

T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kırıkkale Karadere ve Hodar Derelerinin Taşkın Pik Debilerinin Hesaplanması ve
HEC-RAS Programında Bir Boyutlu Modellenmesi

Zeynep ÜÇÜNCÜ

HAZİRAN 2018

İnşaat Anabilim Dalı'nda Zeynep ÜÇÜNCÜ tarafından hazırlanan KIRIKKALE KARADERE VE HODAR DERELERİNİN TAŞKIN PİK DEBİLERİNİN HESAPLANMASI VE HEC-RAS PROGRAMINDA BİR BOYUTLU MODELLENMESİ adlı Yüksek Lisans Tezinin Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. İlker KALKAN

Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve tezin **Yüksek Lisans Tezi** olarak bütün gereklilikleri yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Osman YILDIZ

Danışman

Jüri Üyeleri

Başkan :Prof. Dr. Osman YILDIZ

Başkan (Danışman) :Prof. Dr. Osman YILDIZ

Üye : Doç. Dr. Kubilay CİHAN

Üye : Doç. Dr. Ömer KÖSE

.../.../...

Bu tez ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onaylamıştır.

(Prof. Dr. Mustafa YİĞİTOĞLU)

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



Anneanneme...

ÖZET

KIRIKKALE KARADERE VE HODAR DERELERİNİN TAŞKIN PİK DEBİLERİNİN HESAPLANMASI VE HEC-RAS PROGRAMINDA BİR BOYUTLU MODELLENMESİ

ÜÇÜNCÜ, Zeynep

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Anabilim Dalı, Yüksek Lisans tezi

Danışman: Prof. Dr. Osman YILDIZ

Haziran 2018, 152 sayfa

Bu tez çalışması kapsamında, Kırıkkale il sınırları içerisinde bulunan yaklaşık olarak 21 km² ve 45 km² alanlara sahip Karadere ve Hodar Deresi havzalarında çeşitli tekerrür süreleri için taşkın pik debileri tahmini sentetik birim hidrograf yöntemlerinden DSİ Sentetik ve Mockus metotlarıyla hesaplanmıştır. Yağış değerleri Kırıkkale Meteoroloji İstasyonu'ndan 2010 yılına kadar ölçülen değerler kullanılarak hesaplar yapılmıştır. Bulunan farklı taşkın pik debileri HEC-RAS programına girilip analizler yapılarak mevcut kesitlerin yeterli olup olmadığı incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; hali hazırdaki kesitlerin yetersiz olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Taşkın, yağış, sentetik birim hidrograf, DSİ Sentetik, Mockus, Karadere, Hodar Deresi, HEC-RAS.

ABSTRACT

CALCULATION OF FLOOD FILLETS OF KIRIKKALE KARADERE AND HODAR STREAMS AND ONE DIMENSIONAL MODELİNG İN HEC-RAS PROGRAM

ÜÇÜNCÜ, Zeynep

Kırıkkale University

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Osman YILDIZ

June 2018, 152 pages

Within the scope of this thesis, the flood peaks of the Karadere and Hodar Stream basins, which have approximately 21 km² and 45 km² areas within the boundaries of Kırıkkale province, were estimated by DSI Synthetic and Mockus methods from the estimated synthetic unit hydrograph methods for various recurrence times. Rainfall values were calculated using the values measured from Kırıkkale Meteorology Station until 2010. The different flood forecasts were analyzed in HEC-RAS program and it was examined whether the existing sections were sufficient. According to the obtained results, it seen that the existing sections are inadequate.

Keywords: Flood, precipitation, Synthetic unit hydrograph, DSI Synthetic, Mockus, Karadere, Hodar Stream, HEC-RAS.

TEŞEKKÜR

Lisans öğrenciliğimde Hidrolik alanına özel bir ilgi duymamda etkili olan ve tez hazırlama sürecinde yardım, öneri ve bilgilerini sunarak yol gösteren ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen çok kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Osman YILDIZ'a çok teşekkür ederim.

Tez çalışmaları sırasında yardımlarını eksik etmeyen Arş. Gör. Gaye OĞUZTÜRK'e, Arş. Gör. Akın DUVAN'a ve Arş. Gör. Ali DOĞU'ya ve son olarak bu tezin hazırlanması esnasında manevi desteklerini benden esirgemeyen aileme ve biricik anneanneme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
TABLolar DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. ÇALIŞMANIN AMACI.....	3
1.2. LİTERATÜR ÖZETLERİ	4
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	5
2.1. TAŞKIN HİDROLOJİSİ	5
2.1.1. Taşkın Nedir?	5
2.1.2. Taşkınlara Sebep Olan Faktörler.....	5
2.1.3. Taşkınların Beraberinde Getirdiği Faydalar ve Zararlar	7
2.1.4. Taşkın Tekerrürü ve Olasılığı	8
2.2. TAŞKINLARIN HİDROLOJİK VERİLERİ	8
2.2.1. Arazi Verileri	11
2.2.1.1. Drenaj Alanının Büyüklüğü	11
2.2.1.2. Drenaj Alanının Şekli ve Yönü	12
2.2.1.3. Drenaj Alanının Eğimi	13
2.2.1.4. Drenaj Alanındaki Akarsu Yatakları.....	14
2.2.1.5. Drenaj Alanının Depolama Kapasitesi.....	15
2.2.1.6. Drenaj Alanının Bitki Örtüsü	15
2.2.1.7. Drenaj Alanının Toprak Örtüsü ve Özellikleri.....	16
2.2.1.8. Drenaj Alanının Yağış-Akış Bağıntısı	17
2.2.2. Yağış Verileri	17
2.2.2.1. Yağışın Şekli	18
2.2.2.2. Yağışın Şiddeti	19

2.2.2.3. Yağışın Süresi	19
2.2.2.4. Yağışın Yönü	20
2.2.2.5. Yağışın Zaman İçerisindeki Dağılımı	20
2.2.2.6. Yağışın Alansal Dağılımı	23
2.2.2.7. Yağışın Ölçümü	23
2.3. HEC-RAS YAZILIMI	24
2.3.1. HEC-RAS Proje Üretme	24
2.4. AKIM TIPLERİ	27
2.4.1. Düzenli ve Düzensiz Akım	30
2.4.2. Üniform ve Üniform Olmayan(Değişken) Akım	31
2.4.3. Açık Kanallarda Akım Rejimleri	32
2.4.4. Açık Kanal Hidroliğinde Temel Denklemler	33
2.4.4.1. Üniform Akımlarda Enerji Denklemi	34
2.4.4.2. Üniform Akım Formülleri	36
2.5. BAŞLANGIÇ KAYIPLARI VE AKIŞIN KISIMLARA AYRILMASI	40
2.6. HİDROGRAF	44
2.6.1. Hidrografın Şekli	45
2.6.2. HİDROGRAFIN ZAMAN KARAKTERİSTİKLERİ	47
2.6.3. BİRİM HİDROGRAF	48
2.6.3.1. Gözlem Verilerinden Birim Hidrografın Elde Edilmesi	49
2.6.3.2. Sentetik Yöntemlerle Birim Hidrografın Elde Edilmesi	51
2.6.3.2.a. Sentetik Birim Hidrografın DSİ Sentetik Metot İle Elde Edilmesi	51
2.6.3.2.b. Sentetik Birim Hidrografın Mockus Metodu İle Elde Edilmesi	54
3. ARAŞTIRMA VE BULGULAR	56
3.1. ÇALIŞMA ALANI	56
3.2. KARADERE VE HODAR DERESİ İÇİN TAŞKIN DEBİLERİNİN HESABI	58
3.2.1. FARKLI SENTETİK YÖNTEMLERLE MUHTELİF TEKERRÜRLÜ TAŞKIN DEBİLERİNİN BULUNMASI	58
3.2.1.1. Sentetik Birim Hidrografın DSİ Sentetik Metodu ile Elde Edilmesi	58

3.2.1.2. SENTETİK BİRİM HİDROGRAFIN MOCKUS YÖNTEMİ İLE ELDE EDİLMESİ.....	79
3.3. HEC-RAS PROGRAMINDA KESİTLERİN OLUŞTURULMASI	111
3.3.1. Karadere Dere Hattı için Kesitlerin Oluşturulması.....	111
3.3.1.1. Model Analizi.....	116
3.3.2. Hodar Deresi İçin Kesitlerin Oluşturulması.....	140
3.3.2.1. Model Analizi.....	142
4. SONUÇ VE ÖNERİ.....	149
KAYNAKLAR	151



TABLÖLAR DİZİNİ

TABLO

SAYFA

2. 1. Açık kanallarda viskozite ve yerçekimi etkisi	33
2. 2. Pürüzlülük Katsayısı Tablosu	39
2. 3. DSİ Sentetik Metot Boyutsuz Birim Hidrograf Koordinatları	53
3. 1. Karadere anakol harmonik meyil hesabı.....	58
3. 2. Karadere drenaj alanı için DSİ Sentetik metotla hesaplanmış birim hidrograf koordinatları	60
3. 3. Kırıkkale bölgesi için Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından oluşturulan tablodan alınan maksimum yağış değerleri.....	61
3. 4. Karadere drenaj alanı için elde edilen yağış değerleri	62
3. 5. Drenaj alanı yağışının (100 yıllık için) birim hidrograf süresi ve katlarında zaman içerisindeki dağılımı-akışı ve artım akışı (mm).....	63
3. 6. Karadere drenaj alanı için 100 yıl tekerrürlü yağıştan meydana gelen yüzeysel akışın oluşturduğu taşkın sarfiyatı	61
3. 7. Hodar deresi anakol harmonik meyil hesabı.....	62
3. 8. DSİ sentetik metotla hesaplanmış birim hidrograf koordinatları.....	70
3. 9. Hodar deresi drenaj alanı için elde edilen yağış değerleri	71
3. 10. Drenaj alanı yağışının (100 yıllık için) birim hidrograf süresi ve katlarında zaman içerisindeki dağılımı-akışı ve artım akışı (mm).....	73
3. 11. Hodar Deresi drenaj alanı için DSİ Sentetik Metoda göre hesaplanmış yüzeysel akıştan meydana gelen taşkın sarfiyatı.....	75
3. 12. Karadere drenaj alanı için mockus metodu ile hesaplanmış dolusavak sarfiyatı noktalama tablosu.....	80
3. 13. Karadere drenaj alanı için mockus birim hidrograf değerleri	85
3. 14. Karadere drenaj alanı için yağış değerleri.....	86
3. 15. Karadere drenaj alanı için Mockus Metoduna göre bulunan yağış-akış değerleri tablosu	88
3. 16. Karadere drenaj alanı için Mockus Metoduna göre taşkın sarfiyatı tablosu....	88
3. 17. Hodar deresi drenaj alanı için mockus metodu ile hesaplanmış artım hidrografları noktalama tablosu	95

3. 18. Hodar deresi drenaj alanı için mockus birim hidrograf değerleri	100
3. 19. Hodar Deresi yağış değerleri.....	101
3. 20. Hodar Deresi drenaj alanı için mockus metoduna göre bulunan yağış-akış değerleri tablosu	103
3. 21. Hodar Deresi drenaj alanı için mockus metoduna göre hesaplanmış taşkın sarfiyatı tablosu	104
3. 22. Q_T debileri için Z_T katsayıları	109
3. 23. Karadere için DSİ Sentetik ve Mockus Metotlarına göre hesaplanmış 100 yıl tekerrürle gelen maksimum debi değerleri.....	109
3. 24. Hodar Deresi için DSİ Sentetik ve Mockus Metotlarına göre hesaplanmış 100 yıl tekerrürle gelen maksimum debi değerleri	109
3. 25. Karadere ve Hodar Deresi için bulunan Q500 debi değerleri	110

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL

SAYFA

2. 1.	Bir havza sistemi üzerinde hidrograf ve hiyetograf gösterimi [13]	10
2. 2.	Havza yerleşiminin hidrografın şekli üzerinde etkisi.....	12
2. 3.	Havza şeklinin hidrograf üzerindeki etkisi	13
2. 4.	Yağış yönünün hidrograf üzerindeki etkisi	20
2. 5.	Türkiye’de yağışın zaman içerisindeki dağılımı	21
2. 6.	Türkiye’de kritik yağış süreleri	22
2. 7.	Yağışın alan dağılım grafiği.....	23
2. 8.	HEC-RAS ana pencere ekranı.....	24
2. 9.	HEC-RAS programına dere güzergahı girilmesi	25
2. 10.	Hec-Ras girdisi olan geometrik data ile enkesitlerin tanımlanması.....	26
2. 11.	Serbest yüzeyli akım ya da açık kanal akımı	28
2. 12.	Basınçlı akım ya da boru akımı.....	28
2. 13.	Akımların sınıflandırılması	29
2. 14.	Açık kanal akımlarının zaman ve mekâna göre sınıflandırılması.....	29
2. 15.	Düzenli akımın temsili grafik ve şekil üzerinde gösterimi	30
2. 16.	Düzensiz akımın temsili tablo ve şekil üzerinde gösterimi.....	30
2. 17.	Üniform akımın tablo ve şekil üzerinde temsili gösterimi.....	31
2. 18.	Üniform olmayan akımın tablo ve şekil üzerinde temsili gösterimi	31
2. 19.	Temel enerji denklemindeki veriler	34
2. 20.	Suyun yeryüzündeki hidrolojik çevrimi.....	40
2. 21.	Yağışın farklı yerlere giden bölümleri	42
2. 22.	Üniform bir yağışın oluşturacağı akışın zamanla değişimi.....	42
2. 23.	Hiyetograf ve Hidrograf Elemanları	45
2. 24.	Birim hidrografın elde edilmesi	50
3. 1.	Karadere ve Hodar Deresi havza alanlarının uydu görüntüsü.....	56
3. 2.	Karadere ve Hodar Deresi’nin uydu görüntüsü	57
3. 3.	Karadere anakoluna ait DSİ sentetik yöntem ile elde edilen birim hidrograf. 61	

3. 4. Karadere drenaj alanı için DSİ Sentetik Metoda göre elde edilmiş 100 yıl tekerrürlü 2-4-6 ve 8 saatlik taşkın hidrografları	62
3. 5. Karadere drenaj alanı için DSİ Sentetik Metoda göre elde edilmiş muhtelif tekerrürlü taşkın hidrografları	62
3. 6. Hodar Deresi anakoluna ait DSİ sentetik yöntem ile çizilmiş birim hidrograf	71
3. 7. Hodar Deresi drenaj alanı için DSİ Sentetik Metoda göre elde edilen muhtelif tekerrürlü taşkın hidrografları	77
3. 8. Hodar Deresi drenaj alanı için DSİ Sentetik Metoda göre elde edilmiş 100 yıl tekerrür süreli 2-4-6 ve 8 saatlik taşkın hidrografları.....	78
3. 9. Karadere drenaj alanı için mockus metoduna göre elde edilmiş maksimum debiyi veren 3 saatlik yağışın oluşturduğu taşkın hidrografi	82
3. 10. Karadere drenaj alanına ait üçgen hidrograf	84
3. 11. Karadere drenaj alanı için mockus metoduna göre elde edilmiş 3, 6 ve 9 saatlik taşkın hidrografi.....	93
3. 12. Hodar Deresi drenaj alanı için mockus metoduna göre elde edilmiş dolusavak taşkın hidrografi	97
3. 13. Hodar deresi drenaj alanı için mockus metoduyla bulunan sentetik üçgen birim hidrografi	99
3. 14. Hodar Deresi drenaj alanı için mockus metoduna göre elde edilmiş 3, 6 ve 9 saatlik taşkın hidrografi.....	108
3. 15. Karadere'ye ait HEC-RAS geometric data ara yüzüne girilen kesitler.....	111
3. 16. Karadere drenaj alanının uydu görüntüsü	112
3. 17. Kızılırmak çıkış noktasında bulunan 1 ve 2 No'lu köprülerin uydu görüntüsü	112
3. 18. Karadere hattı üzerinden kesit örnekleri	113
3. 19. Karadere kanal yatağında atık madde birikintisi.....	116
3. 20. HEC-RAS'a girilen muhtelif tekerrürlü taşkın debisi değerleri	117
3. 21. Karadere dere hattı modelinin analiz sonucu program çıktısı.....	118
3. 22. 25 yıl tekerrürlü debinin boy profili.....	119
3. 23. 50 yıl tekerrürlü debinin boy profili.....	119
3. 24. 100 yıl tekerrürlü debinin boy profili.....	120
3. 25. 500 yıllık debinin boy profili	120
3. 26. 1 No'lu kesit.....	121

3. 27.	2 No'lu kesit.....	122
3. 28.	1 No'lu köprünün mansab kesiti	122
3. 29.	1 No'lu köprünün memba kesiti.....	123
3. 30.	3 No'lu enkesit	123
3. 31.	4 No'lu kesit.....	124
3. 32.	5 No'lu kesit.....	124
3. 33.	6 No'lu kesit.....	125
3. 34.	7 No'lu kesit.....	125
3. 35.	8 No'lu kesit.....	126
3. 36.	9 No'lu kesit.....	126
3. 37.	10 No'lu kesit.....	127
3. 38.	2 No'lu köprünün mansap kesiti	127
3. 39.	2 No'lu köprünün memba kesiti.....	128
3. 40.	11 No'lu kesit.....	128
3. 41.	12 No'lu kesit.....	129
3. 42.	25 yıl tekerrür süreli debinin boy profili	130
3. 43.	50 yıl tekerrür süreli debinin boy profili	130
3. 44.	100 yıl tekerrür süreli debinin boy profili	131
3. 45.	500 yıl tekerrür süreli debinin boy profili	131
3. 46.	1 No'lu enkesit	132
3. 47.	2 No'lu enkesit	132
3. 48.	1 No'lu köprünün mansap enkesiti	133
3. 49.	2 No'lu köprünün memba enkesiti	133
3. 50.	3 No'lu enkesit	134
3. 51.	4 No'lu enkesit	134
3. 52.	5 No'lu enkesit	135
3. 53.	6 No'lu enkesit	135
3. 54.	7 No'lu en kesit	136
3. 55.	8 No'lu en kesit	136
3. 56.	9 No'lu enkesit	137
3. 57.	10 No'lu enkesit	137
3. 58.	2 No'lu köprünün mansap enkesiti	138
3. 59.	2 No'lu köprünün memba enkesiti.....	138

3. 60. 11 No'lu enkesit	139
3. 61. 12 No'lu enkesit	139
3. 62. Hodar Deresine ait HEC-RAS geometrik data ara yüzüne girilen en kesitler	140
3. 63. Hodar Deresinden alınan kesitler	141
3. 64. Hodar Deresi drenaj alanının uydu görüntüsü	142
3. 65. HEC-RAS programına debi değerlerinin girilmesi.....	142
3. 66. Hodar Deresi dere hattı modeli için yapılan analizin program çıktısı	143
3. 67. 25 yıl tekerrürlü debinin boy profili.....	144
3. 68. 50 yıl tekerrürlü debinin boy profili.....	144
3. 69. 100 yıl tekerrürlü debinin boy profili.....	145
3. 70. 500 yıllık debinin boy profili	145
3. 71. 1 No'lu enkesit	146
3. 72. 2 No'lu enkesit	147
3. 73. 3 No'lu enkesit	147
3. 74. 4 No'lu enkesit	148
3. 75. 5 No'lu enkesit	148

1. GİRİŞ

Her canlı sudan yaratıldı. [1]

Susuz bir hayat düşünmemiz mümkün değil. Su canlılığın başlangıcı olmakla birlikte aynı zamanda devamı demek... Hayvan ve bitkiler de dâhil her canlının yaratılışının özü demek... Bütün canlılar yaşamları süresince hayatlarını devam ettirebilmek için suya muhtaçtır. Öyle ki insan vücudunun büyük bir kısmını -yaklaşık üçte ikisini- su oluşturur. Bu oran kâinattaki su oranıyla da hemen hemen aynıdır. Bu oranın büyük bir kısmını buzullar, okyanuslar, denizler, göller, akarsular ve nehirler oluşturur. Su adeta yeryüzünü kuşatan, bize verilen en özel nimetlerden bir tanesidir. Suyla iç içe olan bu yaratılışımız kaçınılmaz bir şekilde bizi sarmalamıştır. Edebiyatımızda suyun bambaşka bir yeri vardır, tasavvufta hakeza ve felsefede ise su bir sırdır adeta ve hatta gizemlidir, o imgemizi doğallaştırmaya, biz insanlara masumluk ve doğallık katmaya yardımcıdır [2]. Yaratılışı itibariyle tertemiz olan su aynı zamanda hem insanlığın hem kâinatın temizliğine ve temizlenmesine hizmet eden bir aracı olmuştur asırlar boyu [3].

Suyun yeryüzündeki hareketinden bahsedecek olursak; su molekülleri maddenin her üç halinde birbirini izleyen bir dönüşüm içerisinde, işleyişinde en ufak bir aksaklık olmadan asırlardır devam ede gelen hidrolik çevirim dediğimiz sürekli bir döngü içerisinde. Su molekülleri deniz veya okyanuslardan güneş enerjisiyle ısınıp buharlaşarak yükselen hava akımıyla birlikte atmosferde yukarı taşınır. Atmosferde yükselen su molekülleri soğuk hava tabakasına ulaştığında buradaki bulutlar içerisinde yoğunlaşmaya başlar. Soğukta bir artış olmazsa su molekülleri yağmur şeklinde yeryüzüne düşerken soğukluğun artması durumunda ise yağış dolu veya kar şeklinde gerçekleşir. Ve böylece buharlaşıp yeryüzünden ayrılan su molekülleri, bir kısmı yeryüzünü temizleyip tazelandirirken bir kısmı ise tekrar denizlere, okyanuslara yeryüzüne yani anayurduna kavuşarak kendi miracını tamamlar adeta [4]. Daha az bir kısmı da yer altı sularına karışarak böylece akarsuları, dereleri besler. Bu şekilde suyun yeryüzündeki döngüsü sürekli olarak devam eder. Bu döngü düşünüldüğünde şu anda yeryüzündeki su moleküllerinin dünyanın ilk yaratıldığı

zamanki su moleküllerinden aslında farklı olmadığı gerçeği karşımıza çıkar. Bu şekilde su molekülleri, yeryüzünde muntazam bir ilahi düzen ve sistem içerisinde görevini devam ettirmektedir. Su döngüsünün yeryüzündeki doğal akışı bu denli önemlidir. Ve onu korumak, bozmamak da biz insanların elinde...

O gökten su indirir ve vadiler kendi hacmince sel olup akar; sel, suyun üstünde kabaran köpüğü/çer çöpü alıp götürür. [5]

Atmosferden yeryüzüne inen yağışın uzun süre devam etmesi veya şiddetli olması gibi durumlarda akarsu kanalları kapasiteyi aşarak taşabilir. Eğer ki akarsu kenarlarında binalar, hayvan barınakları, yeme-içme tesisleri vb. varsa elbette ki buralarda can ve mal kayıpları meydana gelmesi kaçınılmaz olacaktır. Yani aslında taşkınların gerçekleşmesi çoğunlukla yağışlara bağlı gayet doğal, tabii bir olayken yanlış arazi kullanımı, su kaynaklarının insan faaliyetlerinden ötürü zarar görmesi, ormanların ve yeşil alanların tahribi gibi insan kaynaklı yanlış uygulamalar nedeniyle taşkınlar bir afete dönüşmekte, birçok insan, hayvan ve bitki zarar görmekte can ve mal kayıpları kaçınılmaz hale gelmektedir.

Esasında taşkın olayı aynı zamanda beraberinde birçok fayda getiren, yeryüzünün de ihtiyacı olan tabii bir olaydır. Çünkü taşkınlarla birlikte toprağın verimi de artmakta akarsu ve derelerin rejimi yenilenmekte, suda yaşayan canlılar için beslenme ve göç etme imkânı artmaktadır. Bu ve benzeri faydalardan yararlanmak için yanlış ve plansız uygulanan insan faaliyetleri en aza indirilerek taşkınlardan görülen zararlar minimize edilebilir.

Ülkemiz yüzey şekilleri bakımından genellikle dağlık ve engebeli bir yapıya sahiptir. Ortalama yüksekliği 1132 m olup, yüzölçümünün %56'sını yüksekliği 1000 m civarı olan alanlar kaplamaktadır. Bu durum içinde barındırdığı akarsuların karakteristik özelliklerini de doğrudan etkilemektedir. Buna bağlı olarak akarsularımız hızlı akmakta ve dolayısıyla aşındırma güçleri de fazla olmaktadır. Bu da taşkınların sık sık yaşanmasına neden olmaktadır.

Bu tez çalışması 4 bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm giriş, çalışmanın amacı, literatür özetlerini ihtiva ederken, ikinci bölüm çalışma sırasında kullanılan materyal ve yöntem, üçüncü bölüm de yapılan hesaplamaları ve elde edilen bulguları içermekte, son olarak dördüncü bölümde ise sonuç ve önerilere yer verilmektedir.

1.1. Çalışmanın Amacı

Ülkemizde her yıl birçok doğal afet meydana gelmekte olup bunların en çok can ve mal kaybına neden olanı depremlerden sonra taşkınlardır. Doğal afetlerin tamamen önlenmesi mümkün değilse de alınabilecek önlemlerle can ve mal kaybı en aza indirilerek taşkınların bir felakete dönüşmesi önlenabilir.

Kırıkkale bulunduğu konum itibariyle konvektif yağışların çok fazla yaşandığı bir şehrimizdir. Dolayısıyla kısa süreli şiddetli yağışlar sonucu bölgede zaman zaman taşkınlar görülmektedir. Sadece 2011 ve 2015 yılları arasında 3 defa taşkın gerçekleşmiş birçok tarım alanı, yerleşim yeri ve hayvan zarar görmüştür. Bu nedenle bu bölgede yaşanacak taşkınların önceden tahmin edilmesi ve meydana gelebilecek zararların minimize edilmesi için gerekli önlemlerin alınması önem arz etmektedir.

Bu çalışmada incelenen Kırıkkale ilinin Bahşılı ilçesinde bulunan Karadere ve Hodar derelerinde de zaman zaman taşkınlar meydana gelmiş olup çevre, halk ve birçok hayvan bu taşkınlardan olumsuz yönde etkilenmiştir. Özellikle Hodar Deresi ve Karadere’de 2014 yılında meydana gelen taşkın bölgede büyük zararlara sebebiyet vermiştir.

Bu yüksek lisans tezi çalışması kapsamında Karadere ve Hodar derelerinin DSİ Sentetik ve Mockus metotlarıyla muhtelif süreli taşkın debileri elde edilmiş, bu debiler HEC-RAS programına girilip analizler yapılarak dere kanalının kesit kontrolü yapılmıştır.

1.2. Literatür Özetleri

Akarsularda taşkın olayını önceden tahmin edip gerekli önlemleri almak en eski ama en önemli problemlerden biridir. Bu nedenle taşkınların incelenmesi amacıyla birçok paket program ve sayısal hesaplamalar geliştirilmiştir. Bu programlar ve hesaplamalar kullanılarak yapılan tahminlerle, taşkın oluşturacağı olası etkiler önceden belirlenip gerekli önlemler alınabilir. Bu paket programlara örnek olarak HEC-RAS, CES/AES, MIKE HYDRO Basin, BASINS verilebilir.

O. Sönmez, M. Öztürk, E. Doğan yaptıkları çalışmada, İstanbul'un önemli derelerinin 100 yıllık taşkın debilerini Mockus, Snyder, Krpich, S.C.S yöntemleriyle elde edip bu değerleri karşılaştırıp her birinin göz önüne alınarak gerekli hesaplamaların yapılması gerektiğini vurgulamışlardır. Aynı zamanda havzaların taşkın debileri hesaplanırken kullanılacak sentetik birim hidrografın bulunması sırasında yağış miktarları ve akış ölçümleri ile havzanın karakteristik özellikleri, havza alanının büyüklüğü ve drenaj alanının eğiminin doğru bir şekilde tespit edilmesi gerektiğinin önemini belirtmişlerdir [6].

H. Çelik, yaptığı çalışmada İstanbul Kozdere'nin taşkın debilerini DSİ Sentetik, Mockus, Snyder yöntemleriyle elde etmiştir [7].

İ. Uçar, Trabzon Değirmendere havzasının arazi modelini ArcGIS ile oluşturmuş ve drenaj alanı, eğimi, akarsu sistemi ve hidrolojik katmanları da bu program yardımıyla elde etmiş, dere profili ve enkesitleri, dere pürüzlülüğü gibi topoğrafik katmanları hazırlayıp, hidrolik analizleri HEC-RAS programında yapmıştır [8].

E.Şahin ve ark., Kıbrıs Güzelyurt'ta meydana gelen taşkını incelemişler, SCS sentetik birim hidrografları elde etmişlerdir. HEC-RAS yazılımı ile Bostancı ve Fabrika derelerini modellemişlerdir [9].

M. Üyüküoğlu, Ilıca Deresi taşkın yatağı üzerinde yaptığı çalışmada dere üzerinden kesitler alarak bunları HEC-RAS programında kullanarak su yüzü profillerini

belirlemiş, taşkın alanlarını elde etmiştir. Daha sonra yeni bir güzergah elde ederek dere yatağını ıslah edip, HEC-RAS programı yardımıyla kontrolünü yapmıştır [10].

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. TAŞKIN HİDROLOJİSİ

2.1.1. Taşkın Nedir?

Taşkın, durağan veya hareket halindeki bir akarsu yatağındaki su kütlesinin meteorolojik veya herhangi dış etkilerin sonucu yatağından taşması olayıdır. Taşkın esnasında akımın en üst değerine ulaştığı gözlenir. Bir taşkın karakterize edilmesinde en önemli büyüklükler taşkın pik debisi, taşkın hidrografi (yükselme ve çekilme eğrileri), taşkın süresi ve su seviyesidir.

2.1.2. Taşkınlara Sebep Olan Faktörler

Taşkınların oluşumunu doğal nedenler ve insan faaliyetlerine bağlı olarak ortaya çıkan nedenler olmak üzere iki kısımda inceleyebiliriz.

Şiddetli yağışlar, gel-git fırtına dalgaları, uzun süreli kar yağışı, kar erimeleri, uzun süreli sağanaklar, kar veya buzun hızlı bir şekilde erimesi gibi durumlar taşkınlara sebebiyet veren meteorolojik faktörlerdir. Ve bu faktörler tamamen doğal olup bu koşullara müdahale edilmesi mümkün olmadığından bunlar üzerinde herhangi bir önlem alınması mümkün değildir.

Bununla birlikte bir bölgedeki taşkınların yağmur şeklindeki bir yağıştan mı yoksa kar veya buz erimesinden mi ya da bunların birlikte tesirinden mi meydana geldiğinin bilinmesi önem arz eder. Örneğin, Türkiye’deki birçok akarsularda kış taşkınları yağmurdan meydana gelirken, ilkbahar taşkınları ise kar erimesinden

meydana gelmektedir. Yağmurun tesiriyle oluşan taşkınlarla pik debi yüksek, pike ulaşma ve taşkın süresi kısa iken; karın etkisiyle oluşan taşkınlarla ise, pik debi küçük hacim büyük, pike ulaşma ve taşkın süresi büyük olduğu görülmektedir.[11]

Ülkemizde yaşanan taşkınların en önemli nedenlerinden biri insanların suyun doğadaki doğal akışının bozulmasına, değişmesine sebep olacak her türlü yaptıkları yanlış faaliyetlerdir. Bunlardan verilebilecek bazı örnekler şunlardır:

- Dere yatağının etrafına veya dere yatağının üzeri kapatılarak buralara yapılan konutlar, rekreasyon tesisleri,
- Dere yatağına yapılan bazı müdahaleler sonucu yatağın daraltılması,
- Plansız bir şekilde ilerleyen yanlış şehirleşme faaliyetleri,
- Sanayileşme,
- Tarım alanlarının bilinçsiz ve yoğun bir şekilde kullanımı,
- Akarsu vadisinde yayılan yerleşimler,
- Dere yatağına atılan çöp, sanayi ve evsel atıklar gibi faaliyetler sonucu suların doğal akışı etkilenip bozulmaya başlamaktadır.

Bunun sonucu olarak taşkınların oluşumu ve şiddeti de giderek artmakta, can ve mal kayıpları da kaçınılmaz hale gelip bu durum gün geçtikte daha da kötüye gitmektedir. Doğa ile uyum içerisinde olmayan bu faaliyetler üzerinde alınabilecek geniş kapsamlı önlemlerle taşkınlarla meydana gelebilecek zararların minimize edilmesi mümkündür.

Bununla birlikte;

- Havza alanının büyüklüğü,
- Havzanın coğrafi ve topoğrafik yapısı ve eğimi,
- Akarsu yatağının fiziki yapısı ve eğimi,
- Akarsu kollarının sıklığı ve şekli,
- Arazinin bitki ve toprak örtüsü,
- Havza içerisinde yapay veya doğal göllerin bulunması,

- Zeminin durumu gibi faktörler de taşkınlara sebep olan fizyografik faktörler olup bunlar da havzanın karakteristik özellikleriyle alakalıdır.

2.1.3. Taşkınların Beraberinde Getirdiği Faydalar ve Zararlar

Taşkınlardan görülen zararlar taşkınının büyüklüğü, akarsu yatağından taşan suyun hızı ve miktarı, taşkınının yayıldığı bölgenin büyüklüğü, ekonomik değeri ve yerleşim alanlarına yakınlığı, drenaj alanının su altında kalma yüksekliği ve süresi gibi faktörlere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Şiddetli taşkınlar sonucu birçok canlı hayatını kaybetmekte, çevredeki yapılar zarar görüp kullanılamaz hale gelmekte, akarsu havzasından erozyon, aşınma, oyulma nedeniyle milyonlarca m³ toprak denizlere taşınmakta, salgın hastalıklar yayılmakta, toprağın verimi kısmen düşüp üretim azalmakta, ticaret, ekonomi, turizm gibi hizmet faaliyetleri aksamaktadır. Taşkınlar çoğunlukla oluşturduğu bu gibi zararlar nedeni ile bir doğal afet olarak bilirse de taşkınların yeryüzünde bıraktığı yararlar da göz ardı edilemez. Örnek olarak üst zemin taşkınlar sonucu yenilenerek organik madde açısından zengin hale gelmektedir. Dere kenarlarında oluşan sürekli aşınmalar sonucu organik maddeler ve besin elementleri akarsuya karışır, ağaç ve tohumlara gerekli su sağlanır, bitkilerin büyümesi düzenli hale gelir. Yer altı suyu taşkınlar esnasında beslenerek seviyesi yükselir. Ayrıca dere yatağında bulunan bitkiler taşkın esnasında temizlenerek akım daha düzenli hale gelir. Taşkınların sucul organizmalar ve balıklar üzerinde de olumlu etkileri vardır. Sucul organizmalar beslenip üreyebilecekleri besin açısından daha zengin ve akım koşulları açısından daha sakin olan bölgelere ihtiyaç duyarlar ve taşkın sırasında da yaşamları için elverişli olan bu bölgelere çok daha az enerji harcayarak göç etmiş olurlar. Ayrıca taşkın sonucu genişleyen akarsu yatağı küçük balıkların hayatta kalma şansını arttırmada da etkilidir. Yetişkin balıklar için ise taşkınlar, üreme dönemlerinin geldiğini anlamalarını sağlar. Aynı zamanda balıkların yumurtalarını bıraktıkları çakıllı akarsu tabanı hızla akan su ile temizlenerek üreme için elverişli hale gelmiş olur. Suda yaşayan bazı hayvanlar yaşamlarının bazı dönemlerinde göç ederler. Bu canlılar taşkınlarla birlikte daha az enerji harcayarak göçlerini sağlamakta ve denize ulaşabilmektedirler.

2.1.4. Taşkın Tekerrürü ve Olasılığı

Taşkın tekerrür süresinin tayini için istatistik dalından faydalanılarak taşkın frekans analizi yapılır. Ancak bulunacak değerlerin ihtimal dâhilinde veriler olup bunların gerçeği tam olarak yansıtmayacağı unutulmamalıdır. Yani bu taşkınların belirli tekerrür sürelerinde düzenli aralıklarda meydana gelmesi beklenilmez. Uzun tekerrür süreli taşkınlar birkaç yıl art arda gelebilir. Bu nedenle herhangi bir tekerrüre sahip olan taşkın olasılığı hiçbir zaman %100 olmaz. Nitekim geçmiş verilerden yararlanarak geleceğin tahmin edilmesi demek, geçmiş verilere güvenerek gelecekteki verilerin değişmeyeceği anlamına gelmez.[11]

Bazı yapılar için tekerrür aralığının seçimi: [12]

- Toprak barajlarda 15.000 yıl
- Kaya dolgu barajlarda 10.000 yıl
- Beton barajlarda 1000 yıl
- Bağlamalarda (şehir yakınlarında) 250 yıl
- Bağlamalarda (şehirden uzakta) 100 yıl
- Batardolarda 25 yıl olarak seçilebilir.

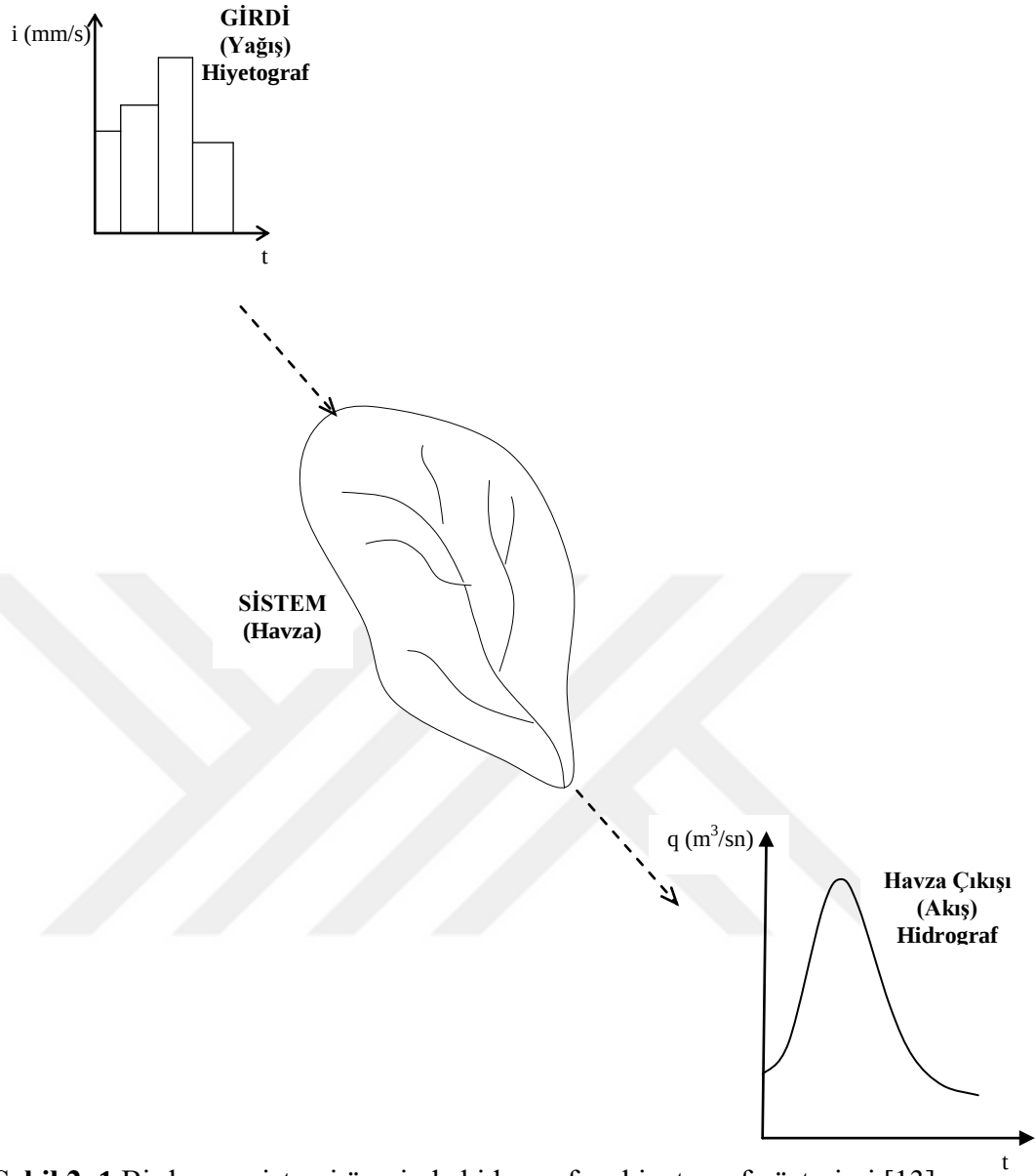
2.2. TAŞKINLARIN HİDROLOJİK VERİLERİ

Taşkın hesaplarında kullanılan hidrolojik veriler içerisinde özellikle akım verileri, arazi ve yağış verileri önem taşımaktadır. Bu veriler birbiriyle alakadardır. Bunlardan birinin doğru bir şekilde hesaplanabilmesi için diğer verilerin de doğru bulunmuş olması gerekmektedir. Yoksa sonuçların birbiriyle çakışması kaçınılmaz olacaktır.

- ✓ Arazi verileri; taşkın hidrografının sentetik yolla hesaplanmasında, çalışılan alanın sentetik birim hidrografi bulunurken yapılan hesaplamalarda gereklidir. Bu veriler bölgeye ait haritalardan, uygun tablo ve grafiklerden doğru bir şekilde elde edilmelidir.

- ✓ Akım verileri, taşkın hesaplarında direk olarak kullanılır. Dolayısıyla sonuçların güvenilirliği üzerinde oldukça etkilidir, doğru hesaplanması bu yüzden önemlidir. Akım verilerinin güvenilir olması için de arazi verilerinin doğru bir şekilde bulunmuş olması gerekmektedir.
- ✓ Taşkın hesabında etki edecek olan bir diğer önemli husus yağış değerleridir. Bu da Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün üzerinde çalışılan bölgenin en büyük yağış değerleri tablosundan veya yine o bölgeye ait şiddet-müddet-tekerrür eğrilerinden elde edilir. Bu çalışmada yağış verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün Kırıkkale iline ait yağış değerleri tablosu üzerinden elde edilmiştir.





Şekil 2. 1. Bir havza sistemi üzerinde hidrograf ve hiyetograf gösterimi [13]

2.2.1. Arazi Verileri

Havza, içerisinde akarsu veya dere barındıran bir yeryüzü şeklidir. Aynı zamanda drenaj alanı, su toplama havzası veya drenaj sahası gibi isimlerle de adlandırılabilir.

Havza, üzerine düşen yağışı akışa çeviren bir sistem olarak düşünülebilir. Yağışın hiyetografı sistemin girdisini oluştururken, havza çıkışında elde edilecek olan akımın hidrografı ise sistemin çıktısını oluşturur. Çünkü hiyetograf yağışla alakalıdır. Alana düşen yağış şiddetinin yağış yüksekliği şeklinde genellikle basamaklı olarak gösterildiği bir grafiktir. Hidrograf ise akış ile alakalıdır ve drenaj alanına düşen yağışın akışa geçen kısmının zamanla değişiminin gösterildiği grafiktir. Hiyetograf ve hidrografın doğru bir şekilde elde edilebilmesi için öncelikle havza karakteristiklerinin yani; drenaj alanının büyüklüğü ve şekli, eğimi, içerisinde barındırdığı akarsu yatakları, depolama kapasitesi, toprak ve bitki örtüsü gibi özelliklerinin de doğru bir şekilde elde edilmiş olması gerekmektedir

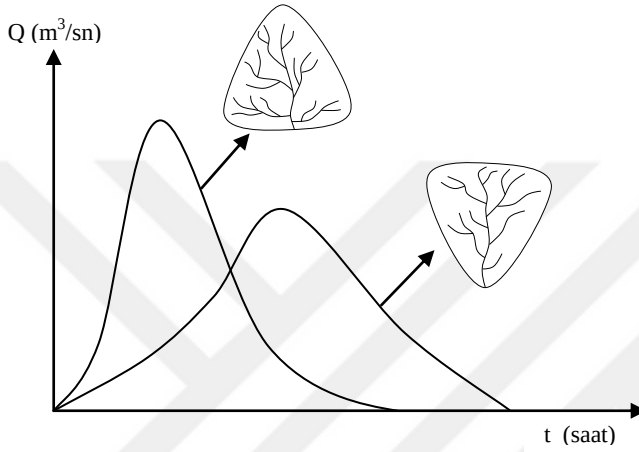
2.2.1.1. Drenaj Alanının Büyüklüğü

Drenaj alanı taşkınların sentetik yolla hesabında en başta belirlenmesi gereken değerlerden biridir. Bir drenaj alanında meydana gelecek olan taşkın büyüklüğü drenaj alanının büyüklüğü ile alakalıdır. Şöyle ki havzanın drenaj alanının büyük olması havzada toplanıp akışa geçecek olan su miktarının da artması demektir. Taşkın hacmi drenaj alanının büyümesi ile artar. Drenaj alanının büyüklüğü arttıkça taşkın pike ulaşma ve devam süreleri de artmakta, taşkın hacminin büyümesiyle birlikte birim alandan geçen taşkın miktarı ise azalmaktadır. [11]

Havza alanlarının küçük veya büyük olmasıyla çeşitli farklılıklar görülür. Küçük havzalarda akışın yıl içerisindeki dağılışı daha düzensiz iken daha büyük havzalarda bu dağılım daha düzenli bir hale gelebilmektedir.

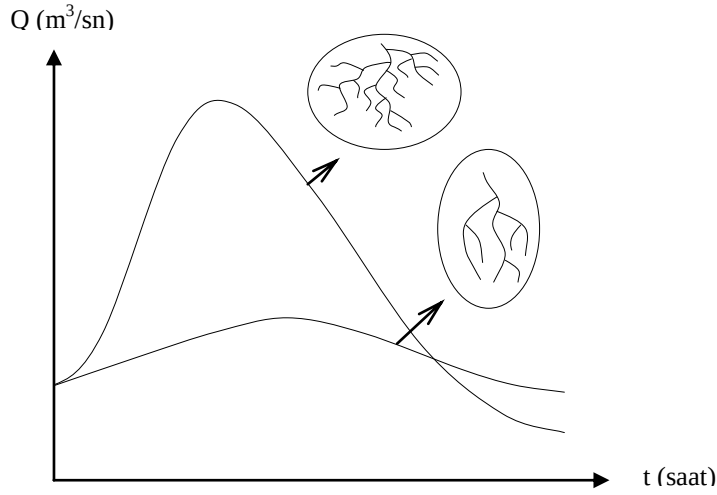
2.2.1.2. Drenaj Alanının Şekli ve Yönü

Taşkınların oluşmasında drenaj alanının şeklinin etkisi önemlidir. Diğer bütün özellikleri aynı olup şekilleri farklılık gösteren iki havzadan meydana gelecek olan taşkın hacimleri aynıdır. Fakat drenaj alanının şekline göre sarfiyat miktarları ile taşkınların pike ulaşma ve devam süreleri farklılık gösterir. [13]



Şekil 2. 2. Havza yerleşiminin hidrografın şekli üzerinde etkisi

Aynı alana sahip, aynı yağışı alan yuvarlak bir havza ile uzun bir havzanın davranışları da farklılık gösterir. Uzun havzanın hidrografında daha yayvan ve pik değeri daha düşük bir hidrograf oluşurken, yuvarlak havzada daha dik ve pik değeri daha yüksek bir hidrograf oluşur.



