

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TAŞKIN ÖTELENMESİNDE KULLANILAN BAZI HİDROLOJİK VE  
HİDROLİK YÖNTEMLERİNİN PERFORMANSLARININ  
KARŞILAŞTIRILMASI**

**DOKTORA TEZİ**

**İnşaat Yük. Müh. Metin SARIGÖL**

**ŞUBAT 2018  
TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TAŞKIN ÖTELENMESİNDE KULLANILAN BAZI HİDROLOJİK VE  
HİDROLİK YÖNTEMLERİNİN PERFORMANSLARININ  
KARŞILAŞTIRILMASI**

**İnşaat Yük. Müh. Metin SARIGÖL**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
"DOKTOR (İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ)"  
Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 05/01/2018  
Tezin Savunma Tarihi : 05/02/2018**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ömer YÜKSEK**

**Trabzon 2018**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında  
Metin SARIGÖL Tarafından Hazırlanan**

**TAŞKIN ÖTELENMESİNDE KULLANILAN BAZI HİDROLOJİK VE  
HİDROLİK YÖNTEMLERİNİN PERFORMANSLARININ  
KARŞILAŞTIRILMASI**

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 16 / 01 / 2018 gün ve 1736 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda

**DOKTORA TEZİ**  
olarak kabul edilmiştir.

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Prof. Dr. Basri ERTAŞ** .....

**Üye : Prof. Dr. Ömer YÜKSEK** .....

**Üye : Prof. Dr. Fatma GÜLTEKİN** .....

**Üye : Doç. Dr. Servet KARASU** .....

**Üye : Yrd. Doç. Dr. Osman ÜÇÜNCÜ** .....

**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ**

**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

Doktora danışman hocam Prof. Dr. Ömer YÜKSEK' e, doktora eğitimim boyunca göstermiş olduğu ilgiden dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Tez izleme komitesinde bulunan hocalarımdan Prof. Dr. Fatma GÜLTEKİN ve Yrd. Doç. Dr. Osman ÜÇÜNCÜ' ye katkılarından ötürü teşekkür ederim.

Yapıcı eleştirilerinden faydalandığım Prof. Dr. Basri ERTAŞ'a ve Doç. Dr. Servet KARASU'ya teşekkür ederim.

Ayrıca aileme katkılarından ve yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Metin SARIGÖL  
Trabzon 2018

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “TAŞKIN ÖTELENMESİNDE KULLANILAN BAZI HİDROLOJİK VE HİDROLİK YÖNTEMLERİNİN PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI” başlıklı bu çalışmayı, baştan sona kadar danışmanım Prof.Dr. Ömer YÜKSEK’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

05/02/2018

Metin SARIGÖL

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa No</u></b>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	IX
SUMMARY.....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XIX
SEMBOLLER DİZİNİ .....	XXII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.1.1. Tez Konusunun Tanıtımı.....	1
1.1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı .....	2
1.1.3. Tezin Genel Yapısı.....	3
1.2. Kararsız Akımlar İçin Temel Denklemler.....	4
1.2.1. Serbest Yüzeyle Kararsız Akım.....	4
1.2.1.1. Temel Denklemler.....	4
1.2.1.2. Süreklilik Denklemi .....	4
1.2.1.3. Hareket Denklemi.....	7
1.3. Taşkın Ötelenmesi.....	11
1.3.1. Genel .....	11
1.3.2. Akarsularda Taşkın Ötelenmesi .....	14
1.3.2.1. Hidrolojik Yöntemler.....	14
1.3.2.1.1. Muskingum Yöntemi.....	16
1.3.2.1.2. SCS Yöntemi.....	20
1.3.2.2. Hidrolik Yöntemler.....	22
1.3.2.2.1. Kinematik Dalga Yöntemi.....	23
1.3.2.2.2. Muskingum-Cunge Yöntemi .....	28
1.3.2.2.3. Dinamik Yöntem.....	30

1.4.	Literatür Özeti .....	35
1.5.	Literatür İrdelemesi .....	45
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	46
2.1.	Çalışma Bölgelerinin Tanıtılması.....	46
2.2.	Çalışmada Kullanılan Veriler .....	54
2.3.	Hata Analiz Yöntemleri.....	55
2.3.1.	Hataların Ortalama Karekökü (HOK) .....	55
2.3.2.	Ortalama Mutlak Hata (OMH) .....	55
2.3.3.	Belirlilik Katsayısı ( $R^2$ ) .....	56
2.4.	Verilerin Analiz Yöntemleri.....	56
3.	BULGULAR .....	58
3.1.	Adana Karaisalı Taşkın Ötelenme Sonuçları .....	58
3.1.1.	Muskingum Yöntemi.....	58
3.1.2.	SCS Yöntemi.....	58
3.1.3.	Kinematik Yöntemi .....	59
3.1.4.	Muskingum-Cunge Yöntemi.....	59
3.1.5.	Dinamik Yöntem .....	60
3.1.6.	Adana Karaisalı Öteleme Yöntemleri Hata Sonuçları .....	61
3.2.	Ankara Kızılcahamam Taşkın Ötelenme Bulguları .....	61
3.2.1.	Muskingum Yöntemi .....	61
3.2.2.	SCS Yöntemi.....	61
3.2.3.	Kinematik Yöntem .....	62
3.2.4.	Muskingum-Cunge Yöntemi.....	62
3.2.5.	Dinamik Yöntem .....	62
3.2.6.	Ankara Kızılcahamam Öteleme Yöntemleri Hata Sonuçları .....	62
3.3.	Antalya Manavgat Taşkın Ötelenme Bulguları.....	62
3.3.1.	Muskingum Yöntemi.....	63
3.3.2.	SCS Yöntemi.....	63
3.3.3.	Kinematik Yöntem .....	63
3.3.4.	Muskingum-Cunge Yöntemi.....	63
3.3.5.	Dinamik Yöntem .....	63
3.3.6.	Antalya Manavgat Öteleme Yöntemleri Hata Sonuçları .....	64
3.4.	Bursa Harmancık Taşkın Ötelenme Bulguları .....	64

3.4.1.	Muskingum Yöntemi.....	64
3.4.2.	SCS Yöntemi.....	64
3.4.3.	Kinematik Yöntem .....	65
3.4.4.	Muskingum-Cunge Yöntemi.....	65
3.4.5.	Dinamik Yöntem .....	65
3.4.6.	Bursa Harmancık Ötelenme Yöntemleri Hata Sonuçları .....	65
3.5.	İçel Silifke Taşkın Ötelenme Bulguları .....	65
3.5.1.	Muskingum Yöntemi.....	66
3.5.2.	SCS Yöntemi.....	66
3.5.3.	Kinematik Yöntem .....	66
3.5.4.	Muskingum-Cunge Yöntemi.....	66
3.5.5.	Dinamik Yöntem .....	67
3.5.6.	İçel Silifke Öteleme Yöntemleri Hata Sonuçları .....	66
3.6.	Karabük Safranbolu Taşkın Ötelenme Bulguları .....	67
3.6.1.	Muskingum Yöntemi.....	67
3.6.2.	SCS Yöntemi.....	68
3.6.3.	Kinematik Yöntem .....	68
3.6.4.	Muskingum-Cunge Yöntemi.....	68
3.6.5.	Dinamik Yöntem .....	68
3.6.6.	Karabük Safranbolu Ötelenme Yöntemleri Hata Sonuçları .....	68
3.7.	Kayseri Yahyalı Taşkın Ötelenme Bulguları .....	69
3.7.1.	Muskingum Yöntemi.....	69
3.7.2.	SCS Yöntemi.....	69
3.7.3.	Kinematik Yöntem .....	69
3.7.4.	Muskingum-Cunge Yöntemi.....	70
3.7.5.	Dinamik Yöntem .....	70
3.7.6.	Kayseri Yahyalı Ötelenme Yöntemleri Hata Sonuçları .....	70
3.8.	İsparta Sütçüler Taşkın Ötelenme Bulguları .....	70
3.8.1.	Muskingum Yöntemi.....	71
3.8.2.	SCS Yöntemi.....	71
3.8.3.	Kinematik Yöntem .....	71
3.8.4.	Muskingum-Cunge Yöntemi.....	71
3.8.5.	Dinamik Yöntem .....	71



3.8.6.	Isparta Sütçüler Ötelenme Yöntemleri Hata Sonuçları .....	72
3.9.	Tokat Niksar Taşkın Ötelenme Bulguları .....	72
3.9.1.	Muskingum Yöntemi.....	72
3.9.2.	SCS Yöntemi.....	72
3.9.3.	Kinematik Yöntem .....	73
3.9.4.	Muskingum-Cunge Yöntemi.....	73
3.9.5.	Dinamik Yöntem .....	73
3.9.6.	Tokat Niksar Ötelenme Yöntemleri Hata Sonuçları .....	73
4.	İRDELEME.....	74
4.1.	Muskingum Yöntemi ile Yapılan Taşkın Ötelenme Çalışma Sonuçları .....	75
4.2.	SCS Yöntemi ile Yapılan Taşkın Ötelenme Çalışma Sonuçları .....	75
4.3.	Kinematik Yöntemi ile Yapılan Taşkın Ötelenme Çalışma Sonuçları .....	78
4.4.	M.-Cunge Yöntemi ile Yapılan Taşkın Ötelenme Çalışma Sonuçları .....	79
4.5.	Dinamik Yöntemi ile Yapılan Taşkın Ötelenme Çalışma Sonuçları .....	82
4.6.	Genel İrdeleme .....	84
4.6.1.	Parametrelere Göre İrdeleme .....	84
4.6.1.1.	Pürüzlülüğe Göre Değişim .....	84
4.6.1.2.	Eğime Göre Değişim .....	85
4.6.1.3.	Mesafeye Göre Değişim.....	86
4.6.1.4.	Tüm Parametrelere Göre Değişim.....	86
4.6.2.	Yöntemlere Göre İrdeleme .....	87
4.6.2.1.	Muskingum Yöntemine Göre Değişim .....	87
4.6.2.2.	SCS Yöntemine Göre Değişim.....	88
4.6.2.3.	Kinematik Yönteme Göre Değişim.....	89
4.6.2.4.	Muskingum-Cunge Yöntemine Göre Değişim.....	91
4.6.2.5.	Dinamik Yönteme Göre Değişim.....	93
5.	SONUÇLAR .....	94
6.	ÖNERİLER .....	96
7.	KAYNAKLAR.....	97
8.	EKLER .....	103

ÖZGEÇMİŞ

Doktora Tezi

ÖZET

TAŞKIN ÖTELENMESİNDE KULLANILAN BAZI HİDROLOJİK VE HİDROLİK  
YÖNTEMLERİNİN PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Metin SARIGÖL

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. Ömer YÜKSEK  
2018, 102 Sayfa, 36 Ek Sayfa

Bu çalışmada, ülkemizdeki 8 ayrı havzada yer alan 18 adet akım gözlem istasyonunun (AGİ) saatlik debi verileri kullanılarak taşkın ötelenme çalışması yapılmıştır. İlk olarak taşkın tarihleri tespit edilerek her bir AGİ'dan saatlik hidrograf değerleri elde edilmiş, bu veriler kullanılarak, hidrolojik yöntemlerden Muskingum ve SCS, hidrolik yöntemlerden Kinematik, Muskingum-Cunge ve Dinamik yöntemler kullanılarak ötelenme hesapları yapılmış ve elde edilen sonuçlar ölçülmüş değerlerle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma yapılırken Ortalama Mutlak Hata (OMH), Hataların Ortalama Karekökü (HOK) ve Belirlilik Katsayısı ( $R^2$ ) değerleri hesaplanmış, yöntemlerin performansları irdelenerek hangi yöntemin daha iyi sonuç verdiği değerlendirilmiş; ayrıca bu performansların Manning sürtünme katsayısı ve akarsu taban eğimine göre değişimleri de incelenmiştir. Sonuçta Muskingum Yönteminin genelde en iyi sonuç verdiği, sürtünme katsayısı arttıkça OMH ve HOK değerlerinin önemli derecede değişmediği,  $R^2$  katsayısının azaldığı sonuç olarak yöntemlerin performanslarının azaldığı, eğime bağlı irdelemede ise eğim arttıkça OMH'nin ve HOK'un önemli ölçüde değişmediği,  $R^2$  değerinin ise azaldığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Taşkın Ötelenme, Ötelenme Yöntemleri, Yöntemlerin Performanslarının Karşılaştırılması

PhD. Thesis

SUMMARY

COMPARISON OF PERFORMANCE OF SOME HYDROLOGICAL AND  
HYDRAULIC METHODS USED IN FLOOD ROUTING

Metin SARIGÖL

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Civil Engineering Graduate Program  
Supervisor: Prof. Dr. Ömer YÜKSEK  
2018, 102 Pages, 36 Pages Appendix

In this study, flood routing has been carried out by using hourly discharge data of 18 discharge gauging stations (DGS) located in 8 basins in Turkey. Firstly, flood dates were determined and hourly hydrograph values were obtained from each DGS. Using these data, routing calculations were made by both hydrological methods, including Muskingum and SCS; and hydraulic methods, including Kinematics, Muskingum-Cunge and Dynamic methods and the results were compared with the measured values. During this comparison process, Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Square Error (RMSE) and Determinant Coefficient ( $R^2$ ) values were calculated, the performances of these methods were examined and it was evaluated with method was better. The variation of these performances depending on Manning friction coefficient and stream bottom slope was also studied. As a result, it was found that Muskingum Method generally gave the best results, as the friction coefficient increased MAE and RMSE values didn't change significantly and  $R^2$  values decreased and performance of the methods decreased. In the slope dependence analysis, no significant variation was detected in MAE and RMSE values and a decrease was found in  $R^2$  values with increasing slope.

**Key Words:** Flood Routing, Routing Methods, Comparison of the Performance of the Methods.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1.1.	Kontrol Hacmi Boy Kesit.....	5
Şekil 1.2.	Kontrol Hacmine Etki Eden Kuvvetler .....	7
Şekil 1.3.	Hidrografın akarsu boyunca ötelenmesi sırasında pik debinin azalması .....	12
Şekil 1.4.	Bir akarsu parçasına giren ve çıkan akımların hidrograflarından biriktirme hacminin hesabı .....	15
Şekil 1.5.	Kinematik Dalga Denkleminin Çözümü için Sonlu Farklar Gösterimi .....	26
Şekil 1.6.	Sonlu Fark ile $\Delta x$ - $\Delta t$ ayrıklaştırılması.....	29
Şekil 2.1.	Taşkın Ötelenme yapılan bölgelerdeki AGİ'ler .....	46
Şekil 2.2.	Adana Karaisalı 1 ve 2 Nolu AGİ haritadaki konumu .....	47
Şekil 2.3.	Adana Karaisalı 1 ve 2 nolu AGİ .....	48
Şekil 2.4.	Ankara Kızılcahamam 3 ve 4 Nolu haritadaki AGİ konumu .....	48
Şekil 2.5.	Ankara Kızılcahamam 3 ve 4 Nolu AGİ .....	48
Şekil 2.6.	Antalya Manavgat 5 ve 6 Nolu AGİ haritadaki konumu .....	49
Şekil 2.7.	Antalya Manavgat 5 ve 6 Nolu AGİ .....	49
Şekil 2.8.	Bursa Harmancık 7 ve 8 Nolu haritadaki AGİ konumu .....	49
Şekil 2.9.	Bursa Harmancık 7 ve 8 Nolu AGİ .....	50
Şekil 2.10.	İçel Silifke 9 ve 10 nolu AGİ haritadaki konumu .....	50
Şekil 2.11.	İçel Silifke 9 ve 10 nolu AGİ .....	50
Şekil 2.12.	Karabük Safranbolu 11 ve 12 nolu AGİ haritadaki konumu.....	51
Şekil 2.13.	Karabük Safranbolu 11 ve 12 nolu AGİ.....	51
Şekil 2.14.	Kayseri Yahyalı 13 ve 14 Nolu AGİ haritadaki konumu.....	51
Şekil 2.15.	Kayseri Yahyalı 13 ve 14 Nolu AGİ .....	52
Şekil 2.16.	Isparta Sütçüler 15 ve 16 Nolu AGİ haritadaki konumu.....	52
Şekil 2.17.	Isparta Sütçüler 15 ve 16 Nolu AGİ.....	52
Şekil 2.18.	Tokat Merkez 17 ve 18 Nolu AGİ haritadaki konumu .....	53
Şekil 2.19.	Tokat Merkez 17 ve 18 Nolu AGİ.....	53
Ek Şekil 1.	1 nolu AGİ Muskingum Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri	103
Ek Şekil 2.	1 nolu AGİ SCS Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri .....	103
Ek Şekil 3.	1 nolu AGİ Kinematik Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri .	103
Ek Şekil 4.	1 nolu AGİ M.Cunge Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri ...	103
Ek Şekil 5.	1 nolu AGİ Dinamik Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri ....	103

Ek Şekil 6.	3 nolu AGİ Muskingum Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri	104
Ek Şekil 7.	3 nolu AGİ SCS Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri .....	104
Ek Şekil 8.	3 nolu AGİ Kinematik Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri .	104
Ek Şekil 9.	3 nolu AGİ M.Cunge Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri ...	104
Ek Şekil 10.	3 nolu AGİ Dinamik Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri.....	104
Ek Şekil 11.	5 nolu AGİ Muskingum Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri	105
Ek Şekil 12.	5 nolu AGİ SCS Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri .....	105
Ek Şekil 13.	5 nolu AGİ Kinematik Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri .	105
Ek Şekil 14.	5 nolu AGİ M.Cunge Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri ...	105
Ek Şekil 15.	5 nolu AGİ Dinamik Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri ....	105
Ek Şekil 16.	7 nolu AGİ Muskingum Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri	106
Ek Şekil 17.	7 nolu AGİ SCS Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri .....	106
Ek Şekil 18.	7 nolu AGİ Kinematik Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri .	106
Ek Şekil 19.	7 nolu AGİ M.Cunge Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri ...	106
Ek Şekil 20.	7 nolu AGİ Dinamik Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri ....	106
Ek Şekil 21.	9 nolu AGİ Muskingum Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri	107
Ek Şekil 22.	9 nolu AGİ SCS Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri .....	107
Ek Şekil 23.	9 nolu AGİ Kinematik Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri .	107
Ek Şekil 24.	9 nolu AGİ M.Cunge Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri ...	107
Ek Şekil 25.	9 nolu AGİ Dinamik Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri ....	107
Ek Şekil 26.	11 nolu AGİ Muskingum Yönteme göre hesaplanan ve ölçülmüş değerleri	108
Ek Şekil 27.	11 nolu AGİ SCS Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri .....	108
Ek Şekil 28.	11 nolu AGİ Kinematik Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri	108
Ek Şekil 29.	11 nolu AGİ M.Cunge Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri .	108
Ek Şekil 30.	11 nolu AGİ Dinamik Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri ..	108
Ek Şekil 31.	13 nolu AGİ Muskingum Yönteme göre hesaplanan ve ölçülmüş değerler	109
Ek Şekil 32.	13 nolu AGİ SCS Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri .....	109
Ek Şekil 33.	13 nolu AGİ Kinematik Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri	109
Ek Şekil 34.	13 nolu AGİ M.Cunge Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri .	109
Ek Şekil 35.	13 nolu AGİ Dinamik Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri ..	109
Ek Şekil 36.	15 nolu AGİ Muskingum Yönteme göre hesaplanan ve ölçülmüş değerler	110
Ek Şekil 37.	15 nolu AGİ SCS Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri .....	110
Ek Şekil 38.	15 nolu AGİ Kinematik Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri	110

Ek Şekil 39. 15 nolu AGİ M.Cunge Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri .	110
Ek Şekil 40. 15 nolu AGİ Dinamik Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri ..	110
Ek Şekil 41. 17 nolu AGİ Muskingum Yönteme göre hesaplanan ve ölçülmüş değerleri	111
Ek Şekil 42. 17 nolu AGİ SCS Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri .....	111
Ek Şekil 43. 17 nolu AGİ Kinematik Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri	111
Ek Şekil 44. 17 nolu AGİ M.Cunge Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri .	111
Ek Şekil 45. 17 nolu AGİ Dinamik Yönteme göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri ..	111
Ek Şekil 46. n'e (pürüzlülük) bağlı HOK hataları .....	112
Ek Şekil 47. Küçük eğimli akarsularda n'e bağlı HOK hataları .....	112
Ek Şekil 48. Orta eğimli akarsularda n'e bağlı HOK hataları .....	112
Ek Şekil 49. Yüksek eğimli akarsularda n'e bağlı HOK hataları .....	112
Ek Şekil 50. Muskingum Yönteminin küçük eğimli akarsuda n'e bağlı HOK hataları...	112
Ek Şekil 51. SCS Yönteminin küçük eğimli akarsularda n'e bağlı HOK hataları.....	112
Ek Şekil 52. Kinematik Yöntemin küçük eğimli akarsularda n'e bağlı HOK hataları ....	113
Ek Şekil 53. M.Cunge Yönteminin küçük eğimli akarsularda n'e bağlı HOK hataları...	113
Ek Şekil 54. Dinamik Yöntemin küçük eğimli akarsularda n'e bağlı HOK hataları.....	113
Ek Şekil 55. Muskingum Yönteminin orta eğimli akarsularda n'e bağlı HOK hataları ..	113
Ek Şekil 56. SCS Yönteminin orta eğimli akarsularda n'e bağlı HOK hataları .....	113
Ek Şekil 57. Kinematik Yönteminin orta eğimli akarsularda n'e bağlı HOK hataları .....	113
Ek Şekil 58. M.Cunge Yönteminin orta eğimli akarsularda n'e bağlı HOK hataları .....	114
Ek Şekil 59. Dinamik Yönteminin orta eğimli akarsularda n'e bağlı HOK hataları .....	114
Ek Şekil 60. Muskingum Yönteminin yüksek eğimli akarsuda n'e bağlı HOK hataları ..	114
Ek Şekil 61. SCS Yönteminin yüksek eğimli akarsularda n'e bağlı HOK hataları .....	114
Ek Şekil 62. Kinematik Yönteminin yüksek eğimli akarsuda n'e bağlı HOK hataları ....	114
Ek Şekil 63. M.Cunge Yönteminin yüksek eğimli akarsularda n'e bağlı HOK hataları ..	114
Ek Şekil 64. Dinamik Yönteminin yüksek eğimli akarsularda n'e bağlı HOK hataları ...	115
Ek Şekil 65. Muskingum Yönteminin n'e bağlı HOK hata ve eğilimi .....	115
Ek Şekil 66. SCS Yönteminin n'e bağlı HOK hata ve eğilimi .....	115
Ek Şekil 67. Kinematik Yönteminin n'e bağlı HOK hata ve eğilimi .....	115
Ek Şekil 68. M.Cunge Yönteminin n'e bağlı HOK hata ve eğilimi .....	115
Ek Şekil 69. Dinamik Yönteminin n'e bağlı HOK hata ve eğilimi .....	115
Ek Şekil 70. S <sub>0</sub> 'a bağlı HOK hataları.....	116
Ek Şekil 71. Küçük n'li akarsularda S <sub>0</sub> 'a bağlı HOK hataları .....	116

Ek Şekil 72. Orta n’li akarsularda $S_0$ ’a bağlı HOK hataları.....	116
Ek Şekil 73. Yüksek n’li akarsularda $S_0$ ’a bağlı HOK hataları .....	116
Ek Şekil 74. Muskingum Yönteminin küçük n’li akarsularda $S_0$ ’a bağlı HOK hataları ..	116
Ek Şekil 75. SCS Yönteminin küçük n’li akarsularda $S_0$ ’a bağlı HOK hataları.....	116
Ek Şekil 76. Kinematik Yönteminin küçük n’li akarsularda $S_0$ ’a bağlı HOK hataları.....	117
Ek Şekil 77. M.Cunge Yönteminin küçük n’li akarsularda $S_0$ ’a bağlı HOK hataları.....	117
Ek Şekil 78. Dinamik Yönteminin küçük n’li akarsularda $S_0$ ’a bağlı HOK hataları.....	117
Ek Şekil 79. Muskingum Yönteminin orta n’li akarsularda $S_0$ ’a (eğim) bağlı HOK hataları.....	117
Ek Şekil 80. SCS Yönteminin orta n’li akarsularda $S_0$ ’a bağlı HOK hataları .....	117
Ek Şekil 81. Kinematik Yönteminin orta n’li akarsularda $S_0$ ’a bağlı HOK hataları .....	117
Ek Şekil 82. M.Cunge Yönteminin orta n’li akarsularda $S_0$ ’a bağlı HOK hataları .....	118
Ek Şekil 83. Dinamik Yönteminin orta n’li akarsularda $S_0$ ’a bağlı HOK hataları .....	118
Ek Şekil 84. Muskingum Yönteminin yüksek n’li akarsularda $S_0$ ’a bağlı HOK hataları ....	118
Ek Şekil 85. SCS Yönteminin yüksek n’li akarsularda $S_0$ ’a bağlı HOK hataları .....	118
Ek Şekil 86. Kinematik Yönteminin yüksek n’li akarsularda $S_0$ ’a bağlı HOK hataları ...	118
Ek Şekil 87. M.Cunge Yönteminin yüksek n’li akarsularda $S_0$ ’a bağlı HOK hataları .....	118
Ek Şekil 88. Dinamik Yönteminin yüksek n’li akarsularda $S_0$ ’a bağlı HOK hataları .....	119
Ek Şekil 89. Muskingum Yönteminin $S_0$ ’a bağlı HOK hata ve eğilimi .....	119
Ek Şekil 90. SCS Yönteminin $S_0$ ’a bağlı HOK hata ve eğilimi.....	119
Ek Şekil 91. Kinematik Yönteminin $S_0$ ’a bağlı HOK hata ve eğilimi.....	119
Ek Şekil 92. M.Cunge Yönteminin $S_0$ ’a bağlı HOK hata ve eğilimi.....	119
Ek Şekil 93. Dinamik Yönteminin $S_0$ ’a bağlı HOK hata ve eğilimi.....	119
Ek Şekil 94. n’e bağlı OMH hatalar.....	120
Ek Şekil 95. Küçük eğimli akarsularda n’e bağlı OMH hatalar .....	120
Ek Şekil 96. Orta eğimli akarsularda n’e bağlı OMH hatalar .....	120
Ek Şekil 97. Yüksek eğimli akarsularda n’e bağlı OMH hatalar.....	120
Ek Şekil 98. Muskingum Yönteminin küçük eğimli akarsularda n’e bağlı OMH hatalar...	120
Ek Şekil 99. SCS Yönteminin küçük eğimli akarsularda n’e bağlı OMH hatalar .....	120
Ek Şekil 100. Kinematik Yönteminin küçük eğimli akarsularda n’e bağlı OMH hatalar..	121
Ek Şekil 101. M.Cunge Yönteminin küçük eğimli akarsularda n’e bağlı OMH hatalar....	121
Ek Şekil 102. Dinamik Yönteminin küçük eğimli akarsularda n’e bağlı OMH hatalar.....	121
Ek Şekil 103. Muskingum Yönteminin orta eğimli akarsularda n’e bağlı OMH hatalar...	121

Ek Şekil 104.SCS Yönteminin orta eğimli akarsularda n'e bağlı OMH hatalar .....	121
Ek Şekil 105.Kinematik Yönteminin orta eğimli akarsularda n'e bağlı OMH hatalar .....	121
Ek Şekil 106.M.Cunge Yönteminin orta eğimli akarsularda n'e bağlı OMH hatalar .....	122
Ek Şekil 107.Dinamik Yönteminin orta eğimli akarsularda n'e bağlı OMH hatalar .....	122
Ek Şekil 108.Muskingum Yönteminin yüksek eğimli akarsuda n'e bağlı OMH hatalar ..	122
Ek Şekil 109.SCS Yönteminin yüksek eğimli akarsularda n'e bağlı OMH hatalar .....	122
Ek Şekil 110.Kinematik Yöntemin yüksek eğimli akarsularda n'e bağlı OMH hatalar ...	122
Ek Şekil 111.M.Cunge Yönteminin yüksek eğimli akarsularda n'e bağlı OMH hatalar ..	122
Ek Şekil 112.Dinamik Yönteminin yüksek eğimli akarsularda n'e bağlı OMH hatalar ...	123
Ek Şekil 113.Muskingum Yönteminin n'e bağlı OMH hata ve eğilimi .....	123
Ek Şekil 114.SCS Yönteminin n'e bağlı OMH hata ve eğilimi .....	123
Ek Şekil 115.Kinematik Yönteminin n'e bağlı OMH hata ve eğilimi .....	123
Ek Şekil 116.M.Cunge Yönteminin n'e bağlı OMH hata ve eğilimi .....	123
Ek Şekil 117.Dinamik Yönteminin n'e bağlı OMH hata ve eğilimi .....	123
Ek Şekil 118.S <sub>0</sub> 'a bağlı OMH hatalar.....	124
Ek Şekil 119.Küçük n'li akarsularda S <sub>0</sub> 'a bağlı OMH hatalar .....	124
Ek Şekil 120.Orta n'li akarsularda S <sub>0</sub> 'a bağlı OMH hatalar.....	124
Ek Şekil 121.Yüksek n'li akarsularda S <sub>0</sub> 'a bağlı OMH hatalar .....	124
Ek Şekil 122.Muskingum Yönteminin küçük n'li akarsularda S <sub>0</sub> 'a bağlı OMH hatalar ..	124
Ek Şekil 123.SCS Yönteminin küçük n'li akarsularda S <sub>0</sub> 'a bağlı OMH hatalar.....	124
Ek Şekil 124.Kinematik Yönteminin küçük n'li akarsularda S <sub>0</sub> 'a bağlı OMH hatalar.....	125
Ek Şekil 125.M.Cunge Yönteminin küçük n'li akarsularda S <sub>0</sub> 'a bağlı OMH hatalar.....	125
Ek Şekil 126.Dinamik Yönteminin küçük n'li akarsularda S <sub>0</sub> 'a bağlı OMH hatalar .....	125
Ek Şekil 127.Muskingum Yönteminin orta n'li akarsularda S <sub>0</sub> 'a bağlı OMH hatalar .....	125
Ek Şekil 128.SCS Yönteminin orta n'li akarsularda S <sub>0</sub> 'a bağlı OMH hatalar .....	125
Ek Şekil 129.Kinematik Yönteminin orta n'li akarsularda S <sub>0</sub> 'a bağlı OMH hatalar .....	125
Ek Şekil 130.M.Cunge Yönteminin orta n'li akarsularda S <sub>0</sub> 'a bağlı OMH hatalar .....	126
Ek Şekil 131.Dinamik Yönteminin orta n'li akarsularda S <sub>0</sub> 'a bağlı OMH hatalar .....	126
Ek Şekil 132.Muskingum Yönteminin yüksek n'li akarsularda S <sub>0</sub> 'a bağlı OMH hatalar ....	126
Ek Şekil 133.SCS Yönteminin yüksek n'li akarsularda S <sub>0</sub> 'a bağlı OMH hatalar .....	126
Ek Şekil 134.Muskingum Yönteminin yüksek n'li akarsularda S <sub>0</sub> 'a bağlı OMH hatalar ....	126
Ek Şekil 135.M.Cunge Yönteminin yüksek n'li akarsularda S <sub>0</sub> 'a bağlı OMH hatalar .....	126
Ek Şekil 136.Dinamik Yönteminin yüksek n'li akarsularda S <sub>0</sub> 'a bağlı OMH hatalar .....	127



Ek Şekil 137. Muskingum Yönteminin $S_0$ 'a bağlı OMH hata ve eğilimi .....	127
Ek Şekil 138. SCS Yönteminin $S_0$ 'a bağlı OMH hata ve eğilimi.....	127
Ek Şekil 139. Kinematik Yönteminin $S_0$ 'a bağlı OMH hata ve eğilimi.....	127
Ek Şekil 140. M.Cunge Yönteminin $S_0$ 'a bağlı OMH hata ve eğilimi.....	127
Ek Şekil 141. Dinamik Yönteminin $S_0$ 'a bağlı OMH hata ve eğilimi.....	127
Ek Şekil 142. $n$ 'e bağlı $R^2$ değeri .....	128
Ek Şekil 143. Küçük eğimli akarsularda $n$ 'e bağlı $R^2$ değeri .....	128
Ek Şekil 144. Orta eğimli akarsularda $n$ 'e bağlı $R^2$ değeri.....	128
Ek Şekil 145. Yüksek eğimli akarsularda $n$ 'e bağlı $R^2$ değeri.....	128
Ek Şekil 146. Muskingum Yönteminin küçük eğimli akarsularda $n$ 'e bağlı $R^2$ değeri.....	128
Ek Şekil 147. SCS Yönteminin küçük eğimli akarsularda $n$ 'e bağlı $R^2$ değeri.....	128
Ek Şekil 148. Kinematik Yönteminin küçük eğimli akarsularda $n$ 'e bağlı $R^2$ değeri.....	129
Ek Şekil 149. M.Cunge Yönteminin küçük eğimli akarsularda $n$ 'e bağlı $R^2$ değeri.....	129
Ek Şekil 150. Dinamik Yönteminin küçük eğimli akarsularda $n$ 'e bağlı $R^2$ değeri.....	129
Ek Şekil 151. Muskingum Yönteminin orta eğimli akarsularda $n$ 'e bağlı $R^2$ değeri .....	129
Ek Şekil 152. SCS Yönteminin orta eğimli akarsularda $n$ 'e bağlı $R^2$ değeri .....	129
Ek Şekil 153. Kinematik Yönteminin orta eğimli akarsularda $n$ 'e $R^2$ değeri.....	129
Ek Şekil 154. M.Cunge Yönteminin orta eğimli akarsularda $n$ 'e bağlı $R^2$ değeri.....	130
Ek Şekil 155. Dinamik Yönteminin orta eğimli akarsularda $n$ 'e bağlı $R^2$ değeri .....	130
Ek Şekil 156. Muskingum Yönteminin yüksek eğimli akarsularda $n$ 'e $R^2$ değeri .....	130
Ek Şekil 157. SCS Yönteminin yüksek eğimli akarsularda $n$ 'e bağlı $R^2$ değeri .....	130
Ek Şekil 158. Kinematik Yönteminin yüksek eğimli akarsularda $n$ 'e bağlı $R^2$ değeri .....	130
Ek Şekil 159. M.Cunge Yönteminin yüksek eğimli akarsularda $n$ 'e bağlı $R^2$ değeri .....	130
Ek Şekil 160. Dinamik Yönteminin yüksek eğimli akarsularda $n$ 'e bağlı $R^2$ değeri .....	131
Ek Şekil 161. Muskingum Yönteminin $n$ 'e bağlı $R^2$ değeri ve eğilimi.....	131
Ek Şekil 162. SCS Yönteminin $n$ 'e bağlı $R^2$ değeri ve eğilimi .....	131
Ek Şekil 163. Kinematik Yönteminin $n$ 'e bağlı $R^2$ değeri ve eğilimi .....	131
Ek Şekil 164. M.Cunge Yönteminin $n$ 'e bağlı $R^2$ değeri ve eğilimi .....	131
Ek Şekil 165. Dinamik Yönteminin $n$ 'e bağlı $R^2$ değeri ve eğilimi .....	131
Ek Şekil 166. $S_0$ 'a bağlı $R^2$ değeri .....	132
Ek Şekil 167. Küçük $n$ 'li akarsularda $S_0$ 'a bağlı $R^2$ değeri .....	132
Ek Şekil 168. Orta $n$ 'li akarsularda $S_0$ 'a bağlı $R^2$ değeri.....	132
Ek Şekil 169. Yüksek $n$ 'li akarsularda $S_0$ 'a bağlı $R^2$ değeri.....	132

Ek Şekil 170. Muskingum Yönteminin küçük n'li akarsularda $S_o$ 'a bağlı $R^2$ değeri.....	132
Ek Şekil 171. SCS Yönteminin küçük n'li akarsularda $S_o$ 'a bağlı $R^2$ değeri .....	132
Ek Şekil 172. Kinematik Yönteminin küçük n'li akarsularda $S_o$ 'a bağlı $R^2$ değeri .....	133
Ek Şekil 173. M.Cunge Yönteminin küçük n'li akarsularda $S_o$ 'a bağlı $R^2$ değeri .....	133
Ek Şekil 174. Dinamik Yönteminin küçük n'li akarsularda $S_o$ 'a bağlı $R^2$ değeri .....	133
Ek Şekil 175. Muskingum Yönteminin orta n'li akarsularda $S_o$ 'a bağlı $R^2$ değeri .....	133
Ek Şekil 176. SCS Yönteminin orta n'li akarsularda $S_o$ 'a bağlı $R^2$ değeri .....	133
Ek Şekil 177. Kinematik Yönteminin orta n'li akarsularda $S_o$ 'a bağlı $R^2$ değeri.....	133
Ek Şekil 178. M.Cunge Yönteminin orta n'li akarsularda $S_o$ 'a bağlı $R^2$ değeri.....	134
Ek Şekil 179. Dinamik Yönteminin orta n'li akarsularda $S_o$ 'a bağlı $R^2$ değeri.....	134
Ek Şekil 180. Muskingum Yönteminin yüksek n'li akarsularda $S_o$ 'a bağlı $R^2$ değeri .....	134
Ek Şekil 181. SCS Yönteminin yüksek n'li akarsularda $S_o$ 'a bağlı $R^2$ değeri .....	134
Ek Şekil 182. Kinematik Yönteminin yüksek n'li akarsularda $S_o$ 'a bağlı $R^2$ değeri.....	134
Ek Şekil 183. M.Cunge Yönteminin yüksek n'li akarsularda $S_o$ 'a bağlı $R^2$ değeri .....	134
Ek Şekil 184. Dinamik Yönteminin yüksek n'li akarsularda $S_o$ 'a bağlı $R^2$ değeri .....	135
Ek Şekil 185. Muskingum Yönteminin $S_o$ 'a bağlı $R^2$ değeri ve eğilimi .....	135
Ek Şekil 186. SCS Yönteminin $S_o$ 'a bağlı $R^2$ değeri ve eğilimi.....	135
Ek Şekil 187. Kinematik Yönteminin $S_o$ 'a bağlı $R^2$ değeri ve eğilimi.....	135
Ek Şekil 188. M.Cunge Yönteminin $S_o$ 'a bağlı $R^2$ değeri ve eğilimi.....	135
Ek Şekil 189. Dinamik Yönteminin $S_o$ 'a bağlı $R^2$ değeri ve eğilimi.....	135
Ek Şekil 190. $\Delta x$ 'e bağlı HOK hata değeri.....	136
Ek Şekil 191. Muskingum Yönteminin $\Delta x$ 'e bağlı HOK hata değeri ve eğilimi .....	136
Ek Şekil 192. SCS Yönteminin $\Delta x$ 'e bağlı HOK hata değeri ve eğilimi .....	136
Ek Şekil 193. Kinematik Yönteminin $\Delta x$ 'e bağlı HOK hata değeri ve eğilimi.....	136
Ek Şekil 194. M.Cunge Yönteminin $\Delta x$ 'e bağlı HOK hata değeri ve eğilimi .....	136
Ek Şekil 195. Dinamik Yönteminin $\Delta x$ 'e bağlı HOK hata değeri ve eğilimi .....	136
Ek Şekil 196. $\Delta x$ 'e bağlı OMH hata değeri .....	137
Ek Şekil 197. Muskingum Yönteminin $\Delta x$ 'e bağlı OMH hata değeri ve eğilimi.....	137
Ek Şekil 198. SCS Yönteminin $\Delta x$ 'e bağlı OMH hata değeri ve eğilimi.....	137
Ek Şekil 199. Kinematik Yönteminin $\Delta x$ 'e bağlı OMH hata değeri ve eğilimi.....	137
Ek Şekil 200. M.Cunge Yönteminin $\Delta x$ 'e bağlı OMH hata değeri ve eğilimi.....	137
Ek Şekil 201. Dinamik Yönteminin $\Delta x$ 'e bağlı OMH hata değeri ve eğilimi.....	137
Ek Şekil 202. $\Delta x$ 'e bağlı $R^2$ değeri .....	138

Ek Şekil 203. Muskingum Yönteminin $\Delta x$ 'e bağlı $R^2$ değeri ve eğilimi .....	138
Ek Şekil 204. SCS Yönteminin $\Delta x$ 'e bağlı $R^2$ değeri ve eğilimi.....	138
Ek Şekil 205. Kinematik Yönteminin $\Delta x$ 'e bağlı $R^2$ değeri ve eğilimi.....	138
Ek Şekil 206. M.Cunge Yönteminin $\Delta x$ 'e bağlı $R^2$ değeri ve eğilimi.....	138
Ek Şekil 207. Dinamik Yönteminin $\Delta x$ 'e bağlı $R^2$ değeri ve eğilimi.....	138



## TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Akım Gözlem İstasyonları ve Özellikleri.....	47
Tablo 2.2. Akım Gözlem İstasyonlarının mesafe, pürüzlülük ve eğimi .....	54
Tablo 3.1. Adana Karaisalı Taşkın Ötelenme Yöntemleri Hata Sonuçları.....	61
Tablo 3.2. Ankara Kızılcahamam Muskingum Yöntemine ait Hesap Parametreleri .....	61
Tablo 3.3. Ankara Kızılcahamam SCS Yöntemine ait Hesap Parametreleri .....	61
Tablo 3.4. Ankara Kızılcahamam Kinematik Yöntemine ait Hesap Parametreleri.....	62
Tablo 3.5. Ankara Kızılcahamam Muskingum-Cunge Yöntemine ait Hesap Parametreleri .....	62
Tablo 3.6. Ankara Kızılcahamam Dinamik Yöntemine ait Hesap Parametreleri.....	62
Tablo 3.7. Ankara Kızılcahamam Taşkın Ötelenme Yöntemleri Hata Sonuçları .....	62
Tablo 3.8. Antalya Manavgat Muskingum Yöntemine ait Hesap Parametreleri.....	63
Tablo 3.9. Antalya Manavgat SCS Yöntemine ait Hesap Parametreleri.....	63
Tablo 3.10. Antalya Manavgat Kinematik Yöntemine ait Hesap Parametreleri .....	63
Tablo 3.11. Antalya Manavgat Muskingum-Cunge Yöntemine ait Hesap Parametreleri .	63
Tablo 3.12. Antalya Manavgat Dinamik Yöntemine ait Hesap Parametreleri .....	63
Tablo 3.13. Antalya Manavgat Taşkın Ötelenme Yöntemleri Hata Sonuçları.....	64
Tablo 3.14. Bursa Harmancık Muskingum Yöntemine ait Hesap Parametreleri .....	64
Tablo 3.15. Bursa Harmancık SCS Yöntemine ait Hesap Parametreleri .....	64
Tablo 3.16. Bursa Harmancık Kinematik Yöntemine ait Hesap Parametreleri.....	65
Tablo 3.17. Bursa Harmancık Muskingum-Cunge Yöntemine ait Hesap Parametreleri ..	65
Tablo 3.18. Bursa Harmancık Dinamik Yöntemine ait Hesap Parametreleri.....	65
Tablo 3.19. Bursa Harmancık Taşkın Ötelenme Yöntemleri Hata Sonuçları .....	65
Tablo 3.20. İçel Silifke Muskingum Yöntemine ait Hesap Parametreleri.....	66
Tablo 3.21. İçel Silifke SCS Yöntemine ait Hesap Parametreleri.....	66
Tablo 3.22. İçel Silifke Kinematik Yöntemine ait Hesap Parametreleri .....	66
Tablo 3.23. İçel Silifke Muskingum-Cunge Yöntemine ait Hesap Parametreleri.....	66
Tablo 3.24. İçel Silifke Dinamik Yöntemine ait Hesap Parametreleri .....	67
Tablo 3.25. İçel Silifke Taşkın Ötelenme Yöntemleri Sonuç Hata Sonuçları.....	67
Tablo 3.26. Karabük Safranbolu Muskingum Yöntemine ait Hesap Parametreleri .....	67
Tablo 3.27. Karabük Safranbolu SCS Yöntemine ait Hesap Parametreleri .....	68

Tablo 3.28.	Karabük Safranbolu Kinematik Yöntemine ait Hesap Parametreleri .....	68
Tablo 3.29.	Karabük Safranbolu Muskingum-Cunge Yöntemine ait Hesap Parametreler	68
Tablo 3.30.	Karabük Safranbolu Dinamik Yöntemine ait Hesap Parametreleri .....	68
Tablo 3.31.	Karabük Safranbolu Taşkın Ötelenme Yöntemleri Hata Sonuçları .....	69
Tablo 3.32.	Kayseri Yahyalı Muskingum Yöntemine ait Hesap Parametreleri .....	69
Tablo 3.33.	Kayseri Yahyalı SCS Yöntemine ait Hesap Parametreleri .....	69
Tablo 3.34.	Kayseri Yahyalı Kinematik Yöntemine ait Hesap Parametreleri.....	69
Tablo 3.35.	Kayseri Yahyalı Muskingum-Cunge Yöntemine ait Hesap Parametreleri ....	70
Tablo 3.36.	Kayseri Yahyalı Dinamik Yöntemine ait Hesap Parametreleri.....	70
Tablo 3.37.	Kayseri Yahyalı Taşkın Ötelenme Yöntemleri Hata Sonuçları .....	70
Tablo 3.38.	Isparta Sütçüler Muskingum Yöntemine ait Hesap Parametreleri .....	71
Tablo 3.39.	Isparta Sütçüler SCS Yöntemine ait Hesap Parametreleri .....	71
Tablo 3.40.	Isparta Sütçüler Kinematik Yöntemine ait Hesap Parametreleri.....	71
Tablo 3.41.	Isparta Sütçüler Muskingum-Cunge Yöntemine ait Hesap Parametreleri .....	71
Tablo 3.42.	Isparta Sütçüler Dinamik Yöntemine ait Hesap Parametreleri .....	71
Tablo 3.43.	Isparta Sütçüler Taşkın Ötelenme Yöntemleri Sonuç Hata Analizi.....	72
Tablo 3.44.	Tokat Merkez Muskingum Yöntemine ait Hesap Parametreleri.....	72
Tablo 3.45.	Tokat Merkez SCS Yöntemine ait Hesap Parametreleri .....	72
Tablo 3.46.	Tokat Merkez Kinematik Yöntemine ait Hesap Parametreleri .....	73
Tablo 3.47.	Tokat Merkez Muskingum-Cunge Yöntemine ait Hesap Parametreleri .....	73
Tablo 3.48.	Tokat Merkez Dinamik Yöntemine ait Hesap Parametreleri .....	73
Tablo 3.49.	Tokat Merkez Taşkın Ötelenme Yöntemleri Hata Sonuçları.....	73
Tablo 4.1.	Ötelenme Yöntemleri Genel Hata Analiz Tablosu.....	74
Tablo 4.2.	Çalışılan Bölgelerde Eğim ve Pürüzlülük Katsayılarının Gruplandırılması ..	74
Tablo 4.3.	Muskingum Yöntemine Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı OMH Analizi....	75
Tablo 4.4.	Muskingum Yöntemine Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı HOK Hata Analizi .....	75
Tablo 4.5.	Muskingum Yöntemine Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı R <sup>2</sup> Analizi.....	76
Tablo 4.6.	SCS Yöntemine Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı OMH Analizi.....	76
Tablo 4.7.	SCS Yöntemine Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı HOK Hata Analizi .....	77
Tablo 4.8.	SCS Yöntemine Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı R <sup>2</sup> Analizi .....	78
Tablo 4.9.	Kinematik Yönteme Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı OMH Analizi .....	78

Tablo 4.10.	Kinematik Yönteme Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı HOK Hata Analizi .	79
Tablo 4.11.	Kinematik Yöntemine Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı $R^2$ Analizi .....	79
Tablo 4.12.	Muskingum-Cunge Yönteme Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı OMH Analizi .....	80
Tablo 4.13.	Muskingum-Cunge Yönteme Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı HOK Hata Analizi .....	81
Tablo 4.14.	Muskingum-Cunge Yönteme Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı $R^2$ Analizi	81
Tablo 4.15.	Dinamik Yönteme Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı OMH Hata Analizi ...	82
Tablo 4.16.	Dinamik Yönteme Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı HOK Hata Analizi ....	83
Tablo 4.17.	Dinamik Yönteme Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı $R^2$ Analizi .....	83
Tablo 4.18.	$n$ Parametresi Genel Hata Analiz Tablosu .....	84
Tablo 4.19.	$S_0$ Parametresi Genel Hata Analiz Tablosu .....	85
Tablo 4.20.	$\Delta x$ Parametresi Genel Hata Analiz Tablosu .....	86
Tablo 4.21.	$n$ , $S_0$ ve $\Delta x$ Parametrelerine Bağlı Genel Hata Tablosu .....	86
Tablo 4.22.	Muskingum Yönteminin $n, S_0$ ve $\Delta x$ Parametrelere Göre Genel Hata Analiz Tablosu .....	87
Tablo 4.23.	SCS Yöntemin $n, S_0$ ve $\Delta x$ Parametrelere Göre Genel Hata Analiz Tablosu .	88
Tablo 4.24.	Kinematik Yönteminin $n, S_0$ ve $\Delta x$ Parametrelere Göre Genel Hata Analiz Tablosu .....	89
Tablo 4.25.	Muskingum-Cunge Yönteminin $n, S_0$ ve $\Delta x$ Parametrelere Göre Genel Hata Analiz Tablosu .....	91
Tablo 4.26.	Dinamik Yönteminin $n, S_0$ ve $\Delta x$ Parametrelere Göre Genel Hata Analiz Tablosu .....	93

## SEMBOLLER DİZİNİ

A	: Akarsu En Kesit Alanı ( $m^2$ )
AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
$A_i^j$	: Zaman ve Mesafeye Bağlı Akarsu Enkesit Alanı ( $m^2$ )
$B_0$	: Kanal Genişliği (m)
C	: SCS Yöntem Katsayısı
a	: Ağırlık Katsayısı (saat)
b	: Kanal Genişliği (m)
c	: Taşkın Dalga Hızı (m/sn)
$c_k$	: Kinematik Dalga Hızı (m/sn)
DSİ	: Devlet Su İşleri
h	: Akarsu Su Yüksekliği (m)
HOK	: Hataların Ortalama Karekökü
K	: Ağırlık Katsayısı
M.Cunge	: Muskingum-Cunge
n	: Manning Pürüzlülük Katsayısı
OMH	: Ortalama Mutlak Hata
P	: Islak Çevre (m)
$q_0$	: Birim Kanal Genişliğindeki Su Debisi ( $m^2/sn$ )
$Q_{giren}$	: İstasyona giren ölçülmüş debi ( $m^3/sn$ )
$Q_{çıkan}$	: İstasyondan çıkan ölçülmüş debi ( $m^3/sn$ )
$Q_{hesap}$	: Hesap sonucu bulunan debi ( $m^3/sn$ )
$A_i^j$	: Zaman ve Mesafeye Bağlı Akarsu Debisi ( $m^3/sn$ )
R	: Hidrolik Yarıçap
$R^2$	: Belirleme Katsayısı
S	: Depolama Hacmi ( $m^3$ )
SCS	: Soil Conservation Services
$S_f$	: Sürtünme Eğimi
$S_0$	: Akarsu Taban Eğimi
U	: Dalga Yayılma Hızı (m/sn)
V	: Akım Hızı (m/sn)
X	: Sayısal Sönümlenme

$x(t)$	: Giren Akım Hidrografi
$y(t)$	: Çıkan Akım Hidrografi
$\alpha, \beta$	: Kinematik, Dinamik Yöntem Katsayıları
$\mu$	: Difüzyon Katsayısı
$\Delta t$	: Zaman Aralığı (saat)
$\Delta x$	: Mesafe Aralığı (m)





## **1. GENEL BİLGİLER**

### **1.1. Giriş**

#### **1.1.1. Tez Konusunun Tanıtımı**

Taşkın, bir yağış sonucunda akışa geçen suyun akarsu yatağı dışına taşmasıdır. Bu akış yağmur veya kar erimesinden oluşabilir. Şidetli yağmur veya kar erimesinden meydana gelen akışlarda genellikle büyük debiler oluşur. Akarsu havzalarında debi akarsu yatak kapasitesini aşarak dışarı taşar. Yine bu tür durumlarda ova olan bölgelerde ise taşkın geniş alanlara yayılır ve zararlara sebep olur. Taşkın çalışmaları, suyun zararlarından korunmak için su kaynaklarının geliştirilmesi ve önlem alınması açısından büyük öneme sahiptir.

Taşkınlar, yerleşim yerleri ve tarım arazilerinin zarar görmesine, yol, köprü ve baraj gibi yapıların yıkılması sebep olabilir. Bu gibi zararların önlenmesi veya en aza indirilmesi için baraj, sel kapanı, sedde gibi yapılar yapılmakta, ayrıca akarsu yatağında da çeşitli düzenlemeler yapılarak gerekli önlemler alınabilmektedir. Bu tür çalışmalara yüksek meblağda paralar harcanması, olası afetlerin meydana getireceği zararlardan çok daha ekonomik olmakta ve bu ekonomik fayda ile çok kısa sürede geri kazanılmaktadır.

Bir taşkın dalgası akarsu yatağı veya biriktirme haznesinden geçerek mansaba doğru ilerlerken debisinde ve hızında değişime uğramaktadır. Bu değişim, taşkın dalgasının geçtiği bölgenin fiziksel ve topoğrafik özelliklerine (suyu geri tutma) bağlı olarak olarak değişmektedir.

Bu nedenle, taşkın dalgasının geçişi sırasında debi zamanla azalmakta ve zamana göre bir miktar geciktiği için bu hareket ‘ Taşkın Ötelenmesi’ olarak adlandırılır. Başka bir deyişle taşkın ötelenmesi, taşkın dalgasının bir kanal veya hazne boyunca herhangi bir noktadaki debi değerlerinin zamana bağlı olarak değişiminin hesaplanmasıdır (Atalay, 2008)

Taşkın kontrolü açısından taşkın ötelenme hesaplarının pek çok faydası olup, aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir;

- ❖ Akarsuyun belirli bir noktasındaki taşkın büyüklükleri bilindiği zaman, bu noktanın kilometrelerce uzağında yer alan mansabındaki bir yerde, taşkın debileri saatlerce hatta

bazen günlerce önce hesaplanabilmektedir. Böylece, can ve malın kurtarılması ve korunması için gerekli zaman kazanılabilir ve sonuçta taşkın zararlarının da en aza indirilmesi sağlanabilir.

- ❖ Taşkın ötelenme hesapları yardımı ile taşkın debilerinin akarsu boyunca su seviye değişimleri hesaplanabildiğinden, taşkın koruma yapılarından biri olan seddelerin boyutları emniyetle belirlenebilir.
- ❖ Baraj göllerinde ise taşkın ötelenmesi hesabı yapılması sayesinde, göle giren taşkın hidrografi bilindiği zaman, dolu savaktan çıkan taşkın debisi hesaplanabilir. Böylece batardo yüksekliği, dolu savak boyutları, baraj gölündeki en yüksek su seviyesi, baraj yüksekliği, baraj gölü altında kalacak toprak alanı ve su altında kalma süreleri gibi çok önemli parametreler tespit edilebilir (Demirpençe, 1994).

Sonuçta, ötelenme hesapları için kullanılacak olan taşkın hidrograflarının düzgün bir şekilde elde edilmesi, bununla beraber taşkınların meydana gelme sebebinin iyi anlaşılması ve taşkını en doğru bir şekilde temsil eden matematik modellerin kurulması gerekir. Bu modeller ile yapılan çalışmalar, taşkınların hareketinin incelenmesinde çok önemli bir yere sahip olup, taşkın tahmini ve bu arada gerekli önlemlerin alınmasında hayati önem arz etmektedir.

### **1.1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı**

Bu çalışmada varılması hedeflenen en önemli amaç, bir taşkın afeti esnasında taşkının meydana geldiği yerdeki taşkın hidrografi kullanılarak, bu noktanın kilometrelerce mansabındaki bir yerdeki taşkın hidrografının saatlerce hatta günlerce önce tahmin edilmesidir. Böylece, can ve malın kurtarılması ve korunması için gerekli zaman kazanılır ve bu şekilde taşkın zararları en aza indirilir.

Bu maksatla, Türkiye genelinde 8 havzada 9 farklı bölgede bulunan toplam 18 adet akım gözlem istasyonunun (AGİ) saatlik taşkın hidrografi değerleri kullanılmıştır. Bu istasyonlar seçilirken, ilk olarak taşkın meydana geldiği tarih ve mekan tespit edilmiş ve o bölgede bulunan AGİ tespit edilmiştir. Modelin kurulabilmesi için aynı akarsu üzerinde iki adet AGİ istasyonuna ihtiyaç olduğundan dolayı, daha önce planlanan bir çok yerdeki AGİ'ler tercih edilememiştir. AGİ'leri belirlendikten sonra, Devlet Su İşleri'nden (DSİ) taşkın olduğu zamanki saatlik hidrograflar ve seviye değerleri temin edilmiştir.

Elde edilen bu taşkın hidrografları, hidrolojik yöntemlerden olan Muskingum ve

SCS, hidrolik yöntemlerden Kinematik, Muskingum-Cunge ve Dinamik Yöntemlerine uygulanarak ötelenme hesapları yapılmıştır. Hesap sonucu bulunan değerler yine AGİ'lerden alınan gerçek değerlerle karşılaştırılarak hangi yöntemin en iyi sonuç verdiği tespit edilmeye çalışılmıştır.

Ayrıca, ötelenme yöntemlerinin farklı Manning sürtünme katsayısı ve eğimde verdiği sonuçlar analizlerle belirlenmiştir. Bu çalışma, Türkiye genelinde 8 farklı havzaya 5 farklı taşkın ötelenme yönteminin uygulanarak en iyi yöntemin bulunmaya çalışıldığı, ayrıca eğimin ve sürtünmenin ötelenme yöntemlerinin performansları üzerindeki etkilerinin araştırıldığı ülkemizdeki ilk çalışmadır.

### **1.1.3. Tezin Genel Yapısı**

Bu tez çalışması, altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümdeki genel bilgilerde, tezin konusu, amacı ve kapsamı hakkında kısa bilgi verilmiştir. Daha sonra, kararsız akımlarda kullanılan süreklilik denklemlerinin elde edilmesi anlatılmış, diferansiyel denklemler ve çözümü olan sonlu farklar metodu ile ilgili bilgiler verilmiştir. Ayrıca taşkın ötelenme yöntemlerinin çeşitleri ve denklemlerinin elde edilmesi ilgili bilgiler verilerek önemi ve kullanım alanları anlatılmıştır. Birinci bölümün son kısmında ise taşkın ötelenme ile ilgili olarak literatürde yapılmış olan çalışmalar özetlenmiştir. Bu bölümde ayrıca, hata analiz yöntemleri de açıklanmıştır.

İkinci bölüm olan yapılan çalışmalarda, taşkın ötelenmesi yapılan bölgeler ve çalışma alanları tanıtılmıştır. Tezde yer alan AGİ'lerin kot, koordinat, ortalama aylık akım verileri ile ilgili bilgiler verilmiş ve taşkın ötelenmesi yapılacak bölgeler tanıtılmıştır.

Üçüncü bölüm olan bulgularda, her bölgeye uygulanan beş farklı ötelenme yönteminin nasıl hesaplandığı, hesap ve gerçek değerleri gösteren sonuç grafikleri ve hata analiz sonuç tabloları sunulmuştur.

Dördüncü bölümde, yapılan çalışmalardan elde edilen bulgular irdelenmiş, taşkın ötelenme yöntemleri performanslarının taban pürüzlülüğüne ve eğimine göre değişimi belirlenmiş ve tablolar halinde sunulmuştur.

Beşinci bölümde, çalışmanın sonucunda elde edilen genel sonuçlar sunulmuştur.

Altıncı bölümde ise, gelecekte yapılabilecek olan çalışmaların daha güvenilir ve uygulanabilir olması için birtakım öneriler sunulmuştur.

## 1.2. Kararsız Akımlar İçin Temel Denklemler

### 1.2.1. Serbest Yüzeyle Kararsız Akım

Hidrostatik basınç dağılımının lineer kabul edildiği serbest yüzeyle akımlar, sıg su teorisini oluşturmakta ve düşey yöndeki ivmelerin ihmal edildiği problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Sıg su akımında basınç alanı sadece zaman ve mesafeye göre değişmekte, hız alanı ise bir, iki veya üç boyutlu olabilmektedir. Buna göre elde edilen serbest yüzeyle akım denklemleri akarsu, suni kanal ve havza akımları başta olmak üzere göl ve denizdeki akımların modellenmesinde de kullanılabilir. Sıg su teorisinin temeli, basıncın düşey doğrultuda hidrostatik olarak değiştiği prensibine dayanmaktadır.

