

T.C.
ADYAMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN BİNALARIN YAPISAL TASARIMINDA
DİKKATE ALINACAK KAR YÜKLERİNE ETKİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Büşra YEŞİLGÜL

DANIŞMAN
Doç.Dr. Mehmet Fatih ŞAHAN

ADYAMAN, 2024

ÖZET

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN BİNALARIN YAPISAL TASARIMINDA DİKKATE ALINACAK KAR YÜKLERİNE ETKİLERİ

Büşra YEŞİLGÜL

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Adıyaman Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mart/2024, Sayfa:146

Danışman: Doç.Dr. Mehmet Fatih ŞAHAN

Çelik yapıların tasarımında çatılarda biriken kar yükü belirli standartlara göre dikkate alınmaktadır. Günümüzde çatılar için tasarım kar yükü hesap değerlerinin belirli standartlara göre hesaplanmasına rağmen çelik çatılarda hasar veya çökmelere rastlanabilmektedir. İklim değişikliği nedeniyle kar yağışı rejiminin değişmesi sonucunda standartlara göre hesaplanan kar yükünün yapıda biriken kar yükü karşısında yetersiz kalmasına neden olabilmektedir.

Bu çalışmada ülkemizde kar yağışı gerçekleşen bölgelerde standartlardan hesaplanan kar yükü değerlerinin günümüze kadar ölçümü yapılan kar yağışına kıyasla yeterliliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda yapılacak analizler için Türkiye genelinde yer alan 75 istasyon belirlendi ve bu istasyonlara ait kar yükseklikleri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edildi. Bu istasyonlara ait kar yükseklikleri ölçüm alınan ilk yıldan başlayıp 2023 yılına kadar devam etmektedir.

Çalışma iki aşamalı olarak gerçekleştirildi. Birinci aşamada Türkiye genelinde yer alan 75 istasyonda gerçekleşen kar yağışlarının yönelimi araştırıldı. Tüm istasyonlara ait kar verilerinin yönelim analizleri için Mann-Kendall ve Yenilikçi Şen trend testleri seçildi ve yönelim testleri uygulandı. Bu testler sonucunda kar kalınlıklarına ait yönelim sonuçları elde edildi. İstasyonlarda Mann-Kendall testi sonucunda oluşan yönelimler ile Yenilikçi Şen yöntemine göre bulunan yönelimler karşılaştırıldı.

Çalışmanın ikinci aşamasında ele alınan istasyonlardaki kar verilerinden farklı tekerrür süreleri için beklenen kar kalınlıkları da araştırıldı. Bu tahmin çalışması için Weibull, Gamma, Lognormal, Normal, Logistic, Exponential olasılık dağılım fonksiyonları kullanıldı. İstasyona ait verilerin bu dağılımlardan hangisine uyduğu Kolmogorov-Smirnov, Cramér-vonMises, Anderson-Darling, Akaike Information Criterion, Bayesian information criterion ve Chi-square gibi nanparametrik test yöntemleri yardımıyla araştırıldı. İstasyonlara ait yıllık maksimum kar yüksekliklerinin uygun olduğu olasılık dağılımı belirlendi. Olasılık dağılımın 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 200 yıllık dönüş periyotlarında gösterdiği değerler elde edildi.

Bu çalışma sonucunda istasyonlarda gerçekleşen kar yağışlarının yönelimleri ve farklı tekerrür sürelerine göre beklenen kar kalınlıkları ile standartlardan elde edilen kar yükü değerlerinin karşılaştırılması yapılarak kar yükü hesabına esas standartların yeterliliği ortaya kondu.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği; Maksimum kar kalınlığı; Trend; Ortalama tekerrür süresi; Kar yükü standartları.

ABSTRACT

EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON SNOW LOADS TO BE CONSIDERED IN THE STRUCTURAL DESIGN OF BUILDINGS

Büşra YEŞİLGÜL

Department of Civil Engineering

Adıyaman University, Graduate Education Institute, March/2024, Page:146

Advisor: Assoc.Prof.Dr. Mehmet Fatih ŞAHAN

In the design of steel structures, the snow load accumulated on the roofs is taken into account according to certain standards. Today, although the design snow load calculation values for roofs are calculated according to certain standards, damage or collapse of steel roofs can be encountered. As a result of the change in the snowfall regime due to climate change, the snow load calculated according to the standards may be insufficient against the snow load accumulated in the structure.

In this study, it is aimed to investigate the adequacy of the snow load values calculated from the standards in the regions where snowfall occurs in our country compared to the snowfall measured to date. For the analyses to be made in line with this purpose, 75 stations located throughout Turkey were identified and the snow heights of these stations were obtained from the General Directorate of Meteorology. The snow heights of these stations start from the first year of measurement and continue until 2023.

The study was carried out in two stages. In the first stage, the trend of the snowfall at 75 stations across Turkey was investigated. Mann Kendall and Innovative Sen trend tests were selected for the trend analysis of snow data of all stations and trend tests were applied. As a result of these tests, trend results of snow thicknesses were obtained. At the stations, the trends obtained as a result of the Mann Kendall test were compared with the trends found according to the Innovative Sen method.

In the second stage of the study, the expected snow thicknesses for different recurrence times from the snow data at the stations were also investigated. Weibull, Gamma, Lognormal, Normal, Logistic, Exponential probability distribution functions were used for this estimation. Which of these distributions the station data fit to was investigated with the help of nonparametric test methods such as Kolmogorov-Smirnov, Cramér-von Mises, Anderson-Darling, Akaike Information Criterion, Bayesian information criterion, and Chi-square. The probability distribution of the annual maximum snow heights of the stations was determined. The values of the probability distribution for return periods of 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 200 years were obtained.

As a result of this study, the adequacy of the standards based on snow load calculation was revealed by comparing the snow load values obtained from the standards with the expected snow thicknesses according to the orientations of the snowfall at the stations and different recurrence periods.

Keywords: Climate change; Maximum snow depth; Trend; Average repetition time; Snow load standards.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi çalışmalarım sırasında, meteorolojik verilerin temini ve kullanılması hususunda yardımcı olan Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne, tezimin her safhasında büyük emek ve katkısı olan tez çalışmalarımda yol gösteren, bilgisini, tecrübesini ve zamanını benden esirgemeyen bana olan güveni ve desteği için Tez danışmanım Doç.Dr. Mehmet Fatih ŞAHAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimimi tamamlamam konusunda beni teşvik edip, her zaman destekleyen, sevgili aileme ve hayatımın her alanında olduğu gibi tezimi hazırlarken de her aşamada destek olan sevgili eşim Melih YEŞİLGÜL'e sonsuz teşekkür ederim.



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Adıyaman Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Büşra YEŞİLGÜL

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
BAŞLIK SAYFASI.....	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xviii
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
3. MATERYAL VE METOD.....	8
3.1. Zemin Kar Yüğü Hesabı	8
3.2. Kar Yüğü Standartları	8
3.2.1. TS 498 standardı.....	8
3.2.2. TS EN 1991-1-3 standardı	11
3.3. Trend Analizi	13
3.3.1. Mann-Kendall testi.....	14
3.3.2. Yenilikçi Şen yöntemi.....	15
3.4. Olasılık Dağılımının Belirlenmesi.....	16
3.5. Ortalama Tekerrür Süresi.....	17
3.6. Araştırmaya Konu İstasyonlar	18
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	48
4.1. Verilere Ait Olasılık Dağılımının Belirlenmesi	96
5. SONUÇLAR	143
KAYNAKÇA	145
ÖZGEÇMİŞ	

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Zati kar yükü (P_{k0}) değerleri kN/m^2	10
Çizelge 3.2. Çatı eğimine (α) bağlı olarak azaltma değeri (m)	10
Çizelge 3.3. Karın ortalama gevşek yığın birim hacim ağırlığı	12
Çizelge 3.4. Farklı topoğrafik alanlar için tavsiye edilen C_e değerleri	13
Çizelge 3.5. Araştırmaya konu olan istasyonlar	44
Çizelge 4.1. Mann-Kendall test sonuçları	48
Çizelge 4.2. Yenilikçi şen yöntemi 95% güven aralığına göre test sonuçları.	76
Çizelge 4.3. Yönelim testlerinin karşılaştırılması	93
Çizelge 4.4. Tekerrür periyotlarına göre istasyonlarda beklenen kar kalınlıkları	134
Çizelge 4.5. 30 yıllık tekerrür periyodunda beklenen kar yüküne göre hesaplanan kar eş değer yükü ile standartta verilen kar yükünün karşılaştırılması	138

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Türkiye kar yağış yüksekliği haritası	9
Şekil 3.2. İstasyonların Türkiye haritasındaki gösterimi.....	18
Şekil 3.3. Akçakoca kar grafiği	19
Şekil 3.4. Bartın kar grafiği	19
Şekil 3.5. İnebolu kar grafiği.....	20
Şekil 3.6. Sinop kar grafiği.....	20
Şekil 3.7. Samsun bölge kar grafiği	20
Şekil 3.8. Ordu kar grafiği.....	21
Şekil 3.9. Giresun kar grafiği	21
Şekil 3.10. Rize kar grafiği.....	21
Şekil 3.11. Hopa kar grafiği	22
Şekil 3.12. Artvin kar grafiği.....	22
Şekil 3.13. Ardahan kar grafiği	22
Şekil 3.14. Edirne kar grafiği	23
Şekil 3.15. Kırklareli kar grafiği	23
Şekil 3.16. Tekirdağ kar grafiği.....	23
Şekil 3.17. Sarıyer-Kumköy-Kilyos kar grafiği	24
Şekil 3.18. Sarıyer kar grafiği	24
Şekil 3.19. İstanbul bölge kar grafiği	24
Şekil 3.20. Kocaeli kar grafiği	25
Şekil 3.21. Sakarya kar grafiği	25
Şekil 3.22. Bolu kar grafiği	25
Şekil 3.23. Kastamonu kar grafiği.....	26
Şekil 3.24. Karabük kar grafiği	26
Şekil 3.25. Çankırı kar grafiği	26
Şekil 3.26. Çorum kar grafiği.....	27
Şekil 3.27. Amasya kar grafiği.....	27
Şekil 3.28. Tokat kar grafiği.....	27
Şekil 3.29. Gümüşhane kar grafiği.....	28
Şekil 3.30. Bayburt kar grafiği	28
Şekil 3.31. Sivas kar grafiği	28

	Sayfa
Şekil 3.32. Erzincan kar grafiği.....	29
Şekil 3.33. Erzurum havalimanı kar grafiği	29
Şekil 3.34. Kars kar grafiği	29
Şekil 3.35. Ağrı kar grafiği.....	30
Şekil 3.36. Iğdır kar grafiği	30
Şekil 3.37. Çanakkale kar grafiği	30
Şekil 3.38. Bursa kar grafiği.....	31
Şekil 3.39. Yalova kar grafiği.....	31
Şekil 3.40. Bilecik kar grafiği	31
Şekil 3.41. Ankara Esenboğa havalimanı kar grafiği	32
Şekil 3.42. Ankara bölge kar grafiği	32
Şekil 3.43. Kırıkkale kar grafiği.....	32
Şekil 3.44. Yozgat kar grafiği.....	33
Şekil 3.45. Kütahya kar grafiği	33
Şekil 3.46. Kırşehir kar grafiği.....	33
Şekil 3.47. Tunceli kar grafiği	34
Şekil 3.48. Van bölge kar grafiği.....	34
Şekil 3.49. Afyonkarahisar bölge kar grafiği	34
Şekil 3.50. Cihanbeyli kar grafiği	35
Şekil 3.51. Aksaray kar grafiği.....	35
Şekil 3.52. Nevşehir kar grafiği	35
Şekil 3.53. Kayseri bölge kar grafiği.....	36
Şekil 3.54. Elâzığ bölge kar grafiği.....	36
Şekil 3.55. Bingöl kar grafiği	36
Şekil 3.56. Muş kar grafiği.....	37
Şekil 3.57. Tatvan kar grafiği	37
Şekil 3.58. Siirt kar grafiği	37
Şekil 3.59. Denizli kar grafiği	38
Şekil 3.60. Burdur kar grafiği.....	38
Şekil 3.61. Akşehir kar grafiği	38
Şekil 3.62. Isparta kar grafiği	39
Şekil 3.63. Beyşehir kar grafiği.....	39

Şekil 3.64. Konya havalimanı kar grafiği.....	39
Şekil 3.65. Karaman kar grafiği	40
Şekil 3.66. Ereğli kar grafiği	40
Şekil 3.67. Niğde kar grafiği	40
Şekil 3.68. Kilis kar grafiği	41
Şekil 3.69. Şanlıurfa kar grafiği	41
Şekil 3.70. Adıyaman kar grafiği	41
Şekil 3.71. Mardin kar grafiği	42
Şekil 3.72. Diyarbakır havalimanı kar grafiği.....	42
Şekil 3.73. Batman kar grafiği	42
Şekil 3.74. Hakkâri kar grafiği	43
Şekil 3.75. Muğla kar grafiği.....	43
Şekil 3.76. Ilgaz kar grafiği	43
Şekil 3.77. Uludağ kar grafiği	44
Şekil 3.78. R programı görünümü.....	47
Şekil 4.1. Akçakoca istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği.....	51
Şekil 4.2. Bartın istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği.....	52
Şekil 4.3. İnebolu istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	52
Şekil 4.4. Sinop istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	52
Şekil 4.5. Samsun bölge istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	53
Şekil 4.6. Ordu istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	53
Şekil 4.7. Giresun istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği.....	53
Şekil 4.8. Rize istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	54
Şekil 4.9. Hopa istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği.....	54
Şekil 4.10. Artvin istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	54
Şekil 4.11. Ardahan istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	55
Şekil 4.12. Edirne istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	55
Şekil 4.13. Kırklareli istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	55
Şekil 4.14. Tekirdağ istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği.....	56
Şekil 4.15. Sarıyer-Kumköy-Kilyos istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği.....	56
Şekil 4.16. Sarıyer istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	56
Şekil 4.17. İstanbul bölge istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği.....	57

Şekil 4.18. Kocaeli istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	57
Şekil 4.19. Sakarya istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	57
Şekil 4.20. Bolu istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	58
Şekil 4.21. Kastamonu istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	58
Şekil 4.22. Karabük istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	58
Şekil 4.23. Çankırı istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	59
Şekil 4.24. Çorum istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	59
Şekil 4.25. Amasya istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	59
Şekil 4.26. Tokat istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	60
Şekil 4.27. Gümüşhane istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	60
Şekil 4.28. Bayburt istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	60
Şekil 4.29. Sivas istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	61
Şekil 4.30. Erzincan istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	61
Şekil 4.31. Erzurum havalimanı istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	61
Şekil 4.32. Kars istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	62
Şekil 4.33. Ağrı istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	62
Şekil 4.34. Iğdır istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	62
Şekil 4.35. Çanakkale istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	63
Şekil 4.36. Bursa istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	63
Şekil 4.37. Yalova istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	63
Şekil 4.38. Bilecik istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	64
Şekil 4.39. Ankara Esenboğa havalimanı istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	64
Şekil 4.40. Ankara bölge istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	64
Şekil 4.41. Kırıkkale istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	65
Şekil 4.42. Yozgat istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	65
Şekil 4.43. Kütahya istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	65
Şekil 4.44. Kırşehir istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	66
Şekil 4.45. Tunceli istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	66
Şekil 4.46. Van bölge istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	66
Şekil 4.47. AfyonKarahisar bölge istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	67
Şekil 4.48. Cihanbeyli istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	67
Şekil 4.49. Aksaray istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	67

Şekil 4.50. Nevşehir istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	68
Şekil 4.51. Kayseri bölge istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	68
Şekil 4.52. Elâzığ bölge istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği.....	68
Şekil 4.53. Bingöl istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği.....	69
Şekil 4.54. Muş istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği.....	69
Şekil 4.55. Tatvan istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği.....	69
Şekil 4.56. Siirt istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği.....	70
Şekil 4.57. Denizli istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği.....	70
Şekil 4.58. Burdur istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	70
Şekil 4.59. Akşehir istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	71
Şekil 4.60. Isparta istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği.....	71
Şekil 4.61. Beyşehir istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	71
Şekil 4.62. Konya havalimanı istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	72
Şekil 4.63. Karaman istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	72
Şekil 4.64. Ereğli istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği.....	72
Şekil 4.65. Niğde istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği.....	73
Şekil 4.66. Kilis istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği.....	73
Şekil 4.67. Adıyaman istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	73
Şekil 4.68. Şanlıurfa istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	74
Şekil 4.69. Mardin İstasyonuna istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği.....	74
Şekil 4.70. Diyarbakır havalimanı istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği.....	74
Şekil 4.71. Batman istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	75
Şekil 4.72. Hakkâri istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği.....	75
Şekil 4.73. Muğla istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği	75
Şekil 4.74. Ilgaz istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği.....	76
Şekil 4.75. Uludağ istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği.....	76
Şekil 4.76. Rize, Akçakoca, Hopa ve Tekirdağ istasyonlarına ait Yenilikçi Şen yönelim grafiği	80
Şekil 4. 77. Batman, Bartın, Artvin, Kırklareli, Sarıyer ve İstanbul bölge istasyonlarına ait Yenilikçi Şen yönelim grafiği.....	81
Şekil 4. 78. Sakarya, Bolu, Çorum, Kastamonu, Çankırı ve Gümüşhane istasyonlarına ait Yenilikçi Şen yönelim grafiği.....	82

Şekil 4.79. Bayburt, Kars, Kütahya, Tunceli, Cihanbeyli ve Aksaray istasyonlarına ait Yenilikçi Şen yönelim grafiği.....	83
Şekil 4.80. Nevşehir, Elâzığ Bölge, Bingöl, Denizli, Mardin ve Ağrı istasyonlarına ait Yenilikçi Şen yönelim grafiği.....	84
Şekil 4.81. Niğde, Uludağ, Sinop, Samsun bölge, Ardahan ve Sarıyer-Kumköy-Kilyos Yenilikçi Şen yönelim grafiği	85
Şekil 4.82. Karabük, Amasya, Tokat, Sivas, Erzurum havalimanı ve Çanakkale Yenilikçi Şen yönelim grafiği	86
Şekil 4.83. Yalova, Bilecik, Ankara Esenboğa havalimanı, Ankara bölge, Yozgat ve Kırşehir istasyonlarına ait Yenilikçi Şen yönelim grafiği.....	87
Şekil 4.84. Van Bölge, Afyonkarahisar, Siirt, Burdur, Akşehir ve Beyşehir istasyonlarına ait Yenilikçi Şen yönelim grafiği.....	88
Şekil 4.85. Konya havalimanı, Karaman, Adıyaman, Şanlıurfa, Diyarbakır havalimanı ve Hakkâri istasyonlarına ait Yenilikçi Şen yönelim grafiği.....	89
Şekil 4.86. Muğla, Ilgaz, Kırıkkale, İnebolu, Ordu ve Giresun istasyonlarına ait Yenilikçi Şen yönelim grafiği	90
Şekil 4.87. Edirne, Kocaeli, Erzincan, Iğdır, Bursa ve Kayseri bölge istasyonlarına ait Yenilikçi Şen yönelim grafiği.....	91
Şekil 4.88. Muş, Tatvan, Isparta, Ereğli ve Kilis istasyonlarına ait Yenilikçi Şen yönelim grafiği	92
Şekil 4.89. Akçakoca istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	96
Şekil 4.90. Rize istasyonu olasılık dağılımına ait grafik.....	97
Şekil 4.91. Hopa istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	97
Şekil 4.92. Tekirdağ istasyonu olasılık dağılımına ait grafik.....	98
Şekil 4.93. Batman istasyonu olasılık dağılımına ait grafik.....	98
Şekil 4.94. Bartın istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	99
Şekil 4.95. Artvin istasyonu olasılık dağılımına ait grafik.....	99
Şekil 4.96. Kırklareli istasyonu olasılık dağılımına ait grafik.....	100
Şekil 4.97. Sarıyer istasyonu olasılık dağılımına ait grafik.....	100
Şekil 4.98. İstanbul bölge istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	101
Şekil 4.99. Sakarya istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	101
Şekil 4.100. Bolu istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	102

Şekil 4.101. Kastamonu istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	102
Şekil 4.102. Çankırı istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	103
Şekil 4.103. Çorum istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	103
Şekil 4.104. Gümüşhane istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	104
Şekil 4.105. Bayburt istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	104
Şekil 4.106. Kars istasyonu olasılık dağılımına ait grafik.....	105
Şekil 4.107. Kütahya istasyonu olasılık dağılımına ait grafik.....	105
Şekil 4.108. Tunceli istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	106
Şekil 4.109. Cihanbeyli istasyonu olasılık dağılımına ait grafik.....	106
Şekil 4.110. Aksaray istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	107
Şekil 4.111. Nevşehir istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	107
Şekil 4.112. Elâzığ bölge istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	108
Şekil 4.113. Bingöl istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	108
Şekil 4.114. Denizli istasyonu olasılık dağılımına ait grafik.....	109
Şekil 4.115. Mardin istasyonu olasılık dağılımına ait grafik.....	109
Şekil 4.116. Ağrı istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	110
Şekil 4.117. Niğde istasyonu olasılık dağılımına ait grafik.....	110
Şekil 4.118. Uludağ istasyonu olasılık dağılımına ait grafik.....	111
Şekil 4.119. Sinop istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	111
Şekil 4.120. Samsun bölge istasyonu olasılık dağılımına ait grafik.....	112
Şekil 4.121. Adıyaman istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	112
Şekil 4.122. Sarıyer-Kumköy-Kilyos istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	113
Şekil 4.123. Karabük istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	113
Şekil 4.124. Amasya istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	114
Şekil 4.125. Tokat istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	114
Şekil 4.126. Sivas istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	115
Şekil 4.127. Erzurum havalimanı istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	115
Şekil 4.128. Çanakkale istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	116
Şekil 4.129. Yalova istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	116
Şekil 4.130. Bilecik istasyonu olasılık dağılımına ait grafik.....	117
Şekil 4.131. Ankara Esenboğa havalimanı istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	117
Şekil 4.132. Ankara bölge istasyonu olasılık dağılımına ait grafik.....	118

Şekil 4.133. Yozgat istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	118
Şekil 4.134. Kırşehir istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	119
Şekil 4.135. Van bölge istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	119
Şekil 4.136. Afyonkarahisar istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	120
Şekil 4.137. Siirt istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	120
Şekil 4.138. Burdur istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	121
Şekil 4.139. Ataçehir istasyonu olasılık dağılımına ait grafik.....	121
Şekil 4.140. Beyşehir istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	122
Şekil 4.141. Konya havalimanı istasyonu olasılık dağılımına ait grafik.....	122
Şekil 4.142. Karaman istasyonu olasılık dağılımına ait grafik.....	123
Şekil 4.143. Adıyaman istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	123
Şekil 4.144. Şanlıurfa istasyonu olasılık dağılımına ait grafik.....	124
Şekil 4.145. Diyarbakır havalimanı istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	124
Şekil 4.146. Hakkâri istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	125
Şekil 4.147. Muğla istasyonu olasılık dağılımına ait grafik.....	125
Şekil 4.148. Ilgaz istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	126
Şekil 4.149. Kırıkkale istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	126
Şekil 4.150. İnebolu istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	127
Şekil 4.151. Ordu istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	127
Şekil 4.152. Giresun istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	128
Şekil 4.153. Edirne istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	128
Şekil 4.154. Kocaeli istasyonu olasılık dağılımına ait grafik.....	129
Şekil 4.155. Erzincan istasyonu olasılık dağılımına ait grafik.....	129
Şekil 4.156. Iğdır istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	130
Şekil 4.157. Bursa istasyonu olasılık dağılımına ait grafik.....	130
Şekil 4.158. Kayseri bölge istasyonu olasılık dağılımına ait grafik.....	131
Şekil 4.159. Muş istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	131
Şekil 4.160. Tatvan istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	132
Şekil 4.161. Isparta istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	132
Şekil 4.162. Ereğli istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	133
Şekil 4.163. Kilis istasyonu olasılık dağılımına ait grafik	133
Şekil 4.164. İstasyonların 2 kN/m ³ kar yoğunluğuna göre yeterlilik haritası	138

Şekil 4.165. İstasyonların 3 kN/m ³ kar yoğunluğuna göre yeterlilik haritası	138
---	-----



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

I_s	: Bina Önem Katsayısı
α	: Çatı Eğimi
C_s	: Eğim Faktörü
Q	: Exponential Dağılımının Parametresi
α	: Gumbel Dağılımının Parametresi
u	: Gumbel Dağılımının Parametresi
C_t	: Isı Katsayısı
M	: Kar Yüğü Azaltma Değeri
P_k	: Kar Yüğü Hesap Değeri
χ^2	: Ki Kare
ζ	: Lognormal Dağılımının Parametresi
λ	: Lognormal Dağılımının Parametresi
C_e	: Maruz Kalma Katsayısı
P_i	: Lognormal, Logistik, Normal, Expolaration, Gumbel, Weibull Dağılımı
e	: Normal Dağılımının Parametresi
Φ	: Standart Normal Olasılık İntegrali
η	: Weibull Dağılımının Parametresi
P_{k_0}	: Zati Kar Yüğü
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
Ha.	: Havalimanı
MOÇKK	: Maksimum Olasılık Çizgisi Korelasyon Katsayısı
OÇKK	: Olasılık Çizgisi Korelasyon Katsayısı
ODF	: Olasılık Dağılım Fonksiyonu
OTS	: Ortalama Tekerrür Süresi
TS 498	: Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüğülerin Hesap Değeriğine Ait Türk Standardı Yönetmeliğı
TS 1991-1-3	: Yapı Tasarımında Kullanılacak Kar Yüğü Hesap Değeriğine Ait Türk Standardı Yönetmeliğı

1. GİRİŞ

Standartlarda yer alan yük ve dayanım hesaplarında yük kombinasyonlarında yer alan kar yükünün çelik yapı tasarımında kayda değer bir etkisi bulunmaktadır. Çatılardaki kar yükü birikmeleri yapılar sağlam kalsa da çatılar için risk oluşturmakta ve zaman zaman çatıda hasarlara neden olabilmektedir. Ülkemizde mevsim normallerinin üzerinde geçen yağış rejimleri ile oluşan kar birikmeleri sonucunda çatı elemanları için hesaplanan kar yükü değerlerinin yetersiz olması nedeniyle çatılar hasar görmekte ya da çökebilmekte ve can kaybı ile büyük maddi zararlar meydana gelebilmektedir. Kar yüküne yönelik yapılan tasarımlar, yürürlükte olan standartlara uygun olarak yapılmış olsa da standartlarda yer alan günümüzdeki iklim koşullarını yansıtmayan yetersiz kar yükü değerleri yer yer güvenli olmaktan uzakta kalmaktadır. Mevcut iklim koşullarını yansıtmayan yetersiz kar yükü hesapları nedeniyle yaşanabilecek can ve mal kayıplarını önlemek amacıyla kar yüküne yönelik standartlarda yer alan kar yükü değerlerinin güncel kar yağışlarına göre yenilenerek güvenli yapı tasarımları sağlanmalıdır.

Yapının genel olarak taşıyıcı elemanlarının hasar görmeden kar birikmeleri nedeniyle çatıların çökmesi, kar yükünün hesaplandığı standartlardaki tasarım kar yükü hesap değerlerinin yetersiz olmasından kaynaklanabilmektedir. Yani hesaplanan tasarım kar yükü günümüz şartlarını karşılayamayarak oluşan kar birikmeleri çatılarsa hasar oluşturmaktadır. Tasarım kar yükleri için oluşturulan standartların yetersiz kalmasının en büyük nedenlerinden biriside iklim değişikliğidir.

Ülkemizde farklı bölgelerde birçok iklim çeşitliliği yaşanmakta ve buna bağlı olarak bölgeler arasında farklı yağış rejimleri görülmektedir. Bunun yanında oluşan küresel ısınmayla birlikte Dünyada ve ülkemizde de iklim değişikliği yaşanmakta olup, yapı tasarımlarında kullanılan kar yükleri harita ve hesap değerleri meteorolojik olaylar sonucunda belirli periyotlarda meydana gelen kar yağışları ve yaşanan bu iklim değişikliği hesaba katılarak güncellenmelidir.

İklim değişikliği kaynaklı olarak bazı bölgelerde yağış rejimlerinin değişip yağışların azalması ile hesaplanan kar yükü değerinin standartlara göre hesaplanan tasarım kar yükünden az olması sebebiyle yapı tasarımlarında gereksiz ve ekonomik olmayan harcamaların olmasına neden olmaktadır. Standartlardaki harita ve değerlere göre hesaplanan tasarım kar yükü değerlerinin yetersiz kalması nedeniyle can ve mal kaybı olduğu kadar bahse konu edilen tasarım kar yükü değerlerinin zaman içerisindeki iklim değişikliği ile farklılaşması sonucu olması gerekenden güçlü tasarımların yapılmasına

neden olduğundan yapılardaki gereksiz ve fazla ekonomik harcamalara neden olabilmektedir.

Ülkemizde yapı tasarımlarında kar yükü hesaplamalarında ilk olarak 1997 yılında yayımlanan TS 498 [1] standardı kullanılmış ve sonrasında TS 498 [1] standardındaki değerlere ve haritalara göre oluşturulan ve 2007 yılında yürürlüğe girip günümüze kadar kullanılan TS EN 1991-1-3 [2] standardına göre kar yükü hesaplamaları yapılmaktadır. Standart kapsamında Türkiye haritası belirli yağış bölgelerine ayrılmış, bu yağış haritalarına göre kar yükü hesap değerleri oluşturulmuş ve yapı tasarımlarında bu harita ve hesap değerleri kullanılmaktadır. Ancak iklim değişiklikleri ve gelişen teknoloji nedeniyle standart kapsamında uygulanan hesap değerlerinin yetersiz ve güncel olmadığı günümüzde oluşan yapı hasarlarından anlaşılmaktadır. Can ve mal kaybına neden olabilecek bu hasarları önlemek amacıyla TS EN 1991-1-3 [2] standardının günümüz şartlarına göre güncel meteoroloji verileri kullanılarak güncellenmesi gerekmektedir.

Yapı teknolojilerindeki zaman içerisinde değişim ve gelişimlerin yapılarda uygulanmaması ve değişen iklim sonucu yağış rejimlerindeki değişimler ile meydana gelen yağışlar sonucunda çatılarda biriken kar yükü sonucu birçok hasar meydana gelebilmektedir. Yapılardaki çatı tasarımları için kullanılan standartlardaki değerler günümüz şartlarını karşılayamamakta ve çatılar meydana gelen kar yağışları sonucu oluşan kar yükü karşısında yetersiz kalmaktadır. İklim değişikliği sonucu meteorolojik olayların tüm bölgelerdeki yağış rejimlerini etkilemesiyle de bu yetersizlik daha da artmış ve standartlardaki tasarım kar yükü hesap değerleri ve haritaların güncellenmesi gerekliliği oluşmuştur.

Ülkemizdeki 1997 yılında yayımlanmış TS 498 [1] standardı ve sonrasında 2007 yılında yürürlüğe giren ve Avrupa standartlarında Türkçeye çevrilerek kullanılmaya başlanan ve günümüzde de yürürlükte olan TS EN 1991-1-3 [2] standardında yer alan kar yüküne ait hesap değerleri ile kar yükü haritaları günümüz şartlarını karşılayan güncel değerlere sahip değildir. Bu standarttaki harita ve tasarım kar yükü hesap değerleri yetersiz ve sabit değerler içermekte ve günümüzdeki meteorolojik şartlara göre güncellenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada Türkiye genelinde bulunan 75 Meteoroloji istasyonunda gerçekleşmiş maksimum kar kalınlık verileri yardımıyla kar yağışlarının yönelimleri elde edilerek birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Bu istasyonların yönelimleri ile günümüz iklim değişikliğinin yıllar içerisindeki değişimi kar yağışlarına etkisi ortaya konmuştur. Bununla

birlikte belirli olasılık dağılım fonksiyonları kullanılarak o istasyonun hangi fonksiyona uygunluğu araştırılmış, uygun olan olasılık dağılımının belirli yıllık tekerrür periyotlara göre beklenen değerler bulunmuştur. Böylece 75 istasyona ait meteoroloji verileri kullanılarak maksimum kar kalınlıkları ile farklı tekerrür periyotlarından elde edilen güncel kar yükü değerleri TS EN 1991-1-3 [2] standardındaki kar yükü değerleri karşılaştırılmış ve standarttaki mevcut kar yükü haritası ve kar yükü hesap değerlerinin günümüz kar yükü haritası ve hesap değerleri karşısında yetersiz olduğu ortaya konmuştur.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Standartlarda yer alan yapıların çatı tasarımında kullanılan kar yükü değerlerinin günümüz kar yağışları sonucu meydana gelen kar yükü hesap değerlerine göre yeterince güvenli olup olmadığı ve günümüzde iklim değişikliğinin daha da tehlikeli boyutlara geldiği dikkate alındığında dünyada ve ülkemizdeki değişen yağış rejimlerinin yönelim trendi ile ilgili olarak yapılmış bazı çalışmalar bulunmaktadır.

Durmaz [3], yüksek lisans tezinde, Doğu Karadeniz bölgesindeki kar yüklerinin değişimini gösteren güncel harita oluşturmak ve TS 498 [1] ve TS 7046 [4] standartlarının zemin kar yüklerinde meydana gelen değişimi irdelemek amacıyla Doğu Karadeniz bölgesi ve civarındaki 32 adet meteoroloji istasyonunun kar verileri kullanılarak Ortalama Tekerrür Süresi (OTS) 50 yıllık zemin kar yükü verilerini Weibull, Gamma, Lognormal, Normal, Logistic ve Exponential olasılık dağılım fonksiyonlarını kullanarak belirlemiştir. Çalışma kapsamında bulunan 50 yıllık zemin kar yükü değerlerinin emniyetsiz olduğu sonucuna varmış ve Doğu Karadeniz bölgesinde belirlenen çalışma alanı için kar yükü haritası oluşturmuştur.

Özgen [5], yüksek lisans tezinde, Türkiye'nin en güncel zemin kar yükü haritasını oluşturup, dünyada en gelişmiş standartlarından ANSI/ASCE 7-05'de bulunan kar yüküne ait dönüşüm katsayılarını TS 498 [1] ve TS 7046 [4] standartlarının önerdiği değerlerle karşılaştırıp elde edilen sonuçlar ile Türk Standartları'nı yeterliliğini değerlendirmiş ve bu standartların yetersiz bulunan kısımlarının güncellenmesi için önerilerde bulunmuştur. Çalışma kapsamında Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait 100 istasyondan elde ettiği kar yükü verilerini istatistiksel yöntemler kullanarak 50 yıllık ortalama tekerrür süresine sahip kar yüklerini elde etmiştir. Yazar elde ettiği sonuçlar ile Türk Standartları'nın önerdiği değerleri karşılaştırdığında, TS 498 [1] standardının Türkiye için kullanılmasını önerdiği zemin kar yüklerinin birçok durumda emniyetsiz olduğu, TS 7046 [4] standardının istatistiksel analiz yönteminin bütün durumlarda ekonomik olmadığı sonucuna ulaşmıştır.

Türkeş, M., Koç, T. ve Sarış, F. [6], yaptığı çalışmada 111 istasyondan elde ettiği verilerle yağış şiddeti, yoğunluğu ve anomalileri ile ilgili gözlenen değişiklikleri araştırmıştır. Yaptığı çalışmada Mann [7] -Kendall [8] (MK) ve Şen Yenilikçi Trend Testini [9] (ŞYTT) kullanarak belirlenen gözlem istasyonlarında yağış trendini incelemiştir. Yıllık toplam yağışlarda azalma eğilimleri görülürken, Akdeniz ve Karadeniz bölgelerinde yağış rejimi artış eğiliminde olduğu, Kış mevsiminde toplam yağışlarda

azalma eğilimi görülmesine karşılık diğer mevsimlerde toplam yağışlarda genel bir artış eğiliminin görüldüğü sonucuna ulaşmıştır.

Terzi [10], yüksek lisans tezinde, Doğu Anadolu bölgesine ait 42 istasyonla ilgili DMI'ye ait 42 istasyondan elde ettiği kar yüksekliği verilerini ile bazı olasılık dağılım fonksiyonları yardımıyla ortalama tekerrür süresi 50 ve 100 yıl olan zemin kar yüklerini hesaplamıştır. İstasyonlarda hesaplanan kar derinliği ve sonrasında oluşan zemin kar yükünün istatistiksel analiz yöntemleri ile hesaplanması aşamasında, her istasyon verisi için en uygun olasılık dağılımı, Weibull, Gamma, Lognormal, Normal, Logistic ve Exponential dağılımları arasından maksimum olasılık çizgisi korelasyon katsayısı testi ile belirlemiş, sonrasında hesaplanan zemin kar yükleri ve CBS teknikleri yardımı ile bölgenin zemin kar yükü haritaları oluşturulmuş, bu haritalardan elde edilerek normalize edilmiş zemin kar yükleri, TS 498 [1] ve TS 7046 [4] standartlarında bulunan zemin kar yükleri ile karşılaştırıldı ve bu bölgeye ait elde edilen sonuçların TS 498 [1] ve TS 7046 [4] standartlarında bulunan değerlerle karşılaştırarak bu standartların emniyetsiz ve ekonomik olmadığı sonucuna varmıştır.

Topçu [11], yaptığı çalışmasında, Dünyada kar yükü kaynaklı meydana gelen çatı çökmelerinde insanların öldüğünü, Türkiye'de de bu kazalara benzer kazaların yaşandığını ancak can kaybı olmadığı için çok yankı bulmadığını ve bundan dolayı ülkemizdeki mühendislerin dikkatini çekmeyi amaçlamıştır.

Durmaz ve Daloğlu [12], Türk standartları üzerindeki tasarım zemin kar yüklerinin değerlendirilmesi amacıyla DMI'ye ait 92 istasyondan elde edilen kar yüksekliği verileri ile belirli olasılık dağılımlarını kullanarak 50 yıllık zemin tasarım kar yüklerini hesaplamıştır.

Ülke ve Özkoca [13], yaptıkları çalışmalarında, Orta Karadeniz bölgesinde yer alan Sinop, Ordu ve Samsun illerine ait sıcaklık verilerini analiz ederek Mann [7]-Kendall [8] trend testi ve Sen'in [14] Trend Eğim testlerini uygulayıp sıcaklık değişimlerini ortaya koyarak iklim değişikliği ile ilgili tespitlerini ortaya koymuşlardır.

Almahdi, Genç, Doğangün ve Timurağaoğlu [15], yaptıkları çalışmalarında, TS 498 [1], TS EN-1991-1-3 [2] ve Avrupa Eurocode standardı karşılaştırmalı olarak irdeleyip özellikle Bursa ve civarında kar yükü kaynaklı meydana gelen yapısal hasarları incelemişlerdir.

Özfidaner, Şapolyo, Topaloğlu [16], çalışmalarında İç Anadolu bölgesinde bulunan 7 istasyona ait 1960-2013 yılları arasındaki meteorolojik veriler yardımıyla aylık toplam

yağış verilerinin parametrik olmayan Mann [7] -Kendall [8] trend testi ile yağış elimlerindeki yönelim trendini araştırmışlardır. Mann [7] -Kendall [8] trend testi sonuçlarına göre İç Anadolu bölgesinde bulunan 7 yağış gözlem istasyonundan Ankara, Nevşehir ve Kırşehir istasyonlarında azalma eğilimlerinin izlendiği, Sivas istasyonunda ise artma eğiliminin olduğu ve Niğde istasyonunda da bazı aylarda artış eğilimi olduğu gözlemlenmiştir.

Aladağ [17], yüksek lisans tezinde Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden elde edilen verileri kullanarak uygun olasılık dağılımları yardımıyla güncel kar yükü hesap değerleri ve haritalar oluşturularak mevcut kar yükü standartlarının eksikliklerini ortaya koymuştur. TS 498 [1] ve TS EN 1991-1-3 [2] standartlarında bulunan kar yükü değerleri ve haritalarla, tez çalışmasında oluşturulmuş haritalar karşılaştırılıp günümüzde standartlarda bulunan kar yükü değerlerinin birçok bölgede emniyetsiz ve ekonomik olmayan değerler verdiği görülmüştür.

Karabulut ve Cosun [18], yaptıkları çalışmalarında 1975–2005 yılları arasında Kahramanmaraş'ta bulunan meteoroloji istasyonları için yıllık, mevsimlik ve aylık yağış trendlerini incelemişlerdir. Mann [7] -Kendall [8], lineer regresyon, yağış değişkenliği, değişim katsayısı gibi parametrik olmayan istatistiksel metotlar kullanılarak yağış eğilimleri analiz edilmiştir. Yapılan çalışmadaki istasyonlarda yıllık yağışlarda az miktarda azalma olmasına rağmen istatistiksel anlamlılıkta pozitif veya negatif bir trendin oluşmadığını tespit etmişlerdir. Kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde meydana gelen yağışlarda önemsiz bir azalış trendi, sonbahar mevsiminde ise önemsiz bir artış trendinin olduğunu bulmuşlardır.

Terzi ve İlker [19], yaptıkları araştırmada Kızılırmak havzasında bulunan on ildeki meteoroloji istasyonlarına ait Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen yağış verilerine trend analizi uygulayarak istasyonların yağış trendini belirlemek için parametrik olmayan Mann-Kendall testi uygulanmıştır. Bununla birlikte Sen'in [14] trend eğim yöntemi ile birim zamandaki değişim miktarı belirlenmiştir. Araştırma sonucunda on il merkezinin yağış yönelimlerinde anlamlı bir trend olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Yukarıdaki literatür taramasından da görüleceği üzere ülkemizde hem trend analizlerin yapıldığı hem de olasılık analizlerinin yapıldığı bir çalışmaya bilgin dahilinde rastlanmamıştır. Yapılan çalışmalar genel olarak belirli bölgedeki istasyonlara ait yağış yönelim trendleri incelenmiş ve yağışların belirli periyotlarda artan veya azalan trendleri belirlenerek yağış yönelimleri ve iklim değişikliği tespit edilmeye çalışılmıştır. Bununla

birlikte standarttaki tasarım kar yükü değerleri ve kar yükü haritalarının günümüz değişen iklim koşullarına göre ülkemizdeki birçok meteoroloji istasyonunda oluşan kar yükü değerlerine göre karşılaştırılarak yapılardaki çatı tasarımlarında kullanılan standarttaki yetersiz harita ve kar su eş değer yüklerin ortaya konulduğu detaylı bir çalışmanın yapılması gerekliliği ortaya çıktığından bu tez çalışması planlanmıştır.



3. MATERİYAL VE METOD

3.1. Zemin Kar Yüğü Hesabı

Kar yağışına ait temel meteorolojik veriler kar-su eşdeğeri ve kar tabakasının kalınlığını ifade eden kar derinliği olmak üzere çeşitli tip istasyonlarda toplanırlar. Kar-su eşdeğeri, kar yağışıyla birlikte kış mevsimi boyunca kar tabakası üzerine yağın yağmur yağışlarını da yansıtır. Kar-su eşdeğerleri, kar kütesinin yoğunluğunun belirlenmesine gerek kalmadan doğrudan zemin kar yüküne çevrilebilirler (1 mm kar-su eşdeğeri = 9.807 N/m²). Bunlar, kar yükleri için uygun olasılık dağılımına karar verilmesinde en güvenilir verilerdir. Ancak dünyada pek çok meteoroloji istasyonu, verilerini kar derinliği cinsinden toplar. Bu kar derinlik verileri, kar derinliği ve yoğunluğu arasında bir bağıntı kullanılarak kar yüklerine çevrilebilir [12].

Günümüzde pek çok ülkenin ilgili standartlarında tasarım çatı kar yükü için tasarım zemin kar yükünün dönüşüm katsayısı veya katsayılarıyla çarpılarak elde edilen değeri önerilmektedir. Zemin kar yükü, yapının bulunduğu bölgeye bağılı olup temel meteorolojik verilerden yararlanılarak belirlenir. Dönüşüm katsayıları ise yapının rüzgâra karşı konumuna, çatının geometrik ve ısı özelliklerine bağılı olarak belirlenir [12].

Kar yükü(P_{k0}) değeri standartlarda verilen Türkiye haritasındaki bölge numaralarındaki kar yüksekliği verilerine göre belirlenmektedir. Ülkemizde kar yağışı ile ilgili meteorolojik veriler kar derinliği olarak her bölgede bulunan istasyonlarda toplanmaktadır. Bu veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nde 1950 yılından günümüze kadar toplanmaktadır.

3.2. Kar Yüğü Standartları

3.2.1. TS 498 standardı

TS 498 [1] (Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri) standardı 1997 yılında yayımlanmıştır. Yayımlandıktan günümüze kadar 2021 yılında bir güncelleme yapılarak istisnai kar yüklerinde Avrupa birliği standardı olan Eurocode standardına uyulması zorunlu kılınmıştır. Bu standarda göre kar yükü (P_{k0}) değeri Şekil 3.1'de Türkiye'deki her bölgedeki meteorolojik değişkenliklerden dolayı hareketli yük olarak tanımlanmaktadır. Standart, yapı tasarımlarında çeşitli yükler karşısında alınması gereken hesap değerleri hakkında bir standart oluşturmak amacıyla

yayınlanmış ve kar yükü hesap değerinin nasıl hesaplanacağını açıklamıştır. Bu standarda göre kar yükü hesap değeri (P_k);

$$P_k = mP_{k0}$$

$$m = 1 - \frac{\alpha - 30^0}{40^0}$$

$$0 \leq m \leq 1$$

bağıntıları ile bulunmaktadır. Burada;

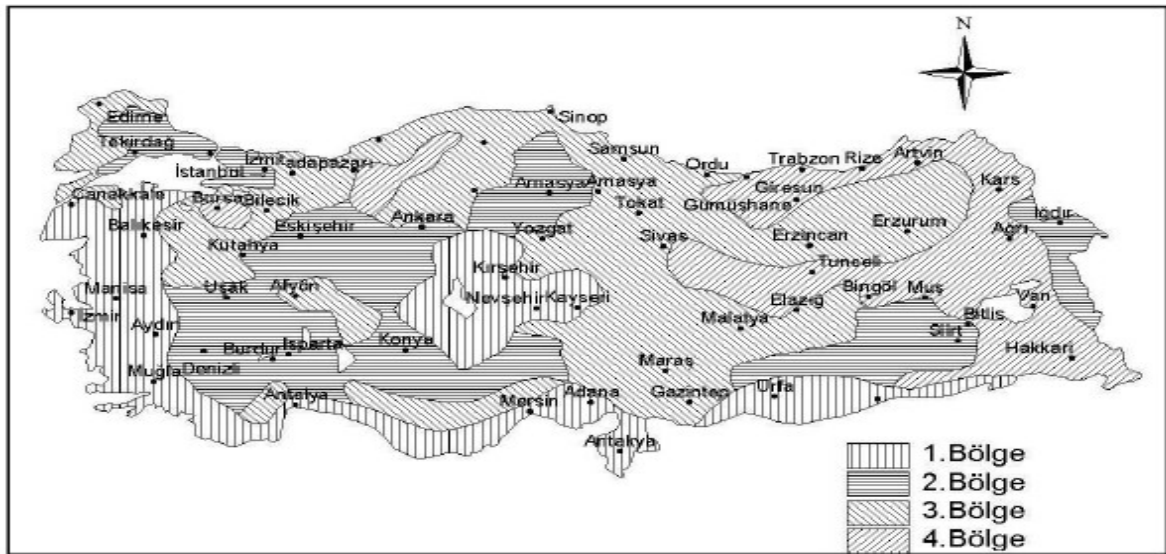
P_k : Kar yükü hesap değeri (kN/m^2)

P_{k0} : Zati kar yükü (kN/m^2)

m : Kar yükü azaltma değeri

α : Çatı örtüsünün eğimi (derece) dir.

Kar yükü hesap değeri(P_{k0}) kar yağış yükseklik verilerine göre düzenlenmiş Şekil 3.1'deki Türkiye Kar Yağış Yüksekliği haritasındaki bölgelerden Çizelge 3.1'deki [2] değerlere göre belirlenir. Bununla birlikte çatı eğimine bağlı olarak azaltma değeri olan m değeri Çizelge 3.2'deki [2] α değerlerine göre belirlenir. Çizelge 3.2'deki α değeri çatı eğimini göstermektedir ve 30^0 ' ye kadar olan eğimlerde kar yükü hesap değeri (P_k) değeri kar yükü(P_{k0}) değerine eşit olmaktadır. 30^0 'den fazla eğime sahip çatılardaki m değeri de Çizelge 3.2'deki değerlere göre yukarıdaki P_k değeri hesaplanmaktadır.



Şekil 3.1. Türkiye kar yağış yüksekliği haritası [2]

Çizelge 3.1. Zati kar yükü (P_{k0}) değerleri kN/m^2 [2]

		1	2	3	4
1	Yapı Yerinin Denizden Yüksekliği	BÖLGELER			
	m	I	II	III	IV
	≤ 200	0.75	0.75	0.75	0.75
2	300	0.75	0.75	0.75	0.80
	400	0.75	0.75	0.75	0.80
	500	0.75	0.75	0.75	0.85
3	600	0.75	0.75	0.80	0.90
	700	0.75	0.75	0.85	0.95
	800	0.80	0.85	1.25	1.40
4	900	0.80	0.95	1.30	1.50
	1000	0.80	1.05	1.35	1.60
5	> 1000	1000 m'ye tekabül eden değerler, 1500 m'ye kadar %10, 1500 m'den yukarı yüksekliklerde %15 artırılır.			

Çizelge 3.2. Çatı eğimine (α) bağlı olarak azaltma değeri (m) [2]

α	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°
0-30°	1.0									
30°	1.00	0.97	0.95	0.92	0.90	0.87	0.85	0.82	0.80	0.77
40°	0.75	0.72	0.70	0.67	0.65	0.62	0.60	0.57	0.55	0.52
50°	0.50	0.47	0.45	0.42	0.40	0.37	0.35	0.32	0.30	0.27
60°	0.25	0.22	0.20	0.17	0.15	0.12	0.10	0.07	0.05	0.02
70°- 90°										

3.2.2. TS EN 1991-1-3 standardı

TS EN 1991-1-3 [2] standardı Avrupa(Eurocode) standardının Türkçeye çevrilip 3 Nisan 2007 tarihinde kabul edilmesi ile kullanılmaya başlanmıştır. Bu standartta bulunan kar yağış haritası ve m²'ye düşen kar yağış miktarını veren çizelge TS498 [1] standardından aynen alınmıştır. Bununla birlikte yapıların çatılarında yapılacak olan çatı kar yükü hesap değerleri Avrupa (Eurocode) standardından çevrildiği şekilde TS EN 1991 1-3 [2] standardı kapsamında kullanılmaktadır. Standart kapsamında iki adet kar yükü tanımı yapılmıştır. Birikmemiş çatı kar yükü, çatı üzerindeki kar kütlesinin herhangi bir dış etkiyle dağılmadan önceki haliyle çatı üzerinde tanımlanmış simetrik yüküdür. Birikmiş çatı kar yükü ise dış etkilerle kar kütlesinin tamamının veya bir kısmının çatı üzerinde belirli bölgelere taşınması ile oluşan yüküdür.

Bu tez çalışmasında Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen kar kalınlığı değerleri ile elde edilen kar-su eşdeğeri verilerinin kar yüküne dönüştürülmesi amacıyla aşağıdaki formül kullanılabilir.

$$X = \rho_w \cdot g \cdot h_w / 10^6 [20]$$

bağıntısı ile bulunur.

Burada g, yerçekimi ivmesi; ρ_w , suyun özgül ağırlığı (1000 kg/m³); g, yerçekimi ivmesi (9.807 m/sn²) ve h_w, kar-su eşdeğeridir (mm). 10⁶ katsayısı mm'yi m'ye ve N'u kN'a çevirmek için kullanılmıştır.

Yeni yağmış kar ağırlığı ile günlerce beklemiş kar ağırlığı ve sulu kar ağırlığı ile sulu olmayan kar ağırlıkları çok farklıdır. Yeni yağmış kar ağırlığı 100-300 kg/m³, sulu kar ağırlığı 400-500 kg/m³, buz ağırlığı 900-970 kg/m³ değerleri arasındadır [11].

TS EN 1991-1-3 [2] standardında yer alan karın gevşek yığın birim hacim ağırlığı değerlerine göre zemin kar yükü değerleri hesaplanmaktadır.

(1) Karın gevşek yığın birim hacim ağırlığı değişkenlik gösterir. Karın yığın birim hacim ağırlığı genellikle kar tabakasının zeminde kalma süresi arttıkça yükselir ve bu değer yapı yerinin konumu, iklimi ve rakımına bağlıdır [2].

(2) Madde 1'den Madde 6'ya kadar belirtilen değerler hariç, zeminde bulunan karın ortalama yığın birim hacim ağırlığı için Çizelge 3.3'te verilen yaklaşık değerler kullanılabilir [2].

Çizelge 3.3. Karın ortalama gevşek yığın birim hacim ağırlığı [2]

Kar tipi	Yığın Birim Hacim Ağırlığı(kN/m ³)
Yeni	1.0
Yerleşmiş (Kar yağdıktan sonra birkaç saat veya gün geçmiş)	2.0
Eski (Kar yağdıktan sonra birkaç hafta veya ay geçmiş)	2.5-3.5
Islak	4.0

TS EN 1991-1-3 [2] standardındaki diğer genel tanım ve terimler şöyledir;

Çatı kar yükü şekil katsayısı, başka etkenlerin olmadığı zaman diliminde, çatı kar yükünün birikmemiş zemin kar yüküne oranıdır.

Maruz kalma (etkime) katsayısı, ısının olmadığı binalardaki çatı kar yükünün azaltılması veya çoğaltılması için zemin kar yüküne bağlı oluşturulan katsayıdır.

Isı katsayısı, kar erimesine neden olan ve çatıdaki kar yükünün azalması amacıyla oluşturulmuş bir katsayıdır.

İstisnai çatı kar yükü; çatıda olagelmişin dışında nadir olarak meydana gelen kar tabakasının oluşturduğu yük olarak tanımlanan yük düzenlemesidir.

Ayrıca standartta oluşan kar kütlelerinin üzerine yağmur yağdığı veya karın eriyip tekrar donma ihtimali yüksek olan bölgelerde çatıdaki drenaj sistemlerinin kar veya buz ile tıkanabileceği durumlarda çatı kar yükünün arttırılması gerektiği belirtilmektedir.

Yapıların yük tasarımında, çatılar üzerinde farklı bölgelerde kar kütlelerinin toplanabileceği ihtimalleri dikkate alınmalıdır. Kar kütlelerinin çatının farklı bölgelerinde toplanmasına sebep olan çatı özellikleri aşağıda sıralanmıştır;

- ✓ Çatı şekli,
- ✓ Komşu binaların yakınlığı,
- ✓ Çevre arazi yapısı,
- ✓ Çatı altında oluşan ısı miktarı,
- ✓ Rüzgâr, sıcaklık değişkenliği ve yağış ihtimali,
- ✓ Yüzey pürüzlülüğü,
- ✓ Isıl özellikler

Avrupa (Eurocode) standardında kar kütlelerinin üzerine yağmur yağması veya karın eriyip tekrar donması ihtimali olan bölgelerde, özellikle çatı drenaj sisteminin kar veya buz ile tıkanabileceği durumlarda çatı kar yükünün arttırılması gerektiği belirtilmektedir.

Çatı kar yükünün belirlenmesinde C_e (Maruz Kalma Katsayısı) kullanılmaktadır. C_e değerini belirlerken ileride olabilecek değişimler göz önünde bulundurulmalı ve farklı topoğrafik bölgeler için özel değerler belirtilmediği sürece C_e değeri 1,0 alınmalıdır. TS EN 1991-1-3 [2] standardında çatı kar yükünün belirlenmesinde Çizelge 3.4'te farklı topoğrafik alanlar için tavsiye edilen C_e değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 3.4. Farklı topoğrafik alanlar için tavsiye edilen C_e değerleri

Topoğrafik bölge	C_e
Rüzgâra açık*	0.8
Normal**	1
Korunmuş***	1.2

*Rüzgâra açık topoğrafik alanlar; her coğrafi yönden etkiye maruz kalan, arazi tarafından korunma imkanının bulunmadığı veya az olduğu daha yüksek yapıların veya ağaçların bulunmadığı engelsiz düz alanlar [2].

**Normal topoğrafik alanlar; rüzgârın yapı üzerine etkisiyle kar kütlelerinin, arazi, diğer yapılar ve ağaçlar nedeniyle önemli bir değişime uğramadığı alanlar [2].

***Korunmuş topoğrafik alanlar; dikkate alınan yapının yüksekliğinin önemli ölçüde çevre arazisinden veya çevresindeki yüksek ağaçlardan veya çevresindeki daha yüksek yapılardan düşük olduğu alanlar [2].

Isı katsayısı C_t , yüksek sıcaklık iletiminden dolayı, özellikle binanın çatısı altındaki ısı kaybının çatı yüzeyini etkilemesi nedeniyle erimelerin meydana geldiği bazı cam kaplı çatılarda çatı kar yükündeki azalmanın hesaba katılması için kullanılır. Diğer bütün durumlar için $C_t = 1,0$ alınmalıdır [2].

3.3. Trend Analizi

Trend analizi, belirli bir zaman aralığındaki geçmişteki verilerden faydalanarak zaman içindeki değişimlerini inceleyerek gelecekteki eğilimlerini ve olabilecek olayları tahmin etmeye çalışan bir analitik yöntemdir. Trend analizi genellikle ekonomide, finansal piyasalarda, pazarlama vb. birçok sektörde kullanılmaktadır. Trend analizi yöntemi herhangi bir olay veya durum hakkında gelecekte olabilecek eğilim ve riskler ortaya konabilmekte ve yürütülebilecek tahmin senaryoları ile daha iyi kararlar alınabilmektedir.

Trend analizi yönteminde analiz edilmek istenen veriler çeşitli istatistiksel yöntemler kullanılarak zaman içerisinde nasıl değiştiği, hangi yönde ve doğrultuda ilerlediği belirlenebilmektedir. Böylece verisi analiz edilen konu ile ilgili olarak bu verilerin artan veya azalan eğilimler izleyip izlemediği ortaya konup, belirli periyotlarla yapılan analizler ile istikrarlı bir trendin olup olmadığı hesaplanmaktadır.

Mann [7]- Kendall [8] yöntemi verilerin uzunluğu, dağılımı ve serisel korelasyonu gibi bazı sınırlayıcı kabullere bağlıdır. Yenilikçi Şen [9] yöntemi kabullere ihtiyaç duymayıp verilerin ilk ve ikinci yarısı arasındaki anlamlı farkı belirleyerek azalma ya da artma trendini belirleme esasına dayanır [21].

Bu tez çalışması kapsamında 75 istasyonda gerçekleşen kar verilerinin artan ve azalan yönelim analizleri için Mann-Kendall ve Yenilikçi Şen trend testleri uygulandı. İstasyonlarda Mann-Kendall trend testi sonucunda bulunan yönelimler ile Yenilikçi Şen trend testi sonucunda bulunan yönelimler karşılaştırılarak kar yağışı yönelimlerinin istikrarlı bir trendde olup olmadığı ortaya konuldu.

3.3.1. Mann-Kendall testi

Mann-Kendall testi Mann [7] ve Kendall [8] tarafından geliştirilmiştir. Bu test rastgele değişkenin dağılımından bağımsız olup parametrik olmayan bir testtir. Bu özelliğinden dolayı Mann-Kendall testi özellikle hidrometeorolojik veriler üzerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teste göre H_0 hipotezi bir zaman serisinde trend olmadığını, H_1 karşıt hipotezi ise trend olduğunu kabul etmektedir [10].

$$s = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (1)$$

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1 & (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

(1) eşitliğindeki S pozitif ise eğilimin artan, negatif ise eğilimin azalan olduğu kabulü yapılır. Burada n veri sayısı, x_j ve x_k ($j > k$) zamanlarındaki data noktası ve $\text{sgn}(x_j - x_k)$ ise işaret işlevidir. Normal dağılım ve sıfır ortalamaya sahip S 'nin varyansı,

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (3)$$

formülü ile hesaplanır. Örneklem büyüklüğünün $n \geq 10$ olduğu durumlarda, S'nin varyansı

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_i^r t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (4)$$

eşitliği ile elde edilir. Mann-Kendall testinin anlamlı olup olmadığını belirleyen standart normal değişken z'nin aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad (5)$$

Mann-Kendall testinin anlamlı olup olmadığı z'nin kritik z değeriyle karşılaştırılmasıyla belirlenmektedir. Çalışmanın hangi α anlamlılık düzeyinde incelenmesine bağlı olarak, $|Z| \leq z_{\alpha}$ şartının geçerli olmasına bağlı olarak hipotez kabul edilir, eğer şart sağlanıyorsa hipotez kabul edilirken şart sağlanmıyorsa hipotez reddedilir. Bu yöntem herhangi bir dağılıma uyma zorunluluğu olmadığından, araştırmacılar arasında kullanışlı olarak karşımıza çıkmaktadır [22].

3.3.2. Yenilikçi Şen yöntemi

Şen tarafından geliştirilen Yenilikçi Şen Yöntemi (YŞY) analiz sonucunda elde edilen verileri doğrusal grafik formunda da sunan bir yöntemdir. Yaklaşımında diğer parametrik olmayan yönelim analiz yöntemlerinden, verilerin normal dağılıma uymaması, veri sayısının az olması, verilerin içsel bağımlılığının bulunması halinde dahi sonuç vermesi bakımından diğer yöntemlerinden ayrılmaktadır [9].

Bu yaklaşımda veri kümesi iki eş parçaya ayrılır. İkiye ayrılan iki eşit parçanın verileri her parçada ayrı olmak üzere küçükten büyüğe olacak şekilde sıralanır. Birinci parça (X_i) x-ekseni üzerinde, ikinci parça (X_j) Y-ekseni üzerinde yer almak üzere kartezyen koordinat sistemi üzerinde yerleştirilir. Grafik üzerinde 1:1 doğrusu çizilir. Eğer veri 1:1

doğrusunun üzerinde ise eğilim yok, 1:1 doğrusunun altında yer alıyor ise azalan eğilim, 1:1 doğrusunun üstünde yer alıyorsa artan eğilim değerlendirilmesi yapılır [9].

$$E(s) = \frac{2}{n} [E(\bar{y}_2) - E(\bar{y}_1)]$$

$$\sigma_s^2 = \frac{4}{n^2} [E(\bar{y}_2^2) - 2E(\bar{y}_2\bar{y}_1) + E(\bar{y}_1^2)]$$

$$\rho_{\bar{y}_1\bar{y}_2} = \frac{E(\bar{y}_1\bar{y}_2) - E(\bar{y}_2) - E(\bar{y}_1)}{\sigma_{\bar{y}_2}\sigma_{\bar{y}_1}}$$

$$\sigma_s^2 = \frac{8}{n^2} \frac{\sigma^2}{n} (1 - \rho_{\bar{y}_2\bar{y}_1})$$

$$\sigma_s = \frac{2\sqrt{2}}{n\sqrt{n}} \sigma \sqrt{1 - \rho_{\bar{y}_2\bar{y}_1}}$$

$$CL_{(1-a)} = 0 \mp s_{critical}\sigma_s$$

Skritik tek yönlü hipotezde (örneğin %95 güven düzeyinde) Zkritik değerleri göstermektedir. Yukarıdaki eşitlik ile hesaplanan kritik üst ve alt limit değerleri, hipotez testinin sınırlarını belirlemek için oluşturulmuştur. Her istasyonun eğim değeri s 'nin alt ve üst güven limitlerinin dışındaysa zaman serisinde bir eğilim vardır şeklinde değerlendirilir. Eğilim yönü s 'nin işaretine bağlı olarak belirlenir. Eğim değeri $\geq$ pozitif veya negatif olabilir. Bu, zaman serilerinde artan (+) veya azalan (-) bir eğilim olduğu anlamına gelir [23].

3.4. Olasılık Dağılımının Belirlenmesi

Zemin kar yükünün karakteristik değerinin hassas bir şekilde belirlenebilmesi, istatistiki verileri yani zemin kar yükünün yıllık maksimum değerlerini uydurmak için kullanılan olasılık dağılım fonksiyonunun (ODF) seçimine bağlıdır. Veriler için en uygun ODF'nin tespiti öncelikle ölçüm yapılan istasyonun iklimsel ve coğrafi şartlarının göz önünde bulundurulmasına bağlıdır [20].

Tasarım zemin kar yüklerinin belirlenmesinde kullanılan pek çok olasılık dağılım fonksiyonu bulunmaktadır. Özellikle lognormal, Gumbel, Weibull, Normal, Logistik, Exponential olasılık dağılım fonksiyonları kar yükünün belirlenmesinde daha çok

kullanılmaktadır. Bu olasılık dağılım fonksiyonları arasından en uygun fonksiyonu bulmak amacıyla çeşitli testler bulunmaktadır. Kar yükü verilerinin hangi olasılık dağılımına uyduğunu X^2 (ki-kare), Olasılık Çizgisi Korelasyon Katsayısı (OÇKK), Kolmogorov-Smirnov gibi klasik testler ile Cramér-von Mises, Anderson-Darling, Akaike Information Criterion, Bayesian information criterion, ve Chi-square gibi nanparametrik test yöntemleri ile bulunmaktadır. Tasarım kar yükünün belirlenmesinde;

Zemin kar yükleri için lognormal ve tip I (Gumbel) dağılımları Elling wood [24] tarafından sırasıyla;

$$F_{LN}(X) = \Phi\left(\frac{\ln x - \lambda}{\zeta}\right) 0 < x < \infty \quad (7)$$

$$F_I(X) = \exp\{-\exp[-a(x - u)]\} -\infty < x < \infty \quad (8)$$

ifadeleri ile tanımlanırken, Weibull dağılımı ise Bayazit [10] tarafından;

$$F_W(X) = 1 - \exp(-x/n)^{1/k} x \geq 0, k > 0 \quad (9)$$

ifadesi ile tanımlanmaktadır.

(7), (8) ve (9) denklemlerinde x, zemin kar yükü olup, λ ve ζ lognormal dağılımının, u ve α Gumbel dağılımının, η ve k Weibull dağılımının parametreleridir.

Bir X rastgele değişkenin normal olasılık dağılım fonksiyonu,

$$F_N(X) = (1/\sqrt{2\pi}) * (\sqrt{e})^{-x^2} -\infty < x < \infty \text{ bağıntısı,} \quad (10)$$

Exponential dağılım fonksiyonu ise

$$F_E(X) = 1 - e^{(-x/q)} x \geq 0 \quad (11)$$

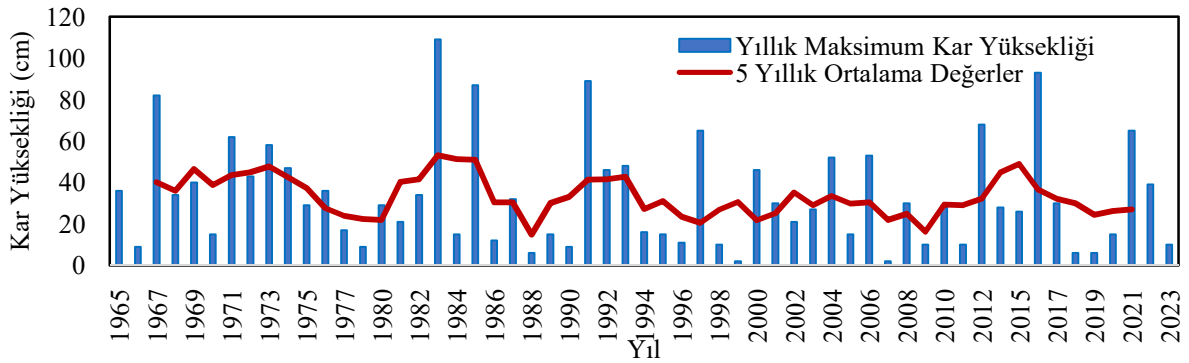
bağıntısı ile bulunmaktadır.

