

VAN GÖLÜ'NÜN SU BÜTÇESİ VE HAVZA İKLİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. Eşref Batur

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 15 Ocak 1996

Tezin Savunulduğu Tarih : 31 Ocak 1996

Tez Danışmanı

: Doç.Dr. Mikdat KADIOĞLU

Diğer Jüri Üyeleri

: Prof.Dr. Zekai ŞEN

: Prof.Dr. Ferruh MÜFTÜOĞLU

OCAK 1996

ÖNSÖZ

Van Gölü'nde 1987-1995 yılları arasında meydana gelen yaklaşık 2 m'lik yükselme, gölün çevresindeki bazı yerleşim alanlarının ve ulaşım yollarının su altında kalmasına sebep olmuştur.

Bu çalışmada, su dengesi metodu ile Van Gölü'nün su bütçesi çıkarılmıştır. Van Gölü ve civarının iklimsel özellikleri ne kadar iyi bilinirse, Göl'ün su seviyesindeki değişimin çevre iklimle ilişkisi o kadar iyi anlaşılır. Genelde göllerdeki su seviyelerindeki değişimler, göllerin havzalarındaki hidrometeorolojik parametrelerdeki değişim ile yakından ilgilidir. Bu yüzden bu çalışmada sıcaklık, yağış, bağıl nem ve rüzgar parametrelerinin Van Gölü Havzasındaki yerel dağılımı incelenerek havzanın iklimi üzerinde de durulmuştur. Ayrıca, tektonik hareketler ve güneş lekeleri ile Van Gölü su seviyesi arasındaki ilişki de incelenmiştir.

Tezimin hazırlanması sırasında yardımlarından dolayı Prof. Dr. Zekai Şen'e ve özellikle tez danışmanım sayın Doc.Dr. Mikdat KADIOĞLU'na, köşesindeki yazılarıyla bize burs imkanın sağlanmasında yardımcı olan sayın Orhan BURSALI'ya, kendi maddi ve teknik imkanlarını bu çalışma için kullanan sayın Asaf-Şahika ERTAN çiftine, yurt arkadaşlarım Nakip Çulğatay ve Uğur Gürbüz'e, Meteoroloji Bölümündeki tüm hocalarıma ve her zaman maddi ve manevi yönden yanımda olan aileme teşekkür ederim.

Eşref BATUR
Ocak, 1996
İstanbul

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
ÖZET.....	iii
SUMMARY.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
BÖLÜM I. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM II. VAN GÖLÜ HAVZASININ İKLİMİ.....	7
2.1. Aylık Ortalama Toplam Yağışlar.....	7
2.2. Aylık Ortalama Sıcaklık.....	12
2.3. Aylık Ortalama Bağıl Nem.....	16
2.4. Aylık Ortalama Rüzgar Şiddeti.....	19
BÖLÜM III. VAN GÖLÜ'NÜN SU BÜTÇESİ.....	22
3.1. Su Dengesi Metodu.....	26
3.2. Van Gölü Üzerine Düşen Yağış.....	29
3.3. Van Gölü Havzasına Düşen Yağış.....	33
3.4. Van Gölü'ne Gelen Akımlar.....	38
3.4.1. Van Gölü Havzası Akış Katsayısı.....	41
3.4.2. Yağış-Akış-Katsayısı Çokgeni (YAKAÇ) diagramları.....	55
3.5. Van Gölü'nden Buharlaşma.....	61
3.5.1. Tava Katsayısının Hesaplanması.....	66
BÖLÜM IV. VAN GÖLÜ SU SEVİYE YÜKSELMESİNİN HAYALİ NEDENLERİ.....	75
4.1. Taban Hareketleri.....	75
4.2. Dünya Dışı (Ekstra-Terrestrial) Nedenler.....	76
BÖLÜM V. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	81
KAYNAKLAR.....	86
EK. Şekiller.....	89
ÖZGEÇMİŞ.....	127

ÖZET

Dünyanın en büyük dördüncü gölü olan Van Gölü'nün su seviyesi 1987 yılından itibaren sürekli olarak yükselmeye başlamış ve 1995 yılında ortalama seviyesinin iki metre kadar üzerine çıkarak 1650 m kotunu aşmıştır. Bu durumda göl çevresindeki arazinin her türlü kullanımı artan bir şekilde engellenmiş, özel-kamuya ait değerler kullanılamaz hale gelmiştir.

Van Gölü'nün ortalama deniz seviyesinden olan yüksekliği 1646 metre iken 3502 km²'lik bir su yüzeyine sahiptir. Bu su seviyesi ile göl, 576 milyar m³ su içermektedir. Göl'ün su girdisi, 12596 km²'lik drenaj alanındaki yüzeysel akış, miktarları bilinmeyen yeraltı suyu ve direkt olarak göl üzerine düşen yağıştan oluşmaktadır. Gölden su çıkışı büyük ölçüde buharlaşma ile olmaktadır. Bu nedenle bu kapalı göldeki su hacmi, havzaya hakim iklim şartlarına karşı oldukça duyarlıdır.

Bu çalışmada, ilk olarak yağış, rüzgar, bağıl nem ve sıcaklık parametrelerinin Van Gölü Havzasındaki yersel dağılımı incelenmiş ve bu parametrelerin su seviyeleri ile ilişkileri üzerinde durulmuştur. Daha sonra, Van Gölü'nün su bütçesi çıkartılarak, Göl'deki seviye yükselmesi açıklanmaya çalışılmıştır. Yapılan incelemede su seviyesinin arttığı 1987 ve 1988 yıllarında, Göle gelen toplam girdi (yağış ve akış) artarken gölden olan buharlaşma giderek azalmış ve yağışlı geçen ardışık bu iki yıl boyunca göle gelen toplam girdi, buharlaşma ile dengelenememiş ve aradaki hacim bugünkü farkı su seviyesinde artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca su dengesi metodu ile hesaplanan gölden olan buharlaşma, klasik şekilde tava katsayısı kullanılarak hesaplanan göl buharlaşması ile karşılaştırılmıştır. Değişik kaynaklarda verilen su bütçe hesaplarında tava katsayısı ile Van Gölü'nden olan toplam buharlaşmanın yanlış hesaplandığı ve gölden olan gerçek buharlaşmayı kesinlikle temsil etmediği açık bir şekilde gösterilmiştir. Son bölümde ise Van Gölü'ndeki su seviye yükselmesinin tektonik hareketler ve güneş lekeleri ile ilgili olmadığı gösterilmiştir.

SUMMARY

Between 1987 and 1994, water level of Lake Van increased about 2 meters. Lake Van is the largest soda-lake on earth. Its water is derived from the rivers in its basin and its own net basin supply consisting of precipitation, runoff, and lake evaporation. Its volume is 607 km^3 , which makes it the fourth largest closed lake. It comprises about 16596 km^2 of lake surface and drainage basin. Its mean height from the sea level is 1646 m and it has a water surface area of 3502 km^2 . The amount of water coming to Lake Van, consists of surface runoff, unknown underground water and precipitation. Outgoing from the lake happens by evaporation largely. Because of that, the water volume of this closed lake depends on the climate conditions on the drainage basin (Kadioğlu, 1995a).

One of the most important hypothesis related to the water level changes on the lake is the water budget. Precipitation, inflow, outflow, evaporation, seepage are the most important parameters which affect the budget of any lake. The water budget of a closed lake is determined by total evaporation occurring over its surface. If the lake doesn't change its level, the input by direct precipitation and by river inflow must balance the evaporation (Kempe et al., 1978). The estimation of evaporation from free water surfaces is difficult due to the fact that there are many parameters which affects the event. Several methods, such as Water Balance Method, Evaporation pan, Aerodynamic formulas, Penman's Equation, Energy Balance Method, exist in order to estimate the evaporation loss from the free water surface. Some of these methods require extensive instrumentation while others are based on routine meteorological observations and standard tables (Balek et al., 1994).

Penman's approach is the most widely used method for computing lakes' and reservoirs' evaporation from routine meteorological observations. To be able to use Penman's method, it is certainly necessary to know the water temperature. Due to the difficulties in measuring the parameters used in energy balance method, energy method is rarely used (Bayazit, 1991).

Since automatic stations are not available on Lake Van, parameters such as the water temperature, air temperature just over the free water surface and intensity and direction of the wind above 2 m from the free water surface can not be measured. Therefore, evaporation over Lake Van can only be estimated by the classical method which consist of the application of a lake-to-pan coefficient to the observed pan evaporation at the side of the Lake.

$$E_{\text{lake}} = C E_{\text{pan}} \quad (1)$$

Here:

- E_{lake} = Lake evaporation (mm),
- E_{pan} = Pan evaporation (mm),
- C = The lake to pan coefficient.

Here the assumption is made that, on an annual basis, the change in energy storage of the lake and net advected energy into or out of the lake are negligible (Balek et al., 1994). However, there are important points to be attended;

1) The water in the evaporation pan at the meteorological station is fresh water, but, Lake Van is a salt-soda Lake. As is known, since the evaporation in the fresh water is 2-3 % higher than that of salty water, the evaporation at the pan does not represent the evaporation from Lake Van (Muslu, 1993).

2) The multiplication of the measured evaporation in the meteorological station by the pan coefficient means that the influence of the depth of Lake Van upon rate of evaporation is negligible. The effect of depth of the lake Van upon rate of evaporation may be quite considerable. Seasonal temperature regime of a shallow water body, e.g., a small lake, will normally approximate closely to the seasonal air temperature regime, so that maximum water temperatures are reached in the mid- to late-summer months and minimum water temperatures in the mid- to late-winter months. This means that maximum rate of evaporation from a shallow water body will be experienced during the summer, and minimum rates during the winter. In the case of a large, deep water body, however, water temperatures commonly lag behind the temperature of the overlying air. During the spring and early summer months considerable depths of water are slowly and gradually warmed up by a part of incoming solar energy which would otherwise be available for evaporation. Subsequently, the slow release by the deep water body of the stored heat during the autumn and winter months, means that a supply of heat energy in excess of that received directly from the sun is made available for evaporation at that time of the year. The net result of this heat storage on relative air and water temperature is that water temperatures are lower than air temperatures during the summer, and higher during the winter. Since, according to Dalton's law, evaporation is proportional to the differences between saturation vapour pressure at the temperature of the water surface, and actual vapour pressure of the overlying air, it will be apparent that the highest rates of evaporation from deep water bodies should occur during the winter. Furthermore, at that season, water vapour-laden air will be rapidly lifted away from the underlying water surface as a result of convectional activity, encouraged by the temperature gradient, whereas during the summer, the colder water will tend to cool and stabilize the air immediately above it, and so inhibit the removal of vapour-laden air. Despite the seasonal discrepancies which have been noted above, it is unlikely that the annual evaporation from deep and shallow waters will differ very markedly (Ward, 1967). For shallow lakes the amount of heat storage is negligible. In deep bodies of water, however the heat storage can not be neglected. A portion of the radiation energy received in summer is stored in the water mass and is returned back during the winter. Therefore, for an equal quantity of radiation received, the amount of evaporation will be less in a hot season and more in a cold season. On annual basis, the changes in storage will be negligible for deeper reservoirs. However, the monthly distribution of three total annual evaporation will be markedly affected by this heat storage term. In shallow lakes, the average water temperature for monthly periods do

not differ greatly from air temperatures and the rate of evaporation is therefore higher during the summer (hot season) than during the winter (cold season). Because of the greater heat storage in deep lakes, the temperature of the water will lag behind the temperature of the air above. This will reduce the summer evaporation and increase the winter evaporation above the rates on the shallow lakes (Balek et al., 1994).

3) The measured evaporation values at the meteorology station belong to the three months in the summer season. But, as mentioned above, since lake Van is deep, it has a large heat storage. The evaporation over Lake Van occurs throughout the whole year, however, the maximum evaporation occurs during winter. But, the measured evaporation in the meteorology station during three months of the summer season is taken as total annual evaporation. That is, the large evaporation in the remaining 9 months are not considered. Due to the lack of 9 months, the measured evaporation at the meteorology station does not represent the evaporation over Lake Van. Because of that, the best approach to calculate the evaporation over Lake Van is the water balance method (Muslu, 1993).

The, continuity equation is expressed as follows:

$$P + I - E - Y - F = \Delta S \quad (2)$$

P = Precipitation over the lake (m^3),

I = Amount of water inflow to the lake (m^3),

E = Evaporation over Lake Van (m^3),

Y = Amount of water outflow from the lake (m^3),

F = Seepage to the lake or to the ground (m^3),

ΔS = Net change in the water level (m^3).

In using the balance equation above for Lake Van, the following assumptions were made; Since Lake Van is a closed lake, there is no outflow. Therefore the amount of outflow is assumed to be zero in the balance equation. Since determination of the F term is difficult, this term is also assumed to be zero. In this case, the balance equation is rewritten as,

$$E = P + I - \Delta S \quad (3)$$

Hence,

E = Evaporation over Lake Van (m^3),
P = Precipitation over Lake Van (m^3),
I = The surface runoff from the basin to Lake Van (m^3),
 ΔS = Net change in the water level (m^3).

Both the precipitation over Lake Van and the precipitation over its basin is computed by Percentage Weighting Polygon Method (YA) developed by Şen (1994). Data related to the precipitation were obtained from the 23 meteorological station managed by DMI.

The total annual discharges of the rivers; Hoşap Suyu, Bendimahi Çayı and Süfrezor Deresi, were taken as the total annual discharge of the three rivers were used in the balance equation. Surface runoff coming to Lake Van causes changes in lake

levels. Because of this, relationship between precipitation and surface runoff on its basin must be well known. That is, surface runoff coefficient must be computed. In this study, surface runoff coefficient for the Lake Van basin was computed, using several different methods:

- 1) Firstly, runoff coefficient is the slope of the line which is fitted to scattering diagram of precipitation versus surface runoff (Bayazit, 1991).
- 2) Secondly, to compute surface runoff coefficient, total input to the Lake Van is divided by long term average precipitation over its basin (Kempe, 1978).
- 3) Finally, the YAKAÇ method, developed by Şen et. al. in 1995.

Rivers mentioned above do not represent total surface runoff coming to the Lake Van. In addition to these rivers, there are also three rivers on the Lake Van basin. Moreover records belong to these rivers are not available in present period. Because of these, the runoff coefficients are computed for each river by the YAKAÇ method. Then, by taking average of these runoff coefficients, runoff coefficient for the Lake Van basin is found to have approximately, a value of 0.4. Surface runoff coefficients which are calculated by all these methods are all close to 0.4. Next step, surface runoff coming to the Lake Van is computed again, multiplying surface runoff coefficient by precipitation over its basin, by taking the runoff coefficient as 0.4. In this way, an attempt is made to represent the surface runoff coming to the Lake Van and its basin more accurately. Besides, surface runoff, the relationship between the precipitation and the flow of the basin is also examined.

Evaporation from the lake surface has the highest degree of uncertainty of any of the basin variables; it is indirectly computed rather than measured. The evaporation from the Lake Van was computed in three difference ways using the water balance equation for the 1973-1990 period:

- 1) Evaporation from the lake surface is computed by multiplying measured evaporation data by 0.7 which is taken as pan coefficient.
- 2) Evaporation from lake surface is computed by using the hydrological balance equation, assuming as a inflow, the total of discharge of the above mentioned three rivers.
- 3) Evaporation from lake surface is computed by using hydrological balance equation, but this time multiplying the precipitation over the basin by the runoff coefficient, which is taken as 0.4.

Then, these results were compared to the results which was computed as depending on coefficients. It is shown that the calculation of the evaporation from Lake Van by using the pan-coefficient is not convenient. And then, changes in volume of the Lake Van are calculated by means of the parameters for the 1974-1990 period and are compared to observed changes in its volume. It is found that the evaporation from the lake surface has the lowest value in 1987 and 1988.

It has been said that the extraterrestrial affects such as the number of sun spots and meteor showers effect the earth's atmosphere and the lakes. Moreover, some of the studies indicate some correlations between hydrometeorological observations and the 11-year fluctuations of the number of the sun spots. In this study, it has been shown that there is no relationship between the water levels of Lake Van and the observed monthly numbers of the sun spots.

In 1987 and 1988, the level of water increased. In the same years, both the amount of precipitation over Lake Van and over its basin were also increased. As a result of the increase in the precipitation over its basin, an increase in surface runoff coming to Lake Van was observed. As a result of the increase in the precipitation over its basin, an increase in the water level was also observed. In the period of 1975-1986, in which the water level is balanced, the total water mass coming to the Lake Van is also balanced. However, while the total mass coming to the Lake has been increasing since 1987, the evaporation from the Lake has begun to decrease. This decrease in the evaporation had a minimum value in 1988.

In 1987 and 1988, because of the increase in precipitation over both Lake Van and over its basin, the total water mass coming to the Lake, is not balanced by the evaporation from the Lake Van.



ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa No</u>
2.1. Ocak ayı ortalama toplam yağışları (mm).....	90
2.2. Şubat ayı ortalama toplam yağışları (mm).....	90
2.3. Mart ayı ortalama toplam yağışları (mm).....	91
2.4. Nisan ayı ortalama toplam yağışları (mm).....	91
2.5. Mayıs ayı ortalama toplam yağışları (mm).....	92
2.6. Haziran ayı ortalama toplam yağışları (mm).....	92
2.7. Temmuz ayı ortalama toplam yağışları (mm).....	93
2.8. Ağustos ayı ortalama toplam yağışları (mm).....	93
2.9. Eylül ayı ortalama toplam yağışları (mm).....	94
2.10. Ekim ayı ortalama toplam yağışları (mm).....	94
2.11. Kasım ayı ortalama toplam yağışları (mm).....	95
2.12. Aralık ayı ortalama toplam yağışları (mm).....	95
2.13. Yıllık ortalama toplam yağışlar (mm).....	96
2.14. İlkbahar mevsimi ortalama toplam yağışları (mm).....	96
2.15. Yaz mevsimi ortalama toplam yağışları (mm).....	97
2.16. Sonbahar mevsimi ortalama toplam yağışları (mm).....	97
2.17. Kış mevsimi ortalama toplam yağışları (mm).....	98
2.18. Kış + İlkbahar ortalama toplam yağışları (mm).....	98
2.19. İlkbahar + Yaz ortalama toplam yağışları (mm).....	99
2.20. Yaz + Sonbahar ortalama toplam yağışları (mm).....	99
2.21. Sonbahar + Kış ortalama toplam yağışları (mm).....	100
2.22. Maksimum aylık ortalama toplam yağışlar (mm).....	100
2.23. Minimum aylık ortalama toplam yağışlar (mm).....	101
2.24. Maksimum-Minimum aylık ortalama toplam yağışlar (mm).....	101
2.25. Ocak ayı ortalama hava sıcaklıkları (°C).....	102

2.26. Şubat ayı ortalama hava sıcaklıkları (°C).....	102
2.27. Mart ayı ortalama hava sıcaklıkları (°C).....	103
2.28. Nisan ayı ortalama hava sıcaklıkları (°C).....	103
2.29. Mayıs ayı ortalama hava sıcaklıkları (°C).....	104
2.30. Haziran ayı ortalama hava sıcaklıkları (°C).....	104
2.31. Temmuz ayı ortalama hava sıcaklıkları (°C).....	105
2.32. Ağustos ayı ortalama hava sıcaklıkları (°C).....	105
2.33. Eylül ayı ortalama hava sıcaklıkları (°C).....	106
2.34. Ekim ayı ortalama hava sıcaklıkları (°C).....	106
2.35. Kasım ayı ortalama hava sıcaklıkları (°C).....	107
2.36. Aralık ayı ortalama hava sıcaklıkları (°C).....	107
2.37. Yıllık ortalama hava sıcaklıkları (°C).....	108
2.38. Maksimum ortalama hava sıcaklıkları (°C).....	108
2.39. Minimum ortalama hava sıcaklıkları (°C).....	109
2.40. Maksimum ve Minimum ortalama hava sıcaklıklar arasındaki farklar (°C).....	109
2.41. Van Gölü havzasının karasallık dağılımı.....	110
2.42. Ocak ayı ortalama bağıl nem (%).....	110
2.43. Şubat ayı ortalama bağıl nem (%).....	111
2.44. Mart ayı ortalama bağıl nem (%).....	111
2.45. Nisan ayı ortalama bağıl nem (%).....	112
2.46. Mayıs ayı ortalama bağıl nem (%).....	112
2.47. Haziran ayı ortalama bağıl nem (%).....	113
2.48. Temmuz ayı ortalama bağıl nem (%).....	113
2.49. Ağustos ayı ortalama bağıl nem (%).....	114
2.50. Eylül ayı ortalama bağıl nem (%).....	114
2.51. Ekim ayı ortalama bağıl nem (%).....	115
2.52. Kasım ayı ortalama bağıl nem (%).....	115
2.53. Aralık ayı ortalama bağıl nem (%).....	116
2.54. Yıllık ortalama bağıl nem (%).....	116
2.55. Maksimum aylık ortalama bağıl nem (%).....	117
2.56. Minimum aylık ortalama bağıl nem (%).....	117
2.57. Maksimum ve minimum arasındaki aylık ortalama bağıl nem farkı (%).....	118

2.58. Ocak ayı ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).....	118
2.59. Şubat ayı ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).....	119
2.60. Mart ayı ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).....	119
2.61. Nisan ayı ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).....	120
2.62. Mayıs ayı ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).....	120
2.63. Haziran ayı ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).....	121
2.64. Temmuz ayı ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).....	121
2.65. Ağustos ayı ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).....	122
2.66. Eylül ayı ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).....	122
2.67. Ekim ayı ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).....	123
2.68. Kasım ayı ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).....	123
2.69. Aralık ayı ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).....	124
2.70. Yıllık ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).....	124
2.71. Maksimum aylık ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).....	125
2.72. Minimum aylık ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).....	125
2.73. Maksimum ve minimum aylık ortalama rüzgar şiddeti arasındaki fark (ms^{-1}).....	126

BÖLÜM I

GİRİŞ

Van Gölü su seviyesi, 1987-1994 yılları aşırı bir yükselme ile kayıtlarda 1646 m olan su seviyesinin kotu, bugün 1650 metreye ulaşmıştır. Günümüzde, gerek basından ve gerekse Van Valiliğince kurulan Kriz Komisyonu Raporlarından, Van Gölü'nde görülen bu aşırı göl seviye yükselmesi nedeniyle göl çevresinde bir doğal afetin yaşandığı bilinmektedir. Son 8 yılda yaklaşık olarak 2 m yükselen Van Gölü'nün tuzlu ve sodalı sularının taşması nedeniyle günümüzde tarlalar, binalar ve yollar kısmen tahrip olmuş, kıyı erozyonu nedeniyle kıyıdaki dinlenme ve eğitim tesisleri kullanılamaz hale gelmiş, göl üzerindeki su taşımacılığı, demir ve karayolu ulaşımı, kısacası göl üzerinde ve kıyısındaki sosyo-ekonomik faaliyetlerin önemli bir kısmı aksamıştır.

Hızla artan dünya nüfusunun ihtiyaçlarını karşılamak ve daha iyi şartlarda yaşam isteklerine cevap vermek için büyüyen endüstriyel üretim ve artan şehirleşme artık dünyanın iklimini de etkilemeye başlamıştır. Böylece son yıllarda yeryüzeyine yakın seviyedeki havanın sıcaklığı hızla yükselmektedir. Bu küresel ısınmanın 2030 yılına kadar her 10 yılda 0.1°C'den daha fazla olmak üzere devam edeceği tahmin edilmektedir (IPPC, 1991). Küresel ısınma ile birlikte deniz seviyelerindeki yükselmenin de, önümüzdeki yüzyılın sonuna kadar 65-100 cm'ye ulaşması beklenmektedir. Hangi küresel iklim değişim senaryosuna bakılırsa bakılsın küresel iklim değişikliğinden, diğer Akdeniz ülkeleri gibi, Türkiye de tamamen olumsuz bir şekilde etkilenecektir. Bu olumsuzluklar daha çok, kıyı şeridindeki yerleşim alanlarının yükselen deniz suyu ile kaplanması ve bunu önlemek için ekonomik boyutu çok büyük olacak setler inşa edilmesi zorunluluğunun ortaya çıkması; turistik ve yat limanlarının

yükselen deniz suları ile kullanılamaz hale gelmesi; tuzlu deniz suyu, nehirler ve yer altı suları gibi, tatlı su kaynaklarını etkilemesi; ayrıca kıyı şeridinde ve deltalarındaki tarım alanlarının da kullanılamaz hale gelmesi şeklinde karşımıza çıkabilecektir. İşte 2000’li yıllarda başka ülkeler ile birlikte tüm kıyılarımızda beklenen bu durum, bugün Van Gölü’nün çevresinde yaşanmaktadır.

Van Gölü’nün denizden yüksekliği, derinliği ve kapladığı alan hakkında eski kaynaklarda çok değişik rakamlar veriliyorsa da, normal iklim şartlarında göl yüzeyinin deniz seviyesinden olan ortalama yüksekliğinin 1646 m olduğu kabul edilir. 1936 yılında Türkiye’de yayınlanmış Hayat Ansiklopedisi’ne göre düşük buharlaşma nedeniyle göl seviyesi sürekli olarak yükselmektedir. Rüzgarın sakin olduğu günlerde göl suyunun içinde farkedilen yapı kalıntıları da göl sularının gün geçtikçe yükseldiğinin işareti olarak belirtilmektedir. Ayrıca gölün kuzey-doğusunda yer alan sığ Erçiş Körfezi ile gölün güneydeki doğu-batı doğrultulu derin çanağı birbirinden ayıran boğazın çevresinde görülen ykıntılar, eskiden burada iki göl varken, daha sonra yükselen sular ile bu iki göl birleşerek Van Gölü’nün bugünkü şeklini almış olduğuna dair görüşler ileri sürülmesine neden olmuştur.

1936 yılında Türkiye’de yayınlanmış Hayat Ansiklopedisi’ne göre, orman bakımından bugün Türkiye’nin en fakir bölgelerinden biri olan Van havzasında, 1930’lu yıllarda Tatvan ve daha güneydeki iskelelerden Van’a Karçıgan kazasının ormanlarından indirilen odun ve kömür nakledilirmiş. Erçiş Kale adası, Van Gölü’ndeki bir çok adadan biridir. Bu kale önce karaya bitişikken 1887’den sonra gölün yükselen suları ile ada halini almıştır. 1899’da da Kozmabağ ve Çelebibağ köyleri de dereden uzakça bir yerde iken sonraları kısmen su altında kalmıştır.

Van Gölü ile ilgili diğer ilginç bilgiler 1957 yılında İngiltere’de yayınlanmış olan Encyclopedia Britannica’da yer almaktadır. Bu esere göre, Van Gölü’nün su seviyesi düzenli periyotlarda görülen salınımlara sahiptir. Bu şaşmaz periyodik hareket ile de her 5 yılda bir su seviyesinde 2.5 metrelik bir yükselme ve düşme gözlenir. Ayrıca 19. yüzyılın ortasında gölün su seviyesinde ani bir yükselme görülmüş ve suların tekrar eski seviyesine inmediği belirtilmiştir.

1994 yılında basılan Büyük Larousse Sözlük ve Ansiklopedisi'ne göre, Van Gölü su seviyesinin örneğin 1740, 1810, 1850, ve 1875-1880 yıllarında normalinden daha yüksek, 1852 ve 1892 yıllarında ise daha alçak olduğu bilinmektedir. Hatta, seviye yükselmesinden dolayı Erçiş ilçesi, kıyidan içeriye doğru yer değiştirmiştir. Dördüncü Zaman'daki yağışlı ve soğuk dönemlerde ise gölün daha büyük seviye, alan ve hacim değişikliklerine uğradığı sahil dolguları ve eski kıyı çizgilerinden anlaşılmaktadır. Bu kanıtlar, göl seviyesinin bugünkü normal seviyesinden 10-15 m, 25-30 m ve 45-50 m yüksekliklerde olduğunu belirtmektedir. Özgür (1995) belirttiğine göre eski kıyı çizgileri günümüzden 18000 yıl önce Van Gölü su seviyesi bugünkü seviyesinden 72 m daha yüksekteydi. Bu yüksek seviye de, o zamanki hava sıcaklıklarının 5°C daha düşük ve havanın daha fazla yağışlı olmasına bağlanmaktadır. Büyük Larousse Sözlük ve Ansiklopedisi, eskiden yapılan bilimsel çalışmalarda da, Van Gölü'ünde gözlenen su seviye yükselme ve alçalmalarının bölgedeki iklim değişimlerine bağlandığını belirtmektedir (Kadıoğlu, 1995a).

Göl seviyelerinin çok alçaldığı veya yükseldiği zamanlarda çevrede büyük ekonomik kayıpların ortaya çıkması nedeniyle, bu problem hep meteorolojik araştırmalara konu olmuş ve bu konuda, özellikle yabancı dilde, çok sayıda yayın yapılmıştır. Göllerin su seviyelerindeki değişimleri açıklamak için geliştirilen klimatolojik su bilançosu hesaplama yöntemi ile artık göllerin su seviyeleri önceden belirli bir ölçüde de olsa tespit edilebilmektedir (Kadıoğlu, 1994a).

Dünya'da Van Gölü'ündekine benzer probleme sahip olan göller üzerine yapılan bilimsel araştırmalara ait bu literatür incelendiğinde, genelde göllerin su seviye yükselmelerinin meteorolojik nedenlere dayandığı görülür. Genellikle, göl ve deniz kıyılarında yaşayanlar, yazın en yüksek ve kışın en düşük olan su seviyelerinde yıldan yıla ortaya çıkan değişimleri gözlerler. Bu değişimler, yaygın bir şekilde inanıldığı gibi, basit periyodik salınımlar göstermez. Genelde bu salınımlar, yağış, akış ve buharlaşma gibi klimatolojik faktörlerin kompleks etkileşimine gölün tepki göstermesinin bir sonucu olarak ortaya çıkar (Sanderson, 1966).

ABD'nin kuzeyine ve Kanada sınırında yer alan ve hepsi Büyük Göller olarak adlandırılan Michigan, Superior, Huron, Erie, Ontario ve St. Clair göllerinde gözlenen 2 m'lik seviye değişimlerinin de bölgedeki yağış rejimindeki farklılaşma ile yakından ilişkili olduğu belirlenmiştir. 1958-1963 periyodunun ilk üç yılı boyunca su seviyesi sürekli yükselerek 1 m artan ve bu periyodun son iki senesinde de ani düşüş gösteren Erie Gölü'ündeki değişime, havzadaki net su girdisinin neden olduğu klasik bir çalışma ile gösterilmiştir. Bu göllerin su seviyelerindeki değişimler gelişen klimatolojik su bilanço yöntemleri ile açıklanabilmekte ve artık göllerin su seviyeleri önceden stokastik hidrometeorolojik modeller ile de tahmin edilebilmektedir. Büyük Göller'de su seviyesinin belli bir seviyede tutulabilmesi için bir çok kanal açılması gerekmiş ve bu kanallar havzanın aldığı yağış ve diğer hidrometeorolojik parametrelere göre boyutlandırılmıştır. Hatta bu göllerin çevrelerindeki iklim elementlerindeki değişime, 2 ay ile 3 yıl sonra tepki gösterdiği de tespit edilmiştir (Brunk, 1959).

Kadıoğlu ve ark. (1995d) ve Sezen (1996) yaptığı benzer amaçlı bir çalışmada beraberlik matrisi adı verilen şartlı ihtimal matrisleri ile Van Gölü'nün su seviyesindeki değişimlerin yağış ile ilişkisi belirlenmiştir. O çalışmada Tatvan'da ölçülen yıllık ortalama su seviyesi ile yine Tatvan'da gözlenen yıllık toplam yağışlar arasında 1 sene gecikme ile istatistiksel anlamda önemli bir ilişki görülmüştür. Bir yıl öncesine göre daha fazla yağış alınan yıllardaki yağışlar, bir yıl sonraki su seviyesinin üzerinde de etkili olabilmektedir.

Okyanus, deniz veya göller üzerinde hareket eden siklonlar da, hareket ettikleri yönde kıyılarda sellere neden olur. Bu durumlarda su taşkınları da, rüzgarın yüzeydeki suyu kıyıya doğru itmesi sonucu oluşur. Bununla birlikte taşkına, alçak basınç merkezleri de katkıda bulunur. Siklon merkezlerine hakim olan konvektif hareketler nedeniyle gölün su seviyesi yükselir. Siklonların okyanus sularını yarım metre yükselttiği bilinmektedir (Brinkmann, 1985). Yükselen sular ile birlikte kuvvetli rüzgarların bu etkisine 'fırtına kabarması' (storm surge) adı verilir. Bu nedenle sonbahar ve kış aylarında zaten yüksek olan Van Gölü'nün suları, bölgeyi etkileyecek fırtınaların hareketleri yönündeki kıyılarda daha fazla tahribat yapmaktadır (Kadıoğlu, 1995a).

Genelde herhangi bir göldeki su seviyesi değişimleri başlıca üç nedene bağlı olarak açıklanmaya çalışılır: Su bütçesi, taban hareketleri ve dünya dışı etkiler. Su seviye yükselmeleri yukarıda sayılan üç genel nedenden biri veya bir kaçına kısmen veya tamamen bağlı olabilirse de İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, Devlet Meteoroloji İşleri Müdürlüğü ve diğer ilgililer tarafından Van Gölü'ndeki son seviye yükselmesi üzerine yapılan ilk incelemeler bu olayın meteorolojik nedenlere bağlı olduğunu belirtmektedir. Eski bilimsel çalışmalar da Van Gölü'nün su seviyesinde eskiden görülen yükselmeleri bölgenin iklimindeki değişikliklere bağlamıştır. Van'da yapılan iki bilimsel sempozyumda da bu teyid edilmiştir (Kadioğlu, 1994a,b; 1995a, b, Kadioğlu ve ark., 1995c).

Van Gölü'ndeki bugünkü problem üzerine şu ana kadar yapılan iki ayrı sempozyumda konu ile ilgili yer bilimciler, depremlerin Van Gölü'ndeki su seviyesinin yükselmesine neden olmadığını, bunun aksine gölde artan, ilave yükleme sonucu bölgede küçük çaplı depremlerin olabileceğini belirtilmiştir.

Van Gölü'ündeki yükselme ile ilgili olarak 1974'de Almanların katkısı ile bir araştırma yapılmıştır. Bu araştırma sonucunda Kempe ve ark., (1978) Van Gölü'nün su dengesinin güneş aktivitelerinden etkilendiğini belirtmektedirler. Bu yazarlara göre güneş aktivitesindeki artış bir yıl sonra göl seviyesinde artışa neden olmaktadır. Van Gölü'nde olduğu gibi tüm dünyada, zaman zaman göl ve denizlerin su seviyelerinde gözlenen bu tür büyük değişimlerin güneş lekeleri ile ilgili olduğu da öne sürülmektedir (Burroughs, 1992).

Van Gölü'nün su seviyesinde geçmişte ve günümüzde aşırı yükselmelerin nedenleri hakkında ortaya konan hipotezlerden biri ve en önemlisi gölün 'su bütçesi' ile ilgili olanıdır (Kadioğlu, 1994a, 1995a). Bu yüzden bu çalışmada, özellikle Van Gölü'nün su bütçesi üzerinde durulmaya çalışılmıştır. Böylece bu tez çalışmasının II. Bölümünde, Van Gölü'nün hidroklimatolojisi incelenmiştir. Sıcaklık, yağış, nem ve rüzgarın yersel dağılımı incelenerek havzanın iklimi üzerinde durulmuştur. Bölüm III'de, su dengesi metodu kullanılarak Van Gölünün su bütçesi çıkarılmıştır. Van Gölü

ve Havzasına düşen yağış, Van Gölü'ne gelen akışlar ve Gölde olan buharlaşma ile su seviyesi arasındaki ilişki ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Şen ve arkadaşları (1995) tarafından geliştirilen YAKAÇ Diagramları ile Van Gölü Havzasının yağış-akış ilişkisi incelenmiştir. Bölüm IV'de, Van Gölü su seviye yükselmesinin öne sürülen diğer nedenleri üzerinde durulmuştur. Bu bölümde, güneş lekeleri ve tektonik hareketler ile Van Gölü su seviyesi arasındaki ilişki incelenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada Van Gölü'nün su seviyesindeki aşırı yükselmenin nedeninin meteorolojik faktörler olduğu açık bir şekilde ortaya konmuştur. Van Gölü'nde değişen su seviyelerinin ileriki yıllarda daha sağlıklı takip, analiz ve tahmin edilebilmesi ile birlikte gölün su seviyesindeki yükselmenin kontrol edilebilmesi için bazı önerilere de çalışmanın son kısmında yer verilmiştir.

Bu çalışmanın gelecekte, göldeki seviye yükselme ve alçalmalarını önceden tahmin edebilmek için yapılacak olan tahmini bir hidrometeorolojik model geliştirme çalışmalarına katkıda bulunacağı umulmaktadır. Van Gölü örneği Türkiye'de yoğunlaşan şehirleşme ve sosyo-ekonomik etkinliklerin iklim değişimine karşı ne kadar duyarlı olduğunu açıkça göstermektedir. 2000'li yılların başlarında Türkiye genelinde daha çok hissedilmeye başlanacak olan küresel iklim değişikliği ve deniz suyu seviye yükselmeleri, şimdiden göz önüne alınmazsa, bir ulusal afete yol açacağı açıktır. Bu nedenle, bu çalışmadan edinilecek bilimsel birikim gelecekte Van'daki benzer olaylara ve ülke çapındaki mümkün problemlere ışık tutabilmesi umulmaktadır.

BÖLÜM II

VAN GÖLÜ HAVZASI İKLİMİ

Van Gölü kapalı Havzası Doğu Anadolu'da olmasına rağmen yarıkarasal bir iklime sahiptir. Van Gölü'nün etrafında iklimi yumuşatıcı bir etkisi vardır. Van Gölü Havzasındaki meteorolojik parametreler ile göldeki su seviyesi arasındaki ilişkinin anlaşılabilmesi için havzanın iklimsel özellikleri bilinmelidir. Özellikle göl üzerinde ölçüm yapılmadığı düşünülürse, göl üzerinden geçecek izohiytlerden gölün aldığı yağış da belirlenebilir. Bu ve buna benzer nedenler ile bu bölümde Van Gölü Havzasındaki DMİ Genel Müdürlüğü'nün Meteoroloji Gözlem istasyonlarında ölçülen aylık yağış, sıcaklık, bağıl nem ve rüzgar şiddetleri tek tek ele alınacaktır. İlgili şekiller EK kısmında verilmiştir. Şekiller, meteorolojik verilerin mevcut uzunluktaki ortalamaları alınarak çizilmiştir.

2.1 Aylık Ortalama Toplam Yağışlar

Ocak ayında, maksimum ortalama yağış miktarı yaklaşık olarak 70 mm ile Tatvan'da gözlenirken, minimum yağış miktarı 20 mm ile Güzelsu'da gözlenmiştir. Maksimum ve minimum yağış arasındaki fark 50 mm'dir. Havzanın Güney-batısı en fazla yağışı alırken, Güney-doğusu ise en az yağışı almaktadır. Havzanın kuzeyi ise yaklaşık olarak 40 mm'lik yağış almaktadır (Şekil 2.1).

Şubat ayında, yine maksimum yağış miktarı Tatvan'da gözlenirken bir önceki aya göre 26 mm'lik artış göstererek 96 mm'ye ulaşmıştır. Genel olarak tüm havzada ölçülen yağış miktarında bir artış gözükmemektedir. Van Gölü'nün Güney-batısı dışındaki tüm istasyonlarda bu artış yaklaşık olarak 4 mm'dir. En düşük yağış miktarı

16 mm ile yine Güzelsu'da gözlenmiştir. Maksimum ve minimum yağış miktarı arasındaki fark bir önceki aya göre 30 mm'lik bir artış göstererek 76 mm'ye ulaşmıştır (Şekil 2.2).

Mart ayında, maksimum yağış miktarı 104 mm ile Tatvan'da, minimum yağış miktarı ise 32 mm ile Güzelsu istasyonunda gözlenmiştir. Maksimum yağış ile minimum yağış arasındaki fark 72 mm'ye düşmüştür. Göl'ün batısında gözlenen maksimum yağışlar, bu ay daha da güneye kayarak Van Gölü'nün güney kıyılarını da içine almıştır (Şekil 2.3).

Nisan ayında, maksimum yağış miktarı 116 mm ile Tatvan'da gözlenirken Mart ayındaki yağış paternleri geçerliliğini korumaktadır. Ancak tüm havzada yağışta bir artış görülmektedir. En düşük yağış 44 mm ile Güzelsu yağış istasyonunda gözlenirken, maksimum yağış ile minimum yağış arasındaki 72 mm'lik fark bu ayda da mevcuttur. Havzanın kuzeyindeki yağış artışı, güneyindekinden daha fazladır (Şekil 2.4).

Mayıs ayında, en düşük yağış miktarı 56 mm ile Güzelsu, Erçek ve Özalp'ta gözlenmiştir. Maksimum yağış alanı Tatvan ve Reşadiye'de değil artık daha da kuzeye kaymıştır. Van Gölü kıyısındaki istasyonların çoğunda 70 mm'lik yağış ölçülmüştür (Şekil 2.5).

Haziran ayında, tüm havzada aylık toplam yağış miktarında bir önceki aya göre ani bir düşüş görülmektedir. Maksimum yağış miktarı, havzanın kuzeyindeki Hara istasyonunda 44 mm olarak ve en düşük yağış ise Göldüzü'nde 20 mm olarak ölçülmüştür. Maksimum yağış miktarı ile minimum yağış miktarı arasındaki fark Mayıs ayında 40 mm iken bu ay, 24 mm'ye düşmüştür. Van Gölü Havzasının doğusundaki ve batısındaki yağış miktarları yaklaşık olarak bir birlerine yakın iken Havzanın güneyi ile kuzeyi arasındaki yağış farkı bir önceki aya göre 2 mm'lik artışla 10 mm'ye ulaşmıştır (Şekil 2.6).

Temmuz ayında, minimum yağış bir önceki ayda olduğu gibi yine Göldüzü istasyonundadır ve 5 mm olarak ölçülmüştür. Maksimum yağış ise bir önceki ayda Hara istasyonunda iken bu ay, havzanın doğusundaki Özalp ve Dorutay istasyonlarında 17 mm olarak gözlenmiştir. Maksimum ve minimum yağış arasındaki fark bir önceki aya göre azalarak 12 mm'ye düşmüştür. Bu ayda, havzanın kuzeyi ile güneyi arasındaki yağış farkı çok az iken bu sefer de havzanın doğusu ve batısı arasındaki yağış farkı artmıştır (Şekil 2.7).

Ağustos ayında, maksimum yağış 15 mm ile Hara istasyonunda iken, minimum yağış miktarı 3 mm ile Göldüzü'nde ölçülmüştür. Temmuz ayındaki maksimum ve minimum yağış miktarı arasındaki 12 mm'lik fark yine bu ayda da devam etmektedir (Şekil 2.8).

Eylül ayında, havzanın güneyindeki bütün istasyonlarda yağış miktarında büyük bir artış varken Ekim ayında bu artış tüm havzaya yayılmıştır. Ekim ayında, maksimum yağış 80 mm ile Tatvan'da ve minimum yağış ise 36 mm ile Dorutay'da gözlenmiştir. Maksimum ve minimum yağış arasındaki fark Eylül ayına göre hızlı bir şekilde artarak 34 mm'ye ulaşmıştır (Şekil 2.9 ve Şekil 2.10).

Kasım ayında, tüm istasyonlardaki yağış artışı bu ayda da devam ederken maksimum ve minimum yağışın ölçüldüğü istasyonlar sırası ile Tatvan ve Dorutay'dır (Şekil 2.11).

Aralık ayında, tüm havzada Kasım ayına göre bir yağış düşüşü vardır. En yüksek yağış 80 mm ile Tatvan'da gözlenirken, en düşük yağış ta bu sefer 24 mm ile Güzelsu yağış istasyonunda ölçülmüştür. Bu ay içinde havzaya, gölden daha fazla yağış düşmektedir (Şekil 2.12).

Şekil 2.13'ten görüldüğü gibi yıllık toplam yağış, en fazla 800 mm ile Tatvan'da gözlenirken, en az yağış 320 mm ile Güzelsu yağış istasyonunda gözlenmiştir. Havzadaki en büyük yağış değerleri Van Gölü'nün batısındaki ve güneyindeki istasyonlarda gözlenmektedir. Havzanın kuzeyi ile güneyi arasındaki yağış farkı 80

mm iken, doğusu ile batısı arasında en az 300 mm'lik bir fark vardır. Bu da, yıllık toplam yağışların havzanın doğu-batı yönündeki değişimlerin kuzey-güney doğrultusundaki değişimlerden daha fazla olduğunu gösterir.

İlkbahardaki toplam yağışlarda, en büyük yağış 310 mm ile Tatvan'da ve minimum yağış ise 120 mm ile Dorutay'da gözlenirken havzanın kuzeyi ile güneyi arasındaki yağış farkı hemen hemen sıfırdır. Havzadaki yağış daha çok doğu-batı yönünde farklılık göstermektedir. Maksimum ve minimum yağış arasındaki fark 190 mm'dir (Şekil 2.14).

Yaz aylarındaki toplam yağışlarda, en düşük yağış 20 mm ile Göldüzü'nde, en büyük yağış ise 72 mm ile de Hara'da gözlenmiştir. Maksimum ve minimum yağış arasındaki fark azalarak 42 mm'ye düşmüştür (Şekil 2.15).

Sonbahar mevsiminde, tüm havzada yağışlar artarken en fazla yağış 190 mm ile Tatvan'da, 170 mm ile de Hara'da gözlenmiştir. En düşük yağışlar ise havzanın doğusundaki Güzelsu, Özalp ve Dorutay istasyonlarında gözlenmiştir (Şekil 2.16).

Kış mevsiminde, Van Gölü'nün batısındaki Tatvan, Ahlat ve Reşadiye bölgesinde yağışlarda bir artış vardır. Havzanın doğusundaki ve kuzeyindeki istasyonlarda ölçülen yağış miktarlarında önemli bir düşüş vardır. Minimum yağış, sonbaharda olduğu gibi yine 70 mm ile Güzelsu istasyonunda ve maksimum yağış ta 250 mm ile Tatvan'da gözlenmiştir (Şekil 2.17).

Kış ve ilkbahar aylarında toplam yağış, en fazla 540 mm ile Tatvan'da, en az yağış ise 220 mm ile Güzelsu'da gözlenmiştir. Yağışın kuzey-güney yönündeki değişimi, batı-doğu yönündeki değişiminden çok daha küçüktür (Şekil 2.18).

İlkbahar ve yaz aylarında toplam yağış, en fazla 340 mm ile yine Tatvan'da gözlenmiştir. Kış ve ilkbahar mevsimleri boyunca en az yağışın ölçüldüğü Güzelsu yağış istasyonunda da ilkbahar ve yaz mevsimleri boyunca 40 mm'lik bir azalış

gözlenerek 180 mm'ye düşmüştür. Demek ki yaz ayları boyunca toplam yağışlarda havzanın batısında, doğusuna nazaran daha hızlı bir düşüş gözlenmiştir (Şekil 2.19).

Yaz ve sonbahar mevsimlerinde toplam yağış, en fazla 230 mm ile Tatvan'da ve en düşük 130 mm ile Güzelsu'da gözlenmiştir. Havzanın kuzeyinde, güneyine nazaran daha büyük yağış miktarı ölçülmektedir. Halbuki ilkbahar ve yaz mevsimleri boyunca toplam yağışın kuzey-güney yönündeki değişimi yok denecek kadar azdı. Demek ki sonbahar aylarında havzanın kuzeyine daha çok yağış düşmüştür (Şekil 2.20).

Sonbahar ve kış mevsimlerinde toplam yağış, en fazla yine 440 mm ile Tatvan'da ve en düşük 140 mm ile Güzelsu'da gözlenmiştir. Havzanın doğusunda yağış yaklaşık olarak 180 mm iken batısında 300 mm'nin üzerindedir. Havzanın kuzeyinde ve güneyinde yaklaşık olarak 300 mm'lik yağış gözlenmiştir. O halde, kış mevsimi boyunca Van Gölü'nün güneyindeki istasyonlara, kuzeyindekilere nazaran daha fazla yağış düşmektedir (Şekil 2.21).

Maksimum aylık toplam yağış, en fazla 116 mm ile Tatvan'da, en düşük yağış ise 52 mm ile Dorutay'da gözlenmiştir. Havzada kuzey-güney doğrultusundaki yağış farkı 4 mm dir. Batı-doğu yönündeki yağış farkı ise 56 mm civarındadır. Görüldüğü gibi maksimum aylık toplam yağışlar, havzada doğu-batı yönünde daha çok değişim göstermektedir (Şekil 2.22).

Minimum aylık toplam yağışlar, en fazla Dorutay, Özalp, Güzelsu ve Gevaş istasyonlarında gözlenmektedir. Minimum yağışlar yaz aylarında gözleendiği için tüm havzada oldukça düşük yağış miktarları hakimdir (Şekil 2.23).

Aylık olarak maksimum yağış ile minimum yağış arasındaki fark havzada en fazla Tatvan'da gözlenmektedir. Havzanın doğusundaki istasyonlarda bu fark daha düşüktür. Kuzey-güney doğrultusunda ise fazla bir değişim göstermemektedir (Şekil 2.24).

2.2 Aylık Ortalama Sıcaklık

Van Gölü'nün Reşadiye, Tatvan, Gevaş, Van, Göldüzü, Adilcevaz ve Ahlat ile çevrili kısmında derinlik 440 m'ye kadar varmaktadır (Emrah, 1994). Göl'ün derin olmasından dolayı, yazın aldığı enerjiyi depolayarak kışın tekrar atmosfere geri vermektedir. Dolayısıyla Göl sıcaklığı, hava sıcaklığından daha büyük olmaktadır (Balek ve ark., 1994; Kopec, 1965). Bundan dolayı Şekil 2.25'ten görüleceği gibi gölün hemen üzerindeki hava tabakası su sıcaklığından etkilenmekte ve Ocak ayında göl üzerindeki ortalama hava sıcaklığı tüm havzaya göre en yüksek değere sahip olmaktadır. Göldüzü, Erciş, Muradiye ve Van ile çevrili olan Van Gölü'nün kuzey-doğu kısmında derinlik 10 m - 50 m arasında değiştiği için, gölün bu kısmı hava sıcaklığındaki değişime daha çabuk cevap vermektedir. Dolayısıyla, gölün bu kısmında su sıcaklığı, hava sıcaklığına daha yakın olmaktadır. Bu yüzden gölün bu kısmı üzerindeki hava sıcaklığı, gölün diğer kısımları üzerindeki hava sıcaklığından daha düşüktür. Havzada en düşük sıcaklıklar karada ve havzanın doğusundaki ve kuzey-doğusundaki istasyonlarda yaklaşık olarak -10°C civarında gözlenmektedir (Şekil 2.25).

Şubat ayında, Ocak ayına göre Havzadaki tüm istasyonlarda aylık ortalama sıcaklıkta bir artış vardır. Ancak havzadaki sıcaklık dağılımında bir değişiklik yoktur. Bu artış, göl'ün doğusundaki, kuzeyindeki ve kuzey-doğusundaki istasyonlarda 1.5°C iken göl üzerindeki havada ise 0.5°C 'dir (Şekil 2.26).

Mart ayında Van Gölü kıyısındaki bütün istasyonlarda sıcaklık sıfır derecenin üzerindedir ve 0°C ile 1°C arasında değişmektedir. Havzadaki diğer istasyonlarda ise sıcaklık hala sıfır derecenin altındadır. Bu da, gölün yazın aldığı güneş enerjisini kışın atmosfere vererek üzerindeki havayı ve kıyılarını ısıttığını ve bir çeşit klima görevi yaptığını gösterir. Göl üzerindeki hava sıcaklığı, Şubat ayına göre yaklaşık olarak 2.5°C artarak sıfır dereceye ulaşmıştır. Göl'e yakın olmayan istasyonlarda ise Şubat ayındaki sıcaklıkların yarısı kadar artış vardır. Göl'ün üzerindeki havanın sıcaklığındaki ortalama aylık değişim, kara üzerindeki hava sıcaklığındaki aylık

değişimden daha azdır. Bu da, göl üzerindeki havanın, kara üzerindeki daha kararlı olduğunu gösterir (Şekil 2.27).

Nisan ayında, hem göl üzerindeki hava sıcaklığı hem de kara üzerindeki hava sıcaklığı yaklaşık olarak 7 °C artmıştır. Yine bu ayda da göl üzerindeki havanın sıcaklığı, kara üzerindeki havanın sıcaklığından 2 °C daha fazladır. Tüm havzada sıcaklıklar pozitiftir. En düşük ortalama sıcaklık 0 °C ile Ovakışla istasyonunda gözlenmiştir (Şekil 2.28).

Mayıs ayında, en yüksek sıcaklık 12.8 °C ile Van ve Gevaş'ta gözlenmiştir. Göl'ün doğusunda, suyun hemen üzerindeki havanın sıcaklığı ile batısında, suyun hemen üzerindeki havanın sıcaklığı arasında 1 °C'lik fark oluşmuştur. Göle kıyısı olmayan havzadaki diğer tüm istasyonlarda sıcaklık 10 °C ile 11 °C arasında değişmektedir (Şekil 2.29).

Haziran ayında, hem göl üzerindeki havada hem de kara üzerindeki havada yaklaşık olarak 5 °C'lik sıcaklık artışı olmuştur. Artık göl üzerindeki hava sıcaklığı ile kara üzerindeki hava sıcaklığı arasındaki fark kapanarak 1-1.5 °C'ye düşmüştür (Şekil 2.30).

Temmuz ayında da yaklaşık olarak tüm istasyonlarda 5 °C'lik bir sıcaklık artışı olduğu için kara üzerindeki hava sıcaklığı ile göl üzerindeki hava sıcaklığı arasındaki 1-1.5 °C'lik fark hala korunmaktadır. Havzanın en sıcak bölgesi, gölün güney kısmıdır ve buralarda sıcaklık 22 °C'dir. Havzanın kuzeyi ile güneyi arasındaki sıcaklık farkı yaklaşık 2 °C iken, doğusu ile batısı arasındaki fark sıfır derece civarındadır (Şekil 2.31).

Ağustos ayında, göl üzerindeki hava sıcaklığında 1 °C'lik düşüş olmuştur. Havzadaki diğer tüm istasyonlarda da 1 °C'lik sıcaklık düşüşü vardır. Demek ki Temmuz ayı, havzanın en sıcak olduğu aydır. Göldeki su seviyesinde bu ayda maksimum değerini almaktadır (Şekil 2.32).

Eylül ayında, tüm istasyonlarda sıcaklık düşüşü vardır. Demek ki Havza soğumaya başlamıştır. Göl'ün Erciş, Muradiye ve Göldüzü ile çevrili kısmında gölün üzerindeki hava sıcaklığı 16 °C iken gölün diğer kısımlarında, göl üzerindeki havanın sıcaklığı 17 °C'dir (Şekil 2.33).

Ekim ayında tüm havzada 7 °C'lik bir sıcaklık düşüşü vardır. Havza soğumaya devam etmektedir. Göl'ün üzerindeki hava sıcaklığı 11 °C iken kara üzerindeki hava sıcaklığı 8 °C civarındadır (Şekil 2.34).

Kasım ayında, Ekim ayında olduğu gibi havzanın soğuması devam etmektedir. Göl üzerindeki havanın sıcaklığı 4.4 °C iken kara üzerindeki hava sıcaklığı 2 °C'ye düşmüştür. Çaldıran istasyonu hariç diğer bütün istasyonlarda sıcaklık pozitifdir (Şekil 2.35).

Aralık ayında, gölün Tatvan, Ahlat, Adilcevaz ve Reşadiye'yi içine alan kısmında, Göl üzerindeki hava sıcaklığı bir önceki aya göre 4.4 °C'lik bir düşüş göstererek sıfır dereceye yaklaşmıştır. Göl'ün diğer kısmı üzerindeki hava sıcaklığı da bir önceki aya göre yaklaşık olarak 5.5 °C düşerek -2 °C'ye düşmüştür. Demek ki gölün sığ kısmı üzerindeki hava sıcaklığında, derin kısmındakine nazaran daha hızlı bir düşüş gözlenmiştir. Havzada göle kıyısı olmayan tüm istasyonlarda, sıcaklıklar negatiftir. Göl üzerindeki havanın sıcaklığı ile kara üzerindeki havanın sıcaklığı arasındaki fark havzanın doğusuna gidildikçe artmaktadır (Şekil 2.36).

