

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇORUH HAVZASINDA AYLIK AKIMLARIN TAHMİNİ VE DEBİ  
SÜREKLİLİK EĞRİLERİNİN ELDE EDİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mehmet PEKSAYILIR**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği Programı**

**MAYIS 2015**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇORUH HAVZASINDA AYLIK AKIMLARIN TAHMİNİ VE DEBİ  
SÜREKLİLİK EĞRİLERİNİN ELDE EDİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mehmet PEKSAYILIR  
(501081516)**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Bihrat ÖNÖZ**

**MAYIS 2015**



İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün **501081516** numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Mehmet PEKSAYILIR**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“ÇORUH HAVZASINDA AYLIK AKIMLARIN TAHMİNİ VE DEBİ SÜREKLİLİK EĞRİLERİNİN ELDE EDİLMESİ”** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :**      **Prof. Dr. Bihrat ÖNÖZ** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :**      **Yard. Doç. Dr. Dilek Eren AKYÜZ** .....  
İstanbul Üniversitesi

**Yard. Doç. Dr. Tarkan ERDİK** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Teslim Tarihi :**      **4 Mayıs 2015**  
**Savunma Tarihi :**   **27 Mayıs 2015**



*Aileme,*



## **ÖNSÖZ**

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde, tecrübe ve bilgi birikimini sabırla benimle paylaşan, disiplinli kişiliğiyle bana yol gösteren ve bu çalışmanın yapılmasında çok büyük destekleri olan kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Bihrat ÖNÖZ'e, her zaman yanımda ve bana destek olan aileme, değerli katkılarından ötürü Sayın Halil İbrahim UZUN'a, desteği olan arkadaşlarıma ve emeği geçen tüm hocalarıma samimiyetle teşekkür ederim.

Mayıs 2015

Mehmet PEKSAYILIR  
(Çevre Mühendisi)



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                                                |       |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------|
| ÖNSÖZ.....                                                                     | vii   |
| İÇİNDEKİLER .....                                                              | ix    |
| KISALTMALAR .....                                                              | xi    |
| ÇİZELGE LİSTESİ.....                                                           | xiii  |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                                             | xv    |
| SEMBOL LİSTESİ .....                                                           | xix   |
| ÖZET.....                                                                      | xxi   |
| SUMMARY .....                                                                  | xxiii |
| 1. GİRİŞ .....                                                                 | 1     |
| 1.1 Tezin Amacı .....                                                          | 1     |
| 1.2 Önceki Çalışmalar .....                                                    | 2     |
| 2. ÇALIŞMA ALANI.....                                                          | 7     |
| 2.1 Çalışma Alanının Tanıtılması.....                                          | 7     |
| 2.2 Seçilen İstasyonlar ve Veriler .....                                       | 8     |
| 2.3 Seçilen İstasyonlara ait Yıllık Debi-Zaman Eğrileri .....                  | 10    |
| 3. ÇALIŞMA YÖNTEMİ .....                                                       | 15    |
| 3.1 Akım Transfer Yöntemleri .....                                             | 15    |
| 3.1.1 Yağış havza alanı ile akımların standartlaştırılması (DAR) .....         | 15    |
| 3.1.2 Ortalama akım ile akımların standartlaştırılması (SM).....               | 16    |
| 3.1.3 Ortalama ve standart sapma ile akımların standartlaştırılması (SMS)..... | 17    |
| 3.2 Bölgesel Regresyon .....                                                   | 18    |
| 3.3 Yöntemlerin Performansının Değerlendirilmesi .....                         | 19    |
| 3.3.1 Nash- Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE) .....                           | 19    |
| 3.3.2 Karekök hata kareler ortalaması (RMSE) .....                             | 20    |
| 3.4 Harmanlanmış Performans Ağırlıklı Yaklaşım .....                           | 21    |
| 3.5 Debi Süreklilik Eğrisi (DSE).....                                          | 22    |
| 4. UYGULAMA.....                                                               | 25    |
| 4.1 Bölgesel Regresyon.....                                                    | 25    |
| 4.2 Aylık Akım Tahminleri .....                                                | 28    |
| 4.2.1 Yağış alanı oranı (DAR) ile akım tahminleri.....                         | 28    |
| 4.2.2 Ortalama akım yöntemi (SM) ile akım tahminleri.....                      | 28    |
| 4.2.3 Ortalama akım ve standart sapma yöntemi (SMS) ile akım tahminleri....    | 28    |
| 4.3 Akım Tahmin Yöntemlerinin Performans Değerlendirmesi .....                 | 29    |
| 4.3.1 Nash- Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE) ile değerlendirme.....          | 30    |
| 4.3.2 Karekök hata kareler ortalaması (RMSE) ile değerlendirme.....            | 37    |
| 4.3.3 Akım tahmin yöntemlerinin performanslarının değerlendirilmesi .....      | 44    |
| 4.4 Harmanlanmış Performans Ağırlıklı Yaklaşım Değerleri Sonuçları .....       | 45    |
| 5. AYLIK AKIM TAHMİNLERİNDEN DEBİ SÜREKLİLİK EĞRİLERİNİN ELDE EDİLMESİ.....    | 53    |
| 5.1 Seçilen Tahmin Yöntemlerinden Debi Süreklilik Eğrilerinin Elde Edilmesi .. | 53    |
| 5.2 Harmanlanmış Yöntemler Kullanılarak Debi Süreklilik Eğrisi Elde Edilmesi   | 58    |

|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.3 Ortak Değerlendirme .....                                     | 62        |
| <b>6. DEĞERLENDİRMELER .....</b>                                  | <b>65</b> |
| <b>7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>                                  | <b>67</b> |
| <b>KAYNAKLAR.....</b>                                             | <b>71</b> |
| <b>EKLER.....</b>                                                 | <b>73</b> |
| <b>EK A: İstasyonların her ay için debi- zaman eğrileri. ....</b> | <b>73</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>                                             | <b>95</b> |

## KISALTMALAR

|               |                                                                                            |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>AGİ</b>    | : Akım Gözlem İstasyonu                                                                    |
| <b>DAR</b>    | : Drenaj Alanı Oranı                                                                       |
| <b>DSE</b>    | : Debi Süreklilik Eğrisi                                                                   |
| <b>DSİ</b>    | : Devlet Su İşleri                                                                         |
| <b>EİE</b>    | : Elektrik İşleri Etüd İdaresi                                                             |
| <b>HPAY</b>   | : Harmanlanmış Performans Ağırlıklı Yaklaşım                                               |
| <b>NSE</b>    | : Nash- Sutcliffe Etkinlik Katsayısı                                                       |
| <b>RMSE</b>   | : Karekök Hata Kareler Ortalaması                                                          |
| <b>SM</b>     | : Ortalama Akım ile Standartlaştırma                                                       |
| <b>SM1R</b>   | : Yıllık Ortalama Akımlarla Standartlaştırma                                               |
| <b>SM12R</b>  | : Aylık Ortalama Akımlarla Standartlaştırma                                                |
| <b>SMS</b>    | : Ortalama Akım ve Standart Sapma ile Standartlaştırma                                     |
| <b>SMS1R</b>  | : Yıllık Ortalama Akım ve Standart Sapma ile Standartlaştırma                              |
| <b>SMS12R</b> | : Aylık Ortalama Akım ve Standart Sapma ile Standartlaştırma                               |
| <b>SMS1L</b>  | : Yıllık Ortalama Akım ve Standart Sapma ile Standartlaştırma<br>(Logaritmik Değerler ile) |
| <b>SMS12L</b> | : Aylık Ortalama Akım ve Standart Sapma ile Standartlaştırma<br>(Logaritmik Değerler ile)  |
| <b>YSA</b>    | : Yapay Sinir Ağları                                                                       |
| <b>BM</b>     | : Bulanık Mantık                                                                           |
| <b>ÇDR</b>    | : Çoklu Doğrusal Regresyon                                                                 |
| <b>İBGYSA</b> | : İleri Beslemeli Geri Yayınım Sinir Ağı                                                   |
| <b>BIAS</b>   | : İstatistiksel Hata                                                                       |



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

|              |                                                                                       |    |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 2.1  | : Seçilen akım gözlem istasyonlarına ait genel bilgiler .....                         | 9  |
| Çizelge 2.2  | : Seçilen akım gözlem istasyonlarına ait istatistikler .....                          | 9  |
| Çizelge 4.1  | : Bölgesel regresyonla hesaplanan yıllık $\mu_{QY}$ ve $\mu_{\ln QY}$ değerleri ..... | 26 |
| Çizelge 4.2  | : Bölgesel regresyonla hesaplanan aylık $\mu_{QY}$ değerleri .....                    | 26 |
| Çizelge 4.3  | : Bölgesel regresyonla hesaplanan aylık $\mu_{\ln QY}$ değerleri .....                | 27 |
| Çizelge 4.4  | : Tahmin yöntemlerinin istasyonlara göre uygulanabilirliği. ....                      | 29 |
| Çizelge 4.5  | : 2304 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE değerleri .....                            | 30 |
| Çizelge 4.6  | : 2305 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE değerleri .....                            | 31 |
| Çizelge 4.7  | : 2315 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE değerleri .....                            | 32 |
| Çizelge 4.8  | : 2316 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE değerleri .....                            | 33 |
| Çizelge 4.9  | : 2323 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE değerleri .....                            | 34 |
| Çizelge 4.10 | : İstasyonların yöntemlere göre NSE değerleri. ....                                   | 35 |
| Çizelge 4.11 | : 2304 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE değerleri .....                           | 37 |
| Çizelge 4.12 | : 2305 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE değerleri .....                           | 38 |
| Çizelge 4.13 | : 2315 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE değerleri .....                           | 40 |
| Çizelge 4.14 | : 2316 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE değerleri .....                           | 41 |
| Çizelge 4.15 | : 2323 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE değerleri .....                           | 42 |
| Çizelge 4.16 | : İstasyonların yöntemlere göre RMSE değerleri. ....                                  | 43 |
| Çizelge 4.17 | : 2304 nolu istasyonun yöntemlere göre w değerleri .....                              | 46 |
| Çizelge 4.18 | : 2305 nolu istasyonun yöntemlere göre w değerleri .....                              | 47 |
| Çizelge 4.19 | : 2315 nolu istasyonun yöntemlere göre w değerleri .....                              | 48 |
| Çizelge 4.20 | : 2316 nolu istasyonun yöntemlere göre w değerleri .....                              | 49 |
| Çizelge 4.21 | : 2323 nolu istasyonun yöntemlere göre w değerleri .....                              | 50 |
| Çizelge 4.22 | : Harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımda r değerleri .....                      | 51 |
| Çizelge 4.23 | : Harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımda w değerleri. ....                      | 52 |
| Çizelge 5.1  | : Belirlenmiş yöntemlerin zaman yüzdelilerine göre akım tahmin<br>değerleri .....     | 64 |



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

|            |                                                                                                                                          |    |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1  | : Çoruh havzasının Türkiye üzerindeki coğrafi konumu.....                                                                                | 8  |
| Şekil 2.2  | : Çoruh havzasının genel görünümü.....                                                                                                   | 8  |
| Şekil 2.3  | : Seçilmiş istasyonların havzadaki konumları.....                                                                                        | 10 |
| Şekil 2.4  | : 2304 nolu akım gözlem istasyonuna ait debi- zaman eğrisi.....                                                                          | 11 |
| Şekil 2.5  | : 2305 nolu akım gözlem istasyonuna ait debi- zaman eğrisi.....                                                                          | 11 |
| Şekil 2.6  | : 2315 nolu akım gözlem istasyonuna ait debi- zaman eğrisi.....                                                                          | 12 |
| Şekil 2.7  | : 2316 nolu akım gözlem istasyonuna ait debi- zaman eğrisi.....                                                                          | 12 |
| Şekil 2.8  | : 2323 nolu akım gözlem istasyonuna ait debi- zaman eğrisi.....                                                                          | 13 |
| Şekil 3.1  | : Debi süreklilik çizgisinin elde edilmesi. ....                                                                                         | 22 |
| Şekil 4.1  | : 2304 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE karşılaştırması.....                                                                          | 30 |
| Şekil 4.2  | : 2305 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE karşılaştırması.....                                                                          | 31 |
| Şekil 4.3  | : 2315 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE karşılaştırması.....                                                                          | 33 |
| Şekil 4.4  | : 2315 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE karşılaştırması.....                                                                          | 34 |
| Şekil 4.5  | : 2323 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE karşılaştırması.....                                                                          | 35 |
| Şekil 4.6  | : 2304 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE karşılaştırması .....                                                                        | 38 |
| Şekil 4.7  | : 2305 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE karşılaştırması .....                                                                        | 39 |
| Şekil 4.8  | : 2315 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE karşılaştırması .....                                                                        | 40 |
| Şekil 4.9  | : 2316 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE karşılaştırması .....                                                                        | 41 |
| Şekil 4.10 | : 2323 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE karşılaştırması .....                                                                        | 42 |
| Şekil 4.11 | : 2304 nolu istasyonun yöntemlere göre w karşılaştırması .....                                                                           | 46 |
| Şekil 4.12 | : 2305 nolu istasyonun yöntemlere göre w karşılaştırması .....                                                                           | 47 |
| Şekil 4.13 | : 2315 nolu istasyonun yöntemlere göre w karşılaştırması .....                                                                           | 48 |
| Şekil 4.14 | : 2316 nolu istasyonun yöntemlere göre w karşılaştırması .....                                                                           | 49 |
| Şekil 4.15 | : 2323 nolu istasyonun yöntemlere göre w karşılaştırması .....                                                                           | 51 |
| Şekil 5.1  | : 2304 nolu istasyonun karşılaştırmalı debi süreklilik eğrisi.....                                                                       | 54 |
| Şekil 5.2  | : 2305 nolu istasyonun karşılaştırmalı debi süreklilik eğrisi.....                                                                       | 55 |
| Şekil 5.3  | : 2315 nolu istasyonun karşılaştırmalı debi süreklilik eğrisi.....                                                                       | 56 |
| Şekil 5.4  | : 2316 nolu istasyonun karşılaştırmalı debi süreklilik eğrisi.....                                                                       | 57 |
| Şekil 5.5  | : 2323 nolu istasyonun karşılaştırmalı debi süreklilik eğrisi.....                                                                       | 58 |
| Şekil 5.6  | : 2315 nolu istasyonun 2305 nolu istasyonun verileri ile harmanlanmış yöntemle karşılaştırmalı debi süreklilik eğrisi .....              | 59 |
| Şekil 5.7  | : 2315 nolu istasyonun 2323 nolu istasyonun verileri ile harmanlanmış yöntemle karşılaştırmalı debi süreklilik eğrisi .....              | 60 |
| Şekil 5.8  | : 2316 nolu istasyonun 2305 nolu istasyonun verileri ile harmanlanmış ve SM1R(A) yöntemiyle karşılaştırmalı debi süreklilik eğrisi.....  | 61 |
| Şekil 5.9  | : 2316 nolu istasyonun 2305 nolu istasyonun verileri ile harmanlanmış ve SM12R(A) yöntemiyle karşılaştırmalı debi süreklilik eğrisi..... | 62 |
| Şekil A.1  | : 2304 nolu istasyonun Ekim aylarına ait debi-zaman eğrisi.....                                                                          | 75 |
| Şekil A.2  | : 2304 nolu istasyonun Kasım aylarına ait debi-zaman eğrisi .....                                                                        | 75 |
| Şekil A.3  | : 2304 nolu istasyonun Aralık aylarına ait debi-zaman eğrisi .....                                                                       | 75 |
| Şekil A.4  | : 2304 nolu istasyonun Ocak aylarına ait debi-zaman eğrisi .....                                                                         | 76 |

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil A.5 : 2304 nolu istasyonun Şubat aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....    | 76 |
| Şekil A.6 : 2304 nolu istasyonun Mart aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....     | 76 |
| Şekil A.7 : 2304 nolu istasyonun Nisan aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....    | 77 |
| Şekil A.8 : 2304 nolu istasyonun Mayıs aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....    | 77 |
| Şekil A.9 : 2304 nolu istasyonun Haziran aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....  | 77 |
| Şekil A.10 : 2304 nolu istasyonun Temmuz aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....  | 78 |
| Şekil A.11 : 2304 nolu istasyonun Ağustos aylarına ait debi-zaman eğrisi. .... | 78 |
| Şekil A.12 : 2304 nolu istasyonun Eylül aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....   | 78 |
| Şekil A.13 : 2305 nolu istasyonun Ekim aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....    | 79 |
| Şekil A.14 : 2305 nolu istasyonun Kasım aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....   | 79 |
| Şekil A.15 : 2305 nolu istasyonun Aralık aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....  | 79 |
| Şekil A.16 : 2305 nolu istasyonun Ocak aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....    | 80 |
| Şekil A.17 : 2305 nolu istasyonun Şubat aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....   | 80 |
| Şekil A.18 : 2305 nolu istasyonun Mart aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....    | 80 |
| Şekil A.19 : 2305 nolu istasyonun Nisan aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....   | 81 |
| Şekil A.20 : 2305 nolu istasyonun Mayıs aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....   | 81 |
| Şekil A.21 : 2305 nolu istasyonun Haziran aylarına ait debi-zaman eğrisi. .... | 81 |
| Şekil A.22 : 2305 nolu istasyonun Temmuz aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....  | 82 |
| Şekil A.23 : 2305 nolu istasyonun Ağustos aylarına ait debi-zaman eğrisi. .... | 82 |
| Şekil A.24 : 2305 nolu istasyonun Eylül aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....   | 82 |
| Şekil A.25 : 2315 nolu istasyonun Ekim aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....    | 83 |
| Şekil A.26 : 2315 nolu istasyonun Kasım aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....   | 83 |
| Şekil A.27 : 2315 nolu istasyonun Aralık aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....  | 83 |
| Şekil A.28 : 2315 nolu istasyonun Ocak aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....    | 84 |
| Şekil A.29 : 2315 nolu istasyonun Şubat aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....   | 84 |
| Şekil A.30 : 2315 nolu istasyonun Mart aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....    | 84 |
| Şekil A.31 : 2315 nolu istasyonun Nisan aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....   | 85 |
| Şekil A.32 : 2315 nolu istasyonun Mayıs aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....   | 85 |
| Şekil A.33 : 2315 nolu istasyonun Haziran aylarına ait debi-zaman eğrisi. .... | 85 |
| Şekil A.34 : 2315 nolu istasyonun Temmuz aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....  | 86 |
| Şekil A.35 : 2315 nolu istasyonun Ağustos aylarına ait debi-zaman eğrisi. .... | 86 |
| Şekil A.36 : 2315 nolu istasyonun Eylül aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....   | 86 |
| Şekil A.37 : 2316 nolu istasyonun Ekim aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....    | 87 |
| Şekil A.38 : 2316 nolu istasyonun Kasım aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....   | 87 |
| Şekil A.39 : 2316 nolu istasyonun Aralık aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....  | 87 |
| Şekil A.40 : 2316 nolu istasyonun Ocak aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....    | 88 |
| Şekil A.41 : 2316 nolu istasyonun Şubat aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....   | 88 |
| Şekil A.42 : 2316 nolu istasyonun Mart aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....    | 88 |
| Şekil A.43 : 2316 nolu istasyonun Nisan aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....   | 89 |
| Şekil A.44 : 2316 nolu istasyonun Mayıs aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....   | 89 |
| Şekil A.45 : 2316 nolu istasyonun Haziran aylarına ait debi-zaman eğrisi. .... | 89 |
| Şekil A.46 : 2316 nolu istasyonun Temmuz aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....  | 90 |
| Şekil A.47 : 2316 nolu istasyonun Ağustos aylarına ait debi-zaman eğrisi. .... | 90 |
| Şekil A.48 : 2316 nolu istasyonun Eylül aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....   | 90 |
| Şekil A.49 : 2323 nolu istasyonun Ekim aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....    | 91 |
| Şekil A.50 : 2323 nolu istasyonun Kasım aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....   | 91 |
| Şekil A.51 : 2323 nolu istasyonun Aralık aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....  | 91 |
| Şekil A.52 : 2323 nolu istasyonun Ocak aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....    | 92 |
| Şekil A.53 : 2323 nolu istasyonun Şubat aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....   | 92 |
| Şekil A.54 : 2323 nolu istasyonun Mart aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....    | 92 |

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil A.55</b> : 2323 nolu istasyonun Nisan aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....   | 93 |
| <b>Şekil A.56</b> : 2323 nolu istasyonun Mayıs aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....   | 93 |
| <b>Şekil A.57</b> : 2323 nolu istasyonun Haziran aylarına ait debi-zaman eğrisi. .... | 93 |
| <b>Şekil A.58</b> : 2323 nolu istasyonun Temmuz aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....  | 94 |
| <b>Şekil A.59</b> : 2323 nolu istasyonun Ağustos aylarına ait debi-zaman eğrisi. .... | 94 |
| <b>Şekil A.60</b> : 2323 nolu istasyonun Eylül aylarına ait debi-zaman eğrisi. ....   | 94 |



## SEMBOL LİSTESİ

|                 |                                                                                             |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| $A$             | : Yağış alanı                                                                               |
| $A+K$           | : Yağış alanı ve havzanın ortalama kotu                                                     |
| $A_X$           | : İndeks istasyonun yağış alanı                                                             |
| $A_Y$           | : Ölçümü olmayan istasyonun yağış alanı                                                     |
| $a, b, c$       | : Bölgesel regresyon katsayıları                                                            |
| $K_Y$           | : Ölçümü olmayan istasyonun kotu                                                            |
| $N$             | : Toplam gözlem sayısı                                                                      |
| $r$             | : Harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımda ağırlık oranı                                |
| $Q_X$           | : İndeks istasyonun aylık akım değeri                                                       |
| $Q_Y$           | : Ölçümü olmayan istasyonun hesaplanan aylık akım değeri                                    |
| $\hat{Q}$ :     | : Harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımla hesaplanan akım                              |
| $\hat{Q}_{DAR}$ | : DAR yönteminde hesaplanan akım                                                            |
| $\hat{Q}_{SM}$  | : SM yönteminde hesaplanan akım                                                             |
| $\hat{Q}_{SMS}$ | : SMS yönteminde hesaplanan akım                                                            |
| $w$             | : Harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımda 0 ile 1 arasında değişen sınırlı bir ağırlık |
| $X$             | : İndeks istasyon                                                                           |
| $X_i^{ort}$     | : Gözlenmiş aylık akımların ortalaması                                                      |
| $X_i^{goz}$     | : Gözlenmiş aylık akımların i'inci değeri                                                   |
| $X_i^{hes}$     | : Hesaplanan aylık akımların i'inci değeri                                                  |
| $Y$             | : Ölçümü olmayan istasyon                                                                   |
| $\mu$           | : Ortalama                                                                                  |
| $\mu_{QX}$      | : İndeks istasyonun akımlarının ortalama değeri                                             |
| $\mu_{lnQX}$    | : İndeks istasyonun akımlarının ortalama değerinin ln değeri                                |
| $\mu_{QY}$      | : Ölçümü olmayan istasyonun hesaplanan akımlarının ortalama değeri                          |
| $\mu_{lnQY}$    | : Ölçümü olmayan istasyonun hesaplanan akımlarının ortalama değerinin ln değeri             |
| $\sigma$        | : Standart sapma                                                                            |

|                   |                                                                                       |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| $\sigma_{QX}$     | : İndeks istasyonun akımlarının standart sapma değeri                                 |
| $\sigma_{\ln QX}$ | : İndeks istasyonun akımlarının standart sapma değerinin ln değeri                    |
| $\sigma_{QY}$     | : Ölçümü olmayan istasyonun hesaplanan akımlarının standart sapma değeri              |
| $\sigma_{\ln QY}$ | : Ölçümü olmayan istasyonun hesaplanan akımlarının standart sapma değerinin ln değeri |
| $NSE_{DAR}$       | : DAR yöntemine ait NSE değeri                                                        |
| $NSE_{SM}$        | : SM yöntemine ait NSE değeri                                                         |
| $NSE_{SMS}$       | : SMS yöntemine ait NSE değeri                                                        |
| <b>P</b>          | : Zamanın yüzdesi (%)                                                                 |
| <b>M</b>          | : Debilerin sıra numarası                                                             |
| <b>n</b>          | : Toplam debi sayısı                                                                  |

## **ÇORUH HAVZASINDA AYLIK AKIMLARIN TAHMİNİ VE DEBİ SÜREKLİLİK EĞRİLERİNİN ELDE EDİLMESİ**

### **ÖZET**

Akım tahminleri, her zaman hidrolojinin temel konularından biri olmuştur. Değişik yöntemlerle yapılabilen bu tahminler, nehre ait akım verilerinin bulunmadığı ya da yetersiz kaldığı yerlerde oldukça zor olmuştur. Bu akım tahminlerinden birçok su kaynakları alanında faydalanılmaktadır. Baraj projelendirilmesi, havza yönetimi, hidroelektrik enerji potansiyelinin belirlenmesi, taşkın koruma projeleri vb. gibi nehir akımlarının bilinmesine ihtiyaç duyulan alanlarda büyük öneme sahiptir. Dolayısıyla akım tahminlerinin doğru bir şekilde yapılması önem arz etmektedir.

Geleneksel ve yaygın akım tahmini yöntemlerinden biri olan drenaj alanı oranı (DAR) yöntemi, daha az veri ve parametre gerektirmesine karşın, özellikle bazı önemli su kaynakları projelerinde isabetli tahminlerin yapılamamasına neden olabilmektedir. Dolayısıyla daha yeni yöntemlerin kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada, aylık akım tahminlerinde yeni yaklaşım olarak düşünülen yöntemlerden olan Journal of Hydrology dergisinde 2013 yılında yayımlanan Farmer W.H. ve Vogel R.M.'in “ Ölçümü Olmayan Havzalarda Aylık Akım Tahmini için Performans Ağırlıklı Yöntemler” isimli makalede belirtilen yöntemler kullanılmıştır. Çalışma alanı olarak Çoruh Havzası seçilmiştir. Bu havzada bulunan 2304, 2305, 2315, 2316 ve 2323 nolu akım gözlem istasyonlarının 1965 ile 1998 yılları arasındaki gözlenmiş aylık akım değerleri veri olarak kullanılmıştır. İstasyonlara ait akım verileri incelendiğinde genel olarak kasım ve aralık aylarında debilerin yıllık bazda artış eğiliminde olduğu, ağustos ve eylül aylarında da düşüş eğiliminde olduğu gözlenmiştir. Çalışmada, drenaj alanı oranı (DAR), ortalama akım (SM) ve ortalama ile standart sapma (SMS) ile akımların standartlaştırılması olmak üzere 3 akım transfer yöntemi kullanılmıştır. SM ve SMS yöntemlerinde istasyonların istatistiklerinin tahmininde bölgesel regresyondan faydalanılmıştır. Bölgesel regresyon, tahmin edilecek istasyonun dışındaki diğer 4 istasyonun verileri

kullanılarak yıllık ve aylık olarak yapılmıştır. Bölgesel regresyonda akım parametresi olarak yağış alanı (A) ve yağış alanı ile kot (A+K) kullanılmıştır. Bu parametrelerin ln'leri de (ln (A) ve ln (A+K) olarak) kullanılmıştır. Bu şekilde bölgesel regresyon gerektiren SM ve SMS tahmin yöntemleri toplamda 12 adet varyasyon ile yapılmıştır. Çalışmada DAR yöntemi ile birlikte 13 adet tahmin yöntemi kullanılmış ve toplamda 260 adet tahmin yapılmıştır. Bu tahminlerin 32 adedi uygulanamamıştır.

Yukarıda bahsedilen yöntemlerle yapılan tahminlerin performansı, Nash- Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE) ve karekök hata kareler ortalaması (RMSE) ölçütleriyle her istasyon için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Daha sonra DAR yöntemi ile diğer yöntemlerin avantajlarını artıran harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımda tanımlanan w ağırlık değerleri hesaplanarak DAR ile diğer yöntemler (SM ve SMS) karşılaştırılmıştır.

DAR yöntemi birçok istasyonda başarılı sonuçlar vermiştir. Standartlaştırma yöntemlerinde ise genel olarak Çoruh nehri üzerindeki istasyonların akım tahminleri daha başarılı çıkmıştır. Bölgesel regresyon kullanan yöntemlerden sadece havza alanını (A) kullanan yöntemler DAR yöntemlerine göre daha başarılı olmuştur. Harmanlanmış performans ağırlıklı yöntemde hesaplanan w ağırlık değerine göre DAR yöntemi ile diğer yöntemlerin karşılaştırması yapılmış ve yapılan tahminlerin %50'sinde DAR yönteminin, geri kalan %50'sinde de diğer yöntemlerin üstünlüğü gözlenmiştir.

Seçilen istasyonlardan ve tahmin yöntemlerinden debi süreklilik eğrileri (DSE) elde edilmiş ve o istasyonların gözlenmiş akım değerlerinden elde edilen DSE'ler ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca Harmanlanmış yöntemler kullanılarak da debi süreklilik eğrileri elde edilmiştir. Tahminler ile gözlem değerlerinin bir kez de eğri üzerinde karşılaştırması yapılmıştır. Böylelikle hangi yöntemin başarılı olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak, istasyonların konumları da dikkate alındığında Çoruh nehri üzerindeki istasyonların (2305, 2315 ve 2316) akım tahminlerinin daha başarılı yapılabildiği söylenebilir. 2304 nolu istasyonun Çoruh nehrinin kolu olması ve havzanın menbaasında yer alması sebebiyle bazı yöntemlerde tahminler yapılamamış veya çok başarılı tahminler yapılamamıştır. 2323 nolu istasyonda yine aynı şekilde Çoruh nehrinin kolu olması sebebiyle tahmin başarısının diğer istasyonlara göre düşük çıktığı düşünülmüştür.

## **ESTIMATION OF MONTHLY CURRENT AND OBTAINING FLOW DURATION CURVE IN ÇORUH BASIN**

### **SUMMARY**

Current estimates, has always been one of the main topics of hydrology. These estimates, which can be made in different ways, have been quite difficult where the data stream of the river does not exist or inadequate. These current estimates are utilized in many areas of the water resources. River flow has a great importance on projecting dams, watershed management, the determination of the hydropower potential, flood protection projects and so on. Therefore, it is important to make the estimation of current correctly.

There are many methods for monthly flow estimation in the nonmeasured rivers. These methods may be empirical, deterministic and statistical. Many unknown parameters in a hydrological events have led to a decrease in interest in the deterministic method in recent years and that caused increased tendency to use statistical methods in hydrology due to randomness.

Current measurements in rivers in our country are carried out by Devlet Su İşleri (the State Hydraulic Works) (DSI) through established at certain critical points on the river stations. However, since receiving data from the station is hard and costly, and also lack of business problems, as well as for reasons such as the lack of the number of historical data, the current estimates has become a necessity for making the estimates.

Drainage area ratio (DAR), which is a traditional and common current estimation method, can cause inability to make accurate estimates especially in some of the major water sources projects although it requires less data and parameters. Therefore new methods are needed to be used.

In this study, it is aimed at making estimation about montly flow by taking lack of data in our country into consideration. Methods, which is applicable for this aim and giving reliable results, were used.

In this study, the method as a new approach in the monthly flow projections which is published in the Journal of Hydrology of the magazine in 2013 is considered. This method was done by Farmer WH and Vogel RM as "Performance-weighted methods for estimating monthly streamflow at ungauged sites". Located in the northeast of Turkey Coruh Basin was selected as the study area. Monthly flow values which were observed in the gauging stations 2304, 2305, 2315, 2316 and 2323 in the basin between 1965 and 1998 are used as data. In this study, three current transfer method is used which consists of drainage area ratio (DAR), the average current (SM) and the mean standard deviation (SMS) including the standardization of the current. Regional regression was utilized in SM and SMS method. Regional regression is made on an annual and monthly basis using data from the other four stations outside the station to be estimated. In regional regression, parameters for rainfall area is (A) and rainfall area with elevation is (A + K). These parameters' In terms are used as  $\ln(A)$  and  $\ln(A + K)$ . In this way, SM and SMS estimation methods which require local regression are made with a total of 12 variants. In this study, 13 estimation methods were used with DAR method and a total of 260 estimation were made. Some of these estimates could not be used.

The performance of the estimates made by the methods mentioned above, are evaluated for each station separately with Nash- Sutcliffe efficiency coefficient (NSE) and root mean square error (RMSE). Then the DAR method is compared with other methods (SM and SMS) by obtaining w weight value calculated in blended performance weighted method.

DAR method was successful in many stations. Current estimates on the river Coruh in the standardization process is more successful, generally. The methods which uses regional regression method and use only rainfall area (A) has been more successful than the DAR methods. Comparison of DAR method with the other methods is made according to w weight value calculated in blended performance weighted method and superiority is observed for estimations with %50 for DAR method and %50 for other methods.

In this study, Flow Duration Curves (FDC) were obtained from selected stations and estimation methods and compared FDC's which were obtained from observed flow values of those stations. In addition, FDC's were obtained using blended methods.

Estimations and observed flow values were compared on FDC . Thus, it was determined which methods was successful.

Consequently, considering the position of the stations, it may be said that the current estimate of the stations on Coruh River (2305, 2315 and 2316) is made more successful. Since the station no. 2304 is the arm of Coruh River and placed near the source of basin, estimations in some methods could not be done or done wrong. The station no. 2323 is considered to be the same way because of the low success of the estimate since it is also one of the arms of Coruh.



## **1. GİRİŞ**

Su kaynakları, günümüzde artan nüfusa bağlı olarak korunması daha da önemli hale gelmiş sınırlı kaynaklardandır. Dolayısıyla bu kaynakların faydalı, verimli ve sürdürülebilir olarak kullanılabilmesi için tespitlerin doğru yapılması gereklidir. Su kaynaklarından bu verimin ve sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için de yağış, akım, buharlaşma, sızma, arazi kullanımı, havza karakteristik özellikleri gibi birçok parametrenin doğru analizlerinin yapılması gereklidir. Bu analizler sonucunda da gerekli verilere ulaşmak amaçlanır. Bu parametrelerin en önemlilerinden biri de akım parametresi olup, bu çalışmanın konusu olmuştur.

### **1.1 Tezin Amacı**

Akım tahmini, her zaman hidrolojinin temel konularından biri olmuştur. Değişik yöntemlerle yapılabilen bu tahminler, nehre ait akım verilerinin bulunmadığı ya da yetersiz kaldığı yerlerde oldukça zor olmuştur. Bu yüzden bilim insanları bu konular üzerinde çalışmalarını yoğunlaştırmışlardır.

Bu akım tahminlerinden birçok alanda faydalanılmaktadır. Baraj projelendirilmesi, havza yönetimi, hidroelektrik enerji potansiyelinin belirlenmesi, taşkın koruma projeleri vb. gibi nehir akımlarının bilinmesine ihtiyaç duyulan alanlarda büyük öneme sahiptir. Dolayısıyla bu tahminlerin sözkonusu büyük projelerin en önemli veri kaynağı olması nedeniyle doğru bir şekilde analiz edilerek gerçeğe en yakın tahminlerin yapılması zorunludur.

Ölçümü yapılmamış nehirlerde aylık akım tahmini için birçok yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler ampirik, deterministik ve istatistik olabilir. Hidrolojik bir olayda birçok bilinmeyen parametre olması, son yıllarda deterministik yöntemlere olan ilginin azalmasına yol açmış, hidrolojinin rastgeleliği nedeniyle istatistiksel yöntemlerin kullanımına eğilimi arttırmıştır. Thompstone ve arkadaşları, basit bir istatistiksel yaklaşımın, zor bir deterministik yaklaşımdan daha iyi sonuçlar verdiğini göstermişlerdir [1,2].

Ülkemizde nehirlerdeki akım ölçümleri, Devlet Su İşleri'nin (DSİ) nehir üzerindeki belirli kritik noktalarda kurulan istasyonları vasıtasıyla yapılmaktadır. Ancak bu istasyonlardan veri alınması, hem zahmetli hem de maliyetli olduğundan, işletme problemlerinin olması, ayrıca istasyonların sayılarının yetersizliği ile geçmişe dönük veri yıllarının sayısının azlığı gibi nedenlerle, akım tahminlerinin yapılması zaruret haline gelmiştir.

Bu çalışmada ülkemizdeki veri eksikliği de göz önüne alınarak aylık akım tahmini yapılması hedeflenmiştir. Bu amaca uygun olarak uygulanabilir aynı zamanda güvenilir sonuçlar veren yöntemler kullanılmıştır. Çalışmada Çoruh havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir.

Bu çalışmanın hedefi, ölçüm olmayan nehirlerde aylık akım zaman serisi tahmini için kullanılan yöntemlerin yeteneğini değerlendirmek, Drenaj Alanı Oranı (DAR) olarak bilinen klasikleşmiş yöntemle diğer yöntemlerin karşılaştırılarak daha doğru tahminleri verebilecek alternatif yöntemleri belirlemektir.

## **1.2 Önceki Çalışmalar**

Golob, vd. (1998), yapay sinir ağları (YSA) yöntem ile nehir akımı tahmini yapmışlardır. Bunun için Slovenya'nın batı kesiminde bulunan Soca Nehri'nde çalışmalarını sürdürmüşlerdir. Bu nehirdeki akım ve yağış verilerini kullanarak yeni modeller oluşturup, girdi ve çıktı olarak elde edilen değerleri modellemiş ve eğitmişlerdir. Elde edilen değerlerin iyi sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir [3].

Dawson ve Wilby (2001), İngiltere'nin güneyinde bulunan Thames ve Mole Nehirlerinin akım tahminini yapabilmek için yapay sinir ağları (YSA) yöntemi ile yağış değerlerini kullanarak modeller geliştirmişlerdir. Karmaşık yöntemlerin yerine YSA metodu ile geliştirilen modellerin daha iyi sonuç verdiğini göstermişlerdir [4].

Castellari, vd. (2004), İtalya'nın orta doğu bölgesinde yaptıkları çalışmalarda akım ölçümleri bulunmayan havzalarda debi süreklilik eğrilerinin (DSE) kullanımının güvenli sonuçlar verdiğini, ampirik DSE'nin diğer DSE yöntemlerine ( uzun dönemli ve bölgesel) göre daha iyi sonuçlar verdiğini göstermişlerdir [5].

Deka ve Chandramouli (2005), Hindistan'da bulunan Brahmaputra Nehri akımlarını tahmin etmek için yapay zeka yöntemlerinden, bulanık mantık (BM) ve yapay sinir

ağları (YSA) yöntemlerini bir arada kullanmıştır. Modelin farklı değişkenler arasındaki lineer olmayan ilişkileri çok iyi yansıttığını gözlemlemişlerdir [6].

Cutore, vd. (2006), ölçümü olmayan havzalarda (Sicilya Nehri Havzası) çoklu regresyonu denklemleri; çift aşamalı ve tek aşamalı yapay sinir ağları yaklaşımlarıyla çalışmışlar ve sonuç olarak tek aşamalı çoklu bölgesel regresyon yaklaşımının çok güçlü tahminler yaptığını ortaya koymuşlardır [7].

Yurdusev, vd. (2008), Akarçay havzasındaki aylık akımları, yağış ve akım verilerini kullanarak yapay sinir ağı yöntemleriyle tahmin etmişlerdir. Uygulama sonucunda yeterli miktarda verinin mevcut olması durumunda yapay sinir ağlarının yağış-akış modellemesine başarılı bir şekilde uygulanabileceği ortaya koymuşlardır [8].

Kim ve Lee (2009), Kore’de akımların düşük olduğu ve ölçümü yapılmamış havzalarda düşük akım frekans analizi yöntemlerinden Bayes bölgesel regresyon yöntemi ile geleneksel yöntemlerden t dağılımı yöntemi karşılaştırılmış, Bayes yöntemi ile düşük akım karakteristikleriyle bile etkili sonuçlar alındığını kanıtlamışlardır. [9].

Gümüş, vd. (2010), yağışla akım oluşması sürecinde oluşan gecikme kullanılarak YSA yöntemleriyle akım tahminleri yapmışlardır. Orta Fırat havzasındaki istasyonların akım verileriyle yağış verilerini kullanarak İleri Beslemeli Geri Yayınım Sinir Ağı (İBGYSA) yöntemi ve daha klasik yöntem olan Çoklu Doğrusal Regresyon (ÇDR) yöntemi ile akım değerleri tahmin etmişler, çalışma sonucunda İBGYSA yönteminin ÇDR yöntemine göre daha iyi sonuç verdiğini göstermişlerdir [10].

Terzi ve Köse (2012), YSA yöntemi ile Göksu Nehri’nin akım tahminini yapmışlardır. Göksu Nehri’nde bulunan akım gözlem istasyonlarından alınan günlük akım değerlerini kullanarak çeşitli YSA modelleri geliştirmişlerdir. Bu modellerin performanslarını değerlendirirken, belirginlik katsayısı ve ortalama mutlak hata değerlerini kullanmışlardır. Modellerin performanslarını değerlendirerek, YSA yönteminin akım tahmininde kullanılabilir olduğunu tespit etmişlerdir [11].

Booker D.J. ve Snelder T.H. (2012), Yeni Zelanda’da ölçümü olmayan havzalarda DSE tahmin yöntemlerini karşılaştırmışlardır. DSE tahmini için 4 farklı stratejiyi irdemiş ve tahmin performansının yöntemlerle ve aşma olasılıkları arasında değiştiğini göstermişlerdir [12].

Shu C., Taha B. ve Ovarda M.J. (2012), ölçümü olmayan havzalarda günlük akımların tahmini için yöntemleri araştırmışlardır. Kanada'nın doğu eyaletinde 109 istasyonda yapılan çalışmada geliştirilmiş DSE tabanlı yöntemler ile alan oranı tabanlı yöntemler günlük akım tahmini elde etmek için irdelenmiştir. Bu yöntemlerle yapılan tahminlerin performansları farklı yöntemlerle test edilmiştir. Sonuç olarak debi süreklilik eğrisi tabanlı yaklaşımın daha iyi sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir [13].

Farmer W.H. ve Vogel R.M. (2013), ölçüm olmayan alanlarda aylık akım zaman serisi tahmini için tüm ABD'de yaklaşık 1300 ölçüm istasyonunda çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında üç akım transfer tekniği kullanmışlardır. Bunlar sırasıyla, geleneksel bir yöntem olan drenaj alanına göre akımların standartlaştırılması (DAR), ortalama akım ile akımların standartlaştırılması (SM), ortalama ve standart sapma ile akımların standartlaştırılması (SMS) yöntemleridir. Akım transfer tekniklerinde kullandıkları akarsu akım parametrelerini tahmin etmek için de bölgesel regresyonu kullanmışlardır.

Drenaj alanı, yağış, sıcaklık, evapotranspirasyon, kuraklık indeksi gibi parametreleri kullanarak bölgesel hidrolojik regresyon modelleri geliştirmişlerdir. Bu regresyonlarla SM ve SMS yöntemlerinde, ölçümü olmayan yerlerde akımların ortalama ve standart sapmasını tahmin etmişlerdir. Bu yöntemlerin performansını ölçüm olmayan ve indeks istasyonlar arasında yapmışlardır. Yöntemlerden elde ettikleri sonuçlara dayanarak DAR ve bölgesel regresyon modellerinin kullanıldığı yöntemler (SM ve SMS) ile harmanlanmış performans ağırlıklı bir yaklaşım önermişlerdir. Modellerin performansını ölçmek için Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE), istatistiksel hata (BIAS) tekniklerini kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda DAR yönteminin oldukça başarılı olduğunu ancak bölgelerin %42'sinde SM ve SMS yöntemlerinin DAR'a göre daha üstün olduğunu ve bu bölgesel regresyon modellerinin kullanıldığı yöntemlerin DAR'a göre göreceli performansının genellikle bölgedeki kuraklık oranı ile ilişkili olduğunu göstermişlerdir. NSE ölçütüne göre yaklaşık 1300 ölçüm istasyonunun %60'ında, harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımın tahmin performansının DAR yönteminin tahmin performansından daha iyi sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir [14].

Yılmaz, M. U.(2014), gözlemi olmayan havzalarda performans ağırlıklı yöntemlerle aylık akım tahmini yapmıştır. Bunun için Orta Fırat havzasını seçmiştir. Klasik

olarak kullanılan yaygın tahmin yöntemlerinden biri olan Dranaj Alanı Oranı (DAR) yönteminin çok veri gerektirmesi nedeniyle alternatif olarak bölgesel regresyon gerektiren standartlaştırma yöntemlerini kullanarak aylık akım tahminleri yapmıştır. Sonuç olarak da, bu standartlaştırma yöntemlerinin DAR yöntemine göre daha başarılı sonuçlar verdiğini tespit etmiştir [15].



## 2. ÇALIŞMA ALANI

### 2.1 Çalışma Alanının Tanıtılması

Türkiye'deki büyük akarsuların oluşturduğu havzalar Türkiye Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından hidrolojik olarak 26 adet büyük bölgeye ayrılmıştır. Bu havzaların yıllık toplam akımları 186 milyar m<sup>3</sup>'tür. Çalışmanın yapıldığı Çoruh Havzası (23 No'lu havza) ise Türkiye'nin Kuzeydoğu Anadolu platosunda bulunmaktadır. Havza alanının %22'si ormanlarla kaplıdır. Havzanın ana akım kolu olan Çoruh nehri ise dünyanın en hızlı akan nehirlerinden biri ve en derin nehridir.