Akımın hız, debi vb. karakteristikleri zamanla değişiyorsa bu akımlar kararsız akımlardır. Taşkın, nehir ağzındaki gelgit, hidroelektrik santrallerdeki kabarma, sulama kanallarındaki akım kararsız akım çeşitlerindedir (Gökoğlu, 2000).

Akarsu akımları daima zamanla değişmektedir yani kararsız durumdadırlar. Bu değişimin nedenleri tabiattaki olaylar, insan aktiviteleri ve birçok farklı olaylardır. Kararsız akımlar zamana göre değiştiğinden dolayı, kararlı akımlara göre analizleri çok daha karmaşıktır. Bu nedenle bağımsız değişkenin birden fazla fonksiyonu olan bağımlı değişkenler kısmi diferansiyel denklemler yardımı ile tanımlanırlar. Bu kısmi diferansiyel denklemlerin analitik çözümü olmamasına rağmen bu denklemlerin çözümü bazı basitleştirmeler yapılarak veya çeşitli sayısal yöntemlerle yapılabilmektedir (Chaudhry, 2008)

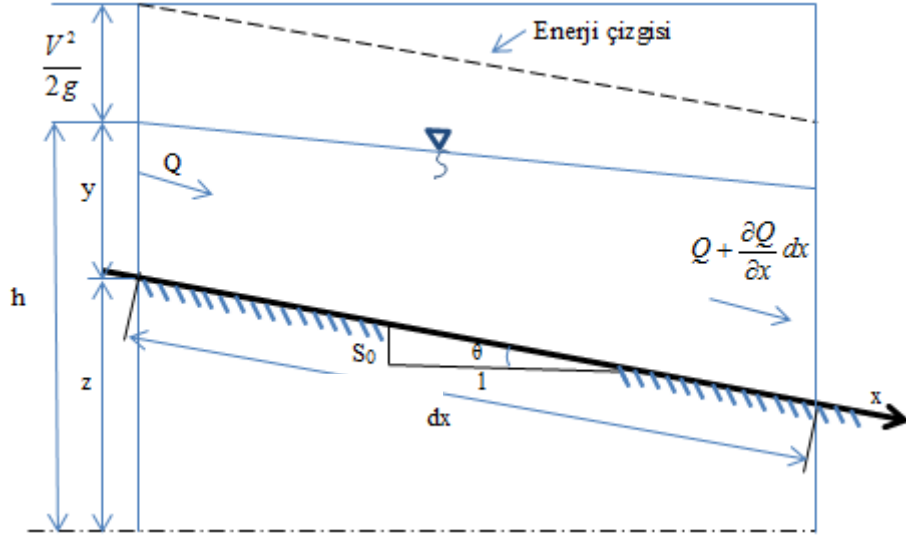
### 1.2.2. Temel Denklemler

Bir boyutlu kararsız açık kanal akımlarının modellenmesi için geliştirmiş Saint-Venant Denklemleri, kütle korunumu ilkesine dayanan süreklilik ve momentumun korunumu ilkesine dayanan hareket denklemlerinden oluşur.

#### 1.2.2.1. Süreklilik Denklemi

Süreklilik denkleminin elde edilebilmesi için Şekil 1.1'de x yönünde ilerleyen bir akımda dx uzunluğunda bir kontrol hacmi ele alınır. Birbirinden dx uzaklıkta bulunan iki

enkesitten dt zaman aralığında giren ve çıkan debilerin farkı, aynı zaman aralığında dx boyunca kanala giren debinin toplam hacminde meydana gelen değişime eşittir (Uzyönüm, 1996).



Şekil 1.1. Kontrol Hacmi Boy Kesit (Chow vd, 1988)

İlk olarak bir kontrol hacmi ele alınarak süreklilik denklemi yazılırsa;

$$0 = \frac{d}{dt} \iiint_{c.v} \rho d\forall + \iint_{c.s} \rho V \cdot dA \quad (1.1)$$

denklemi elde edilir.

Şekil 1.1'de süreklilik denklemi elde edilirken; dx, yatay mesafe olup mansap yönüne doğru pozitif kabul edilmiştir. Denklem (1.1) ve Şekil 1.1'de yer alan  $\rho$ : Akışkanın özgül ağırlığı, g: Yerçekimi ivmesi, y: Akım derinliği,  $S_0$ : Kanal taban eğimi A: Enkesit alanı,  $\forall$ : Hacim, V: Enkesitteki ortalama hızdır.

Kontrol hacmine giren akım, mabadan gelen akımın ve kanal boyunca farklı kollardan gelen yanal akımın toplamına eşittir. Burada q, birim uzunluktaki akım olarak ifade edilir. Giren yanal akım  $qdx$  olmak üzere kontrol hacmine giren akım kütlelerinin denklemi;

$$\iint_{inlet} \rho V \cdot dA = -\rho(Q + qdx) \quad (1.2)$$

şeklindedir.

Kontrol hacminden çıkan akım kütesinin denklemi ise;

$$\iint_{outlet} \rho V \cdot dA = \rho \left( Q + \frac{\partial Q}{\partial x} dx \right) \quad (1.3)$$

olarak elde edilir. Kontrol hacmi içindeki kütleinin değişim oranı;

$$\frac{d}{dt} \iiint_{c.v} \rho dV = \frac{\partial(\rho A dx)}{\partial t} \quad (1.4)$$

şeklinde olup su seviyesi değişmesine rağmen kontrol hacmi sabit tanımlandığından dolayı bu denklemde kısmi türev kullanılır.

(1.2), (1.3) ve (1.4) denklemleri kullanılarak kontrol hacminden çıkan akımın net kütle yazılırsa;

$$\frac{\partial(\rho A dx)}{\partial t} + \rho \left( Q + \frac{\partial Q}{\partial x} dx \right) - \rho (Q + q dx) = 0 \quad (1.5)$$

denklemi elde edilir. Yine  $\rho$  değeri sabit alınıp ve tüm denklemi  $\rho dx$ 'e bölünüp tekrar düzenlenirse;

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} - q = 0 \quad (1.6)$$

süreklilik denklemi elde edilir. Bu denklem kanal enkesitinde uygulanabilen süreklilik denkleminin korunmuş halidir. Burada yanal akımı  $q = 0$  alınırsa süreklilik denkleminin genel hali olan;

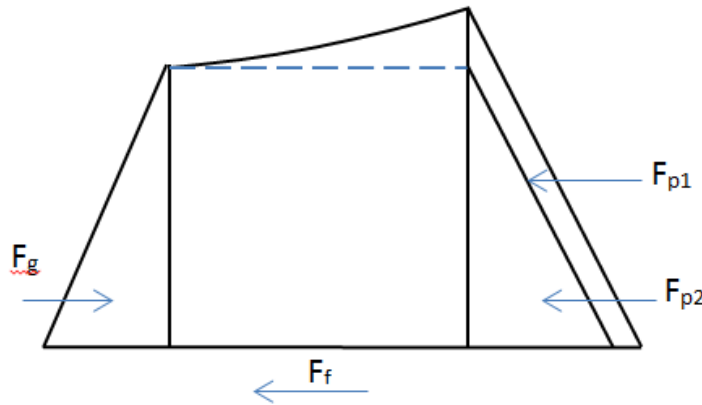
$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (1.7)$$

eşitliği elde edilir (Chow vd., 1988).

### 1.2.2.2. Hareket Denklemi

Bu denklem Newton'un ikinci hareket kanunu olan Momentumun Korunumu ilkesine dayanmaktadır.

Bu bir kontrol hacmi üzerine etkiyen dış kuvvetlerin toplamı + kontrol hacmine giren net momentum = Kontrol hacmindeki toplam momentumun zamanla değişimi olarak ifade edilir (Keskin, 1994).



Şekil.1.2 Kontrol Hacmine Etki Eden Kuvvetler (Atalay, 2008)

Momentum denkleminde ise Şekil 1.2 gösterilen kontrol hacmini ele alacak olursak kontrol hacmine 3 ana kuvvet etki etmektedir. Bunlar;

$$\sum F = F_g + F_f + F_p \quad (1.8)$$

$F_g$ : Kontrol hacmindeki suyun ağırlığına bağlı olarak yerçekimi kuvveti,  $F_f$ : Kontrol hacminin tabanı ve yanal yüzeyi boyunca sürtünme kuvveti,  $F_p$ : Dengelenmemiş basınç kuvvetidir.

Hareket denklemini oluşturabilmek amacıyla kontrol hacmine uygulanan kuvvetler;

1) Kontrol hacminin memba kısmına uygulanan basınç kuvveti;

$$F_{p1} = \gamma A y \quad (1.9)$$

şeklinde olup,  $y$ : akışkan yüzeyinden ağırlık merkezine olan yükseklik olarak tanımlanır.

2) Yüksek mertebeden terimler ihmal edildiğinde, kontrol hacminin mansap yüzeyine etki eden basınç kuvveti;

$$F_{p2} = F_{p1} + \frac{\partial F_{p1}}{\partial x} \Delta x = \gamma A y + \gamma A \left( \frac{\partial y}{\partial x} \right) \Delta x \quad (1.10)$$

olarak elde edilir.  $S_f$ , sürtünme eğimi ile ilgili kayma gerilmesi olup, direnç kuvveti:

$$F_f = \gamma A S_f \Delta x \quad (1.11)$$

şeklindedir.

Bu kuvvet akıntının tersi yönünde etki etmekte olup,  $S_f$  ise Manning veya Chezy formülleri yardımı ile hesaplanabilir.

$$\text{Kontrol hacim ağırlığı} = \gamma A \Delta x \quad (1.12)$$

Kontrol hacminde yer alan kanal taban eğimi çok küçük kabul edildiğinden  $\sin \theta = S_0$  alınabilir. Kontrol hacmindeki akışkanın ağırlığı olan  $F_g$ 'nin mansap yönündeki bileşeni ise;

$$F_w = \gamma A \Delta x S_0 \quad (1.13)$$

şeklinde hesap edilir. Kontrol hacmine etkiyen toplam net kuvveti  $F_r$  ise;

$$F_r = F_{p1} - F_{p2} - F_f + F_w \quad (1.14)$$

şeklinde hesaplanır. (1.14) denkleminde kontrol hacmine etki eden kuvvetleri yazıldığında;

$$F_r = \gamma A y - \gamma A y - \gamma A \left( \frac{\partial y}{\partial x} \right) \Delta x - \gamma A S_f \Delta x + \gamma A \Delta x S_0 \quad (1.15)$$

ve bu denkleminde  $\gamma A \Delta x$  ortak parantezine alınırsa



$$F_r = \gamma A \left[ - \left( \frac{\partial y}{\partial x} \right) - S_f + S_0 \right] \Delta x \quad (1.16)$$

şeklinde net kuvvet elde edilir.

Hareket denklemini elde ederken hareketin zamanla değişiminin, sisteme tesir eden dış kuvvetlere eşit olduğu göz önüne alınır (Çimen, 1995).

$$\frac{d}{dt}(mV) = \sum \vec{K} \quad (1.17)$$

Akışkanın momentum denkleminin genel ifadesi ve kontrol hacminde yer alan net momentum denklemi aşağıdaki gibidir.

$$M_{momentum} = \rho QV = \left( \frac{\gamma}{g} \right) AVV \quad (1.18)$$

$$M_{net} = M_{giren} - M_{cikan} \quad (1.19)$$

Akımın x yönündeki momentumu, akımın miktarı  $\rho Q$  ile x yönündeki hız bileşenin çarpımı ile bulunur. Kontrol hacmine giren akımın momentumunun denklemi yazıldığında;

$$M_{giren} = \left( \frac{\gamma}{g} \right) AV^2 \quad (1.20)$$

denklemi elde edilmiş ve  $\rho = \gamma/g$  olarak yazılmıştır.

Kontrol hacminden çıkan akımın momentum denklemi ise;

$$M_{cikan} = \left( \frac{\gamma}{g} \right) \left[ AV^2 + \frac{\partial(AV^2)}{\partial x} \Delta x \right] \quad (1.21)$$

olarak hesaplanır. (1.19) denkleminde kontrol hacmine giren ve çıkan momentum miktarları yazılırsa;

$$M_{net} = M_{giren} - M_{cikan} = \left( \frac{\gamma}{g} \right) AV^2 - \left( \frac{\gamma}{g} \right) \left[ AV^2 + \frac{\partial(AV^2)}{\partial x} \Delta x \right] \Delta x \quad (1.22)$$

$$M_{net} = M_{giren} - M_{çikan} = \left( \frac{\gamma}{g} \right) \left[ \frac{\partial(AV^2)}{\partial x} \right] \Delta x \quad (1.23)$$

elde edilir. (1.17) denkleminde yola çıkılarak hareketin zamanla değişiminin, sisteme etki eden dış kuvvetlere eşit olduğu dikkate alınarak momentumun zamanla değişimi yazılırsa;

$$\frac{\partial}{\partial t}(mV) = \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\gamma}{g} A \Delta x V \right) \quad (1.24)$$

şeklinde olur.

Kontrol hacmi üzerine etkiyen dış kuvvetlerin toplamı + kontrol hacmine giren net momentum, kontrol hacmindeki toplam momentumun zamanla değişimine eşittir. (1.16), (1.23) ve (1.24) denklemleri yukarıdaki ifadeye göre yazılırsa;

$$\frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\gamma}{g} A \Delta x V \right) = \gamma A \left[ - \left( \frac{\partial y}{\partial x} \right) - S_f + S_0 \right] \Delta x + \left( \frac{\gamma}{g} \right) \left[ \frac{\partial(AV^2)}{\partial x} \right] \Delta x \quad (1.25)$$

denklemini düzenlenip ve denklemin her iki tarafı da  $(\gamma/g) \Delta x$ 'e bölünmesiyle;

$$\frac{\partial(AV)}{\partial t} + \frac{\partial(AV^2)}{\partial x} + gA \left( \frac{\partial y}{\partial x} \right) = gA(S_0 - S_f) \quad (1.26)$$

denklemini elde edilir. Yine denklemin her iki tarafı A'ya bölüp, tekrar düzenlenirse (1.26) denklemini aşağıdaki gibi elde edilir:

$$g \frac{\partial y}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial t} + V \left( \frac{\partial V}{\partial x} \right) = g(S_0 - S_f) \quad (1.27)$$

Bu denklem momentumun korunumu prensibinden elde edilir ve Saint Venant Denklemlerinden "Hareket Denklemi" olarak adlandırılır (Gökoğlu, 2000).

Bu hareket denklemi aşağıdaki gibi yazıldığında;

$$S_f = S_0 - \frac{\partial y}{\partial x} - \left( \frac{V}{g} \right) \left( \frac{\partial V}{\partial x} \right) - \left( \frac{1}{g} \right) \left( \frac{\partial V}{\partial t} \right) \quad (1.28)$$

$$\text{Kararlı üniform akım } S_f = S_0 \quad (1.29)$$

$$\text{Kararlı üniform olmayan akım } S_f = S_0 - \frac{\partial y}{\partial x} - \left(\frac{V}{g}\right)\left(\frac{\partial V}{\partial x}\right) \quad (1.30)$$

$$\text{Kararsız üniform olmayan akım } S_f = S_0 - \frac{\partial y}{\partial x} - \left(\frac{V}{g}\right)\left(\frac{\partial V}{\partial x}\right) - \left(\frac{1}{g}\right)\left(\frac{\partial V}{\partial t}\right) \quad (1.31)$$

olarak elde edilirler. Yukardaki denklemlerdeki her bir terim akımın tipi hakkında bilgi verir (Gökoğlu, 2000).

### 1.3. Taşkın Ötelenmesi

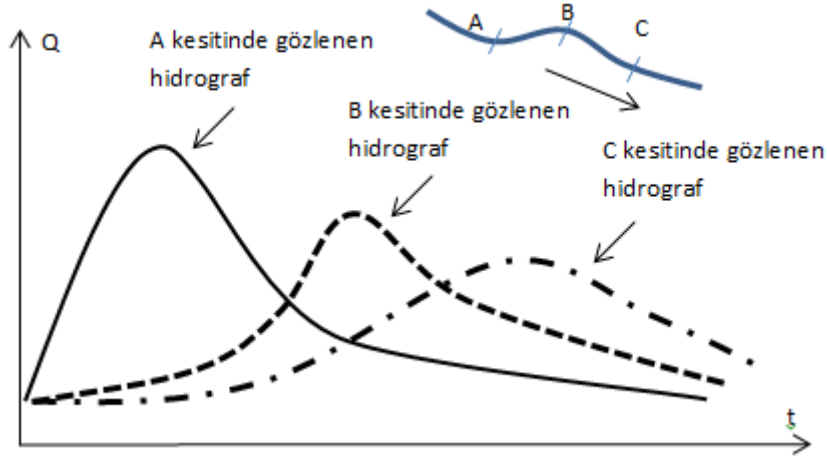
#### 1.3.1. Genel

Akım kanalındaki debinin bir noktadaki zamanla değişimi, memba tarafındaki bir noktadan gelen benzer veriler dikkate alınarak belirlenebilir. Taşkın ötelenmesi adı verilen bu süreçte, iki nokta arasındaki depolamaya bağlı olarak taşkın dalgası değişime uğrar (Keskin ve Ağırlioğlu, 1997).

Herhangi bir taşkın dalgası, kapalı mecra, akarsu yatağı, veya biriktirme haznesinden geçip mansaba doğru ilerlerken akarsudaki biriktirmelerin etkisiyle değişime uğramaktadır. Taşkın dalgasının geçtiği bölgenin suyu geri tutma (depolama) gibi çeşitli özelliklerinden dolayı debideki değişim az ya da çok olmaktadır. Bu değişim hidrografın maksimum debisinin azalması ve taban genişliğinin artması şeklindedir (Bayazıt, 1995).

Akarsuyun belirli bir bölgesine giren taşkın dalgası, seviyenin yükselmesine neden olurken; suyun bir kısmı bu şekilde tutulur ve arta kalan kısmı ise çıkış kesitinden mansap yönüne gider. Sonuçta giren ve çıkan taşkın hidrographları karşılaştırılıp analizi yapıldığında, giren taşkın dalgasının azalarak şeklinin yayılmış bir şekilde çıkış kesitinden geçtiği görülür. İşte taşkın dalgasının hareketi boyunca zamana göre bir miktar ötelendiği için bu hareket “Taşkın Ötelenmesi” olarak adlandırılır (Bayazıt ve Önöz, 2008).

Taşkın ötelenmesi hesapları yapılırken akım gözlem istasyonlarından alınan verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Ölçümün yapılmadığı havzalardaki parametreler ise diğer ölçüm olan yakın havzalardaki değerlerden faydalanılarak tahmin edilebilir.



Şekil 1.3. Hidrografın akarsu boyunca ötelenmesi sırasında pik debinin azalması (Bayazıt ve Önöz, 2008)

Şekil 1.3'te görüldüğü gibi akarsuyun A kesitinde gözlenen hidrograf, akım yönündeki aşağı bölümlerde bulunan B ve C kesitlerindeki gözlenen hidrograflarla karşılaştırılıp analizi yapıldığında, hidrografın pik debisinin akım yönünde ilerledikçe azaldığı, ancak taban genişliğinin büyüdüğü görülmektedir. Akarsu yatağındaki biriktirmelerin etkisiyle bu tür bir durum ortaya çıkmaktadır. Debinin artması ve su seviyesinin yükselmesi sonucu akarsu yatağında biriken su miktarı zaman ilerledikçe arttığı, debinin azalmasıyla birlikte ise bu miktarın yavaş yavaş azaldığı görülür. Bu olayın takip edilmesi hidrografın akarsu boyunca ötelenmesi işleminin bir parçasıdır (Bayazıt ve Önöz, 2008).

Böyle bir problemin çözümü, açık kanallarda kararsız akım şartları uygulanarak yapılır. Herhangi bir taşkın dalgasının hareketi boyunca;

1. Taşkın dalgasının hızı (taşkın dalgasının seleritesi),
  2. Taşkın dalgasının sönümlenmesi veya alçalmanın hızı
- olmak üzere iki önemli parametre vardır.

Taşkın dalgasının sönümlenmesine neden olan sebepler ise depolamanın etkisi ve etki eden kuvvetlerin dengesidir.

Bir taşkın dalgasının göl ya da rezervuardan geçerken azalması, depolamaya bağlı sönümlenmenin en güzel örneğidir. Prizmatik bir kanal gibi depolama etkilerinin olmadığı bir durumda, sürtünme, yerçekimi, basınç ve atalet kuvvetlerinin etkileriyle taşkın dalgası sönümlenir. Doğal nehirlerde meydana gelen taşkında, hem depolama hem de sürtünme ve yerçekimi gibi kuvvetlerin etkisi altında taşkın dalgası sönümlenir.

Meydana geldiği yere göre taşkın ötelenmesi üç ana gruba ayrılmakta olup bunlar;

- Akarsularda,
  - Barajlarda (rezervuar, hazne ötelenmesi)
  - Kanalizasyon şebekelerinde
- şeklindedir.

Akarsulardaki üniform olmayan zamanla değişen akımların analizinde ise genelde iki tip yöntem kullanılır.

1. Hidrolojik Yöntemler: Sadece süreklilik denklemi kullanılır ve yapılan bazı kabullere göre belli kesitlerdeki akımın zamanla değişimi hesaplanır.
2. Hidrolik Yöntemler: Akımın süreklilik ve hareket (momentum) denklemlerini bir arada kullanmak suretiyle akarsu boyunca istenilen her noktada akımın zamanla değişimi hesaplanır (Bayazıt ve Önöz, 2008).

Hidrolojik yöntemler genelde basittir, fakat bir nehir boyunca meydana gelen taşkınla ters akımların ve kabarmaların olmasından dolayı genelde iyi sonuçlar vermezler. Hidrolik yöntemlerin ise hidrolojik yöntemlere göre kurulması ve çözümü daha karışıktır. Açık kanallarda kararsız akımlar için hidrolik ötelenme yönteminin oluşturulması süreklilik denklemi ile momentum denkleminin çözümüne dayanır. Bu yöntemde taşkın dalgasının hareketini temsil eden diferansiyel denklemlerin çözümünün yapılmasında açık ya da kapalı sayısal metotların bilgisayarda çözümü sayesinde yapılmaktadır. Bu denklemler 1871 yılında St. Venant tarafından bulunan analitik çözümleri olmayan kısmi diferansiyel denklemlerdir. Bu denklemlerin çözümü güç olduğundan dolayı sayısal yöntemlerden yararlanılarak çözümü yapılır (Ülke, 2001).

Hidrolojik yöntemlerle yapılan ötelenme işlemleri sonucunda bulunan pik debiler, hidrolik yöntemler ile bulunan pik debilerden daima büyüktür (Haktanır ve Özmen, 1997).

Taşkın ötelenme yöntemleri kütlelerin korunumu ve çevre ile ilgili özelliklere bağlı olduğundan dolayı fiziksel bir yapısı vardır. Bu yöntemler sürtünme katsayısı, hız, kanal uzunluğu gibi parametrelere bağlı olan Saint Venant denklemleri ile alakalıdır (Kundzewicz, 2002).

### 1.3.2. Akarsularda Taşkın Ötelenmesi

#### 1.3.2.1. Hidrolojik Yöntemler

Hidrolojik taşkın ötelenmesinin geniş bir kullanım alanı vardır ve mühendislik uygulamalarında da sık sık kullanılır. Esas amaç hidrolik yapıların tasarımı ve taşkın önlemlerinin alınmasında taşkın ötelenmesi yaparak taşkın hızının ve büyüklüğünün belirlenmesidir (Tewolde, 2005).

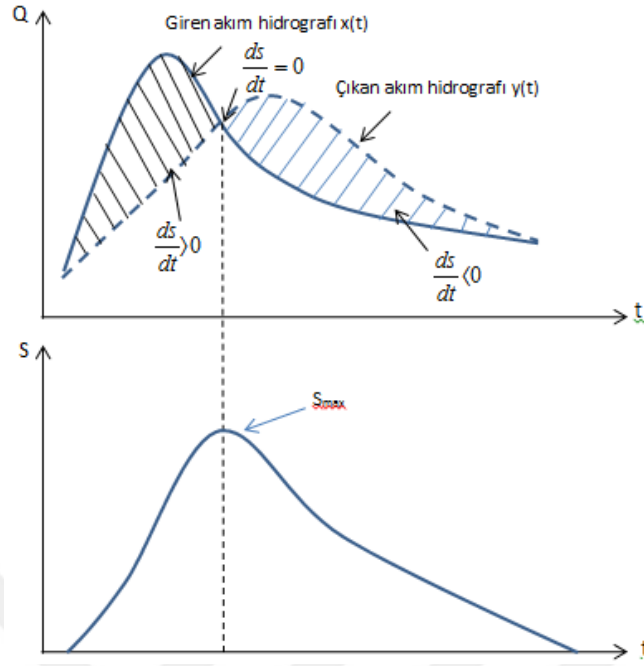
Hidrolojik yöntemler kurulurken sadece süreklilik denklemi kullanılır. Akım derinliği ve debi iki bilinmeyen parametre olup, çözümü için ise bir denkleme daha ihtiyaç vardır. Bu denklem de akarsu parçasındaki biriktirme hacmi ve giren-çıkan debiler arasında bir bağıntı kurularak elde edilir. Bu yöntemde, akarsu eşit uzunlukta parçalara ayrılarak ötelenme işlemi yapılır. En üst parçadan en alta doğru, her bir parça için bilinen giriş hidrografi kullanılarak çıkış hidrografi adım adım hesaplanır. Çıkış hidrografi bir sonraki parçanın giriş hidrografi olarak kabul edilerek hesaplar yapılır. Bu şekilde belirli zaman aralıklarında akarsuyun belirli kesitlerindeki debi bulunur.

Hidrolojik modellerde, akarsuyu parçalara ayırıp bir parçası ele alınacak olursa bu parçaya giren akımın hidrografi  $x(t)$ , çıkan akımın hidrografi  $y(t)$  olur. Ele alınan parçada biriken su miktarı da  $S(t)$  ile gösterildiğinde;

$$\frac{dS}{dt} = x - y \quad (1.32)$$

süreklilik denklemi elde edilir (Bayazıt ve Önöz, 2008).

$x(t)$  ve  $y(t)$  hidrografları bilindiğinde  $S$  fonksiyonu hesaplanabilir. Eğer  $x(t) > y(t)$  olursa  $dS/dt > 0$  olacağından dolayı akarsuda depolanmış hacim artar. Depolanmış hacim maksimuma ulaştıktan sonra  $y(t) > x(t)$  olan bölgede  $dS < 0$  olduğu zaman hacim azalmaya başlar, bu olay da bu bölgedeki depolanmış olan suyun boşaldığı anlamına gelir.



Şekil 1.4. Bir akarsu parçasına giren ve çıkan akımların hidrograflarından biriktirme hacminin hesabı (Bayazıt ve Önöz, 2008)

Şekil 1.4'teki grafikte giriş ve çıkış hidrografları arasındaki farkı gösteren taralı alan süreklilik denklemindeki akarsu boyunca meydana gelen depolamadaki değişim hızına eşittir. Depolama miktarı arttığı zaman süreklilik denkleminde yer alan  $\frac{\Delta S}{\Delta t}$  değeri pozitif, depolama düşerken ise  $\frac{\Delta S}{\Delta t}$  değeri negatiftir. Burada depolama S zamanın bir fonksiyonu olarak çizilebilir. Süreklilik denklemi (1.32) denklemi sonlu farklar formuyla yazılırsa (1.33)'teki gibi yazılabilir (Ülke, 2003), burada  $\Delta t$  ötelenme zamanı periyodunu, 1 ve 2 alt indisleri ise bu periyodun başlangıç ve bitiş zamanını belirtir.

$$\frac{(x_1 + x_2)}{2} - \frac{(y_1 + y_2)}{2} = \frac{(S_2 - S_1)}{\Delta t} \quad (1.33)$$

Hidrolojik modeller genellikle daha basittir fakat uzun bir nehir boyunca taşkın hesaplamalarında tatmin edici sonuçların bulunmasında kötü sonuçlar verebilmektedir (Chow vd., 1988).

Akım yönüne ters kabarma etkisinin olmadığı büyük havzalarda hidrolojik yöntemler

hidrolik yöntemlere göre gerek çabuk hesap yapılması ve gerekse havzayla ilgili az bilgiye ihtiyaç duyulmasından dolayı tercih edilir (Garbrecht ve Brunner, 1991).

Hidrolojik yöntemler olarak Straddle-Stagger, Tatum, Muskingum ve SCS yöntemleri kullanılmaktadır. Ancak, son zamanlarda literatürde yaygın olarak kullanılmasından dolayı bu çalışmada Muskingum ve SCS yöntemleri kullanılmış ve aşağıda açıklanmıştır.

### 1.3.2.1.1. Muskingum Yöntemi

Muskingum Yöntemi 1930'lu yıllardan itibaren nehir mühendisliği uygulamalarında geniş bir şekilde kullanılmıştır (Kundzewicz ve Strupczewski, 1982).

Bu yöntem hidrolojik yöntemlerden olup, ilk olarak 1938 yılında U.S Army Corps of Engineers ve McCarty tarafından Muskingum nehrindeki taşkınların ötelenme çalışmalarında kullanılırken geliştirilen yöntem geniş bir kullanım alanına sahip olup, akarsu ötelenme işlemlerinde çok sık kullanılır. Yöntem kurulurken süreklilik denklemi baz alınır ve dinamik etkiler ihmal edilir. Bu yöntemin temeli akarsu parçasındaki hem süreklilik, hem de depolama ve giriş, çıkış akımları arasında lineer bir ilişki olduğu kabulüne dayanır (Chaudhry, 2008).

Muskingum Yöntemi ile ötelenmenin temeli, akarsu parçasına süreklilik denkleminin uygulanmasına dayanır (Bayazıt vd., 1997).

Ele alınan akarsu parçasında giriş ve çıkış enkesitlerine ait hidrografların arasındaki fark, o anki hacimdeki değişimin miktarını eşittir. Bu da;

$$x - y = \frac{dS}{dt} \quad (1.34)$$

süreklilik denklemi ile elde edilir. Bu denklem Muskingum Yöntemi'nin temelini oluşturur. Bu süreklilik denklemi sonlu farklar metodu ile yazıldığında;

$$\frac{x_1 + x_2}{2} - \frac{y_1 + y_2}{2} = \frac{S_2 - S_1}{\Delta t} \quad (1.35)$$

denklemi elde edilir. Bu denklemde,  $\Delta t$  zaman aralığının başlangıcında  $x_1$ : giren debi,  $y_1$ :



çıkan debi  $S_1$ : depolanmış hacmi,  $\Delta t$  zaman aralığının sonunda ise  $x_2$ : giren debi,  $y_2$ : çıkan debi,  $S_2$ : depolanmış hacmi gösterir.

Akarsu parçasında biriken hacim, giren ve çıkan debilere bağlı olup, Muskingum Yöntemi için lineer ilişki;

$$S = K[a.x + (1 - a)y] \quad (1.36)$$

denklemini kabul edilir (Chow, 1959). Bu denklemde yer alan  $K$ : Akarsu parçasından geçiş süresi sabiti,  $a$ : ağırlık faktörü olarak adlandırılır.

Muskingum Yönteminin hesap adımlarında, ilk olarak iki nokta arasındaki giriş ve çıkış hidrograflardan  $K$  ve  $a$  parametreleri tahmin edilir. Böylece giriş, çıkış ve depolama arasındaki lineer ilişki tespit edilmiş olur ve ötelenme işlemi yapılarak sonuca gidilir.

Bu yöntemin güvenilirliği  $K$  ve  $a$  parametrelerinin hassasiyetine bağlıdır. Genellikle bu parametreler akarsudaki ölçülmüş hidrografların kalibrasyonundan elde edilir ve elde edildiği akarsudan farklı zamanlarda farklı sonuçlar elde edilebilmektedir.

$K$ : geçiş zamanı, pratik olarak hidrograf pikleri arasındaki zaman farkından tahmin edilebilmekte,  $a$ : ağırlık katsayısı ise genelde grafiksel olarak deneme, yanılma yoluyla elde edilir.

$a$  katsayısı depolamanın şekline bağlı olup,  $a=0$  olduğu zaman su yüzeyi yatay olur, bu şekilde depolamanın olmadığı ve bu yüzden ters akımların meydana gelmediği görülür. Giriş ve çıkış debilerinin birbirine eşit kabul edildiği düzgün uniform kanallarda  $a=0.5$  olarak alınır.  $a$  katsayısı  $0 \leq a \leq 0.5$  aralığı ile sınırlıdır ve kalibrasyon verilerinden tahmin etmek için grafik teknikler geliştirilmiştir (Heatherman, 2008).

Genellikle doğal nehirlerde  $a = 0.2$ 'ye yakın olmak üzere,  $0 \leq a \leq 0.3$  olarak değeri değişmektedir. Modelin sonuçları  $a$  için kabul edilen değere fazla duyarlı olmadığından, bu katsayının belirlenmesinde büyük bir doğruluk gerekmez (Chow vd., 1988).

$K$  ve  $a$  katsayılarını hesap ederken en temel yollardan biri,  $a$ 'ya  $0 \leq a \leq 0.5$  olarak değerler verip, bu değerler sonucunda hesap edilen  $(ax + (1 - a)y)$  ifadesi ve  $S$  arasındaki ilişkiyi grafik olarak çizmektir. Çeşitli  $a$  katsayısına göre çizilen grafiklerden doğruya en yakın olan grafik aranılan  $a$  katsayısını, bu grafikten elde edilen doğrunun eğimi ise  $K$  değerini vermektedir.

$K$  ve  $a$  katsayılarını hesaplarken En Küçük Kareler Metodu da kullanılır. (1.36) denklemindeki  $S$  mutlak depolamadır. (1.36) denklemine göre, depolamanın mutlak

değerleri,  $[ax + (1 - a)y]$  değerine karşılık gelen ağırlıklı akıma karşı çizilirse, çizilen bu noktaların ortalama konumları boyunca başlangıç noktasından geçen düz bir çizgi çizilebilir. Eğer depolama değerleri bağıl ise, düz çizgi başlangıç noktasından geçemez. Buna göre (1.36) denklemi;

$$S = K[a.x + (1 - a)y] + \sigma \quad (1.37)$$

şeklini alır. Burada  $S$ : Bağıl depolama ve  $\sigma$ : Bağıl ve mutlak depolamanın farkıdır. (1.53) denklemindeki  $Ka = A$  ve  $K(1-a) = B$  şeklinde yazıldığında;

$$S = Ax + By + \sigma \quad (1.38)$$

elde edilir. Şimdi problem  $A$ ,  $B$  ve  $\sigma$  değerlerini hesaplamaya dönüşmüştür.  $S$ 'nin gerçek ve tahmin edilen değerleri arasındaki sapmayı  $\delta$  şeklinde gösterip ve hesaplanırsa;

$\delta_1 = S_1 - (A_1 x_1 + B_1 y_1 + \sigma)$ ,  $\delta_2 = S_2 - (A_2 x_2 + B_2 y_2 + \sigma)$  ... şeklinde devam eder. Bu değerler minimize edilirse;

$$\sum_1^N \delta^2 = \delta_1^2 + \delta_2^2 + \dots + \delta_N^2 \text{ olacak şekilde } N \text{ değeri mevcut veri sayısıdır. } A, B \text{ ve } \sigma$$

değerlerinin elde edilmesi için aşağıdaki denklemler elde edilir;

$$\sum_1^N S - A \sum_1^N x - B \sum_1^N y - N\sigma = 0 \quad (1.39)$$

$$\sum_1^N Sx - A \sum_1^N x^2 - B \sum_1^N xy - \sigma \sum_1^N x = 0 \quad (1.40)$$

$$\sum_1^N yS - A \sum_1^N xy - B \sum_1^N y^2 - \sigma \sum_1^N y = 0 \quad (1.41)$$

$A$  ve  $B$  değerleri hesaplandıktan sonra  $K$  ve  $a$  değerleri;

$$a / (1 - a) = A / B \quad (1.42)$$

$$K=A+B \quad (1.43)$$

yukarıdaki denklemler yardımı ile hesaplanır (Gill, 1978).

Muskingum yöntemi uygulanırken dikkat edilmesi gerekli hususlardan biri akarsu uygun uzunlukta parçalara ayrılmalı ve bu parçaların her birisinde akarsuyun özellikleri (eğim, kesit, pürüzlülük) yaklaşık olarak sabit olmalıdır.  $\Delta t$  zaman aralığının seçiminde taşkın dalgasının akarsu parçasından geçmesi için gerekli süreden daha küçük seçilmelidir ki, hidrografın pik noktası zaman aralığı içinde akarsu parçasını geçmesin.  $\Delta t$ 'yi hidrografın akarsu parçasını geçiş süresinin  $1/3-1/2$ 'si kadar seçmek uygun olabilir,  $\Delta t$  değerinin  $2aK$  ile  $K$  arasında kalmalıdır.

Akarsu parçası için  $K$  ve  $a$  parametreleri belirlendikten sonra (1.34) ve (1.35) denklemleri birleştirilirse,  $\Delta t$  zaman aralığının sonundaki  $y_2$  çıkış akımı için;

$$y_2=C_0X_2+C_1X_1+C_2Y_1 \quad (1.44)$$

denklemini elde edilir. Buradaki  $C$  katsayıları;

$$C_0=\frac{-Ka+0.5\Delta t}{K(1-a)+0.5\Delta t} \quad (1.45)$$

$$C_1=\frac{Ka+0.5\Delta t}{K(1-a)+0.5\Delta t} \quad (1.46)$$

$$C_2=\frac{K(1-a)-0.5\Delta t}{K(1-a)+0.5\Delta t} \quad (1.47)$$

şeklinde hesaplanır.

Hesap yapılırken en önemli konulardan birisi,  $K$  ve  $\Delta t$ 'nin aynı birimlerde olması,  $C_0$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  katsayıları toplamının da 1 olması gerektiğidir.  $K$ ,  $\Delta t$  ve  $a$ 'nın bilinmesiyle  $C_0$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  hesaplanır ve (1.44) denkleminde yerine yazılarak  $\Delta t$  zaman artışları için ötelenme yapılarak çözüme ulaşılır. Eğer önceki giriş debileri bilinirse, herhangi bir zamandaki çıkış debileri hesaplanabilir.

$K$  ve  $a$  parametrelerinin tahmininde Gill (1978), Stephenson, (1979) en küçük

kareler ve lineer programlama metodu, Kshirsagar vd. (1995) doğrusal olmayan (ardışık kuadratik) bir programlama algoritması kullanmıştır.

Muskingum Yöntemi az eğimden dik eğime doğru artan eğimlerde iyi sonuçlar vermekte ve yaygın olarak kullanılmaktadır (Maidment, 1993).

Muskingum Yönteminin taban eğiminin yüksek olduğu akarsularda ve hidrografın yükselme süresinin büyük olması durumunda iyi sonuç verdiği belirlenmiştir (Ülke, 2001). Bu yöntem basitliği sebebiyle en sık kullanılan ötelenme yöntemlerinden birisidir (Tung, 1985).

### 1.3.2.1.2. SCS Yöntemi

$\Delta x$  uzunluğundaki akarsu parçası için ötelenmede kullanılan  $\Delta t$  zaman aralığı uygun şekilde seçilerek ötelenme işlemi yapıldığında, zaman aralığı bitimindeki  $y_2$  çıkış debisi, zaman aralığının başlangıcındaki  $x_1$  ve  $y_1$  debileri arasında kalmakta, buna göre ele alınan hidrografın yükselme bölgesinde  $x_1 \geq y_2 \geq y_1$ , alçalma bölgesinde ise  $x_1 \leq y_2 \leq y_1$  şeklinde olur. Böylece  $y_2$  debisi için,

$$y_2 = C.x_1 + (1 - C).y_1 \quad (1.48)$$

denklemini yazılabilir.

Bu denklemdeki C değeri 0 ile 1 arasında değişen bir katsayı olup, Muskingum denkleminden farkı ise  $x_2$  değerinin olmamasıdır. Debinin akarsu parçasından geçiş süresi K ile gösterildiğinde;

$$\frac{y_2 - y_1}{\Delta t} = \frac{x_1 - y_1}{K} \quad (1.49)$$

denklemini yazılabilir. (1.48) ve (1.49) denklemleri birlikte ele alınırsa;

$$\Delta t = C.K \quad (1.50)$$

olduğu görülür. C katsayısı ise;

$$C = \frac{V}{U} \cong \frac{V}{V + 0.5} \quad (1.51)$$

şeklinde hesaplanır. Burada V: akarsu parçasının ortalama akım hızı, U: dalga yayılma hızıdır. Muskingum yöntemindeki a parametresine bağlı olarak;

$$C \cong 2.a \quad (1.52)$$

ifadesi de kullanılabilir (Syed, 2012).

Bu yöntemde C ve K katsayıları belirlendikten sonra (1.52) denklemi ile  $\Delta t$  zaman aralığı hesaplanır. Yöntemde hesaplama yapılırken dikkat edilecek noktalardan biri  $\Delta t$  zaman aralığı giriş hidrografının yükselme süresinin 1/5'inden büyük olmaması gerekir. Aksi takdirde taşkın pikinin sönümlenmesi gözlenemez. Ötelenme yapılan akarsu parçasının uzunluğu;

$$\Delta x = K. V \quad (1.53)$$

olacak şekilde seçilir.

Eğer yapılan ötelenme işlemlerinde (1.52) denklemindeki  $\Delta t$  zaman aralığından farklı bir,  $\Delta t^*$  zaman aralığı kullanılırsa C katsayısı;

$$C^* = 1 - (1 - C)^{(\Delta t^* + 0.5\Delta t) / 1.5\Delta t} \quad (1.54)$$

formülü ile hesaplanır.

Formüllerdeki akım hızı V, akım derinliği ile değiştiğinden dolayı, uygulamada bu değişim göz önüne alınmamakla birlikte V hızını giriş hidrografına bağlı olarak seçmek uygun olur. V hızı giriş hidrografında pik debinin yarısından büyük olan hızların ortalaması, daha basit olarak ise pik debinin 0.75'ine eşit olan debiye karşı gelen hız olarak kullanılabilir (Bayazıt ve Önöz, 2008).

### 1.3.2.2. Hidrolik Yöntemler

Hidrolik yöntemlerde akım yerin ve zamanın bir fonksiyonu olarak hesaplanır. Süreklilik denkleminde ek olarak hareket (momentum) denklemi kullanılır (Kocaman, 2002).

Hidrolik yöntemlerin temeli (1.55) ve (1.56)'daki açık kanallarda kararsız akımlar için çıkartılmış Saint Venant adıyla anılan kütle ve momentum korunumunun sağlandığı denklemlere dayanmaktadır.

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial(AV)}{\partial x} = 0 \text{ (süreklilik)} \quad (1.55)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + g \frac{\partial y}{\partial x} - gS_0 + gS_f = 0 \text{ (momentum)} \quad (1.56)$$

(1.56) momentum denklemindeki ilk terim yerel ivmeyi, ikinci terim konvektif ivmeyi, üçüncü terim kuvvetini, dördüncü terim yerçekimi kuvvetini ve son terim de sürtünme kuvvetini temsil eder.

Yukardaki diferansiyel denklemlerin analitik çözümleri olmayıp, Sonlu Farklar, En Küçük Karalar Yöntemi gibi çeşitli sayısal metotlarla çözümler (Ülke, 2003).

Momentum denklemindeki terimlerin hepsinin veya bir kısmının hesaba dahil edilmesine göre çeşitli hidrolik yöntemler kurulur. Denklemindeki tüm terimlerin hesaplara dahil edilmesi ile Dinamik Dalga Yöntemi, yerel ve konvektif ivme terimlerinin ihmal edilmesi ile Difüzyon Dalga Yöntemi, yerel, konvektif ve basınç kuvveti terimlerinin ihmal edilmesi ile Kinematik Dalga Yöntemi kurularak ötelenme işlemleri yapılır (Chow vd., 1988).

Momentum denklemindeki yerel ivme; zamanla hızın değişimine bağlı olarak momentumundaki değişimi, konvektif ivme; kanal boyunca değişen hıza bağlı olarak momentumundaki değişimi, basınç kuvveti; kanal boyunca su derinliğinin değişimine bağlı olarak basınçtaki değişimi, yerçekimi kuvveti; eğime bağlı yerçekimi kuvvetini ve sürtünme kuvveti; sürtünmeye bağlı kuvveti gösterir. Yerel ve konvektif ivme terimleri akımdaki yerçekimi etkisini temsil ederler (Chow vd., 1988).

Hidrolojik yöntemle kıyaslandığında, hidrolik yöntemler, sadece su derinliklerini

değil, aynı zamanda her kesitteki zamana göre akış hızını da hesaplayabilir (Sun, 2015).

Başlıca hidrolik ötelenme yöntemleri Difüzyon Dalga Yöntemi, Kinematik Dalga Yöntemi, Muskingum-Cunge Yöntemi ve Dinamik Dalga Yöntemi şeklindedir. Kinematik Dalga, Muskingum-Cunge ve Dinamik Yöntem ile yapılan çalışmalar literatürde yaygın olarak kullanıldığından dolayı, bu çalışmada tercih edilmiş ve aşağıda açıklanmıştır.

### 1.3.2.2.1. Kinematik Dalga Yöntemi

Kinematik Dalga Yöntemi teorisi taşkın dalgası hareketini tanımlamak için basitleştirilmiş bir yaklaşımdır. Bu yöntemin temel varsayımı, su akımındaki kontrol hacmine etki eden sürtünme kuvvetinin akım yönündeki kuvvet ile dengelenmesidir (Cheng, 2011).

Kinematik dalga yöntemi ele alındığında, Saint Venant momentum denklemindeki ivme ve basınç terimleri çıkarıldığı zaman, momentum denklemi;

$$S_0 = S_f \quad (1.57)$$

şeklinde elde edilir. Bu denklem, kinematik yöntemin hareket denklemidir (Keskin, 1994).

(1.58) denklemi geniş kanallar için, kesit alanı ile debi arasında bir bağıntı olarak;

$$A = \alpha Q^\beta \quad (1.58)$$

şeklinde yazılırsa,  $\alpha$  ile  $\beta$  değerlerini bulmak için ise  $S_0 = S_f$  ve  $R = \frac{A}{P}$  olarak Manning denkleminde tekrar yazılırsa, debi;

$$Q = \frac{S_0^{1/2}}{nP^{2/3}} A^{5/3} \quad (1.59)$$

olur, akarsu kesit alanı ise;

$$A = \left( \frac{nP^{2/3}}{S^{1/2}} \right)^{3/5} Q^{3/5} \quad (1.60)$$

şeklinde elde edilir. Katsayılarından,

$$\alpha = \left( \frac{nP^{2/3}}{S_0^{1/2}} \right)^{0.6} \quad (1.61)$$

şeklinde olup  $\beta=0.6$  elde edilir. Kesit alanının zamanla değişimine göre diferansiyeli alınırsa,

$$\frac{\partial A}{\partial t} = \alpha \beta Q^{\beta-1} \left( \frac{\partial Q}{\partial t} \right) \quad (1.62)$$

elde edilir ve bu ifadeler süreklilik denkleminde yerine yazıldığında,

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \alpha \beta Q^{\beta-1} \left( \frac{\partial Q}{\partial t} \right) = 0 \quad (1.63)$$

denklemini oluştur. Debiye meydana gelen değişimler kinematik dalgalardan oluşur. Bu oluşan değişimi  $dQ$  ile gösterildiğinde,

$$dQ = \frac{\partial Q}{\partial x} dx + \frac{\partial Q}{\partial t} dt \quad (1.64)$$

ifadesi elde edilir. Eşitliğin her iki tarafı  $dx$ 'e bölünüp ve gerekli sadeleştirmeler yapılırsa;

$$\frac{dQ}{dx} = \frac{dt}{dx} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} \quad (1.65)$$

haline gelir. Bu denklem (1.63) denkleminde eşitlenirse;



$$\frac{dQ}{dx} = 0 \quad (1.66)$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{1}{\alpha\beta Q^{\beta-1}} \quad (1.67)$$

elde edilir ve (1.66) ve (1.67) denklemleri (1.65) denkleminde yerine yazılırsa, denklem

$$\frac{dQ}{dA} = \frac{1}{\alpha\beta Q^{\beta-1}} \quad (1.68)$$

haline gelir. Buna göre

$$\frac{dQ}{dA} = \frac{dx}{dt} \quad (1.69)$$

olur. Sonuçta kinematik dalga hızı;

$$c_k = \frac{dQ}{dA} = \frac{dx}{dt} = \frac{1}{\alpha\beta Q^{\beta-1}} \quad (1.70)$$

denklemini ile elde edilir (Keskin, 1994).

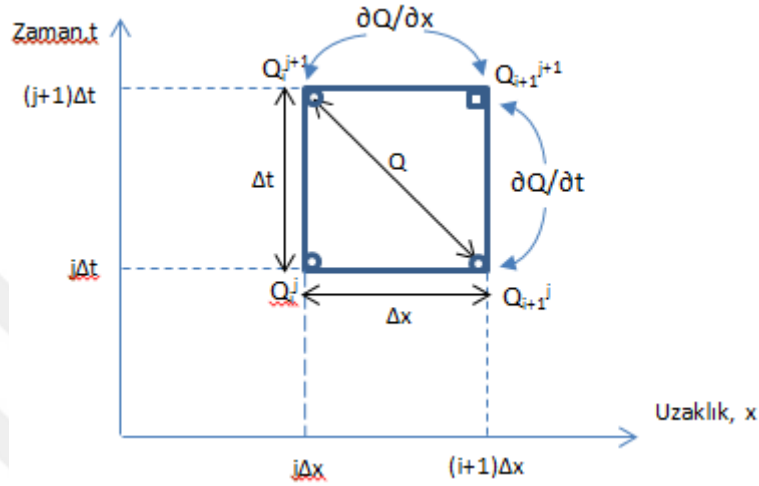
Kinematik Yöntem havza karakteristiklerini ve akarsuyun hidrolik özelliklerini hesaba katan hidrolik yöntemlerden birisidir. Eğer havzaya ait bu özellikler (eğim, pürüzlülük vb.) bilinmiyorsa bu yöntemin kullanılması uygun olmaz (Ogunlela ve Kasali, 2014).

Kinematik yöntemin geniş bir uygulama alanı vardır. Özellikle eğimi % 1'den fazla olan akarsularda yanal akımın olduğu durumlarda bile linerize edilmiş kinematik dalga denkleminin analitik çözümü yapılır (Moramarco ve Singh, 2000).

Kinematik dalga için süreklilik ve momentum denklemleri debiye bağlı olarak, (1.71)'de kısmi diferansiyel denklemleri olarak gösterilmiştir.

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \alpha\beta Q^{\beta-1} \left( \frac{\partial Q}{\partial t} \right) = q \quad (1.71)$$

Bu kısmi diferansiyel denklem analitik olarak çözülemediğinden sonlu farklar metodu yardımı ile çözülür. Bunun için, zaman-konum koordinatları yardımıyla başlangıç ve sınır şartları da belirlenerek her noktada bu denklem çözülür. Buradaki ana mesele çıkış hidrografının elde edilmesidir.



Şekil 1.5. Kinematik Dalga Denkleminin Çözümü için Sonlu Farklar Gösterimi (Chow vd, 1988)

Denklem (1.71)'nin sayısal olarak çözümünde, Şekil 1.5'te gösterildiği gibi Q'nun zaman ve konum türevleri zaman-konum koordinatları üzerinde bir ağ üzerine yerleştirilir. Burada  $Q_{i+1}^{j+1}$  bilinmeyen değerdir. Öncelikle j zamandaki Q'nun değeri, sonra j+1 zamandaki Q'nun değeri olarak belirlenir. Sonlu farklar denklemindeki geriye doğru fark metodu kullanılarak  $Q_{i+1}^{j+1}$  bilinmeyen değeri bulunur.

$Q_{i+1}^j$  in konum türevinin sonlu farklar hali yazıldığında;

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{Q_{i+1}^{j+1} - Q_i^{j+1}}{\Delta x} \quad (1.72)$$

şeklinde ifade edilir. Yine aynı mantıkla  $Q_{i+1}^j$ 'nin zaman türevinin sonlu farklar hali;

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = \frac{Q_{i+1}^{j+1} - Q_{i+1}^j}{\Delta t} \quad (1.73)$$

şeklinde hesaplababilir.  $Q_{i+1}^{j+1}$ 'nin değeri denklem  $\alpha\beta Q^{\beta-1}$  terimindeki Q'ya göre

kullanıldığında, sonuç denklem  $Q_{i+1}^{j+1}$ 'de doğrusal olmayacağından dolayı doğrusal bir denklem oluşması için;

$$Q = \frac{Q_{i+1}^j - Q_i^{j+1}}{2} \quad (1.74)$$

şeklinde yazılması gerekir.

Yanal akım  $q$ : 0 alıp, sonlu fark ifadeleri (1.71) denkleminde yerine yazılırsa;

$$\frac{Q_{i+1}^{j+1} - Q_i^{j+1}}{\Delta x} + \alpha\beta \left( \frac{Q_{i+1}^j + Q_i^{j+1}}{2} \right)^{\beta-1} \left( \frac{Q_{i+1}^{j+1} - Q_i^{j+1}}{\Delta t} \right) = 0 \quad (1.75)$$

şeklini alır. Bilinmeyen  $Q_{i+1}^{j+1}$  değeri eşitliğin bir tarafına alındığında,

$$Q_{i+1}^{j+1} = \frac{\left( \frac{\Delta t}{\Delta x} Q_i^{j+1} + \alpha\beta Q_{i+1}^j \left( \frac{Q_{i+1}^j + Q_i^{j+1}}{2} \right)^{\beta-1} \right)}{\left( \frac{\Delta t}{\Delta x} + \alpha\beta \left( \frac{Q_{i+1}^j + Q_i^{j+1}}{2} \right)^{\beta-1} \right)} \quad (1.76)$$

şeklinde sonlu farklar metodu ile çözülmüş denklem elde edilir.

Kinematik yöntemin temel avantajı, dinamik denklemin çözümünden kolay olması ve hesapların sadeleştirilmesidir. Kinematik yöntemin dezavantajı ise, fiziksel geçerlilik ile yöntem çözümler arasında olan belirsizlik olup bu da denklemlerdeki sadeleştirilmenin artmasıyla artmaktadır (Atalay, 2008).

Kinematik Yöntemle yapılan taşkın ötelenme hesaplarında sonuç hidrografları mesafeden etkilenmektedir (Soleymani ve Delphi, 2012).

Kinematik dalga yöntemi kabarma etkilerinin olduğu akarsularda kötü sonuçlar vermesine rağmen, Saint-Venant denklemleri ile çözümü yapılan diğer yöntemlere göre en geniş kullanımı olan yöntemlerdendir (Xia, 1992).

### 1.3.2.2.2. Muskingum-Cunge Yöntemi

Hareket eden taşkın dalgasının sönümlenmesine sebep olan kanalın fiziksel şartları ve akım özellikleri akımın bir fonksiyonu olarak değiştiğinden, bu yöntem doğrusal katsayılı olmayan bir yöntemdir. Muskingum-Cunge Yönteminde kanalın fiziksel özellikleri ve giriş hidrografına bağlı olarak ötelenme yapıldığından dolayı yöntem, hidrolik bir yöntem olarak görülmektedir. Muskingum-Cunge Yöntemi Saint Venant denklemlerindeki basınç, ağırlık ve sürtünme kuvvetlerini göz önüne alıp, atalet terimlerinin ihmal edildiği difüzyon formuna dayanır. Cunge, Muskingum Yöntemini birinci dereceden difüzyon denklemi gibi sonlu fark ifadesini kullanarak geliştirmiş ve bu da Muskingum-Cunge Yöntemi olarak adlandırılmıştır.

Muskingum-Cunge yöntemi taşkın ötelenme problemlerini çözmek için sıklıkla uygulanan etkili bir tekniktir. Bu yöntemde iki serbest parametre olup bunlar zamansal ve mekânsal olarak adlandırılır. Yöntemin doğruluğu da bu parametrelerin seçilen aralıklarına bağlıdır (Barry ve Bajracharya, 1995).

Muskingum-Cunge Yönteminin sonuçlarıyla teorik olarak hesaplanan pik debi ve ötelenme süresinin karşılaştırılması sonucunda, analitik ve sayısal sonuçlar arasındaki yakınlık, Muskingum-Cunge Yönteminin taşkın ötelenmede rutin uygulamalar için uygulanabilir ve doğru bir yöntem olduğunu göstermektedir (Ponce vd., 1996).

Bu yöntemde K parametresi taşkın dalgasının yayılım süresini ifade etmekte olup;

$$K = \frac{\Delta x}{c} \quad (1.77)$$

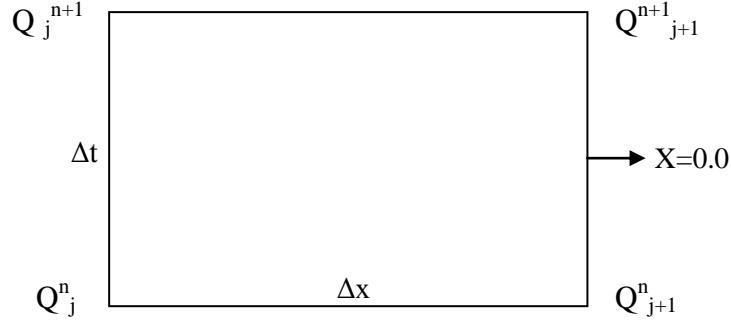
şeklinde tanımlanır. Burada  $\Delta x$ : taşkın dalgasının ulaşım uzunluğu,  $c$  ise taşkın dalgasının seleritesidir

Fiziksel yayılma katsayısı olan X değişkeni (1.78) denklemi ile ifade edilmiştir (Wang vd., 2006).

X parametresi, ulaşım uzunluğu sonundaki sayısal sönümlenmenin bir ölçüsü olup;

$$X = \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{q_0}{S_0 c \Delta x} \right) \quad (1.78)$$

şeklinde tanımlanır. Burada  $q_0$ , birim kanal genişliğindeki su debisi  $S_0$  ise kanal yatak eğimidir. Muskingum-Cunge Yöntemini çözerken, yer-zaman sonlu fark şemasına göre Şekil 1.6'daki gibi gösterilir.



Şekil 1.6 Sonlu Fark ile  $\Delta x$ - $\Delta t$  ayrıklaştırılması (Özdoğan, 2010)

Sonlu fark şeması incelendiğinde,  $Q_j^n$ ,  $Q_j^{n+1}$ ,  $Q_{j+1}^n$  debi değerleri bilinmekte,  $Q_{j+1}^{n+1}$  değeri ise hesaplanmak istenmektedir.

$$Q_{j+1}^{n+1} = C_1 \cdot Q_j^n + C_2 \cdot Q_j^{n+1} + C_3 \cdot Q_{j+1}^n \quad (1.79)$$

denklemini ile hesaplamaları yapılır. Denklemdaki  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  katsayıları ise;

$$C_1 = \frac{2KX + \Delta t}{2K(1-X) + \Delta t} \quad (1.80)$$

$$C_2 = \frac{\Delta t - 2KX}{2K(1-X) + \Delta t} \quad (1.81)$$

$$C_3 = \frac{2K(1-X) - \Delta t}{2K(1-X) + \Delta t} \quad (1.82)$$

olarak hesaplanır. Denlemdaki  $\Delta t$ : Ötelenme periyodudur.

$\Delta t$  zaman aralığını hidrografın yükselme süresinin  $1/5$ 'inden küçük alarak ötelenme yapmak sayısal hataları da azaltmaktadır. Bu yöntem hidrografın yükselme süresinin uzun olması halinde ve taban eğimi büyük olan akarsularda iyi sonuç vermektedir (Bayazıt ve

Önöz, 2008).

Muskingum-Cunge Yöntemi ve diğer taşkın ötelenme yöntemleri arasındaki tutarsızlıklar pürüzlülük katsayısı küçüldükçe ve akarsu yatak eğimi arttıkça azalmaktadır. Ayrıca bu yöntem nehrin yatak eğimi ve pürüzlülük katsayısı çok büyük olmadıkça ölçümü olmayan havzaların projelendirme işlemlerinde doğru sonuçlar vermektedir (Barati vd, 2013).