Şekil 2. 3. Havza şeklinin hidrograf üzerindeki etkisi

2.2.1.3. Drenaj Alanının Eğimi

Taşkınlar üzerinde etkili olan bir diğer önemli havza karakteristiği de drenaj alanının eğimidir.

Bir drenaj alanının eğimi farklı şekillerde elde edilebilir. Bu çalışmamızda drenaj alanının eğimi topoğrafik harita üzerinden eş yükselti eğrileri yardımıyla elde edilmiştir.

Havzanın eğiminin fazla olması akışa geçen yağışın dere yatağı içerisinde hızlı bir şekilde ilerlemesine sebep olur. Bu durum süzölmeye zaman ayıramayacağı için taşkın sarfiyatını artırır. Aynı zamanda hızla ilerleyen akım taşkının pike ulaşma ve taşkın sürelerinin daha erken görülmesine sebep olur. Eğimin daha az olduğu havzalarda ise daha yavaş ilerleyen akım sebebiyle süzölme olayına zaman kalacak dolayısıyla sarfiyat daha az olacaktır. Aynı zamanda taşkının pike ulaşma ve taşkın süreleri de uzayacaktır.

Havzanın eğiminin artmasıyla birlikte akışın yıl içerisindeki dağılımının düzensizleştiği, geçiş süresinin azaldığı ve maksimum debinin arttığı görülmüştür. [13]

2.2.1.4. Drenaj Alanındaki Akarsu Yatakları

Akarsu yatağı, kaynakla akarsuyun denize veya göle döküldüğü ağzı; başka bir deyişle havzanın memba ile mansabı arasında uzanan, akarsuyun içinde aktığı eğimli, çukurlu bir alandır.

Havza içerisindeki akarsu yataklarının boyunun kısa ve fazla sık olması toplanma zamanının azalmasına sebep olacaktır. Bu da taşkınların büyümesinde, pike ulaşma ve taşkın sürelerinin kısılmasında etkili olur.

Akarsuyun havza içerisinde kollarıyla oluşturduğu ağa ise akarsu ağı denilmektedir. Bir havzadaki akarsu ağının özellikleri şu şekilde belirlenebilir: [14]

1. Akarsu Yoğunluğu: Ayrı ayrı her bir akarsu kolunun sayısının havza alanına oranıdır.
2. Drenaj Yoğunluğu: Drenaj alanındaki bütün kollar dâhil olmak üzere her bir akarsu kolunun toplam uzunluğunun havza alanına oranıdır. Yaklaşık olarak $0.5-2.5 \text{ km/km}^2$ arasında bir değerdir. Drenaj yoğunluğunun büyük olması taşkınların şiddetinin artmasına neden olur.
3. Akarsu Profili: Akarsuyun kaynağı ile ağzı arasındaki yükselti farkının değişimini gösteren profildir.
4. Akarsu Ağının Şekli: Zeminin jeolojik özelliklerine bağlı olarak akarsu ağının şekli değişiklik gösterir. Ülkemizdeki akarsular genellikle
5. Akarsuyun Mertebesi: Bir akarsuyun en küçük kolundan başlayarak kollarının birleştiği noktaların sayılarak bulunan akarsuyun dallanma derecesini ifade eden sayıdır.
6. Akarsuyun Enkesiti

2.2.1.5. Drenaj Alanının Depolama Kapasitesi

Drenaj alanının depolama kapasitesi zeminin cinsine, bitki örtüsüne bağlı olarak değişiklik gösterir.

Yüzey üzerinde girintilerin ve suyun akarken göllenebilecek alanların bulunması yani drenaj alanının depolama kapasitesinin yüksek olması, akış halindeki suyun buralarda birikmesine sebep olur. Bu da pik debinin düşmesinde etkili olup taşkın şiddetinin azalmasında etkilidir. Ayrıca böyle alanlarda hidrograf süresi de uzar.

2.2.1.6. Drenaj Alanının Bitki Örtüsü

Bitki örtüsü yağış-akış ilişkisinde farklı şekillerde karşımıza çıkar. Bunlar;

- ✓ Bitki örtüsüyle kaplı bir alanda yağışın bitkilerin yaprakları üzerinde kalmasıyla yağışın bu kısmı toprağa ulaşamaz ve terlemeyle tekrar atmosfere karışır.
- ✓ Bitki örtüsüyle kaplı bir alanda akım yavaşlar, dolayısıyla su yüzeyde daha çok kalır ve böylece süzülme de artar.
- ✓ Bitkilerin kökleriyle topraktan aldıkları suyun bir kısmı gövdelerinde kalır, bir kısmı ise terleme yoluyla atmosfere karışır. [13]

Birinci ve üçüncü durumda bitkinin yaprak ve gövdelerinden atmosfere karışan sular akışa geçmezler. Dolayısıyla bitkilerdeki terleme olayı ve gelişimleri için gövdelerinde tuttukları su ile yüzey akımının azalmasında etkilidirler. İkinci durumda da toprağa sızan suyun artmasıyla yani süzülme olayının artmasıyla birlikte yine yüzey akımı azalır. Her halükarda bitki örtüsünün varlığı yüzey akımının ve debinin azalmasıyla taşkınların şiddetinin azalması yönünde etkilidir.

İklim, yer şekilleri, toprak örtüsü ve beşeri faktörler gibi etkiler bitki örtüsünün dağılımı üzerinde etkilidir. İklim özelliklerinden sıcaklık ve yağış bitkilerin yetişmesinde, farklılık göstermesinde etkilidir. Sıcaklık ve yağışın fazla olduğu

yerlerde çoğunlukla daha yoğun bitki örtüsüne rastlanırken, soğuk ve kurak bölgelerde ise bitki örtüsünün seyrekleştiği görülmektedir. Yer şekillerini belirleyen yükselti, dağların uzanışı ve bakı özellikleri de bitki örtüsünün farklılık göstermesinde etkilidir. Ayrıca toprağın verimliliği, toprak örtüsünün jeolojik yapısı da bitkilerin dağılışını etkileyen faktörlerdendir.

2.2.1.7. Drenaj Alanının Toprak Örtüsü ve Özellikleri

Drenaj alanını kaplayan toprak örtüsünün cinsi sızma üzerinde etkili olduğu için bu etkisini taşkın boyunca da devam ettirir. Aynı zamanda toprak örtüsünün kalınlığı, cinsi ve özelliklerinin başlangıç kayıpları üzerindeki etkisi bitki örtüsünün oluşturduğu etkiden daha fazladır.

Bir havzanın yüzey özellikleri yağış sırası ve sonrasında, yağışın akışa geçerkenki kısmında oldukça önemlidir. Bu özelliklerden en önemlisi de geçirimsiliktir. Geçirimsilik zeminin su geçirme kapasitesidir ve hız boyutundadır (m/sn) [15]. Zeminin ortalama tane çapına, tanelerin şekline, dizilişine ve boşluk oranına bağlı bir büyüklüktür. Yüzeyin geçirimsiliği özellikle yağışın akışa geçen kısmında önemli bir etkiye sahiptir. Şehirleşmeyle beraber yüzeylerde beton veya asfalt kaplamalı alanların artması, ormanların tahrip edilmesi, sanayi faaliyetleri ve bunun gibi başka faktörlerle geçirimsilik büyük ölçüde azalmaktadır. Bunun sonucu olarak da süzülme azalmakta, yüzey akımı ise artmaktadır. Artan yüzey akımı nedeniyle taşkın piklerinin erken görülmesi ve pik debinin büyük olması kaçınılmaz olmaktadır. Dolayısıyla geçirimsiliğin azalması taşkınların oluşumu ve şiddeti üzerinde artırıcı rol oynamaktadır. Geçirimsiliğin artırılması için yapılabilecek faaliyetler yağışın akışa geçen kısmında azaltıcı etki yapacak dolayısıyla taşkın risklerinin de azalması sağlanabilecektir. Geçirimsiliği olumsuz etkileyecek faaliyetlerin yapılmadığı veya daha az olduğu ve aynı zamanda kum, çakıl, kalker gibi taneleri içeren geçirimsiz yüzeylerde süzülme fazladır, buna bağlı olarak yağışın akışa geçen kısmı yani yüzey akımı daha az ve pik debi daha küçüktür. Dolayısıyla bu tür geçirimsiz araziler taşkınlar üzerinde azaltıcı rol oynamaktadır.

Taşkınlarda etkili olan bir diğer yüzey özelliği de doygunluktur. Bir zeminin doygunluk derecesi boşluklarının barındırdığı su miktarını yansıtan bir ifadedir. Dolayısıyla zeminin doygunluluğunun fazla olması süzülmenin azalmasına ve bu da yüzey akımının artmasına neden olacaktır. Yüzeyin fazla doygun olması geçirimsizliğin aksine taşkınlarda artırıcı rol oynamaktadır. Görüldüğü gibi zeminin geçirimsizliği ve doygunluğu parametreleri akış üzerinde birbirine zıt olarak etki etmektedirler.

2.2.1.8. Drenaj Alanının Yağış-Akış Bağıntısı

Drenaj alanının bitki ve toprak örtüsünün ve arazinin kullanılış amacının taşkınlara üzerindeki etkisi, deneysel yöntemlerle araştırılarak, yağış-akış bağıntısı eğrileri ile hidrolojik zemin grupları tablosu oluşturulmuştur.

Belirli bir yağış yüksekliğine karşı gelecek akış yüksekliğinin tahmin edilmesi taşkınlara derecelendirilmesinde önemlidir. Bunun için de yağış-akış bağıntıları kurmak faydalı olur. Özellikle bu bağıntılar akım değerleri olmayan drenaj alanlarında akış yüksekliğinin tahmin edilmesinde kullanılabilir.[11]

2.2.2. Yağış Verileri

Yeryüzünden buharlaşarak atmosfere taşınan su buharı burada soğuk havanın etkisiyle yoğunlaşarak sıvı hale geçer ve yeryüzüne yağmur şeklinde düşer. Soğumanın devam etmesiyle yağış; dolu, kar, kırılgı şeklinde farklılık gösterebilir.

Taşkınlara oluşmasında en etkili yağışlar kısa süreli ve şiddetli yani konvektif yağışlar ve uzun süreli orografik sağanaklardır.

Yağmurun taşkına etkisi yağışın akışa geçmesiyle beraber başlar. Ancak yağmurla gelen yağışın bir kısmı bitki ve toprak örtüsü tarafından tutulduğundan, drenaj alanındaki esas akış, başlangıç kayıplarının(tutulma, yüzey depolaması ve toprak nemi) daha önce sona erdiği sert ve geçirimsiz alanlarda görülür. Aynı zamanda

yağmurun süresi, şiddeti, zaman ve alan içerisindeki dağılımı da akış üzerinde etkilidir.

Yeryüzünden buharlaşarak yükselen sular soğuk hava tabakasına çarparak yoğunlaşır tekrar yeryüzüne düşer. Eğer soğuk hava tabakasında soğuma fazla olursa bu sefer yoğunlaşan sular kar veya dolu şeklinde düşecektir. Pek çok bölgede akımın en önemli kaynağı kar erimesidir ve ani ve fazla oldukları zaman da taşkınların en önemli sebeplerindendir[11]. Karın taşkınlara etkisi daha çok hacim açısından olur. Sarfiyata az tesir ederken hidrografın pike ulaşma ve taşkın süresinin uzamasında etkili olurlar.

Bulutlarda sıcaklığın birdenbire ve çok fazla düşmesiyle birlikte yeryüzünde yağış dolu olarak gerçekleşir. Dolunun taşkına tesiri ise kar yağışından daha fazladır. Dolu genellikle yeryüzü sıcaklığı sıfırın üzerindeyken yağar. Bu nedenle de erimesi daha kolay olur ve kısa sürede meydana gelen akış taşkınlar üzerinde de etkili olur.

2.2.2.1. Yağışın Şekli

Yağışın oluşması için gerekli şartlardan biri olan soğumanın tipine göre farklı yağış tipleri meydana gelmektedir. Bu yağış tiplerinin taşkınlar üzerinde etkisi de ayrı ayrıdır.

- **Konvektif (Konveksiyonel) Yağış:** Isınan havanın yükselerek soğuması sonucu konvektif yağışlar oluşur. Bu yağışlar özellikle yaz aylarında görülür ve şiddetli olup kısa sürelidir. Türkiye’de özellikle İç Anadolu bölgesinde yaz mevsiminde bu tip yağışlar görülür. Kırıkkale de konvektif yağışların sık görüldüğü bir ilimizdir. Bu tür yağışlar taşkınlara en çok sebebiyet veren yağış tipidir.
- **Orografik Yağış:** Nemli havanın bir dağ yamacına çarparak yükselmesiyle de orografik yağışlar meydana gelir. Ülkemizde dağların denize paralel uzandığı Akdeniz ve Karadeniz kıyısındaki dağların denize bakan

yamaçlarında görülür. Orografik yağışın miktarı, dağların uzanış biçimi, havadaki nem oranı, yükseklik ve dağların denize olan yakınlığına bağlı olarak farklılık gösterir. Orografik yağışların uzun süreli olması halinde taşkınlara etkisi görülmektedir.

- **Depresyonik Yağış (Cephe Yağışı):** Farklı özellikte iki hava kütlesi düşey bir cephe boyunca karşılaştığında sıcak olan hava kütlesi yükselerek soğuk hava aşağı iner. Bu şekilde oluşan yağışlara depresyonik veya cephe yağışları denilir. Sıcak havanın cephe boyunca soğuk havayı iterek ilerlemesi halinde sıcak cephe yağışı görülürken, soğuk havanın sıcak havayı iterek ilerlemesi sonucu ise soğuk cephe yağışları görülür. Soğuk cephe yağışları daha şiddetlidir, süresi uzun ve daha geniş alanı kapsar. Türkiye’de kış aylarında görülen yağışlar genellikle cephesel kökenlidir.

2.2.2.2. Yağışın Şiddeti

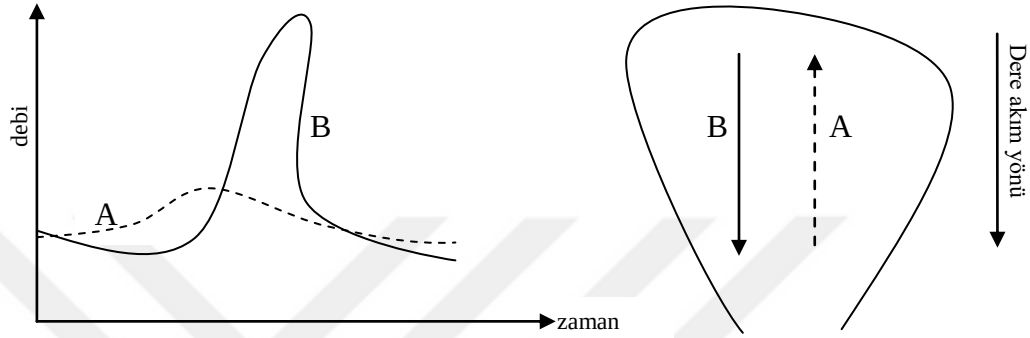
Birim zamanda düşen yağış miktarına yağış şiddeti denir. Genellikle şiddetli yağışlar taşkına sebep olmaktadır. Bunun en önemli nedeni ise şiddetli yağış esnasında sızma için yeterli zaman kalmadığından yağışın önemli bir kısmının akışa geçmesidir. Bununla birlikte şiddeti az olup fakat uzun süren yağışlar da zaman zaman taşkına sebebiyet verebilmektedir.

2.2.2.3. Yağışın Süresi

Sabit şiddetli yağışlarda yağışın süresi uzadıkça meydana gelecek taşkın büyümesi; toplanma zamanına, drenaj alanının büyüklüğüne, depolama kapasitesi ve diğer özelliklerine bağlı olarak değişir. Yağış süresi bir süre sonra sabit bir değere ulaşır ve yağış uzun süre devam etse de büyüyen taşkın hacmine rağmen pik değerinde bir değişme olmaz. Eğer yağış şiddeti değişken ise debinin pik değerine yağışın en şiddetli olduğu zaman ulaşılır.

2.2.2.4. Yağışın Yönü

Yağışın dere akımıyla aynı yönde olmasıyla kısa süreli yüksek akımlar oluşurken; yağışın dere akımıyla ters olması durumunda uzun süreli düşük seviyeli akımlar meydana gelir.



Şekil 2. 4. Yağış yönünün hidrograf üzerindeki etkisi

2.2.2.5. Yağışın Zaman İçerisindeki Dağılımı

Yağışın zaman içerisindeki dağılımı, yağışın süresi boyunca şiddetindeki birim zaman aralığında meydana gelen değişimlerin ifadesidir. Bu değer genellikle birim zamanın büyümesiyle birlikte azalır. Örnek olarak; aynı zaman aralığında oluşan değişim, aylık yağışlarda yıllık yağışlardan daha fazladır.

Bir sağanağın taşkın getirme kapasitesi, o sağanağın devam süresi ve yağış miktarı ile birlikte, bu miktarın zaman içerisindeki dağılımına da bağlı olarak değişmektedir. Bir sağanağın şiddeti devamlı olarak ve hızlı bir şekilde artıyorsa getireceği taşkın da büyük olacak demektir. Bir akarsu kesitinden geçecek olan en büyük taşkın, sağanağın, drenaj alanı toplanma zamanı süresince en çok yağış getirdiği periyodunda meydana gelmesi kaçınılmaz olacaktır.

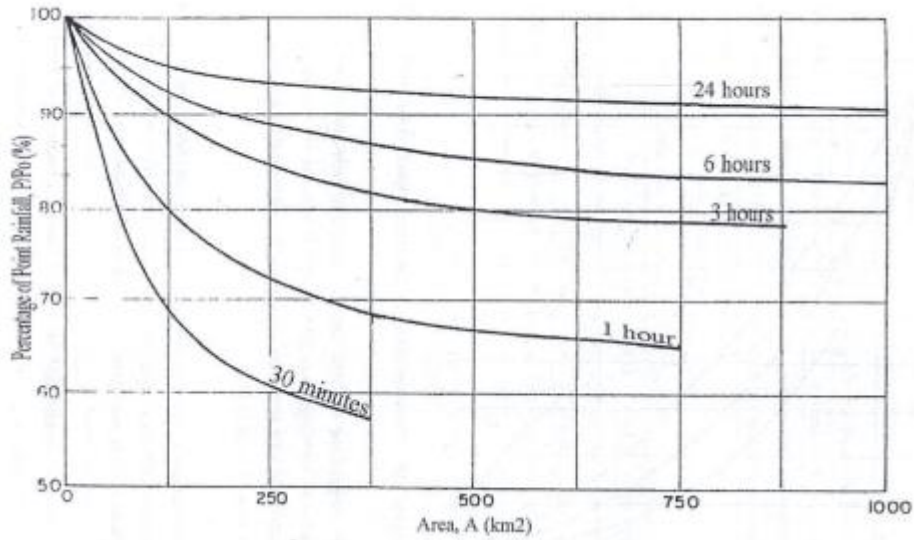
Şekil 2. 5. Türkiye’de yağışın zaman içerisindeki dağılımı



2.2.2.6. Yağışın Alansal Dağılımı

25 km²'ye kadar olan alanlarda noktasal yağış aynı şiddettedir. 25 km²'den büyük alanlarda ise yağış merkezindeki şiddet alanın büyüklüğünün artmasıyla birlikte azalmakta yani yağış şiddeti ile alanın büyüklüğü ters orantı göstermektedir. Büyük alanlar için yağışın alansal dağılımının tayininin yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada yağışın alan içerisindeki dağılımının tayini için Şekil 2.6'daki yağışın alan dağılım grafiğinden yararlanılmıştır.



Şekil 2. 7. Yağışın alan dağılım grafiği

2.2.2.7. Yağışın Ölçümü

Yeryüzüne düşen yağışı ölçmek amacıyla farklı yöntemler kullanılır. Ülkemizde iki yöntem kullanılmaktadır: [11]

- Plüviyometre: Atmosferden yeryüzüne düşen yağış direk ölçen alettir.

Bu yöntemle yağış ölçümleri mahalli saatle 07⁰⁰, 14⁰⁰, 21⁰⁰ ve 07⁰⁰ olmak üzere günde dört defa yapılmakta ve bir gün evvelki saat 07⁰⁰'den 14⁰⁰'e, 14⁰⁰'den 21⁰⁰, 21⁰⁰'den ertesi gün 07⁰⁰'ye kadarki yağışların toplamını ihtiva etmekte ve gözlem bültenlerinde mm veya m² ve kg olarak verilmektedir.

- Plüviyograf: Atmosferden yeryüzüne düşen yağışı devamlı olarak diyagram üzerine kaydeden alettir.

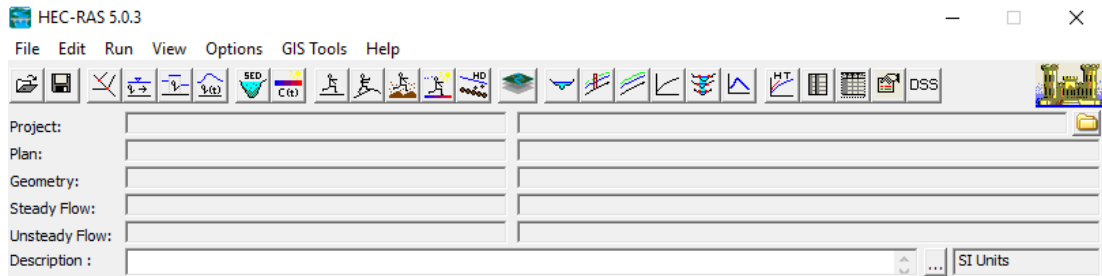
2.3. HEC-RAS YAZILIMI

HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centers River Analysis System) bir boyutlu olarak düzenli ve düzensiz akımların modellemesinin ve sınır koşulları değişen akım durumlarında sediment taşınım modellemesinin yapılabildiği, su kalitesi analizi ve taşınım hesabının da elde edilebildiği veri saklama ve yönetme kapasitesine sahip bir yazılım programıdır. [16]

HEC-RAS programı ile kritik altı, kritik üstü ve kritik akımların mevcut olduğu akım problemlerinde hesaplar yapılabilmektedir.

2.3.1. HEC-RAS Proje Üretme

HEC-RAS programında; geometrik veriler (geometric data) ve akış verileri (steady or unsteady flow data) olmak üzere iki ana veri girişi vardır.

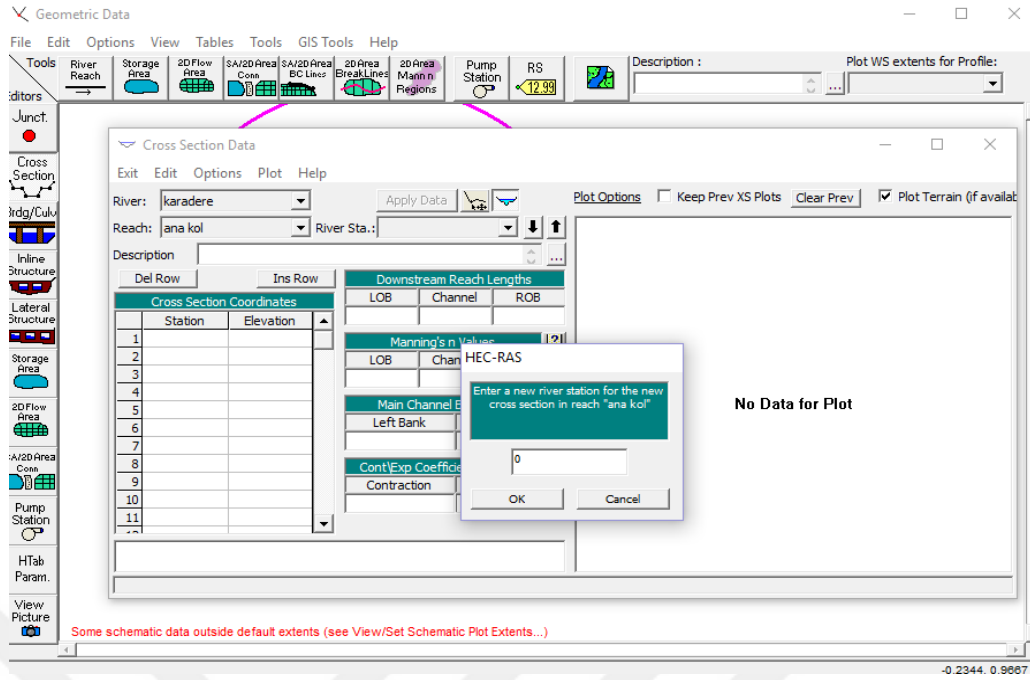


Şekil 2. 8. HEC-RAS ana pencere ekranı

Öncelikle proje ismi girilip kaydedildikten sonra geometrik veri butonu tıklanarak ekranda açılan pencereden river rich butonuyla derenin akış yönü doğrultusuna uygun bir şekilde temsili bir dere hattı elde edilir.



25



Şekil 2. 10. Hec-Ras girdisi olan geometrik data ile enkesitlerin tanımlanması

“**Manning’s Values**” bölümüne kanaldaki n Manning (pürüzlülük) değerleri girilir. Yine bu kısımda LOB, ROB ve CHANNEL için ayrı ayrı değerler girilebildiği gibi eğer kanal boyunca pürüzlülük farklılık göstermiyorsa bu üç bölüme aynı değer girilebilir.

“**Con/Exp Coefficient**” genişleme ve daralma katsayılarıdır. Aşamalı bir geçiş varsa 0.1-0.3, köprü kesitlerinde 0.3-0.5, ani daralma ve genişleme durumlarında ise 0.6-0.8 değerleri girilir. Eğer geçiş kayıpları önemsenmeyecek şekildeyse her iki bölüme “0” değeri girilir.

“**Cross Section Coordinates**” bölümüne ise her bir enkesitin köşe noktalarının x ve y koordinatları girilir.

Bu işlemler tamamlandıktan sonra dere kanalında köprü, menfez gibi sanatsal yapılar varsa **Bridge Culvert Data** butonundan eldeki veriler girilebilir.

Geometrik veri girdisi tamamlandıktan sonra sıra akım verilerinin girilmesine gelir. Akım verilerini girmek için ya ana pencere üzerindeki **Edit/Enter Steady/Quasi Unsteady/Steady Flow Data** ya da Geometrik Data butonunun hemen yanındaki **Steady/Quasi Unsteady/Unsteady Flow Data** butonlarından akım tipine göre birine tıklanarak girilir. Steady Flow üniform akım hesabı yaparken Unsteady Flow ise üniform olmayan, düzensiz akım hesabı yapmaktadır. Kaç farklı debi için hesaplama yapılacaksa Enter/Edit Number of Profiles kısmına girilir ve açılan butonlara debi değerleri yazılır.

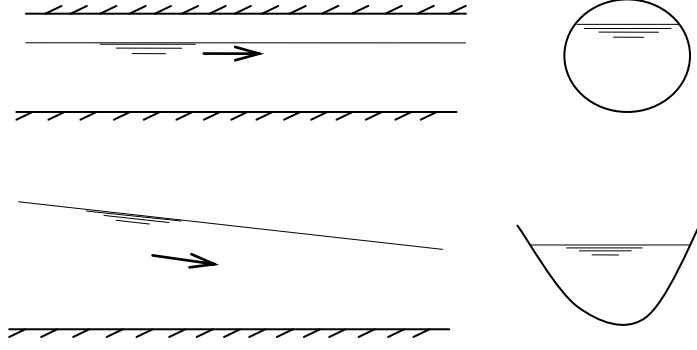
Bu işlem de tamamlandıktan sonra **“Steady Flow Analysis”** butonundan akım rejimi belirlenir.

Ve son olarak sınır şartları da **“Boundary Conditions”** sekmesinden girilerek işlemler tamamlanır ve analize başlanır.

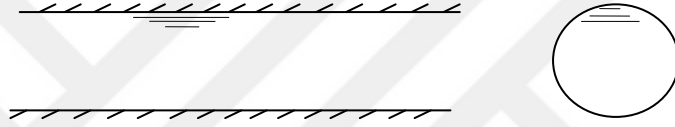
2.4. Akım Tipleri

Hareket halindeki akışkanların sınıflandırılması akışkanın karakteristik özelliklerine(cinsine, viskozitesine, sıvı parçacıklarının hareketine, hızın boyutuna vb.) bakılarak yapılabildiği gibi akışkan hızının zamana ve mekâna bağlı değişimine göre de yapılabilir.

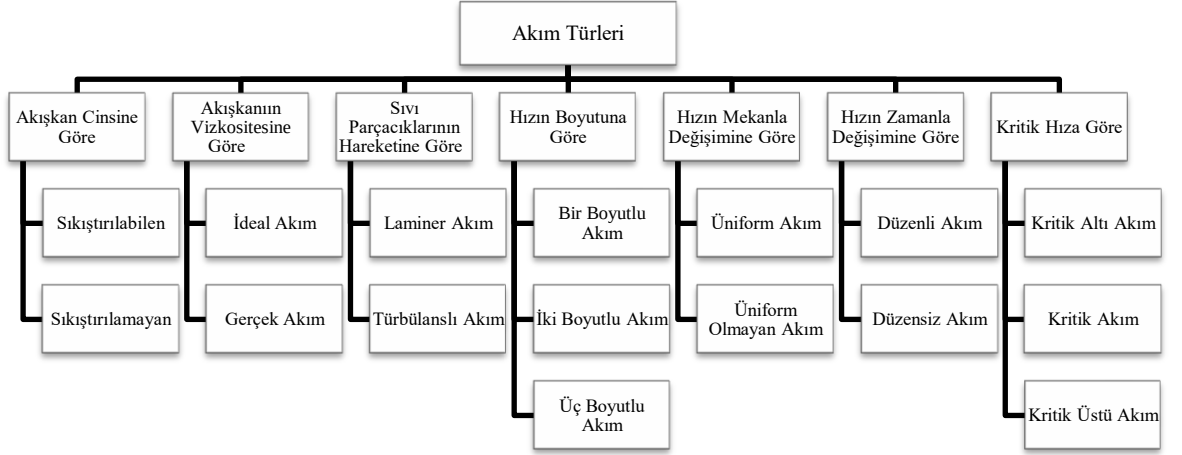
Serbest su yüzeyine sahip yani akışkan yüzeyinin atmosfer ile temas halinde olduğu akımlar açık kanal akımı başka bir deyişle serbest yüzeyli akım olarak adlandırılır. Tam dolu akmayan boru akımları da açık kanal kapsamına girer. Akarsular içindeki akımlar, yağmur suyu, dren borularındaki akımlar açık kanal akımlarına örnektir. Bunun tersi olarak suyun atmosferle temas halinde olmadığı bir boru vb. içerisinden tam dolu geçen akımlara ise boru akımı veya basınçlı akım denilmektedir. Bu çalışmada açık kanal akımlarının üzerinde durulacaktır.



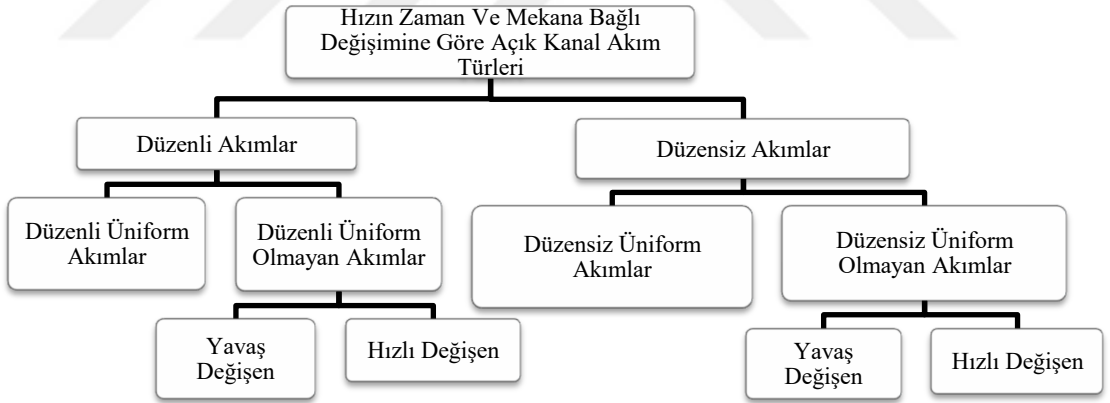
Şekil 2. 11. Serbest yüzeyli akım ya da açık kanal akımı



Şekil 2. 12. Basınçlı akım ya da boru akımı



Şekil 2. 13. Akımların sınıflandırılması

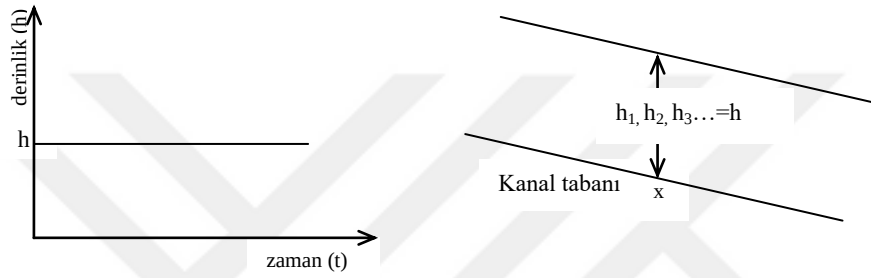


Şekil 2. 14. Açık kanal akımlarının zaman ve mekâna göre sınıflandırılması

2.4.1. Düzenli ve Düzensiz Akım

2.4.1.a. Düzenli (Kararlı) Akım

Belirli bir kesit boyunca (mekân sabit) akımın hızının ve derinliğinin zamanla değişmediği veya belirli zaman aralıklarında sabit olduğu akımlara düzenli veya kararlı (permenant) akım denilir.

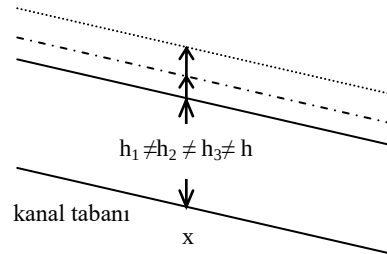


Şekil 2. 15. Düzenli akımın temsili grafik ve şekil üzerinde gösterimi

2.4.1.b. Düzensiz (Değişken, Kararsız) Akım

Hareket halindeki akışkanın belirli bir kesiti boyunca (mekân sabit) akım hızının ve derinliğinin zamana bağlı olarak değiştiği akımlardır.

Zaman	Derinlik
t_1	h_1
t_2	h_2
t_3	h_3



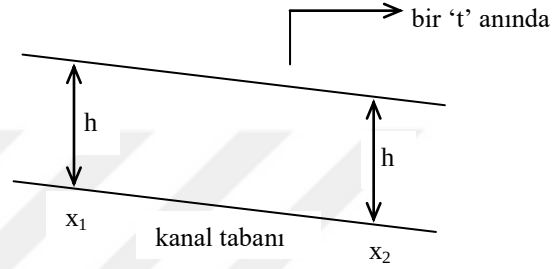
Şekil 2. 16. Düzensiz akımın temsili tablo ve şekil üzerinde gösterimi

2.4.2. Üniform ve Üniform Olmayan(Değişken) Akım

2.4.2.a. Üniform Akım

Herhangi bir zamanda akışkanın derinliğinin mekânla değişmeyip aynı kaldığı akımlardır. Bu tip akımlara kanal taban eğiminin değişken olmadığı uzun kanallarda rastlanabilir.

Mekân	Derinlik
x_1	h
x_2	h
x_3	h

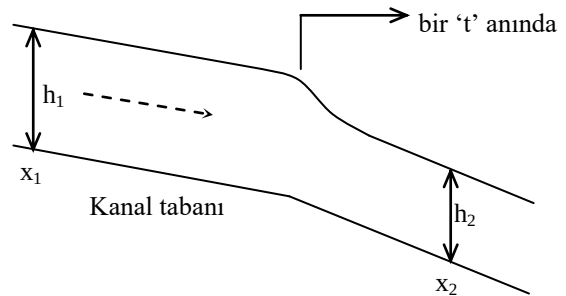


Şekil 2. 17. Üniform akımın tablo ve şekil üzerinde temsili gösterimi

2.4.2.b. Üniform Olmayan(Değişken) Akım

Herhangi bir zamanda akışkanın derinliğinin mekânla değiştiği akımlardır. Bu tip akımlara ise çoğunlukla kanal taban eğiminin değişken olduğu durumlarda rastlanır.

Mekân	Derinlik
x_1	h_1
x_2	h_2
x_3	h_3



Şekil 2. 18. Üniform olmayan akımın tablo ve şekil üzerinde temsili gösterimi

Bu sınıflandırmaların dışında ek olarak zaman ve mekân değişkenlerinin her ikisinin birden göz önüne alındığı bir grupta da yapılabilir:

Düzenli Üniform Akım: Akım hızı ve derinliğin gerek zaman gerekse mekân boyutunda değişiklik göstermediği akımlardır. Açık kanal hidroliğinde en çok incelenen akım türü bu tip akımlardır. Su yüzeyi kanala paralel olarak düşünülür.

Düzenli Üniform Olmayan Akım: Akım hızı ve derinliğin zamanla değişmeyip bir kesitten diğerine yani konuma bağlı olarak değiştiği akımlardır. Bu akımlar yavaş değişen ve hızlı değişen olarak ayrılır.

Düzenli Olmayan Üniform Akım: Akışkanın akım hızının ve derinliğinin sadece zamana bağlı olarak değiştiği akımlardır. Bu tip akımlara pratikte pek rastlanmaz.

Düzenli Olmayan Üniform Olmayan Akım: Akışkanın hızının ve derinliğinin zamana ve yere bağlı olarak değişiklik gösterdiği akımlardır. Akımdaki yersel değişimine bağlı olarak da bu akımlar da yavaş değişen ve hızlı değişen olarak ayrılır.

2.4.3. Açık Kanallarda Akım Rejimleri

Akımlarda;

- Viskozite etkisi: Reynold Sayısı
- Yerçekimi etkisi: Froude Sayısı ile belirlenir.

Reynold Sayısı'na bağlı olarak akım rejimleri laminar, türbülanslı ve geçiş akımı şeklinde ayrılırken; Froude Sayısı'na göre ise akımlar kritik altı akım, kritik akım, kritik üstü akım şeklinde sınıflandırılmaktadır.

$$R_e = \frac{\rho \times V \times D}{\mu} \quad \text{denkleminde;}$$

ρ : Özgöl kütle

V: Akımın ortalama hızı

D: Çap

μ : Dinamik viskozite

$$F_R = \frac{V}{\sqrt{g \times h}} \quad \text{denkleminde;}$$

V: Akımın ortalama hızı

g: Yerçekimi ivmesi

h: Sıvı derinliği

Bulunan değerlerle aşağıdaki tabloda verilen aralıklara göre akım rejimi belirlenir.

Tablo 2. 1. Açık kanallarda viskozite ve yerçekimi etkisi

Viskozite Etkisi (R_e)			Yerçekimi Etkisi (F_R)		
$R_e < 500$	$500 < R_e < 2000$	$R_e > 2000$	$F_R < 1$	$F_R = 1$	$F_R > 1$
Laminer Akım	Geçiş Bölgesi Akımı	Türbülanslı Akım	Kritik Altı Akım	Kritik Akım	Kritik Üstü Akım

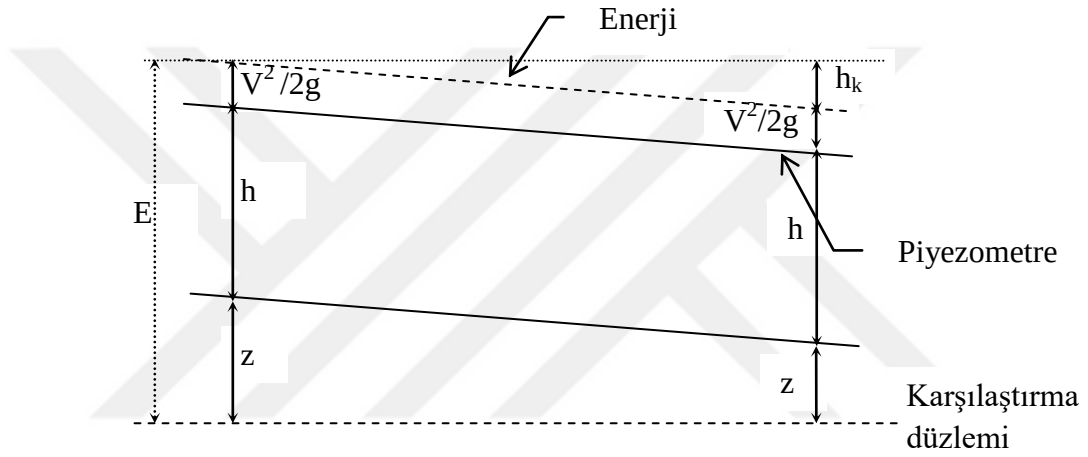
2.4.4. Açık Kanal Hidroliğinde Temel Denklemler

Açık kanal hidroliğinde sıvı yüzeyi temas halinde bulunduğundan bu durum kabarma, ani sıçrama, düşü gibi olaylara neden olur. Bunların incelenmesi basınçlı akımlara nazaran daha karışık ve zordur.

2.4.4.1. Üniform Akımlarda Enerji Denklemi

Bir açık kanaldaki akımı doğuran temel etmen enerjidir. Akışkan, enerjinin büyük olduğu noktadan enerjinin küçük olduğu noktaya doğru hareket eder. Açık kanallarda enerjiyi temin eden Şekil 2.19’da görüldüğü gibi bir E enerji seviyesidir.

Üniform akımda akışkan parçacığının akım boyunca hızı değişmemektedir. Yani parçanın ivmesi sıfırdır [17].



Şekil 2. 19. Temel enerji denklemindeki veriler

A kesitinden birim zamandan geçen akışkanın enerjisi:

$$E_A = \frac{(V)^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} + h + z_A$$

B kesitinden birim zamandan geçen akışkanın enerjisi:

$$E_B = \frac{(V)^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} + h + z_B$$

$\frac{V^2}{2g}$: Hız yüksekliği

$\frac{P}{\gamma}$: Basınç yüksekliği

z_A, z_B : Kıyas düzlemine uzaklık

Bu durumda enerji kaybı;

$$h_k = z_A - z_B$$

Birim kanal boyundaki kayıp;

$$J = \frac{h_k}{\Delta x} = \frac{z_1 - z_2}{\Delta x}$$

$(z_1 - z_2)/\Delta x$ değeri akışkan parçasının tabanla yaptığı açının yaklaşık olarak sinüs değerine eşittir. Bu açı da çok küçük olduğundan bu değeri taban eğimine eşit olarak alabiliriz. Bu durumda:

$$J = J_0$$

Akım üniform ise enerji çizgisi de tabana paralel kabul edilir.

Bu durumda:

$$J = J_0 = J_E$$

Sonuç olarak eğer bir kanal içerisindeki akım üniform ise hidrolik eğim, kanal taban eğimi ve enerji eğimi birbirine eşit yani paralel kabul edilir. [17]

Verilen açık kanalda akışkanın ideal olması durumu için A ve B kesitlerindeki enerji denklemi aşağıdaki gibi uygulanır:

$$E_A = E_B$$

$$\frac{(V)}{2g} + \frac{P}{\gamma} + z_A = \frac{(V)}{2g} + \frac{P}{\gamma} + z_B$$

2.4.4.2. Üniform Akım Formülleri

2.4.4.2.a. Chezy Formülü

1775 yılında Chezy tarafından açık kanallarda hız, hidrolik yarıçap ve hidrolik eğimin karekökü ile doğru orantılı, kanalın sürtünme yani pürüzlülük değeri ile de ters orantılı olduğu fikrini ileri sürmüş ve buna göre kendi ismi ile anılan aşağıdaki formülü üretmiştir:

$$V = \sqrt{\frac{8g \times R \times J}{f}}$$

V: Akımın hızı

g: Yerçekimi ivmesi

f: Sürtünme faktörü

R: Hidrolik yarıçap

J: Hidrolik eğim

Denklemden $\sqrt{(8g/f)}$ ifadesinin yerine Chezy (C) Katsayısı'nın konulması durumunda açık kanal akımlarında hız denklemi aşağıdaki gibi elde edilir:

$$V = C \times \sqrt{R \times J} \text{ (Chezy Formülü)}$$

V: Akımın hızı (m/sn)

C: Chezy katsayısı ($m^{1/2}/sn$)

R: Hidrolik yarıçap (m)

I: Hidrolik Eğim

Chezy formülü çok kullanışlı ve basit bir formül olmakla beraber tek sakıncası katsayısının boyutlu ($m^{1/2}/sn$) olmasıdır. Bu katsayıyı belirlemek üzere pek çok araştırmacı farklı formüller geliştirmişlerdir. Onlardan bir tanesi de Robert Manning tarafından geliştirilen Manning Formülüdür.

2.4.4.2.b. Manning Formülü

Bu formül 1890 yılında İrlandalı araştırmacı Robert Manning tarafından geliştirilmiş olup günümüzde de açık kanal hesaplarında yaygın olarak kullanılmakta olan en önemli denklemlerden bir tanesidir. Bu denkleme göre R. Manning, Chezy formülündeki C katsayısının değişimini aşağıdaki denklemdeki gibi gözlemlemiştir:

$$C = \frac{1}{n} \times R^{1/6}$$

Bu formülde ‘n’ pürüzlülük katsayısı değeridir. Kanalin özelliğine göre farklı değerler alır (Tablo 2.3.)

Manning formülünün Chezy denkleminde yerine konulmasıyla...

$$V = C \times \sqrt{R \times J}$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times J^{1/2}$$

Genel hız denklemi elde edilmiş olur. Buradan debiyi veren ifade ise;

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times J^{1/2} \quad \text{şeklinde bulunur.}$$

Q: Debi

A: Akım Alanı

R: Hidrolik Yarıçap

J: Taban Eğimi

n: Pürüzlülük Katsayısı

Manning formülü, diğer formüllere göre kullanımı oldukça basit olduğundan günümüzde açık kanal akımı hesaplarında sıklıkla kullanılmaktadır.