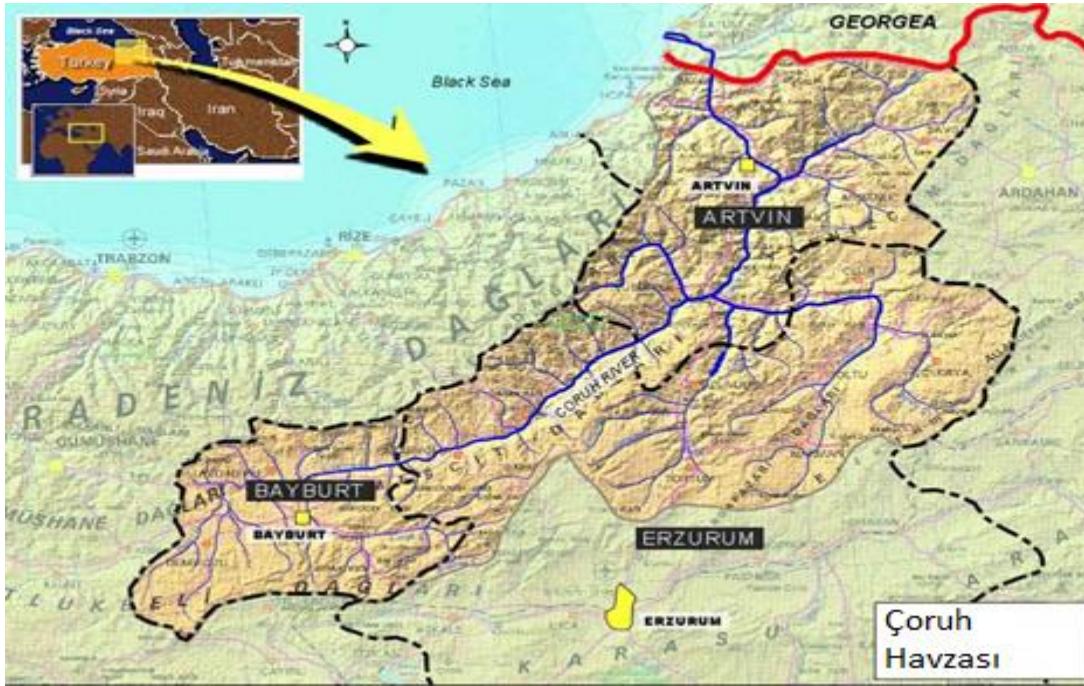
Kaynağını Mescid Dağı'nın batı yüzünden alır. Önce batı doğrultusunda akıp Bayburt ve İspir'den geçtikten sonra bir yay çizerek Yusufeli'nin Yokuşlu köyü önünde Artvin il sınırlarına girer. Yusufeli, Artvin ve Borçka'nın içerisinde geçtikten sonra Borçka'nın Muratlı kasabasından geçerek burada il ve ülke sınırlarını terk eder ve Gürcistan Batum'da Karadeniz'e dökülür. Nehrin toplam uzunluğu 431 km'dir. Bunun son 20 km'lik kısmı Gürcistan sınırları içerisinde. Çoruh'un debisi Mayıs ayında (606 m<sup>3</sup>/sn) zirveye çıkar. Yıl boyunca en düşük debisi ise 53.09 m<sup>3</sup>/sn.'dir. Nehrin yıllık debisi ise yaklaşık 9 milyar m<sup>3</sup>'tür.

Çoruh Havzasının yüzölçümü 22100 km<sup>2</sup> olup, havzadaki hemen hemen bütün çay ve dereler Çoruh nehrinin kollarını oluştururlar. Bu havza genelinde Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından işletilen ve verisi olan toplam istasyon sayısı 91'dir. Bu istasyonların 61'i kapalıdır ve 30'u halen işletilmektedir [16].

Havzanın ülke genelindeki coğrafi konumu ve genel görünümü Şekil 2.1 ve Şekil 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.1 : Çoruh havzasının Türkiye üzerindeki coğrafi konumu.



Şekil 2.2 : Çoruh havzasının genel görünümü.

## 2.2 Seçilen İstasyonlar ve Veriler

Çalışmada Çoruh Nehri ve kolları üzerinde bulunan ve Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından işletilen akım gözlem istasyonlarından (AGİ) elde edilen veriler kullanılmıştır. Bu istasyonlardan 5 tanesi seçilerek, istasyonlardan elde edilen akım verileri çalışmada kullanılmıştır. Seçilmiş olan 2304, 2305, 2315, 2316, 2323 nolu akım gözlem istasyonlarından 1965-1998 yılları arasındaki 34 yıllık aylık ortalama akım verileri kullanılmıştır. İstasyonlara ait genel bilgiler Çizelge 2.1’de,

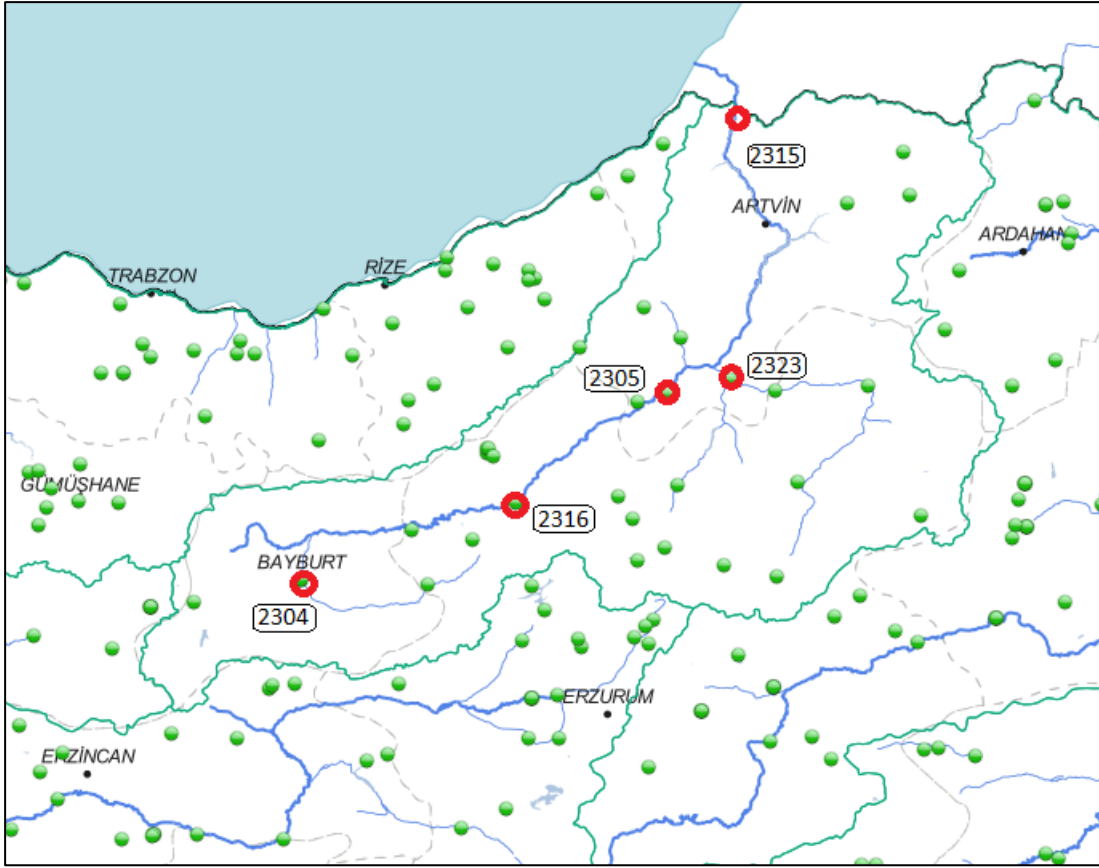
istasyonların 1965-1998 yılları arasındaki bazı istatistiki bilgileri ise Çizelge 2.2’de verilmiştir. Ayrıca seçilen istasyonların havzadaki konumları Şekil 2.3 ‘deki haritada gösterilmiştir.

**Çizelge 2.1 :** Seçilen akım gözlem istasyonlarına ait genel bilgiler.

| İstasyon No | İstasyon Adı               | Yağış Alanı (km <sup>2</sup> ) | Kot (m) |
|-------------|----------------------------|--------------------------------|---------|
| 2304        | Çoruh Nehri-Bayburt        | 1734                           | 1545    |
| 2305        | Çoruh Nehri- Peterek       | 7272                           | 654     |
| 2315        | Çoruh Nehri - Karşıköy     | 19654,4                        | 57      |
| 2316        | Çoruh Nehri- İspir Köprüsü | 5505,2                         | 1170    |
| 2323        | Oltu Suyu- İşhan Köprüsü   | 6854                           | 572     |

**Çizelge 2.2 :** Seçilen akım gözlem istasyonlarına ait istatistikler.

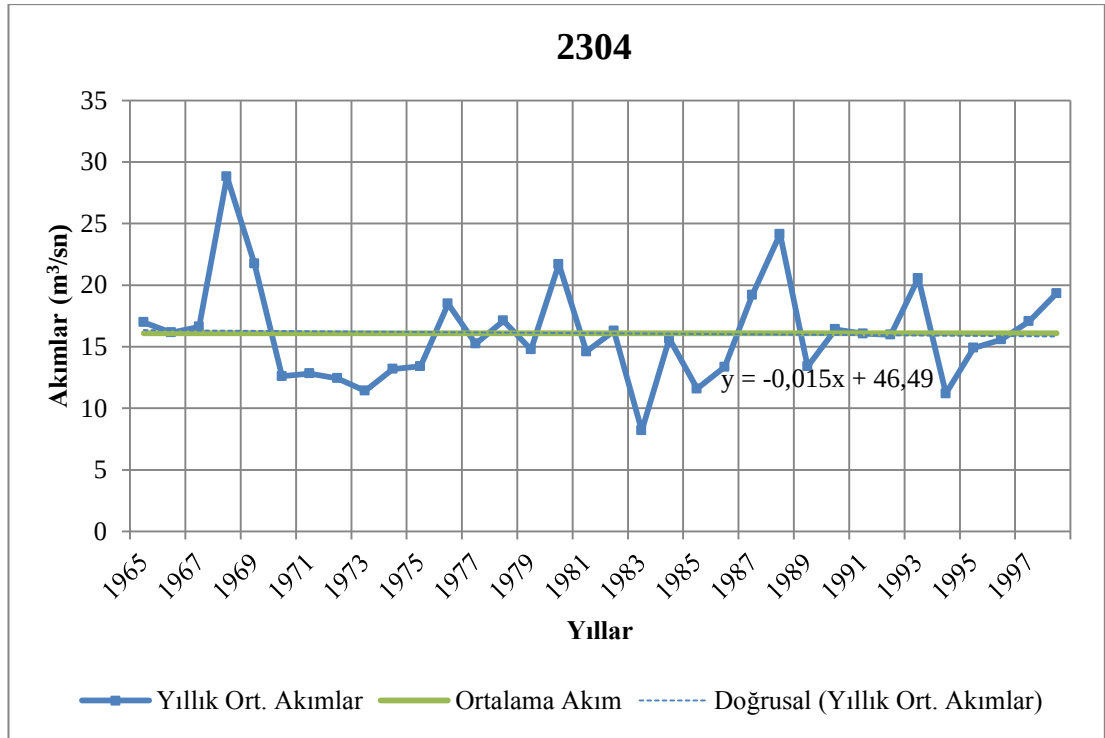
|                    | 2304                |                     | 2305                |                     | 2315                |                     | 2316                |                     | 2323                |                     |
|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                    | Ort.                | S. Sapma            | Ort.                | S. Sapma            | Ort.                | S. Sapma            | Ort.                | S. Sapma            | Ort.                | S. Sapma            |
|                    | (m <sup>3</sup> /s) | (m <sup>3</sup> /s) | (m <sup>3</sup> /s) | (m <sup>3</sup> /s) | (m <sup>3</sup> /s) | (m <sup>3</sup> /s) | (m <sup>3</sup> /s) | (m <sup>3</sup> /s) | (m <sup>3</sup> /s) | (m <sup>3</sup> /s) |
| <b>Ekim</b>        | 7,50                | 1,60                | 26,33               | 7,79                | 107,36              | 35,03               | 15,09               | 3,77                | 17,42               | 3,38                |
| <b>Kasım</b>       | 7,17                | 1,73                | 30,71               | 13,35               | 119,48              | 37,31               | 17,57               | 7,66                | 18,19               | 5,05                |
| <b>Aralık</b>      | 6,19                | 1,46                | 26,93               | 9,09                | 109,70              | 34,15               | 15,22               | 4,99                | 16,66               | 3,61                |
| <b>Ocak</b>        | 5,43                | 1,18                | 22,02               | 5,22                | 91,20               | 24,90               | 12,88               | 2,61                | 15,03               | 2,35                |
| <b>Şubat</b>       | 5,44                | 1,25                | 23,26               | 6,55                | 102,01              | 25,67               | 13,66               | 3,46                | 15,17               | 2,59                |
| <b>Mart</b>        | 7,81                | 2,06                | 51,14               | 17,01               | 182,83              | 62,42               | 30,77               | 11,46               | 20,50               | 5,35                |
| <b>Nisan</b>       | 38,73               | 17,82               | 164,59              | 62,00               | 476,54              | 170,47              | 107,11              | 39,09               | 69,04               | 32,56               |
| <b>Mayıs</b>       | 55,77               | 19,58               | 222,30              | 61,78               | 605,96              | 176,60              | 136,92              | 39,68               | 118,28              | 53,37               |
| <b>Haziran</b>     | 29,76               | 9,57                | 152,79              | 45,52               | 387,42              | 126,27              | 76,70               | 26,21               | 62,89               | 27,17               |
| <b>Temmuz</b>      | 13,26               | 4,27                | 63,18               | 23,09               | 169,71              | 60,40               | 25,90               | 8,98                | 26,23               | 11,98               |
| <b>Ağustos</b>     | 8,68                | 2,42                | 27,34               | 8,56                | 86,30               | 27,86               | 13,48               | 3,48                | 16,26               | 6,15                |
| <b>Eylül</b>       | 7,31                | 1,91                | 22,02               | 6,65                | 80,23               | 22,11               | 11,94               | 3,03                | 15,31               | 3,82                |
| <b>Yıllık Ort.</b> | 16,09               | 17,75               | 69,38               | 73,15               | 209,89              | 190,80              | 39,77               | 44,97               | 34,25               | 37,01               |



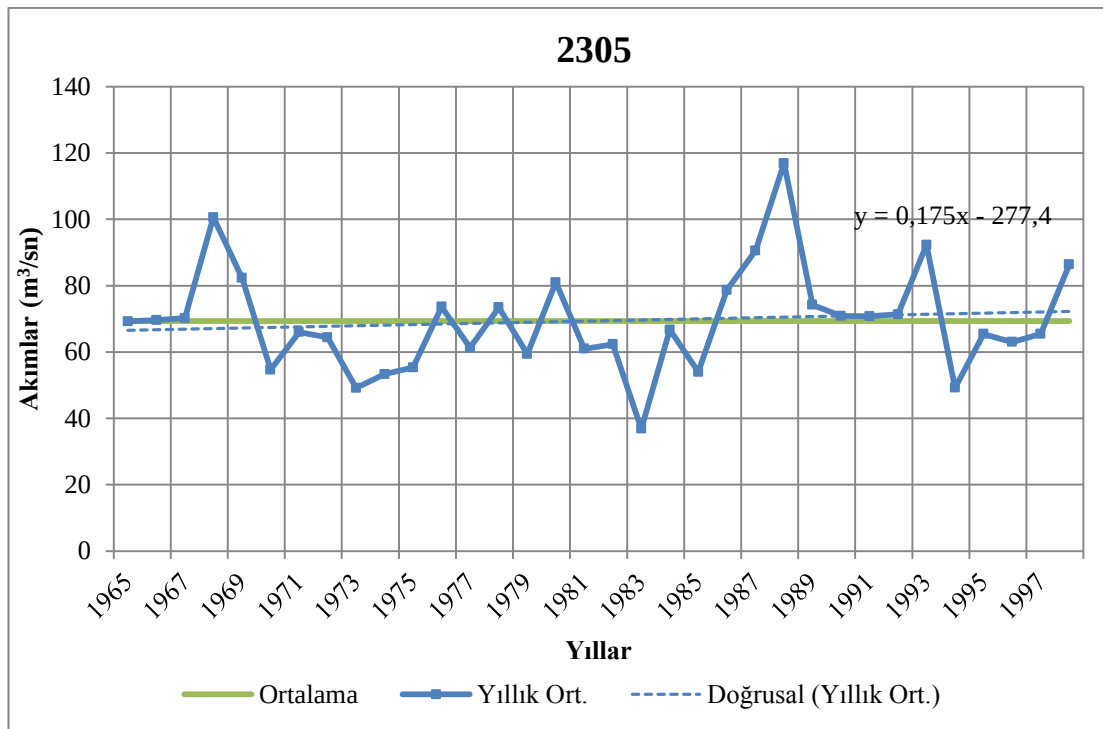
**Şekil 2.3 :** Seçilmiş istasyonların havzadaki konumları.

### 2.3 Seçilen İstasyonlara ait Yıllık Debi-Zaman Eğrileri

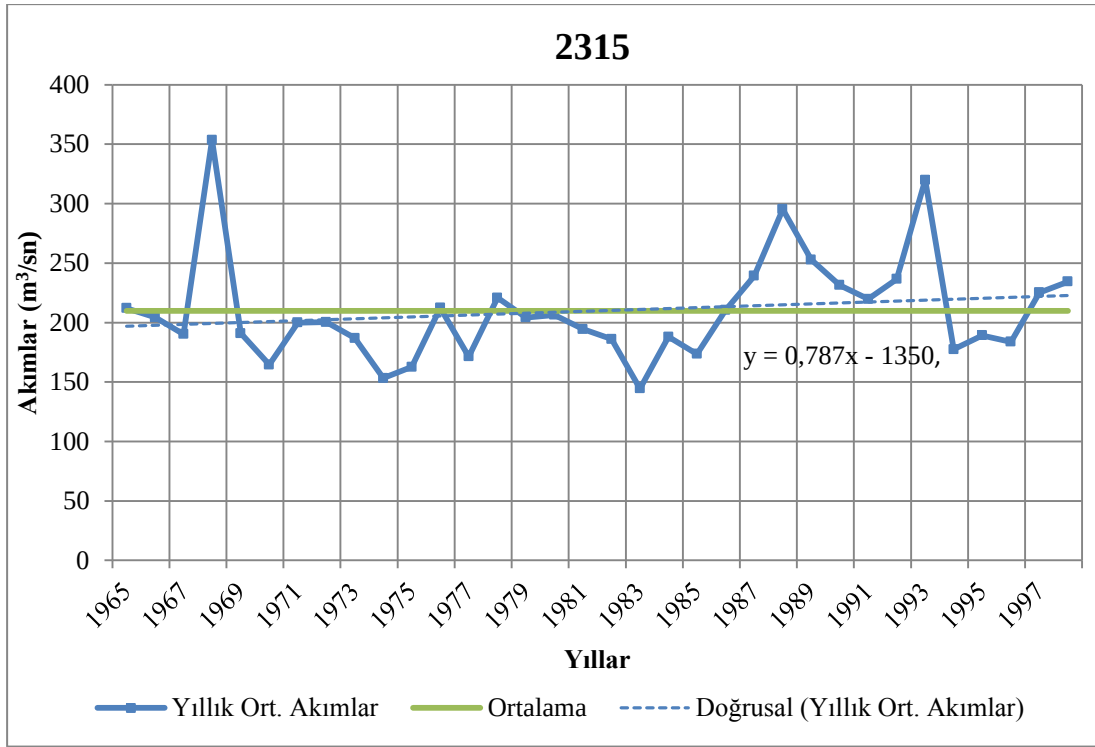
Akımların zamanla değişimini görmek amacıyla, seçilen istasyonların aylık ortalama akım verilerinden elde edilen yıllık ortalama verileri kullanılarak her bir istasyonun debi- zaman eğrileri çizilmiştir. Grafiklere her bir istasyonun yıllık verilerine uydurulmuş regresyon eğrisi ile genel ortalama akım çizgisi eklenmiştir (Şekil 2.4-2.8). Grafik çizimlerinden yıllık genel ortalamaların zamanla değişkenliği gözlenmiştir. Ayrıca istasyonların aylık akım verileri kullanılarak her bir ay için debi- zaman eğrileri Ek-A' da verilmiştir. Aylık debi- zaman eğrilerinden her istasyon için aynı aylar incelendiğinde, genel olarak kasım ve aralık aylarında debilerin yıllık bazda artış eğiliminde olduğu, ağustos ve eylül aylarında da düşüş eğiliminde olduğu gözlenmiştir.



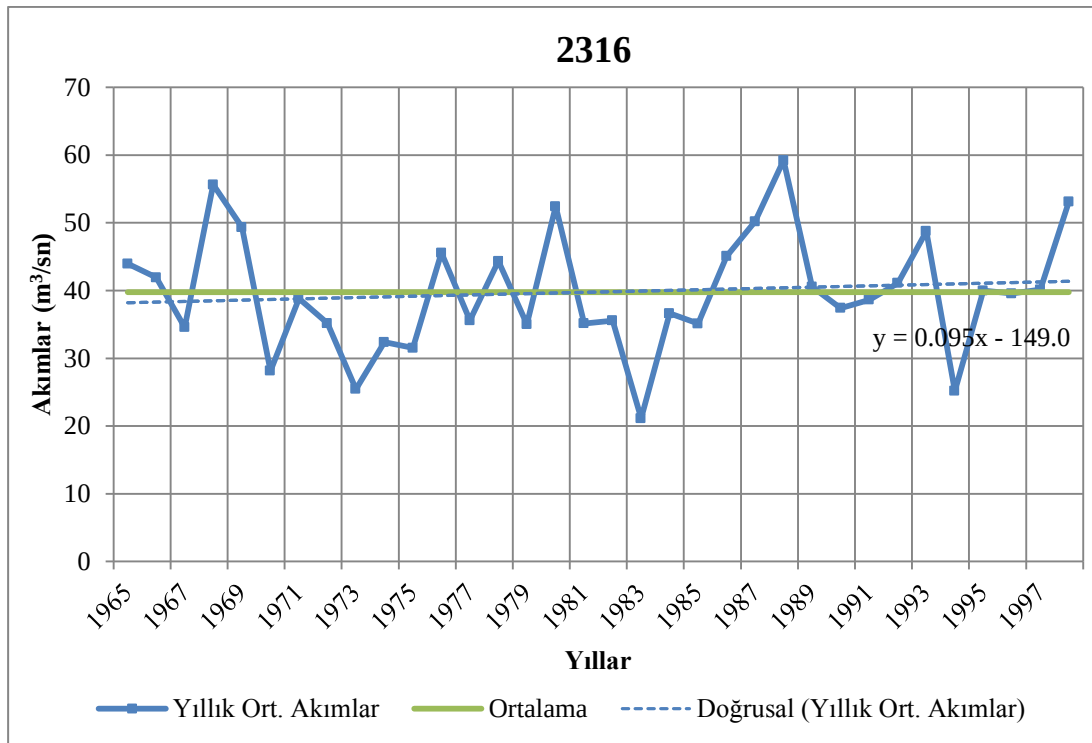
**Şekil 2.4 : 2304 nolu akım gözlem istasyonuna ait debi- zaman eğrisi.**



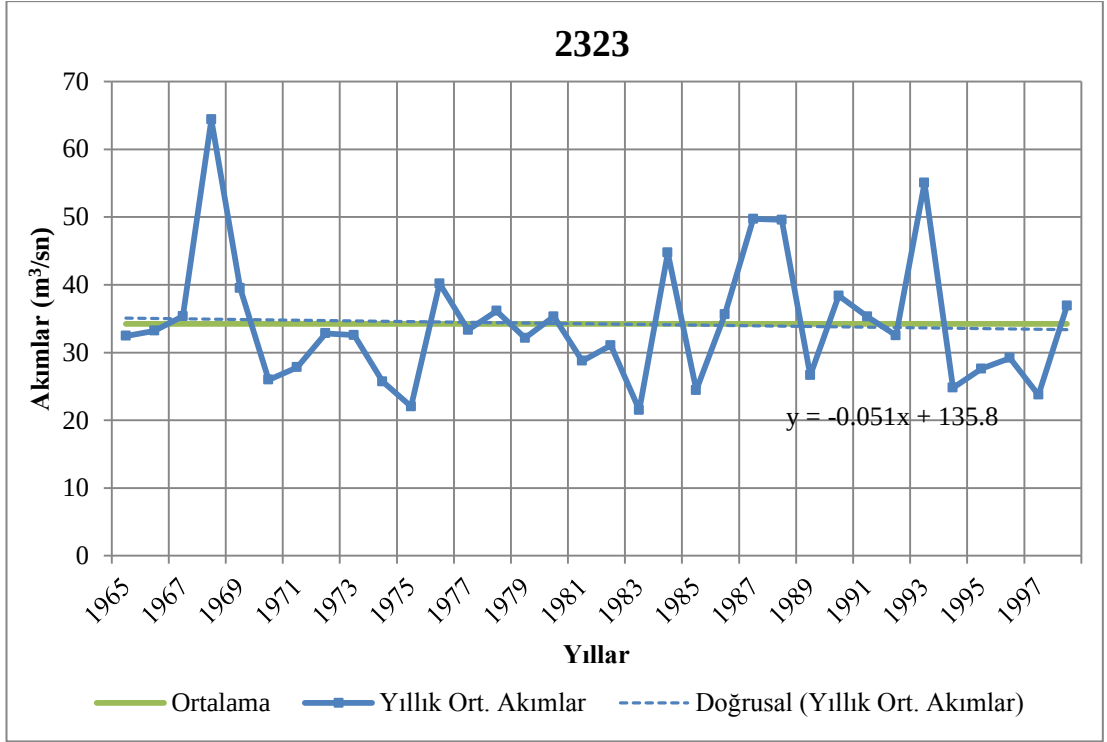
**Şekil 2.5 : 2305 nolu akım gözlem istasyonuna ait debi- zaman eğrisi.**



**Şekil 2.6 :** 2315 nolu akım gözlem istasyonuna ait debi- zaman eğrisi.



**Şekil 2.7 :** 2316 nolu akım gözlem istasyonuna ait debi- zaman eğrisi.



**Şekil 2.8 :** 2323 nolu akım gözlem istasyonuna ait debi- zaman eğrisi.



### **3. ÇALIŞMA YÖNTEMİ**

Bu çalışmada kullanılan yöntemler için, Farmer W.H. ve Vogel R.M. (2013) “Ölçümü Olmayan Havzalarda Aylık Akımın Tahmini için Performans Ağırlıklı Yöntemler” isimli makalesinden faydalanılmıştır [14]. Söz konusu yöntemler bu bölümde açıklanmış ve ülkemizdeki Çoruh havzası verileri üzerinde uygulanmış ve yöntemler başka bir havza uygulaması ile de karşılaştırılmıştır. İlave olarak da bu çalışmada kullanılan yöntemlerle yapılan tahminlere ait Debi Süreklilik tahminleri yapılmış ve tahmin yöntemlerinin başarısı araştırılmıştır.

#### **3.1 Akım Transfer Yöntemleri**

Çalışmada, üç akım transfer yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemler, yağış drenaj (havza) alanına göre akımların standartlaştırılması (DAR), ortalama akım değerleri ile akımların standartlaştırılması (SM, yıllık ve aylık olarak) SM’e ilave olarak ortalama akım ve akımların standart sapma değerleri ile akımların standartlaştırılması (SMS, yıllık ve aylık) olarak açıklanabilir. Aşağıda her bir yöntem tarif edilmiş ve her yöntemin çeşitli varyasyonları açıklanmıştır.

##### **3.1.1 Yağış havza alanı ile akımların standartlaştırılması (DAR)**

Bir akarsu üzerindeki akım gözlem istasyonundan (AGİ) elde edilen akım verilerinden yola çıkılarak, ölçümü olmayan akarsulardaki akım zaman serisini tahmin etmek amacıyla, ölçümü olan havzadaki akımların bilgisini, ölçümü olmayan havzaya aktarımı için yağış alanı ile akımların standartlaştırılması kullanılan en eski ve yaygın kullanılan yöntemlerden biridir [17,18]. Genellikle yağış alanı oranı (DAR) olarak adlandırılan bu yöntem, indeks havzanın yağış alanı, ölçümü olmayan havzanın yağış alanı ve indeks havzanın akımlarından başka bir bilgiye ihtiyaç duymamaktadır. Hidrolojik olarak benzer havzalar arasında birim alan başına akımın eşit olduğu varsayılmaktadır. Yani herhangi bir ay için ölçümü olmayan havzadaki akım değeri aşağıda (3.1) denklemi ile açıklanmıştır.

$$\frac{Q_X}{A_X} = \frac{Q_Y}{A_Y} \quad (3.1)$$

(3.1) denkleminde;

X: İndeks istasyon,

Y: Ölçümü olmayan istasyon,

$Q_X$ : İndeks istasyonun aylık akım değeri ( $m^3/s$ ),

$Q_Y$ : Ölçümü olmayan istasyonun hesaplanan aylık akım değeri ( $m^3/s$ ),

$A_X$ : İndeks istasyonun yağış alanı ( $km^2$ ),

$A_Y$ : Ölçümü olmayan istasyonun yağış alanını ( $km^2$ ) belirtmektedir.

### 3.1.2 Ortalama akım ile akımların standartlaştırılması (SM)

Hidrolojide yaygın olarak kullanılan ortalama akım ile standartlaştırma yöntemi (SM), aşağıdaki (3.2) denkleminde ifade edilmiştir:

$$\frac{Q_X}{\mu_{Q_X}} = \frac{Q_Y}{\mu_{Q_Y}} \quad (3.2)$$

(3.2) denkleminde;

$Q_X$ : İndeks istasyonun aylık akım değeri ( $m^3/s$ ),

$Q_Y$ : Ölçümü olmayan istasyonun hesaplanan aylık akım değeri ( $m^3/s$ ),

$\mu_{Q_X}$ : İndeks istasyonun akımlarının ortalama değeri ( $m^3/s$ ),

$\mu_{Q_Y}$ : Ölçümü olmayan istasyonun regresyon ile hesaplanan akım tahminlerinin ortalama değerini ( $m^3/s$ ), belirtmektedir.

Çalışmada bu yöntem gerçek akımlarla yıllık (SM1R) ve aylık (SM12R) olarak uygulanmıştır. SM1R ve SM12R yöntemlerinin değişik varyasyonları hesaplanan aylık akım zaman serilerini oluşturur. SM1R ve SM12R yöntemleri arasındaki fark standartlaştırma aşamasında gerçekleşmektedir. SM1R yönteminde tek bir indeks akımla (yıllık akımların genel ortalaması), SM12R yönteminde 12 indeks akımla (yani Ekim ayı akımları ortalama Ekim ayı akımları ile ve diğer aylar da aynı şekilde) aylık akım serileri standartlaştırılır. SM1R ve SM12R yöntemlerinde ölçümü olmayan yerlerde ortalama akımları tahmini için bölgesel regresyon kullanılmıştır.

### 3.1.3 Ortalama ve standart sapma ile akımların standartlaştırılması (SMS)

Hirsch tarafından önerilen bölgesel istatistiksel yöntemi olan ortalama ve standart sapma ile akımların kullanılarak standartlaştırma (SMS) diye adlandırılan yaygın bir transfer yöntemidir [19]. Yöntemde, ölçümü olmayan ve indeks havzalarında standartlaştırılmış akımlar yaklaşık eşit varsayılmıştır. Aşağıdaki (3.3) denklemiyle ifade edilmektedir:

$$\frac{Q_X - \mu_{Q_X}}{\sigma_{Q_X}} = \frac{Q_Y - \mu_{Q_Y}}{\sigma_{Q_Y}} \quad (3.3)$$

(3.3) denkleminde;

$Q_X$ : İndeks istasyonun aylık akım değeri ( $m^3/s$ ),

$Q_Y$ : Ölçümü olmayan istasyonun hesaplanan aylık akım değeri ( $m^3/s$ ),

$\mu_{Q_X}$ : İndeks istasyonun akımlarının ortalama değeri ( $m^3/s$ ),

$\mu_{Q_Y}$ : Ölçümü olmayan istasyonun regresyon ile hesaplanan akım tahminlerinin ortalama değerini ( $m^3/s$ ),

$\sigma_{Q_X}$ : İndeks istasyonun akımlarının standart sapma değeri,

$\sigma_{Q_Y}$ : Ölçümü olmayan istasyonun regresyon ile hesaplanan akım tahminlerinin standart sapma değerini göstermektedir.

Denklemden, ölçümü olmayan yerlerde aylık akımların ortalama değeri ( $\mu_{Q_Y}$ ) ve standart sapma değerini ( $\sigma_{Q_Y}$ ) tahmin etmek için bölgesel regresyondan faydalanılmaktadır.

Bu yöntemde, aylık akımların genellikle lognormal dağılıma uyduğu kabulü ile gözlenmiş akım değerlerinin  $\ln$ 'lerinin alınarak denklem (3.4) kullanılarak da farklı tahminler yapılmıştır:

$$\frac{\ln Q_X - \mu_{\ln Q_X}}{\sigma_{\ln Q_X}} = \frac{Q_Y - \mu_{\ln Q_Y}}{\sigma_{\ln Q_Y}} \quad (3.4)$$

(3.4) denklemindeki değişkenler (3.3) denkleminde tanımlandığı gibidir.

SMS yönteminin 4 farklı çeşidi bulunmaktadır. Bunlar, gözlenmiş akım değerleri kullanılarak yapılan yıllık (SMS1R) ve aylık (SMS12R) tahminler ile gerçek akım değerlerinin ln'leri alınarak yapılan yıllık (SMS1L) ve aylık (SMS12L) tahminlerdir.

Yine SM yöntemine benzer şekilde, yıllık (SMS1R) yönteminde tek bir indeks akımla (yıllık akımların genel ortalaması), aylık (SMS12R) yönteminde ise 12 indeks akımla aylık akım serileri standartlaştırılır.

### 3.2 Bölgesel Regresyon

Bölgesel regresyon, akım transfer tekniklerinde kullanılan akım istatistiklerini hesaplamak için kullanılan yaygın bir yöntemdir. Bu regresyon yöntemi ile aylık akım tahminlerini yapabilmek için SM1R, SM12R, SMS1R, SMS12R, SMS1L ve SMS12L yöntemlerinde kullanılmak üzere ölçümü olmayan istasyonlarda akımların ortalama ve standart sapması tahmin edilmektedir.

Ölçümü olmayan istasyonun hesaplanacak olan istatistiki değerleri için birçok parametre kullanılmaktadır. [14]. Bu çalışmada ise, parametre olarak yağış alanı (A) ve yağış alanı ile birlikte havzanın ortalama kotu (A+K) kullanılmıştır. Daha farklı havza karakteristikleri de kullanılabilir. Bu durumda bölgesel regresyondan faydalanılan yöntemler 12 farklı varyasyon halinde SM1R(A), SM1R(A+K), SM12R(A), SM12R(A+K), SMS1R(A), SMS1R(A+K), SMS12R(A), SMS12R(A+K), SMS1L(A), SMS1L(A+K), SMS12L(A) ve SMS12L(A+K) şeklinde olmaktadır.

Ölçümü olmayan istasyonlara ait (3.3) denklemindeki değişkenler, indeks istasyonlar arasında bölgesel doğrusal regresyon analiz yapılarak ( istasyonlara ait havza alanları, ortalama kotları, akımların ortalaması ve akımların standart sapma parametreleri kullanılarak) aşağıdaki denklemler yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$(A) \quad \mu_{Q_Y} = a + b * A_Y \quad / \quad \sigma_{Q_Y} = a + b * A_Y \quad (3.5)$$

$$(A) \quad \mu_{\ln Q_Y} = a + b * \ln A_Y \quad / \quad \sigma_{\ln Q_Y} = a + b * \ln A_Y \quad (3.6)$$

$$(A+K) \quad \mu_{Q_Y} = a + b * A_Y + c * K_Y \quad / \quad \sigma_{Q_Y} = a + b * A_Y + c * K_Y \quad (3.7)$$

$$(A+K) \quad \mu_{\ln Q_Y} = a + b * \ln A_Y + c * \ln K_Y \quad / \quad \sigma_{\ln Q_Y} = a + b * \ln A_Y + c * \ln K_Y \quad (3.8)$$

$\mu_{QY}$  : Ölçümü olmayan istasyonun regresyon ile hesaplanan akım tahminlerinin ortalama değerini,

$\sigma_{QY}$ : Ölçümü olmayan istasyonun regresyon ile hesaplanan akım tahminlerinin standart sapma değerini,

$A_Y$ : Ölçümü olmayan istasyonun yağış alanını,

$K_Y$ : Ölçümü olmayan istasyonun kotunu,

$a, b, c$  : Doğrusal regresyon katsayılarını göstermektedir.

Yukarıdaki denklemlerde akımların ortalamaları, standart sapmaları, yağış alanları ve kotlar kullanılarak yapılan regresyon sonucunda SM ve SMS yöntemlerine ait denklemlerdeki tahmini yapılacak istasyona ait akım ortalamaları ve standart sapma değerleri hesaplanır. Ayrıca aynı denklemlerde değişkenlerin ln'leri alınarak da değerler bulunur.

Yıllık yöntemlerde her ayın tahmini için tek regresyon denklemi kullanılırken, aylık yöntemlerde ise her ay için ayrı ayrı regresyon denklemi oluşturulmaktadır.

### **3.3 Yöntemlerin Performansının Değerlendirilmesi**

Yöntemlerin başarılı tahmin yapıp yapmadığını ölçmek için aylık gözlenen akım verileri ile tahmin edilen aylık akımların arasındaki farklar aşağıda tanıtılan yöntemlerle değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, tahmin yöntemlerinin performanslarının belirlenmesinde Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE) ve Karekök hata kareler ortalaması (RMSE) olmak üzere 2 farklı kriter kullanılmıştır. Bu kriterlere göre, hangi tahmin yönteminin daha başarılı olduğuna karar verilmektedir.

#### **3.3.1 Nash- Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE)**

Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE), Nash ve Sutcliffe tarafından teklif edilmiş ve birçok hidrolojik tahminin doğruluğunu ölçmek için kullanılan bir istatistiktir [20].

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (X_i^{goz} - X_i^{hes})^2}{\sum_{i=1}^N (X_i^{goz} - X_i^{ort})^2} \quad (3.9)$$

(3.9) denkleminde;

$X_i^{goz}$ : Gözlenmiş aylık akımların i'inci değeri,

$X_i^{hes}$ : Hesaplanan aylık akımların i'inci değeri,

$X_i^{ort}$ : Gözlenmiş aylık akımların ortalaması,

N : Toplam gözlem sayısını ifade etmektedir.

NSE,  $-\infty$  ile 1 arasında değişmektedir. Burada, NSE=1 olması, yöntemin mükemmel yöntem olduğunu kanıtlar. NSE'nin 0 ile 1 arasında değer alması genelde yöntem performansının kabul edilebilir olduğu anlamına gelmektedir. Değer 1'e ne kadar yakınsa yöntemin o derece başarılı olduğu söylenebilir. Değerin 0'dan küçük olması ise, yöntem performansının yetersiz olduğunu göstermektedir.

### 3.3.2 Karekök hata kareler ortalaması (RMSE)

Karekök hata kareler ortalaması (Root mean square error- RMSE), birçok alanda tahmin yönteminin seçiminde en yaygın olarak kullanılan hata istatistiğidir [21,22]. RMSE, denklem (3.10) ile hesaplanmaktadır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i^{goz} - X_i^{hes})^2}{N}} \quad (3.10)$$

$X_i^{goz}$ : Gözlenmiş aylık akımların i'inci değeri,

$X_i^{hes}$ : Hesaplanan aylık akımların i'inci değeri,

N : Toplam gözlem sayısını ifade etmektedir.

RMSE değerine göre tahmin yönteminin başarısı, bu değer in sıfıra yaklaşması ile doğru orantılıdır. RMSE değeri ne kadar sıfıra yakınsa o yöntemin daha başarılı bir tahmin yapabildiği söylenebilir.

### 3.4 Harmanlanmış Performans Ağırlıklı Yaklaşım

Harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşım, Farmer W.H. ve Vogel R.M. tarafından önerilmiş olup, DAR yöntemi ile SM veya DAR yöntemi ile SMS yönteminin ağırlıklı ortalamasını vermektedir [14]. DAR ve SM (SMS) 'in ağırlıklı ortalaması aşağıdaki (3.11) denklemi ile verilmiştir.

$$\hat{Q} = w\hat{Q}_{SM} + (1 - w)\hat{Q}_{DAR} \quad (3.11)$$

$\hat{Q}$ : Harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımla hesaplanan akım ( $m^3/s$ ),

w: Harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımda 0 ile 1 arasında değişen sınırlı bir ağırlık,

$\hat{Q}_{SM}$ : SM/SMS yönteminde hesaplanan akım ( $m^3/s$ ),

$\hat{Q}_{DAR}$ : DAR yönteminde hesaplanan akımı ( $m^3/s$ ) göstermektedir. (3.11) denkleminde  $\hat{Q}_{SM}$  yerine  $\hat{Q}_{SMS}$  yazılmak suretiyle DAR ile SMS yöntemlerinin ağırlıklı ortalaması elde edilir.

Bu harmanlanmış tahmin edici, kullanılan yöntemlerin dezavantajları azaltırken, her yöntemin avantajlarını arttırarak iki yöntemin uygun bir ağırlığını vermektedir. Bu ağırlık aşağıdaki denklemde verilen r oranı ile orantılıdır.

$$r = \frac{(NSE_{DAR} - 1)^2}{(NSE_{SM} - 1)^2} \quad (3.12)$$

Eğer SM veya SMS yöntemlerinin NSE değerleri, DAR yönteminin NSE değerinden daha büyük ise r oranı daha büyüktür. Negatif r değerleri mümkün değildir. Ancak r, 0 ile 1 arasında sınırlı da değildir. (3.12) denkleminde de  $NSE_{SM}$  yerine  $NSE_{SMS}$  değeri kullanılarak DAR ile SMS yöntemleri arasındaki r oranı bulunabilir.

Bu r oranı, Langmuir eşitliği uygulanarak (denklem (3.13) ile verilen) 0 ile 1 arasında değişen sınırlı bir ağırlığa dönüştürülebilir.

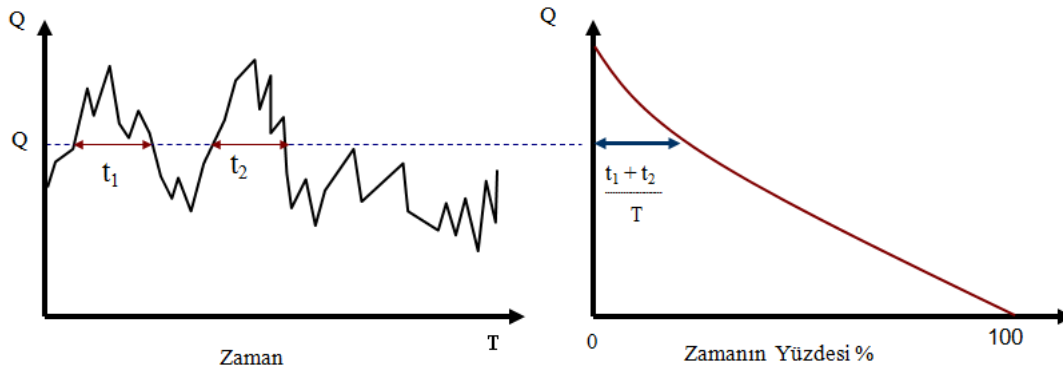
$$w = \frac{r}{1 + r} \quad (3.13)$$

w ağırlık değerleri, 0 ile 1 arasında değişmektedir. w değeri 0'a yaklaştıkça, DAR yönteminin tahmin performansı, SM veya SMS yöntemlerinin tahmin

performanslarına göre daha iyidir.  $w$  değeri 1'e yaklaştıkça SM ve SMS yöntemleri, DAR yöntemine göre daha iyi tahmin performansı gösterdiği sonucuna varılabilir.

### 3.5 Debi Süreklilik Eğrisi (DSE)

Eldeki bir debi gidiş çizgisinden faydalananak debinin belli bir değere eşit veya ondan büyük olduğu zaman yüzdesi hesaplanıp düşey eksene debiler, yatay eksene zaman yüzdeleri taşınarak çizilen eğriye “Debi süreklilik eğrisi (çizgisi)” denir [23]. Debi süreklilik eğrisinin çizilmesi Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 : Debi süreklilik çizgisinin elde edilmesi.

Debi süreklilik çizgisini çizilirken mümkün olduğu kadar uzun bir süreye yayılan debileri kullanmak daha uygun olmaktadır.

Debi süreklilik eğrileri, nehirdeki belli bir zaman yüzdesindeki akımların bilinmesinde kullanılmaktadır. Örneğin bir hidroelektrik tesisinde (HES) güvenilir gücü hesaplarken yılın %50 ‘sinde var olan debi esas alınabilir [23]. Ayrıca akarsu santrallerinin kurulu gücünün belirlenmesinde önemli bilgiler içerir.

Bu çalışmada tahmin edilen akımlara ait DSE eğrileri, o istasyona ait gözlenmiş aylık akım değerleriyle oluşturulan DSE eğrileriyle karşılaştırılmıştır.

Debi süreklilik eğrisini çizmek için, öncelikle debi değerleri aylık olarak büyükten küçüğe doğru sıralanır. Daha sonra her bir debi değeri için, aşağıdaki (3.14) denklemi ile her bir debinin aşılma ihtimali (zamanın yüzdesi) hesaplanır:

$$P = 100 * \left[ \frac{M}{n + 1} \right] \quad (3.14)$$

Bu denklemde;

P: Zamanın yüzdesi (%),

M: Debilerin sıra numarası,

n: Toplam debi sayısı.

Son olarak da, düşey eksene düzenlenmiş debiler, yatay eksene de zamanın yüzdesi gelecek şekilde Debi süreklilik eğrisi çizilir.



#### 4. UYGULAMA

Çalışmada kullanılan istasyonların çok uzun yıllara ait geçmiş akım verileri bulunamadığından ya da başka bir deyişle sağlıklı akım verilerinin sınırlı olmasından dolayı aylık akım tahmini yapmak için akım transfer yöntemleri kullanılmıştır.

Çalışma yöntemi bölümünde bahsedildiği üzere aylık akımların tahmininde 3 farklı yöntem uygulanmıştır. Bunlar, yağış alanı ile akımların tahmini (DAR), ortalama akım ile akım tahmini (SM) ve ortalama akım ve standart sapma ile akım tahmini (SMS) yöntemleridir. SM ve SMS yöntemlerinin çeşitli varyasyonları ile birlikte toplamda 13 farklı yöntem ile tahmin yapılmıştır.

Bu yöntemlerden SM ve SMS yöntemlerinde tahmini yapılacak istasyonların ortalama ( $\mu_{QY}$ ) ve standart sapma ( $\sigma_{QY}$ ) değerlerini bulabilmek için bölgesel regresyon analizinden faydalanılmıştır.