Eğer bir akarsuda giren ve çıkan akım hidrografları daha önceden gözlenerek elde edilmemişse K ve a parametreleri belirlenemez. Bu durumda Muskingum denklemi x ve t sonlu farklar ağına yazılarak her kesitte hesaplanacak şekilde Muskingum-Cunge Yöntemi kullanılır (Özmen, 1999).

Muskingum-Cunge Yönteminin hesaplamaları diğer hidrolik yöntemlere göre daha kolay olup, arazi verileri bakımından daha az bilgiye ihtiyaç duymaktadır (Shultz, 1992).

Genel olarak, Muskingum-Cunge Yöntemi taşkın ötelenmede akarsuda yanal akım olmadığı zaman Kinematik Dalga Yönteminden daha üstün ve daha fazla tercih edilen bir yöntemdir (HEC-1, 1990).

### 1.3.2.2.3. Dinamik Yöntem

Dinamik taşkın ötelenme yöntemi başlangıç ve sınır koşullarının oluşturulması açısından uygulanması en zor yöntemlerden birisidir (Chatila, 1992).

Zamanla değişen üniform olmayan akımların incelenmesi zor bir iş olup, üniform akımdaki gibi seviye ile debi arasında tek bir ilişki olmayıp, seviye hem debiye hem de enerji çizgisinin eğimine bağlıdır. Taşkın sırasında akımın ana yataktan taşkın yatağına yayılması ve yan kollar, baraj hazneleri, köprüler ve kesit değişmesi sonucu su yüzeyinde kabarma etkilerinin oluşması problemi daha zor hale getirmektedir. Bu tür olaylar Saint-Venant denklemlerinin tüm terimlerinin göz önünde tutulması sonucu incelenebilmektedir. Ancak bu denklemlerin analitik çözümleri elde edilemediğinden, sayısal yöntemlerden olan sonlu fark metodu kullanılarak çözüme gidilmektedir.

Sonlu fark denklemlerinin çözümü kapalı veya açık sonlu fark metotları ile yapılmaktadır. Bu denklemler akarsuyun hareketi boyunca  $\Delta x$  mesafe ve  $\Delta t$  zaman artımlarına göre çözülmektedir.

Akarsu yatağının eğiminin küçük olması ( $10^{-3} - 10^{-4}$  ten küçük) ve akım yönüne ters yönde baraj hazneleri, yan kollar, kesit daralması, köprülerin etkisi ile yayılan kabarma

etkileri sonucu yerçekimi ve sürtünme kuvvetlerinin yanında basınç ve atalet kuvvetleri de önem taşıyacağından bu tür problemlerin çözümünde Dinamik Yöntemlerin kullanılması uygundur (Bayazıt ve Önöz 2008).

Dinamik dalga taşkın ötelenme yönteminde, kararsız akımların Saint-Venant denklemlerindeki tüm terimler göz önüne alınır. Bu denklemler;

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (1.83)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right) + gA \left( \frac{\partial h}{\partial x} - S_0 \right) + gAS_f = 0 \quad (1.84)$$

şeklinde olup, A: enkesit alanı, Q; debi,  $S_f$ : sürtünme eğimi,  $S_0$ : taban eğimi, g: yerçekimi ivmesi, h: akım yüksekliği, t: zaman ve x ise mesafeyi gösterir.

Dinamik dalga denklemi, momentum denklemindeki çeşitli sadeleştirmelerle ve süreklilik denkleminin birleştirilmesiyle elde edilmektedir.

Bunun için ilk olarak herhangi bir dikdörtgen kesitli bir kanal ele alındığında;

$$A = bh \quad (1.85)$$

denklemden, b: kanal genişliğidir. Kanal genişliğinin sabit olduğu varsayıldığında, denklem;

$$\frac{\partial h}{\partial x} = \frac{1}{b} \frac{\partial A}{\partial x} \quad (1.86)$$

haline gelir. Eğer (1.86) denklemi, (1.84) denkleminde yerine yazılırsa;

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + 2 \frac{Q}{A} \frac{\partial Q}{\partial x} + \left( \frac{gA}{b} - \frac{Q^2}{A^2} \right) \frac{\partial A}{\partial x} + gA(S_f - S_0) = 0 \quad (1.87)$$

denkleminde elde edilir. Akım hızını hesaplamada Manning denklemi ( $V = \frac{1}{n} R^{2/3} S_f^{1/2}$ )

kullanılarak; dikdörtgen kanalda  $P = 2h + b$  ve  $R = \frac{A}{2h + b}$  yazıldığında

$$\frac{\partial P}{\partial x} = 2 \frac{\partial h}{\partial x} \quad (1.88)$$

$$\frac{\partial R}{\partial x} = \frac{1}{P} \left( 1 - \frac{2A}{bP} \right) \frac{\partial A}{\partial x} \quad (1.89)$$

$$\frac{\partial V}{\partial x} = \frac{2}{3} \frac{1}{n} R^{-1/3} S_f^{1/2} \frac{\partial R}{\partial x} + \frac{1}{2} \frac{1}{n} S_f^{1/2} R^{2/3} \frac{\partial S_f}{\partial x} \quad (1.90)$$

elde edilir.  $\frac{\partial S_f}{\partial x}$  terimi diğer terimlere göre çok küçük olduğundan, (1.90) denkleminin sağ tarafındaki ikinci terim ihmal edilebilir ve;

$$\frac{\partial V}{\partial x} = \frac{2}{3} \frac{1}{n} R^{-1/3} S_f^{1/2} \frac{\partial R}{\partial x} \quad (1.91)$$

denklemini haline gelir.

Debi,  $Q = V \cdot A$  olduğundan dolayı, türevi alındığında;

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{\partial V}{\partial x} A + V \frac{\partial A}{\partial x} \quad (1.92)$$

haline gelir.

(1.88), (1.89), (1.91) denklemleri (1.92) denkleminde yerine yazılıp düzenlendiğinde;

$$\frac{\partial A}{\partial x} = \frac{1}{V \left( \frac{5}{3} - \frac{4R}{3b} \right)} \frac{\partial Q}{\partial x} \quad (1.93)$$

denklemini elde edilir. (1.93) denklemini (1.94) denkleminde yerine yazılırsa;

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \alpha \frac{\partial Q}{\partial x} + \beta = 0 \quad (1.94)$$

şeklini alır.



Bu denklemdeki  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri;

$$\alpha = 2 \frac{Q}{A} + \frac{\frac{gA}{b} - \frac{Q^2}{A^2}}{\frac{Q}{A} \left( \frac{5}{3} - \frac{4R}{3b} \right)} \quad (1.95)$$

$$\beta = gA(S_f - S_0) \quad (1.96)$$

denklemleri ile hesaplanmaktadır.

$$S_f = \frac{Q^2 n^2}{A^2 R^{4/3}} \quad (1.97)$$

Denklemdeki  $S_f$ : Sürtünme eğimi, Manning denkleminde hesaplanır.

Böylece (1.84)'teki momentum denklemi, iki parametrelilik olarak kanal enkesit alanı ve debiye bağlı olan (1.94) denklemine dönüşür. Sonuçta bu denklem, başlangıç ve sınır şartlarına bağlı bir şekilde sayısal çözüm yapılarak çözülür. Yaklaşık bir üçgene benzeyen giriş hidrografının başlangıç şartı için;

$$Q(x, 0) = Q_0 \quad (1.98)$$

$$A(x, 0) = A_0 \quad (1.99)$$

şeklinde yazılır. Giriş hidrografı için denklemlerdeki  $A_0$ : En kesit alanı,  $Q_0$ : Debinin başlangıç değerini ifade eder. Membaya ait sınır şartı değerleri;

$$0 < t < t_p \quad \text{için} \quad Q(0, t) = Q_0 \frac{(Q_p - Q_0)}{t_p} t \quad (1.100)$$

$$t_p < t < t_b \quad \text{için} \quad Q(0, t) = Q_p \frac{(Q_p - Q_0)}{(t_b - t_p)} t \quad (1.101)$$

$$t > t_p \quad \text{için} \quad Q(0, t) = Q_0 \quad (1.102)$$

denklemleri ile hesaplanır.

Bu denklemlerdeki  $Q_p$ : Giriş hidrografının pik değeri,  $t_p$ : Giriş hidrografının pik değerine ulaşma süresi,  $t_b$ : giriş hidrografının taban uzunluğu süresidir (Keskin ve Ağralıoğlu, 1997).

Sonuçta, elde edilen diferansiyel denklemlerin sayısal çözümleri için açık sonlu fark metodu kullanılmıştır. Ele alınan herhangi bir  $f(x,t)$  bağımlı değişkeni ve onun kısmi türevi, mesafede geriye doğru, zamanda ise ileriye doğru açık sonlu fark metodu ile çözülür.

$$f(x,t) = f_i^j \quad (1.103)$$

$$\frac{\partial f(x,t)}{\partial x} = \frac{f_i^j - f_{i-1}^j}{\Delta x} \quad (1.104)$$

$$\frac{\partial f(x,t)}{\partial t} = \frac{f_i^{j+1} - f_i^j}{\Delta t} \quad (1.105)$$

Yukardaki denklemlerde x: mesafe, t: zaman artımlarıdır. (1.104), (1.105) denklemleri momentum denkleminde, (1.94) denkleminde ve süreklilik denkleminde yerine yazılıp yeniden düzenlenirse;

$$Q_i^{j+1} = Q_i^j - \frac{\Delta t}{\Delta x} (\alpha_i^j) (Q_i^j - Q_{i-1}^j) + \beta_i^j \Delta t = 0 \quad (1.106)$$

$$A_i^{j+1} = A_i^j - \frac{\Delta t}{\Delta x} (Q_i^{j+1} - Q_{i-1}^{j+1}) \quad (1.107)$$

denklemleri elde edilir. Burada  $\alpha_i^j$  ve  $\beta_i^j$  sırasıyla;

$$\alpha_i^j = 2 \frac{Q_i^j}{A_i^j} + \frac{\frac{gA_i^j}{b} - \left( \frac{Q_i^j}{A_i^j} \right)}{\frac{Q_i^j}{A_i^j} \left( \frac{5}{3} - \frac{4}{3} \frac{R_i^j}{b} \right)} \quad (1.108)$$

$$\beta_i^j = gA_i^j \left( \frac{(Q_i^j)^2 n^2}{(A_i^j)^2 (R_i^j)^{4/3}} - S_0 \right) \quad (1.109)$$

denklemleri ile hesap edilir. İlk olarak (i, j) başlangıç noktasından başlayarak  $\alpha_i^j$  ve  $\beta_i^j$  değerlerini (1.108) ve (1.109) denklemlerinden bilinen başlangıç ve sınır şartları kullanılarak kolayca hesaplanır. Daha sonra  $Q_i^{j+1}$  değeri (1.106) denklemi yardımıyla hesaplanabilir. Son aşamada  $A_i^{j+1}$  değerini  $Q_i^{j+1}$  değeri kullanılarak (1.107) denklemi ile bulunur. Bu yöntem (i, j) noktalarının ardışık değerleri için tekrarlanarak çözüm yapılır (Keskin ve Ağırallıoğlu, 1997).

Akarsu taban eğimi ve sürtünme katsayısının farklı kombinasyonları şeklinde yapılan hesaplamalarda ise Dinamik Yöntem diğer yöntemlere göre daha esnek, hızlı ve doğru sonucu bulmada etkili bir yöntemdir (Soentoro, 1991) .

#### 1.4. Literatür Özeti

Balamurugan ve Bhallamudi (2017), çalışmalarında bileşik kesitlere sahip belli zamanlarda akım olan bir kanalda taşkın ötelenme için yeni bir yaklaşım açıklamışlardır. Önerilen matematiksel modelde, yüzey akışında Saint-Venant denklemlerinin sayısal çözümünü ve yüzey altı akışında bir boyutlu Richards denkleminin sayısal çözümünü iterativ bir şekilde yapmışlar, ana yatak ve taşkın yatağı etkileşimlerini modellemek için son zamanlarda geliştirilen etkileşimli bölünmüş kanal IDC (Interactive Divided Channel) yöntemini kullanmışlardır. Burada bir boyutlu yüzey ve iki boyutlu yüzeyaltı 1DSP2DSS (One-Dimensional Surface And Pseudo Two-Dimensional Subsurface) modelini kullanmışlar, kesitin sızma oranındaki yanal değişimin etkisinin, akımın derinliğindeki yanal değişime ve topraktaki yanal değişime bağlı olarak arttığını belirlemişlerdir. Önerilen modelin sonuçlarını literatürde mevcut olanlar ile karşılaştırarak doğru olduğunu teyit etmişlerdir. Sonuçta taşkın yatakları ve sızma oranındaki yanal değişimin etkisinde bulunan kanallarda taşkın ötelenme modelini başarılı bir şekilde uygulamışlardır.

Afzali (2016), çalışmasında taşkın ötelenmede daha doğru sonuçlar alınabileceği öngörülen Lineer Muskingum Yöntemi'ne dayanan yeni bir model kullanmıştır. Muskingum parametreleri taşkın süresince klasik metot için sabit kabul edilirken, bu modelde taşkın periyodu süresince değişimi göz önüne alınmıştır. Lineer Muskingum

Yöntemi'nin parametrelerini tahmin ederken MHBMO (Modified Honey Bee Mating Optimization) algoritmasını kullanmış ve bu algoritmayı kullanarak önerdiği modeli, başka tekniklerle kalibre edilerek yapılan sabit parametrelili model ile karşılaştırmıştır. Sonuçta, bu yeni modelin hatayı sadece %50 azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda MHBMO algoritmasının da Muskingum Yöntemi'nin parametrelerinin tahmininde rahatlıkla kullanılabilceğini tespit etmiştir.

Barati vd. (2013), ölçüm istasyonlarının kurulumunun pahalı olmasından dolayı geçmişe yönelik çok az verinin bulunduğu havzalarda hidrolojik metot olan Muskingum-Cunge metodunu kullanmışlardır. İlk aşamada Karun Nehrinde günlük ve saatlik taşkın verilerini kullanarak Muskingum-Cunge Metodu kullanmışlar, ikinci aşamada ise Muskingum-Cunge metodunun performansını, mansap pik akımdaki azalma ve çıkış akımındaki gecikme süresi için toplamda 2160 sayısal ötelenme yaparak araştırmışlardır. Deneylede kanal, taşkın ve havzanın karakterlerini temsil eden parametrelerin farklı kombinasyonlarıyla verilmiş olan giriş hidrografını dikdörtgen bir kanalda Muskingum-Cunge metodu ile ötelemişlerdir. Sonuçta Muskingum-Cunge metodu ve diğer taşkın ötelenme metotları arasındaki tutarsızlıkların pürüzlülük katsayısı küçüldükçe ve akarsu yatak eğimi arttıkça azaldığını görmüşlerdir. Ayrıca bu çalışmada Muskingum-Cunge metodunun diğer taşkın ötelenme metotlarına göre güvenilir sonuçlar verdiğini, nehrin yatak eğimi ve pürüzlülük katsayısı çok büyük olmadıkça ölçümü olmayan havzaların projelendirme işlemlerinde doğru sonuçlar vereceğini belirlemişlerdir.

Karahan ve Gürarlan (2012), Sütçüler taşkını kinematik dalga yöntemi kullanarak modellemişlerdir. Taşkın ötelenme hesaplamalarında Crank-Nicolson, MacCormack, Lax-Wendroff ve Saulyev sonlu fark şemalarını kullanmışlardır. İncelenen taşkında sonlu fark şemaları ile elde edilen pik debi değerlerinin ve pik zamanının ölçüm sonuçlarıyla iyi bir uyum gösterdiğini tespit etmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda, ikinci mertebeden sonlu fark şemalarının bile pratik uygulamalarda kabul edilebilir sonuçlar verdiği belirtmişlerdir.

Soleymani ve Delphi (2012), çalışmalarında dalga modeli ve sayısal modelleri içeren farklı taşkın ötelenme metotlarını karşılaştırmışlardır. Sayısal model olarak Açık, Kapalı ve Karakteristik Model, dalga modeli olarak Difüzyon ve Kinematik modelleri kullanmışlardır. Bunun için temel denklemlerin çeşitli sayısal çözümlerini programlar yardımıyla geliştirmişlerdir. Uygulama alanı olarak Maroon Nehri'ni seçerek Behbanan ve Chamnezam adlı iki adet akım gözlem istasyonu verilerinden yararlanmışlardır. Ötelenme yapılırken Behbanan İstasyonunu memba kısmı, Chamnezam istasyonunu ise mansap

olarak ele almışlardır. Bu beş modele göre yapılan ötelenme sonuçları ayrı ayrı grafiksel olarak gösterilmiştir. Bu modellerden Difüzyon ve Kinematik Yöntem denklemlerindeki sadeleştirmeden kaynaklanan bazı terimlerin akıma zıt yöndeki kuvvetlerin ihmal edilmesinden dolayı sonuç değerleri diğer sayısal modellere göre daha yüksek çıktığını belirlemişlerdir. Ayrıca gözlenen pik debi ile ötelenme sonucu elde edilen değerleri karşılaştırmışlardır. Kinematik, difüzyon, açık ve kapalı model sonuç hidrograflarının mesafeden etkilendiği, karakteristik model sonuçlarının ise gerçek verilerle en iyi örtüşen bir ötelenme modeli olduğunu belirlemişlerdir. Sonuçta mansap kısmındaki ölçülmüş hidrograf değerlerine en yakın sonucu veren modelin Karakteristikler Modeli olduğu sonucuna varmışlardır.

Ülke ve Kaya (2012), taşkın akımının modellenmesi amacıyla Muskingum Metodu ve Kinematik Dalga Metodunu (KDM), KDM'nin sayısal çözümünde ise Diferansiyel Quadrature Metodunu (DQM) kullanmışlardır. Kinematik dalga yönteminin DQM kullanılarak gerçek bir taşkın problemine uygulanması ise ilk kez bu çalışmada gerçekleştirmişlerdir. Sayısal çözümde 4 Kasım 1995 yılında Aksu Akarsuyu'nun bir kolu olan Sütçüler Değirmendere'de meydana gelen taşkın olayını dikkate alarak, DQM sonuçlarının ölçüm hidrografi ile uyumlu olduğunu ve Muskingum yöntemi sonuçlarına göre daha iyi sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir.

Barati vd. (2012), kapalı sonlu farklar çözümüne dayanan dinamik ötelenme metodunu, nehirlerdeki taşkın ötelenmesi yapılabilmesi için geliştirmişlerdir. Bu yöntemin arazi uygulamalarında model sonuçları ile gözlenen değerler arasında iyi bir uyumun olduğunu görmüşlerdir. Sonuçlar değerlendirilirken çıkış akım pikindeki azalma ve gecikme süresi kullanılmış, daha sonra modelin giriş parametrelerinin hassaslık analizini sayısal uygulamalarla yapılmıştır. Bu uygulamalarda kanal geometrisi ve yatak yüzeyi, havzaya ve taşkına ait çeşitli parametrelerin farklı kombinasyonlarını uygulamışlardır. Çıkış sonuçlarındaki etkili olan parametrelerin değişimleri ile giriş parametrelerinin hassaslığındaki değişimleri araştırmışlardır. Yaptıkları hesaplamalar sonucunda Manning pürüzlülük katsayısı arttığı zaman veya yatak eğimi azaldığı zaman çıkış hidrografın pike ulaşma süresinin arttığını ve pik debinin azaldığını tespit etmişlerdir.

Elbashir (2011), İrlanda'nın Brosna Nehri'nde 1990 ve 1994 yılları arasındaki taşkınlar hidrolojik metod olan Muskingum ve Muskingum-Cunge yöntemlerini uygulayarak taşkın ötelenme çalışmasını yapmıştır. Bu yöntemlerin basitliği ve doğal kanallarda uygulanmasının yaygın olmasına rağmen, kullanımları belirli koşullar ile

sınırlıdır. Yaptığı analizler sonucunda, çeşitli faktörler nedeniyle iki yöntemde de çıkış hidrografının tespitinin başarısız olduğunu göstermiştir. Bunu etkileyen temel faktörlerin 1) Hidrografların çoğunun dik bir şekilde yükselmesi 2) Kanalin ise çok az bir eğime (0,00047) sahip olduğunu tespit etmiştir. Bunlara başka faktörler de eklenerek ölçülmüş olan giriş ve çıkış hidrograflarının karşılaştırılması ile ilgili işlemlerin zor olduğu bir duruma soktuğunu belirlemiştir. Sonuç olarak seçilen bu bölgede hidrolojik metotların taşkın ötelenmede iyi sonuçlar vermediğini tespit etmiştir.

Özdoğan (2010), çalışmasında ele alınan akarsuyun çeşitli sebeplerle yatağından taşarak, çevresindeki doğal yapıya, arazilere, yerleşim yerlerine, altyapı tesislerine ve canlılara zarar verecek bir akım büyüklüğüne ulaşmasında geçecek zamanın bilinmesi ve akımın yıkıcı etkiye sahip hacminin tespit edilebilmesi için hidrolik ve hidrolojik taşkın ötelenme metotları ile hesaplamalar yapmıştır. Antalya İli sınırları içinde doğarak, Manavgat İlçesinde Akdeniz'e dökülen Alara Çayı'nda ölçülen akım verileri, Kinematik, Difüzyon, Dinamik ve Muskingum-Cunge yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlarla karşılaştırmıştır. Bu çalışmada, hidrolik yöntemler içerisinde kinematik yöntem ile ortaya çıkan sonuçların Alara Çayında ele alınan 10.000 metrelik kesitin mansabındaki akım gözlem istasyonunda gözlenen veriler ile en iyi biçimde uyum sağladığını tespit etmiştir. Dinamik yöntem sonuçları ölçülmüş değerlerle örtüşmemiş, çalışmada kullanılan tek hidrolojik yöntem olan Muskingum-Cunge yöntemi de ölçülmüş değerlerle iyi bir uyum sağlamıştır. Muskingum-Cunge metodunun hesaplama süresinin kısa olması ve hesaplama kolaylığı açısından kinematik yöntemle göre daha avantajlı olduğunu belirtmiştir. Sonuç olarak Alara Çayı akım ve yatak karakteristiklerinin dikkate alındığı bu çalışma ile kinematik dalga yönteminin diğer hidrolik yöntemlere göre daha güvenilir sonuçlar ortaya koyduğunu göstermiştir. Bununla birlikte hem memba hem de mansap kesitinde akım verilerinin mevcut olması halinde Muskingum-Cunge yönteminin de uygun sonuçların verdiğini, Alara Çayı için her iki yöntemin de taşkın ötelenmesinde kullanılabileceğini tespit etmiştir.

Akbari ve Firoozi (2010), geniş bir dikdörtgen kesitli nehir boyunca uygulanan taşkın ötelenmesi hesaplarında Saint Venant denklemlerinin sayısal olarak kapalı ve açık çözümlerini ve HEC-RAS program modelini kullanmışlardır. Bu çalışmada uygulanan sayısal metotların sonuçlarının gözlenen değerlerle iyi bir uyum içerisinde olduğu, fakat HEC-RAS programı sonuçları ile zayıf bir uyum içerisinde olduğunu görmüşlerdir. Bunun sebebinin ise, HEC-RAS programındaki enerji denkleminin momentum denklemiyle

değişmesi sonucu olabileceği kanaatine varmışlardır. HEC-RAS modeliyle ölçülen sönümlenme oranının akarsuyun mansap kısmında % 25 iken, diğer modellerde % 3 ile % 8 arasında olduğunu belirlemişlerdir. Membadan 15 km sonraki kısımda HEC-RAS programı ile hesaplanan akım derinliklerinin, diğer modellere göre daha fazla, mansapta ise az olduğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak, sayısal çözümlere göre pik debinin membadan 15 km' ye varış süresinin, HEC-RAS sonuçlarına göre 1 saat daha erken olduğu, mansapta ise bunun 2 saat kadar erken olduğu sonucuna varmışlardır.

Atalay (2008), taşkın ötelenme metotlarını hidrolik ve hidrolojik metotlar olarak tek tek ele alıp irdedikten sonra, kinematik dalga metodu için kurulan yöntem ile Muskingum Yöntemi için elle yapılan çözümü karşılaştırmıştır. Hesaplarda, Kinematik Dalga Metodu'nda Ceyhan Havza'sı verileri, Muskingum Yöntemi'nde ise Ceyhan Havzası için türetilen değerleri kullanmıştır. Her iki metot için karşılaştırma indisini tanımlayarak, kinematik dalga metodunda karşılaştırma indisinin daha büyük çıktığını belirlemiştir. Sonuç olarak Kinematik Dalga Metodunun daha iyi ötelenme yaptığını tespit etmiştir.

Gasiorowski ve Szymkiewicz (2007), çalışmalarında kütle ve momentum denklemlerinin sadeleştirilmiş taşkın ötelenme hali olan adveksiyon ya da adveksiyon-difüzyon akım iletim denklemlerini analiz etmişlerdir. Analizlerinin amaçlarının, hem nonlinear kinematik hem de difüzyon dalga denklemlerinin sayısal çözümlerinde görülen kütle denge hatasının nedenlerini açıklama olduğunu belirtmişlerdir. Kinematik dalga denkleminin korunum haline bağlı yöntemin ya kütle korunumu kanunu ya da momentumun korunumu kanunu ile uyumlu olacağını saptamışlardır. Her iki kanunun da sadece lineer denklemle aynı zamanda uyumlu olacağını belirtmişlerdir. Bunlara ek olarak, belirsiz akım değerli nonlinear difüzyon dalga yöntemi için kütle ve momentum dengesi hatalarının elenemeyeceğini belirtmişlerdir. Bunun sebebinin de lineer olmayan difüzyon dalga yönteminin oluşturulması sırasında farklı bir formda ortaya çıkan difüzyon teriminin bulunması olduğu tespit etmişlerdir.

Al-Humoud ve Esen (2006), Muskingum Metodunun güvenilirliği bağlı olduğu parametrelerin ( $K$  ve  $x$ ) doğru bir şekilde tahmin edilmesine bağlı olduğunu belirlemişlerdir. Bununla birlikte, aynı nehir için farklı taşkınlarda farklı Muskingum parametreleri elde edilmektedir. Çalışmalarında  $K$  ve  $x$  parametrelerinin tahmini için iki tane yaklaşık yöntem kullanmışlardır. Birinci metotta giriş ve çıkış hidrografların kesiştikleri noktadaki eğimlerinin ve maximum depolamaya ulaşmasının hesaplanması,

ikinci metotta ise giriş ve çıkış hidrografların belirli iki noktadaki hesabı olarak yapmışlardır. Sonuçta, yaklaşık metotların avantajını Muskingum parametreleri belirlenirken giriş ve çıkış hidrografların özelliklerinden tahmin edilebilmesi olarak belirlemişlerdir. Böylece deneme-yanılma ile yapılan yöntemlere ve birçok diğer sayısal metotlara ihtiyacın kalmadığını görmüşlerdir. Diğer yandan da bu yöntemin doğruluğunun çizilen hidrografların güvenilirliğine bağlı olduğunu tespit etmişlerdir. İki yaklaşık yöntemde de K ve x parametreleri belirlenirken tüm verilerin güvenilirliğinde problemler olabileceğini belirlemişlerdir. Özellikle birinci metotta giriş ve çıkış hidrografların kesişiminden önceki verileri kullanırken, ikinci metotta nispeten küçük verileri kullanmışlardır.

Tewold ve Smithers (2006), yanal akışın olduğu ve olmadığı durumda Muskingum-Cunge metodunu ölçümü olmayan nehirde uygulamışlardır. Muskingum-Cunge metodunda ölçümü olmayan akarsudan türetilmiş parametreleri kullanmışlardır. Güney Afrika KwanZulu – Natal'daki Thukela havzasındaki 3 küçük havzayı analiz için seçmişlerdir. Akarsu eğimlerini ve uzunluklarını dijital yükseklik yönteminden, Manning pürüzlülük katsayısını arazi gözlemlerden tahmin etmişlerdir. Hız ve hidrolik yarıçap gibi akımla ilgili parametreleri hem akarsu akarsu kesitlerinden, hem de deneysel formüllerden hesaplamışlardır. Akarsu boyunca yanal akımları Saint Venant denklemlerinden tahmin etmişlerdir. Daha sonra metotların sonuçlarını grafik ve istatistiksel hesaplamalar ile gözlenmiş değerleri karşılaştırarak elde etmişlerdir. Sonuçta, deneysel formül ve kesitlerden elde edilmiş parametreleri kullanan Muskingum-Cunge metoduyla elde edilen sonuçların gözlenen sonuçlarla taşkın piki, pike ulaşma süresi, hidrografın şekli gibi verilerde iyi bir uyum içerisinde olduğunu belirlemişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda da Muskingum-Cunge Metodunun Thukela havzasındaki türetilmiş verileri kullanarak yapılan taşkın ötelenmesinin ölçüm olmayan bölgelerde uygulanabileceğini ve bu metotun Güney Afrika'da ölçüm olmayan bölgelere taşkın ötelenmesi çalışmasında kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Tsai (2005), mansap etkisi ile etkilenen akım yüksekliğiyle tedrici değişen az eğimli akarsulardaki kararsız akımın ötelenmesini teorik olarak araştırmıştır. Saint Venant denklemleri ve diğer ötelenme metotları  $M_1$  ve  $M_2$  su yüzeylerinin temsil ettiği zaman ve mekân olarak değişen alt akımlardaki taban akımı durumunda lineer hale getirmiştir. Akımın mekânsal olarak değiştiği zaman, açık kanaldaki dalga sönümlenmesi veya yükselmesi, dalganın gecikmesi veya ivmelenmesi gibi fiziksel mekanizmaları incelemek



için lineer stabilite analizini kullanmıştır. Tüm dalga çeşitleri için dalga ivmelenmesi ve dalga hızı gibi dalga yayılımının karakteristiklerinin analitik tanımlamaları, kanal özellikleri, kararlı uniform akımın Froude sayısı, boyutsuz dalga numarası, taban akım yüksekliği ve basınç gradyanı gibi nitelikleri elde edilmiş ve açıklanmıştır. Ayrıca boyutsuz hidrostatik basınç gradyanı mansap suyun etkisini ölçmek için bu çalışmada kullanmıştır. Sonuçta diğer basitleştirilmiş dalga yöntemleri arasında az eğimli nehirde taşkın yöntemlerinde mansap etkisinin hesaba katılabilecek bir seviyede olduğunu ağırlık dalga yöntemi, ataletsizlik dalga yöntemi ve yarı karalı dinamik dalga yöntemi göstermiştir.

Pistil (2005), 04–08 Mart 2004 tarihleri arasında Mersinin Silifke ilçesinde, Gezende barajında oluşan taşkını incelemiştir. Taşkın dalgasının ötelenmesinde, hidrolik metotlardan olan Kinematik Dalga Yöntemini uygulamış, bununla ilgili debi-mesafe, debi-zaman grafiklerini çizmiştir. Debinin 30 kata kadar artmasının, akımın hızını ve derinliğini aşırı arttırdığını, akım süresini ise aşırı düşürdüğünü tespit etmiştir. Debinin artışının 30 katın üzerine çıkmasının ise, söz konusu parametre değerlerinin artış ve azalışlarını hissedilir derecede düşürdüğünü, hatta belli değerden sonra artış olmadığını belirlemiştir. Buna göre, Göksu nehrinde yapılacak taşkın önleme projesi için göz önüne alınacak taşkın değerleri, normal akım değerlerinin yaklaşık 30 katı seviyesinde olması gerektiği sonucuna varmıştır.

Chagas ve Souza (2005), çalışmalarında hidrodinamik model oluşturulmuş, sayısal metodlarla da taşkın ötelenmesinin çözümünü yapmışlardır. Hidrodinamik modellerin denklemlerini daha basit hale getirerek, açık sayısal yöntemleri de kullanarak çözmüşlerdir. Bunu yaparken de kanal boyunca hareket eden taşkın dalgasının aynı başlangıç ve sınır şartlarında, farklı yatak eğimlerinde simülasyonlarını yapmışlardır. Yatak eğiminin azaldığında taşkın piklerinde önemli bir azalma olduğunu, fakat akım hızında önemli bir değişikliğe yol açmadığını, başlangıçtan noktasından aynı uzaklıklara taşkın varma süresinin yaklaşık olarak aynı olduğunu tespit etmişlerdir.

Singh (2004), çalışmasında açık kanallardaki akım dinamiklerinin son yıllarda önemli ölçüde geliştiği, matematik ve istatistikteki gelişmelerle birlikte, hem arazi hem de deneysel verilerin toplanarak, yeni hesaplama araçlarıyla yapılan analizlerle ilgili bilgiler vermiştir. Akım ötelenmesi için matematik denklemlerin oluşturulması, ele alınan kanalın geometrik yapısı, başlangıç ve sınır şartları, temel denklemler, bunların sadeleştirilmesi ve uygulanmasına değinmiştir. Saint Venant denklemlerinin analitik çözümünün zorluğundan

ve sayısal olarak çözümündeki sayısal yöntemlerden bahsetmiştir. Son yıllarda geliştirilen Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık, Genetik Algoritma metotları ile taşkın ötelenme çalışmalarının yapıldığını belirtmiştir. Sonuç olarak, Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık, Genetik Algoritma veya kısmen stokastik, kısmen deterministik modellere dayanan yeni taşkın ötelenme metodlarının geliştirildiğini, nehir akımının mekansal ve kompleks bir yapıda olup, modellemesinin güç olduğu, birçok sistemin komple stokastik veya kısmi stokastik kısmi deterministik olup, stokastik yapıların sistem geometrisi, dinamiği, kuvvet fonksiyonları ve başlangıç, sınır şartlarını oluşturan birçok rastgele olaylara bağlı olduğunu belirtmiştir.

Ülke (2003), Sütçüler Havzası'nda, 4 Kasım 1995 tarihinde meydana gelen taşkına ait piklerin matematiksel olarak modellenmesinde hidrolojik yöntemlerden biri olan Muskingum Yöntemini kullanmıştır. Yöntemin kullanılabilirliğini belirlemek için, ilk olarak yatak eğimini hesaplamış ve belirlenen yatak eğiminde Muskingum Yöntemi' nin uygulanabilirliğini göstermiştir. Daha sonra katsayılar yöntemi olarak bilinen Muskingum Yöntemi' ndeki mevcut  $x$  ve  $K$  parametrelerini DSİ 18 Bölge Müdürlüğü tarafından ölçülen Değirmendere Akarsuyu' na ait giriş ve çıkış taşkın değerlerine göre hesaplamıştır. Hesaplanan  $x$  ve  $K$  parametreleri dikkate alınarak  $C_1$ ,  $C_2$ , ve  $C_3$  katsayılarını belirlemiş ve yataktan çıkan taşkın pik değerlerini bulmuştur. Çizdirilen grafikten hesaplanan taşkın değerleri ile ölçülmüş taşkın değerlerinin uyum içerisinde olduğu göstermiştir. Sonuç olarak; Muskingum Yöntemi'nin bir yataktaki taşkın piklerinin belirlenmesinde kullanılabilmesi için yatak eğiminin,  $x$  ağırlık parametresinin ve  $K$  geçiş zamanının kesin olarak belirlenmesi gerektiğini tespit etmiştir. Bölgesel bir araştırma olan bu çalışmada çalışılan havza sınırları içerisinde dik eğime sahip akarsularda meydana gelen taşkınların modellenmesinde Muskingum Yöntemi'nin kullanılabilirliğini ortaya çıkarmıştır.

Keskin ve Ağralıoğlu (1999), dikdörtgen kesitli açık kanal akımında yapılan taşkın ötelenmesi için Saint Venant denklemlerinin çözümünde kullanılan momentum denkleminin yeni bir formunu kullanmışlardır. Bu formülde momentum denklemini, debi ve kesit alanı olmak üzere iki parametreye bağlı olarak kısmi diferansiyel denklemine dönüştürmüşler, basitleştirdikleri dinamik yöntemi sonlu farklar yardımı ile çözmüşlerdir. Sonuç olarak, basitleştirilmiş dinamik yöntem sonuçları ile literatürden seçilen klasik dinamik yöntem sonuçları karşılaştırıldığında, aynı şartlar altında yaklaşık aynı sonuçları verdiğini tespit etmişlerdir. Basitleştirilmiş bu modelin hem formülüze edilmesi hem de hesaplanmasının kolay olduğunu ve işlemlerin çok kısa zaman aldığını belirlemişlerdir. Bu

modeli kinematik yöntemle de karşılaştırmışlar, pik debi ve pik debiye ulaşma süresinin kinematik yöntemle göre daha kısa olduğunu görmüşlerdir. Sonuçta basitleştirilmiş dinamik yöntemin kinematik formülasyonun bütünüyle uygun olmadığı durumlarda kullanılabilirliğini tespit etmişlerdir.

Durmuş (1997), akarsu yatak şeklinin ve kesit karakteristiklerinin, akarsu boyunca sabit olmayıp değişken olmasının taşkın ötelenmesi üzerinde etkisini incelemiştir. İncelemeyi 2000 m uzunluğunda bir yatakta, dikdörtgen ve trapez kesit şekillerinin birbirini takip eden 3 farklı kombinasyonu için yapmış, hesaplarda kinematik yöntem akımı denklemleri ve denklemlerin çözümü için sonlu farklar metodunu kullanmıştır. Yatak enkesitinin taşkın piki oranlarına etkisinin çok az olduğu fakat taşkın pikinin oluşma süresine etki etmediğini belirtmiştir. Sabit dikdörtgen ve sabit trapez kesitlerde yatak boyunca oluşan taşkın pikleri düzenli bir şekilde azalırken karışık kesitli yataklarda oluşan ani ve düzensiz artma ve azalmalar olduğunu görmüştür. Sonuç olarak, yatağın incelenen şekillerde karışık enkesitli olmasının mansap kesiti üzerindeki taşkın piki etkisinin yok denecek kadar az olduğu, ancak yatağın ara noktalarında meydana gelen taşkın piki üzerine, enkesit şekline göre değişen oranlarda etkisinin olduğu sonucuna varmıştır.

Keskin (1994), bağımlı değişken parametrelili bir dinamik yöntem için matematik denklemleri çıkararak, bu denklemler yardımı ile akarsularda taşkın ötelenmesi problemlerini incelemiştir. Denklemlerin çözümü için sınırlarda ek sınır şartı gerektirmeyen açık sonlu bir fark şeması kullanmış, akarsu yatağı için dikdörtgen, üçgen, yamuk ve parabol şekiller ele almıştır. Ayrıca, taban pürüzlülük katsayısının, taban genişliğinin taban eğiminin ve şev eğiminin taşkın hidrografi üzerindeki etkilerini tek tek her bir en kesit şekli için araştırmış, ele alınan dinamik ve kinematik yöntem sonuçlarını karşılaştırmıştır. Başlangıç kesitine göre çıkış kesitinde pik debinin en fazla sönümlendiği akarsu kesitinin dikdörtgen kesit olduğunu, Manning pürüzlülük katsayısı arttıkça çıkış taşkın piki sönümlenme oranının azaldığını, taban genişliği arttıkça yamuk ve dikdörtgen durumunda meydana gelen taşkın piklerinin sönümlenme oranlarının azaldığını belirtmiştir. Ayrıca yatak taban eğiminin taşkın dalgası üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla dört farklı taban eğimini ele almış, taban eğiminin 0.01 olduğu zaman uygun taşkın değerlerini tespit edememiştir. Dinamik yöntemin bu çalışmada dik eğimli bir akarsudaki taşkın ötelenme hesabında kullanılmayacağı sonucuna varmıştır. Kinematik yöntemle elde edilen sonuçları dinamik yöntem sonuçları ile karşılaştırmış, taşkın ötelenme hesaplarında kinematik yöntemle göre dinamik yöntemin daha uygun sonuçlar

verdiğini belirtmiştir.

Soentoro (1991), farklı eğim ve sürtünme katsayılı açık kanallara uygulanan beş tane taşkın ötelenme yöntemlerinden en iyi yöntemi bulmak için birbirleriyle mukayese etmiştir. Bu yöntemlerden üç tanesi Dinamik, Kinematik ve Karakteristik Yöntemler hidrolik metot grubuna girmekte ve kararsız akımların lineer olmayan kısmi diferansiyel denklemlerinin çözümüne dayanmaktadırlar. Diğer yöntemlerden Muskingum-Cunge metodu hidrolojik yöntem grubuna girmekte ve UBC Yöntemi (The University of British Columbia) ise British Columbia Üniversitesi'nin geliştirdiği hibrit bir yöntemdir. Dinamik yöntem kararsız akım denklemlerinin akarsu akımı boyunca çözümüne dayanan yöntemler içinde en karışık yöntemdir. Uygulamada ilk olarak ötelenme metotlarını Fraser Nehri'ne, daha sonra da prizmatik kanalda farklı sürtünme katsayısı ve eğimlerde uygulamıştır. Sonuçları hem birbirleriyle hem de ölçülmüş değerlerle karşılaştırmıştır. Tüm yöntemlerden elde edilen sonuçların Fraser Nehri'ndeki ölçülmüş değerlerle iyi bir uyum içerisinde olduğunu, en iyi uyum sağlayan yöntemin ise Dinamik Yöntem olduğunu belirtmiştir. Dinamik yöntemden sonra sırasıyla Karakteristik, Kinematik, UBC ve Muskingum-Cunge Yöntemi ölçülen değerlere en yakın sonuçları verdiğini tespit etmiştir. Ötelenme yöntemlerinin hesaplama sonucunda elde edilmiş pik debilerden ölçülmüş değere en yakın olan yöntem küçük Manning sürtünme katsayılı veya dik eğimli kanallar için UBC akım yöntemi olup, sonraki en yakın değer ise az eğimli veya büyük Manning sürtünme katsayılı kanal için Kinematik Yöntemin olduğunu belirtmiştir. Akarsu taban eğimi ve sürtünme katsayısının farklı kombinasyonları şeklinde yapılan hesaplamalarda Dinamik Yöntemin daha esnek, hızlı ve doğru sonucu bulmada daha kolay bir yöntem olduğunu, Kinematik ve UBC yönteminde esnek ve hızlı olduğunu fakat kanal eğimi yatay olsa bile Dinamik yöntem kadar doğru sonuç vermediğini tespit etmiştir. Karakteristik yöntem sonuçlarının pik debi hariç olmak üzere Dinamik Yöntem sonuçlarına çok yakın olduğu, Muskingum-Cunge Yönteminin ise diğer tüm yöntemlere göre en kötü sonuçları verdiğini belirtmiştir.

Keskin (1989), çalışmasında farklı geometrik kesitlere ve değişik uzunluklara sahip akarsularda taşkın durumunu irdelemiş ve taşkın ötelenme hesapları yapmıştır. Dikdörtgen, trapez ve üçgen kesitli akarsularda kesit farklılıklarından dolayı taşkın değerinin farklı olduğunu belirlemiştir. Dikdörtgen ve trapez kesitli akarsularda oluşan taşkınların, üçgen kesitli akarsularda oluşan taşkınlardan daha yavaş meydana geldiğini, bunun nedeninin de üçgen kesitli akarsuların depolama hacminin, diğer kesitlerin depolama hacminden küçük

olmasından kaynaklandığını görmüştür. Taşkın ötelenmeye etki eden diğer faktörlerin taşkını incelenen akarsuyun uzunluğu ( $\Delta x$ ) ve seçilen zaman aralığı ( $\Delta t$ ) olduğunu,  $\Delta x$  ve  $\Delta t$ 'nin birbiriyle ters orantılı ve ötelenme mesafesi arttıkça da taşkın değerlerinde bir azalma olduğu taşkın pikinin de oluşma zamanının değiştiğini belirlemiştir. Sonuç olarak, genelde kullanılan Muskingum metodunun yanında matematik yöntem olarak bilinen Kinematik metodun da kullanılabilceğini ve faydalı olacağını belirtmiştir.

### 1.5. Literatür İrdemesi

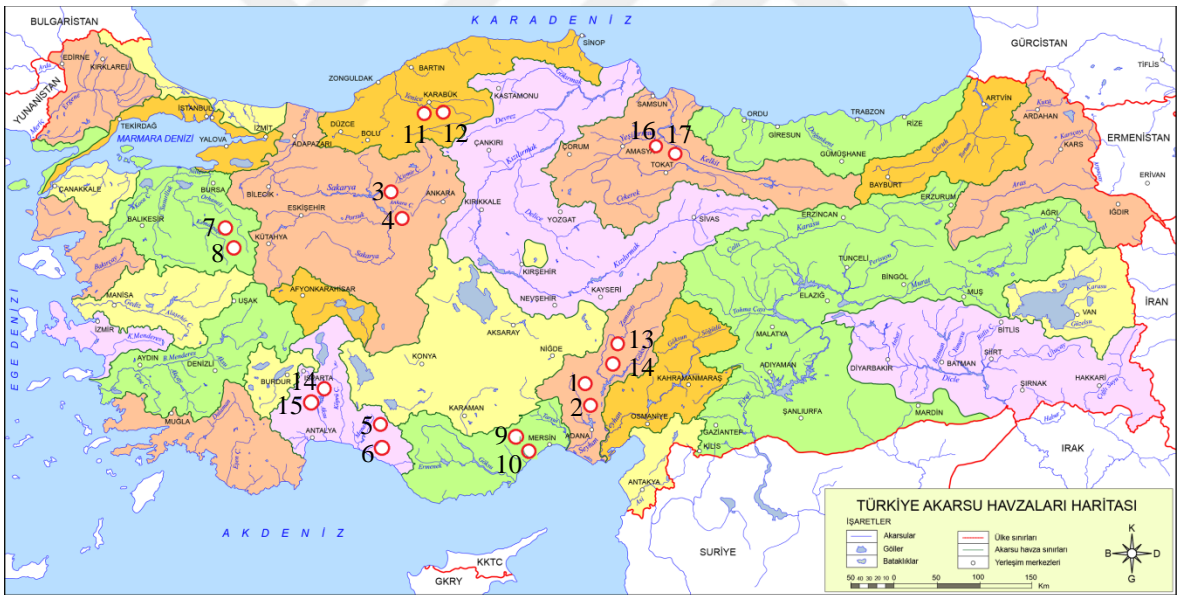
Literatür araştırması sonucunda genellikle bir bölge için bir taşkın ötelenmesi yöntemi çalışılmış, az sayıda farklı ötelenme yöntemleri üzerinde yapılan araştırmalar ise oldukça sınırlı kalmıştır. Benzer şekilde, bir bölgede farklı havzalar için yapılan taşkın ötelenme çalışmalarının sayısı oldukça azdır. Taşkın ötelenme yöntemleri için temel parametrelerden olan eğim ve pürüzlülük katsayının, bu yöntemlerin performansı üzerindeki etkisi ile ilgili az sayıda çalışma yapılmış olduğu da literatür araştırması sonucu belirlenmiştir. Literatür taramasında eksikliği hissedilen ve bu tez çalışmasında ulaşılması hedeflenen konular şöyle özetlenebilir:

- ✓ Farklı özellikteki havzalarda 2 hidrolojik ve 3 hidrolik ötelenme yönteminin hangilerinin daha iyi sonuç verdiği belirlenmesi,
- ✓ Yöntemlerin performanslarının taban eğimi ve pürüzlülüğüne bağlılığının irdelenmesi ve sonuç olarak hangi eğim ve pürüzlülüğe sahip havzalarda hangi yöntemin uygulanmasının tercih edileceğinin belirlenmesidir.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Çalışma Bölgelerinin Tanıtılması

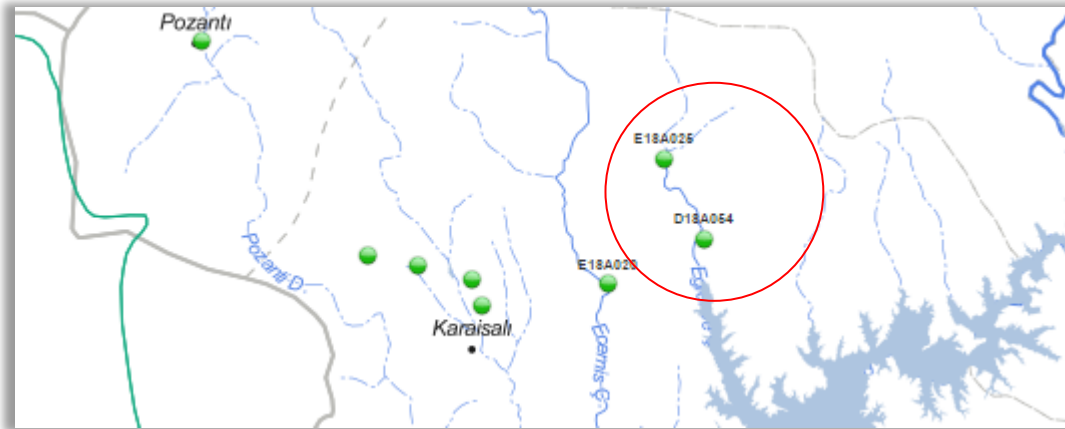
Çalışma bölgesi ilk olarak taşkınların yaşandığı Türkiye geneli olarak düşünülmüş ancak aynı akarsu üzerinde bir çok yerde iki adet Akım Gözlem İstasyonu olmadığından ve bir kısmında taşkınların yaşandığı saatlerde ölçüm alınamadığından dolayı 8 havzada yer alan 9 bölgede, 18 adet Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) belirlenmiştir. Bu AGİ'lerinin haritası Şekil 2.1'de, bazı özellikleri ise Tablo 2.1'de gösterilmiştir. Ayrıca her bir bölgedeki AGİ'nin harita ve fotoğrafları DSİ'den alınmış olup, Şekil 2.2-2.18'de sunulmuştur (URL-4, 2017).



Şekil 2.1. Taşkın ötelenme yapılan bölgelerdeki AGİ'ler (URL-5, 2018)

Tablo 2.1. Akım Gözlem İstasyonları ve Özellikleri

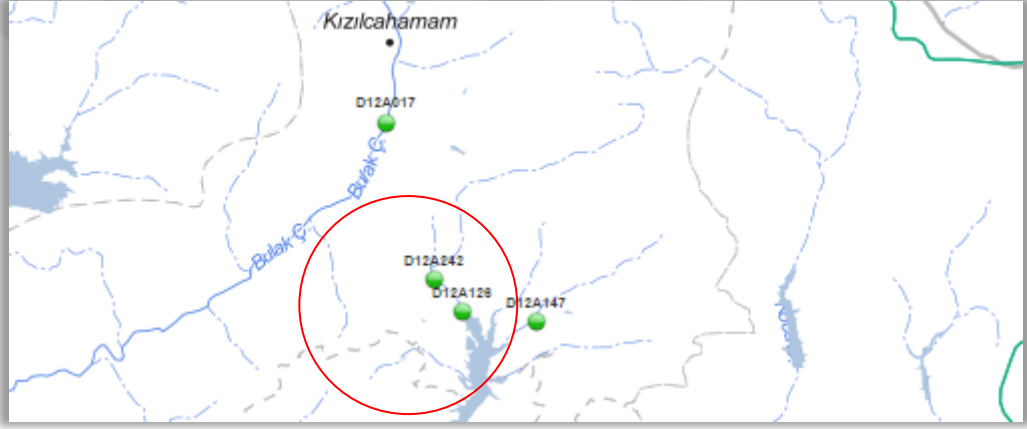
İl/İlçe Adı	İstasyon No	İstasyon Kodu	İstasyon Adı	Havza Adı	Akarsu Adı	İstasyon Açılış Tarihi	Alanı (km <sup>2</sup> )
Adana / Karaisalı	1	E18A025	Eğribük	Seyhan	Eğlence	1986	544,5
	2	D18A054	Armutlu	Seyhan	Eğlence	2009	635,4
Ankara / Kızılcahamam	3	D12A242	Uğurlu	Sakarya	Mera	2003	120,9
	4	D12A126	Pazar Yol Ayırımı	Sakarya	Mera	1974	197,2
Antalya / Manavgat	5	E09A022	Narağacı	Müteferrik Orta Akdeniz	Alara	1992	396,3
	6	E09A024	Ortakonuş	Müteferrik Orta Akdeniz	Alara	1995	611
Bursa / Harmancık	7	D03A142	Attıranlar	Susurluk	Uzundere	2004	23
	8	D03A143	Attıranlar	Susurluk	Taşkışla	2004	15,28
İçel / Silifke	9	E17A017	Kızılgöçit	Doğu Akdeniz	Lamas	1966	1005,2
	10	D17A049	Limonlu	Doğu Akdeniz	Lamas	1999	1356
Karabük / Safranbolu	11	D13A062	Karıt	Batı Karadeniz	Araç	2000	2571,4
	12	E13A049	Karabük	Batı Karadeniz	Araç	1998	2798,5
Kayseri / Yahyalı	13	E18A027	Değirmenocağı	Seyhan	Zamanti	1987	7717
	14	E18A026	Ergenuşağı	Seyhan	Zamanti	1987	8698,1
Isparta / Sütçüler	15	D09A088	Sütçüler	Antalya Havzası	Değirmendere	1986	131
	16	D09A089	Selimler	Antalya Havzası	Değirmendere	1986	313,9
Tokat / Merkez	17	D14A146	Musullu	Yeşilırmak	Çilkoru	1998	21,2
	18	D14A117	Gökdere	Yeşilırmak	Çilkoru	1984	78



Şekil 2.2. Adana Karaisalı E18A025 ve D18A054 kodlu AGİ'nin konumu



Şekil 2.3. Adana Karaisalı E18A025 ve D18A054 kodlu AGİ

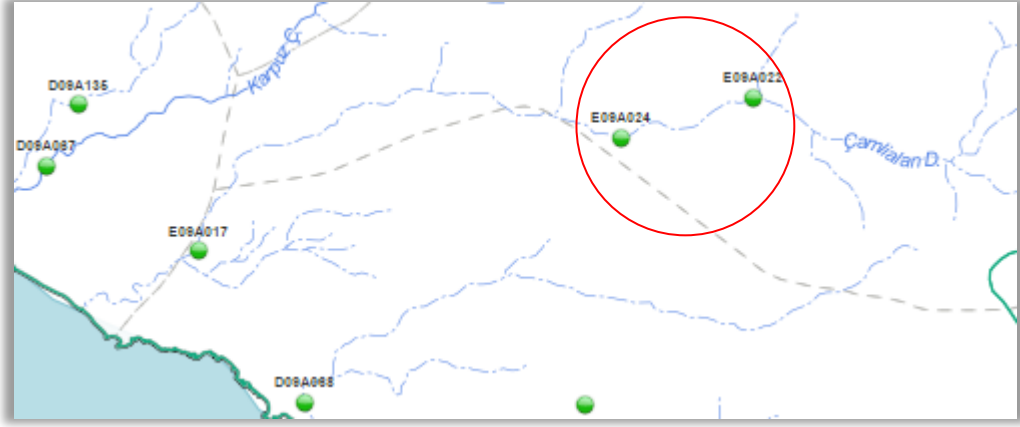


Şekil 2.4. Ankara Kızılcahamam D12A242 ve D12A126 kodlu AGİ'nin konumu



Şekil 2.5. Ankara Kızılcahamam D12A242 ve D12A126 kodlu AGİ

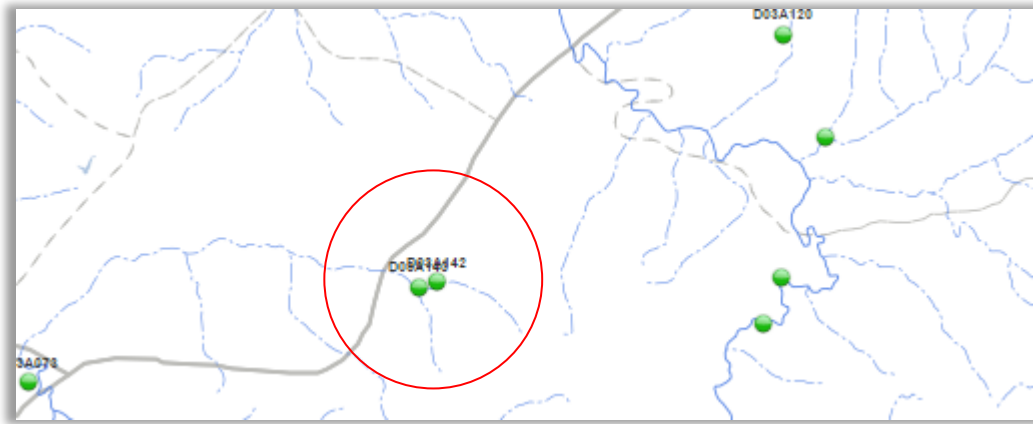




Şekil 2.6. Antalya Manavgat E09A022 ve E09A024 kodlu AGİ'nin konumu



Şekil 2.7. Antalya Manavgat 09A022 ve 09A024 kodlu AGİ



Şekil 2.8. Bursa Harmancık D03A142 ve D03A143 kodlu AGİ'nin konumu



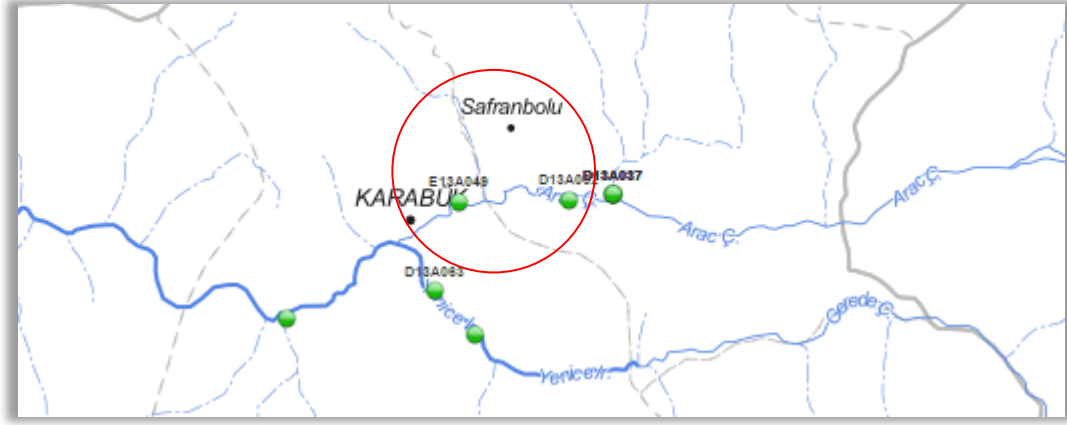
Şekil 2.9. Bursa Harmancık D03A142 ve D03A143 kodlu AGİ



Şekil 2.10. İçel Silifke E17A017 ve D17A049 kodlu AGİ'nin konumu



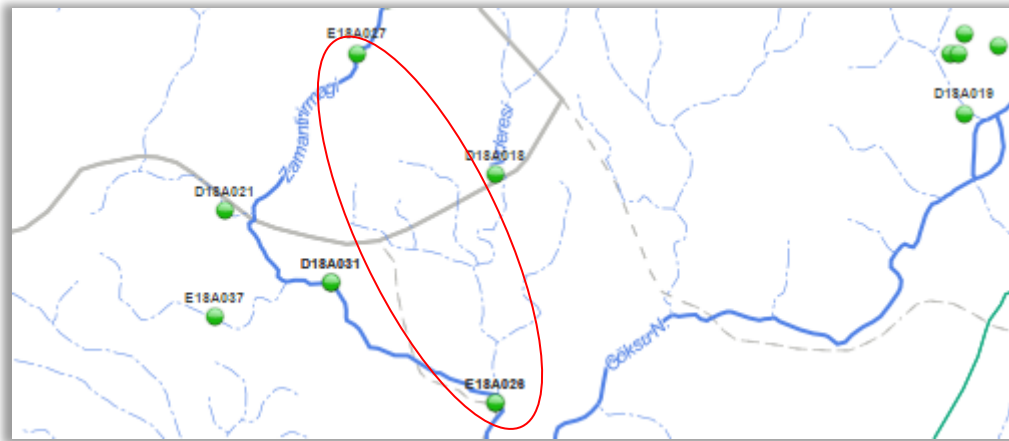
Şekil 2.11. İçel Silifke E17A017 ve D17A049 kodlu AGİ



Şekil 2.12. Karabük Safranbolu D13A062 ve E13A049 kodlu AGİ'nin konumu



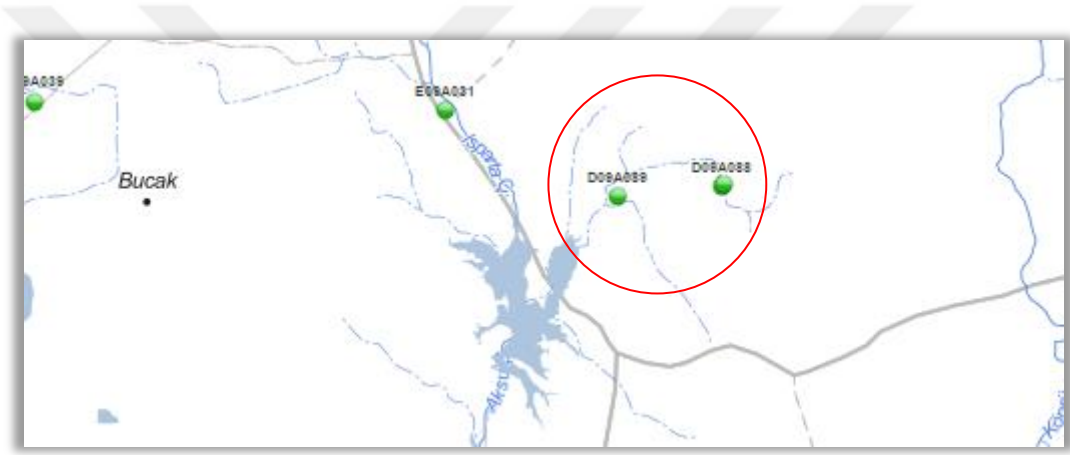
Şekil 2.13. Karabük Safranbolu D13A062 ve E13A049 kodlu AGİ



Şekil 2.14. Kayseri Yahyalı E18A027 ve E18A026 kodlu AGİ'nin konumu



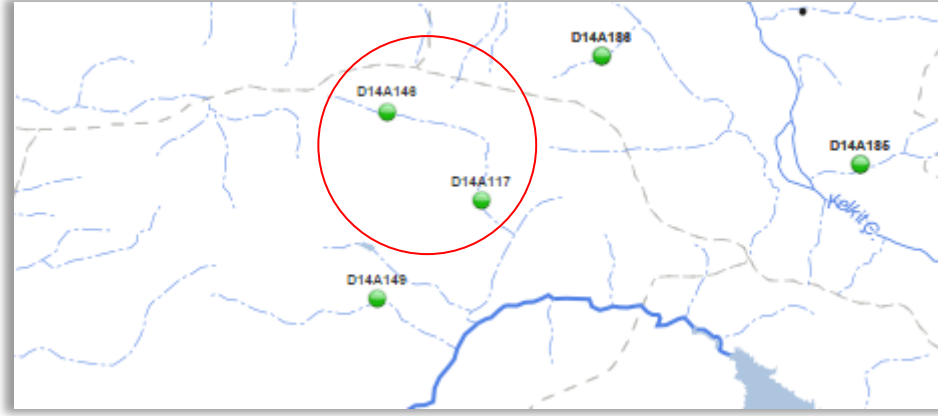
Şekil 2.15. Kayseri Yahyalı E18A027 ve E18A026 kodlu AGİ



Şekil 2.16. Isparta Sütçüler D09A088 ve D09A089 kodlu AGİ'nin konumu



Şekil 2.17. Isparta Sütçüler D09A088 ve D09A089 kodlu AGİ



Şekil 2.18. Tokat Merkez D14A146 ve D14A117 kodlu AGİ'nin konumu



Şekil 2.19. Tokat Merkez D14A146 ve D14A117 kodlu AGİ

## 2.2. Çalışmada Kullanılan Veriler

Çalışmada kullanılan AGİ'lerin bazı özellikleri Tablo 2.2'de sunulmuştur.