Yıllık ortalama sıcaklıklarda, göl üzerindeki havanın sıcaklığı yaklaşık olarak 9 °C iken, kara üzerindeki havanın sıcaklığı 7 °C'dir. Aradaki fark, havzanın kuzey-doğusuna doğru gidildikçe artmaktadır. Dolayısıyla en düşük yıllık ortalama sıcaklık Çaldıran istasyonundadır. En büyük yıllık ortalama sıcaklıklar ise havzanın Güney-batısındaki Tatvan, Reşadiye ve Gevaş'ta gözlenmektedir (Şekil 2.37).

Yıl içinde en büyük sıcaklık Temmuz ayında, en düşük sıcaklık Ocak ayında gözlenmektedir.

Maksimum ortalama sıcak, havzada Temmuz ayında gözleendiği için, o ay için söylenen tüm yorumlar burada da geçerlidir. Maksimum sıcaklık dağılımında en büyük değer 22 °C ile Gevaş'ta gözlenirken en düşük değer Çaldıran'da gözlenmiştir. Göl kıyısındaki istasyonlar dışında diğer tüm istasyonlarda sıcaklıklar bir birine çok yakındır ve 20-21 °C arasında değişmektedir (Şekil 2.38).

Minimum ortalama sıcaklık, Ocak ayında gözlenmektedir. O ay için söylenen yorumlar yine burada da geçerlidir. Havzadaki minimum sıcaklıklarda, en düşük sıcaklık -12 °C ile Çaldıran'da gözlenirken, en yüksek sıcaklık ise göl üzerindeki -3 °C'lik hava sıcaklığıdır (Şekil 2.39).

Yıl içinde maksimum sıcaklıklar ile minimum sıcaklıklar arasındaki farkın göl kıyısındaki istasyonların hava sıcaklıklarında minimum olması, gölün su tutma kapasitesi ve derinliğinden dolayı olan klima etkisinin bir sonucudur (Şekil 2.40).

Van Gölü'nün, havzasındaki iklimi ne kadar etkilediği karasallık indeksi ile anlaşılabilir (Kopec, 1965).

$$k = 1.7 A / \sin(\varphi + 10^\circ) - 14 \quad (2.1)$$

Burada;

k = Karasallık indeksi (%),

A = Yıllık maksimum ve minimum sıcaklık farkı (°C),

φ = Coğrafik enlem (°).

Bu karasallık indeksi (k), büyük bir su kütlesi veya kara tarafından etkilenen bir bölgenin hava sıcaklığı derecesini yüzde olarak ifade eder. İndeks ne kadar büyük olursa, karasallık ta o kadar büyük olur. Karasallık genellikle en sıcak ay ve en soğuk ay arasındaki sıcaklık farkı ile belirlenir. Ancak karasallık enlemle değiştiği için en uygun karasallık indeksi, yıllık maksimum ve minimum sıcaklık arasındaki farkın $\sin(\varphi)$ ile bölünerek elde edilenidir (Kopec, 1965; Huschke, 1989). Şekil 2.41'den görüldüğü gibi havzada, yıllık maksimum ve minimum sıcaklık arasındaki fark gölün batı kısmındaki istasyonlarda beklendiği gibi en düşük çıkmaktadır. Çünkü Seyir,

Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı (SHODB) tarafından yayınlanan Van Gölü derinlik haritasında, gölün batı kısmı 440 m derinliğe sahiptir. Bu yüzden göl, vaha etkisi göstermektedir. Göl, en çok batı kıyısındaki Tatvan, Reşadiye, Ahlat ve Adilcevaz istasyonlarını etkilemektedir. Yani bu istasyonlarda karasallık minimumdur. Gölden uzaklaştıkça ve Havzanın doğusuna ve kuzey-doğusuna gidildikçe yüksekliklerin artması ile birlikte karasallık ta artmaktadır. Gölün Erciş ve Göldüzü ile çevrili kısmında derinlik en fazla 50 m'ye kadar varabildiği için çevredeki hava sıcaklık değişimine oldukça duyarlıdır. Yani gölün bu kısmı çevresini fazla etkilememektedir. Bu yüzden tüm göl yüzeyinde karasallık derecesi aynı değildir (Şekil 2.41).

2.3 Aylık Ortalama Bağlı Nem

Ocak ayında en yüksek ortalama bağlı nem %78 ile Van Gölü'nün Güney-batısındaki Tatvan'da ölçülmüştür. Bunu, Van Gölü Havzasının doğusundaki Özalp meteoroloji istasyonu %74 ile takip etmektedir. Van Gölü'nün derin olan kısımlarına yakın olan Gevaş, Reşadiye, Ahlat, Adilcevaz ve Van meteoroloji istasyonlarında ise bağlı nem %70-%77 arasında değişmektedir. En düşük bağlı nem %62 ile Van Gölü Havzasının kuzey-doğusundaki Çaldıran meteoroloji istasyonunda gözlenmiştir. Bu ayda, 5 bağlı nem merkezi gözükmemektedir. Bu merkezler Tatvan, Özalp, Güzelsu, Kocapınar ve Çaldıran üzerindedir. Bağlı nem gradyanının en fazla olduğu iki bölge vardır: Tatvan, Reşadiye, Ahlat ve Adilcevaz bölgesi ile Özalp, Dorutay ve Güzelsu bölgesi. Havzanın kuzey kısımlarında yükseklikler daha fazla olması daha düşük hava sıcaklıklarına ve düşük bağlı nem değerlerinin bu bölgede ölçülmesine neden olmaktadır (Şekil 2.42).

Şubat ayında da yine Tatvan %78 bağlı nem ile havzadaki en yüksek değere sahiptir. Özalp meteoroloji istasyonunda ise %74'lük bağlı nem değeri yine bu ayda da değerini korunmaktadır. Güzelsu meteoroloji istasyonundaki bağlı nem %66'dan %64'e düşmüştür. Diğer taraftan Çaldıran meteoroloji istasyonunda ise bağlı nem, Ocak ayında %62 iken %2'lik bir artış göstererek %64'e çıkmıştır. Bu ayda, Erçek meteoroloji istasyonunda da bir düşük bağlı nem merkezi belirlemiştir (Şekil 2.43).

Mart ayında yine en yüksek bağıl nem %76 ile Tatvan ve %74 ile Özalp'ta gözlenmektedir. Bu ayda, Şubat ayında Tatvan'da görülen merkez, %70-%76'luk yüksek bağıl nem değerleri ile Van Gölü'nü kaplayacak şekilde yavaş yavaş genişlemeye başlamıştır. Güzelsu ve Erçek'te bağıl nem bir önceki aya göre artarken, Muradiye'de %64'lük bağıl nem değeri kararlılığını korumaktadır. Bu ayda, Muradiye ve Erçek meteoroloji istasyonlarını içine alan kapalı bir kontur alanı oluşmuştur. Ocak, Şubat ve Mart ayları boyunca bağıl nemin en kararlı olduğu istasyon Özalp istasyonudur (Şekil 2.44).

Nisan ayında Tatvan, Özalp ve Güzelsu istasyonlarındaki bağıl nem merkezi tamamen yok olurken, bağıl nem değeri %64-72 arasında değişen bölge, tamamen Van Gölü Havzasının batısını, güneyini ve doğusunu içine alacak şekilde genişlemiştir (Şekil 2.45).

Nisan ayında, bir önceki ayda Ahlat, Adilcevaz, Reşadiye, Gevaş, Güzelsu, Dorutay ve Özalp'ı içine alan kontur alanı Mayıs ayında daha da güneye kayarken, Güzelsu ve Özalp'ta tekrar bağıl nem merkezleri belirmiştir. Ancak, bu iki istasyonda da Nisan ayına göre oldukça düşük bağıl nem değerleri gözlenmiştir (Şekil 2.46).

Haziran ayında bütün istasyonlardaki bağıl nem değerlerinde ani bir düşüş vardır. Bu ayda, tüm Havzada bağıl nem %46 ile %58 arasında değişmektedir (Şekil 2.47).

Haziran ayında tüm istasyonlarda gözlenen bağıl nem düşüşü yine Temmuz ayında da devam etmektedir. Sadece bu ayda, Ovakışla istasyonunda %42'lik bağıl nem merkezi oluşmuştur (Şekil 2.48).

Ağustos ayında da Tatvan, Reşadiye ve Gevaş istasyonlarında bağıl nem %54'lük değerini korurken Kocapınar ve Erciş'te yaklaşık olarak %4'lük bağıl nem artışı gözlenmiştir. En düşük bağıl nem %36 ile Güzelsu'da, en yüksek ise %56 ile Tatvan, Reşadiye ve Gevaş'ta gözlenmiştir (Şekil 2.49).

Eylül ayında yine Ağustos ayında olduğu gibi en yüksek bağıl nem değerleri Tatvan, Reşadiye ve Gevaş'ta %56 ile gözlenirken, Erciş ve Kocapınar'da Ağustos ayına nazaran %6'lık bir artışla bağıl nem değeri %50'ye çıkmıştır. Havzanın doğusundaki istasyonlarda ise bağıl nem %40 ile %48 arasında değişmektedir (Şekil 2.50).

Ekim ayında tüm havzada, bağıl nem değerleri, Eylül ayına nazaran ani bir şekilde artmıştır. Eylül ayında en düşük bağıl nem %36 ile Güzelsu'da gözlenirken bu ayda en düşük bağıl nem %54 ile yine bu istasyonda gözlenmiştir (Şekil 2.51).

Kasım ve Aralık aylarında en yüksek bağıl nem %76 ile Tatvan'da gözlenirken, her iki ayda da en düşük bağıl nem %56 ile Güzelsu'da gözlenmiştir (Şekil 2.52 ve Şekil 2.53).

Tüm aylar birlikte göz önüne alındığında bir çok ayda en büyük bağıl nem Tatvan'da ve en düşük bağıl nem ise Güzelsu'da gözlenmiştir.

Yıllık ortalama bağıl nemin en yüksek olduğu istasyon, yine Tatvan istasyonudur. 5 adet bağıl nem merkezi oluşmuştur. Bu merkezler %68 ile Tatvan'da, %52 ile Güzelsu'da, %62 ile Özalp'ta, %56 ile Çaldıran ve %62 ile Erciş ve Kocapınar'dadır. Havzanın kuzey doğusunda düşük bağıl nem değerleri ölçülürken Gevaş, Reşadiye, Tatvan ve Ahlat istasyonlarında %60-%66 arasında değişen daha büyük bağıl nem değerleri ölçülmüştür (Şekil 2.54).

Maksimum aylık ortalama bağıl nem, en yüksek %78 ile Tatvan'da ve en düşük %66 ile Muradiye'de gözlenmiştir. Van Gölü'nün batısındaki, güneyindeki ve doğusundaki istasyonları içine alan geniş bir bölgede bağıl nem %70 ile %78 arasında değişmektedir (Şekil 2.55).

Minimum aylık ortalama bağıl nem, %54 ile Tatvan, Reşadiye ve Gevaş'ta en yüksek ve %34 ile Güzelsu'da en düşüktür. Havzanın kuzeyindeki istasyonlarda

güneyindeki istasyonlara nazaran daha düşük bağıl nem değeri ölçülmüştür (Şekil 2.56).

Maksimum ile minimum arasındaki aylık ortalama bağıl nem farkının en fazla olduğu istasyon, Güzelsu istasyonudur. Bu farkın en düşük olduğu yer Gevaş, Reşadiye ve Tatvan bölgesidir. Demek ki bu istasyonlar yıl içinde diğer istasyonlara nazaran daha kararlı bir durum göstermektedirler. Bu da, Van Gölü'nün Vaha etkisinin bir sonucudur (Şekil 2.57).

2.4 Aylık Ortalama Rüzgar Şiddeti

Ocak ayında, havzada en büyük rüzgar şiddeti 2.4 ms^{-1} ile Tatvan ve 2.3 ms^{-1} ile Reşadiye de gözlenmiştir. Genel olarak Van Gölü'nün batısından başlayıp kıyılarını da içine alan 1.5 ms^{-1} ile 2 ms^{-1} arasında değişen rüzgar şiddeti kontur alanı oluşmuştur. Havzadaki en düşük rüzgar şiddeti, 1 ms^{-1} ile Dorutay, Erçek, Çaldıran ve Güzelsu'da ölçülmüştür. Şubat ve Mart aylarında da hemen hemen aynı durum korunmaktadır (Şekil 2.58 - Şekil 2.60).

Nisan ayında, yine en büyük rüzgar şiddeti Tatvan'da gözlenirken Mart ayına nazaran tüm havzada rüzgar şiddetlerinde belirgin bir artış vardır. Mayıs ayında ise rüzgar şiddeti, havzanın kuzeyindeki istasyonlarda artmaya başlamıştır. Ancak yine aşağı yukarı Nisan ayındaki durum aynen korunmaktadır (Şekil 2.61 ve Şekil 2.62).

Haziran ayında en yüksek rüzgar şiddeti, 2 ms^{-1} ile yine Tatvan ve Reşadiye'de gözlenmiştir. Van'da da 2 ms^{-1} 'lik bir rüzgar şiddeti ile kapalı bir merkez vardır. Bu merkez sadece, Van'ı ve Göl'ün kuzeydoğu kısmını etkilmektedir. Havzanın doğusundaki rüzgar şiddeti, kuzeyine nazaran daha büyükken, güneyine nazaran daha küçüktür. Temmuz ayında ise, en büyük rüzgar şiddeti, havzanın doğusunda Van, Muradiye, Güzelsu ve Erçek'i içine alan bölgede gözlenmiştir (Şekil 2.63 ve Şekil 2.64).

Ağustos ayında, Temmuz ayındaki genel dağılım korunmakla beraber Temmuz ayında havzanın doğusunu ve kuzeydoğusunu içine alan 1.9 ms^{-1} 'lik rüzgar alanı havzanın kuzeydoğusuna yönelmiştir (Şekil 2.65).

Ağustos ayındaki rüzgar paternleri Eylül ayında artık tamamen değişmiştir ve Van üzerine yerleşen bir merkez oluşmuştur. Buradaki 2 ms^{-1} 'lik rüzgar şiddeti havzanın en büyük değeridir. Tatvan ve Reşadiye'yi içine alan bölgede rüzgar şiddeti Ağustos ayına nazaran artarken bir de kapalı merkez oluşmaya başlamıştır (Şekil 2.66).

Ekim ayında, Van Gölü kıyısındaki bütün istasyonlarda rüzgar şiddeti 1.7 ms^{-1} ölçülürken, Van istasyonu 1.9 ms^{-1} ile havzanın en yüksek rüzgar şiddetine sahiptir. Göl kıyısından uzaklaştıkça rüzgar şiddeti azalmaktadır. Kasım ayında ise, iki merkez oluşmuştur. Bu merkezlerden biri Tatvan ve Reşadiye üzerine yerleşirken diğeri Van üzerine yerleşmiştir. Her iki merkezde de rüzgar şiddeti 1.9 ms^{-1} 'dir (Şekil 2.67 ve Şekil 2.68).

Aralık ayında, rüzgar paterni Ekim ve Kasım aylarında olduğu gibi Göl'ün kıyılarını içine alırken en yüksek rüzgar şiddeti 2.2 ms^{-1} ile Reşadiye ve Tatvan'dadır. Ocak ve Şubat aylarında da en büyük rüzgar şiddeti bu iki istasyonda gözlenmiştir (Şekil 2.69).

Yıllık ortalama rüzgar şiddetinde en büyük değer Tatvan, Reşadiye ve Van'da 1.9 ms^{-1} ile gözlenmiştir. Van Gölü'nün kuzey kıyılarındaki hakim rüzgar şiddeti 1.7 ms^{-1} iken güney kıyılarındaki ise 1.9 ms^{-1} 'e çıkmaktadır. Havzanın kuzeyi ve doğusundaki rüzgar şiddeti 1.4 ms^{-1} civarında iken güneyinde ise daha da artarak 1.7 ms^{-1} 'ye çıkmaktadır (Şekil 2.70).

Maksimum aylık ortalama rüzgar şiddeti, en yüksek 2.4 ms^{-1} ile Reşadiye ve Tatvan'da ve en düşük değer 1.2 ms^{-1} ile Ovakışla istasyonunda ölçülmüştür. Göl üzerinde yaklaşık olarak 2.2 ms^{-1} 'lik rüzgar şiddeti hakimdir. Havzanın doğusunda ve

kuzeyinde 1.8 ms^{-1} 'lik rüzgar şiddeti ölçülürken güneyinde ise bu değer 2.2 ms^{-1} 'e çıkmaktadır (Şekil 2.71).

Minimum aylık ortalama rüzgar şiddeti en yüksek 1.7 ms^{-1} ile Van'da iken onu Tatvan, Reşadiye 1.6 ms^{-1} ile takip etmektedir. Van Gölü'nün kuzey kıyılarında 1.3 ms^{-1} 'lik rüzgar şiddeti ölçülürken Havzanın drenaj alanında yaklaşık olarak 1.1 ms^{-1} 'lik rüzgar şiddeti hakimdir (Şekil 2.72).

Maksimum ve minimum aylık ortalama rüzgar şiddeti arasındaki fark havzada, en fazla Tatvan, Reşadiye, Gevaş, Dorutay, Muradiye ve Güzelsu istasyonlarında gözlenmektedir. Bu farkın en az olduğu istasyon Ovakışla istasyonudur. Yani, tüm yıl boyunca en kararlı istasyon Ovakışladır. Maksimum ve minimum rüzgar şiddeti arasındaki aylık ortalama farkın en büyük olduğu bölge havzanın güneyidir (Şekil 2.73).

BÖLÜM III

VAN GÖLÜ'NÜN SU BÜTÇESİ

Van Gölü'nün su seviyesinde geçmişte ve günümüzde gözlenen aşırı yükselmelerin nedeni hakkında ortaya konan hipotezlerden biri ve en önemlisi gölün 'su bütçesi' ile ilgili olanıdır. Türkiye'de gerekli veri bankasının bulunmamasından dolayı Van Gölü havzasına ait hidrometeorolojik gözlemleri değişik kurum ve kuruluşlardan toplayıp ayrıntılı bir su bütçesi analizi yapmak oldukça zordur. Bununla birlikte, Van Gölü havzasındaki sıcaklık, yağış ve akış gibi belli başlı hidrometeorolojik elemanlardaki değişimleri analiz ederek, gölün su seviyesindeki bu günlük değişimlere az da olsa ışık tutmak mümkündür.

Belirtildiği gibi göllerdeki su seviyesindeki değişimlerin önemli bir sebebi su bütçesindeki değişimlerdir. Yağış, erime, buharlaşma, dolum ve boşalım bu bütçeyi önemli ölçüde etkileyen girdi ve çıktılardır. Yağmur ve kar yağışındaki artış, buharlaşmanın azalması veya çoğalması, göle yüzey veya yeraltı suyu dolumu veya göl suyunun bilinen veya bilinmeyen bir nedenle başka bir yere boşalımı su seviyesinde artma veya azalmaya neden olacaktır (Akdemir ve ark., 1994). Kapalı göllerin su bütçesi ise göl yüzeyi üzerinde meydana gelen toplam buharlaşmayla belirlenir. Eğer göl seviyesinde değişim olmazsa buharlaşma, nehir akışları ile ve göl üzerine düşen yağışla dengelenmelidir.

Su yüzeyinden olan buharlaşma miktarının hesabı, olayı etkileyen faktörlerin çokluğu nedeniyle çok güçtür. Buharlaşan su miktarı doğrudan doğruya ölçülemez.

Ya küçük kaplarda ölçülen buharlaşmaya, ya da su (enerji) dengesi veya subuharı transferinde ölçülebilen diğer büyüklüklere bağlı olarak belirlenir (Bayazıt, 1991). Bunun için değişik yöntemler kullanılır. Bunlardan bazıları;

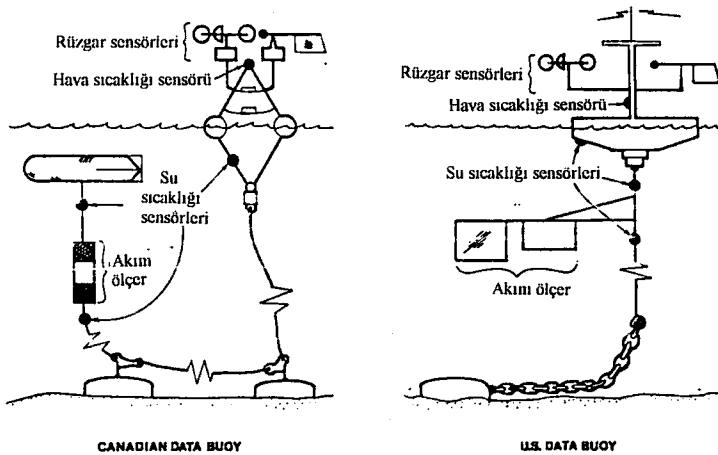
1. Su bütçesi metodu
2. Buharlaşma tavaları
3. Aerodinamik formüllerin kullanımı
4. Penman denklemi
5. Enerji dengesi

olarak sıralanabilir. Bazı metodlar meteorolojik verileri ve standart tabloları esas alırken yukarıdaki bu metodlardan bazıları da hassas ve kapsamlı bir şekilde ölçüm yapan aletlere ihtiyaç duymaktadır (Balek ve ark., 1994).

Buharlaşmanın direkt göl yüzeyinden ölçülebilmesi için göl üzerinde yüzen tipte buharlaşma tavalarına ihtiyaç vardır. Şekil 3.1’de gösterildiği gibi Göl üzerinde ölçüm yapan bu otomatik istasyonlar yardımıyla da gölü temsil eden şu parametreler ölçülebilir;

- a. Su sıcaklığı,
- b. Su yüzeyinin hemen üzerindeki havanın sıcaklığı,
- c. Su yüzeyinden 2 m yükseklikteki rüzgar şiddeti ve yönü.

Bu parametreler kullanılarak geliştirilmiş ampirik formüllerle gölden olan buharlaşma hesaplanabilir. Ancak, Van Gölü’nde su üzerinde buharlaşma ölçümü yapılmamaktadır.



Şekil 3.1. Göl üzerinde ölçüm yapan otomatik istasyonlar (Quinn, 1979).

Van Gölü'nde ölçüm yapan otomatik istasyon olmadığı için göle ait yukarıda belirtilen parametreler ölçülememektedir.

Penman yaklaşımı meteorolojik gözlemlerden faydalanan biriktirme haznelerinden veya göllerden olan buharlaşmayı hesaplamak için pratikte yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu metodun kullanılabilmesi için su sıcaklığının bilinmesi gerekir. Göl sıcaklığı ölçülmediği için bu sıcaklığa karşılık gelen doymuş buhar basıncı da bilinmemektedir. Ayrıca bu denklemi Van Gölü'ne uygularken, denklemlerde kullanılan katsayıların yeniden hesaplanması gerekir. Bu katsayılar hesaplanırken göl üzerinde ölçülmüş buharlaşma değerlerine ihtiyaç vardır. Van Gölü üzerinde buharlaşma ölçümü yapılmadığı için bu buharlaşma verileri kullanılamamaktadır. Bu durumda göl kıyısında meteoroloji istasyonlarında buharlaşma leğeni ile ölçülmüş veriler kullanılabilir. Ancak ileriki kısımlarda ayrıntılı bir şekilde açıklandığı gibi göl kıyısındaki istasyonlarda ölçülmüş buharlaşma verileri göldeki gerçek buharlaşmayı kesinlikle temsil etmemektedir. Dolayısıyla Penman denklemindeki katsayılar Van Gölü için yeniden bulunamamaktadır. Bu yüzden bu metod kullanılamamaktadır. Bu metod genellikle yıllık değerler için mantıklı ve kabul edilebilir değerler vermektedir. Ancak mevcut su hacminin ısı depolamasındaki değişimlerin hesaplanma zorluğundan dolayı aylık buharlaşmanın hesaplanmasında önemli ölçüde hatalı sonuçlar da verebilmektedir (Balek ve ark., 1994).

Enerji dengesi metodunda kullanılan parametrelerin ölçülmesi güç olduğundan bu metod seyrek olarak kullanılır. Hassas ölçümler yapılması şartıyla hafta veya daha uzun zaman sürelerindeki buharlaşma hesaplanabilir. Yapılacak hata en iyi şartlarda %10 - 20 olur (Bayazıt, 1991).

O halde, yukarıdaki parametrelere ihtiyaç duyan tüm yöntem ve yaklaşımlarla Van Gölü'nden olan buharlaşmayı hesaplamak zordur. Çünkü bu parametrelerin uzun yıllar ölçülmüş değerleri gereklidir. Halbuki Van Gölü civarındaki meteoroloji istasyonlarında ancak sadece bir kaç ay için gözlem mevcuttur.

Bu durumda ancak klasik yoldan Van Gölü'nden olan buharlaşma hesaplanabilir. Bunun için göl kıyısındaki klima istasyonlarında buharlaşma tavaşı ile ölçülmüş değerler, tava katsayısı ile çarpılarak göle taşınabilir. Yıllık olarak düşünülürse bu yöntemle gölden olan buharlaşmalar için mantıklı sonuçlar bulunabilir (Balek ve ark., 1994). Göl üzerindeki buharlaşma, aşağıdaki gibi meteoroloji istasyonundaki yıllık toplam buharlaşma tava katsayısı ile çarpılarak bulunur.

$$E_{\text{göl}} = C E_{\text{tava}} \quad (3.1)$$

Burada;

$E_{\text{göl}}$ = Göl üzerindeki yıllık toplam buharlaşma (mm),

C = Göl ve buharlaşma tavaşı arasındaki katsayı,

E_{tava} = Tavadaki buharlaşma (mm).

Göl ile buharlaşma tavaşı arasındaki katsayı, gerçek göl buharlaşması ile karşılaştırmak suretiyle elde edilir. Bu formül, yıllık olarak gölün enerji dengesindeki değişimlerin önemsiz olduğu kabulüne dayanır (Balek ve ark., 1994). Burada dikkat edilmesi gereken ikinci bir nokta daha vardır: Buharlaşma tavaşındaki su ile sözkonusu göl veya biriktirme haznesindeki suyun aynı kalitede olması gerekir. Yani göldeki su, tatlı su ise buharlaşma tavaşındaki suyun da tatlı su olması gerekir. Ancak bu şart altında bu yöntem geçerli olabilir. Van Gölü'ndeki su tuzlu ve sodalıdır. Göl'ün etrafındaki klima istasyonlarında bulunan buharlaşma tavalarındaki su ise tatlı sudur. Bu yüzden klasik yolla, Van Gölü'nden olan buharlaşmayı hesaplamak da doğru değildir. O halde mevcut veriler ve imkanlarla göl üzerinden olan buharlaşmayı hesaplamak için en iyi yaklaşım su bütçesi yaklaşımıdır. Van gibi herhangi bir gölün su bütçesini hesaplarken iki türlü veriye ihtiyaç vardır: (1) Göl üzerine düşen hidro-meteorlar. Bunlar, gölün seviyesine direkt etki ederler. (2) Drenaj alanına düşen hidro-meteorlar. Bunların sadece bir kısmı göl seviyesini etkileyebilir (Brunk, 1959). Türkiye'de göller üzerinde henüz, yağış ve buharlaşma gibi ölçümler yapılmamaktadır. Bu nedenle şu an, sadece karadaki ölçümleri kullanarak su bütçesini çıkarırken bazı elemanları (göl üzerine düşen yağış, göle gelen akım ve ortalama yıllık su seviyeleri arasındaki fark) kullanıp Van Gölü'nün su bütçesini yaklaşık olarak çıkartabiliriz.

3.1 Su Dengesi Metodu

Ward (1967)'ye göre teorik olarak, serbest su yüzeylerinden olan buharlaşmayı belirlemenin en mantıklı yolu, göle gelen ve giden akışlarla birlikte su depolamasındaki değişimleri ölçerek gölün su dengesini hesaplamaktır. Hacimsel metod veya hidrolojik metod da denilen bu metod, herhangi bir akarsu havzasının su dengesine dayanır (Muslu, 1993). Bir su kütlesine (göl, hazne gibi) süreklilik denklemi uygulanırsa:

$$E = P + I - Y - F - \Delta S \quad (3.2)$$

yazılabilir. Böylece belli bir zaman aralığında E buharlaşma miktarı, aynı zaman aralığındaki P yağı, I ve Y su kütlesine giren ve çıkan akış miktarı, F yer altına sızan su miktarı ve kütlenin hacmindeki ΔS değişmesi cinsinden elde edilmiş olur. Ancak, bu metodun başarıyla uygulanabilmesi için denklemin sağındaki büyüklüklerin mümkün olduğunca az hata ile ölçülmesi gerekir. Aksi halde E'nin hesabında yapılan hata büyük olur. Pratikte bu büyüklüklerin (bilhassa F değerinin) belirlenmesi çok güç olduğundan ancak uzun süreli (aylık, yıllık) buharlaşma miktarı bu şekilde hesaplanır (Linsley ve ark., 1958; Bayazıt, 1991; Balek ve ark., 1994).

Göl yatağından olan sızıntıyı ölçmek, genellikle zordur. Bu yüzden bu bileşen, mutlaka yeraltı su seviye ölçümlerinden hesaplanmalıdır. Sızıntının ihmal edildiği yerde bile kümülatif hata, diğer bileşenlerin hassas olarak belirlenmesini gerektirir. Eğer göl yatağından olan sızıntı, buharlaşma miktarına yaklaşır veya aşarsa, buharlaşma bu yolla hesaplanamaz (Ward, 1967). Aylık buharlaşma hesabında, göl suyu yoğunluğunun değişmesinden dolayı düzeltme yapmak gerekir. Büyük sıcaklık değişimleri sonucu suyun donması ve su seviyesindeki küçük değişimler önemli hatalara neden olur. Ancak, yıllık hesaplamalarda bunlar ihmal edilir (Linsley ve ark., 1958).

Sığ biriktirme hazneleri için ısı depolama miktarı önemsizdir. Ancak, ısı depolama mikrarı derin sularda önemlidir. Yazın alınan radyasyon enerjisinin bir kısmı su kütlesinde depolanır ve daha sonra kış boyunca tekrar atmosfere geri verilir. Bu

yüzden eşit miktarlarda alınan enerji için buharlaşma miktarı sıcak mevsimde daha az, soğuk mevsimde daha fazla olacaktır. Derin biriktirme haznelerinde veya derin göllerde ise ısı depolamadaki yıllık değişimler önemsiz olacaktır. Ancak toplam buharlaşmanın aylık dağılımı önemli ölçüde bu ısı depolama süresiyle etkilenir (Balek ve ark., 1994).

Van Gölü'nün en derin yeri 444 m civarındadır ve çevresi için klima görevi yapmaktadır. Kışın depoladığı soğuğu yaz boyunca kaybederek serinletici, yazın aldığı ısıyı da kışın harcayarak 'vaha' etkisi yaratmaktadır (Kadioğlu, 1994a; Emrah, 1994). Dolayısıyla yukarıda belirtildiği gibi Van Gölü'nde ısı depolamasındaki yıllık değişimler önemsiz olacaktır. O halde gölden olan buharlaşmanın hesabında yıllık değerler ile çalışılması, aylık verilere göre daha güvenilir sonuçlara götürecektir. Bu yüzden, bu çalışmada su dengesi metodu ile gölden olan buharlaşma hesaplanırken sadece yıllık veriler kullanılmıştır.

Bu çalışmada denge (süreklilik) denklemi kullanılırken her bileşenin doğru ölçüldüğü kabul edilmektedir. Kapalı havza durumundaki Van Gölü'nün dışarıya akıntısı olmadığından, suları ancak yüzeyinden buharlaşma ve gölün tabanında varsa çatlaklıklar ile azalabilir (Kadioğlu, 1995a). Ayrıca sızıntı bileşeninin belirlenmesi zor olduğundan, göl tabanından sızmanın önemli olmadığını ($F = 0$) da kabul ediyoruz.

Van Gölü'nden akarsu çıkışı veya herhangi bir amaçla su tahliyesi olmadığı için denklemin sağındaki Y bileşeni de sıfır olacaktır. Bu durumda su denge denklemi yeniden yazılırsa,

$$E = P + I - \Delta S \quad (3.3)$$

olur. Burada;

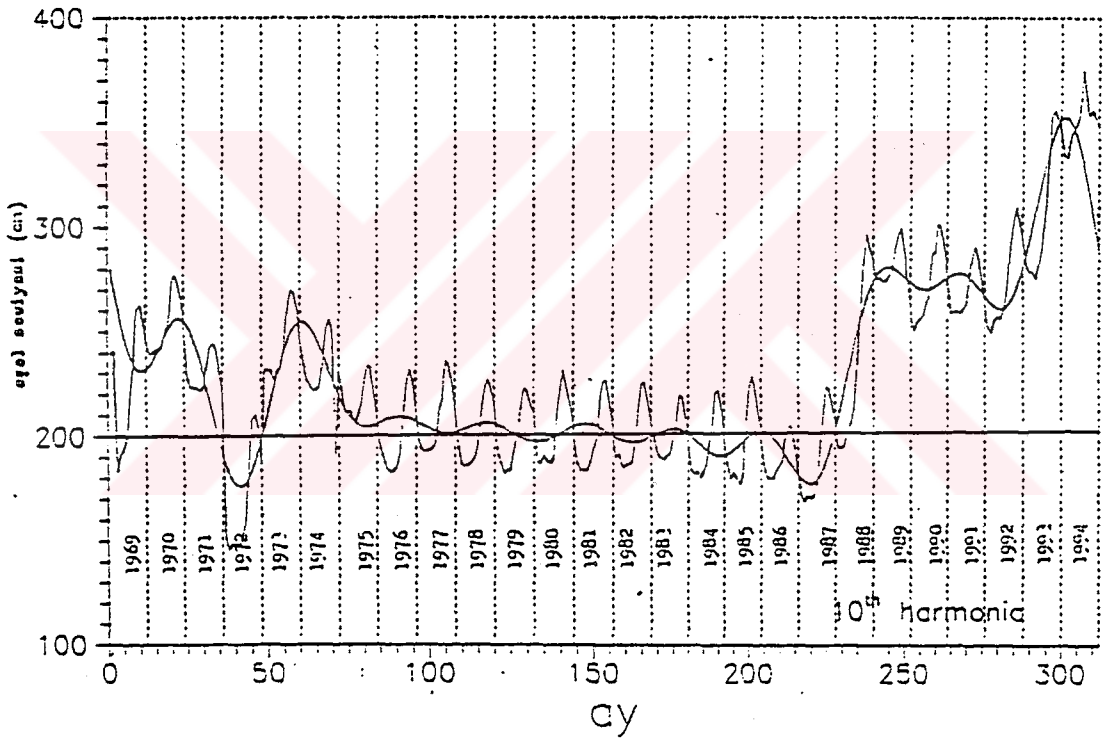
P = Göl üzerine düşen yıllık yağış miktarı (m^3),

I = Drenaj alanından olan akış (m^3),

ΔS = Göl seviyesindeki değişimler (m^3),

E = Göl yüzeyinden olan buharlaşma (m^3).

Van Gölü'nün su dengesindeki görünür sonuçlar, göl seviyesindeki değişimlerdir. Şekil 3.2, Van Gölü'nün 1969-1994 periyodu için yıllık göl seviye değişimini göstermektedir. Bu şekilden de görüleceği üzere genellikle yaz aylarındaki su seviyesinde maksimum, ilkbahardaki kar erimesi ve mevsimsel yağışların fazla olmasından dolayıdır. Su seviyesindeki minimumun, genellikle kış aylarında gözlenmesi ise donmuş yağış ve büyük buharlaşmadan dolayıdır. Bazı çalışmalara göre açık (bulutsuz) gökyüzü ve yüksek sıcaklıkların hakim olduğu yaz ve sonbahar ayları ile birlikte soğuk ve kuru havanın hakim olduğu kış aylarında (Ağustosdan Aralık ayına kadar) göllerden buharlaşma ile su kaybı, maksimum miktardadır (Kadioğlu, 1995a).



Şekil 3.2. Van Gölü'ünde su seviye değişimleri. EİEİ tarafından 1969-1994 Tatvan'da yapılan su seviye (eşel) ölçümleri kullanılmıştır (Kadioğlu, 1995a).

Günümüzde Van Gölü'nün su seviyesi 1987 yılından beri hızlı bir şekilde yükselmektedir. Normalde göl su seviyesinin ortalama deniz seviyesinden olan yüksekliği 1646 m olarak kayıtlarda gösteriliyorsa da Şekil 3.2'den de görüleceği gibi,

hesaplanırken, Tablo 3.1’de gösterilen göl kıyısındaki yağış ölçüm istasyonlarının yıllık yağış toplamaları kullanılmıştır.

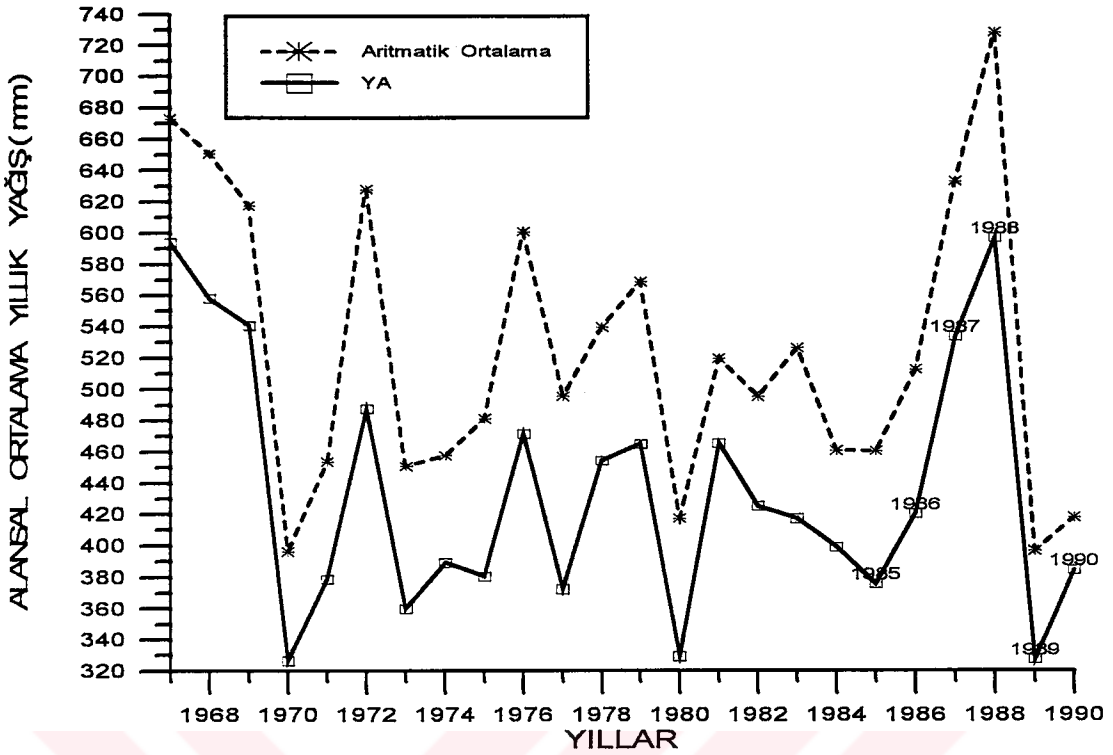
Tablo 3.1. Göl üzerindeki yağışın hesaplanmasında kullanılan DMİ yağış istasyonları.

İst.No	Rakım	Enlem (°)	Boylam (°)	İst. Adı	Peryot
520	1664	38.50	42.30	Tatvan	1967-90
364	1750	38.77	42.50	Ahlat	1967-90
350	1850	38.80	42.73	Adilcevaz	1967-90
388	1735	38.82	43.02	Göldüzü	1967-90
320	1925	39.10	43.20	Kocapınar	1967-90
477	1775	39.03	43.35	Erciş	1967-90
250	1706	38.98	43.77	Muradiye	1967-90
435	1900	38.65	43.65	Erçek	1967-90
671	1725	38.50	43.38	Van	1967-90
532	1694	38.30	43.10	Gevaş	1967-90
411	1850	38.48	42.53	Reşadiye	1967-90
164	1559	38.40	42.12	Bitlis	1967-90

Göl üzerindeki ortalama yıllık toplam yağış miktarı hesaplanırken, bu 12 istasyon için sadece ortak olan 1967-1990 periyodu gözönüne alınmıştır. Bu istasyonlardan Kocapınar yağış istasyonunda eksik olan 1989 ve 1990 yıllarına ait veriler regresyon yöntemi ile tamamlanmıştır. Göl üzerine düşen ortalama yıllık toplam yağış miktarı YA metodu ile hesaplanmış ve sonuçlar ise Tablo 3.2’de verilmiş olup bu değerlerden yararlanarak Şekil 3.4 elde edilmiştir.

Tablo 3.2. Göl üzerine düşen ortalama yıllık toplam yağış miktarının, Aritmetik ve Yüzde Ağırlıklı (YA) yöntemine göre elde edilen değerleri.

Yıl	Arit. Ort. Göre Yağış (mm)	YA'ya Göre Yağış (mm)	Bağlı Hata (%)
1967	673.0	593.8	12
1968	650.6	558.2	14
1969	617.5	541.5	12
1970	396.3	326.4	18
1971	453.7	378.8	16
1972	627.9	487.5	22
1973	450.7	360.0	20
1974	457.7	389.1	15
1975	481.2	380.5	21
1976	600.8	471.6	22
1977	495.5	372.4	25
1978	539.6	454.4	16
1979	568.6	465.0	18
1980	417.3	329.2	21
1981	519.4	465.4	10
1982	495.1	425.0	14
1983	526.2	417.1	21
1984	460.7	398.9	13
1985	460.4	375.9	18
1986	512.6	420.3	18
1987	632.8	533.5	16
1988	<u>728.6</u>	<u>596.7</u>	18
1989	396.6	327.4	17
1990	418.0	384.7	08



Şekil 3.4. Göl üzerine düşen ortalama yıllık toplam yağış miktarlarının YA ve Aritmetik Ortalamaya göre yıllık değişimi.

Şekil 3.4'den ve Tablo 3.2'den görüleceği üzere, YA metoduna göre, 1970-1986 peryodunda göle düşen ortalama yıllık yağış 407 mm'dir. Yağış miktarı 1987'de 534 mm iken, 1988 yılında 597 mm'ye çıkmıştır. Aynı metoda göre Van Gölü üzerine düşen yağış miktarında, 1970-1986 peryodunda önemli bir değişim gözlenmezken, 1987 yılında bu peryodun ortalamasına göre %31'lik bir artış olmuştur. 1988 yılında ise aynı peryoda göre %47'lik, 1987 yılına göre ise %12'lik bir artış olmuştur. Genelde Aritmetik Ortalama, YA metoduna göre alansal ortalama yağışı, Tablo 3.2'den görüleceği gibi ortalama %17 daha fazla vermektedir.

Göle düşen yağış miktarı göl seviyesine direkt etki ederken, havzaya düşen yağış miktarı da dolaylı olarak nehir akışları ile göl seviyesini etkiler. O halde havzaya düşen yağış miktarının da bilinmesi gerekir.

3.3 Van Gölü Havzasına Düşen Yağış

Havzaya düşen ortalama yıllık toplam yağış miktarı hesaplanırken Tablo 3.3’de gösterilen 23 meteoroloji istasyonunun yıllık toplam yağış miktarları kullanılmıştır. Bu Tabloda verilen istasyonların havza içindeki dağılımı Şekil 3.3’de gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Havza üzerindeki yağışın hesaplanmasında kullanılan DMI yağış istasyonları.

İst.No	Rakım	Enlem (°)	Boylam (°)	İst. Adı	Peryot
671	1725	38.50	43.38	Van	1974-90
520	1664	38.50	42.30	Tatvan	1974-90
364	1750	38.37	42.50	Ahlat	1974-90
477	1775	39.03	43.35	Erciş	1974-90
532	1694	38.30	43.10	Gevaş	1974-90
250	1706	38.98	43.77	Muradiye	1974-90
157	2011	38.67	43.98	Özalp	1974-90
435	1900	38.65	43.65	Erçek	1974-90
439	2000	39.13	43.92	Çaldıran	1974-90
519	1830	38.83	42.33	Ovakışla	1974-90
411	1850	38.48	42.53	Reşadiye	1974-90
350	1850	38.80	42.73	Adilcevaz	1974-90
388	1735	38.82	43.02	Göldüzü (Arın)	1974-90
320	1925	39.10	43.20	Kocapınar	1974-90
100	-----	38.80	44.05	Dorutay	1974-90
446	2100	38.32	43.80	Güzelsu	1974-90
321	-----	39.23	43.32	Hara	1974-90
5736	1500	38.57	42.05	Çukur	1974-90
164	1559	38.40	42.12	Bitlis	1974-90
6045	1530	38.23	42.43	Hizan	1974-90
6276	2175	38.33	43.42	Gürpınar	1974-90
624	2400	38.05	44.04	Başkale	1974-90
650	1585	39.55	44.08	Doğubeyazıt	1974-90

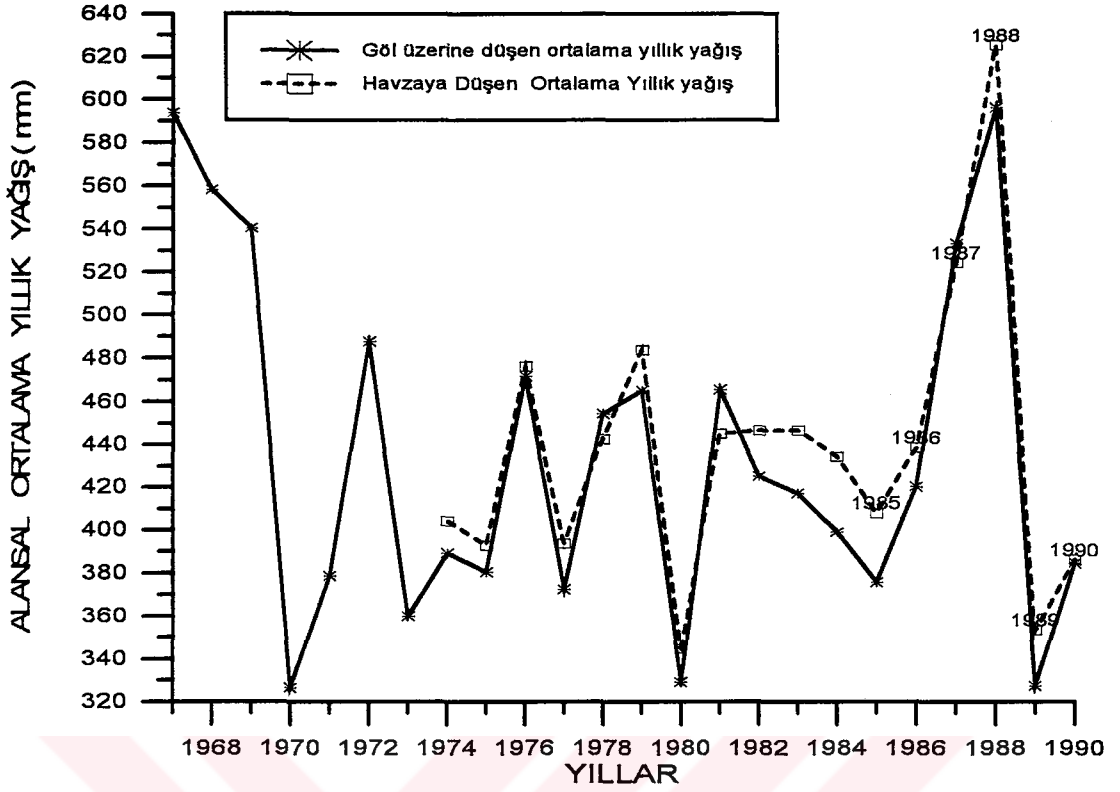
İstasyon sayısı artarken ortak periyot azalmaktadır. Bu nedenle havzaya düşen ortalama yıllık toplam yağış miktarı hesaplanırken 1974-1990 periyotu gözönüne alınmıştır. Bu periyot içerisinde Tablo 3.3’de gösterilen Kocapınar yağış istasyonunda 1989-1990 yıllarına ait veri regresyon ile tamamlanmıştır. Yine 1987-1990 yıllarında Güzelsu, Çukur ve Gürpınar yağış istasyonlarındaki eksik olan veriler de regresyon ile tamamlanmıştır. Yine 1986-1990 yıllarında Hizan istasyonundaki eksik olan veriler

benzer şekilde tamamlanmıştır. Havzaya düşen ortalama yıllık toplam yağışın YA metodu ile hesaplanmış ve sonuçlar ise Tablo 3.4’de verilmiştir. Tablo 3.4’deki değerlerin kullanılması ile Şekil 3.5 elde edilmiştir.

Tablo 3.4. Van Gölü havzasına düşen ortalama yıllık toplam yağış (mm).

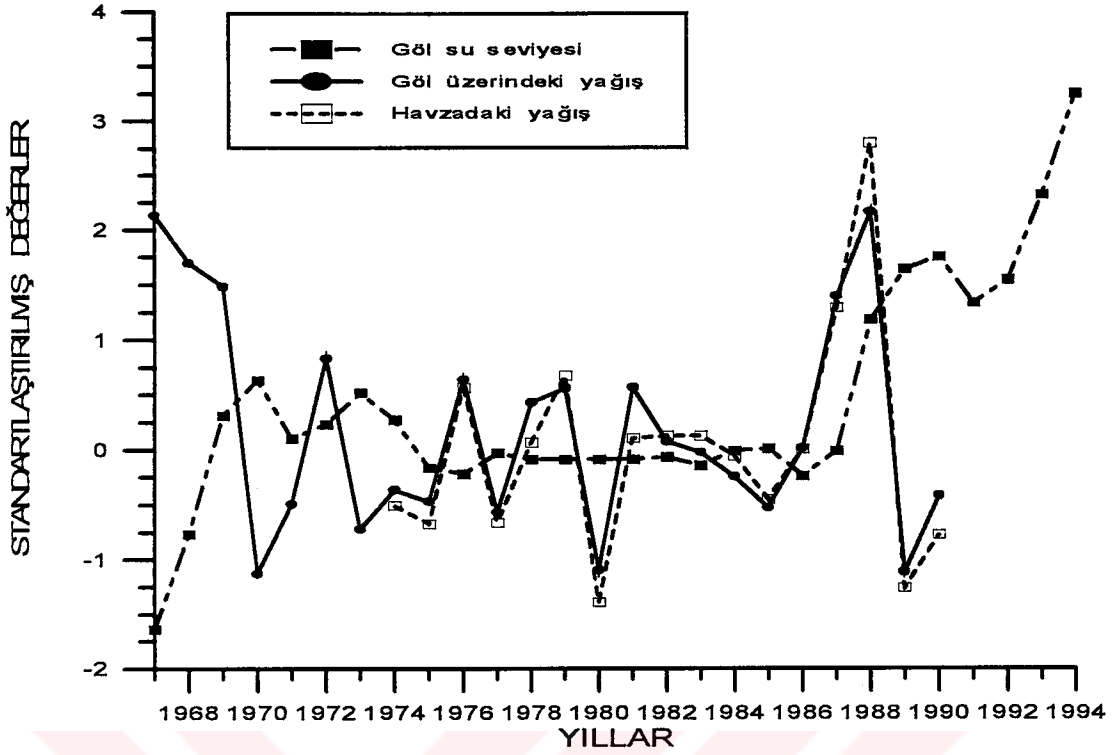
Yıl	Arit. Ort. Yağış (mm)	YA Yağış (mm)	Bağıl Hata (%)
1974	429.9	404.2	6
1975	453.0	392.9	13
1976	514.3	476.0	7
1977	442.0	393.6	11
1978	471.8	442.6	6
1979	524.7	483.5	8
1980	369.0	344.8	6
1981	482.9	445.1	8
1982	469.5	446.4	5
1983	495.5	446.5	10
1984	459.3	434.4	5
1985	467.9	407.8	13
1986	519.8	438.5	16
1987	612.5	524.5	14
1988	712.2	625.7	12
1989	403.8	353.5	12
1990	400.4	386.1	4

Tablo 3.4 ve Şekil 3.5’den görüleceği üzere 1974-1986 periyodu boyunca havzaya düşen ortalama yıllık toplam yağış, belli bir ortalama etrafında seyretmektedir. Bu ortalama 427.4 mm’dir. 1986 yılından itibaren havzaya düşen yağış miktarındaki artış 1988 yılına kadar devam etmiştir. Diğer bir deyişle 1987 yılında, 1974-1986 periyoduna göre %23’lük, 1988’de ise aynı periyota göre %46’lık bir artış olmuştur. Göl üzerindeki yağışta ise 1987 yılında 1974-1986 periyoduna göre %29’luk, 1988 yılında aynı periyota göre %44’lük bir artış olmuştur.



Şekil 3.5. Van Gölü üzerine ve Havzasına düşen ortalama yıllık toplam yağış miktarları (mm).

Şekil 3.6'den de görüleceği üzere göle düşen yağış miktarı 1987 yılında artmaya başlarken aynı yıl göl seviyesi de artmaya başlamıştır. Yağıştaki artış, 1988 yılına kadar devam etmiştir. Bu iki yıl (1987 ve 1988) boyunca göle, 1970-1986 periyodunda gözlenen ortalama yağış miktarının çok üzerinde ve rekor denecek miktarda bir yağış düşmüştür. Sonraki yıllarda (1989 ve 1990) göle düşen yağış miktarındaki azalmaya paralel olarak göl seviyesindeki artış da durmuştur. Havzaya ortalamanın üzerinde yağış düştüğü yıl, su seviyesi de artmaya başlamıştır. Bundan da havzaya düşen yağış büyük ölçüde aynı yıl içinde yüzeysel akış şeklinde göle ulaştığı anlaşılmaktadır.



Şekil 3.6. Van Gölü ve Havzasına düşen ortalama yıllık toplam yağış ile su seviyesi arasındaki ilişki.

Göl üzerine düşen yağış, havzaya düşen yağış ve su seviyesi aynı anda 1986 yılından sonra tırmanışa geçmekte ve bu tırmanış 1988 yılına kadar devam etmektedir.

Göl üzerindeki yağış yüksekliği yaklaşık olarak havza üzerindeki yağış yüksekliği olarak alınabilir (Croley, 1994). Benzer şekilde 1974-1990 periyodunda Van Gölü üzerindeki yağış yüksekliği ile Van Gölü Havzasındaki yağış yüksekliği birbirine çok yakındır (Şekil 3.5). Daha önce belirtildiği gibi, göl üzerinde yağış ölçümü yapılmadığı zaman, göl üzerindeki yağışın hesaplanması için göl kıyısındaki yağış istasyonlarından faydalanılır. Ancak göl ve kara meteorolojisi farklılık gösterir. Atmosferik alt tabaka su yüzeyi tarafından etkilendiği için göl üzerindeki hava sıcaklığı, nem ve rüzgar hızı karada ölçülenlerden farklıdır. Karada ölçülmüş gözlemler su yüzeyine taşınırken yapılacak olan düzeltme, su yüzeyi üzerindeki ısı dengesi ve göl üzerindeki meteorolojinin fonksiyonu olan su yüzeyi sıcaklığına bağlıdır (Croley, 1994). Türkiye’de henüz göller üzerinde yağış, buharlaşma ve benzeri ölçümler yapılmamaktadır. O halde Van Gölü üzerindeki meteoroloji ile Havzasındaki meteorolojiyi kıyaslamak için elde sadece, YA metodu ile hesaplanan,

Van Gölü üzerindeki ve havzasındaki ortalama yıllık toplam yağış miktarları mevcuttur. Bu yağış miktarları kullanılarak havzadaki yağışın göl üzerindeki yağışı temsil edip etmeyeceğini (veya tersi) anlamak için, $P_{göl}/P_{havza}$ oranları bulunmuştur. Bu oranlar Tablo 3.5’de verilmiştir.

Tablo 3.5 ve Şekil 3.5’den görüleceği üzere, Van Gölü Havzasındaki yağış yüksekliğini, Van Gölü üzerindeki yağış yüksekliği olarak kabul edilmekle (veya tersi) yapılacak maksimum bağıl hata %8 ve ortalama bağıl hata ise %4.5’tir. Bu sonuç ise yağış açısından, Van Gölü kıyı meteorolojisi ile Van Gölü Havzasındaki meteorolojinin benzerliğini ifade eder.

Tablo 3.5. Yüzde Ağırlıklı Polinom metodu ile hesaplanan ve km^2 ’ye düşen göl ve havza yağışlarının karşılaştırılması.