3.5. Ortalama Tekerrür Süresi

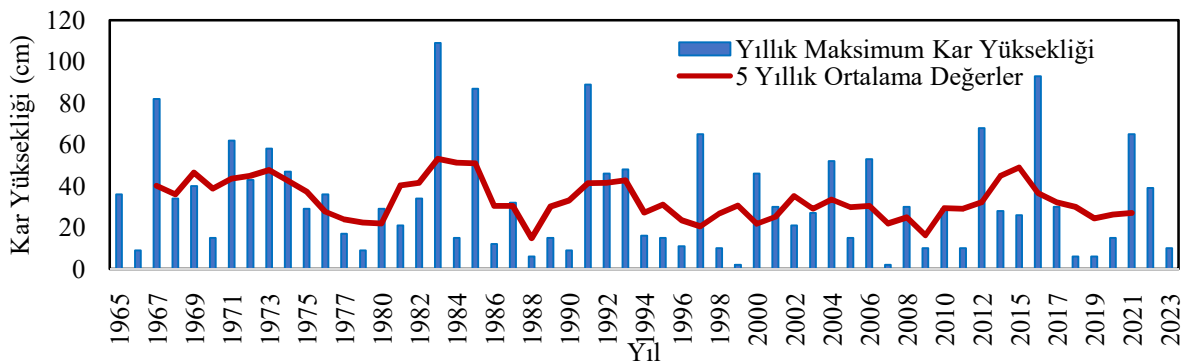
Dünyadaki iklim değişikliklerine bağlı olarak meteorolojik olaylar doğada farklı zamanlarda farklı davranış sergilediklerinden kar yükünü belirleyebilmek için istatistiksel yöntemlerden yararlanarak kar verilerinin analizinden tasarım zemin kar yükü elde edilebilir. Kar verilerinin belirli testler yardımıyla yağış yönelimleri belirlenerek bir bölgede gelecekteki farklı tekerrür sürelerine göre beklenen maksimum zemin kar yükü belirli bir olasılıkla tahmin edilebilir. Yıllık maksimum zemin kar yüklerine en çok uyan

edilen kar yükseklik verileri içerisinde belirli yıllara ait kar verisi bulunmayan veya ‘0’ değerindeki yıllar listeden çıkarılarak istasyonların Excel listeleri düzenlendi. Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden meteoroloji istasyonlarına ait ölçüm yapılan ilk yıldan başlamak üzere 2023 yılına kadar yapılan kar kalınlığı verilerinden yıllık maksimum kar kalınlığı verileri düzenlenerek istasyon adları ve numaralarına göre düzenleme yapıldı. Daha sonra meteorolojik verilerin düzenlenmesi ile elde edilen istasyonlara ait meteorolojik zaman serileri oluşturuldu.

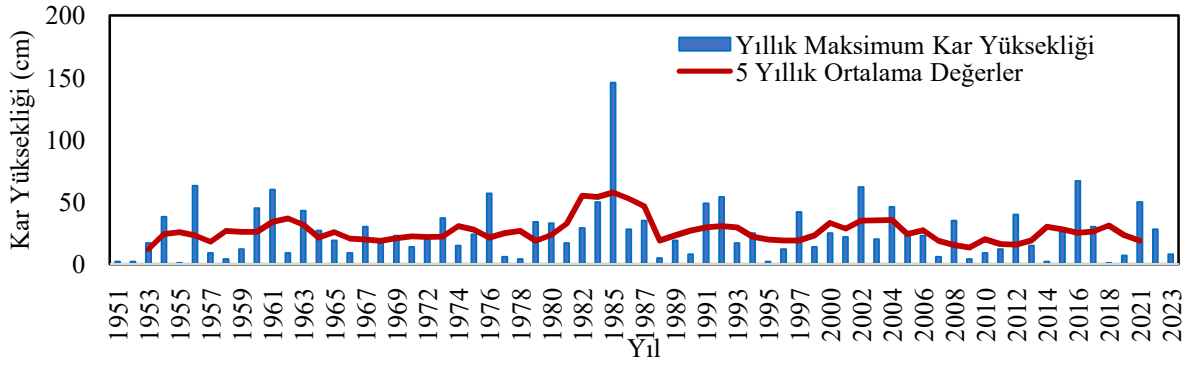
Araştırmaya konu istasyonların yıllık maksimum kar yükseklikleri Şekil 3.3-3.77 arasındaki grafiklerde verilmiştir.



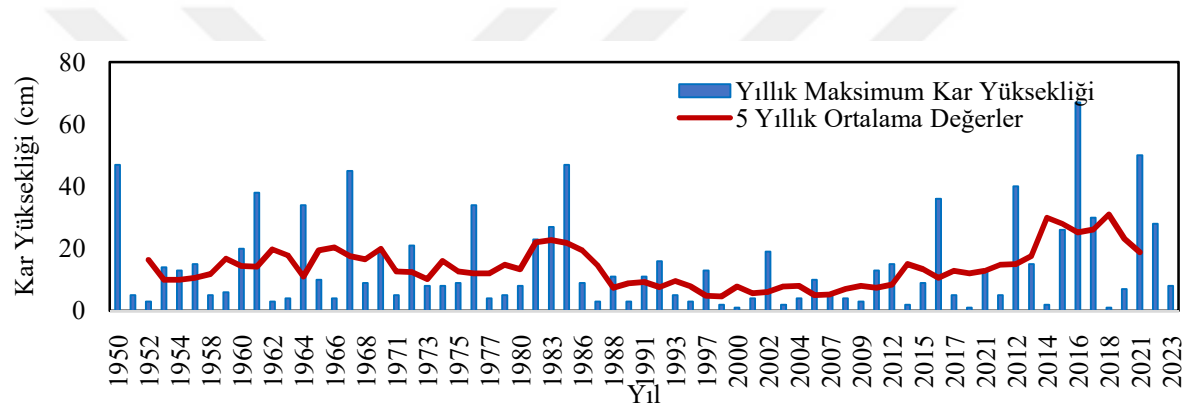
Şekil 3.3. Akçakoca kar grafiği



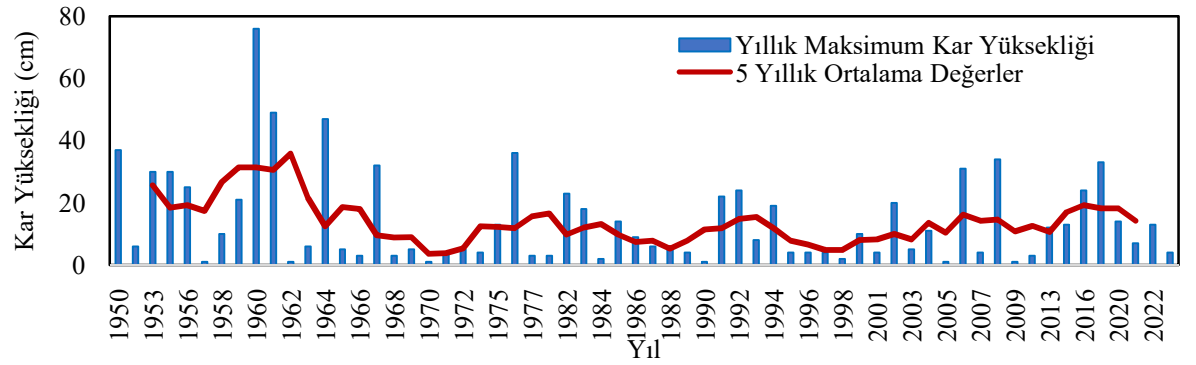
Şekil 3.4. Bartın kar grafiği



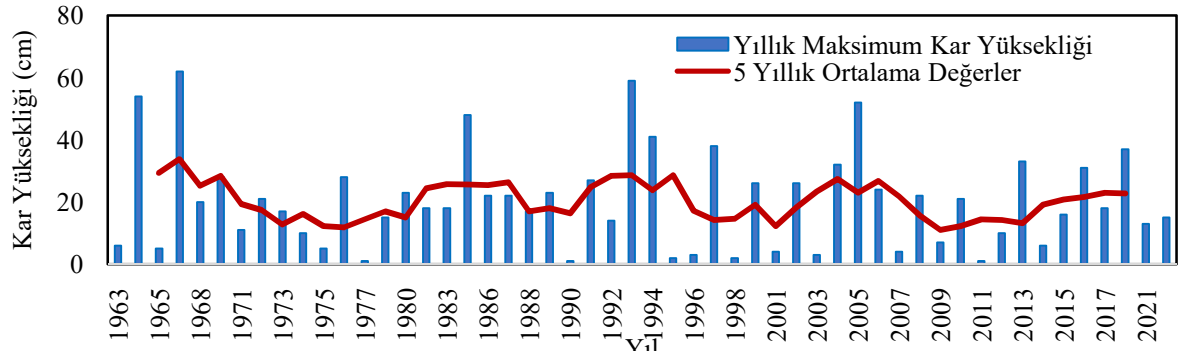
Şekil 3.5. İnebolu kar grafiği



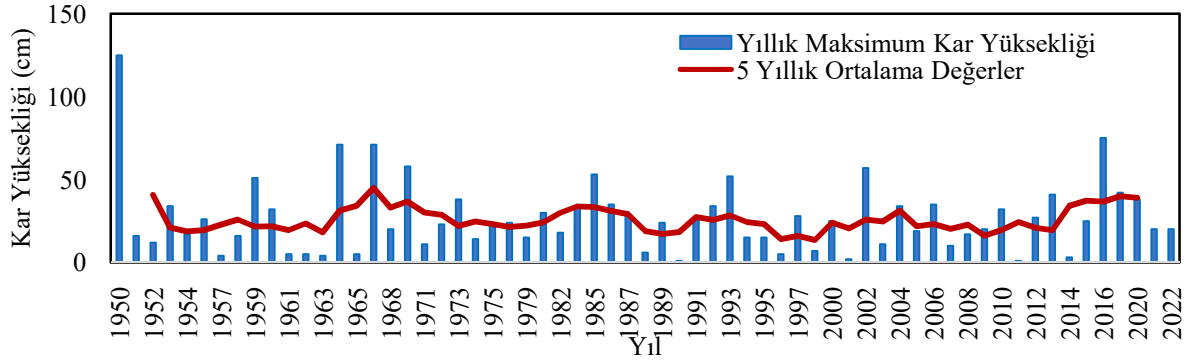
Şekil 3.6. Sinop kar grafiği



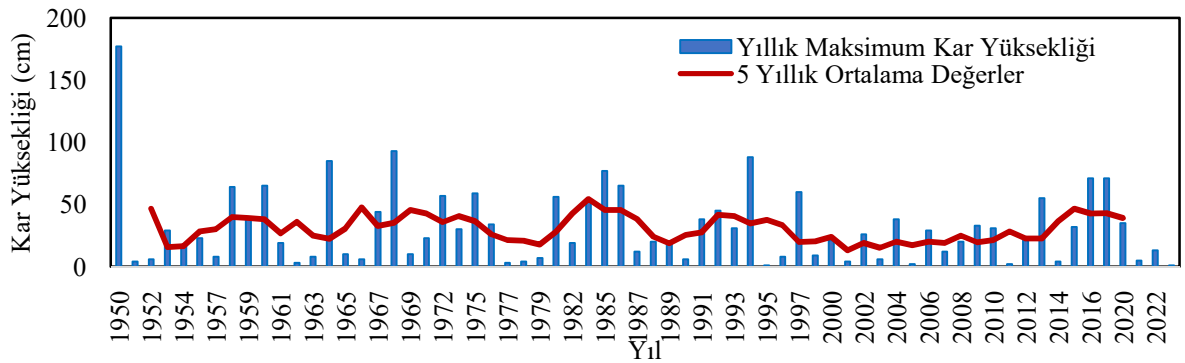
Şekil 3.7. Samsun bölge kar grafiği



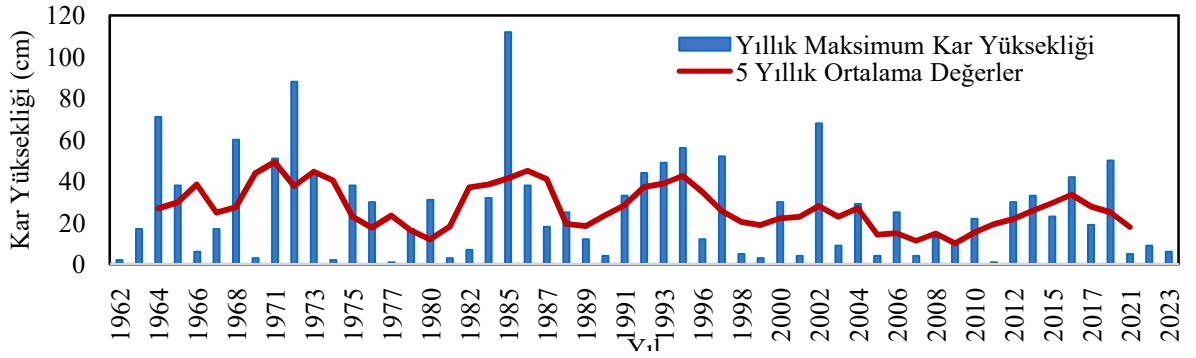
Şekil 3.8. Ordu kar grafiği



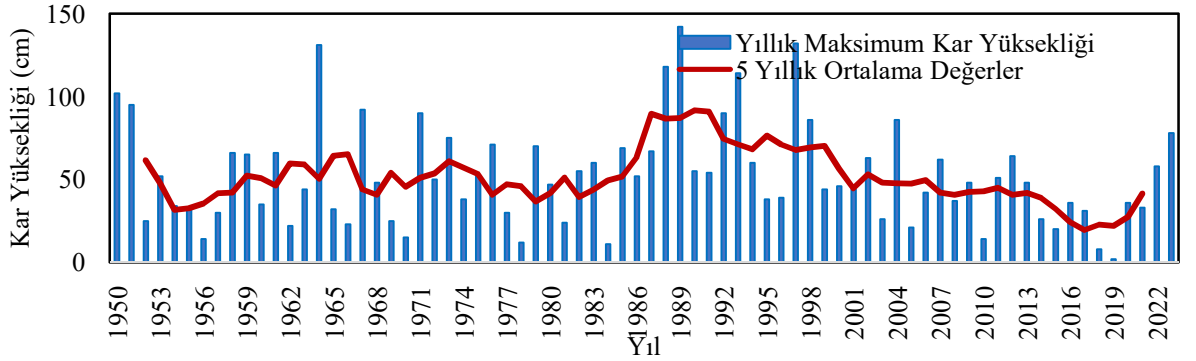
Şekil 3.9. Giresun kar grafiği



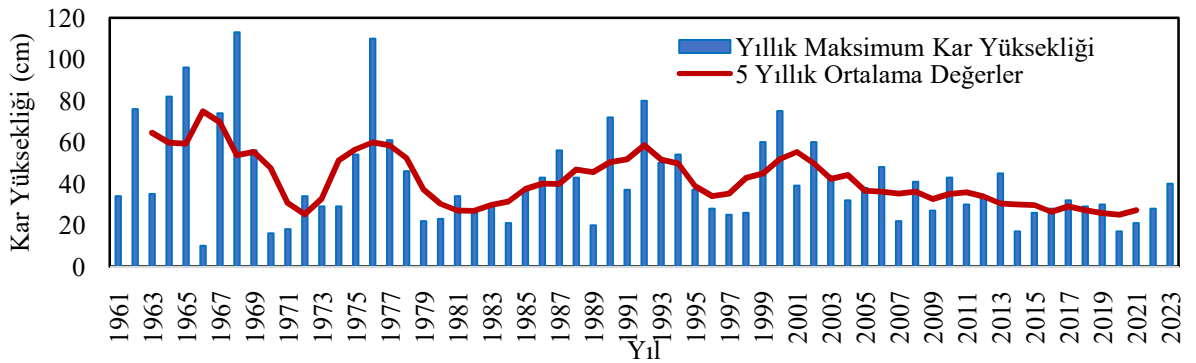
Şekil 3.10. Rize kar grafiği



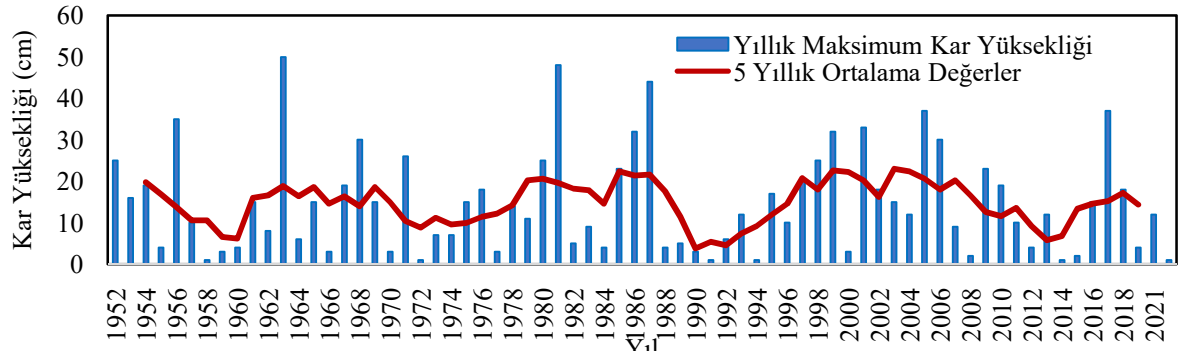
Şekil 3.11. Hopa kar grafiği



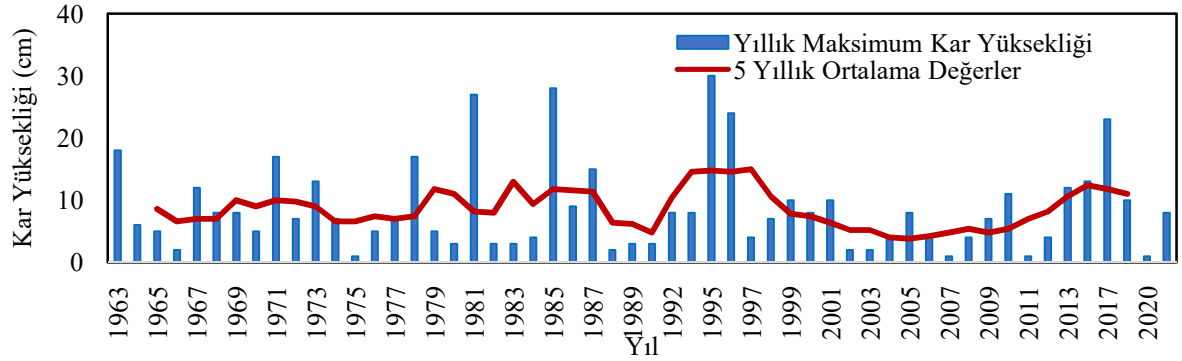
Şekil 3.12. Artvin kar grafiği



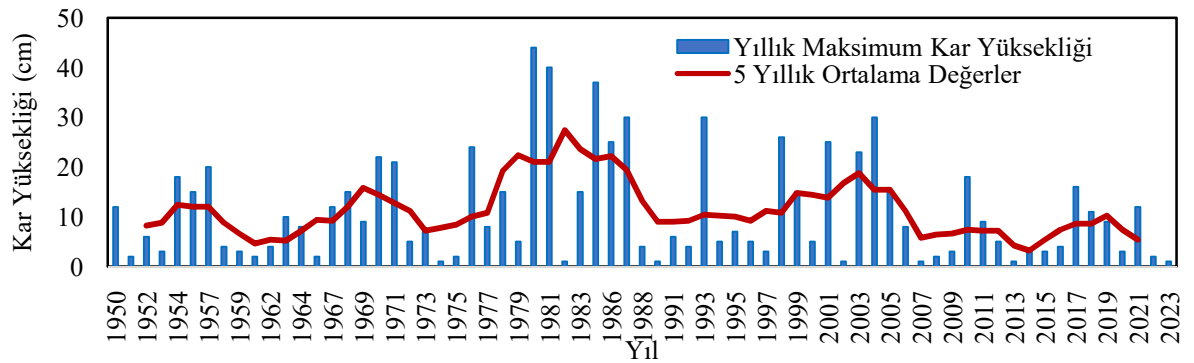
Şekil 3.13. Ardahan kar grafiği



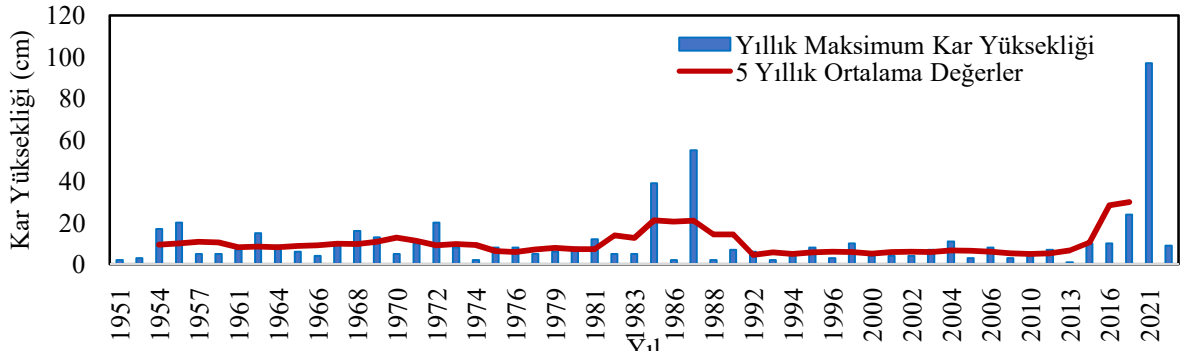
Şekil 3.14. Edirne kar grafiği



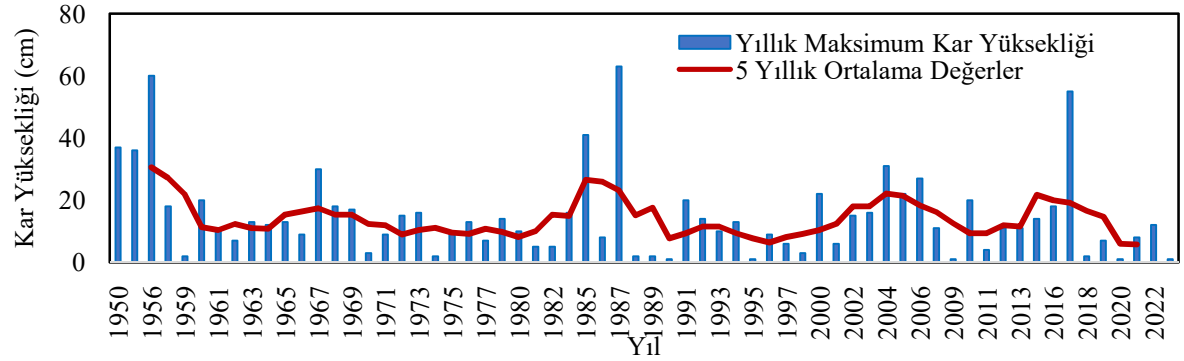
Şekil 3.15. Kırklareli kar grafiği



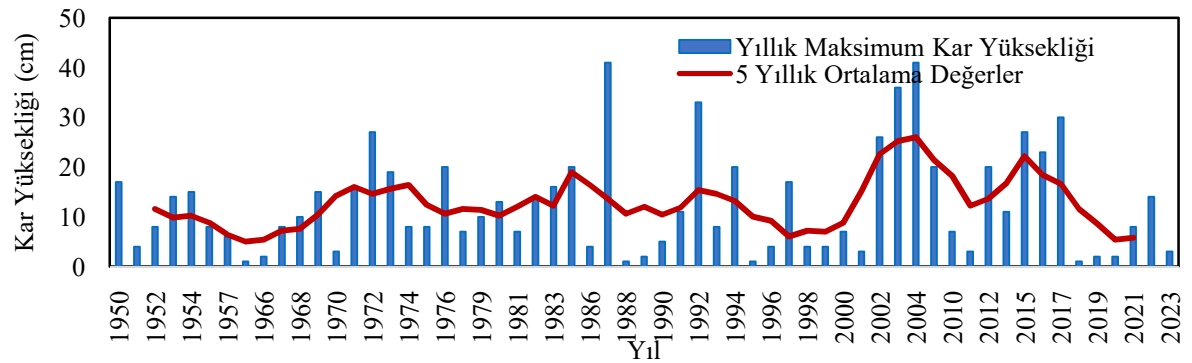
Şekil 3.16. Tekirdağ kar grafiği



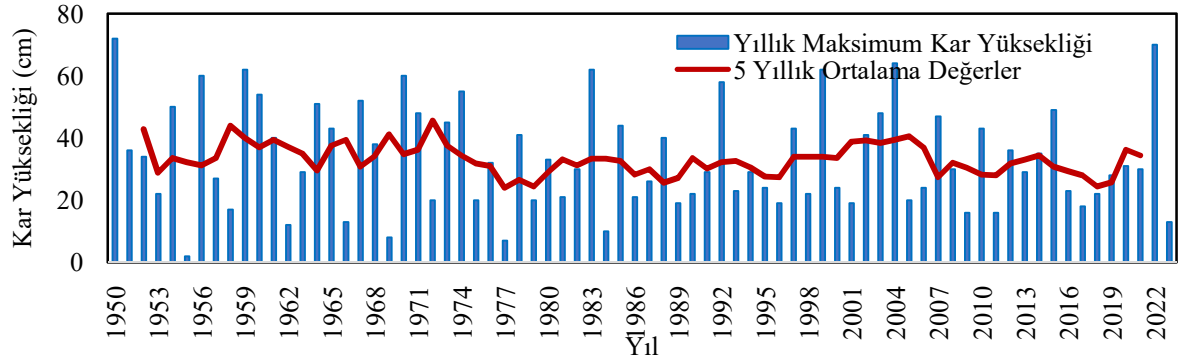
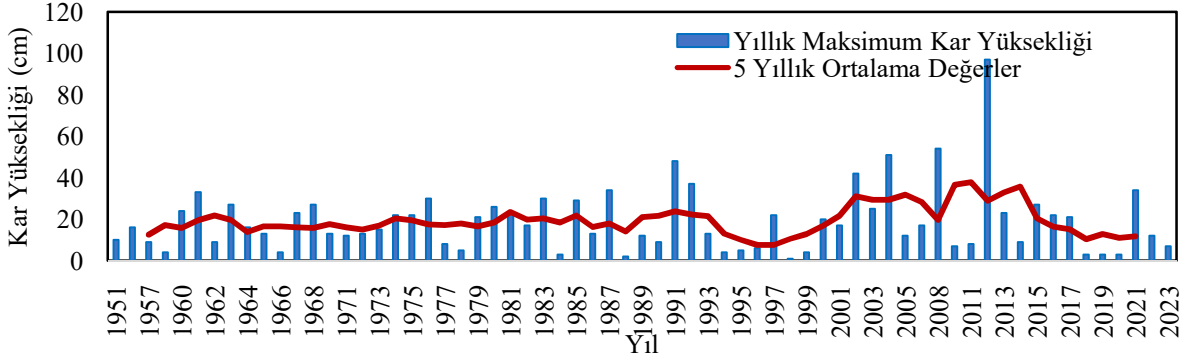
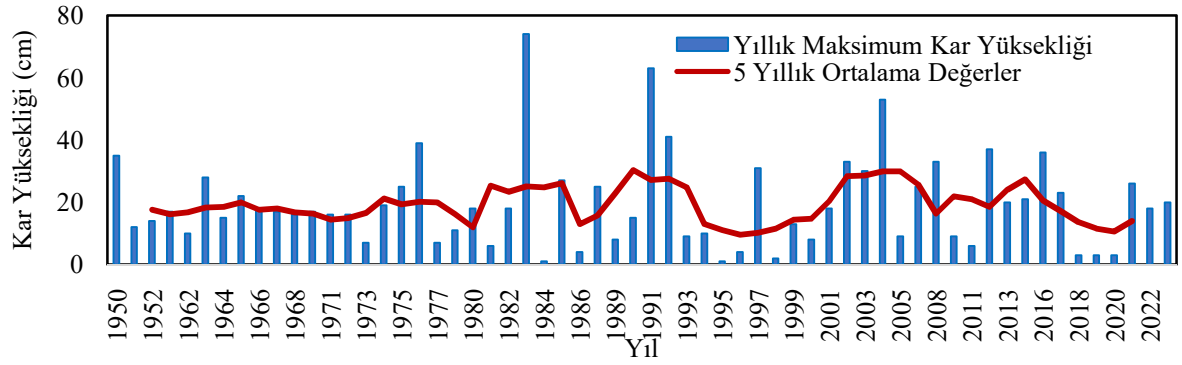
Şekil 3.17. Sarıyer-Kumköy-Kilyos kar grafiği

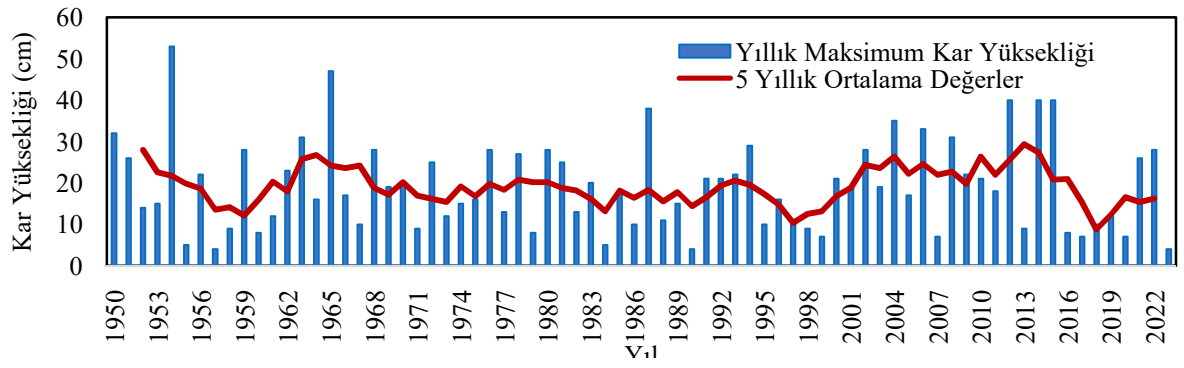


Şekil 3.18. Sarıyer kar grafiği

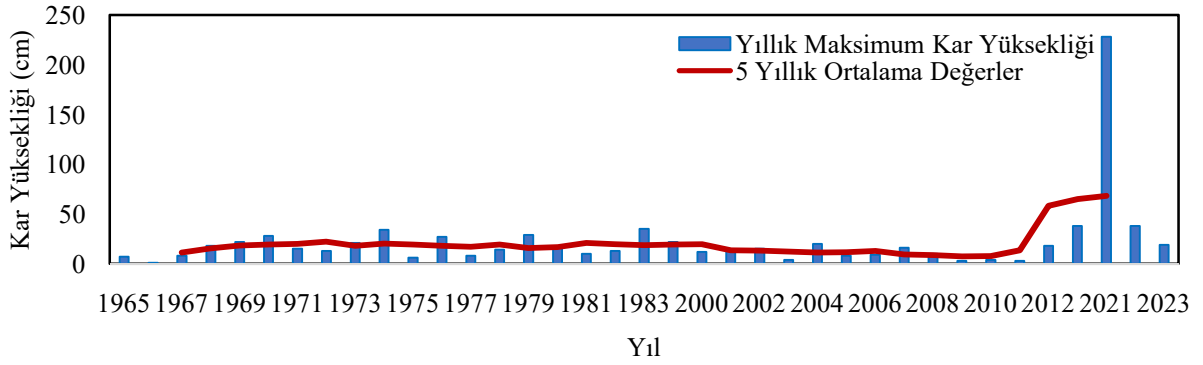


Şekil 3.19. İstanbul bölge kar grafiği

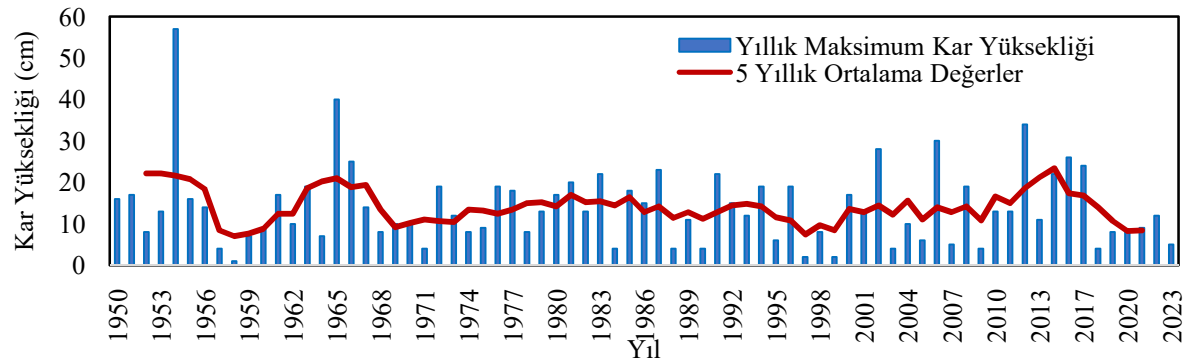




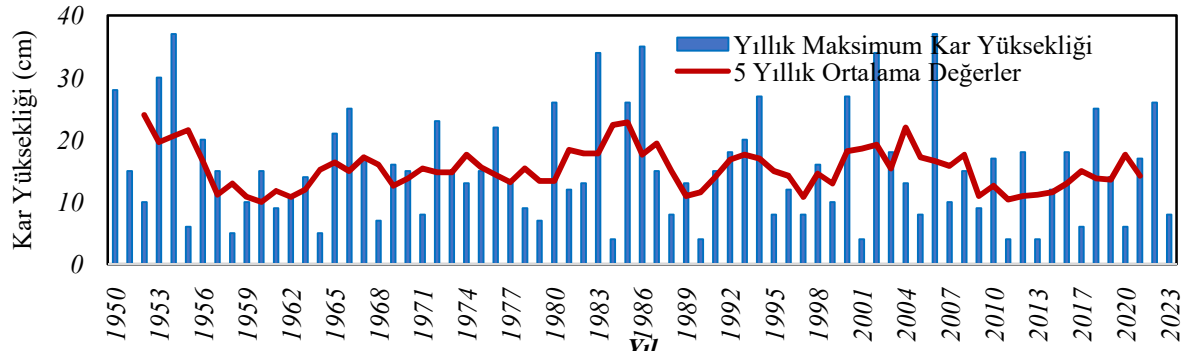
Şekil 3.23. Kastamonu kar grafiği



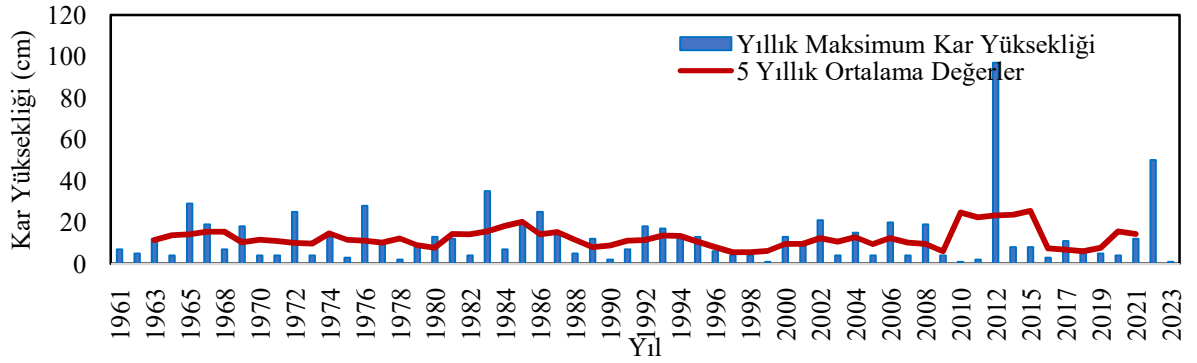
Şekil 3.24. Karabük kar grafiği



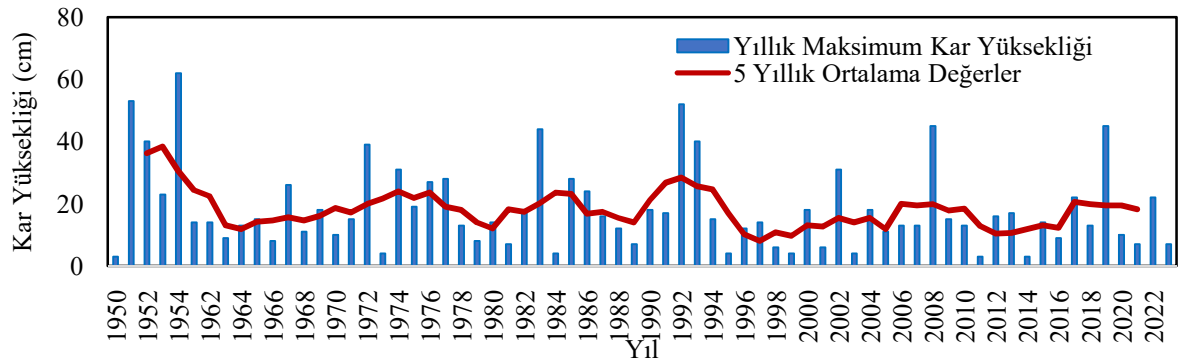
Şekil 3.25. Çankırı kar grafiği



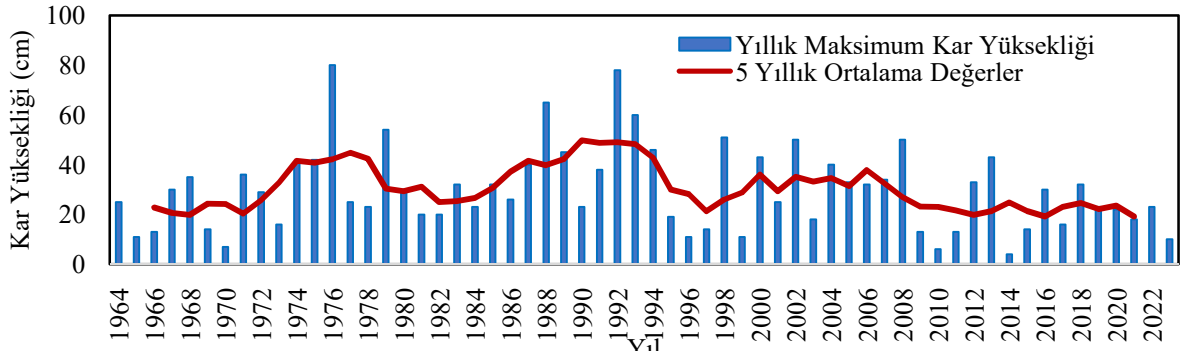
Şekil 3.26. Çorum kar grafiği



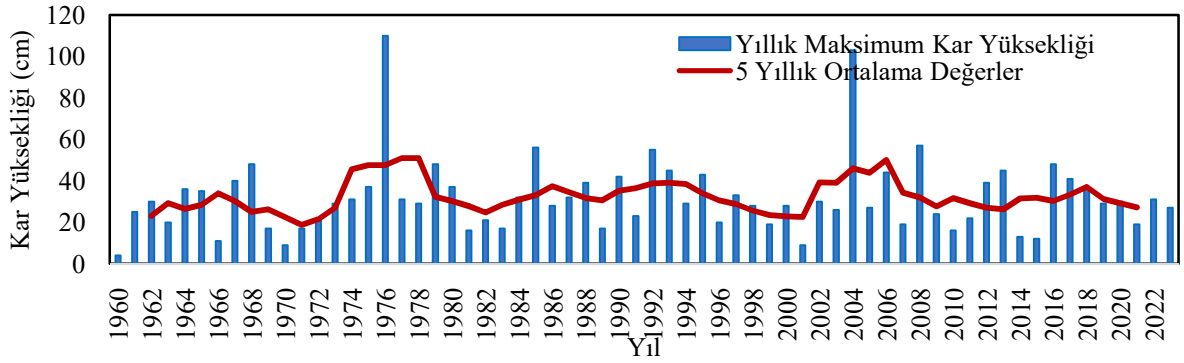
Şekil 3.27. Amasya kar grafiği



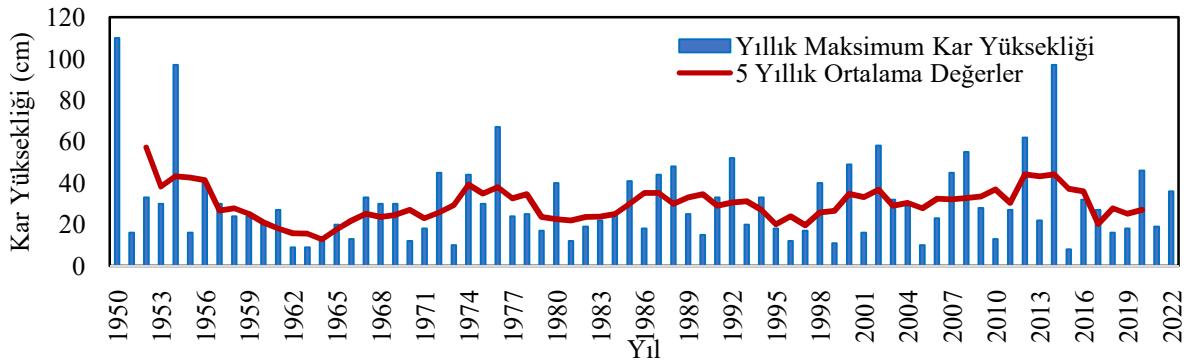
Şekil 3.28. Tokat kar grafiği



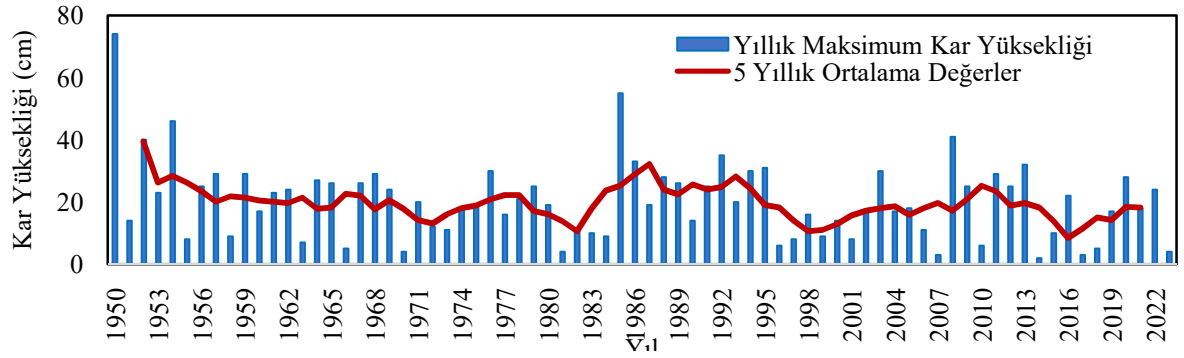
Şekil 3.29. Gümüşhane kar grafiği



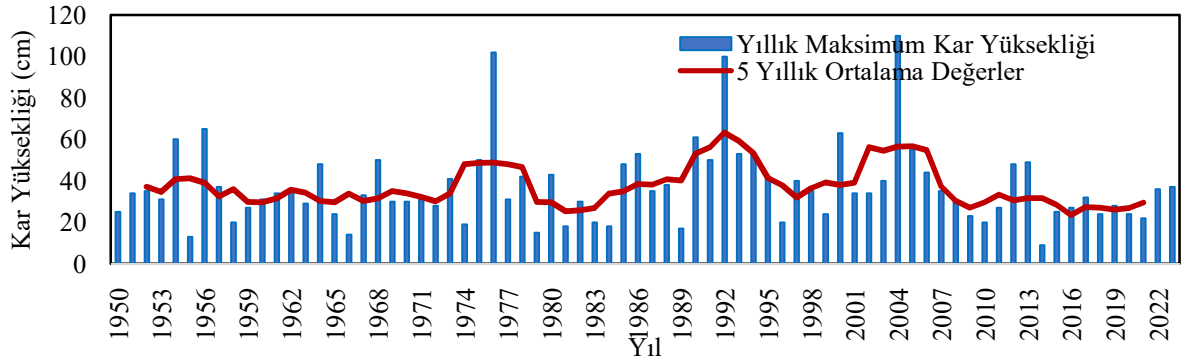
Şekil 3.30. Bayburt kar grafiği



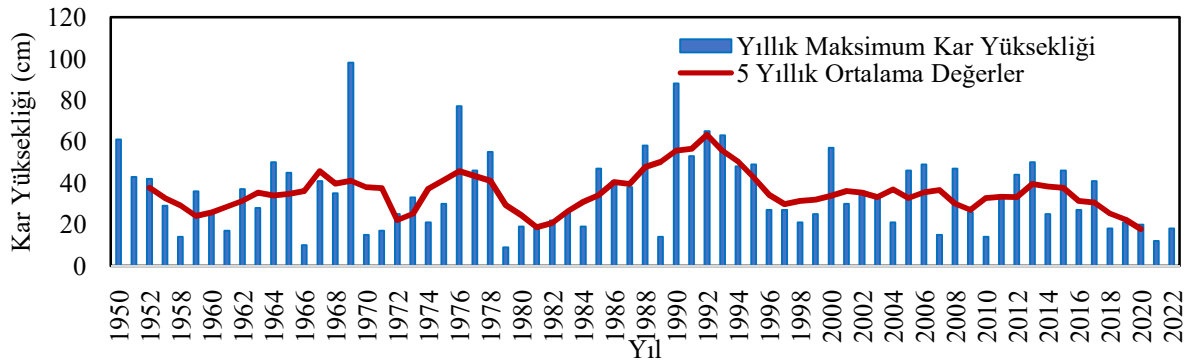
Şekil 3.31. Sivas kar grafiği



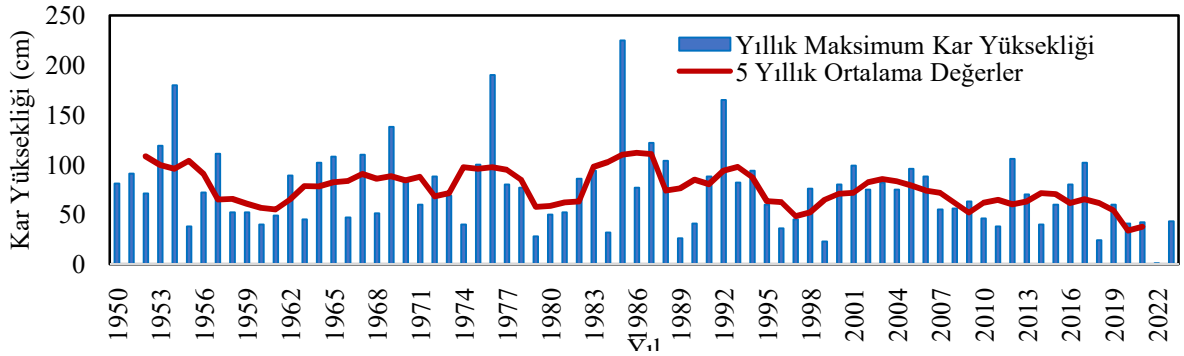
Şekil 3.32. Erzincan kar grafiği



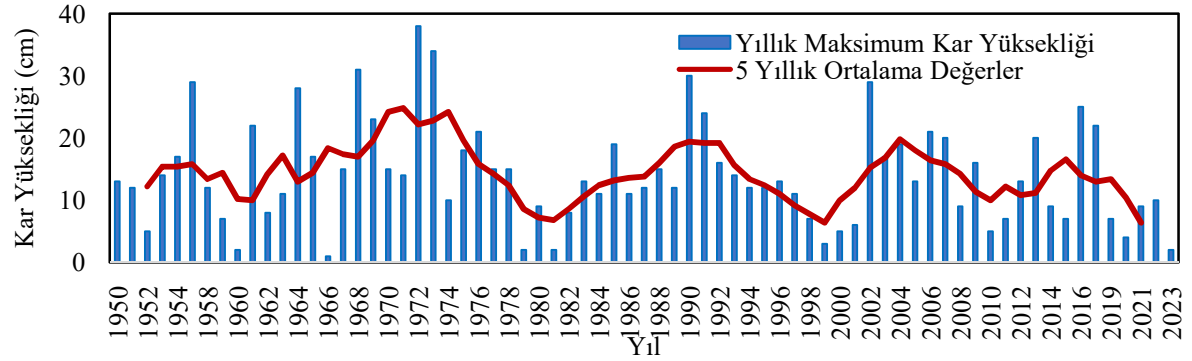
Şekil 3.33. Erzurum havalimanı kar grafiği



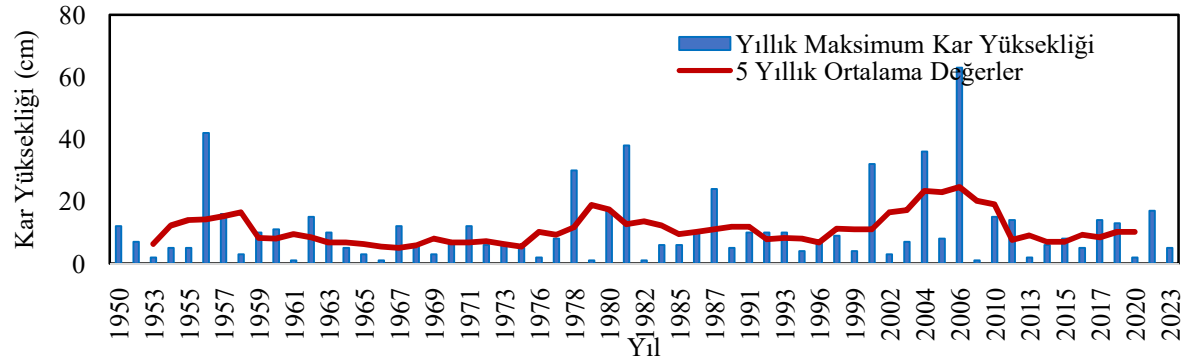
Şekil 3.34. Kars kar grafiği



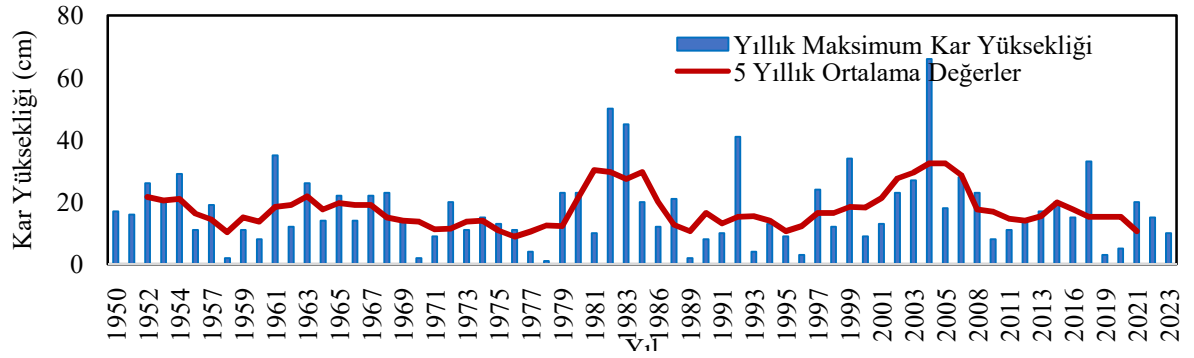
Şekil 3.35. Ağrı kar grafiği



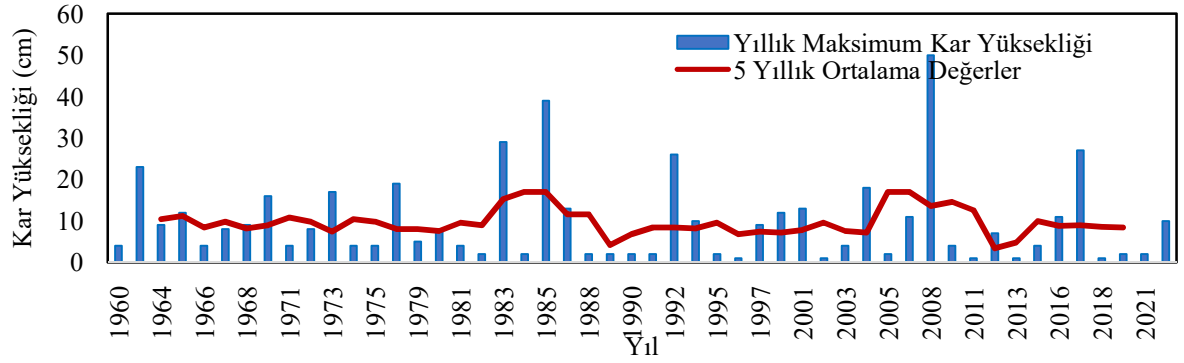
Şekil 3.36. Iğdır kar grafiği



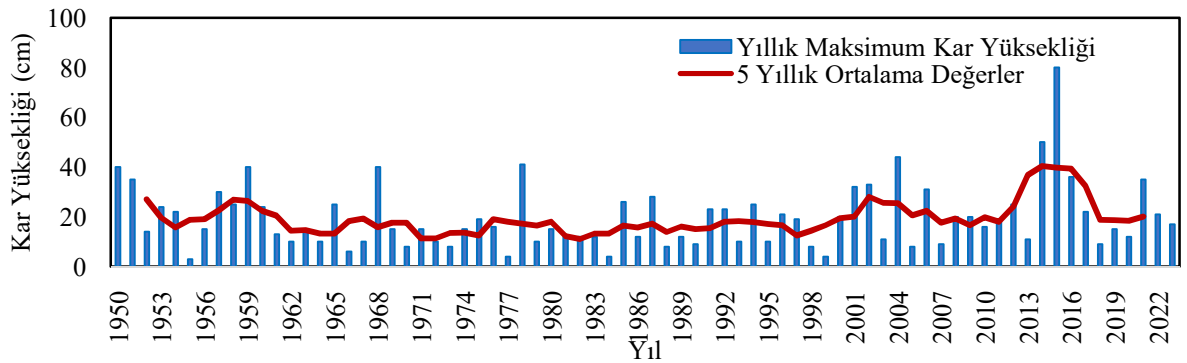
Şekil 3.37. Çanakkale kar grafiği



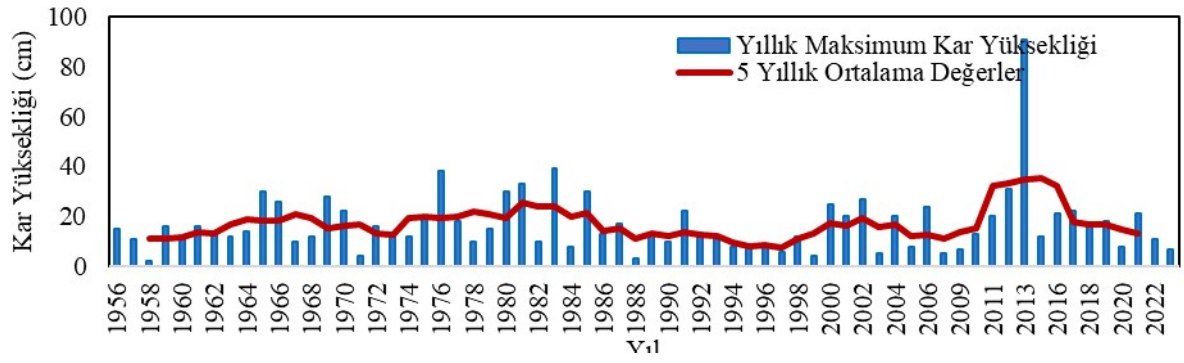
Şekil 3.38. Bursa kar grafiği



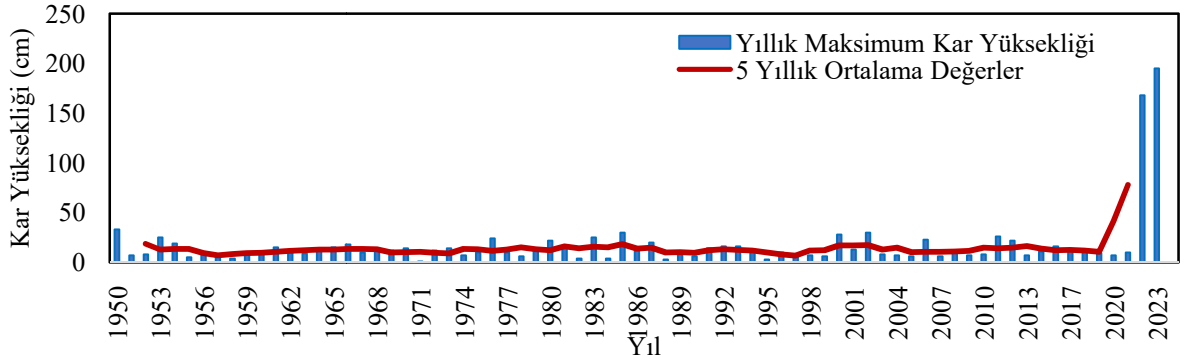
Şekil 3.39. Yalova kar grafiği



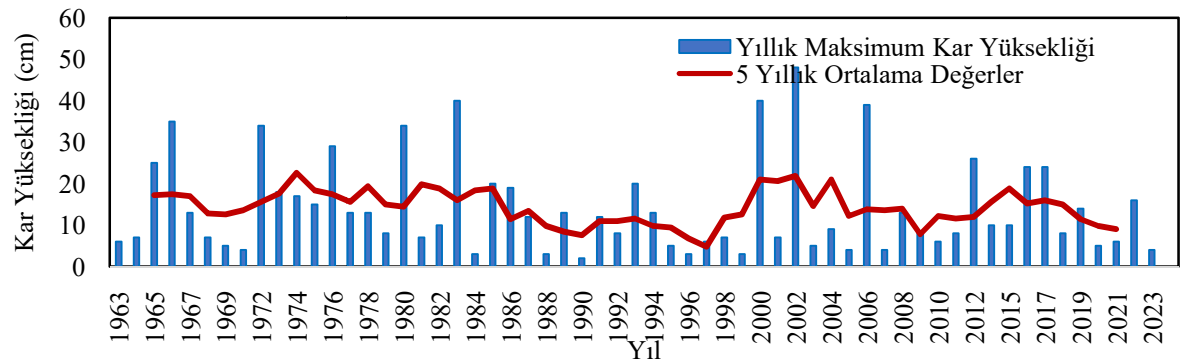
Şekil 3.40. Bilecik kar grafiği



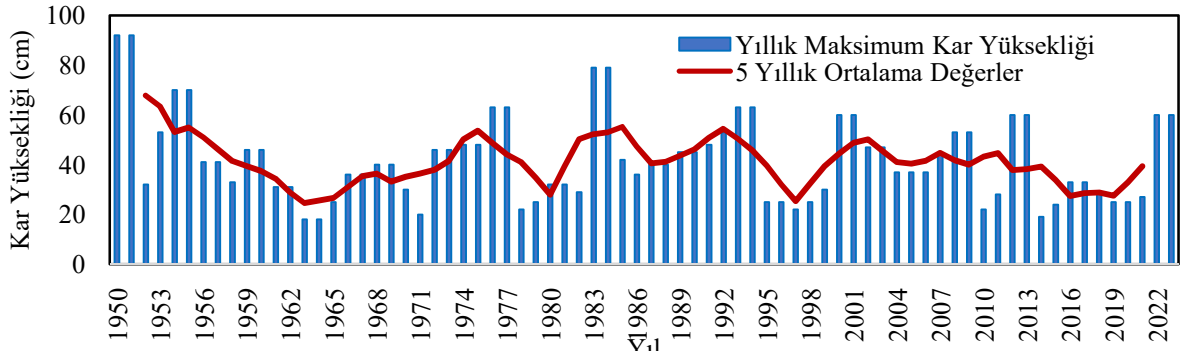
Şekil 3.41. Ankara Esenboğa havalimanı kar grafiği



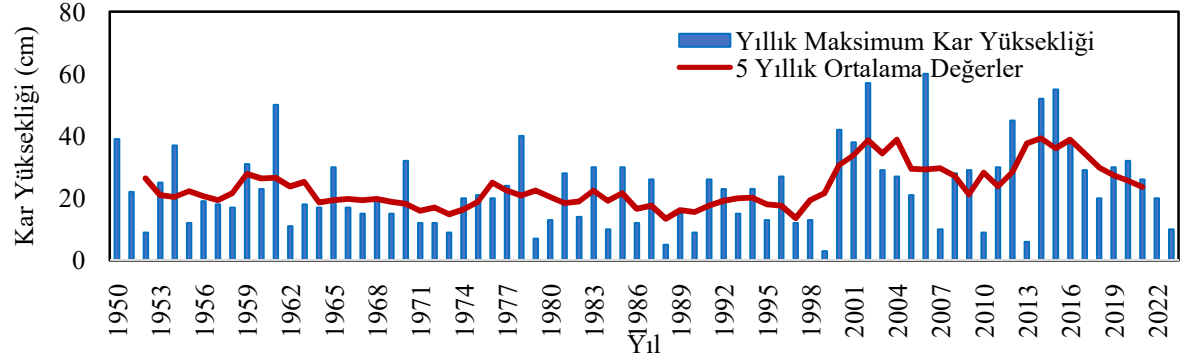
Şekil 3.42. Ankara bölge kar grafiği



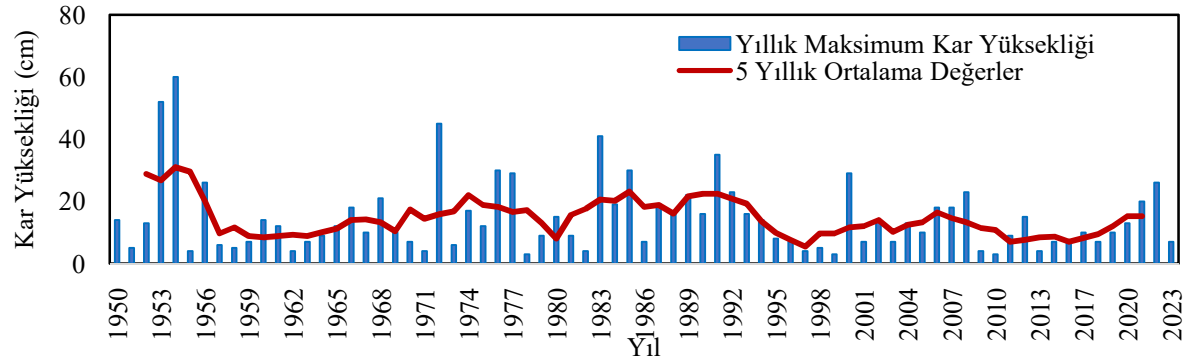
Şekil 3.43. Kırıkkale kar grafiği



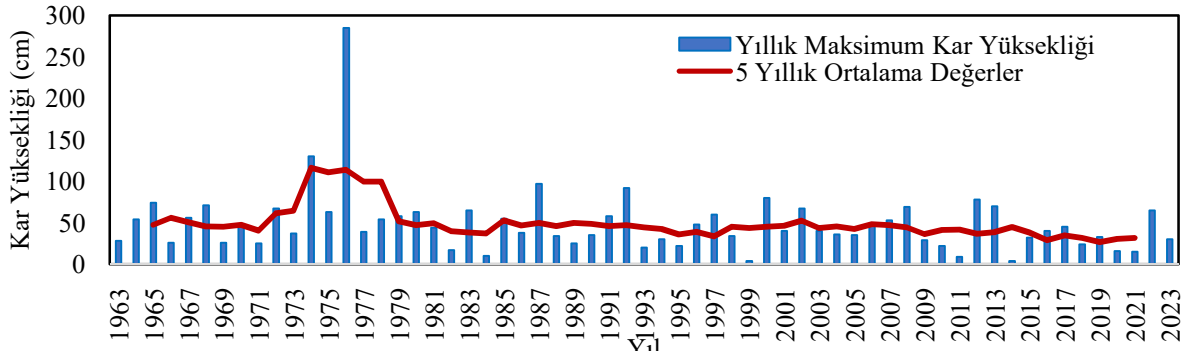
Şekil 3.44. Yozgat kar grafiği



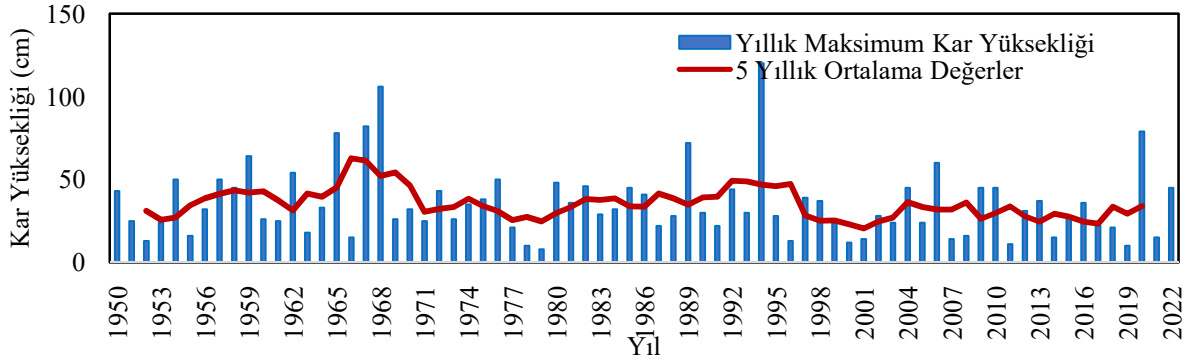
Şekil 3.45. Kütahya kar grafiği



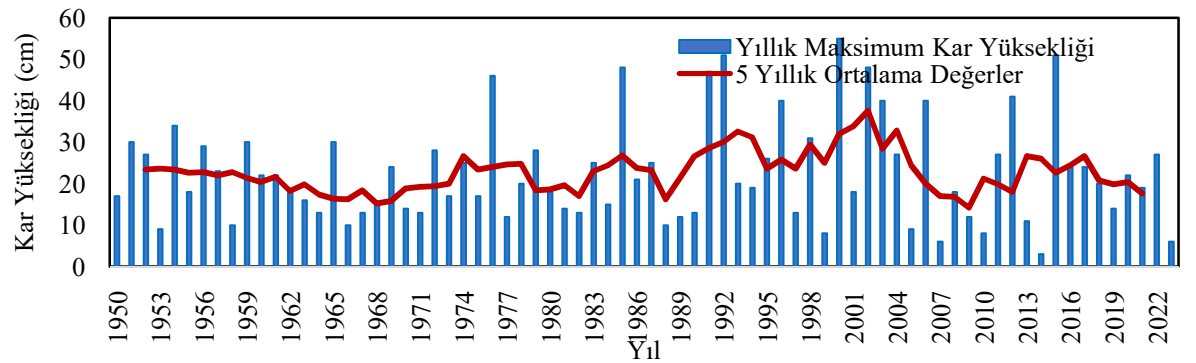
Şekil 3.46. Kırşehir kar grafiği



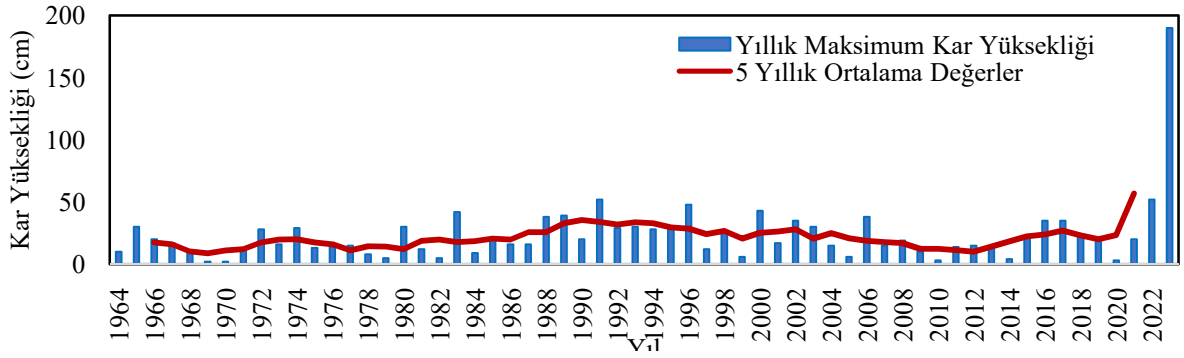
Şekil 3.47. Tunceli kar grafiği



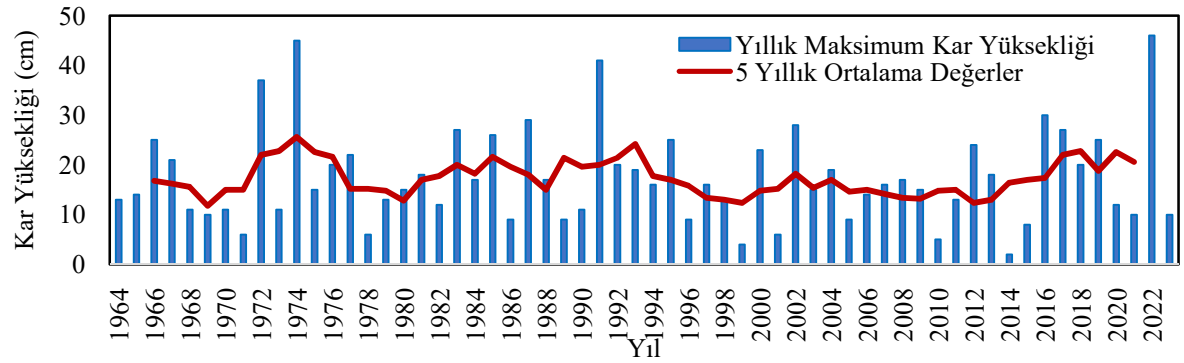
Şekil 3.48. Van bölge kar grafiği



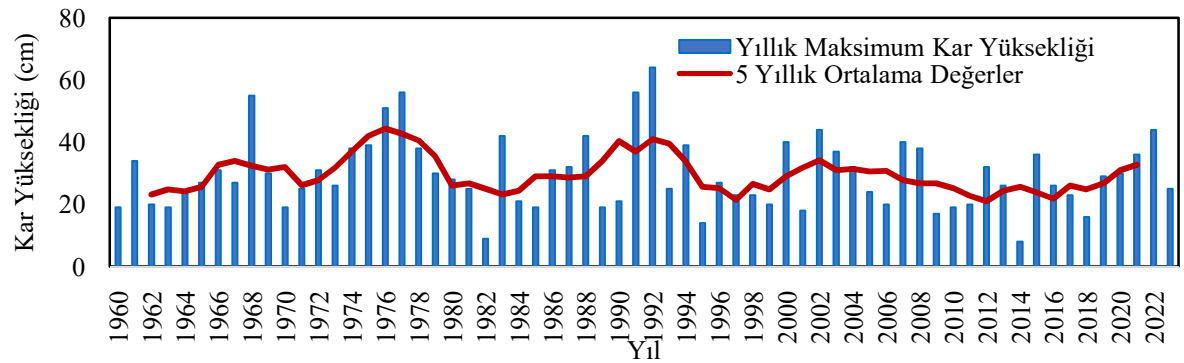
Şekil 3.49. Afyonkarahisar bölge kar grafiği