Bu formülde debi, akım alanı, hidrolik yarıçap ve taban eğimi parametreleri ölçülebilir değerler olup, bu değerler elde edildikten sonra formülde yerine konularak işlemler yapılır. Ancak pürüzlülük katsayısı olan ‘n’ değeri, ölçülebilir bir değer değildir. Kanal yatağının fiziksel özelliklerine göre belirlenmektedir. Bu değer doğru bir şekilde tespit edilmesi özellikle taşkın tesislerinin boyutlandırılmasında son derece önem arz etmektedir.

Literatürde yer alan ‘n’ pürüzlülük katsayısının elde edilmesinde kullanılan başlıca yöntemleri şu şekilde sıralayabiliriz: [18]

- Manning Tablosu
- Ampirik Bağıntılar
- Fotoğrafların mukayese edilmesi
- Akımın hız değerinin ölçülmesi
- Cowan Metodu

Bu çalışma kapsamında n Manning pürüzlülük değeri Tablo 2.2.’teki tablo esas alınarak elde edilmiştir.

Bu tabloya göre n değeri şu şekilde elde edilir:

Dere hattının özelliklerine göre n_b , n_1, n_2 , n_3 , n_4 , m değerleri belirlenerek aşağıdaki formülde yerine konularak işlem yapılır. Böylece dere hattı için yaklaşık bir pürüzlülük değeri elde edilmiş olur.

$$n = (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \times m$$

Tablo 2. 2. Pürüzlülük Katsayısı Tablosu

Yataktaki Malzeme Cinsi	Beton	Medyan Dane Çapı (mm)	---	n _b	0.012-0.018
	Kaya		---		---
	Sert Toprak		---		0.025-0.032
	İri Kum		1-2		0.026-0.035
	İnce Çakıl		2-64		---
	Çakıl		---		0.028-0.035
	İri Çakıl		64-256		---
	İri Taş		>256		0.030-0.050
	Yumru Kaya				0.040-0.070
Kanal Şev Durumu	Pürüzsüz			n ₁	0.000
		Beton Duvar			0.003
	Önemsiz	Taş Duvar			0.005
		İstifli Taş Tahkimat			0.008
	Orta	Ağaçsız Kaya/Toprak Yamaç			0.010
		İstifsiz Taş Tahkimat			0.015
	Şiddetli	Ağaçlı Yamaç			0.020
Kanal Kesit Değişimi	Aşamalı			n ₂	0.000
	Ara Sıra Değişen				0.005
	Sık Değişen				0.010-0.015
Kanaldeki Engeller	İhmal Edilebilir	Engel Kesit Alanı x 100	<%5	n ₃	0.000
	Önemsiz		%5-15		0.010-0.025
	Kayda Değer		%15-50		0.020-0.030
	Şiddetli		>%50		0.040-0.060
Kanal Bitki Örtüsü	Düşük			n ₄	0.005-0.010
	Orta				0.010-0.025
	Yüksek				0.025-0.050
	Çok Yüksek				0.050-0.100
Kanal Kıvrımı	Önemsiz	Dere Uzunluğu / Kuş Uçuşu Uzaklık	1-1.2	m	1.000
	Kayda Değer		1.2-1.5		1.150
	Şiddetli		>1.5		1.300

2.5. BAŞLANGIÇ KAYIPLARI VE AKIŞIN KISIMLARA AYRILMASI

Yağışın yeryüzüne düşmesiyle birlikte oluşan farklı durumlar Şekil 2.18’de gösterilmiştir. Yeryüzüne düşen yağışın önemli bir kısmı tutulma, buharlaşma ve terleme yoluyla akışa geçmeden atmosfere karışır.



Şekil 2. 20. Suyun yeryüzündeki hidrolojik çevrimi

Bu durumların oluşumundan kısaca bahsedecek olursak;

- Buharlaşma su yüzeyindeki su moleküllerinin havaya karışması olayıdır. Suyun sıcaklığının artması, yatay ve düşey türbülanslı rüzgâr hareketinin birlikte oluşması, hava basıncının azalması, rüzgârlarla çevreden taşınan ısı enerjisinin artması gibi etkilerle buharlaşma artar.
- Terleme, bitkilerin kökleriyle topraktan aldıkları suyun gerekli işlemlerde faydalandıktan sonra yapraklarından buhar halinde havaya karışmasıdır. Terleme de genel olarak buharlaşmanın bağlı olduğu etkenlere bağlıdır. Buna

ek olarak bitki ve toprak örtüsü, zemin cinsi ve zemindeki su miktarına da bağlıdır.

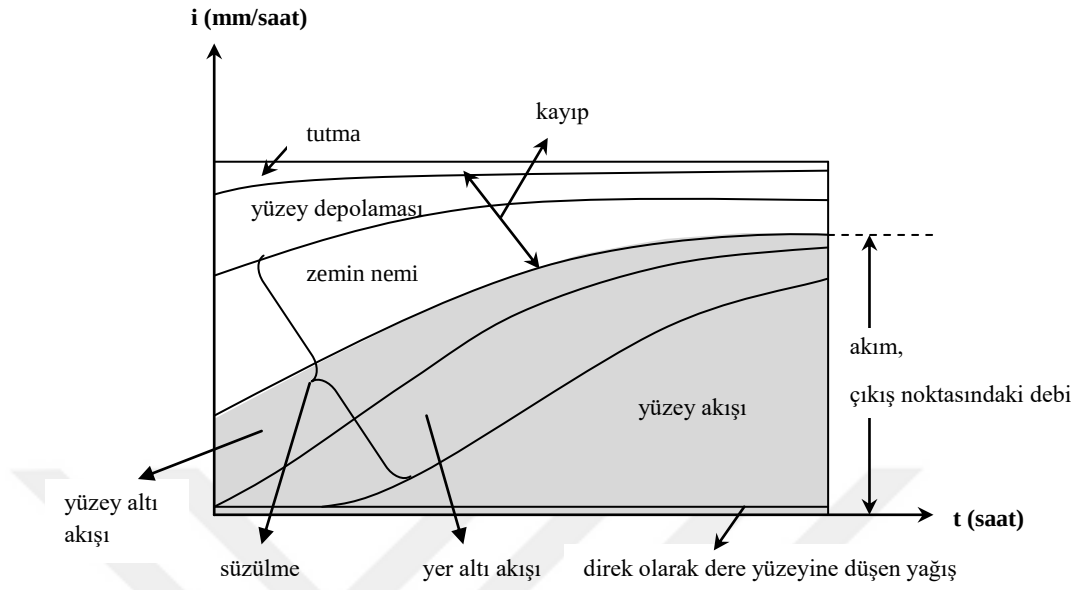
- Tutulma olayı da bitkilerin topraktan aldıkları suyu içlerinde tutmasıdır ki bu fotosentez olayında karşımıza çıkar. Bu miktar terlemeyle havaya karışan su miktarından oldukça azdır.

Yeryüzüne düşen yağışın bir kısmının toprak yüzeyindeki boşluklardan yerçekimi, kapiler ve moleküler gerilmelerin etkisiyle içeri sızması olayına süzülme veya sızma denilir. Toprak yüzeyindeki çatlaklar veya boşluklar fazla ise su yerçekiminin etkisiyle sızarken boşluklar eğer küçükse su kapiler kuvvetin etkisiyle toprağa sızar. Toprağa sızan suyla birlikte öncelikle zemin nemi artar ve yüzey altı akışı meydana gelir. Geriye kalan kısmı ise daha derinlere sızarak yer altı suyunun en önemli kaynağını oluşturur. Bu açılardan sızma olayı çok önemlidir. Ve yağış esnasında zemine sızacak suyun doğru bir şekilde belirlenmesi gerekir. Zemin geçirimsizliğinin iyi olması, başlangıç neminin az olması(özellikle kuru zeminler), bitki örtüsü ve organik maddelerin varlığı, yağış şiddetinin az olması(çiseleme şeklindeki yağışlar), zemin yüzü eğiminin az olması sızmayı artırıcı yönde etki oluştururken, yağış şiddetinin fazla olması(sağanak yağışları), yağış öncesi zemin neminin fazla olması, zemin yüzeyinin ince taneli olması, zeminde hava birikintilerinin bulunması suyun içeri girmesini zorlaştıracığından sızmayı azaltıcı yönde etki oluşturur.

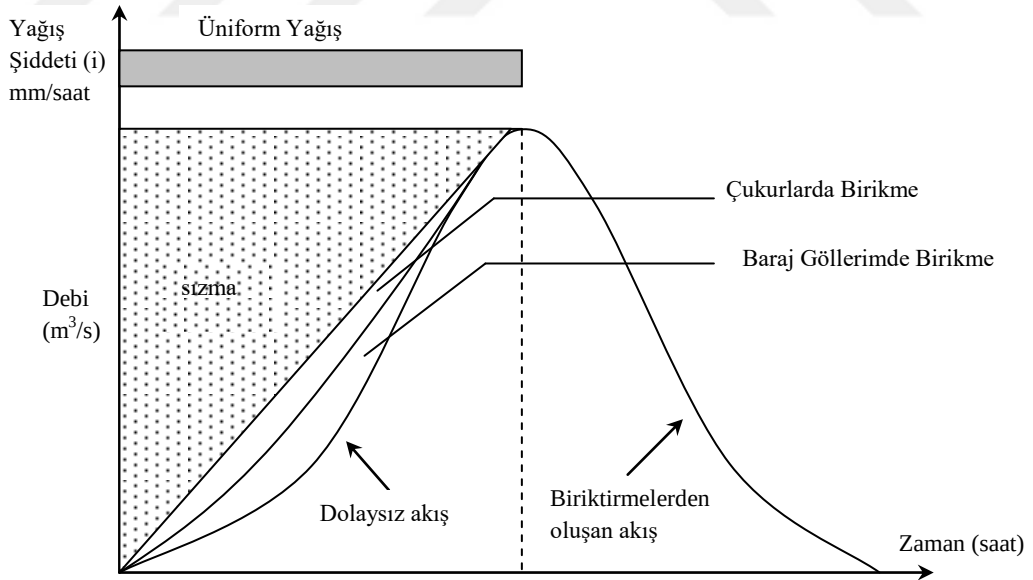
Yeryüzündeki tatlı suların önemli bir bölümünü yer altı suları oluşturur. Yer altı suları hem yeryüzüne düşen yağışın toprağa sızmasıyla hem de akarsu, baraj, göl gibi büyük su kitlelerinden suların sızmasıyla oluşur. Yeryüzündeki sulara göre daha temiz ve kaliteli olduğundan insanlar tarafından kuyularla yeraltından çıkarılan sular geniş alanda kullanılmaktadır. Özellikle küçük yerleşim yerlerinde ve kurak bölgelerde bu şekilde çıkarılan sular insanların ihtiyaçlarını karşılamak için çok uygundur. Akarsuların beslenme açısından da yer altı suları oldukça önemlidir. Kurak bölgelerdeki akarsular ancak yer altı suyundan beslenirse yazın kurumazlar.

Türkiye’de kullanılan suların yaklaşık olarak %40 ‘ı yer altı suyundan sağlanmaktadır (DSİ,1995).

Yüzey ve yer altı suları sürekli olarak birbiriyle ilişkilidirler.



Şekil 2. 21. Yağışın farklı yerlere giden bölümleri



Ş

Şekil 2. 22. Üiform bir yağışın oluşturacağı akışın zamanla değişimi

Bir dere akımının temel kaynağını yağışlar oluşturmaktadır. Yağışla birlikte yeryüzüne inen sular bir dere akımına çeşitli şekillerde ulaşabilir. Bunlar:

1. Dere yatağı üzerine direk olarak düşen yağış,
2. Yüzey akımı,
3. Yüzey altı akımı,
4. Yer altı suyu akımı(taban akımı)dır.

Ancak bir dere akımında bu dört bileşen her zaman aynı anda bulunmayabilir. Akışın bu şekilde kısımlara ayrılmasında yağışın şiddeti, süresi, havza üzerindeki dağılımı gibi yağışın karakteristikleri ve zeminin geçirimsizliği, zemin nemi ya da zeminin doygunluğu gibi havzanın özellikleri etkilidir. Akımın bileşenlerinden sadece biri veya ikisi bir arada bulunabildiği gibi üçü birlikte de bulunabilir. Örnek olarak, yağışın olmadığı bir dönemde ve toprak neminin eksik olduğu bir zamanda akış sadece yer altı suyundan beslenebilir.

- **Yüzeysel Akış:** Toprak yüzeyinde, toprak içerisine girmeden, suyun hareketiyle oluşan akımdır. Toprağın geçirimsizliğine, başlangıçtaki nem miktarına ve yağışın şiddetine bağlı olarak farklılık gösterebilir. Örneğin; az geçirimli veya doygun bir toprak üzerine düşen orta şiddette bir yağış büyük bir akımın oluşmasına sebebiyet verebilirken; geçirimli veya nem oranının az olduğu toprak üzerine düşen aynı şiddetteki yağış çok az miktarda bir akış oluşturur.
- **Yüzey altı Akışı:** Toprak içerisine sızan suyun bir kısmı zeminin üst tabakalarındaki doymamış bölgede ilerleyerek geçirimsiz bir tabakaya rastlayınca yüzeye çıkarak yüzey akımını oluşturabilir.
- **Yer altı Akışı (Taban Akışı):** Toprak içerisine girip ilerleyen su daha derinlere inerek yer altı suyuna karışır ve bu şekilde dere akımını besler. Taban akımı veya baz akımı adlarını da alabilir. Bu akış dere akımlarının beslenmesi ve uzun süreli olması açısından çok önemlidir.

Akımın bu üç bileşeninin birbirinden ayırt edilmesi zor olduğundan akarsu akımının iki kısımdan meydana geldiği kabul edilir. Bunlar;

- **Dolaysız(Direkt veya Yüzey) Akım:** Yüzeyden gelen akım ile yüzey altı akımının büyük bir kısmını içerir. Dolaysız akış, yağış şiddeti zeminin sızma kapasitesini aştığı zaman meydana geldiği için şiddetli yağışlarda büyük önem taşır. Bu şekilde oluşan dolaysız akış hızla akarak kısa sürede akarsuya ulaşır. Bu açıdan taşkınların en önemli kaynağını oluşturur.
- **Yeraltı Suyu Akımı:** Süzülme ile toprak içerisine giren su daha da derinlere ilerleyerek yer altı suyuna ulaşır ve bu şekilde akarsu akımını besler. Toprak içerisinde hareket ettiği için taban akışının hızı oldukça yavaştır. Bununla birlikte sürekli olarak akarsuyu beslediği için özellikle yağışın oldukça az veya hiç olmadığı dönemlerde akarsuların en önemli beslenme kaynağıdır. Bu şekilde beslenen akarsularda ise taşkın debisinin çok yüksek olmadığı görülür.

2.6. HİDROGRAF

Hidrograf, bir akarsuyun belirli bir kesitinde meydana gelen sarfiyatın zaman içerisindeki değişiminin gösterildiği grafiklerdir. Bir başka deyişle debinin zamanla değişimini gösteren grafiklerdir.

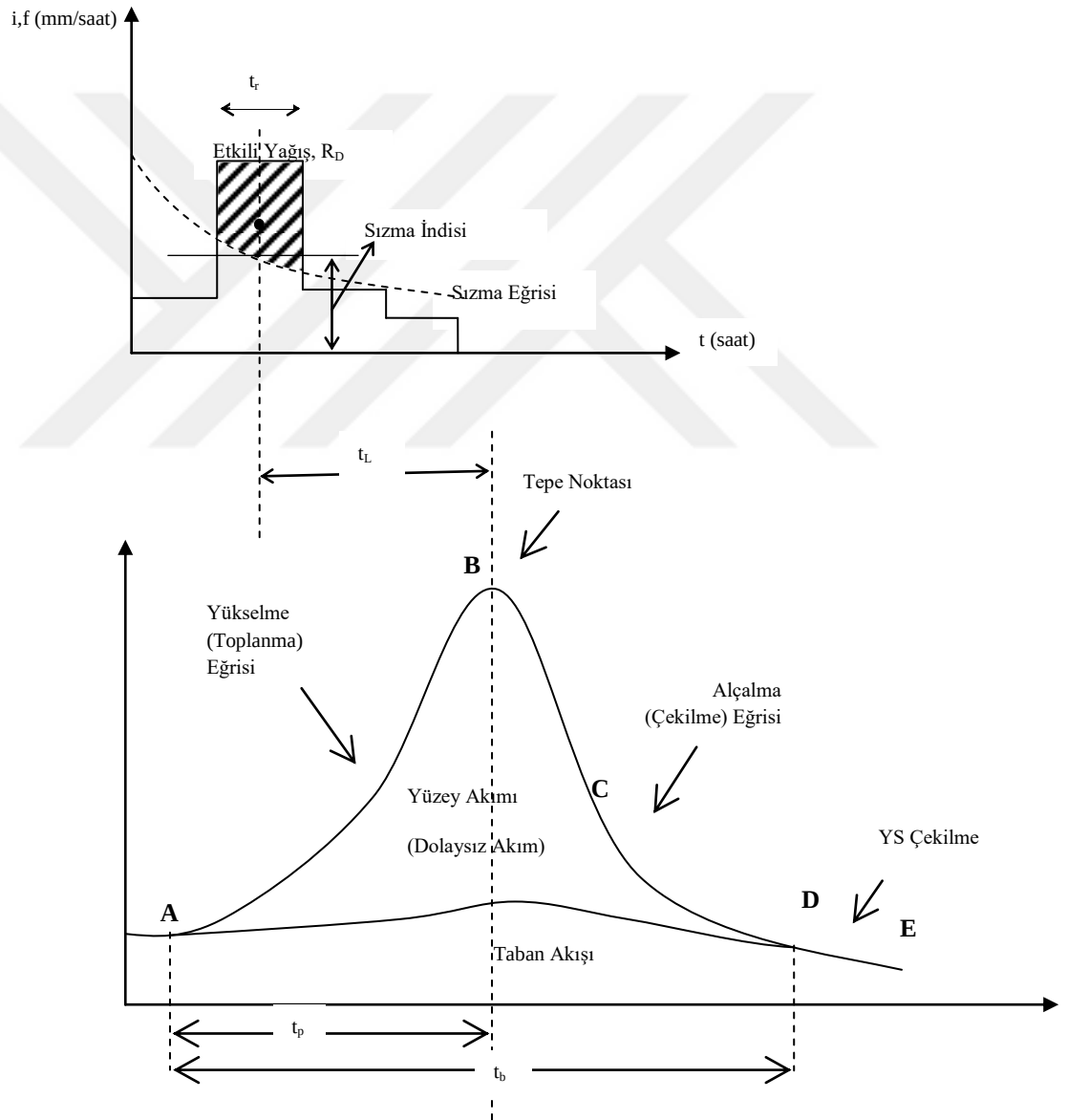
Taşkınlar incelenirken o bölgedeki akımın zamanla değişimini gösteren hidrografının da bilinmesi gereklidir. Sherman (1932) tarafından geliştirilen birim hidrograf metodu hidrolojide kullanılmakla birlikte taşkın tahmin yöntemlerinde de tercih edilmektedir.

2.6.1. Hidrografın Şekli

Hidrografın şekli genellikle simetrik olmayan bir çan eğrisi şeklindedir.

Hidrograf üç parçaya ayrılarak incelenir:

1. Yükselme (Toplanma) Eğrisi
2. Tepe Noktası
3. Alçalma (Çekilme) Eğrisi



Şekil 2. 23. Hyetograf ve Hidrograf Elemanları

- 1. Yükselme (Toplanma) Eğrisi:** Şekilden de görüldüğü gibi hidrografın yükselme eğrisi A noktasıyla başlar ve tepe noktası olan B noktasına kadar devam eder. Bu kısımda havzanın ve yağışın özelliklerinin yükselme eğrisi üzerinde etkisi vardır. Mesela havzanın geçirimsizliği iyi veya eğim fazla ise debi hızlı bir şekilde artar yani yükselme eğrisi dike yakın olur. Bunun tersi olarak havzada drenaj kötü veya eğim az ise de yükselme çok yavaş bir şekilde gerçekleşir. Diğer taraftan süzülme hızı az olup yağış da şiddetli olursa debi hızlı bir şekilde artacak yani yükselme eğrisi dike yakın olacaktır. Süzülme hızı fazla olursa yükselme daha yavaş bir şekilde gerçekleşir.
- 2. Tepe Noktası:** Genellikle hidrografın belirgin bir tepe noktası vardır. Bu, maksimum debinin geçtiği noktadır.

Pik debi veya akış piki olarak isimlendirilir.

- 3. Çekilme (Alçalma) Eğrisi:** Şekilden de hidrograf eğrisinin tepe noktasından itibaren alçalmaya başladığı görülür.

Eğimin değişmeye başladığı C noktası tabaka akımının bittiği anı gösterir.

CD kısmı havza yüzeyindeki depolamanın bir fonksiyonudur, yüzeyde biriken suyun ve yüzey altı suyunun akışını gösterir. Bu kısımda etkili olan havzanın karakteridir.

DE bölümüne baz akımı veya yer altı suyu çekilme eğrisi denilir. Bu kısım da yine havzanın karakteriyle alakalı olup yer altı suyu depolamasının bir fonksiyonudur.

Yani grafiğin alçalan kısmından CD bölümüne bakarak yüzeysel depolamaların etkisini, DE kısmından da yer altı suyu depolamasının etkisini görebiliriz.

2.6.2. HİDROGRAFIN ZAMAN KARAKTERİSTİKLERİ

1. **Gecikme Zamanı, t_L :** Tepe noktası ile hiyetografin ağırlık merkezi arasındaki zaman farkına ‘gecikme zamanı’ denir. Bu tanımda yağışın drenaj alanı üzerinde üniform dağıldığı kabulü yapılmaktadır. Gerçekte ise gecikme zamanı yağışın alan üzerinde ve zaman içerisindeki dağılımına bağlı olarak değişir. [14]
2. **Pik Süresi, t_p :** Hidrografın başladığı zamandan pik debinin oluştuğu ana kadar geçen süredir. t_p ile gösterilir.
3. **Çekilme Süresi:** Hidrografın tepe noktası ile taban akışının sona erdiği nokta (Şekil üzerinde C noktası) arasındaki süredir.
4. **Geçiş Süresi, Konsantrasyon Süresi:** Artık yağışın bitmesiyle çekilme eğrisinin eğiminin değiştiği ilk nokta arasındaki zamandır.

Yüzeysel akışın havzanın en uzak noktasından çıkış noktasına varması için geçen süredir. Geçiş süresi şu sürelerin toplamına eşittir: [14]

1. Yağış şiddetinin sızma kapasitesini aşması için gereken süre,
2. Yüzeydeki çukurların dolması için geçen süre,
3. Tabaka halinde akışın akarsu ağına varması için geçen süre,
4. Akarsu ağında suyun çıkış noktasına varması için geçen süre.

Geçiş süresi aşağıdaki formülden hesaplanır

$$T_c = 0.00032 \times \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Formülden de anlaşılacağı üzere havzanın uzunluğu veya alanı arttıkça geçiş süresi artmakta, eğimin artmasıyla birlikte ise azalmaktadır.

5. **Taban Süresi, t_b :** Yüzey akımının başlamasıyla birlikte taban süresi başlar ve yüzey akımı bitene kadar sürer. t_b ile ifade edilir.

2.6.3. BİRİM HİDROGRAF

Birim hidrograf akarsu havzasına belli bir zamanda, sabit şiddette gelen yağışın birim yükseklikte (1 cm) akış meydana getiren kısmıdır.

Birim Hidrograf teorisinde şu kabuller yapılmaktadır: [14]

1. Etkili yağış sabit şiddettedir.
2. Etkili yağış havzaya üniform olarak dağılmıştır.
3. Etkili yağışın sebebiyet verdiği yüzey akımının süresi yani hidrografın taban süresi sabit bir değerdedir, bu değer yağış şiddetine bağlı değildir.
4. Aynı süre devam eden yağışların sebep olduğu yüzey akımı diğer bir deyişle dolaysız akış hidrografı ordinatları, her bir yağışın etkili yağış yüksekliği ile doğru orantılıdır.
5. Birim hidrograf her havza için tektir, yani havzanın özellikleri zamanla değişmez, sabit kabul edilir.

Gerçekte bu kabuller gerçekleşmez. Ancak Birim Hidrograf teorisi ile elde edilen sonuçlar yeterli doğruluğu vermektedir.

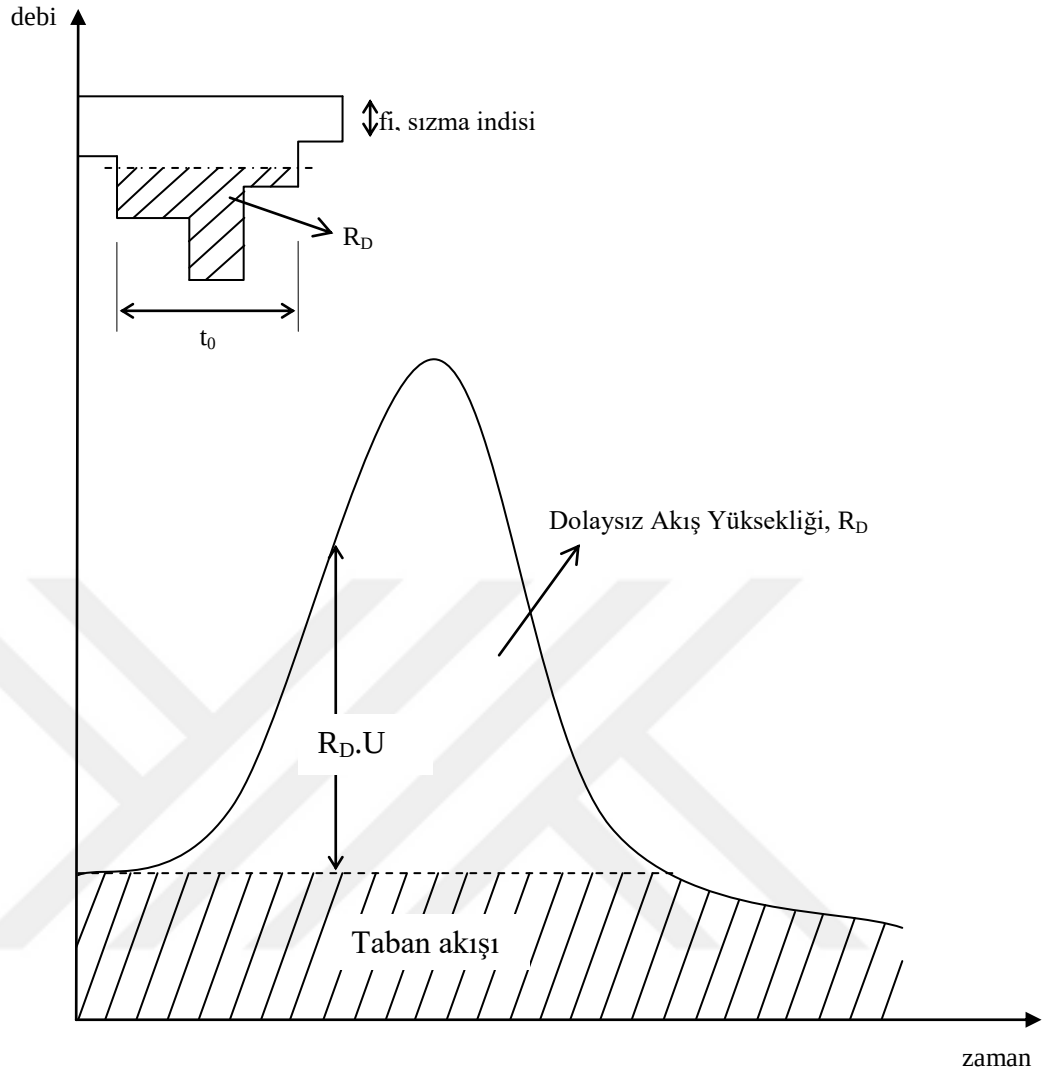
Bu teori 5 km^2 'den küçük, $5000\text{-}10000 \text{ km}^2$ 'den büyük havzalarda uygulanmaz.

Birim Hidrograf ya çalışma yapılan bölgede yağış ve akış rasatlarının birlikte bulunduğu gözlem verileri kullanılarak veya çeşitli formüllerden yararlanılarak elde edilen sentetik yöntemlerle olmak üzere iki farklı şekilde elde edilebilir. Bu tez çalışmasında üzerinde çalışılan alanların birim hidrografı sentetik yöntemlerle elde edilmiştir.

2.6.3.1. Gözlem Verilerinden Birim Hidrografın Elde Edilmesi

Bir havzaya ait çok sayıda gözlenmiş akım ve yağış kayıtları mevcutsa, bu havzaya ait birim hidrograf bu veriler yardımıyla bulunabilir.

1. Taşkına sebebiyet veren yağış, havzaya aynı oranda dağılmış, şiddeti fazla değişiklik göstermeyen ve diğer yağışlardan yeterince ayrılmış yağış ölçeklerinden yararlanılarak elde edilir. Bu şekilde yağış okumalarından havzaya ait bir yağış eğrisi elde edilerek hiyetografa geçilir.
2. Gözlenen hidroraftan taban akışı ayrılıp, ordinatlarından taban akışı çıkartılarak dolaysız akış hidrografı elde edilir.
3. Dolaysız akış hidrografının altında kalan alan hesaplanarak dolaysız akış hacmi bulunur. Bu değer havzanın alanına bölünerek dolaysız akış yüksekliği elde edilir. Birim hidrograf teorisine göre, artık yağışın tümü dolaysız akışa çevrildiği için aynı zamanda bu değer artık yağış yüksekliğine eşittir.
4. Dolaysız akış hidrografının koordinatları artık akış yüksekliğine bölünerek hidrografın ordinatları elde edilir.
5. Birim hidrograf bu şekilde elde edildikten sonra t_0 artık yağış süresinin bulunması için hiyetograf üzerinde, altında kalan alan artık yağış yüksekliğine eşdeğer olacak şekilde yatay bir çizgi (f_i sızma indisi) çizilir. Çizilen bu çizginin hiyetografla kesiştiği noktalar arasındaki zaman aralığı artık yağış yüksekliğine eşittir.



Şekil 2. 24. Birim hidrografın elde edilmesi

2.6.3.2. Sentetik Yöntemlerle Birim Hidrografın Elde Edilmesi

Yağış ve akış kayıtlarının bulunmadığı veya ölçümlerde hata bulunması, a.g.i. verilerine ulaşılamaması gibi durumlarda birim hidrografı temin etmek için sentetik yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler DSİ Sentetik, Mockus, Snyder, Soil Conservation Service (SCS), Mitchell, William, Commons gibi metotlardır.

Bu tez çalışmasında sentetik yöntemlerden DSİ Sentetik ve Mockus metotları kullanılarak Birim Hidrograflar elde edilmiştir.

2.6.3.2.a. Sentetik Birim Hidrografın DSİ Sentetik Metot İle Elde Edilmesi

DSİ Sentetik Metot drenaj alanı 1000 km²'ye olan bölgeler için kullanılır. Daha büyük alanlarda drenaj alanı küçük alanlara ayrılarak hepsi için ayrı birim hidrograflar elde edilir.

Birim hidrograf aşağıdaki aşamalar takip edilerek elde edilebilir:

1. Birim hidrografı çizilecek olan drenaj alanının sınırları topografik haritadan belirlenir ve alanı hesap edilir.
2. Üzerinde çalışılacak dere veya akarsuyun uzunluğu (L) ve havzanın mansabından, ağırlık merkezine derenin ana kolu üzerinde en yakın noktaya olan mesafe (L_c) uzunluğu ölçülür.
3. Arazinin eğimi hesaplanır. Eğim bulunurken kullanılan yöntemlerden biri bu tez çalışmasında da esas alınan harmonik meyil hesabıdır.

- Harmonik eğim hesaplanırken derenin ana kol uzunluğu 10 eşit parçaya ayrılır. Bu parçalara karşılık gelen yükseklikler topoğrafik haritadan eş yükselti eğrileri yardımıyla elde edilir. Yükseklikler uzunluk ile bölünerek her bir parça için bulunan eğimler kümülatif olarak toplanıp $S = \left(\frac{10}{\sum \frac{1}{\sqrt{S}}} \right)^2$ formülünde yerine konularak harmonik meyil bulunur.

4. Eğim hesaplandıktan sonra havza parametresi $(L \times L_c)/\sqrt{S}$ formülü ile hesaplanır. Burada;

L: Ana akarsu kolu uzunluğu (km)

L_c : Havza çıkışından, ağırlık merkezine ana kol üzerindeki en yakın uzaklık (km)

S: Arazinin eğimi

5. Alan ve eğim hesaplanıp havza parametresi de bulunduktan sonra,

$$q_p = \frac{414}{A^{0.225} \left(\frac{L \times L_c}{\sqrt{S}} \right)^{0.16}} \text{ (lt/sn/km}^2\text{/mm)} \text{ formülü ile 1mm'lik akım için verim,}$$

$$Q_p = A \times q_p \times 10^{-3} \text{ (m}^3\text{/sn/mm)},$$

A: Havza Alanı (km²)

$$V_b = A \times h_a \times 10^{-3} \text{ (m}^3\text{)}, \text{ formülü ile } h_a=1\text{mm'lik akış için birim hacim}$$

$$T_b = 3.65 \times \frac{V_b}{Q_p} \text{ (saat)}, \text{ ile hidrografın devam süresi,}$$

$$T_p = \frac{T_b}{5} \text{ (saat)}, \text{ ile de hidrografın pik debiye ulaşma zamanı bulunur.}$$

Bu şekilde bulunan T_p ve Q_p değerleri aşağıda verilen DSİ Sentetik Metodun boyutsuz birim hidrograf koordinatları ile çarpılır. Bu şekilde havzaya ait birim hidrograf DSİ Sentetik Metot ile hesaplanmış olur.

Tablo 2. 3. DSİ Sentetik Metot Boyutsuz Birim Hidrograf Koordinatları

T/Tp	Q/Qp
0	0
0.1	0.015
0.2	0.075
0.3	0.16
0.4	0.28
0.5	0.43
0.6	0.6
0.7	0.77
0.8	0.89
0.9	0.97
1	1
1.1	0.98
1.2	0.92
1.3	0.84
1.4	0.75
1.5	0.66
1.6	0.56
1.8	0.42
2	0.32
2.2	0.24
2.4	0.18
2.6	0.13
2.8	0.098
3	0.075
3.5	0.036
4	0.018
4.5	0.009
5	0.004
5.5	0

2.6.3.2.b. Sentetik Birim Hidrografın Mockus Metodu İle Elde Edilmesi

Mockus metodu, hesabının pratik olması ve üçgen hidrografın çiziminin kolay olması bakımından tercih edilmektedir. Üçgen hidrograflar, akarsu yatağında ve rezervuarlardaki ötelemelerde eğrisel hidrograflar gibi hassas sonuçlar verebilmektedir. Ancak hidrografın kuyruk kısmının projelendirmeyi etkilediği durumlarda eğrisel hidrografın kullanımı daha doğru sonuçlar vermektedir. Üçgen hidrograftan eğrisel hidrografa dönüşüm hassasiyeti bozulmadan yapılabilmektedir.

Mockus metodu toplanma zamanı (T_c), 30 saate kadar olan drenaj alanlarında uygulanabilmektedir. Daha büyük alanlarda, DSİ sentetik metotta olduğu gibi drenaj alanı parçalara ayrılarak birim hidrograflar çizilir. Yağışın değişkenliği nedeniyle hesaplanacak taşkınlarda alınacak ΔD birim sağanak süresinin seçilmesi önemlidir. [11]

Birim sağanak süresinin seçilmesinde genellikle $\Delta D \leq \frac{T_c}{5}$ bağıntısı dikkate alınmaktadır.

İlk 6 saatlik proje sağanak süresi için ΔD çoğunlukla bir saattir. Toplanma zamanının(T_c) 3 saatten az olduğu durumlarda ΔD 0.5 saat alınmakta, toplanma zamanının 10 ile 15 saat arasında olması halinde ΔD 2 saat, 15 saatten 30 saate kadar alınması halinde ise birim sağanak süresi, ΔD 'nin, 3 saat alınması tavsiye edilmektedir. [11]

$$\text{Toplanma Zamanı, } T_c = 0.00032 \times \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \text{ (saat)}$$

L: Akarsu ana kol uzunluğu (km)

S: Akarsuyun eğimi

Taşkını meydana getiren yağış süresi;

1. Süperpozesiz durumda : $D = 2 \times \sqrt{T_c}$

2. Süperpozeli durumda : $D = T_c$

şeklinde hesaplanır.

Hidrografın pike ulaşma zamanı, $T_p = 0.5 \times D + 0.6 \times T_c$ (saat)

Hidrografın alçalma zamanı, $T_r = 1.67 \times T_p$ (saat)

Hidrografın süresi, $T_b = T_p + T_r$ (saat)

$h_a = 1\text{mm}$ 'lik akışın oluşturacağı debi,

$$Q_p = \frac{k \times A \times h_a}{T_p} (\text{m}^3/\text{sn}),$$

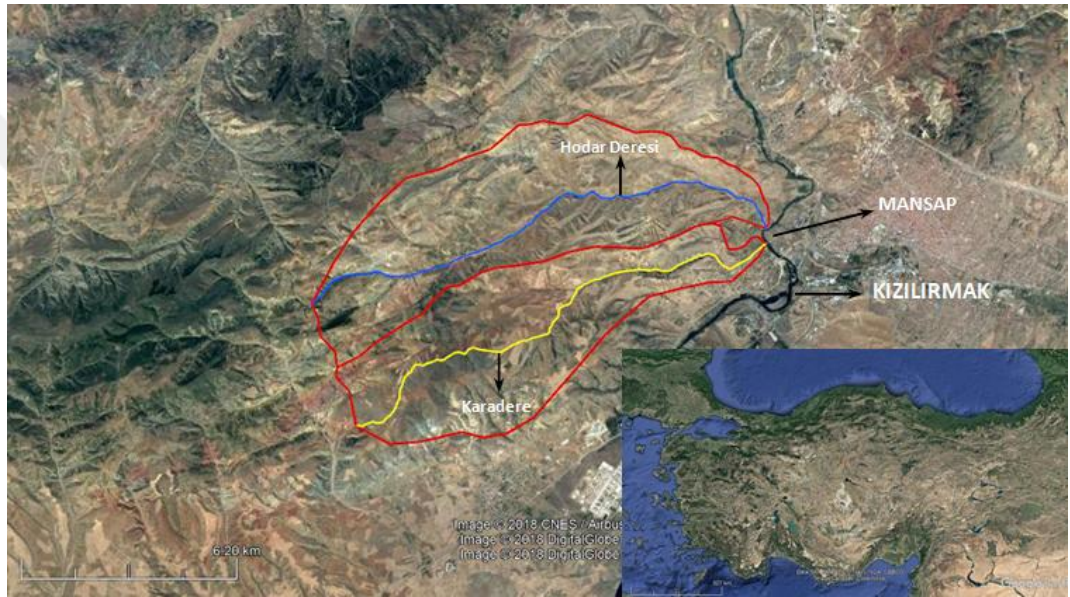
K: havza katsayısı



3. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

3.1. Çalışma Alanı

Bu yüksek lisans tez çalışması kapsamında Kırıkkale Bahşılı ilçesinde yer alan Karadere ve Hodar Deresi olmak üzere bölge için önemli olan iki dere incelenmiştir.



Şekil 3. 1. Karadere ve Hodar Deresi havza alanlarının uydu görüntüsü



Şekil 3. 2. Karadere ve Hoder Deresi'nin uydu görüntüsü

3.2. KARADERE VE HODAR DERESİ İÇİN TAŞKIN DEBİLERİNİN HESABI

3.2.1. FARKLI SENTETİK YÖNTEMLERLE MUHTELİF TEKERRÜRLÜ TAŞKIN DEBİLERİNİN BULUNMASI

3.2.1.1. Sentetik Birim Hidrografın DSİ Sentetik Metodu ile Elde Edilmesi

3.2.1.1.a. Karadere Drenaj Alanı İçin Hesaplamalar

Topografik harita üzerinden Karadere'nin,

Ana kol uzunluğu, $L=12.9375$ km,

Havza çıkışından, ağırlık merkezine ana kol üzerindeki en yakın uzaklık, $L_C=7.8$ km olarak ölçüldü.

Havza alanı yine aynı haritadan 21 km^2 olarak hesaplandı.

Dere hattı 10 eşit parçaya ayrılarak her bir kesit için karşılık gelen kotlar ve bir önceki kesitle arasındaki kot farkı ile yatay uzaklık hesaplanıp aşağıdaki tablo elde edilmiştir.

Tablo 3. 1. Karadere anakol harmonik meyil hesabı

Sıra No	h (m)	L/10 (m)	S=h/L	$\sqrt{S}$	$\frac{1}{\sqrt{S}}$
1	110.2941	1293.75	0.085251	0.291979	3.424909
2	62.20588	1293.75	0.048082	0.219276	4.560468
3	47.31818	1293.75	0.036574	0.191244	5.22891
4	39.76515	1293.75	0.030736	0.175318	5.703926
5	38.80952	1293.75	0.029998	0.173198	5.773724
6	32.35714	1293.75	0.02501	0.158147	6.323246
7	27.22297	1293.75	0.021042	0.145058	6.89378
8	42.72268	1293.75	0.033022	0.181721	5.502955

Tablo 3.1'in devamı

9	18	1293.75	0.013913	0.117954	8.477912
10	51.30435	1293.75	0.039656	0.199137	5.021669

$$\sum \frac{1}{\sqrt{S}} = 56.9115$$

Harmonik meyil,

$$S = \left(\frac{10}{\sum \frac{1}{\sqrt{S}}} \right)^2 = \left(\frac{10}{56.9115} \right)^2 = 0.030875 \approx \%3 \text{ olarak hesaplandı.}$$

Havza parametresi,

$$\frac{L.L_c}{\sqrt{S}} = 574.3082$$

1mm'lik akım için verim,

$$q_p = \frac{414}{21^{0.225} (574.3082)^{0.16}} = 71.5158 \text{ lt/sn/km}^2/\text{mm}$$

Birim hidrografın piki,

$$Q_p = 21 \times 71.515 \times 10^{-3} = 1.585832 \text{ m}^3/\text{sn/mm}$$

$h_a = 1\text{mm}$ akış için birim hacim,

$$V_b = A.h_a.10^{-3} = 21000 \text{ m}^3$$

Birim hidrografın taban süresi,

$$T_b = 3.65 \frac{V_b}{Q_p} = 13.426 \approx 14 \text{ saat}$$

Birim hidrografın pike ulaşma zamanı,

$$T_p = \frac{T_b}{5} = 2.8 \text{ saat}$$

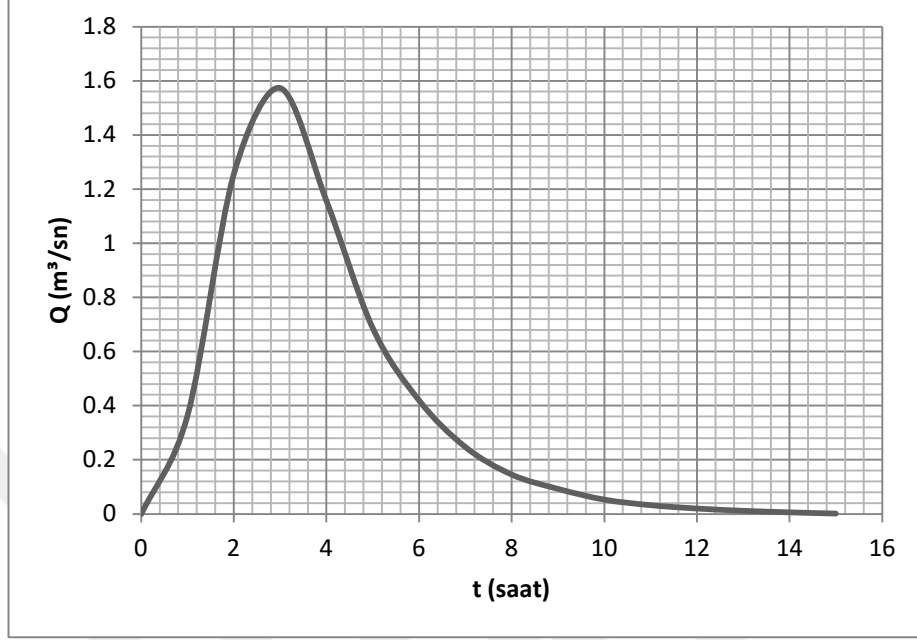
Ayrıca bölgedeki kritik yağış süresi Şekil 2.5.'ten 8 saat olarak bulunmuştur

Karadere drenaj alanına ait birim hidrografın bulunan Q_p ve T_p değerleri Tablo 2.4.'te verilen DSİ sentetik metot boyutsuz birim hidrograf koordinatları ile çarpılarak bu bölgeye ait DSİ sentetik birim hidrograf koordinatları aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

Tablo 3. 2. Karadere drenaj alanı için DSİ Sentetik metotla hesaplanmış birim hidrograf koordinatları

T (saat)	Q (m³/sn)
0.00	0.00
0.28	0.0238
0.56	0.1189
0.84	0.2537
1.12	0.444
1.14	0.6819
1.68	0.9515
1.96	1.221
2.24	1.4114
2.52	1.5383
2.8	1.5858
3.08	1.554
3.36	1.459
3.64	1.3321
3.92	1.1894
4.2	1.0466
4.48	0.888
5.04	0.666
5.6	0.5075
6.16	0.3806
6.72	0.2854
7.28	0.2062
7.84	0.1554
8.4	0.1189
9.8	0.0571
11.2	0.0285
12.6	0.0143
14	0.0063
15.4	0.00

Bu tablodan elde edilen verilerle Karadere drenaj alanına ait birim hidrograf Şekil 3.3.'teki gibi elde edilmiştir.



Şekil 3. 3. Karadere anakoluna ait DSİ sentetik yöntem ile elde edilen birim hidrograf

Tablo 3. 3. Kırıkkale bölgesi için Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından oluşturulan tablodan alınan maksimum yağış değerleri

TEKERRÜR (YIL)	SAAT										
	1	2	3	4	5	6	8	12	18	24	24 +
2	13.5	15.8	16.8	17.8	18.6	19.2	20.4	21.6	22.8	27.7	27.8
5	22.7	24.9	26.1	27.1	28.1	28.7	29.9	30.9	32.5	37.9	38.1
10	30.4	32.3	34.2	35.3	36.4	37.1	38.4	39.3	41.0	45.8	46.1
25	42.4	43.6	47.0	48.6	49.9	50.8	52.2	53.2	54.7	57.4	57.8
50	53.0	53.5	58.7	61.0	62.3	63.6	65.1	66.3	67.1	67.3	67.6
100	64.7	65.3	72.7	75.9	77.3	77.9	78.6	79.0	80.7	82.4	82.4

Günlük en çok yağış değerleri, belirli bir 24 saate ait olması nedeniyle, yıl içerisindeki maksimum günlük en çok yağışları temsil edememektedir. Bu nedenle taşkın hesabında kullanılacak olan günlük maksimum yağışların, 1.13 maksimize faktörü ile çarpılması gerekmektedir[11].

