İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKIM GÖZLEM İSTASYONU OLMAYAN HAVZALARDA SU POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. Kevser ŞENTÜRK

Anabilim Dalı : METEOROLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

Programı : METEOROLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

OCAK 2008

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKIM GÖZLEM İSTASYONU OLMAYAN HAVZALARDA SU POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. Kevser ŞENTÜRK

(511031107)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 16 Kasım 2007

Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Ocak 2008

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Kasım KOÇAK

Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Mikdat KADIOĞLU (İ.T.Ü.)

Prof.Dr. Bihrat ÖNÖZ (İ.T.Ü.)

OCAK 2008

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca benden hiçbir desteğini esirgemeyen ve bilgisiyle bana daima yol gösteren Sayın Hocam Doç.Dr. Kasım Koçak'a çok teşekkür ederim. Ayrıca, aileme ve arkadaşlarıma bana her zaman destek oldukları için teşekkür ediyorum.

Kasım, 2007 Kevser ŞENTÜRK

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR iv
TABLO LİSTESİ v
ŞEKİL LİSTESİ vı
SEMBOL LİSTESİ vıı
ÖZET vııı
SUMMARY ıx

1. GİRİŞ 1

2. YÖNTEM 8
2.1. Regresyon Analizi 8
2.1.1. Basit Doğrusal Regresyon Analizi 9
2.1.1.1. Korelasyon Katsayısı 9
2.1.1.2. Regresyon Doğrusu 10
2.1.2. Çok Değişkenli Doğrusal Regresyon Analizi 14
2.1.3. Doğrusal Olmayan Regresyon Analizi 16

3. BÖLGESELLEŞTİRME 18
3.1. Havza Özelliklerinin Seçimi ve Elde Edilişi 19
3.2. Çalışma Alanı – Çoruh Nehri Havzası 22
3.3. Kullanılan Veriler 26
3.3.1. Akım Gözlem İstasyonları (AGİ) ve Akım Özellikleri 27
3.3.2. Yağış 29
3.3.2.1. Meteoroloji Gözlem İstasyonları (MGİ) 29
3.3.3. Yükseklik 39
3.3.4. Eğim 40
3.3.5. Drenaj Yoğunluğu 41
3.3.6. Debi Süreklilik Çizgilerinin Elde Edilmesi 43
3.3.7. Debi Süreklilik Çizgileri için Model Seçimi 43
3.4. Çoruh Havzası Bölgeselleştirme Modeli 47
3.5. Hata Analizi 52

4. SONUÇLAR 54

KAYNAKLAR 56

EKLER 60

ÖZGEÇMİŞ 102

KISALTMALAR

AGİ : Akım Gözlem İstasyonu

MGİ : Meteoroloji Gözlem İstasyonu

DSÇ : Debi Süreklilik Çizgisi

RMS : Root mean square

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1. Benzer çalışmalarda kullanılan havza özellikleri.....27
Tablo 3.2. Çalışmada kullanılan AGİ'ler ve özellikleri.....29
Tablo 3.3. Çalışmada kullanılan MGİ'ler ve özellikleri.....30
Tablo 3.4. Yağış hesabında kullanılan yöntemlerin sonuçlarının diğer yöntemlerle karşılaştırılması.....38
Tablo 3.5. AGİ'lere ait yağışlar ve yağış hesabında kullanılan MGİ'ler.....39
Tablo 3.6. Test istasyonları için hesaplanan havza özellikleri.....42
Tablo 3.7. AGİ'ler için hesaplanan havza özellikleri.....43
Tablo 3.8. AGİ'lere ait kubik polinomların denklemleri ve determinasyon katsayıları.....45
Tablo 3.9. AGİ'lere ait kubik polinomların katsayıları.....49
Tablo 3.10. AGİ'lerin gerçek ve hesaplanmış katsayıları arasındaki ilişkinin korelasyon katsayıları.....50
Tablo 3.11. Test istasyonlarının gerçek ve hesaplanmış parametreleri.....50
Tablo 3.12. Gerçek ve hesaplanmış debi süreklilik çizgileri root-mean square hataları.....53

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1 : Debi süreklilik çizgisinin elde edilmesi.....3
Şekil 1.2 : Debi süreklilik çizgisinden zamanın belli yüzdelerinde aşılan debilerin okunması.....3
Şekil 2.1 : *Y* bağımlı değişkeninin *X* bağımsız değişkenine göre regresyonu.....11
Şekil 2.2 : Regresyon doğrusunun hangi değişkenin bağımlı değişken olarak düşünüldüğüne göre değişimi.....11
Şekil 3.1 : Benson Eğimi.....21
Şekil 3.2 : Çoruh Havzası Hidrometeoroloji Haritası.....24
Şekil 3.3 : Çoruh Havzası Mevcut Arazi Kullanımları.....25
Şekil 3.4 **:** Çoruh Havzası Toprak Yapısı.....26
Şekil 3.5 : Çoruh Havzası Eşyağış Eğrileri Haritası.....32
Şekil 3.6 : Uzundere için Tortum baz alınarak çizilen eşgradyan eğrileri.....34
Şekil 3.7 : Uzundere için Sarıkamış baz alınarak çizilen eşgradyan eğrileri.....35
Şekil 3.8 : Uzundere için Yusuefli baz alınarak çizilen eşgradyan eğrileri.....35
Şekil 3.9 : Uzundere için Oltu baz alınarak çizilen eşgradyan eğrileri.....36
Şekil 3.10 : Kuadrant Yönteminin Uygulanması.....37
Şekil 3.11 : Çoruh Havzası Genel Topoğrafik Yapısı.....40
Şekil 3.12 : Çoruh Havzası Drenaj Ağı.....42
Şekil 3.13 : Test istasyonlarının gerçek ve kalibre edilmiş DSÇ'leri.....46
Şekil 3.14 : Test istasyonlarının gerçek ve hesaplanmış DSÇ'leri.....51

SEMBOL LİSTESİ

A : Alan (km^2)

P : Yıllık Ortalama Toplam Yağış (mm)

Q : Debi (m^3/s)

D : Aşılma yüzdesi (%)

X : Bağımsız değişken

Y : Bağımlı değişken

Q_i : i. aşılma yüzdesinde gelen debi (m^3/s)

$\overline{Q_i}$: i. aşılma yüzdesi için hesaplanan debi (m^3/s)

N : Veri sayısı

ϵ : Root-mean-square (%)

L : Akarsu Uzunluğu (km)

H : Hipsometrik Düşü (m)

D_y : Drenaj Yoğunluğu (km/km^2)

E : Benson Eğimi (%)

m : Bütün akarsu kollarının sayısı

u_i : i. kolun uzunluğu (km)

U_{sy} : Su yapısının yapılacağı noktaya kadar esas mecra üzerinde ölçülen mesafe

e_h : Harmonik Ortalama

Q_b : Taban Akımı

S_o : Ana Yatak Eğimi

AKIM GÖZLEM İSTASYONU OLMAYAN HAVZALARDA SU POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Ülkelerin gelecekte karşı karşıya kalacakları en büyük sorunlardan birisi enerji sorunudur. Fosil yakıtların çevreye verdiği zararı en aza indirmek için, ülkeler enerji programları içerisine yenilenebilir enerji kaynaklarını dahil etmektedirler. Bu çalışmada akım gözlem istasyonu (AGİ) olmayan havzalarda su potansiyelinin belirlenebilmesine yönelik bir yöntem izlenmiştir.

Debi süreklilik çizgileri bir akarsuyun akımlarının aşılma yüzdesi ile miktarı arasındaki ilişkiyi ortaya koyan grafiklerdir. Pek çok su kaynakları projesi ölçüm istasyonu olmayan alanlarda inşa edilmekte, ancak, ihtiyaç duyulan debi süreklilik çizgileri veri yetersizliği nedeniyle elde edilememektedir. Debi süreklilik çizgisi bir akarsu havzasının karakteristikleri ve iklimsel özellikleri kullanılarak bölgeselleştirilebilir. Çalışmada, Çoruh havzasında mevcut akım gözlem ve meteoroloji gözlem istasyonlarına ait veriler kullanılarak bölgeselleştirme yapmak için seçilen modelin parametreleri belirlenmiştir. En uygun debi süreklilik modeli belirlenerek model parametrelerinin yersel değişimi araştırılmıştır. Model parametrelerinin yersel değişimi toplam yağış, havza alanı, drenaj yoğunluğu, akarsu uzunluğu, eğim ve hipsometrik düşü ile açıklanmaya çalışılmıştır. Bölgesel regresyon eşitliklerinin elde edilmesiyle, Çoruh Havzasındaki herhangi bir alt havza için debi süreklilik çizgisi üretilebilmektedir. Bu yöntem, hidroelektrik enerji potansiyeli bulunan fakat ölçüm istasyonu olmayan havzalardaki su miktarına yönelik tahminler yapmakta yararlı bir yöntemdir. Özellikle, küçük hidroelektrik santraller açısından su miktarının belirlenmesinde kullanılabilir. Ayrıca, su kaynakları ile ilgili, örneğin su temini, su kalitesi projeleri gibi, diğer projelerde de bölgeselleştirme yönteminden yararlanılabilir.

DETERMINATION OF WATER POTENTIAL IN UNGAUGED BASINS

SUMMARY

One of the most important problems that the countries faced with is energy problem. Today, countries include renewable energy resources in their energy programme to reduce the adverse effect of fossil fuels on the environment. In this study, a method for determination of water potential in ungauged basins has been utilized.

Flow duration curves are useful analytical and graphical tools that give the relationship between discharge and exceedence percentage. In practice, many water resources projects are designed in the ungauged basins. In such situations, due to lack of data it becomes a difficult task to construct the flow duration curves. Flow duration curves can be regionalized by using basin characteristics and climatic properties. In this study, based on the data sampled from Çoruh basin, parameters of the predetermined model have been calculated to achieve the regionalization. In other words, the by determining the most proper model for flow duration curve, spatial variation of the model parameters have been searched.

This has been achieved by using total precipitation, basin area, drainage density, length of river, basin slope and hypsometric fall. After the determination of the regional regression model it is possible to construct a flow duration curve for a subcatchment in Çoruh basin. This approach can be used in many studies such as determination of water potential for hydroelectric power plant, water supply and water quality projects, etc.

1. GİRİŞ

Elektrik modern hayatın vazgeçilmez bir parçasıdır. Gelişmekte olan pek çok ülke gibi, Türkiye de çeşitli sebeplerle enerji problemleriyle karşı karşıya kalmaktadır. Üretim sürecinin gerçekleştirilmesi ve yaşamın çağdaş koşullarda sürdürülmesi enerjiye bağlıdır. Tüm sektörlerin doğrudan ve dolaylı enerji talepleri olup, bu taleplerin sürekli olarak karşılanması ülke yönetimlerinin birincil görevleri arasında gelmektedir. Geçmişte, sınırlı ihtiyaçlarını doğal kaynaklardan karşılayan insanoğlu, nüfus artışıyla birlikte artan ihtiyaçlarını karşılama çabasına girmiştir. Kullandığı doğal kaynakları enerji amaçlı kullanmış ve enerjiyi açığa çıkaran yakıtlara yönelmiştir.

Mevcut kaynaklar enerji ihtiyacını karşılamakta yetersiz kalmaya başlarken, geçtiğimiz yüzyılda fosil yakıtların çevreye verdiği zarar da kendisini göstermeye başlamıştır. Daha sonraları, çevreye zarar vermeden enerji ihtiyaçlarının yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması üzerine çalışmalar başlamıştır.

Önümüzdeki yıllarda, karşı karşıya kalacağımız en önemli sorunların başında enerji sorunu gelmektedir. Ülkelerin gücü üretebildikleri enerji ile tanımlanmakta, ülkelerin bağımsızlıkları öz kaynaklarından üretecekleri enerji miktarlarıyla ölçülmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının içerisinde suyun önemli bir yeri vardır. Hidroelektrik enerjisi, maliyeti düşük olan bir enerji türüdür. Hidroelektrik enerjisi çevre kirliliğine neden olmamakla birlikte, yakın doğal ortam ya da çevrede yaşayanlar üzerinde bazı olumsuz etkileri söz konusudur.

Bir akarsu havzasının hidroelektrik enerji üretiminin teorik üst sınırını gösteren brüt su kuvveti potansiyeli; mevcut düşü ve ortalama debinin oluşturduğu potansiyeli ifade etmektedir. Topoğrafya ve hidrolojik koşulların bir fonksiyonu olan brüt hidroelektrik enerji potansiyeli, ülkemiz için 433 milyar kWh mertebesindedir. Teknik yönden değerlendirilebilir su kuvveti potansiyeli; bir akarsu havzasının hidroelektrik enerji üretiminin teknolojik üst sınırını göstermektedir. Uygulanan

teknolojiye bağlı olarak düşü, akım ve dönüşümde oluşabilecek kaçınılmaz kayıplar hariç tutulmaktadır. Bölgede planlanan hidroelektrik projelerin teknik açıdan uygulanabilmesi mümkün olan tümünün gerçekleştirilmesi ile elde edilecek hidroelektrik enerji üretiminin sınırlarını temsil etmektedir. Bu niteliğiyle teknik yönden değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyel, brüt potansiyelin bir fonksiyonu olmakta ve çoğunlukla onun yüzdesi olarak ifade edilmektedir. Ülkemizin teknik yönden değerlendirilebilir hidroelektrik enerji potansiyeli 216 milyar kWh civarındadır (http://www.eie.gov.tr).

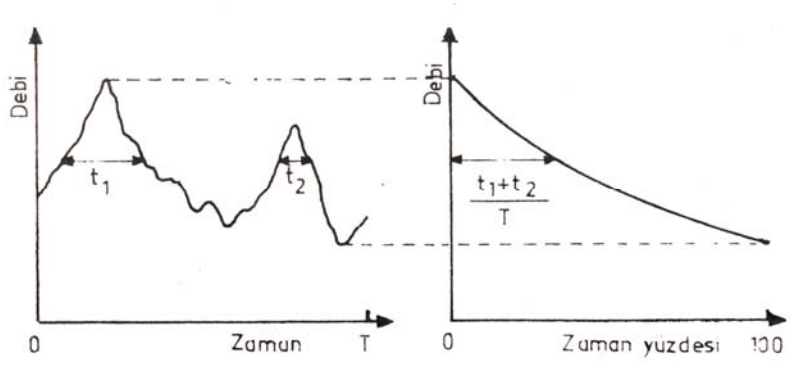
2004 yılı sonu itibariyle Türkiye'nın toplam kurulu gücü 36.824 MW olup, bunun 24.145 MW'ı termik, 33,9 MW'ı jeotermal ve rüzgar, 12.645 MW'ı hidrolik santrallara aittir (http://www.eie.gov.tr). Bu bağlamda, yenilenebilir enerji kaynaklarını araştırma, planlama ve uygulama projeleri ülkemiz açısından oldukça önemlidir.

Bir debi süreklilik çizgisi belli bir istasyondaki günlük, haftalık, aylık veya başka bir zaman aralığındaki akımların miktarı ve frekansı ile ilişkilidir ve belli bir zaman aralığı boyunca verilmiş bir akım değerinin eşit olduğu veya aşıldığı zaman yüzdesini göstermektedir **(Cığızoğlu, 1997)**.

Debi süreklilik çizgisi, bir akarsuyun akımının büyüklüğü ve frekansı arasındaki ilişkiyi tanımlar. Debi süreklilik çizgisi aynı zamanda bir akarsu için kümülatif dağılım fonksiyonunun tamamlayıcısı olarak da tarif edilebilir **(Castellarin ve ark., 2004)**.

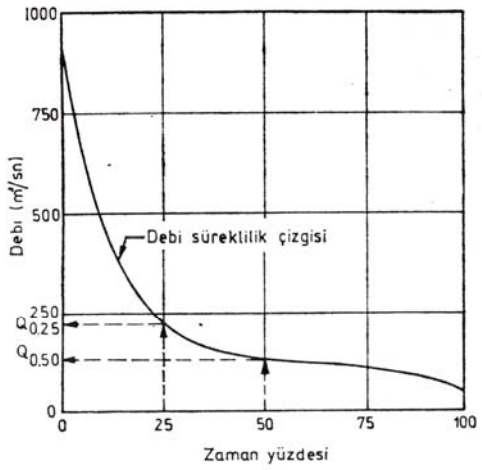
Fennesey ve Vogel (1990), debi süreklilik çizgisini, temelde bir nehrin günlük akımlarının kümülatif dağılım fonksiyonu olarak tanımlamışlardır.

Günlük debilerle istasyondaki debi gidiş çizgisi çizilir. Eldeki bir debi süreklilik çizgisinden faydalanarak debinin belli bir değere eşit ya da ondan büyük olduğu zaman yüzdesi hesaplanıp düşey eksene debiler, yatay eksene zaman yüzdeleri taşınırsa debi süreklilik çizgisi elde edilir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 : Debi süreklilik çizgisinin elde edilmesi

Süreklilik çizgisini elde ederken mümkün olduğu kadar uzun bir süreye ait debi gidiş çizgisini kullanmak uygun olur. Bu eğriden zamanın belli bir yüzdesinde aşılan debi okunabilir. Şekil 1.2'de örnek debi süreklilik çizgisi verilmiştir. Süreklilik çizgilerinin birbirleriyle karşılaştırılmasını kolaylaştırmak için bazen düşey eksende gerçek debilerin yerine debilerin ortalama debiye oranı gösterilir, böylece debiler boyutsuz hale getirilir **(Bayazıt, 1999)**.



Şekil 1.2 : Debi süreklilik çizgisinden zamanın belli yüzdelerinde aşılan debilerin okunması

Debi süreklilik çizgisini oluşturan debi gidiş çizgisinin zaman birimi kullanım amacına göre değişmektedir. Zaman birimi gün, hafta, ay ve yıl olarak seçilebilir.

Debi süreklilik çizgilerinin pek çok kullanım alanı vardır. Debi süreklilik çizgisileri düşük akımların analizinde kullanılmaktadır. Günlük debilerin süreklilik çizgisi, akarsu debisinin belirli değerlerden daha büyük veya eşit olduğu günlerin yüzdesini göstermektedir. Debi süreklilik çizgisi genellikle, akarsuda ölçüm yapılmış günlerin oranları ile ampirik olarak oluşturulur. Bir süreklilik çizgisi logaritmik kağıda

noktalandığında yaklaşık olarak düz bir çizgidir. Debi süreklilik çizgileri, süreklilik çizgisinin zaman yüzdesini değil de haftaların veya ayların yüzdelerini gösterdiği durumlarda aylık veya haftalık olarak da çizilebilir. Bu eğriler günlük olanlardan daha az kullanışlıdır. Hidrometeorolojik olarak homojen havzaların Debi süreklilik çizgisilerinin bölgesel ilişkileri, ölçüm yapılmayan havzaların Debi süreklilik çizgilerinin tahmininde kullanılabilmektedir. Süreklilik çizgilerinin en çok kullanıldığı alanlardan birisi, birincil ve ikincil güç olmak üzere hidroelektrik güç potansiyelinin hesaplanmasıdır (Guide to Hydrological Practices, WMO-No:168, 5. Edition, 1994).

Çok iyi bilinmektedir ki, belirli bir bölgedeki su gücü potansiyeli, o bölgedeki suyun miktarına ve hidrolik düşüye bağlıdır. Bu nedenle hidrolik tasarımın amacı, debi süreklilik çizgisi ile ifade edilen akımın varlığını tahmin etmektir. Her ne kadar debi süreklilik çizgisi, akımın zaman içerisindeki değişkenliğini vermez, bu bilgi ancak tam bir hidrograf sayesinde elde edilebilir. Debi süreklilik çizgisi, bir yerdeki su gücü potansiyelinin tahmininde ve belli bir nehir üzerinde depolama haznesinin boyutlandırılmasında çabuk bir tahmine ulaşmak için kullanılır. Bu nedenle, debi süreklilik çizgisi öncelikle hidroelektrik enerji çalışmalarında faydalı bir araçtır. Bu çizgi, aynı zamanda su temini çalışmaları ve su kalitesi çalışmalarında kullanılan gerekli hidrolojik bilgiyi verir **(Mimikou ve Kaemaki, 1985)**.

Eklenik olasılık dağılımı $F(x)$, tanım olarak olasılık yoğunluk fonksiyonu $f(x)$'in integralidir.

$$F(x) = P(-\infty \le X \le x) = \int_{-\infty}^{x} f(x)dx \qquad \textbf{(1.1)}$$

Yıllık akımlar stasyoner (istatistik özellikleri zamanla değişmeyen) olduklarından, belli bir x değerinin aşılma olasılığını bulmak için eklenik frekans dağılım değerini 1'den çıkarmak yeterlidir. Günlük ve aylık akım serileri ise stasyoner değildir. Stasyoner olmayan serilerin eklenik frekans dağılımı tanımlanamaz, bu nedenle günlük akımların süreklilik çizgisi eklenik dağılım çizgisi olarak düşünülemez **(Cığızoğlu, 1997)**.

Mimikou ve Kaemaki (1985), yaptıkları çalışmada, debi süreklilik çizgisini su toplama havzasının morfoklimatolojik özelliklerini kullanarak bölgeselleştirmişlerdir. Çoklu regresyon tekniklerini kullanarak, en uygun debi

süreklilik modelinin her parametresine ait yersel değişkenliği; yıllık ortalama alansal yağış, havza alanı, hipsometrik düşü ve akarsu uzunluğu ile açıklamışlardır.

Fennesey ve Vogel (1990), Massachusetts'deki ölçüm istasyonu olmayan ve düzenlemesi yapılmamış bölgeler için debi süreklilik çizgileri geliştirmişlerdir ve bölgesel debi süreklilik çizgileri ile ilgili yeni modellerin incelemelerini yapmışlardır. Debi süreklilik çizgileri sıklıkla üç veya daha çok parametreli olasılık yoğunluk fonksiyonlarını gerektiren karmaşık bir yapıya sahip olabilirler. **Fennesey ve Vogel (1990)** çalışmalarında iki parametreli log-normal olasılık yoğunluk fonksiyonunu kullanarak günlük debi süreklilik çizgilerini yaklaşık olarak tahmin etmişlerdir.

Debi süreklilik çizgisi sugücü üretimi, nehir ve biriktirme haznesindeki askıdaki maddeleri, sulama sistemleri, su kalitesi değerlendirmeleri, su kullanım değerlendirmeleri, su kirliliği ve doğal yaşam uygunluğu ile ilgili hidrolojik problemlerin çözümünde hidrolojistler tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır **(Smakhtin, 2001)**.

Sing ve ark. (2001), Hindistan'ın Himalaya bölgesindeki ölçüm istasyonu olmayan küçük su projeleri ve yetersiz miktardaki verileri dikkate alarak bu havzalar için debi süreklilik çizgilerinin modellemesini yapmışlardır. Çalışmalarında 1200 adet küçük havza kullanmışlardır. Boyutsuz akım serileri, ölçüm istasyonu olan havzalardan ölçüm istasyonu olmayan havzalara, normal, lognormal ve üstel dönüşümlerle taşınarak elde edilmiştir.

Yu ve ark. (2002), Tayvan'ın Cho-Shuei Creek bölgesindeki küçük bir alan (3155 km^2) için bölgesel debi süreklilik çizgileri elde etmişler ve bölgesel eğrilerin geçerliliğini denetlemek için örnekleme işlemi yapmışlardır. Çalışmalarında polinom yöntemi ve alan-indeks yöntemini kullanarak 15 istasyon için bölgeselleştirme işlemi yapmışlardır. Elde ettikleri debi süreklilik çizgilerinin belirsizlik analizlerine göre polinom yöntemi alan-indeks yönteminden daha az belirsizlik içermektedir.

Akım ölçümlerinin eksikliği uygulamada önemli bir problemdir ve Yunanistan **(Mimikou ve Kaemaki, 1985)**, ABD **(Fennesey ve Vogel, 1990)**, İtalya **(Franchini ve ark., 1996)**, Hindistan **(Singh ve ark., 2001)**, Tayvan **(Yu ve ark., 1996)** ve

Portekiz **(Croker ve ark., 2003)** için yapılan debi süreklilik çizgisinin bölgeselleştirilmesi çalışmalarında bu duruma değinilmiştir.

Bir nehrin akış sistemi, ölçülmüş debilerden elde edilmiş ve akımların frekans dağılımlarını gösteren bir debi süreklilik çizgisi kullanılarak tanımlanabilir. Verilerin ulaşılamaz veya sınırlı olduğu yerlerde pek çok kaynağın değerlendirilmesi gerekebilir, bu yüzden ölçümlerin yapılamadığı yerler için debi süreklilik çizgilerinin tahminine ihtiyaç duyulur. Yarıkurak alanlarda, örneğin Güney Portekiz'in bir kısmı, akımlar zamanın önemli bir süresinde sıfırdır. **Croker ve ark. (2003)**, Portekiz'in bir kısmında ölçümleri olmayan havzalar için debi süreklilik çizgisinin tahminine yönelik bölgesel bir model elde etmeyi amaçlamışlardır. Bunun için, 67 adet havzadan elde edilmiş verileri kullanmışlardır. Yaklaşımları, akımın hiç sıfır olmadığı döneme ait debi süreklilik çizgisinin tahmininde kullanılan model ile akarsuyun kurak olduğu zaman yüzdesini tahmin eden bir modeli birleştirmek için toplam olasılık teorisini kullanmışlardır. Bu bileşen parçaları hidrojeoloji ve iklim gibi havza özelliklerine göre ayrı ayrı modellenebilir özelliktedir **(Croker ve ark., 2003)**.

Cole ve ark. (2003), akım verilerinin kullanıcılarının, verileri güvenle kullanabilmeleri için bağımsız bir kalite göstergesine ihtiyaç duyduklarını belirtmişler ve veri kalite göstergesi olarak uzun dönem debi süreklilik çizgilerinin kullanımını önermişlerdir. Bu metod, akım verilerindeki düzensizliklere görsel olarak ışık tutmakta ve hatanın yerini ve şeklini vermektedir. Yöntemi, Kuzey İrlanda'ya ait veriler üzerinde uygulamışlardır.

Deneysel bir debi süreklilik çizgisi, standart nonparametrik işlemler kullanılarak akım gözlemlerinden kolayca elde edilebilir. Akım ölçümlerinin eksikliği gözönüne alındığından debi süreklilik çizgisinin bölgeselleştirilmesi, ölçüm istasyonu olmayan havzalar ve kısa akım verileri ile çalışırken önemli bir işlem haline gelmektedir. Bununla birlikte debi süreklilik çizgisinin bölgeselleştirilmesi hakkındaki literatür, bölgesel taşkın frekans analizlerini içeren makalelerle kıyaslandığında çok azdır. **Castellarin ve ark. (2004)**, Doğu İtalya'daki geniş bir coğrafi bölge için yaptıkları çalışmada, günlük akımlardan elde edilmiş debi süreklilik çizgilerinin çeşitli bölgesel modellerini geliştirmişler ve modellerin verimliliğini test etmişlerdir. Ayrıca, çalışmalarında bölgesel yaklaşımların güvenilirliğini de değerlendirmişlerdir.

Krasovskaıa ve ark. (2006) tarafından ölçümü olmayan havzalarda debi süreklilik çizgisinin tahmini için bir yöntem geliştirilmiştir. Debi süreklilik çizgisi, bir orta değer ve dağılım katsayısı ile deneysel olarak elde edilmiş bölgesel debi süreklilik çizgileri veya teorik bölgesel eğriler olarak tanımlanabilir. Debi süreklilik çizgisinin birinci sıra momentlerinin bir nehir ağı boyunca gelişimi ve mekansal ölçeği, örneğin havza alanı, analiz edilmiştir ve akarsu ağı boyunca interpolasyonları dikkatle hazırlanmıştır. Çalışmada, Costa Rica'nın günlük akım kayıtları kullanılmıştır. Tahmin hataları, %85'den daha uzun bir zaman yüzdesi için bağıl olarak (~ %30) yüksek iken, %20'den küçük zaman yüzdelerinde (~ %10) ve debi süreklilik çizgisinin merkez bölümlerinde (~ %8) küçülmektedir. Deneysel ve teorik debi süreklilik çizgileri arasındaki farklar küçük çıkmış, buna rağmen debi süreklilik çizgisinin merkez kısımlarında daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Bari ve Shafiul Islam (2006), Akımların meydana geliş zamanlarının tarih sırasının maskelendiği geleneksel bir debi süreklilik çizgisinin zorluklarının üstesinden gelebilmek ve bir takvim yılına ait debi süreklilik çizgisini elde edebilmek için stokastik bir yaklaşım uygulamışlardır. Stokastik debi süreklilik çizgisinin teorik gelişimini ve ortalama günlük debinin dağılımına uygun olasılık dağılımını araştırmışlardır. Model, Bangladeş'in dört adet seçilmiş nehrine uygulanmıştır.

2. YÖNTEM

Akım ile havza karakteritikleri arasındaki ilişkinin araştırlması hidrolojide önemli bir yere sahiptir.

Nash ve Shaw (1966), havza değişkenlerinin kendi aralarındaki ilişkilerini regresyon analizi ile araştırmış ve denklemlerle ifade etmişlerdir. Ortalama yıllık en büyük debi ile ortalama yıllık yağış ve havza eğimi arasındaki ilişkiyi ortaya koymuşlardır.

Taylor (1967), havza değişkenlerinin aralarındaki doğal ilişkilerini regresyon denklemleriyle ifade etmiştir. Maksimum debi ile alan, maksimum havza uzunluğu, eğim oranı ve çevre arasındaki ilişkiyi ortaya koymuştur.

2.1. Regresyon Analizi

Birçok mühendislik probleminde iki ya da daha çok sayıda rastgele değişkenin aynı gözlem sırasında aldıkları değerlerin birbirinden istatistik bakımdan bağımsız olmadığını, dolayısıyla bu değişkenler arasında bir ilişki bulunduğunu görürüz. Ancak söz konusu ilişkiler deterministik (fonksiyonel) nitelikte değildir, yani değişkenlerden biri belli bir değer aldığında diğerinin her zaman aynı değeri alacağı söylenemez. Değişkenler arasındaki fonksiyonel olmayan bağıntının varlığının ortaya çıkarılması ve biçiminin belirlenmesi pratikte büyük önem taşır. Bu tipten bir bağıntıyı gösteren matematik ifadeye regresyon denklemi denir **(Bayazıt ve Yeğen, 2005)**.

İstatistikte rastgele değişkenler arasındaki bağıntıyı ifade eden matematik ifadeye regresyon denklemi denir. Bir rastgele değişkenin değerini bir veya daha fazla sayıda rastgele değişkenlerin değerlerine bağlı olarak en iyi şekilde tahmin etmeye yarayan regresyon denkleminin belirlenmesine de regresyon analizi denir **(Bayazıt, 1981)**.

Regresyon analizinin amacı, göz önüne alınan değişkenler arasında anlamlı bir ilişki bulunup bulunmadığını belirlemek, böyle bir ilişki varsa bu ilişkiyi ifade eden

regresyon denklemini elde etmek ve bu denklemi kullanarak yapılacak tahminlerin güven aralıklarını hesaplamaktır. Regresyon analizi şu şekilde sınıflandırılabilir;

Basit doğrusal regresyon: İki değişken arasında doğrusal bir ilişki olduğu kabul edilir.

Çok değişkenli doğrusal regresyon analizi: İkiden fazla sayıda değişken arasında doğrusal bir ilişki bulunduğu kabul edilir.

Doğrusal olmayan (nonlineer) regresyon analizi: İki ya da daha fazla sayıda değişken arasında doğrusal olmayan ve biçimi önceden seçilen bir denklemle ifade edilen bir ilişkinin varlığı kabul edilir **(Bayazıt ve Yeğen, 2005)**.

Basit ve çok değişkenli korelasyon ve regresyon analizleri hidrolojide kullanılan en eski istatistik yöntemlerdendir. Bu analizlerin temel amacı aynı değişkenin gözlemlendiği noktalar arasında veya aynı zamanlarda gözlemlenen farklı değişkenler arasında bilgi transferidir **(Yevjevich, 1997)**.

Korelasyon, iki veya daha fazla rastgele değişkenin ilişkisi olarak tanımlanır. Korelasyon katsayısı, değişkenlerin yönü, etkileşimlerin nasıl olduğu hakkında bilgi verir. Hesaplanmamış veya ihmal edilmiş rastgele değişkenlerin ve hataların etkisi, ilişkide artakalan veya açıklanamayan bir kısma neden olur. Karşılıklı ilişkilerdeki bu durum, ilişkinin derecesini ölçmek için sayıları veya istatistikleri gerektirir. Bu istatistikler iki uca sahip olmak zorundadır: (a) toplam korelasyonu temsil eden limitler ve (b) hiç ilişki olmaması durumunu temsil eden değerler. Bu yüzden, bu iki uç şunlardır: deterministik (fonksiyonel) ilişki ve karşılıksız ilişki. Karşılıklı ilişkilerin çeşitli dereceleri bu iki uç arasında yer alır **(Yevjevich, 1997)**.

2.1.1. Basit Doğrusal Regresyon Analizi

2.1.1.1. Korelasyon Katsayısı

Gözönüne alınan iki rastgele değişken arasında doğrusal bir regresyon bağıntısı bulunduğu kabul edildikten sonra bu bağımlılığın derecesini belirlemek gerekir. Bunun için ilk olarak gözlenmiş x_i, y_i değerleri noktalanır. Bu noktalar bir doğru çizgi etrafında toplanıyorsa anlamlı bir bağıntının varlığı düşünülebilir. İki rastgele değişken arasındaki doğrusal bağımlılığın derecesini ölçen bir parametre de korelasyon katsayısıdır **(Bayazıt, 1981)**:

$$\rho = \frac{Cov_{x,y}}{\sigma_x . \sigma_y} \qquad \textbf{(2.1)}$$

Bu katsayı boyutsuz olup mutlak değeri 0 ile 1 arasında değişir. İki değişken bağımsız ise $Cov_{x,y} = 0$ olacağından $\rho = 0$ olur. Ancak $\rho = 0$ olması söz konusu değişkenlerin bağımsız olduklarını ifade etmez, sadece aralarında doğrusal bir bağımlılık bulunmadığını gösterir. ρ'nun mutlak değeri 0'dan 1'e doğru arttıkça değişkenler arasındaki doğrusal bağımlılık kuvvetlenir. $\rho = 1$ için bütün noktalar aynı çizgi üzerinde toplanır. ρ'nun değerinin negatif olması değişkenlerden biri artarken diğerinin azaldığını gösterir **(Bayazıt, 1981)**.

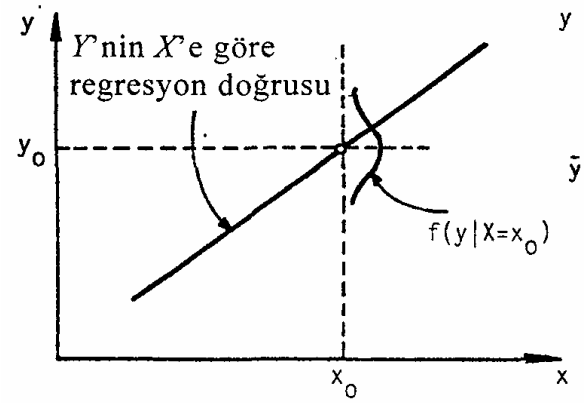
2.1.1.2. Regresyon Doğrusu

Aralarında anlamlı bir ilişki bulunan iki rastgele değişkenden *Y* ile göstereceğimiz bağımlı değişkenin değerini, *X* ile göstereceğimiz bağımsız değişkenin verilen bir değeri için tahmin edilebilir **(Bayazıt ve Yeğen, 2005)**.

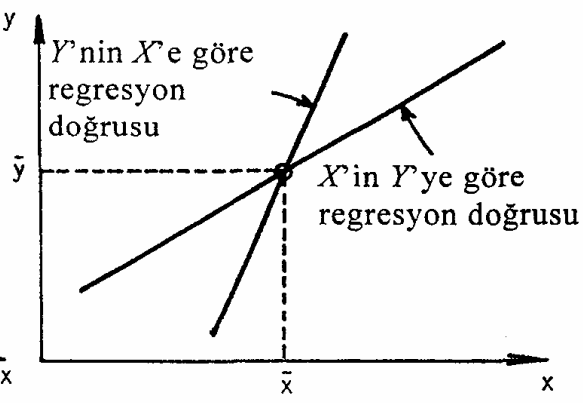
X ile *Y* arasındaki ilişki istatistik nitelikte bir ilişki olduğuna göre $X = x_0$ değerini aldığında *Y* değişkeninin alacağı değerlerin $f(y \mid X = x_0)$ ile gösterilen bir koşullu olasılık yoğunluk fonksiyonu vardır (Şekil 2.1). Bu koşullu dağılımdan $X = x_0$ için *Y*'nin beklenen değeri hesaplanırsa:

$$y_0 = E(Y \mid X = x_0) \qquad \textbf{(2.2)}$$

çeşitli x_0 değerlerine karşı gelen y_0 beklenen değerleri *Y*'nin *X*'e göre regresyon doğrusunu verir (x_0 ile y_0 arasındaki ilişkinin doğrusal olduğu kabulüne göre).



Şekil 2.1 : Y bağımlı değişkeninin X bağımsız değişkenine göre regresyonu



Şekil 2.2 : Regresyon doğrusu hangi değişkenin bağımlı değişken olarak düşünüldüğüne göre değişimi

Benzer şekilde *X*'e bağımlı, *Y*'ye bağımsız değişken gözü ile bakılırsa:

$$x_0 = E(X \mid Y = y_0) \qquad \textbf{(2.3)}$$

denklemi ile çeşitli y_0 değerlerine karşı gelen x_0 değerleri *X*'in *Y*'ye göre regresyon doğrusu elde edilir. *X* ile *Y* arasındaki bağıntı deterministik olmadıkça bu iki doğru çakışmaz, $(\bar{x}, \bar{y})$ noktasında kesişen doğruların eğimleri farklı olur (Şekil 2.2) **(Bayazıt ve Yeğen 2005)**.

Regresyon denkleminde hangi değişkene bağımlı, hangi değişkene bağımsız değişken gözü ile bakılacağı yapılan çalışmanın amacına bağlıdır. Hangi değişkenin beklenen değerini diğer değişkenin verilen bir değerine bağlı olarak tahmin etmek isteniyorsa o değişken bağımlı değişken olur. Regresyon analizinde bağımlı değişken *Y* sembolü ile gösterilir **(Bayazıt ve Yeğen 2005)**.

Y'nin *X*'e göre regresyon doğrusunun denklemi olan:

$$y = a + bx \qquad \textbf{(2.4)}$$

ifadesindeki a ve b regresyon katsayılarını hesaplamak için gözlenmiş (x_i, y_i) noktalarının regresyon doğrusuna düşey (y doğrultusundaki) uzaklıklarının (e_{yi}) karelerinin toplamı en küçük yapılır (Şekil 2.3):

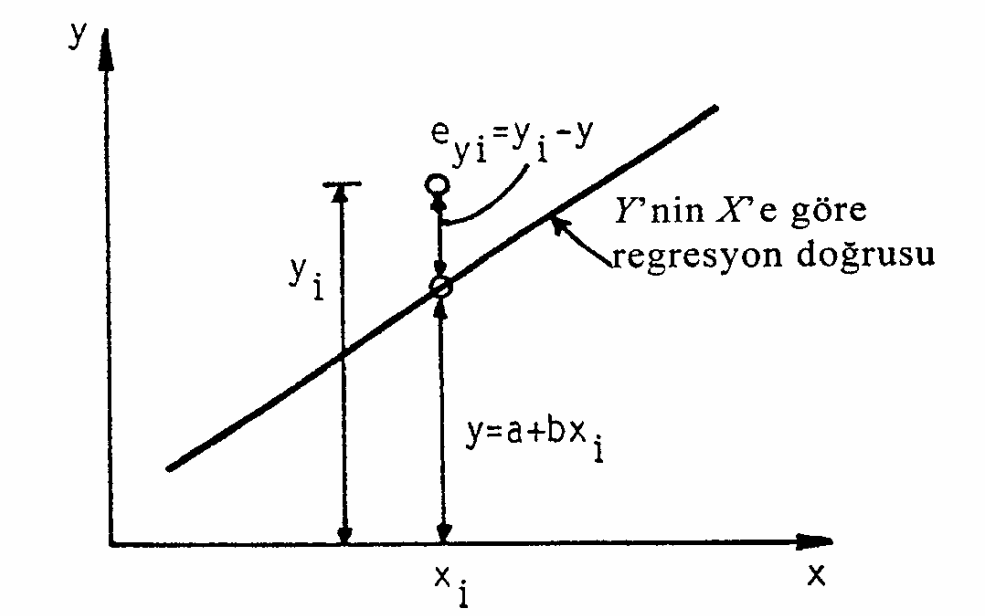
$$\min \sum_{i=1}^{N} e_{yi}^2 = \sum_{i=1}^{N} (y_i - a - bx_i)^2 \qquad \textbf{(2.5)}$$

olması için a ve b 'nin şu denklemleri sağlaması gerekir:

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^{N} e_{yi}^2}{\partial a} = 0 \quad ..... \quad \frac{\partial \sum_{i=1}^{N} e_{yi}^2}{\partial b} = 0 \qquad \textbf{(2.6)}$$

e_{yi}^2 için (2.5) denklemindeki ifadeyi kullanarak (2.6) denklemleri çözülürse regresyon katsayıları için şu ifadelere varılır:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})^2} = \frac{s_Y}{s_X} r_{X,Y} \qquad a = \bar{y} - b\bar{x} \qquad \textbf{(2.7)}$$



Şekil 2.3 : Regresyon Doğrusu gözlem noktalarının düşey uzaklıklarının karelerinin toplamını en küçük yapacak şekilde geçirilir.

Regresyon doğrusunun denklemindeki a katsayısı X=0 için Y'nin beklenen değerini, b katsayısı X değişkenindeki birim değişikliğe karşılık Y değişkeninde beklenen değişmeyi gösterir.

Regresyon katsayılarını veren (2.7) denklemleri başka bir yaklaşımla da elde edilebilir. İki değişkenli normal dağılımda Y'nin X'e göre koşullu dağılımının beklenen değeri

$$f(x|y) = \frac{\exp\left\{-Q/\left[2(1-\rho_{XY}^2)\right] + (y-\mu_Y)^2/2\sigma_Y^2\right\}}{\sigma_X\left[2\pi(1-\rho_{XY}^2)\right]^{0,5}} \qquad \textbf{(2.8)}$$

denklemine dayanarak şu şekilde yazılabilir:

$$\mu_{Y|X} = \mu_y + \rho_{X,Y}\frac{\sigma_Y}{\sigma_X}(x - \mu_X) \quad \textbf{(2.9)}$$

Bu ifadeyi istatistikleri kullanarak yazıp düzenler ve $\mu_{Y|X}$ yerine y yazarsak:

$$y = \bar{y} + r_{X,Y}\frac{s_Y}{s_X}(x - \bar{x}) = \bar{y} - r_{X,Y}\frac{s_Y}{s_X}\bar{x} + r_{X,Y}\frac{s_Y}{s_X}x \quad \textbf{(2.10)}$$

Elde edilen doğru denkleminin katsayılarının (2.7) denklemleri ile verilen ifadeler olduğu görülmektedir. Buna göre gözlenen noktaların regresyon doğrusuna düşey uzalıklarının toplamını minumum yapacak şekilde geçirilen doğru aynı zamanda *X*'in verilen bir değeri için *Y*'nin beklenen değerini veren regresyon doğrusu olmaktadır. Bu sonuç regresyon doğrusu için daha önce verilen tanımla da uygunluk halindedir. Gözlenmiş noktaların regresyon doğrusuna düşey uzaklıklarının (e_{yi}) toplamının:

$$\sum_{i=1}^{N} e_{yi} = 0 \quad \textbf{(2.11)}$$

olduğu görülebilir. Bu uzaklıkların *X*'in her değerinde aynı olduğu kabul edilen varyansı için de şu ifade elde edilir (tarafsız bir tahmin elde edebilmek için *N* yerine *N*-2 ile bölme yapılmaktadır):

$$s_{ey}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N} e_{yi}^2}{N-2} = \frac{N-1}{N-2}(1 - r_{X,Y}^2)s_Y^2 = (1 - r_{X,Y}^2)s_Y^2 \quad \textbf{(2.12)}$$

(2.12) denkleminden görüldüğü gibi *Y* bağımlı değişkeninin varyansı olan s_{ey}^2, regresyon doğrusu geçirildikten sonra (*X* ile ilişkinin hesaba katılması sonunda) gözlem noktalarının bu doğrunun çevresindeki dağılımında azalarak $(1 - r_{X,Y}^2)s_y^2$ değerine inmektedir. Buna göre $s_{X,Y}^2$ (determinasyon katsayısı), *Y*'nin varyansının regresyon doğrusu ile açıklanabilen yüzdesini gösterir. $r_{X,Y}$ korelasyon katsayısı 1'e ne kadar yakınsa açıklanabilen varyans yüzdesi o kadar büyük olur. *Y* için regresyon doğrusunu kullanarak yapılacak tahminlerdeki hata da o kadar azalmış olur. (2.12) denklemiyle hesaplanan s_{ey}^2 ise *Y* değişkeninde *X*'in dışındaki diğer etkenlerden kaynaklanan değişime bağlı olan varyansı gösternektedir.