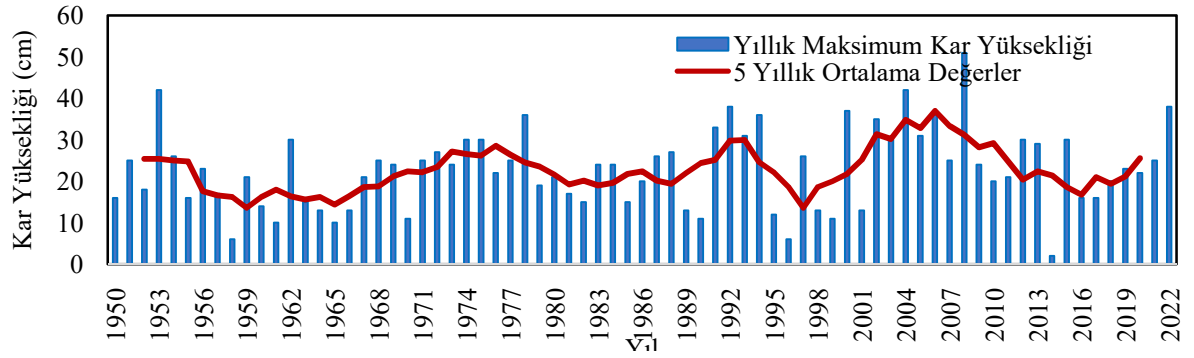
Şekil 3.50. Cihanbeyli kar grafiği



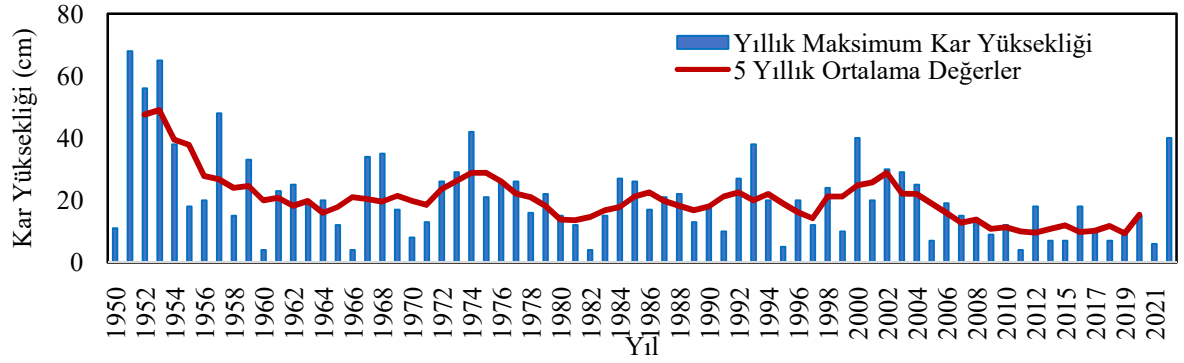
Şekil 3.51. Aksaray kar grafiği



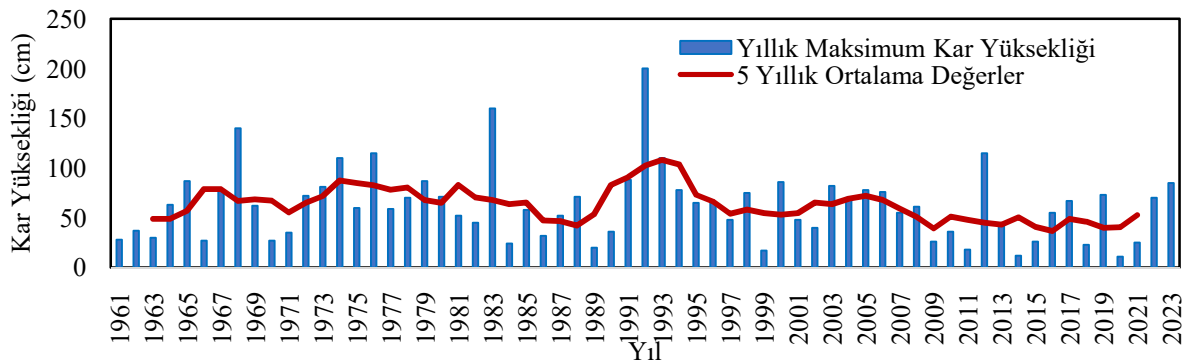
Şekil 3.52. Nevşehir kar grafiği



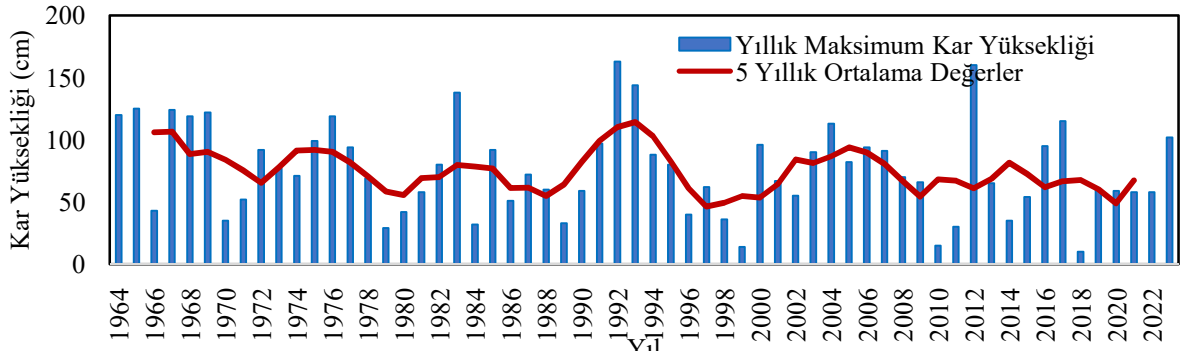
Şekil 3.53. Kayseri bölge kar grafiği



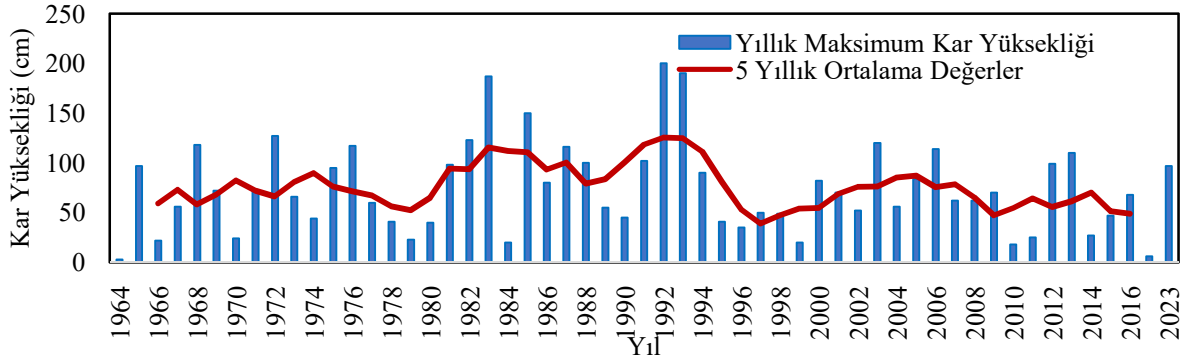
Şekil 3.54. Elâzığ bölge kar grafiği



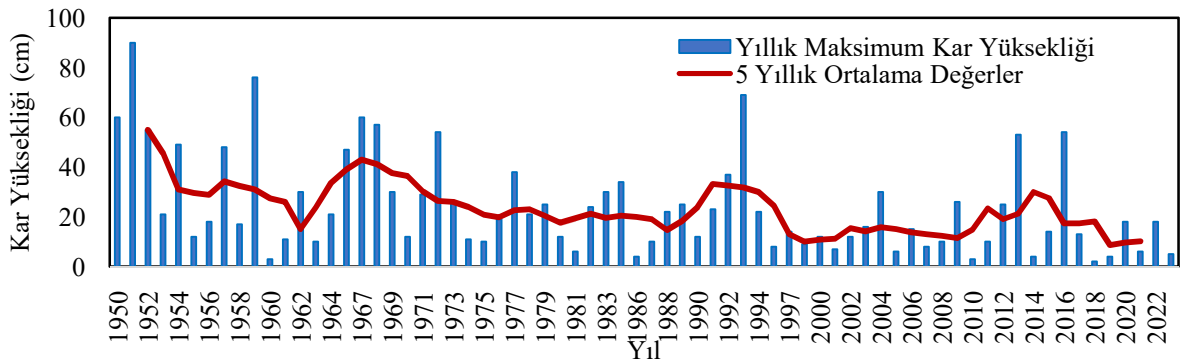
Şekil 3.55. Bingöl kar grafiği



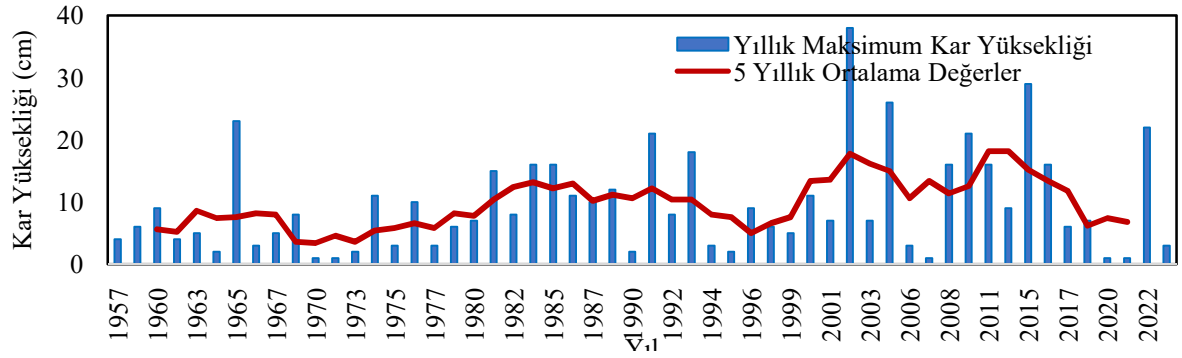
Şekil 3.56. Muş kar grafiği



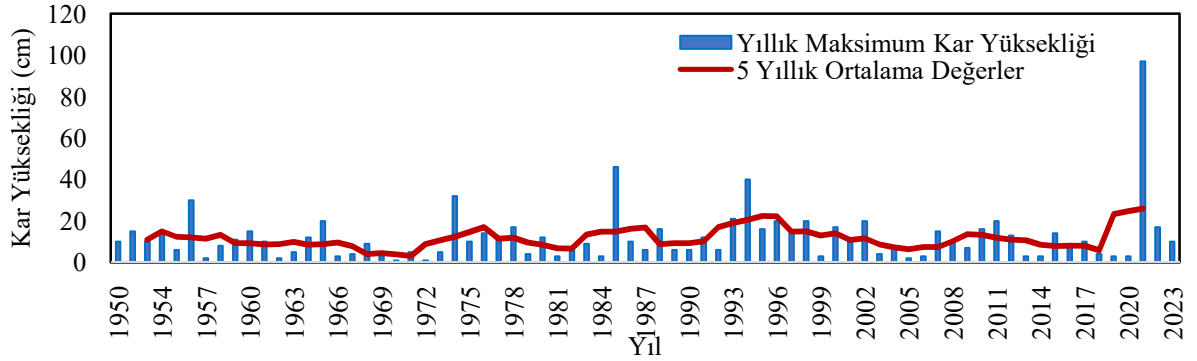
Şekil 3.57. Tatvan kar grafiği



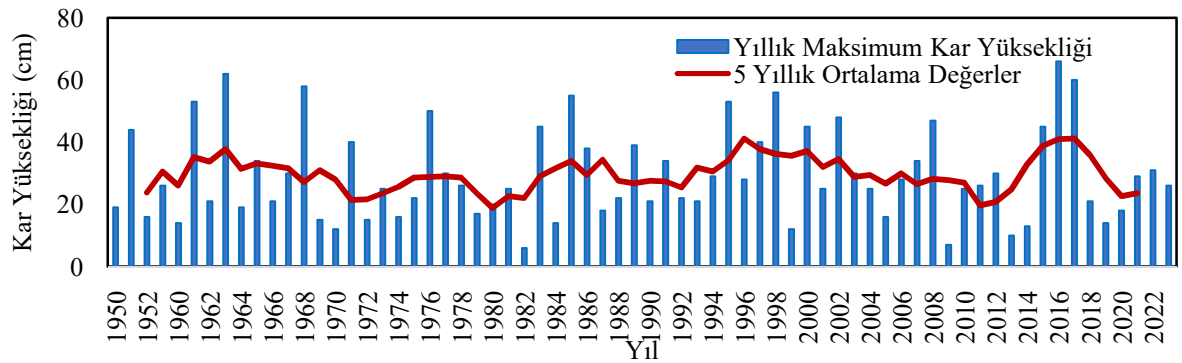
Şekil 3.58. Siirt kar grafiği



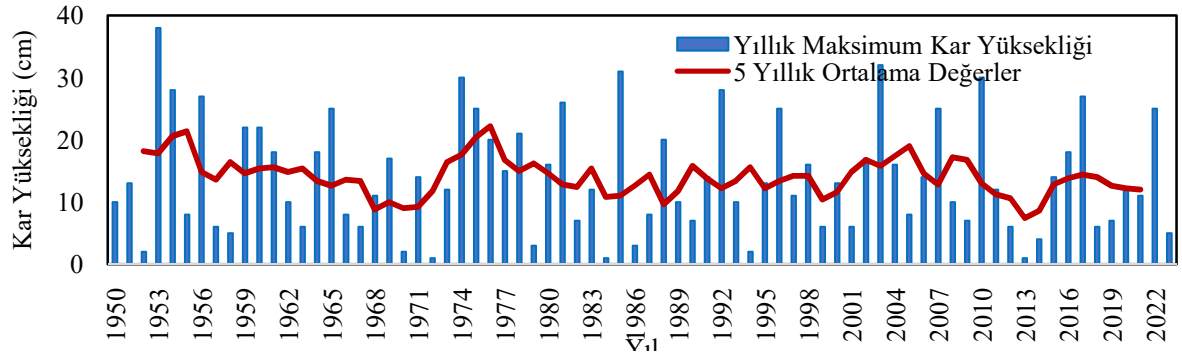
Şekil 3.59. Denizli kar grafiği



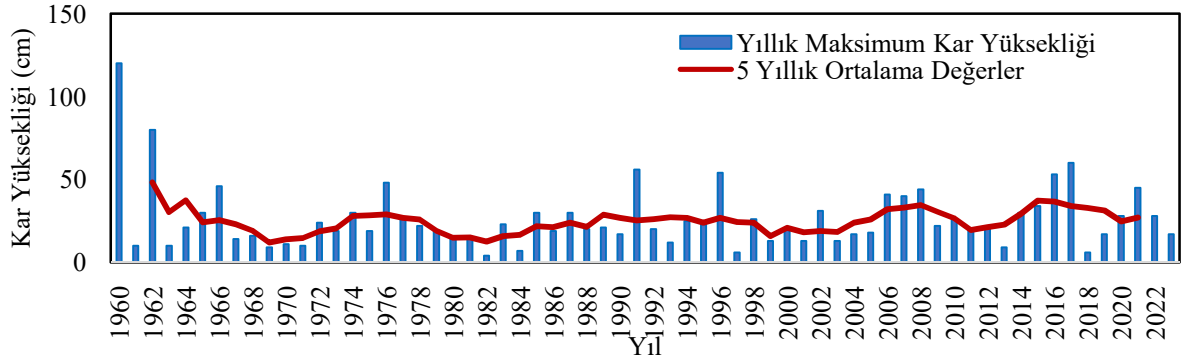
Şekil 3.60. Burdur kar grafiği



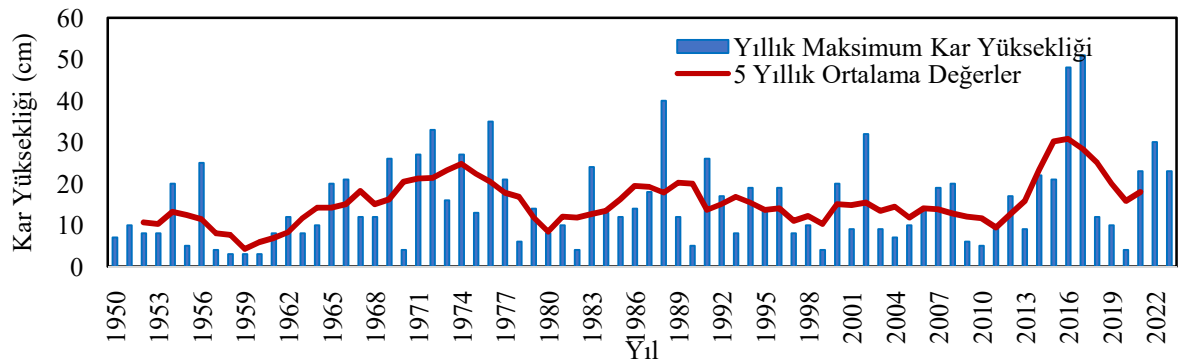
Şekil 3.61. Akşehir kar grafiği



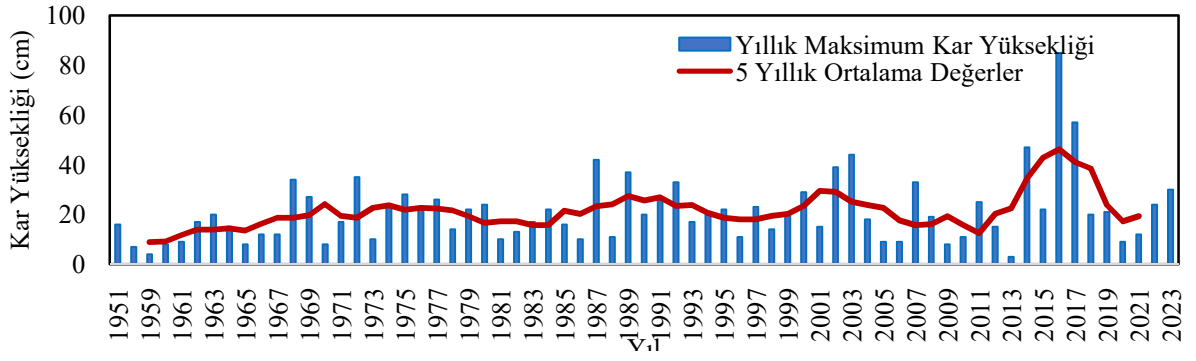
Şekil 3.62. Isparta kar grafiği



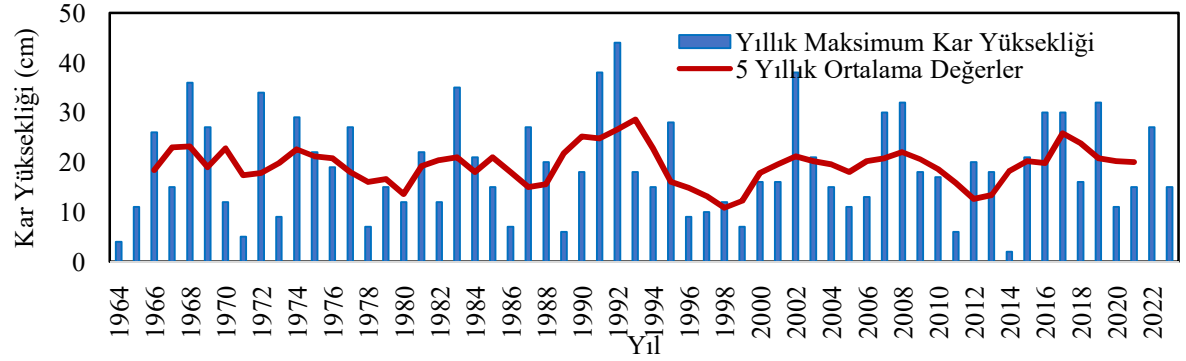
Şekil 3.63. Beyşehir kar grafiği



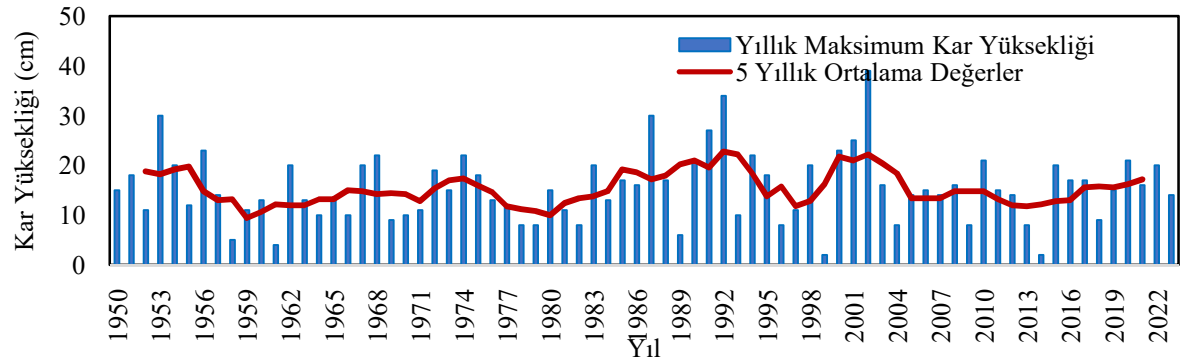
Şekil 3.64. Konya havalimanı kar grafiği



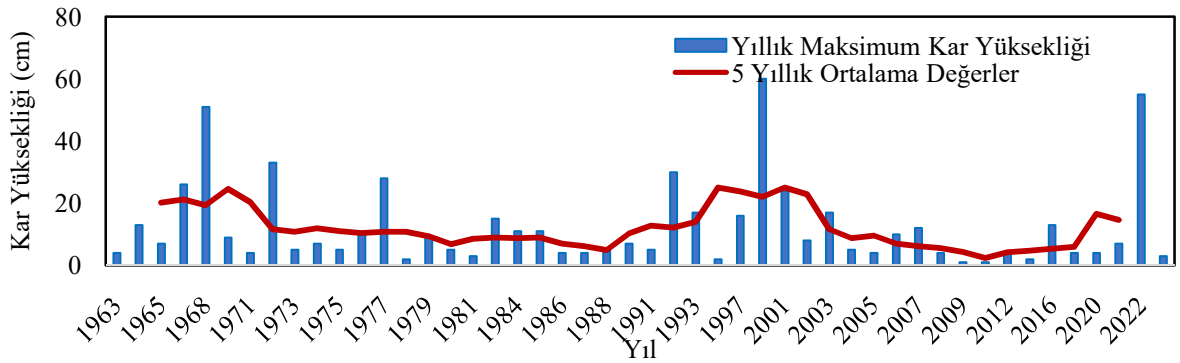
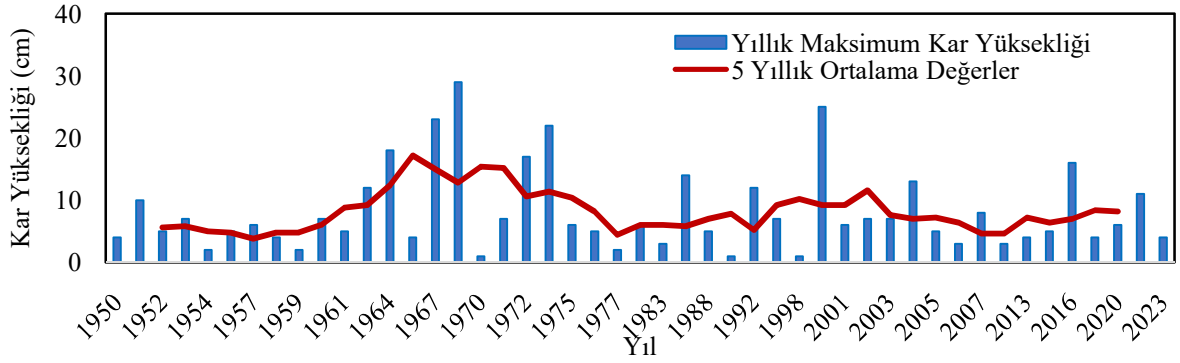
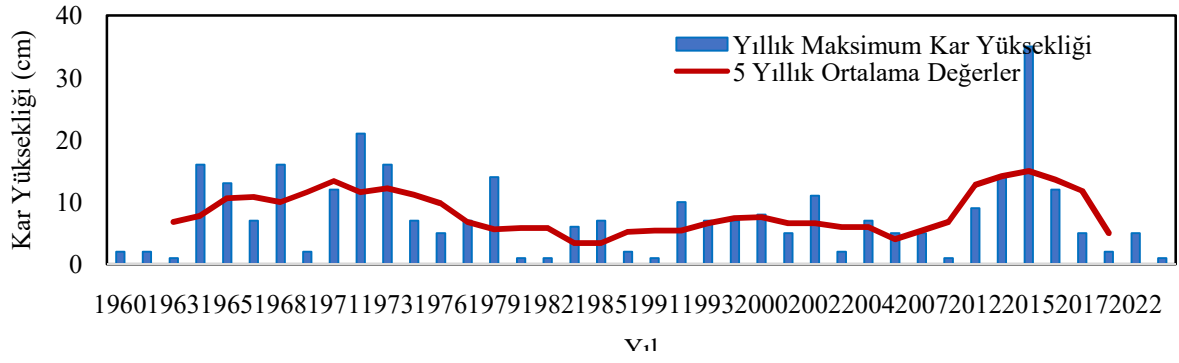
Şekil 3.65. Karaman kar grafiği

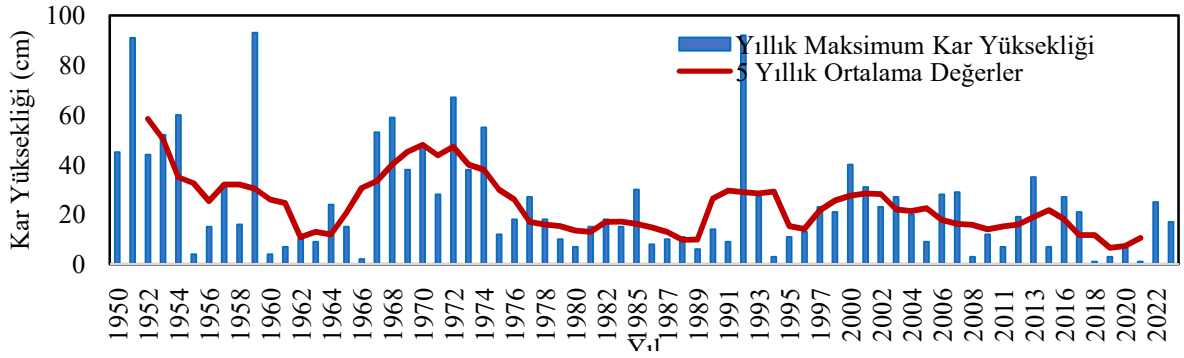


Şekil 3.66. Ereğli kar grafiği

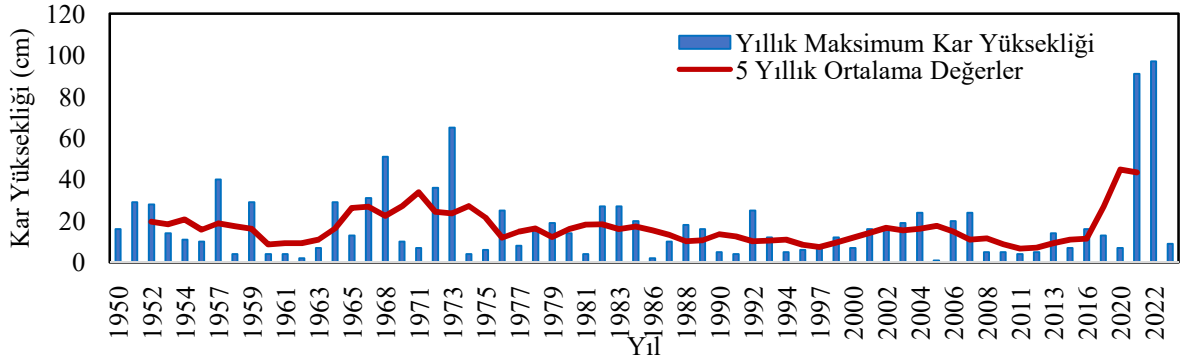


Şekil 3.67. Niğde kar grafiği

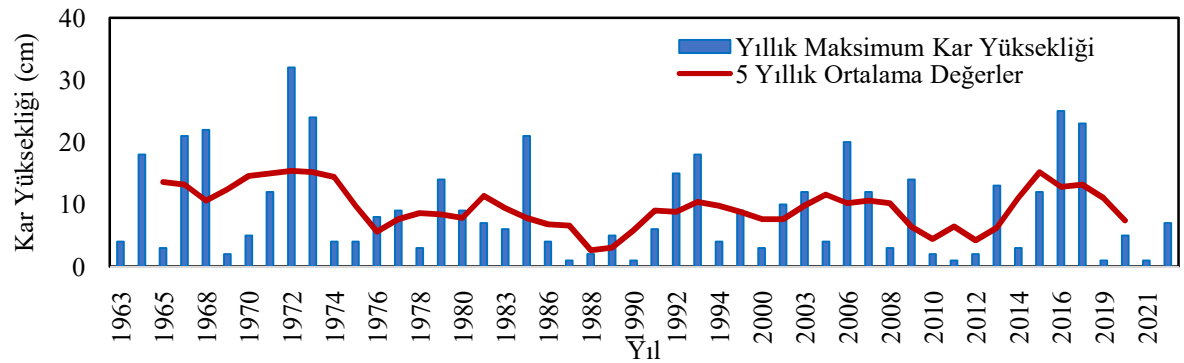




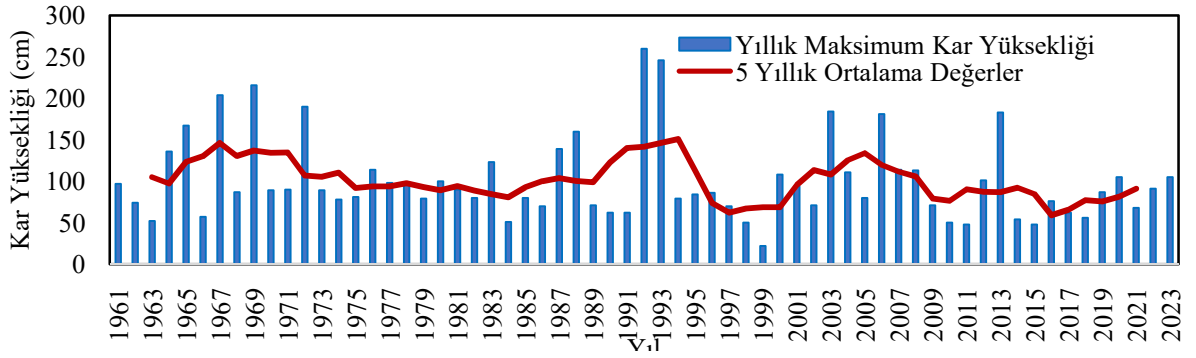
Şekil 3.71. Mardin kar grafiği



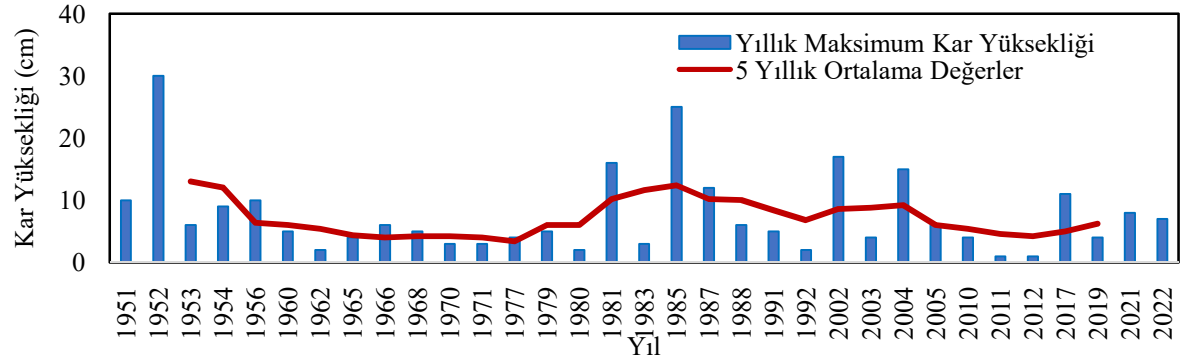
Şekil 3.72. Diyarbakır havalimanı kar grafiği



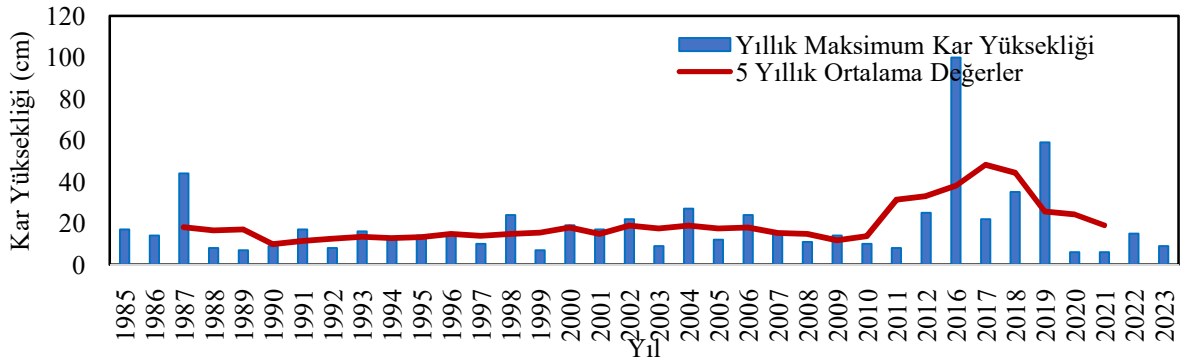
Şekil 3.73. Batman kar grafiği



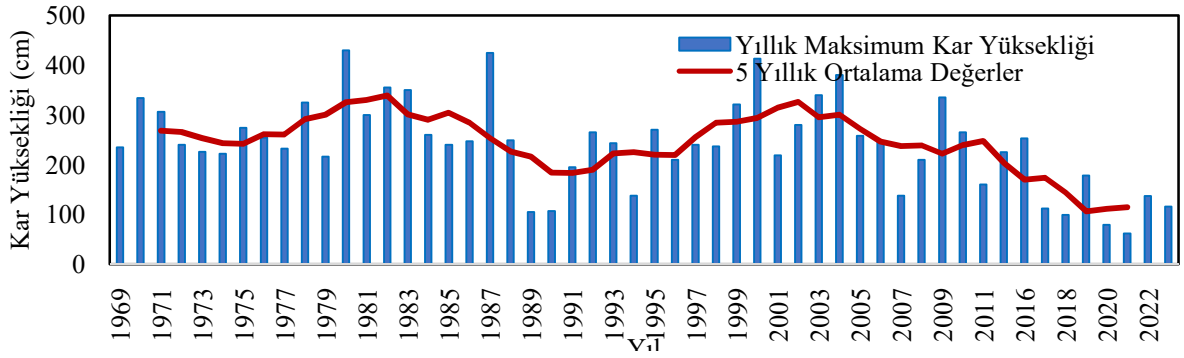
Şekil 3.74. Hakkâri kar grafiği



Şekil 3.75. Muğla kar grafiği



Şekil 3.76. Ilgaz kar grafiği



Şekil 3.77. Uludağ kar grafiği

Bina tasarımlarında kar yükü hesap değerleri ve güncel haritalar oluşturmak için olasılık dağılım fonksiyonlarından o istasyon için uyumlu olan fonksiyon belirli testler yardımıyla seçildi. Bu amaç doğrultusunda Normal, Lognormal, Weibull, Logistik, Gamma ve Exponential olasılık dağılım fonksiyonları kullanıldı. Bu fonksiyonlardan hangisinin kar verilerine uyumlu olduğu Bayesianin formation criterion, Akaike Information Criterion, Anderson-Darling, Kolmogrow-Smirnov, Cramér-vonMises, Chi-square gibi test yöntemleri kullanılarak araştırıldı. Bu testler sonucunda istasyonlardaki kar verilerinin Mann-Kendall ve Yenilikçi Şen yöntemi yardımıyla yağış yönelim analizleri araştırıldı. Araştırmaya konu olan istasyonlar Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.5. Araştırmaya konu olan istasyonlar

Lokasyon	İstasyon No	Rakım	Koordinat Bilgisi
Akçakoca	17015	10	41°05'22.2"N 31°08'14.6"E
Bartın	17020	33	41°37'29.3"N 32°21'24.8"E
İnebolu	17024	64	41°58'44.0"N 33°45'49.0"E
Sinop	17026	32	42°01'47.6"N 35°09'16.2"E
Samsun Bölge	17030	4	41°20'39.0"N 36°15'23.0"E
Ordu	17033	5	40°59'01.7"N 37°53'08.9"E
Giresun	17034	38	40°55'21.7"N 38°23'16.1"E
Rize	17040	3	41°02'24.0"N 40°30'04.7"E
Hopa	17042	33	41°24'23.4"N 41°25'58.8"E
Artvin	17045	613	41°10'30.7"N 41°49'07.3"E
Edirne	17050	51	41°40'36.1"N 26°33'02.9"E
Kırklareli	17052	232	41°44'17.5"N 27°13'04.1"E

Çizelge 3.5. (Devam) Araştırmaya konu olan istasyonlar

Lokasyon	İstasyon No	Rakım	Koordinat Bilgisi
Tekirdağ	17056	4	40°57'30.6"N 27°29'47.4"E
SarıyerKumköy	17059	38	41°15'01.8"N 29°02'18.2"E
Sarıyer	17061	59	41°08'47.0"N 29°03'00.7"E
İstanbul Bölge	17064	8	40°54'40.7"N 29°09'20.9"E
Kocaeli	17066	74	40°45'58.7"N 29°55'02.3"E
Sakarya	17069	30	40°46'03.4"N 30°23'36.2"E
Bolu	17070	743	40°43'58.4"N 31°36'07.9"E
Kastamonu	17074	800	41°22'15.6"N 33°46'32.2"E
Karabük	17078	259	41°12'16.0"N 32°37'58.2"E
Çankırı	17080	755	40°36'29.5"N 33°36'36.7"E
Çorum	17084	776	40°32'46.0"N 34°56'10.3"E
Amasya	17085	409	40°40'00.5"N 35°50'07.1"E
Tokat	17086	611	40°19'52.3"N 36°33'27.7"E
Gümüşhane	17088	1216	40°27'35.3"N 39°27'55.1"E
Bayburt	17089	1584	40°15'16.9"N 40°13'14.5"E
Sivas	17090	1294	39°44'37.3"N 37°00'07.2"E
Erzincan	17094	1216	39°45'08.3"N 39°29'12.5"E
ErzurumHa.	17096	1758	39°57'10.4"N 41°11'22.9"E
Kars	17097	1777	40°36'21.8"N 43°06'42.8"E
Ağrı	17099	1646	39°43'31.1"N 43°03'07.9"E
Iğdır	17100	856	39°55'33.3"N 44°03'13.4"E
Çanakkale	17112	6	40°08'27.6"N 26°23'57.5"E
Bursa	17116	100	40°13'50.9"N 29°00'47.9"E
Yalova	17119	4	40°39'37.2"N 29°17'11.9"E
Bilecik	17120	539	40°08'29.0"N 29°58'37.9"E
AnkaraHa.	17128	959	40°07'26.4"N 32°59'57.1"E
Ankara Bölge	17130	891	39°58'21.7"N 32°51'49.3"E
Kırıkkale	17135	751	39°50'35.9"N 33°31'05.2"E
Ardahan	17046	1827	41°06'22.0"N 42°42'19.8"E
Yozgat	17140	1301	39°49'27.5"N 34°48'57.2"E

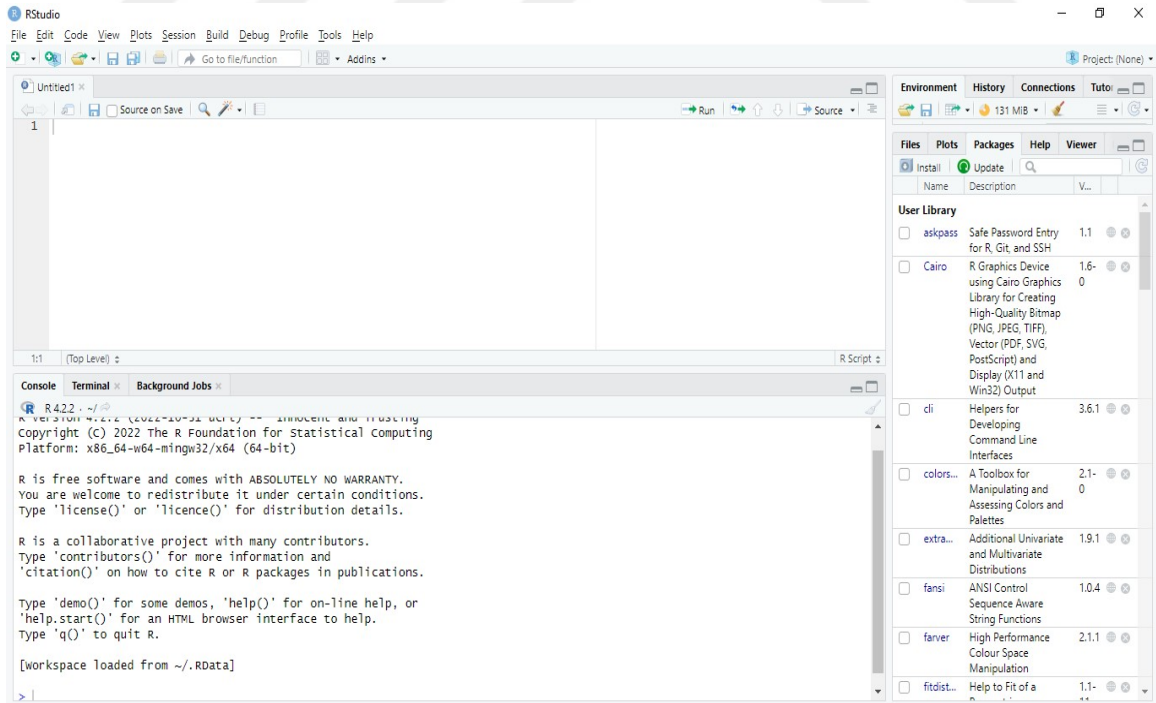
Çizelge 3.5. (Devam) Araştırmaya konu olan istasyonlar

Lokasyon	İstasyon No	Rakım	Koordinat Bilgisi
Kütahya	17155	1011	39°25'01.6"N 29°59'20.8"E
Kırşehir	17160	1007	39°09'50.2"N 34°09'22.0"E
Tunceli	17165	981	39°06'20.9"N 39°32'26.9"E
Van Bölge	17172	1675	38°28'09.5"N 43°20'45.6"E
Afyon Bölge	17190	1034	38°44'16.8"N 30°33'37.4"E
Cihanbeyli	17191	969	38°39'02.1"N 32°55'18.7"E
Aksaray	17192	970	38°22'13.8"N 33°59'55.3"E
Nevşehir	17193	1260	38°36'58.7"N 34°42'09.0"E
Kayseri Bölge	17196	1094	38°41'13.2"N 35°30'00.0"E
Elâzığ Bölge	17201	989	38°38'39.5"N 39°15'22.0"E
Bingöl	17203	1139	38°53'04.9"N 40°30'02.5"E
Muş	17204	1322	38°45'03.2"N 41°30'08.3"E
Tatvan	17205	1665	38°30'11.9"N 42°16'50.9"E
Siirt	17210	895	37°55'54.8"N 41°56'07.4"E
Denizli	17237	425	37°45'43.2"N 29°05'31.6"E
Burdur	17238	957	37°43'19.2"N 30°17'38.4"E
Akşehir	17239	1002	38°22'07.7"N 31°25'46.9"E
Isparta	17240	997	37°47'05.3"N 30°34'04.4"E
Beyşehir	17242	1141	37°40'39.7"N 31°44'46.7"E
Konya Ha.	17244	1031	37°59'01.3"N 32°34'26.4"E
Karaman	17246	1018	37°11'35.5"N 33°13'12.7"E
Ereğli	17248	1046	37°31'31.8"N 34°02'54.6"E
Niğde	17250	1211	37°57'30.6"N 34°40'46.2"E
Kilis	17262	640	36°42'30.4"N 37°06'43.3"E
Şanlıurfa	17270	550	37°09'38.9"N 38°47'10.7"E
Mardin	17275	1040	37°18'37.1"N 40°43'42.2"E
Diyarbakır Ha.	17280	674	37°53'50.3"N 40°12'09.7"E
Adıyaman	17265	672	37°45'19.1"N 38°16'39.0"E
Hakkari	17285	1727	37°34'28.2"N 43°44'19.7"E
Muğla	17292	646	37°12'34.2"N 28°22'00.5"E

Çizelge 3.5. (Devam) Araştırmaya konu olan istasyonlar

Lokasyon	İstasyon No	Rakım	Koordinat Bilgisi
İlgaz	17648	885	40°54'56.2"N 33°37'32.9"E
Uludağ	17676	1877	40°06'27.0"N 29°07'44.4"E

Günümüzde veri üzerine çalışmak ve analiz yapmak için hesaplama ve modellemeler oluşturmak için bazı bilgisayar yazılımı ve dillerine ihtiyaç duyulmaktadır. Verilerin istatistiksel analizleri için istatistik ve grafiksel olarak güçlü programlama dillerini kullanmak gerekmektedir. Çalışma kapsamında da kar verilerinin analizi için R programı kullanıldı. Programlama dili olan R; istatistiksel hesaplama ve grafikler için yazılım ortamı olup aynı zamanda programlama dilidir. R programını ön plana çıkaran en büyük etken, ihtiyaç duyulan matematiksel semboller ve formüller de dahil olmak üzere iyi tasarlanmış yayın kalitesinde grafiklerin üretilebilme kolaylığıdır. Bunun yanında çok geniş bir belge desteğine kütüphaneye sahip olması da önemli bir özelliğidir. R programında; veri analizi, istatistiksel hesaplamalar ve modellemeler ile üniversiteler gibi birçok alanda kullanılmaktadır.



Şekil 3.78. R programı görünümü

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden yaklaşık olarak 1950-2023 yılları arasında maksimum kar yüksekliklerine ait veriler filtrelenerek kar örtüsüne ait en büyük değerler elde edildi. Bu veriler içerisinde 2023 yılı verisi olmayanlar ayrılarak gruplandırma işlemi yapıldı. Kar verileri içinde bazı yıllara ait verilerin boş olması, bazı yıllara ait verilerin sıfır olması gibi hatalar giderildi. Tüm istasyon verilerinde aynı yıllara ait veriler bulunmadığından dolayı kar verileri Excel programında düzenlenerek kullanılacak hale getirildi. Excel ortamında düzenlenen veriler R programına girilerek istatistik analiz işlemleri yapıldı. Çalışmadaki istasyonların kar yükseklikleri kullanılarak R programındaki çeşitli testler yardımıyla Mann-Kendall ve Yenilikçi Şen Yöntemleri kullanılarak bu istasyonların yağış yönelim değerleri Excel ortamında bulundu ve bu değerler yardımıyla istasyonların artan, azalan ve herhangi bir trendi olup olmadığı tespit edilerek bu yönelimlere ait grafiklerde oluşturuldu.

Çalışmada ilk olarak Mann-Kendall trend testi uygulanıp tüm istasyonlar için bulunan z değerleri ile $|z| \leq z_{\alpha}$ şartını sağlayıp sağlamama durumuna göre istasyonların yağış yönelim durumları bulundu. Araştırmaya konu istasyonların yıllık maksimum kar yüksekliklerine ait Mann-Kendall test sonuçları ile oluşan z değeri ve yönelim durumları Çizelge 4.1'deki verilmiştir.

Çizelge 4.1. Mann-Kendall test sonuçları

İstasyonlar	S	σ_s	Z	Yönelim Durumu ($\alpha=5\%$)
Akçakoca	-103	16015	-0.806	Yok
Bartın	-199	21045	-1.365	Yok
İnebolu	66	37228	0.337	Yok
Sinop	-276	22070	-1.851	Yok
Samsun Bölge	-130	26941.33	-0.786	Yok
Ordu	-25	16036.33	-0.190	Yok
Giresun	68	28386.67	0.398	Yok
Rize	-112	32616.67	-0.615	Yok
Hopa	-114	18942.67	-0.821	Yok
Artvin	-208	45894	-0.966	Yok
Ardahan	-343	28384.33	-2.030	Azalan Trend

Çizelge 4.1. (Devam)Mann-Kendall test sonuçları

İstasyonlar	S	σ_s	Z	Yönelim Durumu (α=%5)
Edirne	-50	38762.67	-0.249	Yok
Kırklareli	-65	17828.33	-0.479	Yok
Tekirdağ	-165	37066.33	-0.852	Yok
Sarıyer-Kumköy	-39	17808.33	-0.285	Yok
Sarıyer	-284	29708.67	-1.642	Yok
İstanbul Bölge	34	23260.67	0.216	Yok
Kocaeli	2	24539.33	0.006	Yok
Sakarya	-26	31122	-0.142	Yok
Bolu	-201	45863.67	-0.934	Yok
Kastamonu	-58	45808.67	-0.266	Yok
Karabük	36	5833.33	0.458	Yok
Çankırı	-61	43888.33	-0.286	Yok
Çorum	-129	43893.67	-0.611	Yok
Amasya	-173	25549	-1.076	Yok
Tokat	-293	35576.33	-1.548	Yok
Gümüşhane	-138	24532.67	-0.875	Yok
Bayburt	90	29744.67	0.516	Yok
Sivas	88	44017.33	0.415	Yok
Erzincan	-383	45838.33	-1.784	Yok
Erzurum Ha.	-4	45847.33	-0.014	Yok
Kars	-147	37227	-0.757	Yok
Ağrı	-467	45885.67	-2.175	Azalan Trend
Iğdır	-259	40465	-1.283	Yok
Çanakkale	101	25668.33	0.624	Yok
Bursa	-41	34058.33	-0.217	Yok
Yalova	-186	14046.67	-1.561	Yok
Bilecik	134	45752	0.622	Yok
Ankara Ha.	-54	32528.67	-0.294	Yok
Ankara Bölge	123	43862.33	0.583	Yok

Çizelge 4.1. (Devam)Mann-Kendall test sonuçları

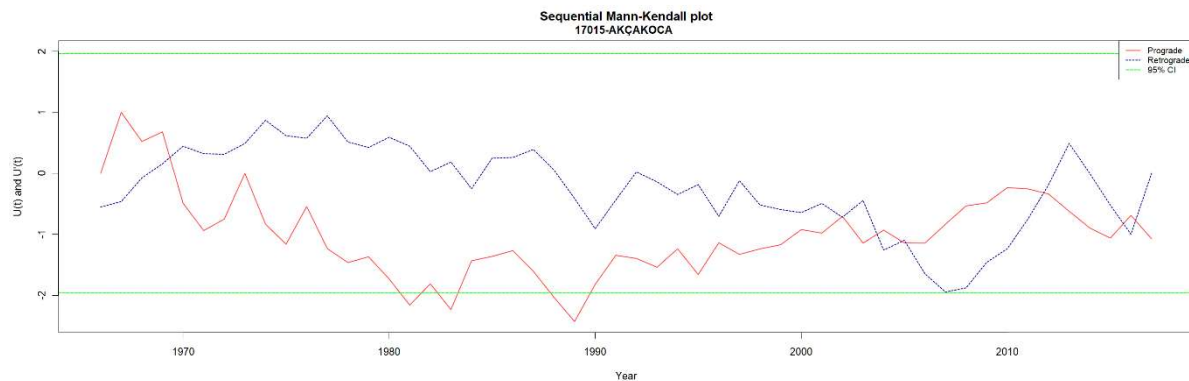
İstasyonlar	S	σ_s	Z	Yönelim Durumu (α=%5)
Kırıkkale	-148	23278.67	-0.963	Yok
Yozgat	-215	45777.67	-1.000	Yok
Kütahya	279	45821.67	1.299	Yok
Kırşehir	-95	43819.67	-0.449	Yok
Tunceli	-314	25806.67	-1.948	Yok
Van Bölge	-292	44015.33	-1.387	Yok
Afyon Bölge	-34	45818.67	-0.154	Yok
Cihanbeyli	242	24514	1.539	Yok
Aksaray	-5	24521.67	-0.026	Yok
Nevşehir	-60	29712.67	-0.342	Yok
Kayseri Bölge	380	43957.33	1.808	Yok
Elâzığ Bölge	-672	42224.67	-3.265	Azalan Trend
Bingöl	-210	28408.67	-1.24	Yok
Muş	-256	24572.67	-1.627	Yok
Tatvan	-57	18969	-0.407	Yok
Siirt	-735	38828.33	-3.725	Azalan Trend
Denizli	211	17681.67	1.571	Yok
Burdur	110	43780	0.521	Yok
Akşehir	121	35611.67	0.636	Yok
Isparta	-138	45774.67	-0.640	Yok
Beyşehir	216	29728.67	1.247	Yok
Konya Ha.	452	45740.67	2.109	Artan trend
Karaman	387	34067.67	2.091	Artan Trend
Ereğli	64	24488.67	0.403	Yok
Niğde	118	45708	0.547	Yok
Kilis	-59	7231.67	-0.682	Yok
Adıyaman	-161	12519	-1.430	Yok
Şanlıurfa	2	11761.33	0.009	Yok
Mardin	-505	38851.67	-2.557	Azalan Trend

Çizelge 4.1. (Devam) Mann-Kendall test sonuçları

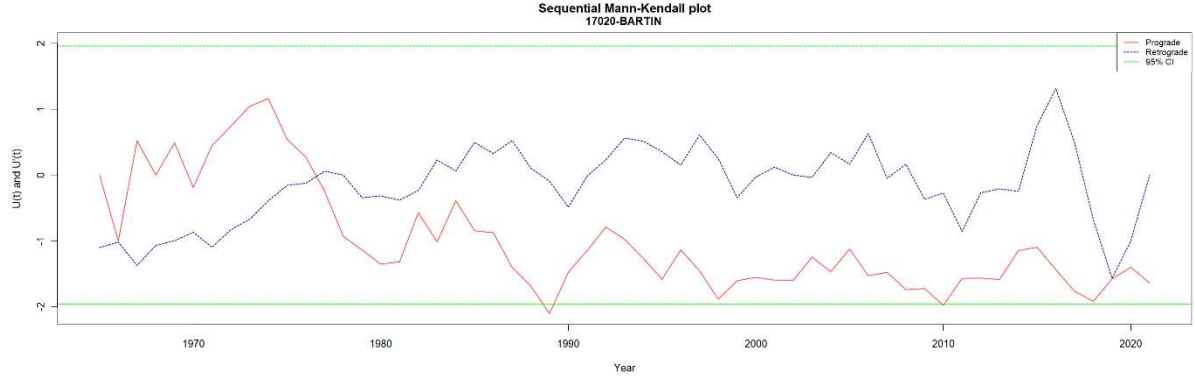
İstasyonlar	S	σ_s	Z	Yönelim Durumu ($\alpha=5\%$)
Diyarbakır Ha.	-136	29666	-0.784	Yok
Batman	-125	14200.33	-1.041	Yok
Hakkâri	-246	28406	-1.454	Yok
Muğla	-54	4122	-0.826	Yok
Ilgaz	42	5363.33	0.560	Yok
Uludağ	-362	16052.67	-2.849	Azalan Trend

İstasyonlara ait z değerleri z_α değeri ile karşılaştırılmış ve Çizelge 4.1'den de görüleceği üzere bu istasyonlarda herhangi bir trend olup olmadığı, trend varsa artan veya azalan bir trend olduğu tespit edilmiştir. Burada z_α değeri 1.96 olarak bulunmuş ve z değeri +1.96 ile -1.96 arasında olduğunda anlamlı bir trend olmadığı +1.96'dan büyük olduğunda artan bir trend, -1.96'dan küçük olduğunda azalan bir trend olduğu kabul edilmiştir. Ardahan, Ağrı, Elâzığ Bölge, Siirt, Mardin ve Uludağ istasyonlarında azalan bir trendin olduğu, Konya havalimanı ve Karaman istasyonlarında artan bir trend bulunurken, 67 istasyonda ise herhangi bir trende rastlanmamıştır.

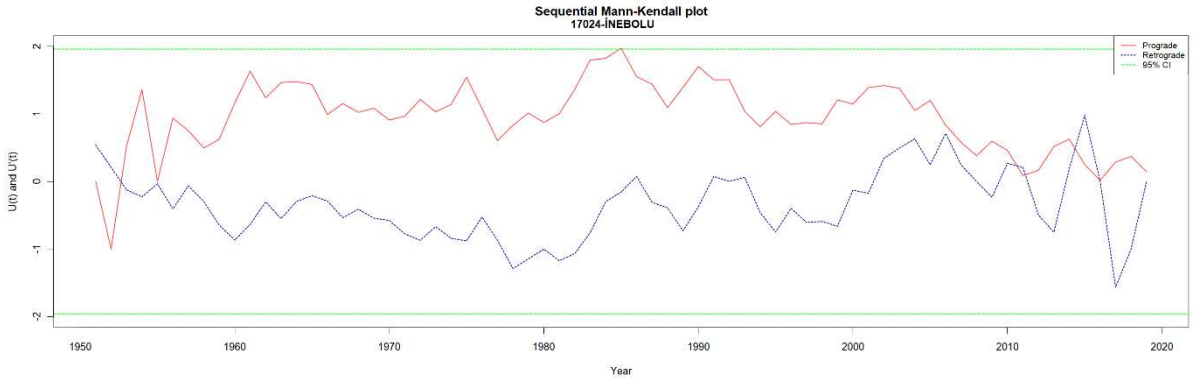
Mann-Kendall testi ile bulunan z değerlerine karşılık gelen doğrusal grafiğin 0.05 anlamlılık düzeyindeki +1.96 ve -1.96 değerlerine karşılık gelen doğruların yukarı ve aşağısında kalma durumlarına göre bu göre istasyonların kar yağış yönelim durumları belirlenmiş, bu test ile tüm istasyonlardaki kar yükseklikleri için elde edilen Mann-Kendall Yöntemi yönelim grafikleri Şekil 4.1 ile Şekil 4.75 arasında verilmiştir.