Havzada yeralan ve çalışmada kullanılan 5 istasyondan birinin verileri olmadığı kabulü ile tahmini yapılmış, diğer istasyonların verileri kullanılarak yukarıda bahsedilen akım transfer yöntemleriyle tahminler yapılmıştır. Yapılan bu tahminlerin arasında gözlenmiş değerlere yakın sonuçları veren yöntemin belirlenmesi ve SM ile SMS yöntemlerinin DAR yöntemine göre başarısı çeşitli performans yöntemleri ile irdelenmiştir.

##### 4.1 Bölgesel Regresyon

Bölgesel regresyon analiz yapılmasını gerektiren parametreler ( $\mu_{QY}$  ve  $\sigma_{QY}$ ) her istasyon için hesaplanmıştır. Bu işlem yapılırken 5 istasyondan sırasıyla birinin aylık akım ölçümleri olmadığı varsayılarak geri kalan 4 istasyonla regresyon analizi hesaplamaları Microsoft Excel programı yardımıyla yapılmıştır. Bu analiz sonucunda ölçümü olmayan istasyonun ortalama akımı ( $\mu_{QY}$ ) ve standart sapma ( $\sigma_{QY}$ ) değerlerini hesaplayabilmek için Çizelge 2.1’de verilen A ve K değerleri kullanılarak; yağış alanı (A), yağış alanı ve kot (A+K),  $\ln(A)$  ve  $\ln(A+K)$  regresyon

değişkenleri olmak üzere her bir istasyonun yıllık 4 adet ve aylık 48 adet olmak üzere regresyon denklemi elde edilmiştir. Bu denklemler ile hesaplanan her istasyona ait yıllık  $\mu_{QY}$  ve  $\mu_{\ln QY}$ , değerleri Çizelge 4.1’de, aylık  $\mu_{QY}$  ve  $\mu_{\ln QY}$  değerleri Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3’de verilmiştir.

**Çizelge 4.1 :** Bölgesel regresyonla hesaplanan yıllık  $\mu_{QY}$  ve  $\mu_{\ln QY}$  değerleri.

|             |      | YILLIK             |         |                        |         |
|-------------|------|--------------------|---------|------------------------|---------|
|             |      | $\mu_{QY} (m^3/s)$ |         | $\mu_{\ln QY} (m^3/s)$ |         |
|             |      | A                  | A+K     | ln(A)                  | ln(A+K) |
| İstasyon No | 2304 | -                  | -       | 1,457                  | -       |
|             | 2305 | 61,703             | 45,069  | 3,668                  | 3,43    |
|             | 2315 | 140,712            | 185,471 | 4,301                  | 4,113   |
|             | 2316 | 44,2               | 55,384  | 3,44                   | 3,152   |
|             | 2323 | 64,972             | 62,531  | 3,744                  | 3,673   |

**Çizelge 4.2 :** Bölgesel regresyonla hesaplanan aylık  $\mu_{QY}$  değerleri.

|         |     | AYLIK              |         |         |         |         |
|---------|-----|--------------------|---------|---------|---------|---------|
|         |     | $\mu_{QY} (m^3/s)$ |         |         |         |         |
|         |     | 2304               | 2305    | 2315    | 2316    | 2323    |
| Ekim    | A   | -                  | 29,908  | 56,092  | 19,743  | 29,158  |
|         | A+K | -                  | 22,282  | 57,093  | 26,731  | 20,347  |
| Kasım   | A   | -                  | 32,839  | 66,347  | 21,59   | 32,651  |
|         | A+K | -                  | 23,923  | 76,156  | 29,074  | 24,675  |
| Aralık  | A   | -                  | 29,781  | 59,332  | 19,269  | 29,27   |
|         | A+K | -                  | 21,806  | 64,899  | 26,256  | 21,097  |
| Ocak    | A   | -                  | 25,21   | 49,73   | 16,373  | 24,389  |
|         | A+K | -                  | 19,081  | 51,228  | 22,014  | 17,027  |
| Şubat   | A   | -                  | 27,385  | 52,282  | 17,224  | 26,514  |
|         | A+K | -                  | 19,952  | 56,712  | 23,998  | 17,397  |
| Mart    | A   | -                  | 48,463  | 107,647 | 30,816  | 51,137  |
|         | A+K | -                  | 31,314  | 167,261 | 42,62   | 43,729  |
| Nisan   | A   | -                  | 142,988 | 320,249 | 100,777 | 154,732 |
|         | A+K | 25,345             | 97,793  | 522,135 | 127,87  | 151,069 |
| Mayıs   | A   | -                  | 191,856 | 455,82  | 143,189 | 202,407 |
|         | A+K | 27,633             | 148,262 | 608,82  | 169,296 | 207,361 |
| Haziran | A   | -                  | 114,71  | 302,379 | 88,573  | 127,334 |
|         | A+K | 6,062              | 83,352  | 399,803 | 105,184 | 146,811 |
| Temmuz  | A   | -                  | 47,902  | 120,838 | 37,47   | 52,722  |
|         | A+K | -                  | 34,534  | 133,394 | 45,771  | 59,262  |
| Ağustos | A   | -                  | 25,767  | 52,707  | 19,289  | 26,251  |
|         | A+K | -                  | 19,926  | 48,892  | 24,08   | 23,729  |
| Eylül   | A   | -                  | 23,628  | 45,126  | 16,74   | 23,112  |
|         | A+K | -                  | 18,578  | 39,272  | 21,474  | 17,874  |

**Çizelge 4.3 : Bölgesel regresyonla hesaplanan aylık  $\mu_{\ln Q_Y}$  değerleri.**

|                |                | <b>AYLIK</b>                                        |             |             |             |             |
|----------------|----------------|-----------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                |                | <b><math>\mu_{\ln Q_Y}</math> (m<sup>3</sup>/s)</b> |             |             |             |             |
|                |                | <b>2304</b>                                         | <b>2305</b> | <b>2315</b> | <b>2316</b> | <b>2323</b> |
| <b>Ekim</b>    | <b>ln(A)</b>   | 2,413                                               | 25,636      | 42,014      | 20,287      | 26,180      |
|                | <b>ln(A+K)</b> | 0,187                                               | 19,492      | 56,092      | 14,197      | 23,571      |
| <b>Kasım</b>   | <b>ln(A)</b>   | 2,586                                               | 27,330      | 51,213      | 21,179      | 28,446      |
|                | <b>ln(A+K)</b> | 0,086                                               | 21,328      | 51,111      | 15,348      | 26,102      |
| <b>Aralık</b>  | <b>ln(A)</b>   | 2,261                                               | 24,705      | 47,847      | 19,011      | 25,432      |
|                | <b>ln(A+K)</b> | 0,105                                               | 19,337      | 52,091      | 13,860      | 23,313      |
| <b>Ocak</b>    | <b>ln(A)</b>   | 2,059                                               | 21,499      | 41,388      | 16,494      | 21,693      |
|                | <b>ln(A+K)</b> | 0,198                                               | 17,047      | 50,099      | 12,146      | 19,866      |
| <b>Şubat</b>   | <b>ln(A)</b>   | 1,946                                               | 22,624      | 43,860      | 17,064      | 22,966      |
|                | <b>ln(A+K)</b> | 0,127                                               | 17,743      | 46,525      | 12,207      | 20,989      |
| <b>Mart</b>    | <b>ln(A)</b>   | 3,912                                               | 37,600      | 95,775      | 27,550      | 42,991      |
|                | <b>ln(A+K)</b> | 0,003                                               | 31,785      | 24,435      | 21,328      | 42,098      |
| <b>Nisan</b>   | <b>ln(A)</b>   | 17,357                                              | 121,997     | 232,991     | 95,297      | 142,309     |
|                | <b>ln(A+K)</b> | 0,009                                               | 102,105     | 53,624      | 71,593      | 138,795     |
| <b>Mayıs</b>   | <b>ln(A)</b>   | 27,716                                              | 173,990     | 343,092     | 140,190     | 192,867     |
|                | <b>ln(A+K)</b> | 0,125                                               | 147,083     | 170,375     | 113,636     | 365,768     |
| <b>Haziran</b> | <b>ln(A)</b>   | 14,325                                              | 98,889      | 219,862     | 82,187      | 116,513     |
|                | <b>ln(A+K)</b> | 0,010                                               | 80,964      | 113,069     | 69,269      | 113,522     |
| <b>Temmuz</b>  | <b>ln(A)</b>   | 4,600                                               | 40,205      | 77,867      | 35,128      | 47,040      |
|                | <b>ln(A+K)</b> | 0,007                                               | 29,994      | 87,795      | 27,966      | 43,904      |
| <b>Ağustos</b> | <b>ln(A)</b>   | 2,565                                               | 23,012      | 33,920      | 19,826      | 24,680      |
|                | <b>ln(A+K)</b> | 0,074                                               | 16,878      | 57,455      | 14,311      | 22,176      |
| <b>Eylül</b>   | <b>ln(A)</b>   | 2,175                                               | 21,200      | 31,343      | 17,584      | 21,585      |
|                | <b>ln(A+K)</b> | 0,289                                               | 15,737      | 61,682      | 12,404      | 19,202      |

## 4.2 Aylık Akım Tahminleri

Bu çalışmada daha önce de bahsedildiği üzere kısaca DAR, SM ve SMS olarak bilien akım transfer yöntemleri kullanılmıştır. SM ve SMS yöntemlerinin varyasyonları ile birlikte toplam 13 adet yöntem ile tahmin yapılmıştır.

### 4.2.1 Yağış alanı oranı (DAR) ile akım tahminleri

Bu yöntem her bir istasyon için diğer istasyon ile uygulanmak üzere toplam 20 adet tahmin (3.1) bağıntısı ile yapılmıştır.

Örnek olarak 2304 nolu istasyonunun tahmini, 2305, 2315, 2316 ve 2323 nolu istasyonların herbiri ile ayrı ayrı yıllık ve aylık olarak yapılmıştır. Bir tahminde; örneğin 2305 nolu istasyon verisi kullanılarak yapılan 2304 nolu istasyonun tahmininde 1965 ile 1998 yılları arasına ait 408 adet aylık akım tahmini yapılmıştır.

### 4.2.2 Ortalama akım yöntemi (SM) ile akım tahminleri

Bu yöntemde her bir istasyon için yıllık SM1R(A) ve SM1R(A+K), aylık SM12R(A) ve SM12R(A+K) olarak 4 farklı varyasyona göre tahmin (3.2) aşağıdaki bağıntısı ile yapılmıştır.

Formüldeki  $\mu_{QY}$  değeri bölgesel regresyonla hesaplanmış değerler olmak üzere ayrıca hesaplanarak denkleme yerleştirilmiştir. Bu yöntemle her bir istasyon için 16 adet olmak üzere toplam 80 adet tahmin yapılmıştır. Ancak 2304 nolu istasyonun tahminleri (16 adet) uygulanamamıştır. Sonuç olarak 64 adet tahmin yapılmıştır. Bu durumun sebeplerine ileride sonuç ve değerlendirme bölümünde değinilmiştir.

### 4.2.3 Ortalama akım ve standart sapma yöntemi (SMS) ile akım tahminleri

Bu yöntemde ise SM yöntemine ilave olarak standart sapmalar kullanılmıştır. Her istasyon için 8 farklı varyasyon karşımıza çıkmaktadır. Bu varyasyonlar, yıllık olarak SMS1R(A) ve SMS1R(A+K), aylık SMS12R(A) ve SMS12R(A+K), akım değerlerinin ln'leri alınarak logaritmik olarak yıllık SMS1L(A) ve SMS1L(A+K), aylık SMS12L(A) ve SMS12L(A+K) yöntemleridir. Tahminler (3.3) bağıntısı ile yapılmıştır.

Formüldeki  $\mu_{QY}$  ve  $\sigma_{QY}$  değerleri bölgesel regresyonla hesaplanmış değerler olmak üzere ayrıca hesaplanarak denkleme yerleştirilmiştir. Ln'li varyasyonlar da (3.4) bağıntısı ile hesaplanmıştır. Bu yöntemde toplam 160 adet tahmin yapılmıştır. Ancak

2304 nolu istasyonun 16 tane tahmini uygulanamamıştır. Yine bu durumun da sebeplerine ileride sonuç ve değerlendirme bölümünde değinilmiştir. Sonuç olarak bu yöntemle çeşitli varyasyonlarla toplamda 144 adet aylık tahmini uygulanmıştır.

#### 4.3 Akım Tahmin Yöntemlerinin Performans Değerlendirmesi

Çalışmada, DAR ve diğer 12 yöntem ile 5 istasyonun ayrı ayrı diğer istasyonların verileri kullanılarak toplam 260 adet tahmin yapılmıştır. Bu tahminlerin 32 adedi ise uygulanamamıştır. Uygulanamamış olan tahminler 2304 nolu istasyonda gerçekleşmiştir. Çizelge 4.4’de tahmin yöntemlerinin uygulanabilirliği verilmiştir. Çizelgede, pozitif (+) işaretliler uygulanabilen, negatif (-) işaretliler ise uygulanamayan yöntemleri göstermektedir.

Yapılan bütün bu tahminlerde yöntemlerin performansı, istasyonların birbirleriyle olan bağlantıları açısından değerlendirmesi Nash- Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE) ve karekök hata kareler ortalaması (RMSE) tahmin performans ölçütlerine göre yapılmıştır.

**Çizelge 4.4 : Tahmin yöntemlerinin istasyonlara göre uygulanabilirliği.**

|                                                     |           | TAHMİN YÖNTEMLERİNİN UYGULANABİLİRLİĞİ |             |     |             |     |              |     |              |     |              |         |              |         |
|-----------------------------------------------------|-----------|----------------------------------------|-------------|-----|-------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|---------|--------------|---------|
|                                                     |           | DAR                                    | Yıllık SM1R |     | Aylık SM12R |     | Yıllık SMS1R |     | Aylık SMS12R |     | Yıllık SMS1L |         | Aylık SMS12L |         |
|                                                     |           |                                        | A           | A+K | A           | A+K | A            | A+K | A            | A+K | lnA          | ln(A+K) | lnA          | ln(A+K) |
| 2304<br>Alan : 1734 km <sup>2</sup><br>Kot : 1545 m | 2305-2304 | +                                      | -           | -   | -           | -   | -            | -   | -            | -   | +            | +       | +            | +       |
|                                                     | 2315-2304 | +                                      | -           | -   | -           | -   | -            | -   | -            | -   | +            | +       | +            | +       |
|                                                     | 2316-2304 | +                                      | -           | -   | -           | -   | -            | -   | -            | -   | +            | +       | +            | +       |
|                                                     | 2323-2304 | +                                      | -           | -   | -           | -   | -            | -   | -            | -   | +            | +       | +            | +       |
| 2305<br>Alan : 7272 km <sup>2</sup><br>Kot : 654 m  | 2304-2305 | +                                      | +           | +   | +           | +   | +            | +   | +            | +   | +            | +       | +            | +       |
|                                                     | 2315-2305 | +                                      | +           | +   | +           | +   | +            | +   | +            | +   | +            | +       | +            | +       |
|                                                     | 2316-2305 | +                                      | +           | +   | +           | +   | +            | +   | +            | +   | +            | +       | +            | +       |
|                                                     | 2323-2305 | +                                      | +           | +   | +           | +   | +            | +   | +            | +   | +            | +       | +            | +       |
| 2315<br>Alan : 19654 km <sup>2</sup><br>Kot : 57 m  | 2304-2315 | +                                      | +           | +   | +           | +   | +            | +   | +            | +   | +            | +       | +            | +       |
|                                                     | 2305-2315 | +                                      | +           | +   | +           | +   | +            | +   | +            | +   | +            | +       | +            | +       |
|                                                     | 2316-2315 | +                                      | +           | +   | +           | +   | +            | +   | +            | +   | +            | +       | +            | +       |
|                                                     | 2323-2315 | +                                      | +           | +   | +           | +   | +            | +   | +            | +   | +            | +       | +            | +       |
| 2316<br>Alan : 5505 km <sup>2</sup><br>Kot : 1170 m | 2304-2316 | +                                      | +           | +   | +           | +   | +            | +   | +            | +   | +            | +       | +            | +       |
|                                                     | 2305-2316 | +                                      | +           | +   | +           | +   | +            | +   | +            | +   | +            | +       | +            | +       |
|                                                     | 2315-2316 | +                                      | +           | +   | +           | +   | +            | +   | +            | +   | +            | +       | +            | +       |
|                                                     | 2323-2316 | +                                      | +           | +   | +           | +   | +            | +   | +            | +   | +            | +       | +            | +       |
| 2323<br>Alan : 6854 km <sup>2</sup><br>Kot : 572 m  | 2304-2323 | +                                      | +           | +   | +           | +   | +            | +   | +            | +   | +            | +       | +            | +       |
|                                                     | 2305-2323 | +                                      | +           | +   | +           | +   | +            | +   | +            | +   | +            | +       | +            | +       |
|                                                     | 2315-2323 | +                                      | +           | +   | +           | +   | +            | +   | +            | +   | +            | +       | +            | +       |
|                                                     | 2316-2323 | +                                      | +           | +   | +           | +   | +            | +   | +            | +   | +            | +       | +            | +       |

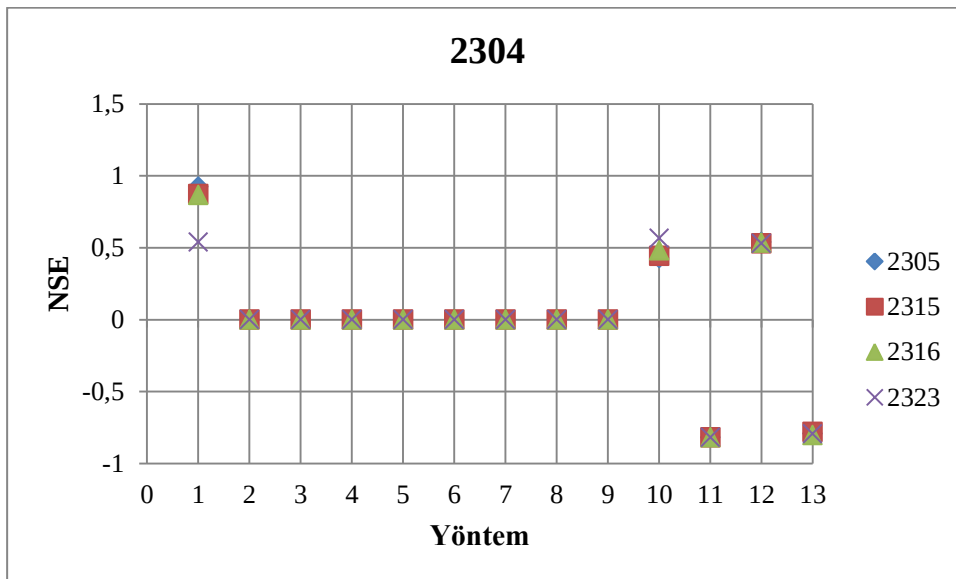
#### 4.3.1 Nash- Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE) ile değerlendirme

Nash- Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE),  $-\infty$  ile 1 arasında değişmektedir. NSE değerinin 1'e yakın olması yöntemin başarılı olduğunu gösterir. NSE değerleri, her istasyon ve tahmin yöntemi için (3.9) bağıntısı ile hesaplanmıştır. Bu doğrultuda, yapılan tahminlerde kullanılan yöntemlerin hangi istasyonların tahmininde başarılı olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır.

2304 nolu istasyonun diğer istasyonlar ile ve her bir yöntem ile yapılan tahminlere ait hesaplanan NSE değerleri aşağıda Çizelge 4.5 ve Şekil 4.1'de özetlenmiştir.

**Çizelge 4.5 : 2304 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE değerleri.**

| YÖNTEM |             | NSE    |        |        |        |
|--------|-------------|--------|--------|--------|--------|
|        |             | 2304   |        |        |        |
|        |             | 2305   | 2315   | 2316   | 2323   |
| 1      | DAR         | 0.923  | 0.872  | 0.866  | 0.54   |
| 2      | SM1R(A)     | -      | -      | -      | -      |
| 3      | SM1R(A+K)   | -      | -      | -      | -      |
| 4      | SM12R(A)    | -      | -      | -      | -      |
| 5      | SM12R(A+K)  | -      | -      | -      | -      |
| 6      | SMS1R(A)    | -      | -      | -      | -      |
| 7      | SMS1R(A+K)  | -      | -      | -      | -      |
| 8      | SMS12R(A)   | -      | -      | -      | -      |
| 9      | SMS12R(A+K) | -      | -      | -      | -      |
| 10     | SMS1L(A)    | 0.427  | 0.443  | 0.481  | 0.565  |
| 11     | SMS1L(A+K)  | -0.820 | -0.820 | -0.820 | -0.820 |
| 12     | SMS12L(A)   | 0.54   | 0.529  | 0.534  | 0.529  |
| 13     | SMS12L(A+K) | -0.792 | -0.781 | -0.803 | -0.795 |



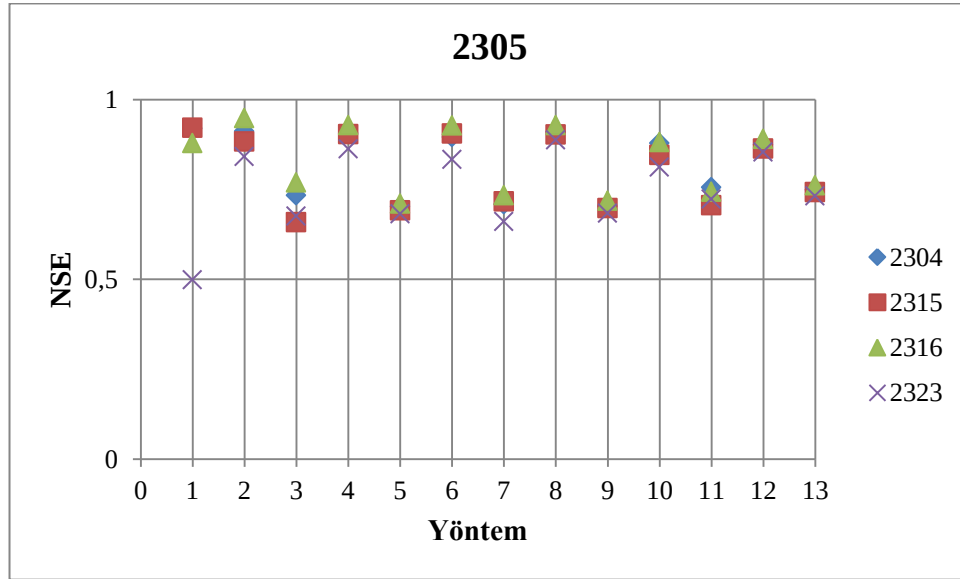
**Şekil 4.1 : 2304 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE karşılaştırması.**

Buna göre, tahmin edilmeyen yöntemler ağırlıklı olup, DAR yönteminin daha başarılı olduğu söylenebilir. Diğer yöntemlerden de SMS1L(A) ve SMS12L(A) yöntemlerinin SMS1L(A+K) ve SMS12L(A+K) yöntemlerine göre daha yüksek NSE değerleri verdiği tespit edilmiştir. En iyi NSE değerinin DAR yöntemiyle 2305 nolu istasyon verilerinden elde edildiği görülmektedir.

2305 nolu istasyonun diğer istasyonlar ile ve her bir yöntem ile yapılan tahminlere ait hesaplanan NSE değerleri aşağıda Çizelge 4.6 ve Şekil 4.2’de özetlenmiştir.

**Çizelge 4.6 : 2305 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE değerleri.**

| YÖNTEM |             | NSE   |       |       |       |
|--------|-------------|-------|-------|-------|-------|
|        |             | 2305  |       |       |       |
|        |             | 2304  | 2315  | 2316  | 2323  |
| 1      | DAR         | 0.92  | 0.922 | 0.879 | 0.499 |
| 2      | SM1R(A)     | 0.912 | 0.884 | 0.949 | 0.842 |
| 3      | SM1R(A+K)   | 0.734 | 0.659 | 0.77  | 0.676 |
| 4      | SM12R(A)    | 0.907 | 0.904 | 0.929 | 0.863 |
| 5      | SM12R(A+K)  | 0.703 | 0.692 | 0.711 | 0.682 |
| 6      | SMS1R(A)    | 0.896 | 0.906 | 0.928 | 0.834 |
| 7      | SMS1R(A+K)  | 0.709 | 0.717 | 0.734 | 0.661 |
| 8      | SMS12R(A)   | 0.91  | 0.903 | 0.929 | 0.888 |
| 9      | SMS12R(A+K) | 0.704 | 0.698 | 0.719 | 0.684 |
| 10     | SMS1L(A)    | 0.879 | 0.846 | 0.882 | 0.812 |
| 11     | SMS1L(A+K)  | 0.756 | 0.706 | 0.744 | 0.723 |
| 12     | SMS12L(A)   | 0.875 | 0.864 | 0.891 | 0.854 |
| 13     | SMS12L(A+K) | 0.749 | 0.743 | 0.762 | 0.732 |



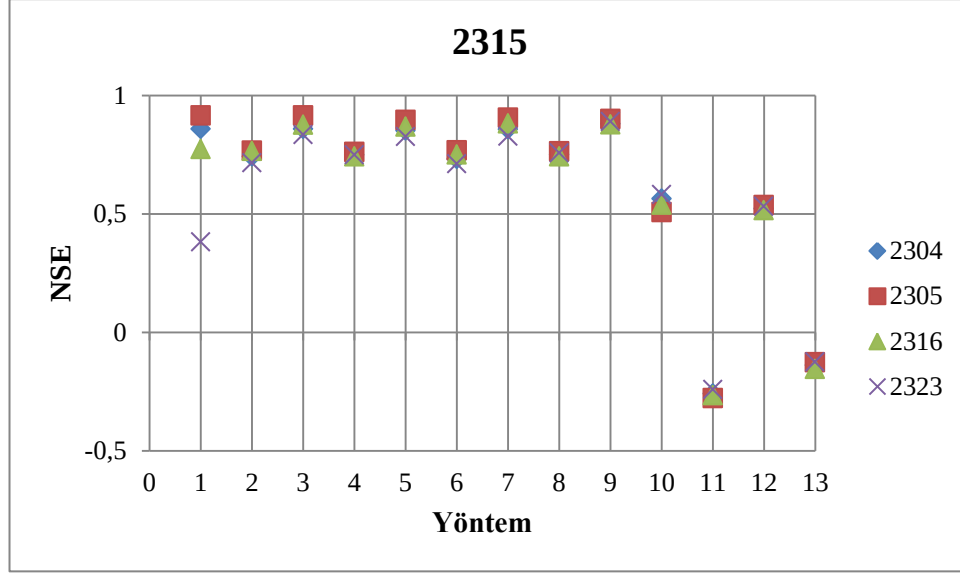
**Şekil 4.2 : 2305 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE karşılaştırması.**

Buna göre, genelde diğer tüm istasyonlarla ile yapılan 2305 nolu istasyon tahminleri hemen hemen tüm yöntemlerde ve istasyonlarda başarılı olarak değerlendirilebilir. Netice olarak, 2316 nolu istasyon verileri kullanılarak yapılan 2305 nolu istasyon tahminlerinin daha başarılı, 2323 nolu istasyon verileri kullanılarak yapılan 2305 nolu istasyon tahminlerinin göreceli olarak başarısız olduğu söylenebilir. En iyi NSE değerini de 2316 nolu istasyonun verileriyle SM1R(A) yönteminin verdiği tespit edilmiştir.

2315 nolu istasyonun diğer istasyonlar ile ve herbir yöntem ile yapılan tahminlere ait hesaplanan NSE değerleri aşağıda Çizelge 4.7 ve Şekil 4.3’de özetlenmiştir.

**Çizelge 4.7 : 2315 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE değerleri.**

| YÖNTEM |             | NSE    |        |        |        |
|--------|-------------|--------|--------|--------|--------|
|        |             | 2315   |        |        |        |
|        |             | 2304   | 2305   | 2316   | 2323   |
| 1      | DAR         | 0.858  | 0.916  | 0.773  | 0.382  |
| 2      | SM1R(A)     | 0.742  | 0.767  | 0.766  | 0.716  |
| 3      | SM1R(A+K)   | 0.858  | 0.915  | 0.876  | 0.834  |
| 4      | SM12R(A)    | 0.749  | 0.762  | 0.743  | 0.749  |
| 5      | SM12R(A+K)  | 0.852  | 0.897  | 0.868  | 0.826  |
| 6      | SMS1R(A)    | 0.732  | 0.768  | 0.75   | 0.711  |
| 7      | SMS1R(A+K)  | 0.857  | 0.906  | 0.881  | 0.827  |
| 8      | SMS12R(A)   | 0.75   | 0.764  | 0.743  | 0.757  |
| 9      | SMS12R(A+K) | 0.88   | 0.9    | 0.878  | 0.89   |
| 10     | SMS1L(A)    | 0.564  | 0.507  | 0.538  | 0.582  |
| 11     | SMS1L(A+K)  | -0.259 | -0.277 | -0.266 | -0.241 |
| 12     | SMS12L(A)   | 0.522  | 0.537  | 0.515  | 0.532  |
| 13     | SMS12L(A+K) | -0.138 | -0.126 | -0.154 | -0.125 |



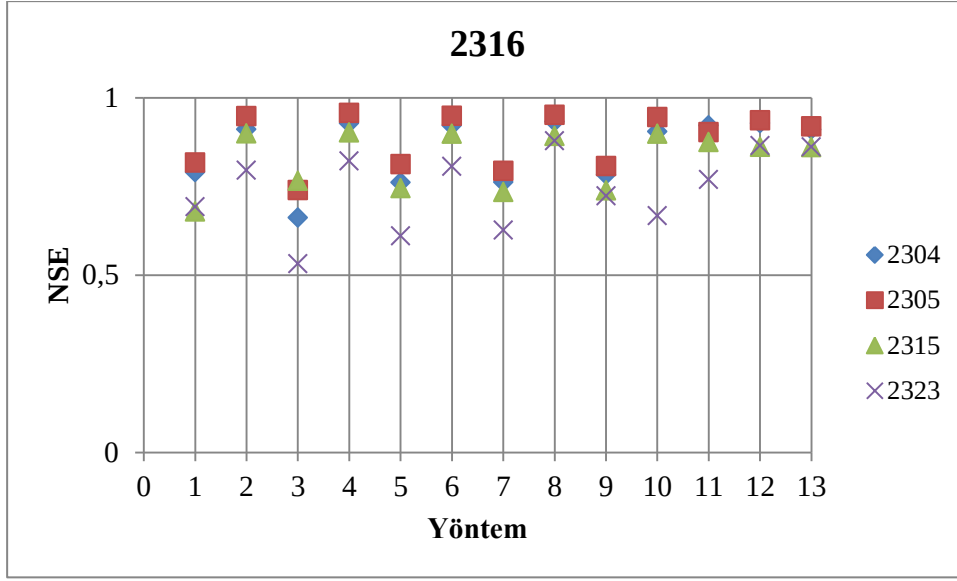
**Şekil 4.3 :** 2315 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE karşılaştırması.

2315 nolu istasyonun diğer istasyonların verileri kullanılarak yapılan tahminlerinde genel olarak (SMS1L(A+K) ve SMS12L(A+K) yöntemleri haricinde) başarılı olarak değerlendirilebilir. 2305 nolu istasyon verileri ile yapılan tahminler az da olsa diğer istasyonlardan daha başarılı sonuçlar vermiştir. En iyi NSE değerini de 2305 nolu istasyonun verileriyle DAR yönteminin verdiği tespit edilmiştir.

2316 nolu istasyonun diğer istasyonlar ile ve her bir yöntem ile yapılan tahminlere ait hesaplanan NSE değerleri aşağıda Çizelge 4.8 ve Şekil 4.4’de özetlenmiştir.

**Çizelge 4.8 :** 2316 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE değerleri.

| YÖNTEM |             | NSE   |       |       |       |
|--------|-------------|-------|-------|-------|-------|
|        |             | 2316  |       |       |       |
|        |             | 2304  | 2305  | 2315  | 2323  |
| 1      | DAR         | 0,79  | 0,817 | 0,679 | 0,692 |
| 2      | SM1R(A)     | 0,911 | 0,948 | 0,899 | 0,795 |
| 3      | SM1R(A+K)   | 0,662 | 0,739 | 0,765 | 0,532 |
| 4      | SM12R(A)    | 0,928 | 0,957 | 0,902 | 0,821 |
| 5      | SM12R(A+K)  | 0,761 | 0,812 | 0,745 | 0,61  |
| 6      | SMS1R(A)    | 0,922 | 0,949 | 0,898 | 0,806 |
| 7      | SMS1R(A+K)  | 0,762 | 0,793 | 0,734 | 0,626 |
| 8      | SMS12R(A)   | 0,932 | 0,951 | 0,892 | 0,878 |
| 9      | SMS12R(A+K) | 0,783 | 0,807 | 0,738 | 0,723 |
| 10     | SMS1L(A)    | 0,904 | 0,945 | 0,898 | 0,667 |
| 11     | SMS1L(A+K)  | 0,922 | 0,903 | 0,875 | 0,769 |
| 12     | SMS12L(A)   | 0,928 | 0,936 | 0,861 | 0,865 |
| 13     | SMS12L(A+K) | 0,91  | 0,919 | 0,86  | 0,861 |



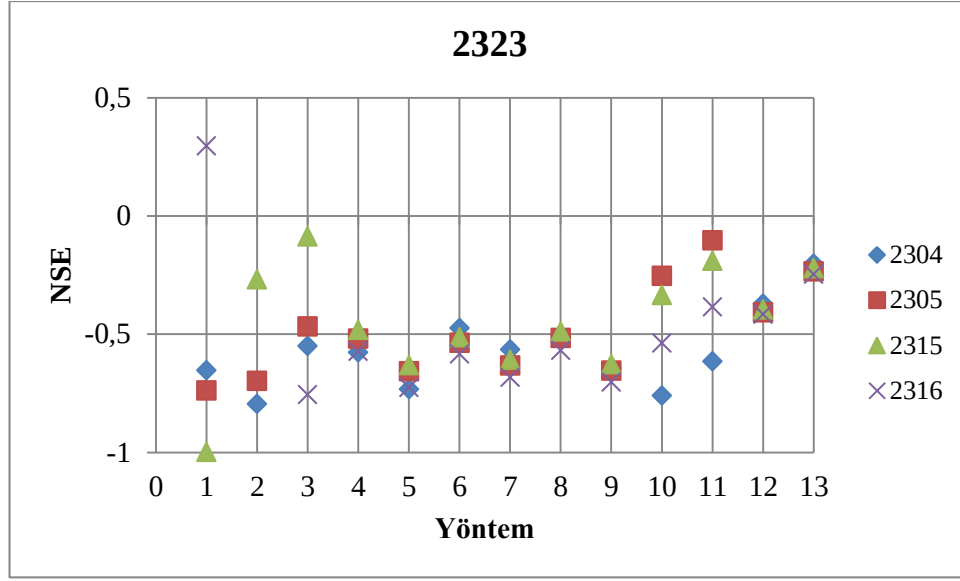
**Şekil 4.4 :** 2316 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE karşılaştırması.

2316 nolu istasyonun diğer istasyonların verileri kullanılarak yapılan tahminlerinde genel olarak tüm yöntemlerin başarılı olduğu söylenebilir. En başarılı sonuçların 2305 nolu istasyonun verileriyle elde edildiği görülmektedir. Ayrıca tüm diğer istasyonlarda diğer yöntemler DAR yöntemine göre daha yüksek NSE değerleri vermektedir. En iyi NSE değerini de 2305 nolu istasyonun verileriyle SM12R(A) yönteminin verdiği tespit edilmiştir.

2323 nolu istasyonun diğer istasyonlar ile ve her bir yöntem ile yapılan tahminlere ait hesaplanan NSE değerleri aşağıda Çizelge 4.9 ve Şekil 4.5’de özetlenmiştir.

**Çizelge 4.9 :** 2323 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE değerleri.

| YÖNTEM |             | NSE    |        |        |        |
|--------|-------------|--------|--------|--------|--------|
|        |             | 2323   |        |        |        |
|        |             | 2304   | 2305   | 2315   | 2316   |
| 1      | DAR         | -0,654 | -0,739 | -0,998 | 0,296  |
| 2      | SM1R(A)     | -0,796 | -0,698 | -0,269 | -1,016 |
| 3      | SM1R(A+K)   | -0,551 | -0,468 | -0,087 | -0,756 |
| 4      | SM12R(A)    | -0,578 | -0,519 | -0,483 | -0,574 |
| 5      | SM12R(A+K)  | -0,733 | -0,657 | -0,632 | -0,727 |
| 6      | SMS1R(A)    | -0,474 | -0,537 | -0,514 | -0,584 |
| 7      | SMS1R(A+K)  | -0,566 | -0,633 | -0,609 | -0,683 |
| 8      | SMS12R(A)   | -0,504 | -0,517 | -0,49  | -0,569 |
| 9      | SMS12R(A+K) | -0,641 | -0,655 | -0,627 | -0,704 |
| 10     | SMS1L(A)    | -0,76  | -0,254 | -0,335 | -0,538 |
| 11     | SMS1L(A+K)  | -0,615 | -0,104 | -0,190 | -0,385 |
| 12     | SMS12L(A)   | -0,372 | -0,408 | -0,396 | -0,416 |
| 13     | SMS12L(A+K) | -0,203 | -0,235 | -0,222 | -0,247 |



Şekil 4.5 : 2323 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE karşılaştırması.

Yukarıda da görüldüğü üzere tüm istasyonlar ve yöntemlerde negatif NSE değerleri çıktığı görülmektedir. Buradan da 2323 nolu istasyonların tahminin diğer istasyon tahminlerine göre göreceli olarak başarısız olduğu sonucu çıkarılabilir.

Yöntemlere göre tüm istasyonların varyasyonlarına göre hesaplanan NSE değerleri Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10 : İstasyonların yöntemlere göre NSE değerleri.

|                                                     |           | NSE (-∞<NSE<1) |             |        |             |        |              |        |              |        |              |         |              |         |
|-----------------------------------------------------|-----------|----------------|-------------|--------|-------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|---------|--------------|---------|
|                                                     |           | DAR            | Yıllık SM1R |        | Aylık SM12R |        | Yıllık SMS1R |        | Aylık SMS12R |        | Yıllık SMS1L |         | Aylık SMS12L |         |
|                                                     |           |                | A           | A+K    | A           | A+K    | A            | A+K    | A            | A+K    | lnA          | ln(A+K) | lnA          | ln(A+K) |
| 2304<br>Alan : 1734 km <sup>2</sup><br>Kot : 1545 m | 2305-2304 | 0,923          | -           | -      | -           | -      | -            | -      | -            | -      | 0,427        | -0,820  | 0,54         | -0,792  |
|                                                     | 2315-2304 | 0,872          | -           | -      | -           | -      | -            | -      | -            | -      | 0,443        | -0,820  | 0,529        | -0,781  |
|                                                     | 2316-2304 | 0,866          | -           | -      | -           | -      | -            | -      | -            | -      | 0,481        | -0,820  | 0,534        | -0,803  |
|                                                     | 2323-2304 | 0,54           | -           | -      | -           | -      | -            | -      | -            | -      | 0,565        | -0,820  | 0,529        | -0,795  |
| 2305<br>Alan : 7272 km <sup>2</sup><br>Kot : 654 m  | 2304-2305 | 0,92           | 0,912       | 0,734  | 0,907       | 0,703  | 0,896        | 0,709  | 0,91         | 0,704  | 0,879        | 0,756   | 0,875        | 0,749   |
|                                                     | 2315-2305 | 0,922          | 0,884       | 0,659  | 0,904       | 0,692  | 0,906        | 0,717  | 0,903        | 0,698  | 0,846        | 0,706   | 0,864        | 0,743   |
|                                                     | 2316-2305 | 0,879          | 0,949       | 0,77   | 0,929       | 0,711  | 0,928        | 0,734  | 0,929        | 0,719  | 0,882        | 0,744   | 0,891        | 0,762   |
|                                                     | 2323-2305 | 0,499          | 0,842       | 0,676  | 0,863       | 0,682  | 0,834        | 0,661  | 0,888        | 0,684  | 0,812        | 0,723   | 0,854        | 0,732   |
| 2315<br>Alan : 19654 km <sup>2</sup><br>Kot : 57 m  | 2304-2315 | 0,858          | 0,742       | 0,858  | 0,749       | 0,852  | 0,732        | 0,857  | 0,75         | 0,88   | 0,564        | -0,259  | 0,522        | -0,138  |
|                                                     | 2305-2315 | 0,916          | 0,767       | 0,915  | 0,762       | 0,897  | 0,768        | 0,906  | 0,764        | 0,9    | 0,507        | -0,277  | 0,537        | -0,126  |
|                                                     | 2316-2315 | 0,773          | 0,766       | 0,876  | 0,743       | 0,868  | 0,75         | 0,881  | 0,743        | 0,878  | 0,538        | -0,266  | 0,515        | -0,154  |
|                                                     | 2323-2315 | 0,382          | 0,716       | 0,834  | 0,749       | 0,826  | 0,711        | 0,827  | 0,757        | 0,89   | 0,582        | -0,241  | 0,532        | -0,125  |
| 2316<br>Alan : 5505 km <sup>2</sup><br>Kot : 1170 m | 2304-2316 | 0,79           | 0,911       | 0,662  | 0,928       | 0,761  | 0,922        | 0,762  | 0,932        | 0,783  | 0,904        | 0,922   | 0,928        | 0,91    |
|                                                     | 2305-2316 | 0,817          | 0,948       | 0,739  | 0,957       | 0,812  | 0,949        | 0,793  | 0,951        | 0,807  | 0,945        | 0,903   | 0,936        | 0,919   |
|                                                     | 2315-2316 | 0,679          | 0,899       | 0,765  | 0,902       | 0,745  | 0,898        | 0,734  | 0,892        | 0,738  | 0,898        | 0,875   | 0,861        | 0,86    |
|                                                     | 2323-2316 | 0,692          | 0,795       | 0,532  | 0,821       | 0,61   | 0,806        | 0,626  | 0,878        | 0,723  | 0,667        | 0,769   | 0,865        | 0,861   |
| 2323<br>Alan : 6854 km <sup>2</sup><br>Kot : 572 m  | 2304-2323 | -0,654         | -0,796      | -0,551 | -0,578      | -0,733 | -0,474       | -0,566 | -0,504       | -0,641 | -0,76        | -0,615  | -0,372       | -0,203  |
|                                                     | 2305-2323 | -0,739         | -0,698      | -0,468 | -0,519      | -0,657 | -0,537       | -0,633 | -0,517       | -0,655 | -0,254       | -0,104  | -0,408       | -0,235  |
|                                                     | 2315-2323 | -0,998         | -0,269      | -0,087 | -0,483      | -0,632 | -0,514       | -0,609 | -0,49        | -0,627 | -0,335       | -0,190  | -0,396       | -0,222  |
|                                                     | 2316-2323 | 0,296          | -1,016      | -0,756 | -0,574      | -0,727 | -0,584       | -0,683 | -0,569       | -0,704 | -0,538       | -0,385  | -0,416       | -0,247  |

NSE tahmin performans ölçütüne göre tüm yöntemlerin performansı değerlendirildiğinde elde edilen genel sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

DAR yönteminde 2323 nolu istasyonun verilerinin kullanılarak yapılan diğer istasyonlara ait tahminlerin başarılı olmadığı, diğer istasyonların (2323 hariç) birbirleriyle yapılan tahminlerin de yüksek NSE değerleri ile başarılı tahmin yapabildiği gözlemlenmiştir. 2323 nolu istasyonda ise negatif NSE değerleri elde edilmiş olup, başarısız tahmin yöntemi olarak değerlendirilebilir.

Standartlaştırma yöntemlerinde ise;

2304 nolu istasyonun tahminleri yapılamadığından NSE değerleri hesaplanmamıştır. Yine aynı istasyonda logaritmik değerlerin kullanıldığı SMS yöntemlerinde düşük ve negatif NSE değerleri verdiği için genel olarak 2304 nolu istasyonun tahminlerinin başarısız olduğu söylenebilir.

Genel olarak SM ve SMS yöntemlerine bakıldığında başarılı olduğu söylenebilir. Yıllık ve aylık olarak kullanılan yöntemlerde birbirine yakın NSE değerleri çıkmıştır. Bölgesel regresyonda kullanılan parametreler olan istasyonun havza alanı (A) ve istasyonun havza alanı (A) ile istasyonun havzasının ortalama kotunun (K) birlikte kullanıldığı yöntemlerde sadece havza alanı (A) kullanılarak yapılan regresyon neticesindeki tahminlerin NSE değerlerinin havza alanı (A) ve kot (K) kullanılarak hesaplanan NSE değerlerinden daha yüksek çıktığı gözlemlenmiştir. Yani sadece havza alanı (A) kullanılarak oluşturulan regresyon neticesinde yapılan tahminlerin daha başarılı olduğu sonucuna varılabilir.

Bunun dışında, logaritmik değerlerin kullanıldığı SMS yöntemlerinde ise yıllık ve aylık SMS1L(A) ve SMS12L(A) yöntemlerinde normal değerlerin kullanıldığı yöntemlere göre düşük NSE, SMS1L(A+K) ve SMS12L(A+K) yöntemlerinde ise negatif NSE değerleri bulunmuştur.

2323 nolu istasyonda ise tersi bir durum olarak tüm yöntemlerde ve tüm istasyon varyasyonlarında negatif NSE değerleri hesaplanmıştır. Genel olarak bu istasyonun tahminlerinin başarısız olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak bir genelleme yapılacak olursa, 2316 nolu istasyonun logaritmik değerlerin kullanıldığı SMS yöntemleri de dahil olmak üzere, tüm yöntemlerde başarılı olduğu söylenebilir. Ayrıca, DAR yöntemiyle diğer yöntemlerin (SM ve

SMS yöntemleri) karşılaştırılması yapıldığında sadece istasyonun havza alanının (A) kullanıldığı yöntemlerin DAR yöntemine göre daha başarılı olduğu söylenebilir.

