

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BÜYÜK MENDERES NEHRİ ÇOKLU HAZNE SİSTEMİNİN
DİFERANSİYEL EVRİM ALGORİTMASIYLA STOKASTİK
OPTİMİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SAKHI MARJAN MUSLIM

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2021

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**BÜYÜK MENDERES NEHRİ ÇOKLU HAZNE SİSTEMİNİN
DİFERANSİYEL EVRİM ALGORİTMASIYLA STOKASTİK
OPTİMİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SAKHI MARJAN MUSLIM

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2021

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

SAKHI MARJAN MUSLIM

ÖZET

**BÜYÜK MENDERES NEHRİ ÇOKLU HAZNE SİSTEMİNİN
DİFERANSİYEL EVRİM ALGORİTMASIYLA STOKASTİK
OPTİMİZASYONU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
SAKHI MARJAN MUSLİM
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ABDULLAH CEM KOÇ)**

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2021

Hidroelektrik enerji üretimi çok amaçlı barajların taşkın, sulama ve içme suyu gibi diğer işlevlerinin arasında en önemli işlevlerindedir. Aynı akarsu kolu üzerinde bulunan seri barajlar için optimum işletme planları hazırlanması ise karmaşık ve önemli bir görevdir. Aynı akarsu üzerinde bulunan barajların tek tek ele alınması birinin verimini artarken diğerlerin verimleri azaltabilir, bu nedenle çoklu hazne sistemlerinin ayrı ayrı değil bir sistem olarak ele alınması bütün barajların en yüksek verimde çalışmalarını sağlayabilmektedir. Bu çalışma kapsamında Büyük Menderes nehri üzerinde bulunan Adıgüzel, Adıgüzel-II, Cindere ve Yenicekent çoklu baraj ve HES sistemi için en iyi işletme planları hazırlanmıştır. Baraj haznelerine girecek akımları stokastik olarak modelleyip; rezervuarların kapasiteleri, bölgenin sulama suyu ihtiyaçları ve ekolojik su kısıtları göz önünde bulundurularak rezervuarlardan en büyük enerji elde etmek için sezgisel optimizasyon tekniği olan diferansiyel evrim algoritması kullanılmıştır. Arama süreci sonucu üretilen toplam enerji miktarlarının ortalama değerleri karşılaştırıldığı zaman ortalama giren akım yaklaşımı için elde edilen değerlerin Stokastik giren akımlar yaklaşımından daha büyük olduğu görülmektedir. Ancak en büyük değerler karşılaştırıldığında Stokastik giren akım yaklaşımı için elde edilen değer daha büyüktür.

**ANAHTAR KELİMELER: BÜYÜK MENDERES NEHRİ,
DİFERANSİYEL GELİŞİM ALGORİTMASI, OPTİMİZASYON, ÇOKLU
HAZNE SİSTEMİ**

ABSTRACT

STOCHASTIC MULTI-RESERVOIR SYSTEM OPTIMIZATION OF THE MEANDER RIVER WITH DIFFERENTIAL EVOLUTION ALGORITHM

MSC THESIS

SAKHI MARJAN MUSLIM

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

CIVIL ENGINEERING

(SUPERVISOR:PROF. DR. ABDULLAH CEM KOÇ)

DENİZLİ, AUGUST 2021

Hydropower generation is considered as one of the most important functions of multi-purpose dams among the other functions such as flood control and supply irrigation and drinking water. Preparing optimum operation plans for serial dams on the same river is a complex and important task, in case of considering the dams on the same river individually may increase the efficiency of a dam while the decrease efficiencies of other dams. Therefore, considering multi reservoir systems as a system rather than individually can cause dams to operate at the highest efficiency. Within the scope of this study, the best operation plans were prepared for the Adıgüzel, Adıgüzel-II, Cindere and Yenicekent multiple dam and hydropower system on the Büyük Menderes river. Stochastically modeling the flows that will enter the reservoirs; by using the differential evolution algorithm, a heuristic optimization technique to obtain the maximum energy from the reservoirs, taking into account the capacities of the reservoirs irrigation water demands of the region and the ecological water constraints. When comparing the average values of the total energy productions of the mean input values and stochastic input values approaches, the mean input values approach gives larger values. However, the stochastic input values approach has the greatest energy production amount.

**KEYWORDS: THE MEANDERS RIVER, DIFFERENTIAL EVOLUTION
ALGORITHM, OPTIMIZATION, MULTI-RESERVOIR SYSTEM**

İÇİNDEKİLER

Sayfa

| | |
|---|-----------|
| ÖZET..... | i |
| ABSTRACT | ii |
| İÇİNDEKİLER | iii |
| ŞEKİL LİSTESİ..... | v |
| TABLO LİSTESİ | vi |
| KISALTMALAR LİSTESİ..... | vii |
| SEMBOL LİSTESİ | viii |
| ÖNSÖZ..... | ix |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 1.1 Çalışmanın Amacı ve Önemi | 2 |
| 1.2 Literatür Özeti | 2 |
| 1.3 Tezin Organizasyonu..... | 5 |
| 2. ÇALIŞMA ALANI | 6 |
| 2.1 Büyük Menderes Havzası..... | 6 |
| 2.1 Adıgüzel Baraj ve Hidroelektrik Santrali | 7 |
| 2.2 Adıgüzel-II HES | 11 |
| 2.3 Cindere Barajı ve HES | 12 |
| 2.4 Yenicekent HES | 15 |
| 2.5 Sulama Projeleri | 15 |
| 3. OPTİMİZASYON MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ | 18 |
| 3.1 Diferansiyel Evrim Algoritması (DEA) | 18 |
| 3.1.1 Popülasyonun Oluşturulması | 19 |
| 3.1.2 Başlatma..... | 19 |
| 3.1.3 Mutasyon | 20 |
| 3.1.3.1 DE/rand/1/bin | 21 |
| 3.1.3.2 DE/best/1/bin | 21 |
| 3.1.3.3 DE/best/2/bin | 21 |
| 3.1.3.4 DE/rand/2/bin..... | 21 |
| 3.1.3.5 DE/target-to-best/1/bin..... | 22 |
| 3.1.4 Çaprazlama | 22 |
| 3.1.5 Seçim | 23 |
| 3.2 Genelleştirilmiş Uç Değer (GEV) Dağılımı | 23 |
| 3.3 Blaney-Criddle Yöntemi | 24 |
| 4. OPTİMİZASYON MODELİNİN UYGULANMASI..... | 25 |
| 4.1 Amaç Fonksiyonunun Oluşturulması | 25 |
| 4.1 Kısıtların Belirlenmesi | 26 |
| 4.1.1 Adıgüzel Barajı İçin Kısıtlar | 28 |
| 4.1.2 Cindere Barajı İçin Kısıtlar | 29 |
| 4.2 Ceza Katsayıları | 29 |
| 4.3 Sulama Suyu İhtiyaçları | 30 |
| 5. MODEL BULGULARI VE TARTIŞMA..... | 32 |
| 5.1 Aylık Toplam Akımların İstatistik Modellemesi | 33 |
| 5.2 Optimizasyon Sonuçları | 34 |
| 5.2.1 Ortalama Giren Akım Yaklaşımı | 34 |
| 5.2.2 Stokastik Giren Akım Yaklaşımı | 35 |

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| 6. SONUÇ VE ÖNERİLER | 37 |
| 7. KAYNAKLAR..... | 39 |
| 8. EKLER..... | 42 |
| EK A..... | 42 |
| EK B | 44 |
| EK C | 50 |
| 9. ÖZGEÇMİŞ..... | 54 |

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

| | |
|--|----|
| Şekil 2.1: Büyük Menderes havzası ve Türkiye'deki yeri. | 7 |
| Şekil 2.2: Çalışma alanının şematik görünümü (A: Adıgüzel barajı, B: Adıgüzel-II barajı, C: Cindere barajı, D: Yenicekent regülatörü, E: Buldan sulaması, F: Yenicekent sağ sahil sulaması, G: Pamukkale ve Çürüksu sol sahil sulamaları, H: Yenicekent sol sahil sulaması, I: Yenicekent HES). | 8 |
| Şekil 2.3: Adıgüzel barajı (https://bolge21.dsi.gov.tr/)..... | 9 |
| Şekil 2.4 Adıgüzel HES yıllık elektrik üretimi (https://www.enerjiatlası.com/). | 9 |
| Şekil 2.5: Adıgüzel barajı yıllık toplam akımlar. | 11 |
| Şekil 2.6: Adıgüzel barajı aylık ortalama toplam akımlar. | 11 |
| Şekil 2.7: Adıgüzel-II HES (https://www.tutasteyapi.com). | 12 |
| Şekil 2.8: Cindere barajı(http://www.ozaltin.com.tr/). | 13 |
| Şekil 2.9: Cindere barajı ortalama aylık ara akımlar..... | 13 |
| Şekil 2.10: Cindere barajı yıllık toplam ara akımlar. | 15 |
| Şekil 2.11: Yenice regülatörü. | 17 |
| Şekil 3.1: DEA'nın akış diyagramı. | 20 |
| Şekil 4.1: Adıgüzel barajı hacim-seviye ilişkisi. | 27 |
| Şekil 4.2: Cindere barajı hacim-seviye ilişkisi. | 28 |
| Şekil 5.1: DEA ile elde edilen çözüm için yakınsama. | 32 |
| Şekil 5.2: İstatistik olarak tahmin edilen toplam akımlar. | 34 |
| Şekil 5.3: Ortalama giren akım yaklaşımına göre barajlardan bırakılan su hacimleri. | 35 |
| Şekil 5.4: Ortalama giren akım yaklaşımına göre üretilen toplam enerji. | 35 |
| Şekil 5.5: Stokastik giren akım yaklaşımına göre barajlardan bırakılan su hacimleri. | 36 |
| Şekil 5.6: Stokastik giren akım yaklaşımına göre üretilen toplam enerji. | 36 |

TABLO LİSTESİ

Sayfa

| | |
|--|----|
| Tablo 1.1: Türkiye kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı. | 1 |
| Tablo 2.1: Adıgüzel barajı teknik özellikleri. | 10 |
| Tablo 2.2: Adıgüzel-II HES yıllık elektrik üretimi (https://www.enerjiatlası.com/). | 12 |
| Tablo 2.3: Cindere HES yıllık elektrik üretimi (https://www.enerjiatlası.com/).13 | 13 |
| Tablo 2.4: Cindere barajı teknik özellikleri. | 14 |
| Tablo 2.5: Yenicekent HES teknik bilgileri..... | 16 |
| Tablo 4.1: Aylık sulama suyu ihtiyaçları. | 31 |
| Tablo 5.1: DEA parametreleri..... | 32 |
| Tablo 5.2: GEV dağılımının parametreleri. | 33 |
| Tablo 5.3: Ortalama ve Stokastik giren akım yaklaşımları için toplam enerji temel istatistikleri. | 36 |
| Tablo 6.1: Mevcut tesislerin 2015 ve 2016 elektrik üretimleri..... | 37 |

KISALTMALAR LİSTESİ

| | | |
|-------------|---|------------------------------------|
| GA | : | Genetik Algoritma |
| DEA | : | Diferansiyel Evrim Algoritması |
| HES | : | Hidroelektrik Santral |
| EÜAŞ | : | Elektrik Üretim Anonim Şirketi |
| DSİ | : | Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü |
| OYF | : | Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu |
| kW | : | Kilowatt |
| MW | : | Megawatt |
| GW | : | Gigawatt |
| kWh | : | Kilowatt saat |
| GWh | : | Gigawatt saat |
| GEV | : | Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı |
| Ort. | : | Ortalama |

SEMBOL LİSTESİ

| | | |
|---------------|---|--|
| N_p | : | Popülasyon Büyüklüğü |
| D | : | Karar Değişken Sayısı |
| C_r | : | Çaprazlama oranı |
| G | : | Jenerasyon |
| F | : | Ölçekleme Faktörü |
| $X_{j,i,G}$ | : | Hedef Vektörü |
| $V_{j,i,G+1}$ | : | Mutant Vektörü |
| $U_{j,i,G+1}$ | : | Deneme Vektörü |
| X_{min} | : | Değişkene Ait Alt Sınır |
| X_{max} | : | Değişkene Ait Üst Sınır |
| $r_{1,2,3}$ | : | Rasgele Seçilmiş Kromozomlar |
| α | : | Kuyruk Endeks Parametresi |
| k | : | Şekil Parametresi |
| t | : | Aylık Ortalama Sıcaklık (oC) |
| r | : | Aylık Ortalama Yağış (mm/ay) |
| r_e | : | Aylık Etkili Yağış (mm/ay) |
| P | : | Aylık Ortalama Gündüz Saatleri / Yıllık Ortalama Gündüz Saatleri |
| F | : | Aylık su kullanma kapasitesi faktörü |
| k_c | : | Bitki Büyüme Sahası Faktörü |
| k_t | : | İklim Faktörü |
| k | : | Aylık Su Kullanma Kapasitesi |
| u | : | Aylık Bitki Büyüme Suyu Gereksinmesi (mm/ay) |
| $u-r_e$ | : | Aylık Sulama Suyu Gereksinmesi (mm/ay) |
| f^* | : | Ceza Uygulanmış Amaç Fonksiyonu |
| C | : | Ceza Katsayısı |
| P | : | Ceza Fonksiyonu |
| η | : | Türbin Verim Katsayısı |

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitim sürecin gerek ders gerek tez aşmasında bana her türlü yardımını esirgemeyen, karşılaştığım problemlerde benimle her zaman fikirlerini paylaşan, yoğun olduğu hallerde bile bana zaman ayıran ve her zaman benimle samimi davranan çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Abdullah Cem KOÇ'a sonsuz teşekkür ederim.

Öğrencilik dönemimde karşılaştığım zorluklarda her daim bana her türlü maddi ve manevi destekleri veren kıymetli aileme ve sevgili dostlarıma şükranlarımı sunarım.

1. GİRİŞ

Günümüzde iklim değişikliği ve hava kirliliği ile mücadelenin yansira enerji fiyatlarını dengede tutmak adına pek çok ülke kendi enerji ihtiyaçlarını güneş, rüzgâr, jeotermal ve su gibi yerel yenilenebilir doğal kaynaklardan üretmeyi tercih etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından en eskisi ve mevcut üretimdeki en büyük paya sahip olan hidroelektrik enerji önemini korumaktadır. Bu sebeple baraj yapım potansiyeline sahip ülkeler yeni barajlar inşa etmeyi, mevcut barajlarını ise daha verimli kullanmayı hedeflemektedir.

EÜAŞ'ın 2020 yılı faaliyet raporundaki verilere göre Türkiye kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı Tablo 1.1'de verilmiştir. 2006 yılı raporuna göre ise hidroelektrik enerji üretimi 13.060,9 MW ve rüzgârdan elektrik üretimi 58,1 MW olarak gerçekleşmiştir. Toplam enerji üretimindeki yenilenebilir kaynakların miktarındaki artış Türkiye'nin temiz ve doğa dostu kaynaklardan elektrik üretmesinde atılan adımları göstermektedir.

Tablo 1.1: Türkiye kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı.

| Kaynaklar | MW |
|-------------------------|---------------|
| Hidrolik | 30.983 |
| Doğal Gaz | 25.846 |
| Linyit + Taş Kömürü | 10.931 |
| İthal Kömür | 8.987 |
| Rüzgâr | 8.740 |
| Güneş | 6.671 |
| Jeotermal | 1.613 |
| Biyokütle | 1.107 |
| Sıvı Yakıtlar +Asfaltit | 716 |
| Atık Isı | 370 |
| Toplam | 95.964 |

1.1 Çalışmanın Amacı ve Önemi

Barajlar su yapılarının en büyükleridir, baraj haznelerinde biriktirilen sular çok farklı amaçlara hizmet etmektedir, öncelikle elektrik enerjisi üretimi, sulama ve içme suyu temini gibi amaçlarla kullanılmaktadır, ayrıca taşkın koruma ve balıkçılık gibi yan faydaları da bulunmaktadır. Bir barajın işletilmesi, yani hangi amaç için ne kadar su depolanacağı ve ne zaman kullanılacağı genellikle geçmiş tecrübelerle dayanan deneme–yanılma yaklaşımları ile yapılmaktadır. Klasik hazne işletme yaklaşımında genellikle akarsu üzerindeki diğer haznelere dikkate alınmamaktadır. Dolayısıyla işletilen haznenin verimi artarken havza içindeki başka bir haznenin işletme verimi düşebilmektedir. Bu nedenle, aynı havza içerisinde yer alan haznelere çoklu baraj sistemleri olarak ele almak ve en iyi işletme planlarının belirlenmesinde optimizasyon tabanlı çözüm yaklaşımlarının kullanılması yaygınlık kazanmıştır.

Bu tezin amacı çoklu hazne sistemlerinin işletilmesinde Genetik Algoritmanın yetersiz yönleri geliştirilerek elde edilmiş yeni bir optimizasyon yöntemi olan Diferansiyel Evrim Algoritması (DEA)'nın kullanılabilirliğinin gösterilmesidir. Bu amaçla Büyük Menderes havzasında bulunan Adıgüzel, Adıgüzel-II, Cindere ve Yenicekent hidroelektrik santralleri (HES) ile Yenice regülatörü arası bölge çalışma alanı olarak göz önüne alınmıştır. Çalışmanın diğer bir amacı da rastgele karakterde olan akımı optimizasyon sırasında deterministik bir değişken gibi değil stokastik bir değişken gibi dikkate almaktır. Yani her parametrenin çözüm uzayındaki değerleri eşit olasılıkla değil doğada görülme olasılığına uygun olarak kullanılacaktır. Böylece görülme olasılığı düşük olan debilerin optimizasyon sürecinde daha az kullanılarak daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesi amaçlanmıştır.

1.2 Literatür Özeti

Ponnambalam ve Adams 1996 yılındaki çalışmalarında çoklu hazne sistemlerinin sezgisel algoritma ile stokastik optimizasyonu konusunda çalışmışlardır. Bu amaçla Hindistan'daki Parambikulam-Aliyar hidroelektrik ve sulama projesindeki beş ana rezervuarın optimum işletme politikası belirlenmiştir. Çalışmalarında çok seviyeli yaklaşık dinamik programlama modelini kullanmışlardır.

Wardlaw ve Sharif 1999 yılındaki çalışmalarında çok rezervuarlı sistemler için bir genetik algoritma alternatif formülasyonunu değerlendirmişlerdir. Dört rezervuarlı bir sistem deterministik olarak çözülmüştür. Doğrusal olmayan dört rezervuar problemi de ayrıca ele alınmıştır. Sonuçlar genetik algoritmanın gerçek zamanlı operasyonlarda başarıyla kullanılabileceğini göstermiştir. On rezervuarlı daha karmaşık bir sistem de ayrıca ele alınmıştır. Genetik algoritma yaklaşımı karmaşık sistemlere kolayca uygulanabilmektedir.

Özdemir 2001 yılındaki çalışmasında çok amaçlı ardışık barajların işletilmesi konusunu incelemiştir. Bu amaçla öncelikle 1980 yılı Seyhan taşkını araştırılmış ve kurulan modelin kalibrasyonu sağlanmış, daha sonra Seyhan havzasında mevcut Seyhan barajı ile hidroelektrik santrali ve işletmeye 1997 yılında alınan Çatalan barajı ile hidroelektrik santralinin taşkın kontrolü ve elektrik enerjisi üretimlerindeki etkileşimler incelenmiştir.

Kumar ve Reddy 2006'da Hindistan'da bulunan Hirakud rezervuarı için yaptığı örnek çalışmada karınca koloni optimizasyon tekniğini kullanarak çok amaçlı rezervuar için işletme planlama konusunu araştırmıştır. Rezervuar hacmi çeşitli sınıf aralıklarına ayrılarak rezervuardan salınan su önceden tanımlanmış optimum kriterleri karşılayacak şekilde hesaplanmıştır. Çalışmada öncelik sırası taşkın riskini minimize etmek, sonra sulama açıklarını minimize etmek ve son olarak enerji üretimini maksimize etmek olarak belirlenmiştir.

Hınçal ve diğ. 2011 yılındaki çalışmalarında çoklu rezervuarların optimizasyonu için genetik algoritma yöntemini kullanmışlardır. Bu amaçla Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan Colorado Nehri Depolama Projesinde yer alan üç rezervuar, enerji üretimini en büyük hale getirmek üzere optimize edilmiştir. Elde edilen sonuçlar gerçekleşmiş işletme verileri ile karşılaştırılmış ve genetik algoritmanın etkili, rekabet edebilir olduğu ve diğer geleneksel optimizasyon tekniklerinin yanında alternatif bir teknik olarak kullanılabilmesi tespit edilmiştir.

Opan 2011 yılındaki çalışmasında çoklu baraj sistemlerinde gerçek zamanlı optimal işletme konusunu ele almıştır. Bu çalışmada çok amaçlı ve çok barajlı bir su kaynakları sistemi tanımlanmıştır. Sistem üzerinde enerji üretimi amaçlı uzun süreli, taşkın kontrolü amaçlı kısa süreli ve hem taşkın kontrolü hem de enerji üretimi amaçlı

gerçek zamanlı optimal işletme modelleri geliştirilmiştir. Geliştirilen modellerde, ardışık yaklaşımlı dinamik programlama optimizasyon tekniği kullanılmıştır. Uzun ve kısa süreli optimal işletme modelleri ile elde edilen optimal seviyeler, gerçek zamanlı optimal işletme modelinde kılavuz seviyeler olarak kullanılmıştır. Gerçek zamanlı ve kısa süreli optimal işletmeler esnasında, barajdan bırakılan akımların diğer barajın aksına taşınması için kinematik dalga yaklaşımı kullanılmıştır. Modeller, Ceyhan Havzası'nda bulunan çok barajlı bir su sisteme uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, taşkın kontrolü ile enerji üretimi bakımından değerlendirilmiştir.

Kiruthiga ve Amudha (2016) Hindistan'ın Tamil Nadu bölgesinin Coimbatore ilçesinde bulunan Aliyar rezervuarında enerji üretimini en büyük yapabilmek için barajdan her yıl salınması gereken su miktarı konusunu araştırmıştır. Çalışmada barajdan yılda salınan su miktarı Parçacık Sürü Optimizasyonu ile Doğrusal olmayan optimizasyon teknikleri kullanılarak elde edilen sonuçlar bölgenin sulama suyu ihtiyaçları ve mevcut durumda salınan su miktarları ile karşılaştırılmıştır.

Ökünç ve Ayvaz 2017 yılındaki çalışmalarında birbirleriyle paralel ve seri şekilde bağlanmış dört hazneli bir sistemin optimum işletim planının belirlenmesi için DEA'yı kullanmışlardır. Bu amaçla bir barajdan farklı zaman dilimlerinde salınan su miktarları karar değişkeni olarak tanımlanmıştır. Geliştirilen yaklaşım kapsamında sağlanması gereken kısıtlar DEA tabanlı bir optimizasyon modeline ceza fonksiyonu yaklaşımı ile entegre edilmiştir.