Yıl	$P_{göl}$ (mm)	P_{havza} (mm)	$P_{göl} / P_{havza}$	Bağıl hata (%)
1974	389.1	404.2	0.96	4
1975	380.5	392.9	0.97	3
1976	471.6	476.0	0.99	1
1977	372.4	393.6	0.95	5
1978	454.4	442.6	1.03	3
1979	465.0	483.5	0.96	4
1980	329.2	344.8	0.96	4
1981	465.4	445.1	1.04	4
1982	425.0	446.4	0.95	5
1983	417.1	446.5	0.93	7
1984	398.9	434.4	0.92	8
1985	375.9	407.8	0.92	8
1986	420.3	438.5	0.96	4
1987	533.5	524.5	1.02	2
1988	596.7	625.7	0.95	5
1989	327.4	353.5	0.93	7
1990	384.7	386.1	1.00	3

3.4 Van Gölü'ne Gelen Akımlar

Şekil 3.3'den görüleceği üzere Gölü besleyen irili ufaklı bir çok akarsu vardır. Kuzeyde Zilan Çayı, Deli Çayı ve Bendimahi Çayı (Aladağ 3510 m), Güney Doğuda Ergil Suyu (Mengen Dağı 3610 m, Başkale Dağı 3668 m, Koçkiran Dağı 3684 m), Doğuda Karasu, Keşiş Deresi ve Hoşap (Micinger) Suyu ve Kuzey Batıda Süfrezor Deresi Gölü besleyen başlıca akarsulardır. Ayrıca güneyde Alacabük Dağları (3076 m), batıda Nemrut Dağı (2810 m), Kuzey Batıda Süphan Dağı (4058 m) ve bunlara bağlı olarak küçük akarsular bulunmaktadır (Türksoy ve Seçkin, 1995; Kafalı, 1976; Yılmaz ve ark., 1994). Bunlardan en büyükleri Tablo 3.6'da gösterilmektedir. Bu akarsuların toplam yağış alanı 5755.8 km^2 ' dir. Bu, toplam kara alanının %46'sıdır.

Tablo 3.6. Van Gölü havzasında yer alan büyük akarsular (E.İ.E.İ., 1991).

İst. No	Kuruluş	Akarsu Adı-İst. Adı	Yağış Alanı (km^2)	Kotu (m)
2509	EİE	Hoşap S.-Zernek Köp	1598.0	1862
2507	EİE	Süfrezor D.- Kınalıkoç	334.6	1775
2505	EİE	Bendimahi Ç.-Gönderme	1447.2	1912
2512	DSİ	Karasu-Erdeviz	1334.0	1823
2513	DSİ	Deliçay-Payköy	342.0	1992
2502	DSİ	Zilan Ç.-Koçköprü	700.0	1765

Bu çalışmada Van Gölü Havzasında EİE İdaresince işletilen Bendimahi Çayı-Göndürme, Süfrezor Deresi-Kınalıkoç ve Hoşap Suyu-Zernek Köprüsü'nde çalıştırılan Akım Rasat İstasyonlarının verileri kullanılmıştır. Diğer akarsulara ait veriler temin edilemediği için değerlendirmeye katılamamıştır. Bu üç akarsuyun yıllık toplam akımları Tablo 3.7'de gösterilmektedir.

Van Gölü havzasının drenaj (kara) alanı 12596 km^2 olup havza alanının %78'ini oluşturmaktadır. Hoşap Suyu, Süfrezor Deresi ve Bendimahi Çayı toplam olarak 3379.8 km^2 'lik alanı temsil eder. Bu da, göle gelen akımların hesabı sırasında toplam drenaj alanının %27'nin gözönüne alınması demektir. Bu üç akarsu içerisinde

en büyük akım Bendimahi Çay'ında, en düşük akım ise Süfrezor Deresi'nde gözlenmektedir. Havzanın doğusunda ve kuzeyinde birim alandaki akarsu uzunluğu büyüktür. Dolayısıyla Göl'e gelen akımın çok büyük bir kısmı doğudaki ve kuzeydeki akarsulardan (Karasu, Engil, Bendimahi, Deliçay ve Zilan) gelmektedir (Şekil 3.7 ve Şekil 3.3).

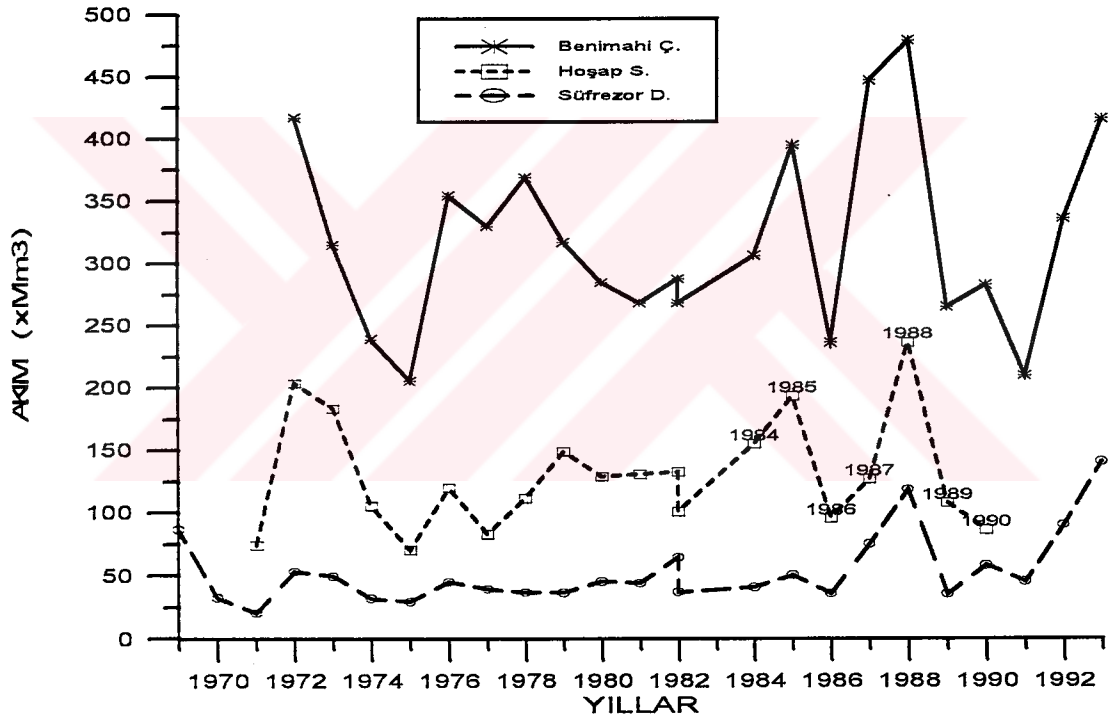
Tablo 3.7. Bendimahi Ç., Hoşap Ç. ve Süfrezor deresinin yıllık toplam akımları ($\times 10^6 \text{m}^3$). Bu peryot içinde gözlenmiş en yüksek değerlerin altı çizilmiştir.

Yıl	Bendimahi Ç.	Hoşap S.	Süfrezor D.	TOPLAM
1972	417.2	203.4	53.3	673.9
1973	314.8	183.6	49.5	547.9
1974	238.9	105.5	31.7	376.1
1975	205.5	70.5	29.3	305.3
1976	354.3	119.9	45.0	519.2
1977	330.0	83.0	39.3	452.3
1978	368.9	111.8	36.7	517.4
1979	316.8	149.2	36.6	502.6
1980	284.5	129.0	45.4	458.9
1981	268.0	130.9	44.0	442.9
1982	287.7	132.8	64.4	484.9
1983	268.8	101.0	37.0	406.0
1984	306.3	155.4	40.7	502.4
1985	394.7	193.5	50.4	638.6
1986	236.4	95.8	35.6	367.8
1987	447.2	127.1	75.0	649.3
1988	<u>479.5</u>	<u>236.5</u>	<u>118.7</u>	<u>834.7</u>
1989	265.1	108.1	35.4	408.6
1990	282.9	86.3	58.2	427.4

Kar yağışlarının tümü yüzeysel akış ile göle ulaşmaz. Bir kısmının sızma ile yeraltı sularını ve sonuçta gölü besleyeceği düşünüldüğünde, akım ölçümlerinin göle net su girdisini tam olarak gösteremeyeceği aşikardır. 1991 yılında bölgede görülen çok sayıda kar çığları bu yıllarda Van Gölü havzasına çok kar düştüğünü gösterir (Kadioğlu, 1994). Bu şekilde son yıllarda yağış artışının göl seviyesi üzerinde etkili olacağı kesindir. Yılmaz ve ark. (1994), Meteoroloji istasyonları ile DSİ kar ölçüm istasyonlarından 1992 ve 1993 yıllarında alınan maksimum kar örtüsü kalınlıklarının diğer yıllara göre oldukça fazla olduğunu belirtmektedirler. Özellikle 1992 yılında

Tatvan'da 200 cm kar kalınlığı, Ahlat civarındaki DSİ ölçüm istasyonunda ise 90 cm ölçülmüştür. Yine aynı çalışmada maksimum kar kalınlıklarının aylara göre uzun yıllar trendi incelendiğinde, göl seviyesinin yükselmesi ile aylık en yüksek kar kalınlığının paralellik gösterdiği vurgulanmaktadır. Kar kalınlığının ısınmayla ve yağışla eriyerek oluşacak yüzeysel akış miktarı, bir havzanın akış bütçesini oluşturmada önemli bir bölümü teşkil etmektedir.

Yeraltı akışı hakkında bilgi olmadığı için denge denkleminin kullanılması sırasında bu bileşen sıfır olarak kabul edilmiştir. Diğer akarsulara ait veri olmadığından dolayı geriye kalan kara alanının temsili için bir yaklaşım yapılamamaktadır.



Şekil 3.7. Van Gölü'ne gelen üç akarsuyun yıllık toplam akımlarının zamanla değişimi.

Tablo 3.7 ve Şekil 3.7'e göre 1987 yılında göle gelen akım, 1977-1986 periyoduna göre %36, 1986 yılına göre %76, 1988 yılında ise aynı periyoda göre %75, 1986 yılına göre %127 artmıştır. 1987 ve 1988 yıllarında gözlenen akıştaki artış, aynı yıllarda havzaya rekor denecek miktarda düşen yağışın beklenen bir sonucudur. Bu iki yıl içinde akıştaki artışa paralel olarak göl seviyesi de aynı yıllarda artmaktadır. Ancak burada ilginç bir nokta vardır ki o da: göle gelen akımların ve havzaya düşen

yağışların aynı yıllarda artmasıdır. Bu da havzaya düşen yağışın büyük ölçüde hemen akışa geçerek aynı yıl içinde göle ulaşabildiğini gösterir.

Van Gölü beslenmesinin havza oranında %25 ve akım olarak ise %35'i kontrol altında tutulmaktadır (Türksoy ve ark., 1995). Van Gölü gibi akım ölçüm ağının yetersiz olduğu havzalarda, atmosferde başlayan yağışın ne kadarlık bir kısmının akış haline geçerek göle ulaştığı yaklaşık olarak akış katsayı ile hesaplanabilir. Böylece havzada ölçüm yapılamayan kısımlarda aşağı yukarı dikkate alınmış olur.

3.4.1 Van Gölü Havzası Akış Katsayısı

Akış katsayısı, belli bir alana düşen toplam yağış miktarının ne kadarının akış haline geçtiğini gösterir. Genel olarak bulunulan yerin konumunun ve zamanının bir fonksiyonudur. Değeri, 0 ile 1 arasında değişir. Sözkonusu bölge ne kadar geçirimli ise akış katsayısı sıfıra o kadar yakındır. Akış katsayısı yağmurun devamı sırasında genel olarak bir miktar artar. Çünkü başlangıçta tamamen kuru olan yüzeyler, zamanla kısmen suya doymun hale geçecektir. Böyle bir ıslak yüzey üzerine düşen yağışın akışa geçen miktarı da o kadar fazla olacaktır. Yağmur suyunun akımının hesabında basitlik temin etmek için, genellikle akış katsayılarının zamanla değişmediği kabul edilir. Dolayısı ile akış katsayıları yer üst yüzeyinin özelliğinin bir fonksiyonudur (Muslu, 1993).

Akış ile yağış arasındaki en basit bağıntı, çeşitli yağışlara ait akış yüksekliklerini yağış yükseklikleri ile bağlayarak kurulabilir. Bir eksene yağış yükseklikleri, diğerine akış yükseklikleri taşındığında elde edilen noktalardan bir eğri çizilir. Noktaların bu eğrinin etrafındaki sapmaları genellikle çok fazla olur. Sapmaların büyük oluşu, olayda başka etkenlerinde bulunduğuna işaret eder. Bunların en önemlisi yağışın başlangıcındaki zemin nemidir. Zira zemin nemi sızma miktarını etkiler. Ancak zeminin geçirimsiz olduğu bölgelerde bu etki azalır, akış ile yağış arasında basit bir bağıntı elde edilir. Diğer hallerde zemin nemi bir parametre olarak almak gerekir (Bayazıt, 1991).

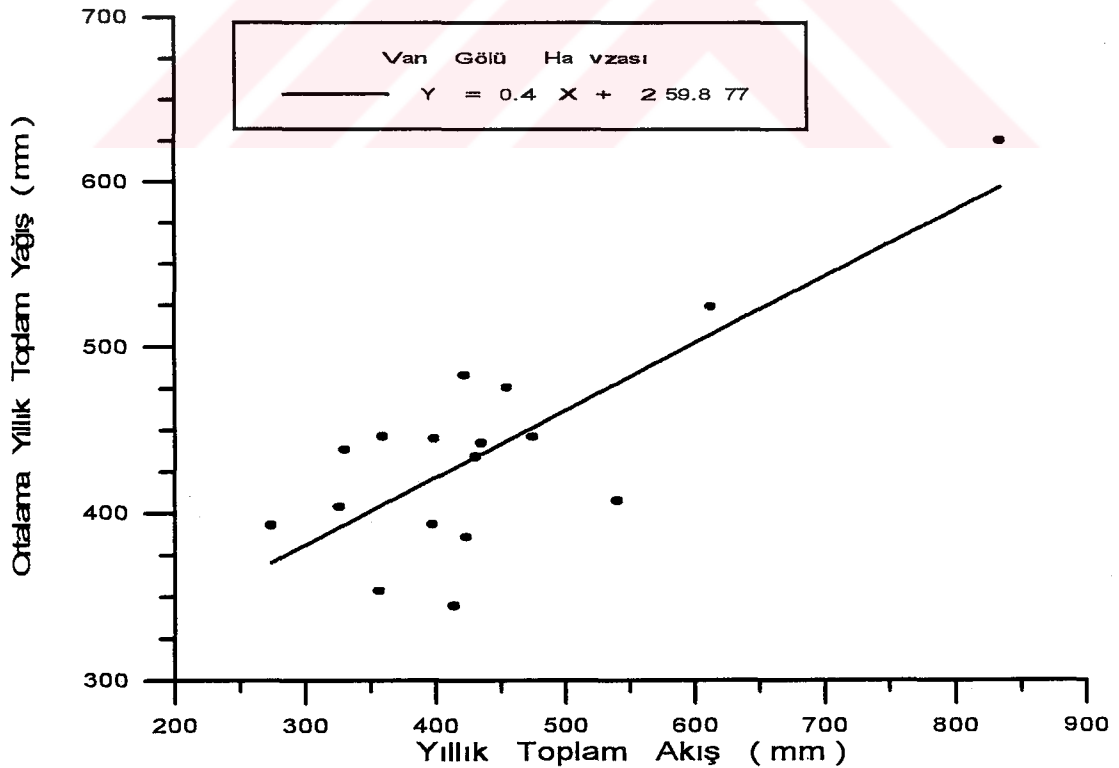
Akış katsayısı değişik şekillerde hesaplanabilir. Bunlardan bazıları şunlardır;

1. Bir su toplama havzasına ait eş yağış eğrilerinin belirlenmesinden ve yüzeysel akış miktarının ölçülmesinden sonra akış hacmi bulunarak yağış hacmine bölünmesi sonunda akış katsayısı yaklaşık olarak elde edilir (Şen ve ark., 1995).

2. Yağış ve Akış Yüksekliklerinin oluşturduğu saçılma diagramına uydurulan en iyi doğrunun eğimi akış katsayısı olarak kullanılır (Muslu, 1993).

3. Bir su biriktirme haznesi yakınındaki bir yağış ölçerden elde edilen yağış miktarlarının yine o hazneye giren ölçülmüş gerçek akış değerlerine bölünmesi ile akış katsayısı bulunur (Şen ve ark., 1995).

Benzer şekilde Van Gölü Havzası için, YA metodu ile hesaplanan ve Tablo 3.4'te gösterilen Havzaya düşen ortalama yıllık toplam yağış miktarı ile daha önce belirtildiği gibi Van Gölü Havzasını temsil eden ve Tablo 3.6'da gösterilen üç büyük akarsuyun (Süfrezor D., Bendimahi Ç. ve Hoşap S.) yıllık toplam akış miktarlarının saçılma diagramına uydurulan doğrunun eğimi Şekil 3.8'den görüldüğü gibi 0.4 olarak bulunmuştur.



Şekil 3.8. Ortalama yıllık toplam yağış ve akış arasındaki saçılma diagramı.

O halde Van Gölü Havzası için yıllık Yağış-Akış katsayısı 0.4'tür. Yani, Havzaya düşen yıllık yağış miktarının yaklaşık olarak %40'ı akışa geçmektedir.

Almanların desteği ile Kempe ve ark. (1974) tarafından Van Gölü Havzası için akış katsayısı, Şen ve ark. (1995) belirttiği gibi akış hacminin yağış hacmine bölünmesi ile elde edilmiştir. Kempe ve ark. (1974) tarafından bu akış katsayısı bulunurken, Van Gölü kıyısındaki Muradiye, Erciş, Tatvan, Gevaş ve Van Yağış ölçüm istasyonları kullanılarak Tablo 3.8'de gösterildiği gibi Van Gölü'ne düşen ortalama yıllık toplam yağış miktarı 482.8 mm olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3.8. Uzun yıllar aylık ortalama yağış (mm), (Kempe ve ark., 1978).

Aylar	Per (yıl)	Oca.	Şub.	Mar.	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağu.	Eyl.	Ekm.	Kas.	Ara.	Top. (mm)
Van	37	42.4	34.4	46.5	58.0	40.5	16.4	5.8	3.2	10.0	42.6	49.0	29.3	378.2
Gevaş	7	41.0	41.6	77.2	49.2	47.8	23.6	19.8	8.5	16.2	37.9	54.3	61.3	478.2
Tatvan	5	83.9	85.4	107.9	105.3	57.1	29.6	9.6	0.1	9.1	40.4	72.2	76.6	677.2
Erciş	10	32.6	39.8	42.8	72.4	64.1	28.4	18.9	4.0	10.2	42.9	45.1	55.2	456.2
Muradiye	11	31.5	48.3	51.0	72.0	45.5	23.7	15.8	3.1	10.9	23.6	52.1	46.5	424.1
Ortalama		46.3	49.9	65.1	71.4	51.0	24.3	13.9	3.8	11.3	37.5	54.5	53.8	482.8

Van Gölü üzerine düşen bu yağış miktarının, drenaj alanına da düştüğü kabul edilerek drenaj alanındaki yağış hacmi bulunmuştur. Daha sonra, drenaj alanından göle gelen akımlar için, mevcut bütün nehirlerin yıllık ortalamalarının toplamı 2.5 km³ alınarak Van Gölü Havzası için geçerli olabilecek akış katsayısı aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$R_{havza} = I / P.A \quad (3.4)$$

Burada, R_{havza} = Van Gölü Havzası için yağış-akış katsayısı,
 I = Drenaj alanından Van Gölü'ne gelen toplam akım (km³),
 P = Drenaj alanındaki yağış (km),
 A = Drenaj alanı (km²).

Buradan, denlem (3.4) gereğince, drenaj alanı 12522 km² kabul edilerek yağış-akış katsayısı Kempe ve ark., (1978) tarafından,

$$R_{havza} = 2.5 \text{ km}^3 / (482.8 \times 10^{-6} \text{ km} \times 12522 \text{ km}^2) = 0.4$$

olarak bulunmuştur.

Benzer şekilde DMI'den temin edilen daha uzun süreli verilerle aynı işlemler Tablo 3.9'de gösterildiği gibi tekrarlandığında Van Gölü üzerine düşen ortalama yıllık toplam yağış miktarı 559.6 mm olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3.9. Uzun yıllar aylık ortalama yağış (mm).

Aylar	Per yıl	Oca.	Şub.	Mar.	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağu.	Eyl.	Ekim	Kas.	Ara	Top. (mm)
Van	65	37.1	34.0	45.1	56.2	47.8	18.7	4.8	4.9	12.4	43.8	53.1	31.0	388.9
Gevaş	40	45.4	51.9	77.0	82.8	74.3	32.5	11.0	9.8	15.5	67.2	60.7	53.6	581.7
Tatvan	36	79.5	101.1	107.9	121.1	89.5	25.4	6.2	4.1	13.4	82.2	110.9	83.8	825.1
Erciş	37	36.6	40.0	48.4	65.4	61.4	28.7	8.9	6.2	14.2	51.5	55.9	44.6	461.8
Muradiye	40	49.9	57.2	55.3	76.6	56.8	28.4	13.9	8.8	11.9	54.9	67.3	59.5	540.5
Ortalama		49.7	56.8	66.7	80.4	66.0	26.7	9.0	6.8	13.5	59.9	69.6	54.5	559.6

Göl üzerine düşen yağış miktarının yine drenaj alanına da düştüğü kabul edilip, drenaj alanındaki yağış hacmi 7 km³ olarak bulunmuştur. Göle gelen akım ise Tablo 3.10'de gösterildiği gibi 1986 yılından önce 1354.67 hm³ ve 1986 yılından sonra 1399.09 km³ olmak üzere toplam 2.75 km³ tür.

Tablo 3.10. Van Gölü'ne gelen yıllık ortalama akış (Emrah, 1994).

AKARSU	1986 öncesi (hm ³)	1986 sonrası (hm ³)	TOPLAM (hm ³)
Gevaş S.	29.50	41.05	70.55
Memadik S.	7.29	16.40	23.69
Zilan D.	351.30	351.30	702.60
Kotum S.	74.16	74.16	148.32
Deliçay	163.20	140.70	303.90
Bendimahi D.	294.30	243.50	537.80
Süfrezor D.	43.360	74.30	117.66
Hoşap S.	125.11	152.10	277.21
Karasu	112.95	152.07	265.02
Arahavza	153.51	153.51	307.02
Toplam	1354.67	1399.09	2753.76

Buradan denklem (3.4)'e göre, Van Gölü Havzası için akış katsayısı yine,

$$R_{havza} = 2.75 \text{ km}^3 / (559.6 \times 10^6 \text{ km} \times 12522 \text{ km}^2) = 0.4$$

olarak bulunmuştur.

Van Gölü Havzası için geçerli olabilecek Yağış-Akış katsayısını hesaplamak için bir diğer yol, Şen ve ark., (1995) tarafından belirtildiği gibi, bir su biriktirme haznesi yakınındaki bir yağış ölçerden elde edilen yağış miktarlarının yine o hazneye giren ölçülmüş gerçek akış miktarlarına bölünmesi ile yaklaşık olarak elde edilir. Bu yolla, Van Gölü Havzasını temsil eden Yağış-Akış katsayısı şöyle bulunmuştur:

Daha önce belirtildiği gibi Van Gölü Havzasını temsil eden üç büyük akarsu vardı: Süfrezor Deresi, Bendimahı Çayı ve Hoşap Suyu. Bu akarsulardan Süfrezor Deresi-Kınalıkoç mevkiindeki Akım Rasat İstasyonuna en yakın yağış istasyonu olarak Ovakışla Yağış İstasyonu seçilmiştir. Benzer şekilde Bendimahı Çayı-Göndürme mevkiindeki Akım Rasat İstasyonuna en yakın yağış istasyonu olarak Çaldıran Yağış İstasyonu ve Hoşap Suyu-Zernek Köprüsü mevkiindeki Akım Rasat İstasyonuna en yakın Yağış İstasyonu olarak da Güzelsu Yağış İstasyonu seçilmiştir. Daha sonra bu akarsulardaki uzun yıllar ortalama aylık akış değerleri, sözkonusu akım istasyonuna en yakın olan yağış istasyonundaki uzun yıllar aylık ortalama yağış miktarına bölünerek her bir akarsu için aylık akış katsayıları Tablo 3.11, Tablo 3.12 ve Tablo 3.13'de görüldüğü gibi hesaplanmıştır.

Tablo 3.11. Süfrezor Deresi için Yağış-Akış Katsayısının aylık değişimi.

AYLAR	Aylık Ort. Akış I (mm)	Aylık Ort. Yağış P _s (mm)	Süfrezor Deresi Yağış-Akış Katsayısı (K _s = I / P _s)
Ocak	4.54	39.3	0.11
Subat	4.40	54.5	0.08
Mart	8.69	60.4	0.14
Nisan	59.05	76.8	0.77
Mayıs	34.17	89.7	0.38
Haziran	7.92	32.7	0.24
Temmuz	10.49	8.5	1.23
Ağustos	11.92	9.2	1.29
Eylül	6.53	7.0	0.93
Ekim	4.56	59.9	0.08
Kasım	4.11	63.5	0.06
Aralık	3.80	47.0	0.08
Ortalama			0.50

Tablo 3.12. Bendimahı Çayı için Yağış-Akış Katsayısının aylık değişimi.

AYLAR	Aylık Ort. Akış I (mm)	Aylık Ort. Yağış P _B (mm)	Bendimahı Deresi Yağış-Akış Katsayısı (R _B = I / P _B)
Ocak	12.46	42.3	0.29
Subat	10.51	45.2	0.23
Mart	15.32	39.2	0.39
Nisan	49.05	51.7	0.95
Mayıs	44.45	57.0	0.78
Haziran	17.59	33.7	0.52
Temmuz	10.95	15.8	0.69
Ağustos	11.16	12.2	0.91
Eylül	9.99	10.8	0.92
Ekim	10.82	55.5	0.19
Kasım	13.87	53.8	0.26
Aralık	14.57	38.4	0.38
Ortalama			0.54

Tablo 3.13. Hoşap Suyu için Yağış-Akış Katsayısının aylık değişimi.

AYLAR	Aylık Ort. Akış I (mm)	Aylık Ort. Yağış P _H (mm)	Hoşap Suyu Yağış-Akış Katsayısı $R_H = I / P_H$
Ocak	2.37	17.0	0.14
Subat	2.35	14.3	0.16
Mart	4.87	29.9	0.16
Nisan	13.84	40.8	0.34
Mayıs	20.57	54.8	0.37
Haziran	12.90	23.8	0.54
Temmuz	6.03	11.6	0.52
Ağustos	3.65	8.4	0.43
Eylül	2.49	11.3	0.22
Ekim	3.07	39.8	0.08
Kasım	3.57	26.8	0.13
Aralık	3.01	14.7	0.20
Ortalama			0.27

Yıllık akış katsayıları, Tablo 3.11, Tablo 3.12 ve Tablo 3.13'den görüldüğü gibi aylık akış katsayılarının ortalaması alınarak Süfrezor Deresi için 0.50, Bendimahi Çayı için 0.54 ve Hoşap Suyu için de 0.27 bulunmuştur. En küçük akış katsayısı Hoşap Suyu'nda görülmektedir. Bu akış katsayılarından da anlaşılacağı üzere, Van Gölü Su Seviyesini kuzeyden gelen akışlar daha çok etkilemektedir. Daha sonra Tablo 3.14'den görüleceği gibi her bir akarsuyu temsil eden yıllık akış katsayılarının Aritmetik Ortalaması alınarak Van Gölü Havzası için yıllık akış katsayısı 0.43 elde edilmiştir.

Tablo 3.14. Aritmetik Ortalama ile Van Gölü Havzasına ait Aylık Yağış-Akış Katsayıları.

AYLAR	Süfrezor D. Yağış-Akış Katsayısı (R_S)	Bendimahi Ç. Yağış-Akış Katsayısı (R_B)	Hoşap S. Yağış-Akış Katsayısı (R_H)	Van Gölü Havzası Yağış-Akış atsayısı $R_{havza}=(R_S+R_B+R_H)/3$
Ocak	0.11	0.29	0.14	0.18
Subat	0.08	0.23	0.16	0.16
Mart	0.14	0.39	0.16	0.23
Nisan	0.77	0.95	0.34	0.67
Mayıs	0.38	0.78	0.37	0.51
Haziran	0.24	0.52	0.54	0.43
Temmuz	1.23	0.69	0.52	0.81
Ağustos	1.29	0.91	0.43	0.88
Eylül	0.93	0.92	0.22	0.69
Ekim	0.08	0.19	0.08	0.12
Kasım	0.06	0.26	0.13	0.15
Aralık	0.08	0.38	0.20	0.22
Ort.	0.50	0.54	0.27	0.43

Ağırlıklı Ortalama alınarak da Van Gölü Havzası için yıllık akış katsayısı aşağıdaki gibi de bulunabilir:

$$R_{havza} = \frac{P_S A_S K_S + P_B A_B K_B + P_H A_H K_H}{P_S A_S + P_B A_B + P_H A_H} \quad (3.5)$$

R_{havza} = Van Gölü Havzası Yağış-Akış Katsayısı,

P_S = Süfrezor Deresi-Kinalokoç Akım Rasat İstasyonuna en yakın olan Ovakışla

Yağış İstasyonundaki aylık ortalama yağış miktarı (m),

P_B = Bendimahi Çayı-Göndürme Akım Rasat İstasyonuna en yakın olan Çaldıran

Yağış İstasyonundaki aylık ortalama yağış miktarı (m),

P_H = Hoşap Suyu-Zernek Köprüsü Akım Rasat İstasyonuna en yakın olan Güzelsu

Yağış İstasyonundaki aylık ortalama yağış miktarı (m),

A_S = Süfrezor Deresi yağış alanı (m^2),

A_B = Bendimahi Çayı yağış alanı (m^2),

A_H = Hoşap Suyu yağış alanı (m^2),

K_S = Süfrezor Deresi akış katsayısı,

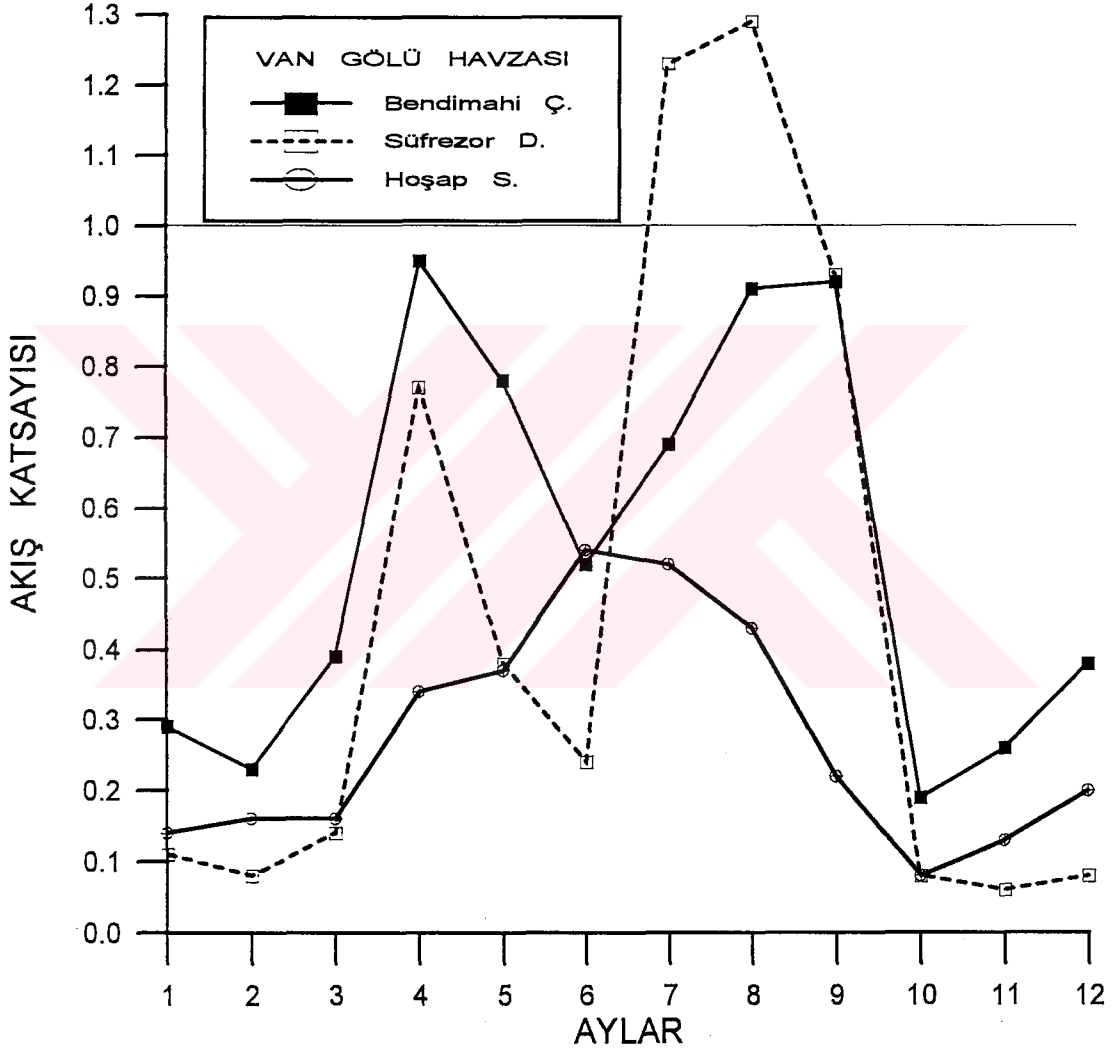
K_B = Bendimahi Çayı akış katsayısı,

K_H = Hoşap Suyu akış katsayısı.

Ağırlıklı Ortalama ile Van Gölü Havzası için yıllık akış katsayısının bulunuşu Tablo 3.15'de adım adım gösterilmiştir.



Görüldüğü gibi değişik yöntemlerle Van Gölü Havzasını temsil eden yıllık yağış-akış katsayısı yaklaşık olarak 0.4 bulunmuştur. Van Gölü Havzası için seçilen üç büyük akarsuyun aylık akış katsayılarının birbirlerine göre karşılaştırılması Van Gölü Havzası hakkında bilgi verecektir. Tablo 3.11, Tablo 3.12 ve Tablo 3.13'deki akış katsayıları kullanılarak elde edilen Şekil 3.9, Süfrezor Deresi, Bendimahi Çayı ve Hoşap Suyu'na ait akış katsayılarının aylık değişimini göstermektedir.



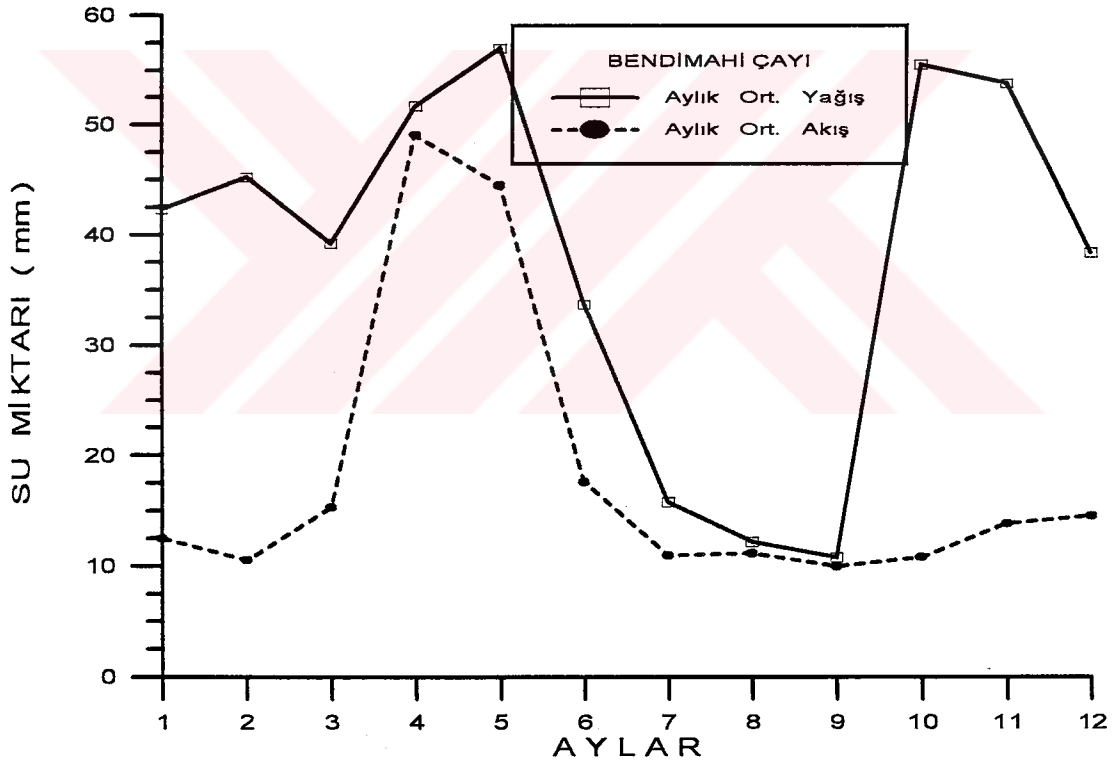
Şekil 3.9. Hoşap Suyu, Süfrezor Deresi ve Bendimahi Çayı'na ait akış katsayılarının aylık değişimi.

Şekil 3.9'den görüleceği gibi ilkbahar mevsiminde yağış ve akışlardaki artışa paralel olarak akış katsayıları da bu mevsimde artmaktadır. Ancak yıl içindeki maksimum akış katsayıları, her üç akarsu için de yaz aylarında (Haziran, Temmuz,

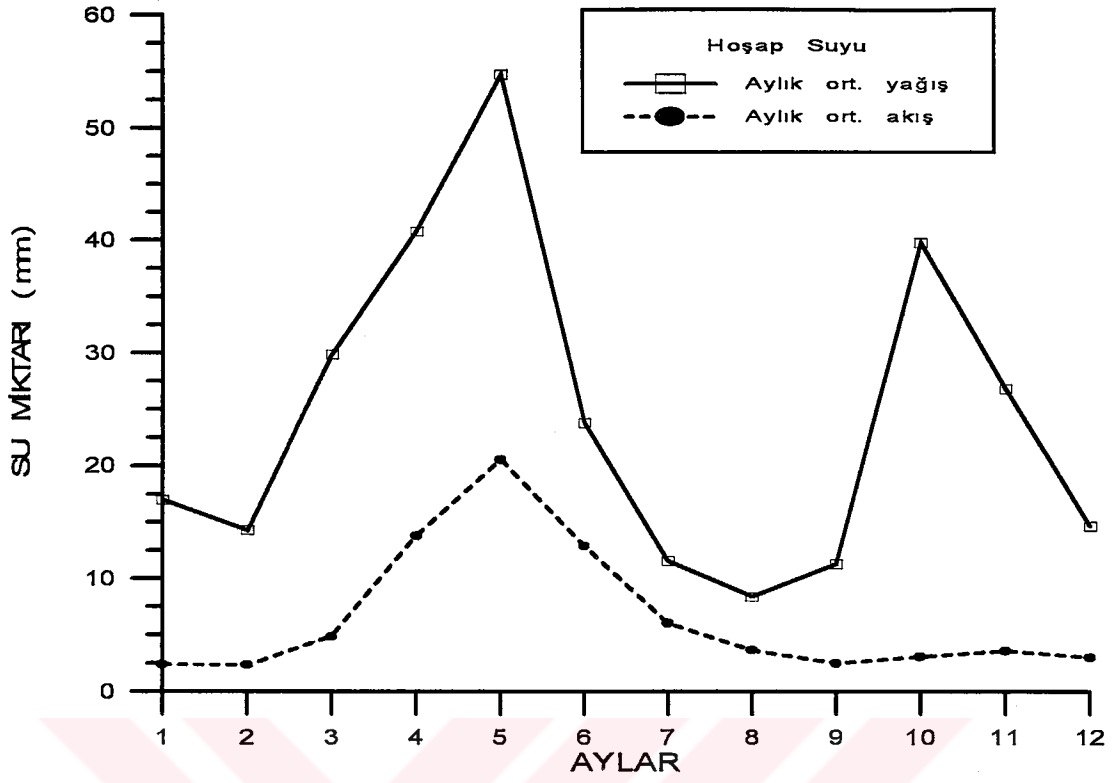
Ağustos ve kısmen Eylül) görülmektedir. Özellikle Süfrezor Deresi'nde akış katsayısı Temmuz ve Ağustos aylarında 1'den büyük çıkmaktadır. Yani bu aylarda akış, yağıştan fazladır. Şen ve ark. (1995) belirttiği gibi bunun değişik nedenleri olabilir:

1. Havza alanının çok büyük olması ve yağışa olan akış şeklinde cevabın çok yavaş olması ve yağış istasyonu ile akış istasyonunun aynı yerde olmayışı,
2. Havzadaki kar yağışlarının gecikmeli olarak Süfrezor Deresine ulaşması,
3. Yeraltı suyunun yüzeye çıkarak Süfrezor Deresini beslemesi olabilir.

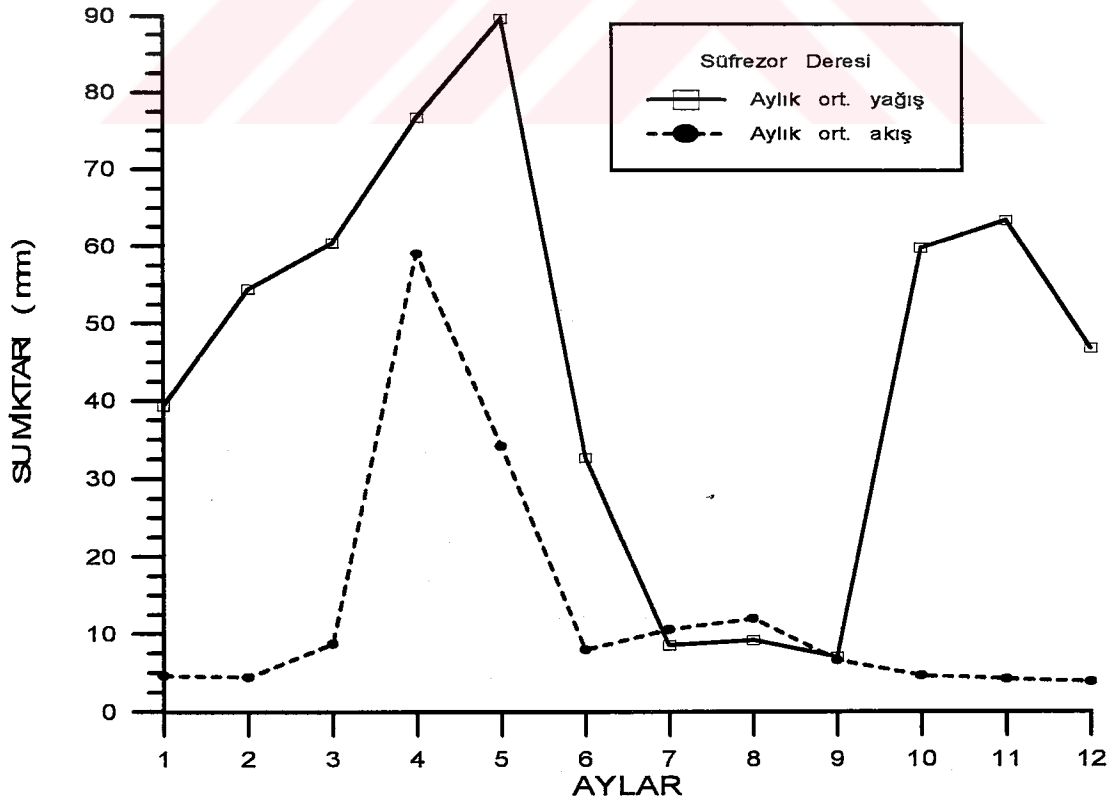
Havzadaki kar yağışları gecikmeli olarak bu akarsulara ulaşıyor ise her üç akarsu için akış katsayısının büyük çıktığı Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında akışların miktar olarak büyük olması gerekirdi. Halbuki Şekil 3.10, Şekil 3.11 ve Şekil 3.12'den görüleceği gibi bu aylarda akış miktarı yağış miktarından çok fazla değildir.



Şekil 3.10. Uzun yıllar ortalama yağışın ve akışın aylık değişimi.



Şekil 3.11. Uzun yıllar ortalama yağışın ve akışın aylık değişimi.



Şekil 3.12. Uzun yıllar ortalama yağışın ve akışın aylık değişimi.

Yağış ile akış arasında çok az bir fark vardır. Yağış ile akış arasındaki fark, Süfrezor Deresi ve Bendimahı Çayı'nda yaklaşık olarak birbirine eşit iken Hoşap Suyu'nda biraz daha büyüktür. Süfrezor Deresi'nde Temmuz ve Ağustos aylarında akışın yağıştan birazcık fazla olması, akış katsayısının 1'den büyük olmasına neden olmaktadır. Eğer Süfrezor Deresi'nde yağış istasyonu ile akım istasyonu birbirine yakınsa yaz aylarında meydana gelebilecek şiddetli yağışlarda su, kuru olan toprağa sızmadan dereye ulaşabilir. Ancak yağış istasyonu ile akış istasyonu birbirine yakın değilse ölçülen yağış ile akış arasında daima bir zaman farkı olacaktır. Bu zaman farkından dolayı akış katsayısı 1'den büyük çıkacaktır. Tablo 3.16'de görüldüğü gibi her üç akarsu için akım istasyonları ve bu akım istasyonlarına en yakın yağış istasyonlarının kotları verilmektedir.

Tablo 3.16. Van Gölü Havzasındaki akış istasyonları ve bunlara en yakın olarak seçilen yağış istasyonları (E.İ.E.İ., 1995).

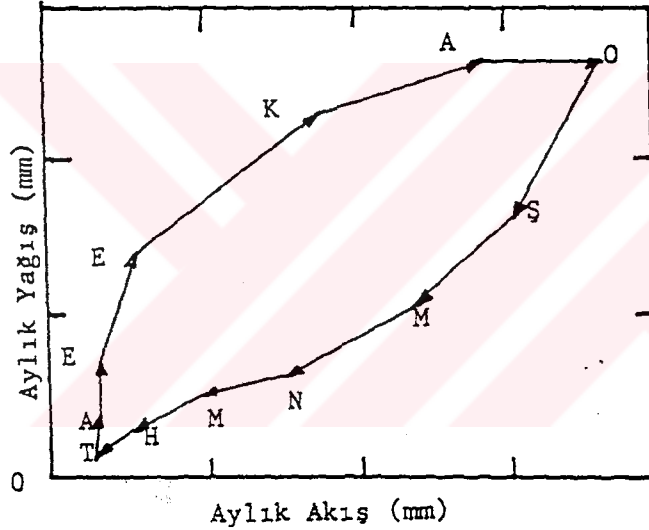
Akarsu ve Akım İstasyonu	Rakım (m)	Yağış İstasyonu	Rakım (m)
Hoşap Suyu-Zernek Köprüsü	1850	Güzelsu	2100
Süfrezor Deresi-Kınalıkoç	1775	Ovakışla	1830
Bendimahı Çayı-Göndürme	1935	Çaldıran	2000

Bu tablodan görüldüğü gibi Hoşap Suyu-Zernek Köprüsü Akım Rasat istasyonu ile bu akım istasyonuna en yakın yağış istasyonu olarak seçilen Güzelsu yağış istasyonu arasında 250 m yükseklik farkı varken, Süfrezor Deresi-Kınalıkoç Akım İstasyonu ile Ovakışla Yağış İstasyonu arasında 55 m ve Bendimahı Çayı-Göndürme Akım İstasyonu ile Çaldıran Yağış İstasyonu arasında 65 m'lik bir yükseklik farkı vardır. Akım istasyonu ile yağış istasyonu arasındaki yükseklik farkının en fazla olduğu Hoşap Suyu'da akış katsayıları yıl içinde hiçbir zaman 1'den büyük çıkmamaktadır. Demek ki Süfrezor Deresi'nde yaz aylarında akış katsayısının 1'den büyük çıkmasına akım istasyonu ile yağış istasyonunun bir birinden uzak olmasının etkisi yoktur. O halde veriler doğru ölçülmüş ise bu, yeraltı su seviyesinin arttığının bir işaretidir. Akış katsayısının 1'e yaklaştığı veya 1'den büyük olduğu durumlarda yanlış yorumlar yapılmaması için Şen ve ark., (1995) tarafından geliştirilen YAKAÇ diagramlarının çizilip sözkonusu aylar için yağış ile akış arasında miktar açısından

büyük bir fark olup olmadığına bakılmalıdır. Böylece havzanın yağış-akış ilişkisi hakkında da yorumlar yapılabilir.

3.4.2 Yağış-Akış-Katsayısı Çokgeni (Yakaç) Diagramları

Bunun esası yükseklik cinsinden (burada mm) yağış ve akış değerlerinin kartezyen koordinat takımında noktalanmasından sonra ardışık ayları temsil eden noktaların birbiri ile birleştirilmesi sonucunda çıkan çokgene dayanır ve bu çokgene YAKAÇ diagramı adı verilir. Temsili olarak Şekil 3.13'de YAKAÇ diagramının genel yapısı sunulmuştur.



Şekil 3.13. Temsili bir YAKAÇ Diagramı (Şen ve ark., 1995).

Şen ve ark., (1995) böyle bir diagramlardan şu yorumların yapılabileceğini belirtmektedirler:

(a) İki ay arasındaki oklar yağış ve akışın bir aydan diğerine geçerken arttığını veya azaldığını gösterir.

(b) Herbir okun uzunluğu sadece yağış veya akışın veya her ikisinin birden fazla veya az miktarda olduğuna işaret eder.

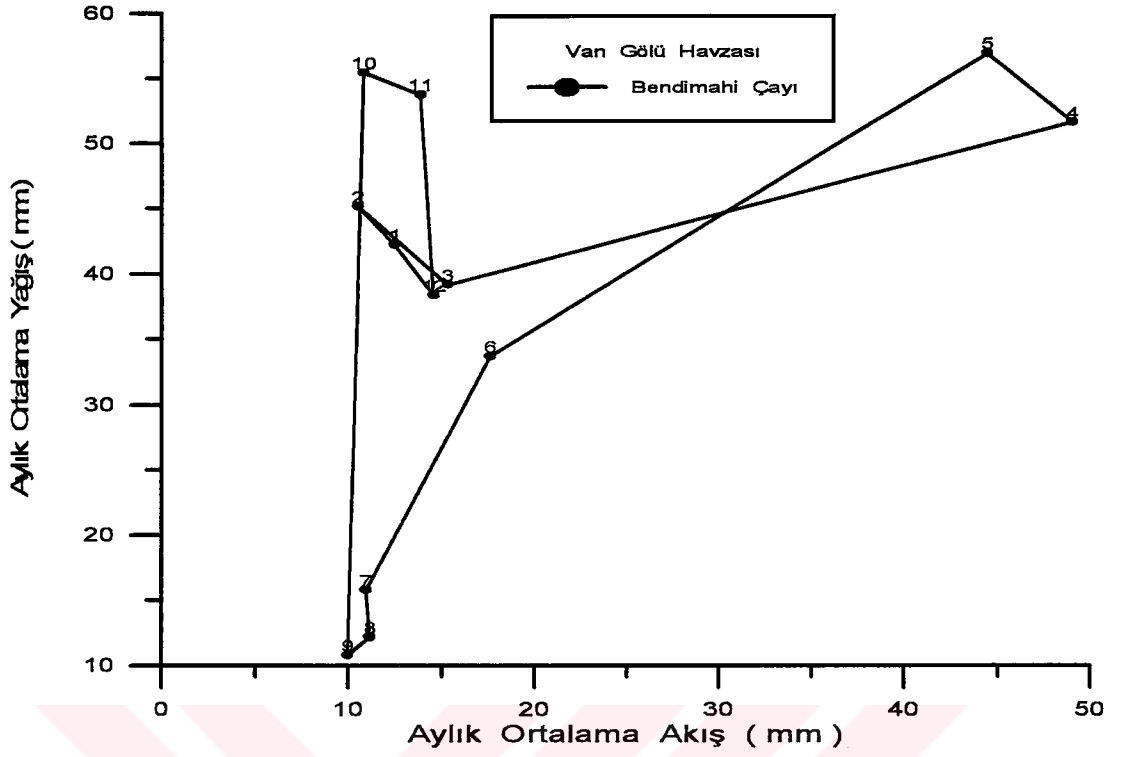
(c) Okların yatay veya düşeye yakın olmasında yağışın yarısından fazlasının mı yoksa azının mı akışa geçtiğine işaret eder. Düşeye yakın olan oklar yağışın az bir

kısımının akışa geçtiğini, yataya yakın olanları ise yağışın büyük bir kısmının akışa geçtiğini gösterir.

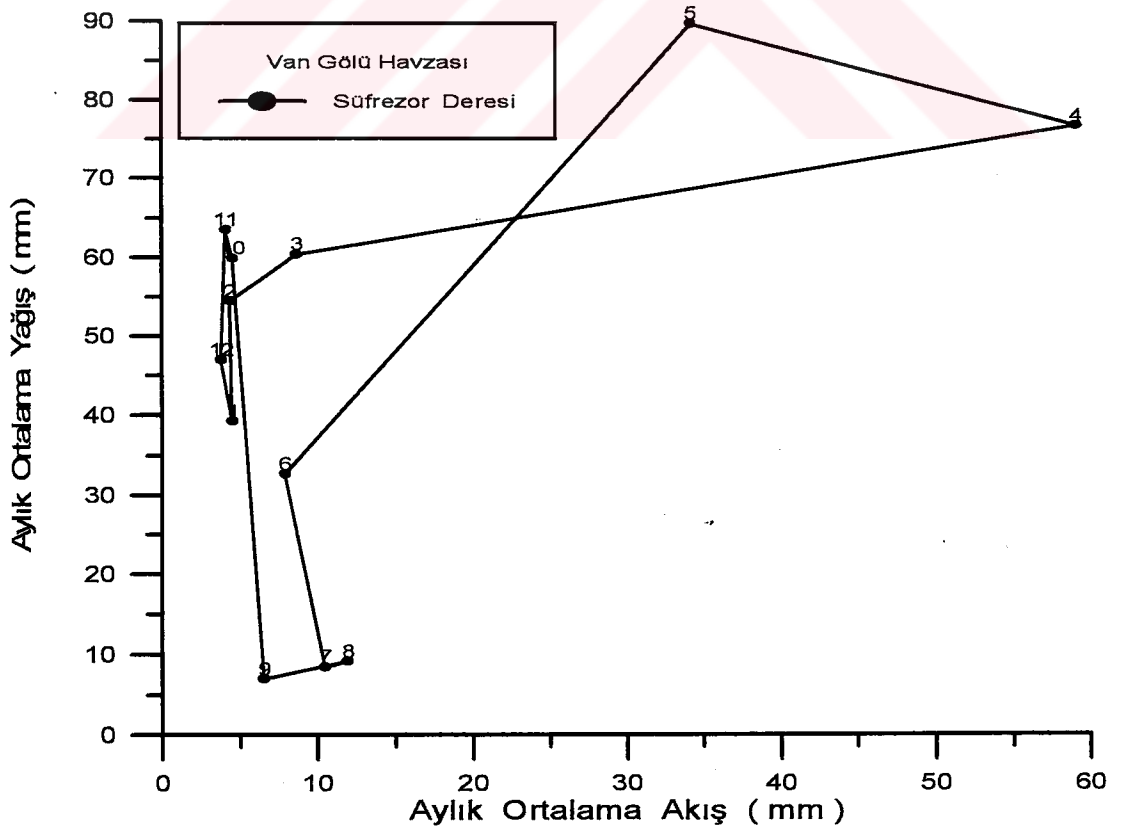
(d) **YAKAÇ**'ın çevresi ne kadar uzun olursa o su toplama havzasının yağışı akışa dönüştürme işlemi o kadar uzun süreyi gerektirir.

Şekil 3.14, Şekil 3.15 ve Şekil 3.16'de Bendimahi Çayı, Süfrezor Deresi ve Hoşap Suyu'na ait **YAKAÇ** diagramları görülmektedir.