Tablo 2.2. Akım Gözlem İstasyonları ve Özellikleri

İstasyon No	Taşkın Tarihi	Pürüzlülük (n)	Eğim (S <sub>0</sub> )	Mesafe (m)
1	27.06.2015	0.087	0.014	5,044
2				
3	05.05.2014	0.073	0.024	2,061
4				
5	05.03.2004	0.095	0.0132	10,000
6				
7	07.06.2014	0.053	0.014	1,355
8				
9	28.03.2015	0.082	0.037	25,720
10				
11	06.06.2015	0.055	0.01	8,711
12				
13	04.04.2014	0.096	0.018	20,077
14				
15	04.11.1995	0.035	0.028	6,353
16				
17	20.03.2011	0.036	0.028	8,206
18				

Taşkın Ötelenmesinde kullanılmış saatlik veriler D.S.İ Genel Müdürlüğü Etüd Planlama ve Tahsisler Daire Başkanlığı Rasatlar Şube Müdürlüğü ve AGİ'nin bağlı bulunduğu ilgili bölge müdürlüklerinden, Sütçüler ve Selimler AGİ verileri Ülke (2003) yüksek lisans tezinden, Narağacı ve Ortakonuş AGİ verileri Özdoğan (2010) doktora tezinden alınmıştır.

İlk olarak, seçilen bölgelerde taşkın meydana geldiği zaman aralığı belirlenmiş ve DSİ'den saatlik taşkın verileri, istasyonların bulunduğu yerdeki kesit alanı ve hız değerleri temin edilmiştir. Sonuçta, çalışma kapsamındaki 18 adet AGİ istasyonunun saatlik debileri

(m<sup>3</sup>/sn) kullanılmıştır.

Taşkın ötelenme yöntemlerinde kullanılan istasyonlara ait eğim ve iki istasyon arasındaki uzaklık için DSİ'nin online internet sayfasından faydalanılmış, istasyonların bulunduğu yerdeki kotlardan eğim, koordinatlarından ise mesafeler hesaplanmış ve Tablo 2.2'de gösterilmiştir.

AGİ'na ait pürüzlülük katsayıları, n'e (pürüzlülük katsayısı) değer verilerek taşkın sırasındaki seviyelere karşı gelen debi ve Manning formülü kullanılarak hesaplanan debi arasındaki farkı minimum yapan n olarak alınmıştır.

Membadaki AGİ (Örneğin Adana bölgesi için 1 nolu AGİ) taşkın hidrografi  $Q_{giren}$ , mansaptaki AGİ (Örneğin Adana bölgesi için 2 nolu AGİ) taşkın hidrografi ise  $Q_{çıkan}$  olarak tanımlanmış ve Ek Şekil 1- Ek Şekil 45' te sunulmuştur.

### 2.3. Hata Analiz Yöntemleri

#### 2.3.1. Hataların Ortalama Karekökü (HOK)

Denklem (2.1)' de gösterilen HOK (Hataların Ortalama Karekökü) hesaplanan değer ile gerçek değer arasındaki farkın standart sapmasıdır. Bu fark, regresyon çizgisinden veri noktalarından ne kadar uzak olduğunun bir ölçütüdür. Ortalama Karekök hatası, deney sonuçlarını doğrulamak için klimatoloji, tahmin ve regresyon analizinde yaygın olarak kullanılır ve aşağıdaki formülle ifade edilir (URL-1, 2017) (Demissie ve Bacopoulos, 2017).

$$HOK = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{i_{hesap}} - Q_{i_{gerçek}})^2}{n}} \quad (2.1)$$

Burada;  $Q_{i_{hesap}}$ : Hesaplanan debi,  $Q_{i_{gözlenen}}$ : Ölçülen debi,  $n$ : Veri sayısı olarak tanımlanır.

#### 2.3.2. Ortalama Mutlak Hata (OMH)

Denklem (2.2)'de gösterilen OMH (Ortalama Mutlak Hata), hesaplanan değer ile

gerçek değer arasındaki mutlak farkın ortalamasıdır ve aşağıdaki formülle ifade edilir. Tüm bireysel farklılıkların ortalamada eşit olarak ağırlıklandırıldığı doğrusal bir ortalamadır (URL-2, 2017).

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Q_{i_{gözlenen}} - Q_{i_{hesap}}| \quad (2.2)$$

Burada;  $Q_{i_{hesap}}$ : Hesaplanan debi,  $Q_{i_{gözlenen}}$ : Ölçülen debi,  $n$ : Veri sayısı olarak tanımlanır.

### 2.3.3. Belirlilik Katsayısı ( $R^2$ )

Denklem (2.3)'teki  $R^2$  katsayısı, hesaplanan değer ile gerçek değer arasındaki lineer regresyonu diğer bir ifade ile uyumu temsil eder ve aşağıda yer alan formülle ifade edilir. Eğilim analizinde ağırlık kazanır ve 0 ile 1 arasında bir değer olarak temsil edilir. Sonuç değer 1'e ne kadar yaklaşırsa, iki faktör arasındaki uyum ya da ilişki o kadar iyi olur. (URL-3, 2017) (Zare ve Koch, 2013)

$$R^2 = \left( \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{i_{gerçek}} - Q^{ort}_{gerçek})(Q_{i_{hesap}} - Q^{ort}_{hesap})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_{i_{gerçek}} - Q^{ort}_{gerçek})^2 \sum_{i=1}^n (Q_{i_{hesap}} - Q^{ort}_{hesap})^2}} \right)^2 \quad (2.3)$$

$Q_{i_{hesap}}$ : Hesaplanan debi,  $Q^{ort}_{hesap}$ : Hesaplanan Debi Ortalaması,  $Q_{i_{gerçek}}$ : Ölçülen Debi,  $Q^{ort}_{gerçek}$ : Hesaplanan Debi Ortalaması,  $n$ : Veri sayısı

## 2.4. Verilerin Analiz Yöntemleri

Taşkın ötelenme hesapları yapılırken Hidrolik ve Hidrolojik Yöntemler kullanılmıştır. Hidrolojik yöntemlerde sadece süreklilik denklemini kullanılırken, Hidrolik yöntemlerde süreklilik ve momentum denklemleri kullanılmaktadır.

Hidrolojik yöntemlerden olan Muskingum Yönteminde 1.3.2.1.1 bölümünde yer alan (1.45), (1.46) ve (1.47) denklemleri ile ilk olarak katsayılar hesaplanmış, (1.44) denklemi



ile de ötelenme hesapları yapılarak sonuca gidilmiştir.

Hidrolojik yöntemlerden olan SCS Yöntemi'nde 1.3.2.1.2 bölümündeki (1.51), (1.53) ve (1.54) denklemleri ile katsayılar hesaplanmış, (1.48) denklemi ile ötelenme yapılmıştır.

Hidrolik yöntemlerden Kinematik Yöntem için bölüm 1.3.2.2.1 bölümünde yer alan (1.63) diferansiyel ana denklemi sonlu farklar metodu kullanılarak lineerleştirilmesi sonucu (1.76) denklemi haline getirilerek çözümü yapılmış, (1.61) denklemi ile de katsayıları hesaplanmıştır.

Hidrolik yöntemlerden olan Muskingum-Cunge Yöntemi 1.3.2.2.2 bölümünde (1.77) ve (1.78) denklemleri ile katsayıları hesaplanıp, (1.79) denklemi ile ötelenme hesapları yapılmıştır.

Hidrolik yöntemlerden sonuncusu olan Dinamik Yöntem en komplike yöntem olup, 1.3.2.2.3 bölümünde gösterilmekte, (1.83) ve (1.84) diferansiyel denklemlerin çözümüne dayanmaktadır. Bu diferansiyel denklemlerin sonlu farklar metodu ile çözümünde (1.108) ve (1.109) denklemleri ile katsayılar, (1.106) ve (1.107) denklemleri ile hesaplar yapılarak ötelenme işlemleri tamamlanır.

Bu analizlere ait bulgular sırasıyla 3. Bölümde verilmiştir. Bulgular için irdelemeler 4. Bölümde, irdeleme sonuçları ise 5. Bölümde verilmiştir.

### 3. BULGULAR

Belirlenen 9 bölgede kullanılan 5 taşkın ötelenme yöntemine göre yapılan hesapların ayrıntıları Adana Karaisalı bölgesi için verilmiş, diğer bölgeler için ise aynı şekilde yapılan hesaplar tablolar halinde sunulmuştur.

Ötelenme işlemleri yapılırken tüm hesap ve grafikler için Excell programı kullanılmış, giriş, hesaplanan ve çıkış hidrografları da Ek Şekil 1 - Ek Şekil 45' de sunulmuştur.

#### 3.1. Adana Karaisalı Taşkın ötelenme Bulguları

##### 3.1.1. Muskingum Yöntemi

Bu yöntemde Muskingum Yöntemine ait (1.36) denklemi kullanılmıştır. Bu denklemdeki parametrelerin belirlenmesi için E18A025 nolu istasyona ait giriş akım değerleri ve D18A054 nolu istasyona ait çıkış akım değerleri kullanılmıştır.

Muskingum Yöntemi genel denklemindeki parametreler olan K: Geçiş Süresi ve a: Ağırlık katsayısı En Küçük Kareler Metodu'na göre hesaplanmıştır. Bu yöntemde göre a: 0.48 ve K:0.72 sa olarak hesap edilmiştir.

(1.45), (1.46) ve (1.47) denklemleri kullanılarak  $C_0 = -0.1579$ ,  $C_1 = 0.9616$ ,  $C_2 = 0.1963$  katsayıları hesaplanmıştır. Bu katsayıların toplamının 1 olması gerektiğinden katsayılar toplamının 1'i verdiği ve doğru olduğu tespit edilmiştir.

Burada E18A025 nolu istasyonuna ait giriş hidrografının  $x_1$  ve  $x_2$  değerleri ve  $\Delta t$  zaman aralığının başındaki  $y_1$  çıkış debisi (ilk çıkış debisi giriş debisi olarak alınır) bilindiğinden çıkış hidrografındaki  $y_2$  debisi (1.44) denklemi ile hesaplanmış,  $y_3, y_4, \dots$  değerleri de adım adım hesaplanarak ötelenme işlemi yapılmıştır.

##### 3.1.2. SCS Yöntemi

Bu yöntem Muskingum Yöntemine benzemektedir; ancak  $x_2$ 'nin olmadığı (1.64) denklemi ile taşkın ötelenmesi yapılmıştır.

İlk olarak E18A025 nolu istasyonun ölçü listesinden  $Q_{pik}= 10.8 \text{ m}^3/\text{sn}$  debiye karşı gelen akarsuyun kesit alanı  $A=14.034 \text{ m}^2$  olduğu belirlenmiş ve akım hızı  $V_{ort}= 0.57 \text{ m/sn}$  olarak hesaplanmıştır.

C katsayısı ise 0 ve 1 arasında bir katsayı olup (1.51) denklemi kullanılarak  $C= 0.53$  olarak hesaplanmıştır.

$\Delta t$  zaman aralığını bulmak için ilk olarak (1.53) denklemi ile  $K= 2.42 \text{ sa}$  bulunmuş sonra (1.66) denklemi ile  $\Delta t= 1.3 \text{ sa}$  olarak hesaplanmıştır.

Ötelenme işlemlerinde  $\Delta t$  zaman aralığı 1 saat olarak alınacağından dolayı (1.54) denklemi ile  $C^*= 0.47$  olarak hesap edilmiş ve (1.48) denkleminde yerine yazılmıştır.

E18A025 nolu istasyona ait giriş hidrografının  $x_1$  ve  $\Delta t$  zaman aralığının başındaki  $y_1$  çıkış debisi (ilk çıkış debisi giriş debisi olarak alınır) bilindiğinden çıkış hidrografındaki  $y_2$  debisi (1.64) denklemi ile hesaplanmış,  $y_3, y_4, \dots$  değerleri de adım adım hesaplanarak ötelenme işlemi yapılmıştır.

### 3.1.3. Kinematik Yöntem

Bu yöntemde taşkın ötelenmesi yapılırken (1.71) kısmi diferansiyel denklemi sonlu farklar (1.76) denklemi haline getirilip çözümü yapılmıştır.

Bu akarsu yatağına ait Manning katsayısı  $n=0.087$  olarak belirlenmiştir. Akarsu yatak eğimi her iki istasyonun kotları arasındaki mesafenin aralarındaki uzaklığa bölümünden elde edilmiş olup,  $S_0=0.014$  olarak hesap edilmiştir. E18A025 nolu istasyonun ölçü listesinden  $Q_{pik}= 10.8 \text{ m}^3/\text{sn}$  debiye karşı gelen akarsu kesitinin ıslak çevresi  $P= 35.59 \text{ m}$  olarak hesaplanmıştır.

Bu denklemde yer alan parametrelerden  $\alpha$  katsayısı (1.61) denklemi ile  $\alpha = 3.44$  hesaplanmış ve  $\beta$  katsayısı ise  $\beta =0.6$  olarak alınmıştır.

$\Delta x =500 \text{ m}$  ve  $\Delta t =1 \text{ sa}$  alınmış, sonlu farklar haline getirilen (1.76) denklemi Excel Programında çözümü yapılarak,  $Q_2, Q_3, \dots$  değerleri adım adım hesaplanarak ötelenme işlemi yapılmıştır.

### 3.1.4. Muskingum-Cunge Yöntemi

Bu yöntemde (1.79) denklemi taşkın ötelenmesi yapılırken kullanılmıştır.

Bu akarsu yatağına ait Manning katsayısı  $n=0.087$  olarak belirlenmiştir. Akarsu yatak eğimi her iki istasyonun kotları arasındaki mesafenin aralarındaki uzaklığa bölümünden elde edilmiş olup,  $S_0=0.014$  olarak hesap edilmiştir. E18A025 nolu istasyonun ölçü listesinden  $Q_{pik}= 10.8 \text{ m}^3/\text{sn}$  debiye karşı gelen akarsu kesitinin alanı  $A=14.03 \text{ m}^2$  ve ıslak çevresi  $P= 35.59 \text{ m}$  olarak hesaplanmıştır.

İki istasyon arasındaki mesafe  $x= 5044 \text{ m}$  olup,  $\Delta t =1 \text{ sa}$  alınmıştır.

Akarsudaki dalga yayılma hızı (1.70) denkleminde  $c_k= 1.25 \text{ m/sn}$  elde edilmiş, taşkın dalgasının yayılım süresi olan (1.77) denklemi kullanılarak  $K:1.11 \text{ sa}$ , yine bu yöntemde kullanılan sayısal sönümlenme ise (1.78) denkleminde  $X=0.49$  olarak hesaplanmıştır.

(1.80), (1.81) ve (1.82) denklemleri kullanılarak  $C_0= -0.053$ ,  $C_1= 0.996$ ,  $C_2= 0.057$  katsayıları hesaplanmıştır.

(1.79) denklemindeki parametreler hesaplanıp Excel Programında çözümü yapılarak,  $Q_2, Q_3, \dots$  değerleri adım adım hesaplanarak ötelenme işlemi yapılmıştır.

### 3.1.5. Dinamik Yöntem

Dinamik Yöntem ile taşkın ötelenmesi yapılırken hem süreklilik (1.83) hem de momentum (1.84) diferansiyel denklemlerinin sonlu farklar metodu ile yazılmış olan (1.106), (1.107), (1.108) ve (1.109) denklemleri kullanılmıştır.

Akarsu yatak eğimi her iki istasyonun kotları arasındaki mesafenin aralarındaki uzaklığa bölümünden elde edilmiş olup,  $S_0=0.014$  olarak hesap edilmiştir. Bu akarsu yatağına ait Manning katsayısı  $n=0.087$  olarak belirlenmiştir. E18A025 nolu istasyonun ölçü listesinden  $Q_{pik}= 10.8 \text{ m}^3/\text{sn}$  debiye karşı gelen akarsu kesitinin alanı  $A=14.03 \text{ m}^2$  ve ıslak çevresi  $P= 35.59 \text{ m}$  olarak hesaplanmıştır.

İki istasyon arasındaki mesafe  $x= 5044 \text{ m}$  olup,  $\Delta t =1 \text{ sa}$  alınmıştır.

Bu denklemde yer alan parametrelerden  $\alpha$  katsayısı (1.108) denklemi ile  $\beta$  katsayısı ise (1.109) denklemi ile her  $\Delta x$  boyunca hesabı yapıp adım adım hesaplanmıştır.

Dinamik Yöntem çözülürken (1.106) ve (1.107) sonlu farklar denkleminin Excelde programı yapılmıştır. Excelde problemin çözümüne başlarken başlangıç ve sınır koşulları ile hesaba başlanmış,  $Q_2, Q_3, \dots$  değerleri de adım adım hesaplanarak ötelenme işlemi yapılmıştır.

### 3.1.6. Adana Karaisalı Ötelenme Yöntemleri Hata Sonuçları

Bu bölge için yapılan taşkın ötelenme hesapları sonucunda hesaplanan değerlerle gerçek değerler arasındaki HOK, OMH ve  $R^2$  değerleri Tablo 3.1’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Adana Karaisalı Taşkın ötelenme Yöntemleri Sonuç Hata Analizi

Adana (Karaisalı)	Muskingum Yöntemi	SCS Yöntemi	Kinematik Yöntem	Muskingum- Cunge Yöntemi	Dinamik Yöntem
HOK	0,60	0,80	0,81	0,64	1,61
OMH	0,46	0,62	0,59	0,49	1,45
$R^2$	0,88	0,88	0,88	0,86	0,77

### 3.2. Ankara Kızılcahamam Taşkın Ötelenme Bulguları

Bu bölgede taşkın ötelenme hesapları yapılırken kullanılan yöntemler için gerekli olan ve elde edilen parametreler Tablo 3.2 – Tablo 3.6’da gösterilmiştir.

#### 3.2.1. Muskingum Yöntemi

Tablo 3.2. Ankara Kızılcahamam Muskingum Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler				
K(sa)	a	$C_0$	$C_1$	$C_2$
1.11	0.50	-0.5485	1	0.5485

#### 3.2.2. SCS Yöntemi

Tablo 3.3. Ankara Kızılcahamam SCS Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler					
$Q_{pik}$ (m <sup>3</sup> /sn)	A (m <sup>2</sup> )	$V_{ort}$ (m/sn)	C	K (sa)	$C^*$
9.99	6.50	1.15	0.69	0.49	0.93

### 3.2.3. Kinematik Yöntem

Tablo 3.4. Ankara Kızılcahamam Kinematik Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler							
$Q_{pik}$ (m <sup>3</sup> /sn)	P(m)	$S_0$	$\alpha$	$\beta$	n	$\Delta x$ (m)	$\Delta t$ (sa)
9.99	10.10	0.024	1.61	0.6	0.073	200	1

### 3.2.4. Muskingum-Cunge Yöntemi

Tablo 3.5. Ankara Kızılcahamam Muskingum-Cunge Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler										
$Q_{pik}$ (m <sup>3</sup> /sn)	A(m <sup>2</sup> )	P(m)	$S_0$	n	$c_k$ (m/sn)	K(sa)	X	$C_0$	$C_1$	$C_2$
9.99	6.50	10.10	0.024	0.073	2.59	0.22	0.48	-0.356	0.970	0.386

### 3.2.5. Dinamik Yöntem

Tablo 3.6. Ankara Kızılcahamam Dinamik Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler						
$Q_{pik}$ (m <sup>3</sup> /sn)	A(m <sup>2</sup> )	P(m)	$S_0$	n	x(m)	$\Delta t$
9.99	6.50	10.10	0.024	0.073	2061	1

### 3.2.6. Ankara Kızılcahamam Ötelenme Yöntemleri Hata Sonuçları

Bu bölge için yapılan taşkın ötelenme hesapları sonucunda hesaplanan değerlerle gerçek değerler arasındaki HOK, OMH Hata ve  $R^2$  değerleri Tablo 3.7’de gösterilmiştir.

Tablo 3.7. Ankara Kızılcahamam Taşkın ötelenme Yöntemleri Sonuç Hata Analizi

Ankara (Kızılcahamam)	Muskingum Yöntemi	SCS Yöntemi	Kinematik Yöntem	Muskingum-Cunge Yöntemi	Dinamik Yöntem
HOK	1.40	1.40	1.41	1.63	1.26
OMH	1.27	1.28	1.35	1.41	1.20
$R^2$	0.94	0.95	0.97	0.81	0.97

### 3.3. Antalya Manavgat Taşkın Ötelenme Bulguları

Bu bölgede taşkın ötelenme hesapları yapılırken kullanılan yöntemler için gerekli olan ve elde edilen parametreler Tablo 3.8 – Tablo 3.12’de gösterilmiştir.

### 3.3.1. Muskingum Yöntemi

Tablo 3.8. Antalya Manavgat Muskingum Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler				
K(sa)	a	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
0.48	0.076	0.2799	0.3899	0.3302

### 3.3.2.SCS Yöntemi

Tablo 3.9. Antalya Manavgat SCS Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler					
Q <sub>pik</sub> (m <sup>3</sup> /sn)	A (m <sup>2</sup> )	V <sub>ort</sub> (m/sn)	C	K (sa)	C*
170	78.59	1.63	0.76	1.81	0.69

### 3.3.3. Kinematik Yöntem

Tablo 3.10. Antalya Manavgat Kinematik Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler							
Q <sub>pik</sub> (m <sup>3</sup> /sn)	P (m)	S <sub>0</sub>	α	β	n	Δx (m)	Δt (sa)
170	32.05	0.013	3.57	0.6	0.095	1000	1

### 3.3.4. Muskingum-Cunge Yöntemi

Tablo 3.11. Antalya Manavgat Muskingum-Cunge Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler										
Q <sub>pik</sub> (m <sup>3</sup> /sn)	A(m <sup>2</sup> )	P(m)	S <sub>0</sub>	n	c <sub>k</sub> (m/sn)	K(sa)	X	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
170	78.59	32.05	0.013	0.095	3.64	0.81	0.49	0.110	0.989	-0.099

### 3.3.5. Dinamik Yöntem

Tablo 3.12. Antalya Manavgat Dinamik Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler						
Q <sub>pik</sub> (m <sup>3</sup> /sn)	A(m <sup>2</sup> )	P(m)	S <sub>0</sub>	n	x(m)	Δt
170	78.59	32.05	0.013	0.095	10,635	1

### 3.3.6. Antalya Manavgat Ötelenme Yöntemleri Hata Sonuçları

Bu bölge için yapılan taşkın ötelenme hesapları sonucunda hesaplanan değerlerle gerçek değerler arasındaki HOK, OMH Hata ve  $R^2$  değerleri Tablo 3.13'te gösterilmiştir.

Tablo 3.13. Antalya Manavgat Taşkın Ötelenme Yöntemleri Sonuç Hata Analizi

Antalya (Manavgat)	Muskingum Yöntemi	SCS Yöntemi	Kinematik Yöntem	Muskingum-Cunge Yöntemi	Dinamik Yöntem
HOK	9.45	11.70	9.59	5.40	8.62
OMH	5.51	7.54	5.30	3.82	5.87
$R^2$	0.95	0.93	0.95	0.99	0.96

### 3.4. Bursa Harmancık Taşkın Ötelenme Bulguları

Bu bölgede taşkın ötelenme hesapları yapılırken kullanılan yöntemler için gerekli olan ve elde edilen parametreler Tablo 3.14 – Tablo 3.18'de gösterilmiştir.

#### 3.4.1. Muskingum Yöntemi

Tablo 3.14. Bursa Harmancık Muskingum Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler				
K(sa)	a	$C_0$	$C_1$	$C_2$
1.05	0.36	0.0970	0.7630	0.1400

#### 3.4.2. SCS Yöntemi

Tablo 3.15. Bursa Harmancık SCS Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler					
$Q_{dik}$ ( $m^3/sn$ )	A ( $m^2$ )	$V_{ort}$ ( $m/sn$ )	C	K (sa)	$C^*$
3.18	1.77	1.34	0.72	0.27	0.99



### 3.4.3. Kinematik Yöntem

Tablo 3.16. Bursa Harmancık Kinematik Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler							
$Q_{pik}$ (m <sup>3</sup> /sn)	P(m)	$S_0$	$\alpha$	$\beta$	n	$\Delta x$ (m)	$\Delta t$ (sa)
3.18	3.99	0.014	1.06	0.6	0.053	125	1

### 3.4.4. Muskingum-Cunge Yöntemi

Tablo 3.17. Bursa Harmancık Muskingum-Cunge Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler										
$Q_{pik}$ (m <sup>3</sup> /sn)	A(m <sup>2</sup> )	P(m)	$S_0$	n	$c_k$ (m/sn)	K(sa)	X	$C_0$	$C_1$	$C_2$
3.18	1.77	3.99	0.014	0.053	2.45	0.15	0.48	0.735	0.991	-0.726

### 3.4.5. Dinamik Yöntem

Tablo 3.18. Bursa Harmancık Dinamik Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler						
$Q_{pik}$ (m <sup>3</sup> /sn)	A(m <sup>2</sup> )	P(m)	$S_0$	n	x(m)	$\Delta t$
3.18	1.77	3.99	0.014	0.053	1355	1

### 3.4.6. Bursa Harmancık Ötelenme Yöntemleri Hata Sonuçları

Bu bölge için yapılan taşkın ötelenme hesapları sonucunda hesaplanan değerlerle gerçek değerler arasındaki HOK, OMH Hata ve  $R^2$  değerleri Tablo 3.19'da gösterilmiştir.

Tablo 3.19. Bursa Harmancık Taşkın Ötelenme Yöntemleri Sonuç Hata Analizi

Bursa (Harmancık)	Muskingum Yöntemi	SCS Yöntemi	Kinematik Yöntem	Muskingum-Cunge Yöntemi	Dinamik Yöntem
HOK	0.41	0.43	0.42	0.43	0.42
OMH	0.31	0.32	0.31	0.31	0.29
$R^2$	0.95	0.94	0.95	0.95	0.95

### 3.5. İçel Silifke Taşkın Ötelenme Bulguları

Bu bölgede taşkın ötelenme hesapları yapılırken kullanılan yöntemler için gerekli

olan ve elde edilen parametreler Tablo 3.20 – Tablo 3.24’te gösterilmiştir.

### 3.5.1. Muskingum Yöntemi

Tablo 3.20. İçel Silifke Muskingum Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler				
K(sa)	a	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
7.11	0.19	-0.1367	0.2965	0.8402

### 3.5.2. SCS Yöntemi

Tablo 3.21. İçel Silifke SCS Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler					
Q <sub>pik</sub> (m <sup>3</sup> /sn)	A (m <sup>2</sup> )	V <sub>ort</sub> (m/sn)	C	K (sa)	C*
80	22.95	2.61	0.83	2.73	0.68

### 3.5.3. Kinematik Yöntem

Tablo 3.22. İçel Silifke Kinematik Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler							
Q <sub>pik</sub> (m <sup>3</sup> /sn)	P(m)	S <sub>0</sub>	α	β	n	Δx(m)	Δt(sa)
80	13.40	0.037	1.69	0.6	0.082	2500	1

### 3.5.4. Muskingum-Cunge Yöntemi

Tablo 3.23. İçel Silifke Muskingum-Cunge Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler										
Q <sub>pik</sub> (m <sup>3</sup> /sn)	A(m <sup>2</sup> )	P(m)	S <sub>0</sub>	n	c <sub>k</sub> (m/sn)	K(sa)	X	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
80	22.95	13.40	0.037	0.082	5.67	1.25	0.49	-0.426	0.993	0.433

### 3.5.5. Dinamik Yöntem

Tablo 3.24. İçel Silifke Dinamik Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler						
$Q_{pik}$ (m <sup>3</sup> /sn)	A(m <sup>2</sup> )	P(m)	$S_0$	n	x(m)	$\Delta t$
80	22.95	13.40	0.037	0.082	25,720	1

### 3.5.6. İçel Silifke Ötelenme Yöntemleri Hata Sonuçları

Bu bölge için yapılan taşkın ötelenme hesapları sonucunda hesaplanan değerlerle gerçek değerler arasındaki HOK, OMH Hata ve  $R^2$  değerleri Tablo 3.25'te gösterilmiştir.

Tablo 3.25. İçel Silifke Taşkın Ötelenme Yöntemleri Sonuç Hata Analizi

İçel (Silifke)	Muskingum Yöntemi	SCS Yöntemi	Kinematik Yöntem	Muskingum-Cunge Yöntemi	Dinamik Yöntem
HOK	6.07	18.94	18.59	15.85	19.22
OMH	5.28	13.28	12.97	11.44	12.98
$R^2$	0.98	0.66	0.67	0.79	0.58

## 3.6. Karabük Safranbolu Taşkın Ötelenme Bulguları

Bu bölgede taşkın ötelenme hesapları yapılırken kullanılan yöntemler için gerekli olan ve elde edilen parametreler Tablo 3.26 – Tablo 3.30'da gösterilmiştir.

### 3.6.1. Muskingum Yöntemi

Tablo 3.26. Karabük Safranbolu Muskingum Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler				
K(sa)	a	$C_0$	$C_1$	$C_2$
4.09	0.08	0.039	0.195	0.766

### 3.6.2. SCS Yöntemi

Tablo 3.27. Karabük Safranbolu SCS Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler					
$Q_{pik}$ (m <sup>3</sup> /sn)	A (m <sup>2</sup> )	$V_{ort}$ (m/sn)	C	K (sa)	C*
218	64.40	2.53	0.83	5.14	0.58

### 3.6.3. Kinematik Yöntem

Tablo 3.28. Karabük Safranbolu Kinematik Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler							
$Q_{pik}$ (m <sup>3</sup> /sn)	P(m)	$S_0$	$\alpha$	$\beta$	n	$\Delta x$ (m)	$\Delta t$ (sa)
218	34.92	0.010	2.87	0.6	0.055	850	1

### 3.6.4. Muskingum-Cunge Yöntemi

Tablo 3.29. Karabük Safranbolu Muskingum-Cunge Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler										
$Q_{pik}$ (m <sup>3</sup> /sn)	A(m <sup>2</sup> )	P(m)	$S_0$	n	$c_k$ (m/sn)	K(sa)	X	$C_0$	$C_1$	$C_2$
218	64.40	34.92	0.010	0.055	5.00	0.48	0.46	0,360	0.961	-0.321

### 3.6.5. Dinamik Yöntem

Tablo 3.30. Karabük Safranbolu Dinamik Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler						
$Q_{pik}$ (m <sup>3</sup> /sn)	A(m <sup>2</sup> )	P(m)	$S_0$	n	x(m)	$\Delta t$
218	64.40	34.92	0.010	0.055	8,711	1

### 3.6.6. Karabük Safranbolu Ötelenme Yöntemleri Hata Sonuçları

Bu bölge için yapılan taşkın ötelenme hesapları sonucunda hesaplanan değerlerle gerçek değerler arasındaki HOK, OMH Hata ve  $R^2$  değerleri Tablo 3.31’de gösterilmiştir.

Tablo 3.31. Karabük Safranbolu Taşkın Ötelenme Yöntemleri Sonuç Hata Analizi

Karabük (Safranbolu)	Muskingum Yöntemi	SCS Yöntemi	Kinematik Yöntem	Muskingum-Cunge Yöntemi	Dinamik Yöntem
HOK	24.35	18.35	29.35	32.02	30.66
OMH	20.88	15.91	16.81	17.53	15.30
R <sup>2</sup>	0.81	0.98	0.79	0.97	0.76

### 3.7. Kayseri Yahyalı Taşkın Ötelenme Bulguları

Bu bölgede taşkın ötelenme hesapları yapılırken kullanılan yöntemler için gerekli olan ve elde edilen parametreler Tablo 3.32 – Tablo 3.36’da gösterilmiştir.

#### 3.7.1. Muskingum Yöntemi

Tablo 3.32. Kayseri Yahyalı Muskingum Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler				
K(sa)	a	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
2.97	0.34	-0.207	0.613	0.594

#### 3.7.2. SCS Yöntemi

Tablo 3.33. Kayseri Yahyalı SCS Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler					
Q <sub>pik</sub> (m <sup>3</sup> /sn)	A (m <sup>2</sup> )	V <sub>ort</sub> (m/sn)	C	K (sa)	C*
23.8	17.44	1.02	0.67	5.44	0.43

#### 3.7.3. Kinematik Yöntem

Tablo 3.34. Kayseri Yahyalı Kinematik Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler							
Q <sub>pik</sub> (m <sup>3</sup> /sn)	P(m)	S <sub>0</sub>	α	β	n	Δx(m)	Δt(sa)
23.8	17.69	0.018	2.55	0.6	0.096	2000	1

### 3.7.4. Muskingum-Cunge Yöntemi

Tablo 3.35. Kayseri Yahyalı Muskingum-Cunge Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler										
$Q_{pik}$ (m <sup>3</sup> /sn)	A(m <sup>2</sup> )	P(m)	$S_0$	n	$c_k$ (m/sn)	K(sa)	X	$C_0$	$C_1$	$C_2$
23.8	17.44	17.69	0.018	0.096	2.31	2.40	0.49	-0.407	0.991	0.416

### 3.7.5. Dinamik Yöntem

Tablo 3.36. Kayseri Yahyalı Dinamik Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler						
$Q_{pik}$ (m <sup>3</sup> /sn)	A(m <sup>2</sup> )	P(m)	$S_0$	n	x(m)	$\Delta t$
23.8	17.44	17.69	0.018	0.096	20,077	1

### 3.7.6. Kayseri Yahyalı Ötelenme Yöntemleri Hata Sonuçları

Bu bölge için yapılan taşkın ötelenme hesapları sonucunda hesaplanan değerlerle gerçek değerler arasındaki HOK, OMH Hata ve  $R^2$  değerleri Tablo 3.37’de gösterilmiştir.

Tablo 3.37. Kayseri Yahyalı Taşkın Ötelenme Yöntemleri Sonuç Hata Analizi

Kayseri (Yahyalı)	Muskingum Yöntemi	SCS Yöntemi	Kinematik Yöntem	Muskingum-Cunge Yöntemi	Dinamik Yöntem
HOK	3.97	4.84	3.03	5.46	9.17
OMH	2.54	3.05	2.07	3.79	6.29
$R^2$	0.81	0.71	0.88	0.70	0.29

### 3.8. Isparta Sütçüler Taşkın Ötelenme Bulguları

Bu bölgede taşkın ötelenme hesapları yapılırken kullanılan yöntemler için gerekli olan ve elde edilen parametreler Tablo 3.38 – Tablo 3.42’de gösterilmiştir.

### 3.8.1. Muskingum Yöntemi

Tablo 3.38. Isparta Sütçüler Muskingum Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler				
K(sa)	a	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
1.1	0.27	0.156	0.612	0.232

### 3.8.2. SCS Yöntemi

Tablo 3.39. Isparta Sütçüler SCS Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler					
Q <sub>pik</sub> (m <sup>3</sup> /sn)	A (m <sup>2</sup> )	V <sub>ort</sub> (m/sn)	C	K (sa)	C*
216	129.49	1.25	0.71	1.41	0.71

### 3.8.3. Kinematik Yöntem

Tablo 3.40. Isparta Sütçüler Kinematik Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler							
Q <sub>pik</sub> (m <sup>3</sup> /sn)	P(m)	S <sub>0</sub>	α	β	n	Δx(m)	Δt(sa)
216	32.83	0.040	1.42	0.6	0.035	650	1

### 3.8.4. Muskingum-Cunge Yöntemi

Tablo 3.41. Isparta Sütçüler Muskingum-Cunge Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler										
Q <sub>pik</sub> (m <sup>3</sup> /sn)	A(m <sup>2</sup> )	P(m)	S <sub>0</sub>	n	c <sub>k</sub> (m/sn)	K(sa)	X	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
216	129.49	32.83	0.04	0.035	2.78	0.63	0.49	0.227	0.989	-0.216

### 3.8.5. Dinamik Yöntem

Tablo 3.42. Isparta Sütçüler Dinamik Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler						
Q <sub>pik</sub> (m <sup>3</sup> /sn)	A(m <sup>2</sup> )	P(m)	S <sub>0</sub>	n	x(m)	Δt
216	129.49	32.83	0.04	0.035	6353	1

### 3.8.6. Isparta Sütçüler Ötelenme Yöntemleri Hata Sonuçları

Bu bölge için yapılan taşkın ötelenme hesapları sonucunda hesaplanan değerlerle gerçek değerler arasındaki HOK, OMH Hata ve  $R^2$  değerleri Tablo 3.43'te gösterilmiştir.

Tablo 3.43. Isparta Sütçüler Taşkın Ötelenme Yöntemleri Sonuç Hata Analizi

Isparta (Sütçüler)	Muskingum Yöntemi	SCS Yöntemi	Kinematik Yöntem	Muskingum-Cunge Yöntemi	Dinamik Yöntem
HOK	5.97	8.60	21.10	9.82	24.00
OMH	4.43	6.43	11.84	5.89	21.66
$R^2$	0.99	0.97	0.80	0.96	0.87

### 3.9. Tokat Niksar Taşkın Ötelenme Bulguları

Bu bölgede taşkın ötelenme hesapları yapılırken kullanılan yöntemler için gerekli olan ve elde edilen parametreler Tablo 3.44 – Tablo 3.48'de gösterilmiştir.

#### 3.9.1. Muskingum Yöntemi

Tablo 3.44. Tokat Merkez Muskingum Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler				
K(sa)	a	$C_0$	$C_1$	$C_2$
0.82	0.50	0.097	1	-0.097

#### 3.9.2. SCS Yöntemi

Tablo 3.45. Tokat Merkez SCS Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler					
$Q_{dik}$ ( $m^3/sn$ )	A ( $m^2$ )	$V_{ort}$ ( $m/sn$ )	C	K (sa)	$C^*$
6	2.11	2.12	0.81	1.07	0.86



### 3.9.3. Kinematik Yöntem

Tablo 3.46. Tokat Merkez Kinematik Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler							
$Q_{pik}$ (m <sup>3</sup> /sn)	P(m)	$S_0$	$\alpha$	$\beta$	n	$\Delta x$ (m)	$\Delta t$ (sa)
6	4.22	0.028	0.71	0.6	0.036	800	1

### 3.9.4. Muskingum-Cunge Yöntemi

Tablo 3.47. Tokat Merkez Muskingum-Cunge Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler										
$Q_{pik}$ (m <sup>3</sup> /sn)	A(m <sup>2</sup> )	P(m)	$S_0$	n	$c_k$ (m/sn)	K(sa)	X	$C_0$	$C_1$	$C_2$
6	2.11	4.22	0.028	0.036	4.78	0.47	0.49	0.355	0.998	-0.353

### 3.9.5. Dinamik Yöntem

Tablo 3.48. Tokat Merkez Dinamik Yöntemine ait Hesap Parametreleri

Parametreler						
$Q_{pik}$ (m <sup>3</sup> /sn)	A(m <sup>2</sup> )	P(m)	$S_0$	n	x(m)	$\Delta t$
6	2.11	4.22	0.028	0.036	8206	1

### 3.9.6. Tokat Merkez Ötelenme Yöntemleri Hata Sonuçları

Bu bölge için yapılan taşkın ötelenme hesapları sonucunda hesaplanan değerlerle gerçek değerler arasındaki HOK, OMH Hata ve  $R^2$  değerleri Tablo 3.49'da gösterilmiştir.

Tablo 3.49. Tokat Merkez Taşkın Ötelenme Yöntemleri Sonuç Hata Analizi

Tokat (Merkez)	Muskingum Yöntemi	SCS Yöntemi	Kinematik Yöntem	Muskingum-Cunge Yöntemi	Dinamik Yöntem
HOK	0.72	0.75	0.67	0.69	0.60
OMH	0.64	0.67	0.60	0.61	0.52
$R^2$	0.86	0.84	0.88	0.87	0.89

#### 4. İRDELEME

Susurluk Havzası, Doğu Akdeniz Havzası, Seyhan Havzası, Batı Karadeniz Havzası, Yeşilirmak Havzası, Sakarya Havzası, Antalya Havzası ve Müteferrik Orta Akdeniz Havzalarında bulunan 18 adet AGİ verilerine beş farklı taşkın ötelenme yöntemi uygulanmış ve sonuçlar gerçek değerlerle karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.1. Ötelenme Yöntemleri Genel Hata Analiz Tablosu

Genel Ortalamalar	OMH	HOK	R <sup>2</sup>	OMH Sıralama	HOK Sıralama	R <sup>2</sup> Sıralama	Toplam	Genel Sıralama
Muskingum Yöntemi	4,59	5,88	0,91	1	1	1	3	1
SCS Yöntemi	5,03	7,31	0,87	2	2	2	6	2
M.- Cunge Yöntemi	5,45	7,99	0,85	3	3	4	10	3
Kinematik Yöntem	5,76	9,44	0,86	4	4	3	11	4
Dinamik Yöntem	7,28	10,62	0,78	5	5	5	15	5

Yapılan bu taşkın ötelenme çalışmaları sonucunda OMH, HOK ve R<sup>2</sup> analizi sonucunda en iyi tahmin yapan yöntemin Tablo 4.1’de de görüldüğü gibi Muskingum Yöntemi ve en iyi 2. tahmin yapan yöntemin ise SCS Yöntemi olduğu belirlenmiştir.

Muskingum, SCS, Kinematik, Muskingum-Cunge ve Dinamik Yöntemin eğim ve pürüzlülüğe bağlı değişimleri de aşağıda incelenmiştir.

Yapılan çalışmada eğim 0.01-0.037 aralığında, pürüzlülük katsayısı ise 0.025-0.1 aralığında bulunmakta olup, bunların gruplandırılması Tablo 4.2’de, yapılan irdeleme sonuçları ise Tablo 4.3 – 4.17’de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Çalışılan Bölgelerdeki Eğim ve Pürüzlülük Katsayılarının Gruplandırılması

S <sub>0</sub> ve n Çalışma Aralığı					
0.010 ≤ S <sub>0</sub> ≤ 0.019	0.020 ≤ S <sub>0</sub> ≤ 0.029	0.030 ≤ S <sub>0</sub> ≤ 0.037	0.025 ≤ n ≤ 0.049	0.050 ≤ n ≤ 0.075	0.076 ≤ n ≤ 0.1
Küçük Eğim	Orta Eğim	Büyük Eğim	Küçük Pürüzlülük	Orta Pürüzlülük	Büyük Pürüzlülük

#### 4.1. Muskingum Yöntemi ile Yapılan Taşkın Ötelenme Çalışma Sonuçları

Tablo 4.3. Muskingum Yöntemine Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı OMH Analizi

S <sub>0</sub> (Eğim) n (Pürüzlülük)	(0,010-0,019) (Küçük )			(0,020-0,029) (Orta)			(0,030-0,037) (Büyük)		
	(0,025-0,049) Küçük				0.64			4.43	
(0,050-0,075) Orta	0.31	20.88		1.27					
(0,076-0,1) Büyük	0.46	5.51	2.54				5.28		

Tablo 4.3 sonuçları irdelendiğinde aşağıdaki tespitler yapılmıştır:

- ❖ Küçük eğimli akarsularda, Manning pürüzlülük katsayısı arttığı zaman OMH azalmakta, fakat fazla değişim göstermemektedir.
- ❖ Orta eğimli akarsularda Manning pürüzlülük katsayısı artıkça OMH az artmaktadır.
- ❖ Büyük eğimli akarsularda pürüzlülük artıkça OMH az artmaktadır.
- ❖ Eğime bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında OMH'nin 0.95 değeri ile orta eğimli akarsuda en düşük, 4.85 değeri ile büyük eğimli akarsuda daha büyük ve 5.94 değeri ile küçük eğimli akarsularda OMH'nin en büyük olduğu görülmüştür.
- ❖ Pürüzlülüğe bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında OMH'nin 2.53 değeri ile küçük pürüzlü akarsularda en düşük, 3.45 değeri ile büyük pürüzlü akarsularda daha büyük ve 7.49 değeri ile büyük pürüzlü akarsularda OMH'nin en büyük olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.4. Muskingum Yöntemine Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı HOK Analizi

S <sub>0</sub> (Eğim) n (Pürüzlülük)	(0,010-0,019) (Küçük )			(0,020-0,029) (Orta)			(0,030-0,037) (Büyük)		
	(0,025-0,049) Küçük				0.72			5.97	
(0,050-0,075) Orta	0.41	24.35		1.40					
(0,075-0,1) Büyük	0.60	9.45	3.97				6.07		

Tablo 4.4 sonuçları irdelendiğinde;

- ❖ Küçük eğimli akarsularda, Manning pürüzlülük katsayısı arttığı zaman HOK azalmakta, fakat fazla değişim göstermemektedir.
- ❖ Orta eğimli akarsularda Manning pürüzlülük katsayısı artıkça HOK az artmaktadır.
- ❖ Büyük eğimli akarsularda pürüzlülük artıkça HOK az artmaktadır.
- ❖ Eğime bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında HOK'un 1.06 değeri ile orta eğimli akarsularda en düşük, 6.02 değeri ile büyük eğimli akarsularda daha

büyük ve 7.75 değeri ile küçük eğimli akarsularda HOK'un en büyük olduğu görülmüştür.

- ❖ Pürüzlülüğe bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında HOK'un 3.34 değeri ile küçük pürüzlü akarsularda en düşük, 5.02 değeri ile büyük pürüzlü akarsularda daha büyük ve 8.72 değeri ile orta pürüzlü akarsularda HOK'un en büyük olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.5. Muskingum Yöntemine Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı  $R^2$  Analizi

n (Pürüzlülük) S <sub>0</sub> (Eğim)	(0,010-0,019) (Küçük )			(0,020-0,029) (Orta)			(0,030-0,037) (Büyük)		
	(0,025-0,049) Küçük				0.86			0.98	
(0,050-0,075) Orta	0.95	0.81		0.94					
(0,075-0,1) Büyük	0.88	0.95	0.81				0.98		

Tablo 4.5 sonuçları irdelendiğinde aşağıdaki tespitler yapılmıştır:

- ❖ Küçük eğimli akarsularda, Manning pürüzlülük katsayısı arttığı zaman  $R^2$  değerinde değişim olmamaktadır.
- ❖ Orta eğimli akarsularda Manning pürüzlülük katsayısı artıkça  $R^2$  değeri artmaktadır.
- ❖ Büyük eğimli akarsularda pürüzlülük artıkça  $R^2$  değeri değişmemektedir.
- ❖ Eğime bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında  $R^2$ 'nin 0.88 ile küçük eğimli akarsularda en düşük, 0.90 değeri ile orta eğimli akarsularda daha büyük, 0.98 değeri ile büyük eğimli akarsularda  $R^2$ 'nin en büyük olduğu görülmüştür.
- ❖ Pürüzlülüğe bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında  $R^2$ 'nin 0.90 değeri ile orta pürüzlü akarsuda en düşük, 0.91 değeri ile büyük pürüzlü akarsuda daha büyük ve 0.92 değeri ile küçük pürüzlü akarsularda  $R^2$ 'nin en büyük olduğu belirlenmiştir.

## 4.2. SCS Yöntemi ile Yapılan Taşkın Ötelenme Çalışma Sonuçları

Tablo 4.6. SCS Yöntemine Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı OMH Analizi

n (Pürüzlülük) S <sub>0</sub> (Eğim)	(0,010-0,019) (Küçük )			(0,020-0,029) (Orta)			(0,030-0,037) (Büyük)		
	(0,025-0,049) Küçük				0.67			6.43	
(0,050-0,075) Orta	0.32	15.91		1.28					
(0,075-0,1) Büyük	0.62	7.54	3.05				13.28		

Tablo 4.6 sonuçları irdelendiğinde aşağıdaki tespitler yapılmıştır;

- ❖ Küçük eğimli akarsularda, Manning pürüzlülük katsayısı arttığı zaman OMH azalmakta ve fakat fazla bir değişim göstermemektedir.
- ❖ Orta eğimli akarsularda Manning pürüzlülük katsayısı artıkça OMH az artmaktadır.
- ❖ Büyük eğimli akarsularda pürüzlülük artıkça OMH artmaktadır.
- ❖ Eğime bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında OMH'nin 0.97 değeri ile orta eğimli akarsularda en düşük, 5.49 değeri ile küçük eğimli akarsularda daha büyük ve 9.85 değeri ile büyük eğimli akarsularda OMH'nin en büyük olduğu görülmüştür.
- ❖ Pürüzlülüğe bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında OMH'nin 3.55 değeri ile küçük pürüzlü akarsularda en düşük, 5.83 değeri ile orta pürüzlü akarsularda daha büyük ve 6.12 değeri ile büyük pürüzlü akarsularda OMH'nin en büyük olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.7. SCS Yöntemine Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı HOK Analizi

S <sub>0</sub> (Eğim) n (Pürüzlülük)	(0,010-0,019) (Küçük )			(0,020-0,029) (Orta)			(0,030-0,037) (Büyük)		
(0,025-0,049) Küçük				0,75			8,60		
(0,050-0,075) Orta	0,43	18,35		1,40					
(0,075-0,1) Büyük	0,80	11,70	4,84				18,94		

Tablo 4.7 sonuçları irdelendiğinde aşağıdaki tespitler yapılmıştır:

- ❖ Küçük eğimli akarsularda, Manning pürüzlülük katsayısı arttığı zaman HOK azalmakta, fakat fazla değişim göstermemektedir.
- ❖ Orta eğimli akarsularda Manning pürüzlülük katsayısı artıkça HOK artmaktadır.
- ❖ Büyük eğimli akarsularda pürüzlülük artıkça HOK artmaktadır.
- ❖ Eğime bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında HOK'un 1.07 değeri ile orta eğimli akarsularda en düşük, 7.22 değeri ile küçük eğimli akarsularda daha büyük ve 13.77 değeri ile büyük eğimli akarsularda HOK'un en büyük olduğu görülmüştür.
- ❖ Pürüzlülüğe bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında HOK'un 4.67 değeri ile küçük pürüzlü akarsularda en düşük, 6.73 değeri ile orta pürüzlü akarsularda daha büyük ve 9.07 değeri ile büyük pürüzlü akarsularda HOK'un en büyük olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.8. SCS Yöntemine Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı  $R^2$  Analizi

S <sub>0</sub> (Eğim) n (Pürüzlülük)	(0,010-0,019) (Küçük )			(0,020-0,029) (Orta)			(0,030-0,037) (Büyük)		
	(0,025-0,049) Küçük				0,84			0,97	
(0,050-0,075) Orta	0,94	0,98		0,95					
(0,075-0,1) Büyük	0,88	0,93	0,71				0,66		

Tablo 4.8 sonuçları irdelendiğinde aşağıdaki tespitler yapılmıştır:

- ❖ Küçük eğimli akarsularda, Manning pürüzlülük katsayısı arttığı zaman  $R^2$  değeri azalmaktadır ve kötü sonuçlar vermektedir.
- ❖ Orta eğimli akarsularda Manning pürüzlülük katsayısı artıkça  $R^2$  değeri artmaktadır.
- ❖ Büyük eğimli akarsularda pürüzlülük artıkça  $R^2$  değeri azalmıştır
- ❖ Eğime bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında  $R^2$ 'nin 0.89 ile küçük ve orta eğimli akarsularda en düşük, 0.82 değeri ile büyük eğimli akarsularda  $R^2$ 'nin en büyük olduğu görülmüştür.
- ❖ Pürüzlülüğe bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında  $R^2$ 'nin 0.80 değeri ile büyük pürüzlü akarsularda en düşük, 0.90 değeri ile küçük pürüzlü akarsularda daha büyük ve 0.96 değeri ile orta pürüzlü akarsularda  $R^2$ 'nin en büyük olduğu belirlenmiştir.

### 4.3. Kinematik Yöntemi ile Yapılan Taşkın Ötelenme Çalışma Sonuçları

Tablo 4.9. Kinematik Yöntemine Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı OMH Analizi

S <sub>0</sub> (Eğim) n (Pürüzlülük)	(0,010-0,019) (Küçük )			(0,020-0,029) (Orta)			(0,030-0,037) (Büyük)		
	(0,025-0,049) Küçük				0.60			11.84	
(0,050-0,075) Orta	0.31	16.81		1.35					
(0,075-0,1) Büyük	0.59	5.30	2.07				12.97		

Tablo 4.9 sonuçları irdelendiğinde aşağıdaki tespitler yapılmıştır:

- ❖ Küçük eğimli akarsularda, Manning pürüzlülük katsayısı arttığı zaman OMH azalmakta, fakat fazla değişim göstermemektedir.
- ❖ Orta eğimli akarsularda Manning pürüzlülük katsayısı artıkça OMH artmaktadır.
- ❖ Büyük eğimli akarsularda pürüzlülük artıkça OMH değişim göstermemektedir.
- ❖ Eğime bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında OMH'nin 0.97 değeri ile orta eğimli akarsularda en düşük, 5.02 değeri ile küçük eğimli akarsularda daha

büyük ve 12.41 değeri ile büyük eğimli akarsularda OMH'nin en büyük olduğu görülmüştür.

- ❖ Pürüzlülüğe bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında OMH'nin 5.23 değeri ile yüksek pürüzlü akarsularda en düşük, 6.15 değeri ile orta pürüzlü akarsularda daha büyük ve 6.22 değeri ile küçük pürüzlü akarsularda OMH'nin en büyük olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.10. Kinematik Yöntemine Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı HOK Hata Analizi

S <sub>0</sub> (Eğim) n (Pürüzlülük)	(0,010-0,019) (Küçük )			(0,020-0,029) (Orta)			(0,030-0,037) (Büyük)		
	(0,025-0,049) Küçük				0.67			21.10	
(0,050-0,075) Orta	0.42	29.35		1.41					
(0,075-0,1) Büyük	0.81	9.59	3.03				18.59		

Tablo 4.10 sonuçları irdelendiğinde aşağıdaki tespitler yapılmıştır:

- ❖ Küçük eğimli akarsularda, Manning pürüzlülük katsayısı arttığı zaman HOK azalmakta, fakat fazla değişim göstermemektedir.
- ❖ Orta eğimli akarsularda Manning pürüzlülük katsayısı artıkça HOK artmaktadır.
- ❖ Büyük eğimli akarsularda pürüzlülük artıkça HOK değişim göstermemektedir.
- ❖ Eğime bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında HOK'un 1.04 değeri ile orta eğimli akarsularda en düşük, 8.64 değeri ile küçük eğimli akarsularda daha büyük ve 19.84 değeri ile büyük eğimli akarsularda HOK'un en büyük olduğu görülmüştür.
- ❖ Pürüzlülüğe bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında HOK'un 8.00 değeri ile büyük pürüzlü akarsularda en düşük, 10.39 değeri ile orta pürüzlü akarsularda daha büyük ve 10.88 değeri ile büyük pürüzlü akarsularda HOK'un en büyük olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.11. Kinematik Yöntemine Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı R<sup>2</sup> Analizi

S <sub>0</sub> (Eğim) n (Pürüzlülük)	(0,010-0,019) (Küçük )			(0,020-0,029) (Orta)			(0,030-0,037) (Büyük)		
	(0,025-0,049) Küçük				0.88			0.80	
(0,050-0,075) Orta	0.95	0.79		0.97					
(0,075-0,1) Büyük	0.88	0.95	0.88				0.67		

Tablo 4.11 sonuçları irdelendiğinde aşağıdaki tespitler yapılmıştır:

- ❖ Küçük eğimli akarsularda, Manning pürüzlülük katsayısı arttığı zaman  $R^2$  değeri değişim göstermemektedir.
- ❖ Orta eğimli akarsularda Manning pürüzlülük katsayısı artıkça  $R^2$  değeri artmaktadır.
- ❖ Büyük eğimli akarsularda pürüzlülük artıkça  $R^2$  değeri azalmıştır
- ❖ Eğime bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında  $R^2$ 'nin 0.74 değeri ile yüksek eğimli akarsularda en düşük, 0.89 değeri ile küçük eğimli akarsularda daha büyük, 0.93 değeri ile orta eğimli akarsularda  $R^2$ 'nin en büyük olduğu görülmüştür.
- ❖ Pürüzlülüğe bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında  $R^2$ 'nin 0.84 değeri ile küçük ve büyük pürüzlü akarsularda en düşük, 0.90 değeri ile orta pürüzlü akarsularda  $R^2$ 'nin en büyük olduğu belirlenmiştir.