Yi 2017 yılında tamamladığı yüksek lisans tezinde çoklu rezervuar işletme optimizasyonu amacıyla hazırladığı GRAPS programını kullanmıştır. Bu programda olasılık temelli akım tahminleri yapılabilmektedir. Genelleştirilmiş model Brezilya'daki Jaguaribe havzasında bulunan Orós, Banabuiú, Pacajus ve Pacoti rezervuarları üzerinde uygulanmıştır.

Hassanjabbar ve diğ. 2018 yılındaki çalışmalarında çok rezervuarlı sistemlerde farklı işletme politikalarının uygulanmasının etkilerini analiz etmek için alternatif rezervuar işletme modelleri geliştirmişlerdir. İran'daki Karkameh nehri havzasında bulunan iki rezervuar için oluşturulan çeşitli senaryolar Parçacık Sürü Optimizasyonu yöntemiyle çözülmüştür.

Ara (2018) yüksek lisans tezinde enerji, içme suyu, sulama ve taşkın kontrolü amaçlı sıralı barajlarda en iyi hazne işletme kural eğrisinin elde edilmesi üzerinde çalışmıştır. Bu amaçla Büyük Menderes nehri üzerinde bulunan Adıgüzel ve Cindere sıralı barajları örnek olarak alınmış ve en iyi işletme kural eğrisi Guguk Kuşu algoritması kullanılarak elde edilmiştir.

1.3 Tezin Organizasyonu

Bölüm 2’de tez kapsamında ele alınan çalışma sahası hakkında bilgi verilmiştir. Orta Büyük Menderes havzasındaki Adıgüzel, Adıgüzel-II ve Cindere baraj ve HES’leri ile Yenicekent HES ve sulama projeleri tanıtılmıştır. Bölüm 3’te optimizasyon modelinin geliştirilmesinde kullanılacak olan DEA, GEV dağılımı ve Blaney-Criddle yöntemleri ve bunlara ait parametrelerinin hesap adımlarını açıklanmıştır. Bölüm 4’te geliştirilmiş optimizasyon modelinin amaç fonksiyonu, kısıtları, ceza yaklaşımı ve sulama suyu ihtiyaçları belirlenmiştir. Bölüm 5’te Adıgüzel barajına giren aylık toplam akımların istatistik modellemesi yapılarak ortalama giren akım ve Stokastik giren akım yaklaşımlarına göre optimizasyon modelinin sonuçları verilmiştir. Bölüm 6’da optimizasyon modellerinin sonuçları tartışılmış ve ileriki çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

2. ÇALIŞMA ALANI

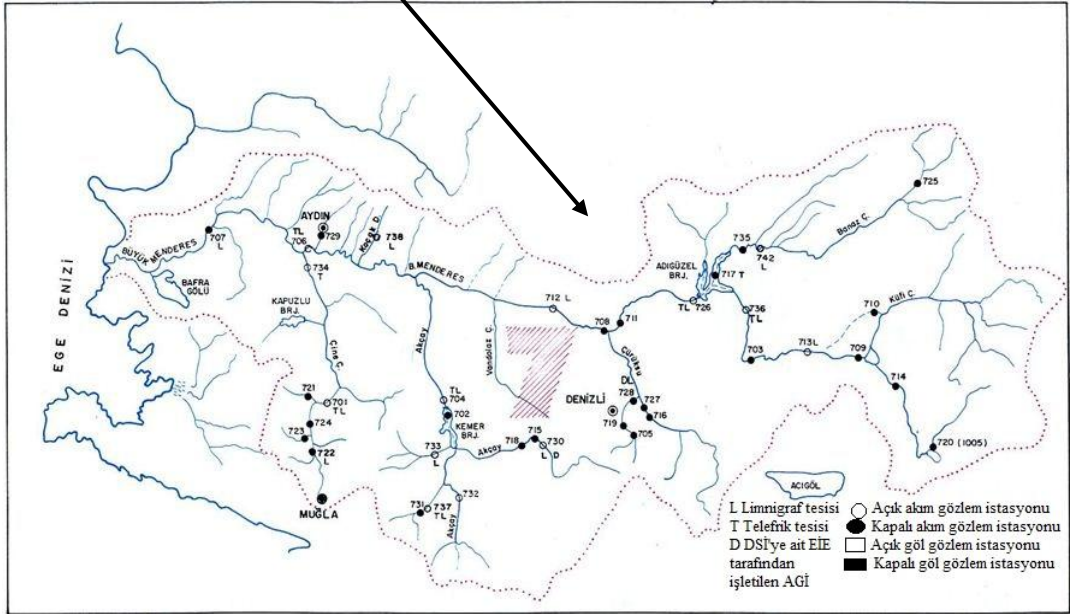
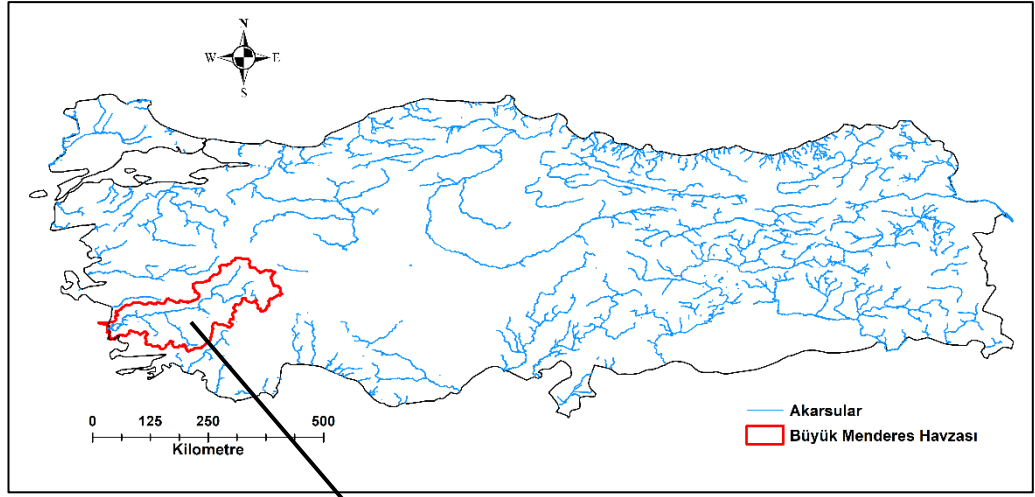
Tez kapsamında çalışma alanı olarak Büyük Menderes havzasının orta kesiminde bulunan Adıgüzel, Adıgüzel – II ve Cindere sıralı barajlarının bulunduğu kısım gözönüne alınmıştır. Bu kısımda Cindere barajı ile Yenicekent regülatöründen, Buldan, Yenicekent, Pamukkale ve Çürüksu ovalarına sulama suyu da verilmekte olup; Cindere barajı sol sahil ana sulama kanalı ile Büyük Menderes nehri arasında kurulacak Yenicekent Hidroelektrik Santralinden de elektrik üretilmesi planlanmaktadır.

Tez kapsamında eniyileme yöntemi olarak kullanılan DEA ayrıntılı olarak Bölüm 3.1’de incelenmiştir. Adıgüzel baraj gölüne giren aylık toplam akımların istatistik modellemesi amacıyla kullanılan Genelleştirilmiş Uç Değer dağılımı ise Bölüm 3.2’de açıklanmıştır.

2.1 Büyük Menderes Havzası

Büyük Menderes Havzası Denizli, Aydın, Uşak, Afyonkarahisar, Muğla, İzmir, Isparta, Burdur, Kütahya ve Manisa İllerinin sınırları içerisinde yer almaktadır. 30°-32° doğu boylamları ile 38°-39° kuzey enlemleri arasında 26000 km²’lik drenaj alanına sahiptir (Master Plan, 2017). Büyük Menderes havzasının Türkiye’deki yeri ve havzanın haritası Şekil 2.1’de verilmiştir. Türkiye’nin tarımsal potansiyel bakımından önde gelen bölgelerinden olan Büyük Menderes Havzası, Denizli’den başlayarak Ege Denizi kıyılarına kadar uzanan çok geniş ovaları kapsar. Bu ovalarda başta pamuk, sebze ve meyve olmak üzere çok çeşitli ürün deseni bulunmaktadır. Havzanın Türkiye alanına oranı %3,5 olup; Aydın, Uşak ve Denizli il merkezleri ile Sarayköy, Söke, Nazilli, Çine, Yatağan, Bekeilli, Buldan, Eşme, Banaz, Çal, Honaz, Dinar, Sandıklı gibi ilçe merkezleri havzada yer almaktadır.

Tez kapsamında gözönüne alınan sıralı barajlar Adıgüzel, Adıgüzel-II ve Cindere Büyük Menderes nehri ana kolu üzerinde bulunmaktadır. Yenicekent HES ise Cindere barajından çıkan sol sahil ana sulama kanalı ile Yenicekent regülatörü sol sahil ana sulama kanalları arasındadır. Tüm tesisler Denizli ili sınırları içerisinde bulunmaktadır. Çalışma alanının şematik görünümü Şekil 2.2’de verilmiştir.

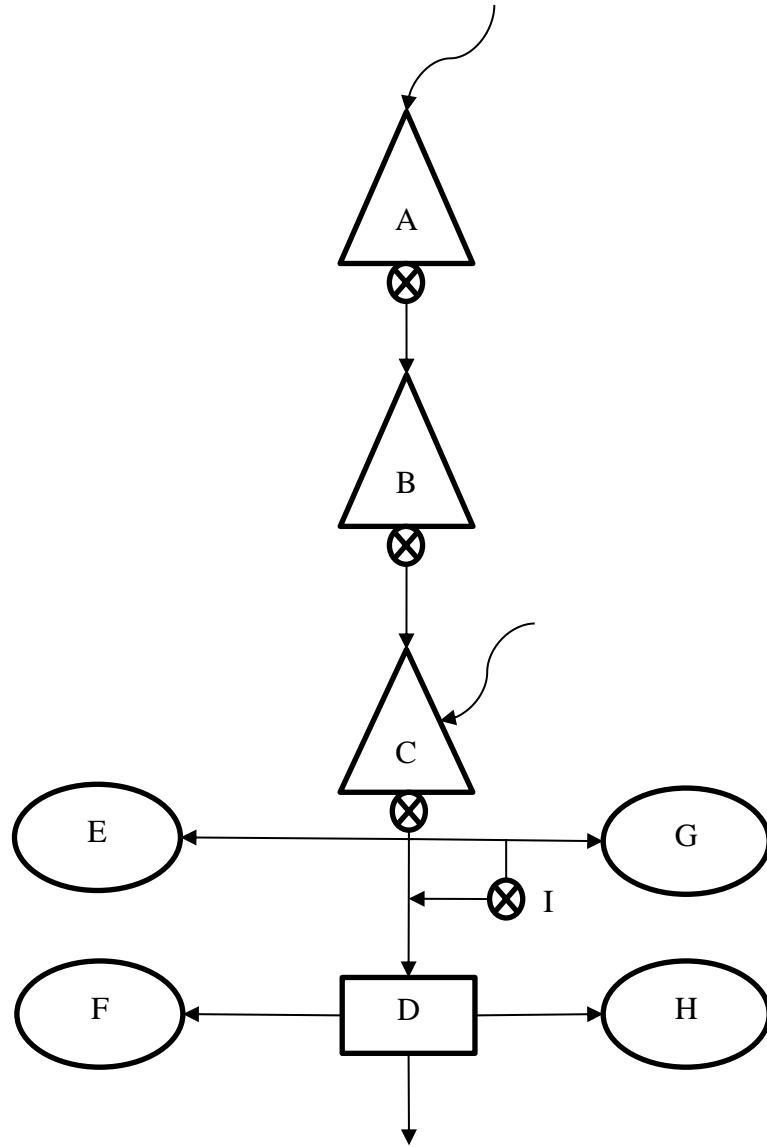


Şekil 2.1: Büyük Menderes havzası ve Türkiye'deki yeri.

2.1 Adıgüzel Baraj ve Hidroelektrik Santrali

Adıgüzel barajı 1990 yılında Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından sulama, enerji ve taşkın kontrolü amaçlı olarak Denizli'nin Güney ilçesinde Büyük Menderes nehri üzerinde inşa edilmiştir. Adıgüzel barajı 9006 km² yağış alanına sahip olup, baraj gövdesi kil çekirdekli kaya dolgu tipi olarak yapılmıştır. Adıgüzel baraj haznesi hacmi toplam 1076 hm³ olup bunun 230 hm³ kısmı taşkın kontrolü amacıyla ayrılmıştır. Adıgüzel rezervuar çıkışında bulunan 62 MW kurulu güce sahip santral yıllık 280 GWh elektrik enerjisi üretim potansiyeline sahiptir (Master Plan, 2017). Adıgüzel

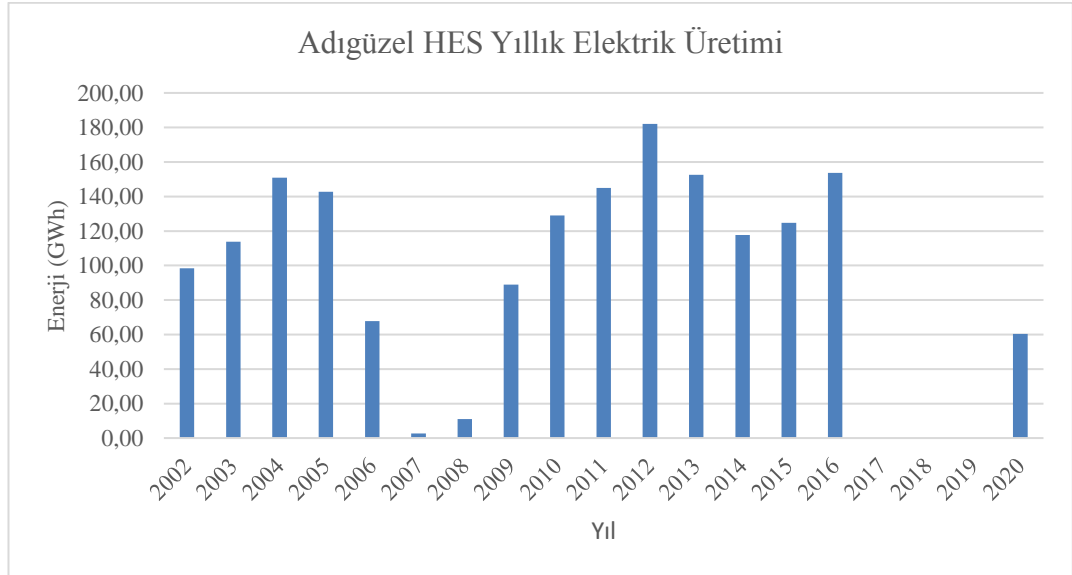
barajının havadan görünümü Şekil 2.3'te verilmiştir. Adıgüzel HES'in 2002 – 2020 yılları arasındaki yıllık elektrik üretimi değerleri Şekil 2.4'te verilmiştir.



Şekil 2.2: Çalışma alanının şematik görünümü (A: Adıgüzel barajı, B: Adıgüzel-II barajı, C: Cindere barajı, D: Yenicekent regülatörü, E: Buldan sulaması, F: Yenicekent sağ sahil sulaması, G: Pamukkale ve Çürüksu sol sahil sulamaları, H: Yenicekent sol sahil sulaması, I: Yenicekent HES).



Şekil 2.3: Adıgüzel barajı (<https://bolge21.dsi.gov.tr/>).

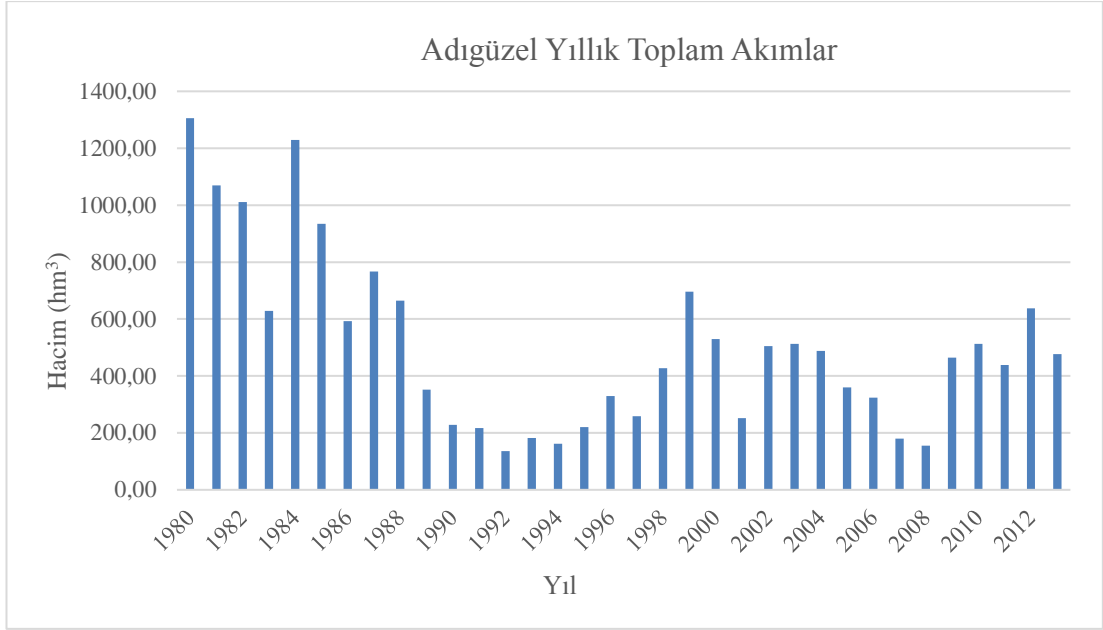


Şekil 2.4 Adıgüzel HES yıllık elektrik üretimi (<https://www.enerjiatlası.com/>).

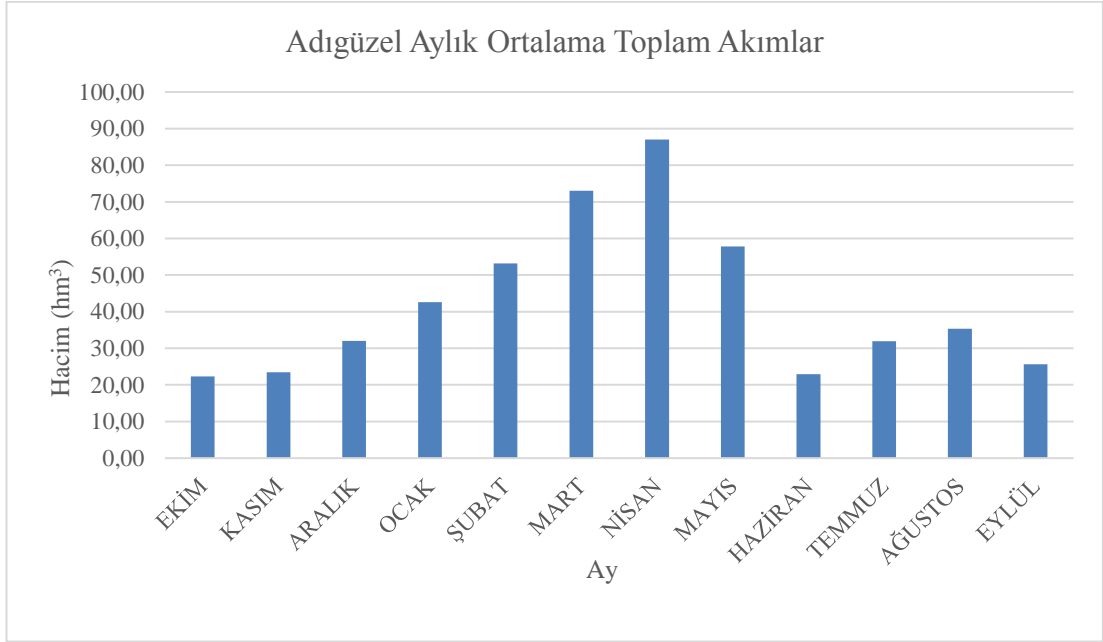
Adıgüzel Barajı'nın teknik özellikleri Tablo 2.1'de, barajın bulunduğu noktada Büyük Menderes nehrinden 1980-2013 yılları arasında geçen aylık toplam su hacimleri EK-A'da (Master Plan, 2017), aynı noktadaki yıllık toplam akım hacimleri Şekil 2.5'te ve uzun yıllar aylık ortalama su hacimleri de Şekil 2.6'da verilmiştir.

Tablo 2.1: Adıgüzel barajı teknik özellikleri.

| Teknik Özellik | Değeri |
|--|---------------------------|
| Talveg kotu | 320 m |
| Yağış alanı | 9006 km ² |
| Yıllık ortalama giriş akımı (1980-2013) | 507,21 hm ³ |
| Baraj minimum su seviyesi | 406 m |
| Taşkın kontrolü alt seviyesi | 444,2 m |
| Taşkın kontrolü üst seviyesi (Normal su seviyesi) | 453,5 m |
| Baraj maksimum su seviyesi | 457,72 m |
| Minimum su seviyesinde hazne hacmi | 254 hm ³ |
| Taşkın kontrolü alt seviyesinde hazne hacmi | 846 hm ³ |
| Taşkın kontrolü üst seviyesinde (N.S.S.) hazne hacmi | 1076 hm ³ |
| Minimum aktif hacim | 581 hm ³ |
| Taşkın kontrol hacmi | 230 hm ³ |
| Maksimum aktif hacim | 811 hm ³ |
| Yıllık sulamaya verilen tam su | 290 hm ³ |
| Yıllık içme-endüstri için çekilen su | 30 hm ³ |
| Yıllık ekolojik su | 30 hm ³ |
| Yıllık toplam düzenlenen ortalama su | 328,86 hm ³ |
| Yıllık toplam düzenleme oranı | % 64,8 |
| Yıllık toplam türbinlenen su | 486,95 hm ³ |
| Dolusavak eşik Kret kotu | 444 m |
| Dolusavak proje (çıkış) debisi | 4260 m ³ /s |
| Baraj tipi | Kaya dolgu |
| Baraj kret kotu | 460 m |
| Barajın talveg'den yüksekliği | 140 m |
| Mevcut sulama şebekesi tipi ve alanı | Klasik, 89600 ha |
| Yeni şebeke tipi ve alanı (Brüt) | Basınçlı borulu, 51100 ha |
| Birim alana yıllık ortalama sulama suyu ihtiyacı | 6300 m ³ /ha |
| Sulama modülü | 0,65 l/s/ha |
| Şebeke sahası net alan faktörü | 0,90 |
| Sulama debisi | 30,0 m ³ /s |
| Taşkın kontrol azami debisi | 100 m ³ /s |
| Santral debisi | 61,0 m ³ /s |
| Santral proje düşüsü | 115,50 m |
| Santral gücü | 62,0 MW |
| Memba gelişmeli halde yıllık enerji üretimi | 140,28 GWh |



Şekil 2.5: Adıgüzel barajı yıllık toplam akımlar.



Şekil 2.6: Adıgüzel barajı aylık ortalama toplam akımlar.