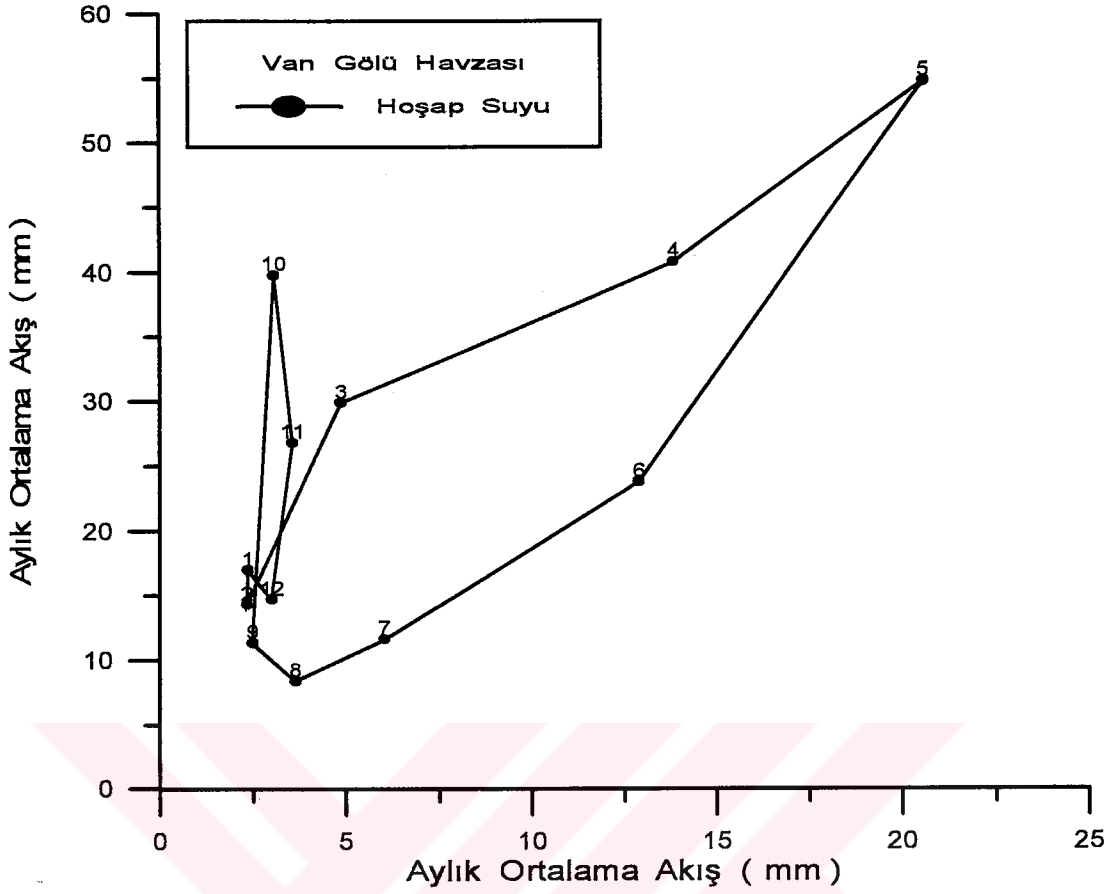




Şekil 3.14. Bendimahı Çayı için YAKAÇ diagramı.



Şekil 3.15. Süfrezor Deresi için YAKAÇ diagramı.



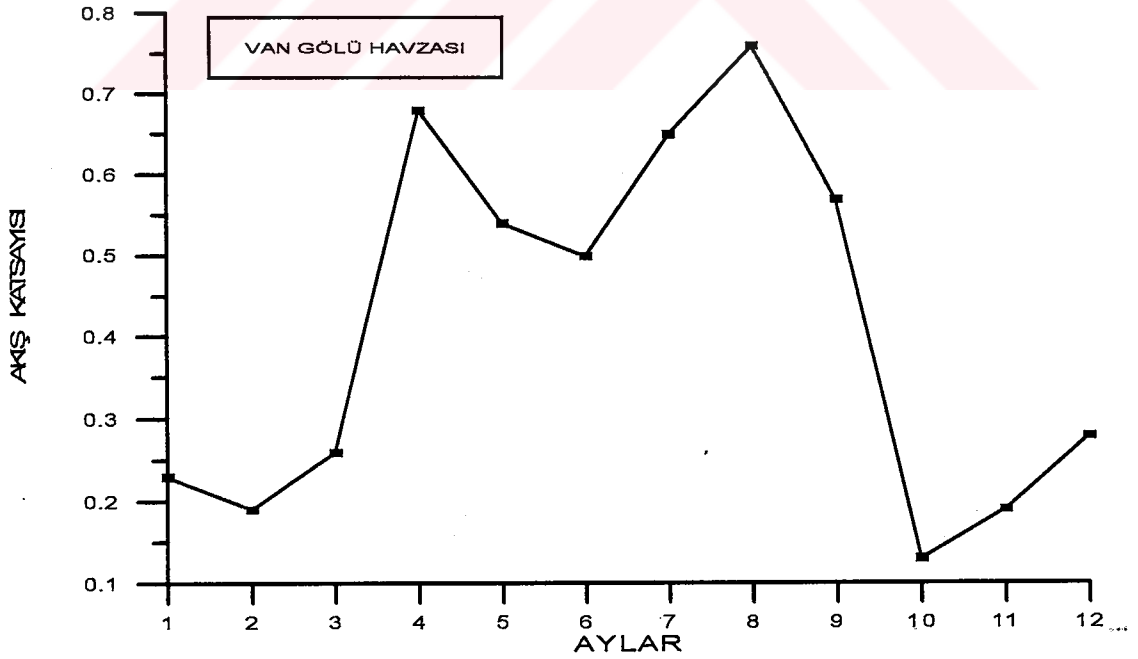
Şekil 3.16. Hoşap Suyu için YAKAÇ diagramı.

Her üç akarsuda da akış katsayılarının 1'den büyük veya 1'e yaklaştığı yaz aylarında minimum yağış ve akış gözlenmektedir. O halde yaz aylarında akış katsayısının 1'den büyük veya 1'e yaklaşması bizi yanıltmamalıdır. Sadece yeraltı suyunun yükselmesi hakkında bize bilgi verebilir. Ancak yeraltı suyu hakkında da bilgi edinilemediği için bu konuda yorum yapılamamaktadır.

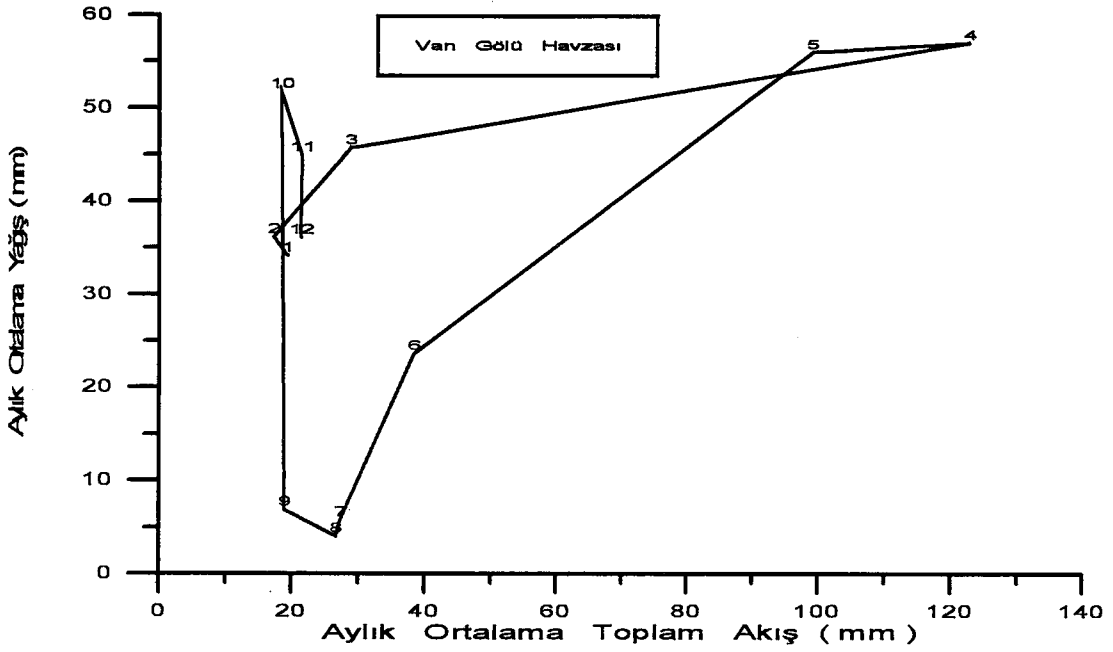
Her üç akarsu için çizilen YAKAÇ Diagramlarından görüleceği üzere yıl içinde maksimum yağışlar Nisan ve Mayıs aylarında gözlenmektedir. Bu yüzden, Göl seviyesini etkileyen akışlar bu aylardaki akışlardır. Van Gölü su seviyesi Haziran ayında maksimum değerine ulaşmaktadır. Halbuki, akış katsayısının 1'den büyük çıktığı Temmuz ve Ağustos aylarında meydana gelen akış, Göl su seviyesinin maksimum değerini aldığı Haziran ayından sonradır. Bu da, yaz aylarındaki akışların Van Gölü su seviyesi için fazla önemli olmadığını gösterir. Her üç akarsuda da Mayıs ayından sonra yağışlarda büyük bir düşüş gözlenmekte ve bu düşüş Züfrezor Deresi ve

Bendimahi Çayı'nda Eylül ayına kadar Hoşap Suyu'nda ise Ağustos ayına kadar devam etmektedir. Bu aylarda yağışlardaki azalışa paralel olarak akışlar da azalmaktadır. Yine her üç akarsuda da Eylül ayından sonra yağışlar hızlı bir şekilde artarken akış hemen hemen hiç yoktur. Çünkü bu aydaki yağış tamamen zemine sızmaktadır. Demek ki her üç akarsuda da zeminde maksimum nem açığı Ekim ayında oluşmaktadır. Kasım ayından Şubat ayına kadar meydana gelen yağışlar kış mevsiminden dolayı yüzeyde donmakta ve havaların ısınması ile birlikte ilkbahar aylarında akışa geçmektedir. Tüm yıl gözönüne alındığında yağıştan akışa geçiş işlemi en yavaş Hoşap Suyu'nda gözlenmektedir ve bu yüzden maksimum akış diğer akarsulardan bir ay sonra, Mayıs ayında gözlenmektedir. Bu üç akarsu içerisinde en büyük yağış miktarı, Mayıs ayında Süfrezor Deresinde, en küçük yağış miktarı ise yine bu akarsuda gözlenmektedir. Diğer taraftan en büyük akış ise maksimum yağışa paralel olarak yine Süfrezor Deresi'nde Nisan ayında meydana gelmektedir.

Yukarıda her bir akarsu için çizilen şekil ve yorumlar birleştirilerek Tablo 3.15'den de faydalanarak Van Gölü Havzası için akış katsayısının aylık değişimi ve YAKAÇ diagramı, sırasıyla Şekil 3.17 ve Şekil 3.18'de gösterilmiştir.



Şekil 3.17. Van Gölü Havzasının akış katsayısının aylık değişimi.



3.5 Van Gölü'nden Buharlaşma

Van Gölü'ü için denge denklemi tekrar şöyle yazılabilir:

$$E.A = I + P.A - \Delta S.A \quad (3.6)$$

Eşitlik 3.6'görülen değişkenler;

I = Akarsulardan gelen toplam akım (m^3), (Bendimahi Ç., Süfrezor D., Hoşap S.),

P = Göl üzerine düşen yağış (m),

A = Su seviyesine karşılık gelen göl yüzey alanı (m^2),

E = Göl yüzeyinden olan buharlaşma (m),

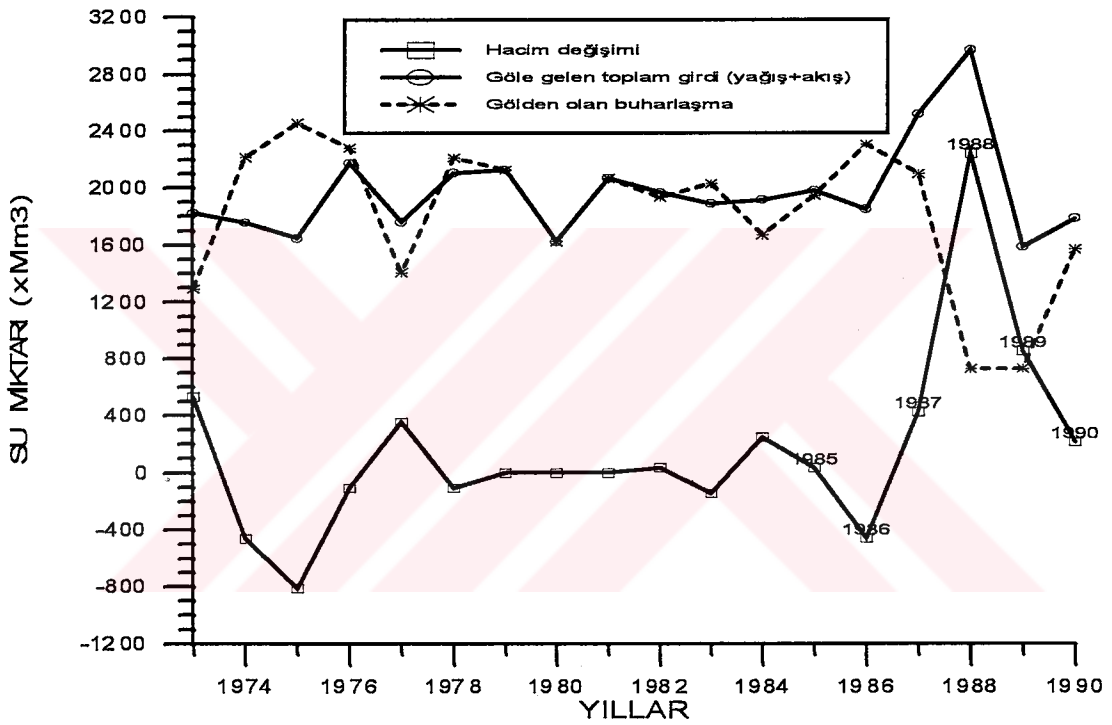
ΔS = Yıllık ortalama su seviyeleri arasındaki farkdır (m).

Denklemdaki bileşenlerin değerleri ve buharlaşmanın hesabı Tablo 3.17'de adım adım gösterilmektedir.

Tablo 3.17. Van Gölü için denge denkleminin bileşenleri.

Yıl	I $10^6 m^3$	P (m)	ΔS (m)	A $10^6 m^2$	$P.A$ $10^6 m^3$	$I+P.A$ $10^6 m^3$	$\Delta S.A$ $10^6 m^3$	EA $10^6 m^3$	E (m)
1973	547.9	0.36	0.15	3541	1274.76	1822.70	531.15	1291.51	0.36
1974	376.1	0.39	-0.13	3537	1379.43	1755.53	-459.81	2215.34	0.63
1975	305.3	0.38	-0.23	3529	1341.00	1646.30	-811.70	2458.00	0.70
1976	519.2	0.47	-0.03	3525	1656.75	2175.95	-105.75	2281.70	0.65
1977	452.3	0.37	0.10	3533	1307.21	1759.51	353.30	1406.21	0.40
1978	517.4	0.45	-0.03	3529	1588.00	2105.45	-105.87	2211.32	0.63
1979	502.6	0.46	0.00	3529	1623.34	2125.90	0.00	2125.90	0.60
1980	458.9	0.33	0.00	3529	1164.57	1623.47	0.00	1623.47	0.46
1981	442.9	0.46	0.00	3529	1623.34	2066.24	0.00	2066.24	0.58
1982	484.9	0.42	0.01	3529	1482.18	1967.08	35.29	1931.79	0.55
1983	406.0	0.42	-0.04	3529	1482.18	1888.18	-141.16	2029.34	0.58
1984	502.4	0.40	0.07	3533	1413.20	1915.60	247.31	1668.29	0.47
1985	638.6	0.38	0.01	3533	1342.54	1981.14	35.33	1945.81	0.55
1986	367.8	0.42	-0.13	3525	1480.50	1848.30	-458.25	2306.55	0.65
1987	649.3	0.53	0.12	3533	1872.49	2521.79	423.96	2097.83	0.59
1988	834.7	0.60	0.63	3557	2134.20	2968.90	2240.91	727.99	0.20
1989	408.6	0.33	0.24	3566	1176.78	1585.38	855.84	729.54	0.20
1990	427.4	0.38	0.06	3570	1356.60	1784.00	214.20	1569.80	0.44

Tablo 3.17’de ve Şekil 3.19’da gösterildiği gibi yıllık buharlaşma miktarı, su seviyesinin dengede olduğu 1975-1985 periyodu boyunca $1977 \times 10^6 \text{ m}^3$ değeri etrafında salınmaktadır. 1986’dan sonra göl üzerine düşen yağış miktarındaki artışlara paralel olarak artan akışlarla birlikte buharlaşma azalmaya başlamıştır. 1988 yılında hem göle düşen yağış miktarı, hem de göle gelen akım miktarı geçmişte gözlenenlere göre en yüksek değerini almıştır. Bu yıl buharlaşma değeri ani bir şekilde azalmış ve 1988 yılına kadar da bu minimum değerinde kalmıştır.



Şekil 3.19. Göl üzerine düşen yıllık ortalama toplam yağış, göle gelen yıllık toplam akım ve yıllık buharlaşma ile gölden olan su kaybının zamansal değişimi.

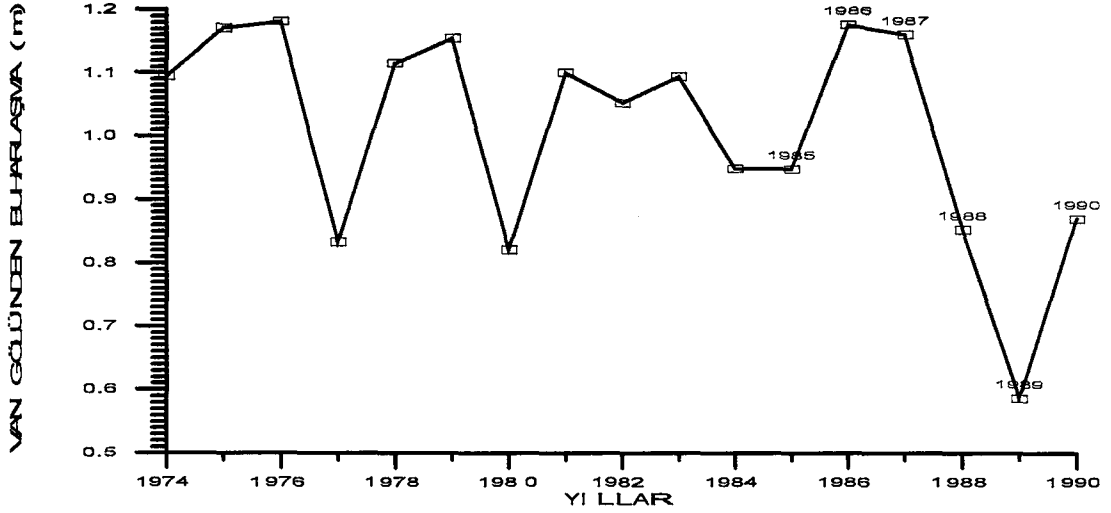
1989 ve 1990 yıllarında göl üzerindeki yağış miktarı 1975-1985 periyodu ortalamasına tekrar yaklaşmıştır. Aynı durum toplam akımlarda da gözükmemektedir. Buharlaşma bu iki yıl içinde artmaya, su seviyesindeki artış da durmaya başlamıştır. Yağışlı geçen 1987 ve 1988 yıllarında hem göle gelen toplam akım, hem de göl üzerindeki yağış, su seviyesinin dengede olduğu (1975-1985) periyot ortalamasının üzerine çıkmıştır. Artan bu su girdisi buharlaşma ile dengelenememiş ve aradaki bu hacim farkı, su seviyesindeki artış olarak gözlenmiştir.

Daha önce belirtildiği gibi, göle gelen akımlar için Süfrezor Deresi, Bendimahı Çayı ve Hoşap Suyu'na ait veriler kullanılmıştır. Bu üç akarsu ile ancak, drenaj alanının yaklaşık olarak %27'si gözönünde bulundurulmaktadır. Halbuki bu üç akarsu, göle gelen akımları yeteri kadar temsil etmemektedir. Denge denklemi yardımıyla gölden olan buharlaşmayı hesaplarken mutlaka ölçüm yapılamayan veya verileri temin edilemeyen akarsuların da temsil edilmesi gerekir. Bunun için eldeki mevcut verilerden faydalanarak, Van Gölü Havzası için, akış katsayısı hesaplanarak, gelen akımlar daha sağlıklı bir şekilde temsil edilmiştir. Van Gölü havzası için, akış katsayısı (R_{havza}), daha önceki kısımda yaklaşık olarak 0.40 hesaplanmıştır. Akış katsayısı kullanılarak göle gelen akış, ve havzaya düşen yağış miktarından da faydalanarak göl üzerine düşen yağış miktarı hesaplanıp, Tablo 3.18'de gösterildiği gibi Van Gölü'nden olan buharlaşma hesaplanmıştır.

Tablo 3.18. Akış katsayısı kullanılarak denge denklemi yardımı ile gölden olan buharlaşmanın hesaplanması.

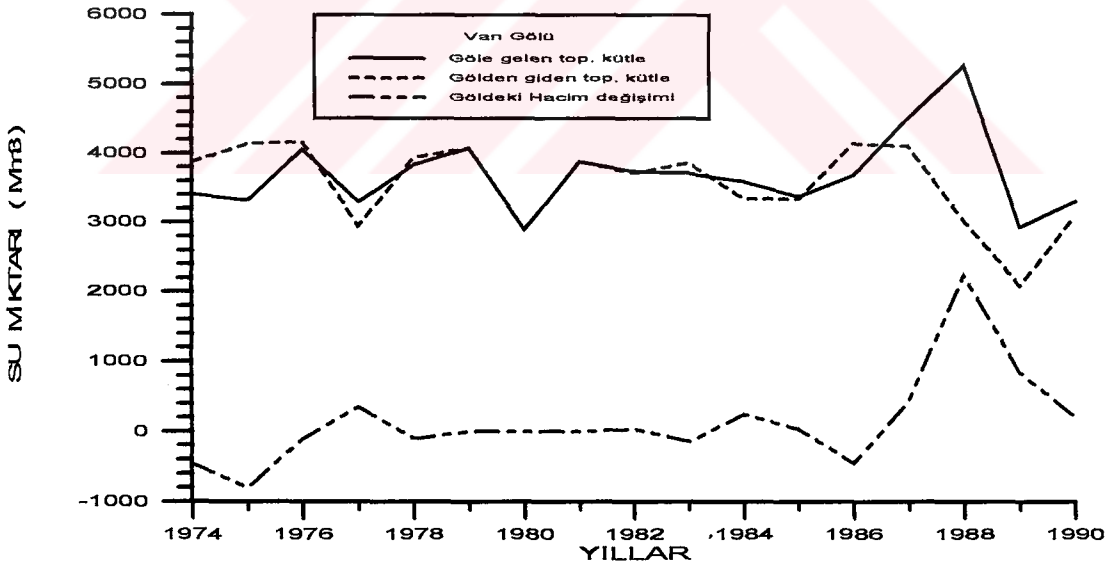
YIL	R_{havza} Akış ($10^6 m^3$)	P_{havza} Yağış ($10^6 m^3$)	ΔS $A_{göl}$ Hac. Değ. ($10^6 m^3$)	EA Buh. ($10^6 m^3$)	E (m)
1974	2036.5	1376.2	-459.8	3872.6	1.09
1975	1979.6	1342.8	-811.7	4134.0	1.17
1976	2398.3	1662.4	-105.8	4166.4	1.18
1977	1983.1	1315.7	353.3	2945.5	0.83
1978	2230.0	1603.6	-105.9	3939.4	1.12
1979	2436.1	1641.0	0.0	4077.0	1.16
1980	1737.2	1161.7	0.0	2899.0	0.82
1981	2242.6	1642.4	0.0	3885.0	1.10
1982	2249.1	1499.8	35.9	3713.7	1.05
1983	2249.6	1471.9	-141.2	3862.8	1.09
1984	2188.7	1409.3	247.3	3350.7	0.95
1985	2054.7	1328.0	35.3	3347.4	0.95
1986	2209.3	1481.6	-458.2	4149.1	1.18
1987	2642.6	1884.8	424.0	4103.5	1.16
1988	3152.5	2122.5	2240.9	3034.1	0.85
1989	1781.1	1167.5	855.8	2092.7	0.59
1990	1945.3	1373.4	214.2	3104.5	0.87

Tablo 18'den yararlanarak Şekil 3.20 elde edilmiştir. Şekil 3.20'den görüldüğü gibi akış katsayısı kullanılarak hesaplanan Van Gölü'nden olan buharlaşma, su seviyesinin ani bir şekilde yükseldiği 1988 yılında, hızlı bir şekilde azalmaya başlamış ve 1989 yılına kadar devam etmiştir.



Şekil 3.20. Akış katsayısı kullanılarak denge denklemi yardımı ile Van Gölü'nden buharlaşmanın 1974-1990 periyodu için yıllık değişimi.

Yine Tablo 3.18'den faydalanarak, Göle gelen yıllık toplam kütlenin (yağış ve akış), gölden olan yıllık toplam çıktının (buharlaşma) ve ölçümlerden elde edilen göldeki hacim değişiminin zamansal gidişi Şekil 3.21'de gösterilmiştir.

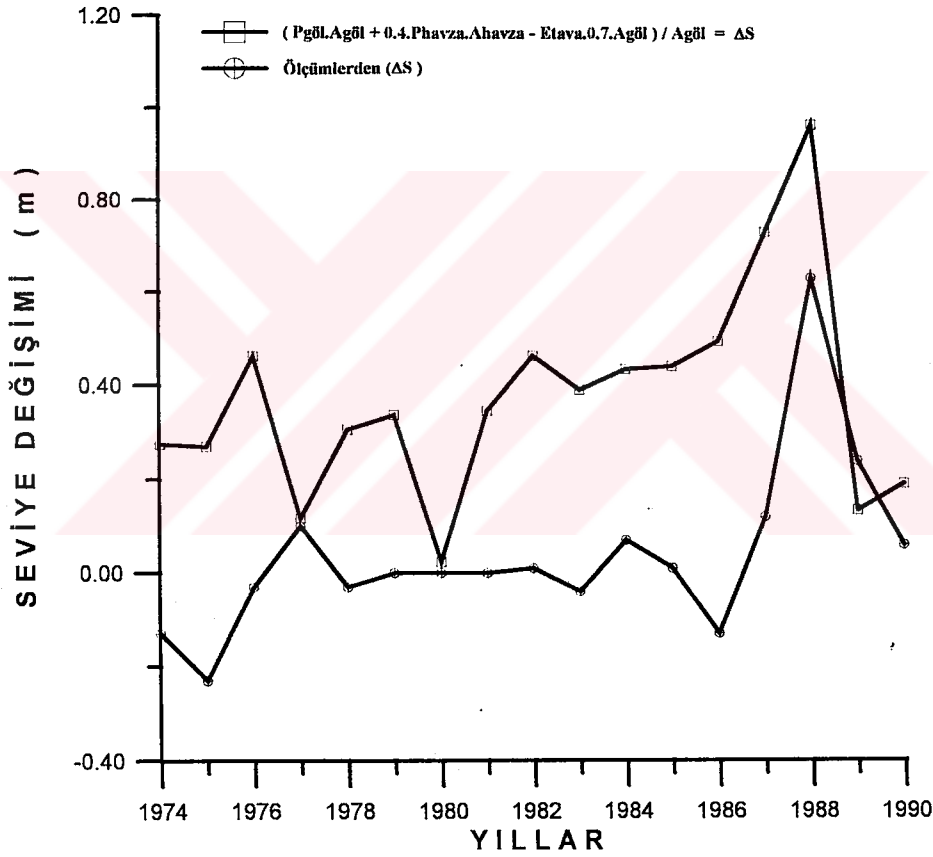


Şekil 3.21. Göl üzerine düşen yıllık ortalama toplam yağış, göle gelen yıllık toplam akım ve yıllık buharlaşma ile gölden olan su kaybının zamansal değişimi.

Şekil 3.19 ve Şekil 3.21'den görüldüğü gibi 1986 yılına kadar toplam su girdisi ile gölden olan buharlaşma yaklaşık olarak birbirini dengelemektedir. Denge korunduğu için su seviyesinde de sakin bir gidiş vardır. Ancak bu yıldan sonra

buharlaşma hızla azalırken toplam girdi artmaktadır. Bunun sonucu olarak su seviyesi de artmaya başlamaktadır. Göle gelen toplam su miktarı 1987 ve 1988 yıllarında düşük buharlaşma ile dengelenemediği için maksimum hacim değişimi 1988 yılında gözlenmiştir. Bu hacim değişimi hem zaman hem de miktar açısından su seviyesindeki maksimum artışa karşılık gelmektedir.

Tava katsayısı 0.7 ve akış katsayısı daha önce hesaplandığı gibi 0.4 alınarak ve Tablo 3.18'den yararlanarak göldeki seviye değişimleri (ΔS), denklem (3.6)'ya göre hesaplanıp Şekil 3.22'de gösterilmiştir.



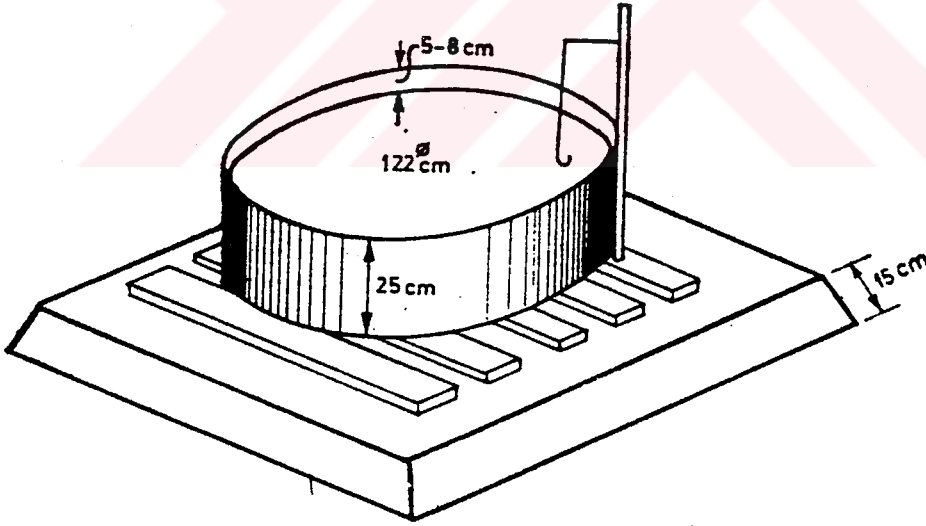
Şekil 3.22. Tava katsayısı 0.7, ve akış katsayısı 0.4 alınarak denge denklemi ile elde edilen yıllık su seviye değişimleri.

Şekil 3.22'den görüldüğü gibi denge denklemi ile elde edilen su seviye değişimleri (ΔS) ile Tatvan'da ölçülen su seviye değişimlerinin ardışık yıllık farkları arasında bir uyum vardır. Her ikisinde de 1987 ve 1988 yıllarında su seviyesinde ani

bir değişim görölmektedir. Çünkü 1987 ve 1988 yıllarında havzaya ortalamanın üzerinde yağış düşmüştür. Bu yağışın da %40'ı yüzeysel akış şeklinde göle ulaşmıştır. Havzaya düşen yağış miktarına paralel olarak, göle ulaşan yüzeysel akışta da su seviyesinin ani bir şekilde yükseldiğı 1988 yılında bir artış olmuştur. Ayrıca, Tatvan'da DMİ tarafından işletilen meteoroloji istasyonunda en düşük buharlaşma 1988 yılında ölçölmüştür. Bunlar problemin, meteorolojik olaylardan kaynaklandığını göstermektedir.

3.5.1 Tava Katsayısının Hesaplanması

Serbest su yüzeyinden buharlaşmayı belirlemenin en iyi yolu buharlaşma tavaşı (buharlaşma leğeni, evaporimetre) denen metal kaplar kullanmaktır. Bunların çeşitli tipleri vardır. Türkiye dahil olmak üzere bir çok ölkede en çok kullanılan tip olan A sınıfı tavanın alanı 1 m^2 , derinliğı 25 cm dir (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. A sınıfı buharlaşma tavaşı (Bayazıt, 1991).

Tava 20 cm derinlikte su ile doldurulup su yüzeyindeki alçalma bir limnimetre ile ölçölerek buharlaşma miktarı belirlenir. Yağışlı günlerde yağış yüksekliğı de ayrıca ölçölerek hesaba katılmalıdır. Tava yerden 15 cm yüksekliğe yerleştirilmeli, tavadaki

su yüzeyinin tavanın üst kenarından uzaklığı 5-8 cm arasında kalacak şekilde her gün su eklenmelidir. Ancak tavadan buharlaşma miktarı geniş bir su kütlesinden (bir hazneden veya bir gölden) buharlaşma miktarı ile aynı olmaz. Bunun başlıca nedeni tavadaki suyun kütlesi az olduğu için hava sıcaklığındaki değişimleri daha çabuk izleyebilmesidir. Ayrıca tavadan ısı yansıması, tava cidarından ısı alışverişi ve çevrenin az nemli olması da buharlaşmayı etkiler. Aradaki farkı azaltmak için tavayı ucuna kadar toprağa gömmek yada su üzerinde yüzdürmek gibi önlemler de düşünülmüştür. Bu gibi tavaların buharlaşma miktarları büyük göllerdekine daha yakın ise de elde edilen sonuçlar kararlı olmamaktadır. Bugünkü durumda en çok denenmiş olan A sınıfı tavanın kullanılması ve göllerdeki buharlaşma miktarına geçmek için tavadaki okumanın tava katsayısı ile çarpılması tavsiye edilmektedir (Bayazıt, 1991; Balek ve ark., 1994). Yıllık olarak düşünülürse gölden olan buharlaşmalar için mantıklı sonuçlar bulunabilir.

Nemli mevsim ve iklimlerde A tipi tavasındaki su sıcaklığı hava sıcaklığından büyüktür ve tava katsayısı 0.80 veya daha büyüktür. Kuru mevsimlerde ve kurak alanlarda tavadaki su sıcaklığı hava sıcaklığında düşüktür ve tava katsayısı 0.60 veya daha az olabilir. Hava ve su sıcaklığı aynı olduğu zaman, uygulanabilir olması için yıllık tava katsayısı 0.70 kabul edilir. A sınıfı buharlaşma tavaşı için yıllık katsayı 0.70 alınarak maksimum %10-15 hatayla sonuçlar elde edilecektir.

$$E_{göl} = C E_{tava} \quad (3.7)$$

Daha önce belirtildiği gibi bu formülde şu kabul yapılır: Yıllık olarak düşünülürse gölün enerji dengesindeki değişimler ve göle gelen-giden enerji önemsizdir. Göl ile buharlaşma tavaşı arasındaki katsayı (C), gerçek göl buharlaşması ile karşılaştırmak suretiyle elde edilir. Eğer mevcutsa gölü temsil edebilecek çok geniş buharlaşma tavaları ile de karşılaştırılarak belirlenebilir. Isı dengesindeki değişimler aylık katsayıların değişmesine sebep olduğu için 0.34-1.41 kadar değişen aylık tava katsayıları hesaplanmıştır (Balek ve ark., 1994).

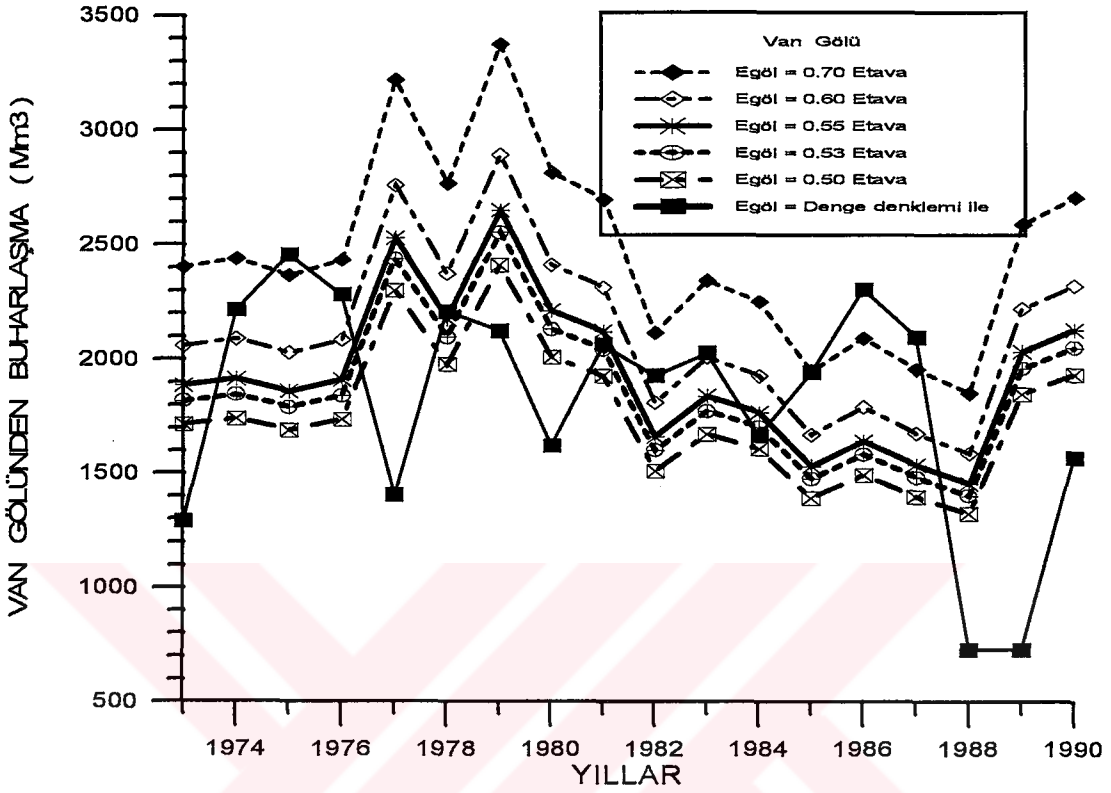
Buharlaşmanın yıllık dalgalanması, yağış ve akışta gözlenen dalgalanmalardan çok daha azdır. Pratik amaçlar için örneğin, buharlaşma tavaasıyla bir kaç yıllık hassas ve ayrıntılı biçimde yapılacak ölçümlerle yeterli doğrulukta ispatlanabilir (Balek ve ark., 1994).

Van meteoroloji istasyonunda ölçülen buharlaşma verilerinden faydalanarak, Van Gölü'ndeki gerçek buharlaşma, klasik şekilde yıllık tava katsayısı 0.70 alınarak Tablo 3.19'de görüldüğü gibi hesaplanmıştır.

Tablo 3.19. Denge denklemi ve değişik tava katsayıları kullanılarak Van Gölü'nden buharlaşmanın hesabı.

YIL	(m)		Tava Katsayıları					Göl Alanı (A)		$E_{göl} = A \cdot C \cdot E_{tava}$					$10^6 m^3$
	E_{tava}	C1	C2	C3	C4	C5	$10^6 m^3$	AC1E _{tava}	AC2E _{tava}	AC3E _{tava}	AC4E _{tava}	AC5E _{tava}	E_{hes}		$10^6 m^3$
1973	0.969	0.7	0.6	0.55	0.53	0.5	3541	2401.9	2058.7	1887.2	1818.6	1715.6	1291.5		1291.5
1974	0.985	0.7	0.6	0.55	0.53	0.5	3537	2438.3	2089.9	1915.8	1846.1	1741.6	2215.3		2215.3
1975	0.958	0.7	0.6	0.55	0.53	0.5	3529	2367.3	2029.1	1860.0	1792.4	1690.9	2458.0		2458.0
1976	0.987	0.7	0.6	0.55	0.53	0.5	3525	2434.2	2086.4	1912.6	1843.0	1738.7	2281.7		2281.7
1977	1.303	0.7	0.6	0.55	0.53	0.5	3533	3221.2	2761.0	2531.0	2438.9	2300.9	1406.2		1406.2
1978	1.122	0.7	0.6	0.55	0.53	0.5	3529	2770.4	2374.7	2176.8	2097.6	1978.9	2211.3		2211.3
1979	1.367	0.7	0.6	0.55	0.53	0.5	3529	3377.1	2894.7	2653.5	2557.0	2412.2	2125.9		2125.9
1980	1.140	0.7	0.6	0.55	0.53	0.5	3529	2815.6	2413.4	2212.3	2131.8	2011.2	1623.5		1623.5
1981	1.093	0.7	0.6	0.55	0.53	0.5	3529	2700.3	2314.5	2121.7	2044.5	1928.8	2066.2		2066.2
1982	0.857	0.7	0.6	0.55	0.53	0.5	3529	2116.1	1813.8	1662.6	1602.2	1511.5	1931.8		1931.8
1983	0.949	0.7	0.6	0.55	0.53	0.5	3529	2344.1	2009.2	1841.8	1774.8	1674.3	2029.3		2029.3
1984	0.910	0.7	0.6	0.55	0.53	0.5	3533	2251.5	1929.9	1769.0	1704.7	1608.2	1668.3		1668.3
1985	0.789	0.7	0.6	0.55	0.53	0.5	3533	1950.5	1671.9	1532.6	1476.8	1393.2	1945.8		1945.8
1986	0.848	0.7	0.6	0.55	0.53	0.5	3525	2092.2	1793.3	1643.9	1584.1	1494.4	2306.6		2306.6
1987	0.792	0.7	0.6	0.55	0.53	0.5	3533	1957.5	1677.8	1538.0	1482.1	1398.2	2097.8		2097.8
1988	0.744	0.7	0.6	0.55	0.53	0.5	3557	1853.2	1588.5	1456.1	1403.2	1323.7	728.0		728.0
1989	1.038	0.7	0.6	0.55	0.53	0.5	3566	2590.8	2220.7	2035.6	1961.6	1850.6	729.5		729.5
1990	1.084	0.7	0.6	0.55	0.53	0.5	3570	2709.4	2322.4	2128.8	2051.4	1935.3	1569.8		1569.8

Denge denklemi ile hesaplanan göl üzerindeki buharlaşma (E_{hes}) miktarı da yine aynı tabloda gösterilmektedir. Bu tablodan faydalanarak Şekil 3.24 elde edilmiştir.



Şekil 3.24. Van Gölü'nden olan buharlaşmanın değişik tava katsayıları kullanılarak hesaplanması.

Şekil 3.24'den görüldüğü gibi klasik şekilde hesaplanan ($E_{göl}$) ve denge denklemi ile hesaplanan (E_{hes}) buharlaşma paternleri birbirine hiç benzememektedir. Klasik şekilde, gerçek göl buharlaşmasından daha fazla hesaplanmaktadır. Örneğin Türksoy ve ark., (1995) tarafından yapılan bir çalışmada, tava katsayısı 0.7 alınarak Van Gölü'nden olan buharlaşma hesaplanmıştır. Daha önce belirtildiği gibi tava katsayısı 0.7 alındığında Van Gölü'ndeki gerçek buharlaşmadan çok daha fazla buharlaşma hesaplandığı için aradaki hacim farkı bir türlü açıklanamamaktadır. Benzer şekilde Türksoy ve ark., (1995) da Van Gölü'nün su bütçesi ile ilgili yaptıkları çalışmada $389 \times 10^6 \text{ m}^3$ fazla su miktarı hesaplamışlar ve bu su miktarını açıklayamayarak Göl tabanındaki beslenmelere bağlamışlardır. Halbuki tava katsayısını 0.7 yerine daha küçük (örneğin 0.53) alsaydılar bu açıklanamayan miktar daha küçük

olacaktı. O halde yıllık tava katsayısının 0.70 olarak alınması yerine, Tablo 3.20’de gösterildiği gibi yeniden hesaplanmalıdır.

Tablo 3.20. Denge denklemi ile hesaplanan Van Gölü’nden olan buharlaşma verilerinden ve Van meteoroloji istasyonunda ölçülen buharlaşma verilerinden faydalanarak tava katsayısının bulunuşunu.

YIL	Ölçülen Buh. (E_{tava}) (mm)	Göl Yüzey Alanı (A) ($\times 10^6 \text{ m}^2$)	($A.E_{tava}$) ($\times 10^6 \text{ m}^3$)	Hesap. Buh. (E_{hes}) ($\times 10^6 \text{ m}^3$)	Tava Katsayısı $C=E_{hes} / A.E_{tava}$
1973	969.0	3541	3431.2	1291.5	0.40
1974	984.8	3537	3483.2	2215.3	0.60
1975	958.3	3529	3381.8	2458.0	0.70
1976	986.5	3525	3477.4	2281.7	0.60
1977	1167.5	3533	4124.8	1406.2	0.30
1978	1113.9	3529	3930.9	2211.3	0.60
1979	1167.8	3529	4124.3	2125.9	0.50
1980	1139.8	3529	4022.4	1623.5	0.40
1981	1077.9	3529	3803.9	2066.2	0.50
1982	856.6	3529	3022.9	1931.8	0.60
1983	948.9	3529	3348.7	2029.3	0.60
1984	834.6	3533	2948.6	1668.3	0.60
1985	738.5	3533	2609.1	1945.8	0.70
1986	791.0	3525	2788.3	2306.6	0.80
1987	791.0	3533	2794.6	2097.8	0.80
1988	744.3	3557	2647.5	728.0	0.30
1989	988.9	3566	3526.4	729.5	0.20
1990	1054.4	3570	3764.2	1569.8	0.40
Ort.					0.53

Tablo 3.20’de görüldüğü gibi tava katsayısı yıldan yıla 0.2-0.8 arasında değişmektedir. En büyük değerini ise Van Gölü su seviyesinin yükseldiği yıllarda almaktadır. 1973-1990 peryodunda ortalama tava katsayısı 0.53’tür. Bu tava katsayısı serisinin medyanı ise 0.55’tir. Van Gölü için yıllık tava katsayısı 0.70 yerine 0.53 veya 0.55 alınırsa Şekil 3.24’de görüldüğü gibi denge denklemine göre hesaplanan gerçek göl buharlaşmasına daha yakın değerler elde edilebilir. Ancak yine de tava katsayısı ne kadar küçük olursa olsun patern hiç değişmeyeceği için göl üzerindeki gerçek buharlaşmayı tam olarak temsil etmesi mümkün olmayacaktır. Bunun değişik sebepleri vardır;

(1). Meteoroloji istasyonunda buharlaşma tavaındaki su, tatlı sudur. Van Gölü ise tuzlu ve sodalıdır. Muslu (1993) belirttiği gibi tatlı sudan olan buharlaşma tuzlu sudan olan buharlaşmadan %2-3 daha fazla olduğu için tavadaki buharlaşma, Van

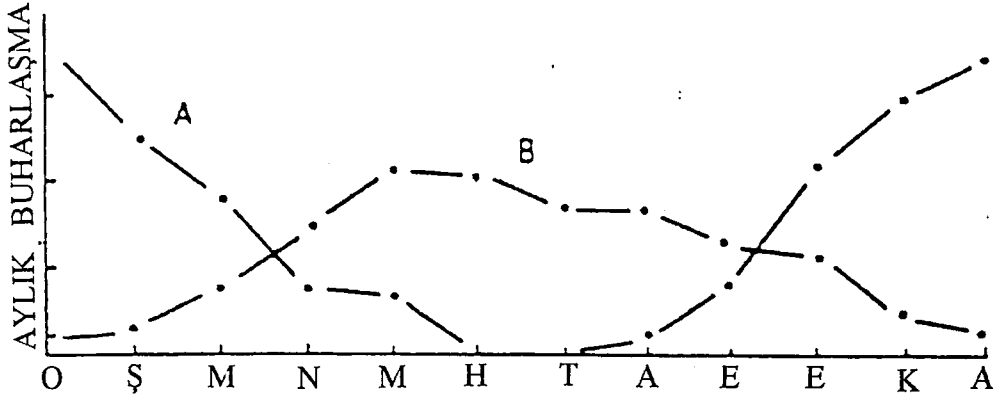
Gölü'ndeki gerçek buharlaşmayı kesinlikle temsil etmemektedir. Tuz yanında Van Gölü'ünde soda ve diğer eriyiklerin bulunması literatürde eriyik etkisi (solution effect) olarak adlandırılan nedenle tuzlu ve sodalı sulardan olan buharlaşmaya nazaran Van Gölü'nden çok daha az su, buharlaşma ile kaybolmaktadır. Ancak meteoroloji istasyonunda iki ayrı buharlaşma leğeni kullanılıp diğerine göl suyu konarak yapılacak bir kaç yıllık ölçüm ile geçmişteki hatalı buharlaşma verileri düzeltilebilir.

(2). Meteoroloji istasyonunda ölçülmüş buharlaşma, tava katsayısı ile çarpılarak Van Gölü'ndeki gerçek buharlaşma olarak kabul edildiği an, otomatik olarak Van Gölü'nün derinliğinin buharlaşma üzerine etkisinin olmadığı kabulü de yapılmış olmaktadır. Halbuki sığ göllerden ve derin göllerden olan buharlaşma farklıdır. Van Gölü, 440 m'ye kadar varan bir derinliğe sahiptir (SHODB, 1985). En sığ kısmı kuzey-doğu kısmı olup burada da derinlik 10-50 m arasında değişmektedir.

Daha önce belirtildiği gibi sığ biriktirme hazneleri (BH) için ısı depolama miktarı önemsizdir. Ancak bu, Van Gölü gibi derin sularda önemlidir. Yazın alınan güneş enerjisinin bir kısmı su kütleğinde depolanır ve daha sonra kış boyunca tekrar atmosfere geri verilir. Bu yüzden eşit miktarlarda alınan enerji için buharlaşma miktarı sıcak mevsimde daha az, soğuk mevsimde daha fazla olacaktır. Derin biriktirme haznelerinde ve göllerde ısı depolamadaki yıllık değişimler önemsizdir. Ancak, toplam yıllık buharlaşmanın aylık dağılımı önemli ölçüde bu ısı depolama süresi ile etkilenir. Şekil 3.25'de aynı iklim şartlarında derin ve sığ biriktirme haznelerinden buharlaşma oranının aylık değişimi gösterilmektedir (Balek ve ark., 1994).

Aylık peryotlar için sığ BH'de (grafik B) ortalama su sıcaklığı, hava sıcaklığından çok farklı değildir ve bu yüzden buharlaşma oranı yazın kıştan daha fazladır. Eğer kışın BH'de su donarsa buharlaşma olmaz. Derin BH'de (grafik A) ısı depolaması çok daha fazla olduğu için su sıcaklığı hava sıcaklığından daha küçük olacaktır. Bu da sığ BH'de yazın meydana gelen buharlaşmayı azaltırken kışın meydana gelen buharlaşmayı arttıracaktır. Özellikle buharlaşma, buhar basınç gradyanı (belli bir yükseklikteki havanın buhar basıncı ile su yüzeyine çok yakın olan havadaki ince bir filim tabakasındaki buhar basıncı arasındaki fark) ile orantılıdır. Bu yüzden su sıcaklığındaki her hangi bir düşüş buhar basınç gradyanını azaltacaktır (buharlaşma

gibi). Kışın su sıcaklığındaki artış da buharlaşmayı arttıracaktır. Diğer taraftan yazın su sıcaklığı, havanın sıcaklığına göre daha soğuk ve ağırdır. Bu yüzden su ile direkt temas etmeyen ve buharla yüklü hava daha kararlı olacaktır. (Balek ve ark., 1994).



Şekil 3.25. Kuzey yarım kürede aynı iklim şartlarında bulunan derin bir biriktirme haznesi için (A) ve bir sığ biriktirme haznesi için (B) yıllık toplam buharlaşmanın aylık dağılımı (Balek ve ark., 1994).

Suya bitişik havanın artan kararlılığından dolayı rüzgarın etkisi kısmi olarak ihmal edilir. Diğer taraftan suya bitişik olan doymuş hava tabakası, kışın ilk aylarında üzerindeki havadan önemli ölçüde daha sıcaktır. Bu yüzden kararsızlık rüzgarın etkisi olmadan bile artar ve suya bitişik olan doymuş hava ile daha yüksekteki doymamış hava yer değiştirir (Balek ve ark., 1994; Muslu, 1993).

(3). Meteoroloji istasyonunda ölçülen buharlaşma değerleri yaz aylarına aittir. Diğer aylarda ise buharlaşma genellikle sıfır olarak kaydedilir. İstasyonda buharlaşmanın sıfır ölçülmesi, aynı aylarda Van Gölü üzerinde de buharlaşmanın olmaması mı demektir? İstasyonda ölçülmüş yıllık buharlaşma değeri genellikle, yaz aylarında ölçülmüş değerlerin toplamıdır. Yani üç aylık yaz mevsimi boyunca ölçülen toplam değer, yıllık buharlaşma değeri olarak kabul edilmektedir. Van Gölü derin bir göl olduğu için yukarıda belirtildiği gibi göl üzerinde buharlaşma yazın minimum, kışın maksimum olacaktır. Her mevsimde Van Gölü üzerinde az yada çok buharlaşma olmaktadır. Göl üzerinde yıllık buharlaşma hesaplanırken 12 aylık bir süre gözönüne alınmaktadır. Halbuki istasyonda yıllık buharlaşma hesaplanırken 3 aylık bir süre

gözönüne alınmaktadır. Geriye kalan 9 ay boyunca istasyonda buharlaşma sıfır kabul edilmektedir. Dolayısıyla burada yapılan hata, istasyonda 3 aylık yaz mevsimi boyunca ölçülmüş toplam buharlaşma ile 12 aylık bir sürede göl üzerinde meydana gelen toplam buharlaşmanın karşılaştırılarak benzerlik aranmasıdır. Aradaki 9 aylık zaman farkı gözden kaçmaktadır. Ayrıca şu noktada ihmal edilmektedir: Van Gölü'nde maksimum buharlaşma kışın, istasyonda ise yazın olmaktadır. Tava katsayısı kullanılarak Göl'deki buharlaşma hesaplanırken istasyondaki yaz buharlaşması ile göldeki kış buharlaşması arasında bir ilişki kurulmaya çalışılmaktadır. Yine burada da zaman farkı vardır. 9 aylık zaman farkından ve Van Gölü'nün derin olmasından dolayı Göl'deki gerçek buharlaşma ile tava katsayısı ile elde edilen göl buharlaşması paternleri birbirine benzememektedirler. O halde Van Gölü'nden olan buharlaşmayı hesaplamak için kıyıdaki herhangi bir meteoroloji istasyonunda ölçülmüş yıllık toplam buharlaşma değerini tava katsayısı ile çarparak göle taşımak doğru değildir.

Sonuç olarak Van Gölü'nden olan buharlaşma, bu çalışmada yapıldığı gibi denge denklemi ile veya göle has parametreleri otomatik istasyonlarla direkt göl üzerinde ölçülerek geliştirilmiş ampirik formüllerle hesaplanmalıdır.

BÖLÜM IV

VAN GÖLÜ SU SEVİYE YÜKSELMESİNİN HAYALİ NEDENLERİ

Türkiye’de, Van Gölü’ndeki su seviye değişimleri başlıca üç nedene bağlı olarak açıklanmaya çalışılmaktadır: a) Su bütçesi, b) Taban Hareketleri, c) Dünya dışı etkiler, (Kadioğlu, 1995a).

Van Gölü’nün su bütçesi üçüncü bölümde ayrıntılı bir şekilde incelenmişti. Buradaki tartışma da bir bütünlük sağlanması için bu bölümde de taban hareketleri ve dünya dışı etkiler üzerinde kısaca durulacaktır.

4.1 Taban Hareketleri

Bu konu tamamen, jeoloji, jeofizik ve hidrojeoloji gibi yer bilimlerinin uzmanlık alanlarına girer. Bununla beraber, geçmişte bölgede görülen depremlere, Van Gölü’nün herhangi bir tepki gösterip göstermediğini basit bir şekilde belirlemek için aşağıdaki tabloya bakılabilir.

Tablo 4.1. Van Gölü’ndeki depremler ile su seviyesi arasındaki ilişki (Kadioğlu, 1994a). + işareti göldeki su seviyesinin yükseldiği yılları, - işareti ise alçaldığı yılları göstermektedir.