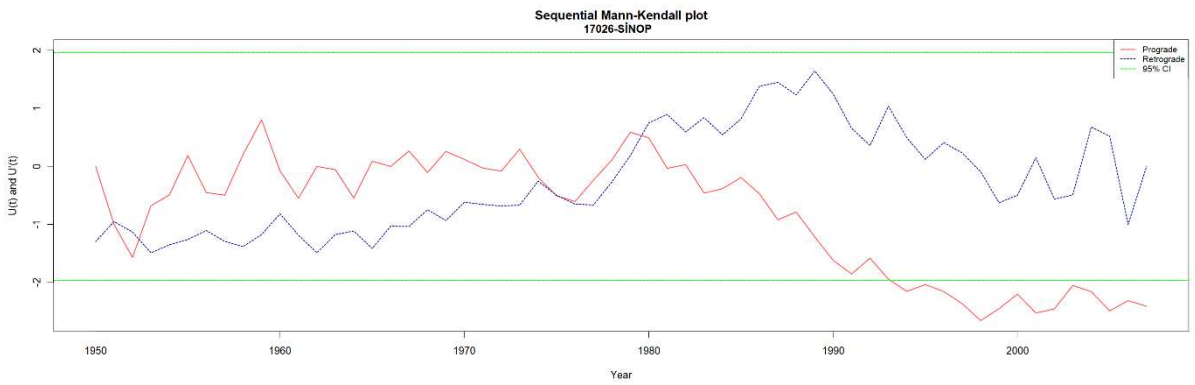
Şekil 4.1. Akçakoca istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



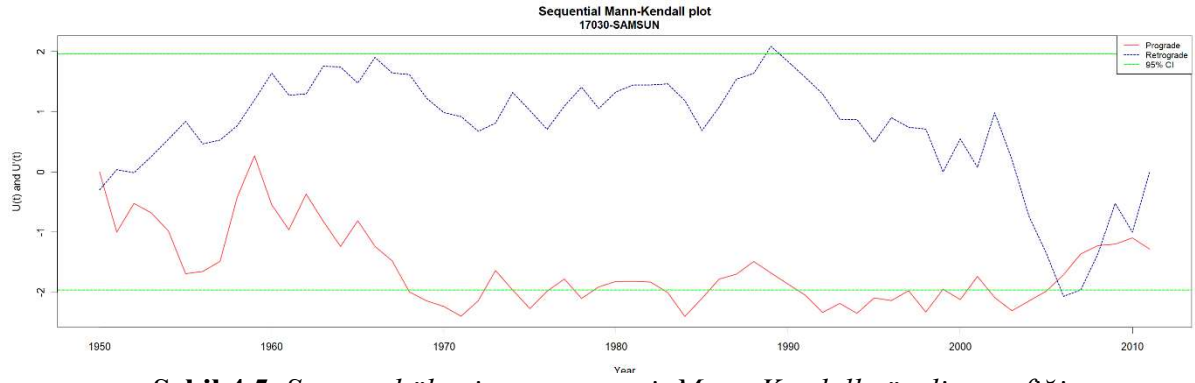
Şekil 4.2. *Bartın istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği*



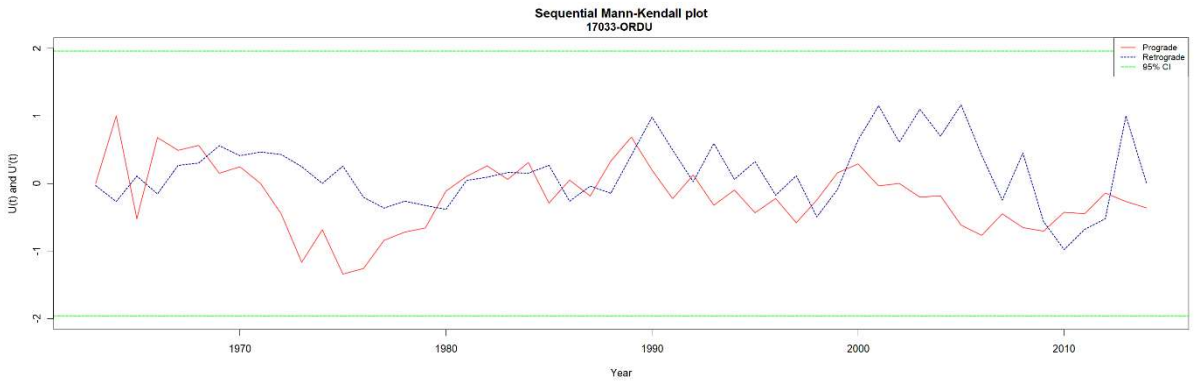
Şekil 4.3. *İnebolu istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği*



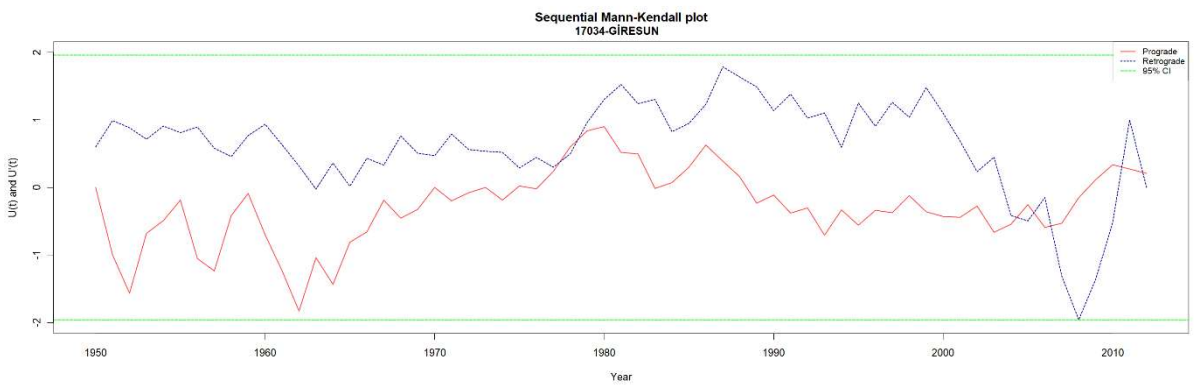
Şekil 4.4. *Sinop istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği*



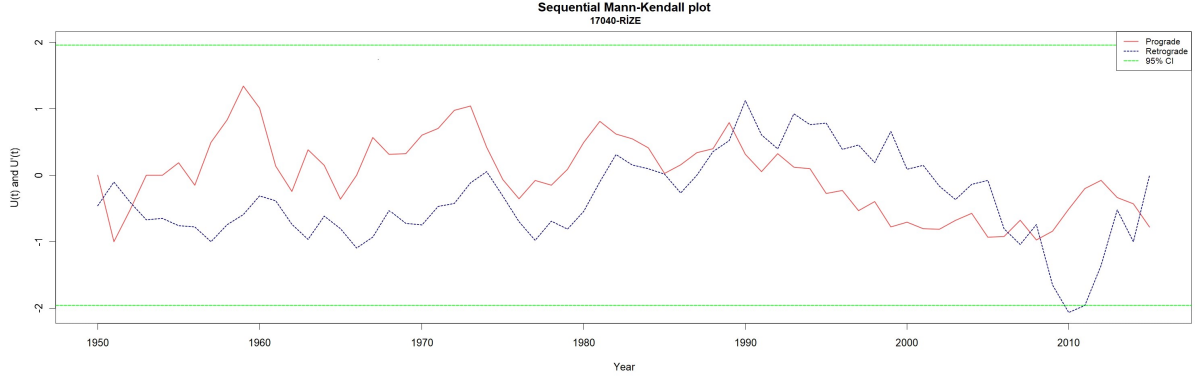
Şekil 4.5. Samsun bölge istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



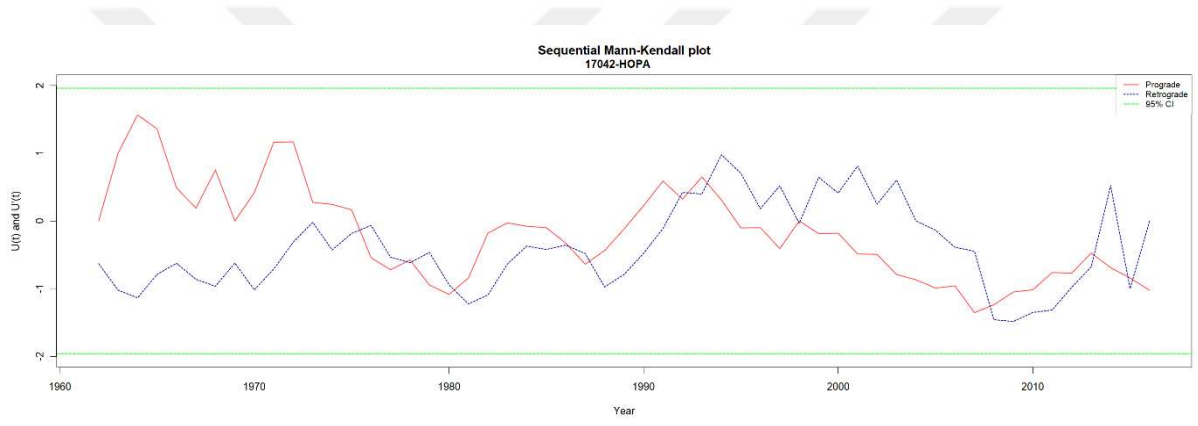
Şekil 4.6. Ordu istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



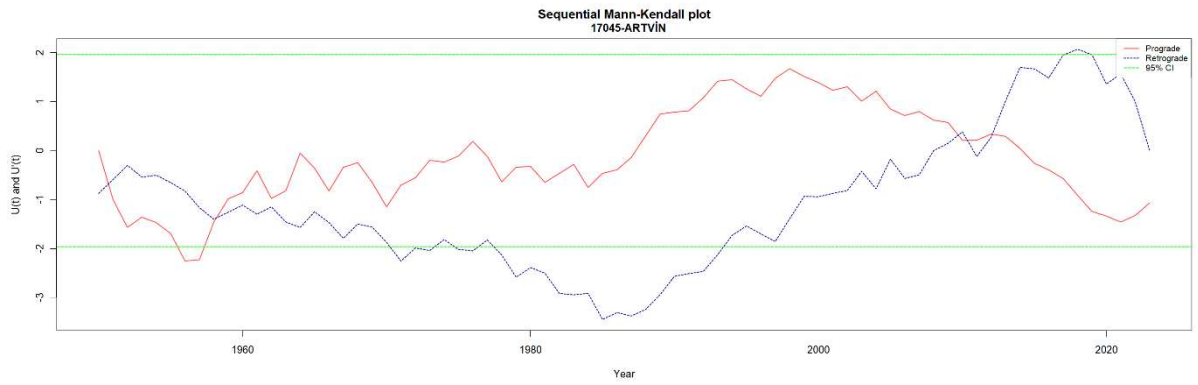
Şekil 4.7. Giresun istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



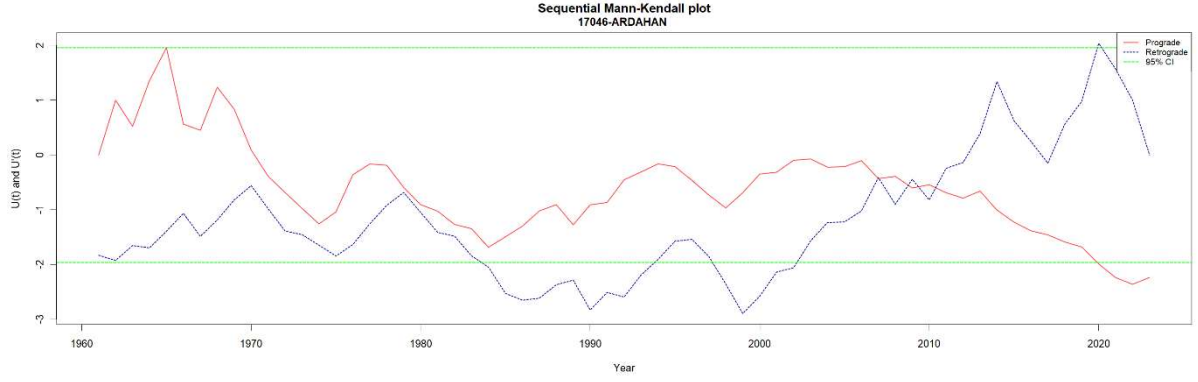
Şekil 4.8. Rize istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



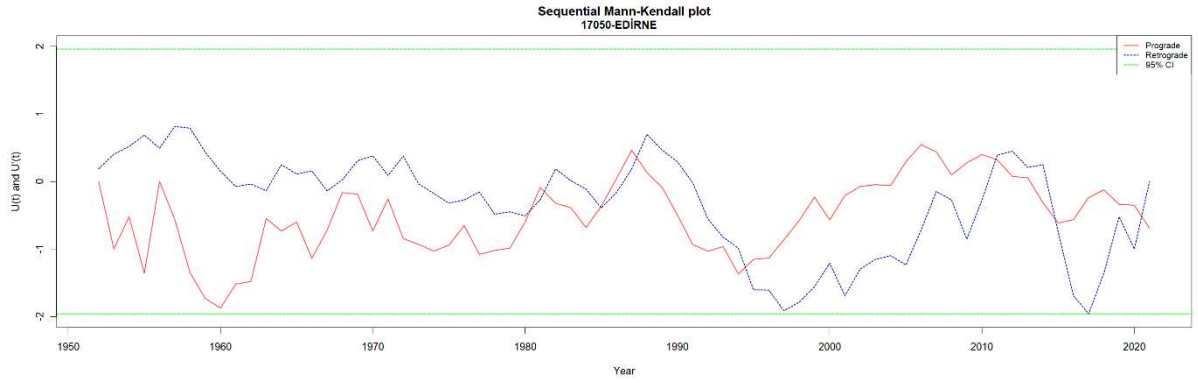
Şekil 4.9. Hopa istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



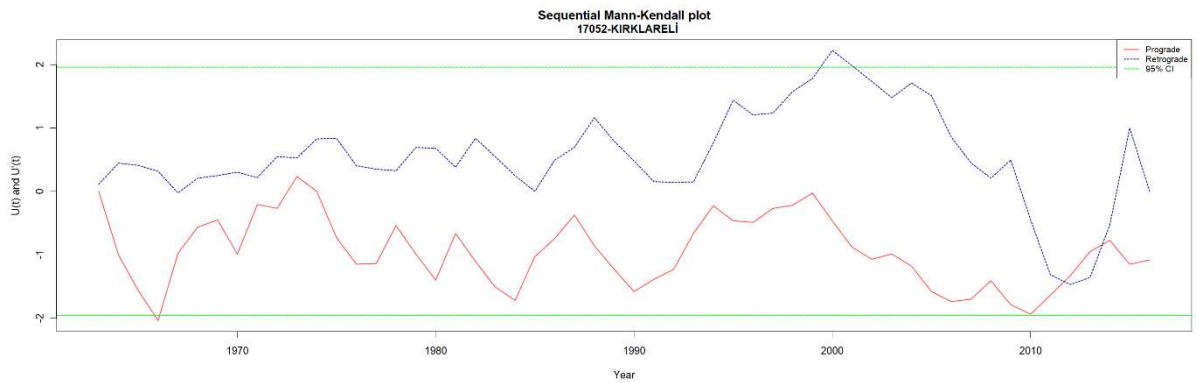
Şekil 4.10. Artvin istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



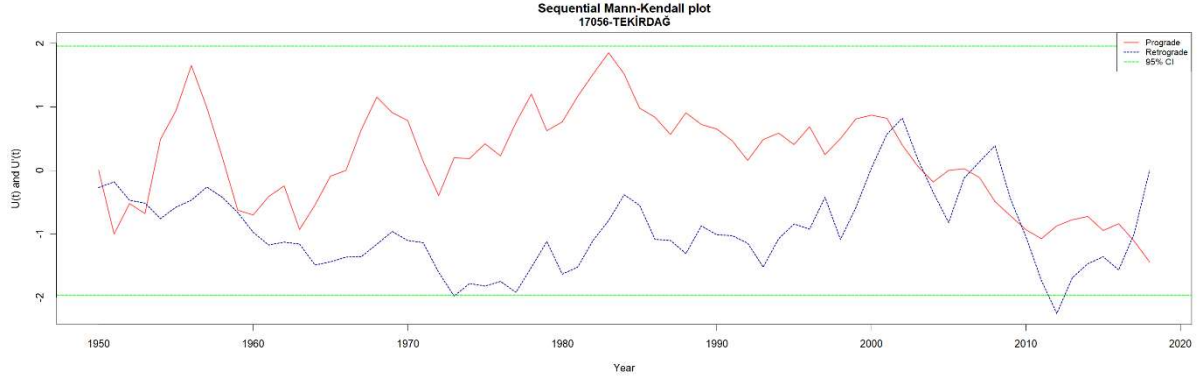
Şekil 4.11. Ardahan istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



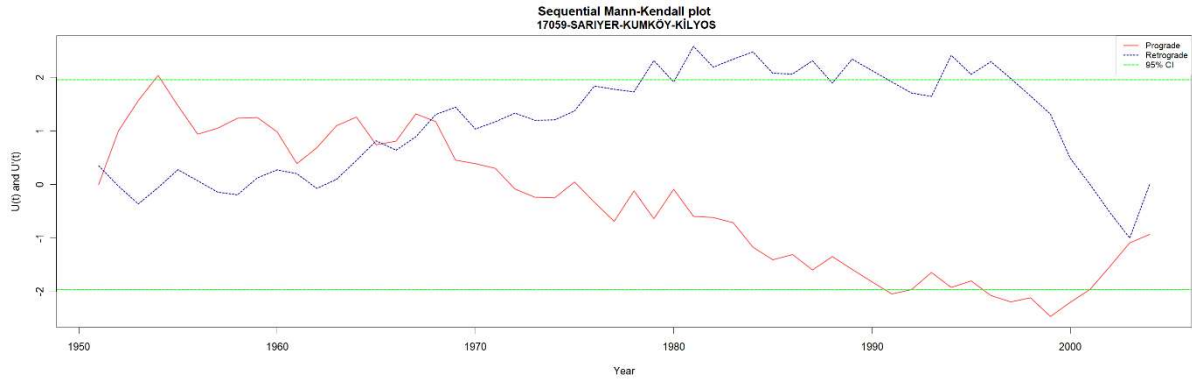
Şekil 4.12. Edirne istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



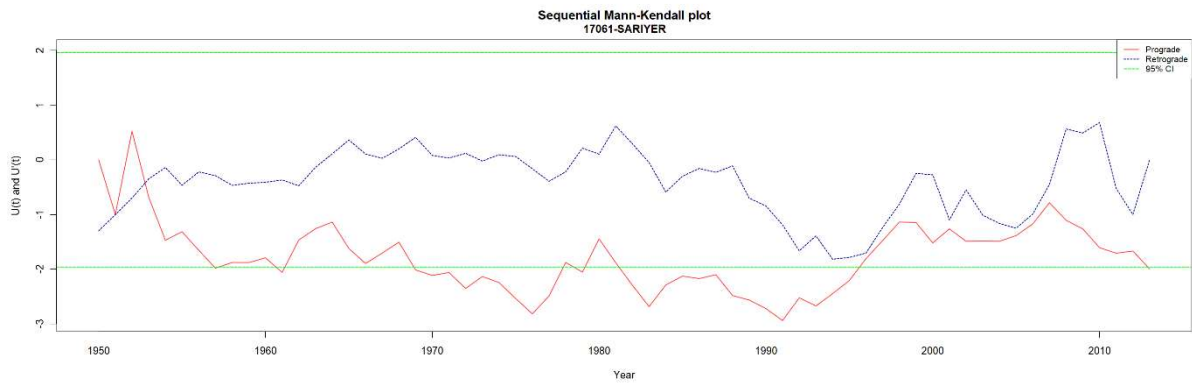
Şekil 4.13. Kırklareli istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



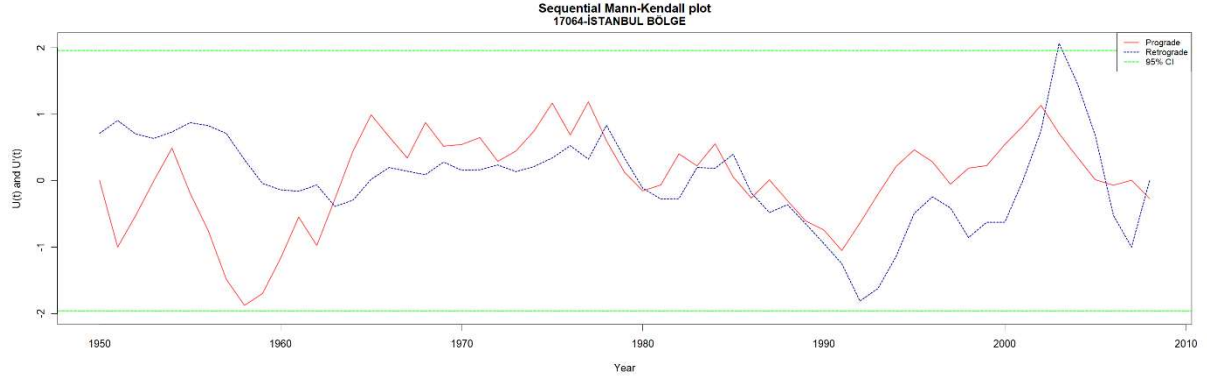
Şekil 4.14. Tekirdağ istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



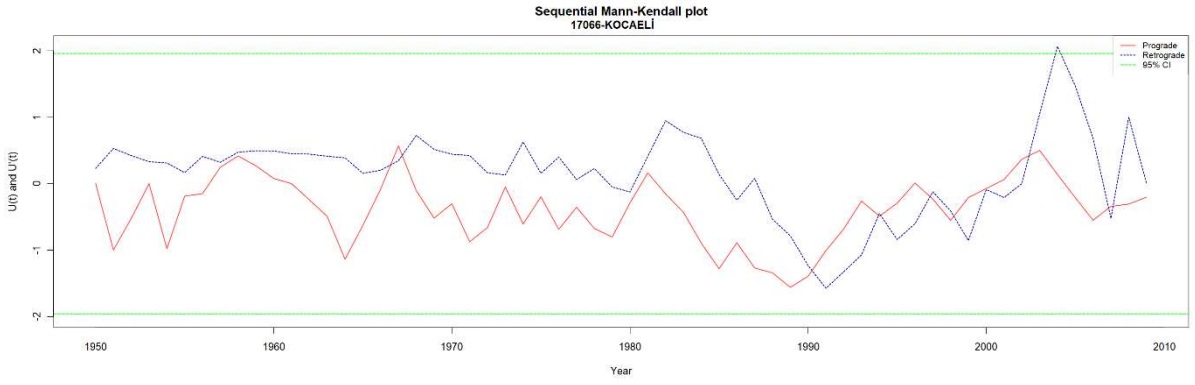
Şekil 4.15. Sarıyer-Kumköy-Kilyos istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



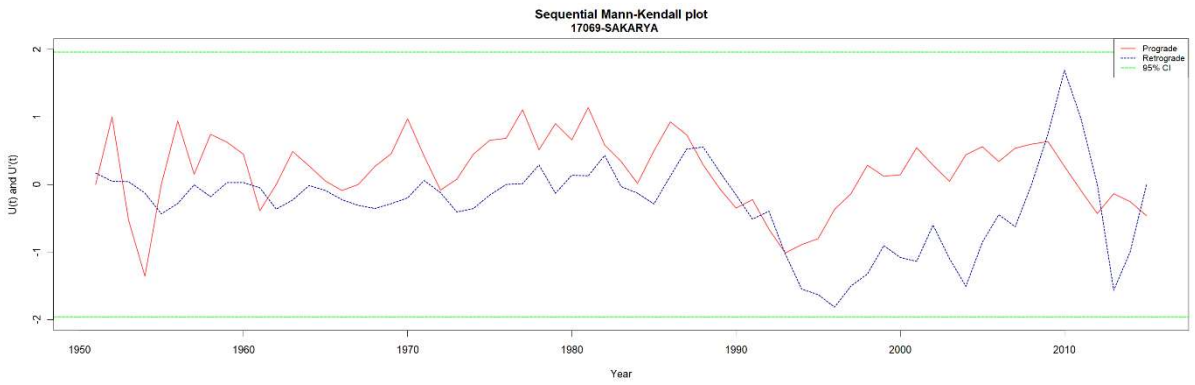
Şekil 4.16. Sarıyer istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



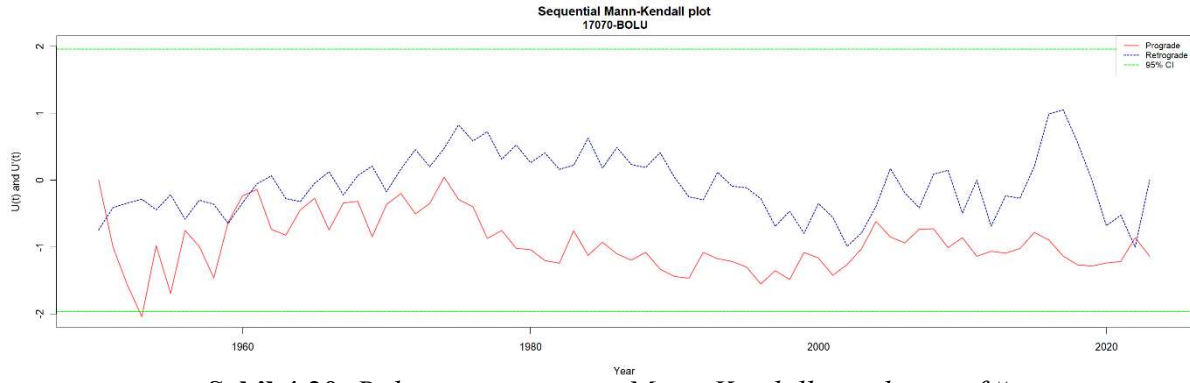
Şekil 4.17. *İstanbul bölge istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği*



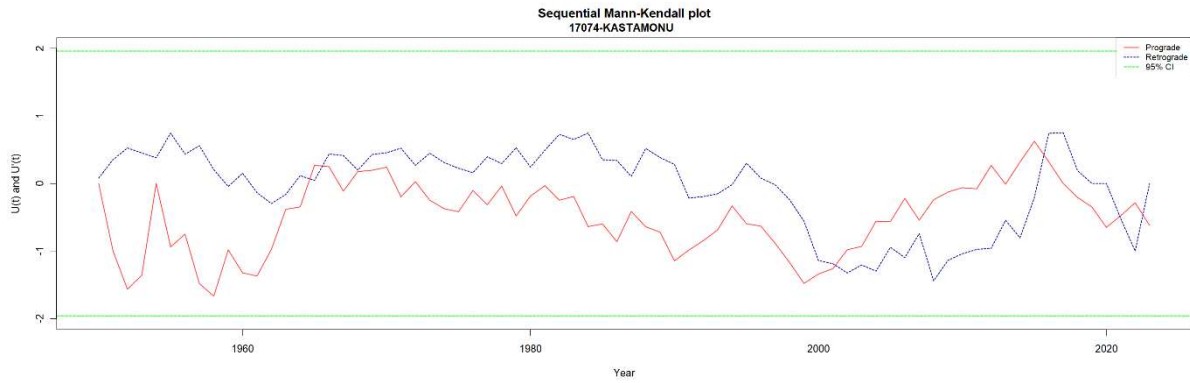
Şekil 4.18. *Kocaeli istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği*



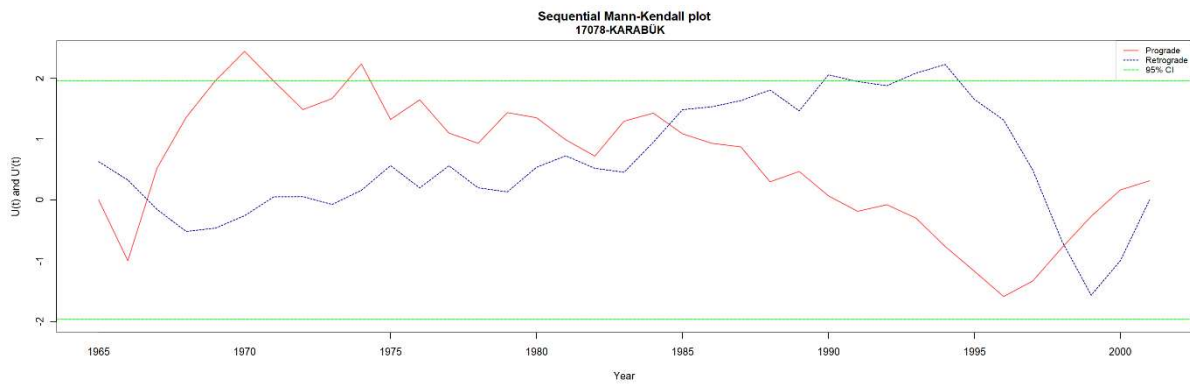
Şekil 4.19. *Sakarya istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği*



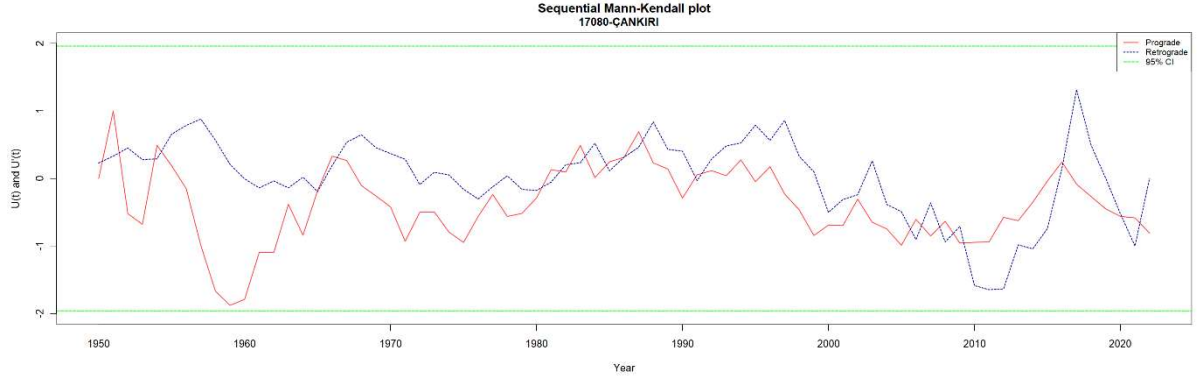
Şekil 4.20. Bolu istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



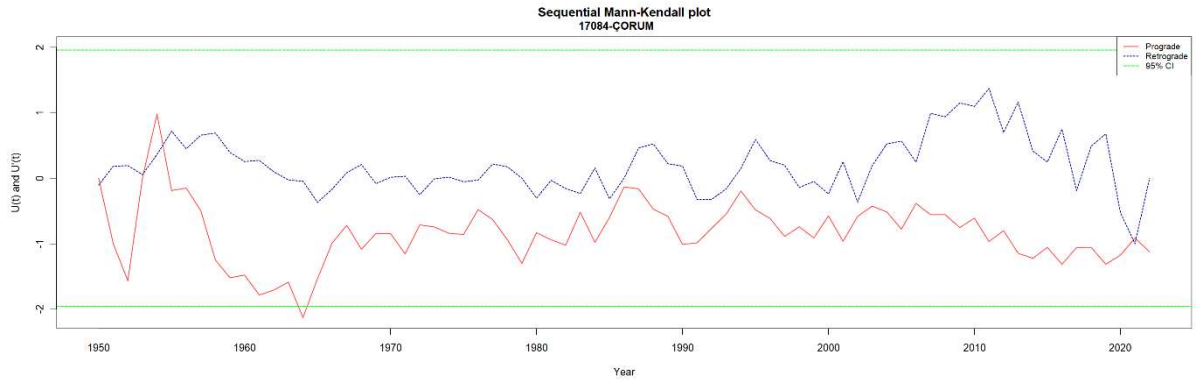
Şekil 4.21. Kastamonu istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



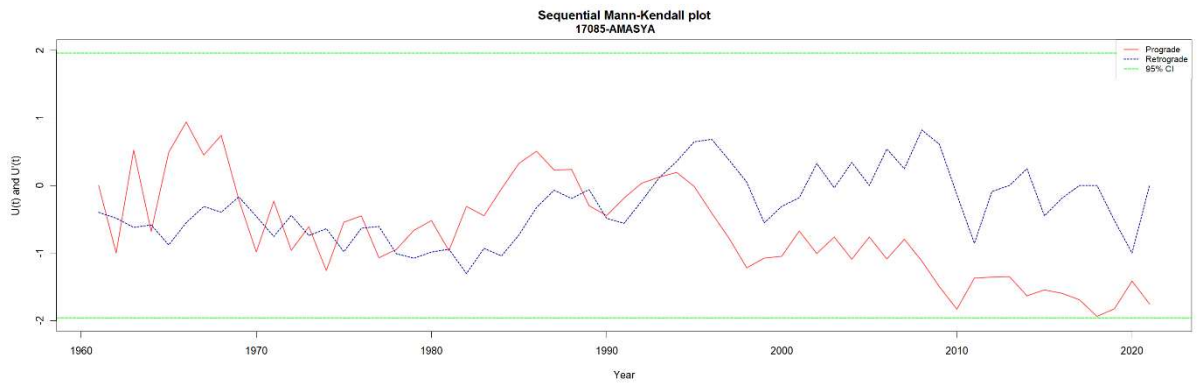
Şekil 4.22. Karabük istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



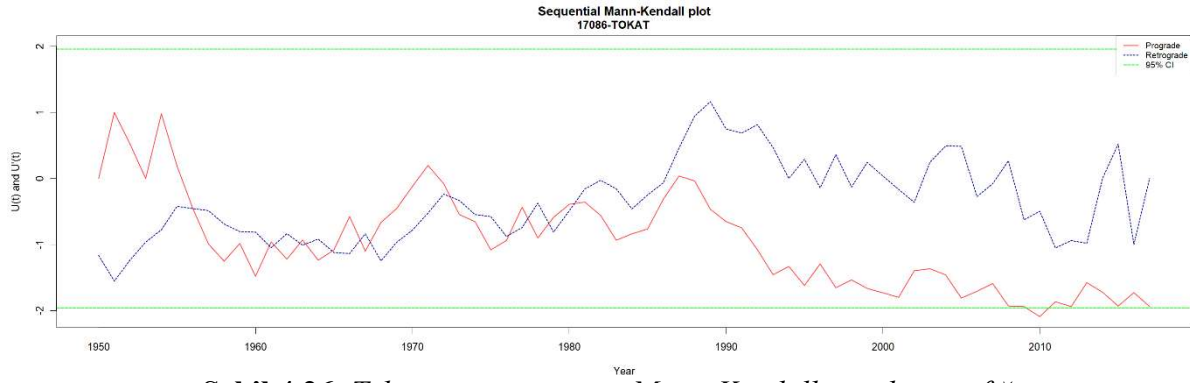
Şekil 4.23. Çankırı istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



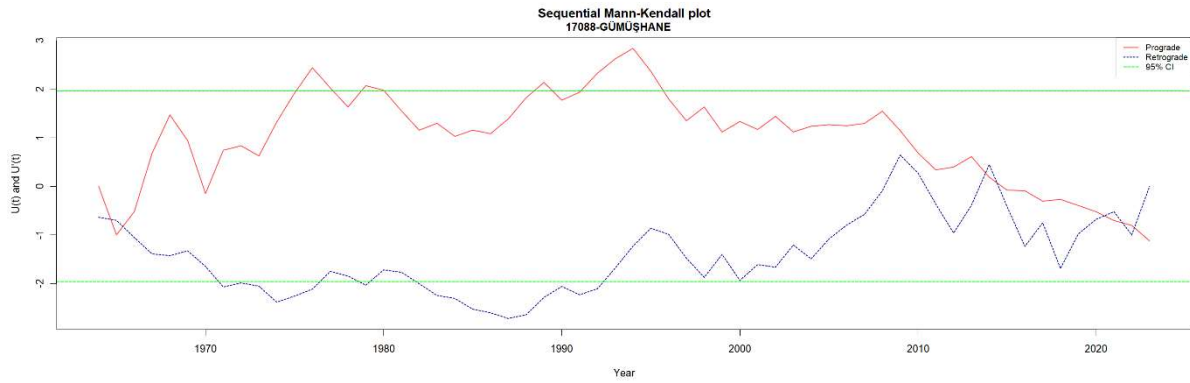
Şekil 4.24. Çorum istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



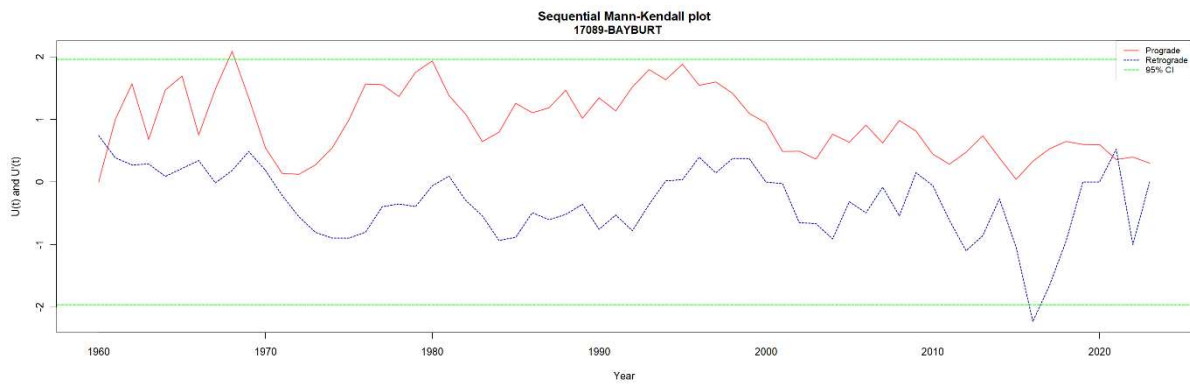
Şekil 4.25. Amasya istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



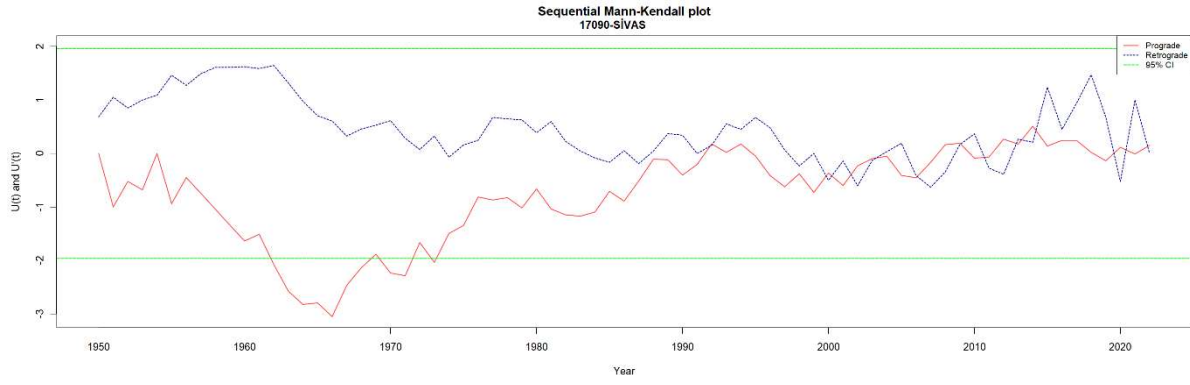
Şekil 4.26. Tokat istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



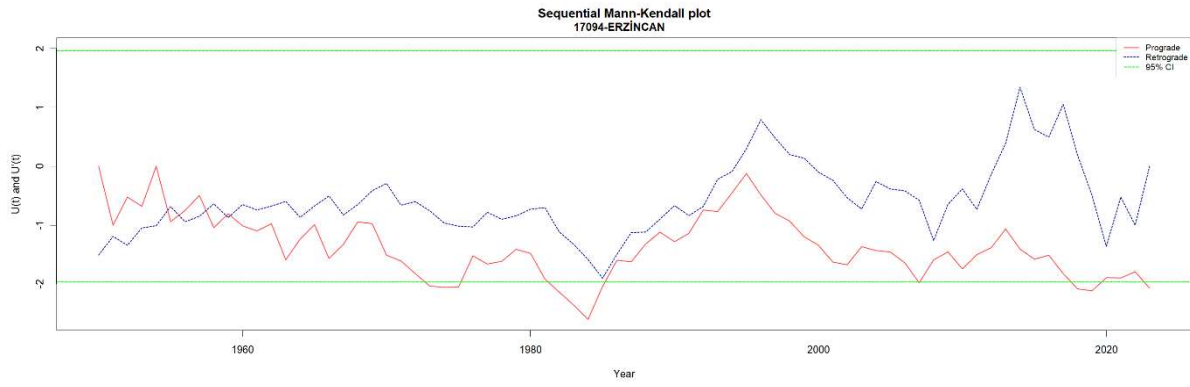
Şekil 4.27. Gümüşhane istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



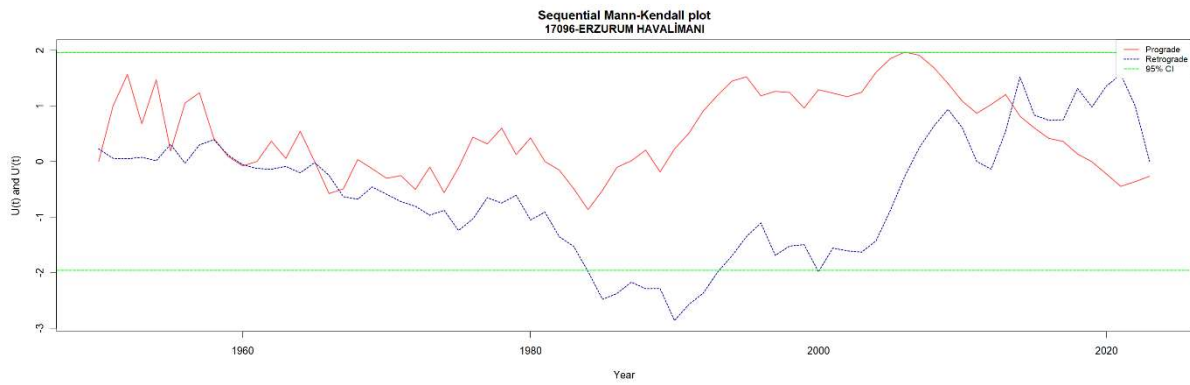
Şekil 4.28. Bayburt istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



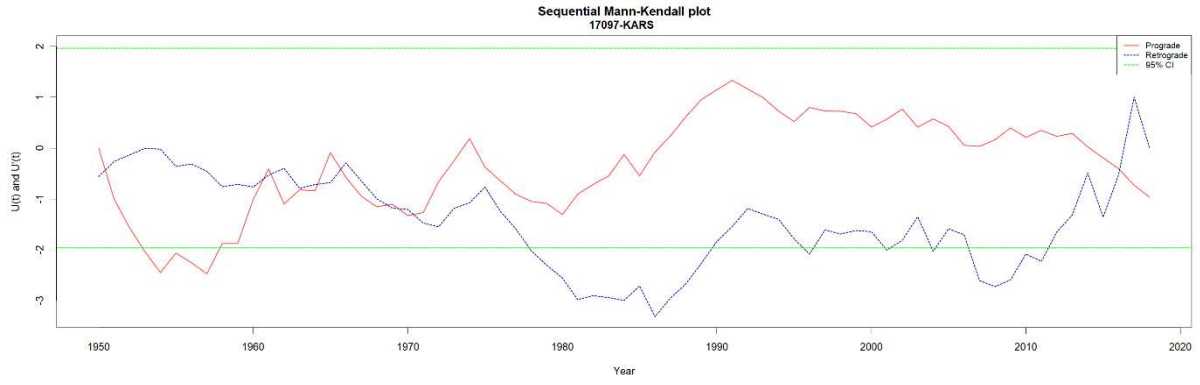
Şekil 4.29. Sivas istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



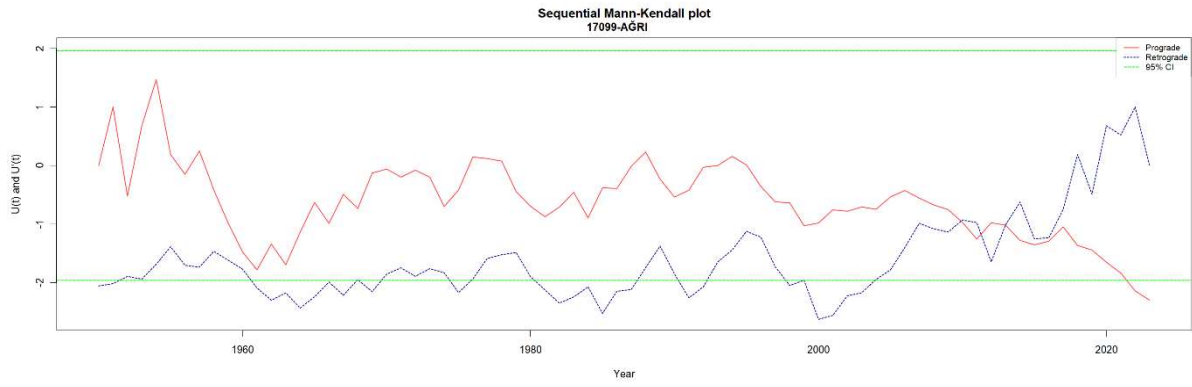
Şekil 4.30. Erzincan istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



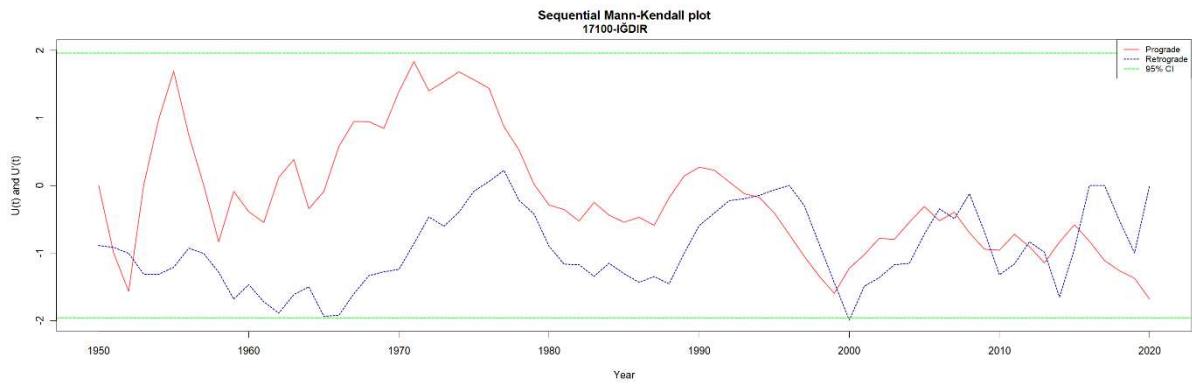
Şekil 4.31. Erzurum havalimanı istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



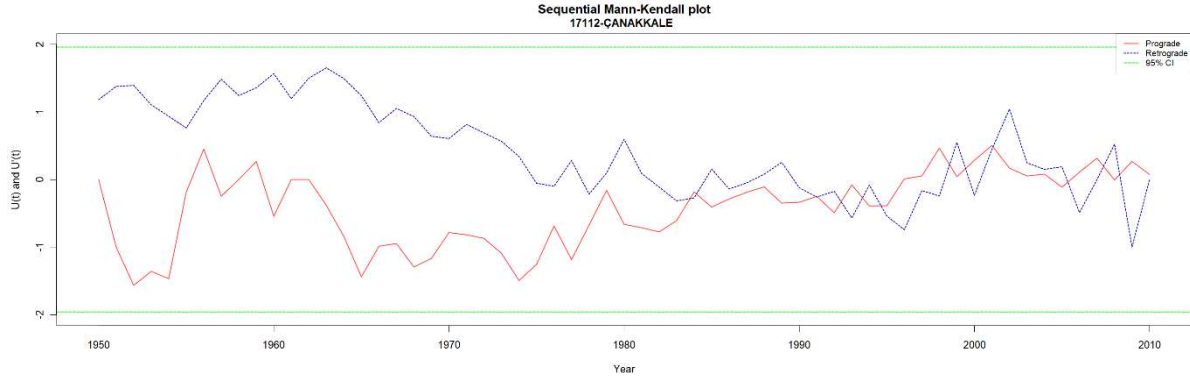
Şekil 4.32. *Kars istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği*



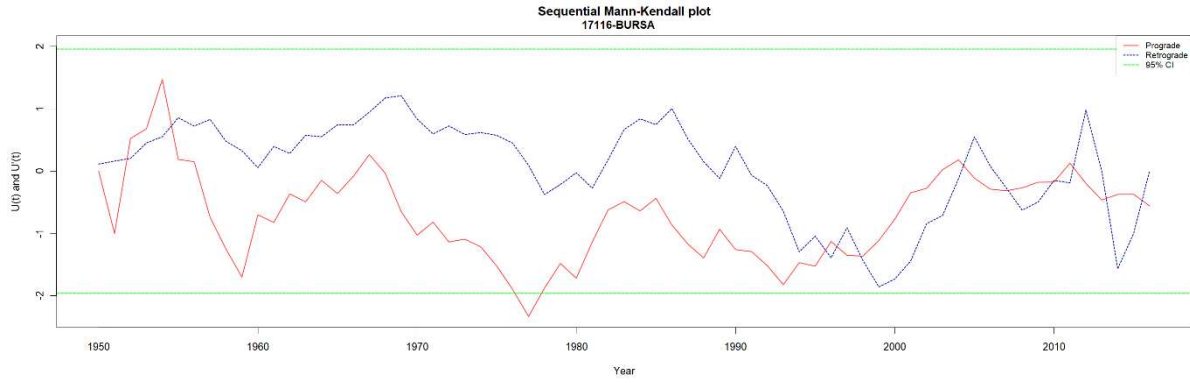
Şekil 4.33. *Ağrı istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği*



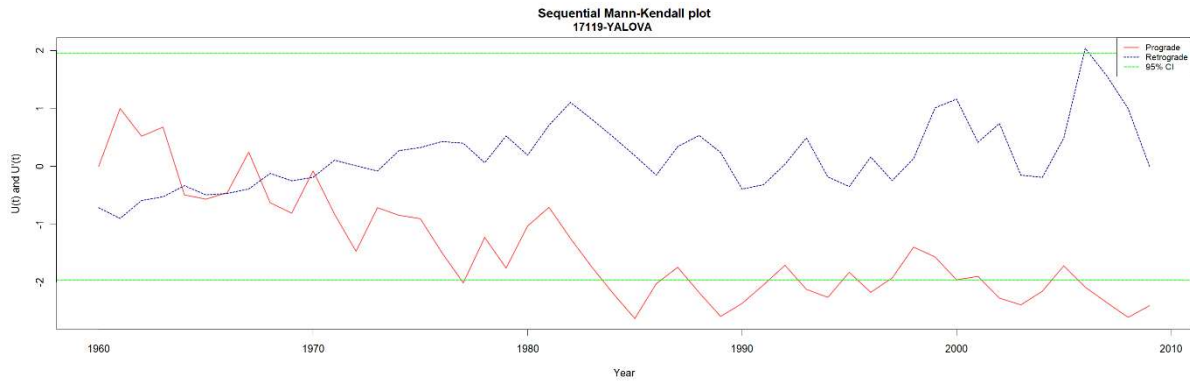
Şekil 4.34. *Iğdır istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği*



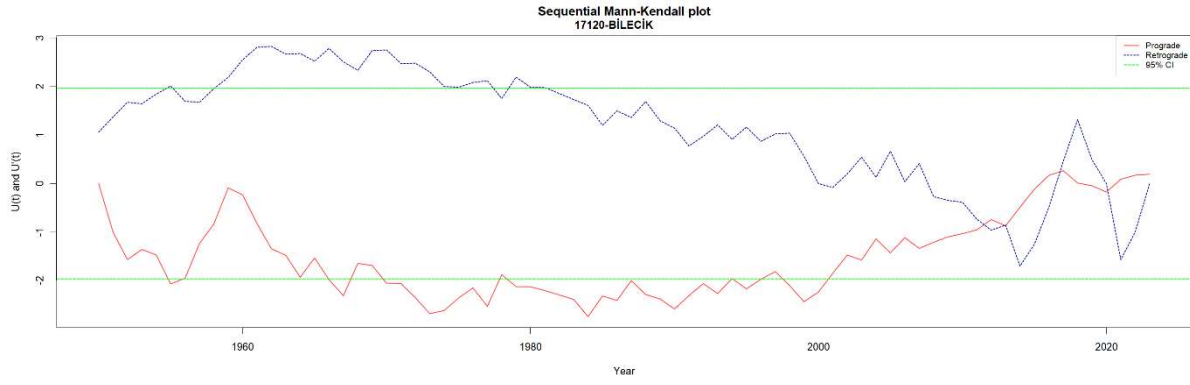
Şekil 4.35. Çanakkale istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



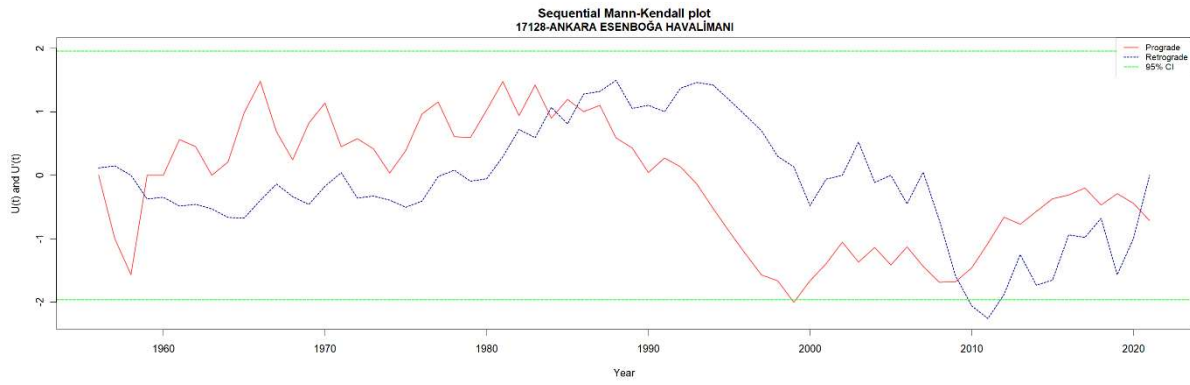
Şekil 4.36. Bursa istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



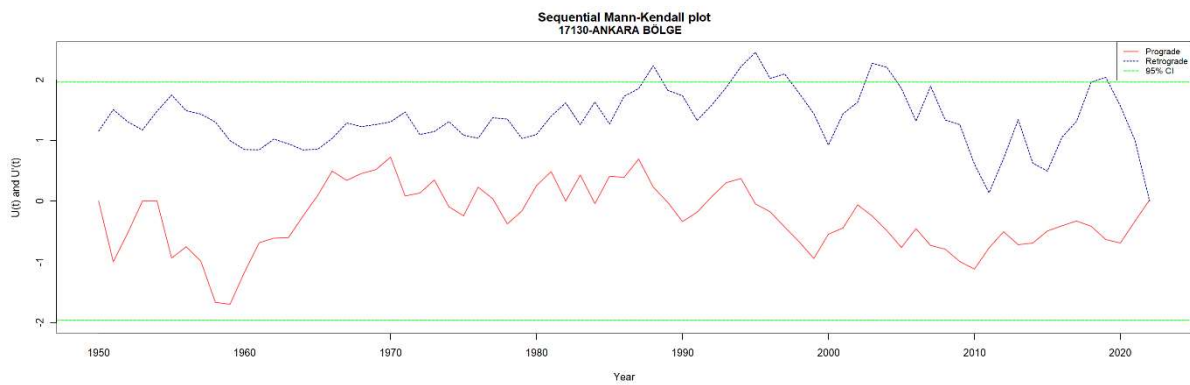
Şekil 4.37. Yalova istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



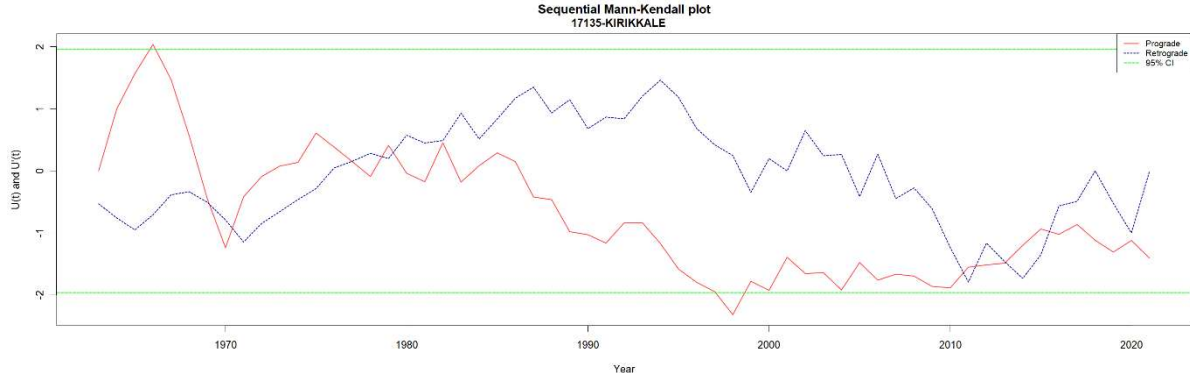
Şekil 4.38. Bilecik istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



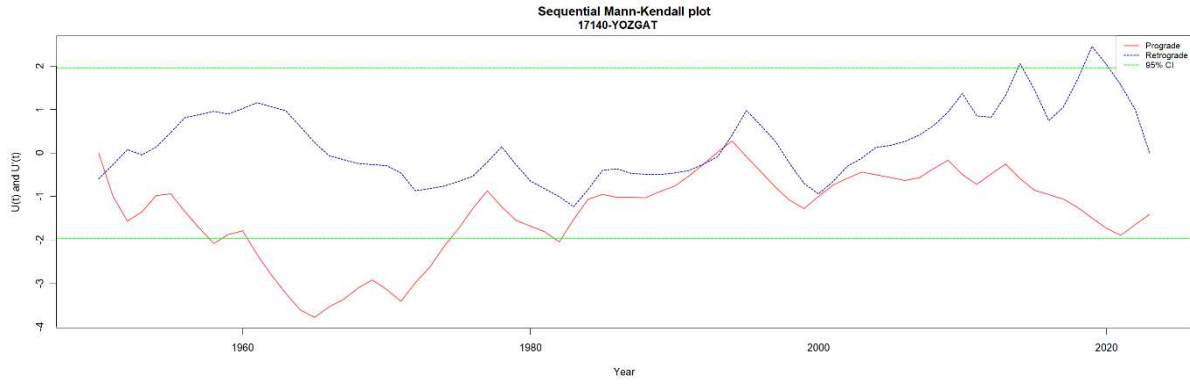
Şekil 4.39. Ankara Esenboğa havalimanı istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



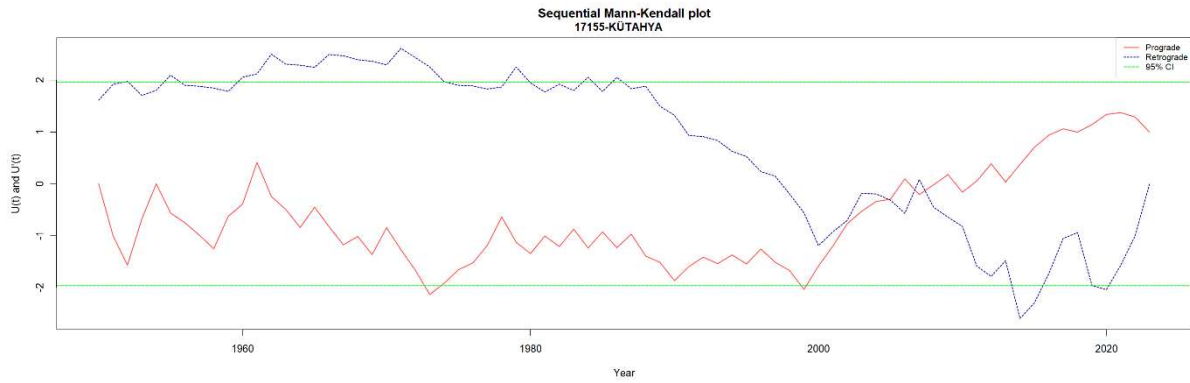
Şekil 4.40. Ankara bölge istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



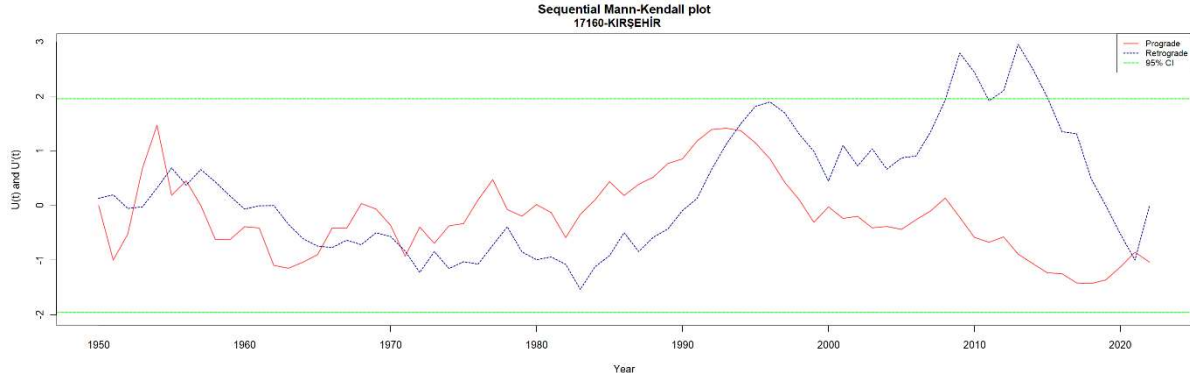
Şekil 4.41. *Kırıkkale istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği*



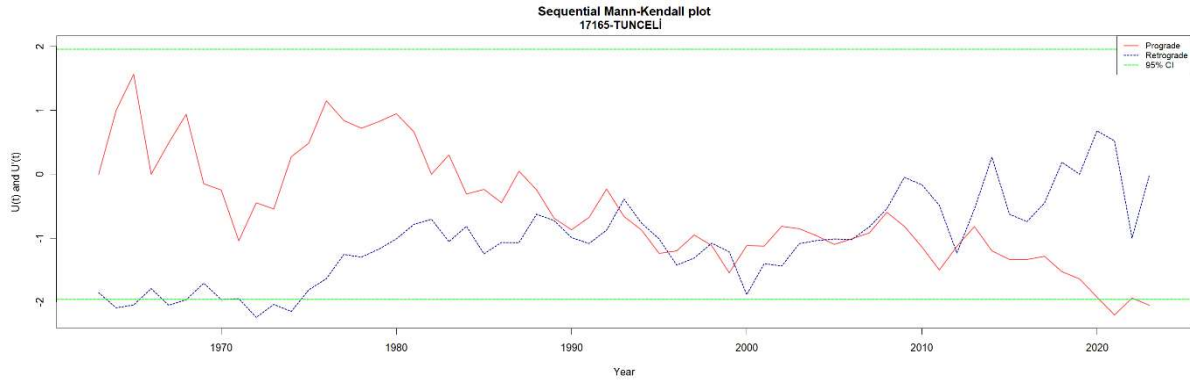
Şekil 4.42. *Yozgat istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği*



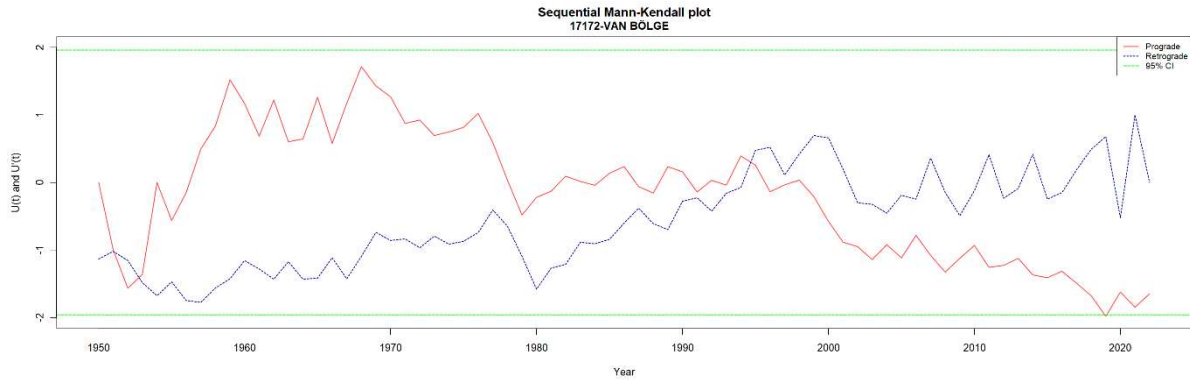
Şekil 4.43. *Kütahya istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği*



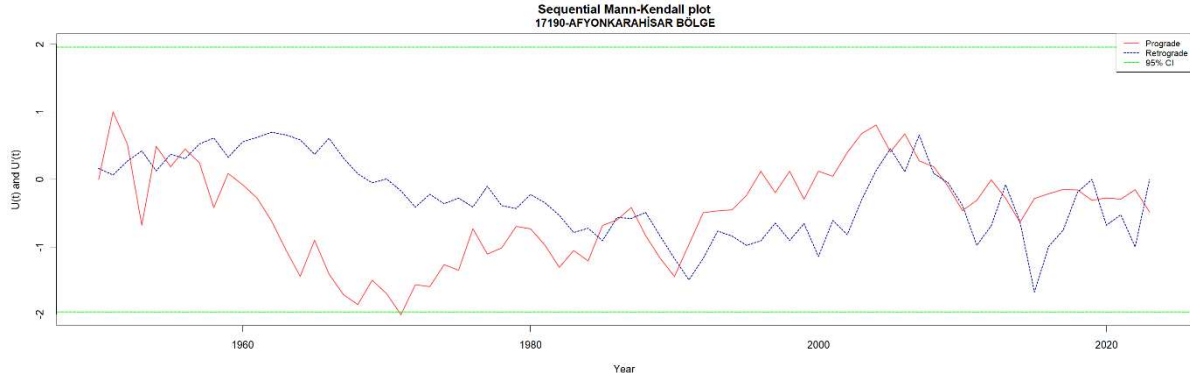
Şekil 4.44. *Kırşehir istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği*



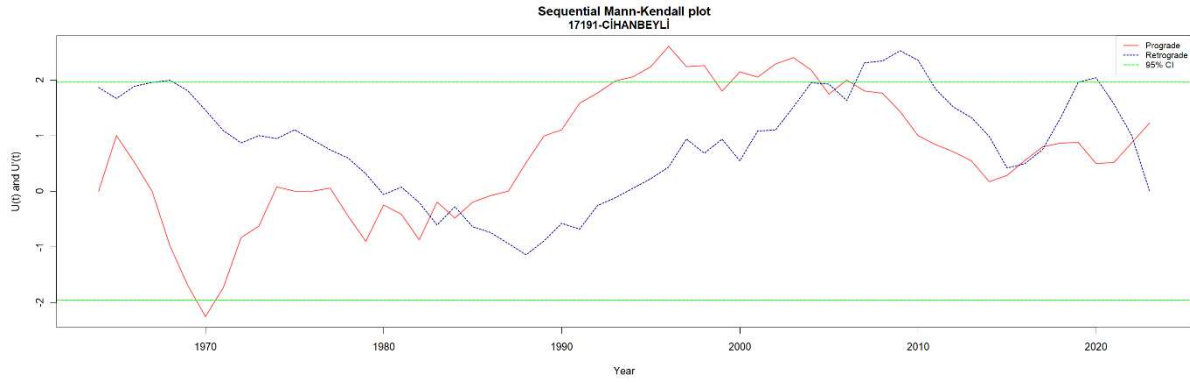
Şekil 4.45. *Tunceli istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği*



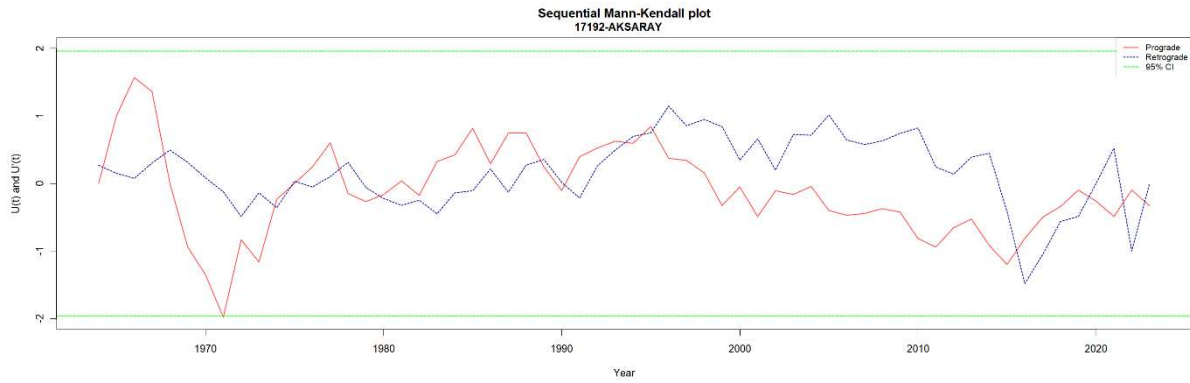
Şekil 4.46. *Van bölge istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği*



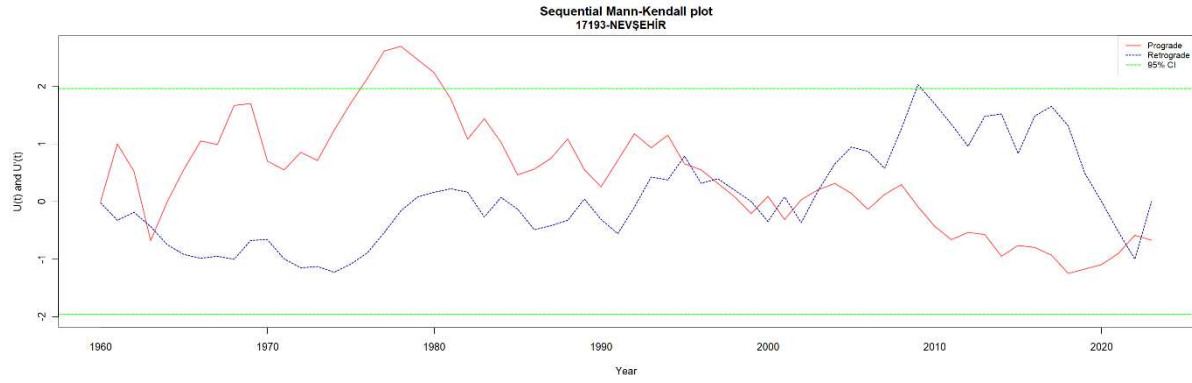
Şekil 4.47. AfyonKarahisar bölge istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



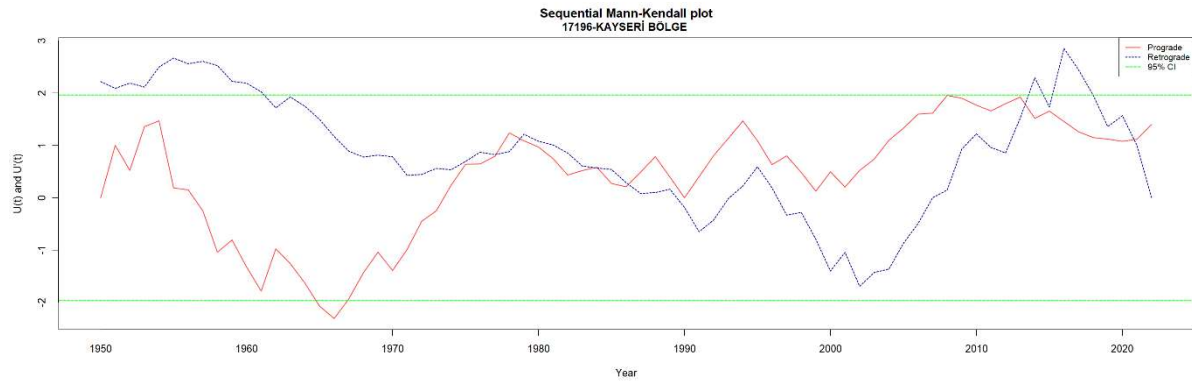
Şekil 4.48. Cihanbeyli istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



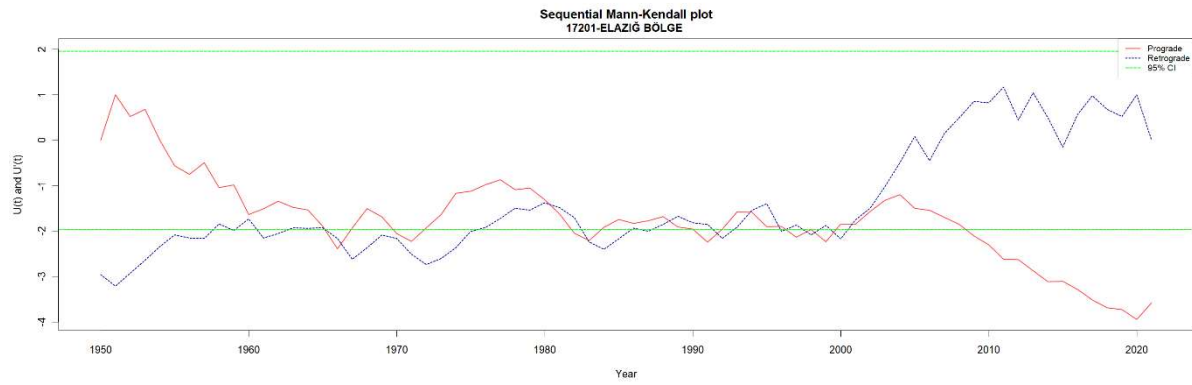
Şekil 4.49. Aksaray istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



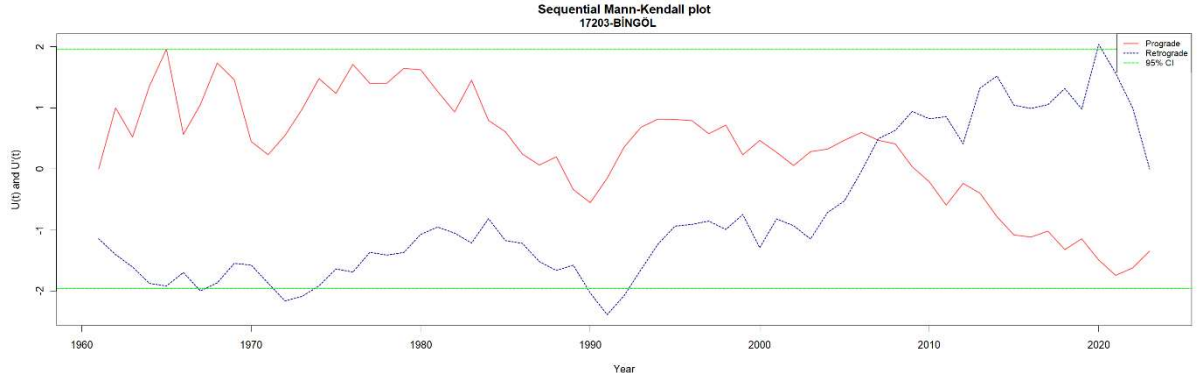
Şekil 4.50. Nevşehir istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



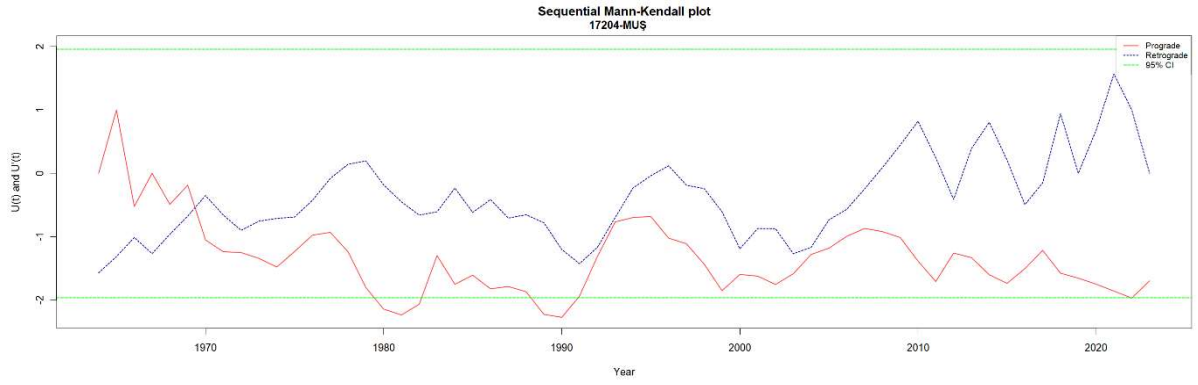
Şekil 4.51. Kayseri bölge istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