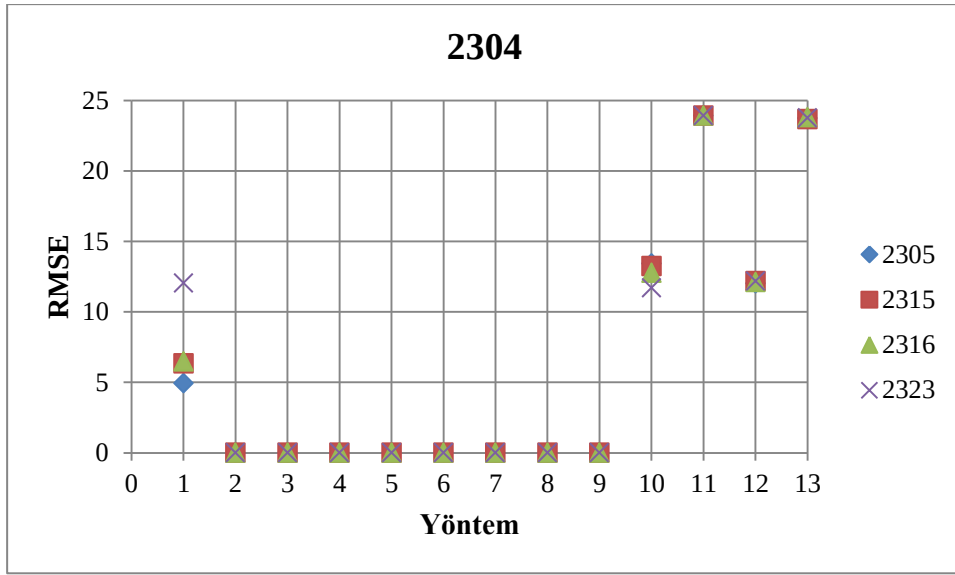
#### 4.3.2 Karekök hata kareler ortalaması (RMSE) ile değerlendirme

Karekök hata kareler ortalaması (RMSE) değerinin 0'a yakın olması yöntemin performansının iyi olduğunu gösterir. Çalışmada tüm istasyonların her bir yöntemle yapılan tahminleri için RMSE değerleri **(3.10)** bağıntısıyla hesaplanmış ve hangi yöntemlerin başarılı olduğu bu sonuçlara göre değerlendirilmiştir.

2304 nolu istasyonun diğer istasyonlar ile ve herbir yöntem ile yapılan tahminlere ait hesaplanan RMSE değerleri aşağıda Çizelge 4.11 ve Şekil 4.6'de özetlenmiştir.

**Çizelge 4.11 : 2304 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE değerleri.**

| YÖNTEM    |             | RMSE   |        |        |        |
|-----------|-------------|--------|--------|--------|--------|
|           |             | 2304   |        |        |        |
|           |             | 2305   | 2315   | 2316   | 2323   |
| <b>1</b>  | DAR         | 4,926  | 6,337  | 6,479  | 12,029 |
| <b>2</b>  | SM1R(A)     | -      | -      | -      | -      |
| <b>3</b>  | SM1R(A+K)   | -      | -      | -      | -      |
| <b>4</b>  | SM12R(A)    | -      | -      | -      | -      |
| <b>5</b>  | SM12R(A+K)  | -      | -      | -      | -      |
| <b>6</b>  | SMS1R(A)    | -      | -      | -      | -      |
| <b>7</b>  | SMS1R(A+K)  | -      | -      | -      | -      |
| <b>8</b>  | SMS12R(A)   | -      | -      | -      | -      |
| <b>9</b>  | SMS12R(A+K) | -      | -      | -      | -      |
| <b>10</b> | SMS1L(A)    | 13,424 | 13,236 | 12,773 | 11,698 |
| <b>11</b> | SMS1L(A+K)  | 23,914 | 23,914 | 23,914 | 23,914 |
| <b>12</b> | SMS12L(A)   | 12,019 | 12,167 | 12,105 | 12,171 |
| <b>13</b> | SMS12L(A+K) | 23,73  | 23,657 | 23,803 | 23,75  |



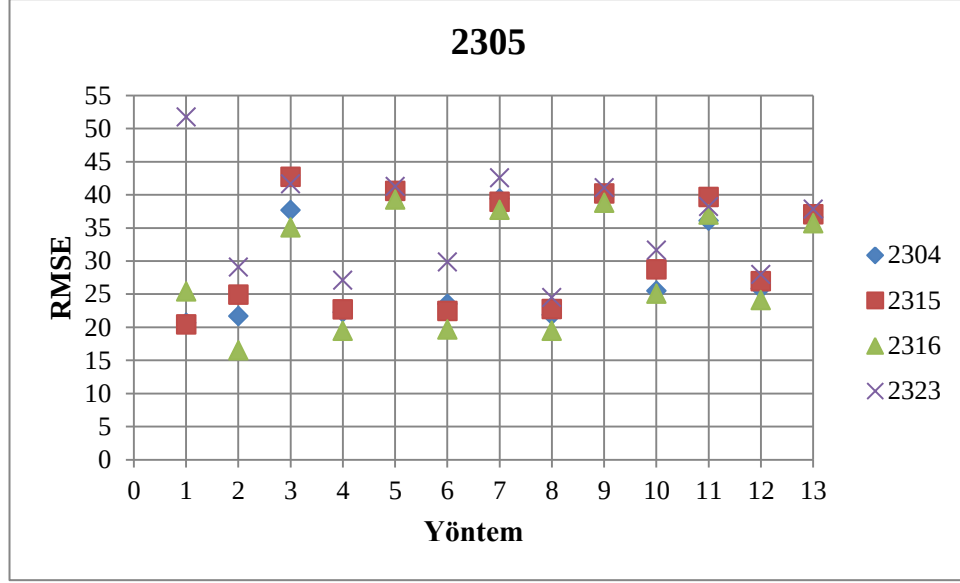
**Şekil 4.6 :** 2304 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE karşılaştırması.

Buna göre, tahmin edilemeyen yöntemler ağırlıklı olup, DAR yönteminin daha başarılı olduğu söylenebilir. Diğer yöntemlerden de SMS1L(A) ve SMS12L(A) yöntemlerinin SMS1L(A+K) ve SMS12L(A+K) yöntemlerine göre çok daha düşük RMSE değerleri verdiği tespit edilmiştir. En iyi RMSE değerinin DAR yöntemiyle 2305 nolu istasyon verilerinden elde edildiği görülmektedir.

2305 nolu istasyonun diğer istasyonlar ile ve her bir yöntem ile yapılan tahminlere ait hesaplanan RMSE değerleri aşağıda Çizelge 4.12 ve Şekil 4.7’de özetlenmiştir.

**Çizelge 4.12 :** 2305 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE değerleri

| YÖNTEM |             | RMSE   |        |        |        |
|--------|-------------|--------|--------|--------|--------|
|        |             | 2305   |        |        |        |
|        |             | 2304   | 2315   | 2316   | 2323   |
| 1      | DAR         | 20,66  | 20,429 | 25,385 | 51,726 |
| 2      | SM1R(A)     | 21,681 | 24,923 | 16,506 | 29,079 |
| 3      | SM1R(A+K)   | 37,682 | 42,694 | 35,073 | 41,607 |
| 4      | SM12R(A)    | 22,243 | 22,679 | 19,441 | 27,055 |
| 5      | SM12R(A+K)  | 39,836 | 40,563 | 39,273 | 41,22  |
| 6      | SMS1R(A)    | 23,523 | 22,446 | 19,618 | 29,813 |
| 7      | SMS1R(A+K)  | 39,384 | 38,899 | 37,707 | 42,528 |
| 8      | SMS12R(A)   | 21,867 | 22,744 | 19,426 | 24,468 |
| 9      | SMS12R(A+K) | 39,745 | 40,171 | 38,763 | 41,06  |
| 10     | SMS1L(A)    | 25,46  | 28,706 | 25,053 | 31,633 |
| 11     | SMS1L(A+K)  | 36,089 | 39,635 | 36,99  | 38,201 |
| 12     | SMS12L(A)   | 25,805 | 26,914 | 24,077 | 27,941 |
| 13     | SMS12L(A+K) | 36,608 | 37,047 | 35,678 | 37,789 |



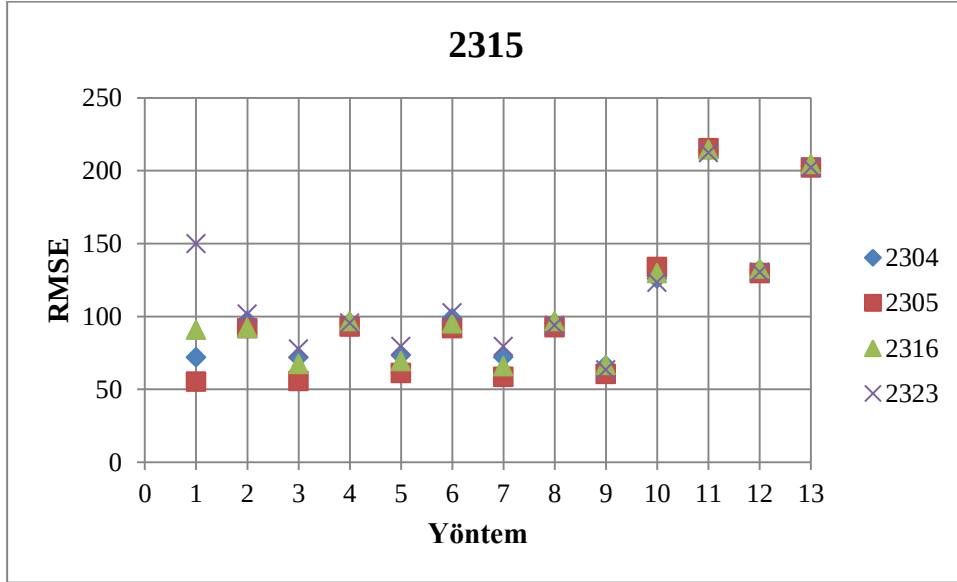
**Şekil 4.7 :** 2305 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE karşılaştırması.

Bu istasyonda yöntemler arasında bariz olarak daha iyi sonuç veren bir yöntem diyebilmek zordur. Genel olarak tüm yöntemlerde başarılı tahminler yapılmıştır. Bunun dışında DAR yöntemi 2323 nolu istasyon dışında başarılı olduğu söylenebilir. İstasyon olarak da 2316 nolu istasyonun RMSE değerleri diğer istasyonlara göre en düşük RMSE değerleridir. Ayrıca istasyonun Havza Alanının (A) kullanıldığı yöntemlerin RMSE değerleri istasyonun Havza Alanı (A) ve Ortalama Kotunun (K) kullanıldığı yöntemlerinin RMSE değerlerine göre çok daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

2315 nolu istasyonun diğer istasyonlar ile ve herbir yöntem ile yapılan tahminlere ait hesaplanan RMSE değerleri aşağıda Çizelge 4.13 ve Şekil 4.8’de özetlenmiştir.

**Çizelge 4.13 : 2315 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE değerleri.**

| YÖNTEM |             | RMSE    |         |         |         |
|--------|-------------|---------|---------|---------|---------|
|        |             | 2315    |         |         |         |
|        |             | 2304    | 2305    | 2316    | 2323    |
| 1      | DAR         | 71,831  | 55,214  | 90,865  | 149,831 |
| 2      | SM1R(A)     | 96,743  | 91,983  | 92,177  | 101,634 |
| 3      | SM1R(A+K)   | 71,792  | 55,607  | 67,238  | 77,613  |
| 4      | SM12R(A)    | 95,507  | 92,909  | 96,674  | 95,466  |
| 5      | SM12R(A+K)  | 73,333  | 61,06   | 69,279  | 79,442  |
| 6      | SMS1R(A)    | 98,598  | 91,809  | 95,282  | 102,501 |
| 7      | SMS1R(A+K)  | 72,133  | 58,453  | 65,687  | 79,297  |
| 8      | SMS12R(A)   | 95,374  | 92,515  | 96,665  | 93,948  |
| 9      | SMS12R(A+K) | 66,146  | 60,403  | 66,639  | 63,246  |
| 10     | SMS1L(A)    | 125,886 | 133,772 | 129,588 | 123,276 |
| 11     | SMS1L(A+K)  | 213,83  | 215,339 | 214,392 | 212,306 |
| 12     | SMS12L(A)   | 131,827 | 129,62  | 132,714 | 130,436 |
| 13     | SMS12L(A+K) | 203,279 | 202,185 | 204,69  | 202,121 |



**Şekil 4.8 : 2315 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE karşılaştırması.**

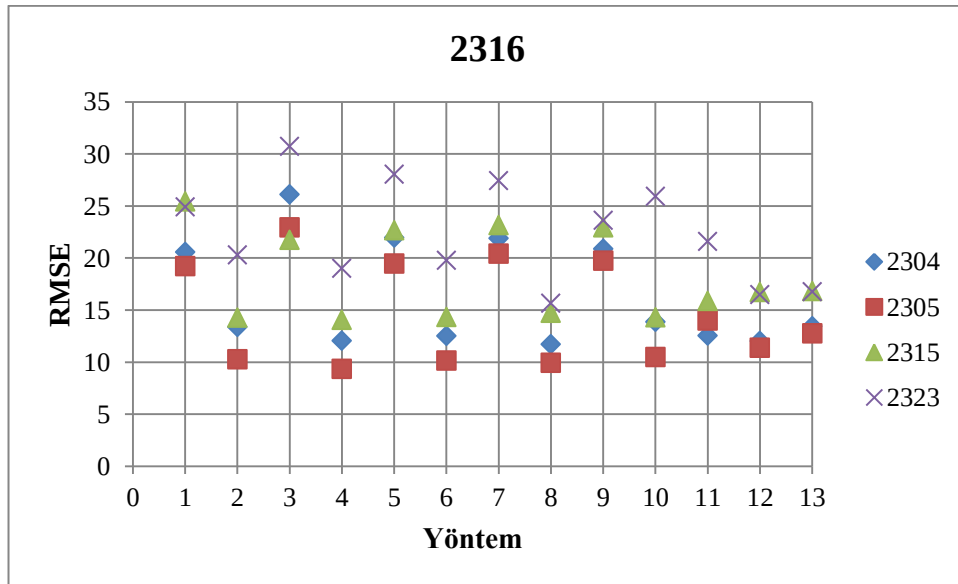
2315 nolu istasyonun diğer istasyonların verileri kullanılarak yapılan tahminlerinde genel olarak (SMS1L(A+K) ve SMS12L(A+K) yöntemleri haricinde) nispeten başarılı denilebilir. 2305 nolu istasyon verileri ile yapılan tahminler az da olsa diğer

istasyonlardan daha iyi sonuçlar vermiştir. En iyi RMSE değerini de 2305 nolu istasyonun verileriyle DAR yönteminin verdiği tespit edilmiştir.

2316 nolu istasyonun diğer istasyonlar ile ve herbir yöntem ile yapılan tahminlere ait hesaplanan RMSE değerleri aşağıda Çizelge 4.14 ve Şekil 4.9’de özetlenmiştir.

**Çizelge 4.14 : 2316 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE değerleri.**

| YÖNTEM |             | RMSE   |        |        |        |
|--------|-------------|--------|--------|--------|--------|
|        |             | 2316   |        |        |        |
|        |             | 2304   | 2305   | 2315   | 2323   |
| 1      | DAR         | 20,57  | 19,217 | 25,451 | 24,923 |
| 2      | SM1R(A)     | 13,374 | 10,293 | 14,276 | 20,32  |
| 3      | SM1R(A+K)   | 26,123 | 22,937 | 21,762 | 30,739 |
| 4      | SM12R(A)    | 12,078 | 9,354  | 14,057 | 19,003 |
| 5      | SM12R(A+K)  | 21,969 | 19,483 | 22,683 | 28,056 |
| 6      | SMS1R(A)    | 12,515 | 10,145 | 14,333 | 19,771 |
| 7      | SMS1R(A+K)  | 21,902 | 20,417 | 23,17  | 27,457 |
| 8      | SMS12R(A)   | 11,723 | 9,956  | 14,741 | 15,667 |
| 9      | SMS12R(A+K) | 20,906 | 19,756 | 22,965 | 23,637 |
| 10     | SMS1L(A)    | 13,892 | 10,504 | 14,311 | 25,921 |
| 11     | SMS1L(A+K)  | 12,568 | 14,003 | 15,887 | 21,59  |
| 12     | SMS12L(A)   | 12,042 | 11,383 | 16,724 | 16,496 |
| 13     | SMS12L(A+K) | 13,449 | 12,766 | 16,835 | 16,763 |



**Şekil 4.9 : 2316 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE karşılaştırması.**

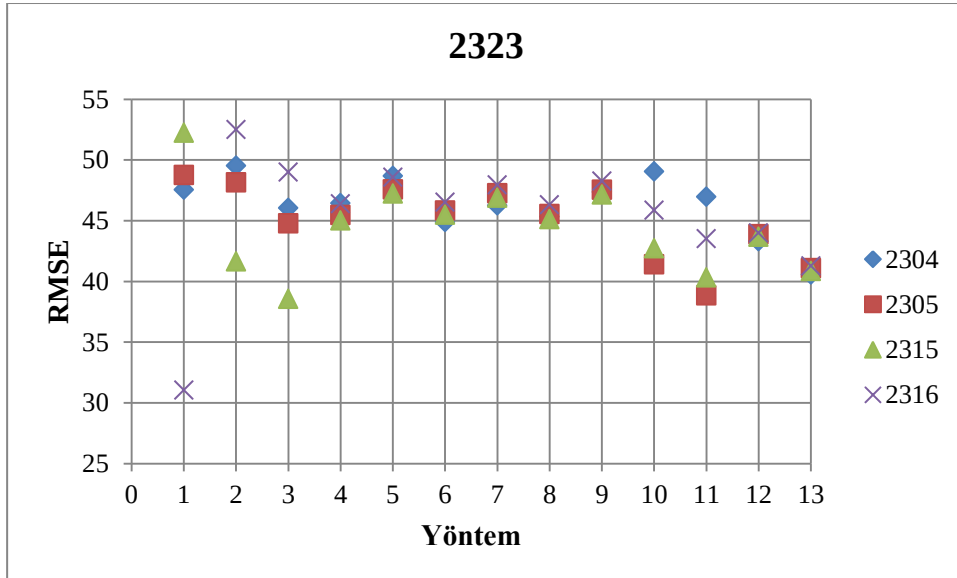
2316 nolu istasyonun diğer istasyonların verileri kullanılarak yapılan tahminlerinde genel olarak tüm yöntemlerin başarılı olduğu söylenebilir. En başarılı sonuçların

2305 nolu istasyonun verileriyle elde edildiği görülmektedir. En iyi RMSE değerini de 2305 nolu istasyonun verileriyle SM12R(A) yönteminin verdiği tespit edilmiştir.

2323 nolu istasyonun diğer istasyonlar ile ve herbir yöntem ile yapılan tahminlere ait hesaplanan RMSE değerleri aşağıda Çizelge 4.15 ve Şekil 4.10'de özetlenmiştir.

**Çizelge 4.15 : 2323 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE değerleri.**

| YÖNTEM |             | RMSE   |        |        |        |
|--------|-------------|--------|--------|--------|--------|
|        |             | 2323   |        |        |        |
|        |             | 2304   | 2305   | 2315   | 2316   |
| 1      | DAR         | 47,546 | 48,752 | 52,251 | 31,03  |
| 2      | SM1R(A)     | 49,537 | 48,164 | 41,639 | 52,491 |
| 3      | SM1R(A+K)   | 46,035 | 44,792 | 38,545 | 48,99  |
| 4      | SM12R(A)    | 46,445 | 45,453 | 45,014 | 46,375 |
| 5      | SM12R(A+K)  | 48,668 | 47,586 | 47,224 | 48,587 |
| 6      | SMS1R(A)    | 44,888 | 45,836 | 45,486 | 46,519 |
| 7      | SMS1R(A+K)  | 46,267 | 47,246 | 46,885 | 47,951 |
| 8      | SMS12R(A)   | 45,329 | 45,532 | 45,118 | 46,306 |
| 9      | SMS12R(A+K) | 47,35  | 47,55  | 47,157 | 48,257 |
| 10     | SMS1L(A)    | 49,047 | 41,393 | 42,719 | 45,849 |
| 11     | SMS1L(A+K)  | 46,977 | 38,847 | 40,322 | 43,506 |
| 12     | SMS12L(A)   | 43,306 | 43,872 | 43,675 | 43,988 |
| 13     | SMS12L(A+K) | 40,552 | 41,086 | 40,863 | 41,273 |



**Şekil 4.10 : 2323 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE karşılaştırması.**

Bu istasyonda yöntemler arasında bariz olarak daha iyi sonuç veren bir yöntem diyebilmek zordur. Tüm yöntemler ve diğer istasyon verileri ile hesaplanan RMSE

değerleri birbirine yakındır. Genel olarak da RMSE değerlerine bakarak da tahminlerin kötü olmadığı söylenebilir.

Yöntemlere göre tüm istasyonların varyasyonlarına göre hesaplanan RMSE değerleri Çizelge 4.16’da verilmiştir.

**Çizelge 4.16 : İstasyonların yöntemlere göre RMSE değerleri.**

|                                                     |           | DAR     | RMSE        |        |             |        |              |        |              |        |              |         |              |         |
|-----------------------------------------------------|-----------|---------|-------------|--------|-------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|---------|--------------|---------|
|                                                     |           |         | Yıllık SM1R |        | Aylık SM12R |        | Yıllık SMS1R |        | Aylık SMS12R |        | Yıllık SMS1L |         | Aylık SMS12L |         |
|                                                     |           |         | A           | A+K    | A           | A+K    | A            | A+K    | A            | A+K    | lnA          | ln(A+K) | lnA          | ln(A+K) |
| 2304<br>Alan : 1734 km <sup>2</sup><br>Kot : 1545 m | 2305-2304 | 4.926   | -           | -      | -           | -      | -            | -      | -            | -      | 13.424       | 23.914  | 12.019       | 23.73   |
|                                                     | 2315-2304 | 6.337   | -           | -      | -           | -      | -            | -      | -            | -      | 13.236       | 23.914  | 12.167       | 23.657  |
|                                                     | 2316-2304 | 6.479   | -           | -      | -           | -      | -            | -      | -            | -      | 12.773       | 23.914  | 12.105       | 23.803  |
|                                                     | 2323-2304 | 12.029  | -           | -      | -           | -      | -            | -      | -            | -      | 11.698       | 23.914  | 12.171       | 23.75   |
| 2305<br>Alan : 7272 km <sup>2</sup><br>Kot : 654 m  | 2304-2305 | 20.66   | 21.681      | 37.682 | 22.243      | 39.836 | 23.523       | 39.384 | 21.867       | 39.745 | 25.46        | 36.089  | 25.805       | 36.608  |
|                                                     | 2315-2305 | 20.429  | 24.923      | 42.694 | 22.679      | 40.563 | 22.446       | 38.899 | 22.744       | 40.171 | 28.706       | 39.635  | 26.914       | 37.047  |
|                                                     | 2316-2305 | 25.385  | 16.506      | 35.073 | 19.441      | 39.273 | 19.618       | 37.707 | 19.426       | 38.763 | 25.053       | 36.99   | 24.077       | 35.678  |
|                                                     | 2323-2305 | 51.726  | 29.079      | 41.607 | 27.055      | 41.22  | 29.813       | 42.528 | 24.468       | 41.06  | 31.633       | 38.201  | 27.941       | 37.789  |
| 2315<br>Alan : 19654 km <sup>2</sup><br>Kot : 57 m  | 2304-2315 | 71.831  | 96.743      | 71.792 | 95.507      | 73.333 | 98.598       | 72.133 | 95.374       | 66.146 | 125.886      | 213.83  | 131.827      | 203.279 |
|                                                     | 2305-2315 | 55.214  | 91.983      | 55.607 | 92.909      | 61.06  | 91.809       | 58.453 | 92.515       | 60.403 | 133.772      | 215.339 | 129.62       | 202.185 |
|                                                     | 2316-2315 | 90.865  | 92.177      | 67.238 | 96.674      | 69.279 | 95.282       | 65.687 | 96.665       | 66.639 | 129.588      | 214.392 | 132.714      | 204.69  |
|                                                     | 2323-2315 | 149.831 | 101.634     | 77.613 | 95.466      | 79.442 | 102.501      | 79.297 | 93.948       | 63.246 | 123.276      | 212.306 | 130.436      | 202.121 |
| 2316<br>Alan : 5505 km <sup>2</sup><br>Kot : 1170 m | 2304-2316 | 20.57   | 13.374      | 26.123 | 12.078      | 21.969 | 12.515       | 21.902 | 11.723       | 20.906 | 13.892       | 12.568  | 12.042       | 13.449  |
|                                                     | 2305-2316 | 19.217  | 10.293      | 22.937 | 9.354       | 19.483 | 10.145       | 20.417 | 9.956        | 19.756 | 10.504       | 14.003  | 11.383       | 12.766  |
|                                                     | 2315-2316 | 25.451  | 14.276      | 21.762 | 14.057      | 22.683 | 14.333       | 23.17  | 14.741       | 22.965 | 14.311       | 15.887  | 16.724       | 16.835  |
|                                                     | 2323-2316 | 24.923  | 20.32       | 30.739 | 19.003      | 28.056 | 19.771       | 27.457 | 15.667       | 23.637 | 25.921       | 21.59   | 16.496       | 16.763  |
| 2323<br>Alan : 6854 km <sup>2</sup><br>Kot : 572 m  | 2304-2323 | 47.546  | 49.537      | 46.035 | 46.445      | 48.668 | 44.888       | 46.267 | 45.329       | 47.35  | 49.047       | 46.977  | 43.306       | 40.552  |
|                                                     | 2305-2323 | 48.752  | 48.164      | 44.792 | 45.453      | 47.586 | 45.836       | 47.246 | 45.532       | 47.55  | 41.393       | 38.847  | 43.872       | 41.086  |
|                                                     | 2315-2323 | 52.251  | 41.639      | 38.545 | 45.014      | 47.224 | 45.486       | 46.885 | 45.118       | 47.157 | 42.719       | 40.322  | 43.675       | 40.863  |
|                                                     | 2316-2323 | 31.03   | 52.491      | 48.99  | 46.375      | 48.587 | 46.519       | 47.951 | 46.306       | 48.257 | 45.849       | 43.506  | 43.988       | 41.273  |

RMSE tahmin performans ölçütüne göre tüm yöntemlerin performansı değerlendirildiğinde elde edilen genel sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

DAR yönteminde, 2304 nolu istasyonun tahminlerinin diğer istasyonların tahminlerine göre daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir. 2315 nolu istasyonda diğer istasyonlara göre daha yüksek RMSE değerleri elde edilmiştir.

Standartlaştırma yöntemlerinde ise;

2304 nolu istasyonun tahminleri logarimik yöntemler hariç yapılamadığından RMSE değerleri hesaplanmamıştır. Logaritmik yöntemlerde ise sadece havza alanının kullanıldığı yöntemlerde daha düşük RMSE değerleri yani daha başarılı tahmin yapıldığı söylenebilir.

Genel olarak SM ve SMS yöntemlerine bakıldığında başarılı olduğu söylenebilir. Yıllık ve aylık olarak kullanılan yöntemlerde birbirine yakın RMSE değerleri çıkmıştır. Bölgesel regresyonda kullanılan parametrelerden olan (A) ve (A+K)’nın kullanıldığı yöntemlerde sadece (A) kullanılarak yapılan regresyon neticesindeki tahminlerin RMSE değerlerinin (A+K) kullanılarak hesaplanan RMSE değerlerinden

daha düşük çıktığı gözlemlenmiştir. İstisnai olarak 2315 nolu istasyonda ise bu durumun tersi sözkonusudur.

2316 nolu istasyonun diğer istasyonların verileri kullanılarak yapılan tüm tahmin yöntemlerinde düşük RMSE değerleri elde edilerek diğer istasyonlara göre başarılı tahmin yapılabildiği söylenebilir.

2315 nolu istasyonun ise diğer istasyonlarla karşılaştırılması neticesinde tüm yöntemlerde yüksek RMSE değerleri vererek en kötü tahmin performansını verdiği söylenebilir.

Ayrıca, DAR yöntemiyle diğer yöntemlerin (SM ve SMS yöntemleri) karşılaştırılması yapıldığında sadece (A)'nın kullanıldığı yöntemlerin 2305 ve 2316 nolu istasyonlarda DAR yöntemine göre daha başarılı olduğu söylenebilir. 2315 ve 2323 nolu istasyonlarda ise böyle bir durum sözkonusu değildir.

#### **4.3.3 Akım tahmin yöntemlerinin performanslarının değerlendirilmesi**

Nash- Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE) ve karekök hata kareler ortalaması (RMSE) tahmin performans ölçütlerine göre tüm tahmin yöntemlerinin performansları önceki bölümlerde ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmenin sonuçları ise aşağıda irdelenmiştir.

DAR yönteminde her iki performans ölçütüne göre 2323 nolu istasyonun verileri kullanılarak yapılan tahminlerin diğer istasyonların verileriyle yapılan tahminlere göre daha başarısız olduğu söylenebilir. 2323 nolu istasyonun dışındaki istasyonlarda ise DAR yöntemi ile başarılı tahminler yapıldığı söylenebilir. Dar yönteminde her iki tahmin performans ölçütünde de ortak olarak en iyi tahminin 2305 nolu istasyonun verilerinin kullanılarak 2304 nolu istasyonun tahmininin yapıldığı sonucuna varılmıştır.

Standartlaştırma yöntemlerinde genel olarak SM ve SMS yöntemlerinin başarılı olduğu söylenebilir. Yıllık ve aylık akım tahmin yöntemleri olarak değerlendirildiğinde ise tahmin sonuçları arasında çok büyük farklılık gözlenmemiştir.

Bölgesel regresyon parametreleri açısından bakıldığında her iki yöntem (SM ve SMS) ve tahmin performans ölçütünde (NSE ve RMSE) de ortak olmak üzere regresyon parametresi olarak istasyonun havza alanı (A) kullanılan yöntemlerin

istasyonun havza alanı (A) ve ortalama kotunun (K) birlikte kullanıldığı yöntemlere göre daha başarılı olduğu tespit edilmiştir.

2323 nolu istasyonun tahminleri NSE tahmin performans ölçütüne göre negatif değerler verdiği için başarısız olarak kabul edilebilir. RMSE tahmin performans ölçütünde de yine 2323 nolu istasyonun tahminleri diğer istasyonlara göre daha başarısız olduğu söylenebilir.

RMSE tahmin performans ölçütlerine göre 2315 nolu istasyonun tahminleri tüm istasyon verileri ve yöntemlere göre başarısızdır. Logaritmik değerlerin kullanıldığı tahminlerde ise regresyon parametresi olarak (A) kullanılan yöntemler (A+K) kullanılan yöntemlere göre daha başarılıdır.

2316 nolu istasyonun tahminleri ise tüm diğer istasyonların verileri kullanıldığında ve bütün tahmin yöntemlerinde en başarılı sonuçları verdiği gözlenmiştir.

Sonuç olarak, hem NSE hem de RMSE tahmin performans ölçütünün büyük ölçüde paralel sonuçlar verdiği söylenebilir. Her iki ölçütün de bu çalışmada yapılan tahminlerin performansının belirlenmesinde yeterli olduğu düşünülmektedir.

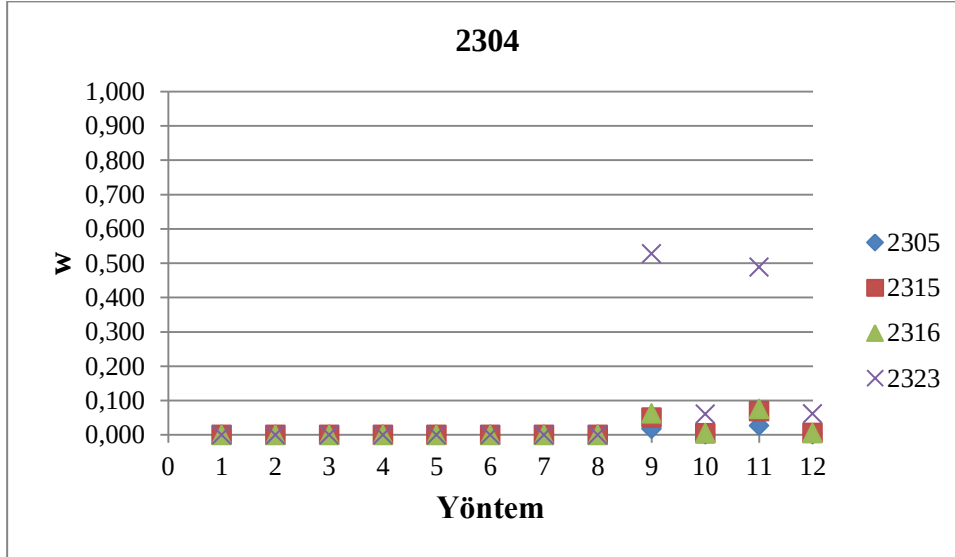
#### **4.4 Harmanlanmış Performans Ağırlıklı Yaklaşım Değerleri Sonuçları**

Harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımda DAR yöntemi ile SM veya SMS yöntemlerinin ağırlıklı ortalaması verilmekte, başka bir ifadeyle DAR yönteminin diğer yöntemler (SM ve SMS) ile tahmin performansının karşılaştırılması yapılmaktadır. Harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımla hesaplanmış olan akım **(3.11)** bağıntısı ile hesaplanmıştır. Bu bağıntıda yer alan  $w$  ağırlık değeri ise **(3.13)** bağıntısı ile hesaplanmıştır.  $w$  ağırlık değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir.  $w$  değeri 0'a yaklaştıkça DAR yönteminin tahmin performansı SM veya SMS yöntemlerinin tahmin performansından iyidir.  $w$  ağırlık değeri 1'e yaklaştıkça ise SM veya SMS yöntemleri, DAR yöntemine göre daha iyi tahmin performansı göstermektedir. Buna göre, aşağıda tüm istasyonlarda hangi yöntemin daha başarılı olduğu incelenmiştir.

2304 nolu istasyonun diğer istasyonların verileri ile hesaplanan DAR yöntemi ile her bir yönteme ait hesaplanan  $w$  değerleri aşağıda Çizelge 4.17 ve Şekil 4.11'de özetlenmiştir.

**Çizelge 4.17 :** 2304 nolu istasyonun yöntemlere göre w değerleri.

| YÖNTEM |                 | w     |       |       |       |
|--------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
|        |                 | 2304  |       |       |       |
|        |                 | 2305  | 2315  | 2316  | 2323  |
| 1      | DAR-SM1R(A)     | -     | -     | -     | -     |
| 2      | DAR-SM1R(A+K)   | -     | -     | -     | -     |
| 3      | DAR-SM12R(A)    | -     | -     | -     | -     |
| 4      | DAR- SM12R(A+K) | -     | -     | -     | -     |
| 5      | DAR-SMS1R(A)    | -     | -     | -     | -     |
| 6      | DAR-SMS1R(A+K)  | -     | -     | -     | -     |
| 7      | DAR-SMS12R(A)   | -     | -     | -     | -     |
| 8      | DAR-SMS12R(A+K) | -     | -     | -     | -     |
| 9      | DAR-SMS1L(A)    | 0.018 | 0.050 | 0.062 | 0.528 |
| 10     | DAR-SMS1L(A+K)  | 0.002 | 0.005 | 0.005 | 0.060 |
| 11     | DAR-SMS12L(A)   | 0.027 | 0.069 | 0.076 | 0.488 |
| 12     | DAR-SMS12L(A+K) | 0.002 | 0.005 | 0.005 | 0.062 |



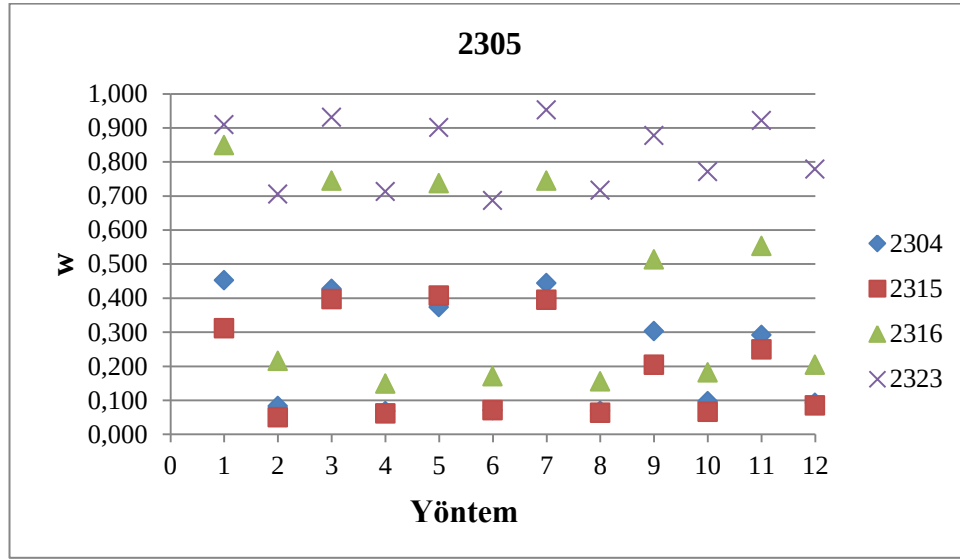
**Şekil 4.11 :** 2304 nolu istasyonun yöntemlere göre w karşılaştırması.

2304 nolu istasyonda ilk 8 yöntemde w değerleri bulunmadığından yorum yapılamamakla birlikte, logaritmik değerlerin kullanıldığı yöntemlerde genellikle DAR yönteminin başarılı olduğu söylenebilir. Sadece 2323 nolu istasyonun verilerinin kullanıldığı SMS1L(A) ve SMS12L(A) yöntemlerinde w değeri biraz daha dengeli çıkmıştır.

2305 nolu istasyonun diğer istasyonların verileri ile hesaplanan DAR yöntemi ile her bir yönetime ait hesaplanan w değerleri aşağıda Çizelge 4.18 ve Şekil 4.12’de özetlenmiştir.

**Çizelge 4.18 : 2305 nolu istasyonun yöntemlere göre w değerleri.**

| YÖNTEM |                 | w     |       |       |       |
|--------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
|        |                 | 2305  |       |       |       |
|        |                 | 2304  | 2315  | 2316  | 2323  |
| 1      | DAR-SM1R(A)     | 0.452 | 0.311 | 0.848 | 0.909 |
| 2      | DAR-SM1R(A+K)   | 0.083 | 0.050 | 0.215 | 0.705 |
| 3      | DAR-SM12R(A)    | 0.427 | 0.397 | 0.744 | 0.930 |
| 4      | DAR- SM12R(A+K) | 0.067 | 0.060 | 0.149 | 0.713 |
| 5      | DAR-SMS1R(A)    | 0.373 | 0.407 | 0.737 | 0.901 |
| 6      | DAR-SMS1R(A+K)  | 0.070 | 0.071 | 0.170 | 0.686 |
| 7      | DAR-SMS12R(A)   | 0.443 | 0.394 | 0.745 | 0.952 |
| 8      | DAR-SMS12R(A+K) | 0.068 | 0.063 | 0.155 | 0.716 |
| 9      | DAR-SMS1L(A)    | 0.302 | 0.204 | 0.513 | 0.877 |
| 10     | DAR-SMS1L(A+K)  | 0.097 | 0.066 | 0.182 | 0.771 |
| 11     | DAR-SMS12L(A)   | 0.291 | 0.249 | 0.553 | 0.922 |
| 12     | DAR-SMS12L(A+K) | 0.092 | 0.085 | 0.204 | 0.778 |



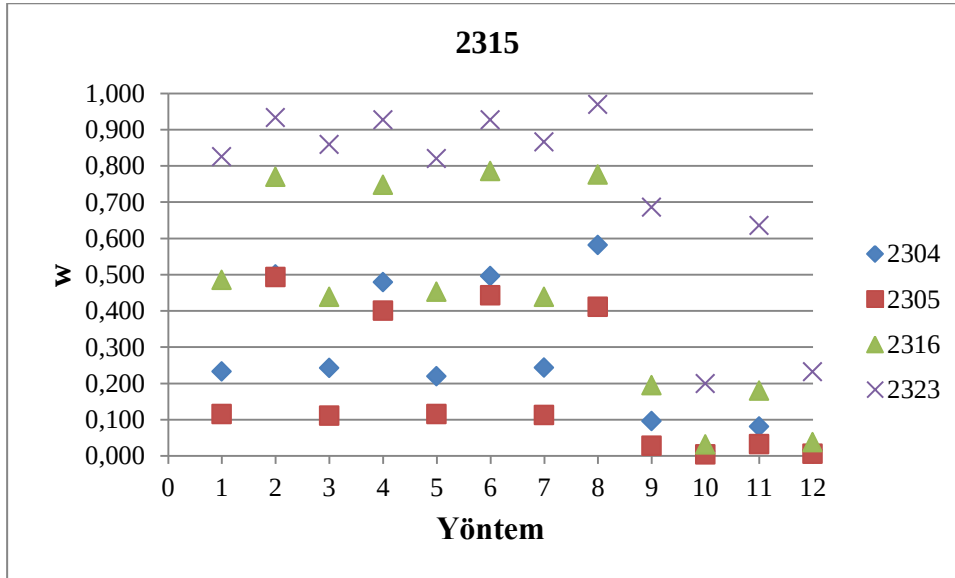
**Şekil 4.12 : 2305 nolu istasyonun yöntemlere göre w karşılaştırması.**

2305 nolu istasyonda genel olarak (2323 nolu istasyonun verileri kullanılarak yapılan tahminler hariç) sadece havza alanının (A) kullanıldığı yöntemlerde diğer yöntemler DAR yöntemine göre daha başarılıdır. Havza alanı (A) ve kotun kullanıldığı (K) yöntemlerde ise (2323 nolu istasyonun verileri kullanılarak yapılan tahminler hariç), DAR yöntemi diğer yöntemlere göre daha başarılıdır. 2323 nolu istasyonun verilerinin kullanıldığı yöntemlerin performansı diğer yöntemler DAR yöntemine göre daha başarılıdır. 2304 ve 2305 nolu istasyonların verilerinin kullanıldığı yöntemlerde ise genel olarak DAR yönteminin daha başarılı olduğu söylenebilir.

2315 nolu istasyonun diğer istasyonların verileri ile hesaplanan DAR yöntemi ile her bir yönetime ait hesaplanan  $w$  değerleri aşağıda Çizelge 4.19 ve Şekil 4.13’de özetlenmiştir.

**Çizelge 4.19 : 2315 nolu istasyonun yöntemlere göre  $w$  değerleri.**

| YÖNTEM |                 | $w$   |       |       |       |
|--------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
|        |                 | 2315  |       |       |       |
|        |                 | 2304  | 2305  | 2316  | 2323  |
| 1      | DAR-SM1R(A)     | 0.233 | 0.115 | 0.486 | 0.825 |
| 2      | DAR-SM1R(A+K)   | 0.501 | 0.493 | 0.769 | 0.933 |
| 3      | DAR-SM12R(A)    | 0.242 | 0.111 | 0.438 | 0.859 |
| 4      | DAR- SM12R(A+K) | 0.479 | 0.401 | 0.747 | 0.927 |
| 5      | DAR-SMS1R(A)    | 0.220 | 0.116 | 0.453 | 0.820 |
| 6      | DAR-SMS1R(A+K)  | 0.496 | 0.443 | 0.785 | 0.927 |
| 7      | DAR-SMS12R(A)   | 0.243 | 0.113 | 0.438 | 0.866 |
| 8      | DAR-SMS12R(A+K) | 0.582 | 0.411 | 0.776 | 0.969 |
| 9      | DAR-SMS1L(A)    | 0.096 | 0.028 | 0.195 | 0.686 |
| 10     | DAR-SMS1L(A+K)  | 0.013 | 0.004 | 0.031 | 0.199 |
| 11     | DAR-SMS12L(A)   | 0.081 | 0.032 | 0.180 | 0.635 |
| 12     | DAR-SMS12L(A+K) | 0.015 | 0.006 | 0.037 | 0.232 |



**Şekil 4.13 : 2315 nolu istasyonun yöntemlere göre  $w$  karşılaştırması.**

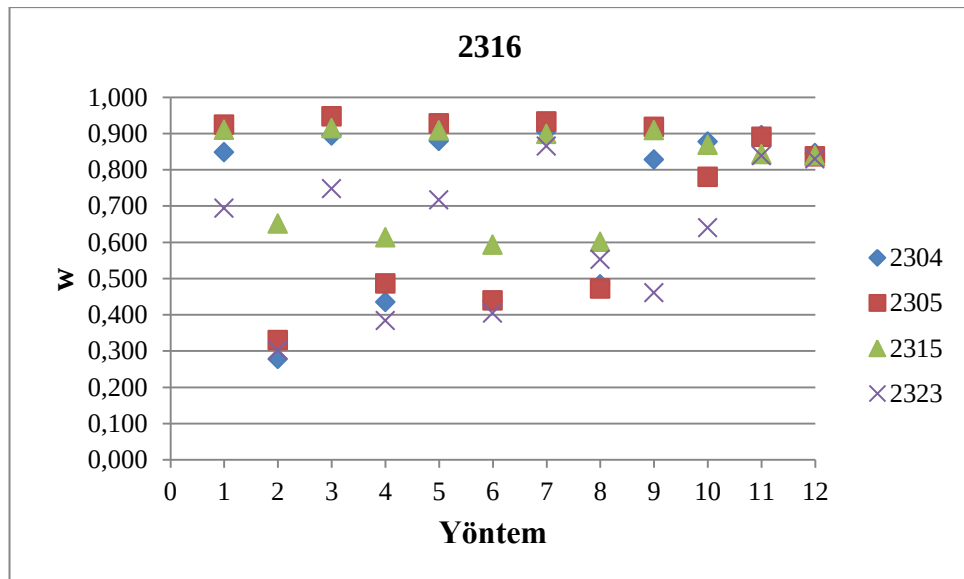
2315 nolu istasyonda genel olarak (2323 nolu istasyonun verileri kullanılarak yapılan tahminler hariç) (A+K) kullanılan yöntemlerde diğer yöntemler DAR yöntemine göre daha başarılıdır. Sadece (A) kullanılan yöntemlerde ise (2323 nolu istasyonun verileri kullanılarak yapılan tahminler hariç), DAR yöntemi diğer yöntemlere göre

daha başarılıdır. 2323 nolu istasyonun verilerinin kullanıldığı yöntemlerin performansı genel olarak diğer yöntemler DAR yöntemine göre daha başarılıdır. Logaritmik verilerin kullanıldığı yöntemlerde ise tüm istasyon verileriyle yapılan tahminlerde DAR yönteminin diğer yöntemlere göre daha başarılı olduğu gözlenmiştir.