2.2 Adıgüzel-II HES

Adıgüzel-II HES Denizli'nin Güney ilçesinde Büyük Menderes Nehri üzerine Adıgüzel ile Cindere barajları arasındaki düşüden enerji üretmek amacıyla 2014

yılında işletmeye açılmıştır. Adıgüzel-II barajının rezervuar hacmi küçük olduğundan Adıgüzel barajından bırakılan suyu depolamayarak enerji üretimi için aynı debi ile Cindere barajı rezervuarına iletmektedir. Silindirle sıkıştırılmış Beton gövdeli barajın Hidroelektrik Santrali 30 MW kurulu güce sahip olup yıllık üretim kapasitesi 150 GWh'tir. Maksimum işletme seviyesi 318 m, Kuyruk suyu kotu 267,7 m ve Brüt düşü 51 m'dir. Adıgüzel-II baraj ve HES Şekil 2.7'de görülmektedir. 2015 ve 2016 elektrik üretimleri Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2: Adıgüzel-II HES yıllık elektrik üretimi (<https://www.enerjiatlası.com/>).

| Adıgüzel-II HES Yıllık Elektrik Üretimi | | | |
|---|--------------|-------------------------|-------------------------|
| Yıl | Üretim (kWh) | İl Tüketimini Karşılama | TR Tüketimini Karşılama |
| 2015 | 49.962.400 | %1,3 | %0,019 |
| 2016 | 65.347.250 | %1,6 | %0,024 |



Şekil 2.7: Adıgüzel-II HES (<https://www.tutasteyapi.com/>).

2.3 Cindere Barajı ve HES

Cindere barajı ve HES Denizli ili, Güney ilçesinde Büyük Menderes nehri üzerinde DSİ tarafından sulama ve enerji üretimi maksatlı olarak 2010 yılında işletmeye açılmıştır. Silindir ile sıkıştırılmış beton gövdeli barajın esas giriş akımları Adıgüzel barajdan bırakılan suların yanında Adıgüzel ile Cindere baraj arasında kalan 344 km²'lik drenaj havzasından oluşmaktadır. Cindere baraj rezervuarı 53 hm³ aktif hacme sahip olup rezervuar çıkışında 27,8 MW'lık HES bulunmaktadır.

Cindere HES yıllık 100 GWh elektrik üretim kapasiteye sahip olup bölgeye 290 hm³ sulama suyu temin etmektedir. Tablo 2.3'te Cindere HES'in farklı yıllardaki

elektrik üretimi, Tablo 2.4'te ise Cindere barajının detaylı teknik bilgileri verilmektedir.

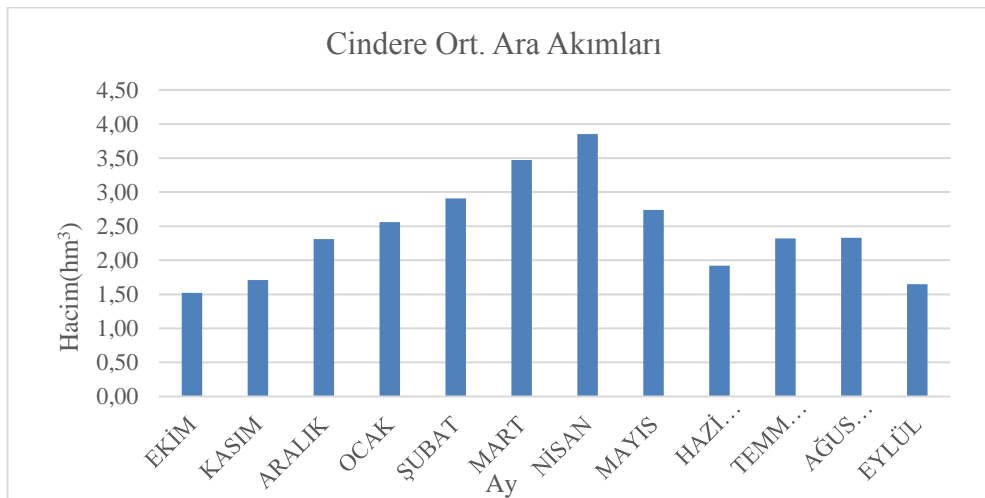


Şekil 2.8: Cindere barajı(<http://www.ozaltin.com.tr/>).

Tablo 2.3: Cindere HES yıllık elektrik üretimi (<https://www.enerjiatlası.com/>).

| Cindere Barajı ve HES Yıllık Elektrik Üretimi | | | |
|---|--------------|-------------------------|-------------------------|
| Yıl | Üretim (kWh) | İl Tüketimini Karşılama | TR Tüketimini Karşılama |
| 2012 | 81.028.152 | % 2,2 | % 0,033 |
| 2014 | 49.916.360 | % 1,3 | % 0,019 |
| 2015 | 57.355.354 | % 1,4 | % 0,022 |
| 2016 | 70.144.500 | % 1,7 | % 0,025 |

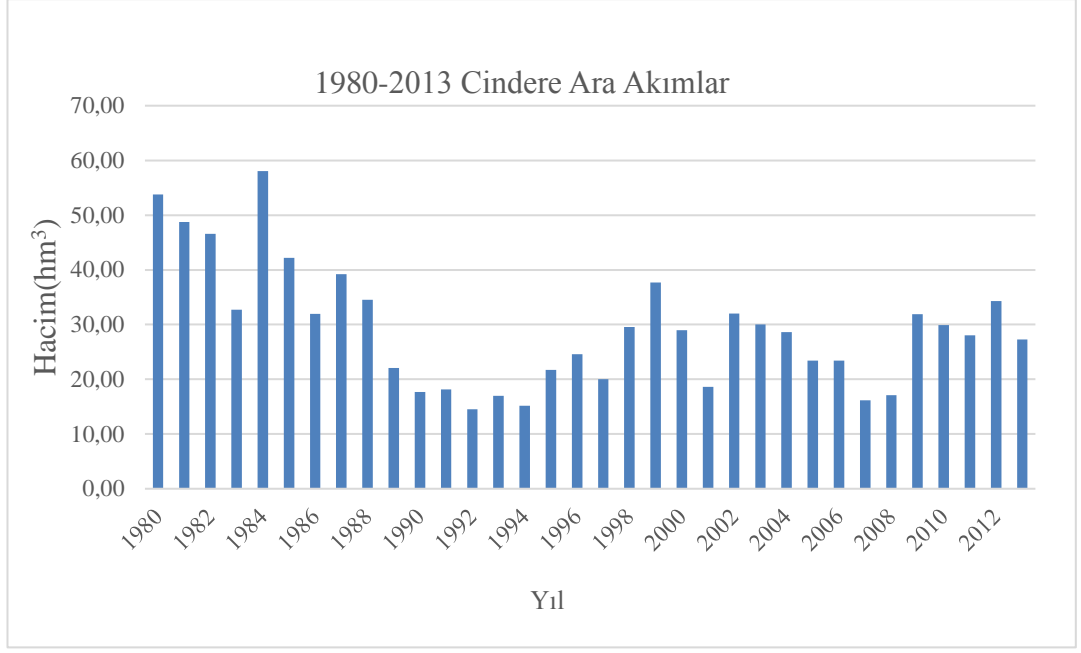
Cindere baraj rezervuarına yıllık ortalama 514,99 hm³ su girmektedir, bu suların büyük bir kısmı Adıgüzel barajından bırakılan suların oluşmaktadır. Ayrıca Adıgüzel ile Cindere barajların arasında kalan havzadan da Cindere rezervuarına ara akımlar girmektedir. Cindere rezervuarına giren ara akımlar Şekil 2.9 ve Şekil 2.10'da verilmiştir.



Şekil 2.9: Cindere barajı ortalama aylık ara akımlar.

Tablo 2.4: Cindere barajı teknik özellikleri.

| Teknik Özellik | Değeri |
|--|-------------------------|
| Talveg kotu | 201,0 m |
| Yağış alanı | 9350,2 km ² |
| Yıllık ortalama giriş akımı | 514,99 hm ³ |
| Baraj minimum su seviyesi | 242,50 m |
| Normal su seviyesi | 267,00 m |
| Baraj maksimum su seviyesi | 267,70 m |
| Minimum su seviyesinde hazne hacmi | 29,4 hm ³ |
| Normal su seviyesinde hazne hacmi | 82,4 hm ³ |
| Baraj aktif hacmi | 53,0 hm ³ |
| Yıllık sulamaya verilen tam su | 290,0 hm ³ |
| Yıllık içme-endüstriye ayrılan su | 30,0 hm ³ |
| Yıllık akarsu yatağı (ekolojik su) için ayrılan tam su | 43,30 hm ³ |
| Yıllık toplam düzenlenen (tam) su | 344,31 hm ³ |
| Yıllık toplam düzenleme oranı | %66,9 |
| Yıllık toplam türbinlenen su | 510,91 hm ³ |
| Sulama debisi | 30,0 m ³ /s |
| İçme suyu debisi | 1,06 m ³ /s |
| Ekolojik su debisi | 1,37 m ³ /s |
| Dolusavak eşik kret kotu | 255,0 m |
| Dolusavak toplam genişliği | 57,0 m |
| Dolusavak proje (çıkış) debisi | 4400 m ³ /s |
| Baraj kret kotu | 270,00 m |
| Barajın talveg 'den yüksekliği | 69,0 m |
| Sulama alanı | 51100 ha |
| Birim alana yıllık ortalama sulama suyu | 6300 m ³ /ha |
| Sulama modülü | 0,65 l/s/ha |
| Şebeke sahası net alan faktörü | 0,90 |
| Santral debisi | 63,0 m ³ /s |
| Santral çıkışında su kotu | 216,50 m |
| Santral gücü | 27,8 MW |
| Memba gelişmeli halde yıllık enerji üretimi | 59,3 GWh |
| Mevcut Yenicekent isale kanalı başı su kotu | 216,40 m |
| İsale kanalı kapasitesi | 50,0 m ³ /s |
| İsale kanalı uzunluğu (kanal+tünel) | 14+300 km |
| Yenicekent HES yükleme havuzu su kotu | 210,20 m |
| Yükleme havuzu yerinde toplam sulama suyu debisi | 30,0 m ³ /s |



Şekil 2.10: Cindere barajı yıllık toplam ara akımlar.

2.4 Yenicekent HES

Yenicekent HES'in Cindere barajı sol sahilden Pamukkale ovasına sulama suyu ileten ana sulama kanalı ile Büyük Menderes nehri arasındaki düşüden yararlanılarak elektrik üretmesi planlanmıştır. Yenicekent HES'in 21 MW'lık kurulu güce ve yıllık 42,59 GWh elektrik üretimi kapasitesine sahip olması planlanmaktadır. Yenicekent HES'in detaylı teknik bilgileri Tablo 2.5'te verilmiştir.

2.5 Sulama Projeleri

Çalışma alanında 4 adet sulama projesi bulunmaktadır. Bunlar; Cindere HES çıkışındaki ana kanalın beslediği Pamukkale ve Çürüksu sulamaları ile Buldan sulamasıdır. Pamukkale-Çürüksu sulamasının alanı 1000 ha Buldan sulamasının alanı ise 8600 ha'dır. Cindere barajı HES çıkışında Büyük Menderes ana yatağına verilen su Yenice Regülatörüne ulaşmaktadır. Yenice Regülatörü 1961 yılında hizmete girmiştir. Kapaklı yapıya sahip olup Cazibeli sulama sisteminden sol sahilde 6195 ha; sağ sahilde ise 2050 ha'lık net alana sulama suyu temin etmektedir. Gelecekte 8245 ha'lık Yenice sulaması da basınçlı borulu sisteme dönüştürüleceğinden ve bu durumda

yüksek basınca ihtiyaç göstereceğinden, bu alanın suyu da Buldan sulaması gibi Yenicekent HES yükleme havuzundan ayrılacaktır.

Tablo 2.5: Yenicekent HES teknik bilgileri.

| Teknik Özellik | Değeri |
|--|------------------------|
| Cindere Barajı HES çıkışında su potansiyeli (1980-2013) | 510,91 hm ³ |
| Santral çıkışında dere yatağına bırakılan su (Ekolojik su+kanal kapasitesinden fazla su) | 50,49 hm ³ |
| Yenicekent HES kanalına alınan yıllık ortalama su | 460,42 hm ³ |
| İletim kanalı başı su kotu | 216,40 m |
| İletim kanalı kapasitesi | 50,0 m ³ /s |
| İletim kanalı uzunluğu (Kanal+Tünel) | 14+300 km |
| Yükleme havuzu su kotu | 210,20 m |
| Yükleme havuzundan sulamaya ayrılacak sulama suyu (1. merhale: 11100 ha) | 59,40 hm ³ |
| Yükleme havuzundan sulamaya ayrılacak sulama suyu (2. merhale: 20400 ha) | 109,16 hm ³ |
| Yenicekent HES’de türbinlenecek yıllık ortalama su | 360,57 hm ³ |
| Santral çıkışında su kotu | 160,00 m |
| Brüt düşü | 50,20 m |
| Santral debisi | 50,0 m ³ /s |
| Cebri boru hattı uzunluğu | 105,0 m |
| Cebri boru sayısı ve çapı | 3 x Ø2,10 m |
| Yıllık ortalama net düşü | 50,13 m |
| Proje düşüsü | 49,14 m |
| Santral proje debisi | 50,0 m ³ /s |
| Santral gücü | 21,0 MW |
| Yıllık enerji üretimi | 42,59 GWh |



Şekil 2.11: Yenice regülatörü.

3. OPTİMİZASYON MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Bu bölümde geliştirilen model üzerinde uygulanacak yöntemler açıklanmıştır. Geliştirilen Model'de optimizasyon işleminde DEA, rastgele akımların tahmininde GEV dağılımı ve bölgenin sulama suyu ihtiyaçlarının hesaplanmasında Blaney-Criddle yöntemi kullanılmıştır.

3.1 Diferansiyel Evrim Algoritması (DEA)

DEA, Price ve Storn tarafından 1995 yılında geliştirilmiş bir vektör popülasyon tabanlı stokastik optimizasyon yöntemidir (Price ve Storn, 1995). DEA günümüzde fen bilimlerinin pek çok alanında pratik problemlerin global optimum çözümünü bulabilmek için etkin sonuçlar veren yöntemlerden birisidir. Genel işleyiş ve hesaplama bakımından genetik algoritmaya (GA) benzer özelliklere sahiptir. GA'da kullanılan mutasyon, çaprazlama ve seçim operatörleri DEA'da da kullanılmasına rağmen, GA'dan farklı olarak popülasyondaki tüm bireyler bu operatörler tarafından genetik evrim sürecine tabi tutulur, DEA'nın GA'ya göre diğer bir üstünlüğü ise kodlanmasının kolay ve hızlı olmasıdır.

DEA'da kullanılan parametreler ve sınır değerleri aşağıda verilmiştir.

N_p : popülasyon büyüklüğü (kromozom sayısı) $N_p \geq 4(1,2,3, \dots, i)$

D: karar değişken sayısı (gen sayısı) $(1,2,3, \dots, j)$

C_r : çaprazlama oranı $[0.1,1.0]$

G: jenerasyon $(1,2,3, \dots, G_{max})$

F: ölçekleme faktörü $[0,2]$

$X_{j,i,G}$: G jenerasyonunda, i kromozomunun j parametresi (gen) (hedef vektörü)

$V_{j,i,G+1}$: mutasyon ve çaprazlamaya tabi tutulmuş ara kromozom (bağışçı vektörü)

$U_{j,i,G+1}$: $X_{j,i,G}$ den bir sonraki jenerasyon için üretilen kromozom (deneme vektörü)

X_{min} : değişkene ait alt sınır

X_{max} : değişkene ait üst sınır

$r_{1,2,3}$: yeni kromozomun üretilmesinde kullanılacak rasgele seçilmiş kromozomlar
 $r_{1,2,3} \in \{1, 2, 3, \dots, N_p\}, r_1 \neq r_2 \neq r_3 \neq i$

DEA'nın akış diyagramı Şekil 3.1'de verilmiştir. Başlangıç popülasyonundaki birey (kromozom) sayısı (N_p) Bölüm 2.6.3'te açıklanan mutasyon stratejilerinden en az elemana ihtiyaç duyanın kullanılması durumunda bile bir popülasyonda mutasyon oluşturulabilmesi amacıyla en az 4 olmalıdır. Ancak literatürde N_p 'nin değişken (gen) sayısının (D) 10 katı olması önerilmektedir (Storn, 2008). Popülasyondaki her bir birey ile rastgele olarak seçilen başka üç birey sırasıyla mutasyon ve çaprazlama operatörleri uygulanarak yeni bir birey elde edilmektedir. Amaç fonksiyonu değeri bakımından en iyi olanı seçim operatörü kullanılarak bir sonraki jenerasyona aktarılmaktadır. Verilen durma koşulu sağlanıncaya kadar bu işlemin tekrarlanmasıyla global optimum bakımından etkin sonuçlar elde edilebilmektedir. Diğer sezgisel optimizasyon teknikleri ile karşılaştırıldığında DEA'nın en büyük avantajları lokal optimum çözümlere yakalanma olasılığının düşük olması ve programlanabilirliğinin kolay olmasıdır.

DEA'nın çözüm adımları aşağıda bir maksimizasyon problemi üzerinde sırasıyla açıklanmıştır.

3.1.1 Popülasyonun Oluşturulması

Popülasyonun vektör formu Denklem (3.1)'de verildiği gibi olmaktadır.

$$\begin{cases} P_{X,G} = (X_{i,G}), i = 1,2,3, \dots, N_p, G = 0, 1 \dots G_{\max} \\ X_{i,G} = (X_{j,i,G}), j = 1,2,3, \dots, D \end{cases} \quad (3.1)$$

Burada, N_p , popülasyon vektöründeki eleman sayısı; D , karar değişkeni sayısı; G , jenerasyon indisini göstermektedir. Jenerasyon sayısı büyük bir değer olmakla beraber farklı değerler için denemeler yapılır ve optimizasyon sonucunda elde edilen en iyi ve en kötü sonuçlar arasındaki farkın çok az olması istenir.

3.1.2 Başlatma

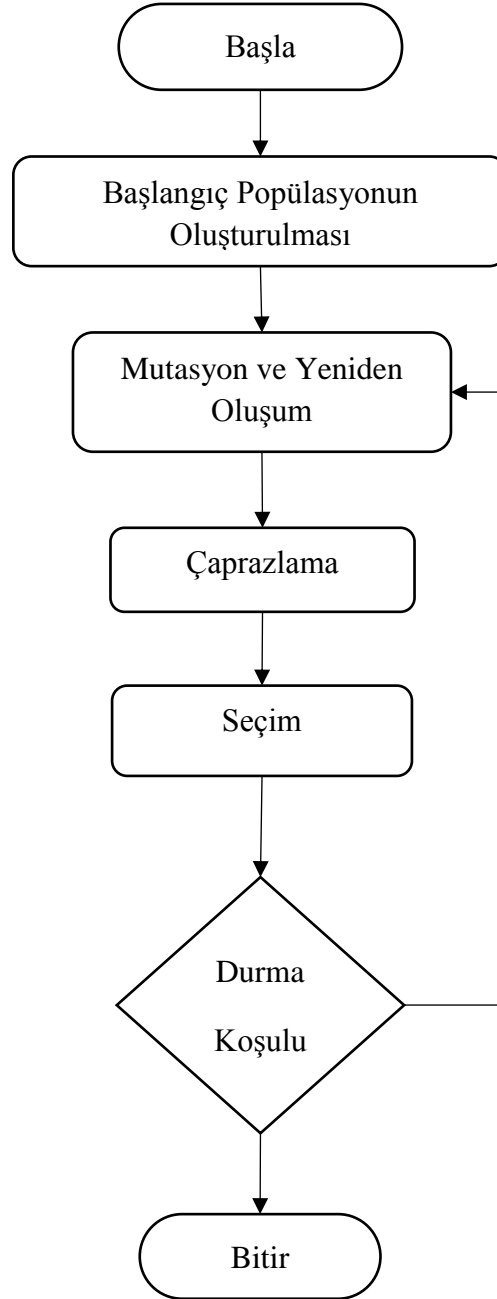
Karar değişkenlerinin başlangıç değerleri karar değişkenlerine ait alt ve üst sınır değerleri kullanılarak Denklem (3.2)'den elde edilir.

$$X_{i,0}^j = X_{\min}^j + r(0,1)(X_{\max}^j - X_{\min}^j) \quad (3.2)$$

Burada, X_{\min} ve X_{\max} , X_{ij} çözüm vektörünün karar değişkenlerinin alt ve üst sınırlarını; r , 0 ile 1 arasında değişen rastgele üniform dağılımı bir sayıyı göstermektedir.

3.1.3 Mutasyon

Mutasyon operatörü kullanılarak $X_{i,G}$ vektöründen yeni bir $V_{i,G} = [V_{i,G}^j]$ mutant vektörü oluşturulur. DEA’da Mutant vektörü farklı stratejiler kullanılarak oluşturulabilir. Bu stratejilerin bazıları aşağıda verilmiştir. Stratejiler DE/x/y/z şeklinde kodlanmıştır. Burada, DE, differansiyel evrim; x, mutasyona tabi tutulacak vektör; y, mutasyon için gereken fark vektörlerinin sayısı ve z: çaprazlama türüdür (binom veya üstel).



Şekil 3.1: DEA'nın akış diyagramı.

3.1.3.1 DE/rand/1/bin

Denklem (3.3)'te verilen stratejide popülasyon içinden rastgele üç çözüm seçilir, seçilen çözümlerden iki çözümün farkı alınarak ölçekleme faktörü (F) ile çarpılır. Çarpım sonucu elde edilen değer rastgele seçilen üçüncü çözüme eklenerek mutant vektörü oluşturulur. Tez kapsamında bu strateji kullanılmıştır.

$$V_{i,g} = X_{r1,g} + F \cdot (X_{r2,g} - X_{r3,g}) \quad (3.3)$$

3.1.3.2 DE/best/1/bin

Denklem (3.4)'te verilen stratejide popülasyon içinden rastgele iki çözüm seçilir, Seçilen iki çözümün farkı alınarak ölçekleme faktörü (F) ile çarpılır. Çarpım sonucu fonksiyon değeri en iyi olan çözüme eklenerek mutant vektörü (V) oluşturulur.

$$V_{i,g} = X_{best,g} + F \cdot (X_{r1,g} - X_{r2,g}) \quad (3.4)$$

3.1.3.3 DE/best/2/bin

Denklem (3.5)'te verilen stratejide popülasyon içinden rastgele dört çözüm seçilir, seçilen çözümlerin ikişer ikişer farkları alınarak ölçekleme faktörü (F) ile çarpılır. Çarpım sonucu elde edilen fonksiyon değeri en iyi olan çözüme eklenerek mutant vektörü oluşturulur.

$$V_{i,g} = X_{best,g} + F \cdot (X_{r1,g} - X_{r2,g} + X_{r3,g} - X_{r4,g}) \quad (3.5)$$

3.1.3.4 DE/rand/2/bin

Denklem (3.6)'da verilen stratejide popülasyon içinden rastgele beş çözüm seçilir, seçilen bu çözümlerden dört tanesinin ikişer ikişer farkları alınarak ölçekleme faktörü (F) ile çarpılır. Çarpım sonucu elde edilen değer rastgele seçilen beşinci çözüme eklenerek mutant vektörü oluşturulur.

$$V_{i,g} = X_{r1,g} + F \cdot (X_{r2,g} - X_{r3,g} + X_{r4,g} - X_{r5,g}) \quad (3.6)$$

3.1.3.5 DE/target-to-best/1/bin

Denklem (3.7)'de verilen stratejide X_i çözüm popülasyonu içinden iki çözüm rastgele olarak seçilir; seçilen çözümlerin farkı ile popülasyon içinde amaç fonksiyonuna göre en iyi çözüm ile X_i çözümünün farkları ölçekleme faktörü (F) ile çarpılır, çarpım sonucu elde edilen değer X_i çözümüne eklenerek mutant vektörü oluşturulur.

$$V_{i,g} = X_{i,g} + F \cdot (X_{best,g} - X_{i,g}) + F \cdot (X_{r1,g} - X_{r2,g}) \quad (3.7)$$

Bütün değişkenler için mutant vektörleri oluşturulduktan sonra çeşitliliği arttırmak için çaprazlama operatörü kullanılır.