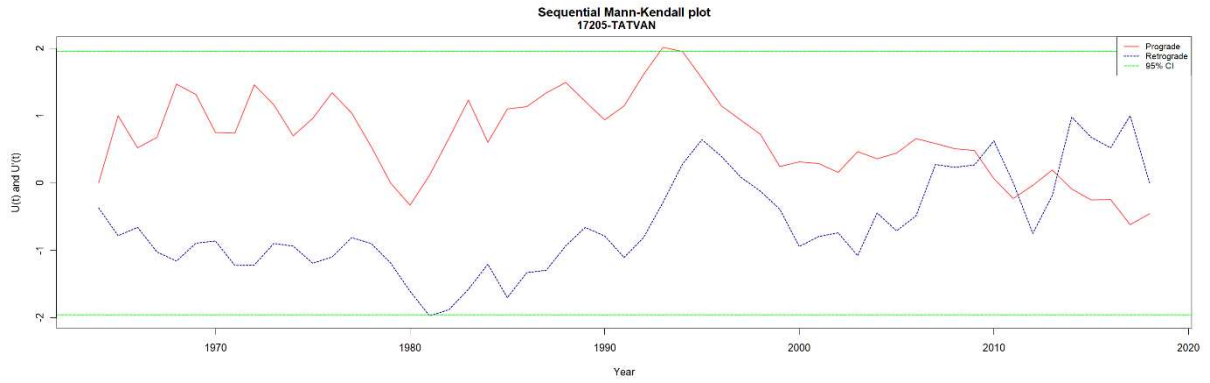
Şekil 4.52. Elâzığ bölge istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



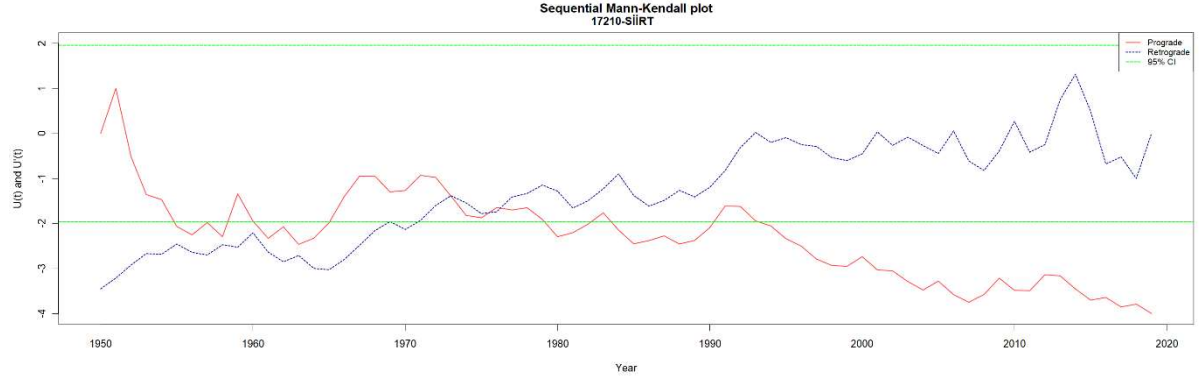
Şekil 4.53. Bingöl istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



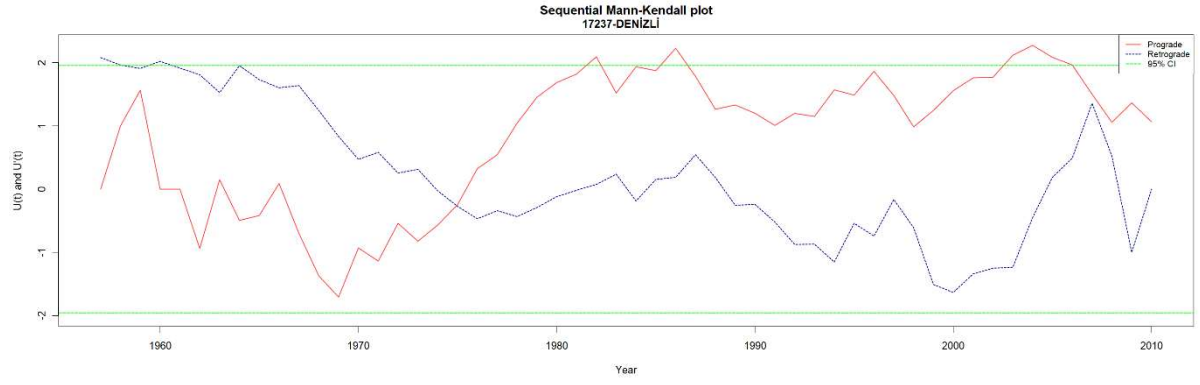
Şekil 4.54. Muş istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



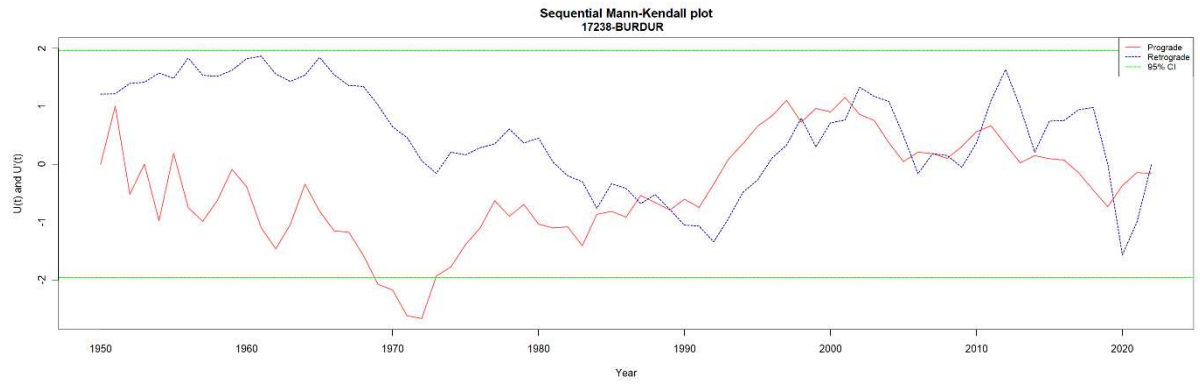
Şekil 4.55. Tatvan istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



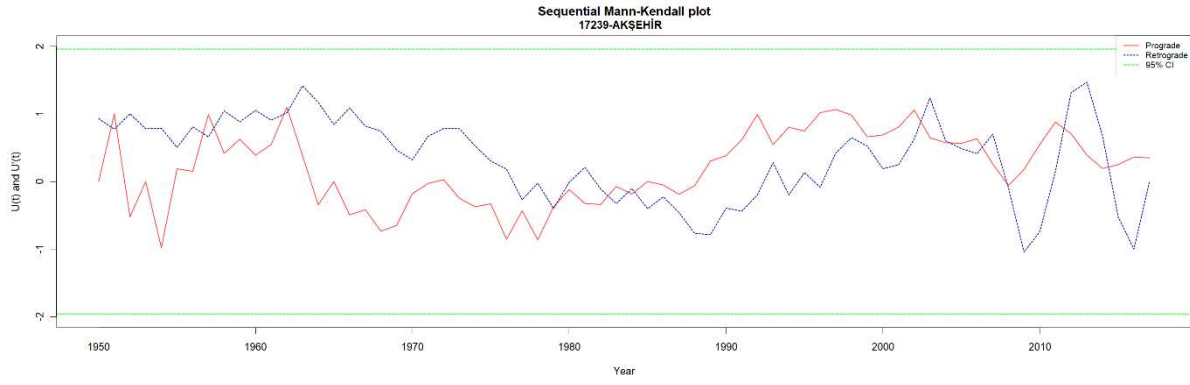
Şekil 4.56. Siirt istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



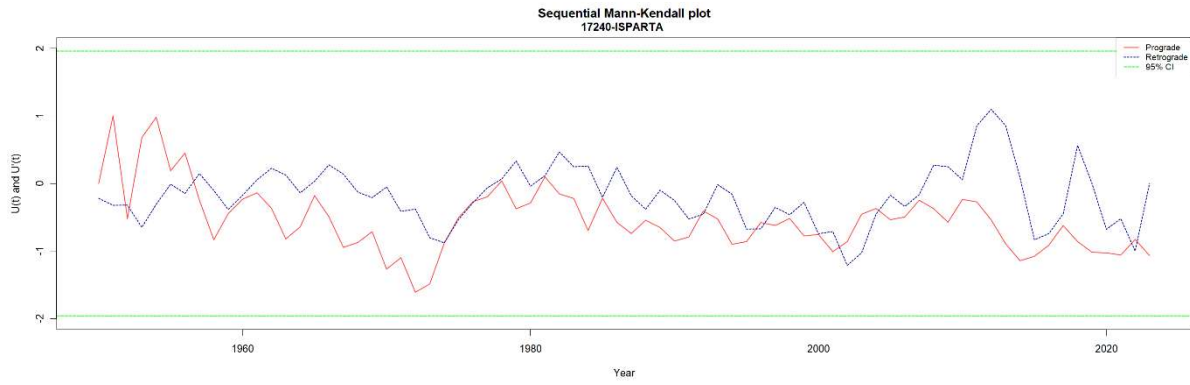
Şekil 4.57. Denizli istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



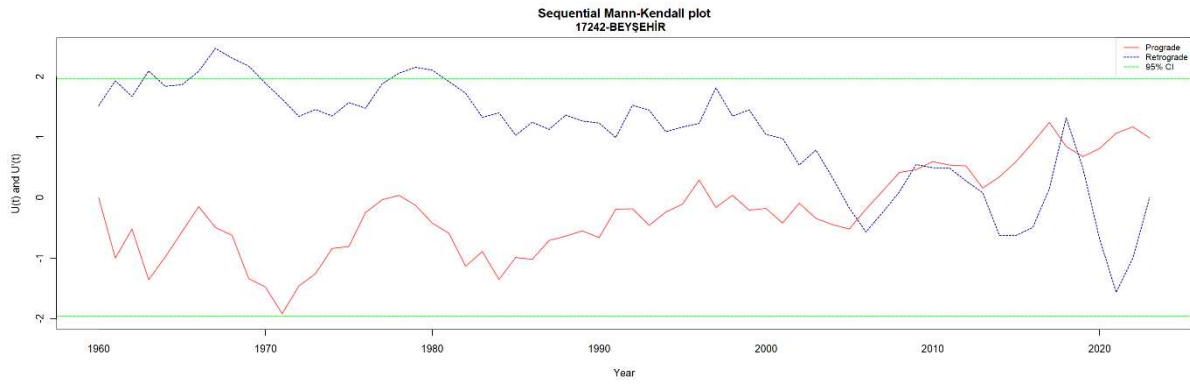
Şekil 4.58. Burdur istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



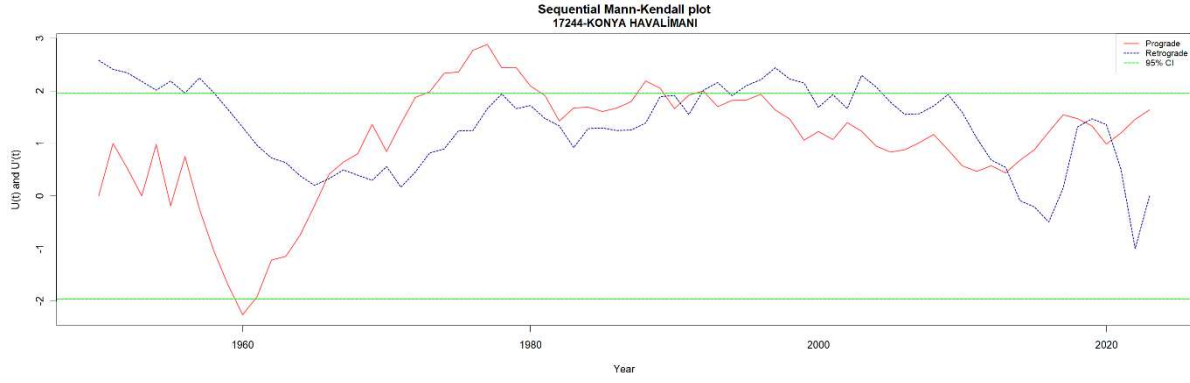
Şekil 4.59. Akşehir istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



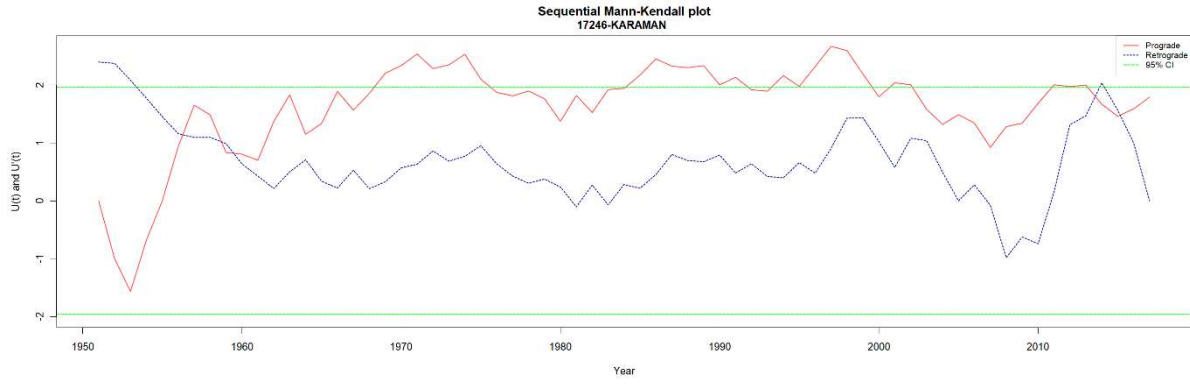
Şekil 4.60. Isparta istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



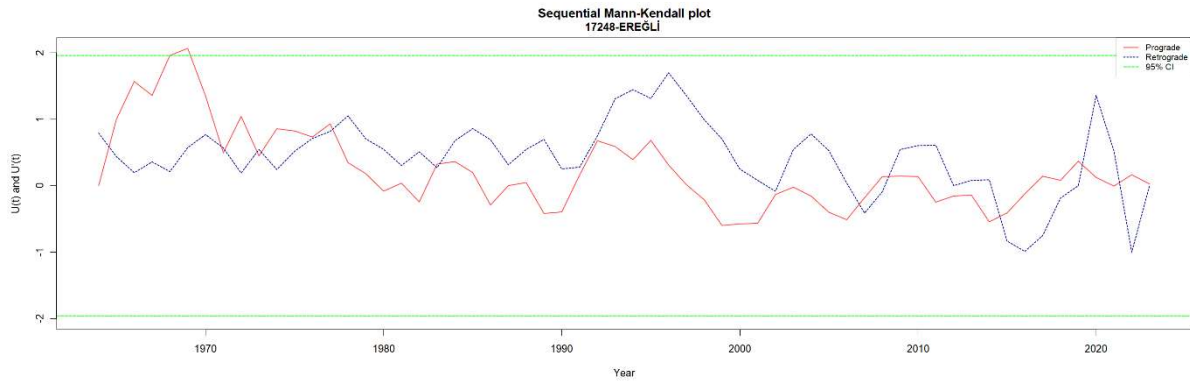
Şekil 4.61. Beyşehir istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



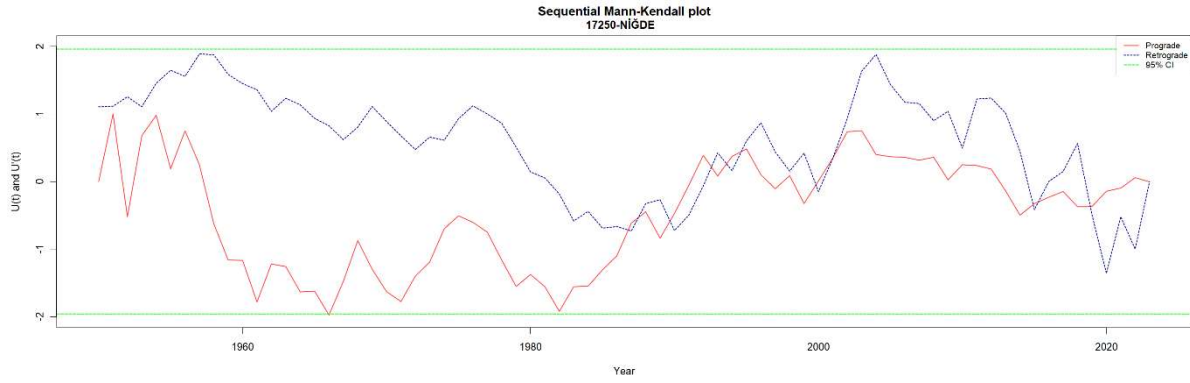
Şekil 4.62. *Konya havalimanı istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği*



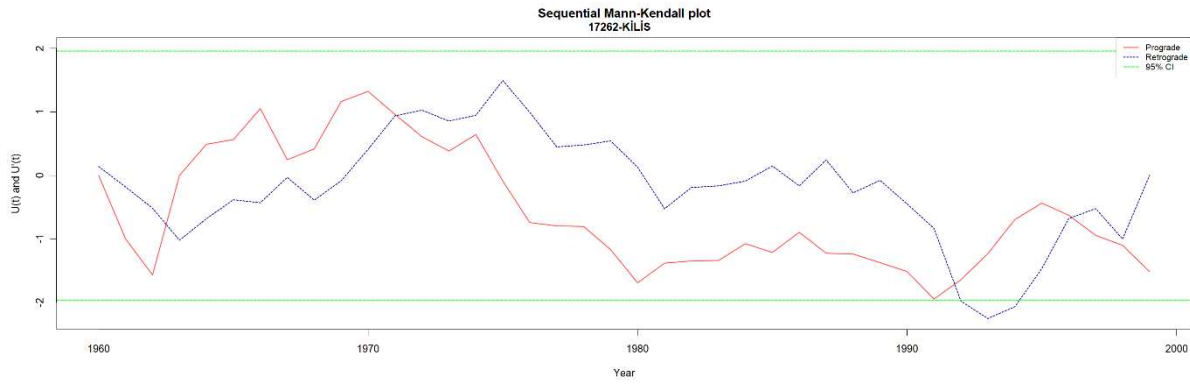
Şekil 4.63. *Karaman istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği*



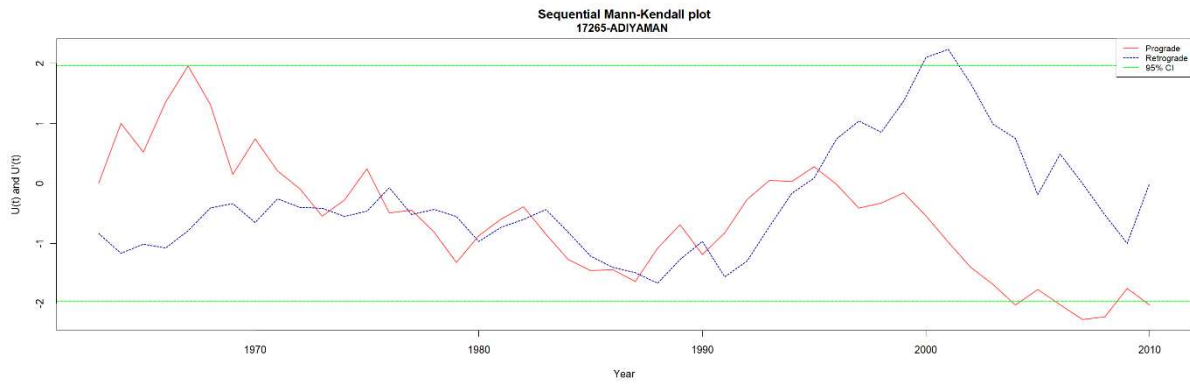
Şekil 4.64. *Ereğli istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği*



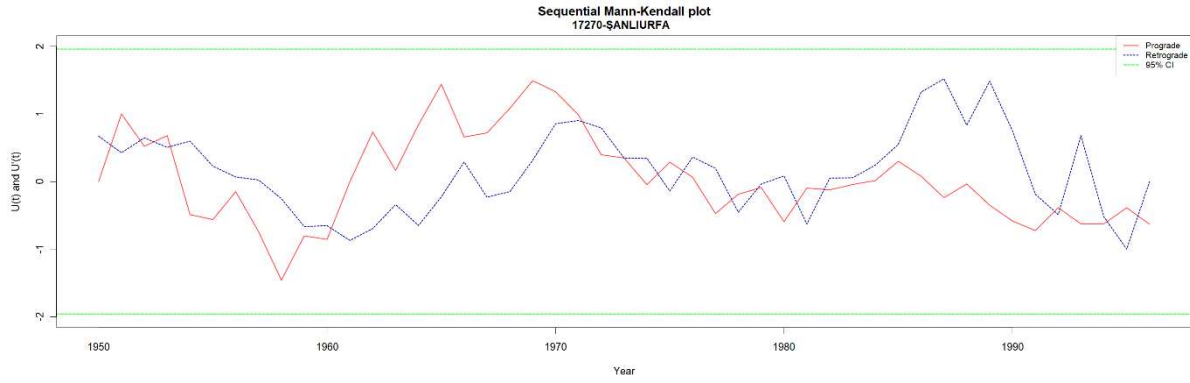
Şekil 4.65. Niğde istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



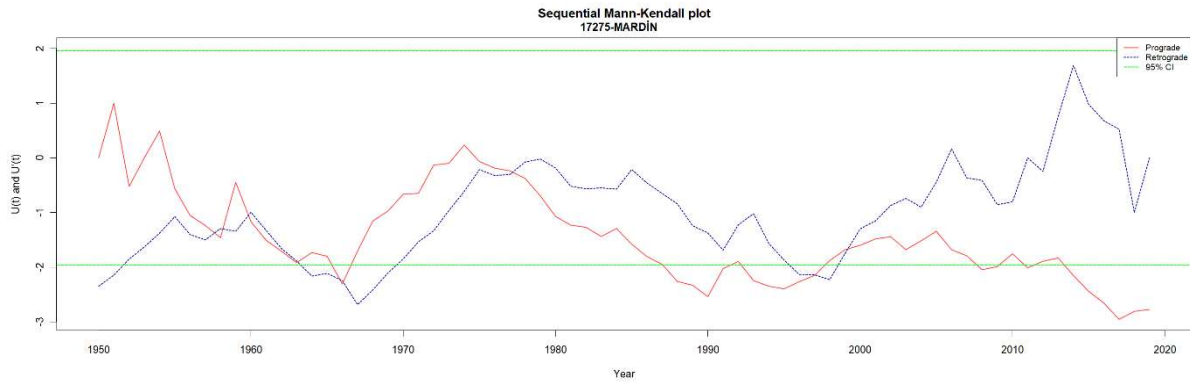
Şekil 4.66. Kilis istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



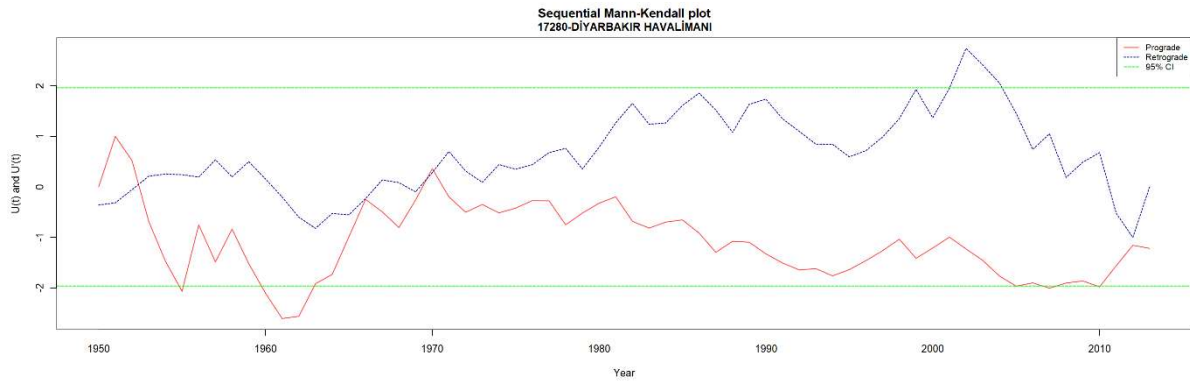
Şekil 4.67. Adıyaman istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



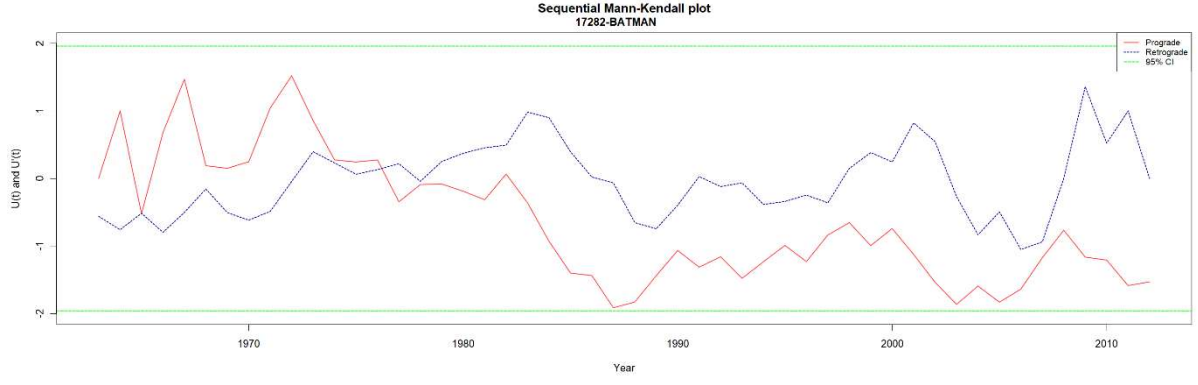
Şekil 4.68. Şanlıurfa istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



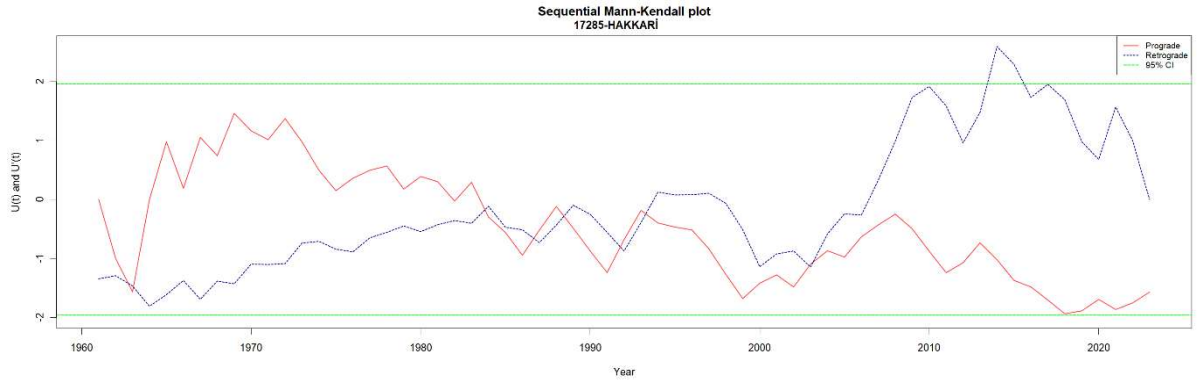
Şekil 4.69. Mardin İstasyonuna istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



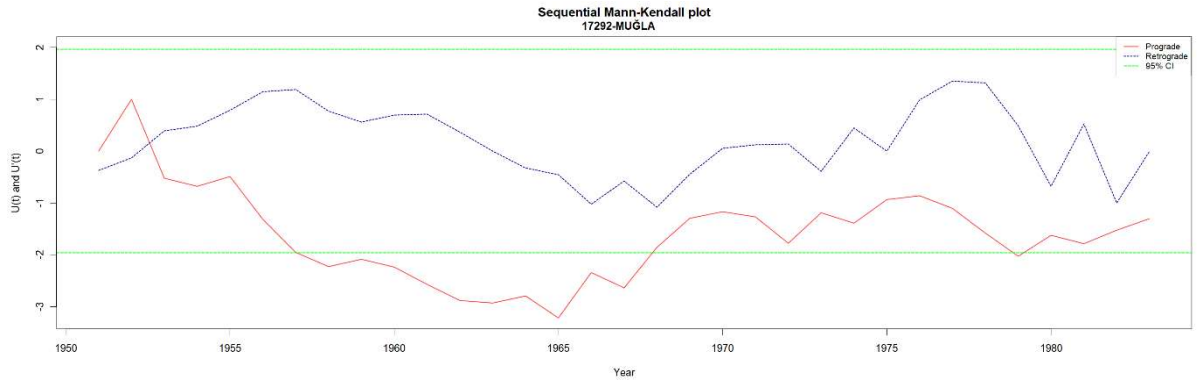
Şekil 4.70. Diyarbakır havalimanı istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



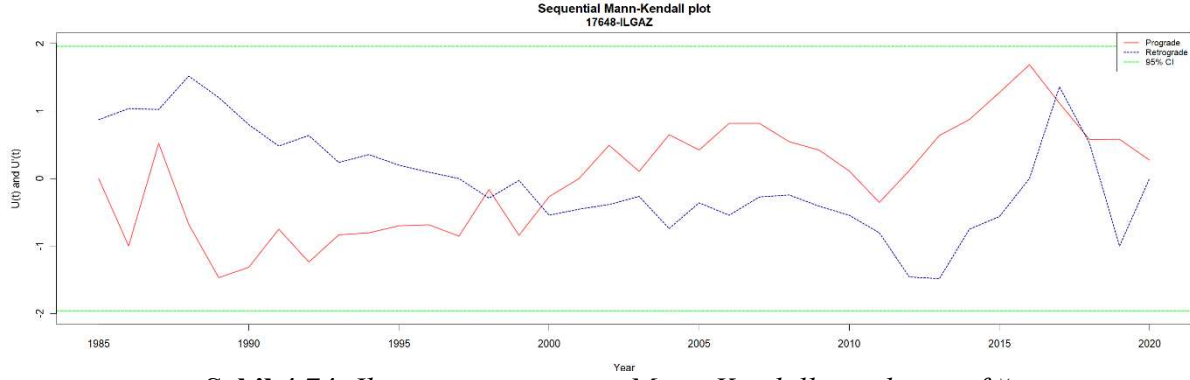
Şekil 4.71. *Batman istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği*



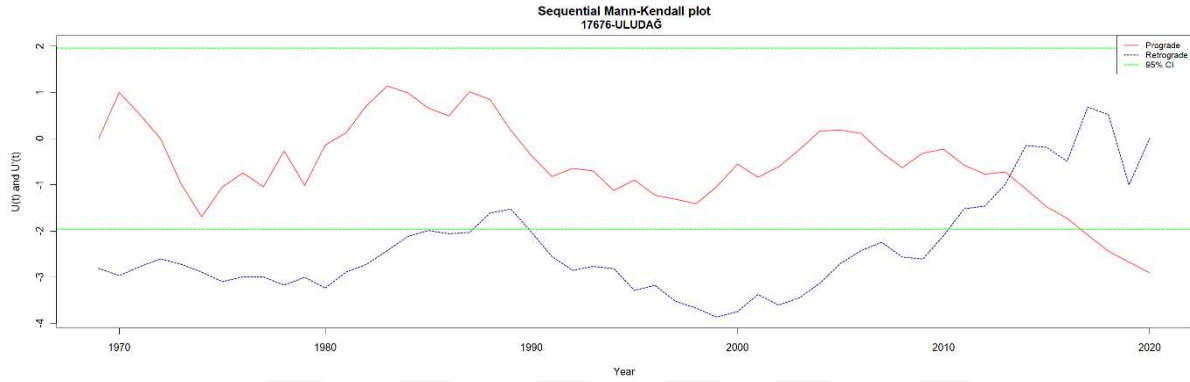
Şekil 4.72. *Hakkâri istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği*



Şekil 4.73. *Muğla istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği*



Şekil 4.74. Ilgaz istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği



Şekil 4.75. Uludağ istasyonuna ait Mann-Kendall yönelim grafiği

Yenilikçi Şen yöntemine göre kar yağış eğilimini belirlemek için 95% güven aralığına göre $s(\text{eğim})$ kritik değerinin alt ve üst limit değerleri ile karşılaştırılması gerekmektedir. Bu trend testine göre eğer s kritik değeri üst sınırdan büyük olursa artan trend, alt sınırdan küçük olursa azalan trendde, alt ve üst limit aralığında olursa herhangi bir trende rastlanmadığı anlamına gelmektedir. Tüm istasyonlar için Yenilikçi Şen trend testine göre elde edilen s (eğim) değerleri ile bu değerlere karşılık gelen alt-üst kritik değerler Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Yenilikçi Şen yöntemi 95% güven aralığına göre test sonuçları

İstasyonlar	Eğim(s)	Gösterge	Standart Sapma	Korelasyon	Alt Sınır	Üst Sınır	Trend
Akçakoca	-0.1243	-1.7213	0.0205	0.9713	-0.0402	0.0402	Azalan
Bartın	-0.3120	-2.3293	0.0186	0.9876	-0.0364	0.0364	Azalan
İnebolu	-0.0903	-1.1229	0.0364	0.8957	-0.0714	0.0714	Azalan
Sinop	-0.2057	-3.8702	0.0216	0.9219	-0.0424	0.0424	Azalan
Samsun Bölge	-0.1811	-3.3333	0.0140	0.9731	-0.0274	0.0274	Azalan

Çizelge 4.2. (Devam)Yenilikçi Şen yöntemi 95% güven aralığına göre test sonuçları

İstasyonlar	Eğim(s)	Gösterge	Standart Sapma	Korelasyon	Alt Sınır	Üst Sınır	Trend
Ordu	-0.1302	-1.5304	0.0298	0.9355	-0.0584	0.0584	Azalan
Giresun	-0.1451	-1.8627	0.0231	0.9648	-0.0453	0.0453	Azalan
Rize	-0.3251	-2.9256	0.0341	0.9560	-0.0668	0.0668	Azalan
Hopa	-0.2007	-1.8625	0.0324	0.9616	-0.0636	0.0636	Azalan
Artvin	0.1198	0.8841	0.0196	0.9791	-0.0384	0.0384	Artan
Ardahan	-0.2785	-1.8928	0.0120	0.9910	-0.0235	0.0235	Azalan
Edirne	-0.0261	-0.6049	0.0083	0.9804	-0.0162	0.0162	Azalan
Kırklareli	-0.0178	-0.5417	0.0107	0.9564	-0.0209	0.0209	Yok
Tekirdağ	-0.1125	-2.9530	0.0063	0.9847	-0.0124	0.0124	Azalan
Sarıyer Kumköy	0.1536	4.7863	0.0477	0.8021	-0.0934	0.0934	Artan
Sarıyer	-0.1436	-2.7172	0.0175	0.9450	-0.0343	0.0343	Azalan
İstanbul Bölge	0.0561	1.4035	0.0150	0.9452	-0.0293	0.0293	Artan
Kocaeli	0.0567	0.9156	0.0250	0.9206	-0.0491	0.0491	Artan
Sakarya	0.1106	2.0796	0.0303	0.8738	-0.0593	0.0593	Artan
Bolu	-0.0723	-0.7668	0.0168	0.9471	-0.0330	0.0330	Azalan
Kastamonu	0.0029	0.0563	0.0114	0.9434	-0.0224	0.0224	Yok
Karabük	0.6186	7.0790	0.2647	0.6623	-0.5188	0.5188	Artan
Çankırı	-0.0334	-0.8365	0.0137	0.8961	-0.0269	0.0269	Azalan
Çorum	-0.0152	-0.3503	0.0044	0.9870	-0.0087	0.0087	Azalan
Amasya	0.0426	1.0894	0.0370	0.8125	-0.0726	0.0726	Yok
Tokat	-0.1038	-1.7725	0.0099	0.9783	-0.0195	0.0195	Azalan
Gümüşhane	-0.2622	-2.3297	0.0211	0.9571	-0.0413	0.0413	Azalan
Bayburt	0.0586	0.6073	0.0098	0.9903	-0.0193	0.0193	Artan
Sivas	0.0320	0.3903	0.0232	0.9355	-0.0454	0.0454	Yok
Erzincan	-0.1066	-1.7762	0.0152	0.9259	-0.0299	0.0299	Azalan
Erzurum Havalimanı	0.1074	1.1343	0.0147	0.9685	-0.0290	0.0290	Artan
Kars	0.0682	0.6843	0.0135	0.9775	-0.0265	0.0265	Artan
Ağrı	-0.4339	-1.9298	0.0380	0.9524	-0.0744	0.0744	Azalan
Iğdır	-0.0386	-0.9195	0.0042	0.9879	-0.0083	0.0083	Azalan
Çanakkale	0.0557	1.6943	0.0125	0.9659	-0.0245	0.0245	Artan

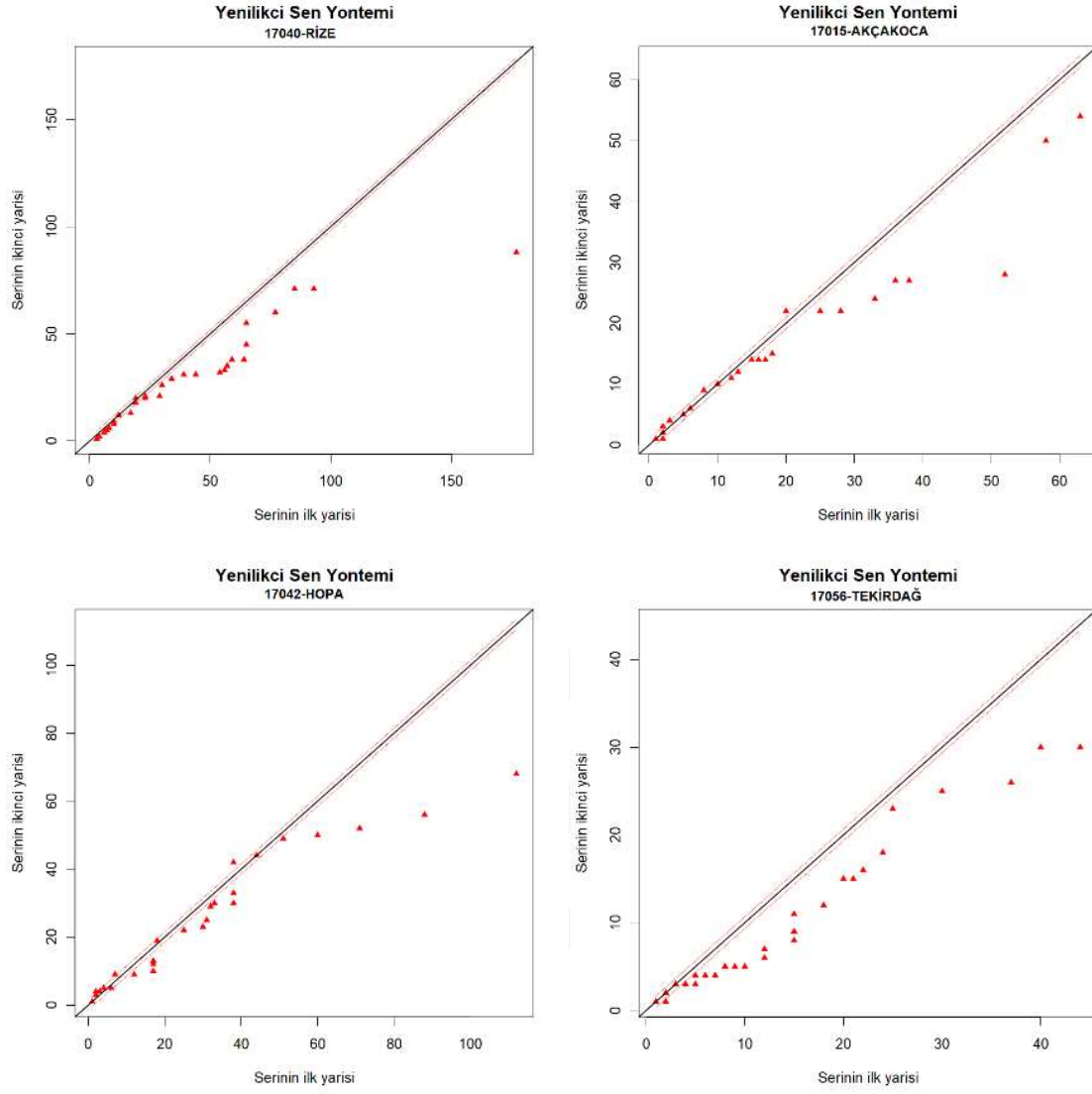
Çizelge 4.2. (Devam)Yenilikçi Şen yöntemi 95% güven aralığına göre test sonuçları

İstasyonlar	Eğim(s)	Gösterge	Standart Sapma	Korelasyon	Alt Sınır	Üst Sınır	Trend
Bursa	0.0027	0.0519	0.0098	0.9743	-0.0191	0.0191	Yok
Yalova	-0.0288	-0.7229	0.0127	0.9762	-0.0249	0.0249	Azalan
Bilecik	0.1023	2.1374	0.0171	0.9104	-0.0335	0.0335	Artan
Ankara Havalimanı	-0.0184	-0.3527	0.0316	0.7748	-0.0619	0.0619	Yok
Ankara Bölge	0.0967	2.7489	0.0752	0.6677	-0.1474	0.1474	Yok
Kırıkkale	-0.0479	-0.9491	0.0135	0.9631	-0.0264	0.0264	Azalan
Yozgat	-0.0935	-0.7848	0.0197	0.9321	-0.0389	0.0389	Azalan
Kütahya	0.1271	2.2336	0.0081	0.9797	-0.0159	0.0159	Artan
Kırşehir	-0.0913	-2.0373	0.0103	0.9611	-0.0202	0.0202	Azalan
Tunceli	-0.6612	-3.4103	0.1119	0.7669	-0.2194	0.2194	Azalan
Van Bölge	-0.1271	-1.2379	0.0132	0.9813	-0.0259	0.0259	Azalan
Afyon Bölge	0.0738	1.2882	0.1115	0.9574	-0.0218	0.0218	Artan
Cihanbeyli	0.2644	4.0407	0.0708	0.7894	-0.1387	0.1387	Artan
Aksaray	-0.0611	-1.0000	0.0107	0.9660	-0.0209	0.0209	Azalan
Nevşehir	-0.0674	-0.7012	0.0142	0.9503	-0.0278	0.0278	Azalan
Kayseri Bölge	0.0997	1.7467	0.0052	0.9856	-0.0101	0.0101	Artan
Elâzığ Bölge	-0.2122	-3.0795	0.0069	0.9876	-0.0136	0.0136	Azalan
Bingöl	-0.1249	-0.6170	0.0386	0.9631	-0.0757	0.0757	Azalan
Muş	-0.5011	-1.7961	0.0373	0.9708	-0.0731	0.0731	Azalan
Tatvan	-0.1360	-0.4927	0.0559	0.9681	-0.1096	0.1096	Azalan
Siirt	-0.3657	-4.1869	0.0209	0.9511	-0.0410	0.0410	Azalan
Denizli	0.1495	5.3695	0.0065	0.9878	-0.0124	0.0124	Artan
Burdur	0.0875	3.0343	0.0176	0.9135	-0.0345	0.0345	Artan
Akşehir	0.0588	0.7032	0.0091	0.9850	-0.0178	0.0178	Artan
Isparta	-0.0314	-0.7978	0.0055	0.9807	-0.0108	0.0108	Azalan
Beyşehir	-0.0068	-0.0833	0.0345	0.8921	-0.0676	0.0676	Yok
Konya Havalimanı	0.0913	2.4704	0.0087	0.9638	-0.0170	0.0170	Artan
Karaman	0.1673	3.1040	0.0157	0.9486	-0.0309	0.0309	Artan
Ereğli	-0.0467	-0.7083	0.0089	0.9777	-0.0175	0.0175	Azalan
Niğde	0.0614	1.5879	0.0046	0.9774	-0.0091	0.0091	Artan

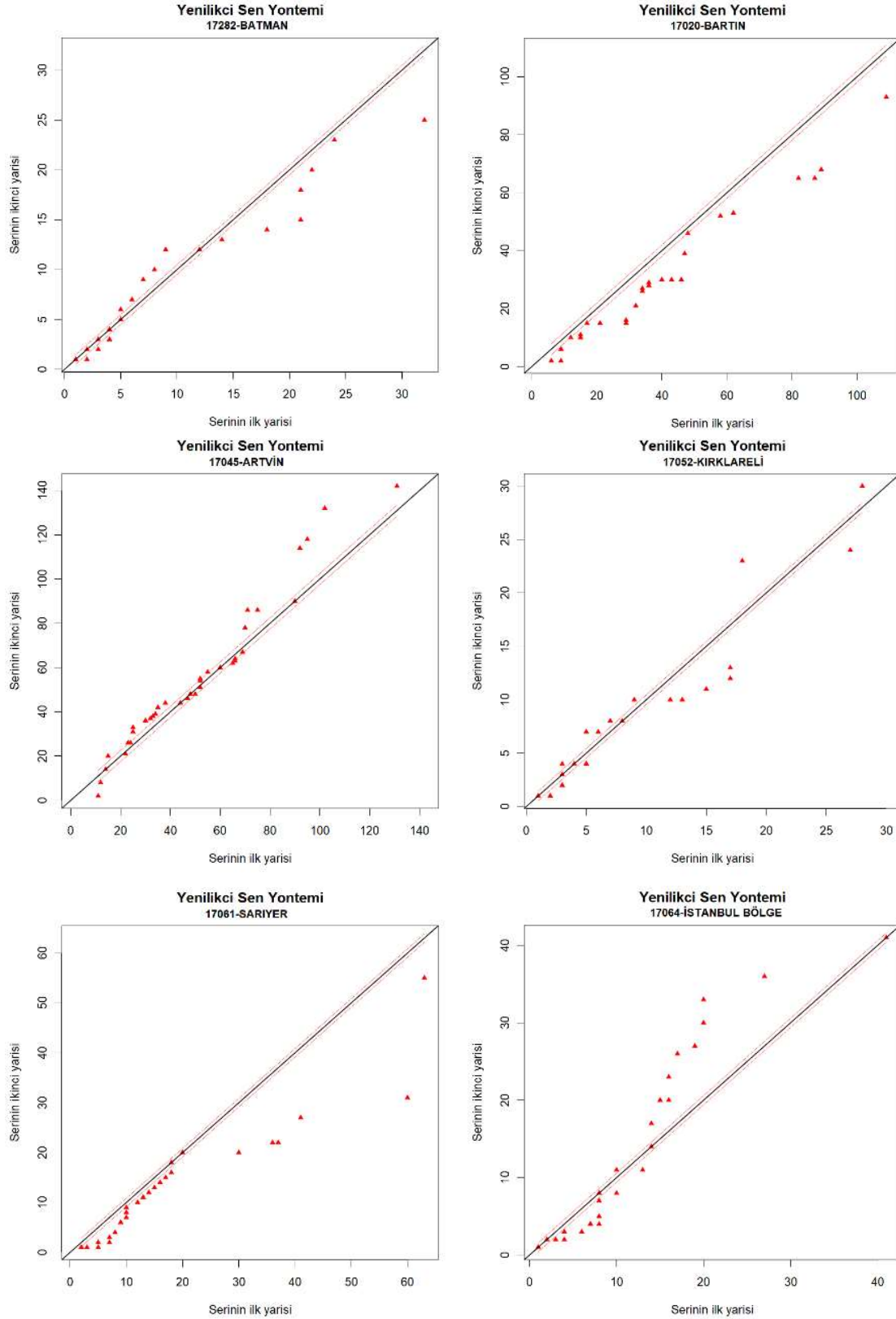
Çizelge 4.2. (Devam)Yenilikçi Şen yöntemi 95% güven aralığına göre test sonuçları

İstasyonlar	Eğim(s)	Gösterge	Standart Sapma	Korelasyon	Alt Sınır	Üst Sınır	Trend
Kilis	-0.0150	-0.3797	0.0303	0.8408	-0.0595	0.0595	Yok
Adıyaman	0.0521	1.0791	0.0202	0.9701	-0.0395	0.0395	Artan
Şanlıurfa	-0.0573	-1.5271	0.0093	0.9746	-0.0182	0.0182	Azalan
Mardin	-0.3584	-4.0686	0.0324	0.9020	-0.0634	0.0634	Azalan
Diyarbakır Havalimanı	-0.0850	-1.4262	0.0357	0.8765	-0.0699	0.0699	Azalan
Batman	-0.0256	-0.0664	0.0110	0.9689	-0.0216	0.0216	Azalan
Hakkâri	-0.1341	-0.4114	0.0408	0.9791	-0.0799	0.0799	Azalan
Muğla	0.0151	0.3333	0.0213	0.9538	-0.0417	0.0417	Yok
İlgaz	0.3951	4.5878	0.0416	0.9678	-0.0816	0.0816	Artan
Uludağ	-1.4660	-1.4631	0.1298	0.9616	-0.2543	0.2543	Azalan

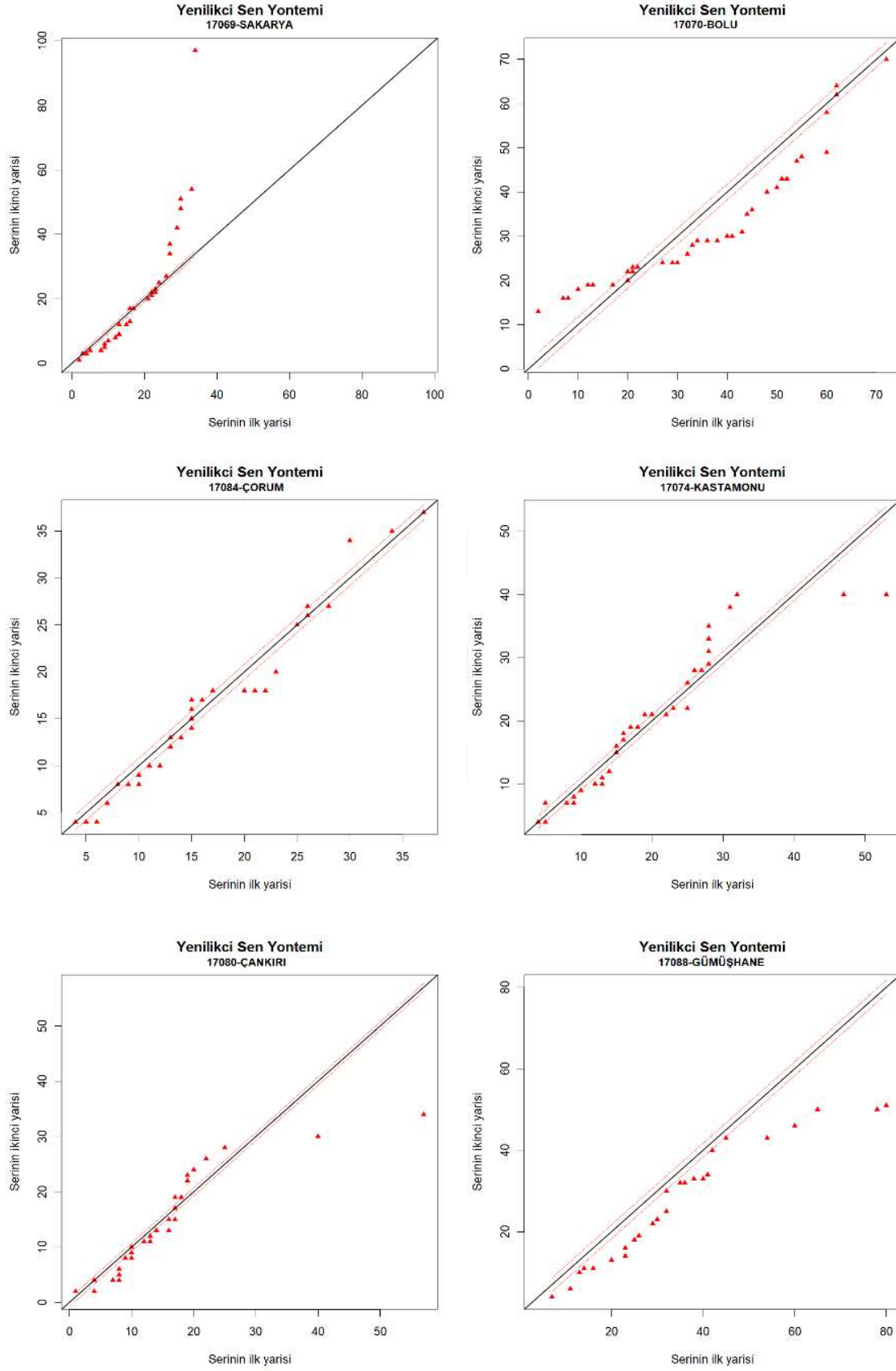
Çizelge 4.2’de belirli yıllara ait maksimum kar yağış verilerinin Yenilikçi Şen trend testi değerlerine göre yönelim grafikleri çizilmiştir. Yenilikçi Şen yöntemine göre çizilen diyagramlardaki 1:1 doğrultusuna bakarak verileri artan, azalan ve trendin belirlenemediği 3 durum olarak yorumlanmıştır. Grafikteki 1:1 doğrultusunun üst kısmında bulunan noktalar artan bir trendin olduğu, alt kısmında bulunan noktalar azalan bir trendin olduğunu, doğru üzerinde bulunan nokta kümesinde herhangi bir trendin olmadığını göstermektedir. Tüm istasyonlarda kar yağış verileri için oluşturulan Yenilikçi Şen Yönelim grafiklerine göre artan trendde 23 istasyonun bulunduğu, azalan trendde 42 istasyonun bulunduğu, 10 istasyonda da herhangi bir trendin belirlenemediği tespit edilmiştir. 75 istasyona ait yıllık maksimum kar verilerine göre elde edilen Yenilikçi Şen yönelim grafikleri Şekil 4.76 ile Şekil 4.88 arasında gösterilmektedir.



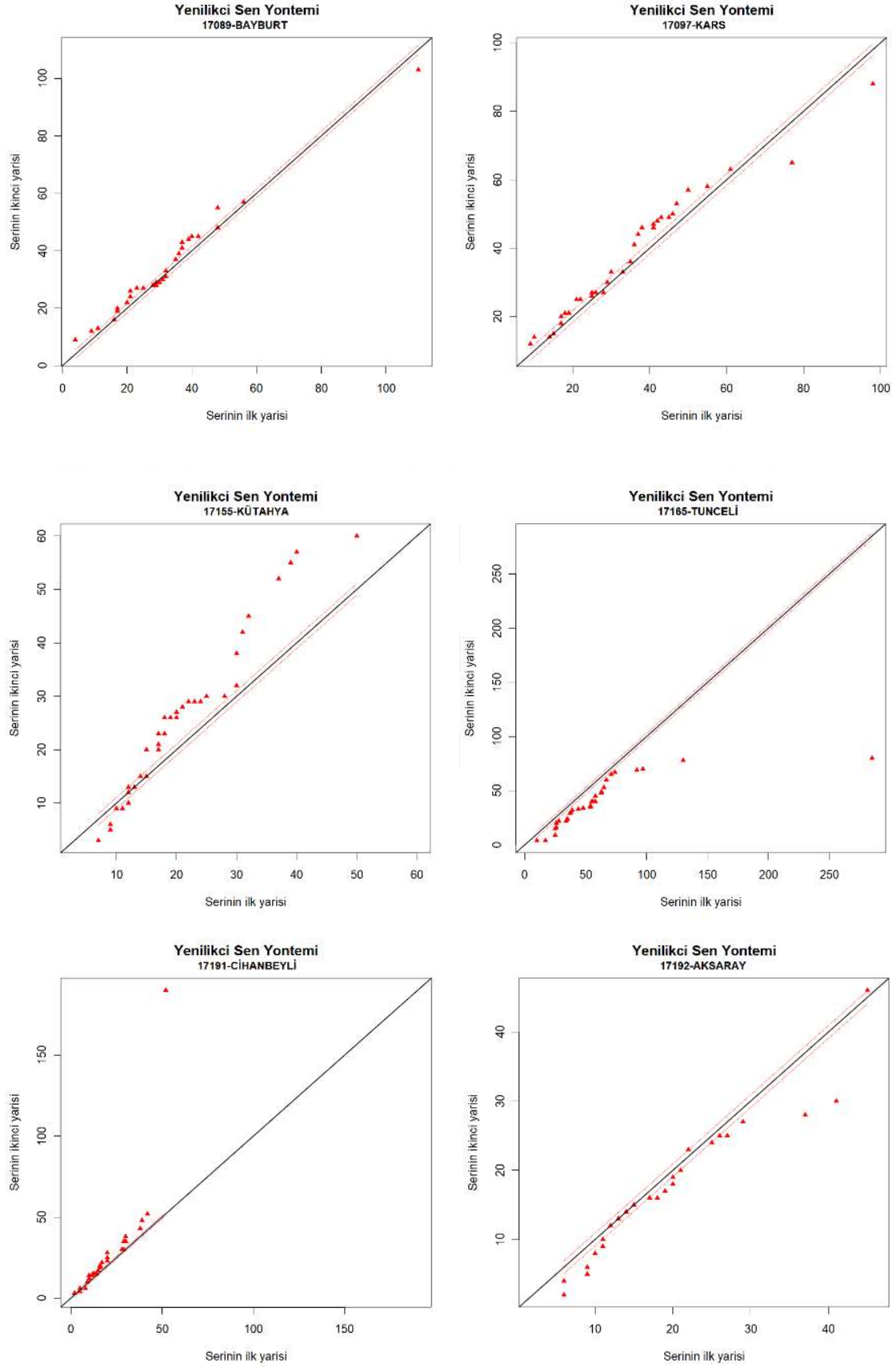
Şekil 4.76. Rize, Akçakoca, Hopa ve Tekirdağ istasyonlarına ait Yenilikçi Şen yönelim grafiği



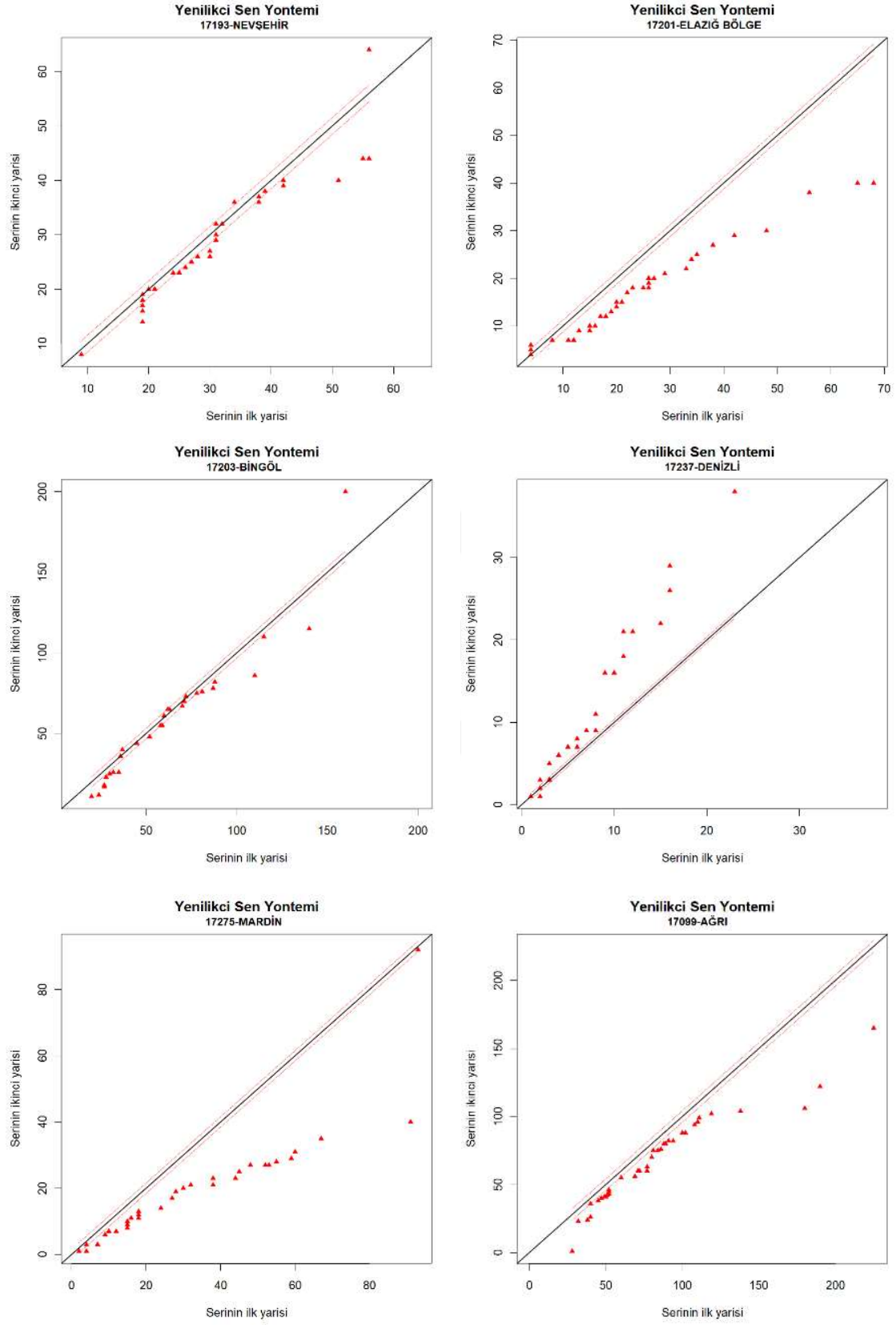
Şekil 4. 77. *Batman, Bartın, Artvin, Kırklareli, Sarıyer ve İstanbul bölge istasyonlarına ait Yenilikçi Şen yönelim grafiği*



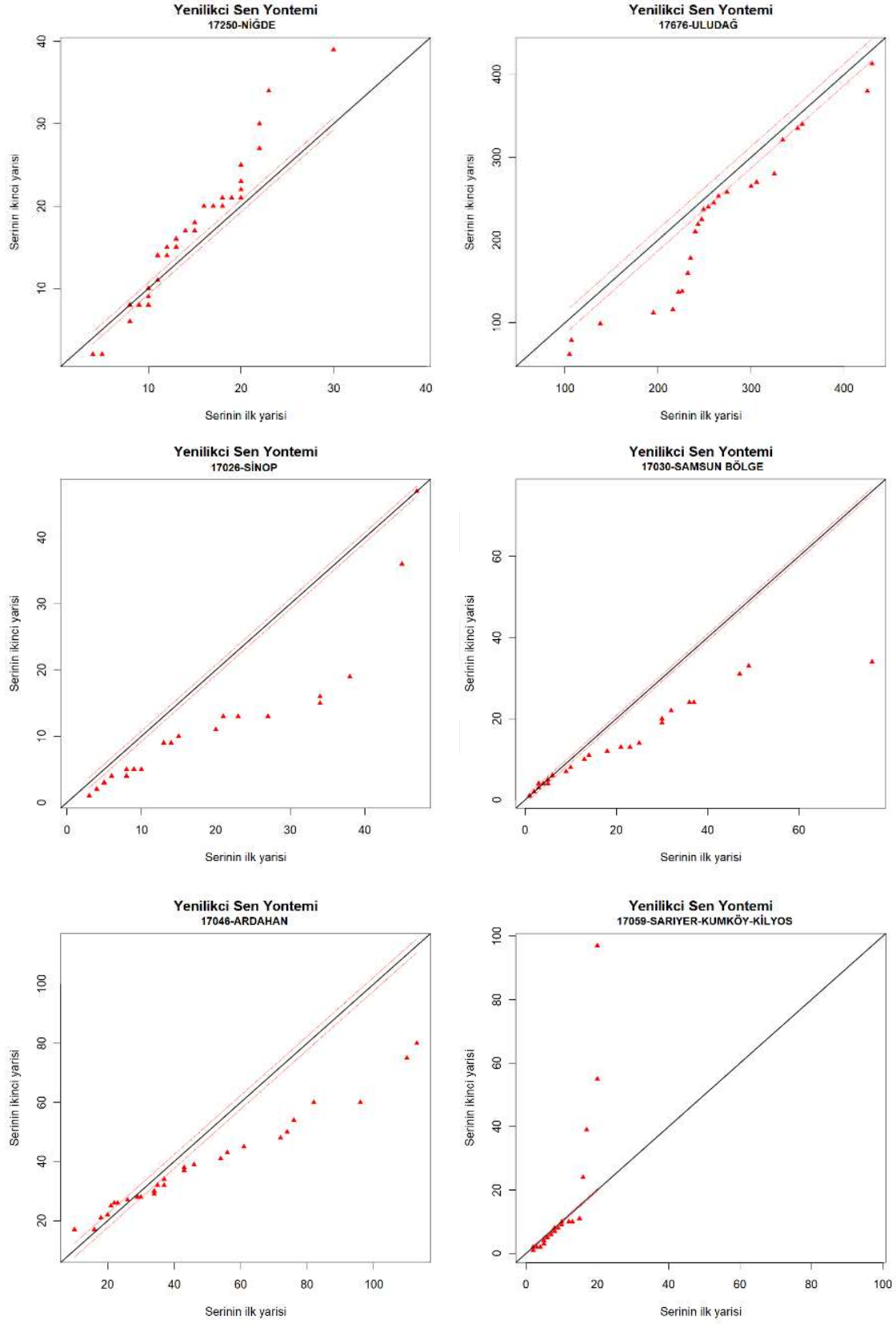
Şekil 4. 78. Sakarya, Bolu, Çorum, Kastamonu, Çankırı ve Gümüşhane istasyonlarına ait Yenilikçi Şen yönelim grafiği



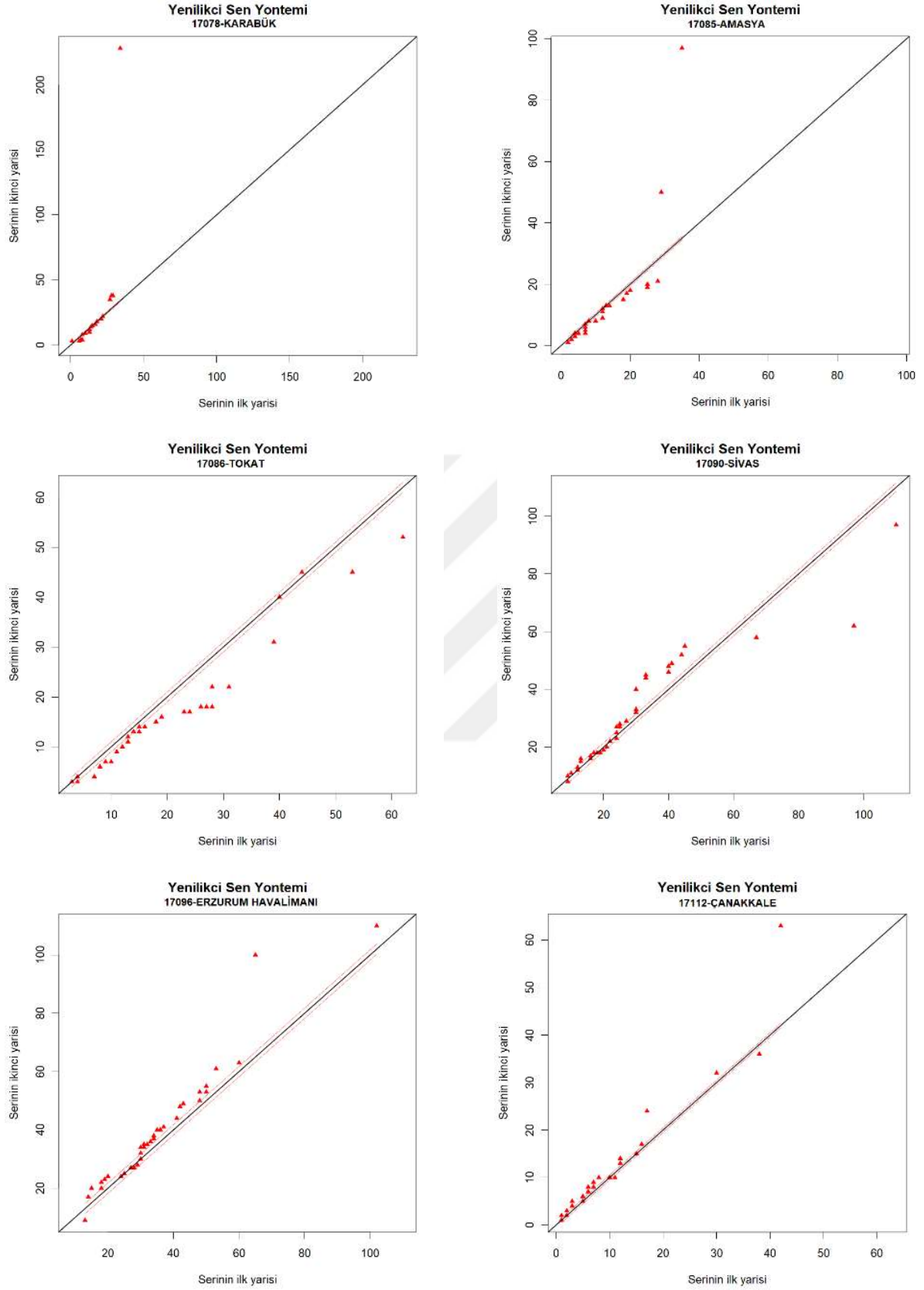
Şekil 4.79. Bayburt, Kars, Kütahya, Tunceli, Cihanbeyli ve Aksaray istasyonlarına ait Yenilikçi Şen yönelim grafiği