Deprem yılları	Su seviye değişim yılları
1715	+1740 +1810 +1850 -1852
1871	+1875-80
1881	-1892
1976 1986	+1987

Bu tabloda, (+) işaretleri göldeki su seviyesinin yükseldiği, (-) ise su seviyesinin alçaldığı yılları göstermektedir. Buradan, bilinen deprem ve su seviye değişimleri arasında anlamlı bir ilişki görülememektedir. Bununla birlikte son depremin bölgeyi farklı bir şekilde etkileyip göl tabanında etkili olabileceği göz önüne alınarak konunun uzmanlarınca ayrıntılı bir şekilde araştırılması gerekir.

Katı yer bilimcileri, bugün Van Gölü'ndeki su seviyesinin yükselmesine, tektonik terimiyle tanımlanan, yerkabuğu hareketlerinin neden olmadığını belirtmektedirler. Özgür (1995), yerkabuğu hareketlerinin uzun jeolojik periyotlar içinde yıllık milimetre ölçeğinde geliştiğini ve büyük depremlerde bile ancak santimetre ölçeğinde yüzeyde kırıklar oluşabileceğinden Van Gölü'nde son 8 senede 2 metreye varan su seviye yükselmesinin tektonik hareketlere bağlı olmadığını belirtmektedir. Yıldırım (1995)'e göre ise bölgedeki Nemrut, Süphan, Tendürek volkanlarının suskunluk dönemi yaşamasından dolayı göldeki su seviye yükselmesine etkisi söz konusu değildir.

Bununla birlikte göldeki su seviye yükselmesi ile biriken suyun meydana getirdiği ilave yük, bölgede küçük çaplı depremlere neden olabileceği de öne sürülmektedir.

4.2 Dünya Dışı (Ekstra-Terrestrial) Nedenler

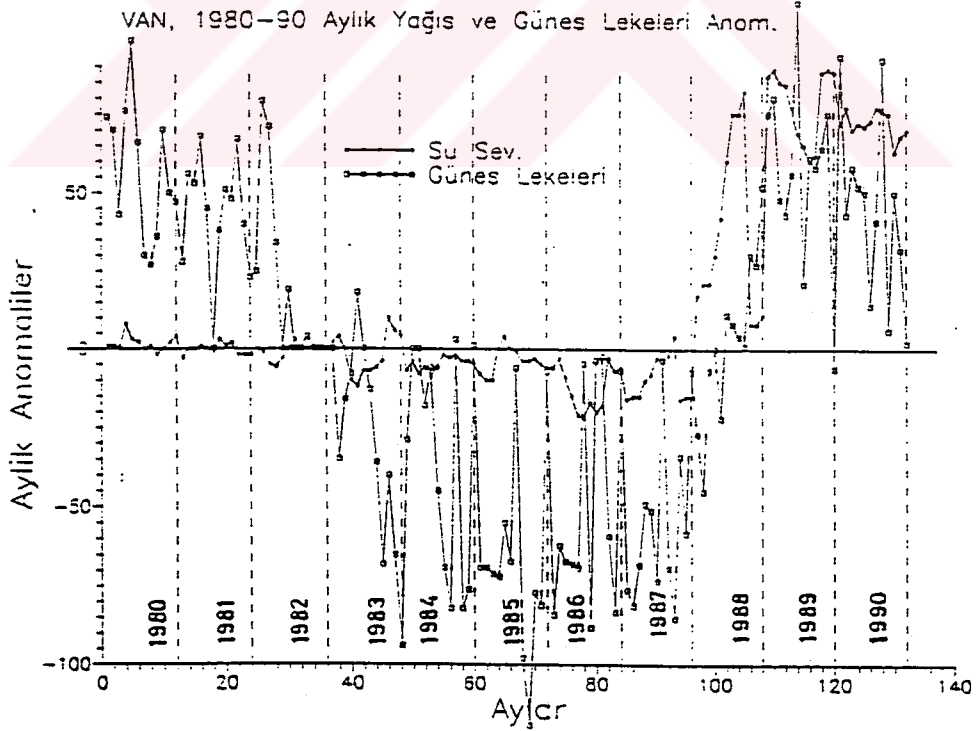
Her ne kadar göllerin tabanındaki hareketler ve değişimlerin konusu, tamamen jeoloji, jeofizik ve hidrojeoloji gibi yer bilimlerinin uzmanlık alanına girerse de su bütçesi ve dünya dışı (extra-terrestrial) nedenler, meteoroloji mühendisliğinin de araştırma konularındandır.

İklim değişimleri göllerin su seviyelerini de etkiler. Bu nedenle iklim değişimlerine neden olan etkenleri göllerin su seviyesini etkileyen etkenler olarak ta göz önüne alınabilir. İklim değişiminde sürekli dile getirilen hipotezlerden biri de, güneşin bir yıldız olduğu ve dışarıya verdiği enerjinin zamana göre değiştiğidir. Bu değişimin etkisinden kolayca anlaşılıyor ki, güneş radyasyonunun artması atmosferin

ısınmasına ve azalması da soğumasına neden olacak ve dolayısıyla yeryüzeyindeki göllerin de su dengesi değişebilecektir (Lutgens ve Tarbuck, 1989).

İklim değişimi için bir kaç öneri de ‘güneş lekeleri’ üzerine getirilmiştir. Güneşin yüzeyi konusunda en çok bilinen ve kara leke gibi görünen lekeler ‘güneş lekeleri’ olarak adlandırılır. Herhangi bir merkezi olmamasına rağmen güneş lekelerinin, güneş yüzeyinden başlayarak daha da iç kısımlara doğru giden magnetik fırtınalar olduğu bilinmektedir. Diğer radyasyon aktiviteleri ile beraber azalan veya çoğalan güneş lekelerinde 11 yıllık salınım düzenli olarak görülür. (Lutgens ve Tarbuck, 1989; Newhall, 1988; Burroughs, 1992).

Güneş lekeleri ve meteor sağnakları gibi atmosfer dışı etkenlerin dünya atmosferi ile birlikte hava şartlarını da etkilediği çok eskiden beri iddia edilip gelmektedir. Hatta bazı çalışmalarda hidro-meteorolojik gözlemler ile 11 yıllık salınımlar gösteren güneş lekelerinin sayısı arasında ilişkiler (korelasyonlar) ortaya konulmuştur (Newhall, 1988 ve Burroughs, 1992).

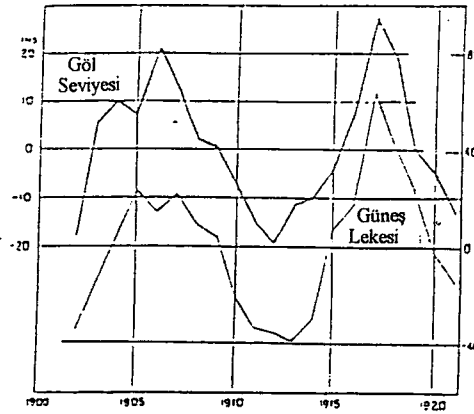


Şekil 4.1. 1980-1990 yılları arasında gözlenen aylık toplam güneş lekesi sayısı ile Van Gölü'ndeki su seviye değişimleri (Kadıoğlu, 1994a).

Şekil 4.1'den görüleceği gibi, 1983-1989 yılları arasında güneş lekelerinin sayısı ile su seviyesi değişimleri arasında doğrusal bir uyum vardır. Bununla birlikte 1980-1982 yılları arasında ve 1990 yılında bu uyum mevcut değildir. Van Gölü su seviyesine ait gözlemler temin edilebildiği ve istenildiği takdirde 1749 yılından günümüze kadar Göl'ün su seviyesi ile güneş lekeleri sayıları arasındaki ilişki tespit edilebilir.

Uzun vadeli hava tahminleri yapmak, su kaynaklarının akılcı yönetimi ve kullanılması için bu parametrelerin de göz önünde bulundurulması teklif edilmiştir. Yapılan çalışmaların bazılarında, yağış ve nehir-akışlarındaki artış ile birlikte güneş lekelerinin sayısı arasında pozitif ilişkiler bulunmuşsa da bazı çalışmalar bunun tersini veya karışık bir ilişkiyi ortaya koymuştur (Burroughs, 1992). Bu tür çalışmalar eğer tespit edilmişse, güneş lekelerinin sayısı ve meteor sağnakları (meteor-toz-gün veya meteor-toz-ay sayıları) ile yağış arasındaki ilişkiyi fiziksel esaslara göre açıklayamamaktadır.

Van Gölü'nde olduğu gibi tüm dünyada, zaman zaman göl ve denizlerin su seviyelerinde gözlenen bu tür büyük değişimlerin güneş lekeleri ile ilgili olduğu sanılır. Örneğin Napier Shaw tarafından 1902-1921 gibi sınırlı bir periyotta güneş lekeleri ile Victoria gölünün su seviyesi arasında tam bir ilişki olduğu gösterildi (Şekil 4.2). Bu ilişkiye dayanılarak bir sonraki periyotta güneş lekeleri sayısının en fazla olacağı 1928 yılı için göl seviyesinin de yüksek olacağı tahmini tümüyle yanlış çıkmıştır (Burroughs, 1992).



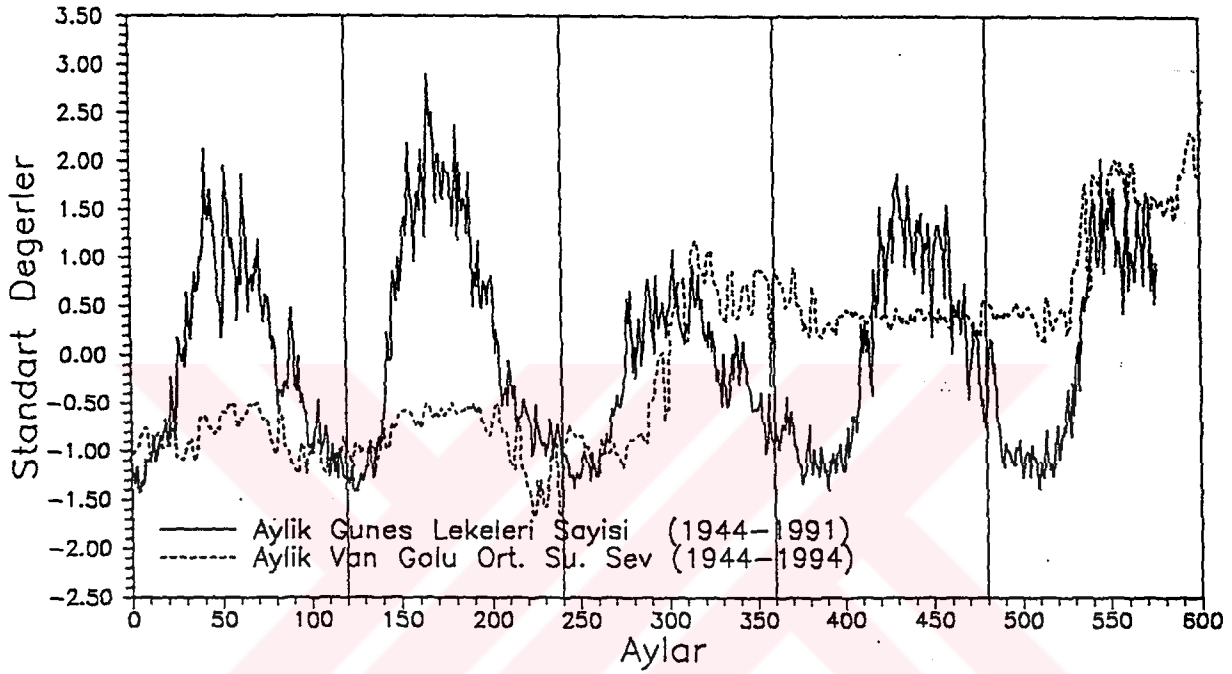
Şekil 4.2. Yıllık ortalama Güneş Lekesi sayısı ile Victoria Gölü'nde su seviyesinin ortalamasının yıllık değişimi (Burroughs, 1992).

Özellikle güneş lekeleri ile iklim değişimleri arasındaki ilişkiyi doğrulama açısından yapılan teşebbüsler, bir çok meteorolojist tarafından uygun görülmemiştir. 1970'li yılların sonlarına kadar bu konuda 1000'den fazla makale yayınlanmıştır. Ancak bu araştırmalara hep kuşku ile bakıldı. 1978'lerin sonunda Avustralya'dan Barrie Pittock bütün bu çalışmaları özetleyerek 'İklim veya hava ile güneş lekeleri arasındaki ilişkilerin inandırıcılığı çok az veya hiç yoktur' sonucuna vardı (Burroughs, 1992).

Van Gölü'ndeki yükselmeye ilgili olarak da 1974'de Almanların katkısı ile Kempe ve ark., (1978) tarafından ülkemizde bir araştırma yapılmıştır. Kempe ve ark., (1978) da bu çalışmalarında Van Gölü su dengesinin güneş aktivitelerinden etkilendiğini belirtmektedir. Bu araştırmacılara göre güneş aktivitesindeki artış, bir yıl sonra göl seviyesinde de artışa neden olmaktadır. 'Artan güneş aktivitesi muhtemelen hava şartlarını daha kararlı kılar, daha fazla bulut sadece yağışın artışına değil aynı zamanda daha az buharlaşmaya neden olur ve iklim daha nemli olmaya meyil eder.' şeklindeki bir ifadeyle bu iddialarını fiziksel bir temele oturtmak istemişlerdir. Fakat bu açıklamadaki kararlı havada daha fazla yağış alınır' şeklindeki tez ile de meteoroloji bilimine ters düşülmektedir. Kempe ve ark., (1978) yaptıkları analizde 1944-1973 yıllarında (30 yıllık) Tatvan'da gözlenen göl seviyesi ile güneş lekelerinin sayısının bir birleriyle iyi bir şekilde ($r=0.66$) uygunluk gösterdiğini de belirtmektedir.

Kempe ve arkadaşlarının koyduğu bu ilişkiye dayanarak güneş lekelerinin sayısının maksimum olması beklenen 1981 yılında Van Gölü'nün su seviyesinin de tekrar yükselmesi gerekirdi. Halbuki Şekil 4.3'den görüldüğü gibi 1970 ile 1987 yılları arasında göl su seviyesi oldukça kararlı bir seviyede seyretmiş güneş lekelerinin 11 yıllık salınımı ile birlikte değişmemiştir. 1967 yılındaki göl su seviyesindeki sıçramadan 20 yıl sonra 1987'de Van Gölü'nün su seviyesinde büyük bir yükselme görülmüştür ve bu da hiç bir şekilde güneş lekelerinin 11 yıllık periyoduna uymamaktadır. Kempe ve arkadaşlarını da 1944-1974 yılları arasındaki 'raslantı ilişki' yanıltmıştır. Kempe ve arkadaşları Şekil 4.3'de gösterilen bugünkü daha uzun süreli veriye sahip olsalardı 1974-1987 yılları arasındaki büyük uyumsuzluğu görüp güneş lekeleri ile su seviyeleri arasında genelde bir ilişkinin olmadığını belirleyebilirlerdi. Ayrıca Şekil 4.3'den

görüldüğü gibi güneş lekelerinin aylık sayıları 1990 yılından itibaren düşme periyoduna girmesine rağmen 1987 yılında Van Gölü'nde başlayan su seviyesi yükselmesi hala devam etmektedir. Aynı verinin 1944-1994 yıllarında (61 yıllık) değişimi Kadioğlu ve ark. (1995a) tarafından çok daha ayrıntılı bir korelasyon analizine tabi tutulmuş ve korelasyon katsayısı bu sefer 0.20 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.3. Aylık ortalama güneş lekeleri sayısı ile Tatvan'da ölçülen Van Gölü'ndeki aylık ortalama su seviyesindeki değişimleri (Kadioğlu, 1995a).

Fiziksel bir dayanağı olmayan bu tür bir yaklaşımın açıklayamadığı bir çok soru vardır: Örneğin, 1989-1991 yıllarında her ay gözlenen güneş lekelerinin sayısı 100'ün üzerindedir. Bu nedenle tüm Dünya'da kuraklığın 1989 yılından itibaren kalkması gerekirdi. Halbuki İstanbul başta olmak üzere tüm Ege Bölgesi bu yıllarda çok büyük bir kuraklık yaşamıştır. Kısacası tüm dünyayı etkilemesi beklenen bu tür kaynağı yeryüzü dışında olan parametreler ile Dünya üzerinde sadece bir kaç noktadaki göl arasında bazen ve kısa bir süre içinde görülebilen ilişkiler sadece bir raslantıdan ibarettir.

BÖLÜM V

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ortalama deniz seviyesinden yüksekliği 1646 m olan Van Gölü'nün suları 1987 yılından itibaren sürekli yükselmiş ve bugün 1650 m'ye ulaşmıştır. Karayolu ve demir yolu ağının belirli bölümleri sular altında kalmış, hava alanı kısmen etkilenmiştir. Halka ve kamuya ait yapıların bir kısmı sular altında kalmış kısmen veya tamamen kullanılamaz hale gelmiştir.

Van Gölü'nde olduğu gibi dünyada da zaman zaman göl ve denizlerin su seviyelerinde büyük değişimler gözlenir. Bu değişimler, basit periyodik salınımlar göstermez. Bunlar, genelde yağış, akış ve buharlaşma gibi klimatolojik faktörlerin kompleks etkileşimine gölün tepki göstermesinin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Göllerin su seviye değişimleri ile iklim elemanları arasındaki ilişkiyi ortaya koyan bir çok çalışma vardır. Havzadaki hidrometeorolojik parametrelerdeki değişim göllerin su bütçesini etkilemektedir. Bu yüzden bu çalışmada önce yağış, sıcaklık, bağıl nem ve rüzgar şiddetinin Van Gölü Havzasındaki yersel dağılımı incelenerek havzanın iklimi de belirlenmeye çalışılmıştır.

Havza iklimi üzerine yapılan analizlerde yıllık toplam yağış, en fazla 800 mm ile Tatvan'da ve en az ise 320 mm ile Guzelsu'da gözlemlendiği belirlenmiştir. Van Gölü Havzasının batısı ve güneyi, havzanın kuzeyinden ve doğusundan daha fazla yağış almaktadır. Halbuki gölü besleyen akarsular daha çok doğuda yer almaktadır. Havzanın kuzeyi ile güneyi arasındaki yıllık toplam yağış farkı 80 mm iken doğusu ve batısı arasında en az 300 mm'lik bir fark vardır. Bu da, yıllık toplam yağışların havzanın doğu-batı yönündeki değişimlerin kuzey-güney doğrultusundaki değişimlerden daha fazla olduğunu göstermektedir. İlkbahar ve yaz aylarında havzaya

düşen yağışın yerel dağılımı kuzey-güney doğrultusunda önemli bir değişiklik göstermemektedir. Sonbahar aylarında havzanın kuzeyi daha fazla yağış almaktadır. Kış mevsimi boyunca Van Gölü'nün güneyindeki istasyonlara, kuzeyindekilere nazaran daha fazla yağış düştüğü belirlenmiştir. Havzadaki en fazla yağış Mart ve Nisan aylarında, en düşük yağışlar Temmuz ve Ağustos aylarında gözlenmektedir.

En düşük hava sıcaklıkları Ocak ayında ve en yüksek hava sıcaklıkları ise minimum yağışın gözlendiği Temmuz ayında olmaktadır. Tüm aylarda Van Gölü kıyısında gözlenen hava sıcaklığı, çevre karası üzerindeki hava sıcaklıklarından genelde yaklaşık olarak 2 °C daha fazla görülmektedir. Gerçekte yılın sıcak kısmında, göl üzerinde ve kıyısında hava sıcaklığının daha düşük olması beklenir. Van Gölü Havzasının özel topografik yapısından dolayı gölü çevreleyen istasyonlar oldukça yüksekte bulunmaktadır. Bu yükseklikten dolayı göl kıyısındaki sıcaklıklar her zaman daha büyük olarak görülmektedir. Göl'ün yakın kıyısı ile çevresinin sıcaklık farkı beklendiği gibi kış aylarında artarken yaz aylarında azalmaktadır. Dolayısıyla, gölden olan buharlaşmanın kışın daha fazla olması beklenmelidir. Yıllık ortalama sıcaklıklarda, göl üzerindeki havanın sıcaklığı yaklaşık olarak 9 °C iken, kara üzerindeki havanın sıcaklığı 7 °C'dir.

Aradaki fark, havzanın kuzey-doğusuna gidildikçe artmaktadır. Yıllık ortalama sıcaklık en fazla Tatvan, Reşadiyeve, Gevaş'ta, en düşük sıcaklık ise Çaldıran'da gözlenmektedir. Yıl içinde maksimum ve minimum sıcaklıklar arasındaki en düşük farkın farkın Göl kıyısındaki hava sıcaklığında görülmesi, Göl'ün su tutma kapasitesi ve derinliğinden dolayı olan klima etkisinin bir sonucudur. Sıcaklıklar arasındaki farklar aynı zamanda Van Gölü Havzasının karasallığı hakkında da bilgi vermektedir. Karasallık dağılımına göre de Van Gölü kıyısında bir vaha etkisi göstermektedir.

En fazla bağıl nem, Ocak ayında % 78 ile Tatvan'da gözlenirken en düşük bağıl nem ise sıcaklıkların maksimum olduğu Temmuz ayında Çaldıran istasyonunda gözlenmektedir. Kış aylarındaki yüksek bağıl nem, ilkbahar aylarında düşmektedir. Havzanın en nemli yeri Tatvan iken en kuru yeri Çaldıran olduğu görülmüştür. Yıllık olarak maksimum ve minimum bağıl nem arasındaki fark en az Tatvan, Gevaş ve

Reşadiye’de gözlenmesi dolayısıyla bu istasyonların Göl’den daha fazla etkilendiği söylenebilir.

Yıllık ortalama rüzgar şiddeti en fazla Tatvan, Reşadiye ve Van’da gözlenmektedir. Van Gölü’nün kuzey kıyılarındaki rüzgar şiddeti 1.7 ms^{-1} iken güney kıyılarındaki ise rüzgar şiddeti 1.9 ms^{-1} ’ye çıkmaktadır. Havzanın kuzeyi ve doğusundaki rüzgar şiddeti 1.4 ms^{-1} iken güneyinde ise gölün pürüzsüz yüzeyi nedeniyle daha da artarak 1.7 ms^{-1} olarak gözlenmektedir. Maksimum ve minimum aylık ortalama rüzgar şiddetleri arasındaki fark havzada, en fazla Tatvan, Reşadiye, Gevaş, Dorutay, Muradiye ve Güzelsu istasyonlarında gözlenmektedir. Bu farkın en az olduğu istasyon ise Ovakışla’dır. Genel olarak bakıldığında yıllık olarak havzada 2.5 ms^{-1} rüzgar şiddeti hakimdir.

Van Gölü kapalı havzasının kimatolojik özellikleri özetle bu şekilde tespit edildikten sonra bu çalışmada ayrıca Van Gölü’ndeki su seviye artışının nedenini açıklayabilmek için su bütçesi yöntemi ile ele alınmıştır. Su seviyesinin arttığı 1987 ve 1988 yıllarında su seviyesindeki artışa paralel olarak Göl’e gelen yüzeysel akışların da arttığı görülmüştür. Ayrıca, YAKAÇ diagramları ile Van Gölü Havzasının aylık yağış-akış katsayıları her bir ay için belirlenmiştir. Van Gölü Havzası için Yağış-Akış katsayısı değişik yöntemlerle hesaplanmış (klasik yolla 0.40, YAKAÇ yöntemi ile 0.42 ve Kempe ve ark. (1978)’nin yaptığı şekilde yağış hacminin akış hacmine bölünmesi ile 0.40) ve yaklaşık olarak 0.40 bulunmuştur.

Hem göl üzerindeki yağış miktarının hem de havzaya düşen yağış miktarının alansal ortalamaları Yüzde Ağırlıklı (YA) Poligon Metodu ile hesaplanmıştır. Ayrıca yine aritmetik ortalama ile Havzaya ve Göl’e düşen yağış miktarları hesaplanarak YA metodu ile karşılaştırılmıştır. Aritmetik ortalama metodu ile hesaplanan yağış miktarının daima YA metodu ile hesaplanan yağış miktarından daha fazla olduğu görülmüştür. Böylece Aritmetik ortalama gibi bölge topoğrafyasını gözönüne almayan bir yöntemle yapılan su bütçe hesaplarında alansal ortalama yağışın daima daha fazla hesaplanma tehlikesi vardır. Bu yüzden gölün su bütçesi çıkarılırken bu çalışmada YA Metodu ile hesaplanan yağış miktarları kullanılmıştır. Hem direkt göl üzerine düşen

yağış miktarı hem de havzaya düşen yağış miktarının, su seviyesinin arttığı 1987 ve 1988 yıllarında büyük bir artış gösterdiği gösterilmiştir. Tüm havzada bu iki yıl boyunca hem göl üzerine düşen yağış miktarı hemde Havzaya düşen yağış miktarı sözkonusu peryotta kendi yağış ortalamalarının çok çok üzerine çıktığı belirlenmiştir.

Van Gölü'nde su seviyesinin belli bir ölçüde dengede olduğu 1975-1986 periyodu boyunca göle gelen toplam girdi, gölden olan buharlaşma ile yaklaşık olarak dengelendiği gösterilmiştir. 1986 yılından itibaren göle gelen toplam su miktarı artarken gölden olan buharlaşma giderek azalmaya başlamıştır. Göl'den olan buharlaşma, su seviyesinde maksimum artışın gözlendiği 1988 yılında en düşük değerini almıştır. Aradaki hacim farkı, su seviyesindeki artışa neden olduğu nitel olarak gösterilmiştir.

Van Gölü'nden olan buharlaşma hem su denge metodu hem de klasik şekilde tava katsayısı kullanılarak hesaplanmıştır. Su dengesi metodu ile hesaplanan buharlaşma ile klasik şekilde hesaplanan buharlaşma karşılaştırılmış ve Van Gölü'nden olan buharlaşmanın tava katsayısı kullanılarak hesaplanmasının kesinlikle yanlış olduğu gösterilmiştir. Tava katsayısı ile Van Gölü'nden olan buharlaşma daima fazla hesaplanmaktadır. Ayrıca Van Gölü'ndeki su seviyesindeki yükselmenin tektonik hareketler veya güneş lekeleri ile ilgili olmadığı yolunda değerlendirmeler yapılabilmektedir.

Bundan sonraki çalışmalarda gölden olan buharlaşmanın daha sağlıklı olarak hesaplanabilmesi için, Göl üzerinde buharlaşma tavaşıyla ölçüm yapılmalıdır veya otomatik istasyonlar yardımıyla Göl'ü temsil eden, göl su sıcaklığı, suyun hemen üzerindeki havanın sıcaklığı ve su üzerindeki rüzgar şiddeti de ölçülmelidir. Van Gölü kıyısındaki istasyonlarda ölçülmüş buharlaşma değerleri tatlı sudan olan buharlaşmayı ifade etmektedir. Bu yüzden birine tatlı su, diğerine de göl suyu konarak iki ayrı leğenle yapılacak bir kaç yıllık ölçümle geçmişteki hatalı buharlaşma verileri düzeltilmelidir. Penman yöntemi ile buharlaşmanın hesaplanabilmesi için gerekli olan göl su yüzey sıcaklığı deneme yanılma yöntemi ile tespit edilip gölden olan buharlaşmanın su bütçesinin belirttiği kadar olup olmadığı da kontrol edilmelidir.

Diğer bir deyişle artan su hacmi ve ölçülen buharlaşmadan bağımsız bir şekilde gölden olan buharlaşmanın hesaplanması için çalışılmalıdır. Ayrıca Van Gölü havzasının karmaşık topoğrafik yapısı ve istasyonların farklı yükseklikleri göz önüne alınarak meteorolojik parametreler deniz seviyesine indirgenerek havzanın iklimi tekrar ele alınmalıdır. Bu şekilde yapılacak bir iklim analizi aynı zamanda gölün çevre iklimine yaptığı etkiyi ortaya koyabilecektir.

Van gibi herhangi bir gölün su bütçesi belirlenirken iki türlü veriye ihtiyaç vardır: (1) Göl üzerine düşen hidrometeorlar. Bunlar gölün seviyesine direkt etki ederler. (2) Drenaj alanına düşen hidro-meteorlar. Bunların sadece bir kısmı göl seviyesini etkileyebilir. Türkiye’de göller üzerinde, henüz, yağış ve buharlaşma gibi ölçümler yapılmamaktadır. Bu nedenle şu an Van Gölü’nün tam bir klimatolojisini çıkarmak oldukça zordur. Van Gölü kapalı havzasında kurulu olan hidrometeorolojik ölçüm ağındaki kar ölçüm istasyonları genellikle göl kıyısında kurulmuştur. Halbuki havzanın drenaj alanına düşen karın büyük bir kısmı yer yer yüksekliği 3000 metreyi aşan yüksek dağlara yağmaktadır. Sarp ve engebeli bir arazide kar örtüsünü temsil edecek yersel ölçümler yeterince yapılamamaktadır. Bu yüzden DMİ, DSİ, EİEİ diğer devlet kurumlarına ait hidro-meteorolojik gözlem şebekelerinin sayısı ve kalitesinin artırılması ile birlikte dağların yüksek kısımları ve Van Gölü üzerinde de hidrometeorolojik ölçümlerin yapılması gerekir. Ayrıca yüksek kısımlardaki kar örtüsünü ve derinliğini belirleyebilmek için uzaktan algılama gibi ileri teknolojiler de kullanıma girmelidir.

Fırtına anında ‘fırtına kabarması’ (storm surge) nedeniyle göl taşmasının tahrip edici etkisi artmaktadır. Bunun etkili olduğu yerleri ve zamanları belirleyebilmek için gölün rüzgar klimatolojisi de çıkartılmalıdır. Ayrıca ileri yıllarda daha uzun verilerle bu tez çalışmanın da tekrarlanması fayda vardır.

KAYNAKLAR

- Akdemir, S., S. Turak, Y. Yeşil, M. Erdoğan, S. Dedeoğlu, Ö. Ölmez, F. Demirtaş ve M. Çolak : 1994: Kriz Komisyon Tespit Raporu, Van Valiliği İl Planlama ve Kordinasyon Müdürlüğü, Van, 3 s.
- Balek, J., Bruen, M., Gilbrich, W.H., Jones, G., Lundquist, D., Skofteland, E., 1994: Applied hydrology for technicians. Technical Documents in Hydrology, IHP-IV Project E-1.2, SC-94/WS.26, UNESCO, Paris.
- Bayazıt, M., 1991: Hidroloji. İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul, 270 s.
- Burroughs, W.J., 1992: Weather Cycles Real or Imaginary? Cambridge University Press, pp 201.
- Brinkmann, W.A.R., 1985: Association Between Summer Temperature and Precipitation Patterns over the Great Lakes Region and Water Supplies to the Great Lakes. J. of Climatology, 5, 161-171.
- Brunk, I.W., 1959: Precipitation and the levels of Lake Michigan-Huron, J. Geophys. Res., 64, 1591-1595.
- Croley, T.E., 1994: Hydrological Impacts of Climate on the Laurentian Great Lakes, Trends in Hydrology, (1), 1-25.
- E.İ.E.İ., 1991: 1988 Su Yılı Akım Değerleri, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Yayın No: 91-51, Ankara, 289-293.
- E.İ.E.İ., 1995: Aylık Ortalama Akımlar (1935-1990), Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Ankara, 361-364.
- Emrah, M.C., 1994: Van Gölü su dengesi mühendislik hidrolojisi raporu, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü XVII. Bölge Müdürlüğü Etüt-Plan Şube Müdürlüğü, Mayıs 1994, Van.
- Huschke, R.E., 1989: Glossary of Meteorology. American Meteorological Society, Boston, USA, pp 638.
- IPPC Working Group I, 1991: Policy makers summary, in Houghton, J.T., G.J. Jenkins, and J.J. Epraums (editors), Climate Change: The IPCC Scientific Assessment, Cambridge University Press.

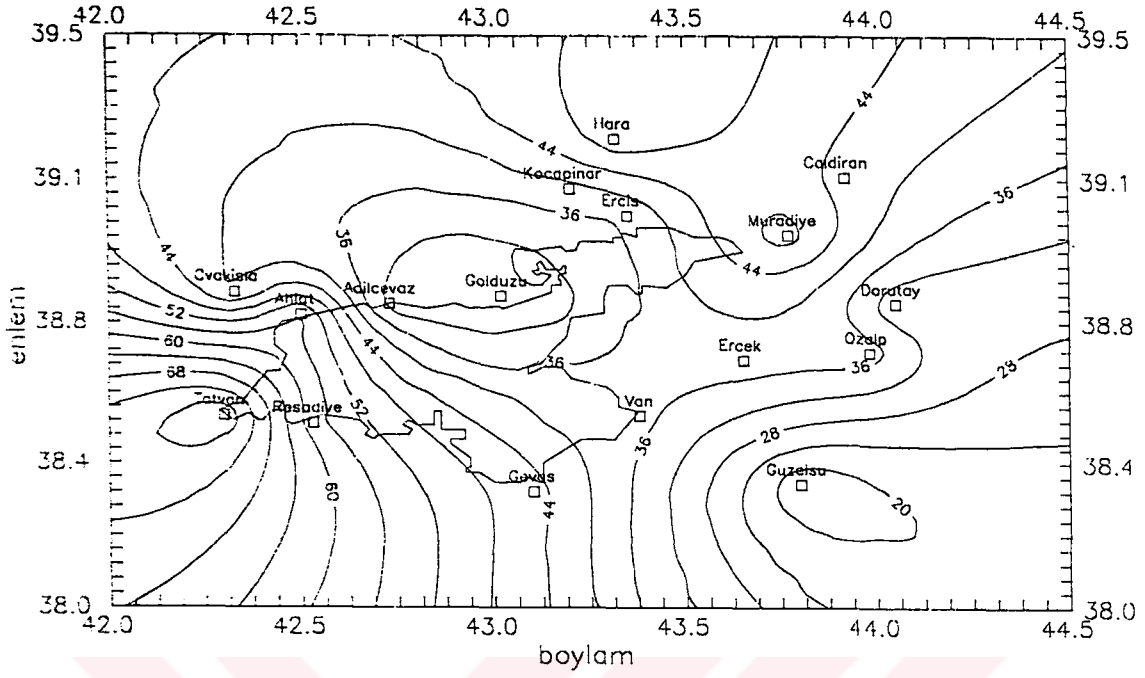
- Kadioğlu, M., 1994a: İklim ve Van Gölü Su Seviyesindeki Değişimler Arasındaki İlişkinin Tespiti. Van Gölü'nde Su Seviye Değişimleri ve Çevreye Olumsuz Etkileri Sempozyumu, 27-29 Eylül 1994, Van.
- Kadioğlu, M., 1994b: Van Gölü'nün Yükselen Suları, İ.T.Ü. Vakıf Dergisi, (3), 36-38.
- Kadioğlu, M., 1995a: Van Gölü'ndeki Su Seviye Yükselmesinin Meteorolojik Faktörler ile olan ilgisi. Van Gölü'nün Su Seviyesinin Yükselmesi Nedenleri Etkileri ve Çözüm Yolları Sempozyumu, 20-21-22 Haziran 1995, Van, 21-39.
- Kadioğlu, M., 1995b: Van Gölü ve Yükselen Su Seviyesi, Türkiye Mühendislik Haberleri, Eylül 1995, 95-96.
- Kadioğlu, M., E. Batur, H. Özgüler, 1995c: Güneş Lekeleri ile Van Gölü'ndeki Su Seviye Değişimleri Arasındaki İlişkinin Tespiti. Türkiye Ulusal Jeodezi-Jeofizik Birliği Kongresi, 1-5 Mayıs 1995, MTA Kültür Sitesi, Ankara.
- Kadioğlu, M., G. Sezen, B. Çepniler, 1995d: Yağışlar ile Van Gölü Su Seviyesindeki Değişimler arasındaki ilişkinin tespiti. Türkiye Ulusal Jeodezi-Jeofizik Birliği Kongresi, 1-5 Mayıs 1995, MTA Kültür Sitesi, Ankara.
- Kafalı, K., (Proje Yöneticisi), 1976: Van Gölü Ulaştırma Olanaklarının İncelenmesi ve Taşımada Kullanılacak Gemi Tiplerinin Saptanması. İTÜ-Gemi İnşaatı Fakültesi Gemi Enstitüsü, Proje No. 75/9-UKİ 25302/AI.
- Kempe, S., F. Khoo and Y. Gürleyik, 1978: Hydrography of Lake Van and Its Drenaige Area. In the Geology of Lake Van ed. by E.T. Degens and F. Kurtman, M.T.A. Press, Ankara, 169 s.
- Kopec, R.J., 1965: Continentality around the Great Lakes. Bull. Amer. Meteor. Soc., 46, (2), 54-57.
- Linsley, R.K.JR., M.A. Kohler, and J.L.A. Paulhus, 1958: Hydrology for Engineers. Mcgraw-hill Publishing Company Limited, New York, USA, pp. 482.
- Lutgens, F.K., ve E.J. Tarbuck, 1989: The Atmsosphere: An Introduction to Meteorology, 4th edition, Prentice-Hall, New Jersey, pp. 481.
- Muslu, Y., 1993: Hidroloji ve Meskün Bölge Drenajı. İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul, 720 s.
- Newhall, N.G., 1988: Sunspots, Dust and Rainfall. The Printer, California, pp.72.

- Özgür, R., 1995: Van Gölü Havzasının Genel Jeomorfolojik Özellikleri ve Tektonik Hareketlerin Göl Düzeyi Değişimlerine Etkisi. Türkiye Ulusal Jeodezi-Jeofizik Birliği Kongresi, 1-5 Mayıs 1995, M.T.A. Kültür Sitesi, Ankara.
- Quinn, F.H. 1979: An Improved Aerodynamic Evaporation Technique for Large Lakes With Application to the International Field Year for the Great Lakes, Wat. Resour., 15(4), 935-940.
- Sanderson, M., 1966: A Climatic Water Balance of Lake Erie Basin 1958-1963. C.W. Thorntwaite Associates Laboratory of Climatology, Pub. in Climatology, Vol. XIX, Number 1, Elmer, New Jersey, pp. 87.
- Sezen, G., 1996: Van Gölü'ünde Su Seviye Değişimleri ile Yağışlar arasındaki ilişkinin tespiti. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, (baskıda).
- Şen, Z., 1994: Yüzde Ağırlıklı Poligon Yöntemi ile Alansal Yağış Hesabı. I. Ulusal Hidrometeoroloji Sempozyumu, 23-25 Mart 1994, İstanbul, 124-132.
- Şen, Z., M. Kadioğlu ve S. Satılmış, 1995: İstanbul Su Toplama Havzaları Yağış-Akış Katsayı Çokgeni. İstanbul ve Civarı Su Kaynakları Sempozyumu, 22-25 Mayıs 1995, İstanbul, 201-205.
- T.C. Deniz Kuvvetleri Komutanlığı Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı, 1985: Van Gölü Derinlik Haritası.
- Tüksoy, M. ve Seçkin, U., 1995: E.İ.E. Van Gölü Hidrometri çalışmaları. Meteoroloji Mühendisliği, TMMOB Meteoroloji Mühendisliği yayın organı, Ekim 195, (2), 3-8.
- Ward, R.C., 1967: Principles of Hydrology. McGRAW-HILL Publishing Company Limited Maidenhead, Berkshire, England, pp. 402.
- Yıldırım, T., 1995: Van Bölgesi Volkanizmasının Genel Özellikleri ve Volkanizmanın Göl Seviye Değişimlerine Etkisi. Türkiye Ulusal Jeodezi-Jeofizik Birliği Kongresi, 1-5 Mayıs 1995, M.T.A. Kültür Sitesi, Ankara.
- Yılmaz, R., S. Çelik, A.G. Ertürk, M. Adıgüzel ve A. Sayın, 1994: Van Gölü Su Seviyesi Yükselmesine Etki Eden Hidrometeorolojik Parametrelerin Analizi. Van Gölü'nde Su Seviye Değişimleri ve Çevreye Olumsuz Etkileri Sempozyumu, 27-29 Eylül 1994, Van.

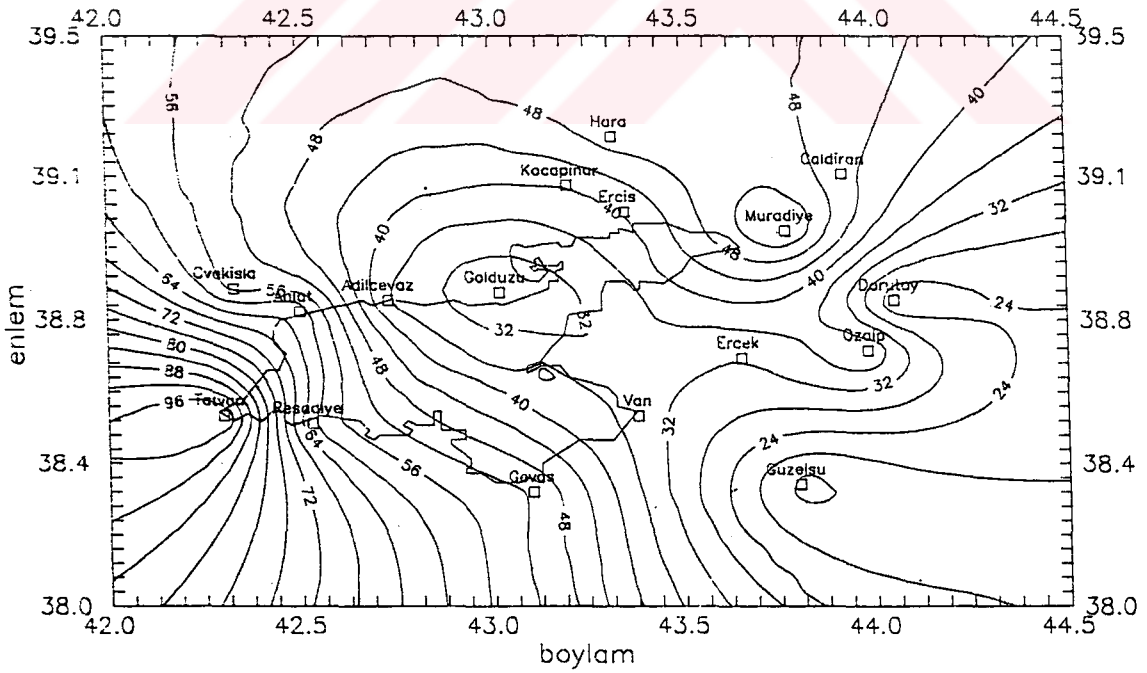


EK

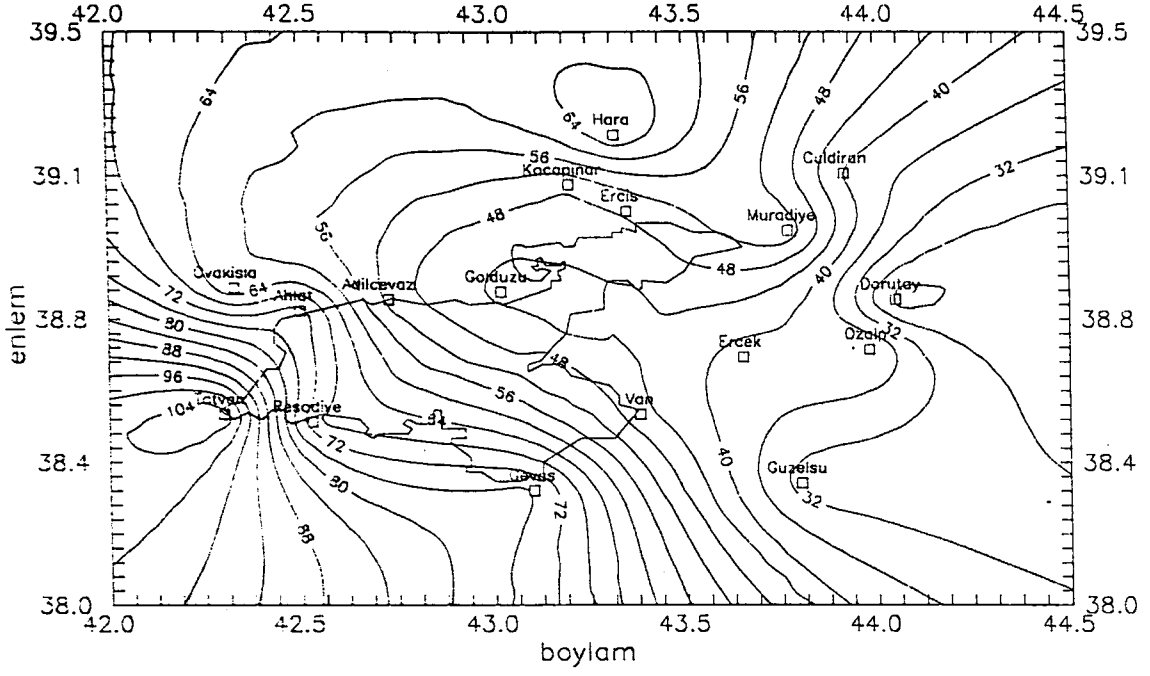
ŞEKİLLER



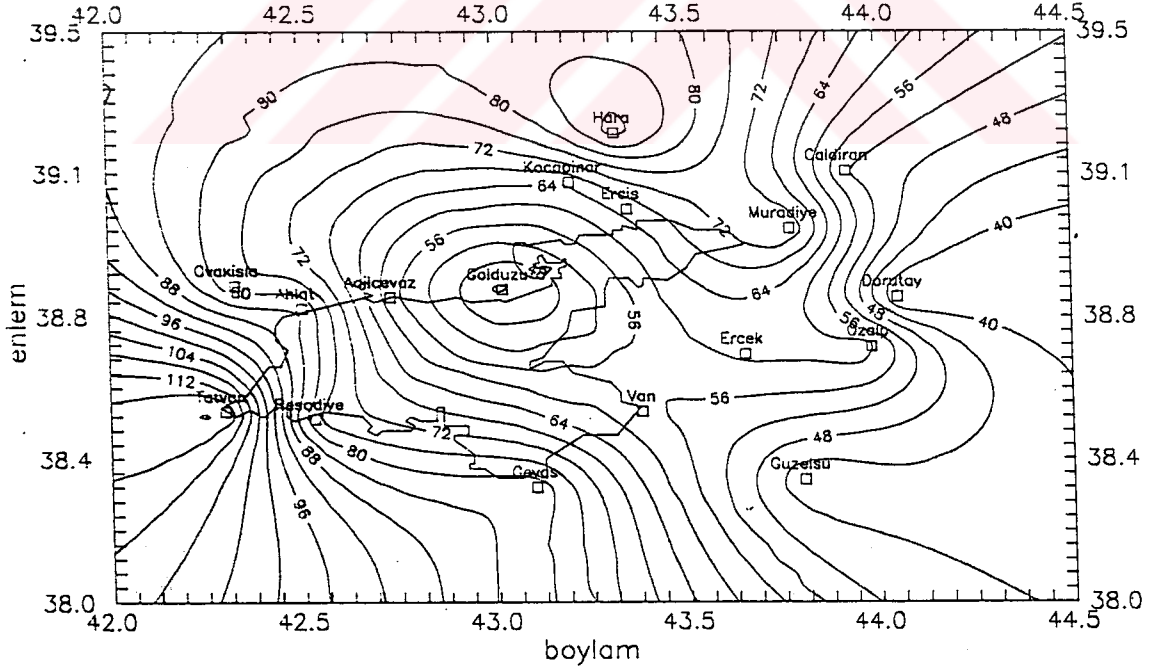
Şekil 2.1. Ocak ayı ortalama toplam yağışları (mm).



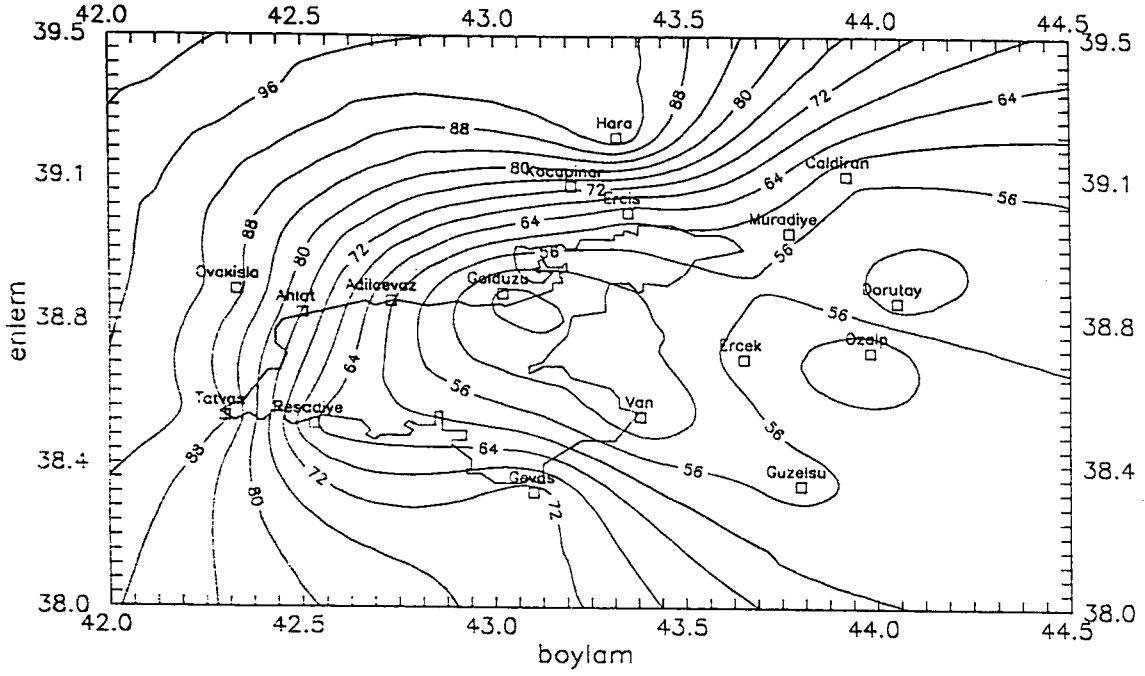
Şekil 2.2. Şubat ayı ortalama toplam yağışları (mm).



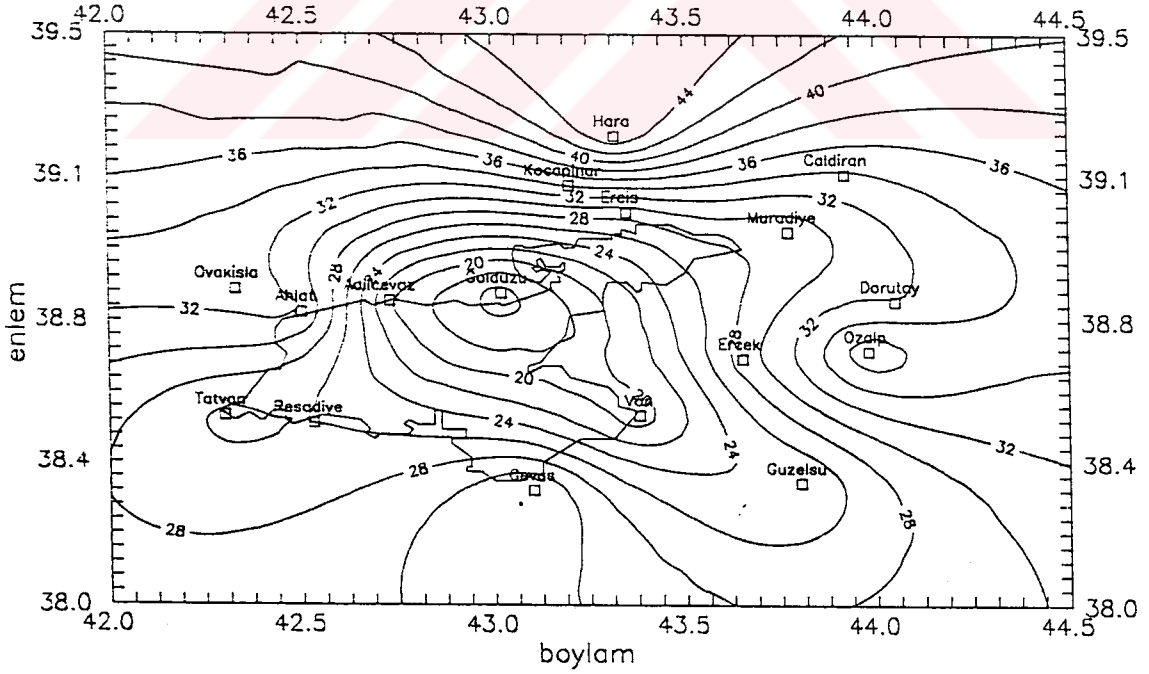
Şekil 2.3. Mart ayı ortalama toplam yağışları (mm).



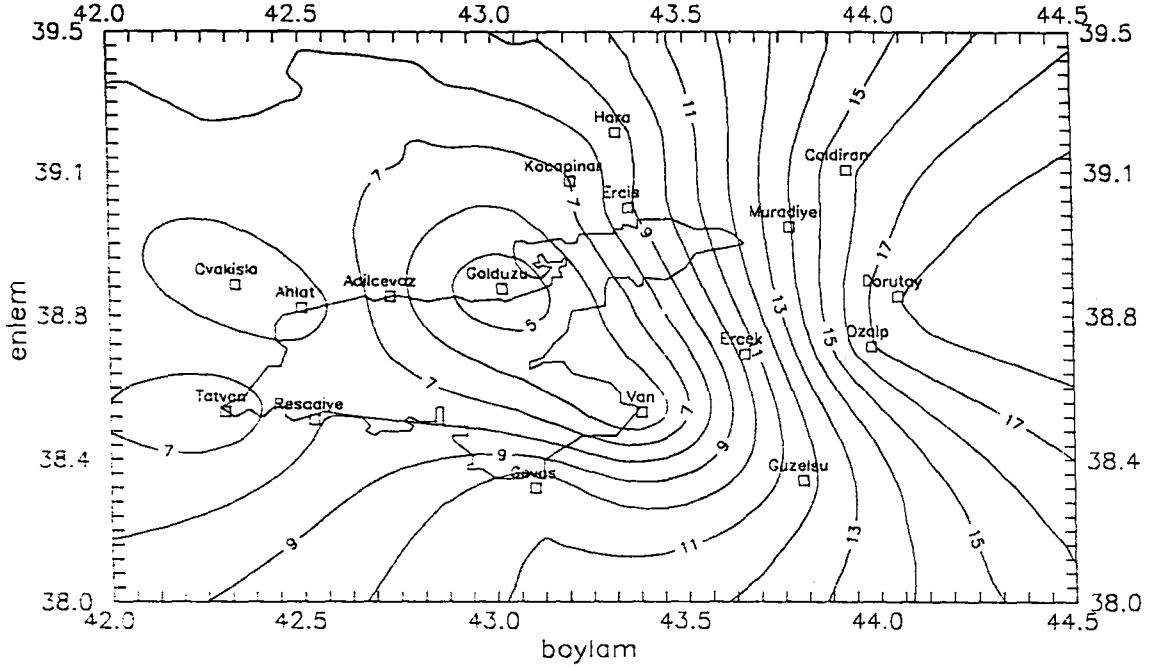
Şekil 2.4. Nisan ayı ortalama toplam yağışları (mm).