3.1.4 Çaprazlama

Çaprazlama operatörü kullanılarak $X_{i,G}$ ve $V_{i,G}$ vektörlerinden türetilen yeni $U_{i,G} = [U_i, G_j]$ ($i=1,2,3,\dots,Np ; j=1,2,3,\dots,D$) deneme (trail) vektörü Denklem (3.8) ile verilen kurala göre üretilmektedir:

$$U_{i,G}^j = \begin{cases} V_{i,G}^j & \text{eğer } r_j(0,1) \geq C_r \text{ veya } j = j_r \text{ ise} \\ X_{i,G}^j & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (3.8)$$

Burada, C_r , çaprazlama olasılığını ve J_r ise $[1,n]$ aralığında rastgele olarak üretilen bir tamsayıyı göstermektedir. $J = J_r$ koşulu $U_{i,G}$ vektöründe en az bir tane değer, üretilen mutant vektöründen seçilmesini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Bu aşamadan sonra bir sonraki jenerasyona hangi kromozomun aktarılacağına karar verebilmek için seçim operatörü kullanılmaktadır.

3.1.5 Seçim

Seçim operatöründe amaç fonksiyonu için hesaplanan $f(U_{i,G})$ ve $f(X_{i,G})$ değerleri arasından hangisinin amaç fonksiyonu açısından daha iyi olduğuna karar verilir. Minimizasyon probleminde amaç fonksiyonu değeri açısından daha küçük olan, maksimizasyon probleminde ise amaç fonksiyonunun değeri büyük olan çözüm bir sonraki jenerasyona aktarılması için seçilir (Denklem 3.9).

$$X_{i,G+1} = \begin{cases} u_{i,G} & \text{eğer } f(U_{i,G}) \geq f(X_{i,G}) \text{ ise} \\ X_{i,G} & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (3.9)$$

Seçim operatöründen sonra işlemler kullanıcı tarafından belirlenen kriterler sağlanıncaya kadar tekrarlanacaktır. DEA'da kontrol parametrelerinin (N_P , F ve Cr) değerlerinin seçimi araştırma çalışmalarının konusu olmuştur. Storn ve Price tarafından önerilen sınırlar aşağıda verilmiştir (Storn ve Price, 1995).

- $F \in [0.5, 1.0]$
- $Cr \in [0.8, 1.0]$
- $N_P = 10 \cdot D$

3.2 Genelleştirilmiş Uç Değer (GEV) Dağılımı

Uç değerler teorisi olasılık dağılımlarının kuyruk davranışlarının belirlenerek aşılma olasılıkları az olan çok küçük ve çok büyük değerlerin kuyruk olasılıklarının ve bunların asimptotik davranışlarının modellenmesinde kullanılmaktadır. GEV dağılımı, Frechet, Weibull ve Gumbel dağılımlarının birleşik modelidir (Altun, 2014).

GEV dağılımının tanım kümesi Denklem (3.10)'da, olasılık yoğunluk fonksiyonu Denklem (3.11)'de ve dağılım fonksiyonu Denklem (3.12)'de verilmiştir. GEV dağılımının Şekil (k), Konum (μ) ve Ölçek ($\sigma > 0$) olmak üzere üç parametresi bulunmaktadır.

$$\begin{cases} 1 + k \frac{(x-\mu)}{\sigma} > 0, & k \neq 0 \text{ için} \\ -\infty < x < +\infty, & k = 0 \text{ için} \end{cases} \quad (3.10)$$

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma} \exp(-(1 + kz)^{-1/k})(1 + kz)^{-1-1/k}, & k \neq 0 \\ \frac{1}{\sigma} \exp(-z - \exp(-z)), & k = 0 \end{cases} \quad (3.11)$$

Burada, $z \equiv \frac{(x-\mu)}{\sigma}$ şeklinde verilmektedir.

$$F(x) = \begin{cases} \exp(-(1 + kz)^{-1/k}), & k \neq 0 \\ \exp(-\exp(-z)), & k = 0 \end{cases} \quad (3.12)$$

Kuyruk endeks parametresi (α) ile şekil parametresi (k) arasında $k = \frac{1}{\alpha}$ şeklinde bir ilişki olduğu bilinmektedir. GEV dağılımı $k = \alpha^{-1}$ durumunda Frechet dağılımına, $k = -\alpha^{-1}$ durumunda Weibull dağılımına ve $k = 0$ durumunda ise Gumbel dağılımına dönüşmektedir.

3.3 Blaney-Criddle Yöntemi

Blaney-Criddle yöntemi sulama suyu ihtiyaçlarını aylık olarak hesaplamada kullanılan bir yöntemdir. 1960 yılında Blaney ve Criddle tarafından bitki su ihtiyacı çalışmalarında ortaya çıkan bir yöntemdir. Blaney-Criddle yöntemine göre aylık sulama suyu ihtiyacı hesaplamak için Denklemler (3.13)- (3.16) kullanılarak hesaplanır.

$$u = 25,4 * f * k \quad (3.13)$$

$$f = (1,8 * t + 32) * P / 100 \quad (3.14)$$

$$k = k_c * k_t \quad (3.15)$$

$$k_t = 0,0173 * (1,8 * t + 32) - 0,314 \quad (3.16)$$

Burada t , aylık ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$); r , aylık ortalama yağış (mm/ay); r_e , aylık etkili yağış (mm/ay); P , aylık ortalama gündüz saatleri / Yıllık ortalama gündüz saatleri; f , aylık su kullanma kapasitesi faktörü; k_c , bitki büyüme sahası faktörü; k_t , iklim faktörü; k , aylık su kullanma kapasitesi; u , aylık bitki büyüme suyu gereksinmesi (mm/ay); $u - r_e$, aylık sulama suyu gereksinmesi (mm/ay).

4. OPTİMİZASYON MODELİNİN UYGULANMASI

Bu bölümde en büyük enerji üretimini sağlayacak şekilde barajlardan bırakılacak su miktarlarının DEA ile belirlenmesi için yapılacak olan analizler incelenmiştir. Öncelikle amaç fonksiyonu oluşturulacak, sonra kısıtlar belirlenecektir.

4.1 Amaç Fonksiyonunun Oluşturulması

Sistemde 4 adet HES bulunmakta olup bunların aylık enerji üretimleri santralden geçen aylık toplam su hacimleriyle ilişkilendirilmiştir.

$$\text{Maks } f = \sum_{j=1}^4 \sum_{i=1}^{12} E_{i,j} \quad (4.1)$$

Burada, j , HES indisi (Adıgüzel=1, Adıgüzel-II=2, Cindere=3 ve Yenicekent=4); i , ay indisi (Ekim=1) ve E , yıllık elektrik enerjisi üretimi (GWh). Optimizasyon esnasında her ay baraj hazneleri için tanımlanan kısıtların sağlanmaması durumunda ceza yaklaşımı kullanarak amaç fonksiyonu denklem (4.2)'de verilen şekilde olacaktır.

$$f^* = \sum_{j=1}^4 \sum_{i=1}^{12} E_{i,j} - \sum_{i=1}^{12} C_i * P \quad (4.2)$$

Burada, f^* , ceza uygulanmış amaç fonksiyonu; C , ceza katsayısı ve P ise verilen kısıtların sağlanmaması durumunda uygulanacak ceza fonksiyonudur. Ceza fonksiyonları her ay baraj hazneleri için tanımlanmış alt ve üst sınırların farkının karesi olarak uygulanmıştır (Denklem 4.3). Ceza katsayıları için detaylı bilgi Bölüm 4.2'de verilmiştir.

$$P = \begin{cases} (S_{\min} - S)^2 & S < S_{\min} \\ 0 & S_{\min} \leq S \leq S_{\max} \\ (S_{\max} - S)^2 & S > S_{\max} \end{cases} \quad (4.3)$$

Aylık enerji üretimi Denklem 4.4 ile hesaplanabilir.

$$E_i = \eta * \gamma * Q_{i,j} * H_{i,j} \Rightarrow E_i = \eta * \gamma * R_{i,j} * H_{i,j} * \Delta t * 10^{-9} (\text{GWh})$$

$$E_i = \lambda_i * R_{i,j} * H_{i,j} \quad (4.4)$$

Burada, $\lambda = \eta * \gamma * \Delta t * 10^{-9}$ şeklinde hesaplanan bir katsayıdır. η , verim ve Δt , ilgili ayın saniye cinsinden süresidir. Her ayın gün sayısına bağlı olarak λ katsayıları aşağıdaki şekilde belirlenmiştir. Şubat ayları 28 gün olarak kabul edilmiştir. Su yılı esas alınacağı için aylar bir önceki yılın Ekim ayından başlamaktadır.

$$\lambda_1 = \lambda_3 = \lambda_4 = \lambda_6 = \lambda_8 = \lambda_{10} = \lambda_{11} = 0,006203844$$

$$\lambda_2 = \lambda_7 = \lambda_9 = \lambda_{12} = 0,00600372$$

$$\lambda_5 = 0,005603472$$

η : verim katsayısı (0,85 olarak alınmıştır)

R_i : bir ayda salınan su miktarı (hm^3)

Δt : Zaman dilimi (ay)

i : 1,...,12 (Ekim- Eylül)

j : 1,...,4 (HES numarası)

Bu durumda amaç fonksiyonu Denklem 3.5'te verilmiştir.

$$f = \sum_{i=1}^{12} \lambda_i * (R_{i,1} * H_{i,1} + R_{i,2} * H_{i,2} + R_{i,3} * H_{i,3} + R_{i,4} * H_{i,4}) \quad (4.5)$$

Su seviyesi $H_{i,j}$ 'yi hesaplamak için barajların su seviyeleri ile hacimleri arasındaki ilişkiler regresyon analizi ile ikinci dereceden eğri denklemleri uydurularak elde edilmiştir. Adıgüzel barajı için elde edilen hacim-yükseklik ilişkisi Şekil 4.1'de, Cindere Barajı için Şekil 4.2'de verilmiştir. Adıgüzel-II ve Yenicekent HES'in düşüleri sabit olduğu için aylık hacim-yükseklik ilişkileri hesaplanmamıştır.

4.1 Kısıtların Belirlenmesi

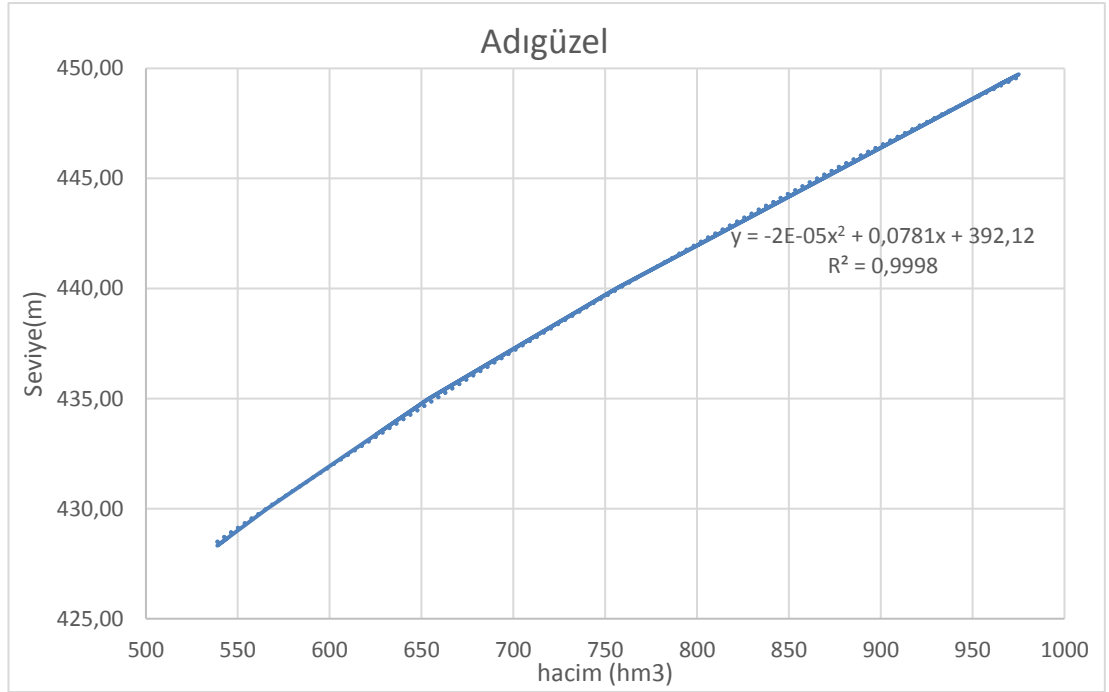
Çalışmada kısıt olarak haznelerin depolama kapasitelerine göre en az ve en fazla aylık hacim değerleri ile akarsu yataklarına bırakılacak debi değerlerine göre hesaplanan aylık en az ve en fazla salınan su hacmi değerleri kullanılmıştır.

Optimizasyon işleminde en büyük enerji elde edilirken Adıgüzel ve Cindere barajların ay sonu hacimlerinde kütle korunum denkleminin de sağlanması gerekmektedir (Denklem 4.6).

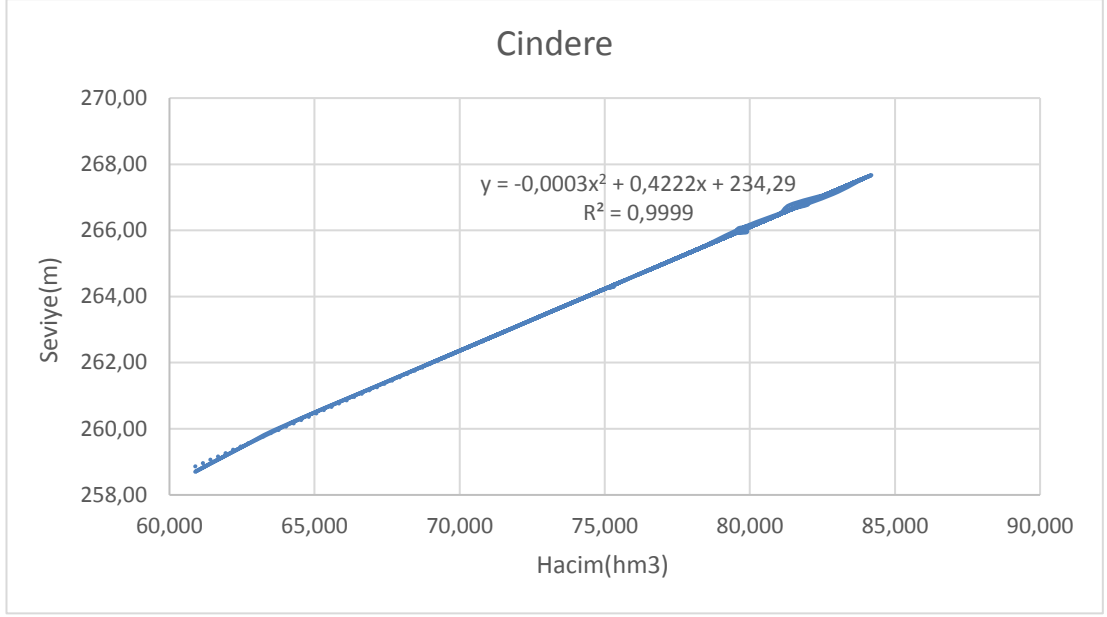
$$S_{(i+1)} = S_i + I_i - R_i - E_i \quad (4.6)$$

Burada, S_i , aybaşındaki hazne hacmi; $S_{(i+1)}$, ay sonundaki hazne hacmi; I_i , hazneyi giren hacim; R_i , her ay hazneden bırakılan su hacmi ve E_i , bir ayda buharlaşan su hacmini göstermektedir.

Cindere barajına giren hacim Adıgüzel barajından çıkan hacme ara havzadan gelen ortalama hacim eklenerek bulunmuştur. Buharlaşma değerleri için Adıgüzel ve Cindere barajlarına ait 2012, 2013 ve 2014 yıllarının günlük buharlaşma değerlerinin aylık toplamalarının ortalaması alınmıştır.



Şekil 4.1: Adıgüzel barajı hacim-seviye ilişkisi.



Şekil 4.2: Cindere barajı hacim-seviye ilişkisi.

4.1.1 Adıgüzel Barajı İçin Kısıtlar

Adıgüzel barajı için kısıtlar 2017 yılında yapılan Master Plandan alınmıştır. Buna göre Adıgüzel barajı sulama, enerji ve taşkın kontrolü amaçlı işletilmekte olup master planda aylık olarak düzenlenmiş bir kural eğrisi verilmiştir. Kural eğrisine göre en düşük hazne hacmi 254 hm^3 olarak belirlenmiştir. Ekim ayından itibaren taşkın mevsimine girildiği için emniyet amacıyla Ocak ayının sonuna kadar baraj haznesinin hacminin 846 hm^3 'ü aşmaması önerilmektedir. Mayıs ayının sonunda ise baraj hazne hacminin en fazla 1076 hm^3 olması istenmektedir (Master Plan, 2017). Ekim ayı 1. ay olmak üzere ay sonu hacimlerine göre izin verilen hazne hacimleri Denklemler (4.7) - (4.12) arasında verilmiştir.

$$254 \text{ hm}^3 \leq S_{(i+1),1,2,3,4,5} \leq 846 \text{ hm}^3 \quad (4.7)$$

$$254 \text{ hm}^3 \leq S_{(i+1),6} \leq 876 \text{ hm}^3 \quad (4.8)$$

$$254 \text{ hm}^3 \leq S_{(i+1),7} \leq 916 \text{ hm}^3 \quad (4.9)$$

$$254 \text{ hm}^3 \leq S_{(i+1),8,9,10} \leq 1076 \text{ hm}^3 \quad (4.10)$$

$$254 \text{ hm}^3 \leq S_{(i+1),11} \leq 1026 \text{ hm}^3 \quad (4.11)$$

$$254 \text{ hm}^3 \leq S_{(i+1),12} \leq 956 \text{ hm}^3 \quad (4.12)$$

Adıgüzel, Adıgüzel-II ve Cindere barajları birbirini takip ettiği için aralarında ekolojik su (minimum hacim) bırakılması ihtiyacı bulunmamaktadır. Bu durumda Adıgüzel barajından bırakılacak en az su hacmi $R_{\min} = 0$ olarak alınabilmektedir. Büyük Menderes ana yatağının ekolojik su (cansuyu) ihtiyacı Cindere Barajından bırakılacaktır. Adıgüzel barajından bırakılabilecek en büyük su hacmi (R_{\max}), maksimum santral debisi olan $61,1 \text{ m}^3/\text{s}$ için her ayın gün sayısına göre hesaplanmıştır (Master plan, 2017).

4.1.2 Cindere Barajı İçin Kısıtlar

Cindere barajında taşkın kontrolü hacmi bulunmadığı için kural eğrisi ile işletilmemektedir. 2017 tarihli Büyük Menderes Master planında belirtilen en az ve en fazla hazne hacimleri ile bölgenin sulama, ekolojik ve içme suyu ihtiyaçları göz önünde bulundurularak ay sonu su hacmi kısıtları Denklem 4.13'te verilmiştir.

$$29,4 \text{ hm}^3 \leq S_{(i+1)} \leq 82,4 \text{ hm}^3 \quad (4.13)$$

Barajda taşkın hacmi bulunmadığından dolayı barajdan sulama sezonunda en fazla sulama, ekolojik ve içme suyu ihtiyaçlara göre su bırakılacak sulama sezonun dışında barajdan ekolojik ve içme suyu salınacaktır. İçme suyu için debi $1,06 \text{ m}^3/\text{s}$ ve ekolojik su için debi $1,37 \text{ m}^3/\text{s}$ olduğu için bunların toplamının aylık hacim karşılığı minimum bırakılacak su hacmi (R_{\min}) olarak belirlenmiştir. Salınabilecek maksimum su hacmi (R_{\max}) ise Cindere HES'in kapasitesi ve Büyük Menderes ana yatağının taşıyabileceği debi olan $50 \text{ m}^3/\text{s}$ 'nin aylık hacim karşılığı olarak hesaplanmıştır.

4.2 Ceza Katsayıları

Optimizasyon sırasında Adıgüzel ve Cindere baraj göllerinin hacimlerinin verilen sınırlar içerisinde kalmadığı durumlarda ceza yaklaşımı uygulanmıştır. Üretilen yıllık toplam elektrik enerjisi miktarından, ceza katsayısı (C_i) ve ceza fonksiyonu (P) çarpımlarının çıkarılması ceza yaklaşımı olarak alınmıştır (Denklem

4.2). Adıgüzel Baraj gölüne uzun yıllar (1980-2013) giren akım ortalamalarının sabit olarak alındığı “Ortalama Akımlar” yaklaşımında ceza katsayısı sabit olarak $C = 50$ kabul edilmiştir. Sabit ceza katsayılarının farklı değerleri de denenmiş olup optimizasyon sonucunda elde edilen en iyi ve en kötü çözümler arasındaki farkı minimum yapan 50 değeri seçilmiştir.

“Stokastik Akımlar” yaklaşımında ceza katsayıları ise Adıgüzel Baraj gölüne her ay giren akım hacimlerinin uzun yıllara (1980-2013) göre istatistik olarak modellenmesi sonucu elde edilen görülme olasılıklarına bağlı olarak belirlenmiştir. Buna göre Adıgüzel Baraj gölüne giren toplam hacimler her ay için ayrı ayrı GEV dağılımına göre istatistik olarak modellenmiştir. GEV dağılımının parametreleri ve bu parametreler kullanılarak ceza katsayısı hesaplama adımları Bölüm 5.1’de verilmiştir.

4.3 Sulama Suyu İhtiyaçları

Cindere barajından aylık bırakılması gereken minimum su hacimlerinin belirlenmesinde sulama suyu ihtiyaçları da önemlidir. Saray, Pamukkale, Yenicekent sağ ve Yenicekent sol sulamalarının Blaney-Criddle yöntemi ile hesaplanan aylık sulama suyu ihtiyaçları hm^3 cinsinden Tablo 4.1’de verilmiştir. Her bir sulama projesinin bitki deseni ve ekim yüzdeleri için Blaney-Criddle yöntemi ile su ihtiyacı hesapları EK-C’de verilmiştir. Burada verilen sulama suyu ihtiyaçları tarladaki ihtiyaçlar olup, iletim ve tarla kayıpları eklenmemiştir. Halihazırda bölgede açık sistemle sulama yapılmakta olup, ileride Yenicekent regülatörünün iptal edilerek tüm sulama suyunun Cindere barajından verilmesi planlanmaktadır. Böylece basınçlı sulama sistemine geçilerek iletim ve tarla kayıplarının en aza indirilmesi mümkün olacaktır. Bu çalışma kapsamında sulamanın basınçlı sistemle yapılacağı varsayılarak kayıplar ihmal edilmiştir.

Tablo 4.1: Aylık sulama suyu ihtiyaçları.

| Sulama Projesi | Mart (hm ³) | Nisan (hm ³) | Mayıs (hm ³) | Haziran (hm ³) | Temmuz (hm ³) | Ağustos (hm ³) | Eylül (hm ³) | Ekim (hm ³) |
|----------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Saray | 0 | 0,38 | 1,76 | 5,16 | 11,74 | 10,67 | 3,59 | 0,82 |
| Pamukkale | 0,12 | 0,92 | 1,95 | 2,78 | 6,30 | 5,68 | 2,23 | 0,46 |
| Yenicekent sağ sahil | 0,08 | 0,86 | 1,10 | 1,66 | 4,08 | 3,61 | 1,19 | 0,05 |
| Yenicekent sol sahil | 0,08 | 0,85 | 1,88 | 2,68 | 5,43 | 5,10 | 1,76 | 0,33 |
| Toplam | 0,24 | 3,01 | 6,70 | 12,28 | 27,55 | 25,07 | 8,77 | 1,66 |

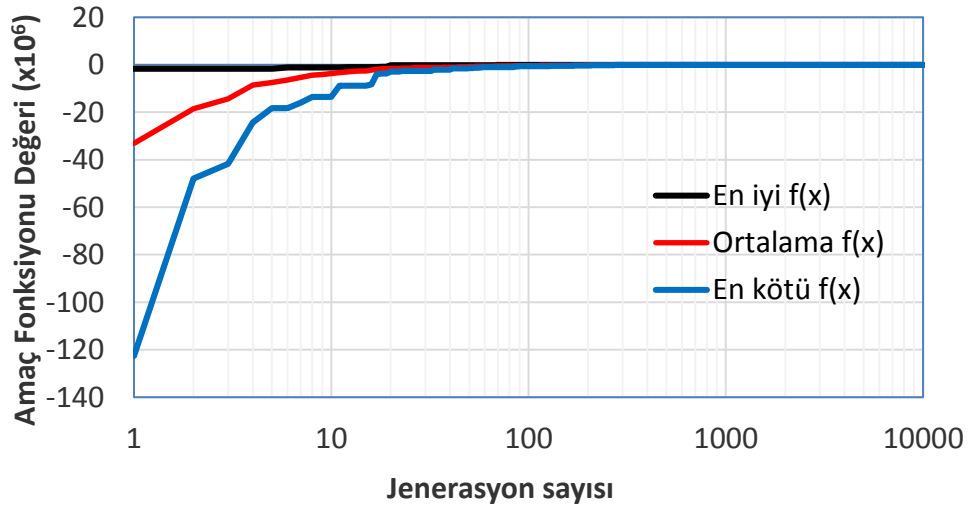
5. MODEL BULGULARI VE TARTIŞMA

Optimizasyon işlemi DEA parametreleri olan popülasyon sayısı (N_p), karar değişkeni sayısı (D), çaprazlama olasılığı (C_r), ölçekleme faktörü (F) ve jenerasyon sayısı (G) için Tablo 5.1’de verilen değerler alınarak Adıgüzel barajına giren akımlar hem istatistik olarak tahmin edilen (stokastik) akımlar hem de uzun yıllar giren akımların ortalama değerleri kullanılarak 100’er kez uygulanmıştır. Ekim ayı başındaki Adıgüzel ve Cindere rezervuarlarının aktif hacimleri yarı dolu olarak kabul edilmiştir. Buna göre Adıgüzel rezervuar hacmi 550 hm^3 ve Cindere rezervuar hacmi ise $55,95 \text{ hm}^3$ olarak belirlenmiştir.

Tablo 5.1: DEA parametreleri.

| | |
|-------|-------|
| N_p | 30 |
| D | 24 |
| C_r | 0,95 |
| F | 0,8 |
| G | 10000 |

Optimizasyonda 10000 jenerasyon için elde edilen en iyi, en kötü ve ortalama ceza uygulanmış amaç fonksiyonu değerleri Şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1: DEA ile elde edilen çözüm için yakınsama.

5.1 Aylık Toplam Akımların İstatistik Modellemesi

1980-2013 yılları arasında Adıgüzel baraj gölüne giren akımlar daha çok kuyruk davranışları sergilemektedir, buna göre aylık akım verileri GEV dağılımına uydurularak şekil, konum ve ölçek parametreleri EasyFit 5.6 Professional programı ile hesaplanmıştır (Tablo 5.2).

Adıgüzel baraj haznesine giren akımları stokastik olarak temsil edebilmek için Excel programında üniform dağılıma uygun rastgele sayı üretilerek optimizasyon işlemi Excel ile rastgele üretilen sayı baraj haznesine girecek akımın dağılım fonksiyonu değeri olarak alınacaktır.

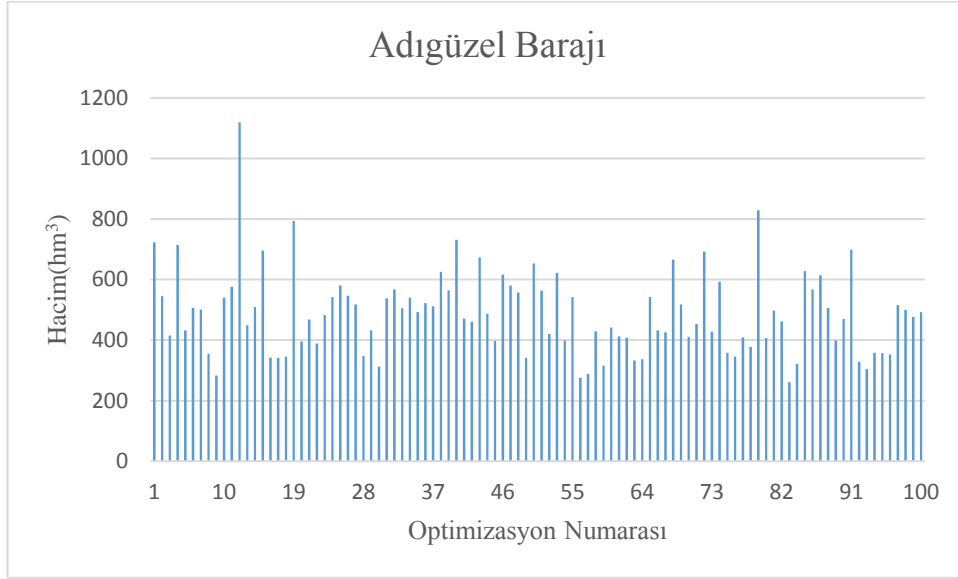
Tablo 5.2: GEV dağılımının parametreleri.

| Ay | k | σ | μ |
|---------|----------|----------|--------|
| Ekim | 0,34767 | 5,2885 | 16,516 |
| Kasım | 0,18921 | 6,8341 | 17,969 |
| Aralık | 0,46142 | 8,3262 | 20,298 |
| Ocak | 0,43046 | 14,342 | 23,796 |
| Şubat | 0,21525 | 25,991 | 31,199 |
| Mart | 0,01239 | 38,047 | 50,557 |
| Nisan | -0,03969 | 46,809 | 61,773 |
| Mayıs | 0,05341 | 30,789 | 38,293 |
| Haziran | 0,04794 | 13,817 | 14,283 |
| Temmuz | 0,07403 | 21,371 | 17,927 |
| Ağustos | 0,1187 | 22,616 | 19,336 |
| Eylül | 0,18941 | 13,541 | 14,76 |

Her ay için ceza katsayıları şu şekilde hesaplanmıştır. Önce üniform dağılıma uygun bir rastgele sayı üretilmiştir. Bu rastgele sayının o ayın dağılım fonksiyonu değeri olduğu varsayılmıştır. İlgili ayın GEV dağılım fonksiyonu kullanılarak giren akım hacmi değeri bulunmuştur. Ardından ilgili ayın GEV dağılımı olasılık yoğunluk fonksiyonu (OYF) kullanılarak giren akım hacminin OYF değeri hesaplanmıştır. Son olarak OYF değerinin tersi alınarak ilgili ay için ceza katsayısı belirlenmiştir. GEV dağılımına uygun olarak belirlenmiş Adıgüzel barajına giren yıllık toplam akım hacimleri 100 farklı optimizasyon için Şekil 5.2’de verilmiştir.

5.2 Optimizasyon Sonuçları

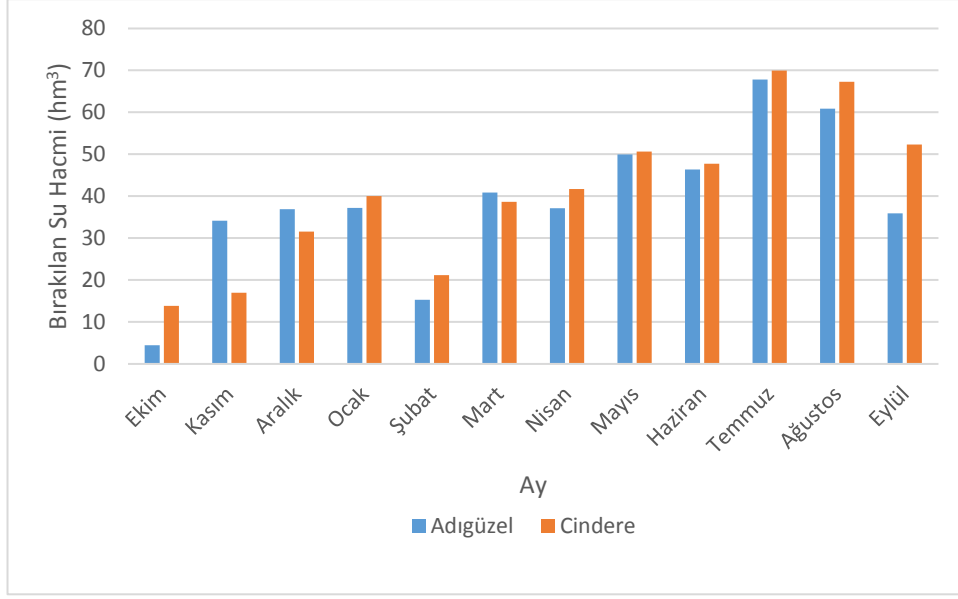
Optimizasyon sonuçları Adıgüzel barajına giren akım hacimlerinin uzun yıllar ortalama değerlerinin kullanılması (ortalama giren akım yaklaşımı) veya giren akımların istatistik modellemesine bağlı olarak rastgele değerler alınması (stokastik giren akım yaklaşımı) için ayrı ayrı verilecektir.



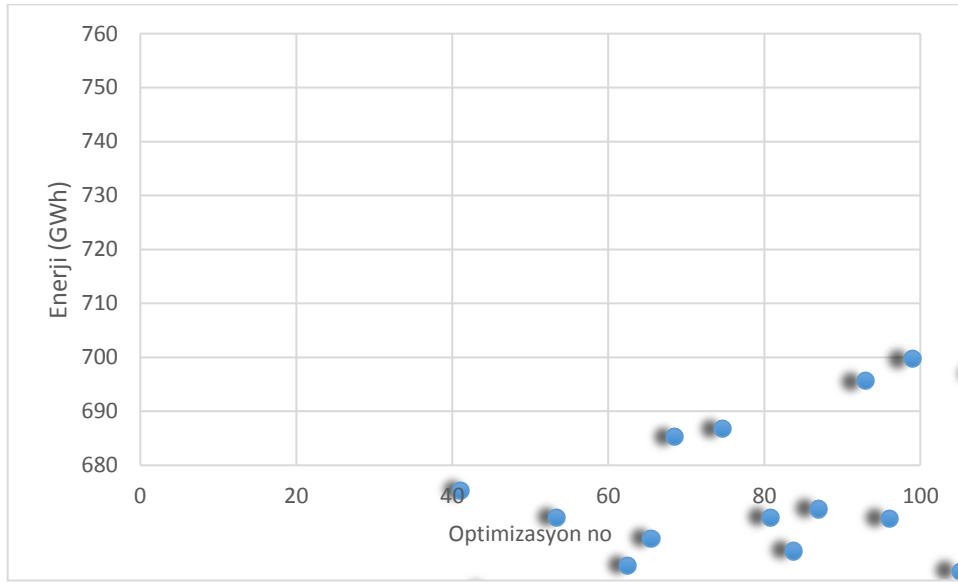
Şekil 5.2: İstatistik olarak tahmin edilen toplam akımlar.

5.2.1 Ortalama Giren Akım Yaklaşımı

Adıgüzel ve Cindere barajlarından aylık olarak bırakılması gereken su hacimlerinin ortalama giren akım yaklaşımı ile yapılan 100 optimizasyon sonucundaki ortalama değerleri Şekil 5.3'te; her bir optimizasyon sonucunda üretilen toplam enerji miktarları ise Şekil 5.4'te verilmiştir. Optimizasyonlar sonucunda elde edilen farklı toplam enerji miktarlarının temel istatistikleri Tablo 5.3'te verilmiştir.



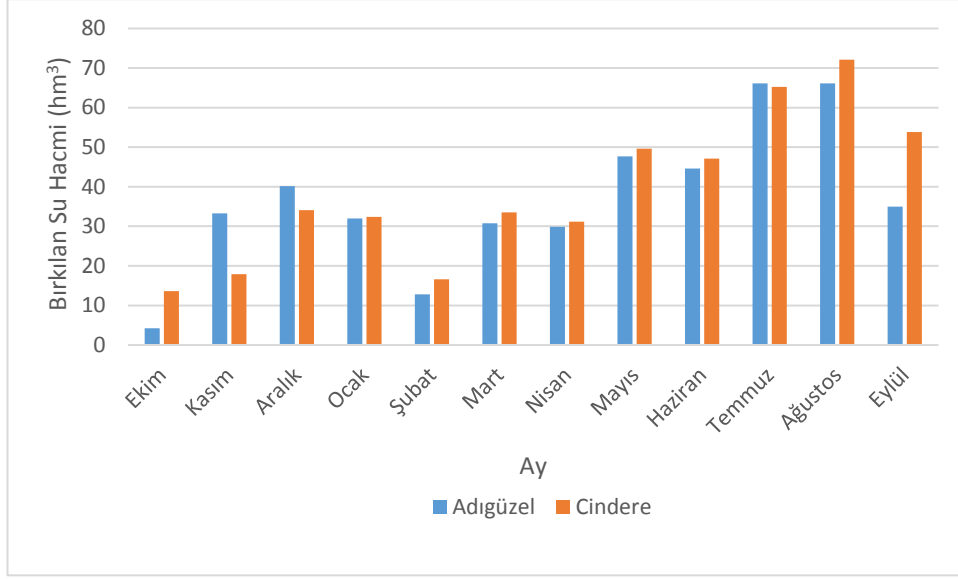
Şekil 5.3: Ortalama giren akım yaklaşımına göre barajlardan bırakılan su hacimleri.



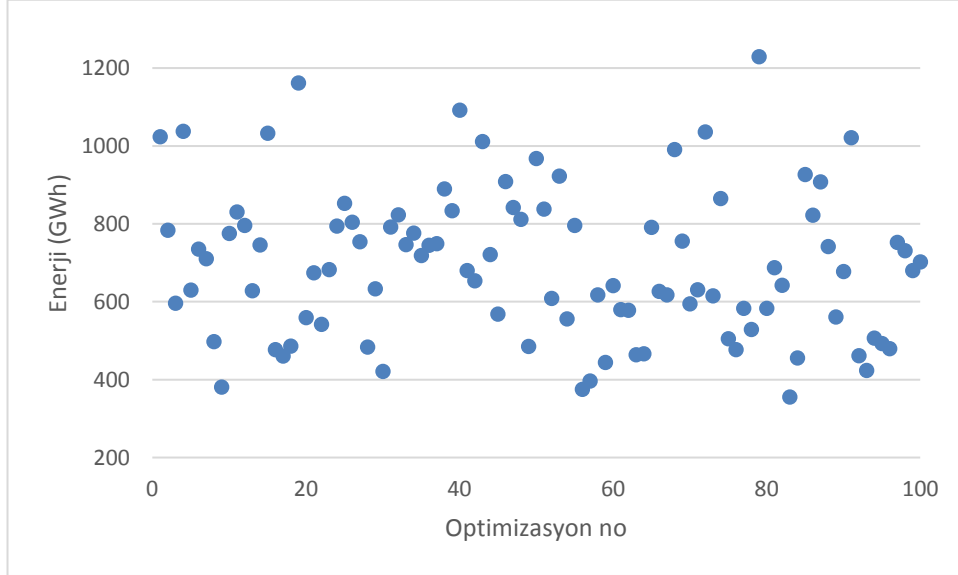
Şekil 5.4: Ortalama giren akım yaklaşımına göre üretilen toplam enerji.

5.2.2 Stokastik Giren Akım Yaklaşımı

Adıgüzel ve Cindere barajlarından aylık olarak bırakılması gereken su hacimlerinin stokastik giren akım yaklaşımı ile yapılan 100 farklı girdi sonucundaki ortalama değerleri Şekil 5.5'te; her bir optimizasyon sonucunda üretilen toplam enerji miktarları ise Şekil 5.6'da verilmiştir. Optimizasyonlar sonucunda elde edilen farklı toplam enerji miktarlarının temel istatistikleri Tablo 5.3'te verilmiştir.



Şekil 5.5: Stokastik giren akım yaklaşımına göre barajlardan bırakılan su hacimleri.



Şekil 5.6: Stokastik giren akım yaklaşımına göre üretilen toplam enerji.

Tablo 5.3: Ortalama ve Stokastik giren akım yaklaşımları için toplam enerji temel istatistikleri.

| İstatistik Parametre | Giren akım belirleme yaklaşımı | |
|----------------------|--------------------------------|-----------|
| | Ortalama | Stokastik |
| Ortalama | 731,803 | 695,518 |
| Standart Sapma | 10,472 | 189,949 |
| Ortanca | 732,890 | 681,560 |
| En büyük | 749,168 | 1229,489 |
| En küçük | 694,795 | 355,096 |

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Optimizasyonlar sonucu üretilen toplam enerji miktarlarının ortalama değerleri karşılaştırıldığı zaman ortalama giren akım yaklaşımı için elde edilen değerlerin daha büyük olduğu görülmektedir. Ancak en büyük değerler karşılaştırıldığında Stokastik giren akım yaklaşımı için elde edilen değerlerin daha büyük olduğu görülmektedir. Beklendiği gibi ortalama giren akım yaklaşımı için elde edilen toplam enerji miktarı değerlerinin standart sapmaları daha düşüktür. Farklı optimizasyonlarda toplam enerji miktarlarının ortalamasına yakın değerler elde edilmiştir.

Stokastik giren akım yaklaşımının daha gerçekçi sonuçlar verdiği düşünülmektedir. Çünkü elektrik üretimi gelen akıma bağlıdır ve yıllar arasında kurak ve sulak dönemler olabilmektedir. Mevcut elektrik üretim tesisleri olan Adıgüzel, Adıgüzel-II ve Cindere HES 2015 ve 2016 yılları için ölçülmüş elektrik üretim değerleri Tablo 4.5'te verilmiştir. Yenicekent HES henüz hizmete girmemiştir ancak sulamaya verilen sudan elektrik üretmesi planlandığı için kurulu gücünde üretim yapması beklenmektedir. 2015 ve 2016 yıllarındaki mevcut tesislerin üretimine Yenicekent HES'in kurulu gücündeki üretim de eklenince Tablo 6.1'deki toplam değerler hesaplanır.

Tablo 6.1: Mevcut tesislerin 2015 ve 2016 elektrik üretimleri.

| HES | 2015 (GWh) | 2016 (GWh) |
|--------------------|-------------------|-------------------|
| Adıgüzel | 124,721 | 153,609 |
| Adıgüzel-II | 49,962 | 65,347 |
| Cindere | 57,355 | 70,144 |
| Yenicekent | 42,59 | 42,59 |
| Toplam | 274,628 | 331,69 |

Tablo 6.1'de görüldüğü gibi 2015 ve 2016 yıllarındaki elektrik üretimleri her iki yaklaşıma göre yapılan optimizasyonlarda elde edilen elektrik üretimlerinin minimum değerlerinden daha düşük olarak gerçekleşmiştir. Bu da Adıgüzel barajına giren akımların sistemin elektrik üretiminde en etkili parametre olmasıyla açıklanır. Son yıllarda Işıklı gölünden alınan sulama suyu ihtiyacının artmasıyla beraber

Adıgüzel baraj gölü kendisini besleyen en büyük kol olan Büyük Menderes ana yatağından yeterince beslenememektedir.

Bu çalışma farklı iklim senaryoları ve kurak dönemlerin periyotları da göz önünde bulundurularak tekrar yapılabilir. Türkiye'nin güneybatısındaki sıcaklık artışı ve yağış azalması çeşitli iklim senaryolarında öngörülmektedir. Bunların etkileri de optimizasyonda gözönüne alınabilir. Farklı optimizasyon teknikleri ve optimizasyon parametreleri kullanarak çalışma tekrarlanabilir.

Büyük Menderes nehrinin mansaptaki yan kollarında bulunan Kemer ve Çine barajları gibi diğer mevcut ve önerilen HES'ler de dâhil edilerek tüm havzayı kapsayan bir çalışma yapılabilir.

DEA'da mutant vektörü elde etmek için farklı stratejileri bulunmaktadır bu stratejileri kullanılarak çalışma tekrar yapılabilir. DEA'da kullanılan popülasyon sayısı (N_p), karar değişkeni sayısı (D), çaprazlama olasılığı (C_r), ölçekleme faktörü (F) ve jenerasyon sayısı (G) parametrelerine farklı değerler için çalıştırarak duyarlılık analizi yapılabilir.

7. KAYNAKLAR

Altun, E., “*Uç Değerler Teorisi ve Riske Maruz Değer*”, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2014).

Ara, İ., “*Sıralı Barajlarda Hazne İşletme Eniyilemesi İle İşletme Kural Eğrilerinin Elde Edilmesi ve Büyük Menderes Nehri Örneği*”, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, (2018).

Hassanjabbar, A.; Saghafian B., Jamali S., (2018), “*Multi-reservoir system management under alternative policies and environmental operating conditions*”, Hydrology Research, 49 (6): 1817-1830.

Hınçal, O.; Sakarya, A. B. A.; Ger, M., “*Genetik Algoritma Kullanılarak Çoklu Rezervuarların Optimizasyonu*”, II. Su Yapıları Sempozyumu, 16-18 Eylül 2011, Diyarbakır.

Kajee-Bagdadi, Z., “*Differential Evolution Algorithms for Constrained Global Optimization*”, Yüksek Lisans Tezi, University of the Witwatersrand, Johannesburg, (2007).

Master Plan (2017), “*Büyük Menderes Havzası Master Plan Raporu*”, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, 21. Bölge Müdürlüğü.

Opan, M. (2011), “*Çok Barajlı Sistemde Gerçek Zamanlı Optimal İşletme*”, İMO Teknik Dergi, 2011, 5359-5385, Yazı 347.

Ökünç, O. M. ve Ayvaz, M. T. (2017), “*Çoklu Baraj Sistemleri için Optimum İşletme Planlarının Diferansiyel Evrim Algoritması ile Belirlenmesi*”, 4th International Water Congress, 2-4 November 2017, Izmir-TURKEY.

Özdemir, O. N. (2001), “*Çok Amaçlı Ardışık Barajların İşletilmesi*”, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt: 16, No: 2, 53-61.

Özyön, S., Yaşar, C. ve Temurtaş, H., “*Diferansiyel Gelişim Algoritmasının Valf Nokta Etkili Konveks Olmayan Ekonomik Güç Dağıtım Problemlerine Uygulanması*”, 6th International Advanced Technologies Symposium, Elazığ, Turkey (2011).

Ponnambalam, K. ve Adams, B. J., (1996), “*Stochastic optimization of multireservoir systems using a heuristic algorithm: Case study from India*”, Water Resources Research, (32), No. 3, 733-741.

Kiruthiga, D., ve Amudha, T., “Optimal Reservoir Release for Hydropower Generation Maximization Using Particle Swarm Optimization”, (eds: Snášel, V., Krömer, P., Abraham, A.), “*Innovations in Bio-inspired Computing and Applications*”, Switzerland, Springer International Publishing, (2016).

Storn, R. ve Price, K., (1997), “*Differential evolution- a simple and efficient heuristic for global optimization over continuous spaces*”, Journal of Global Optimization, 11: 341–359.

Wardlaw, R. ve Sharif, M., (1999), “*Evaluation of Genetic Algorithms for Optimal Reservoir System Operation*”, Journal of Water Resources Planning and Management, 125:25-33.

Yi, X. (2017), “*A New Simulation and Optimization Multi-Reservoir System Model*”, Yüksek Lisans Tezi, North Carolina State University, ABD.

Yaşar, M., “*Optimization of Reservoir Operation Using Cuckoo Search Algorithm: Example of Adıgüzel Dam, Denizli, Turkey*”, Mathematical Problems in Engineering, 2016 (1), 1-7, (2016).

“*EÜAŞ Genel Müdürlüğü 2020 Yılı Faaliyet Raporu*”, Ankara: EÜAŞ, (2020).

"Adıgüzel Barajı ve HES [Online]",
<http://www.enerjiatlası.com/hidroelektrik/adiguzel-baraji>, (2021).

"Cindere Barajı ve HES [Online]",
<http://www.ozaltin.com.tr/insaat-ve-taahhut/barajlar/cindere-baraji-ve-hes>,
(2021).

“*Denizli ili 2019 Yılı Çevre Durum Raporu*”, Denizli: Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, (2020).

EKLER

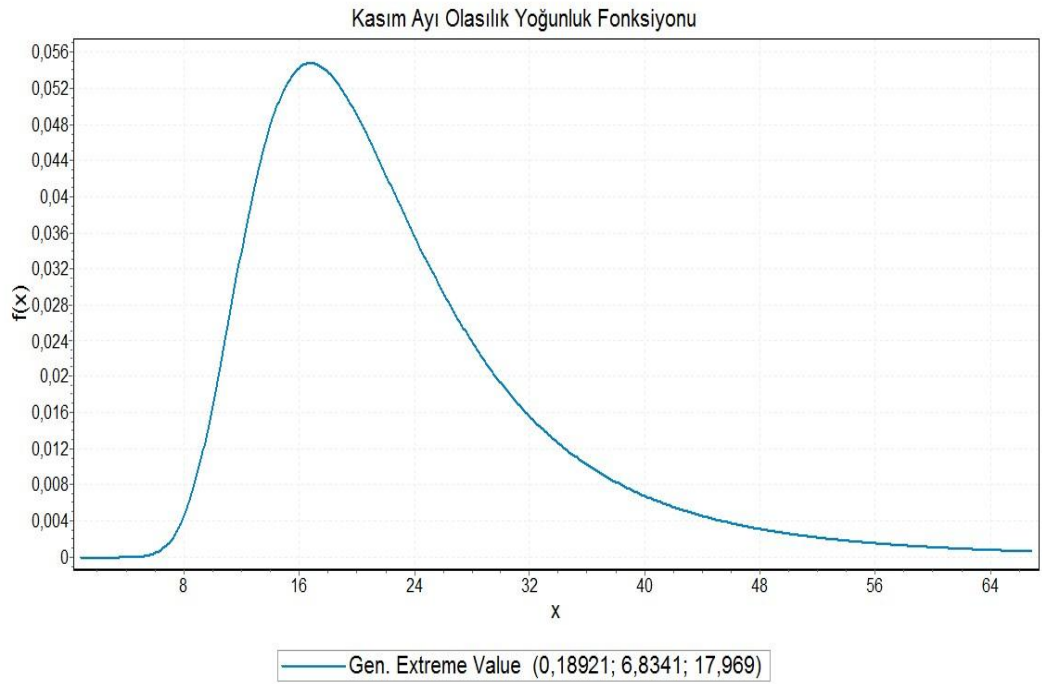
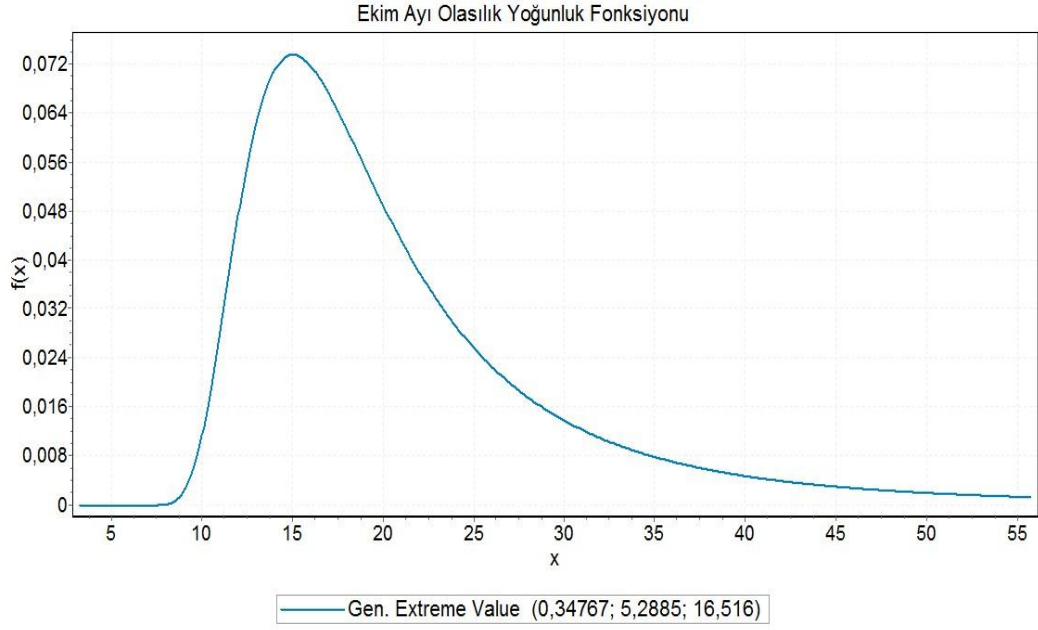
8. EKLER

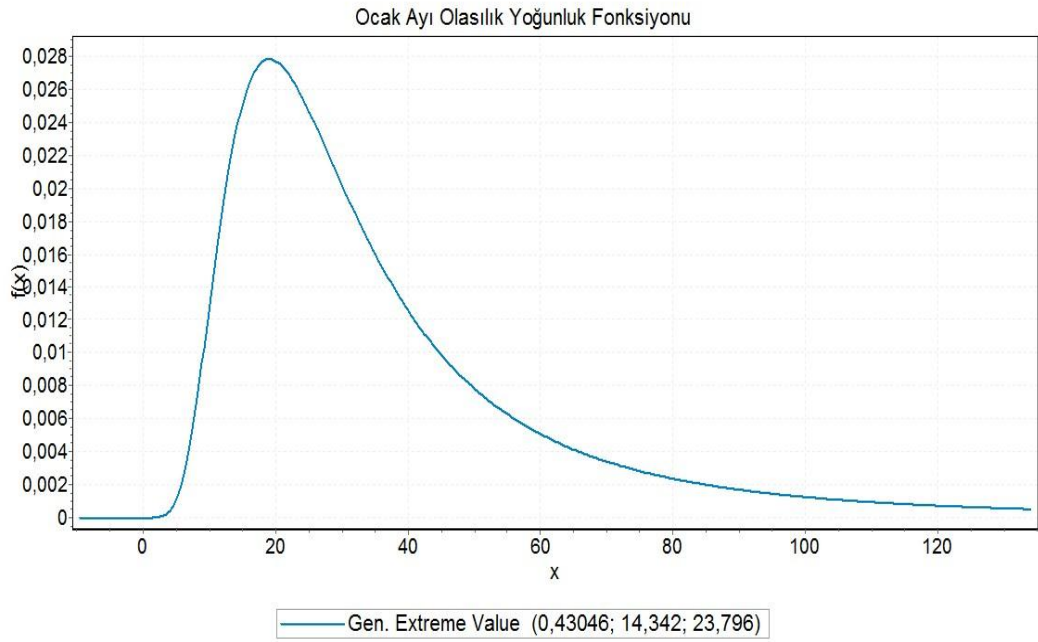
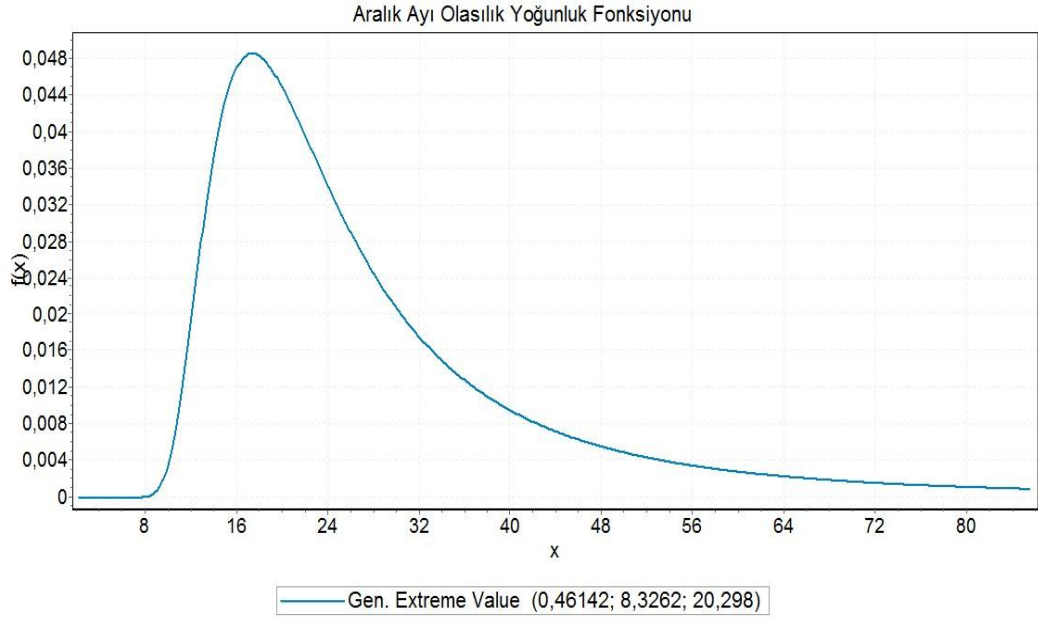
EK A

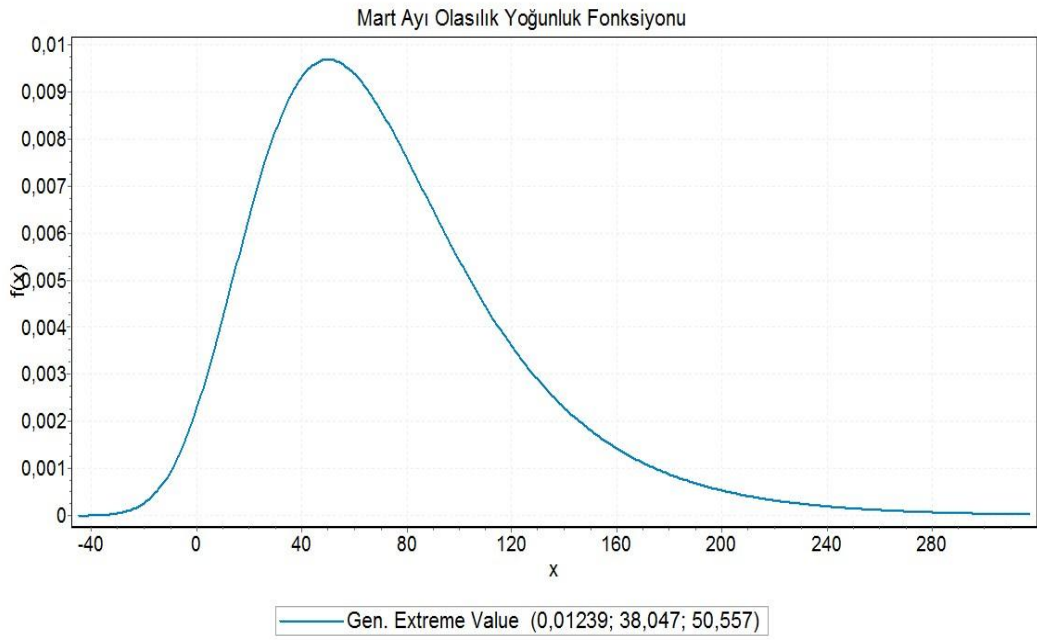
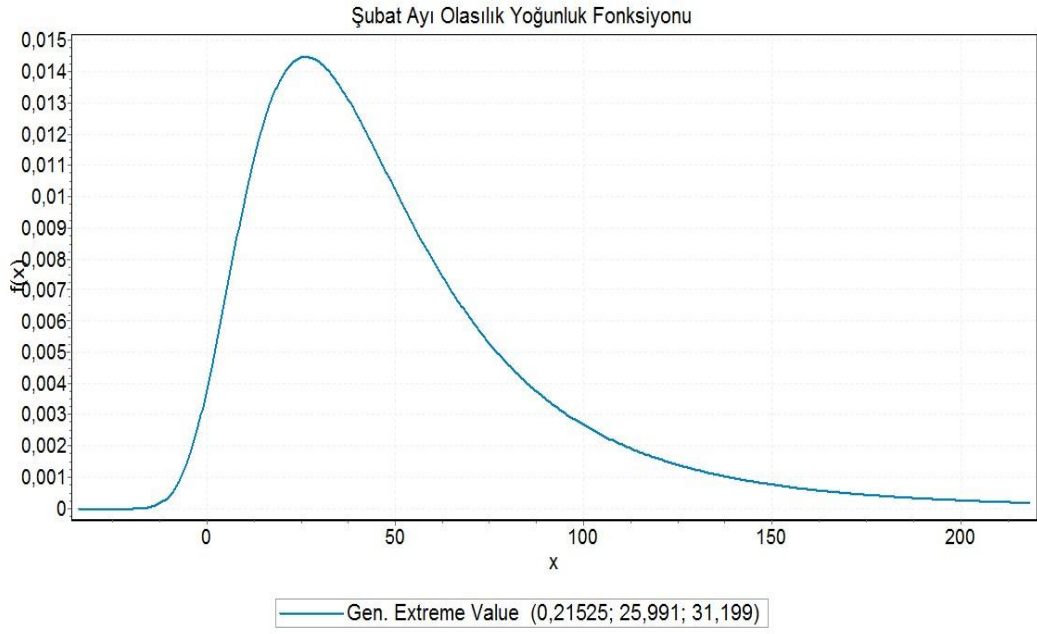
| Yıl | EKİM | KASIM | ARALIK | OCAK | ŞUBAT | MART | NİSAN | MAYIS | HAZİRAN | TEMMUZ | AĞUSTOS | EYLÜL |
|------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|-------|
| 1980 | 46.89 | 78.91 | 96.70 | 152.02 | 117.75 | 151.89 | 237.42 | 155.56 | 46.21 | 79.09 | 84.62 | 58.84 |
| 1981 | 20.05 | 32.75 | 68.02 | 183.86 | 129.43 | 165.78 | 116.34 | 91.07 | 51.87 | 73.40 | 78.80 | 57.93 |
| 1982 | 24.54 | 27.07 | 121.73 | 104.49 | 81.86 | 104.04 | 111.37 | 132.66 | 72.24 | 71.38 | 82.66 | 76.98 |
| 1983 | 43.26 | 22.32 | 32.45 | 29.97 | 38.48 | 84.28 | 91.93 | 56.55 | 33.22 | 71.68 | 76.81 | 48.02 |
| 1984 | 17.49 | 34.93 | 77.63 | 57.36 | 149.55 | 189.52 | 228.64 | 160.02 | 60.44 | 85.88 | 102.03 | 65.45 |
| 1985 | 73.67 | 34.77 | 50.28 | 106.72 | 104.76 | 109.23 | 132.22 | 62.91 | 41.17 | 67.77 | 90.20 | 60.29 |
| 1986 | 39.20 | 27.06 | 28.51 | 38.36 | 59.08 | 92.71 | 71.29 | 35.99 | 23.16 | 56.85 | 73.35 | 47.18 |
| 1987 | 31.47 | 28.67 | 29.81 | 50.02 | 43.47 | 53.21 | 136.51 | 113.45 | 48.42 | 80.08 | 90.38 | 61.32 |
| 1988 | 25.04 | 24.96 | 30.17 | 30.27 | 28.69 | 48.88 | 130.83 | 97.45 | 34.65 | 79.47 | 82.45 | 52.04 |
| 1989 | 22.37 | 28.12 | 30.51 | 27.41 | 23.84 | 26.90 | 20.21 | 20.42 | 15.59 | 57.96 | 57.52 | 21.10 |
| 1990 | 9.69 | 35.99 | 21.40 | 24.39 | 19.69 | 19.65 | 24.90 | 10.86 | 0.23 | 18.59 | 28.02 | 14.45 |
| 1991 | 20.23 | 15.92 | 24.96 | 16.66 | 17.25 | 24.32 | 23.86 | 24.78 | 3.92 | 10.34 | 18.88 | 15.86 |
| 1992 | 17.11 | 14.20 | 13.08 | 12.62 | 12.11 | 16.49 | 25.04 | 5.69 | 4.14 | 0.00 | 13.21 | 2.81 |
| 1993 | 18.22 | 16.17 | 16.17 | 13.04 | 12.21 | 28.67 | 25.37 | 13.62 | 6.71 | 2.48 | 12.74 | 16.54 |
| 1994 | 16.17 | 14.57 | 17.06 | 16.25 | 15.09 | 23.48 | 24.40 | 12.59 | 0.00 | 11.16 | 9.16 | 1.78 |
| 1995 | 13.89 | 16.02 | 14.44 | 19.09 | 15.49 | 24.18 | 37.54 | 30.15 | 3.60 | 10.38 | 21.34 | 14.46 |
| 1996 | 13.59 | 12.23 | 16.99 | 21.33 | 27.45 | 76.70 | 70.99 | 39.92 | 6.01 | 24.12 | 10.95 | 9.24 |
| 1997 | 14.22 | 13.51 | 16.16 | 16.61 | 16.33 | 29.57 | 57.59 | 36.49 | 10.62 | 14.87 | 18.26 | 13.85 |
| 1998 | 18.03 | 16.75 | 19.67 | 13.05 | 31.38 | 68.06 | 105.27 | 77.09 | 17.25 | 22.25 | 28.62 | 9.63 |
| 1999 | 9.39 | 12.65 | 18.33 | 53.15 | 136.64 | 133.20 | 151.32 | 65.58 | 24.51 | 35.50 | 30.02 | 25.99 |
| 2000 | 21.81 | 32.26 | 40.41 | 42.81 | 47.62 | 66.88 | 115.20 | 86.91 | 20.57 | 13.49 | 19.05 | 22.78 |
| 2001 | 13.52 | 16.90 | 17.18 | 16.76 | 14.44 | 24.35 | 42.68 | 28.85 | 14.01 | 31.98 | 19.64 | 11.69 |
| 2002 | 16.62 | 19.88 | 43.83 | 41.37 | 30.63 | 68.85 | 119.19 | 67.96 | 16.76 | 31.87 | 24.28 | 23.63 |
| 2003 | 17.49 | 25.07 | 25.25 | 28.19 | 66.05 | 65.07 | 115.64 | 72.93 | 20.06 | 24.78 | 32.20 | 19.86 |
| 2004 | 15.73 | 13.33 | 16.58 | 50.98 | 69.99 | 100.19 | 79.21 | 56.36 | 21.72 | 21.62 | 24.34 | 17.95 |
| 2005 | 14.66 | 16.28 | 13.32 | 14.99 | 18.18 | 65.88 | 64.60 | 37.29 | 32.13 | 26.18 | 32.42 | 23.71 |
| 2006 | 23.08 | 19.98 | 24.97 | 20.43 | 24.36 | 45.99 | 37.30 | 28.63 | 29.95 | 29.87 | 19.03 | 19.90 |
| 2007 | 17.95 | 26.81 | 19.68 | 21.03 | 26.27 | 15.99 | 19.45 | 15.11 | 13.44 | 0.00 | 0.00 | 4.34 |
| 2008 | 19.01 | 14.62 | 21.30 | 22.18 | 18.00 | 21.97 | 19.30 | 11.97 | 0.70 | 0.00 | 0.00 | 5.52 |
| 2009 | 12.72 | 9.48 | 15.26 | 19.63 | 58.50 | 92.89 | 135.71 | 75.28 | 9.10 | 12.75 | 14.13 | 9.03 |
| 2010 | 22.65 | 22.50 | 32.46 | 40.07 | 106.91 | 125.07 | 76.10 | 44.63 | 18.36 | 3.17 | 3.65 | 16.71 |
| 2011 | 25.79 | 31.01 | 26.83 | 33.73 | 34.76 | 85.76 | 80.99 | 71.28 | 36.66 | 4.65 | 0.54 | 6.41 |
| 2012 | 20.67 | 20.65 | 22.67 | 54.85 | 124.99 | 142.70 | 137.79 | 80.84 | 17.66 | 4.75 | 3.49 | 6.61 |
| 2013 | 22.07 | 21.66 | 24.45 | 53.65 | 85.90 | 89.29 | 92.43 | 43.47 | 25.02 | 7.70 | 0.00 | 10.71 |

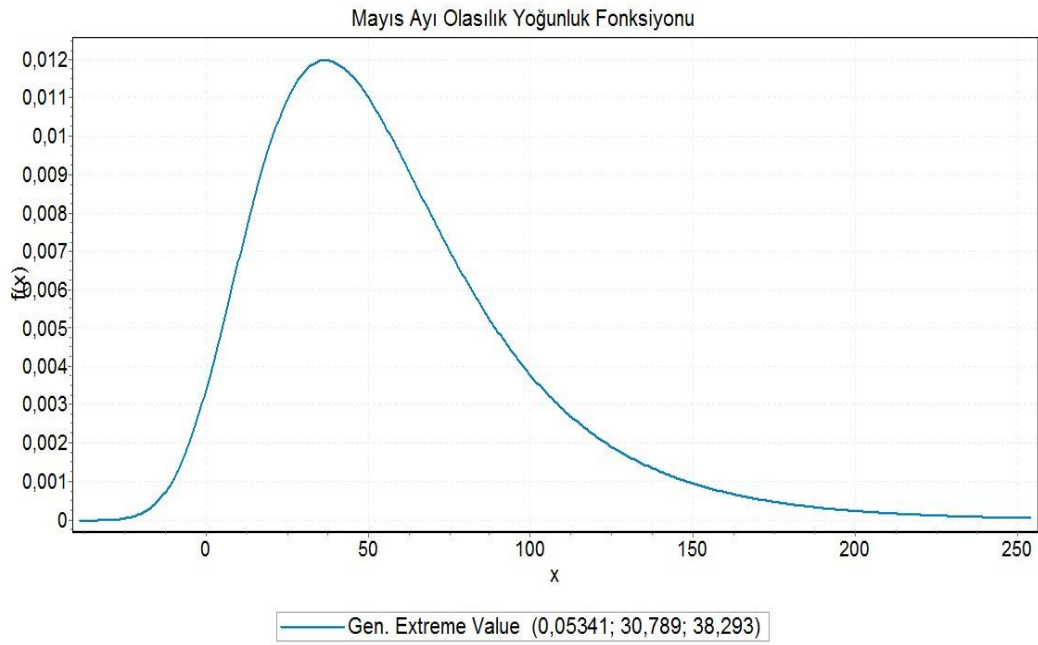
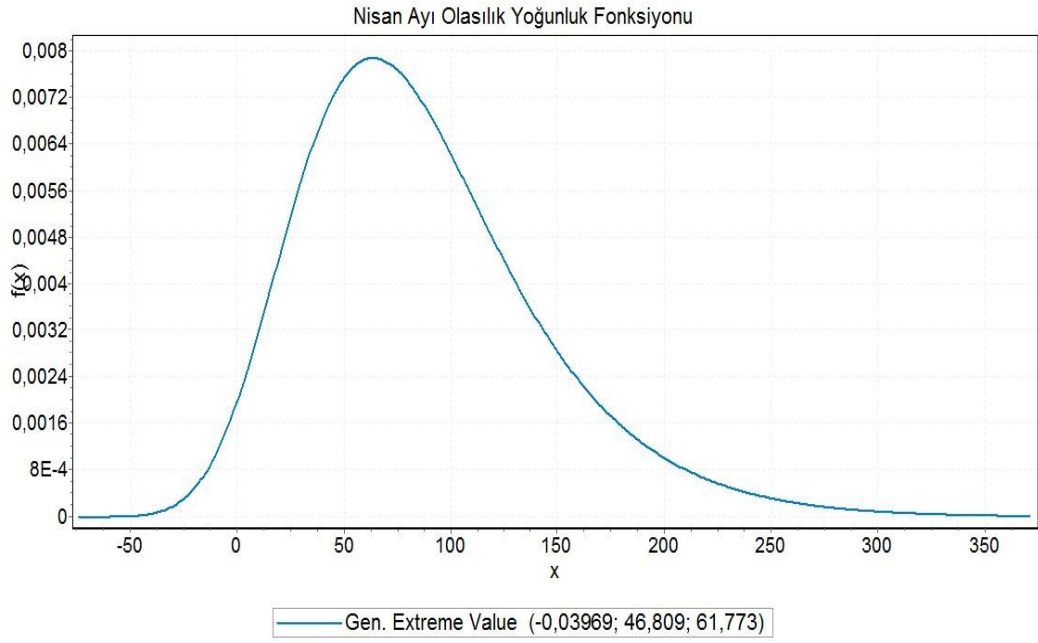
| YIL | EKİM | KASIM | ARALIK | OCAK | ŞUBAT | MART | NİSAN | MAYIS | HAZİRAN | TEMMUZ | AĞUSTOS | EYLÜL |
|------|------|-------|--------|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|
| 1980 | 1,85 | 2,84 | 3,59 | 5,52 | 4,42 | 5,59 | 8,70 | 5,99 | 3,25 | 4,41 | 4,51 | 3,10 |
| 1981 | 1,97 | 2,22 | 3,65 | 6,82 | 4,96 | 6,23 | 4,34 | 3,75 | 3,35 | 4,12 | 4,15 | 3,17 |
| 1982 | 1,86 | 2,01 | 6,12 | 4,09 | 3,29 | 4,18 | 4,48 | 5,20 | 3,62 | 3,80 | 4,26 | 3,69 |
| 1983 | 2,53 | 1,87 | 2,16 | 2,21 | 2,11 | 3,65 | 3,97 | 2,56 | 2,04 | 3,54 | 3,78 | 2,28 |
| 1984 | 1,26 | 3,03 | 4,96 | 4,10 | 5,75 | 6,94 | 8,39 | 6,14 | 3,59 | 5,07 | 5,54 | 3,30 |
| 1985 | 3,55 | 2,30 | 2,35 | 4,30 | 4,47 | 4,30 | 5,11 | 2,80 | 2,46 | 3,49 | 4,18 | 2,91 |
| 1986 | 2,06 | 1,83 | 2,00 | 3,17 | 4,06 | 3,77 | 2,95 | 1,80 | 1,79 | 2,83 | 3,34 | 2,36 |
| 1987 | 1,63 | 1,61 | 2,04 | 3,59 | 3,23 | 3,54 | 5,37 | 4,64 | 2,90 | 3,83 | 4,01 | 2,80 |
| 1988 | 1,48 | 1,66 | 2,10 | 2,02 | 2,14 | 4,00 | 5,22 | 4,05 | 2,16 | 3,66 | 3,64 | 2,41 |
| 1989 | 1,40 | 2,43 | 2,31 | 1,99 | 1,68 | 2,03 | 1,29 | 1,28 | 1,06 | 2,65 | 2,79 | 1,15 |
| 1990 | 0,71 | 2,26 | 2,29 | 1,67 | 1,47 | 1,57 | 1,84 | 1,30 | 0,51 | 1,42 | 1,77 | 0,84 |
| 1991 | 1,05 | 0,95 | 1,66 | 1,33 | 1,53 | 1,95 | 2,07 | 2,05 | 1,08 | 1,54 | 1,84 | 1,08 |
| 1992 | 1,17 | 1,11 | 1,28 | 1,18 | 1,04 | 1,64 | 2,35 | 0,94 | 0,91 | 1,05 | 1,37 | 0,48 |
| 1993 | 1,00 | 1,14 | 1,37 | 1,28 | 1,39 | 2,59 | 2,16 | 1,94 | 1,16 | 0,99 | 1,12 | 0,83 |
| 1994 | 0,75 | 1,15 | 1,23 | 1,27 | 1,26 | 1,87 | 2,13 | 1,67 | 0,67 | 1,40 | 1,20 | 0,55 |
| 1995 | 1,02 | 1,51 | 1,45 | 1,79 | 1,40 | 2,80 | 3,55 | 2,26 | 1,10 | 1,83 | 1,81 | 1,19 |
| 1996 | 1,40 | 1,43 | 1,81 | 1,90 | 2,74 | 3,34 | 3,30 | 2,16 | 1,38 | 2,20 | 1,67 | 1,29 |
| 1997 | 1,46 | 1,27 | 1,68 | 1,70 | 1,45 | 1,59 | 2,72 | 1,97 | 1,53 | 1,69 | 1,76 | 1,19 |
| 1998 | 1,34 | 1,36 | 1,84 | 1,80 | 3,20 | 3,59 | 4,60 | 3,56 | 2,37 | 2,25 | 2,19 | 1,48 |
| 1999 | 1,57 | 1,69 | 2,05 | 2,37 | 5,58 | 5,17 | 6,02 | 3,02 | 2,49 | 2,94 | 2,64 | 2,16 |
| 2000 | 1,90 | 2,37 | 2,00 | 1,71 | 2,11 | 3,14 | 4,91 | 3,72 | 1,96 | 1,74 | 1,81 | 1,59 |
| 2001 | 1,31 | 1,46 | 1,65 | 1,44 | 1,46 | 1,88 | 1,97 | 1,56 | 1,12 | 2,14 | 1,63 | 0,99 |
| 2002 | 0,98 | 1,45 | 4,67 | 3,85 | 2,43 | 2,74 | 4,75 | 3,01 | 1,88 | 2,38 | 1,95 | 1,96 |
| 2003 | 1,44 | 1,75 | 1,82 | 2,29 | 3,58 | 3,02 | 4,85 | 3,23 | 2,16 | 2,09 | 2,28 | 1,54 |
| 2004 | 1,69 | 1,66 | 2,07 | 2,86 | 3,50 | 3,83 | 3,23 | 2,60 | 1,94 | 1,80 | 1,98 | 1,47 |
| 2005 | 1,51 | 1,64 | 1,68 | 1,74 | 1,65 | 3,31 | 2,78 | 1,89 | 1,95 | 1,92 | 1,97 | 1,37 |
| 2006 | 1,35 | 1,46 | 1,68 | 1,52 | 2,06 | 3,66 | 2,75 | 2,11 | 1,81 | 1,98 | 1,68 | 1,37 |
| 2007 | 1,27 | 1,69 | 1,46 | 1,62 | 1,91 | 1,65 | 1,73 | 1,11 | 1,16 | 0,97 | 0,79 | 0,77 |
| 2008 | 1,16 | 1,37 | 2,60 | 1,60 | 1,44 | 2,00 | 2,36 | 1,11 | 0,80 | 0,97 | 0,88 | 0,81 |
| 2009 | 0,94 | 1,06 | 1,21 | 2,56 | 5,58 | 4,91 | 5,52 | 3,35 | 1,78 | 1,92 | 1,57 | 1,49 |
| 2010 | 1,60 | 1,65 | 2,78 | 2,92 | 4,76 | 4,85 | 3,13 | 2,11 | 2,03 | 1,46 | 1,26 | 1,32 |
| 2011 | 1,70 | 1,68 | 2,44 | 2,73 | 2,65 | 3,54 | 3,38 | 3,05 | 2,88 | 1,52 | 1,37 | 1,09 |
| 2012 | 1,95 | 1,58 | 2,05 | 3,29 | 4,96 | 5,57 | 5,18 | 3,25 | 2,26 | 1,64 | 1,44 | 1,13 |
| 2013 | 1,76 | 1,75 | 2,59 | 2,93 | 3,54 | 3,45 | 3,63 | 2,07 | 2,02 | 1,54 | 0,89 | 1,09 |

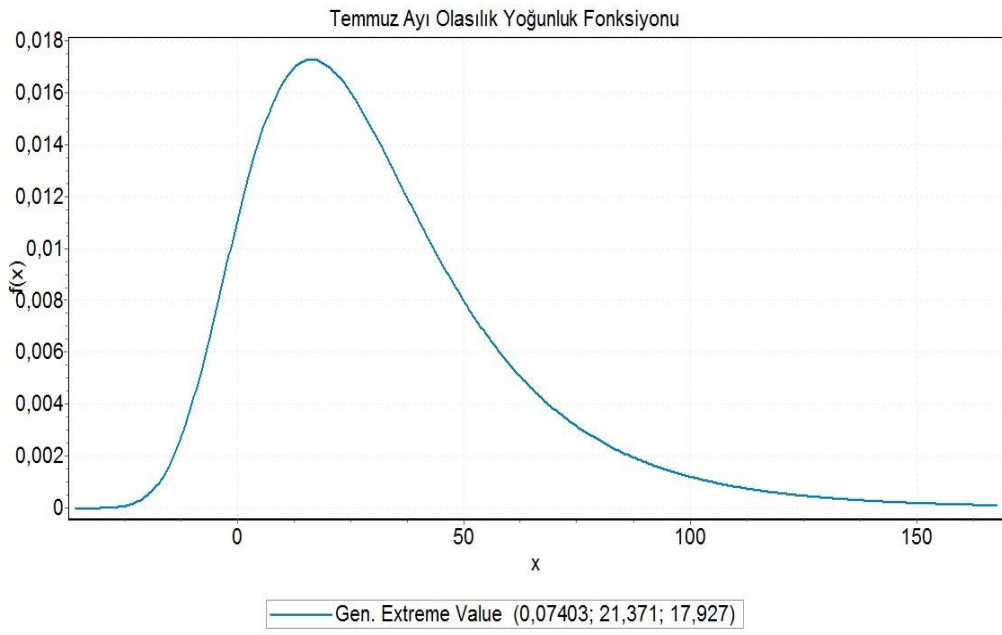
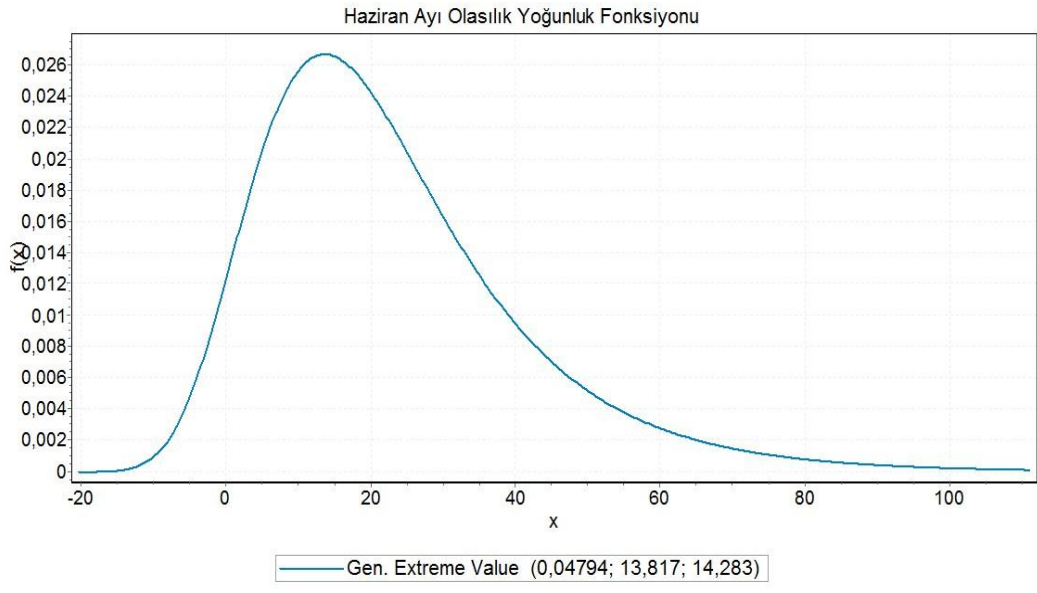
EK B

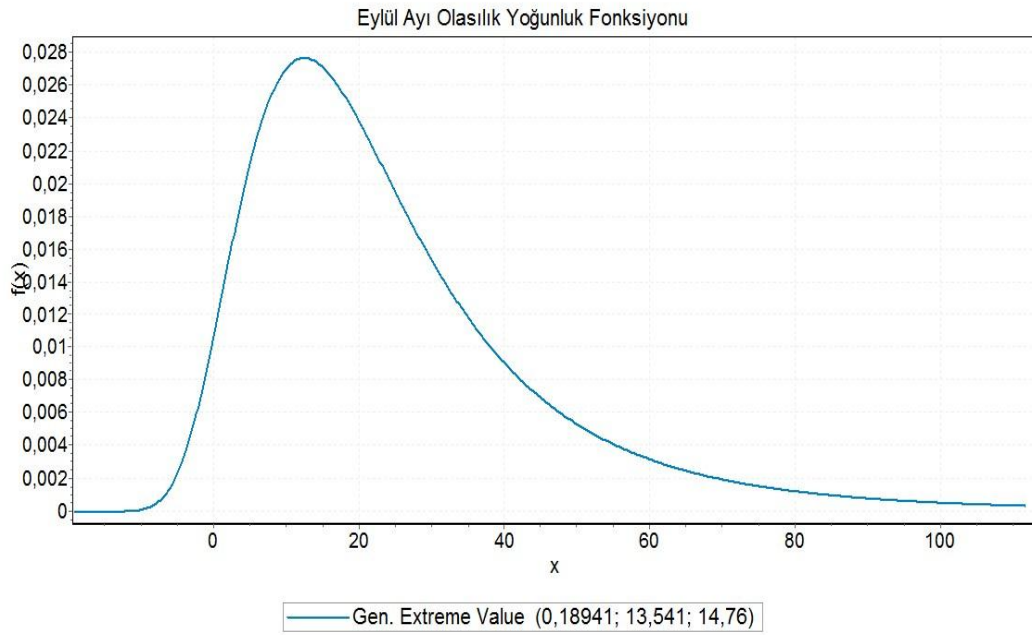
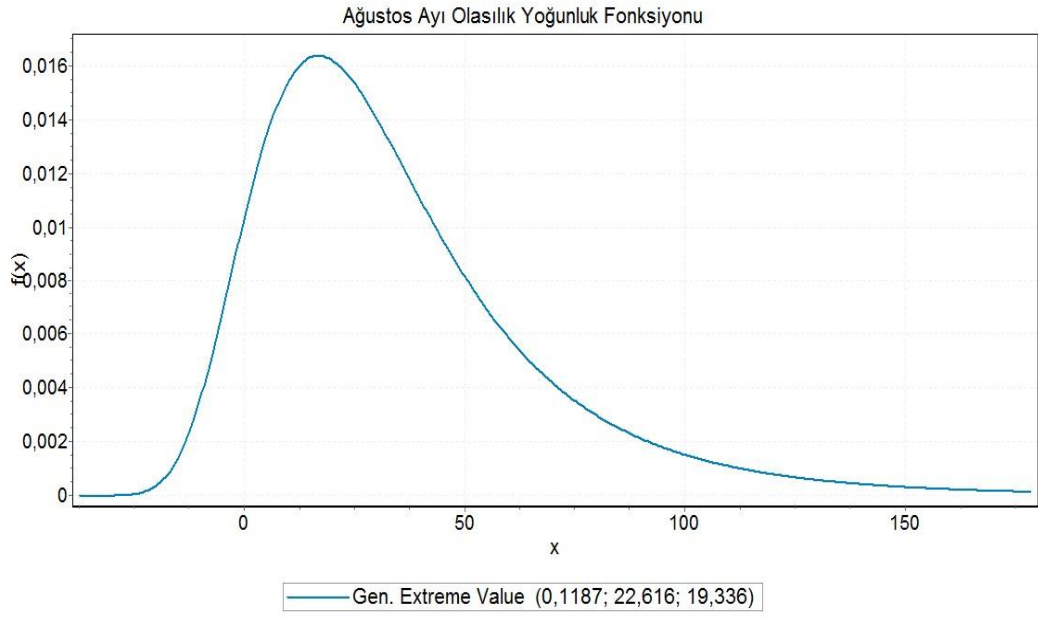












EK C

| Tarım Yeri: | | Yenicekent Sol Sahil (Saray) Sulaması | | | | | Enlem Derecesi: | | | 38.00° |
|----------------|------------------|---------------------------------------|-----------|------------|------------|------------|-----------------|-----------|-------|--------|
| Aylar | | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | |
| T | | 9,8 | 14,2 | 18,9 | 23,5 | 26,6 | 26,2 | 21,4 | 16,4 | |
| r | | 68,7 | 44,8 | 48,3 | 23,3 | 10,6 | 4,1 | 19,5 | 29,4 | |
| r _e | | 60 | 40 | 43 | 23,3 | 10,6 | 4,1 | 19,5 | 29,4 | |
| P | | 8,34 | 8,9 | 9,92 | 9,96 | 10,1 | 9,47 | 8,38 | 7,8 | |
| f | | 4,140 | 5,123 | 6,549 | 7,400 | 8,068 | 7,496 | 5,910 | 4,799 | |
| Meyve | kc | | 0,62 | 0,87 | 0,97 | 0,97 | 0,80 | 0,50 | 0,28 | |
| | kt | | 0,68 | 0,83 | 0,97 | 1,07 | 1,06 | 0,91 | 0,75 | |
| | k | | 0,42 | 18,30 | 23,93 | 26,31 | 21,45 | 11,51 | 5,34 | |
| | u | | 55,00 | 119,85 | 177,11 | 212,28 | 160,78 | 68,00 | 25,61 | |
| | u-r _e | | 15,00 | 76,85 | 153,81 | 201,68 | 156,68 | 48,50 | -3,79 | |
| V | | 31281,04 | 160237,45 | 320697,38 | 420498,87 | 326672,02 | 101115,13 | -7911,28 | | |
| Hububat | kc | 1,44 | 1,32 | 0,95 | | | | | | |
| | kt | 0,54 | 0,68 | 0,83 | | | | | | |
| | k | 0,78 | 0,90 | 0,79 | | | | | | |
| | u | 82,49 | 117,10 | 130,87 | | | | | | |
| | u-r _e | 22,49 | 77,10 | 87,87 | | | | | | |
| V | 202,80 | 695,21 | 792,32 | | | | | | | |
| Pamuk | kc | | | 0,38 | 0,45 | 0,95 | 0,87 | 0,55 | 0,35 | |
| | kt | | | 0,83 | 0,97 | 1,07 | 1,06 | 0,91 | 0,75 | |
| | k | | | 0,31 | 0,44 | 1,01 | 0,92 | 0,50 | 0,26 | |
| | u | | | 52,35 | 82,17 | 207,90 | 174,85 | 74,80 | 32,01 | |
| | u-r _e | | | 9,35 | 58,87 | 197,30 | 170,75 | 55,30 | 2,61 | |
| V | | | 257201,02 | 1619382,14 | 5427757,36 | 4697201,45 | 1521195,97 | 71719,28 | | |
| Bağ | kc | | 0,67 | 0,70 | 0,72 | 0,80 | 0,95 | 0,55 | 0,38 | |
| | kt | | 0,68 | 0,83 | 0,97 | 1,07 | 1,06 | 0,91 | 0,75 | |
| | k | | 0,46 | 0,58 | 0,70 | 0,85 | 1,00 | 0,50 | 0,29 | |
| | u | | 59,44 | 96,43 | 131,46 | 175,07 | 190,92 | 74,80 | 34,75 | |
| | u-r _e | | 19,44 | 53,43 | 108,16 | 164,47 | 186,82 | 55,30 | 5,35 | |
| V | | 24784 | 68127 | 137910 | 209705 | 238199 | 70503 | 6822 | | |
| Mısır | kc | | 0,55 | 0,75 | 0,92 | 0,90 | 0,75 | | | |
| | kt | | 0,68 | 0,83 | 0,97 | 1,07 | 1,06 | | | |
| | k | | 0,37 | 0,62 | 0,89 | 0,96 | 0,79 | | | |
| | u | | 48,79 | 103,32 | 167,98 | 196,96 | 150,73 | | | |
| | u-r _e | | 8,79 | 60,32 | 144,68 | 186,36 | 146,63 | | | |
| V | | 121341,90 | 832431,38 | 1996614,68 | 2571755,28 | 2023475,40 | | | | |
| Mısır II.ürün | kc | | | | 0,55 | 0,75 | 0,92 | 0,90 | 0,75 | |
| | kt | | | | 0,97 | 1,07 | 1,06 | 0,91 | 0,75 | |
| | k | | | | 0,53 | 0,80 | 0,97 | 0,82 | 0,56 | |
| | u | | | | 100,42 | 164,13 | 184,89 | 122,39 | 68,59 | |
| | u-r _e | | | | 77,12 | 153,53 | 180,79 | 102,89 | 39,19 | |
| V | | | | 1048117,27 | 2086507,56 | 2456987,92 | 1398324,48 | 532544,32 | | |
| Yem bitkisi | kc | 0,87 | 1,00 | 1,07 | 0,12 | 1,10 | 1,07 | 1,00 | 0,90 | |
| | kt | 0,54 | 0,68 | 0,83 | 0,97 | 1,07 | 1,06 | 0,91 | 0,75 | |
| | k | 0,47 | 0,68 | 0,89 | 0,12 | 1,17 | 1,13 | 0,91 | 0,68 | |
| | u | 49,84 | 88,71 | 147,40 | 21,91 | 240,73 | 215,04 | 135,99 | 82,30 | |
| | u-r _e | -10,16 | 48,71 | 104,40 | -1,39 | 230,13 | 210,94 | 116,49 | 52,90 | |
| V | -42322,36 | 202895,26 | 434845,95 | -5786,33 | 958482,13 | 878563,20 | 485193,04 | 220344,25 | | |
| Sebze | kc | | | 0,41 | 0,75 | 0,83 | 0,72 | 0,48 | | |
| | kt | | | 0,83 | 0,97 | 1,07 | 1,06 | 0,91 | | |
| | k | | | 0,34 | 0,73 | 0,89 | 0,76 | 0,43 | | |
| | u | | | 56,48 | 136,94 | 181,64 | 144,70 | 65,28 | | |
| | u-r _e | | | 13,48 | 113,64 | 171,04 | 140,60 | 45,78 | | |
| V | | | 5150,20 | 43411,26 | 65337,29 | 53709,01 | 17486,66 | | | |
| Toplam | (hm3) | 0 | 0,38 | 1,76 | 5,16 | 11,74 | 10,67 | 3,59 | 0,82 | |

| Tarım Yeri: | Pamukkale Sulaması | | | | | | Enlem Derecesi: | | 38,00° |
|----------------|--------------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|-----------------|-----------|-----------|
| Aylar | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | |
| T | 9,8 | 14,2 | 18,9 | 23,5 | 26,6 | 26,2 | 21,4 | 16,4 | |
| r | 68,7 | 44,8 | 48,3 | 23,3 | 10,6 | 4,1 | 19,5 | 29,4 | |
| r _e | 60 | 40 | 43 | 23,3 | 10,6 | 4,1 | 19,5 | 29,4 | |
| P | 8,34 | 8,9 | 9,92 | 9,96 | 10,1 | 9,47 | 8,38 | 7,8 | |
| f | 4,140 | 5,123 | 6,549 | 7,400 | 8,068 | 7,496 | 5,910 | 4,799 | |
| Meyve | kc | 0,62 | 0,87 | 0,97 | 0,97 | 0,80 | 0,50 | 0,28 | |
| | kt | 0,68 | 0,83 | 0,97 | 1,07 | 1,06 | 0,91 | 0,75 | |
| | k | 0,42 | 0,72 | 0,94 | 1,04 | 0,84 | 0,45 | 0,21 | |
| | u | 55,00 | 119,85 | 177,11 | 212,28 | 160,78 | 68,00 | 25,61 | |
| | u-r _e | 15,00 | 76,85 | 153,81 | 201,68 | 156,68 | 48,50 | -3,79 | |
| | V | 120143,19 | 615434,76 | 1231724,03 | 1615038,36 | 1254671,25 | 388359,68 | -30385,39 | |
| Hububat | kc | 1,44 | 1,32 | 0,95 | | | | | |
| | kt | 0,544772 | 0,681788 | 0,828146 | | | | | |
| | k | 0,78447168 | 0,89996016 | 0,7867387 | | | | | |
| | u | 82,49142577 | 117,1029384 | 130,8734113 | | | | | |
| | u-r _e | 22,49142577 | 77,10293841 | 87,87341126 | | | | | |
| | V | 163737,5796 | 561309,3917 | 639718,434 | | | | | |
| Pamuk | kc | | 0,38 | 0,45 | 0,95 | 0,87 | 0,55 | 0,35 | |
| | kt | | 0,828146 | 0,97139 | 1,067924 | 1,055468 | 0,905996 | 0,750296 | |
| | k | | 0,31469548 | 0,4371255 | 1,0145278 | 0,91825716 | 0,4982978 | 0,2626036 | |
| | u | | 52,3494 | 82,1652 | 207,9012 | 174,8452 | 74,7961 | 32,0070 | |
| | u-r _e | | 9,3494 | 58,8652 | 197,3012 | 170,7452 | 55,2961 | 2,6070 | |
| | V | | 101,684 | 640,218 | 2,145,848 | 1,857,025 | 601,400 | 28,354 | |
| Bağ | kc | 0,67 | 0,70 | 0,72 | 0,80 | 0,95 | 0,55 | 0,38 | |
| | kt | 0,68 | 0,83 | 0,97 | 1,07 | 1,06 | 0,91 | 0,75 | |
| | k | 0,46 | 0,58 | 0,70 | 0,85 | 1,00 | 0,50 | 0,29 | |
| | u | 59,44 | 96,43 | 131,46 | 175,07 | 190,92 | 74,80 | 34,75 | |
| | u-r _e | 19,44 | 53,43 | 108,16 | 164,47 | 186,82 | 55,30 | 5,35 | |
| | V | 32112,59 | 88271,38 | 178687,50 | 271712,26 | 308631,53 | 91349,17 | 8839,00 | |
| Mısır | kc | 0,55 | 0,75 | 0,92 | 0,90 | 0,75 | | | |
| | kt | 0,68 | 0,83 | 0,97 | 1,07 | 1,06 | | | |
| | k | 0,37 | 0,62 | 0,89 | 0,96 | 0,79 | | | |
| | u | 48,79 | 103,32 | 167,98 | 196,96 | 150,73 | | | |
| | u-r _e | 8,79 | 60,32 | 144,68 | 186,36 | 146,63 | | | |
| | V | 10375,61 | 71178,91 | 170725,02 | 219903,71 | 173021,81 | | | |
| Mısır II. ürün | kc | | | 0,55 | 0,75 | 0,92 | 0,90 | 0,75 | |
| | kt | | | 0,97 | 1,07 | 1,06 | 0,91 | 0,75 | |
| | k | | | 0,53 | 0,80 | 0,97 | 0,82 | 0,56 | |
| | u | | | 100,42 | 164,13 | 184,89 | 122,39 | 68,59 | |
| | u-r _e | | | 77,12 | 153,53 | 180,79 | 102,89 | 39,19 | |
| | V | | | 466601,14 | 928872,02 | 1093802,57 | 622506,48 | 237078,23 | |
| Yem bitkisi | kc | 0,87 | 1,00 | 1,07 | 0,12 | 1,10 | 1,07 | 1,00 | 0,90 |
| | kt | 0,54 | 0,68 | 0,83 | 0,97 | 1,07 | 1,06 | 0,91 | 0,75 |
| | k | 0,47 | 0,68 | 0,89 | 0,12 | 1,17 | 1,13 | 0,91 | 0,68 |
| | u | 49,84 | 88,71 | 147,40 | 21,91 | 240,73 | 215,04 | 135,99 | 82,30 |
| | u-r _e | -10,16 | 48,71 | 104,40 | -1,39 | 230,13 | 210,94 | 116,49 | 52,90 |
| | V | -41732,99 | 200069,82 | 428790,47 | -5705,75 | 945134,72 | 866328,71 | 478436,45 | 217275,83 |
| Sebze | kc | | 0,41 | 0,75 | 0,83 | 0,72 | 0,48 | | |
| | kt | | 0,83 | 0,97 | 1,07 | 1,06 | 0,91 | | |
| | k | | 0,34 | 0,73 | 0,89 | 0,76 | 0,43 | | |
| | u | | 56,48 | 136,94 | 181,64 | 144,70 | 65,28 | | |
| | u-r _e | | 13,48 | 113,64 | 171,04 | 140,60 | 45,78 | | |
| | V | | 9127,46 | 76935,65 | 115794,11 | 95185,87 | 30990,76 | | |
| Zeytin | kc | | 0,30 | 0,50 | 0,80 | 0,50 | 0,50 | | |
| | kt | | 0,83 | 0,97 | 1,07 | 1,06 | 0,91 | | |
| | k | | 0,25 | 0,49 | 0,85 | 0,53 | 0,45 | | |
| | u | | 41,33 | 91,29 | 175,07 | 100,49 | 68,00 | | |
| | u-r _e | | -1,67 | 67,99 | 164,47 | 96,39 | 48,50 | | |
| | V | | -625,16 | 25430,01 | 61513,55 | 36048,28 | 18137,68 | | |
| Toplam (hm3) | 0,12 | 0,92 | 1,95 | 2,78 | 6,30 | 5,68 | 2,23 | 0,46 | |

| Tarım Yeri: | Yenicekent Sağ Sahil (Buldan) Sulaması | | | | | | Enlem Derecesi: | | 38.00° |
|----------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------------|-----------|-----------|
| Aylar | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | |
| T | 9,8 | 14,2 | 18,9 | 23,5 | 26,6 | 26,2 | 21,4 | 16,4 | |
| r | 68,7 | 44,8 | 48,3 | 23,3 | 10,6 | 4,1 | 19,5 | 29,4 | |
| r _e | 60 | 40 | 43 | 23,3 | 10,6 | 4,1 | 19,5 | 29,4 | |
| P | 8,34 | 8,9 | 9,92 | 9,96 | 10,1 | 9,47 | 8,38 | 7,8 | |
| f | 4,140 | 5,123 | 6,549 | 7,400 | 8,068 | 7,496 | 5,910 | 4,799 | |
| Meyve | kc | | 0,62 | 0,87 | 0,97 | 0,97 | 0,80 | 0,50 | 0,28 |
| | kt | | 0,68 | 0,83 | 0,97 | 1,07 | 1,06 | 0,91 | 0,75 |
| | k | | 0,42 | 0,72 | 0,94 | 1,04 | 0,84 | 0,45 | 0,21 |
| | u | | 55,00 | 119,85 | 177,11 | 212,28 | 160,78 | 68,00 | 25,61 |
| | u-r _e | | 15,00 | 76,85 | 153,81 | 201,68 | 156,68 | 48,50 | -3,79 |
| | V | | 64902,53 | 332463,88 | 665389,38 | 872459,54 | 677785,69 | 209795,70 | -16414,48 |
| Hububat | kc | 1,44 | 1,32 | 0,95 | | | | | |
| | kt | 0,54 | 0,68 | 0,83 | | | | | |
| | k | 0,78 | 0,90 | 0,79 | | | | | |
| | u | 82,49 | 117,10 | 130,87 | | | | | |
| | u-r _e | 22,49 | 77,10 | 87,87 | | | | | |
| | V | 115988,28 | 397619,85 | 453163,18 | | | | | |
| Pamuk | kc | | | 0,38 | 0,45 | 0,95 | 0,87 | 0,55 | 0,35 |
| | kt | | | 0,83 | 0,97 | 1,07 | 1,06 | 0,91 | 0,75 |
| | k | | | 0,31 | 0,44 | 1,01 | 0,92 | 0,50 | 0,26 |
| | u | | | 52,35 | 82,17 | 207,90 | 174,85 | 74,80 | 32,01 |
| | u-r _e | | | 9,35 | 58,87 | 197,30 | 170,75 | 55,30 | 2,61 |
| | V | | | 55189,30 | 347481,38 | 1164669,27 | 1007909,13 | 326412,93 | 15389,27 |
| Bağ | kc | | 0,67 | 0,70 | 0,72 | 0,80 | 0,95 | 0,55 | 0,38 |
| | kt | | 0,68 | 0,83 | 0,97 | 1,07 | 1,06 | 0,91 | 0,75 |
| | k | | 0,46 | 0,58 | 0,70 | 0,85 | 1,00 | 0,50 | 0,29 |
| | u | | 59,44 | 3,80 | 5,18 | 6,89 | 7,52 | 2,94 | 1,37 |
| | u-r _e | | 19,44 | -39,20 | -18,12 | -3,71 | 3,42 | -16,56 | -28,03 |
| | V | | 173159,16 | - | - | -33024,57 | 30435,54 | - | - |
| Mısır | kc | | 0,55 | 0,75 | 0,92 | 0,90 | 0,75 | | |
| | kt | | 0,68 | 0,83 | 0,97 | 1,07 | 1,06 | | |
| | k | | 0,37 | 0,62 | 0,89 | 0,96 | 0,79 | | |
| | u | | 48,79 | 103,32 | 167,98 | 196,96 | 150,73 | | |
| | u-r _e | | 8,79 | 60,32 | 144,68 | 186,36 | 146,63 | | |
| | V | | 19968,66 | 136989,25 | 328573,33 | 423221,47 | 332993,67 | | |
| Mısır II.ürün | kc | | | | 0,55 | 0,75 | 0,92 | 0,90 | 0,75 |
| | kt | | | | 0,97 | 1,07 | 1,06 | 0,91 | 0,75 |
| | k | | | | 0,53 | 0,80 | 0,97 | 0,82 | 0,56 |
| | u | | | | 100,42 | 164,13 | 184,89 | 122,39 | 68,59 |
| | u-r _e | | | | 77,12 | 153,53 | 180,79 | 102,89 | 39,19 |
| | V | | | | 142525,44 | 283728,18 | 334106,97 | 190147,44 | 72416,62 |
| Yem bitkisi | kc | 0,87 | 1,00 | 1,07 | 0,12 | 1,10 | 1,07 | 1,00 | 0,90 |
| | kt | 0,54 | 0,68 | 0,83 | 0,97 | 1,07 | 1,06 | 0,91 | 0,75 |
| | k | 0,47 | 0,68 | 0,89 | 0,12 | 1,17 | 1,13 | 0,91 | 0,68 |
| | u | 49,84 | 88,71 | 147,40 | 21,91 | 240,73 | 215,04 | 135,99 | 82,30 |
| | u-r _e | -10,16 | 48,71 | 104,40 | -1,39 | 230,13 | 210,94 | 116,49 | 52,90 |
| | V | -38389,88 | 184042,80 | 394441,29 | -5248,68 | 869422,69 | 796929,60 | 440110,28 | 199870,48 |
| Sebze | kc | | | 0,41 | 0,75 | 0,83 | 0,72 | 0,48 | |
| | kt | | | 0,83 | 0,97 | 1,07 | 1,06 | 0,91 | |
| | k | | | 0,34 | 0,73 | 0,89 | 0,76 | 0,43 | |
| | u | | | 56,48 | 136,94 | 181,64 | 144,70 | 65,28 | |
| | u-r _e | | | 13,48 | 113,64 | 171,04 | 140,60 | 45,78 | |
| | V | | | 27045,31 | 227965,91 | 343106,32 | 282042,61 | 91827,87 | |
| Narenciy e | kc | | 0,69 | 0,73 | 0,79 | 0,80 | 0,78 | 0,75 | 0,68 |
| | kt | | 0,68 | 0,83 | 0,97 | 1,07 | 1,06 | 0,91 | 0,75 |
| | k | | 0,47 | 0,60 | 0,77 | 0,85 | 0,82 | 0,68 | 0,51 |
| | u | | 61,21 | 100,57 | 144,25 | 175,07 | 156,76 | 101,99 | 62,19 |
| | u-r _e | | 21,21 | 57,57 | 120,95 | 164,47 | 152,66 | 82,49 | 32,79 |
| | V | | 19918,91 | 54054,37 | 113567,92 | 154441,78 | 143345,67 | 77462,52 | 30785,19 |
| Toplam | V (hm3) | 0,08 | 0,86 | 1,10 | 1,66 | 4,08 | 3,61 | 1,19 | 0,05 |

| Tarım Yeri: | | Yenicekent Sağ Sahil (B. Menderes) Sulaması | | | | | Enlem Derecesi: | | | 38.00° |
|--------------------------|----------------------|---|-----------|-----------|-----------|------------|-----------------|-----------|-----------|--------|
| Aylar | | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | |
| T | | 9,8 | 14,2 | 18,9 | 23,5 | 26,6 | 26,2 | 21,4 | 16,4 | |
| r | | 68,7 | 44,8 | 48,3 | 23,3 | 10,6 | 4,1 | 19,5 | 29,4 | |
| r _e | | 60 | 40 | 43 | 23,3 | 10,6 | 4,1 | 19,5 | 29,4 | |
| P | | 8,34 | 8,9 | 9,92 | 9,96 | 10,1 | 9,47 | 8,38 | 7,8 | |
| f | | 4,140 | 5,123 | 6,549 | 7,400 | 8,068 | 7,496 | 5,910 | 4,799 | |
| Meyve | kc | | 0,62 | 0,87 | 0,97 | 0,97 | 0,80 | 0,50 | 0,28 | |
| | kt | | 0,68 | 0,83 | 0,97 | 1,07 | 1,06 | 0,91 | 0,75 | |
| | k | | 0,42 | 0,72 | 0,94 | 1,04 | 0,84 | 0,45 | 0,21 | |
| | u | | 55,00 | 119,85 | 177,11 | 212,28 | 160,78 | 68,00 | 25,61 | |
| | u-r _e | | 15,00 | 76,85 | 153,81 | 201,68 | 156,68 | 48,50 | -3,79 | |
| | V (hm ³) | | 0,065 | 0,332 | 0,665 | 0,88 | 0,68 | 0,21 | 0 | |
| Hububat | kc | 1,44 | 1,32 | 0,95 | | | | | | |
| | kt | 0,54 | 0,68 | 0,83 | | | | | | |
| | k | 0,78 | 0,90 | 0,79 | | | | | | |
| | u | 82,49 | 117,10 | 130,87 | | | | | | |
| | u-r _e | 22,49 | 77,10 | 87,87 | | | | | | |
| | V | 115988,28 | 397619,85 | 453163,18 | | | | | | |
| Pamuk | kc | | | 0,38 | 0,45 | 0,95 | 0,87 | 0,55 | 0,35 | |
| | kt | | | 0,83 | 0,97 | 1,07 | 1,06 | 0,91 | 0,75 | |
| | k | | | 0,31 | 0,44 | 1,01 | 0,92 | 0,50 | 0,26 | |
| | u | | | 52,35 | 82,17 | 207,90 | 174,85 | 74,80 | 32,01 | |
| | u-r _e | | | 9,35 | 58,87 | 197,30 | 170,75 | 55,30 | 2,61 | |
| | V | | | 55189,30 | 347481,38 | 1164669,27 | 1007909,13 | 326412,93 | 15389,27 | |
| Bağ | kc | | 0,67 | 0,70 | 0,72 | 0,80 | 0,95 | 0,55 | 0,38 | |
| | kt | | 0,68 | 0,83 | 0,97 | 1,07 | 1,06 | 0,91 | 0,75 | |
| | k | | 0,46 | 0,58 | 0,70 | 0,85 | 1,00 | 0,50 | 0,29 | |
| | u | | 59,44 | 96,43 | 131,46 | 175,07 | 190,92 | 74,80 | 34,75 | |
| | u-r _e | | 19,44 | 53,43 | 108,16 | 164,47 | 186,82 | 55,30 | 5,35 | |
| | V | | 173159,16 | 475981,52 | 963528,02 | 1465140,95 | 1664218,92 | 492577,74 | 47662,12 | |
| Mısır | kc | | 0,55 | 0,75 | 0,92 | 0,90 | 0,75 | | | |
| | kt | | 0,68 | 0,83 | 0,97 | 1,07 | 1,06 | | | |
| | k | | 0,37 | 0,62 | 0,89 | 0,96 | 0,79 | | | |
| | u | | 48,79 | 103,32 | 167,98 | 196,96 | 150,73 | | | |
| | u-r _e | | 8,79 | 60,32 | 144,68 | 186,36 | 146,63 | | | |
| | V | | 19968,66 | 136989,25 | 328573,33 | 423221,47 | 332993,67 | | | |
| Mısır II.ürün | kc | | | | 0,55 | 0,75 | 0,92 | 0,90 | 0,75 | |
| | kt | | | | 0,97 | 1,07 | 1,06 | 0,91 | 0,75 | |
| | k | | | | 0,53 | 0,80 | 0,97 | 0,82 | 0,56 | |
| | u | | | | 100,42 | 164,13 | 184,89 | 122,39 | 68,59 | |
| | u-r _e | | | | 77,12 | 153,53 | 180,79 | 102,89 | 39,19 | |
| | V | | | | 142525,44 | 283728,18 | 334106,97 | 190147,44 | 72416,62 | |
| Yem bitkisi | kc | 0,87 | 1,00 | 1,07 | 0,12 | 1,10 | 1,07 | 1,00 | 0,90 | |
| | kt | 0,54 | 0,68 | 0,83 | 0,97 | 1,07 | 1,06 | 0,91 | 0,75 | |
| | k | 0,47 | 0,68 | 0,89 | 0,12 | 1,17 | 1,13 | 0,91 | 0,68 | |
| | u | 49,84 | 88,71 | 147,40 | 21,91 | 240,73 | 215,04 | 135,99 | 82,30 | |
| | u-r _e | -10,16 | 48,71 | 104,40 | -1,39 | 230,13 | 210,94 | 116,49 | 52,90 | |
| | V | -38389,88 | 184042,80 | 394441,29 | -5248,68 | 869422,69 | 796929,60 | 440110,28 | 199870,48 | |
| Sebze | kc | | | 0,41 | 0,75 | 0,83 | 0,72 | 0,48 | | |
| | kt | | | 0,83 | 0,97 | 1,07 | 1,06 | 0,91 | | |
| | k | | | 0,34 | 0,73 | 0,89 | 0,76 | 0,43 | | |
| | u | | | 56,48 | 136,94 | 181,64 | 144,70 | 65,28 | | |
| | u-r _e | | | 13,48 | 113,64 | 171,04 | 140,60 | 45,78 | | |
| | V | | | 27045,31 | 227965,91 | 343106,32 | 282042,61 | 91827,87 | | |
| Narenciye | kc | | 0,69 | 0,73 | 0,79 | 0,80 | 0,78 | 0,75 | 0,68 | |
| | kt | | 0,68 | 0,83 | 0,97 | 1,07 | 1,06 | 0,91 | 0,75 | |
| | k | | 0,47 | 0,60 | 0,77 | 0,85 | 0,82 | 0,68 | 0,51 | |
| | u | | 61,21 | 100,57 | 144,25 | 175,07 | 156,76 | 101,99 | 62,19 | |
| | u-r _e | | 21,21 | 57,57 | 120,95 | 164,47 | 152,66 | 82,49 | 32,79 | |
| | V | | 8357,10 | 9314,88 | 9352,44 | 9483,90 | 8892,33 | 7868,82 | 7324,20 | |
| Toplam(hm ³) | V | 0,08 | 0,85 | 1,88 | 2,68 | 5,43 | 5,10 | 1,76 | 0,33 | |