#### 4.4. Muskingum-Cunge Yöntemi ile Yapılan Taşkın Ötelenme Çalışma Sonuçları

Tablo 4.12. Muskingum-Cunge Yöntemine Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı OMH Analizi

$S_0$ (Eğim) n (Pürüzlülük)	(0,010-0,019) (Küçük )			(0,020-0,029) (Orta)			(0,030-0,037) (Büyük)		
(0,025-0,049) Küçük				0.61			5.89		
(0,050-0,075) Orta	0.31	17.53		1.41					
(0,075-0,1) Büyük	0.49	3.82	3.79				11.44		

Tablo 4.12 sonuçları irdelendiğinde aşağıdaki tespitler yapılmıştır:

- ❖ Küçük eğimli akarsularda, Manning pürüzlülük katsayısı arttığı zaman OMH azalmakta, fakat fazla değişim göstermemektedir.
- ❖ Orta eğimli akarsularda Manning pürüzlülük katsayısı artıkça OMH artmaktadır.
- ❖ Büyük eğimli akarsularda pürüzlülük artıkça OMH artmaktadır.
- ❖ Eğime bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında OMH'nin 1.01 değeri ile orta eğimli akarsularda en düşük, 5.19 değeri ile küçük eğimli akarsularda daha büyük ve 8.67 değeri ile büyük eğimli akarsularda OMH'nin en büyük olduğu görülmüştür.
- ❖ Pürüzlülüğe bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında OMH'nin 3.25 değeri ile küçük pürüzlü akarsularda en düşük, 4.89 değeri ile büyük pürüzlü akarsularda daha büyük ve 6.42 değeri ile orta pürüzlü akarsularda OMH'nin en büyük olduğu belirlenmiştir.



Tablo 4.13. Muskingum-Cunge Yöntemine Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı HOK Hata Analizi

S <sub>0</sub> (Eğim) n (Pürüzlülük)	(0,010-0,019) (Küçük )			(0,020-0,029) (Orta)			(0,030-0,037) (Büyük)		
	(0,025-0,049) Küçük				0.69			9.82	
(0,050-0,075) Orta	0.43	32.02		1.63					
(0,075-0,1) Büyük	0.64	5.40	5.46				15.85		

Tablo 4.13 sonuçları irdelendiğinde aşağıdaki tespitler yapılmıştır:

- ❖ Küçük eğimli akarsularda, Manning pürüzlülük katsayısı arttığı zaman HOK küçülmekte, fakat fazla değişim göstermemektedir.
- ❖ Orta eğimli akarsularda Manning pürüzlülük katsayısı artıkça HOK artmaktadır.
- ❖ Büyük eğimli akarsularda pürüzlülük artıkça HOK artmaktadır.
- ❖ Eğime bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında HOK'un 1.16 değeri ile orta eğimli akarsularda en düşük, 8.79 değeri ile küçük eğimli akarsularda daha büyük ve 12.83 değeri ile büyük eğimli akarsularda HOK'un en büyük olduğu görülmüştür.
- ❖ Pürüzlülüğe bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında HOK'un 5.26 değeri ile küçük pürüzlü akarsularda en düşük, 6.84 değeri ile yüksek pürüzlü akarsularda daha büyük ve 11.36 değeri ile orta pürüzlü akarsularda HOK'un en büyük olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.14. Muskingum-Cunge Yöntemine Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı R<sup>2</sup> Analizi

S <sub>0</sub> (Eğim) n (Pürüzlülük)	(0,010-0,019) (Küçük )			(0,020-0,029) (Orta)			(0,030-0,037) (Büyük)		
	(0,025-0,049) Küçük				0.87			0.96	
(0,050-0,075) Orta	0.95	0.76		0.81					
(0,075-0,1) Büyük	0.86	0.99	0.70				0.79		

Tablo 4.14 sonuçları irdelendiğinde aşağıdaki tespitler yapılmıştır:

- ❖ Küçük eğimli akarsularda, Manning pürüzlülük katsayısı arttığı zaman R<sup>2</sup> değeri azalmakta, fakat fazla bir değişim göstermemektedir.
- ❖ Orta eğimli akarsularda Manning pürüzlülük katsayısı artıkça R<sup>2</sup> değeri azalmaktadır.
- ❖ Büyük eğimli akarsularda pürüzlülük artıkça R<sup>2</sup> değeri azalmıştır
- ❖ Eğime bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında R<sup>2</sup>'nin 0.84 değeri ile orta eğimli akarsularda en düşük, 0.85 değeri ile küçük eğimli akarsularda daha büyük,

0.88 değeri ile büyük eğimli akarsularda  $R^2$ 'nin en büyük olduğu görülmüştür.

- ❖ Pürüzlülüğe bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında  $R^2$ 'nin 0.83 değeri ile büyük pürüzlü akarsularda en düşük, 0.92 değeri ile küçük pürüzlü akarsularda daha büyük, 0.84 değeri ile orta pürüzlü akarsularda  $R^2$ 'nin en büyük olduğu belirlenmiştir.

#### 4.5. Dinamik Yöntemi ile Yapılan Taşkın Ötelenme Çalışma Sonuçları

Tablo 4.15. Dinamik Yöntemine Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı OMH Analizi

$S_0$ (Eğim) n (Pürüzlülük)	(0,010-0,019) (Küçük )			(0,020-0,029) (Orta)			(0,030-0,037) (Büyük)		
(0,025-0,049) Küçük				0.52			21.66		
(0,050-0,075) Orta	0.29	15.30		1.20					
(0,075-0,1) Büyük	1.45	5.87	6.29				12.98		

Tablo 4.15 sonuçları irdelendiğinde aşağıdaki tespitler yapılmıştır:

- ❖ Küçük eğimli akarsularda, Manning pürüzlülük katsayısı arttığı zaman OMH küçülmekte, fakat fazla değişim göstermemektedir.
- ❖ Orta eğimli akarsularda Manning pürüzlülük katsayısı artıkça OMH artmaktadır.
- ❖ Büyük eğimli akarsularda pürüzlülük artıkça OMH azalmaktadır.
- ❖ Eğime bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında OMH'nin 0.86 değeri ile orta eğimli akarsularda en düşük, 5.84 değeri ile küçük eğimli akarsularda daha büyük ve 17.32 değeri ile büyük eğimli akarsularda OMH'nin en büyük olduğu görülmüştür..
- ❖ Pürüzlülüğe bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında OMH'nin 5.59 değeri ile orta pürüzlü akarsularda en düşük, 6.65 değeri ile büyük pürüzlü akarsularda daha büyük ve 11.09 değeri ile küçük pürüzlü akarsularda OMH'nin en büyük olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.16. Dinamik Yönteme Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı HOK Analizi

S <sub>0</sub> (Eğim) n (Pürüzlülük)	(0,010-0,019) (Küçük )			(0,020-0,029) (Orta)			(0,030-0,037) (Büyük)		
	(0,025-0,049) Küçük				0.60			24.00	
(0,050-0,075) Orta	0.42	30.66		1.26					
(0,075-0,1) Büyük	1.61	8.62	9.17				19.22		

Tablo 4.16 sonuçları irdelendiğinde aşağıdaki tespitler yapılmıştır:

- ❖ Küçük eğimli akarsularda, Manning pürüzlülük katsayısı arttığı zaman HOK küçülmekte, fakat fazla değişim göstermemektedir.
- ❖ Orta eğimli akarsularda Manning pürüzlülük katsayısı artıkça HOK artmaktadır.
- ❖ Büyük eğimli akarsularda pürüzlülük artıkça HOK azalmaktadır.
- ❖ Eğime bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında HOK'un 0.93 değeri ile orta eğimli akarsularda en düşük, 10.10 değeri ile küçük eğimli akarsularda daha büyük ve 21.61 değeri ile büyük eğimli akarsularda HOK'un en büyük olduğu görülmüştür.
- ❖ Pürüzlülüğe bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında HOK'un 9.66 değeri ile büyük pürüzlü akarsularda en düşük, 10.78 değeri ile orta pürüzlü akarsularda daha büyük ve 12.30 değeri ile düşük pürüzlü akarsularda HOK'un en büyük olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.17. Dinamik Yönteme Göre Eğime ve Pürüzlülüğe Bağlı R<sup>2</sup> Analizi

S <sub>0</sub> (Eğim) n (Pürüzlülük)	(0,010-0,019) (Küçük )			(0,020-0,029) (Orta)			(0,030-0,037) (Büyük)		
	(0,025-0,049) Küçük				0,89			0,87	
(0,050-0,075) Orta	0,95	0,76		0,97					
(0,075-0,1) Büyük	0,77	0,96	0,29				0,58		

Tablo 4.17 sonuçları irdelendiğinde aşağıdaki tespitler yapılmıştır:

- ❖ Küçük eğimli akarsularda, Manning pürüzlülük katsayısı arttığı zaman R<sup>2</sup> değeri azalmaktadır.
- ❖ Orta eğimli akarsularda Manning pürüzlülük katsayısı artıkça R<sup>2</sup> değeri artmaktadır.
- ❖ Büyük eğimli akarsularda pürüzlülük artıkça R<sup>2</sup> değeri azalmıştır
- ❖ Eğime bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında R<sup>2</sup>'nin 0.72 değeri ile büyük eğimli akarsularda en düşük, 0.75 değeri ile küçük eğimli akarsularda daha büyük, 0.93 değeri ile orta eğimli akarsularda R<sup>2</sup>'nin en büyük olduğu görülmüştür.

- ❖ Pürüzlülüğe bağlı irdeleme: Ortalama değerler göz önüne alındığında  $R^2$ 'nin 0.65 değeri ile büyük pürüzlü akarsularda en düşük, 0.88 değeri ile küçük pürüzlü akarsularda daha büyük, 0.90 değeri ile orta pürüzlü akarsularda  $R^2$ 'nin en büyük olduğu belirlenmiştir.

#### 4.6. Genel İrdeleme

Bölgelere uygulanan taşkın ötelenme yöntemlerinin parametrelere ve yöntemlere göre irdelenmesi Tablo 4.18 - 4.25' te verilmiştir. Bu tabloların elde edildiği grafikler Ek Şekil 46 - 207'de sunulmuştur.

##### 4.6.1. Parametrelere Göre İrdeleme

###### 4.6.1.1. Pürüzlülüğe Göre Değişim

Sadece Manning pürüzlülük katsayısının değişimine bağlı olarak taşkın ötelenme yöntemlerinin tahminindeki hataları gösteren analiz Tablo 4.18'de verilmiştir.

Tablo 4.18. n Parametresine bağlı Genel Hata Analiz Tablosu

n ↗	OMH	HOK	$R^2$	Genel Bağımlılık
Muskingum Yöntemi	↔	↔	↔	Bağımlılık Yok
SCS Yöntemi	↗	↗	↘	Orta Bağımlı
Kinematik Yöntem	↘	↘	↗	Az Bağımlı
Muskingum-Cunge Yöntemi	↔	↔	↘	Orta Bağımlı
Dinamik Yöntem	↔	↔	↘	Orta Bağımlı

Muskingum Yöntemi ile yapılan hesaplamalarda n arttığı zaman OMH, HOK ve  $R^2$  değerleri değişmemiştir.

SCS Yönteminde n arttığı zaman OMH ve HOK artmış,  $R^2$  değeri azalmıştır.

Kinematik Yöntem için ise  $n$  arttığı zaman ise OMH ve HOK azalmış,  $R^2$  değeri artmıştır.

Muskingum-Cunge ve Dinamik Yöntemle yapılan hesaplarda  $n$  arttığı zaman OMH ve HOK değişmemiş,  $R^2$  değerinin ise azalmıştır.

Sonuç olarak yüksek pürüzlü katsayılı akarsularda Kinematik Yöntemin daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

#### 4.6.1.2. Eğime Göre Değişim

Yatak eğimi değişiminin taşkın ötelenme yöntemleri tahminindeki hataları gösteren analiz Tablo 4.19' da gösterilmiştir.

Tablo 4.19.  $S_0$  Parametresi Genel Hata Analiz Tablosu

$S_0$ ↗	OMH	HOK	$R^2$	Genel Bağımlılık
Muskingum Yöntemi	↘	↘	↗	Orta Bağımlı
SCS Yöntemi	↔	↔	↘	Az Bağımlı
Kinematik Yöntem	↗	↗	↘	Orta Bağımlı
Muskingum-Cunge Yöntemi	↔	↔	↔	Bağımlılık yok
Dinamik Yöntem	↗	↗	↘	Az Bağımlı

Muskingum Yöntemi ile hesaplama yapılırken  $S_0$  arttığı zaman OMH ve HOK azalmış ve  $R^2$  değeri artmıştır.

SCS ve Muskingum-Cunge Yönteminde yapılan hesaplamalarda  $S_0$  arttığı zaman OMH ve HOK değişmemiş,  $R^2$  değerinin ise SCS Yönteminde azalmış, Muskingum-Cunge Yönteminde ise değişmemiştir.

Kinematik ve Dinamik Yöntemde ise  $S_0$  arttığı zaman OMH ve HOK artmış,  $R^2$  değeri azalmıştır.

#### 4.6.1.3. Mesafeye Göre Değişim

Tablo 4.20' de ise  $\Delta x$  değerinin artması ile hesaplardaki tahmin hatalarının artmasına sebep olmakta ve uygun olmayan sonuçlar vermektedir.

Tablo 4.20.  $\Delta x$  Parametresi Genel Hata Analiz Tablosu

$\Delta x$ ↗	OMH	HOK	$R^2$	Genel Bağımlılık
Muskingum Yöntemi	↗	↗	↘	Az Bağımlı
Scs Yöntemi	↗	↗	↘	Çok Bağımlı
Kinematik Yöntem	↗	↗	↘	Orta Bağımlı
Muskingum-Cunge Yöntemi	↗	↗	↘	Çok Bağımlı
Dinamik Yöntem	↗	↗	↘	Çok Bağımlı

Muskingum, SCS, Kinematik, Muskingum-Cunge ve Dinamik Yöntemde yapılan tüm hesaplamalarda  $\Delta x$  arttığı zaman OMH ve HOK artmış,  $R^2$  değeri ise azalmıştır.

#### 4.6.1.4. Tüm Parametrelere Göre Değişim

Yapılan araştırma sonucunda, 8 havzadaki dokuz bölgede bulunan 18 adet AGİ verilerine uygulanan beş farklı taşkın ötelenme yönteminin  $n$ ,  $S_0$ ,  $\Delta x$  parametrelerine bağlı hata analizi Tablo 4.21' de gösterilmiştir.

Tablo 4.21.  $n$ ,  $S_0$  ve  $\Delta x$  Parametrelerine Bağlı Genel Hata Tablosu

GENEL SONUÇ			
	OMH	HOK	$R^2$
$n$ ↗	↔	↔	↘
$S_0$ ↗	↔	↔	↘
$\Delta x$ ↗	↗	↗	↘

Buna göre  $n$  ve  $S_0$  arttığı zaman, genel olarak tüm ötelenme hesaplamalarında OMH ve HOK etkilenmemiş,  $R^2$  değeri ise azalmıştır.

Ayrıca  $\Delta x$  değerinin artması tüm ötelenme yöntemlerinde OMH ve HOK'yi artırırken, buna bağlı olarak  $R^2$  değerinin de azalmasına neden olmuştur.

#### 4.6.2. Yöntemlere Göre İrdeleme

##### 4.6.2.1. Muskingum Yöntemine Göre Değişim

Muskingum Yöntemi ile yapılmış olan tüm hesaplamalar sonucunda elde edilen eğim, pürüzlülük ve mesafeye bağlı OMH, HOK ve  $R^2$  değerlerinin değişimi topluca Tablo 4.22'de gösterilmiştir.

Tablo 4.22. Muskingum Yöntemi  $n$ ,  $S_0$  ve  $\Delta x$  Parametrelere Göre Genel Hata Analiz Tablosu

Muskingum Yöntemi	OMH		HOK		$R^2$		Bağımlılık
$n$ (Manning)	↔		↔		↔		Az Bağımlı
↗	Küçük S	↔	Küçük S	↔	Küçük S	↔	
	Orta S	↔	Orta S	↔	Orta S	↗	
	Büyük S	↔	Büyük S	↔	Büyük S	↔	
$S_0$ (Eğim)	↘		↘		↗		Orta Bağımlı
$\Delta x$ (Mesafe)	↗		↗		↘		Az Bağımlı

Eğime bağlı yapılan literatür çalışması ve karşılaştırma sonucunda;

- ✓ Elbashir (2011), yüksek eğimli olan yerlerde, Shultz (1992) ise 0.0001 eğimden büyük olan tüm eğimlerde Muskingum Yöntemi'nin kullanılabilirliğini ve iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir.
- ✓ Yapılan ötelenme çalışmasında ele alınan akarsuların eğimleri 0.010 ve 0.037 arasında değişmekte ve yüksek eğimlerde çalışılmıştır. Buna göre Tablo 4.22'de görüleceği gibi Muskingum Yöntemi yüksek eğimlerde daha iyi sonuç vermekte, Elbashir (2011) ve

Shultz'un (1992) çalışmalarıyla örtüşmektedir.

Pürüzlülüğe bağlı yapılan literatür çalışması ve karşılaştırma sonucunda;

- ✓ Shultz (1992), eğimin 0.0001'den büyük olduğu ve Manning katsayısının 0.03 - 0.01 arasındaki tüm değerlerde Muskingum Yöntemi'nin kullanılabileceği ve iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir.
- ✓ Yapılan ötelenme çalışmasında ele alınan bölgelerin eğimleri 0.010 ve 0.037 arasında değişmekte, pürüzlülük katsayıları da 0.035-0.096 arasındadır. Buna göre Tablo 4.1'de bu pürüzlük ve eğimde en iyi sonucu Muskingum Yöntemi vermekte ve bu yönüyle Shultz'un (1992) çalışmasıyla örtüşmektedir. Tablo 4.22'de ise Muskingum Yöntemi'nin pürüzlülük katsayısı arttıkça etkilenmediği görülmektedir.

Mesafeye bağlı sonuçlarda;

- ✓ Yapılan ötelenme çalışmasında Tablo 4.22'de görüldüğü gibi mesafe arttıkça Muskingum Yöntemi'nin kötü sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

#### 4.6.2.2. SCS Yöntemine Göre Değişim

SCS Yöntemi ile yapılmış olan tüm hesaplamalar sonucunda elde edilen eğim, pürüzlülük ve mesafeye bağlı OMH, HOK ve  $R^2$  değerlerinin değişimi topluca Tablo 4.23'te gösterilmiştir.

Tablo 4.23. SCS Yönteminin  $n$ ,  $S_0$  ve  $\Delta x$  Parametrelere Göre Genel Hata Analiz Tablosu

SCS Yöntemi	OMH	HOK	$R^2$	Bağımlılık
$n$ (Manning)				Orta Bağımlı
	Küçük S	Küçük S	Küçük S	
	Orta S	Orta S	Orta S	
	Büyük S	Büyük S	Büyük S	
$S_0$ (Eğim)				Az Bağımlı
$\Delta x$ (Mesafe)				Çok Bağımlı



Eğime bağlı yapılan literatür çalışması ve karşılaştırma sonucunda;

- ✓ Bu yöntemin eğime bağlı değişimini gösteren bir çalışma literatürde bulunamamıştır.
- ✓ Yapılan ötelenme çalışmasında Tablo 4.23'te görüleceği gibi SCS Yönteminin eğim arttıkça OMH ve HOK değerlerinde değişim olmadığı,  $R^2$  değerinde azalma olduğu, sonuçta kötü sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Pürüzlülüğe bağlı yapılan literatür çalışması ve karşılaştırma sonucunda;

- ✓ Bu yöntemin pürüzlülüğe bağlı değişimini gösteren bir çalışma literatürde bulunamamıştır.
- ✓ Yapılan ötelenme çalışmasında Tablo 4.23'te görüleceği gibi SCS Yönteminin pürüzlülük arttıkça kötü sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Mesafeye bağlı sonuçlarda;

- ✓ Yapılan ötelenme çalışmasında Tablo 4.23'te görüldüğü gibi mesafe arttıkça SCS Yöntemi'nin kötü sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

#### 4.6.2.3. Kinematik Yönteme Göre Değişim

Kinematik Yöntemi ile yapılmış olan tüm hesaplamalar sonucunda elde edilen eğim, pürüzlülük ve mesafeye bağlı OMH, HOK ve  $R^2$  değerlerinin değişimi topluca Tablo 4.24'te gösterilmiştir.

Tablo 4.24. Kinematik Yöntemin  $n$ ,  $S_0$  ve  $\Delta x$  Parametrelere Göre Genel Hata Analiz Tablosu

Kinematik Yöntem	OMH	HOK	$R^2$	Bağımlılık
$n$ (Manning)				Az Bağımlı
	Küçük S	Küçük S	Küçük S	
	Orta S	Orta S	Orta S	
	Büyük S	Büyük S	Büyük S	
$S_0$ (Eğim)				Orta Bağımlı
$\Delta x$ (Mesafe)				Orta Bağımlı

Eğime bağlı yapılan literatür çalışması ve karşılaştırma sonucunda;

- ✓ Lettenmaier ve Wood (1993), Lee ve Huang (2012), Choi (2013) Kinematik Dalga Yöntemi'nin akarsu eğiminin 0.001'den büyük olması durumunda uygulanabileceğini, Jayyousi (1994), dik eğimli akarsularda ve 0.01 eğimden büyük yerlerde, Knap vd. (1991), dik eğimlerde ve yavaş yükselen hidrograflarda Kinematik Dalga Yöntemi'nin iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir.
- ✓ Basitleştirilmiş hidrolik yöntemler için, kanal eğimi azaldığı için momentum denkleminde çıkarılan terimler daha önem kazanmaktadır. Saint-Venant'ın tüm denklemleri ele alındığında, düşük eğimli kanallarda ivme ve basınç terimleri büyük, yüksek eğimli kanallarda ise çok daha küçüktür. Bu da nispeten düz kanallarda ivme ve basınç terimlerinin Saint-Venant denklemlerine etkisinin büyük olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, düz eğimli kanalları yöntemlemek için Saint-Venant denklemlerinin kullanılması gerekir. Daha dik akarsularda ise, ivme ve basınç terimleri Saint-Venant denklemleri üzerinde daha az etkili olurlar. Dolayısıyla, Kinematik Dalga yöntemi, yatak eğiminin sürtünme eğrisine eşit olduğu varsayımına dayandığı için dik kanallar için daha uygundur (Shultz, 1992).
- ✓ Yapılan ötelenme çalışmasında ele alınan bölgelerin eğimleri 0.010 ve 0.037 arasında değişmekte ve yüksek eğimlerde çalışılmıştır. Buna göre Tablo 4.24'te görüleceği gibi Kinematik Yöntemi'nin eğim arttıkça hata oranının arttığı, Jayyousi (1994), Shultz (1992) ve Knap'ın vd. (1991) çalışmalarıyla ise örtüşmediği görülmüştür.

Pürüzlülüğe bağlı yapılan literatür çalışması ve karşılaştırma sonucunda;

- ✓ Barati vd. (2012), çalışmasında yüksek sürtünme katsayılı az eğimli akarsularda Kinematik Dalga Yöntemi'nin kötü sonuçlar verdiğini söylemiştir.
- ✓ Yapılan ötelenme çalışmasında ele alınan akarsuların pürüzlülük katsayıları 0.035-0.096 arasında değişmektedir. Buna göre Tablo 4.24'de pürüzlülük katsayısı arttıkça Kinematik Yöntemin daha iyi sonuç verdiği, bunun da yüksek eğimlerde gerçekleştiği görülmüştür.
- ✓ Sonuçta Barati'nin vd. (2012) yüksek pürüzlülük düşük eğim çalışması, yapılan yüksek pürüzlülük yüksek eğim çalışması ile eğim yönünden zıt bir karakter teşkil etmesi nedeniyle karşılaştırma imkânını ortadan kaldırmıştır.

Mesafeye bağlı sonuçlarda;

- ✓ Yapılan ötelenme çalışmasında Tablo 4.24'te görüldüğü gibi mesafe arttıkça Kinematik Yöntemi'nin kötü sonuçlar verdiğini tespit edilmiştir.

#### 4.6.2.4. Muskingum-Cunge Yöntemine Göre Değişim

Muskingum-Cunge Yöntemi ile yapılmış olan tüm hesaplamalar sonucunda elde edilen eğim, pürüzlülük ve mesafeye bağlı OMH, HOK ve  $R^2$  değerlerinin değişimi topluca Tablo 4.25'te gösterilmiştir.

Tablo 4.25. Muskingum Cunge Yönteminin  $n$ ,  $S_0$  ve  $\Delta x$  Parametrelere Göre Genel Hata Analiz Tablosu

Muskingum-Cunge Yöntemi	OMH		HOK		$R^2$		Bağımlılık
$n$ (Manning) ↗	↔		↔		↘		Orta Bağımlı
	Küçük S	↔	Küçük S	↔	Küçük S	↔	
	Orta S	↗	Orta S	↗	Orta S	↘	
	Büyük S	↗	Büyük S	↗	Büyük S	↘	
$S_0$ (Eğim) ↗	↔		↔		↔		Bağımsız
$\Delta x$ (Mesafe) ↗	↗		↗		↘		Çok Bağımlı

Eğime bağlı yapılan literatür çalışması ve karşılaştırma sonucunda;

- ✓ Shultz (1992), çalışmasında Muskingum-Cunge Ötelenme Yöntemi'nin 0.0004'e eşit ve daha büyük olan eğimlerde kullanılmasının uygun olduğunu, ayrıca çok farklı eğimlerde kullanılabileceğini, Elbashir (2011), Fread ve Hsu (1993), Muskingum-Cunge Yöntemi'nin az eğimli yerlerde doğru sonuçlar vermediğini, eğim azaldıkça hatanın arttığını ifade etmiştir. Barati vd. (2013), orta derece eğimli ve pürüzlü akarsularda Muskingum-Cunge Yöntemi'nin ötelenme hesaplarında iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir.
- ✓ Yapılan ötelenme çalışmasında ele alınan bölgelerin eğimleri 0.010 ve 0.037 arasında değişmekte ve yüksek eğimlerde çalışılmıştır. Ancak Tablo 4.25'de görüleceği gibi Muskingum-Cunge Yönteminin eğimden etkilenmediği belirlenmiştir. Bu da Shultz (1992), Elbashir (2011) ve Barati'nin vd. (2013) orta ve yüksek eğimlerde iyi sonuç verdiği söylemleriyle karşılaştırma imkânını ortadan kaldırmıştır.

Pürüzlülüğe bağlı yapılan literatür çalışması ve karşılaştırma sonucunda;

- ✓ Shultz (1992), eğimin 0.0002 ve Manning katsayısının 0.03 - 0.05 olduğu akarsu yataklarında Muskingum-Cunge Yöntemi'nin iyi sonuçlar verdiğini tespit etmiştir. Eğimin 0.0002 ve Manning katsayısının 0.05 ve 0.1 arasındaki değerlerde ise kötü sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Ayrıca 0.0004'den büyük olan eğimlerde ve 0.03 – 0.10 pürüzlülük katsayılı yerlerde ise bu yöntemin kullanılmasının uygun olduğunu belirtmiştir. Barati vd. (2013), orta derece eğimli ve pürüzlü akarsularda Muskingum-Cunge Yöntemi'nin ötelenme hesaplarında iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir.
- ✓ Yapılan ötelenme çalışmasında ele alınan akarsuların pürüzlülük katsayıları 0.035-0.096 arasında değişmektedir. Muskingum-Cunge Yöntemine göre yapılan hesaplarda Tablo 4.12 ve Tablo 4.13'te pürüzlülük katsayısı 0.035-0.05 olan akarsulardaki hataların, pürüzlülük katsayısı 0.05-0.96 arasına göre daha düşük olduğu, pürüzlülük katsayısı arttıkça Muskingum-Cunge Yönteminin daha kötü sonuçlar verdiği görülmüştür.
- ✓ Sonuçta yapılan çalışmada eğim 0.0004'den büyük olup, pürüzlülük katsayısı arttıkça Muskingum-Cunge Yönteminin verdiği kötü sonuçlar, Shultz' un (1992) çalışmalarıyla uyuşmamaktadır. Ayrıca Barati'nin vd. (2013) orta dereceli eğim ve pürüzlü akarsulardaki sonuçlarıyla da uyuşmamaktadır.

Mesafeye bağlı sonuçlarda;

- ✓ Yapılan ötelenme çalışmasında Tablo 4.25'te görüldüğü gibi mesafe arttıkça Muskingum-Cunge Yöntemi'nin kötü sonuçlar verdiğini tespit edilmiştir.

#### 4.6.2.5. Dinamik Yönteme Göre Değişim

Dinamik Yöntem ile yapılmış olan tüm hesaplamalar sonucunda elde edilen eğim, pürüzlülük ve mesafeye bağlı OMH, HOK ve  $R^2$  değerlerinin değişimi topluca Tablo 4.26' de gösterilmiştir.

Tablo 4.26. Dinamik Yönteminin  $n$ ,  $S_0$  ve  $\Delta x$  Parametrelere Göre Genel Hata Analiz Tablosu

Dinamik Yöntem	OMH		HOK		$R^2$		Bağımlılık
$n$ (Manning) ↗	↔		↔		↘		Orta Bağımlı
	Küçük S	↔	Küçük S	↔	Küçük S	↘	
	Orta S	↗	Orta S	↗	Orta S	↗	
	Büyük S	↘	Büyük S	↘	Büyük S	↘	
$S_0$ (Eğim) ↗	↗		↗		↘		Az Bağımlı
$\Delta x$ (Mesafe) ↗	↗		↗		↘		Çok Bağımlı

Eğime bağlı yapılan literatür çalışması ve karşılaştırma sonucunda;

- ✓ Lettenmaier ve Wood (1993), akarsu eğimlerinin oldukça düşük olması, özellikle 0.0005 değerinden küçük eğimlerde, Bayazıt ve Önöz (2008) akarsu yatağının eğiminin küçük olması ( $10^{-3}$ - $10^{-4}$ 'den küçük) durumunda Dinamik Yöntemin iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.
- ✓ Yapılan ötelenme çalışmasında ele alınan bölgelerin eğimleri 0.010 ve 0.037 arasında değişmekte ve yüksek eğimlerde çalışılmıştır. Tablo 4.26'ya göre Dinamik Yöntem yüksek eğimlerde kötü sonuçlar vermekte, Lettenmaier ve Wood (1993) ve Bayazıt ve Önöz'ün (2008) çalışmalarıyla örtüşmektedir. Ayrıca Tablo 4.1'de yer alan ötelenme yöntemleri arasında Dinamik Yöntem en kötü sonucu vermiştir.

Pürüzlülüğe bağlı yapılan literatür çalışması ve karşılaştırma sonucunda;

- ✓ Bu yöntemin pürüzlülüğe bağlı değişimini gösteren bir çalışma literatürde bulunamamıştır.
- ✓ Yapılan ötelenme çalışmasında Tablo 4.26'de görüldüğü gibi pürüzlülük arttıkça Dinamik Yöntemde OMH ve HOK değerlerinin değişmediği,  $R^2$  değerinde azalma olduğu, sonuçta ise kötü sonuçlar verdiği tespit edilmiştir

Mesafeye bağlı sonuçlarda;

- ✓ Yapılan ötelenme çalışmasında Tablo 4.26'ya göre mesafe arttıkça Dinamik Yöntemi'nin kötü sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

## 5. SONUÇLAR

Ülkemizde meydana gelen taşkınlar hem can hem de mal kaybına sebep olmakta, bu da ülkemiz ekonomisini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu çalışmanın amacı, bir taşkın afeti esnasında taşkın meydana geldiği yerdeki taşkın hidrografi kullanılarak, bu noktanın kilometrelerce mansabındaki bir yerdeki taşkın hidrografının saatlerce hatta günlerce önce tahmin edilmesidir.

Konu ile ilgili kapsamlı bir araştırma yapmak için, çalışma alanı olarak önce Türkiye'nin bütün bölgeleri incelenmek istenmiş fakat aynı akarsu üzerinde Akım Gözlem İstasyonu sayısı genelde ikiden az olduğu için ancak 8 havza ve 18 AGİ belirlenmiştir.

Bu havzalardaki AGİ'den elde edilen taşkın hidrograf verileri ilk olarak hidrolik ve hidrolojik taşkın ötelenme yöntemleri yardımıyla hesapları yapılmış ve gerçek değerler ile karşılaştırılarak analizleri yapılmıştır.

Yapılan çalışma sonucunda bölgelere uygulanan taşkın ötelenme yöntemleri arasında en iyi tahmin yapan yöntemin Muskingum Yöntemi olduğu belirlenmiştir. Daha önce yapılan çalışmalardan da anlaşılacağı gibi yüksek eğimlerde bu yöntemin iyi sonuçlar vermesi nedeniyle yapılan çalışma sonuçları, literatür sonuçları ile uyuzmaktadır. Sonuç olarak Muskingum Yönteminin ülkemizdeki dik eğimdeki ( $0,01 \leq S_0 \leq 0,037$ ) akarsularda uygulanabileceği kanaatine varılmıştır. Ayrıca, sadece giriş ve çıkış hidrograflarının yöntemin kurulabilmesi için yeterli olması ve başka bir veriye ihtiyaç duyulmaması bu yöntemin tercih edilmesinde önemli bir faktördür.

Yapılan hata analizleri sonucunda, incelenen diğer yöntemlerin performans sıralaması şöyledir: SCS, M.Cunge, Kinematik ve Dinamik Yöntemler.

Taşkın ötelenme yöntemlerinin hesabında temel parametreler olan pürüzlülük, eğim ve mesafenin ötelenme yöntemleri üzerindeki etkileri de araştırılmıştır.

Akarsu pürüzlülük katsayısının 0.035'den 0.096'ya kadar artan değerlerinin ötelenme yöntemleri üzerindeki etkileri incelendiğinde pürüzlülük katsayısının artmasının;

- ✓ Muskingum Yönteminin performansında etkin olmadığı,
- ✓ SCS Yönteminin performansında olumsuz etkiye sahip olduğu,
- ✓ Kinematik Yöntemin performansını olumlu yönde etkilediği,
- ✓ Muskingum-Cunge ve Dinamik Yöntemlerinde ise performansı olumsuz yönde

etkileme eğiliminde olduğu,  
belirlenmiştir.

Akarsu yatak eğiminin 0.01'den 0.037'ye kadar artan değerlerinin ötelenme yöntemleri üzerindeki etkileri incelendiğinde eğimin artmasının;

- ✓ Muskingum Yönteminin performansında olumlu etkiye sebep olduğu,
- ✓ SCS Yönteminin performansında az da olsa olumsuz etkiye sahip olduğu,
- ✓ Kinematik Yöntemin performansını olumsuz yönde etkilediği,
- ✓ Muskingum-Cunge Yönteminin performansında önemli bir etkiye sahip olmadığı,
- ✓ Dinamik Yönteminde ise performansı olumsuz yönde etkilediği.

sonucuna varılmıştır.

İki istasyon arasındaki mesafenin 2,061 m'den 25,720 m'ye kadar artan değerlerinin ötelenme yöntemleri üzerindeki etkileri incelendiğinde;

İki istasyon arasındaki mesafenin 2,061 m'den 25,720 m'ye kadar artan değerlerinin ötelenme yöntemleri üzerindeki etkileri incelendiğinde mesafenin artması durumunda;

- ✓ İncelenen 5 yöntemin performansının azaldığı,
- belirlenmiştir.

## 6. ÖNERİLER

Taşkın ötelenmesi hesaplarında kullanılan AGİ gözlem verilerinin daha uzun süreli ve kesintisiz olarak elde edilmesi için gözlem istasyonu ağları genişletilebilir. Özellikle aynı akarsu kolu üzerinde en az iki adet olacak şekilde yeni AGİ'lerin kurulması, oluşturulan yöntemlerin güvenilirliği açısından büyük önem arz etmektedir. İstasyon bazında yapılan bu ve benzer çalışmalar, ülkemizin tümünü içine alacak şekilde genişletilebilir.

Yapılan taşkın ötelenme çalışmalarında taban eğimi ve pürüzlülüğünün taşkın ötelenme yöntemlerinin performanlarına etkisi araştırılmıştır. Bunların yanı sıra, başka havza parametrelerinin (bitki örtüsü, havza büyüklüğü, şekli vb) yöntemlerin performansına etkileri de araştırılmalıdır.

Çalışmada kullanılan ötelenme yöntemlerinden başka yöntemler de incelenebilir.

Çeşitli havza parametrelerinin ve hidrografın diğer parametrelerinin (yükselme süresi, hidrograf pik değeri vb) etkisi de araştırma konusu yapılabilir.



## 7. KAYNAKLAR

- Afzali S. H., 2016. Variable-Parameter Muskingum Model, Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering, 40, 1, 59-68.
- Akbari, G. ve Firoozi, B., 2010. Implicit and Explicit Numerical Solution of Saint-Venant Equations for Simulating Flood Wave in Natural Rivers, 5th National Congress on Civil Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
- Al-Humoud, J. ve Esen, İ., 2006. Approximate Methods for the Estimation of Muskingum Flood Routing Parameters, Water Resources Management, 20, 6, 979-990.
- Atalay, O., 2008. Taşkın Hidrografının Elde Edilmesiyle İlgili Yöntemlerin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, KÜ Fen Bilimler Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Kocaeli.
- Balamurugan, M. ve Bhallamudi, S. M., 2017. Flood Routing in an Ephemeral Channel with Compound Cross-Section, Sādhanā, 41, 771-785.
- Barati, R., Akbari, G. H. ve Rahimi, S., 2012. Analysis of Dynamic Wave Model for Flood Routing in Natural Rivers, Water Science and Engineering, 5, 3, 243-258.
- Barati, R., Akbari, G. H. ve Rahimi, S., 2013. Flood Routing of an Unmanaged River Basin Using Muskingum–Cunge Model; Field Application and Numerical Experiments, Caspian Journal of Applied Sciences Research, 2, 6, 08-20.
- Barry, D. A. ve Bajracharya, K., 1995. On The Muskingum-Cunge Flood Routing Method, Environment International, 21, 5, 485-490.
- Bayazıt, M., 1995. Hidroloji, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası.
- Bayazıt, M., Avcı İ. ve Şen Z., 1997. Hidroloji Uygulamaları, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası.
- Bayazıt, M., 1998. Hidrolojik Modeller, İ. T. Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası.
- Bayazıt, M. ve Önöz B., 2008. Taşkın ve Kuraklık Hidrolojisi, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.

- Chagas, P. ve Souza, R., 2005. Development of a Numeric Model, with Explicit Solution to Study Flood Wave Propagation, AGU Hydrology Days, Colorado State University, 205-210, Fort Collins, Colorado, USA.
- Chatila, J. G., 1992. Application and Comparison of Dynamic Routing Models For Unsteady Flow in Simple and Compound Channels, Master Thesis, University of Ottawa, Canada.
- Chaudhry, H. M., 2008. Open-Channel Flow Second Edition, Springer Science Business Media, LLC, 324.S, USA.
- Cheng, J. Y., 2011. Modification of Kinematic Wave Cascading Model for Low Impact Watershed Development, Doctor of Philosophy Dissertation, University of Colorado, Denver.
- Choi, C. C., 2013. Coupled Hydrologic And Hydraulic Models And Applications, Master Theses, The University of Iowa, Iowa.
- Chow, V. T., 1959. Open Channel Hydraulics, McGraw-Hill International Book Company, Inc, New York.
- Chow, V. T., Maidment, D. R. ve Mays L. W., 1988. Applied Hydrology, McGraw-Hill, Inc, USA.
- Çimen, M., 1995. Difüzyon Yöntemi ile Akarsu Yatağındaki Taşkınların Ötelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Demissie, H. K. ve Bacopoulos, P., 2017. Parameter Estimation of Anisotropic Manning's n Coefficient for Advanced Circulation (ADCIRC) Modeling of Estuarine River Currents (lower St. Johns River), Journal of Marine Systems, 169, 1–10.
- Demirpençe, H., 1994. Toprak Dolgu Barajların Yıkılması ve Oluşan Taşkın Dinamik Ötelenme Metodu ile İncelenmesi, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimler Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul
- Durmuş, Ş. E., 1997. Değişken Kesitli Akarsu Yataklarında Taşkın Dalga Yayılımının Deterministik Bir Modelle İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, SDÜ Fen Bilimler Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Elbashir, S. T., 2011. Flood Routing in Natural Channels Using Muskingum Methods, Master Theses, Dublin Institute of Technology.
- Fread, D. L. ve Hsu, K. S., 1993. ASCE National Hydraulic Engineering Conference, San Francisco, CA.
- Garbrech, J. ve Brunner, G., 1991. Hydrologic Channel-Flow Routing for Compound Sections, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 117, 5, 629–642.

- Gasiorowski, D. ve Szymkiewicz, R., 2007. Mass and Momentum Conservation in the Simplified Flood Routing Models, Journal of Hydrology, 346, 51–58.
- Gill, M. A., 1978. Flood Routing by The Muskingum Method. Journal of Hydrology, Vol. 36, pp. 353–363.
- Gökoğlu, F., 2000. Akarsularda Taşkın Dalgalarının Sayısal Analizi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimler Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Haktanir, T. ve Özmen, H., 1997. Comparison of Hydraulic and Hydrologic Routing on Three Long Reservoirs, Journal of Hydraulic Engineering, 123, 2, 153-156.
- Heatherman, W. J., 2008. Flood Routing on Small Streams: A Review of Muskingum-Cunge, Cascading Reservoirs, and Full Dynamic Solutions, Doctor of Philosophy Dissertation, University Of Kansas.
- Hec-1, 1990. Flood Hydrograf Package, User's Manual, Hydrologic Engineering Center, U. S. Army Corps of Engineers.
- Jayyousi, F. E., 1994. Evaluation of Flood Routing Techniques for Incremental Damage Assessment, Doctor of Philosophy Dissertation, Utah State University, Utah.
- Karahan, H. ve Gürarlan, G., 2012. Kinematik Dalga Yaklaşımı Kullanılarak Taşkın Öteleme Problemlerinin Modellenmesi: Sütçüler Örneği, VII. Ulusal Hidroloji Kongresi.
- Keskin, M. E., 1989. Farklı Enkesitli Akarsularda Kinematik Modelle Taşkın Ötelemesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimler Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Keskin, M. E., 1994. Taşkın Dalgasının Bağımlı Değişken Parametrelili Dinamik bir Modelle İncelenmesi, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimler Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Keskin, M. E. ve Ağırlioğlu, N., 1997. A Simplified Dynamic Model for Flood Routing in Rectangular Channels, Journal of Hydrology, 202, 302–314.
- Knapp, H. V., Durgunoglu, A. ve Ortel, T. W., 1991. A Review of Rainfall-Runoff Modeling for Stormwater Management, U.S. Geological Survey, Hydrology Division, Illinois.
- Kocaman, S., 2002. Baraj Yıkılması Analizi ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

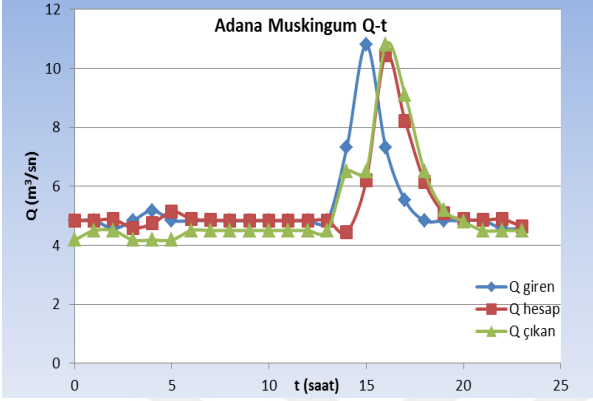
- Kshirsagar, M. M., Rajagopalan, B. ve Lal, U., 1995. Optimal Parameter Estimation for Muskingum Routing with Ungauged Lateral Inflow, Journal of Hydrology, 169, 1-4, 25-35.
- Kundzewicz, Z. W., 2002. Prediction in Ungauged Basins-a Systemic Perspective, Predictions in Ungauged Basins: PUB Kick-off. IAHS Publ, 309.
- Kundzewicz Z. W. ve Strupczewski W. G., 1982. Approximate Translation in the Muskingum Model, Hydrological Sciences Journal, 27, 1, 19-17.
- Lee, K. T. ve Huang, P. C., 2012. Evaluating the Adequateness of Kinematic-Wave Routing for Flood Forecasting in Midstream Channel Reaches of Taiwan, Journal of Hydroinformatics, 14, 4, 1075-1088.
- Lettenmaier, D. P. ve Wood, E. F., 1993. Hydrologic Forecasting, Handbook of Hydrology, McGraw-Hill, Inc, 26,1.
- Maidment, D. R., 1993. Handbook of Hydrology, McGraw-Hill, Inc. 10,1.
- Moramarco, T. ve Singh, V. P., 2000. A Practical Method for Analysis of River Waves and for Kinematic Wave Routing in Natural Channel Networks, Hydrological Process, 14, 51-62.
- Ogunlela, A. O. ve Kasali, M. Y., 2014. Kinematic Flood Routing of Asa River, International Journal of Engineering and Technical Research, 2, 3, 13-17.
- Özdoğan, İ., 2010. Akarsularda Taşkın Öteleme Modelleri: Alara Çayı Uygulaması Doktora Tezi SDÜ Fen Bilimler Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Özmen, H., 1999. Baraj Gölünden Taşkın Öteleme Modelleri, Doktora Tezi, ÇÜ Fen Bilimler Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Ponce, V. M., Lohani, A. K. ve Scheyhing, C. 1996. Analytical Verification of Muskingum-Cunge Routing, Journal of Hydrology, 174, 3-4, 235-241.
- Pistil, F., 2005. Gezende Barajı Mansabında Taşkın Ötelemesinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, SÜ Fen Bilimler Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya.
- Singh, V. P., 2004. Flow Routing in Open Channels: Some Recent Advances, Second International Conference on Fluvial Hydraulics, University of Napoli Federico II, Naples, 23, Italy.
- Soentoro, E. A., 1991. Comparison of Flood Routing Methods. Master Theses, University of British Columbia, Vancouver, Canada.

- Soleymani, M. ve Delphi, M., 2012. Comparison of Flood Routing Models (Case Study: Maroon River, Iran), World Applied Sciences Journal, 16, 5, 769-775.
- Stephenson, D. 1979. Direct Optimization of Muskingum Routing Coefficients: An Extension to the Paper By Gill, MA, 1978. Flood Routing By The Muskingum Method. J. Hydrol., 36: 353–363, Journal of Hydrology, 41, 1-2, 161-165.
- Shultz, M. J., 1992. Comparison of Flood Routing Methods for Rapidly Rising Hydrograph Routed Through a very Wide Channel, Master Thesis, The University of Texas, Arlington.
- Sun, J., 2015. Hydrologic and Hydraulic Model Development for Flood Mitigation and Routing Method Comparison in Soap Creek Watershed, Master Thesis, The University of Iowa, Iowa.
- Syed, A. U. R., 2012. Hydrologic Analysis of a Semi-Arid Watershed Using Kinematic Wave and SCS Flow Models, Doctor of Philosophy, Biosystems Engineering, Michigan State University.
- Tewold, M. H., 2005. Flood Routing in Ungauged Catchments Using Muskingum Model, Master Theses, University of Kwa-Zulu-Nata, Pietermaritzburg.
- Tewold, M. H. ve Smithers, J. C., 2006. Flood Routing in Ungauged Catchments Using Muskingum Methods, Water SA, 32, 3, 379–388.
- Tsai, C. W., 2005. Flood Routing in Mild-Sloped Rivers-Wave Characteristics and Downstream Backwater Effect, Journal of Hydrology, 308, 151-167.
- Tung, Y. K., 1985. River Flood Routing by Nonlinear Muskingum Method, Journal of Hydraulic Engineering, 111, 12, 1447-1460.
- URL-1, Statistics How To, <http://www.statisticshowto.com/rmse>. 04.Ekim.2017
- URL-2, Mean Absolute Error (MAE) and Root Mean Squared Error (RMSE), [http://www.eumetrain.org/data/4/451/english/msg/ver\\_cont\\_var/uos3/uos3\\_ko1.htm](http://www.eumetrain.org/data/4/451/english/msg/ver_cont_var/uos3/uos3_ko1.htm). 12.Şubat.2018.
- URL-3, Coefficient of Determination, <https://www.investopedia.com/terms/c/coefficient-of-determination.asp>. 04.Ekim.2017.
- URL-4, Devlet Su İşleri, <http://rasatlar.dsi.gov.tr/>, 04.Ekim.2017.
- URL-5, Coğrafya Harita, <http://cografyaharita.com/haritalarim/2eturkiye-akarsu-havzalari-haritasi.png>, 12.Şubat.2018.

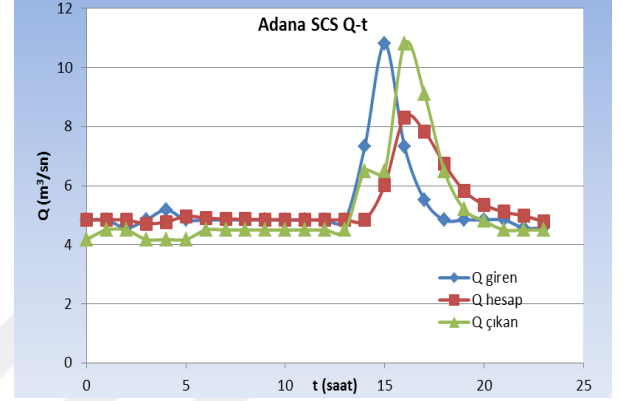
- Uzyönüm, H., 1996. Akarsu Kesitlerinde Taşkın Ötelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, SDÜ Fen Bilimler Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Ülke, A., 2001. Taşkın Öteleme Metodları, Seminer I Notları, Isparta.
- Ülke, A., 2003. Muskingum Metodu Kullanılarak Taşkın Ötelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, SDÜ Fen Bilimler Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Ülke, A. ve Kaya, B., 2012. Kinematik Dalga Modelinin DQM ile Çözümü ve Sütçüler Taşkını Örneği, 5869-5884, Yazı 374, İMO Teknik Dergi.
- Wang, G. T., Yao, C., Okoren, C. ve Chen, S. 2006. 4-Point FDF of Muskingum Method Based on The Complete St Venant Equations, Journal of Hydrology, 324, 1, 339-349.
- Xia, R., 1992. Sensitivity of Flood Routing Models to Variations of Momentum Equation Coefficients and Terms, Doctor of Philosophy Dissertation, University of Illinois, Urbana.
- Zare, M. ve Koch, M., 2013. An Analysis of MLR and NLP for Use in River Flood Routing and Comparison with the Muskingum Method, IAHR World Congress.

## 8. EKLER

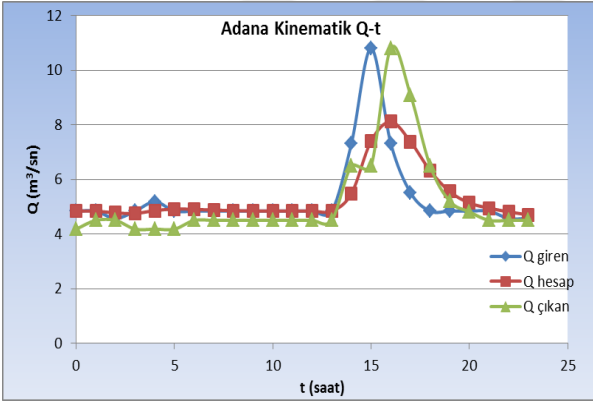
Ek 1. Adana Karaisalı taşkın öteleme sonuç grafikleri aşağıda verilmiştir.



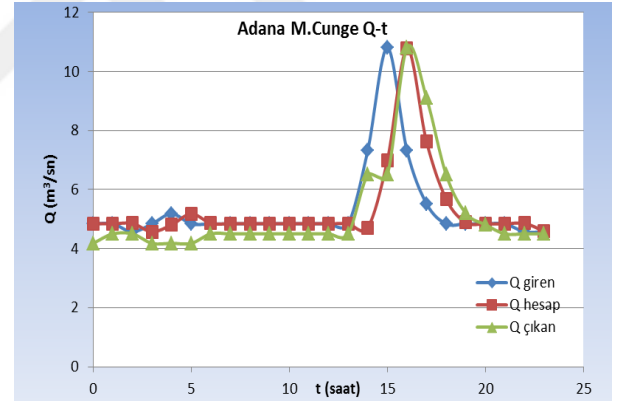
Ek Şekil 1. 1 nolu AGİ'nin Muskingum Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri



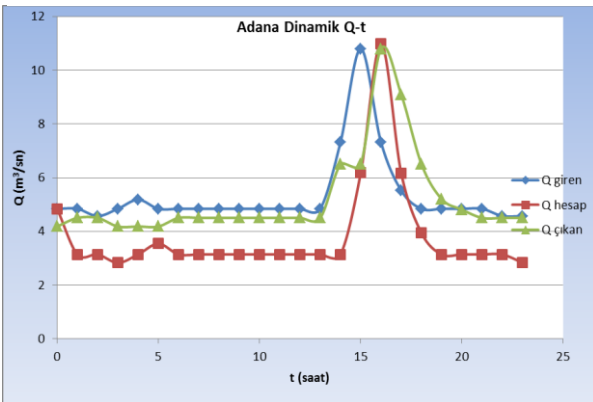
Ek Şekil 2. 1 nolu AGİ'nin SCS Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri



Ek Şekil 3. 1 nolu AGİ'nin Kinematik Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri

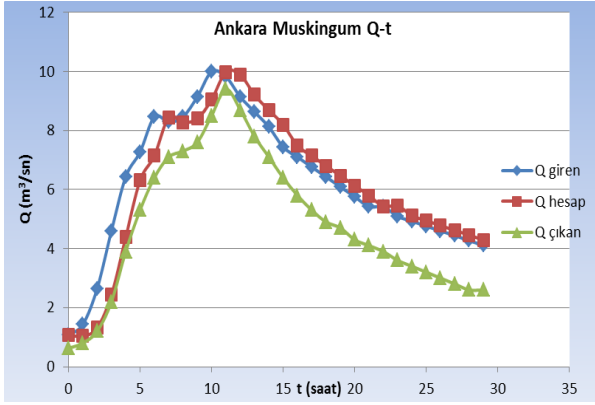


Ek Şekil 4. 1 nolu AGİ'nin M.Cunge Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri

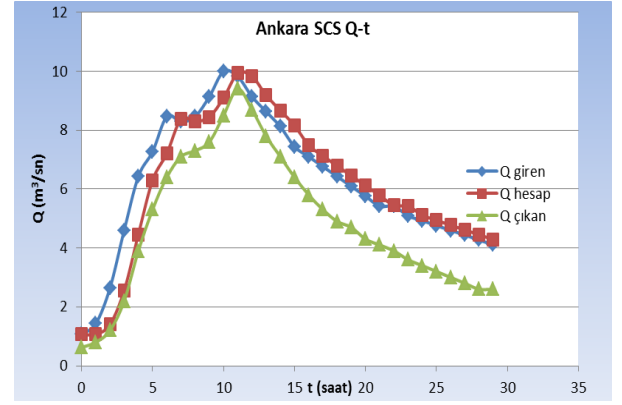


Ek Şekil 5. 1 nolu AGİ'nin Dinamik Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri

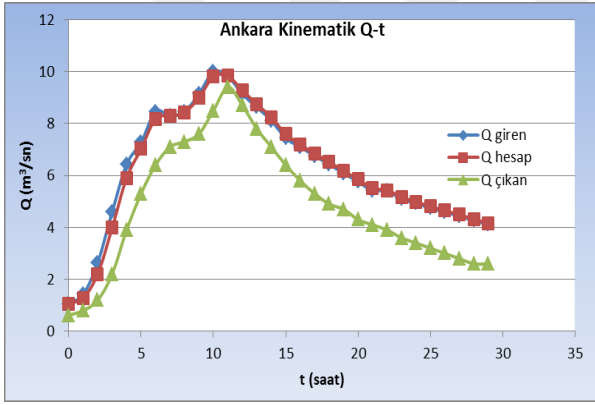
Ek 2. Ankara Kızılcahamam taşkın ötelenme sonuç grafikleri aşağıda verilmiştir.



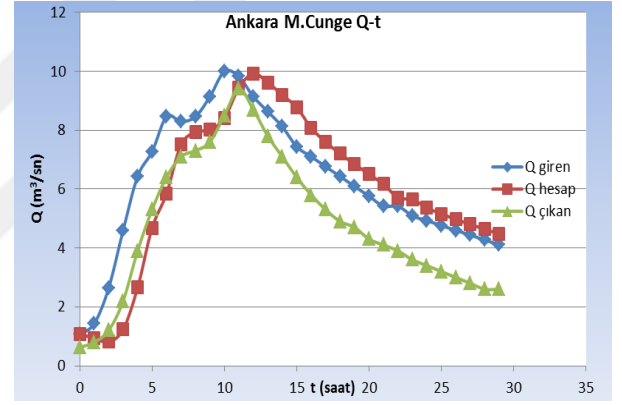
Ek Şekil 6. 3 nolu AGİ'nin Muskingum Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri



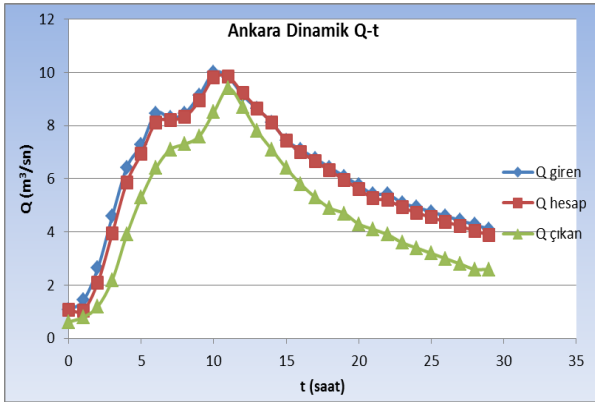
Ek Şekil 7. 3 nolu AGİ'nin M.Cunge Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri



Ek Şekil 8. 3 nolu AGİ'nin Kinematik Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri



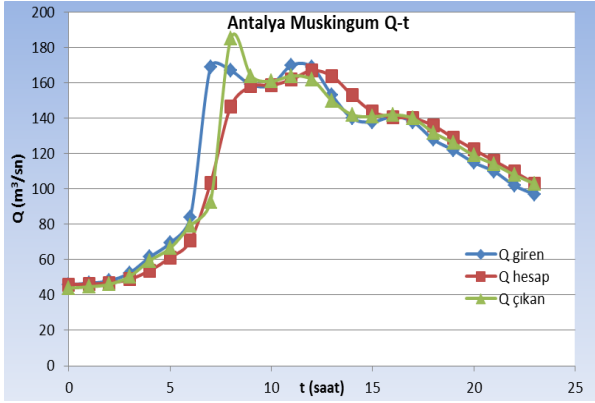
Ek Şekil 9. 3 nolu AGİ'nin M.Cunge Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri



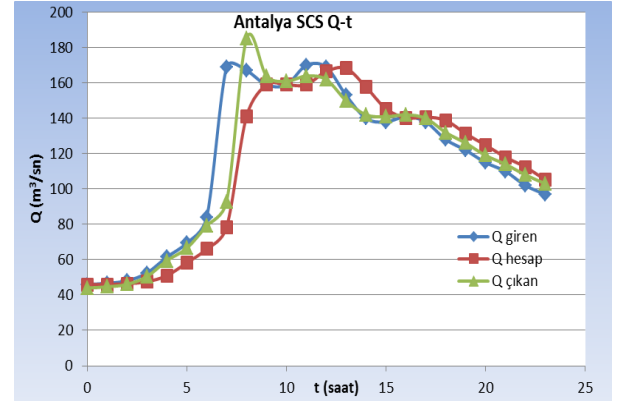
Ek Şekil 10. 3 nolu AGİ'nin Dinamik Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri



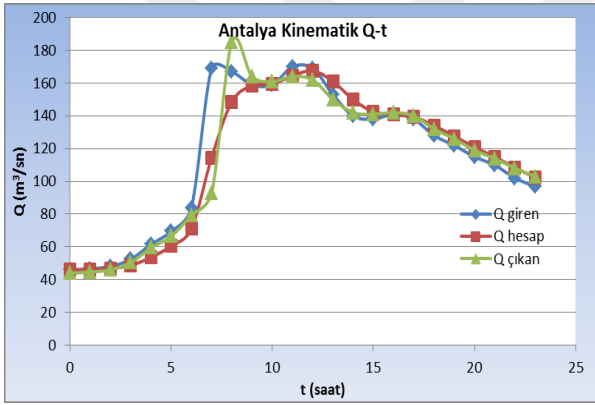
**Ek 3.** Antalya Manavgat taşkın ötelenme sonuç grafikleri aşağıda verilmiştir.