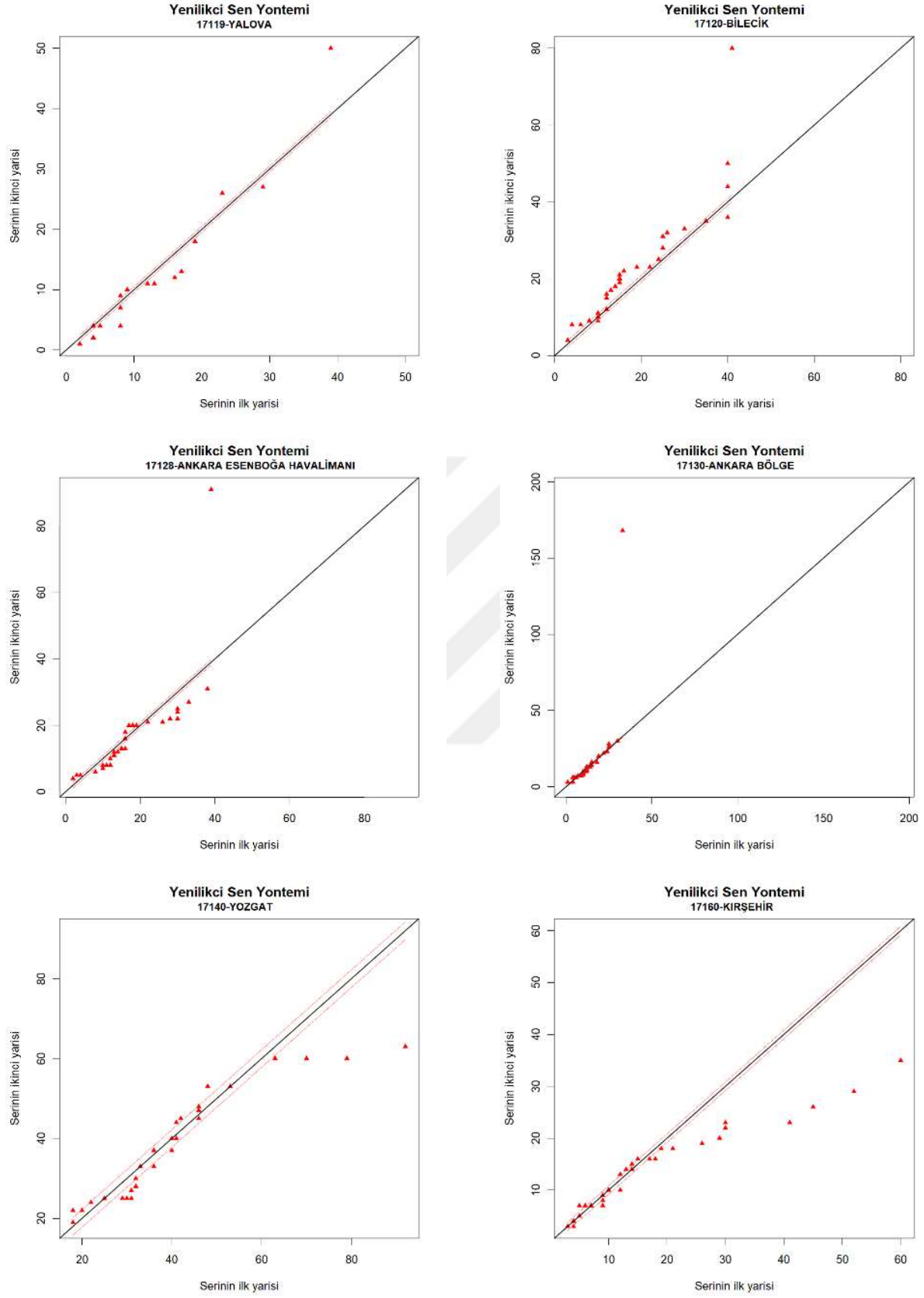
Şekil 4.80. Nevşehir, Elazığ Bölge, Bingöl, Denizli, Mardin ve Ağrı istasyonlarına ait Yenilikçi Şen yönelim grafiği



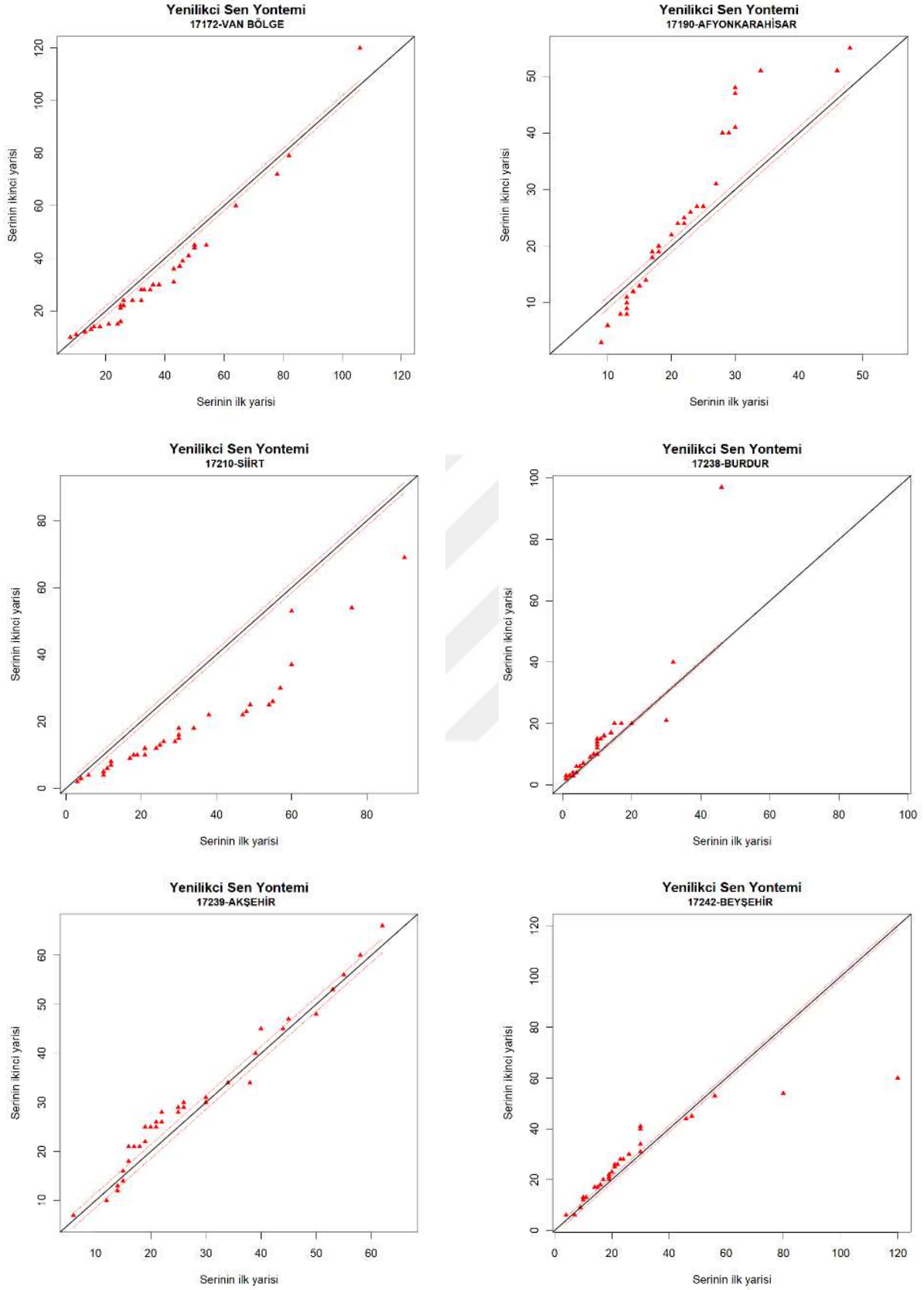
Şekil 4.81. *Niğde, Uludağ, Sinop, Samsun bölge, Ardahan ve Sarıyer-Kumköy-Kilyos istasyonlarına ait Yenilikçi Şen yönelim grafiği*



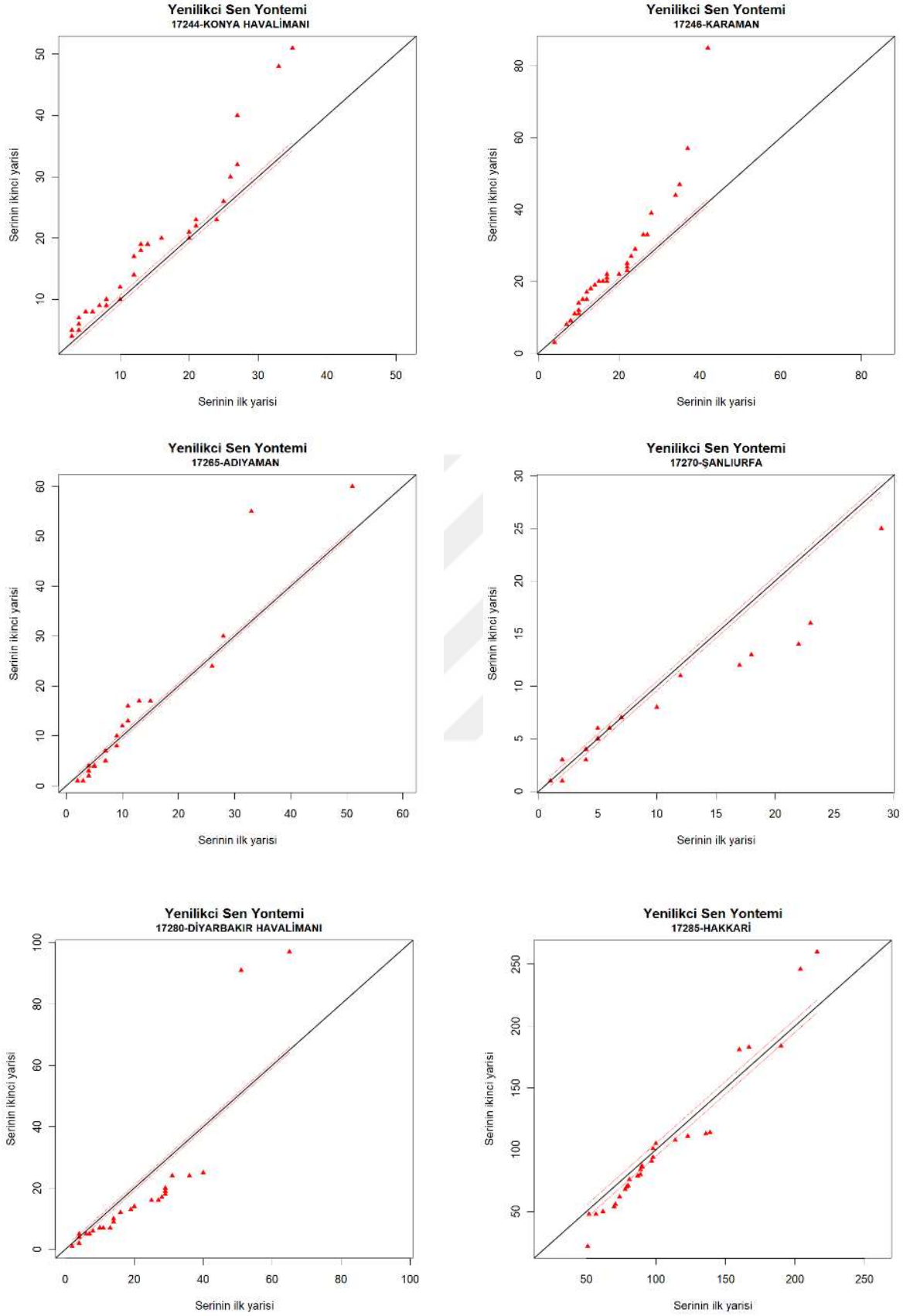
Şekil 4.82. *Karabük, Amasya, Tokat, Sivas, Erzurum havalimanı ve Çanakkale istasyonlarına ait Yenilikçi Şen yönelim grafiği*



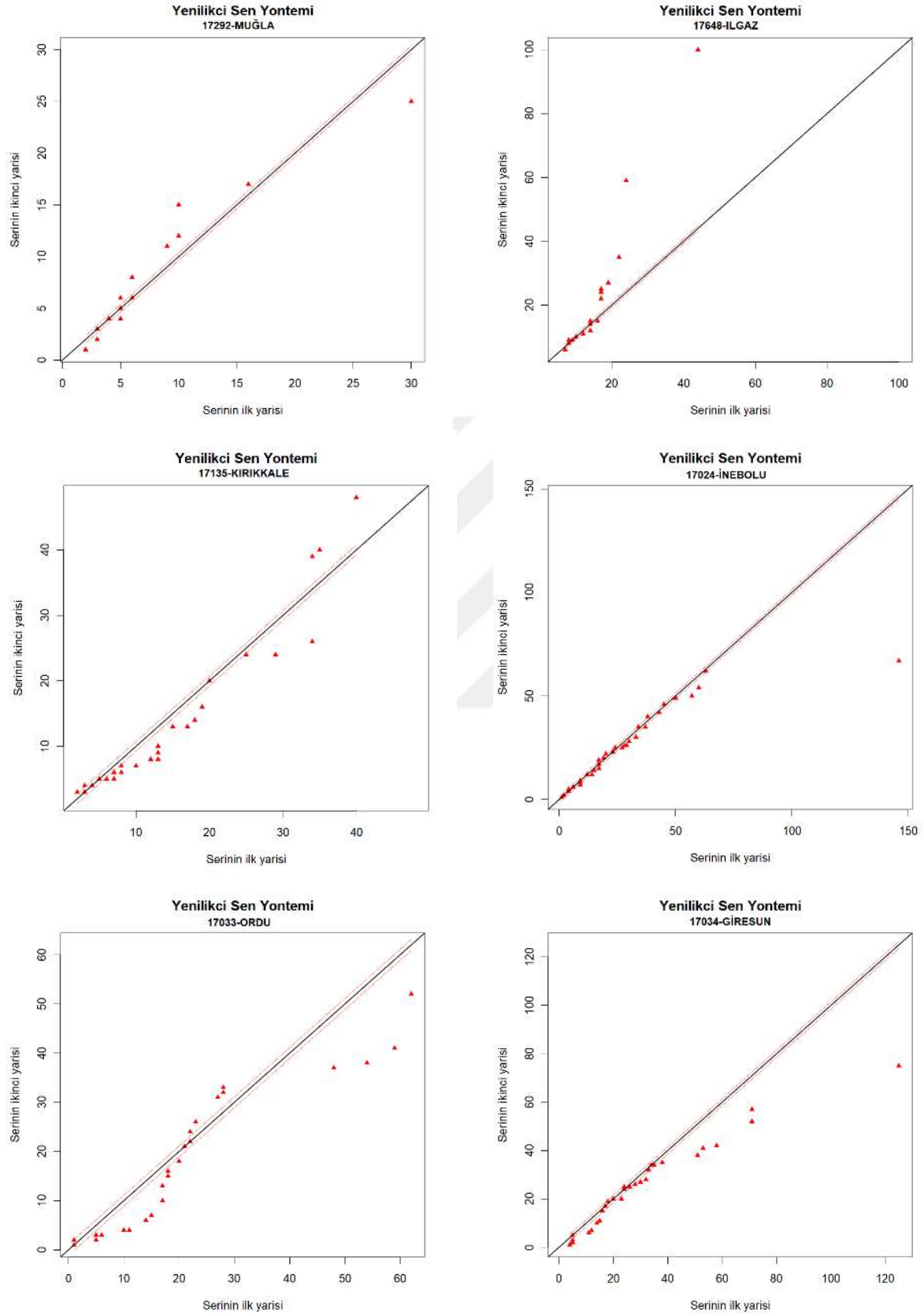
Şekil 4.83. Yalova, Bilecik, Ankara Esenboğa havalimanı, Ankara bölge, Yozgat ve Kırşehir istasyonlarına ait Yenilikçi Şen yönelim grafiği



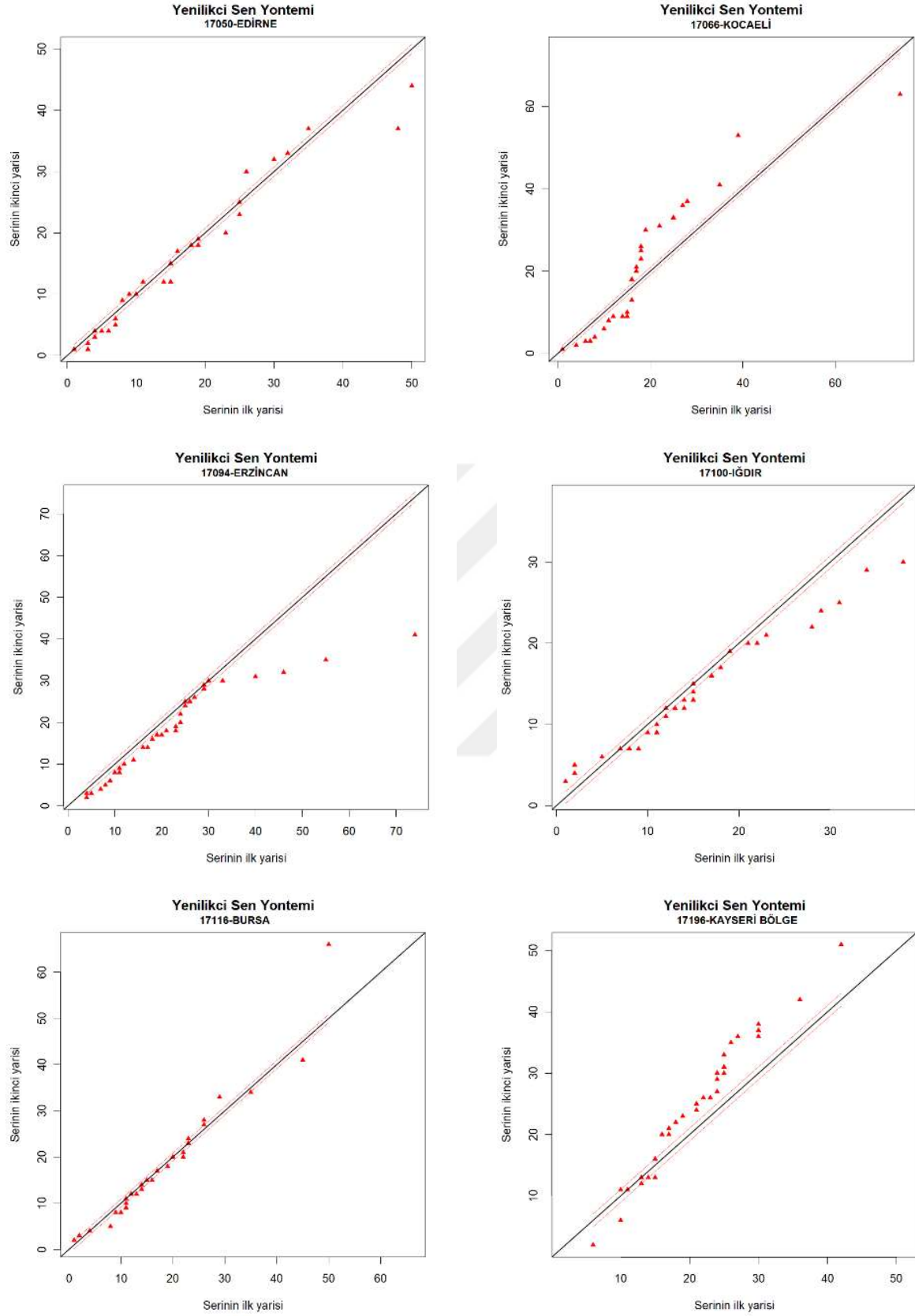
Şekil 4.84. Van Bölge, Afyonkarahisar, Siirt, Burdur, Akşehir ve Beyşehir istasyonlarına ait Yenilikçi Şen yönelim grafiği



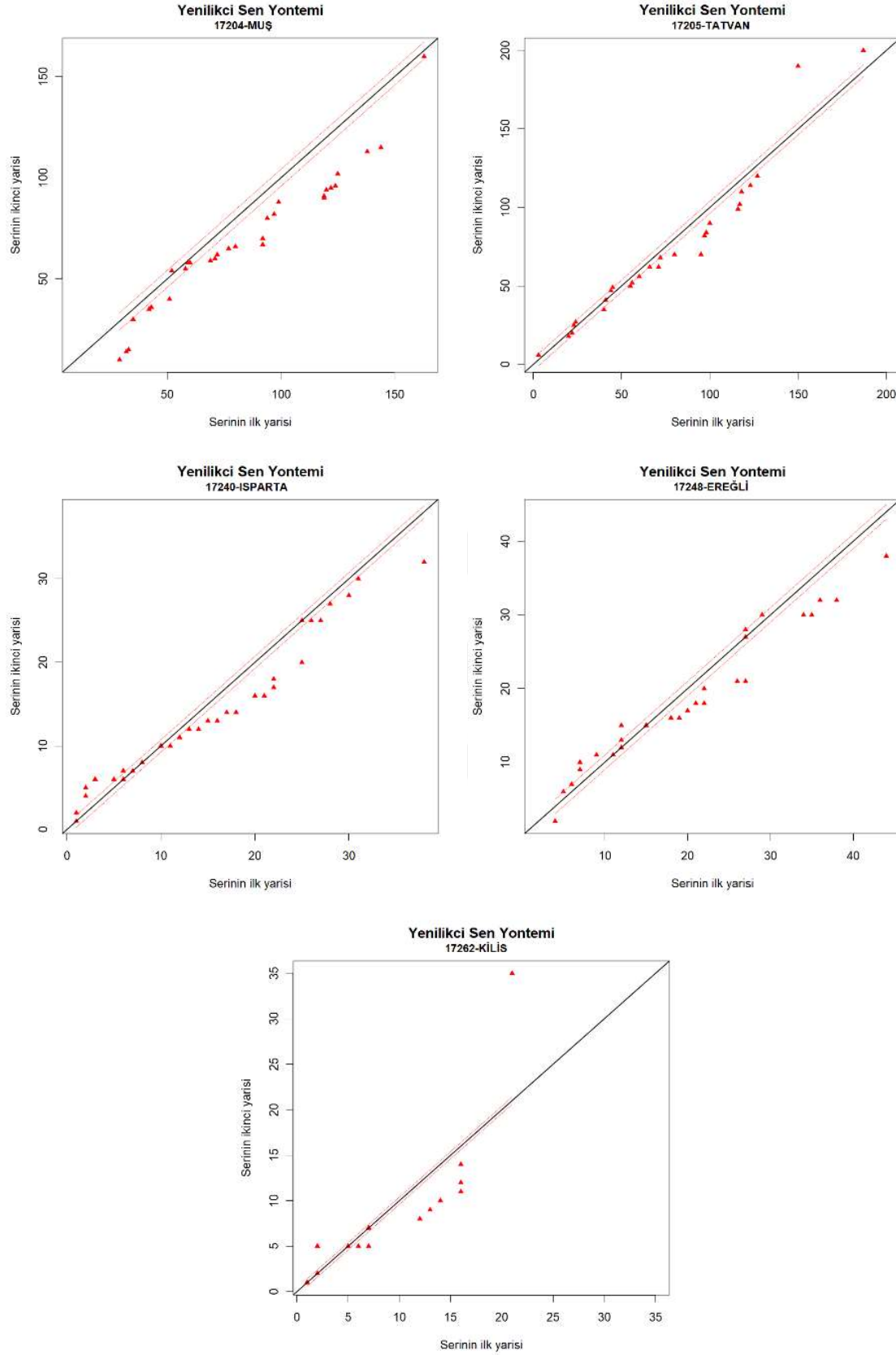
Şekil 4.85. Konya havalimanı, Karaman, Adıyaman, Şanlıurfa, Diyarbakır havalimanı ve Hakkâri istasyonlarına ait Yenilikçi Şen yönelim grafiği



Şekil 4.86. Muğla, Ilgaz, Kırıkkale, İnebolu, Ordu ve Giresun istasyonlarına ait Yenilikçi Şen yönelim grafiği



Şekil 4.87. Edirne, Kocaeli, Erzincan, Iğdır, Bursa ve Kayseri bölge istasyonlarına ait Yenilikçi Şen yönelim grafiği



Şekil 4.88. Muş, Tatvan, Isparta, Ereğli ve Kilis istasyonlarına ait Yenilikçi Şen yönelim grafiği

Kar yağış yönelimlerini belirlemek amacıyla trend testlerinden Yenilikçi Şen ve Mann-Kendall yöntemleri uygulanarak her iki trend testine ait yönelimler belirlenmiş ve istasyonların yönelim grafikleri oluşturulmuştur. Yenilikçi Şen yönteminin Mann-Kendall testine göre daha çok trend gösterdiğini belirlemiştir. 75 istasyona ait Yenilikçi Şen ve Mann-Kendall trend testleri ile belirlenen kar yağış yönelimlerinin karşılaştırıldığı Çizelge 4.3 aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.3. *Yönelim testlerinin karşılaştırılması*

İstasyonlar	Man-Kendall Testi	Yenilikçi Şen Testi
Akçakoca	Yok	Azalan
Bartın	Yok	Azalan
İnebolu	Yok	Azalan
Sinop	Yok	Azalan
Samsun Bölge	Yok	Azalan
Ordu	Yok	Azalan
Giresun	Yok	Azalan
Rize	Yok	Azalan
Hopa	Yok	Azalan
Artvin	Yok	Artan
Ardahan	Azalan	Azalan
Edirne	Yok	Azalan
Kırklareli	Yok	Yok
Tekirdağ	Yok	Azalan
Sarıyer-Kumköy	Yok	Artan
Sarıyer	Yok	Azalan
İstanbul Bölge	Yok	Artan
Kocaeli	Yok	Artan
Sakarya	Yok	Artan
Bolu	Yok	Azalan
Kastamonu	Yok	Yok
Karabük	Yok	Artan
Çankırı	Yok	Azalan

Çizelge 4.3. (Devam)*Yönelim testlerinin karşılaştırılması*

İstasyonlar	Man-Kendall Testi	Yenilikçi Şen Testi
Çorum	Yok	Azalan
Amasya	Yok	Yok
Tokat	Yok	Azalan
Gümüşhane	Yok	Azalan
Bayburt	Yok	Artan
Sivas	Yok	Yok
Erzincan	Yok	Azalan
Erzurum Havalimanı	Yok	Artan
Kars	Yok	Artan
Ağrı	Azalan	Azalan
Iğdır	Yok	Azalan
Çanakkale	Yok	Artan
Bursa	Yok	Yok
Yalova	Yok	Azalan
Bilecik	Yok	Artan
Ankara Havalimanı	Yok	Yok
Ankara Bölge	Yok	Yok
Kırıkkale	Yok	Azalan
Yozgat	Yok	Azalan
Kütahya	Yok	Artan
Kırşehir	Yok	Azalan
Tunceli	Yok	Azalan
Van Bölge	Yok	Azalan
Afyon Bölge	Yok	Artan
Cihanbeyli	Yok	Artan
Aksaray	Yok	Azalan
Nevşehir	Yok	Azalan
Kayseri Bölge	Yok	Artan
Elâzığ Bölge	Azalan	Azalan
Bingöl	Yok	Azalan

Çizelge 4.3. (Devam)*Yönelim testlerinin karşılaştırılması*

İstasyonlar	Man-Kendall Testi	Yenilikçi Şen Testi
Muş	Yok	Azalan
Tatvan	Yok	Azalan
Siirt	Azalan	Azalan
Denizli	Yok	Artan
Burdur	Yok	Artan
Akşehir	Yok	Artan
Isparta	Yok	Azalan
Beyşehir	Yok	Yok
Konya Havalimanı	Artan	Artan
Karaman	Artan	Artan
Ereğli	Yok	Azalan
Niğde	Yok	Artan
Kilis	Yok	Yok
Adıyaman	Yok	Artan
Şanlıurfa	Yok	Azalan
Mardin	Azalan	Azalan
Diyarbakır Havalimanı	Yok	Azalan
Batman	Yok	Azalan
Hakkâri	Yok	Azalan
Muğla	Yok	Yok
Ilgaz	Yok	Artan
Uludağ	Azalan	Azalan

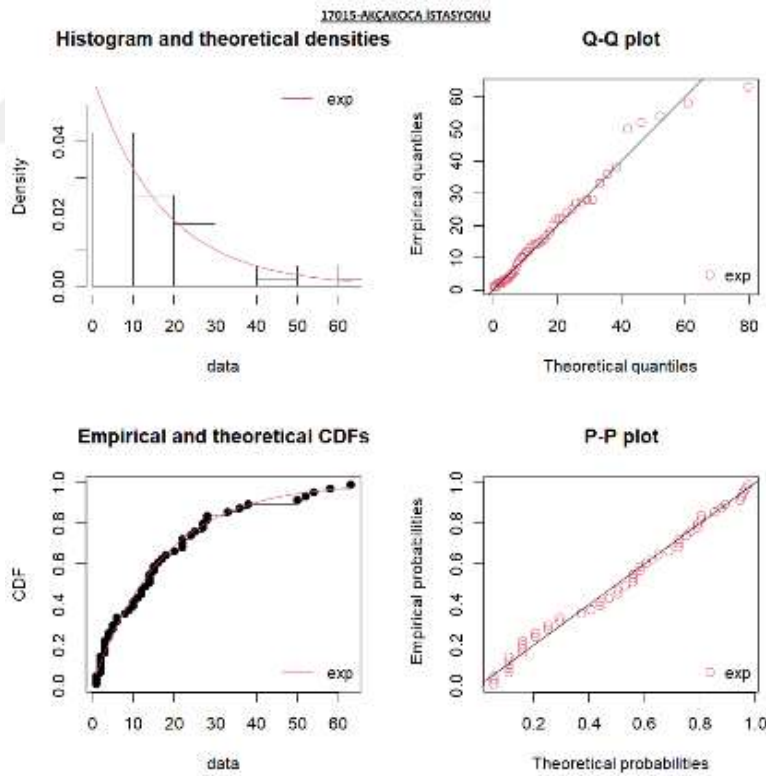
Bu tez çalışmasında, ülkemizde yer alan 75 farklı meteoroloji istasyonlarına ait yıllık maksimum kar yağış verilerinin Yenilikçi Şen ve Mann-Kendall yöntemleri ile trend test analizleri incelenmiştir. Her iki yöntemde trend analizleri ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak aynı istasyonlarda iki yönetime göre yönelim durumlarının birbirinden farklı olabileceği ortaya konmuştur. Bununla birlikte Yenilikçi Şen ve Mann-Kendall trend testi yöntemlerini uygulandığında Yenilikçi Şen yönteminin Mann-Kendall yöntemine göre daha çok trend gösterdiği görülmüştür. Bu istasyonlardan Ardahan, Ağrı, Elâzığ Bölge, Siirt, Mardin, Konya havalimanı ve Uludağ istasyonları her iki yönelim testinde aynı sonucu

vermiş, diğer istasyonlarda ise yönelim testleri birbiri ile farklı sonuçlar vermiştir. Her iki testte aynı sonucu veren Konya havalimanı istasyonu her iki yönelim testinde artan sonucu vermesine rağmen Ardahan, Ağrı, Elazığ Bölge, Siirt, Mardin ve Uludağ istasyonlarında her iki yönelim testinde artan trend izlenmiştir.

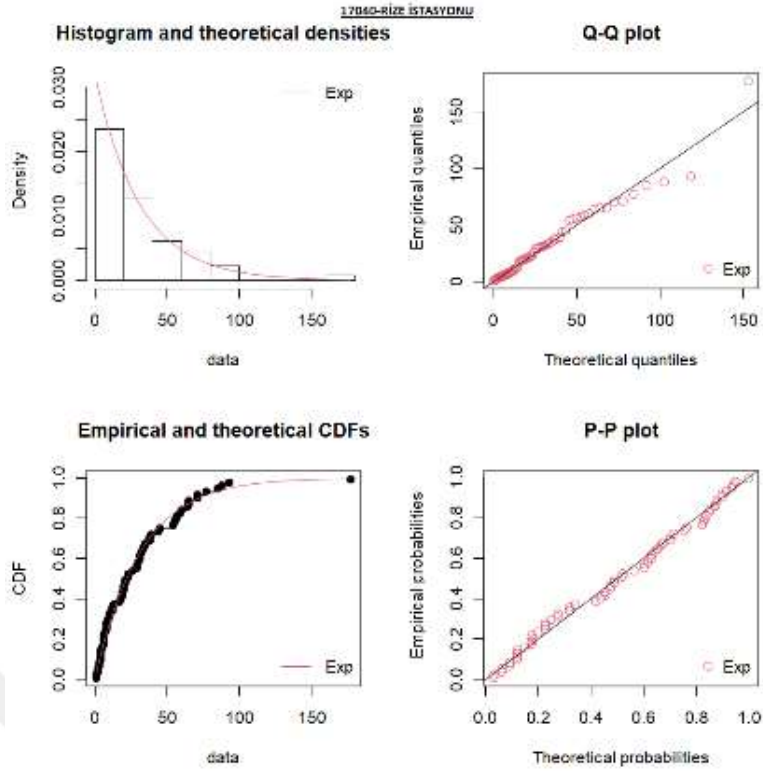
4.1. Verilere Ait Olasılık Dağılımının Belirlenmesi

İstasyonlara ait yağış yönelim durumları belirlenerek o istasyonlara ait güncel kar yükü haritalarını ve kar yükü hesap değerlerini bulmak amacıyla Normal, Lognormal, Weibull, Logistik, Gamma ve Exponential olasılık dağılım fonksiyonlarından hangisine uyumlu olduğu R programında nanparametrik testler yardımıyla bulundu. Olasılık dağılım fonksiyonlarından Expolaration, Gamma, Normal, Lognormal, Logistik ve Weibull dağılımları ile uyumlu olan istasyonlara ait oluşan grafikler Şekil 4.89-4.163'te verilmiştir.

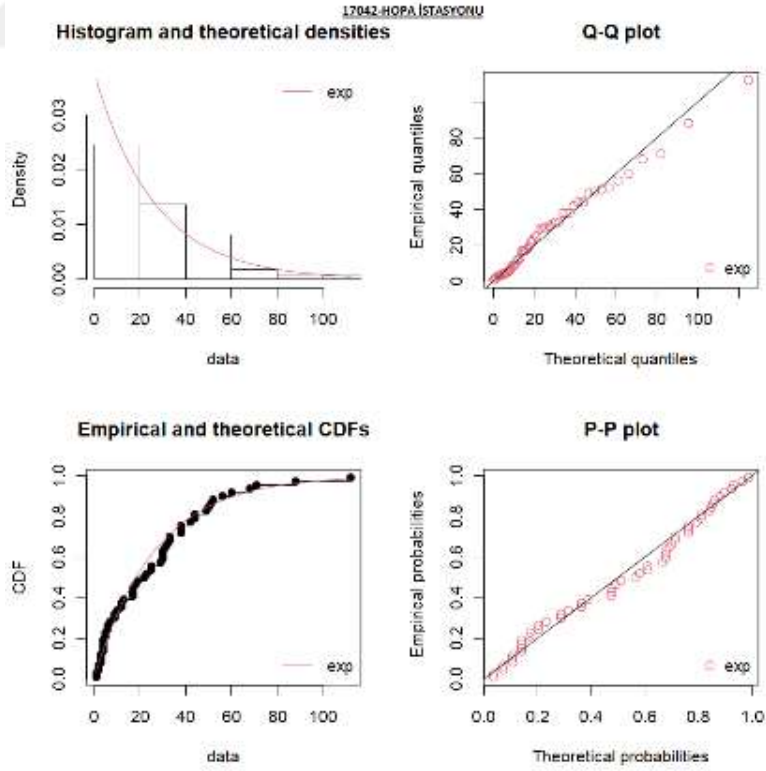
Bu grafiklerden Expolaration dağılımına uyan meteoroloji istasyonlarına ait grafikler Şekil 4.89-4.93 arasında gösterilmiştir.



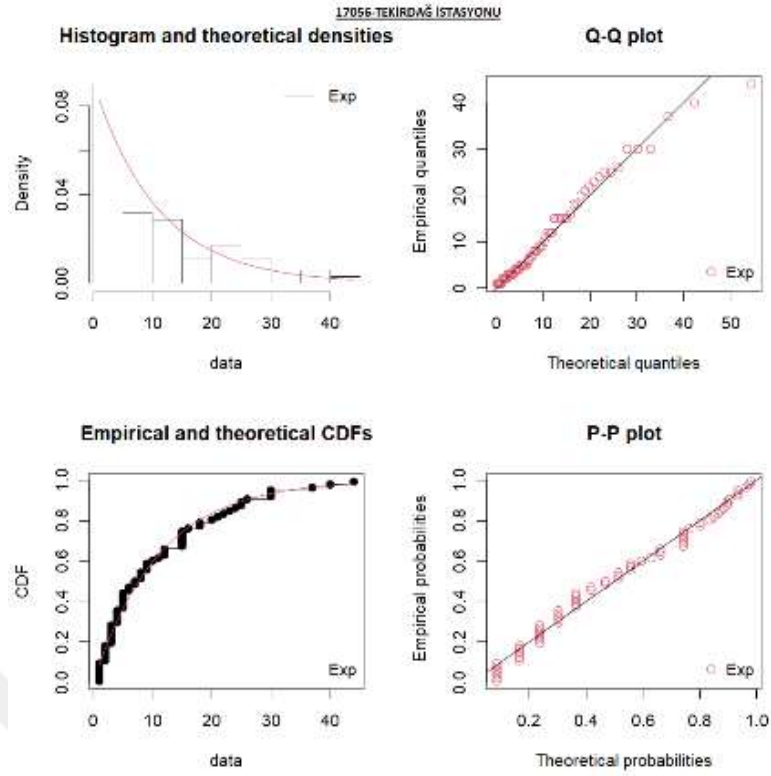
Şekil 4.89. Akcakoca istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



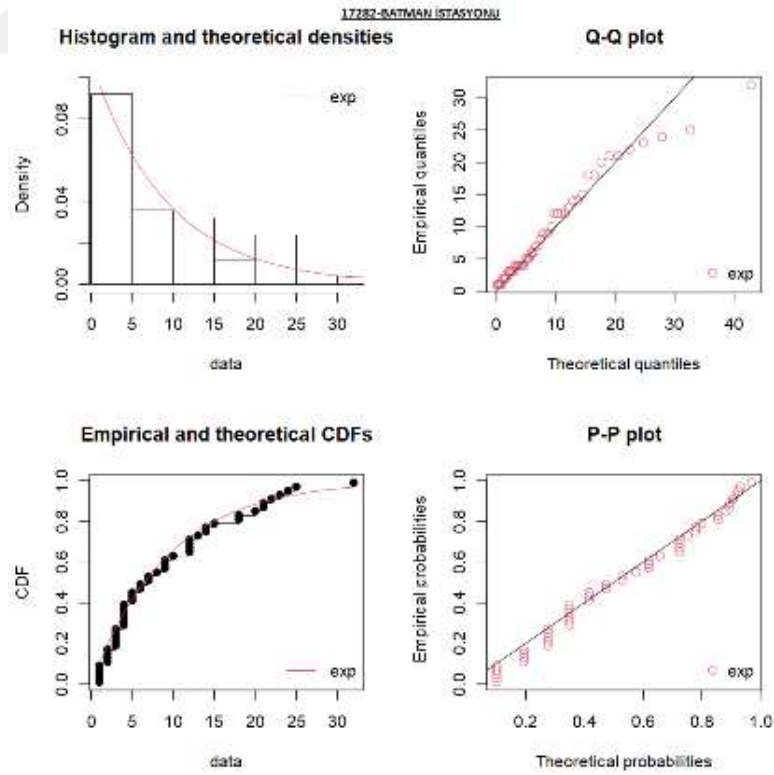
Şekil 4.90. Rize istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



Şekil 4.91. Hopa istasyonu olasılık dağılımına ait grafik

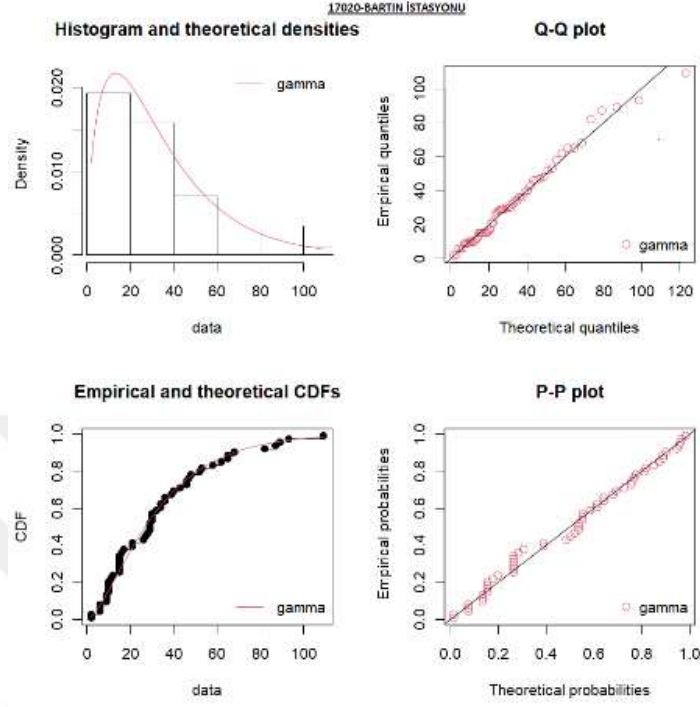


Şekil 4.92. Tekirdağ istasyonu olasılık dağılımına ait grafik

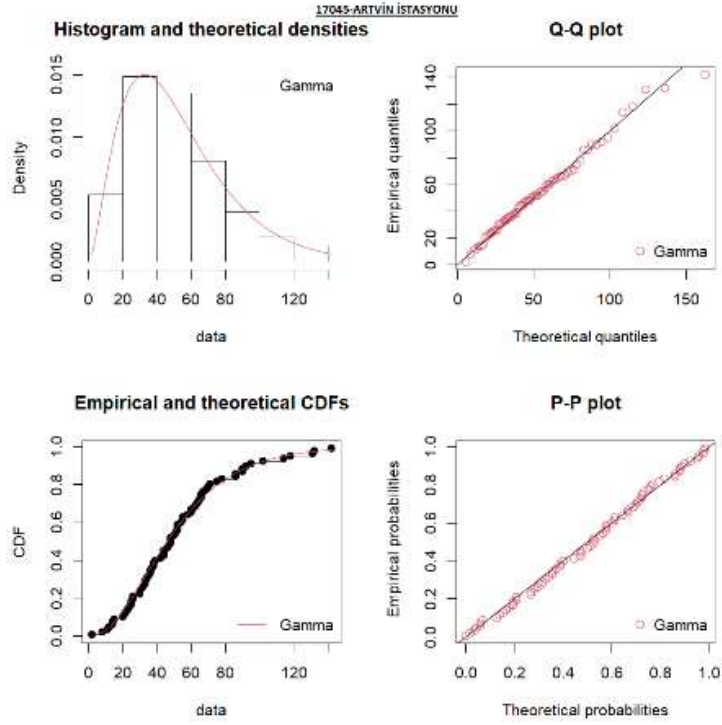


Şekil 4.93. Batman istasyonu olasılık dağılımına ait grafik

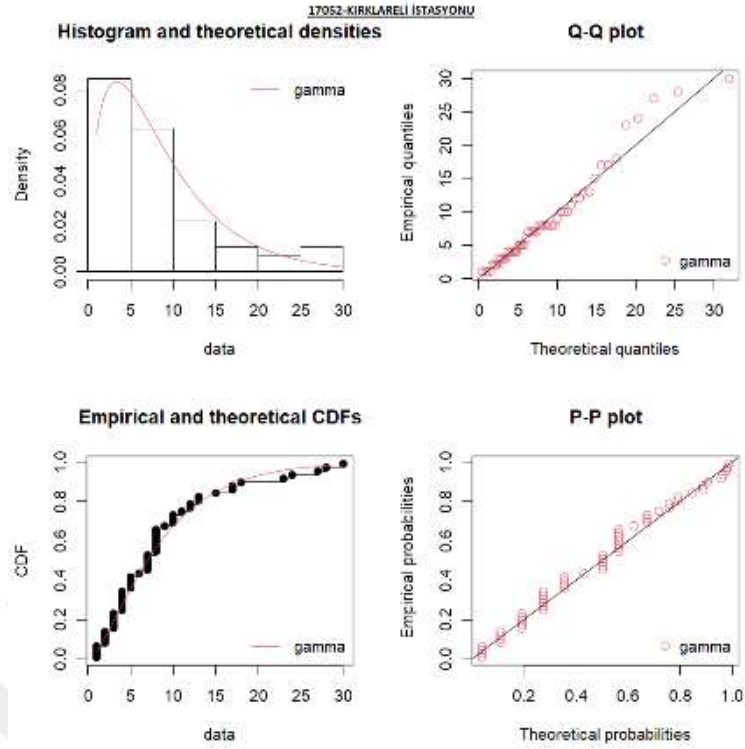
Gamma olasılık dağılımına uyan meteoroloji istasyonlarına ait grafikler Şekil 4.94-4.115 arasında verilmiştir.



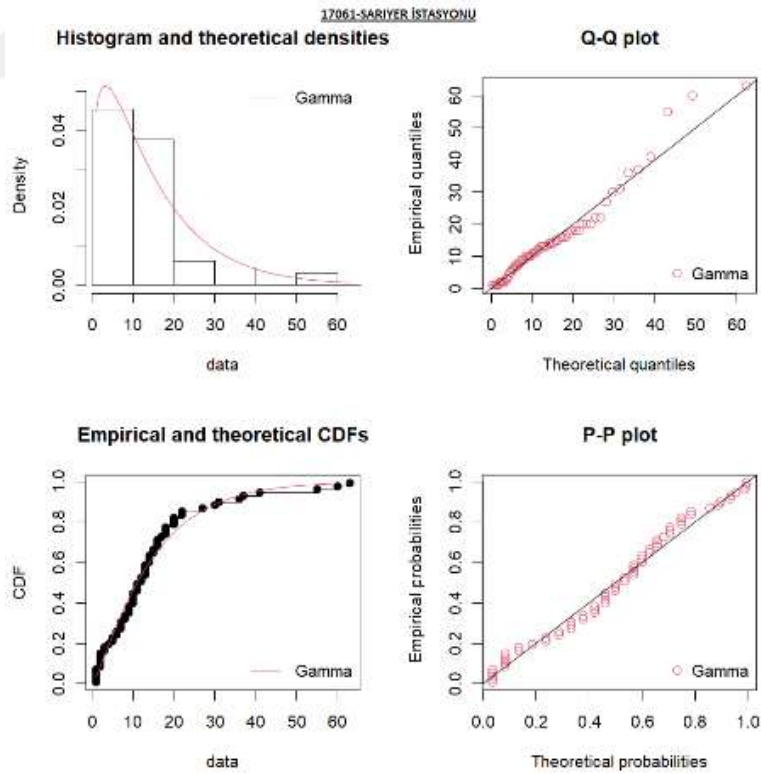
Şekil 4.94. Bartın istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



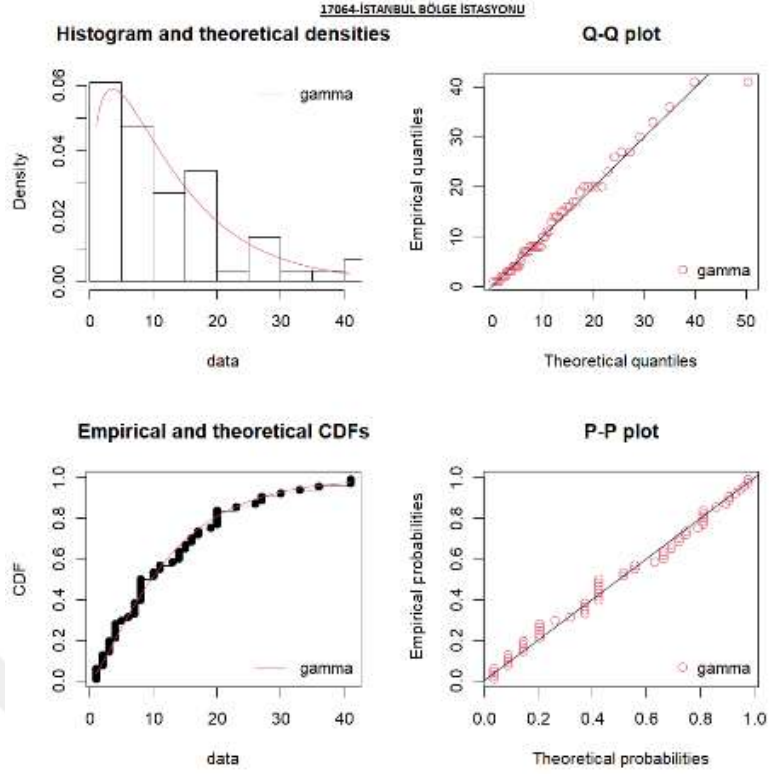
Şekil 4.95. Artvin istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



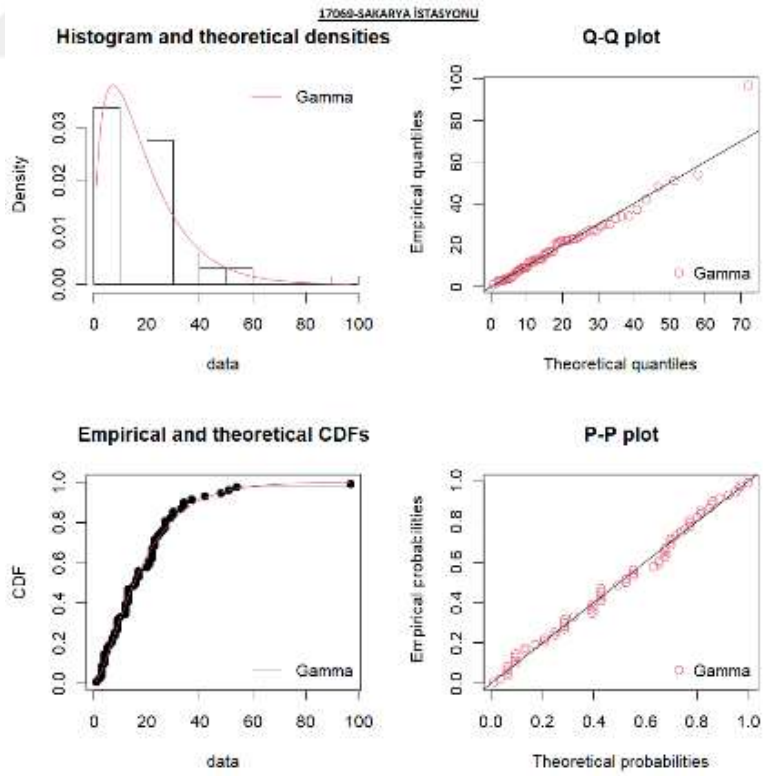
Şekil 4.96. Kırklareli istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



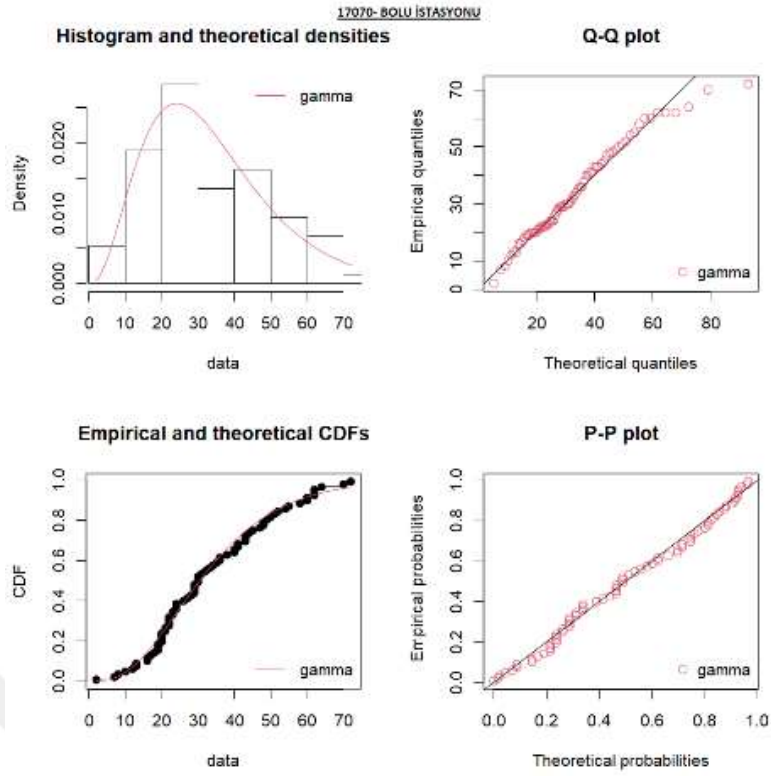
Şekil 4.97. Sarıyer istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



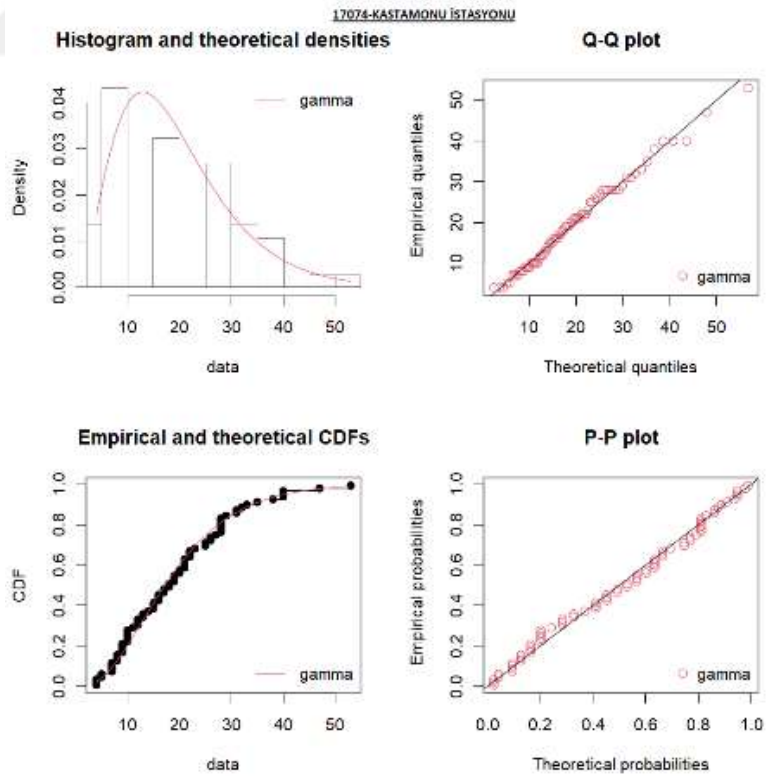
Şekil 4.98. *İstanbul bölge istasyonu olasılık dağılımına ait grafik*



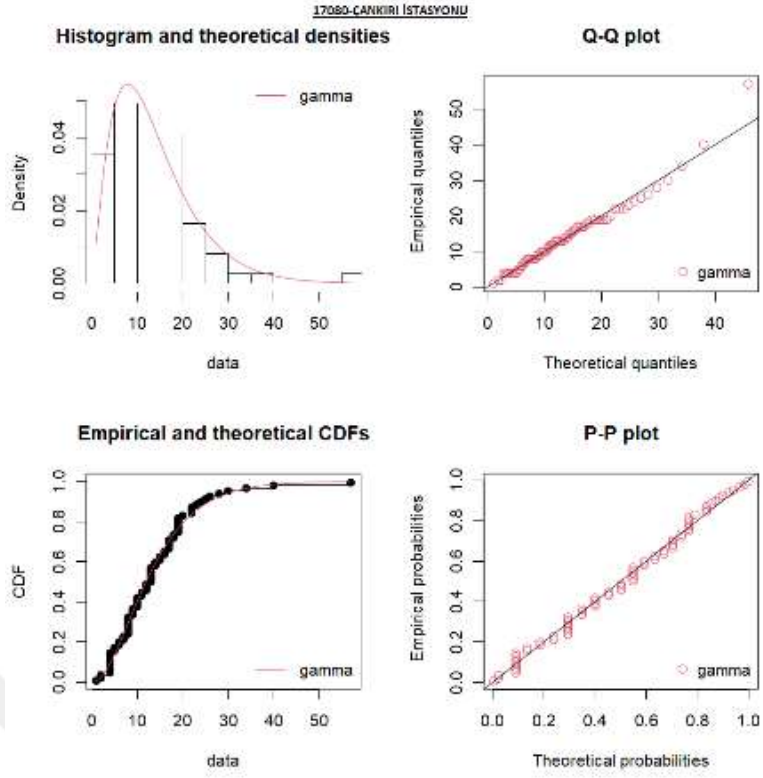
Şekil 4.99. *Sakarya istasyonu olasılık dağılımına ait grafik*



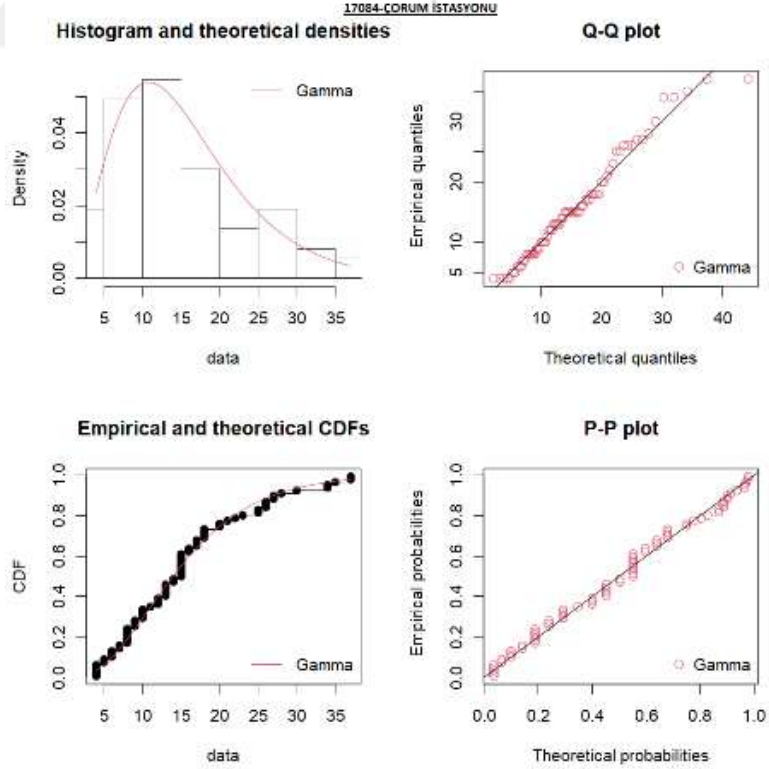
Şekil 4.100. Bolu istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



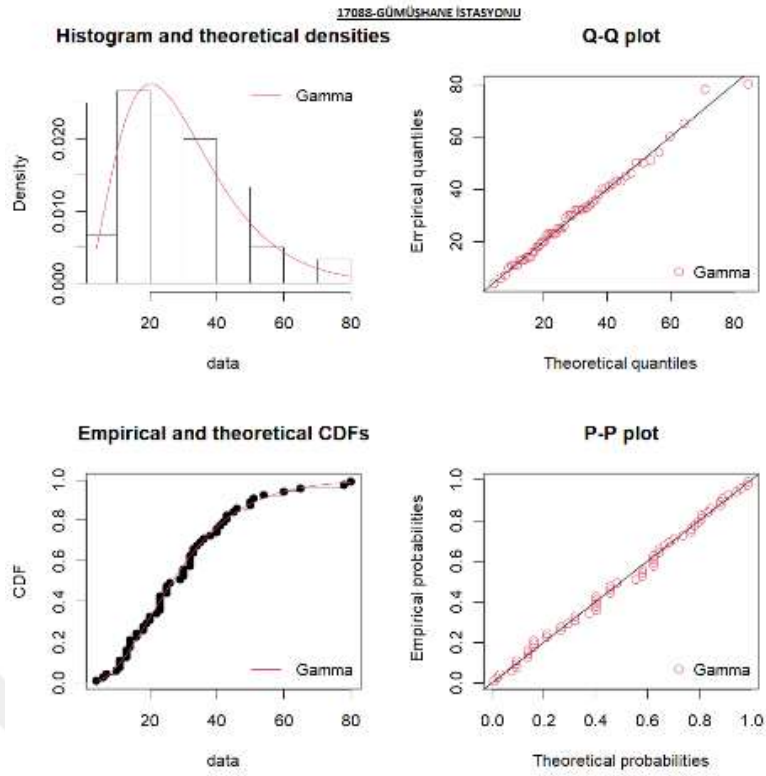
Şekil 4.101. Kastamonu istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



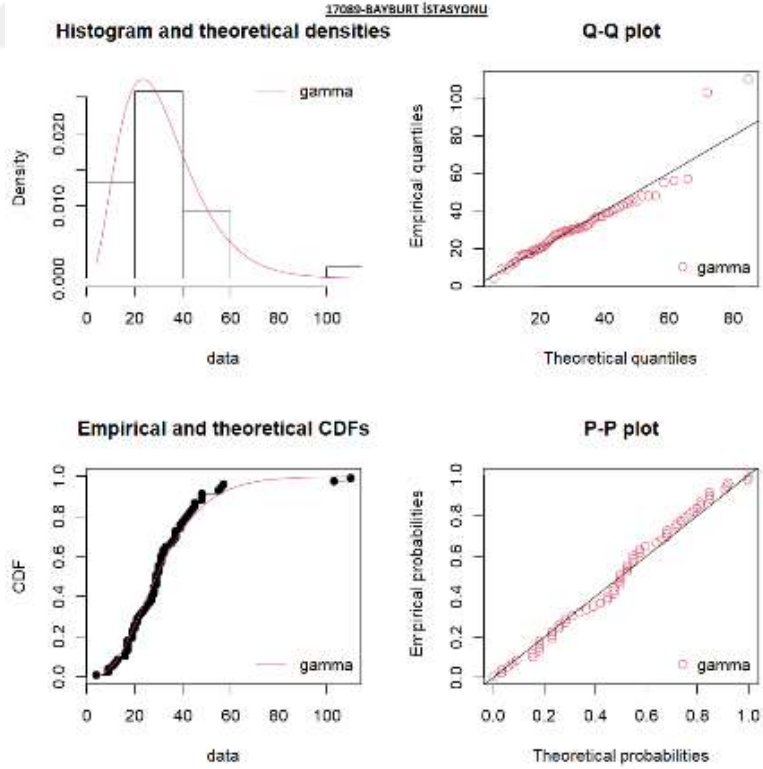
Şekil 4.102. Çankırı istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



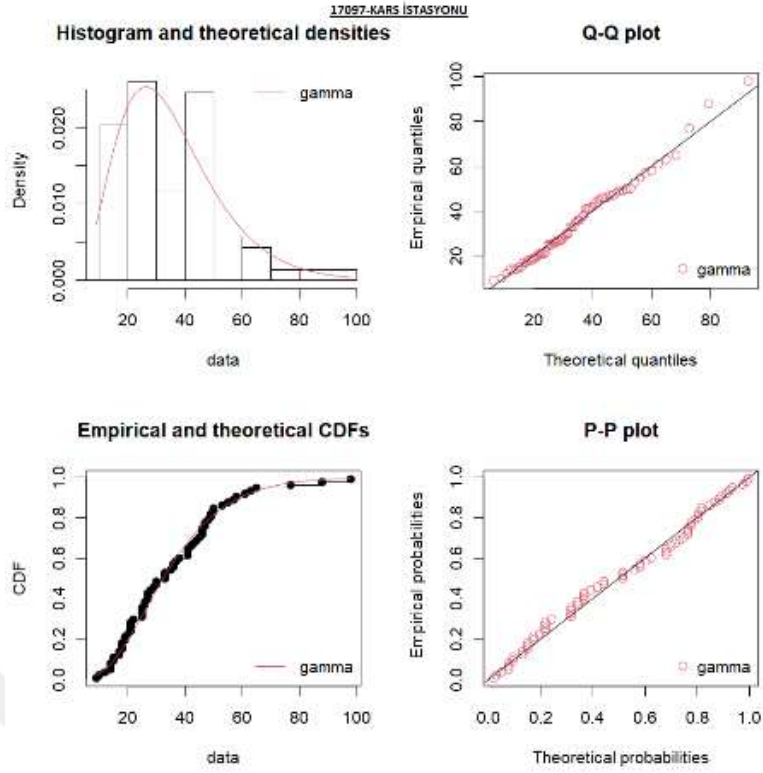
Şekil 4.103. Çorum istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



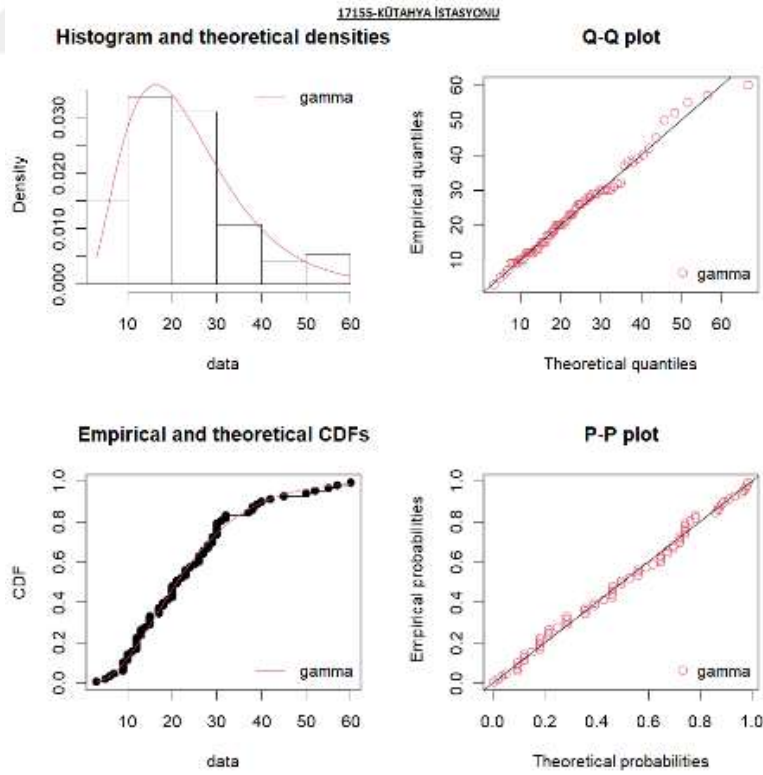
Şekil 4.104. Gümüşhane istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



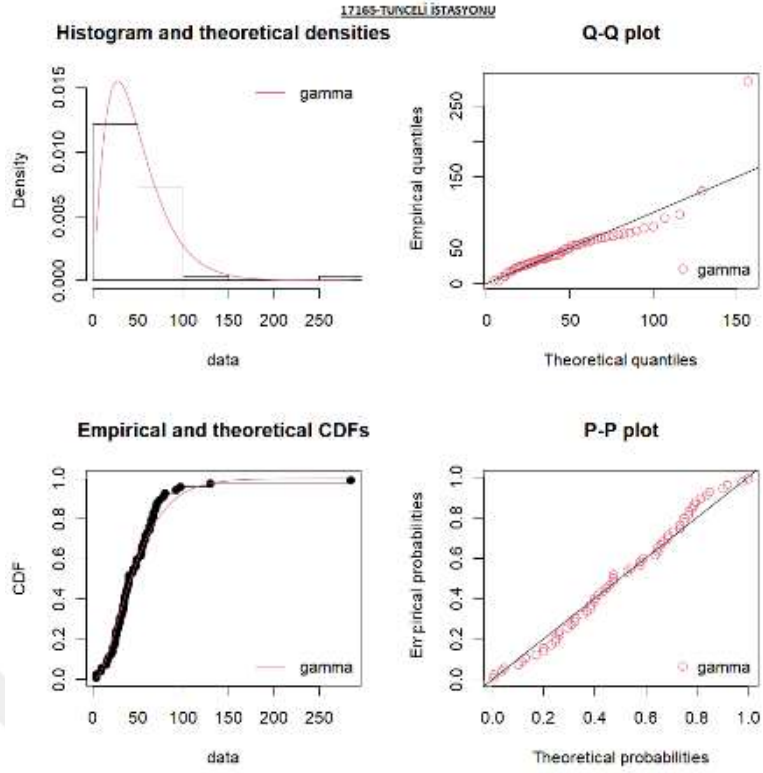
Şekil 4.105. Bayburt istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