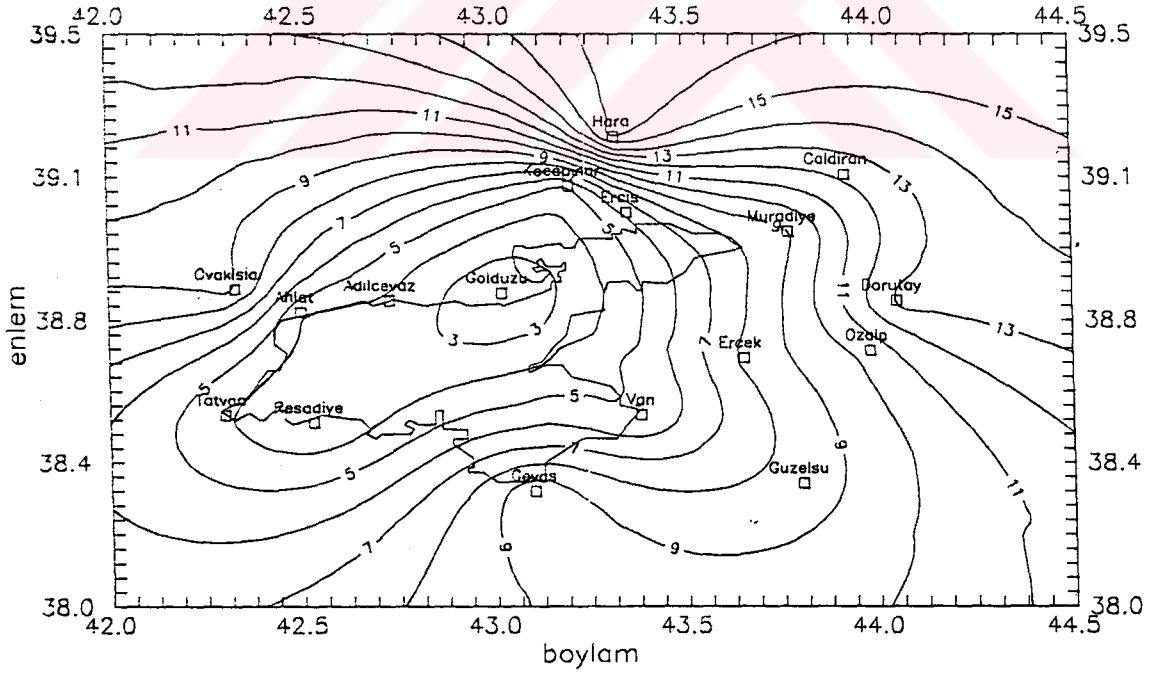
Şekil 2.5. Mayıs ayı ortalama toplam yağışları (mm).



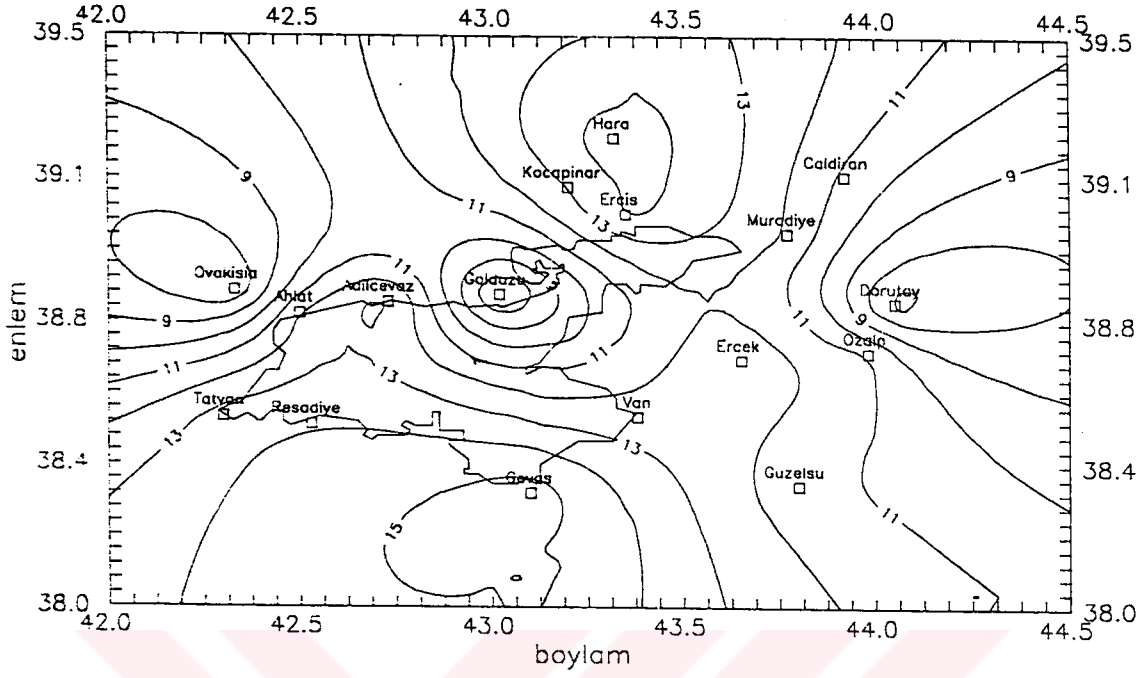
Şekil 2.6. Haziran ayı ortalama toplam yağışları (mm).



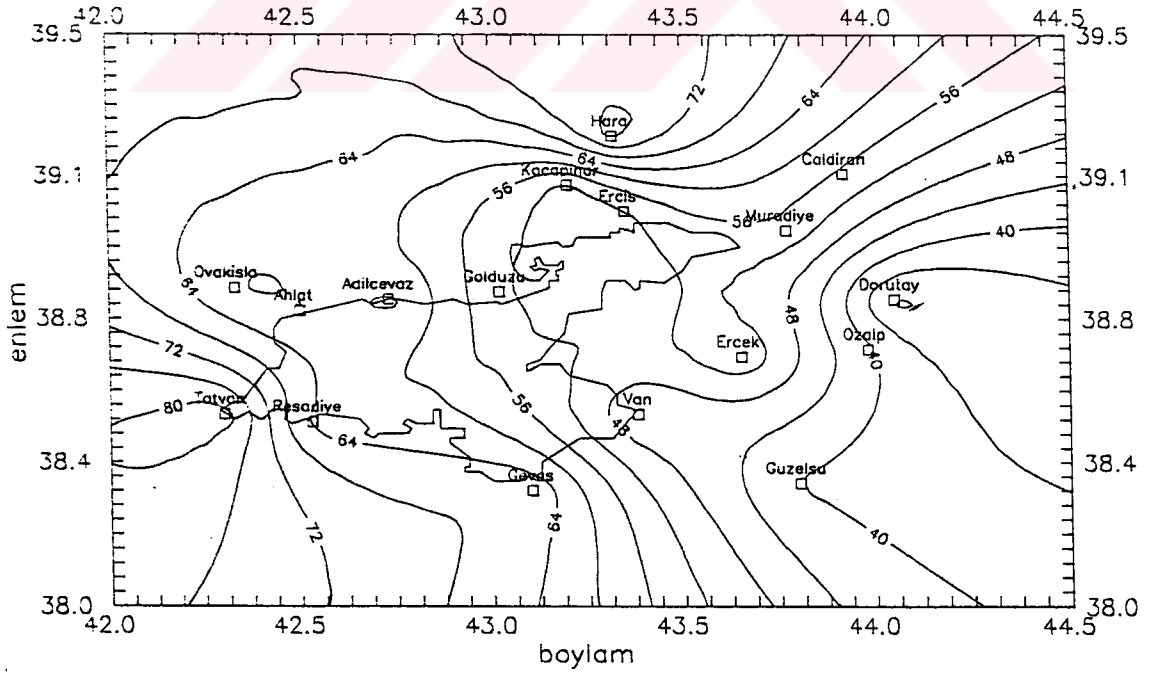
Şekil 2.7. Temmuz ayı ortalama toplam yağışları (mm).



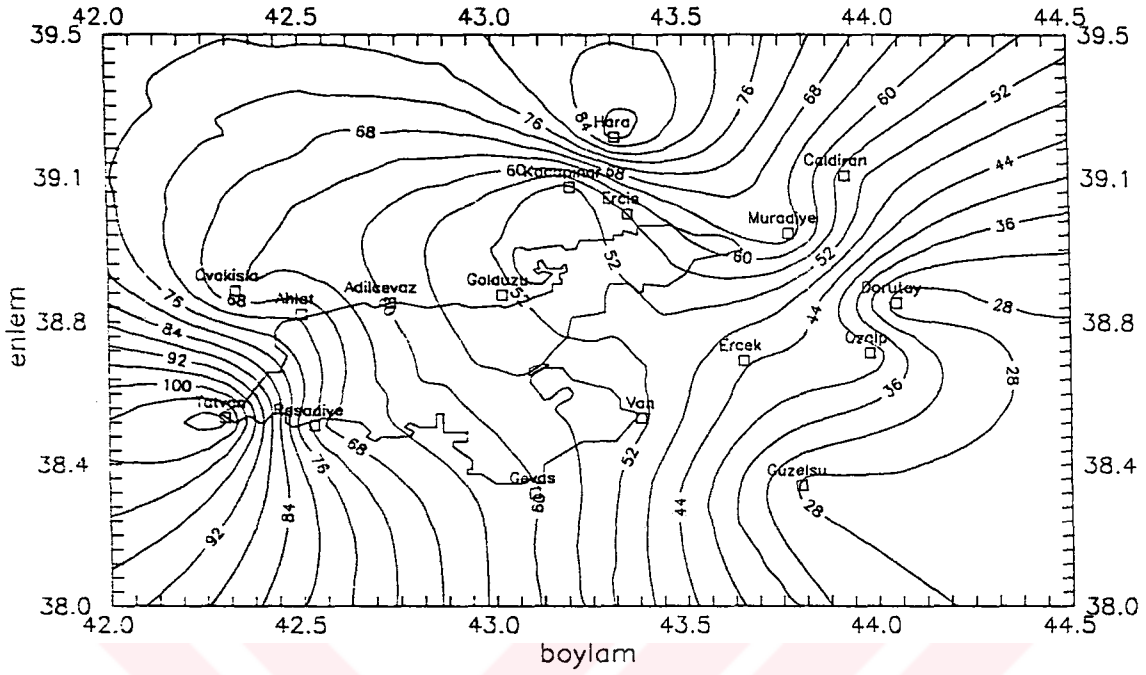
Şekil 2.8. Ağustos ayı ortalama toplam yağışları (mm).



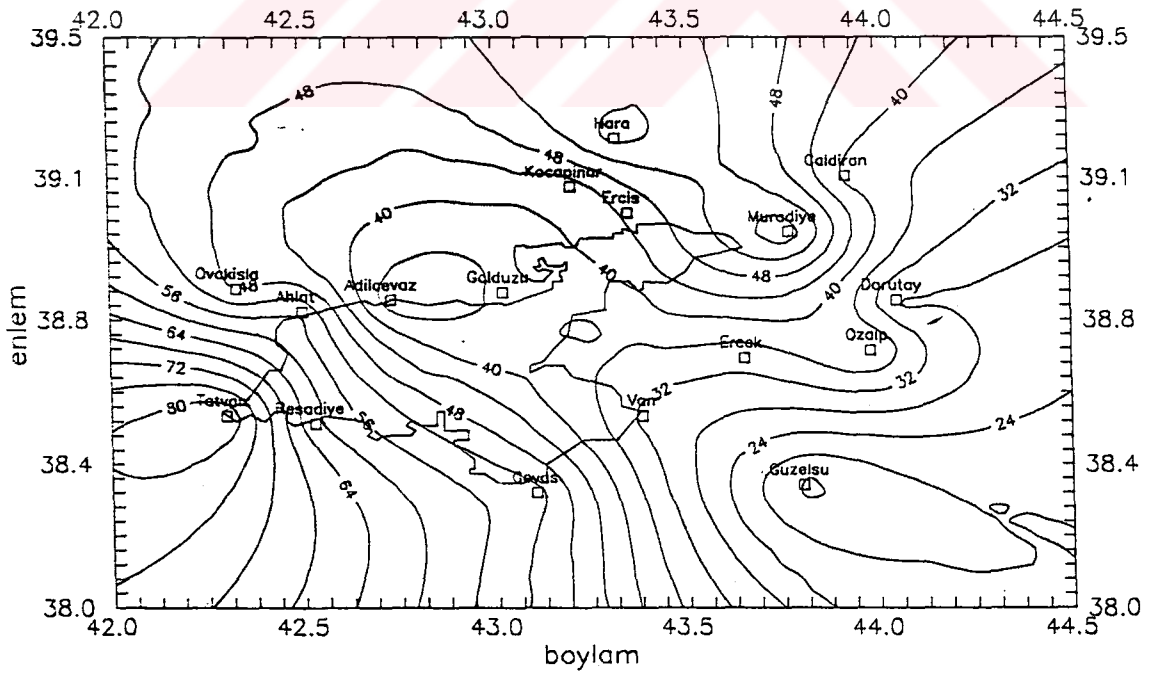
Şekil 2.9. Eylül ayı ortalama toplam yağışları (mm).



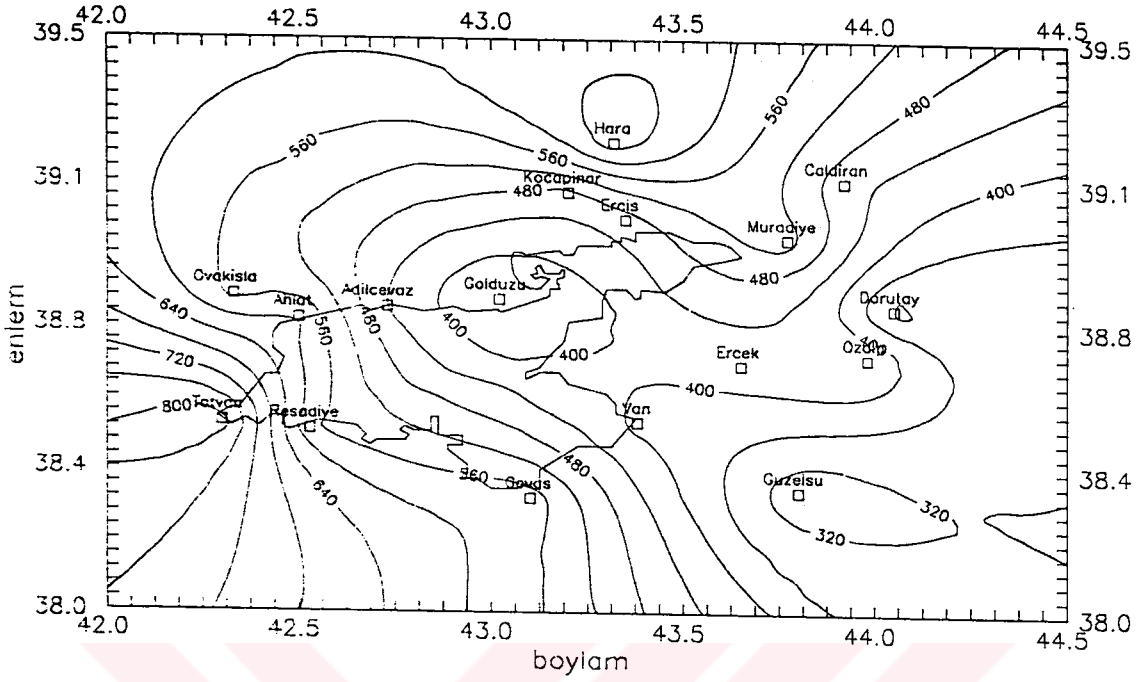
Şekil 2.10. Ekim ayı ortalama toplam yağışları (mm).



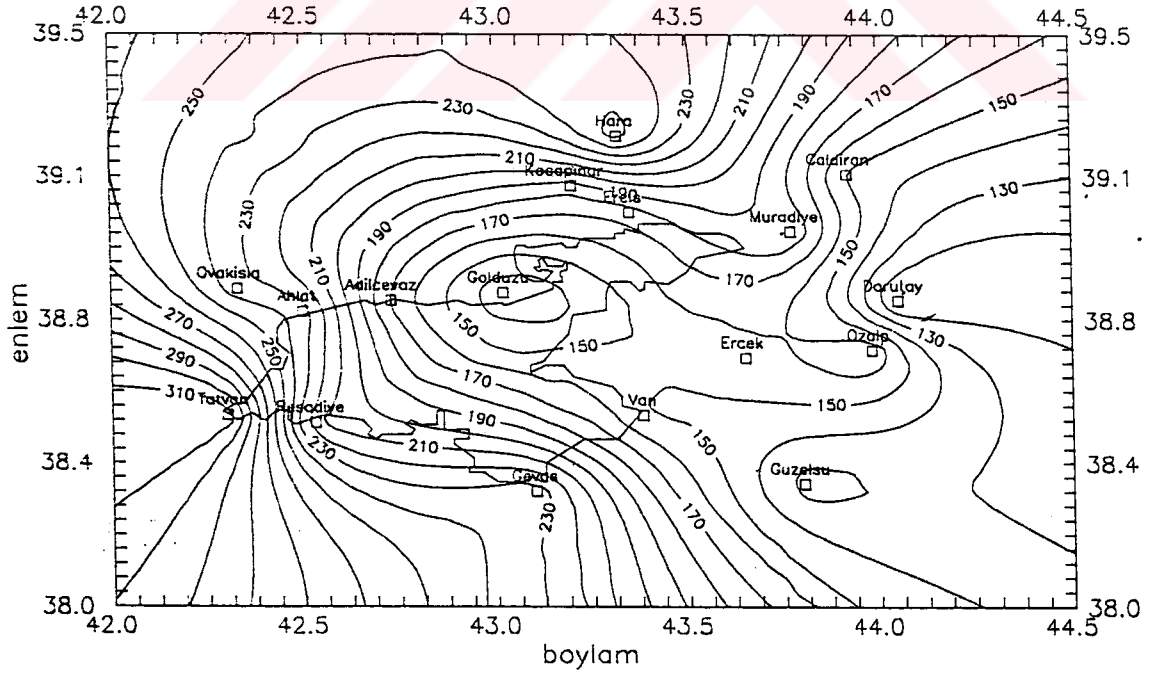
Şekil 2.11. Kasım ayı ortalama toplam yağışları (mm).



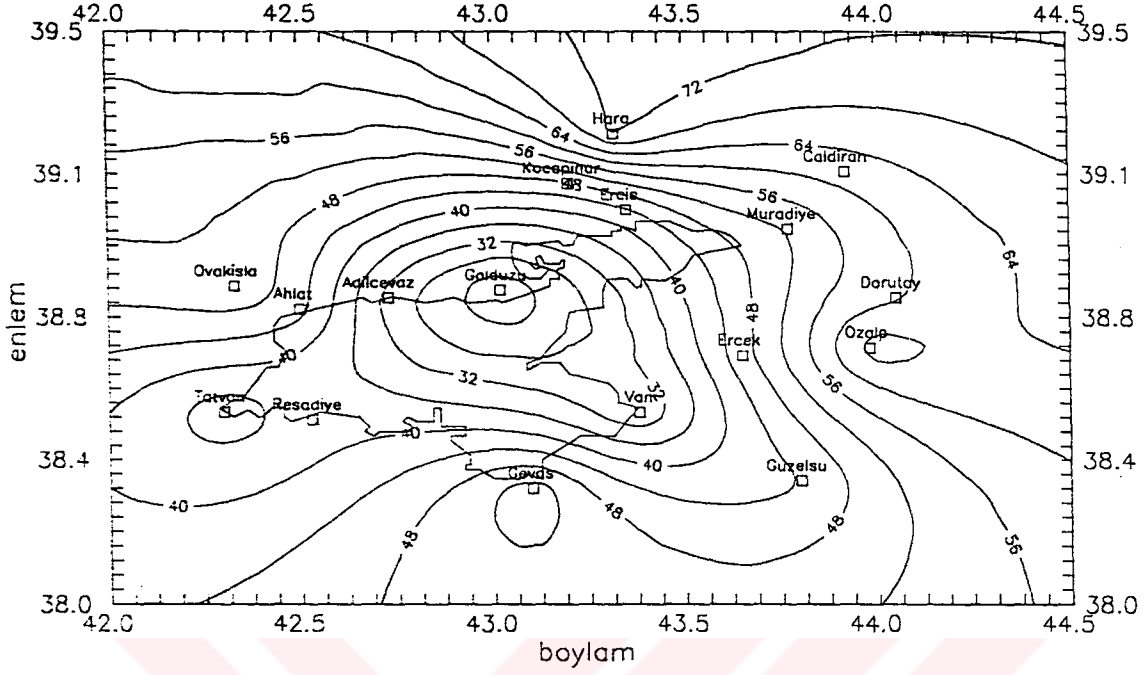
Şekil 2.12. Aralık ayı ortalama toplam yağışları (mm).



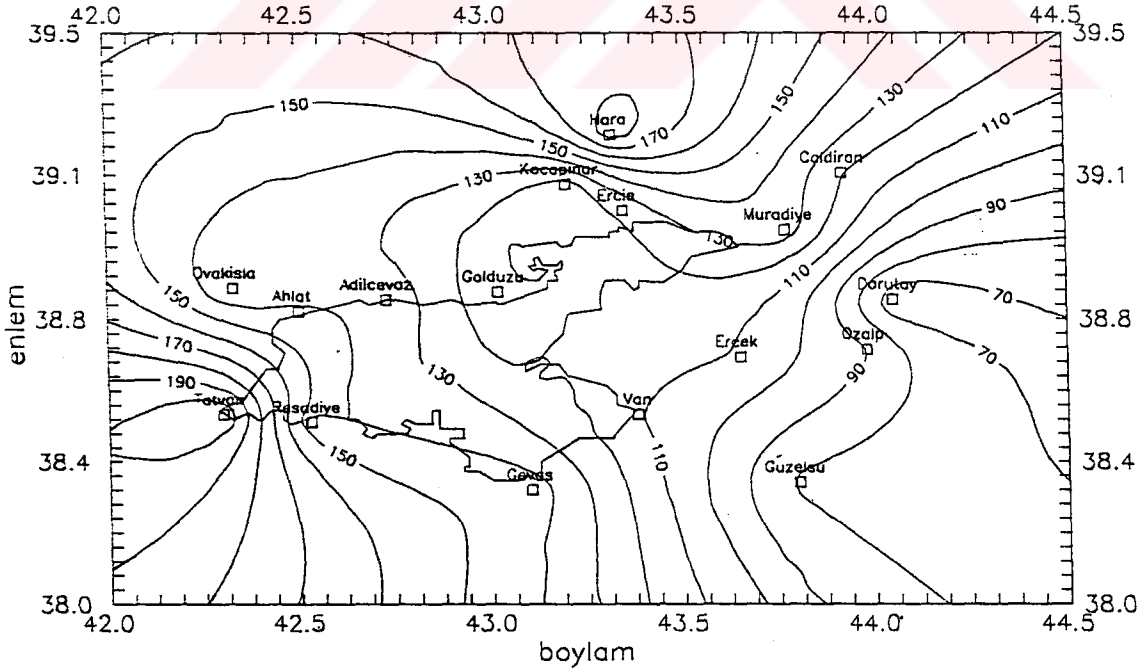
Şekil 2.13. Yıllık ortalama toplam yağışlar (mm).



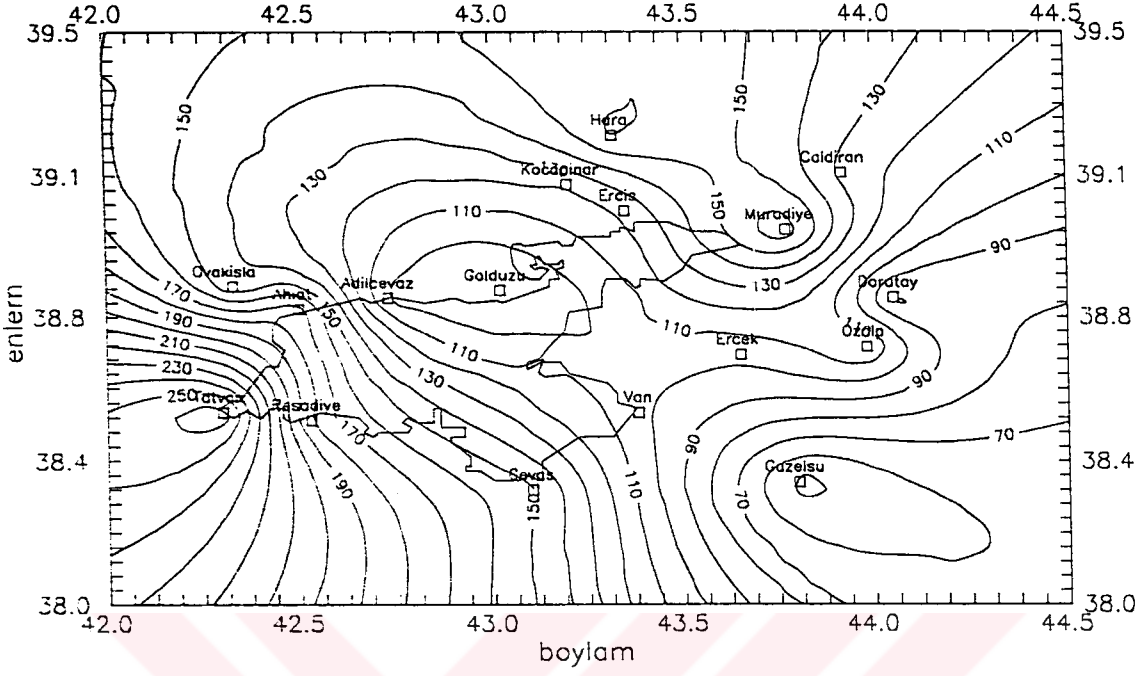
Şekil 2.14. İlkbahar mevsimi ortalama toplam yağışları (mm).



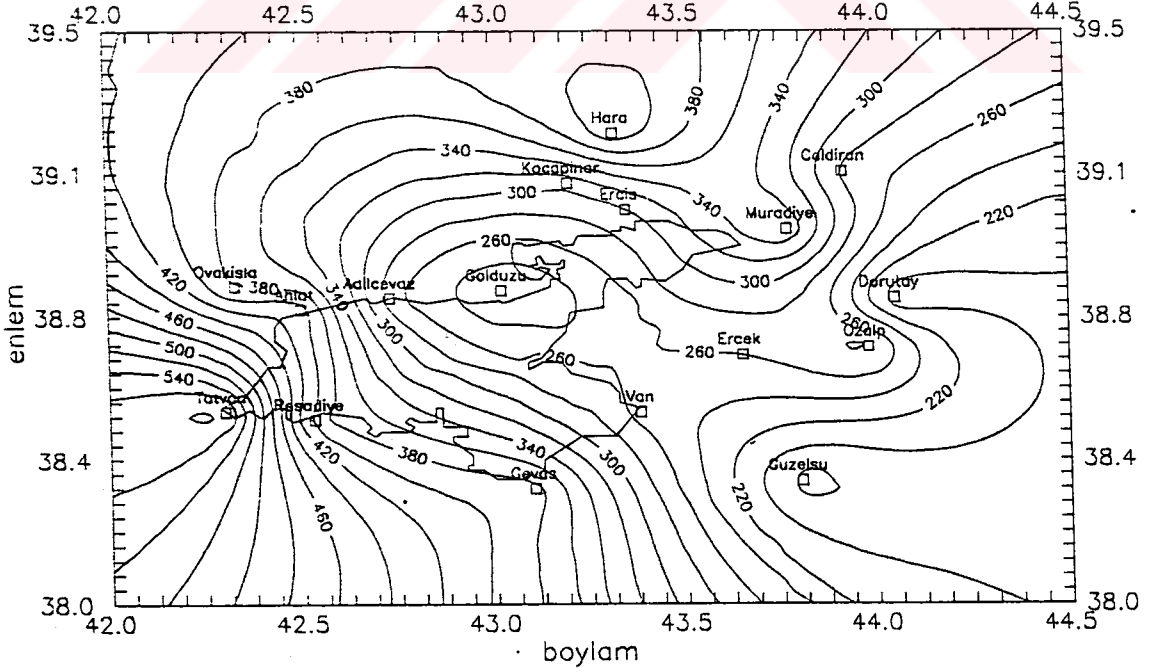
Şekil 2.15. Yaz mevsimi ortalama toplam yağışları (mm).



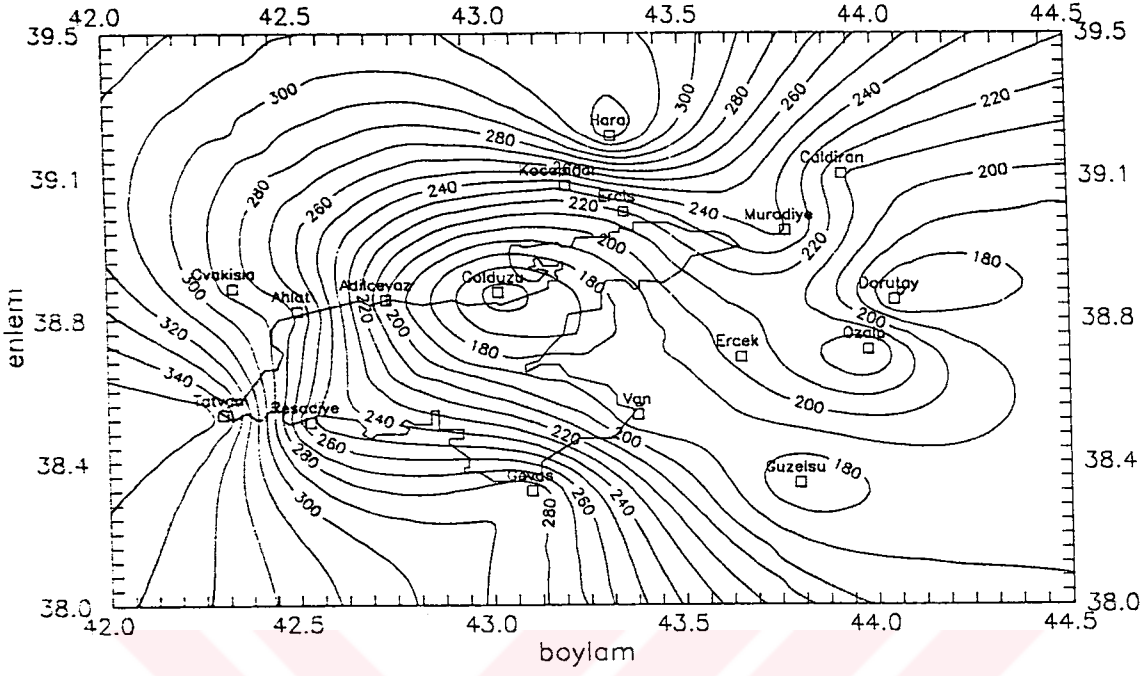
Şekil 2.16. Sonbahar mevsimi ortalama toplam yağışları (mm).



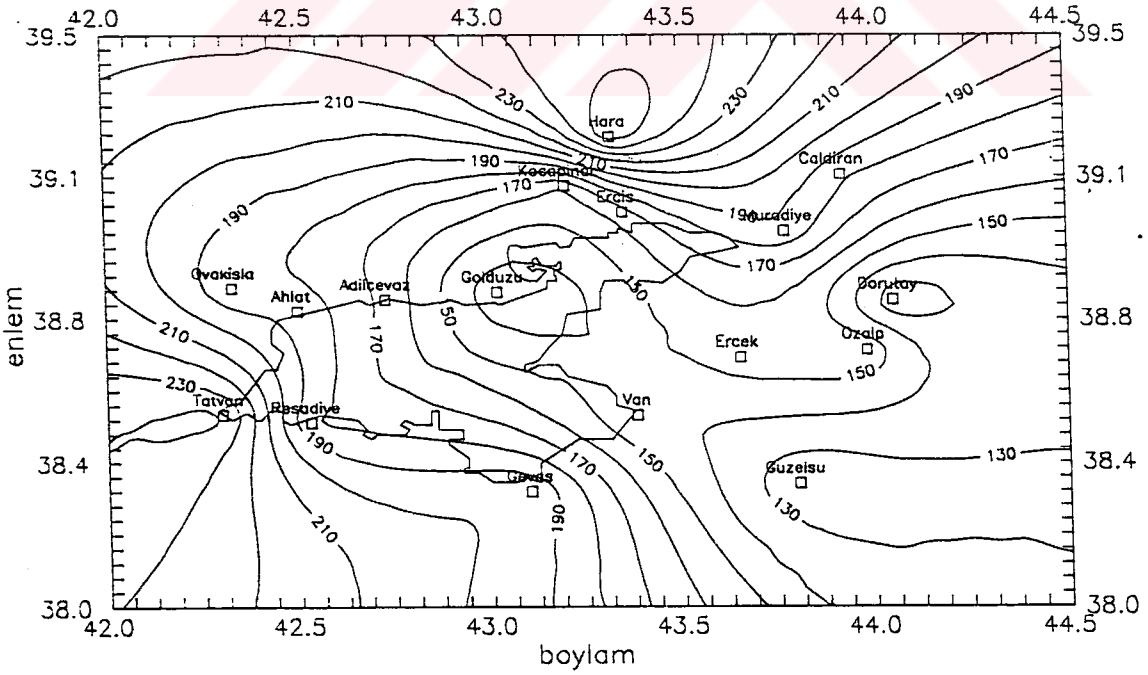
Şekil 2.17. Kış mevsimi ortalama toplam yağışları (mm).



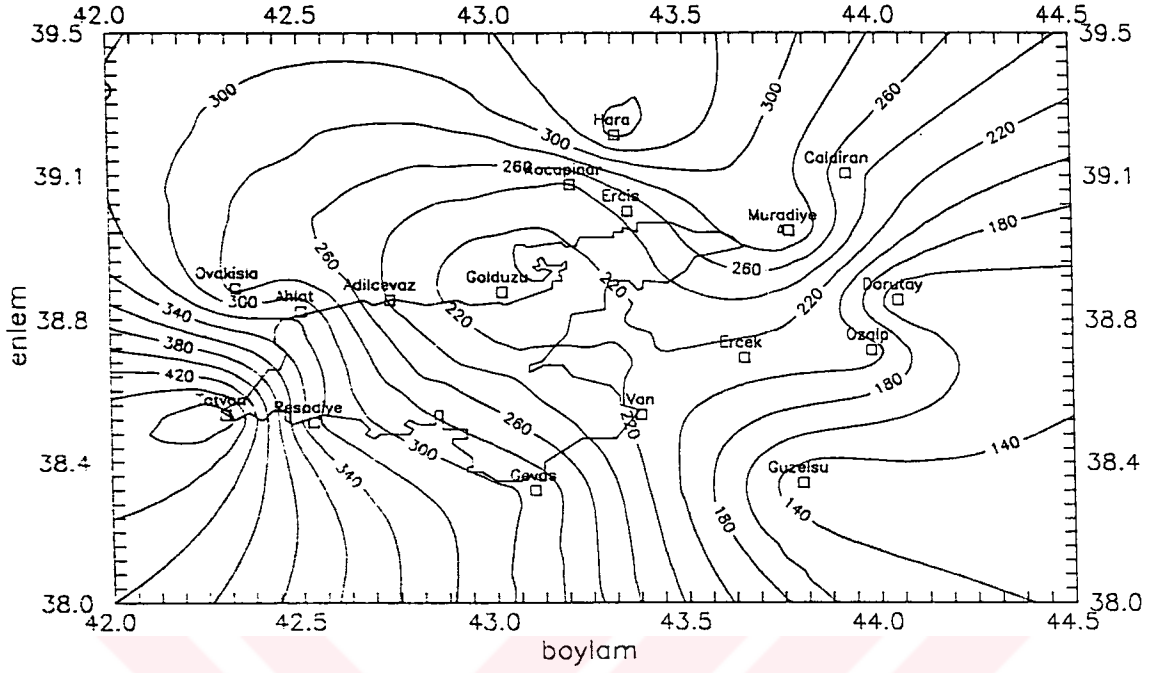
Şekil 2.18. Kış - İlkbahar ortalama toplam yağışları (mm).



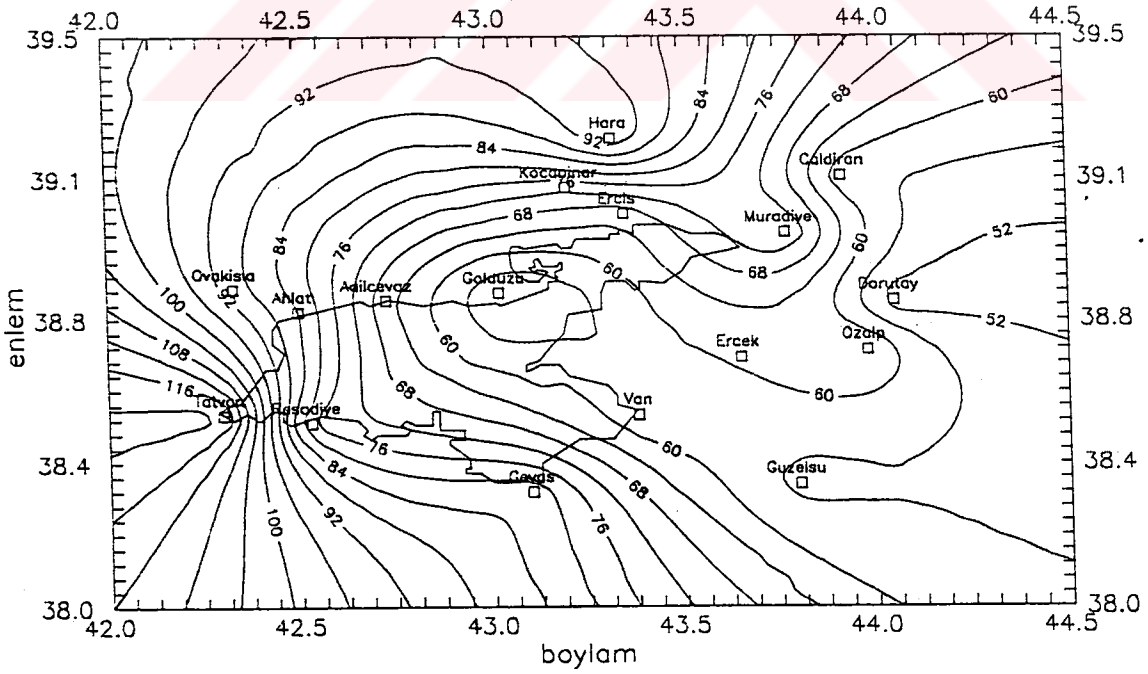
Şekil 2.19. İlkbahar – Yaz ortalama toplam yağışları (mm).



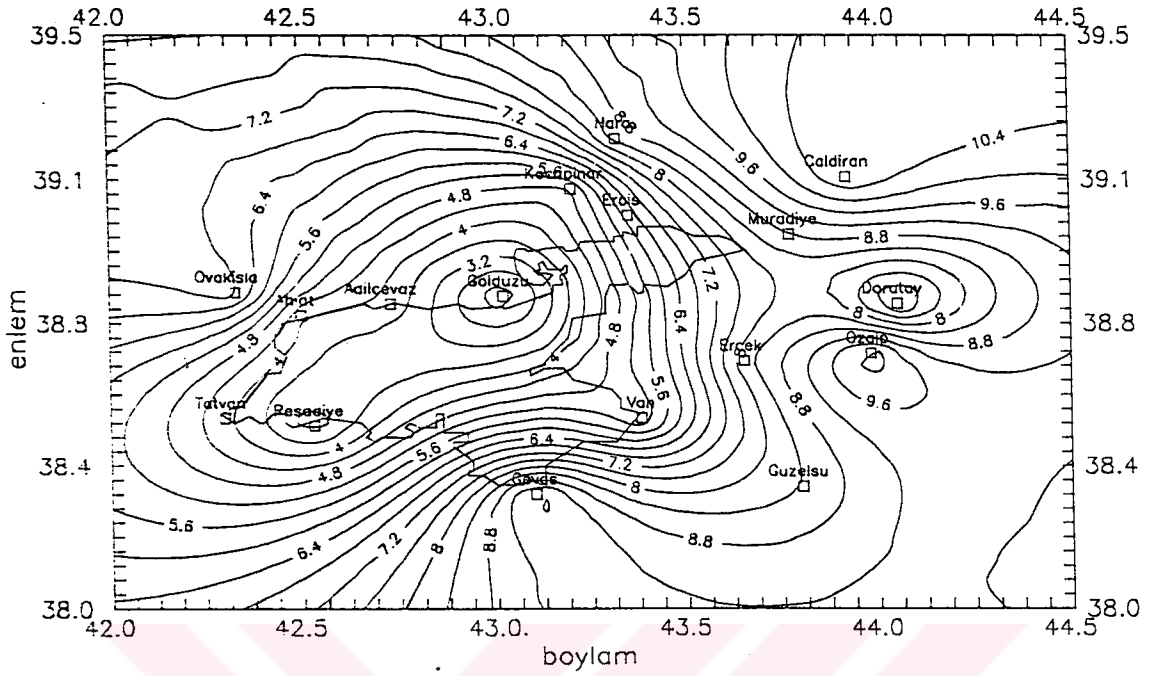
Şekil 2.20. Yaz + Sonbahar ortalama toplam yağışları (mm).



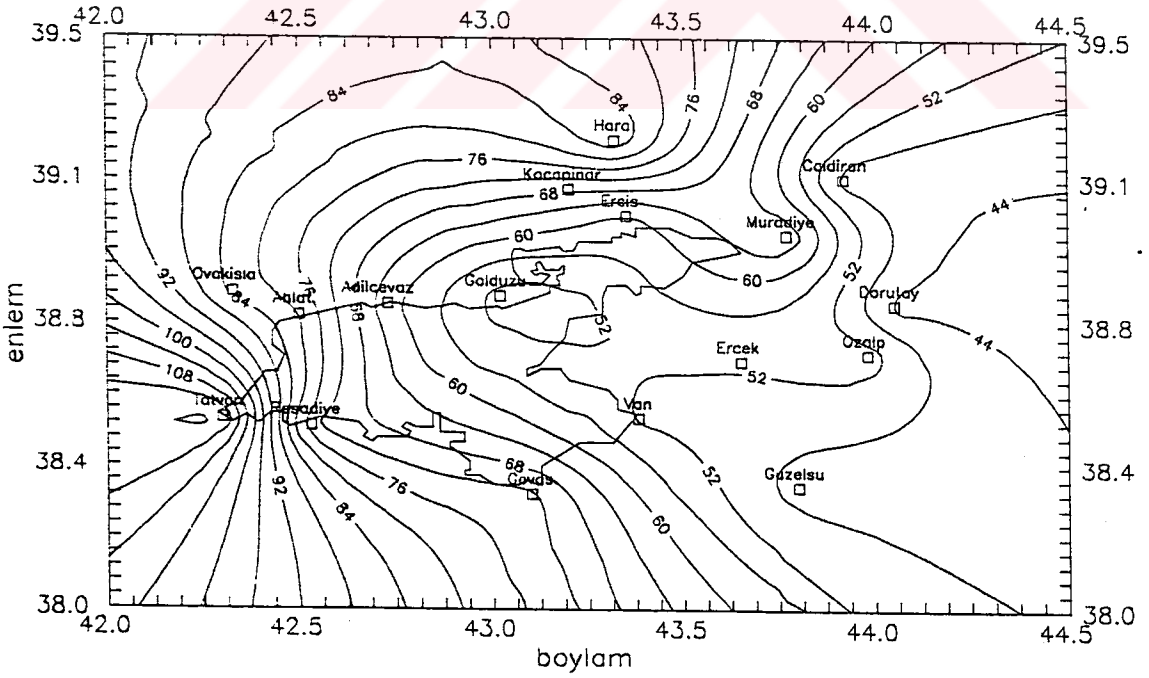
Şekil 2.21. Sonbahar - Kış ortalama toplam yağışları (mm).



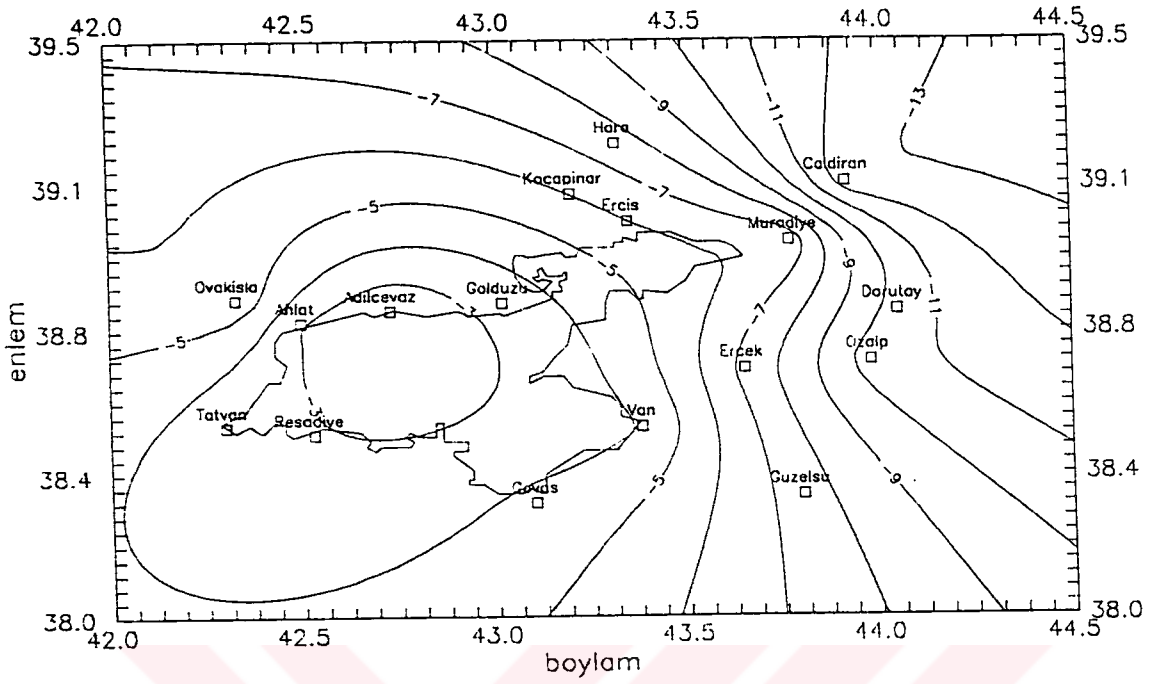
Şekil 2.22. Maksimum aylık ortalama toplam yağışlar (mm).



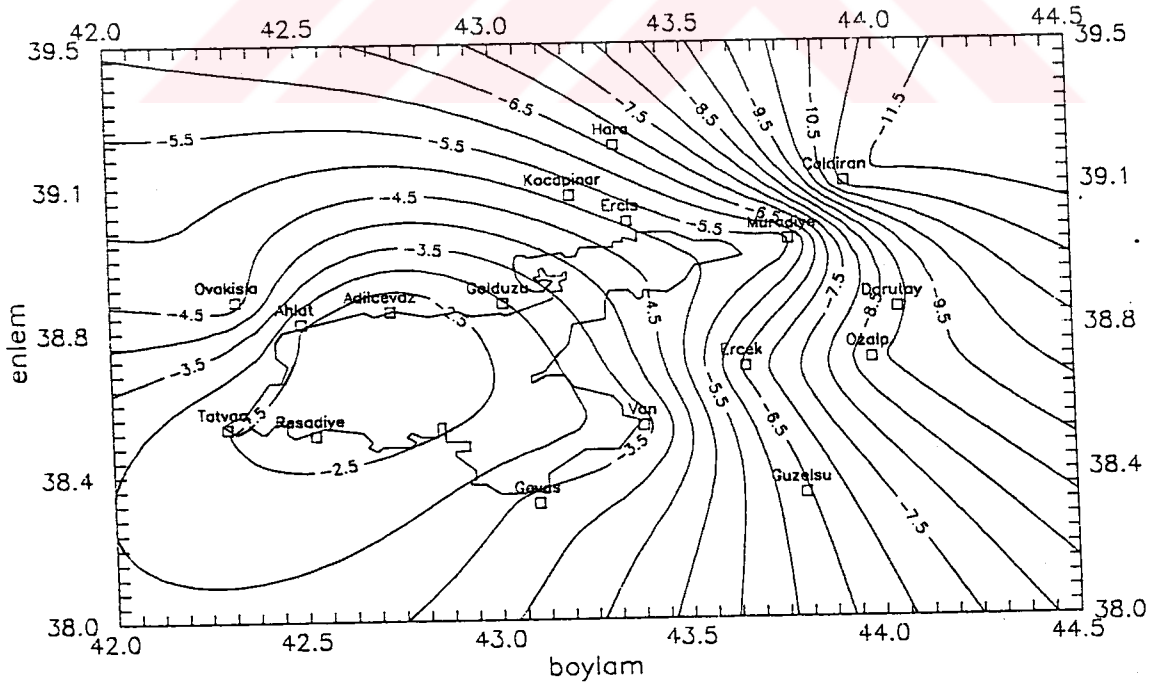
Şekil 2.23. Minimum aylık ortalama toplam yağışlar (mm).



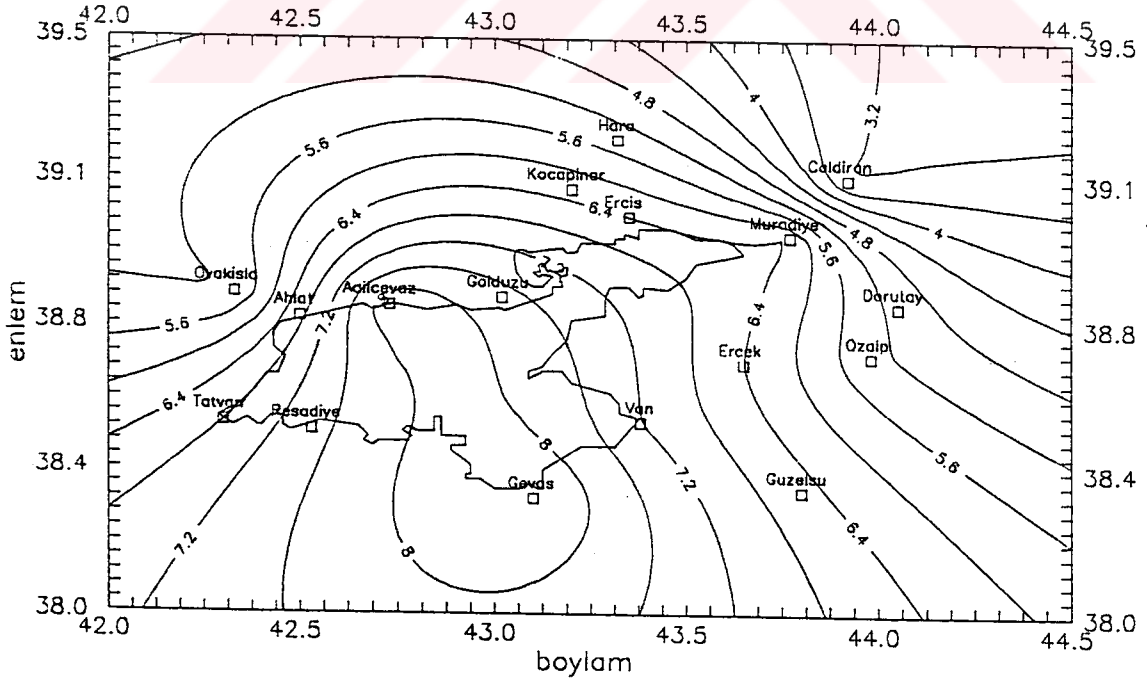
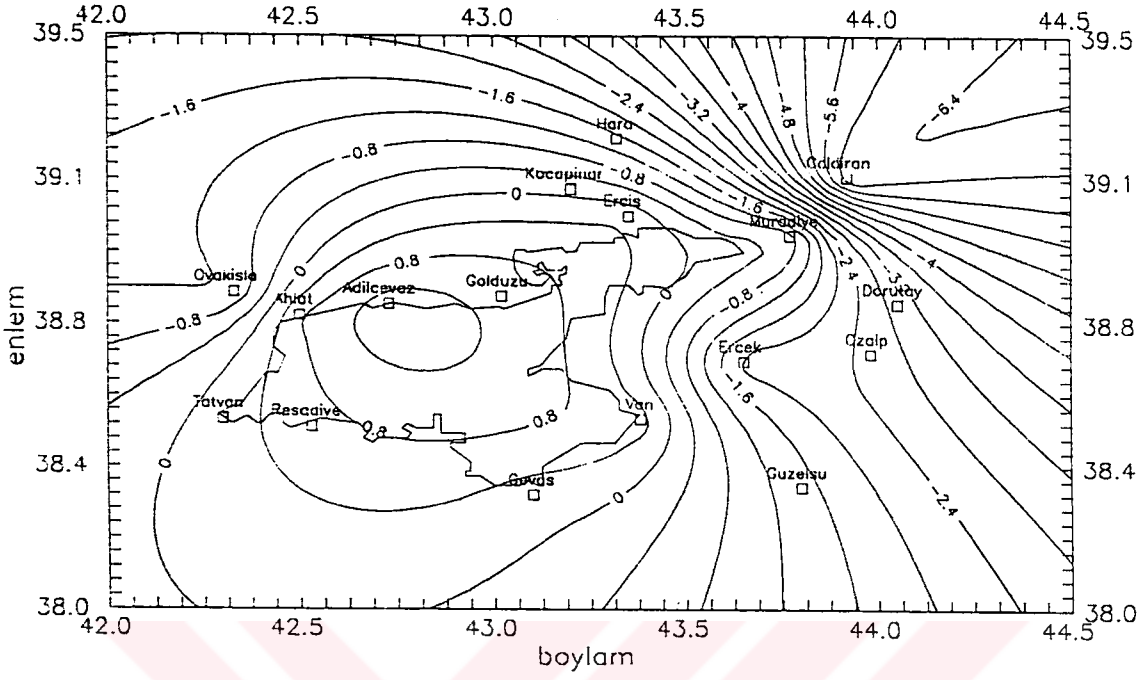
Şekil 2.24. Maksimum-Minimum aylık ortalama toplam yağışlar (mm).

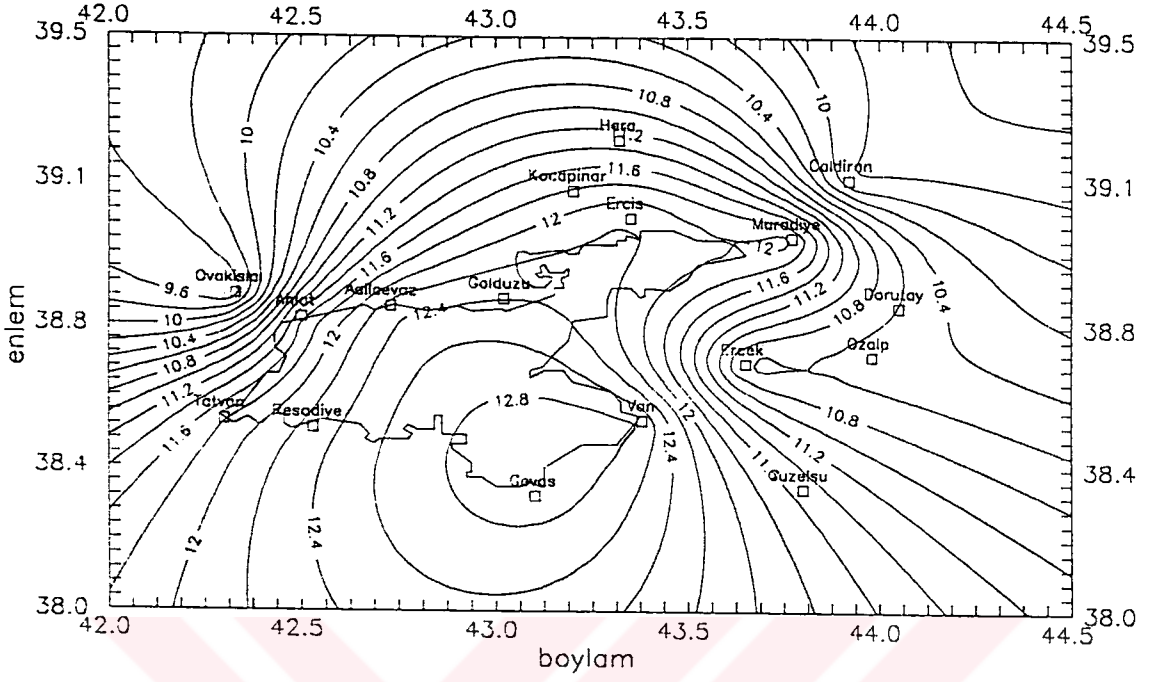


Şekil 2.25. Ocak ayı ortalama hava sıcaklıkları (°C).