2316 nolu istasyonun diğer istasyonların verileri ile hesaplanan DAR yöntemi ile her bir yönteme ait hesaplanan  $w$  değerleri aşağıda Çizelge 4.20 ve Şekil 4.14’de özetlenmiştir.

**Çizelge 4.20 : 2316 nolu istasyonun yöntemlere göre  $w$  değerleri.**

| YÖNTEM |                 | $w$   |       |       |       |
|--------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
|        |                 | 2316  |       |       |       |
|        |                 | 2304  | 2305  | 2315  | 2323  |
| 1      | DAR-SM1R(A)     | 0.848 | 0.924 | 0.910 | 0.694 |
| 2      | DAR-SM1R(A+K)   | 0.278 | 0.330 | 0.652 | 0.302 |
| 3      | DAR-SM12R(A)    | 0.894 | 0.947 | 0.915 | 0.747 |
| 4      | DAR- SM12R(A+K) | 0.435 | 0.486 | 0.613 | 0.384 |
| 5      | DAR-SMS1R(A)    | 0.879 | 0.928 | 0.909 | 0.716 |
| 6      | DAR-SMS1R(A+K)  | 0.438 | 0.440 | 0.593 | 0.404 |
| 7      | DAR-SMS12R(A)   | 0.905 | 0.933 | 0.899 | 0.865 |
| 8      | DAR-SMS12R(A+K) | 0.484 | 0.472 | 0.601 | 0.553 |
| 9      | DAR-SMS1L(A)    | 0.828 | 0.918 | 0.909 | 0.461 |
| 10     | DAR-SMS1L(A+K)  | 0.878 | 0.780 | 0.868 | 0.640 |
| 11     | DAR-SMS12L(A)   | 0.895 | 0.890 | 0.843 | 0.839 |
| 12     | DAR-SMS12L(A+K) | 0.845 | 0.837 | 0.839 | 0.830 |



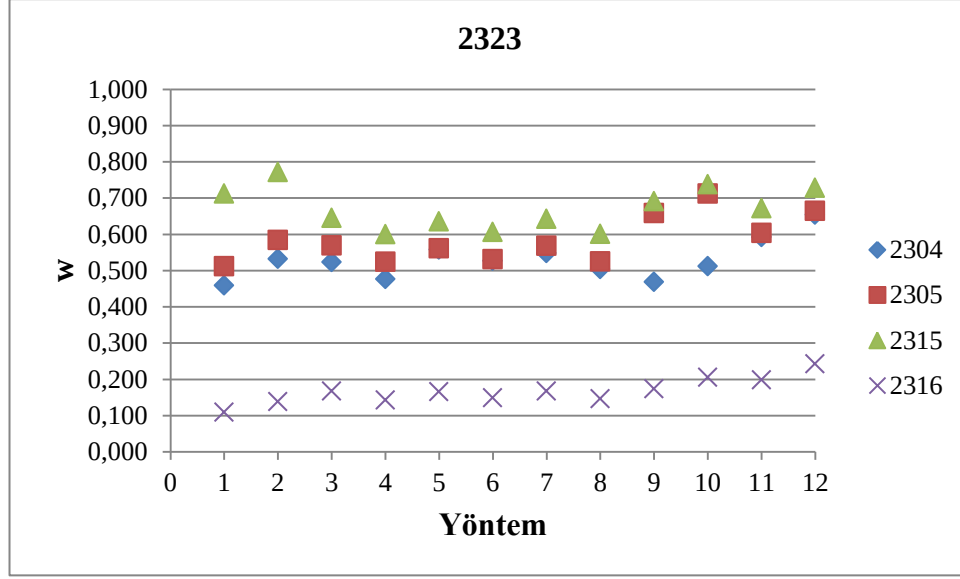
**Şekil 4.14 : 2316 nolu istasyonun yöntemlere göre  $w$  karşılaştırması.**

2316 nolu istasyonda genel olarak (2315 nolu istasyonun ve logaritmik veriler kullanılarak yapılan tahminler hariç) havza alanı (A) ve kotun kullanıldığı (K) kullanıldığı yöntemlerde DAR yöntemi diğer yöntemlere göre daha başarılıdır. Sadece havza alanı (A) kullanılan yöntemlerde ise (2315 nolu istasyonun verileri kullanılarak yapılan tahminler hariç), diğer yöntemler DAR yöntemine göre daha başarılıdır. 2315 nolu istasyonun verileri ve logaritmik verilerin kullanıldığı yöntemlerin performansında ise diğer yöntemler DAR yöntemine göre daha başarılı olduğu söylenebilir.

2323 nolu istasyonun diğer istasyonların verileri ile hesaplanan DAR yöntemi ile her bir yöntemle ait hesaplanan w değerleri aşağıda Çizelge 4.21 ve Şekil 4.15’de özetlenmiştir.

**Çizelge 4.21 : 2323 nolu istasyonun yöntemlere göre w değerleri.**

| YÖNTEM |                 | w     |       |       |       |
|--------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
|        |                 | 2323  |       |       |       |
|        |                 | 2304  | 2305  | 2315  | 2316  |
| 1      | DAR-SM1R(A)     | 0.459 | 0.512 | 0.713 | 0.109 |
| 2      | DAR-SM1R(A+K)   | 0.532 | 0.584 | 0.772 | 0.139 |
| 3      | DAR-SM12R(A)    | 0.523 | 0.570 | 0.645 | 0.167 |
| 4      | DAR- SM12R(A+K) | 0.477 | 0.524 | 0.600 | 0.143 |
| 5      | DAR-SMS1R(A)    | 0.557 | 0.561 | 0.635 | 0.165 |
| 6      | DAR-SMS1R(A+K)  | 0.527 | 0.531 | 0.607 | 0.149 |
| 7      | DAR-SMS12R(A)   | 0.548 | 0.568 | 0.643 | 0.168 |
| 8      | DAR-SMS12R(A+K) | 0.504 | 0.525 | 0.601 | 0.146 |
| 9      | DAR-SMS1L(A)    | 0.469 | 0.658 | 0.691 | 0.173 |
| 10     | DAR-SMS1L(A+K)  | 0.512 | 0.713 | 0.738 | 0.206 |
| 11     | DAR-SMS12L(A)   | 0.592 | 0.604 | 0.672 | 0.198 |
| 12     | DAR-SMS12L(A+K) | 0.654 | 0.665 | 0.728 | 0.242 |



Şekil 4.15 : 2323 nolu istasyonun yöntemlere göre w karşılaştırması.

2323 nolu istasyonda genel olarak herhangi bir yöntemin üstünlüğü bariz olarak gözlenmemekle birlikte çok az farkla da olsa SM ve SMS yöntemlerinin DAR yöntemine göre daha iyi performansı var denebilir. İstisna olarak 2316 nolu istasyonun verileri kullanılarak yapılan tahminlerin yöntemlerinde DAR yönteminin performansının diğer yöntemlere göre daha başarılı olduğu gözlenmiştir.

Harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımda (3.12) bağıntısı ile DAR yönteminin diğer 12 yöntem ile hesaplanan r oranları Çizelge 4.22’de, w oranları ise Çizelge 4.23’de verilmiştir.

Çizelge 4.22 : Harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımda r değerleri.

|                                                     |           | Harmanlanmış Performans Ağırlıklı Yaklaşımda r Değerleri |           |          |            |          |            |           |             |          |            |           |             |
|-----------------------------------------------------|-----------|----------------------------------------------------------|-----------|----------|------------|----------|------------|-----------|-------------|----------|------------|-----------|-------------|
|                                                     |           | SM1R(A)                                                  | SM1R(A+K) | SM12R(A) | SM12R(A+K) | SMS1R(A) | SMS1R(A+K) | SMS12R(A) | SMS12R(A+K) | SMS1L(A) | SMS1L(A+K) | SMS12L(A) | SMS12L(A+K) |
| 2304<br>Alan : 1734 km <sup>2</sup><br>Kot : 1545 m | 2305-2304 | -                                                        | -         | -        | -          | -        | -          | -         | -           | 0.018    | 0.002      | 0.028     | 0.002       |
|                                                     | 2315-2304 | -                                                        | -         | -        | -          | -        | -          | -         | -           | 0.053    | 0.005      | 0.074     | 0.005       |
|                                                     | 2316-2304 | -                                                        | -         | -        | -          | -        | -          | -         | -           | 0.066    | 0.005      | 0.082     | 0.005       |
|                                                     | 2323-2304 | -                                                        | -         | -        | -          | -        | -          | -         | -           | 1.118    | 0.064      | 0.954     | 0.066       |
| 2305<br>Alan : 7272 km <sup>2</sup><br>Kot : 654 m  | 2304-2305 | 0.824                                                    | 0.090     | 0.744    | 0.072      | 0.595    | 0.076      | 0.797     | 0.073       | 0.434    | 0.107      | 0.411     | 0.101       |
|                                                     | 2315-2305 | 0.451                                                    | 0.052     | 0.658    | 0.064      | 0.686    | 0.076      | 0.651     | 0.067       | 0.257    | 0.071      | 0.332     | 0.092       |
|                                                     | 2316-2305 | 5.594                                                    | 0.274     | 2.907    | 0.175      | 2.803    | 0.205      | 2.916     | 0.184       | 1.054    | 0.222      | 1.236     | 0.256       |
|                                                     | 2323-2305 | 10.012                                                   | 2.389     | 13.361   | 2.480      | 9.061    | 2.188      | 19.972    | 2.519       | 7.149    | 3.361      | 11.745    | 3.510       |
| 2315<br>Alan : 19654 km <sup>2</sup><br>Kot : 57 m  | 2304-2315 | 0.304                                                    | 1.002     | 0.320    | 0.921      | 0.282    | 0.983      | 0.322     | 1.391       | 0.106    | 0.013      | 0.088     | 0.016       |
|                                                     | 2305-2315 | 0.130                                                    | 0.972     | 0.125    | 0.669      | 0.131    | 0.796      | 0.127     | 0.698       | 0.029    | 0.004      | 0.033     | 0.006       |
|                                                     | 2316-2315 | 0.944                                                    | 3.335     | 0.780    | 2.959      | 0.827    | 3.662      | 0.781     | 3.457       | 0.242    | 0.032      | 0.220     | 0.039       |
|                                                     | 2323-2315 | 4.723                                                    | 13.889    | 6.067    | 12.654     | 4.566    | 12.746     | 6.469     | 31.497      | 2.182    | 0.248      | 1.741     | 0.302       |
| 2316<br>Alan : 5505 km <sup>2</sup><br>Kot : 1170 m | 2304-2316 | 5.596                                                    | 0.384     | 8.412    | 0.769      | 7.298    | 0.778      | 9.480     | 0.937       | 4.807    | 7.176      | 8.515     | 5.472       |
|                                                     | 2305-2316 | 12.148                                                   | 0.493     | 17.816   | 0.946      | 12.872   | 0.785      | 13.877    | 0.895       | 11.202   | 3.547      | 8.122     | 5.134       |
|                                                     | 2315-2316 | 10.103                                                   | 1.871     | 10.747   | 1.585      | 9.941    | 1.456      | 8.885     | 1.508       | 10.002   | 6.586      | 5.364     | 5.223       |
|                                                     | 2323-2316 | 2.263                                                    | 0.432     | 2.959    | 0.623      | 2.525    | 0.679      | 6.404     | 1.236       | 0.855    | 1.776      | 5.210     | 4.886       |
| 2323<br>Alan : 6854 km <sup>2</sup><br>Kot : 572 m  | 2304-2323 | 0.849                                                    | 1.138     | 1.098    | 0.911      | 1.259    | 1.115      | 1.210     | 1.017       | 0.883    | 1.049      | 1.453     | 1.890       |
|                                                     | 2305-2323 | 1.050                                                    | 1.403     | 1.323    | 1.102      | 1.280    | 1.134      | 1.314     | 1.105       | 1.924    | 2.481      | 1.525     | 1.982       |
|                                                     | 2315-2323 | 2.480                                                    | 3.377     | 1.816    | 1.499      | 1.741    | 1.543      | 1.799     | 1.507       | 2.238    | 2.820      | 2.049     | 2.673       |
|                                                     | 2316-2323 | 0.122                                                    | 0.161     | 0.200    | 0.166      | 0.198    | 0.175      | 0.202     | 0.171       | 0.210    | 0.259      | 0.248     | 0.319       |

**Çizelge 4.23 : Harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımda w değerleri.**

| Harmanlanmış Performans Ağırlıklı Yaklaşımda w Değerleri (0<w<1) |           |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |
|------------------------------------------------------------------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                                                  |           | SM1R(A)        | SM1R(A+K)      | SM12R(A)       | SM12R(A+K)     | SM51R(A)       | SM51R(A+K)     | SM512R(A)      | SM512R(A+K)    | SM51L(A)       | SM51L(A+K)      | SM512L(A)       | SM512L(A+K)     |
|                                                                  |           | W <sub>1</sub> | W <sub>2</sub> | W <sub>3</sub> | W <sub>4</sub> | W <sub>5</sub> | W <sub>6</sub> | W <sub>7</sub> | W <sub>8</sub> | W <sub>9</sub> | W <sub>10</sub> | W <sub>11</sub> | W <sub>12</sub> |
| 2304<br>Alan : 1734 km <sup>2</sup><br>Kot : 1545 m              | 2305-2304 | -              | -              | -              | -              | -              | -              | -              | -              | 0.018          | 0.002           | 0.027           | 0.002           |
|                                                                  | 2315-2304 | -              | -              | -              | -              | -              | -              | -              | -              | 0.050          | 0.005           | 0.069           | 0.005           |
|                                                                  | 2316-2304 | -              | -              | -              | -              | -              | -              | -              | -              | 0.062          | 0.005           | 0.076           | 0.005           |
|                                                                  | 2323-2304 | -              | -              | -              | -              | -              | -              | -              | -              | 0.528          | 0.060           | 0.488           | 0.062           |
| 2305<br>Alan : 7272 km <sup>2</sup><br>Kot : 654 m               | 2304-2305 | 0.452          | 0.083          | 0.427          | 0.067          | 0.373          | 0.070          | 0.443          | 0.068          | 0.302          | 0.097           | 0.291           | 0.092           |
|                                                                  | 2315-2305 | 0.311          | 0.050          | 0.397          | 0.060          | 0.407          | 0.071          | 0.394          | 0.063          | 0.204          | 0.066           | 0.249           | 0.085           |
|                                                                  | 2316-2305 | 0.848          | 0.215          | 0.744          | 0.149          | 0.737          | 0.170          | 0.745          | 0.155          | 0.513          | 0.182           | 0.553           | 0.204           |
|                                                                  | 2323-2305 | 0.909          | 0.705          | 0.930          | 0.713          | 0.901          | 0.686          | 0.952          | 0.716          | 0.877          | 0.771           | 0.922           | 0.778           |
| 2315<br>Alan : 19654 km <sup>2</sup><br>Kot : 57 m               | 2304-2315 | 0.233          | 0.501          | 0.242          | 0.479          | 0.220          | 0.496          | 0.243          | 0.582          | 0.096          | 0.013           | 0.081           | 0.015           |
|                                                                  | 2305-2315 | 0.115          | 0.493          | 0.111          | 0.401          | 0.116          | 0.443          | 0.113          | 0.411          | 0.028          | 0.004           | 0.032           | 0.006           |
|                                                                  | 2316-2315 | 0.486          | 0.769          | 0.438          | 0.747          | 0.453          | 0.785          | 0.438          | 0.776          | 0.195          | 0.031           | 0.180           | 0.037           |
|                                                                  | 2323-2315 | 0.825          | 0.933          | 0.859          | 0.927          | 0.820          | 0.927          | 0.866          | 0.969          | 0.686          | 0.199           | 0.635           | 0.232           |
| 2316<br>Alan : 5505 km <sup>2</sup><br>Kot : 1170 m              | 2304-2316 | 0.848          | 0.278          | 0.894          | 0.435          | 0.879          | 0.438          | 0.905          | 0.484          | 0.828          | 0.878           | 0.895           | 0.845           |
|                                                                  | 2305-2316 | 0.924          | 0.330          | 0.947          | 0.486          | 0.928          | 0.440          | 0.933          | 0.472          | 0.918          | 0.780           | 0.890           | 0.837           |
|                                                                  | 2315-2316 | 0.910          | 0.652          | 0.915          | 0.613          | 0.909          | 0.593          | 0.899          | 0.601          | 0.909          | 0.868           | 0.843           | 0.839           |
|                                                                  | 2323-2316 | 0.694          | 0.302          | 0.747          | 0.384          | 0.716          | 0.404          | 0.865          | 0.553          | 0.461          | 0.640           | 0.839           | 0.830           |
| 2323<br>Alan : 6854 km <sup>2</sup><br>Kot : 572 m               | 2304-2323 | 0.459          | 0.532          | 0.523          | 0.477          | 0.557          | 0.527          | 0.548          | 0.504          | 0.469          | 0.512           | 0.592           | 0.654           |
|                                                                  | 2305-2323 | 0.512          | 0.584          | 0.570          | 0.524          | 0.561          | 0.531          | 0.568          | 0.525          | 0.658          | 0.713           | 0.604           | 0.665           |
|                                                                  | 2315-2323 | 0.713          | 0.772          | 0.645          | 0.600          | 0.635          | 0.607          | 0.643          | 0.601          | 0.691          | 0.738           | 0.672           | 0.728           |
|                                                                  | 2316-2323 | 0.109          | 0.139          | 0.167          | 0.143          | 0.165          | 0.149          | 0.168          | 0.146          | 0.173          | 0.206           | 0.198           | 0.242           |

Genel olarak w ağırlık oranına göre bir değerlendirme yapılacak olursa, 2304 nolu istasyonun tahminlerinde logaritmik değerlerin kullanıldığı yöntemlerde genellikle DAR yönteminin başarılı olduğu söylenebilir. 2305 nolu ve 2315 nolu istasyonlarda 2323 nolu istasyonun verilerinin kullanıldığı yöntemlerde diğer yöntemler çoğunlukla daha üstün performans göstermişlerdir.

2316 nolu istasyonda tüm istasyonların verileriyle logaritmik verilerin kullanıldığı yöntemler hariç, sadece (A) kullanılarak yapılan tahminlerde diğer yöntemler, (A+K)'nın kullanıldığı yöntemlerde DAR yöntemi daha üstündür.

2323 nolu istasyonda 2316 nolu istasyonun verileri kullanılan yöntemlerde DAR yöntemi daha başarılı olmuştur.

0 ile 1 arasında değişen w değeri 0'a yaklaştıkça DAR yönteminin, 1'e yaklaştıkça diğer yöntemlerin daha başarılı olduğuna Bölüm (3.4)'de değinilmişti. W değerinin 0,5 değerine kadar olan kısmı için DAR yönteminin başarılı olduğu, 0.5- 1 arasındaki w değerlerinde ise diğer yöntemlerin daha başarılı olduğu kabul edilirse, hesaplanan 208 adet w ağırlık değerinden 105 adedinde DAR yönteminin performansı diğer yöntemlere göre daha başarılı, 103 adedinde de diğer yöntemlerin performansı daha başarılıdır. Bu durumda yöntemlerin genel olarak birbirine karşı bariz üstünlük kurduğunu söylemek mümkün değildir.

## **5. AYLIK AKIM TAHMİNLERİNDEN DEBİ SÜREKLİLİK EĞRİLERİNİN ELDE EDİLMESİ**

Debi Süreklilik Eğrileri, daha önce açıklandığı üzere nehirdeki belli bir zaman yüzdesindeki akımların bilinmesinde kullanılmaktadır. Akım santrallarının kurulu gücünün belirlenmesinde bu eğrilerden faydalanılmaktadır. Debi Süreklilik Eğrisi'nin sağ uç kısmının benzeştirilmesi, akarsu santrallerinin yıllık çalışma sürelerinin belirlenmesi ve akarsudaki minimum akımın benzeştirilmesi açısından önem arz etmektedir.

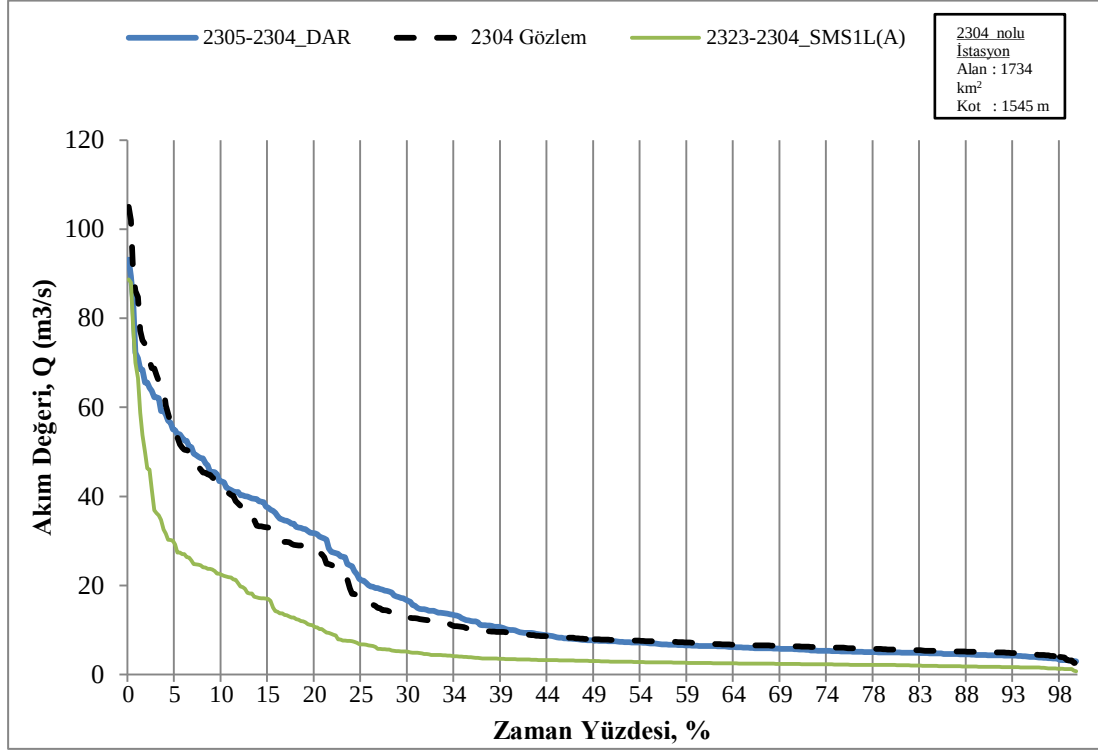
Bu çalışmada çeşitli yöntemlerle yapılan aylık akım tahminlerine ait Debi Süreklilik Eğrileri elde edilmiş, ayrıca seçilmiş istasyonlara ait gözlenmiş aylık akım değerlerine ait Debi süreklilik Eğrileri elde edilerek tahmin ve gözlem karşılaştırmaları grafik üzerinde yapılmıştır.

### **5.1 Seçilen Tahmin Yöntemlerinden Debi Süreklilik Eğrilerinin Elde Edilmesi**

Tahmin performans ölçütlerinden olan ve çalışmada kullanılan NSE değerleri yardımıyla tahmin başarısı yüksek olan NSE değerine sahip tahmin yöntemleri seçilerek o aylık akım tahminlerine ait Debi Süreklilik Eğrileri çizilmiştir.

Bunun dışında aynı istasyona ait DAR yöntemi ile yapılan tahminlerden elde edilen DSE'ler ve gözlem değerlerinden elde edilen DSE'ler ile birlikte tüm elde edilen DSE'ler her bir istasyon için tek bir grafikte toplanarak karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

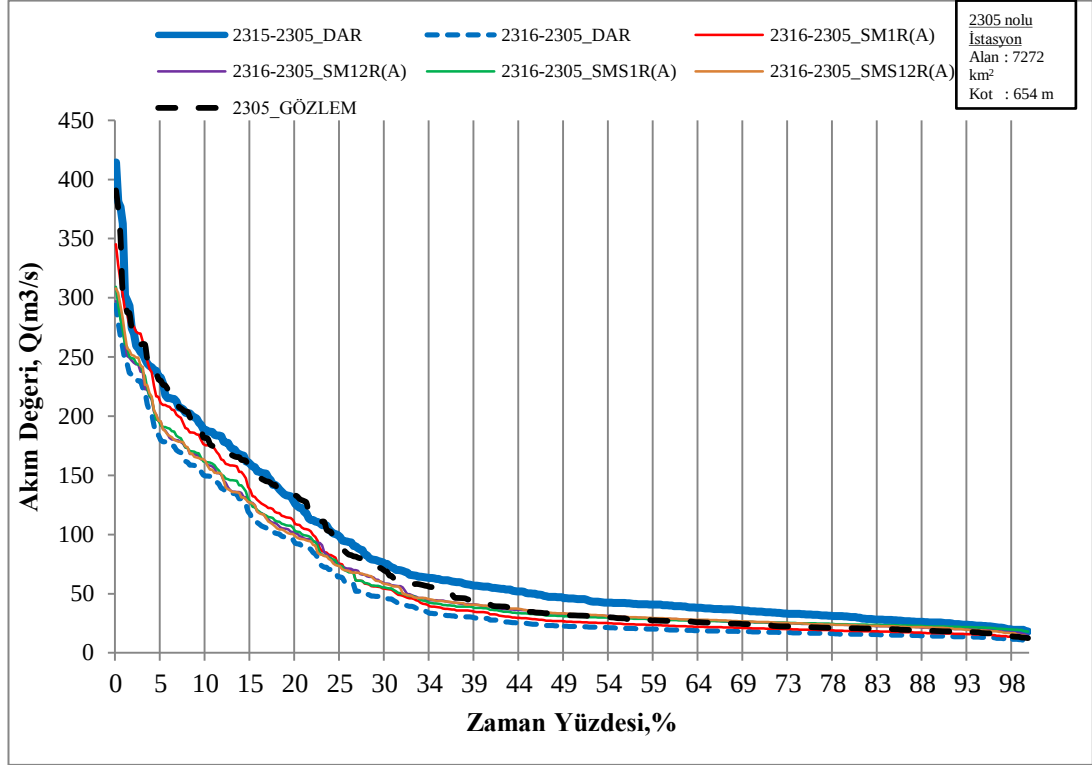
2304 nolu istasyona ait elde edilmiş olan Debi Süreklilik Eğrisi Şekil 5.1’de verilmiştir.



**Şekil 5.1 :** 2304 nolu istasyonun karşılaştırmalı debi süreklilik eğrileri.

Bu grafikten de anlaşılacağı üzere, 2305 nolu istasyonun akım verileri kullanılarak DAR yöntemi ile yapılan 2304 nolu istasyonun aylık akım tahminlerinden elde edilen DSE’nin, 2323 nolu istasyonun akım verileri kullanılarak SMS1L(A) yöntemi ile yapılan tahminden elde edilen DSE’ne göre gözlem değerlerine ait DSE’ye daha yakın olduğu görülmektedir.

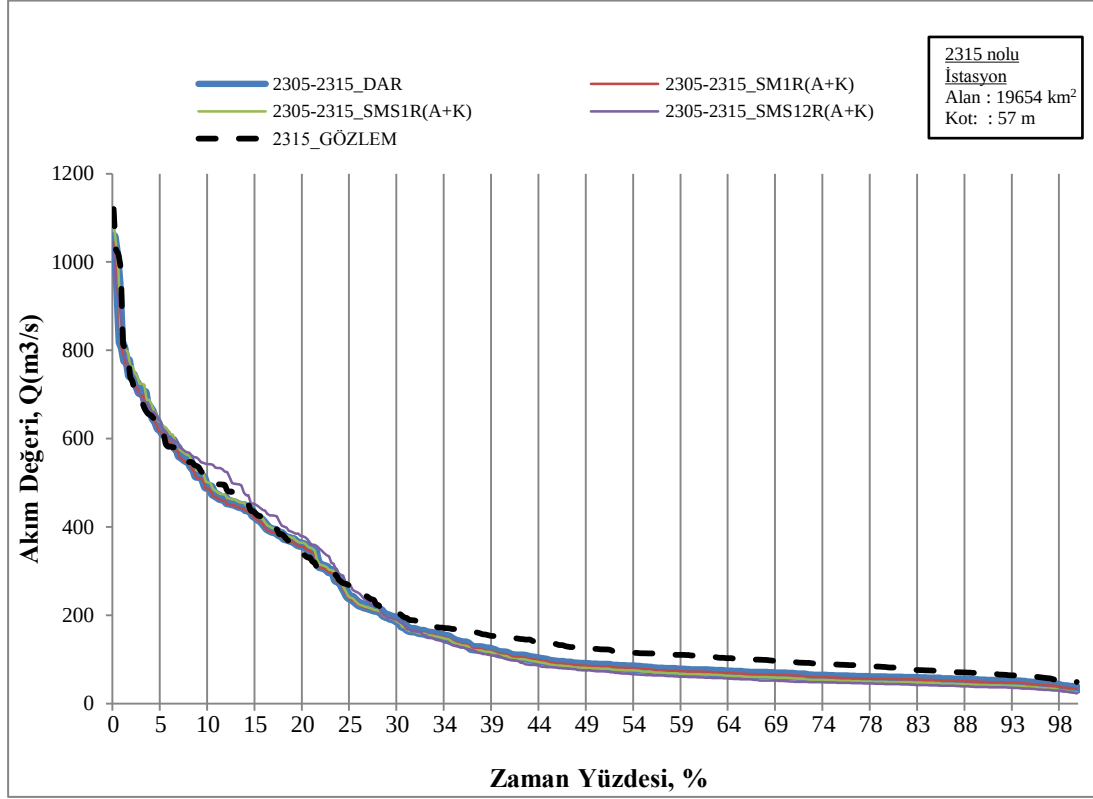
2305 nolu istasyona ait elde edilmiş olan Debi Süreklilik Eğrisi Şekil 5.2’de verilmiştir.



**Şekil 5.2 :** 2305 nolu istasyonun karşılaştırmalı debi süreklilik eğrileri.

2305 nolu istasyona ait Debi Süreklilik Eğrisinde, 2316 nolu istasyonun verileri kullanılarak yapılan tahmin yöntemlerinde eğriler birbirine yakındır. SM ve SMS yöntemlerinin DSE’leri DAR yönteminin DSE’ne göre gözlenmiş değerlerin DSE’ne daha yakındır. 2315 nolu istasyonun verileriyle DAR yöntemi ile yapılan tahminin DSE’si % 30-35’lik zaman yüzdesine kadar gözlenmiş değere en yakın DSE olarak gözlenmiştir. % 35’lik zaman yüzdesinden sonra ise diğer DSE’ler gibi bir miktar sapma olmuştur.

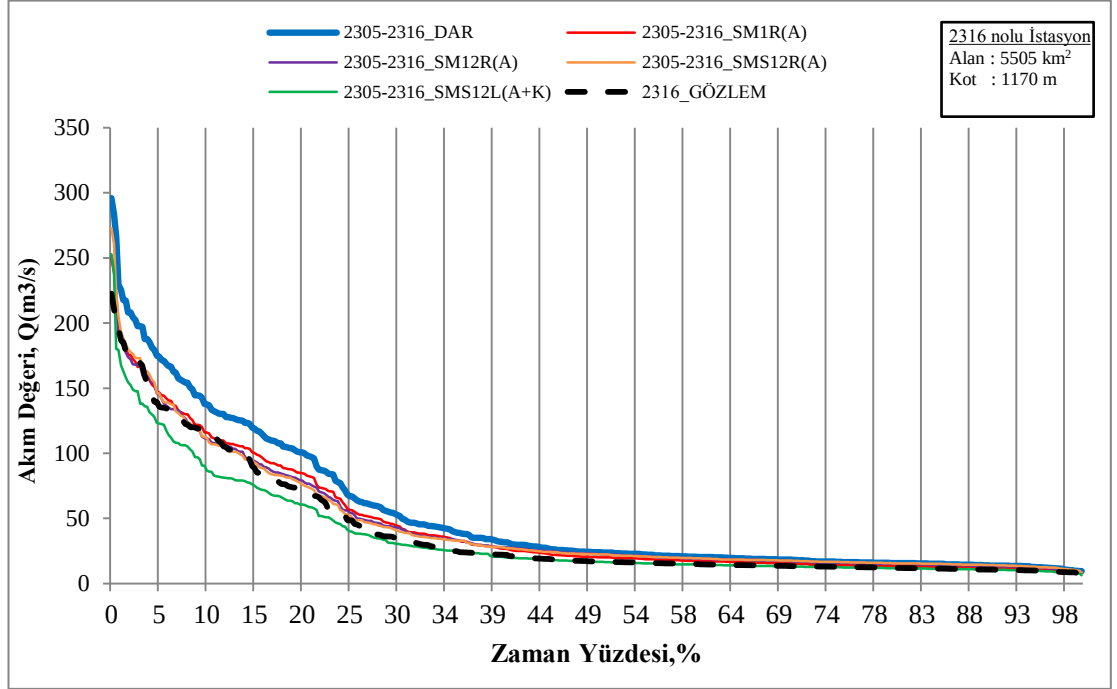
2315 nolu istasyona ait elde edilmiş olan Debi Süreklilik Eğrisi Şekil 5.3’de verilmiştir.



**Şekil 5.3 :** 2315 nolu istasyonun karşılaştırmalı debi süreklilik eğrileri.

2315 nolu istasyonda ise, 2305 nolu istasyonun verileri kullanılarak seçilen yöntemlere göre yapılan tahminlerden elde edilen DSE’lerin genel olarak gözlenmiş akım değerlerine yakın olduğu ( %35’lik zaman yüzdesine kadar) gözlenmiştir.

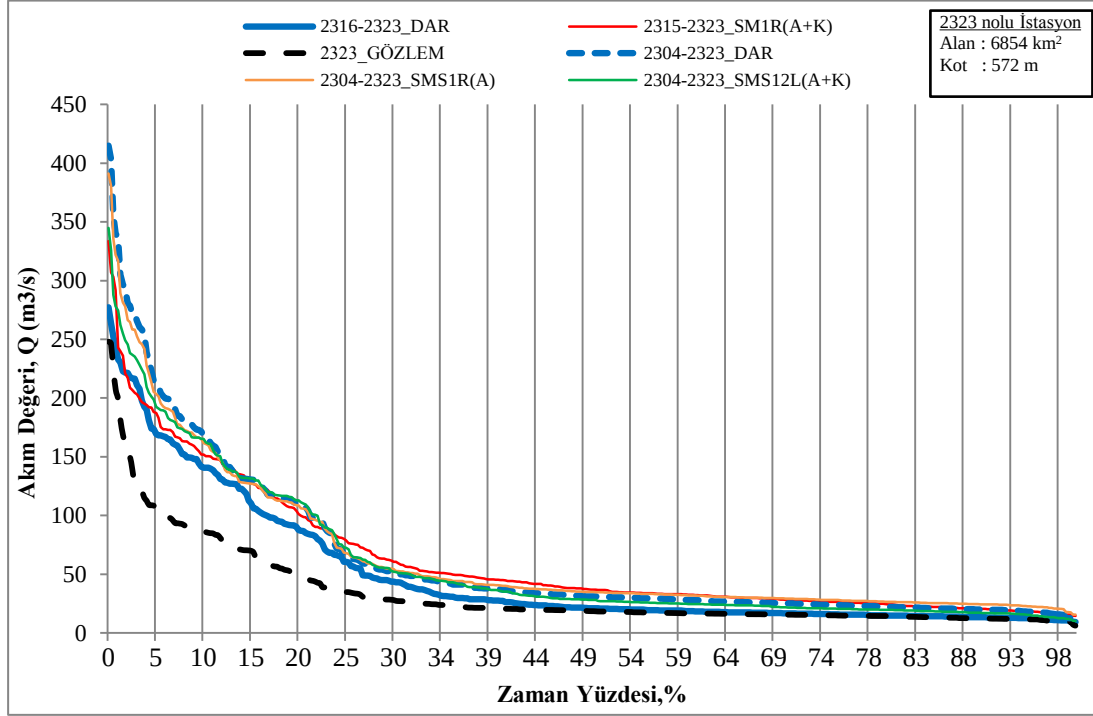
2316 nolu istasyona ait elde edilmiş olan Debi Süreklilik Eğrisi Şekil 5.4’de verilmiştir.



**Şekil 5.4 :** 2316 nolu istasyonun karşılaştırmalı debi süreklilik eğrileri.

2316 nolu istasyonda, 2305 nolu istasyonun verileri kullanılarak seçilen yöntemlere göre yapılan tahminlerden elde edilen DSE’lerin çoğu gözlenmiş akım değerlerine yakın olduğu ve çok başarılı tahminler olduğu gözlenmiştir. SMS12L(A+K) yöntemine ait DSE gözlenmiş akımlara ait DSE’den düşük, DAR yöntemine ait DSE ise gözlenmiş akımlar ait DSE’den yüksek çıkmıştır.

2323 nolu istasyona ait elde edilmiş olan Debi Süreklilik Eğrisi Şekil 5.5’de verilmiştir.



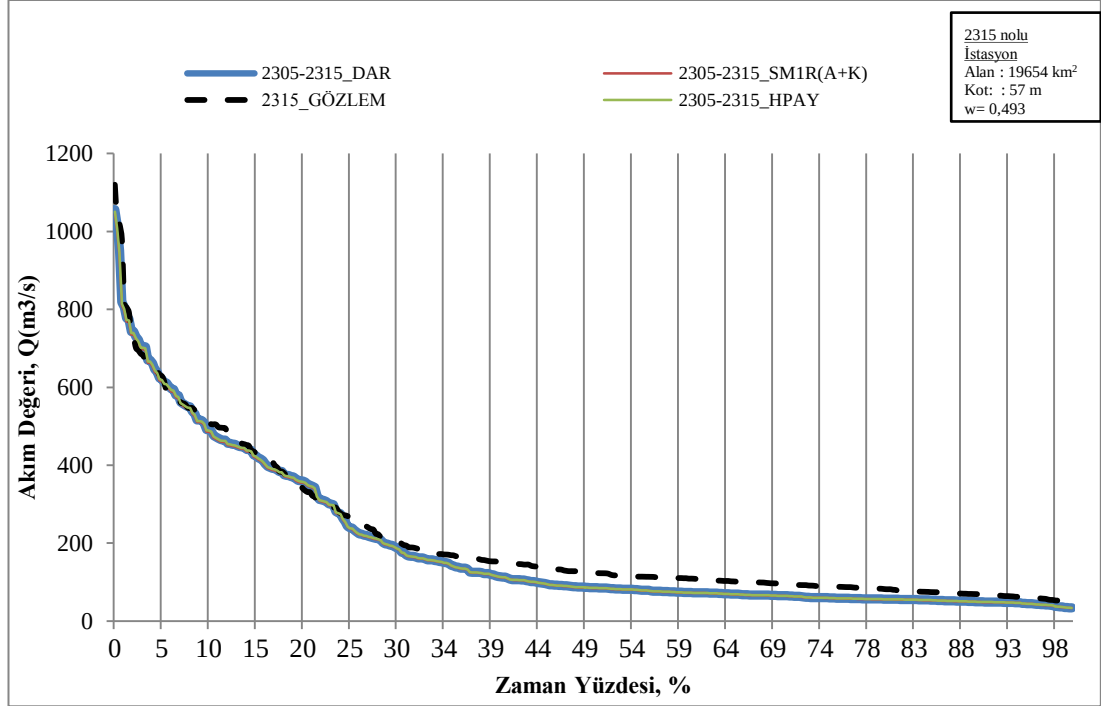
**Şekil 5.5 :** 2323 nolu istasyonun karşılaştırmalı debi süreklilik eğrileri.

2323 nolu istasyonda ise, farklı istasyonların verilerinin kullanıldığı seçilen tahmin yöntemlerinin DSE’leri gözlenmiş değerlerden elde edilen DSE’lerden oldukça yüksek çıkmıştır. Bu durum iyi tahmin yapılamadığını da göstermektedir. Seçilen bu tahmin yöntemlerine ait NSE değerlerinin düşük çıkması da bu durumu desteklemektedir.

## 5.2 Harmanlanmış Yöntemler Kullanılarak Debi Süreklilik Eğrisi Elde Edilmesi

Harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımla yapılan tahminlerden elde edilen w ağırlık oranı değerlerine göre belirlenen istasyonlarda ve yöntemlerle debi süreklilik eğrileri elde edilmiştir. Böylelikle harmanlanmış yöntemlerin belirlenen tahmin yöntemlerine etkisini debi süreklilik eğrisinde görebilmek mümkün olmuştur.

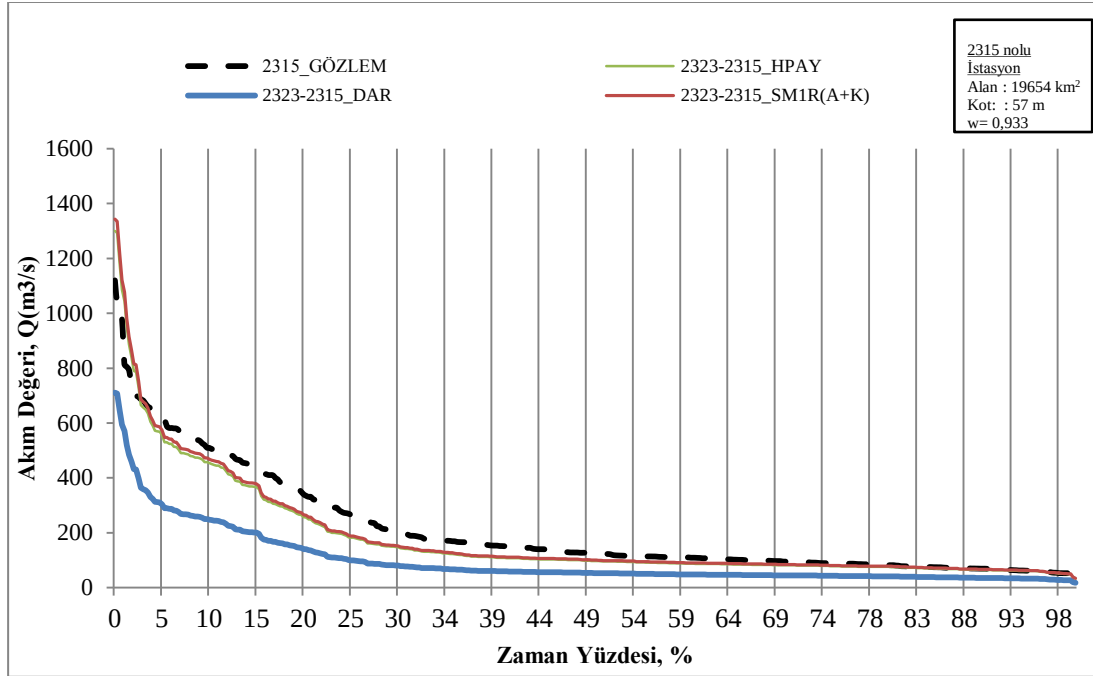
2315 nolu istasyonda, 2305 nolu istasyonun verileri kullanılarak DAR ve SM1R (A+K) yöntemleri ile yapılan tahminlerin, w ağırlık oranına göre harmanlanmış yöntemle yeniden tahmini yapılmıştır. Bu tahminlerden elde edilen debi süreklilik eğrileri Şekil 5.6'da gösterilmiştir.



**Şekil 5.6 :** 2315 nolu istasyonun 2305 nolu istasyon verileri ile harmanlanmış yöntemle karşılaştırmalı debi süreklilik eğrileri.

Yukarıdaki grafikten de görüleceği üzere Harmanlanmış yaklaşımla yapılan tahminlerden, karşılaştırma yapılan DAR yöntemi ve SM1R(A+K) yöntemlerinin DSE'lerine yakın DSE elde edilmiştir. Dolayısıyla iki yöntem arasında fazla fark bulunmadığı da söylenebilir.

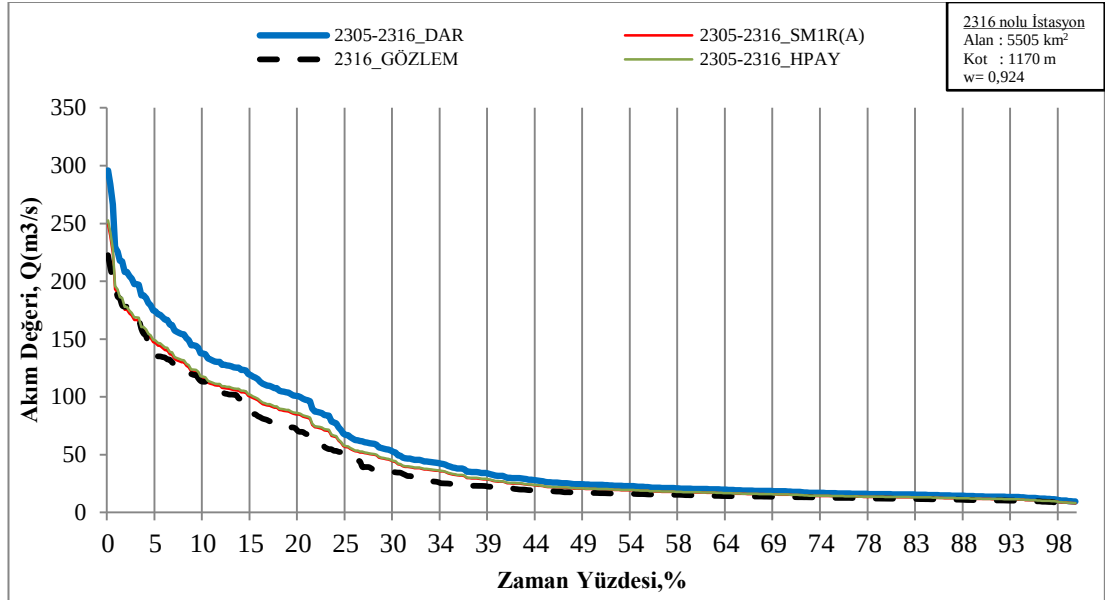
2315 nolu istasyonda, 2323 nolu istasyonun verileri kullanılarak DAR ve SM1R (A+K) yöntemleri ile yapılan tahminlerin,  $w$  ağırlık oranına göre harmanlanmış yöntemle yeniden tahmini yapılmıştır. Bu tahminlerden elde edilen debi süreklilik eğrileri Şekil 5.7’de gösterilmiştir.