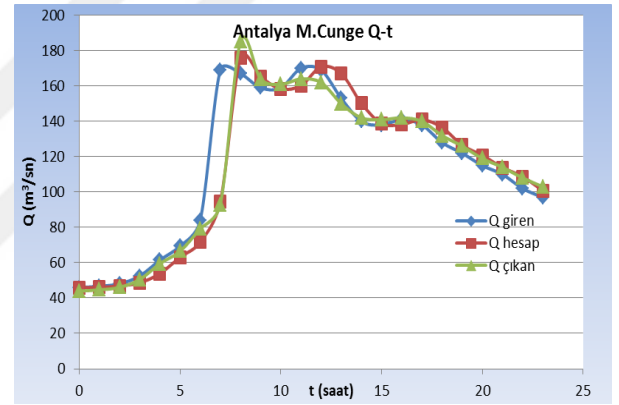
Ek Şekil 11. 5 nolu AGİ'nin Muskingum Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri



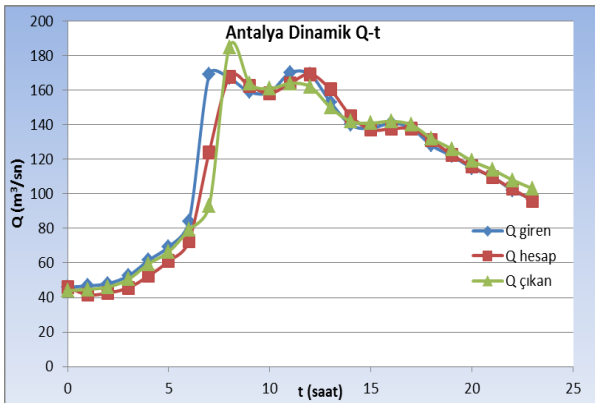
Ek Şekil 12. 5 nolu AGİ'nin M.Cunge Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri



Ek Şekil 13. 5 nolu AGİ'nin Kinematik Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri

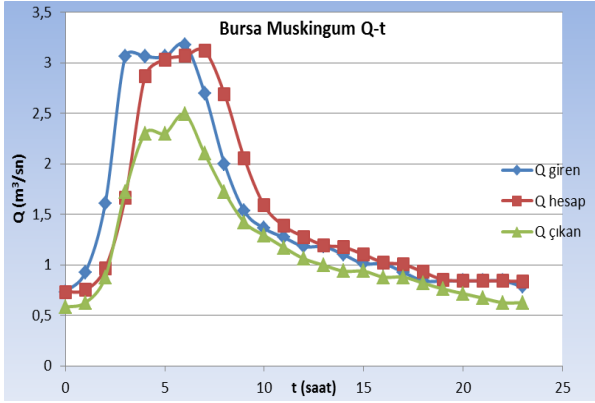


Ek Şekil 14. 5 nolu AGİ'nin M.Cunge Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri

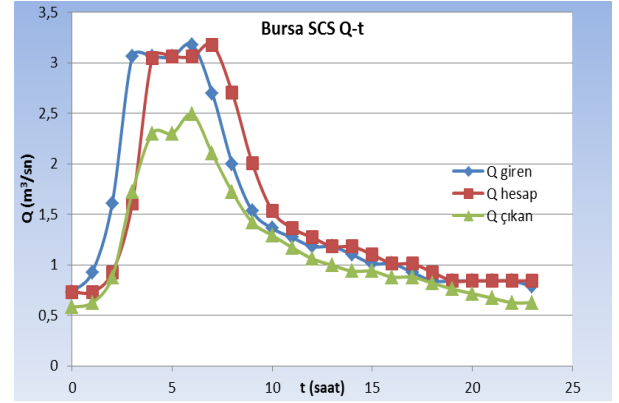


Ek Şekil 15. 5 nolu AGİ'nin Dinamik Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri

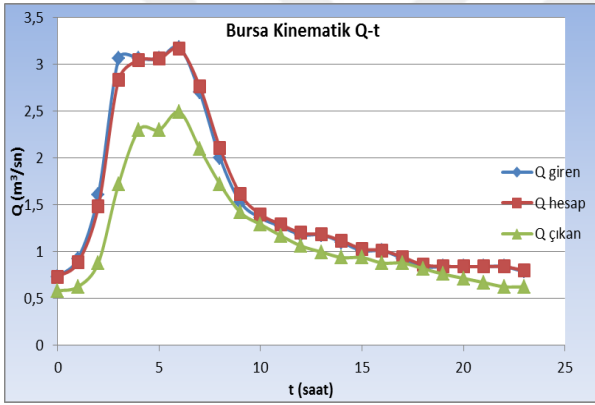
**Ek 4.** Bursa Harmancık taşkın ötelenme sonuç grafikleri aşağıda verilmiştir.



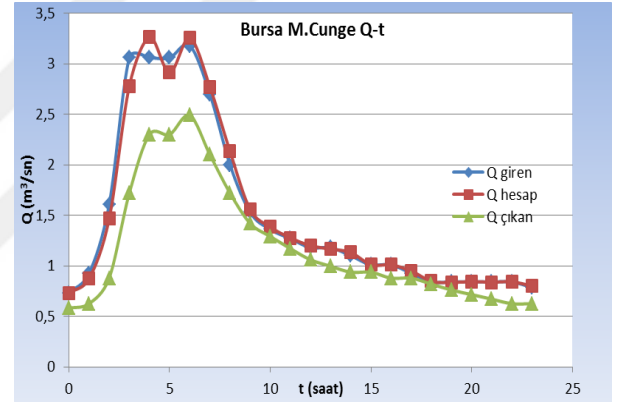
Ek Şekil 16. 7 nolu AGİ'nin Muskingum Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri



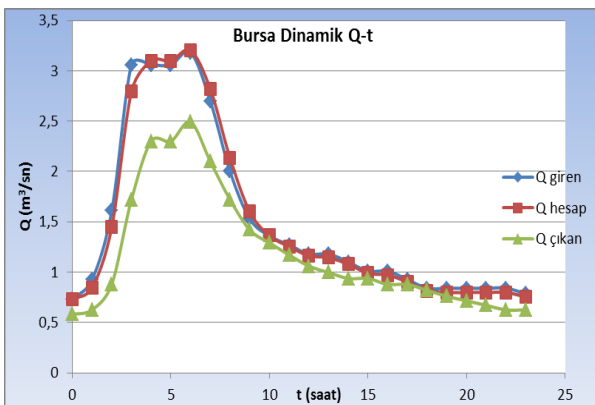
Ek Şekil 17. 7 nolu AGİ'nin SCS Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri



Ek Şekil 18. 7 nolu AGİ'nin Kinematik Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri

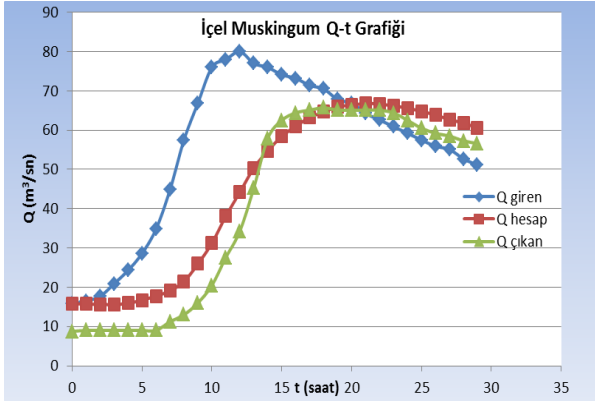


Ek Şekil 19. 7 nolu AGİ'nin M.Cunge Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri

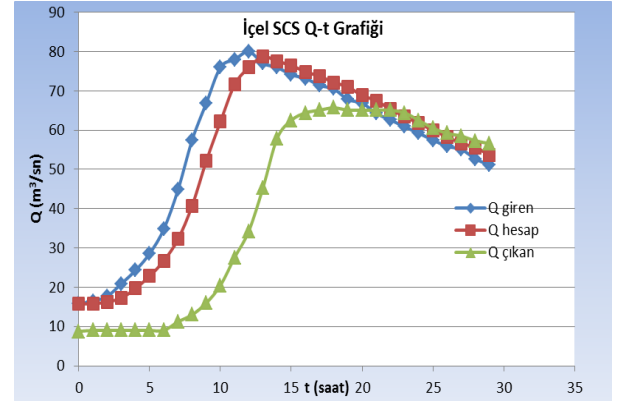


Ek Şekil 20. 7 nolu AGİ'nin Dinamik Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri

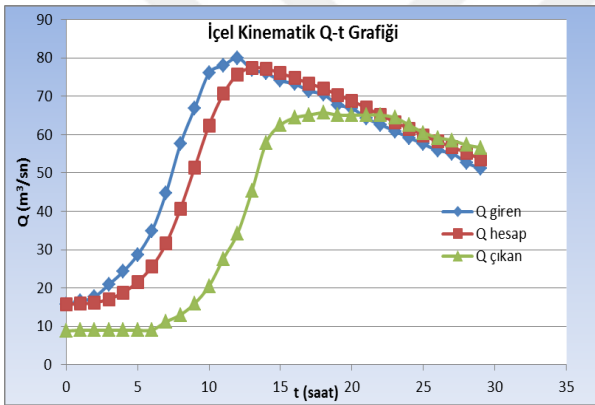
Ek 5. İçel Silifke taşkın ötelenme sonuç grafikleri aşağıda verilmiştir.



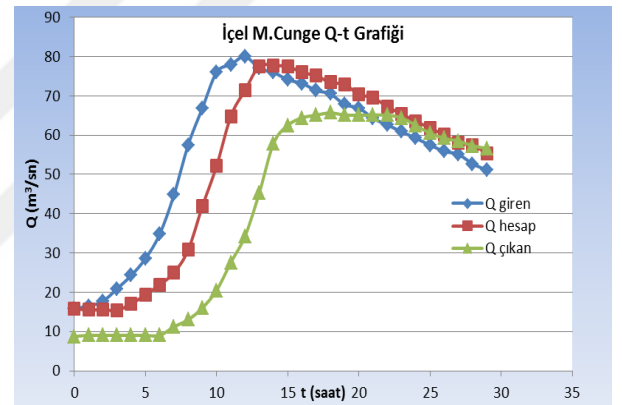
Ek Şekil 21. 9 nolu AGİ'nin Muskingum Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri



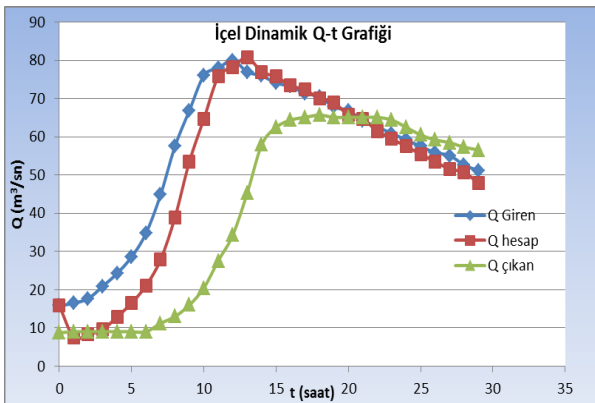
Ek Şekil 22. 9 nolu AGİ'nin SCS Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri



Ek Şekil 23. 9 nolu AGİ'nin Kinematik Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri

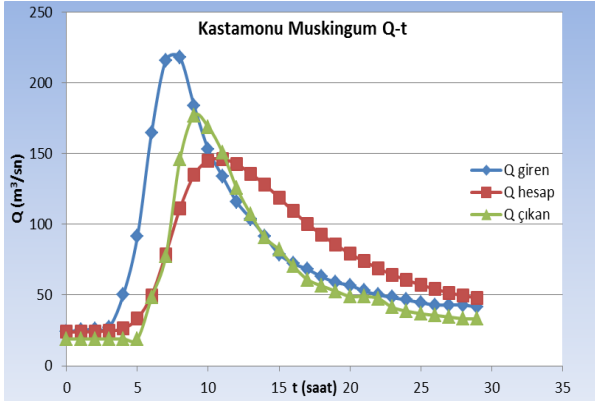


Ek Şekil 24. 9 nolu AGİ'nin M.Cunge Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri

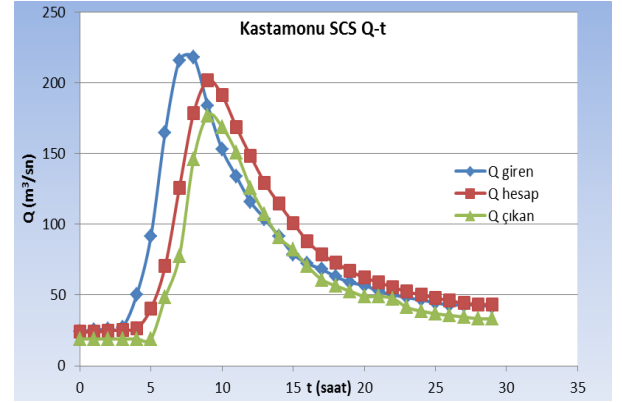


Ek Şekil 25. 9 nolu AGİ'nin Dinamik Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri

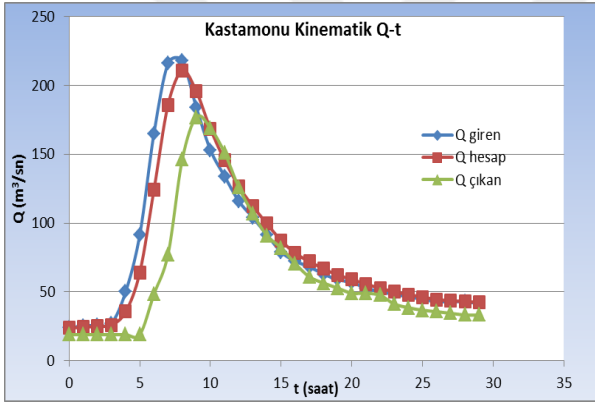
**Ek 6.** Karabük Safranbolu taşkın ötelenme sonuç grafikleri aşağıda verilmiştir.



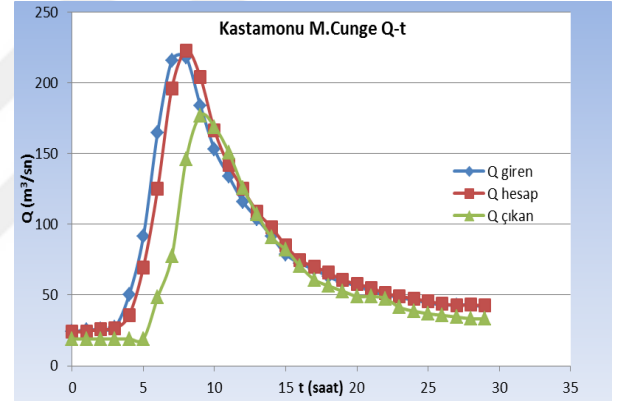
Ek Şekil 26. 11 nolu AGİ'nin Muskingum Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri



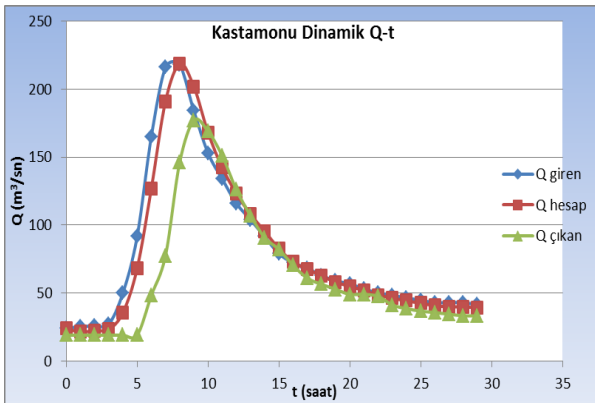
Ek Şekil 27. 11 nolu AGİ'nin SCS Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri



Ek Şekil 28. 11 nolu AGİ'nin Kinematik Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri

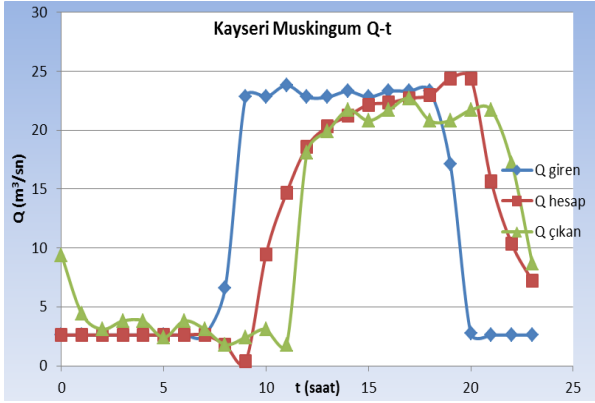


Ek Şekil 29. 11 nolu AGİ'nin M.Cunge Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri

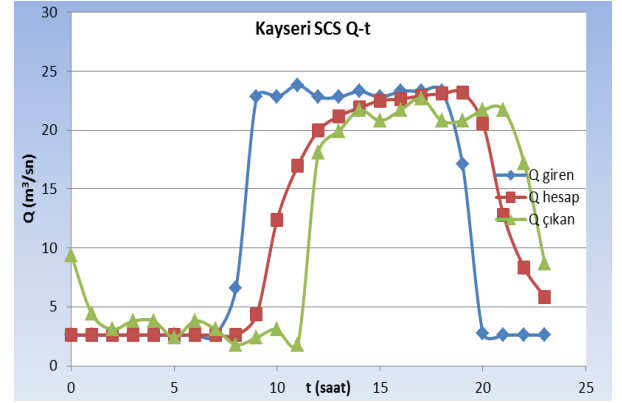


Ek Şekil 30. 11 nolu AGİ'nin Dinamik Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri

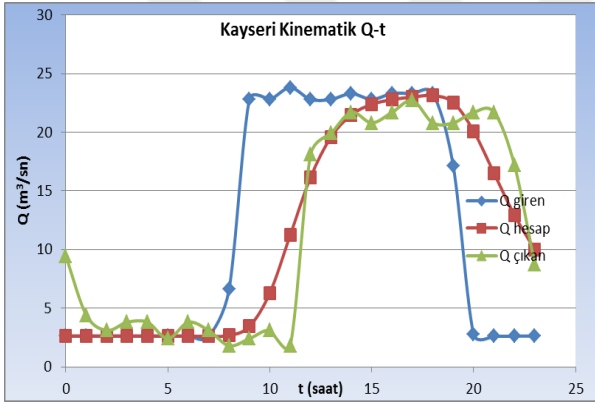
**Ek 7.** Kayseri Yahyalı taşkın ötelenme sonuç grafikleri aşağıda verilmiştir.



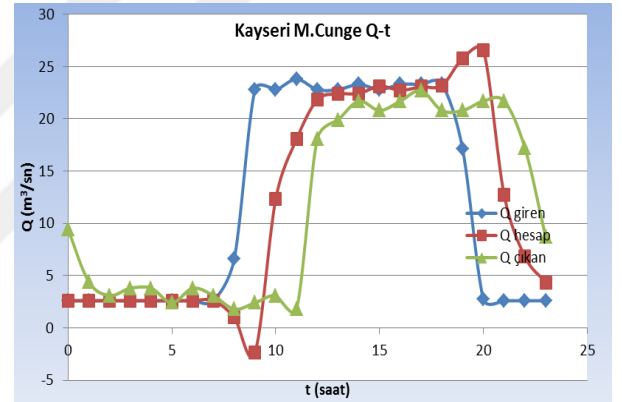
Ek Şekil 31. 13 nolu AGİ'nin Muskingum Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri



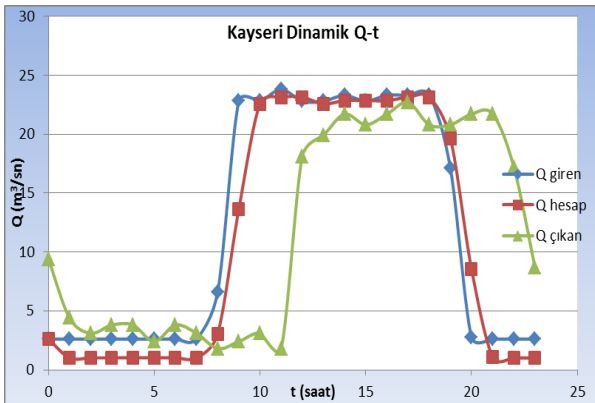
Ek Şekil 32. 13 nolu AGİ'nin SCS Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri



Ek Şekil 33. 13 nolu AGİ'nin Kinematik Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri

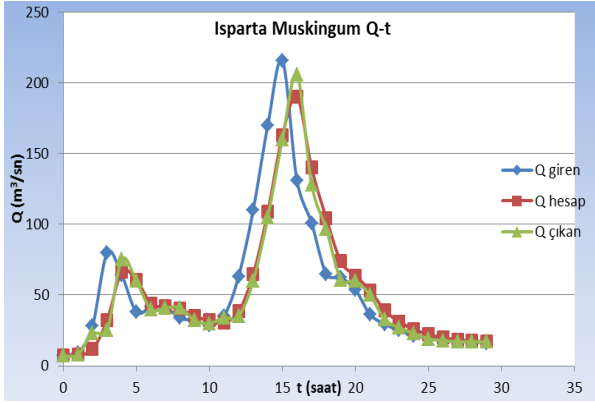


Ek Şekil 34. 13 nolu AGİ'nin M.Cunge Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri

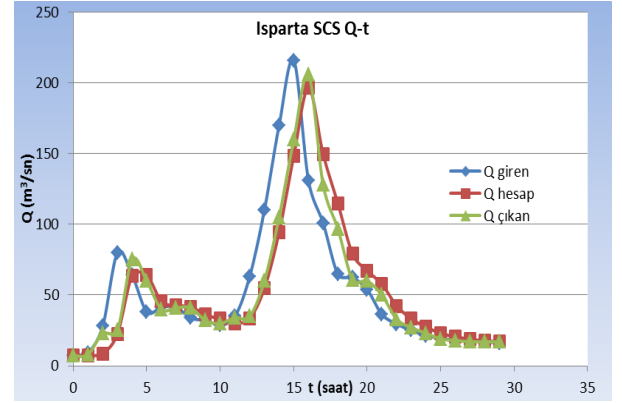


Ek Şekil 35. 13 nolu AGİ'nin Dinamik Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri

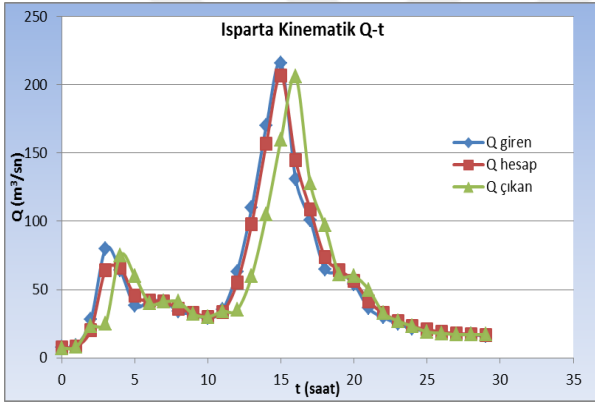
**Ek 8.** Isparta Sütçüler taşkın ötelenme sonuç grafikleri aşağıda verilmiştir.



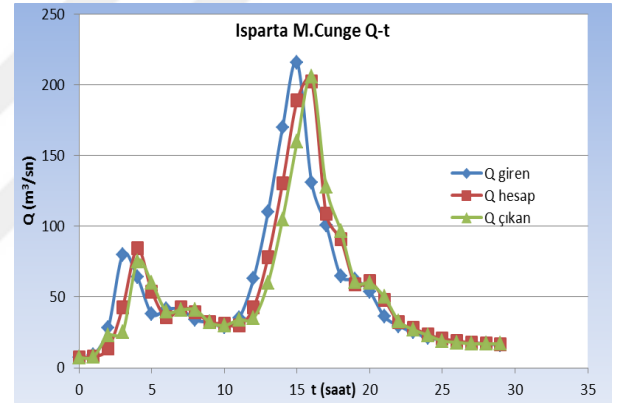
Ek Şekil 36. 15 nolu AGİ'nin Muskingum Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri



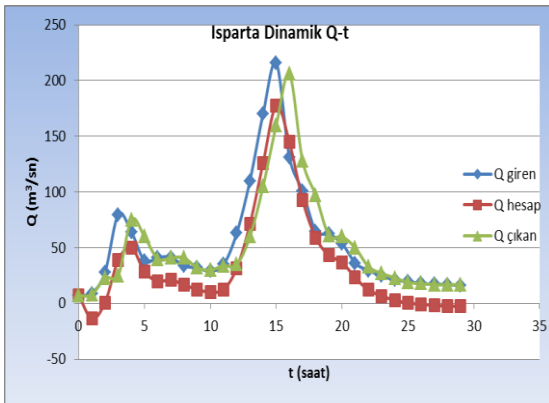
Ek Şekil 37. 15 nolu AGİ'nin SCS Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri



Ek Şekil 38. 15 nolu AGİ'nin Kinematik Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri

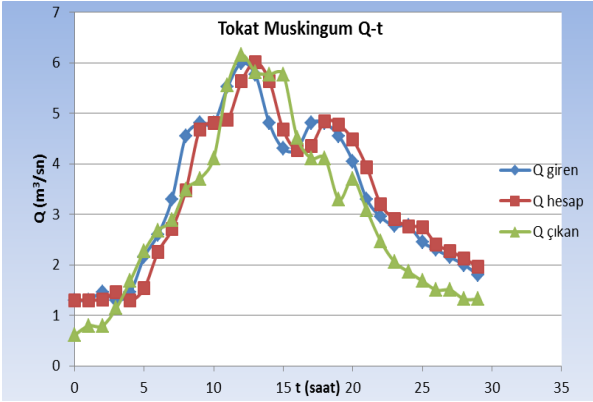


Ek Şekil 39. 15 nolu AGİ'nin M.Cunge Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri

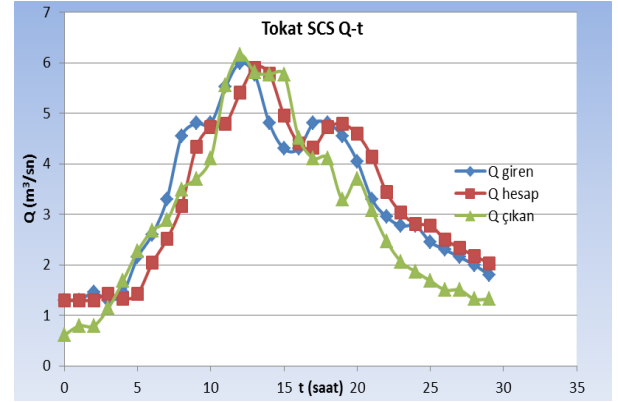


Ek Şekil 40. 15 nolu AGİ'nin Dinamik Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri

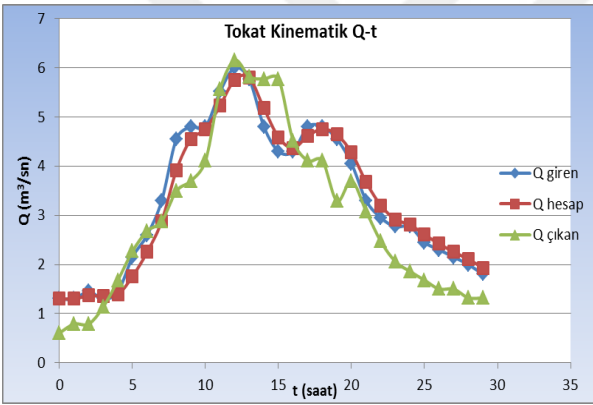
**Ek 9.** Tokat Niksar taşkın ötelenme sonuç grafikleri aşağıda verilmiştir.



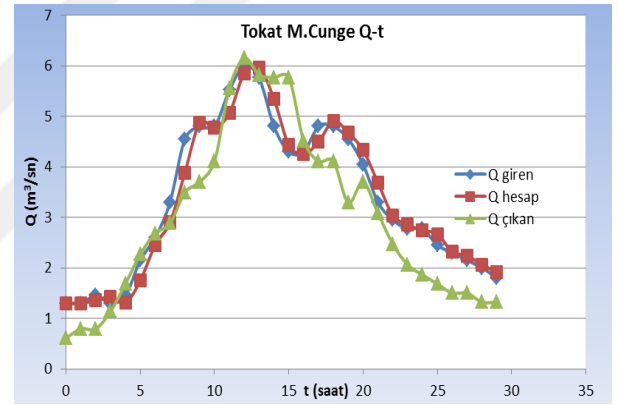
Ek Şekil 41. 17 nolu AGİ'nin Muskingum Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri



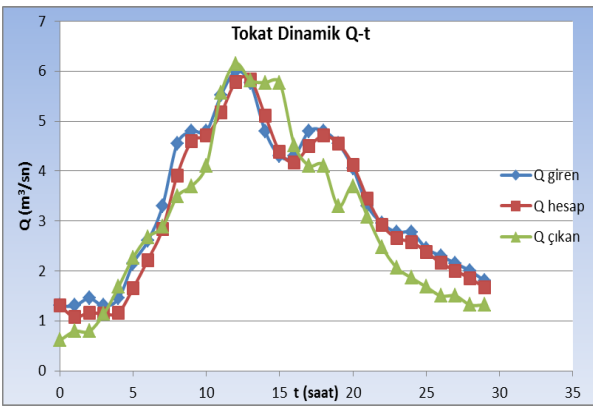
Ek Şekil 42. 17 nolu AGİ'nin SCS Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri



Ek Şekil 43. 15 nolu AGİ'nin Kinematik Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri

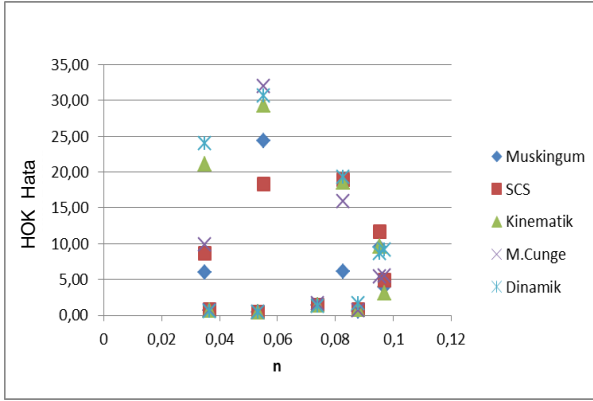


Ek Şekil 44. 17 nolu AGİ'nin M.Cunge Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri

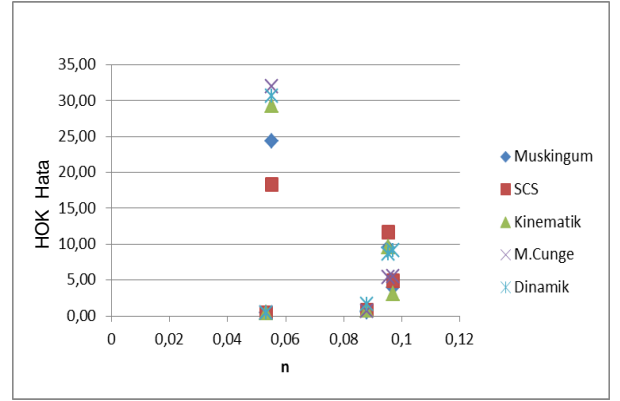


Ek Şekil 45. 17 nolu AGİ'nin Kinematik Yöntemine göre hesaplanmış ve ölçülmüş değerleri

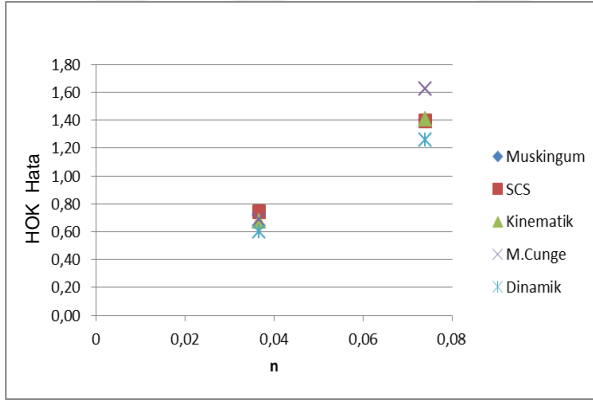
**Ek 10.** Tüm bölgelerde uygulanan taşkın ötelenme sonuçlarının  $n$  (pürüzlülük) parametresine bağlı olarak yapılan HOK hata grafikleri aşağıda verilmiştir.



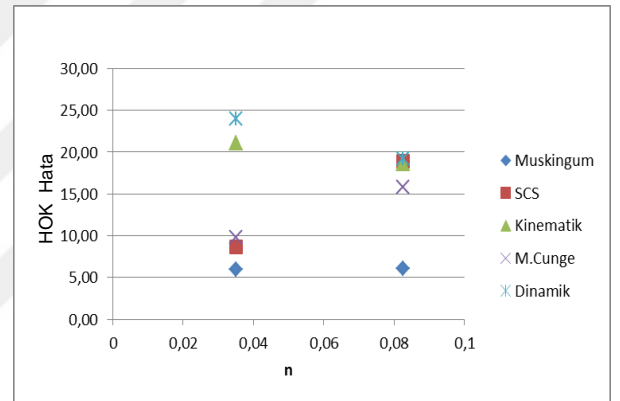
Ek Şekil 46.  $n$ 'e bağlı HOK hataları



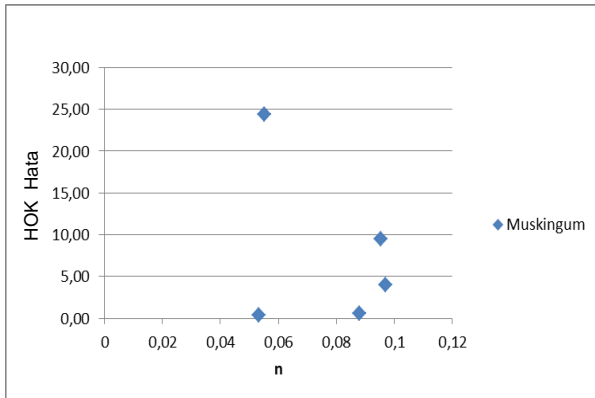
Ek Şekil 47. Küçük eğimli akarsularda  $n$ 'e bağlı HOK hataları



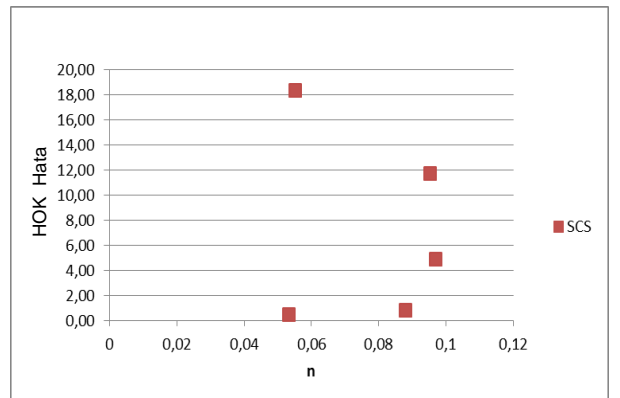
Ek Şekil 48. Orta eğimli akarsularda  $n$ 'e bağlı HOK hataları



Ek Şekil 49. Yüksek eğimli akarsularda  $n$ 'e bağlı HOK hataları

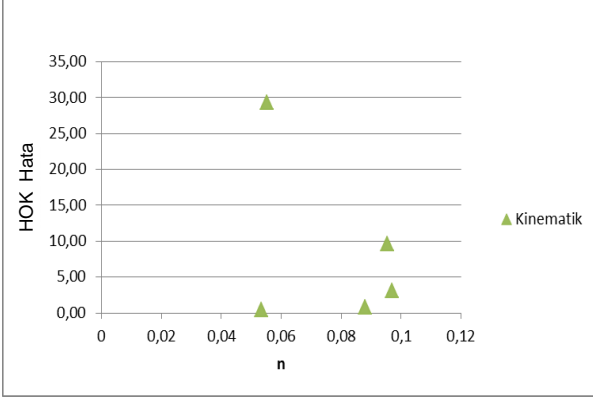


Ek Şekil 50. Muskingum Yönteminin küçük eğimli akarsularda  $n$ 'e bağlı HOK hataları

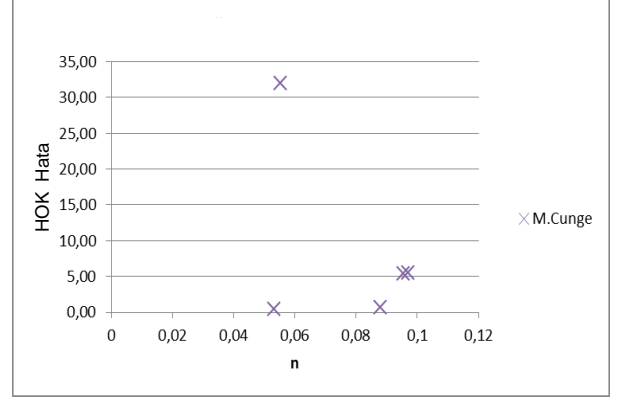


Ek Şekil 51. SCS Yönteminin küçük eğimli akarsularda  $n$ 'e bağlı HOK hataları

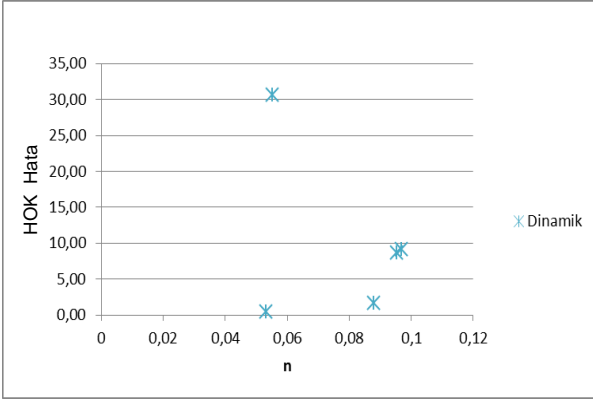




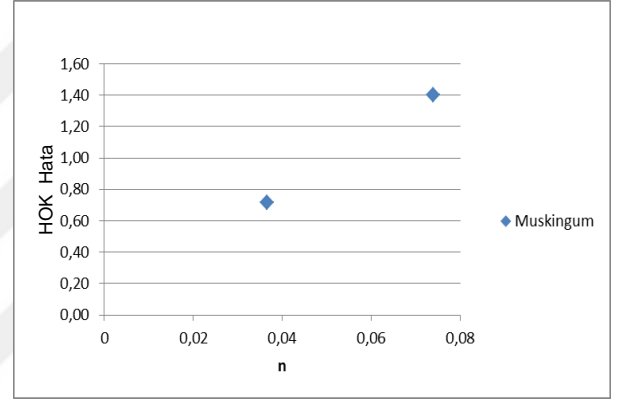
Ek Şekil 52. Kinematik Yöntemin küçük eğimli akarsularda n'e bağlı HOK hataları



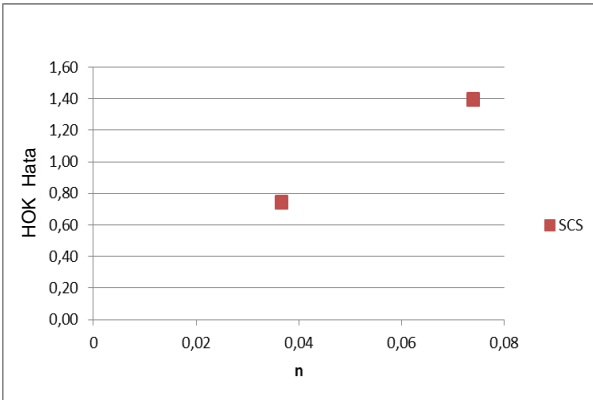
Ek Şekil 53. M.-Cunge Yönteminin küçük eğimli akarsularda n'e bağlı HOK hataları



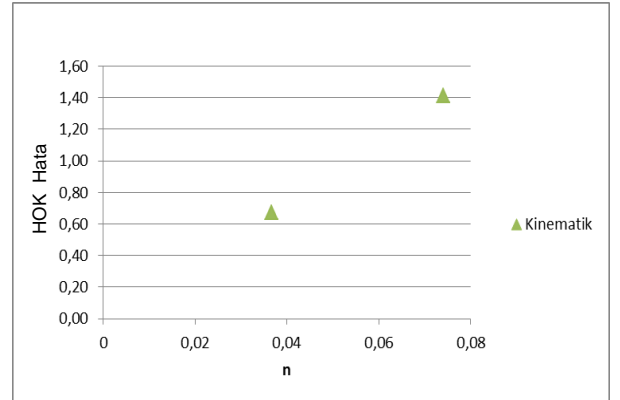
Ek Şekil 54. Dinamik metodun küçük eğimli akarsularda n'e bağlı HOK hataları



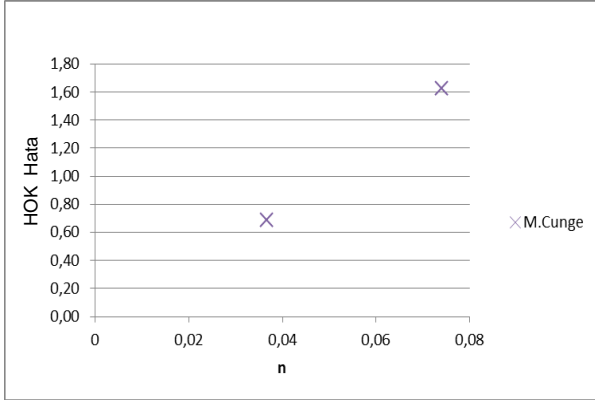
Ek Şekil 55. Muskingum Yönteminin orta eğimli akarsularda n'e bağlı olarak HOK hataları



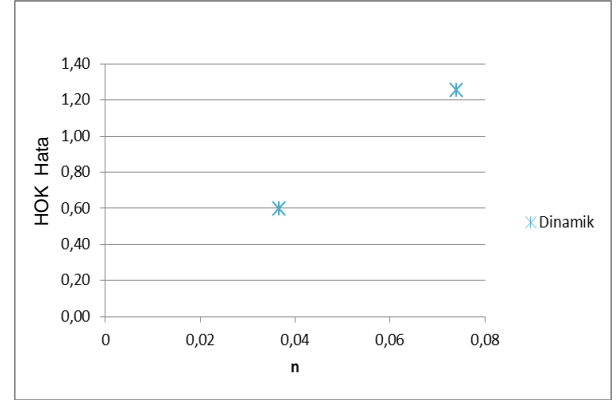
Ek Şekil 56. SCS Yönteminin orta eğimli akarsularda n'e bağlı HOK hataları



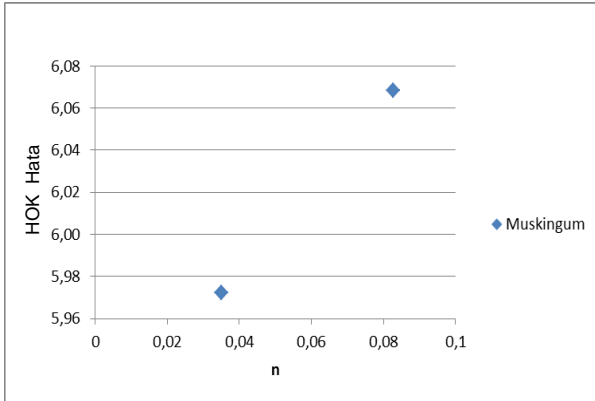
Ek Şekil 57. Kinematik Yönteminin orta eğimli akarsularda n'e bağlı HOK hataları



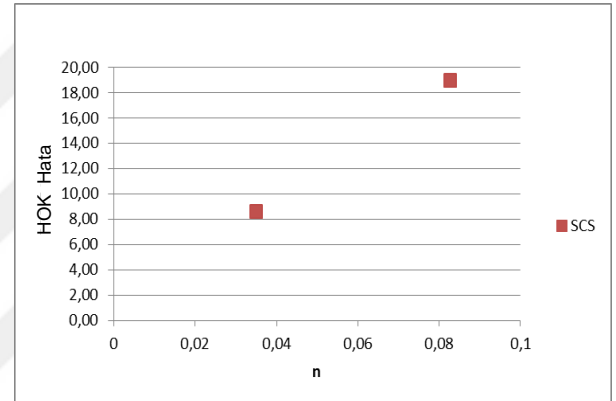
Ek Şekil 58. M.-Cunge Yönteminin orta eğimli akarsularda n'e bağlı HOK hataları



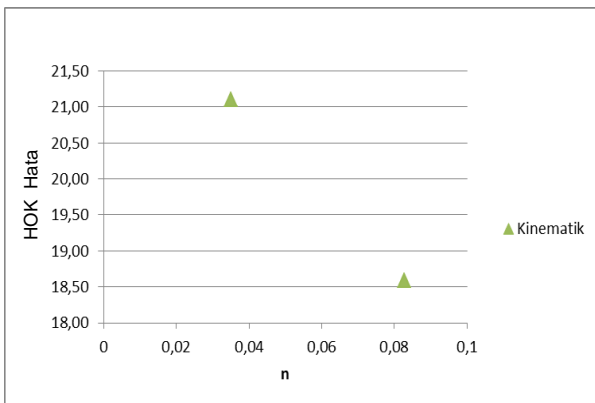
Ek Şekil 59. Dinamik Yönteminin orta eğimli akarsularda n'e bağlı HOK hataları



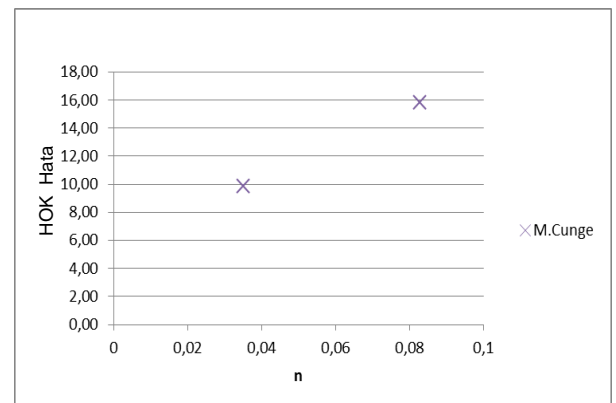
Ek Şekil 60. Muskingum Yönteminin yüksek eğimli akarsularda n'e bağlı HOK hataları



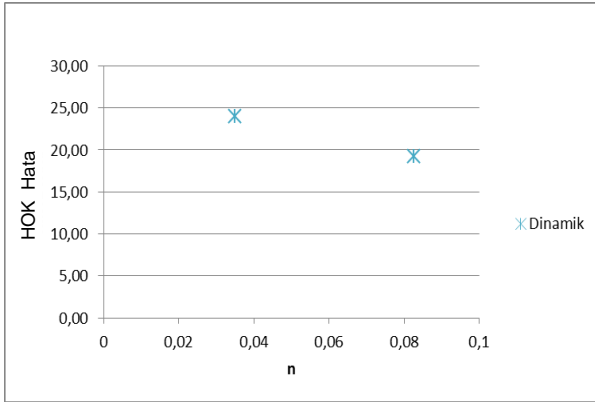
Ek Şekil 61. SCS Yönteminin yüksek eğimli akarsularda n'e bağlı HOK hataları



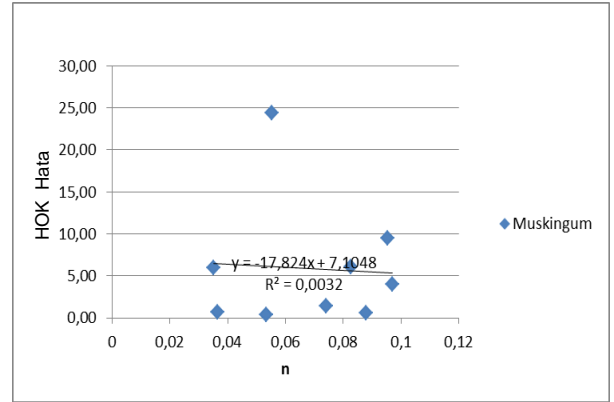
Ek Şekil 62. Kinematik Yönteminin yüksek eğimli akarsularda n'e bağlı HOK hataları



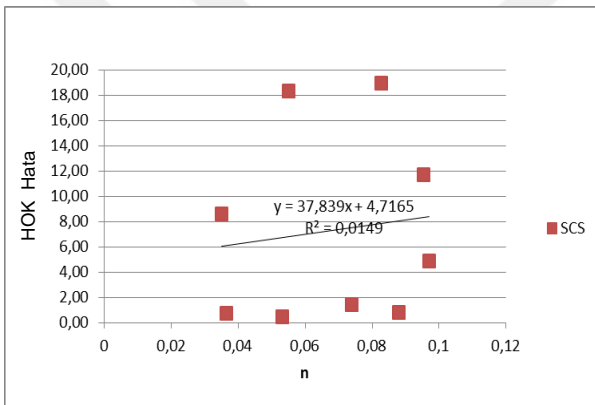
Ek Şekil 63. M.-Cunge Yönteminin yüksek eğimli akarsularda n'e bağlı HOK hataları



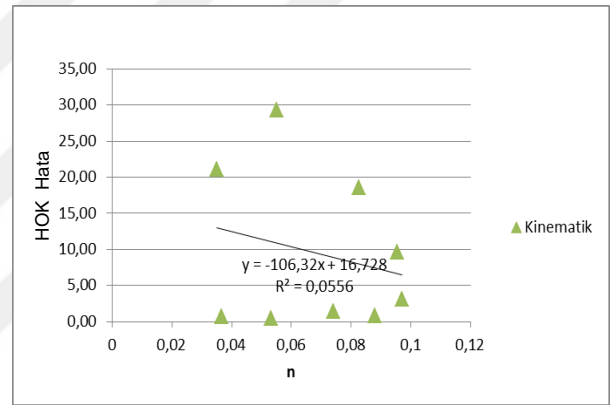
Ek Şekil 64. Dinamik Yönteminin yüksek eğimli akarsularda n'e bağlı HOK hataları



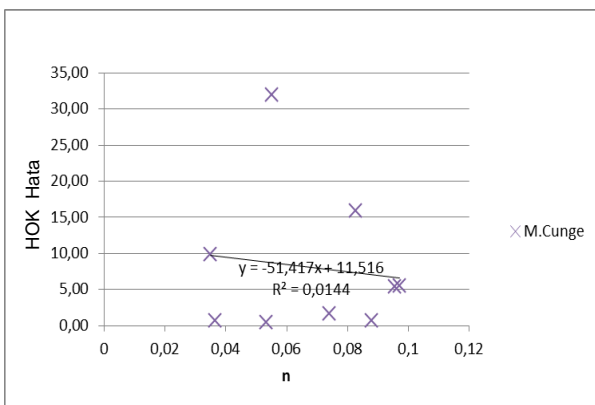
Ek Şekil 65. Muskingum Yönteminin n'e bağlı HOK hata ve eğilimi



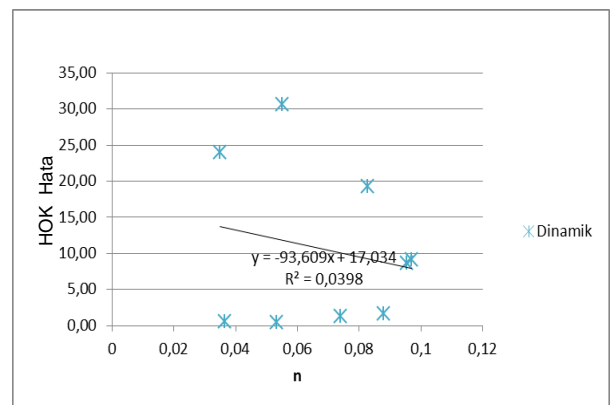
Ek Şekil 66. SCS Yönteminin n'e bağlı HOK hata ve eğilimi



Ek Şekil 67. Kinematik Yönteminin n'e bağlı HOK hata ve eğilimi

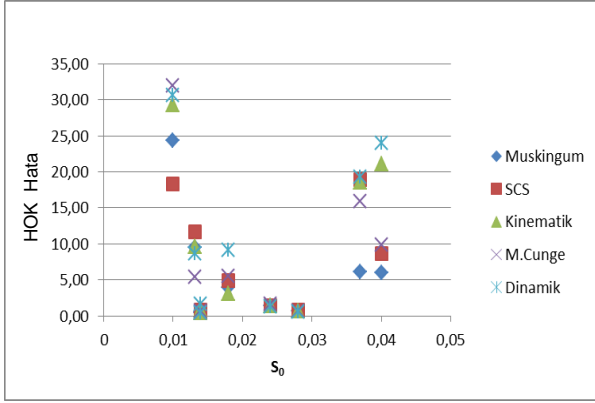


Ek Şekil 68. M.-Cunge Yönteminin n'e bağlı HOK hata ve eğilimi

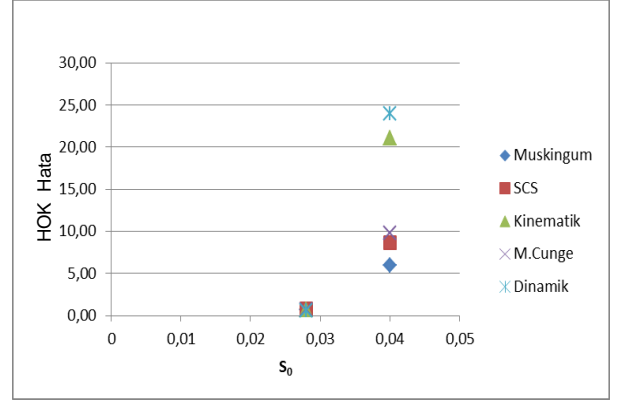


Ek Şekil 69. Dinamik Yönteminin n'e bağlı HOK hata ve eğilimi

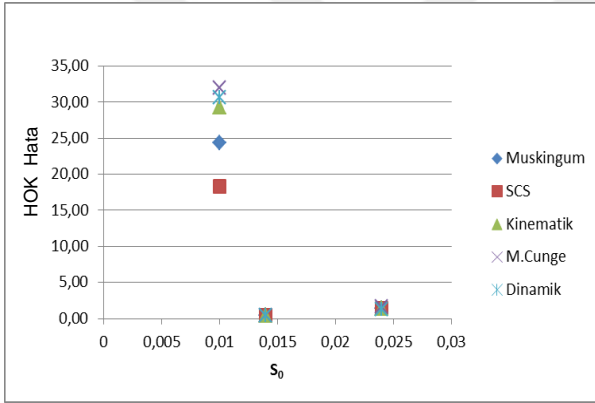
**Ek 11.** Tüm bölgelerde uygulanan taşkın ötelenme sonuçlarının  $S_0$  (eğim) parametresine bağlı olarak yapılan HOK hata grafikleri aşağıda verilmiştir.