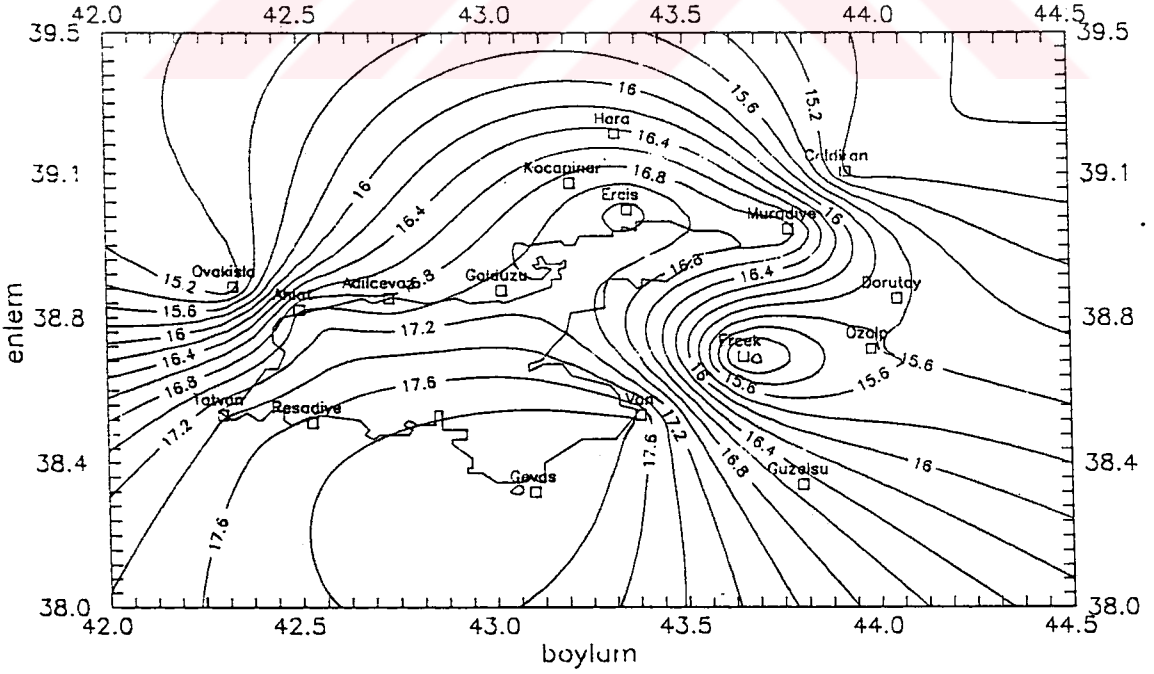


Şekil 2.26. Şubat ayı ortalama hava sıcaklıkları (°C).

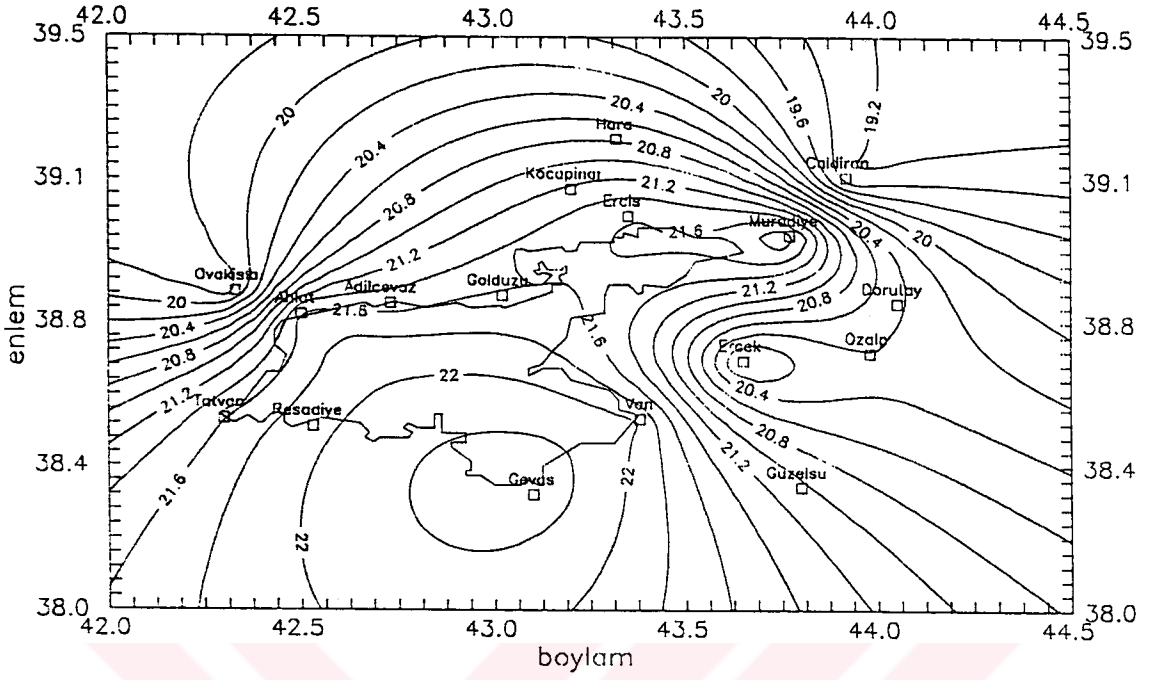




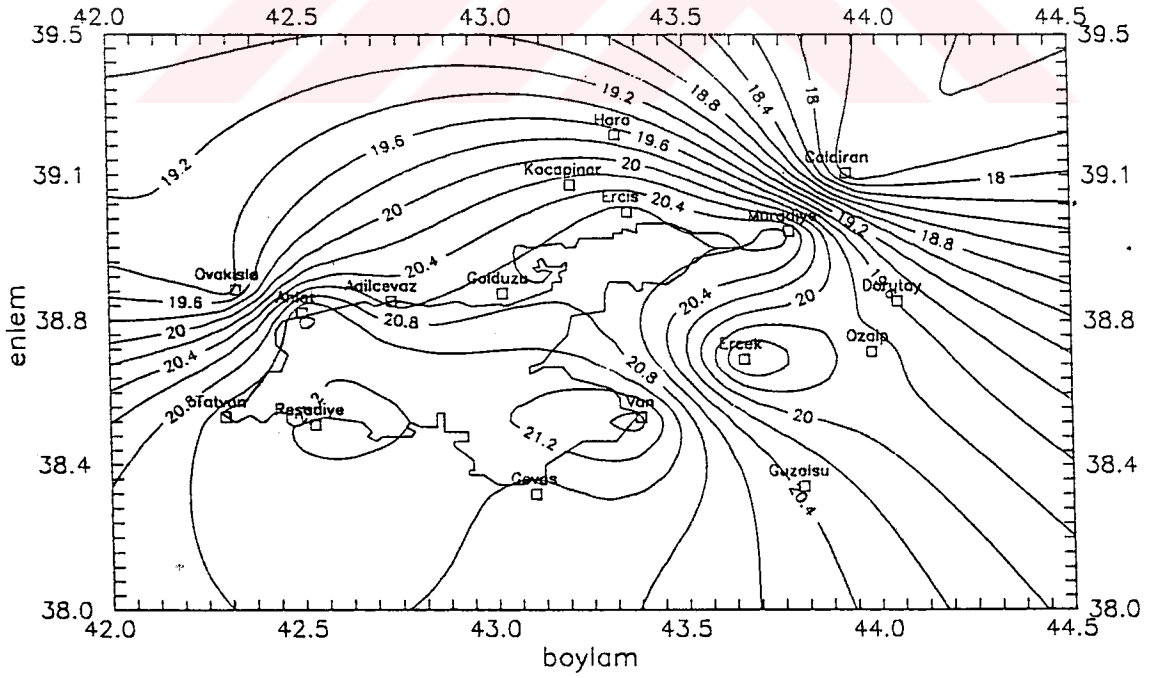
Şekil 2.29. Mayıs ayı ortalama hava sıcaklıkları (°C).



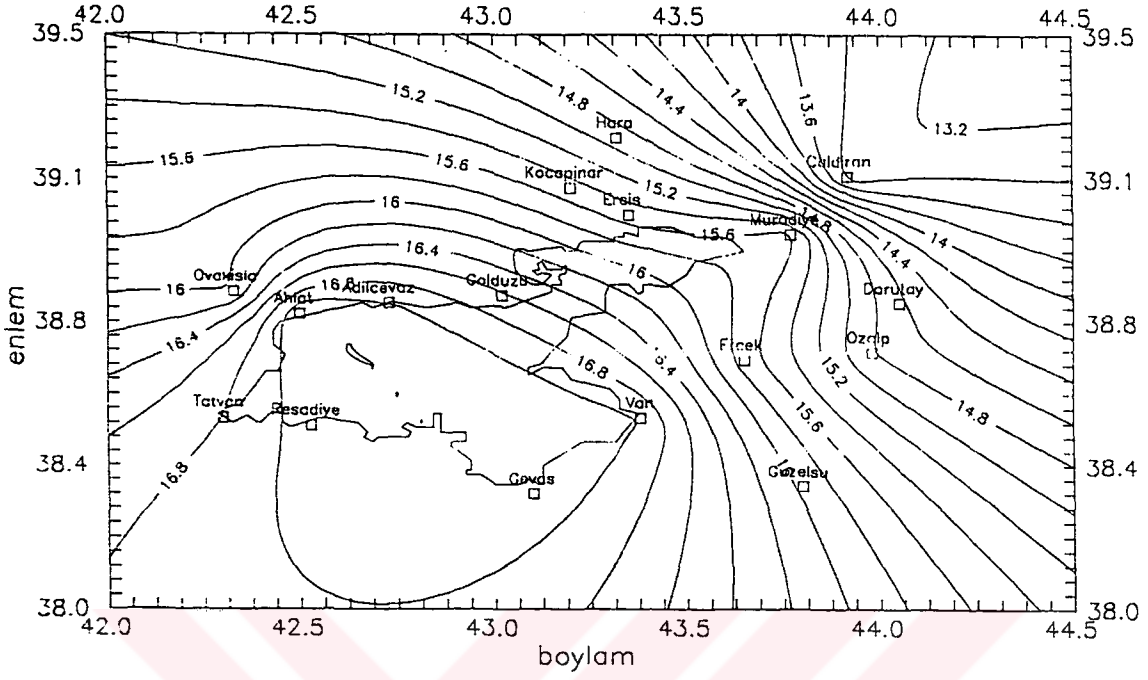
Şekil 2.30. Haziran ayı ortalama hava sıcaklıkları (°C).



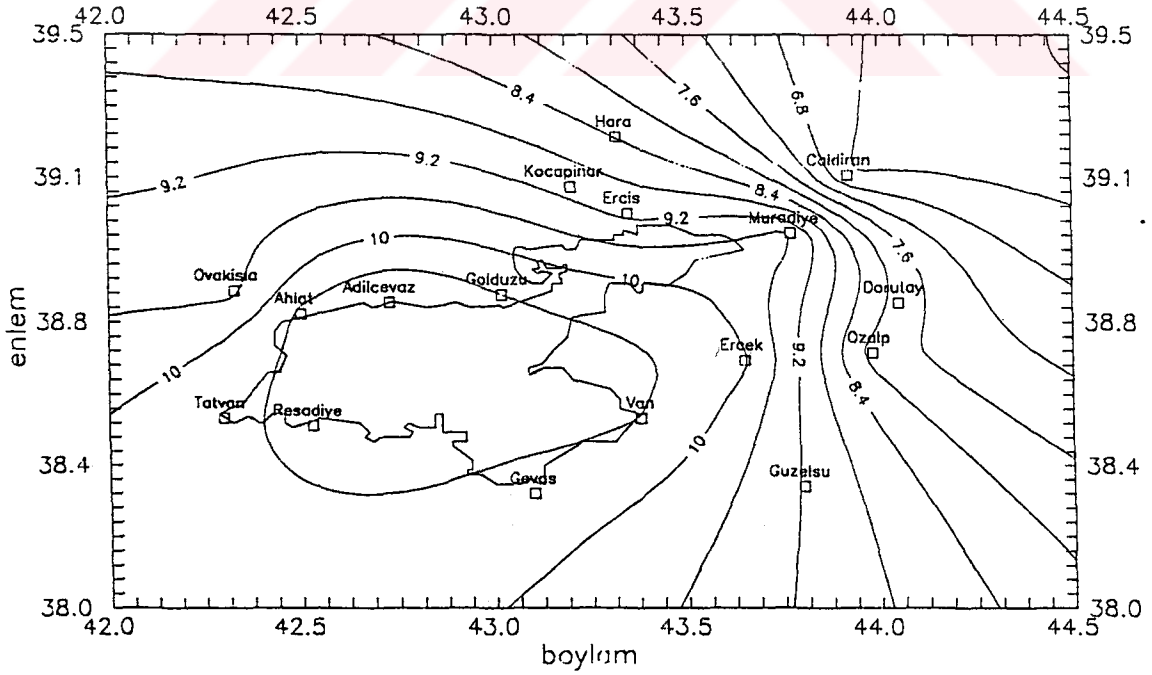
Şekil 2.31. Temmuz ayı ortalama hava sıcaklıkları (°C).



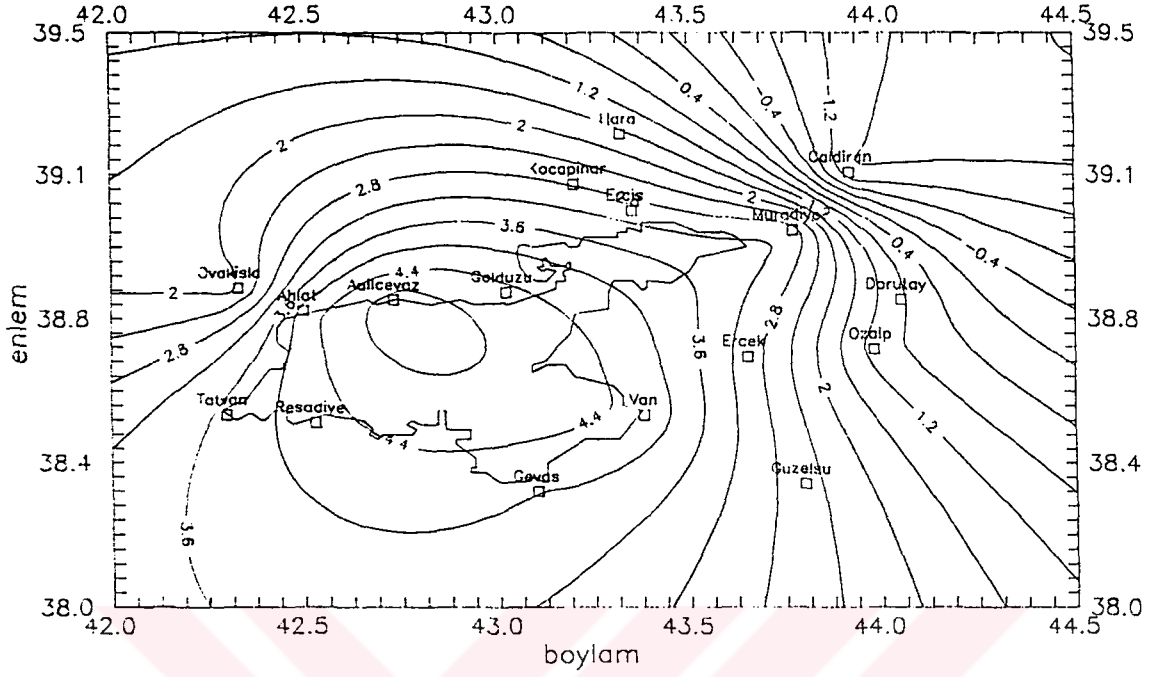
Şekil 2.32. Ağustos ayı ortalama hava sıcaklıkları (°C).



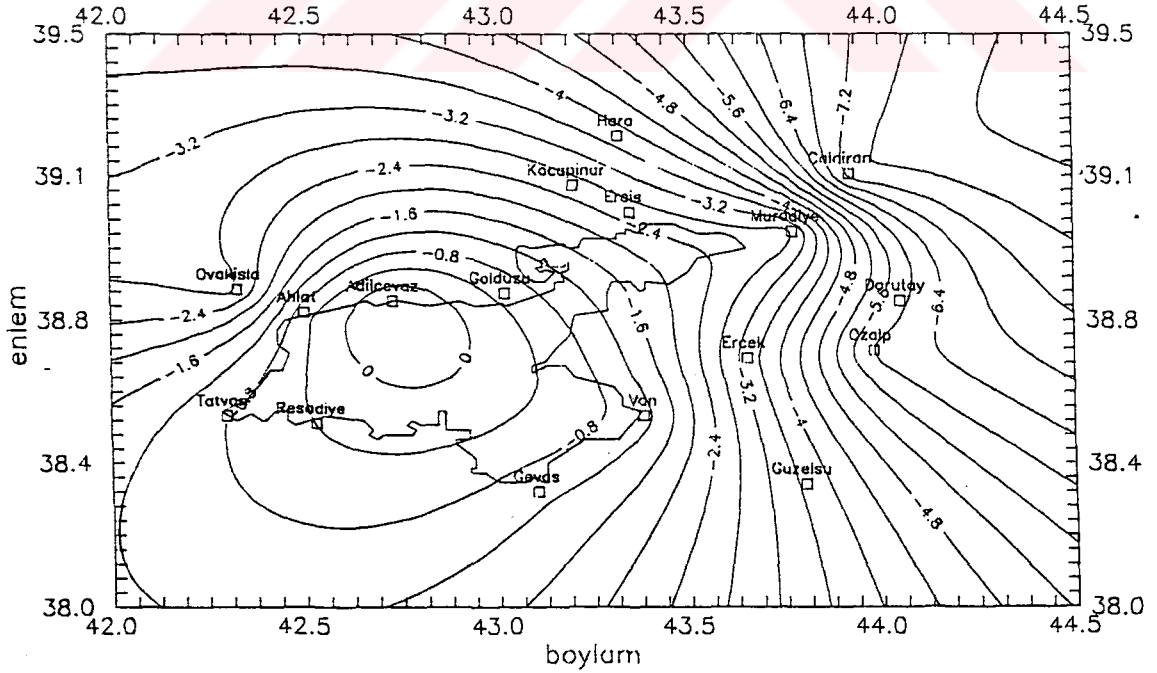
Şekil 2.33. Eylül ayı ortalama hava sıcaklıkları (°C).



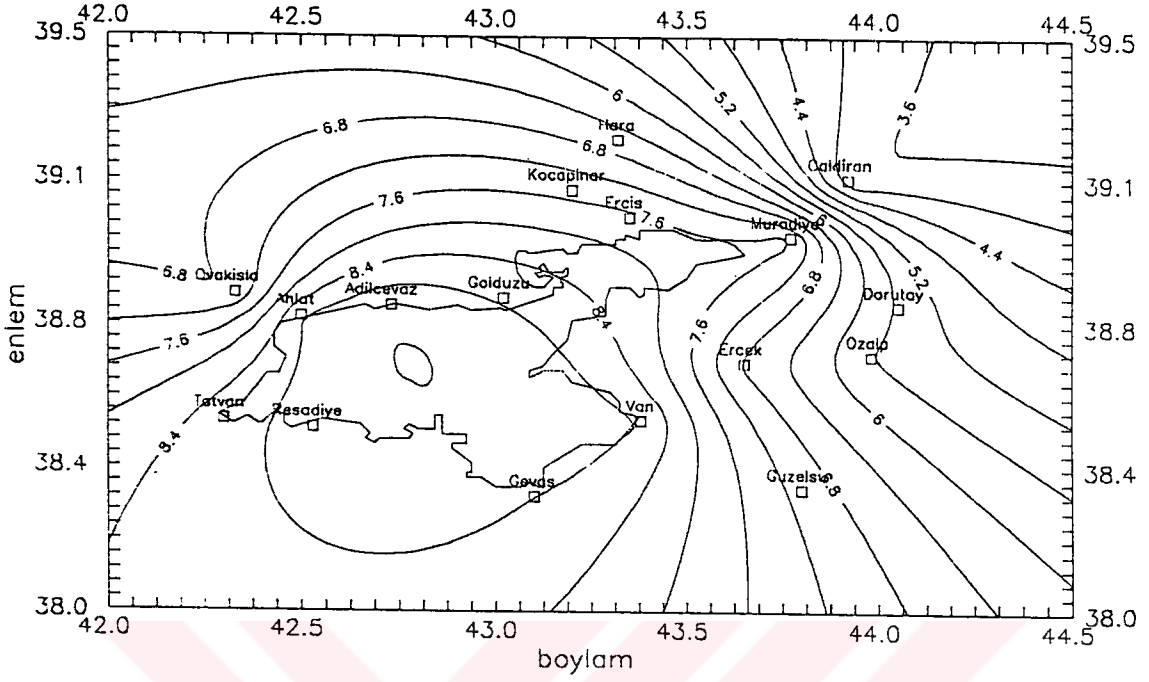
Şekil 2.34. Ekim ayı ortalama hava sıcaklıkları (°C).



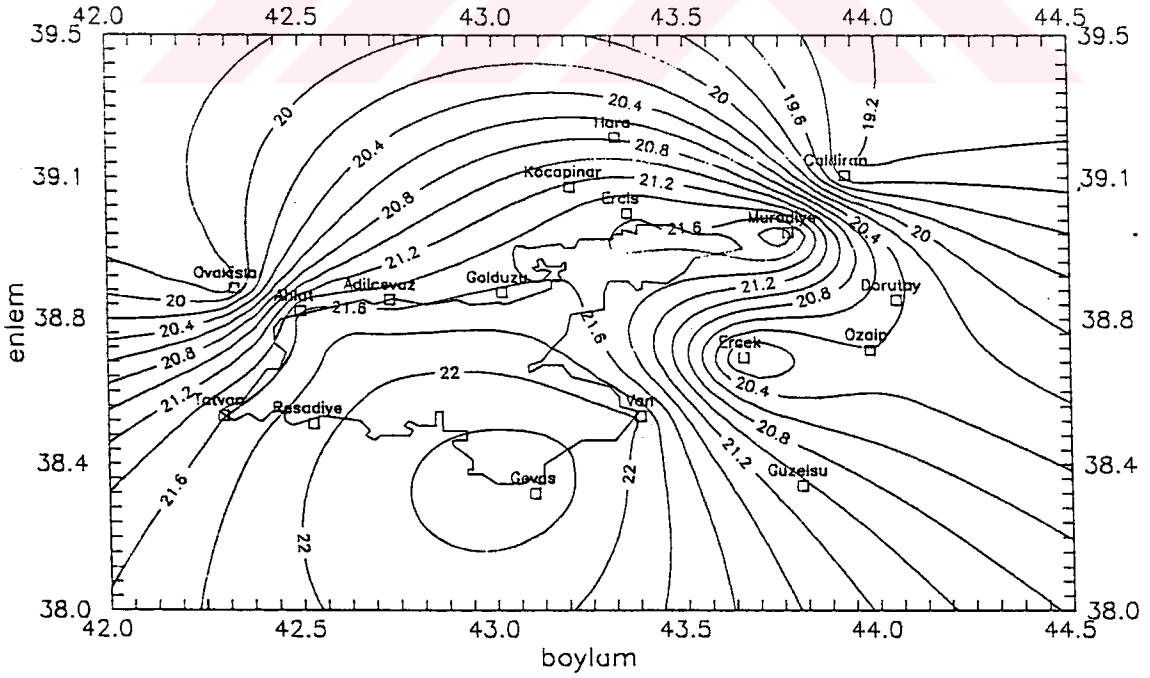
Şekil 2.35. Kasım ayı ortalama hava sıcaklıkları (°C).



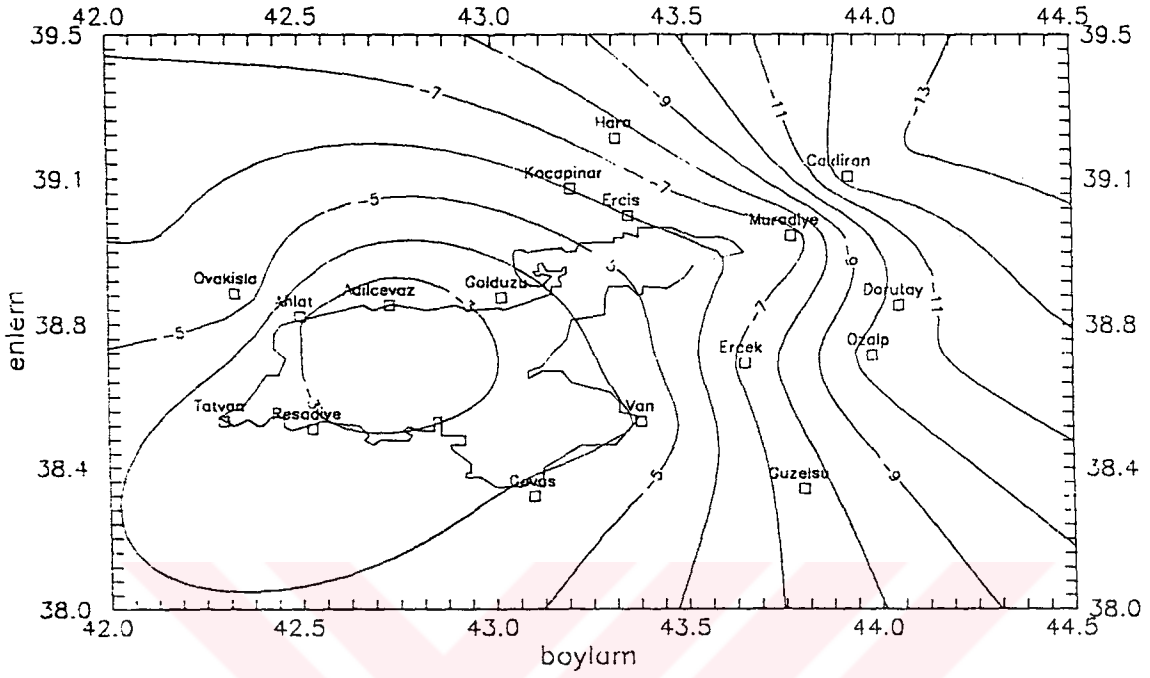
Şekil 2.36. Aralık ayı ortalama hava sıcaklıkları (°C).



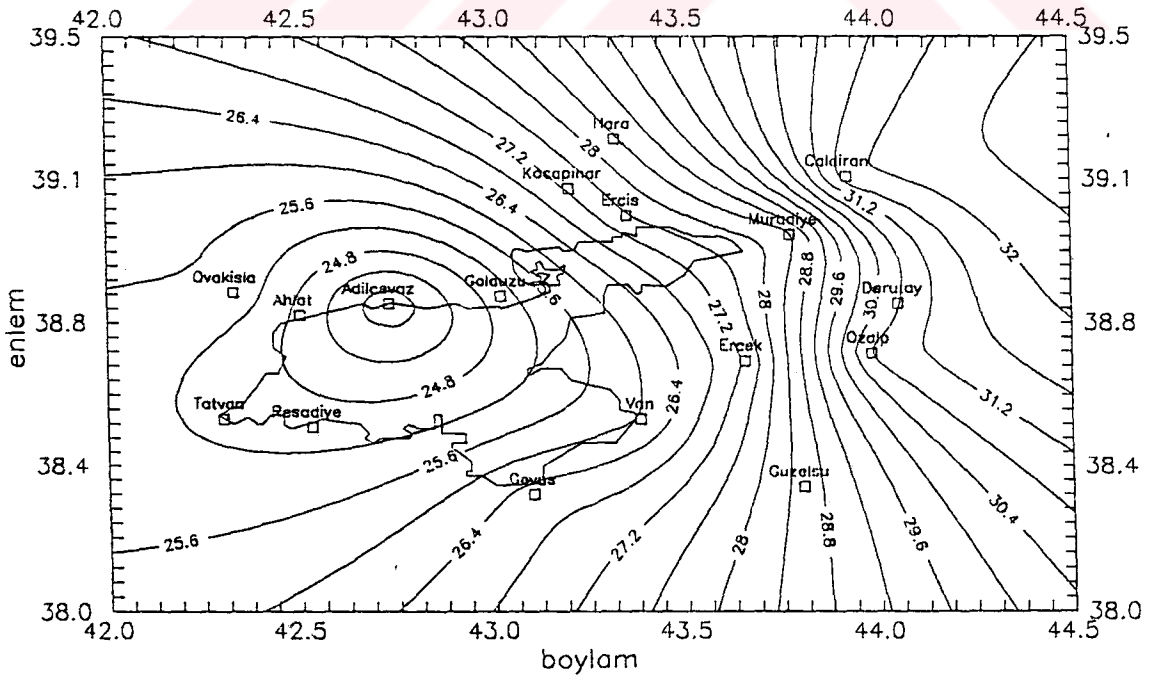
Şekil 2.37. Yıllık ortalama hava sıcaklıkları (°C).



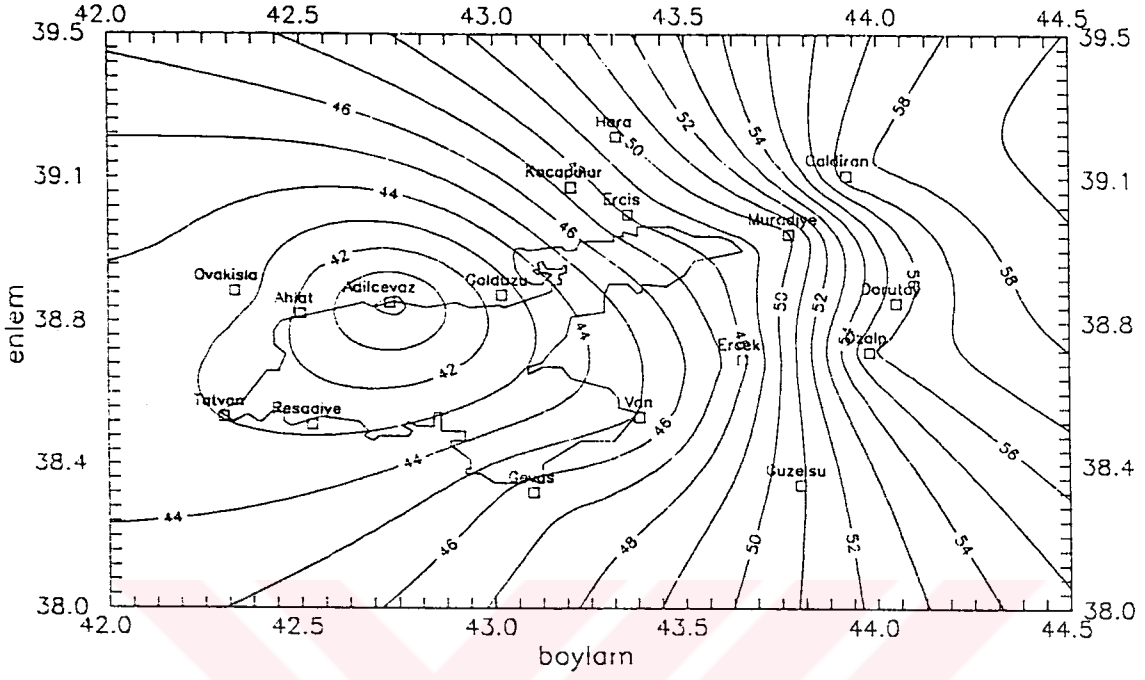
Şekil 2.38. Maksimum ortalama hava sıcaklıkları (°C).



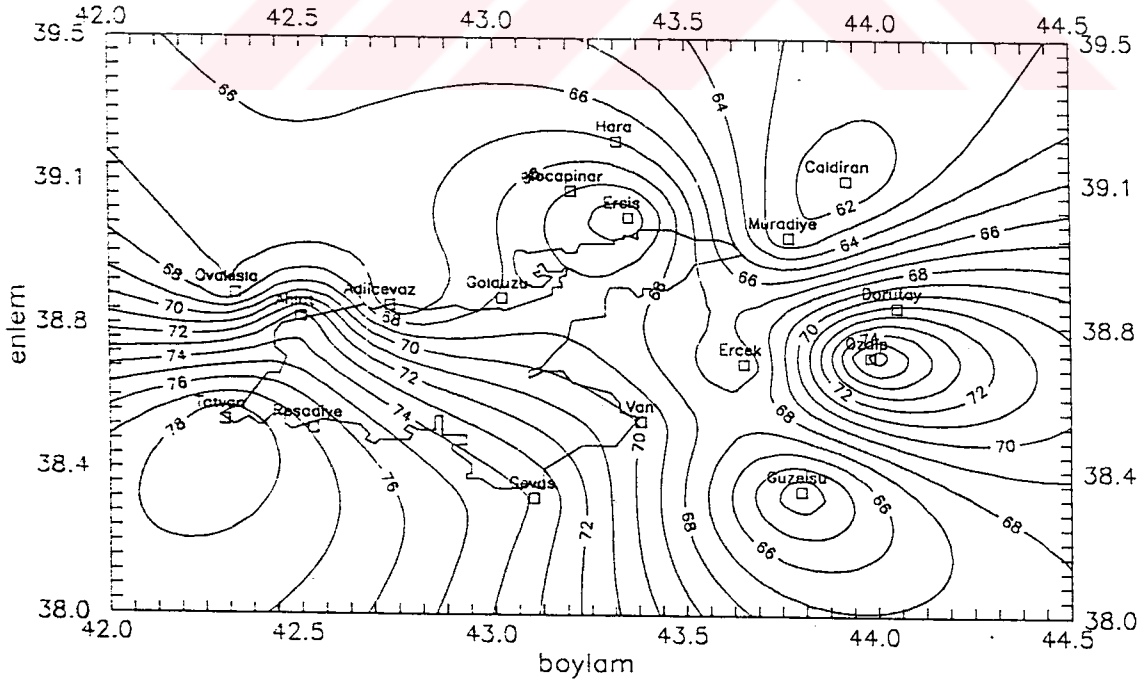
Şekil 2.39. Minimum ortalama hava sıcaklıkları (°C).



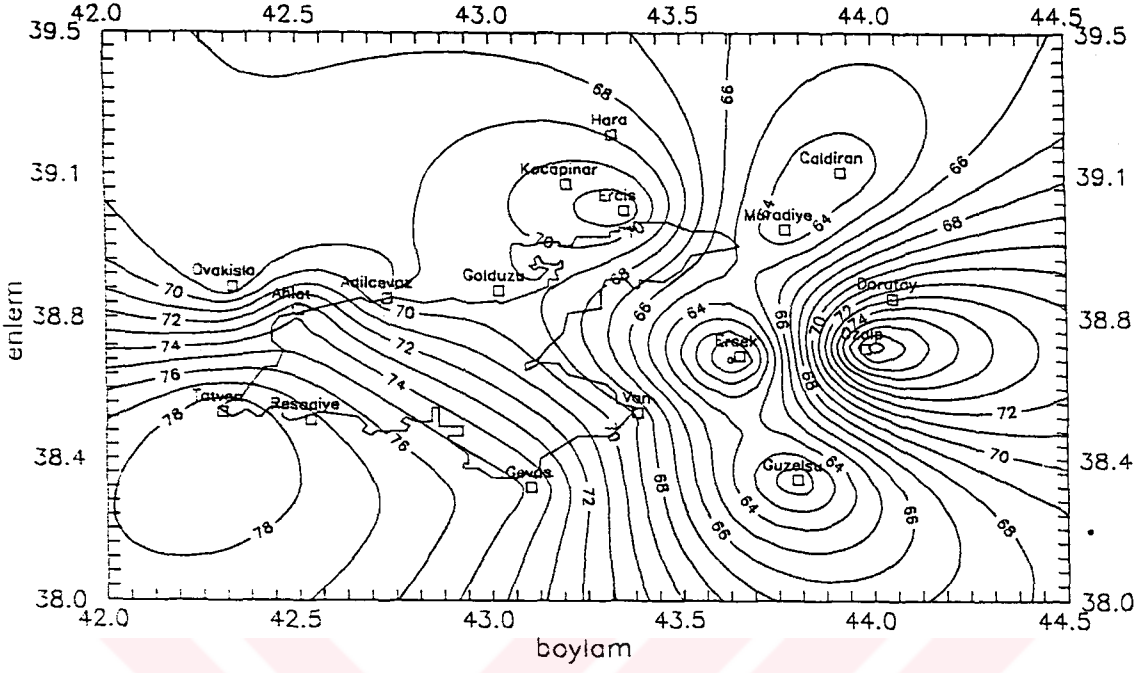
Şekil 2.40. Maksimum ve Minimum hava sıcaklıklar arasındaki farklar (°C).



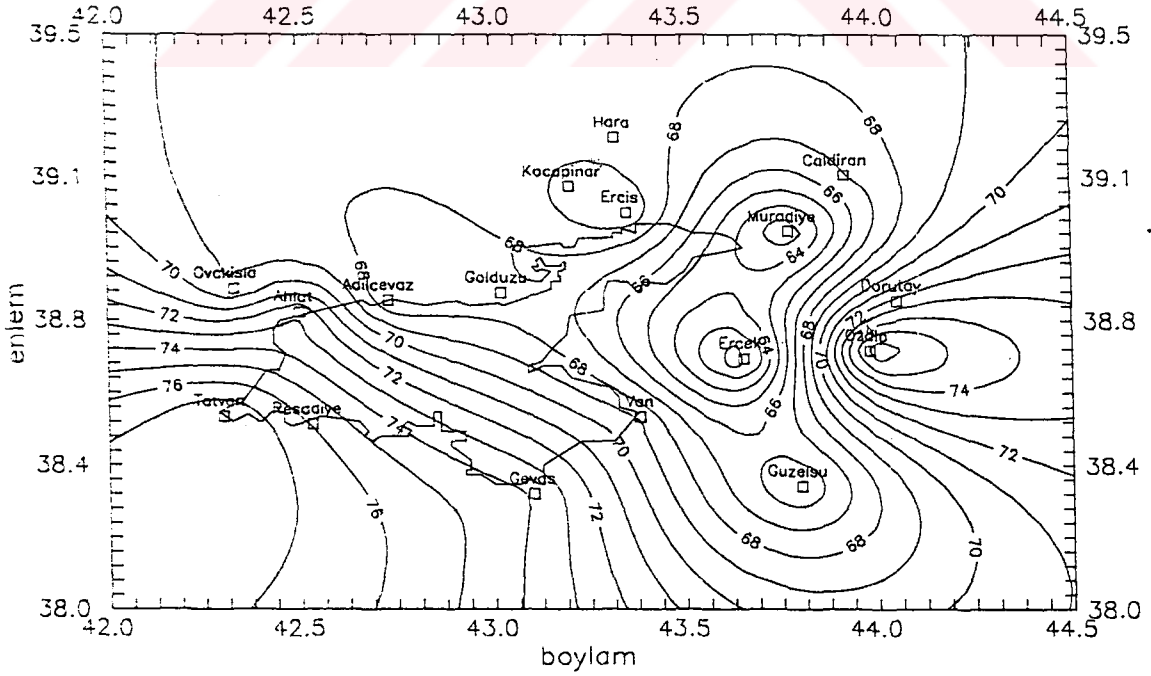
Şekil 2.41. Van Gölü Havzasındaki karasallığın dağılımı.



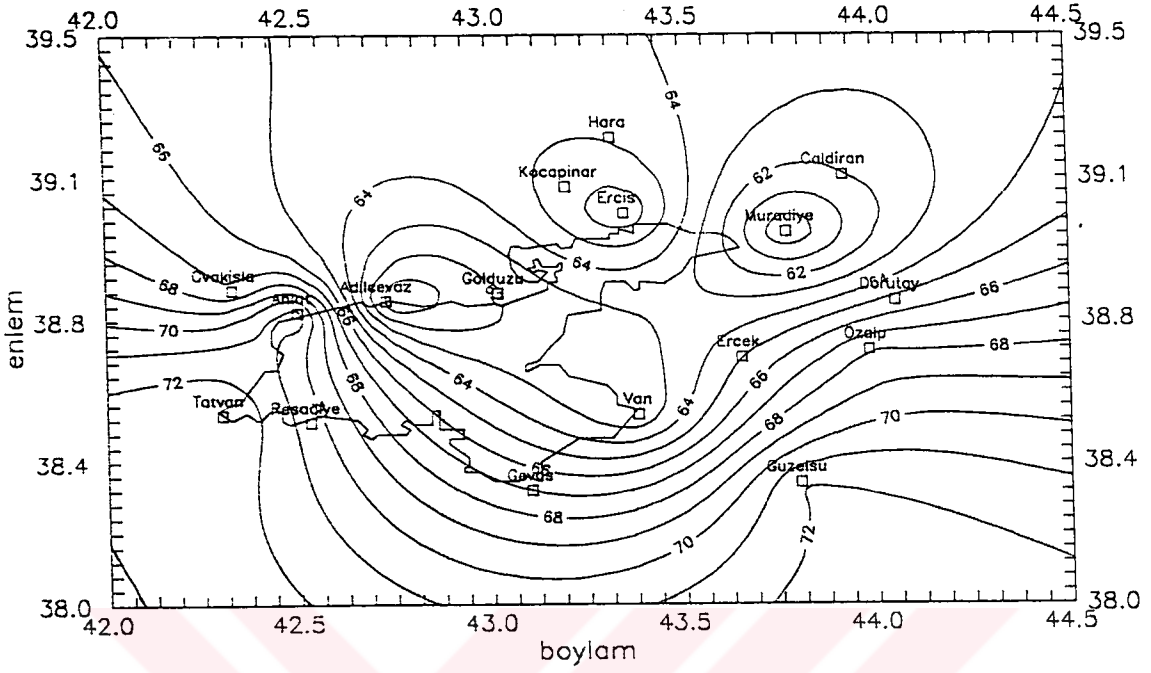
Şekil 2.42. Ocak ayı ortalama bağıl nem (%).



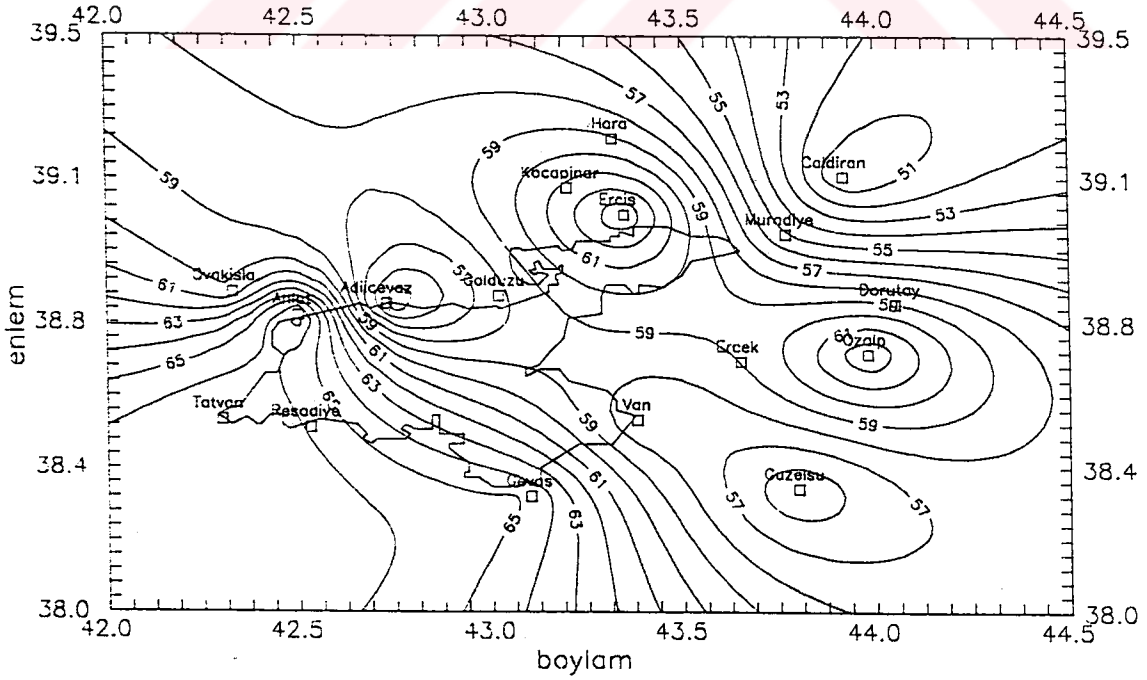
Şekil 2.43. Şubat ayı ortalama bağıl nem (%).



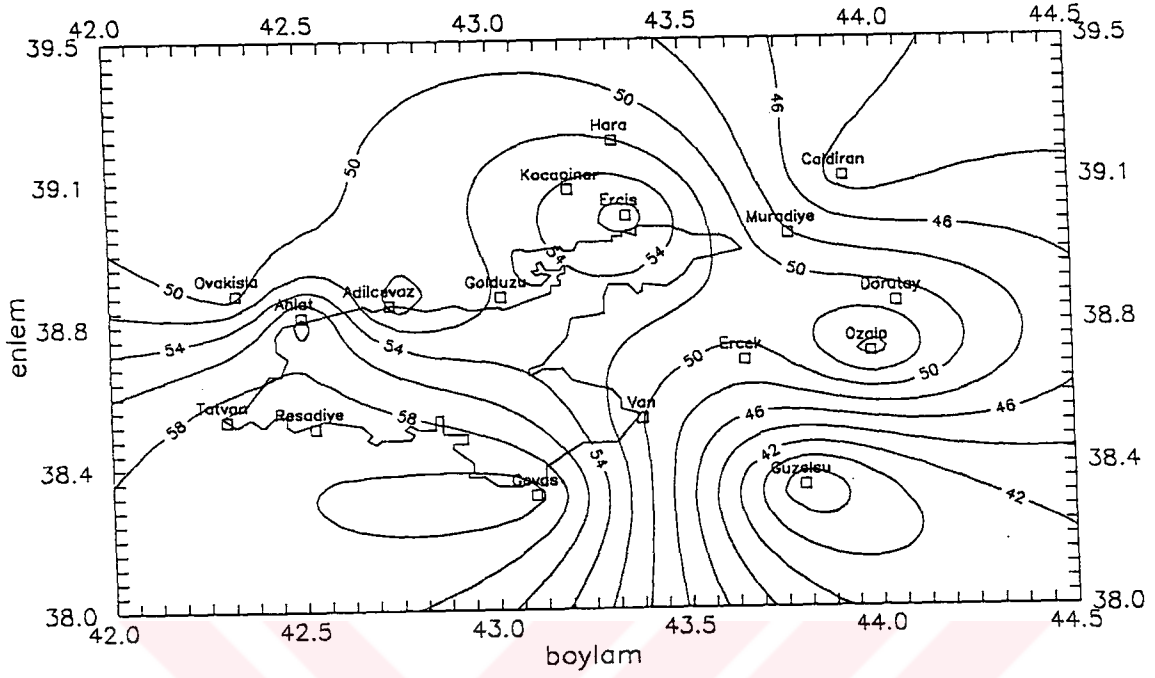
Şekil 2.44. Mart ayı ortalama bağıl nem (%).



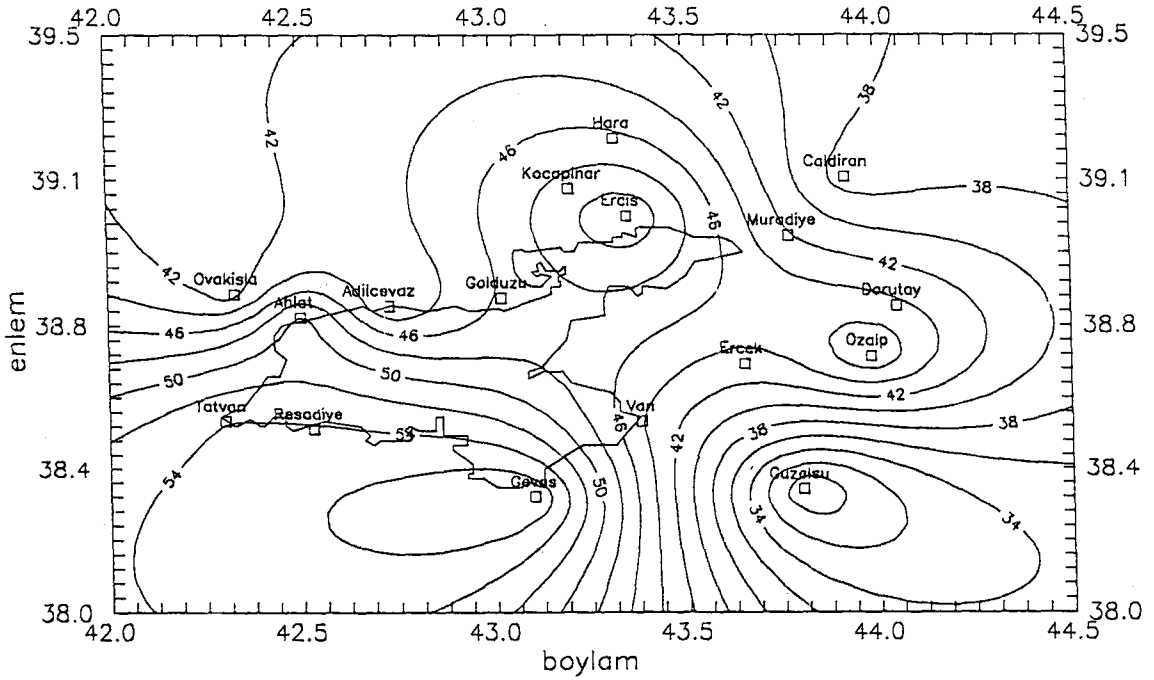
Şekil 2.45. Nisan ayı ortalama bağıl nem (%).



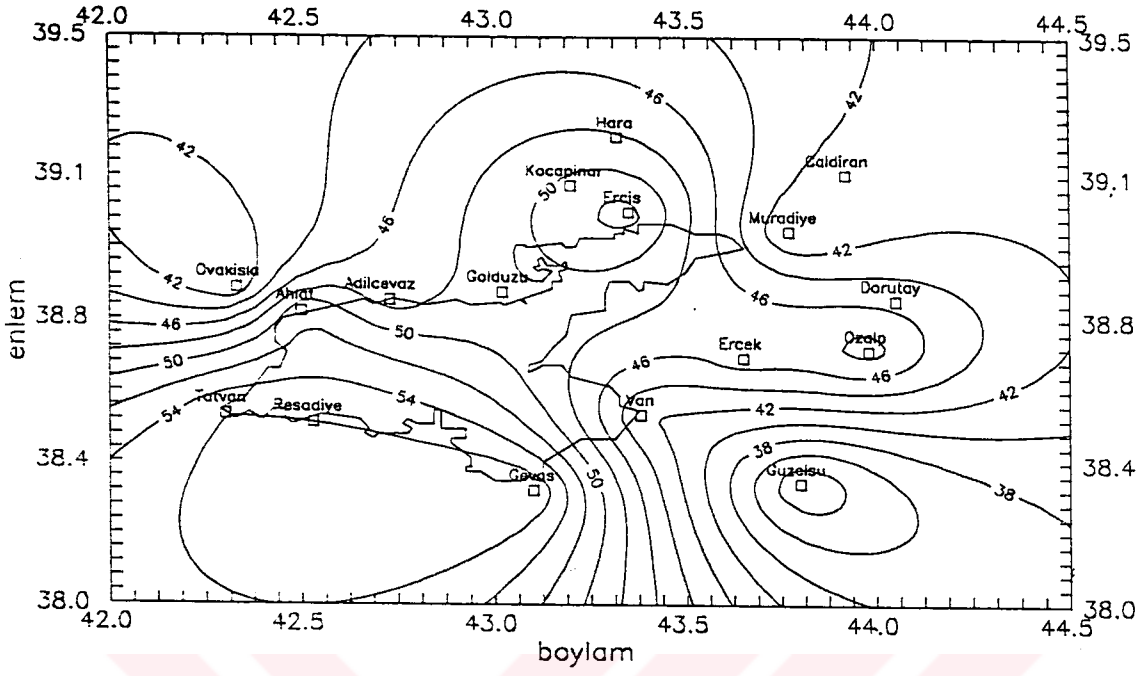
Şekil 2.46. Mayıs ayı ortalama bağıl nem (%).



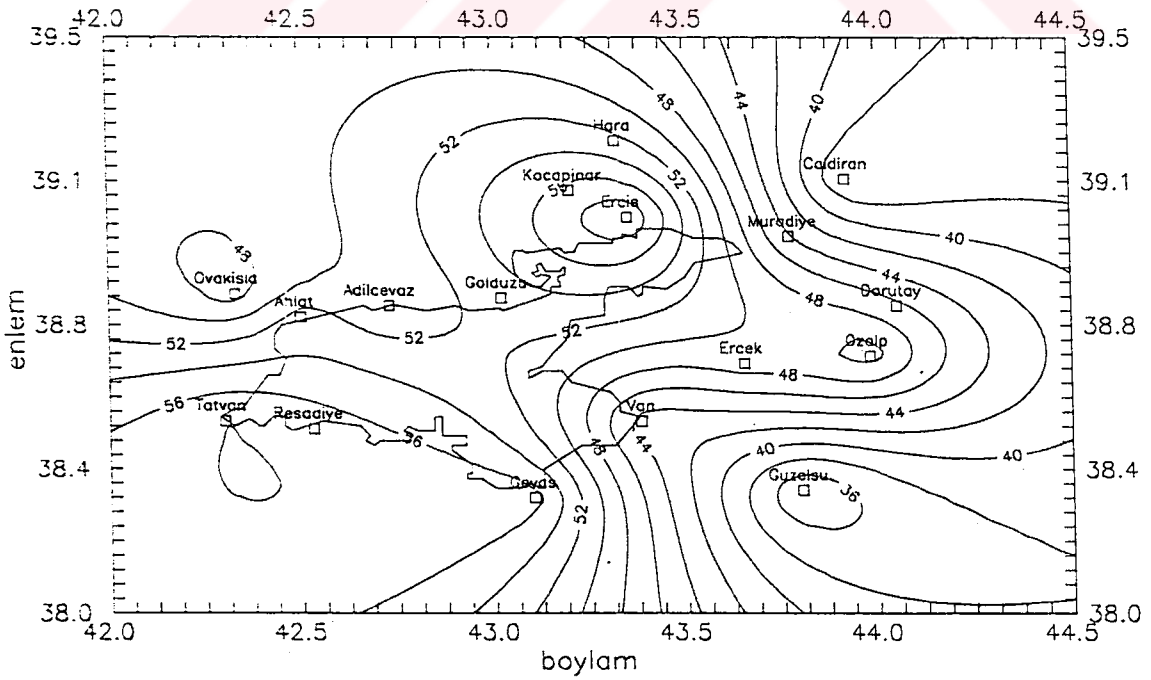
Şekil 2.47. Haziran ayı ortalama bağıl nem (%).



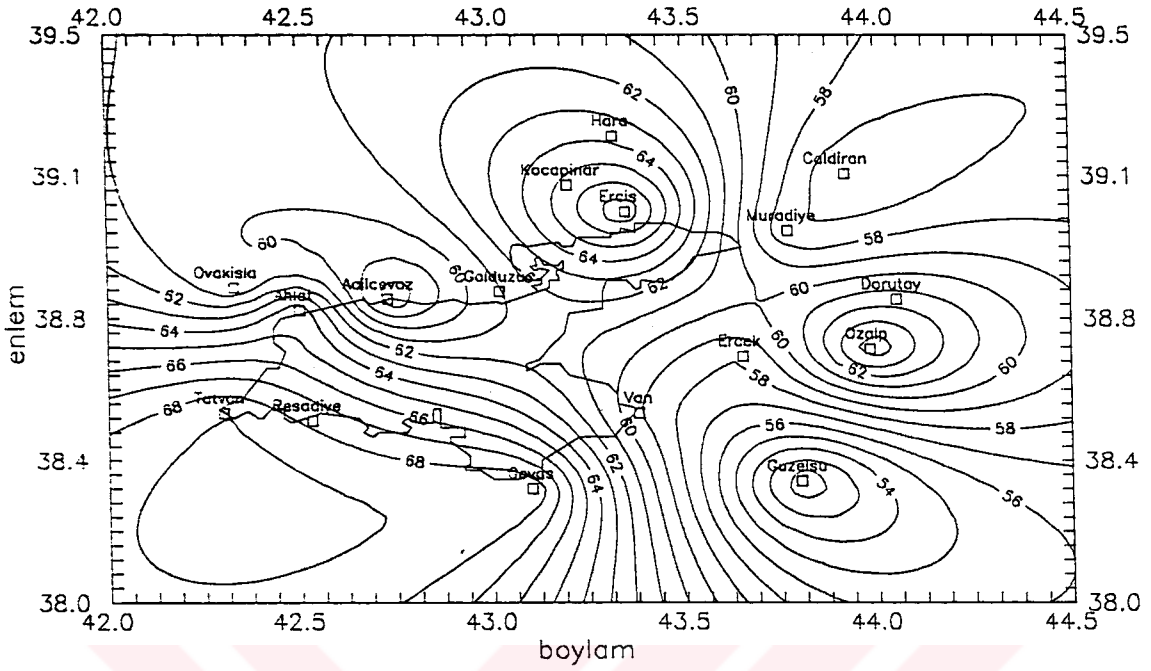
Şekil 2.48. Temmuz ayı ortalama bağıl nem (%).