**Şekil 5.7 :** 2315 nolu istasyonun 2323 nolu istasyonun verileri ile harmanlanmış yöntemle karşılaştırmalı debi süreklilik eğrileri.

Yukarıdaki grafikten de görüleceği üzere Harmanlanmış yaklaşımla yapılan tahminlerden elde edilen DSE, karşılaştırma yapılan DAR yöntemi ve SM1R(A+K) yöntemlerinden  $w$  ağırlık oranının da değeri nedeniyle SM1R(A+K) yönteminin DSE’sine yakın çıkmıştır. Bu durumda Harmanlanmış yöntemin fazla katkı sağladığını söylemek güçtür.

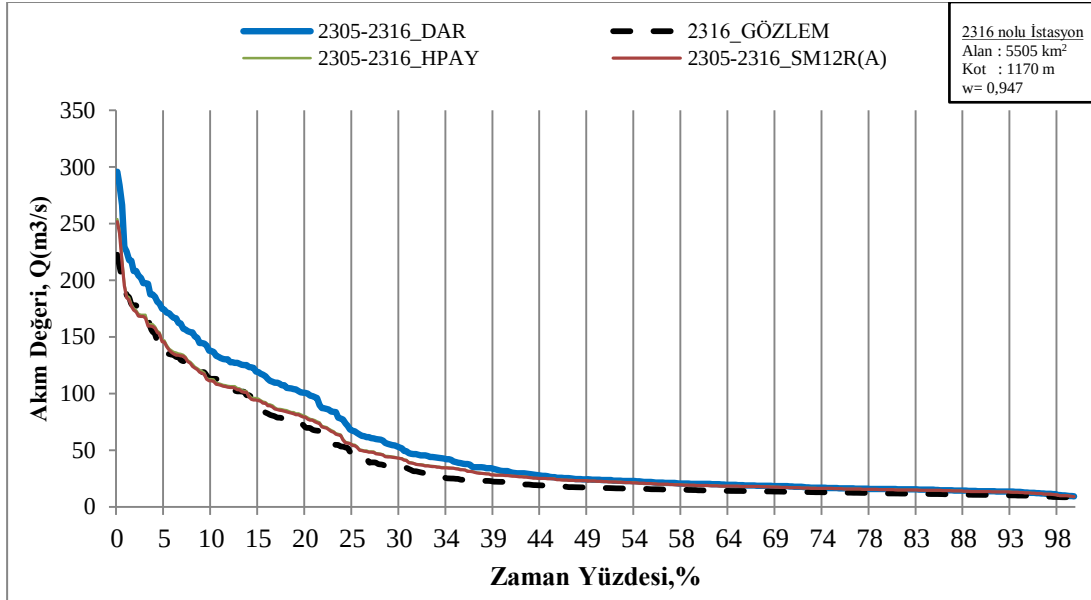
2316 nolu istasyonda, 2305 nolu istasyonun verileri kullanılarak DAR ve SM1R (A) yöntemleri ile yapılan tahminlerin, w ağırlık oranına göre harmanlanmış yöntemle yeniden tahmini yapılmıştır. Bu tahminlerden elde edilen debi süreklilik eğrileri Şekil 5.8’de gösterilmiştir.



**Şekil 5.8 :** 2316 nolu istasyonun 2305 nolu istasyonun verileri ile harmanlanmış ve SM1R(A) yöntemiyle karşılaştırmalı debi süreklilik eğrileri.

Harmanlanmış yaklaşımla yapılan tahminlerden elde edilen DSE, karşılaştırma yapılan DAR yöntemi ve SM1R(A) yöntemlerinden w ağırlık oranının da değeri nedeniyle SM1R(A) yönteminin DSE’sine yakın çıkmıştır. Bu durumda Harmanlanmış yöntemin fazla katkı sağladığını söylemek güçtür.

2316 nolu istasyonda, 2305 nolu istasyonun verileri kullanılarak DAR ve SM12R (A) yöntemleri ile yapılan tahminlerin,  $w$  ağırlık oranına göre harmanlanmış yöntemle yeniden tahmini yapılmıştır. Bu tahminlerden elde edilen debi süreklilik eğrileri Şekil 5.9’da gösterilmiştir.



**Şekil 5.9 :** 2316 nolu istasyonun 2305 nolu istasyonun verileri ile harmanlanmış ve SM12R(A) yöntemiyle karşılaştırmalı debi süreklilik eğrileri.

Bu istasyonda da  $w$  ağırlık değerinin 1’e yakın olması nedeniyle harmanlanmış yöntemle yapılan tahminlere ait DSE, SM12R(A) yöntemi ile yapılan tahminle elde edilen DSE’ye yakın çıkmıştır. Grafikten de görüleceği üzere, SM12R(A) yöntemi ile yapılan tahmin gözlem değerlerinden elde edilen DSE ile uyumludur. Harmanlanmış yöntemle yapılan tahminlerin fazla yarar sağlayamadığı grafikte görülmektedir.

### 5.3 Ortak Değerlendirme

Çalışma havzasındaki istasyonlardan NSE ve  $w$  değerleri dikkate alınarak seçilen ve çeşitli yöntemlerle yapılan tahminlerden elde edilen debi süreklilik eğrileri tahmini yapılan istasyona ait gözlem değerleri ile karşılaştırılmıştır.

NSE değerleri dikkate alınarak yapılan değerlendirmede seçilen istasyon ve yöntemlerde kısaca özetlemek gerekirse, 2304 ve 2305 nolu istasyonda DAR yönteminin gözlem değerlerine yakın değerler verdiğini, 2315 ve 2316 nolu istasyonlarda tüm yöntemlerin başarılı olduğu, 2323 nolu istasyonda ise düşük NSE

değerleri nedeniyle tüm yöntemlerde elde DSE'ler gözlem değerlerine ait DSE'den yüksek değerler verdiği ve başarısız olduğu görülmüştür.

Harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşım ile  $w$  ağırlık oranı dikkate alınarak belirlenen istasyon verileri ve yöntemler dikkate alınarak 2315 ve 2316 nolu istasyonlara ait DSE'ler elde edilmiştir. Harmanlanmış yöntemde  $w$  ağırlık oranının belirleyici olması nedeniyle  $w$  değerleri 1'e yakın olan tahmin yöntemlerindeki DSE'lerin SM yöntemine yakın değerler verdiği tespit edilmiştir. Bu durumda harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımın küçük avantajlar dışında önemli bir avantaj sağlamadığı değerlendirilmiştir.

Hidroelektrik santrallerin planlanmasında ve kurulu gücünün belirlenmesinde akımlara ait DSE'lerin %10 ve %20 'lik zaman yüzdesine denk gelen akım değerleri esas alınmaktadır. Çizelge 5.1'de de 5.1 ve 5.2 bölümlerinde seçilen istasyon ve yöntemlere ait %10 ve %20'lik akım değerleri verilmiştir. Bu çizelgede gözlem akım değerlerine en yakın değerleri veren yöntemler ve istasyonlar belirlenmiştir. Bu değerlendirme neticesinde de hangi tahmin yönteminin hangi istasyon verileriyle kullanımının faydalı olacağı belirlenmiştir.

**Çizelge 5.1** : Belirlenmiş yöntemlerin zaman yüzdelerine göre akım tahmin değerleri.

| İSTASYON | YÖNTEM                | %10 'luk Akım<br>Değeri (m <sup>3</sup> /s) | %20 'lik Akım<br>Değeri (m <sup>3</sup> /s) |
|----------|-----------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 2304     | 2305-2304_DAR         | <b>43,326</b>                               | <b>31,475</b>                               |
|          | 2323-2304_SMS1L(A)    | 22,397                                      | 10,583                                      |
|          | 2304_GÖZLEM           | 42,45                                       | 27,32                                       |
| 2305     | 2315-2305_DAR         | 188,479                                     | <b>123,839</b>                              |
|          | 2316-2305_DAR         | 149,403                                     | 92,138                                      |
|          | 2316-2305_SM1R(A)     | <b>175,47</b>                               | 108,215                                     |
|          | 2316-2305_SM12R(A)    | 161,519                                     | 100,65                                      |
|          | 2316-2305_SMS1R(A)    | 161,026                                     | 102,309                                     |
|          | 2316-2305_SMS12R(A)   | 161,777                                     | 97,173                                      |
|          | 2305_GÖZLEM           | 181,7                                       | 132                                         |
| 2315     | 2305-2315_DAR         | 491,08                                      | 356,756                                     |
|          | 2305-2315_SM1R(A+K)   | 485,709                                     | <b>352,854</b>                              |
|          | 2305-2315_SMS1R(A+K)  | <b>501,211</b>                              | 361,496                                     |
|          | 2305-2315_SMS12R(A+K) | 542,056                                     | 376,172                                     |
|          | 2305-2315_HPAY        | 488,432                                     | 354,832                                     |
|          | 2315_GÖZLEM           | 509,4                                       | 334,7                                       |
| 2316     | 2305-2316_DAR         | 137,549                                     | 99,926                                      |
|          | 2305-2316_SM1R(A)     | 115,881                                     | 84,185                                      |
|          | 2305-2316_SM12R(A)    | 111,264                                     | 77,494                                      |
|          | 2305-2316_SMS12R(A)   | <b>112,032</b>                              | <b>75,066</b>                               |
|          | 2305-2316_SMS12L(A+K) | 86,655                                      | 60,284                                      |
|          | 2305-2316_HPAY        | 117,528                                     | 85,381                                      |
|          | 2316_GÖZLEM           | 113,1                                       | 69,75                                       |
| 2323     | 2316-2323_DAR         | <b>140,815</b>                              | <b>86,842</b>                               |
|          | 2315-2323_SM1R(A+K)   | 151,76                                      | 99,714                                      |
|          | 2304-2323_DAR         | 167,793                                     | 107,988                                     |
|          | 2304-2323_SMS1R(A)    | 161,713                                     | 106,193                                     |
|          | 2304-2323_SMS12L(A+K) | 165,158                                     | 111,182                                     |
|          | 2323_GÖZLEM           | 86,5                                        | 48,74                                       |

## 6. DEĞERLENDİRMELER

Bu çalışmada, Farmer ve Vogel'in "Ölçümü Olmayan Havzalarda Aylık Akımın Tahmini için Performans Ağırlıklı Yöntemler" isimli 2013 yılında Journal of Hydrology dergisinde yayınlanan makalesinde açıklanan yöntemler uygulanarak ülkemizdeki Çoruh havzasındaki belirlenen istasyonlarda aylık akım tahminleri yapılmıştır. Geleneksel yöntemlerden biri olan drenaj alanı oranı (DAR) yöntemi ile standartlaştırma yöntemleri ile aylık akım tahminleri yapılmıştır.

Varyasyonları ile birlikte 13 farklı yöntemle yapılan tahminlerin performansları ölçülmüş ve DAR yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca belirlenen yöntemlerle debi süreklilik eğrileri elde edilmiştir.

Aynı makaledeki yöntemler uygulanarak yapılan, Yılmaz, M. U.'nun "Performans ağırlıklı yöntemlerle aylık akımların tahmini: Orta Fırat Havzası Uygulaması" isimli yüksek lisans tezinde de benzer şekilde 5 istasyona ait aylık akım verilerinin tahmini Orta Fırat Havzasında yapılmıştır. Bu iki çalışmanın sonuçları arasında genel bir karşılaştırma yapıldığında aşağıdaki durumlar ortaya çıkmıştır:

Orta Fırat Havzasında;

- Çalışma yapılan akım gözlem istasyonlarındaki tahminlerde bölgesel regresyon gerektiren standartlaştırma yöntemlerinin (SM ve SMS), DAR yöntemine göre daha başarılı olduğu değerlendirilmiştir.
- Bölgesel regresyonda yağış alanı ve kot (A+K) parametrelerini kullanan yöntemler, birkaç istisna yöntem dışında, sadece yağış alanı (A) parametresini kullanan yöntemlere göre üstün performans sergilemişlerdir.
- Harmanlanmış yöntemde w ağırlık oranına göre yapılan değerlendirme neticesinde SM ve SMS yöntemlerinin %74 oranında DAR yöntemine göre başarılı olduğu tespit edilmiştir.

Çoruh Havzasında :

- Çalışma yapılan akım gözlem istasyonlarındaki tahminlerde DAR yöntemi ve bölgesel regresyon gerektiren standartlaştırma yöntemlerinin (SM ve SMS), genel olarak başarılı olduğu söylenebilir.
- Bölgesel regresyon gerektiren standartlaştırma yöntemlerinde Orta Fırat havzasının aksine sadece yağış alanı (A) parametresini kullanan yöntemler, birkaç istisna yöntem dışında, yağış alanı ve kot (A+K) parametrelerini kullanan yöntemlere göre üstün performans sergilemişlerdir.
- Standartlaştırma yöntemlerinde yıllık ve aylık akım verileri kullanılarak yapılan tahminlerin performansı arasında önemli bir fark bulunmamaktadır.
- 2304 ve 2323 nolu istasyonların tahminleri de istasyonların havza konumları nedeniyle diğer istasyonlara göre başarı yüzdesi düşük olarak değerlendirilmiştir.
- Harmanlanmış yöntemde w ağırlık oranına göre yapılan değerlendirme neticesinde ise DAR yöntemi ile SM ve SMS yöntemleri arasında üstünlük tespit edilememiştir.

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, aylık akımların tahmininde çeşitli yöntemler denenmiş ve başarıları ölçülmüştür. Ayrıca bu tahminlere ait debi süreklilik eğrileri (DSE) elde edilmiştir.

Çalışma alanı olarak, Çoruh nehri havzası seçilmiştir. Bu havzada 1965-1998 yılları arasında doğal aylık akım ölçüm değerleri mevcut olan 2304, 2305, 2315, 2316 ve 2323 nolu akım gözlem istasyonları seçilmiştir. Bu istasyonlardan birinin akım verilerinin olmadığı varsayılarak sırasıyla diğerlerinin yardımıyla aylık akım tahminleri yapılmıştır.

Uygulamada yağış alanı oranı ile akımların tahmini (DAR), ortalama akım ile akımların standartlaştırılması (SM), ortalama ve standart sapma ile akımların standartlaştırılması (SMS) olmak üzere üç akım transfer yöntemi kullanılmıştır. Akım transfer yöntemlerinde kullanılan akım istatistiklerini tahmin etmek için sırasıyla her bir istasyonun ölçümü olmadığı varsayılarak diğer 4 istasyonun verileri kullanılarak yıllık ve aylık olarak bölgesel regresyon yapılmıştır. Bu bölgesel regresyonda yağış alanı (A), yağış alanı ve kot (A+K),  $\ln A$  ve  $\ln(A+K)$  varyasyonları kullanılmıştır. Toplamda 13 adet tahmin yöntemi kullanılmıştır.

Yağış alanı oranı (DAR) ve bölgesel regresyonun kullanıldığı yöntemlerle (SM ve SMS) toplam 260 adet aylık akım tahmini yapılmıştır. Ancak az sayıda istasyonla doğrusal regresyon analizi yapılmasından kaynaklanan ve tamamı 2304 nolu istasyonun aylık akım tahmininde (SM ve SMS yöntemlerinde) görülen 32 adet tahmin uygulanamamıştır.

Kullanılan tahmin yöntemlerinin performansının ölçülmesi için, Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE) ve karekök hata kareler ortalaması (RMSE) performans ölçütleri kullanılmıştır. Yöntemlere ait tüm NSE ve RMSE değerleri hesaplanmış ve sonuç olarak her iki tahmin performans belirleme yönteminin de paralel sonuçlar verdiği görülmüştür. Buna göre, DAR yöntemi birçok istasyonda başarılı sonuçlar vermiştir. SM ve SMS yöntemlerinde ise benzer başarılı durum söz konusudur.

Genellikle istasyonun havza alanının (A) kullanıldığı yöntemler, istasyonun havza alanı (A) ve ortalama kotun (K) birlikte kullanıldığı yöntemlere göre daha başarılı sonuçlar vermiştir. Bu sonuçlarda, istasyonların kot seviyelerinin birbirinden çok farklı olmasının etkili olduğu düşünülmektedir.

DAR yöntemi ile SM ve SMS yöntemlerinin karşılaştırıldığı Harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımda ise, hesaplanan w ağırlık oranına göre değerlendirme yapıldığında, tahminlerin % 50'sinde DAR yönteminin üstün olduğu, diğer % 50'sinde de SM ve SMS yöntemlerinin üstün olduğu görülmüştür.

İstasyon bazında incelendiğinde, 2304 ve 2323 nolu istasyonlarda çok başarılı tahminlerin yapılamadığı tespit edilmiştir. Bunun sebebi olarak, regresyon yapılan istasyon sayısının az olması ve 2304 nolu istasyonun konumunun Çoruh nehrinin yan kolu olması ve havzanın menbaasında yer alması düşünülebilir. Benzer şekilde 2323 nolu istasyonun da konumunun Çoruh nehrinin yan kolu olması sonuçların başarısını etkilediği düşünülmektedir.

2305, 2315 ve 2316 nolu istasyonlarda ise daha başarılı tahmin sonuçları elde edilmiştir. Bunun nedeni olarak, bu istasyonların Çoruh nehri anakolu üzerinde yer alması söylenebilir. Logaritmik değerlerin kullanıldığı tahmin yöntemlerinde ise bazı istasyonlar haricinde çok başarılı tahminler yapılamamıştır.

Çalışmada, seçilen yöntemlerle yapılan tahminlere ait debi süreklilik eğrileri elde edilmiş, bu eğriler her istasyona ait gözlenmiş akım değerlerinden elde edilen debi süreklilik eğrileri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca DAR yöntemi ile yapılan tahminlere ait debi süreklilik eğrileri ile de karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, debi süreklilik eğrilerinde de tahmin yöntemlerinin tahmin performans ölçütlerine benzer şekilde sonuçlar belirlenmiştir.

Seçilen istasyonlarda Harmanlanmış yöntemler kullanılarak yapılan tahminlere ait debi süreklilik eğrileri de elde edilmiş, ancak harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımın küçük avantajlar dışında önemli bir avantaj sağlamadığı tespit edilmiştir.

Hidroelektrik santrallerin planlanmasında ve kurulu gücünün belirlenmesinde akımlara ait DSE'lerin %10 ve %20 'lik zaman yüzdesine denk gelen akım değerleri esas alındığından, çalışmada seçilen istasyon ve yöntemlere ait %10 ve %20'lik akım değerleri hesaplanmış ve gözlem akım değerlerine en yakın değerleri veren

yöntemler ve istasyonlar belirlenmiştir. Böylelikle hangi tahmin yönteminin hangi istasyon verileriyle kullanılacağı belirlenmiştir.

Sonuç olarak, çalışmada geleneksel akım tahminlerinden olan DAR yöntemine alternatif olarak düşünülen SM ve SMS yöntemlerinin, referans makalede [14] Amerika Birleşik Devletleri'nde 1300 civarında istasyonla çalışıldığı da düşünülürse daha fazla istasyon ile çalışılırsa ve daha uzun yıllara dayanan veriler kullanılırsa daha başarılı olacağı düşünülmektedir. Bunun dışında, bölgesel regresyonda daha fazla parametrenin (buharlaşma, sıcaklık, nem vb.) ve daha fazla istasyonun kullanılmasının başarıyı önemli ölçüde arttıracığı tahmin edilmektedir. Su kaynaklarının daha verimli kullanılmasının zorunlu olduğu günümüzde güvenilir akım tahminlerinin yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Benzer çalışmaların Türkiye'deki tüm akarsu havzalarında yapılması önem arz etmektedir.



## KAYNAKLAR

- [1] **Thompstone, R. M., Hipel, K. W. & McLeod, A. I.** (1985). Forecasting quartermonthly riverflow. *Water Resources Bull.* 21, 731-741.
- [2] **Thompstone, R. M., Hipel, K. W. & McLeod, A. I.** (1985). Simulation of monthly hydrological time series. In *Stochastic Hydrology*. Ed. A .I. McLeod, Dordrecht: Reidel.
- [3] **Golob, R., Stokelj, T. and Grgic, D.** (1998). Neural Network- Based Inflow Forecasting, *Control Engineering Practice*, 6, 593-600.
- [4] **Dawson, C.W. and Wilby, R.L.** (2001). Hydrological modelling using artificial neural networks, *Progress in Pysical Geography*, 25, 80-108.
- [5] **Castellarin, A., Galeati G., Brandimarte, L., Montanari, A. and Brath A.** (2004). Regional flow-duration curves: reliability for ungauged basins. *Advances in Water Resources* 27 (2004) 953-965.
- [6] **Deka, P., Chandramouli, V.** (2005). Fuzzy Neural Network Model for Hydrologic Flow Routing. *Journal of Hydrologic Engineering*. 10(4), 302-314.
- [7] **Cutore, P., Cristaudo, G., Campisano, A., Modica C., Cancelliere, A. And Rossi, G.** (2007). Regional models for the estimation of sreamflow series in ungauged basins. *Water Resour Manage* (2007) 21: 789-800.
- [8] **Yurdusev, M. A., Acı, M., Turan, M. E. ve İçağa, Y.** (2008). "Akarçay Nehri Aylık Akımlarının Yapay Sinir Ağları ile Tahmini". *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 4.1, 2008, 73-88.
- [9] **Kim, S. and Lee, K.** (2010). Regional low flow frequency analysis using bayesian regression and prediction at ungauged catchment in Korea. *KSCE Journal of Civil Engineering* (2010) 14 (1) : 87-98.
- [10] **Gümüş, V., Kavşut, M.E. ve Yenigün, K.** (2010). Yağış- Akış ilişkisinin modellenmesinde YSA kullanımının değerlendirilmesi: Orta Fırat Havzası Uygulaması. *Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu* (2010), Diyarbakır.
- [11] **Terzi, Ö. ve Köse, M.** (2012). Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Göksu Nehri'nin Akım Tahmini. *SDU International Technologic Science*, Vol. 4, No 3, December 2012, pp. 1-7.
- [12] **Booker, D.J., Snelder, T.H.** (2012). Comparing methods for estimating flow duration curves at ungauged sites. *Journal of Hydrology*, 434-435 (2012) 78-94.

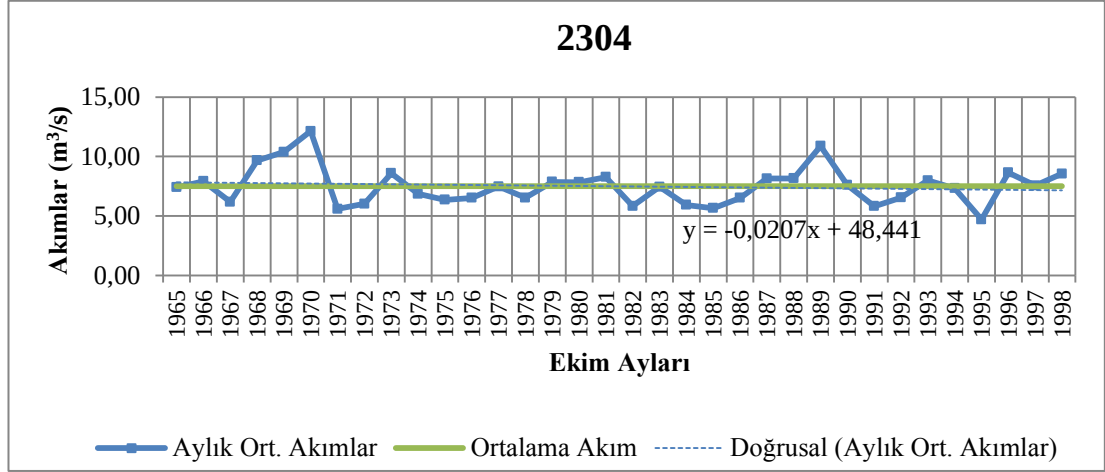
- [13] **Shu, C., Taha, B. and Ovarda, M.J.** (2012). Improved methods for daily streamflow estimates at ungauged sites. *Water Resources Research*, Vol.48, W02523, 2012.
- [14] **Farmer, W.H., Vogel, R.M.** (2013). Performance-weighted methods for estimating monthly streamflow at ungauged sites. *Journal of Hydrology*, 477, 240-250.
- [15] **Yılmaz, M.U.** (2014). Performans ağırlıklı yöntemlerle aylık akımların tahmini: Orta Fırat Havzası Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, FBE, İnşaat Mühendisliği ABD, Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği Programı.
- [16] **Elektrik İşleri Etüd İdaresi.** (2000). Akım Gözlem Yıllığı. Ankara.
- [17] **Emerson, D.G., Dressler, V.M.** (2002). Historic and unregulated monthly stream flow for selected sites in the Red River of the North Basin in North Dakota, Minnesota, and South Dakota, 1931-99. U.S. Geological Survey Water Resources Investigations Report, 02-4095, 271.
- [18] **Yanık, B., Avcı, İ.** (2005). Bölgesel Debi Süreklilik Eğrilerinin Elde Edilmesi, İTÜ Dergisi /d Mühendislik, Cilt:4, Sayı:5, 19-30.
- [19] **Hirsch, R.M.** (1979). An evaluation of some record reconstruction techniques. *Water Resour. Res.* 15 (6), 1781-1790.
- [20] **Nash, J. E. and Sutcliffe, J. V.** (1970). River flow forecasting through conceptual models: Part I. A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10 (3), 282-290.
- [21] **Chu, T.W., and Shirmohammadi, A.** (2004), Evaluation of the SWAT Model's Hydrology Component in the Piedmont Physiographic Region of Maryland. *Trans. ASAE*, 47(4): 1057-1073.
- [22] **Vazquez-Amabile, G.G. and Engel, B.A.** (2005), Use of SWAT to Compute Groundwater Table Depth and Streamflow, in the Muscatatuck River Watershed *Trans. ASAE* 48(3): 991-1003.
- [23] **Bayazit, M.** (2000). Hidroloji, İTÜ, İstanbul.

## **EKLER**

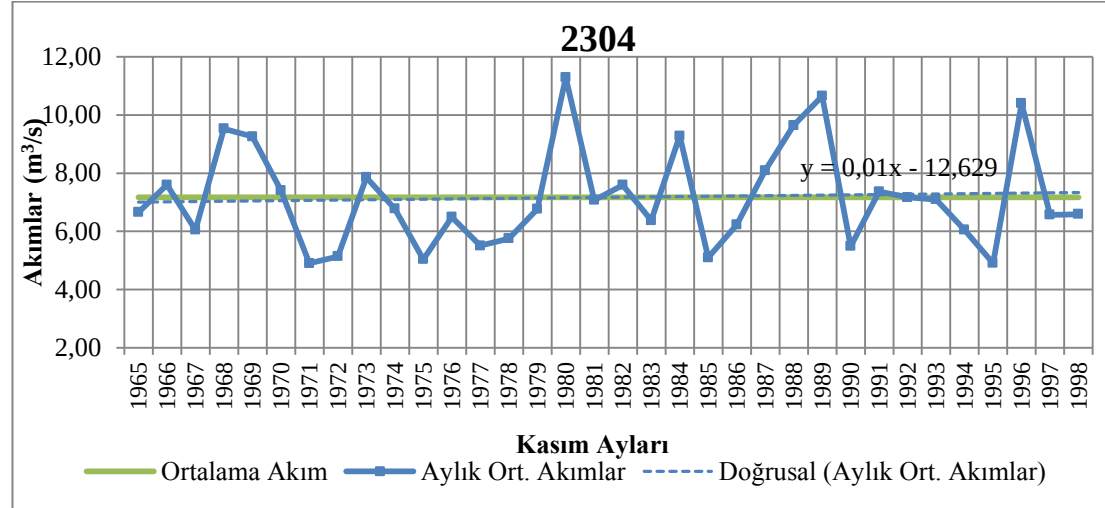
**EK A:** İstasyonların her ay için debi- zaman eğrileri.



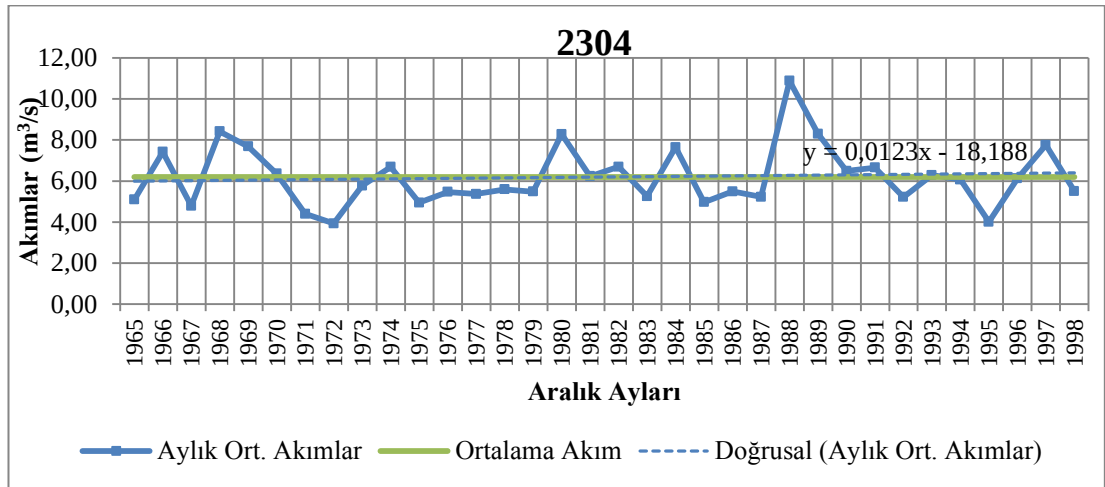
## EK A



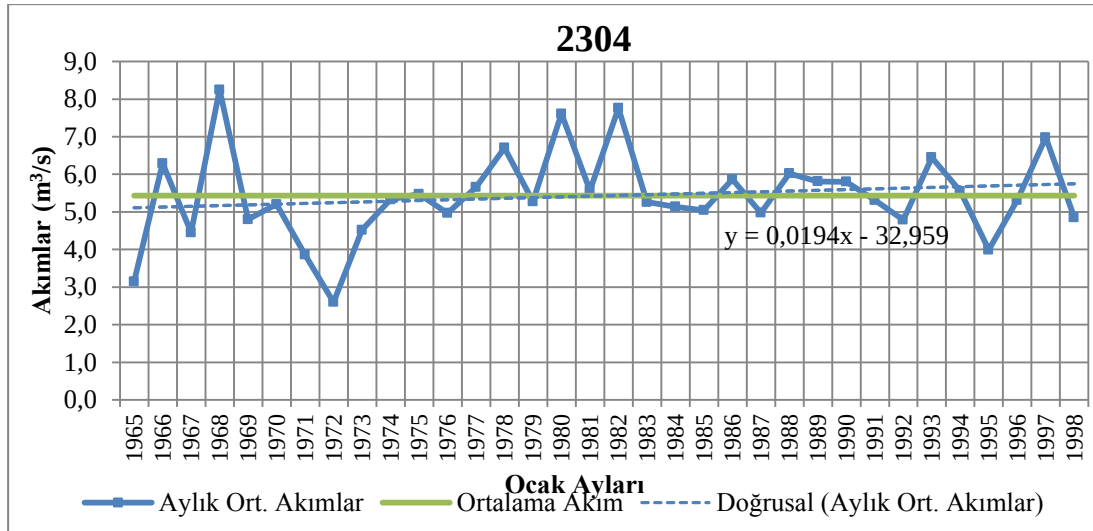
**Şekil A.1 :** 2304 nolu istasyonun Ekim aylarına ait debi-zaman eğrisi.



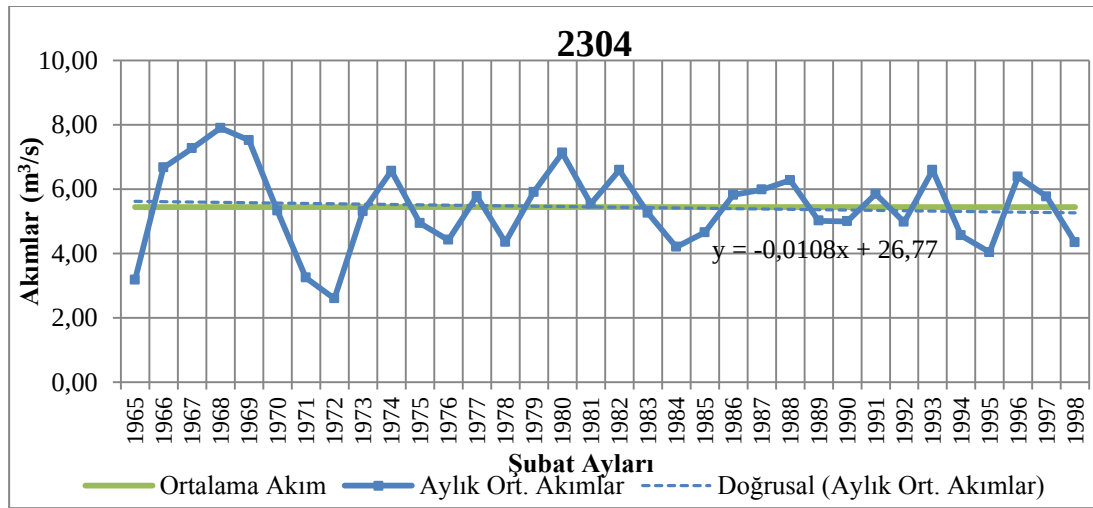
**Şekil A.2 :** 2304 nolu istasyonun Kasım aylarına ait debi-zaman eğrisi.



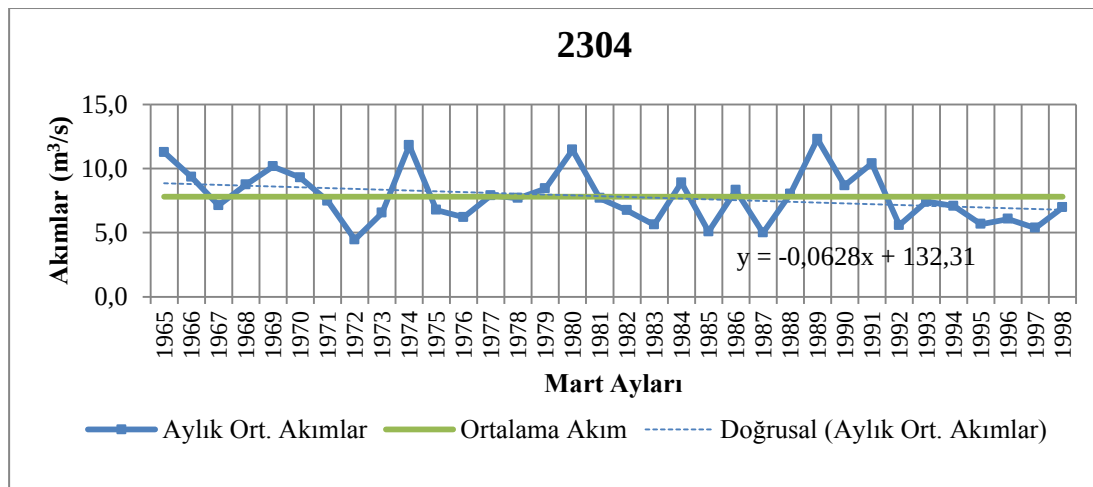
**Şekil A.3 :** 2304 nolu istasyonun Aralık aylarına ait debi-zaman eğrisi.



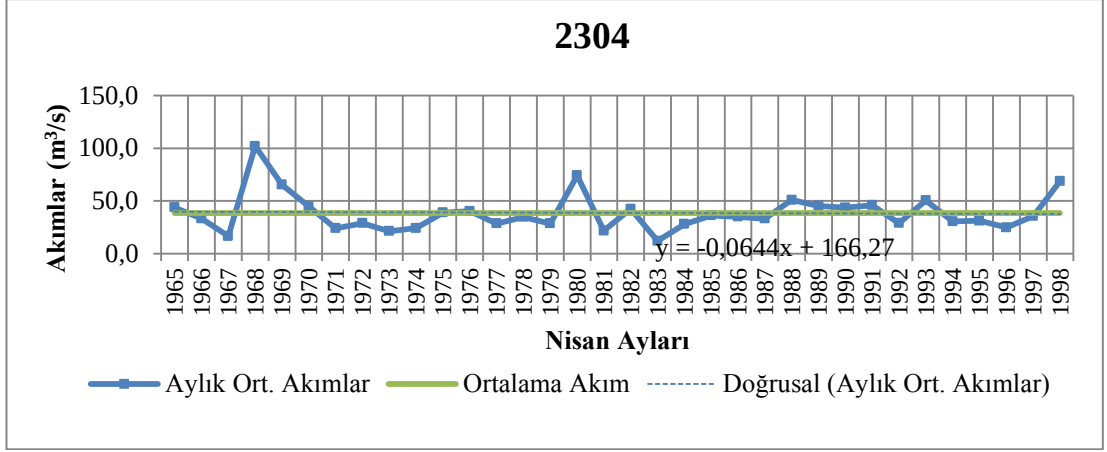
**Şekil A.4 :** 2304 nolu istasyonun Ocak aylarına ait debi-zaman eğrisi.



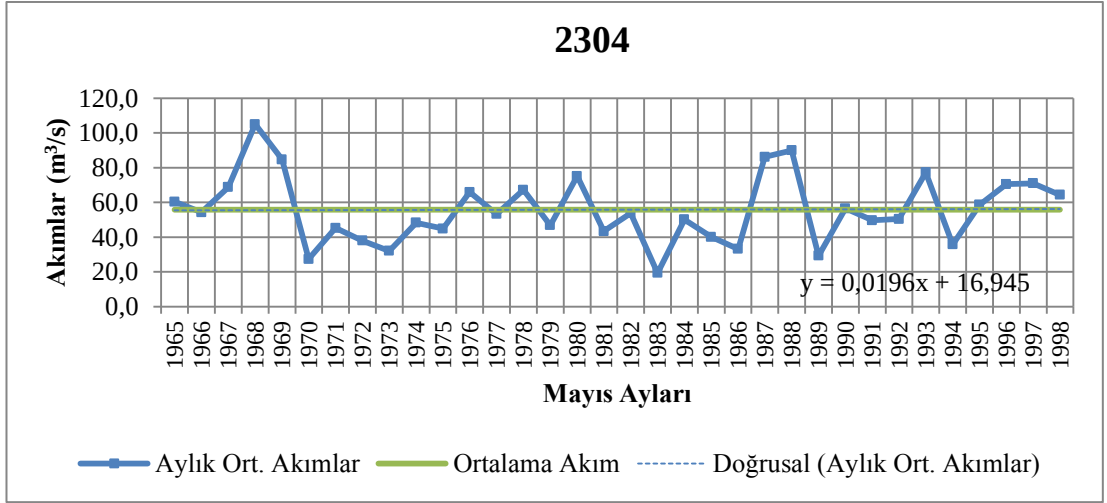
**Şekil A.5 :** 2304 nolu istasyonun Şubat aylarına ait debi-zaman eğrisi.



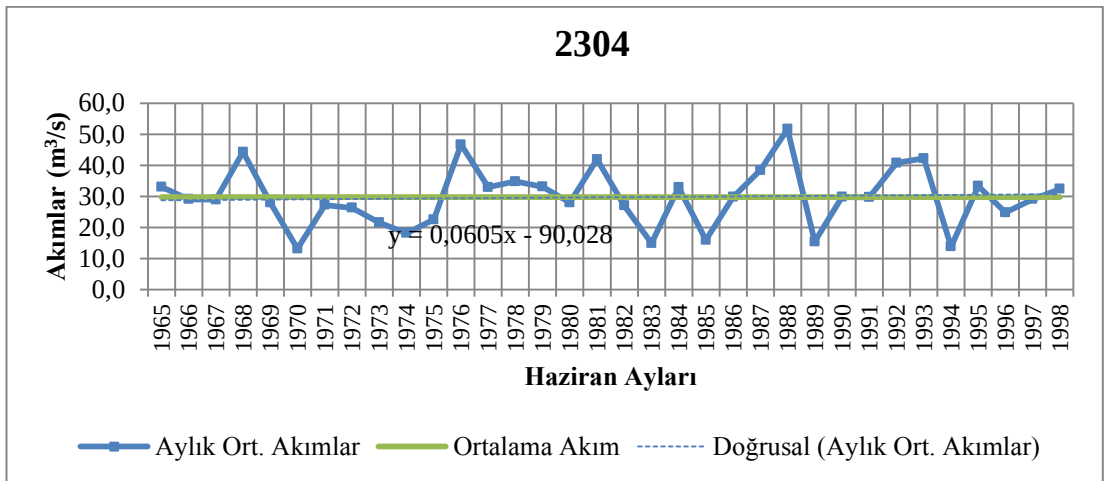
**Şekil A.6 :** 2304 nolu istasyonun Mart aylarına ait debi-zaman eğrisi.



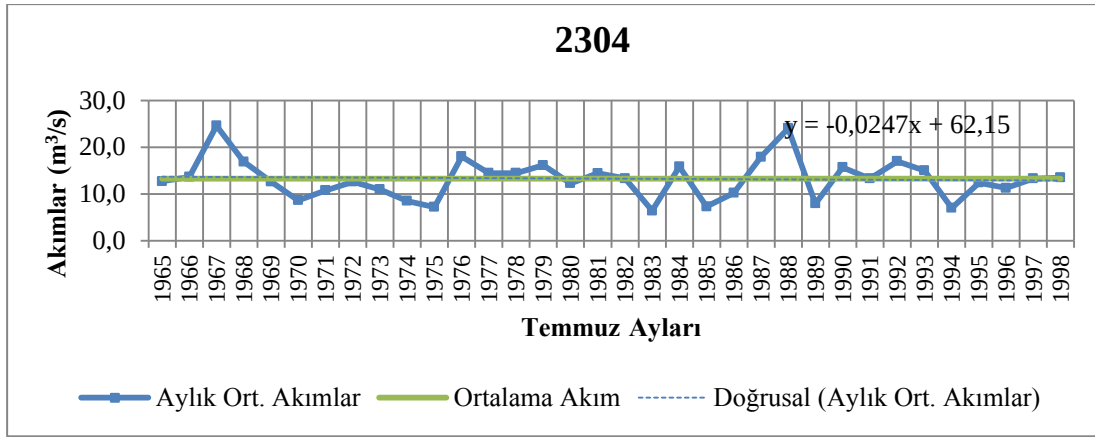
**Şekil A.7 :** 2304 nolu istasyonun Nisan aylarına ait debi-zaman eğrisi.



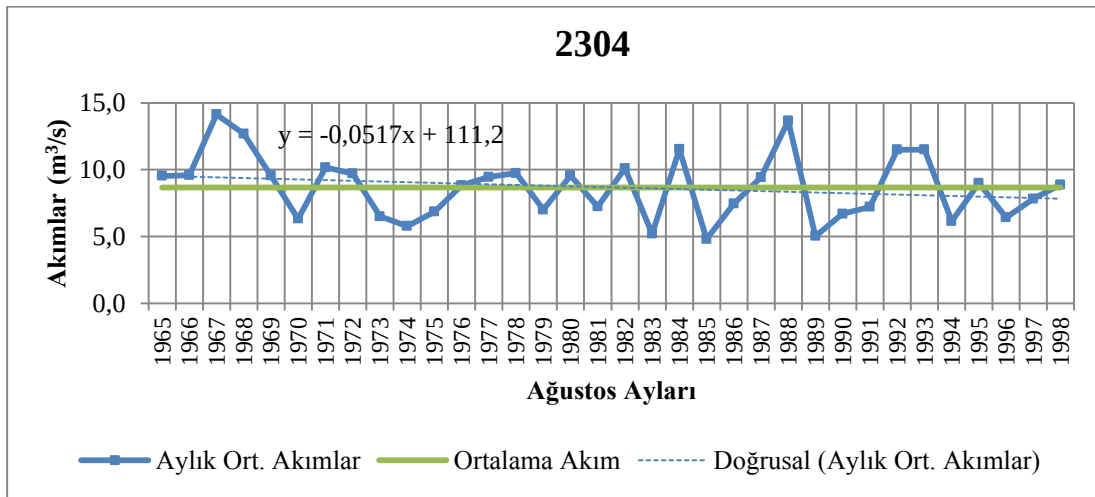
**Şekil A.8 :** 2304 nolu istasyonun Mayıs aylarına ait debi-zaman eğrisi.



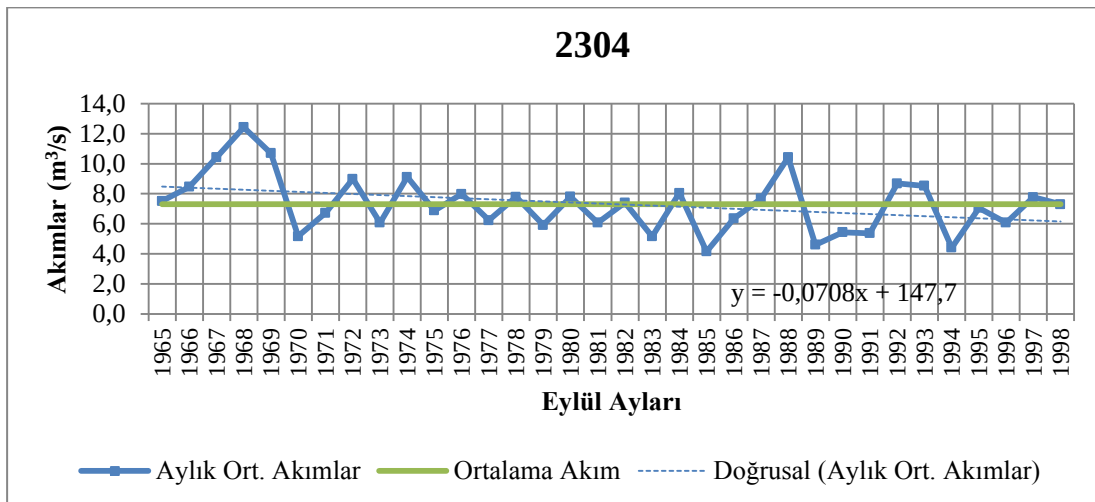
**Şekil A.9 :** 2304 nolu istasyonun Haziran aylarına ait debi-zaman eğrisi.



