

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TRABZON KIYILARINDA RADYASYON VE ISI
DENGESİNİN TESPİTİ

Balıkçılık Tekn. Müh. Mustafa BAHAR

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

" Balıkçılık Teknolojisi Yüksek Mühendisi "

Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 08.08.1996

Tezin Savunma Tarihi : 29.08.1996

Tez Danışmanı : Prof. Dr. H. Fehmi DURUKANOĞLU

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Ercan KÖSE

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Kadir SEYHAN

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Yaşar GÖK

Ağustos 1996

TRABZON

57784

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkçılık Teknolojisi Anabilim Dalı Programında yapılmıştır.

Bu çalışmada, 41° 00' N enlemi ve 39° 43'E boylamında bulunan Trabzon ve civarında deniz ile atmosfer arasında ısı geçişi ve deniz yüzeyindeki radyasyon dengesinin 1994 yılı içindeki değişiminin tespiti amaçlanmıştır.

Yüksek lisans tezi danışmanlığımı üslenerek gerek konu seçimi, gerekse çalışmalarımın yürütülmesi sırasında ilgisini esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. H. Fehmi DURUKANOĞLU'na teşekkür etmeyi zevkli bir görev bilirim. Ayrıca hesaplamaların yapılması ve tezin yazılmasında yardımlarını esirgemeyen sayın Arş. Gör. Yüksel MALKOÇ' a ve yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Ercan KÖSE' ye, Arş. Gör. Filiz ÖZER ve Arş Gör. Bülent VEREP' e teşekkür ederim.

Bugüne kadar maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Trabzon, 1996

Mustafa BAHAR

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
ŞEKİL LİSTESİ.....	VII
TABLO LİSTESİ.....	IX
SEMBOL LİSTESİ.....	XI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Okyanus ve denizlerde sıcaklık değişimleri	2
1.3. Deniz - Atmosfer arasında enerji değişimi.....	4
1.3.1. Plank kanunu.....	5
1.3.2. Wien kanunu.....	6
1.3.3. Stefan kanunu.....	7
1.3.4. Kirchhoff kanunu.....	7
1.3.5. Cosine kanunu.....	8
1.3.6. Bulk transfer kanunu.....	9
1.4. Deniz yüzey suyunun ısınması ve soğuması.....	9
1.5. Birim yüzeye gelen güneş radyasyonlarının tespiti.....	12
1.6. Deniz yüzeyine gelen toplam kısa dalga radyasyonunun tespiti .	16
1.7. Deniz yüzeyinin albedosu.....	17
1.8. Yüzeyden yansıyan net uzun dalga radyasyonunun tespiti.....	18
1.9. Deniz - atmosfer arasındaki ısı etkileşimi.....	21
1.10. Doğu Karadeniz' in meteorolojik ve oşinografik özellikleri...	23
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	27
2.1. Yöntem.....	28
2.2. Verilerin elde edilmesi.....	32
2.3. Verilerin uygun şekilde düzenlenmesi.....	34
3. BULGULAR.....	38
3.1. Deniz yüzeyinde radyasyon dengesi ve deniz yüzey suyu ile atmosfer arasındaki ısı geçişimi.....	38
3.2. Aylara göre radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	38
3.3. Mevsimlere göre radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	46
3.4. 1994 yılı radyasyon ısı dengesi elemanlarının yıllık ortalamaları.....	48

4. İRDELEME.....	52
5. SONUÇLAR.....	57
6. ÖNERİLER.....	60
7. KAYNAKLAR.....	61
8. EKLER.....	65
9. ÖZGEÇMİŞ.....	94



ÖZET

Bu çalışmada $41^{\circ} 00'$ N enlemi ve $39^{\circ} 43'$ E boylamında bulunan Trabzon ve civarında deniz yüzeyi ile atmosfer arasında ısı geçişi ve deniz yüzeyinde radyasyon dengesinin 1994 yılı içinde nasıl bir değişim gösterdiği incelenmiştir. Değişimlerin belirlenmesi için net uzun dalga radyasyon, net kısa dalga radyasyon, gizli ısı akışı ve hissedilir ısı akışlarının günlük, aylık, mevsimsel ve yıllık ortalamaları elde edilmiştir. Radyasyon ve ısı dengesinin belirlenmesi için radyasyon ve ısı kanunları kullanılmıştır. Hesaplamalar için Trabzon Meteoroloji İstasyonundan günlük ortalamalar şeklinde alınan meteorolojik elemanlar kullanılmıştır.

Trabzon ve civarında 1994 yılı için yapılan hesaplamalar neticesinde deniz yüzeyinde radyasyon dengesinin 167.84 W/m^2 olduğu belirlenmiştir. 1994 yılında atmosferden deniz suyuna 117.84 W/m^2 lik ısı geçişi hesaplanmıştır. Deniz yüzeyinden atmosfere en fazla ısı geçişi Kasım ayında -133.23 W/m^2 olduğu ve atmosferden deniz suyuna en fazla ısı geçişinin Mayıs ayında 324.2 W/m^2 olduğu belirlenmiştir. Deniz ile atmosfer arasında mevsimlere göre ısı geçişi incelendiğinde; deniz suyundan atmosfere en fazla ısı geçişi Sonbahar mevsiminde -84.22 W/m^2 olduğu ve atmosferden deniz suyuna ısı geçişinin en fazla İlkbahar mevsiminde 302.41 W/m^2 olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Net uzun dalga radyasyon, net kısa dalga radyasyon, hissedilir ısı akışı, gizli ısı akışı, radyasyon dengesi, ısı dengesi.

SUMMARY

Determination of Radiation and Heat Balance in Trabzon Coasts.

In this study, variation of heat transfer between atmosphere and sea surface layer and radiation balance at the sea surface, in 1994 in Trabzon and its surrounding, which is located $41^{\circ} 00' N$ and $39^{\circ} 43' E$, was studied. Daily mean, monthly mean, seasonal mean and annual mean of sensible heat flux, latent heat flux, longwave radiation and shortwave radiation were computed to determine the changes. Radiation and heat flux laws were used to determine radiation and heat balances. Daily mean meteorological data obtained from Trabzon Meteorology Office was used for radiation and heat balance computations.

Surface radiation balance on the sea in Trabzon and surroundings in 1994 was determined as 167.84 W/m^2 . In 1994 heat flux from atmosphere to sea surface layer was computed as 117.34 W/m^2 . The maximum heat flux from sea surface to atmosphere was determined as -133.23 W/m^2 in November and maximum heat flux from atmosphere to sea surface was found to be 324.2 W/m^2 in May. When seasonal heat flux was investigated between atmosphere and sea surface layer, maximum heat flux from atmosphere to sea surface was calculated for Spring as 302.41 W/m^2 and maximum heat flux from sea surface layer to atmosphere was computed in Autumn as -84.22 W/m^2 .

Key Words: Net longwave radiation, net shortwave radiation, latent heat flux, sensible heat flux, radiation balance and heat balance.

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Su sıcaklığının düşey yönde değişimi.....	3
Şekil 2a. Okyanuslarda Şubat ayı ortalama yüzey suyu sıcaklıkları.....	3
Şekil 2b. Okyanuslarda Ağustos ayı ortalama yüzey suyu sıcaklıkları.....	4
Şekil 3. Güneş ve dünya tarafından yayılan ışınlar.....	5
Şekil 4. $1/\lambda = v/3(10^{10})$ frekans indeksinin bir fonksiyonu için birim frekansta kara cisim radyasyonu.....	5
Şekil 5. Deniz yüzeyine gelen 0.4 - 0.7 μm dalga boyundaki görünür (visible) radyasyonların su derinliğine elektromanyetik spektrumları.....	10
Şekil 6. Güneş ışınlarının yeryüzüne geliş ve yansıma oranları.....	11
Şekil 7. Değişik derinliklere nüfuz eden güneş radyasyonları.....	12
Şekil 8. Göksel plan.....	13
Şekil 9. Atmosferin üst kısmına 700 cal / cm ² gün' lük enerji geldiği ve bu enerjinin 295 cal/cm ² gün' lük kısmının deniz yüzeyine nüfuz ettiği düşünüldüğünde ısı değişim elemanlarının % olarak ifadesi.....	23
Şekil 10. Karadeniz yüzey su sıcaklığının mevsimsel değişimi.....	25
Şekil 11. Doğu Karadeniz' de sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluğun düşey dağılımı.....	26
Şekil 12. Karadeniz' de genel akıntı sirkülasyonu.....	26
Şekil 13. Çalışma sahasının Karadeniz' deki konumu.....	27
Şekil 14. Deniz suyu sıcaklığı ve hava sıcaklığının 1994 yılı içinde aylara göre değişimi.....	32
Şekil 15. Nisbi nem miktarının 1994 yılı içinde aylara göre değişimi.....	33
Şekil 16. Hava basıncının 1994 yılı içinde aylara göre değişimi.....	33
Şekil 17. Bulutluluk miktarının 1994 yılı içinde aylara göre değişimi.....	34
Şekil 18. Gerçek ve indirgenmiş rüzgar hızlarının 1994 yılı içinde aylara göre değişimi.....	35
Şekil 19. Doymuş özgül nem ve havanın özgül nem miktarının 1994 yılı içinde aylara göre değişimi.....	37
Şekil 20. Deniz yüzeyinde albedo değerinin 1994 yılı içinde aylara göre değişimi.....	37
Şekil 21. Mevsimlere göre radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	50
Şekil 22. Radyasyon ve ısı dengesi elemanlarının yıllık değişimi.....	51

Ek Şekil	1. Ocak ayı radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	70
Ek Şekil	2. Şubat ayı radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	71
Ek Şekil	3. Mart ayı radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	72
Ek Şekil	4. Nisan ayı radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	73
Ek Şekil	5. Mayıs ayı radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	74
Ek Şekil	6. Haziran ayı radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	75
Ek Şekil	7. Temmuz ayı radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	76
Ek Şekil	8. Ağustos ayı radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	77
Ek Şekil	9. Eylül ayı radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	78
Ek Şekil	10. Ekim ayı radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	79
Ek Şekil	11. Kasım ayı radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	80
Ek Şekil	12. Aralık ayı radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	81



TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.	Yüzey su sıcaklığının değişim nedenleri.....	4
Tablo 2.	η' ve a katsayılarının enlemsel ortalamaları	17
Tablo 3.	Çeşitli araştırmacılar tarafından kısa dalga radyasyonun hesaplanması.....	17
Tablo 4.	Değişik enlemler için c' katsayısının değerleri.....	20
Tablo 5.	1994 yılı Ocak ayına ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	39
Tablo 6.	1994 yılı Şubat ayına ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	39
Tablo 7.	1994 yılı Mart ayına ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	40
Tablo 8.	1994 yılı Nisan ayına ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	41
Tablo 9.	1994 yılı Mayıs ayına ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	41
Tablo 10.	1994 yılı Haziran ayına ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	42
Tablo 11.	1994 yılı Temmuz ayına ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	43
Tablo 12.	1994 yılı Ağustos ayına ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	43
Tablo 13.	1994 yılı Eylül ayına ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	44
Tablo 14.	1994 yılı Ekim ayına ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	45
Tablo 15.	1994 yılı Kasım ayına ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	45
Tablo 16.	1994 yılı Aralık ayına ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	46
Tablo 17.	1994 yılı Kış mevsimine ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	47
Tablo 18.	1994 yılı İlkbahar mevsimine ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	48
Tablo 19.	1994 yılı Yaz mevsimine ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	48

Tablo	20.	1994 yılı Sonbahar mevsimine ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	49
Tablo	21.	1994 yılı aylık ortalama radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	49
Tablo	22.	1994 yılı radyasyon ve ısı dengesi elemanları.....	58
Tablo	23.	1994 yılı mevsimsel ısı ve radyasyon dengesi elemanları....	58
Ek Tablo	1.	Ocak ayı için günlük ortalama meteorolojik veriler.....	82
Ek Tablo	2.	Şubat ayı için günlük ortalama meteorolojik veriler.....	83
Ek Tablo	3.	Mart ayı için günlük ortalama meteorolojik veriler.....	84
Ek Tablo	4.	Nisan ayı için günlük ortalama meteorolojik veriler.....	85
Ek Tablo	5.	Mayıs ayı için günlük ortalama meteorolojik veriler.....	86
Ek Tablo	6.	Haziran ayı için günlük ortalama meteorolojik veriler.....	87
Ek Tablo	7.	Temmuz ayı için günlük ortalama meteorolojik veriler.....	88
Ek Tablo	8.	Ağustos ayı için günlük ortalama meteorolojik veriler.....	89
Ek Tablo	9.	Eylül ayı için günlük ortalama meteorolojik veriler.....	90
Ek Tablo	10.	Ekim ayı için günlük ortalama meteorolojik veriler.....	91
Ek Tablo	11.	Kasım ayı için günlük ortalama meteorolojik veriler.....	92
Ek Tablo	12.	Aralık ayı için günlük ortalama meteorolojik veriler.....	93

SEMBOL LİSTESİ

- E_λ = Plank kanununa göre radyasyon enerjisi
 E_b = Stefan kanununa göre radyasyon enerjisi
 E_g = Gri cisim akış yoğunluğu
 λ = Dalga boyu
 ν = Enerji frekansı
 $\lambda_{m\lambda}$ = Maksimum dalga boylu radyasyon
 λ_c = Orta dalga boylu radyasyon
 δ = Yayma katsayısı
 a = Gri cisim emme katsayısı
 r = Geçirgen olmayan cismin yayma katsayısı
 τ_x = Momentum akışının x yönündeki bileşeni
 τ_y = Momentum akışının y yönündeki bileşeni
 ρ = Havanın yoğunluğu, (g/kg)
 u = Rüzgar hızının x yönündeki bileşeni
 v = Rüzgar hızının y yönündeki bileşeni
 q = Özgül nem miktarı, (g/kg)
 q_a = Havanın özgül nem miktarı, (g/kg)
 q_s = Doymuş özgül nem miktarı, (g/kg)
 C_p = Sabit basınçtaki havanın özgül ısısı
 C_D = Sürtünme katsayısı
 C_e = Gizli ısı değişim katsayısı
 C_h = Hissedilir ısı değişim katsayısı
 Q_n = Deniz yüzeyinde net ısı akışı, (W/m²)
 Q_s = Güneş enerjisi ile kazanılan ısı, (W/m²)
 Q_b = Net uzun dalga radyasyon ile kaybedilen ısı, (W/m²)
 Q_{lat} = Gizli ısı şeklinde kaybedilen ısı, (W/m²)
 Q_{sen} = Hissedilir ısı şeklinde kaybedilen ısı, (W/m²)
 Q_T = Karışma ve deniz akıntıları ile kaybedilen veya kazanılan ısı, (W/m²)
 Q_c = Biyolojik ve kimyasal olaylarla kazanılan ısı, (W/m²)
 Q_E = Yer kabuğundan gelen ısı, (W/m²)
 Q_F = Sürtünme sonucu kazanılan ısı, (W/m²)
 Q_R = Denizdeki radyoaktif maddelerin ayrışması sonucu kazanılan ısı, (W/m²)
 $Q_{o,Sp}$ = Atmosferin dış yüzeyinde yatay bir düzleme gelen toplam radyasyon, (W/m²)
 L, R, r = Dünya ile güneş arasındaki uzaklığın oranı
 L = Buharlaşmanın gizli ısısı

z	= Zenit açısı, (derece)
ϕ	= Enlem derecesi
δ_0	= Deglinasyon açısı, (derece)
w	= Saat açısı, (derece)
w_0	= Gün uzunluğu, (saat, derece)
t	= Zaman, (saat, dakika, saniye)
π	= Pi sayısı
R	= Yüzeydeki radyasyon dengesi, (W/m^2)
I	= Yüzeyde net uzun dalga radyasyon, (W/m^2)
α	= Albedo, (%)
e	= Eksantrisite
e	= Kısmi buhar basıncı, (W/m^2)
e_s	= Doymuş buhar basıncı
y	= Yıl uzunluğu, (gün)
ZD	= Zaman düzeltmesi
MS	= Mahalli saati
By	= Boylam derecesi
C, n	= Bulutluluk miktarı, (1/10)
n	= Yılın n' inci günü
p	= Hava basıncı, (mb)
Rh	= Nisbi nem miktarı, (%)
c'	= Bir katsayı
W_{deniz}	= Denize uyarlanmış rüzgar hızı, (m/s)
W_{kara}	= Kara istasyonunda ölçülmüş rüzgar hızı, (m/s)
W	= Watt, (J/s)
J	= Joule
s	= Saniye
MJ	= Mega joule

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Arzküresi yüzeyinin 3/4' ünü kaplayan deniz ve okyanuslardan en verimli şekilde faydalanmak için deniz ve okyanusların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Denizlerde bu özelliklerin oluşumunda ve değişiminde dolaylı veya dolaysız olarak etkiye sahip olan birinci faktör deniz suyu sıcaklığıdır. Denizlerde yaşayan canlılar, yaşam alanlarını belirlemede, günlük hareketlerinde, beslenmelerinde ve üremelerinde su sıcaklığına bağımlı olarak hareket etmektedirler. Deniz suyu sıcaklığı su içerisinde yaşayan canlıların fizyolojilerine, metabolizmalarına ve aktivitelerine doğrudan etki ettiği gibi ortamın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirmek suretiyle dolaylı olarak etki eder .

Deniz suyu sıcaklığı tek başına suyun fiziksel özelliklerini değiştiremez, fakat diğer olayları hızlandırarak suyun özelliklerinin değişmesine katkıda bulunur [1]. Su sıcaklığının + 4 °C' ye düşmesi ile su en yüksek yoğunluğa ulaşır. Okyanuslarda yoğunluğu fazla olan sular daha az yoğunluğa sahip olan suların altına doğru akmaya meyyleder. Bu esasla kutup bölgelerinde soğuyan yüzey sularının yoğunluğu artarak derin deniz bölgelerinde ekvatora doğru soğuk su akımına neden olur, buna karşın tropiklerde bulunan daha sıcak ve daha az yoğun yüzey suları kutuplara doğru akar. Ekvator - kutup arasında oluşan yoğunluk akıntıları kutup bölgelerindeki yüzey suların donması, buna karşılık tropik bölgelerdeki yüzey suların fazla ısınması dengelenmiş olur [2].

Okyanus ve denizlerde su kütlelerinin dikey hareketlerinin en önemli etkeni yüzey suyu sıcaklığındaki değişimlerdir. Soğuyarak yoğunluğu artan yüzey suları derinlere doğru batır (konverjans), bunun tersi olarak derinlerdeki daha az yoğunluktaki sular da yüzeye doğru yükselir (diverjans). Böylece suyun dikey yöndeki hareketine neden olur.

Denizlerde su sıcaklığının azalması, özellikle yukarı enlemlerde, yüzey sularının donmasına veya buzlanmasına neden olmaktadır. Deniz ve okyanuslar, ısı tutma kapasitelerinin farklı olması nedeni ile karalara ve atmosfere göre daha geç ısınır ve daha geç soğurlar. Bu nedenle; hava sıcaklığı deniz suyu sıcaklığından daha yüksek olduğu zamanlarda deniz suyu atmosferden ısı alır ve denizlerin dinamik yapısı nedeni ile ısrıyı farklı yerlere iletir. Hava sıcaklığı, deniz suyu sıcaklığından daha düşük olduğunda ise denizden atmosfere ısı akışı olur. Böylece, deniz - hava - kara arasında iklimde düzenleyici bir rol oynar. Deniz ile atmosfer arasında olan ısı geçişim mekanizması sadece deniz suyu sıcaklığı ve hava sıcaklığına bağlı olmayıp, havanın nisbi nem miktarı, bulutluluk miktarı, deniz yüzeyinden esen rüzgar hızına ve hava basıncına bağlı olarak değişir. Deniz ile atmosfer

arasındaki ısı geçişi meteorolojik elemanlara bağlı olduğu kadar deniz yüzeyine nüfuz eden güneş enerjisine ve deniz yüzey suyu sıcaklığı ile hava sıcaklığının bir fonksiyonu olan uzun dalga radyasyonuna bağlı olarak değişir. Bu etkilerin yanında deniz yüzeyinden buharlaşma sonucu atmosfere verilen gizli ısı ile yüzeyler arası sıcaklık farkının neden olduğu hissedilir ısı akışı, ısı akışının ana unsurlarıdır.

Deniz yüzeyi ile atmosfer arasında olan ısı ve radyasyon dengesinin belirlenmesi için radyasyon kanunlarının yanında meteorolojik elemanların bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle Trabzon Meteoroloji İstasyonundan temin edilen günlük ortalama deniz suyu sıcaklığı, hava sıcaklığı, bulutluluk miktarı, nisbi nem miktarı, rüzgar hızı ve basınç değerleri gibi meteorolojik elemanlar yardımı ile radyasyon kanunlarını kullanarak Trabzon ve civarında deniz yüzey suyu ile atmosfer arasında olan radyasyon ve ısı dengesinin 1994 yılı içinde nasıl bir değişim gösterdiği belirlenmeye çalışılmıştır.

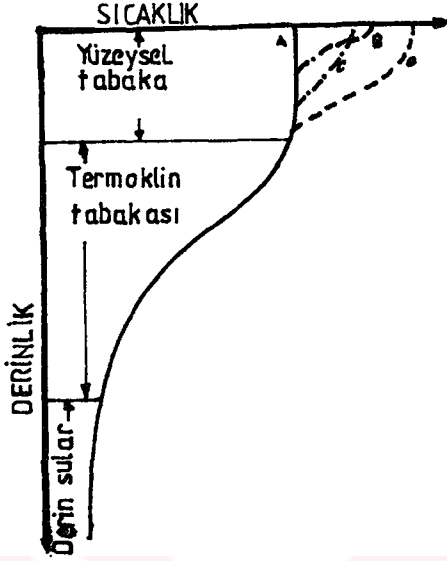
1.2. Okyanus ve Denizlerde Sıcaklık Değişimleri

Dünya okyanus ve denizlerinde su sıcaklıkları, yüzeyde ve derinliklere doğru sabit bir yapı göstermeyip zamansal ve alansal olarak değişimler gösterir. Bu değişimlere atmosfer kaynaklı olaylar etki ettiği gibi su içersinde olan hareketlenmeler de neden olmaktadır.

Atmosferde hava sıcaklığına bağlı olarak oluşan sıcaklık tabakalaşmasına benzer bir tabakalaşma su sıcaklığına bağlı olarak denizlerde de görülür. Yüzeyde ilk 100 metreye kadar olan ve yüzeydeki atmosferik olaylardan doğrudan etkilenen Yüzey Tabakası vardır. Bu tabaka kiş aylarında hemen hemen sabit bir yapı göstermesine rağmen diğer mevsimlerde değişimler gösterir. Yüzeysel tabakanın hemen altında başlayıp su sıcaklığının 5 °C' ye kadar düştüğü Termoklin veya Geçiş Tabakası mevcuttur. Bu tabakanın altında deniz ve okyanusların dip sularının büyük bir kısmını oluşturan Derin Su Tabakası vardır. Bu bölgede ortalama su sıcaklığını 3.8°C olmasına karşın 2°C' ye kadar düştüğü görülür [3].

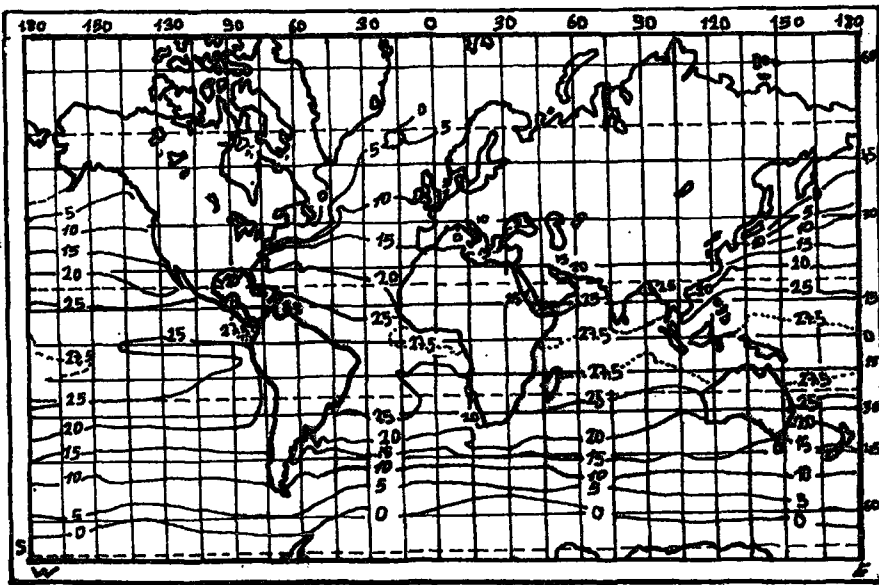
Okyanus ve denizlerde yüzey suyu sıcaklıkları bütün satıhta aynı olmayıp, enlem derecesine, güneşten gelen radyasyonların gün içerisindeki şiddeti ve süresine; yıl içerisinde aylara ve mevsimlere göre değişiklik göstermesidir. Genelde yüzey suyu sıcaklığı değişimi dört ana gurup altında incelenebilir. İlk olarak; yatay yöndeki gradyant akıntıları, yüzeyde esen rüzgarların neden olduğu akıntılar; atalet ve med - cezir hareketleri sonucunda oluşan akıntılarının neden olduğu değişimler, ikinci olarak; deniz yüzeyi ile hava arasında ısı değişimi, deniz yüzeyindeki buharlaşma ve güneşlenme, nc olarak; dalga hareketleri, konvektif karışma ve akıntılarının neden olduğu değişimler, sonuncu olarak; deniz suyunun karışması, yüzey sularının yoğunluğunun değişmesi sonucunda daha yoğun suların aşağı doğru batması (konverjans) veya bunun tersi olarak aşağıdaki daha az yoğun suların yzeyeye doğru yükselmesi (diverjans), rüzgarlar etkisi ile dip sularının yzeyeye doğru hareketlenmesi (upwelling), karalardan gelen sular, yağışlar, özellikle yukarı enlemlerde

oluşan buzlanma veya buzların erimesi (özellikle buz kütlelerinin sınırlarında) yüzey su sıcaklığında değişmelere neden olur (Tablo 1) [1].

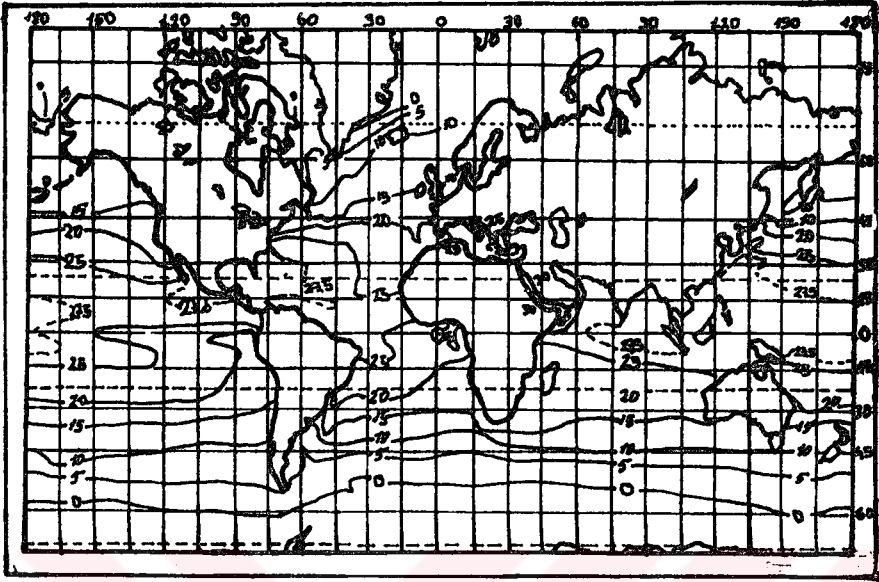


Şekil 1. Su sıcaklığının düşey yönde değişimi [4].

Genellikle deniz yüzey suyu sıcaklığında kutuplara yakın bölgelerde günlük olarak $0.3 - 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$ arasında değişimler olmasına karşın sığ sularda $2 - 3 \text{ }^\circ\text{C}$ lik sıcaklık farkı olur. Ekvator ve kutup bölgelerinde ise yıllık sıcaklık farkı genellikle düşük (genellikle $2 \text{ }^\circ\text{C}$, bazan $8 \text{ }^\circ\text{C}$) olabilir. İç sularda ve etrafı karalarla çevrili denizlerde (örneğin; Karadeniz, Baltık Denizi ve Hazar Denizi) bu farklar $10 - 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ye kadar ulaşır (Şekil 2) [3].



Şekil 2.a. Okyanusların Şubat ayı ortalama yüzey suyu sıcaklıkları [5].



Şekil 2.b. Okyanusların Ağustos ayı ortalama yüzey su sıcaklıkları [5].

Tablo 1. Yüzey su sıcaklığının değişmesinin nedenleri [1].

Temel nedenler	Yöntem ve etkenler
Yatay hareketler	- Gradyant akıntıları - Rüzgar akıntıları - Atalet ve gel-git akıntıları
Isı değişimi	- Güneşlenme (bulutluluk etkisi) - Buharlaşma (rüzgar ve $(e_w - e_s)$ etkisi) - Diğer ısı değişim parçaları
Karışma	- Dalga hareketleri - Konvektif karışma - Akıntılar
Özel nedenler	- Upwelling, diverjans, konverjans - Karalardan gelen yağmur suları - Yağış - Buzun donması veya erimesi

1.3. Deniz - Atmosfer Arasında Enerji Değişimi

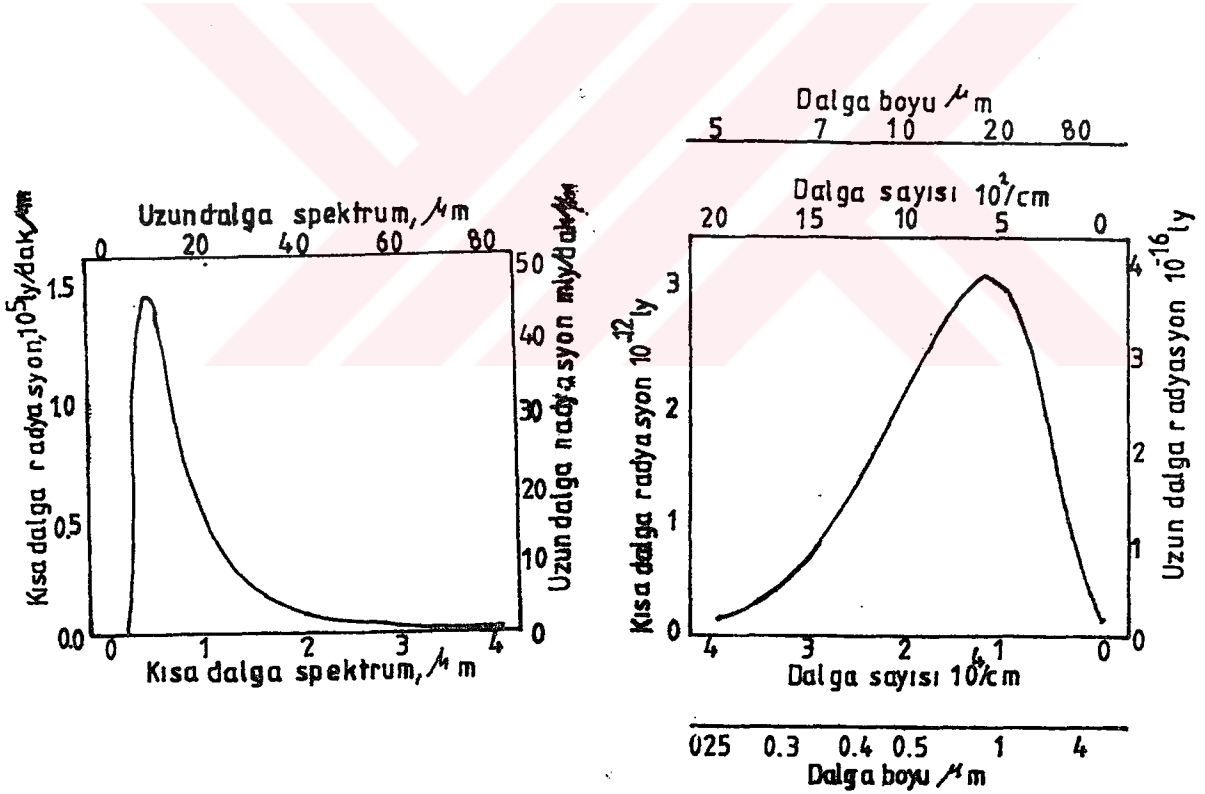
Deniz yüzeyindeki radyasyon dengesi ve deniz - atmosfer arasındaki enerji geçişi Plank kanunu, Wien kanunu, Stefan kanunu, Kirchhoff kanunu, Cosine kanunu ve Bulk transfer kanunu ile izah edilebilir. Bu kanunlar sırası ile aşağıda açıklanmaktadır.

1.3.1. Plank Kanunu

Bir cisim tarafından yayılan enerjinin dalga boylarına göre dağılımı Plank kanunu tarafından yüzey sıcaklığının T ($^{\circ}\text{K}$) bir fonksiyonu olarak tanımlanır.

$$E_{\lambda} = \frac{5.36(10^{-5})\lambda^{-5}}{\exp(14385/\lambda T) - 1} \quad (1)$$

Formülde E_{λ} , $\text{ly} / \text{dak} \mu\text{m}$ (Lankley; bir cm^2 lik alana bir dakikada gelen enerji) olarak ifade edilir. Kara bir cisim bütün dalga boylarında ışınlar yayar. Yüzey sıcaklığı 6000°K 'ye sahip bir cisimden yayılan radyasyonun yaklaşık %99'undan fazlası 0.2 ile $4.0 \mu\text{m}$ dalga boyları arasındadır. Buna karşılık, yüzey sıcaklığı 300°K olan bir kara cisim için bu aralık 4.0 ile $100 \mu\text{m}$ 'ye karşılık gelir. Bu iki yüzey sıcaklığı yaklaşık olarak güneş ile dünya yüzey sıcaklıklarına eşittir. Bu yüzeyler kısa dalga ve uzun dalga radyasyonların kaynakları olarak kabul edilir.



Şekil 3. Dünya (300°C) ve güneş (6000°C) tarafından yayılan ışınlar [6].

Şekil 4. $1/\lambda = \nu / 3 (10^{10})$ frekans indeksinin bir fonksiyonu için birim frekansta kara cisim radyasyonu [6].

Radyasyon enerjisi ν frekansı veya $1/\lambda$ dalga sayısı ile orantılıdır. Bu nedenle Şekil 3' teki fonksiyonda gösterilen fonksiyonda gösterilen birimler (ly/dak μm veya güç/alan μm) gereksiz olarak karmaşıklığa sebep olmaktadır. Birim frekansa düşen yayılan radyasyon ly veya enerji/alan olarak Şekil 4' te $1/\lambda'$ nin fonksiyonu olarak gösterilmiştir. Birim dalga uzunluğuna düşen E_λ radyasyon enerjisi birim frekansa düşen E_ν enerjisine oranı $1/\lambda^2$ ile orantılıdır. Bu enerji dağılımları; bir yüzeye gelen toplam ısı, dalga boyuna veya frekansına bağlı olarak farklı şekilde emildiği, yansıtıldığı ve saçıldığı zaman önemlidir.

1.3.2. Wien Kanunu

Siyah bir cisim tarafından yayılan enerjinin dağılımı T yüzey sıcaklığına ($^\circ\text{K}$) bağlı olarak değişir. Bir yüzeyden μm olarak yayılan en yüksek dalga boylu radyasyonun $\lambda_{m\lambda}$, belirlenmesinde Wien kanunu kullanılır:

$$\lambda_{m\lambda} T = 2897 \mu\text{m} \cdot ^\circ\text{K} \quad (2)$$

şeklinde ifade edilir. Yüzey sıcaklığı $6000 \text{ }^\circ\text{K}$ olan bir cisimden yayılan maksimum dalga boylu radyasyon, $\lambda_{m\lambda}$, yaklaşık olarak $0.48 \mu\text{m}$ ' dir. Yüzey sıcaklığı 300°K olan bir cisimden yaklaşık olarak $9.7 \mu\text{m}$ dalga boyunda ışınlar yayılır. Birim frekansta yayılan maksimum dalga boyu $\lambda_{m\nu}$ ile benzer birimde verilir :

$$\lambda_{m\nu} T = 5099 \mu\text{m} \cdot ^\circ\text{K} \quad (3)$$

dir. Şekil 4' te izah edildiği gibi, $6000 \text{ }^\circ\text{K}$ de $\lambda_{m\nu}$ yaklaşık $0.85 \mu\text{m}$ ' dir. $300 \text{ }^\circ\text{K}$ de ise yaklaşık $17 \mu\text{m}$ dir. Eşit enerji parçaları içinde enerji diyagramında bölünen dalga boyları orta veya merkez dalga boyu λ_c ,

$$\lambda_c T = 4110 \mu\text{m} \cdot ^\circ\text{K} \quad (4)$$

ile verilir. Bu denklem, 6000°K ye sahip bir siyah cisimden yayılan enerji akışının %50 si görünür (visible) dalga boyunun üst sınırı olan $0.7 \mu\text{m}$ den büyük olan dalga boyunda olduğunu ifade eder. Aşında, yeryüzü radyasyonunun %50 si $\lambda_c (300^\circ\text{K}) = 14 \mu\text{m}$ den büyük dalga boyundaki radyasyonlardır ve bu radyasyonlar atmosferik etkilerinin (sera etkisi) izahında önemlidir. Birim dalga boyunda ($\lambda_{m\lambda}$) radyasyon akışı Eşitlik 1 kullanılarak açıklanabilir, fakat $\lambda T = 2897$ olduğu için payda sabittir. Sayısal işlemlerde λ' nin yerine $2897 / T$ konulursa;

$$E_{\lambda m} = 1.84 (10^{-14}) T^5 \quad (5)$$

300 °K' e karşın 6000 °K' de en üst dalga boyundaki radyasyonun oranı yaklaşık olarak 20^5 , veya 3.2×10^6 dır. Benzer düşünce ile, birim frekans teriminde, $\lambda_{m \nu}$ de $E_{\nu m}$ akısı yüzey sıcaklığının üçüncü kuvveti (T^3) ile orantılıdır.

1.3.3. Stefan Kanunu

Eşitlik 1' de, Plank kanunu, yüzey sıcaklığı T (°K) olan siyah bir cisim, E_b tarafından yayılan toplam radyasyon enerjisinin miktarını elde etmek için sıfırdan istenilen dalga boyuna kadar olan radyasyonlar toplanarak elde edilir :

$$E_b = \int_0^{\infty} E_{\lambda} d\lambda = \sigma T^4 \quad (6)$$

bu formülde E_b ly/dak, ve σ Stefan - Boltzman sabiti (81.7×10^{-12} ly/dak °K veya 5.67×10^{-8} W/m² °K) dir. Güneşin etkin kara cisim sıcaklığı dünyanın etkin sıcaklığından yaklaşık olarak 20 katı fazladır, E_b (güneş)/ E_b (dünya) oranı yaklaşık olarak 20^4 veya 1.6×10^5 dir. E_b nin değeri 60°C (343°K) de 1.00 ly/dak dır. Sıcaklık ile siyah cisim fonksiyonunun değışim oranı:

$$\frac{d E_b}{d T} = 4 \sigma T^3 \quad (7)$$

dir. Bu eşitlik düşük sıcaklık değışikliklerinin izahında ısı değışim indeksi gibi kullanılır. 40 °C' de değışim oranı 10 mly/ dak °C' dir. Bu oran genel sıcaklıklarda yaklaşık olarak °C' nin yüzde biri kadar değışir.

Siyah bir cisim tarafından yayılan radyasyon enerjisinin akış yoğunluğu, σT^4 , (birim zamanda ve birim alandaki enerji), Şekil 4' te eğri altında kalan alanlar için dengededir. Bütün dalga boylarında gerçek tesir ile ışın yaymayan doğal bir cisim Gri Cisim olarak adlandırılır. Gri bir cisim tarafından yayılan E_g akış yoğunluğu;

$$E_g = \delta E_b = \delta \sigma T^4 \quad (8)$$

dir. Burada δ ; yayma (emisivite) katsayısıdır. Pratikte δ bütün dalga boylarının özel bir yerleşimini tayin eder.