Drenaj alanı yağışı ise yağışın alan içerisindeki dağılımı grafiğinden drenaj alanı değerine göre okunan dağılım oranının maksimize edilen yağış değeriyle çarpılmasıyla elde edilir.

Karadere bölgesinde tekerrür süresi 100 yıl olan yağış değerleri için yukarıdaki işlemler uygulanılarak aşağıdaki tablo elde edilmiştir.

Tablo 3. 4. Karadere drenaj alanı için elde edilen yağış değerleri

t (saat)	2	4	6	8
Yağış Yük.(mm)	65.3	75.9	77.9	78.6
Max. Yağış(mm)	73.789	85.767	88.027	88.818
Alan Dağılım Oranı	0.93	0.96	0.97	0.98
Drenaj Alanı Dağılımı	68.6238	82.34	85.386	87.042

Yağışın zaman içerisindeki dağılımı; yağışın zaman içerisindeki dağılımı grafiğinden okunur.

Okunan bu değerlerle, yukarıda bulunan drenaj alanı dağılım değerleri çarpılarak dolaysız akış elde edilir.

Potansiyel sızma hesabı:

$$S = 2.54 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) = 63.5 \text{ cm}$$

(CN eğri değeri bu drenaj alanı için 80 olarak alınmıştır.)

$$0.2 \times S = 12.7 \text{ cm}$$

$$0.8 \times S = 50.8 \text{ cm}$$

$$Pe = \frac{(P-0.2S)^2}{(P+0.8S)} cm$$

P: Toplam yağış yüksekliği

Pe: Eklenik artık (etkin) yağış yüksekliği

S: Potansiyel sızma

Her bir Δt zaman aralığında ΔPe (her bir Δt için artık yağış yüksekliği) bulunarak artım akış R elde edilir.

Tablo 3. 5. Drenaj alanı yağışının (100 yıllık için) birim hidrograf süresi ve katlarında zaman içerisindeki dağılımı-akışı ve artım akışı (mm)

	SÜRE (Saat)			
	2	4	6	8
Zamanın Toplam Zamana Oranı	1.00			
Dağılım Oranı	1.00			
Dolaysız Akış Yağışı	68.624			
Akış (P_{e1})	26.188			
Artım Akış (R_1)	26.188			
Zamanın Toplam Zamana Oranı	0.50	1.00		
Dağılım Oranı	0.83	1.00		
Dolaysız Akış Yağışı	68.339	82.336		
Akış (P_{e2})	25.984	36.423		
Artım Akış (R_2)	25.984	10.439		
Zamanın Toplam Zamana Oranı	0.33	0.66	1.00	
Dağılım Oranı	0.71	0.91	1.00	
Dolaysız Akış Yağışı	60.624	77.701	85.386	
Akış (P_{e3})	20.612	32.88	38.795	
Artım Akış (R_3)	20.612	12.268	5.9141	
Zamanın Toplam Zamana Oranı	0.25	0.50	0.75	1.00
Dağılım Oranı	0.64	0.83	0.93	1.00
Dolaysız Akış Yağışı	55.707	72.245	80.949	87.042
Akış (P_{e4})	17.366	28.815	35.354	40.094
Artım Akış (R_4)	17.366	11.449	6.539	4.7401

Örnek olarak tablo üzerinden R_1 ve R_2 artım akışları şu şekilde bulunmuştur:

$$P_{e_1} = \frac{(P-0.2S)^2}{(P+0.8S)} = \frac{(68.624-12.7)^2}{(68.624+50.8)}$$

$$P_{e_1} = 26.188 \text{ mm}$$

$$R_1 = \Delta P_e = 26.188 \text{ mm}$$

$$P_{e_2}^2 = \frac{(68.34-12.7)^2}{(68.34+50.8)} = 25.985 \text{ mm (2 saat süreli)}$$

$$P_{e_2}^4 = \frac{(82.34-12.7)^2}{(82.34+50.8)} = 36.426 \text{ mm (4 saat süreli)}$$

$$R_2^2 = \Delta P_e^2 = 25.985 \text{ mm} \quad R_2^4 = P_{e_2}^4 - P_{e_2}^2 = 10.441 \text{ mm}$$

Bu şekilde bulunan değerler Tablo 3.6.'da olduğu gibi yerleştirilir.

Dolaysız Akış Hidrografı:

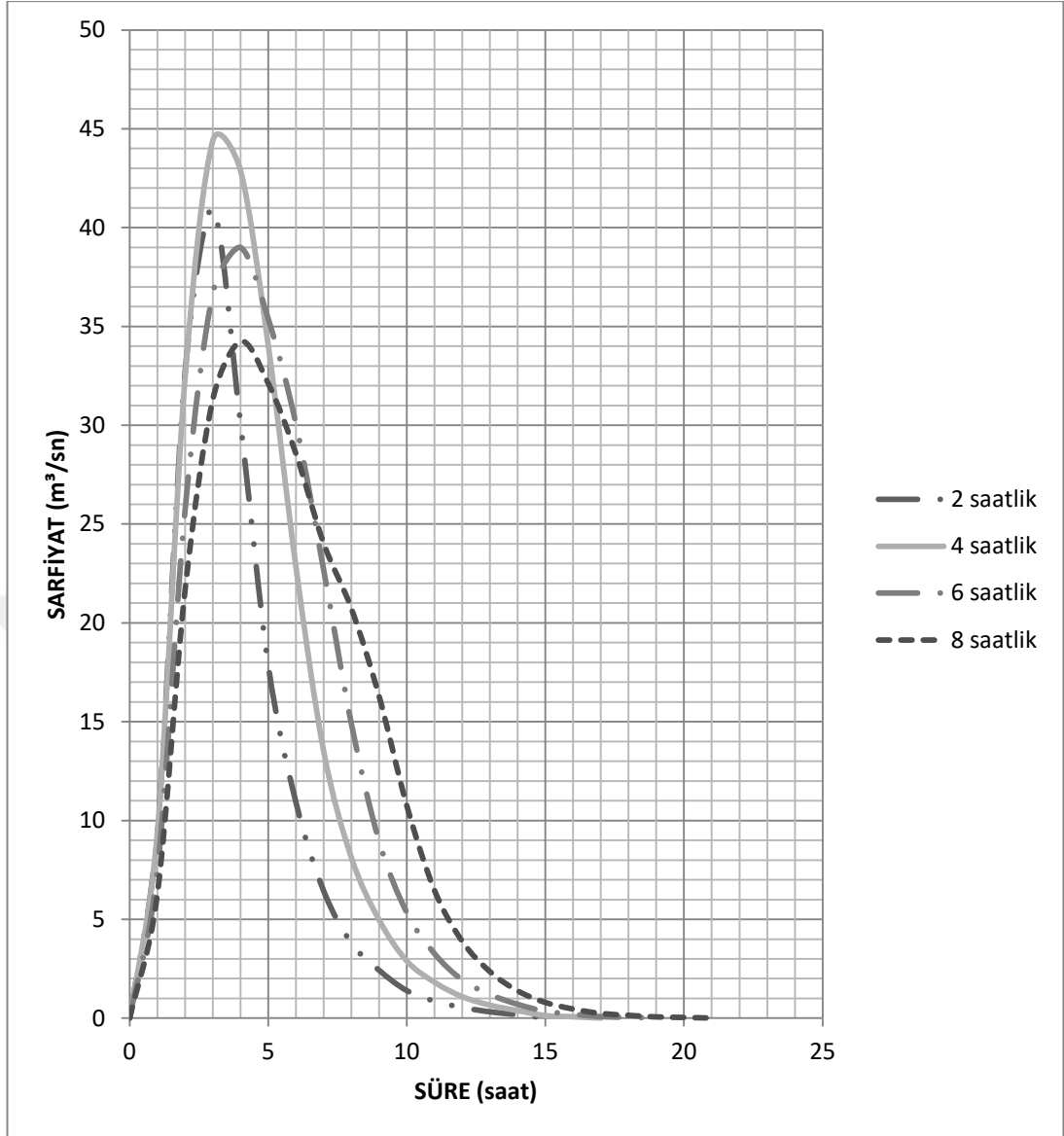
$$\begin{aligned} DAH = R_1 \times BH_2 + R_2 \times (2 \text{ saat ötelenmiş } BH_2) + R_3 \\ \times (4 \text{ saat ötelenmiş } BH_2) + R_4 \times (6 \text{ saat ötelenmiş } BH_2) + R_5 \\ \times (8 \text{ saat ötelenmiş } BH_2) \end{aligned}$$

Elde edilen artım akış yani etkili yağış değerleri 2,4,6 ve 8 saatlik ötelenen hidrograf değerleri ile çarpılarak dolaysız akış hidrografı elde edilir.

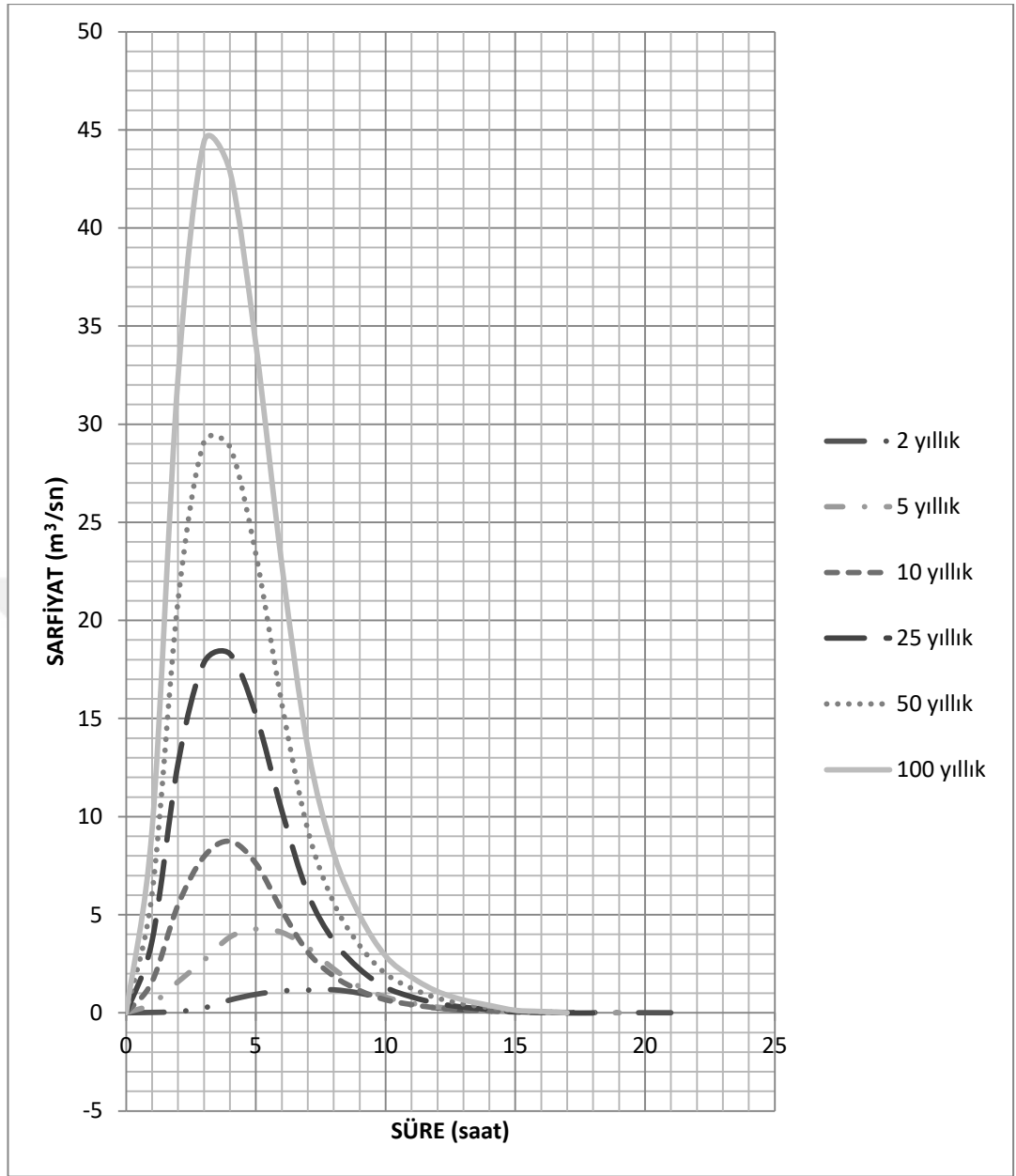
Karadere drenaj alanı için yüzeysel akıştan meydana gelen taşkın sarfiyatı aşağıdaki tablodaki gibi elde edilip hidrografları çizilmiştir.

Tablo 3. 6. Karadere drenaj alanı için 100 yıl tekerrürlü yağıştan meydana gelen yüzeysel akışın oluşturduğu taşkın sarfiyatı

Süre saat	Sarfiyat m ³ /sn	Sarfiyat (m ³ /sn)		Sarfiyat (m ³ /sn)			Sarfiyat (m ³ /sn)				Sarfiyat (m ³ /sn)				
		Artım Akış (mm)		Artım Akış (mm)			Artım Akış (mm)				Artım Akış (mm)				
		26.18	Q ₂	25.98	10.44	Q ₄	20.61	12.27	5.914	Q ₆	17.37	11.45	6.539	4.74	Q ₈
0	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00			0.00	0.00				0.00
1	0.362	9.493	9.493	9.419		9.419	7.472			7.472	6.295				6.295
2	1.248	32.69	32.69	32.44	0.00	32.44	25.73	0.00		25.73	21.68	0.00			21.68
3	1.563	40.94	40.94	40.62	3.784	44.4	32.22	4.447		36.67	27.15	4.15			31.3
4	1.149	30.08	30.08	29.85	13.03	42.88	23.68	15.31	0.00	38.99	19.95	14.29	0.00		34.24
5	0.682	17.86	17.86	17.72	16.32	34.04	14.06	19.18	2.144	35.38	11.84	17.9	2.37		32.11
6	0.417	10.92	10.92	10.83	11.99	22.82	8.592	14.09	7.382	30.07	7.239	13.15	8.163	0.00	28.55
7	0.246	6.437	6.437	6.387	7.118	13.51	5.067	8.366	9.245	22.68	4.269	7.807	10.22	1.718	24.02
8	0.145	3.797	3.797	3.767	4.351	8.119	2.989	5.114	6.793	14.9	2.518	4.773	7.511	5.917	20.72
9	0.092	2.421	2.421	2.402	2.566	4.968	1.905	3.016	4.033	8.954	1.605	2.814	4.459	7.41	16.29
10	0.053	1.388	1.388	1.377	1.514	2.891	1.093	1.779	2.465	5.337	0.921	1.66	2.726	5.444	10.75
11	0.033	0.854	0.854	0.848	0.965	1.813	0.672	1.134	1.454	3.26	0.567	1.058	1.607	3.232	6.464
12	0.02	0.534	0.534	0.53	0.553	1.083	0.42	0.65	0.857	1.928	0.354	0.607	0.948	1.976	3.885
13	0.012	0.314	0.314	0.312	0.341	0.653	0.247	0.4	0.547	1.194	0.209	0.374	0.604	1.165	2.352
14	0.006	0.166	0.166	0.165	0.213	0.378	0.131	0.25	0.314	0.694	0.11	0.233	0.347	0.687	1.378
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.125	0.125	0.00	0.147	0.193	0.34	0.00	0.137	0.213	0.438	0.789
16					0.066	0.066		0.078	0.121	0.198		0.073	0.133	0.251	0.457
17					0.00	0.00		0.00	0.071	0.071		0.00	0.079	0.155	0.233
18									0.038	0.038			0.041	0.097	0.138
19									0.00	0.00			0.00	0.057	0.057
20														0.03	0.03
21														0.00	0.00



Şekil 3. 4. Karadere drenaj alanı için DSİ Sentetik Metoda göre elde edilmiş 100 yıl tekerrürlü 2-4-6 ve 8 saatlik taşkın hidrografları



Şekil 3. 5. Karadere drenaj alanı için DSİ Sentetik Metoda göre elde edilmiş muhtelif tekerrürlü taşkın hidrografları

3.2.1.1.b. Hodar Deresi Drenaj Alanı İçin Hesaplamalar

Topografik harita üzerinden Hodar Deresinin;

Ana kol uzunluğu, $L=15.825$ km,

Havza çıkışından, ağırlık merkezine ana kol üzerindeki en yakın uzaklık, $L_C=8.1625$ km olarak ölçüldü.

Havza alanı yine aynı haritadan 45.44 km^2 olarak hesaplandı.

Dere hattı 10 eşit parçaya ayrılarak her bir kesit için kotlar ve yatay uzaklıklar dikkate alınarak aşağıdaki tablo oluşturulmuştur.

Tablo 3. 7. Hodar deresi anakol harmonik meyil hesabı

Sıra No	h (m)	L/10 (m)	S=h/L	$\sqrt{S}$	$\frac{1}{\sqrt{S}}$
1	205.1111	1582.5	0.129612	0.360017	2.777648
2	94.44444	1582.5	0.059681	0.244296	4.093395
3	51.56209	1582.5	0.032583	0.180507	5.53996
4	45.71569	1582.5	0.028888	0.169965	5.883547
5	47.01282	1582.5	0.029708	0.17236	5.801813
6	35.42657	1582.5	0.022386	0.149621	6.683551
7	38.9697	1582.5	0.024625	0.156925	6.372478
8	40.02424	1582.5	0.025292	0.159034	6.287968
9	32.30872	1582.5	0.020416	0.142885	6.998613
10	21.42462	1582.5	0.013538	0.116355	8.594396

$$\sum \frac{1}{\sqrt{S}} = 59.03337$$

Harmonik meyil ;

$$S = \left(\frac{10}{\sum \frac{1}{\sqrt{S}}} \right)^2 = 0.028695 = \%2.869 \text{ bulundu.}$$

Havza parametresi,

$$\frac{L.L_c}{\sqrt{S}} \text{ formülünden } 762.54 \text{ olarak hesaplandı.}$$

1mm'lik akım için verim,

$$qp = \frac{414}{A^{0.225} \left(\frac{L.L_c}{\sqrt{S}} \right)^{0.16}} = 60.66 \text{ lt/sn/km}^2/\text{mm} \text{ olarak bulunmuştur.}$$

Birim hidrografın piki,

$$Qp = A \cdot qp \cdot 10^{-3} = 2.756 \text{ m}^3/\text{sn/mm}$$

$h_a = 1 \text{ mm}$ akış için birim hacim,

$$Vb = A \cdot h_a \cdot 10^{-3} = 45440 \text{ m}^3$$

Hidrografın taban süresi,

$$Tb = 3.65 \times \frac{Vb}{Qp} = 16.7183 \approx 17 \text{ saat}$$

Hidrografın pike ulaşma zamanı,

$$Tp = \frac{Tb}{5} = 3.4 \text{ saat}$$

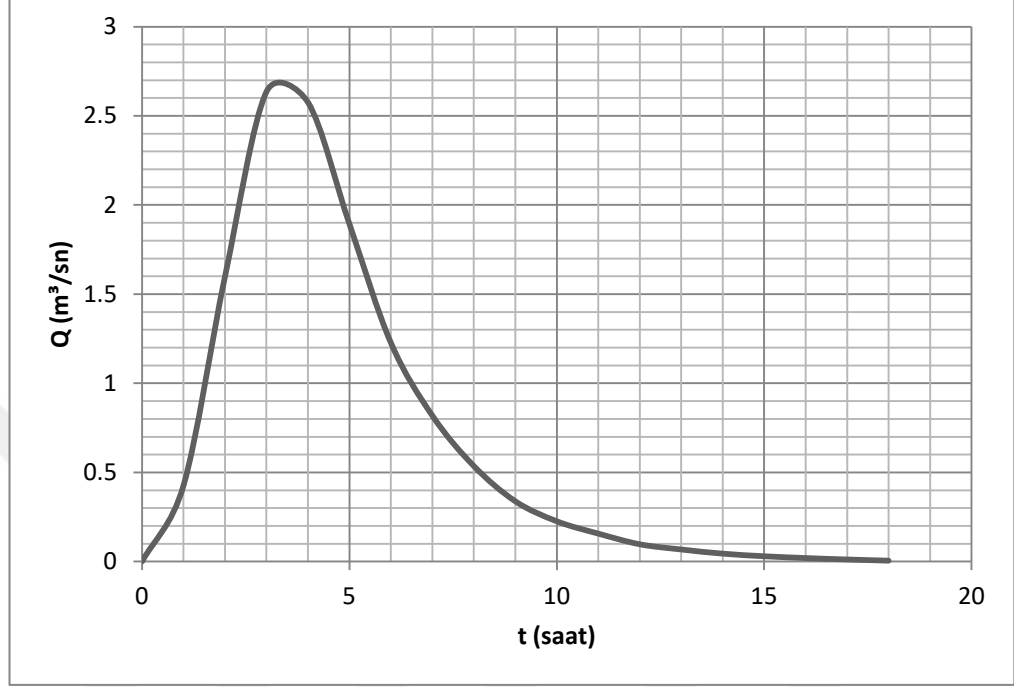
Ayrıca bölgedeki kritik yağış süresi Şekil 2. 6.'dan 8 saat olarak bulunmuştur.

Hodar Deresi drenaj alanına ait birim hidrografın Q_p ve T_p değerleri Tablo 2. 3.'te verilen DSİ sentetik metot boyutsuz birim hidrograf koordinatları ile çarpılarak bu bölgeye ait DSİ sentetik birim hidrograf koordinatları elde edilmiş olur.

Tablo 3. 8. DSI sentetik metotla hesaplanmış birim hidrograf koordinatları

T (saat)	Q (m ³ /sn)
0.00	0.00
0.34	0.04135
0.68	0.20673
1.02	0.441
1.36	0.772
1.70	1.1853
2.04	1.6539
2.38	2.1225
3.72	2.45
3.06	2.674
3.40	2.756
3.74	2.701
4.08	2.536
4.42	2.315
4.76	2.067
5.1	1.819
5.44	1.544
6.12	1.1577
6.80	0.882
7.48	0.661
8.16	0.496
8.84	0.358
9.52	0.27
10.2	0.207
11.9	0.099
13.6	0.05
15.3	0.025
17.0	0.011
18.7	0.00

Bu tablodan yararlanılarak Hodar Deresi drenaj alanına ait birim hidrograf aşağıdaki gibi çizilmiştir.



Şekil 3. 6. Hodar Deresi anakoluna ait DSİ sentetik yöntem ile çizilmiş birim hidrograf

Tablo 3. 9. Hodar deresi drenaj alanı için elde edilen yağış değerleri

t (saat)	2	4	6	8
Yağış Yüksekliği(mm)	65.3	75.9	77.9	78.6
Max. Yağış(mm)	73.789	85.767	88.027	88.818
Alan Dağılım Oranı	0.93	0.95	0.965	0.97
Drenaj Alanı Dağılımı	68.62377	81.4865	84.946	86.1535

Potansiyel Sızma Hesabı :

$$S = 2.54\left(\frac{1000}{CN} - 10\right) = 63.5 \text{ cm}$$

(CN eğri değeri bu drenaj alanı için 80 olarak alınmıştır.)

$$0.2S = 12.7 \text{ cm}$$

$$0.8S = 50.8 \text{ cm}$$

Her bir Δt zaman aralığında ΔPe (her bir Δt için artık yağış yüksekliği) bulunarak artım akışlar (R) aşağıdaki tablodaki gibi elde edilir.



Tablo 3. 10. Drenaj alanı yağışının (100 yıllık için) birim hidrograf süresi ve katlarında zaman içerisindeki dağılımı-akışı ve artım akışı (mm)

	SÜRE (saat)			
	2	4	6	8
Zamanın Toplam Zamana Oranı	1.00			
Dağılım Oranı	1.00			
Dolaysız Akış Yağışı (P)	68.624			
Akış (P_e)	26.188			
Artım Akış (R₁)	26.188			
Zamanın Toplam Zamana Oranı	0.5	1.00		
Dağılım Oranı	0.83	1.00		
Dolaysız Akış Yağışı (P)	67.627	81.48		
Akış (P_e)	25.476	35.762		
Artım Akış (R₂)	25.476	10.286		
Zamanın Toplam Zamana Oranı	0.33	0.66	1.00	
Dağılım Oranı	0.71	0.91	1.00	
Dolaysız Akış Yağışı (P)	60.31	77.3	84.946	
Akış (P_e)	20.402	32.578	38.45	
Artım Akış (R₃)	20.402	12.176	5.872	
Zamanın Toplam Zamana Oranı	0.25	0.5	0.75	1.00
Dağılım Oranı	0.64	0.83	0.93	1.00
Dolaysız Akış Yağışı (P)	55.138	71.507	80.123	86.153
Akış (P_e)	17.00	28.275	34.721	39.395
Artım Akış (R₄)	17.00	11.275	6.446	4.674

Dolaysız Akış Hidrografı:

$$\begin{aligned} DAH = R_1 \times BH_2 + R_2 \times (2 \text{ saat } \textit{ötelenmiş BH}_2) + R_3 \\ \times (4 \text{ saat } \textit{ötelenmiş BH}_2) + R_4 \times (6 \text{ saat } \textit{ötelenmiş BH}_2) + R_5 \\ \times (8 \text{ saat } \textit{ötelenmiş BH}_2) \end{aligned}$$

Elde edilen artım akış yani etkili yağış değerleri 2,4,6 ve 8 saatlik *ötelenen* hidrograf değerleri ile çarpılarak dolaysız akış hidrografı elde edilir.

Hodar Deresi drenaj alanı için yüzeysel akıştan meydana gelen taşkın sarfiyatı aşağıdaki tablodaki gibi elde edilip hidrographları çizilmiştir.

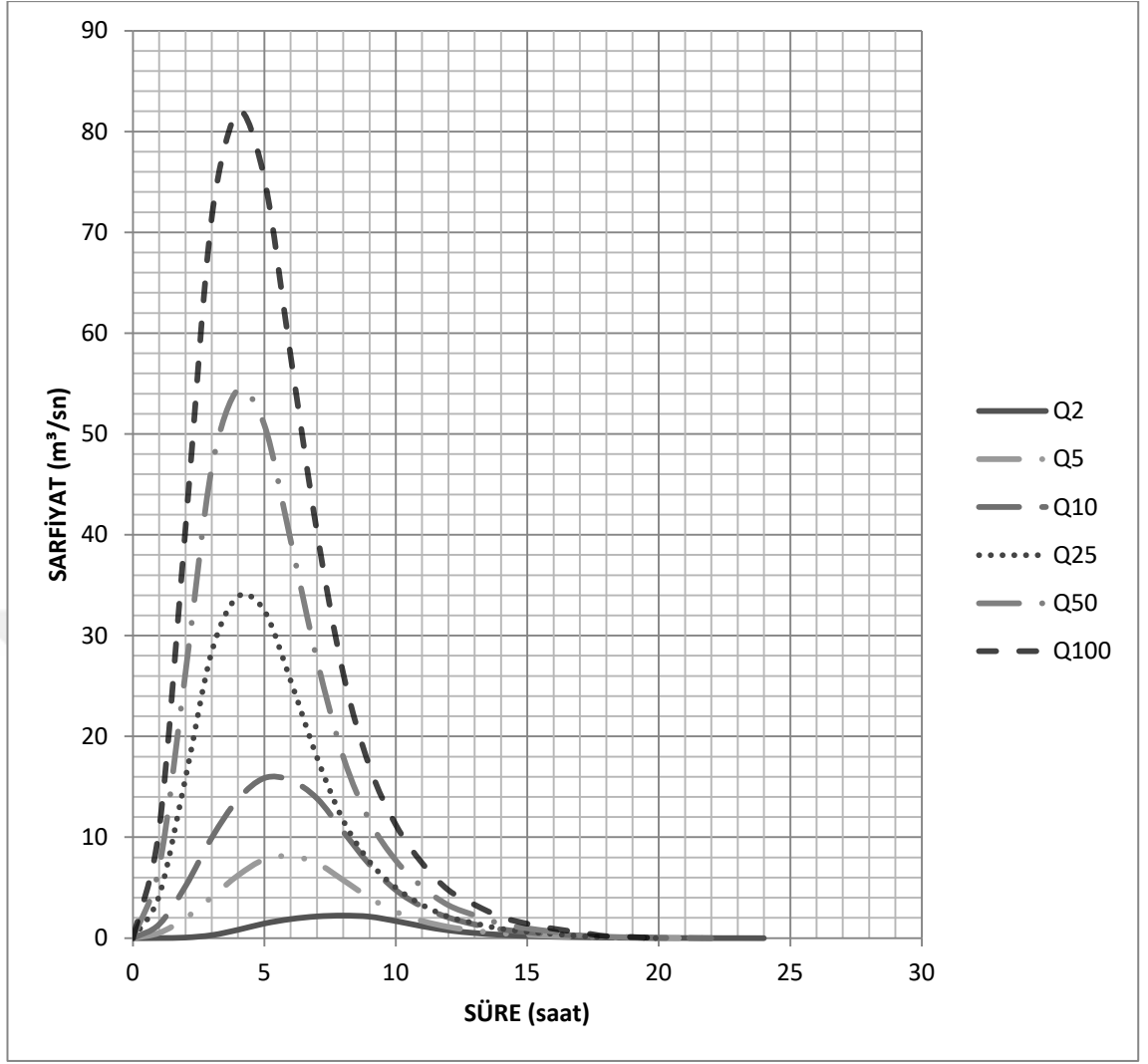


Tablo 3. 11. Hodar Deresi drenaj alanı için DSİ Sentetik Metoda göre hesaplanmış yüzeysel akıştan meydana gelen taşkın sarfıyatı

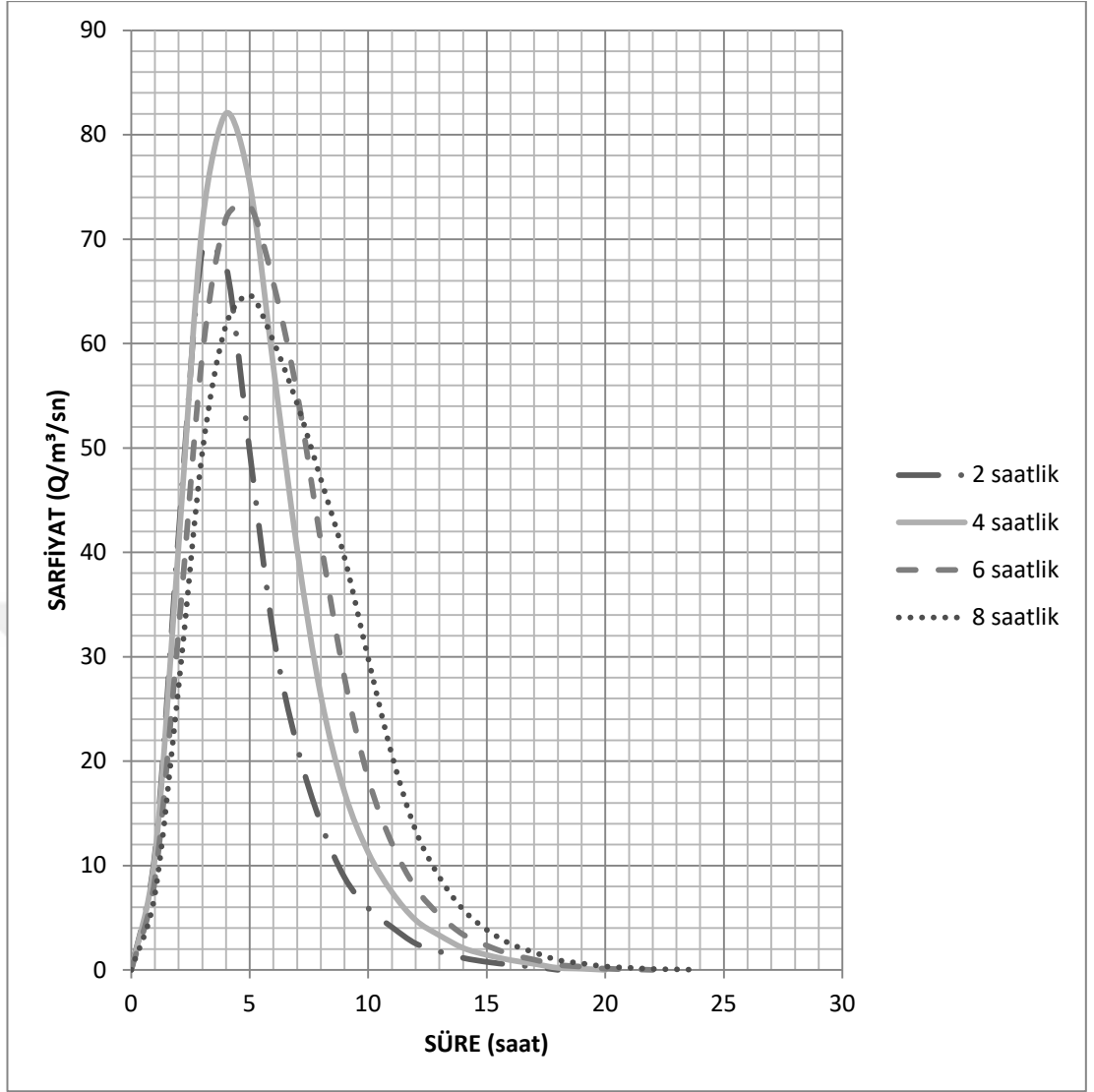
Süre saat	Sarfıyat m ³ /sn	Sarfıyat (m ³ /sn)		Sarfıyat (m ³ /sn)			Sarfıyat (m ³ /sn)				Sarfıyat (m ³ /sn)				
		Artım Akış (mm)		Artım Akış (mm)			Artım Akış (mm)				Artım Akış (mm)				
		26.19	Q ₂	25.48	10.29	Q ₄	20.4	12.18	5.872	Q ₆	17	11.28	6.446	4.675	Q ₈
0	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00			0.00	0.00				0.00
1	0.427	11.19	11.19	10.88		10.88	8.717			8.717	7.264				7.264
2	1.599	41.87	41.87	40.73	0.00	40.73	32.62	0.00		32.62	27.18	0.00			27.18
3	2.635	69.00	69.00	67.12	4.395	71.52	53.76	5.202		58.96	44.79	4.817			49.61
4	2.575	67.43	67.43	65.6	16.44	82.04	52.53	19.47	0.00	72.00	43.77	18.03	0.00		61.83
5	1.892	49.55	49.55	48.21	27.1	75.31	38.6	32.08	2.509	73.2	32.17	29.71	2.754		64.63
6	1.226	32.1	32.1	31.23	26.49	57.71	25.01	31.35	9.388	65.75	20.84	29.03	10.31	0.00	60.18
7	0.817	21.4	21.4	20.82	19.46	40.28	16.67	23.04	15.47	55.19	13.89	21.34	16.98	1.997	54.21
8	0.535	14.01	14.01	13.63	12.61	26.24	10.92	14.93	15.12	40.96	9.097	13.82	16.6	7.473	46.99
9	0.338	8.841	8.841	8.6	8.406	17.01	6.887	9.951	11.11	27.95	5.739	9.214	12.2	12.32	39.47
10	0.225	5.902	5.902	5.742	5.504	11.25	4.598	6.515	7.198	18.31	3.832	6.033	7.901	12.04	29.8
11	0.156	4.089	4.089	3.978	3.472	7.45	3.186	4.111	4.799	12.1	2.655	3.806	5.268	8.845	20.57
12	0.096	2.522	2.522	2.454	2.318	4.772	1.965	2.744	3.142	7.851	1.637	2.541	3.449	5.73	13.36
13	0.067	1.758	1.758	1.71	1.606	3.316	1.37	1.901	1.982	5.253	1.141	1.761	2.176	3.82	8.898
14	0.044	1.146	1.146	1.115	0.991	2.106	0.893	1.173	1.324	3.389	0.744	1.086	1.453	2.501	5.784
15	0.029	0.764	0.764	0.744	0.69	1.434	0.595	0.817	0.917	2.33	0.496	0.757	1.006	1.578	3.838
16	0.019	0.501	0.501	0.487	0.45	0.938	0.39	0.533	0.566	1.489	0.325	0.494	0.621	1.054	2.493
17	0.011	0.289	0.289	0.281	0.3	0.581	0.225	0.355	0.394	0.975	0.187	0.329	0.433	0.73	1.679
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.197	0.197	0.00	0.233	0.257	0.49	0.00	0.216	0.282	0.45	0.948

Tablo 3.11'in devamı

19					0.113	0.113		0.134	0.171	0.306		0.124	0.188	0.314	0.626
20					0.00	0.00		0.00	0.112	0.112		0.00	0.123	0.205	0.328
21									0.065	0.065			0.071	0.136	0.208
22									0.00	0.00			0.00	0.089	0.089
23														0.052	0.052
24														0.00	0.00



Şekil 3. 7. Hodar Deresi drenaj alanı için DSİ Sentetik Metoda göre elde edilen muhtelif tekerrürlü taşkın hidrografları



Şekil 3. 8. Hodar Deresi drenaj alanı için DSİ Sentetik Metoda göre elde edilmiş 100 yıl tekerrür süreli 2-4-6 ve 8 saatlik taşkın hidrografları

3.2.1.2. SENTETİK BİRİM HİDROGRAFIN MOCKUS YÖNTEMİ İLE ELDE EDİLMESİ

3.2.1.2.1. Karadere Drenaj Alanı İçin Hesaplamalar

$$A = 21 \text{ km}^2$$

$$L = 12.9375 \text{ km}$$

$$S = 0.03$$

Toplanma zamanı,

$$T_c = 0.00032 \times \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} = 1.789683 \text{ saat}$$

Taşkını meydana getiren yağış süresi,

$$D = 2\sqrt{T_c} = 2.675581 \approx 3 \text{ saat}$$

Toplanma zamanı, T_c , 3 saatten az olduğu hallerde birim sağanak süresi, ΔD pratik olarak 0.5 saat alınır [11]. Bu şarta uyarak $\Delta D = 0.5$ saat alındı.

Birim hidrografın pike ulaşma, yükselme ve devam süreleri,

1. Süperpozeli Hesaba göre ;

$$T_p = 0.5 \times \Delta D + 0.6 \times T_c = 1.32381 \text{ saat}$$

$$T_r = H \times T_p = 1.67 \times T_p = 2.21076 \text{ saat}$$

$$T_b = T_p + T_r = 3.53457 \text{ saat}$$

2. Süperpozesiz Hesaba göre ;

$$T_p = 0.5 \times D + 0.6 \times T_c = 2.57381 \text{ saat}$$

$$T_r = H \times T_p = 1.67 \times T_p = 4.2983 \text{ saat}$$

$$T_b = T_p + T_r = 6.872 \text{ saat}$$

3.2.1.2.1.a. Karadere Drenaj Alanı İçin Mockus Metodu Süperpozeli Hesaba Göre Birim Hidrograf Hesabı

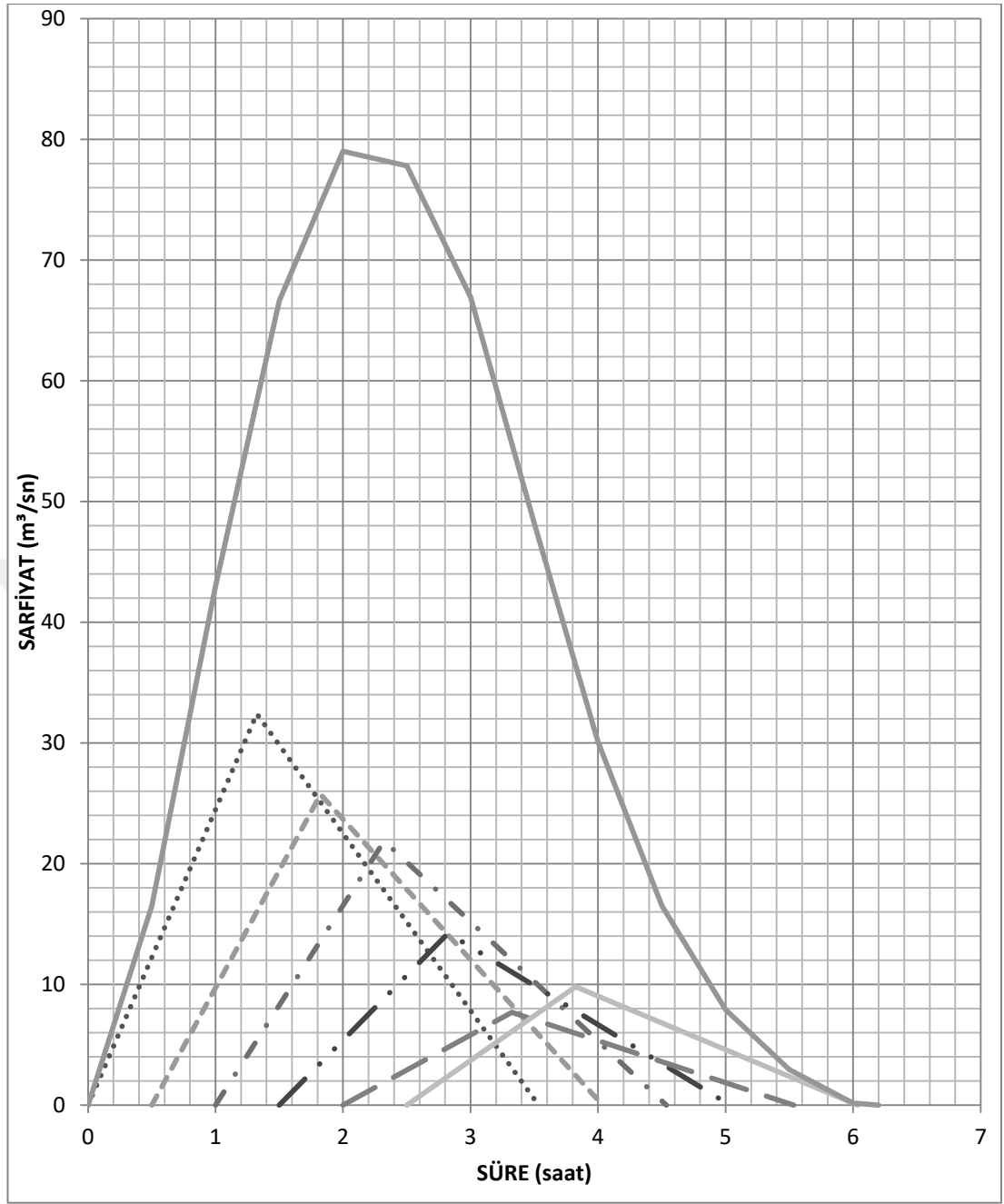
Tablo 3. 12. Karadere drenaj alanı için mockus metodu ile hesaplanmış dolusavak sarfıyatı noktalama tablosu

Zaman Aralığı (Saat)	Artım Akış (mm)	Qp (m ³ /sn)	Artım Pik'i (m ³ /sn)	Artım Hidrographları Zamanı (Saat)		
				Başlangıç	Pik	Bitiş
0-0.5	9.83	3.3	32.439	0	1.32	3.53
0.5-1	7.80	3.3	25.74	0.5	1.82	4.03
1-1.5	6.63	3.3	21.88	1	2.32	4.53
1.5-2	4.31	3.3	14.223	1.5	2.82	5.03
2-2.5	2.34	3.3	7.722	2	3.32	5.53
2.5-3	2.98	3.3	9.834	2.5	3.82	6.03
0-0.5	4.38	3.3	14.454	0	1.32	3.53
0.5-1	7.49	3.3	24.717	0.5	1.82	4.03
1-1.5	4.96	3.3	16.368	1	2.32	4.53
1.5-2	3.95	3.3	13.035	1.5	2.82	5.03
2-2.5	4.40	3.3	14.52	2	3.32	5.53
2.5-3	3.10	3.3	10.23	2.5	3.82	6.03
3-3.5	2.27	3.3	7.491	3	4.32	6.53
3.5-4	2.57	3.3	8.481	3.5	4.82	7.03
4-4.5	1.30	3.3	4.29	4	5.32	7.53
4.5-5	1.31	3.3	4.323	4.5	5.82	8.03
5-5.5	1.99	3.3	6.567	5	6.32	8.53
5.5-6	1.34	3.3	4.422	5.5	6.82	9.03
0-0.5	2.98	3.3	9.834	0	1.32	3.53
0.5-1	5.15	3.3	16.995	0.5	1.82	4.03
1-1.5	4.32	3.3	14.256	1	2.32	4.53
1.5-2	2.91	3.3	9.603	1.5	2.82	5.03
2-2.5	3.94	3.3	13.002	2	3.32	5.53
2.5-3	2.36	3.3	7.788	2.5	3.82	6.03
3-3.5	3.05	3.3	10.065	3	4.32	6.53

Tablo 3.12.'nin devamı

3.5-4	2.51	3.3	8.283	3.5	4.82	7.03
4-4.5	2.17	3.3	7.161	4	5.32	7.53
4.5-5	1.69	3.3	5.577	4.5	5.82	8.03
5-5.5	1.84	3.3	6.072	5	6.32	8.53
5.5-6	1.46	3.3	4.818	5.5	6.82	9.03
6-6.5	0.67	3.3	2.211	6	7.32	9.53
6.5-7	1.35	3.3	4.455	6.5	7.82	10.03
7-7.5	0.68	3.3	2.244	7	8.32	10.53
7.5-8	1.36	3.3	4.488	7.5	8.82	11.03
8-8.5	0.68	3.3	2.244	8	9.32	11.53
8.5-9	1.38	3.3	4.554	8.5	9.82	12.03

Her bir birim sağanak süresine ait değerleri ihtiva eden noktalama tablosu elde edildikten sonra artım hidrograflar çizilerek süperpoze edilir. Maksimum debiyi veren birim sağanak süresine göre taşkın hidrografi çizilir. Bu tabloya göre çizilen süperpoze edilmiş üçgen hidrograflardan maksimum debiyi gösteren grafik 3 saatlik sağanak süresi için elde edilmiştir.