Regresyon analizinde bağımsız değişken bir gözlemde aldığı değer bilinen bir büyüklük olarak ele alındığına göre *X*'in mutlaka rastgele karakterde olması gerekmez. *X* değişkeni aldığı değerler gözlemden gözleme değişen, fakat rastgele karakterde olmayan bir değişken olduğu zaman da regresyon analizi aynı şekilde *X*'in aldığı bir değer için *Y*'nin beklenen değerinin tahmininde kullanılabilir.

2.1.2. Çok Değişkenli Doğrusal Regresyon Analizi

Y bağımlı değişkeninin $X_1, X_2,...,X_m$ gibi *m* bağımsız değişkenden etkilendiği kabul edilir ve aralarındaki ilişki için doğrusal bir denklem seçilirse *Y*'nin regresyon denklemi şu şekilde yazılabilir;

$$y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + ... + b_m x_m \qquad \textbf{(2.13)}$$

Bu denklemde *y*, bağımsız değişkenler $X_1=x_1, X_2=x_2,...,X_m=x_m$ değerlerini aldığında *Y* değişkeninin beklenen değerini göstermektedir.

a, b_1, b_2,..., b_m regresyon katsayıları basit regresyondakine benzer şekilde, gözlem noktalarının regresyon denkleminin gösterdiği çok boyutlu düzlemden e_{yi} uzaklıklarının karelerinin toplamı olan

$$\sum_{i=1}^{N} e_{yi}^2 = \sum_{i=1}^{N} (y_i - a - b_1 x_{1i} - b_2 x_{2i} - ... - b_m x_{mi})^2 \qquad \textbf{(2.14)}$$

İfadesini minumum yapacak şekilde hesaplanır.

Y'nin X_1 ve X_2 gibi iki bağımsız değişkene göre regresyon denklemi (2.13)'ün en basit hali olarak şu şekli alır:

$$y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 \qquad \textbf{(2.15)}$$

(2.15) denklemi için (2.14) denklemini minumum yapan regresyon katsayıları şu doğrusal denklem takımını çözerek bulunur:

$$Nab_1 \sum_{i=1}^{N} x_{1i} + b_2 \sum_{i=1}^{N} x_{2i} = \sum_{i=1}^{N} y_i$$

$$a \sum_{i=1}^{N} x_{1i} + b_1 \sum_{i=1}^{N} x_{1i}^2 + b_2 \sum_{i=1}^{N} x_{1i} x_{2i} = \sum_{i=1}^{N} x_{1i} y_i \qquad \textbf{(2.16)}$$

$$a \sum_{i=1}^{N} x_{2i} + b_1 \sum_{i=1}^{N} x_{1i} x_{2i} + b_2 \sum_{i=1}^{N} x_{2i}^2 = \sum_{i=1}^{N} x_{2i} y_i$$

Bu denklem takımının çözümüyle regresyon katsayıları için şu ifadeler elde edilir;

$$b_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^{N}(x_{2i}-\bar{x}_2)^2\right]\left[\sum_{i=1}^{N}(x_{1i}-\bar{x})(y_i-\bar{y})\right]}{D} -$$

$$\frac{\left[\sum_{i=1}^{N}(x_{1i}-\bar{x}_1)(x_{2i}-\bar{x}_2)\right]\left[\sum_{i=1}^{N}(x_{2i}-\bar{x}_2)(y_i-\bar{y})\right]}{D} \qquad \textbf{(2.17)}$$

$$b_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^{N}(x_{2i}-\bar{x}_2)^2\right]\left[\sum_{i=1}^{N}(x_{1i}-\bar{x})(y_i-\bar{y})\right]}{D} -$$

$$\frac{\left[\sum_{i=1}^{N}(x_{1i}-\bar{x}_1)(x_{2i}-\bar{x}_2)\right]\left[\sum_{i=1}^{N}(x_{1i}-\bar{x}_1)(y_i-\bar{y})\right]}{D}$$

$$a = \bar{y} - b_1\bar{x}_1 - b_2\bar{x}_2$$

Burada;

$$D = \left[\sum_{i=1}^{N}(x_{1i}-\bar{x}_1)^2\right]\left[\sum_{i=1}^{N}(x_{2i}-\bar{x}_2)^2\right] - \left[\sum_{i=1}^{N}(x_{1i}-\bar{x}_1)(x_{2i}-\bar{x}_2)\right]^2 \qquad \textbf{(2.18)}$$

(2.17) denklemlerinin sonuncusundan görüleceği gibi regresyon denklemi daima $(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{y})$ noktasından geçer. Regresyon denklemindeki a katsayısı $X_1=X_2=...=X_m=0$ için Y'nin beklenen değerini, b_i katsayısı X_i değişkeni dışındaki bütün bağımsız değişkenler sabit kalmak üzere X_i değişkenindeki birim değişikliğe karşılık Y'de beklenen değişikliği gösterir. Bu nedenle b_i katsayılarına kısmi korelasyon katsayıları gözüyle bakılabilir.

Basit regresyondakine benzer şekilde gözlenmiş noktaların regresyon düzlemine y doğrultusundaki uzaklıkların varyansı:

$$s_{ey}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N} e_{yi}^2}{N-3} \qquad \textbf{(2.19)}$$

ifadesi ile hesaplanır. Regresyon katsayılarının örnekleme dağılımı aşağıda tanımlanan t istatistikleri yardımıyla belirlenebilir.

Çok değişkenli regresyonda Y bağımlı değişkeni ile $X_1,X_2,...,X_m$ bağımsız değişkenleri arasındaki doğrusal bağımlılığın bir ölçüsü:

$$R = \left(1 - \frac{s_{ey}^2}{s_y^2}\right)^{1/2} \quad \textbf{(2.20)}$$

şeklinde tanımlanan korelasyon katsayısıdır. R'nin değerinin 1'e yaklaşması regresyon denkleminin ifade ettiği ilişkinin deterministik bir ilişkiye yaklaştığını gösterir. Regresyon denklemindeki m bağımsız değişken sayısı arttıkça R'nin değeri de artar. Ancak bu durumda regresyon denklemiyle yapılacak tahminlerdeki hata $N-(m+1)$'e eşit olan serbestlik derecesinin azalması yüzünden artabileceği için bağımsız değişken sayısının artmasıyla regresyon denkleminin daha az hatalı tahminler verebilmesi ancak R'nin m ile hızlı bir şekilde artması halinde mümkün olur.

2.1.3. Doğrusal Olmayan Regresyon Analizi

Doğrusal regresyon modeli basitliği nedeniyle en çok kullanılan modeldir. Uygulamalarda değişkenler arasındaki ilişkinin gerçekte doğrusal olmaması halinde bile doğrusal regresyon modelinin belli bir bölge içinde fazla hatalı olmayan sonuçlar vermesi beklenebilir. Ancak doğrusal bir ilişki kabulünün gerçek durumdan çok uzakta kalması halinde bu modeli kullanarak yapılacak tahminlerdeki hata büyük olacağından doğrusal olmayan regresyon modellerini kullanmak gerekir.

Doğrusal olmayan regresyonda değişkenler seçildikten sonra regresyon bağıntısının biçimine karar verilir:

$$y = f(x_1, x_2, ...) \quad \textbf{(2.21)}$$

$f(x_1, x_2, ...)$ fonksiyonundaki parametreler yine:

$$\min \sum_{i=1}^{N} e_{yi}^2 = \sum_{i=1}^{N} (y_i - f(x_{1i}, x_{2i}, ...))^2 \quad \textbf{(2.22)}$$

koşulunu sağlayacak şekilde belirlenir. Ancak $f(x_1, x_2, ...)$ fonksiyonunun doğrusal olmaması halinde regresyon katsayıları için varılacak denklemler de doğrusal olmayacağından çözülmeleri genellikle güç olur.

Seçilen $f(x_1, x_2, ...)$ regresyon fonksiyonunu uygun bir dönüşümle doğrusal regresyon haline çevirmek mümkün oluyorsa hesaplara büyük bir kolaylık sağlanmış olur. Örneğin:

$$y = c_1 x^{c_2} \quad \textbf{(2.23)}$$

Üstel fonksiyonu logaritmik dönüşümle doğrusal hale çevrilebilir:

$$\log y = \log c_1 + c_2 \log x \quad \textbf{(2.24)}$$

$V=\log Y$, $U=\log X$ şeklinde yeni rastgele değişkenler tanımlanır ve $a=\log c_1$, $b=c_2$ alınırsa:

$$v = a + bu \quad \textbf{(2.25)}$$

şeklinde V'nin U'ya göre doğrusal regresyon denklemine varılır.

Doğrusal olmayan iki değişkenli regresyon denklemini daima çok değişkenli doğrusal regresyon denklemine çevirmek mümkündür. Bunun için önce $y=f(x)$ fonksiyonu seriye açılıp yaklaşık olarak m terimli bir polinom halinde ifade edilir. bu durumda regresyon denklemi:

$$y = a + b_1 x + b_2 x^2 + ... + b_m x^m \quad \textbf{(2.26)}$$

şeklinde yazılabilir (polinomun m derecesi $m<<N$ olacak şekilde seçilmelidir, aksi halde tahminlerdeki hata çok büyük olur). (2.26) denkleminde $X_1=X, X_2=X^2, ..., X_m=X^m$ şeklinde yeni rastgele değişkenler tanımlanırsa bu denklem çok değişkenli doğrusal regresyon denklemi olarak düşünülüp katsayıları hesaplanabilir.

Doğrusal olmayan regresyonda değişkenler arasındaki bağımlılığın derecesi yine (2.20) denklemleriyle tanımlanan korelasyon katsayısı ile ölçülür. Doğrusal regresyonda Y'nin X'e göre regresyonundaki korelasyon katsayısı X'in Y'ye göre regresyonundaki korelasyon katsayısına eşit olduğu halde, doğrusal olmayan regresyonda bu iki katsayı farklı değerler alır.

3. BÖLGESELLEŞTİRME

Debi süreklilik çizgileri, bir akarsu akımlarının frekansı ve miktarı arasındaki ilişkiyi hem grafik hem de analitik olarak ortaya koyabilen yararlı birer araçtırlar. Su kaynakları geliştirme ve yönetiminde kullanılmaktadırlar. Pek çok su kaynakları projesi ölçüm istasyonu olmayan alanlarda inşa edilmekte, bununla birlikte, ihtiyaç duyulan debi süreklilik çizgileri ise veri yetersizliği nedeniyle elde edilememektedir. Bu durumlarda debi süreklilik çizgileri, ölçüm istasyonu olan alanlardan verinin transferi ile bölgeselleştirilerek bulunmaktadır.

Çeşitli debi süreklilik çizgisi yöntemleri bulunmakla birlikte, bu yöntemler temelde iki gruba ayrılmaktadır. Birinci grupta, mevcut verilerle oluşturulan debi süreklilik çizgileri matematik eşitliklerle veya istatistik dağılımlarla ifade edilmektedir. Katsayılar veya parametreler, ölçüm istasyonu olan alanlardan hesaplanmakta ve havza özellikleriyle veya çizilen kontur haritalarındaki noktalarla regresyona tabi tutulmaktadırlar. Ölçüm istasyonu olmayan alanların debi süreklilik çizgilerini oluşturmak için katsayılar, hesaplanmış havza özelliklerinin veya parametrelerin kontur haritalarının regresyon eşitliklerinden elde edilebilir. Bu yönteme ait örnek çalışmalar; **Quimpo ve ark. (1983)**, **Mimikou ve Kaemaki (1985)**, **Fennesey ve Vogel (1994)**'dir. İkinci grup yöntemler, belirli aşılma yüzdelerine karşı gelen debilerle havza özelliklerini veya yıllık ortalama akımlar arasındaki ilişkiye bakmaktadır. Ya havza özellikleri ya da yıllık ortalama akım önce hesaplanır, sonra regresyon eşitliklerinde yerine konarak ölçüm istasyonu olmayan bir havzaya ait belirli bir aşılma yüzdesindeki debiler bulunur. Bu grup çalışmalara **Singh (1971)** ve **Yu ve Yang (1996)** örnek olarak verilebilir **(Yu ve ark., 2002)**.

Yu ve ark. (2002), polinom yöntemi **(Mimikou ve Kaemaki (1985))** ve alan-indeks yöntemi **(Yu ve Yang (1996))** ile elde edilen debi süreklilik çizgileri için belirsizlik analizini araştırmışlardır. Çalışmaları ölçüm istasyonu olmayan alanlarda elde edilen yapay debi süreklilik çizgilerindeki belirsizlikleri tesbit etmeye yöneliktir.

3.1. Havza Özelliklerinin Seçimi ve Elde Edilişi

Su toplama havzalarının alan, şekil, eğim gibi jeomorfolojik; toprak fiziği (pedolojik karakter) ve bitki örtüsü gibi karakteristikleri vardır. Bu parametrelerden bir kısmı, alan, şekil ve eğim gibi, zamanla değişmediği veya çok uzun sürelerde değiştiği için sabit olarak alınabilir **(EİE, 1984)**.

Topoğrafya haritalarında tepelere karşı gelen noktalar, yağışı ayıran ilk noktalardır. Bu tür tepe noktalarına su biliminde su ayırım noktası denir. İki komşu tepe noktası arasında bir tane çukur noktası (vadi) vardır. Bu noktalar iki tepe noktası arasında bulunan düşük kotlu kısımlardır ve bu noktalara "su toplama noktaları" adı verilir. Su ayırım noktalarının birleştirilmesi ile oluşan çizgiye "su ayırım çizgisi" veya "havza sınırı" denir. Belirli bir kesitte su ayırım çizgisinin sınırladığı alana su "su toplama havzası" veya akarsuyun "havzası" adı verilir **(Şen, 2002)**.

Bir nehir için belli bir kesitin üzerinde kalan ve aldığı yağışın yüzeysel akışa dönen kısmını o kesitten geçiren alana, bu nehrin o noktası için "su toplama havzası" veya sadece "havzası" denir. Bu havzanın alanına da "drenaj alanı" adı verilir. Drenaj alanı topoğrafik harita üzerinde, yüzeysel akış yerçekimi ile akarken o alan içerisinde kalacak şekilde en yüksek noktalardan sınır geçirilerek bulunur. Komşu havzaları ayıran bu sınıra "su ayırımı çizgisi" veya "havza sınırı" denilmektedir **(Usul, 1991)**.

Hidrolojik verilerin küçük ve büyük havzalar ve bölgeler arasındaki transferinde karşılaşılan zorlukları anlatan pekçok çalışma yapılmıştır. Havzalar arasında hidrolojik veri aktarımı ile ilgili çalışmaların sonuçları pratikte çok önemlidir. Pilgrim (1982), hidrolojik özelliklerin tahmininde üç adet önemli havza değişkeni olduğunu belirtmiştir. Bunlar, havza alanı, ana akarsu uzunluğu ve eğimdir. Ana akarsu uzunluğu ve havza alanı arasındaki ilişki çok iyi bulunmuştur. Eğim ise uzunluk ve alanla ilişkilidir.

Alan ve debi ilişkilerini $Q = J.A^m$ bağıntısı ile açıklayan Wisler ve Brater (1959), buradaki m değerinin 0,5 ile 1,0 arasında değişebileceğini göstermiştir.

Havzanın şekli, akım çıkış noktasında gözlenen hidrografın şekli ve pik debiler üzerinde önemli rol oynar. Havzanın uzun veya dairesel olmasına bağlı olarak, yağışa karşı havzanın işlevleri oldukça farklıdır **(Önal, 1992)**.

Wong (1963), ortalama senelik taşkın debisi ile havza karakteristikleri arasında güçlü bir ilişki bulmuştur. Debiyi, ana akarsu uzunluğu ve ortalama havza eğimi ile bağlantılı olarak ifade etmiştir.

Akarsu uzunlukları doğrudan haritalardan ölçülebilir. Gerçek uzunluklara göre, yatay bir düzlem üzerindeki izdüşümlerinin kısa olması nedeniyle toplam nehir uzunluklarının bulunabilmesi için derecelendirme yöntemini ileri sürmüştür. Bunu da *u* derecesindeki nehir kollarının toplam uzunluğunun, *u* derecesindeki akarsu kollarının sayısına oranı olarak ifade edilmesi tercih edilmiştir **(Morisowa, 1957)**.

Leopold ve Wolman (1964), harita ölçeğinin artması ile bütün akarsu derecelerinin belli bir katsayı ile artacağını ortaya koymuştur. Bu katsayının değerindeki artışın, farklı ölçeklerin oranları ile bulunabileceği gösterilmiştir. Nehirlerin seçimi harita ölçeği ile yakından ilgilidir.

Bir akarsu üzerindeki herhangi bir noktadaki eğimin hesabında harmonik eğim kullanılabilir. Bir havzanın menba noktasından, herhangi bir su toplama çizgisi üzerinde su yapısının yapılacağı noktaya kadar esas mecra üzerinde ölçülen mesafenin (U_{sy}) 10 eşit parçaya bölünmesinden, $\Delta u = U_{sy}/10$ ve her bir parça boyunca olan yükseklik farklarının, $(\Delta y)_i$, bulunmasından sonra bu parçaların eğimleri ayrı ayrı $(\Delta e)_i=(\Delta y)_i / \Delta u$ (i=1,2,3...10) şeklinde hesaplanır. Havzanın harmonik eğimi ise;

$$e_h = \left[\frac{10}{\sum_{1}^{10} \frac{1}{\sqrt{(\Delta e)_i}}} \right]^2 \qquad \textbf{(3.1)}$$

şeklinde hesap edilir **(Şen, 2002)**.

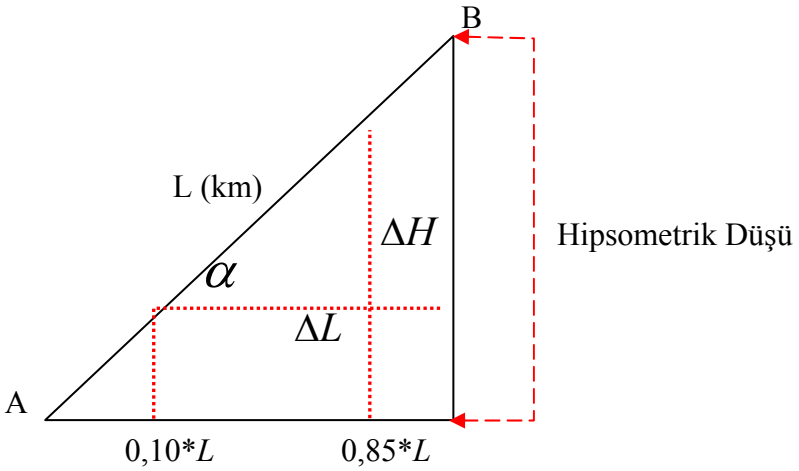
Usul ve Şorman (1981), yaptıkları çalışmada 50 m aralıkla geçen yükseklik eğrilerinin toplam uzunluğunu kullanarak havza eğimini yüzde olarak ifade etmişlerdir.

Ana dere eğiminin belirlenmesinde Benson'un geliştirdiği yöntem birçok ülkede yaygın olarak uygulanmaktadır. Bu yöntemde akım gözlem istasyonundan (çıkış noktasından) itibaren kaynak yönündeki toplam ana dere uzunluğu saptanır. Ana dere uzunluğunun %10 ve %85'i harita üzerinde işaretlenerek elde edilen iki noktayı

birleştiren doğrunun eğimi ana dere eğimi olarak alınır. B noktası kaynağı, A noktası gözlem istasyonunu temsil etmek üzere Benson eğimi;

$$\frac{\Delta H}{\Delta L} = tg\alpha \qquad \textbf{(3.2)}$$

olarak tanımlanmaktadır **(Erkek ve Ağıralioğlu, 2002)**.



Şekil 3.1 : Benson eğimi

Drenaj yoğunluğu 1 km^2'ye düşen ortalama akarsu uzunluğu olarak tanımlanır. Havza içerisinde su taşıyan tüm doğal kolların toplam uzunluğunun havza alanına bölünmesi ile elde edilir. Bölgede iklim şartlarının akarsu uzunluğuna etkisini gösteren bu değer 0,5-2,5 km/km^2 arasında değişir **(Erkek ve Ağıralioğlu, 2002)**.

Horton (1945), drenaj yoğunluğunu, nehir erozyonuna uğramış alanlarda havza yapısını gösteren önemli bir arazi ve şekil eleman faktörü olarak tarif etmiştir. Bu eleman, havza içerisindeki bütün nehir kollarının toplamlarının havza alanına oranı olarak açıklanmaktadır. Drenaj yoğunluğu, havzanın geçirimliliği ve harita ölçeği ile yakından ilgilidir. Genellikle, küçük drenaj yoğunlukları, yüksek geçirimli ve sık bitki örtüsü ile kaplı arazilerde, yüksek yoğunluklar ise geçirimsiz ve seyrek bitki örtüsü ile kaplı dağlık bölgelerde görülür.

Drenaj yoğunluğunu, A havza alanı, m bütün kolların sayısı ve u_i her bir kolun uzunluğu olmak üzere

$$D_y = \frac{\sum_{i=1}^{m} u_i}{A} \qquad \textbf{(3.3)}$$

eşitliği ile verilir **Şen (2002)**.

Melton (1958), akarsu yoğunluğu ile drenaj yoğunluğu arasındaki ilişkiyi farklı ölçekler, iklim ve jeolojik yapıyı dikkate alarak tanımlamıştır. 156 adet drenaj alanından çıkarılan sonuçlara göre frekans; $F = 0{,}694D_y^2$ 'dir. Bu ilişki için, harita ölçeğinin etkisini de içeren bir çalışma yapılmış ve sonuçlar denklemler ve grafiklerle verilmiştir.

Yeraltı suyu debisinin drenaj yoğunluğunun karesi ile ters orantılı olduğu ve birim alana düşen taban akımının Q_b, drenaj yoğunluğu ile bağlantısının $Q_b = 14D_y^{-2}$ şeklinde olduğu ifade edilmiştir **(Carlston, 1963)**.

Rodda (1969), günlük en büyük yağışları incelemiş ve drenaj yoğunluğu ile arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Bu ilişkiyi havza alanı, günlük en büyük yağışların yıllık ortalaması ve drenaj yoğunluğu ile ifade etmiştir.

3.2. Çalışma Alanı - Çoruh Nehri Havzası

Çoruh Nehri Havzası, Türkiye'nin kuzeydoğusunda yer almaktadır. Havza numarası 21 olup, 19.748 km^2'lik yüzölçümü ile Türkiye yüzölçümünün % 2,53'ünü kaplar. Çoruh Nehri yağış alanı içinde; Artvin, Erzurum ve Gümüşhane illerinin büyük bölümü ile Kars ve Erzincan'ın bir bölümü yer alır. Havzayı kuzeyden Doğu Karadeniz Dağları batıdan Giresun Dağları güneyden Otlukbeli, Dumlu Kargapazarı, Güllü, Allahüekber Dağları, doğudan ise Yalnızçam Dağları ve Gürcistan sınırlamaktadır.

Bölge coğrafyası, tarih öncesi çağlarda insanların yaşaması için gerekli olan tarım alanları, su kaynakları ve bunların oluşturduğu doğal geçitleri bünyesinde barındırmaktadır. Bunun sonucu olarak da Çoruh Havzası, tarih öncesi devirlerden beri yerleşmeye sürekli sahne olmuştur. Özellikle Son Kalkolitik ve Tunç Çağı boyunca varlığını sürdüren Karaz kültürünün etkileri, havzanın yukarı kısmında kendini göstermektedir. Havza, tarihi çağlara Hayaşa Krallığı döneminde (M.Ö. II.binin ortası) geçmiştir. Ayrıca bölgedeki zengin maden yatakları, Urartu Devleti'nin dikkatini çekmekte gecikmemiştir. Tarihi çağlar boyunca bölgede pek çok siyasi yapılanmalar görülmüştür **(Ünsal, 2006)**.

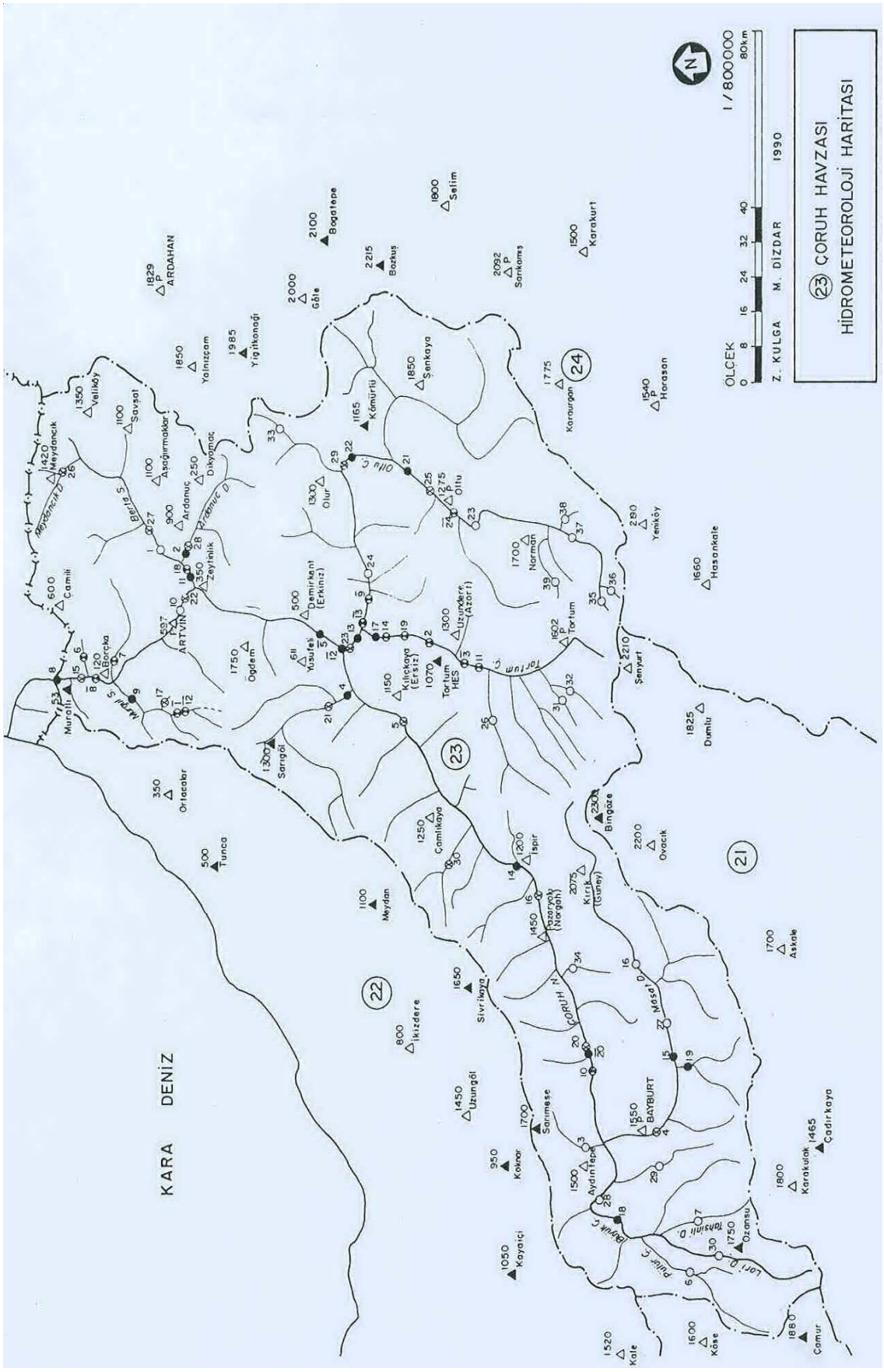
Çalışma alanı akarsularını, Çoruh Nehri ve yan kolları oluşturmaktadır. Toplam uzunluğu 431 km olan Çoruh ülkemizin en hızlı akan nehridir. Türkiye sınırlarını terk etmeden önceki ortama debisi 192 m^3/sn' dir. Enerji üretilebilecek toplam düşü

ise 1.420 m'dir. Çoruh Nehri'nin 410 km'lik kısmı ülkemiz; 21 km'lik kısmı ise Gürcistan sınırları içerisindedir. Bayburt ilindeki Mescit Dağları'ndan doğan ve Gürcistan'ın Batum ilinden Karadeniz'e dökülen Çoruh Nehri, yılda 5,8 milyon m^3 katı madde taşımaktadır. Çoruh Nehri Havzası Türkiye'de en fazla erozyona maruz kalan havzalardan biridir **(Haritalı İstatistik Bülteni, 2005)**.

Türkiye'nin geleceği için çok önemli projeleri içeren "Çoruh Vadisi" ana kolu üzerinde 10 adet baraj, yan kollar üzerinde 17 adet baraj ve nehir tipi HES inşaatı planlanmıştır. Çoruh Nehri Havzasında tesbit edilen enerji imkanlarından 3.189 megawatt (MW) kurulu güçle yılda ortalama 10.474 milyar kilowatt-saat (kWh) enerji elde edilecektir. 27 tesisten elde edilecek enerji; Türkiye'de üretilen toplam enerjinin % 5,5'i (187 milyar kWh), hidroelektrik enerjinin ise %25'idir **(http://www.dsi.gov.tr)**.

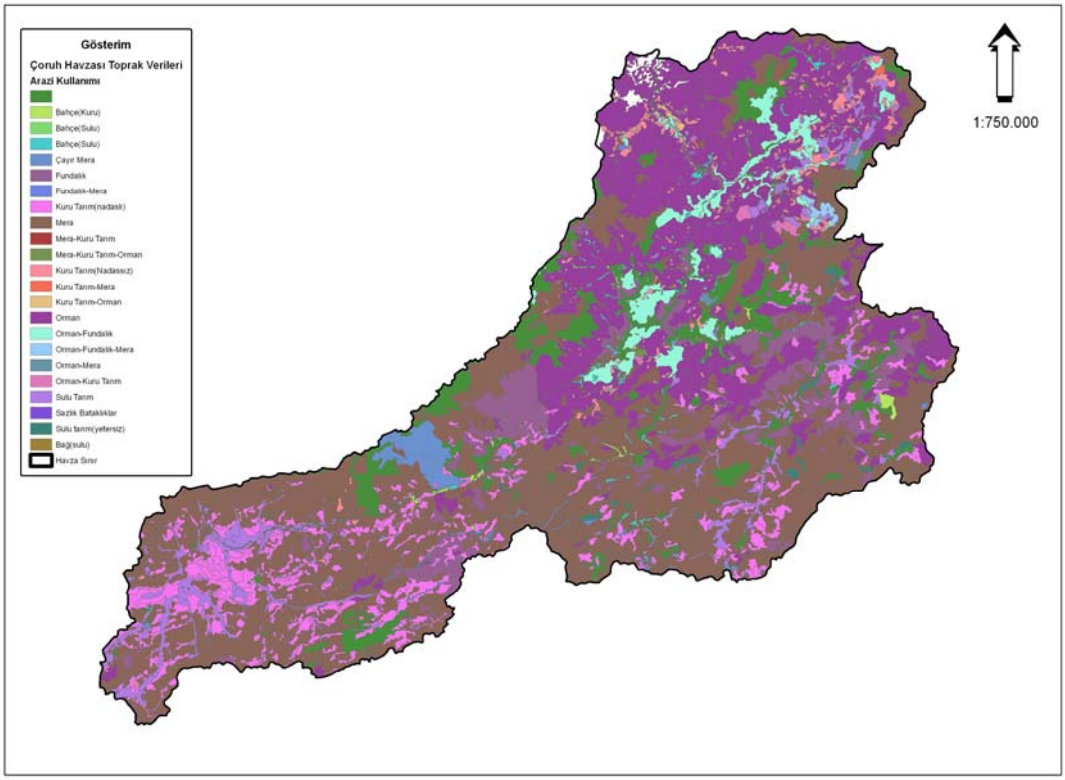
Çoruh havzası 19.748 m^2'lik drenaj alanını içermekte olup yıllık ortalama 6,3 milyar m^3 akışı vardır. Çoruh havzası havza bazında Türkiye'de 18'inci sırada yer almaktadır. Çoruh Nehri enerji imkanları istikşaf raporu EİE tarafından 1969 yılında hazırlanmıştır. Baraj yerlerinde temel araştırmalarına başlanarak elde edilen sonuçlara göre 1979 yılında Çoruh nehri Master Plan Raporu Mühendislik hizmetleri işi 1982 yılında tamamlanmıştır. Çoruh Nehri ana kolu üzerinde membadan mansaba doğru; Laleli, İspir, Güllübağ, Aksu, Argun, Yusufeli, Artvin, Deriner, Borçka ve Muratlı Baraj ve HES'leri vardır (**http://www.dsi.gov.tr)**.

Şekil 3.2'de Çoruh Havzası hidrometeorolojik bulduru haritası verilmiştir. Haritada, havzada bulunan akım gözlem ve meteoroloji gözlem istasyonları yer almakta olup, havzanın genel yerleşimi görülmektedir.



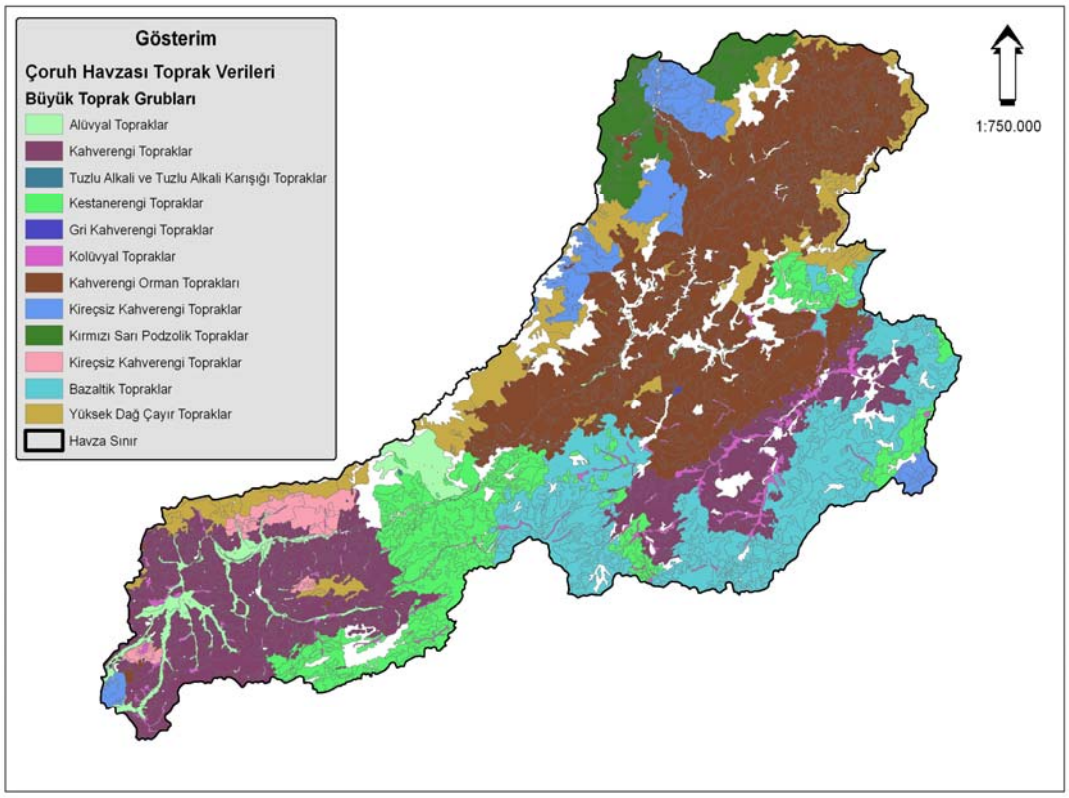
Şekil 3.2 : Çoruh Nehri Havzası Hidrometeoroloji Haritası

Çoruh Havzasındaki arazi kullanım durumuna bakıldığında, havzanın batı, doğu ve güneyinde genellikle mera alanları çoğunluktadır. Kuzeydoğuya doğru gidildikçe orman alanlarının arttığı, yer yer bahçe ve fundalıkların olduğu görülmektedir. Şekil 3.3'de ve EK-A'da Çoruh Havzası arazi kullanım durumları verilmiştir.



Şekil 3.3 : Çoruh Havzası Mevcut Arazi Kullanımları

Çoruh Havzası toprak yapısına ait haritalar DSİ Genel Müdürlüğü Toprak Drenaj Şube Müdürlüğünden alınmıştır. Şekil 3.4'de ve EK-A'da Çoruh Havzası Toprak yapısı verilmiştir. Havzadaki toprak gruplarının belirlenmesinde Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü toprak sınıfları haritalarından yararlanılmıştır. Şekil 3.4'ten görüldüğü üzere Çoruh Havzasının büyük bir bölümü Kahverengi topraklar ve Kahverengi orman topraklarından oluşmaktadır. Havzanın güney kısmında ise daha çok kireçsiz kahverengi toprak yapısı hakimdir. Bölgenin kuzey sınırına yakın kısımlarda ise yüksek dağ çayır toprak yapısı ve az miktarda alüvyal topraklar ile gri kahverengi toprak yapısı mevcuttur.



Şekil 3.4 : Çoruh Havzası Toprak yapısı

Çoruh Nehri Havzası Master Plan Raporu kapsamında, Çoruh Havzasında bulunan ve üzerlerinde akım gözlem istasyonu olmayan derelerde önerilen tesis yerlerindeki akımların bulunması için bölgesel bir hidrolojik tahmin çalışması yapabilmek amacıyla, 20 adet Elektrik İşleri Etüd İdaresi (EİE) ve Devlet Su İşleri (DSİ) hidrometri istasyonunun gözlemlere dayanan debileri (Q) ile istasyonların havzalarına ait yıllık ortalama yağışları (P), yağış alanları (A) ve ana yatak eğimleri (S_o) arasında logaritmik bir ilişki araştırılmıştır. Korelasyon katsayısı r=0,945 olan bu logaritmik ilişkinin denklemi;

$$Q = 0{,}05171(A.P)^{1{,}005}\, S_0^{0{,}132} \qquad \textbf{(3.4)}$$

şeklindedir. Denklemin çıkarılması için gözlemlerinden yararlanılan istasyonların yağış alanları 60-4500 km^2 arasında değişmektedir (DSİ, Çoruh Nehri Havzası Master Plan Raporu Hidroloji Cilt 2 Yankollar Hidrolojisi)

3.3. Kullanılan Veriler

Ölçüm istasyonu olmayan havzalarda akım karakteristiklerini tahmin etmede kullanılan yöntemlerin geliştirilmesi için seçilen havza özelliklerinin elde

edilmesinde problemler yaşanabilmektedir. Havza özelliklerinden akım üzerinde güçlü bir etkiye sahip olanların seçilmesi en ideal olanıdır.

Tablo 3.1: Benzer çalışmalarda kullanılan havza özellikleri

Havza Özellikleri	**Çalışma**
Alan	Mimikou ve Kaemaki (1985), Burn ve Boorman (1993), Acreman ve Sinclair (1986), Chiang ve ark. (2002), Pilgrim (1982), Singh ve ark. (2001), Castellarin ve ark. (2004)
Eğim	Burn ve Boorman (1993), Şorman ve Usul (1981), Wong (1963), Pilgrim (1982)
Drenaj Yoğunluğu	Rodda (1969), Carlston (1963), Horton (1945), Wisler ve Brater (1959)
Akarsu Uzunluğu	Leopold ve Wolman (1964), Morisowa (1957), Wong (1963), Pilgrim (1982), Burn ve Boorman (1993)
Yükseklik	Mimikou ve Kaemaki (1985), Fennesey ve Vogel (1990).

Çalışmada kullanılan havza özellikleri çeşitli kaynaklardan elde edilmiştir. Alanlar, akarsu uzunlukları, eğimler ve yükseklikler için 1/25000 ve 1/100000 ölçekli haritalar kullanılmıştır. Yağış verileri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden, debi değerleri ise Devlet Su İşleri ve Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir. Çoruh Havzasının 1/25000 ölçekli pafta indeksi EK-A'da verilmiştir.

3.3.1. Akım Gözlem İstasyonları (AGİ) ve Akım Özellikleri

Çoruh Havzası akım değerleri Devlet Su İşleri (DSİ) ve Elektrik İşleri Etüd İdaresi (EİE) Genel Müdürlüklerinden temin edilmiştir. Havzada EİE tarafından kurulmuş 44 adet AGİ, DSİ tarafından kurulmuş 41 adet AGİ vardır. EK-A'da akım gözlem istasyonlarının tamamını gösteren genel vaziyet planı verilmiştir. DSİ ve EİE tarafından kurulmuş toplam 85 adet AGİ'nin gözlem sürelerini ve ortak çalışma yıllarını gösteren çubuk grafikler EK-A'da verilmiştir. Gözlem sürelerinin uzunluğu ve istasyonların birbirine olan konumları düşünülerek bu AGİ'lerin 29 tanesinin kullanılmasına karar verilmiştir. Tablo 3.2'de AGİ'lerin yükseklik (m), yağış alanı (km^2) ve AGİ isimleri ile numaraları verilmiştir. Çoruh Havzasının havza numarası

23’dür. Bu yüzden, AGİ’lerin numaraları 23 ile başlamaktadır. 2304 şeklindeki AGİ numaraları EİE tarafından işletilen bir AGİ’ye aittir. 23-01 şeklinde havza numarasından sonra tire “-“ işareti ile ayrılan numaralar ise DSİ tarafından işletilen AGİ’leri göstermektedir. Çalışmada 16 adet EİE AGİ, 13 adet DSİ AGİ kullanılmıştır.

AGİ’lerin gözlem süreleri boyunca ölçülmüş aylık ortalama akımları kullanılmıştır. Havzanın kuzey yamaçlarında irili ufaklı pek çok krater gölü bulunmaktadır. Bu yüzden, bu yamaçların eteğindeki gözlem istasyonlarında ölçülen akımların değerleri incelendiğinde baz, yani sürekli akımların olduğu görülmektedir. Buradaki akarsular krater göllerinden beslenmektedir. Havzanın güney ve güney doğu kısımlarında ise, eğimler düşüktür ve akarsuları besleyen krater gölleri yoktur.

AGİ’lerin aylık akımları memba-mansap ilişkisi açısından da incelenmiştir. AGİ’ler arasında, kendinden önceki veya sonraki AGİ’lerin akımları ile bir uyumsuzluğa rastlanmamıştır.

2304 Çoruh Nehri-Bayburt, 2315 Çoruh Nehri-Karşıköy, 2322 Çoruh Nehri-Altınsu, 2323 Oltu S.-İşhan Köp., 2325 Oltu S.-Aşağı Kumlu, 23-28 Büyükçay-Çatıksu akım gözlem istasyonları çalışmada test istasyonu olarak seçilmiştir.