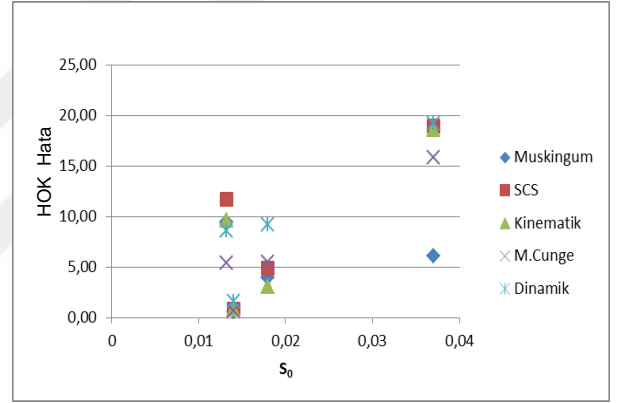
Ek Şekil 70.  $S_0$ 'a bağlı HOK hataları



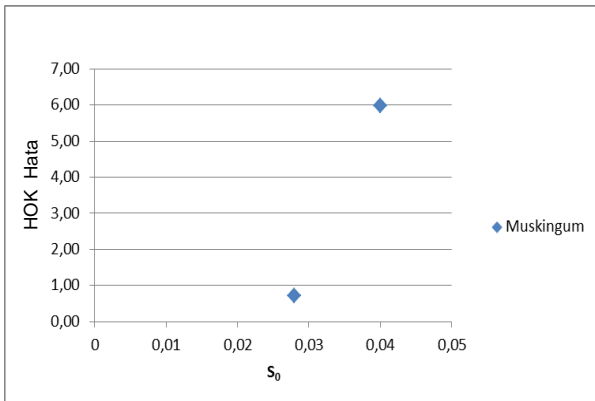
Ek Şekil 71. Küçük n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı HOK hataları



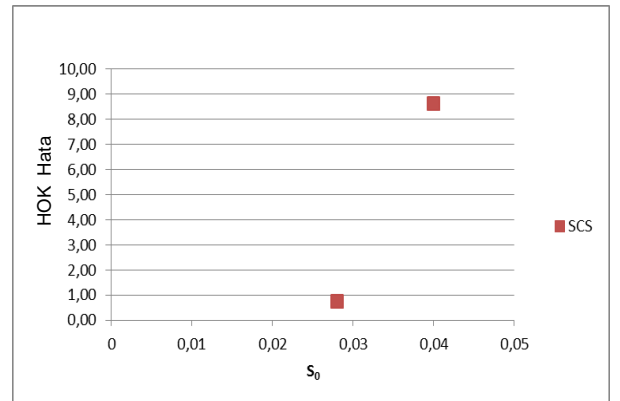
Ek Şekil 72. Orta n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı HOK hataları



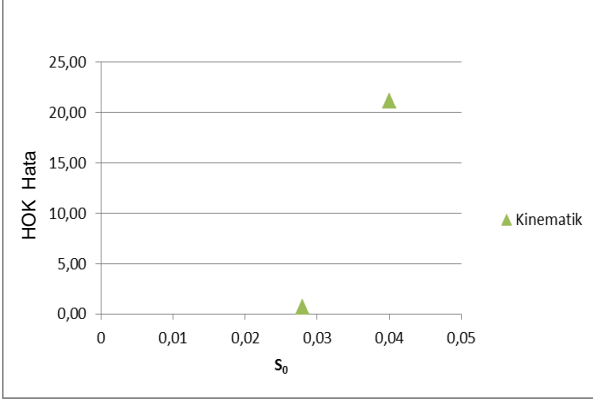
Ek Şekil 73. Yüksek n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı HOK hataları



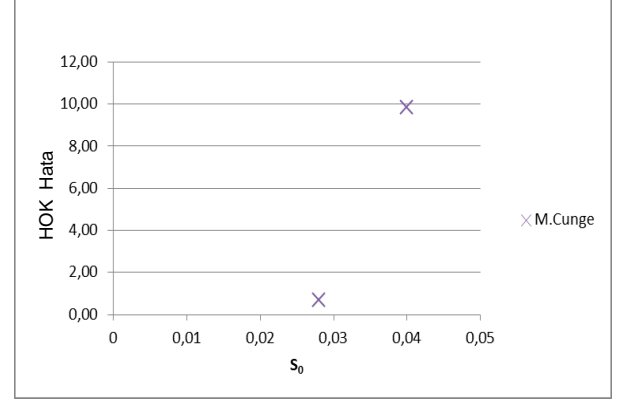
Ek Şekil 74. Muskingum Yönteminin küçük n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı HOK hataları



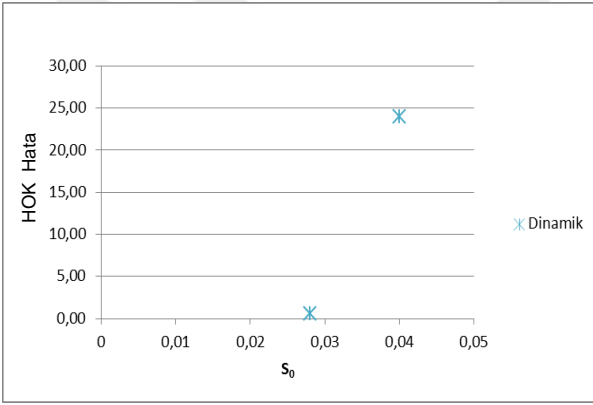
Ek Şekil 75. SCS Yönteminin küçük n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı HOK hataları



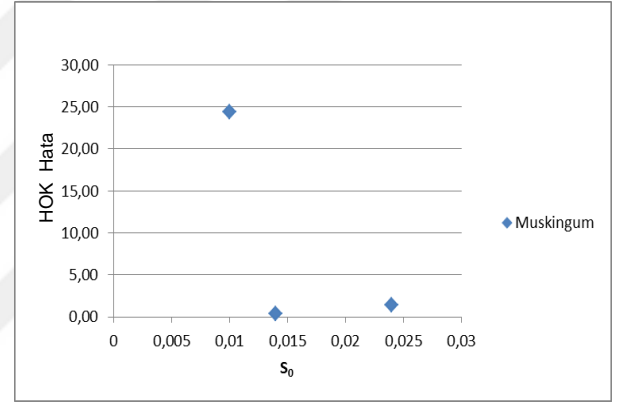
Ek Şekil 76. Kinematik Yönteminin küçük n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı HOK hataları



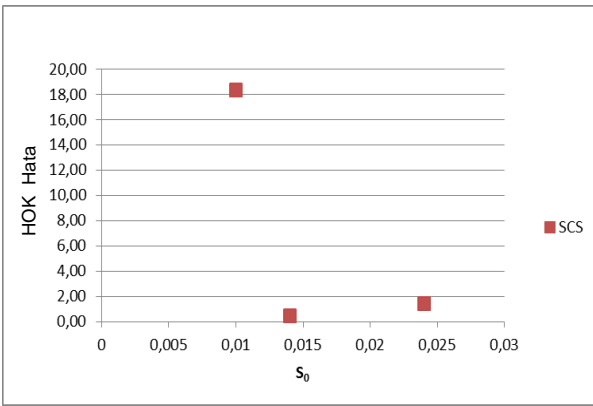
Ek Şekil 77. M.-Cunge Yönteminin küçük n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı HOK hataları



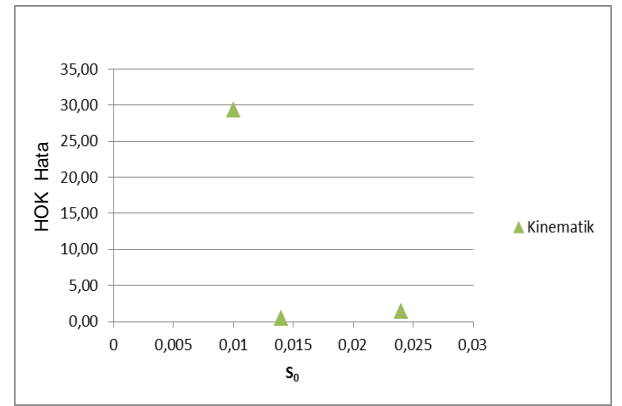
Ek Şekil 78. Dinamik Yönteminin küçük n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı HOK hataları



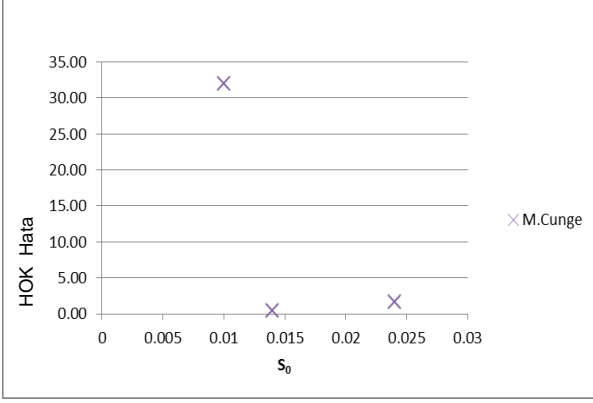
Ek Şekil 79. Muskingum Yönteminin orta n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı HOK hataları



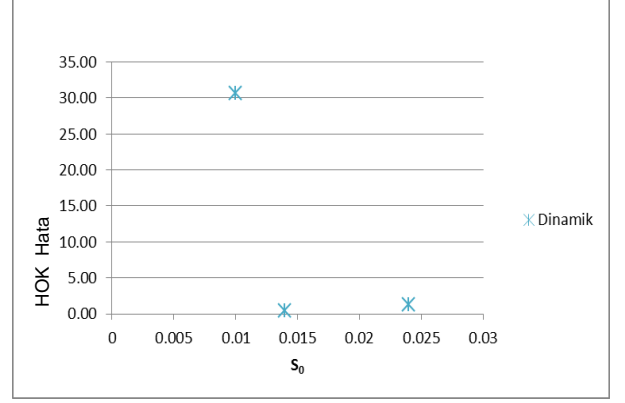
Ek Şekil 80. SCS Yönteminin orta n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı HOK hataları



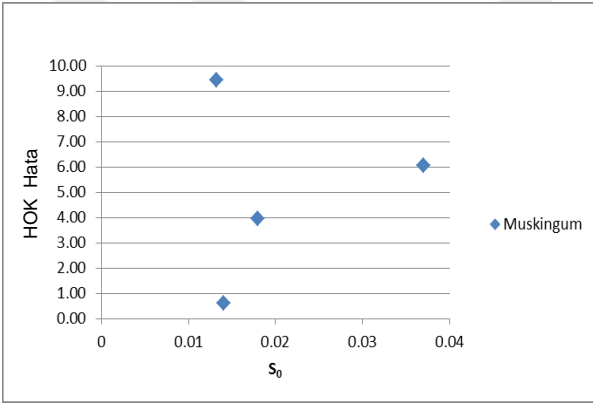
Ek Şekil 81. Kinematik Yönteminin orta n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı HOK hataları



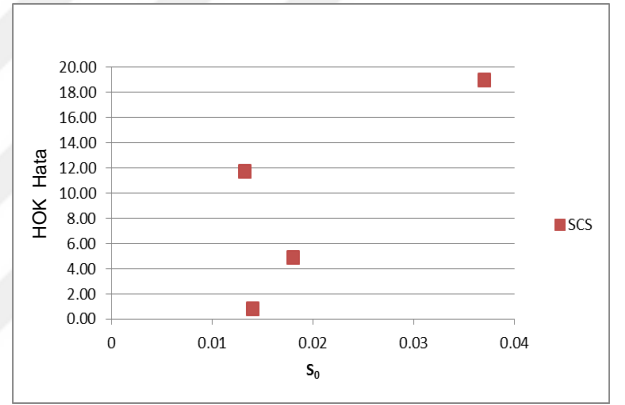
Ek Şekil 82.M.-Cunge Yönteminin orta n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı HOK hataları



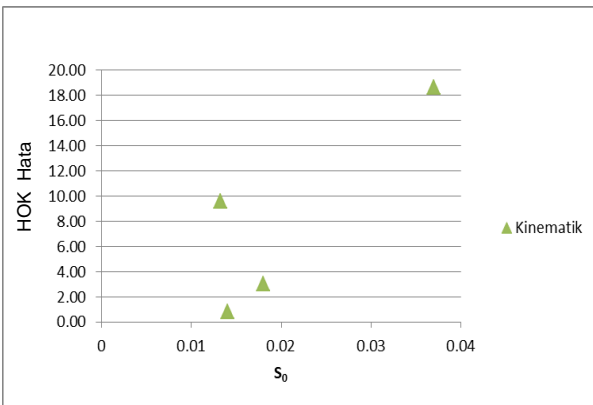
Ek Şekil 83.Dinamik Yönteminin orta n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı HOK hataları



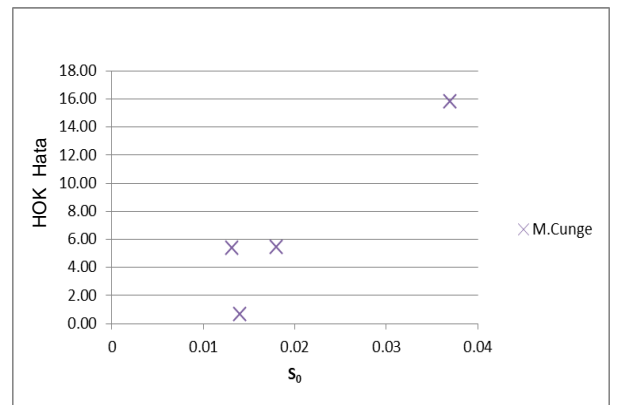
Ek Şekil 84.Muskingum Yönteminin yüksek n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı HOK hataları



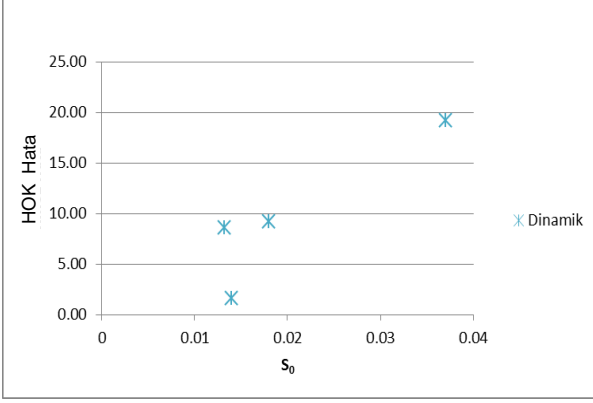
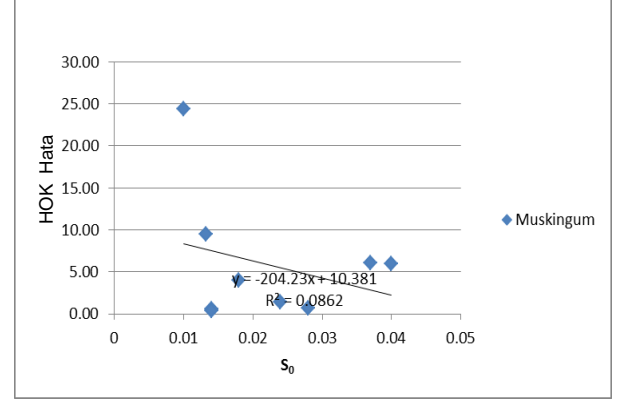
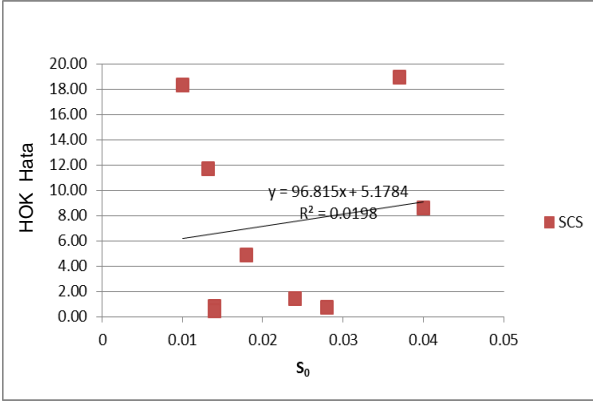
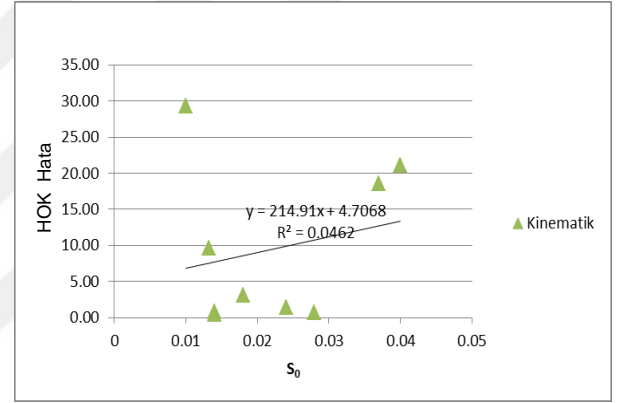
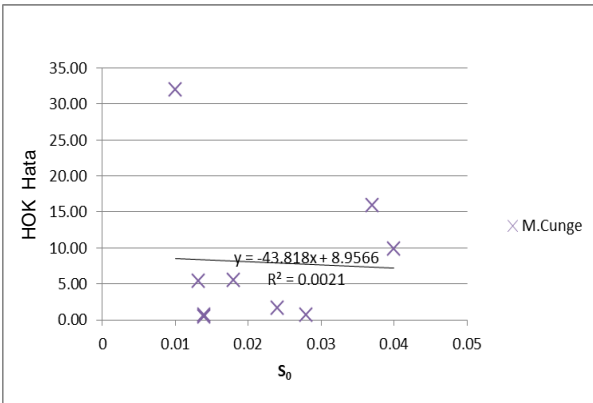
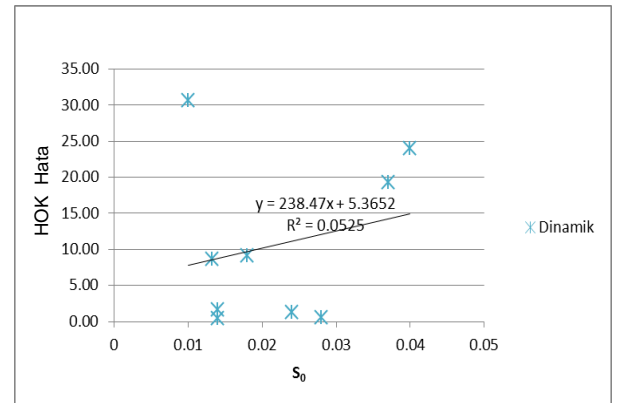
Ek Şekil 85. SCS Yönteminin yüksek n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı HOK hataları



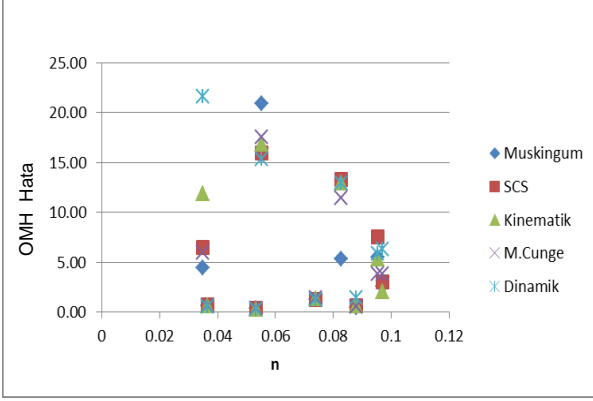
Ek Şekil 86.Kinematik Yönteminin yüksek n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı HOK hataları



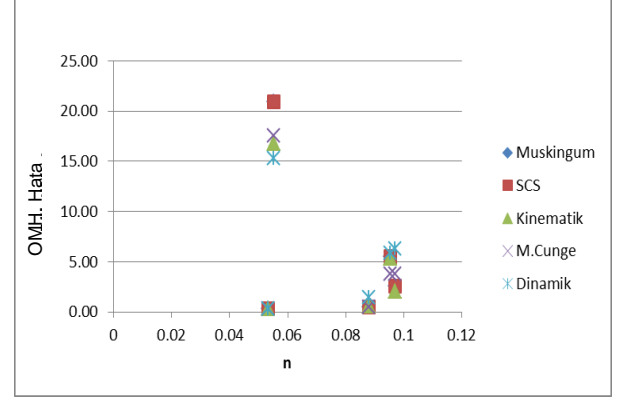
Ek Şekil 87.M.-Cunge Yönteminin yüksek n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı HOK hataları

Ek Şekil 88. Dinamik Yönteminin yüksek n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı HOK hatalarıEk Şekil 89. Muskingum Yönteminin  $S_0$ 'a bağlı HOK hata ve eğilimiEk Şekil 90. SCS Yönteminin  $S_0$ 'a bağlı HOK hata ve eğilimiEk Şekil 91. Kinematik Yönteminin  $S_0$ 'a bağlı HOK hata ve eğilimiEk Şekil 92. M.-Cunge Yönteminin  $S_0$ 'a bağlı HOK hata ve eğilimiEk Şekil 93. Dinamik Yönteminin  $S_0$ 'a bağlı HOK hata ve eğilimi

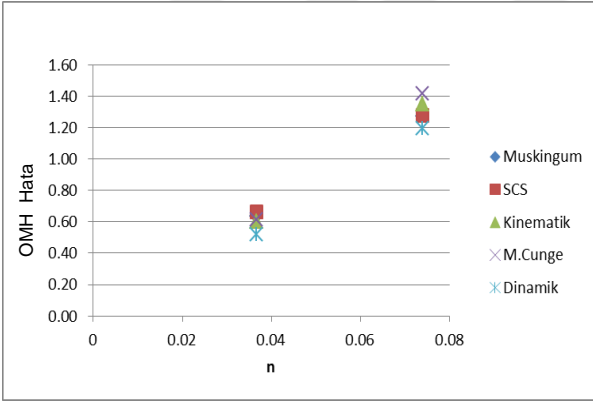
**Ek 12.** Tüm bölgelerde uygulanan taşkın ötelenme sonuçlarının  $n$  (pürüzlülük) parametresine bağlı olarak yapılan OMH hata grafikleri aşağıda verilmiştir.



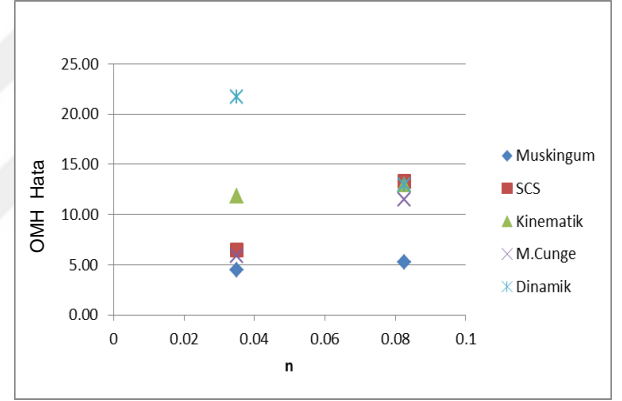
Ek Şekil 94 n'e bağlı OMH hataları



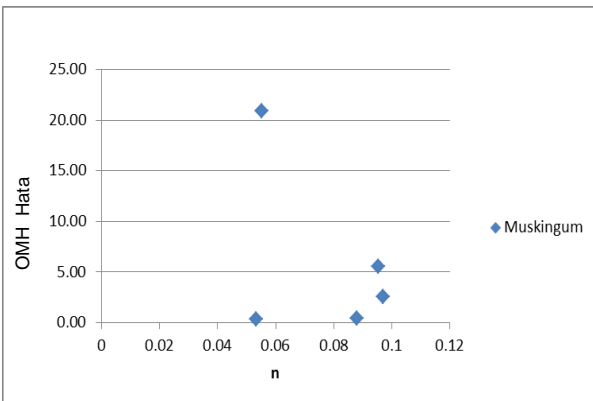
Ek Şekil 95. Küçük eğimli akarsularda n'e bağlı OMH hataları



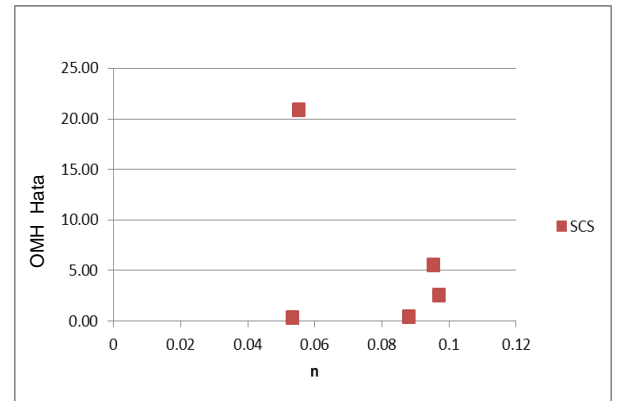
Ek Şekil 96. n'e bağlı OMH hataları



Ek Şekil 97. Küçük eğimli akarsularda n'e bağlı OMH hataları

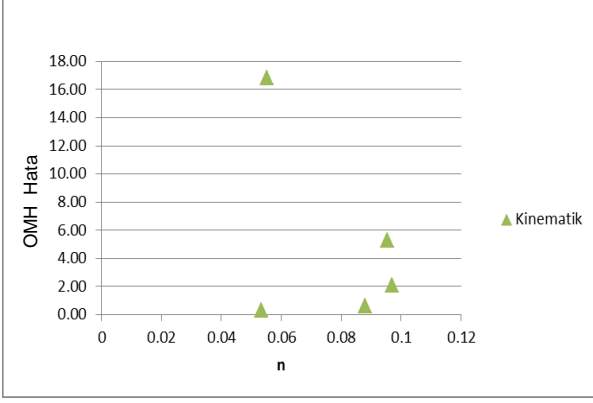


Ek Şekil 98. Muskingum Yönteminin küçük eğimli akarsularda n'e bağlı OMH hataları

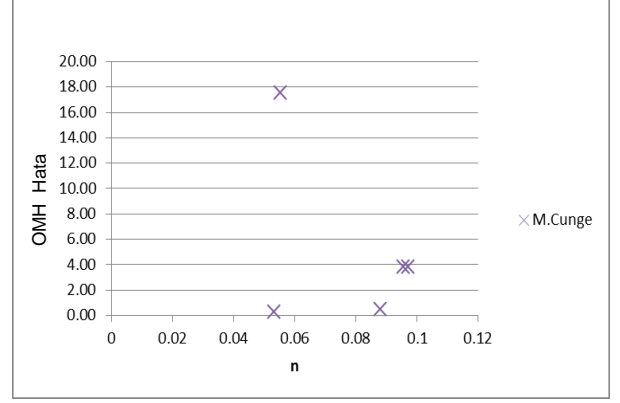


Ek Şekil 99. SCS Yönteminin küçük eğimli akarsularda n'e bağlı OMH hataları

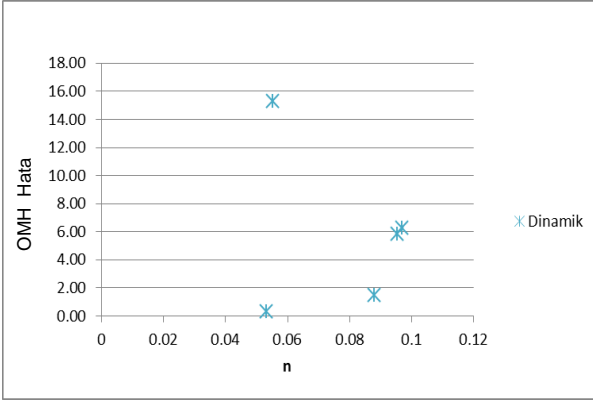




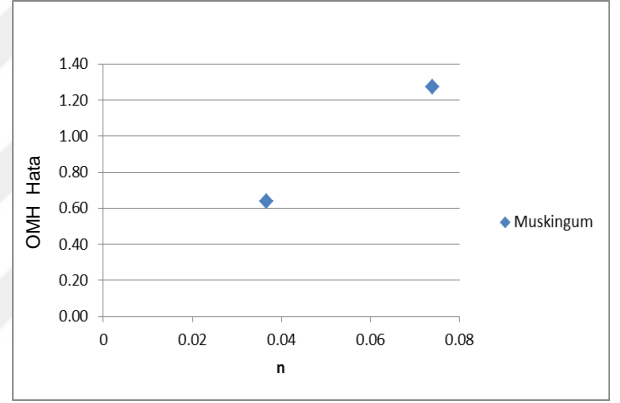
Ek Şekil 100. Kinematik Yönteminin küçük eğimli akarsularda n'e bağlı OMH hataları



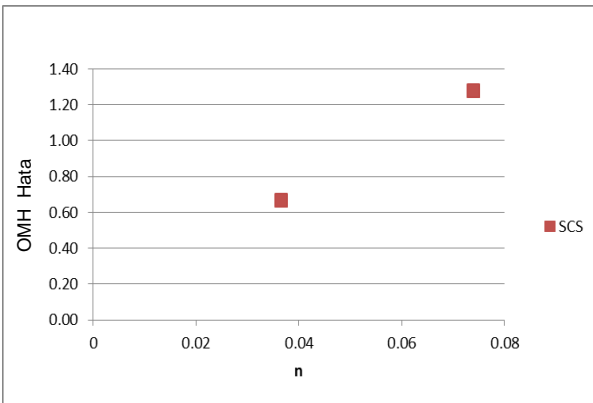
Ek Şekil 101. M.-Cunge Yönteminin küçük eğimli akarsularda n'e bağlı OMH hataları



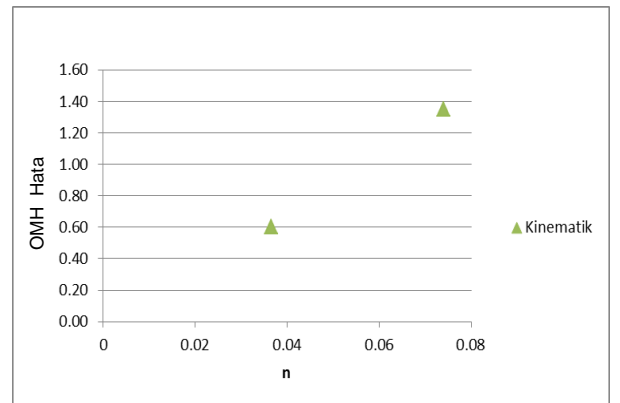
Ek Şekil 102. Dinamik Yönteminin küçük eğimli akarsularda n'e bağlı OMH hataları



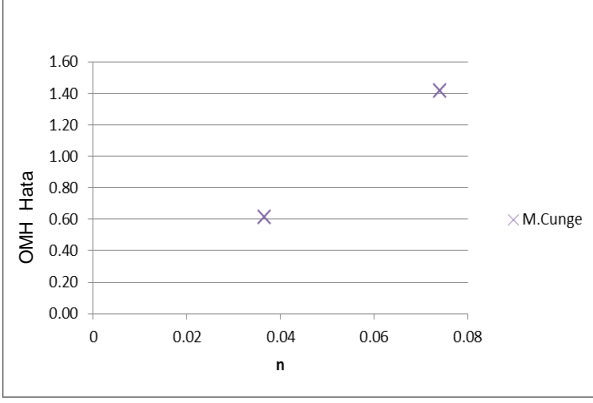
Ek Şekil 103. Muskingum Yönteminin orta eğimli akarsularda n'e bağlı OMH hataları



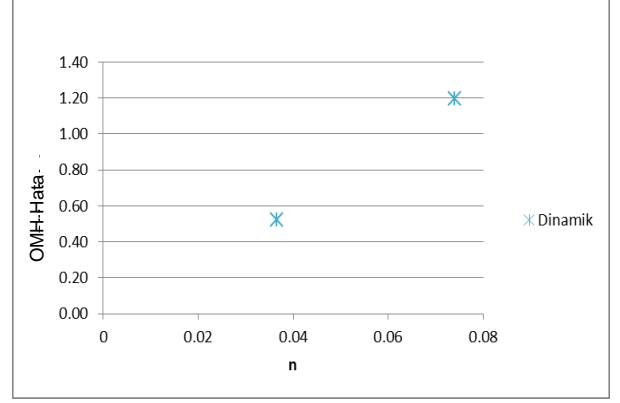
Ek Şekil 104. SCS Yönteminin orta eğimli akarsularda n'e bağlı OMH hataları



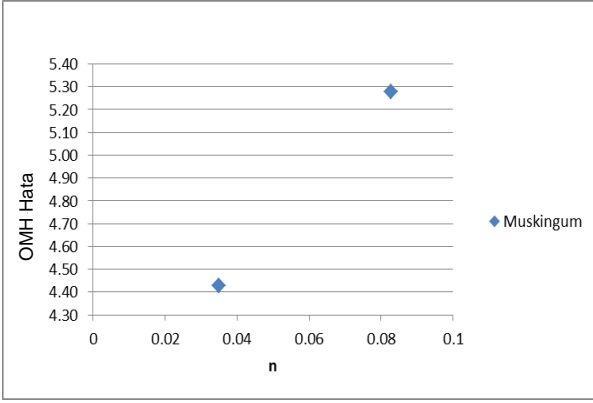
Ek Şekil 105. Kinematik Yönteminin orta eğimli akarsularda n'e bağlı OMH hataları



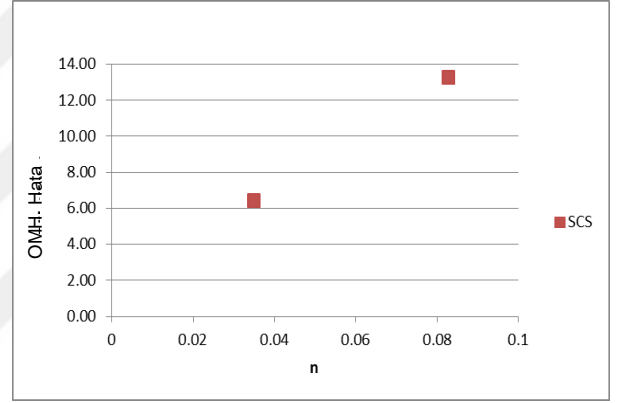
Ek Şekil 106. M.-Cunge Yönteminin orta eğimli akarsularda n'e bağlı OMH hataları



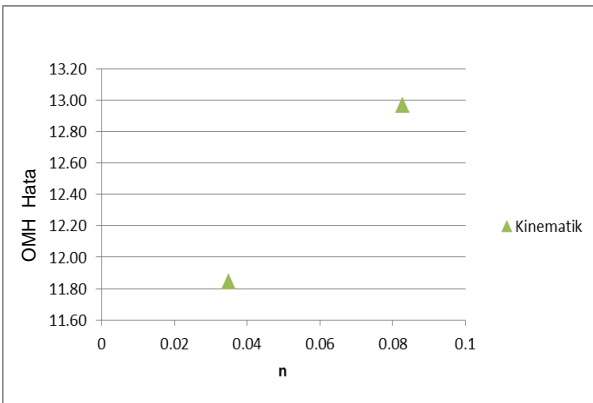
Ek Şekil 107. Dinamik Yönteminin orta eğimli akarsularda n'e bağlı OMH hataları



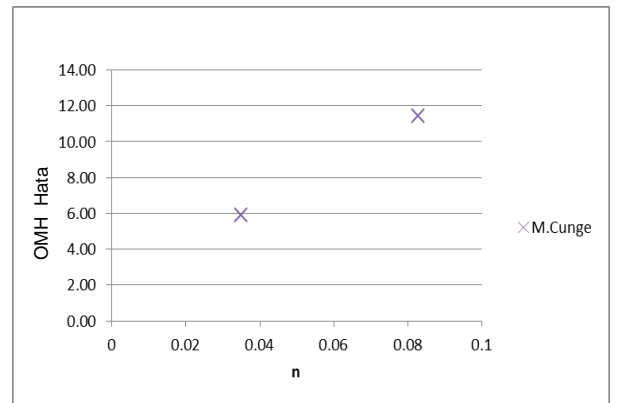
Ek Şekil 108. Muskingum Yönteminin yüksek eğimli akarsularda n'e bağlı OMH hataları



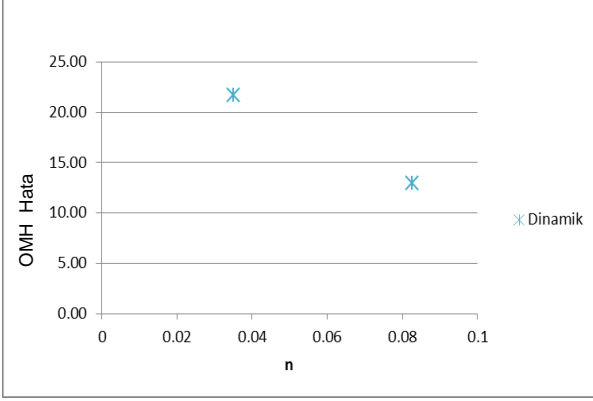
Ek Şekil 109. SCS Yönteminin yüksek eğimli akarsularda n'e bağlı OMH hataları



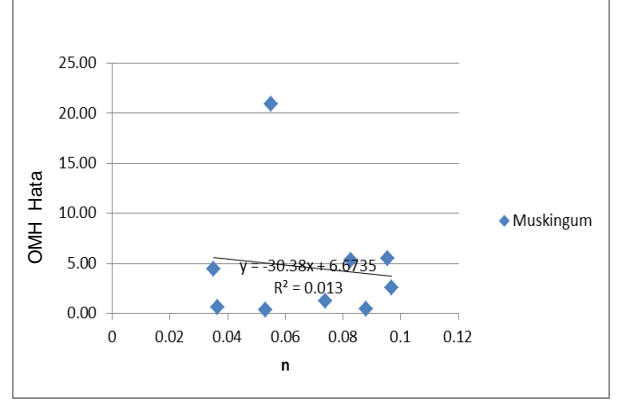
Ek Şekil 110. Kinematik Yönteminin yüksek eğimli akarsularda n'e bağlı OMH hataları



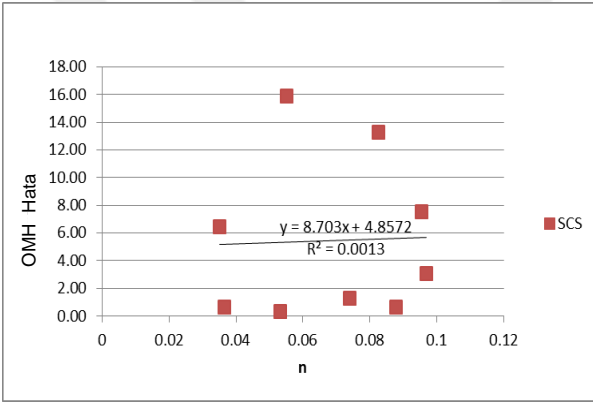
Ek Şekil 111. M.-Cunge Yönteminin yüksek eğimli akarsularda n'e bağlı OMH hataları



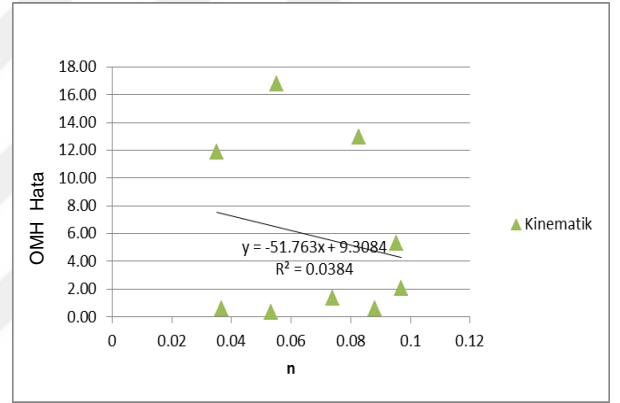
Ek Şekil 112. Dinamik Yönteminin yüksek eğimli akarsularda n'e bağlı OMH hataları



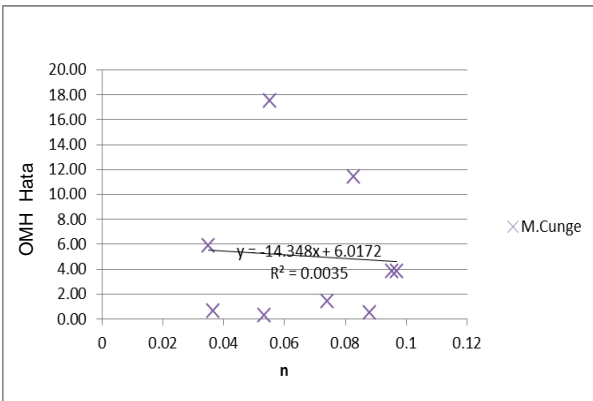
Ek Şekil 113. Muskingum Yönteminin n'e bağlı OMH hata ve eğilimi



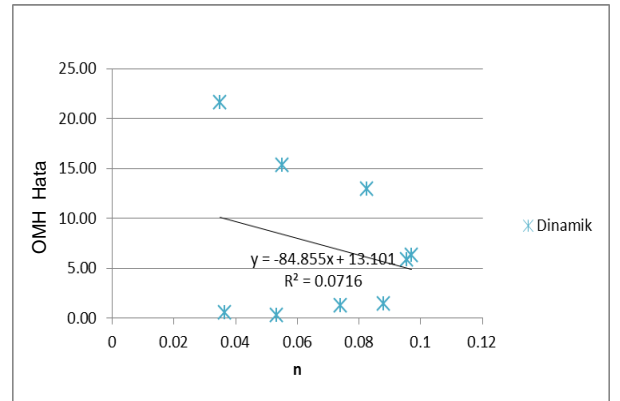
Ek Şekil 114. SCS Yönteminin n'e bağlı OMH hata ve eğilimi



Ek Şekil 115. Kinematik Yönteminin n'e bağlı OMH hata ve eğilimi

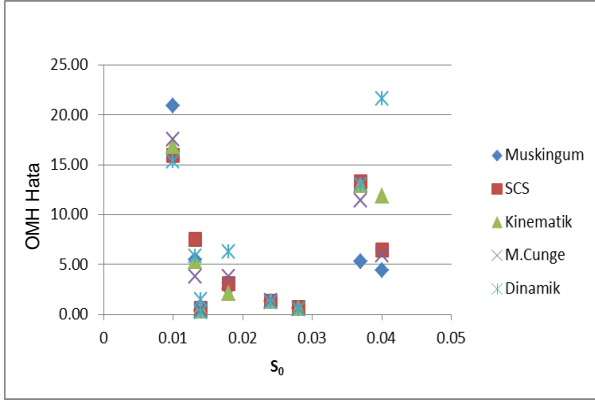


Ek Şekil 116. M.-Cunge Yönteminin n'e bağlı OMH hata ve eğilimi

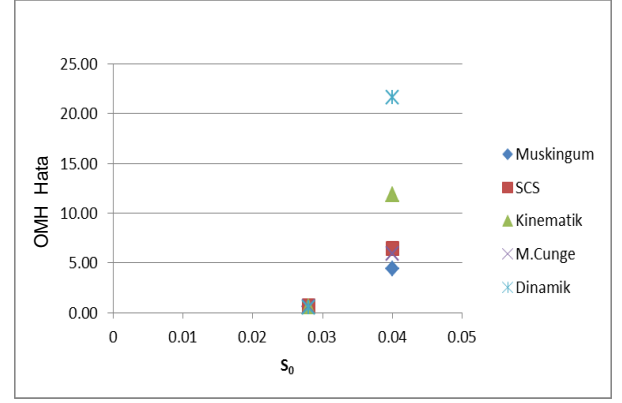


Ek Şekil 117. Dinamik Yönteminin n'e bağlı OMH hata ve eğilimi

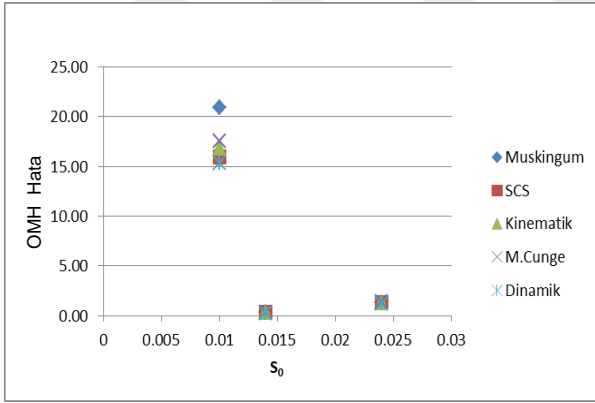
**Ek 13.** Tüm bölgelerde uygulanan taşkın ötelenme sonuçlarının  $S_0$  (eğim) parametresine bağlı olarak yapılan OMH hata grafikleri aşağıda verilmiştir.



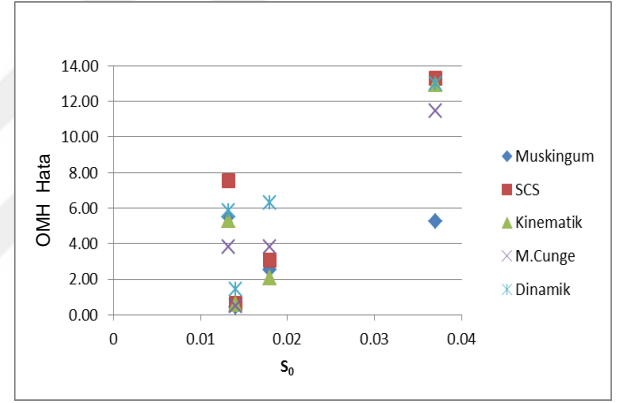
Ek Şekil 118.  $S_0$ 'a bağlı OMH hataları



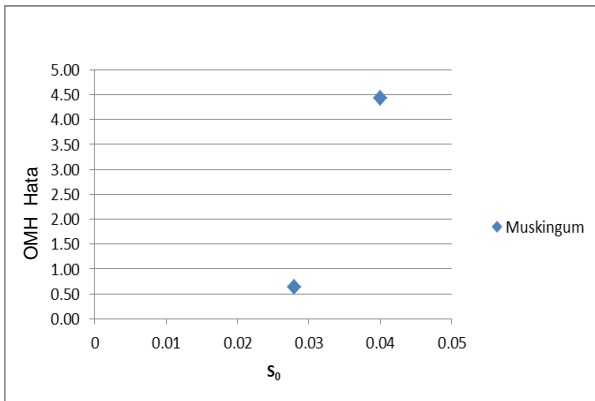
Ek Şekil 119. Küçük n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı OMH hataları



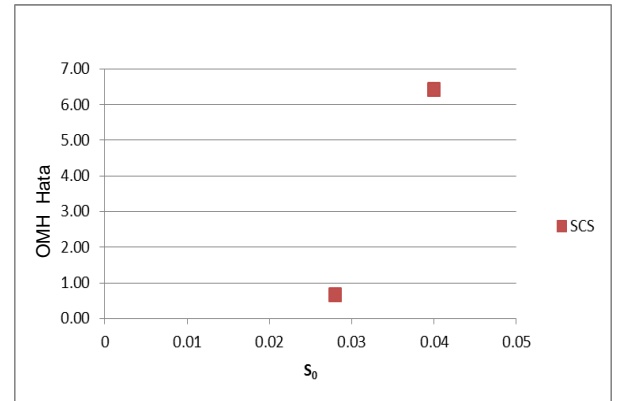
Ek Şekil 120. Ortak n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı OMH hataları



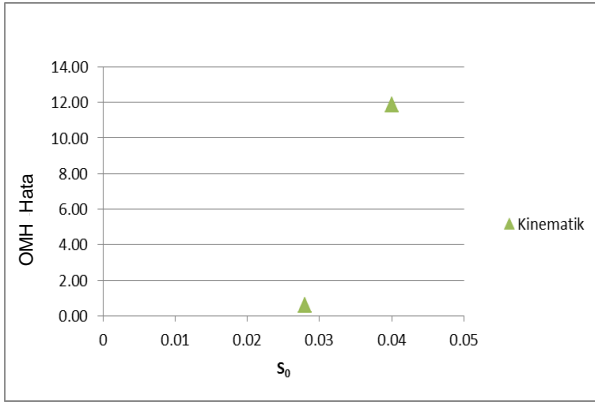
Ek Şekil 121. Yüksek n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı OMH hataları



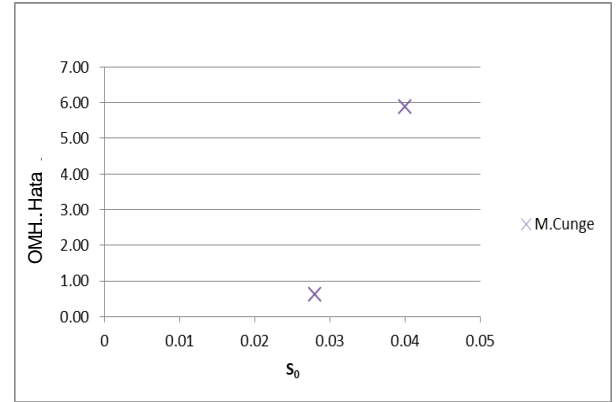
Ek Şekil 122. Muskingum Yönteminin küçük n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı OMH hataları



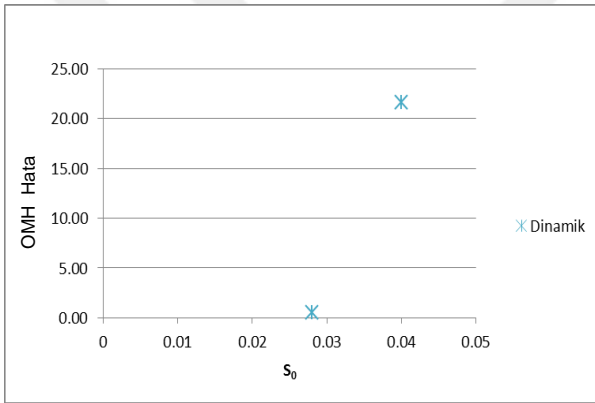
Ek Şekil 123. SCS Yönteminin küçük n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı OMH hataları



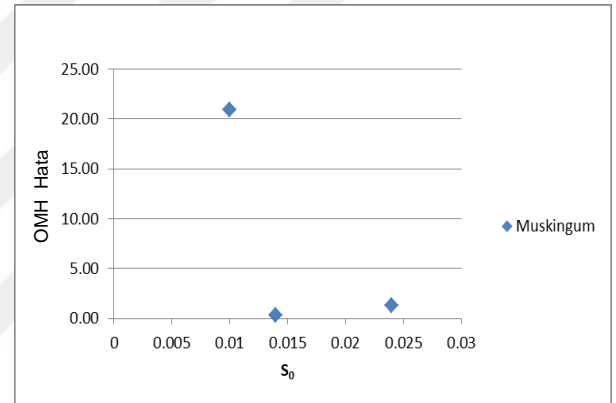
Ek Şekil 124. Kinematik Yönteminin küçük n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı OMH hataları



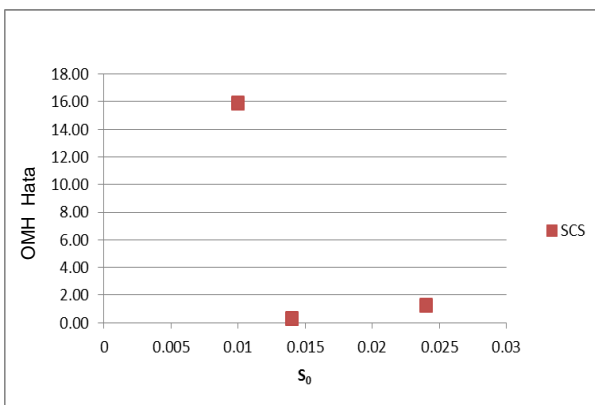
Ek Şekil 125. M.-Cunge k Yönteminin küçük n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı OMH hataları



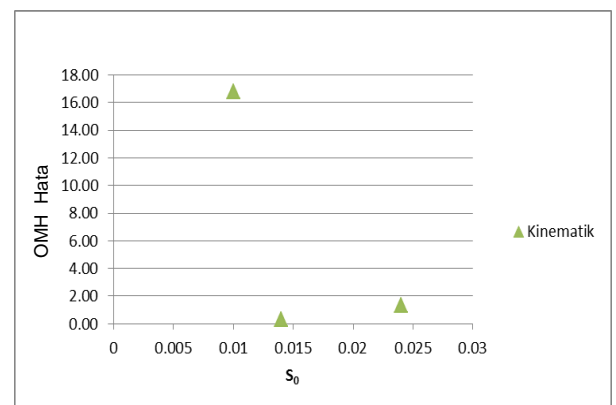
Ek Şekil 126. Dinamik Yönteminin küçük n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı OMH hataları



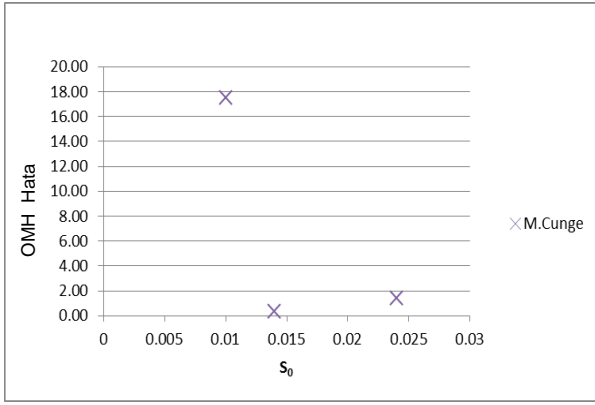
Ek Şekil 127. Dinamik Yönteminin orta n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı OMH hataları



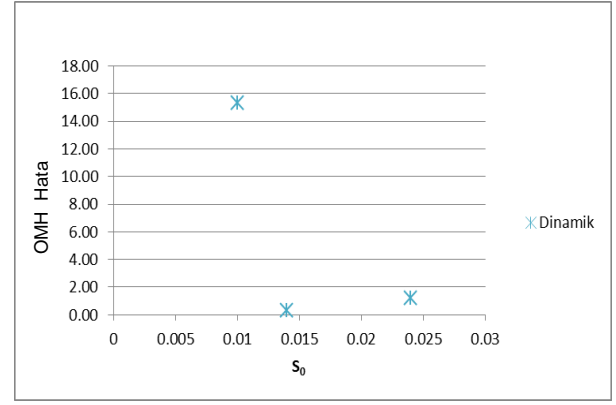
Ek Şekil 128. SCS Yönteminin orta n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı OMH hataları



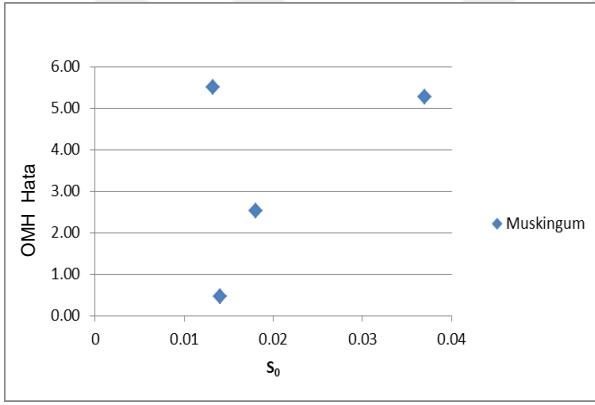
Ek Şekil 129. Kinematik Yönteminin orta n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı OMH hataları



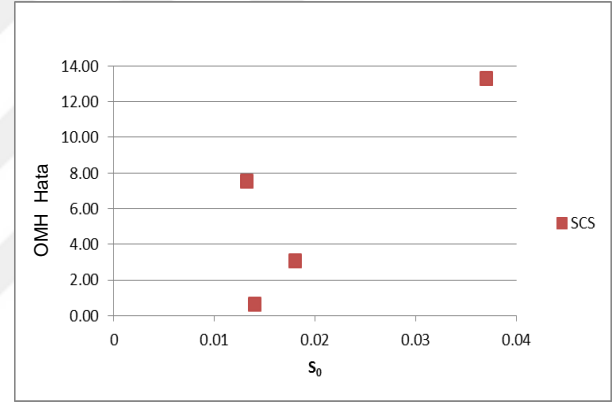
Ek Şekil 130. M.-Cunge Yönteminin orta n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı OMH hataları



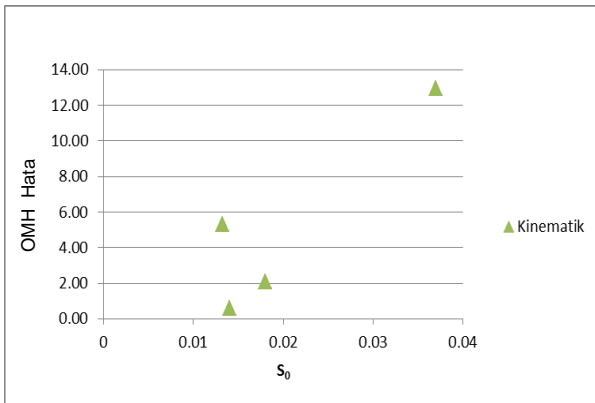
Ek Şekil 131. Dinamik Yönteminin orta n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı OMH hataları



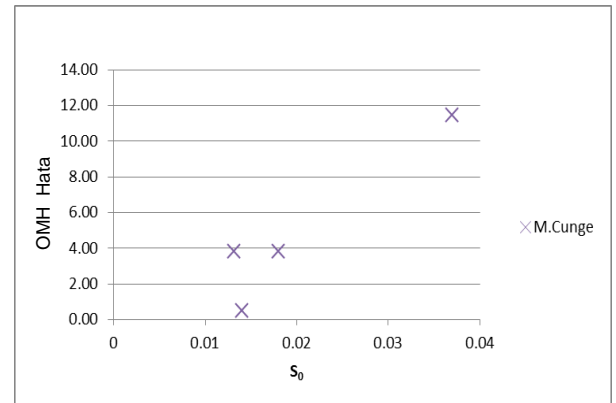
Ek Şekil 132. Muskingum Yönteminin yüksek n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı OMH hataları



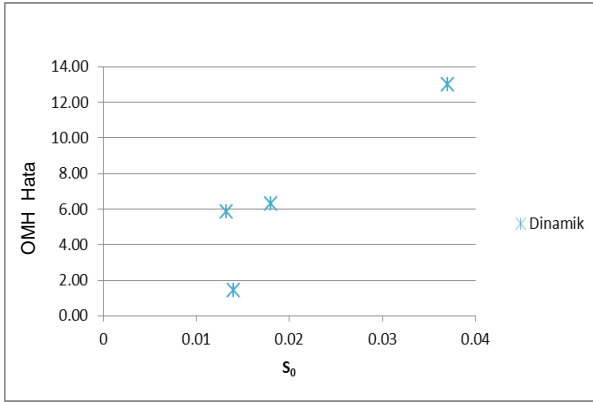
Ek Şekil 133. SCS Yönteminin yüksek n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı OMH hataları



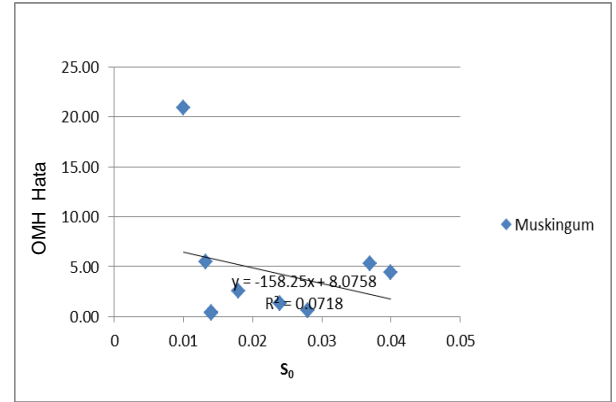
Ek Şekil 134. Kinematik Yönteminin yüksek n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı OMH hataları



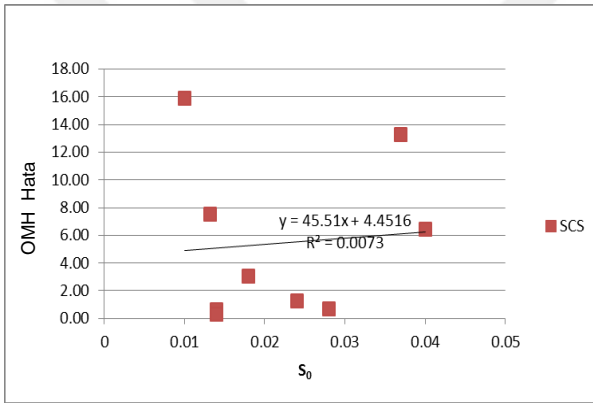
Ek Şekil 135. M.-Cunge Yönteminin yüksek n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı OMH hataları



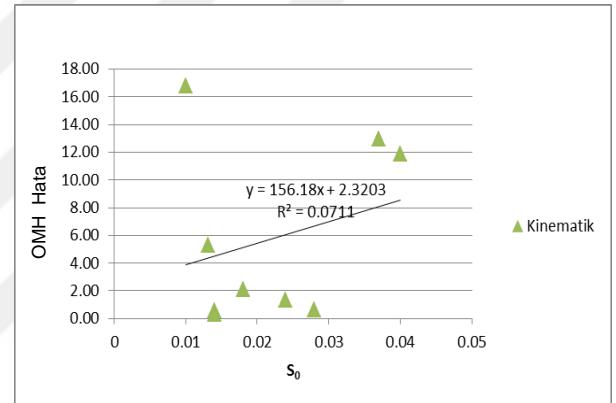
Ek Şekil 136. Dinamik Yöntemin yüksek n'li akarsularda S<sub>0</sub>'a bağlı OMH hataları



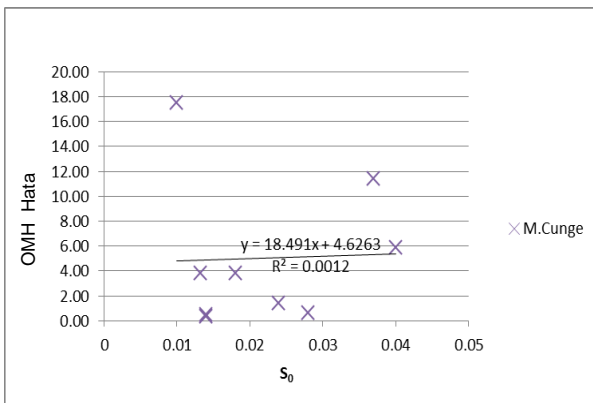
Ek Şekil 137. Muskingum Yönteminin S<sub>0</sub>'a bağlı OMH Hata ve eğilimi



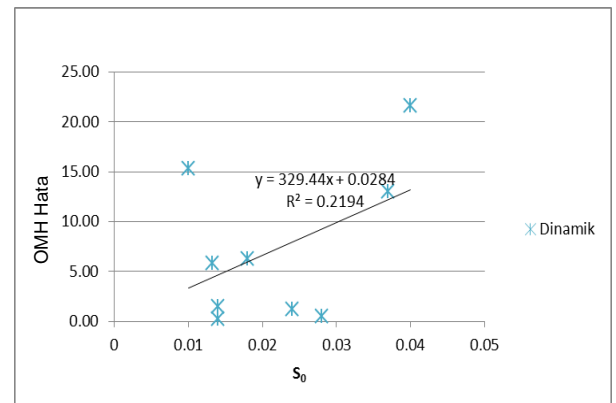
Ek Şekil 138. SCS Yönteminin S<sub>0</sub>'a bağlı OMH Hata ve eğilimi



Ek Şekil 139. Kinematik Yönteminin S<sub>0</sub>'a bağlı OMH Hata ve eğilimi

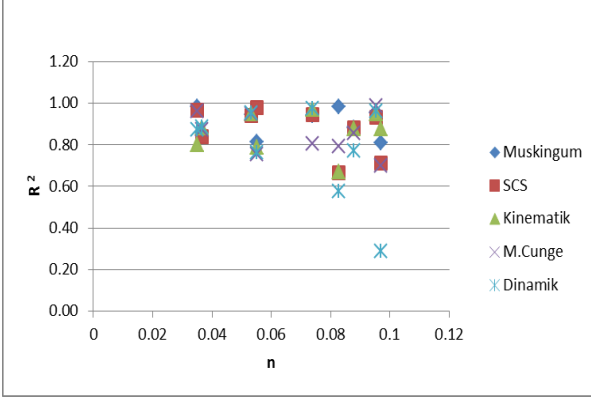


Ek Şekil 140. M.-Cunge Yönteminin S<sub>0</sub>'a bağlı OMH Hata ve eğilimi

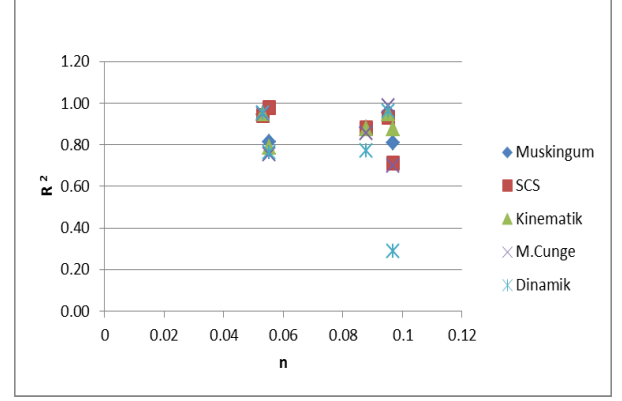


Ek Şekil 140. Dinamik Yönteminin S<sub>0</sub>'a bağlı OMH Hata ve eğilimi

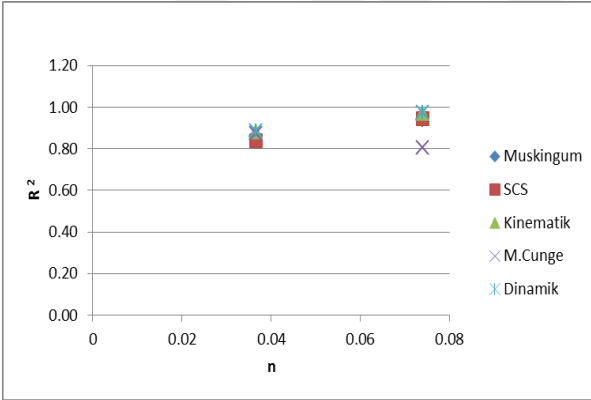
**Ek 14.** Tüm bölgelerde uygulanan taşkın ötelenme sonuçlarının  $n$  (pürüzlülük) parametresine bağlı olarak yapılan  $R^2$  değeri grafikleri aşağıda verilmiştir.