Şekil 3. 9. Karadere drenaj alanı için mockus metoduna göre elde edilmiş maksimum debiyi veren 3 saatlik yağışın oluşturduğu taşkın hidrografı

3.2.1.2.1.b. Karadere Drenaj Alanı İçin Mockus Metodu Süperpozesiz Hesaba Göre Birim Hidrograf Hesabı

Toplanma Zamanı;

$$T_c = 0.00032 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} = 1.78968 \text{ saat}$$

Taşkını meydana getiren yağış süresi;

$$D = 2\sqrt{T_c} = 2.675 \approx 3 \text{ saat}$$

Birim hidrografın pik debiye ulaşma zamanı;

$$T_p = 0.5 \times D + 0.6 \times T_c = 2.57381 \text{ saat}$$

Birim hidrografın alçalma süresi;

$$T_r = H \times T_p = 1.67 \times T_p = 4.298262 \text{ saat}$$

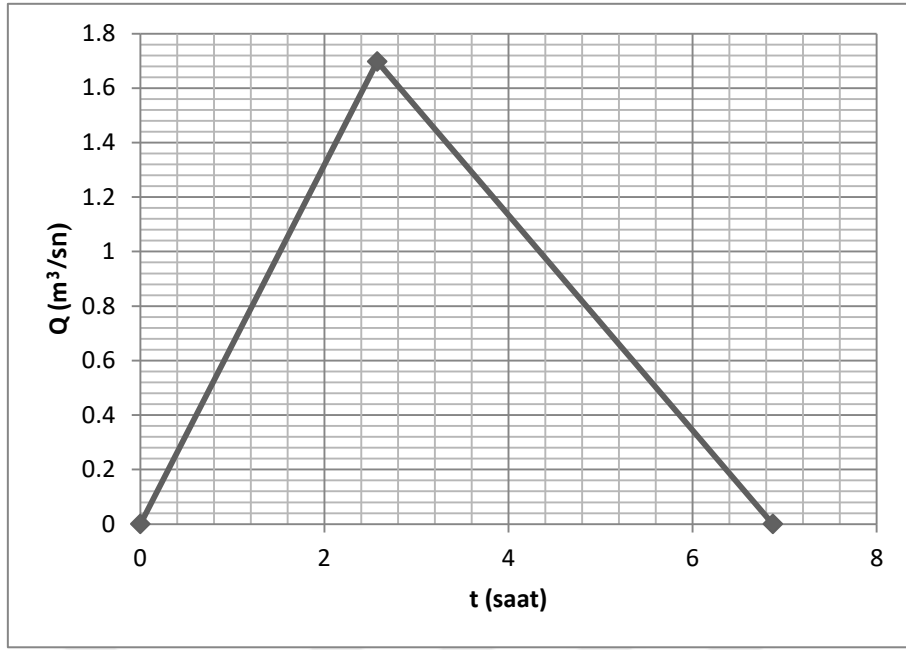
Birim hidrografın devam süresi

$$T_b = T_p + T_r = 6.872 \text{ saat}$$

Pik debi;

$$Q_p = \frac{k \times A \times h_a}{T_p} = 1.697 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{mm}$$

Bu değerler baz alınarak üçgen birim hidrograf Şekil 3.10'daki gibi elde edilmiştir.



Şekil 3. 10. Karadere drenaj alanına ait üçgen hidrograf

Üçgen grafik üzerinden aşağıdaki değerler okunur.

Tablo 3. 13. Karadere drenaj alanı için mockus birim hidrograf değerleri

x (zaman)	y (debi)
0.00	0.00
0.5	0.3297
1	0.6594
1.5	0.989
2	1.3187
2.5	1.6484
3	1.5288
3.5	1.3314
4	1.134
4.5	0.9366
5	0.7392
5.5	0.5417
6	0.344
6.5	0.1469
7	-0.0505

Kırıkkale bölgesi yağış tablosundan alınan değerler her bir 0.5 saat sağanak süresi için enterpolasyon yoluyla her bir zaman aralığı için aşağıdaki gibi bulunur.

Tablo 3. 14. Karadere drenaj alanı için yağış değerleri

t	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	12
Yağış Yük.	57.7	64.7	65	65.3	69	72.7	74.3	75.9	76.6	77.3	77.6	77.9	78.08	78.25	78.43	78.6	78.6	78.6	79
Max. Yağış	65.2	73.11	73.45	73.79	77.97	82.15	83.96	85.77	86.56	87.35	87.69	88.03	88.22	88.42	88.62	88.82	88.82	88.82	89.27
ADO*	0.92	0.952	0.955	0.957	0.96	0.962	0.964	0.966	0.968	0.97	0.972	0.974	0.976	0.978	0.98	0.982	0.984	0.986	0.988
DAD*	59.98	69.6	70.14	70.62	74.85	79.03	80.94	82.85	83.79	84.73	85.23	85.74	86.11	86.48	86.85	87.22	87.4	87.57	88.2

ADO*: Alan Dağılım Oranı

DAD*: Drenaj Alanı Dağılım

$$S = \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \times 25.4$$

Denkleminden sızma değeri CN=80 için 63.5 olarak hesaplanmıştır.

$$0.2 \times S = 12.7$$

$$0.8 \times S = 50.8$$

$$Pe = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}$$

Her bir Δt zaman aralığında ΔPe (her bir Δt için artık yağış yüksekliği) bulunarak artım aşağıdaki tablodaki gibi akışlar (R) bulunarak taşkın sarfiyatı tablosu elde edilir.



Tablo 3. 15. Karedere drenaj alanı için Mockus Metoduna göre bulunan yağış-akış değerleri tablosu

	SÜRE (Saat)																	
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9
Dağılım Oranı	0.545	0.71	0.834	0.91	0.95	1												
Dolaysız Akış Yağışı	43.07	56.11	65.91	71.92	75.08	79.03												
Akış	9.826	17.63	24.26	28.57	30.91	33.89												
Artım Akış	9.826	7.801	6.633	4.315	2.336	2.977												
Dağılım Oranı	0.37	0.545	0.64	0.71	0.784	0.834	0.87	0.91	0.93	0.95	0.98	1						
Dolaysız Akış Yağışı	31.72	46.73	54.87	60.87	67.22	71.51	74.59	78.02	79.74	81.45	84.02	85.74						
Akış	4.385	11.87	16.83	20.78	25.18	28.27	30.55	33.12	34.43	35.74	37.73	39.07						
Artım Akış	4.385	7.487	4.958	3.951	4.404	3.089	2.275	2.573	1.304	1.314	1.99	1.339						
Dağılım Oranı	0.32	0.455	0.545	0.6	0.67	0.71	0.76	0.8	0.834	0.86	0.888	0.91	0.92	0.94	0.95	0.97	0.98	1
Dolaysız Akış Yağışı	28.02	39.85	47.73	52.54	58.67	62.18	66.56	70.06	73.04	75.31	77.77	79.69	80.57	82.32	83.2	84.95	85.82	87.57
Akış	2.979	8.13	12.45	15.36	19.31	21.67	24.72	27.22	29.4	31.09	32.93	34.39	35.06	36.41	37.09	38.45	39.14	40.51
Artım Akış	2.979	5.151	4.323	2.909	3.945	2.361	3.047	2.507	2.175	1.689	1.842	1.464	0.67	1.348	0.678	1.363	0.685	1.378

Tab

Tablo 3. 16. Karadere drenaj alanı için Mockus Metoduna göre taşkın sarfiyatı tablosu

Süre saat	Sarfiyat m³/sn	Sarfiyat (m³/sn)							Sarfiyat (m³/sn)												
		Artım Akış (mm)							Artım Akış (mm)												
		9.826	7.801	6.633	4.315	2.336	2.977	Q ₃	4.385	7.487	4.958	3.951	4.404	3.089	2.275	2.573	1.304	1.314	1.99	1.339	Q ₆
0	0	0						0	0												0
0.5	0.33	3.24	0					3.24	1.446	0											1.446
1	0.659	6.479	2.572	0				9.051	2.891	2.468	0										5.36
1.5	0.989	9.719	5.143	2.187	0			17.05	4.337	4.937	1.635	0									10.91
2	1.319	12.96	7.715	4.373	1.423	0		26.47	5.783	7.405	3.269	1.303	0								17.76
2.5	1.648	16.2	10.29	6.56	2.845	0.77	0	36.66	7.229	9.873	4.904	2.605	1.452	0							26.06
3	1.529	15.02	12.86	8.747	4.268	1.54	0.981	43.42	6.704	12.34	6.539	3.908	2.904	1.019	0						33.41
3.5	1.331	13.08	11.93	10.93	5.691	2.31	1.963	45.9	5.838	11.45	8.173	5.21	4.355	2.037	0.75	0					37.81
4	1.134	11.14	10.39	10.14	7.113	3.081	2.944	44.81	4.973	9.968	7.58	6.513	5.807	3.056	1.5	0.848	0				40.25
4.5	0.937	9.203	8.846	8.831	6.597	3.851	3.925	41.25	4.107	8.49	6.602	6.04	7.259	4.074	2.25	1.697	0.43	0			40.95
5	0.739	7.263	7.306	7.522	5.745	3.571	4.907	36.31	3.241	7.012	5.623	5.26	6.732	5.093	3	2.545	0.86	0.433	0		39.8
5.5	0.542	5.323	5.766	6.212	4.893	3.11	4.551	29.86	2.376	5.534	4.644	4.48	5.863	4.723	3.75	3.394	1.289	0.867	0.656	0	37.58
6	0.344	3.383	4.226	4.903	4.042	2.649	3.963	23.17	1.51	4.056	3.665	3.7	4.994	4.113	3.478	4.242	1.719	1.3	1.312	0.442	34.53
6.5	0.147	1.444	2.686	3.593	3.19	2.188	3.375	16.48	0.644	2.578	2.686	2.92	4.124	3.503	3.029	3.934	2.149	1.733	1.969	0.883	30.15
7	-0.05	-0.5	1.146	2.284	2.338	1.727	2.788	9.786	-0.22	1.1	1.707	2.14	3.255	2.893	2.58	3.426	1.993	2.166	2.625	1.325	24.99
7.5			-0.39	0.974	1.486	1.266	2.2	5.532		-0.38	0.728	1.36	2.386	2.284	2.131	2.918	1.736	2.009	3.281	1.766	20.22
8				-0.34	0.634	0.804	1.612	2.716			-0.25	0.58	1.516	1.674	1.682	2.41	1.478	1.75	3.043	2.208	16.09
8.5					-0.22	0.343	1.025	1.15				-0.2	0.647	1.064	1.232	1.902	1.221	1.49	2.65	2.047	12.05
9						-0.12	0.437	0.319					-0.22	0.454	0.783	1.394	0.964	1.231	2.257	1.783	8.643
9.5							-0.15	-0.15						-0.16	0.334	0.886	0.706	0.971	1.864	1.519	6.125
10															-0.11	0.378	0.449	0.712	1.471	1.254	4.149

Tablo 3.16'nın devamı

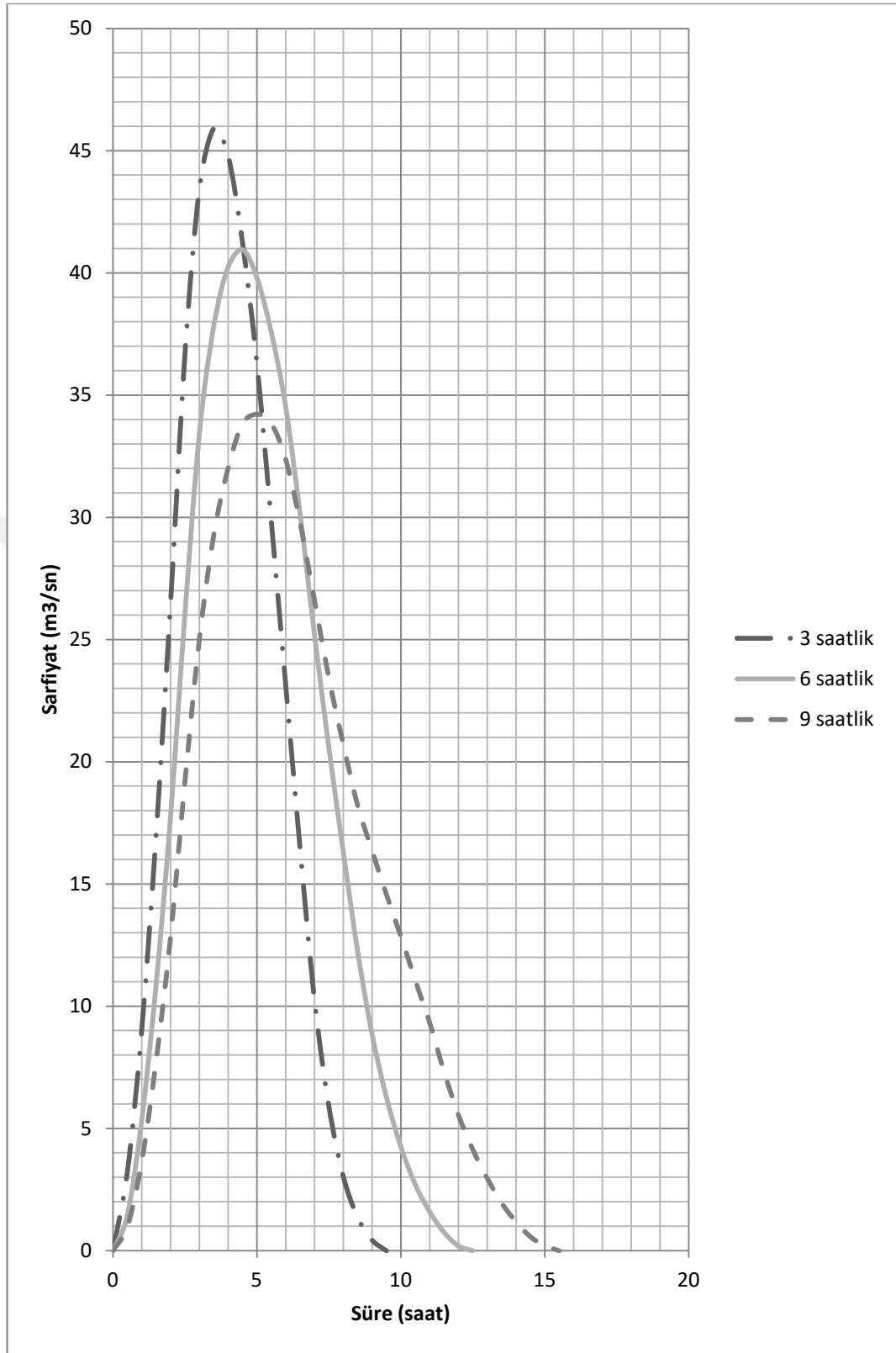
10.5																-0.13	0.192	0.453	1.078	0.99	2.582
11																	-0.07	0.193	0.685	0.725	1.538
11.5																		-0.07	0.292	0.461	0.687
12																			-0.1	0.197	0.096
12.5																				-0.07	-0.07

Tablo 3.16'nın devamı

SARFIYAT(m ³ /sn)																		
ARTIM AKIŞ(mm)																		
2.979	5.151	4.323	2.909	3.945	2.361	3.047	2.507	2.175	1.689	1.842	1.464	0.67	1.348	0.678	1.363	0.685	1.378	Q ₉
0																		0
0.982	0																	0.982
1.964	1.698	0																3.662
2.946	3.396	1.425	0															7.768
3.929	5.094	2.851	0.959	0														12.83
4.911	6.792	4.276	1.918	1.301	0													19.2
4.554	8.49	5.701	2.877	2.601	0.778	0												25
3.966	7.874	7.127	3.836	3.902	1.557	1.005	0											29.27
3.378	6.858	6.61	4.796	5.203	2.335	2.009	0.827	0										32.01
2.79	5.841	5.756	4.448	6.504	3.113	3.014	1.653	0.717	0									33.84
2.202	4.824	4.903	3.873	6.032	3.892	4.018	2.48	1.434	0.557	0								34.21
1.614	3.807	4.049	3.299	5.253	3.609	5.023	3.306	2.152	1.114	0.607	0							33.83
1.026	2.79	3.196	2.725	4.474	3.143	4.658	4.133	2.869	1.671	1.215	0.483	0						32.38
0.438	1.773	2.342	2.15	3.695	2.677	4.057	3.833	3.586	2.227	1.822	0.965	0.221	0					29.79
-0.15	0.757	1.489	1.576	2.916	2.211	3.455	3.338	3.326	2.784	2.429	1.448	0.442	0.444	0				26.46
	-0.26	0.635	1.002	2.137	1.745	2.854	2.843	2.896	2.582	3.037	1.93	0.662	0.889	0.223	0			23.18
		-0.218	0.427	1.358	1.279	2.252	2.348	2.467	2.249	2.817	2.413	0.883	1.333	0.447	0.449	0		20.5
			-0.147	0.58	0.813	1.651	1.853	2.037	1.915	2.453	2.238	1.104	1.777	0.67	0.899	0.226	0	18.07
				-0.199	0.347	1.049	1.358	1.608	1.582	2.089	1.949	1.024	2.221	0.894	1.348	0.452	0.454	16.18
					-0.119	0.448	0.863	1.178	1.248	1.725	1.66	0.892	2.06	1.117	1.798	0.678	0.909	14.46
						-0.154	0.368	0.749	0.915	1.362	1.371	0.759	1.794	1.036	2.247	0.904	1.363	12.71
							-0.127	0.32	0.582	0.998	1.082	0.627	1.528	0.902	2.084	1.13	1.817	10.94

Tablo 3.16'nın devamı

								-0.11	0.248	0.634	0.793	0.495	1.262	0.769	1.815	1.048	2.271	9.225
									-0.085	0.271	0.504	0.363	0.996	0.635	1.546	0.912	2.107	7.248
										-0.093	0.215	0.231	0.73	0.501	1.277	0.777	1.835	5.472
											-0.074	0.098	0.464	0.367	1.008	0.642	1.563	4.068
												-0.034	0.198	0.233	0.739	0.507	1.291	2.933
													-0.068	0.1	0.469	0.371	1.018	1.891
														-0.034	0.2	0.236	0.746	1.148
															-0.069	0.101	0.474	0.506
																-0.035	0.202	0.168
																	-0.07	-0.07



Şekil 3. 11. Karadere drenaj alanı için mockus metoduna göre elde edilmiş 3, 6 ve 9 saatlik taşkın hidrografı

3.2.1.2.2. Hodar Deresi Drenaj Alanı İçin Hesaplamalar

$$A = 45.44 \text{ km}^2$$

$$L = 15.825 \text{ km}$$

$$S = 0.03$$

Toplanma zamanı,

$$T_c = 0.00032 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} = 2.14976 \text{ saat}$$

Taşkını meydana getiren yağış süresi,

$$D = 2\sqrt{T_c} = 2.93241 \approx 3 \text{ saat}$$

Toplanma zamanı, T_c , 3 saatten az olduğu hallerde $\Delta D = 0.5$ saat [11].

Hidrografın pike ulaşma, yükselme ve devam süreleri,

1. Süperpozeli Hesaba göre ;

$$T_p = 0.5\Delta D + 0.6T_c = 1.53985 \text{ saat}$$

$$T_r = H \times T_p = 1.67 \times T_p = 2.57156 \text{ saat}$$

$$T_b = T_p + T_r = 4.111 \text{ saat}$$

Buna göre ;

$$Q_p = \frac{K \times A \times h_a}{T_p} = 6.13793 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{mm}$$

2. Süperpozetsiz Hesaba göre ;

$$T_p = 0.5D + 0.6T_c = 2.756059 \text{ saat}$$

$$T_r = H \times T_p = 1.67 \times T_p = 4.602618 \text{ saat}$$

$$T_b = T_p + T_r = 7.40 \text{ saat}$$

Buna göre ;

$$Q_p = \frac{K \times A \times h_a}{T_p} = 3.429361 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{mm}$$

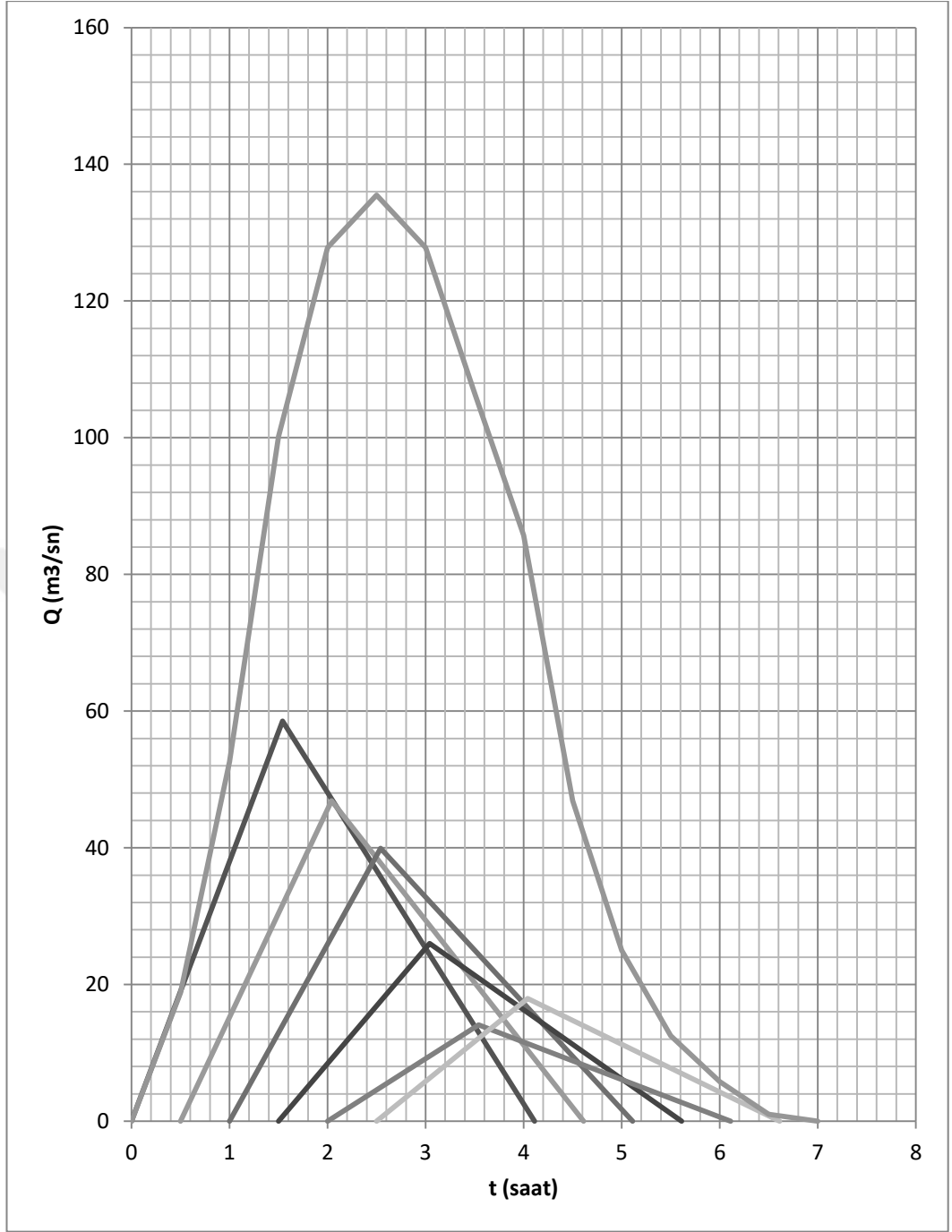
3.2.1.2.2.a. Hodar Deresi Drenaj Alanı İçin Mockus Metodu Süperpozeli Hesaba Göre Birim Hidrograf Hesabı

Tablo 3. 17. Hodar deresi drenaj alanı için mockus metodu ile hesaplanmış artım hidrografları noktalama tablosu

Zaman Aralığı (Saat)	Artım Akış (mm)	Qp (m ³ /sn)	Artım Pik'i (m ³ /sn)	Artım Hidrografları Zamanı (Saat)		
				Başlangıç	Pik	Bitiş
0-0.5	9.54	6.14	58.532	0	1.54	4.11
0.5-1	7.64	6.14	46.889	0.5	2.04	4.61
1-1.5	6.51	6.14	39.94	1	2.54	5.11
1.5-2	4.24	6.14	26.008	1.5	3.04	5.61
2-2.5	2.29	6.14	14.085	2	3.54	6.11
2.5-3	2.92	6.14	17.952	2.5	4.04	6.61
0-0.5	4.20	6.14	25.784	0	1.54	4.11
0.5-1	7.286	6.14	44.724	0.5	2.04	4.61
1-1.5	4.841	6.14	29.717	1	2.54	5.11
1.5-2	3.86	6.14	23.710	1.5	3.04	5.61
2-2.5	4.31	6.14	26.4496	2	3.54	6.11
2.5-3	3.025	6.14	18.568	2.5	4.04	6.61
3-3.5	2.23	6.14	13.679	3	4.54	7.11
3.5-4	2.52	6.14	15.478	3.5	5.04	7.61
4-4.5	1.28	6.14	7.842	4	5.54	8.11
4.5-5	1.288	6.14	7.907	4.5	6.04	8.61
5-5.5	1.951	6.14	11.9783	5	6.54	9.11
5.5-6	1.313	6.14	8.0601	5.5	7.04	9.61
0-0.5	2.821	6.14	17.316	0	1.54	4.11
0.5-1	4.98	6.14	30.576	0.5	2.04	4.61
1-1.5	4.20	6.14	25.7796	1	2.54	5.11
1.5-2	2.831	6.14	17.37895	1.5	3.04	5.61
2-2.5	3.84	6.14	23.597	2	3.54	6.11
2.5-3	2.303	6.14	14.133	2.5	4.04	6.61
3-3.5	2.97	6.14	18.251	3	4.54	7.11

Tablo 3.17 'nin devamı

3.5-4	2.45	6.14	15.0254	3.5	5.04	7.61
4-4.5	2.125	6.14	13.042	4	5.54	8.11
4.5-5	1.65	6.14	10.13	4.5	6.04	8.61
5-5.5	1.80	6.14	11.051	5	6.54	9.11
5.5-6	1.43	6.14	8.782	5.5	7.04	9.61
6-6.5	0.65	6.14	4.019	6	7.54	10.11
6.5-7	1.318	6.14	8.088	6.5	8.04	10.61
7-7.5	0.663	6.14	4.068	7	8.54	11.11
7.5-8	1.333	6.14	8.183	7.5	9.04	11.61
8-8.5	0.67	6.14	4.115	8	9.54	12.11
8.5-9	1.347	6.14	8.273	8.5	10.04	12.61



Şekil 3. 12. Hodar Deresi drenaj alanı için mockus metoduna göre elde edilmiş dolusavak taşkın hidrografı

3.2.1.2.2.b. Hodar Deresi Drenaj Alanı İçin Mockus Metodu Süperpozesiz Hesaba Göre Birim Hidrograf Hesabı

Toplanma Zamanı;

$$T_c = 0.00032 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} = 2.149756 \text{ saat}$$

Taşkını meydana getiren yağış süresi;

$$D = 2\sqrt{T_c} = 2.932409 \approx 3 \text{ saat}$$

Birim hidrografın pik debiye ulaşma zamanı;

$$T_p = 0.5 \times D + 0.6 \times T_c = 2.756059 \text{ saat}$$

Birim hidrografın alçalma süresi;

$$T_R = H \times T_p = 1.67 \times T_p = 4.602618 \text{ saat}$$

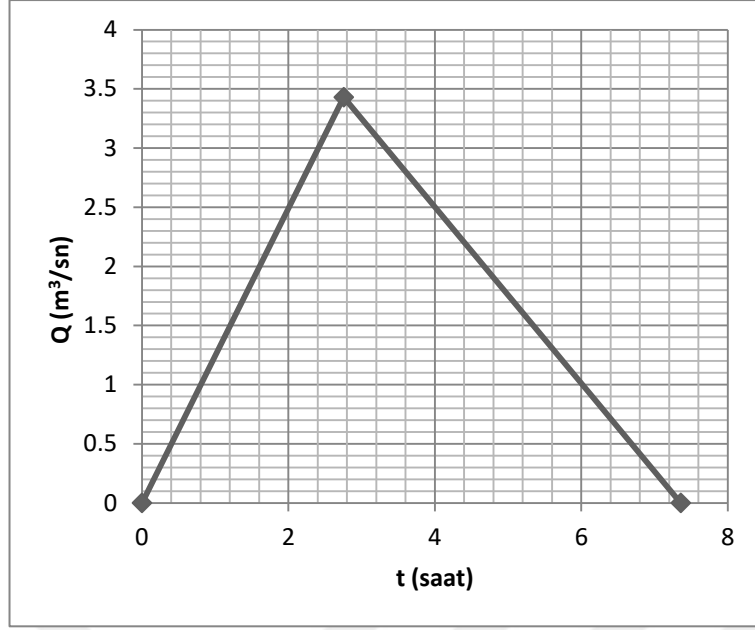
Birim hidrografın devam süresi

$$T_B = T_p + T_R = 7.358676 \text{ saat}$$

Pik debi;

$$Q_p = (K \times A \times h_a) / T_p = 3.429361 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{mm} \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Bu değerler baz alınarak üçgen birim hidrograf Şekil 3.26'daki gibi elde edilir.



Şekil 3. 13. Hodar deresi drenaj alanı için mockus metoduyla bulunan sentetik üçgen birim hidrografi

Elde edilen üçgen grafik üzerinden Tablo 3.18'deki değerler okunur:

Tablo 3. 18. Hodar deresi drenaj alanı için mockus birim hidrograf değerleri

x (zaman)	y (debi)
0.00	0.00
0.5	0.622
1	1.244
1.5	1.866
2	2.489
2.5	3.111
3	3.248
3.5	2.875
4	2.502
4.5	2.129
5	1.757
5.5	1.385
6	1.012

Kırıkkale bölgesi yağış tablosundan alınan değerler her bir 0.5 saat sağanak süresi için enterpolasyon yoluyla her bir zaman aralığı için Tablo 3.19'daki gibi elde edilir.

Tablo 3. 19. Hodar Deresi yağış değerleri

t	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	12
Yağış Yük.	57.7	64.7	65	65.3	69	72.7	74.3	75.9	76.6	77.3	77.6	77.9	78.08	78.25	78.43	78.6	78.6	78.6	79
Max. Yağış	65.2	73.11	73.45	73.79	77.97	82.15	83.96	85.77	86.56	87.35	87.69	88.03	88.22	88.42	88.62	88.82	88.82	88.82	89.27
ADO*	0.84	0.915	0.92	0.93	0.94	0.95	0.954	0.955	0.956	0.957	0.958	0.96	0.962	0.963	0.964	0.965	0.967	0.97	0.98
DAD*	54.77	66.9	67.57	68.62	73.29	78.04	80.1	81.91	82.75	83.59	84.01	84.51	84.87	85.15	85.43	85.71	85.89	86.15	87.48

ADO*: Alan Dağılım Oranı

DAD*: Drenaj Alanı Dağılımı

$$S = \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \times 25.4$$

Denklemden sızma değeri CN=80 için 63.5 olarak hesaplanmıştır.

$$0.2 \times S = 12.7$$

$$0.8 \times S = 50.8$$

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}$$

Her bir Δt zaman aralığında ΔP_e (her bir Δt için artık yağış yüksekliği) bulunarak artım aşağıdaki tablodaki gibi akışlar (R) bulunarak taşkın sarfiyatı tablosu elde edilir.



Tablo 3. 20. Hodar Deresi drenaj alanı için mockus metoduna göre bulunan yağış-akış değerleri tablosu

	SÜRE (Saat)																	
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9
Dağılım Oranı	0.545	0.71	0.834	0.91	0.95	1												
Dolaysız Akış Yağışı	42.53	55.41	65.09	71.02	74.14	78.04												
Akış	9.536	17.18	23.68	27.92	30.21	33.14												
Artım Akış	9.536	7.639	6.507	4.237	2.295	2.925												
Dağılım Oranı	0.37	0.545	0.64	0.71	0.784	0.834	0.87	0.91	0.93	0.95	0.98	1						
Dolaysız Akış Yağışı	31.27	46.06	54.08	60	66.25	70.48	73.52	76.9	78.59	80.28	82.82	84.51						
Akış	4.201	11.49	16.33	20.19	24.5	27.53	29.75	32.28	33.55	34.84	36.79	38.11						
Artım Akış	4.201	7.287	4.841	3.863	4.309	3.025	2.229	2.522	1.278	1.288	1.952	1.313						
Dağılım Oranı	0.32	0.455	0.545	0.6	0.67	0.71	0.76	0.8	0.834	0.86	0.888	0.91	0.92	0.94	0.95	0.97	0.98	1
Dolaysız Akış Yağışı	27.57	39.2	46.95	51.69	57.72	61.17	65.48	68.92	71.85	74.09	76.5	78.4	79.26	80.98	81.85	83.57	84.43	86.15
Akış	2.821	7.803	12	14.83	18.68	20.98	23.95	26.4	28.53	30.18	31.98	33.41	34.06	35.38	36.04	37.38	38.05	39.4
Artım Akış	2.821	4.982	4.2	2.831	3.844	2.303	2.974	2.448	2.125	1.65	1.801	1.431	0.655	1.318	0.663	1.333	0.67	1.348

Tablo 3. 21. Hodar Deresi drenaj alanı için mockus metoduna göre hesaplanmış taşkın sarfiyatı tablosu

Süre (saat)	Sarfiyat (m³/sn)	Sarfiyat (m³/sn)							Sarfiyat (m³/sn)												
		Artım Akış (mm)							Artım Akış (mm)												
		9.536	7.639	6.507	4.237	2.295	2.925	Q ₃	4.201	7.287	4.841	3.863	4.309	3.025	2.229	2.522	1.278	1.288	1.952	1.313	Q ₆
0	0	0						0	0												0
0.5	0.622	5.933	0					5.933	2.613	0											2.613
1	1.244	11.87	4.753	0				16.62	5.227	4.533	0										9.76
1.5	1.866	17.8	9.505	4.048	0			31.35	7.84	9.067	3.012	0									19.92
2	2.489	23.73	14.26	8.097	2.636	0		48.72	10.45	13.6	6.024	2.403	0								32.48
2.5	3.111	29.66	19.01	12.15	5.272	1.428	0	67.52	13.07	18.13	9.036	4.807	2.681	0							47.72
3	3.248	30.97	23.76	16.19	7.909	2.855	1.82	83.51	13.64	22.67	12.05	7.21	5.362	1.882	0						62.81
3.5	2.875	27.42	24.81	20.24	10.54	4.283	3.639	90.94	12.08	23.66	15.06	9.613	8.043	3.764	1.387	0					73.61
4	2.503	23.86	21.96	21.13	13.18	5.711	5.459	<u>91.3</u>	10.51	20.95	15.72	12.02	10.72	5.646	2.773	1.569	0				79.91
4.5	2.13	20.31	19.12	18.71	13.76	7.138	7.279	86.31	8.947	18.23	13.92	12.55	13.4	7.528	4.16	3.138	0.795	0			82.67
5	1.757	16.76	16.27	16.28	12.18	7.452	9.098	78.05	7.382	15.52	12.12	11.11	13.99	9.41	5.546	4.707	1.59	0.802	0		82.17
5.5	1.385	13.21	13.43	13.86	10.6	6.597	9.498	67.19	5.817	12.81	10.31	9.667	12.39	9.824	6.933	6.275	2.385	1.603	1.214	0	79.23
6	1.012	9.654	10.58	11.44	9.025	5.743	8.409	54.85	4.253	10.09	8.509	8.228	10.78	8.697	7.238	7.844	3.18	2.405	2.428	0.817	74.47
6.5	0.64	6.101	7.733	9.012	7.447	4.888	7.319	42.5	2.688	7.376	6.705	6.789	9.178	7.57	6.407	8.189	3.975	3.206	3.642	1.634	67.36
7	0.267	2.549	4.888	6.587	5.868	4.033	6.23	30.15	1.123	4.662	4.901	5.35	7.573	6.443	5.577	7.25	4.149	4.008	4.857	2.451	58.34
7.5	0	0	2.042	4.163	4.289	3.178	5.14	18.81	0	1.947	3.098	3.911	5.968	5.316	4.747	6.311	3.673	4.184	6.071	3.268	48.49
8			0	1.739	2.711	2.323	4.05	10.82		0	1.294	2.471	4.362	4.189	3.917	5.371	3.197	3.704	6.338	4.085	38.93
8.5				0	1.132	1.468	2.961	5.561			0	1.032	2.757	3.062	3.086	4.432	2.721	3.224	5.611	4.265	30.19
9					0	0.613	1.871	2.484				0	1.152	1.935	2.256	3.492	2.245	2.744	4.884	3.775	22.48
9.5						0	0.782	0.782					0	0.808	1.426	2.553	1.769	2.264	4.157	3.286	16.26

Tablo 3.21'in devamı

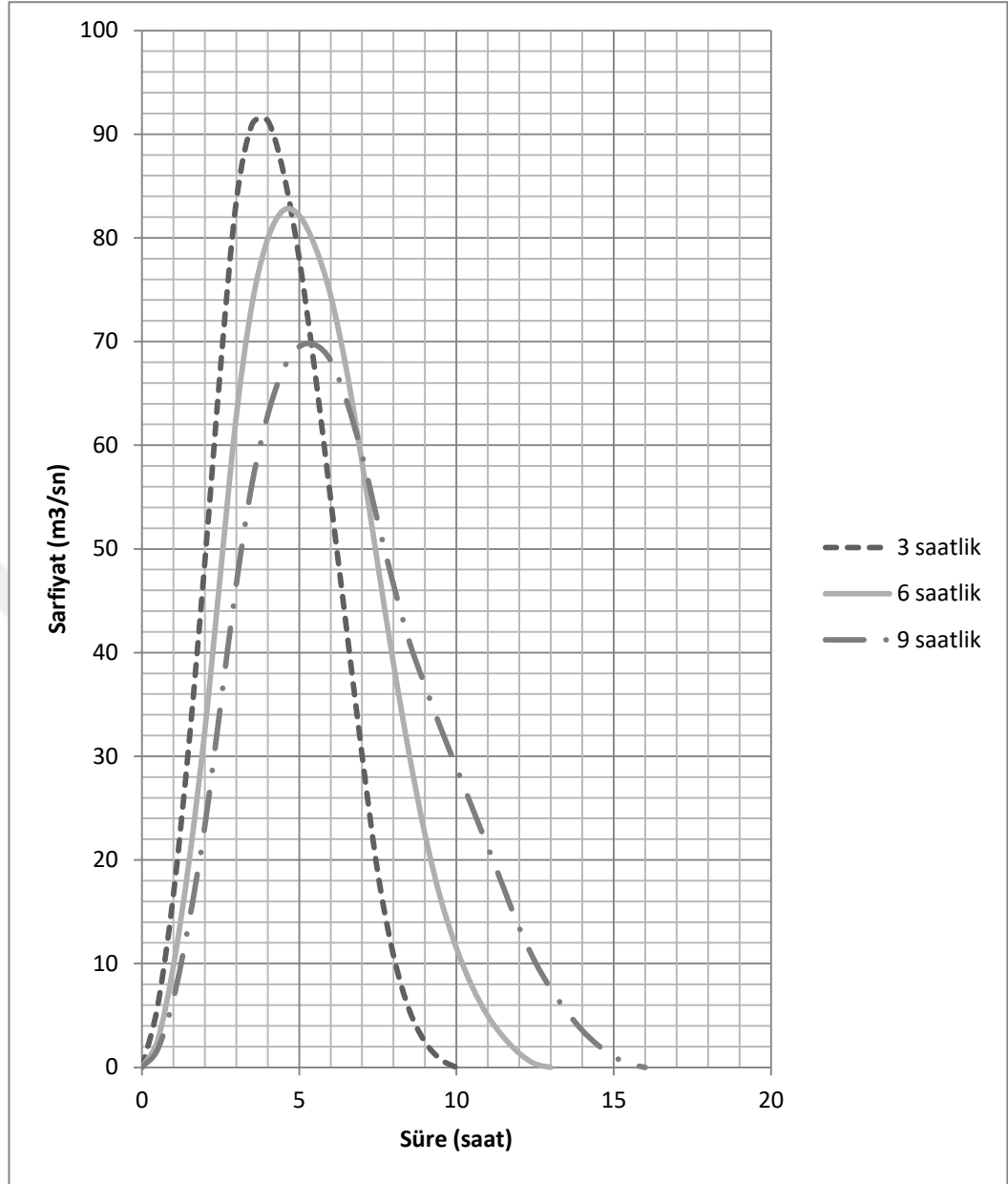
10							0	0						0	0.596	1.613	1.293	1.784	3.43	2.797	11.51
10.5															0	0.674	0.817	1.304	2.703	2.308	7.806
11																0	0.341	0.824	1.976	1.819	4.96
11.5																	0	0.344	1.249	1.329	2.922
12																		0	0.522	0.84	1.362
12.5																			0	0.351	0.351
13																				0	0

Tablo 3.21'in devamı

SARFIYAT (m ³ /sn)																		
ARTIM AKIŞ (mm)																		
2.821	4.982	4.2	2.831	3.844	2.303	2.974	2.448	2.125	1.65	1.801	1.431	0.655	1.318	0.663	1.333	0.67	1.348	Q ₉
0																		0
1.755	0																	1.755
3.51	3.099	0																6.61
5.266	6.199	2.613	0															14.08
7.021	9.298	5.226	1.762	0														23.31
8.776	12.4	7.839	3.523	2.392	0													34.93
9.162	15.5	10.45	5.285	4.784	1.433	0												46.61
8.111	16.18	13.07	7.046	7.175	2.865	1.85	0											56.29
7.06	14.32	13.64	8.808	9.567	4.298	3.7	1.523	0										62.92
6.009	12.47	12.08	9.195	11.96	5.73	5.55	3.046	1.322	0									67.35
4.958	10.61	10.51	8.14	12.49	7.163	7.4	4.569	2.644	1.027	0								69.51
3.907	8.755	8.946	7.086	11.05	7.478	9.25	6.092	3.966	2.054	1.12	0							69.71
2.856	6.899	7.381	6.031	9.621	6.62	9.657	7.615	5.288	3.08	2.24	0.89	0						68.18
1.805	5.043	5.817	4.976	8.189	5.762	8.549	7.95	6.61	4.107	3.361	1.78	0.407	0					64.36
0.754	3.187	4.252	3.921	6.756	4.904	7.441	7.038	6.901	5.134	4.481	2.67	0.815	0.82	0				59.07
0	1.331	2.687	2.866	5.324	4.047	6.334	6.126	6.109	5.36	5.601	3.56	1.222	1.64	0.412	0			52.62
	0	1.122	1.812	3.892	3.189	5.226	5.214	5.317	4.745	5.847	4.451	1.63	2.459	0.825	0.829	0		46.56
		0	0.757	2.46	2.331	4.118	4.302	4.526	4.13	5.177	4.646	2.037	3.279	1.237	1.659	0.417	0	41.08
			0	1.027	1.473	3.01	3.39	3.734	3.515	4.506	4.113	2.127	4.099	1.649	2.488	0.834	0.839	36.81
				0	0.615	1.902	2.478	2.943	2.9	3.835	3.58	1.883	4.279	2.062	3.318	1.251	1.677	32.72
					0	0.795	1.566	2.151	2.286	3.164	3.047	1.639	3.788	2.153	4.147	1.668	2.516	28.92

Tablo 3.21'in devamı

						0	0.654	1.359	1.671	2.493	2.514	1.395	3.298	1.906	4.33	2.085	3.354	25.06
							0	0.568	1.056	1.823	1.981	1.151	2.807	1.659	3.833	2.177	4.193	21.25
								0	0.441	1.152	1.448	0.907	2.316	1.412	3.336	1.927	4.378	17.32
									0	0.481	0.915	0.663	1.825	1.165	2.84	1.678	3.875	13.44
										0	0.382	0.419	1.334	0.918	2.343	1.428	3.373	10.2
											0	0.175	0.843	0.671	1.846	1.178	2.871	7.585
												0	0.352	0.424	1.35	0.928	2.369	5.423
													0	0.177	0.853	0.679	1.867	3.575
														0	0.356	0.429	1.365	2.15
															0	0.179	0.862	1.042
																0	0.36	0.36
																	0	0



Şekil 3. 14. Hodar Deresi drenaj alanı için mockus metoduna göre elde edilmiş 3, 6 ve 9 saatlik taşkın hidrografı

Ayrıca DSİ Sentetik ve Mockus yöntemiyle hesaplanan Q_{10} ve Q_{100} debileri kullanılarak Q_{500} ve Q_{1000} debileri de hesaplanabilir. Aşağıdaki formülde her T değeri için bir Z_T değeri bulunup Tablo 3.22’de verilmiştir.

$$Q_T = Q_{10} + Z_T \times (Q_{100} - Q_{10})$$

Tablo 3. 22. Q_T debileri için Z_T katsayıları

Q_T	Z_T
Q_{500}	1.687
Q_{1000}	1.990
Q_{10000}	2.980

Tablo 3. 23. Karadere için DSİ Sentetik ve Mockus Metotlarına göre hesaplanmış 100 yıl tekrürle gelen maksimum debi değerleri

DSİ Sentetik Metodu (4 saatlik yağış)	Mockus Metodu (3 saatlik yağış)	
44.40 m ³ /sn	Süperpozeli	Süperpozesiz
	65.95 m ³ /sn	45.9 m ³ /sn

Tablo 3. 24. Hodar Deresi için DSİ Sentetik ve Mockus Metotlarına göre hesaplanmış 100 yıl tekrürle gelen maksimum debi değerleri

DSİ Sentetik Metodu (4 saatlik yağış)	Mockus Metodu (3 saatlik yağış)	
82.041 m ³ /sn	Süperpozeli	Süperpozesiz
	137.2 m ³ /sn	91.3 m ³ /sn

Tablo 3.23. ve Tablo 3.24.’ten hareketle DSİ Sentetik’e göre hesaplanmış maksimum debilerden hareketle Karadere ve Hodar derelerinin Q_{500} debi değerleri aşağıdaki gibi bulunmuştur.