1.3.4. Kirchhoff Kanunu

Eğer gri bir cisim sabit sıcaklıkta siyah cisim yüzeyi tarafından etrafı çevrilen bir alanda geçici olarak bekletilirse, termal denge nedeni ile gri cisim yüzeyine gelen ve giden

radyasyon arasında gerçek bir eşitlik sağlanır. Diğer bir ifade ile, siyah cisim tarafından emilen enerji gri cisim tarafından yayılan enerjiye eşittir ve;

$$R_n(\text{gri cisim}) = a E_b - \delta E_b = 0 \quad (9)$$

olur. Burada a ve δ gri cismin emme ve yayma katsayılarıdır ve aşağıdaki şekilde ifade edilirler:

$$E_b(a - \delta) = 0, \text{ ve } a = \delta$$

Bu formüle göre, belirli bir sıcaklıkta ve uygun dalga boyundaki ışın demetlerinde, cismin emme ve yayma katsayıları birbirine eşittir. Genel bir ifade ile, iyi bir emici, aynı sıcaklıkta ve aynı dalga boyunda, iyi bir yayıcıdır. Benzer şartlar altında, $r + a + t = 1$ olduğu için, geçirgen olmayan bir cismin yansıtma katsayısı, r , ($t = 0$);

$$r = 1 - a = 1 - \delta$$

şeklinde olur. Kirshhoff kanunu yeryüzünde belirli sıcaklıklar için uzun dalga radyasyon değişiminin açıklanmasında büyük öneme sahiptir. Dünya ve güneş gibi aralarında sıcaklık farklarının büyük olduğu alanlardaki radyasyon değişimi için kullanılamaz.

1.3.5. Cosine Kanunu

Tekdüze bir alanda kaynaktan gelen ışın demetleri birbirine paralel olarak yeryüzüne gelir. Bu güneş ile dünya arasındaki uzaklıkta güneş ışınları ile ilgili olarak doğrudur ve ışın demetlerinin "akış yoğunluğu" birim yüzeye doğru birim zamanda gelen enerji akışını ifade eder ve $\text{cal/cm}^2 \text{ dak}$ veya ly/dak birimleri kullanılır. Gezegen yüzeyine bir z açısı ile gelen ışın demetleri z açısının kosinüsü ile orantılıdır. Yayılma; (emittance) bir yüzey tarafından yayılan ışının akış yoğunluğudur, ve aydınlık (irradiance); yüzeye nüfuz eden ışınlardır. Akış yoğunluğu için eşdeğer gibi kullanılan yoğunluk teriminin kullanılması teknik olarak doğru değildir.

Radyasyon yoğunluğu, radyasyon yayan bir yüzeyden bütün yönlere doğru dağıttığında her birim konik açıda [$\text{cal/dak steradian (sr)}$] enerji akışının bir ölçüsüdür. Farklı radyasyon yayan cisimlerden enerji akışının açıklanmasında önemli bir kavramdır. Belirli yönde yayılan radyasyonun yoğunluğu kaynağın aydınlığıdır (ly/dak sr). Kaynağın görünen alanları, normalden batıya kadar açılarının kosinüsü ile orantılıdır. Yansıtılan radyasyonun davranışı yüzey özelliğine bağlıdır. Bu hem saçılma hemde dağılma ile olabilir. Örneğin, su yüzeyleri düşük güneş açılarında yansıyan radyasyon demetlerinin bütün açılarında güneş

yüksekliği için saçılım gösterir. Daha genel olarak, bütün yönlere nüfuz eden radyasyonlar nötr yüzeylere saçılarak ve yayılarak nüfuz ederler.

1.3.6. Bulk Transfer Kanunu

Bütün gezegenin sınır tabakasında veya yüzey tabakasında, kolaylıkla ölçülebilen ortalama rüzgar ve sıcaklık verilerini kullanarak ısı akışları tahmin edilebilir. Ortalama sıcaklık, nem, basınç ve rüzgar hızı değerleri belirli seviyeler için mevcut olduğunda bu metod kullanılabilir [7].

$$\tau_x = \rho C_D (u^2 + v^2)^{1/2} u, \quad \tau_y = \rho C_D (u^2 + v^2)^{1/2} v,$$

$$u_*^2 = (\tau_x^2 + \tau_y^2)^{1/2} \rho^{-1}, \quad (10)$$

$$Q_{\text{sen}} = \rho C_p C_h W (T_s - T_a), \quad Q_{\text{lat}} = \rho L C_e W (q_s - q_a),$$

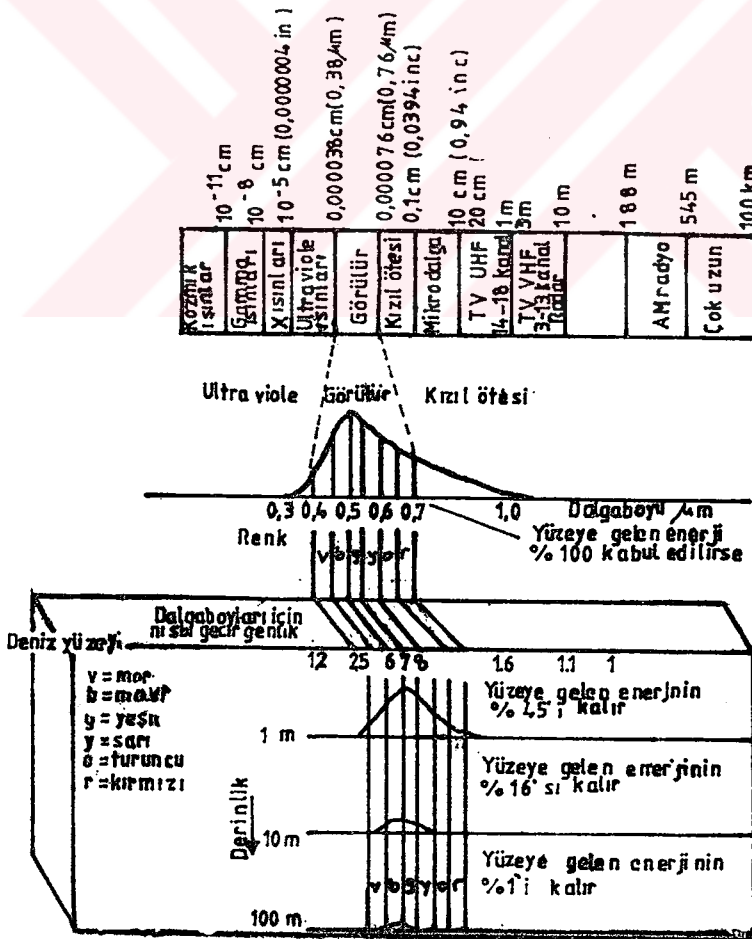
Yukarıdaki formüllerde; τ_x ve τ_y momentum akışının bileşenleri, u_* sürtünme hızı, Q_{sen} ve Q_{lat} hissedilir (Sensible) ısı ve buharlaşmanın gizli (Latent) ısı akışı, u ve v rüzgar hızının bileşenleri, T_a havanın sıcaklığı, q_a yüzeyden bir kaç metre yukarıdaki havanın özgül nemi (10 - 40 m arasında), T_s deniz yüzey su sıcaklığı, q_s deniz suyu sıcaklığında havanın doymuş özgül nem miktarı, C_p sabit basınçtaki havanın özgül ısı, ρ havanın yoğunluğu, L buharlaşmanın gizli ısı, C_D , C_e , C_h ısı değişiminde kullanılan değişim katsayılarıdır [8].

1. 4. Deniz Yüzey Suyunun Isınması ve Soğuması

Güneş, bünyesinde oluşan nükleer patlamalar nedeni ile yüzey sıcaklığı 6000 °K sıcaklığa sahip bir gök cisimidir. Dünyadan yaklaşık olarak 148.5 milyon kilometre uzaklıktadır ve ışık hızına sahip (3×10^8 m/s) elektromanyetik dalgalar halinde radyasyon yayar. Birim yüzeye düşen güneş ışınlarının miktarı Stefan (E) kanunu ile tespit edilir, $E = \sigma T^4$, burada σ Stefan - Bolthzman sabiti, T yüzey sıcaklığıdır (mutlak sıcaklık olarak ifade edilir). Güneşten dünyaya gelen enerji Şekil 5' de gösterildiği gibi geniş dalga boylarında yayılır. Güneşten gelen enerji yoğunluk bakımından üç ana grup altında incelenebilir:

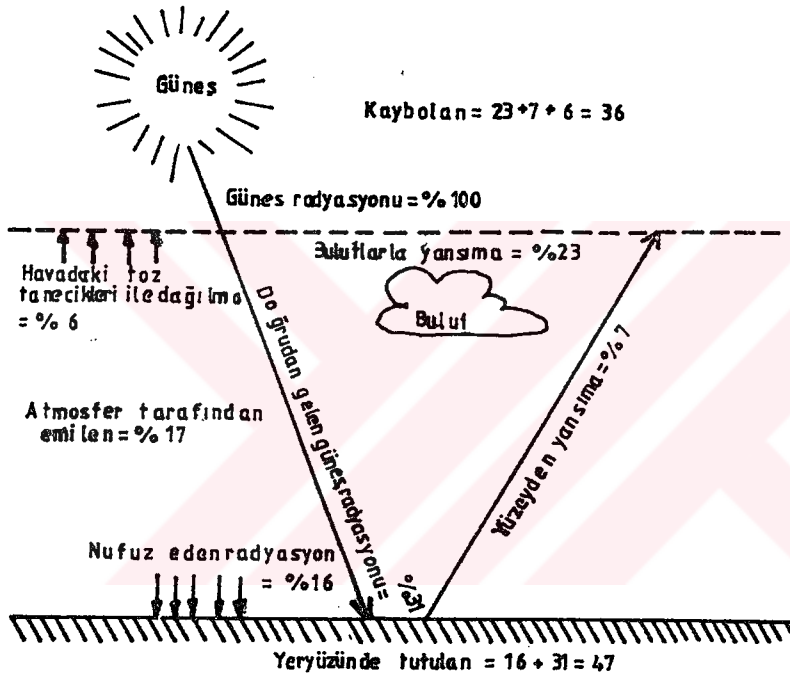
- 1- Toplam güneş radyasyonunun % 48' ini oluşturan ve "kırmızı ötesi radyasyon" olarak da bilinen ve dalga boyu $0.7 \mu\text{m}$ ' den büyük olan radyasyonlar,
- 2- Toplam güneş radyasyonunun % 43 'ünü oluşturan ve insan gözü ile görülebilen (visible) ve $0.4 - 0.7 \mu\text{m}$ dalga boyları arasında olan radyasyonlar,
- 3- Dalga boyu $0.4 \mu\text{m}$ ' den küçük olan ve X ışınlarını da içine alan ve toplam güneş radyasyonunun % 9' unu oluşturan ultraviyole radyasyondur (Şekil 5) [9].

Güneşten gelen radyasyonun yer yüzeyine ulaşmadan önce bir bölümü atmosfer tara9findan emilir, bir kısmı saçılır ve bir kısmı (0.29 μm den küçük dalga boyunda ki radyasyonlar) atmosferde bulunan Ozon (O_3) tabakası tarafından emilir [10]. Atmosfere giren güneş radyasyonu, atmosferde yoğun şekilde bulunan karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), Nitritoksit (N_2O_2), Ozon (O_3) ve Cloroflorocarbon (CFC_3) gibi gazlar tarafından yoğun şekilde emilir [11]. Atmosfere giren enerji % 100 kabul edilirse, (değişiklikler bu orana göre % olarak verilir) güneşten gelen enerji atmosfere girdikten sonra % 31' i doğrudan güneş radyasyonu ile yüzeye gelir, % 23'ü bulutlar ve atmosfer etkisi ile uzaya yansır, % 17' si atmosfer tarafından emilir, % 16'sı difüzyona (dağılmaya) uğrar, % 6' sı havadaki toz parçacıkları ile dağılır ve % 7'si kara ve denizlerin yüzey özelliğine göre yansır (Şekil 6) [10]. Güneşten gelen kısa dalga radyasyon gibi yer yüzeyinden yansıyan uzun dalga radyasyon su buharı , atmosferde bulunan CO_2 ve diğer gazlar tarafından yoğun şekilde emilir (Sera etkisi: Atmosfer ve havada bulunan diğer gazlar yer yüzeyinden yansıyan radyasyonu tutarak yer yüzü sıcaklığının artmasına neden olur. Son 100 yılda atmosferin sıcaklığının 0.5 $^\circ\text{C}$ (0.9 $^\circ\text{F}$) artmasına sera etkisi neden olmuştur).



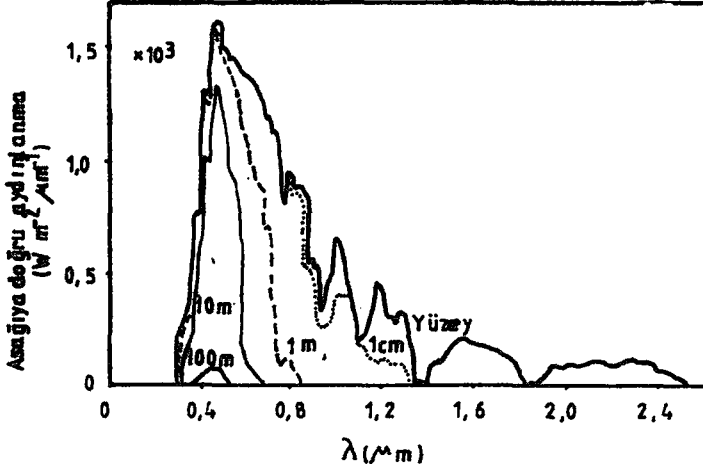
Şekil 5. Deniz yüzeyine gelen 0.4 - 0.7 μm dalga boyundaki görünür (visible) radyasyonun su derinliğine göre elektromanyetik spektrumları [11].

Okyanuslarda su yüzeyi tarafından emilen bütün radyasyonlar bünyelerinde bulundukları ışık enerjisini iç enerjisi şekline dönüştürerek saklar. Su içindeki dinamik yapı nedeni ile ısınan yüzey suları değişik derinliklere doğru yayılır. Temiz okyanus sularında ışık demetlerinin yüzeyden aşağı doğru dağılımı Şekil 7' de gösterildiği gibidir. Kıvılcık ötesi radyasyonların bütün dalga boyları ilk 1 metrede, özellikle ilk 1 cm' lik kısmında, emildiği görülür. Bu emilme sonucunda deniz suyu hızlı bir şekilde ısınır. Görünür (visible) aralıktaki radyasyonların büyük bir miktarı daha derinlere doğru nüfuz eder ve bunun sonucunda derinlerinde ısınmasına neden olur.



Şekil 6. Güneş ışınlarının yeryüzüne geliş ve yansımaya oranları [10].

Güneş tarafından okyanusların hissedilir şekilde ısınmasının oranı okyanusların ısı kapasitelerinin büyük olması nedeni ile yavaşça olur. Tropik bölgelerde, güneşlenmenin 1000 W/m^2 gibi yüksek değerlerde olabildiği yerlerde, deniz yüzeyine ulaşan radyasyonun hepsi ilk 10 metrede emildiğinde, suyun sıcaklığı her saatte sadece $0.036 \text{ }^\circ\text{C}$ artar. Bu ısınma birikerek artar. Okyanus tarafından emilen güneş enerjisinin miktarı bütün atmosfer tarafından doğrudan emilen miktardan 1.5 ile 3 kat daha fazladır. Bu miktar bütün kara yüzeyleri tarafından emilen miktardan 3 kat daha fazladır. Emilen enerjinin nisbi olarak küçük bir bölümü okyanus akıntıları ile geniş mesafelere taşınır. Bu enerjinin bir kısmı bölgesel olarak depolanır veya buharlaşma ve uzun dalga radyasyon ile tekrar atmosfere verilir (uzun dalga radyasyonlar deniz yüzeyinin ilk 1mm' sinde emilir ve tekrar atmosfere yansıtılır) [12].



Şekil. 7. Değişik derinliklere nüfuz eden güneş radyasyonları [12].

1.5. Birim Yüze Gelen Güneş Radyasyonlarının Tespiti

Atmosferin üst tabakasındaki yatay bir yüzeye birim zamanda birim alana dik gelen güneş ışınlarının miktarına Güneş Sabiti denir ve ly/dak veya W/m^2 olarak ifade edilir [6, 12]. Dünyanın güneş etrafında eliptik bir rota izlemesi nedeni ve bu rotada dünyanın eğiminin değişmesi ile güneş sabitide değişmektedir. Güneş sabiti,

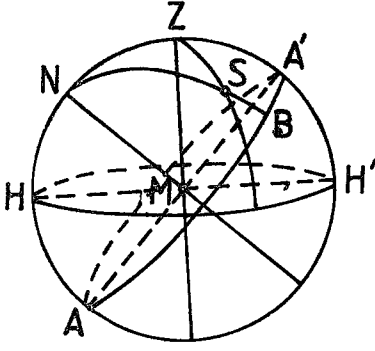
$$S_0 = S \frac{d^2}{D^2} \quad (11)$$

şeklinde hesaplanır. Burada S_0 güneş sabiti, ly/dak. , (ly: $cal\ cm^{-2}\ dak^{-1}$), S güneş tarafından yayılan radyasyon akış yoğunluğu (9.2×10^4 ly/dak.), d güneşin çapı (7×10^5 km) ve D dünya ile güneş arasındaki ortalama uzaklık (1.5×10^5 km), bu uzaklığın en fazla olduğu 4 Temmuz'da (152.1×10^6 km) güneş sabiti S_0 1.93 ly/dak. ve uzaklığın en az yakın olduğu 3 Ocak' ta (147.1×10^6 km) güneş sabiti S_0 2.3 ly/dak olur. Güneş enerjisinin hesaplanmasında kullanılan güneş sabiti 2 ly/dak veya ASTM (American Society of Testing and Materials) tarafından yapılan çalışmalar sonucunda standart olarak $1353\ W/m^2$ olarak kabul edilmiştir. Günümüzde halen güneş sabiti ile ilgili çalışmalar devam etmekte ve ortalama değerlerin standart olarak alınan değerden daha büyük çıktığı görülmektedir [6, 12, 13].

Yeryüzünde yatay bir düzleme ulaşan güneş radyasyon akısı Cosine kanununa bağlı olarak güneş sabiti, dünya ile güneş arasındaki uzaklığın oranı ve zenit açısı yardımı ile belirlenir.

$$Q_s = \frac{S_0}{L^2} \cos z \quad (12)$$

Zenit açısı (yatay bir düzlemin normali ile direkt güneş ışınlarının (güneş - yer) doğrultusunun yaptığı açıdır) enlem derecesine, günün zamanına ve mevsimlere bağlı olarak değişir. Bu ilişkiyi ve diğer ifadeleri daha iyi anlaşılması için Şekil 7 kullanılır.



Şekil 8. Göksel plan [14].

Şekil 8' de M radyasyonun hesaplanması istenilen yerin pozisyonu, S güneşin durumunu gösterir. Z noktası zeniti, MN güneş ekseninin yönünü gösterir. HH' dairesi M noktasındaki gözlemcinin yatay görüşünü temsil eder. MN doğrultusuna dik olan AA' çemberi göksel ekvator şeklinde uzanır. NS yayı göksel ekvatoru B noktasında keser. BS bölümü güneşin deklinasyon açısını (δ_0) temsil eder. (Deglinasyon (meyil) açısı: dünya - güneş doğrultusunun yerin ekvator düzlemi ile yaptığı açıdır. Dünya - güneş doğrultusu ekvator düzleminin kuzey tarafında ise deklinasyon açısı pozitif kabul edilir).

Şekilde görüldüğü gibi NSZ üçgeninde NS yayı $1/2 \pi - \delta_0$ açısına, z, ZS yayına ve $1/2\pi - \phi$ açısına ZN yayı karşılık gelir. Burada ϕ hesaplama yapılan yerin enlem derecesidir. ZNS açısını w ile gösterildiğinde (güneş saat açısı: Hesaplama yapılan yerin boylamı ile güneşin bulunduğu boylam arasındaki açı), aşağıdaki gibi bir ilişki çıkarılır.

$$\cos z = \sin \phi \sin \delta_0 + \cos \phi \cos \delta_0 \cos w \quad (13)$$

Böylece;

$$Q_0 = \frac{S_0}{L^2} (\sin \phi \sin \delta_0 + \cos \phi \cos \delta_0 \cos w) \quad (14)$$

şeklini alır. Bu ilişkide $Q_0 = 0$ olduğunda ;

$$\cos w_0 = -\tan \phi \tan \delta_0 \quad (15)$$

elde edilir. Eşitlik 14' de gün doğuşundan gün batışına kadar olan sürenin ve dünyanın ışık alan bölümlerinin karanlık bölümlerinden ayrılmasında kullanılır. Farklı enlem kuşaklarında gelen güneş enerjisinin miktarını tespit etmek için, ilk önce farklı zaman aralıkları için Eşitlik 12' nin sağ tarafının toplamı hesaplanmalıdır. Eşitlik 14' de;

$$M = \frac{S_o}{L^2} \sin \phi \sin \delta_o, \quad N = \frac{S_o}{L^2} \cos \phi \cos \delta_o, \quad t = \text{zaman}$$

şeklinde yazıldığında,

$$dQ_s = (M + N \cos w) dt, \quad (16)$$

şeklini alır. $w = (2\pi/\tau) t$ (τ gün ışığının durumu) olarak hesaplandığında;

$$dQ_s = (M + N \cos w) \frac{\tau}{2\pi} dw \quad (17)$$

şeklini alır. Bu eşitliğin sağ ve sol taraflarını $-w_o$ dan $+w_o$ a kadar toplandığında, geçirgen bir atmosferde yeryüzeyine nüfuz eden radyasyonun günlük toplamı elde edilir.

$$Q_{ST} = \frac{\tau}{2\pi} \int_{-w_o}^{+w_o} (M + N \cos w) dw, \quad (18)$$

Eşitlik 18' de değerler yerine konduğunda;

$$Q_{ST} = \frac{\tau S_o}{\pi L^2} (w_o \sin \phi \sin \delta_o + \sin w_o \cos \phi \cos \delta_o) \quad (19)$$

olur. Bu eşitlik ile Q_{ST} hesaplanmak istendiğinde w_o ' ın değeri Eşitlik 14' den tespit edilir (w_o radyan olarak ve $\sin(w_o)$ derece olarak hesaplanır). Güneşin 24 saat süresince yerleşmediği yüksek enlem kuşaklarında $w_o = \pi$ olarak düşünölmeli ve

$$Q_{ST} = \tau \frac{S_o}{L^2} \sin \phi \sin \delta_o \quad (20)$$

şeklinde hesaplanmalıdır [14]. Günlük toplam güneş radyasyonu diğer araştırmacılar tarafından benzer şekilde hesaplanmıştır;

$$\begin{aligned}
S_{p(\text{toplasm})} &= \int_{-t_s}^{+t_s} S_p dt \\
&= \frac{60 S_o}{r^2} \frac{24}{\pi} (\cos \phi \cos \delta) (\sin \omega t_s - \omega t_s \cos \omega t_s)
\end{aligned} \tag{21}$$

Bu formülde t_s gün uzunluğunu (saat olarak) temsil eder ve;

$$2t_s = \frac{2}{\omega} \cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta), \tag{22}$$

formülü ile bulunur, S_p yatay bir düzleme gelen toplam güneş radyasyonları, S_o güneş sabiti, ϕ enlem derecesi, δ_o güneşin deklinasyon açısını temsil etmektedir [6]. Benzer şekilde günlük toplam kısa dalga radyasyon:

$$\begin{aligned}
H_o &= \frac{2RI_{sc}}{\pi} \int_0^{\omega_o} (\cos L \cos \delta_o \sin \omega_s + \sin L \sin \delta_o) d\omega_s \\
&= \frac{24 RI_{sc}}{\pi} (\cos L \cos \delta \sin \omega_s + \omega_o \sin L \sin \delta)
\end{aligned} \tag{23}$$

şeklinde hesaplanmıştır. Burada R dünya ile güneş arasındaki uzaklığın oranının karesi, I_{sc} güneş sabiti, L bölgenin enlem derecesi, δ_o güneşin deklinasyon açısını temsil eder [15].

Kılıç [16], atmosferin dışındaki yatay bir düzleme gelen günlük toplam güneş radyasyonu:

$$Q_o = \frac{24}{\pi} (S_o f) \sin \phi \sin \delta_o \left\{ \frac{\pi}{180} H - \tan H \right\} \tag{24}$$

bağıntısı ile hesaplanmıştır. Formülde H gün uzunluğu (derece), f ise güneş sabitini düzeltme faktörünü temsil etmektedir ve:

$$f = 1 + 0.033 \cos\left(360 \frac{n}{365}\right) \tag{25}$$

şeklinde hesaplanır. Eşitlikte n yıl içinde hesaplama yapılan günün sayısıdır .

Deniz yüzeyindeki güneş radyasyonu dengesinin klimatolojik hesaplanması yapıldığında, radyasyon dengesi deniz yüzeydeki net kısa dalga radyasyon ($Q(1-\alpha)$) ile net uzun dalga radyasyon (I) arasındaki fark ile belirlenir.

$$R = Q (1 - \alpha) - I \quad (26)$$

Burada, Q toplam kısa dalga radyasyonu, I net uzun dalga radyasyonu, α deniz - atmosfer arasındaki yansımaya oranını (albedo) temsil etmektedir [17, 18].

1.6. Deniz Yüzeyine Gelen Toplam Kısa Dalga Radyasyonun Tespiti

Deniz yüzeyinde toplam kısa dalga radyasyon, atmosferin dış yüzeyine gelen toplam radyasyon miktarına, bulutluluk miktarına ve havada bulunan toz ve gazlara bağlı olarak belirlenir[14]. Hesaplamalarda günlük, aylık ve yıllık ortalamalar kullanarak daha iyi sonuçlar elde edilir. Kısa dalga boylu radyasyonun hesaplanması için Angström [19] tarafından aşağıdaki eşitliğin kullanılması önerilmiştir;

$$Q = Q_0 [\eta + (1 - \eta)] \frac{S}{S_0} \quad (27)$$

Bu formülde Q gerçek durumlar altında toplam radyasyon miktarı, Q_0 bulutsuz geçirgen (transparan) atmosferdeki toplam kısa dalga radyasyon, S/S_0 güneşin durumuna bağlı olarak güneşlenme süresini tespit eden alet olan heleografa bağlı olarak güneşlenmenin durumu (S) ile belirli bir periyottaki durum (S_0) arasındaki oran, η ; bir katsayı (0.235) [19]. Deneysel çalışmalar sonucunda bulutluluğa bağlı olarak toplam kısa dalga radyasyon miktarı:

$$Q = Q_0 [0.29 + 0.71(1 - n)] \quad (28)$$

şeklinde hesaplanır. Buradaki n; birim alandaki bulutluluk miktarını temsil etmektedir [14]. Enleme ve bulutluluk miktarına göre toplam kısa dalga radyasyonu aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$Q = Q_0 [1 - (1 - \eta')n] \quad (29)$$

Burada η' hesaplamının yapılacağı enlem derecesine göre farklı değer alır (Tablo 2). Yapılan diğer bir çalışmada toplam kısa dalga boylu güneş radyasyonu aşağıdaki formülle tespit edilmiştir;

$$Q = Q_0 [1 - (a + bn)n] \quad (30)$$

Bu formülde a ve b boyutsuz katsayılar, n değeri ise bulutluluk miktarını temsil eder [14,20]. Formüldeki a sabiti değişik enlem derecelerinde farklı değerler almaktadır (Tablo 2).

Tablo 2. η' ve a katsayılarının enlemsel ortalamaları [14].

ϕ	85°	80°	75°	70°	65°	60°	55°	50°	45°
η'			0.55	0.50	0.45	0.40	0.38	0.36	0.34
a	0.14	0.15	0.16	0.18	0.25	0.36	0.41	0.40	0.38
ϕ	40°	35°	30°	25°	20°	15°	10°	5°	0°
η'	0.33	0.32	0.32	0.32	0.33	0.33	0.34	0.34	0.35
a	0.38	0.38	0.36	0.35	0.37	0.39	0.40	0.40	0.38

Araştırmalar sonucunda eşitlikte kullanılan b sabitinin değişmediği ve hesaplamalarda 0.38 olarak alınabileceği belirtilmiştir [14].

Tablo 3. Çeşitli araştırmacılar tarafından kısa dalga radyasyonun hesaplama bağıntıları, $W m^{-2}$ [22].

Houghton (1954)	$Q = Q_0 (1.28 - 1.03 n)$
Kimball (1928)	$Q = Q_0 (1.00 - 0.71 n)$
Laevastu (1967)	$Q = Q_0 (1.00 - 0.62 n^3)$
R.K. Reed (1977)	$Q = Q_0 (1.00 - 0.62 n + 0.0019 \Phi)$
Tabata (1964)	$Q = Q_0 (1.00 - 0.716 n + 0.00252 \Phi)$
Wyretki (1965)	$Q = Q_0 (1.00 - 0.38 n - 0.38 n^2)$
Lumb (1964)	$Q = 1350 (A + BS) S$
Φ = Öğle güneş yüksekliği, derece, n = Günlük ortalama bulut örtüsü (0.0 - 1.0), Q_0 = Bulutsuz gökyüzü radyasyonu, S = Her saat için güneş yüksekliğinin ortalama sinüsü, A, B = deneysel sabitler.	

Holland [21], net kısa dalga radyasyonu tespit etmek için;

$$Q = Q_0 (1 - an - bn^2) (1 - \alpha) \quad (31)$$

eşitliği kullandı. Bu eşitlikte a ve b katsayıları, n bulutluluk miktarını ve α yüzeyin albedosunu temsil etmektedir.

1.7. Deniz Yüzeyinin Albedosu

Yüze gelen güneş radyasyonlarının bir kısmı yüzey tarafından emilir, bir kısmı ise yansıtılır. Deniz ve okyanusların yansıtma özellikleri, yüze gelen toplam güneş radyasyonu ile her yöne doğru yansıttığı radyasyonun oranına bağlıdır. Bir yüzeyin albedosu, α :

$$\alpha = \frac{\text{Yüzeyin yansıttığı toplam radyasyon}}{\text{Yüze gelen toplam radyasyon}}$$

şeklinde ifade edilir. Denizde albedo su yüzeyinin durumuna, yüzeyden esen rüzgar hızına, su içerisinde bulunan askıyük miktarına, bulut örtüsünün tipine, bulut yüksekliğine ve güneş ışınlarının yüzeye geliş açısına bağlı olarak değişir. Güneş ışınları yataya yaklaştığında en yüksek albedo değerini, zenite yaklaştığında ise en düşük değerini alır.

Bir yüzeyin albedo değeri gün içinde üç defa yapılan hesaplamalarla (mahalli saat ile 9:30, 12:30 ve 15:30 da) tespit edilir. Bu üç değer aritmetik ortalamaları alınarak günlük ortalamaları tespit edilir [23]. Günlük ortalama albedo değeri 0.03 ile 0.44 arasında değişebilir [24]. Günlük albedo değeri;

$$\alpha = 0.15Q_s - (0.01Q_s)^2 \quad (32)$$

şeklinde tespit edilir. Burada Q_s gün uzunluğuna, güneş öğlesi yüksekliğine ve toplam bulut örtüsüne göre değişen güneşlenme miktarını temsil etmektedir [25]. Benzer şekilde diğer araştırmacılar tarafından güneş zenit açısına bağlı olarak aşağıdaki formülü kullanılmıştır;

$$\alpha = 0.05 / [0.15 + \cos(z)] \quad (33)$$

burada, z zenit açısıdır (derece) [17].

1.8. Yüzeyden Yansıyan Net Uzun Dalga Radyasyonun Tespiti

Deniz yüzeyinin radyasyon dengesinin hesaplanmasında, yüzeye gelen kısa dalga radyasyon ile yüzeyin termal özelliği nedeni ile uzun dalga radyasyon olarak yansıtılan radyasyonun da tespit edilmesi gerekmektedir. $4.0 < \lambda < 100 \mu\text{m}$ arasında olan yer küreye ait veya termal olarak adlandırılan uzun dalga radyasyonların hesaplanmasında hava sıcaklığı, nem miktarı, bulut miktarı ve hava sıcaklığının ve nem miktarının düşey değişim miktarının bilinmesi gerekir [7, 14].

Yapılan diğer bir çalışmada net uzun dalga radyasyon tespiti havanın sıcaklığına, yüzeydeki havanın nem miktarına bağlı olduğunu gösterilmiştir:

$$I_o = \delta \sigma T_a^4 (a_1 + b_1 10^{-c_1}) \quad (34)$$

$$I_o = \delta \sigma T_a^4 (a_2 - b_2 \sqrt{e}) \quad (35)$$

Yukarıdaki eşitliklerde δ yüzeyin termal özelliğine bağlı olarak değişen yayma katsayısı, T_a hava sıcaklığı, e subuharı basıncı, a_1 , a_2 , b_1 , b_2 , c_1 , sabitleri temsil etmektedir. Eşitlik 33' de $a_1 = 0.194$, $b_1 = 0.236$, $c_1 = 0.069$ olarak kullanılmıştır [14].

Daha sonra, önceki çalışmalarda elde edilen veriler kullanılarak bulutsuz gökyüzünde net uzun dalga radyasyonu teorik olarak Eşitlik 36' yı kullanarak tespit edilmiştir[14];

$$I_0 = \delta \sigma T_a^4 (0.39 - 0.058\sqrt{e}) \quad (36)$$

Eşitlik 36' da, e havanın su buharı basıncı (mb), δ yansıtma katsayısı, yüzeyin durumuna göre nisbi olarak çok küçük değişim gösterir ve ortalama 0.95 olarak kullanılır. Deniz yüzeyinde net uzun dalga radyasyonun tespitinde 0.98 kullanılır [20]. M. E. Berliant' ın önermiş olduğu eşitlik orta ve yüksek nem durumlarında iyi sonuçlar vermektedir. Düşük mutlak nem durumlarında (örneğin: karasal iklim durumlarında) yüksek değerler verir ve yeni düzenlemelerin yapılmasını gerektirir.

Hava sıcaklığı ve nem miktarının yanında net uzun dalga radyasyonun tespitinde bulutluluk miktarı ve hava ile yüzey arasındaki sıcaklık farkının da göz önünde bulundurulması gereklidir. Bu durumda net uzun dalga radyasyon hesabında bulutluluğun etkisini de göz önünde bulundurarak;

$$I = I_0 (1 - c'n) \quad (37)$$

şeklinde hesaplanır. Eşitlik 37' de, I gerçek bulutlulukta net uzun dalga radyasyon, I_0 bulutsuz gökyüzünde net uzun dalga radyasyon, n bulutluluk miktarı, c' enleme göre değişen bir katsayı.

Bulut cinsine ve yüksekliğine göre net uzun dalga radyasyon:

$$I = I_0 \left[1 - (c'_B n_B + c'_C n_C + c'_H n_H) \right] \quad (38)$$

Şeklinde bir bağıntı ile hesaplanır. Burada n_H , n_C ve n_B sırası ile alçak, orta ve yüksek bulutluluk miktarları, c'_H , c'_C ve c'_B sabitleri temsil etmektedir ve $c'_B = 0.15-0.20$, $c'_C = 0.50-0.60$, $c'_H = 0.70-0.80$ değerindedir [14].

Bulut örtüsüne göre Laevastu [25], tarafından yapılan bir çalışmada net uzun dalga radyasyonu;

$$\begin{aligned} I &= I_0 (1 - 0.085 C_L) \\ I &= I_0 (1 - 0.065 C_M) \\ I &= I_0 (1 - 0.036 C_H) \end{aligned} \quad (39)$$

şeklinde elde edilmiştir. Burada C_L , C_M ve C_H sırası ile alçak, orta ve yüksek bulut örtüsünü temsil etmektedir.

Katsaros [22], uzun dalga radyasyon hesaplanmasında aşağıdaki eşitliği kullandı;

$$I = \delta \sigma T_x (a - b e^p) (1 - d C^n) \quad (40)$$

bu formülde, δ yüzeyin yayma (emittance) katsayısı, σ Stefan - Boltzman sabiti ($5.67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$), T_x havanın veya yüzeyin sıcaklığı (T_a veya T_s), C bulut örtüsü, e buhar basıncı, p enlene göre değişen katsayı (1 veya 1/2), a , b , d ve n sabitler. Nemin yüksek olduğu tropiklerde $p = 1/2$, yüksek enlemlerdeki kış mevsiminde $p = 1$ alınır, n değeri 1'e eşittir.

Bazı çalışmalarda, net uzun dalga radyasyonun bulutluluk ile doğrusal olarak artmadığı fakat hızlı değiştiği gösterilmiş ve bu nedenle;

$$I = I_0 (1 - c' n^\tau) \quad (41)$$

şeklindeki formülün kullanılmasının daha uygun olduğu belirtilmiştir. Burada $\tau = 1.5-2.0$ arasında değişmektedir [14]. Budyko τ değerini 1 olarak almıştır. Buna karşın H. Charnock [20], τ değerini 2 olarak almıştır. c' katsayısı enlem derecelerine göre farklı değerler almaktadır (Tablo 4).

Tablo 4. Değişik enlemler için c' katsayısının değerleri [14].

ϕ	75°	70°	65°	60°	55°	50°	45°	40°
c'	0.82	0.80	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70	0.68
ϕ	35°	30°	25°	20°	15°	10°	5°	0°
c'	0.65	0.63	0.61	0.59	0.57	0.55	0.52	0.50

Net uzun dalga radyasyonun hesaplanmasında atmosferin alt tabakası sıcaklığı ile deniz yüzey sıcaklığı farkı önemli bir yer teşkil eder. Eğer sıcaklıklar farklı ise formüller yeniden düzenlenir, çünkü yüzeyin gerçek radyasyonunu sadece havanın sıcaklığı ile değil deniz yüzeyinin sıcaklığı ile de tespit edilir. Yeniden yapılan düzenlemelere göre net uzun dalga radyasyon;

$$I = I_0 (1 - c' n) + 4 \delta \sigma T_s^3 (T_s - T_a) \quad (42)$$

şeklinde ifade edilir. Geniş su kütleleri için deniz yüzey suyu sıcaklık, T_s değeri gözlemsel verilerden elde edilir. Eşitlik 26' da radyasyon dengesi formülünde değerler yerine konulduğunda;

$$R = Q(1 - \alpha) - I_0(1 - c'n) - 4\delta \sigma T_a^3(T_s - T_a) \quad (43)$$

şeklinde yatay bir düzlemdaki radyasyon dengesi hesaplanır.

1.9. Deniz - Atmosfer Arasındaki Isı Etkileşimi

Deniz - atmosfer etkileşimi sonucunda denizden havaya veya havadan denize ısı akışı olmaktadır. Bu akış günlük, aylık ve yıllık farklılıklar göstermektedir. Deniz - atmosfer arasında ısı akışını etkileyen birçok etken vardır. Temel olarak deniz yüzeyinde ısı dengesi;

$$\text{Kazanılan ısı} - \text{Kaybedilen ısı} = \text{Net ısı}$$

şeklinde ifade edilir ve;

$$Q_n = Q_s - Q_b - Q_{lat} - Q_{sen} - Q_T + Q_C + Q_E + Q_F + Q_R \quad (44)$$

şeklinde ifade edilir. Burada;

Q_n = Deniz yüzeyinde net ısı akışı,

Q_s = Güneş enerjisi ile kazanılan ısı,

Q_b = Yüzey tarafından yansıtılan radyasyon ile kaybedilen ısı,

Q_{lat} = Buharlaşmanın gizli ısısı şeklinde kaybedilen ısı,

Q_{sen} = Denizden atmosfere kaybedilen ısı, eğer atmosferden denize ısı akışı oluyorsa kazanılan ısı,

Q_T = Karışma, dikey konveksiyon ve okyanus akıntıları ile kaybedilen ısı,

Q_C = Biyolojik ve kimyasal işlemler sonucunda kazanılan ısı,

Q_E = Yer kabuğundan gelen ısı şeklinde kazanılan ısı,

Q_F = Sürtünme sonucu kazanılan ısı,

Q_R = Deniz suyundaki radyoaktif maddelerin ayrışması sonucu kazanılan ısı,

şeklinde ifade edilir [11, 26].