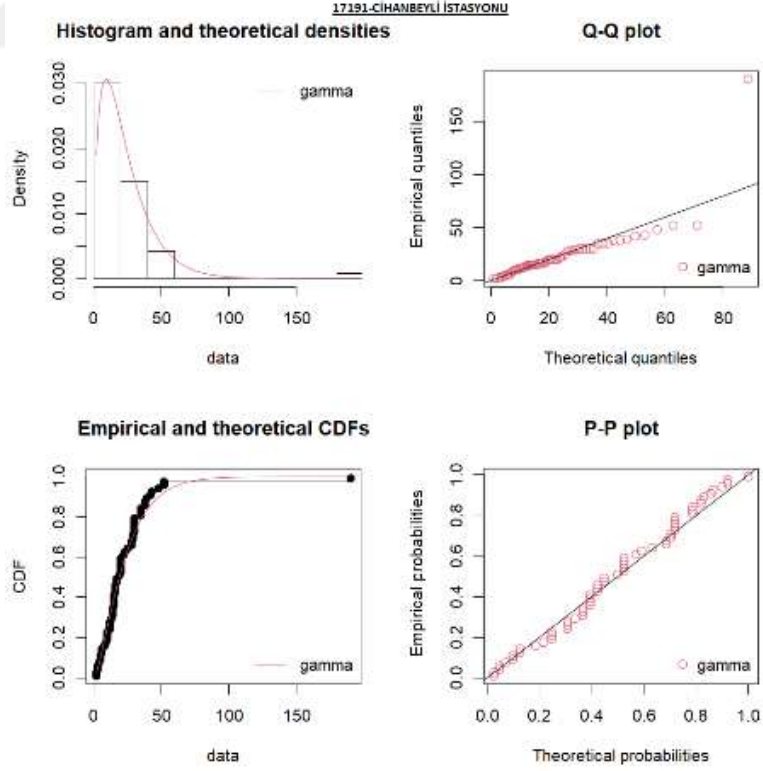
Şekil 4.106. Kars istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



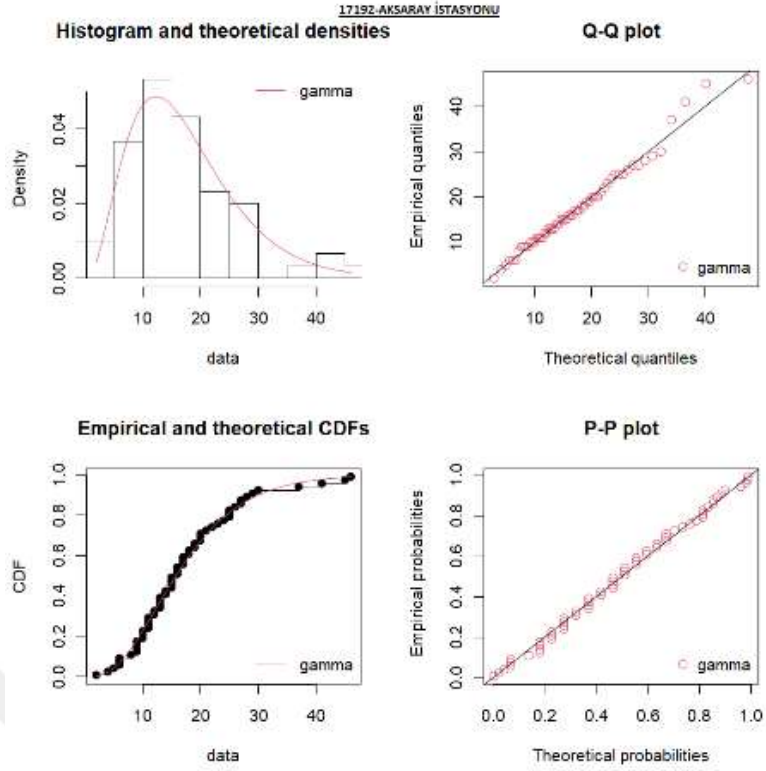
Şekil 4.107. Kütahya istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



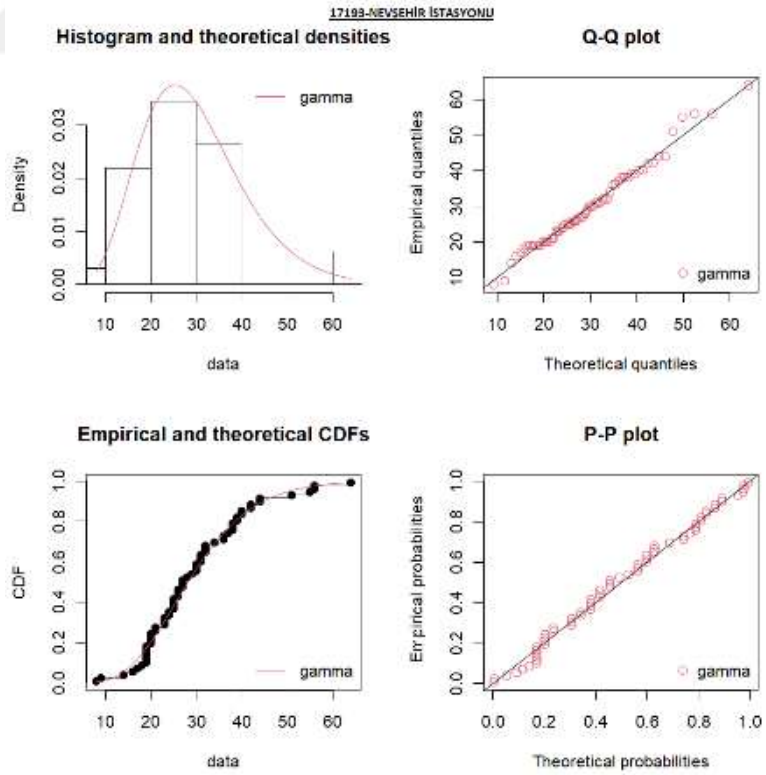
Şekil 4.108. *Tunceli istasyonu olasılık dağılımına ait grafik*



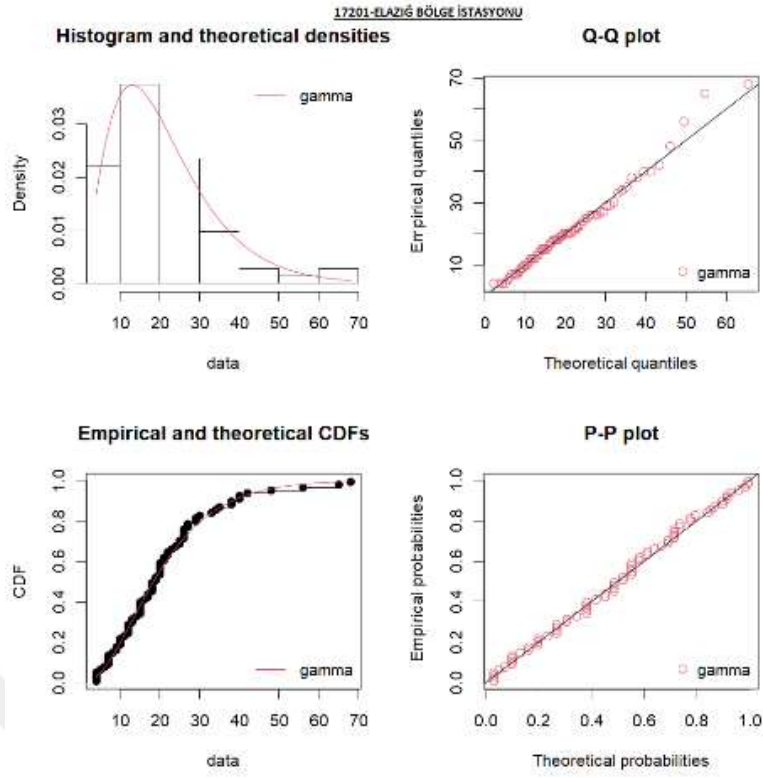
Şekil 4.109. *Cihanbeyli istasyonu olasılık dağılımına ait grafik*



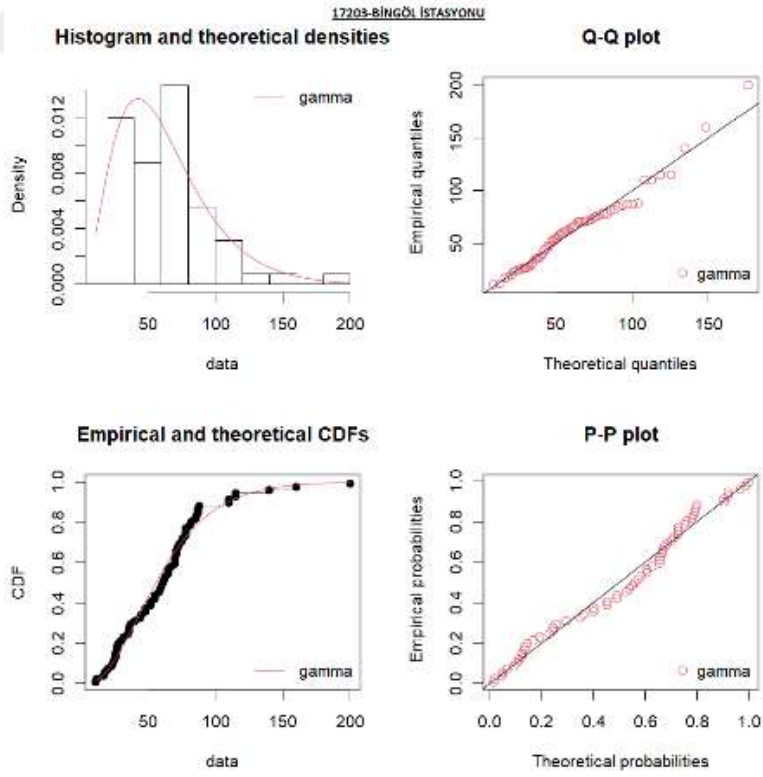
Şekil 4.110. *Aksaray istasyonu olasılık dağılımına ait grafik*



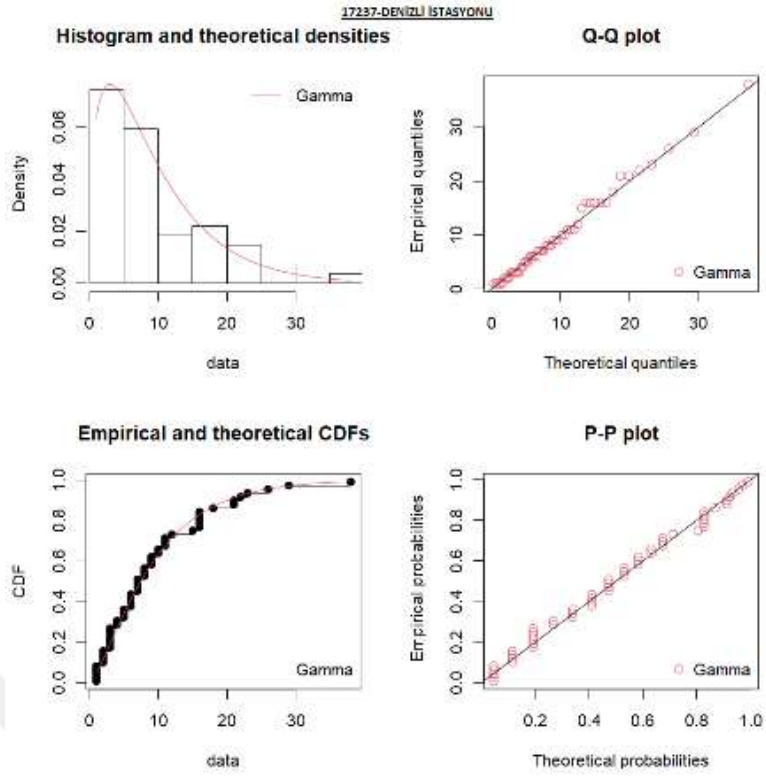
Şekil 4.111. *Nevşehir istasyonu olasılık dağılımına ait grafik*



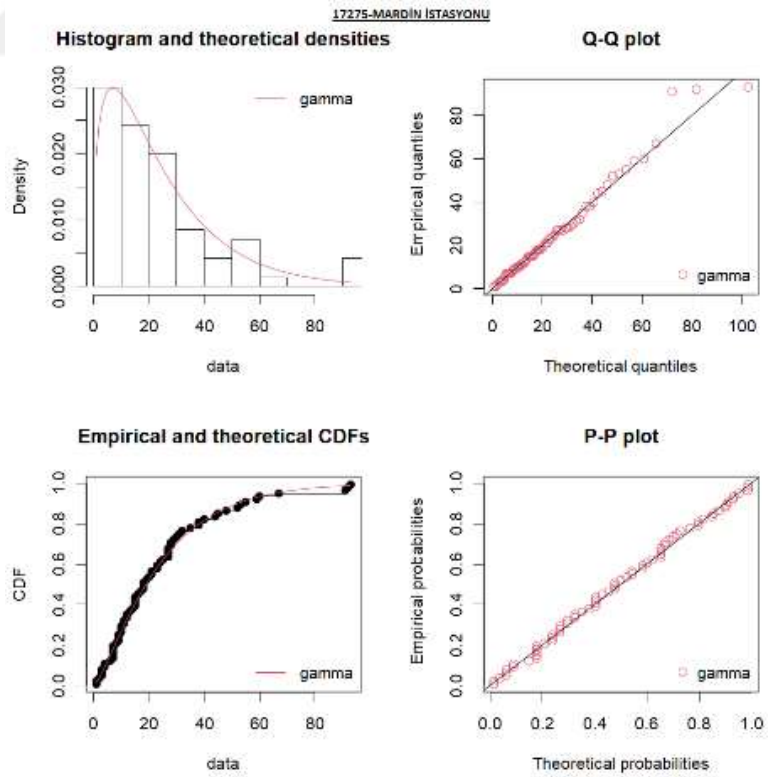
Şekil 4.112. Elâzığ bölge istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



Şekil 4.113. Bingöl istasyonu olasılık dağılımına ait grafik

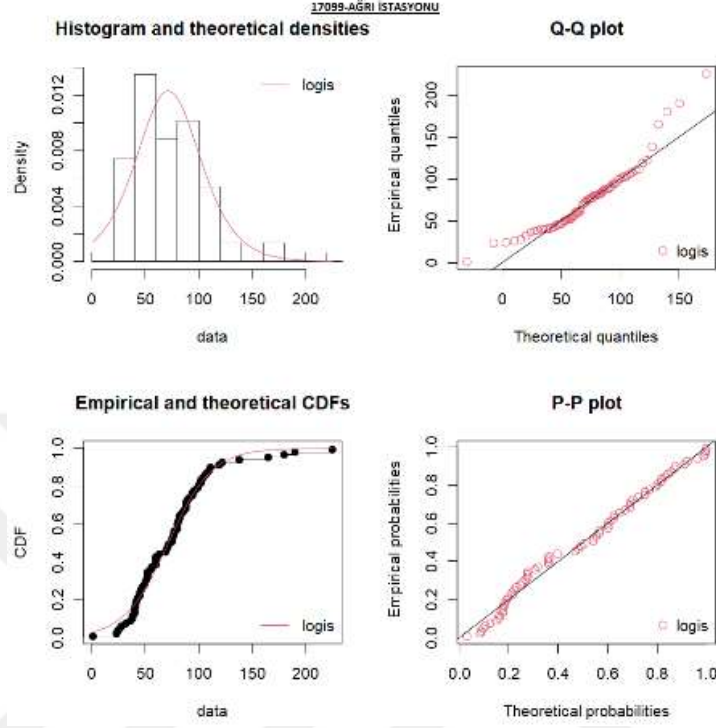


Şekil 4.114. Denizli istasyonu olasılık dağılımına ait grafik

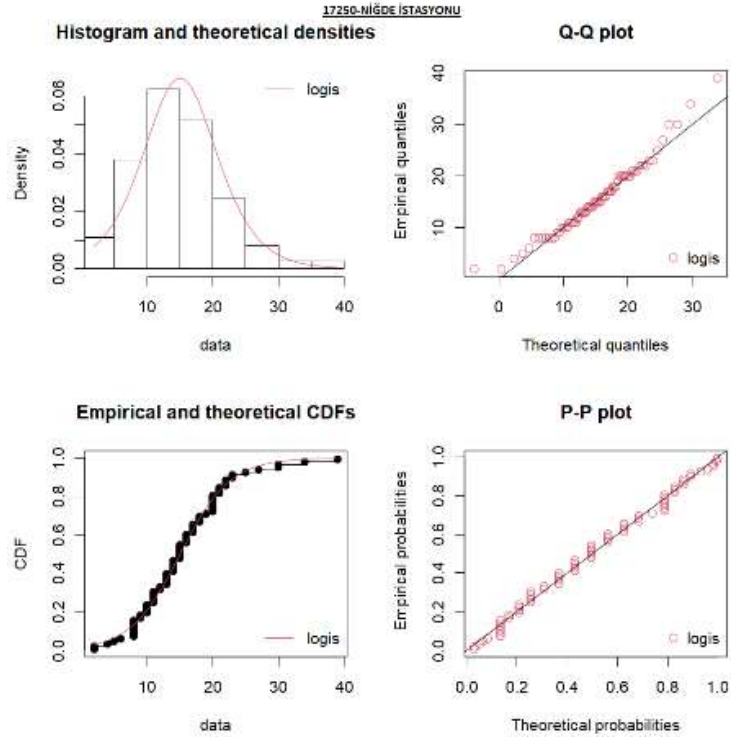


Şekil 4.115. Mardin istasyonu olasılık dağılımına ait grafik

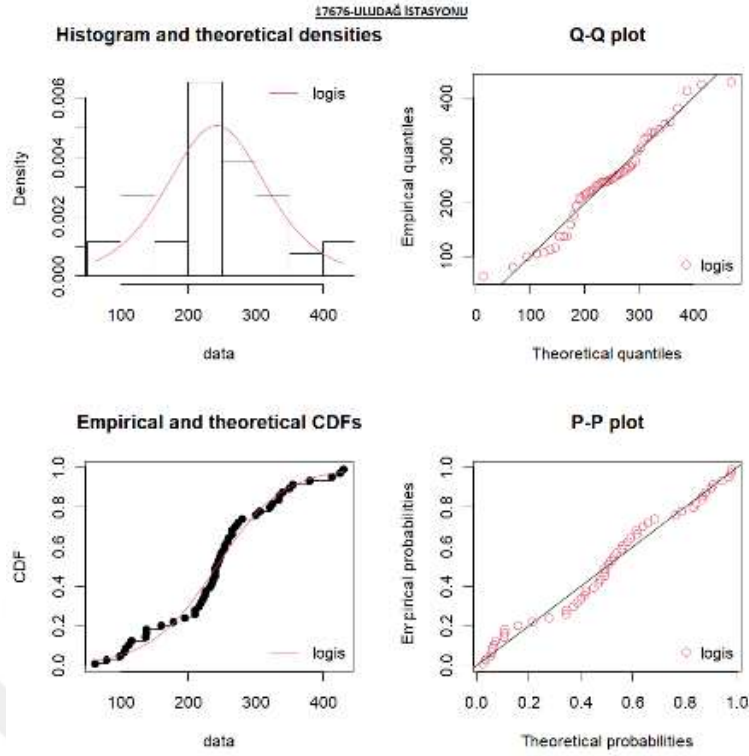
Logistik olasılık dağılımına uyan meteoroloji istasyonlarına ait grafikler Şekil 4.116-4.118 arasında verilmiştir.



Şekil 4.116. Ağrı istasyonu olasılık dağılımına ait grafik

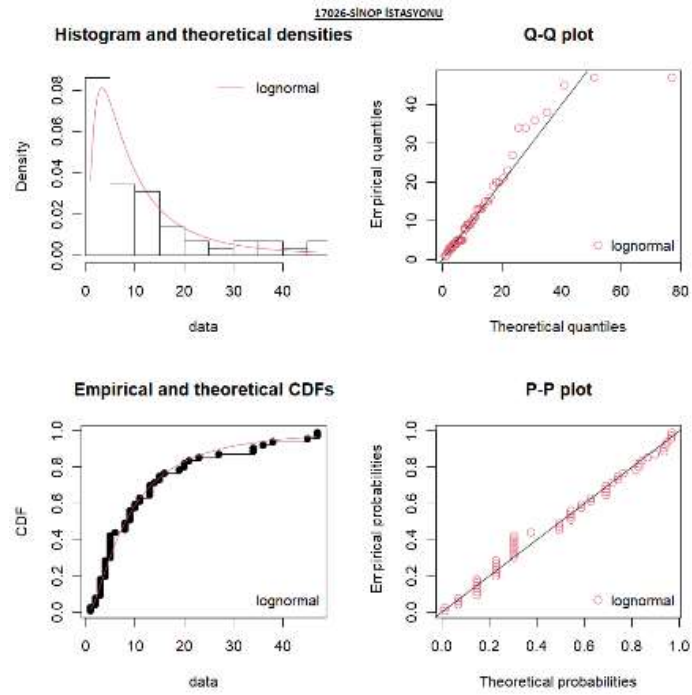


Şekil 4.117. Niğde istasyonu olasılık dağılımına ait grafik

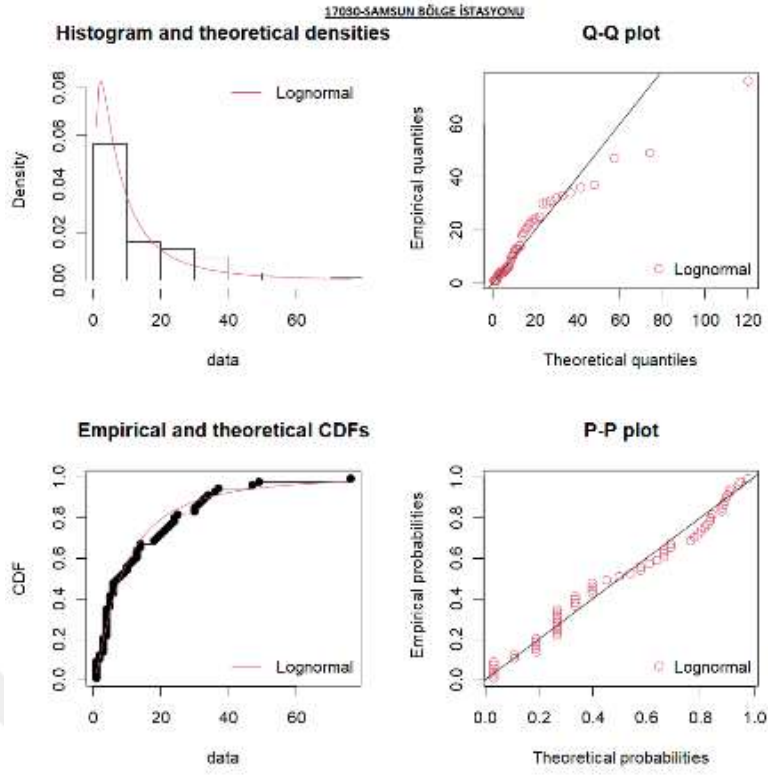


Şekil 4.118. *Uludağ istasyonu olasılık dağılımına ait grafik*

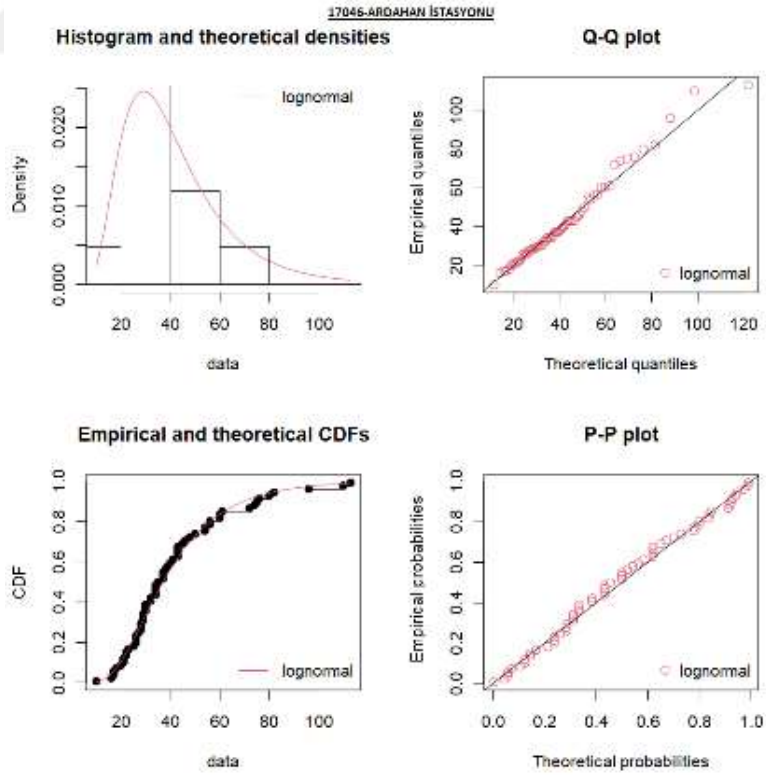
Lognormal dağılımına uyan meteoroloji istasyonlarına ait grafikler Şekil 4.119-4.149 arasında verilmiştir.



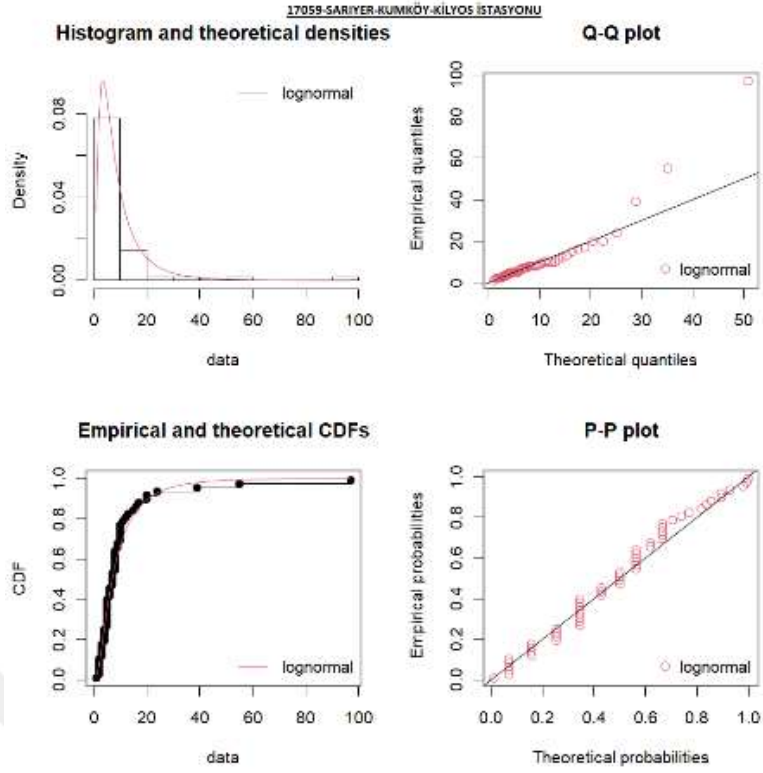
Şekil 4.119. *Sinop istasyonu olasılık dağılımına ait grafik*



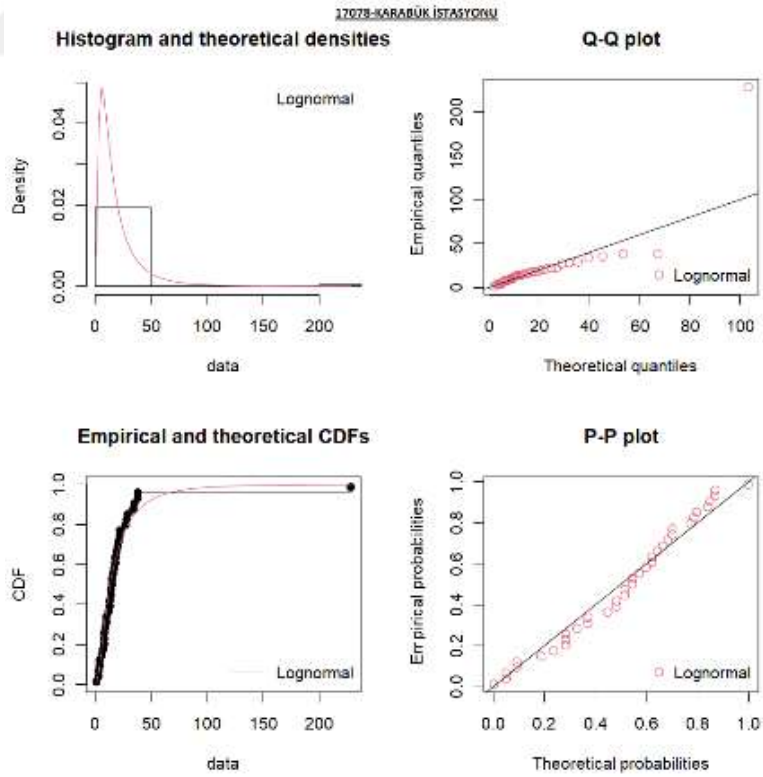
Şekil 4.120. Samsun bölge istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



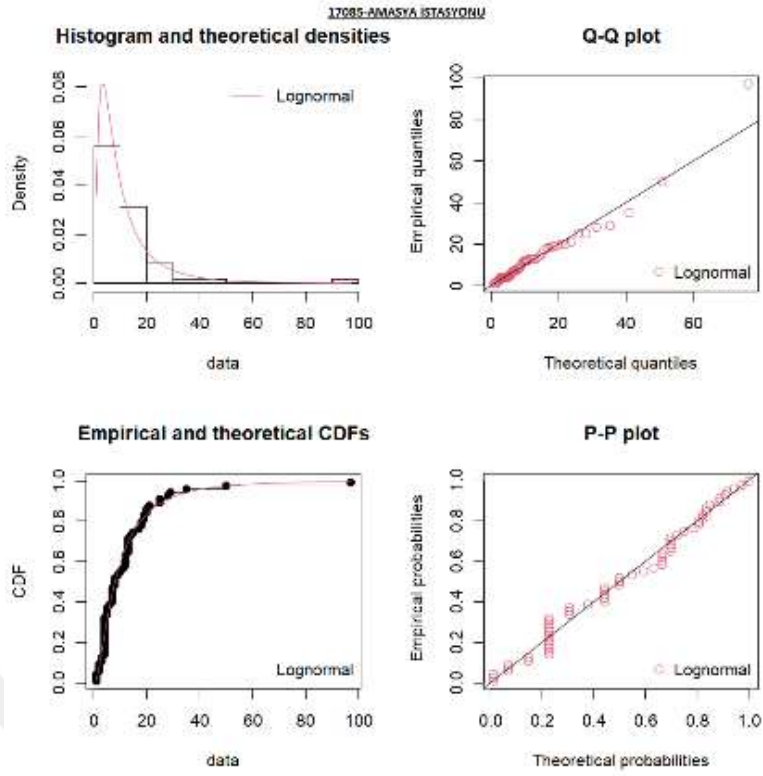
Şekil 4.121. Adıyaman istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



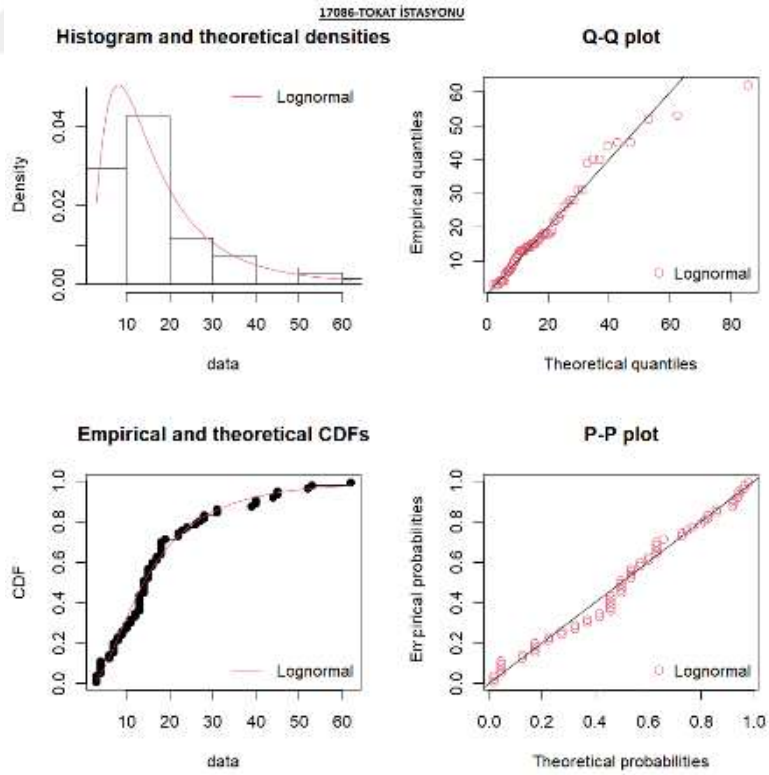
Şekil 4.122. *Sarıyer-Kumköy-Kilyos istasyonu olasılık dağılımına ait grafik*



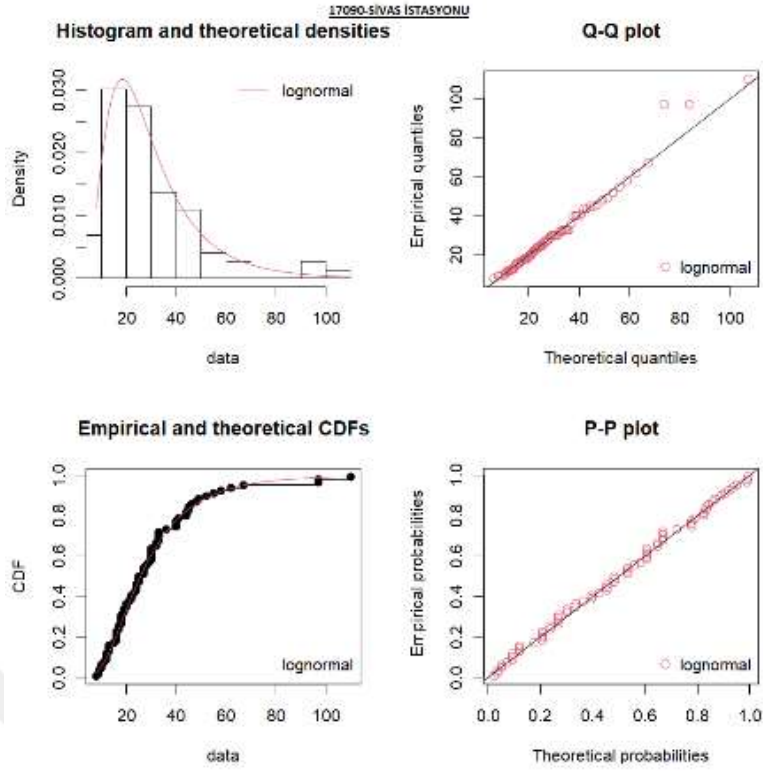
Şekil 4.123. *Karabük istasyonu olasılık dağılımına ait grafik*



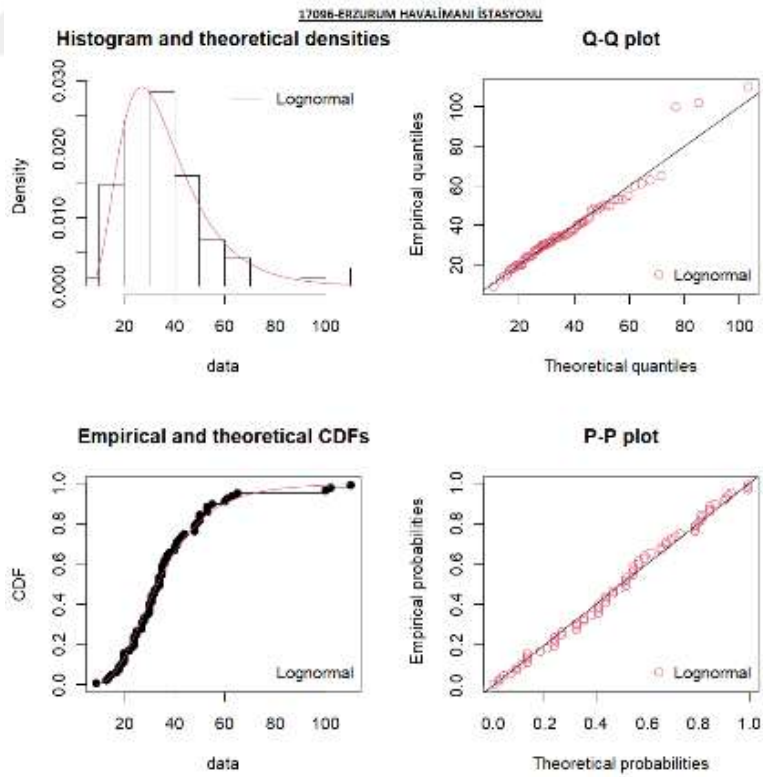
Şekil 4.124. Amasya istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



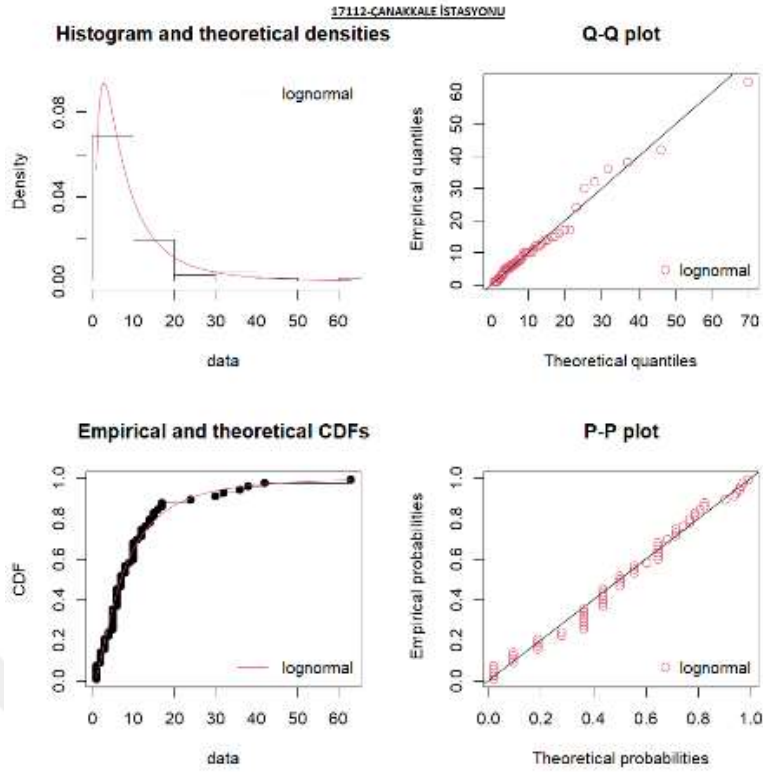
Şekil 4.125. Tokat istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



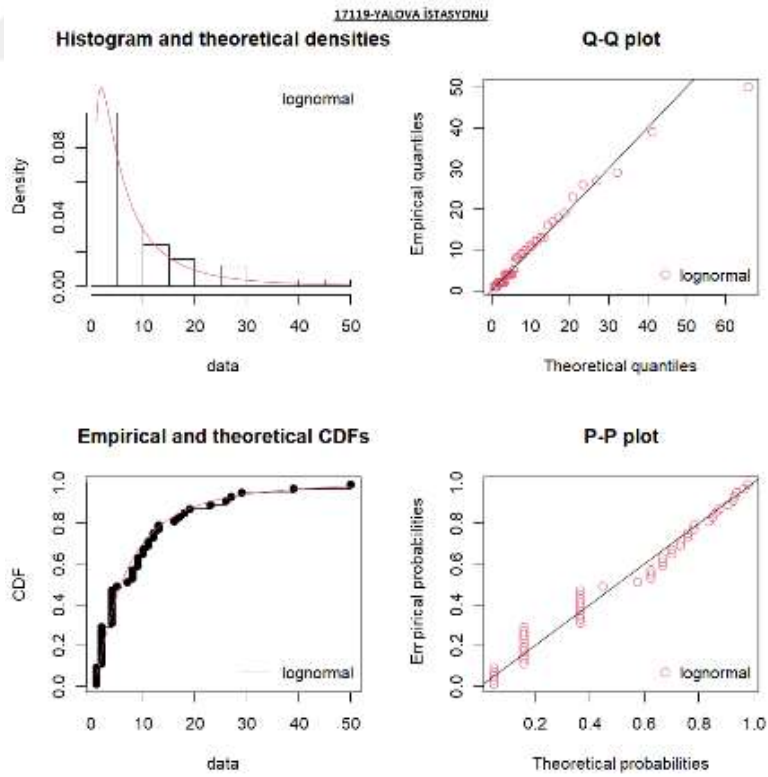
Şekil 4.126. Sivas istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



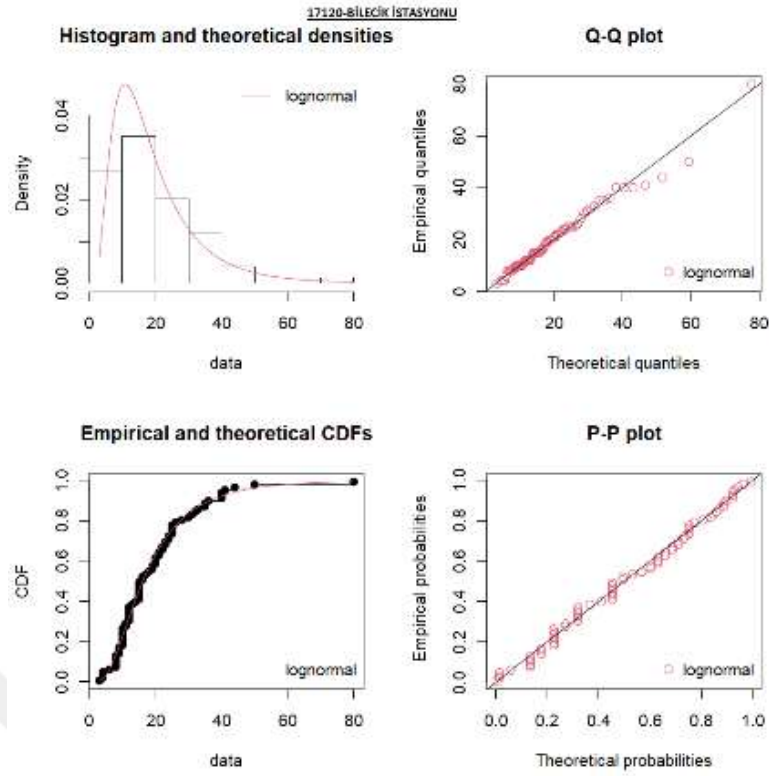
Şekil 4.127. Erzurum havalimanı istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



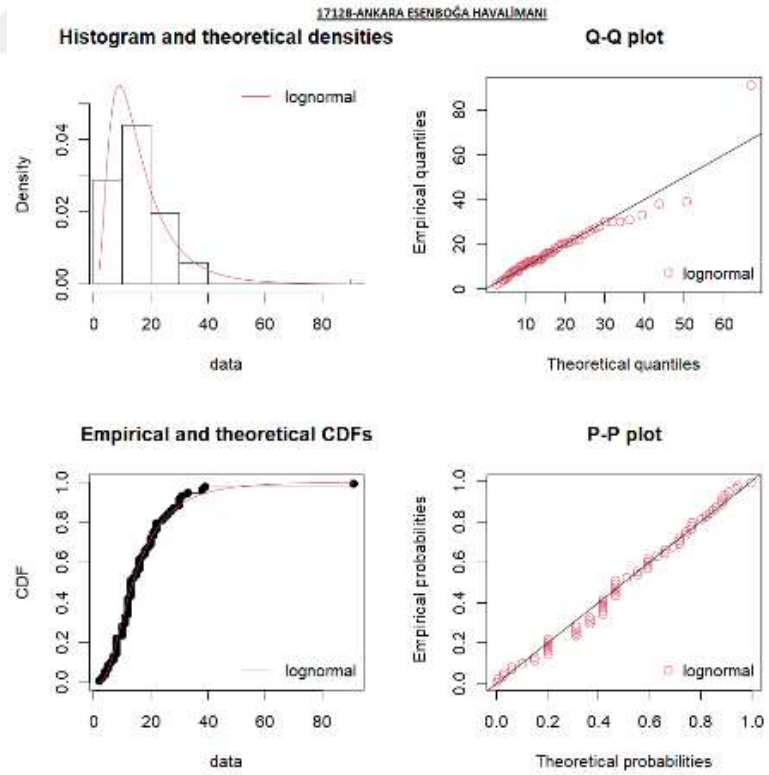
Şekil 4.128. Çanakkale istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



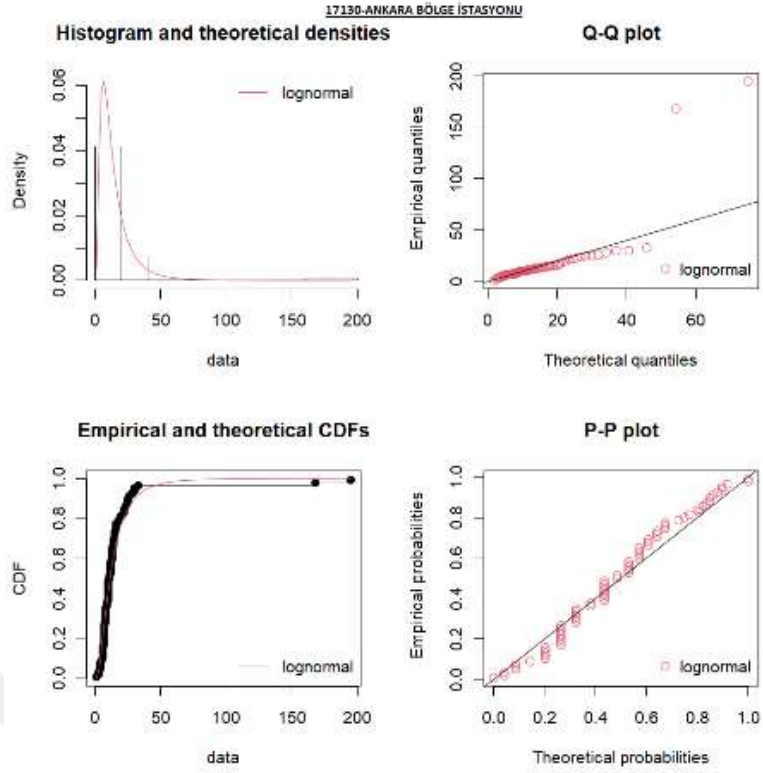
Şekil 4.129. Yalova istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



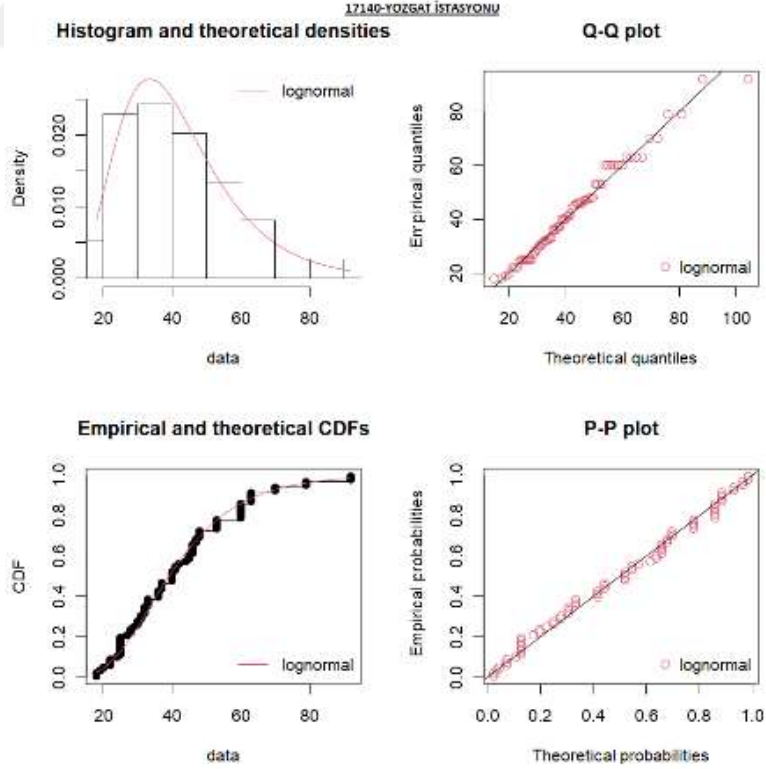
Şekil 4.130. Bilecik istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



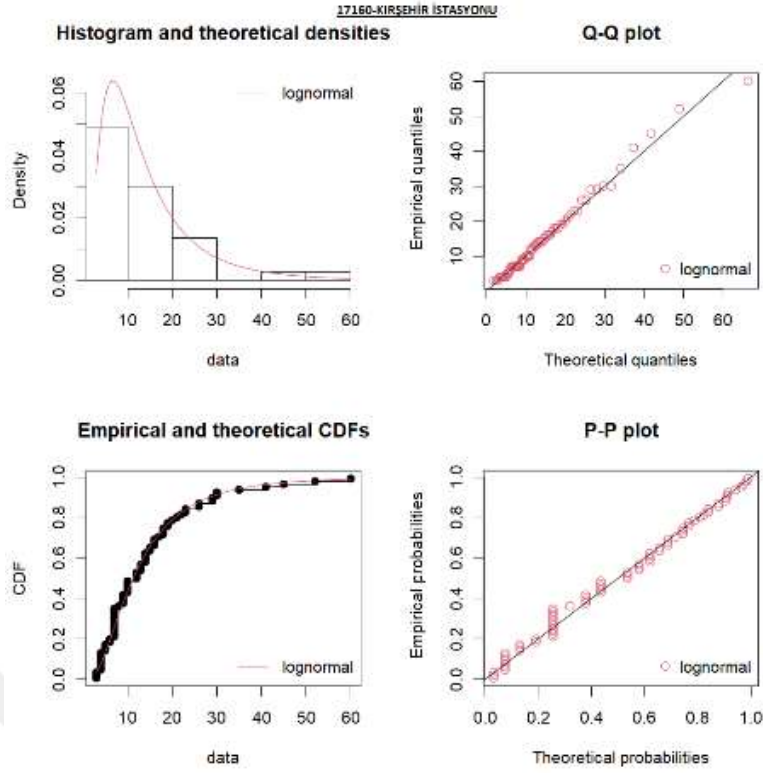
Şekil 4.131. Ankara Esenboğa havalimanı istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



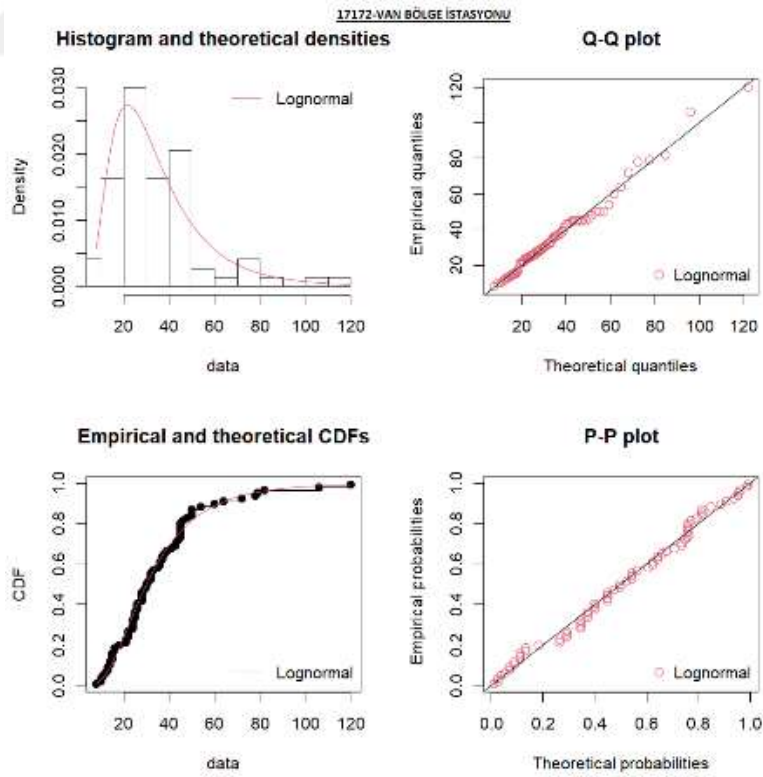
Şekil 4.132. Ankara bölge istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



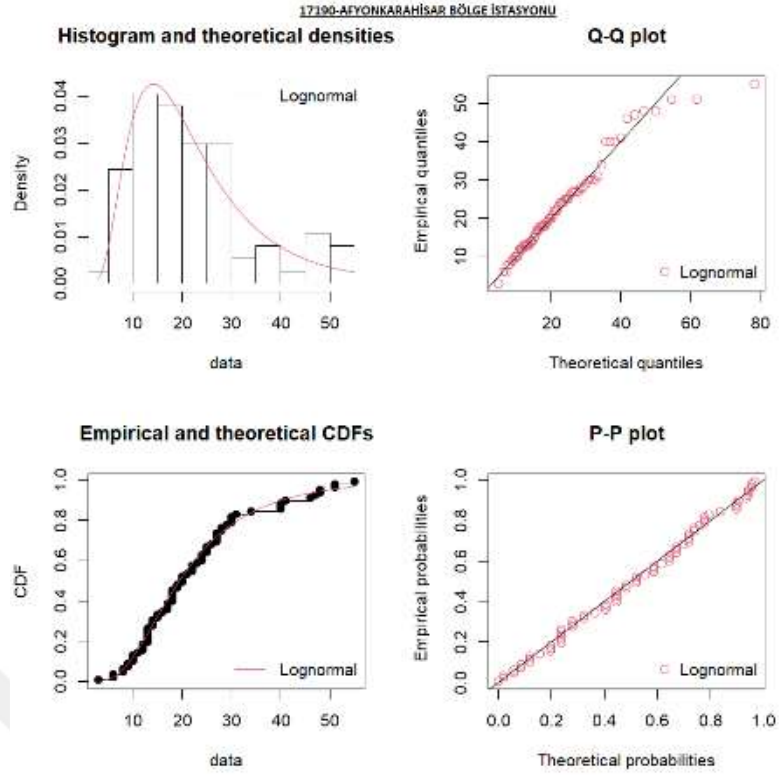
Şekil 4.133. Yozgat istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



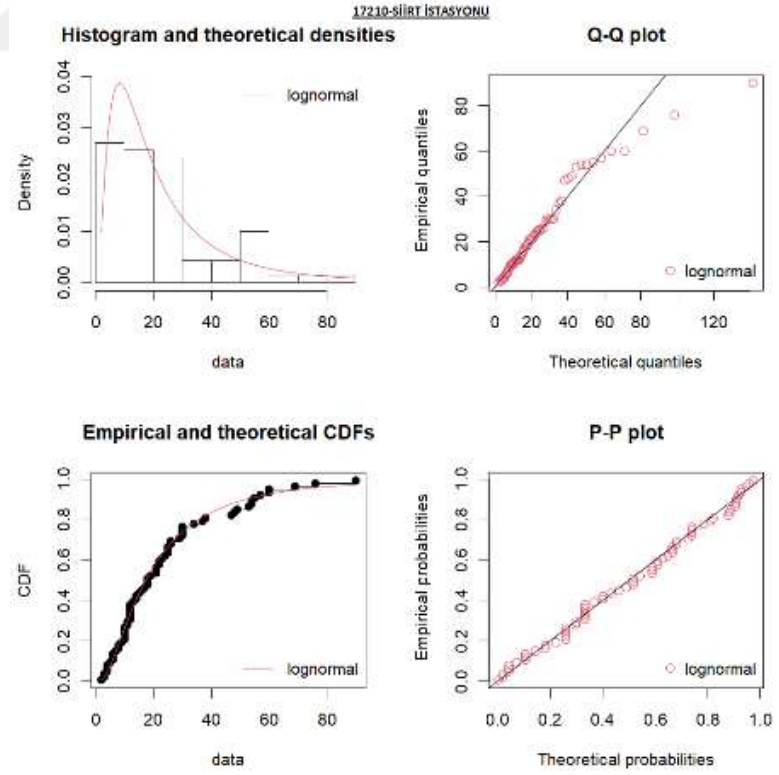
Şekil 4.134. *Kırşehir istasyonu olasılık dağılımına ait grafik*



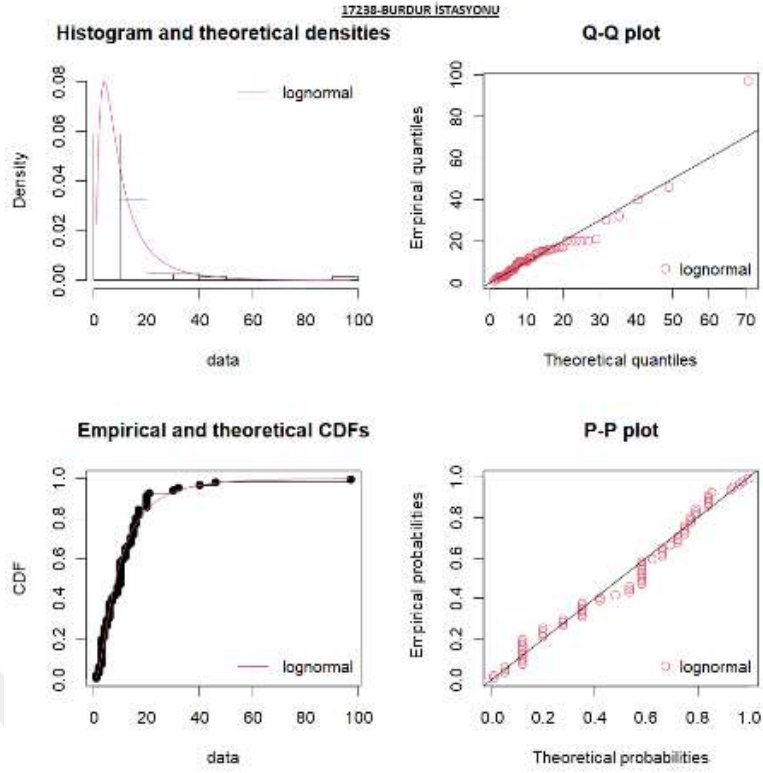
Şekil 4.135. *Van bölge istasyonu olasılık dağılımına ait grafik*



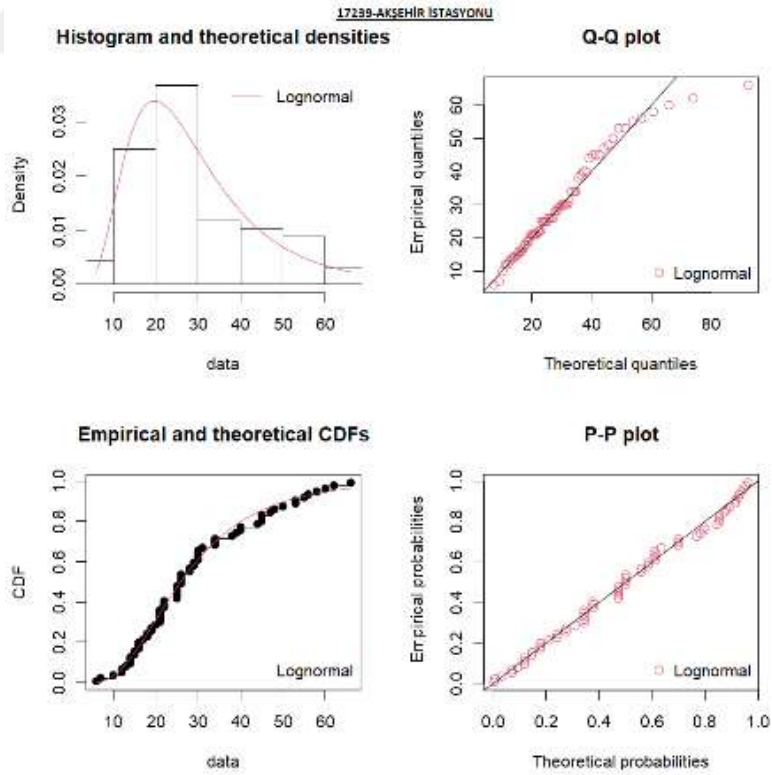
Şekil 4.136. Afyonkarahisar istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



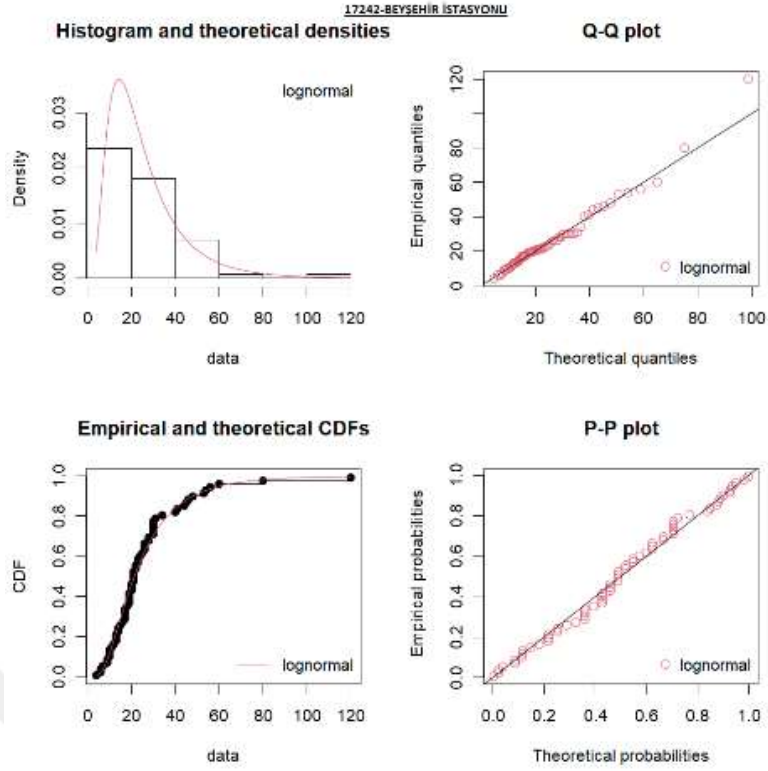
Şekil 4.137. Siirt istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



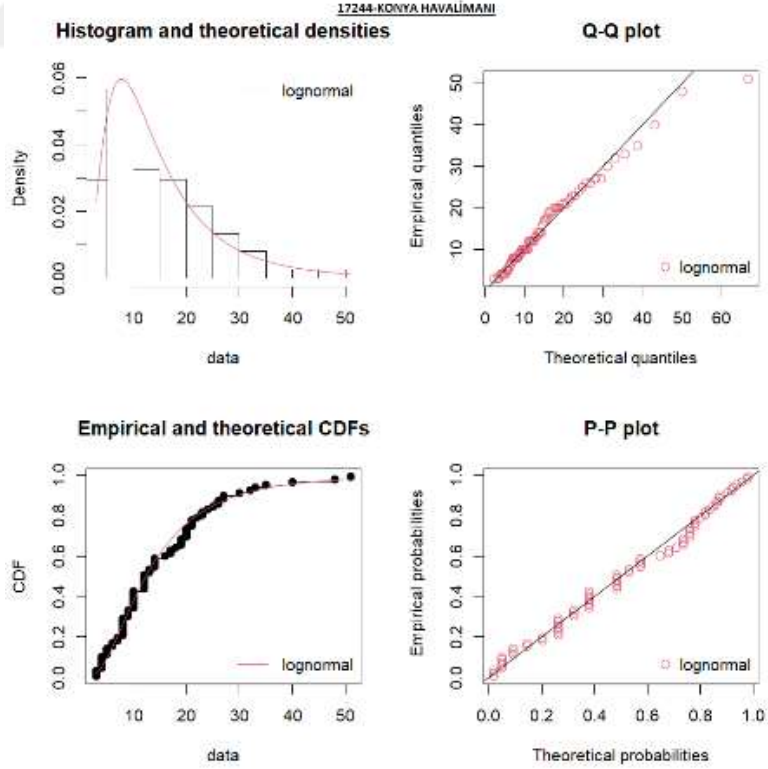
Şekil 4.138. Burdur istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



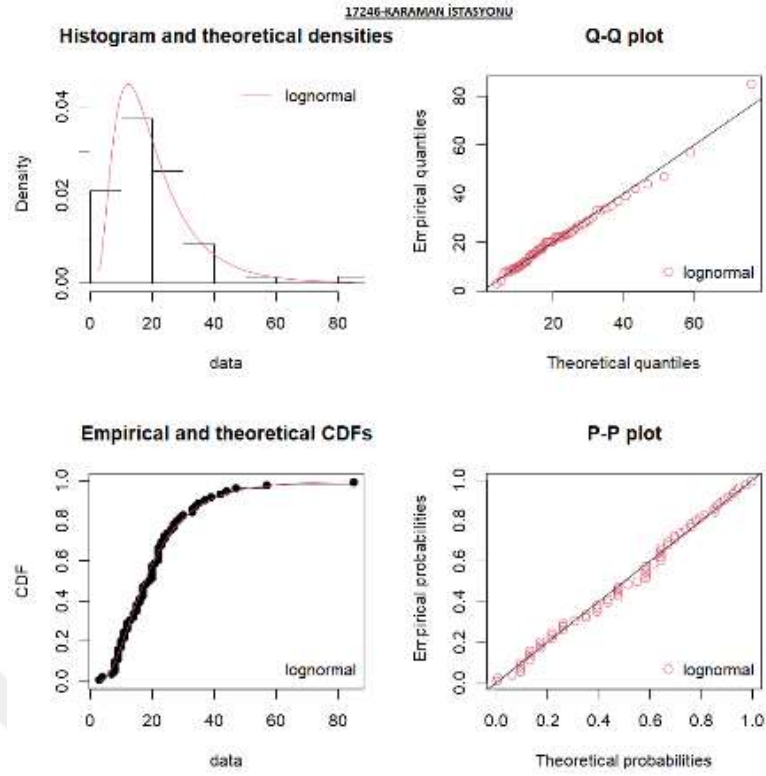
Şekil 4.139. Ataşehir istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



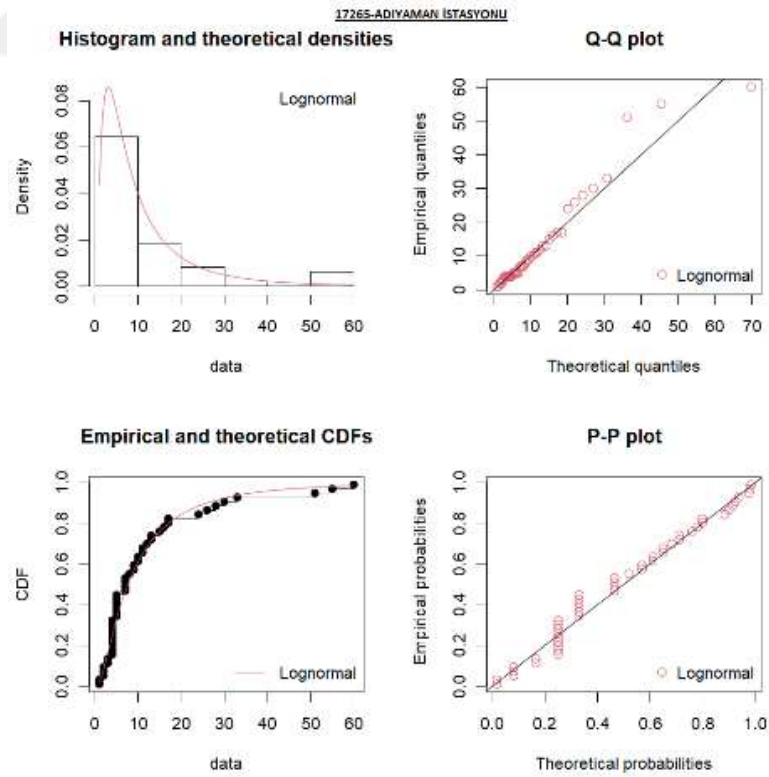
Şekil 4.140. *Beyşehir istasyonu olasılık dağılımına ait grafik*