Tablo 3. 25. Karadere ve Hodar Deresi için bulunan Q_{500} debi değerleri

Karadere	Hodar Deresi
68.898	127.507

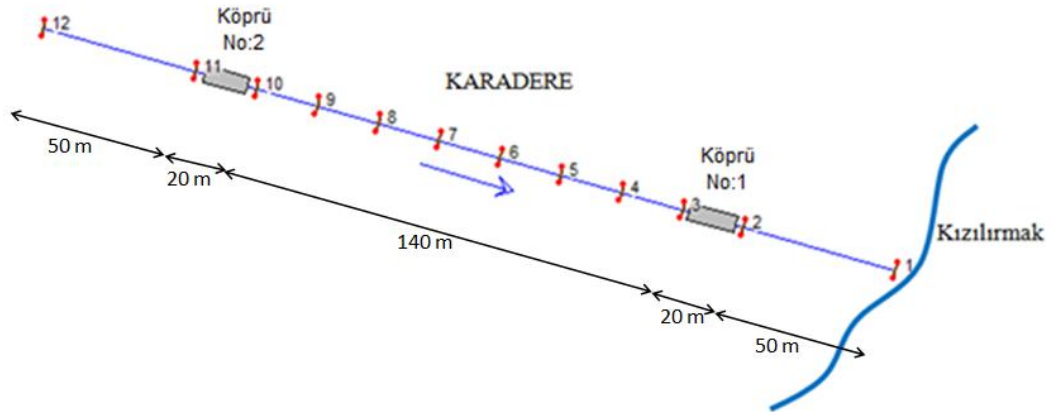
3.3. HEC-RAS Programında Kesitlerin Oluşturulması

3.3.1. Karadere Dere Hattı için Kesitlerin Oluşturulması

Karadere drenaj alanına ait elde edilen geometrik ve hidrolik veriler (kotlar, enkesit boyutları, Manning pürüzlülük katsayısı, debi değerleri) kullanılarak HEC-RAS programında modelleme yapılır.

Öncelikle geometrik data dosyası oluşturulur. Bunun için geometric data penceresinden temsili bir dere hata çizilerek, alınacak her bir enkesit için kot ve Manning pürüzlülük değerleri girilir.

Karadere dere hattı üzerinde birisi Kızılırmak çıkış noktasına yaklaşık 50 m uzaklıkta diğeri ise bu kesitin mansap noktasından yaklaşık 140 m uzaklıkta olan iki adet köprü bulunmaktadır. Köprülere ait değerler yine geometric data penceresinden **Bridge/Culvert data** sekmesinden girilir.



Şekil 3. 15. Karadere’ye ait HEC-RAS geometric data ara yüzüne girilen kesitler



Şekil 3. 16. Karadere drenaj alanının uydu görüntüsü



Şekil 3. 17. Kızılırmak çıkış noktasında bulunan 1 ve 2 No'lu köprülerin uydu görüntüsü



Şekil 3. 18. Karadere hattı üzerinden kesit örnekleri

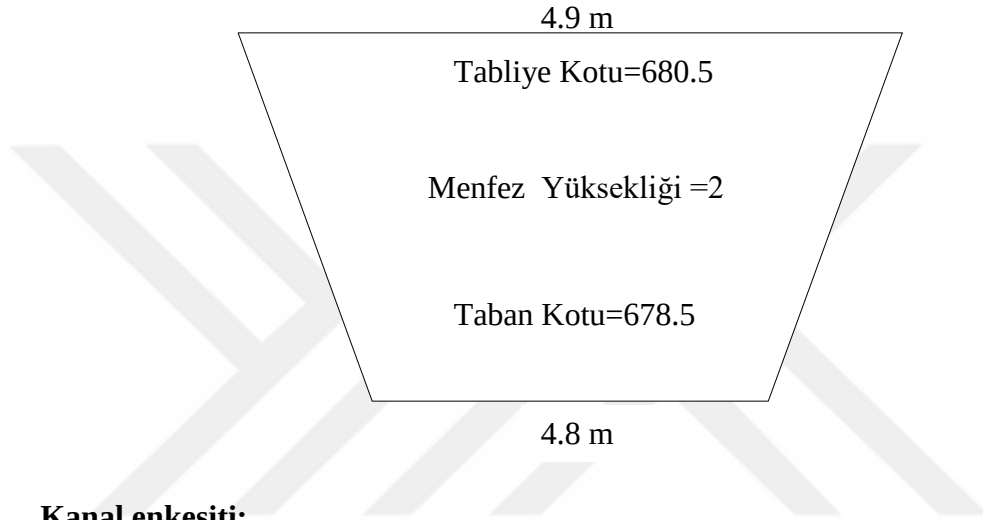
Geometrik data verileri Karadere'nin Kızılırmak çıkış noktasına yaklaşık 300 m için girilmiştir. 12 adet enkesit alınmış olup, 2-3 ve 10-11 enkesitleri arasında birer adet köprü tanımlanmıştır.

Kızılırmak çıkış noktası köprü no:1 için enkesit tanımlanması:

Menfez mansap yüzünün Kızılırmak girişine uzaklığı: 50 m olup

Menfez uzunluğu: 15.5 m

Taban eğimi : %3-%3.5 civarındadır



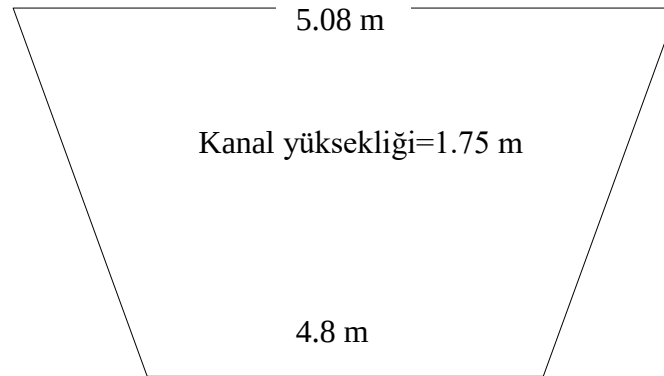
Kanal enkesiti:

Taban eğimi =%3-%3.5 civarında

Beton kaplamalı

Manning n=0.035-0.04 arası alınabilir..

Kanal üst duvar noktasından yol seviyesi arasında 30-40 cm toprak dolgu mevcut

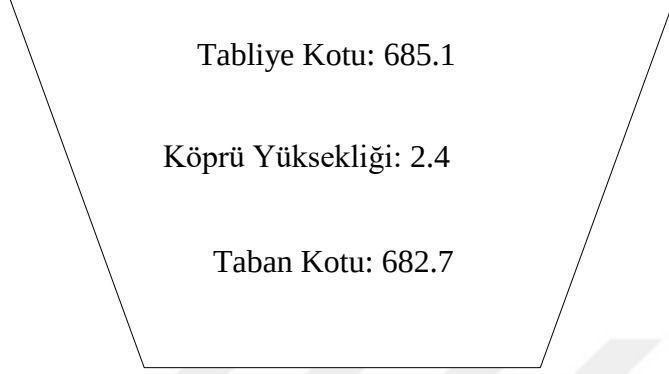


Kızılırmak çıkış noktasındaki köprüden 140 m yukarıdaki köprü:

Köprü uzunluğu=14 m

Taban eğimi =%3-%3.5 civarında

Tabliye seviyesinde Üst genişlik:



3.3.1.1. Model Analizi

Tablo 2.6'ya göre n Manning pürüzlülük değeri yaklaşık olarak 0.04 olarak bulunmuştur.

Dere yatağında çok fazla atık madde bulunması nedeniyle taşkın üzerinde özellikle bunun etkisini görmek amacıyla $n=0.02$ ve $n=0.04$ Manning pürüzlülük değerleri için iki farklı analiz yapılmıştır.

İlk analiz $n= 0.04$ için yapılmıştır.



Şekil 3. 19. Karadere kanal yatağında atık madde birikintisi

DSİ Sentetik ve Mockus Metodu yardımıyla elde edilen debi değerleri dikkate alınarak 25, 50, 100 ve 500 yıllık debiler Şekil 3.20'deki gibi Steady Flow Data sekmesine girilerek model analizi yapılmaya başlanmıştır.

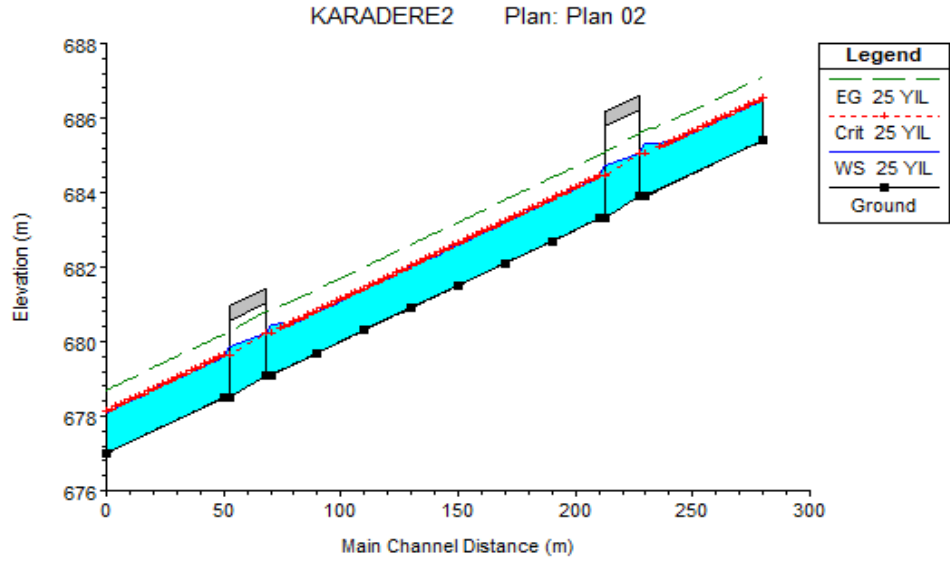
Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates				
	River	Reach	RS	25 YILLIK	50 YILLIK	100 YILLIK	500 YILLIK
1	KARADERRE	KIZILIRMAK AGZI	12	18.3	29.1	44.4	68.898

Şekil 3. 20. HEC-RAS'a girilen muhtelif tekerrürlü taşkın debisi değerleri

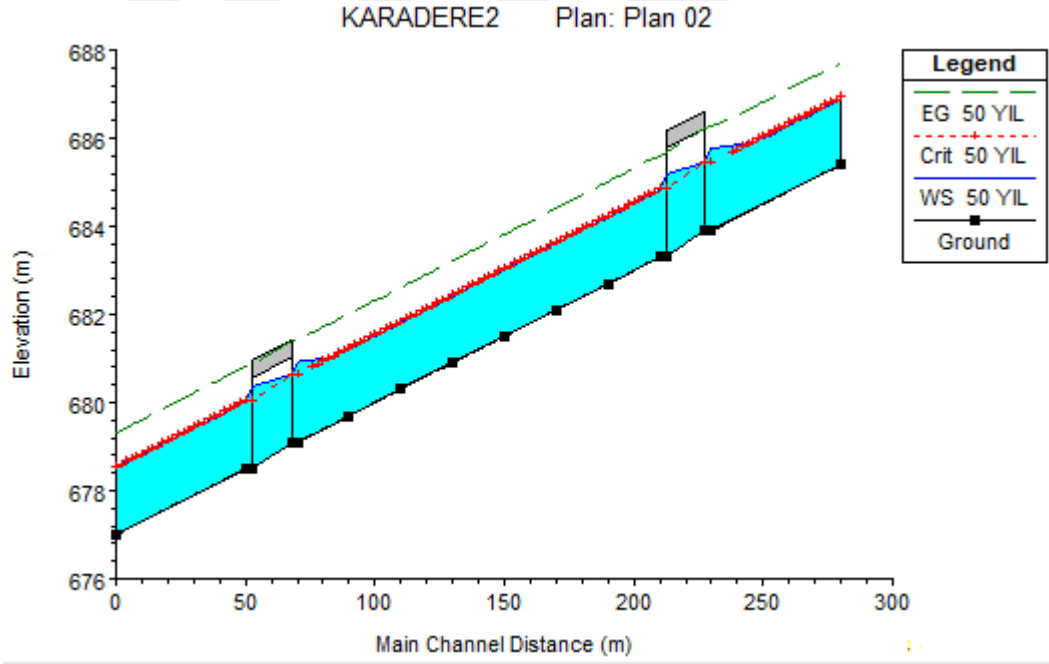
Akım rejimi olarak karışık(mixed) seçilmiş, su yüzü profilleri belirlenmiştir. Enerji yöntemiyle ilk analiz yapılmıştır. Analiz sonuçları Şekil 3.21 'de görüldüğü gibidir.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
KIZILIRMAK AGZI	12	25 YILLIK	18.30	685.40	686.46	686.53	687.11	0.030002	3.55	5.15	4.88	1.10
KIZILIRMAK AGZI	12	50 YILLIK	29.10	685.40	686.86	686.94	687.72	0.030001	4.09	7.11	4.90	1.09
KIZILIRMAK AGZI	12	100 YILLIK	44.40	685.40	687.38	687.44	688.46	0.030001	4.61	9.63	4.94	1.06
KIZILIRMAK AGZI	12	500 YILLIK	68.90	685.40	688.30	688.13	689.50	0.025368	4.84	14.23	5.00	0.92
KIZILIRMAK AGZI	11	25 YILLIK	18.30	683.90	685.30	685.03	685.67	0.013418	2.69	6.81	4.90	0.73
KIZILIRMAK AGZI	11	50 YILLIK	29.10	683.90	685.78	685.44	686.29	0.014905	3.19	9.13	4.93	0.75
KIZILIRMAK AGZI	11	100 YILLIK	44.40	683.90	686.35	685.94	687.05	0.016676	3.71	11.96	4.97	0.76
KIZILIRMAK AGZI	11	500 YILLIK	68.90	683.90	687.91	686.63	688.53	0.010932	3.49	19.76	5.00	0.56
KIZILIRMAK AGZI	10.5		Bridge									
KIZILIRMAK AGZI	10	25 YILLIK	18.30	683.30	684.43	684.43	685.00	0.024982	3.34	5.48	4.88	1.01
KIZILIRMAK AGZI	10	50 YILLIK	29.10	683.30	684.84	684.84	685.61	0.025852	3.88	7.49	4.91	1.00
KIZILIRMAK AGZI	10	100 YILLIK	44.40	683.30	685.34	685.34	686.36	0.027376	4.46	9.95	4.95	1.00
KIZILIRMAK AGZI	10	500 YILLIK	68.90	683.30	685.57	686.04	687.54	0.049360	6.22	11.07	4.96	1.33
KIZILIRMAK AGZI	9	25 YILLIK	18.30	682.70	683.73	683.83	684.42	0.032839	3.66	4.99	4.87	1.16
KIZILIRMAK AGZI	9	50 YILLIK	29.10	682.70	684.13	684.24	685.03	0.032034	4.19	6.95	4.90	1.12
KIZILIRMAK AGZI	9	100 YILLIK	44.40	682.70	684.65	684.74	685.76	0.031099	4.67	9.50	4.94	1.08
KIZILIRMAK AGZI	9	500 YILLIK	68.90	682.70	685.44	685.44	686.78	0.029676	5.14	13.40	5.00	1.00
KIZILIRMAK AGZI	8	25 YILLIK	18.30	682.10	683.21	683.23	683.80	0.026500	3.41	5.37	4.88	1.04
KIZILIRMAK AGZI	8	50 YILLIK	29.10	682.10	683.63	683.64	684.41	0.026568	3.92	7.42	4.91	1.02
KIZILIRMAK AGZI	8	100 YILLIK	44.40	682.10	684.14	684.14	685.16	0.027590	4.47	9.93	4.95	1.01
KIZILIRMAK AGZI	8	500 YILLIK	68.90	682.10	684.82	684.83	686.18	0.030301	5.18	13.30	4.99	1.01
KIZILIRMAK AGZI	7	25 YILLIK	18.30	681.50	682.54	682.63	683.21	0.031906	3.63	5.04	4.87	1.14
KIZILIRMAK AGZI	7	50 YILLIK	29.10	681.50	682.94	683.04	683.83	0.031612	4.17	6.98	4.90	1.12
KIZILIRMAK AGZI	7	100 YILLIK	44.40	681.50	683.45	683.54	684.56	0.030990	4.67	9.51	4.94	1.07
KIZILIRMAK AGZI	7	500 YILLIK	68.90	681.50	684.23	684.24	685.58	0.029843	5.15	13.37	4.99	1.01
KIZILIRMAK AGZI	6	25 YILLIK	18.30	680.90	681.99	682.03	682.60	0.027829	3.46	5.28	4.88	1.06
KIZILIRMAK AGZI	6	50 YILLIK	29.10	680.90	682.41	682.44	683.21	0.027288	3.96	7.35	4.91	1.03
KIZILIRMAK AGZI	6	100 YILLIK	44.40	680.90	682.94	682.94	683.96	0.027351	4.46	9.96	4.95	1.00
KIZILIRMAK AGZI	6	500 YILLIK	68.90	680.90	683.72	683.63	684.99	0.027323	4.98	13.83	5.00	0.96
KIZILIRMAK AGZI	5	25 YILLIK	18.30	680.30	681.35	681.43	682.01	0.030916	3.59	5.10	4.88	1.12
KIZILIRMAK AGZI	5	50 YILLIK	29.10	680.30	681.74	681.84	682.62	0.031249	4.15	7.01	4.91	1.11
KIZILIRMAK AGZI	5	100 YILLIK	44.40	680.30	682.46	682.34	683.36	0.023393	4.21	10.54	4.97	0.92
KIZILIRMAK AGZI	5	500 YILLIK	68.90	680.30	683.39		684.44	0.021375	4.54	15.19	5.00	0.83
KIZILIRMAK AGZI	4	25 YILLIK	18.30	679.70	680.78	680.83	681.40	0.028838	3.51	5.22	4.89	1.08
KIZILIRMAK AGZI	4	50 YILLIK	29.10	679.70	681.20	681.24	682.01	0.028169	4.00	7.27	4.92	1.05
KIZILIRMAK AGZI	4	100 YILLIK	44.40	679.70	682.30		682.92	0.013985	3.48	12.77	5.00	0.69
KIZILIRMAK AGZI	4	500 YILLIK	68.90	679.70	683.19		684.01	0.015524	4.01	17.19	5.00	0.69
KIZILIRMAK AGZI	3	25 YILLIK	18.30	679.10	680.46	680.23	680.85	0.014466	2.76	6.63	4.91	0.76
KIZILIRMAK AGZI	3	50 YILLIK	29.10	679.10	680.92	680.64	681.47	0.015979	3.27	8.90	4.95	0.78
KIZILIRMAK AGZI	3	100 YILLIK	44.40	679.10	682.22	681.14	682.65	0.008608	2.89	15.36	5.00	0.53
KIZILIRMAK AGZI	3	500 YILLIK	68.90	679.10	683.06	681.84	683.69	0.011219	3.53	19.54	5.00	0.57
KIZILIRMAK AGZI	2.5		Bridge									
KIZILIRMAK AGZI	2	25 YILLIK	18.30	678.50	679.63	679.63	680.20	0.024945	3.34	5.49	4.89	1.01
KIZILIRMAK AGZI	2	50 YILLIK	29.10	678.50	680.04	680.04	680.81	0.025770	3.88	7.50	4.93	1.00
KIZILIRMAK AGZI	2	100 YILLIK	44.40	678.50	680.54	680.54	681.55	0.027228	4.45	9.97	4.97	1.00
KIZILIRMAK AGZI	2	500 YILLIK	68.90	678.50	680.74	681.24	682.76	0.050953	6.30	10.94	4.99	1.36
KIZILIRMAK AGZI	1	25 YILLIK	18.30	677.00	678.01	678.13	678.72	0.034786	3.74	4.90	4.88	1.19
KIZILIRMAK AGZI	1	50 YILLIK	29.10	677.00	678.41	678.54	679.33	0.033563	4.26	6.83	4.92	1.15
KIZILIRMAK AGZI	1	100 YILLIK	44.40	677.00	678.92	679.04	680.06	0.032055	4.73	9.39	4.96	1.10
KIZILIRMAK AGZI	1	500 YILLIK	68.90	677.00	679.73	679.73	681.08	0.029595	5.14	13.41	5.00	1.00

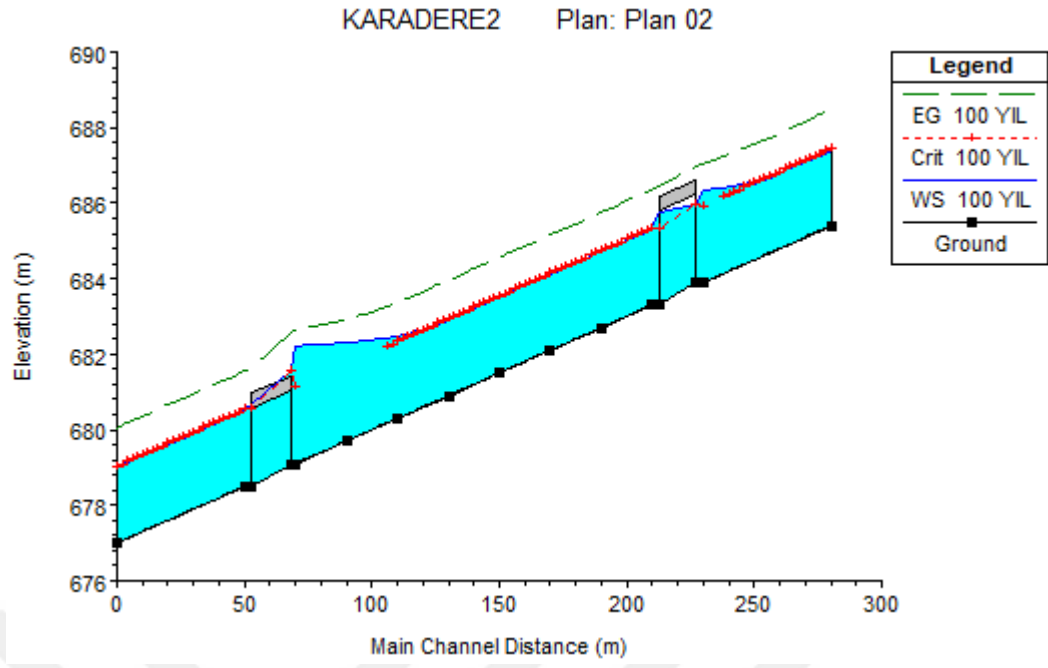
Şekil 3. 21. Karadere dere hattı modelinin analiz sonucu program çıktısı



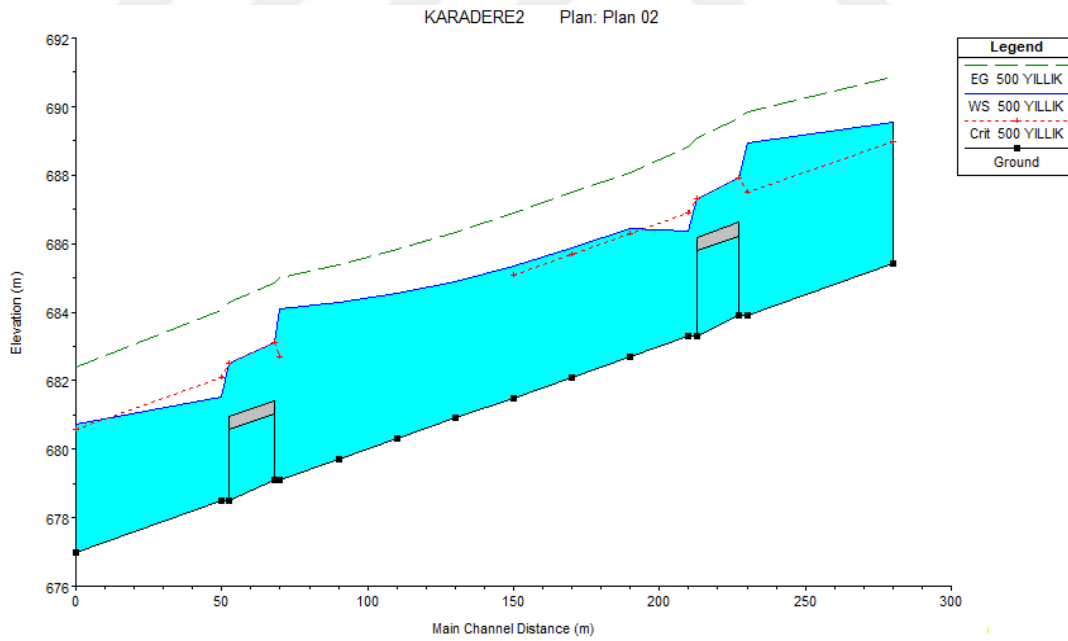
Şekil 3. 22. 25 yıl tekerrürlü debinin boy profili



Şekil 3. 23. 50 yıl tekerrürlü debinin boy profili



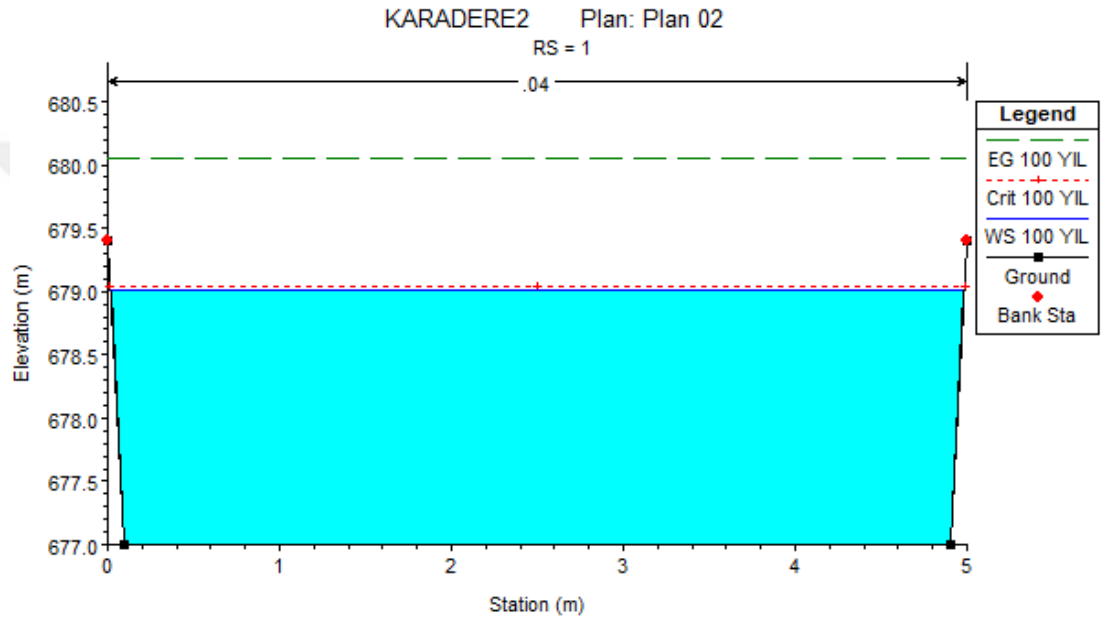
Şekil 3. 24. 100 yıl tekerrürlü debinin boy profili



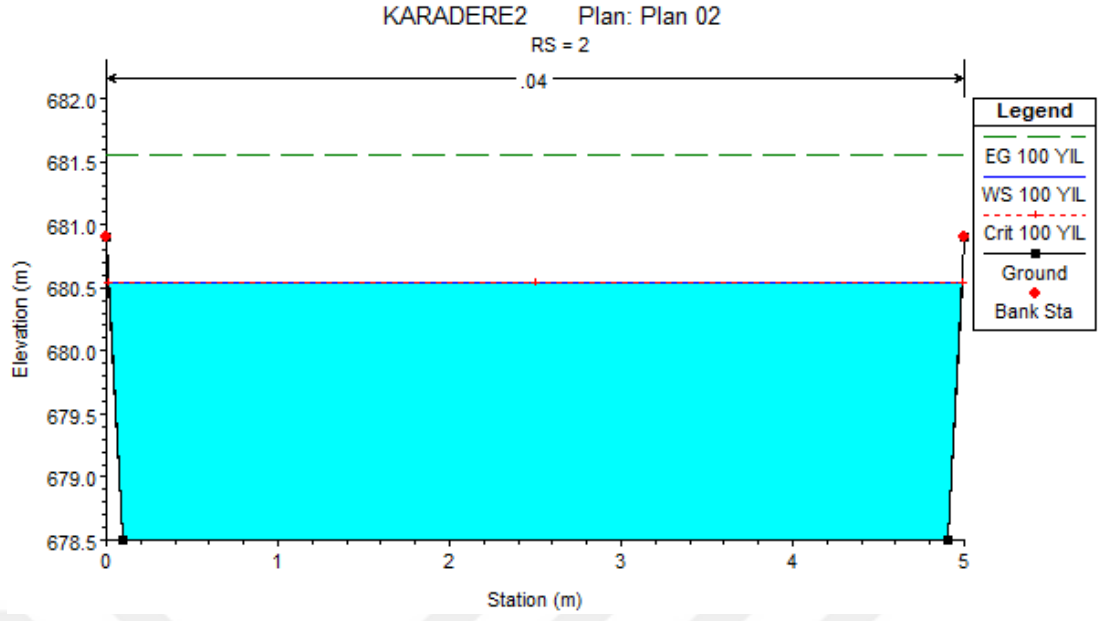
Şekil 3. 25. 500 yıllık debinin boy profili

Boy profili grafiklerinden anlaşılacağı üzere 25 ve 50 yıl tekerrürlü debi değerleri güvenli bir şekilde kanal kesitinden geçerken, 100 ve 500 yıllık gelen debiler kesitler ve köprülerden kontrollü geçememektedir.

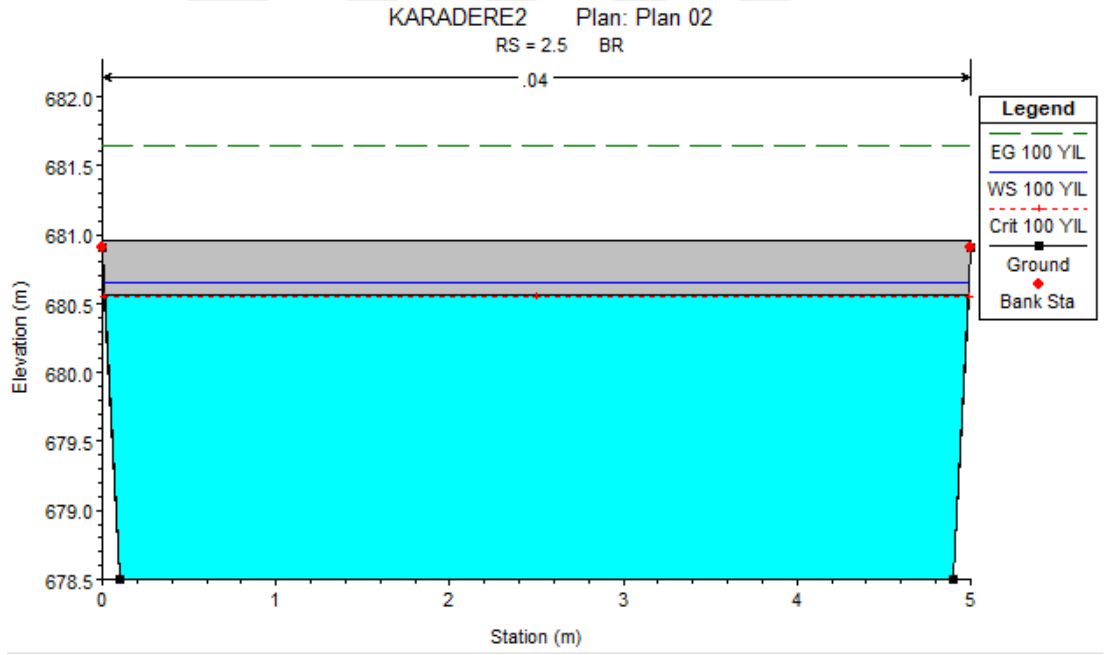
3.3.1.1.a. Karadere Dere Hattı Kesitlerinin İncelenmesi



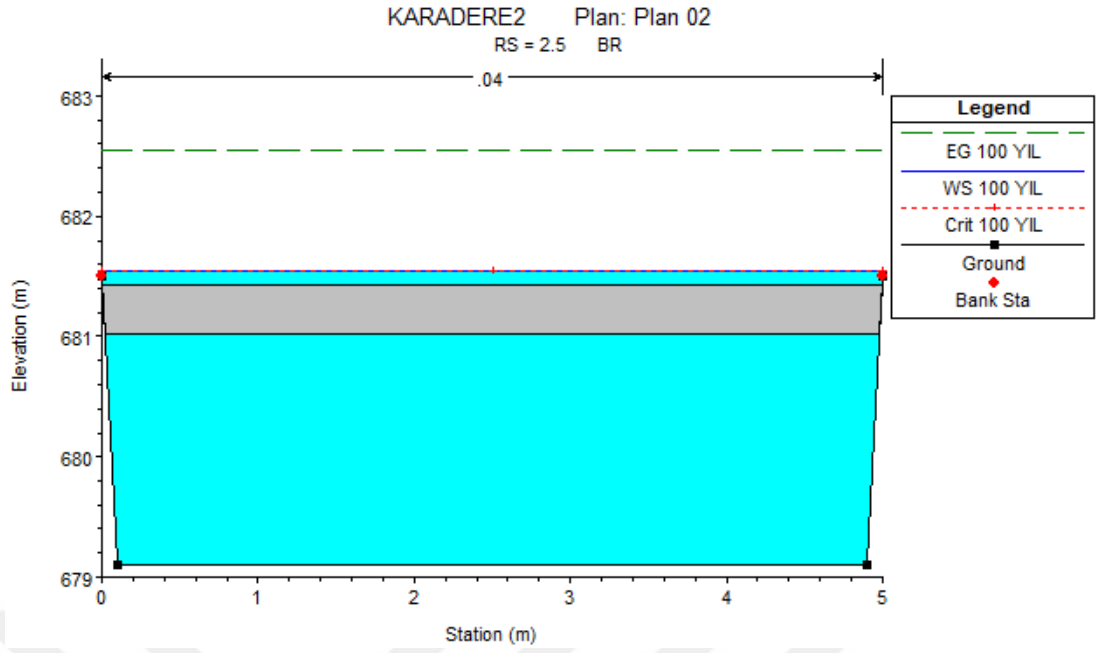
Şekil 3. 26. 1 No'lu kesit



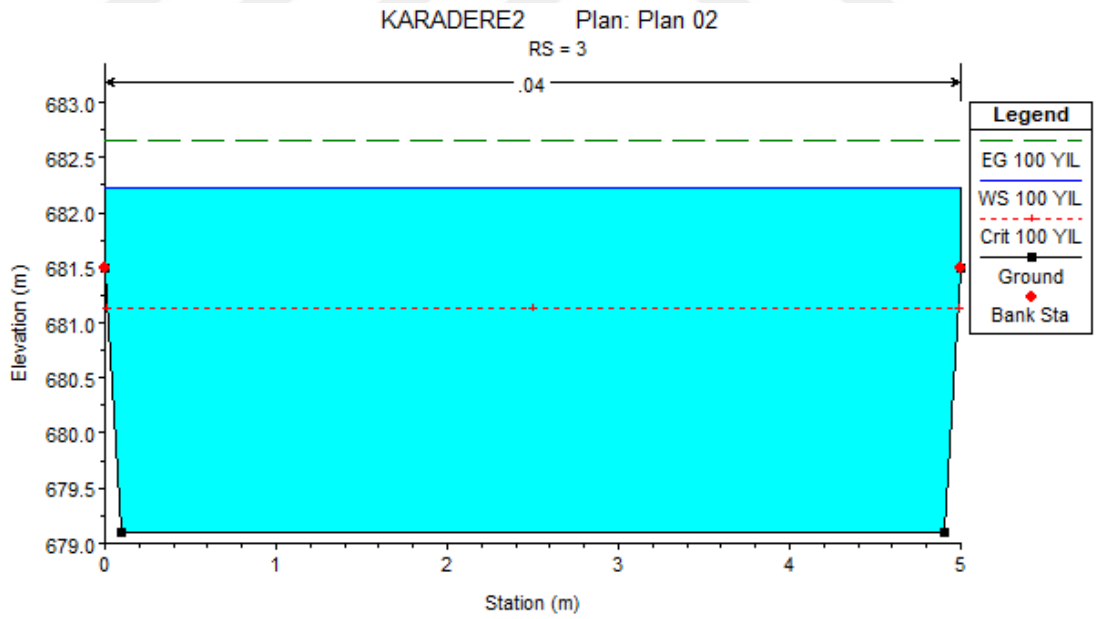
Şekil 3. 27. 2 No'lu kesit



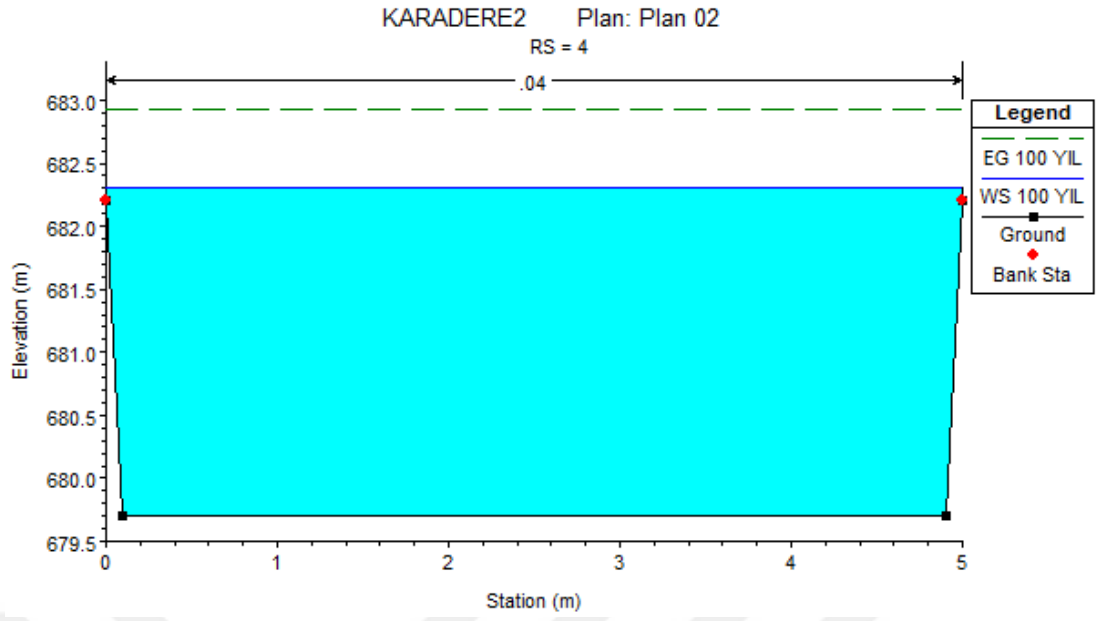
Şekil 3. 28. 1 No'lu köprü'nün mansab kesiti



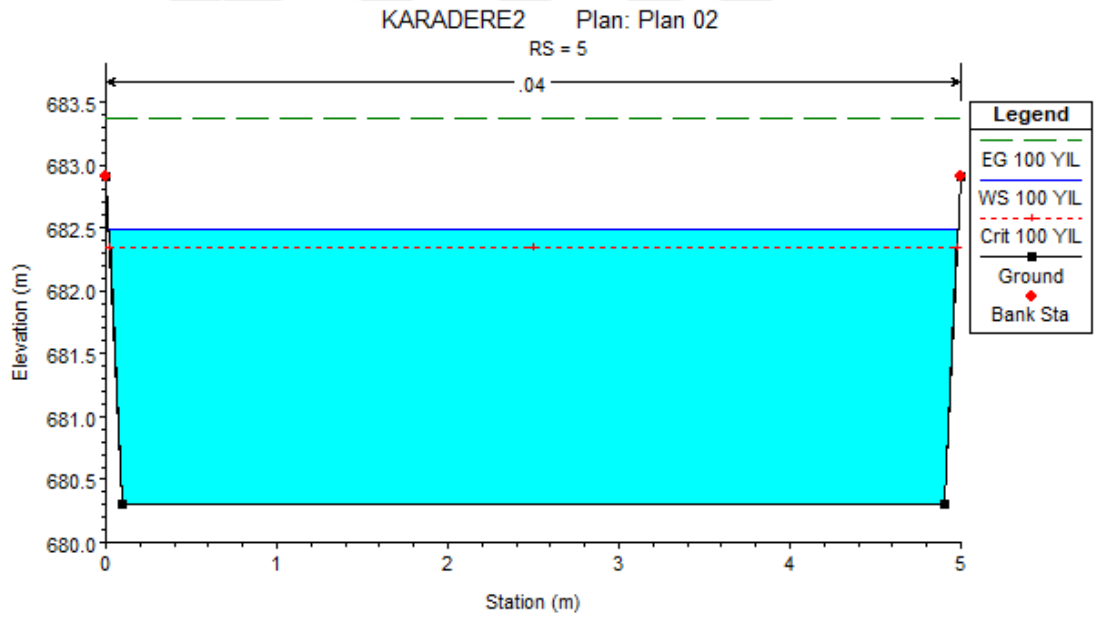
Şekil 3. 29. 1 No'lu köprünün memba kesiti