Tablo 3.2: Çalışmada Kullanılan AGİ'ler ve Özellikleri ("-" ile ayrılmış numaralı AGİ'ler DSİ, diğerleri EİE tarafından işletilmektedir.)

AGİ NO	SU VE İSTASYON ADI	KOT (m)	Y.ALANI (km2)
2302	TORTUM Ç.-TEV KÖP.	960	1744,8
2304	ÇORUH N.-BAYBURT	1545	1734,0
2305	ÇORUH N.-PETEREK	654	7272,0
2307	DEVİSKEL D.-DEVİSKEL	98	177,0
2315	ÇORUH N.-KARŞIKÖY	57	19654,4
2316	ÇORUH N.-İSPİR KÖP.	1170	5505,2
2320	ÇORUH N.-LALELİ	1365	4759,2
2321	PARHAL D.-DUTDERE	705	586,0
2322	ÇORUH N.-ALTINSU	201	18326,4
2323	OLTU S.-İŞHAN KÖP.	572	6854,0
2325	OLTU S.-AŞAĞI KUMLU	1129	1762,0
2326	MEYDANCIK D.-DUTLU	875	252,1
2327	BERTA S.-ÇİFTEHANLAR	570	1216,4
2328	ARDANUC D.-FERHATLI	365	546,8
2329	OLTU S.- ÇOŞKUNLAR	1004	3538,8
2330	ÇAMLIKAYA D.-ÇAMLIKAY	995	113,6
23-01	BERTA S.-BERTA	310	1680.0
23-03	ÇENGÜL D.-ERİKDİBİ	1554	162.0
23-06	PULUR Ç.-CİBRE	1692	186.8
23-07	TAHSİNLİ D.-GÜLLÜCE	1716	62,67
23-10	ÇORUH N.-ŞEHİTLİK	165	18545,0
23-16	ÇORUH N.-MESCİTLİ	1805	481,2
23-24	OLTU Ç.-ZİNNUR YAZICI	850	4693,6
23-26	BÜYÜKÇAY-UZUNKAVAK	875	110,0
23-27	MASAT D.-KUŞKAYASI	570	1126,9
23-28	BÜYÜKÇAY-ÇATIKSU	1600	1440.7
23-29	HAHO D.-GÖLDERE	1760	88.52
23-31	KONAK D.-SIRAKONAK	560	60,1
23-32	TEPE D.-YELLİTEPE	97	153,5

3.3.2. Yağış

3.3.2.1. Meteoroloji Gözlem İstasyonları (MGİ)

Çalışmada Çoruh Havzasına ait meteoroloji gözlem istasyonları (MGİ) taranmış, kapalı ve çalışan istasyonlar belirlenmiştir. Yağış ölçümü olan MGİ'ler Tablo 3.3'te gösterilmiştir. MGİ'lerin gözlem sürelerini gösteren çubuk grafik EK-A'da verilmiştir. Havza alanı ve civarında toplam 30 adet MGİ bulunmaktadır. MGİ'lerden 11 tanesi havza dışında kalmaktadır. Havza alanı dışında bulunan

istasyonlar şunlardır; Bozkuş, Çamur, Kayaiçi, Kemalpaşa, Köknar, Kömürlü, Meydan, Ozansu, Sarıgöl, Sarımeşe ve Sivrikaya.

Tablo 3.3: Çalışmada Kullanılan MGİ'ler ve Özellikleri

İstasyon Adı	Toplam Yağış (mm)	Enlem	Boylam	Kot (m)
A.IRMAKLAR	602	41 08	42 03	1100
ARDANUÇ	468	41 11	42 11	520
ARTVİN	715	41 11	41 49	628
AYDINTEPE	440	40 24	40 09	1500
BAYBURT	448	40 15	40 14	1584
BORÇKA	1294	41 22	41 41	120
BOZKUŞ	570	40 38	40 45	2215
ÇAMUR	489	39 54	39 44	1880
İSPİR	472	40 29	41 00	1222
KALE	402	40 23	39 47	1520
KAYAİÇİ	637	40 40	39 54	1050
KEMALPAŞA	2526	41 29	41 32	75
KIRIK	521	40 17	40 46	2075
KÖKNAR	832	40 37	40 12	950
KÖMÜRLÜ	443	40 45	42 16	1430
KÖSE	365	40 13	39 39	1600
MEYDAN	1185	40 53	40 56	1100
OLTU	389	40 33	41 59	1322
OLUR	467	40 50	42 08	1300
OZANSU	484	40 05	40 00	1750
ÖGDEM	434	40 55	41 38	1700
SARIGÖL	538	40 57	41 25	1300
SARIKAMIŞ	604	40 20	42 34	2102
SARIMEŞE	425	40 28	40 17	1700
SİVRİKAYA	948	40 41	40 43	1650
ŞAVŞAT	606	41 15	42 22	1100
TORTUM	469	40 18	41 33	1572
UZUNDERE	335	40 32	41 33	1300
YUSUFELİ	310	40 49	41 33	615
ZEYTİNLİK	509	41 07	41 52	350

Yağış, yersel ve zamansal olarak önemli değişim gösteren meteorolojik değişkenlerin başında gelir. Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) yağış ölçüm ağının sıklık açısından belli kriterleri sağlamasını önermektedir. WMO optimum yağış ölçeği sıklığı olarak düz bölgelerde 600-900 km^2 de, dağlık bölgelerde 100-200 km^2 de bir yağış ölçeği önermektedir. Dağlık bölgelerde yağış ölçekleri en fazla 500 m kot farkıyla yerleştirilmelidir **(Bayazıt, 1999)**.

Ancak başta ekonomik nedenler olmak üzere, yağış ölçüm ağının sıklığı genellikle standartların gerisinde kalmaktadır.

Çalışmada, akım gözlem istasyonlarının bulunduğu noktalarda yağış ölçümü yapılmamasından ötürü yağışın yersel değişiminin tahmini gerekmiştir. Yağış verilerinin noktasal tahminine yönelik olarak sıklıkla kullanılan yöntemler araştırılmıştır. Bu yöntemler istasyon-ortalama yöntemi, eşyağış yöntemi, ters-mesafe (kuadrant) **(McCuen, 1998)** yöntemleri ve gradyan yöntemidir **(Koçak ve Şentürk, 2007)**.

İstasyon-Ortalama Yöntemi

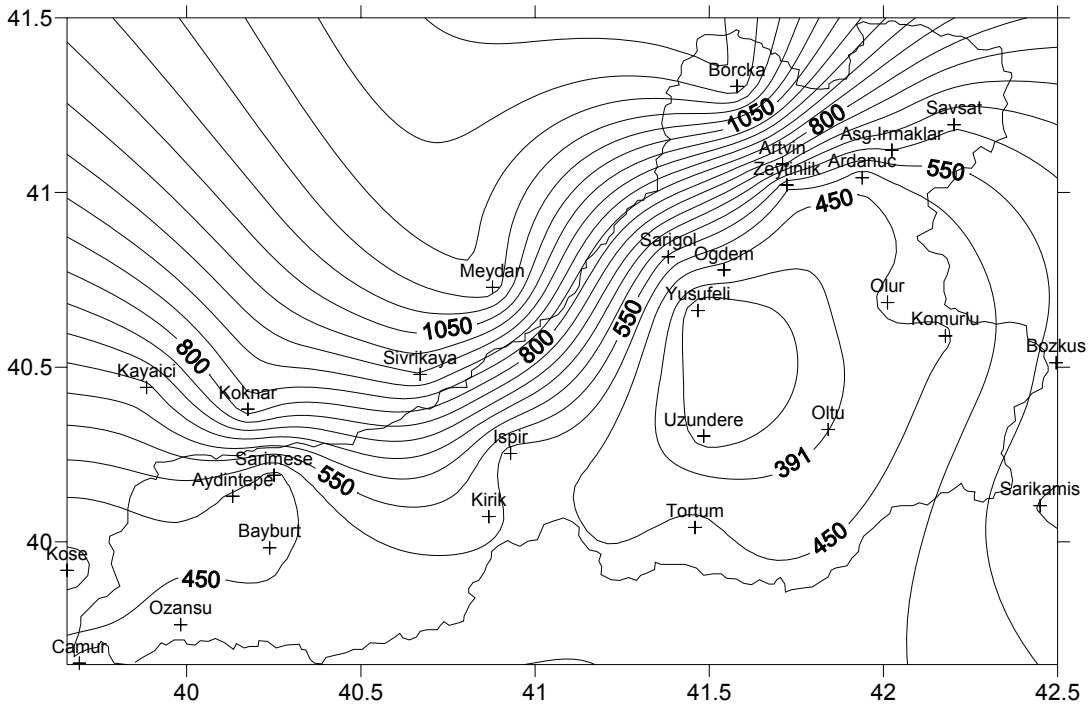
Bu yaklaşımda bir istasyondaki eksik yağış miktarı, aynı bölgedeki *n* adet yağış ölçeği verisinden hareketle,

$$\hat{P} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} P_i \qquad \textbf{(3.5)}$$

eşitliği ile hesaplanır. Bu eşitlikte P_i *i*. yağış ölçeğinde bir fırtına yağışı esnasında ölçülmüş olan toplam yağış miktarını göstermektedir. (3.5) ile verilen eşitlik oldukça basit bir temele dayanmaktadır. Eksik verinin hesaplanmasında, komşu istasyonların yağış miktarları $1/n$ eşit ağırlığı ile kullanılmaktadır. Diğer bir deyişle bu yöntemde kullanılan yaklaşım basit aritmetik ortalamadır. Verisi eksik olan istasyonun yıllık yağış miktarı ile diğer istasyonların yıllık yağış miktarı arasındaki fark %10'dan büyük veya küçükse bu yöntemin vermiş olduğu sonuçlar güvenilir olmamaktadır **(McCuen, 1998)**.

Eşyağış Yöntemi

Eşyağış yönteminde öncelikle verilen bölge ya da havzadaki istasyonlar yağış değerleriyle birlikte bir harita üzerine işaretlenir. Yağış değerleri kullanılarak belli aralıklarla eşyağış eğrileri çizilir. Yağış verisi eksik olan istasyon için yağış yüksekliği, eşyağış eğrilerinin interpolasyonu ile elde edilir. Bu yaklaşımda eksik yağış verisinin belli bir duyarlılıkla hesaplanabilmesi, söz konusu bölgede yeterli sayıda yağış ölçeğinin olması, fırtınayı üreten meteorolojik koşulların ve orografik etkilerin homojenliği ile yakından ilişkilidir. Diğer taraftan eşyağış haritalarının çiziminde kullanılacak uzaysal interpolasyon yönteminin seçimi önemlidir **(McCuen, 1998)**. Bu çalışmada eşyağış haritaları Surfer Programının Kriging seçeneği kullanılarak elde edilmiştir ve örnek bir eşyağış haritası Şekil 3.5'de verilmiştir.



Şekil 3.5 : Çoruh Havzası Eşyağış eğrileri haritası

Gradyan yöntemi

Gradyan yöntemi, bir değişkenin birim boydaki değişimini diğer bir deyişle "gradyan" kavramını esas almaktadır. Yöntem ana hatları ile şu şekilde özetlenebilir: Öncelikle verilen bölgede baz olarak seçilen bir yağış istasyonu ile diğer istasyonlar arasında

$$G_{ij} = \frac{P_i - P_j}{D_{ij}} \quad i \neq j;\ i, j = 1,..., N \tag{3.6}$$

şeklinde G_{ij} gradyanı tanımlanır. Bu ifadede (P_i-P_j) i. istasyon ile *j.* istasyonun yağış miktarları arasındaki farkı, D_{ij} bu iki istasyon arasındaki uzaklığı, N ise bölgedeki toplam istasyon sayısını göstermektedir. Uzaklık matrisi D aşağıda verildiği gibi simetrik bir matristir:

$$D = \begin{bmatrix} 0 & D_{12} & D_{13} & ..... & D_{1N} \\ & 0 & D_{23} & ..... & D_{2N} \\ \vdots & & & ..... & \vdots \\ & & & ..... & 0 \end{bmatrix} \tag{3.7}$$

G_{ij} değerleri (3.6) eşitliği yardımıyla hesaplandıktan sonra aşağıda verildiği gibi bir gradyan matrisi oluşturulur:

$$G = \begin{bmatrix} \infty & G_{12} & G_{13} & ..... & G_{1N} \\ G_{21} & \infty & G_{23} & ..... & G_{2N} \\ \vdots & & & ..... & \vdots \\ G_{N1} & & & ..... & \infty \end{bmatrix} \qquad \textbf{(3.8)}$$

G matrisinin elemanları arasında G_{ij}=-G_{ji} eşitliği geçerlidir. Verilen bir istasyon için yani i=j olması durumunda gradyan tanımsızdır. Bu durum yukarıda verilen G matrisinde ∞ sembolü ile gösterilmiştir. Bu aşamadan sonra veriler hangi noktaya taşınacaksa, o nokta daha önce kuadrant yönteminde anlatıldığı gibi doğu-batı, kuzey-güney doğrultuları ile belirlenen bir Kartezyen koordinat takımının orijinine yerleştirilir. Yine kudrant yönteminde olduğu gibi her bir kuadrantta orijine en yakın olan dört istasyon belirlenir. Bu şekilde belirlenen her bir istasyon için gradyan matrisinin o istasyona karşılık gelen satırı kullanılarak ayrı ayrı "eşgradyan haritaları" çizilir. Bu haritalar üzerinde verinin taşınacağı noktadan geçen gradyan değeri (3.6) eşitliğinde yerine konarak harita üzerinde seçilen nokta için bir yağış değeri elde edilir. Bu işlem diğer eşgradyan haritaları için de tekrarlanır. Sonuçta bulunan tüm yağış değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak veri taşıma işlemi tamamlanır.

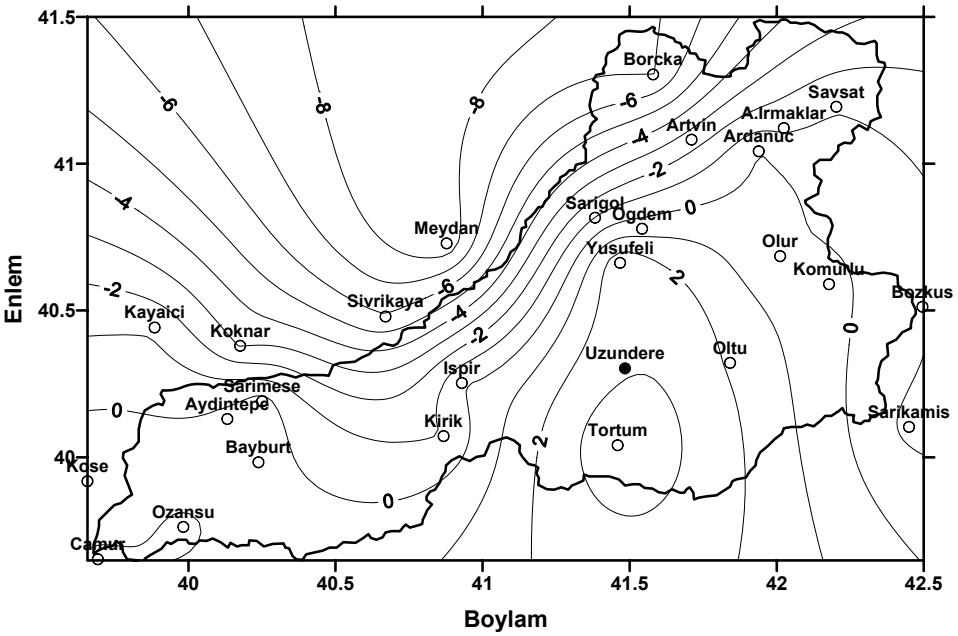
Yukarıda ana hatları ile bahsedilen veri taşıma yöntemi Çoruh Havzasındaki 27 meteoroloji istasyonuna ait yağış verilerine uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar gradyan yöntemine eşdeğer yöntemler olan istasyon-ortalama, eşyağış ve kuadrant yöntemleri ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 3.3 çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonlarına ait bilgiler gösterilmektedir. Tabloda verilen meteoroloji istasyonlarından Zeytinlik, Kale ve Kemalpaşa çalışmada dikkate alınmıştır. Çalışma alanı içerisine Borçka 1294 mm ile en yüksek, Yusufeli ise 310 mm ile en düşük yıllık toplam yağışa sahip istasyonlardır.

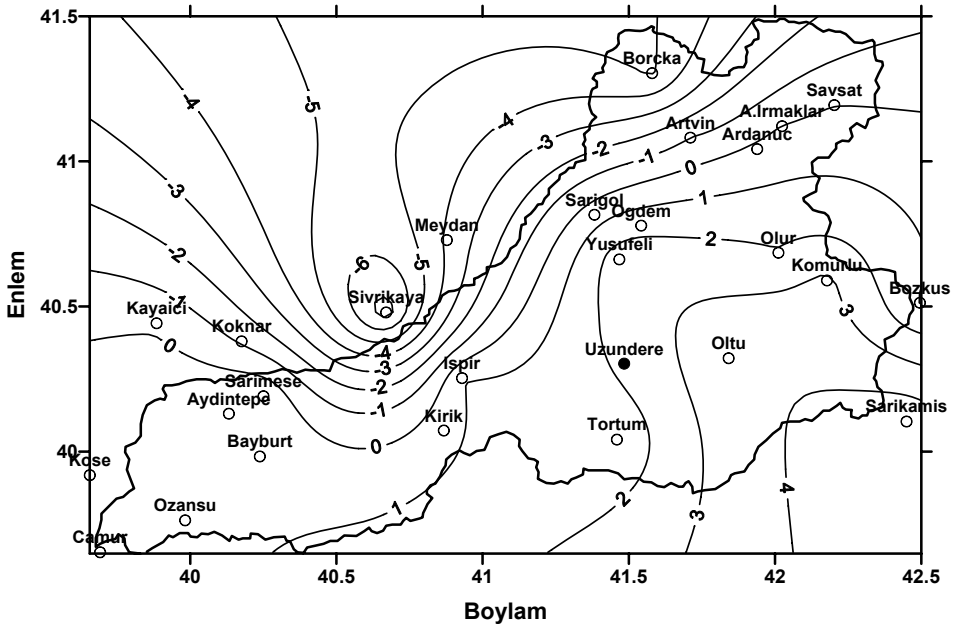
Gradyan yöntemi Çoruh havzasında yer alan Artvin, Aydıntepe, Bayburt, İspir, Kırık, Olur, Oltu, Uzundere ve Yusufeli meteoroloji istasyonlarının yağış verilerinin tahmin edilmesine uygulanmıştır. Yöntemin uygulaması Uzundere meteoroloji istasyonu esas alınarak gösterilmiştir. Uzundere istasyonunun kartezyen koordinat takımının orijini olarak dikkate alınması durumunda, bu istasyona en yakın

istasyonlar Tortum, Sarıkamış, Yusufeli ve Oltu meteoroloji istasyonları olmaktadır. Bu dört istasyon baz alınarak elde edilen eşyağış haritaları sırasıyla Şekil 3.6-3.9'da verilmiştir. Bu şekillerde içi dolu daire, verisi olmayan istasyonu; içi boş daireler ise diğer istasyonları göstermektedir.

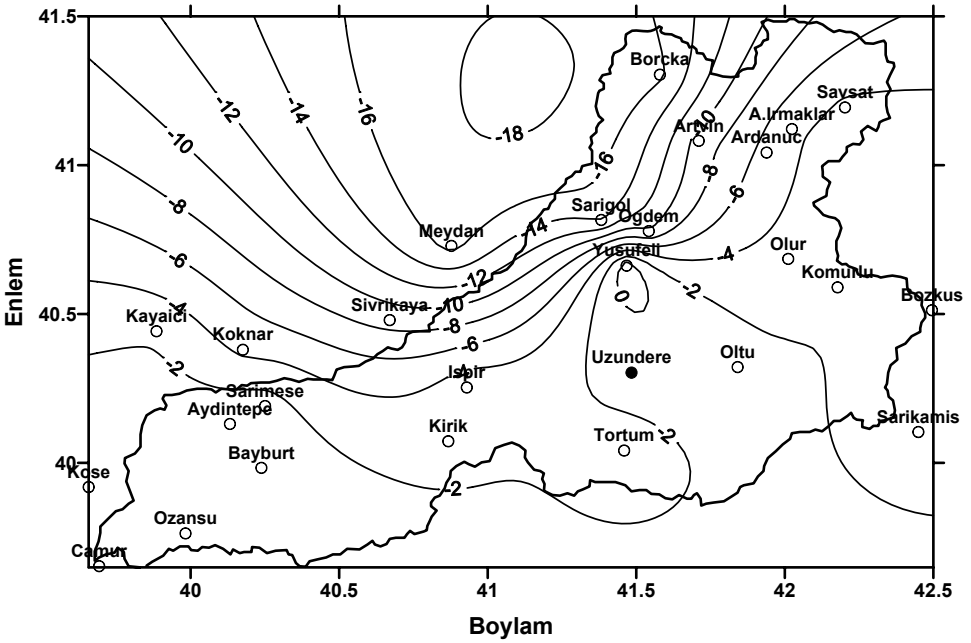
Çalışmada her bir eşgradyan haritası dikkate alınarak verinin taşınacağı istasyondan geçen gradyan değeri interpolasyon yoluyla belirlenmiştir. Bu şekilde belirlenen her bir gradyan değeri için (3.6) eşitliğinden bir yağış değeri bulunmuştur. Elde edilen yağış değerlerinin aritmetik ortalaması verisi olmayan istasyonun verisinin bir tahmini olarak dikkate alınmıştır. Yukarıda belirtilen dokuz istasyon için istasyon-ortalama yöntemi, eşyağış yöntemi, kuadrant yöntemi ve gradyan yöntemi için elde edilen sonuçlar Tablo 3.4'de verilmiştir



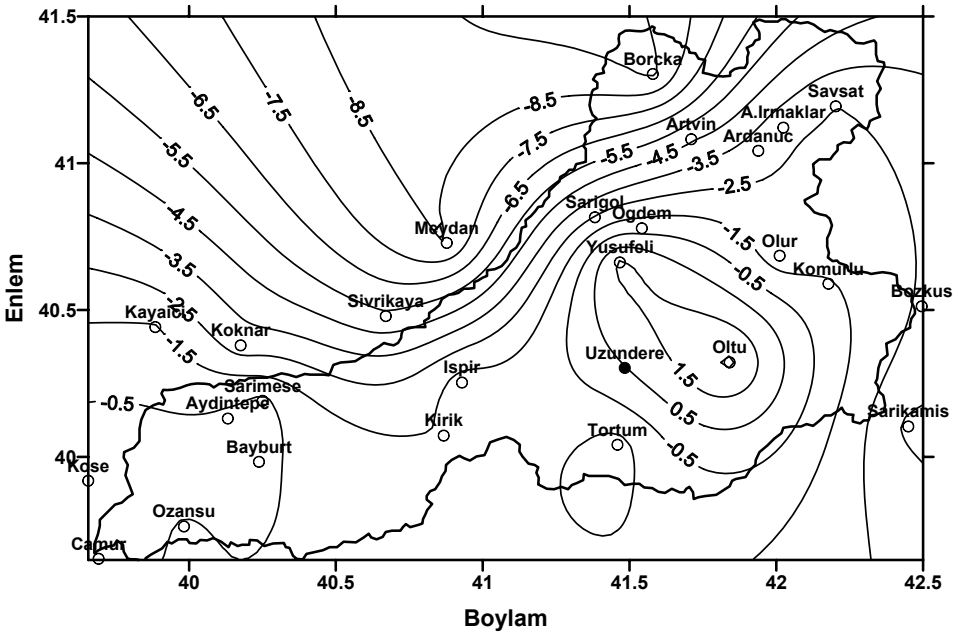
Şekil 3.6 : Uzundere için Tortum baz alınarak çizilen eşgradyan eğrileri



Şekil 3.7 : Uzundere için Sarıkamış baz alınarak çizilen eşgradyan eğrileri



Şekil 3.8 : Uzundere için Yusufeli baz alınarak çizilen eşgradyan eğrileri



Şekil 3.9 : Uzundere için Oltu baz alınarak çizilen eşgradyan eğrileri

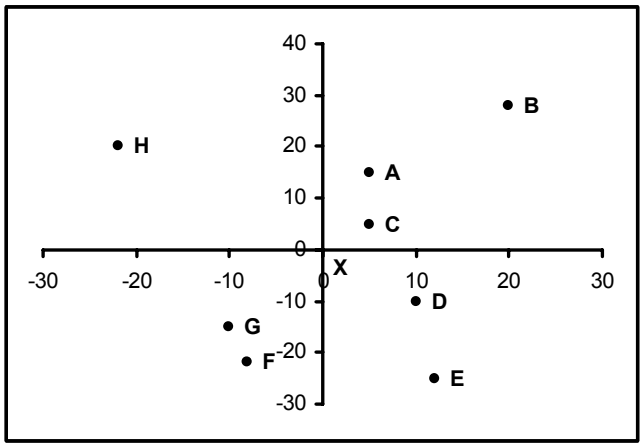
Gradyan yöntemi, veri tamamlama veya taşıma işleminde kullanılacak olan istasyonların seçiminde kuadrant yöntemi ile aynıdır. Gradyan yönteminde veri tahmininde yağışın yersel dağılımı diğer bir deyişle gradyanı dikkate alınmaktadır. Bu özellikleriyle gradyan yöntemi istasyon-ortalama, eşyağış yöntemi ve kuadrant yönteminin pek çok özelliklerini içermektedir **(Koçak ve Şentürk, 2007)**.

Ters-Mesafe (Kuadrant) Yöntemi

Ters-mesafe yöntemi yukarıda bahsedilen yöntemlere önemli bir seçenek oluşturmaktadır. Bu yaklaşımda da $\hat{P}$, diğer istasyonlara ait verilerin bir ağırlıklı ortalaması şeklinde hesaplanmaktadır (McCuen, 1998). Bu yöntem iki kabul üzerine kurulmuştur:

1) Verilen bölgede bir birlerine yakın ölçeklerin yağış değerleri ile verisi eksik olan istasyonun yağış değeri arasında bir bağımlılık söz konusudur. Bu nedenle eksik verinin tamamlanmasında bütün istasyonların verisinin kullanılması gerekmez,

2) Her hangi bir ölçeğe atanacak ağırlık değeri, o ölçek ile verisi eksik olan ölçek arasındaki mesafe arttıkça azalmalıdır.



Şekil 3.10 : Kuadrant yönteminin uygulanması

$\hat{P}$ 'nin tahmini için söz konusu bölge, yağış verisi eksik olan istasyon orijinde olmak üzere, kuzey-güney ve doğu-batı doğrultusunda çizilen eksenlerle dört bölgeye (kuadranta) ayrılır, (Şekil 3.10). Bu aşamadan sonra her bir kuadrantta orijine en yakın birer istasyon belirlenir ve bu istasyonların orijine olan uzaklıkları hesaplanır.

Kuadrant yönteminde ağırlıklar, d_i, i. ölçek ile orijin arasındaki uzaklık olmak üzere, aşağıda verilen eşitlikle hesaplanır:

$$w_i = \frac{1/d_i^2}{\sum_{j=1}^{4}(\frac{1}{d_j^2})} \qquad \textbf{(3.9)}$$

Bazı durumlarda kuadrantların birinde veya bir kaçında hiç bir ölçek bulunmaması veya ölçeklerin orijine çok uzakta olması gibi nedenlerle ağırlıklar sağlıklı olarak hesaplanamaz. Bu gibi durumlarda (3.9) eşitliğinin paydasının hesaplanmasında sadece uygun uzaklıkların dikkate alınması gerekir.

Kuadrant yönteminde eksenler doğu-batı ve kuzey-güney doğrultusunda seçilmek zorunda değildir. Örneğin orografik etkiler gibi nedenlerle eksenler daha farklı seçilebilir. Hatta doğru gerekçelendirilmek koşuluyla Kartezyen olmayan bir koordinat sistemi de kullanılabilir.

Koçak ve Şentürk (2007) Çoruh Havzası için yaptıkları çalışmada, havzada yer alan Artvin, Aydıntepe, Bayburt, İspir, Kırık, Olur, Oltu, Uzundere ve Yusufeli meteoroloji istasyonlarını test istasyonu olarak seçtikten sonra, istasyonların yağış verilerini, Kuadrant, Eşyağış, İstasyon-ortalama ve Gradyan yöntemleri ile tahmin etmişlerdir. Tablo 3.4'te bu dokuz istasyon için yöntemlerin sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.4: Yağış hesabında kullanılan yöntemlerin sonuçlarının diğer yöntemlerle karşılaştırılması.

	Gözlem	**Kuadrant**	***%H***	**Eşyağ.**	***%H***	**İst-Ort.**	***%H***	**Gradyan**	***%H***
Artvin	715	720	0,7	650	9,09	700	2,1	649	9,23
Aydıntepe	440	449	2,05	470	6,82	499	13,41	461	4,77
Bayburt	448	441	1,56	418	6,7	450	0,45	401	10,49
İspir	472	586	24,15	635	34,53	568	20,34	569	20,55
Kırık	521	530	1,73	453	13,05	584	12,09	408	21,69
Olur	467	457	2,14	386	17,34	476	1,93	391	16,27
Oltu	426	401	5,87	391	8,22	429	0,7	384	9,86
Uzundere	335	410	22,39	397	18,51	443	32,24	347	3,58
Yusufeli	310	470	51,61	430	38,71	445	43,55	423	36,45
Ort. %*H*			12,47		17,00		14,09		14,77

Tablo 3.4'te her bir yöntemin sağ tarafında yer alan hata değerleri,

$$H = \frac{\left|P_g - P_t\right|}{P_g} \times 100 \qquad \textbf{(3.10)}$$

formülü ile hesaplanmıştır. Formülde geçen P_g gözlenmiş, P_t ise tahmin edilen yağış değerini göstermektedir **(Koçak ve Şentürk, 2007)**. Tablo 3.4'ten de görüldüğü gibi, en iyi sonucu Kuadrant yöntemi vermiştir. Çoruh Havzasıdaki akım gözlem istasyonlarının bulunduğu koordinatlar için yağışlar kuadrant yöntemi ile hesaplanmıştır. Tablo 3.5'te AGİ'lerin yağış hesabında kullanılan meteoroloji gözlem istasyonları verilmiştir.

Tablo 3.5: AGİ'lere ait yağışlar ve Yağış hesabında kullanılan MGİ'ler

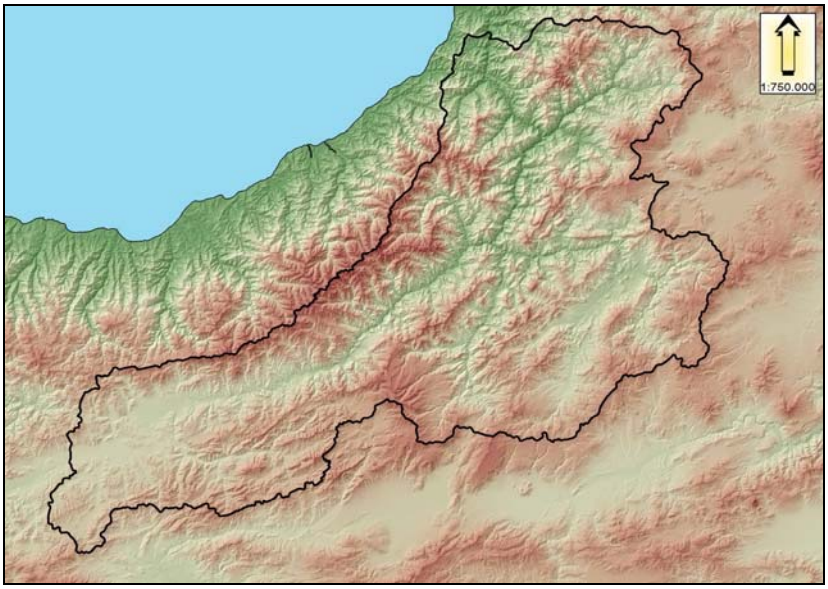
AGİ No ve Adı		Bölge No ve Kullanılan MGİ'ler				Yağış (mm)
		I	II	III	IV	
2302	TORTUM Ç.-TEV KÖP.	YUSUFELİ	OLUR	OLTU	UZUNDERE	**343**
2304	ÇORUH N.-BAYBURT	AYDINTEPE	BAYBURT		OZANSU	**449**
2305	ÇORUH N.-PETEREK	MEYDAN	YUSUFELİ	UZUNDERE	İSPİR	**389**
2307	DEVİSKEL D.-DEVİSKEL	BORÇKA		ARTVİN	SARIGÖL	**1276**
2315	ÇORUH N.-KARŞIKÖY			ARTVİN	BORÇKA	**1244**
2316	ÇORUH N.-İSPİR KÖP.	SİVRİKAYA	İSPİR	TORTUM	KIRIK	**485**
2320	ÇORUH N.-LALELİ	SARIMEŞE	İSPİR	KIRIK	BAYBURT	**469**
2321	PARHAL D.-DUTDERE	SARIGÖL	ÖGDEM	YUSUFELİ	MEYDAN	**426**
2322	ÇORUH N.-ALTINSU	ARTVİN	A.IRMAKLAR	ARDANUÇ	ÖGDEM	**703**
2323	OLTU S.-İŞHAN KÖP.	YUSUFELİ	OLUR	OLTU	UZUNDERE	**317**
2325	OLTU S.-AŞAĞI KUMLU	OLUR	KÖMÜRLÜ	SARIKAMIŞ	OLTU	**439**
2326	MEYDANCIK D.-DUTLU			ŞAVŞAT	A.IRMAKLAR	**605**
2327	BERTA S.-ÇİFTEHANLAR	BORÇKA	ŞAVŞAT	A.IRMAKLAR	ARDANUÇ	**599**
2328	ARDANUC D.-FERHATLI	ARTVİN	A.IRMAKLAR	ARDANUÇ	ÖGDEM	**533**
2329	OLTU S.- ÇOŞKUNLAR	OLUR	ŞAVŞAT	KÖMÜRLÜ	OLTU	**457**
2330	ÇAMLIKAYA D.-ÇAMLIKAYA	MEYDAN	YUSUFELİ	UZUNDERE	İSPİR	**584**
23-01	BERTA S.-BERTA	BORÇKA	A.IRMAKLAR	ARDANUÇ	ARTVİN	**609**
23-03	ÇENGÜL D.-ERİKDİBİ	KÖKNAR	SARIMEŞE	BAYBURT	AYDINTEPE	**441**
23-06	PULUR Ç.-CİBRE	KÖSE	AYDINTEPE	OZANSU	ÇAMUR	**440**
23-07	TAHSİNLİ D.-GÜLLÜCE	KÖSE	BAYBURT	OZANSU		**481**
23-16	ÇORUH N.-MESCİTLİ	BAYBURT	KIRIK		OZANSU	**494**
23-24	OLTU Ç.-ZİNNUR YAZICI	ÖGDEM	OLUR	OLTU	UZUNDERE	**423**
23-26	BÜYÜKÇAY-UZUNKAVAK	İSPİR	UZUNDERE	TORTUM	KIRIK	**449**
23-27	MASAT D.-KUŞKAYASI	BAYBURT	KIRIK		OZANSU	**460**
23-28	BÜYÜKÇAY-ÇATIKSU	KAYAİÇİ	SARIMEŞE	AYDINTEPE	OZANSU	**447**
23-29	HAHO D.-GÖLDERE	KÖSE	BAYBURT		OZANSU	**470**
23-31	KONAK D.-SIRAKONAK	İSPİR	UZUNDERE	TORTUM	KIRIK	**435**
23-32	TEPE D.-YELLİTEPE	KIRIK	TORTUM		BAYBURT	**474**

3.3.3. Yükseklik

Havza karakteristiklerinden yüksekliğin tespitinde 1/25000 ölçekli haritalardan elde edilen Çoruh Havzası topoğrafik haritası kullanılmıştır. AGİ'lerin deniz seviyesinden olan yükseklikleri DSİ ve EİE tarafından belirlenen kotlardır. Çalışmada kullanılan hipsometrik düşüler Şekil 3.11'de verilen topoğrafik haritadan hesaplanmıştır. Her AGİ için hipsometrik düşüler, AGİ kotu ile AGİ'ye kadarki en

uzun kolun kaynağındaki kot dikkate alınarak hesaplanmış ve Tablo 3.7'de verilmiştir.

Havzanın kuzeyi ve kuzeybatısı en yüksek kotlara sahiptir. Çoruh Nehrinin akış yukarısında yani kaynak kısmında Bayburt ilininin bulunduğu bölgede yükseklikler fazla değişmemektedir. Benzer bir plato Tortum ve Oltu yerleşimleri civarındaki bölgede bulunmaktadır. Havza; Barhal, Oltu, Tortum ve Çoruh'un birbirini kestiği dar vadilerden oluşmaktadır. Bu dar vadi sistemleri ve tarım arazileri arasında oluşan mikro-iklim şartları topoğrafyadan ötürü sınırlanmıştır.



Şekil 3.11 : Çoruh Havzası Genel Topoğrafik Yapısı

3.3.4. Eğim

Eğim, toplam debi ve baz akımla ilişkili olan, belli bir noktadan havza çıkışına kadarki kinetik enerjinin bir göstergesidir. Bu yüzden havza özellikleri içerisinde önemli bir yer tutar. Eğim bir havzada oldukça değişken olabilmektedir. Tek bir eğim indeksi bir havza çalışmasında yeterli olmamaktadır. Şekil 3.11'de verilen topoğrafik harita Çoruh Havzası içerisindeki eğimin değişkenliğini göstermektedir.

Çalışmada, AGİ'ler için ihtiyaç duyulan eğimler, Bölüm 3.1'de açıklanan ve ana dere eğiminin belirlenmesinde Benson'un geliştirdiği yöntem ile hesaplanmıştır. Bu yöntemde akım gözlem istasyonundan (çıkış noktasından) itibaren kaynak yönündeki toplam ana dere uzunluğu saptanmış, ardından ana dere uzunluğunun %10 ve %85'i harita üzerinde işaretlenerek elde edilen iki noktayı birleştiren

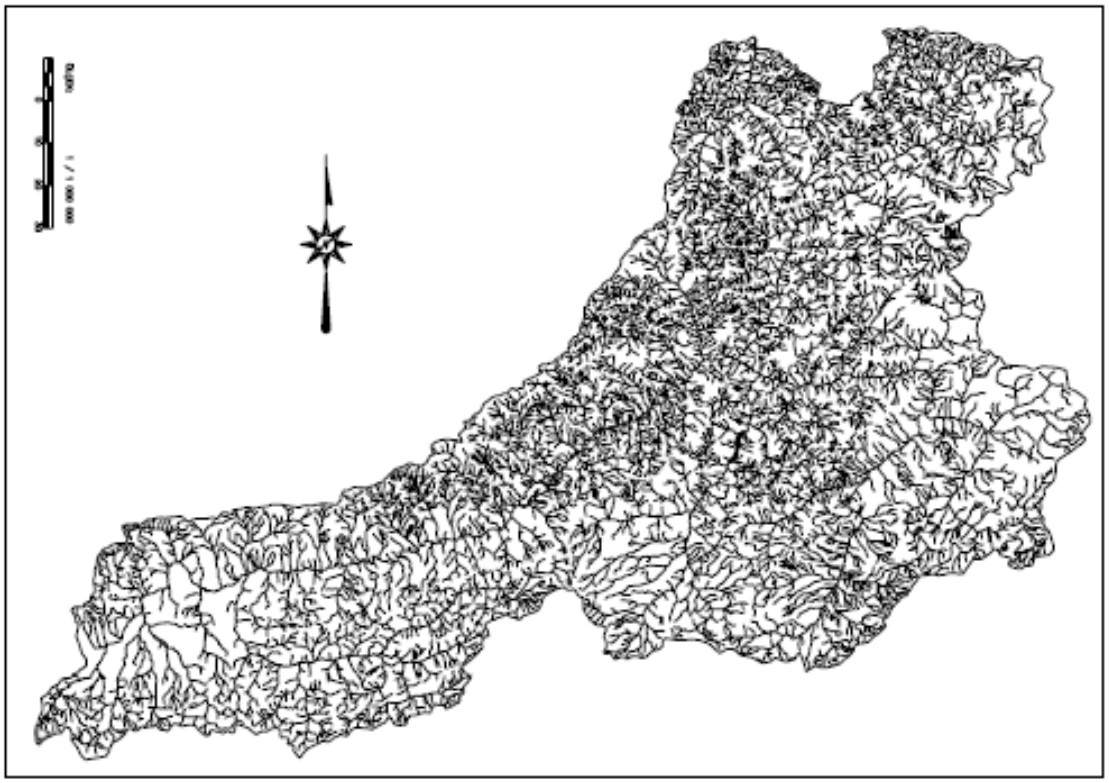
doğrunun eğimi ana dere eğimi olarak alınmıştır. AGİ'ler için hesaplanan Benson eğimleri Tablo 3.7'de verilmiştir.

3.3.5. Drenaj Yoğunluğu

Dreanaj yoğunluğu D_y 1 km^2'ye düşen ortalama akarsu uzunluğu olarak tanımlanmaktadır. Drenaj yoğunluğu, bir havzanın nasıl parçalardan oluştuğunun bir göstergesidir. Ayrıca, yağışın akışa dönüşümünü önemli ölçüde etkileyen bir özelliktir. Drenaj yoğunluğu ve yağış arasındaki ilişki havzanın jeomorfolojik geçmişi ve daha önceki iklimi hakkında bilgi verir. Jeolojik süreçler mevcut drenaj ağını etkilemektedir. Ayrıca, daha önce yaşanan kuraklıklar, iklim değişimleri vb. bir havzanın drenaj yapısının oluşmasında etkin rol oynamaktadır **(Mazvimavi, 2003)**.

Çalışmada drenaj yoğunluğu 1/100000 ölçekli haritalardan havza içerisindeki akarsuların uzunluklarının ölçülmesiyle elde edilmiştir. Kullanılan harita ölçeğine bağlı olarak bu haritalardan elde edilen drenaj yoğunlukları sınırlı bir hassasiyete sahiptirler. Bununla birlikte, havzada yoğunlukların dağılımını karşılaştırmada ve debi hakkında önemli bilgi verir. Seçilen bütün dereler AutoCad ortamında sayısal hale getirildikten sonra ölçümler yapılmıştır. Tablo 3.6 ve 3.7'de AGİ'lere ait drenaj yoğunlukları verilmiştir. Tablolardan da görüldüğü gibi, havza bazında D_y değerleri 0,003 ile 1,5 arasında değişmektedir.

Çoruh Havzası sayısal hale getirilmiş drenaj ağı Şekil 3.12'de verilmiştir.



Şekil 3.12 : Çoruh Havzası Drenaj Ağı

Tablo 3.6'da verilen AGİ'ler; 2304 Çoruh Nehri-Bayburt, 2315 Çoruh Nehri-Karşıköy, 2322 Çoruh Nehri-Altınsu, 2323 Oltu S.-İşhan Köprüsü, 2325 Oltu S.-Aşağı Kumlu ve 23-28 Büyükçay-Çatıksu istasyonları test istasyonu olarak seçilmiştir.