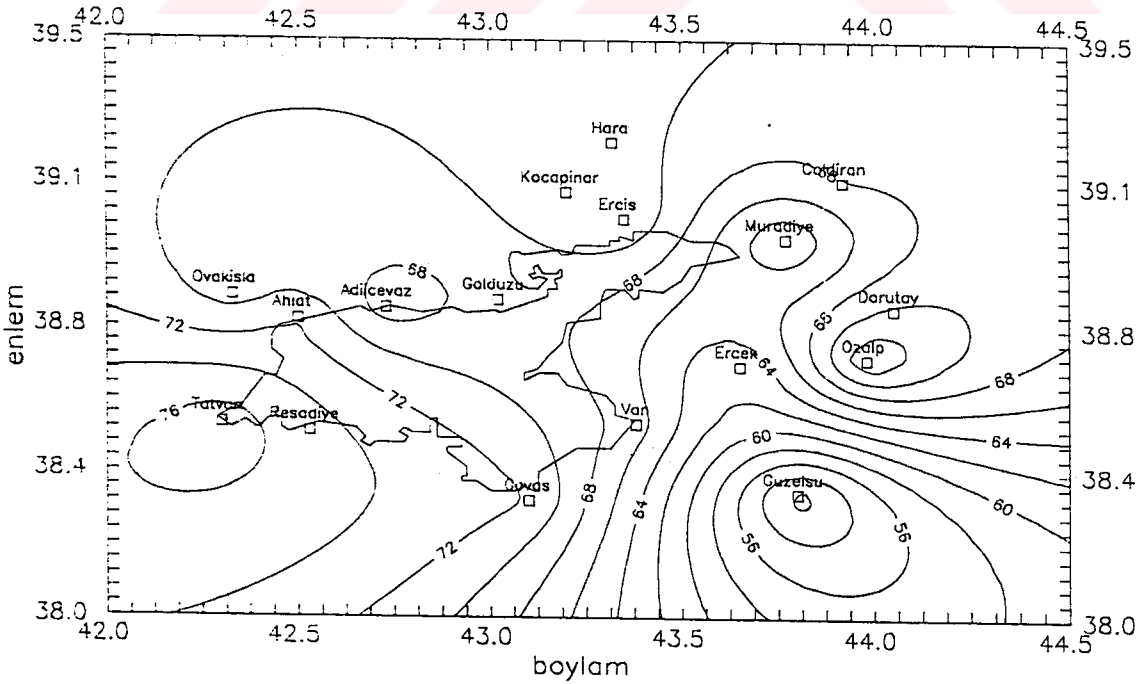
Şekil 2.49. Ağustos ayı ortalama bağıl nem (%).



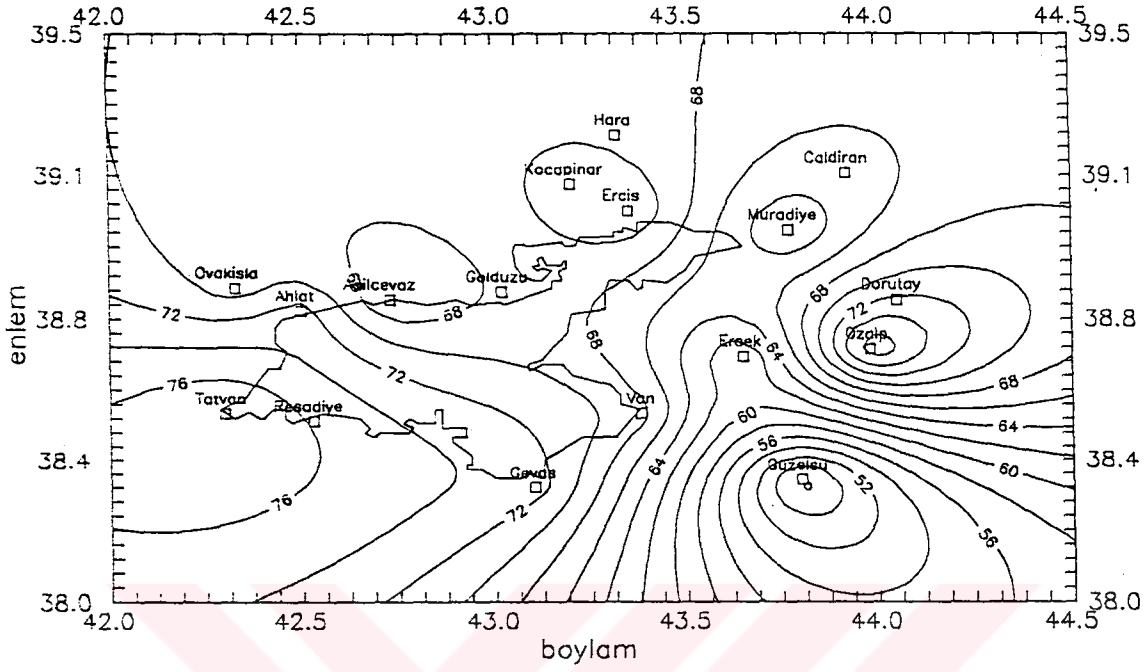
Şekil 2.50. Eylül ayı ortalama bağıl nem (%).



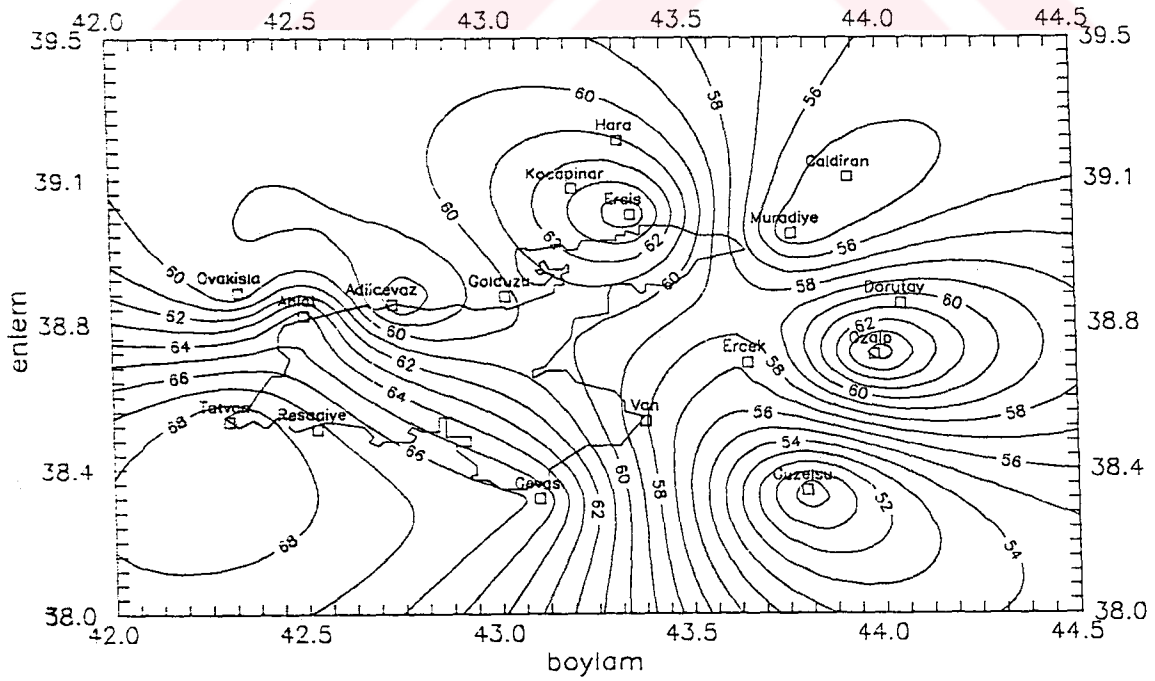
Şekil 2.51. Ekim ayı ortalama bağıl nem (%).



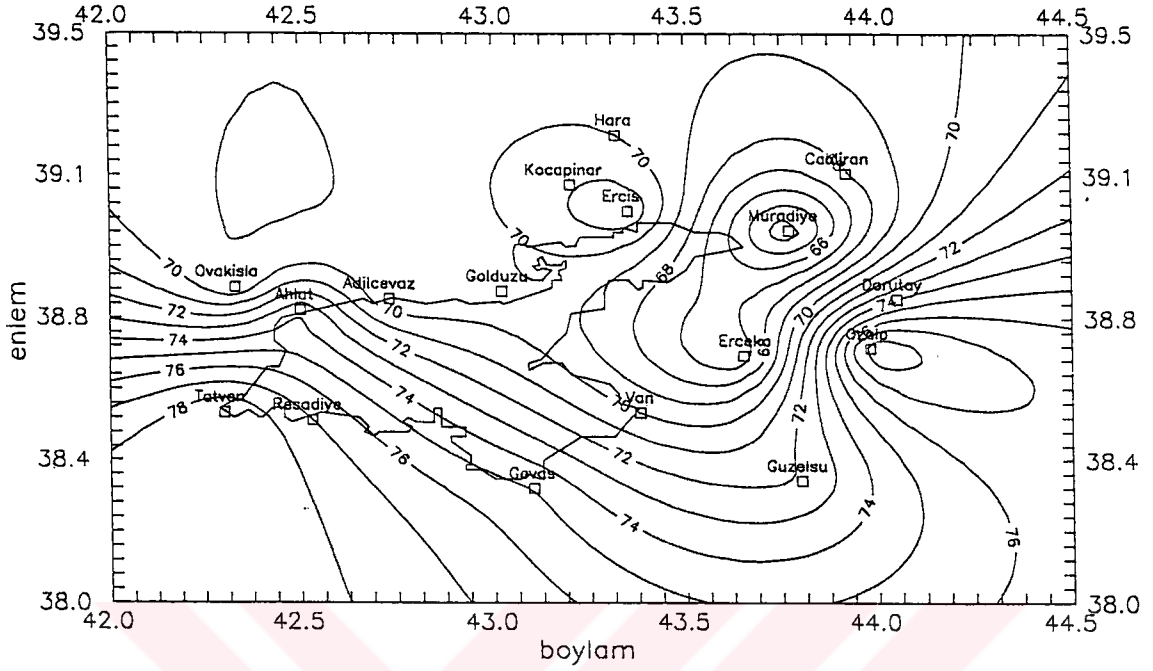
Şekil 2.52. Kasım ayı ortalama bağıl nem (%).



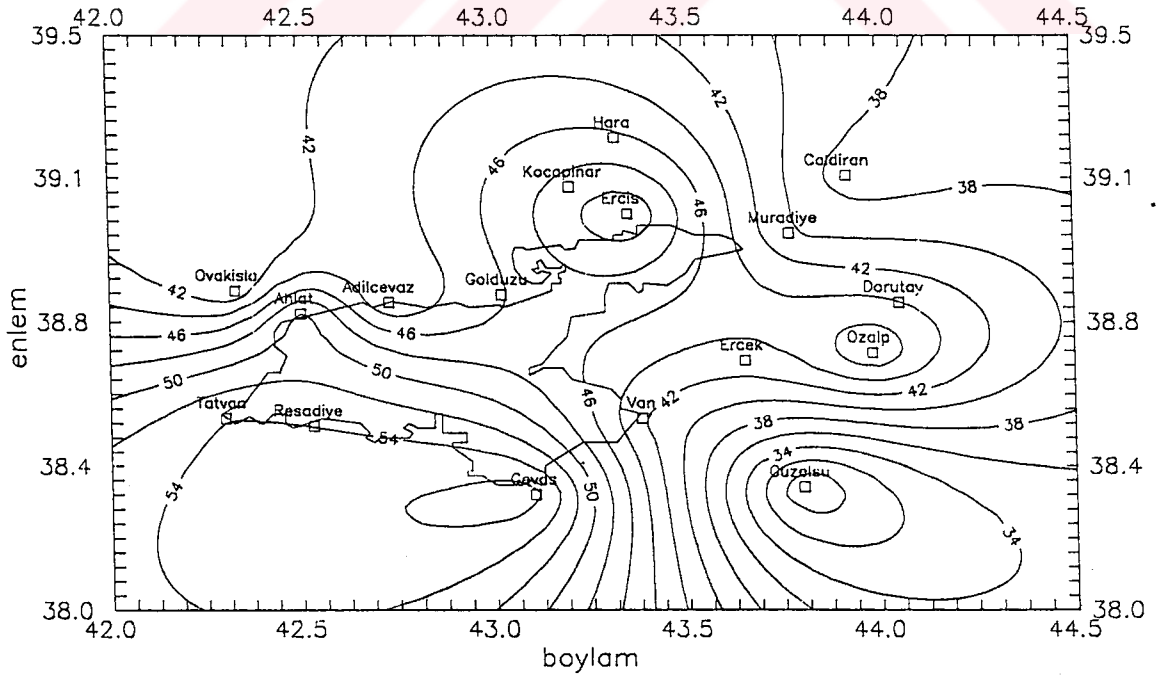
Şekil 2.53. Aralık ayı ortalama bağıl nem (%).



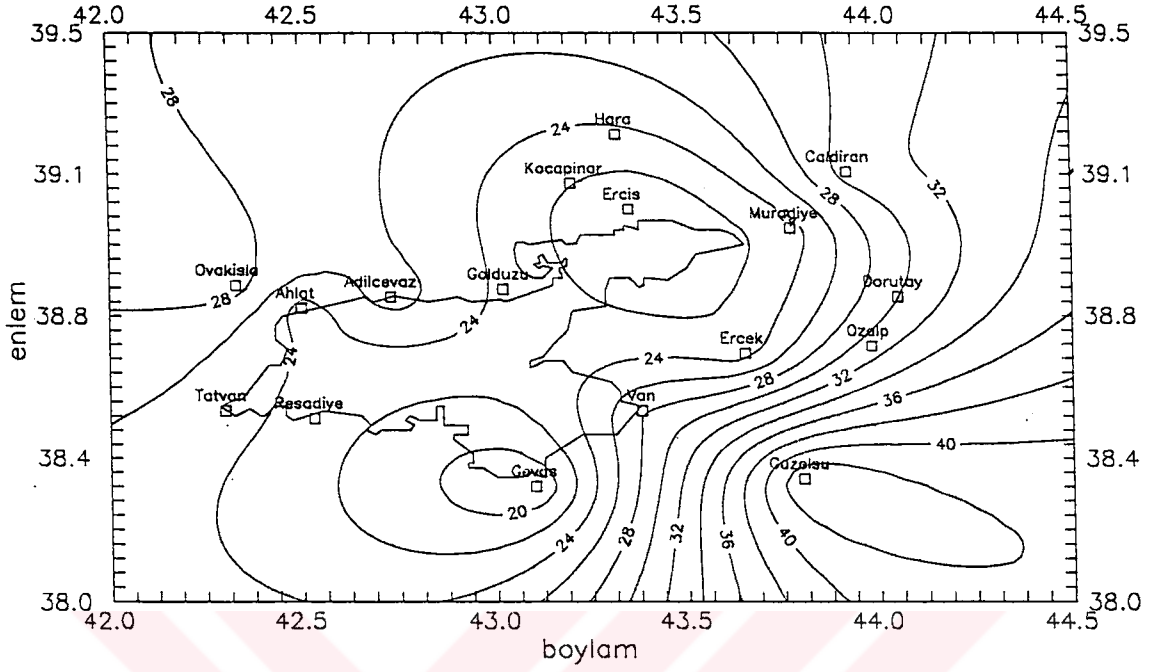
Şekil 2.54. Yıllık ortalama bağıl nem (%).



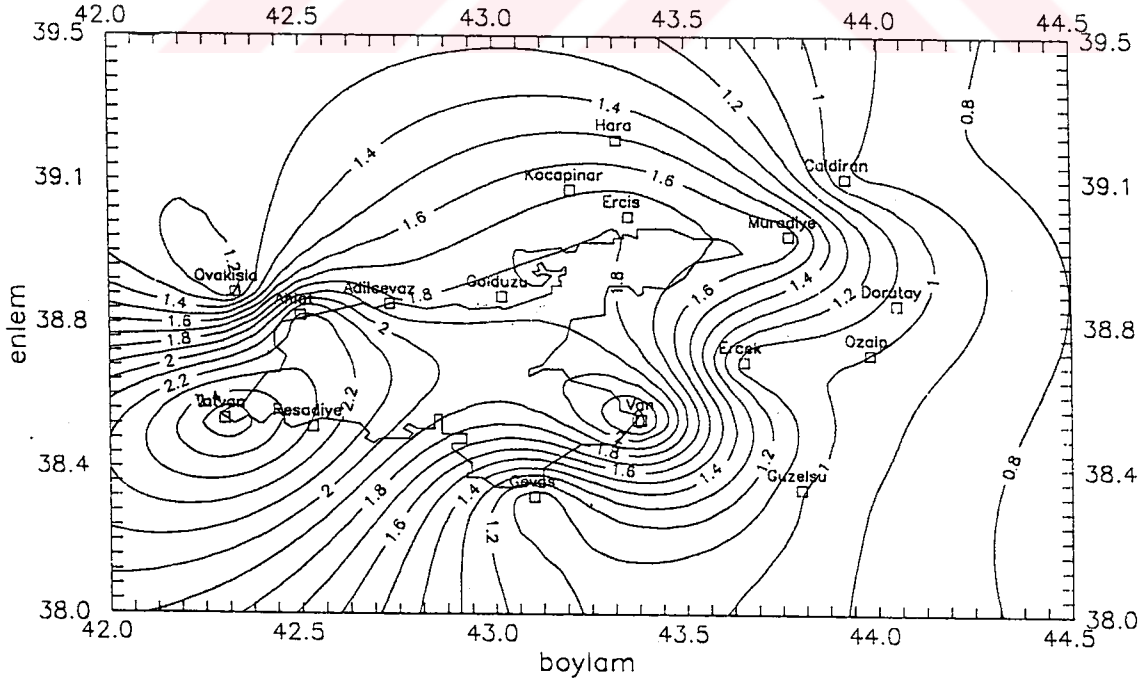
Şekil 2.55. Maksimum aylık ortalama bağıl nem (%).



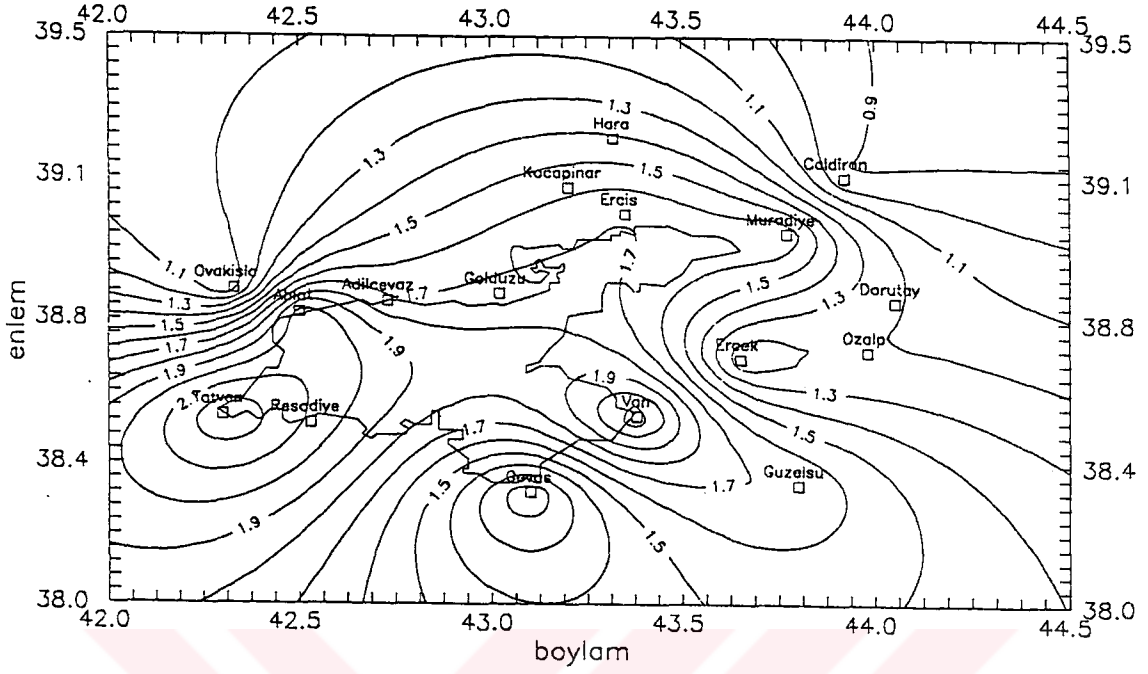
Şekil 2.56. Minimum aylık ortalama bağıl nem (%).



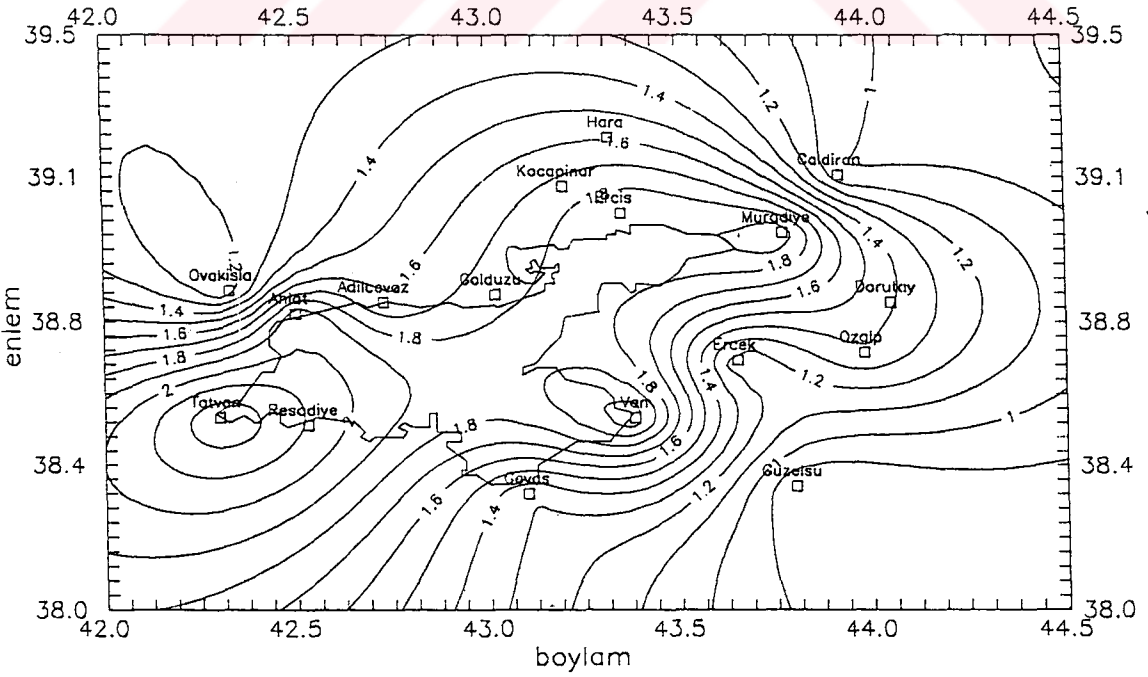
Şekil 2.57. Maksimum ve minimum arasındaki aylık ortalama bağıl nem farkı (%).



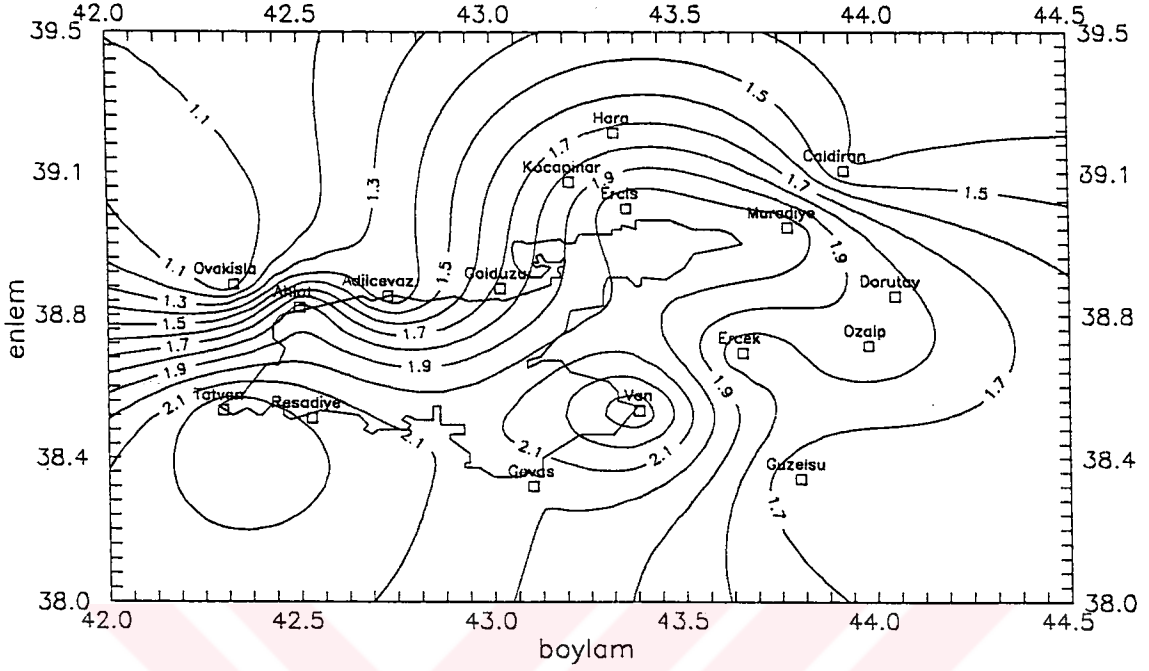
Şekil 2.58. Ocak ayı ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).



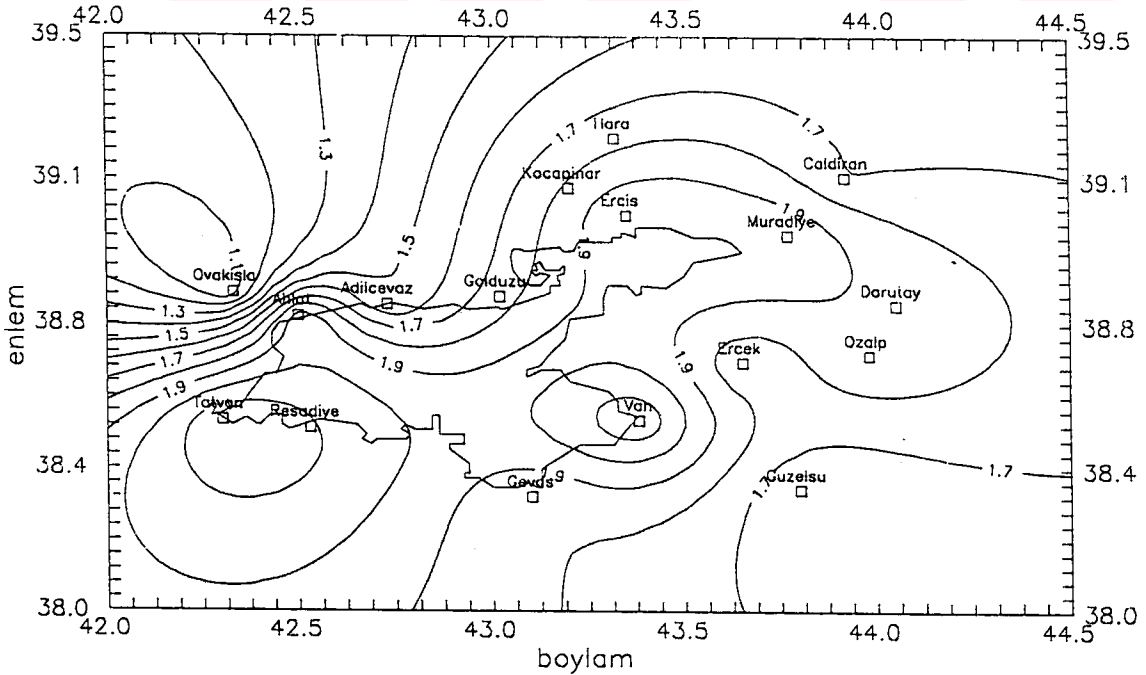
Şekil 2.59. Şubat ayı ortalama rüzgar şiddeti (ms⁻¹).



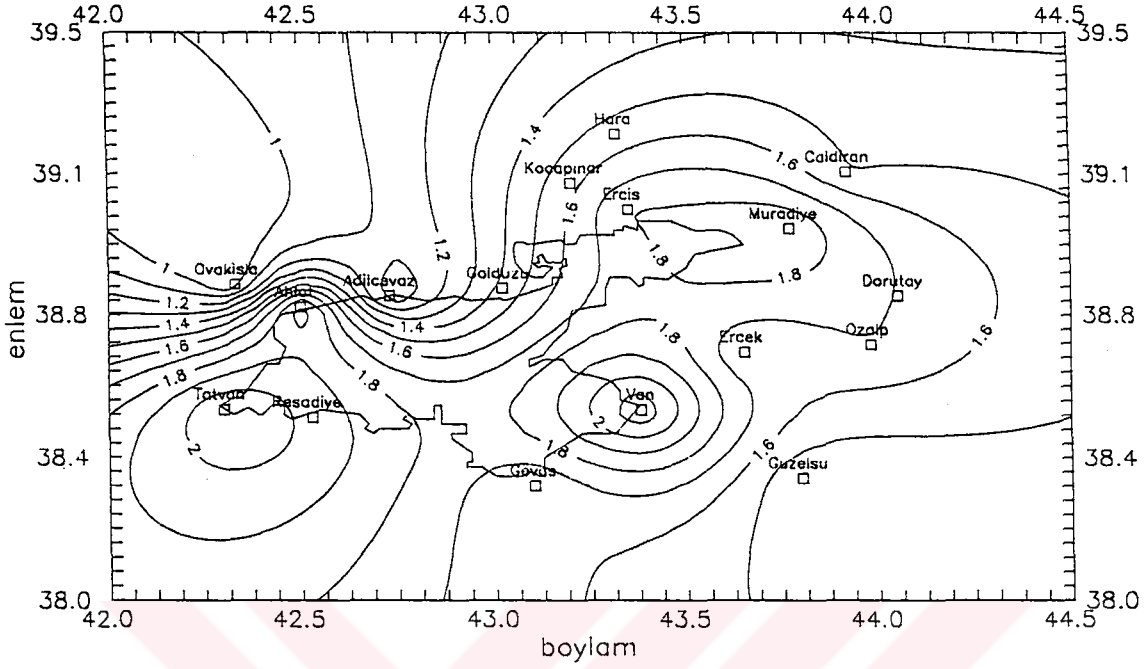
Şekil 2.60. Mart ayı ortalama rüzgar şiddeti (ms⁻¹).



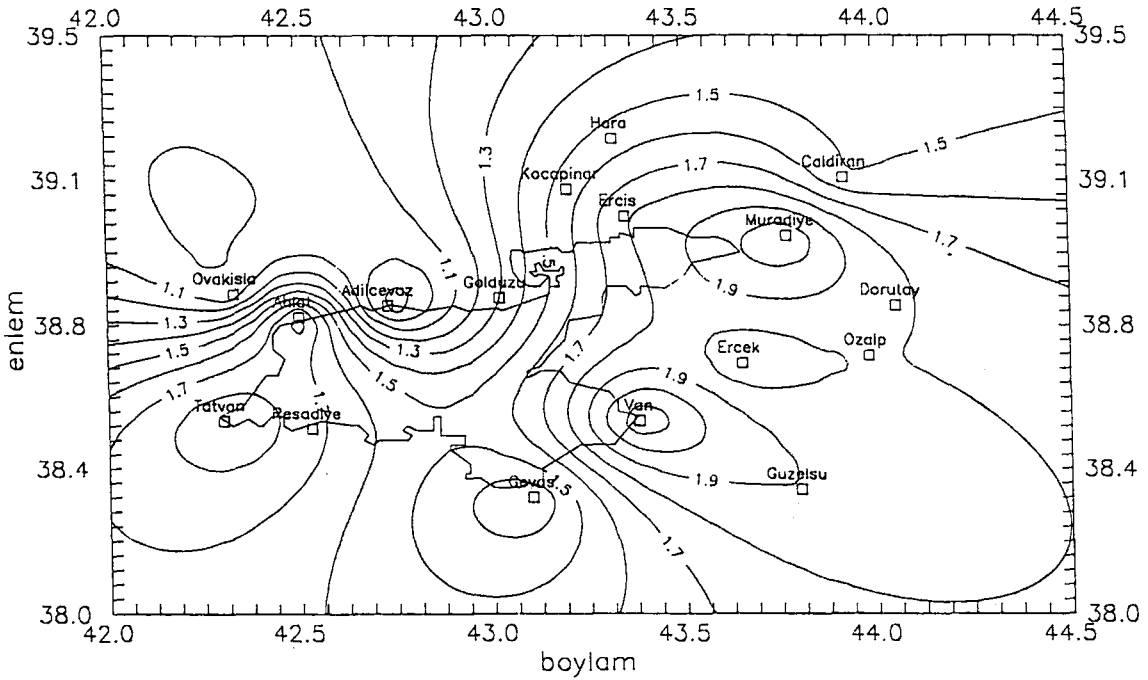
Şekil 2.61. Nisan ayı ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).



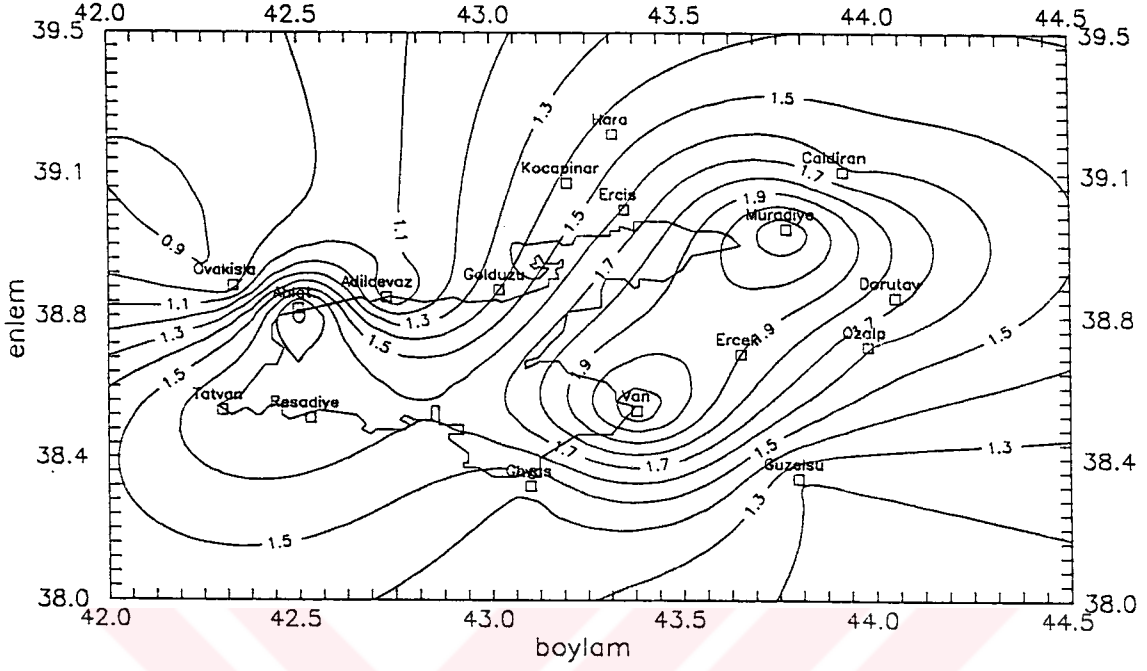
Şekil 2.62. Mayıs ayı ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).



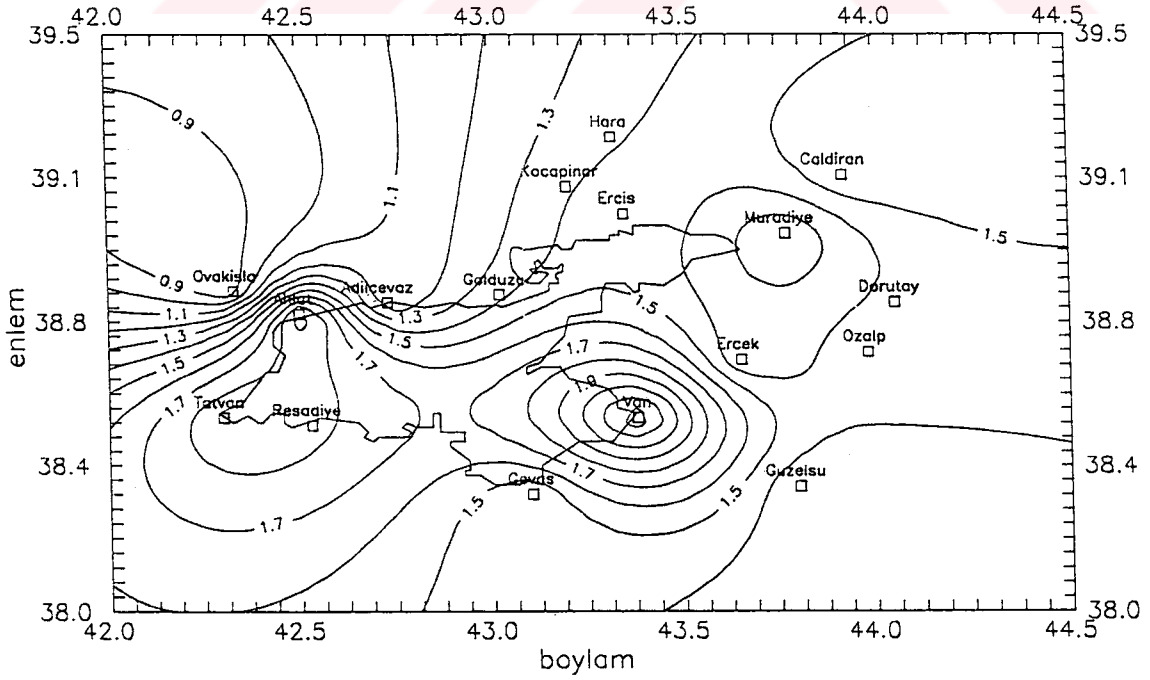
Şekil 2.63. Haziran ayı ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).



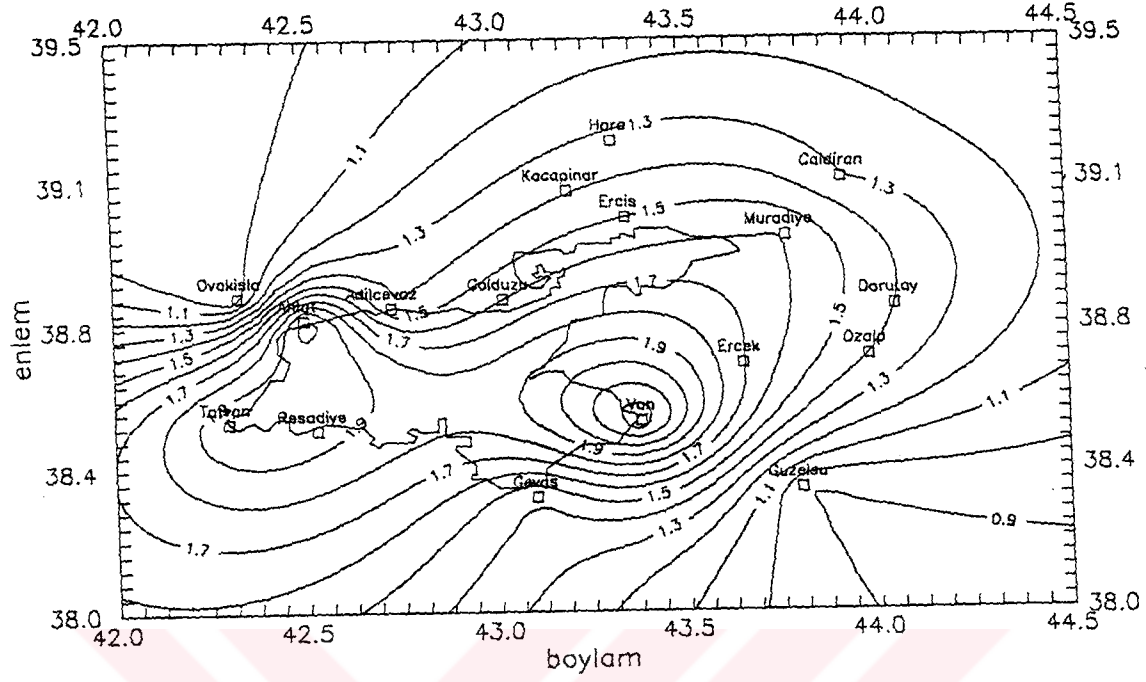
Şekil 2.64. Temmuz ayı ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).



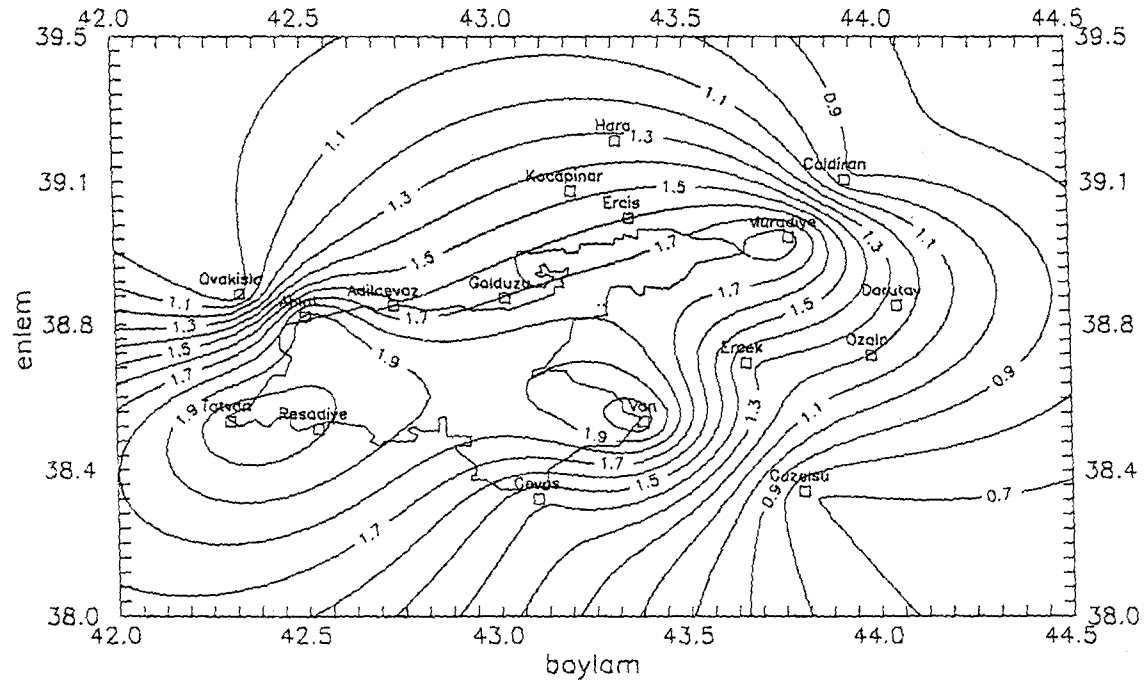
Şekil 2.65. Ağustos ayı ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).



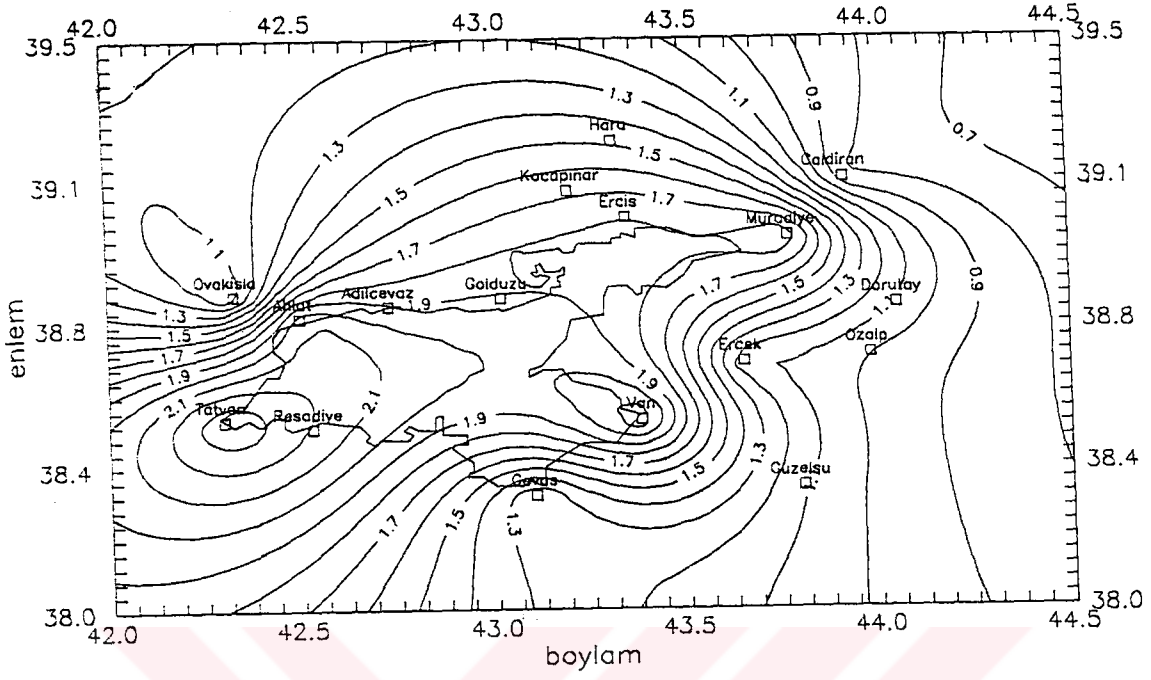
Şekil 2.66. Eylül ayı ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).



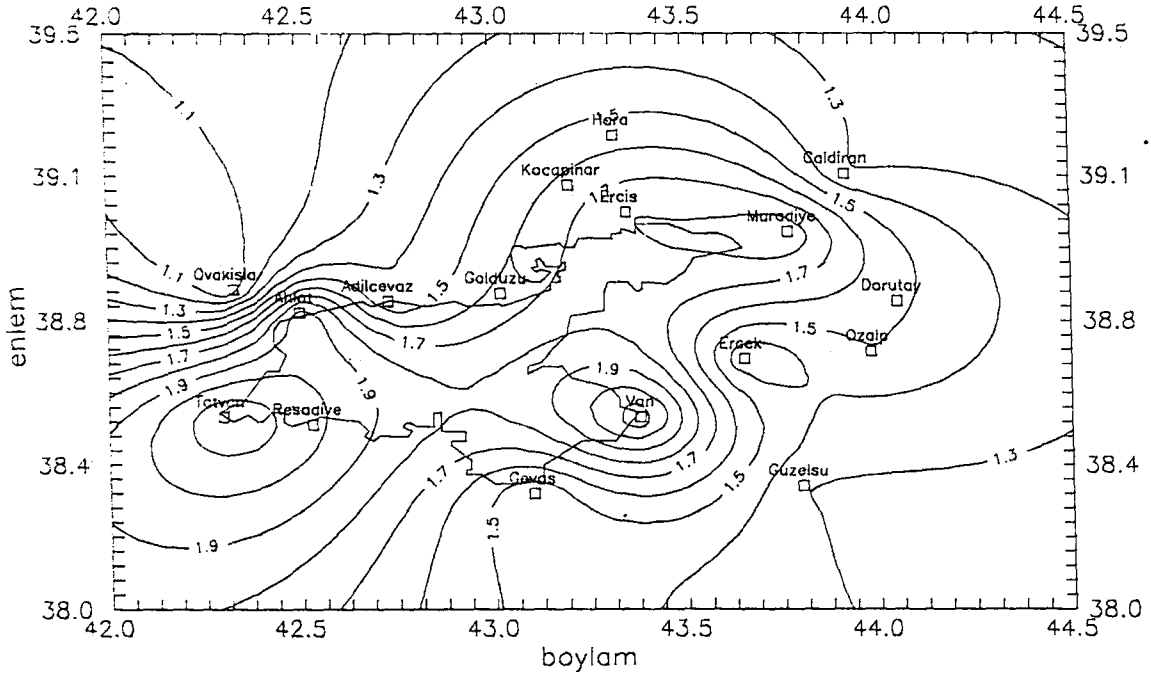
Şekil 2.67. Ekim ayı ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).



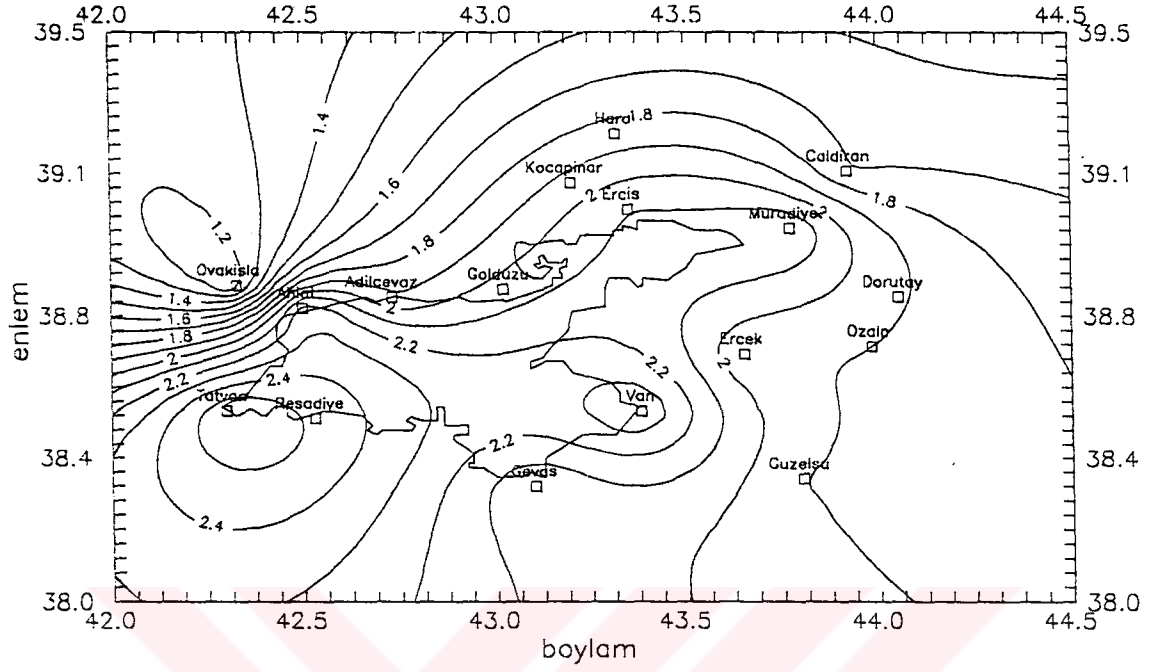
Şekil 2.68. Kasım ayı ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).



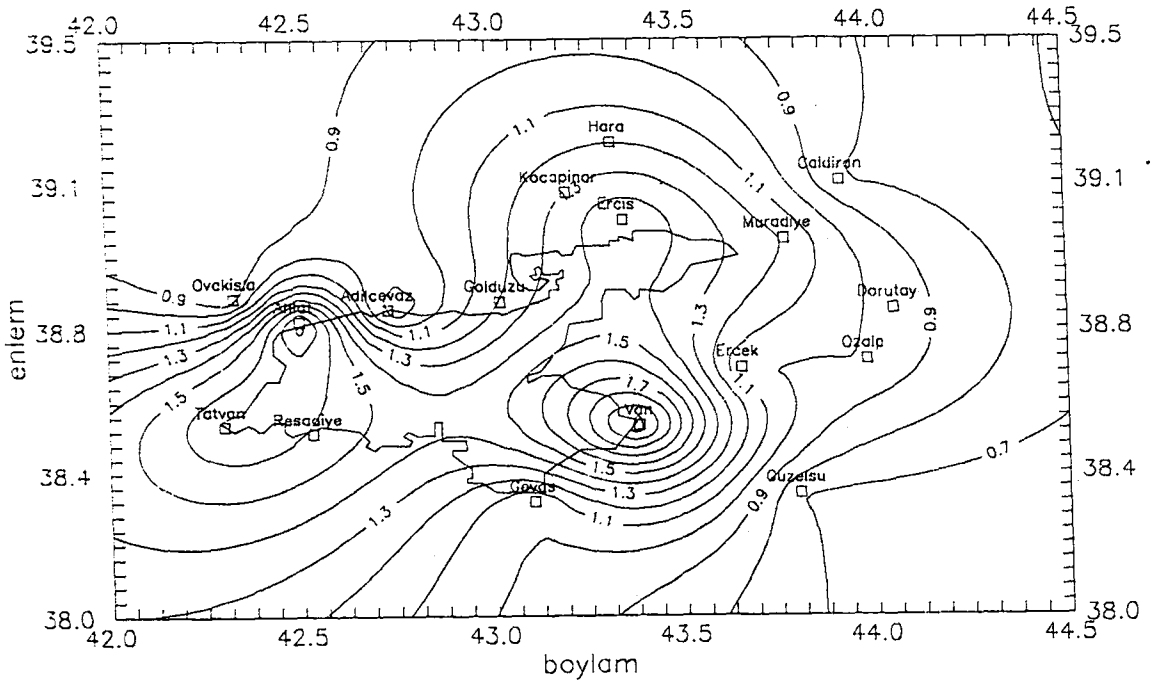
Şekil 2.69. Aralık ayı ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).



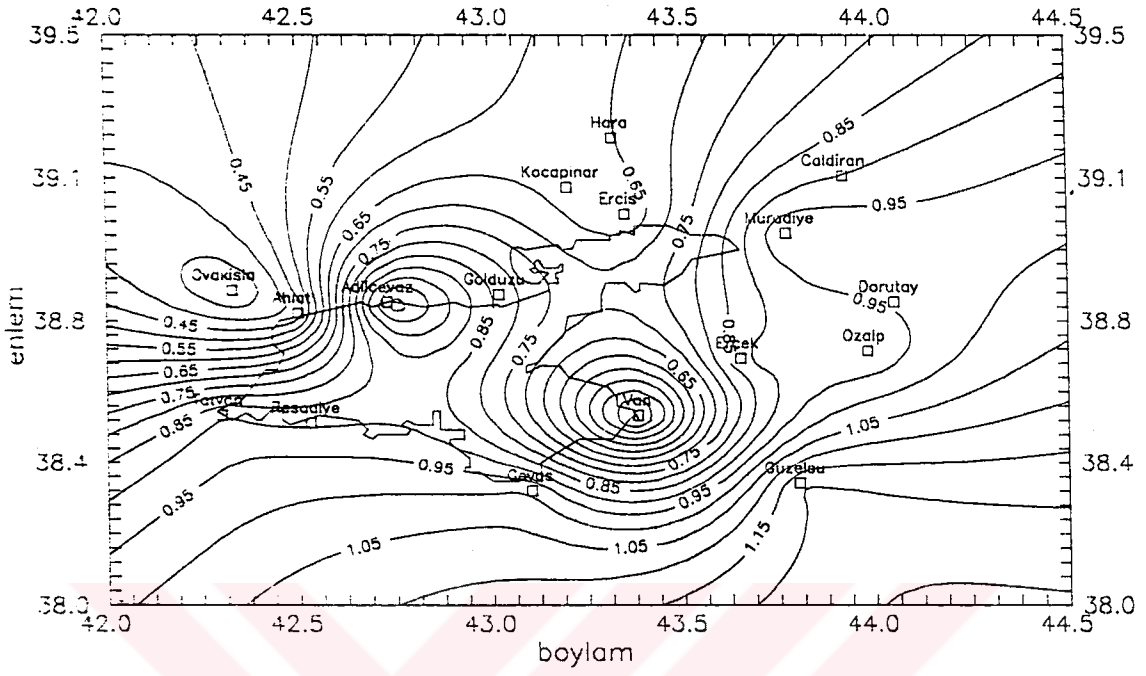
Şekil 2.70. Yıllık ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).



Şekil 2.71. Maksimum aylık ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).



Şekil 2.72. Minimum aylık ortalama rüzgar şiddeti (ms^{-1}).



Şekil 2.73. Maksimum ve minimum aylık ortalama rüzgar şiddeti arasındaki fark (ms^{-1}).

ÖZGEÇMİŞ

Eşref Batur 1971 yılında Çorum'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Çorum'da tamamladıktan sonra 1989 yılında İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Bölümü'nde başladığı öğrenimini 1993 yılında bitirdi. 1995 yılında aynı bölümde Araştırma Görevlisi olarak başladığı görevine halen devam etmektedir.