Genel olarak yer yüzünün ve okyanusların enerji kaynağı güneş tarafından yayılan radyasyonlardır. Deniz yüzeyine ulaşan 295 cal/cm^2 gün' lük radyasyon atmosferin üst kısmına gelen radyasyonun %42' sine karşılık gelmektedir. Küçük okyanus alanlarında son dört terim güneş enerjisi tarafından kazanılan ısı miktarına oranla çok küçük olduğundan ihmal edilir. Her ne kadar yerin iç kısımlarından bir ısı akışı olsada ve med- cezir akıntıları ile oluşan sürtünme sonucunda bir enerji ortaya çıksa da güneşten gelen enerji ortalama olarak yerden gelen enerjinin 10^4 katı ve med cezir enerjisinin 10^5 katı fazladır. Deniz suyunda bulunan radyoaktif maddelerin parçalanması sonucunda $5 \times 10^{-5} \text{ cal/cm}^2$ gün ve sürtünme ile kazanılan ısı ise $0.01 - 0.02 \text{ cal/cm}^2$ gün olmaktadır. Akıntı ile kazanılan ısı ihmal edilir. Okyanus yüzeyine nüfuz eden kısa dalga radyasyon %100 olarak kabul

edildiğinde, deniz - atmosfer etkileşimi sonucu ısı değişim elemanlarının yüzde olarak değerleri verilmektedir (Şekil 9). Deniz yüzeyinde ısı bütçesi hesaplamalarında, Şekil 9' da görüldüğü gibi esas olarak ilk dört terim diğer terimlere göre daha büyük değere sahiptir [26].

Deniz yüzeyinde ısı akışını, net kısa dalga radyasyon, yüzeyin yansıttığı net uzun dalga radyasyon, buharlaşma sonucunda gizli ısı akışı ve deniz yüzey suyu sıcaklığı ve yüzeydeki hava sıcaklığı farkından oluşan hissedilir ısı akışına bağlı olarak hesaplanır. Deniz yüzeyinde net ısı akışı;

$$Q_t = Q_s - Q_b - Q_{lat} - Q_{sen} \quad (45)$$

şeklinde ifade edilir [27]. Denizlerin ısınmasına neden olan net kısa dalga radyasyonlar suya nüfuz ettikten sonra bünyelerinde bulunan enerjiyi ısı enerjisi şeklinde suya vererek suyun ısınmasına neden olur. Net kısa dalga radyasyon, yüzeye gelen toplam kısa dalga radyasyon ile yüzeyin yansıttığı kısa dalga radyasyona bağlı olarak $Q(1-\alpha)$ formülü ile tespit edilir [14, 28]. Bu formülde, Q deniz yüzeyine nüfuz eden kısa dalga radyasyon, Eşitlik 28 ile tespit edilir, α ; deniz - atmosfer arasında enlem derecesine, yılın ve günün durumuna bağlı olarak değişen albedo değerini temsil etmektedir. Deniz yüzeyinde buharlaşmanın gizli ısı şeklinde kaybolan ısı ve deniz - atmosfer arasında konveksiyon ve kondüksiyonla atmosfere verilen ısı bulk transfer metodu kullanılarak tespit edilir. Gizli ısı şeklinde atmosfere verilen ısı, deniz suyu sıcaklığında doymuş özgül nem miktarı, q_s yüzeyden birkaç metre yükseklikteki (10 - 40 m) özgül nem miktarı arasındaki fark ile, havanın yoğunluğu (ρ), buharlaşmanın gizli ısı, gizli ısı transfer katsayısı (C_e) ve deniz yüzeyinde esen rüzgar hızına bağlı olarak;

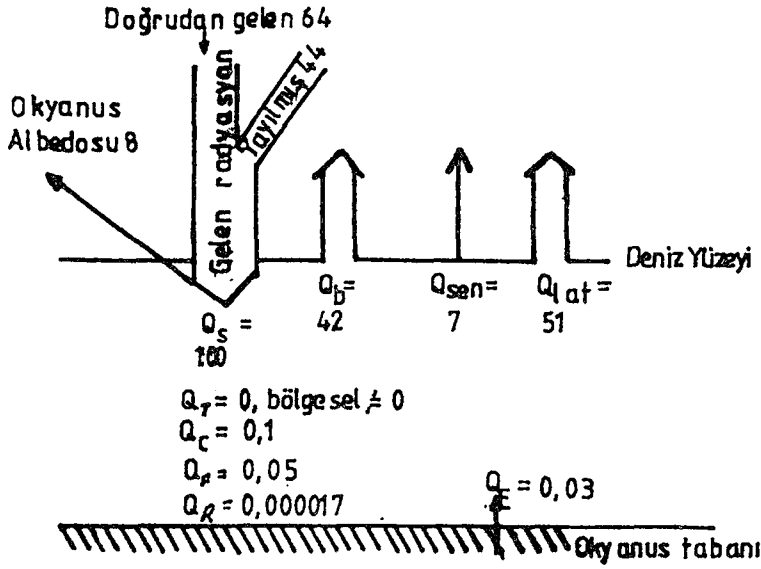
$$Q_{lat} = \rho L C_e (q_s - q_a)W \quad (46)$$

şeklinde belirlenir [28, 29, 30].

Deniz yüzeyinde ısı dengesinin diğer bir parçası olan hissedilir ısı, deniz suyu sıcaklığı (T_s) ile hava sıcaklığı (T_a) arasındaki fark ile, havanın özgül ısı (c_p), havanın yoğunluğu (ρ), hissedilir ısı transfer katsayısına ($C_h = C_e$) [12], ve yüzeyden esen rüzgara bağlı olarak;

$$Q_{sen} = \rho c_p C_h (T_s - T_a)W \quad (47)$$

şeklinde tespit edilir [31].



Şekil 9. Atmosferin üst kısmına $700 \text{ cal/cm}^2 \text{ gün}^{-1}$ enerji geldiği ve bu enerjinin $295 \text{ cal/cm}^2 \text{ gün}^{-1}$ kısmının deniz yüzeyine nüfuz ettiği düşünülürken ısı geçişim elemanlarının % olarak ifadesi [26].

10. Doğu Karadeniz'in Meteorolojik ve Oşinografik Özellikleri

Karadeniz $41^\circ - 46^\circ 05' \text{ N}$ enlemleri ve $27^\circ 27' - 41^\circ 42' \text{ E}$ boylamları arasında kalan, ortalama 1300 metre derinliğe sahip olan bir iç denizdir. Güney batıda İstanbul Boğazı ve Çanakkale Boğazı ile Marmara denizi ve Ege denizine, kuzeyde ise Kerç Boğazı ile Azak denizine bağlanır. Azak denizi ile birlikte toplam 411540 km^2 dir [32].

Karadeniz su kütlelerinin genel yapısı, boğazlar ile Karadeniz'e gelen Akdeniz kaynaklı daha yoğun ve tuzlu dip suları ile akarsuların ve yağışlardan gelen tatlı ve az yoğun suların karışması sonucu oluşmuş su kütleleridir [33]. Karadeniz'in tuzluluk ve su miktarı üzerine yapılan incelemelerde yağış ve akarsulardan gelen tatlı suyun $430 \text{ km}^3/\text{yıl}$, buharlaşma ve diğer nedenlerle olan kayıpların $380 \text{ km}^3/\text{yıl}$ olduğu tespit edilmiştir [34].

Karadeniz küresel ölçekte kışları İzlanda alçak basınç merkezi ve Sibirya yüksek basınç merkezi, yazları ise Basra alçak basınç merkezi ve Azor yüksek basınç merkezi etkisindedir [35]. Balkanlar ve Akdeniz'den gelen alçak basınç ve bunlara bağlı cephe sistemlerinin bölgedeki hava koşulları ve iklim oluşumlarında çok önemli etkinlikleri vardır[34]. Karadeniz üzerindeki rüzgarlar kış aylarında oldukça değişken yapıya sahiptir. Batıda, kuzey ve kuzeydoğu rüzgarları baskın iken güneyde, güneyli rüzgarlar baskındır [36].

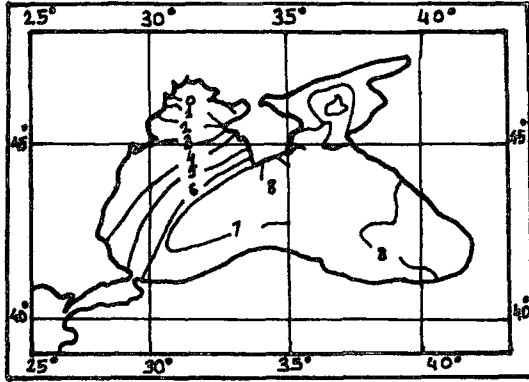
Karadeniz üzerindeki hava sıcaklığında önemli mevsimsel değişimler olmaktadır. Yaz aylarında hava sıcaklığı tüm Karadeniz'de homojen bir dağılım göstermekte, kuzey ve iç bölgelerde en yüksek değere ulaşmaktadır. Kuzeyde ve iç bölgelerde 24°C , güneyde 22°C olmaktadır. Buna karşılık Ekim ayından itibaren hava sıcaklığı hızlı bir düşüş

göstererek kış aylarında 4°C ile en düşük değerini alır [34, 37]. Deniz suyu sıcaklığı yıl içerisinde en düşük değerini Şubat ayında alır ve Kuzeybatı Karadeniz' de ortalama 0 - 5 °C, Kuzeydoğu Karadeniz' de 3°C ve Güney Karadeniz' de 7 - 8°C olmaktadır. İlkbahar aylarında deniz suyu sıcaklığı artmaya başlayarak kuzey bölgelerinde 15 - 16°C' ye ve orta kısmında 14°C' ye yükselir. Yüzeysel su sıcaklığı en yüksek değerine Ağustos ayında 24 - 25°C ile ulaşır (Şekil 10)[34].

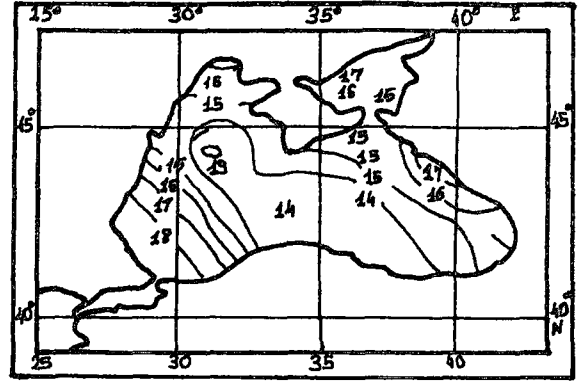
Karadeniz' de deniz suyu sıcaklığı ile hava sıcaklığı yıl içinde değişimleri birbirine paralel değişmektedir. Bu değişim genelde sinüsoidaldır [38]. Karadeniz' de su sıcaklığı dikey yönde ilk 200 - 300 m' lik kısmında, yüzeysel karışım tabakası, yaz aylarında oluşan yüzeysel termoklin tabakası ve sabit termoklin tabakası olmak üzere üç tabaka vardır. Özellikle 25 m' de soğuk suların batması sonucu oluşan 6.5 - 7.5 °C' ye sahip olan ve yüzeysel su sıcaklığı 7 - 8 °C' olduğu zamanlarda bütün Karadeniz' e yayılan Soğuk Ara Tabakası (SAT) vardır [39]. Genel olarak 80 - 120 m arasında sabit termoklin tabakası bulunur, 100 m derinlikten sonra sıcaklık 8.5 °C, 200 m derinlikte 8.6 - 8.8 °C' ye ulaşmakta ve derinlik arttıkça sıcaklık da artmaktadır. 1000 m derinlikte su sıcaklığı 9 °C' ye ulaşmaktadır (Şekil 11.a) [40].

Denizlerde tuzluluk; tuzluluğu arttırıcı (Buharlaşma, deniz buzu oluşumu) etkilerle, azaltıcı (yağış, deniz buzunun erimesi, karalardan gelen tatlı su akışı) etkilere bağlı olarak değişir [41]. Karadeniz' de akarsularla ve yağışla kazanılan suyun, buharlaşma ve Akdeniz kaynaklı tuzlu sular ile karışmasına rağmen Akdenizden çok daha düşük tuzluluğa sahiptir. Yüzeysel ilk 50 m' de tuzluluk çok az değişmekte ve yaklaşık olarak ‰ 18.0 - 18.5 kadar olmaktadır. Tuzluluk 200 m' de 21.0 ppt, 400 m' de 22.0 ppt' ye kadar ulaşmaktadır. Kuzeybatı Karadeniz' de Tuna, Dinyeper ve Dinyester gibi büyük nehirlerin getirdiği tatlı su ile, özellikle Nisan ayında, yüzeysel tuzluluğu 17.8 ppt' ye, Mayıs ve Haziran döneminde 17.5 ppt' ye düşmektedir. Tuzluluğun en fazla olduğu derin sularda 22.5 - 22.4 ppt' ye kadar çıkmaktadır [40]. Doğu Karadeniz' de ilk 30 - 40 m' de tuzluluk değeri ‰ 18.0 iken haloklin tabakasında ‰ 19.5, 100 m' de ‰ 19.5 ve 125 m' de ‰ 20.5 dir (Şekil 11.b) [42].

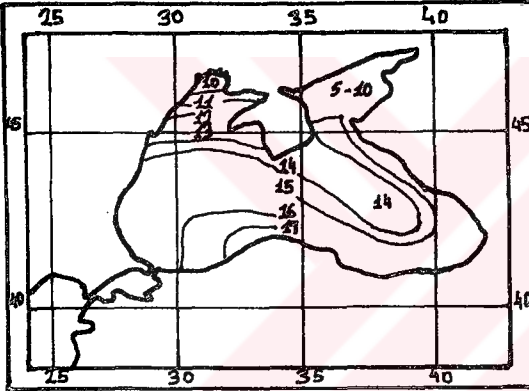
Birim deniz suyundaki kütle olarak tanımlanan deniz suyu yoğunluğu, sıcak, tuzluluk ve basınca bağlı olarak değişir [41]. σ_t , [(yoğunluk - 1)1000] formülü ile gösterilir. Tuzluluk değerine paralellik gösteren yoğunluk değişimi ilk 25 m' de 11 - 14 σ_t değerini almaktadır. 60 m' ye kadar yoğunluk değerinin 14.5 ± 0.2 olarak değiştiği tekdüze tabaka bulunmaktadır. 100 m' de 15.6 ± 0.2 ye ulaşan yoğunluk 150 m' de 16.1, 500 m' de 17.0 ve 1000 m' de 17.2 değerine ulaşmaktadır (Şekil 11.c) [42].



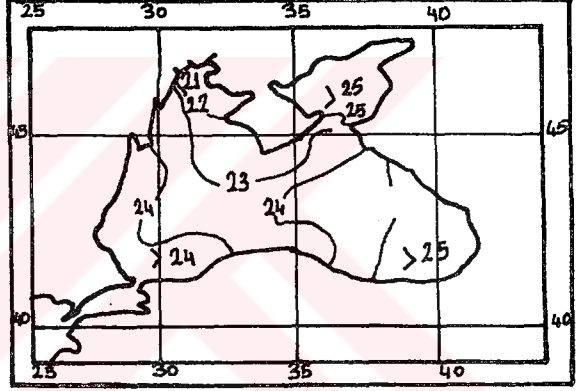
ŞUBAT



MAYIS



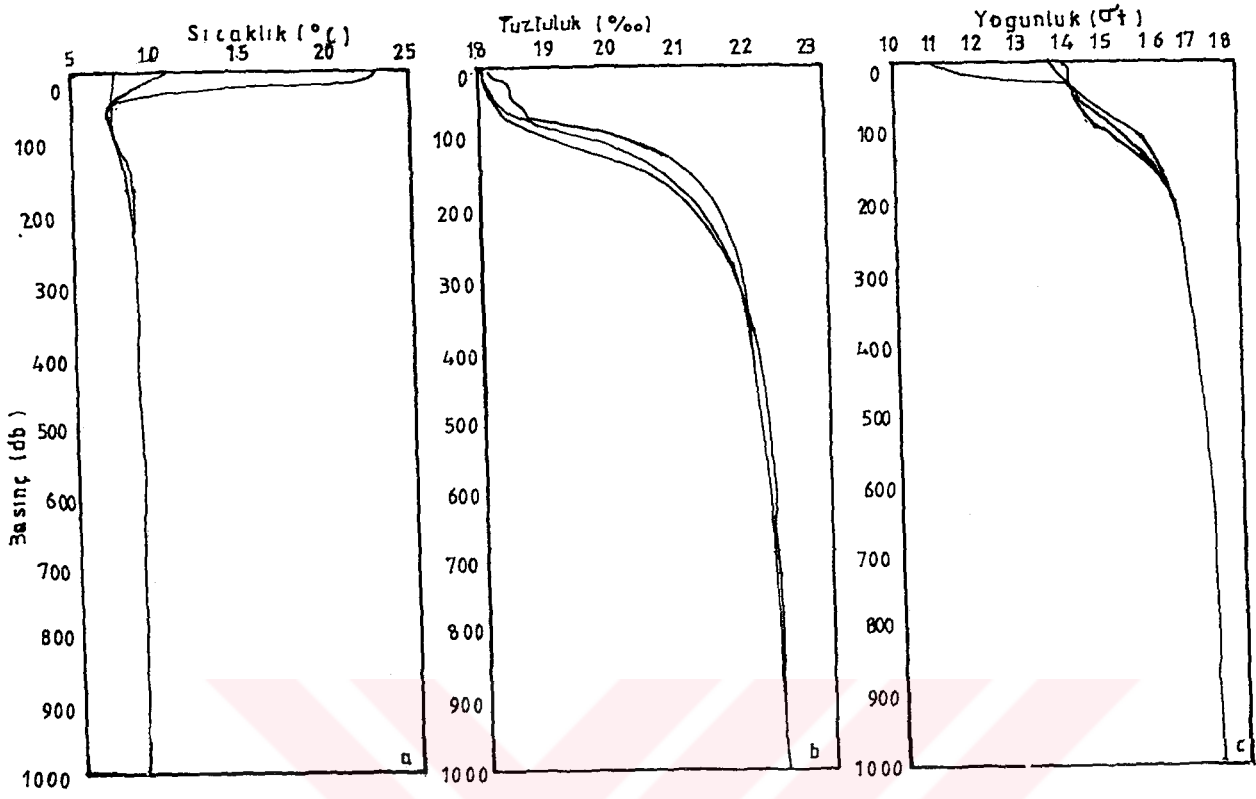
KASIM



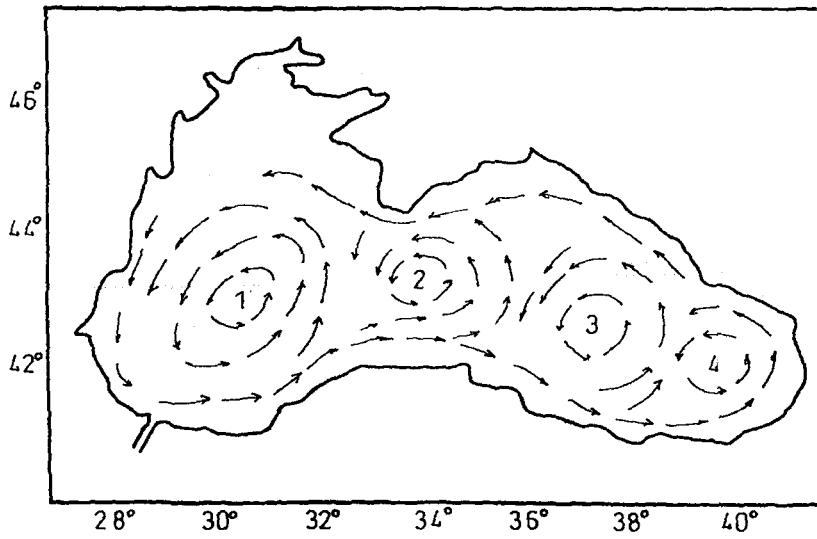
AĞUSTOS

Şekil 10. Karadeniz' de yüzey su sıcaklığının mevsimsel değişimi [34].

Karadeniz iki büyük siklonik döngüden oluşan akıntı sisteminin etkisi altındadır. Karadeniz' de yüzey akıntıları nehirlerin getirdiği az yoğun sular ile Azor denizinden Kerç boğazına doğru koriolis kuvveti ile sağa doğru saptırılan akışlarla meydana gelir. Akıntının hızı ve yönü kıyı şekline ve yüzeyde esen rüzgara bağlıdır. Karadeniz' de genel dolaşıma neden olan üç temel etki vardır. Bunlar, rüzgarın doğu - batı ve kuzey - güney yönlerindeki değişimleri, su kolonundaki dikey sıcaklık ve tuzluluk değişimleri ve, daha tuzlu Akdeniz sularının boğazlarla Karadeniz'e girmesidir [42]. Doğu Karadeniz kıyıları $34^{\circ} 00'$ E civarında doğuya yönelen ana akıntı kolunun etkisi altındadır. Yaklaşık 10 - 12 cm/s arasında hıza sahip olan bu akıntı kolu Sinop, Samsun, Ordu kıyı formunu takip ederek Giresun - Trabzon arasında ($39^{\circ} 50'$) iki kola ayrılır. Bu kollardan biri Hopa - Batum kıyılarına, diğeri de çanağın iç kısmına doğru yönelir. Hopa' ya yönelen akıntı kolu 20 - 30 cm/s hıza ulaşır (Şekil 12) [42].



Şekil 11. Doğu Karadeniz' de sıcaklık (a), tuzluluk (b) ve yoğunluğun (c) düşey dağılımı [42].



Şekil 12. Karadeniz' de genel akıntı sirkülasyonu [33]

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, Güney - Doğu Karadeniz' de $41^{\circ} 00'$ N enlemi ve $39^{\circ} 43'$ E boylamında bulunan Trabzon ve civarında deniz yüzeyinde radyasyon dengesinin ve deniz yüzey suyu ile atmosfer arasında olan ısı geçişinin tespitine çalışılmıştır (Şekil 13). 1994 yılı için yapılan hesaplamalarda günlük ortalama meteorolojik veriler kullanılarak günlük, aylık, mevsimsel ve yıllık ortalamalar belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 13. Çalışma sahasının Karadeniz' deki konumu

Bu çalışmada, deniz yüzeyinde radyasyon ve ısı akış miktarının tespiti için bazı kabuller yapılmıştır. Bu kabuller sırası ile;

a- Trabzon' da deniz yüzeyinde olan ısı ve radyasyon dengesi hesaplamaları için gerekli olan bulutluluk miktarı, rüzgar hızı, deniz suyu - hava sıcaklıkları, nem miktarı ve basınç değerlerinin bütün Trabzon ve civarını temsil etmekte olduğu,

b- Atmosferin kararlılığını belirlemek için gerekli olan Radyosonde istasyonu verilerinin Trabzon için mevcut olmayışı nedeni ile havanın nötr dengede olduğu,

c- Hesaplama yapılan alanın pürüzsüz siyah bir cisim olduğu,

d- Deniz yüzey suyu ısı dengesi hesaplamalarında suyun ısınmasına ve soğumasına etki eden faktörlerden yağış, akıntı, yerkabuğundan gelen ısı, suyun içersinde olan kimyasal ve biyolojik olayları sonucunda herhangi bir ısı değişikliği olmadığı şeklindedir.

Bu çalışmada sadece güneş radyasyonları, buharlaşma ve hissedilir ısı ile kazanılan veya kaybedilen ısının miktarı hesaplanmaya çalışılmıştır.

2.1. Yöntem

Deniz yüzeyinin radyasyon dengesini hesaplamak için Miller ve Hill [18, 30], tarafından önerilen aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$R = Q(1 - \alpha) - I$$

Bu formülde, R yüzeydeki net radyasyon dengesi, Q yüzeye gelen toplam kısa dalga radyasyon, α yüzeyin albedosu, I yüzeyin net uzun dalga radyasyonunu temsil etmektedir. Burada toplam kısa dalga radyasyonun hesaplanması için Berliant ve Budyko [14] tarafından önerilen bulutluluk miktarının bir fonksiyonu olan Eşitlik 28 kullanılmıştır.

$$Q = Q_0[1 - (a + bn)n]$$

Formülde, Q gerçek durumlarda toplam kısa dalga radyasyon, Q_0 bulutsuz durumda gökyüzündeki toplam kısa dalga radyasyon, a katsayısı Trabzon ($41^\circ 00'N$) için 0.37 dir, b katasayısı enlem ile çok az değişim gösterir ve hesaplamalarda 0.38 olarak alınmıştır ve n bulutluluk miktarını temsil eder.

Atmosferin üst tarafına gelen toplam kısa dalga radyasyonun tespit edilmesi için Eşitlik 19 kullanılmıştır, hesaplama yapılacak yerin enlem derecesi, güneş sabiti, π sayısı, deklinasyon açısı, yılın hangi günü olduğu ve güneş ile dünya arasındaki uzaklığın oranının bir fonksiyonu olarak tespit edilir, $Q_0(\phi, \delta_0, \theta_0, \pi, S_0)$ ve ;

$$Q_0 = \frac{\tau}{\pi} \frac{S_0}{L^2} (w_0 \sin \phi \sin \delta_0 + \sin w_0 \cos \phi \cos \delta_0)$$

formülü ile hesaplanır. Bu formülde;

$$\pi = 3.1415,$$

$$\tau = \text{gün süresi (24saat)},$$

$$S_0 = \text{güneş sabiti (1353 W/m}^2\text{)},$$

$$\phi = \text{hesaplama yapılan yerin enlemi (derece)},$$

$$\delta_0 = \text{deklinasyon açısı (derece)},$$

$$w_0 = \text{yarı gün süresi (derece)},$$

L = dünya ile güneş arasındaki uzaklığın oranı, şeklinde hesaplanmıştır. Güneşin doğuşundan batışına kadar geçen sürenin hesaplanması için Eşitlik 15' de;

$$\cos w_0 = - \tan \phi \tan \delta_0$$

formülü kullanılmıştır. Yarı gün uzunluğu saat olarak hesaplanmak istendiğinde;

$$w(\text{saat}) = \frac{1}{15} \cos^{-1}(-\tan\phi \tan\delta_0) \quad (48)$$

eşitliği kullanılır [43]. Bu değer 2 ile çarpıldığında tam gün uzunluğu saat olarak tespit edilir. Formüldeki deklinasyon açısı kuzey yarım kürede hesaplama yapılması istenilen gün için;

$$\delta_0 = 23.45 \sin\left(360 \frac{284 + n}{365}\right) \quad (49)$$

formülü kullanılmıştır ve n gün sayısı (1 Ocak için 1, 2 Ocak için 2, 31 Aralık için 365 değerini alır) [43].

Güneş ile dünya arasındaki L ortalama uzaklık oranı aşağıdaki formülle hesaplanır;

$$L = \frac{1}{\left(1 - e \cos \frac{2\pi n}{y}\right)} \quad (50)$$

formülü hesaplanır. Burada L hesaplama yapılan günde dünya ile güneş arasındaki uzaklığın oranı, e dünyanın güneş etrafında izlediği yörüngenin eksantrisitesi (0.016733), n gün sayısı, y yılın güneş zamanı olarak uzunluğu (365.255 gün) olarak hesaplanır [43]. Bu değerler toplam kısa dalga radyasyonun hesaplanmasında formüldeki yerlerine koyarak tespit edilir.

Deniz yüzeyinin albedosu değerinin hesaplanmasında, güneş zenit açısının bir fonksiyonu olarak Eşitlik 33' deki albedo değeri;

$$\alpha = 0.05/[0.15 + \cos(z)]$$

formülü ile hesaplanır. Zenit açısı; $\cos z = \sin \phi \sin \delta_0 + \cos \phi \cos \delta_0 \cos w$ formülü ile hesaplanır. Deklinasyon açısı (δ_0) Eşitlik 48 kullanılarak her gün için hesaplanır. Hesaplama yapılacak mahalli saat için saat açısı, w, (Saat açısı : Hesaplamanın yapıldığı boylam ile güneşin bulunduğu boylam arasındaki açıdır. Saat açısı güneş boylamının hesaplama yapılan yerin boylamı ile çakıştığı güneş öğlesinden itibaren ölçülür. Güneş öğlesinden önce pozitif, öğleden sonra negatif alınır. Ayrıca her 15° saat açısı -boylam farkı- 1 saat zamana tekabül eder.);

$$w(\text{derece}) = 15(12 - GS) \quad (51)$$

eşitliği ile bulunmuştur. Güneş öğlesinde güneş saati 12 dir. GS; hesaplama yapılacak mahalli saatteki güneş saatini;

$$GS=MS- [(30-By) / 15]+ ZD \quad (52)$$

eşitliği ile bulunur. Eşitlikte, Türkiye için standart boylam 30 olarak alınmıştır, MS; mahalli saati, By; hesaplama yapılan yerin boylamıdır (39° 46'). ZD günlere göre değişen zaman düzeltmesidir ve:

$$ZD(\text{saat}) = 0.0043 \cos x - 0.1236 \sin x - 0.0608 \cos 2x - 0.1538 \sin 2x \quad (53)$$

formülü ile hesaplanır, x yıl içindeki günlerin açı cinsinden ifadesidir ve;

$$x(\text{derece})=360 \frac{n - 1}{365.242} \quad (54)$$

eşitliği ile bulunur. n ifadesi gün sayısını gösterir (1 Ocak için 1, 31 Aralık için 365) [13]. Hesaplanan değerler zenit açısı formülünde yerine koyulur ve istenilen saatte ve yerdeki albedo değeri Eşitlik 33 kullanılarak bulunmuştur.

Radyasyon dengesinin diğer bir parçası olan karasal radyasyon olarakta bilinen net uzun dalga radyasyonun hesaplanması için deniz yüzey sıcaklığı, hava sıcaklığı, bulutluluk miktarı, Stefan-Bolthman sabiti, yayılma katsayısı ve c' katsayısının bir fonksiyonu şeklinde hesaplanmıştır, $I (I_0, c', n, T_s, T_a, \sigma, \delta)$,

Net uzun dalga radyasyonu hesaplamak için Budyko tarafından önerilen bulutluluk miktarı hava sıcaklığı ve deniz suyu sıcaklığına bağlı olarak Eşitlik 42 kullanılmıştır;

$$I = I_0 (1 - c' n) + 4 \delta \sigma T_a^3 (T_s - T_a)$$

Eşitlikte;

I = net uzun dalga radyasyon (W/m^2),

c' = enleme göre değişen bir katsayı (41° için 0.6825),

n = bulutluluk miktarı,

T_s = deniz suyu sıcaklığı (°K),

T_a = hava sıcaklığı (°K),

δ = yayma katsayısı (0.98),

σ = Stefan-Bolthzman sabiti ($5.670 \times 10^{-8} W m^{-2} K^{-4}$) dir,

Bulutsuz gökyüzünde uzun dalga radyasyon (I_0) yüzey sıcaklığı ile buhar basıncına bağlı olarak Berliant tarafından yüksek nem durumları için önerilen Eşitlik 36 kullanılmıştır.

$$I_0 = \delta \sigma T_s^4 (a - b\sqrt{e})$$

Eşitlikte, e deniz suyu sıcaklığında havanın buhar basıncı, a ve b sabitler olup $a = 0.39$, $b = 0.58$ alınmıştır.

Deniz yüzeyinde net güneş radyasyonu hesapladıktan sonra deniz yüzeyindeki net ısı enerjisi akışı hesaplanmıştır. Deniz yüzeyinde net ısı akışı;

$$Q_n = Q_s - Q_b - Q_{lat} - Q_{sen}$$

Q_n = deniz yüzeyindeki net ısı akışı (W/m^2),

Q_s = güneşten gelen toplam kısa dalga radyasyon (W/m^2),

Q_b = deniz yüzeyinden yansıyan uzun dalga radyasyon (W/m^2),

Q_{lat} = deniz yüzeyindeki gizli ısı akışı (W/m^2),

Q_{sen} = deniz yüzeyindeki hissedilir ısı akışı (W/m^2) dir.

Burada ki, güneşten gelen kısa dalga radyasyonlar (Q_s) ve yüzey tarafından yansıtılan net uzun dalga radyasyon (Q_b) deniz yüzeyindeki radyasyon dengesinin belirlenmesinde kullanılan Eşitlik 28 ve 42 ile belirlenmiştir. Yüzeyin buharlaşmanın gizli ısı akışı ve hissedilir ısı akışları Bulk transfer metoduna göre hesaplanmıştır. Deniz yüzeyinden atmosfere gizli ısı şeklinde verilen ısı;

$$Q_{lat} = \rho L C_e (q_s - q_a) W$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Burada;

ρ = havanın yoğunluğu (1.250 kg/m^3),

L = buharlaşmanın gizli ısısı,

W = 10 metredeki rüzgar hızı (m/s),

$C_e = 1.13 \times 10^{-3}$

q_s = deniz suyu sıcaklığında doymuş özgül nem (g/kg),

q_a = havanın özgül nem miktarı (g/kg)' dir.

Deniz yüzeyindeki hissedilir ısı akışı deniz yüzey suyu sıcaklığı ile yüzeye yakın havanın sıcaklığına bağlı olarak:

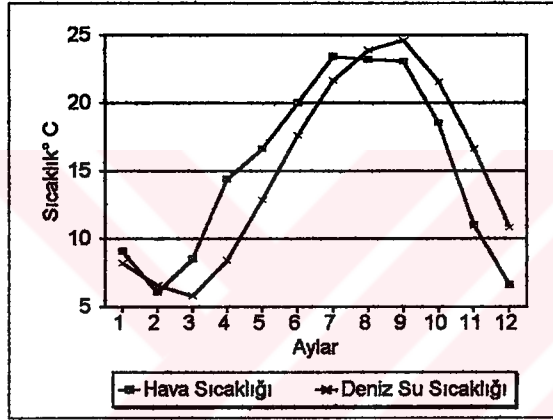
$$Q_{sen} = \rho C_h C_p (T_s - T_a) W$$

formülü ile hesaplanmıştır. Burada, C_p = havanın özgül ısısı ($1005 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$), $C_h = C_e$ olarak alınmıştır [12].

2.2. Verilerin Elde Edilmesi

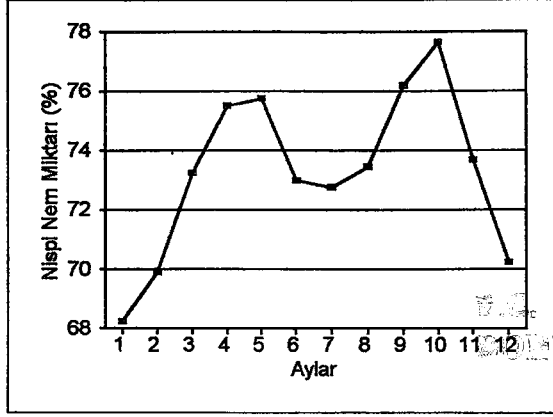
Deniz yüzeyine gelen güneş radyasyonu ile deniz - atmosfer arasındaki enerji değişiminin 1994 yılında aylık, mevsimsel ve yıllık değişimlerinin belirlenmesi amaçlanan bu çalışmada, gerekli olan basınç, nisbi nem miktarı, bulutluluk, deniz suyu sıcaklığı hava sıcaklığı ve rüzgar hızı için Trabzon Meteoroloji istasyonunda ölçülen ve günlük ortalamalar şeklinde düzenlenen veriler kullanılmıştır. Günlük ortalamalardan aylık, mevsimlik ve yıllık ortalamalar hesaplanmıştır.

Deniz suyu sıcaklığının 1994 yılında ortalama 14.88°C , en yüksek değer Eylül ayında 24.60°C ve en düşük değer 5.81°C ile Mart ayında olduğu belirlenmiş, buna karşılık deniz yüzeyindeki havanın yıllık ortalama sıcaklığı 15.03°C , en yüksek değeri Temmuz ayında 23.39°C ve en düşük değeri 6.1°C ile Şubat ayında olduğu belirlenmiştir (Şekil 14).



Şekil 14. Deniz suyu sıcaklığı ve hava sıcaklığının 1994 yılı içerisinde aylara göre değişimi.

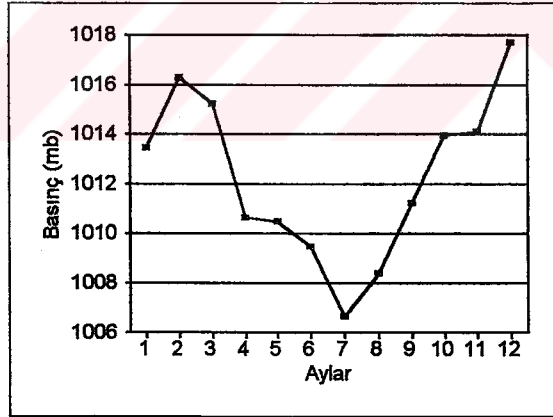
Trabzon meteoroloji istasyonunda ölçülen nisbi nem miktarının yıllık ortalaması 73.29 olarak belirlendi. Nem miktarı en yüksek değeri Ekim ayında 77.65 ve en düşük değeri ise Ocak ayında 68.54 olduğu belirlenmiştir (Şekil 15).



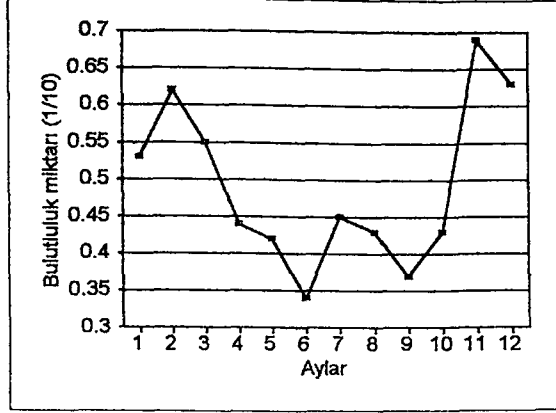
Şekil 15. Nisbi nem miktarının 1994 yılı içerisinde aylara göre değişimi.

Deniz yüzeyinde hava basıncının yıllık ortalama değeri 1012.3 mb olmakta ve 1994 yılında en yüksek değere 1017.71 mb ile Aralık ayında ulaşmaktadır. En düşük değer ise Temmuz ayında olmakta ve 1006.64 mb değerini almaktadır (Şekil 16).

Isı ve radyasyon dengesi hesaplamaları için çok gerekli olan bulutluluk miktarı Trabzon meteoroloji istasyonunda yapılan gözlemler sonucunda yıllık ortalama 0.49 olduğu, en yüksek değere Kasım ayında 0.69 ile ve en düşük değeri 0.39 ile Haziran ayında aldığı gözlenmiştir (Şekil 17).



Şekil 16. Hava basıncının 1994 yılı içerisinde aylara göre değişimi.



Şekil 17. Bulutluluk miktarının 1994 yılı içerisinde aylara göre değişimi.

2.3. Verilerin Uygun Şekilde Düzenlenmesi

Deniz yüzeyinde ısı değişiminin hesaplanmasında deniz yüzeyinde esen rüzgarın etkisi büyüktür. Bu nedenle denizde 10 metre standart yükseklikteki rüzgar hızının bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla, kara istasyonunda ölçülen rüzgar hızının denize uyarlanması gerekmektedir.

Günlük ortalama rüzgar hızları, aşağıdaki eşitlik kullanılarak denize uyarlanmıştır [44].

$$W_{\text{deniz}} = 3.0(W_{\text{kara}})^{0.67} \quad (55)$$

Bu eşitlikte ;

W_{deniz} = Denize uyarlanmış rüzgar hızı (m/s),

W_{kara} = İstasyonda ölçülen rüzgar hızı (m/s),

0.67 = Nötr atmosfer için kullanılan bir sabittir.

Daha sonra, denize uyarlanan rüzgar hızları Trabzon meteoroloji istasyonu ve anemograf yüksekliği gözönüne alınarak, aşağıdaki bağıntı ile 10 m deniz seviyesine indirgenmiştir.

$$\frac{W_2}{W_1} = \left(\frac{Z_2}{Z_1} \right)^n \quad (56)$$

W_2 = İstasyon seviyesinde denize uyarlanan rüzgar hızı (m/s),

W_1 = Rüzgarın indirgeneceği yükseklikteki hızı (m/s),

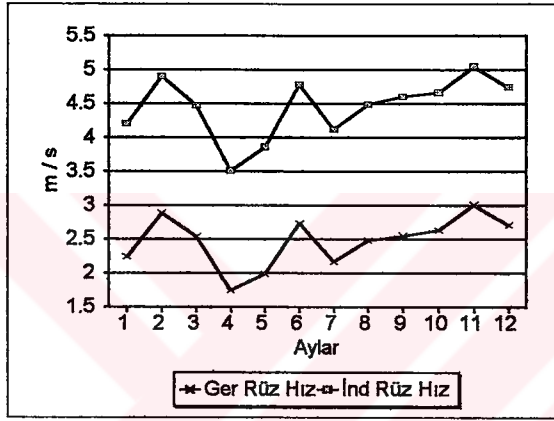
Z_2 = İstasyonun ve anemografin deniz seviyesinden yüksekliği (m),

Z_1 = Rüzgarın indirgeneceği deniz seviyesi (m),

n = Kararlılık katsayısı (boyutsuz) dur.