Tablo 3.6: Test İstasyonları için hesaplanan havza özellikleri

AGİ NO	SU VE İSTASYON ADI	A	P	L	H	Dy	E
		YAĞIŞ ALANI (km^2)	YAĞIŞ (mm)	AKARSU UZUNLUĞU (km)	HİPSOMETRİK DÜŞÜ (m)	DRENAJ YOĞUNLUĞU (km/km2)	BENSON EĞİMİ (%)
2304	ÇORUH N.-BAYBURT	1734,0	449	101572	860	0,768	0,0120
2315	ÇORUH N.-KARŞIKÖY	19654,4	1244	406043	1100	0,793	0,0032
2322	ÇORUH N.-ALTINSU	18326,4	703	352333	790	0,777	0,0050
2323	OLTU S.-İŞHAN KÖP.	6854,0	317	161029	850	0,739	0,0035
2325	OLTU S.-AŞAĞI KUMLU	1762,0	439	83668	990	0,817	0,0003
23-28	BÜYÜKÇAY-ÇATIKSU	1440,7	447	66980	240	0,612	0,0040

Tablo 3.7: AGİ'ler için hesaplanan havza özellikleri

AGİ NO	SU VE İSTASYON ADI	A	P	L	H	Dy	E
		YAĞIŞ ALANI (km^2)	YAĞIŞ (mm)	AKARSU UZUNLUĞU (km)	HİPSOMETRİK DÜŞÜ (m)	DRENAJ YOĞUNLUĞU (km/km2)	BENSON EĞİMİ (%)
2302	TORTUM Ç.-TEV KÖP.	1744,8	324	55,702	1780	0,764	0,043
2305	ÇORUH N.-PETEREK	7272,0	394	266,648	880	0,746	0,005
2307	DEVİSKEL D.-DEVİSKEL	177,0	1169	24,494	1090	0,81	0,14
2316	ÇORUH N.-İSPİR KÖP.	5505,2	488	205,077	2570	0,684	0,006
2320	ÇORUH N.-LALELİ	4759,2	467	158,512	1530	0,67	0,006
2321	PARHAL D.-DUTDERE	586,0	402	49,180	860	0,937	0,033
2326	MEYDANCIK D.-DUTLU	252,1	598	27,524	740	1,507	0,063
2327	BERTA S.-ÇİFTEHANLAR	1216,4	603	46,485	1230	0,756	0,04
2328	ARDANUC D.-FERHATLI	546,8	534	38,390	1390	0,829	0,067
2329	OLTU S.- ÇOŞKUNLAR	3538,8	440	102,446	1070	0,709	0,008
2330	ÇAMLIKAYA D.-ÇAMLIKAYA	113,6	551	20,802	940	0,988	0,088
23-01	BERTA S.-BERTA	1680,0	570	64,580	1300	0,789	0,032
23-03	ÇENGÜL D.-ERİKDİBİ	162,0	425	18,201	1390	0,762	0,021
23-06	PULUR Ç.-CİBRE	186,8	418	27,841	1940	0,767	0,005
23-07	TAHSİNLİ D.-GÜLLÜCE	62,7	466	9,833	600	0,771	0,051
23-16	ÇORUH N.-MESCİTLİ	481,2	453	58,878	1370	0,8	0,007
23-24	OLTU Ç.-ZİNNUR YAZICI	4693,6	357	133,046	1530	0,678	0,009
23-26	BÜYÜKÇAY-UZUNKAVAK	110,0	415	16,193	280	0,697	0,09
23-27	MASAT D.-KUŞKAYASI	1126,9	428	82,878	100	0,873	0,009
23-29	HAHO D.-GÖLDERE	88,5	455	17,105	375	0,59	0,047
23-31	KONAK D.-SIRAKONAK	60,1	408	24,800	300	1,257	0,058
23-32	TEPE D.-YELLİTEPE	153,5	428	17,444	900	0,963	0,077

3.3.6. Debi Süreklilik Çizgilerinin Elde Edilmesi

Çalışmada kullanılan 6 tanesi test istasyonu olmak üzere toplam 29 adet AGİ için debi süreklilik çizgileri elde edilmiştir. İstasyonlar farklı gözlem sürelerine sahiptirler. Bu yüzden kalibrasyon işlemi gerekli görülmüştür. İstasyonlarda ölçülen debilerin zaman yüzdeleri hesaplandıktan sonra, gözlem sürelerindeki farklılığın etkisini yok etmek amacıyla her debi süreklilik çizgisi için aynı zaman yüzdelerine karşılık (%4, %8, %12,..., %96, %100) 25'er adet debi interpolasyonla hesaplanmıştır. AGİ'lere ait debi süreklilik çizgileri ve kalibre edilmiş debi süreklilik çizgilerinin tamamı EK-B'de verilmiştir.

3.3.7. Debi Süreklilik Çizgileri için Model Seçimi

Debi süreklilik çizgisi debiye (Q) karşı, o debinin zaman yüzdesinin (D) noktalanmasıdır. Takip edilen sayısal işlemler ve kullanılan zaman aralığı eğrinin

şeklini etkilemektedir. Bu çalışmada süreklilik çizgilerini elde etmek için aylık akımlarla çalışılmıştır.

Debi süreklilik çizgileri için literatürde pek çok matematik model kullanılmıştır. Singh (1971), ABD'de debi süreklilik çizgileri hakkında bir araştırma yapmış ve bir model geliştirmiştir. Zaman (D) yüzdesine karşılık gelen boyutsuz debi değerleri, drenaj alanının basit üssel bir fonksiyonudur. Quimpo ve ark. (1983), Filipinler için yaptıkları bir çalışmada, günlük debi süreklilik çizgilerinin eksponansiyel ve üssel bir fonksiyon yapısına sahip olduğunu ortaya koymuştur:

$$Q = a\exp(-bD) \tag{3.11}$$

$$Q = aD^{-b} \tag{3.12}$$

Bu eşitliklerde, Q birim alandan gelen debidir ve birimi m^3/s'dir. D aşılma zamanını göstermektedir, a ve b ise pozitif sabitlerdir. **Quimpo ve ark. (1983)**, (3.11) eşitliğinin günlük verilere daha iyi uyduğunu ortaya koymuşlardır.

Mimikou ve Kaemaki (1985), Yunanistan'ın kuzey bölgesindeki 11 adet AGİ ile yaptıkları çalışmada (3.11) ve (3.12) denklemine ek olarak üç denklem daha denemişlerdir. Bu denklemler;

$$Q = a - b\ln D \tag{3.13}$$

$$Q = a - bD + cD^2 \tag{3.14}$$

$$Q = a - bD + cD^2 - dD^3 \tag{3.15}$$

Mimikou ve Kaemaki (1985), (3.11)'den (3.15)'e tüm denklemlerin hepsini denemiş ve her istasyonda, debi süreklilik eğrilerini en iyi temsil eden modelin (3.15) numaralı denklemle ifade edilen kübik model olduğunu belirtmişlerdir.

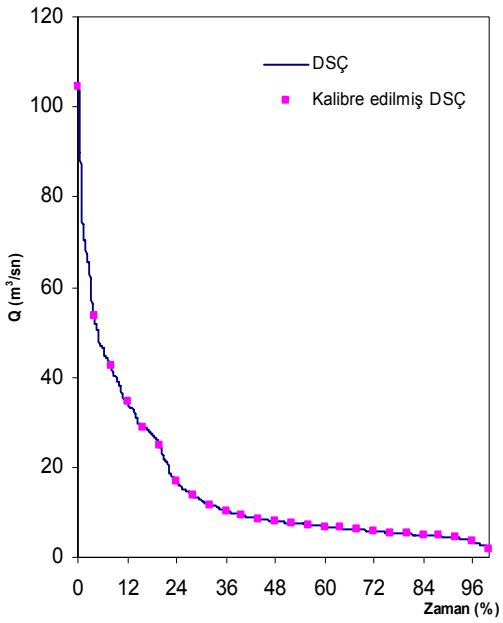
Çoruh Havzası için yapılan bu çalışmada da kübik model kullanılmıştır. Seçilen test istasyonlarına ait debi süreklilik çizgileri ve bunları temsil eden 3. derece polinomlar Şekil 3.13 ve Tablo 3.8'de verilmiştir.

Tablo 3.8: AGİ'lere ait Kubik Polinomların Denklemleri ve Determinasyon Katsayıları

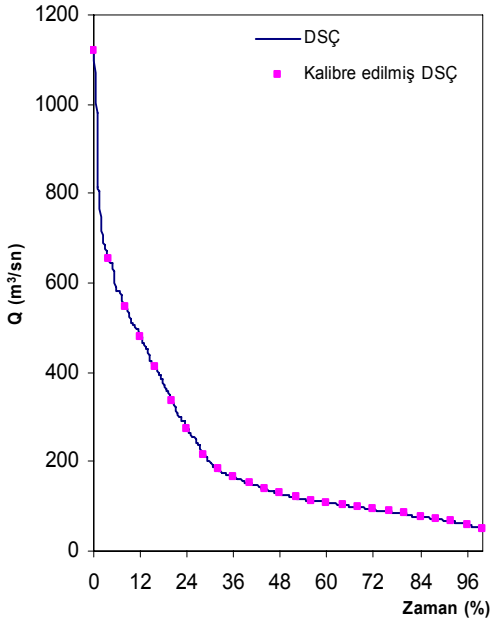
AGİ NO	SU VE İSTASYON ADI	Denklem ($Q = a - bD + cD^2 - dD^3$)*	R^2
2302	TORTUM Ç.-TEV KÖP.	$y = -262{,}48x^3 + 496{,}39x^2 - 299{,}17x + 62{,}988$	0,9693
2304	ÇORUH N.-BAYBURT	$y = -264{,}82x^3 + 509{,}19x^2 - 314{,}56x + 68{,}699$	0,9590
2305	ÇORUH N.-PETEREK	$y = -874{,}74x^3 + 1821x^2 - 1246{,}2x + 304{,}73$	0,9870
2307	DEVİSKEL D.-DEVİSKEL	$y = -42{,}959x^3 + 79{,}541x^2 - 52{,}719x + 16{,}114$	0,9782
2315	ÇORUH N.-KARŞIKÖY	$y = -2444{,}7x^3 + 4889{,}7x^2 - 3236{,}2x + 809{,}44$	0,9775
2316	ÇORUH N.-İSPİR KÖP.	$y = -606{,}64x^3 + 1222{,}6x^2 - 797{,}58x + 181{,}93$	0,9896
2320	ÇORUH N.-LALELİ	$y = -510{,}25x^3 + 1004{,}2x^2 - 635{,}56x + 139{,}67$	0,9877
2321	PARHAL D.-DUTDERE	$y = -101{,}82x^3 + 232{,}23x^2 - 180{,}51x + 52{,}159$	0,9938
2322	ÇORUH N.-ALTINSU	$y = -1901{,}8x^3 + 3945x^2 - 2688{,}8x + 664{,}43$	0,9861
2323	OLTU S.-İŞHAN KÖP.	$y = -645{,}7x^3 + 1221x^2 - 731{,}56x + 154{,}06$	0,9248
2325	OLTU S.-AŞAĞI KUMLU	$y = -178{,}06x^3 + 323{,}17x^2 - 183{,}99x + 35{,}814$	0,9202
2326	MEYDANCIK D.-DUTLU	$y = -158{,}77x^3 + 318{,}07x^2 - 206{,}14x + 45{,}568$	0,9793
2327	BERTA S.-ÇİFTEHANLAR	$y = -283{,}1x^3 + 580{,}74x^2 - 392{,}18x + 94{,}994$	0,9877
2328	ARDANUC D.-FERHATLI	$y = -92{,}208x^3 + 191{,}19x^2 - 129{,}32x + 30{,}189$	0,9925
2329	OLTU S.- ÇOŞKUNLAR	$y = -392{,}05x^3 + 735{,}85x^2 - 435{,}57x + 87{,}194$	0,9342
2330	ÇAMLIKAYA D.-ÇAMLIKAYA	$y = -31{,}772x^3 + 66{,}854x^2 - 46{,}89x + 12{,}062$	0,9957
23-01	BERTA S.-BERTA	$y = -413{,}19x^3 + 822{,}83x^2 - 532{,}66x + 121{,}17$	0,9875
23-03	ÇENGÜL D.-ERİKDİBİ	$y = -45{,}519x^3 + 90{,}886x^2 - 59{,}382x + 13{,}376$	0,9867
23-06	PULUR Ç.-CİBRE	$y = -19{,}585x^3 + 36{,}522x^2 - 21{,}429x + 4{,}1526$	0,9134
23-07	TAHSİNLİ D.-GÜLLÜCE	$y = -28{,}519x^3 + 52{,}237x^2 - 29{,}462x + 5{,}1145$	0,6221
23-10	ÇORUH N.-ŞEHİTLİK	$y = -2086{,}2x^3 + 4243{,}9x^2 - 2835{,}1x + 682{,}99$	0,9871
23-16	ÇORUH N.-MESCİTLİ	$y = -83{,}415x^3 + 162{,}11x^2 - 102{,}28x + 23{,}857$	0,9440
23-24	OLTU Ç.-ZİNNUR YAZICI	$y = -458{,}47x^3 + 872{,}37x^2 - 529{,}74x + 112{,}18$	0,9589
23-26	BÜYÜKÇAY-UZUNKAVAK	$y = -31{,}836x^3 + 61{,}835x^2 - 38{,}688x + 8{,}574$	0,9896
23-27	MASAT D.-KUŞKAYASI	$y = -187{,}16x^3 + 363{,}88x^2 - 227{,}33x + 49{,}83$	0,9374
23-28	BÜYÜKÇAY-ÇATIKSU	$y = -170{,}02x^3 + 314{,}16x^2 - 182{,}3x + 35{,}353$	0,9395
23-29	HAHO D.-GÖLDERE	$y = -14{,}905x^3 + 28{,}043x^2 - 16{,}816x + 3{,}463$	0,9572
23-31	KONAK D.-SIRAKONAK	$y = -26{,}202x^3 + 50{,}359x^2 - 30{,}775x + 6{,}3954$	0,9785
23-32	TEPE D.-YELLİTEPE	$y = -40{,}256x^3 + 75{,}592x^2 - 44{,}959x + 9{,}6415$	0,9462

**D* aşılma zamanı 0 ile 1 arasında değişmektedir. Aşılma zamanı %95 olan bir debiyi bulabilmek için D yerine 0,95 konularak hesap yapılmalıdır.

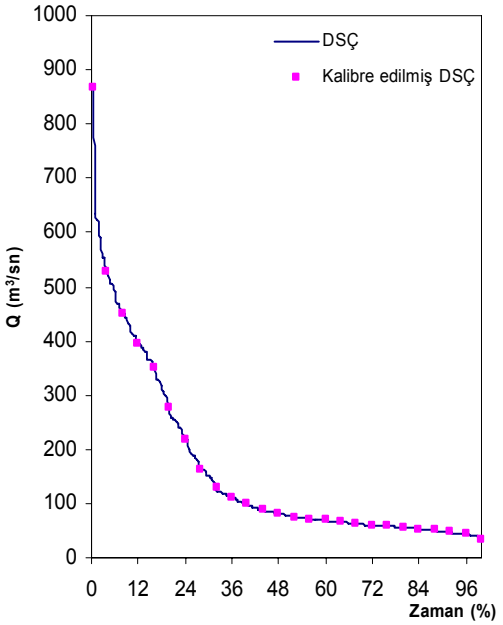
Şekil 3.13 : Test istasyonlarının gerçek ve kalibre edilmiş debi süreklilik çizgileri



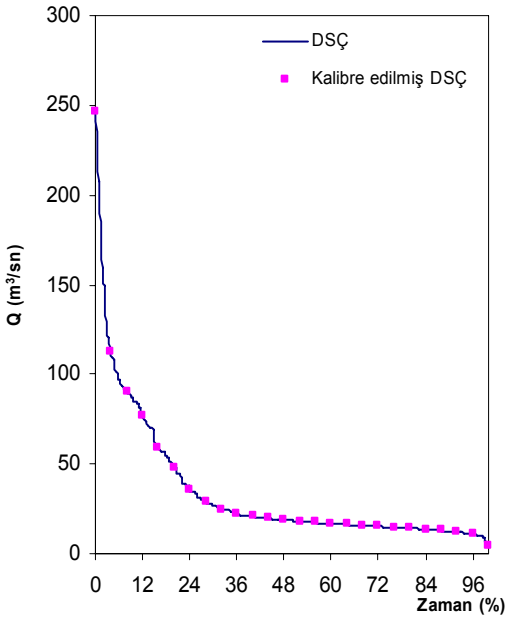
2304 Çoruh Nehri-Bayburt AGİ



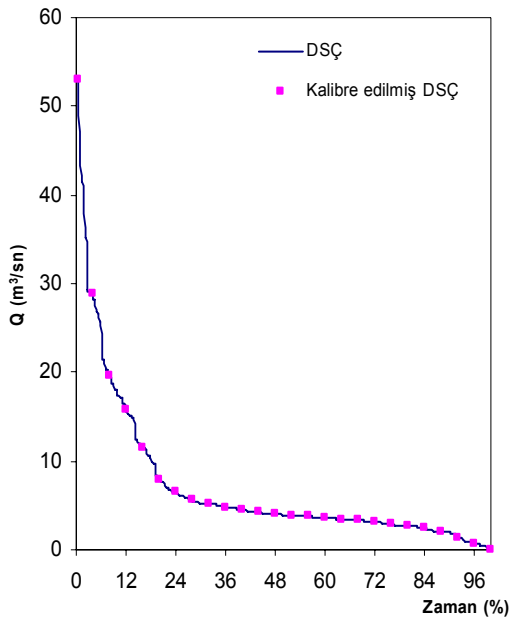
2315 Çoruh Nehri-Karşıköy AGİ



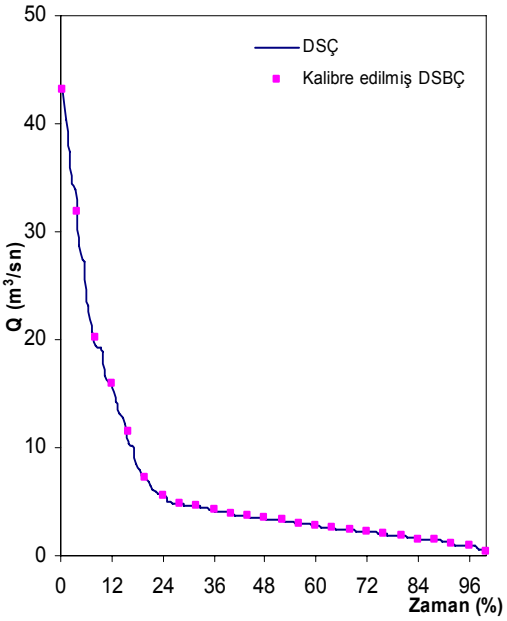
2322 Çoruh Nehri-Altınsu AGİ



2323 Oltu S.-İşhan Köprüsü AGİ



2325 Oltu S.-A.Kumlu AGİ



23-28 Büyükçay-Çatıksu AGİ

3.4. Çoruh Havzası Bölgeselleştirme Modeli

Yağış-akış analizlerinin güvenilir olmadığının anlaşılmasıyla, hidrolojik bilginin ölçüm istasyonlu bir alandan istasyonu olmayan bir alana transferi için bölgeselleştirme teknikleri geliştirilmiştir. **Mimikou ve Kaemaki (1985)**, Yunanistan'ın batı ve kuzeybatısındaki dağlık morfoloji ve mevcut istasyonların seyrekliği nedeniyle yeni bir bölgeselleştirme yaklaşımı izlemişlerdir. Bu çalışmada, Çoruh Havzası için de benzer bir yaklaşım izlenmiştir.

(3.15) numaralı eşitlikte verilen kübik modeldeki a, b, c ve d parametrelerinin istasyondan istasyona yersel dağılımı, regresyon analizi ile açıklanmaya çalışılmıştır. Tablo 3.7'de daha önce verilen iklimsel ve morfolojik özellikler bağımsız değişken girdileridir. İklimsel özellik yağış (P), morfolojik özellikler ise alan (A), drenaj yoğunluğu (D_y), hipsometrik düşü (H), akarsu uzunluğu (L) ve eğim (E)'dir.

Çalışmanın ilk aşamasında, alan, yağış, akarsu uzunluğu ve hipsometrik düşünün a, b, c ve d parametreleri ile ilişkisine bakılmıştır. İkinci aşamasında ise parametrelerin, alan, yağış, drenaj yoğunluğu ve eğim ile nasıl değiştiğine bakılmıştır.

Dört regresyon denklemi her parametrenin değişkenliğini modellemek için test edilmiştir. Bu denklemler şunlardır;

$$V = b_0 + b_1 P + b_2 A + b_3 L + b_4 H \quad \textbf{(3.16)}$$

$$V = b_0 P^{b_1} (A/L)^{b_2} H^{b_3} \quad \textbf{(3.17)}$$

$$V = b_0 P^{b_1} A^{b_2} (H/L)^{b_3} \quad \textbf{(3.18)}$$

$$V = b_0 A^{b_1} P^{b_2} L^{b_3} H^{b_4} \quad \textbf{(3.19)}$$

Denlemlerdeki V bağımlı değişkeni, b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 de katsayıları göstermektedir. Çoklu regresyon analizi standart istastistik analizlere göre yapılmıştır. (3.19) numaralı denklemdeki model, tüm parametreler için artakalanlarının karelerinin toplamı daha küçük çıkan denklemdir. Bu yüzden bu denklem debi süreklilik çizgisi parametrelerinin uzaysal değişimini açıklayan en iyi bölgesel model olarak seçilmiştir **(Mimikou ve Kaemaki, 1985)**.

Bu durumda, Çoruh Havzası için, (3.19) denkleminde değişikliğe gidilmiş ve havza özelliklerinden alan (A), yağış (P), drenaj yoğunluğu (D_y) ve eğim (E) kullanılarak (3.20) denklemi elde edilmiştir.

$$V = b_0 A^{b_1} P^{b_2} D_y^{\ b_3} E^{b_4} \quad \textbf{(3.20)}$$

Parametreler için bulunacak olan bölgesel modeller aşağıda verilmiştir.

$$a = A_0 A^{A_1} P^{A_2} D_y^{\ A_3} E^{A_4} \quad \textbf{(3.21)}$$

$$b = B_0 A^{B_1} P^{B_2} D_y^{\ B_3} E^{B_4} \quad \textbf{(3.22)}$$

$$c = C_0 A^{C_1} P^{C_2} D_y^{\ C_3} E^{C_4} \quad \textbf{(3.23)}$$

$$d = D_0 A^{D_1} P^{D_2} D_y^{\ D_3} E^{D_4} \quad \textbf{(3.24)}$$

Bu bölgesel modellerde akarsu uzunluğu ve hipsometrik düşü ile olan değişime de bakılmıştır.

Test istasyonları hariç AGİ'lerin debi süreklilik çizgilerini temsil eden kübik denklemlerin a, b, c ve d parametreleri Tablo 3.9'da verilmiştir.

Tablo 3.9: AGİ'lere ait Kübik Polinomların Katsayıları

AGİ NO	SU VE İSTASYON ADI	$Q=a-bD+cD^2-dD^3$			
		a	**b**	**c**	**d**
2302	TORTUM Ç.-TEV KÖP.	62,99	299,17	496,39	262,48
2305	ÇORUH N.-PETEREK	304,73	1246,20	1821,00	874,74
2307	DEVİSKEL D.-DEVİSKEL	16,11	52,72	79,54	42,96
2316	ÇORUH N.-İSPİR KÖP.	181,93	797,58	1222,60	606,64
2320	ÇORUH N.-LALELİ	139,67	635,56	1004,20	510,25
2321	PARHAL D.-DUTDERE	52,16	180,51	232,23	101,82
2326	MEYDANCIK D.-DUTLU	45,57	206,14	318,07	158,77
2327	BERTA S.-ÇİFTEHANLAR	94,99	392,18	580,74	283,10
2328	ARDANUC D.-FERHATLI	30,19	129,32	191,19	92,21
2329	OLTU S.- ÇOŞKUNLAR	87,19	435,57	735,85	392,05
2330	ÇAMLIKAYA D.-ÇAMLIKAYA	12,06	46,89	66,85	31,77
23-01	BERTA S.-BERTA	121,17	532,66	822,83	413,19
23-03	ÇENGÜL D.-ERİKDİBİ	13,38	59,38	90,89	45,52
23-06	PULUR Ç.-CİBRE	4,15	21,43	36,52	19,59
23-07	TAHSİNLİ D.-GÜLLÜCE	5,11	29,46	52,24	28,52
23-16	ÇORUH N.-MESCİTLİ	23,86	102,28	162,11	83,42
23-24	OLTU Ç.-ZİNNUR YAZICI	112,18	529,74	872,37	458,47
23-26	BÜYÜKÇAY-UZUNKAVAK	8,57	38,69	61,84	31,84
23-27	MASAT D.-KUŞKAYASI	49,83	227,33	363,88	187,16
23-29	HAHO D.-GÖLDERE	3,46	16,82	28,04	14,91
23-31	KONAK D.-SIRAKONAK	6,40	30,78	50,36	26,20
23-32	TEPE D.-YELLİTEPE	9,64	44,96	75,59	40,26

Tabloda verilen a, b, c ve d parametrelerinin önce alan, yağış, akarsu uzunluğu ve hipsometrik düşü ile ile ilişkisine bakılmıştır. Bu parametreler içinde en anlamlıları öncelikle drenaj alanı ve ikinci olarak da yıllık toplam yağışdır. Bu beklenen bir sonuçtur. Çünkü her iki değişken de akış süreci ve bu sürecin zamansal dağılımında önemli bir rol oynar.

Daha sonra ise parametrelerin, alan, yağış, drenaj yoğunluğu ve eğim ile nasıl değiştiğine bakılmıştır. Gerçek parametre değerleri ile tahmin edilen parametre değerleri arasında yüksek korelasyon değerleri bulunmuştur.

Tablo 3.10: AGİ'ler için hesaplanan ve gercek a, b, c ve d katsayıları arasındaki ilişkinin korelasyon katsayıları

	a	b	c	d
A, P, L, H	0,9068	0,9174	0,9259	0,9312
A, P, D_y, E	0,9600	0,9621	0,9628	0,9619
A, P, D_y, H	0,9476	0,9531	0,9556	0,9558

a, b, c ve d parametrelerinin havza özellikleri regresyon analizi SPSS programı ile yapılmıştır. Program çıktıları Ek C'de verilmiştir. Debi süreklilik çizgilerini temsilen seçilen modelin parametreleri için elde edilen regresyon denklemleri aşağıda verildiği gibidir;

$$a = 0{,}0211 A^{0{,}9666} P^{0{,}3607} D_y{}^{1{,}2854} E^{0{,}2104} \quad \textbf{(3.25)}$$

$$b = 0{,}4325 A^{0{,}9322} P^{0{,}1266} D_y{}^{1{,}2153} E^{0{,}1788} \quad \textbf{(3.26)}$$

$$c = 1{,}020 A^{0{,}9098} P^{0{,}0700} D_y{}^{1{,}1277} E^{0{,}1611} \quad \textbf{(3.27)}$$

$$d = 0{,}4892 A^{0{,}8933} P^{0{,}0871} D_y{}^{1{,}0445} E^{0{,}1502} \quad \textbf{(3.28)}$$

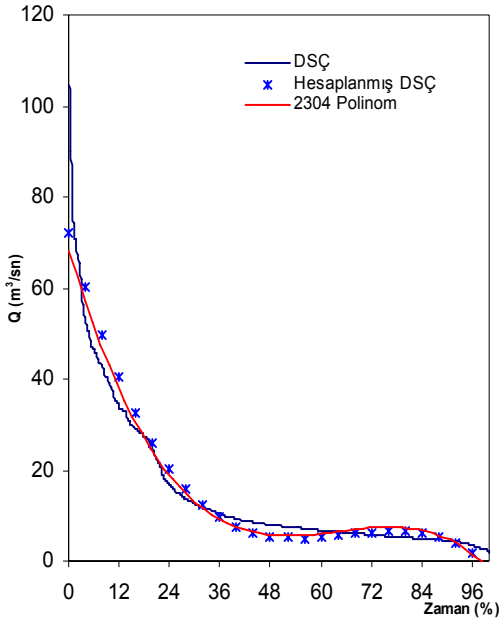
Tablo 3.11: Test istasyonlarının gerçek ve hesaplanmış a, b, c ve d parametreleri

AGİ NO	SU VE İSTASYON ADI	Parameteler							
		a		b		c		d	
		Gerçek	Hesap.	Gerçek	Hesap.	Gerçek	Hesap.	Gerçek	Hesap.
2304	ÇORUH N.-BAYBURT	68,70	*72,41*	314,56	*323,34*	509,19	*505,51*	264,82	*255,35*
2315	ÇORUH N.-KARŞIKÖY	809,44	*830,69*	3236,20	*2802,05*	4889,70	*4006,23*	2444,70	*2006,98*
2322	ÇORUH N.-ALTINSU	664,43	*703,02*	2688,80	*2666,97*	3945,00	*3907,71*	1901,80	*1930,73*
2323	OLTU S.-İŞHAN KÖP.	154,06	*177,33*	731,56	*850,93*	1221,00	*1347,74*	645,70	*673,02*
2325	OLTU S.-AŞAĞI KUMLU	35,81	*36,90*	183,99	*184,10*	323,17	*305,18*	178,06	*159,54*
23-28	BÜYÜKÇAY-ÇATIKSU	35,35	*35,88*	182,30	*169,11*	314,16	*275,94*	170,02	*144,25*

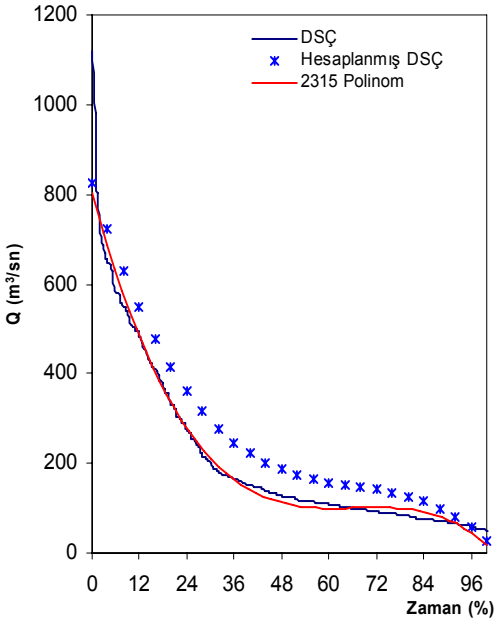
Bütün parametrelerdeki değişim drenaj yoğunluğu ve eğim ile daha iyi açıklanırken, hipsometrik düşü ve akarsu uzunluğunun etkisi diüerlerine göre daha az olmaktadır.

Bölgesel metodun genel tahmin başarısı, debi süreklilik modelinin parametrelerinin doğru olarak tahmin edilmesinden oldukça etkilenir.

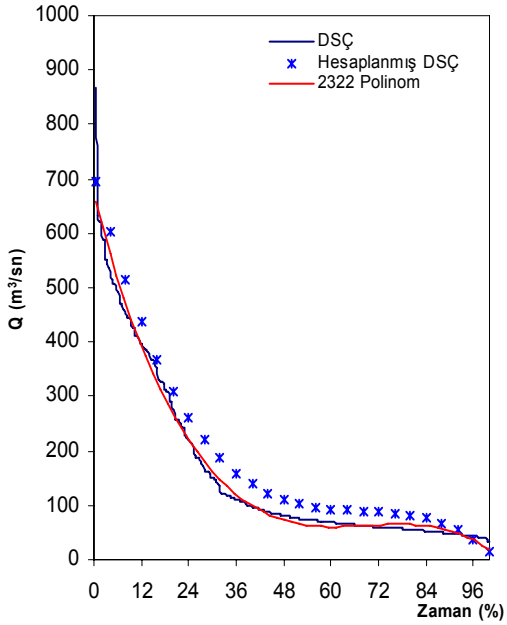
Şekil 3.14 : Test istasyonlarının gerçek ve hesaplanmış debi süreklilik çizgileri



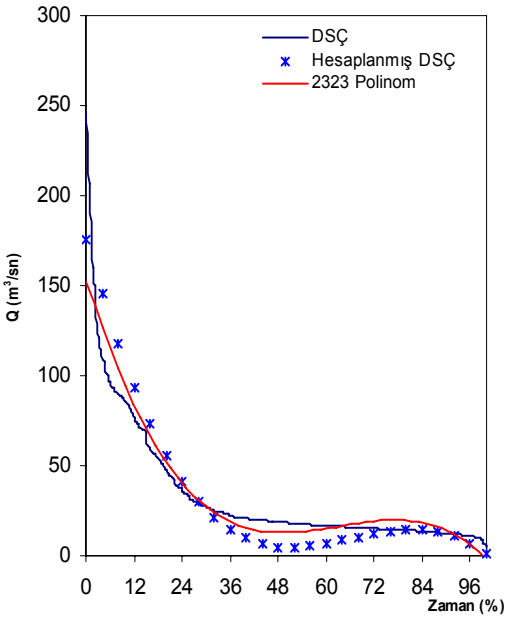
2304 Çoruh Nehri-Bayburt AGİ



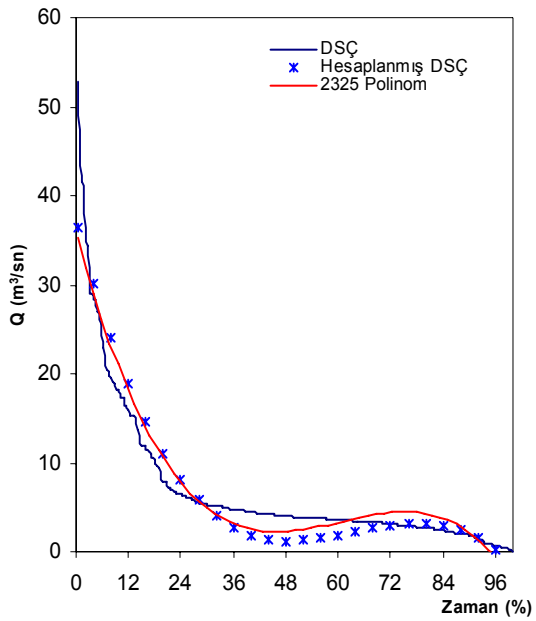
2315 Çoruh Nehri-Karşıköy AGİ



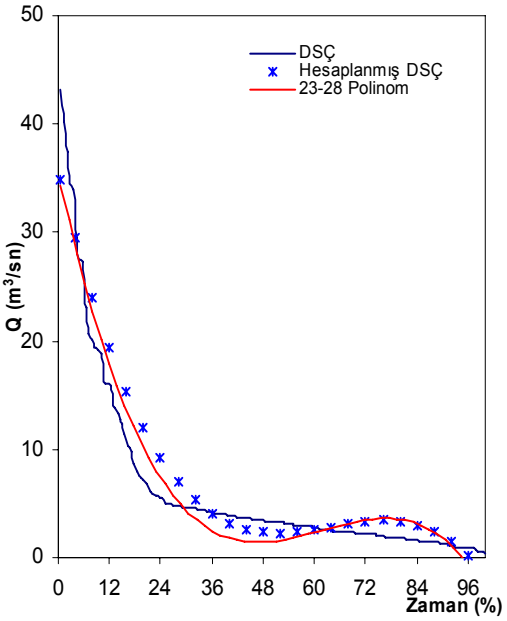
2322 Çoruh Nehri-Altınsu AGİ



2323 Oltu S.-İşhan Köprüsü AGİ



2325 Oltu S.-A.Kumlu AGİ



23-28 Büyükçay-Çatıksu AGİ

3.5. Hata Analizi

Bölgeselleştirme işleminin başarısı, her şeyden önce model katsayılarının bölgeselleştirilmesinde hangi havza ve hidrometeorolojik değişken/değişkenlerin bağımsız değişken olarak seçileğine bağlıdır. Test istasyonları için hesaplanan ve tahmin edilen model katsayıları %96'nın üzerinde bir korelasyon değerine sahiptir. Bu da çalışmada doğru değişkenlerin seçildiğinin bir göstergesidir.

Tablo 3.12'de hesaplanan debi süreklilik çizgilerinin tahmin doğruluğu root-mean-square ϵ hata ile ifade edilmiştir. N veri sayısı, Q_i gerçek debi, $\overline{Q}_i$ tahmin edilen debi olmak üzere hata şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$\varepsilon = N^{-1}\left[\sum_{i=1}^{N}\left(\frac{Q_i - \overline{Q}_i}{Q_i}\right)^2\right]^{1/2} \qquad \textbf{(3.28)}$$

Tahmin doğrulukları %7 ve %9 arasında yer almaktadır.

Tablo 3.12: Gerçek ve hesaplanmış debi süreklilik çizgileri root-mean square hataları

AGİ NO	SU VE İSTASYON ADI	ϵ RMS (%)
2304	ÇORUH N.-BAYBURT	7
2315	ÇORUH N.-KARŞIKÖY	8
2322	ÇORUH N.-ALTINSU	7
2323	OLTU S.-İŞHAN KÖP.	8
2325	OLTU S.-AŞAĞI KUMLU	8
23-28	BÜYÜKÇAY-ÇATIKSU	9
	Ortalama	7,83

RMS'nin hesaplanırken, 2325 ve 23-28 AGİ'lerin uç değerlerinden birer tane çıkarılmıştır. Yu ve ark. (2002), bölgeselleştirmede kullanılan polinom yönteminin alan indeks yönteminden daha küçük istatistik hatalar verdiğini, bununla birlikte, debinin %90'dan büyük ve %10'dan küçük değerler için yapılan ekstrapolasyon işleminin gerçekçi olmayan sonuçlar verebileceğini ifade etmişlerdir. %90'dan büyük aşılma yüzdelerin için bu durum 2325 ve 23-28 AGİ'lerde gerçekleştiğinden dolayı, her iki istasyonda da %90'dan büyük olan birer uç değerleri hata hesaplama işlemine dahil edilmemiştir. Literatürde belirtilen durumun aksine bu çalışmada %10'dan küçük aşılma yüzdelerinde bir sorunla karşılaşılmamıştır.

4. SONUÇLAR

Yaşamın vazgeçilmez bir unsuru olan su, yerine başka bir madde ikame edilemeyen, sınırlı bir doğal kaynaktır. Ülkemizin yarı-kurak bir iklime sahip olduğu, küresel iklim değişiminin bu tabloyu daha da kötüleştireceği dikkate alındığında su kaynaklarının rasyonel bir şekilde değerlendirilmesi hayati bir konu olmaktadır. Su kaynaklarının değerlendirilmesine yönelik yapılan su yapıları için yer seçimi öncelikli önemli konulardan biridir.

Mühendislikte her alanda olduğu gibi su yapılarının boyutlandırılmasında veri en önemli girdilerden biridir. Dolayısı ile optimum sıklıkta bir veri ölçüm ağının olması arzu edilir. Ancak başta ekonomik nedenler olmak üzere, yağış, akış vb ölçüm ağlarının sıklığı genellikle standartların gerisinde kalmaktadır.

Bir ölçüm ağının arzu edilen sıklığa sahip olmaması uygulamada bazı sorunlara neden olmaktadır. Bilindiği gibi pek çok hidrolojik uygulamada yağış, akış vb değişkenlerin noktasal tahmini önem kazanmaktadır. Diğer taraftan noktasal tahmin yöntemlerinin anlaşılır ve kolay uygulanabilir olması önemlidir.

Bu çalışmada akım gözlem istasyonu olmayan bir akarsu en kesitindeki su potansiyeli tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışma alanı olarak Çoruh nehri havzası seçilmiştir. Havzada belirlenen test istasyonlarının debi süreklilik eğrileri, diğer AGİ'lere ait debi süreklilik eğrileri için seçilen modelin katsayıları, yağış ve bazı havza karakteristiklerinin (havza alanı, drenaj yoğunluğu, havza eğimi) yersel değişimini veren bir bölgeselleştirme modeli ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada sonucu doğrudan ve önemli ölçüde etkileyen pek çok husus söz konusur:

1. AGİ'nin olmadığı bir akarsu en kesitinde yağış ölçümü de olmadığından öncelikle yağışın tahmin edilmesi gerekmektedir.

2. Başta drenaj yoğunluğu olmak üzere pek çok havza karakteristikleri kullanılan haritanın ölçeğine önemli ölçüde bağımlıdır.

3. Meteorolojik ve hidrolojik ölçümler yersel ve zamansal olarak önemli düzensizlikler göstermektedir.

4. Gerek debi süreklilik eğrileri için seçilen modelin, gerekse bu modelin katsayıları için seçilen bölgesel modelin seçiminden kaynaklanan hatalar söz konusudur.

Yukarıda sıralanan önemli hata kaynaklarına rağmen havzada seçilen 2304 Bayburt, 2315 Karşıköy, 2322 Altınsu, 2323 İşhan Köprüsü, 2325 Aşağı Kumlu ve 23-28 Çatıksu AGİ'leri test istasyonu olarak seçilmiş ve bu AGİ'lerin debi süreklilik eğrileri başarıyla elde edilmiştir. Tablo 3.12'den de görüldüğü gibi gözlenmiş debi süreklilik çizgileri ile modelin vermiş olduğu debi süreklilik çizgileri arasındaki ortalama hata değeri %7,8'dir.

Debi süreklilik çizgilerinin x-eksenine yaklaşmaya başladığı yani aşılma yüzdelerinin büyümeye başladığı noktalardan sonraki kısmı daha düz bir gidiş sergilemektedir. Kubik polinomların yapısı gereği, bu kısımlarda bir dalgalanma olmaktadır. Bu durum, tahmin edilen değerlere de yansımaktadır. Debi süreklilik çizgilerinin bölgeselleştirilme çalışmalarında süreklilik eğrileri iki kısıma ayrılarak hesapların yapılması düşünülebilir. Aşılma yüzdelerinin küçük olduğu birinci kısım polinom yöntemiyle, aşılma yüzdelerinin büyümeye başladığı ikinci kısım ise olasılık dağılım fonksiyonları ile bölgeselleştirilebilir.

KAYNAKLAR

Acreman, M.C., Sinclair, C.D., 1986. Classification of drainage basins according to their pyhsical characteristics; an application for flood frequency analysis in Scotland, *Journal of Hydrology,* **84(1986),** 365-380.

Bari, M.F., Shafiul Islam, KH. MD., Stochastic model of flow duraiton curves for selected rivers in Bangladesh, *Climate Variability and Change-Hydrological Impacts*, (5th FRIEND World Conference, Havana, Cuba, November, 2006), IAHS Publ. 308, 2006, 99-104.

Bayazıt, M., 1999. Hidroloji, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul

Bayazıt, M., Yeğen Oğuz, B., 2005. Mühendisler için İstatiktik, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Bayazıt, M., 1981. Hidrolojide İstatistik Yöntemler, İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu, İstanbul.

Burn H. D., Boorman B. D., 1993. Estimation of hydrological parameters at ungauged catchments, *Journal of Hydrology,* **143(1993),** 429-454

Castellarin, A., Galeati, G., Brandimarte, L., Montanari, A., Brath, A., 2004. Regioanal flow-duration curves:reliability for ungauged basins, *Advances in Water Resources*, **27(2004)**, 953-965.

Carlston, C.W., 1963. Drainage Density and Streamflow. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 442-C.

Chiang, S.M., Tsay, T.K., Nix, S.J., 2002. Hydrologic Regionalization of Watersheds. I: Methodology Development, *J. of Water Resources Plan. and Manag.,* **128:1(3),** 3-11

Cığızoğlu, K., 1997. Debi Süreklilik Çizgisinin Matematik Modelleri, *Doktora Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Cole, R.A.J., Johnston, H.T., Robinson, D.J., 2003. The use of flow duration curves as a data quality tool, *Hydrological Sciences Journal*, **48(6)**, 939-951.

Croker, K.M., Young, A.R., Zaidman M.D., Rees, H.G., 2003. Flow Duration Curve Estimation in ephemeral catchments in Portugal, *Hydrological Sciences Journal*, **48(3)**, 427-439.

DSİ Yayınları, Haritalı İstatistik Bülteni, 2005, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara

EİE, 1984. Mühendislik Hidrolojisi Seminer Notları. Yayın No:84-46, Ankara.

Erkek, C., Ağıralioğlu, N., (2002). *Su Kaynakları Mühendisliği*, Beta, İstanbul.

Fennesey, N., Vogel, R.M., 1990. Regional flow duration curves for ungauged sites in Massachusetts, *Journal of Water Resources Plan. Manag.*, 116(4), 530-549.

Francihini, M., Suppo, M., 1996. Regional analysis of flow-duraiton curves for a limestone region, *Water Resources Managment,* **10**, 199-218.