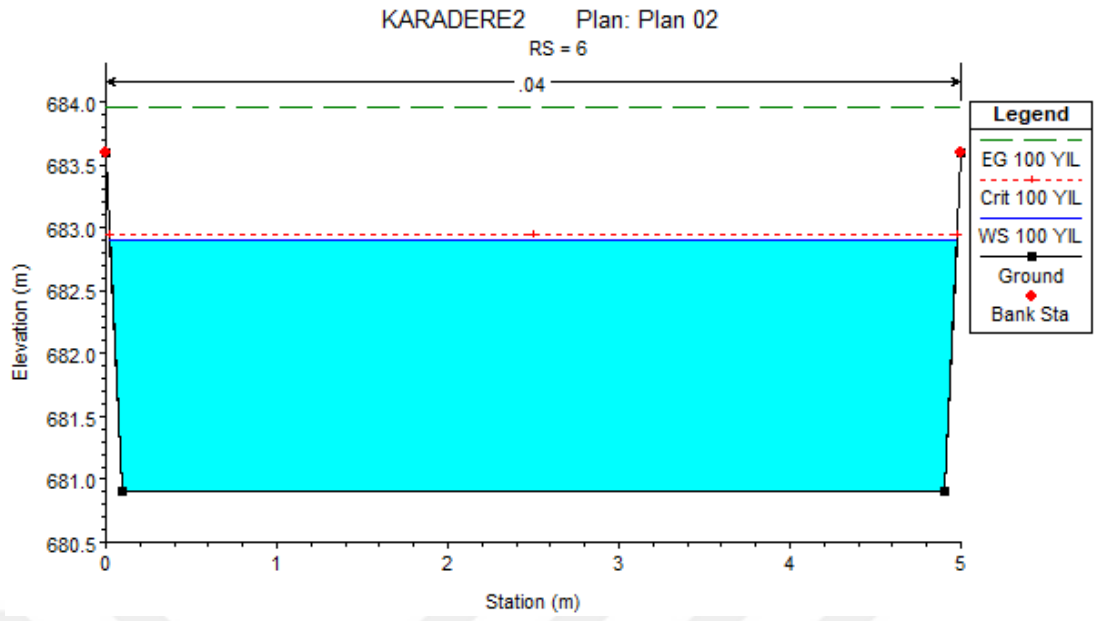
Şekil 3. 30. 3 No'lu enkesit



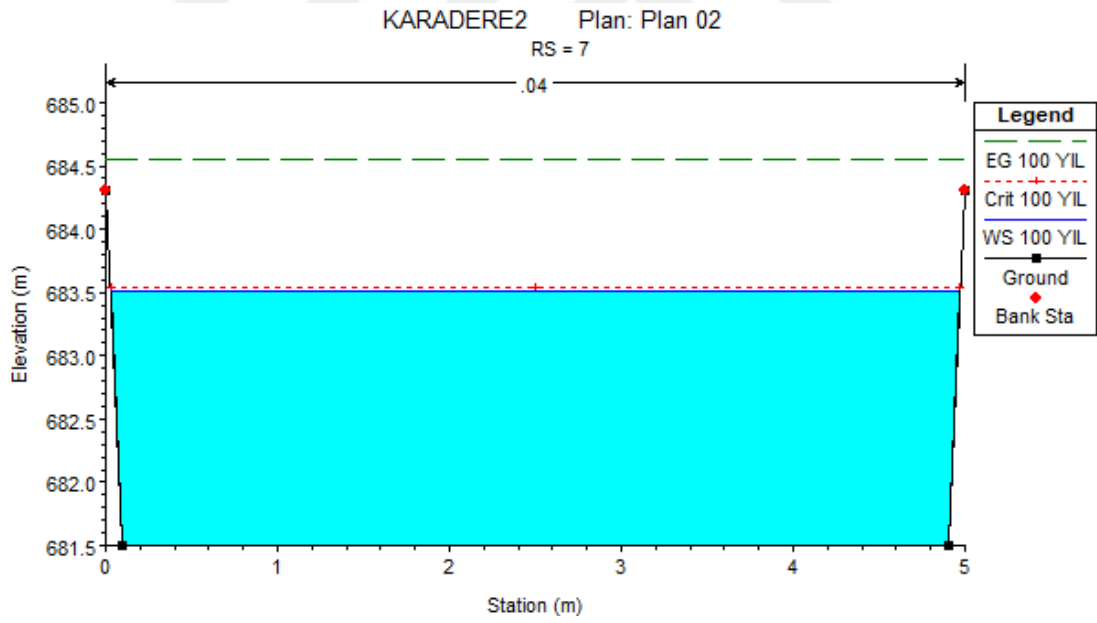
Şekil 3. 31. 4 No'lu kesit



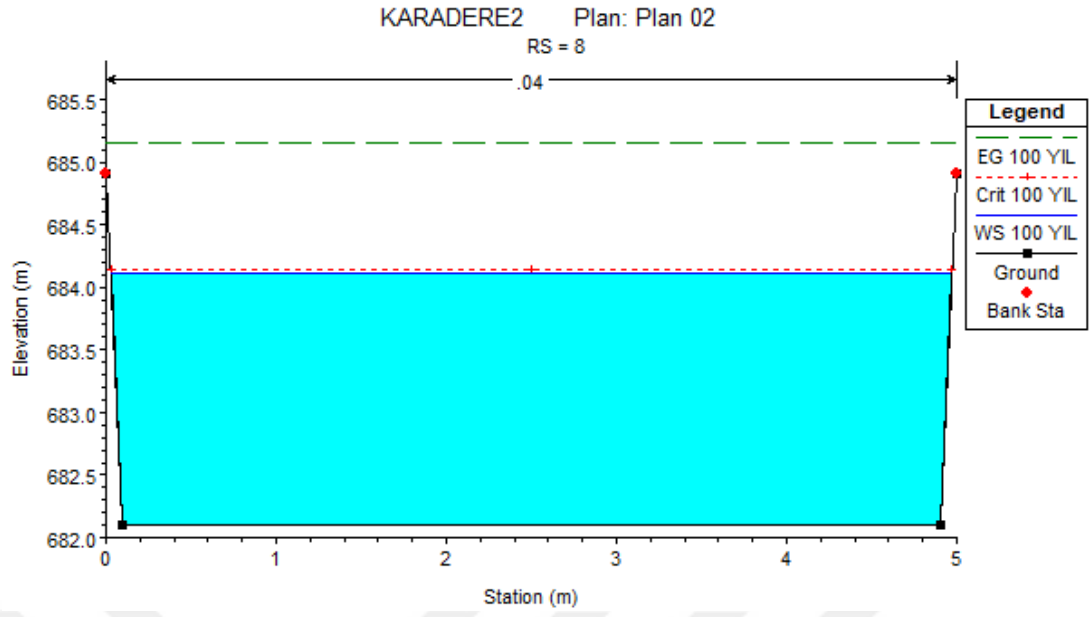
Şekil 3. 32. 5 No'lu kesit



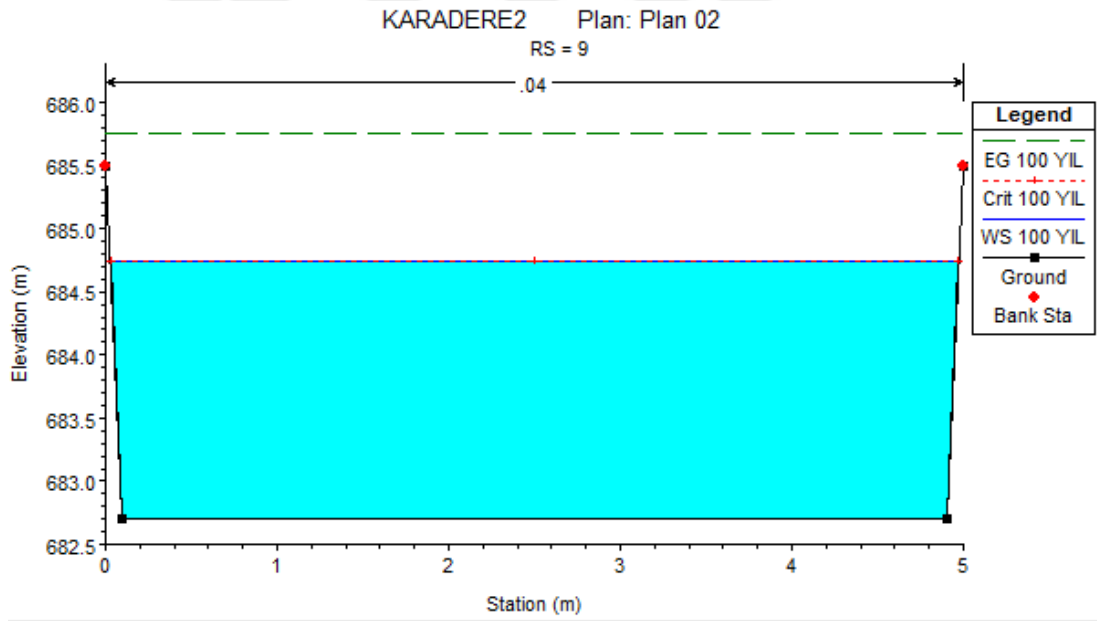
Şekil 3. 33. 6 No'lu kesit



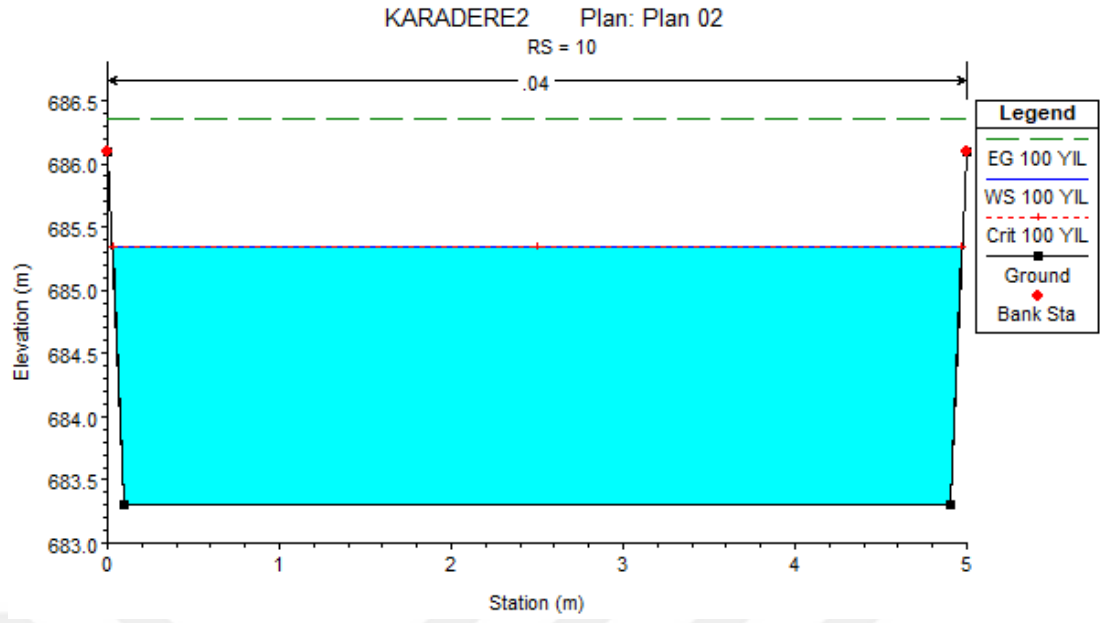
Şekil 3. 34. 7 No'lu kesit



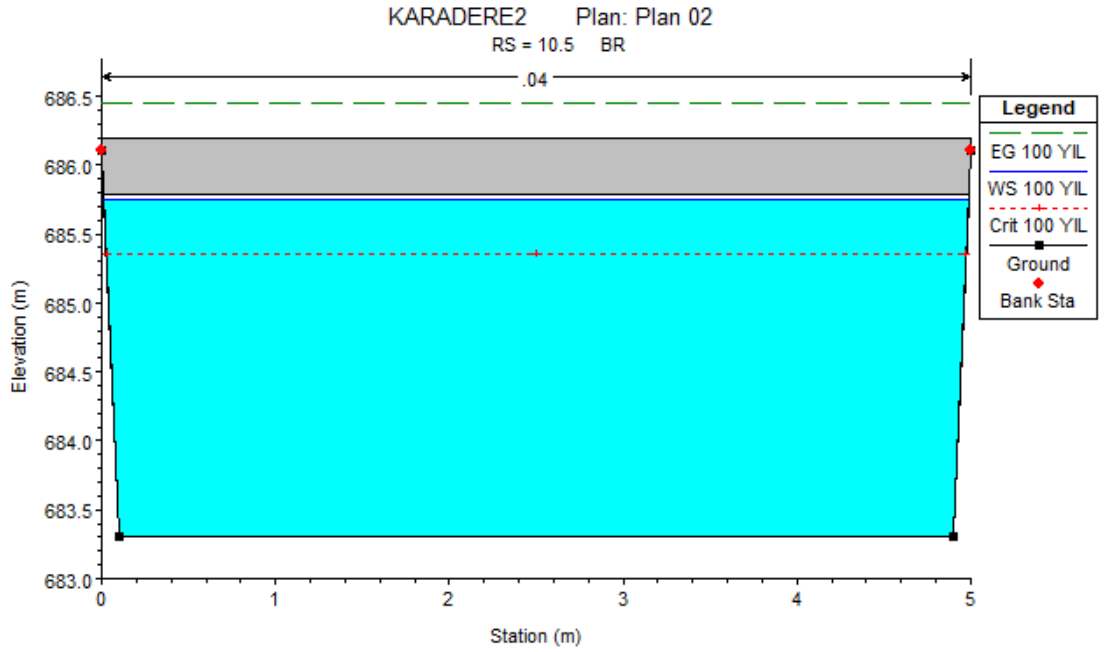
Şekil 3. 35. 8 No'lu kesit



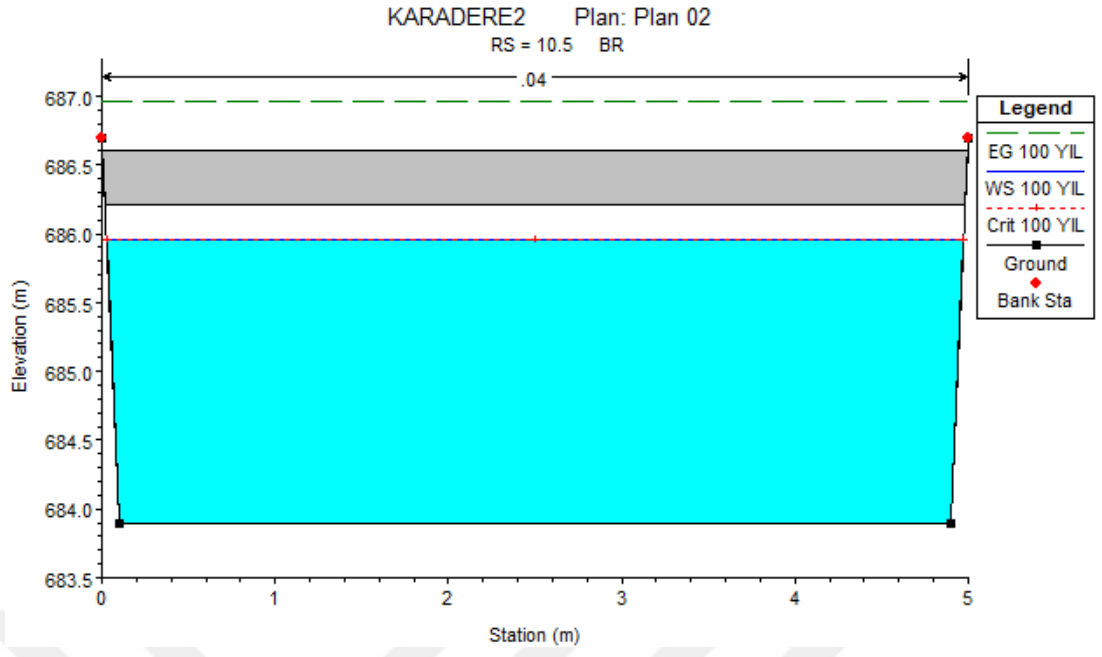
Şekil 3. 36. 9 No'lu kesit



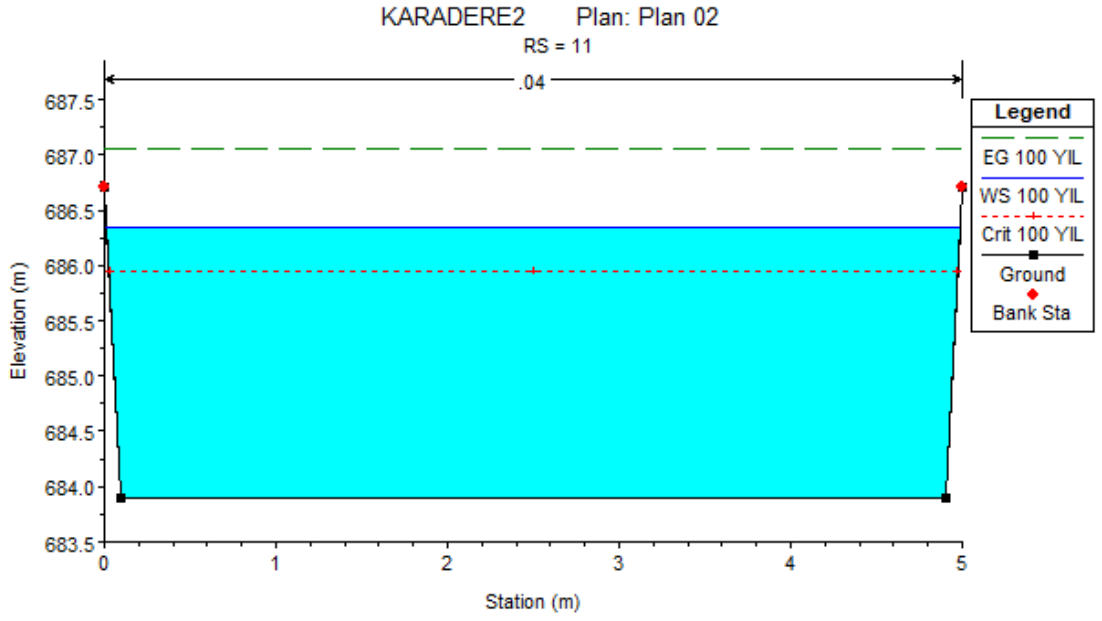
Şekil 3. 37. 10 No'lu kesit



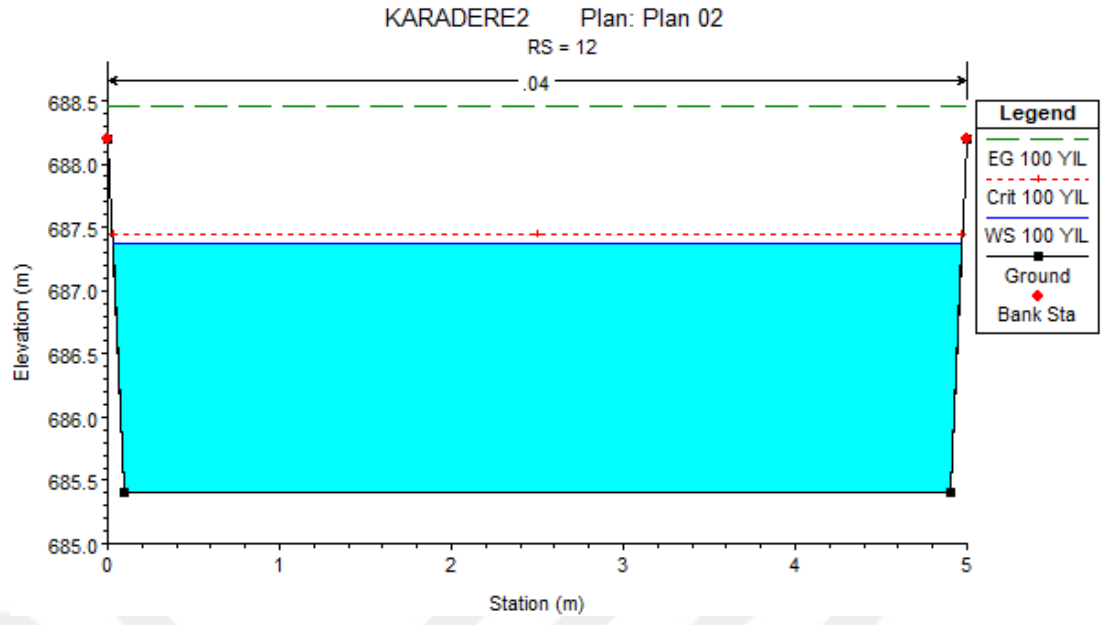
Şekil 3. 38. 2 No'lu köprünün mansap kesiti



Şekil 3. 39. 2 No'lu köprü'nün memba kesiti

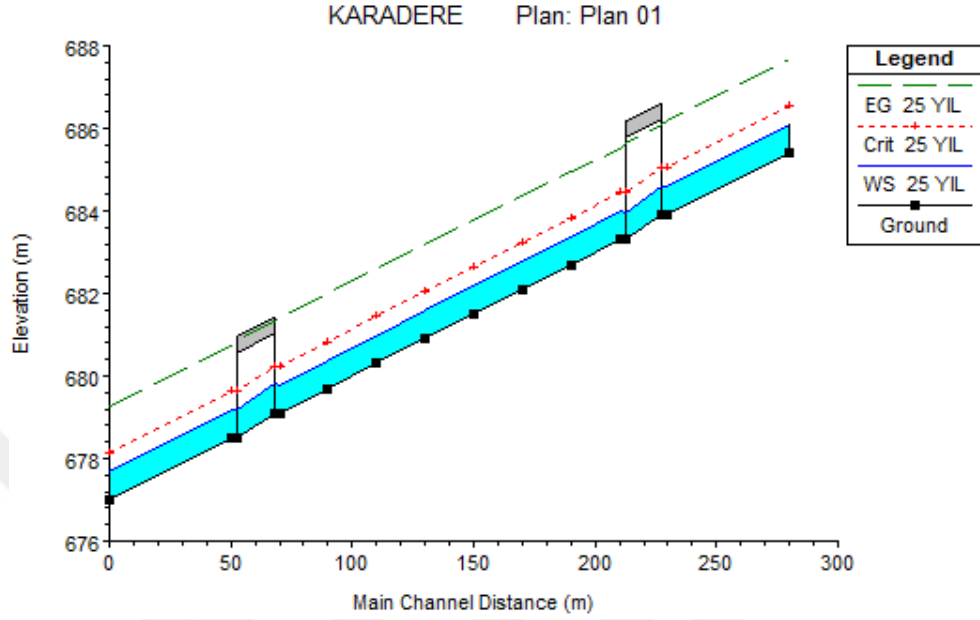


Şekil 3. 40. 11 No'lu kesit

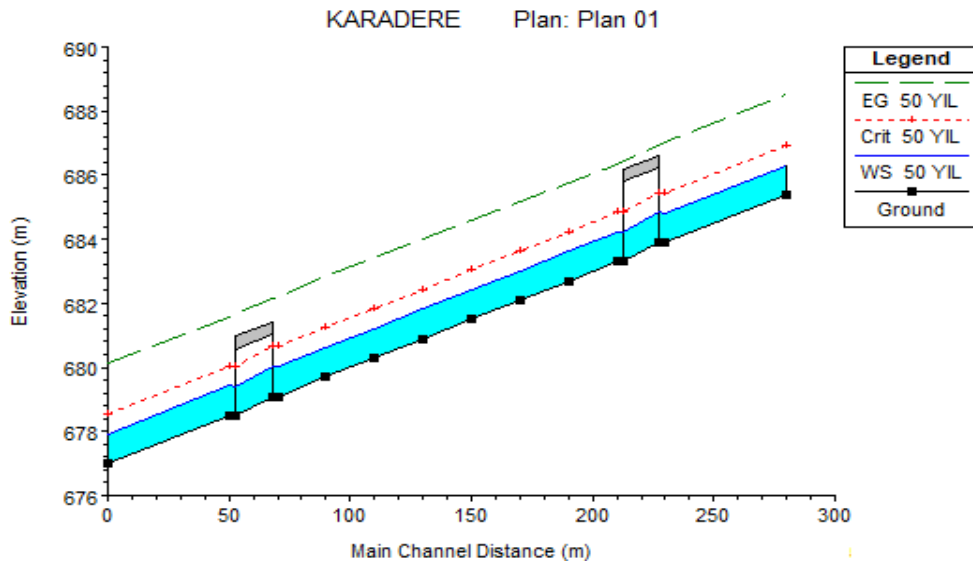


Şekil 3. 41. 12 No'lu kesit

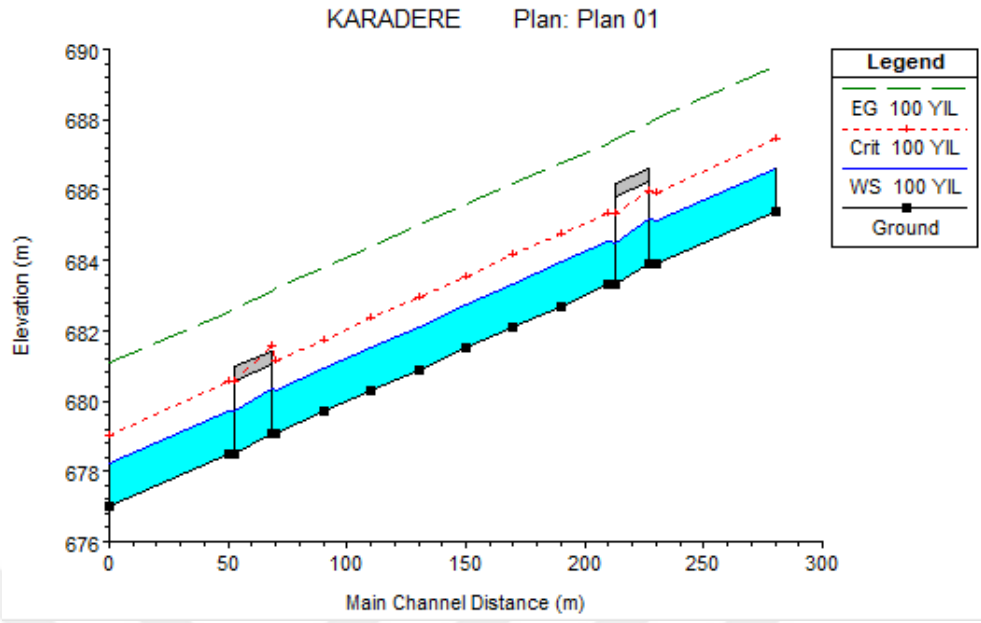
n: 0.02 Manning pürüzlülük değeri için yapılan analizden elde edilen bulgular;



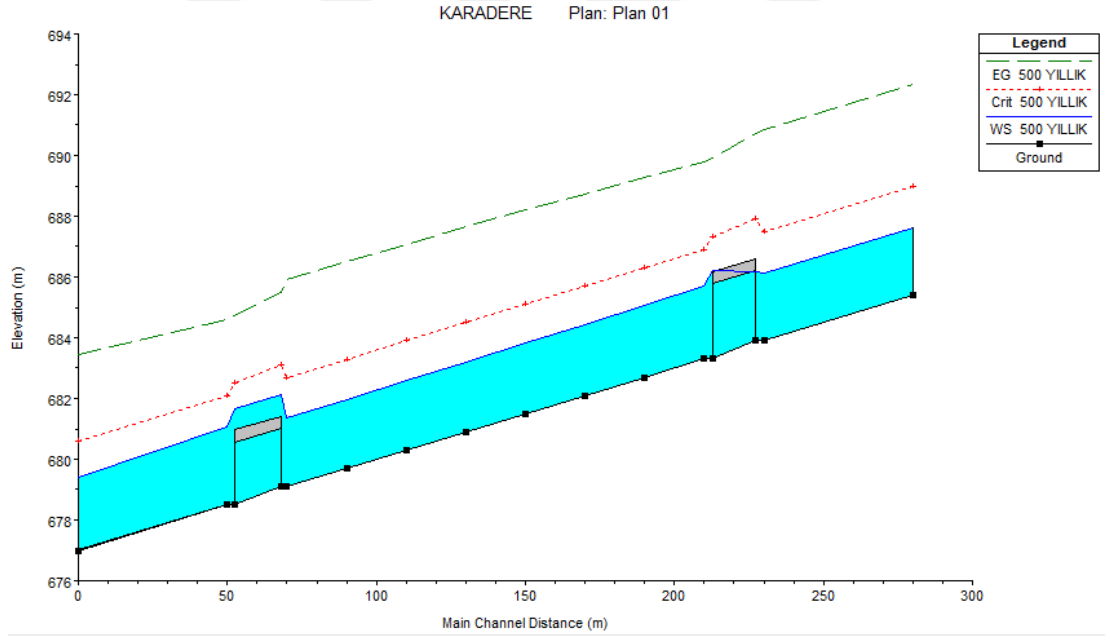
Şekil 3. 42. 25 yıl tekerrür süreli debinin boy profili



Şekil 3. 43. 50 yıl tekerrür süreli debinin boy profili

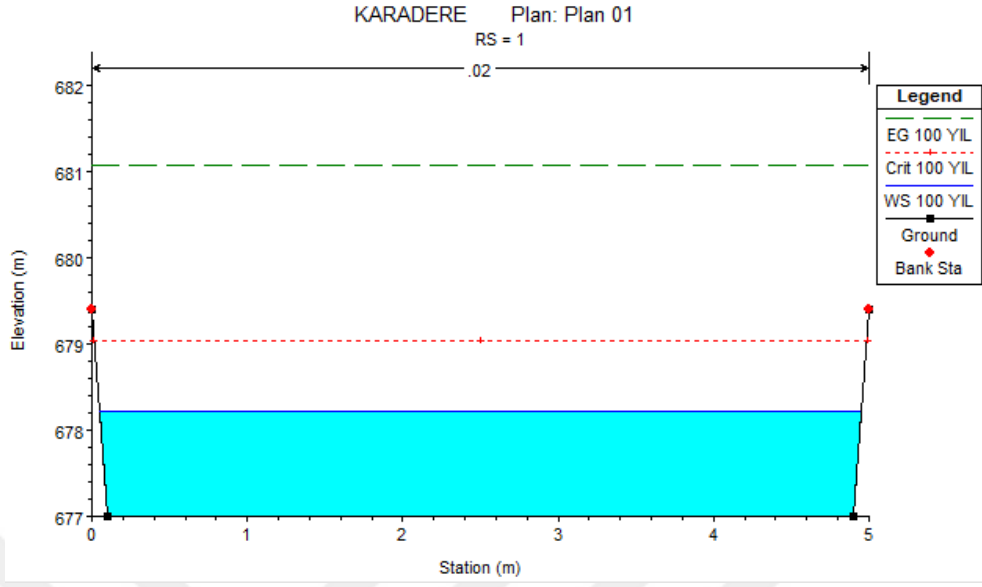


Şekil 3. 44. 100 yıl tekerrür süreli debinin boy profili

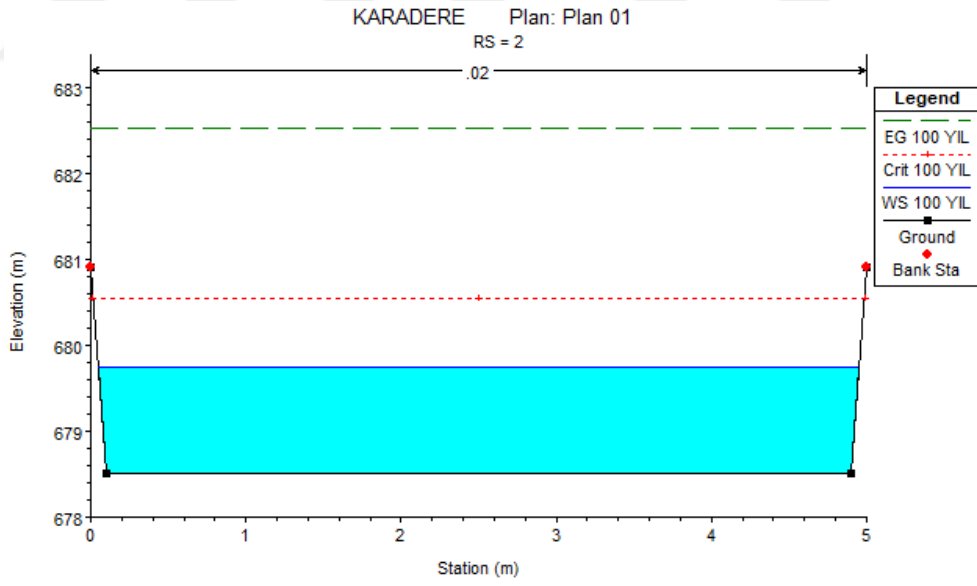


Şekil 3. 45. 500 yıl tekerrür süreli debinin boy profili

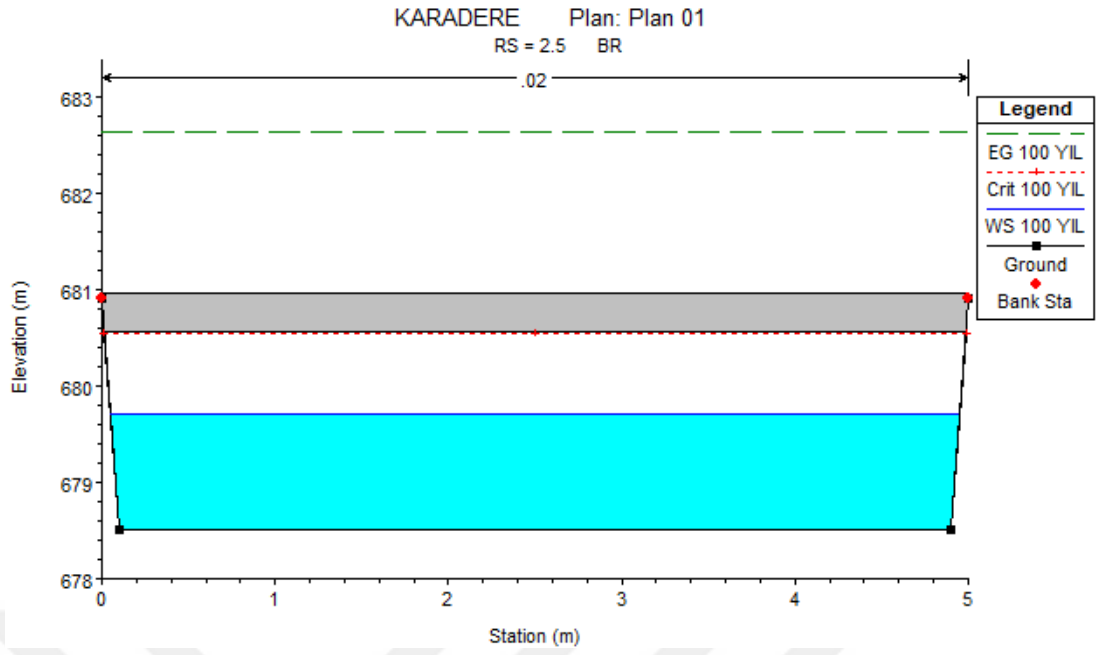
$n = 0.02$ pürüzlülük değeri için en kesitlerin incelenmesi;



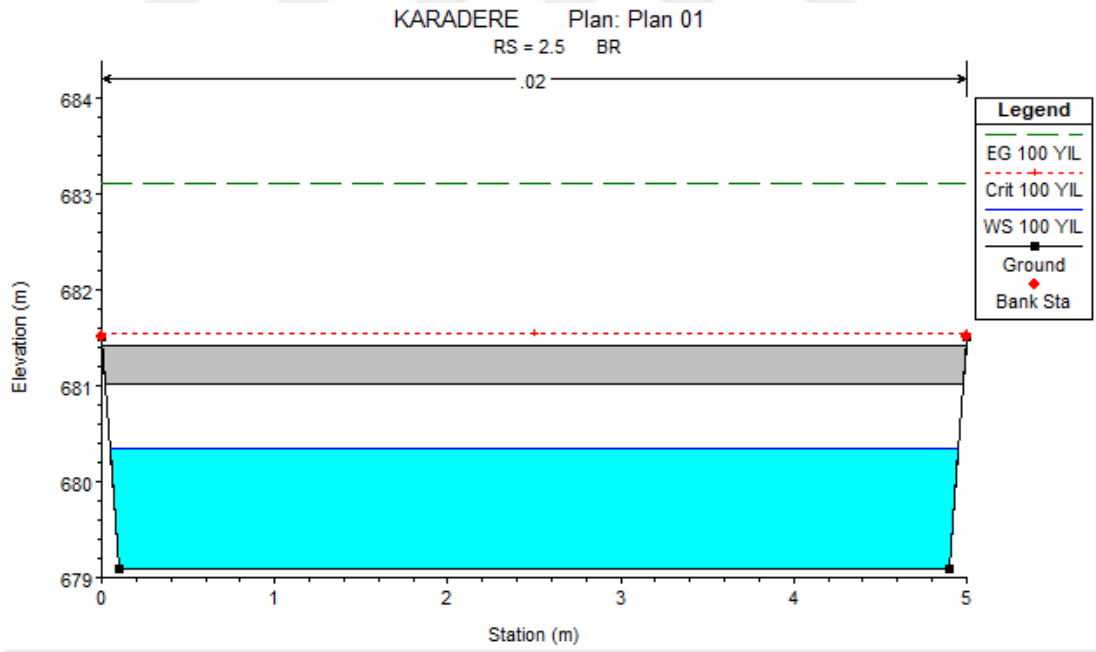
Şekil 3. 46. 1 No'lu enkesit



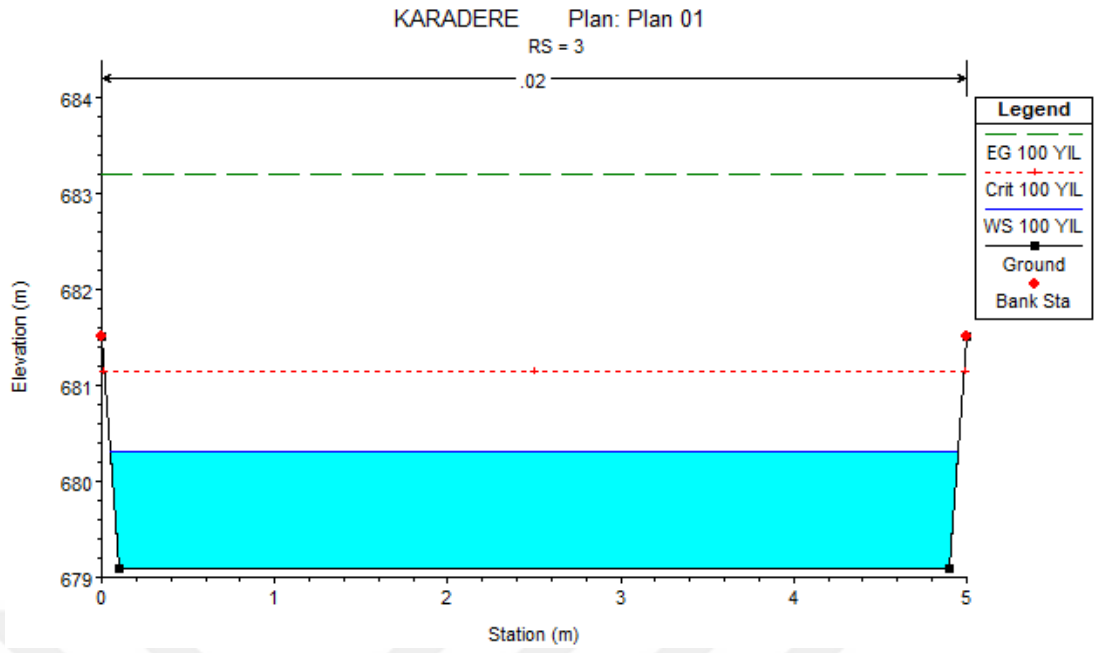
Şekil 3. 47. 2 No'lu enkesit



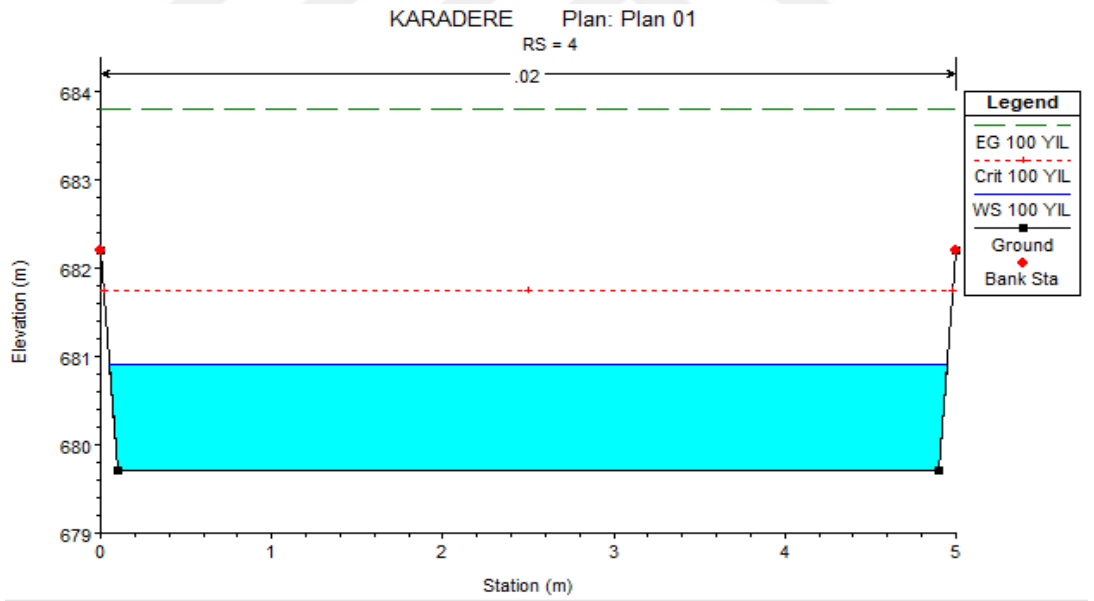
Şekil 3. 48. 1 No'lu köprünün mansap enkesiti



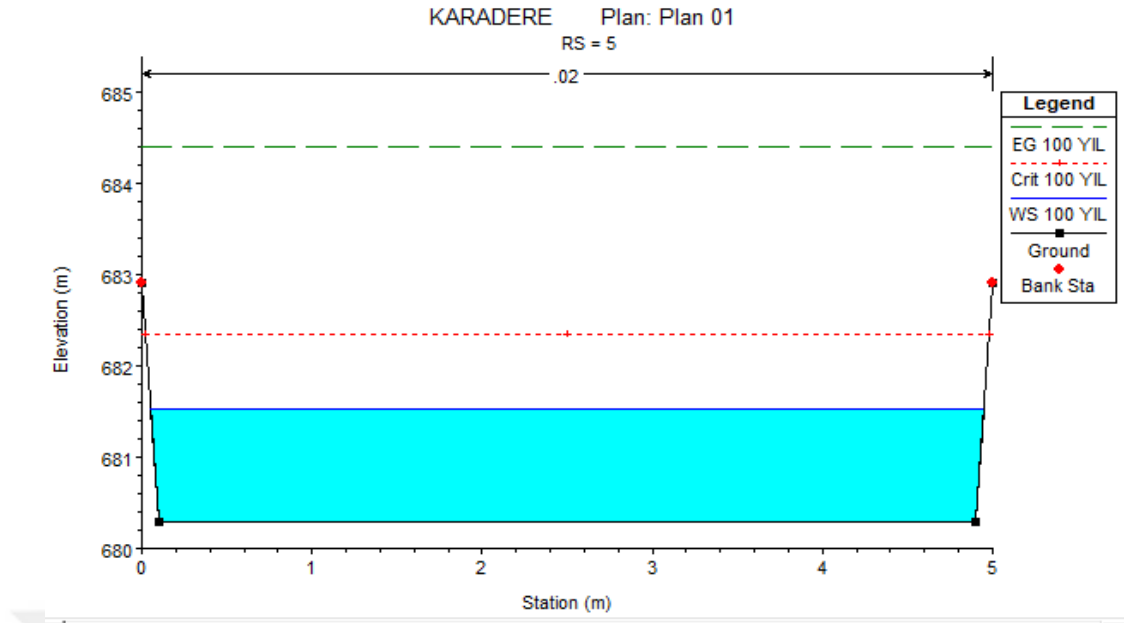
Şekil 3. 49. 2 No'lu köprünün memba enkesiti



