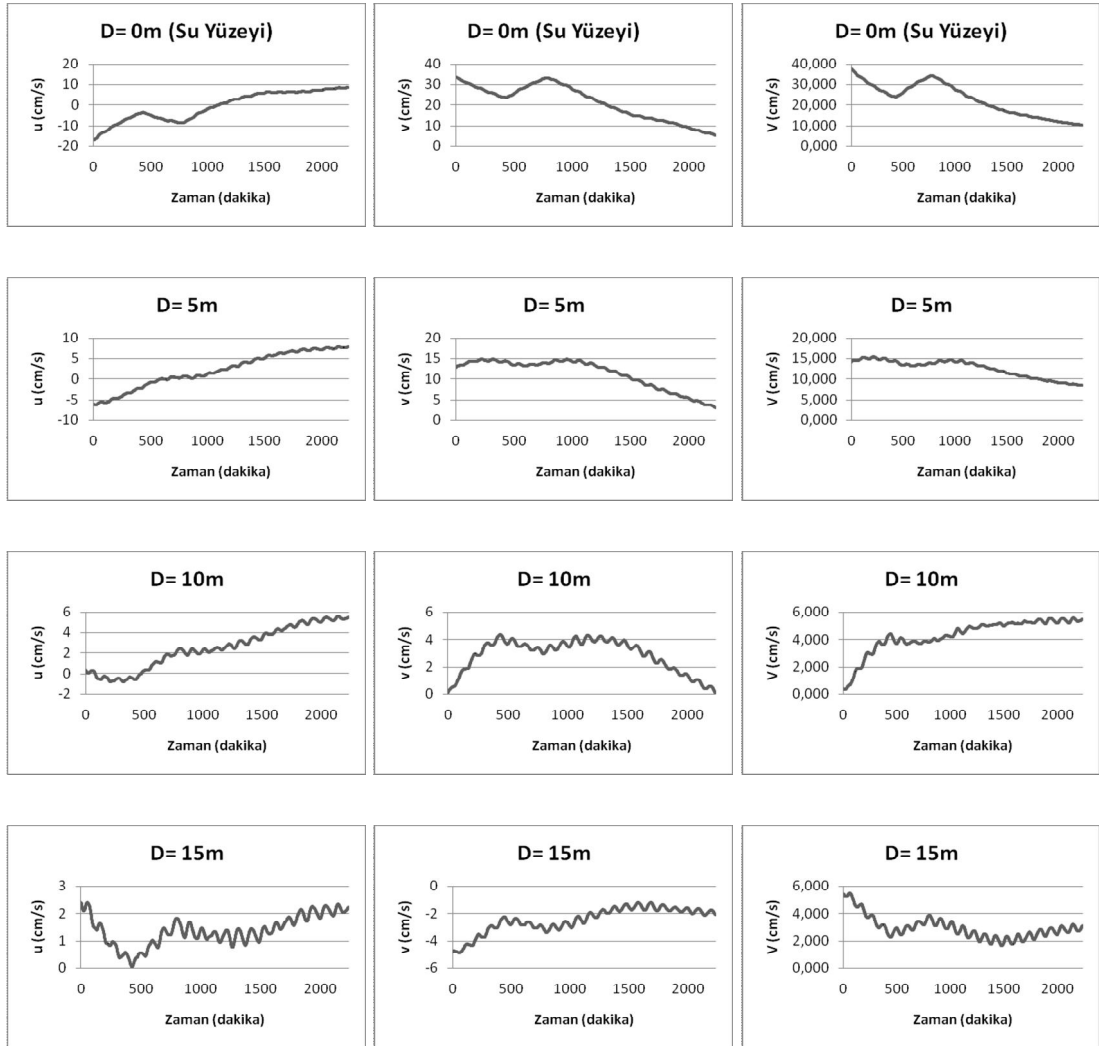


Şekil 5.62. 4 Haziran 2009 rüzgar histogramı

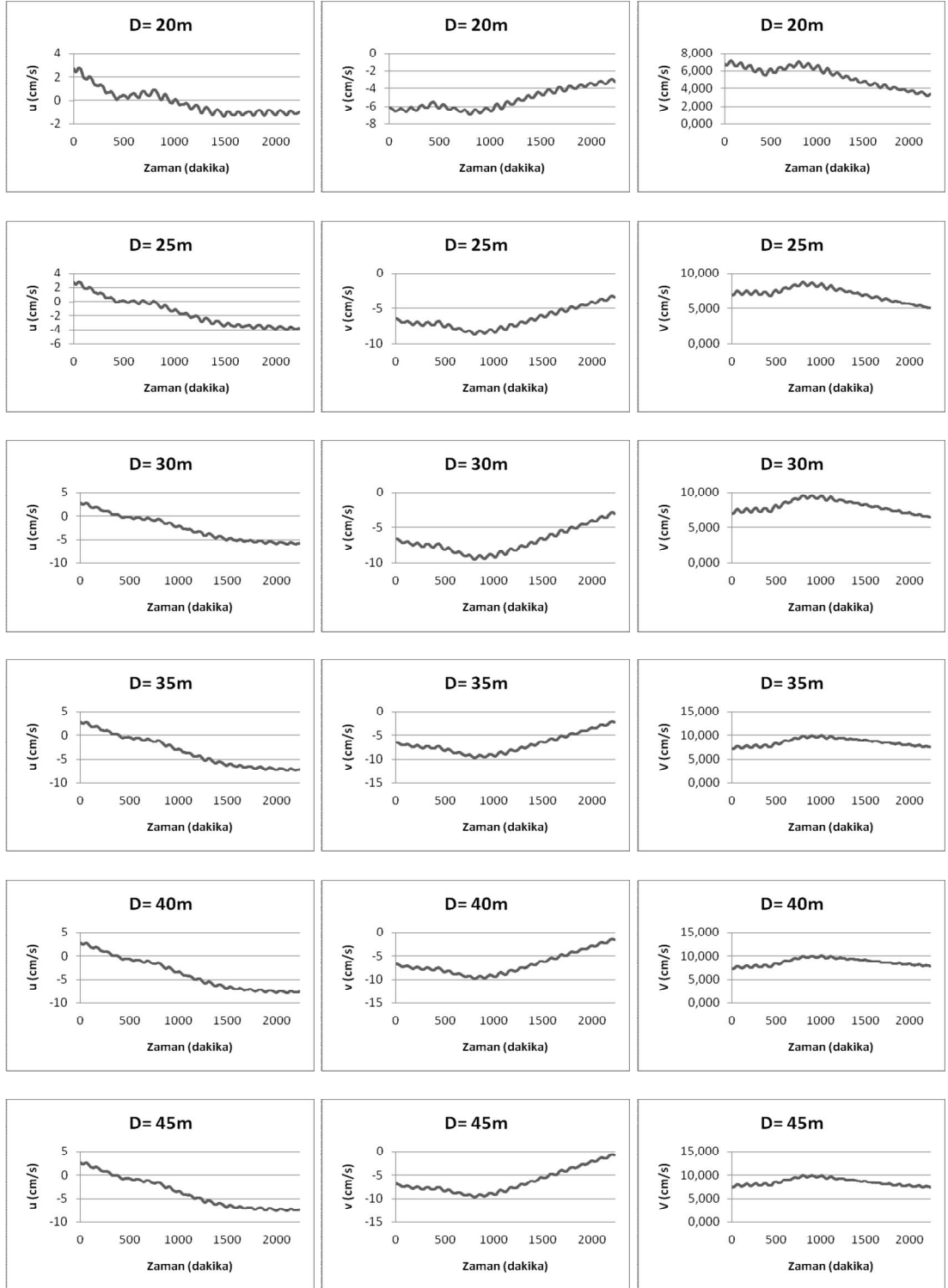


Şekil 5.63. 4 Haziran 2009 yüzük izleri

Şekil 5.64’de, difüzör uç noktasına yerleştirilen akıntıölçerden alınan hız dağılımları verilmiştir. Çizimlerde, u hız bileşeninin işaretinin pozitif (+) olması akıntı yönünün doğuya doğru, negatif (-) olması ise batıya doğru olduğunu gösterir. Aynı şekilde; v hız bileşeninin işaretinin pozitif (+) olması akıntı yönünün kuzeye doğru, negatif (-) olması ise güneye doğru olduğunu gösterir. Bileşke hızın (V) verildiği grafikler, bileşke hızın skalar değerini göstermektedir.

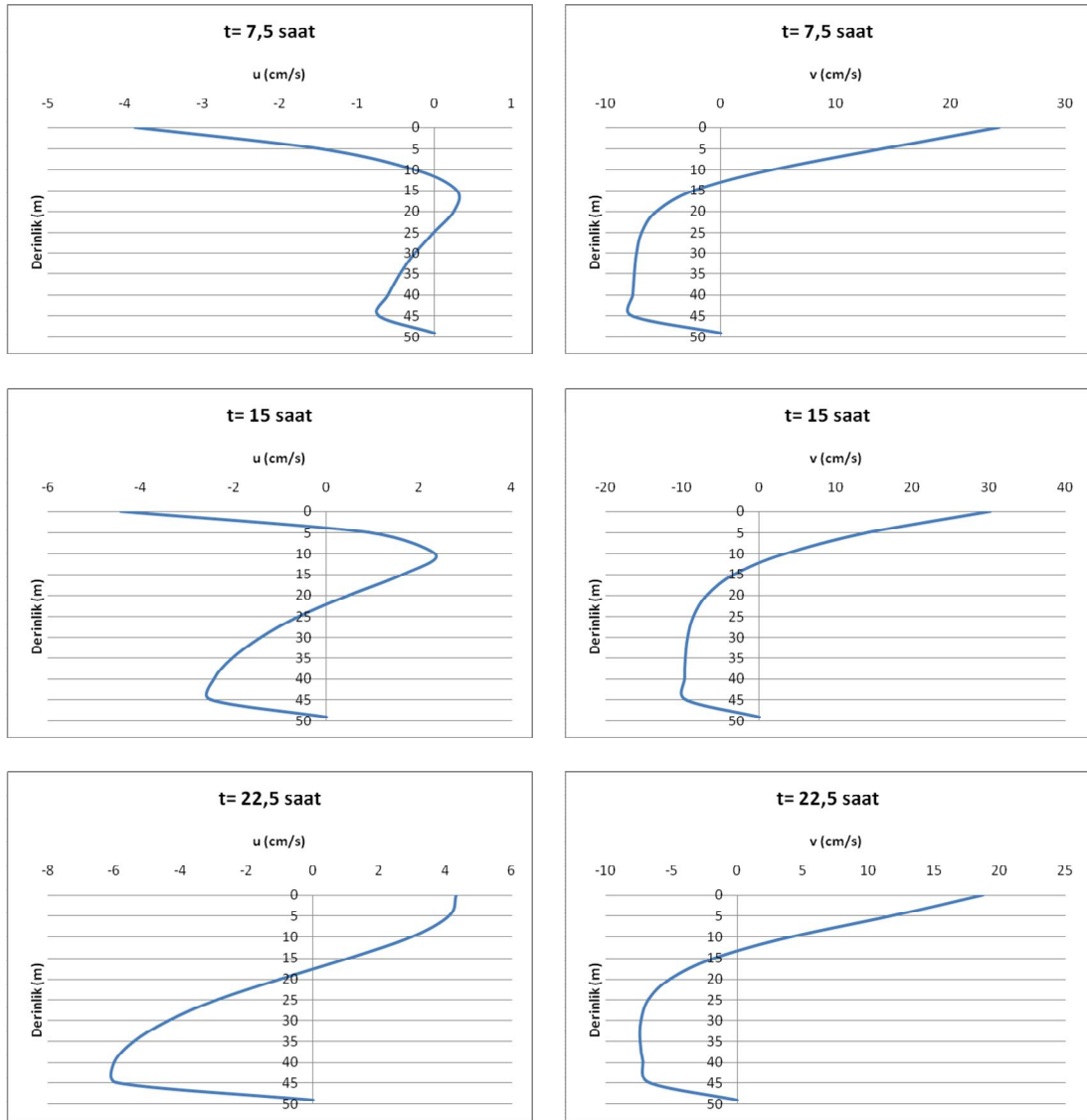


Şekil 5.64. Yaz dönemi ölçümlerinde difüzör uç noktasına yerleştirilen akıntıölçerden alınan hız dağılımları

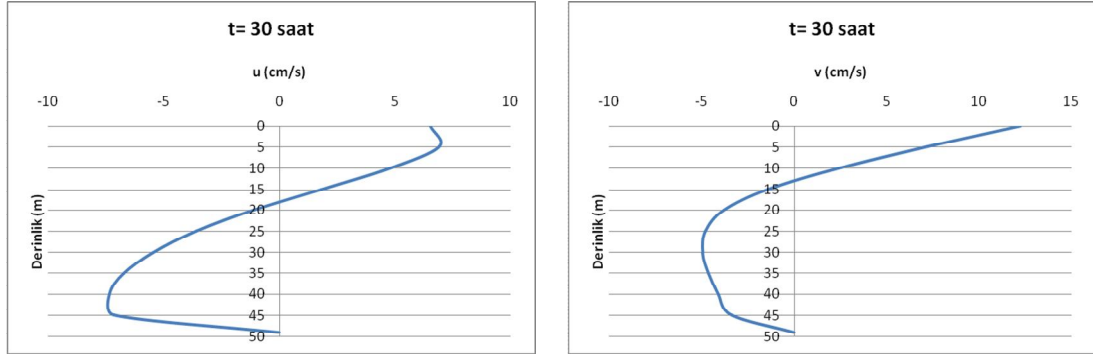


Şekil 5.64. (Devam) Yaz dönemi ölçümlerinde difüzör uç noktasına yerleştirilen akıntıölçerden alınan hız dağılımları

Şekil 5.65’de, difüzör uç noktasında, ölçüm başlangıcından itibaren 7,5 saat, 15 saat, 22,5 saat ve 30 saat sonraki, derinlik boyunca yatay hız bileşenleri dağılımları verilmiştir. Çizimlerde, u hız bileşeninin işaretinin pozitif (+) olması akıntı yönünün doğuya doğru, negatif (-) olması ise batıya doğru olduğunu gösterir. Aynı şekilde; v hız bileşeninin işaretinin pozitif (+) olması akıntı yönünün kuzeye doğru, negatif (-) olması ise güneye doğru olduğunu gösterir.



Şekil 5.65. Yaz dönemi ölçümlerinde, difüzör uç noktasında, ölçüm başlangıcından itibaren 7,5 saat, 15 saat, 22,5 saat ve 30 saat sonraki, derinlik boyunca yatay hız bileşenleri dağılımları

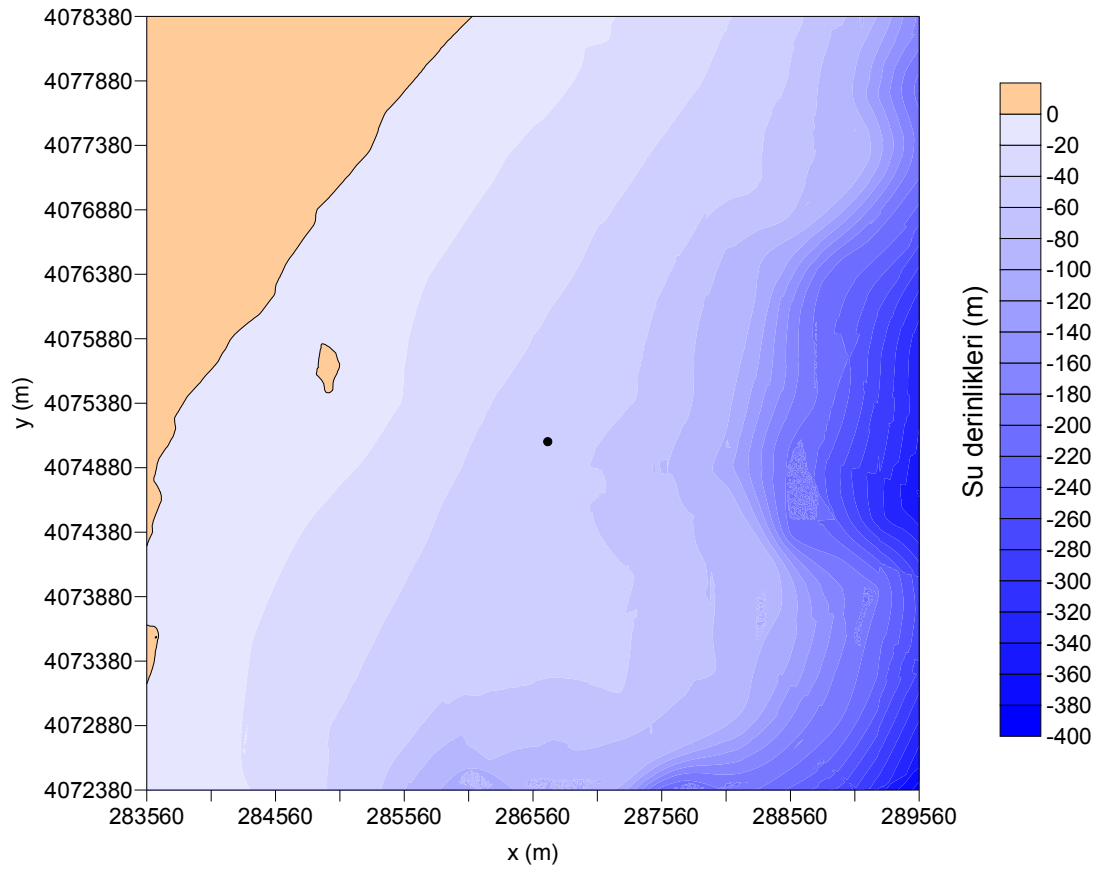


Şekil 5.65. (Devam) Yaz dönemi ölçümlerinde, difüzör uç noktasında, ölçüm başlangıcından itibaren 7,5 saat, 15 saat, 22,5 saat ve 30 saat sonraki, derinlik boyunca yatay hız bileşenleri dağılımları

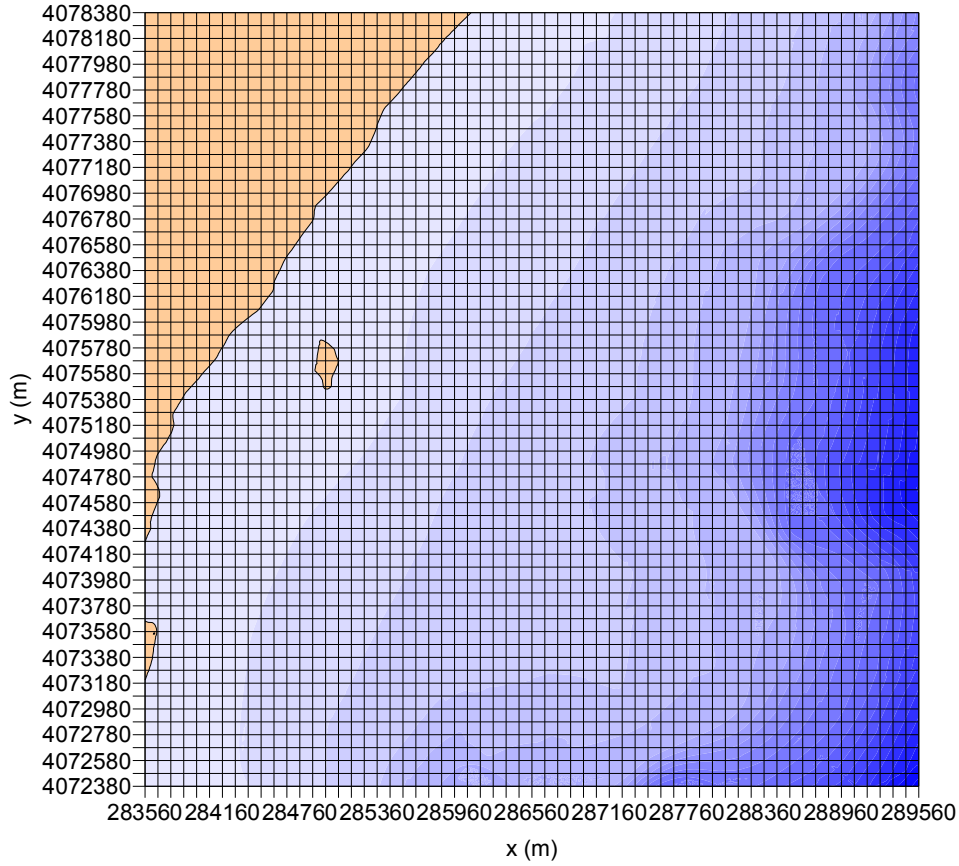
Yaz ölçümleri sırasında rüzgarların en sık estiği yön Doğu (D)-Güney (G) yön aralığı olup, en fazla oluşma sıklığı 3-5 m/s rüzgar hızı aralığındadır. Ölçümler sırasında en kuvvetli rüzgarların 6-7 m/s aralığında Güney(G) yönünden estiği görülmüştür. Ada etrafında, yüzeyden tabana doğru 5 m lik yüzey tabakasında ($d=0-5$ m) akıntı hızlarının yaklaşık olarak 10 cm/s olduğu görülmüştür. Difüzör etrafında ise yüzey tabakası hızları ortalama 25 cm/s ye ulaşmakta, yüzeyden 10m aşağıdaki tabakada akıntı hızları 8 cm/s ye, yüzeyden 20 m aşağıda 5 cm/s ye azalmaktadır. Yüzeyden 20 m su derinliğinin aşağısında akıntı hızları 5 cm/s civarında seyretmektedir. Akıntılar Güney Batı (GB) - Kuzey Doğu (KD) yönündedir.