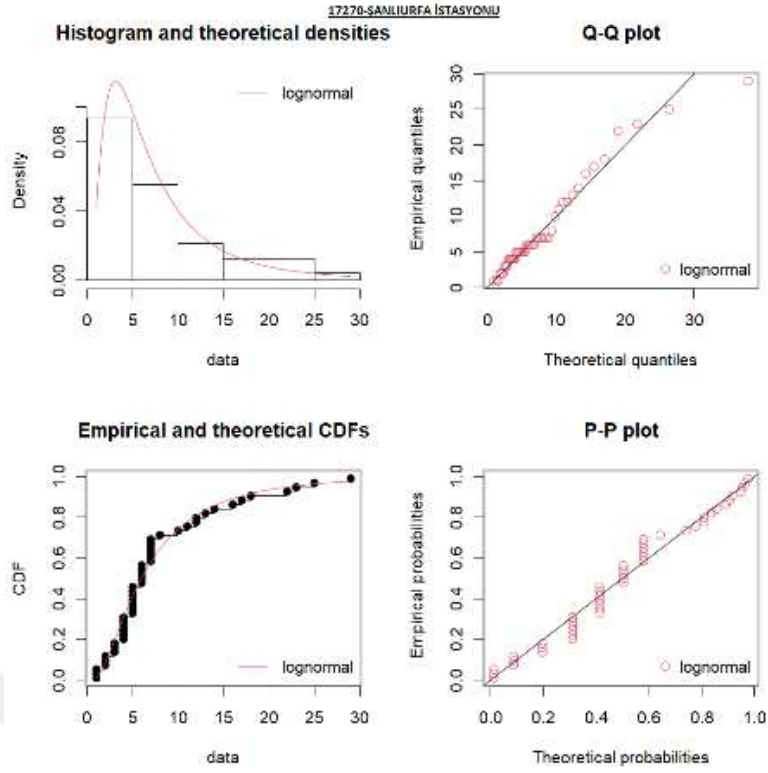
Şekil 4.141. *Konya havalimanı istasyonu olasılık dağılımına ait grafik*



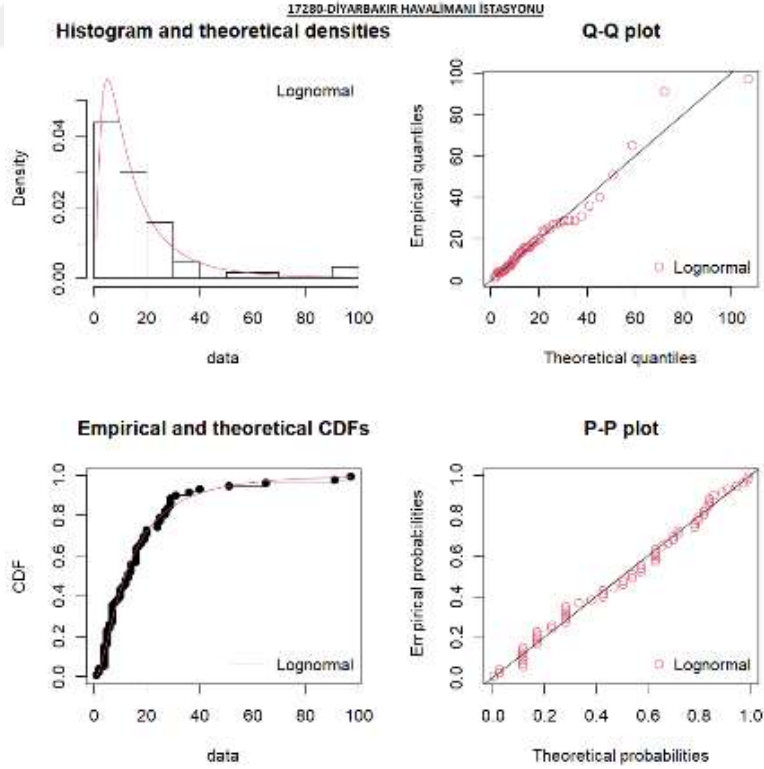
Şekil 4.142. *Karaman istasyonu olasılık dağılımına ait grafik*



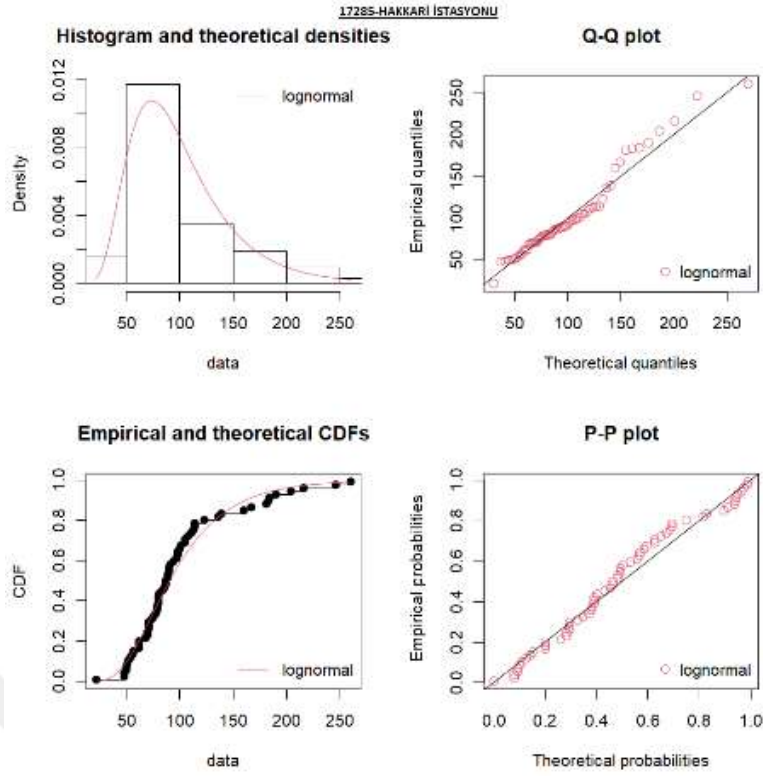
Şekil 4.143. *Adiyaman istasyonu olasılık dağılımına ait grafik*



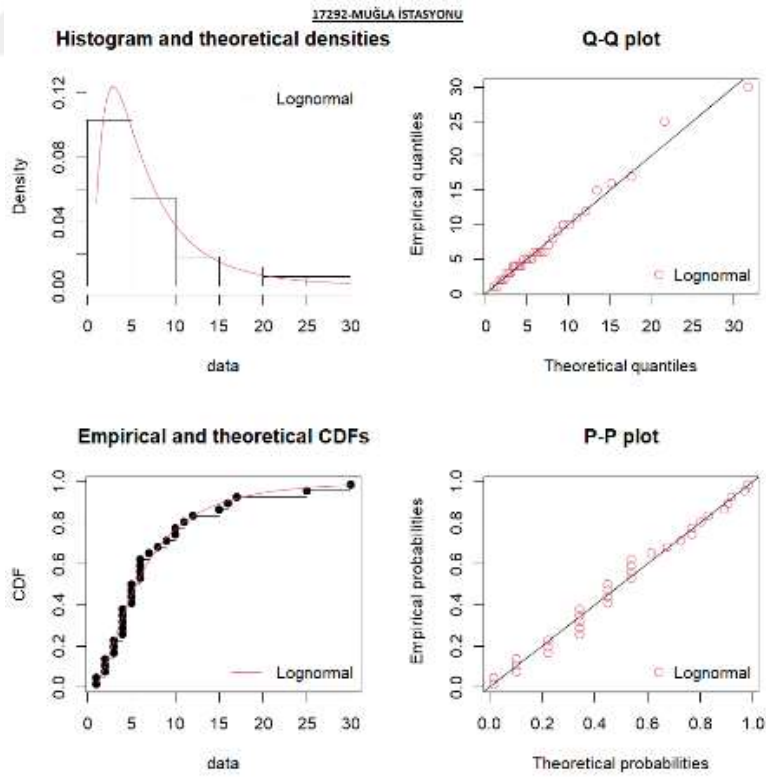
Şekil 4.144. Şanlıurfa istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



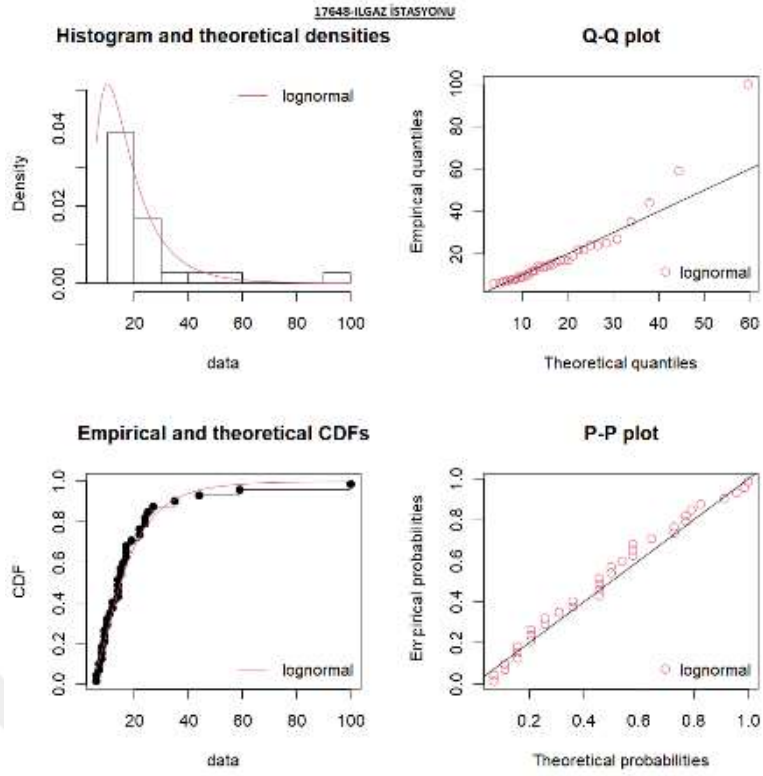
Şekil 4.145. Diyarbakır havalimanı istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



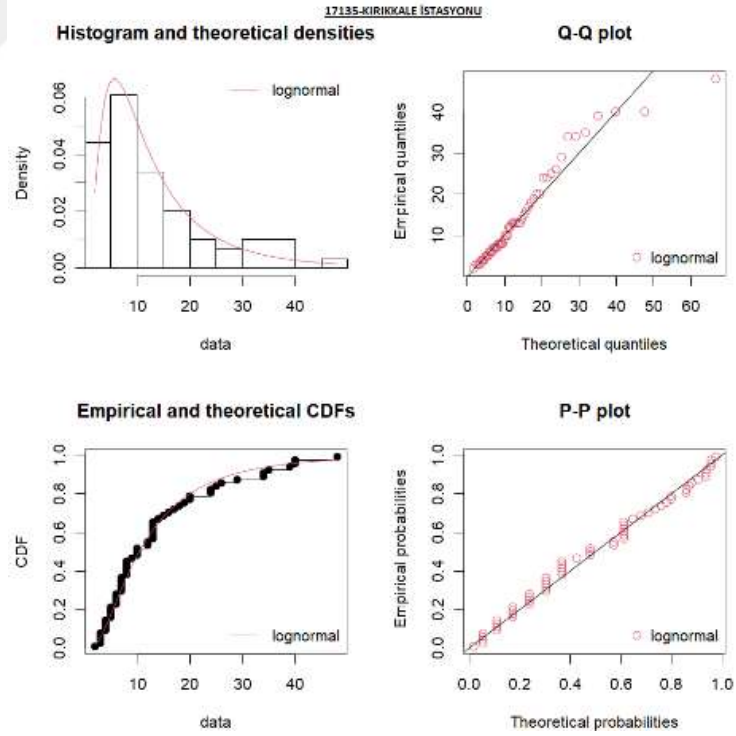
Şekil 4.146. Hakkâri istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



Şekil 4.147. Muğla istasyonu olasılık dağılımına ait grafik

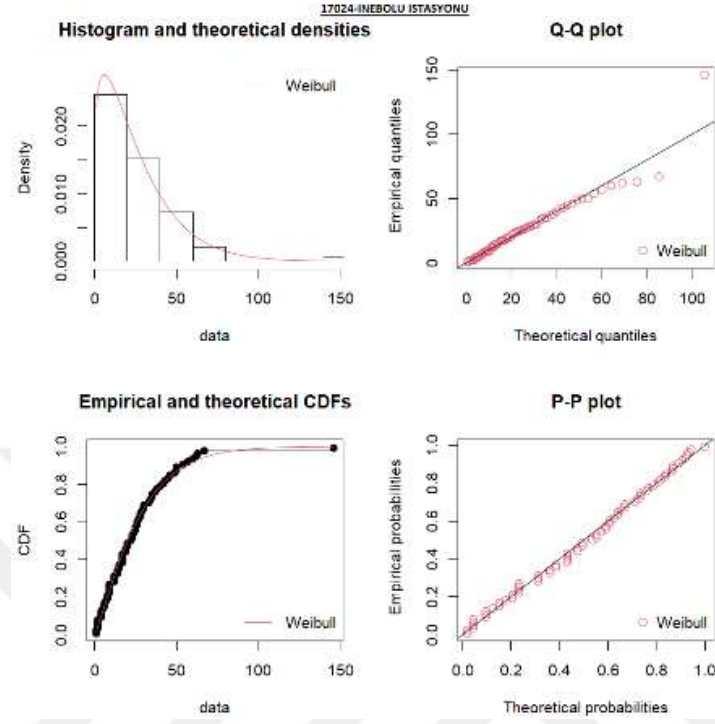


Şekil 4.148. *Ilgaz istasyonu olasılık dağılımına ait grafik*

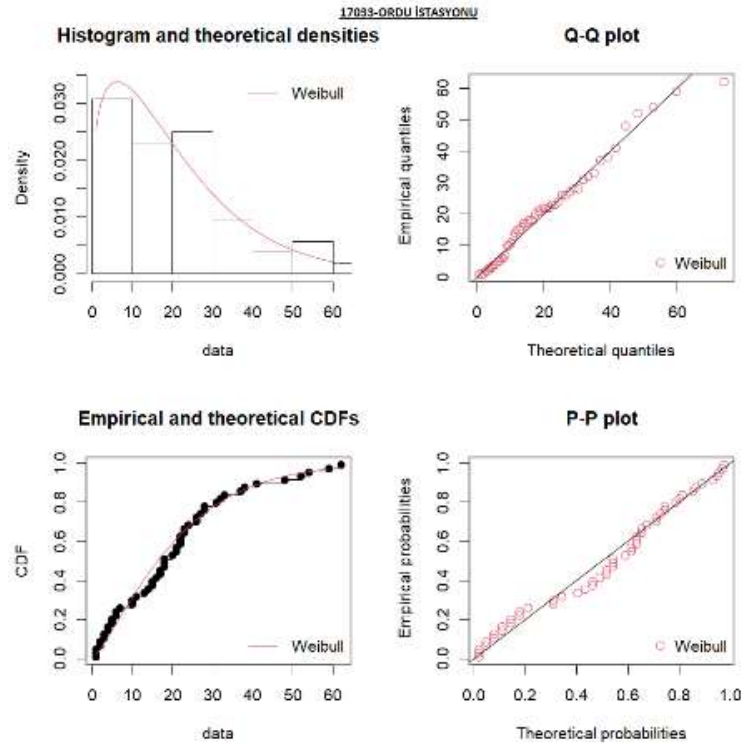


Şekil 4.149. *Kırıkkale istasyonu olasılık dağılımına ait grafik*

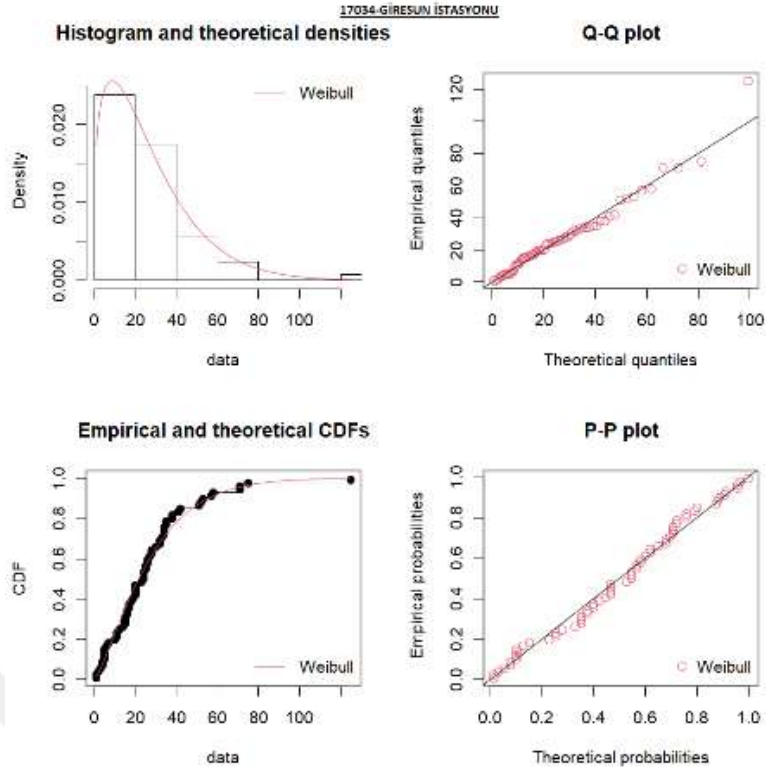
Weibull dağılımına uyan meteoroloji istasyonlarına ait grafikler Şekil 4.150-4.163 arasında verilmiştir.



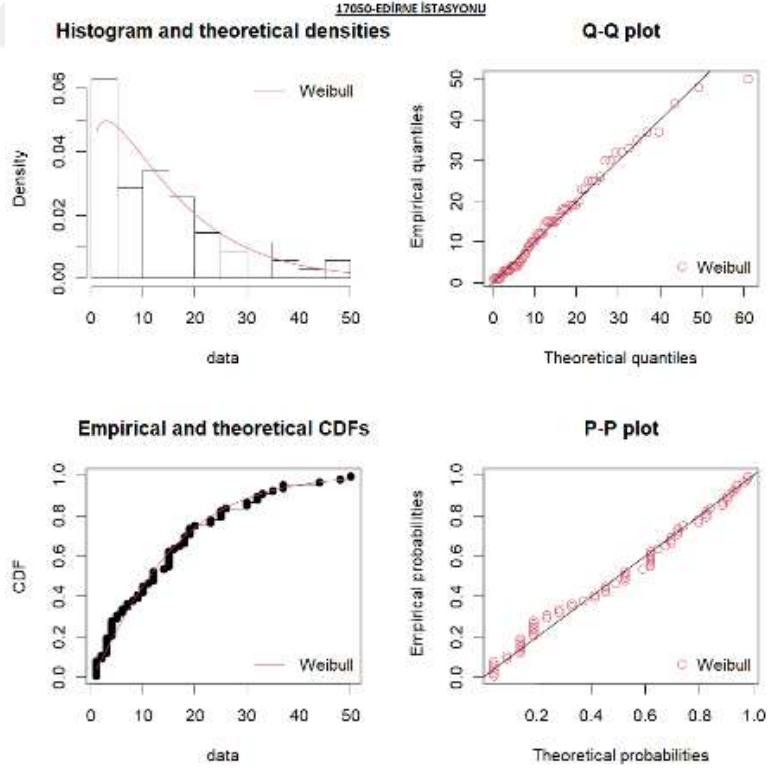
Şekil 4.150. İnebolu istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



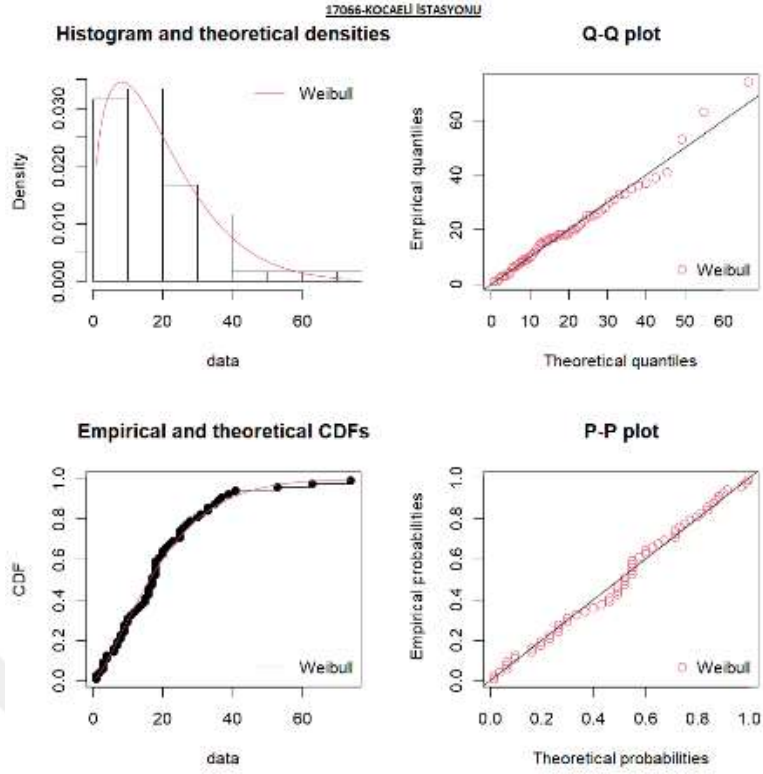
Şekil 4.151. Ordu istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



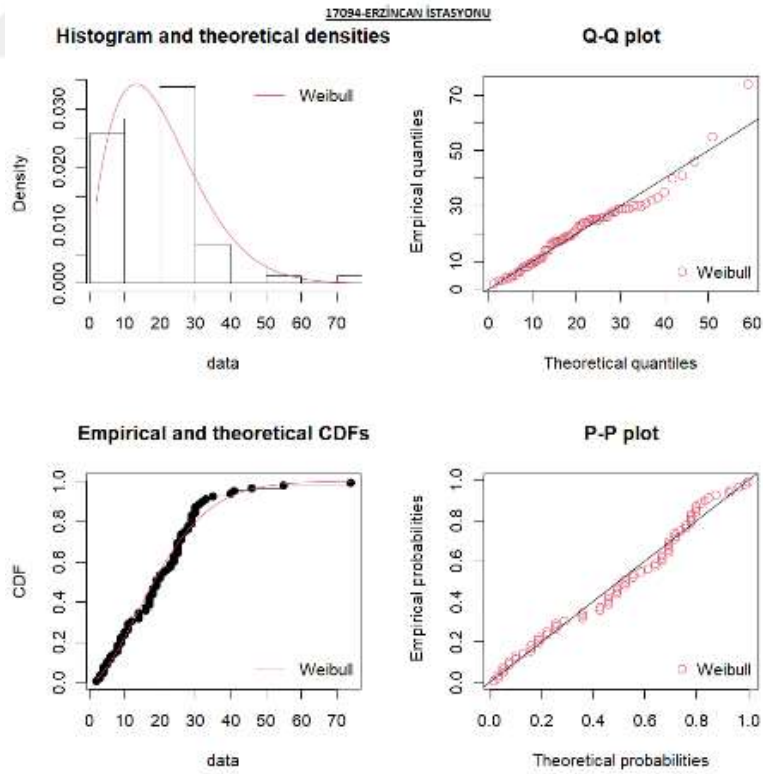
Şekil 4.152. Giresun istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



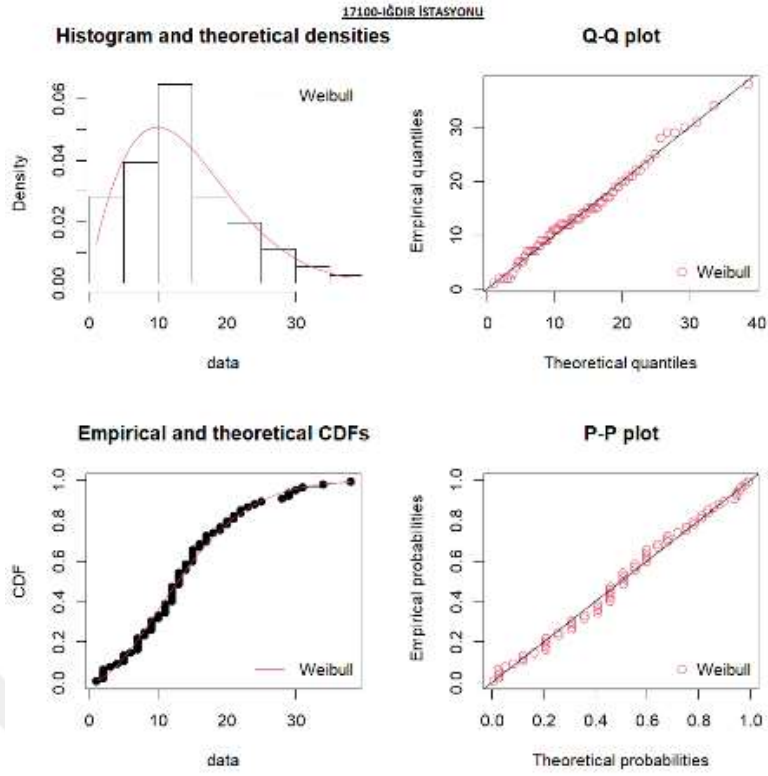
Şekil 4.153. Edirne istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



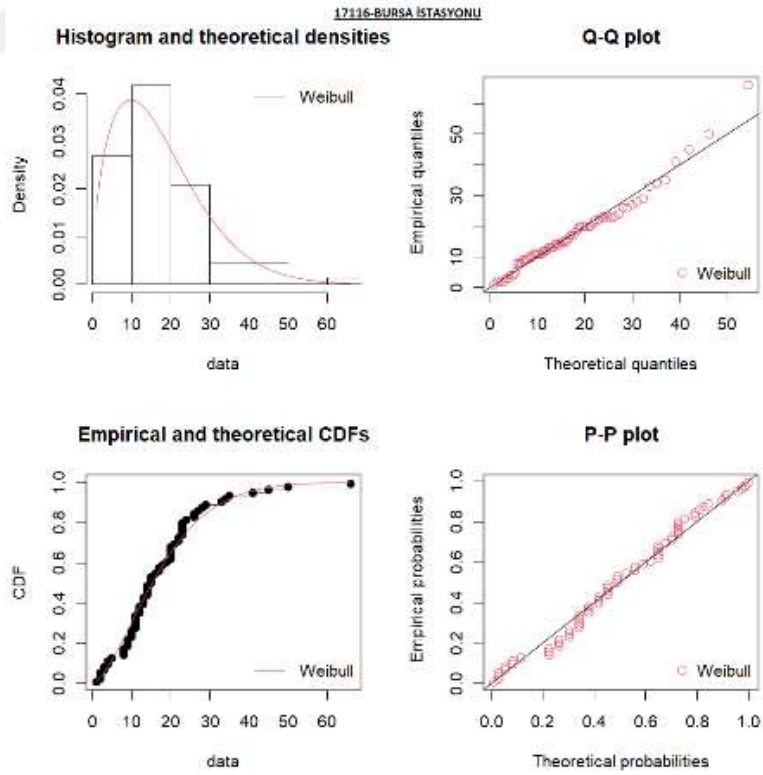
Şekil 4.154. Kocaeli istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



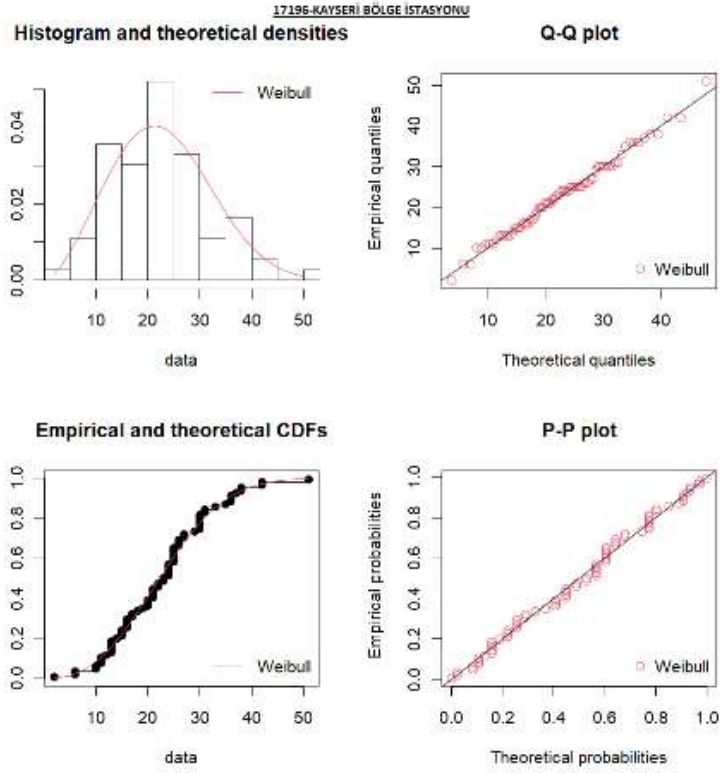
Şekil 4.155. Erzincan istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



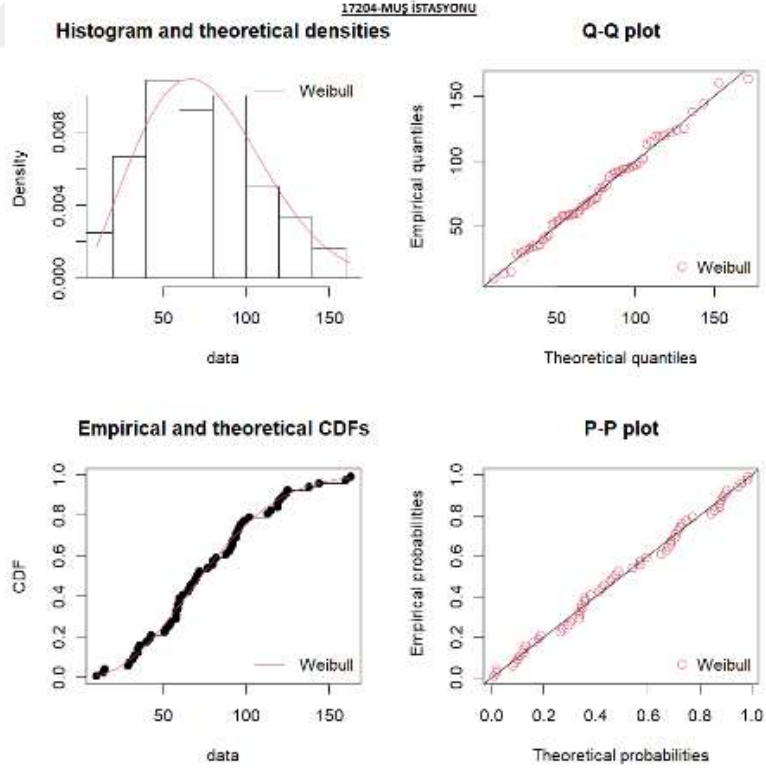
Şekil 4.156. Iğdır istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



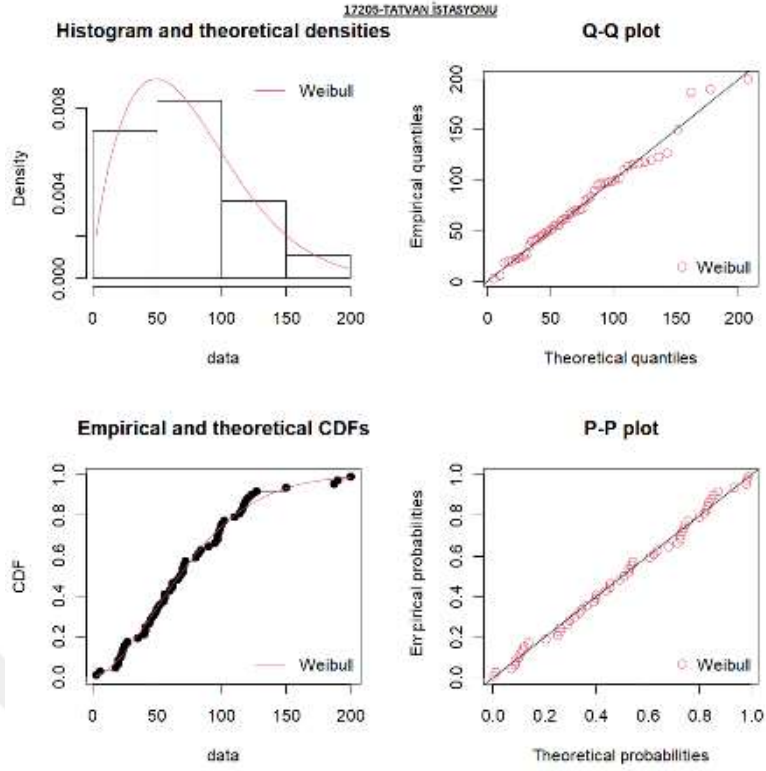
Şekil 4.157. Bursa istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



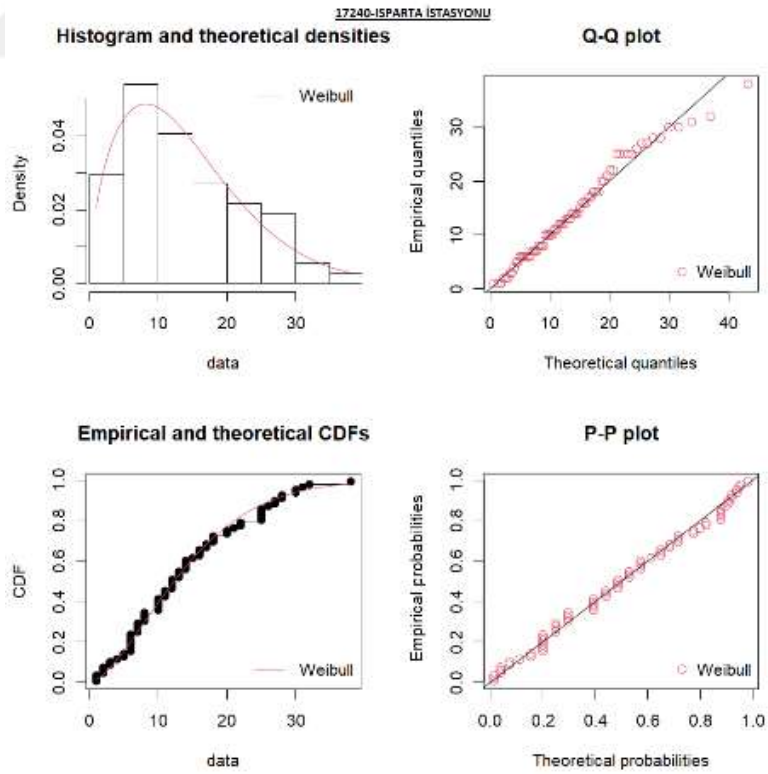
Şekil 4.158. Kayseri bölge istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



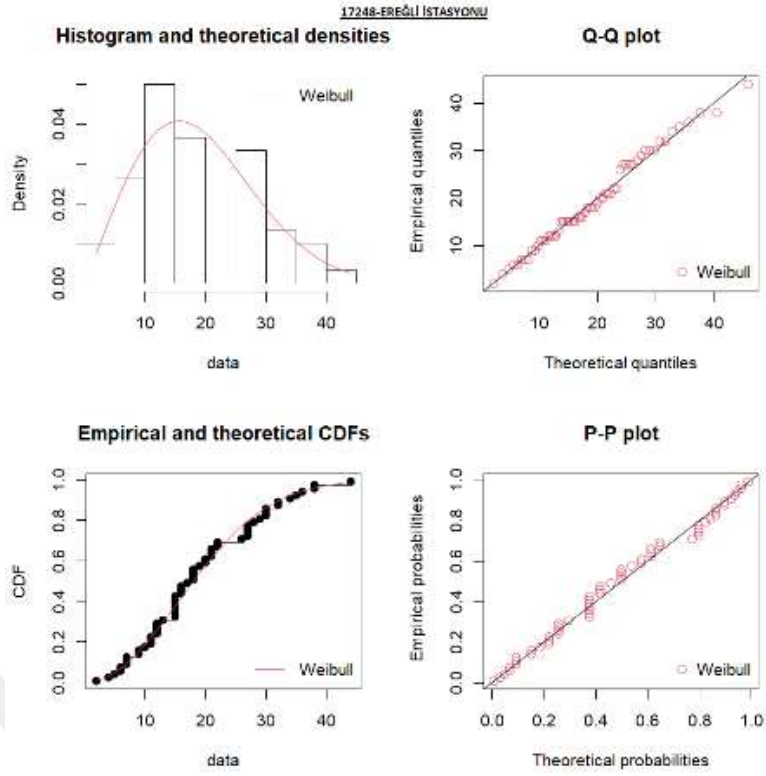
Şekil 4.159. Muş istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



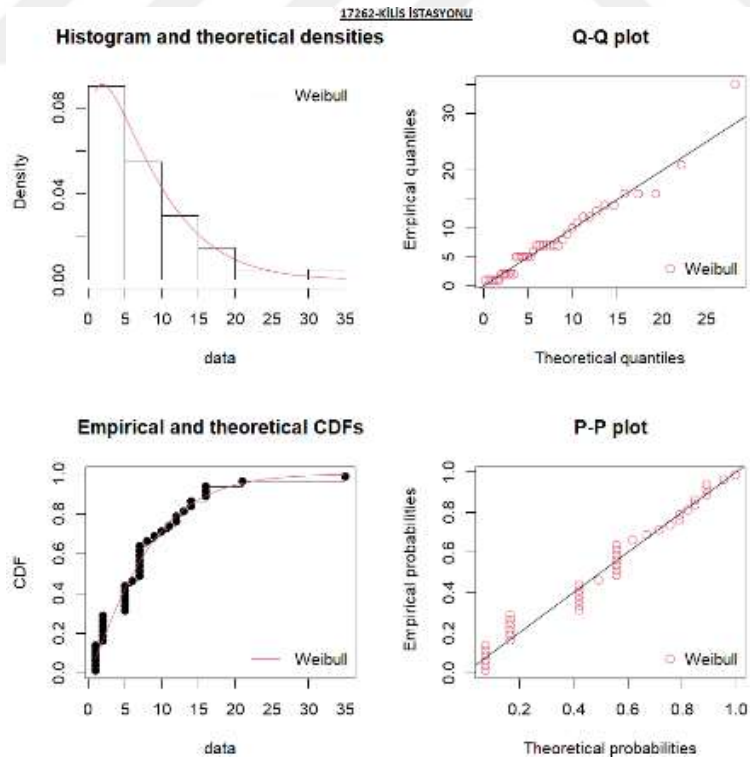
Şekil 4.160. *Tatvan istasyonu olasılık dağılımına ait grafik*



Şekil 4.161. *Isparta istasyonu olasılık dağılımına ait grafik*



Şekil 4.162. Ereğli istasyonu olasılık dağılımına ait grafik



Şekil 4.163. Kilis istasyonu olasılık dağılımına ait grafik

Olasılık dağılım fonksiyonları belirlenen istasyonlara ait belirli periyotlardaki beklenen kar kalınlıkları araştırıldı. Tüm istasyonların R programında olasılık dağılımına göre tekerrür analizleri yapılarak 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 200 yıllık tekerrür periyotlarında olması muhtemel maksimum kar yükseklikleri hesaplanmıştır. Çizelge 4.4'te bulunan istasyonlara ait tekerrür periyotlarına göre beklenen kar kalınlıkları verilmiştir.

Çizelge 4.4. Tekerrür periyotlarına göre istasyonlarda beklenen kar kalınlıkları

İstasyonlar	Tekerrür Periyotları							
	2	5	10	20	30	50	100	200
17015-Akçakoca	12	28	39	51	58	67	79	91
17020-Bartın	27	51	68	84	93	105	120	135
17024-İnebolu	20	41	56	69	77	87	100	112
17026-Sinop	8	18	27	38	46	57	73	93
17030-Samsun Bölge	8	21	34	51	63	81	110	146
17033-Ordu	16	32	42	52	58	65	74	82
17034-Giresun	22	42	56	68	75	84	96	107
17040-Rize	22	50	72	94	106	122	144	166
17042-Hopa	18	43	61	79	90	104	122	140
17045-Artvin	46	76	95	113	124	136	153	170
17046-Ardahan	37	56	70	84	92	102	117	132
17050-Edirne	11	23	32	40	44	50	57	65
17052-Kırklareli	7	13	18	22	24	27	31	35
17056-Tekirdağ	8	18	25	33	38	43	51	59
17059-Sarıyer-Kumköy	7	14	21	28	33	39	50	61
17061-Sarıyer	11	23	32	40	45	51	59	68
17064-İstanbul Bölge	10	19	26	33	37	42	49	55
17066-Kocaeli	16	30	39	47	52	57	65	71
17069-Sakarya	15	29	39	48	53	60	69	77
17070-Bolu	30	47	57	67	73	79	88	97
17074-Kastamonu	17	27	34	40	44	48	54	59
17078-Karabük	14	29	44	61	73	89	115	144
17080-Çankırı	12	20	26	31	34	38	43	48

Çizelge 4.4. (Devam)*Tekerrür periyotlarına göre istasyonlarda beklenen kar kalınlıkları*

İstasyonlar	Tekerrür Periyotları							
	2	5	10	20	30	50	100	200
17084-Çorum	14	22	27	32	34	38	42	46
17085-Amasya	8	18	27	38	45	55	71	90
17086-Tokat	14	26	36	47	55	64	79	95
17088-Gümüşhane	27	42	52	62	67	74	82	91
17089-Bayburt	29	44	54	63	68	74	82	90
17090-Sivas	26	42	54	67	74	84	99	114
17094-Erzincan	18	30	37	44	47	51	56	61
17096-Erzurum Ha.	33	49	60	71	77	85	97	108
17097-Kars	32	49	59	69	74	80	89	97
17099-Ağrı	72	100	116	131	140	151	165	179
17100-Iğdır	13	21	25	29	31	34	37	40
17112-Çanakkale	7	16	24	34	40	50	65	82
17116-Bursa	15	26	33	40	43	47	52	57
17119-Yalova	6	14	22	32	39	49	66	86
17120-Bilecik	16	28	36	46	52	60	71	83
17128-Ankara Ha.	14	24	32	40	45	52	63	74
17130-Ankara Bölge	11	22	30	40	46	55	67	82
17135-Kırıkkale	10	20	28	37	43	51	64	77
17140-Yozgat	39	55	65	75	81	88	98	109
17155-Kütahya	21	33	41	48	52	57	63	69
17160-Kırşehir	11	21	28	37	42	49	60	72
17165-Tunceli	42	72	92	110	121	134	152	169
17172-Van Bölge	30	49	62	77	85	97	113	130
17190-Afyon Bölge	19	31	40	49	55	62	72	83
17191-Cihanbeyli	19	36	48	60	66	75	86	97
17192-Aksaray	16	24	30	35	38	42	46	51
17193-Nevşehir	28	39	45	50	54	57	62	67
17196-Kayseri Bölge	22	31	36	39	41	44	46	49
17201-Elâzığ Bölge	18	30	38	46	50	55	62	69

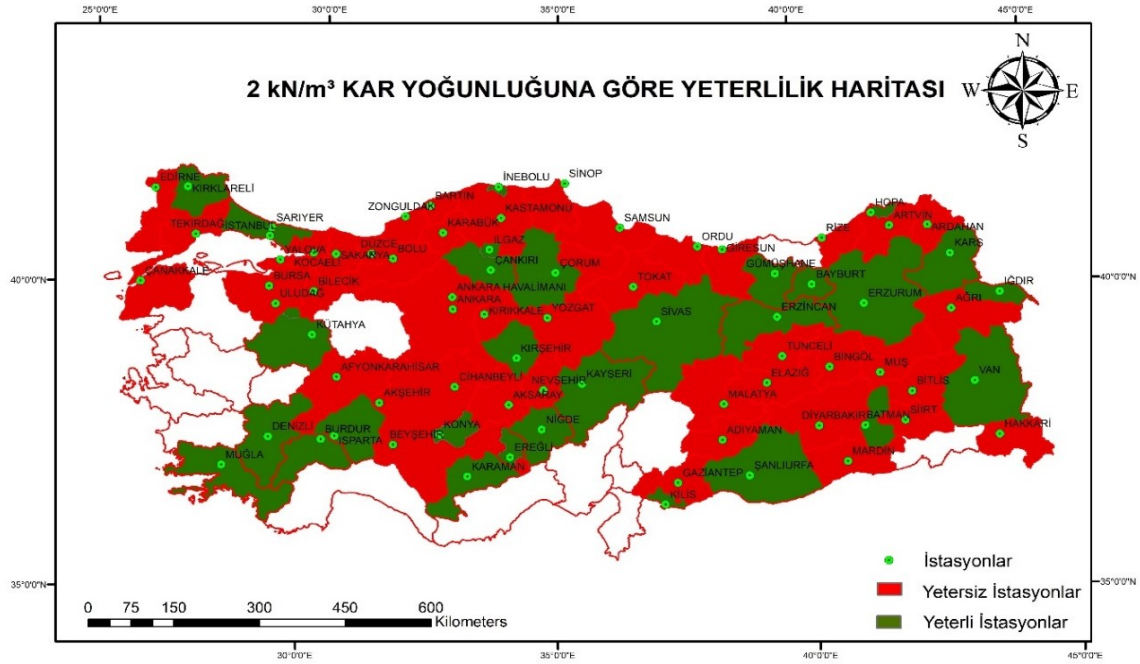
Çizelge 4.4. (Devam)*Tekerrür periyotlarına göre istasyonlarda beklenen kar kalınlıkları*

İstasyonlar	Tekerrür Periyotları							
	2	5	10	20	30	50	100	200
17203-Bingöl	56	88	109	128	139	153	170	188
17204-Muş	73	106	124	139	147	157	169	179
17205-Tatvan	67	110	136	159	171	186	205	223
17210-Siirt	17	36	52	71	84	101	127	158
17237-Denizli	7	15	20	25	28	32	37	41
17238-Burdur	8	17	25	35	41	50	63	78
17239-Akşehir	26	40	51	61	67	76	87	99
17240-Isparta	12	21	26	31	34	37	41	45
17242-Beyşehir	21	36	48	61	68	78	93	109
17244-Konya Ha.	12	22	30	38	43	50	61	72
17246-Karaman	18	29	38	47	53	61	71	83
17248-Ereğli	18	27	32	37	39	42	45	48
17250-Niğde	15	20	23	26	28	30	32	35
17262-Kilis	6	12	17	21	23	26	29	33
17265-Adıyaman	8	17	26	37	44	55	71	90
17270-Şanlıurfa	6	12	17	22	26	31	39	47
17275-Mardin	19	38	52	66	73	83	96	109
17280-Diyarbakır Ha.	12	25	38	53	63	77	98	124
17282-Batman	6	15	21	28	32	36	43	49
17285-Hakkâri	91	133	162	191	208	230	260	291
17292-Muğla	6	11	16	21	24	29	36	44
17648-Ilgaz	15	25	34	42	47	54	65	76
17676-Uludağ	242	310	350	387	408	434	469	503

Farklı tekerrür periyotlardaki değerleri belirlenen istasyonların standartta yer alan değerleri Çizelge 4.4'te verilen ve karın yeni yağdıktan sonraki aşamaları olan ve yapı tasarımlarındaki çatılarda belirli bir zaman geçmiş bulunan yerleşmiş ve eski zamanlara ait katsayılar yardımıyla kar su eşdeğerleri kN/m^3 cinsinde hesaplandı. Yerleşmiş ve eskiye ait kar yükünün belirlenmesinin nedeni karın yağdıktan sonra belirli bir süre geçmesi, yağmur

yağması ve üzerine tekrar kar yağışının devam etmesi nedenleri ile kar yoğunluğu değişmektedir. Bu nedenle Çizelge 3.3'te verilen katsayılara göre yerleşmiş ve eski zamanlara ait katsayılar kullanılarak kar yükü verileri elde edilmiştir.

TS EN 1991-1-3 [2] standardında yerleşmiş değer olarak bulunan 2 kN/m^3 kar su eşdeğeri ve 3 kN/m^3 kar su eşdeğeri katsayılarına göre 30 yıllık tekerrür periyot değerleri kullanılarak günümüz kar su eşdeğer verisi oluşturulmuş ve Çizelge 4.5'te standartta verilen kar yükü verisi ile karşılaştırılmıştır. 75 istasyona ait TS EN 1991-1-3 [2] standardında bulunan kar yükü değerleri ile tez çalışmasında elde edilen 2 kN/m^3 ve 3 kN/m^3 'lük kar yükü değerlerinin karşılaştırılması sonucunda standart değerleri karşında yeterli ve yetersiz olan istasyonlar belirlendi. 2 kN/m^3 ve 3 kN/m^3 kar yoğunluğuna göre Çizelge 3.3'teki katsayılara göre hesaplanan kar yükü verilerinden standarda göre yeterli ve yetersiz olan istasyonlar CBS teknikleri yardımıyla ArcGIS programı kullanılarak Türkiye haritası oluşturulmuş ve aşağıdaki Şekil 4.164 ve Şekil 4.165'te verilmiştir.



Şekil 4.164. İstasyonların 2 kN/m³ kar yoğunluğuna göre yeterlilik haritası



Şekil 4.165. İstasyonların 3 kN/m³ kar yoğunluğuna göre yeterlilik haritası

Belirli periyotlardaki tekerrür analizleri yapılan istasyonlardaki beklenen kar kalınlıklarından 30 yıllık tekerrür periyodundaki değerlerden 2 kN/m³ ve 3 kN/m³ kar yoğunluğuna göre elde edilmiş kar yükü verileri ile TS EN 1991-1-3 [2] standardındaki kar yükü değerleri karşılaştırılarak standardın günümüz meteorolojik verileri ile oluşturulan

değerler karşısında yeterli olup olmadığı ortaya konuldu. CBS teknikleri yardımıyla oluşturulan yeterlilik haritalarında 2 kN/m^3 kar yoğunluğuna göre hesaplanmış kar yükü verileri ile meydana gelen şekil 4.187’de verilen yeterlilik haritasında 29 istasyonda hesaplanan kar yükü değeri standart karşısında yeterli olduğu, 46 istasyonda ise hesaplanan kar yükü değerinin standart karşısında yetersiz olduğu görülmüştür. 3 kN/m^3 kar yoğunluğuna göre hesaplanmış kar yükü verileri ile oluşturulan 4.188’deki yeterlilik haritasında 5 istasyonun standarttaki değerlerin 5 istasyonda yeterli olduğu ve 70 istasyonun ise yetersiz olduğu sonucuna varılmıştır. Bu haritalardan da anlaşılabileceği üzere karın yerde kalma süresi artınca yoğunluğu artmış ve artan yoğunluk kar yükü değerini artırarak 2 kN/m^3 kar yoğunluğundaki kar yükü değerlerinin 3 kN/m^3 kar yoğunluğundaki kar yükü değerlerine ulaşmaktadır. 2 kN/m^3 kar yoğunluğunda standarda göre yeterli durumda bulunan 29 istasyondan 24 tanesi 3 kN/m^3 kar yoğunluğundaki kar yükü değeri karşısında yetersiz durumageldiği görülmüştür. Çatılarda ilk kar yağdıktan sonra bekleyen karın yoğunluğunun artması kar yükü değerini artırmakta, yoğunluğu ve hacmi artan kar yükü değerleri karşısında günümüz şartlarını karşılayamayan ve yetersiz olan TS EN 1991-1-3 [2] standardı, karın belirli bir süre beklemesi ile zaman geçtikçe yetersizliği daha da artmaktadır.

Günümüz meteorolojik veriler ışığında hazırlanan 30 yıllık tekerrür periyodunda beklenen kar yüküne göre hesaplanan 2 kN/m^3 ve 3 kN/m^3 yoğunluğundaki kar yükü hesap değerleri ile TS EN 1991-1-3 [2] standardında bulunan değerlerin karşılaştırıldığı Çizelge 4.5 aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.5. 30 yıllık tekerrür periyodunda beklenen kar yüküne göre hesaplanan kar eş değer yükü ile standartta verilen kar yükünün karşılaştırılması

İstasyonlar	Beklene n Kar Kalınlığ ı (cm)	Eşdeğer Kar Yükü (2 kN/m^3 kar yoğunluğu için)	Eşdeğer Kar Yükü (3 kN/m^3 kar yoğunluğu için)	TS EN 1991- 1-3’e göre Kar Yükü	Yeterlilik (2 kN/m^3 kar yoğunluğu için)	Yeterlilik (3 kN/m^3 kar yoğunluğu için)
17015-Akçakoca	58	1.16	1.74	0.75	Yetersiz	Yetersiz
17020-Bartın	93	1.86	2.79	0.75	Yetersiz	Yetersiz
17024-İnebolu	77	1.54	2.31	0.75	Yetersiz	Yetersiz
17026-Sinop	46	0.92	1.38	0.75	Yetersiz	Yetersiz

Çizelge 4.5. (Devam) 30 yıllık tekerrür periyodunda beklenen kar yüküne göre hesaplanan kar eş değer yükü ile standartta verilen kar yükünün karşılaştırılması

İstasyonlar	Beklenen Kar Kalınlığı (cm)	Eşdeğer Kar Yüğü (2 kN/m ³ kar yoğunluğu için)	Eşdeğer Kar Yüğü (3 kN/m ³ kar yoğunluğu için)	TS EN-1991-1-3'e göre Kar Yüğü	Yeterlilik (2 kN/m ³ kar yoğunluğu için)	Yeterlilik (3 kN/m ³ kar yoğunluğu için)
17030-Samsun Bölge	63	1.26	1.89	0.75	Yetersiz	Yetersiz
17033-Ordu	58	1.16	1.74	0.75	Yetersiz	Yetersiz
17034-Giresun	75	1.5	2.25	0.75	Yetersiz	Yetersiz
17040-Rize	106	2.12	3.18	0.75	Yetersiz	Yetersiz
17042-Hopa	90	1.8	2.7	0.75	Yetersiz	Yetersiz
17045-Artvin	124	2.48	3.72	0.95	Yetersiz	Yetersiz
17046-Ardahan	92	1.84	2.76	1.84	Yetersiz	Yetersiz
17050-Edirne	44	0.88	1.32	0.75	Yetersiz	Yetersiz
17052-Kırklareli	24	0.48	0.72	0.75	Yeterli	Yeterli
17056-Tekirdağ	38	0.76	1.14	0.75	Yetersiz	Yetersiz
17059-Sarıyer Kumköy	33	0.66	0.99	0.75	Yeterli	Yetersiz
17061-Sarıyer	45	0.9	1.35	0.75	Yetersiz	Yetersiz
17064-İstanbul Bölge	37	0.74	1.11	0.75	Yeterli	Yetersiz
17066-Kocaeli	52	1.04	1.56	0.75	Yetersiz	Yetersiz
17069-Sakarya	53	1.06	1.59	0.75	Yetersiz	Yetersiz
17070-Bolu	73	1.46	2.19	1.25	Yetersiz	Yetersiz
17074-Kastamonu	44	0.88	1.32	1.25	Yeterli	Yetersiz
17078-Karabük	73	1.46	2.19	0.75	Yetersiz	Yetersiz
17080-Çankırı	34	0.68	1.02	1.25	Yeterli	Yeterli
17084-Çorum	34	0.68	1.02	0.85	Yeterli	Yetersiz
17085-Amasya	45	0.9	1.35	0.75	Yetersiz	Yetersiz
17086-Tokat	55	1.1	1.65	0.85	Yetersiz	Yetersiz
17088-Gümüşhane	67	1.34	2.01	1.49	Yeterli	Yetersiz

Çizelge 4.5. (Devam) 30 yıllık tekerrür periyodunda beklenen kar yüküne göre hesaplanan kar eş değer yükü ile standartta verilen kar yükünün karşılaştırılması

İstasyonlar	Beklene n Kar Kalınlığ ı (cm)	Eşdeğer Kar Yüğü (2 kN/m ³ kar yoğunluğu için)	Eşdeğer Kar Yüğü (3 kN/m ³ kar yoğunluğu için)	TS EN 1991- 1-3'e göre Kar Yüğü	Yeterlilik (2 kN/m ³ kar yoğunluğu için)	Yeterlilik (3 kN/m ³ kar yoğunluğu için)
17089-Bayburt	68	1.36	2.04	1.71	Yeterli	Yetersiz
17090-Sivas	74	1.48	2.22	1.49	Yeterli	Yetersiz
17094-Erzincan	47	0.94	1.41	1.49	Yeterli	Yeterli
17096-Erzurum Havalimanı	77	1.54	2.31	1.84	Yeterli	Yetersiz
17097-Kars	74	1.48	2.22	1.84	Yeterli	Yetersiz
17099Ağrı	140	2.8	4.2	1.84	Yetersiz	Yetersiz
17100-Iğdır	31	0.62	0.93	0.95	Yeterli	Yeterli
17112-Çanakkale	40	0.8	1.2	0.75	Yetersiz	Yetersiz
17116-Bursa	43	0.86	1.29	0.75	Yetersiz	Yetersiz
17119-Yalova	39	0.78	1.17	0.75	Yetersiz	Yetersiz
17120-Bilecik	52	1.04	1.56	0.8	Yetersiz	Yetersiz
17128-Ankara Havalimanı	45	0.9	1.35	0.95	Yeterli	Yetersiz
17130-Ankara Bölge	46	0.92	1.38	0.95	Yetersiz	Yetersiz
17135-Kırıkkale	43	0.86	1.29	0.85	Yetersiz	Yetersiz
17140-Yozgat	81	1.62	2.43	1.49	Yetersiz	Yetersiz
17155-Kütahya	52	1.04	1.56	1.49	Yeterli	Yetersiz
17160-Kırşehir	42	0.84	1.26	0.88	Yeterli	Yetersiz
17165-Tunceli	121	2.42	3.63	1.6	Yetersiz	Yetersiz
17172-Van Bölge	85	1.7	2.55	1.84	Yeterli	Yetersiz
17190-Afyon Bölge	55	1.1	1.75	1.49	Yetersiz	Yetersiz
17191-Cihanbeyli	66	1.32	1.98	0.8	Yetersiz	Yetersiz
17192-Aksaray	38	0.76	1.14	0.8	Yetersiz	Yetersiz
17193-Nevşehir	54	1.08	1.62	0.88	Yetersiz	Yetersiz

Çizelge 4.5. (Devam) 30 yıllık tekerrür periyodunda beklenen kar yüküne göre hesaplanan kar eş değer yükü ile standartta verilen kar yükünün karşılaştırılması

İstasyonlar	Beklene n Kar Kalınlığ ı (cm)	Eşdeğer Kar Yüğü (2 kN/m ³ kar yoğunluğu için)	Eşdeğer Kar Yüğü (3 kN/m ³ kar yoğunluğu için)	TS EN 1991- 1-3'e göre Kar Yüğü	Yeterlilik (2 kN/m ³ kar yoğunluğu için)	Yeterlilik (3 kN/m ³ kar yoğunluğu için)
17196-Kayseri Bölge	41	0.82	1.23	0.88	Yeterli	Yetersiz
17201-Elâzığ Bölge	50	1.00	1.50	1.35	Yeterli	Yetersiz
17203-Bingöl	139	2.78	4.17	1.76	Yetersiz	Yetersiz
17204-Muş	148	2.96	4.44	1.49	Yetersiz	Yetersiz
17205-Tatvan	172	3.44	5.16	1.84	Yetersiz	Yetersiz
17210-Siirt	84	1.68	2.52	0.95	Yetersiz	Yetersiz
17237-Denizli	28	0.56	0.84	0.75	Yeterli	Yetersiz
17238-Burdur	41	0.82	1.23	1.05	Yeterli	Yetersiz
17239-Akşehir	67	1.34	2.01	1.16	Yetersiz	Yetersiz
17240-Isparta	34	0.68	1.02	1.05	Yeterli	Yeterli
17242-Beyşehir	61	1.22	1.83	1.16	Yetersiz	Yetersiz
17244-Konya Ha.	43	0.86	1.29	1.16	Yeterli	Yetersiz
17246-Karaman	53	1.06	1.59	1.16	Yeterli	Yetersiz
17248-Ereğli	39	0.78	1.17	1.16	Yeterli	Yetersiz
17250-Niğde	28	0.56	0.84	1.16	Yeterli	Yeterli
17262-Kilis	23	0.46	0.69	0.75	Yeterli	Yeterli
17265-Adıyaman	44	0.88	1.32	0.75	Yetersiz	Yetersiz
17270-Şanlıurfa	26	0.52	0.78	0.75	Yeterli	Yetersiz
17275-Mardin	73	1.46	2.19	1.16	Yetersiz	Yetersiz
17280-Diyarbakır Havalimanı	63	1.26	1.89	0.75	Yetersiz	Yetersiz
17282-Batman	32	0.64	0.96	0.75	Yeterli	Yetersiz
17285-Hakkâri	208	4.16	6.24	1.84	Yetersiz	Yetersiz
17292-Muğla	24	0.48	0.72	0.75	Yeterli	Yeterli
17648-İlgaz	47	0.94	1.41	1.30	Yeterli	Yetersiz
17676-Uludağ	408	8.16	12.24	1.84	Yetersiz	Yetersiz

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada da iklim değişikliği sonucu oluşan meteorolojik değerlere göre hesaplanan kar yükü değerlerinin TS EN 1991-1-3 [2] standardında bulunan tasarım kar yükü değerleri ile karşılaştırılıp, standartta bulunan hesap değerleri ve haritaların yeterliliği araştırıldı. Çalışma kapsamında Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen 75 adet istasyondan yaklaşık olarak 1945-2023 yılları arasındaki kar kalınlığı cinsinden veriler kullanılarak maksimum kar kalınlığı verisi elde edildi. R programındaki istatistiksel yöntemler ve bazı testler yardımıyla bu verilerin Gamma, Normal, Lognormal, Weibull, Logistik, Exponential olasılık dağılımlarından hangisiyle uyumlu olduğu araştırıldı. Bu dağılımların 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 200 yıllık Ortalama Tekerrür Süresindeki (OTS) değerler bulunarak kar yağış yönelimlerine göre farklı tekerrür periyotlarındaki muhtemel kar kalınlıkları bulundu. Tekerrür sürelerindeki değerler Çizelge 4.4'teki gibi bulunmuştur. Bu tekerrür süresinden 30 yıllık süredeki kar kalınlıkları kullanıldı. Her istasyona ait kar kalınlıkları TS EN 1991-1-3 [2] standardındaki Çizelge 4.4 'te bulunan yeni, yerleşmiş ve eski (belirli bir zaman geçmiş bulunan) zamanlara ait katsayılar kullanılarak kar su eş değerleri kN/m^3 cinsinde hesaplandı. İstasyonlara ait standartta belirtilen değerler ile çalışma kapsamında hesaplanan 2 ve 3 kN/m^3 değerleri karşılaştırılarak standart çerçevesinde yapı tasarımlarında kullanılan harita ve tasarım kar yükü değerlerinin yeterliliği araştırıldı. Yapılan karşılaştırma sonucunda 75 istasyon içerisindeki birçok istasyonda TS EN 1991-1-3 [2] standardındaki kar yükü hesap değerlerinin 2kN/m^3 ve 3kN/m^3 birimlerindeki her iki kar yükü hesap değerleri karşısında yetersiz olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. 2kN/m^3 hacme sahip kar yükü hesap değerlerinden standart karşısında yeterli olan istasyonların birçoğu zaman geçtikçe kar yükünün hacmi arttığından 3kN/m^3 hacmindeki değerler oluşmuş ve yeterli olan standart değerlerinin zaman geçtikçe artan bu kar yükü değerleri karşısında yetersiz olduğu gözlemlenmiştir.

Çalışma kapsamında TS EN 1991-1-3 [2] standardındaki harita ve hesap değerleri ile 30 yıl Ortalama Tekerrür Süresine göre hesaplanmış kar su eş değer yükleri karşılaştırılmış ve standart kapsamında kullanılan harita ve kar yükü hesap değerlerinin yeterliliği ve kullanılabilirliği ortaya konmuştur. Çalışma sonucunda standart değerlerinin günümüz şartlarını karşılayacak değerlere ve haritalara sahip olmadığı tespit edilmiş, yetersiz ve sabit olan çok fazla değer görülmektedir. Yapı tasarımlarındaki kar yükü kaynaklı can ve mal kaybına yol açabilecek hasarları önlemek için güvenli ve emniyetli çatı tasarımları yapmak gerekmektedir. Bunun için çalışma kapsamında yetersiz ve eksiklikleri ortaya konulan TS EN 1991-1-3 [2] standardındaki harita ve kar yükü hesap değerlerinin iklim değişikliği sonucu

meydana gelen günümüz meteorolojik yağışlar kapsamında güncellenmesi gerekmekte ve yapılardaki çatı tasarımları güncel harita ve kar yükü hesap değerlerine göre yapılmalıdır.



KAYNAKÇA

- [1] TS 498. (1997). Yapı Elemanlarının Boyutlandırmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [2] TS EN 1991-1-3. (2007). Yapılar Üzerindeki Etkiler-Bölüm 1-3: Genel Etkiler-Kar Yükleri (Eurocode 1), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [3] Durmaz, M. (2003). Doğu Karadeniz Bölgesindeki çatıların optimum kar yüklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [4] TS 7046 (1989). Yapıların Tasarımı İçin Esaslar-Çatılardaki Kar Yüklerinin Tespiti, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [5] Özgen, P. (2007). Türkiye’deki çatıların optimum kar yüklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [6] Türkeş, M., Koç, T. ve Sarış, F. (2007). “Türkiye’nin yağış toplamı ve yoğunluğu dizilerindeki değişikliklerin ve eğilimlerin zamansal ve alansal çözümlemesi”. Coğrafi Bilimler Dergisi, 5(1), 57-73.
- [7] Mann, H. B. (1945). “Non-Parametric Tests Against Trend, *Econometrica*”. 13(3), 163-171.
- [8] Kendall, M. G. (1975). Rank correlation methods. New York: Oxford University Press.
- [9] Şen, Z. (2012). “Innovative Trend Analysis Methodology”. *Journal of Hydrological Engineering*, 17(9), 1042-1046.
- [10] Terzi, C. (2011). Doğu Anadolu bölgesinin zemin kar yükü haritasının oluşturulması ve çatı kar yüklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [11] Topçu, A. (2006). “Kar Yükü ve Çöken Çatılar”. Eskişehir: Osmangazi Üniversitesi Yapı Mekaniği Semineri.
- [12] Durmaz, M. ve Daloğlu, A. (2005). “Türkiye Kar Verilerinin İstatistiksel Analiziyle Türk Standartlarındaki Zemin Kar Yüklerinin Değerlendirilmesi”. *İMO Teknik Dergi*, 16(3), 3619-3642.
- [13] Ülke, A. ve Özkoca, T. (2018). “Sinop, Ordu ve Samsun İllerinin Sıcaklık Verilerinde Trend Analizi”. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(2), 455-463.
- [14] Sen, P. K. (1968). “Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall’s Tau”. *Journal of the American Statistical Association*, 63, 1379–1389.

- [15] Almahdi, F., Genç, F., Doğangün, A. ve Timurağaoğlu M. Ö. (2018). Yapılar İçin Kar Yüklerinin ve Kar Kaynaklı Hasarların Değerlendirilmesi. Natural Hazards and Disaster Management, 04-06 Mayıs, Sakarya.
- [16] Özfidaner, M., Şapolyo, D. ve Topaloğlu, F. (2016). “İç Anadolu Bölgesi Yağış Verilerinin Gidiş Analizi”. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi (TARGİD), 5, 161-168.
- [17] Aladağ, E. (2019). Meteoroloji Haritaları Kullanılarak Çelik Çatıların Kar Yükü Analizleri. Yüksek Lisans Tezi. Bilecik: Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [18] Karabulut, M. ve Cosun, F. (2009). “Kahramanmaraş İlinde Yağışların Trend Analizi”. Coğrafi Bilimler Dergisi (CBD), 7(1), 65-83.
- [19] Terzi, Ö. ve İlker, A. (2020). “Kızılırmak Havzası’nda Sıcaklık Değerlerinin Trend Analizi”. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 24(3), 626-634.
- [20] Soukhov, D. “The Probability Distribution Function for Snow Load in Germany”. Leipzig Annual Civil Engineering Report (LACER), 3, 263-274.
- [21] Bayazit, M. (1996). İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri. İstanbul: İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası.
- [22] Yu, Y., Zou, S. and Whittemore, D. (1993). “Nonparametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas”. Journal of Hydrology, 150, 61-80.
- [23] Şen, Z. (2015). “Innovative Trend Significance Test and Applications”. Theoretical and Applied Climatology, 127(3), 939–947.
- [24] Ellingwood, B. and O’Rourke, M. J. (1985). “Probabilistic Models of Snow Loads on Structures”. Structural Safety, 2(4), 291-299.