Guide to Hydrological Practices, WMO-No:168, 5. Edition, 1994

Horton, R.E., 1932. Drainage Basin Characteristics. Trans. Am. Geophys. Union, **13**, 350-361.

Horton, R.E., 1945. Erosional Development of Streams and their Drainage Basins, Hydrophysical Approach to Quantative Geomorphology. Geol. Soc. USA, 275-370.

Koçak, K., **Şentürk, K.,** 2007. Toplam Yağış Miktarının Noktasal Tahminine Yönelik bir Yöntem Önerisi. V. Ulusal Hidroloji Kongresi, 309-317.

Krasovskaıa, I., Gottschalk, L., Leblois, E. & Pacheco, A., 2006. Regionalization of flow duraiton curves, *Climate Variability and Change-Hydrological Impacts*, (5th FRIEND World Conference, Havana, Cuba, November, 2006), IAHS Publ. 308, 2006, 105-110

Leopold, L.B., Wolman, M.G, 1964. Process in Geomorphology, W.H. Freeman Company, San Francisco.

Mazvimavi, D., 2003. Estimation of Flow Characteristics of Ungauged Catchments, *PhD Thesis,* Wageningen Universitat, The NEtherlands.

McCuen, R.H., (1998) *Hydrologic Analysis and Design*, Second Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

Melton, M.A., 1958. Geometric Properties of Mature Drainage System and their Represantation. *Journal of Geology*, 66.

Mimikou, M., Kaemaki, S., 1985. Regıonalization of Flow Duration Characteristics. *Journal of Hydrology,* **82**(1985), 77-91

Morisowa, M.E., 1957. Accuracy of Determination of Stream Lenghts from Topographic Maps, Trans. Am. Geophys. Union, 38, USA.

Nash, J.E., Shaw, B.L., 1966. Flood Frequency as a function of catchment characteristics in River Flood Hydrology. Inst. Of. Civil Engineering, London, 115-136.

Önal, M.R., 1992. Su toplama havzalarının analizinde benzeşim karakteristiklerinin saptanması, *Doktora Tezi*, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Ensititüsü, Ankara.

Pilgrim, D.H., 1982. Some problems in transferring hydrological relationships between small and large drainage basins and between regions, *Journal of Hydrology*, **65(1983)**, 49-72.

Rodda, J.C., 1969. The significance of characteristics of basin rainfall and morphology in a study of floods in the U.K., UNESCO Symposium on Floods and their compilation, Int. Assoc. Sc. Hyd. UNESCO-WMO, **2**, 834-845.

Singh, R.D., Mishra, S.K., Chowdhary, H., 2001. Regional flow duration models for large number of ungauged cathcments for planning microhydro projects, *Journal of Hydrologic Engineering*, **6(4)**, 310-316.

Smakhtin, V.U., 2001. Low flow hydrology: a review, *Journal of Hydrology*, **240**, 147-186.

Şen, Z., 2002. Su Bilimi Temel Konuları, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.

Quimpo, R. G., **Alejandrino, A. A., McNally, T. A.**, 1983. Regionalized flow duration for Philippines, *Journal of Water Resources Plan. Manag.,* **109**(4), 320-330

Taylor, A.B., 1967. Unit Hydrograph lag and peak flow related to basin characteristics, Trans. Am. Geop. Union, **33**, 235.

Usul, N., Şorman, Ü., 1981. Analiz Teknikleri ve Araştırma Sonuçlarının Yorumu, Topraksu Ana Proje Ek Talimat Serisi No:8, Ankara.

Usul, N., 1991. Engineering Hydrology, Lecture Notes. METU, Ankara, 62-84.

Ünsal V., 2006. Eskiçağda Çoruh Havzası, *Doktora Tezi,* Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.

Wisler, C.O., Brater, E.F., 1959. Hydrology. John Wiley and Sons, Inc. New York.

Wong, S.T., 1963. A multiple Statistical Model for Predicting Mean Annual Flood in New England. Ann. Assoc. Am. Geog., **51**, 298-311.

Yevjevich, V., 1997. Probability and Statistics in Hydrology, Water Resources Publications, LLC, Colorado, USA

Yu, P.S., Yang, T.C., Wang, Y.C., 2002. Uncertainty analysis of regional flow duration curves, *Journal of Water Resources Plan. Manag. ASCE*, **128(6)**, 424-430.

Yu, P.S., Yang, T.C., 1996. Synthetic regional flow duration curve for southern Taiwan, *Hydrolog. Process.*, **10**, 373-391.

Elektrik İşleri Etüd İdaresi (EİE) Web sayfası

(www.eie.gov.tr/turkce/HESproje/turkeyhidro.doc)

DSİ Genel Müdürlüğü, Çoruh Nehri Havzası Master Plan Raporu, Hidroloji Cilt 2 Yankollar Hidrolojisi, DSİ Genel Müdürlüğü, ANKARA

DSİ Genel Müdürlüğü Web sayfası

(www.dsi.gov.tr)

EKLER

EK A

ÇORUH HAVZASI ÖZELLİKLERİ

EK B

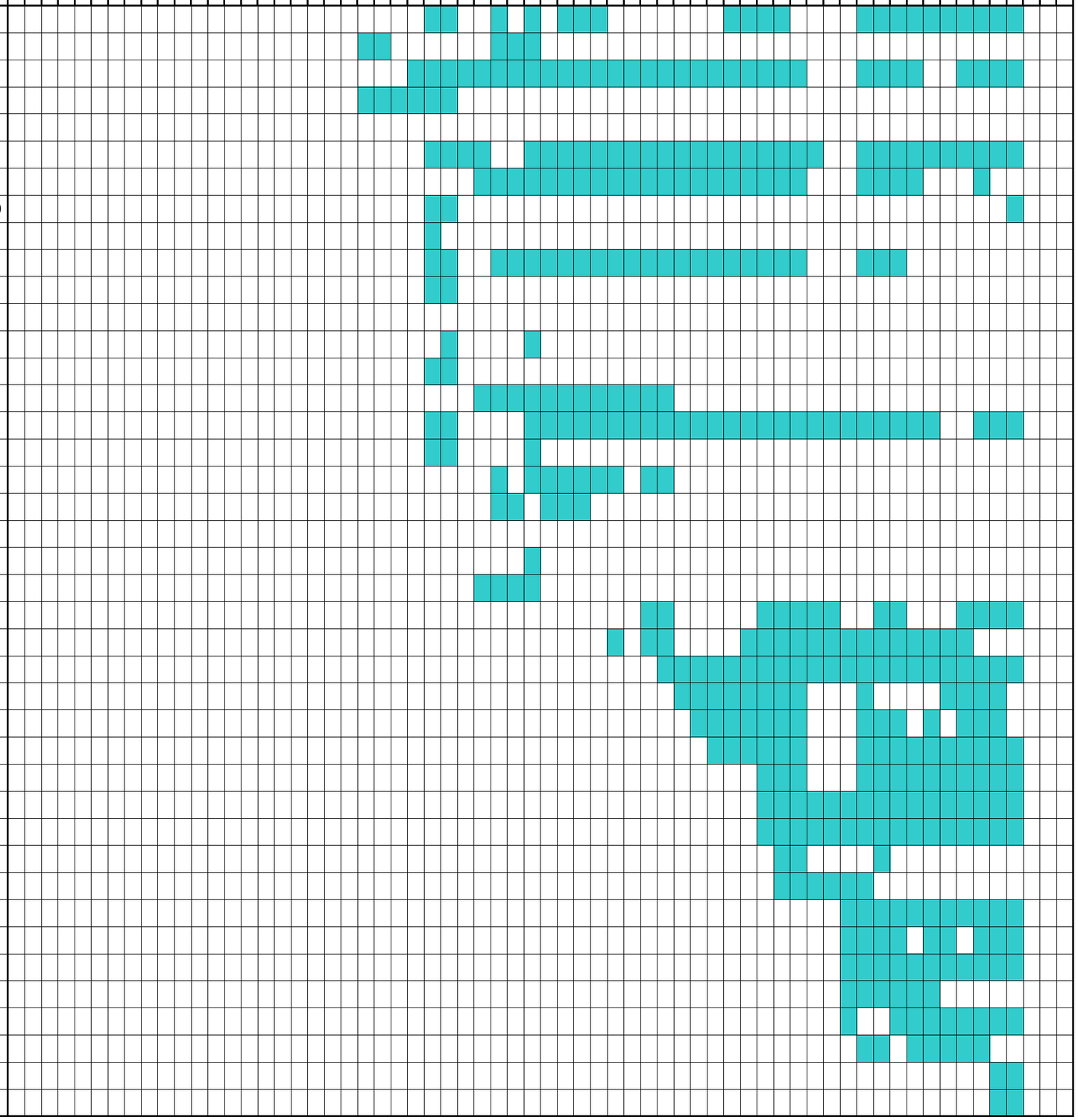
ÇORUH HAVZASINDA BULUNAN AKIM GÖZLEM İSTASYONLARINA AİT DEBİ SÜREKLİLİK ÇİZGİLERİ

EK C

SPSS PROGRAM ÇIKTILARI

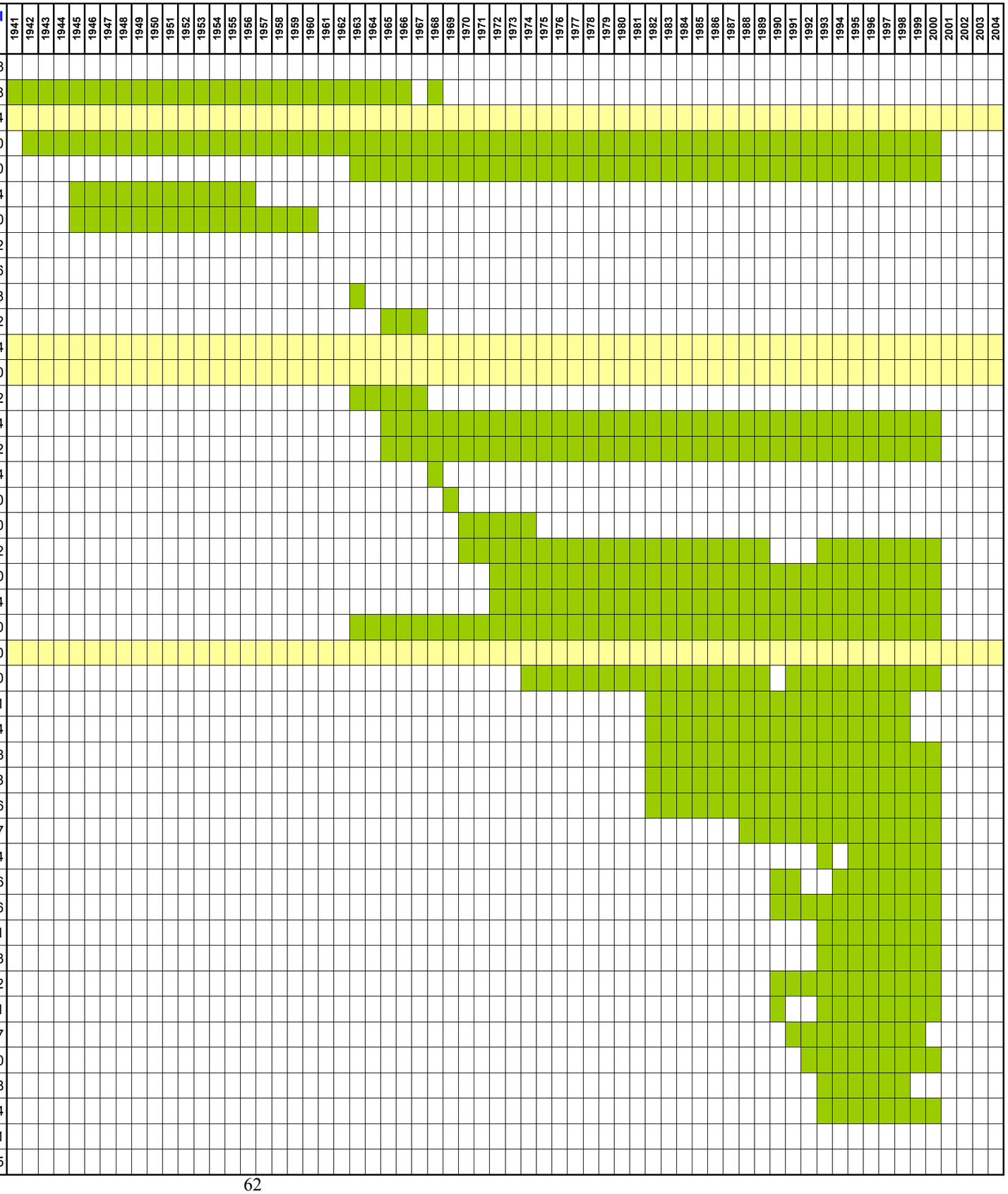
Tablo A1 - Çoruh Havzasında Bulunan DSI Akım Gözlem İstasyonları ve Gözlem Süreleri

AGİ NO	SU VE İSTASYON ADI	AÇ.TAR.	KAP.TAR.	KOT (m)	Y.ALANI (km2)
23-01	Berta S.-Berta	08.09.1959		310	1680.0
23-02	Ardanuç Ç.-Gorgoto	07.09.1959	01.10.1972	355	570.0
23-03	Çengül D.-Erikdibi	09.07.1960		1554	162.0
23-04	Parhal D.-Yusufeli	22.08.1960	31.07.1968	587	856.0
23-05	Çoruh N.-Demirkent	22.08.1960	01.07.1966	410	15496.
23-06	Pulur Ç.-Cibre	11.11.1962		1692	186.8
23-07	Tahsinli D.-Güllüce	25.07.1964		1716	62.67
23-08	Çoruh N.-Muradiye	10.09.1965	01.11.1970	15	19860.0
23-09	Murgul Ç.-Sülüklü	11.09.1965	11.05.1968	190	322.0
23-10	Çoruh N.-Şehitlik	13.09.1965	14.03.1996	165	18545.
23-11	Berta S.-Ardala	11.09.1965	01.03.1969	165	2272.0
23-12	Çoruh N.-Kölük Köp.	21.09.1965	30.09.1972	478	15392.
23-13	Oltu S.-İşhan	21.09.1965	30.09.1972	571	6933.0
23-14	Çoruh N.-İspir	15.09.1965	01.07.1968	1145	5813.0
23-15	Masat D.-Maden	16.09.1965	30.09.1981	1641	1245.0
23-16	Çoruh N.-Mescitli	16.09.1965		1805	481.2
23-17	Tortum S.-Çatak	21.09.1965	30.09.1972	580	2003.4
23-18	Büyük Ç.-Osluk	07.06.1965	30.09.1980	1579	1396.3
23-19	Kop D.-Maden	20.09.1968	01.06.1975	1643	251.0
23-20	Çoruh N.-Laleli	21.09.1968	18.12.1970	1383	4662.0
23-21	Oltu Ç.-Yolboya	27.08.1968	30.09.1972	1031	1822.0
23-22	Oltu Ç.-Saçlıoğlu Köp.	25.08.1968	01.10.1972	1002	3522.0
23-23	Oltu Ç.-Kesikköprü Çiftliği	01.11.1976		1400	1118.3
23-24	Oltu Ç.-Zinnur Yazıcı	01.10.1976		850	4693.6
23-26	Büyükçay-Uzunkavak	01.10.1979		1850	110.0
23-27	Masat D.-Kuşkayası	29.07.1980		1750	1126.9
23-28	Büyükçay-Çatıksu	01.09.1980		1600	1440.7
23-29	Haho D.-Göldere	01.10.1982		1760	88.52
23-30	Lori D.-Karayaşmak	01.10.1984		1700	321.8
23-31	Konak D.-Sırakonak	01.10.1985		1740	60.10
23-32	Tepe D.-Yellitepe	01.10.1985		1740	153.5
23-33	Denizgölü D.-Beğendik	01.04.1986	18.05.1998	2155	43.40
23-34	Değirmen D.-Pazaryolu	01.10.1986	17.09.2002	1530	28.00
23-35	Çaylıca D.-Başkale	01.10.1990	17.09.2002	1978	70.90
23-36	Demirci D.-Başkale	01.10.1990	17.09.2002	1975	55.50
23-37	Başkale D.-Yanıktaş	01.10.1990		1625	207.6
23-38	Göllü D.-Yanıktaş	01.10.1990		1625	72.70
23-39	Karapınar D.-Karapınar	01.10.1990		2200	13.50
23-40	Tortum Ç.-Dikyar	01.10.1991		1120	1403.4
23-41	Esendoruk D.-Tortumkale	01.10.1999		1425	282.0
23-42	Göktepe D.-Kaleboynu	01.10.1999		1824	88.50



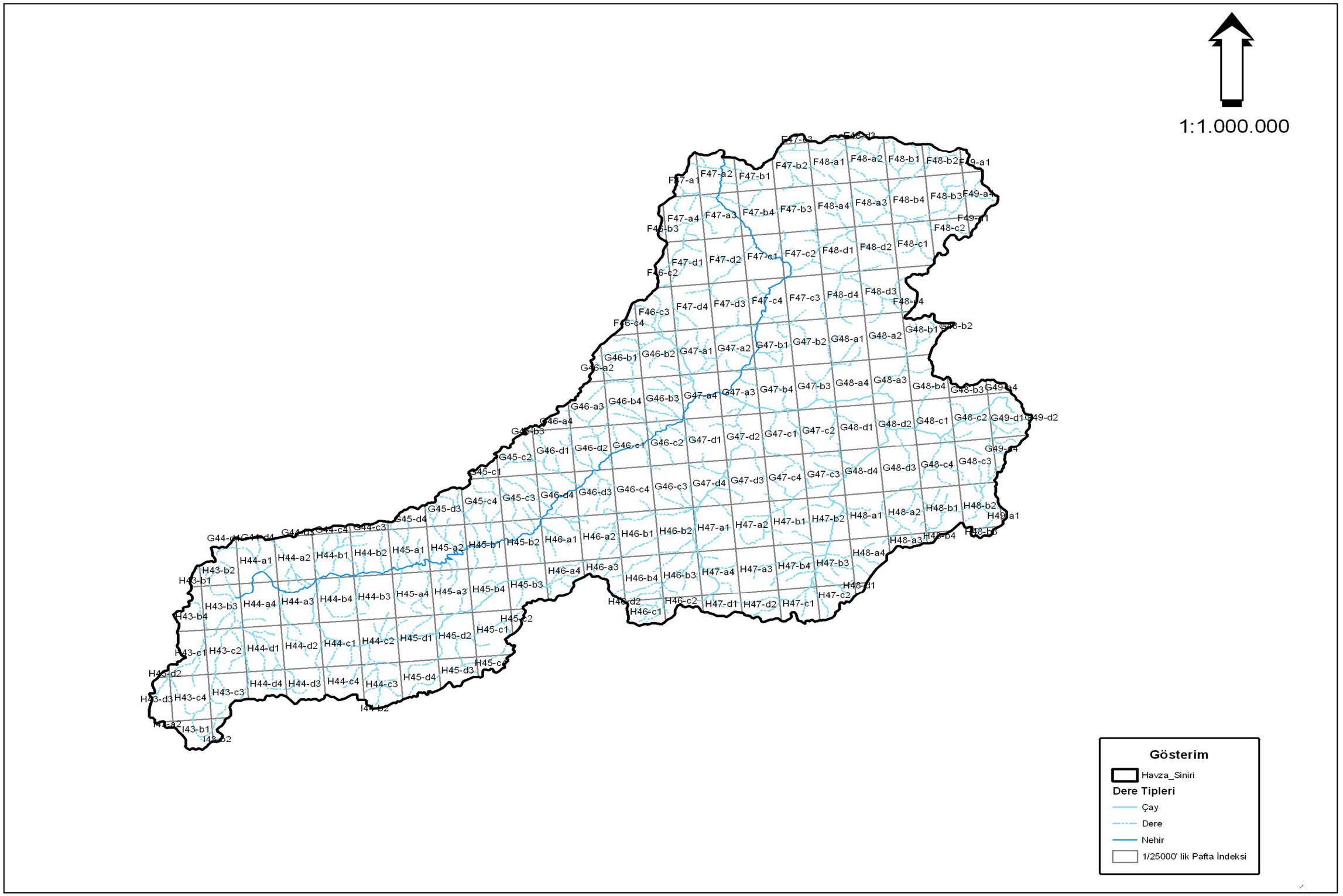
Tablo A2 - Çoruh Havzasında Bulunan EIE Akım Gözlem İstasyonları ve Gözlem Süreleri

AGİ NO	SU VE İSTASYON ADI	AÇ.TAR.	KAP.TAR.	KOT (m)	Y.ALANI (km^2)
2301	MURGUL Ç.-MURGUL	09.02.1938	31.01.1939	380	180,8
2302	TORTUM Ç.-TEV KÖP.	27.07.1940	19.08.1969	960	1744,8
2303	TORTUM Ç.-AZORT	28.07.1940	10.09.1957	1070	1548,4
2304	ÇORUH N.-BAYBURT	03.09.1941		1545	1734,0
2305	ÇORUH N.-PETEREK	11.09.1941		654	7272,0
2306	ARALIK D.-ARALIK	27.05.1944	15.12.1960	90	71,4
2307	DEVİSKEL D.-DEVİSKEL	06.09.1944	15.12.1960	98	177,0
2308	ÇORUH N.-BORÇKA	18.07.1952	11.01.1966	95	19443,2
2309	OLTU S.-TİVASOR	03.09.1953	13.07.1958	640	4803,6
2310	ÇORUH N.-KAN	05.09.1953	28.09.1964	1430	4404,8
2311	TORTUM Ç.-DİKKALE	10.09.1957	30.09.1969	1140	1457,2
2312	MURGUL Ç.-MURGUL	08.06.1958	30.09.1963	569	178,4
2313	OLTU S.-GÜLPAŞAGÖLLÜĞÜ	13.07.1958	07.12.1962	610	4870,0
2314	TORTUM Ç.-ÇATAK KÖP.	07.12.1962	01.10.1969	610	1965,2
2315	ÇORUH N.-KARŞIKÖY	26.06.1964	15.07.2002	57	19654,4
2316	ÇORUH N.-İSPİR KÖP.	01.10.1964		1170	5505,2
2317	ARDUÇA D.-DAMARKÖY	28.07.1967	01.11.1968	980	8,4
2318	BERTA Ç.-ARDALA	01.10.1968	01.10.1971	245	2274,0
2319	TORTUM Ç.-ULUBOGA	10.07.1969	01.01.1975	775	1824,0
2320	ÇORUH N.-LALELİ	31.07.1970		1365	4759,2
2321	PARHAL D.-DUTDERE	26.06.1971		705	586,0
2322	ÇORUH N.-ALTINSU	01.10.1971	01.10.2001	201	18326,4
2323	OLTU S.-İŞHAN KÖP.	07.12.1962		572	6854,0
2324	OLTU S.-OLTU	01.10.1972	30.09.1973	1270	1500,0
2325	OLTU S.-AŞAĞI KUMLU	01.10.1973		1129	1762,0
2326	MEYDANCIK D.-DUTLU	20.10.1981		875	252,1
2327	BERTA S.-ÇİFTEHANLAR	21.10.1981	01.10.1998	570	1216,4
2328	ARDANUC D.-FERHATLI	22.10.1981		365	546,8
2329	OLTU S.- ÇOŞKUNLAR	19.11.1981		1004	3538,8
2330	ÇAMLIKAYA D.-ÇAMLIKAYA	19.11.1981		995	113,6
2331	DEVİSKEL D.-GÜNDOĞDU	17.09.1987	30.06.2001	560	99,7
2332	ÇORUH N.-BORÇKA	01.01.1989	11.01.2002	97	19085,4
2333	MANSURAT D.-ŞAVŞAT	01.01.1989		830	322,6
2334	BERTA S.-BAĞLIK	01.01.1989		366	1472,6
2335	ÇORUH N.-İNANLI	01.01.1989		435	15687,1
2336	PARHAL SUYU-İKİZKAVAK	01.01.1989		805	541,3
2337	ÇORUH N.-ÇAMLIKAYA	01.12.1988		892	6634,2
2338	ÇORUH N.-PAZARYOLU	01.12.1988		1265	5168,1
2339	MURGUL Ç.-ERENKÖY	01.06.1989	10.05.2001	213	297,7
2340	ÖĞDEM D.-UYSALLAR	12.12.1990		682	202,0
2341	ARCIVAN D.-ESENDAL	01.12.1991	01.10.1998	1150	129,8
2342	PARHAL D.-ALTIPARMAK	01.01.1992		1122	318,4
2344	DEVİSKEL D.-BORÇKA	05.07.2004		110	178,1
2345	HÜNGEMEK D.-CALA	12.06.2005		860	91,5



Tablo A3 - Çoruh Havzası İçerisinde veya Civarında Bulunan Meteoroloji İstasyonları ve Aylık Toplam Yağışları (mm)

İstasyon Adı	Toplam Yağış (mm)	Enlem	Boylam	Kot (m)	Yıllar																																	
					1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
A.IRMAKLAR	602	41 08	42 03	1100																																		
ARDANUÇ	468	41 11	42 11	520																																		
ARTVİN	715	41 11	41 49	628																																		
AYDINTEPE	440	40 24	40 09	1500																																		
BAYBURT	448	40 15	40 14	1584																																		
BORÇKA	1294	41 22	41 41	120																																		
BOZKUŞ	570	40 38	40 45	2215																																		
ÇAMUR	489	39 54	39 44	1880																																		
İSPİR	472	40 29	41 00	1222																																		
KALE	402	40 23	39 47	1520																																		
KAYAİÇİ	637	40 40	39 54	1050																																		
KEMALPAŞA	2526	41 29	41 32	75																																		
KIRIK	521	40 17	40 46	2075																																		
KÖKNAR	832	40 37	40 12	950																																		
KÖMÜRLÜ	443	40 45	42 16	1430																																		
KÖSE	365	40 13	39 39	1600																																		
MEYDAN	1185	40 53	40 56	1100																																		
OLTU	389	40 33	41 59	1322																																		
OLUR	467	40 50	42 08	1300																																		
OZANSU	484	40 05	40 00	1750																																		
ÖGDEM	434	40 55	41 38	1700																																		
SARIGÖL	538	40 57	41 25	1300																																		
SARIKAMIŞ	604	40 20	42 34	2102																																		
SARIMEŞE	425	40 28	40 17	1700																																		
SİVRİKAYA	948	40 41	40 43	1650																																		
ŞAVŞAT	606	41 15	42 22	1100																																		
TORTUM	469	40 18	41 33	1572																																		
UZUNDERE	335	40 32	41 33	1300																																		
YUSUFELİ	310	40 49	41 33	615																																		
ZEYTİNLİK	509	41 07	41 52	350																																		



Şekil A1 – Çoruh Havzası 1/25000 ölçekli Pafta İndeksi

1:1.000.000

Gösterim

- Havza_Siniri
- Yağış İstasyonları
- Meteoroloji Gözlem İstasyonları
- EİE AGİ
- DSİ AGİ

Çoruh Havzası

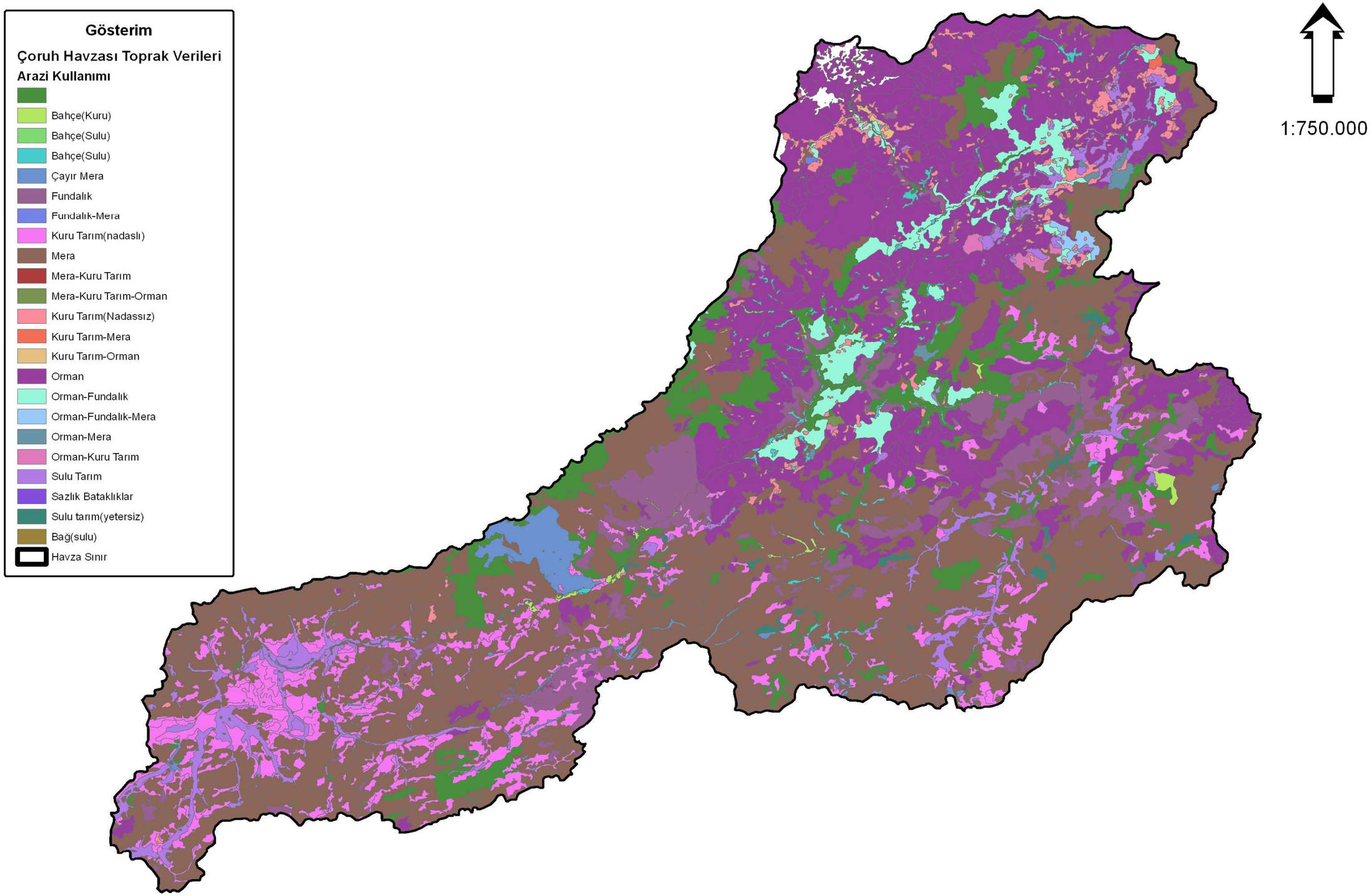
Baraj Tipleri

- Gövde
- Enerji Amaçlı Barajlar
- Sulama Amaçlı Barajlar

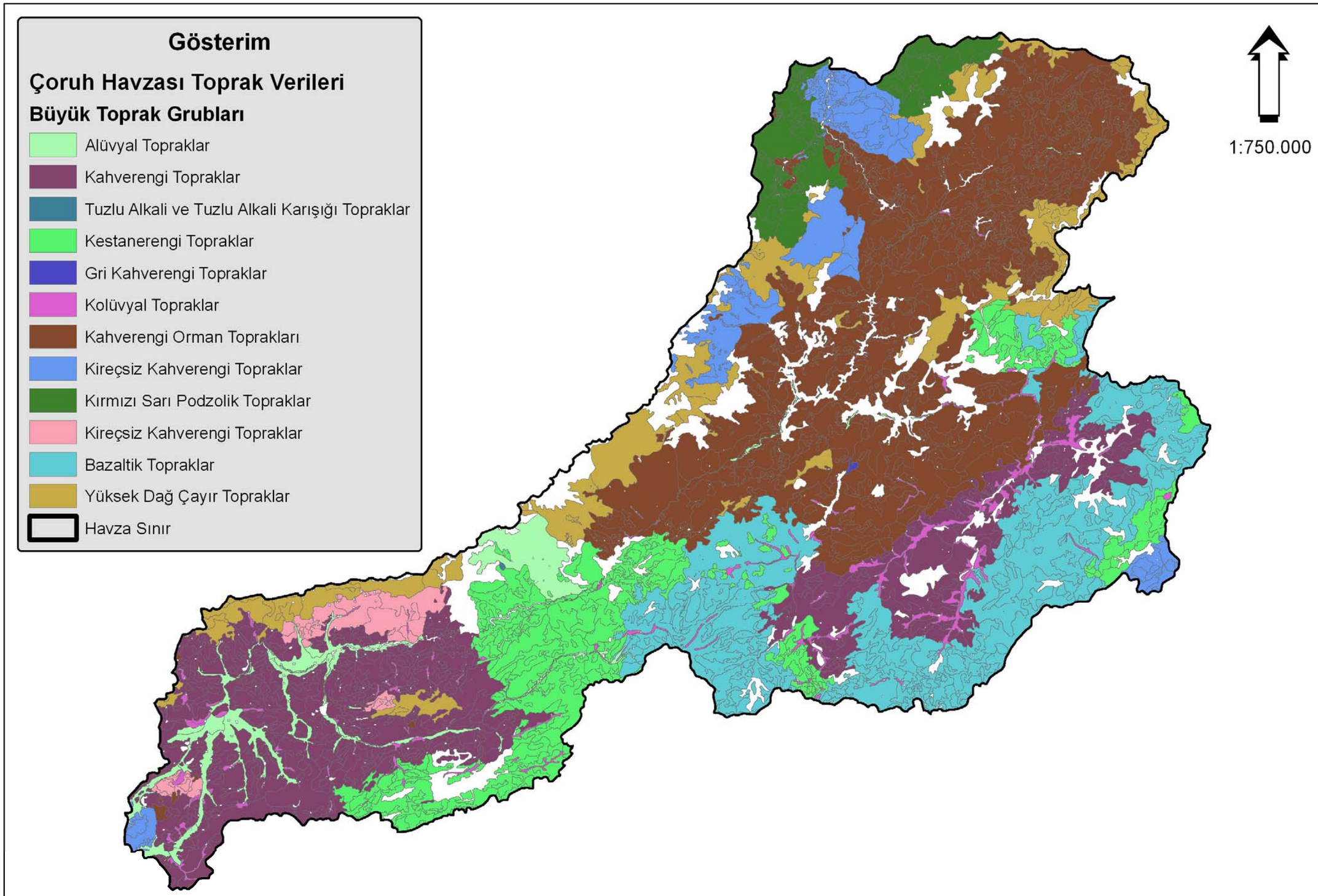
Dere Tipleri

- Çay
- Dere
- Nehir
- 1/25000' lik Pafta İndeksi

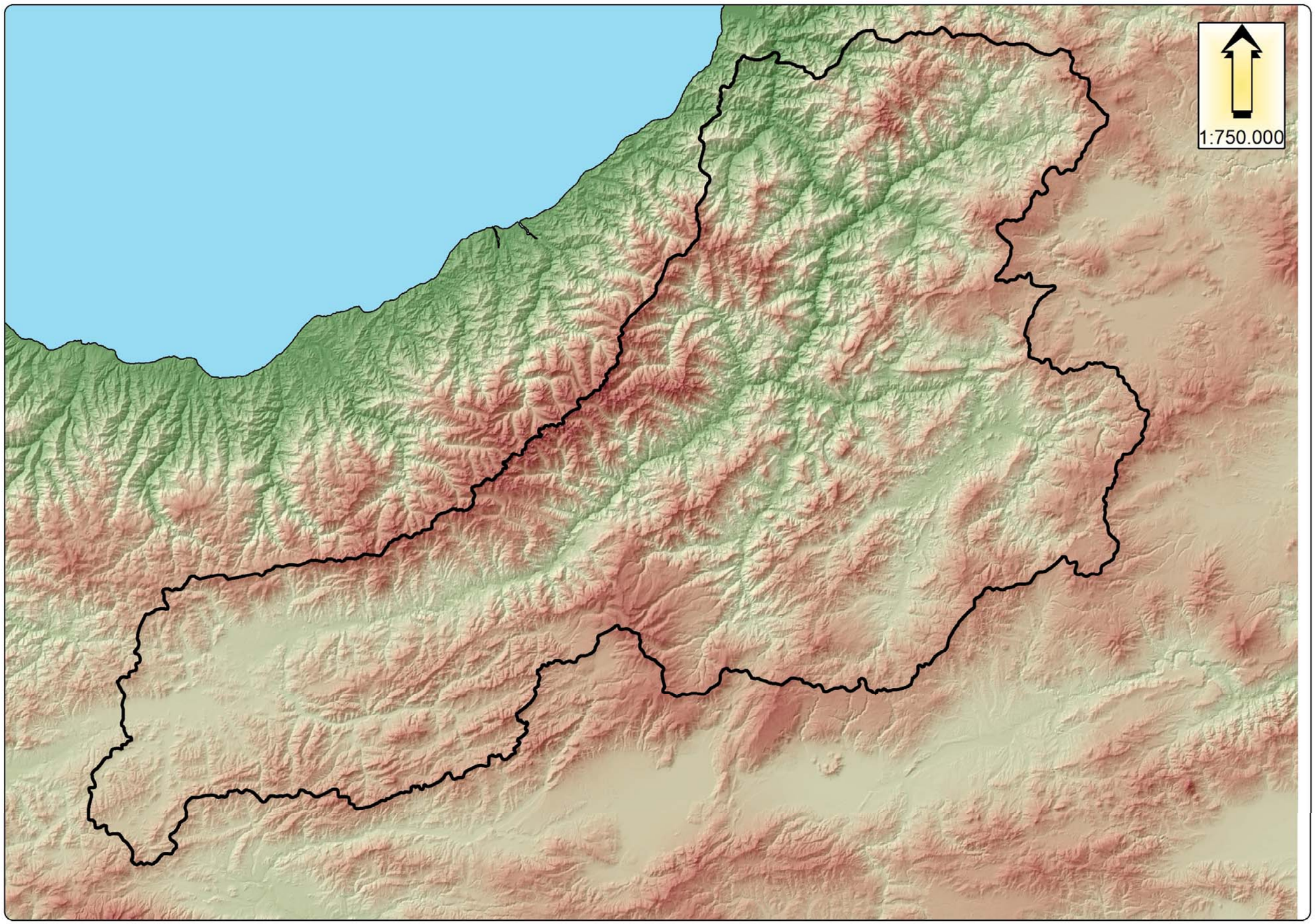
Şekil A2 – Çoruh Havzası Genel Yerleşim Planı



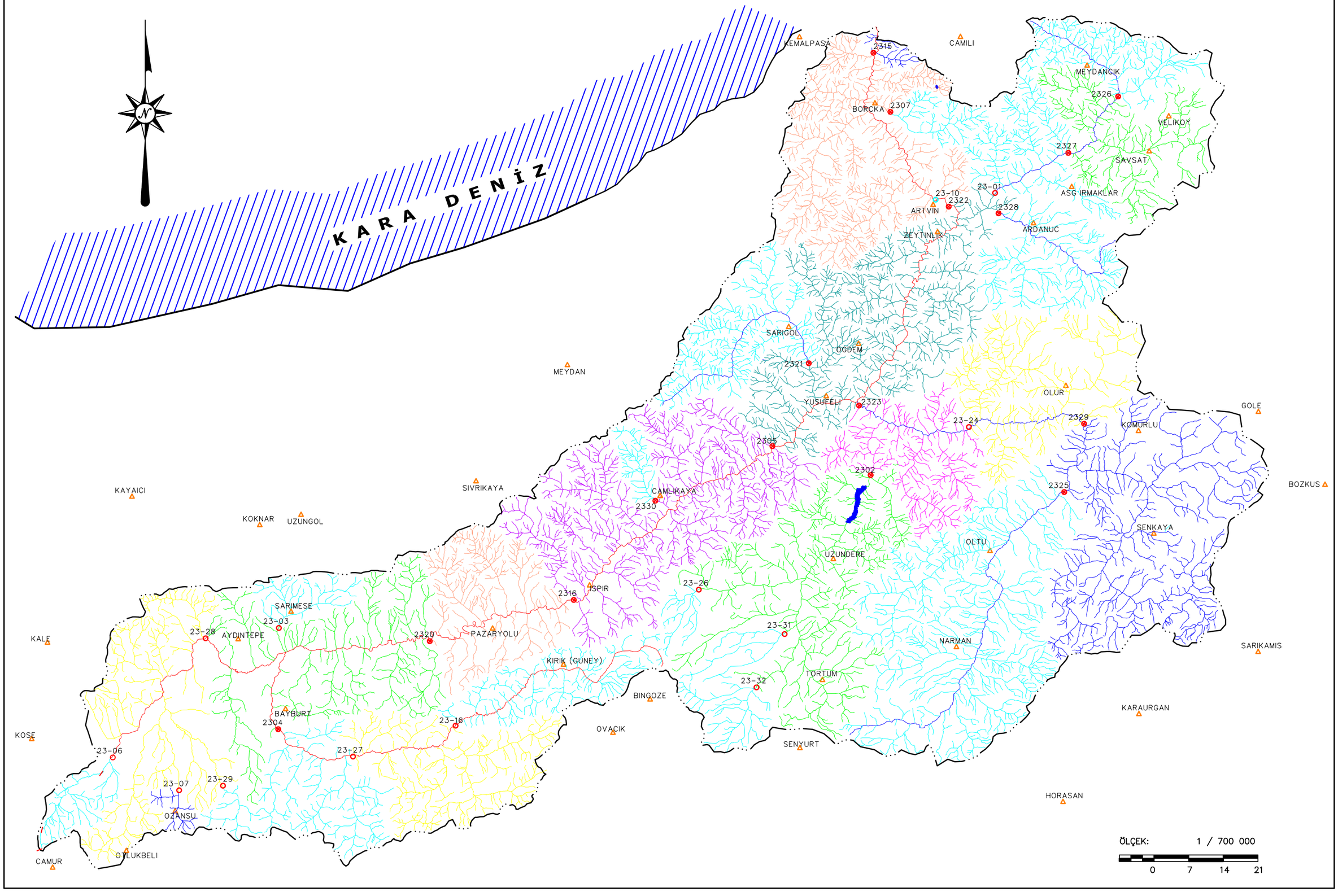
Şekil A3 – Çoruh Havzası Mevcut Arazi Kullanımları



Şekil A4 – Çoruh Havzası Büyük Toprak Grupları

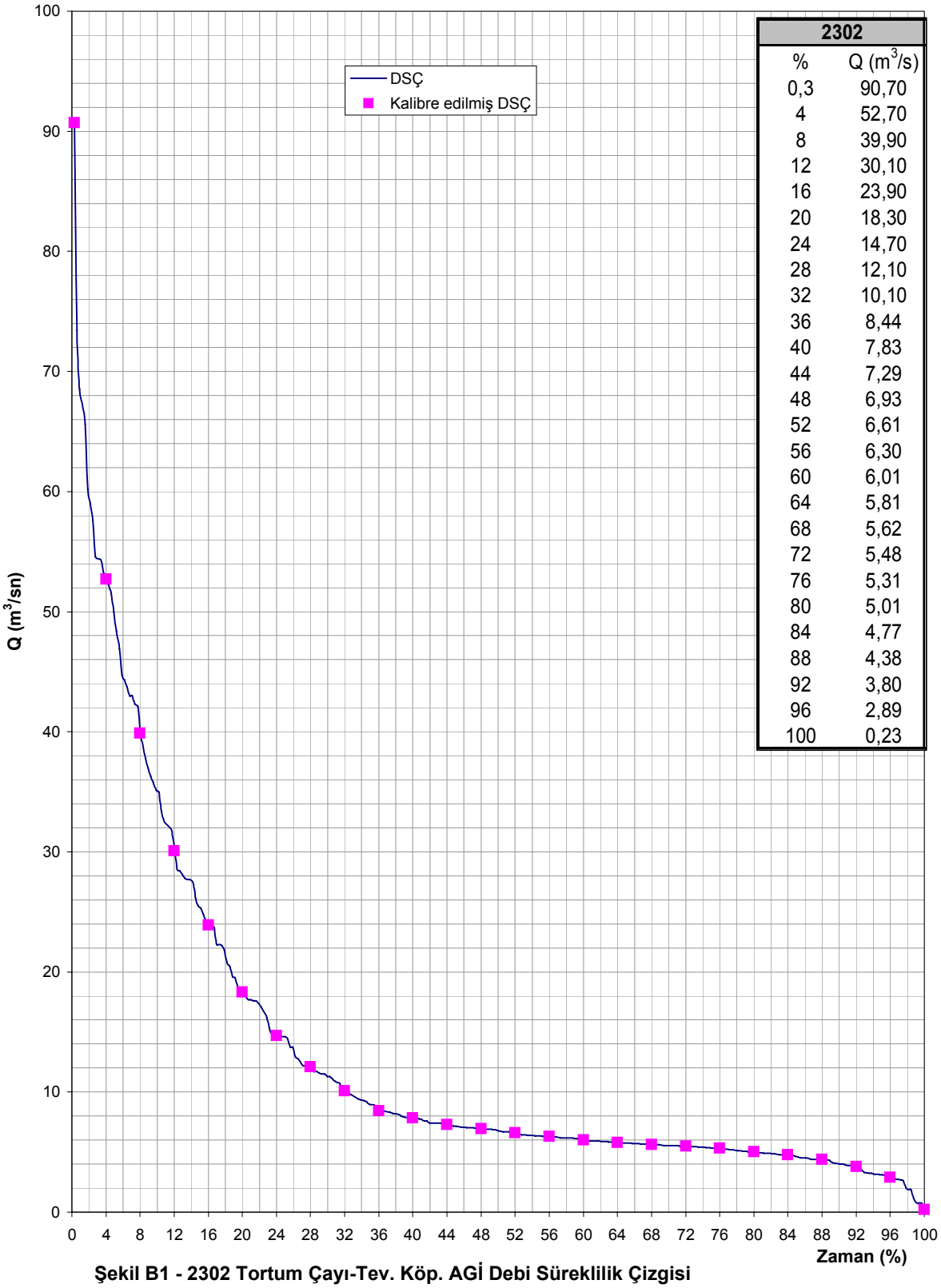


Şekil A5 – Çoruh Havzası Genel Topoğrafik Yapısı



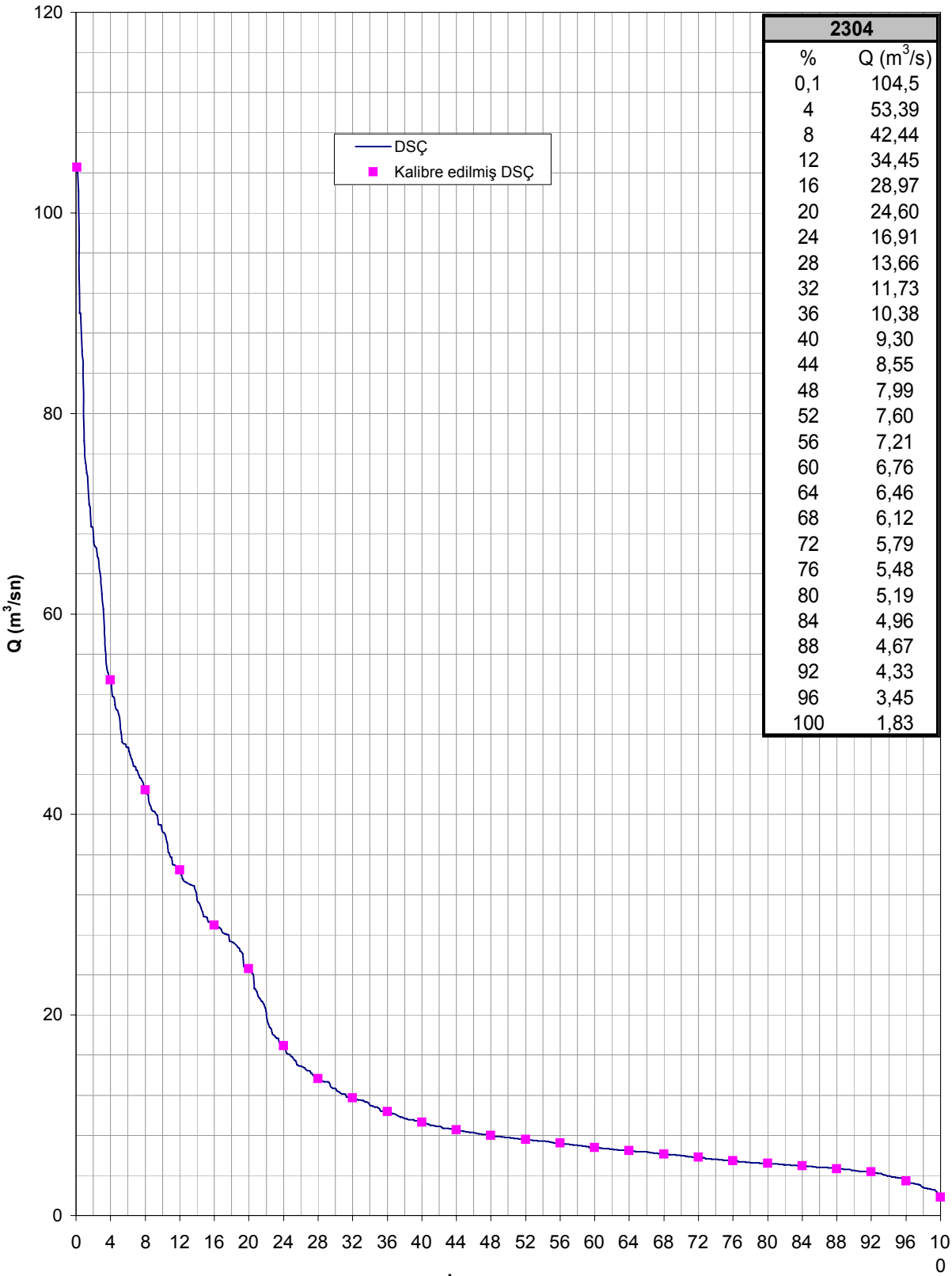
ŞEKİL A6 **ÇORUH HAVZASI**

DRENAJ YOĞUNLUĞU



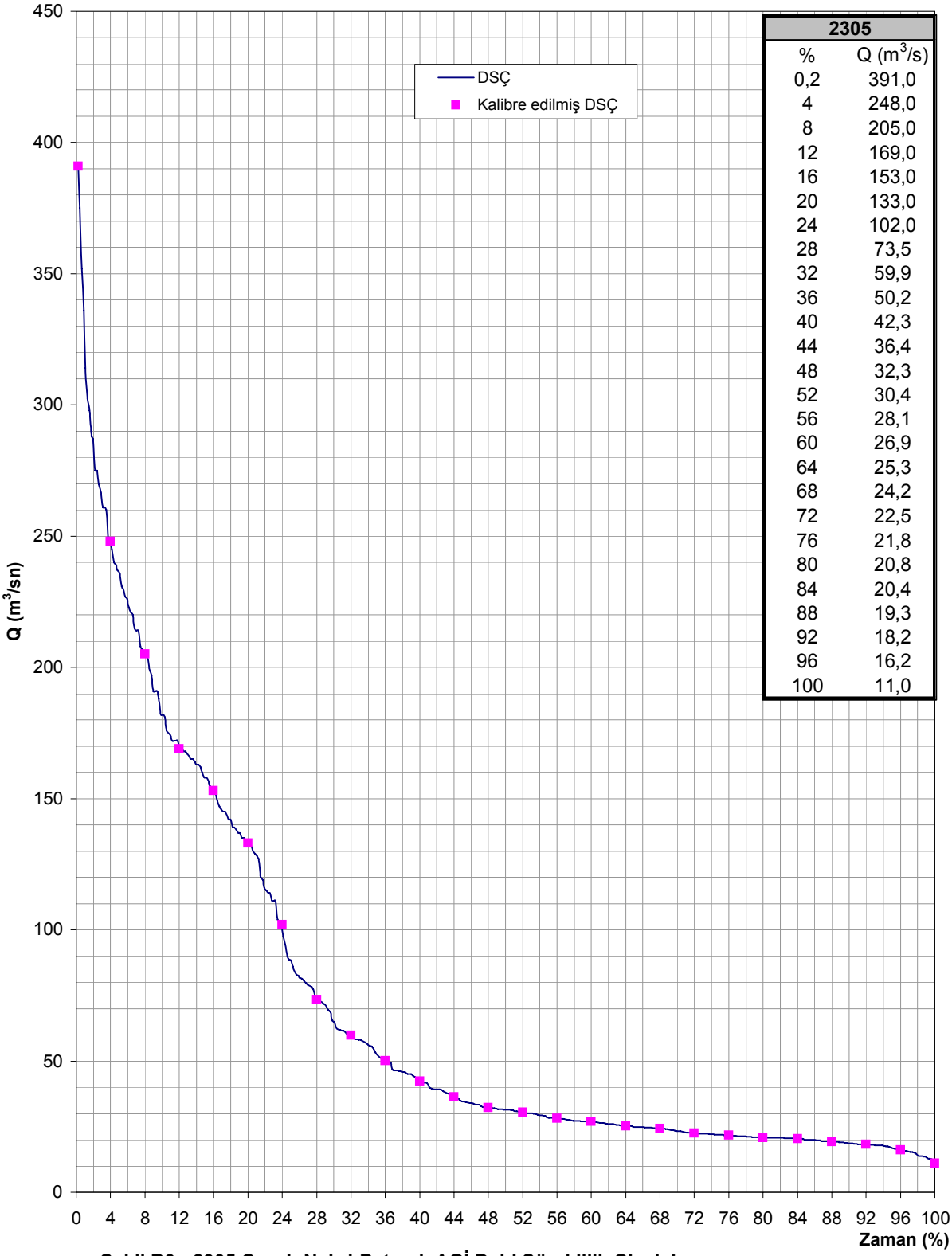
2302	
%	Q (m^3/s)
0,3	90,70
4	52,70
8	39,90
12	30,10
16	23,90
20	18,30
24	14,70
28	12,10
32	10,10
36	8,44
40	7,83
44	7,29
48	6,93
52	6,61
56	6,30
60	6,01
64	5,81
68	5,62
72	5,48
76	5,31
80	5,01
84	4,77
88	4,38
92	3,80
96	2,89
100	0,23

Şekil B1 - 2302 Tortum Çayı-Tev. Köp. AGİ Debi Süreklilik Çizgisi



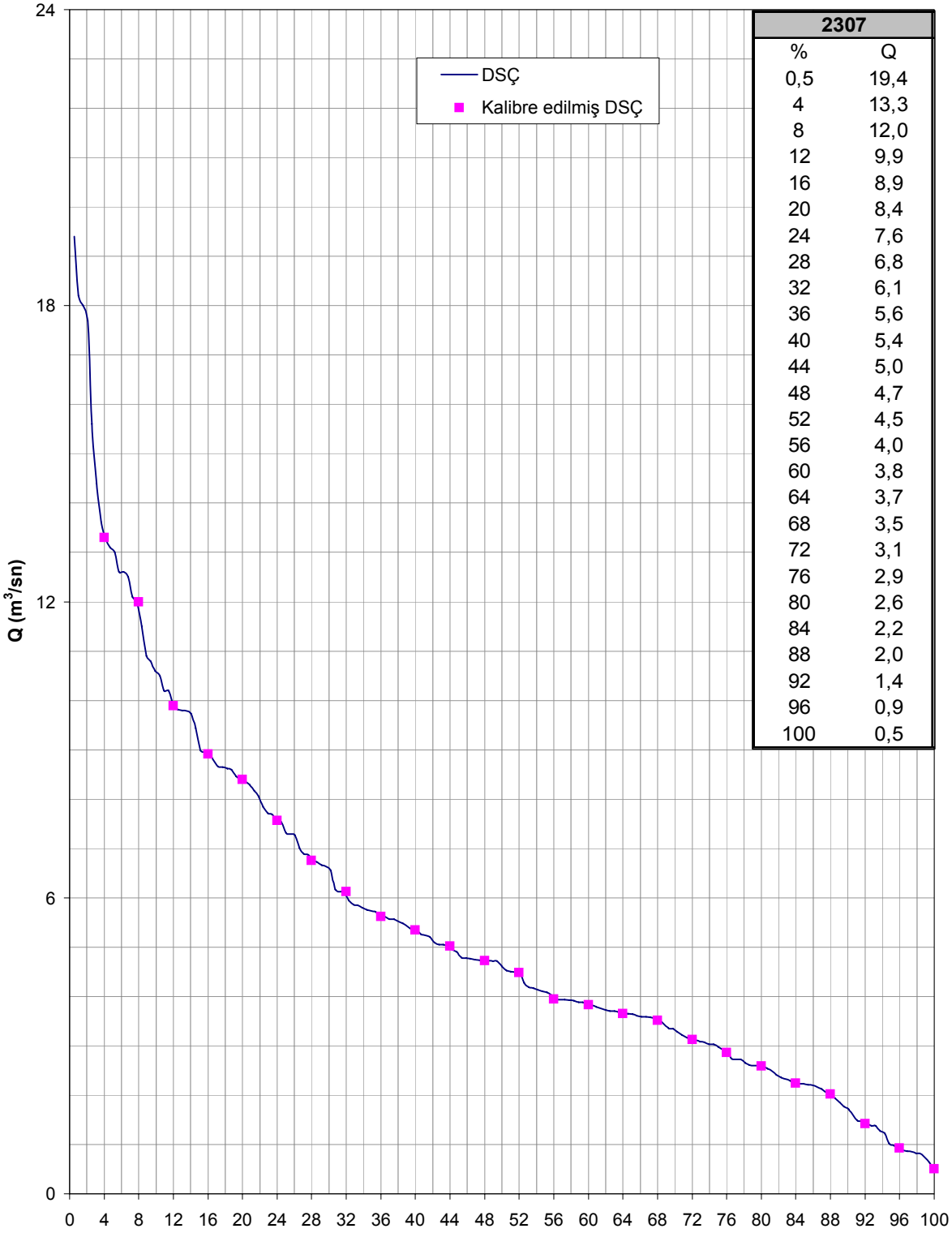
2304	
%	Q (m^3/s)
0,1	104,5
4	53,39
8	42,44
12	34,45
16	28,97
20	24,60
24	16,91
28	13,66
32	11,73
36	10,38
40	9,30
44	8,55
48	7,99
52	7,60
56	7,21
60	6,76
64	6,46
68	6,12
72	5,79
76	5,48
80	5,19
84	4,96
88	4,67
92	4,33
96	3,45
100	1,83

Şekil B2 - 2304 Çoruh Nehri-Bayburt AGİ Debi Süreklilik Çizgisi



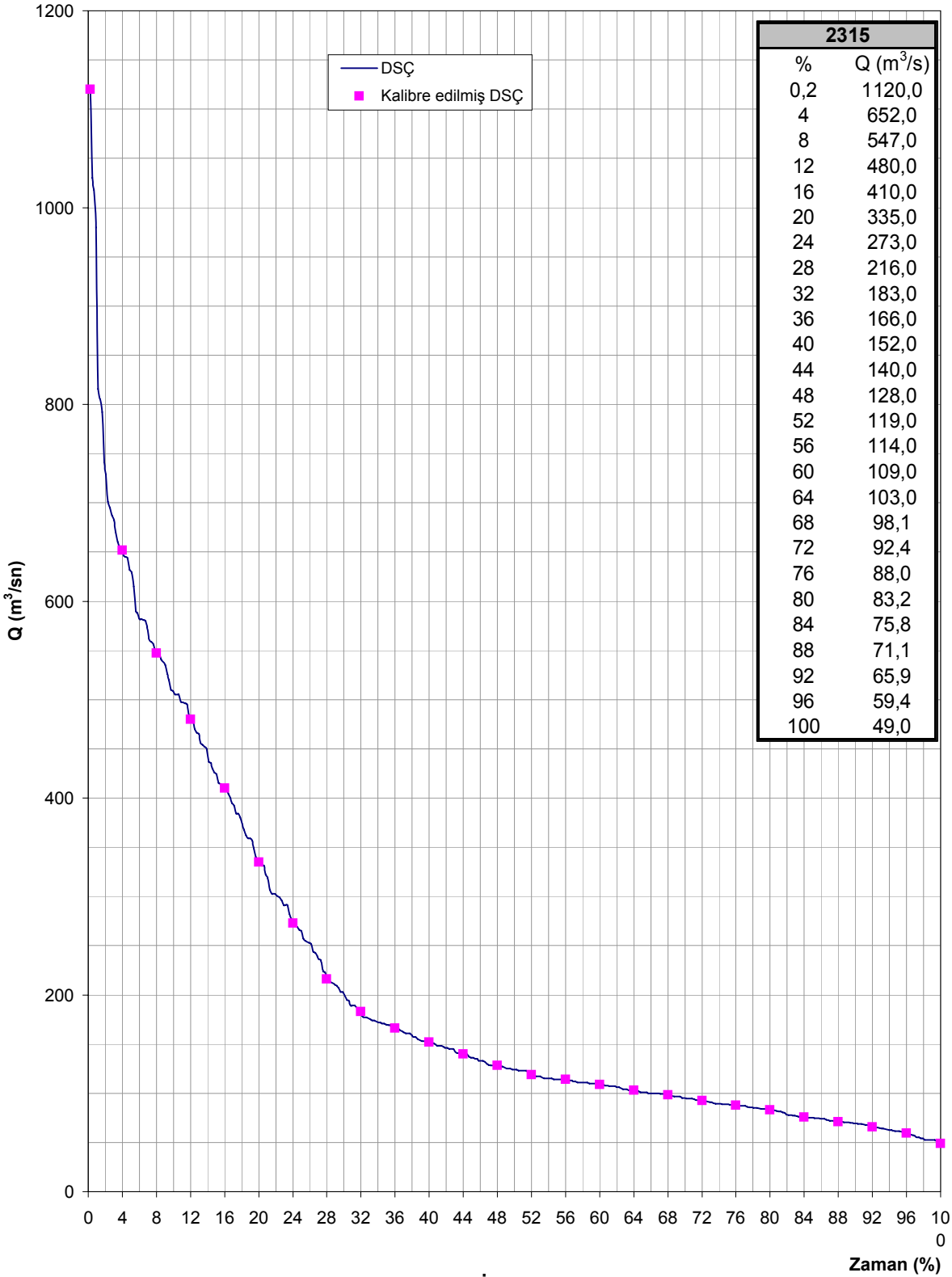
2305	
%	Q (m^3/s)
0,2	391,0
4	248,0
8	205,0
12	169,0
16	153,0
20	133,0
24	102,0
28	73,5
32	59,9
36	50,2
40	42,3
44	36,4
48	32,3
52	30,4
56	28,1
60	26,9
64	25,3
68	24,2
72	22,5
76	21,8
80	20,8
84	20,4
88	19,3
92	18,2
96	16,2
100	11,0

Şekil B3 - 2305 Çoruh Nehri-Peterek AGİ Debi Süreklilik Çizgisi



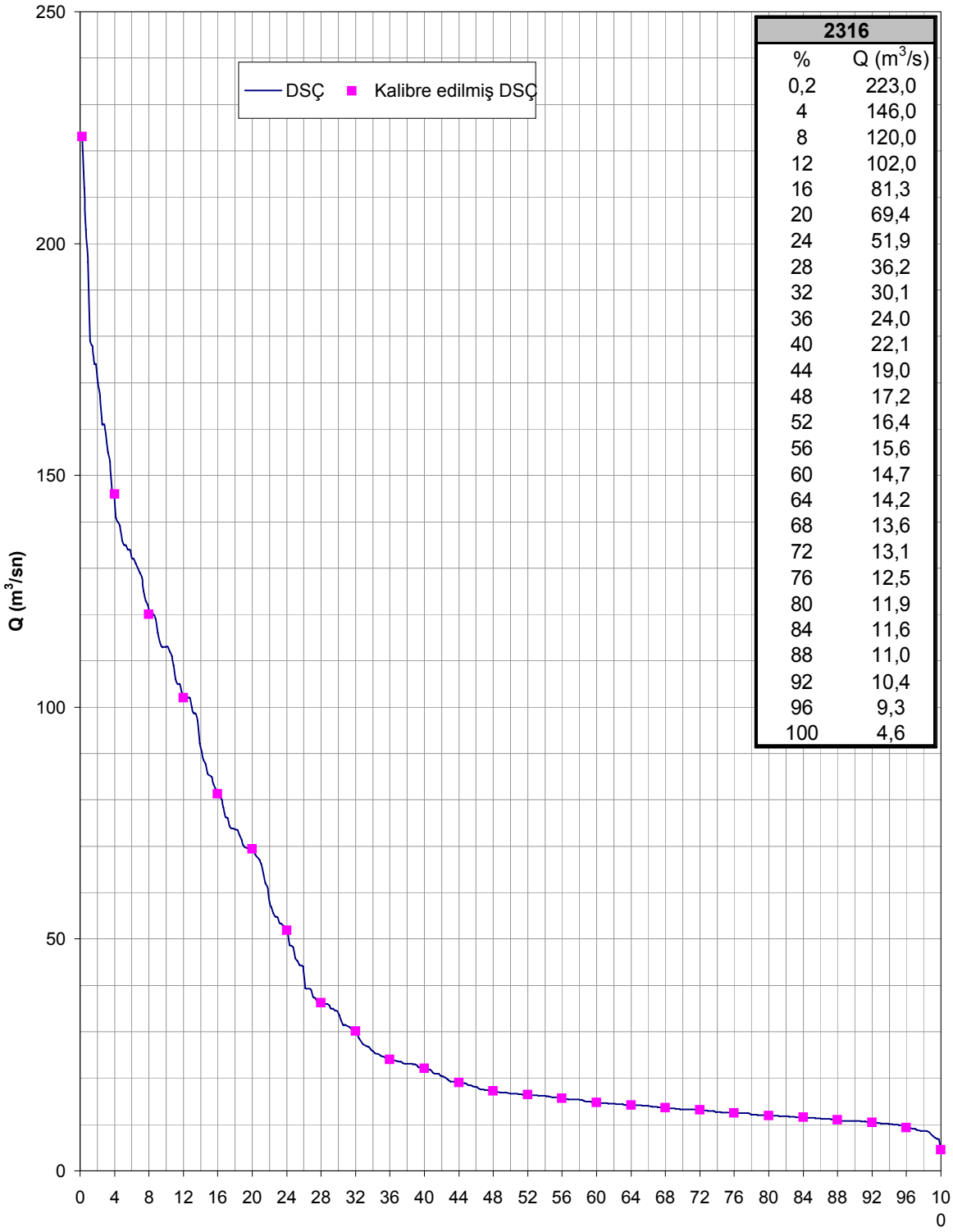
2307	
%	Q
0,5	19,4
4	13,3
8	12,0
12	9,9
16	8,9
20	8,4
24	7,6
28	6,8
32	6,1
36	5,6
40	5,4
44	5,0
48	4,7
52	4,5
56	4,0
60	3,8
64	3,7
68	3,5
72	3,1
76	2,9
80	2,6
84	2,2
88	2,0
92	1,4
96	0,9
100	0,5

Şekil B4- 2307 Deviskel D.-Deviskel AGİ Debi Süreklilik Çizgisi



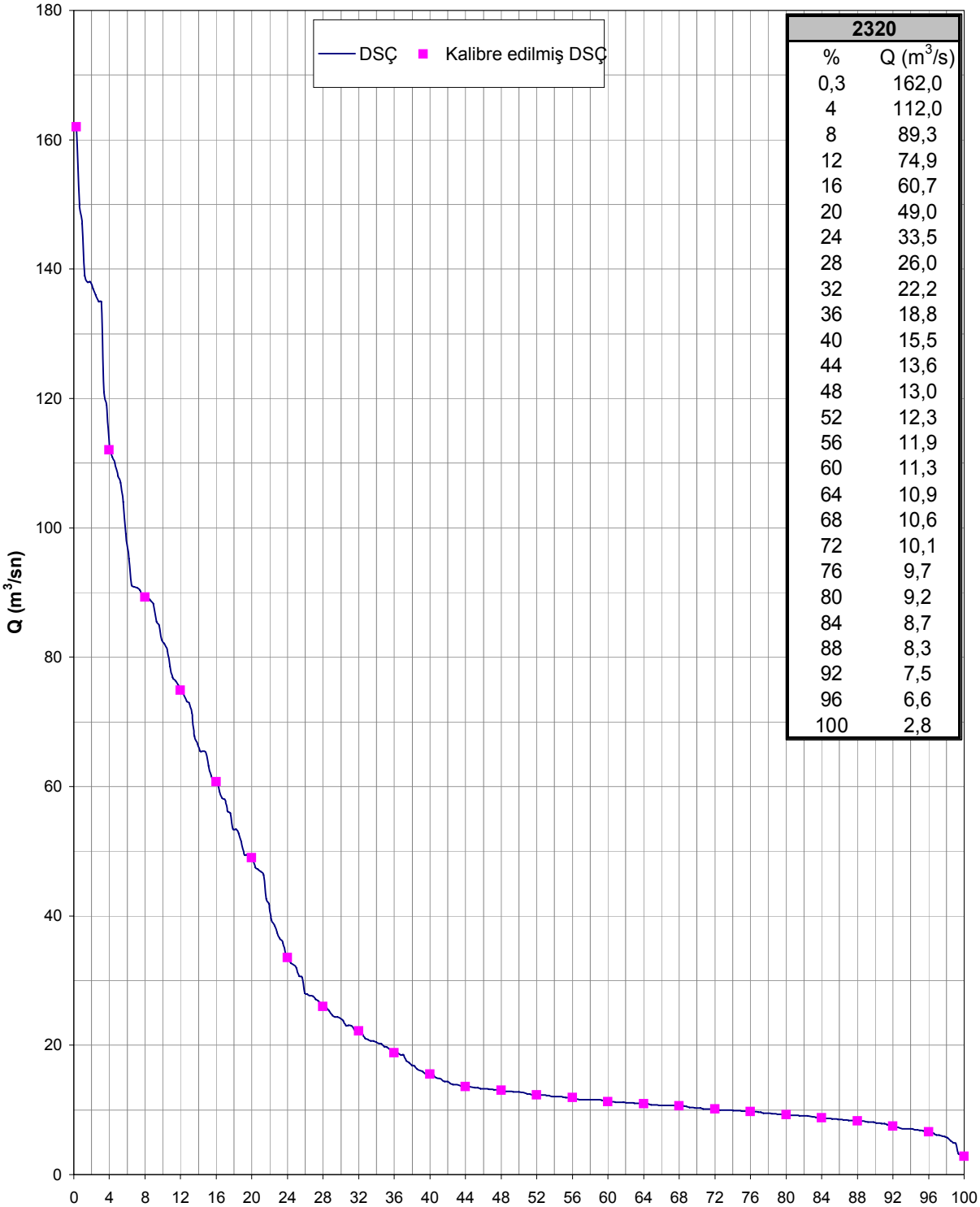
2315	
%	Q (m^3/s)
0,2	1120,0
4	652,0
8	547,0
12	480,0
16	410,0
20	335,0
24	273,0
28	216,0
32	183,0
36	166,0
40	152,0
44	140,0
48	128,0
52	119,0
56	114,0
60	109,0
64	103,0
68	98,1
72	92,4
76	88,0
80	83,2
84	75,8
88	71,1
92	65,9
96	59,4
100	49,0

Şekil B4 - 2315 Çoruh Nehri-Karşıköy AGİ Debi Süreklilik Çizgisi



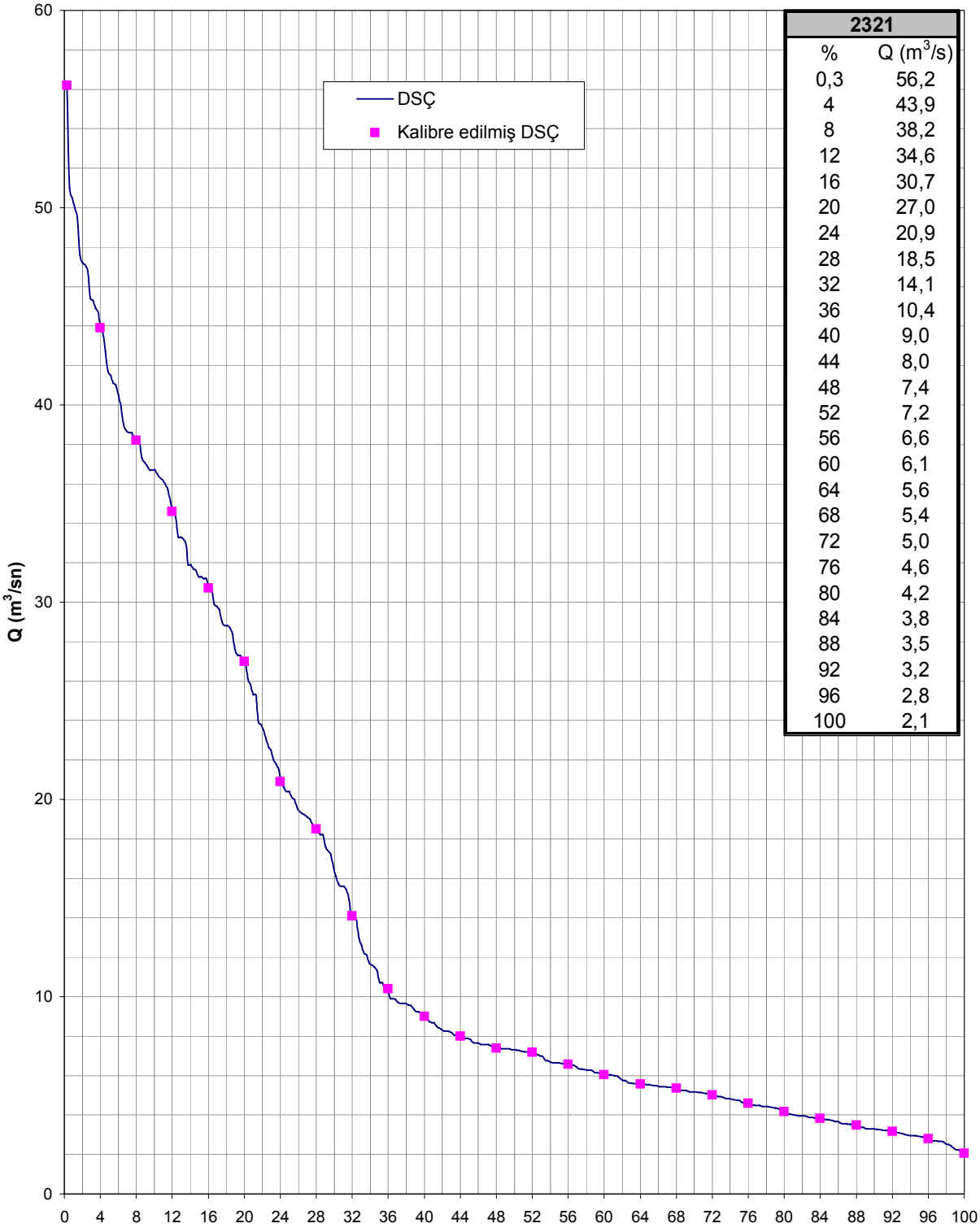
2316	
%	Q (m^3/s)
0,2	223,0
4	146,0
8	120,0
12	102,0
16	81,3
20	69,4
24	51,9
28	36,2
32	30,1
36	24,0
40	22,1
44	19,0
48	17,2
52	16,4
56	15,6
60	14,7
64	14,2
68	13,6
72	13,1
76	12,5
80	11,9
84	11,6
88	11,0
92	10,4
96	9,3
100	4,6

Şekil B6 - 2316 Çoruh Nehri-İspir Köp. AGİ Debi Süreklilik Çizgisi



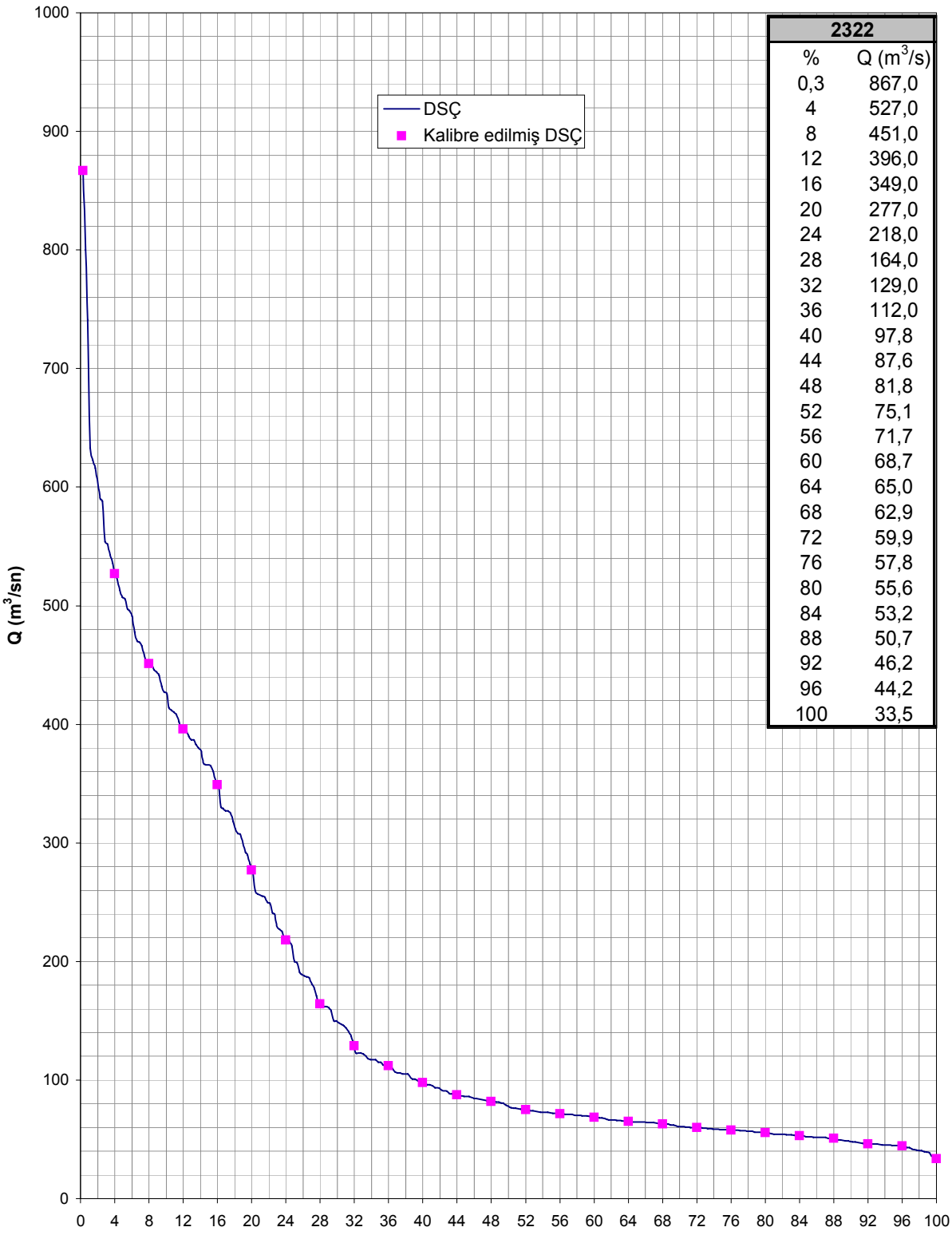
2320	
%	Q (m^3/s)
0,3	162,0
4	112,0
8	89,3
12	74,9
16	60,7
20	49,0
24	33,5
28	26,0
32	22,2
36	18,8
40	15,5
44	13,6
48	13,0
52	12,3
56	11,9
60	11,3
64	10,9
68	10,6
72	10,1
76	9,7
80	9,2
84	8,7
88	8,3
92	7,5
96	6,6
100	2,8

Şekil B7 - 2320 Çoruh Nehri-Laleli AGİ Debi Süreklilik Çizgisi



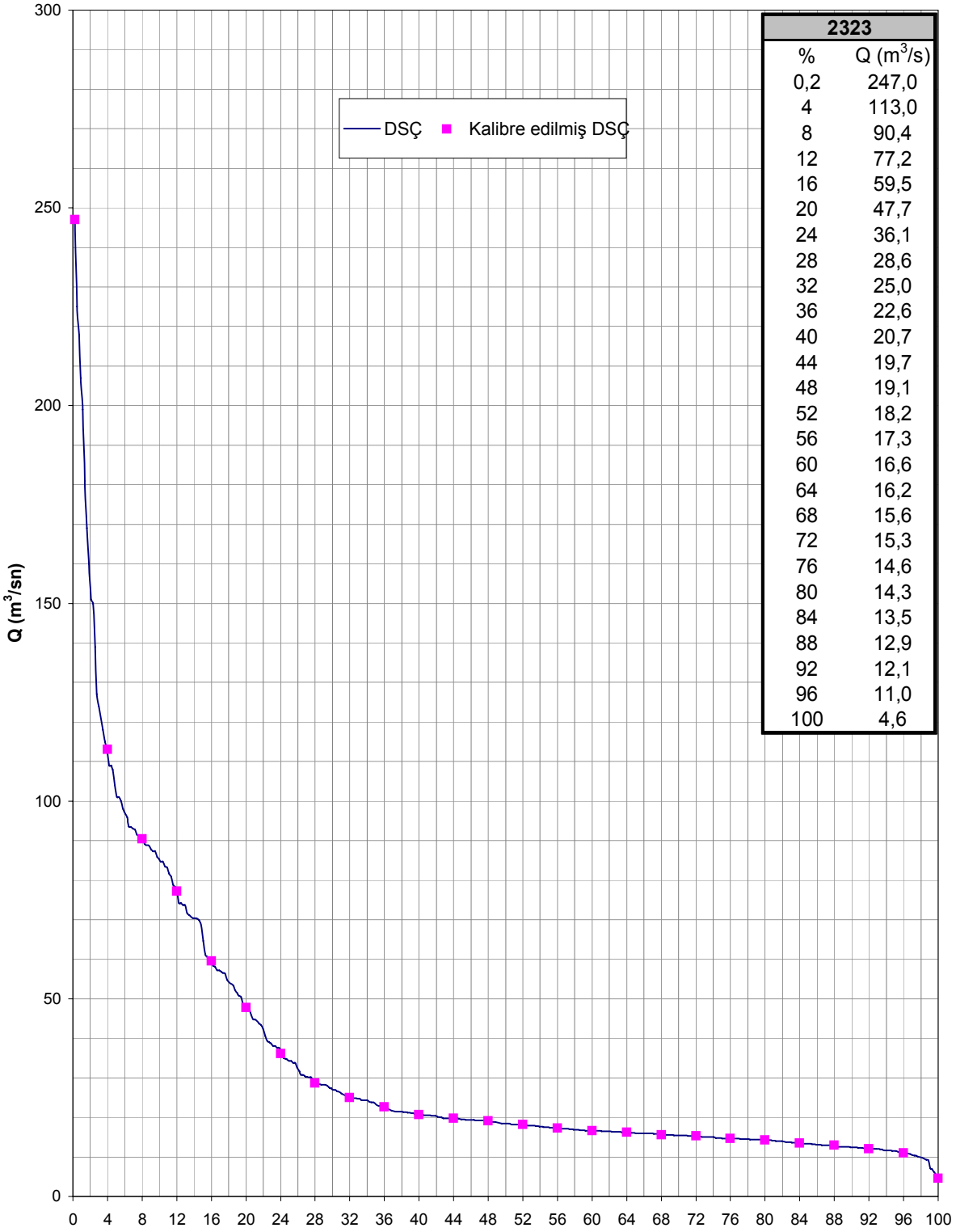
2321	
%	Q (m^3/s)
0,3	56,2
4	43,9
8	38,2
12	34,6
16	30,7
20	27,0
24	20,9
28	18,5
32	14,1
36	10,4
40	9,0
44	8,0
48	7,4
52	7,2
56	6,6
60	6,1
64	5,6
68	5,4
72	5,0
76	4,6
80	4,2
84	3,8
88	3,5
92	3,2
96	2,8
100	2,1

Şekil B8 - 2321 Parhal D.-Dutdere AGİ Debi Süreklilik Çizgisi



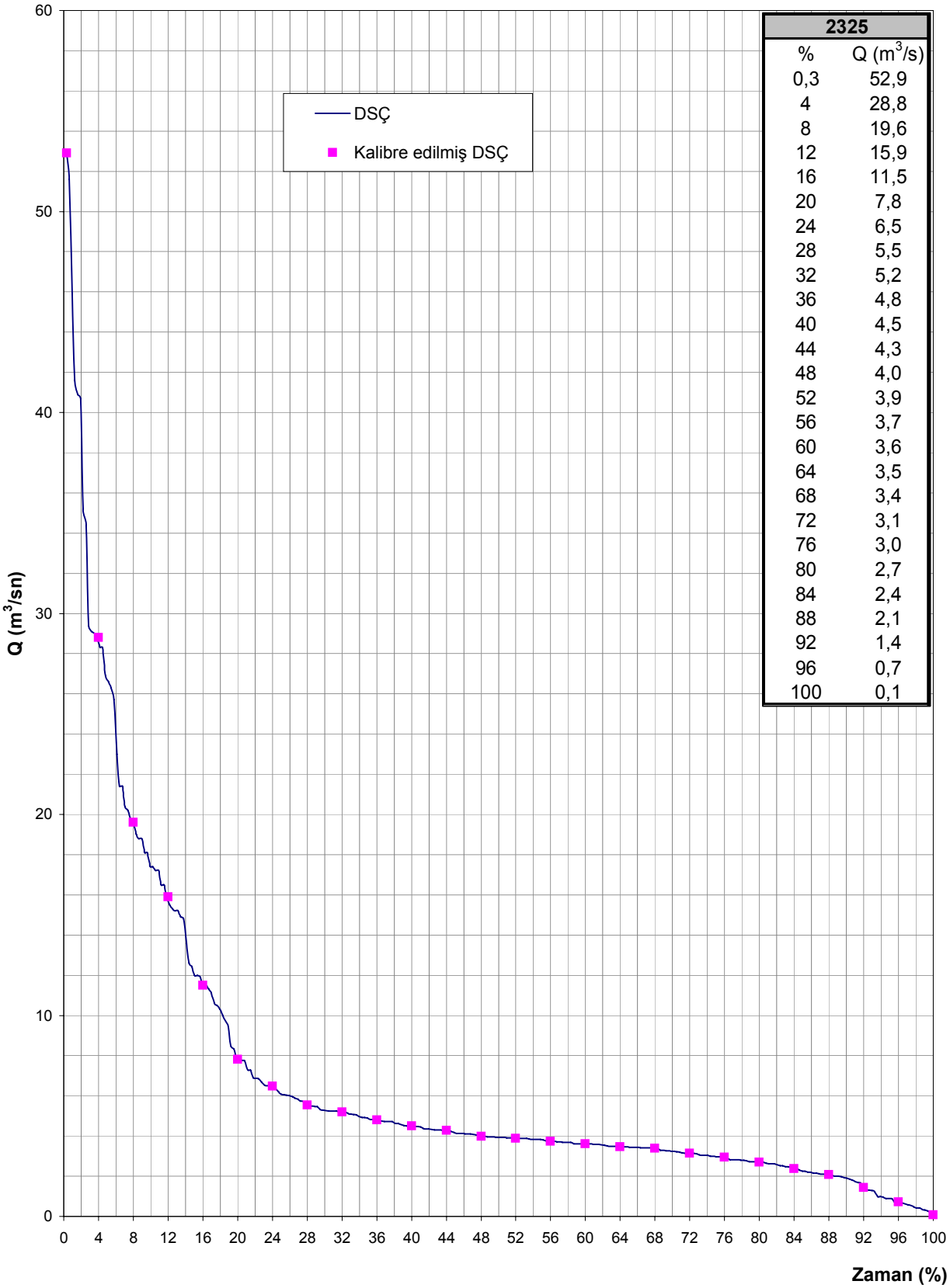
2322	
%	Q (m^3/s)
0,3	867,0
4	527,0
8	451,0
12	396,0
16	349,0
20	277,0
24	218,0
28	164,0
32	129,0
36	112,0
40	97,8
44	87,6
48	81,8
52	75,1
56	71,7
60	68,7
64	65,0
68	62,9
72	59,9
76	57,8
80	55,6
84	53,2
88	50,7
92	46,2
96	44,2
100	33,5

Şekil B9 - 2322 Çoruh Nehri-Altınsu AGİ Debi Süreklilik Çizgisi



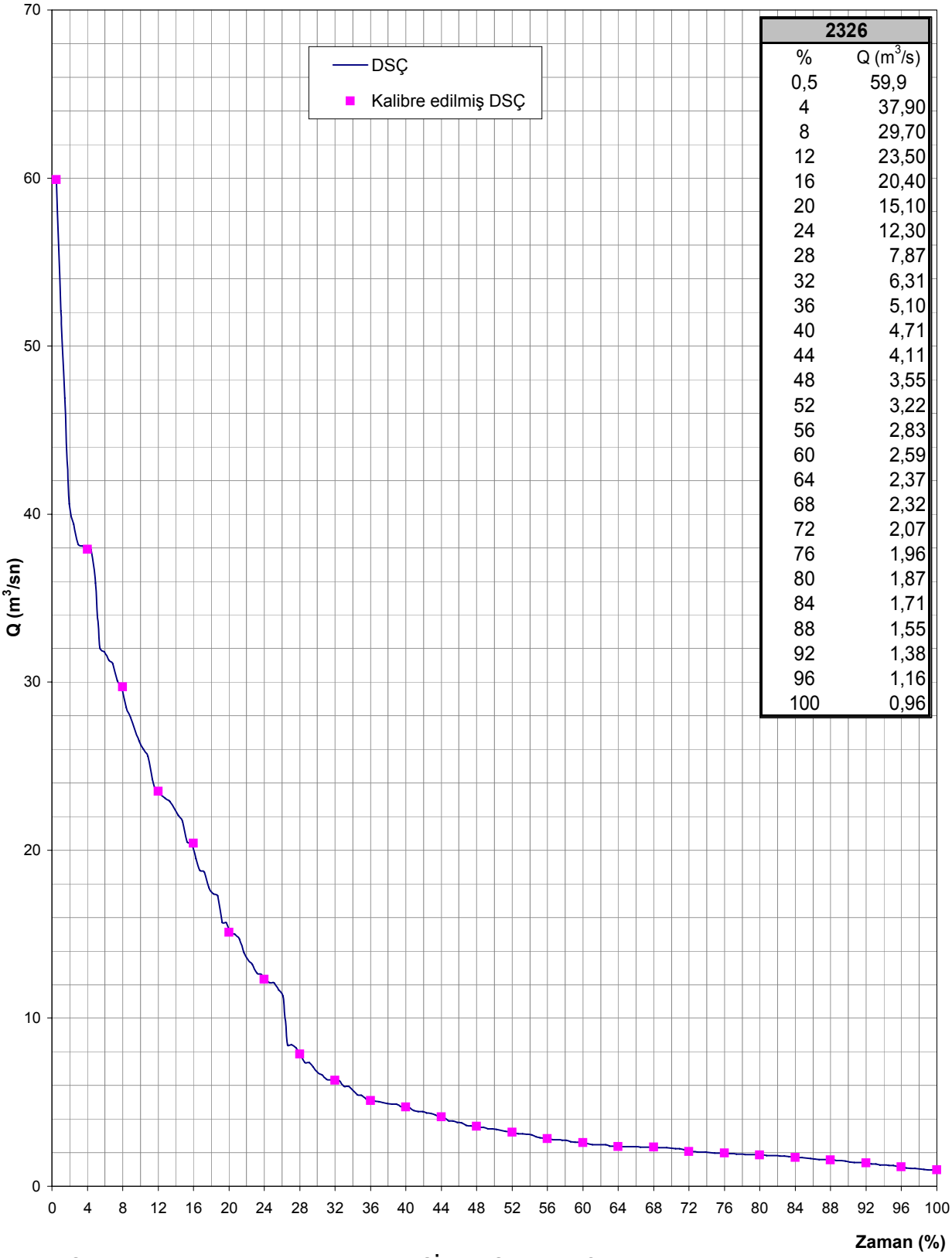
2323	
%	Q (m^3/s)
0,2	247,0
4	113,0
8	90,4
12	77,2
16	59,5
20	47,7
24	36,1
28	28,6
32	25,0
36	22,6
40	20,7
44	19,7
48	19,1
52	18,2
56	17,3
60	16,6
64	16,2
68	15,6
72	15,3
76	14,6
80	14,3
84	13,5
88	12,9
92	12,1
96	11,0
100	4,6

Şekil B10 - 2323 Oltu S.-İşhan Köp. AGİ Debi Süreklilik Çizgisi



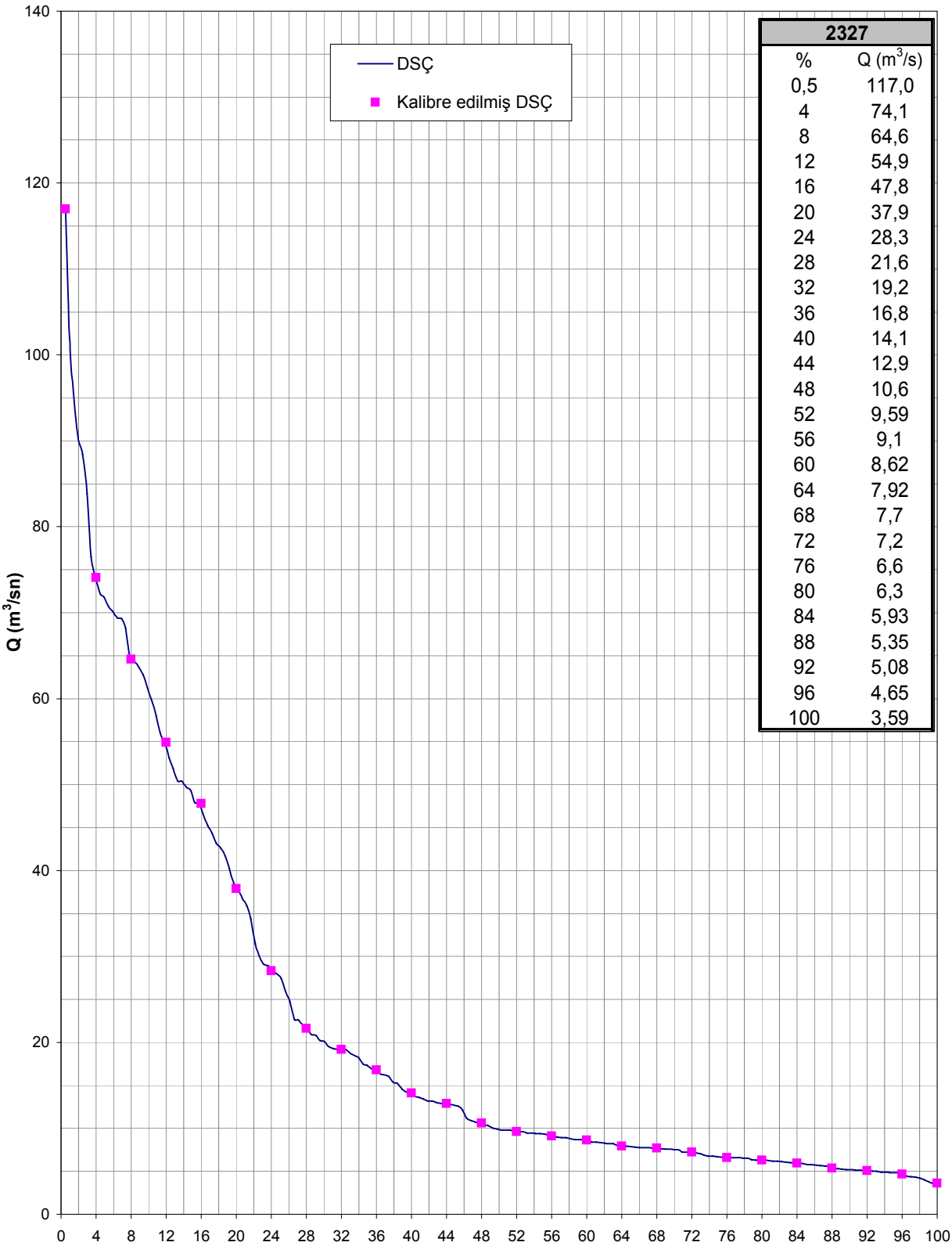
2325	
%	Q (m^3/s)
0,3	52,9
4	28,8
8	19,6
12	15,9
16	11,5
20	7,8
24	6,5
28	5,5
32	5,2
36	4,8
40	4,5
44	4,3
48	4,0
52	3,9
56	3,7
60	3,6
64	3,5
68	3,4
72	3,1
76	3,0
80	2,7
84	2,4
88	2,1
92	1,4
96	0,7
100	0,1

Şekil B11 - 2325 Oltu S.-Aşağı Kumlu AGİ Debi Süreklilik Çizgisi



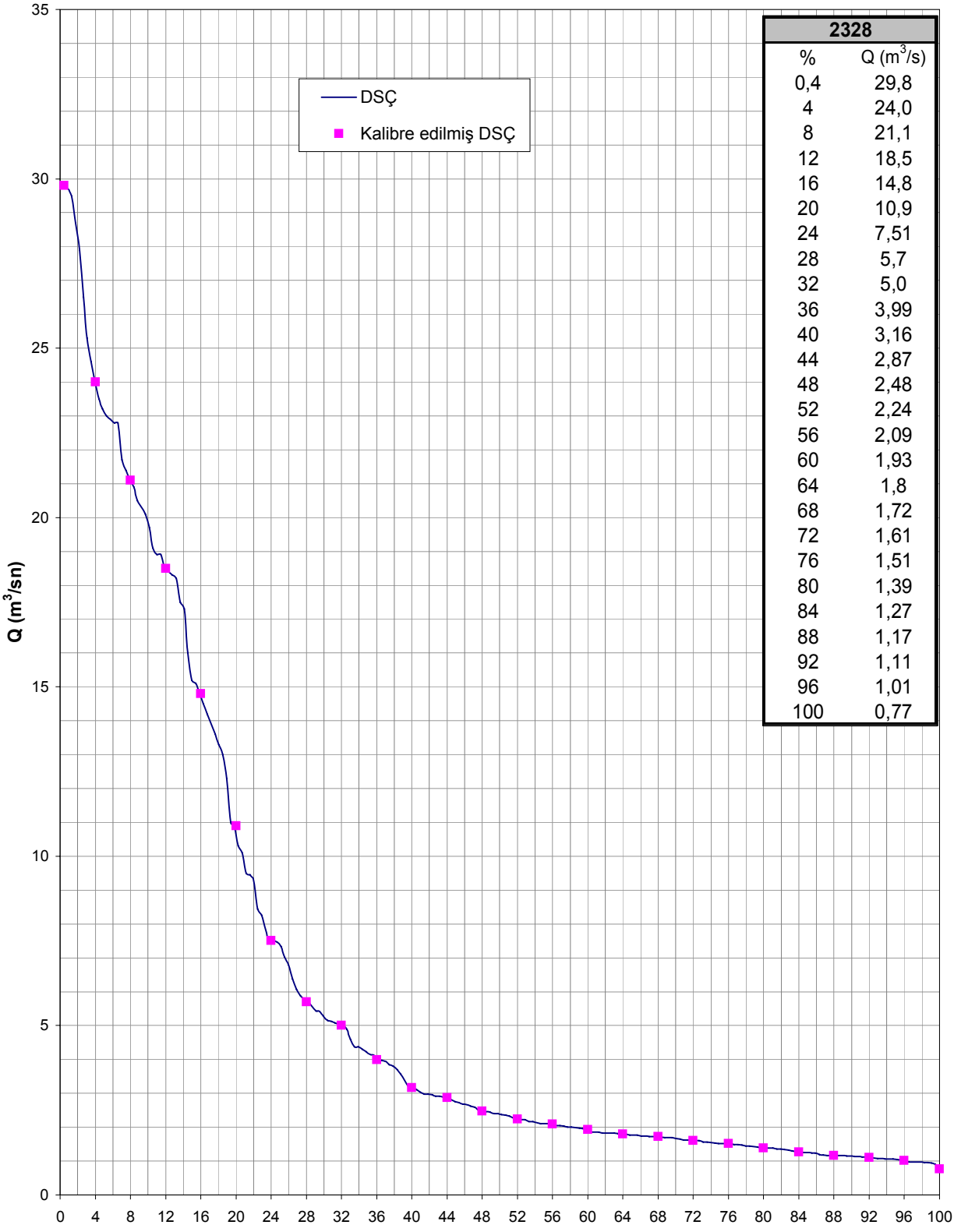
2326	
%	Q (m^3/s)
0,5	59,9
4	37,90
8	29,70
12	23,50
16	20,40
20	15,10
24	12,30
28	7,87
32	6,31
36	5,10
40	4,71
44	4,11
48	3,55
52	3,22
56	2,83
60	2,59
64	2,37
68	2,32
72	2,07
76	1,96
80	1,87
84	1,71
88	1,55
92	1,38
96	1,16
100	0,96

Şekil B12 - 2326 Meydancık D.-Dutlu AGİ Debi Süreklilik Çizgisi



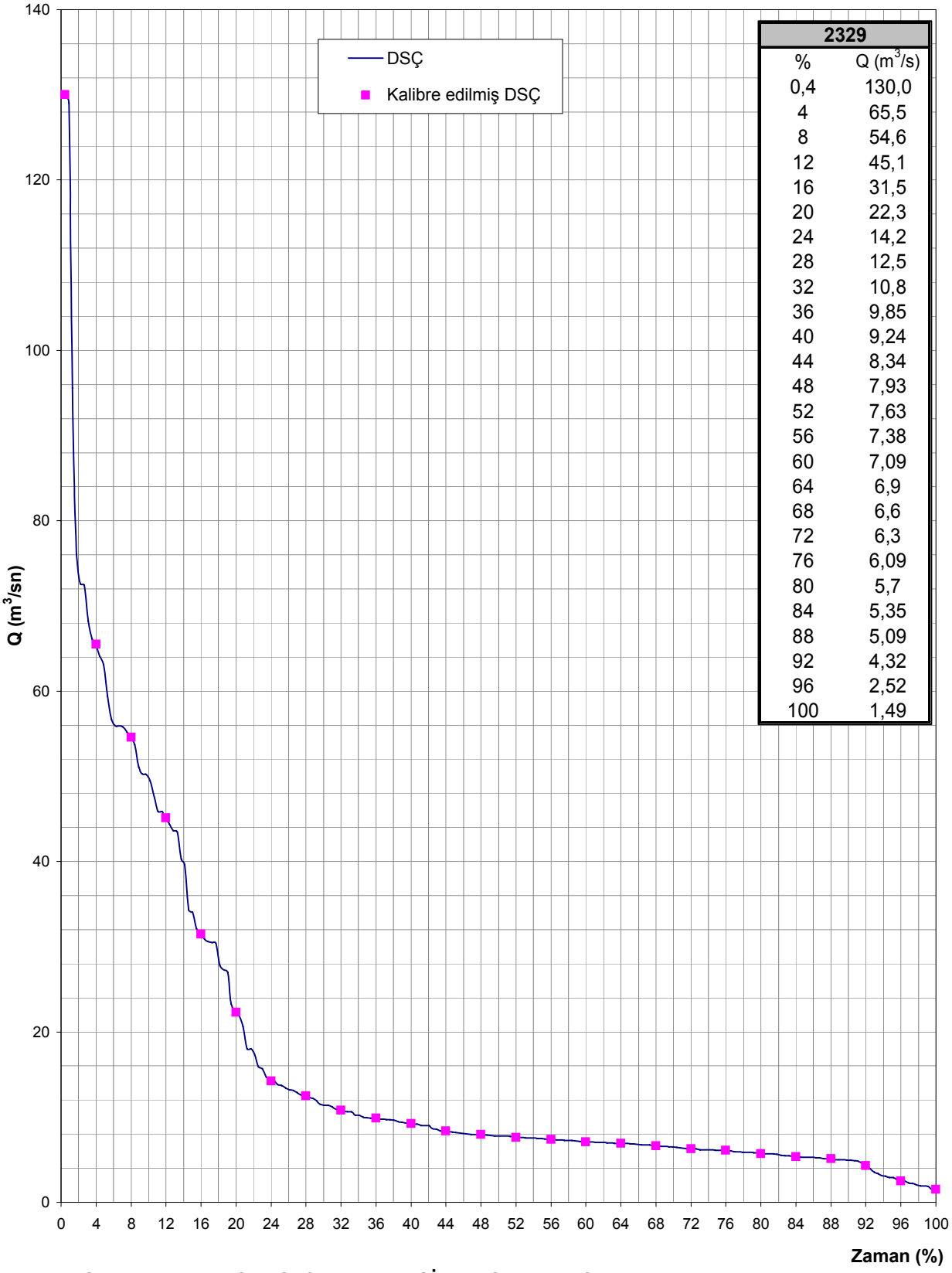
2327	
%	Q (m^3/s)
0,5	117,0
4	74,1
8	64,6
12	54,9
16	47,8
20	37,9
24	28,3
28	21,6
32	19,2
36	16,8
40	14,1
44	12,9
48	10,6
52	9,59
56	9,1
60	8,62
64	7,92
68	7,7
72	7,2
76	6,6
80	6,3
84	5,93
88	5,35
92	5,08
96	4,65
100	3,59

Şekil B13 - 2327 Berta S.-Çiftehanlar AGİ Debi Süreklilik Çizgisi



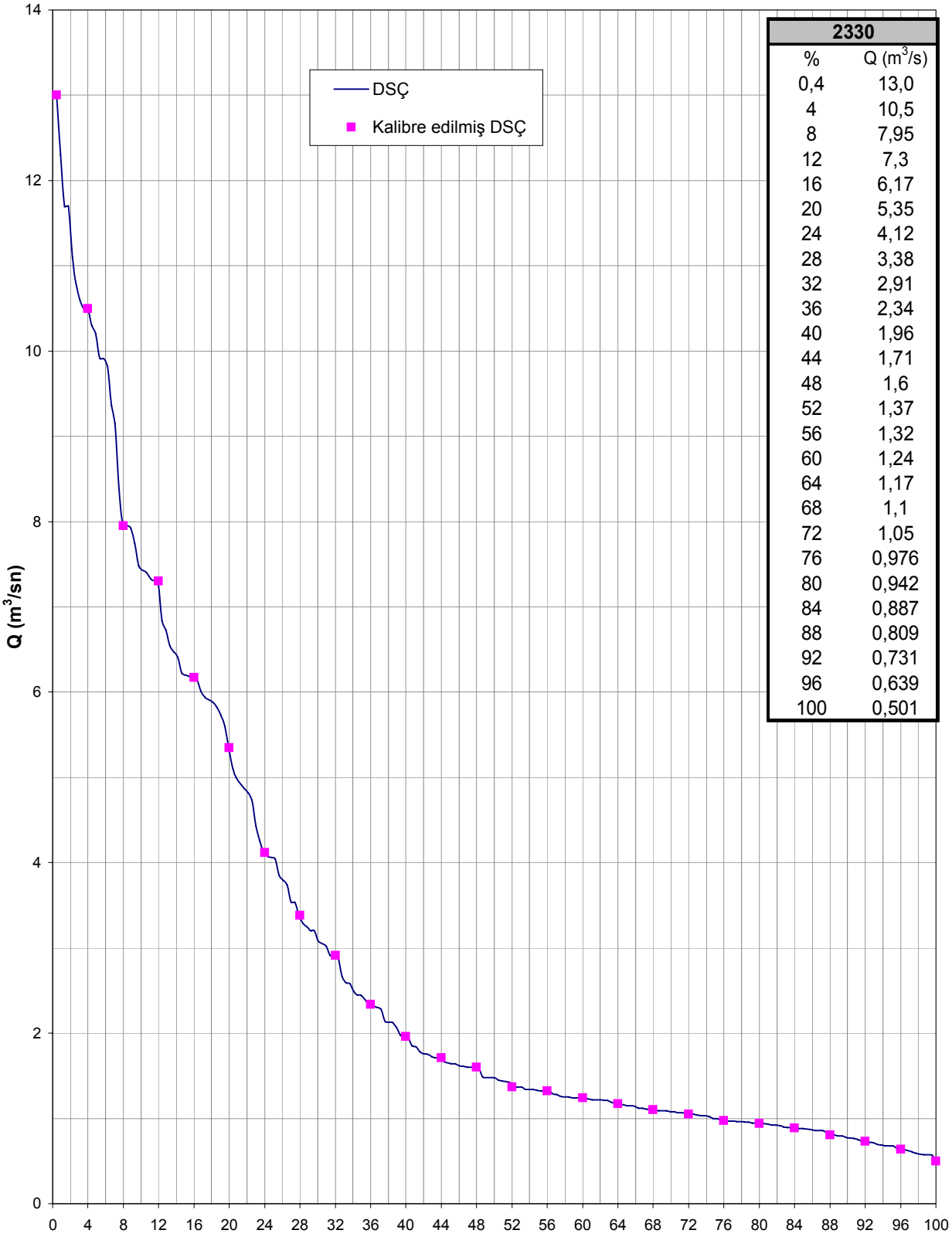
2328	
%	Q (m^3/s)
0,4	29,8
4	24,0
8	21,1
12	18,5
16	14,8
20	10,9
24	7,51
28	5,7
32	5,0
36	3,99
40	3,16
44	2,87
48	2,48
52	2,24
56	2,09
60	1,93
64	1,8
68	1,72
72	1,61
76	1,51
80	1,39
84	1,27
88	1,17
92	1,11
96	1,01
100	0,77

Şekil B14 - 2328 Ardanuç D.-Ferhatlı AFİ Debi Süreklilik Çizgisi



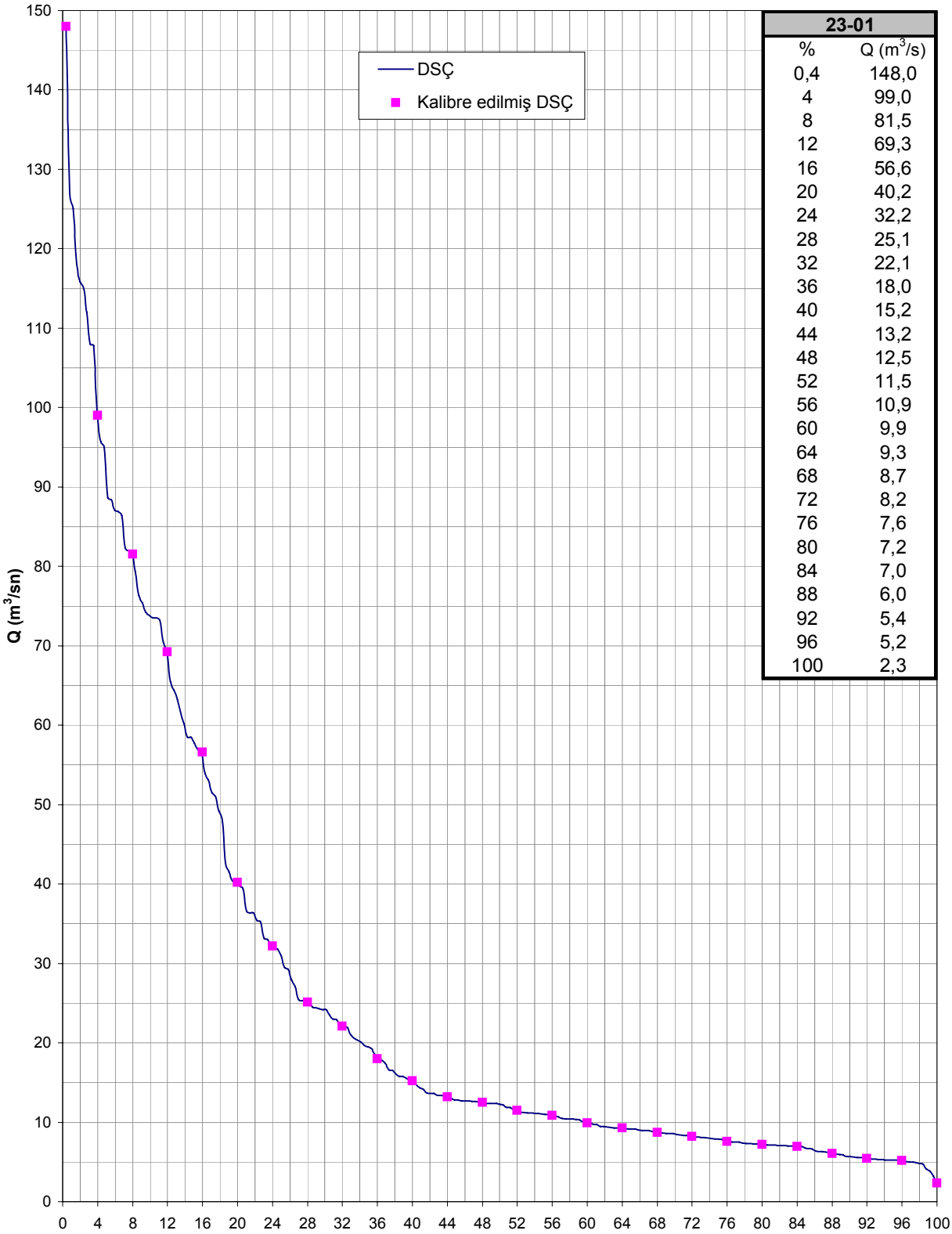
2329	
%	Q (m^3/s)
0,4	130,0
4	65,5
8	54,6
12	45,1
16	31,5
20	22,3
24	14,2
28	12,5
32	10,8
36	9,85
40	9,24
44	8,34
48	7,93
52	7,63
56	7,38
60	7,09
64	6,9
68	6,6
72	6,3
76	6,09
80	5,7
84	5,35
88	5,09
92	4,32
96	2,52
100	1,49

Şekil B15 - 2329 Oltu S.-Coşkunlar AGİ Debi Süreklilik Çizgisi



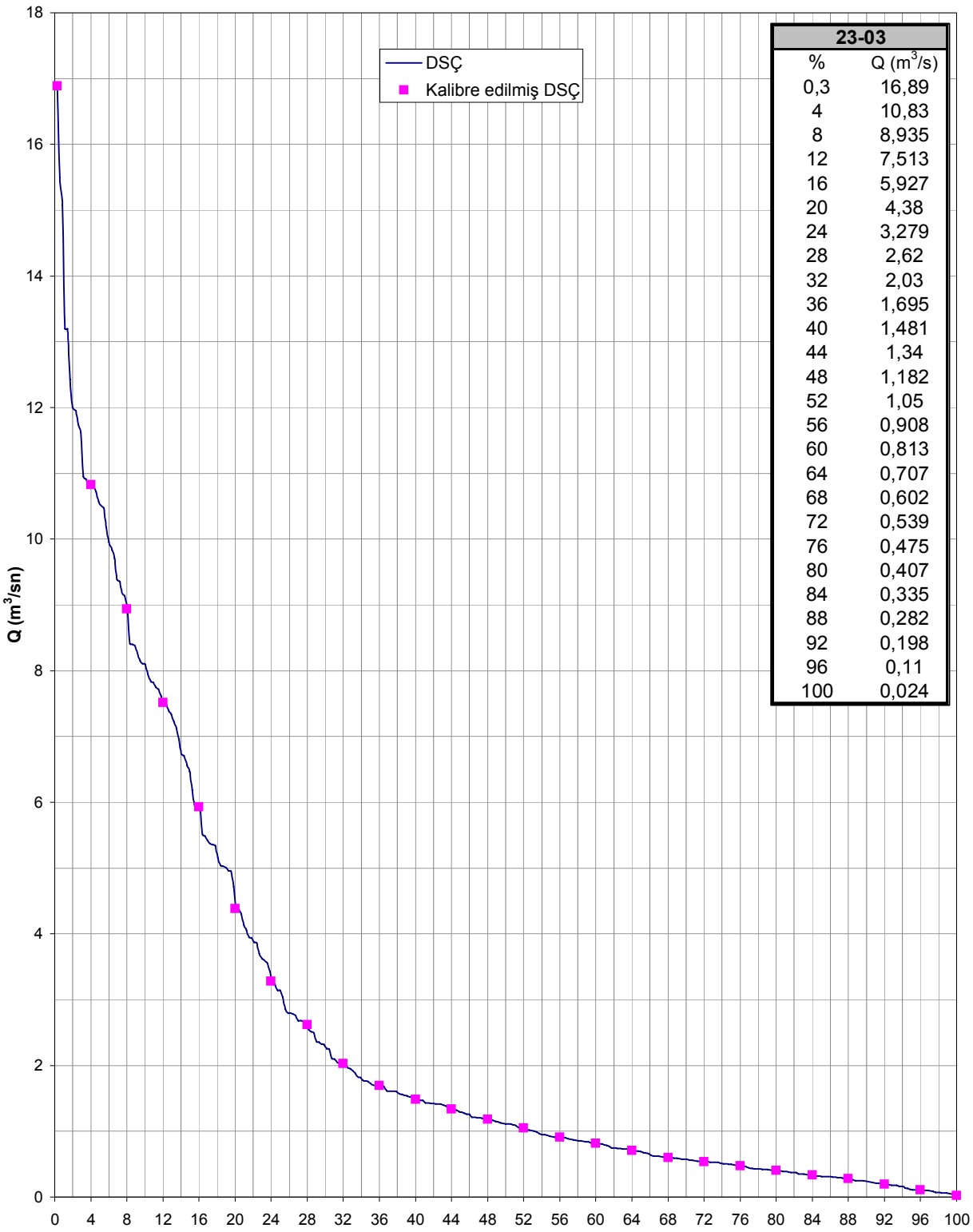
2330	
%	Q (m^3/s)
0,4	13,0
4	10,5
8	7,95
12	7,3
16	6,17
20	5,35
24	4,12
28	3,38
32	2,91
36	2,34
40	1,96
44	1,71
48	1,6
52	1,37
56	1,32
60	1,24
64	1,17
68	1,1
72	1,05
76	0,976
80	0,942
84	0,887
88	0,809
92	0,731
96	0,639
100	0,501

Şekil B16 - 2330 Çamlıkaya D.-Çamlıkaya AGİ Debi Süreklilik Çizgisi



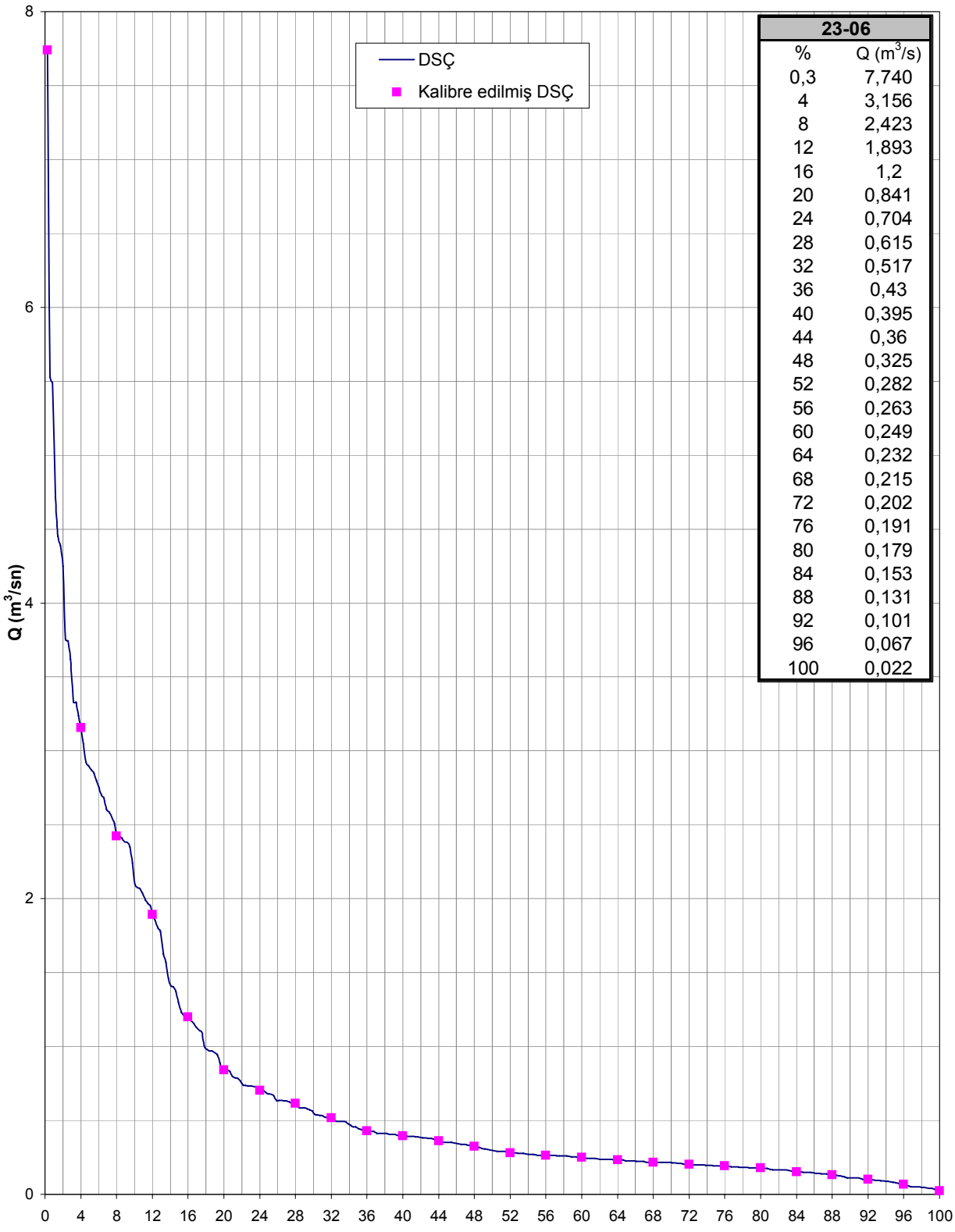
23-01	
%	Q (m^3/s)
0,4	148,0
4	99,0
8	81,5
12	69,3
16	56,6
20	40,2
24	32,2
28	25,1
32	22,1
36	18,0
40	15,2
44	13,2
48	12,5
52	11,5
56	10,9
60	9,9
64	9,3
68	8,7
72	8,2
76	7,6
80	7,2
84	7,0
88	6,0
92	5,4
96	5,2
100	2,3

Şekil B17 - 23-01 Berta S.-Berta AGİ Debi Süreklilik Çizgisi



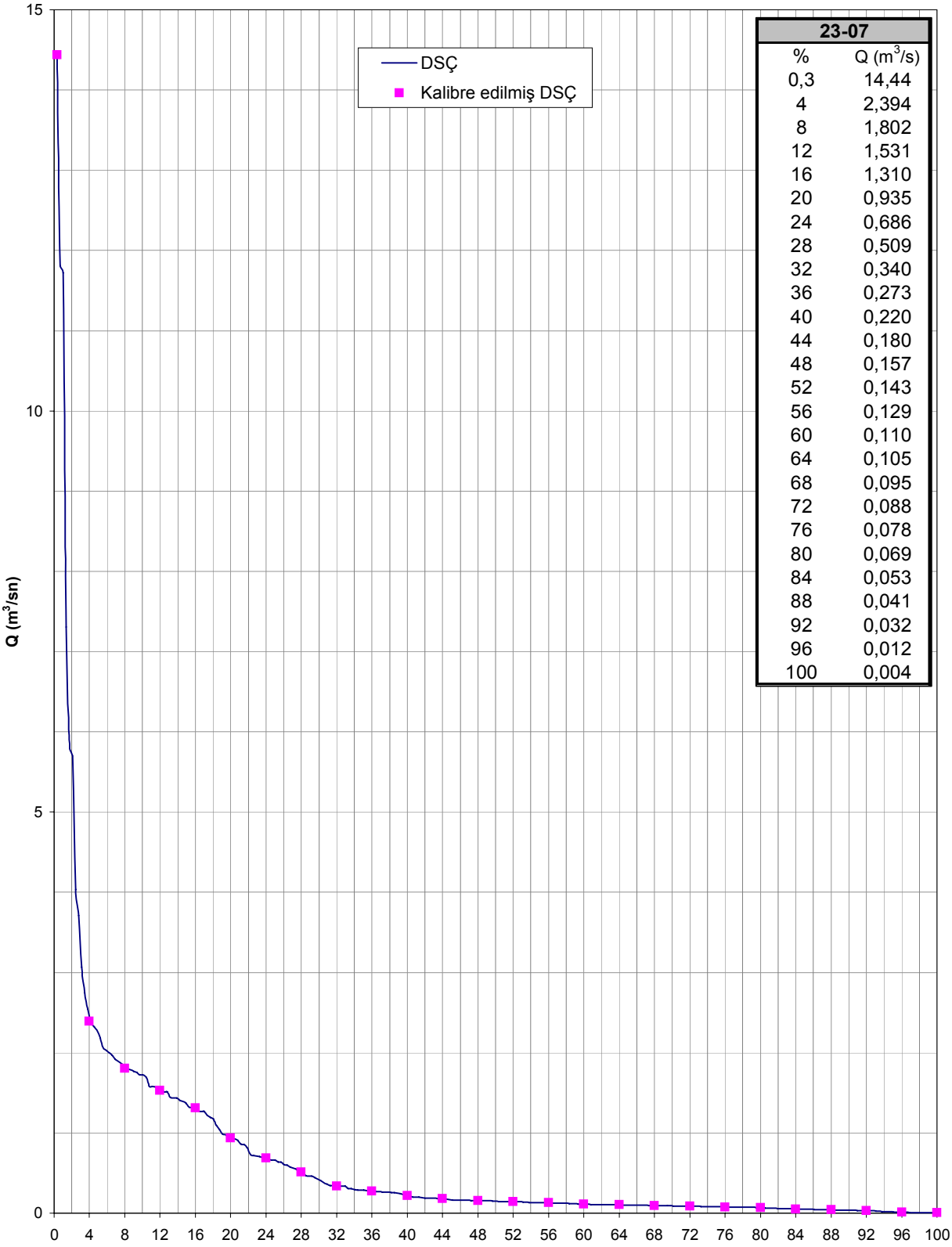
23-03	
%	Q (m^3/s)
0,3	16,89
4	10,83
8	8,935
12	7,513
16	5,927
20	4,38
24	3,279
28	2,62
32	2,03
36	1,695
40	1,481
44	1,34
48	1,182
52	1,05
56	0,908
60	0,813
64	0,707
68	0,602
72	0,539
76	0,475
80	0,407
84	0,335
88	0,282
92	0,198
96	0,11
100	0,024

Şekil B18 - 23-03 Çengül D.-Erikdibi AGİ Debi Süreklilik Çizgisi



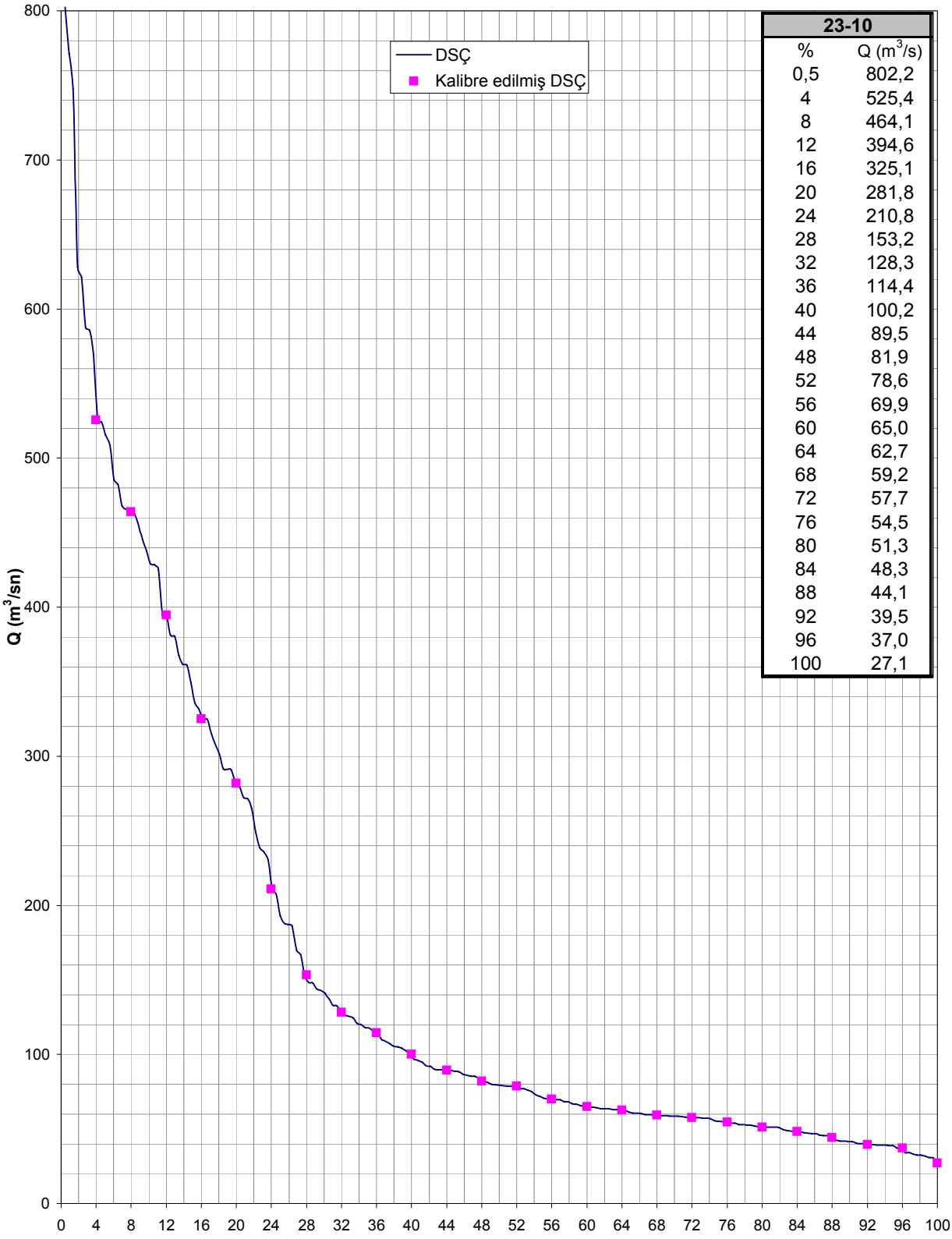
23-06	
%	Q (m^3/s)
0,3	7,740
4	3,156
8	2,423
12	1,893
16	1,2
20	0,841
24	0,704
28	0,615
32	0,517
36	0,43
40	0,395
44	0,36
48	0,325
52	0,282
56	0,263
60	0,249
64	0,232
68	0,215
72	0,202
76	0,191
80	0,179
84	0,153
88	0,131
92	0,101
96	0,067
100	0,022

Şekil B19 - 23-06 Pulur Ç.-Cibre AGİ Debi Süreklilik Çizgisi



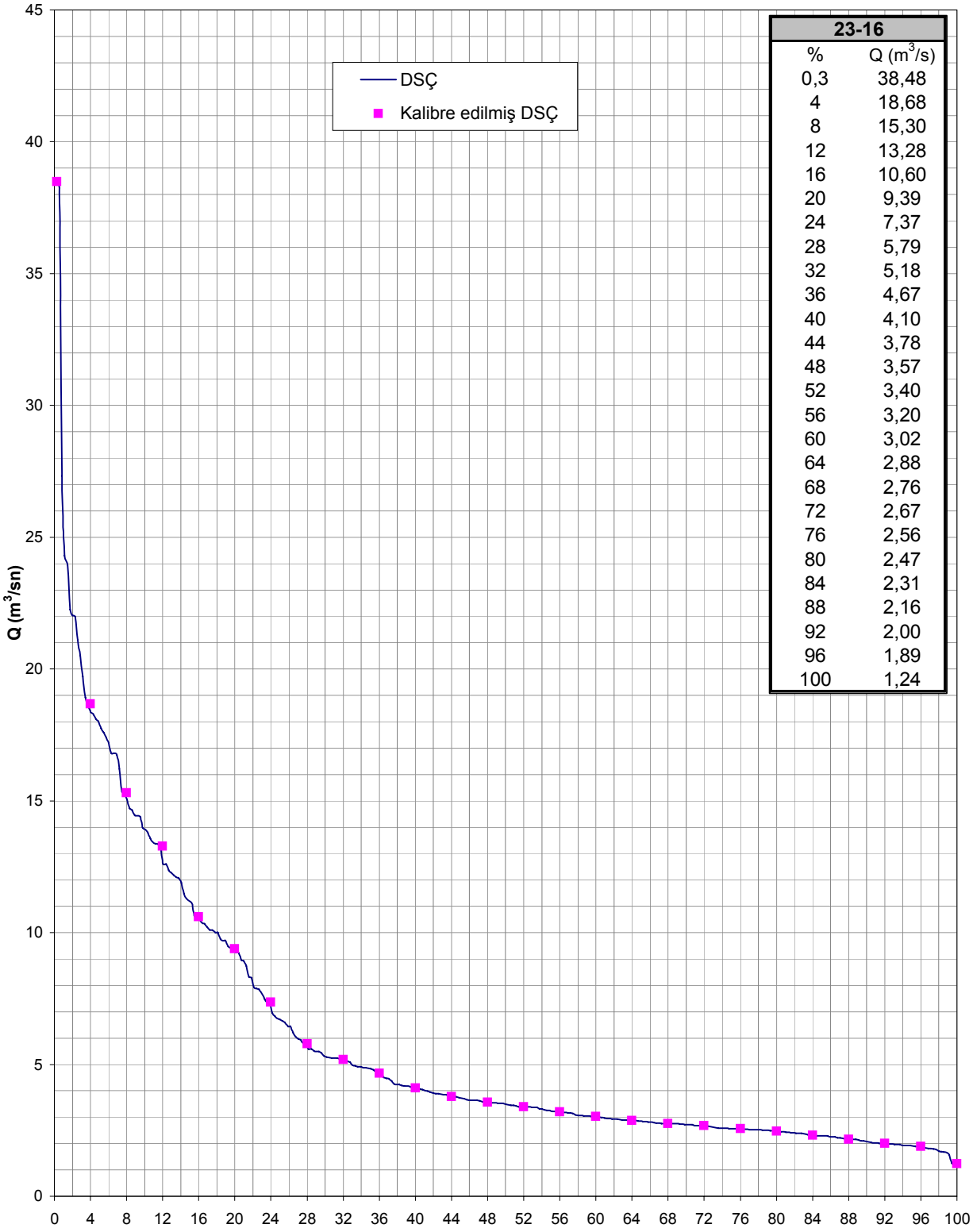
23-07	
%	Q (m^3/s)
0,3	14,44
4	2,394
8	1,802
12	1,531
16	1,310
20	0,935
24	0,686
28	0,509
32	0,340
36	0,273
40	0,220
44	0,180
48	0,157
52	0,143
56	0,129
60	0,110
64	0,105
68	0,095
72	0,088
76	0,078
80	0,069
84	0,053
88	0,041
92	0,032
96	0,012
100	0,004

Şekil B20 - 23-07 Tahsinli D.-Güllüce AGİ Debi Süreklilik Çizgisi



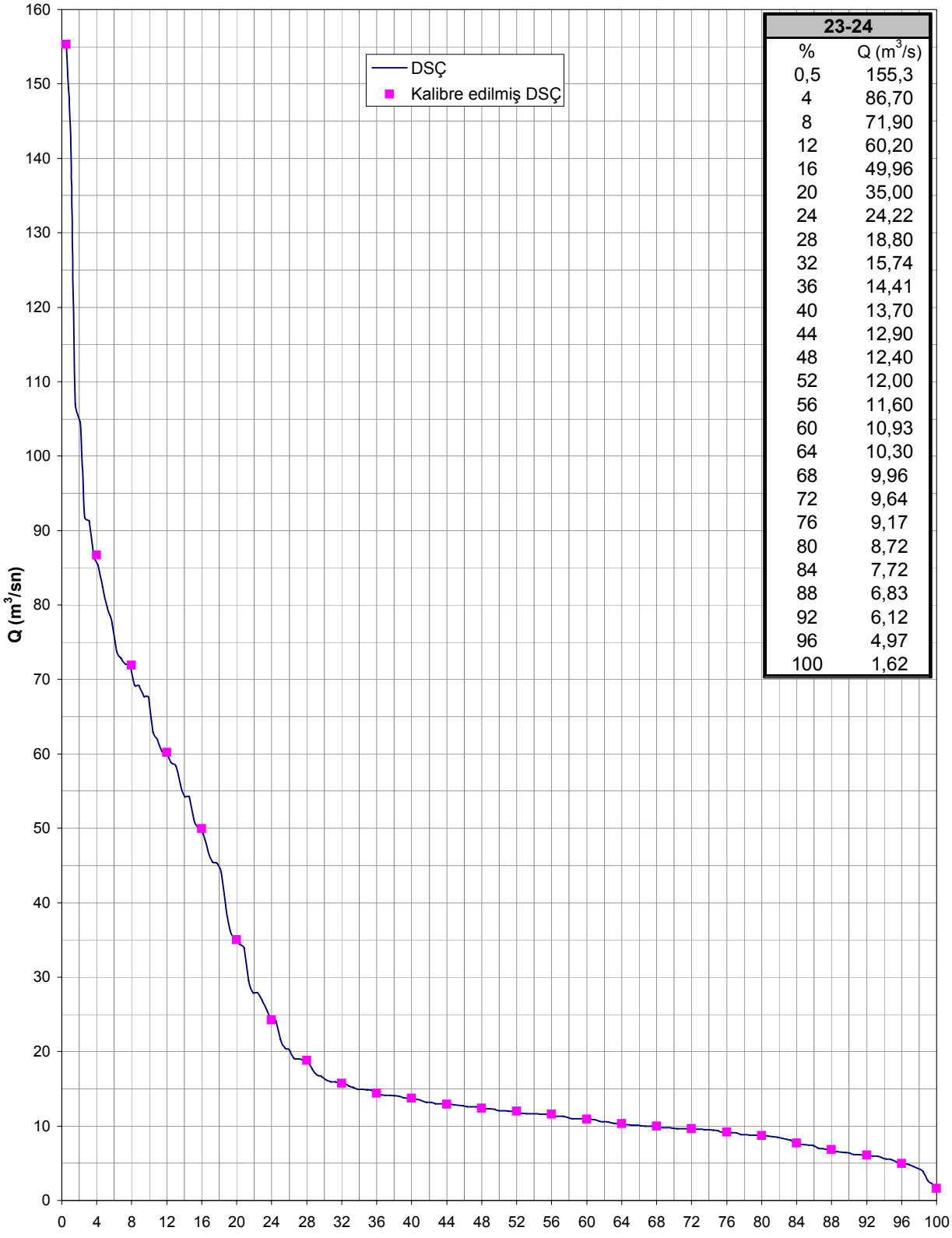
23-10	
%	Q (m^3/s)
0,5	802,2
4	525,4
8	464,1
12	394,6
16	325,1
20	281,8
24	210,8
28	153,2
32	128,3
36	114,4
40	100,2
44	89,5
48	81,9
52	78,6
56	69,9
60	65,0
64	62,7
68	59,2
72	57,7
76	54,5
80	51,3
84	48,3
88	44,1
92	39,5
96	37,0
100	27,1

Şekil B21 - 23-10 Çoruh Nehri-Şehitlik AGİ Debi Süreklilik Çizgisi



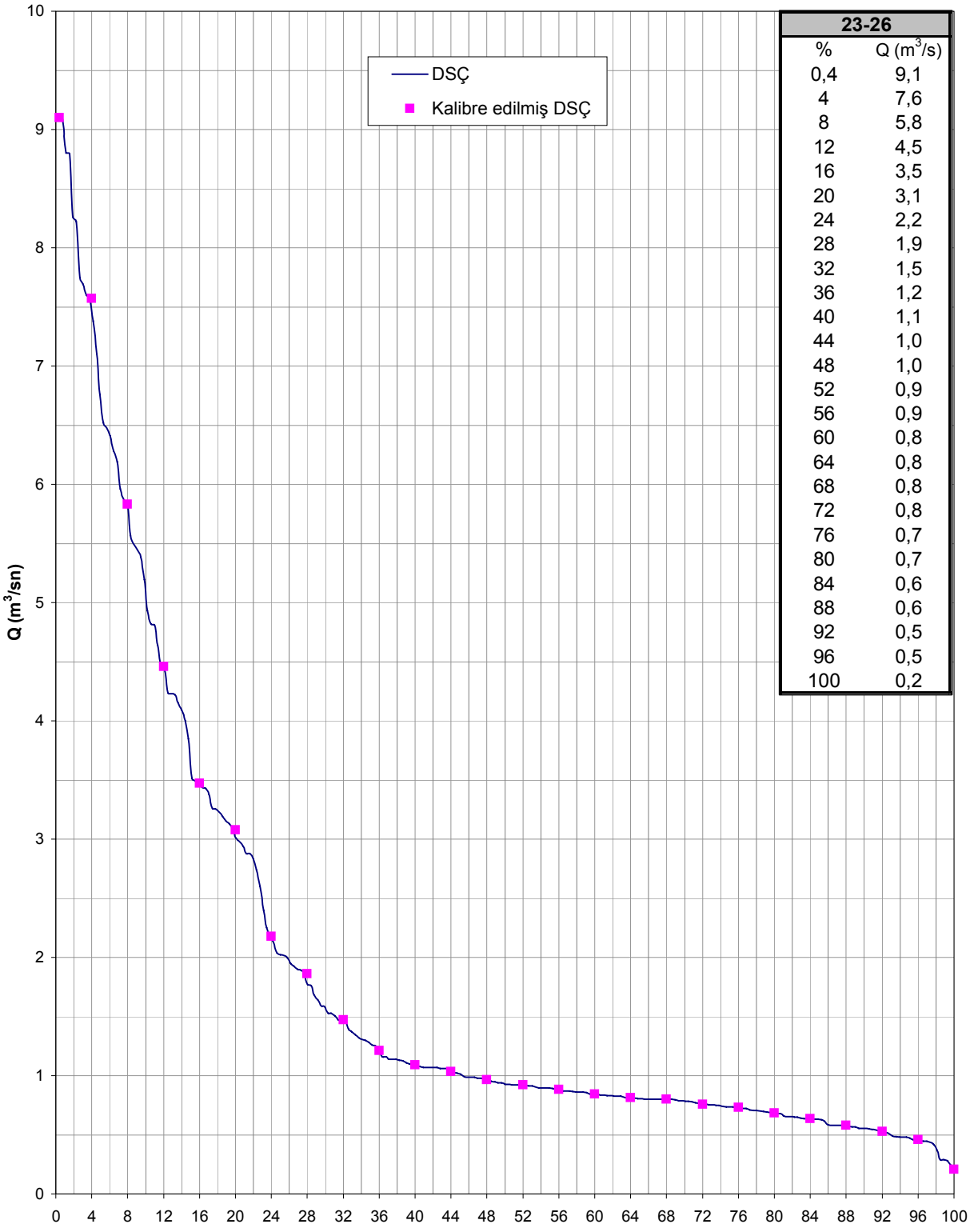
23-16	
%	Q (m^3/s)
0,3	38,48
4	18,68
8	15,30
12	13,28
16	10,60
20	9,39
24	7,37
28	5,79
32	5,18
36	4,67
40	4,10
44	3,78
48	3,57
52	3,40
56	3,20
60	3,02
64	2,88
68	2,76
72	2,67
76	2,56
80	2,47
84	2,31
88	2,16
92	2,00
96	1,89
100	1,24

Şekil B22 - 23-16 Çoruh Nehri-Mescitli AGİ Debi Süreklilik Çizgisi



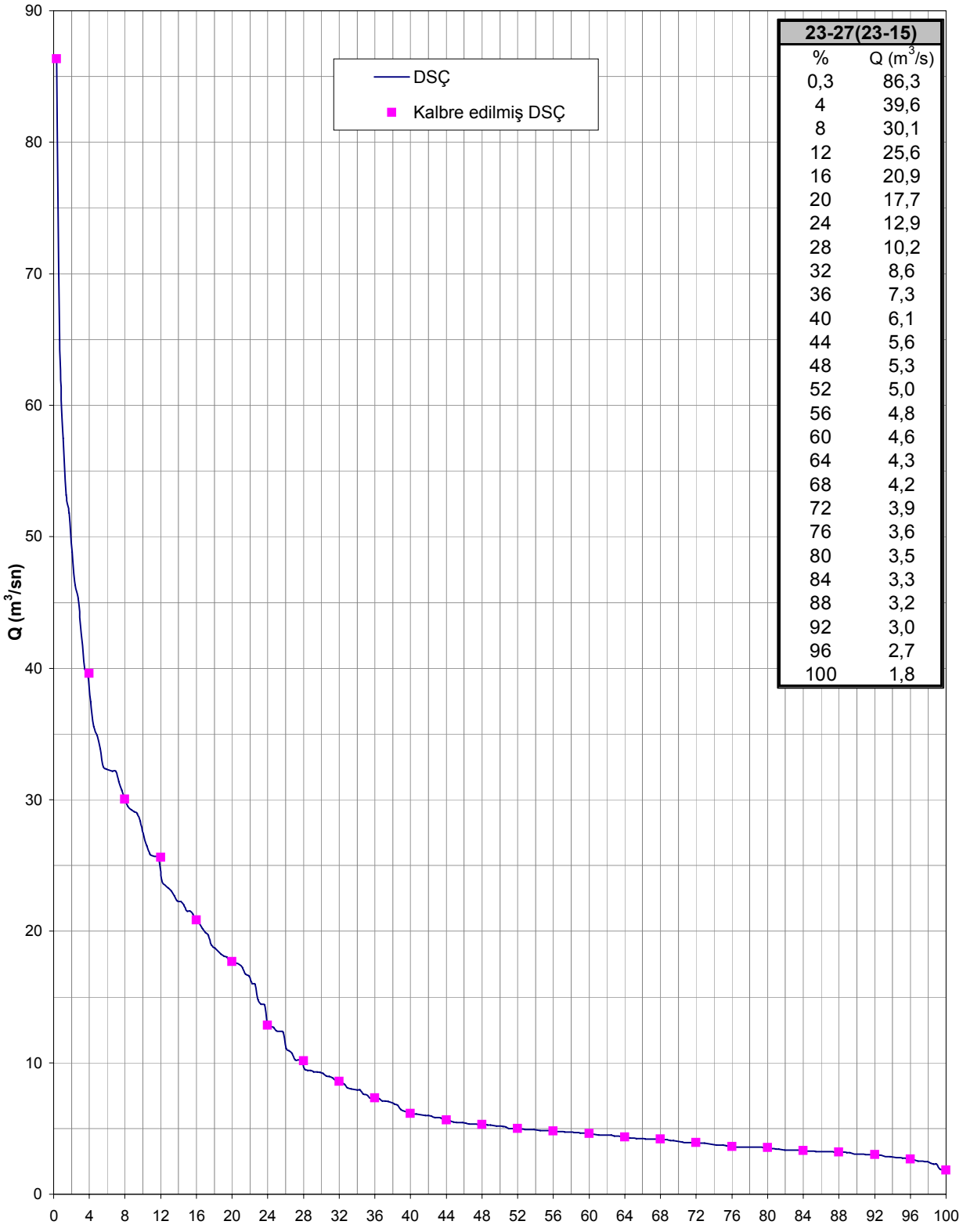
23-24	
%	Q (m^3/s)
0,5	155,3
4	86,70
8	71,90
12	60,20
16	49,96
20	35,00
24	24,22
28	18,80
32	15,74
36	14,41
40	13,70
44	12,90
48	12,40
52	12,00
56	11,60
60	10,93
64	10,30
68	9,96
72	9,64
76	9,17
80	8,72
84	7,72
88	6,83
92	6,12
96	4,97
100	1,62

Şekil B23 - 23-24 Oltu Ç.-Zinnur Yazıcı AGİ Debi Süreklilik Çizgisi



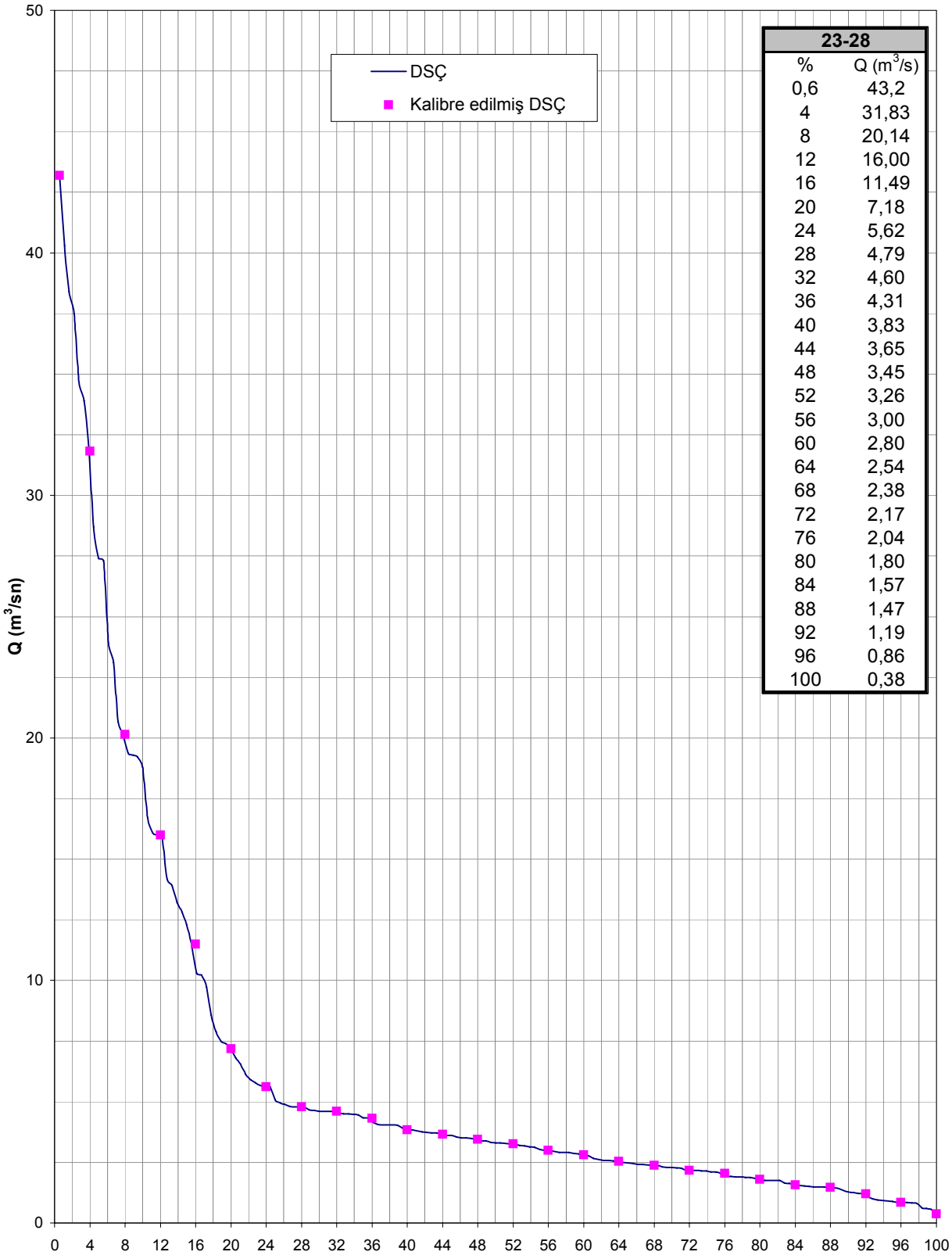
23-26	
%	Q (m^3/s)
0,4	9,1
4	7,6
8	5,8
12	4,5
16	3,5
20	3,1
24	2,2
28	1,9
32	1,5
36	1,2
40	1,1
44	1,0
48	1,0
52	0,9
56	0,9
60	0,8
64	0,8
68	0,8
72	0,8
76	0,7
80	0,7
84	0,6
88	0,6
92	0,5
96	0,5
100	0,2

Şekil B24 - 23-26 Büyükçay-Uzunkavak AGİ Debi Süreklilik Çizgisi



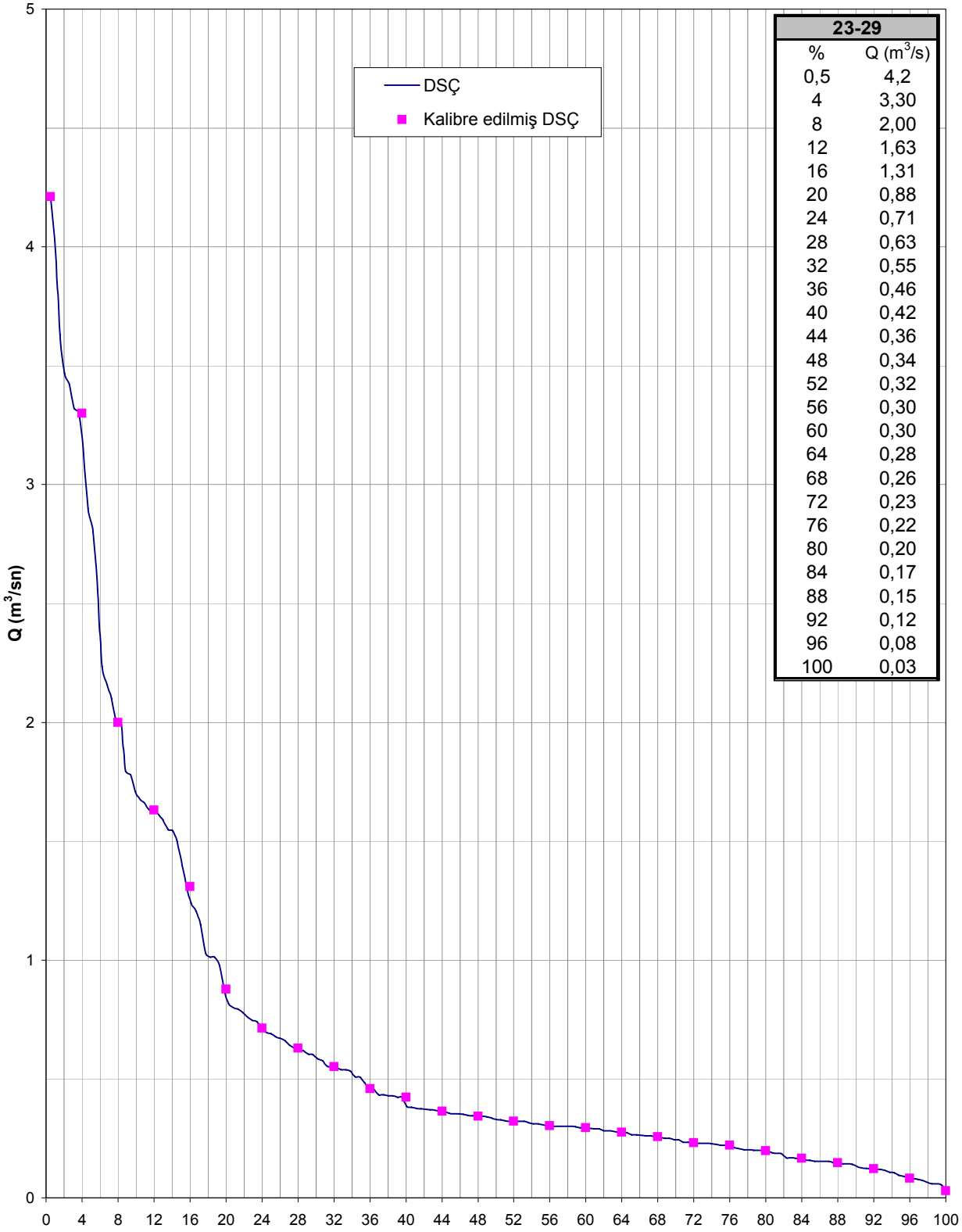
23-27(23-15)	
%	Q (m^3/s)
0,3	86,3
4	39,6
8	30,1
12	25,6
16	20,9
20	17,7
24	12,9
28	10,2
32	8,6
36	7,3
40	6,1
44	5,6
48	5,3
52	5,0
56	4,8
60	4,6
64	4,3
68	4,2
72	3,9
76	3,6
80	3,5
84	3,3
88	3,2
92	3,0
96	2,7
100	1,8

Şekil B25 - 23-27 Masat D.-Kuşkayası AGİ Debi Süreklilik Çizgisi



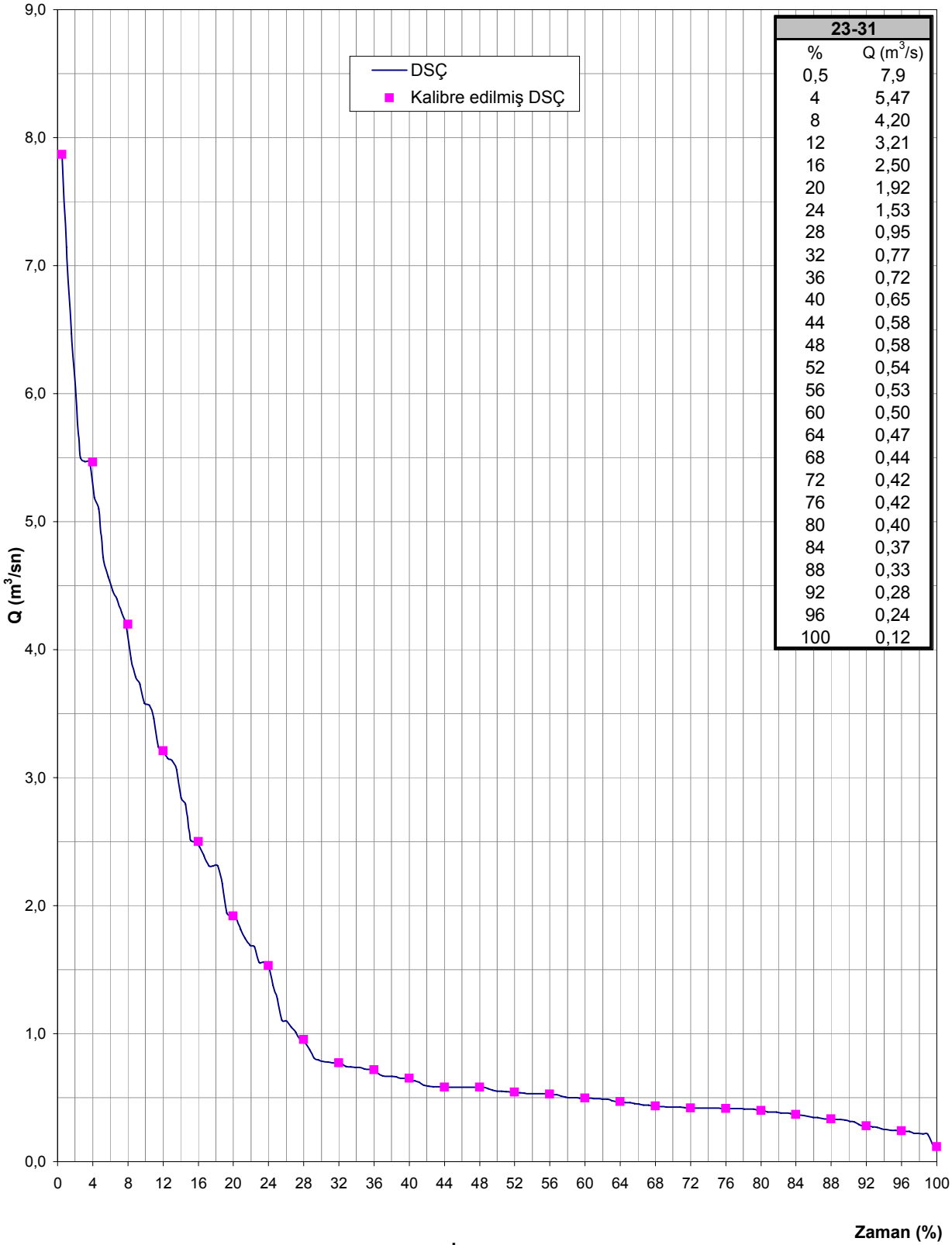
23-28	
%	Q (m^3/s)
0,6	43,2
4	31,83
8	20,14
12	16,00
16	11,49
20	7,18
24	5,62
28	4,79
32	4,60
36	4,31
40	3,83
44	3,65
48	3,45
52	3,26
56	3,00
60	2,80
64	2,54
68	2,38
72	2,17
76	2,04
80	1,80
84	1,57
88	1,47
92	1,19
96	0,86
100	0,38

Şekil B26 - 23-28 Büyükçay-Çatıksu AGİ Debi Süreklilik Çizgisi



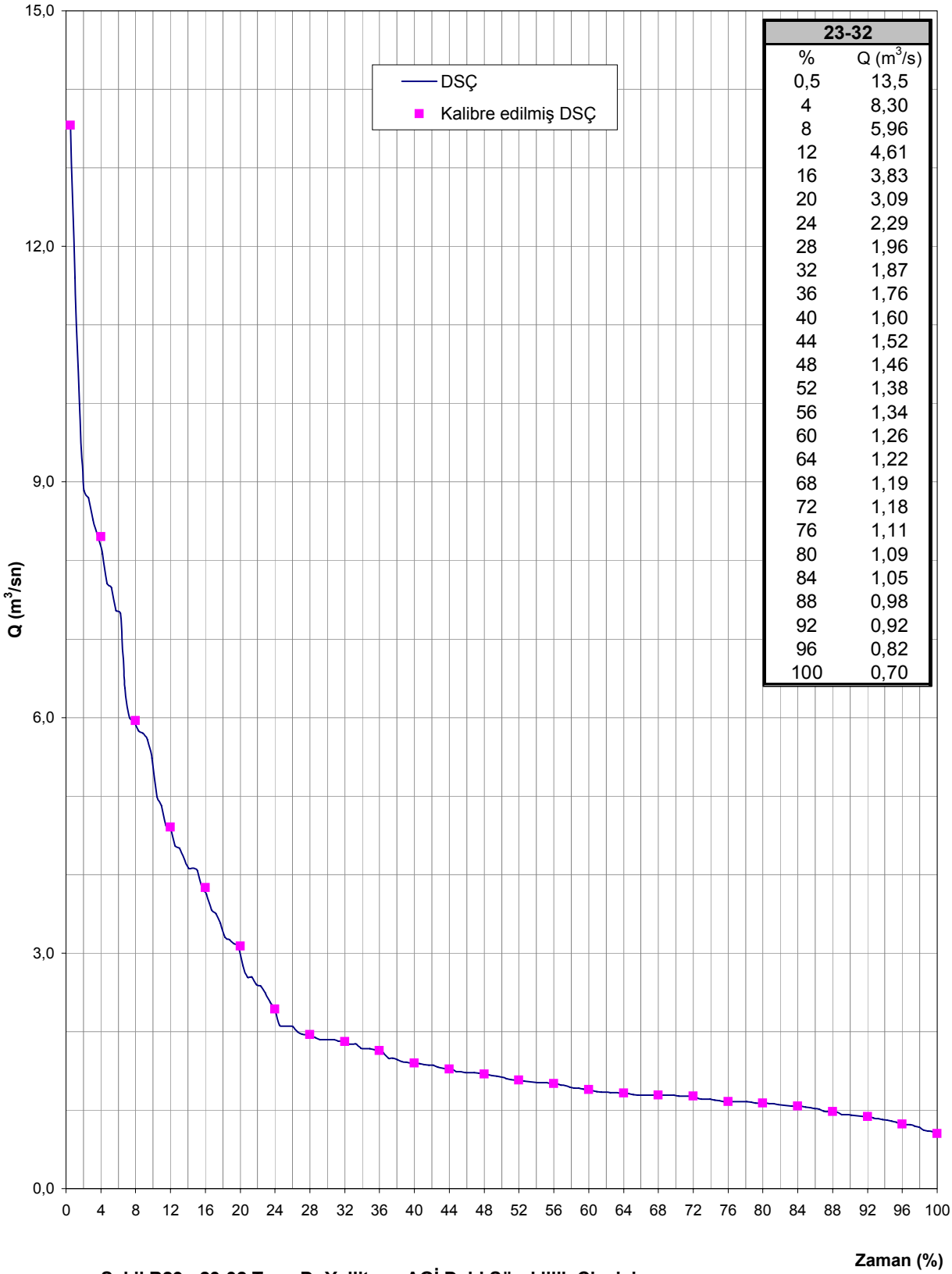
23-29	
%	Q (m^3/s)
0,5	4,2
4	3,30
8	2,00
12	1,63
16	1,31
20	0,88
24	0,71
28	0,63
32	0,55
36	0,46
40	0,42
44	0,36
48	0,34
52	0,32
56	0,30
60	0,30
64	0,28
68	0,26
72	0,23
76	0,22
80	0,20
84	0,17
88	0,15
92	0,12
96	0,08
100	0,03

Şekil B27 - 23-29 Haho D.-Göldere AGİ Debi Süreklilik Çizgisi



23-31	
%	Q (m^3/s)
0,5	7,9
4	5,47
8	4,20
12	3,21
16	2,50
20	1,92
24	1,53
28	0,95
32	0,77
36	0,72
40	0,65
44	0,58
48	0,58
52	0,54
56	0,53
60	0,50
64	0,47
68	0,44
72	0,42
76	0,42
80	0,40
84	0,37
88	0,33
92	0,28
96	0,24
100	0,12

Şekil B28 - 23-31 Konak D.-Sırakonak AGİ Debi Süreklilik Çizgisi



23-32	
%	Q (m^3/s)
0,5	13,5
4	8,30
8	5,96
12	4,61
16	3,83
20	3,09
24	2,29
28	1,96
32	1,87
36	1,76
40	1,60
44	1,52
48	1,46
52	1,38
56	1,34
60	1,26
64	1,22
68	1,19
72	1,18
76	1,11
80	1,09
84	1,05
88	0,98
92	0,92
96	0,82
100	0,70

Şekil B29 - 23-32 Tepe D.-Yellitepe AGİ Debi Süreklilik Çizgisi

EK C1 -Non-linear Regression- a parametresi

Notes

Output Created		21-MAR-2007 21:56:51
Comments		
Input	Data	D:\tez\spss dosyalari\a sonuclari.sav
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	274
Syntax		MODEL PROGRAM A0=0 A1=0 A2=0 A3=0 A4=0 .COMPUTE PRED_ = A0 + A1 * x1 + A2 * x2 + A3 * x3 + A4 * x4.NLR y /OUTFILE='C:\DOCUME~1\Kevso\LOCALS~1\Temp\spss2920\SPSSFNLR.TMP' /PRED PRED_ /CRITERIA SSCONVERGENCE 1E-8 PCON 1E-8 .
Resources	Elapsed Time	0:00:00,21

All the derivatives will be calculated numerically.

Iteration	Residual SS	A0	A1	A2	A3	A4
1	55,55901100	,000000000	,000000000	,000000000	,000000000	,000000000
1.1	,2814803164	-1,6754039	,966571644	,360654635	1,28544114	,210388397
2	,2814803164	-1,6754039	,966571644	,360654635	1,28544114	,210388397
2.1	,2814803164	-1,6754038	,966571646	,360654620	1,28544117	,210388398

Run stopped after 4 model evaluations and 2 derivative evaluations.
Iterations have been stopped because the relative reduction between successive residual sums of squares is at most SSCON = 1,000E-08

Nonlinear Regression Summary Statistics Dependent Variable Y

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	5	55,27753	11,05551
Residual	17	,28148	,01656
Uncorrected Total	22	55,55901	
(Corrected Total)	21	7,03515	

R squared = 1 - Residual SS / Corrected SS = ,95999

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval Lower	Upper
A0	-1,675403854	,798052082	-3,359146569	,008338861
A1	,966571644	,056559399	,847241743	1,085901545
A2	,360654635	,281798952	-,233889184	,955198453
A3	1,285441136	,338472351	,571326897	1,999555374
A4	,210388397	,088191125	,024321387	,396455407

Asymptotic Correlation Matrix of the Parameter Estimates

	A0	A1	A2	A3	A4
A0	1,0000	,0504	-,9887	-,0173	,4285
A1	,0504	1,0000	-,1376	,1601	,6149
A2	-,9887	-,1376	1,0000	-,0101	-,4009
A3	-,0173	,1601	-,0101	1,0000	-,1898
A4	,4285	,6149	-,4009	-,1898	1,0000

EK C2 - Non-linear Regression – b parametresi

Notes

Output Created		21-MAR-2007 22:02:47
Comments		
Input	Data	D:\tez\spss dosyalari\b sonuclari.sav
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	302
Syntax		MODEL PROGRAM B0=0 B1=0 B2=0 B3=0 B4=0 .COMPUTE PRED_ = B0 + B1 * x1 + B2 * x2 + B3 * x3 + B4 * x4.NLR y /OUTFILE='C:\DOCUME~1\Kevso\LOCALS~1\Temp\spss2920\SPSSFNLR.TMP' /PRED PRED_ /CRITERIA SSCONVERGENCE 1E-8 PCON 1E-8 .
Resources	Elapsed Time	0:00:00,06

All the derivatives will be calculated numerically.

Iteration	Residual SS	B0	B1	B2	B3	B4
1	106,8436610	,000000000	,000000000	,000000000	,000000000	,000000000
1.1	,2546633980	-,36403088	,932238327	,126574482	1,21525453	,178763813
2	,2546633980	-,36403088	,932238327	,126574482	1,21525453	,178763813

Run stopped after 3 model evaluations and 2 derivative evaluations.
Iterations have been stopped because the magnitude of the largest correlation between the residuals and any derivative column is at most RCON = 1,000E-08

Nonlinear Regression Summary Statistics Dependent Variable Y

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	5	106,58900	21,31780
Residual	17	,25466	,01498
Uncorrected Total	22	106,84366	
(Corrected Total)	21	6,72917	

R squared = 1 - Residual SS / Corrected SS = ,96216

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval Lower	Upper
B0	-,364030884	,759085382	-1,965561047	1,237499279
B1	,932238327	,053797742	,818735012	1,045741641
B2	,126574482	,268039478	-,438939385	,692088349
B3	1,215254526	,321945574	,536008738	1,894500313
B4	,178763813	,083884979	,001781978	,355745647

Asymptotic Correlation Matrix of the Parameter Estimates

	B0	B1	B2	B3	B4
B0	1,0000	,0504	-,9887	-,0173	,4285
B1	,0504	1,0000	-,1376	,1601	,6149
B2	-,9887	-,1376	1,0000	-,0101	-,4009
B3	-,0173	,1601	-,0101	1,0000	-,1898
B4	,4285	,6149	-,4009	-,1898	1,0000

EK C3 - Non-linear Regression – c parametresi

Notes

Output Created		22-MAR-2007 23:02:31
Comments		
Input	Data	D:\tez\spss dosyalari\c sonuclari.sav
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	280
Syntax		MODEL PROGRAM C0=0 C1=0 C2=0 C3=0 C4=0 .COMPUTE PRED_ = C0 + C1 * x1 + C2 * x2 + C3 * x3 + C4 * x4.NLR y /OUTFILE='C:\DOCUME~1\Kevso \LOCALS~1\Temp\spss3296\SPS SFNLR.TMP' /PRED PRED_ /CRITERIA SSCONVERGENCE 1E-8 PCON 1E-8 .
Resources	Elapsed Time	0:00:00,09

All the derivatives will be calculated numerically.

Iteration	Residual SS	C0	C1	C2	C3	C4
1	125,8531830	,000000000	,000000000	,000000000	,000000000	,000000000
1.1	,2421401196	,008587382	,909754178	,070005664	1,12767520	,161123630
2	,2421401196	,008587382	,909754178	,070005664	1,12767520	,161123630
2.1	,2421401196	,008567919	,909754095	,070012464	1,12767538	,161122689

Run stopped after 4 model evaluations and 2 derivative evaluations.
Iterations have been stopped because the relative reduction between successive residual sums of squares is at most SSCON = 1,000E-08

Nonlinear Regression Summary Statistics Dependent Variable Y

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	5	125,61104	25,12221
Residual	17	,24214	,01424
Uncorrected Total	22	125,85318	
(Corrected Total)	21	6,52454	

R squared = 1 - Residual SS / Corrected SS = ,96289

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval Lower	Upper
C0	,008587382	,740197888	-1,553093652	1,570268417
C1	,909754178	,052458223	,799077002	1,020431354
C2	,070005664	,261369451	-,481435676	,621447003
C3	1,127675197	,313929764	,465341290	1,790009103
C4	,161123630	,081796165	-,011451194	,333698453

Asymptotic Correlation Matrix of the Parameter Estimates

	C0	C1	C2	C3	C4
C0	1,0000	,0503	-,9887	-,0173	,4285
C1	,0503	1,0000	-,1376	,1601	,6148
C2	-,9887	-,1376	1,0000	-,0101	-,4009
C3	-,0173	,1601	-,0101	1,0000	-,1898
C4	,4285	,6148	-,4009	-,1898	1,0000

EK C4 - Non-linear Regression – d parametresi

Notes

Output Created		21-MAR-2007 22:09:45
Comments		
Input	Data	D:\tez\spss dosyalari\d sonuclari.sav
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	280
Syntax		MODEL PROGRAM D0=0 D1=0 D2=0 D3=0 D4=0 .COMPUTE PRED_ = D0 + D1 * x1 + D2 * x2 + D3 * x3 + D4 * x4.NLR y /OUTFILE='C:\DOCUME~1\Kevso\LOCALS~1\Temp\spss2920\SPSSFNLR.TMP' /PRED PRED_ /CRITERIA SSCONVERGENCE 1E-8 PCON 1E-8 .
Resources	Elapsed Time	0:00:00,07

All the derivatives will be calculated numerically.

_

Iteration	Residual SS	D0	D1	D2	D3	D4
1	97,51515600	,000000000	,000000000	,000000000	,000000000	,000000000
1.1	,2427485937	-,31050908	,893302276	,087107407	1,04447189	,150160481
2	,2427485937	-,31050908	,893302276	,087107407	1,04447189	,150160481

Run stopped after 3 model evaluations and 2 derivative evaluations.
Iterations have been stopped because the magnitude of the largest correlation between the residuals and any derivative column is at most RCON = 1,000E-08

Nonlinear Regression Summary Statistics Dependent Variable Y

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	5	97,27241	19,45448
Residual	17	,24275	,01428
Uncorrected Total	22	97,51516	
(Corrected Total)	21	6,36750	

R squared = 1 - Residual SS / Corrected SS = ,96188

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval Lower	Upper
D0	-,310509081	,741114509	-1,874124017	1,253105855
D1	,893302276	,052524163	,782485980	1,004118573
D2	,087107407	,261693813	-,465018276	,639233090
D3	1,044471886	,314324007	,381306199	1,707637572
D4	,150160481	,081899103	-,022631524	,322952485

Asymptotic Correlation Matrix of the Parameter Estimates

	D0	D1	D2	D3	D4
D0	1,0000	,0504	-,9887	-,0173	,4285
D1	,0504	1,0000	-,1376	,1601	,6149
D2	-,9887	-,1376	1,0000	-,0101	-,4009
D3	-,0173	,1601	-,0101	1,0000	-,1898
D4	,4285	,6149	-,4009	-,1898	1,0000

ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında Çankırı'da doğan Kevser Şentürk, lise eğitimini Çankırı Lisesinde tamamlamıştır. 1998 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Meteoroloji Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. Su-Yapı Mühendislik Hizmetleri A.Ş., Senerji Enerji Üretim A.Ş., Şavk Enerji Toptan Satış A.Ş.'de mühendis olarak çalışmıştır. 2007 Nisan ayından bu yana Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünde Meteoroloji Mühendisi olarak çalışmaktadır.