6. HİDROTAM-3 MODELİNİN ANTALYA DENİZ DEŞARJI SU ALANINA UYGULANMASI

Modelde Şekil 6.1’ de gösterilen su alanı ve su derinlikleri kullanılmıştır. Su alanı yatayda 100x100 m lik çözüm ağına ayılarak incelenmiştir (Şekil 6.2). Su derinlikleri, derinlik boyunca birbirine eşit 10 tabakaya bölünerek taban topoğrafyası takip edilmiştir.



Şekil 6.1. Modelde kullanılan su alanı ve su derinlikleri

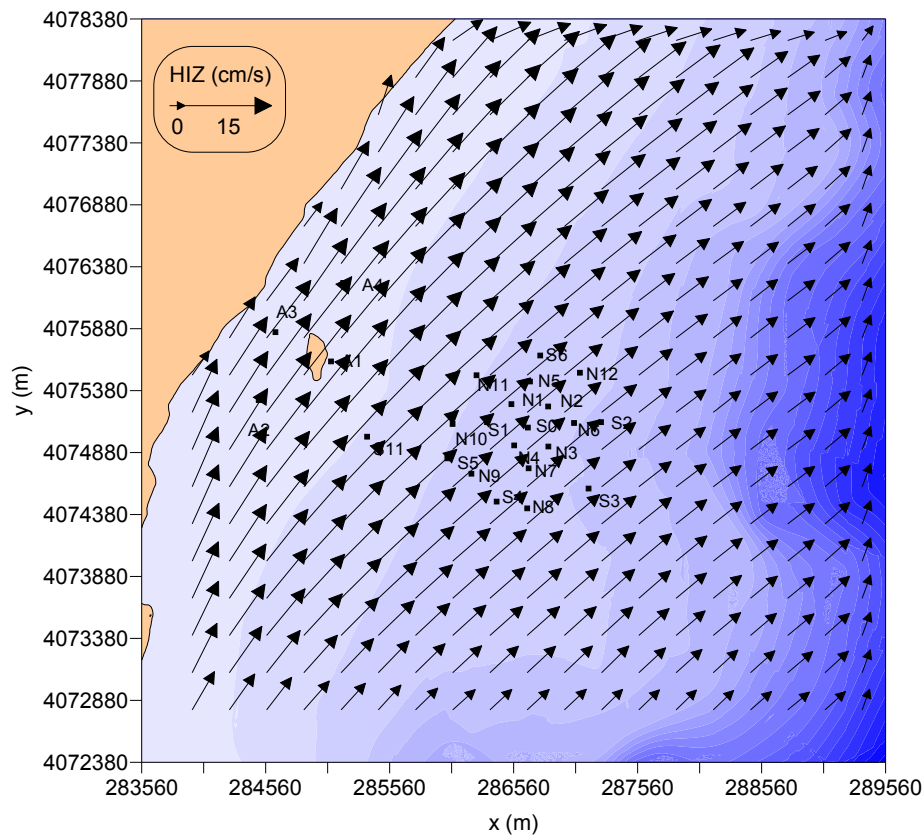


Şekil 6.2. 100 x 100 metrelik çözüm ağı

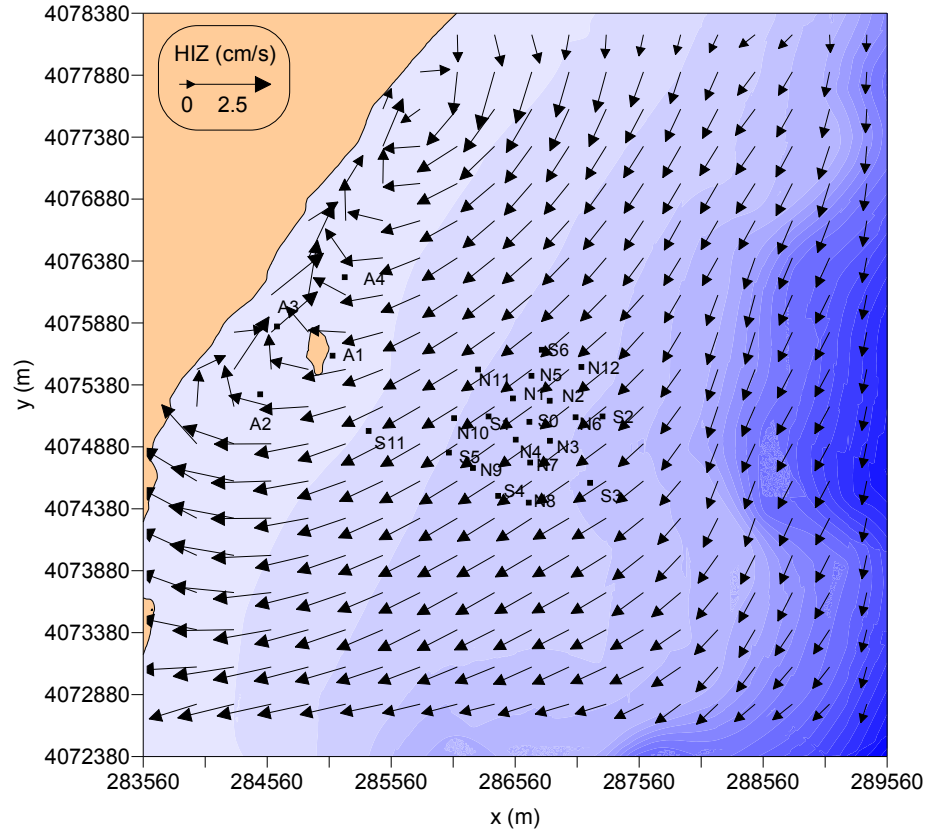
Mevsimsel olarak ölçülen su sıcaklıkları ve su tuzluluklarından model alanının başlangıç yoğunluk değişimi dağılımı bulunmuştur. Mevsimsel olarak rüzgarların en sık estiği yönden ve en fazla oluşma sıklığı görülen rüzgar hızı aralığı kullanılarak su alanının akıntı mevsimsel düzenleri benzeştirilmiştir. Mevsimsel olarak sahada yürütülen akıntı ölçümleri için hazırlanan rüzgar güllerinden (Bkz. Şekil 5.2, 5.20, 5.34 ve 5.46), saha ölçümleri esnasında hakim rüzgar yönünün Güney – Güneybatı aralığı olduğu görülmektedir. Ölçümlerin, model benzeştirmeleri ile karşılaştırılabilir olması için benzeştirmelerde GüneyGüneyBatı yönünden 5 m/s hız ile esen rüzgarların ve yoğunluk değişiminin etkileri incelenmiştir.

6.1. Sonbahar Dönemi

Sonbahar döneminde alıcı ortamda yoğunluk farklılaşması ölçülmemiştir. GGB (GüneyGüneyBatı) yönünden 5 m/s hızla esen rüzgar ve sabit yoğunluk etkisiyle su yüzeyinde ve su tabanında, zamana göre akıntı hızlarının değişmediği yatışkın duruma ulaşıldığı, rüzgarın esmeye başlamasından yaklaşık 3 saat sonra oluşan akıntı düzenleri Şekil 6.3 ve 6.4’te verilmektedir.



Şekil 6.3. Sonbahar dönemi model benzeşiminde GGB yönünden 5 m/s hızla esen rüzgar etkisiyle su yüzeyinde oluşan akıntı düzeni



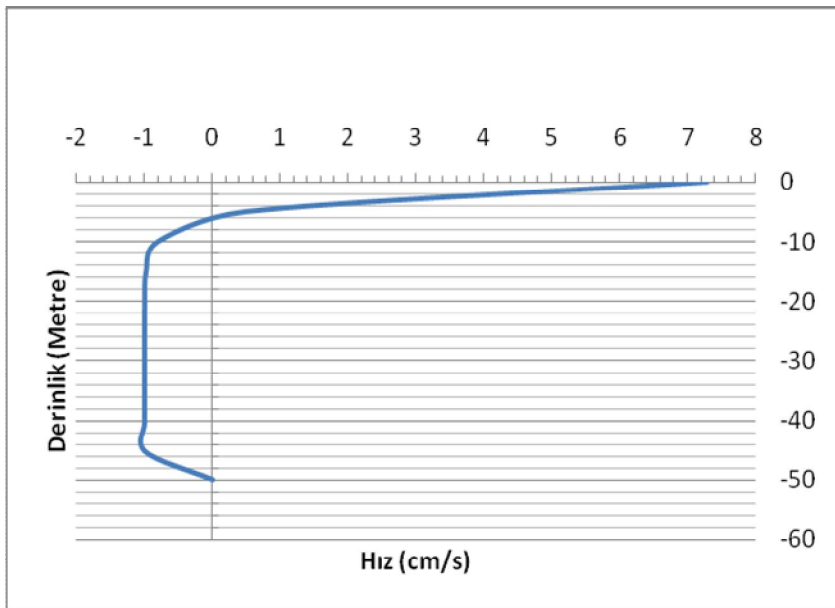
Şekil 6.4. Sonbahar dönemi model benzeşiminde GGB yönünden 5 m/s hızla esen rüzgar etkisiyle su tabanında oluşan akıntı düzeni

Sahada bakteri konsantrasyonlarının ölçümlü için daha önceden belirlenen ölçüm istasyonları Şekil 6.5'te verilmektedir.

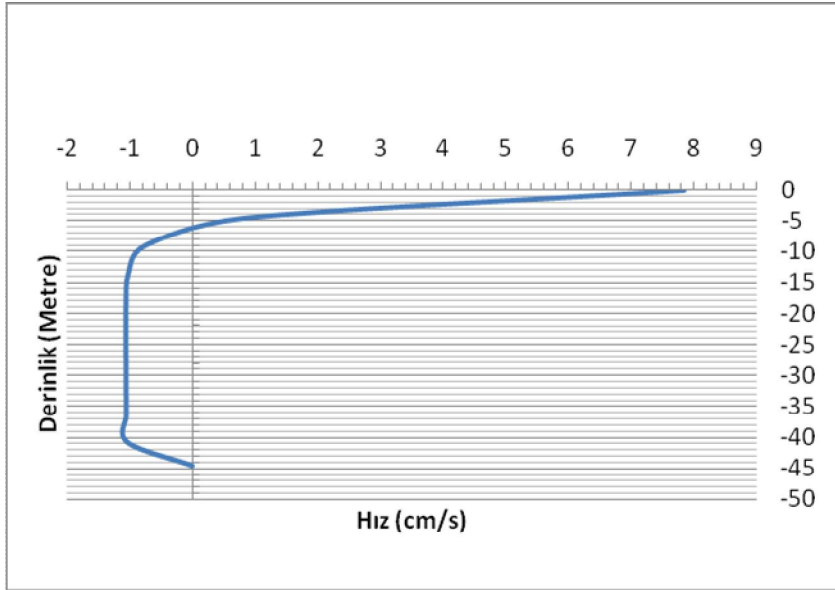


Şekil 6.5. Bakteri konsantrasyonu ölçüm noktaları

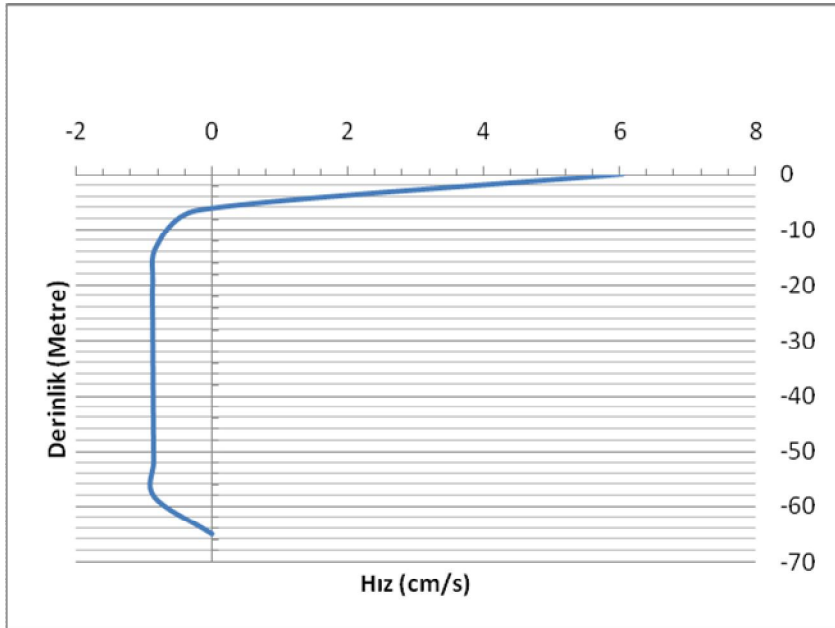
SO,S1,S2,S3,S4,S5,S6 ve S11 notalarındaki derinlik boyunca akıntı hızı profilleri ilerleyen sayfalarda verilmiştir (Şekil 6.6 – 6.13).



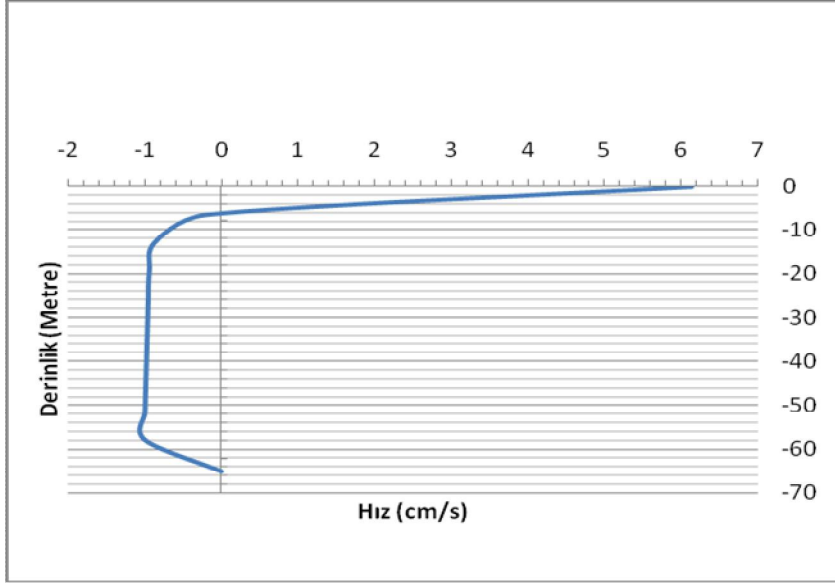
Şekil 6.6. Sonbahar dönemi model benzeşiminde S0 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili



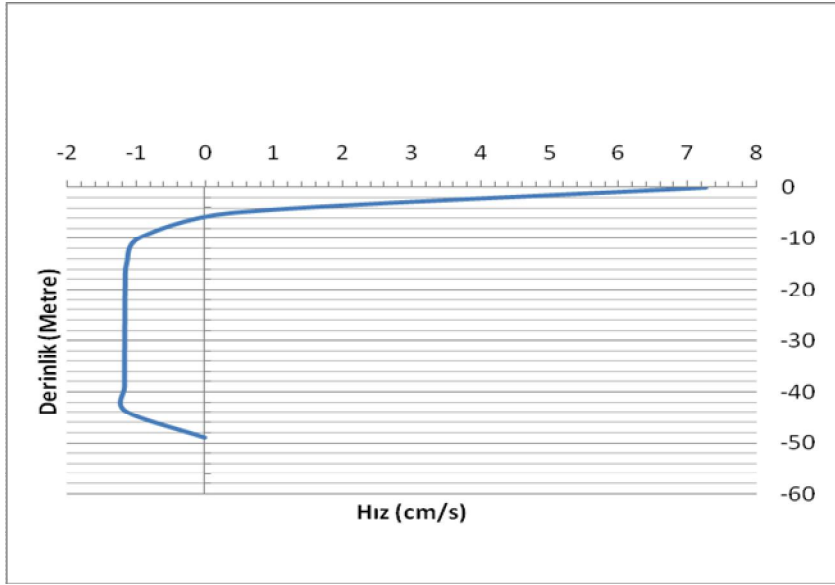
Şekil 6.7. Sonbahar dönemi model benzeşiminde S1 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili



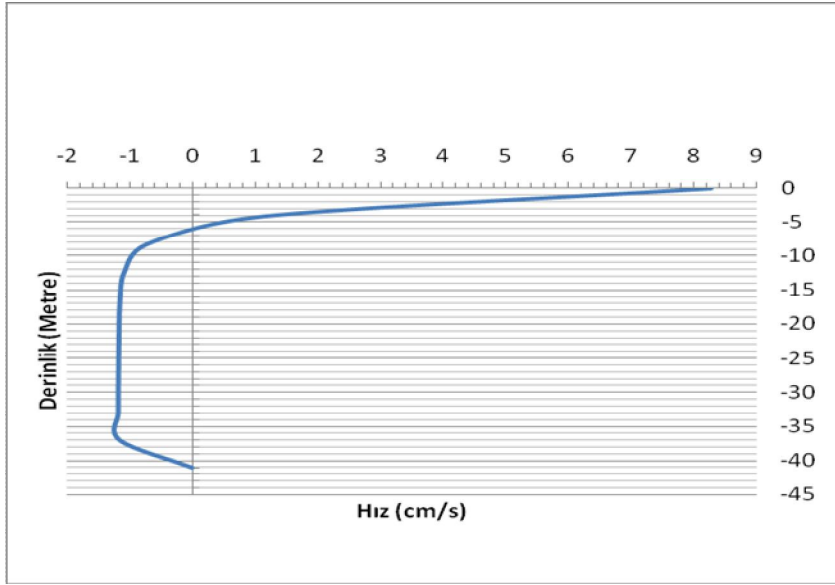
Şekil 6.8. Sonbahar dönemi model benzeşiminde S2 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili



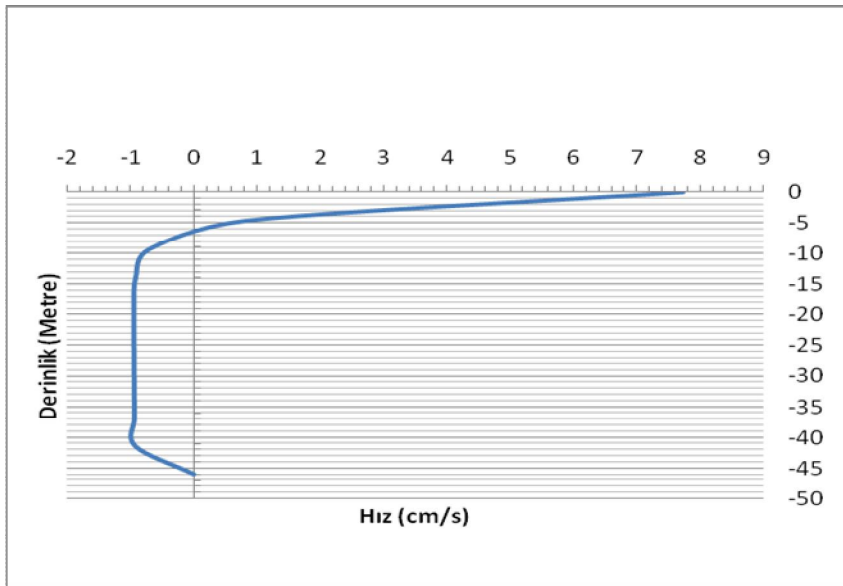
Şekil 6.9. Sonbahar dönemi model benzeşiminde S3 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili



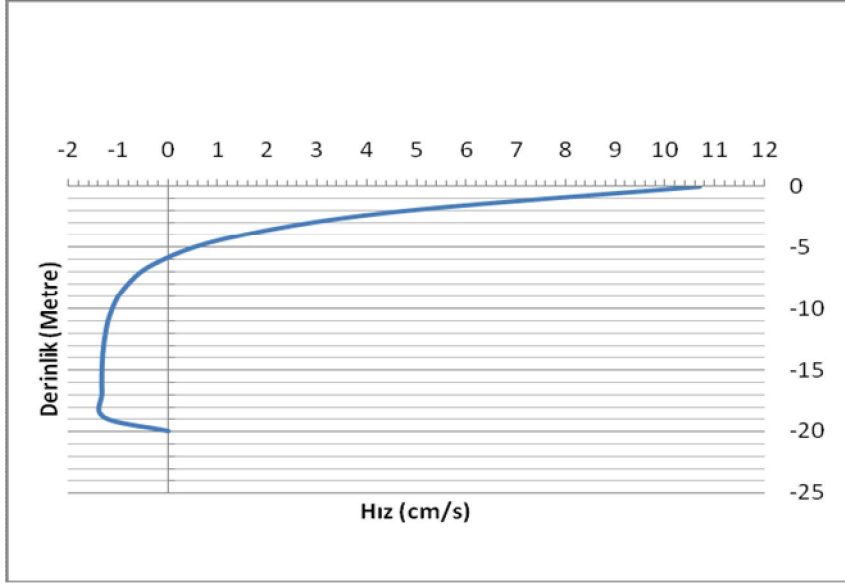
Şekil 6.10. Sonbahar dönemi model benzeşiminde S4 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili



Şekil 6.11. Sonbahar dönemi model benzeşiminde S5 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili

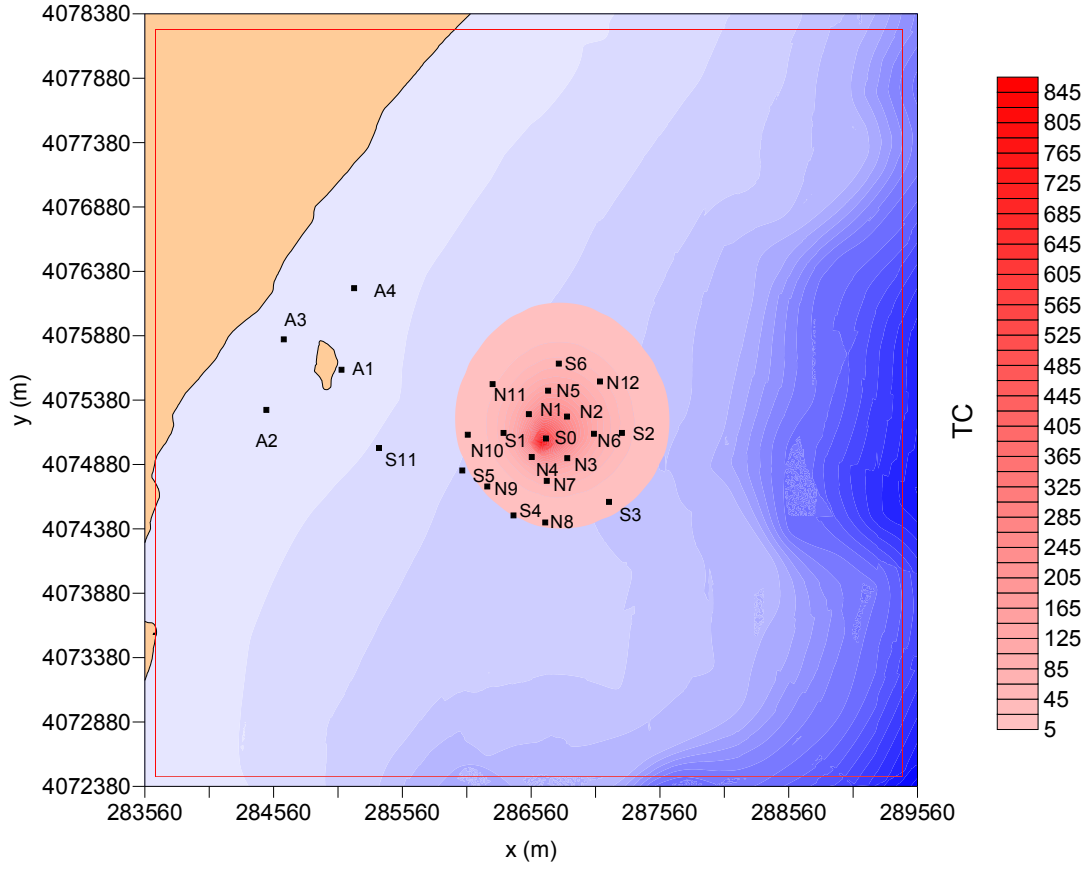


Şekil 6.12. Sonbahar dönemi model benzeşiminde S6 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili



Şekil 6.13. Sonbahar dönemi model benzeşiminde S11 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili

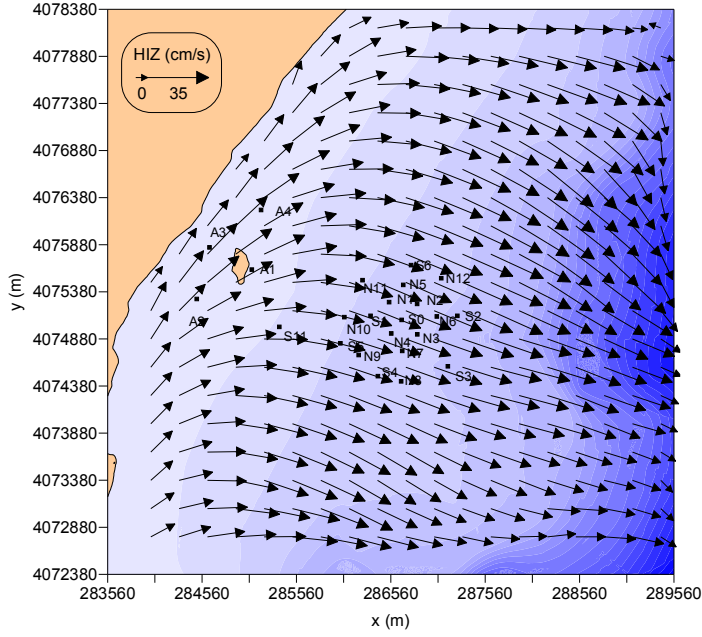
Sonbahar döneminde, deşarj noktası olan SO noktasından kirletici alıcı ortama bırakıldığında yakın alan seyrelmesi sonucunda kirletici bulutu yüzeye ulaşmakta ve yakın alan seyrelmesi sonucunda kirletici miktarı 833 bac/ml toplam koliform değerine ulaşmaktadır. Yüzeye ulaşan kirleticinin uzak alan karışımı model ile incelenmiş ve yatışkın durum Şekil 6.14'te sunulmuştur.



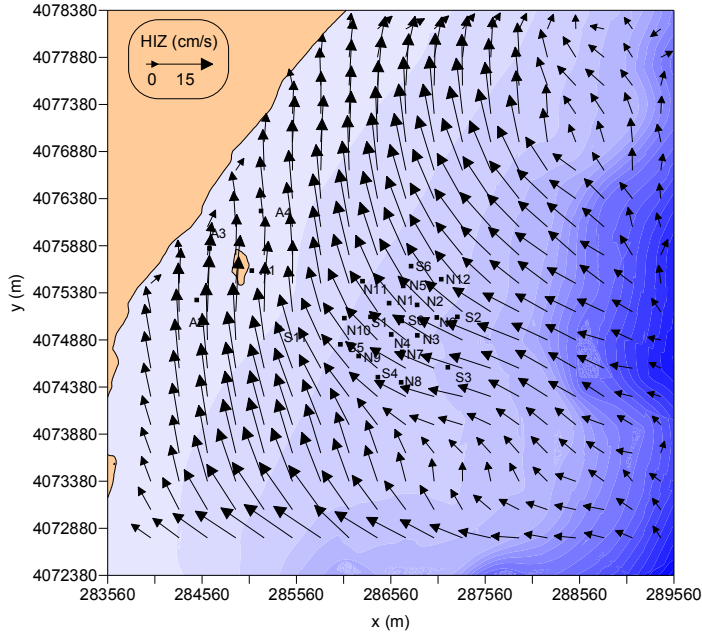
Şekil 6.14. Sonbahar dönemi model benzeşiminde GGB yönünden 5 m/s hızla esen rüzgar etkisiyle su yüzeyinde kirletici dağılımı

6.2. Kış Dönemi

Kış döneminde alıcı ortamda yoğunluk farklılaşması ölçülmemiştir. GGB (GüneyGüneyBatı) yönünden 5 m/s hızla esen rüzgar ve sabit yoğunluk etkisiyle su yüzeyinde ve su tabanında, zamana göre akıntı hızlarının değişmediği yatışkın duruma ulaşıldığı, rüzgarın esmeye başlamasından yaklaşık 3 saat sonra oluşan akıntı düzenleri Şekil 6.15 ve 6.16'da verilmektedir.

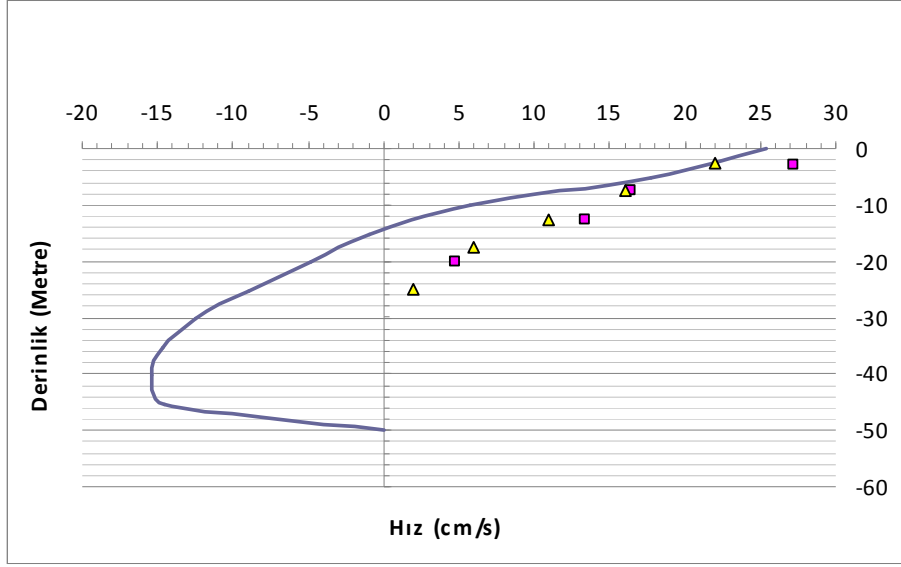


Şekil 6.15. Kış dönemi model benzeşiminde GGB yönünden 5 m/s hızla esen rüzgar ve yoğunluk değişimi etkileriyle su yüzeyinde oluşan akıntı düzeni

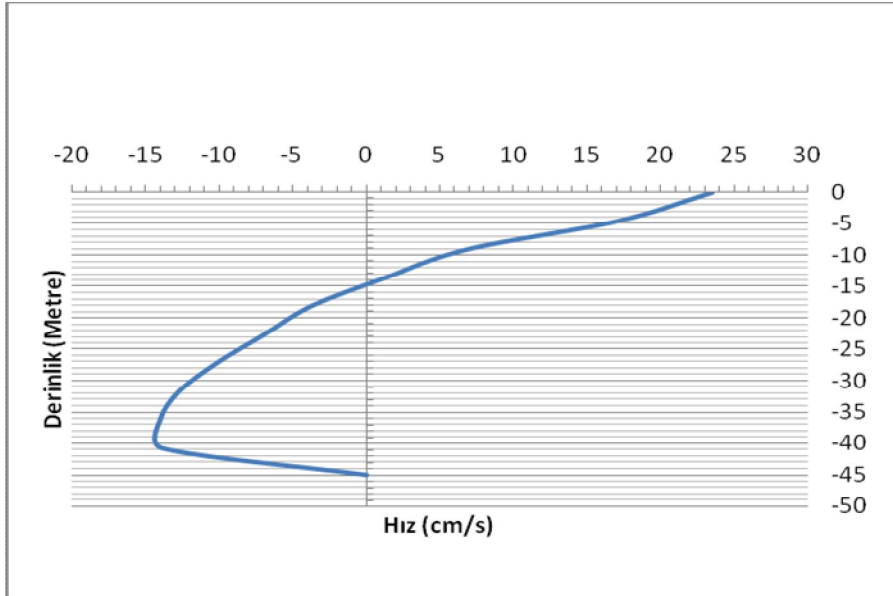


Şekil 6.16. Kış dönemi model benzeşiminde GGB yönünden 5 m/s hızla esen rüzgar ve yoğunluk değişimi etkileriyle su tabanında oluşan akıntı düzeni

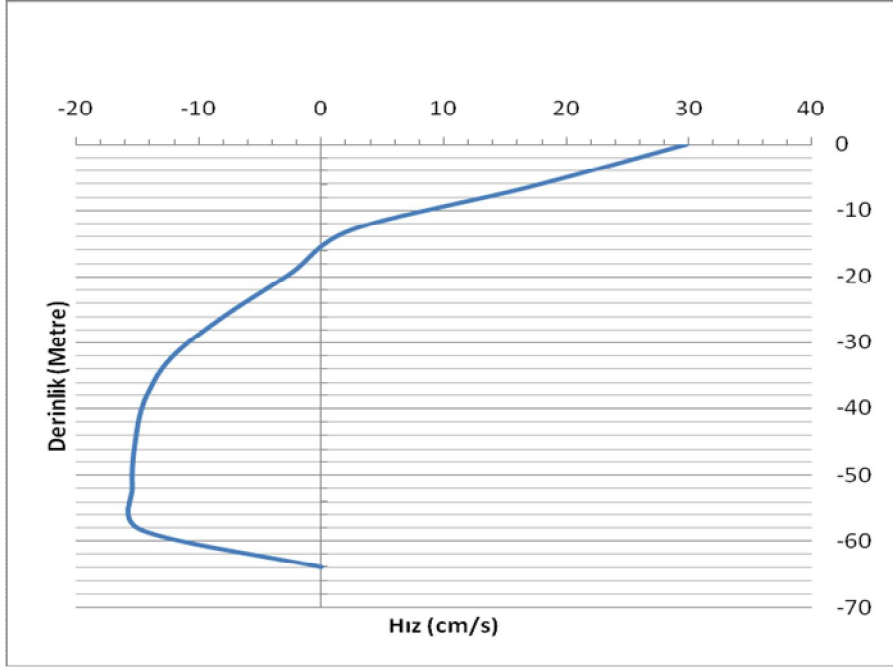
SO,S1,S2,S3,S4,S5,S6 ve S11 notalarındaki derinlik boyunca akıntı hızı profilleri ilerleyen sayfalarda verilmiştir (Şekil 6.17 – 6.24).



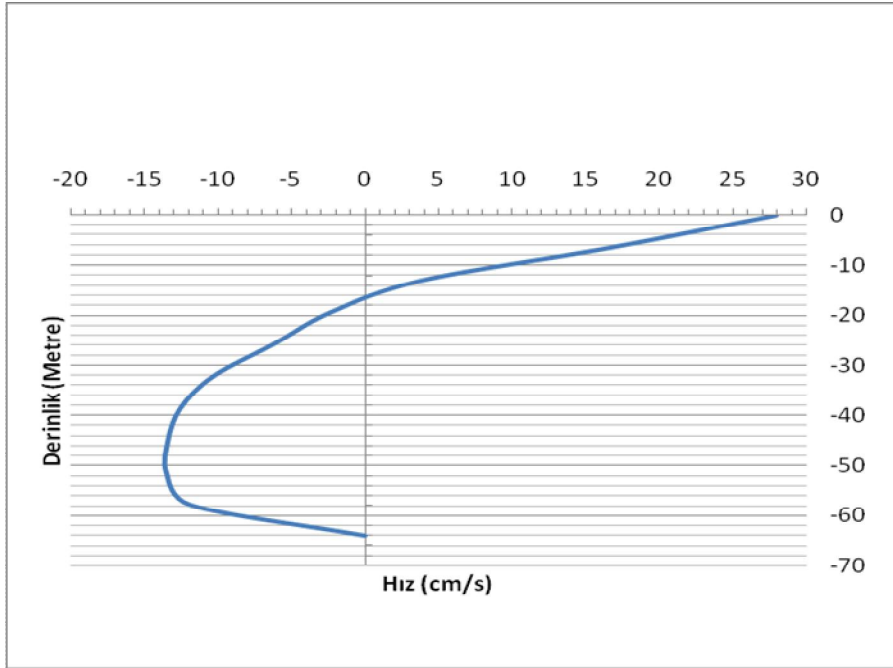
Şekil 6.17. Kış dönemi model benzeşiminde S0 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili (S0 noktasında ultrasonik akıntı ölçer ile ölçülen akıntı hızları: ■; S0 noktasından geçen yüzeklerin ortalama akıntı hızları: ▲ işaretiyle gösterilmiştir.)



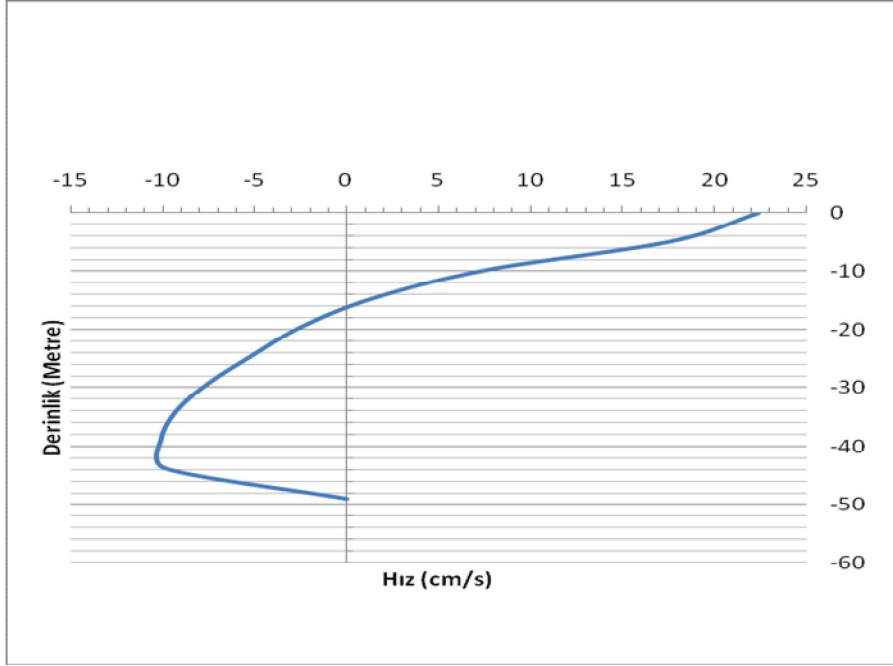
Şekil 6.18. Kış dönemi model benzeşiminde S1 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili



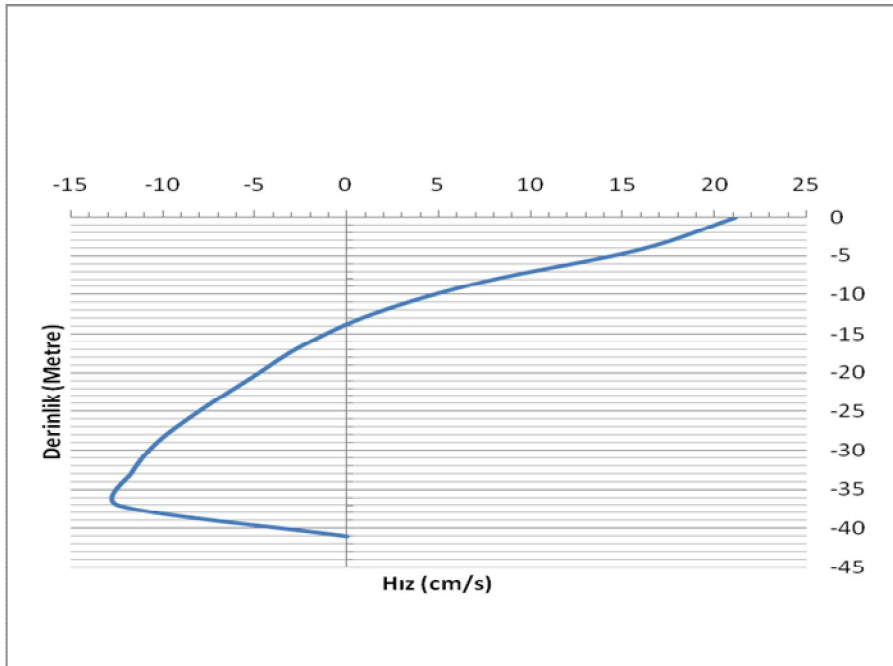
Şekil 6.19. Kış dönemi model benzeşiminde S2 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili



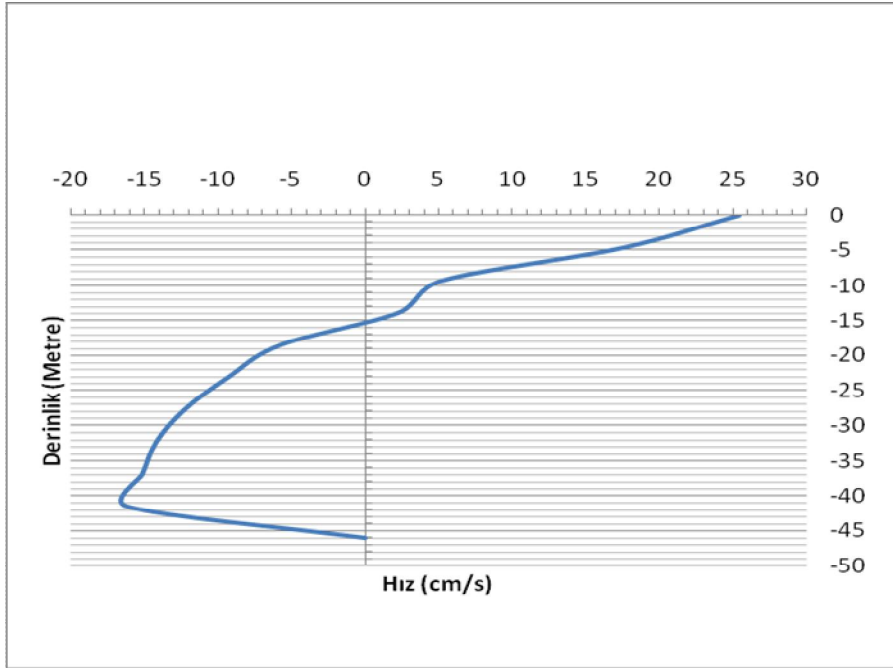
Şekil 6.20. Kış dönemi model benzeşiminde S3 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili



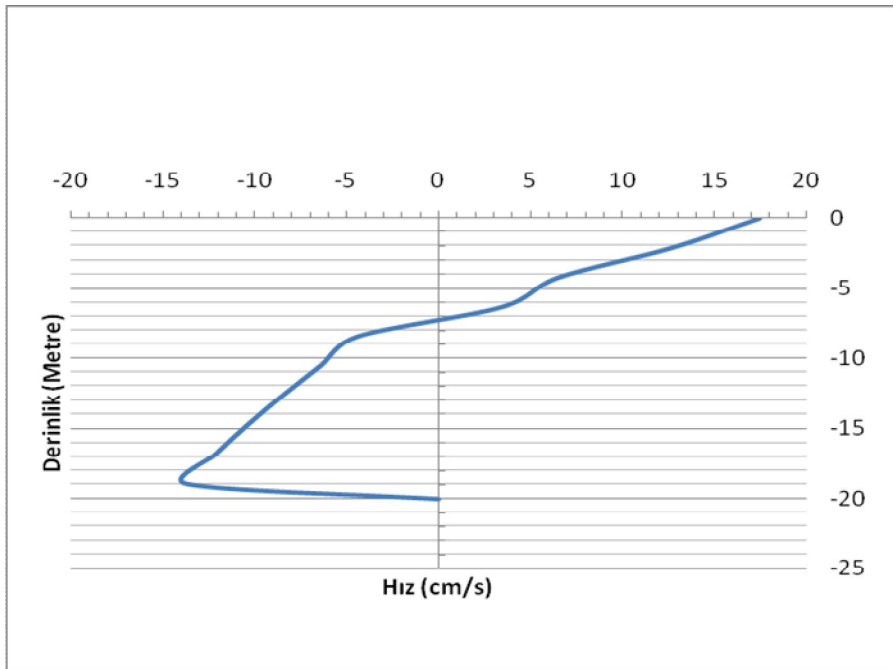
Şekil 6.21. Kış dönemi model benzeşiminde S4 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili



Şekil 6.22. Kış dönemi model benzeşiminde S5 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili

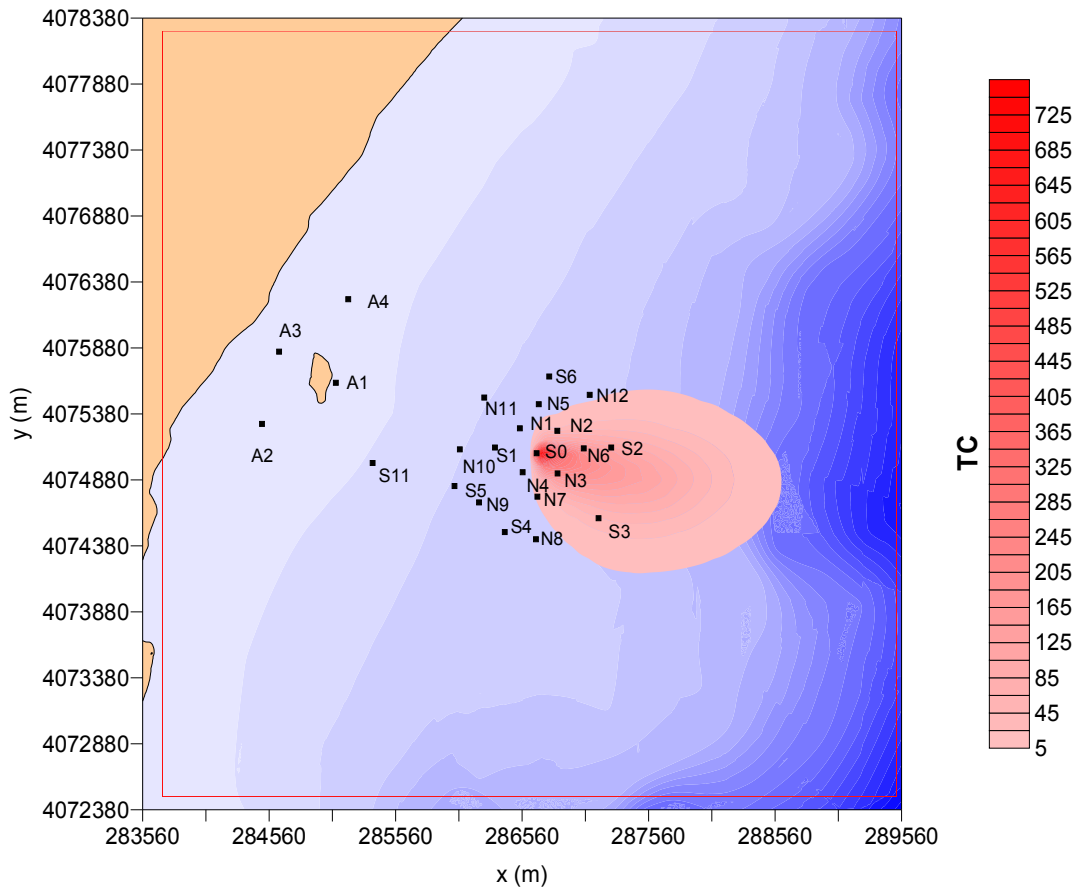


Şekil 6.23. Kış dönemi model benzeşiminde S6 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili



Şekil 6.24. Kış dönemi model benzeşiminde S11 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili

Kış döneminde, deşarj noktası olan SO noktasından kirletici alıcı ortama bırakıldığında yakın alan seyrelmesi sonucunda kirletici bulutu yüzeye ulaşmakta ve yakın alan seyrelmesi sonucunda kirletici miktarı 810 bac/ml toplam koliform değerine ulaşmaktadır. Yüzeye ulaşan kirleticinin uzak alan karışımı model ile incelenmiş ve yatışkın durum Çizim 8 de sunulmuştur.

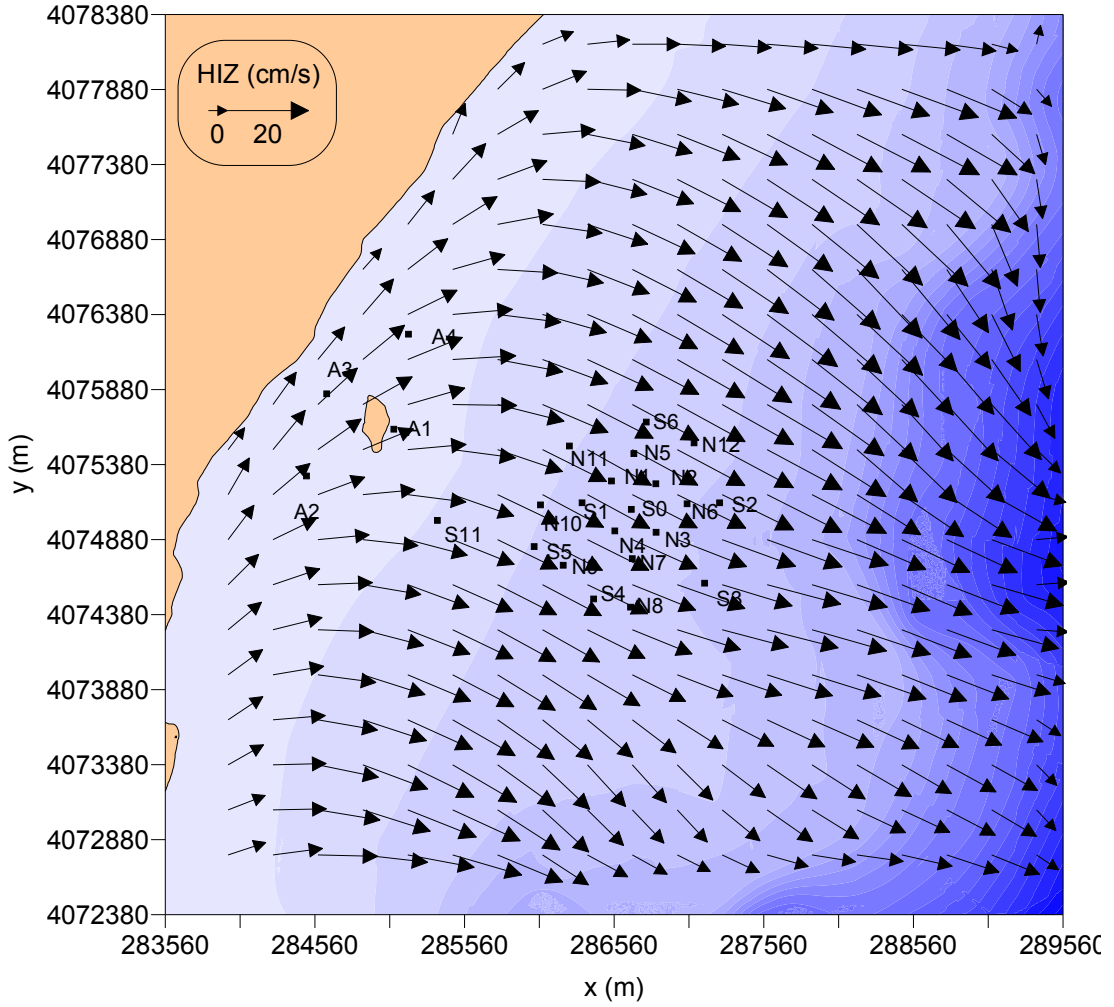


Şekil 6.25. Kış dönemi model benzeşiminde GGB yönünden 5 m/s hızla esen rüzgar ve yoğunluk değişimi etkileriyle su yüzeyinde kirletici dağılımı

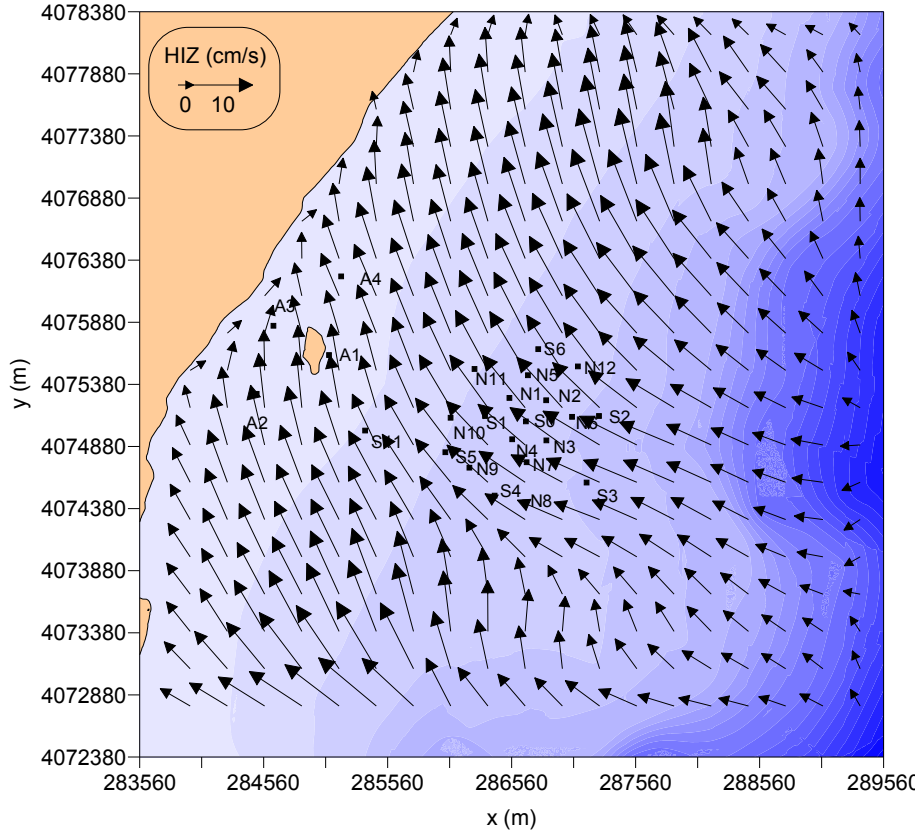
6.3. İlkbahar Dönemi

İlkbahar döneminde alıcı ortamda yoğunluk farklılaşması gözlenmektedir. Kirletici alıcı ortama bırakıldığında yakın alan seyrelmesi sonucunda kirletici bulutu yüzeyin yaklaşık 20 m altında tutsaklanmaktadır. GGB (GüneyGüneyBatı) yönünden 5 m/s hızla esen rüzgar ve sabit yoğunluk etkisiyle su yüzeyinde ve su tabanında, zamana

göre akıntı hızlarının değişmediği yatışkın duruma ulaşıldığı, rüzgarın esmeye başlamasından yaklaşık 3 saat sonra oluşan akıntı düzenleri Şekil 6.26 ve 6.27’de verilmektedir.

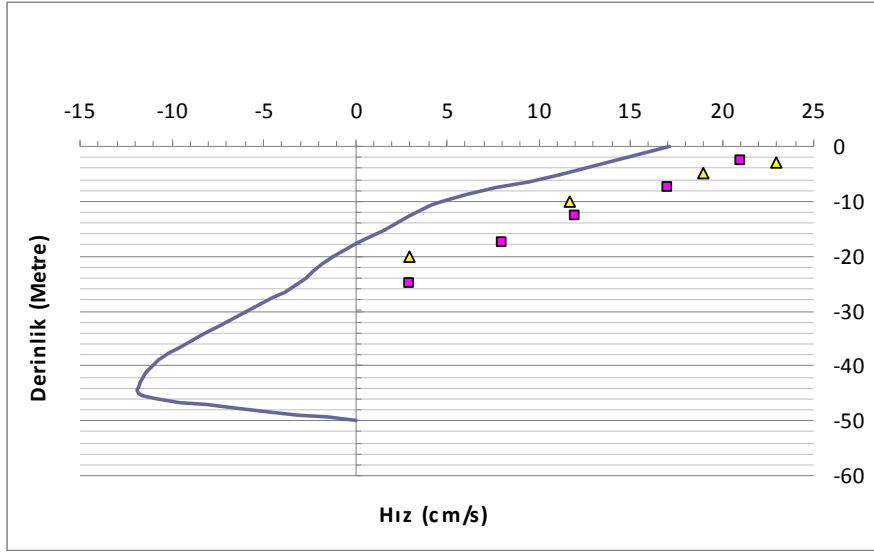


Şekil 6.26. İlkbahar dönemi model benzeşiminde GGB yönünden 5 m/s hızla esen rüzgar ve yoğunluk değişimi etkileriyle su yüzeyinde oluşan akıntı düzeni

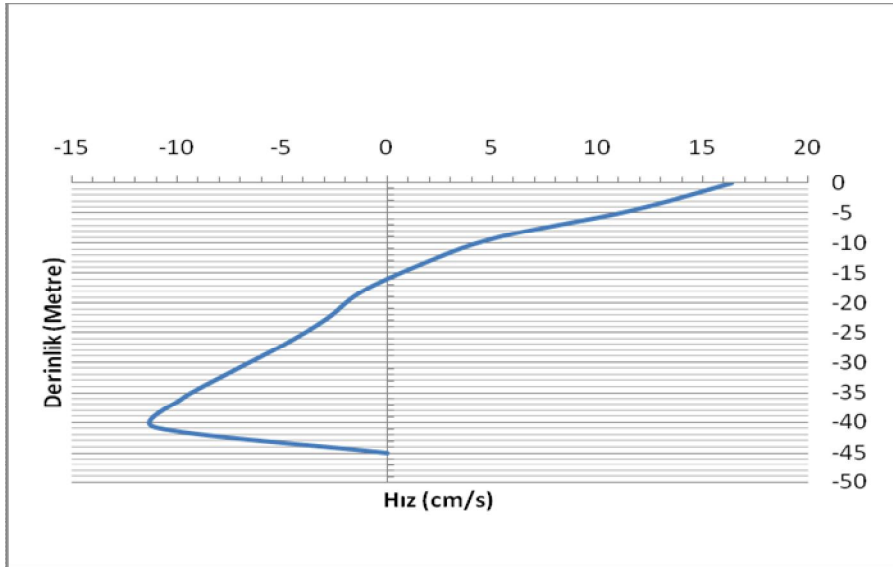


Şekil 6.27. İlkbahar dönemi model benzeşiminde GGB yönünden 5 m/s hızla esen rüzgar ve yoğunluk değişimi etkileriyle su tabanında oluşan akıntı düzeni

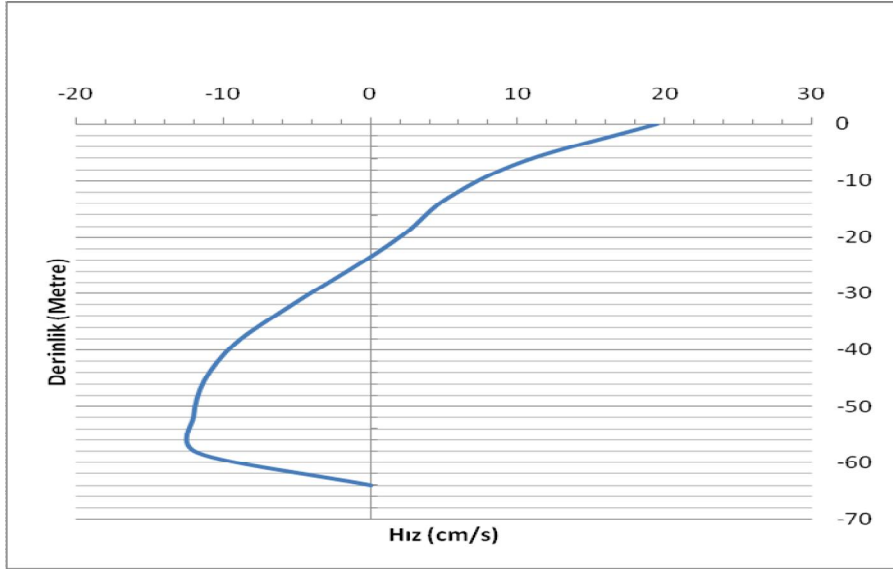
SO,S1,S2,S3,S4,S5,S6 ve S11 notalarındaki derinlik boyunca akıntı hızı profilleri ilerleyen sayfalarda verilmiştir (Şekil 6.28 – 6.35).



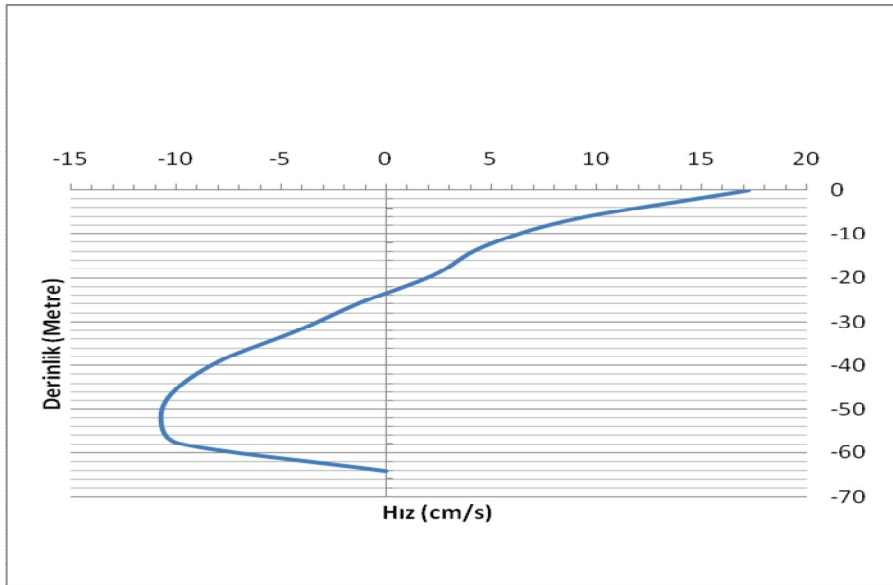
Şekil 6.28. İlkbahar dönemi model benzeşiminde S0 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili (S0 noktasında ultrasonik akıntı ölçer ile ölçülen akıntı hızları: ■; S0 noktasından geçen yüzeklerin ortalama akıntı hızları: ▲ işaretleriyle gösterilmiştir.)



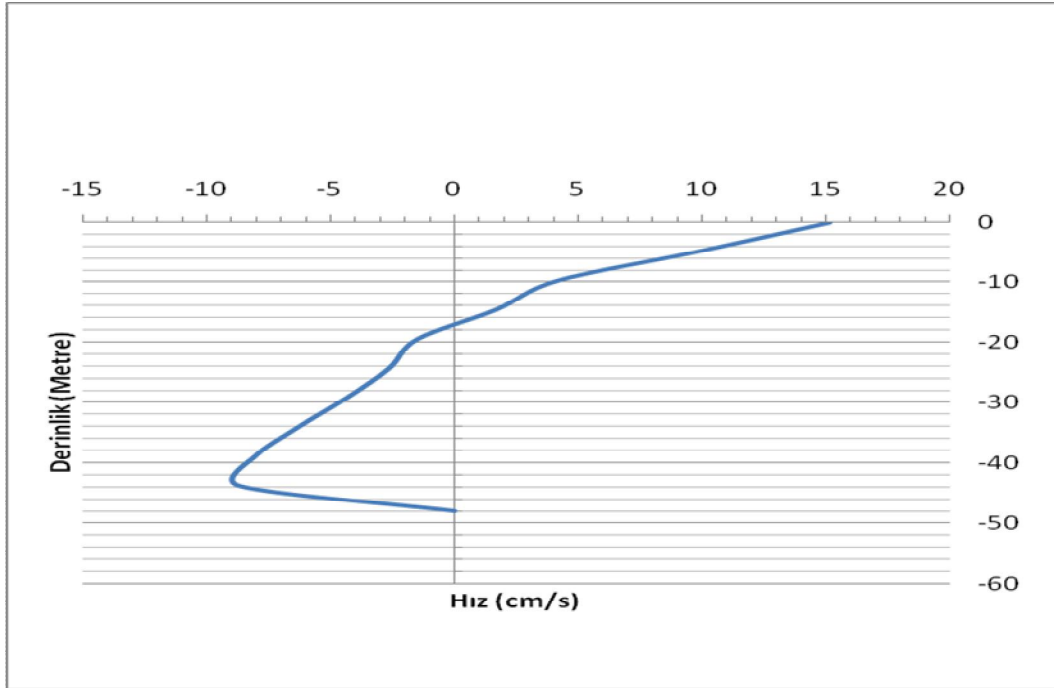
Şekil 6.29. İlkbahar dönemi model benzeşiminde S1 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili



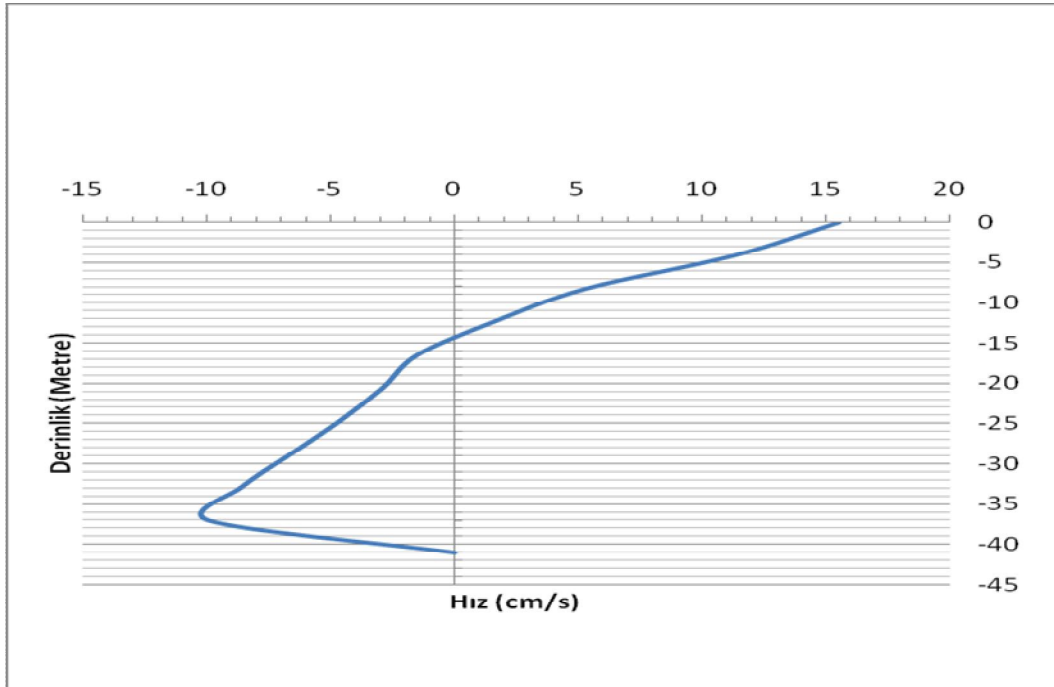
Şekil 6.30. İlkbahar dönemi model benzeşiminde S2 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili



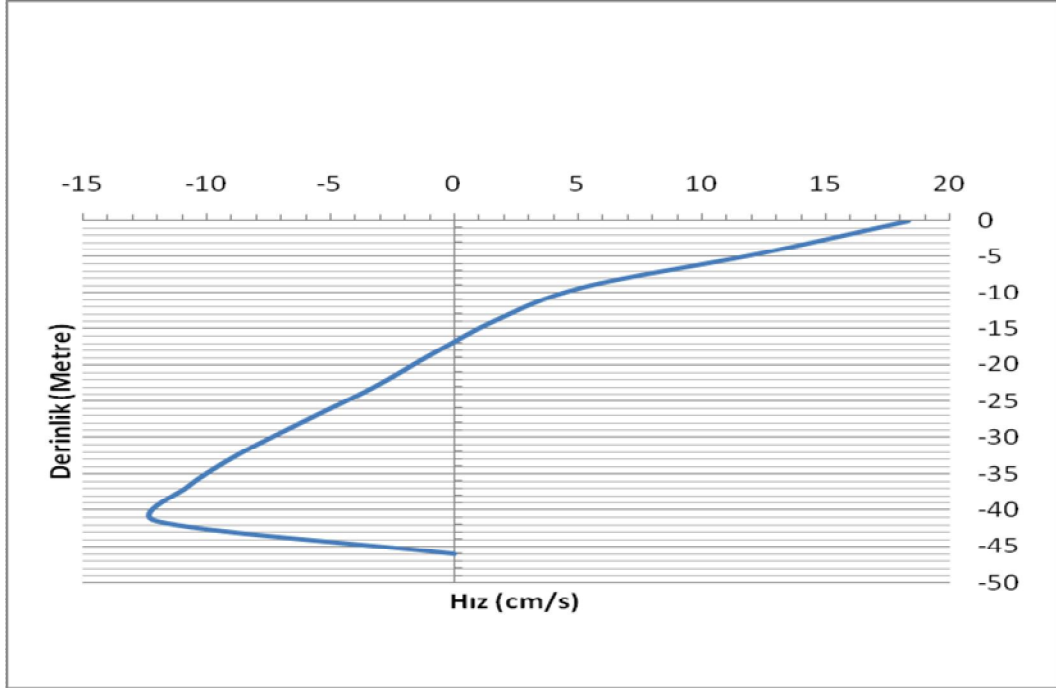
Şekil 6.31. İlkbahar dönemi model benzeşiminde S3 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili



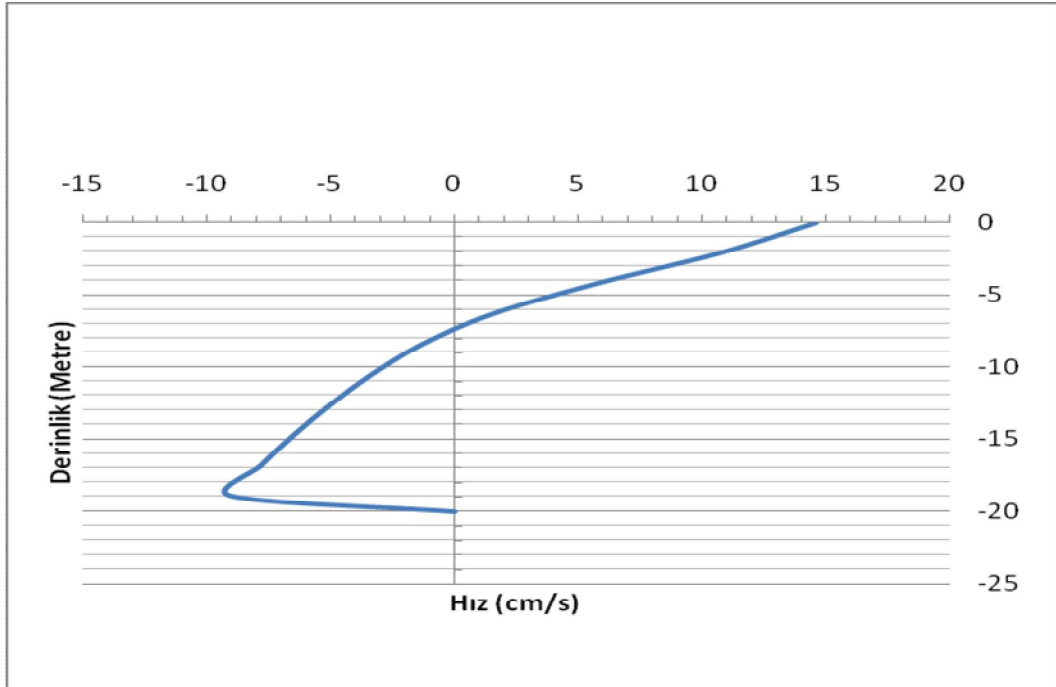
Şekil 6.32. İlkbahar dönemi model benzeşiminde S4 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili



Şekil 6.33. İlkbahar dönemi model benzeşiminde S5 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili

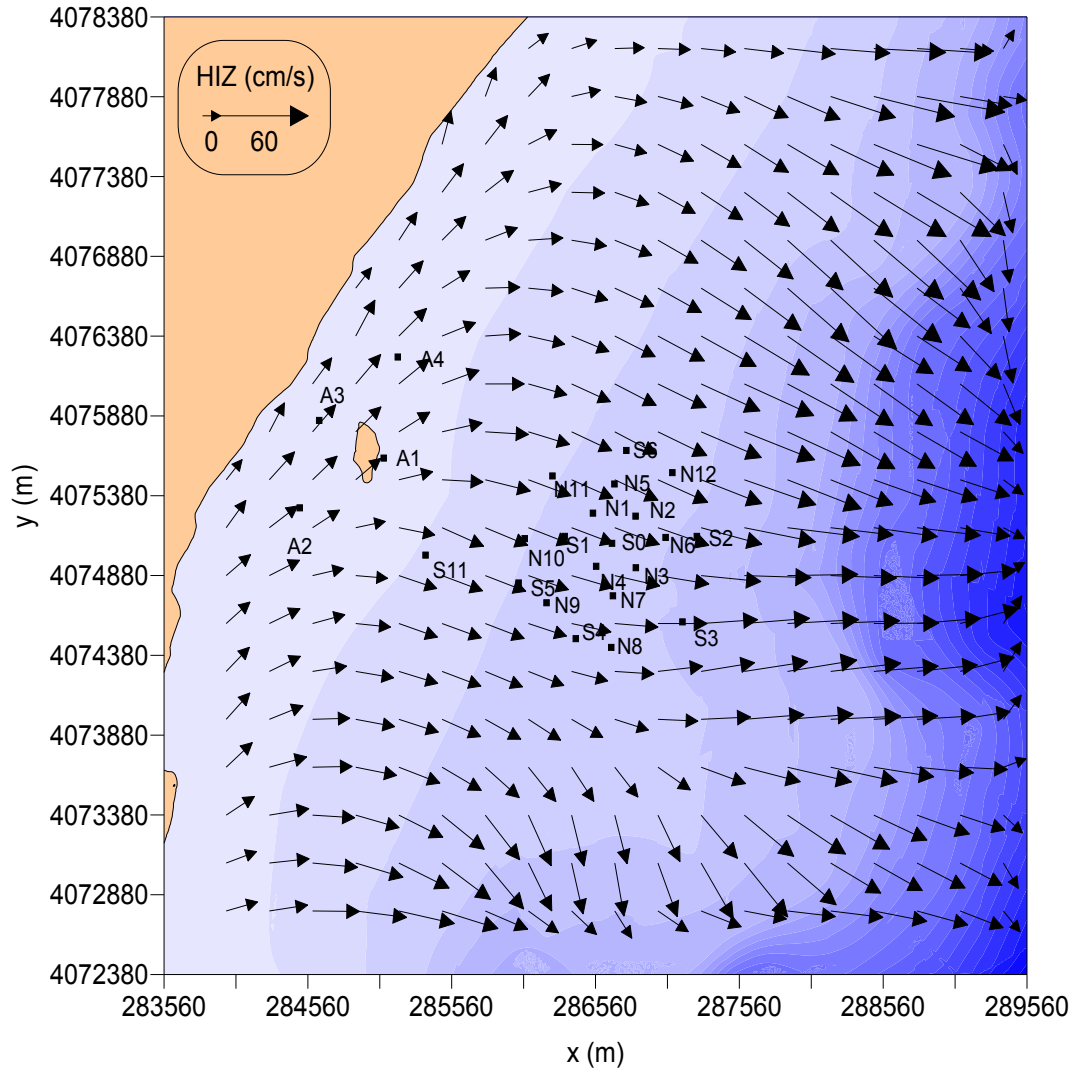


Şekil 6.34. İlkbahar dönemi model benzeşiminde S6 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili

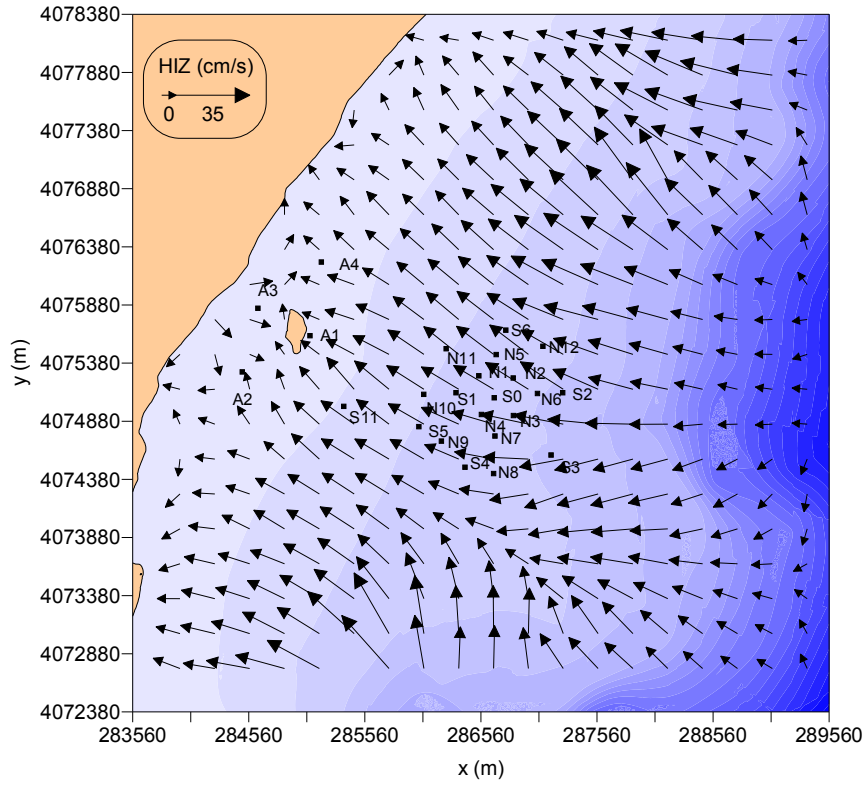


Şekil 6.35. İlkbahar dönemi model benzeşiminde S11 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili

hızla esen rüzgar ve sabit yoğunluk etkisiyle su yüzeyinde ve su tabanında, zamana göre akıntı hızlarının değişmediği yatışkın duruma ulaşıldığı, rüzgarın esmeye başlamasından yaklaşık 4 saat sonra oluşan akıntı düzenleri Şekil 6.37 ve 6.38’de verilmektedir.

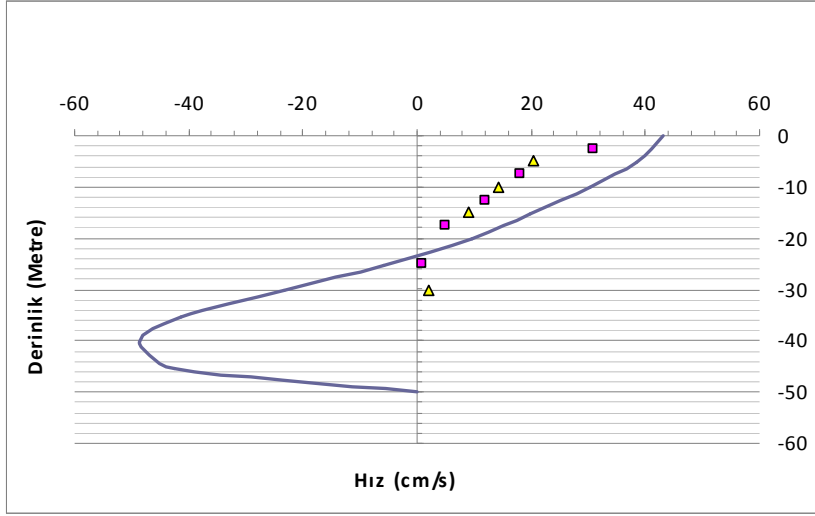


Şekil 6.37. Yaz dönemi model benzeşiminde GGB yönünden 5 m/s hızla esen rüzgar ve yoğunluk değişimi etkileriyle su yüzeyinde oluşan akıntı düzeni

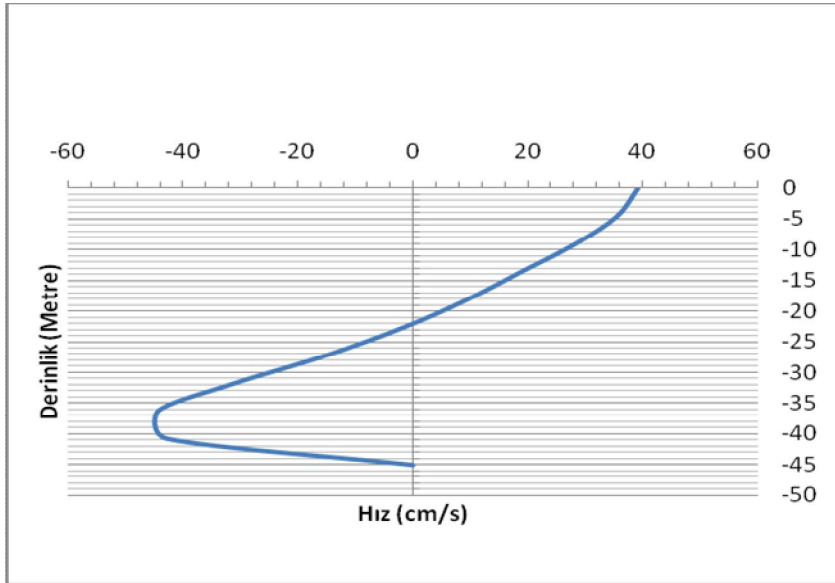


Şekil 6.38. Yaz dönemi model benzeşiminde GGB yönünden 5 m/s hızla esen rüzgar ve yoğunluk değişimi etkileriyle su tabanında oluşan akıntı düzeni

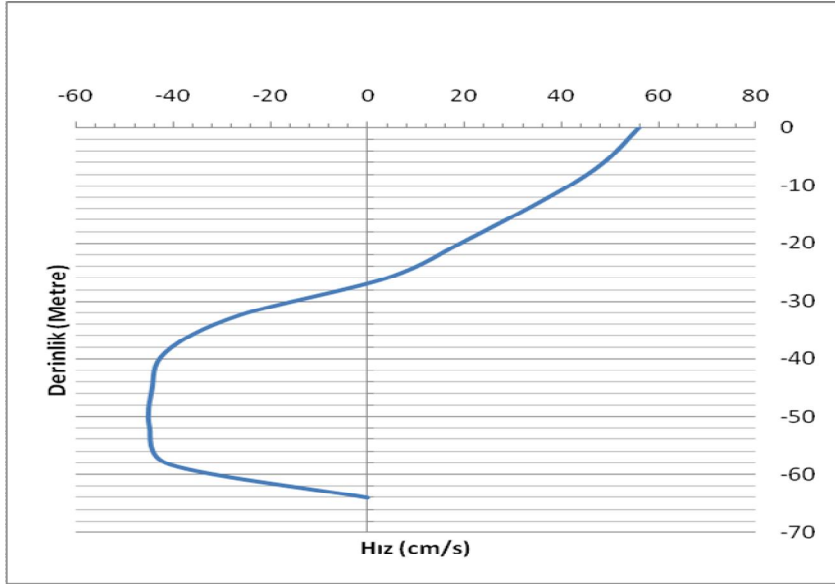
SO,S1,S2,S3,S4,S5,S6 ve S11 notalarındaki derinlik boyunca akıntı hızı profilleri ilerleyen sayfalarda verilmiştir (Şekil 6.39 – 6.46).



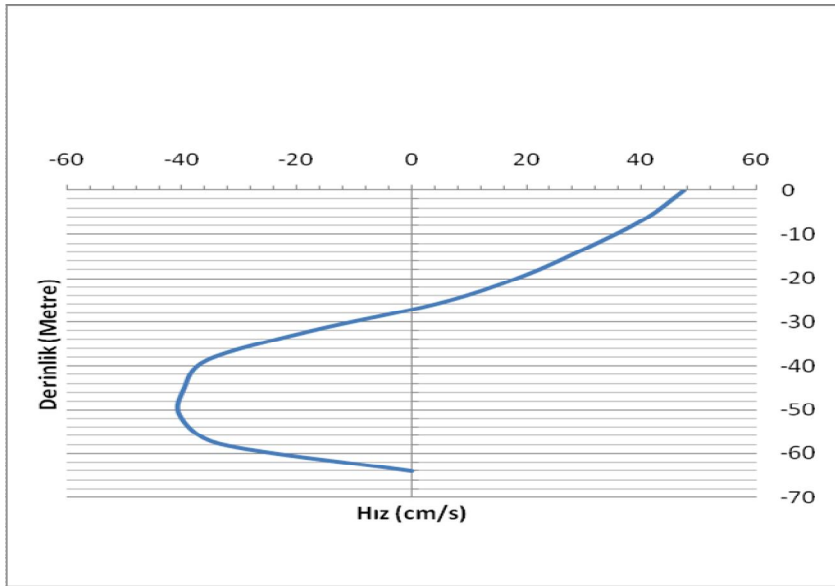
Şekil 6.39. Yaz dönemi model benzeşiminde S0 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili (S0 noktasında ultrasonic akıntı ölçer ile ölçülen akıntı hızları: ■; S0 noktasından geçen yüzeklerin ortalama akıntı hızları: ▲ işaretiyle gösterilmiştir.)



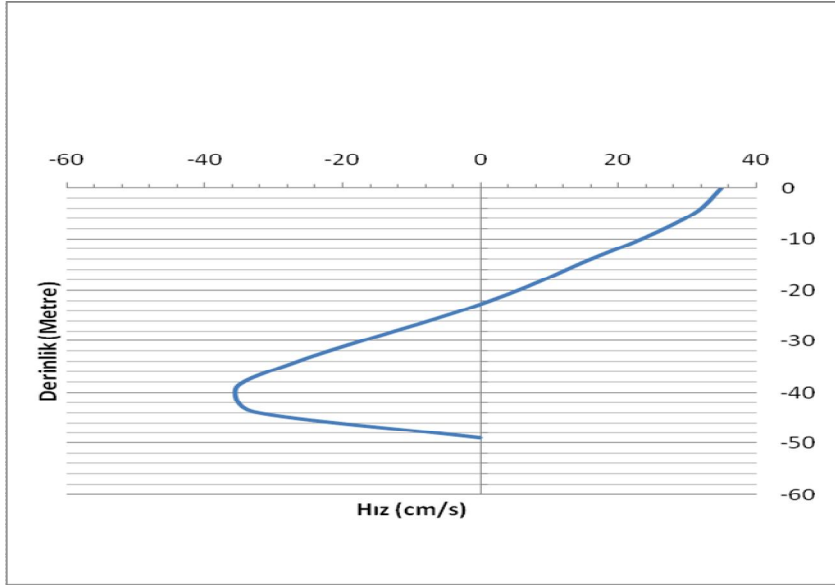
Şekil 6.40. Yaz dönemi model benzeşiminde S1 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili



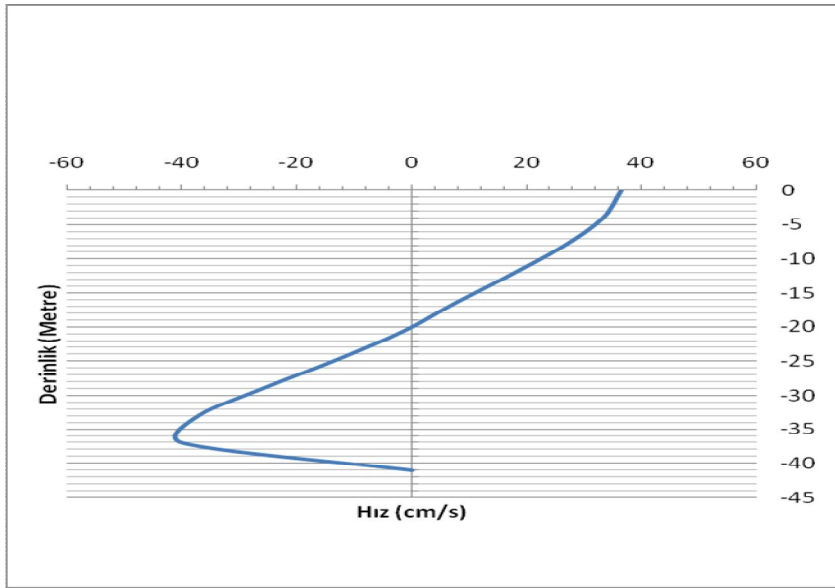
Şekil 6.41. Yaz dönemi model benzeşiminde S2 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili



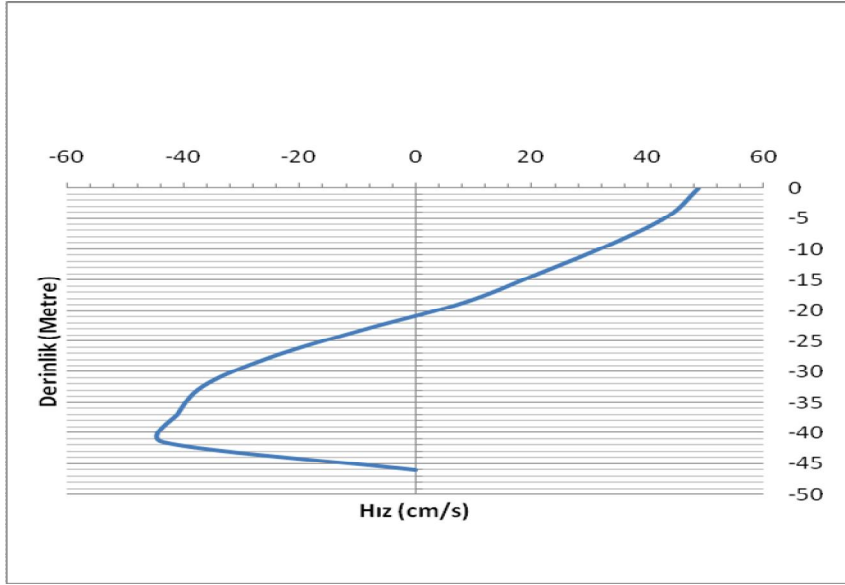
Şekil 6.42. Yaz dönemi model benzeşiminde S3 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili



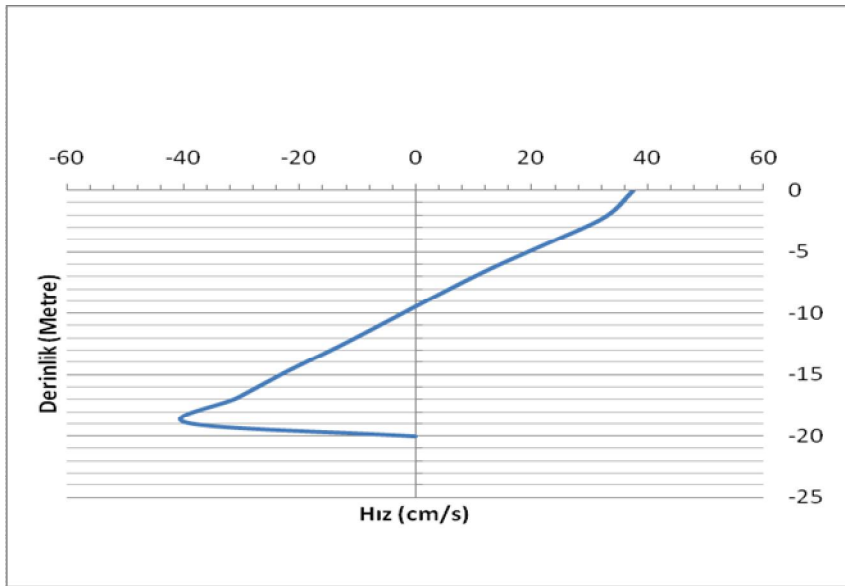
Şekil 6.43. Yaz dönemi model benzeşiminde S4 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili



Şekil 6.44. Yaz dönemi model benzeşiminde S5 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili



Şekil 6.45. Yaz dönemi model benzeşiminde S6 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili



Şekil 6.46. Yaz dönemi model benzeşiminde S11 noktasında derinlik boyunca akıntı hızı profili

7. SONUÇLAR

Antalya derin deniz deşarjı çalışma alanında akıntı düzeninin belirlenmesi amacıyla denizel akıntılar ile aynı hızda sürüklenen yüzeklerin yolları izlenmiş ve difüzör ağzına yakın bir noktada derinlik boyunca akıntı ölçülmüştür. Ölçümler, birer haftalık dört mevsime yayılan ölçümler olup, gerçek akıntı verileri elde etmekten çok sahanın çevrinti karakterini anlamaya ve akıntı hızlarının ve çevrinti düzeninin benzeştirileceği üç boyutlu hidrodinamik taşınım modeli HİDROTAM-3 ün çalışma bölgesine uyarlanmasına yöneliktir. Türkiye kıyısız alanlarında (su derinliğinin genellikle 100 m.yi aşmadığı, Türkiye kıyısız suları için kıyıda yaklaşık en fazla 10 km. açıklarda) su çevrintilerinde temel etken rüzgar kuvveti ve yoğunluk farklılaşması kuvvetidir. Ölçümleme çalışmaları, yüzey suları akıntılarının rüzgar kuvveti etkenli olduğunu, taban tabakalarında yoğunluk değişimi etkenli akıntıların da önem kazandığını göstermiştir. 5 m/s ve üstünde esen rüzgarların oluşturduğu yüzey akıntıları genellikle yoğunluk etkenli akıntılardan daha güçlüdür.

Hidrodinamik, türbülans ve taşınım (su sıcaklığı ve tuzluluğunun taşınımı, kirletici taşınımı ve askı maddesi taşınımı) alt modellerini içeren sayısal model HİDROTAM-3 (*Üç Boyutlu Hidrodinamik Taşınım Modeli*), Antalya deniz deşarjı su alanına uyarlanmıştır. Su alanı yatayda 100x100 m lik çözüm ağına ayrılarak incelenmiştir (Çizim 3). Su derinlikleri, derinlik boyunca birbirine eşit 10 tabakaya bölünerek taban topoğrafyası takip edilmiştir. Mevsimsel olarak sahada yürütülen akıntı ölçümleri için hazırlanan rüzgar gülleri, Antakya Meteoroloji İstasyonundan alınan 1981-2006 yılları arasındaki rüzgar verilerine dayanarak hazırlanan rüzgar gülü ile paraleldir. Ölçümler ve rüzgar gülleri, bölgedeki hakim rüzgar yönünün KuzeyBatı–Kuzey (NW-N) ve dalga kabarma mesafelerine göre ise GüneyGüneyBatı–GüneyGüneyDoğu(SSW-SSE) aralığı olduğu göstermektedir.

Mevsimsel olarak yürütülen ölçümler, sonbahar ayında alanda yoğunluk farklılaşması olmadığını, kış ayında düşük, ilkbahar ve yaz aylarında ise kuvvetli yoğunluk değişimi olduğunu göstermiştir. Yoğunluk değişimi olan mevsimlerde,

ölçülen su sıcaklığı ve su tuzluluklarına dayanan su yoğunluğu dağılımı başlangıç koşulu olarak hesaplanmış ve model ile yoğunluk değişimi etkenli akıntılar ve rüzgar kuvveti etkenli akıntılar benzeştirilmiştir. Yoğunluk değişimi etkenli akıntılar, rüzgar etkenli akıntıları güçlendirmekte özellikle tabana yakın tabakalarda akıntı hızlarını 3-5 kata kadar artırabilmektedir. İlkbahar ve yaz mevsiminde bu etki kuvvetli olarak görülmektedir. Ölçümlerin, model benzeştirmeleri ile karşılaştırılabilir olması için benzeştirmelerde KuzeyKuzeyBatı ve Güney Güney Batı yönlerinden 5 m/s hız ile esen rüzgarların ve yoğunluk değişiminin etkileri incelenmiştir.

Kış dönemi ölçümlerinde, difüzör etrafında ise yüzey tabakası hızları 25-20 cm/s ye ulaşmakta, yüzeyden 10m aşağıdaki tabakada akıntı hızları 10 cm/s ye, yüzeyden 20 m aşağıda 3 cm/s ye azalmaktadır. Güneyden esen rüzgarlar etkisinde akıntılar Güney Güney Batı (GGB)- Kuzey Kuzey Doğu yönündedir. Kuzeyden esen rüzgarlar etkisinde akıntı yönü Kuzey Kuzey Doğu-Güney Güney Batı yönüne döndüğü gözlenmiştir. Sahada ilkbahar ölçümleri sırasında rüzgarların en sık estiği yön Güney Doğu (GD)-Güney (G) yön aralığı olup, difüzör etrafında ise yüzey tabakası hızları ortalama 25 cm/s ye ulaşmakta, yüzeyden 10m aşağıdaki tabakada akıntı hızları 15 cm/s ye, yüzeyden 20 m aşağıda 5 cm/s ye azalmaktadır. Güneyden esen rüzgarlar etkisinde akıntılar Güney Batı (GB)- Kuzey Doğu (KD) yönündedir. Yaz ölçümleri sırasında difüzör etrafında ise yüzey tabakası hızları ortalama 25 cm/s ye ulaşmakta, yüzeyden 10m aşağıdaki tabakada akıntı hızları 10 cm/s ye, yüzeyden 20 m aşağıda 3 cm/s ye azalmaktadır. Akıntılar Güney Batı (GB)- Kuzey Doğu (KD) yönündedir. Sonbahar ölçümlerinde difüzörün bulunduğu su derinliklerinde akıntıların genellikle güneyden kuzeye doğru olduğu ve derinlik boyunca yaklaşık olarak yüzeyde 17 cm/s akıntı hızlarından, tabanda 3 cm/s akıntı hızlarına azalma olduğu görülmüştür. Genel olarak her mevsim için yapılan model benzeştirmeleri başarılıdır. Model çalışmaları ile olası olabilecek rüzgar etkenli ve yoğunluk etkenli çevrinti düzenleri ve bu çevrıntiler ile kirleticinin taşınma bölgeleri incelenmiştir.

Su alanı yüzeyinde çekme gerilmesi yaratan rüzgar kuvveti, yüzey tabakasını sürükleyerek, rüzgar yönündeki kıyı kenarında su seviyesinin yükselmesine, karşı

yöndeki kıyıda ise seviyenin düşmesine neden olmaktadır. Rüzgar yönünde oluşan bu su düzeyi eğimi, barotropik basınç değişimi meydana getirerek, su tabanına yakın tabakalarda, yüzey tabakasının sürüklenme yönüne karşıt yönde bir akıntı oluşturur. Sonuç olarak, yüzeydeki su tabakasını sürükleyerek alt tabakaların sürtünmeden dolayı ters yönde akmasına yol açan rüzgar kuvveti, düşeyde güçlü bir su çevrintisi yaratır. Bu çevrinti hareketi, düşeydeki momentum değişimini artırmakta, derinlik boyunca yoğunluk farklılaşmasından kaynaklanan akıntılarla birlikte, yatay düzlemdeki karışmanın artmasına neden olmaktadır. Farklı derinliklerdeki, ısınma ve karışma farklılıklarının neden olduğu yatay yoğunluk değişimleri, düşeyde önemli su çevrintilerine yol açmakta, tabana yakın tabakalarda akıntı hızlarını artırmaktadırlar. Sayısal model HİDROTAM-3, Antalya deniz deşarjı bölgesindeki sıcaklık ve tuzluluk farklılıklarından kaynaklanan yoğunluk değişimi etkenli akıntıları ve rüzgar etkenli akıntıları başarı ile benzeştirmiştir.

KAYNAKLAR

1. 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).
2. Balas L., Özhan E., “An Implicit Three Dimensional Numerical Model to Simulate Transport Processes in Coastal Water Bodies”, **International Journal for Numerical Methods in Fluids**, ABD, 34: 307-339 (2000).
3. Balas L., Özhan E., “Applications of a 3-D Numerical Model to Circulations in Coastal Waters”, **Coastal Engineering Journal**, 43 (2): 99-120 (2001).
4. Balas L., “Simulation of Pollutant Transport in Marmaris Bay”, **China Ocean Engineering**, Nanjing Hydraulics Research Institute (NHRI), 15 (4): 565-578 (2001).
5. Balas L., Özhan E., “Three Dimensional Modelling of Stratified Coastal Waters”, Estuarine, **Coastal ve Shelf Science**, Academic Press, İngiltere, 56: 75-87 (2002).
6. Balas L., Özhan E., “A Baroclinic Three Dimensional Numerical Model Applied to Coastal Lagoons”, **Lecture Notes in Computer Science**, 2658: 205-212 (2003).
7. Balas L.,İnan A., Yıldız İ., “Numerical Modelling of Coastal Currents”, **Lecture Notes in Computer Science**, 3980: 547-555 (2006).
8. Balas L., Küçükosmanoğlu A., Yegül U., “3-D Numerical Modelling of Coastal Currents and Suspended Sediment Transport”, **Lecture Notes in Computer Science**, 3991: 814-817 (2006).
9. İnternet: Bleninger, T. , Jirka, G.H. , “Environmental Hydraulics and Sustainable Water Management”, ifh.uni-karlsruhe.de, Almanya (2005).
10. 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).
11. Cederwall, K., “Hydraulics of marine waste disposal. Hydraulics Division”, **Chalmers Institute of Technology**, Goteburg, İsveç, Rapor 42 (1968).
12. Çevre ve Orman Bakanlığı, “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”, **Resmi Gazete**, Sayı :25687 (31.12.2004).
13. DANIDA (Danish International Development Agency), WHO (World Health Organization), **Coastal Pollution Control Volume III**, Danimarka (1978).

14. Gross, E.S., Koseff, J.R., and Monismith, S.G., "Three-Dimensional Salinity Simulations of South San Francisco", *Journal of Hydraulic Engineering*, 125 (11): 1199-1209 (1999).
15. Langenberg,H., 'Interactions of wind and density driven currents in North Sea ROFIs—a model study', *Journal of Marine Systems*, 12 (1-4): 157-170 (1997).
16. Muhammetoğlu, H. , Topkaya, B. , Muhammetoğlu, A. , "Antalya Deniz Deşarjı Çevresinde Deniz Suyu Kalitesinin İzlenmesi", *Teknik Rapor* no:RU.00-02-20, Antalya (2003).
17. 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 (1976)
18. Özhan E., Balas L., "Simulation of Water Exchange in Enclosed Water Bodies", *Lecture Notes in Computer Science*, 2658: 195-204 (2003).
19. Roberts, P.J.W. , 'Modeling Mamala Bay Outfall Plumes.I: Near Field'', *Journal of Hydraulic Engineering*, 125(6): 564-573 (1999).
20. Shankar, N. J., Cheong, H. F., Sankaranarayanan, S., "Multilevel finite difference model for three-dimensional hydrodynamic circulation", *Journal of Ocean Engineering*, 24(9): 785-81 (1997).

EKLER

EK-1 Üç Boyutlu Hidrodinamik ve Taşınım Modeli (HİDROTAM3)

HİDROTAM-3 sayısal modeli içerdiği alt modellerle kapalı su alanlarında uygulanan dünyada geliştirilmiş en kapsamlı modellerden biridir. Bilimsel kaynaklarda yayınlanan analitik ve deneysel sonuçlarla karşılaştırılarak gerçekleştirilen Model, değişik akademik çalışmalar ve projeler çerçevesinde, Kemer, Çamyuva ve Göynük deniz deşarjı su alanlarına, İzmir Körfezi, Göksu Lagünü, Bodrum Körfezi, Marmaris Körfezi, Fethiye Körfezi, Ölüdeniz Lagünü, Belceğiz, Mersin Körfezi, İskenderun Körfezi ve İzmit Körfezi'ne başarıyla uygulanmıştır. Modelin başarılı uygulamaları ulusal dergilerde, uluslararası SCI vünüe ELaGI indeksli dergilerde, ulusal ve uluslararası konferanslarda yayınlanmıştır (Balas ve Özhan, 2000; Balas ve Özhan, 2001; Balas, 2001; Balas ve Özhan, 2002; Balas ve Özhan, 2003; Özhan ve Balas, 2003; Balas ve ark., 2006). Gazi Üniversitesi BAP Projesi (Proje kodu: 06/2003-28; Üç Boyutlu Sayısal Model HİDROTAM-3'ün Fethiye Körfezi'ne Uygulanması) çerçevesinde Fethiye İç Körfezi'nde uzun süreli rüzgar, su seviyesi değişimi ve akıntı ölçümleri yürütülerek, HİDROTAM-3 sayısal model benzeştirmeleri kalibre edilmiştir. Saha çalışmaları, Modelin büyük bir başarıyla benzeştirmeler yaptığını göstermiştir.

Bu çalışmada, hidrodinamik, türbülans ve taşınım (su sıcaklığı ve tuzluluğunun taşınımı, kirletici taşınımı ve askı maddesi taşınımı) alt modellerini içeren HİDROTAM-3 (Üç Boyutlu Hidrodinamik Taşınım Modeli) kullanılarak, üç boyutlu rüzgar etkenli akıntı düzeni ve deniz suyuna bırakılan bakteriyel kirleticinin dağılımları belirlenmiştir. Hidrodinamik alt modelinde kullanılan tek basitleştirici yaklaşım, Boussinesq yaklaşımı (yoğunluk farklarının yerçekimi kuvveti ile çarpılmadıkça ihmal edilmesi) olup üç boyutlu Navier-Stokes denklemleri sayısal olarak çözülmektedir. Temel hidrodinamik denklemler aşağıdaki gibidir :

Süreklilik denklemi;

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

EK-1 (Devam) Üç Boyutlu Hidrodinamik ve Taşınım Modeli (HİDROTAM3)

Yatayda birbirine dik konumdaki x ve y yönleri için momentum denklemleri;

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = fv - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x} + 2 \frac{\partial}{\partial x} \left(v_x \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v_y \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_z \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \right)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -fu - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left(v_x \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) \right) + 2 \frac{\partial}{\partial y} \left(v_y \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_z \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right)$$

Düşeyde z yönü için momentum denklemi;

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial z} + gz + \frac{\partial}{\partial x} \left(v_x \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v_y \left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right) \right) + 2 \frac{\partial}{\partial z} \left(v_z \frac{\partial w}{\partial z} \right)$$

Bu eşitliklerde; x ve y : Yatay koordinatlar; z : Düşey koordinat; t : Zaman; u , v , w : Herhangi bir çözüm ağı noktasında x , y ve z yönlerindeki hız bileşenleri; v_x , v_y , v_z : Sırasıyla x , y ve z yönlerindeki eddy viskozitesi; f : Coriolis katsayısı; $\rho(x,y,z,t)$: Su yoğunluğu; ρ_0 : Referans yoğunluk; g : Yerçekimi ivmesi; p : Basınçtır.

Su yoğunluğu; sıcaklık, tuzluluk ve bunlara göre çok az etkili olan basınç ile değişen bir değerdir. Deniz suyunun ortalama yoğunluğu yaklaşık 1.0276 g/cm^3 değerindedir. Diğer su yoğunlukları göz önüne alındığında bu değer önemli olan kısmı noktadan sonra üç haneye kadardır. Bu nedenle gerçek su yoğunluğu ρ , yerine deniz suyunun yoğunluğu σ_t ile gösterilirse:

$$\sigma_t = (\rho - 1) \times 10^3$$

Eşitlikte; ρ : Yoğunluktur (gr/cm^3).

Yoğunluk hesabında, tuzluluk ve sıcaklığın fonksiyonu olarak aşağıdaki eşitlikler kullanılmaktadır:

$$S = 1,80655 \text{ Cl}$$

$$\sigma_t = (\sigma_o + 0,1324)(1 - A_t + B_t(\sigma_o - 0,1324)) + \Sigma_t$$

$$\sigma_o = -6,9 \times 10^{-2} + 1,4708 \text{ Cl} - 1,57 \times 10^{-3} \text{ Cl}^2 + 3,98 \times 10^{-5} \text{ Cl}^3$$

EK-1 (Devam) Üç Boyutlu Hidrodinamik ve Taşınım Modeli (HİDROTAM3)

$$A_t = 4,7867 \times 10^{-3} T - 9,8185 \times 10^{-5} T^2 + 1,0843 \times 10^{-6} T^3$$

$$B_t = 1,803 \times 10^{-5} T - 8,146 \times 10^{-7} T^2 + 1,667 \times 10^{-8} T^3$$

$$\Sigma_t = -(T - 3,98)^2 (T + 283) (503,57(T + 67,26))^{-1}$$

Eşitliklerde; S : Tuzluluk (%); Cl : Klor (gr/kg); T : Sıcaklıktır ($^{\circ}C$).

Her bir noktadaki yoğunluk değerlerinin bulunması için, o noktadaki sıcaklık ve tuzluluk değerleri hesaplanmaktadır. Bu değerler için üç boyutlu taşınım-dağılım denklemi çözülmektedir; denklemde ϕ : Su sıcaklığı (T) veya tuzluluğudur (S) :

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + u \frac{\partial \phi}{\partial x} + v \frac{\partial \phi}{\partial y} + w \frac{\partial \phi}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_z \frac{\partial \phi}{\partial z} \right)$$

Bu eşitlikte; D_x , D_y ve D_z : Sırasıyla x, y ve z yönlerindeki türbülansın difüzyon katsayılarıdır.

Su alanında bırakılan kirleticinin karışımı üç boyutlu ilerleme-yayılma denklemi kullanılarak incelenmektedir:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} + (w - w_f) \frac{\partial C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) + k_p C + S_s$$

Bu eşitlikte; C : Kirleticinin derişimi; k_p : Kirleticinin yok olma hızı; D_x , D_y ve D_z : Sırasıyla, x, y ve z yönlerindeki türbülansın difüzyon katsayıları; S_s : Kirletici kaynağı; w_f : çökelme hızıdır (cm/s). Çökelme hızı aşağıdaki denklemle hesaplanmaktadır:

$$w_f = \frac{1}{18} \frac{\rho_w - \rho_o}{\rho_w} g \frac{d^2}{\nu_w}$$

Burada, ρ_w ve ρ_o :sırasıyla suyun ve kirleticinin yoğunluğu; d : ortalama kirletici dane çapı; ν_w :suyun kinematik viskozitesidir.

EK-1 (Devam) Üç Boyutlu Hidrodinamik ve Taşınım Modeli (HİDROTAM3)

Yüzeyde uygulanan kinematik sınır koşulu aşağıdaki eşitlikte verilmektedir:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + u_s \frac{\partial \eta}{\partial x} + v_s \frac{\partial \eta}{\partial y} - w_s = 0$$

Eşitlikte; u_s ve v_s : Yüzeydeki su parçacığının yatay hızları; w_s : Yüzeydeki su parçacığının düşey hızıdır. η : Su seviyesini göstermektedir.

Süreklilik denkleminin derinlik boyunca integrali alınıp, yüzeydeki kinematik sınır koşulu kullanılırsa, su düzeyinin zamanla değişimi denklemi elde edilir:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\int_{-h}^{\eta} u \, dz \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\int_{-h}^{\eta} v \, dz \right] = 0$$

Eşitlikte; $h(x,y)$: Sakin su yüzeyinden ölçülen su derinliğidir. $H(x,y,t)$: Toplam su derinliğidir ve $H(x,y,t) = h(x,y) + \eta(x,y,t)$ şeklinde ifade edilmektedir.

Su alanında basınç sabit değildir ve yoğunlukla değişmektedir:

$$p(x, y, z, t) = \int_z^{\eta} g \rho(x, y, z, t) \, dz$$

Eğer Leibniz Kuralı uygulanır ve bağımsız olan değişkenler yok edilirse:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \int_z^{\eta} g \rho \, dz = \int_z^{\eta} g \frac{\partial \rho}{\partial x} \, dz + g \rho_s \frac{\partial \eta}{\partial x}$$

Eşitlikte; ρ_s yüzeydeki yoğunluktur. Benzer bir eşitlikte $\partial p / \partial y$ için yazılabilir.

Türbülans alt modelinde iki eşitlikli k - ϵ türbülans modeli kullanılmaktadır. Türbülans modelindeki kinetik enerji ve kinetik enerjinin sönmülenme hızı için aşağıdaki denklemler kullanılmaktadır.

EK-1 (Devam) Üç Boyutlu Hidrodinamik ve Taşınım Modeli (HİDROTAM3)

$$\frac{\partial k}{\partial t} + u \frac{\partial k}{\partial x} + v \frac{\partial k}{\partial y} + w \frac{\partial k}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{v_z}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial z} \right) + P + B - \varepsilon + \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial k}{\partial y} \right)$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + u \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} + v \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} + w \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{v_z}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} \right) + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (P + C_{3\varepsilon} B) - C_{2\varepsilon} \frac{\varepsilon^2}{k} + \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} \right)$$

Bu eşitliklerde; k : Kinetik enerji; ε : Kinetik enerjinin dağılıma oranı; v_z : Düşey eddy viskozitesi; D_x ve D_y : Sırasıyla x ve y yönündeki türbülansın difüzyon katsayıları; P : Kinetik enerjinin stress çarpımı; B : Kinetik enerjinin kaldırma çarpımıdır. B aşağıda tanımlanmaktadır.

$$B = \frac{g}{\rho_0} \frac{v_z}{Pr} \frac{\partial \rho}{\partial z}$$

Bu eşitlikte; Pr : Prandtl ya da Schmidt türbülans sayısıdır. Deneyler Prandtl ya da Schmidt türbülans sayısının bir akımdan, başka bir akıma çok az değiştiğini göstermektedir. Bu nedenle $Pr = 0,7$ kabul edilmektedir.

$$P = v_h \left[2 \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 \right] + v_z \left[\left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 \right]$$

Bu eşitlikte; v_h : Yatay eddy viskozitesi; u ve v : Sırasıyla x ve y yönündeki yatay su zerreciklerinin hızlarıdır.

Düşey eddy viskozitesi aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır.

$$v_z = C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$$

EK-1 (Devam) Üç Boyutlu Hidrodinamik ve Taşınım Modeli (HİDROTAM3)

Eşitliklerde; eğer $B > 0$ ise (değişen katmanlaşma) $C_\mu = 0,09$, $\sigma_\varepsilon = 1,3$, $C_{1\varepsilon} = 1,44$, $C_{2\varepsilon} = 1,92$, $C_{3\varepsilon} = 1$ evrensel ampirik sabitleri; eğer $B < 0$ ise (sabit katmanlaşma) $C_{3\varepsilon} = 0,2$ evrensel ampirik sabitleri kullanılmaktadır.

Standart $k - \varepsilon$ modeli, türbülansın yerel izotropik olduğunu, başka bir deyişle yatay eddy viskozitesinin düşey eddy viskozitesine eşit olduğunu kabul etmektedir. Ancak yatay hareketin düşey harekete göre baskın ve yatay uzunluğun fazla olduğu yerlerde; örneğin sığ su alanlarında standart $k - \varepsilon$ türbülans modeli yatay eddy viskozitesini gerçek değerine kıyasla daha az tahmin etmektedir. Bu nedenle yatay kesme kuvveti etkisi ile oluşan geniş ölçekteki türbülansı hesaplayabilmek için, yatay eddy viskozitesi matematiksel Smagorinsky türbülans modeli ile benzeştirilmektedir.

$$\nu_h = 0,01\Delta x\Delta y \left(\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 \right)^{1/2}$$

Katmanlaşmış akıntı durumunda, türbülansın katmanlaşmaya etkisi yatay yönde ihmal edilebilecek düzeydedir. Bu nedenle yatay türbülansın difüzyon katsayısı, yatay eddy viskozitesine yaklaşık olarak eşittir. Düşey türbülansın difüzyon katsayısı D_z ise aşağıdaki gibidir:

$$D_z = \frac{\nu_z}{Pr}$$

ν_z : Düşey eddy viskozitesidir.

Model için dört farklı sınır koşulu vardır. Bunlar; serbest yüzey, deniz tabanı, açık deniz ve kıyı sınır koşullarıdır.

EK-1 (Devam) Üç Boyutlu Hidrodinamik ve Taşınım Modeli (HİDROTAM3)

Serbest Yüzey Sınır Kosulu

Serbest yüzeydeki rüzgar nedenli kesme kuvveti aşağıdaki denklemde tanımlanmıştır:

$$[\tau_{wx}, \tau_{wy}] = \rho_a C_d [u_w, v_w] \sqrt{u_w^2 + v_w^2}$$

Bu eşitlikte; τ_{wx}, τ_{wy} : Rüzgar kuvvetinin bileşenleri; u_w ve v_w : Sırasıyla x ve y yönünde rüzgar hızının (m/s) bileşenleri; ρ_a : Havanın yoğunluğu; C_d : Havanın sürüklenme katsayısıdır.

Rüzgar sürüklenme katsayısının belirlenmesinde, aşağıda verilen eşitlik kullanılmaktadır.

$$C_d = \begin{cases} 1.2 * 10^{-3} & W < 11 \text{ m/s} \\ (0,49 + 0,065 W) * 10^{-3} & 11 \text{ m/s} \leq W < 25 \text{ m/s} \end{cases}$$

W : Rüzgar hızıdır.

Yüzeydeki rüzgar nedenli kesme kuvveti, yüzeyin altında su hızının değişmesine neden olur.

$$\tau_{wx} = \rho v_z \frac{\partial u}{\partial z}; \quad \tau_{wy} = \rho v_z \frac{\partial v}{\partial z}$$

Yüzeyde kirlenici ve tuzluluk değeri sıfır alınmaktadır, ancak sıcaklık şöyledir:

$$D_z \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{K}{\rho C_p} (T_s - T_e)$$

EK-1 (Devam) Üç Boyutlu Hidrodinamik ve Taşınım Modeli (HİDROTAM3)

Bu eşitlikte; K : Yüzey ısı transferi katsayısı; ρ : Suyun yoğunluğu; C_p : Suyun özgül ısısı; T_s : Yüzeydeki su sıcaklığı; T_e : Dengedeki su sıcaklığıdır.

Kinetik enerjinin ve dağılım oranının sınır koşulları da rüzgarın kuvvetine bağlıdır.

Eğer bir rüzgar kuvveti varsa:

$$k_s = \frac{u_{*s}^2}{\sqrt{c_\mu}}; \quad \varepsilon_s = \frac{|u_{*s}|^3}{\kappa \Delta z_s}$$

Yoksa,

$$\frac{\partial k_s}{\partial z} = 0; \quad \varepsilon_s = \frac{(k_s \sqrt{c_\mu})^{3/2}}{0,07 \kappa H}$$

Bu eşitlikte; u_{*s} : yüzey kesme hızı; c_μ : değeri 0,09 olan evrensel ampirik sabit; Δz_s : yüzey ile yüzeyin hemen altındaki çözüm ağının ilk noktası arasındaki mesafe; κ : değeri 0,42 olan Karman sabiti; H : toplam su derinliğidir.

Deniz Tabanı Sınır Kosulu

Deniz tabanındaki taban kesme kuvveti, hızların logaritmik duvar kanunu ile eşleştirilmesi olarak tanımlanmıştır:

$$\tau_{bx} = \left[v_z \frac{\partial u}{\partial z} \right]_b = \rho_0 C_f u_b \sqrt{u_b^2 + v_b^2}; \quad \tau_{by} = \left[v_z \frac{\partial v}{\partial z} \right]_b = \rho_0 C_f v_b \sqrt{u_b^2 + v_b^2}$$

Bu eşitlikte; τ_{bx}, τ_{by} : Taban kesme kuvvetinin bileşenleri; u_b, v_b : Tabana en yakın çözüm ağı noktasındaki yatay hız bileşenleri; ρ_o : Ortalama su yoğunluğu; C_f : Taban sürtünmesi için ampirik bir katsayıdır. Eğer taban yakınında yeterli derecede hassas bir çözüm ağı sağlanabilirse, C_f logaritmik duvar kanunu ile tahmin edilebilir:

EK-1 (Devam) Üç Boyutlu Hidrodinamik ve Taşınım Modeli (HİDROTAM3)

$$C_f = \left(\frac{1}{\kappa} \ln \left(\frac{\Delta z_b}{z_0} \right) \right)^{-2}$$

Bu eşitlikte; Δz_b : Taban ile üzerindeki çözüm ağının ilk noktası arasındaki mesafe;
 z_0 : 1 cm olarak alınabilen ve yerel tabandaki pürüzlülüğe bağlı bir parametredir.

Eğer taban sınırındaki tabaka yeterince hassas değilse, C_f değeri genelde 0,002 ile 0,003 arasında değişen bir sabit olarak alınmaktadır. Duvar bölgesi olarak kabul yapılabilmesi için $30 < z^+ < 100$ olmalıdır. Düşeydeki çözüm ağında, çözüm ağının ilk noktası bu aralığa denk gelmelidir. z^+ şu eşitlik ile hesaplanmaktadır:

$$z^+ = \frac{\Delta z_b u_{*b}}{\nu}$$

Eşitlikte; u_{*b} : Taban sürtünme hızıdır.

Tabandaki kinematik sınır koşulu şöyledir:

$$w_b = -u_b \frac{\partial h}{\partial x} - v_b \frac{\partial h}{\partial y}$$

Tabandaki kinetik enerji k_b ve dağılımı ε_b şu eşitlikle tanımlanmıştır:

$$k_b = \frac{u_{*b}^2}{\sqrt{C_\mu}}; \quad \varepsilon_b = \frac{u_{*b}^3}{\kappa \Delta z_b}$$

Tabandaki sıcaklık, tuzluluk ve kirletici değerlerinin değişimi sıfır alınmaktadır. Deniz tabanının içine dağılım ve akıntı olmadığı düşünülmektedir.

EK-1 (Devam) Üç Boyutlu Hidrodinamik ve Taşınım Modeli (HİDROTAM3)

Açık Deniz Sınır Kosulu

Açık deniz sınırı yatay bir sınırdır ve su alanının içine ya da dışına doğru akıntı olabilmektedir. Gel-git hareketi olmadığında sınıra dik hızlar, su derinliğinin bilindiği hücre ortasında hesaplanmaktadır. Açık deniz sınırında gel-git akıntısı için şu eşitlikler kullanılmaktadır:

$$\eta = a_T \sin\left(2\pi \frac{t}{T_w}\right)$$

$$V_n = (gh)^{1/2} a_T H^{-1} \cos\left(\frac{2\pi}{L_w} \frac{\Delta n}{2} + \frac{2\pi}{T_w} t\right)$$

Eşitlikte; T_w ve L_w : Sırasıyla gel-git dalga dönemi ve dalga boyu; H : Toplam su derinliği; V_n : Sınıra dik olan derinlik boyunca ortalanan hız; Δn : Yatay çözüm ağının yatay sınıra dik mesafesi; a_T : Gel-git genliğidir.

Kıyı Sınır Koşulu

Haliç, lagün gibi kıyı sistemlerinde su hacmi mevsimsel değişimler göstermektedir. Bu değişim de, bazı alanların kurummasına ya da bazı alanların su altında kalmasına neden olmaktadır. Bu kuruma ve ıslanma olayını benzeştirebilmek için suyun sınırı hareketli olarak tanımlanmaktadır. Bütün su alanındaki yeni hızlar ve serbest su yüzeyi hesaplandıktan sonra, diğer zaman adımına geçmeden önce, toplam su derinliği ve düşey çözüm ağı aralıkları yeniden hesaplanmaktadır. Her zaman adımında su yüzeyinin eğimi bulunmaktadır. Eğer su yüzeyinin eğimi pozitif ise, su yüzeyindeki bu eğim ile su, kıyıyı kestiği noktaya kadar uzatılmaktadır. Kıyıda yatayda gidilen mesafenin bir hareket olarak kabul edilmesi için, yatay çözüm ağındaki aralığın 1/50'si kadar değişmiş olması gerekmektedir. Daha sonra, yatay

EK-1 (Devam) Üç Boyutlu Hidrodinamik ve Taşınım Modeli (HİDROTAM3)

çözüm ağı aralığı modifiye edilir ve çözüm ağının orta noktasındaki su derinliği hesaplanır. Su derinliği H için negatif bir değerin fiziksel olarak bir anlamı yoktur. Bu nedenle toplam su derinliği $H_{i,j}$ şöyle tanımlanmaktadır:

$$H_{i,j} = \max(0, h_{i,j} + \eta_{i,j})$$

Eşitlikte; $h(x,y)$: Sakin durumdaki su seviyesinden ölçülmüş su derinliği;
 $\eta(x,y,t)$: Su yüzeyinin seviyesidir.

Çözüm ağının ortasındaki su derinliği, taban pürüzlülüğünün uzunluğu L_b ile kıyaslanmaktadır. Eğer hesaplanan su derinliği, L_b değerinden küçükse ya da sıfırsa, o hücrenin kuruduğu kabul edilmektedir. Daha sonraki bir zamanda su derinliği pozitif olursa, o hücre yeniden ıslanacaktır. Kuru bir hücrede u ya da v hız bileşenleri yok olmaya zorlanmakta, böylece akımın hücrenin duvarlarından geçmesine izin verilmemektedir. Kuruma ve ıslanma olayının sonucunda zamanla değişen kıyı sınırı, sınıra dik yönde akıntının geçmediği durum için tanımlanmaktadır. Kıyı boyunca kıyıya dik yöndeki sıcaklık, tuzluluk ve kirletici değerlerinin değişimi sıfır kabul edilmektedir, başka bir deyişle kıyının içine doğru yayılma ve difüzyon yoktur.

Kıyı sınırı boyunca akıntı girdisinin ve çıktısının olduğu yerlerde, k ve ε tam gelişmiş kanal akıntısı verilerinden şöyle tanımlanmaktadır.

$$k = 0,004u_d^2 \quad \varepsilon = c_\mu^{3/4} \frac{k^{3/2}}{0,09b_k}$$

Eşitlikte; u_d : Giren akıntının hızı; b_k : Giren akıntının giriş genişliğidir.

EK-1 (Devam) Üç Boyutlu Hidrodinamik ve Taşınım Modeli (HİDROTAM3)

Sayısal Yöntem

Eşitlikler şaşırtmacalı sonlu farklar çözüm ağı kullanılarak sayısal olarak çözülmektedir. Düşey düzlemde Galerkin sonlu elemanlar metodu kullanılmaktadır. Su derinliği taban topografyasını takip eden eşit sayıda katmana ayrılmaktadır. Çözüm ağının her noktasında katman kalınlığının oradaki su derinliğine oranı sabittir. Sonlu elemanlar yaklaşımı izlenerek, hız değerleri, u , v , w ; eddy viskoziteleri, ν_x , ν_y , ν_z ; sıcaklık, T ; tuzluluk, S ; kirletici konsantrasyonu, C ; türbülansın difüzyon katsayıları, D_x , D_y , D_z ; kinetik enerji, k ; kinetik enerjinin dağılım oranı, ε ; basınç, p ; su derinliği üzerindeki her noktada sonlu değerlerin terimleri cinsinden tekrar yazılmaktadır.

$$\tilde{G} = N_1 G_1^k + N_2 G_2^k$$

$$N_1 = \frac{z_2 - z}{l_k}; \quad N_2 = \frac{z - z_1}{l_k}; \quad l_k = z_2 - z_1$$

Eşitlikte; $\tilde{G}$ Çizim fonksiyonu ya da yaklaşımıdır ve değişkenlerden herhangi biridir, k eleman sayısıdır, N_1 ve N_2 enterpolasyon fonksiyonlarıdır, l_k k 'nci elementin uzunluğudur, z_1 ve z_2 k elemanın başlangıç ve bitiş seviyeleridir, z bir elemenda z_1 'den z_2 'ye değerler alan dönüştürülmüş değişkendir.

Değişkenlerin yaklaşım eşitlikleri korunum denklemlerine yerleştirilmekte ve kalan hatalar “Galerkin” yöntemi kullanılarak minimize edilmektedir. Düşey çözünürlüğü artırmak için, gerektiği yerde, düşey düzlemde sıklaştırma uygulanabilmektedir. Çözüm ağı tabanda, yüzeyde ya da orta katmanlarda sıklaştırılabilir. Galerkin metodu uygulandıktan sonra, eşitliklerde görülen; yatay koordinatlardaki türev terimleri merkezi sonlu farklar yaklaşımı ile değiştirilmektedir. Yataydaki çözüm ağı aralığı değiştirilebilmektedir. Yatay düzlemdeki herhangi bir çözüm ağı noktasında, düşey bir çizgideki bütün elemanların yerel eleman matrisleri, zamana bağlı türev değişken terimlerini belirlemek için, bir arada gruplanarak global matris eşitliği

EK-1 (Devam) Üç Boyutlu Hidrodinamik ve Taşınım Modeli (HİDROTAM3)

oluşturulmaktadır. Global matris su derinliği boyunca oluşturulurken, deniz yüzeyindeki ve tabanındaki sınır koşulları da hesaba katılmaktadır.

Lineer olmayan eşitlik sistemleri, zamanda ikinci dereceden hassas olan Crank-Nicholson metodu ile çözülmektedir. Bu hassaslığı sağlayabilmek için sonlu farklar yaklaşımları zaman adımının ortasında geliştirilmektedir. Geçici ilk türev terimine $(t+1/2)$ zamanında yaklaşılmaktadır ve o andaki diğer değişkenler ile türev terimleri zaman adımının başlangıç (t) ve bitişindeki $(t+1)$ sonlu farklar yaklaşımlarının ortalaması alınarak tanımlanmaktadır. Sonuçta çıkan dolaylı zaman adımlı eşitlikler, hızlandırma etkili yaklaştırma yöntemi kullanılarak çözülmektedir. Bu yöntem, genelde sonuca yaklaşmayan bir sistemi yaklaştırmak ya da salınımlara engel olarak yaklaşımı hızlandırmak için kullanılmaktadır (Balas ve Özhan, 2000).

EK-2 Derinliğe Göre Sınıflandırılmış Yüzek İzleri



Şekil 2.1. Sonbahar dönemi ölçümlerinde 2,5m derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar



Şekil 2.2. Sonbahar dönemi ölçümlerinde 3 m derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar

EK-2 (Devam) Derinliğe Göre Sınıflandırılmış Yüzek İzleri



Şekil 2.3. Sonbahar dönemi ölçümlerinde 4 m derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar



Şekil 2.4. Sonbahar dönemi ölçümlerinde 5 m derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar

EK-2 (Devam) Derinliğe Göre Sınıflandırılmış Yüzek İzleri

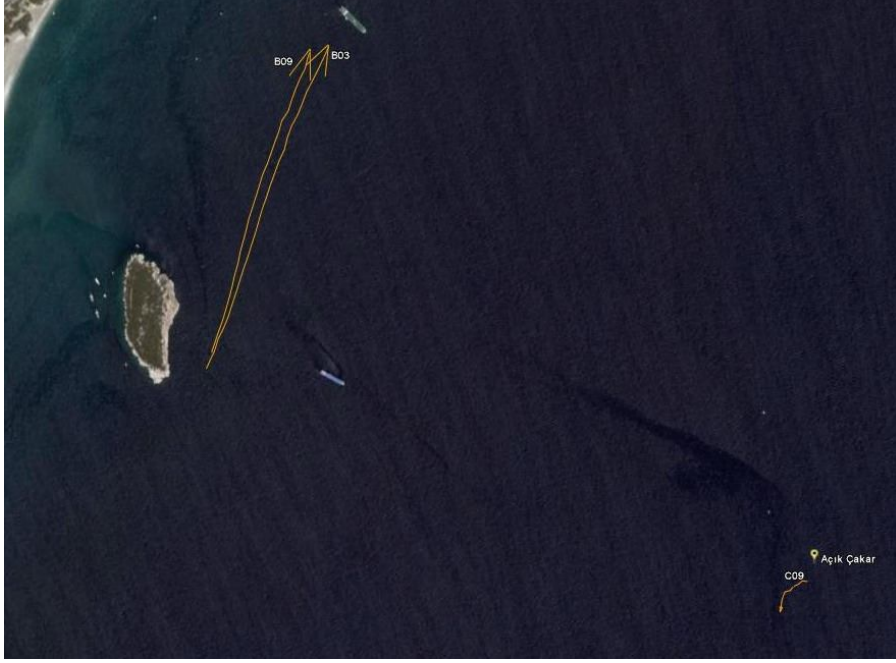


Şekil 2.5. Sonbahar dönemi ölçümlerinde 7,5 m derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar



Şekil 2.6. Sonbahar dönemi ölçümlerinde 10 m derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar

EK-2 (Devam) Derinliğe Göre Sınıflandırılmış Yüzek İzleri



Şekil 2.7. Sonbahar dönemi ölçümlerinde 12,5 m derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar

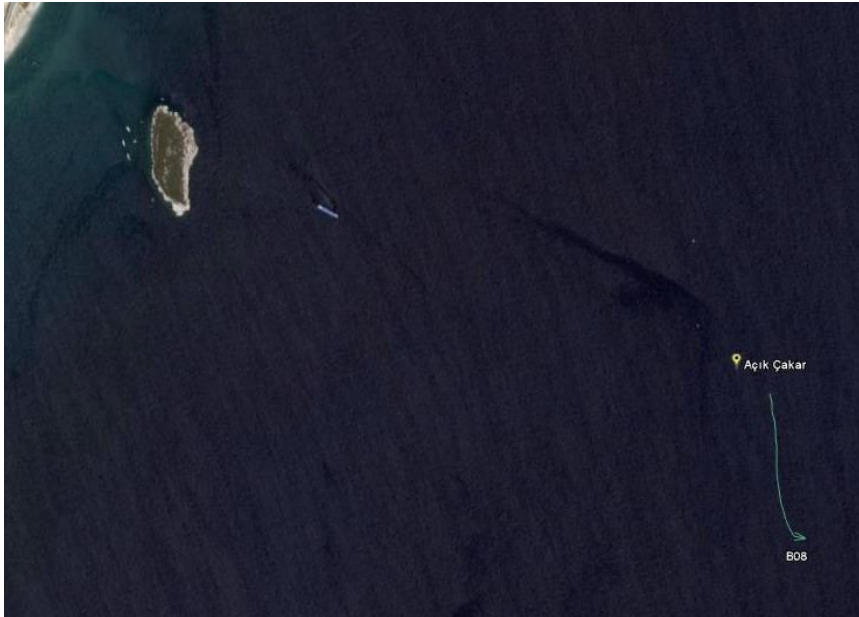


Şekil 2.8. Sonbahar dönemi ölçümlerinde 15 m derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar

EK-2 (Devam) Derinliğe Göre Sınıflandırılmış Yüzek İzleri



Şekil 2.9. Sonbahar dönemi ölçümlerinde 20 m derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar



Şekil 2.10. Sonbahar dönemi ölçümlerinde 22 m derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar

EK-2 (Devam) Derinliğe Göre Sınıflandırılmış Yüzek İzleri



Şekil 2.11. Sonbahar dönemi ölçümlerinde 25 m derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar



Şekil 2.12. Sonbahar dönemi ölçümlerinde 30 m derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar

EK-2 (Devam) Derinliğe Göre Sınıflandırılmış Yüzek İzleri



Şekil 2.13. Sonbahar dönemi ölçümlerinde 35 m derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar

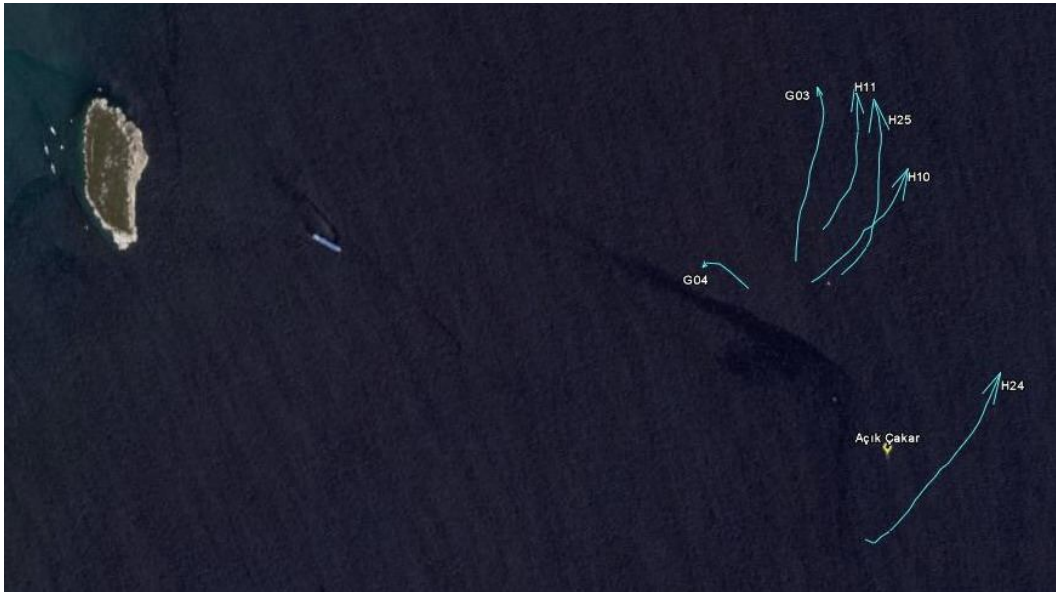


Şekil 2.14. Sonbahar dönemi ölçümlerinde 37 m derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar

EK-2 (Devam) Derinliğe Göre Sınıflandırılmış Yüzek İzleri

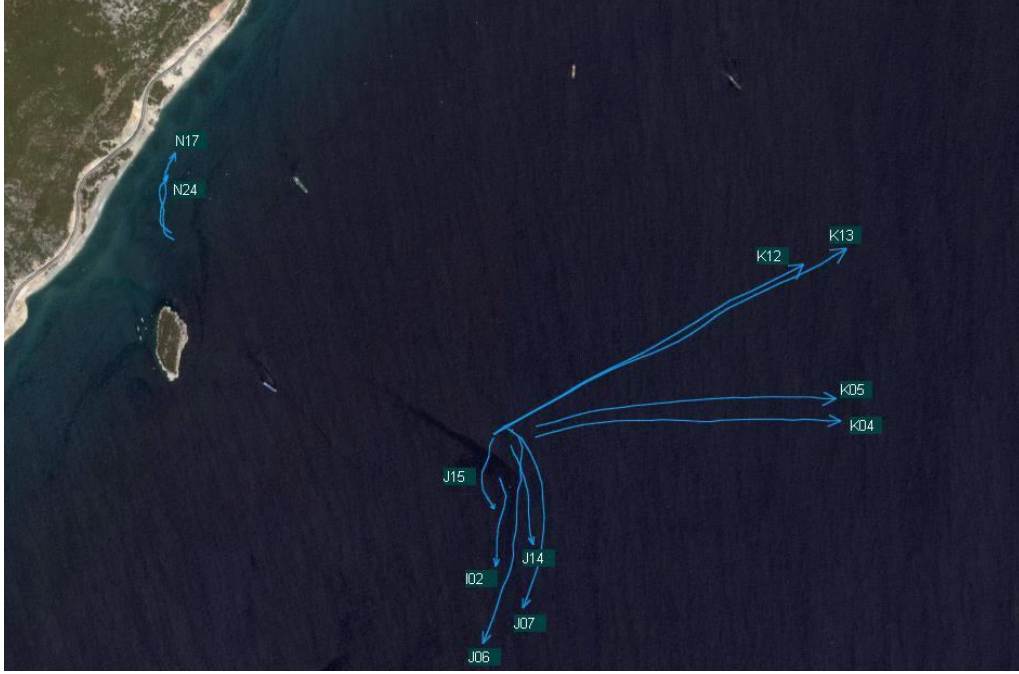


Şekil 2.15. Sonbahar dönemi ölçümlerinde 40 m derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar

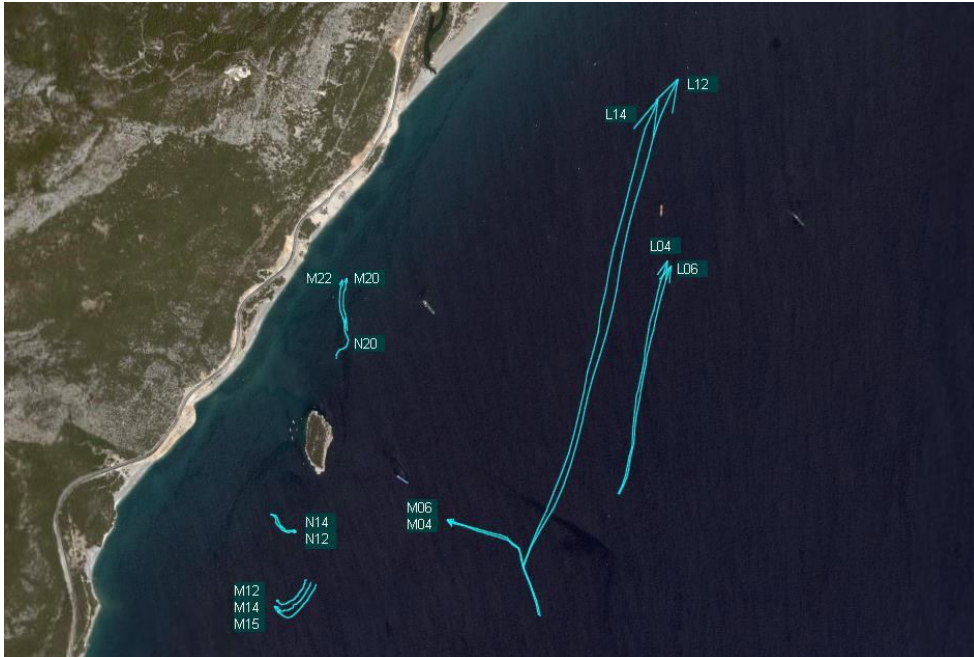


Şekil 2.16. Sonbahar dönemi ölçümlerinde 45 m derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar

EK-2 (Devam) Derinliğe Göre Sınıflandırılmış Yüzek İzleri



Şekil 2.17. Kış dönemi ölçümlerinde 3 metre derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar



Şekil 2.18. Kış dönemi ölçümlerinde 5 metre derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar

EK-2 (Devam) Derinliğe Göre Sınıflandırılmış Yüzek İzleri



Şekil 2.19. Kış dönemi ölçümlerinde 7,5 metre derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar



Şekil 2.20. Kış dönemi ölçümlerinde 10 metre derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar

EK-2 (Devam) Derinliğe Göre Sınıflandırılmış Yüzek İzleri



Şekil 2.21. Kış dönemi ölçümlerinde 12,5 metre derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar



Şekil 2.22. Kış dönemi ölçümlerinde 15 metre derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar

EK-2 (Devam) Derinliğe Göre Sınıflandırılmış Yüzek İzleri



Şekil 2.23. Kış dönemi ölçümlerinde 20 metre derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar



Şekil 2.24. Kış dönemi ölçümlerinde 30 metre derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar

EK-2 (Devam) Derinliğe Göre Sınıflandırılmış Yüzek İzleri



Şekil 2.25. İlkbahar dönemi ölçümlerinde 3 metre derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar



Şekil 2.26. İlkbahar dönemi ölçümlerinde 5 metre derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar

EK-2 (Devam) Derinliğe Göre Sınıflandırılmış Yüzek İzleri



Şekil 2.27. İlkbahar dönemi ölçümlerinde 10 metre derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar



Şekil 2.28. İlkbahar dönemi ölçümlerinde 15 metre derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar

EK-2 (Devam) Derinliğe Göre Sınıflandırılmış Yüzek İzleri



Şekil 2.29. İlkbahar dönemi ölçümlerinde 20 metre derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar



Şekil 2.30. İlkbahar dönemi ölçümlerinde 30 metre derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar

EK-2 (Devam) Derinliğe Göre Sınıflandırılmış Yüzek İzleri



Şekil 2.31. İlkbahar dönemi ölçümlerinde 40 metre derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar



Şekil 2.32. Yaz dönemi ölçümlerinde 2,5 metre derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar

EK-2 (Devam) Derinliğe Göre Sınıflandırılmış Yüzek İzleri



Şekil 2.33. Yaz dönemi ölçümlerinde 3 metre derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar

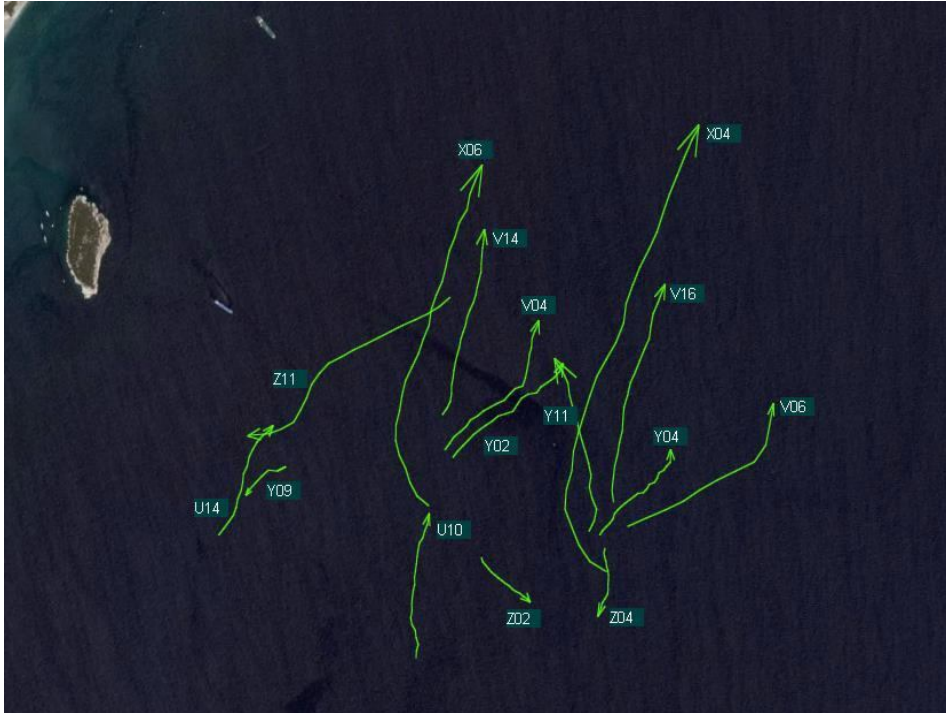


Şekil 2.34. Yaz dönemi ölçümlerinde 5 metre derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar

EK-2 (Devam) Derinliğe Göre Sınıflandırılmış Yüzek İzleri



Şekil 2.35. Yaz dönemi ölçümlerinde 10 metre derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar



Şekil 2.36. Yaz dönemi ölçümlerinde 15 metre derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar

EK-2 (Devam) Derinliğe Göre Sınıflandırılmış Yüzek İzleri



Şekil 2.37. Yaz dönemi ölçümlerinde 20 metre derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar



Şekil 2.38. Yaz dönemi ölçümlerinde 25 metre derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar

EK-2 (Devam) Derinliğe Göre Sınıflandırılmış Yüzek İzleri



Şekil 2.39. Yaz dönemi ölçümlerinde 30 metre derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar



Şekil 2.40. Yaz dönemi ölçümlerinde 40 metre derinliğe bırakılan yüzeklerin izlediği yollar

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÇETİN, Murat
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 23.08.1983 Ankara
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (312) 242 09 86
 e-mail : mcetin23@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / İnş. Müh. Bölümü	2010
Lisans	Gazi Üniversitesi / İnş. Müh. Bölümü	2006
Lise	Keçiören İncirli Y.D.A. Lisesi	2001

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2009-2010	T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı	Kültür ve Turizm Uz.Yrd.
2007-2008	Armada Eğitim Belgelendirme Dan. Müh. Tic. Ltd. Şti.	Kıyı ve Liman Mühendisi
2006-2007	Metehan Makine İnşaat Mad. Haf. Taah. Tic. Ltd. Şti.	Şantiye Şefi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. İnan A., Balas L., Çetin M., “Measurements and Numerical Modeling of Wind Driven Circulation and Pollutant Transport”, WSEAS Transactions On Environment And Development, 10 (5): 619-629 (2009).

2. Çetin M., Balas L., Şirin M., “Antalya Derin Deniz Deşarjı Bölgesi Akıntı Ölçümleri”, Türkiye Kıyıları 2010 Ulusal Kongresi, Trabzon, Cilt 3: 1327-1334 (2010).