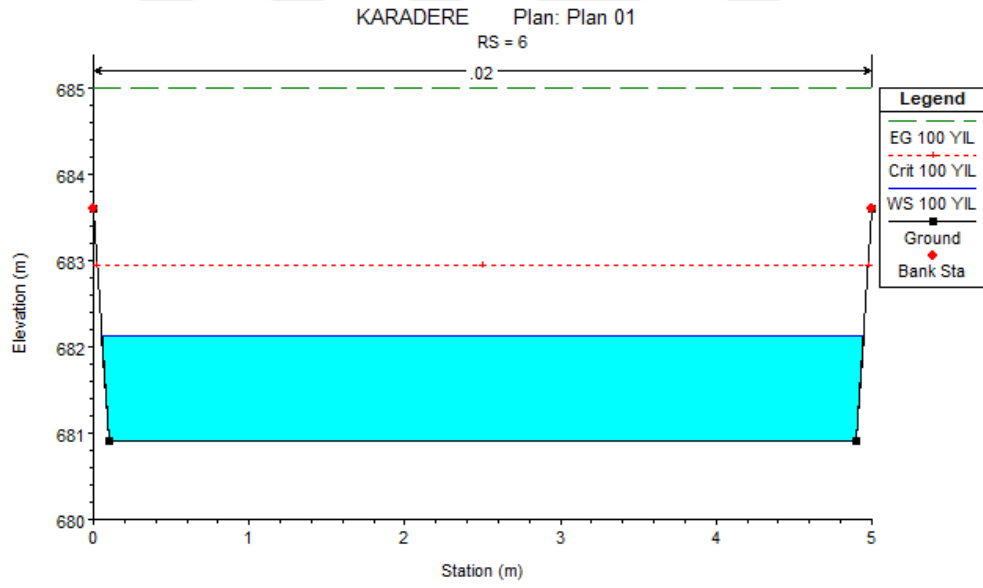
Şekil 3. 50. 3 No'lu enkesit



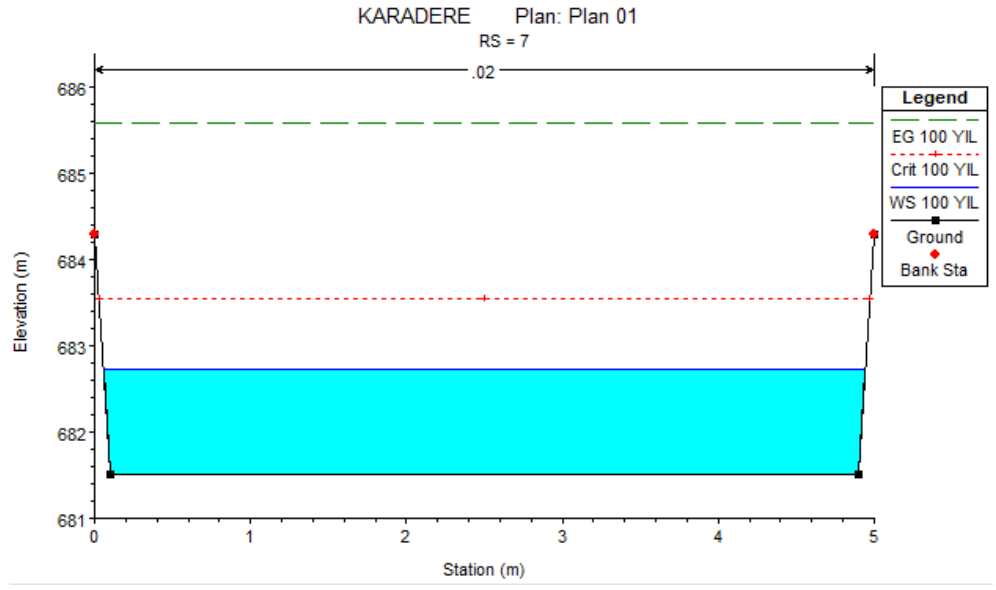
Şekil 3. 51. 4 No'lu enkesit



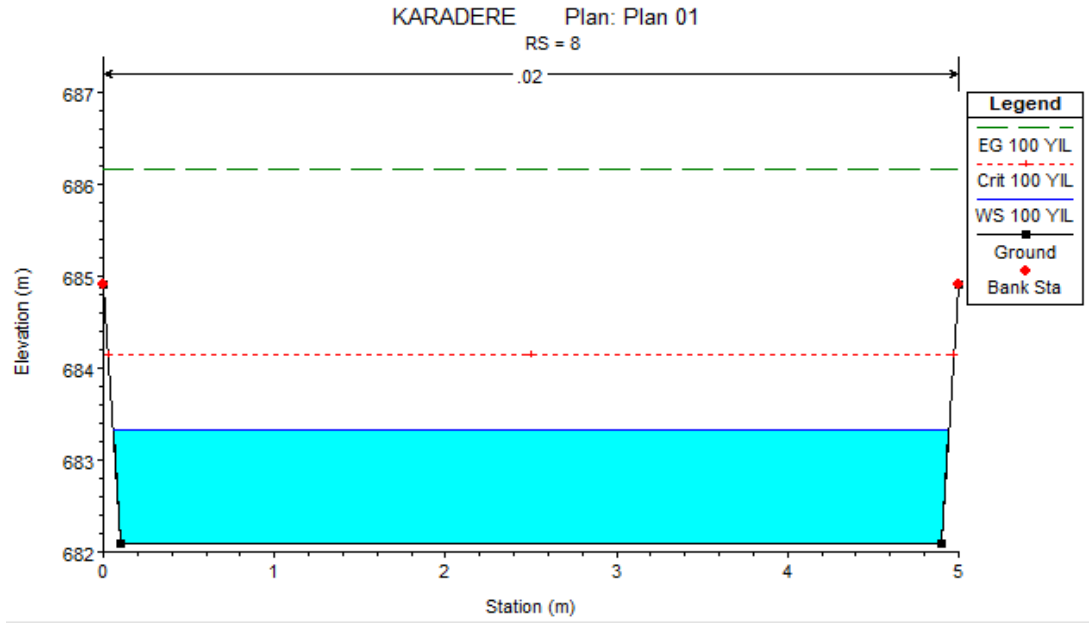
Şekil 3. 52. 5 No'lu enkesit



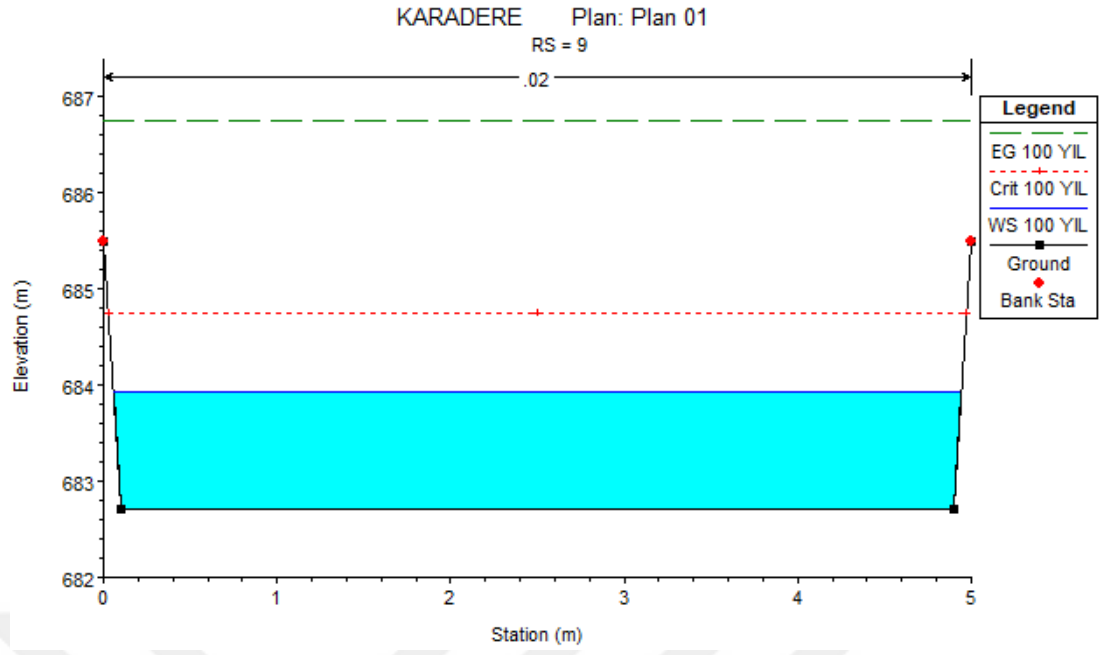
Şekil 3. 53. 6 No'lu enkesit



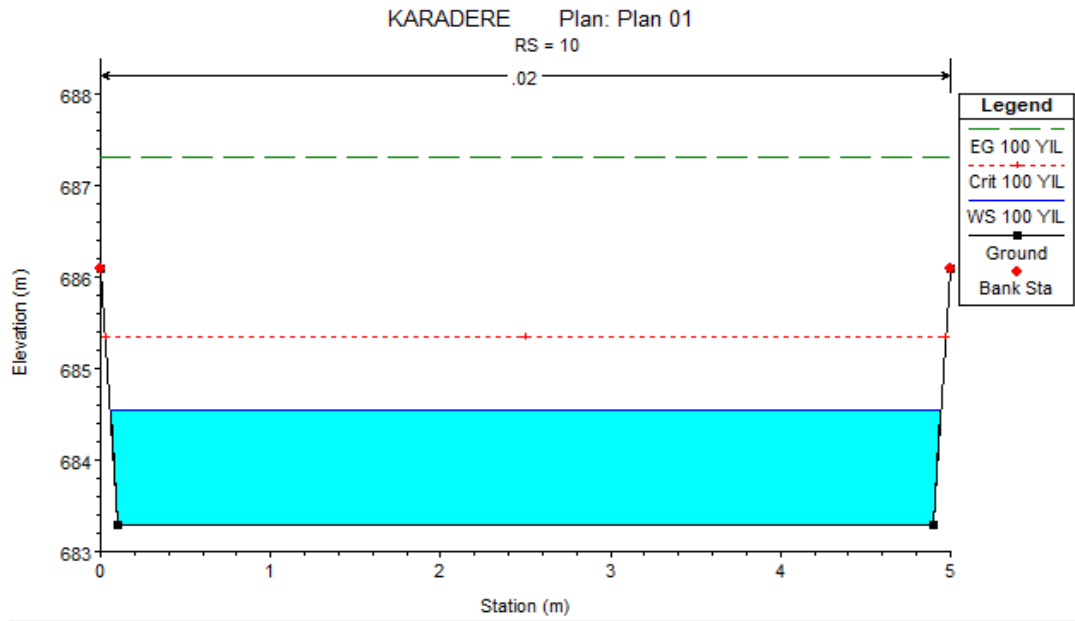
Şekil 3. 54. 7 No'lu en kesit



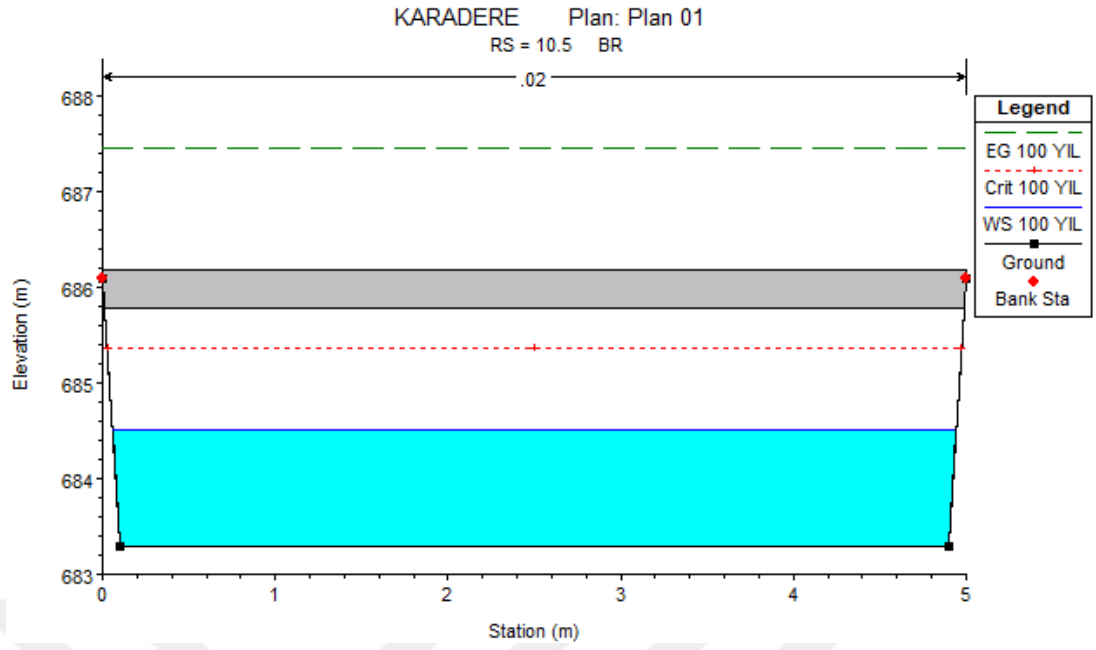
Şekil 3. 55. 8 No'lu en kesit



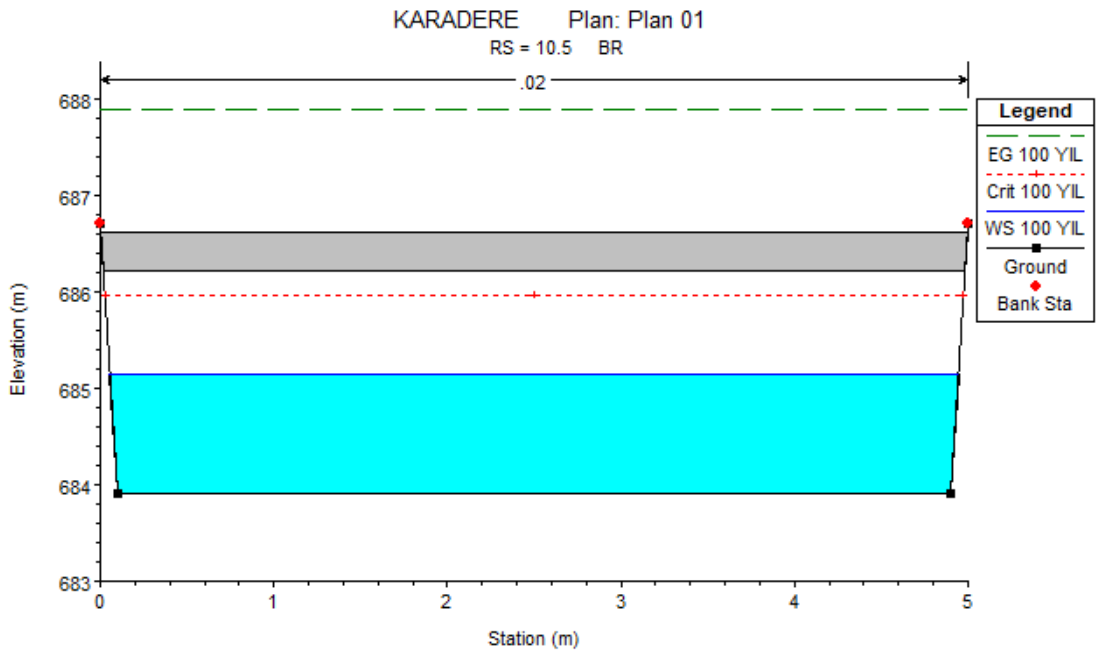
Şekil 3. 56. 9 No'lu enkesit



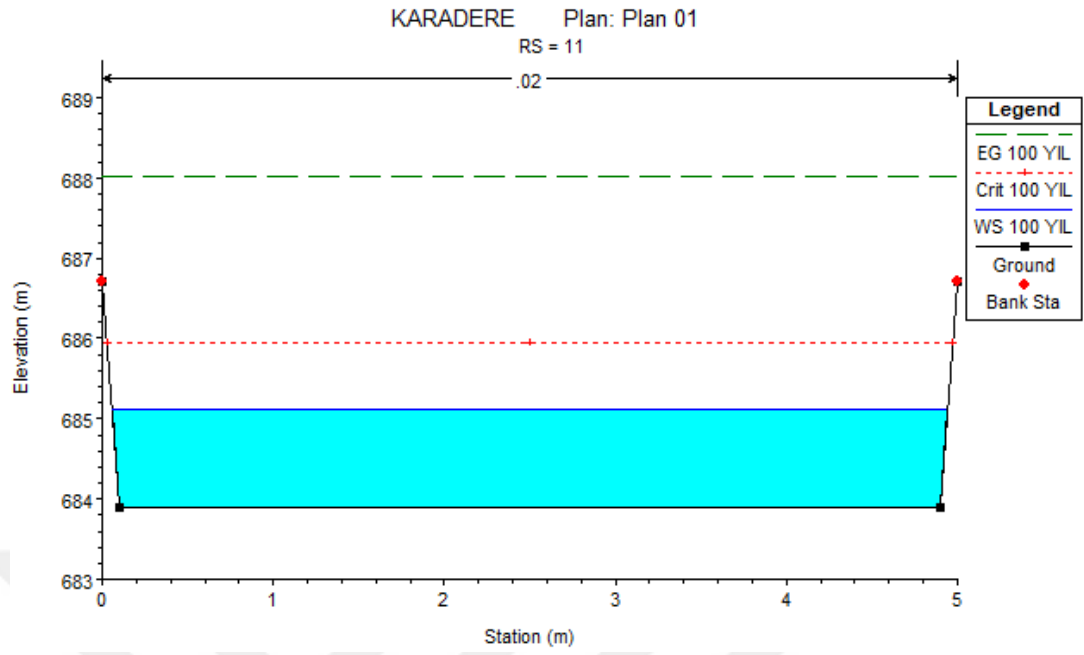
Şekil 3. 57. 10 No'lu enkesit



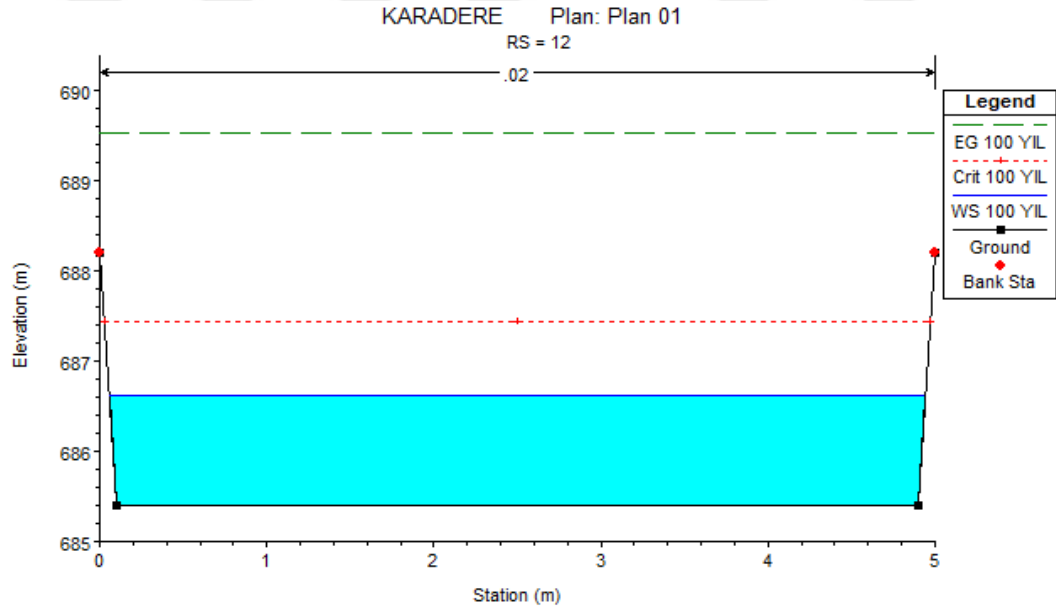
Şekil 3. 58. 2 No'lu köprünün mansap enkesiti



Şekil 3. 59. 2 No'lu köprünün memba enkesiti



Şekil 3. 60. 11 No'lu enkesit

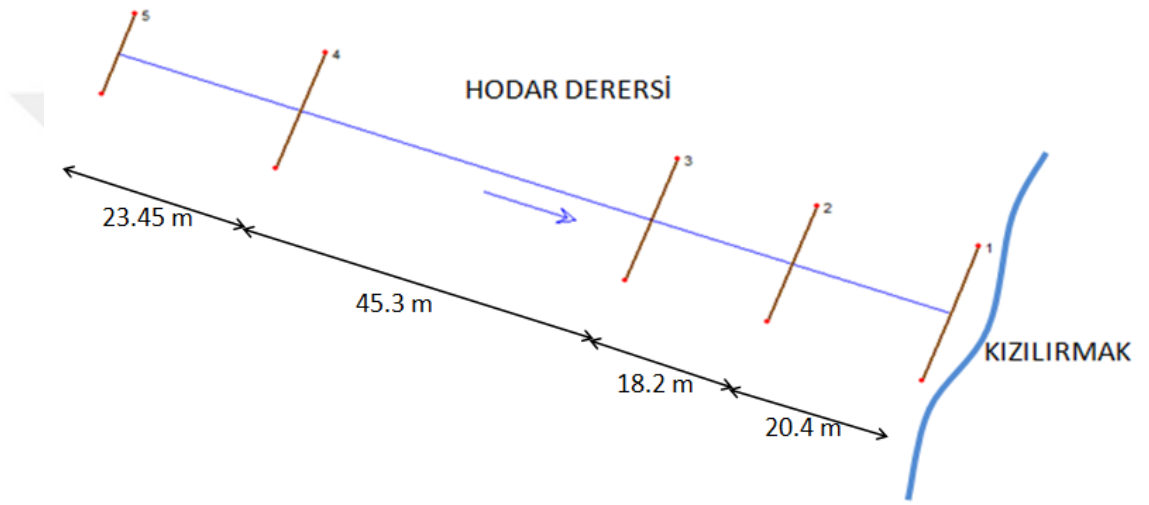


Şekil 3. 61. 12 No'lu enkesit

3.3.2. Hodar Deresi İçin Kesitlerin Oluşturulması

Hodar Deresi drenaj alanına ait elde edilen geometrik ve hidrolik veriler aynı şekilde HEC-RAS programına girilerek model analizi yapılmaya başlanır.

Yine öncelikle geometrik data dosyası oluşturularak temsili bir dere hattı ve bu dere hattı üzerinde alınacak en kesitler belirlenir.



Şekil 3. 62. Hodar Deresine ait HEC-RAS geometrik data ara yüzüne girilen en kesitler



Şekil 3. 63. Hodar Deresinden alınan kesitler



Şekil 3. 64. Hodar Deresi drenaj alanının uydu görüntüsü

3.3.2.1. Model Analizi

DSİ Sentetik ve Mockus Metodu yardımıyla elde edilen debi değerleri dikkate alınarak 25, 50, 100, 500 yıllık debiler Şekil 3.66’da görüldüğü gibi Steady Flow Data sekmesine girilerek model analizi yapılmaya başlanmıştır.

Steady Flow Data - Flow 01

File Options Help

Enter/Edit Number of Profiles (32000 max): 4 Reach Boundary Conditions ... Apply Data

Locations of Flow Data Changes

River: HODAR DERESI Add Multiple...

Reach: KIZILIRMAK AGZI River Sta.: 5 Add A Flow Change Location

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates				
	River	Reach	RS	25 YILLIK	50 YILLIK	100 YILLIK	500 YILLIK
1	HODAR DERESI	KIZILIRMAK AGZI	5	33.9	54.41	82.041	127.507

Edit Steady flow data for the profiles (m3/s)

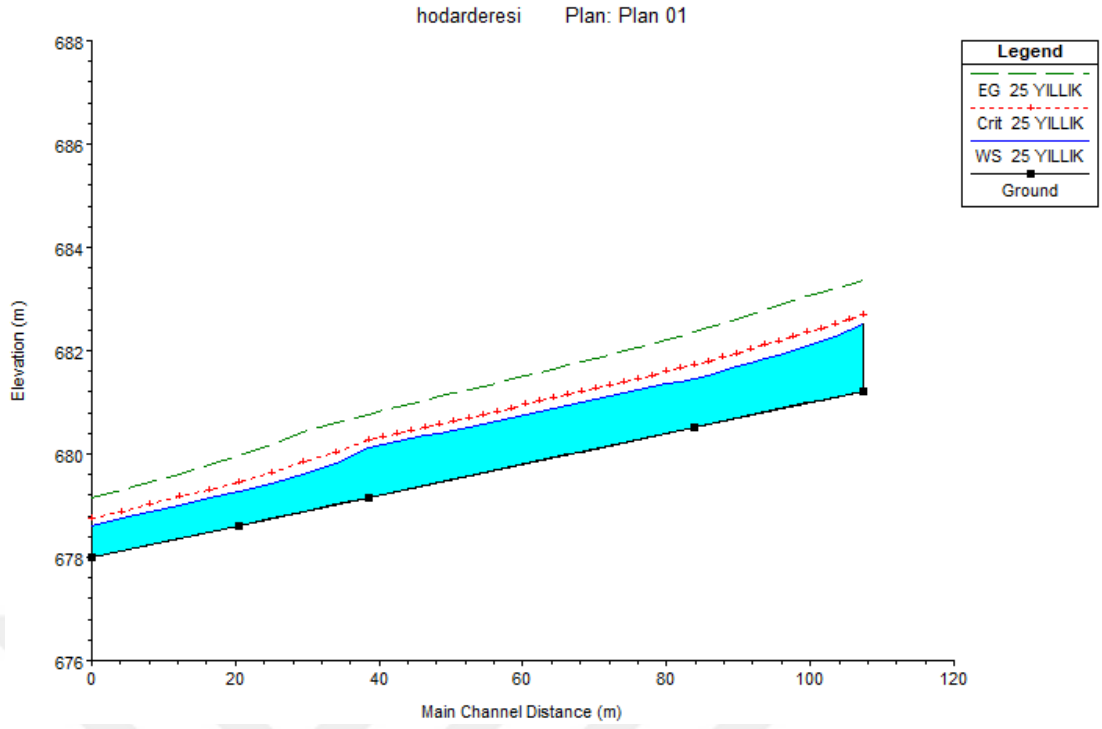
Şekil 3. 65. HEC-RAS programına debi değerlerinin girilmesi

Akım rejimi olarak karışık(mixed) seçilmiş, su yüzü profilleri belirlenmiştir. Enerji yöntemiyle ilk analiz yapılmıştır. Analiz sonuçları Şekil 3.67’de görüldüğü gibidir.

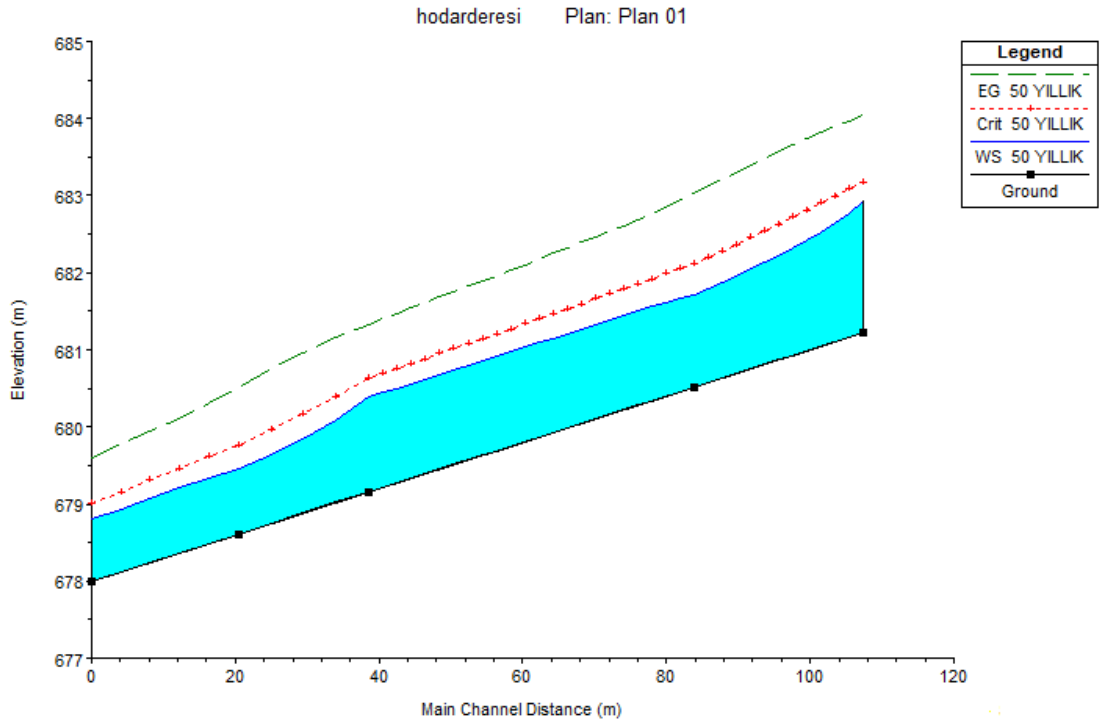
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
KIZILIRMAK AGZI	5	25 YILLIK	33.90	681.22	682.51	682.69	683.36	0.030037	4.07	8.34	7.60	1.24
KIZILIRMAK AGZI	5	50 YILLIK	54.41	681.22	682.93	683.18	684.04	0.030045	4.67	11.65	8.34	1.26
KIZILIRMAK AGZI	5	100 YILLIK	82.04	681.22	683.39	683.72	684.79	0.030054	5.24	15.66	9.15	1.28
KIZILIRMAK AGZI	5	500 YILLIK	127.51	681.22	684.00	684.44	685.77	0.030005	5.89	21.64	10.25	1.29
KIZILIRMAK AGZI	4	25 YILLIK	33.90	680.52	681.40	681.72	682.44	0.050159	4.51	7.51	9.86	1.65
KIZILIRMAK AGZI	4	50 YILLIK	54.41	680.52	681.67	682.11	683.10	0.051662	5.30	10.26	10.70	1.73
KIZILIRMAK AGZI	4	100 YILLIK	82.04	680.52	681.97	682.55	683.83	0.052213	6.04	13.57	11.63	1.79
KIZILIRMAK AGZI	4	500 YILLIK	127.51	680.52	682.37	683.13	684.80	0.052429	6.90	18.48	12.87	1.84
KIZILIRMAK AGZI	3	25 YILLIK	33.90	679.16	680.15	680.26	680.76	0.025030	3.45	9.84	11.53	1.19
KIZILIRMAK AGZI	3	50 YILLIK	54.41	679.16	680.43	680.63	681.29	0.026772	4.11	13.25	12.46	1.27
KIZILIRMAK AGZI	3	100 YILLIK	82.04	679.16	680.74	681.04	681.90	0.028857	4.79	17.14	13.44	1.35
KIZILIRMAK AGZI	3	500 YILLIK	127.51	679.16	681.13	681.59	682.74	0.031450	5.63	22.65	14.71	1.45
KIZILIRMAK AGZI	2	25 YILLIK	33.90	678.61	679.20	679.46	680.06	0.059457	4.10	8.28	14.37	1.72
KIZILIRMAK AGZI	2	50 YILLIK	54.41	678.61	679.42	679.76	680.58	0.055445	4.78	11.38	14.65	1.73
KIZILIRMAK AGZI	2	100 YILLIK	82.04	678.61	679.67	680.12	681.18	0.051877	5.44	15.09	14.97	1.73
KIZILIRMAK AGZI	2	500 YILLIK	127.51	678.61	680.02	680.61	682.00	0.048605	6.23	20.46	15.43	1.73
KIZILIRMAK AGZI	1	25 YILLIK	33.90	678.00	678.65	678.74	679.13	0.028955	3.06	11.08	17.49	1.23
KIZILIRMAK AGZI	1	50 YILLIK	54.41	678.00	678.82	679.01	679.58	0.034721	3.87	14.06	17.72	1.39
KIZILIRMAK AGZI	1	100 YILLIK	82.04	678.00	679.01	679.33	680.13	0.039604	4.70	17.47	17.98	1.52
KIZILIRMAK AGZI	1	500 YILLIK	127.51	678.00	679.27	679.77	680.96	0.045367	5.76	22.13	18.33	1.67

Şekil 3. 66. Hodar Deresi dere hattı modeli için yapılan analizin program çıktısı

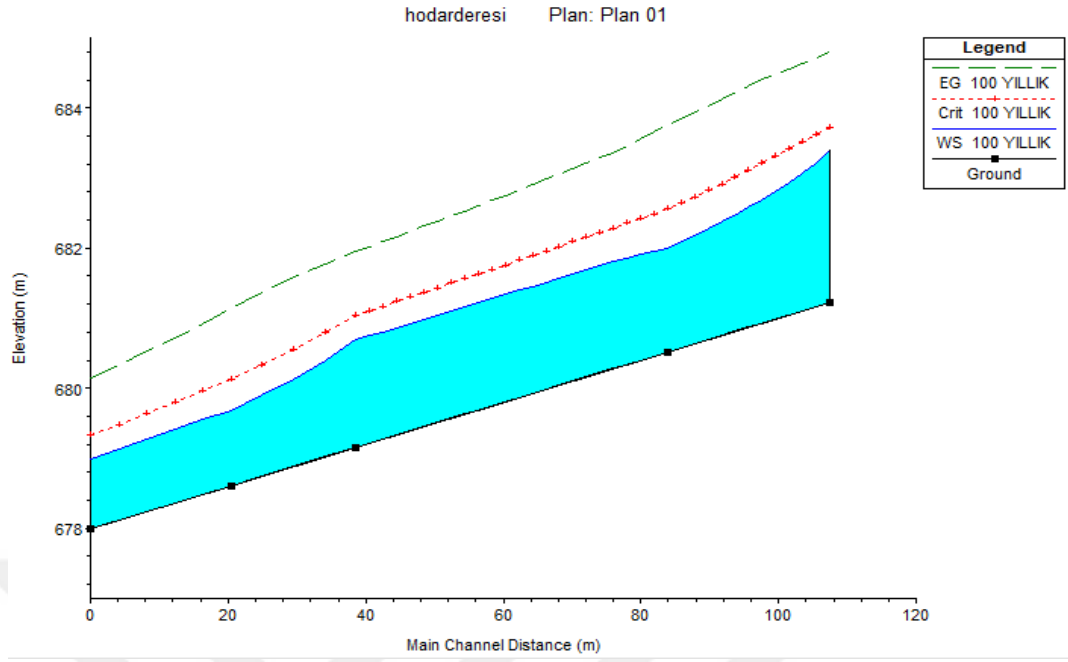
25, 50,100 ve 500 yıllık debilerin kesitlerden geçerken oluşan boy kesitleri aşağıdaki gibidir.



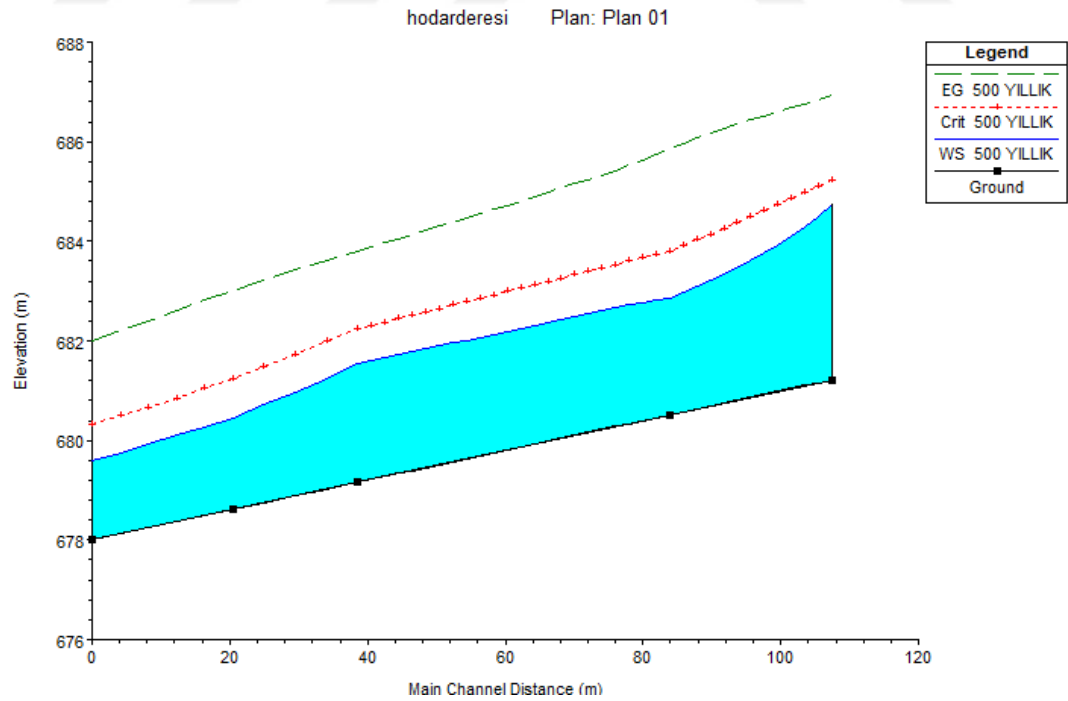
Şekil 3. 67. 25 yıl tekerrürlü debinin boy profili



Şekil 3. 68. 50 yıl tekerrürlü debinin boy profili



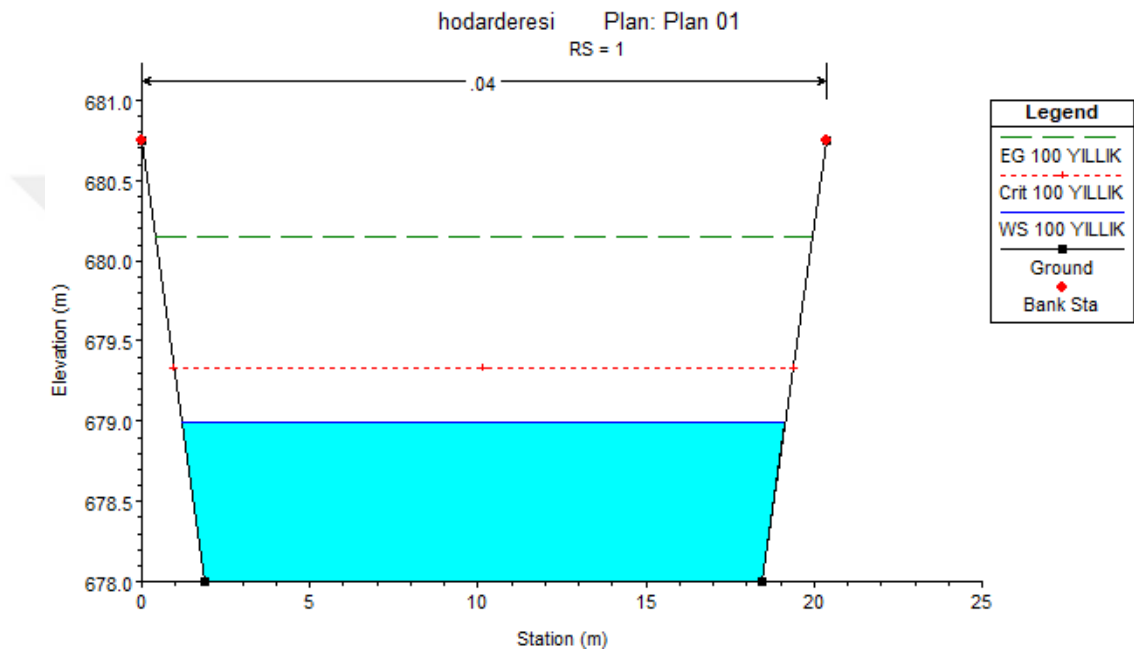
Şekil 3. 69. 100 yıl tekerrürlü debinin boy profili



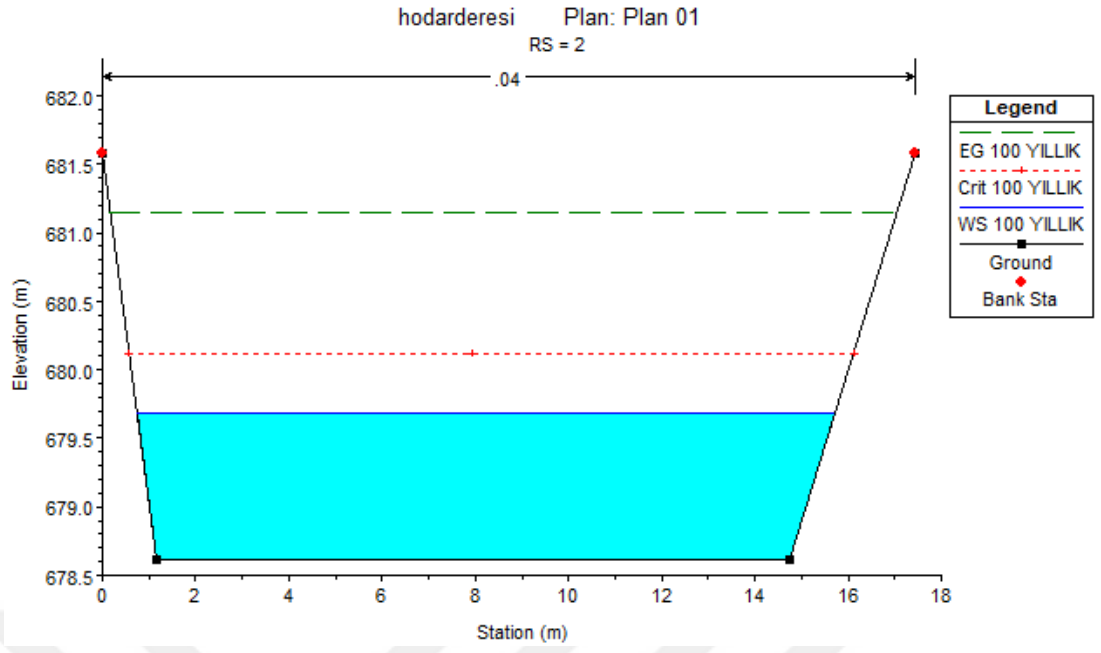
Şekil 3. 70. 500 yıllık debinin boy profili

3.3.2.1.a. Hodar Deresi En Kesitlerinin İncelenmesi

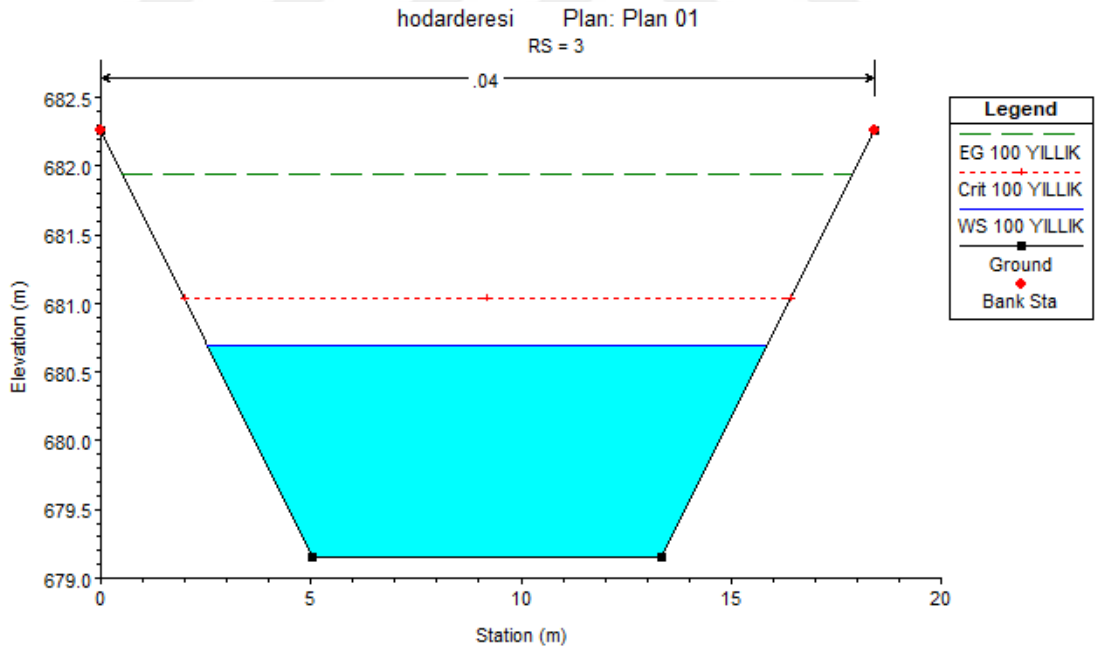
Dere kesiti üzerinde Şekil 3.62'deki gibi 5 ayrı noktanın kesiti alınarak 25, 50, 100 ve 500 yıl tekerrürlü debilerin geçmesi durumunda bu kesitler modellenmiş ve 100 yıllık debinin geçmesi halinde kesitler incelenmiştir.



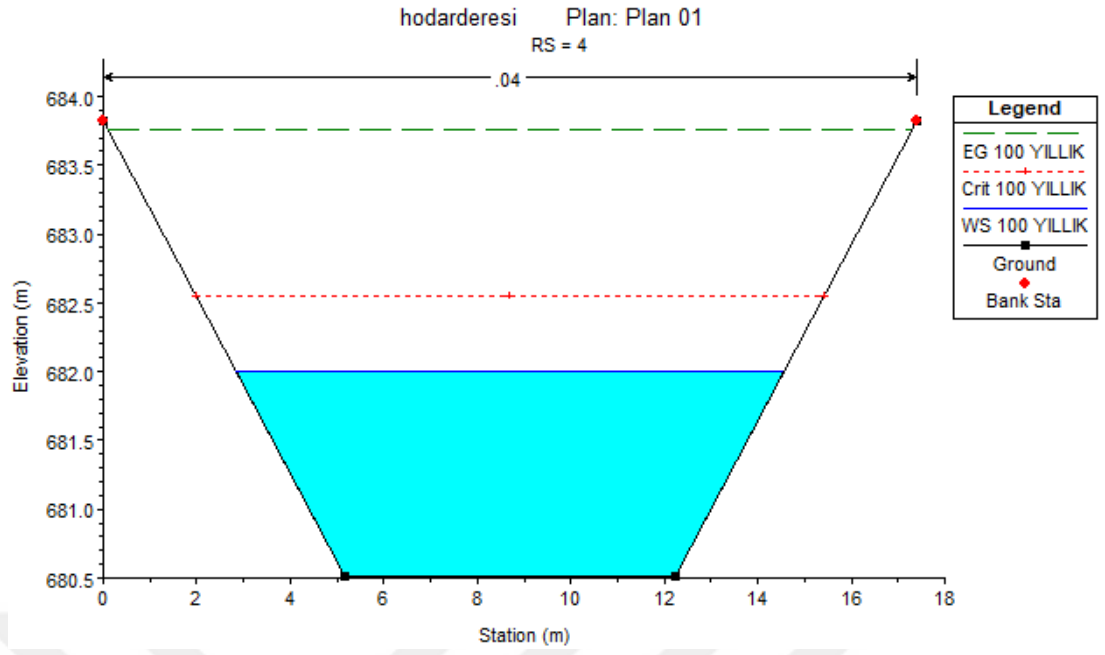
Şekil 3. 71. 1 No'lu enkesit



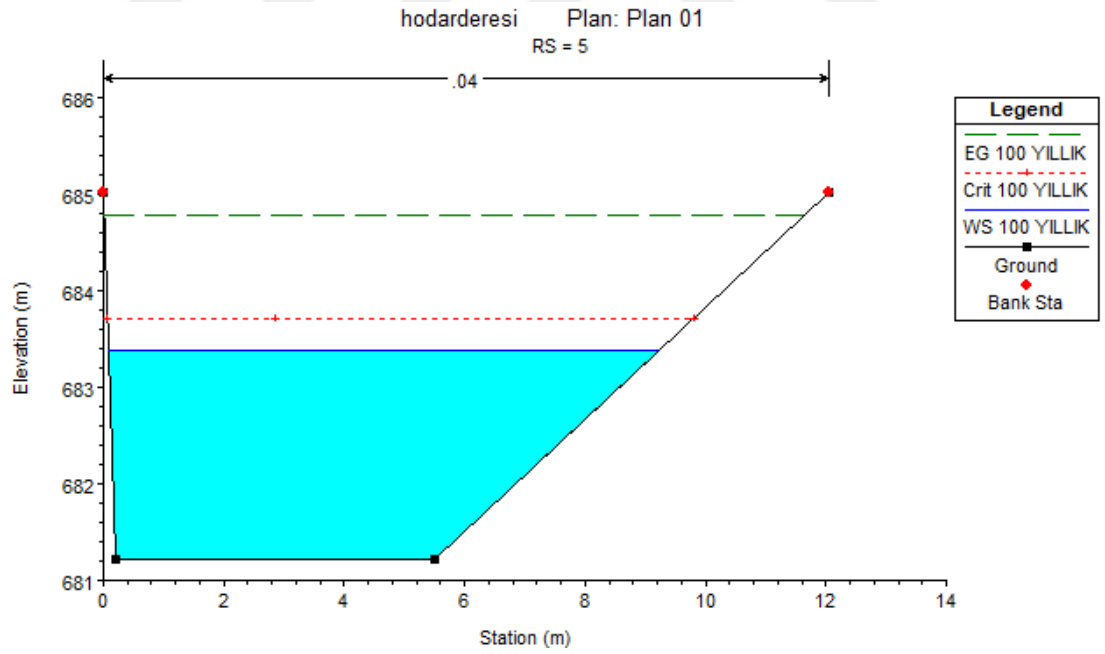
Şekil 3. 72. 2 No'lu enkesit



Şekil 3. 73. 3 No'lu enkesit



Şekil 3. 74. 4 No'lu enkesit



Şekil 3. 75. 5 No'lu enkesit

4. SONUÇ VE ÖNERİ

Dünyanın birçok yerinde uygulanan yanlış projeler, yüksek inşa edilen binalar, insanların doğaya vermiş olduğu zararlardan dolayı küresel ısınma yani iklimlerde değişiklikler meydana gelmekte, yine bundan biz insanlar ve doğa da olumsuz yönde etkilenmektedir. Akarsu ve dereler de bundan payını almakta, küresel ısınmayla birlikte yağışların düzensizleşmesiyle taşkınların oluşumu tetiklenmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında öncelikle Karadere için DSİ Sentetik ve Mockus yöntemleriyle muhtelif tekerrürlü debiler bulunup HEC-RAS programına girilerek dere kanalının ve Kızılırmak mansap noktasına yakın bulunan iki köprünün davranışı incelenmiştir. Dere üzerinde yapılan incelemelerden dere yatağının atık ve çöplerle kirlendiği gözlenmiştir. Özellikle kirliliğin etkisini kanalın performansında gözlemlemek için iki farklı Manning pürüzlülük değeri ile analiz yapılmıştır. Öncelikle derenin gerçek pürüzlülük değeri olan $n=0.04$ ile analiz yapılmış, temizlendikten sonra da elde edilecek olan $n=0.02$ ile yapılan analiz sonucu ile pürüzlülüğün etkisi açıkça gözlenmiştir. $n=0.04$ değeri için 100 ve 500 yıl tekerrürlü taşkın debilerinin alınan dere kesitlerinden ve iki köprüden de güvenli bir şekilde geçemediği görülmüştür. $n=0.02$ değeri için ise sadece 500 yıllık debinin güvenli bir şekilde geçemediği gözlenmiştir. Bu bulgulardan hareketle dere yatağı ne kadar temiz olursa akışın da daha kontrollü olacağı ve bu durumun derenin taşıma kapasitesi üzerinde olumlu etki oluşturacağı sonucuna varılmıştır.

Aynı çalışmalar Hodar deresi üzerinde de yapılmıştır. DSİ Sentetik Metot ile elde edilen muhtelif tekerrürlü taşkın debileri HEC-RAS programına girilmiş ve alınan kesitler üzerinden güvenli bir şekilde geçtiği gözlenmiştir.

Her iki kanal kesiti üzerinde akışın kontrollü ve herhangi bir taşkına sebebiyet vermemesi için kanal üzerindeki çöp, bitki örtüsü ve atıkların temizlenmesi faydalı olacaktır. Bunun yanı sıra belediye tarafından dere yataklarına yapılan olumsuz müdahalelerin önüne geçilmelidir. Mümkün olduğunca ağaçlandırma ve teras çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında DSİ Sentetik ve Mockus metotlarıyla elde edilen Q_{25} , Q_{50} , Q_{100} ve Q_{500} debilerinin HEC-RAS benzeri programlarda aynı çalışma alanı için girilerek sonuçların mukayese edilmesi önerilir.



KAYNAKLAR

- [1] Kur'an Yolu Meali (21/30, 24/45, 25/54), Diyanet İşleri Başkanlığı Yayınları, Ankara, 2017.
- [2] Bachelard G., Su ve Düşler, Yapı Kredi Yayınları, İstanbul, 2004.
- [3] Akar M., Su Kasidesi Şerhi, Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, Ankara, 2017.
- [4] Tuna T., İnsan Yağmurları, Şule Yayınevi, İstanbul, 2014.
- [5] Kur'an-ı Kerim Meali (13/17) , Server İletişim, İstanbul, 2014.
- [6] Sönmez, O., Öztürk, M., Doğan, E, İstanbul Derelerinin Taşkın Debilerinin Tahmini, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Sakarya, 2012.
- [7] Çelik, H., Sel Kontrolünde Hidroloji, ÇEM Sel Kontrolü Semineri, Afyonkarahisar, 2012.
- [8] Uçar, İ., Trabzon Değirmendere Havzasında Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Bir Hidrolik Model Yardımıyla Taşkın Analizinin Yapılması. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara, 2010.
- [9] Efe H., Batman Çayı'nın Taşkın Analizinin HEC-RAS Programıyla Yapılması, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, 2014.
- [10] Üyüklüoğlu M., HEC-RAS ile Taşkın Bölgelerinin Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Bozok Üniversitesi, Yozgat, 2015.
- [11] Özdemir, H., Uygulamalı Taşkın Hidrolojisi. DSİ Basım ve Foto-Film İşletme Müdürlüğü Matbaası, Ankara, 1978.

- [12] Onuřluel Gl, G., Taşkın Kontrol nlemleri, [http://kisi.deu.edu.tr/ userweb/gulay.onusluel](http://kisi.deu.edu.tr/userweb/gulay.onusluel)
- [13] Usul, N., Mühendislik Hidrolojisi, ODTÜ Yayıncılık, Ankara, 2013
- [14] Bayazıt, M., Hidroloji, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2013
- [15] Uzuner, B.A., Temel Zemin Mekanięi, Derya Kitabevi, Trabzon
- [16] Duvan A., Kızılırmak Nehri Kırıkkale Bölgesinde Hidrolik Yöntemlerle Taşkın telemesi. Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, 2016
- [17] Sümer M., nsal İ., Bayazıt M., Hidrolik, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2015
- [18] T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Dere Yatakları İçin Pürüzlülük Katsayısı Belirleme Kılavuzu, Ankara, 2016