Kararlılık katsayısı n için üç değer önerilmektedir. Kararsız durumlar için (hava parselinin ilk konumdan uzaklaşma eğiliminde olması) n ; 0.10, kararlı durumlar için (hava parselinin başlangıç durumuna gelme eğiliminde olması) n ; 0.18 ve nötr durumlar için (hava parseline etkiyen kuvvet olmaması) 0.14 değerlerini almaktadır.

Kara istasyonunda günlük ortalamalar şeklinde alınan rüzgar hızları yıllık ortalama 2.47 m/s dir. En yüksek hıza Kasım ayında 3.01 m/s ve en düşük hıza 1.74 m/s ile Nisan ayında ulaşmıştır. Kara istasyonunda ölçülen rüzgar hızları öncelikle deniz ortamına uyarlanmış ve daha sonra 10 m ye indirgenmiştir. Böylelikle yıllık ortalama rüzgar hızı 4.44 m/s' dir. En yüksek hız Kasım ayında 5.05 m/s ve en düşük hız Nisan ayında 3.51 m/s olarak hesaplanmıştır (Şekil 18).



Şekil 18. Gerçek ve indirgenmiş rüzgar hızlarının 1994 yılı içerisinde aylara göre değişimi.

Deniz yüzeyinden atmosfere gizli ısı şeklinde verilen ısının miktarını hesaplarken havanın özgül ısı (ρ), buharlaşmanın gizli ısı (L), gizli ısı değişim katsayısı (C_e), yüzeyde esen rüzgar hızı (W), havanın özgül nem miktarı (q_a), ve deniz suyu sıcaklığında yüzeydeki özgül nem miktarı (q_s) kullanılmıştır (deniz suyu sıcaklığında doymuş nem miktarına çok yakın olduğu kabul edilir)[17]. Hesaplamalarda C_e ve ρ değerleri sabitlerdir. Rüzgar hızı ve nisbi nem miktarları Trabzon meteoroloji istasyonundan temin edilmiş olup özgül nem değerleri havanın kısmi buhar basıncına ve basınca bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$q = \frac{623 e}{P - 0.378 e} \quad (57)$$

Bu eşitlikte, P deniz seviyesinde basıncı (mb), e yüzeyin üzerindeki havanın kısmi buhar basıncıdır ve;

$$e = \frac{Rh \cdot e_s}{100} \quad (58)$$

şeklinde hesaplanır [45]. Rh havada bulunan nisbi nem miktarı (%), e_s deniz suyu sıcaklığında doymuş buhar basıncını temsil etmektedir ve Clausius - Clapeyron eşitliği ile;

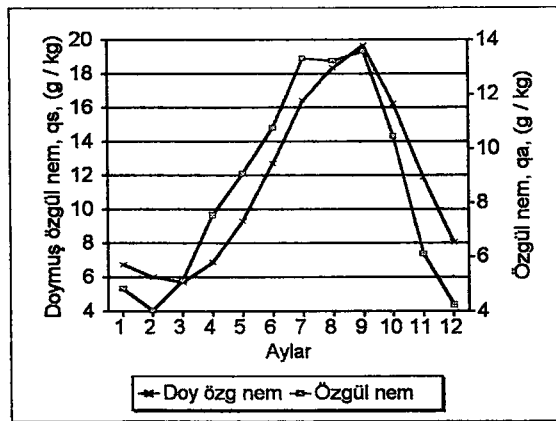
$$e_s = 610.8 \exp \left[19.85 \left(1 - \frac{T_0}{T} \right) \right] \text{ (Pa)} \quad (59)$$

hesaplanmaktadır. Eşitlikte T ve T_0 ; °K olarak alınmıştır ve T_0 ; 0° C = 273.16°K olarak alınmıştır [12]. Deniz suyu sıcaklığındaki doymuş özgül nem durumunda doymuş buhar basıncı (e_s) buhar basıncına (e) eşittir [46]. Gizli ısı akışının hesaplanmasında kullanılan buharlaşmanın gizli ısı (L) hemen hemen sabit olmasına karşın ($\approx 2.456 \times 10^6$) yüzey sıcaklığının bir fonksiyonu olarak :

$$L = 4.1868 (597.31 - 0.56525 T) 10^3 \quad (60)$$

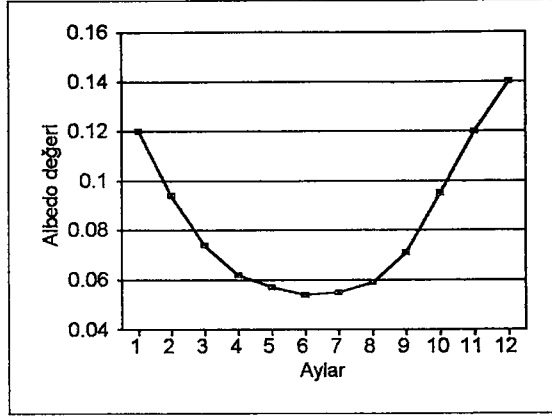
formülü ile J/kg olarak hesaplanmıştır ve T °C olarak alınmıştır [30].

Deniz suyu sıcaklığında doymuş özgül nem miktarının yıllık ortalaması 11.48 g/kg olmakta, en yüksek değeri Eylül ayında 19.64 g/kg ile ve en düşük değeri Mart ayında 5.69 g/kg olmaktadır. Bu değerlere karşın, havanın özgül nem miktarı yıllık ortalama 8.51 g/kg olduğu, en yüksek değerini Eylül ayında 13.57 g/kg ve en düşük değerini ise Şubat ayında 4.03 g/kg olarak belirlenmiştir (Şekil 19).



Şekil 19. Doymuş özgül nem ve havanın özgül nem miktarının 1994 yılı içerisinde aylara göre değişimi.

Deniz yüzeyinde albedo oranını belirlemek için yapılan günlük hesaplamalar neticesinde aylara göre en yüksek albedo değerinin kış aylarında, özellikle Aralık ayında, 0.14, en düşük albedo değerini ise yaz aylarında, özellikle Haziran ayında, 0.054, aldığı tespit edildi. Yıllık ortalama albedo değeri 0.083 olarak tespit edilmiştir (Şekil 20).



Şekil 20. Deniz yüzeyinde albedo değerinin 1994 yılı içinde aylara göre değişimi.

Bu çalışmada Güneydoğu Karadeniz'de $41^{\circ} 00' N$ enlemleri ve $39^{\circ}43'E$ boylamları arasında bulunan Trabzon ve civarında deniz suyunun ısınmasına ve soğumasına neden olan güneş radyasyonlarının ve ısı değişim elemanlarının 1994 yılı için nasıl bir değişim gösterdiği ve bu değişimler sonucunda deniz suyunun ne kadar ısı kazandığı veya kaybettiğinin tespitine çalışılmıştır.

4. BULGULAR

3.1. Deniz Yüzeyinde Radyasyon Dengesi ve Deniz Yüzey Suyu ile Atmosfer Arasındaki Isı Geçişimi

Trabzon ve civarında (40° 00' N - 39° 43' E) 1994 yılında deniz ile atmosfer arasındaki radyasyon dengesi ve ısı bütçesi hesaplamaları için gerekli olan meteorolojik elemanlar (bulutluluk miktarı, nisbi nem, basınç, rüzgar hızı, hava sıcaklığı ve deniz suyu sıcaklığı) Trabzon meteoroloji istasyonundan temin edilmiştir [47]. Günlük ortalamalar şeklinde alınan verilerden hesaplamalar yapılarak deniz ile atmosfer arasındaki ısı geçişlerinin günlük, aylık, mevsimsel ve yıllık ortalamaları elde edilmiştir (1 Ocak 1994 günü için yapılan örnek bir hesaplama Ek 1' de verilmiştir).

3.2. Aylara Göre Radyasyon ve Isı Dengesi Elemanları

Ek 1'de verilen örnek bir hesaplama gibi ayın her günü için ayrı ayrı yapılan hesaplamalarda deniz yüzeyinde radyasyon ve ısı dengesi elemanları (net kısa dalga radyasyon, net uzun dalga radyasyon, hissedilir ısı ve gizli ısı akışları) hesaplanmış ve günlük ortalamalardan aylık ortalamalar elde edilmiştir. Aylara göre elde edilen değerler aşağıda verilmiştir.

1 - 31 Ocak 1994 tarihleri arasında yapılan hesaplamalar sonucunda, deniz yüzeyindeki net uzun dalga radyasyonun 47.13 W/m^2 , net kısa dalga radyasyon 89.99 W/m^2 ve deniz yüzeyinde albedo değeri 0.12 olduğu hesaplanmıştır. Bu değerlere bağlı olarak deniz yüzeyindeki radyasyon akışı 42.86 W/m^2 olarak hesaplanmıştır. Ortalama hava sıcaklığının $9.07 \text{ }^\circ\text{C}$ ve deniz suyu sıcaklığının $8.22 \text{ }^\circ\text{C}$ olduğu bir ortamda atmosferden denize -2.02 W/m^2 lik hissedilir ısı akışı tespit edilmiştir. Deniz suyu sıcaklığında doymuş özgül nem değerinin 6.74 g/kg ve havadaki özgül nem değerinin 4.43 g/kg olan ortamda, deniz yüzey suyundan atmosfere 27.91 W/m^2 lik gizli ısı şeklinde bir ısı geçişi olduğu tespit edilmiştir. Bunun sonucunda atmosferden deniz suyuna toplam 16.97 W/m^2 lik bir ısı geçişi olduğu belirlenmiştir (Ek Şekil 1)(Tablo 5).

1 - 28 Şubat 1994 tarihleri arasında yapılan hesaplamalar sonucunda deniz yüzeyinde net uzun dalga radyasyonun 49.39 W/m^2 , net kısa dalga radyasyonun 113.53 W/m^2 ve deniz yüzeyi albedosu 0.09 olarak tespit edilmiştir. Deniz yüzeyindeki net radyasyon miktarı ise 64.12 W/m^2 olarak belirlenmiştir. Deniz üzerindeki hava sıcaklığı $6.10 \text{ }^\circ\text{C}$ ve deniz suyu sıcaklığı $6.56 \text{ }^\circ\text{C}$ olduğunda deniz yüzeyinden atmosfere 5.24 W/m^2 lik enerji verildiği belirlenmiştir. Deniz suyu sıcaklığında doymuş özgül nem miktarını 5.99 g/kg ve havanın özgül nem miktarını 4.03 g/kg olduğunda denizden atmosfere gizli ısı

Tablo 5. 1994 yılı Ocak ayına ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.

Elemanlar	Birim	Ortalama	Standart sapma	En yüksek	En düşük
Rüzgar hızı	m/s	2.4	1.9	4.9	0.7
Hava sıcaklığı	°C	9.07	2.82	16	3.6
Deniz suyu sıcaklığı	°C	8.22	0.63	9.6	7.3
Nisbi nem	%	68.54	15.05	89.7	29.7
Basınç	mb	1013.46	6.76	1024.6	999.5
Bulutluluk	1/10	0.53	0.32	1	0
Albedo*		1.12	0.008	0.13	0.1
Uzun dalga radyasyon*	W/m ²	51.75	19.61	85.89	24.37
Kısa dalga radyasyon*	W/m ²	102.59	36.97	167.68	40.31
Net kısa dalga radyasyon *	W/m ²	89.99	32.5	118.26	35.56
Net uzun dalga radyasyon*	W/m ²	47.13	19.66	96.06	13.66
Gizli ısı akışı*	W/m ²	27.91	16.83	61.22	2.26
Hissedilir ısı akışı*	W/m ²	-2.02	16.92	32.29	-38.44
Net radyasyon akışı*	W/m ²	42.86	23.55	91.2	-1.45
Net ısı akışı*	W/m ²	16.97	18.27	102.72	-83

*Hesaplanan değerler.

şeklinde 35.69 W/m² lik enerjinin verildiği hesaplanmıştır. Böylece Şubat ayında atmosferden denize ortalama olarak 23.18 W/m² lik ısı enerjisi iletildiği hesaplanmıştır (Ek Şekil 2, Tablo 6).

Tablo 6. 1994 yılı Şubat ayına ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.

Elemanlar	Birim	Ortalama	Standart sapma	En yüksek	En düşük
Rüzgar hızı	m/s	2.89	1.49	7.9	0.9
Hava sıcaklığı	°C	6.1	2.73	14.4	2.3
Deniz suyu sıcaklığı	°C	6.56	0.47	7.3	6
Nisbi nem	%	69.89	14.42	89.3	30.3
Basınç	mb	116.29	6.41	1032.2	1006
Bulutluluk	1/10	0.62	0.33	1	0
Albedo*		0.09	0.006	0.1	0.083
Uzun dalga radyasyon*	W/m ²	47.58	20.89	87.55	24.07
Kısa dalga radyasyon*	W/m ²	125.17	60.96	242.39	54.61
Net kısa dalga radyasyon *	W/m ²	113.53	55.65	222.11	49.36
Net uzun dalga radyasyon*	W/m ²	49.39	21.88	95.80	16.36
Gizli ısı akışı*	W/m ²	35.69	24.92	111.59	3.15
Hissedilir ısı akışı*	W/m ²	5.24	23.54	55.19	-66.88
Net radyasyon akışı*	W/m ²	64.12	44.37	154.19	7.46
Net ısı akışı*	W/m ²	23.18	74.2	168.35	-144.24

*Hesaplanan değerler.

1 - 31 Mart 1994 tarihleri arasında yapılan hesaplamalar sonucunda deniz yüzeyindeki net uzun dalga radyasyon 36.78 W/m² , net kısa dalga radyasyon 180.11 W/m² ve deniz yüzeyinin albedosu ise 0.07 olarak belirlenmiştir. Yüzeydeki radyasyon akışı 143.33 W/m² dir. Deniz yüzeyindeki havanın sıcaklığı 8.5°C ve deniz suyu sıcaklığının

5.81°C olduğunda atmosferden denize hissedilir ısı şeklinde -16.12 W/m² lik enerjinin taşındığı tespit edildi. Deniz suyu sıcaklığında doymuş özgül nem miktarı 5.69 g/kg ve havanın özgül nem miktarı 5.12 g/kg olduğunda deniz yüzeyinden atmosfere gizli ısı şeklinde 7.71 W/m² lik ısı akışı olduğu tespit edildi. Mart ayında atmosferden deniz yüzey suyuna 151.74 W/m² lik ısı verildiği tespit edilmiştir (Ek Şekil 3, Tablo 7).

Tablo 7. 1994 yılı Mart ayna ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.

Elemanlar	Birim	Ortalama	Standart sapma	En yüksek	En düşük
Rüzgar hızı	m/s	2.54	1.47	6.8	1.1
Hava sıcaklığı	°C	8.5	3.19	16.6	4.6
Deniz suyu sıcaklığı	°C	5.81	0.32	6.6	5.5
Nisbi nem	%	73.24	11.86	9.3	49
Basınç	mb	1015.24	3.81	1024.2	1008.5
Bulutluluk	1/10	0.55	0.33	1	0
Albedo*		0.07	1.004	0.08	0.06
Uzun dalga radyasyon*	W/m ²	50.77	23.70	97.18	19.66
Kısa dalga radyasyon*	W/m ²	194.66	77.68	324.48	68.25
Net kısa dalga radyasyon *	W/m ²	180.18	72.01	302.01	62.76
Net uzun dalga radyasyon*	W/m ²	36.78	22.31	87.84	0.6
Gizli ısı akışı*	W/m ²	7.71	31.18	60.63	-78.28
Hissedilir ısı akışı*	W/m ²	-16.12	21.23	16.3	-71.20
Net radyasyon akışı*	W/m ²	143.33	60.46	270.86	50.96
Net ısı akışı*	W/m ²	151.74	70.29	302.40	27.37

*Hesaplanan değerler.

1 - 31 Nisan 1994 tarihleri arasında yapılan hesaplamalar sonucunda deniz yüzeyindeki net uzun dalga radyasyon 17.73 W/m², net kısa dalga radyasyon 226.03 W/m² ve deniz yüzeyinin albedosu 0.06 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere bağlı olarak deniz yüzeyinde net radyasyon akışı 248.30 W/m² dir. Deniz suyu sıcaklığının 8.4 °C ve deniz yüzeyindeki hava 14.4°C olduğunda atmosferden denize hissedilir ısı şeklinde -32.63 W/m² lik ısı enerjisi verildiği belirlenmiştir. Deniz suyu sıcaklığında doymuş özgül nem miktarının 6.86 g/kg ve havanın özgül nem miktarının 7.53 g/kg olduğunda deniz atmosfer arasında -9.12 W/m² lik gizli ısı şeklinde enerji taşındığı tespit edilmiştir. Nisan ayında deniz ile atmosfer arasında 290.06 W/m² lik ısı geçişimi olduğu belirlenmiştir (Ek Şekil 4, Tablo 8).

1 - 31 Mayıs 1994 tarihleri arasında günlük ortalama değerlerden elde edilen aylık ortalama net uzun dalga radyasyon 25.81 W/m², net kısa dalga radyasyon 323.80 W/m² ve deniz yüzeyinin albedo değeri 0.05 olarak tespit edilmiştir. Deniz yüzeyinde net radyasyon akışı 306.98 W/m² hesaplanmıştır. Deniz suyu sıcaklığında doymuş özgül nem miktarı 9.29 g/kg ve havanın özgül nem değeri 9.05 g/kg olduğunda -3.58 W/m² lik gizli ısı geçişimi olduğu tespit edilmiştir. Deniz suyu sıcaklığı 12.87 °C ve deniz üzerindeki havanın sıcaklığı 16.62 °C olduğunda atmosferden denize -20.77 W/m² lik hissedilir ısı şeklinde ısı enerjisi

geçişimi olduğu belirlenmiştir. Mayıs ayında atmosferden denize 324.20 W/m^2 lik ısı enerjisi verildiği hesaplanmıştır (Ek Şekil 5, Tablo 9).

Tablo 8. 1994 yılı Nisan ayına ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.

Elemanlar	Birim	Ortalama	Standart sapma	En yüksek	En düşük
Rüzgar hızı	m/s	1.74	0.77	4	0.7
Hava sıcaklığı	°C	14.40	4.14	26.2	6.5
Deniz suyu sıcaklığı	°C	8.40	1.21	10.3	6.6
Nisbi nem	%	75.51	13.17	91	38.7
Basınç	mb	1010.64	4.89	1019.6	998.1
Bulutluluk	1/10	0.44	0.33	0.93	0
Albedo*		0.06	0.002	0.06	0.059
Uzun dalga radyasyon*	W/m^2	50.36	18.13	74.51	24.86
Kısa dalga radyasyon*	W/m^2	284.59	89.14	339.67	127.81
Net kısa dalga radyasyon *	W/m^2	226.03	82.84	374.66	119.26
Net uzun dalga radyasyon*	W/m^2	17.73	26.59	69.67	-66.21
Gizli ısı akışı*	W/m^2	-9.12	12.76	13.79	-46.98
Hissedilir ısı akışı*	W/m^2	-32.63	31.74	0.43	-150.94
Net radyasyon akışı*	W/m^2	284.30	76.89	357.72	89.55
Net ısı akışı*	W/m^2	290.06	102.05	501.46	79.35

*Hesaplanan değerler.

Tablo 9. 1994 yılı Mayıs ayına ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.

Elemanlar	Birim	Ortalama	Standart sapma	En yüksek	En düşük
Rüzgar hızı	m/s	1.99	0.74	4.4	0.7
Hava sıcaklığı	°C	16.62	3.67	25.7	11
Deniz suyu sıcaklığı	°C	12.87	1.49	15.2	10.5
Nisbi nem	%	75.75	10.86	92.3	39.7
Basınç	mb	1010.48	4.45	1018.7	1002.3
Bulutluluk	1/10	0.42	0.28	0.9	0
Albedo*		0.05	0.001	0.059	0.055
Uzun dalga radyasyon*	W/m^2	46.64	13.89	75.68	27.40
Kısa dalga radyasyon*	W/m^2	352.86	101.30	482.23	162.05
Net kısa dalga radyasyon *	W/m^2	332.80	95.71	454.98	152.54
Net uzun dalga radyasyon*	W/m^2	25.81	16.37	64.54	-2.05
Gizli ısı akışı*	W/m^2	3.58	19.57	55.78	-30.19
Hissedilir ısı akışı*	W/m^2	-20.79	16.65	0	-80.50
Net radyasyon akışı*	W/m^2	306.98	93.52	430.60	122.77
Net ısı akışı*	W/m^2	324.20	113.17	491.64	66.99

*Hesaplanan değerler.

1 - 30 Haziran 1994 tarihleri arasında günlük ortalamalardan elde edilen aylık ortalama net uzun dalga radyasyon 31.10 W/m^2 , net kısa dalga radyasyon 368.165 W/m^2 ve deniz yüzeyi albedosu 0.05 olarak tespit edilmiştir. Deniz yüzeyinde net radyasyon 337.06 W/m^2 olarak hesaplanmıştır. Deniz yüzeyindeki hava sıcaklığı 20.00°C ve deniz suyu

sıcaklığı 17.62°C olduğunda atmosferden denize -15.46 W/m² lik hissedilir ısı şeklinde enerji akışı olduğu tespit edilmiştir. Deniz suyu sıcaklığında doymuş özgül nem miktarı 12.68 g/kg ve hava sıcaklığında özgül nem miktarı 10.74 g/kg olduğunda deniz yüzeyinden atmosfere 35.30 W/m² lik gizli ısı akışı olduğu tespit edilmiştir. Haziran ayında atmosferden deniz yüzeyine aylık ortalama 317.22 W/m² lik ısı verildiği hesaplanmıştır (Ek Şekil 6, Tablo 10).

1 - 31 Temmuz 1994 tarihleri arasında günlük ortalamalardan elde edilen aylık ortalama net uzun dalga radyasyon 28.82 W/m², net kısa dalga radyasyon 355.77 W/m² ve deniz yüzeyinin albedo değeri 0.05 olarak tespit edilmiştir. Deniz yüzeyinde net radyasyon ise 309.36 W/m² dir. Deniz yüzeyindeki hava sıcaklığı 23.99°C ve deniz suyu sıcaklığı 21.65°C olduğunda atmosferden denize hissedilir ısı şeklinde -9.83 W/m² lik enerji verdiği tespit edilmiştir. Deniz suyu sıcaklığında doymuş özgül nem miktarı 16.43 g/kg ve hava sıcaklığında özgül nem miktarı 13.31 g/kg dir. Denizden atmosfere 44.89 W/m² lik gizli ısı verildiği hesaplanmıştır. Böylece atmosferden denize 274.30 W/m² lik ısının verildiği hesap edilmiştir (Ek Şekil 7, Tablo 11).

Tablo 10. 1994 yılı Haziran ayına ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.

Elemanlar	Birim	Ortalama	Standart sapma	En yüksek	En düşük
Rüzgar hızı	m/s	2.73	0.96	5.1	1.4
Hava sıcaklığı	°C	20.00	2.26	27.5	13.7
Deniz suyu sıcaklığı	°C	17.62	1.19	19.6	15.2
Nisbi nem	%	72.99	8.76	90.30	46.7
Basınç	mb	1009.48	4.41	1015.9	994.5
Bulutluluk	1/10	0.39	0.28	0.53	0
Albedo*		0.05	0.0003	0.05	0.05
Uzun dalga radyasyon*	W/m ²	44.65	12.61	70.28	22.08
Kısa dalga radyasyon*	W/m ²	389.43	104.71	509.99	163.9
Net kısa dalga radyasyon *	W/m ²	368.16	99.00	482.13	154.84
Net uzun dalga radyasyon*	W/m ²	31.10	15.01	59.87	-10.71
Gizli ısı akışı*	W/m ²	35.30	35.30	111.47	-19.55
Hissedilir ısı akışı*	W/m ²	-15.46	16.88	10.04	-95.22
Net radyasyon akışı*	W/m ²	337.06	93.94	450.78	134.56
Net ısı akışı*	W/m ²	317.22	116.23	516.85	74.86

*Hesaplanan değerler.

1 - 31 Ağustos 1994 tarihleri arasında günlük ortalama verileri kullanarak elde edilen aylık ortalama net uzun dalga radyasyonu 41.18 W/m², net kısa dalga radyasyonu 301.65 W/m² ve deniz yüzeyinin albedo değeri 0.059 olarak hesaplanmıştır. Deniz yüzeyinde net radyasyon 260.46 W/m² tespit edilmiştir. Deniz suyu sıcaklığının 23.87 °C ve hava sıcaklığının 23.19 °C değerinde olduğunda deniz suyundan atmosfere 5.02 W/m² lik hissedilir ısı verildiği belirlenmiştir. Deniz suyu sıcaklığında doymuş özgül nem miktarı 16.43 g/kg ve hava sıcaklığında özgül nem miktarı 13.21 g/kg olduğunda deniz yüzeyinden

atmosfere 88.84 W/m^2 lik gizli ısı verdiği tespit edilmiştir. Ağustos ayında atmosferden denize 116.90 W/m^2 ısı verildiği hesaplanmıştır (Ek Şekil 8, Tablo 12).

Tablo 11. 1994 yılı Temmuz ayına ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.

Elemanlar	Birim	Ortalama	Standart sapma	En yüksek	En düşük
Rüzgar hızı	m/s	2.17	0.52	3.2	1.2
Hava sıcaklığı	°C	23.39	0.95	24.9	20.6
Deniz suyu sıcaklığı	°C	21.65	0.94	22.9	19.8
Nisbi nem	%	72.76	7.16	84.7	56.7
Basınç	mb	1006.65	2.71	1011.2	1002.2
Bulutluluk	1/10	0.45	0.30	0.87	0
Albedo*		0.055	0.0006	0.056	0.05
Uzun dalga radyasyon*	W/m^2	36.93	14.00	69.89	17.58
Kısa dalga radyasyon*	W/m^2	355.77	108.14	510.72	193.87
Net kısa dalga radyasyon *	W/m^2	336.18	102.27	482.96	183.2
Net uzun dalga radyasyon*	W/m^2	26.82	14.52	59.64	0.93
Gizli ısı akışı*	W/m^2	44.89	25.00	98.18	0.27
Hissedilir ısı akışı*	W/m^2	-9.83	5.66	-2.19	-20.97
Net radyasyon akışı*	W/m^2	309.36	90.76	438.06	174.93
Net ısı akışı*	W/m^2	274.30	92.03	431.81	118.52

*Hesaplanan değerler.

Tablo 12. 1994 yılı Ağustos ayına ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.

Elemanlar	Birim	Ortalama	Standart sapma	En yüksek	En düşük
Rüzgar hızı	m/s	2.48	0.73	4.50	1.30
Hava sıcaklığı	°C	23.19	1.22	25.20	19.60
Deniz suyu sıcaklığı	°C	23.87	0.50	24.80	23.00
Nisbi nem	%	73.45	6.18	89.30	62.30
Basınç	mb	1008.39	3.38	1014.1	999.7
Bulutluluk	1/10	0.43	0.28	0.90	0
Albedo*		0.059	0.002	0.06	0.056
Uzun dalga radyasyon*	W/m^2	37.34	11.67	61.07	18.54
Kısa dalga radyasyon*	W/m^2	320.76	89.94	446.70	155.83
Net kısa dalga radyasyon *	W/m^2	301.65	84.73	420.55	146.53
Net uzun dalga radyasyon*	W/m^2	41.18	11.95	72.50	17.96
Gizli ısı akışı*	W/m^2	88.54	31.19	186.23	38.21
Hissedilir ısı akışı*	W/m^2	5.02	10.21	36.40	-7.68
Net radyasyon akışı*	W/m^2	260.46	79.62	373.47	100.55
Net ısı akışı*	W/m^2	166.90	102.29	322.14	-77.82

*Hesaplanan değerler.

1 - 31 Eylül 1994 tarihleri arasında, deniz yüzeyinde, aylık ortalama 47.21 W/m^2 lik net uzun dalga radyasyon, 284.19 W/m^2 lik net kısa dalga radyasyon ve 0.07 albedo değeri tespit edilmiştir. Deniz yüzeyinde net radyasyon akışı 200.98 W/m^2 olduğu belirlendi. Deniz yüzeyindeki hava sıcaklığı 23.05°C ve deniz suyu sıcaklığı 24.6°C olduğunda deniz suyundan atmosfere hissedilir ısı şeklinde 10.92 W/m^2 lik ısı enerjisi verildiği hesaplanmıştır.

Deniz suyu sıcaklığında doymuş özgül nem miktarı 19.64 g/kg ve hava sıcaklığında özgül nem değeri 13.57 g/kg olduğunda deniz yüzeyinden atmosfere 98.36 W/m² lik gizli ısı akışı tespit edilmiştir. Eylül ayında atmosferden denize 91.96 W/m² lik ısı verildiği hesaplanmıştır (Ek Şekil 9, Tablo 13).

Tablo 13. 1994 yılı Eylül ayına ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.

Elemanlar	Birim	Ortalama	Standart sapma	En yüksek	En düşük
Rüzgar hızı	m/s	2.55	6.59	3.70	1.60
Hava sıcaklığı	°C	23.05	1.48	27.20	20.40
Deniz suyu sıcaklığı	°C	24.60	0.39	25.00	23.70
Nisbi nem	%	76.20	5.13	83.50	64.00
Basınç	mb	1011.24	3.59	1017.4	1003.5
Bulutluluk	1/10	0.37	0.26	0.87	0
Albedo*		0.07	0.004	0.08	0.06
Uzun dalga radyasyon*	W/m ²	38.33	11.35	57.76	18.30
Kısa dalga radyasyon*	W/m ²	267.33	60.04	364.98	138.6
Net kısa dalga radyasyon *	W/m ²	284.19	55.99	340.29	129.11
Net uzun dalga radyasyon*	W/m ²	47.21	15.07	74.11	21.88
Gizli ısı akışı*	W/m ²	98.36	30.93	175.38	49.63
Hissedilir ısı akışı*	W/m ²	10.92	10.50	35.90	-17.15
Net radyasyon akışı*	W/m ²	200.98	48.24	272.59	103.82
Net ısı akışı*	W/m ²	91.60	63.70	158.59	-41.83

*Hesaplanan değerler.

1 - 31 Ekim 1994 tarihleri arasında aylık ortalaması alınarak elde edilen deniz yüzeyinde net uzun dalga radyasyon 59.80 W/m², yüzeyin albedo değeri 0.09, net kısa dalga radyasyon miktarı 164.32 W/m² ve net radyasyon akışı 104.51 W/m² olarak hesaplanmıştır. Deniz yüzeyinde hava sıcaklığı 18.50°C ve deniz suyu sıcaklığı 21.55°C dir. Bu sıcaklıklarda denizden atmosfere 22.25 W/m² lik hissedilir ısı verildiği belirlenmiştir. Deniz suyu sıcaklığında doymuş özgül nem miktarı 11.87 g/kg ve hava sıcaklığında özgül nem miktarı 10.46 g/kg olduğunda deniz yüzeyinden atmosfere 97.52 W/m² lik gizli ısı verildiği ve toplam olarak denizden atmosfere -15.27 W/m² lik ısı verildiği hesaplanmıştır (Ek Şekil 10, Tablo 14).

1- 30 Kasım 1994 tarihleri arasında yapılan hesaplamalar sonucunda deniz yüzeyinde net uzun dalga radyasyon 67.76 W/m², yüzeyin albedosu 0.12, net kısa dalga radyasyon 79.8 W/m² ve yüzeydeki net radyasyon akışı 12.01 W/m² olarak tespit edilmiştir. Hava sıcaklığının 10.99 °C ve deniz suyu sıcaklığının 18.64 °C olduğunda deniz yüzeyinden atmosfere 42.55 W/m² lik hissedilir ısı akışı olduğu hesaplanmıştır. Deniz suyu sıcaklığında doymuş özgül nem miktarı 11.89 g/kg ve hava sıcaklığında özgül nem değeri 6.09 g/kg dir. Böylece denizden atmosfere 102.69 W/m² lik gizli ısı akışı olduğu ve bu değerler sonucunda denizden atmosfere -133.23 W/m² lik ısı enerjisi iletildiği hesaplanmıştır (Ek Şekil 11, Tablo 15).

Tablo 14. 1994 yılı Ekim ayına ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.

Elemanlar	Birim	Ortalama	Standart sapma	En yüksek	En düşük
Rüzgar hızı	m/s	2.63	0.89	4.50	0.70
Hava sıcaklığı	°C	18.50	2.76	23.00	12.80
Deniz suyu sıcaklığı	°C	21.55	1.32	23.60	19.40
Nisbi nem	%	77.65	8.18	94.70	53.70
Basınç	mb	1013.94	3.75	1020.5	1005.9
Bulutluluk	1/10	0.43	0.33	1	0
Albedo*		0.09	0.009	0.11	0.081
Uzun dalga radyasyon*	W/m ²	43.30	14.77	70.30	17.76
Kısa dalga radyasyon*	W/m ²	181.25	70.06	282.48	55.52
Net kısa dalga radyasyon *	W/m ²	164.32	64.50	259.08	49.76
Net uzun dalga radyasyon*	W/m ²	59.80	18.48	97.05	15.51
Gizli ısı akışı*	W/m ²	97.51	44.84	183.37	22.27
Hissedilir ısı akışı*	W/m ²	22.25	19.62	80.70	-2.76
Net radyasyon akışı*	W/m ²	104.51	57.45	191.14	-10.73
Net ısı akışı*	W/m ²	-15.26	93.75	108.54	-259.39

*Hesaplanan değerler.

Tablo 15. 1994 yılı Kasım ayına ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.

Elemanlar	Birim	Ortalama	Standart sapma	En yüksek	En düşük
Rüzgar hızı	m/s	3.01	1.42	7.20	1.1
Hava sıcaklığı	°C	10.99	3.94	19.00	4.20
Deniz suyu sıcaklığı	°C	16.64	1.64	19.30	13.80
Nisbi nem	%	73.67	11.45	91.00	48
Basınç	mb	1014.08	4.78	1022.4	1003.3
Bulutluluk	1/10	0.69	0.3	1	0
Albedo*		0.12	0.009	0.14	0.11
Uzun dalga radyasyon*	W/m ²	39.57	16.02	82.30	23.65
Kısa dalga radyasyon*	W/m ²	91.34	46.40	201.39	38.30
Net kısa dalga radyasyon *	W/m ²	79.80	41.16	178.68	32.93
Net uzun dalga radyasyon*	W/m ²	67.76	18.33	117.96	37.43
Gizli ısı akışı*	W/m ²	102.69	39.77	216.41	32.64
Hissedilir ısı akışı*	W/m ²	42.55	28.20	109.64	-10.36
Net radyasyon akışı*	W/m ²	12.01	36.61	97.50	-37.24
Net ısı akışı*	W/m ²	-133.23	89.75	15.02	-354.27

*Hesaplanan değerler.

1- 31 Aralık 1994 tarihleri arasında yapılan hesaplamalar sonucunda deniz yüzeyinde net uzun dalga radyasyon 65.81 W/m², yüzeyin albedosu 0.13, net kısa dalga radyasyon 69.96 W/m² ve yüzeydeki net radyasyon akışı 4.14 W/m² olarak tespit edilmiştir. Hava sıcaklığı 6.61°C ve deniz suyu sıcaklığı 10.84°C olduğunda deniz yüzeyinden atmosfere 33.88 W/m² lik hissedilir ısı akışı olduğu hesaplanmıştır. Deniz suyu sıcaklığında doymuş özgül nem miktarı 8.05 g/kg ve hava sıcaklığında özgül nem değeri 4.23 g/kg dir. Böylece denizden atmosfere 68.15 W/m² lik gizli ısı akışı olmakta ve bu değerler sonucunda

denizden atmosfere -133.23 W/m^2 lik ısı enerjisi iletildiği hesaplanmıştır (Ek Şekil 12, Tablo 16).

Tablo 16. 1994 yılı Aralık ayına ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.

Elemanlar	Birim	Ortalama	Standart sapma	En yüksek	En düşük
Rüzgar hızı	m/s	2.71	1.16	6.30	1.40
Hava sıcaklığı	°C	6.61	3.81	14.90	-0.60
Deniz suyu sıcaklığı	°C	10.84	1.41	13.80	9
Nisbi nem	%	70.24	14.46	92	38.70
Basınç	mb	1017.71	5.90	1028.1	1009.7
Bulutluluk	1/10	0.63	0.27	1	0.03
Albedo*		0.14	0.002	0.14	0.13
Uzun dalga radyasyon*	W/m^2	46.16	16.85	81.95	24.33
Kısa dalga radyasyon*	W/m^2	81.59	30.68	137.18	34.69
Net kısa dalga radyasyon *	W/m^2	69.96	26.39	117.87	29.68
Net uzun dalga radyasyon*	W/m^2	65.81	23.83	131.17	28.46
Gizli ısı akışı*	W/m^2	68.15	43.21	182.54	7.74
Hissedilir ısı akışı*	W/m^2	33.88	43.88	153.21	-32.86
Net radyasyon akışı*	W/m^2	4.15	27.38	58.37	-44.76
Net ısı akışı*	W/m^2	-97.88	109.11	46.77	-373.88

*Hesaplanan değerler.

3.3. Mevsimlere Göre Radyasyon ve Isı Dengesi Elemanları

1994 yılında Trabzon ve civarında yapılan meteorolojik ölçümler sonucunda yılın hergünü için deniz yüzeyinde radyasyon ve ısı dengesi elemanları tespit edilmiştir. Günlük ortalamalar şeklinde tespit edilen değerler mevsimsel ortalamalara çevrilerek kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimleri için ortalama değerler elde edilmiştir.

21 Aralık 1993 - 21 Mart 1994 tarihleri arası Kış mevsimi olarak alınmıştır. 21 - 31 Aralık 1993 günleri için meteorolojik değerler mevcut olmadığından 1 Ocak - 21 Mart 1994 tarihleri arasındaki günleri kış mevsimi olarak alınmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda yüzeyinde net uzun dalga radyasyon 45.28 W/m^2 , net kısa dalga radyasyon 122.71 W/m^2 ve deniz yüzeyinde albedo 0.10 olarak hesaplanmıştır. Deniz yüzeyinde net radyasyon akışı 78.58 W/m^2 olarak tespit edilmiştir. Kış mevsiminde ortalama hava sıcaklığı 7.79 °C ve deniz suyu sıcaklığı 6.96 °C olduğunda atmosferden deniz yüzey suyuna -2.90 W/m^2 lik hissedilir ısı şeklinde ısı enerjisi iletildiği belirlenmiştir. Hava sıcaklığında özgül nem miktarı 4.59 g/kg ve deniz suyu sıcaklığında doymuş özgül nem miktarı 6.18 g/kg olarak hesaplanmıştır. Deniz yüzeyinden atmosfere 26.51 W/m^2 lik gizli ısı verildiği belirlenmiş ve toplam olarak atmosferden deniz yüzey suyuna 53.82 W/m^2 lik ısının verildiği hesaplanmıştır (Şekil 13, Tablo 17).

Tablo 17. 1994 yılı Kış mevsimine ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.

Elemanlar	Birim	Ortalama	Standart sapma	En yüksek	En düşük
Rüzgar hızı	m/s	2.61	1.64	9.40	0.70
Hava sıcaklığı	°C	7.79	3.10	16.00	2.30
Deniz suyu sıcaklığı	°C	6.96	1.14	9.60	5.50
Nisbi nem	%	70.51	14.06	93	29.70
Basınç	mb	1014.82	5.99	1032	999.5
Bulutluluk	1/10	0.56	0.33	1	0
Albedo*		0.10	0.01	0.13	0.07
Uzun dalga radyasyon*	W/m ²	50.21	20.03	87.55	22.92
Kısa dalga radyasyon*	W/m ²	135.62	69.52	306.57	40.31
Net kısa dalga radyasyon *	W/m ²	122.71	64.72	284.35	35.54
Net uzun dalga radyasyon*	W/m ²	45.28	21.92	96.11	1.56
Gizli ısı akışı*	W/m ²	26.51	22.10	113.59	-16.20
Hissedilir ısı akışı*	W/m ²	-2.90	22.14	55.19	-71.20
Net radyasyon akışı*	W/m ²	75.58	59.11	232.69	-0.02
Net ısı akışı*	W/m ²	53.82	87.60	276.77	-144.34

*Hesaplanan değerler.

21 Mart - 21 Haziran 1994 tarihleri arası günler ilkbahar mevsimi olarak alındı. Bu tarihler arasında yapılan hesaplamalar neticesinde deniz yüzeyinde net uzun dalga radyasyon 24.00 W/m², net kısa dalga radyasyon 307.24 W/m² ve deniz yüzeyinde albedo değeri 0.059 olarak tespit edilmiştir. Bu değerler sonucunda deniz yüzeyinde net radyasyon akışı 284.80 W/m² olarak bulunur. Deniz suyu sıcaklığı 11.78 °C ve hava sıcaklığı 15.99 °C olduğunda atmosferin denize hissedilir ısı şeklinde -23.92 W/m² lik enerji verdiği tespit edildi. Deniz suyu sıcaklığında doymuş özgül nem miktarının 8.87 g/kg ve hava sıcaklığında özgül nem değeri 8.60 g/kg olarak hesaplandı. Bu değerler neticesinde deniz yüzeyinden atmosfere gizli ısı şeklinde 4.74 W/m² lik enerji verildiği ve toplam olarak 302.41 W/m² lik ısı taşımını olduğu hesaplandı (Şekil 13, Tablo 18).

21 Haziran - 23 Eylül 1994 tarihleri arasındaki günler yaz mevsimi olarak alınmıştır. Yaz mevsimi için deniz yüzeyinde net uzun dalga radyasyon 36.77 W/m², net kısa dalga radyasyon 303.58 W/m² ve deniz yüzeyinin albedosu 0.06 olarak hesaplanmıştır. Deniz yüzeyinde net radyasyon akışı 268.67 W/m² olarak tespit edilmiştir. Deniz yüzeyindeki hava sıcaklığı 23.08 °C ve deniz suyu sıcaklığı 22.97 °C olduğunda atmosferden deniz suyuna hissedilir ısı şeklinde -0.04 W/m² lik ısı akışı tespit edilmiştir. Deniz suyu sıcaklığında doymuş özgül nem miktarı 17.88 g/kg ve hava sıcaklığında özgül nem miktarı 13.17 g/kg dır. Deniz yüzeyinden atmosfere 73.82 W/m² lik gizli ısı iletilir. Böylece, yaz mevsiminde atmosferden deniz yüzey suyuna 193.03 W/m² lik ısı verildiği hesaplanmıştır (Şekil 13, Tablo 19).

Tablo 18. 1994 yılı İlkbahar mevsimine ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.

Elemanlar	Birim	Ortalama	Standart sapma	En yüksek	En düşük
Rüzgar hızı	m/s	2.06	0.92	6.80	0.7
Hava sıcaklığı	°C	15.99	4.67	27.50	4.90
Deniz suyu sıcaklığı	°C	11.76	3.97	18.60	5.60
Nisbi nem	%	74.42	11.71	92.30	38.70
Basınç	mb	1010.65	5.09	1024.2	994.5
Bulutluluk	1/10	0.43	0.31	0.97	0
Albedo*		0.059	0.004	0.07	0.054
Uzun dalga radyasyon*	W/m ²	47.48	15.75	75.96	22.08
Kısa dalga radyasyon*	W/m ²	326.45	115.55	509.94	99.94
Net kısa dalga radyasyon *	W/m ²	307.24	109.44	482.09	93.12
Net uzun dalga radyasyon*	W/m ²	24.00	20.38	69.65	-66.54
Gizli ısı akışı*	W/m ²	4.74	22.13	78.45	-46.98
Hissedilir ısı akışı*	W/m ²	-23.52	24.07	10.04	-150.94
Net radyasyon akışı*	W/m ²	284.80	104.82	452.64	68.70
Net ısı akışı*	W/m ²	302.41	118.75	519.02	48.63

*Hesaplanan değerler.

Tablo 19. 1994 yılı Yaz mevsimine ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.

Elemanlar	Birim	Ortalama	Standart sapma	En yüksek	En düşük
Rüzgar hızı	m/s	2.46	0.76	5.10	1.20
Hava sıcaklığı	°C	23.08	1.43	27.20	18.50
Deniz suyu sıcaklığı	°C	22.97	1.80	25	18.80
Nisbi nem	%	73.60	6.42	89.30	56.70
Basınç	mb	1008.6	3.59	1017.3	993.7
Bulutluluk	1/10	0.43	6.29	0.9	0
Albedo*		0.06	0.006	0.076	0.054
Uzun dalga radyasyon*	W/m ²	37.48	12.44	69.89	17.58
Kısa dalga radyasyon*	W/m ²	322.86	977.83	510.72	138.65
Net kısa dalga radyasyon *	W/m ²	303.58	92.81	482.92	129.08
Net uzun dalga radyasyon*	W/m ²	36.77	15.36	73.61	6.88
Gizli ısı akışı*	W/m ²	73.82	35.11	175.38	0.27
Hissedilir ısı akışı*	W/m ²	-0.004	11.79	36.40	-20.97
Net radyasyon akışı*	W/m ²	268.67	87.44	439.94	102.24
Net ısı akışı*	W/m ²	193.03	111.00	431.83	-77.92

*Hesaplanan değerler.

3.4. 1994 Yılı Radyasyon ve Isı Dengesi Elemanlarının Yıllık Ortalamaları

1994 yılı için ortalama değerler, aylık ortalamalardan elde edilmiştir. 1994 yılında deniz yüzeyinde net uzun dalga radyasyon 43.03 W/m², net kısa dalga radyasyon 213.39 W/m² ve deniz yüzeyinin albedo değeri 0.083 olarak tespit edilmiştir. Deniz yüzeyi ile atmosfer arasında net radyasyon akışı 167.84 W/m² olarak hesaplanmıştır. Deniz suyu sıcaklığında doymuş özgül nem miktarı 11.84 g/kg ve hava sıcaklığında özgül nem miktarı

8.51 g/kg olduğunda yıllık ortalama 50.10 W/m^2 lik enerji gizli ısı şeklinde atmosfere verildiği hesaplanmıştır. 1994 yılında deniz suyu sıcaklığı ortalama 14.88°C ve hava sıcaklığı 15.03°C dir. Bu sıcaklıklarda atmosferden deniz yüzeyine hissedilir ısı şeklinde 1.91 W/m^2 lik ısı enerjisi verildiği belirlenmiştir. Bu değerler neticesinde atmosferden denize yıllık ortalama 117.48 W/m^2 ısı verildiği tespit edilmiştir (Şekil 14, Tablo 21).

Tablo 20. 1994 yılı Sonbahar mevsimine ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.

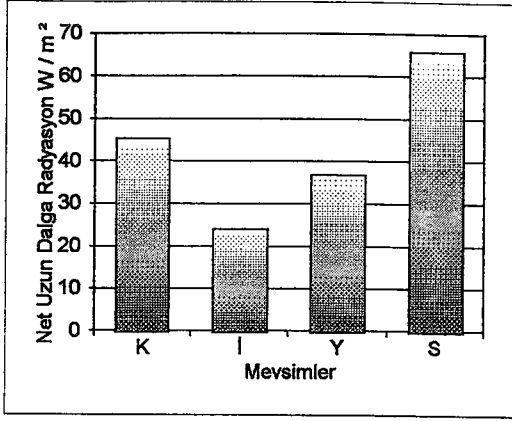
Elemanlar	Birim	Ortalama	Standart sapma	En yüksek	En düşük
Rüzgar hızı	m/s	2.88	1.17	7.20	0.70
Hava sıcaklığı	$^\circ\text{C}$	12.84	6.52	23	-0.60
Deniz suyu sıcaklığı	$^\circ\text{C}$	17.56	4.43	24.2	9.80
Nisbi nem	%	74.47	11.07	94.70	43.70
Basınç	mb	1014.96	4.732	1028.1	1003.3
Bulutluluk	1/10	0.58	0.32	1	0
Albedo*		0.11	1.02	0.14	0.07
Uzun dalga radyasyon*	W/m^2	41.98	15.37	82.30	17.76
Kısa dalga radyasyon*	W/m^2	128.99	76.32	282.53	34.69
Net kısa dalga radyasyon *	W/m^2	115.13	70.75	259.94	29.64
Net uzun dalga radyasyon*	W/m^2	65.76	20.04	131.36	15.50
Gizli ısı akışı*	W/m^2	97.79	42.05	216.41	22.27
Hissedilir ısı akışı*	W/m^2	35.79	31.42	153.21	-26.27
Net radyasyon akışı*	W/m^2	51.04	71.42	192.85	-43.54
Net ısı akışı*	W/m^2	-84.22	110.77	108.45	-374.19

*Hesaplanan değerler.

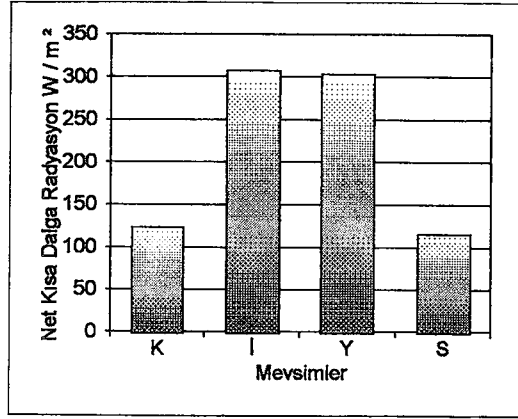
Tablo 21. 1994 yılına ait hesaplanan ve ölçülen radyasyon ve ısı dengesi elemanları.

Elemanlar	Birim	Ortalama	Standart sapma	En yüksek	En düşük
Rüzgar hızı	m/s	2.47	0.35	3.01	1.74
Hava sıcaklığı	$^\circ\text{C}$	15.03	6.36	23.39	6.10
Deniz suyu sıcaklığı	$^\circ\text{C}$	14.88	6.667	24.6	5.81
Nisbi nem	%	73.29	2.66	77.85	68.24
Basınç	mb	1012.3	3.20	1017.71	1006.6
Bulutluluk	1/10	0.49	0.10	0.69	0.34
Albedo*		0.083	0.02	0.14	0.054
Uzun dalga radyasyon*	W/m^2	44.44	5.12	51.75	36.93
Kısa dalga radyasyon*	W/m^2	228.85	108.36	389.43	81.59
Net kısa dalga radyasyon *	W/m^2	212.39	105.61	368.16	69.96
Net uzun dalga radyasyon*	W/m^2	43.04	15.46	67.76	17.73
Gizli ısı akışı*	W/m^2	51.10	38.25	102.69	-9.12
Hissedilir ısı akışı*	W/m^2	1.91	21.75	42.55	-33.64
Net radyasyon akışı*	W/m^2	167.84	16.69	337.06	4.14
Net ısı akışı*	W/m^2	117.48	154.68	324.20	-133.23

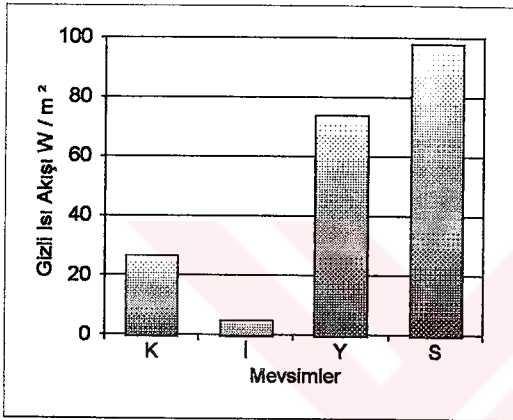
*Hesaplanan değerler.



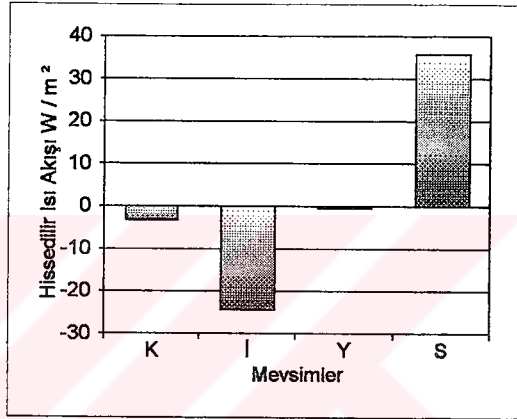
(a)



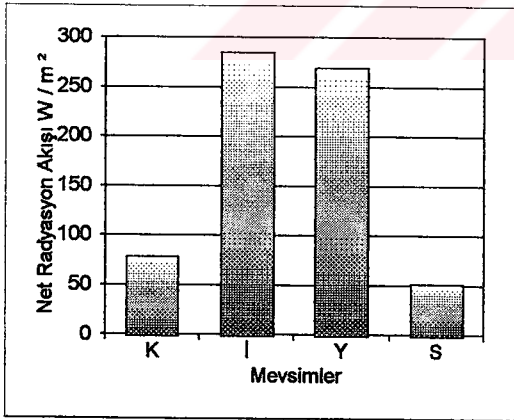
(b)



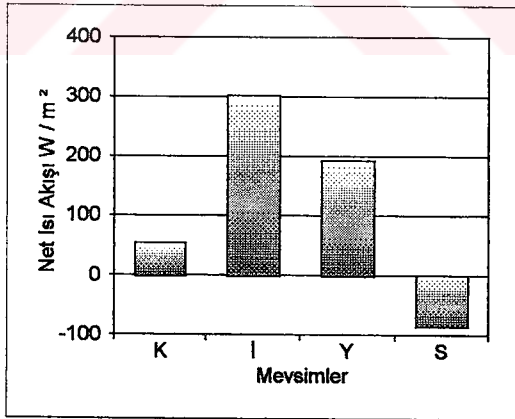
(c)



(d)

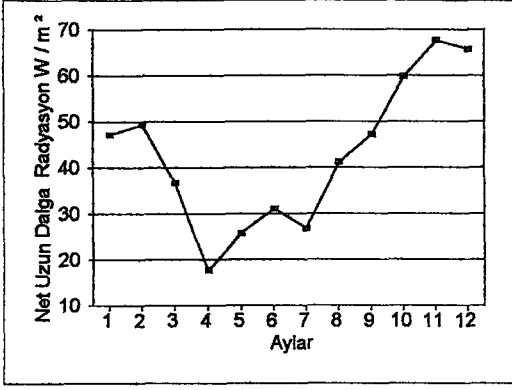


(e)

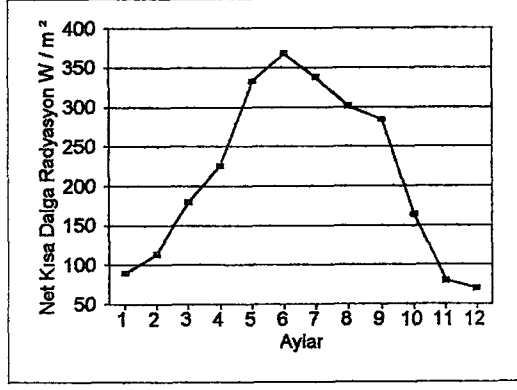


(f)

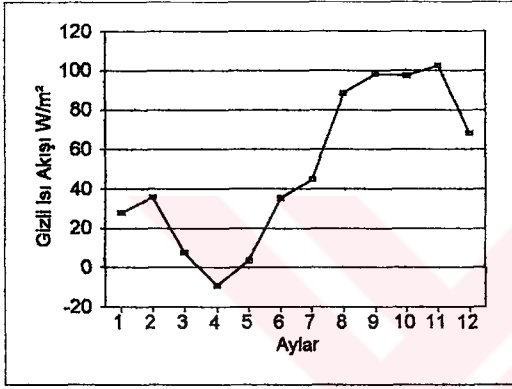
Şekil 21. Mevsimlere göre radyasyon ve ısı dengesi elemanları, (a) Net uzun dalga radyasyon, (b) net uzun dalga radyasyon, (c) gizli ısı akışı, (d) hissedilir ısı akışı, (e) net radyasyon akışı, (f) net ısı akışı.



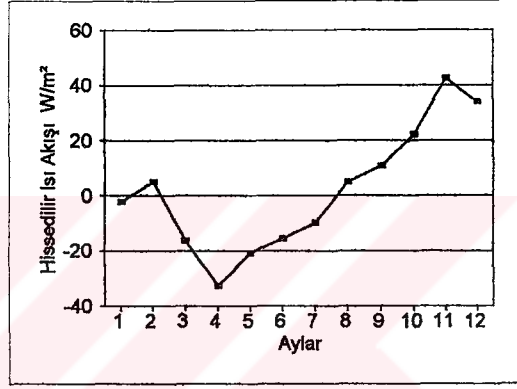
(a)



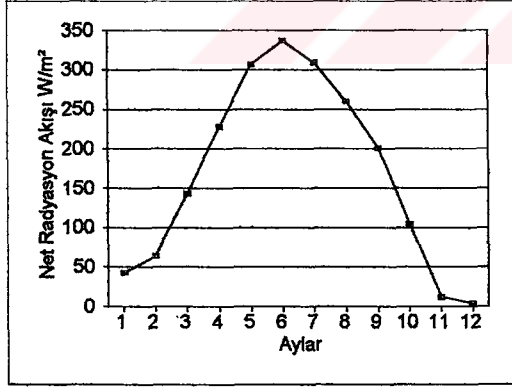
(b)



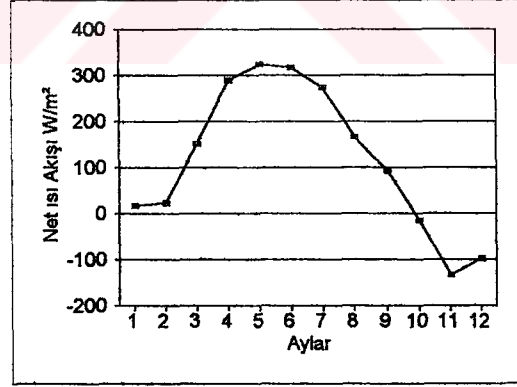
(c)



(d)



(e)



(f)

Şekil 22. Radyasyon ve ısı dengesi elemanlarının yıllık değişimleri, (a) Net uzun dalga radyasyon, (b) net kısa dalga radyasyon, (c) gizli ısı akışı, (d) hissedilir ısı akışı, (e) net radyasyon akışı, (f) net ısı akışı.

4. İRDELEME

Trabzon ve civarında deniz yüzeyi ile atmosfer arasında ısı iletiminin 1994 yılı içinde aylık, mevsimsel ve yıllık değişiminin belirlenmesi amaçlanan bu çalışmada, deniz suyu sıcaklığı, hava sıcaklığı, nisbi nem miktarı, bulutluluk miktarı, basınç ve rüzgar hızı gibi meteorolojik verilerin günlük ortalamaları kullanılmıştır.

41° 00' N enleminde bulunan Trabzon ve civarı radyasyon ve ısı dengesi hesaplamaları için net kısa dalga radyasyon, net uzun dalga radyasyon, hissedilir ısı ve gizli ısı değerleri hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalarda standart sapma değerleri meteorolojik elemanlarda (hava sıcaklığı, deniz suyu sıcaklığı, nispi nem miktarı v.s.) küçük çıkmakta, buna karşın hesaplama yapılan değerlerde standart sapma büyük çıkmaktadır. Minnet [17] tarafından yapılan ısı dengesi hesaplamaları sonucunda da benzer şekilde standart sapma değerleri elde edilmiştir.

41°00' N enleminde atmosferin dışında yatay bir düzleme gelen toplam güneş radyasyonları yıl içinde hesaplama yapılan güne, hesaplama yapılan gündeki deklinasyon açısına ve o gündeki güneş ile dünya arasındaki uzaklığa bağlı olarak değişir. 1994 yılı için yapılan hesaplamalarda atmosferin dışındaki yatay düzleme gelen toplam radyasyonun 1994 yılı günlük ortalaması 324.96 W/m² olarak hesaplanmıştır. En yüksek günlük ortalama Haziran ayında 512.78 W/m² olmasına karşın en düşük günlük ortalama Aralık ayında 138.38 W/m² olarak tespit edildi. En yüksek aylık ortalama değer Haziran ayında 509.27 W/m² olarak bulunmasına karşın en düşük aylık ortalama değer Aralık ayında 141.08 W/m² olarak tespit edilmiştir. Mevsimlere göre değişimi ise Sonbahar' da 199.35 W/m² ile en düşük değeri ve İlkbahar' da 445.72 W/m² ile en yüksek değeri aldığı tespit edilmiştir. Kılıç ve ark., [13] tarafından Trabzon için yapılan hesaplamalarda, günlük ortalama 27.6 MJ/m²gün (317.12 W/m²) hesaplanmıştır. En yüksek değer Haziran ayında 41.3 MJ/m²gün (478 W/m²) ve en düşük değer ise Aralık ayında 13.0 MJ/m² gün (150.46 W/m²) olduğu belirlenmiştir. Kılıç ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmalar ile bu çalışma arasındaki değerler birbirlerine yakın çıkmıştır.

Deniz yüzeyine ulaşan kısa dalga radyasyon, enlem derecesi ve bulutluluk miktarının bir fonksiyonu olarak hesaplanmıştır. Trabzon' da yapılan hesaplamalarda 1994 yılı günlük ortalama kısa dalga radyasyon 228 W/m² olarak hesaplanmıştır. Aylık ortalama kısa dalga radyasyon en yüksek değere 389.43 W/m² ile Haziran ayında ulaşmış ve en düşük değere ise 81.59 W/m² ile Aralık ayında ulaştığı belirlenmiştir. Yıl içinde en yüksek günlük ortalama Haziran ayında 509.99 W/m² olduğu buna karşın en düşük ortalama değer 34.69 W/m² ile Aralık ayında olduğu belirlenmiştir. Kısa dalga radyasyonun mevsimlere göre değişimi ise Sonbahar' da en düşük değeri 128.99 W/m² ile aldığı, buna karşın en yüksek

değeri 'İlkbahar' da 326.45 W/m^2 aldığı hesaplanmıştır. Kuzey Avrupa için yıllık ortalama güneş radyasyonu 150 W/m^2 dir. Türkiye için bu değer 290 W/m^2 olarak tespit edilmiştir. Arınç [48] Trabzon için yapılan hesaplamalarda yıllık ortalama kısa dalga radyasyon 224 W/m^2 olduğu, en yüksek değerler Haziran - Ağustos dönemlerinde 275 W/m^2 olduğu ve en düşük değer ise Ekim - Mart dönemlerinde 172 W/m^2 olduğu belirlenmiştir. Romanya açıklarında ($44 - 46^\circ \text{N}$ enlemleri arasında) yapılan bir çalışmada en düşük aylık ortalama değer Aralık ayında 42 W/m^2 ve en yüksek değer Temmuz ayında 305 W/m^2 olarak ölçülmüştür [49]. Kuzey denizinde ($55^\circ \text{N } 3^\circ \text{E}$) yapılan bir çalışmada ise yıllık ortalama güneş radyasyonunu 200 W/m^2 olarak hesaplanmıştır [50]. Trabzon için yapılan hesaplamalarda Arınç' ın [48] vermiş olduğu değere çok yakındır, ayrıca elde edilen değer Türkiye ortalamasına yakın bir değerdir.

Deniz yüzeyinde albedo değeri zenit açısının bir fonksiyonu olarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar neticesinde Akdeniz için yıllık ortalama albedo değeri 0.06 ve Karadeniz için ise yıllık ortalama 0.09 olduğu belirtilmiştir [29,51]. Trabzon için yapılan albedo hesaplamaları Steneva [51] tarafından yapılan hesaplamalara yakın bir değer elde edilerek 1994 yılı günlük ortalama değer 0.083 olarak belirlenmiştir. Yıl içinde en yüksek günlük ortalama değer Aralık ayında 0.145 olduğu, buna karşılık en düşük günlük ortalama değer ise Mayıs ayında 0.052 olarak hesaplanmıştır. Aylık en yüksek değeri 0.142 ile Aralık ayında aldığı ve en düşük aylık ortalama değeri ise 0.05 ile Haziran ayında aldığı belirlenmiştir. Mevsimsel ortalama en yüksek değer 0.11 ile Sonbahar' da ve en düşük değer ise 0.059 'İlkbahar' da belirlenmiştir.

Kısa dalga radyasyon ve albedo değerine bağlı olarak hesaplanabilen net kısa dalga radyasyon 1994 yılı günlük ortalama 212.39 W/m^2 olarak hesaplanmıştır. Yıl içinde günlük ortalama en yüksek değer Temmuz ayında 482.96 W/m^2 ve en düşük değer Aralık ayında 29.68 W/m^2 olduğu belirlenmiştir. Aylık ortalama en yüksek değer Haziran' da 368.15 W/m^2 ve en düşük değer Aralık ayında 69.96 W/m^2 olarak belirlenmiştir. Mevsimsel olarak incelendiğinde; İlkbahar mevsiminde 307.24 W/m^2 ile en yüksek değeri aldığı buna karşın Sonbahar mevsiminde 115.13 W/m^2 ile en düşük değeri aldığı hesaplanmıştır. Daha önceki çalışmalarda Trabzon' da yıllık ortalama net kısa dalga radyasyon 103.25 W/m^2 (3258 MJ/m^2 yıl) olduğu ve en yüksek değer Haziran ayında 202.93 W/m^2 (526 MJ/m^2 ay) olduğu ve en düşük değer Aralık ayında 11.20 W/m^2 (30 MJ/m^2 ay) olduğu tespit edilmiştir [52]. Akdeniz için yapılan hesaplamalarda ise yıllık ortalama net kısa dalga radyasyon 195 W/m^2 olduğu, buna karşın Batı Akdenizde 184 W/m^2 ve Doğu Akdenizde ise 202 W/m^2 olduğu belirtilmiştir [53]. 1994 yılı için yapılan hesaplamalar daha önce yapılan çalışmalardan yüksek bir değer çıkmıştır.

Deniz yüzeyinden atmosfere verilen net uzun dalga radyasyon hava sıcaklığı, deniz suyu sıcaklığı, nem miktarına, bulutluluk miktarına ve enlem derecesine bağlı olarak hesaplanır. 1994 yılında Trabzon' da yapılan hesaplamalar neticesinded Deniz yüzeyinde net

uzun dalga radyasyon 1994 yılı günlük ortalaması 43.04 W/m^2 olarak hesaplanmıştır. Yıl içinde en yüksek günlük ortalama Aralık ayı içinde 131.17 W/m^2 olduğu ve en düşük günlük ortalama ise Mart ayında 0.7 W/m^2 olarak hesaplanmıştır. Yıl içinde en yüksek aylık ortalama Kasım ayında 67.76 W/m^2 olduğu ve buna karşın en düşük aylık ortalama Nisan ayında 17.73 W/m^2 olduğu belirlenmiştir. Net uzun dalga radyasyonun mevsimsel değişimi incelendiğinde en yüksek mevsimsel ortalama 65.76 W/m^2 ile Sonbahar' da aldığı ve en düşük mevsimsel ortalama 45.28 W/m^2 ile İlkbahar' da belirlenmiştir. Karadeniz' de daha önce yapılan araştırmalar neticesinde 1994 yılından daha yüksek değerler elde edilmiştir. Yapılan çalışmalar neticesinde net uzun dalga radyasyon ile olan ısı kayıpları 62 W/m^2 olduğu belirlenmiştir. Bu değerler kış aylarında , özellikle Kuzey Karadeniz' de, 80 W/m^2 ye kadar çıktığı, buna karşın Batı ve Doğu Karadeniz' de 70 W/m^2 ye kadar çıktığı belirlenmiştir [51]. Karadeniz' den daha aşağı enlemlerinde bulunan Akdeniz için yapılan hesaplamalarda Garret ve ark., [29] net uzun dalga radyasyonu 67 W/m^2 olarak belirlemişlerdir. Buna karşın Bunker ve ark., [29] Akdeniz' de net uzun dalga radyasyonu 52 W/m^2 olarak belirlemişlerdir. Karadeniz' e göre daha yukarı enlemlerde bulunan Kuzey Denizi için yapılan hesaplamalarda net uzun dalga radyasyonu 100 W/m^2 olarak hesaplamışlardır [50].

Deniz yüzeyinden atmosfere gizli ısı şeklinde verilen ısı yüzeyden esen rüzgar hızı ve nem miktarına bağlı olarak hesaplanır. Trabzon ve civarında yapılan hesaplamalarda 1994 yılı günlük ortalama gizli ısı akışı 50.1 W/m^2 olarak belirlenmiştir. Yıl içinde en yüksek günlük ortalama gizli ısı akışı değeri Kasım ayında 216.41 W/m^2 ve en düşük değeri Haziran ayında -19.55 W/m^2 olduğu belirlenmiştir. Aylık ortalama en yüksek değer Kasım ayında 102.69 W/m^2 olmakta ve en düşük değer Nisan ayında -9.15 W/m^2 olmaktadır. İlkbahar' da 4.74 W/m^2 ile en düşük değeri almakta ve Sonbahar' da 97.79 W/m^2 ile en yüksek değeri aldığı belirlenmiştir. Karadeniz' de yapılan çalışmalarda 1994 yılı ortalamalarından daha yüksek değer elde edilmiştir. Makerow tarafından yapılan hesaplamalarda gizli ısı akışının yıllık ortalamasını 62.5 W/m^2 olarak hesaplamıştır, Glubea tarafından yapılan hesaplamalarda ise 73.3 W/m^2 olduğu belirlenmiştir. Efimov ve Timofeev ise 83.3 W/m^2 olarak belirlemişlerdir. Karadeniz' de gizli ısı akışının kış aylarında 260 W/m^2 ye kadar çıktığı belirlenmiştir [51]. Akdenizde yapılan çalışmalarda ise yıllık ortalama gizli ısı akışının 120 W/m^2 olduğu, Batı Akdeniz' de 109 W/m^2 ve Doğu Akdeniz' de 125 W/m^2 olduğu tespit edilmiştir [53].

Deniz yüzeyinden atmosfere hissedilir ısı akışı yüzeyler arasındaki ısı farkı ve yüzeyde esen rüzgarın şiddetine bağlı olarak değişmektedir. 1994 yılı için Trabzon ve civarında yapılan hesaplamalar neticesinde atmosferden denize verilen hissedilir ısı akışının 1994 yılı günlük ortalaması 1.91 W/m^2 olduğu belirlenmiştir. Yıl içinde en yüksek günlük ortalama hissedilir ısı akışının 153.21 W/m^2 ile Aralık ayında olmasına karşın denizden atmosfere hissedilir ısı akışı Nisan ayında -150.94 W/m^2 olduğu belirlenmiştir. Denizden

atmosfere en fazla hissedilir ısı geçişi Nisan ayında -32.63 W/m^2 olduğu ve atmosferden denize en fazla hissedilir ısı akışı 42.55 W/m^2 ile Kasım ayında olduğu hesaplanmıştır. Mevsimsel değişimleri incelendiğinde en yüksek ortalamayı 35.79 W/m^2 ile Sonbahar mevsiminde aldığı, buna karşılık İlkbahar' da -23.92 W/m^2 ile en düşük değeri aldığı belirlenmiştir. Karadeniz' de yapılan çalışmalarda 1994 yılı için elde edilen değerden daha yüksek değerler elde edilmiş ve yıllık ortalama hissedilir ısı akışını Makerov tarafından 10.4 W/m^2 , Golubeva tarafından 14.1 W/m^2 ve Efimov ve Timofeev tarafından 19.6 W/m^2 olarak hesaplamışlardır. En yüksek değer Kuzey Karadeniz' de 60 W/m^2 ve en düşük değer Güney Karadeniz' de 5 W/m^2 olarak hesaplanmıştır. Stenava [51] tarafından 1980-1986 tarihleri arasında yapılan çalışmada hissedilir ısı akışını -5 ile 20 W/m^2 arasında değiştiği ve kış mevsiminde sığ alanlarda 65 W/m^2 ye kadar ulaştığını tespit etmiştir. 1994 yılı için yapılan hesaplamalar Steneva tarafından verilen değerler aarasındadır. Akdeniz için yapılan hesaplamalarda ise hissedilir ısı akışını yıllık ortalama 13 W/m^2 , Doğu Akdeniz için 14 W/m^2 ve Batı Akdeniz için 13 W/m^2 olarak tespit edilmiştir [53]. Diğer bir araştırmada ise Akdeniz için hissedilir ısı akışını 7 W/m^2 olarak hesaplandı [51].

Deniz yüzeyi ile atmosfer arasında ısı iletimi; kısa dalga radyasyon, uzun dalga radyasyon, gizli ısı akışı ve hissedilir ısı akışına bağlı olarak değişmektedir. Karadenizde yapılan ısı dengesi hesaplamalarında genellikle negatif değerler (deniz yüzey suyundñ atmosfere ısı akışının) elde edilmektedir fakat Güney Karadeniz' de pozitif değerler (atmosferden deniz suyuna ısı akışı) elde edilmiştir. Bunun anlamı: kuzey bölgeleri devamlı olarak atmosfere ısı vermekte olduğu, buna karşın güney bölgeleri devamlı ısı aldığı anlamındadır. 42° N enlenlerinde ise ısı etkileşimi sifıra yakındır. 1994 yılı için Trabzon ve civarında yapılan ısı dengesi hesaplamalarında atmosferden denize yıllık ortalama 117.48 W/m^2 lik ısı verildiği hesaplanmıştır. Yıl içinde denizden atmosfere verilen günlük ortalama en yüksek ısı miktarı Aralık ayında -373.88 W/m^2 olmakta ve denizin atmosferden aldığı en yüksek değer Haziran ayı içinde 516.85 W/m^2 olarak tespit edildi. Denizden atmosfere verilen en fazla aylık ortalama ısı Kasım ayında -133.25 W/m^2 olduğu ve atmosferden denize verilen en fazla aylık ortalama ısı 324.2 W/m^2 olarak hesaplandı. Mevsimlere göre İlkbahar' da atmosferden denize 302.41 W/m^2 lik ısı akışı olduğu ve buna karşın denizden atmosfere en fazla ısı akışı Sonbahar' da -84.22 W/m^2 olarak hesaplanmıştır. Karadeniz' de güney bölgelerinde 25 W/m^2 olduğu ve buna karşın kuzey bölgelerinde yıllık ısı kaybının -50 W/m^2 olduğu hesaplanmıştır. Yatay yönde güneydoğuda 40 W/m^2 ve kuzeybatıda -90 W/m^2 arasında değişen değerler aldığı belirlenmiştir [51]. Efimov ve ark.,[52] tarafından Karadeniz karelere bölünerek yapılan hesaplamalarda Trabzon için yıllık toplam ısı geçişi yapılan çalışmalarda yıllık ortalama ısı kazancının 1994 yılı ortalamalarına göre daha düşük değerler elde edilerek $796 \text{ MJ/m}^2 \text{ yıl}$ (25.22 W/m^2) olarak hesaplanmıştır. Yıl içinde en fazla ısı kaybı Aralık ayında $-346 \text{ MJ/m}^2 \text{ ay}$ (-129.18 W/m^2) olduğu ve en fazla ısı kazancının ise Haziran ayında $455 \text{ MJ/m}^2 \text{ ay}$ (190.77 W/m^2) olarak tespit edilmiştir. Akdeniz için yapılan

hesaplamlarda ise atmosferden denize yıllık ortalama 29 W/m^2 lik ısı enerjisinin iletildiği belirtilmiştir [29].

Denizlerin ısı depolama oranları için Şubat ayı ortalamasından Ağustos ayı ortalamasını çıkartarak belirlendi ve 161 W/m^2 olarak hesaplandı [25].

Deniz yüzeyinde ısı ve radyasyon dengesinin mevsimlere göre değişimi incelendiğinde net uzun dalga radyasyon en düşük İlkbahar ve Yaz mevsiminde olduğu, buna karşın net kısa dalga radyasyonun bu mevsimlerde en yüksek değeri aldığı belirlenmiştir. Deniz yüzeyindeki radyasyon dengesinin ise en yüksek değerini İlkbahar ve Yaz mevsimlerinde aldığı ve diğer mevsimlerde ise daha düşük değerler aldığı tespit edilmiştir. Deniz yüzeyinde ısı akışının diğer elemanlarından gizli ısı akışı en yüksek değeri Sonbaharda aldığı ve en düşük değeri İlkbahar' da aldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte deniz yüzeyinden atmosfere hissedilir ısı şeklinde verilen en fazla ısı Sonbahar' da olmakta ve atmosferden denize verilen ısı en fazla İlkbahar' da olduğu belirlenmiştir. Bütün bu verilere bağlı olarak deniz yüzeyinden atmosfere en fazla ısı geçişi İlkbahar' da olduğu, bunun tersi olarak atmosferden denize ısı geçişi en fazla Sonbaharda olduğu tespit edilmiştir.

Trabzon ve civarında yapılan ısı dengesi hesaplamalarında çıkan yıllık ortalama ısı geçişi, Staneva [51] ve Efimov [52] tarafından yapılan hesaplamalara göre daha yüksek bir değer almıştır. Bunun nedeni; daha önce yapılan hesaplamalarda Kış mevsiminde (Ocak ve Şubat' ta) deniz suyundan atmosfere ısı verilmesidir. 1994 yılında yapılan hesaplamalarda ise bu aylarda atmosferden deniz suyuna ısı geçişi olduğu tespit edildi. Bunun nedeni Ocak ayında hava sıcaklığının uzun yıllar Ocak ayı ortalamasından yaklaşık $2 \text{ }^\circ\text{C}$ daha fazla olması ve deniz suyu sıcaklığının uzun yıllar ortalamasından yaklaşık $1.6 \text{ }^\circ\text{C}$ daha düşük olmasıdır. Şubat ayında ise deniz suyu sıcaklığı ile hava sıcaklığı birbirine yakın değerler almaktadır. Şubat ayı hava sıcaklığı uzun yıllar ortalamasından yaklaşık $1.1 \text{ }^\circ\text{C}$ daha düşük olmasının yanında deniz suyu sıcaklığı da uzun yıllar ortalamasından yaklaşık $2 \text{ }^\circ\text{C}$ daha az olması idi. Mart ayında deniz suyu sıcaklığı en düşük değerini alırken ($5.81 \text{ }^\circ\text{C}$), hava sıcaklığı yükselerek aralarındaki sıcaklık farkını yaklaşık $3 \text{ }^\circ\text{C}$ arttırması ile atmosferden deniz yüzey suyuna ısı geçişinin artmasına neden olur. Atmosferden deniz suyuna ısı geçişi Ekim ayında hava sıcaklığının deniz suyu sıcaklığından yaklaşık $3 \text{ }^\circ\text{C}$ daha düşük olduğunda başlayıp Kasım ve Aralık aylarında da devam ettiği tespit edilmiştir. Aylara göre deniz yüzeyinden atmosfere en fazla ısı geçişi Kasım ayında olduğu buna karşılık atmosferden deniz suyuna en fazla ısı geçişi Haziran ayında hesaplanmıştır.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada yapılan hesaplamalar neticesinde deniz yüzeyine ulaşan kısa dalga radyasyonun 1994 yılı günlük ortalaması 228.85 W/m^2 olarak hesaplanmıştır. Yıl içinde en yüksek aylık ortalama 384.43 W/m^2 ile Haziran ayında olduğu ve en düşük aylık ortalama ise Aralık ayında 81.59 W/m^2 olarak hesaplanmıştır.

Deniz yüzeyinde albedo değeri, 1994 yılı günlük ortalaması 0.083 olarak hesaplanmıştır. Yıl içinde en yüksek değer Aralık ayında 0.14 ve en düşük değer Haziran ayında 0.054 olduğu belirlenmiştir.

Toplam kısa dalga radyasyon ve albedo değerine bağlı olarak hesaplanan net kısa dalga radyasyon yıllık ortalama 212.39 W/m^2 olarak tespit edilmiştir. Yıl içinde en yüksek değer Haziran ayında 368.16 W/m^2 olduğu ve en düşük değer Aralık ayında 69.96 W/m^2 olduğu hesaplanmıştır (Tablo 22).

Deniz yüzey suyunun soğumasına neden olan net kısa dalga radyasyon 1994 yılı günlük ortalaması 43.04 W/m^2 olarak hesaplanmıştır. Net uzun dalga radyasyon en yüksek değer Kasım ayında 67.76 W/m^2 olduğu ve en düşük değer Nisan ayında 17.73 W/m^2 olduğu hesaplanmıştır (Tablo 22).

Deniz yüzeyine gelen toplam kısa dalga radyasyon, albedo ve net uzun dalga radyasyon miktarına bağlı olan yüzeyin radyasyon dengesi 1994 yılında 167.84 W/m^2 olarak hesaplanmıştır. Yıl içinde aylık ortalama en yüksek değer Haziran ayında 337.06 W/m^2 olduğu, buna karşın en düşük değer Aralık ayında 4.14 W/m^2 olduğu hesaplanmıştır (Tablo 22).

Deniz yüzeyinde buharlaşma ile deniz yüzey suyundan atmosfere verilen gizli ısı yıllık ortalama 50.10 W/m^2 olarak hesaplanmıştır. Deniz yüzeyinden atmosfere en fazla gizli ısı akışı Aralık ayında 104 W/m^2 olduğu ve atmosferden denize verilen gizli ısı akışı -9.12 W/m^2 olduğu hesaplanmıştır (Tablo 22).

Deniz yüzey suyu sıcaklığı ile hava sıcaklığı arasındaki farkın neden olduğu hissedilir ısı akışının yıllık ortalama 1.91 W/m^2 olarak tespit edilmiştir. Deniz yüzeyinden atmosfere hissedilir ısı şeklinde verilen ısı en fazla Kasım ayında verildiği ve 42.55 W/m^2 olduğu, buna karşın atmosferden deniz yüzeyine en fazla hissedilir ısı akışı -32.64 W/m^2 olduğu tespit edilmiştir (Tablo 22).

Deniz yüzeyi ile atmosfer arasındaki ısı geçişi için gerekli olan elemanlar hesaplandıktan sonra atmosferden deniz yüzeyine net ısı akışı 117.48 W/m^2 olarak hesaplanmıştır. Deniz suyundan atmosfere en fazla ısı geçişi Kasım ayında -133.23 W/m^2 olduğu hesaplanmıştır. Atmosferden deniz suyuna en fazla ısı geçişi Mayıs ayında 324.2 W/m^2 olduğu hesaplanmıştır (Tablo 22).

Tablo 22. 1994 yılı radyasyon ve ısı dengesi elemanları (W/m²).

Aylar	NKDR	NUDR	HIA	GIA	NR	NI
Ocak	89.99	47.13	-2.02	27.91	42.86	16.97
Şubat	113.37	49.39	5.24	35.69	64.12	23.18
Mart	180.11	36.78	-16.12	7.71	143.33	151.33
Nisan	226.03	17.73	-32.63	-9.12	248.30	290.06
Mayıs	332.80	25.81	-20.79	3.58	306.98	324.2
Haziran	368.16	31.10	-15.46	35.3	337.06	317.22
Temmuz	336.18	26.82	-9.83	44.89	309.36	274.3
Ağustos	301.65	41.18	5.02	88.54	260.46	166.9
Eylül	284.19	47.21	10.92	98.36	200.98	91.69
Ekim	164.32	59.80	22.25	97.51	104.51	-15.26
Kasım	79.8	67.76	42.55	102.69	12.01	-133.23
Aralık	69.96	65.81	33.88	68.15	4.14	-97.85
Ort.	212.39	43.04	1.91	50.10	167.84	117.348

(Net kısa dalga radyasyon; NKDR, net uzun dalga radyasyon; NUDR, hissedilir ısı akışı; HIA, gizli ısı akışı; GIA, net radyasyon; NR, net ısı akışı; NIA.)

Mevsimplere göre ısı dengesi ise, Kış mevsiminde deniz yüzeyindeki net kısa dalga radyasyon 135.62 W/m² olduğu belirlenmiştir. Net uzun dalga radyasyon 45.28 W/m² olduğu ve deniz yüzeyindeki radyasyon dengesi 78.58 W/m² olarak hesaplanmıştır. Atmosferden deniz yüzeyine hissedilir ısı şeklinde -2.9 W/m² lik ısı akışı olduğu ve deniz yüzeyinde atmosfere buharlaşmanın gizli ısı şeklinde verilen ısı 26.51 W/m² olduğu tespit edilmiştir. Bu değerlere göre atmosferden deniz yüzey suyuna 83.82 W/m² lik ısı geçişi olduğu hesaplanmıştır (Tablo 23).

İlkbahar mevsiminde, deniz yüzeyinde net kısa dalga radyasyon 307.24 W/m², deniz yüzeyinden atmosfere verilen net uzun dalga radyasyon 24.00 W/m² ve deniz yüzeyinde radyasyon dengesi 284.80 W/m² olduğu hesaplanmıştır. Deniz yüzeyinde buharlaşmanın gizli ısı şeklinde atmosfere verilen ısı 4.74 W/m² olduğu ve denizden atmosfere hissedilir ısı şeklinde -23.52 W/m² lik ısı verildiği hesaplanmıştır. İlkbahar' da atmosferden deniz yüzey suyuna 302.41 W/m² lik ısı iletildiği hesaplanmıştır (Tablo 23).

Tablo 23. 1994 yılı mevsimsel ısı ve radyasyon dengesi elemanlar (W/m²).

	NKDR	NUDR	HIA	GIA	NR	NI
Kış	122.71	45.28	-2.90	2.51	78.58	53.82
İlkbahar	307.24	24.00	-23.52	4.74	284.80	302.41
Yaz	303.58	73.82	-0.0043	73.82	268.87	193.03
Sonbahar	115.13	65.76	35.79	97.79	51.04	-84.22

(Net kısa dalga radyasyon; NKDR, net uzun dalga radyasyon; NUDR, hissedilir ısı akışı; HIA, gizli ısı akışı; GIA, net radyasyon; NR, net ısı akışı; NIA.)

Yaz mevsiminde deniz yüzeyindeki net kısa dalga radyasyon 303.58 W/m^2 olarak tespit edilmiştir. Deniz yüzeyinden atmosfere net uzun dalga şeklinde verilen ısı 36.77 W/m^2 olduğu ve deniz yüzeyinde ki radyasyon dengesinin 268.87 W/m^2 olduğu hesaplanmıştır. Deniz yüzeyinden buharlaşma ile atmosfere 73.82 W/m^2 lik ısı verdiği ve atmosferden deniz yüzey suyuna -0.043 W/m^2 lik hissedilir ısı verdiği hesaplanmıştır. Yaz mevsiminde deniz yüzey suyuna atmosferden 193.03 W/m^2 lik ısı verildiği hesaplanmıştır (Tablo 23).

Sonbahar mevsiminde ise deniz yüzeyine ulaşan net kısa dalga radyasyon miktarı 115.13 W/m^2 olduğu, buna karşın net uzun dalga radyasyon 65.76 W/m^2 olduğu hesaplanmıştır. Deniz yüzeyinde radyasyon dengesi 51.04 W/m^2 olduğu belirlenmiştir. Deniz yüzeyinde buharlaşmanın gizli ısı şeklinde atmosfere verilen ısı 35.79 W/m^2 ve deniz yüzey suyundan atmosfere verilen hissedilir ısının 35.79 W/m^2 olduğu hesaplanmıştır. Sonbahar mevsiminde deniz yüzey suyundan atmosfere -84.22 W/m^2 lik ısı verdiği hesaplanmıştır (Tablo23).

6. ÖNERİLER

Bu çalışma ile Trabzon ve civarında deniz yüzeyi radyasyon dengesi ve deniz yüzey suyunda ısı dengesinin 1994 yılı içindeki değişimi, Trabzon Meteoroloji İstasyonundan temin edilen günlük ortalama meteorolojik elemanlar kullanılarak belirlenmiştir. Deniz suyundaki radyasyon ve ısı dengesinin yıl içindeki değişimlerinin belirlenmesinin faydaları ve bu konuda yapılması gerekenler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

Deniz ortamında bitkisel organizmaların temel yaşam kaynağı olan güneş radyasyonunun yıl içinde değişiminin ve su içine nüfuz etme özelliklerinin belirlenmesi ile denizlerdeki bitkisel organizmaların miktarlarının yaklaşık bir değerde hesaplanması sağlanabilir. Bu da besin zincirinin üst halkasını oluşturan canlı gruplarının tahmini miktarının belirlenmesine olanak verir.

Günümüzde petrol kaynaklı ürünlere dayalı yakıtların ve elektrik enerjisinin giderek pahalılaşması sonucunda diğer enerji kaynaklarından yararlanma olanakları araştırılmaktadır. Özellikle konut ve su ısıtmada güneş enerjisinden yararlanma imkanları belirlenmeye çalışılmaktadır. Bu amaçla bölgede güneş enerjisinin yıl içindeki değişimi ve şiddetinin tespit edilmesi kullanılacak ısıtıcı aletlerin tasarım ve kullanım olanaklarının belirlenmesini sağlayacaktır.

Deniz yüzeyinde belirli bir alandaki ısı dengesinin deniz suyunun dinamik özelliklerine bağlı olarak düşey ve yatay yönde nasıl bir değişim gösterdiği ve bu değişimler neticesinde su içinde ne gibi fiziksel değişimlere neden olduğunun incelenmesi bölgedeki denizel ortamın uzun süreli fiziksel değişimlerin belirlenmesini sağlayacaktır.

Deniz suyundan atmosfere verilen ısı nedeni ile atmosferde meydana gelebilecek fiziksel olaylar incelenerek bölgenin deniz iklimi hakkında bilgi sahibi olunmalı ve bölgedeki balıkçılık ve denizcilik faaliyetleri bu bilgilere bağlı olarak düzenlenmelidir.

Bu amaçla yapılacak çalışmalar için gerekli olan veriler karada kurulacak istasyonların yanında deniz ortamında kurulacak sabit istasyonlardan veya araştırma gemilerinden sağlanmalıdır. Böyle yapılan ısı ve radyasyon dengesi tespitleri daha doğru sonuçlar verecektir.

Radyasyon ve ısı dengesi çalışmaları, kısa dönem çalışmalara göre daha geçerli sonuçlar veren uzun dönem ortalamaları kullanılarak yapılmalıdır. Bu çalışmaların küçük ölçekteki çalışmalarla beraber büyük ölçekli çalışmaların yapılması daha uygun olacaktır.

7. KAYNAKLAR

1. Leavastu, T. ve Hela, I., Fisheries Oceanography, Fishing News (Books) Ltd., London, 1970.
2. Gross. M., G., Oceanography, Third Edition, Prentice - Hall Press., New York, 1982.
3. Kocataş, A., Oceanoloji, Ege Üniversitesi. İzmir, 1986.
4. Geldiay, R., ve Kocataş, A., Deniz Bilimlerine Giriş, Ege Üniversitesi, İzmir, 1988.
5. Donn, W., L., Meteorology, Third Edition, McGraw - Hill Book Company, New York, 1965.
6. Lee, R., Forest Microclimatology, Columbia Univ. Press., New York, 1978.
7. Latif, M., A., Gökçeada Momentum, Heat and Mousture Fluxes Analysis, M.Sc. Thesis, İTÜ., İstanbul, 1993.
8. Guymer, T. H., Businger, J. A., Katsaros, K. B., Shaw, W. J., Taylor, P. K., Large, W. G. ve Payne, R. E., Transfer Processes at the Air - Sea Interface, Phil. Transaction of Royal Society, A 308, (1983), 253 - 273.
9. Harvey, J., G., Atmosphere and Ocean, Vision Press. Ltd., London, 1976,
10. Akman, Y., İklim ve Bioiklim, Palme Yayın Dağıtım, Ankara, 1990.
11. Thurman, V. H., Essentials of Oceanography, Fourth Edition, McMillan Publishing Company, New York, 1993.
12. Kraus, B., E., Atmosphere - Ocean Interaction, Second Edition, Oxford University Press., New York, 1994.
13. Kılıç, A., ve Öztürk, A., Güneş Enerjisi, Sınai Eğitim ve Geliştirme Merkezi Genel Müdürlüğü (SEGEM), Ankara, 1984.
14. Budyko, M. I., Climate and Life, Academic Press, New York, 1974.
15. Kramer, Chin ve Mayo Inc., Solar Pond, Solar Energy Study Report For Fish Rearing Water at Sand Ridge, Illinois, A Report Prepared for the State of Illinois Statiwide Fish Hatchery System, CDB Project Number 102-010-006, Washington, 1976.
16. Kılıç, A., Direkt Güneş Işınımı İçin Yeni Bir Metod, Doktora Tezi, Mim. Müh. Fakültesi, İTÜ, 1982.

17. Minnet, P., J., Measurements of the Summer Surface Heat Budget of the Northeast Water Polynya in 1992, Journal of Geophysical Research, C3, 100 (1995), 4309 - 4322.
18. Hill, M., N., The Sea, Physical Oceanography, Jhon Wiley and Sons, New York, 1962.
19. Dirietger, H., L. ve Catchpole, A., J., V., Estimation of Solar Radiation Receipt from Sunshine Duration at Winnipeg, The Meteorological Magazine, 1179 (1970), 285 - 291.
20. Charnock, H., Air - Sea Exchanges and Meridional Fluxes, Ocean Processes in Climate Dynamics: Global and Mediterranean Examples, Edited by Paola Malunette - Rizzolu and Alan R. Robinson Kluwer Academic Publishes, London, 1994.
21. Holland, R. W. ve Bryan, O. F., Sensitivity Studies on the Role of the Ocean in Climate Change, Ocean Processes in Climate Dynamics: Global and Mediterranean Examples, Edited by Paola Malunette - Rizzolu and Alan R. Robinson, Kluwer Academic Publishes, London, 1994.
22. Katsaros, K., B., Parametrization Schemes and Models for Estimating the Surface Radiation Budget, Surface Waves and Fluxes, II, (1990), 339 - 368.
23. Konratyev, K., Ya., Radiation Processes in the Atmosphere, World Meteorological Organization, Geneva, 1972.
24. Katsaros, B., K., McMurdie, L. A., Lind, R. ve DeVault, J. E., Albedo of Water Surface, Spectral Variation, Effects of Atmospheric Transmittance, Journal of Geophysical Research, 90, C4 (1985), 7313 - 7321.
25. Laevastu, T., Monthly, Seasonal and Interannual Variation of the Heat Content in the Surface Layers of the Northern Hemisphere Oceans, Deutsche Hydrographische Zeitschrift, 37, H3, (1984), 107 - 123.
26. Dietrich, G., General Oceanography, Jhon Wiley and Sons, New York, 1957.
27. Karaca, M., Simulation of Sea Surface Temperatures with the Surface Heat Fluxes from an Atmospheric Circulation Model, Tellus, 41A(1989), 32 - 47.
28. Dever, E. P. ve Lentz, S. J., Heat and Salt Balances over the Northern California Shelf in Winter and Spring, Journal of Geophysical Research, 99, C8 (1994), 16001 - 16017.
29. Garret, C., Outerbridge, R. ve Thompson, R., Interannual Variability in the Mediterranean Heat and Buoyancy Fluxes, Journal of Climate, (1992), 1 - 30.
30. Miller, D. K. ve Katsaros, B. K., Satellite - Derived Surface Latent Heat Fluxes in a Rapidly Intensifying Marine Cyclone, Monthly Weather Review, 120, 7, (1990)
31. Kleman, R. ve Power, B., A Simple Atmospheric Model of Surface Heat Flux for Use in Ocean Modeling Studies, Journal of Physical Oceanography, 25, (1995), 92 - 105.

32. ODTÜ, Karadeniz Araştırmalarının (1986 - 1990) Son Beş Yıllık Değerlendirme Raporu, Deniz Bilimleri Enstitüsü, Erdemli, 1990.
33. Stanev, E. V., On the Mechanizms Of the Black Sea Circulation, Earth - Sciences. Review., 28 (1990), 285 - 317.
34. Balkas, T., State of The Marine Environment in the Black Sea Region, Regional Seas, UNEP, 124 (1990).
35. Tolmazin, D., Chanching Coastal Oceanography of the Black Sea, I. Nortwest Shelf Prograssive Oceanography., 15 (1990), 217 - 276.
36. Malkoç, Y., Durukanoğlu, H. F. ve Özer, F., Doğu Karadeniz' de Deniz İklimi ve Su Ürünleri, Doğu Anadolu Bölgesi II. Su Ürünleri Sempozyumu, 1995, Erzurum.
37. Altmann, E. N., Gertman, I. F. ve Golumbeva, Z. A., Climatological Fields of Temprature and Salinity in the Black Sea, State Oceanography İnstitute, 115, 1987, Sivastopol.
38. Durukanoğlu, H. F., Variation in Air and Sea Surface Temprature and Their Effect on Anchovy Fishing Along the South Eastern Black Sea Coast, Meteorological Applied, 2 (1995), 35 - 38.
39. Bahar, M., Durukanoğlu, H. F. ve Erüz, C., Denizel Ortamda Su Ürünleri Yetiştiriciliği Yapılacak Alanların Belirlenmesinde Su Sıcaklığının Önemi, Doğu Anadolu Bölgesi II. Su Ürünleri Sempozyumu, 1995, Erzurum.
40. Oğuz, T., Latif, M., A., Sur, İ. A. ve Ünlüata, U., Ulusal Deniz Ölçme ve İzleme Programı, Batı ve Orta Karadeniz Oşinografisi, ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü, İçel, 1989.
41. Artüz, C., Bilimsel Açıdan Karadeniz, İstanbul Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 3004, İstanbul, 1992.
42. Oğuz, T., LaViolatta, P. E. ve Ünlüata U., The Upper Layer Circulation of the Black Sea; Its Variability as İnfarred from Hydrografic and Satellide Obsevation, Journal of Geophysical Research, C8, 97 (1992), 12569 - 12584.
43. Oney, S., Güneş Enerjisi Ders Notları, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Müh. Böl., İTÜ, İstanbul, 1990.
44. Akın, Ş., Doğu Karadeniz Kıyılarında Deniz Yüzey Akıntıları, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1994.
45. Borhan, Y., Genel Meteoroloji Ders Notları, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Müh. Böl., İTÜ, İstanbul, 1988.
46. Gültepe, İ., Buharlaşma Olayının Analizi ve Hesap Yöntemleri Üzerine Bir İnceleme, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul, 1981.

47. DMİ, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Bülteni, Ankara, 1990.
48. Arıç, Ü. D., Güneşli Su Isıtıcıların Projelendirilmesi, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 8, 4 (1986), 51 - 58.
49. Bologna, A. S., Planktonic Primary Productivity of the Black Sea; A Review, Thalassia Jugoslavica, 21/27, (1985-86), 1 - 22.
50. Prandle, D. ve Lane, A., Stability of The Annual Temperature Cycle in Shelf Seas, Journal of Therml. Biology, 20, (1995) 111 - 120.
51. Steneva, J. V., Stanev, E. V. ve Reachev, N. H., Heat Balance Estimates Using Atmospheric Analysis Data, A Case Study For the Black Sea, Journal of Gephysical Research., (1995).
52. Efimov, V. V. ve Timoffev, N. A., Heat Balance Investigation of The Black and Azov Seas, MHI., Sevastopol, 1990.
53. Bethoux, J. P. ve Gentili, B., The Mediterrenian Sea: A Test Area for Marine and Climatic İnteraction, Ocean Processes in Climate Dynamics; Global and Mediterrenian Examples, Edited by Paola Malunette - Rizzolu and Alan R. Robinson Kuluver Academic Publishers, Vol 419, Netherland, 1994.

8. EKLER

Ek 1. Trabzon ve Civarında Örnek Bir Gün İçin Yapılan Radyasyon ve Isı Dengesi Hesaplamaları:

1 Ocak 1994 günü Trabzon' da (41° 00' N, 39° 43'E) deniz yüzeyinde güneş radyasyonu dengesi ve deniz - hava arasında olan ısı geçişinin hesaplanması.

Bulutluluk: 0.7

Rüzgar hızı: 2 m/s

Nisbi nem (%): 78.3

Hava sıcaklığı : 8.8°C

Deniz suyu sıcaklığı: 9.6°C

Basınç: 1012.6 mb

Deniz yüzeyinde net ısı akışının hesaplanması için $Q_n = Q(1-\alpha) - Q_b - Q_{lat} - Q_{sen}$ eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır. Deniz yüzeyine ulaşan toplam kısa dalga radyasyonu (Q) hesaplamak için öncelikle atmosferin üst tabakasındaki yatay bir düzleme gelen toplam radyasyon hesaplanmıştır. Atmosferin dış yüzeyindeki yatay bir düzleme gelen radyasyon yılın gününe ve uzunluğuna, enlem derecesine ve deklinasyon açısına bağlı olarak Eşitlik 19 yardımı ile hesaplanır. Bu eşitlikte δ_o deklinasyon açısı ise Eşitlik 49' la hesaplanır.

$$\begin{aligned}\delta_o &= 23.45 \sin[360((284+1)/365)] \\ &= -23.01^\circ\end{aligned}\quad (E.1)$$

olarak hesaplanmıştır. Gün uzunluğu Eşitlik 15 de:

$$\begin{aligned}w_o &= \cos^{-1}[-(\tan 41 \tan(-23.01))] \\ &= \cos^{-1}[-(0.869)(-0.424)] \\ &= 68.61^\circ\end{aligned}\quad (E.2)$$

dır. Dünya ile güneş arasındaki uzaklık Eşitlik 50 ile:

$$L = \frac{1}{\left(1 - 0.0016733 \cos \frac{360 \cdot 1}{362.255}\right)} = 1.017$$

$$L^2 = 1.034 \quad (E.3)$$

olarak bulunmuştur ve Eşitlik 30 da yerlerine konularak:

$$Q_0 = \frac{24}{3.1415} \frac{(1353 \cdot 10^{-6} \cdot 3600)}{1.034} \left[\left(\frac{68.61 \cdot 3.1415}{180} \right) \cdot 0.656 \cdot (-0.39) + 0.75 \cdot 0.92 \cdot 0.93 \right]$$

$$= 12.46 \text{ MJ/m}^2\text{gün} \quad (E.4)$$

$$= 141.31 \text{ W/m}^2$$

Atmosferin dış yüzeyine gelen radyasyonun bulutluluk etkisi de hesaba katarak deniz yüzeyine ulaşan miktarı Eşitlik 30 ile:

$$Q = 141.31 \cdot (1 - (0.37 + 0.38 \cdot 0.7) \cdot 0.7)$$

$$= 78.39 \text{ W/m}^2 \quad (E.5)$$

bulunmuştur. Günlük ortalama albedo değerini bulmak için Eşitlik 33 kullanılmıştır. Öncelikle Eşitlik 54 kullanarak hesaplama yapılan günün derece cinsinden ifadesi:

$$X \text{ (derece)} = 360 \cdot (1 - 1) / 365.242$$

$$= 0^\circ \quad (E.6)$$

olarak bulunur. Zaman düzeltmesi Eşitlik 53 ile;

$$ZD = 0.00243 \cdot 1 - 0.1236 \cdot 0 - 0.0608 \cdot 1 - 0.1538 \cdot 1 = -0.0565 \quad (E.7)$$

bulunur ve 9:30, 12:30 ve 15:30 standart saatlerinin güneş saati karşılığı olarak Eşitlik 52 kullanılmıştır ve ;

$$GS_{9:30} = 9.50 - (30 - 39.76) / 15 + (-0.0565) = 10.09$$

$$GS_{12:30} = 12.50 - (30 - 39.76) / 15 + (-0.0565) = 13.09 \quad (E.8)$$

$$GS_{15:30} = 15.50 - (30 - 39.76) / 15 + (-0.0565) = 16.09$$

olarak hesaplanmıştır. Daha sonra aynı saatlerdeki saat açıları Eşitlik 51 de;

$$\begin{aligned}
w_{9:30} &= 15 (12 - 10.09) = 28.65 \\
w_{12:30} &= 15 (12 - 13.09) = -16.36 \\
w_{15:30} &= 15 (12 - 16.09) = -61.35
\end{aligned} \tag{E.9}$$

bulunarak aynı saatler için zenit açıları;

$$\begin{aligned}
\cos(z)_{9:30} &= 0.656 * (-0.39) + 0.75 * 0.92 * 0.87 = 0.343 \\
\cos(z)_{12:30} &= 0.656 * (-0.39) + 0.75 * 0.92 * 0.95 = 0.4 \\
\cos(z)_{15:30} &= 0.656 * (-0.39) + 0.75 * 0.92 * 0.47 = 0.069
\end{aligned} \tag{E.10}$$

dır. Hesaplanan saatlerdeki albedo değerleri Eşitlik 33 de;

$$\begin{aligned}
\alpha_{9:30} &= 0.05 / (0.15 + 0.343) = 0.10 \\
\alpha_{12:30} &= 0.05 / (0.15 + 0.4) = 0.09 \\
\alpha_{15:30} &= 0.05 / (0.15 + 0.069) = 0.22
\end{aligned} \tag{E.11}$$

hesaplanarak bu üç değer aritmetik ortalaması alınır ve $(0.10 + 0.09 + 0.22) / 3 = 0.13$ olarak bulunur. Deniz yüzeyinden yansıyan net uzun dalga radyasyonun hesaplanması için doymuş buhar basıncı ve havanın buhar basıncı Eşitlik 58 ve 59 dan hesaplanmıştır. Doymuş buhar basıncı, e_s , Clesus - Clapeyron denkleminde;

$$\begin{aligned}
e_s &= 610.8 * \exp [19.85 * (1 - (273.16 / (273.16 + 8.8)))] \\
&= 1134 \text{ Pa} = 11.34 \text{ mb}
\end{aligned} \tag{E.12}$$

olarak hesaplanır ve havanın buhar basıncı, e , Eşitlik 58 den;

$$e = 78.3 * 11.34 / 100 = 8.8 \tag{E.13}$$

olur. Net uzun dalga radyasyon Eşitlik 42 de

$$\begin{aligned}
I &= 0.98 * 5.67 * 10^{-8} * 281.96^4 * (0.39 - 0.058 * \sqrt{8.8}) * 1 - 0.6825 * 0.7) \\
&\quad + 4 * 0.98 * 5.67 * 10^{-8} * 281.96^3 * (281.96 - 282.76) \\
&= 43.80 \text{ W / m}^2
\end{aligned} \tag{E.14}$$

ve Eşitlik 43 de deniz yüzeyindeki radyasyon dengesi;

$$R = 78.39 * (1 - 0.13) - 43.80 = 24.39 \text{ W / m}^2 \tag{E.15}$$

olarak bulunmuştur. Deniz yüzeyinde deniz - atmosfer arasında ısı transferini hesaplamak için karada ölçülen rüzgarı Eşitlik 55 kullanılarak;

$$W_{\text{deniz}} = 3 * (2)^{0.67} = 4.77 \text{ m / s} \quad (\text{E.16})$$

olarak uyarlanır ve 10 m ye Eşitlik 56 kullanarak;

$$W_{10} = \frac{4.77}{W_{10}} = \left[\frac{40}{10} \right]^{0.14} = 3.94 \text{ m / s} \quad (\text{E.17})$$

deniz seviyesine indirgenmiştir. Deniz yüzeyinde hissedilir ısı akışını Eşitlik 47 ile;

$$\begin{aligned} Q_{\text{sen}} &= 1.25 * 1005 * 1.13 * 10^{-3} * (282.96 - 281.76) * 3.94 \\ &= 4.47 \text{ W / m}^2 \end{aligned} \quad (\text{E.18})$$

olarak hesaplanmıştır. Deniz yüzeyinde gizli ısı şeklinde olan ısı transferini hesaplamak için buharlaşmanın gizli ısını Eşitlik 46 da;

$$L = 4.1865 * (597.31 - 0.56527 * 8.8) * 10^3 = 2479831.41 \text{ J / kg} \quad (\text{E.19})$$

olarak hesaplanmıştır. Deniz suyu sıcaklığında doymuş nem miktarı için Eşitlik 59 kullanılarak doymuş buhar basıncı hesaplanır;

$$\begin{aligned} e_s &= 610.8 * \exp [19.85 * (1 - (273.16 / (273.16 + 9.6)))] \\ &= 1199 \text{ Pa} = 11.99 \text{ mb} \end{aligned} \quad (\text{E.20})$$

Doyma durumunda $e_s = e$ olur. Böylece deniz suyu sıcaklığında doymuş özgül nem Eşitlik 57 ile;

$$q_s = \left(\frac{623 * 11.99}{1012.6 - 0.378 * 11.99} \right) * 10^{-3} = 0.0074 \text{ kg / kg} \quad (\text{E.21})$$

olarak hesaplanmıştır. Havadaki özgül nem miktarını hesaplamak için gerekli olan havanın buhar basıncı (E.13) de 8.8 olarak hesaplanmıştır ve;

$$q_a = \left(\frac{623 * 8.8}{1012.6 - 0.378 * 8.8} \right) * 10^{-3} = 0.0054 \text{ kg / kg} \quad (\text{E.22})$$

olarak hesaplanır ve Eşitlik 46 ile gizli ısı akışı;

$$\begin{aligned} Q_{\text{lat}} &= 1.25 * 2479831.41 * 1.13 * 10^{-3} * (0.0074 - 0.0054) * 3.94 \\ &= 27.60 \text{ W / m}^2 \end{aligned} \quad (\text{E.23})$$

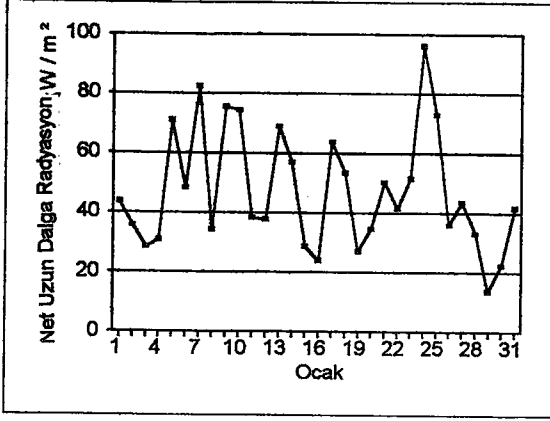
olarak bulunur. Deniz yüzeyinde net ısı akışı Eşitlik 45 de;

$$\begin{aligned} Q &= 78.39 * (1 - 0.13) - 43.80 - 27.60 - 4.47 \\ &= -7.67 \text{ W / m}^2 \end{aligned} \quad (\text{E.24})$$

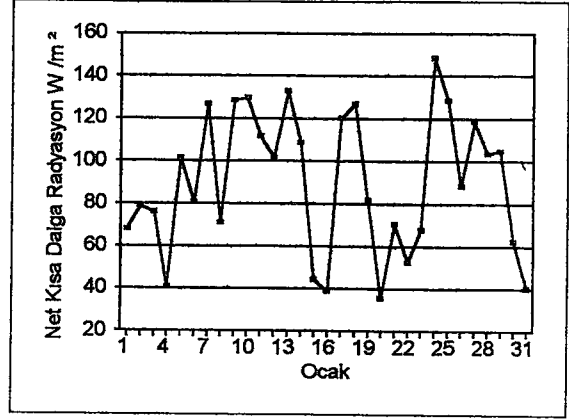
olarak bulunmuştur.



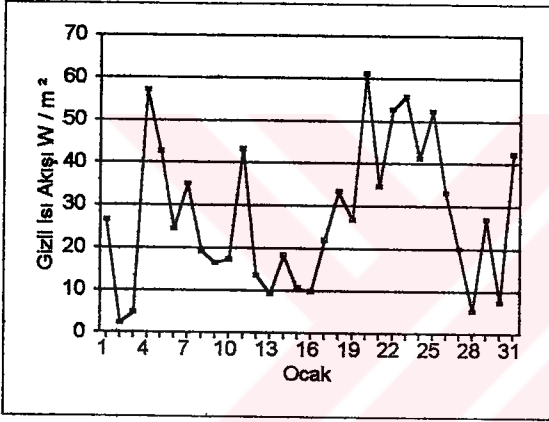
Ek. 2. Aylara göre radyasyon ve ısı dengesi elemanları.



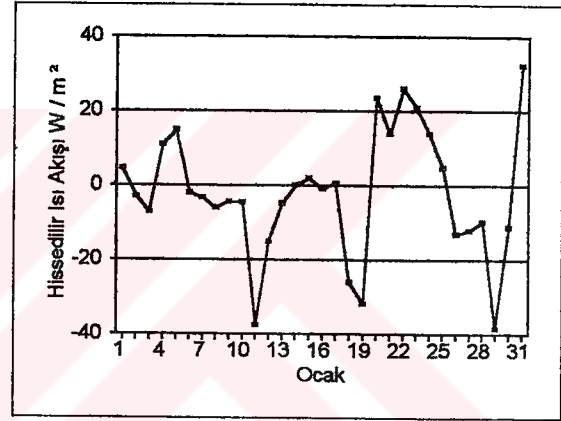
(a)



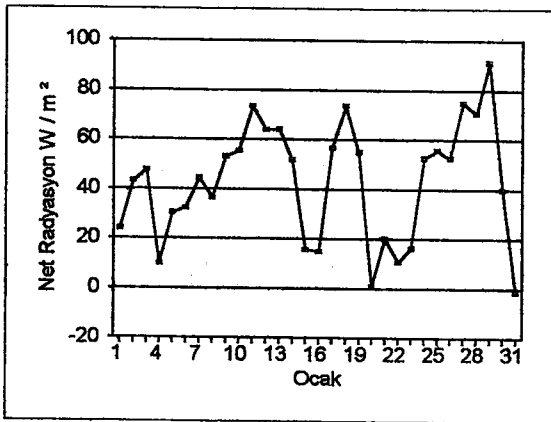
(b)



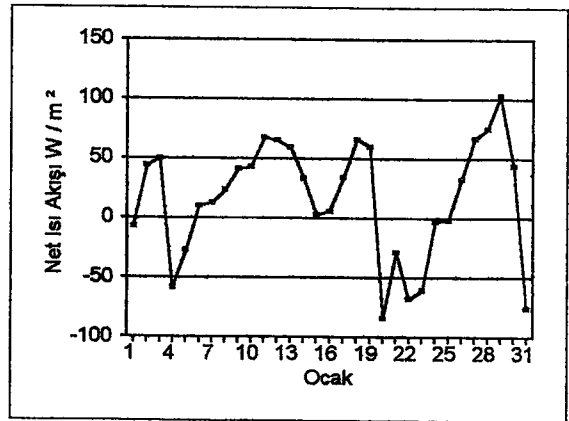
(c)



(d)

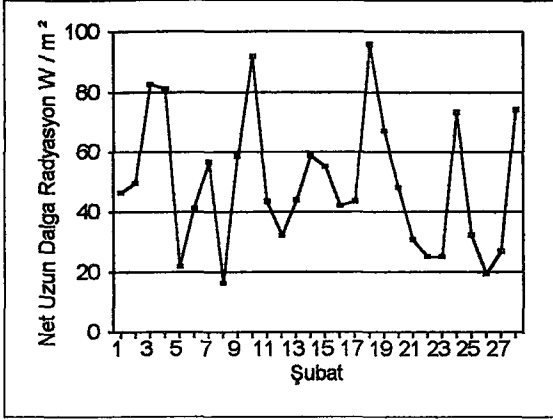


(e)

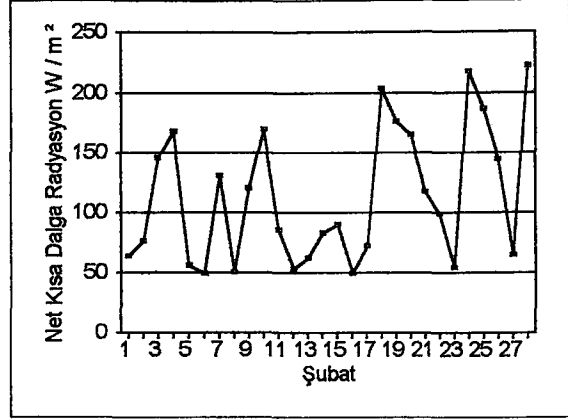


(f)

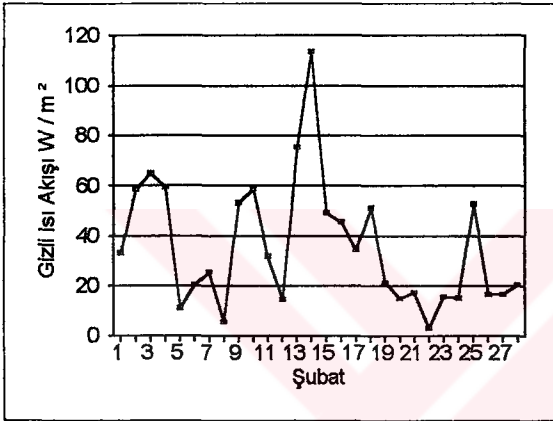
Ek Şekil 1. 1994 yılı Ocak ayı ısı ve radyasyon dengesi elemanları; (a) net uzun dalga radyasyon, (b) net kısa dalga radyasyon, (c) gizli ısı, (d) hissedilir ısı, (e) net radyasyon, (f) net ısı akışı.



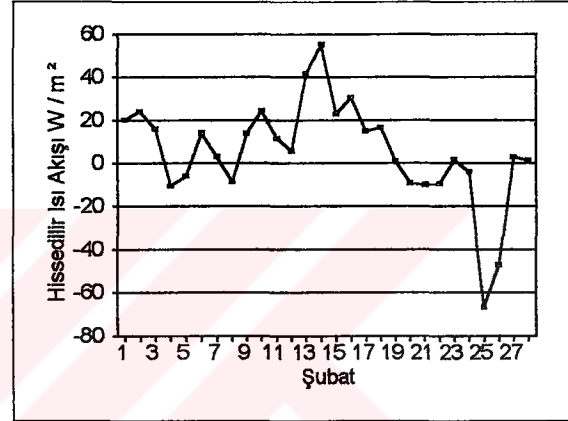
(a)



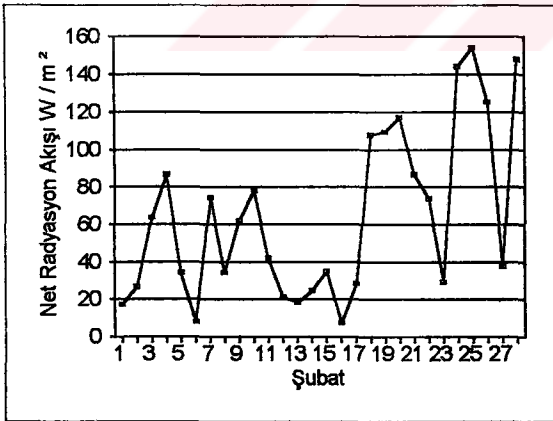
(b)



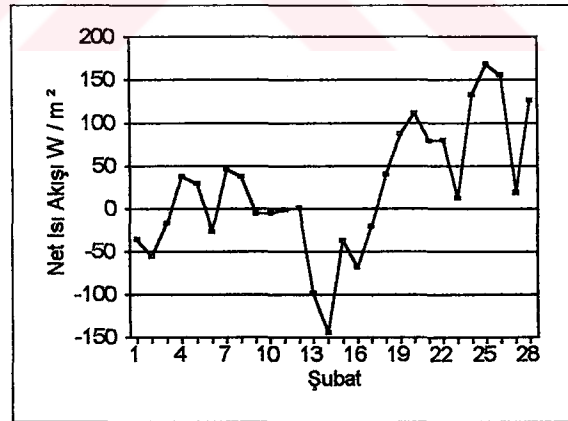
(c)



(d)

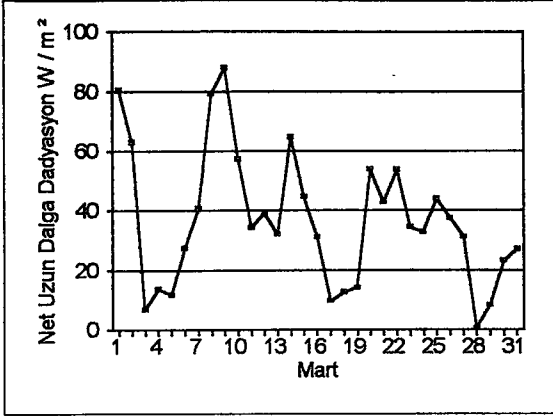


(e)

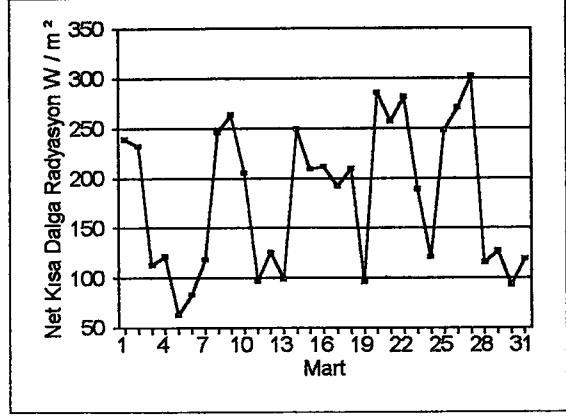


(f)

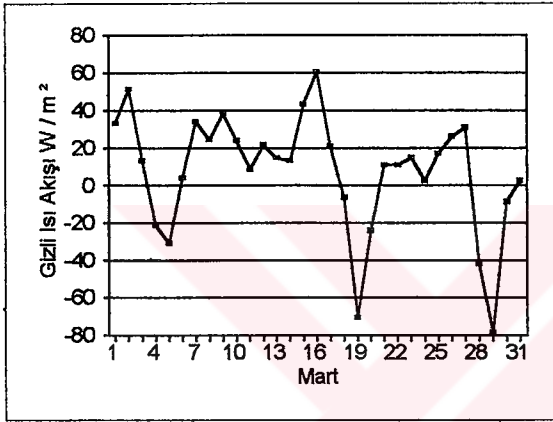
Ek Şekil 2. 1994 yılı Şubat ayı ısı ve radyasyon dengesi elemanları; (a) net uzun dalga radyasyon, (b) net kısa dalga radyasyon, (c) gizli ısı, (d) hissedilir ısı, (e) net radyasyon, (f) net ısı akışı.



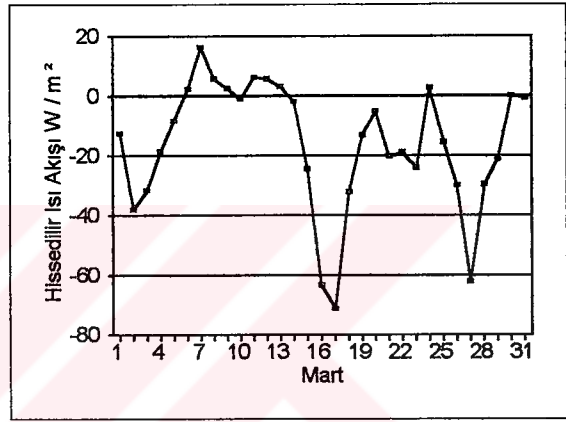
(a)



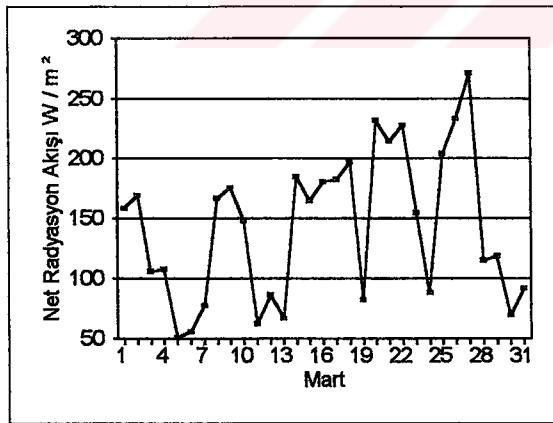
(b)



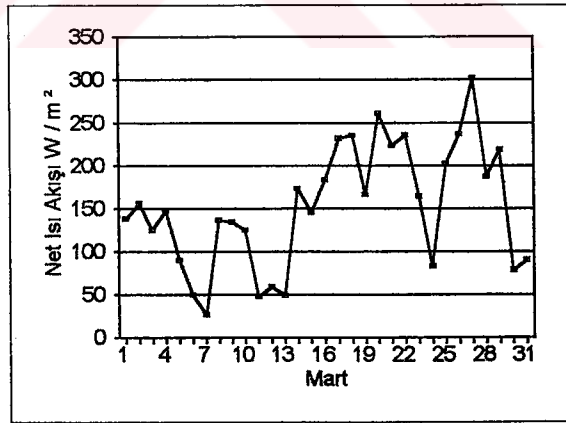
(c)



(d)

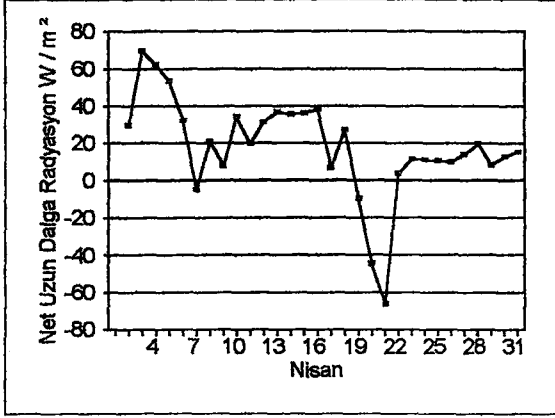


(e)

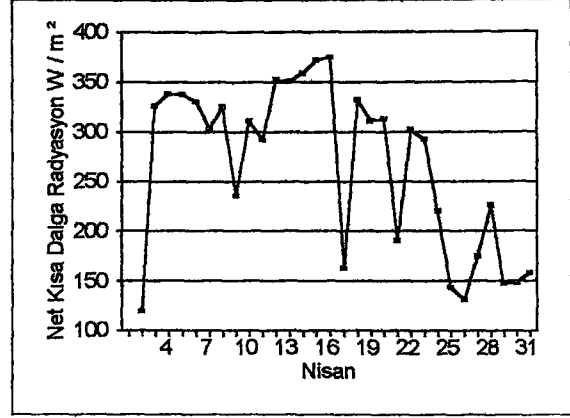


(f)

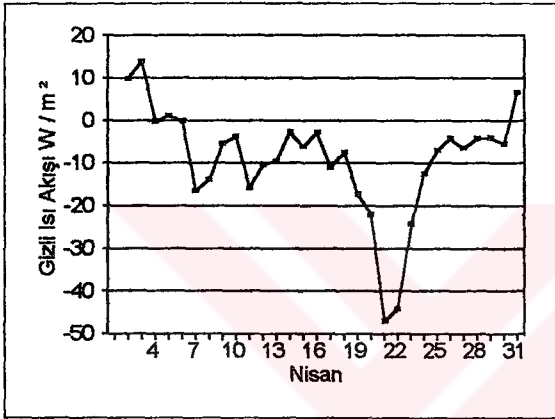
Ek Şekil 3. 1994 yılı Mart ayı ısı ve radyasyon dengesi elemanları; (a) net uzun dalga radyasyon, (b) net kısa dalga radyasyon, (c) gizli ısı, (d) hissedilir ısı, (e) net radyasyon, (f) fiit ısı akışı.



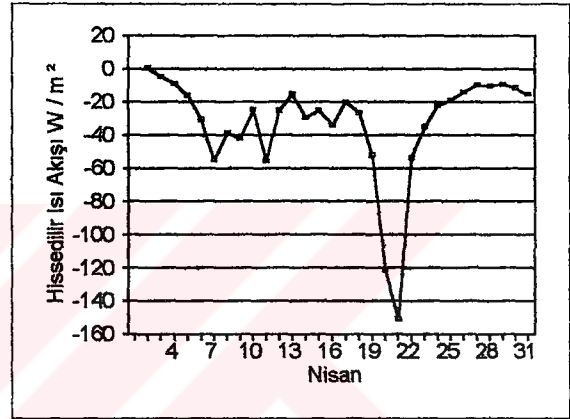
(a)



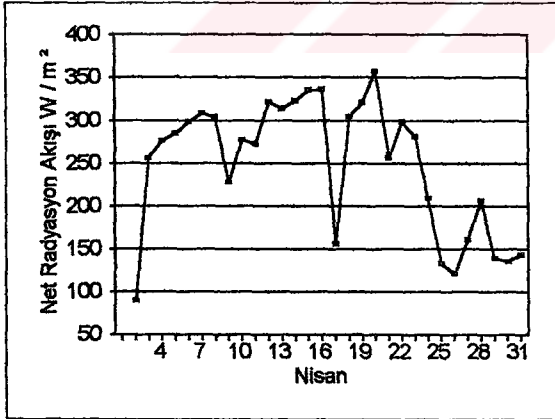
(b)



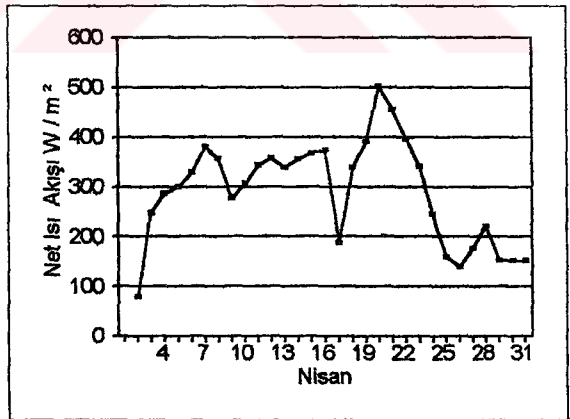
(c)



(d)

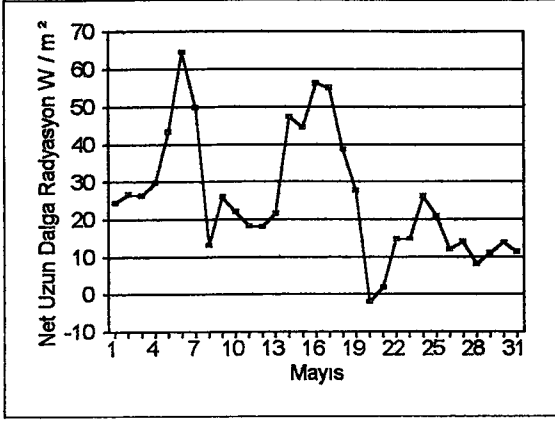


(e)

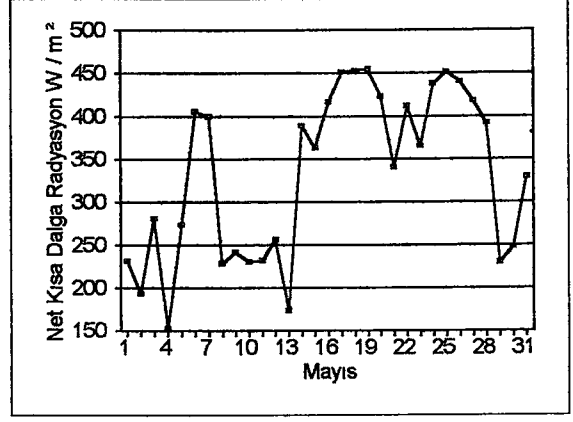


(f)

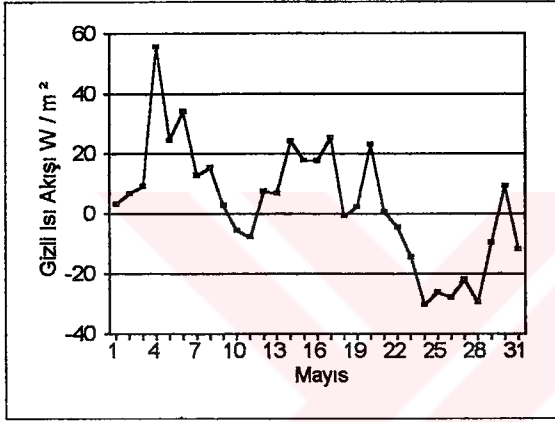
Ek Şekil 4. 1994 yılı Nisan ayı ısı radyasyon dengesi elemanları; (a) net uzun dalga radyasyon, (b) net kısa dalga radyasyon, (c) gizli ısı, (d) hissedilir ısı, (e) net radyasyon, (f) net ısı akışı.



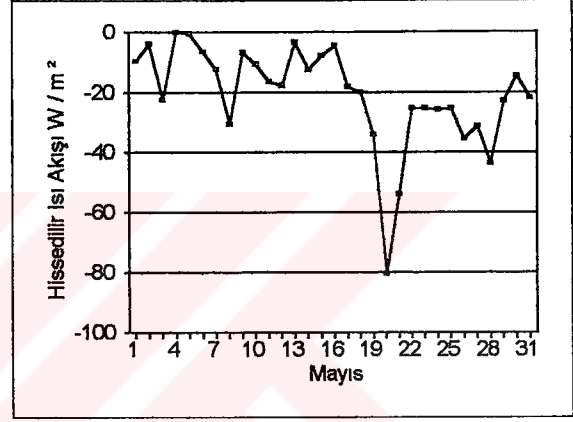
(a)



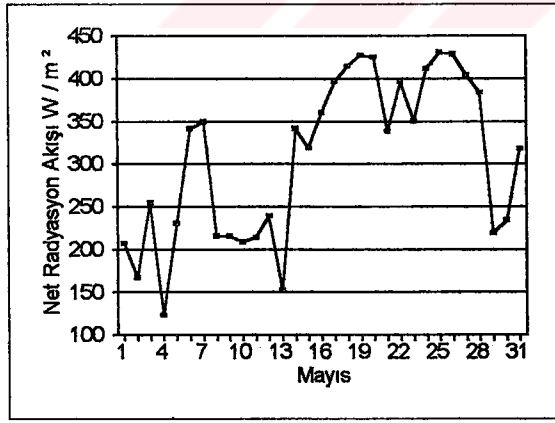
(b)



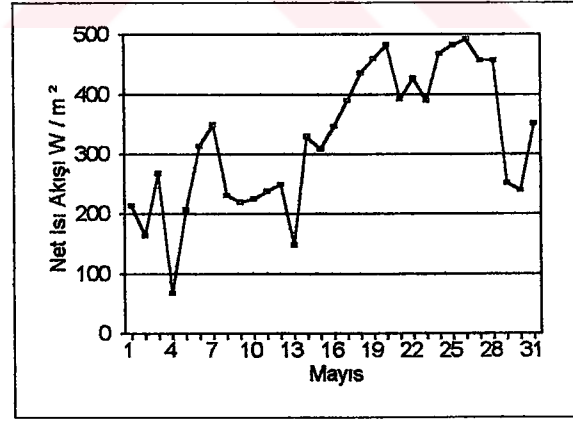
(c)



(d)

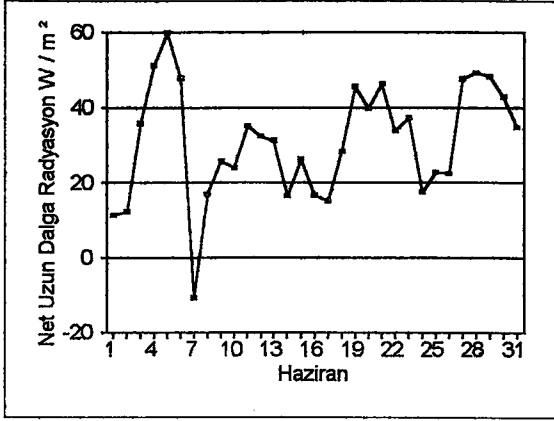


(e)

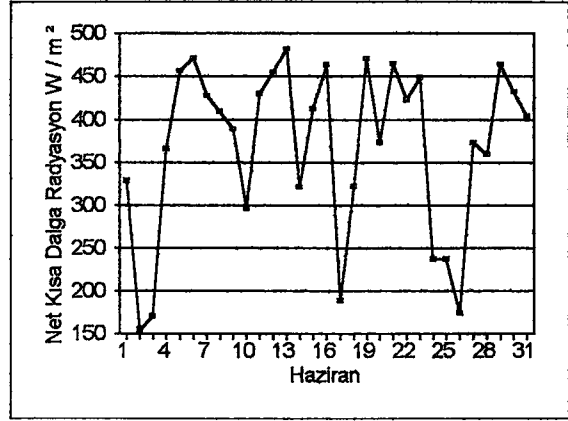


(f)

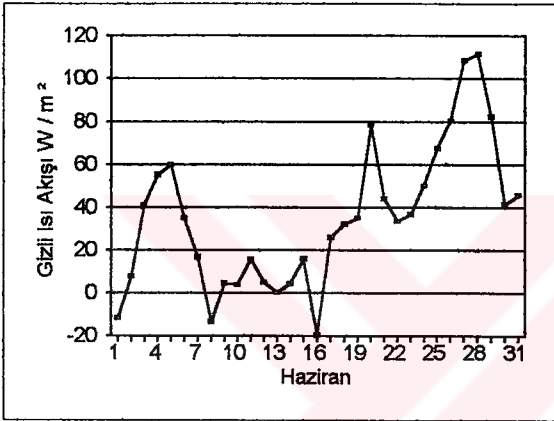
Ek Şekil 5. 1994 yılı Mayıs ayı ısı ve radyasyon dengesi elemanları; (a) net kısa dalga radyasyon, (b) net uzun dalga radyasyon, (c) gizli ısı akışı, (d) hissedilir ısı akışı, (e) net radyasyon (f) net ısı akışı.



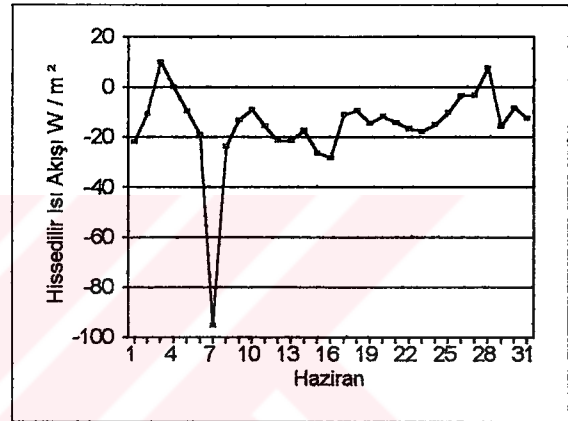
(a)



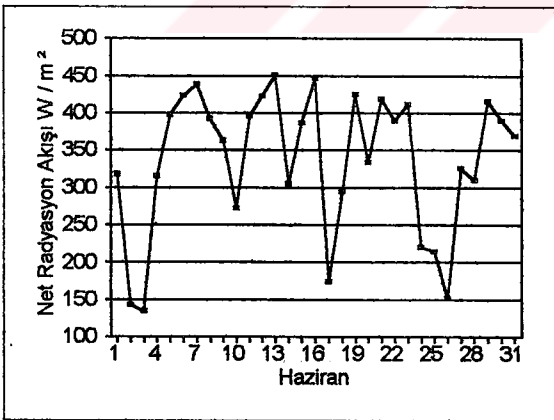
(b)



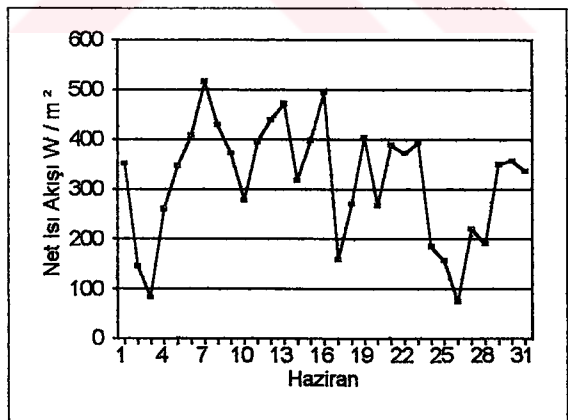
(c)



(d)

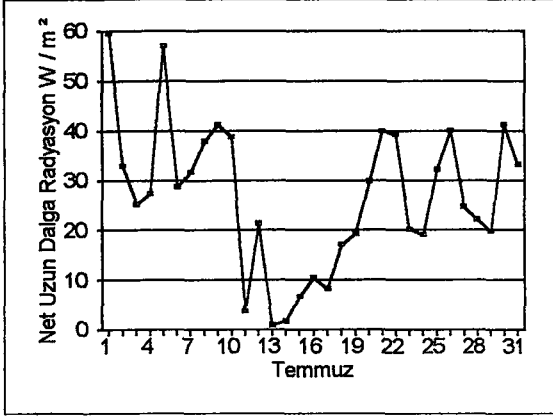


(e)

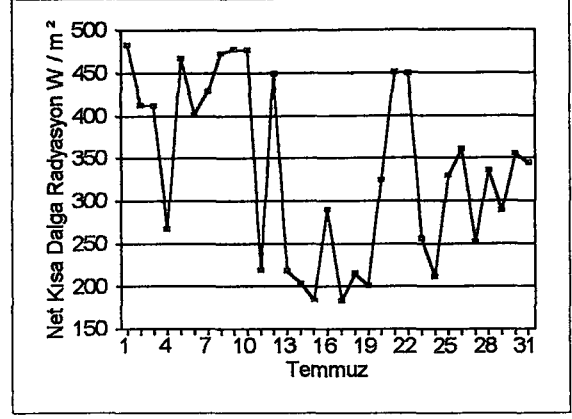


(f)

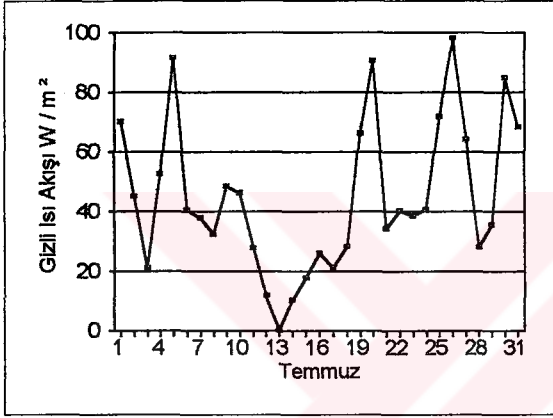
Ek Şekil 6. 1994 yılı Haziran ayı ısı ve radyasyon dengesi elemanları; (a) net kısa dalga radyasyon, (b) net uzun dalga radyasyon, (c) gizli ısı akışı, (d) hissedilir ısı akışı, (e) net radyasyon (f) net ısı akışı.



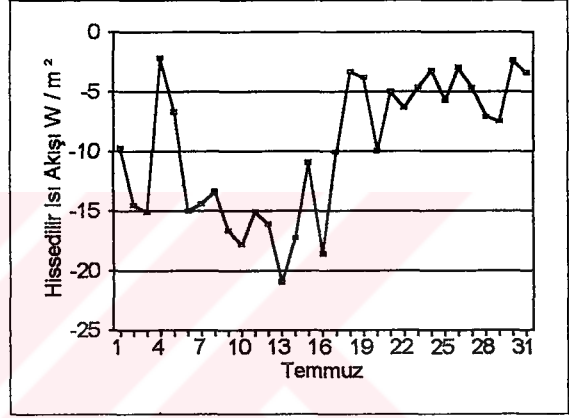
(a)



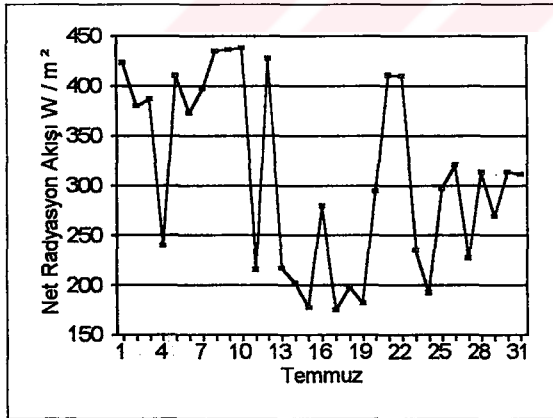
(b)



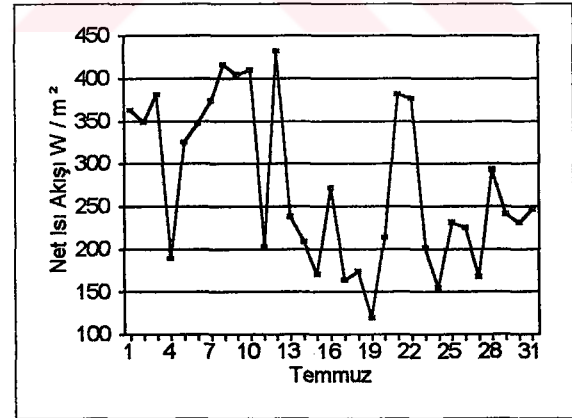
(c)



(d)

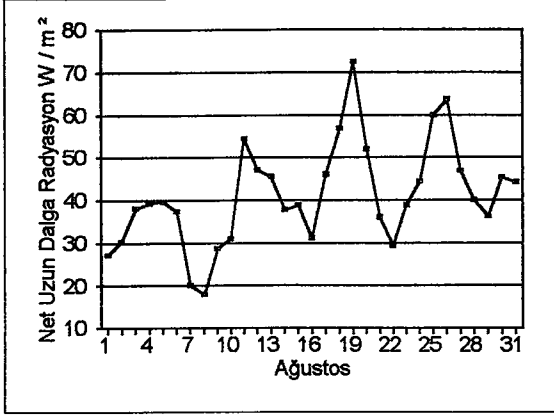


(e)

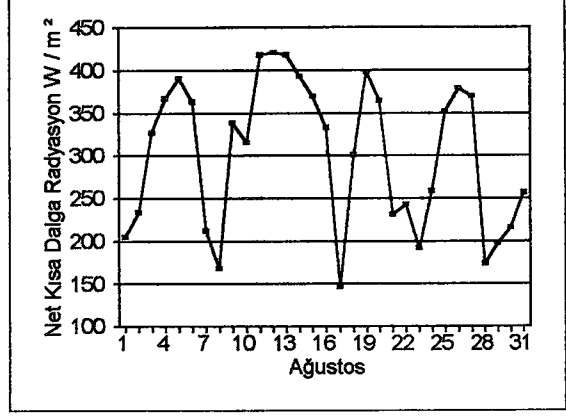


(f)

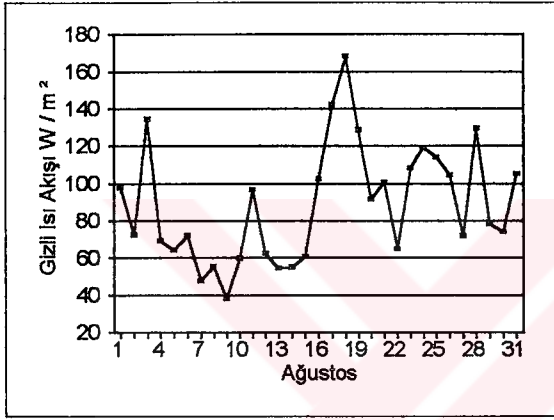
Ek Şekil 7. 1994 yılı Temmuz ayı ısı ve radyasyon dengesi elemanları; (a) net kısa dalga radyasyon, (b) net uzun dalga radyasyon, (c) gizli ısı akışı, (d) hissedilir ısı akışı, (e) net radyasyon (f) net ısı akışı.



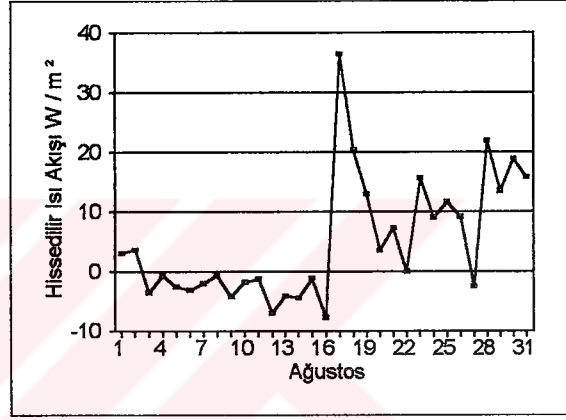
(a)



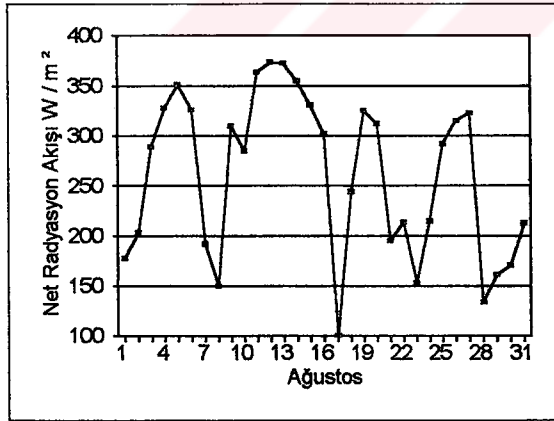
(b)



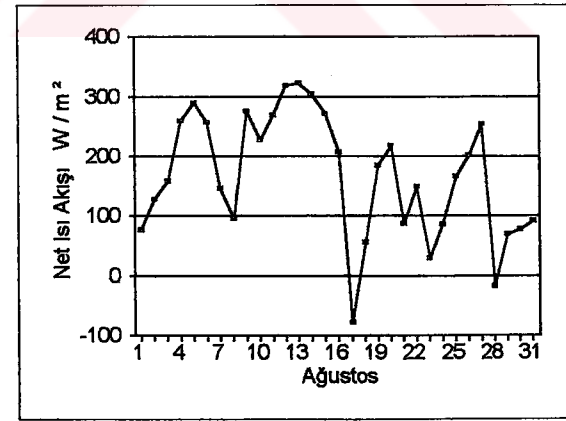
(c)



(d)

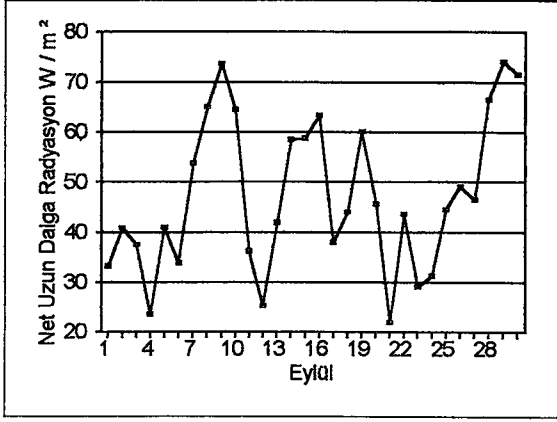


(e)

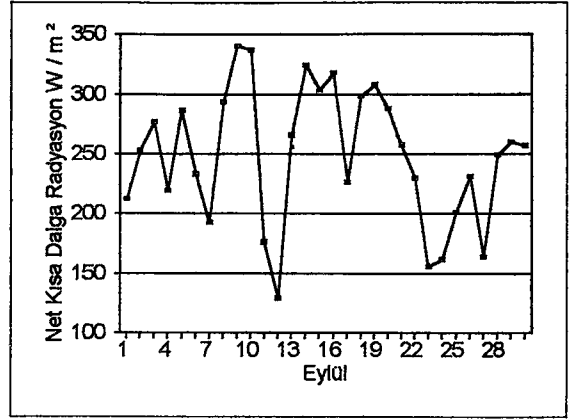


(f)

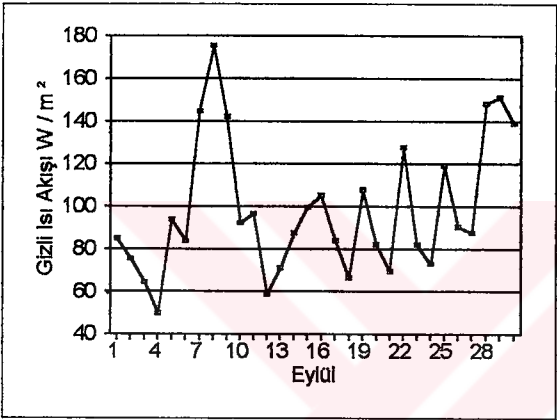
Ek Şekil 8. 1994 yılı Ağustos ayı ısı ve radyasyon elemanları; (a) net kısa dalga radyasyon, (b) net uzun dalga radyasyon, (c) gizli ısı akışı, (d) hissedilir ısı akışı, (e) net radyasyon (f) net ısı akışı.



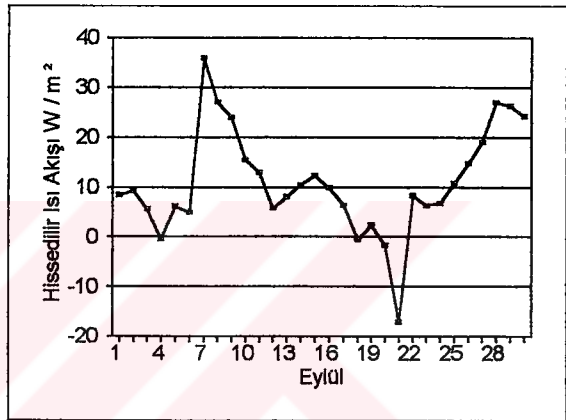
(a)



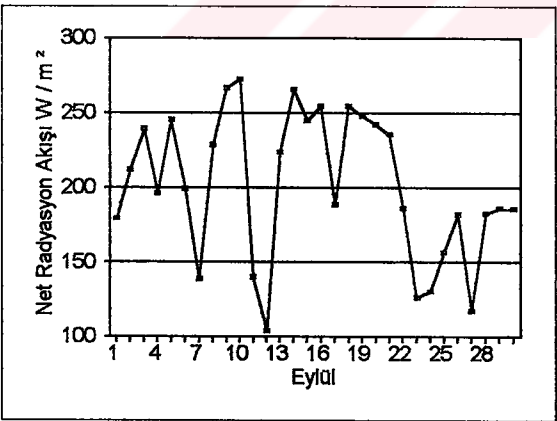
(b)



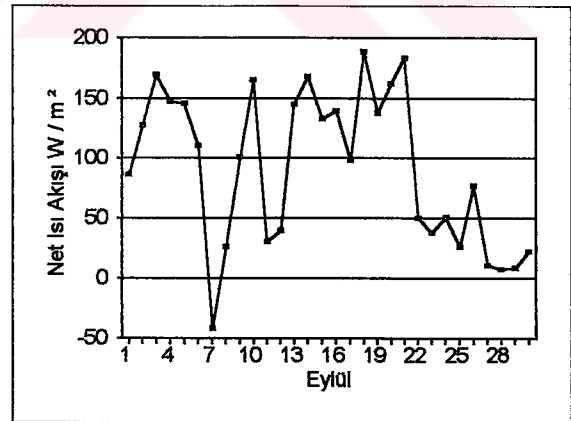
(c)



(d)

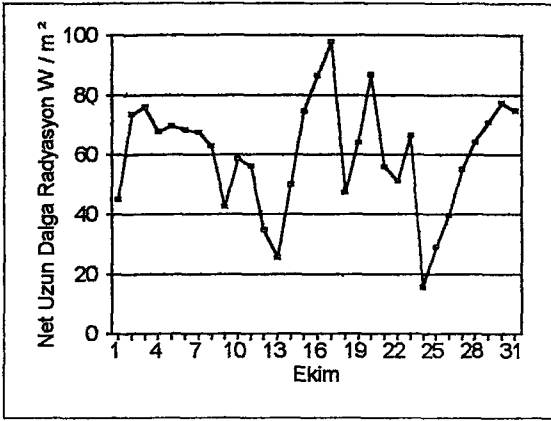


(e)

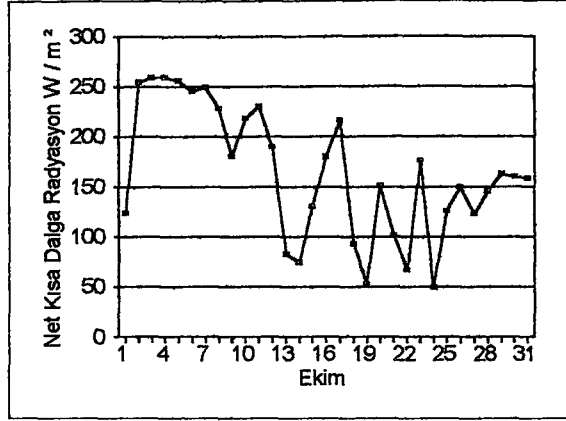


(f)

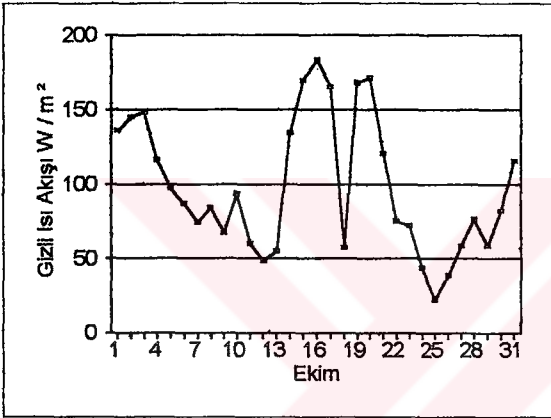
Ek Şekil 9. 1994 yılı Eylül ayı ısı ve radyasyon dengesi elemanları; (a) net kısa dalga radyasyon, (b) net uzun dalga radyasyon, (c) gizli ısı akışı, (d) hissedilir ısı akışı, (e) net radyasyon, (f) net ısı akışı.



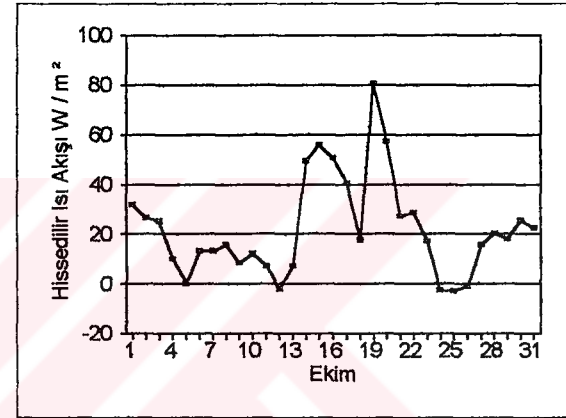
(a)



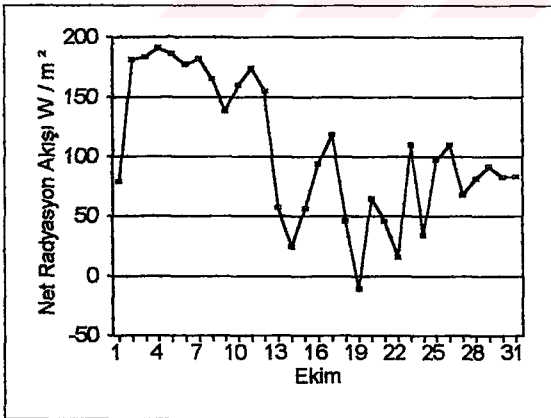
(b)



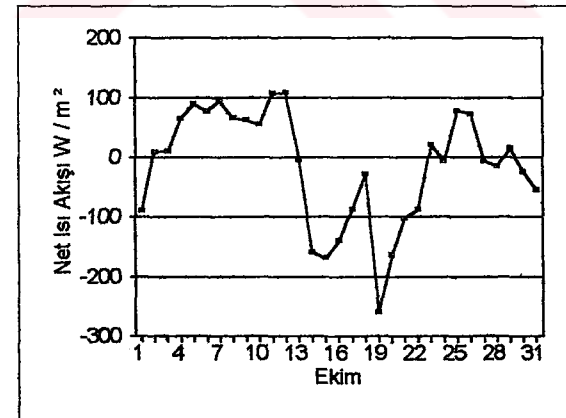
(c)



(d)

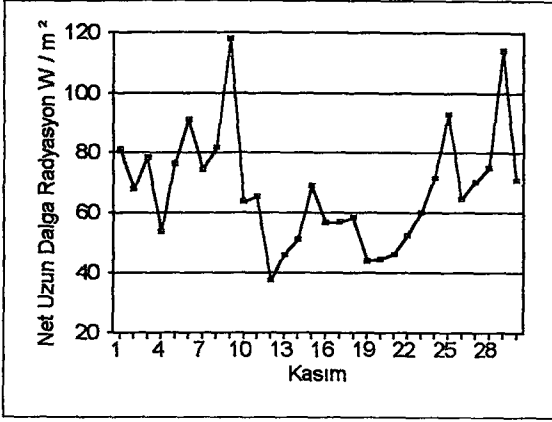


(e)

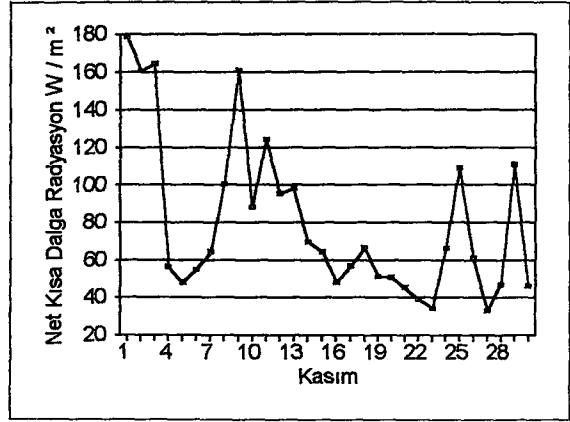


(f)

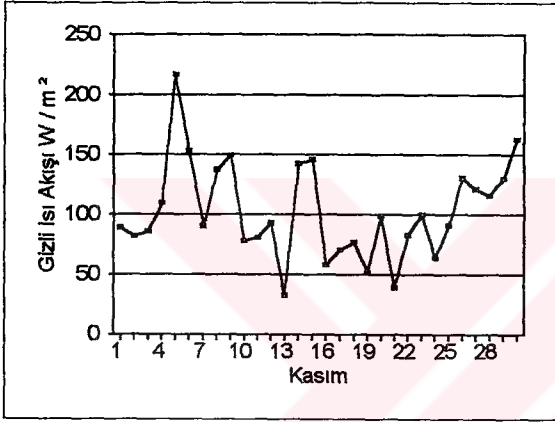
Ek Şekil 10. 1994 yılı Ekim ayı ısı ve radyasyon dengesi elemanları; (a) net kısa dalga radyasyon, (b) net uzun dalga radyasyon, (c) gizli ısı akışı, (d) hissedilir ısı akışı, (e) net radyasyon, (f) net ısı akışı.