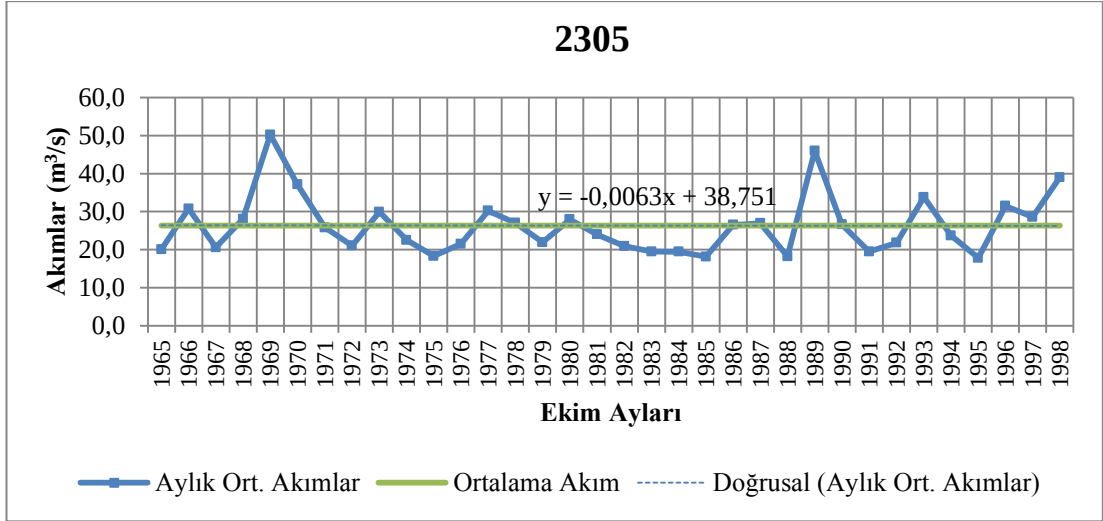
**Şekil A.10 :** 2304 nolu istasyonun Temmuz aylarına ait debi-zaman eğrisi.



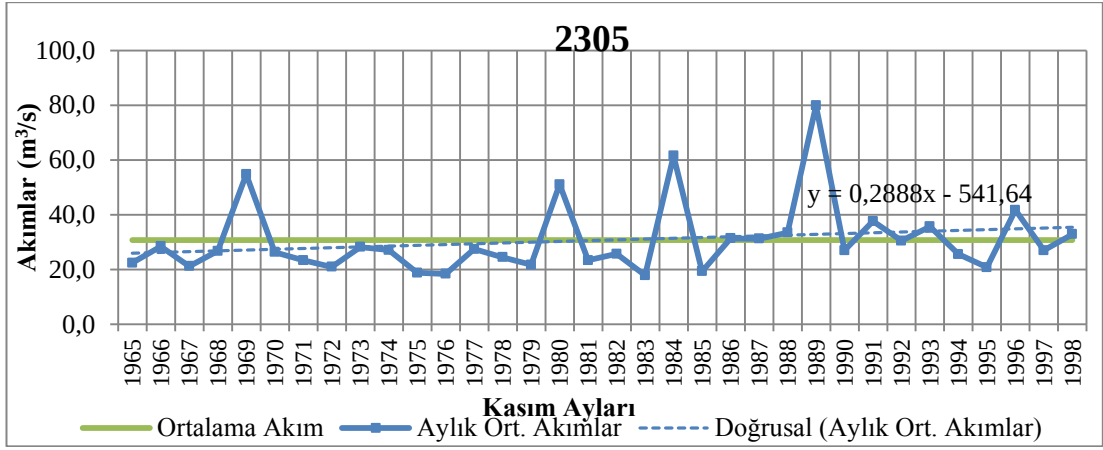
**Şekil A.11 :** 2304 nolu istasyonun Ağustos aylarına ait debi-zaman eğrisi.



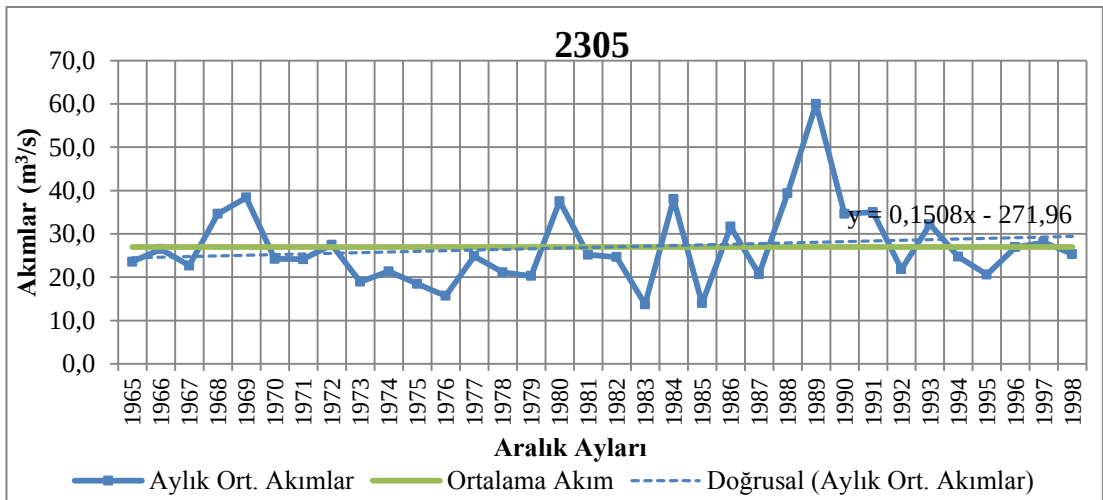
**Şekil A.12 :** 2304 nolu istasyonun Eylül aylarına ait debi-zaman eğrisi.



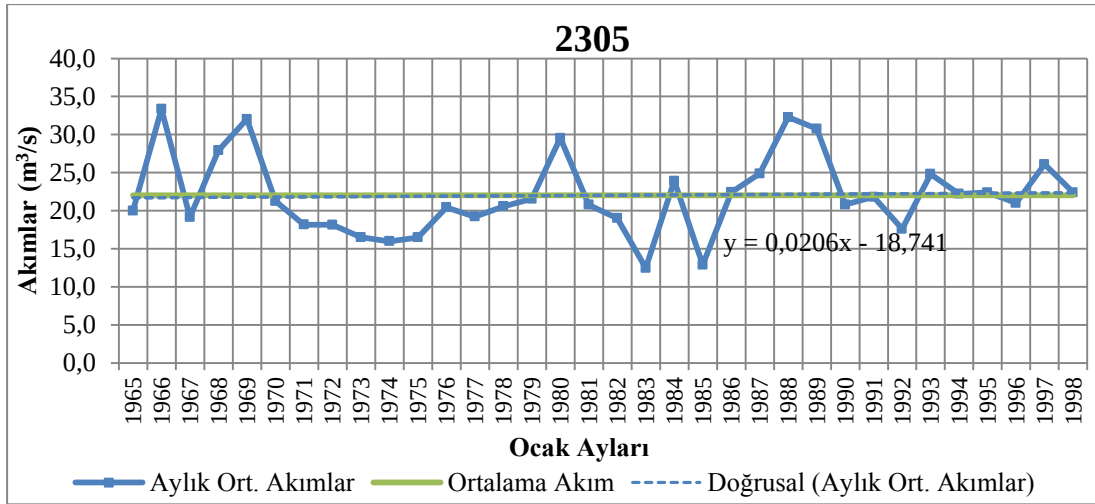
**Şekil A.13 :** 2305 nolu istasyonun Ekim aylarına ait debi-zaman eğrisi.



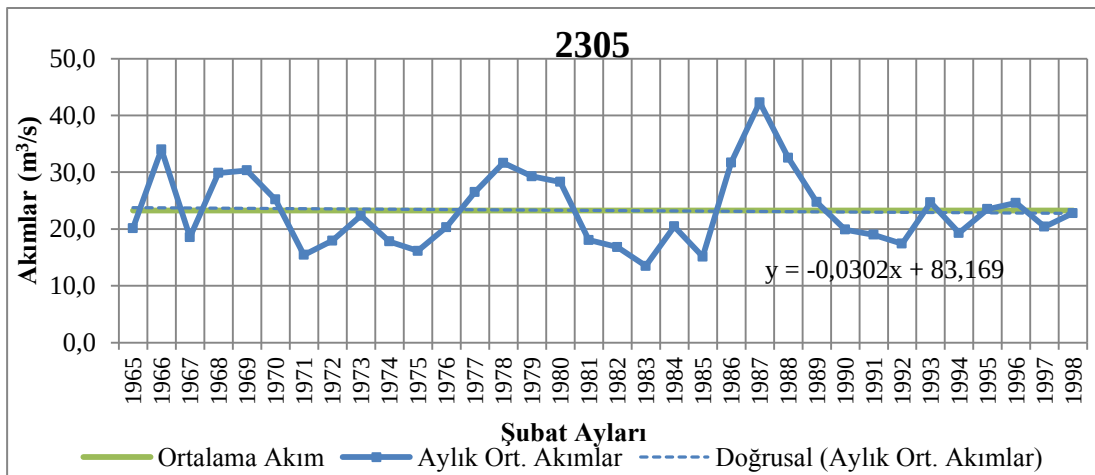
**Şekil A.14 :** 2305 nolu istasyonun Kasım aylarına ait debi-zaman eğrisi.



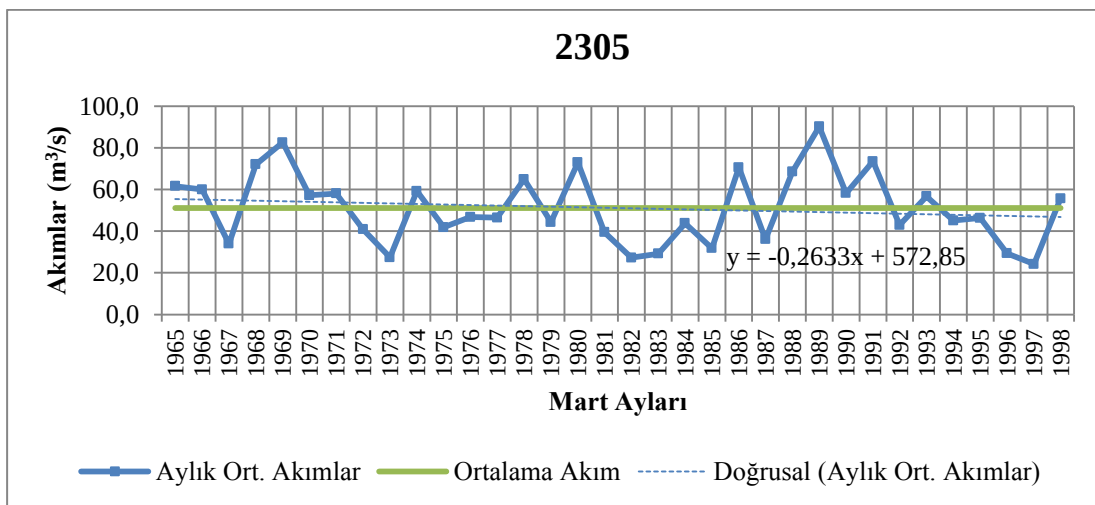
**Şekil A.15 :** 2305 nolu istasyonun Aralık aylarına ait debi-zaman eğrisi.



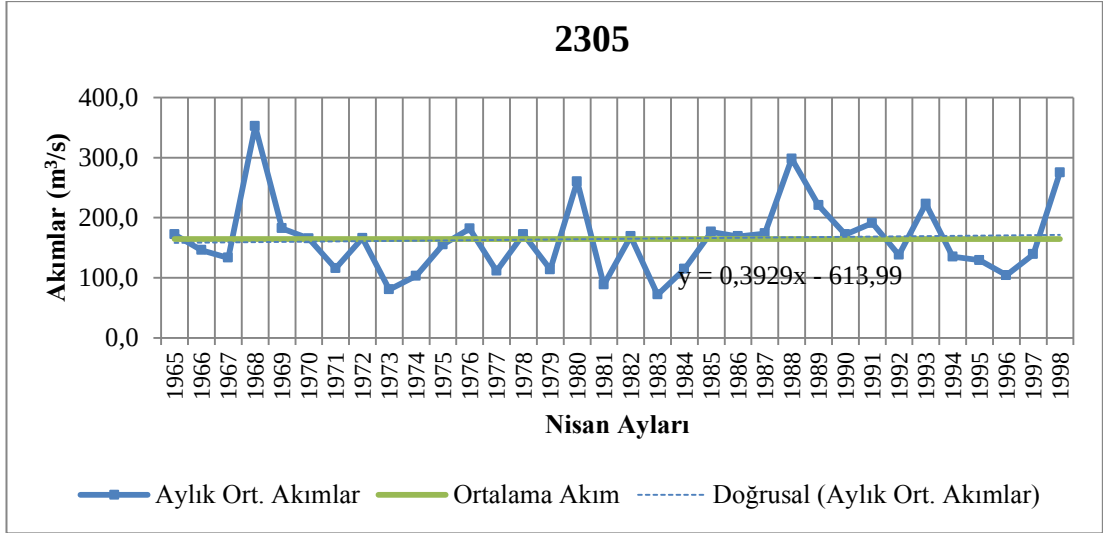
**Şekil A.16 :** 2305 nolu istasyonun Ocak aylarına ait debi-zaman eğrisi.



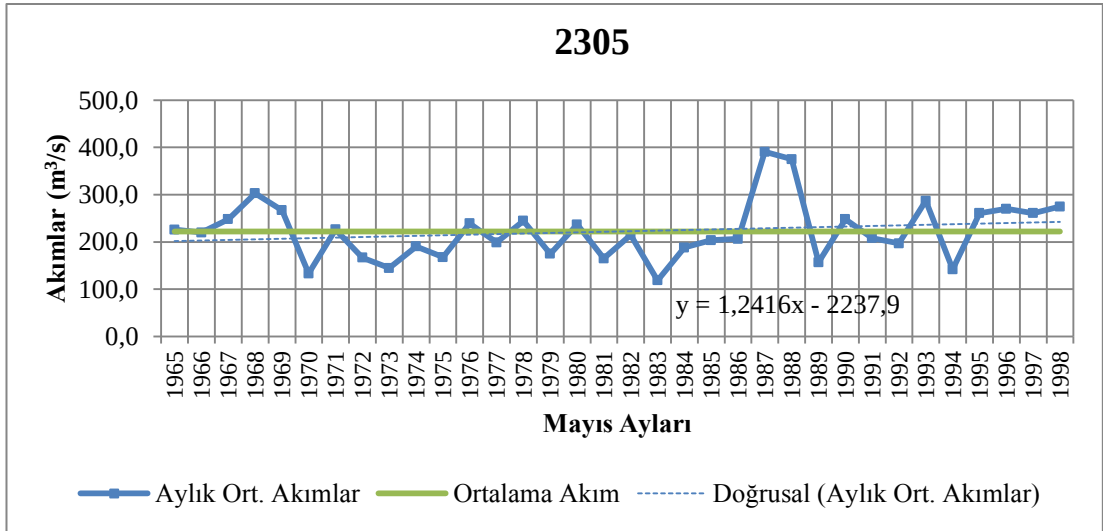
**Şekil A.17 :** 2305 nolu istasyonun Şubat aylarına ait debi-zaman eğrisi.



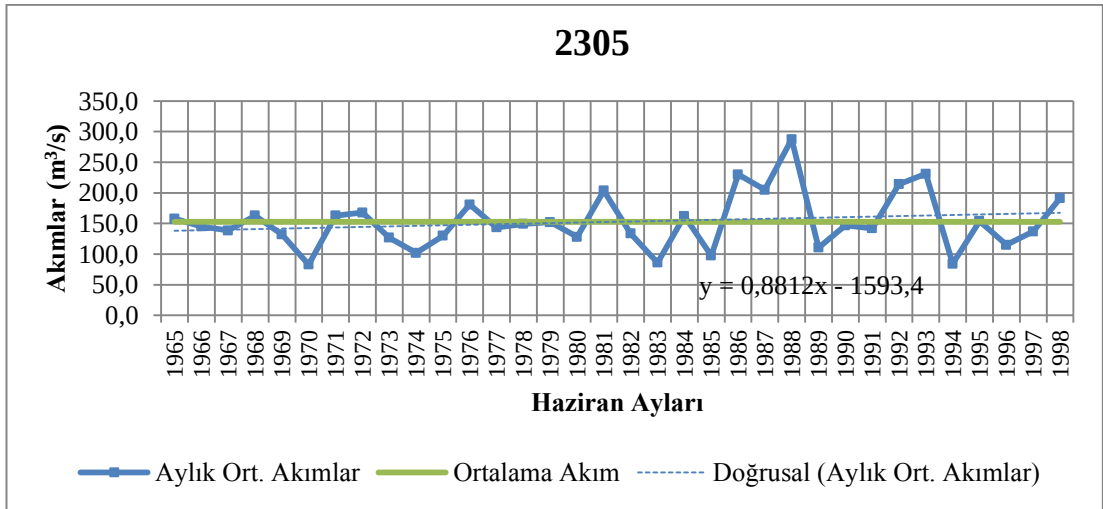
**Şekil A.18 :** 2305 nolu istasyonun Mart aylarına ait debi-zaman eğrisi.



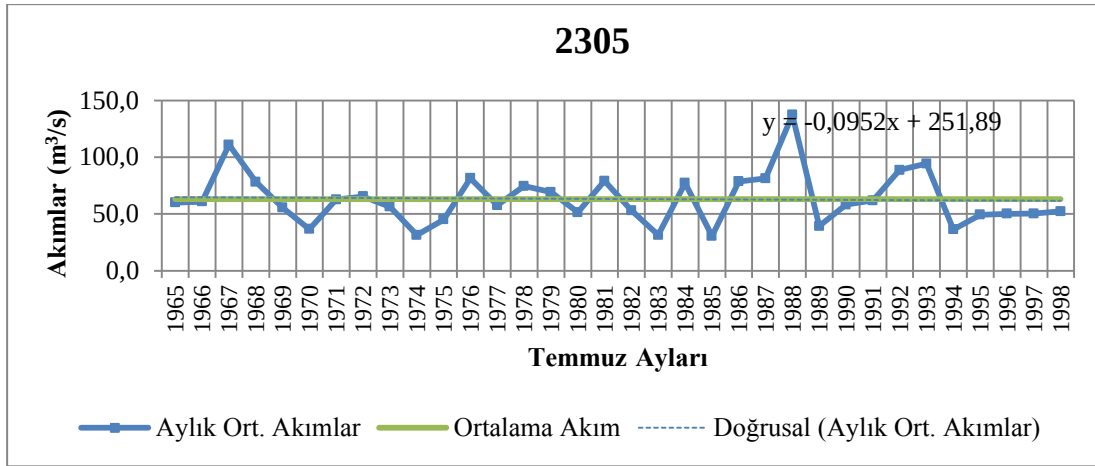
**Şekil A.19 :** 2305 nolu istasyonun Nisan aylarına ait debi-zaman eğrisi.



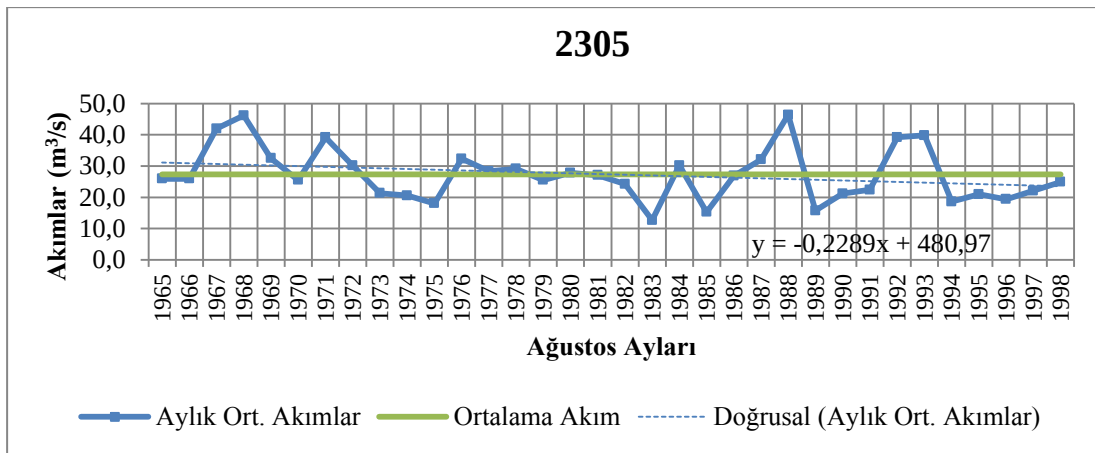
**Şekil A.20 :** 2305 nolu istasyonun Mayıs aylarına ait debi-zaman eğrisi.



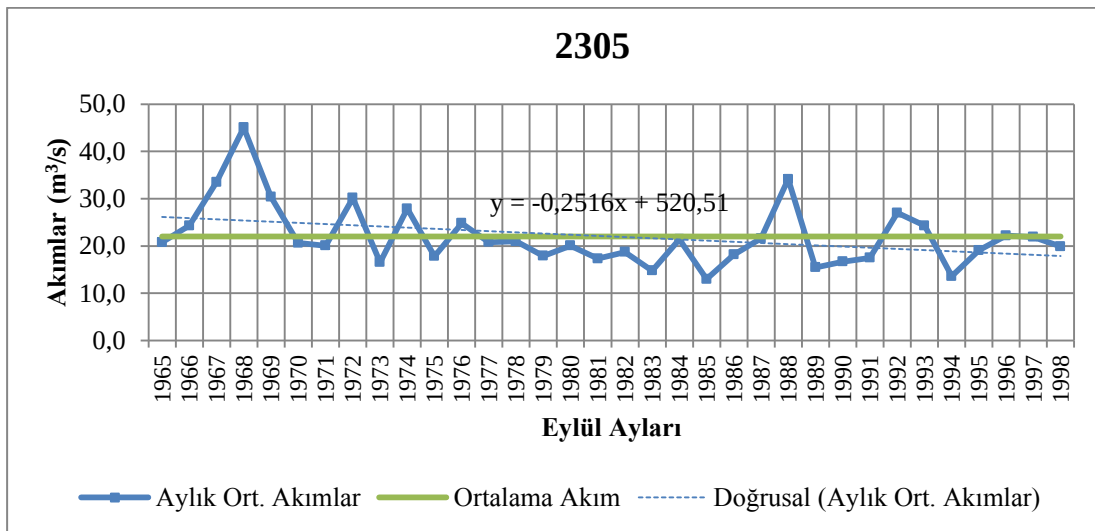
**Şekil A.21 :** 2305 nolu istasyonun Haziran aylarına ait debi-zaman eğrisi.



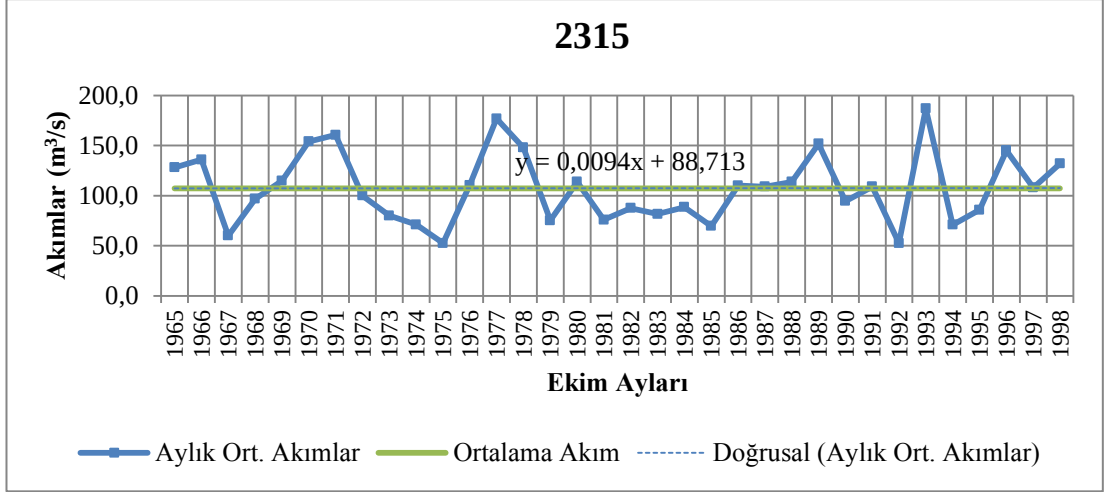
**Şekil A.22 :** 2305 nolu istasyonun Temmuz aylarına ait debi-zaman eğrisi.



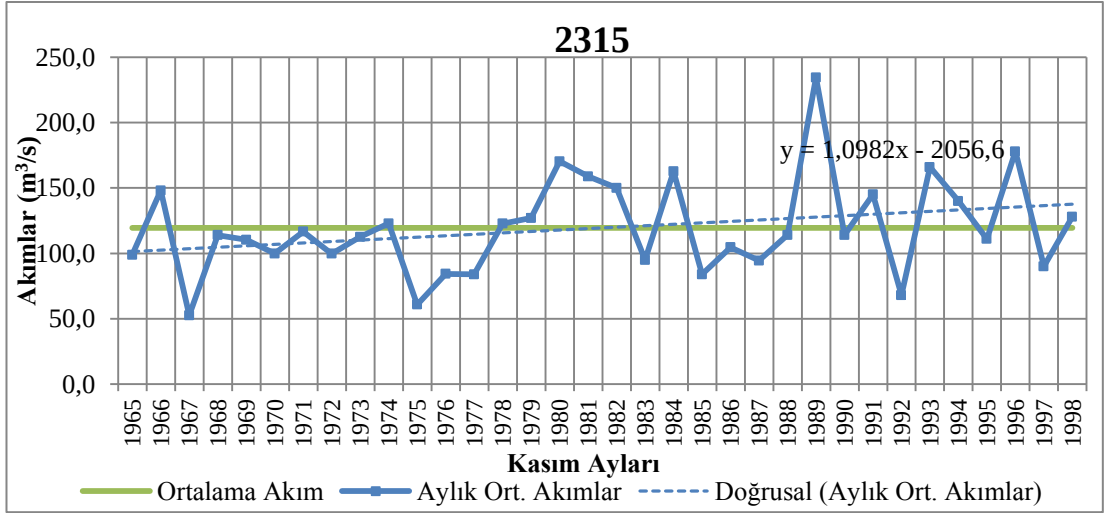
**Şekil A.23 :** 2305 nolu istasyonun Ağustos aylarına ait debi-zaman eğrisi.



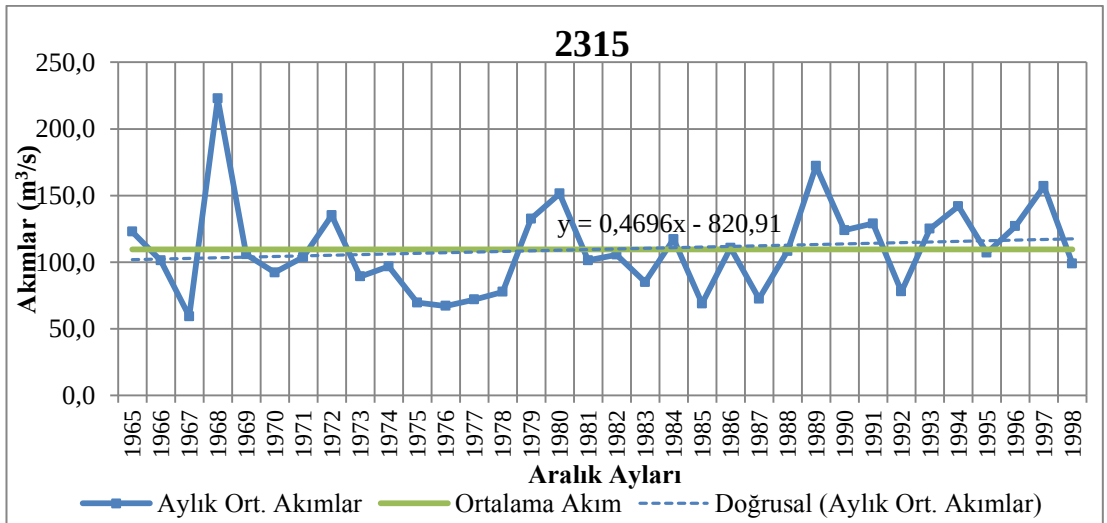
**Şekil A.24 :** 2305 nolu istasyonun Eylül aylarına ait debi-zaman eğrisi.



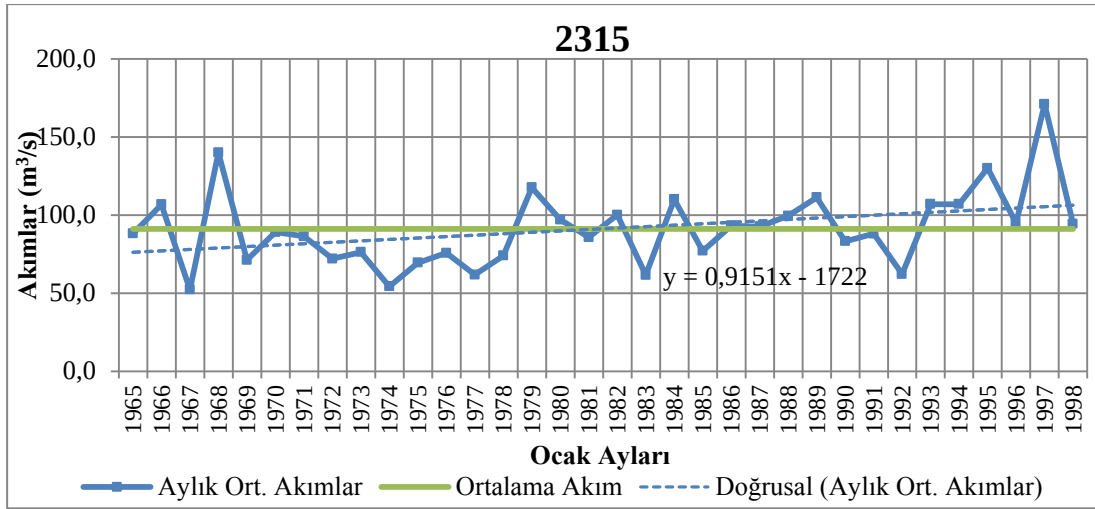
**Şekil A.25 :** 2315 nolu istasyonun Ekim aylarına ait debi-zaman eğrisi.



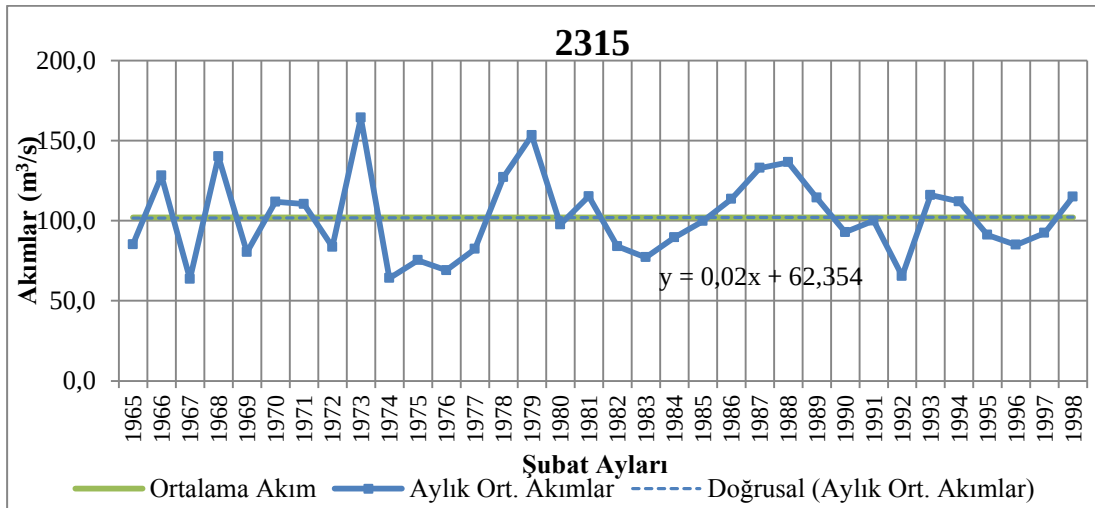
**Şekil A.26 :** 2315 nolu istasyonun Kasım aylarına ait debi-zaman eğrisi.



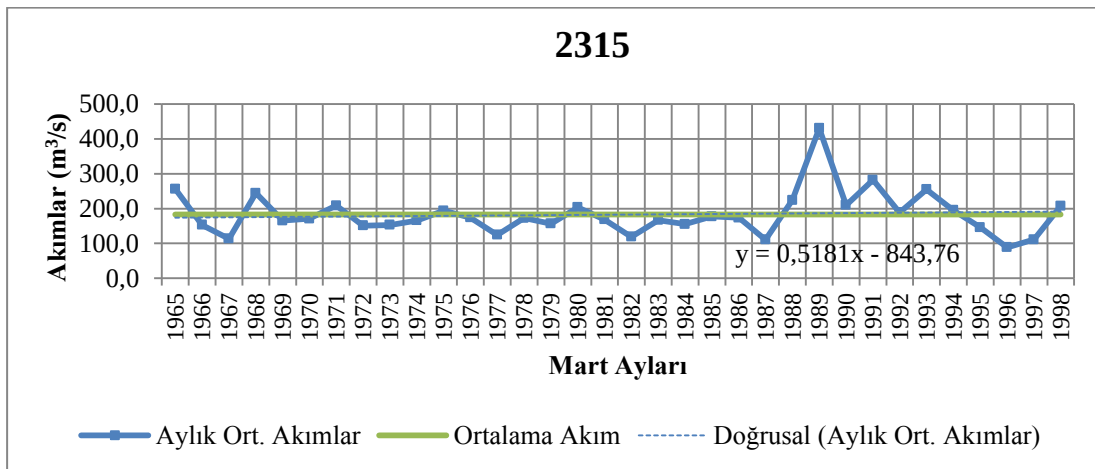
**Şekil A.27 :** 2315 nolu istasyonun Aralık aylarına ait debi-zaman eğrisi.



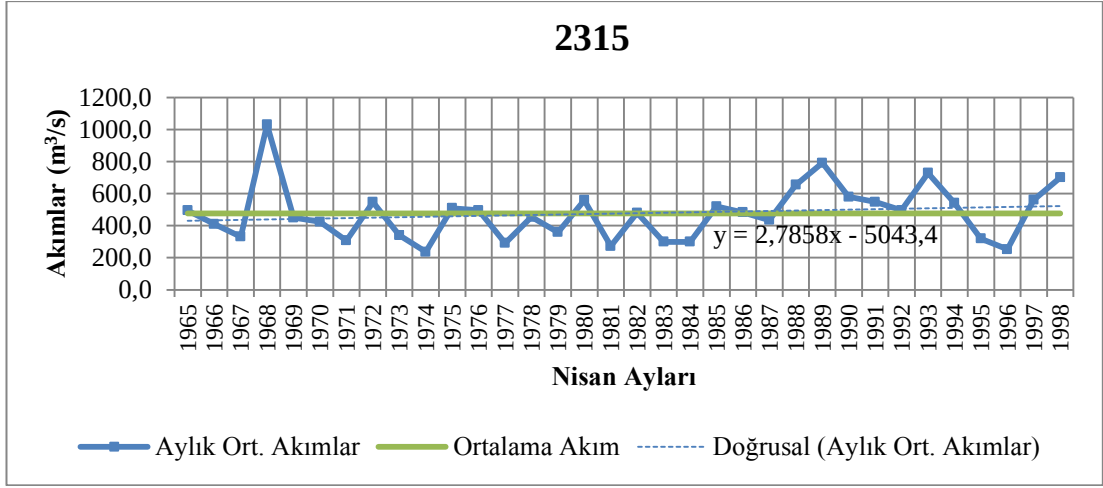
**Şekil A.28 :** 2315 nolu istasyonun Ocak aylarına ait debi-zaman eğrisi.



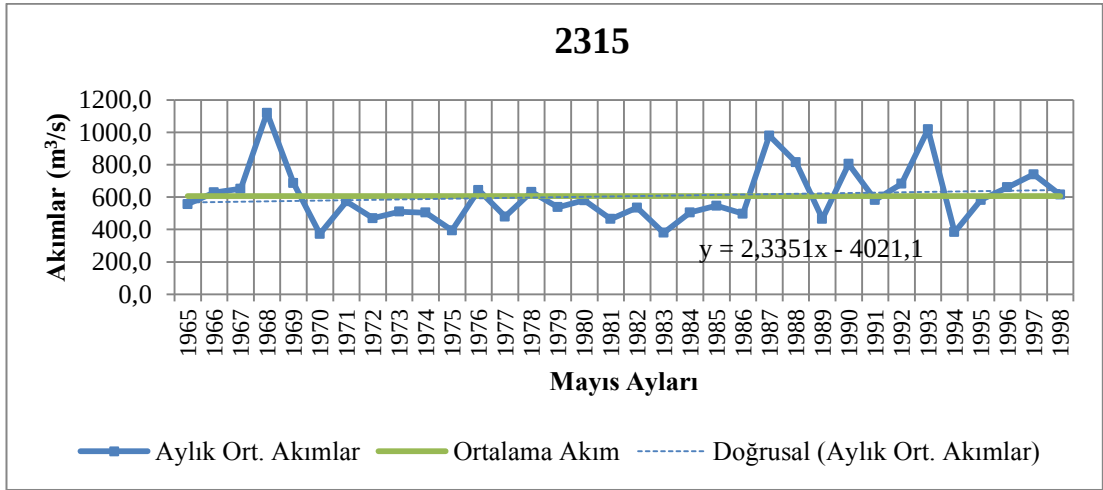
**Şekil A.29 :** 2315 nolu istasyonun Şubat aylarına ait debi-zaman eğrisi.



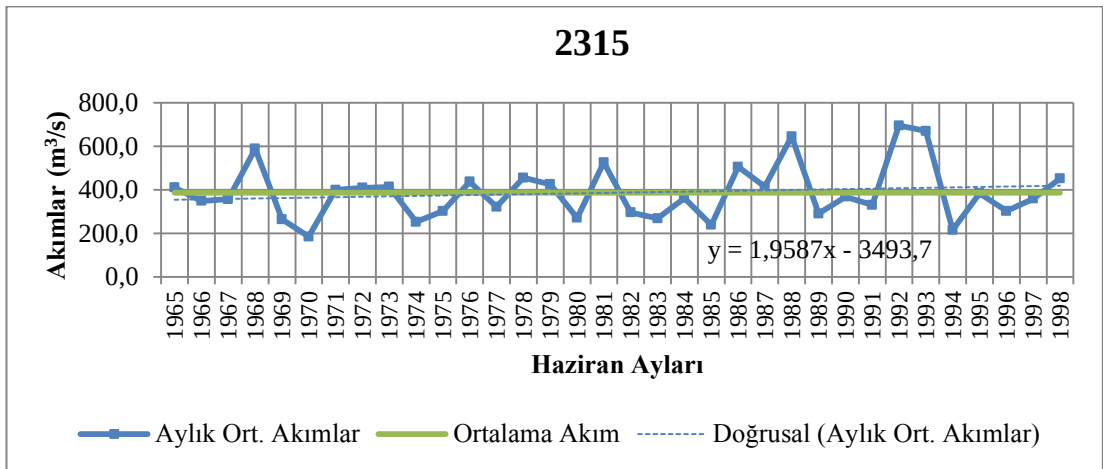
**Şekil A.30 :** 2315 nolu istasyonun Mart aylarına ait debi-zaman eğrisi.



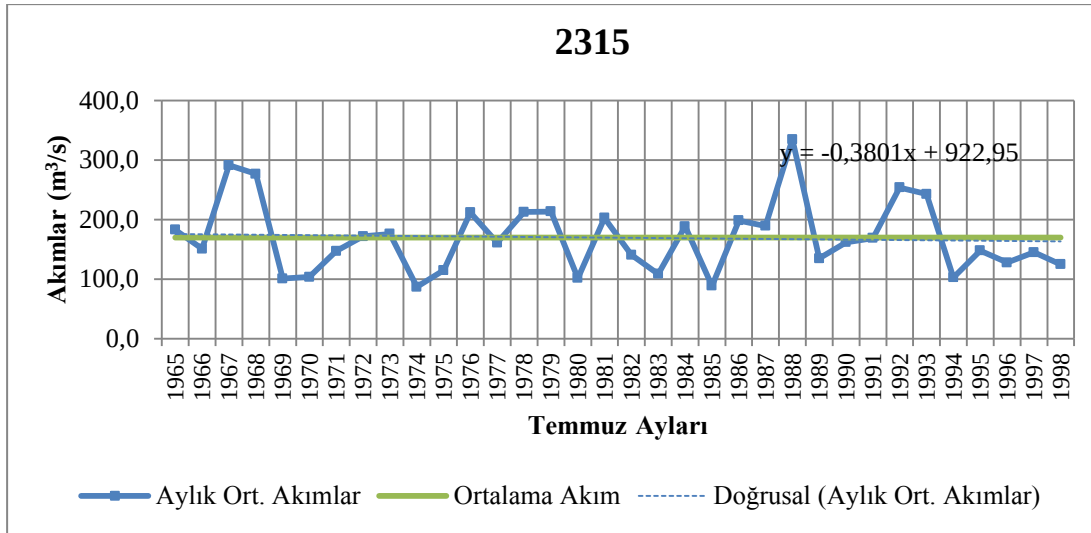
**Şekil A.31 :** 2315 nolu istasyonun Nisan aylarına ait debi-zaman eğrisi.



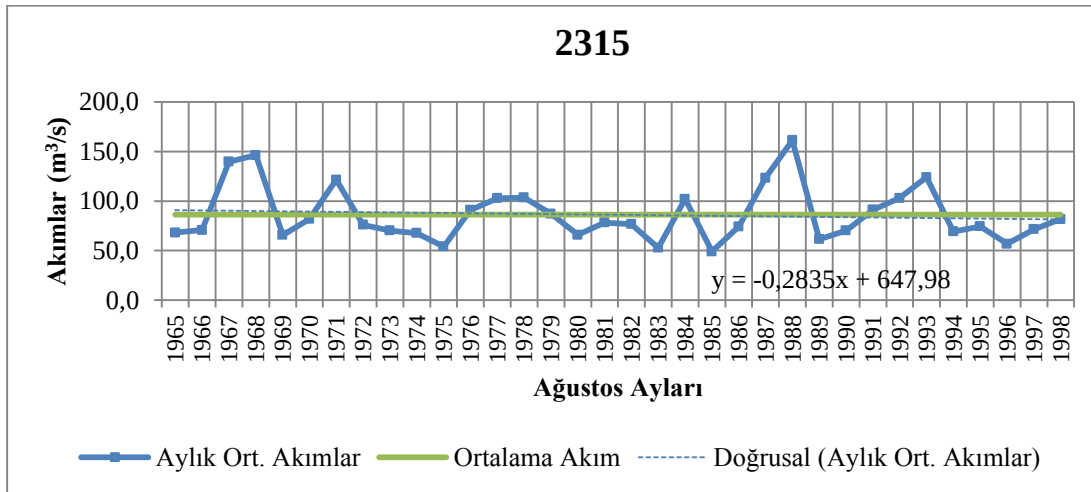
**Şekil A.32 :** 2315 nolu istasyonun Mayıs aylarına ait debi-zaman eğrisi.



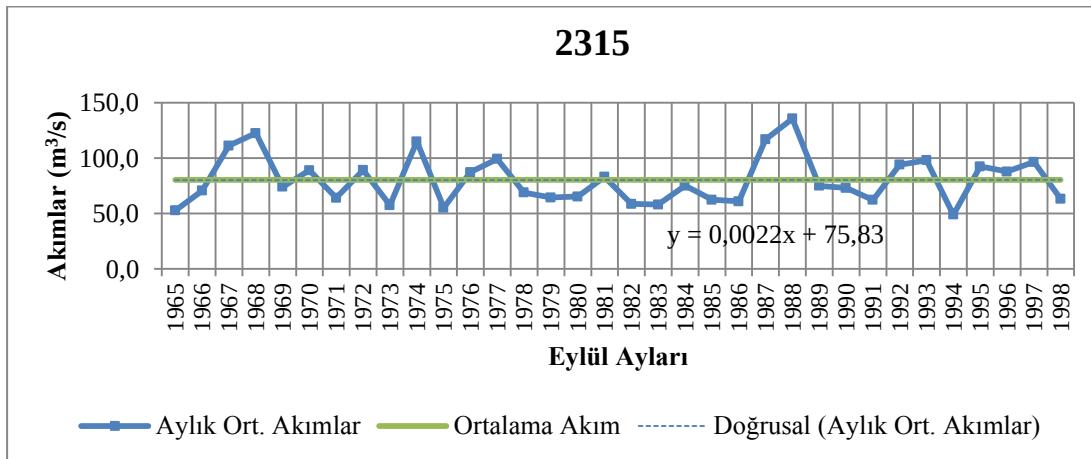
**Şekil A.33 :** 2315 nolu istasyonun Haziran aylarına ait debi-zaman eğrisi.



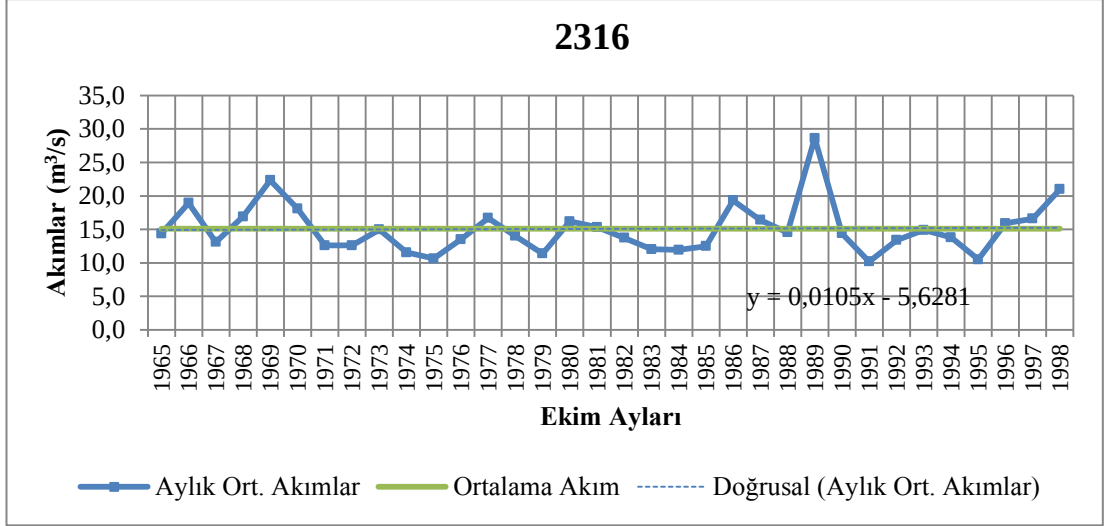
**Şekil A.34 :** 2315 nolu istasyonun Temmuz aylarına ait debi-zaman eğrisi.