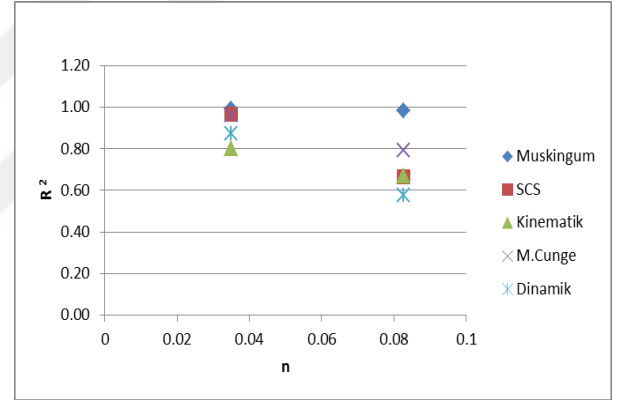
Ek Şekil 142.  $n$ 'e bağlı  $R^2$  değeri



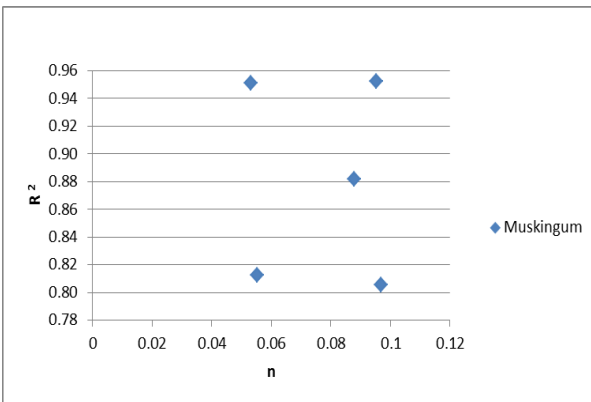
Ek Şekil 143. Küçük eğimli akarsularda  $n$ 'e bağlı  $R^2$  değeri



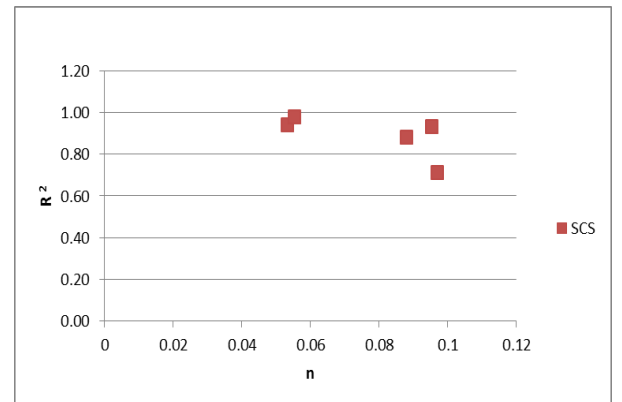
Ek Şekil 144. Eğimli akarsularda  $n$ 'e bağlı  $R^2$  değeri



Ek Şekil 145. Yüksek eğimli akarsularda  $n$ 'e bağlı  $R^2$  değeri

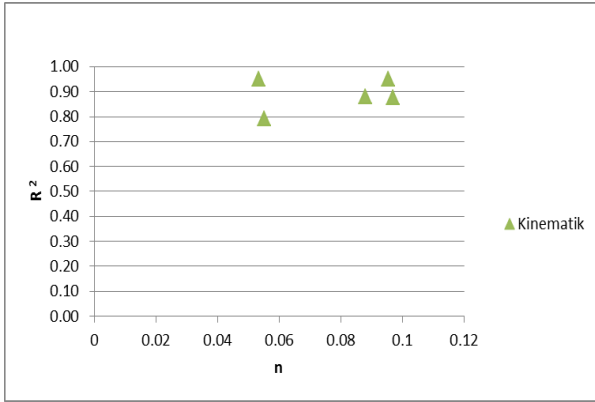


Ek Şekil 146. Muskingum Yönteminin küçük eğimli akarsularda  $n$ 'e bağlı  $R^2$  değeri

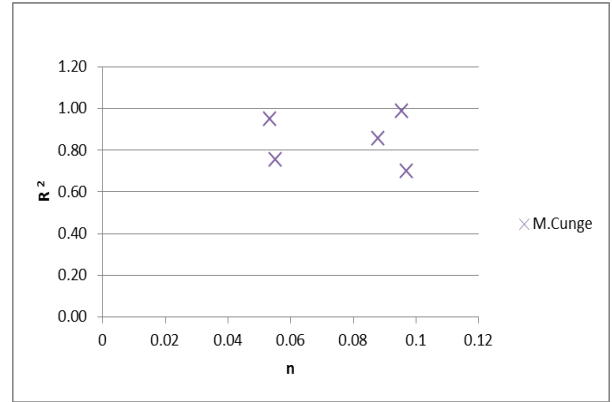


Ek Şekil 147. SCS Yönteminin küçük eğimli akarsularda  $n$ 'e bağlı  $R^2$  değeri

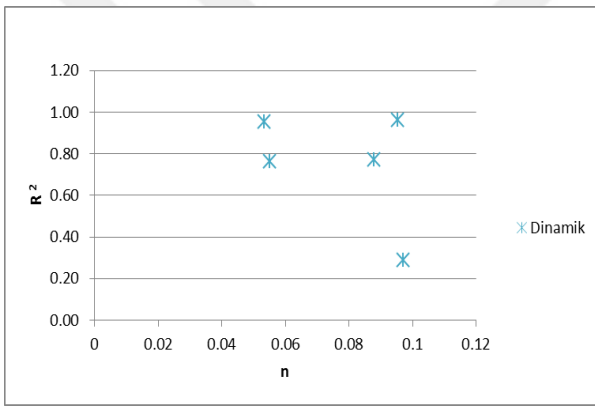




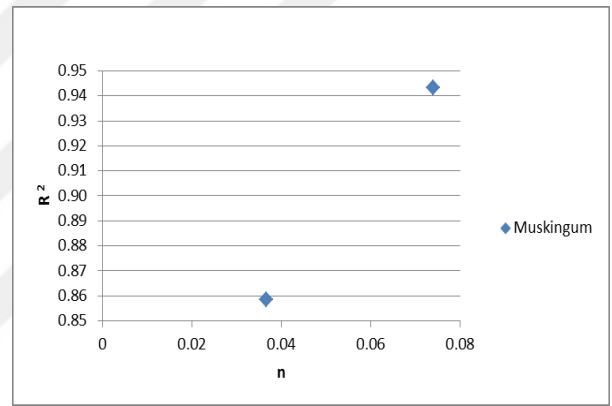
Ek Şekil 148. Kinematik Yönteminin küçük eğimli akarsularda n'e bağlı R<sup>2</sup> değeri



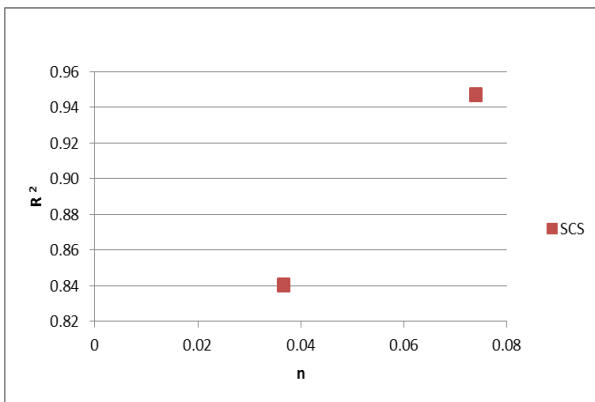
Ek Şekil 149. M.-Cunge Yönteminin küçük eğimli akarsularda n'e bağlı R<sup>2</sup> değeri



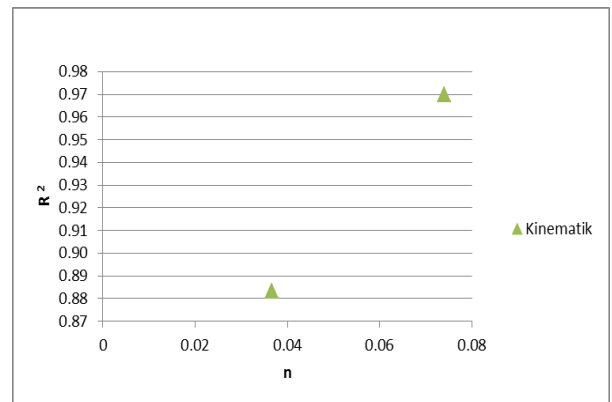
Ek Şekil 150. Dinamik Metodun küçük eğimli akarsularda n'e bağlı R<sup>2</sup> değeri



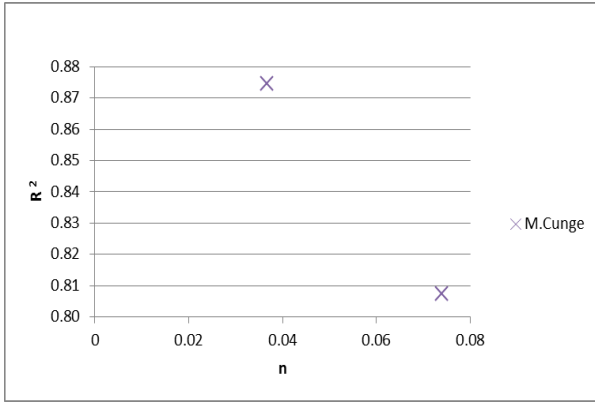
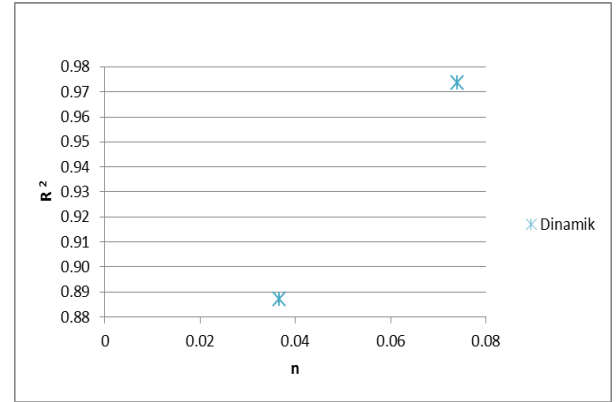
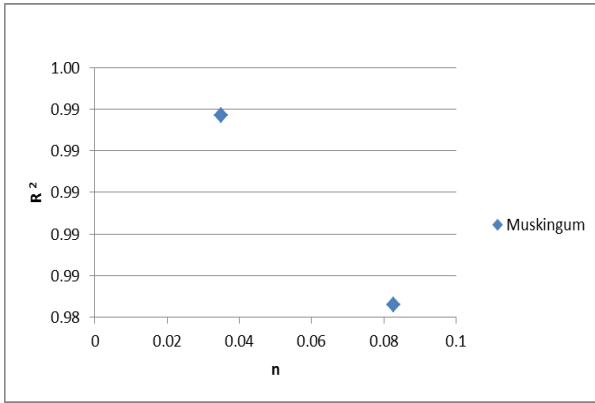
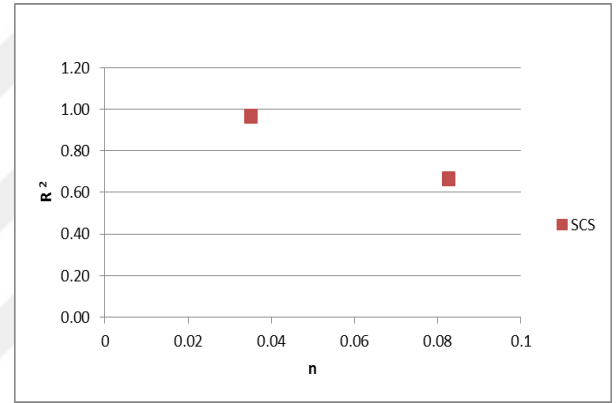
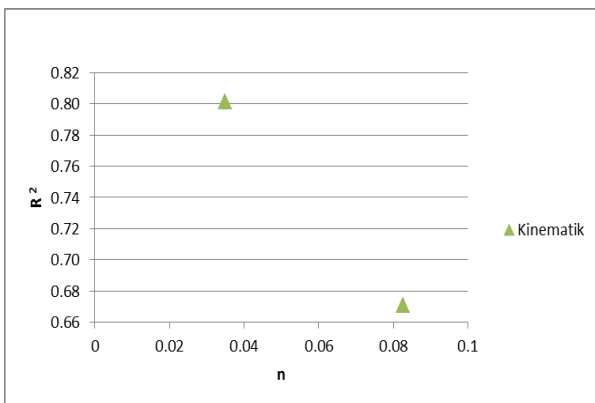
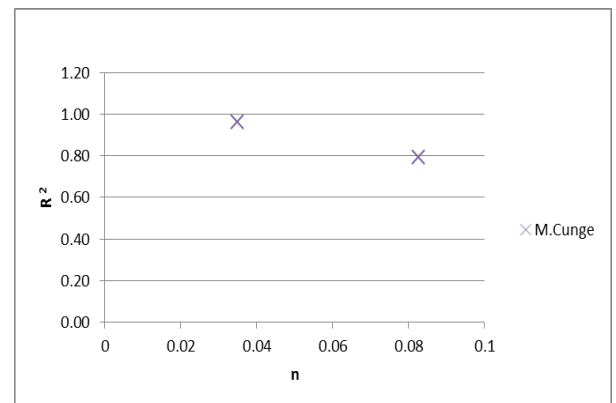
Ek Şekil 151. Muskingum Yönteminin orta eğimli akarsularda n'e bağlı R<sup>2</sup> değeri

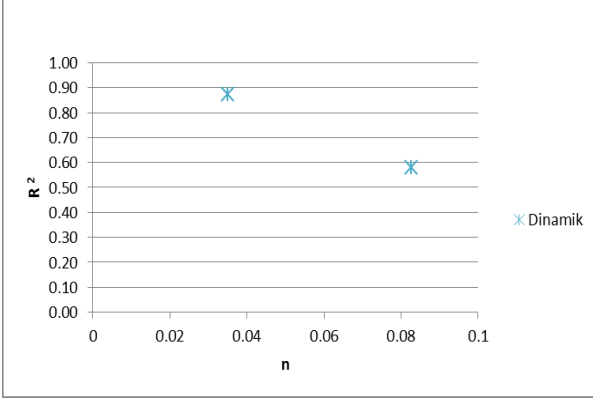


Ek Şekil 152. SCS Yönteminin orta eğimli akarsularda n'e bağlı R<sup>2</sup> değeri

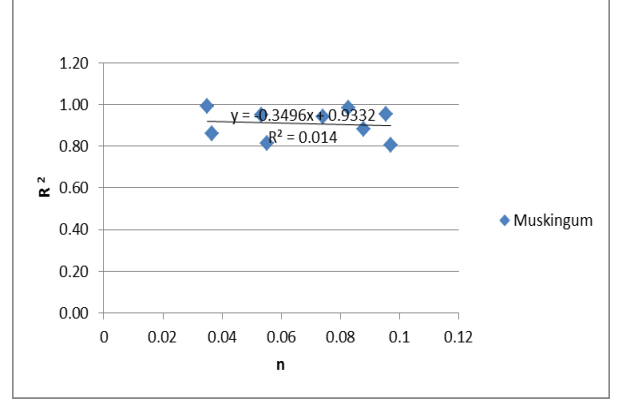


Ek Şekil 153. Kinematik Yönteminin orta eğimli akarsularda n'e bağlı R<sup>2</sup> değeri

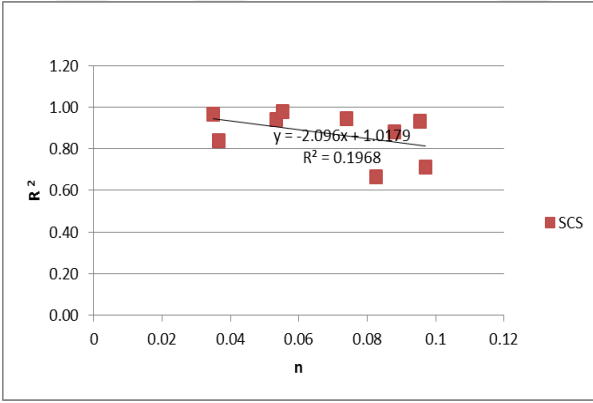
Ek Şekil 154.M.-Cunge Yönteminin orta eğimli akarsularda n'e bağlı R<sup>2</sup> değeriEk Şekil 155.Dinamik Yönteminin orta eğimli akarsularda n'e bağlı R<sup>2</sup> değeriEk Şekil 156.Muskingum Yönteminin yüksek eğimli akarsularda n'e R<sup>2</sup> değeriEk Şekil 157.SCS Yönteminin yüksek eğimli akarsularda n'e bağlı R<sup>2</sup> değeriEk Şekil 158.Kinematik Yönteminin yüksek eğimli akarsularda n'e bağlı R<sup>2</sup> değeriEk Şekil 159.M.-Cunge Yönteminin yüksek eğimli akarsularda n'e bağlı R<sup>2</sup> değeri



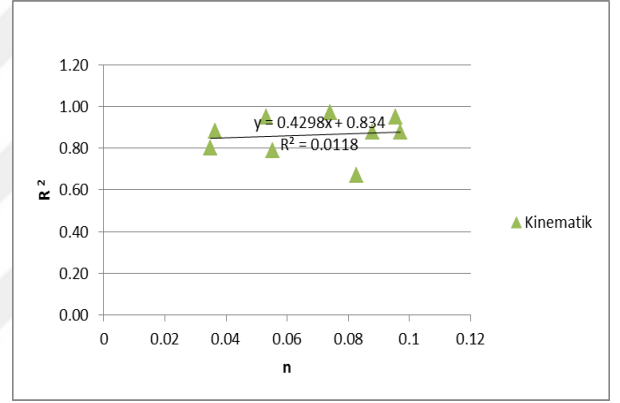
Ek Şekil 160. Dinamik Yönteminin yüksek eğimli akarsularda n'e bağlı  $R^2$  değeri



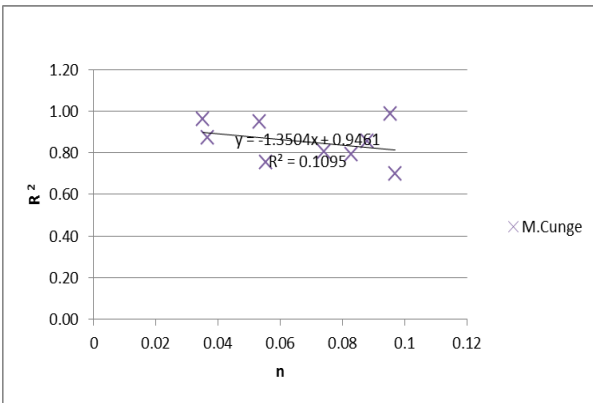
Ek Şekil 161. Muskingum Yönteminin n'e bağlı  $R^2$  değeri ve eğilimi



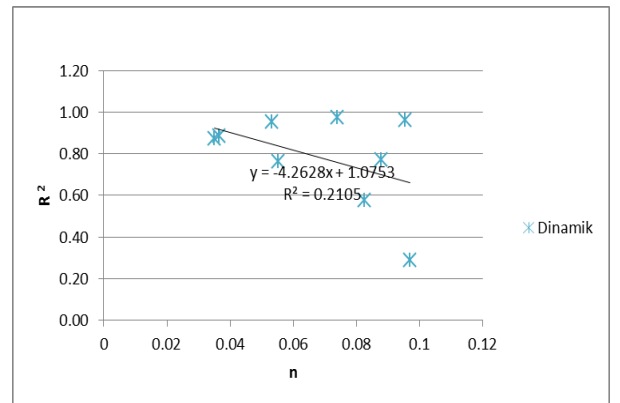
Ek Şekil 162. SCS Yönteminin n'e bağlı  $R^2$  değeri ve eğilimi



Ek Şekil 163. Kinematik Yönteminin n'e bağlı  $R^2$  değeri ve eğilimi

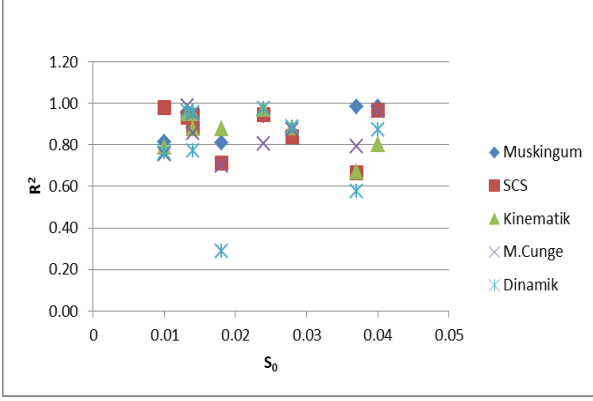


Ek Şekil 164. M.-Cunge Yönteminin n'e bağlı  $R^2$  değeri ve eğilimi

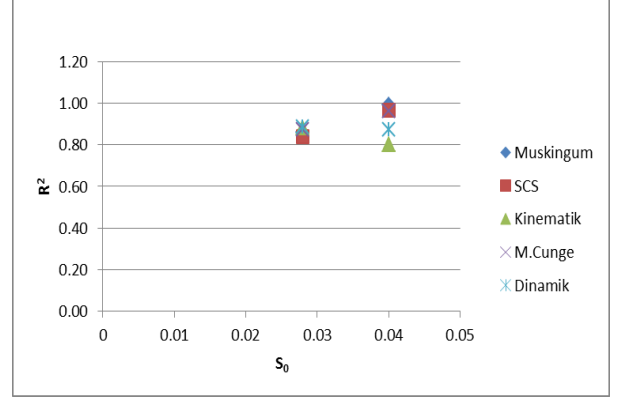


Ek Şekil 165. Dinamik Yönteminin n'e bağlı  $R^2$  değeri ve eğilimi

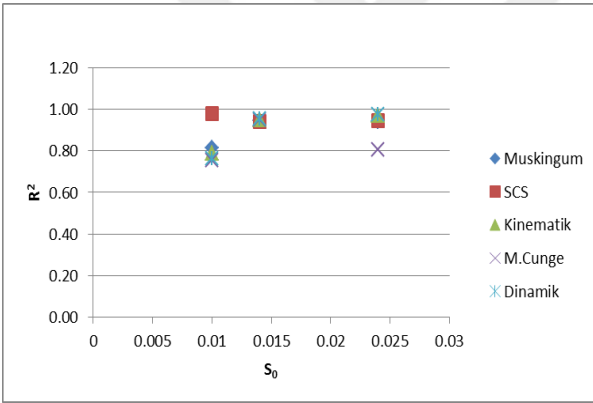
**Ek 15** Tüm bölgelerde uygulanan taşkın ötelenme sonuçlarının  $S_0$  (eğim) parametresine bağlı olarak yapılan  $R^2$  değeri grafikleri aşağıda verilmiştir



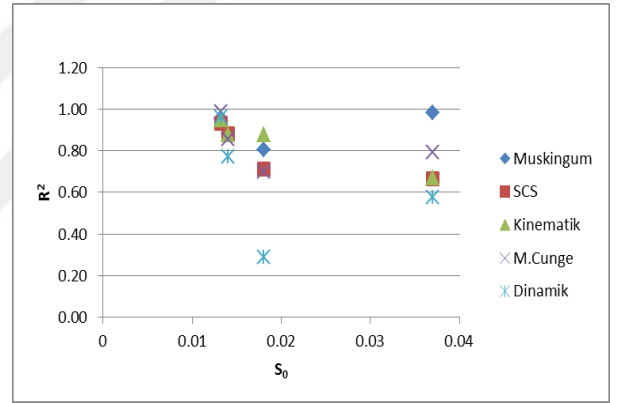
Ek Şekil 166.  $S_0$ 'a bağlı  $R^2$  değeri



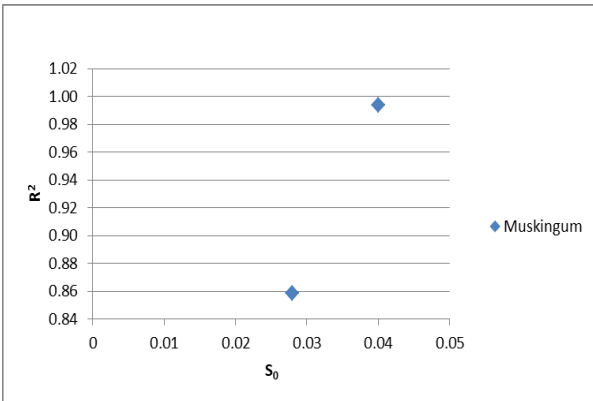
Ek Şekil 167. Küçük n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı  $R^2$  değeri



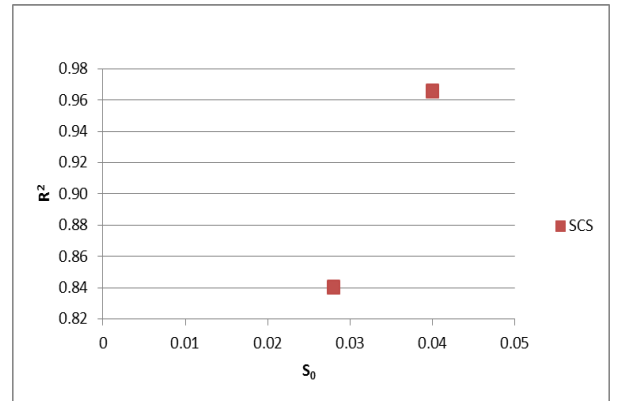
Ek Şekil 168. Orta n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı  $R^2$  değeri



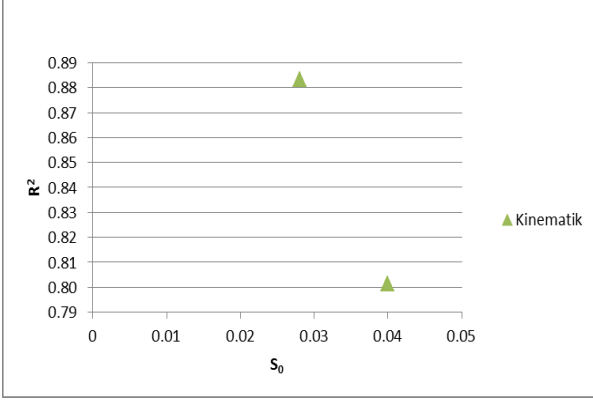
Ek Şekil 169. Yüksek n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı  $R^2$  değeri



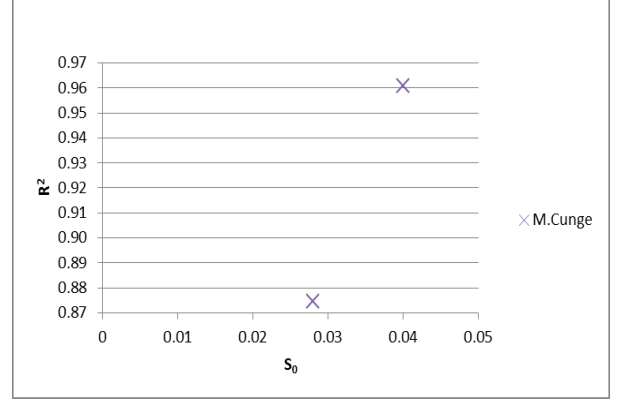
Ek Şekil 170. Muskingum Yönteminin küçük n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı  $R^2$  değeri



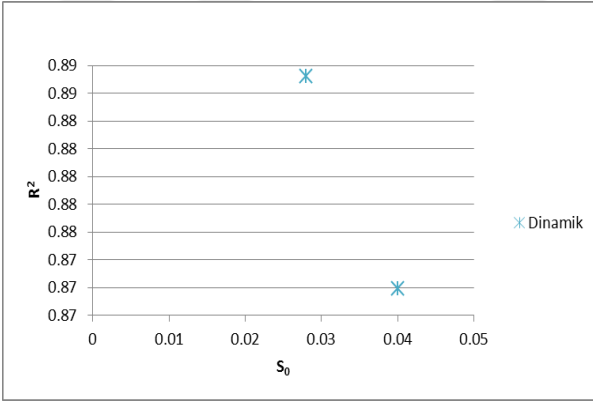
Ek Şekil 171. SCS Yönteminin küçük n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı  $R^2$  değeri



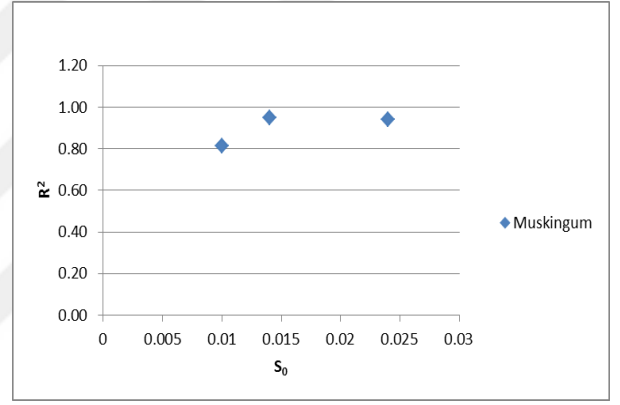
Ek Şekil 172. Kinematik Yönteminin küçük n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı  $R^2$  değeri



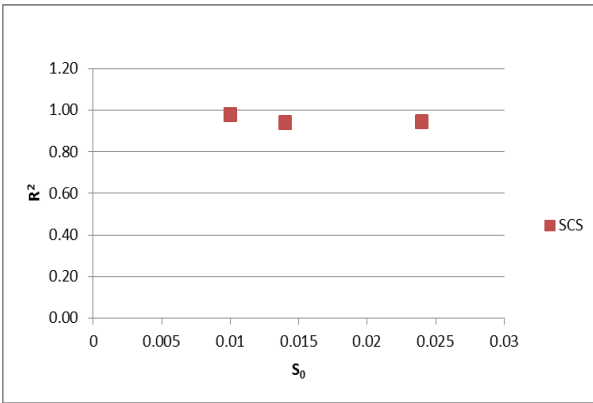
Ek Şekil 173. M.-Cunge Yönteminin küçük n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı  $R^2$  değeri



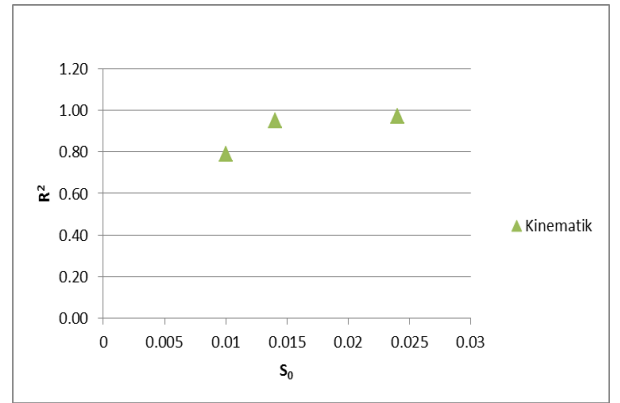
Ek Şekil 174. Dinamik Yönteminin küçük n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı  $R^2$  değeri



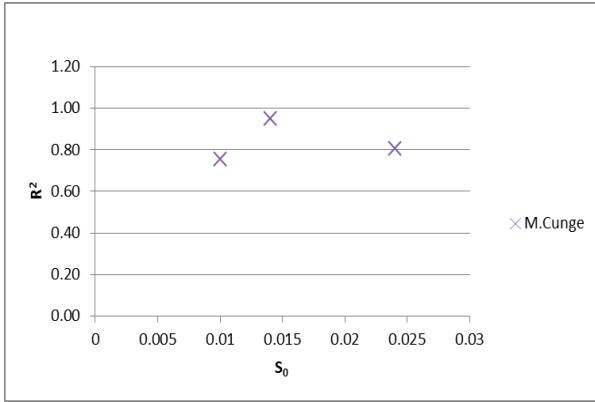
Ek Şekil 175. Muskingum Yönteminin orta n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı  $R^2$  değeri



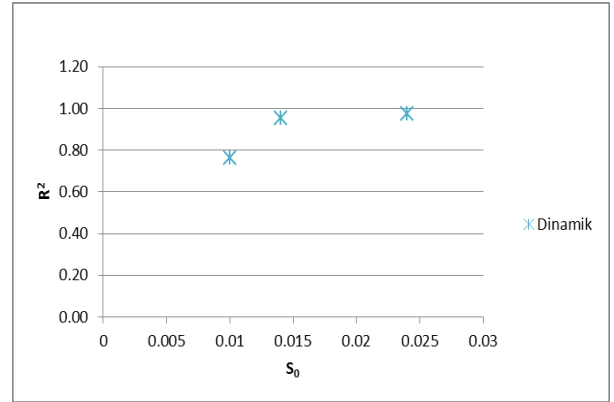
Ek Şekil 176. SCS Yönteminin orta n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı  $R^2$  değeri



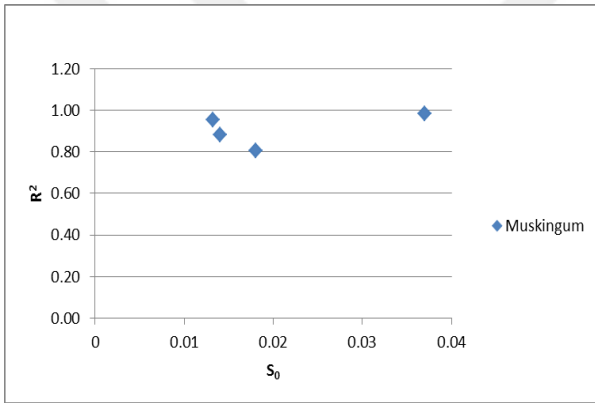
Ek Şekil 177. Kinematik Yönteminin orta n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı  $R^2$  değeri



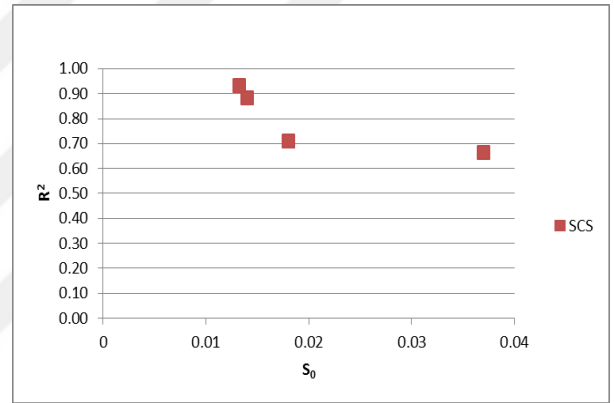
Ek Şekil 178.M.-Cunge Yönteminin orta n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı  $R^2$  değeri



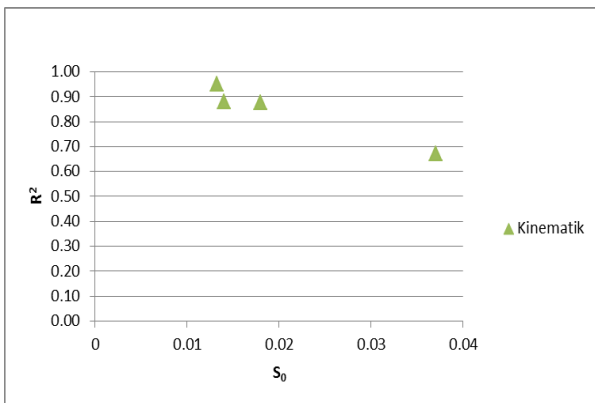
Ek Şekil 179.Dinamik Yönteminin orta n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı  $R^2$  değeri



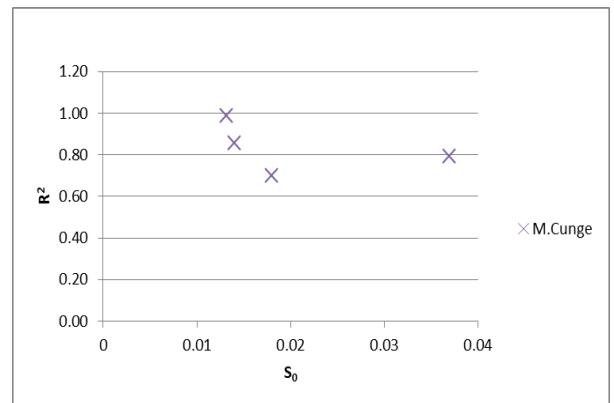
Ek Şekil 180.Muskingum Yönteminin yüksek n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı  $R^2$  değeri



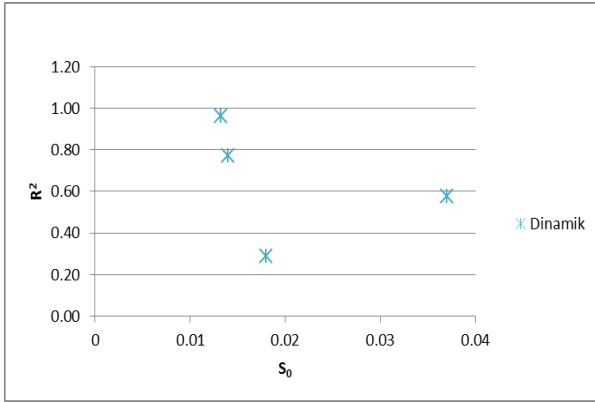
Ek Şekil 181.SCS Yönteminin yüksek n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı  $R^2$  değeri



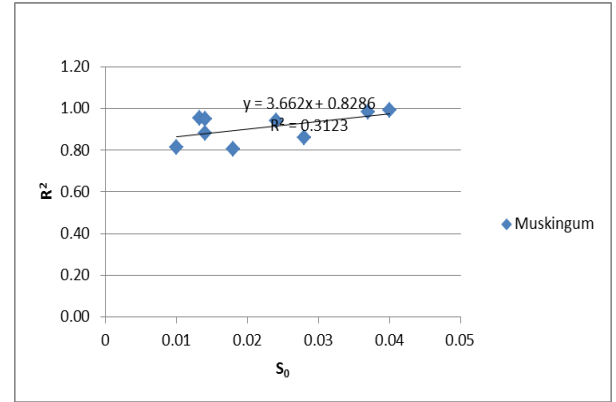
Ek Şekil 182.Kinematik Yönteminin yüksek n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı  $R^2$  değeri



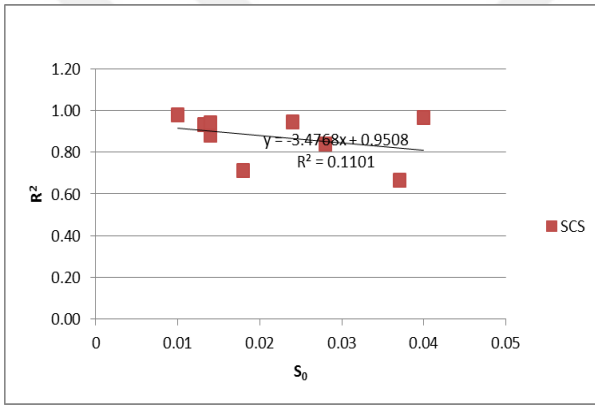
Ek Şekil 183.M.-Cunge Yönteminin yüksek n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı  $R^2$  değeri



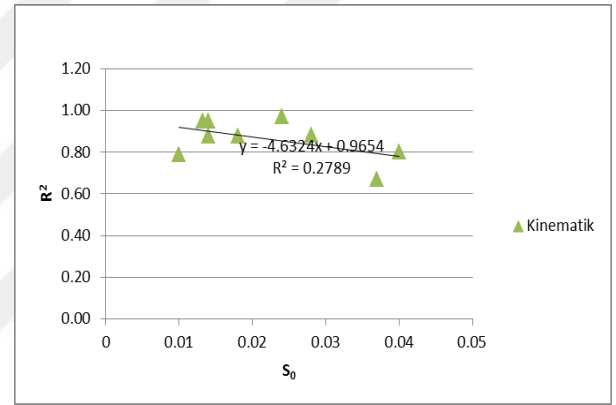
Ek Şekil 184. Dinamik Yönteminin yüksek n'li akarsularda  $S_0$ 'a bağlı  $R^2$  değeri



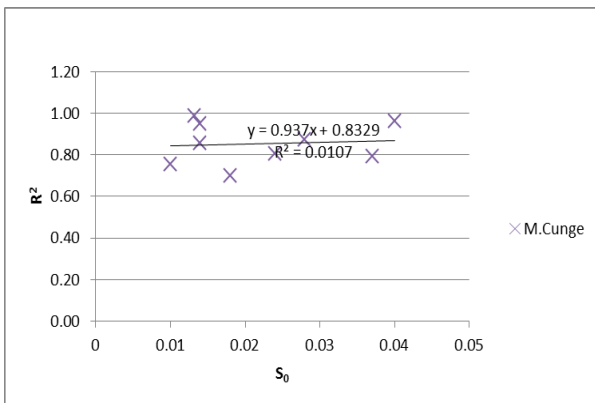
Ek Şekil 185. Muskingum Yönteminin  $S_0$ 'a bağlı  $R^2$  değeri ve eğilimi



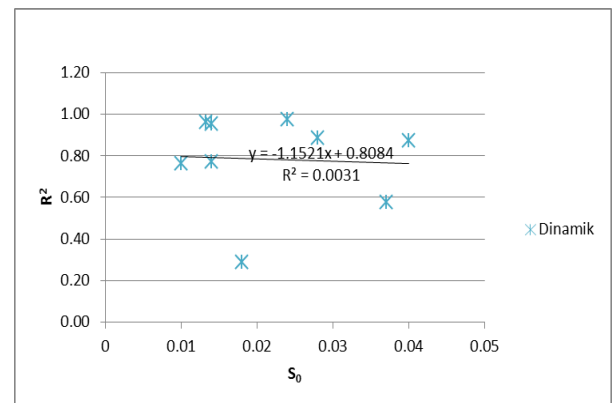
Ek Şekil 186. SCS Yönteminin  $S_0$ 'a bağlı  $R^2$  değeri ve eğilimi



Ek Şekil 187. Kinematik Yönteminin  $S_0$ 'a bağlı  $R^2$  değeri ve eğilimi

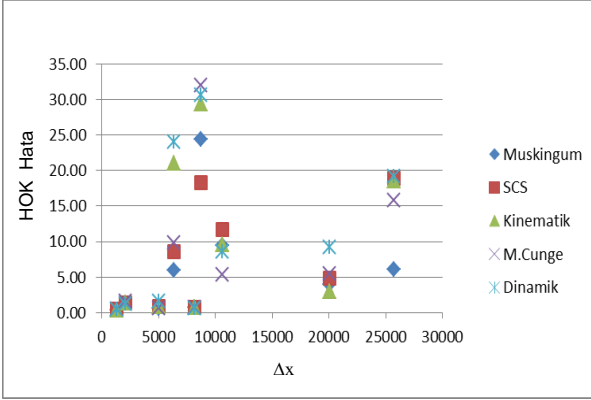


Ek Şekil 188. M.-Cunge Yönteminin  $S_0$ 'a bağlı  $R^2$  değeri ve eğilimi

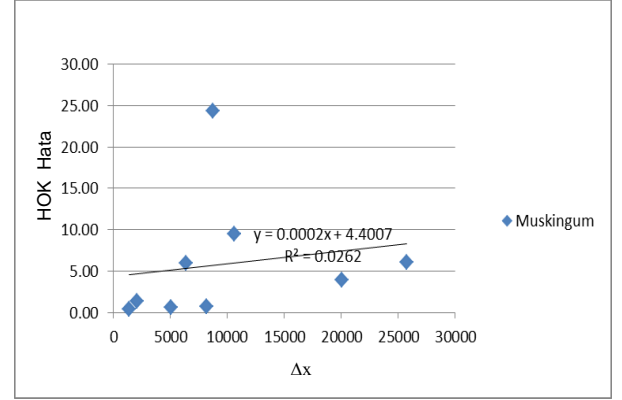


Ek Şekil 189. Dinamik Yönteminin  $S_0$ 'a bağlı  $R^2$  değeri ve eğilimi

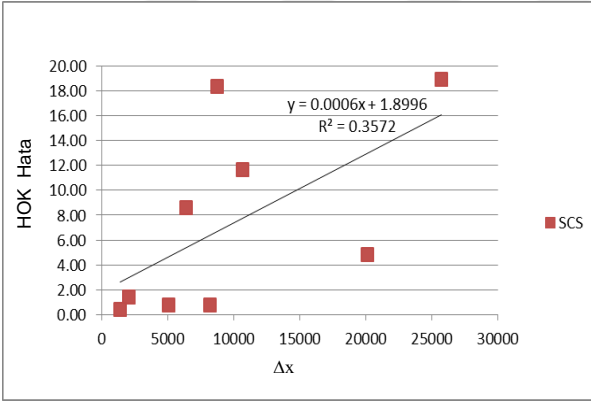
**Ek 16.** Tüm bölgelerde uygulanan taşkın ötelenme sonuçlarının  $\Delta x$ 'e (mesafe) bağlı olarak yapılan HOK hata grafikleri aşağıda verilmiştir.



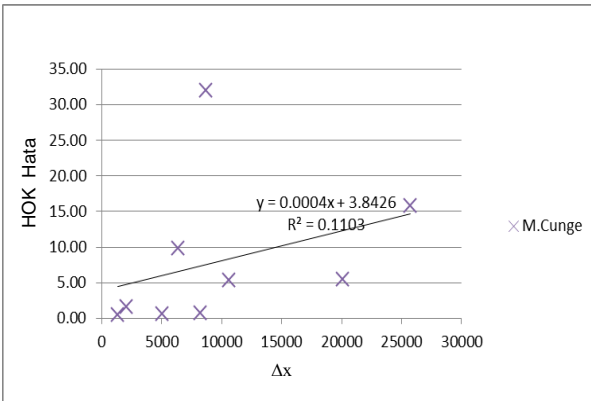
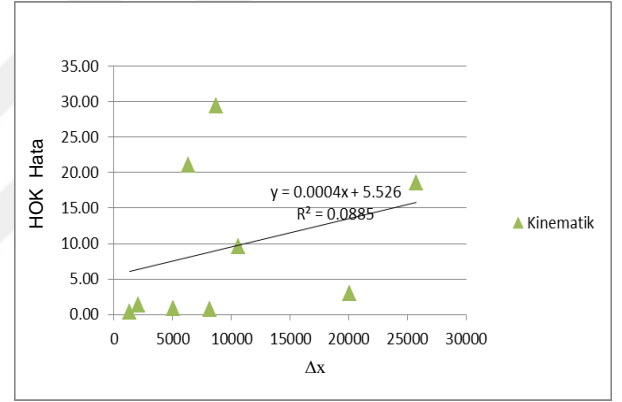
Ek Şekil 190.  $\Delta x$ 'e bağlı HOK hata değeri



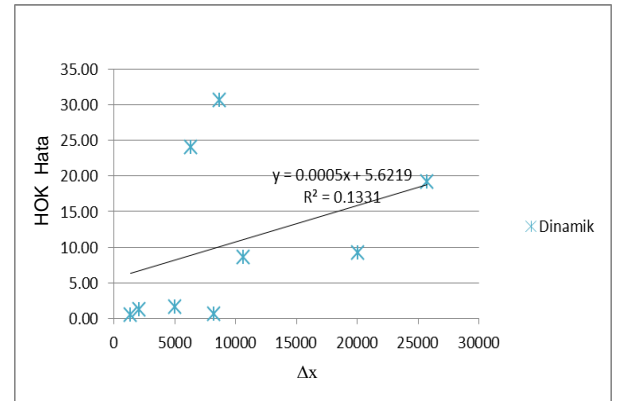
Ek Şekil 191. Muskingum Yönteminin  $\Delta x$ 'e bağlı HOK hata değeri ve eğilimi



Ek Şekil 192. SCS Yönteminin  $\Delta x$ 'e bağlı RMSE hata değeri ve Ek Şekil 193. Kinematik Yönteminin  $\Delta x$ 'e bağlı RMSE hata değeri ve eğilimi



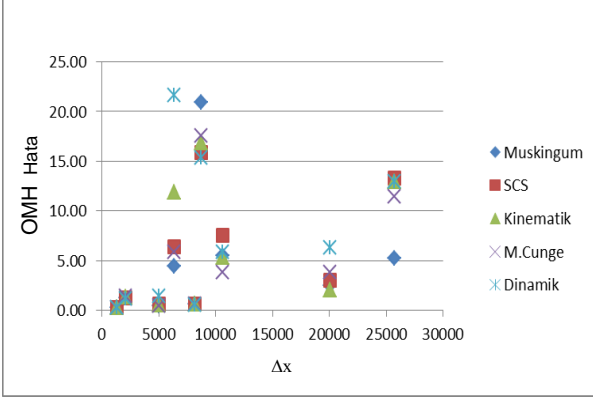
Ek Şekil 194. M.-Cunge Yönteminin  $\Delta x$ 'e bağlı HOK hata değeri ve eğilimi



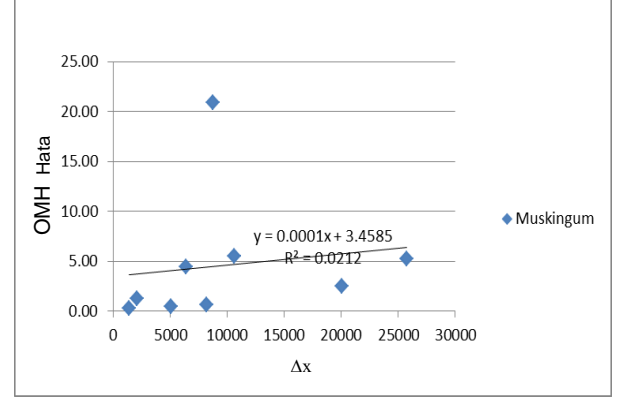
Ek Şekil 195. Dinamik Yönteminin  $\Delta x$ 'e bağlı HOK hata değeri ve eğilimi



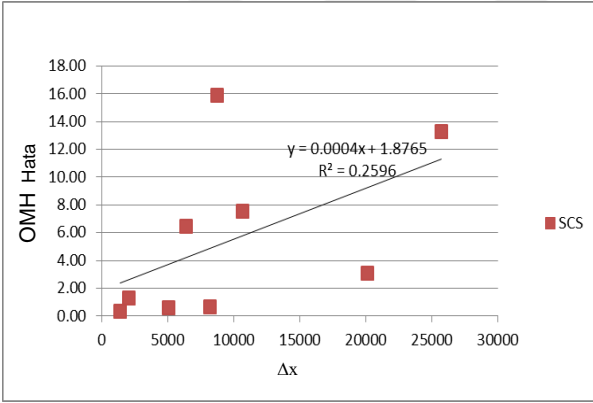
**Ek 17.** Tüm bölgelerde uygulanan taşkın ötelenme sonuçlarının  $\Delta x$ 'e (mesafe) bağlı olarak yapılan OMH hata grafikleri aşağıda verilmiştir.



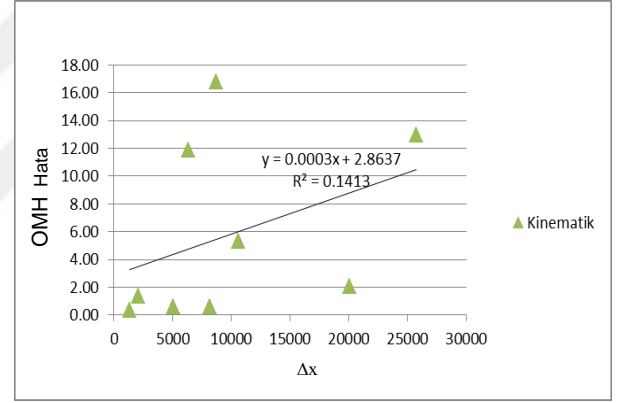
Ek Şekil 196.  $\Delta x$ 'e bağlı OMH hata değeri



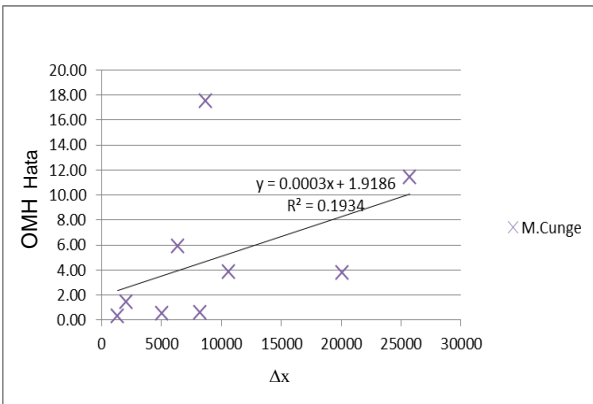
Ek Şekil 197. Muskingum Yönteminin  $\Delta x$ 'e bağlı OMH hata değeri ve eğilimi



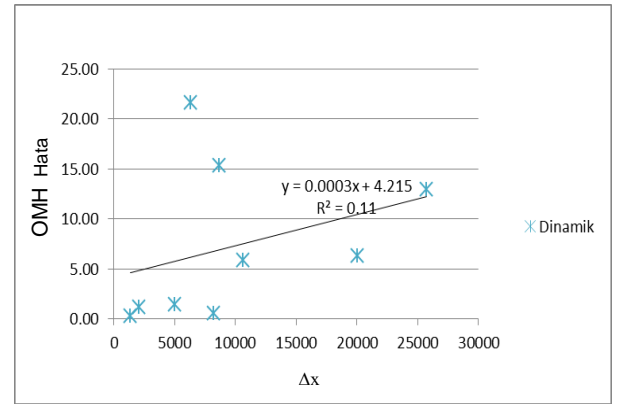
Ek Şekil 198. SCS Yönteminin  $\Delta x$ 'e bağlı OMH hata değeri ve eğilimi



Ek Şekil 199. Kinematik Yönteminin  $\Delta x$ 'e bağlı OMH hata değeri ve eğilimi

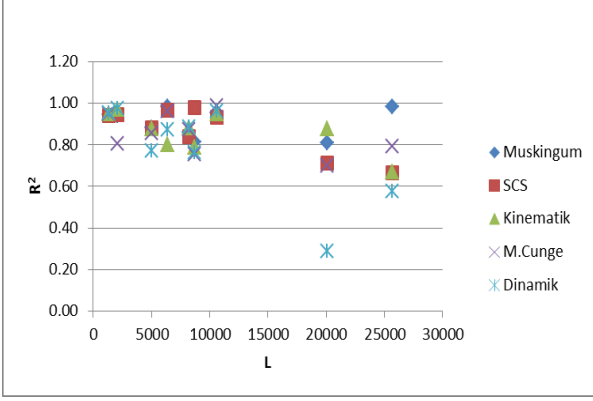


Ek Şekil 200. M.-Cunge Yönteminin  $\Delta x$ 'e bağlı OMH hata değeri ve eğilimi

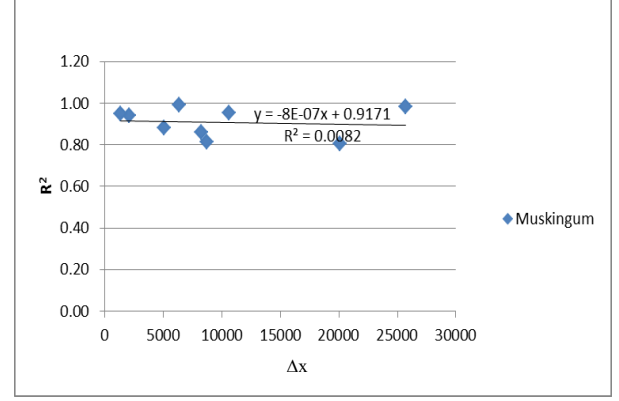


Ek Şekil 201. Dinamik Yönteminin  $\Delta x$ 'e bağlı OMH hata değeri ve eğilimi

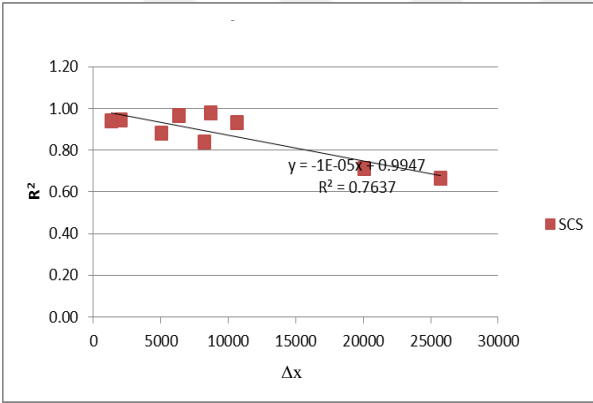
**Ek 18.** Tüm bölgelerde uygulanan taşkın ötelenme sonuçlarının  $\Delta x$ 'e (mesafe) bağlı olarak yapılan  $R^2$  değeri grafikleri aşağıda verilmiştir.



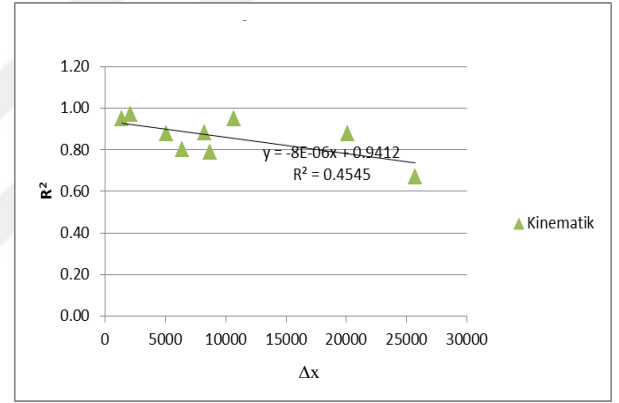
Ek Şekil 202.  $\Delta x$ 'e bağlı  $R^2$  değeri



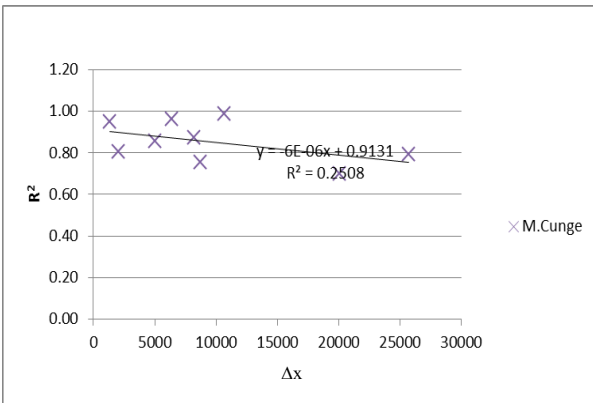
Ek Şekil 203. Muskingum Yönteminin  $\Delta x$ 'e bağlı  $R^2$  değeri ve eğilimi



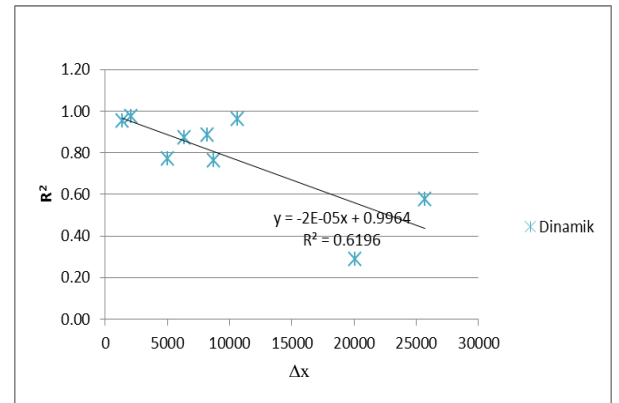
Ek Şekil 204. SCS Yönteminin  $\Delta x$ 'e bağlı  $R^2$  değeri ve eğilimi



Ek Şekil 205. Kinematik Yönteminin  $\Delta x$ 'e bağlı  $R^2$  değeri ve eğilimi



Ek Şekil 206. M.-Cunge Yönteminin  $\Delta x$ 'e bağlı  $R^2$  değeri ve eğilimi



Ek Şekil 207. Dinamik Yönteminin  $\Delta x$ 'e bağlı  $R^2$  değeri ve eğilimi

## ÖZGEÇMİŞ

01.09.1976 tarihinde Erzincan'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Ziya Gökalp İlkokulu, Cumhuriyet Ortaokulu ve Erzincan Lisesi'nde tamamladı. Lise eğitiminden sonra 1994 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü kazandı ve 1999 tarihinde mezun oldu. 2002 yılında yılında Erzincan Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü'nde İnşaat Mühendisi olarak çalışmaya başladı. 2000 tarihinde İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Hidrolik Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı ve 2003 tarihinde mezun oldu. 2003 tarihinde Erzurum Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora eğitimine başladı. 2012 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalına geçiş yaptı. Şu anda ise Erzincan Üniversitesi Meslek Yüksekokulu'nda İnşaat Mühendisi olarak çalışmaktadır. İyi derecede İngilizce bilmektedir.