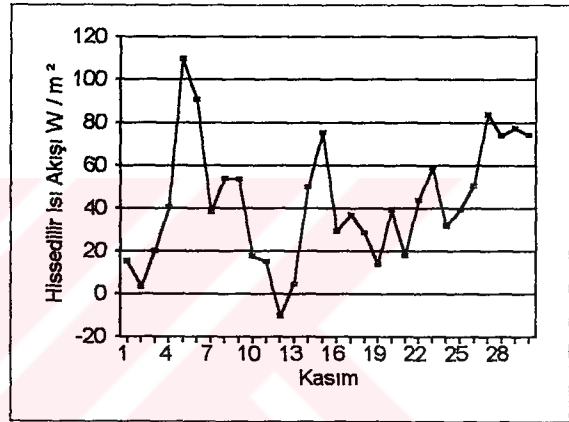
(a)



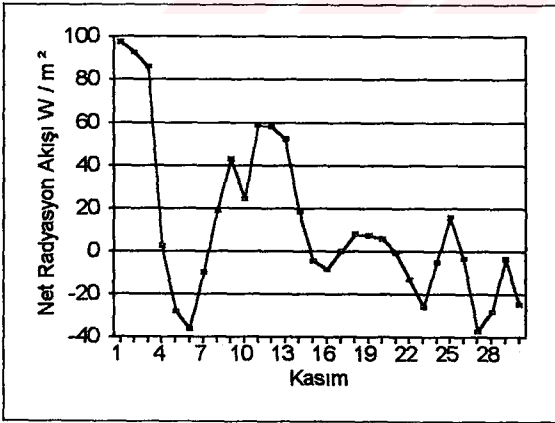
(b)



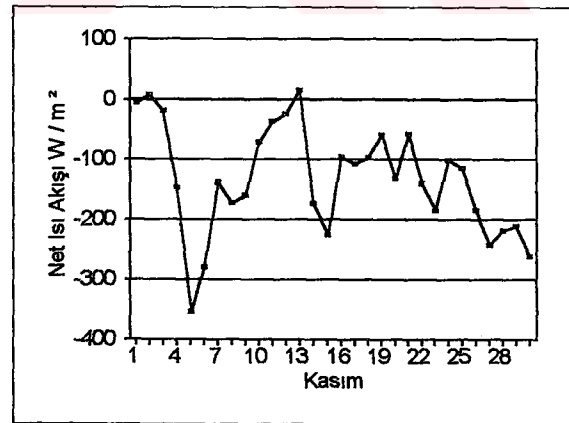
(c)



(d)

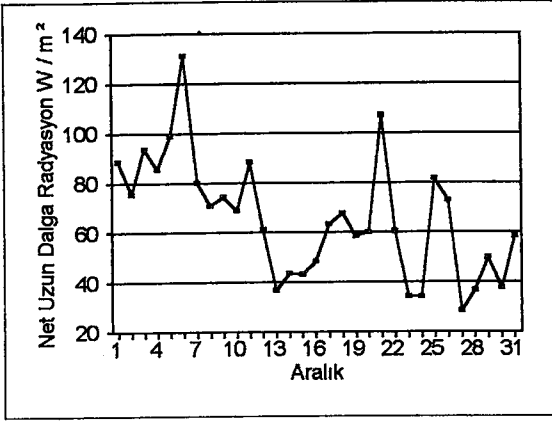


(e)

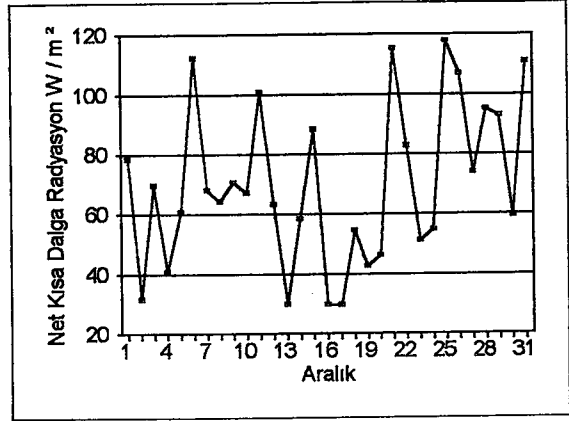


(f)

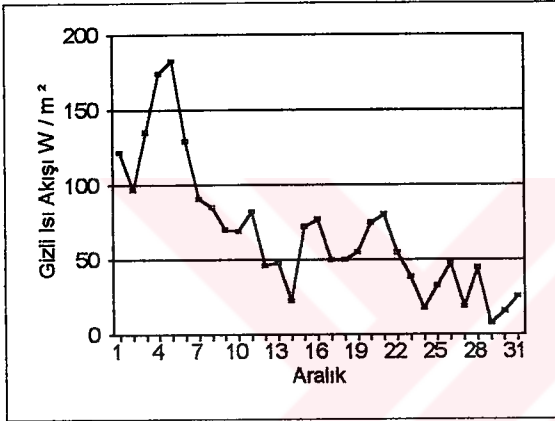
Ek Şekil 11. 1994 yılı Kasım ayı ısı ve radyasyon dengesi elemanları; (a) net kısa dalga radyasyon, (b) net uzun dalga radyasyon, (c) gizli ısı akışı, (d) hissedilir ısı akışı, (e) net radyasyon , (f) net ısı akışı.



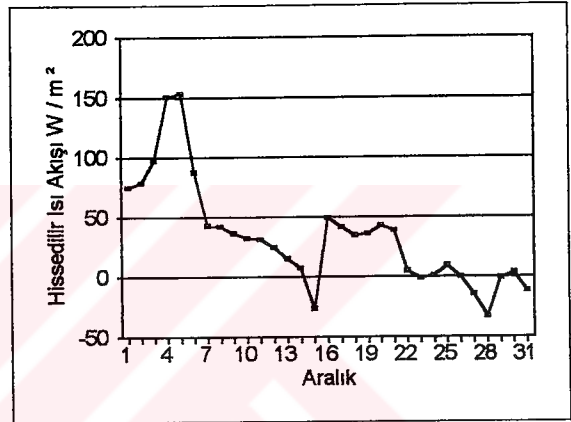
(a)



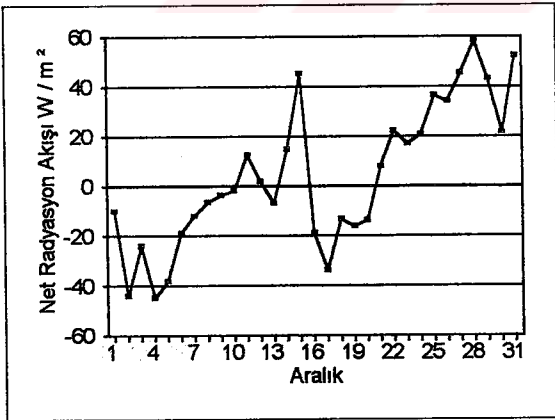
(b)



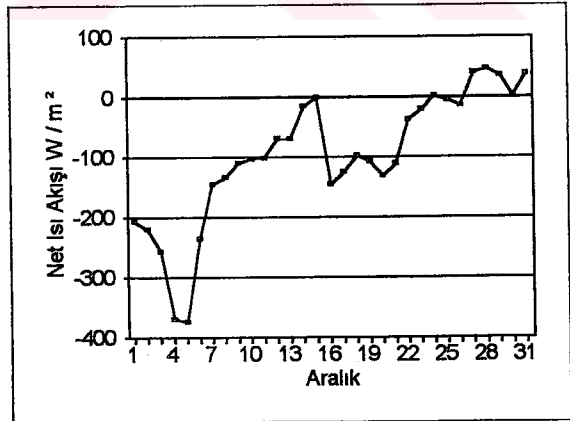
(c)



(d)



(e)



(f)

Ek Şekil 12. 1994 yılı Aralık ayı ısı ve radyasyon dengesi elemanları; (a) net kısa dalga radyasyon, (b) net uzun dalga radyasyon, (c) gizli ısı akışı, (d) hissedilir ısı akışı, (e) net radyasyon , (f) net ısı akışı.

Ek 3. Trabzon İli 1994 Yılı İçin Bazı Meteorolojik Elemanların Günlük Ortalama Değerleri [47].

Ek Tablo 1. Ocak ayı için günlük ortalama meteorolojik verileri.

Tarih	Hava Sıcaklığı (°C)	Deniz suyu sıcaklığı (°C)	Bulutluluk Miktarı (0 - 10)	Rüzgar Hızı (m / s)	Nisbi Nem (%)	Basınç (mb)
1	8.8	9.6	7.0	2.0	78.3	1012.6
2	10.7	9.6	6.0	0.7	88.7	1000.7
3	12.0	9.4	6.3	0.7	76.0	1003.0
4	8.3	9.0	9.3	9.4	83.3	1010.1
5	6.7	9.0	3.7	2.5	73.3	1020.7
6	9.5	8.8	6.0	0.8	50.7	1018.0
7	9.4	8.7	0.0	1.6	54.7	1020.3
8	10.6	8.6	0.7	0.8	54.7	1021.2
9	10.2	8.6	0.0	0.7	58.3	1019.2
10	9.8	8.5	0.0	1.0	65.0	1013.2
11	16.0	8.5	3.0	1.7	29.7	1009.3
12	12.0	8.4	4.3	1.3	63.3	1016.3
13	10.0	8.4	0.0	0.8	73.3	1018.1
14	8.3	8.3	3.7	1.9	79.7	1014.7
15	7.8	8.3	9.3	1.6	89.3	1003.8
16	8.4	8.2	9.7	1.5	86.0	1005.9
17	8.0	8.1	2.7	2.0	79.7	1018.8
18	11.9	8.0	2.0	2.6	53.0	1024.6
19	11.0	8.0	6.7	5.2	69.0	1018.6
20	5.9	7.9	10.0	6.1	78.0	1022.0
21	5.3	7.8	7.7	2.0	73.3	1017.6
22	5.4	7.8	9.0	5.4	82.7	1015.2
23	4.9	7.7	8.0	3.1	64.7	1023.5
24	5.1	7.6	0.0	2.0	64.0	1014.0
25	6.8	7.5	3.0	2.7	54.3	1011.1
26	9.0	7.5	6.7	3.9	68.7	1010.6
27	11.2	7.5	4.3	0.9	47.7	1011.5
28	10.1	7.5	5.7	1.1	76.3	1011.4
29	15.5	7.5	5.7	1.5	38.0	999.5
30	9.0	7.5	8.7	3.1	84.7	1002.7
31	3.6	7.3	10.0	3.9	89.7	1009.3
Ortalama	9.07	8.22	5.3	2.26	68.54	1013.46

Ek Tablo 2. Şubat ayı için günlük ortalama meteorolojik verileri.

Tarih	Hava Sıcaklığı (°C)	Deniz suyu sıcaklığı (°C)	Bulutluluk Miktarı (0 - 10)	Rüzgar Hızı (m / s)	Nisbi Nem (%)	Basınç (mb)
1	4.2	7.3	8.7	2.5	84.0	1011.4
2	4.7	7.3	8.0	4.2	71.0	1017.5
3	5.2	7.3	2.7	3.1	51.3	1018.3
4	8.5	7.2	0.3	3.5	48.3	1012.0
5	8.47	7.2	9.3	1.7	79.0	1019.9
6	3.9	7.1	9.7	1.4	87.3	1023.0
7	6.5	7.0	4.7	2.1	73.7	1013.3
8	8.8	7.0	9.7	1.6	81.7	1007.0
9	5.2	6.8	5.7	8.3	65.7	1018.6
10	3.5	6.8	1.7	3.0	59.0	1016.1
11	5.2	6.8	8.0	2.9	79.3	1006.0
12	5.5	6.8	9.7	1.4	85.7	1008.0
13	3.6	6.7	9.3	7.4	78.0	1011.9
14	2.3	6.7	8.3	6.7	53.7	1022.0
15	3.2	6.5	8.0	2.5	62.3	1018.4
16	2.8	6.4	10.0	3.7	81.3	1021.0
17	3.8	6.3	9.0	2.2	71.3	1032.2
18	4.1	6.3	0.0	3.1	61.3	1030.0
19	6.0	6.2	3.0	1.3	65.7	1019.8
20	9.0	6.2	4.0	0.9	56.3	1012.6
21	8.9	6.0	7.0	1.0	53.7	1009.8
22	7.8	6.0	8.0	1.9	84.7	1010.8
23	5.8	6.0	10.0	3.3	87.3	1015.9
24	6.7	6.0	0.3	2.1	77.7	1016.1
25	14.4	6.0	3.3	3.4	30.3	1011.6
26	11.7	6.0	6.0	3.6	58.3	1009.0
27	5.7	6.0	9.7	4.3	89.3	1022.6
28	5.8	6.0	1.0	2.5	79.0	1022.0
Ortalama	6.10	6.56	6.2	2.89	69.86	1016.29

Ek Tablo 3. Mart ayı için günlük ortalama meteorolojik verileri.

Tarih	Hava Sıcaklığı (°C)	Deniz suyu sıcaklığı (°C)	Bulutluluk Miktarı (0 - 10)	Rüzgar Hızı (m / s)	Nisbi Nem (%)	Basınç (mb)
1	9.0	6.0	0.0	1.3	68.7	1017.9
2	12.6	6.0	1.0	2.1	57.3	1019.7
3	12.1	6.0	8.0	1.8	67.0	1013.6
4	9.6	6.0	7.7	1.8	82.0	1013.7
5	7.6	6.0	10.0	1.8	93.0	1011.1
6	5.8	6.0	9.3	5.1	76.0	1008.5
7	4.7	6.0	8.0	6.7	72.7	1016.6
8	4.9	6.0	1.3	1.9	68.3	1017.6
9	5.4	5.8	0.0	2.4	61.7	1016.8
10	6.0	5.8	4.3	1.9	73.0	1019.0
11	4.6	5.8	9.0	1.8	91.0	1017.0
12	5.0	5.8	8.0	2.9	77.7	1014.0
13	5.1	5.6	9.0	2.3	89.0	1016.4
14	5.9	5.5	2.3	1.5	82.3	1011.8
15	9.0	5.5	4.7	2.8	57.0	1013.9
16	12.1	5.5	4.7	4.5	53.0	1012.7
17	13.8	5.5	5.7	3.8	64.7	1010.7
18	12.8	5.5	5.0	1.4	70.3	1010.6
19	7.0	5.5	9.3	3.9	90.3	1018.1
20	6.6	5.5	1.0	1.6	82.7	1016.1
21	10.1	5.5	3.0	1.4	74.0	1011.7
22	9.0	5.5	1.7	1.9	79.0	1019.3
23	7.5	5.6	6.3	6.8	67.3	1019.5
24	4.9	5.6	8.7	1.2	75.7	1024.2
25	9.3	5.6	4.0	1.3	62.0	1014.9
26	13.7	5.7	3.0	1.1	53.3	1012.8
27	16.6	5.8	1.3	2.1	49.0	1009.3
28	10.6	5.9	9.0	2.4	86.3	1011.2
29	9.4	6.6	8.7	3.2	86.0	1012.4
30	6.6	6.6	9.7	3.1	82.0	1021.2
31	6.8	6.6	9.0	1.1	78.7	1020.4
Ortalama	8.5	5.81	5.5	2.54	73.24	1015.24

Ek Tablo 4. Nisan ayı için günlük ortalama meteorolojik verileri.

Tarih	Hava Sıcaklığı (°C)	Deniz suyu sıcaklığı (°C)	Bulutluluk Miktarı (0 - 10)	Rüzgar Hızı (m / s)	Nisbi Nem (%)	Basınç (mb)
1	6.5	6.6	9.0	1.4	85.7	1014.0
2	7.5	6.6	0.7	1.8	77.3	1011.1
3	8.9	6.6	0.0	1.2	85.7	1011.5
4	10.9	6.8	0.3	1.2	74.3	1019.6
5	14.6	6.8	1.0	1.2	59.3	1013.7
6	19.0	7.0	2.7	1.5	55.7	1004.4
7	15.1	7.0	1.7	1.6	69.0	1006.2
8	14.5	7.2	5.7	2.1	65.0	1007.6
9	12.4	7.4	2.7	1.7	74.7	1011.1
10	14.2	7.6	3.7	3.7	71.7	1010.9
11	14.6	7.8	0.7	1.1	74.3	1015.1
12	13.1	8.0	1.0	0.8	84.7	1017.2
13	14.9	8.2	0.7	1.4	66.3	1014.0
14	15.2	8.4	0.0	1.1	69.7	1011.0
15	15.2	8.4	0.0	1.7	65.7	1014.8
16	12.8	8.4	8.3	1.5	85.0	1015.6
17	14.4	8.6	2.7	1.5	74.3	1013.2
18	20.1	8.8	3.7	1.5	58.0	1006.3
19	26.2	8.8	3.7	2.8	38.7	1005.5
20	26.0	9.0	7.7	4.0	43.7	1004.0
21	16.8	9.3	4.3	2.9	81.7	1003.2
22	15.6	9.5	4.7	2.1	82.0	1004.2
23	14.2	9.7	7.0	1.7	84.0	998.1
24	12.7	9.7	9.0	2.4	86.7	1008.0
25	12.6	9.7	9.3	1.6	86.3	1012.5
26	12.8	10.0	8.3	1.0	91.0	1013.3
27	12.9	10.0	7.0	1.0	87.7	1014.6
28	13.4	10.0	9.0	0.7	86.0	1016.3
29	12.5	10.0	9.0	1.5	90.0	1014.2
30	12.6	10.3	9.0	2.6	81.3	1008.2
Ortalama	14.4	8.4	4.4	1.74	74.51	1010.64

Ek Tablo 5. Mayıs ayı için günlük ortalama meteorolojik verileri.

Tarih	Hava Sıcaklığı (°C)	Deniz suyu sıcaklığı (°C)	Bulutluluk Miktarı (0 - 10)	Rüzgar Hızı (m / s)	Nisbi Nem (%)	Basınç (mb)
1	12.8	10.5	7.0	1.3	82.3	1008.1
2	11.6	10.6	8.0	1.2	85.3	1008.4
3	13.9	10.6	5.7	2.7	74.7	1010.0
4	11.0	11.0	9.0	4.4	70.7	1013.0
5	11.1	11.0	6.0	1.9	77.0	1011.5
6	12.2	11.2	1.3	2.5	69.3	1013.3
7	14.1	11.4	1.7	1.5	72.3	1007.6
8	16.0	11.7	7.3	2.9	67.7	1004.4
9	13.4	11.7	7.0	1.2	86.3	1009.1
10	13.5	11.6	7.3	2.0	92.3	1010.5
11	14.4	11.8	7.3	2.4	89.0	1006.5
12	15.7	12.0	6.7	1.6	72.7	1002.3
13	13.5	12.3	8.7	0.7	82.0	1012.9
14	15.1	12.5	2.7	1.6	65.0	1016.3
15	14.2	12.7	3.7	1.8	76.7	1018.7
16	13.6	12.9	1.7	2.3	83.3	1018.0
17	16.8	13.0	0.0	1.6	60.0	1016.0
18	18.0	13.2	0.0	1.3	73.7	1015.1
19	20.6	13.5	0.0	1.6	62.0	1010.9
20	25.7	13.6	1.7	2.6	39.7	1005.7
21	21.4	13.7	4.7	2.8	60.7	1010.1
22	20.8	14.0	2.3	1.1	67.7	1014.3
23	19.2	14.3	4.0	1.8	81.0	1015.2
24	18.5	14.4	1.3	2.4	91.3	1011.5
25	19.8	14.5	0.7	1.6	86.3	1008.6
26	21.2	14.6	1.3	1.9	78.7	1005.9
27	20.5	14.7	2.3	1.9	79.7	1004.2
28	21.0	14.9	3.3	2.9	78.3	1002.3
29	17.9	14.9	7.7	3.2	86.3	1013.6
30	18.4	15.1	7.3	1.4	74.3	1013.4
31	19.6	15.2	5.3	1.7	82.0	1007.7
Ortalama	16.62	12.87	4.2	1.99	75.75	1010.48

Ek Tablo 6. Haziran ayı için günlük ortalama meteorolojik verileri.

Tarih	Hava Sıcaklığı (°C)	Deniz suyu sıcaklığı (°C)	Bulutluluk Miktarı (0 - 10)	Rüzgar Hızı (m / s)	Nisbi Nem (%)	Basınç (mb)
1	17.1	15.3	9.3	2.2	84.7	1007.4
2	13.7	15.5	9.0	2.0	82.0	1010.8
3	15.7	15.7	4.9	2.4	68.0	1014.4
4	17.1	15.8	1.0	3.1	65.3	1011.9
5	20.2	16.2	0.3	1.6	57.7	1001.9
6	27.5	16.4	2.3	3.8	46.7	994.5
7	21.0	16.6	3.0	1.9	82.0	1006.0
8	19.9	16.9	3.7	1.4	79.7	1007.6
9	18.3	17.0	6.3	2.8	90.3	1007.9
10	19.8	17.4	2.3	2.5	79.0	1011.0
11	20.5	17.2	1.3	2.5	79.0	1010.4
12	21.5	17.4	0.0	1.8	77.0	1011.4
13	20.6	17.6	5.7	2.1	80.7	1013.8
14	21.0	17.6	3.0	3.3	75.3	1008.6
15	22.7	17.8	1.0	2.1	81.3	1000.6
16	19.3	17.8	8.7	3.0	80.7	1004.7
17	19.6	17.9	5.7	2.0	73.3	1010.7
18	20.6	18.0	0.7	2.0	68.0	1012.4
19	19.4	18.1	4.3	4.1	67.0	1013.2
20	20.5	18.3	1.0	2.5	68.7	1013.4
21	21.2	18.4	2.7	2.2	69.3	1008.1
22	21.6	18.6	1.7	2.2	67.3	1009.3
23	20.9	18.8	7.7	2.9	69.3	1011.3
24	20.0	18.9	7.7	4.3	73.3	1008.5
25	19.4	19.0	9.0	3.9	71.0	1012.2
26	19.6	19.2	4.3	3.7	60.7	1015.9
27	18.5	19.3	4.7	4.6	70.3	1015.0
28	20.9	19.4	1.0	5.1	70.3	1012.6
29	21.3	19.5	2.3	1.5	66.3	1010.6
30	21.1	19.6	3.3	3.6	67.7	1010.3
Ortalama	20.00	17.62	3.9	2.73	72.99	1009.48

Ek Tablo 7. Temmuz ayı için günlük ortalama meteorolojik verileri.

Tarih	Hava Sıcaklığı (°C)	Deniz suyu sıcaklığı (°C)	Bulutluluk Miktarı (0 - 10)	Rüzgar Hızı (m / s)	Nisbi Nem (%)	Basınç (mb)
1	21.6	19.8	0.0	1.9	56.7	1011.2
2	22.6	20.0	3.0	2.0	66.0	1008.9
3	23.0	20.2	3.0	1.9	75.0	1009.0
4	20.6	20.3	7.0	3.0	79.0	1010.4
5	21.3	20.4	0.7	3.1	63.3	1009.9
6	23.1	20.5	3.3	2.1	69.0	1008.5
7	23.2	20.7	2.3	2.1	70.7	1007.6
8	23.6	20.7	0.3	1.5	68.0	1008.6
9	23.6	20.8	0.0	2.2	66.0	1009.4
10	24.0	21.0	0.0	2.2	66.3	1004.5
11	24.6	21.0	8.0	1.3	66.3	1002.6
12	24.9	21.4	1.3	1.5	75.3	1003.7
13	24.6	21.6	8.0	2.8	83.0	1004.2
14	24.6	21.7	8.3	2.2	80.0	1005.1
15	23.9	22.0	8.7	2.1	82.3	1003.3
16	24.6	22.0	6.3	2.9	77.7	1002.2
17	23.8	22.2	8.7	2.4	83.3	1003.9
18	22.8	22.2	8.0	2.0	84.7	1003.2
19	22.8	22.3	8.3	3.2	77.0	1003.7
20	23.9	22.4	5.3	2.6	61.7	1005.2
21	23.4	22.4	0.7	1.7	78.7	1008.2
22	23.6	22.5	0.7	2.1	78.0	1009.1
23	23.4	22.5	7.0	1.8	78.0	1008.7
24	23.4	22.5	8.0	1.5	75.7	1008.7
25	23.5	22.5	5.0	2.1	66.3	1010.0
26	22.9	22.5	4.0	3.1	67.3	1009.6
27	23.4	22.5	7.0	1.8	67.0	1007.9
28	24.4	22.6	4.7	1.2	74.7	1005.9
29	23.9	22.6	6.0	2.1	79.0	1004.6
30	23.0	22.6	4.0	2.2	65.0	1004.8
31	23.4	22.9	4.3	2.7	74.7	1003.4
Ortalama	23.39	21.65	4.5	2.17	72.76	1006.65

Ek Tablo 8. Ağustos ayı için günlük ortalama meteorolojik verileri.

Tarih	Hava Sıcaklığı (°C)	Deniz suyu sıcaklığı (°C)	Bulutluluk Miktarı (0 - 10)	Rüzgar Hızı (m / s)	Nisbi Nem (%)	Basınç (mb)
1	22.6,	23.0	8.0	3.2	72.7	1001.9
2	22.4	23.0	7.3	2.2	75.0	1005.2
3	23.4	23.0	4.7	4.1	64.3	1007.6
4	23.3	23.2	3.3	2.4	74.7	1009.4
5	23.6	23.2	2.3	2.5	75.7	1009.7
6	23.8	23.3	3.3	2.4	72.0	1009.8
7	23.9	23.5	7.7	1.8	77.7	1009.1
8	23.6	23.5	8.7	2.6	81.0	1009.6
9	24.5	23.5	4.0	1.3	75.0	1007.5
10	23.8	23.5	4.7	2.3	77.0	1005.9
11	23.8	23.6	0.3	2.5	66.3	1008.3
12	24.2	23.6	0.0	1.4	62.3	1008.0
13	24.7	23.8	0.0	1.5	70.3	1004.6
14	24.8	24.0	1.3	2.0	75.0	1011.3
15	24.2	24.0	2.3	2.1	76.3	1012.6
16	24.8	24.0	3.7	4.5	73.3	1011.1
17	19.6	24.0	9.0	3.6	83.0	1011.8
18	21.7	24.2	4.7	3.5	65.3	1009.9
19	22.0	24.0	0.3	2.5	65.0	1005.2
20	23.4	24.0	2.0	2.1	68.3	1008.4
21	22.9	24.0	6.7	2.6	72.0	1012.8
22	24.0	24.0	6.3	1.7	72.0	1014.1
23	21.9	24.2	7.7	2.7	76.3	1013.1
24	22.8	24.2	5.7	2.5	66.3	1010.2
25	22.4	24.2	2.0	2.5	70.0	1008.6
26	22.8	24.3	0.3	2.3	70.0	1005.0
27	24.9	24.4	0.7	1.7	68.0	999.7
28	21.8	24.6	8.0	3.3	78.3	1002.3
29	22.4	24.6	7.3	2.3	84.3	1006.3
30	21.3	24.8	6.7	1.9	89.3	1009.6
31	22.6	24.8	5.3	2.9	80.0	1011.5
Ortalama	23.19	23.87	4.3	2.48	73.45	1008.39

Ek Tablo 9. Eylül ayı için günlük ortalama meteorolojik verileri.

Tarih	Hava Sıcaklığı (°C)	Deniz suyu sıcaklığı (°C)	Bulutluluk Miktarı (0 - 10)	Rüzgar Hızı (m / s)	Nisbi Nem (%)	Basınç (mb)
1	23.5	24.8	6.7	2.5	79.3	1010.9
2	23.1	24.8	5.3	1.9	79.3	1010.0
3	23.8	24.8	4.3	2.0	81.3	1008.5
4	24.9	24.8	6.3	1.8	80.0	1007.8
5	24.1	25.0	3.7	2.7	76.3	1008.5
6	24.2	25.0	5.7	2.3	76.0	1008.5
7	20.4	25.0	7.0	3.3	83.3	1009.5
8	21.8	25.0	3.0	3.7	70.3	1014.5
9	21.8	25.0	0.0	3.1	75.0	1012.2
10	22.4	25.0	0.0	2.2	80.7	1007.5
11	23.0	25.0	7.3	2.5	79.0	1009.3
12	23.8	25.0	8.7	1.6	81.0	1015.3
13	23.6	25.0	3.7	2.1	81.7	1016.1
14	23.2	24.9	0.0	2.3	78.7	1011.8
15	23.9	24.9	1.3	2.3	75.7	1009.4
16	23.2	24.8	0.0	2.3	71.7	1006.9
17	23.6	24.6	5.0	2.4	77.0	1010.7
18	24.7	24.6	1.0	1.9	74.0	1009.5
19	24.2	24.6	0.0	2.2	64.0	1007.1
20	24.7	24.4	1.3	2.1	69.0	1003.5
21	27.2	24.4	3.0	2.3	64.3	1006.1
22	23.4	24.4	4.3	3.6	71.7	1014.7
23	23.4	24.3	7.3	2.8	79.3	1017.3
24	23.2	24.3	7.0	2.3	80.0	1015.3
25	22.7	24.2	5.3	2.9	70.7	1014.0
26	22.0	24.1	3.7	2.8	82.3	1012.8
27	20.8	24.0	6.7	2.2	83.3	1012.3
28	20.8	24.0	2.3	3.7	75.7	1014.0
29	20.5	23.8	1.3	3.4	71.7	1017.4
30	20.6	23.7	1.3	3.3	73.7	1016.0
Ortalama	23.05	24.6	3.7	2.55	76.2	1011.25

Ek Tablo 10. Ekim ayı için günlük ortalama meteorolojik verileri.

Tarih	Hava Sıcaklığı ₁ (°C)	Deniz suyu sıcaklığı (°C)	Bulutluluk Miktarı (0 - 10)	Rüzgar Hızı (m / s)	Nisbi Nem (%)	Basınç (mb)
1	20.0	23.6	8.0	4.0	82.7	1015.9
2	20.3	23.5	1.0	3.6	74.3	1016.4
3	20.4	23.4	0.3	3.7	73.0	1015.0
4	21.8	23.2	0.0	2.9	69.0	1010.5
5	23.0	23.0	0.0	1.6	53.7	1009.5
6	20.6	22.9	0.7	2.1	75.3	1011.5
7	20.5	22.8	0.0	2.1	81.0	1012.1
8	20.3	22.8	1.7	2.4	80.7	1014.0
9	21.3	22.6	4.7	2.5	82.0	1013.8
10	20.8	22.5	2.0	2.9	76.7	1017.3
11	21.3	22.5	0.7	2.2	82.0	1014.8
12	22.6	22.3	3.7	2.6	81.0	1014.6
13	21.1	22.2	9.0	2.5	85.3	1011.9
14	16.7	22.0	9.3	4.3	90.7	1014.5
15	15.0	21.9	6.7	3.5	75.3	1020.5
16	15.8	21.8	3.7	3.7	67.7	1014.3
17	16.5	21.6	0.3	3.4	67.0	1006.4
18	17.4	21.4	8.3	1.4	86.7	1005.9
19	12.8	21.2	10.0	4.5	94.7	1018.0
20	13.8	21.0	5.0	3.4	69.7	1020.4
21	16.7	20.8	7.7	2.6	67.7	1015.6
22	15.2	20.5	9.3	1.9	88.0	1016.1
23	17.4	20.3	2.7	2.2	80.7	1013.9
24	20.4	20.0	10.0	2.5	79.3	1010.7
25	21.0	20.0	6.0	0.7	73.0	1008.0
26	20.2	20.0	4.3	1.7	77.7	1008.8
27	16.7	20.0	6.0	1.6	81.7	1016.7
28	16.4	19.8	4.3	2.2	79.3	1019.2
29	16.0	19.6	2.7	1.7	84.0	1019.1
30	15.2	19.5	2.7	2.2	80.0	1012.1
31	16.4	19.4	2.7	3.1	67.3	1014.9
Ortalama	18.5	21.55	4.3	2.63	77.65	1013.94

Ek Tablo 11. Kasım ayı için günlük ortalama meteorolojik verileri.

Tarih	Hava Sıcaklığı (°C)	Deniz suyu sıcaklığı (°C)	Bulutluluk Miktarı (0 - 10)	Rüzgar Hızı (m / s)	Nisbi Nem (%)	Basınç (mb)
1	17.0	19.3	0.0	2.6	70.7	1018.5
2	18.5	19.1	2.0	1.9	57.3	1016.8
3	15.9	18.9	1.3	2.6	74.7	1016.0
4	13.4	18.8	9.3	3.1	79.7	1019.4
5	8.5	18.6	9.7	5.4	77.0	1021.2
6	5.4	18.4	9.3	2.8	79.7	1013.5
7	9.7	18.0	8.7	1.5	67.0	1011.6
8	10.8	18.0	6.3	3.1	67.3	1020.6
9	10.9	17.9	0.0	3.2	60.3	1019.9
10	13.8	17.8	7.0	1.4	56.0	1016.1
11	15.4	17.8	4.0	2.4	69.0	1015.4
12	19.0	17.4	6.3	2.5	48.0	1009.8
13	16.0	17.2	6.0	1.1	77.0	1007.6
14	13.2	17.0	8.0	7.2	82.0	1008.5
15	9.4	16.8	8.3	4.9	83.7	1017.4
16	10.5	16.6	9.3	1.6	87.7	1012.9
17	10.8	16.5	8.7	2.5	91.0	1011.0
18	11.6	16.4	8.0	2.2	75.7	1009.8
19	13.2	16.2	9.0	1.5	73.7	1003.3
20	12.3	15.8	9.0	5.7	86.0	1009.5
21	11.5	15.6	9.3	1.4	88.3	1012.7
22	9.8	15.4	9.7	3.3	87.7	1013.3
23	7.7	15.1	10.0	3.4	86.0	1017.4
24	8.0	14.9	7.7	1.5	73.3	1022.4
25	8.3	14.7	3.7	2.3	65.0	1012.8
26	9.0	14.5	8.0	4.2	64.3	1005.1
27	4.9	14.5	10.0	3.9	87.3	1011.3
28	5.0	14.3	9.0	3.4	78.7	1017.9
29	4.2	14.1	3.0	3.3	63.7	1019.2
30	6.2	13.8	9.0	4.6	52.7	1011.7
Ortalama	10.99	16.64	6.9	3.01	73.67	1014.08

Ek Tablo 12. Aralık ayı için günlük ortalama meteorolojik verileri.

Tarih	Hava Sıcaklığı (°C)	Deniz suyu sıcaklığı (°C)	Bulutluluk Miktarı (0 - 10)	Rüzgar Hızı (m / s)	Nisbi Nem (%)	Basınç (mb)
1	4.9	13.8	6.3	3.7	74.3	1015.0
2	2.4	13.4	10.0	2.9	92.0	1013.4
3	2.2	13.2	7.0	4.0	74.7	1014.1
4	0.5	13.0	9.3	6.3	89.7	1011.7
5	-0.6	12.7	7.7	5.9	75.3	1020.5
6	0.7	12.4	2.0	3.1	48.0	1028.1
7	5.2	12.2	7.0	2.3	51.0	1025.5
8	6.0	12.0	7.3	2.8	65.0	1020.5
9	5.7	11.8	6.7	2.2	67.0	1023.7
10	6.3	11.6	7.0	2.3	66.0	1022.7
11	6.9	11.4	3.3	2.8	58.3	1019.7
12	6.6	11.2	7.3	1.9	79.7	1016.0
13	8.6	11.0	10.0	2.4	73.7	1009.6
14	9.1	10.8	7.7	1.4	83.3	1011.5
15	14.1	10.8	4.7	3.4	43.7	1009.2
16	5.6	10.6	10.0	4.7	85.3	1013.5
17	2.0	10.3	10.0	1.7	86.3	1017.5
18	3.5	10.2	8.0	1.8	79.3	1016.0
19	4.3	10.2	9.0	2.3	80.0	1014.5
20	4.4	10.0	8.7	3.2	70.3	1022.1
21	4.6	9.9	0.7	3.0	59.0	1025.6
22	8.9	9.8	5.3	2.1	51.7	1019.8
23	10.0	9.8	8.3	2.2	64.0	1021.0
24	9.4	9.6	8.0	2.3	85.3	1027.3
25	8.1	9.5	0.3	2.6	80.3	1024.3
26	9.4	9.4	2.3	2.1	53.7	1019.3
27	12.7	9.4	6.3	1.4	61.3	1010.0
28	14.9	9.2	4.0	2.1	38.7	1010.2
29	9.2	9.0	4.3	1.4	88.7	1019.4
30	8.4	9.0	7.7	2.0	87.7	1017.0
31	11.1	9.0	2.0	2.0	64.3	1010.5
Ortalama	6.61	10.84	6.3	2.71	70.24	1017.71

9. ÖZGEÇMİŞ

Mustafa Bahar, 1967 yılında Trabzon' da doğdu. İlkokulu İskenderun Mithat Paşa İlkokulunda, Ortaokulu Trabzon Zehra Kitapcıoğlu Ortaokulunda tamamladı. 1984 yılında Trabzon Endüstri Meslek Lisesinden Elektrik Teknisyeni ünvanı ile mezun oldu. 1985 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Yüksek okulunu kazandı. 1989 yılında Balıkçılık Teknolojisi Mühendisi ünvanı ile mezun oldu. 1990 yılında kısa dönem askerlik eğitimini önce Denizli' de daha sonra Manisa' da tamamladı. 1993 yılında K. T. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı' nda yüksek lisans öğrenimine başladı. Mayıs 1994' de Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesine Araştırma Görevlisi olarak atandı. Halen bu görevine devam etmektedir.

ÖZET

Trabzon Kıyılarında Radyasyon ve Isı Dengesinin Tespiti

Bu çalışmada 41° 00' N enlemi ve 39° 43' E boylamında bulunan Trabzon ve civarında deniz yüzeyi ile atmosfer arasında ısı geçişi ve deniz yüzeyinde radyasyon dengesinin 1994 yılı içinde nasıl bir değişim gösterdiği incelenmiştir. Değişimlerin belirlenmesi için net uzun dalga radyasyon, net kısa dalga radyasyon, gizli ısı akışı ve hissedilir ısı akışlarının günlük, aylık, mevsimsel ve yıllık ortalamaları elde edilmiştir. Radyasyon ve ısı dengesinin belirlenmesi için radyasyon ve ısı kanunları kullanılmıştır. Hesaplamalar için Trabzon Meteoroloji İstasyonundan günlük ortalamalar şeklinde alınan meteorolojik elemanlar kullanılmıştır.

Trabzon ve civarında 1994 yılı için yapılan hesaplamalar neticesinde deniz yüzeyinde radyasyon dengesinin 167.84 W/m² olduğu belirlenmiştir. 1994 yılında atmosferden deniz suyuna 117.84 W/m² lik ısı geçişi hesaplanmıştır. Deniz yüzeyinden atmosfere en fazla ısı geçişi Kasım ayında -133.23 W/m² olduğu ve atmosferden deniz suyuna en fazla ısı geçişinin Mayıs ayında 324.2 W/m² olduğu belirlenmiştir. Deniz ile atmosfer arasında mevsimlere göre ısı geçişi incelendiğinde; deniz suyundan atmosfere en fazla ısı geçişi Sonbahar mevsiminde -84.22 W/m² olduğu ve atmosferden deniz suyuna ısı geçişinin en fazla İlkbahar mevsiminde 302.41 W/m² olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Net uzun dalga radyasyon, net kısa dalga radyasyon, hissedilir ısı akışı, gizli ısı akışı, radyasyon dengesi, ısı dengesi.

SUMMARY

Determination of Radiation and Heat Balance in Trabzon Coasts.

In this study, variation of heat transfer between atmosphere and sea surface layer and radiation balance at the sea surface in 1994 in Trabzon and its surrounding which is located $41^{\circ} 00' N$ and $39^{\circ} 43' E$ was studied. Daily mean, monthly mean, seasonal mean and annual mean of sensible heat flux, latent heat flux, longwave radiation and shortwave radiation were computed to determine the changes. Radiation and heat flux laws were used to determine radiation and heat balances. Daily mean meteorological data obtained from Trabzon Meteorology Office was used for radiation and heat balance computations.

Surface radiation balance on the sea in Trabzon and surroundings in 1994 was determined as 117.84 W/m^2 . In 1994 heat flux from atmosphere to sea surface layer was computed as 117.84 W/m^2 . The maximum heat flux from sea surface to atmosphere was determined as -133.23 W/m^2 in November and maximum heat flux from atmosphere to sea surface was found to be 324.2 W/m^2 in May. When seasonal heat flux was investigated between atmosphere and sea surface layer, maximum heat flux from atmosphere to sea surface was calculated for Spring as 302.41 W/m^2 and maximum heat flux from sea surface layer to atmosphere was computed in Autumn as -84.22 W/m .

Key Words: Net longwave radiation, net shortwave radiation, latent heat flux, sensible heat flux, radiation balance and heat balance.