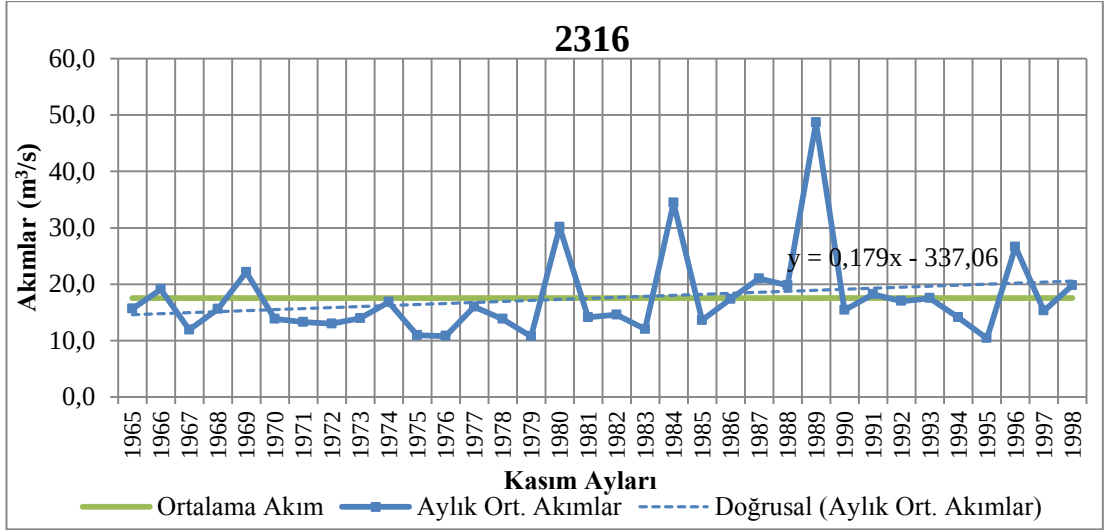
**Şekil A.35 :** 2315 nolu istasyonun Ağustos aylarına ait debi-zaman eğrisi.



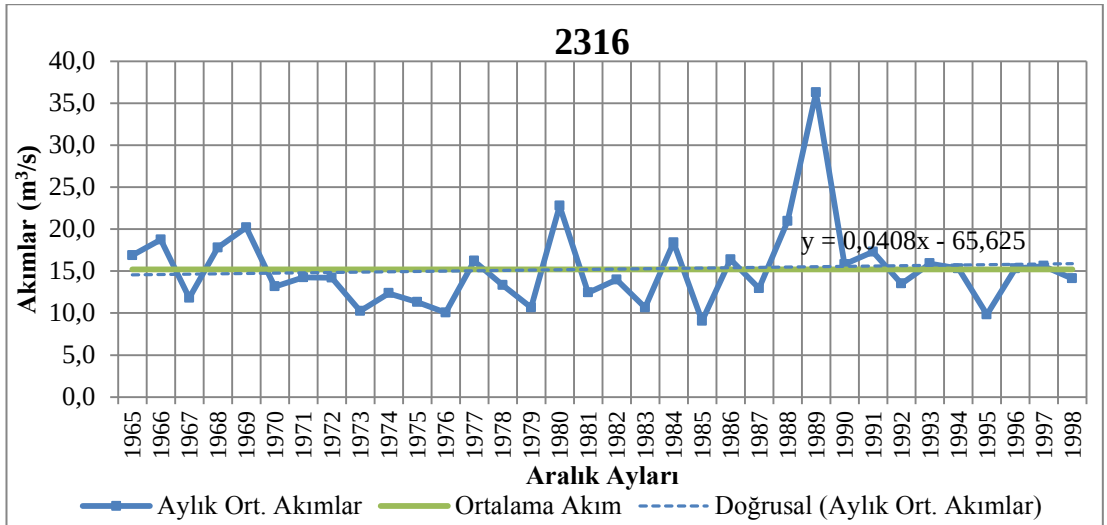
**Şekil A.36 :** 2315 nolu istasyonun Eylül aylarına ait debi-zaman eğrisi.



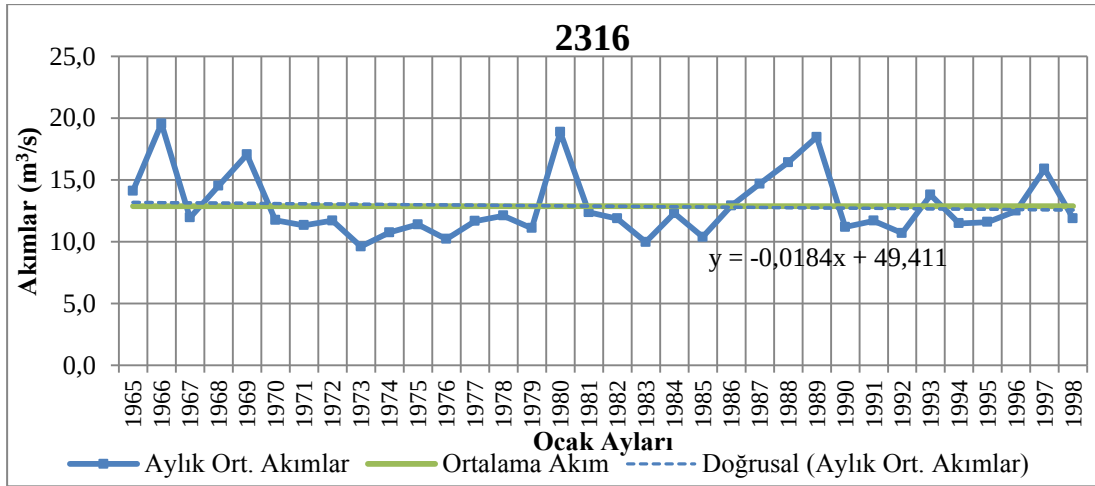
**Şekil A.37 :** 2316 nolu istasyonun Ekim aylarına ait debi-zaman eğrisi.



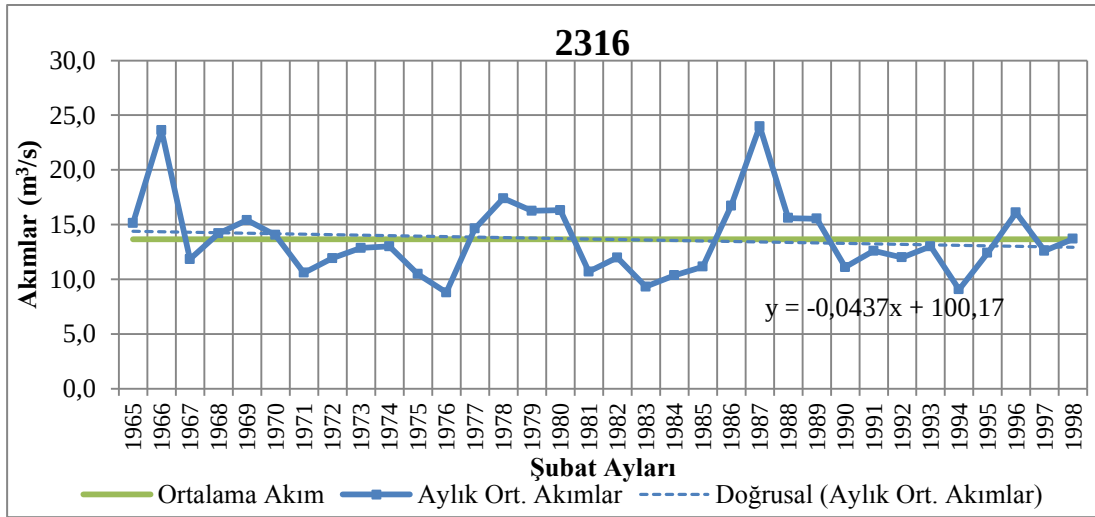
**Şekil A.38 :** 2316 nolu istasyonun Kasım aylarına ait debi-zaman eğrisi.



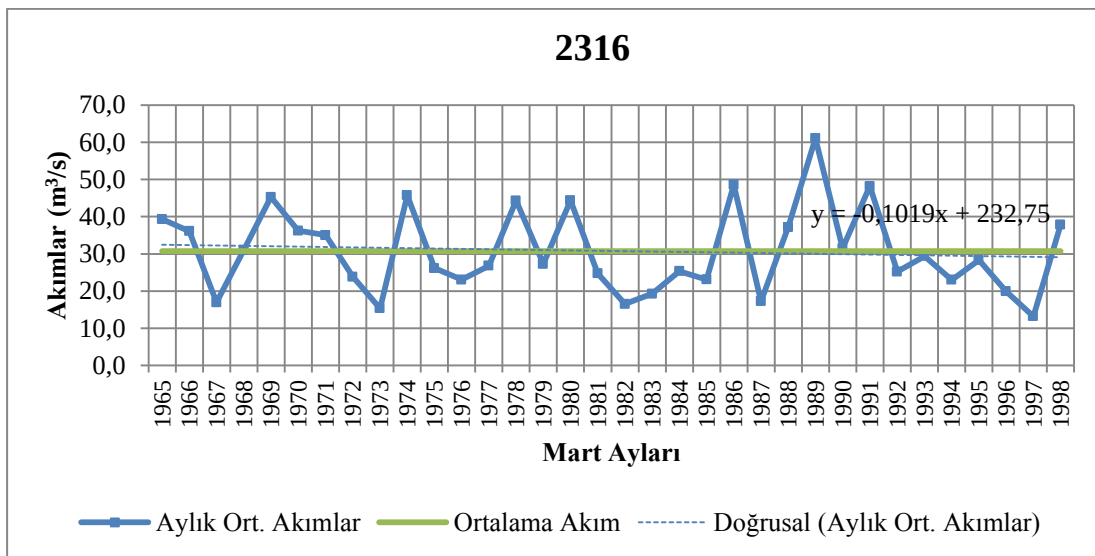
**Şekil A.39 :** 2316 nolu istasyonun Aralık aylarına ait debi-zaman eğrisi.



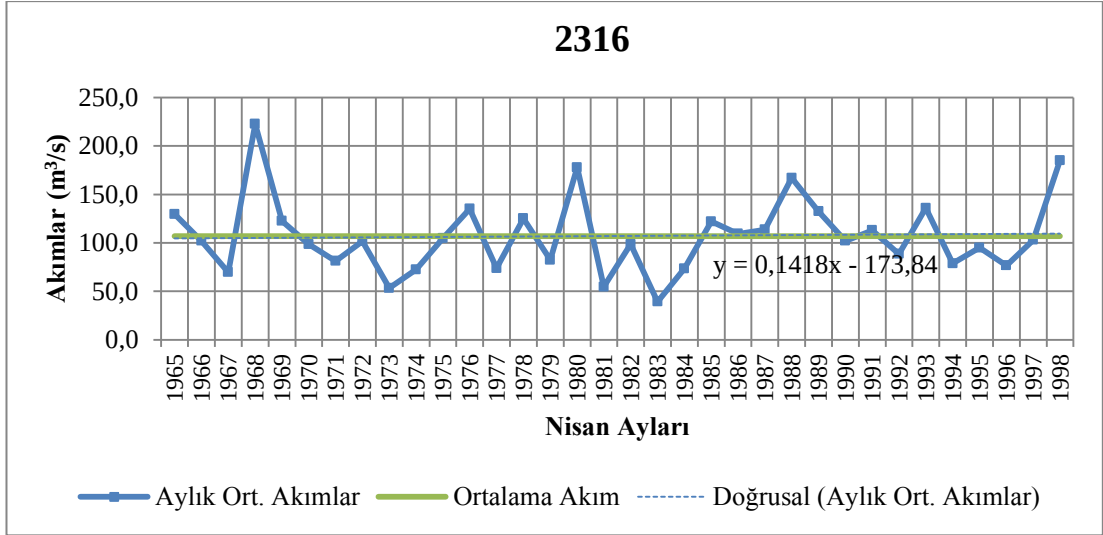
**Şekil A.40 :** 2316 nolu istasyonun Ocak aylarına ait debi-zaman eğrisi.



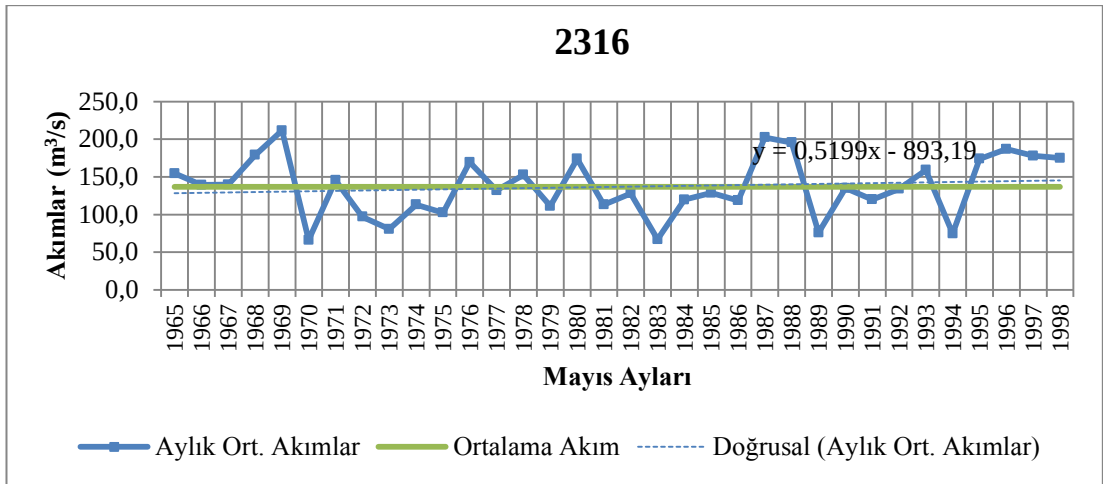
**Şekil A.41 :** 2316 nolu istasyonun Şubat aylarına ait debi-zaman eğrisi.



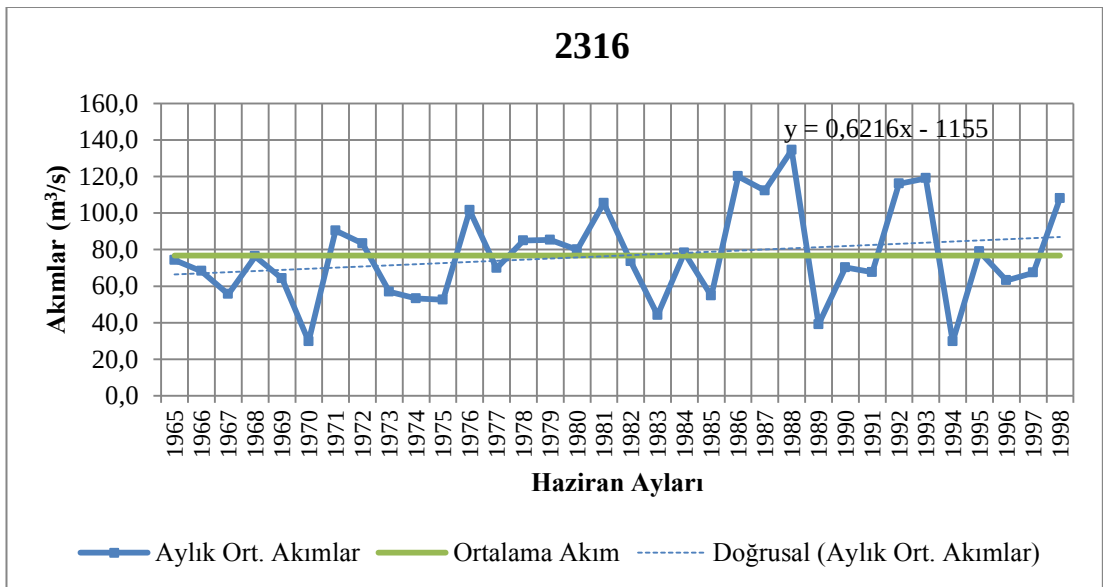
**Şekil A.42 :** 2316 nolu istasyonun Mart aylarına ait debi-zaman eğrisi.



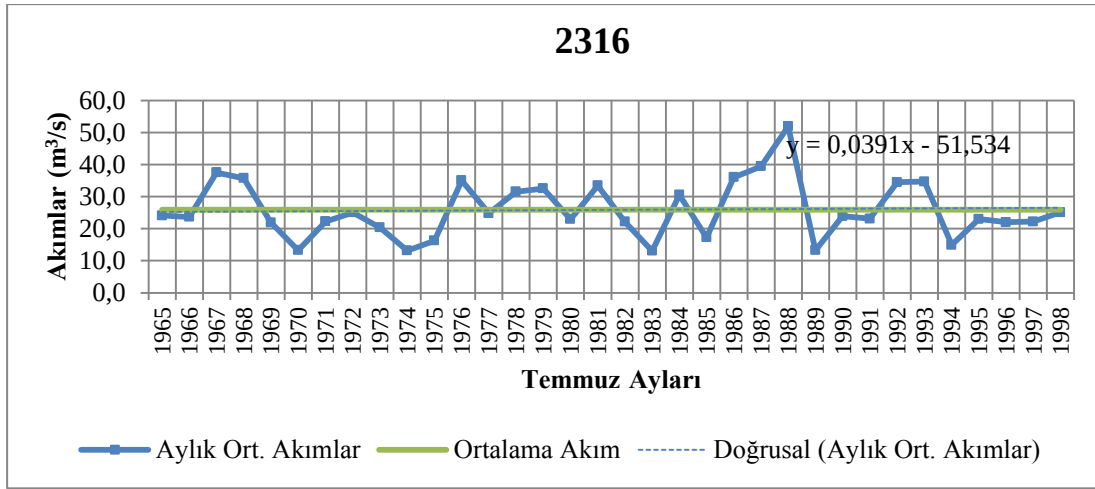
**Şekil A.43 :** 2316 nolu istasyonun Nisan aylarına ait debi-zaman eğrisi.



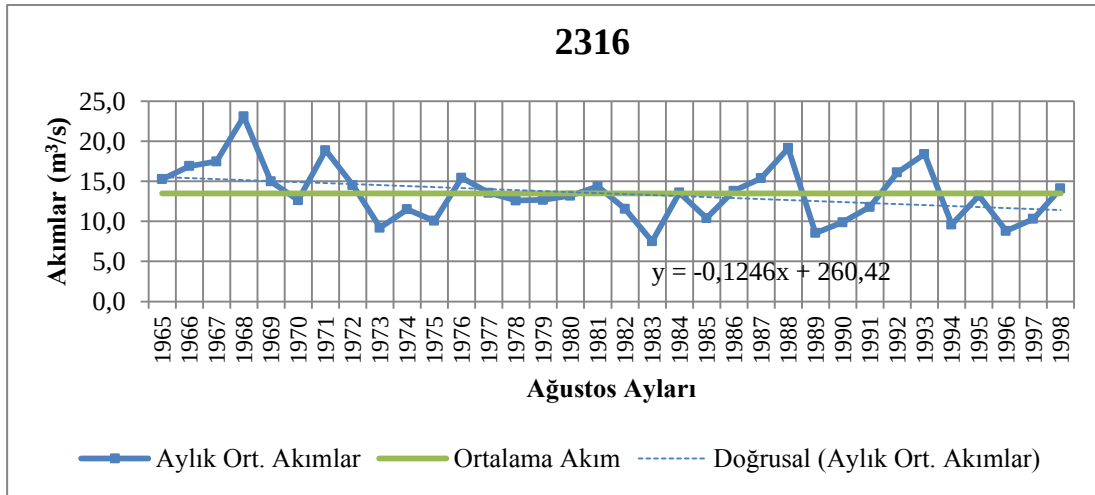
**Şekil A.44 :** 2316 nolu istasyonun Mayıs aylarına ait debi-zaman eğrisi.



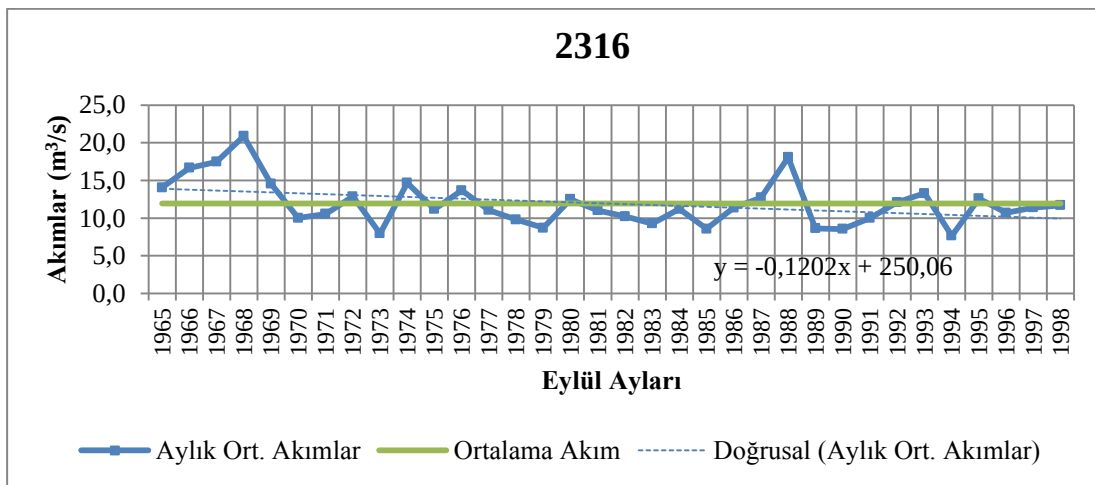
**Şekil A.45 :** 2316 nolu istasyonun Haziran aylarına ait debi-zaman eğrisi.



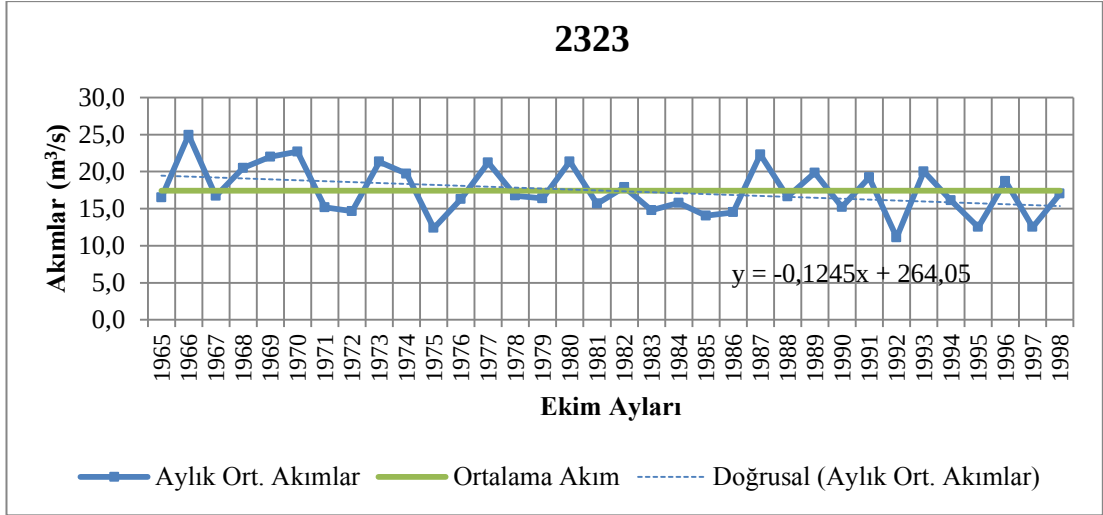
**Şekil A.46 :** 2316 nolu istasyonun Temmuz aylarına ait debi-zaman eğrisi.



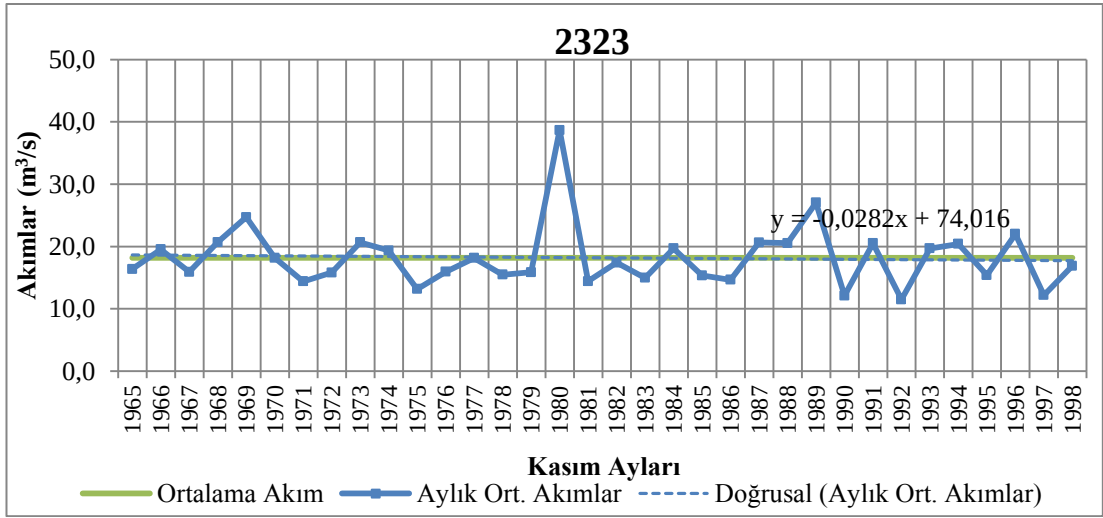
**Şekil A.47 :** 2316 nolu istasyonun Ağustos aylarına ait debi-zaman eğrisi.



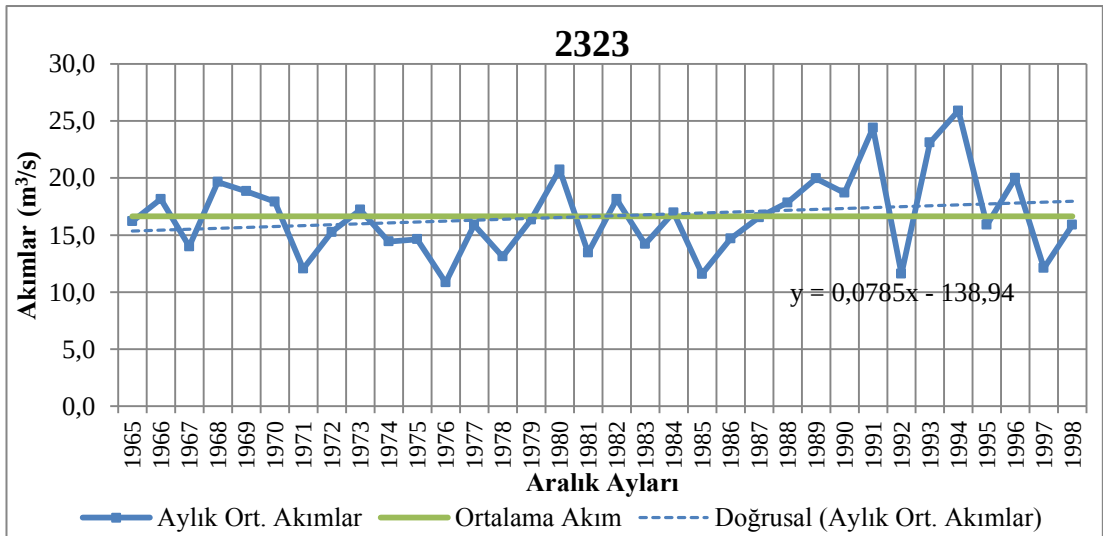
**Şekil A.48 :** 2316 nolu istasyonun Eylül aylarına ait debi-zaman eğrisi.



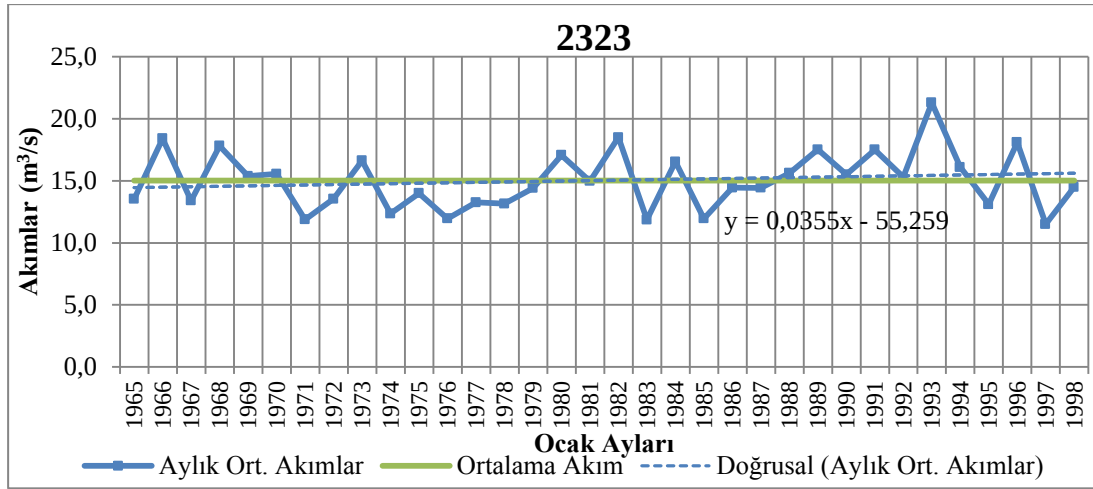
**Şekil A.49 :** 2323 nolu istasyonun Ekim aylarına ait debi-zaman eğrisi.



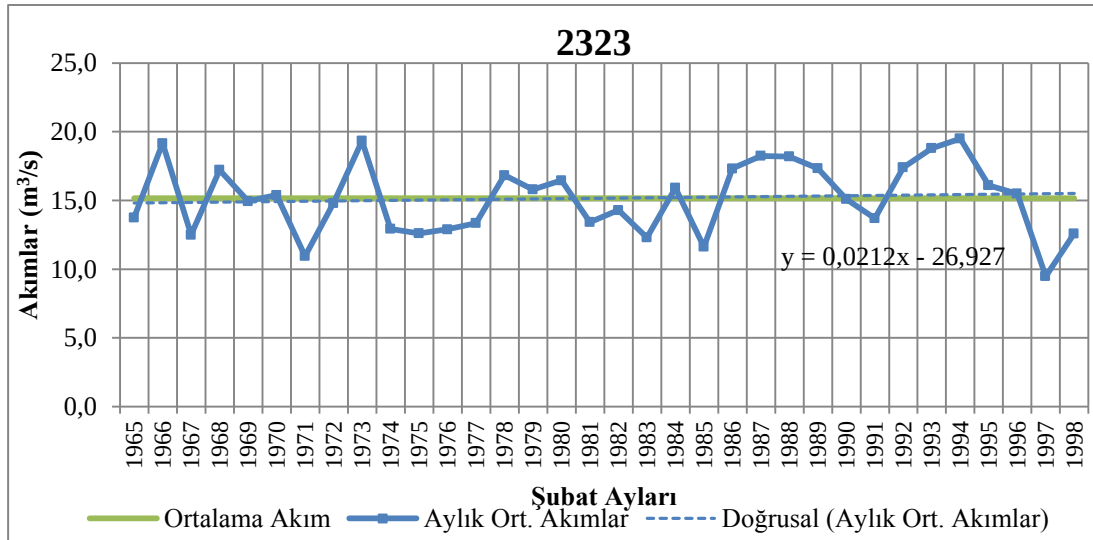
**Şekil A.50 :** 2323 nolu istasyonun Kasım aylarına ait debi-zaman eğrisi.



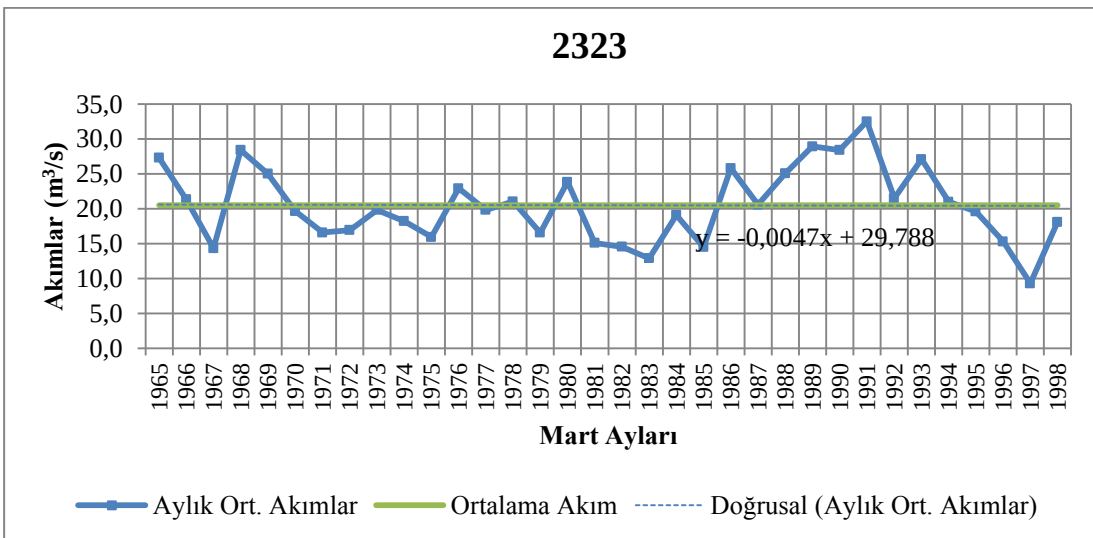
**Şekil A.51 :** 2323 nolu istasyonun Aralık aylarına ait debi-zaman eğrisi.



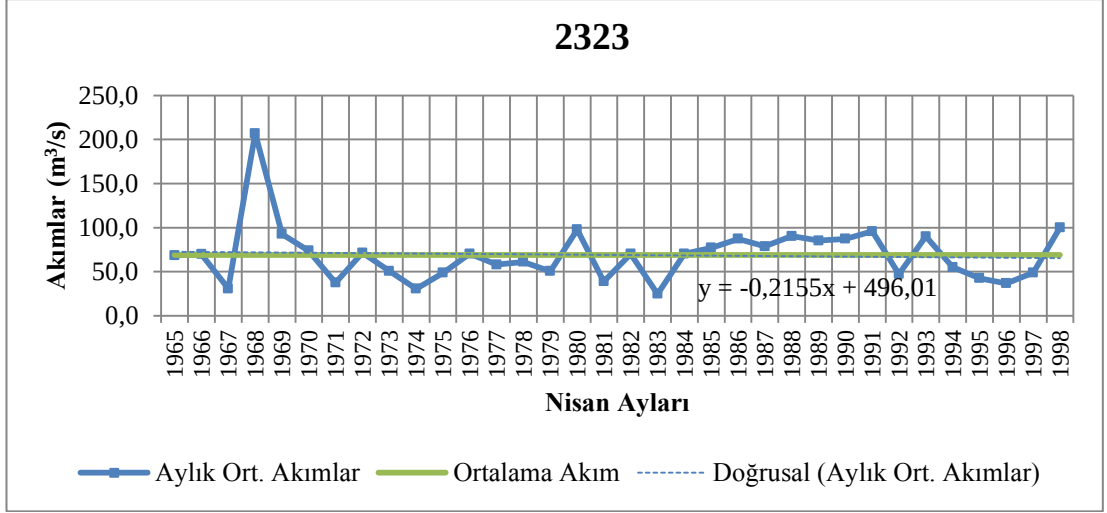
**Şekil A.52 :** 2323 nolu istasyonun Ocak aylarına ait debi-zaman eğrisi.



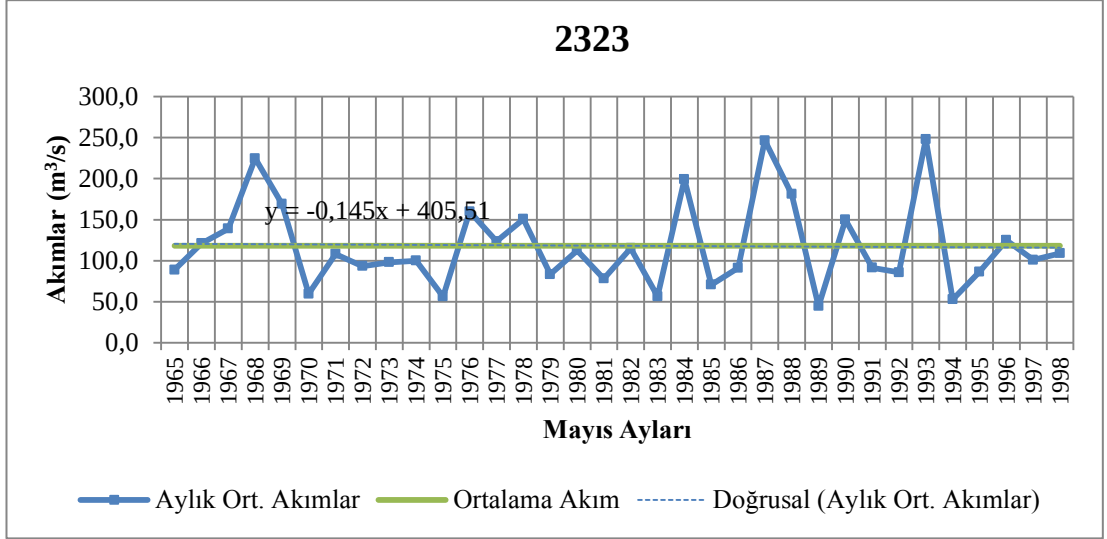
**Şekil A.53 :** 2323 nolu istasyonun Şubat aylarına ait debi-zaman eğrisi.



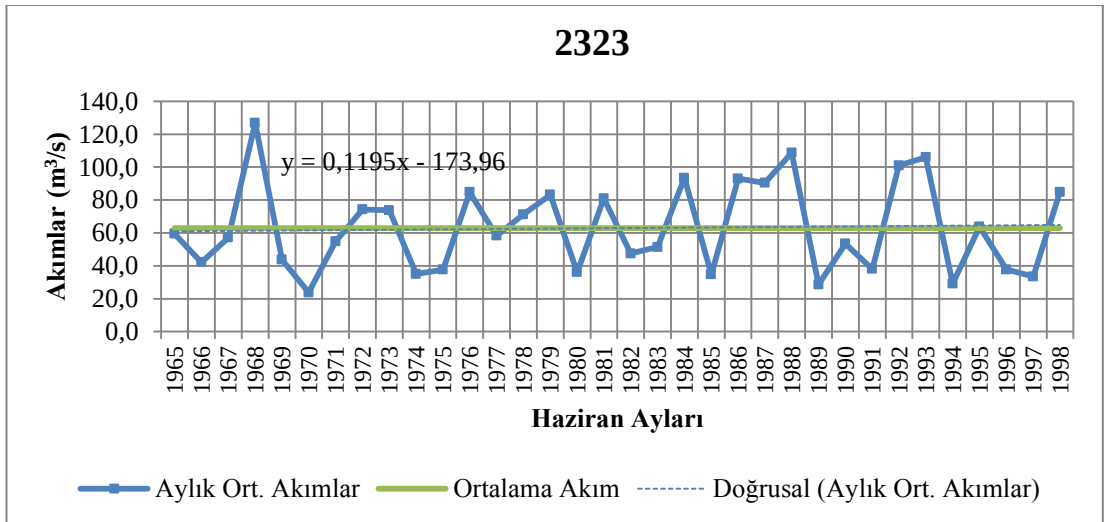
**Şekil A.54 :** 2323 nolu istasyonun Mart aylarına ait debi-zaman eğrisi.



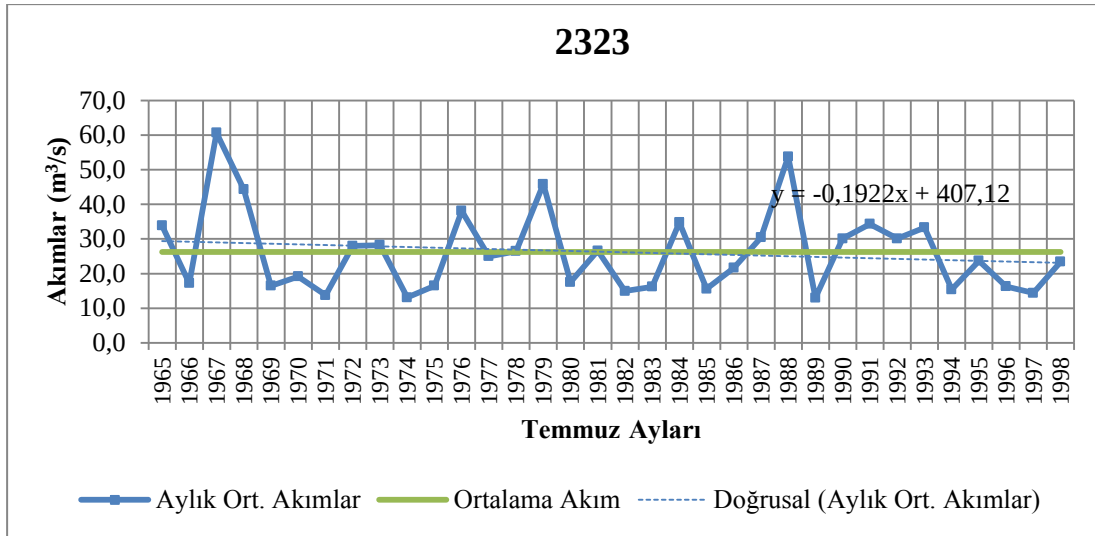
**Şekil A.55 :** 2323 nolu istasyonun Nisan aylarına ait debi-zaman eğrisi.



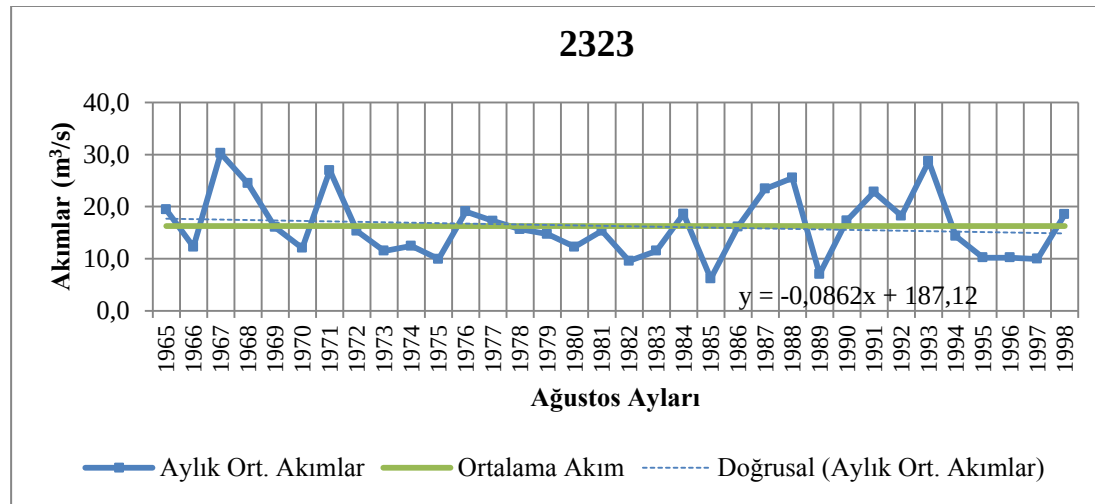
**Şekil A.56 :** 2323 nolu istasyonun Mayıs aylarına ait debi-zaman eğrisi.



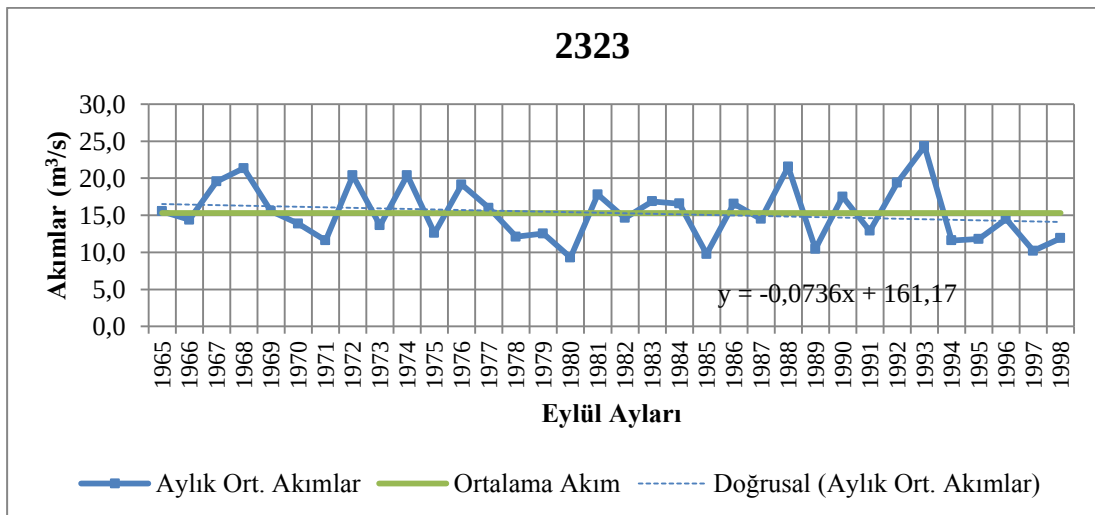
**Şekil A.57 :** 2323 nolu istasyonun Haziran aylarına ait debi-zaman eğrisi.



**Şekil A.58 :** 2323 nolu istasyonun Temmuz aylarına ait debi-zaman eğrisi.



**Şekil A.59 :** 2323 nolu istasyonun Ağustos aylarına ait debi-zaman eğrisi.



**Şekil A.60 :** 2323 nolu istasyonun Eylül aylarına ait debi-zaman eğrisi.

## **ÖZGEÇMİŞ**

**Ad Soyad** : Mehmet PEKSAYILIR  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Üsküdar, 02.09.1975  
**E-Posta** : mpeksayilir@hotmail.com

### **ÖĞRENİM DURUMU:**

- **Lisans** : 1998, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü.