



T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TORUL BARAJI'NIN HİDROLİK ve HİDROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ ve SU BÜTÇESİNİN TESPİTİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Arif YALÇIN

MART 2021
GÜMÜŞHANE

**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TORUL BARAJI'NIN HİDROLİK ve HİDROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ ve SU BÜTÇESİNİN TESPİTİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Arif YALÇIN

**Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
“İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı”
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 17.02.2021
Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 10.03.2021**

MART 2021

TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum “Torul Barajı'nın Hidrolik ve Hidrolojik Özelliklerinin İncelenmesi ve Su Bütçesinin Tespiti” isimli tez çalışmada; bütün bilgi ve belgeleri genel akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

17/02/2021

Mehmet Arif YALÇIN

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

TORUL BARAJI'NIN HİDROLİK ve HİDROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ ve SU BÜTÇESİNİN TESPİTİ

Mehmet Arif YALÇIN

Gümüşhane Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Salim Serkan NAS

2021, 108 sayfa

Günümüzde suya olan ihtiyaç hızlı bir şekilde artış gösterirken su talebinde çeşitli mekân ve zamanlarda artma veya azalma biçiminde dalgalanmalar görülebilmektedir. Bu doğrultuda bütüncül havza yönetiminde su bütçesinin belirlenmesine ve planlanmasına ilişkin ayrıntılar da önemli bir hale gelmektedir.

Bu çalışmada, Gümüşhane'nin önemli su ve enerji kaynaklarından biri olan Torul Barajı'nın projelendirme sonrası işletme aşamasındaki hidrolik ve hidrolojik özellikleri incelenmiş, barajın hidrolik ve hidrolojik özelliklerinin su bütçesinin oluşumundaki etkileri araştırılmış ve bu özelliklere bağlı olarak baraj gölündeki sürdürülebilir su kullanımına (su kalitesi, su ürünleri yetiştiriciliği, enerji üretimi, turizm ve su sporları) katkı sağlamak için su bütçesi tespit edilmiştir. Torul Barajı'nın yapım süreci aşamasında ve barajın su tutmaya

başlamısından sonraki süreçte yerleşim yerleri sular altında kalarak bu durumlardan etkilenip yer değiştiren nüfusun tespiti yapılmıştır. Bunlara ek olarak barajların önemli düzeyde çevreye olan etkileri ve ömürlerinin kısa olması dikkate alındığı zaman, ekonomik faydanın en üst seviyede sağlanabileceği farklı aktivitelere de ev sahipliği yapmaları zorunluluğu bağlamında çalışmada, Torul Barajı ve çevresinde ne tür faaliyetlerin (balıkçılık, turizm ve su sporları) yapıldığı, yapılabileceği ve bunların ekonomik yansımalarının nasıl olacağı da ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Barajlar, Barajların çevreye etkileri, Su, Su bütçesi, Torul Barajı

ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGATION of HYDRAULIC and HYDROLOGICAL PROPERTIES of TORUL DAM and DETERMINATION of WATER BUDGET

Mehmet Arif YALÇIN

Gümüşhane University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Salim Serkan NAS

2021, 108 pages

Today, while the need for water increases rapidly, fluctuations in the form of an increase or decrease in water demand at various places and times can be observed. Accordingly, details regarding the determination and planning of the water budget in integrated basin management are also important.

In this study, the hydraulic and hydrological properties of Torul Dam, which is one of the important water and energy resources of Gümüşhane, were examined during the operation phase after the project design, the effects of the hydraulic and hydrological properties of the dam were investigated which effect on the formation of water budget and based on these features, water budget were determined to contribute sustainable water use (water quality, aquaculture, energy production, tourism and water sports) at the dam lake.

During the construction period of the Torul Dam and after the dam started to hold water, the settlements were submerged and the population affected and displaced by this situation was determined. In addition to these, in the study, considering the significant environmental impact of dams and their short lifetimes, in the context of the obligation to host different activities where economic benefit can be achieved at the highest level, what kind of activities (fishing, tourism and water sports) can be carried out and what kind of activities will be carried out in Torul Dam and its vicinity, in addition to these how the economic reflections of these will be is also discussed.

Keywords: Dams, Environmental effects of dams, Water, Water budget, Torul Dam

TEŞEKKÜR

“Torul Barajı’nın Hidrolik ve Hidrolojik Özelliklerinin İncelenmesi ve Su Bütçesinin Tespiti“ isimli bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek Lisans tez danışmanlığımı üstlenerek çalışmamın her aşamasında zamanını bana ayırarak değerli bilgilerini benden esirgemeyen, her fırsatta çalışmamla yakından ilgilenen kıymetli hocam Prof. Dr. Salim Serkan NAS’ a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma boyunca yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Rahim ŞİBİL’e, DSİ 223. Şube Müdürlüğü Şube Müdürü Ümit YAYLA’ya, Harita Yüksek Mühendisi Burçin AYDURMUŞ’a teşekkür ederim.

Son olarak; beni bu günlere getiren, hayatımın her döneminde yanımda olup bana destek olan aileme teşekkür ederim.

Mehmet Arif YALÇIN
Gümüşhane, 2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	IV
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR	VIII
İÇİNDEKİLER.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
TABLolar DİZİNİ.....	XV
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	XVII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. GİRİŞ	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	1
1.3. Su Bütçesinin Önemi.....	2
1.4. Türkiye'nin Su Potansiyeli.....	2
1.5. Enerji Kavramı	3
1.5.1. Enerjinin Tanımı ve Önemi.....	3
1.5.2. Enerji Kaynakları	4
1.5.3. Dünyada Enerjinin Genel Durumu.....	6
1.5.4. Yenilenebilir Enerji	7
1.5.5. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları	8
1.5.6. Hidrolik Enerji.....	12
1.5.6.1. Hidroelektrik Santrallerin Avantajları ve Dezavantajları.....	14
1.5.6.2. Dünyada ve Türkiye'de Hidrolik Enerjinin Durumu	15
1.6. Barajlar Hakkında Genel Bilgiler.....	17
1.6.1. Tarih Boyunca Barajlar	18
1.6.2. Barajların Kısımları.....	19
1.6.3. Barajların Sınıflandırılması	22
1.6.3.1. Barajların Büyüklüklerine Göre Sınıflandırılması	23
1.6.3.2. Barajların Yapım Amaçlarına Göre Sınıflandırılması	23
1.6.3.3. Barajların Gövde Tipine Göre Sınıflandırılması	23
1.6.3.4. Barajların Düzenleme Devresine ve Hidrolik Projelendirmeye Göre Sınıflandırılması	26

1.6.4.	Barajların Yapılış Amaçları.....	26
1.6.5.	Baraj Yerinin Seçimine Etki Eden Faktörler.....	27
1.6.6.	Baraj Tipinin Seçimine Etki Eden Faktörler	27
1.6.7.	Barajların Ömürleri	28
1.6.8.	Barajların Yıkılma Nedenleri	29
1.6.9.	Baraj-Çevre İlişkisi	29
1.7.	Torul İlçesi Hakkında Genel Bilgiler	30
1.7.1.	Coğrafi Konum.....	30
1.7.2.	Tarihçe.....	32
1.7.3.	Ulaşım Durumu	32
1.7.4.	Akarsular ve Su Kaynaklarının Kullanımı	32
1.7.5.	Nüfus	33
1.7.6.	Ekonomik Durum.....	34
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	35
2.1.	Torul Barajı’nın Turizm ve Su Sporları Açısından Değerlendirilmesi	35
2.1.1.	Torul Barajı’nın Alternatif Turizm Alanlarıyla Olan İlişkisi.....	35
2.1.2.	Torul Barajı’nın Turizm ve Su Sporları Potansiyeli	36
2.2.	Torul Barajı ve HES Alanının Coğrafi Özellikleri.....	39
2.2.1.	Torul Barajı Göl Güzergâhı Koordinatları	44
2.3.	Torul Barajı ve HES Alanının Fiziksel Çevre Özellikleri.....	46
2.3.1.	Bölgesel Jeoloji	46
2.3.2.	Hidroloji	47
2.3.3.	Toprak	56
2.4.	Torul Barajı’ndaki Balıkçılık Faaliyetleri	56
2.5.	Torul Barajı ve HES Tanıtımı ve Amacı.....	60
2.6.	Torul Barajı ve HES Karakteristik ve Hidrolik Özellikleri.....	62
2.7.	Torul Barajı’nın Su Bütçesinin Belirlenmesi	69
2.7.1.	Torul Barajı’nın 2014 Yılı Su Bütçesinin Hesaplanması.....	70
2.7.2.	Torul Barajı’nın 2015 Yılı Su Bütçesinin Hesaplanması.....	71
2.7.3.	Torul Barajı’nın 2016 Yılı Su Bütçesinin Hesaplanması.....	72
2.7.4.	Torul Barajı’nın 2017 Yılı Su Bütçesinin Hesaplanması.....	73
2.7.5.	Torul Barajı’nın 2018 Yılı Su Bütçesinin Hesaplanması.....	74
2.8.	Torul Barajı’ndan Etkilenip Yer Değiştiren Nüfusun Hesaplanması.....	75

3.	BULGULAR ve İRDELEME	80
3.1.	Torul Barajı'nın Su Bütçesi.....	80
3.1.1.	Torul Barajı'nın 2014 Yılı Su Bütçesi	80
3.1.2.	Torul Barajı'nın 2015 Yılı Su Bütçesi	83
3.1.3.	Torul Barajı'nın 2016 Yılı Su Bütçesi	86
3.1.4.	Torul Barajı'nın 2017 Yılı Su Bütçesi	89
3.1.5.	Torul Barajı'nın 2018 Yılı Su Bütçesi	92
3.2.	Torul Barajı'ndan Etkilenip Yer Değiştiren Nüfus	95
4.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	96
5.	KAYNAKLAR.....	101
	ÖZGEÇMİŞ	109

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1.	Enerji kaynaklarının sınıflandırılması (Koç ve Şenel, 2013a).....	5
Şekil 1.2.	Kaynaklar bazında dünya enerji tüketim miktarları (BP, 2019).....	7
Şekil 1.3.	Kaynaklara göre kurulu güç dağılımı (ETKB, 2020)	9
Şekil 1.4.	Su çevrimi (Harvey, 1998)	13
Şekil 1.5.	Hidroelektrik enerji üretimi (DSİ, 2011)	13
Şekil 1.6.	Barajın kısımları (URL-1, 2020)	19
Şekil 1.7.	Barajı meydana getiren tesisler (URL-1, 2020).....	19
Şekil 1.8.	Oymapınar Barajı gövdesi (a), Umurbey Barajı gövdesi (b).....	20
Şekil 1.9.	Bahçelik Barajı gölü (a), Çubuk1 Barajı gölü (b).....	20
Şekil 1.10.	Su alma yapısı örneği (a), Su alma yapısı örneği (b).....	21
Şekil 1.11.	Segovia Barajı (a), Dolu savak örneği (b)	21
Şekil 1.12.	Muratlı Barajı (a), Borçka Barajı (b)	21
Şekil 1.13.	Koçali Barajı derivasyon tüneli (a), Barajlarda batardo örneği (b)	22
Şekil 1.14.	Toprak dolgu baraj örneği (a), Kaya dolgu baraj örneği (b).....	24
Şekil 1.15.	Ön yüzü betonarme kaplı kaya dolgu baraj örnekleri (a), (b).....	24
Şekil 1.16.	Beton ağırlık baraj örneği (a), Payandalı beton baraj örneği (b)	25
Şekil 1.17.	Beton kemer baraj örneği (a), Silindirle sıkıştırılmış beton baraj örneği (b)....	25
Şekil 1.18.	Torul ilçesinin yer bulduru haritası	31
Şekil 1.19.	Torul nüfusunun 2007-2019 yılları arasındaki değişimi	33
Şekil 2.1.	Kano sporu.....	36
Şekil 2.2.	Su kayağı sporu.....	37
Şekil 2.3.	Rüzgâr sörfü sporu.....	37
Şekil 2.4.	Dalış sporu.....	38
Şekil 2.5.	Açık su yüzme yarışması	38
Şekil 2.6.	Sportif olta balıkçılığı	39
Şekil 2.7.	Torul Barajı'nın yer bulduru haritası.....	40
Şekil 2.8.	Torul Barajı sağ sahilinin su tutmadan önceki hali (Özdoğan, 2010)	41
Şekil 2.9.	Torul Barajı sağ sahilinin su tuttuktan sonraki hali (Özdoğan, 2010).....	41
Şekil 2.10.	Torul Barajı sol sahilinin su tutmadan önceki hali (Özdoğan, 2010).....	42
Şekil 2.11.	Torul Barajı sol sahilinin su tuttuktan sonraki hali (Özdoğan, 2010)	42

Şekil 2.12. Torul Barajı göl alanının uydu görüntüsü.....	43
Şekil 2.13. Torul Barajı göl güzergâhı.....	44
Şekil 2.14. Gümüşhane ilinin 1961-2019 yılları arası aylık yağış miktarı ortalaması.....	49
Şekil 2.15. Torul ilçesinin 2014-2020 yılları yağış miktarı ve ortalama sıcaklığı.....	50
Şekil 2.16. Torul Barajı doluluk oranları (%), 2010-2019.....	51
Şekil 2.17. Torul Barajı'nın 2020 yılı doluluk oranları, su kotları ve hacimleri	52
Şekil 2.18. Torul ilçesinin 2020 yılı aylara göre yağış miktarı.....	53
Şekil 2.19. Torul Barajı'nın min., max. ve normal su kotunda su seviyeleri	54
Şekil 2.20. Torul Barajı'nın min., max. ve normal su kotunda su seviyeleri	54
Şekil 2.21. Toplam balık üretim miktarının yıllara göre değişimi.....	58
Şekil 2.22. Torul Barajı balık üretimi (a), Torul Barajı balık üretimi (b).....	59
Şekil 2.23. Torul Barajı balık üretimi (a), Torul Barajı balık üretimi (b).....	59
Şekil 2.24. Torul Barajı-Kirazlık mevki (a), Torul Barajı-Kirazlık mevki (b).....	59
Şekil 2.25. Torul Barajı inşaat aşaması (a), Torul Barajı inşaat aşaması (b).....	60
Şekil 2.26. Torul Barajı inşaat aşaması (a), Torul Barajı inşaat aşaması (b).....	61
Şekil 2.27. Torul Barajı su tuttuktan sonra (a), Torul Barajı su tuttuktan sonra (b).....	61
Şekil 2.28. Torul Barajı su tuttuktan sonra (a), Torul Barajı su tuttuktan sonra (b).....	61
Şekil 2.29. Torul Barajı gövde enkesiti (DSİ, 2020b)	67
Şekil 2.30. Torul Barajı gövde enkesiti (DSİ, 2020b)	67
Şekil 2.31. Torul Barajı ve HES yıllık elektrik üretimi , (2008-2019)	68
Şekil 2.32. 1984 yılına ait topoğrafik harita	76
Şekil 2.33. 1984 yılına ait topoğrafik harita – Kirazlık mevki	77
Şekil 2.34. 1984 yılına ait topoğrafik harita – Diğer mevki	77
Şekil 2.35. 1984 yılına ait topoğrafik harita – Torul ilçe merkezi.....	78
Şekil 3.1. Torul ilçesine ve Torul Barajı'na ait 2014 yılı hidrolojik verileri.....	81
Şekil 3.2. Torul Barajı 2014 yılı su bütçesi verileri.....	82
Şekil 3.3. Torul ilçesine ve Torul Barajı'na ait 2015 yılı hidrolojik verileri.....	84
Şekil 3.4. Torul Barajı 2015 yılı su bütçesi verileri.....	85
Şekil 3.5. Torul ilçesine ve Torul Barajı'na ait 2016 yılı hidrolojik verileri.....	87
Şekil 3.6. Torul Barajı 2016 yılı su bütçesi verileri.....	88
Şekil 3.7. Torul ilçesine ve Torul Barajı'na ait 2017 yılı hidrolojik verileri.....	90
Şekil 3.8. Torul Barajı 2017 yılı su bütçesi verileri.....	91
Şekil 3.9. Torul ilçesine ve Torul Barajı'na ait 2018 yılı hidrolojik verileri.....	93

Şekil 3.10. Torul Barajı 2018 yılı su bütçesi verileri.....	94
-------------------------------------------------------------	----

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.1. Ülkelerin 2019 yılı kaynak bazında elektrik üretim oranları (BP, 2020)	6
Tablo 1.2. Kaynaklarına göre elektrik üretimi ve payları (TSKB Danışmanlık Hizmetleri, 2019).....	10
Tablo 1.3. Yenilenebilir kaynakların karşılaştırılması (Gezen ve Karaaslan, 2017)	11
Tablo 1.4. Türkiye'nin HES potansiyel durumu (DSİ, 2019).....	15
Tablo 1.5. Yenilenebilir kaynaklı kurulu gücün Türkiye toplam kurulu gücü içindeki payının 2000-2019 yılları arasındaki değişimi (Serdar, 2020)	16
Tablo 1.6. Hidrolik enerjinin 2019 yılında dünyadaki durumu (IHA, 2020).....	17
Tablo 1.7. Torul nüfusunun 2007-2019 yılları arasındaki değişimi	33
Tablo 2.1. Torul Barajı göl güzergâhı koordinatları	45
Tablo 2.2. Torul-Harşit Çayı gözlem süresindeki akım değerleri.....	48
Tablo 2.3. Gümüşhane ili iklim istatistikleri (1961-2019).....	49
Tablo 2.4. Torul ilçesinin 2014-2020 yılları yağış miktarı ve ortalama sıcaklığı.....	50
Tablo 2.5. Torul Barajı doluluk oranları (%), 2010-2019.....	51
Tablo 2.6. Torul Barajı'nın 2020 yılı doluluk oranları, su kotları ve hacimleri	52
Tablo 2.7. Torul ilçesinin 2020 yılı aylara göre yağış miktarı.....	53
Tablo 2.8. Su kotlarına karşılık gelen baraj hacimleri ve doluluk oranları.....	55
Tablo 2.9. Torul Barajı'nda 2012-2019 yılları arasındaki balık üretimi.....	57
Tablo 2.10. Torul Barajı ve HES karakteristik ve hidrolik özellikleri (DSİ, 2020b).....	62
Tablo 2.10. (devamı).....	63
Tablo 2.10. (devamı).....	64
Tablo 2.10. (devamı).....	65
Tablo 2.10. (devamı).....	66
Tablo 2.11. Torul Barajı ve HES yıllık elektrik üretimi , (2008-2019)	68
Tablo 2.12. Torul Barajı 2014 yılı su bütçesi verileri	70
Tablo 2.13. Torul Barajı 2015 yılı su bütçesi verileri	71
Tablo 2.14. Torul Barajı 2016 yılı su bütçesi verileri	72
Tablo 2.15. Torul Barajı 2017 yılı su bütçesi verileri	73
Tablo 2.16. Torul Barajı 2018 yılı su bütçesi verileri	74
Tablo 2.17. Baraj rezervuar alanından etkilenen ev sayısı	78

Tablo 3.1. Torul ilçesine ve Torul Barajı'na ait 2014 yılı hidrolojik verileri.....	80
Tablo 3.2. Torul Barajı'nın 2014 yılı su bütçesi.....	81
Tablo 3.3. Torul ilçesine ve Torul Barajı'na ait 2015 yılı hidrolojik verileri.....	83
Tablo 3.4. Torul Barajı'nın 2015 yılı su bütçesi.....	84
Tablo 3.5. Torul ilçesine ve Torul Barajı'na ait 2016 yılı hidrolojik verileri.....	86
Tablo 3.6. Torul Barajı'nın 2016 yılı su bütçesi.....	87
Tablo 3.7. Torul ilçesine ve Torul Barajı'na ait 2017 yılı hidrolojik verileri.....	89
Tablo 3.8. Torul Barajı'nın 2017 yılı su bütçesi.....	90
Tablo 3.9. Torul ilçesine ve Torul Barajı'na ait 2018 yılı hidrolojik verileri.....	92
Tablo 3.10. Torul Barajı'nın 2018 yılı su bütçesi.....	93

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

\$: Amerika Birleşik Devletleri para birimi dolar
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
cm	: Santimetre
DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
GWh	: Gigawatt saat
GWh/yıl	: 1 yıllık gigawattsaat
ha	: Hektar
HES	: Hidroelektrik enerji santrali
hm	: Hektometre
hm ³	: Hektometre küp
ICOLD	: Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
IHA	: Uluslararası Hidroelektrik Birliği
km	: Kilometre
km ²	: Kilometre kare
kVA	: Kilovolt amper
kW	: Kilowatt
kWh	: Kilowatt saat
KWh/yıl	: 1 yıllık kilowattsaat
LPG	: Sıvılaştırılmış petrol gazı
m	: Metre
M.Ö.	: Milattan önce
m ²	: Metre kare
m ³	: Metre küp
max.	: Maksimum
min.	: Minimum
mm	: Milimetre
MW	: Megawatt
MWe	: Megawatt net
pH	: Bir çözeltinin asitlik veya bazlık derecesi
Q	: Debi
s	: Saniye
SKKY	: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik Üretim Anonim Şirketi
TMMOB	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TSKB	: Türkiye Sınai Kalkınma Bankası
TWh	: Terawattsaat
WDC	: Dünya Barajlar Komisyonu

1. GENEL BİLGİLER

1.1. GİRİŞ

Su, yüzyıllardır tüm uygarlıklar için çok kıymetli bir tabii kaynak olmuş, tüm büyük medeniyetler suyun kıyısında kurulmuşlardır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte sudan yararlanma biçim ve oranının artmasıyla, su kaynaklarının içme suyu, kullanma suyu, sulama suyu ve enerji üretimi gibi birçok amaç için geliştirilebilmesi, ülkelerin ekonomik olarak ilerlemesinde ve suyun vazgeçilemez bir yer edinmesinde önemli bir rol oynamıştır. Günümüzde “gelişmiş ülke” olarak tanımlanan birçok ülke bu düzeylere, ülkelerinin su potansiyelinden en yüksek yararı elde ederek ulaşmışlardır (Akkaya vd., 2006).

Su kuvveti, dünyaya ulaşan güneş enerjisinin 1/3'ünün hareket ettirdiği hidrolojik çevrim sayesinde her yıl “yenilenebilen”, çevre kirliliğinin önlenmesi yönünden “temiz” özellikte, tesislerinin çoğu sulama, taşkın kontrolü gibi amaçlara da hizmet edebilen “çok amaçlı”, Türkiye için bir “öz kaynak” olarak da elektrik enerjisi ihtiyacının giderilmesinde önemli bir yeri olan birincil enerji kaynağıdır (Baran vd., 2008).

Su, yaşamsal gereksinimlerimizin kesintisiz karşılanmasında birçok yönüyle vazgeçilmez bir kaynak olarak değerlendirilir. İçme-kullanma suyu temini, sulama, taşkından koruma, enerji ve su ürünleri üretimi gibi ekonomik açıdan değerlendirilebilir yönü dışında rekreasyon, emisyon azaltımı gibi ekonomik olmayan yönü ile de yaşamla sıkıca ilişkilidir. Bu yönleri nedeni ile dünya liderlerinin öncelikli konuları arasında yer almıştır. Dünya bankasının 2004 yılında yaptığı araştırmada, dünya devlerinin konular bazında verdikleri önem sıralamasında suyun birinci sırada olduğu tespit edilmiştir. Suyun özellikle enerji kaynağı olarak kullanılması bu sıralamayı etkileyen önemli faktörlerdendir (Dünya Enerji Konseyi, 2011; Gezen ve Karaaslan, 2017).

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada, Gümüşhane'nin önemli su ve enerji kaynaklarından biri olan Torul Barajı'nın hidrolik ve hidrolojik özelliklerinin incelenmesi ve bu özelliklere bağlı olarak baraj gölündeki sürdürülebilir su kullanımına (su kalitesi, su ürünleri yetiştiriciliği, enerji üretimi, turizm ve su sporları) katkı sağlamak için su bütçesinin belirlenmesi, Torul Barajı'nın yapım süreci aşamasında ve barajın su tutmaya başlamasından sonraki süreçte yerleşim yerleri sular altında kalarak bu durumlardan etkilenip yer değiştiren nüfusun

hesaplanması, ek olarak enerji üretimi, balıkçılık, turizm ve su sporları açısından baraj ve çevresinin analizlerinin yapılarak barajın bulunduğu bölgenin ekonomik ve sosyal yönden gelişimine daha fazla katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Çalışma kapsamında; Torul Barajı'nın hidrolojik sistemini etkileyen süreçler ortaya konulmuş, baraja ait kayıt altına alınmış bilgiler ile barajın hidrolik ve hidrolojik özellikleri incelenmiş ve baraja ait su bütçesi tespit edilmiştir. Torul Barajı'nın yapım süreci aşamasında ve barajın su tutmaya başlamasından sonraki süreçte yerleşim yerleri sular altında kalarak bu durumlardan etkilenip yer değiştiren nüfus hesaplanmıştır. Enerji üretimi, balıkçılık, turizm ve su sporları açısından baraj ve çevresinin analizleri yapılmıştır.

1.3. Su Bütçesinin Önemi

Su kaynaklarında sürdürülebilir kullanım için baraj göllerinin su bütçelerinin belirlenmesi gerekir. Bir baraj gölünün su bütçesi, gölde ölçülmüş veya tespit edilmiş su kayıp ve kazançları ile aynı zaman periyodu içinde göl hacmindeki değişimin karşılaştırılarak hesaplanmasıdır. Diğer bir ifade ile su bütçesi, bir ekosistemde belirli bir zaman içinde sisteme giren su ile sistemden çıkan ve sistemde depolanan suyun denge durumunda bulunması olarak tanımlanabilir (Şener ve Soyaslan, 2006; Şorman, 2008; Sarmaşık, 2012; Davraz vd., 2014).

Günümüzde dünya nüfusunun artması ve günden güne azalan temiz su kaynakları sebebiyle mevcuttaki su kaynaklarının etkin ve sürdürülebilir yönetimi büyük bir önem göstermektedir. Su kaynaklarının istenilen zaman, mekân, kalite ve miktarda temin edilmesi açısından yaşanan sorunlar, konuyla ilgili dünya çapında sürdürülebilir yönetim ilke ve kararlarının alınmasını ve uygulanmasını zorunlu kılmıştır (Şanlı ve Doğan, 2015; Davraz ve Balın, 2015).

1.4. Türkiye'nin Su Potansiyeli

Türkiye'de yıllık ortalama yağış miktarı yaklaşık 574 mm olup, yılda ortalama olarak 450 milyar m³ suya karşılık gelmektedir. Günümüz teknik ve ekonomik şartları çerçevesinde, birçok amaca yönelik olarak tüketilebilecek yerüstü suyu potansiyeli yılda ortalama toplam 94 milyar m³ olup 18 milyar m³ olarak belirlenen yeraltı suyu potansiyeli ile beraber ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı suyu potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m³ olup bu toplam potansiyelin 57 milyar m³'ü kullanılmaktadır. Bunun 44

milyar m³'ü sulama amacıyla, 13 milyar m³'ü içme-kullanma ve sanayi suyu olarak kullanılmaktadır (DSİ, 2020a).

Su varlığına göre ülkeler aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır:

Su Fakiri: Yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1000 m³'ten daha az.

Su Kısıtı: Yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 2000 m³'ten daha az.

Su Zengini: Yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 8000-10000 m³'ten daha fazla.

Türkiye'de kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı yılda 1366 m³'tür. Buna göre, Türkiye'de kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı yılda 1000 m³'ten fazla, 2000 m³'ten ise azdır. Bu durumda ülkemiz su kısıtı yaşayan ülkeler arasında bulunmaktadır. Nüfus sayımızın hızlı bir şekilde artış gösterdiği, su kaynaklarımızın hızlı bir şekilde tahrip edildiği ve iklim değişikliklerinin kuraklıklara sebebiyet verdiği düşünüldüğünde, ülkemizde gelecek nesillere sağlıklı ve yeterli miktarda su bırakılabilmesi için kaynaklarımız çok iyi korunup, akılcı bir şekilde kullanılmalıdır (Serdar, 2020).

1.5. Enerji Kavramı

1.5.1. Enerjinin Tanımı ve Önemi

Enerji, yaşamın başlangıcı ile birlikte var olan bir olgu olup iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanır. İnsanlar hayatlarını sürdürebilmek için enerjiye ihtiyaç duyarlar. İnsanlar ilk çağlarda enerji gereksinimini beden gücü ile karşılarken sonraki zamanlarda hayvan gücünü kullanarak zamandan ve işten tasarruf etmiştir. Ateşin keşfedilmesiyle birlikte odun ve kömürden faydalanmış bunu buhar enerjisi keşfi izlemiştir. Teknoloji çağına geçerken birçok enerji kaynağının keşfedilmesiyle çeşitlilik hızlı bir şekilde artmıştır. Günümüzde dünyada keşfedilmeyi bekleyen birçok enerji kaynağının var olduğu düşünülmektedir (Gezen ve Karaaslan, 2017).

Enerji her ülke için kalkınma, istikrar, refah ve yaşam kalitesinin artması manasına gelen ekonomik, sosyal, çevresel ve sosyo-politik yönleri bulunan; aynı anda birçok sektör ile bağlantılı bir konudur. Enerjinin makul fiyatlarla temini ise kalkınmanın vazgeçilmez bir unsurudur. Tüm ülkeler için enerji kaynakları ekonomik ve politik yönden çok önemlidir. Bundan dolayı ülkeler için doğru ve ucuz enerji kaynaklarının seçimi ve bu kaynakların yaygınlaştırılması kalkınma yönünden çok önemlidir (Kahraman vd., 2009; Gezen ve Karaaslan, 2017).

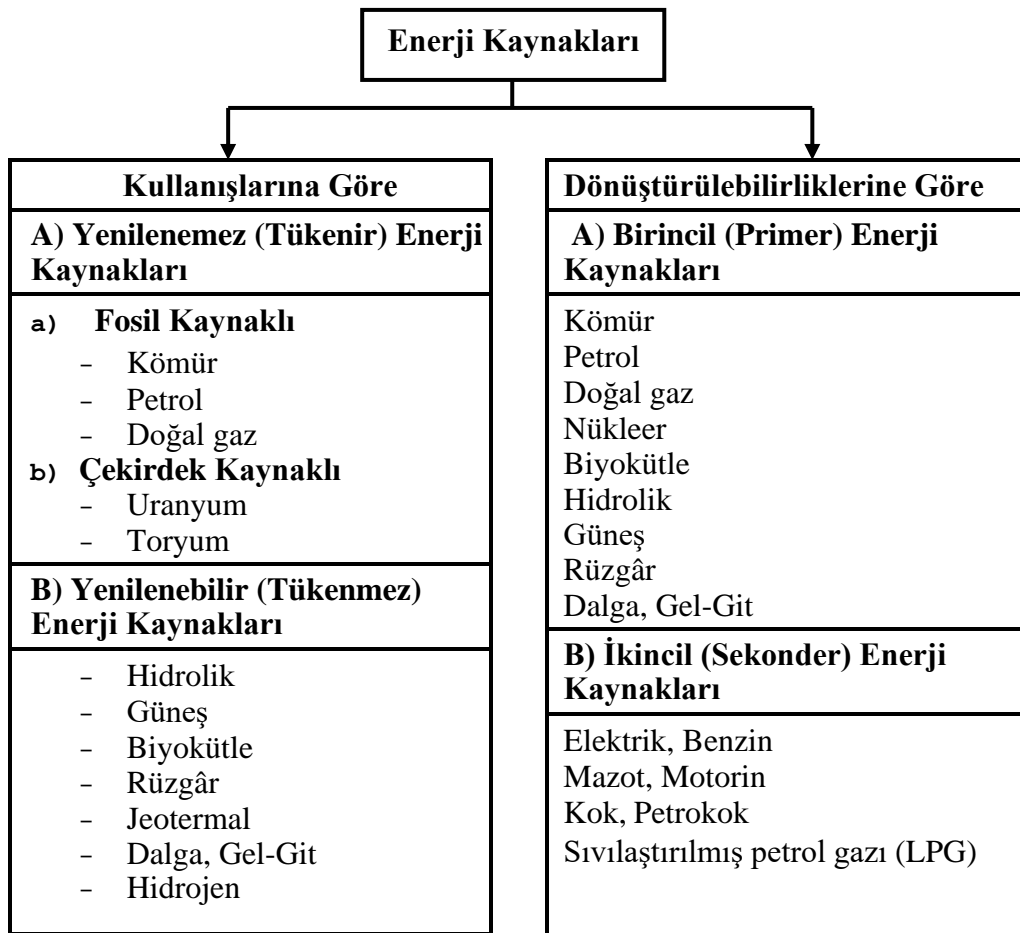
Enerji, ekonomik ve sosyal gelişimin en önemli ihtiyacıdır. Özellikle elektrik enerjisi yaşam standartlarının yükseltilmesinde önemli bir rol oynar. Günümüzde enerjisiz bir yaşamı düşünmek olanaksızdır. Artan nüfus oranı, kentleşme, büyüyen sanayileşme, küreselleşme, ilerleyen teknoloji ve yükselen enerji ihtiyacı tüm ülkelerde ve ülkemizde farklı kaynaklar üzerinde araştırmalar yapılmasını ve enerji alternatiflerinin üretilmesini zorunlu kılmıştır. Elektrik enerjisi diğer enerji türlerine dönüştürülebilmesi, günlük yaşamda kolay kullanımı ile temel bir ihtiyaç haline gelmiştir (Yazar, 2010).

Enerji, ülkelerin gelişmesi ve kalkınması için önemli bir güç olarak görülen stratejik bir olgudur. Kalkınma ile beraber gelişen sanayi sektörü ve artan nüfus, enerjiye olan ihtiyacı artırmaktadır. Artan bu ihtiyacın güvenli bir şekilde ve zamanında karşılanabilmesi kalkınmanın göstergelerinden birisidir. Bu anlamda, enerjiyi temin edebilme potansiyeli ve kişi başına düşen enerji tüketim miktarı ülkelerin kalkınma düzeyleri hakkında fikir vermektedir. Türkiye'nin de aralarında olduğu kalkınmakta olan ülkelerde, kişi başına düşen enerji tüketim miktarındaki artış oldukça ivmelidir. Yerli kaynak potansiyeli yeterli olmayan ülkeler, enerji talebindeki bu artışa cevap verebilme sorunu ile karşı karşıyadır. Bu probleme çözüm olarak ülkeler, özellikle ucuz enerji olarak düşünülen fosil enerji kaynaklarının dış alımını artırmaktadırlar. Bu durum da özellikle gelişmekte olan ülkeleri enerji bağımlısı ülkeler kategorisine çekmektedir. Enerji konusunda dışa bağımlılık birçok riski beraberinde getirmektedir. Bu bağımlılığı ve yaratacağı riskleri en az düzeye getirmek amacıyla yerli kaynak ve teknolojilerinin kullanımına ve geliştirilmesine öncelik verilmelidir. Buna ek olarak alternatif enerji teknolojileri olarak kabul gören yenilenebilir enerjiye yatırım artırılmalı ve bu konuda bölgesel enerji işbirliği projelerinde aktif rol alınmalıdır (Gezen ve Karaaslan, 2017).

1.5.2. Enerji Kaynakları

Günümüzde bilinen enerji kaynakları; kimyasal, nükleer, mekanik(potansiyel ve kinetik enerji), termal, jeotermal, hidrolik, güneş, rüzgâr ve elektrik enerjisi gibi farklı formlarıyla doğada bulunurlar ve uygun metotlarla birbirlerine dönüştürülebilirler. Örneğin hidroelektrik santrallerde potansiyel enerji, kinetik ve elektrik enerjisine, jeotermal santrallerde ısı enerjisi, elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. Bu şekilde santrallerde farklı yöntemlerle enerji elde edilebilen kaynaklara enerji kaynakları denilmektedir (Gezen ve Karaaslan, 2017).

Enerji kaynakları kullanışlarına göre yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak ikiye ayrılırken; dönüştürülebilirliklerine göre enerji kaynakları birincil ve ikincil enerji kaynakları biçiminde sınıflandırılmaktadır. Yenilenemez enerji kaynakları, kısa bir gelecekte tükenebileceği düşünülen enerji kaynakları olup fosil kaynaklılar ve çekirdek kaynaklılar olarak ikiye ayrılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları ise; oldukça uzun bir gelecekte tükenmeden kalabilecek, kendisini yenileyebilen kaynakları ifade etmektedir (Koç ve Şenel, 2013a; Koç ve Kaya, 2015). Enerji kaynaklarının sınıflandırılması Şekil 1.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması (Koç ve Şenel, 2013a)

Enerjinin herhangi bir değişim ya da dönüşüme uğramamış haline birincil enerji denilmektedir. Birincil enerji kaynakları; petrol, kömür, doğal gaz, nükleer, hidrolik, biyokütle, dalga-gelgit, güneş ve rüzgârdır. Birincil enerjinin dönüştürülmesiyle elde edilen

enerji de ikincil enerji olarak tanımlanmaktadır. Elektrik, benzin, mazot, motorin, kok kömürü, ikincil kömür, petrokok, hava gazı, sıvılaştırılmış petrol gazı ikincil enerji kaynaklarındandır (Şenel, 2012; Koç ve Şenel, 2013a).

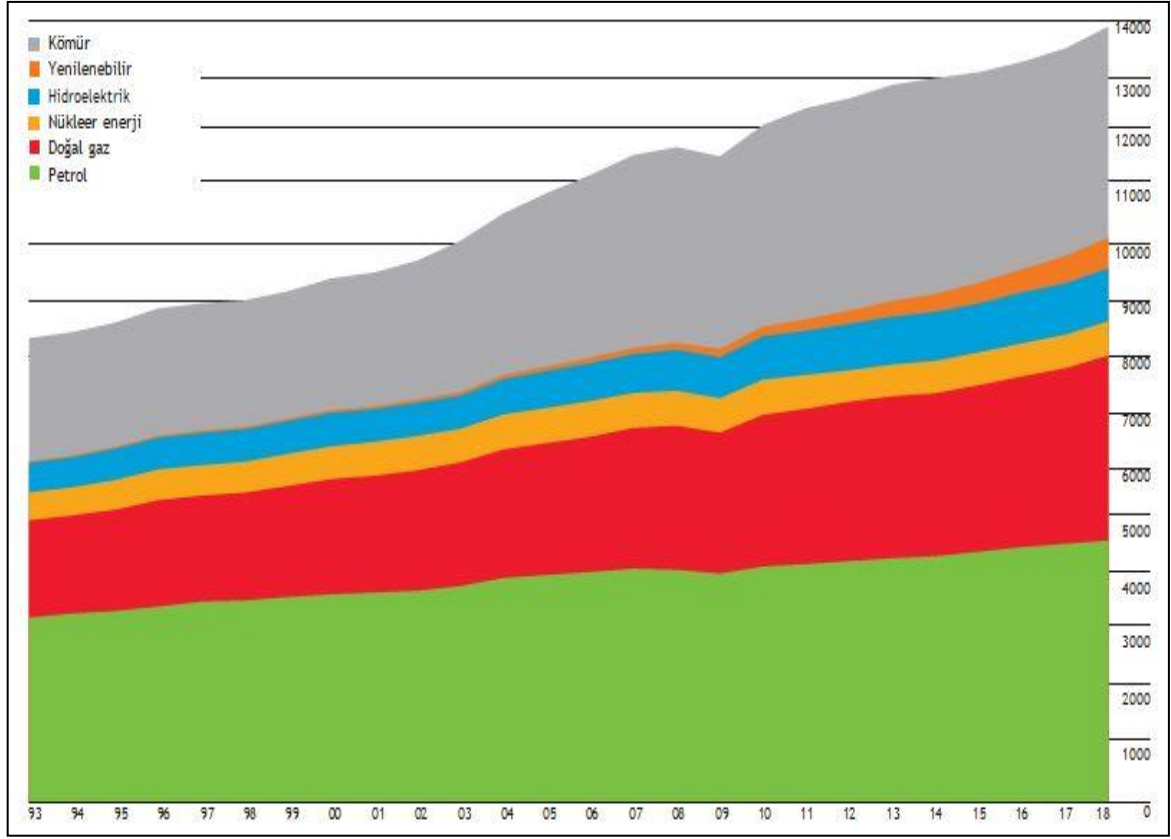
1.5.3. Dünyada Enerjinin Genel Durumu

Dünyada elektrik enerjisi üretiminde 2019 yılı için en yüksek paya sahip ülkeler ve kaynakları Tablo 1.1.'de verilmiştir. Buna göre kömür kaynağından elektrik üretim oranında ilk başlarda yer alan ülkeler Çin ve Hindistan şeklindedir. Doğal gaz kaynağından elektrik üretim oranında Rusya, yenilenebilir enerji kaynağından elektrik üretimi oranında ise Kanada ilk başlarda yer almaktadır. Dünyada toplam elektrik enerjisi üretiminde en büyük paya sahip kaynak %36.4 ile kömür olup ardından sırayla %26.0'lık pay ile yenilenebilir enerji ve %23.3'lük pay ile doğal gaz gelmiştir (BP, 2020).

Tablo 1.1. Ülkelerin 2019 yılı kaynak bazında elektrik üretim oranları (BP, 2020)

ÜLKE	Kömür (%)	Petrol (%)	Doğal Gaz (%)	Nükleer (%)	Yenilenebilir Enerji (%)	Diğer (%)
Almanya	27.9	0.8	14.9	12.3	39.9	4.2
ABD	23.9	0.5	38.6	19.4	17.3	0.3
Kanada	8.3	0.6	10.5	15.2	65.3	0.1
Çin	64.7	0.1	3.1	4.6	26.7	0.8
Hindistan	73.0	0.5	4.6	2.9	19.0	0.0
Rusya	16.3	0.6	46.5	18.7	17.5	0.4
Dünya	36.4	3.1	23.3	10.4	26.0	0.8

Kaynaklar bazında yıllar itibariyle dünya enerji tüketim miktarları (petrol karşılığı milyon ton) Şekil 1.2.'de verilmiştir.



Şekil 1.2. Kaynaklar bazında dünya enerji tüketim miktarları (BP, 2019)

Şekil 1.2. incelendiğinde dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla fosil yakıtların tüketim miktarının daha fazla olduğu görülmektedir. 2008 ve 2009 yılları arasında enerji tüketim miktarında azalış olmuştur. Son yıllara bakıldığı zaman yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında artış olduğu ancak fosil yakıtların kullanımında da önemli düzeyde bir artış olduğu görülmektedir.

1.5.4. Yenilenebilir Enerji

Temel enerji kaynakları olan petrol, doğal gaz, kömür gibi fosil kaynaklar hızla tükenirken, dünya nüfusu da hızlı bir şekilde artmaktadır. Hızla tükenen bu enerji kaynakları insanlığı daha uzun ömürlü enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları; sürdürülebilir olmaları, çevresel yönden temiz olmaları, kaynakların dışa bağımlı olmaması gibi sebeplerden dolayı önem arz etmektedir. Yenilenebilir enerjinin en temel tanımı; enerji kaynağından alınan enerjiye eşit oranda veya kaynağın tükenme hızından daha hızlı bir biçimde kendisini yenileyebilmesi olarak tanımlanmaktadır (Elibüyük ve Üçgül, 2016; Kete, 2020).

Yenilenebilir enerji kaynakları, doğanın kendi döngüsü içerisinde, bir gün sonra aynı şekilde mevcut bulunabilen klasik enerji kaynaklarına alternatif olarak sunulan kaynaklardır. Yenilenebilir enerji kaynakları, sürekli devam eden, doğal süreçlerdeki var olan enerji akışından elde edilmektedir. Hidrolik, güneş, biokütle, rüzgâr, jeotermal, dalga, gel-git ve hidrojen kaynakları günümüzde bilinen yenilenebilir enerji kaynaklarıdır ve yenilenebilir enerji; çevre dostu, sürekli ve uzun dönemde geleceğin anahtar kaynakları olarak değerlendirilmektedir (Daim ve Taha, 2013; Gezen ve Karaaslan, 2017).

Sanayi ve teknolojinin gelişmesi ile beraber artan enerji gereksinimi ve maliyetleri, yenilenebilir enerji teknolojilerine yönelmeye neden olmuştur. Özellikle 20. yüzyılın ortalarından itibaren araştırmalar bu sektörün geliştirilmesi yönünde artmıştır. Bu dönemde ağırlıklı olarak kullanılan fosil kaynaklı teknolojiler önemini yitirmeye başlamıştır. Bu kaynakların tükenme tehlikesi ile karşı karşıya olması da arz güvenliği sorununu gündeme getirmiştir. Ayrıca dönemin sonunda, fosil kaynakların kullanımından kaynaklanan çevresel sorunların artması, bu duruma çözüm olarak düşünülen yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelişi zorunlu hale getirmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında artış olmadıkça, fosil yakıt kullanımının çevreye verdiği ciddi zararlarda bir azalma gerçekleşmeyecektir. Bugün dünyanın enerji ihtiyacının %90'ı fosil kaynaklardan karşılanmaktadır. Fosil kaynakların tükenme süreleri dikkate alındığında yakın gelecekte hızla artan enerji talebinin fosil kaynaklarla karşılanması imkânsız olacaktır. Bu da ülkeleri, enerji arz güvenliği konusunda tehlikeye düşürecektir. Ayrıca fosil yakıtların kullanımının çevresel etkileri son yıllarda hissedilir düzeyde artmıştır. Bu nedenlerden dolayı dünya, fosil yakıtlara alternatif kaynak arayışına girmiş ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişmesini sağlamışlardır (MARKA, 2011; San Cristobal, 2011; Lee ve Zhong, 2014; Gezen ve Karaaslan, 2017).

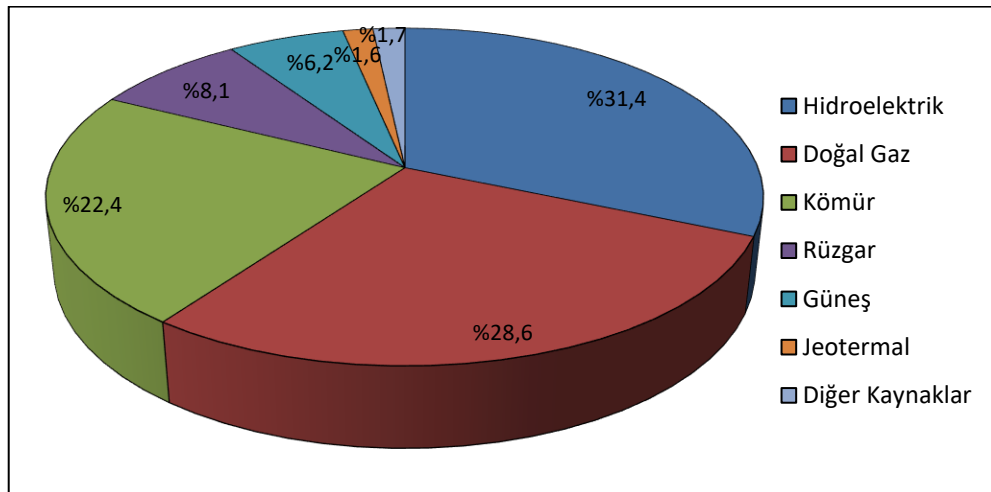
1.5.5. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Türkiye enerji üretiminde temel olarak fosil yakıt kaynaklı bir üretim yapmaktadır. Ancak fosil yakıtlar bakımından kaynakları oldukça yetersiz durumdadır. Enerji üretiminde en büyük paya sahip olan doğal gaz ve kömürde %90’dan fazla dışa bağımlılık söz konusudur. Nüfusun hızlı bir şekilde artmasıyla birlikte enerji talebi de her geçen yıl artmaktadır. Enerji tüm dünyada olduğu gibi ülkemiz için de ekonomik ve sosyal gelişmenin olmazsa olmaz bir unsurudur. Fakat ülkemizin enerji talebini bu kadar yüksek oranlarda dışa bağımlı olarak gerçekleştirmesi öncelikle ekonomik anlamda riskler

içermektedir. Bununla birlikte fosil yakıtların kullanılması ile meydana gelen çevresel problemler, hem çevreyi geri dönülemez boyutlarda tahrip etmekte hem de solunum yolu ve kanser gibi hastalıkları topluma miras bırakmaktadır. Ülkemiz, çevreye duyarlı, temiz, yerli, sıfır hammadde maliyetli yenilenebilir enerji kaynakları yönünden oldukça avantajlı konumdadır. Yenilenebilir enerji yatırımlarının hızla artırılması fosil kaynaklı birçok negatif dışsallığı azaltırken, uzun vadede gözle görülür pozitif dışsallıklar meydana getirecektir (Kete, 2020).

Türkiye, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım alanı bakımından oldukça elverişli bir ülkedir. Ülkemizde en fazla üretim hidroelektrik santrallerden ve rüzgâr enerjisinden gerçekleşmektedir. 2019 yılı Eylül ayı sonu itibarıyla ülkemizde elektriğin %47.3' ü yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmaktadır. 2019 yılının Eylül ayı sonu baz alındığında kurulu gücümüzün kaynaklara göre dağılımı şu şekildedir; hidrolik enerji %31.4, doğal gaz %28.6, kömür %22.4, rüzgâr %8.1, güneş %6.2, jeotermal %1.6 ve %1.7 ise diğer kaynaklar şeklindedir. Türkiye’de elektrik enerjisi üretim santrali sayısı 2019 yılı Eylül ayı sonu itibarıyla lisanssız santraller dâhil 8069 olmuştur. Mevcutta bulunan santrallerin dağılımı şu şekildedir; 669 adet hidroelektrik santrali, 68 adet kömür santrali, 262 adet rüzgâr santrali, 52 adet jeotermal santrali, 330 adet doğal gaz santrali, 6435 adet güneş santrali, 253 adet ise diğer kaynaklı santrallerdir (ETKB, 2020).

2019 yılı eylül ayı verilerine göre ülkemizin kaynaklara göre kurulu güç dağılımı Şekil 1.3.’te verilmiştir.



Şekil 1.3. Kaynaklara göre kurulu güç dağılımı (ETKB, 2020)

TEİAŞ verilerine göre 2017 yılı sonu itibariyle Türkiye’de toplam brüt elektrik üretimi, 297.3 GW civarında olup 2018 yılında %2.5 oranında bir artış ile 304.8 GW olmuştur. 2018 yılında gerçekleşen toplam brüt elektrik üretiminin; %32.4’ü yenilenebilir enerji kaynaklı santrallerden, %37.2’si yerli ve ithal kömür ile elektrik üreten termik santrallerden, %30.3’ü ise doğal gaz santrallerinden gerçekleşmiştir. 2018 yılında doğal gaz santrallerinin brüt elektrik üretimine katkısı 2000 yılından itibaren gerçekleşen üretim katkısının en düşüğüdür. Bu durumun nedeni olarak 2018 yılında doğal gaza yapılan zamların bu santrallerdeki işletme kâr oranını düşürmesi gösterilmektedir (TSKB Danışmanlık Hizmetleri, 2019).

Tablo 1.2.’de 2018 ve 2019 yıllarının ilk 9 ayında kaynaklarına göre elektrik üretimi ve payları gösterilmiştir.

Tablo 1.2. Kaynaklarına göre elektrik üretimi ve payları (TSKB Danışmanlık Hizmetleri, 2019)

Kaynak	2018-9 (GWh)	2019-9 (GWh)	2018-9 (%)	2019-9 (%)
Kömür	83166	80520	36.1	35.4
Doğal Gaz	70178	38604	30.4	17.0
Fuel – Oil + Motorin + LPG	253	777	0.1	0.3
Hidroelektrik	48056	73965	20.8	32.5
Jeotermal + Rüzgâr + Güneş	26360	30583	11.4	13.4
Yenilenebilir Atık + Atık Isı	2670	2994	1.2	1.3
Toplam Üretim	230683	227443	-	-

2018 ve 2019 yılları ilk 9 ayındaki toplam brüt elektrik üretimi incelendiğinde 2019 yılında 2018 yılının aynı dönemine göre %1.40’lık bir azalma olmuştur. 2018 yılı ilk dokuz aylık döneminde %36.1 olan kömür santrallerinden elektrik üretiminin payı 2019 yılının ilk 9 aylık döneminde %35.4’e düşmüştür. 2018 ve 2019 yıllarının aynı döneminde en büyük azalış doğal gaz santrallerinden üretilen elektrikte olmuştur. 2018 yılının ilk 9 ayında doğal gaz santrallerinden üretilen elektriğin payı %30.4 iken, 2019 yılının aynı döneminde bu pay %17’ye gerilemiştir. 2018 yılının ilk 9 ayında hidroelektrik santrallerden üretilen elektrik oranı %20.8 iken 2019 yılının ilk 9 ayında bu oran büyük bir artış göstererek %32.5 olmuştur (TSKB Danışmanlık Hizmetleri, 2019).

Enerji politikalarında temel amaç artan nüfus ve büyüyen ekonominin ihtiyaç duyduğu enerjinin minimum maliyetle sağlanmasıdır. Bir santralin yatırım maliyeti; mekanik ekipman, teknolojik kurulum, yol yapım ve şebekeye bağlantı, mühendislik hizmetleri, sondaj ve diğer arıza maliyetlerini içerir. Geri dönüşüm süresi, enerji sisteminin yatırım maliyetini ne kadar sürede geri ödeyebileceğinin göstergesidir. İşletim ve bakım maliyeti; santralin çalışan maaşları, malzeme ve teçhizat masrafları, taşıma ve kiralama ücretleri ve kurulacak arazi ödemelerini kapsamaktadır. Üretim maliyeti ise her bir alternatif kaynak için birim enerji üretmenin maliyetidir. Bir enerji santralinin, ekonomik ömrü enerji üretebilir durumda olduğu dönem olarak, üretim kapasitesi ise santralin belirli bir zamanda ürettiği enerjinin tam kapasitede üretebileceği enerjiye oranı olarak tanımlanır (Cavallaro ve Ciraolo, 2005; Wang vd., 2008; San Cristobal, 2011; Çapik vd., 2012; Gezen ve Karaaslan, 2017).

Tablo 1.3.'te Türkiye'de en yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının yatırım maliyetleri, işletim ve bakım maliyeti, elektrik üretim maliyeti, ekonomik ömürleri, üretim kapasiteleri ve geri dönüşüm süreleri verilmiştir.

Tablo 1.3. Yenilenebilir kaynakların karşılaştırılması (Gezen ve Karaaslan, 2017)

Konu	Hidroelektrik	Jeotermal	Güneş	Rüzgâr
Yatırım Maliyeti (\$/kWh)	1900-2600	1700-4000	4000-8000	1200-2500
İşletim ve Bakım Maliyeti (cent/kWh)	0.203	1.8	1.6	1.2
Elektrik Üretim Maliyeti (cent/kWh)	3-12	4-7	17-18	5-20
Ekonomik Ömür (yıl)	50	30	30	30
Üretim Kapasitesi (%)	30-40	80-90	20-25	25-45
Geri Dönüşüm Süresi (yıl)	4-7	6-8	6-12	5-9

Tablo 1.3. incelendiğinde yatırım maliyeti, en düşük olan yenilenebilir kaynaklar hidroelektrik ve rüzgâr, en yüksek olan kaynak ise güneştir. İşletim ve bakım maliyeti en düşük, ekonomik ömrü en yüksek ve geri dönüşüm süresi en az olan kaynağın hidroelektrik olduğu görülmektedir. Elektrik üretim maliyeti en düşük olan kaynakların ise jeotermal ve hidroelektrik olduğu görülmektedir.

1.5.6. Hidrolik Enerji

Elektrik üretmek için suyun hareket halinde olması gerekir. Akan su bir türbindeki çarkları döndürdüğünde mekanik enerji elde edilir. Türbin daha sonra bu mekanik enerjiyi başka bir enerji formuna dönüştüren jeneratöre iletir. Nehirler ve akarsularda bu güç elde edilebilmekle beraber güvenilir su temini için barajlara ihtiyaç vardır. Barajlar su depolarken bunu sadece elektrik üretmek için değil, ihtiyaç halinde evsel ve endüstriyel kullanım gibi amaçlar için de suyu tutarlar. Hazırda bekletilen devasa su kütlesi ise bir batarya görevi görmektedir. Elektrik üretmek için kullanılan su daha sonra diğer ihtiyaçlara hizmet etmek için akışına devam eder (USBR, 2005; Kete, 2020).

Hidroelektrik santralleri, enerji kaynağının yenilenebilir olmaları, işletme ve bakım giderlerinin düşük olması, kullanım ömürlerinin uzun olması, çok düşük düzeylerde çevreye olumsuz etkide bulunmaları ve ani talep değişimlerine cevap verebilmeleri sayesinde önemli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Hidrolik enerji yerli imkânlarla elde edilen bir enerji türüdür. Yatırımın başladığı anda gerek ülkeye gerekse yöre halkına sosyal yönden yararlar sağlamaktadır (Savrul, 2016; Kete, 2020).

Hidroelektrik santralleri su temelli bir enerji üretim kaynağı olduğundan ötürü iklim olaylarından etkilenmektedirler. Özellikle kuraklık dönemlerinde yağmurların azalması ve sıcaklığın etkisiyle buharlaşmanın fazla olması barajlardaki su seviyelerinin düşmesine, hatta bazen barajların kuruyacak seviyede su kaybetmelerine neden olup enerji üretimini azaltmakta veya tamamen durdurabilmektedir (Kete, 2020).

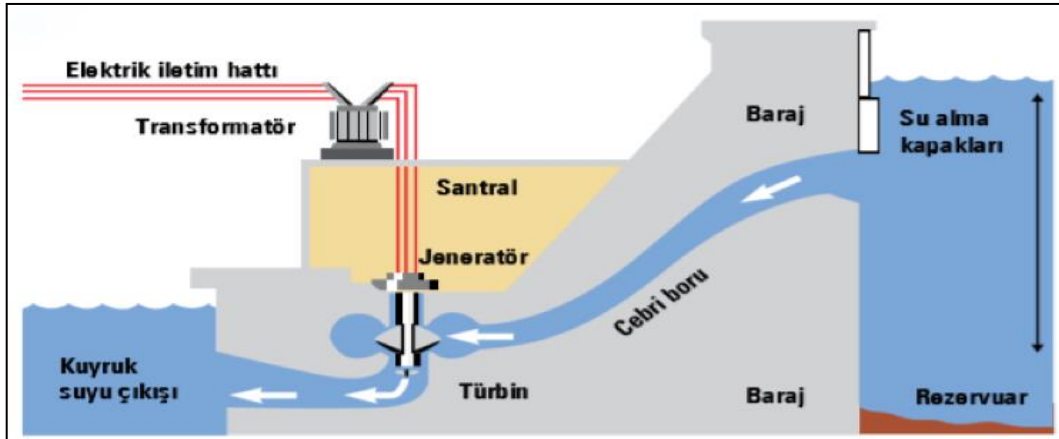
Bütün yönleriyle baktığımız zaman, hidroelektrik tesislerin asıl enerji kaynağı güneştir. Hemen hemen bütün enerji kaynakları, güneş ışınımının maddeler üzerindeki fiziksel ve kimyasal etkisinden oluşmaktadır. Hidrolik enerji de güneş ışınımından dolayı olarak meydana gelen bir enerji kaynağıdır. Deniz, göl veya nehirlerdeki sular güneş enerjisinin etkisiyle buharlaşmakta ve oluşan su buharı rüzgârın etkisiyle de sürüklenerek dağların yamaçlarında yağmur veya kar halinde yeryüzüne ulaşmakta ve nehirleri beslemektedir. Böylece hidrolik enerji kendini sürekli yenileyebilen bir enerji kaynağı

olmaktadır. Enerji üretimi ise suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi ile sağlanmaktadır (DSİ, 2011; Özdemir, 2020). Su çevrimi diyagramı Şekil 1.4.'te şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Su çevrimi (Harvey, 1998)

Hidroelektrik elektrik üretimi şematik olarak Şekil 1.5.'te gösterilmiştir.



Şekil 1.5. Hidroelektrik enerji üretimi (DSİ, 2011)

Su, bir cebri boru yardımıyla rezervuardan alınarak türbine verilmektedir. Türbinlere bağlı jeneratörlerin dönmesi ile de elektrik enerjisi üretilmektedir (DSİ, 2011).

Hidroelektrik; elektrik enerjisi üretiminde yerçekimi kuvveti yoluyla düşen veya akan suyun enerjiye dönüştürülmesidir. "Hidroelektrik santraller" ise bu elektrik enerjisinin üretiminin yapıldığı tesisler olarak tanımlanır (Çobanoğlu ve Ürker, 2012).

1.5.6.1. Hidroelektrik Santrallerin Avantajları ve Dezavantajları

Hidroelektrik santrallerinin yakıt maliyetinin olmaması, işletme ve bakım maliyetinin düşük olması ve yatırım maliyetinin büyük bir kısmının yurt içi harcamalardan oluşması diğer santrallere göre hidroelektrik santrallerinin daha avantajlı konuma çekmektedir (Koç ve Şenel, 2013b; Gezen ve Karaaslan, 2017).

Hidroelektrik enerji santrallerin, işletme sürecinde çevreye zehirli herhangi bir atık bırakmamaları, bu kaynağın rüzgâr ve güneş gibi temiz enerji kaynakları sınıfında değerlendirilmesini sağlamıştır. Fakat santralin yapımı sürecinde, kurulacağı yerdeki doğal dengeye verdikleri zararlardan dolayı temiz enerji kaynağı olarak değerlendirmek pek de doğru bir yaklaşım değildir. Yapım aşamasında, kurulacak santralin büyüklüğü ile orantılı olarak orman tahribatları gerçekleşmekte, bu tahribatlar ise birçok canlı tür ve sayısını azaltıp bölgedeki kara ekolojisinin bozulmasına sebep olmaktadır. Ayrıca santralin regülatörleri, nehrin doğal yapısını bozarak balık geçişlerini ve göç hareketlerini etkilemekte, açık kanal şeklinde yapılan su iletim hatları hayvan geçişlerini etkileyip habitat bölünmesine ve su ekosisteminde bozulmalara yol açmaktadır. Ayrıca sulama eksikliği sebebiyle tarımsal üretimde düşüşler yaşanmakta ve su tutulması nedeniyle mikro klima değişmektedir (Çobanoğlu ve Ürker, 2012; Gezen ve Karaaslan, 2017).

Bu dezavantajlara rağmen hidroelektrik santrallerinin yaygınlaştırılması konusu enerji bakanlığının stratejik planlarının ilk sıralarında yer almaktadır. Çünkü ülkemiz, hidroelektrik enerji potansiyeli bakımından oldukça zengin bir ülke olup kullanılmayan %58.7'lik potansiyelimiz, tam kapasite ile kullanıldığında enerjide dışa bağımlılığımız önemli düzeyde azalacaktır. Ayrıca bu santraller kuruldukları bölgede, içme ve kullanma suyu temininde, balıkçılık ve tarımda sulama amaçlı kullanabildiğinden bölge halkının ekonomik ve sosyal yönden kalkınmasını sağlayacaktır. Baraj çevresinin ağaçlandırılmasıyla beraber çevre estetik olarak da daha güzel bir görünüme kavuşacaktır. Ayrıca düzensiz yağışların olduğu ülkemizde hidroelektrik santraller taşkınları önlemede önemli bir fayda sağlamaktadırlar (MARKA, 2011; Gezen ve Karaaslan, 2017).

1.5.6.2. Dünyada ve Türkiye’de Hidrolik Enerjinin Durumu

Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde potansiyeli en fazla olan kaynak hidrolik enerjidir. Ülkemizin teorik hidroelektrik potansiyeli dünya teorik potansiyelinin %1’ine, ekonomik potansiyeli ise Avrupa ekonomik potansiyelinin %16’sına karşılık gelerek Norveç’in ardından Avrupa’da ikinci sırada yer almaktadır. Ülkemizin hidroelektrik potansiyeli 433 milyar kWh olup teknik olarak değerlendirilebilir potansiyeli 216 milyar kWh ve ekonomik hidroelektrik enerji potansiyeli ise 140 milyar kWh/yıl’a denk gelmektedir. Ülkemizdeki hidroelektrik potansiyelin önemli bir bölümünün kullanılmamasına rağmen 2017 yılında hidroelektrik kaynaklı 58.2 milyar kWh elektrik üretimi olmuştur. 2019 yılı itibarıyla 27912 MW’lık kurulu güce sahip 636 adet hidroelektrik santral bulunup bu Türkiye toplam kurulu gücünün %32’sine denk gelmektedir (ETKB, 2019; Hiçdurmaz, 2019).

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tarafından yayımlanan DSİ 2019 yılı Faaliyet Raporu’na göre hidroelektrik santrallerin genel durumu Tablo 1.4.’te yer almaktadır.

Tablo 1.4. Türkiye’nin HES potansiyel durumu (DSİ, 2019)

Potansiyel	HES (Adet)	Toplam Kurulu Kapasite (MW)	Ortalama Yıllık Üretim (GWh/yıl)	Oran (%)
İşletmede	683	28571	99628	62.0
İnşaat Halinde	47	3636	11962	7.5
İnşaatına Henüz Başlanmayan	526	15995	48745	30.5
Toplam	1256	48202	160335	100

Türkiye’de 2000-2019 yılları arasında hidrolik, jeotermal, rüzgâr, güneş ve biyokütle santrallerinin gelişimi ve hidrolik, jeotermal, rüzgâr, güneş ve biyokütleden oluşan toplam yenilenebilir kurulu gücünün toplam kurulu gücün içindeki payı Tablo 1.5.’te verilmiştir (Serdar, 2020).

Tablo 1.5. Yenilenebilir kaynaklı kurulu gücün Türkiye toplam kurulu gücü içindeki payının 2000-2019 yılları arasındaki değişimi (Serdar, 2020)

Yıllar	Hidrolik (MW)	Jeotermal (MW)	Rüzgâr (MW)	Güneş (MW)	Biyokütle (MW)	Toplam Yenilenebilir (MW)	Türkiye Toplam Kurulu Gücü (MW)	Yenilenebilirin Payı (%)
2000	11175.2	17.5	18.9		10.0	11221.6	27264.1	41.2
2001	11672.9	17.5	18.9		10.0	11719.3	28332.4	41.4
2002	12240.9	17.5	18.9		13.8	12291.1	31845.8	38.6
2003	12578.7	15.0	18.9		13.8	12626.4	35587.0	35.5
2004	12645.4	15.0	18.9		13.8	12693.1	36824.0	34.5
2005	12906.1	15.0	20.1		13.8	12955.0	38843.5	33.4
2006	13062.7	23.0	59.0		19.8	13164.4	40564.8	32.5
2007	13394.9	23.0	147.5		21.2	13586.6	40835.7	33.3
2008	13828.7	29.8	363.7		38.2	14260.4	41817.2	34.1
2009	14553.3	77.2	791.6		65.0	15487.1	44761.2	34.6
2010	15831.2	94.2	1320.2		85.7	17331.3	49524.1	35.0
2011	17137.1	114.2	1728.7		104.2	19084.2	52911.1	36.1
2012	19609.4	162.2	2260.6		147.3	22179.5	57059.4	38.9
2013	22289.0	310.8	2759.7		178.0	25537.5	64007.5	39.9
2014	23643.2	404.9	3629.7	40.2	227.0	27945.0	69519.8	40.2
2015	25867.8	623.9	4503.2	248.8	277.1	31520.8	73146.7	43.1
2016	26681.1	820.9	5751.3	832.5	363.8	34449.6	78497.4	43.9
2017	27273.1	1063.7	6516.2	3420.7	477.4	38751.1	85200.0	45.5
2018	28291.4	1282.5	7005.4	5062.8	621.9	42264.0	88550.8	47.7
2019	28503.0	1514.7	7591.2	5995.2	1163.3	44767.4	91267.0	49.6

Tablo 1.5. incelendiğinde yıllar geçtikçe toplam kurulu güç içinde yenilenebilirin payının artış gösterdiği görülmektedir.

Dünyada 2019 yılı içerisindeki toplam hidrolik kurulu güç ve elektrik üretim miktarı ile çeşitli ülkelerin hidrolik kurulu güç kapasite miktarı, elektrik enerjisi üretim miktarı ve dünyadaki hidrolik enerjinin elektrik üretimindeki payı Tablo 1.6.'da verilmiştir.

Tablo 1.6. Hidrolik enerjinin 2019 yılında dünyadaki durumu (IHA, 2020)

Ülke	Toplam Kapasite (2019) (MW)	Elektrik Üretimi (2019) (TWh)	Dünyadaki Hidrolik Enerjinin Elektrik Üretimindeki Payı (%)
Çin	356400	1302.00	30.24
ABD	102753	274.00	6.36
Brezilya	109058	386.95	8.98
Kanada	81386	398.00	9.24
Hindistan	50071	162.10	3.76
Rusya	49859	190.29	4.42
Türkiye	28503	87.09	2.02
Dünya Toplam	1307935	4306	100.00

Tablo 1.6. incelendiğinde hidrolik enerjinin toplam kapasitesinin en yüksek seviyede olduğu ülkenin Çin olduğu görülmekte arkasından Brezilya ve ABD gelmektedir. Dünya genelindeki toplam hidrolik kurulu güç ve kurulu depo potansiyeli 1307935 MW'dır. Toplamda 4306 TWh net hidrolik enerji üretimi gerçekleşmiştir.

1.6. Barajlar Hakkında Genel Bilgiler

Baraj, su biriktirmek amacı ile hazne oluşturmak üzere bir akarsu vadisini kapatarak akışı engelleyen yapıdır. Barajın su biriktirmesiyle beraber, su seviyesini yükseltme ve geniş su yüzeyi oluşturma gibi iki önemli özelliği daha vardır. Baraj kelimesi, yirminci yüzyılın ortalarından sonra Fransızcadan dilimize geçmiş olup sözlükte ise engel anlamına gelmektedir. Teknik terim olarak Fransızcada Türkçedeki ile aynı anlamda kullanılmaktadır (Ağralıoğlu, 2007).

Barajlar rezervuar, göl veya su birikimi oluşturarak suyun akışını engelleyen, yönlendiren veya geciktiren yapılardır. Barajlar çeşitli malzemelerden ve değişik tiplerde yapılan büyük boyutlu dayanma yapılarıdır. Sulama ve içme suyu, endüstriyel su kullanımı ve elektrik enerjisi üretimi gibi amaçlarla inşa edilirler (Berkün, 2007).

İlk zamanlarda içme ve sulama suyu temini amacıyla inşa edilen barajlar, daha sonraki zamanlarda elektrik enerjisi üretebilen yatırım kaynağı halini almıştır. Bu sebeple ileriki zamanlarda dünyadaki baraj sayısında çok hızlı bir biçimde artma olmuştur. Baraj yapımı ile birlikte oluşacak rezervuar nedeniyle yerleşiminden olan insan sayısının belirlenmesinde eksik arşivcilik, veri toplama ve istatistiklere bağlı olarak ciddi

belirsizlikler meydana gelmektedir. Dünyada altyapı geliştirme projeleri nedeni ile yerleşiminden olan kişi sayısı ile ilgili net bir bilgi bulunmamaktadır. Bu sayının 200 milyon civarında olabileceği ve bu değerin yaklaşık olarak %40'lık kısmına (80 milyon) baraj projelerinin neden olduğu öngörülmektedir. Bazı sivil toplum kuruluşlarının verilerine göre her yıl 2 milyon kişi altyapı ve geliştirme projeleri sebebiyle yerleşim yerlerinden edilmektedirler (Jackson ve Sleight, 2000; Kirchherr ve Charles, 2016; Akgün, 2018; Güven, 2019).

1.6.1. Tarih Boyunca Barajlar

İlk çağlardan beri insanoğlu, suyun gücünden faydalanmış ve bu amaçla insan eliyle gerçekleştirilmiş ilk fabrika olan su değirmenini yapmıştır. Sudan elektrik elde edilmesi ilk defa 28 Eylül 1869 yılında Aristian Bergen adlı bir Fransız tarafından gerçekleştirilmiştir. Bergen, Alp Dağları'ndaki bir çağlayanın suyunun 200 m yükseklikten düşmesinden doğan mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmeyi başarmış ve 1.5 kW'lık enerji elde etmiştir. Bu sayede fabrikadaki makineleri bu enerjiyle çalıştırmıştır. Türkiye'de ilk defa sudan elektrik üretilmesi 1902 yılında Tarsus'ta gerçekleştirilmiştir.

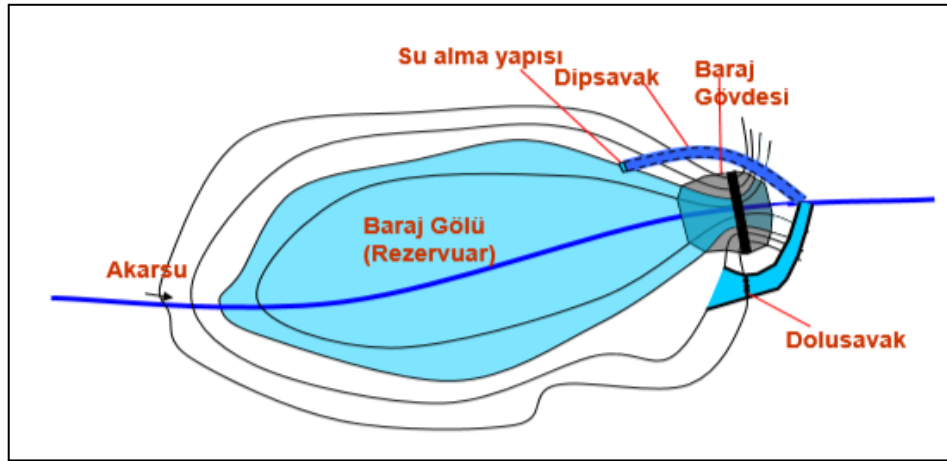
Dünyada ilk barajın milattan önce 4000 yıllarında Nil Nehri üzerinde yapıldığı düşünülmektedir. Uzunluk olarak 110 m ve yüksekliğinin ise 12 m olduğu bu baraj sulama ve içme suyu gereksinimi amacıyla kullanılmıştır. Ayrıca Nil üzerinde Sadd-El-Kafara Barajı'nın milattan önce 2950-2750 yılları arasında inşa edildiği bilinmektedir. Çin'de ise milattan önce 200 yıllarında inşa edilen Tu-Kiang Barajı, 200 bin hektarlık pirinç tarlalarını sulamak amacıyla bugün halen kullanılmaktadır. Hindistan ve Seylan'da 2000 yıl önce inşa edilmiş barajlar bulunmaktadır. İlk önemli kagir baraj yüksekliği 10 m olan ve Türkiye'de yapılan Keşiş Gölü Barajı'dır.

Türkiye topraklarında ilk barajın Urartular döneminde yapıldığı kayıtlarda yazılıdır. Ayrıca Helenistik, Roma, Bizans ve Selçuklu dönemlerinde de bazı barajların yapıldığı bilinmektedir. Osmanlılar döneminde Mimar Sinan zamanında Anadolu ve Rumeli'de bazı su yapılarının yapıldığı ve bunların bir kısmının hala kullanıldığı bir gerçektir. Osmanlı Devleti döneminde İstanbul'un içme-kullanma suyu ihtiyacı nedeniyle önemli çalışmalar yapılmış, Avrupa Yakasında Halkalı, Taksim ve Kırkçeşme Suları, Asya Yakasında ise Çamlıca Suları ile anılan birçok su tesisi yapılmıştır. Türkiye'de Cumhuriyet Dönemi'nde ilk yapılan baraj, Ankara'nın içme suyu ihtiyacı için 1936 yılında tamamlanan Çubuk 1 Barajı'dır. 1950 yılına kadar iki küçük toprak dolgu baraj (Gölbaşı ve Gebere)

gerçekleştirilmiştir. Daha sonra çeşitli amaçlarla, özellikle enerji üretimi ve sulama amacıyla pek çok baraj yapılmıştır. Yirminci yüzyılın sonuna kadar yapılan büyük barajların sayısı 500'ü aşmıştır. Ayrıca binlerle ifade edilen küçük baraj (gölet) yapılmıştır (Çeçen, 1984, 1986, 1988, 1991a, 1991b; Öziş, 1999; Ağralıoğlu, 2007).

1.6.2. Barajların Kısımları

Barajların kısımları genel olarak; baraj gövdesi, baraj gölü, su alma yapısı, dip savak, dolu savak, baraj sitesi (idari bina, atölyeler, lojman, ambar, garaj, vb.), derivasyon tesisleri ve diğer tesisler (enerji santrali, içme suyu arıtma tesisleri, balık geçidi vb.) olarak sıralanmaktadır. Şekil 1.6.'da barajın kısımları ve Şekil 1.7.'de barajı meydana getiren tesisler şematik olarak gösterilmiştir.

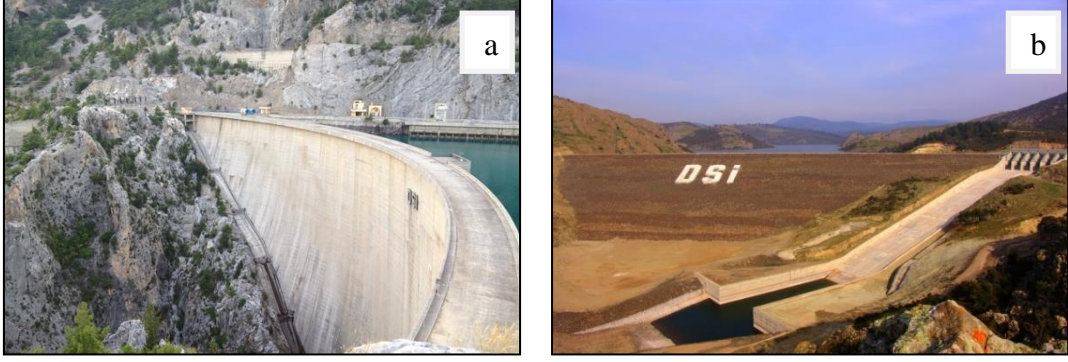


Şekil 1.6. Barajın kısımları (URL-1, 2020)



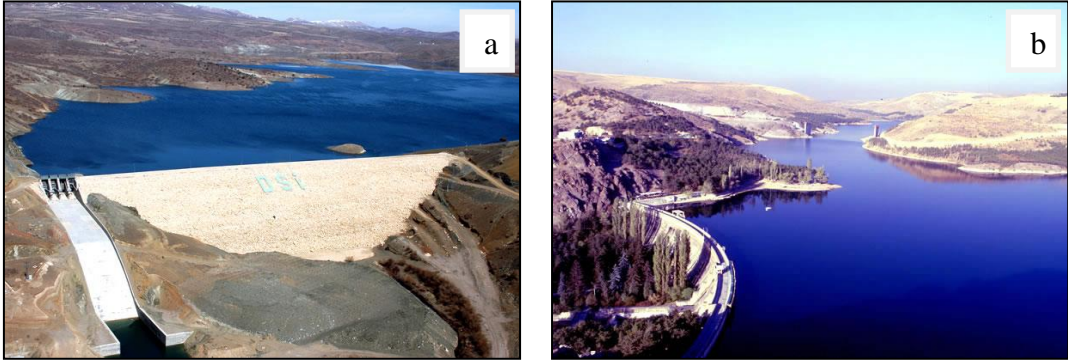
Şekil 1.7. Barajı meydana getiren tesisler (URL-1, 2020)

Baraj gövdesi: Barajın ana yapısıdır. Bütün vadiyi kapatarak baraj gölü oluşmasını ve yıllar boyu suyun depolanmasını sağlar. Genellikle beton veya dolgu malzemesi kullanılarak yapılan sabit bir yapıdır (Gedik, 2020). Baraj gövdesi ile ilgili örnekler Şekil 1.8.'de gösterilmiştir.



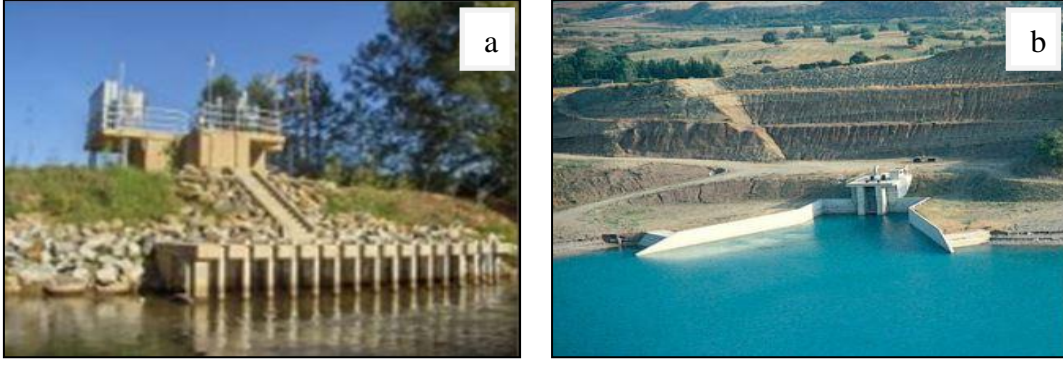
Şekil 1.8. Oymapınar Barajı gövdesi (a), Umurbey Barajı gövdesi (b)

Baraj gölü: Baraj gövdesinin arkasında suyun depolandığı vadi kısmıdır. Baraj gölü, ölü hacim, faydalı hazne hacmi ve taşkın koruma hacminden oluşmaktadır (Gedik, 2020). Baraj gölü ile ilgili örnekler Şekil 1.9.'da gösterilmiştir.



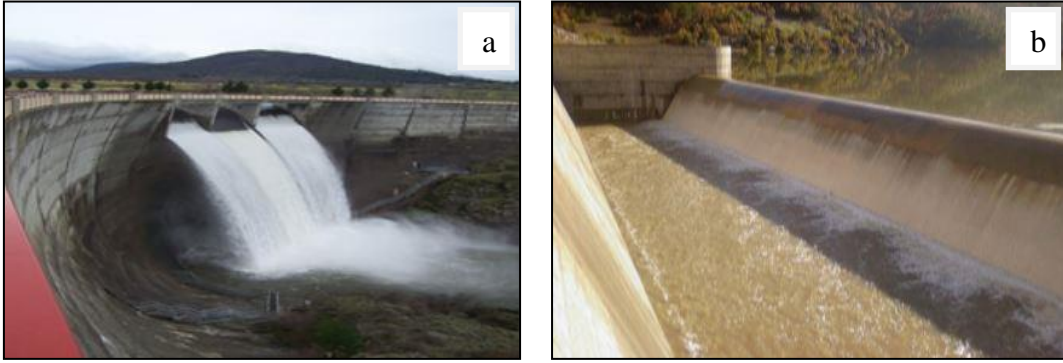
Şekil 1.9. Bahçelik Barajı gölü (a), Çubuk1 Barajı gölü (b)

Su alma yapısı: Baraj gölünde toplanan suyun alınmasını sağlayan yapıdır (Gedik, 2020). Su alma yapısı ile ilgili örnekler Şekil 1.10.'da gösterilmiştir.



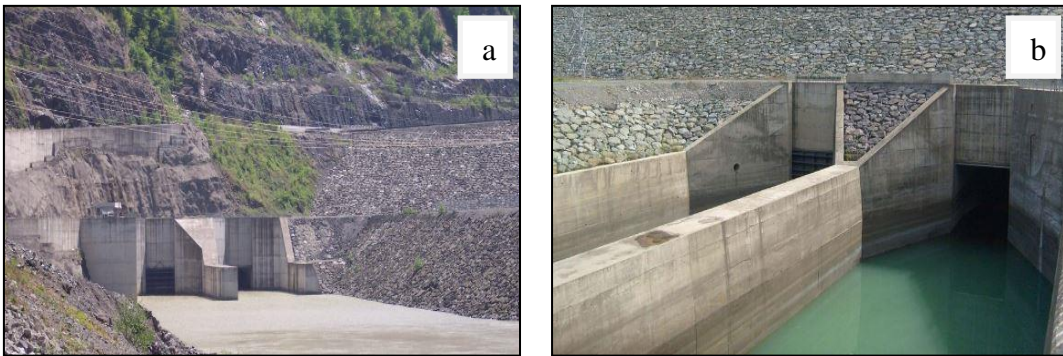
Şekil 1.10. Su alma yapısı örneği (a), Su alma yapısı örneği (b)

Dolu savak: Taşkın sularının mansaba aktarılarak yapının emniyetini sağlayan tesistir. Fazla suyun gövdenin üzerinden aşması barajın göçmesine sebep olur (Gedik, 2020). Dolu savak ile ilgili örnekler Şekil 1.11.'de gösterilmiştir.



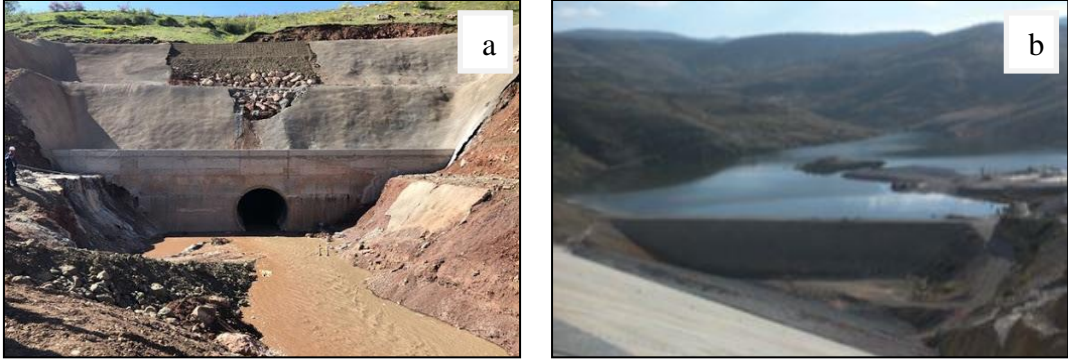
Şekil 1.11. Segovia Barajı (a), Dolu savak örneği (b)

Dip savak: Gerektiğinde baraj gölünü tamamen boşaltmak, dolu savak kapasitesini azaltabilmek ve akarsu mansabına bırakılacak suyu salabilmek amacıyla yapılan baraj yapısıdır (Gedik, 2020). Dip savak ile ilgili örnekler Şekil 1.12.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.12. Muratlı Barajı (a), Borçka Barajı (b)

Derivasyon tesisleri: Derivasyon, baraj inşaat alanının kuru tutulabilmesi amacıyla akarsu güzergâhının geçici olarak değiştirilmesidir. Genellikle batardolar ve derivasyon tünellerinden oluşan yapılardır. Derivasyon tünelleri, suyu dağın içinden ileten çoğunlukla dairesel bazen de atnalı kesitinde bir yapıdır (Berkün, 2007). Derivasyon tünelleri örneği ve barajlarda batardo örneği Şekil 1.13.'te gösterilmiştir.



Şekil 1.13. Koçali Barajı derivasyon tünelleri (a), Barajlarda batardo örneği (b)

Baraj sitesi: Büro, atölye, laboratuvar, lojman, ambar, garaj, park yerleri gibi barajın özellik ve büyüklüğüne bağlı olarak ihtiyaçlara cevap verecek şekilde boyutlandırılmış yapılardır.

Diğer tesisler: Barajın hizmet ettiği amaca uygun olarak enerji santrali, içme suyu arıtma tesisi, balık ve tomruk geçitleri, gemi eklüzleri ve kaydırma tesisleri gibi yapılardır (Berkün, 2007).

1.6.3. Barajların Sınıflandırılması

Her biri ayrı bir uzmanlık alanını oluşturan hidrolik, jeolojik ve topoğrafik çalışmalar ile ekonomik analizler sonucunda bir barajın yapılıp yapılamayacağına karar verilir. Bu durumda söz konusu barajın hacmi, yüksekliği, dolu savak kapasitesi, tünel ve su alma yapılarına ait kapasitelerin yanı sıra barajın gövde tipine de karar verilir. Barajlar önemine göre çeşitli şekillerde sınıflandırılırlar (Gülbüz, 1995).

1.6.3.1. Barajların Büyüklüklerine Göre Sınıflandırılması

Uluslar arası büyük barajlar komisyonu (ICOLD) büyük barajlar için aşağıdaki sınıflandırmayı yapmıştır.

- Kret ile temeli arasındaki yükseklik 15 m'den fazla olan barajlar,
- Yüksekliği 10 m ile 15 m arasında olan fakat buna ek olarak;
 - Kret uzunluğu > 500 m
 - Hazne hacmi > 1000000 m³
 - En büyük taşkın debisi > 2000 m³/s

olma özelliklerinden en az birisinin olduğu barajlar büyük baraj olarak adlandırılır. Küçük barajlar ya da göletler ise bu tanımın dışında kalan etüt, proje ve inşaat esasları daha basit ve çabuk sonuç alınan kriterlere göre yapılan barajlardır (URL-2, 2020).

1.6.3.2. Barajların Yapım Amaçlarına Göre Sınıflandırılması

Yapım amaçlarına göre tek veya çok amaçlı barajlar vardır. Bunlar çoğunlukla içme, kullanma ve endüstri suyu sağlama, tarım için gereken sulama suyu sağlama, hidroelektrik enerji üretme ve taşkın koruma amaçlarından biri veya birkaçı için yapılırlar. Bunlara ek olarak atık depolama, başka bir barajın mansap şartlarını düzenleme, su kirliliğini önleme, su ürünleri yetiştirme ve rekreasyon amaçlı barajlar da vardır (Orhon, 1997).

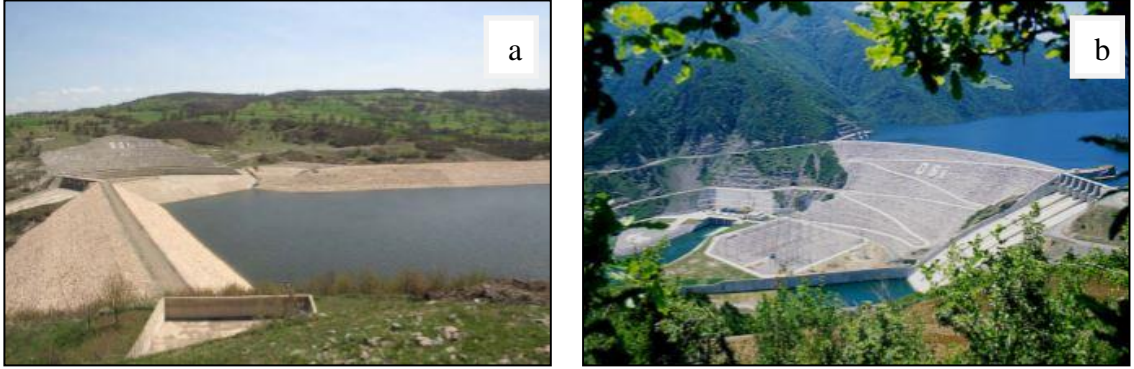
1.6.3.3. Barajların Gövde Tipine Göre Sınıflandırılması

Barajlar gövdenin statik projelendirilmesinde esas alınan gövde şekline göre sınıflandırılabilirler gibi gövde dolgusunda kullanılan malzeme cinsine göre de sınıflandırılabilirler. Burada baraj sınıflandırılmasında en yaygın olarak kullanılan ve hem gövde dolgu malzemesini hem de gövde biçimini göz önüne alan bir sınıflandırma yapılacaktır (Orhon, 1997).

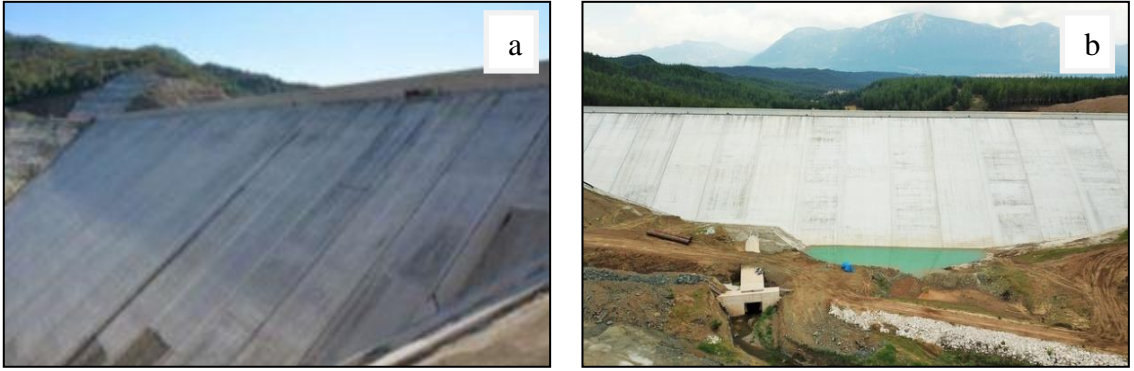
a) Dolgu barajlar: Su basıncını dolgu gövdenin ağırlığı ile temele aktaran barajlardır. Günümüzde yaygın olarak tercih edilmektedirler. Dolgu barajların sınıflandırılması aşağıdaki gibidir.

- Toprak dolgu barajlar
- Kaya dolgu barajlar
- Ön yüzü betonarme kaplı kaya dolgu barajlar

Dolgu baraj örnekleri; Şekil 1.14.'te ve Şekil 1.15.'te gösterilmiştir.



Şekil 1.14. Toprak dolgu baraj örneği (a), Kaya dolgu baraj örneği (b)



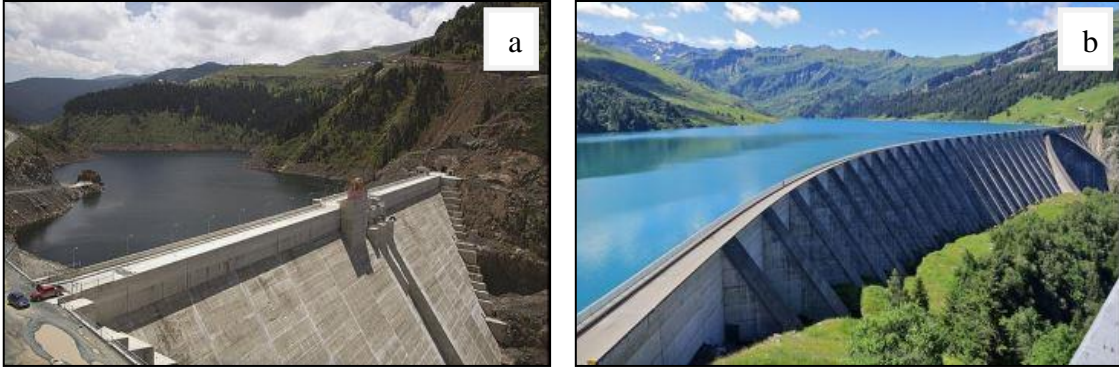
Şekil 1.15. Ön yüzü betonarme kaplı kaya dolgu baraj örnekleri (a), (b)

b) Beton Barajlar: Beton baraj tipleri genelde sağlam temel ve yamaç koşullarına sahip olan vadilerde tercih edilirler. Beton barajlar genel olarak; beton ağırlık barajlar, payandalı beton barajlar, beton kemer barajlar, silindirle sıkıştırılmış beton barajlar olarak sınıflandırılır.

- **Beton ağırlık barajlar:** Beton gövde üzerine dolu savak oturtulabildiğinden dolu savak hafriyatının zor olduğu vadilerde bu tip barajlar avantaj sağlar. Ancak baraj yüksekliği arttıkça diğer baraj türlerine göre daha pahalı olurlar.
- **Payandalı beton barajlar:** Beton bir perde ve perdeye mesnet teşkil eden beton payandalardan oluşan baraj tipidir. Suyun basıncını kendi ağırlığı ve arkasındaki betonarmeden yapılmış payanda desteklerle karşılar. Yamaçları yatık ve kısmen geniş vadilerde uygulanan bir tiptir.

- Beton kemer barajlar: Kemer baraj, kavisli tek bir beton duvarlardan oluşan su tutma tesisidir. Suyun basıncını, kemer tesiriyle yamaçlara vermek için, beton duvar membaya doğru kavisli yapılır. Basınç temele ve yamaçlara eşit dağılıyorsa baraj kemer-ağırlık veya ağırlık-kemer olarak yapılabilir.
- Silindirle sıkıştırılmış beton barajlar: Bu barajlar, kamyonlarla taşınıp serildikten sonra silindirle sıkıştırılabilen, maksimum 50 mm çapında agrega ve bağlayıcı madde olarak portland çimentosu ve puzzolanların kullanıldığı kaba betondan yapılan barajlardır. Silindirle sıkıştırılmış beton barajlar, beton ağırlık barajlara, kaya dolgu barajlara ve beton kemer barajlara oranla daha ucuzdur.

Beton baraj örnekleri; Şekil 1.16.'da ve Şekil 1.17.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.16. Beton ağırlık baraj örneği (a), Payandalı beton baraj örneği (b)



Şekil 1.17. Beton kemer baraj örneği (a), Silindirle sıkıştırılmış beton baraj örneği (b)

1.6.3.4. Barajların Düzenleme Devresine ve Hidrolik Projelendirmeye Göre Sınıflandırılması

Barajlar; suyu istenilen yöne çevirmeye yarayan düzenleme yapmayan çevirme barajları, mevsimlik düzenleme yapan barajlar ve 1 yıllık su ihtiya ından fazlasını depolayabilen uzun vadeli düzenleme yapan barajlar olarak sınıflandırılabilirler. Ayrıca hidrolik projelendirmeye göre, üzerinden suyun a masına izin verilebilen ya da izin verilmeyen barajlar da vardır (Orhon, 1997).

1.6.4. Barajların Yapılı  Amaçları

Geçmişten günümüze insanların suya olan ihtiya ı, onu suyun biriktirilmesine yöneltilmiş, bu sebeple önceki zamanlar günlük gereksinimlerini karşılayacak su kapları yapan insanlar, sonraki zamanlarda özellikle su kaynaklarının kısıtlı olduğu yörelerde su biriktirme yapıları inşa etmek zorunda kalmıştır. Bunlardan en önemli olanı barajlardır (Berkün, 2007).

Bir baraj aşağıda gösterilen amaçların biri veya birkaçı için yapılır:

- Sulama suyu sağlama
- İçme suyu ve kullanma suyu sağlama
- Hidroelektrik enerji  retme
- Endüstri suyu sağlama
- Ta kınların kontrol edilmesi
- Dinlenme yeri sağlama
- Balık ılı ın geliştirilmesi ve korunması
- Akarsu ve iç su yolu ulaşımı
- Akarsu deltalarında tuzlulu un giderilmesi
- Katı maddenin tutulması ve kontrolü
- Su kalitesinin iyileştirilmesi
- Atıkların toplanması
- Canlıların korunması (A ıralio lu, 2007).

1.6.5. Baraj Yerinin Seçimine Etki Eden Faktörler

Akarsu vadileri kilometrelerce uzunlukta olabilen ve kendi içinde çok çeşitli hidrolojik, topoğrafik ve jeolojik özellikler gösterebilen yerlerdir. Bu sebeple bir baraj yeri için çeşitli alternatifler içinden en uygun olanının seçilmesi gerekmektedir (Berkün, 2007).

Baraj yerinin seçilmesinde etkili olan faktörler genel olarak aşağıda verilmiştir;

- 1) Topoğrafya
- 2) Jeoloji
- 3) Malzeme
- 4) Dolu savak yerleştirebilme durumu
- 5) İnşaat sırasında suyun çevrilmesi (derivasyon)
- 6) Suyun taşıdığı katı madde miktarı
- 7) Suyun kalitesi
- 8) Kamulaştırma bedeli
- 9) Deprem durumu
- 10) Mansap su hakları ve yeraltı su seviyesi

Düşünülen çeşitli baraj yerleri için yukarıda sıralanan etkenleri değerlendirebilecek bir ekonomik analiz ile baraj yerine karar verilir (Ağralıoğlu, 2007).

1.6.6. Baraj Tipinin Seçimine Etki Eden Faktörler

Bir baraj yerinde genellikle birden fazla baraj tipinin inşası söz konusu olabilir. Bu sebeple baraj yerine ve yapılış amacına en uygun ve en ekonomik olan baraj tipinin belirlenmesi için birçok faktörün incelenmesi gerekmektedir. Bu faktörler aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- 1) Baraj yerinin topoğrafik durumu
- 2) Temel zemini ve jeolojik yapı
- 3) Baraj inşaatında kullanılacak uygun malzemenin yeri ve cinsi
- 4) Ulaşım olanakları
- 5) Çevirme (derivasyon) koşulları
- 6) Dolu savak kapasitesi ve yeri
- 7) Yeraltı ve yerüstü sularının durumu
- 8) İklim koşulları ve inşaa süresi
- 9) Gerekli teknoloji ve uzman kadronun mevcudiyeti
- 10) Aktif hacim

- 11) Bölgedeki sismik aktivite
- 12) Heyelan
- 13) Ülkenin ekonomik durumu
- 14) Makine parkı alanı mevcudiyeti, makinelerin tipleri ve kapasiteleri
- 15) Doğanın korunması ve çevre şartları (Berkün, 2007).

1.6.7. Barajların Ömürleri

Barajlar için ortalama bir ömür biçmek doğru değildir. Bilimsel anlamda her barajın yapılış amacı, inşasında kullanılan teknikler ve malzemeler, kurulduğu bölgenin jeolojik yapısı gibi tüm etmenler baraj ömründe önemli bir etkiye sahiptir. Zaman zaman baraja biçilen tahmini ömrün dışında mühendisler tarafından yapılan destek ve takviye çalışmalarıyla da barajların ömrü uzatılabilir (Güven, 2019; URL-3, 2020).

Baraj ömürleriyle ilgili iklim yapısının ve bitki örtüsünün baraj ömrüne önemli bir etkisi bulunmaktadır. Türkiye’deki barajlara bakıldığında zaman zaman barajların ekonomik ömrünün 50-75 sene civarında değiştiği bilinmektedir. Ancak yapılabilecek destekler ve mühendislik çalışmalarıyla biçilen bu ortalama ömrün süresinin uzatılacağı da öngörülmektedir. Dünyada ve özellikle gelişmiş ülkelerde fonksiyonunu kaybetmek üzere olan barajlarda proje değişikliklerine gidilerek barajların ekonomik ömürlerinin 200 yıla kadar uzatılabildiği görülmektedir. Amerika’daki Hoover Barajı ekonomik ömrün artırılabilceğine bir örnektir (Güven, 2019; URL-3, 2020).

Malatya’da bulunan Tohma Çayı üzerine, 1966-1975 yılları arasında inşa edilerek 21 bin hektar tarım arazisinin sulanması amacıyla kullanılan ve üzerinde bir de hidroelektrik santral bulunan Medik Barajı’nın ömrünü doldurmasına yakın, alanında yetkin ekiplerce yapılan “lastik baraj” uygulamasıyla hem ekonomik ömrü uzatılmış olup hem de barajın önceki hacmine ek olarak 5 milyon metreküp su depolama hacmi kazandırılmıştır. Silindir biçimde lastikten imal edilen şişme savak da denilen bu yapı, genel olarak suyun kabartılıp rezervuar oluşturulmasını sağlayışı ve taşkın durumunda rezervuarda bulunan suyun mansaba aktarılması amacıyla kullanılır. Medik Barajı üzerinde denenen ve gayet başarılı sonuçlar doğuran bu metot Türk barajcılık tarihi için yeni ve gayet kullanılabilir bir çalışma olmuştur. Ekonomik ömrünü tamamlamak üzereyken Devlet Su İşleri eliyle daha da verimli bir duruma getirilmesi için yeniden elden geçirilen Medik Barajı’nda Türkiye’de ilk uygulamalardan olan Rubber Dam Tekniği ile 5 milyon metreküp ilave

depolama sağlanarak enerji ve sulamaya su aktarımı sağlanmıştır (Güven, 2019; URL-3, 2020).

1.6.8. Barajların Yıkılma Nedenleri

Barajların göçmesi çok miktarlarda can ve mal kaybına sebep olabildikleri için barajlarda oluşabilecek hasarlar büyük önem taşımaktadır. Oluşan zararın sebebi barajın ani göçmesi sonucu oluşan taşkın suyunun yıkıcı gücüdür. Baraj göçmesinde ve hasar görmesinin sebepleri; gövde üzerinden su aşması, sızma erozyonu, şev koruma kusurları, baraj gövdesi ve temel zemin içinden oluşan su kaçakları ve borulanma, kayma, deformasyon, zamanla meydana gelen bozulma, deprem, hatalı inşaat ve kapak göçmeleri olarak verilebilir. Ancak bunlar içinde gövde üstünden su aşması, borulanma ve sızma en önemli göçme sebeplerini oluşturur. Yapısal kusurlardan oluşan ilk göçmenin, M.Ö. 2950-2750 yılları arasında Mısır'da yapıldığı kayıtlarda belirtilen Sadd el-Kafara Barajı'nda olduğu bilinmektedir. Bu barajda, dolusavak yapısı olmadığından göçme oluşmuştur. Yetersiz dolusavak kapasiteleri sonucu ağırlık barajlarının üzerinden taşkın suyunun aşması, baraj göçmelerinin en önemli nedenlerinden biri olup, baraj bölgesinin jeolojisi ile ilgili değildir. Barajın ömrü süresince etkisi altına girebileceği maksimum taşkın tahmini bir bilim dalı olup, geçen yüzyıl boyunca geliştirilmeye çalışılmıştır. Yüzyıllar önce zamanın güvenlik standartlarına göre inşa edildikleri düşünülen barajlar, dolusavaklarının yetersiz kalmaları sonucu zarar görmüştür. Bu nedenle, milyonlarca dolara mal olan ek harcamalar yapılarak, mevcut pek çok eski dolgu ve beton barajlarda dolusavak kapasiteleri artırılmıştır (Berkün, 2007).

1.6.9. Baraj-Çevre İlişkisi

Gelişmiş teknoloji ve tecrübe birikimiyle yapılan barajlar ve hidroelektrik santrallerinde enerji üretiminde kullanılan suyun yenilenebilmesi ve hidrolojik çevrim içinde sürekli olarak döngüde rol oynaması ekolojik avantaj sağladığı gibi bu yapıların işletme maliyetinin düşük ve ekonomik ömrünün yüksek olması da önemli avantajlarındandır. Bu sebeple, bazı dezavantajları olsa da HES projelerinin bütün çevresel, ekolojik ve sosyo-ekonomik zararları en az seviyeye indirilip baraj rezervuar alanından etkilenen halkın menfaati göz önünde bulundurularak planlanması ve hayata geçirilmesi gerekmektedir. Bundan dolayı baraj gibi su yapıları ülkemizin ekonomik ve stratejik menfaatleri açısından yararlı olmasının yanında baraj çevresinde yaşayan yöre

halkının ekonomik kalkınması ve geleceği bakımından da yararlıdır (Sever ve Ulukalın, 2010).

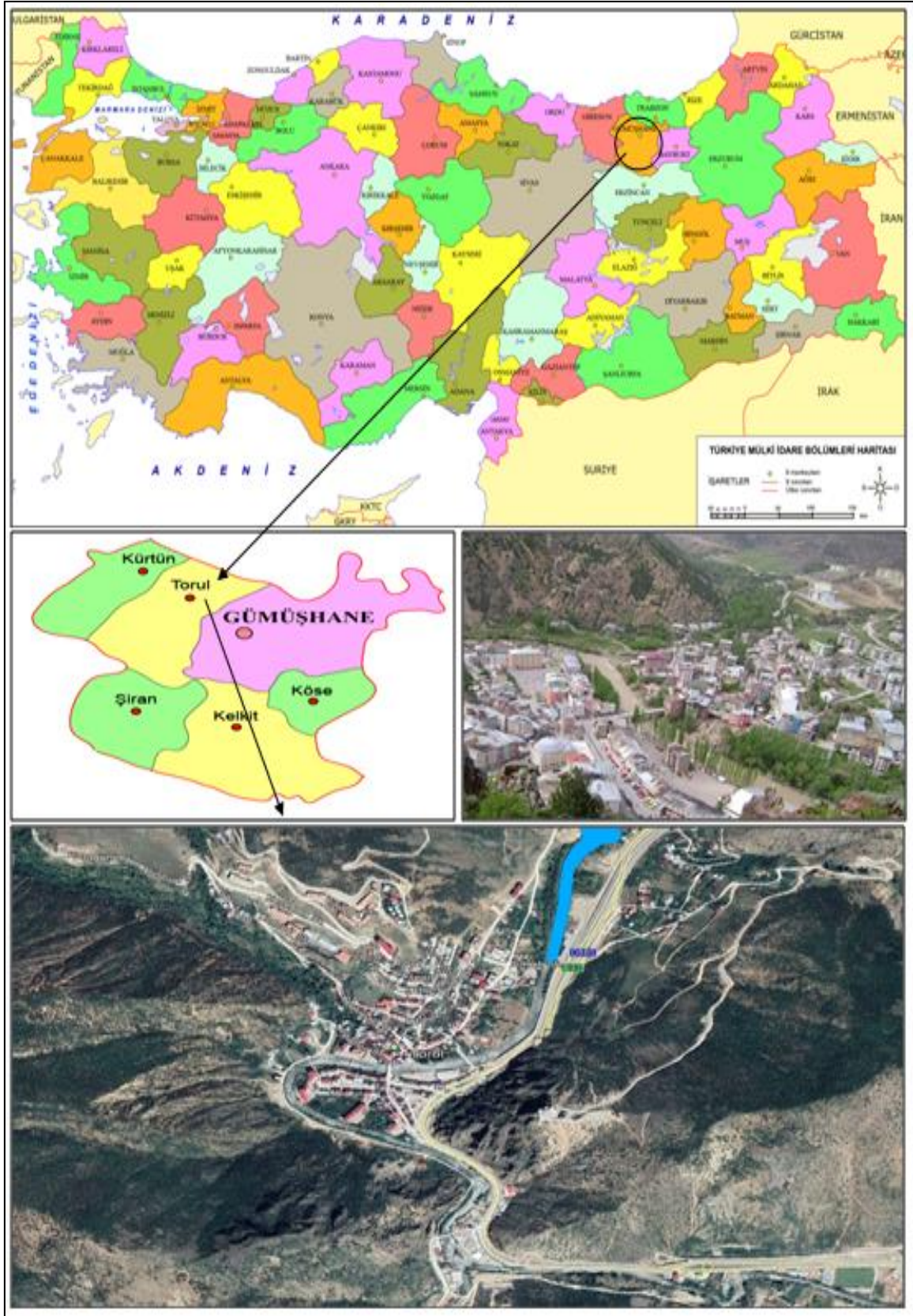
Barajların olumlu etkileriyle birlikte günümüzde dünyanın farklı yerlerinde inşa edilen ve inşa edilmekte olan barajlar mühendislik ve inşaat teknolojisindeki gelişmeleri tüm gerçekliğiyle ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, baraj projelerinin boyutları ve sayısı arttıkça çevresel etkileri ve tahribatın büyüklüğü de bu doğrultuda artmaktadır. Coğrafi ortamın hızlı bir şekilde değişmesine sebep olan büyük baraj projeleri, genel olarak eksik ve hatalı planlamalar nedeniyle arazi potansiyelinin doğru değerlendirilmemesine bağlı olarak felaket boyutunda önemli problemlerin yaşanmasına yol açmakta ve hidro-elektrik projelerine şüpheyle bakılmasına sebebiyet vermektedir (Bayraktar, 2004; Sever, 2005; Sönmez, 2012).

1.7. Torul İlçesi Hakkında Genel Bilgiler

Bu bölümde Torul ilçesinin; coğrafi konumu, tarihçesi, ulaşım durumu, akarsuları, nüfusu ve ekonomik durumu ile ilgili genel bilgiler verilmiştir.

1.7.1. Coğrafi Konum

Torul, Gümüşhane ilinin bir ilçesidir. Torul, “40.557865” enlem, “39.293272” boylam coğrafi koordinatları arasında yer almaktadır. Torul, Harşit Çayı’nın en çok genişlediği ve kuzeybatıdan akarak aynı konumda bu çayın önemli kollarından olan Herek Çayı’nın karıştığı yerde bulunmaktadır. Torul yerleşkesi, Harşit ve Herek Çayları boylarında kurulmuştur. Torul, Trabzon - Gümüşhane - Erzurum karayolu üzerinde, Karadeniz Bölgesi’nin Doğu Karadeniz Bölümü’nde, Harşit Çayı kenarında kurulmuş, dağlık araziye sahip olan bir ilçedir. Torul ilçesinin kuzey kısmında Doğu Karadeniz Dağlarından Alacadağ ile Horoz Dağları ve Çakırgöl Dağları gibi kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda uzanan yüksek dağlar olup güney kısmında ise Giresun Dağları’nın doğu uzantılarını oluşturan Balaban Dağları vardır. Gümüşhane’nin merkezinin batısında yer alan Torul, kuzeyinde Trabzon, güneybatısında Giresun ile batısında Kürtün ilçesi ve güneyinde Şiran ilçesi ile komşudur. İlçenin yüz ölçümü 1049 km² olup, ilçe merkezinin yüksekliği 950 metredir (URL-4, 2020; URL-5, 2020; URL-6, 2020). Torul ilçesinin yer bulduru haritası Şekil 1.18.’de verilmiştir.



Şekil 1.18. Torul ilçesinin yer bulduru haritası

1.7.2. Tarihçe

Eski Yunan eserlerinde, Torul ilçesinden milattan önce kurulan bir yerleşim yeri olarak söz edilmektedir. IV. Haçlı Seferi esnasında Trabzon ilini alan Cenevizliler, Torul ilçesini de alarak ilçenin birçok kısmında kaleler ve haberleşme amacıyla kullanılan ateş kuleleri yapmışlardır. Torul, madenleri ve ormanlarıyla ünlenmiş olmakla birlikte sarp ve geçit vermeyen kayalıkları ve dağlık alanları nedeniyle sığınma yeri olmuştur.

Torul adının Tör, yani “kutsal makam” veya “Tuğrul Bey” adından geldiği düşünülmektedir. Yoğun olarak Türk Kayı ve Çepni Boylarından gelen Türk nüfusuna sahip olan bir ilçedir. Çepniler Anadolu’ya, Kürtün ve Torul civarlarından dağılmışlardır. Selçuklu Sultanı Tuğrul Bey’in kuzeydoğu seferi sırasında, otağını Torul’da kurmasına dayanarak, daha önceleri Ardasa ismiyle anılan ilçeye Torul denilmeye başlanmıştır.

19. yüzyılın ilk yıllarında yazıldığı anlaşılan Osmanlı Devleti’nin idari taksimatına ait bir defterde Torul, Gümüşhane ilinin bucağı olarak gösterilmiştir. 1886 tarihli salnamede Torul, Gümüşhane Sancağı’nın kazası olmuştur. 1890’da Trabzon ilinin kazası olarak gösterilen Torul’da 1893’te yapılan sayım sonuçlarına göre 36137 kişi olup Gümüşhane sancağının en büyük kazasıydı. Torul, Cumhuriyet döneminde Gümüşhane iline bağlı bir ilçe olmuştur (URL-5, 2020; URL-6, 2020; URL-7, 2020).

1.7.3. Ulaşım Durumu

Torul ilçesine çevre illerden ulaşım karayolu ile sağlanır. Gümüşhane ilinin merkezinden Torul’a ulaşım Trabzon-Gümüşhane karayolu ile sağlanmaktadır. Torul ilçesinden ilçenin yerleşim yerlerine ulaşım stabilize ve patika yollar ile sağlanmaktadır. Torul merkezine en yakın yerleşim yeri yaklaşık olarak 3 km mesafede bulunan Bahçecik köyüdür.

1.7.4. Akarsular ve Su Kaynaklarının Kullanımı

Gümüşhane ilinin akarsu şebekesi hattı; Kelkit Çayı ile Harşit Çayı ve bu akarsuların yan kollarından oluşur. Gümüşhane ili topraklarının güney kesiminde bulunan akarsular Orta Karadeniz Bölümü’nden Karadeniz’e dökülmektedir. Bütün akarsular kaynaklarını Gümüşhane sınırları içinden almaktadırlar. Çimen, Zigana ve Gümüşhane Dağları’nın zirveleri su bölümü çizgilerine denk gelmektedir. Harşit Çayı, Vauk Dağı’nın kuzey eteklerinden ve Sifon Deresi adıyla kaynağını almaktadır. Harşit Çayı, Gümüşhane il merkezini doğu - batı doğrultusunda geçip dar ve derin olan boğazları aşarak Torul ve

Kürtün ilçelerinden geçip Tirebolu'dan Karadeniz'e dökülmektedir. Karadeniz'e dökülünceye kadar Harşit Çayı, Gümüşhane sınırları içerisinde 142 km mesafe alır. Harşit Çayı, Torul ilçesinin önemli akarsuyu olup Nivene, Köstere ve Çit dereleri ile beslenir ve Tirebolu'dan denize dökülür (Bayram, 2011; URL-8, 2020).

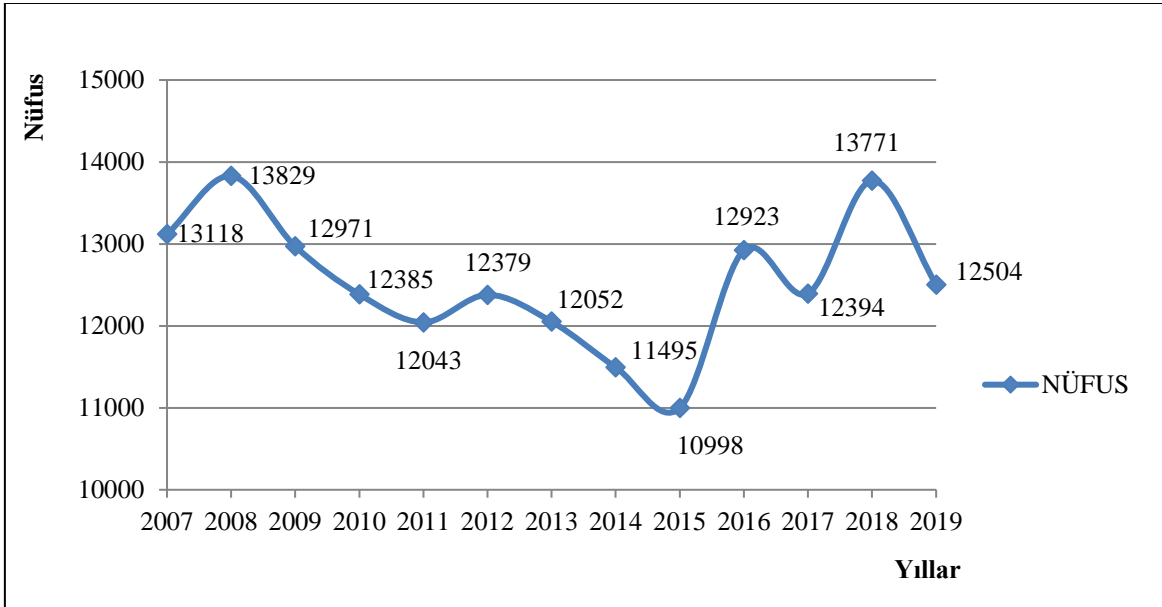
Torul ilçesinde su, yeraltı suyu kaynaklarından temin edilir ve çoğunlukla içme suyu olarak kullanılır. İlçede, su kaynaklarının kullanımı az miktarda olup sanayi gelişmemiştir. İçme suyunun tarımsal faaliyetlerde kullanımı ise çok az olup tarımsal faaliyetler köylerde yaygın olarak yapılmaktadır. Torul'da, içme suyu ihtiyacı ilçede bulunan su depolarından sağlanmakta olup içme suyu potansiyeli ve kapasitesi ilçe için yeterlidir (Gümüşhane Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2020).

1.7.5. Nüfus

Torul ilçesine ait nüfusun 2007-2019 yılları arasındaki değişimi Tablo 1.7.'de ve Şekil 1.19.'da verilmiştir.

Tablo 1.7. Torul nüfusunun 2007-2019 yılları arasındaki değişimi

2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
13118	13829	12971	12385	12043	12379	12052	11495	10998	12923	12394	13771	12504



Şekil 1.19. Torul nüfusunun 2007-2019 yılları arasındaki değişimi

1975 yılında 37866 olan Torul nüfusunun büyük bir bölümü ilerleyen zamanlarda arazi şartlarının olumsuz olması ve iş sahalarının yetersizliği gibi sebeplerden ötürü başka illere göç etmiştir. 2019 yılındaki ilçe nüfusu 12504 kişidir.

1.7.6. Ekonomik Durum

Torul ilçesinin ekonomisinde tarım ve hayvancılık önemli bir yer tutmaktadır. Torul'un önemli gelir kaynağı fasulyedir. Genelde Torul ilçesi ve köylerindeki arazilere fasulye ekilmektedir. Bununla birlikte Torul'da patates, ceviz, mısır, buğday, elma, dut, armut, kayısı, fındık gibi çeşitli ürünler yetiştirilmektedir. İlçede önemli miktarda koyun ve sığır yetiştiriciliği yapılmaktadır. Hayvanlar yaylalarda ve doğal ortamlarda beslenmekte olup ilçenin köylerinde bulunan yaylalara çevre illerden yaylacılar gelip koyun yetiştirmektedirler. Bundan dolayı yaylacılık geleneği Torul'da önemli bir gelişme göstermektedir. Torul ilçesi genelinde tarım, turizm, madencilik, yolcu taşımacılığı ve nakliyecilik, orman ürünleri üretimi, pestil ve köme imalatı, ticaret belirli düzeylerde yapılmaktadır. İlçenin genelinde nüfusun büyük bir kısmı geçimini tarımsal faaliyetlerden sağlamaktadır (URL-6, 2020).

2.YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu bölümde Torul Barajı'nın yıllık su bütçesi ve Torul Barajı'ndan etkilenip yer değiştiren nüfus hesaplanmış olup ayrıca Torul Barajı turizm ve su sporları açısından değerlendirilmiştir. Bunlara ek olarak; Torul Barajı ve HES'e ait coğrafik özelliklere, fiziksel çevre özelliklerine (bölgesel jeoloji, hidroloji, toprak), karakteristik ve hidrolik özelliklere, enerji üretimine ve barajdaki balıkçılık faaliyetlerine dair yapılan çalışmalar sonucu elde edilen bilgiler verilmiştir.

2.1. Torul Barajı'nın Turizm ve Su Sporları Açısından Değerlendirilmesi

Torul ilçesi yayla ve doğa turizmi, mağara turizmi ve kış turizmi yönünden çokça zenginliğe sahiptir. Zigana Yaylası, Artabel Gölleri Doğa Parkı, Limni Gölleri, Karaca Mağarası turistik yerlerin en önemlileridir. Öte yandan, Zigana Dağı'nda kayak merkezi ve 100 yatak kapasiteli otel bulunmaktadır (URL-6, 2020). Ayrıca 2016 yılında yapımına başlanan ve 2018'de yapımı tamamlanan Torul cam seyir terası da 240 metrelik irtifasıyla büyük ilgi görmektedir ve birçok yerli yabancı turist ilçeye gelmektedir.

Torul Barajı turizm ve su sporları açısından gereken ilgi ve hassasiyeti maalesef görmemektedir. Baraj gölünün merkezinde olduğu turizm ve su sporları açısından faaliyet ve etkinlik eksikliği olması ilçenin ekonomik ve sosyal yönden kayba uğramasına neden olmaktadır.

2.1.1. Torul Barajı'nın Alternatif Turizm Alanlarıyla Olan İlişkisi

Gümüşhane turizmde Türkiye'nin genel gelişim eğilimine alternatif oluşturacak “doğa ve kültür” ağırlıklı turizm türlerine sahiptir. Doğal, kültürel ve sosyal çevreyi korumanın, geliştirmenin, istihdam yaratmanın ve ülkelerin ekonomik kalkınmasına katkı sağlamanın etkili yolu turizmdir. Aynı zamanda alt yapı eksikliklerinin giderilmesinde turizm önemli bir faktördür.

Torul Baraj Gölü, Doğu Karadeniz Kalkınma Ajansı tarafından yapılarak ilgili bakanlığa onaylatılan Doğu Karadeniz Master Planı'nda 1. öncelikli yeşil tur güzergâhı üzerindedir. Gümüşhane il sınırları içerisinde 1. öncelikli yeşil tur güzergâhı; Kürtün Kazıkbeli Yaylası-Kürtün Baraj Gölü-Torul Baraj Gölü-Karaca Mağarası-İmera Köyü-Cami Boğazı Yaylası-Çakırgöl Turizm Merkezi-Taş Köprü Yaylası ve Santa Harabeleri'ni

takiben Trabzon'a uzanmaktadır. Diğer yandan Torul Baraj Gölü'nden geçen 1. öncelikli yeşil tur güzergâhının diğer aksı Gümüşhane Merkez-Süleymaniye Mahallesi-Kelkit Sadak Antik Kenti ve Şiran Tomara Şelalesi'ni takiben Giresun iline ulaşır. Öte yandan hali hazırda Gümüşhane'de organize turlar açısından ilin kullanılan tek tur güzergâhı Trabzon-Maçka-Torul-Gümüşhane-Erzincan devlet karayolu üzerinden sağlanmaktadır. Görüldüğü üzere "Torul Baraj Gölü" Karadeniz Bölgesi'nin doğuya açılan kapı yolu üzerindedir. Gümüşhane ilindeki doğal güzellikler ve tarihi mekânlar ana tur güzergâhında yer almaktadır. Torul Baraj Gölü aynı zamanda çevresindeki alternatif turizm merkezlerine olan yakınlığı ve baraj havzasındaki bölgenin en etkin flora ve fauna çeşitliliğine sahiptir. Ayrıca havzada bulunan otantik köy yerleşimleri baraj gölüne mistik bir güzellik katmaktadır.

2.1.2. Torul Barajı'nın Turizm ve Su Sporları Potansiyeli

Doğu Karadeniz Master Planı'nda, Torul Baraj Gölü turizm eylem bölgesi olarak tespit edilmiş olup raporlarda gününbirlik tesislerin yapımı ve su sporları merkezi olarak değerlendirilebilir görüşüne yer verilmiştir. Bu bağlamda Torul Baraj Gölü su sporlarının yapılabileceği birçok aktiviteyi içerisinde barındırmaktadır. Baraj havzası özellikle oryantirik ve macera yarışları için çok uygundur. Havzada yapılacak su sporları şöyle sıralanabilir;

➤ Kano sporu: Kano kelime anlamı olarak hareketli olmayan sularda kullanılan ağır olmayan bir ulaşım aracıdır. İlk kullanım amacı ulaşım olan kanolar günümüzde eğlence için kullanılmaya başlanmıştır (URL-9, 2020). Doğa sporları arasında en eğlenceli olanlardan biridir. Şekil 2.1.'de kano sporu ile ilgili görsel verilmiştir.



Şekil 2.1. Kano sporu

➤ Su kayağı sporu: Ayağı takılı kayaklar ile hareket halindeki bir teknenin arkasına bağlı halata tutunup su üstünde kayma ile gerçekleştirilen spordur. Suda yapılan ve eğlenceli bir spordur (URL-10, 2020). Şekil 2.2.'de su kayağı sporu ile ilgili görsel verilmiştir.



Şekil 2.2. Su kayağı sporu

➤ Rüzgâr sörfü sporu: Rüzgâr sörfü; sörf tahtası ve yelken kullanarak rüzgârın itici gücü ile su yüzeyinde ilerlemeyi sağlayan bir spordur. Bu sporda sörf yaptığımız yerde dalga olmasına gerek yoktur. İtici kuvvet rüzgâr olup dengeyi ise sporcu kendi bedeniyle sağlamaktadır (URL-11, 2020). Şekil 2.3.'te rüzgâr sörfü sporu ile ilgili görsel verilmiştir.



Şekil 2.3. Rüzgâr sörfü sporu

➤ Dalış sporu: Dalış; bir oksijen tüpü yardımıyla, çoğu kez keşif amaçlı olarak gerçekleştirilen su altı sporlarından bir tanesidir. Tüp, regülatör gibi ekipmanlar ile çok daha derinde ve uzun süreli olarak yapılabilen bu sporun kökeni herhangi bir ekipmanın kullanılmadığı serbest dalıştır (URL-12, 2020). Şekil 2.4.'te dalış sporu ile ilgili görsel verilmiştir.



Şekil 2.4. Dalış sporu

➤ Açık su yüzme yarışması: Deniz ve göl gibi alanlarda uzun mesafede gerçekleştiren yarışlara açık su yüzme yarışması denilir. 10 km'den kısa mesafelerdeki yarışlara açık su uzun mesafe, 10 km'den uzun mesafelerdeki yarışlara ise açık su yüzme maratonu denilmektedir (URL-13, 2020). Şekil 2.5.'te açık su yüzme yarışması ile ilgili görsel verilmiştir.



Şekil 2.5. Açık su yüzme yarışması

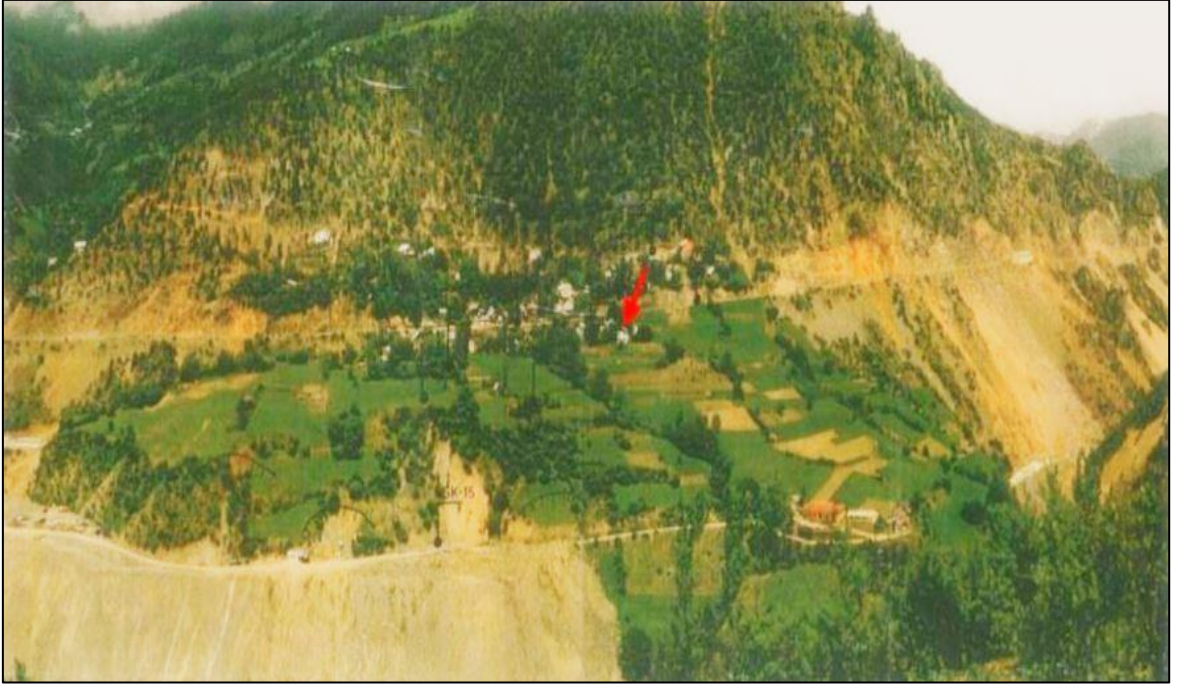
➤ Sportif olta balıkçılığı: Doğayla iç içe, ticari amacı olmayan, güzel ve eğlenceli zaman geçirmek amacıyla orman içindeki akarsu, göl veya göletlerde sportif olarak gerçekleştirilen balık tutma aktivitesi sportif olta balıkçılığı olarak isimlendirilir. Sportif olta balıkçılığı yapan insanlar avcılık güdülerini karşılarken, balık stoklarında herhangi bir eksilmeye sebep olmamaktadırlar (URL-14, 2020). Şekil 2.6.'da sportif olta balıkçılığı ile ilgili görsel verilmiştir.



Şekil 2.6. Sportif olta balıkçılığı

2.2. Torul Barajı ve HES Alanının Coğrafi Özellikleri

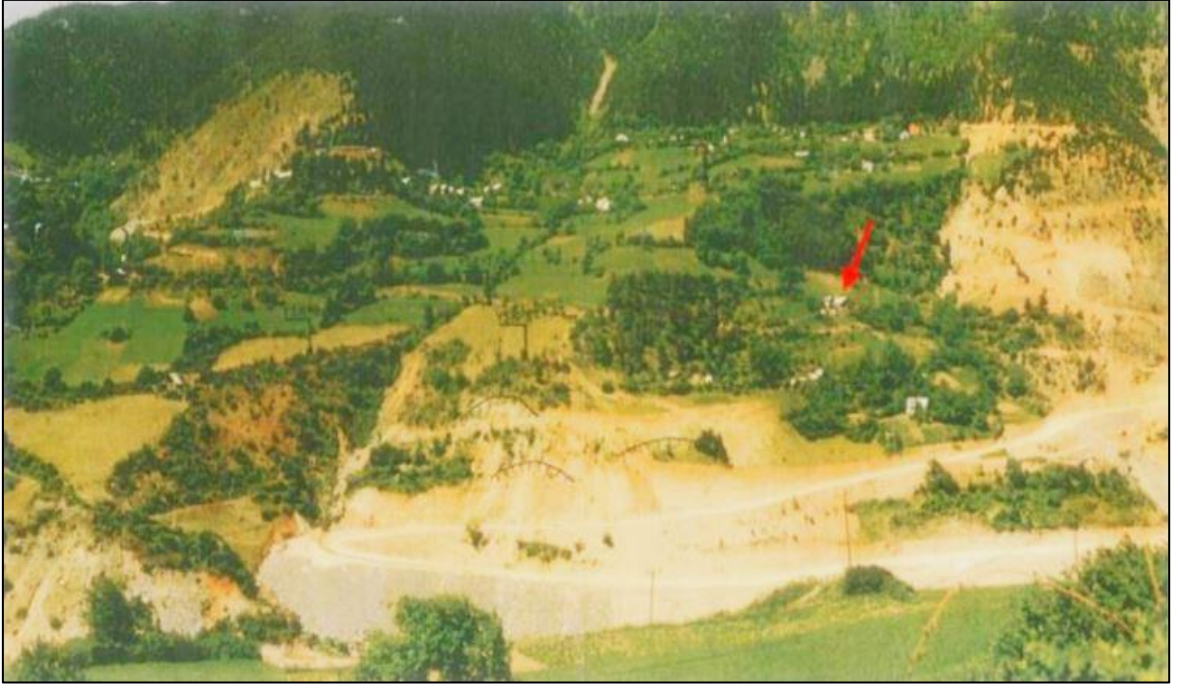
Torul Barajı, Gümüşhane ilinin 20 km kuzeybatısındaki Torul ilçesi sınırları içerisinde, Torul ilçesine 14 km uzaklıkta, Kirazlık köyü mevkiinde ve Harşit Çayı üzerinde bulunmaktadır. Torul Barajı ve HES'e ait yer bulduru haritası Şekil 2.7.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Torul Barajı sağ sahilinin su tutmadan önceki hali (Özdoğan, 2010)



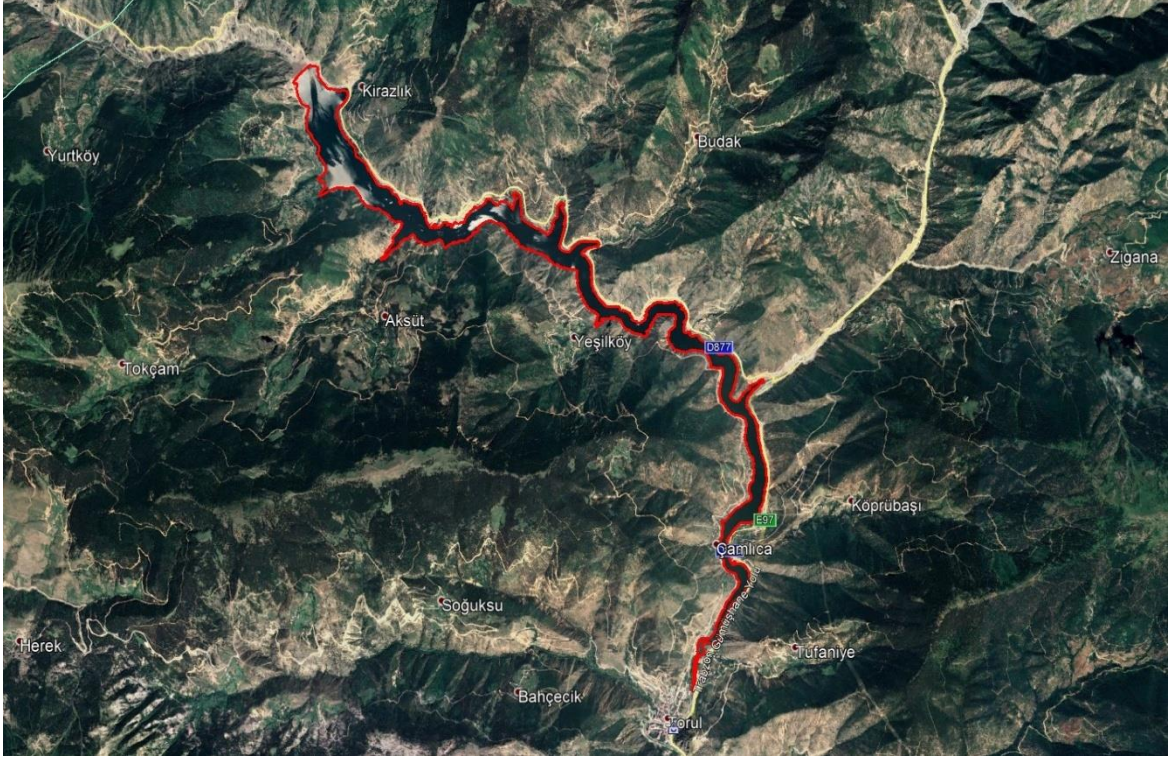
Şekil 2.9. Torul Barajı sağ sahilinin su tuttuktan sonraki hali (Özdoğan, 2010)



Şekil 2.10. Torul Barajı sol sahilinin su tutmadan önceki hali (Özdoğan, 2010)



Şekil 2.11. Torul Barajı sol sahilinin su tuttuktan sonraki hali (Özdoğan, 2010)



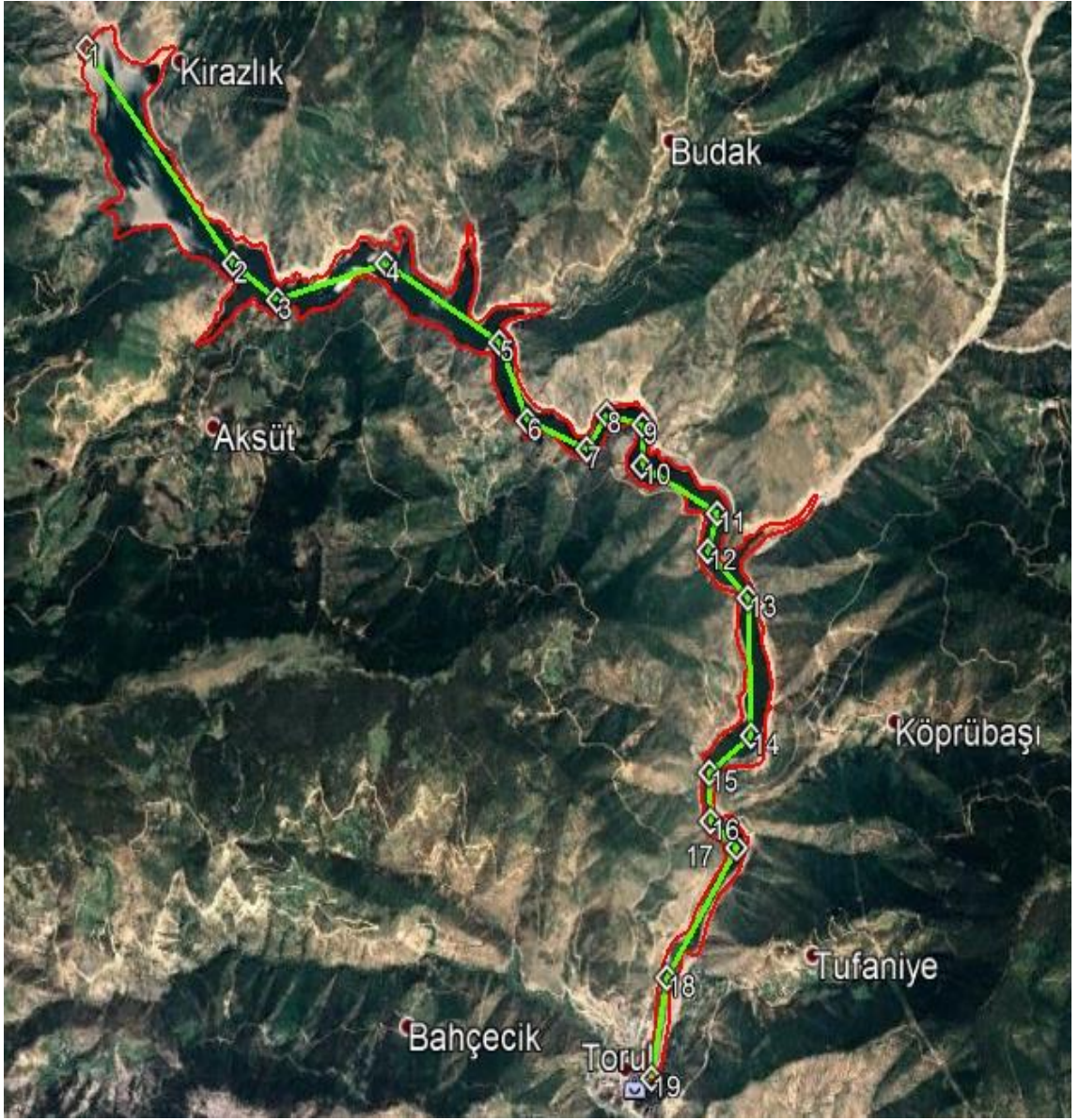
Şekil 2.12. Torul Barajı göl alanının uydu görüntüsü

Torul ilçesinin iklimi Gümüşhane ili iklim özellikleriyle büyük ölçüde aynıdır. İlçenin, iklim özellikleri yönünden Doğu Anadolu Bölgesi'nde görülen sert karasal iklim ile Karadeniz Bölgesi'nde görülen ılıman ve yağışlı iklime benzer özellikler göstermekte olup bir geçiş iklimi niteliğindedir. Baraj yeri Torul ilçesinde yer aldığından dolayı benzer iklim özelliklerine sahip olup genellikle karasal iklim görülmekte dolayısıyla yaz ayları kurak ve yağışsız, kış ayları kar yağışlı olup soğuk ve sert geçmektedir. Gümüşhane ilinin, güneybatısında bulunan dağlar Doğu Anadolu Bölgesi'nin soğuk ve sert rüzgârlarına, kuzeydoğusunda yer alan dağlar ise Karadeniz Bölgesi'nin nemli havasına engel olmaktadır. Bundan dolayı Torul ilçesi, iki bölgenin iklimi arasında bir geçiş niteliğine sahip olan mikroklima iklim özelliği göstermektedir (Bayram, 2011; URL-8, 2020).

Torul ilçesinde, arazi orman toprağı karakterinde olup yağış miktarı orman bitkilerinin yetişmesine müsaittir. Bundan dolayı Torul'un bitki örtüsünü ormanlar oluşturur. Yüksek seviyelerde ladin, köknar, kızılâğaç ve çam ağaçları bulunurken düşük seviyelerde ise ceviz, meşe, pelit ve meyve ağaçları ile azda olsa fındık bahçeleri yer almaktadır (Özdoğan, 2010; URL-7, 2020).

2.2.1. Torul Barajı Göl Güzergâhı Koordinatları

Torul Baraj Gölü, Torul ilçe merkezi ile Kirazlık köyü arasındaki güzergâhta bulunmaktadır. Torul ilçe merkezi ile Kirazlık mevkiinde bulunan baraj gövdesi arasındaki mesafeyi belirlemek için göl güzergâhı doğrultusunda harita üzerinde noktalar belirlenmiş ve ölçüm yapılarak baraj gölü uzunluğu 14 km olarak bulunmuştur. Torul Barajı göl güzergâhı, Google Earth görüntüsü üzerine işlenerek Şekil 2.13.'te, Torul Barajı göl güzergâhı koordinatları ise Tablo 2.1.'de verilmiştir.



Şekil 2.13. Torul Barajı göl güzergâhı

Tablo 2.1. Torul Barajı göl güzergâhı koordinatları

Koordinat sırası: Sağa, Yukarı		Koordinat Sırası: Enlem, Boylam
Datum Türü: ED50		Datum Türü: WGS-84 Coğrafi
D.O.M: 39		
Zon: 37		
Projeksiyon: UTM 6°		
PAFTA: TRABZON G42C1 G42C4 G42D2 G42D3		
TORUL BARAJI		
NOKTA NO		
1	519540.000:4498457.000	39.23081428:40.63514176
2	520985.000:4496639.000	39.24784121:40.61872855
3	521419.000:4496335.000	39.25296178:40.61597878
4	522480.000:4496645.000	39.26551582:40.61874332
5	523596.000:4495981.000	39.27868468:40.61273047
6	523869.000:4495324.000	39.28188701:40.60680393
7	524452.000:4495088.000	39.28876905:40.60466085
8	524645.000:4495380.000	39.29106168:40.60728567
9	524998.000:4495293.000	39.29523080:40.60649132
10	524992.000:4494951.000	39.29514632:40.60341053
11	525730.000:4494555.000	39.30385303:40.59982047
12	525637.000:4494238.000	39.30274098:40.59696760
13	526028.000:4493847.000	39.30734587:40.59343300
14	526065.000:4492694.000	39.30773551:40.58304480
15	525656.000:4492384.000	39.30289017:40.58026487
16	525669.000:4491978.000	39.30302727:40.57660693
17	525924.000:4491756.000	39.30603095:40.57459905
18	525246.000:4490668.000	39.29797722:40.56481848
19	525096.000:4489836.000	39.29617226:40.55732775

Torul Barajı'nın yapım aşamasında Kürtün-Giresun arasında relokasyon yolları yapılmıştır. Bu güzergâhtaki bazı yollar alt kısımda bulunurken yolların barajdan etkilenmemesi için relokasyon yolları yapılmış olup bu yollar üst kısma alınarak yol güzergâhları değiştirilmiştir.

2.3. Torul Barajı ve HES Alanının Fiziksel Çevre Özellikleri

2.3.1. Bölgesel Jeoloji

İnceleme alanı, Doğu Karadeniz Bölgesi'nin tipik tektonik özelliklerini taşır. Bölgede en yaygın olan üst kretase yaşlı volkanik kayalar, denizaltı volkanizması ürünü oluşumlara aittir. Bu denizaltı oluşumları Alpin orojenezin etkisi ile karalar haline gelirken kırılma ve kıvrımlar olmuştur. Fay, eklem ve çatlaklar çoktur. Kıvrımlar, kırılmalara oranla daha az yaygın ve küçük pilelenmeler halindedir. Faylar genellikle iki ana doğrultuda gelişmiştir. NW-SE doğrultulu faylar ve NR-SW doğrultulu faylar. Her iki doğrultuda gelişen faylarda, eğimler dik ve dike yakındır. Faylar boyunca breşleşme, ezilme, killeşme, silisleşme gibi tipik özellikler izlenebilmektedir. Ayrıca bölgede volkanizma önemli bir yer tutar. Üst kretase yaşlı litolojik seriyi kesen intrusif kayalar oldukça yaygındır. Bunlar çoğunlukla granit, granadiorit, riolit ve porfiritlelerdir. Diğer kayalarla dokanakları boyunca geniş zonlarda ayrışma ve alterasyon görülür (DSİ, 1978; Aydın, 2007).

Torul ve civarını da içine alan Doğu Karadeniz Orojenik Kuşağı'na ilk kez Hamilton (1842) tarafından tektonik bir birim olarak "Pontid" ismi verilmiştir. Tektonik grupları kuzeyden güneye doğru Pontidler, Anatolidler, Toridler ve Kenar Kıvrımları olmak üzere Ketin (1966) dört ana tektonik grupta toplamıştır. Ketin ve Canitez (1972) bu tektonik gruplar üzerinde yeni bir düzenleme yapmış ve litolojik farklılıklarından ötürü Doğu Pontid tektonik birliğini "Doğu Pontid"ler ve "Batı Pontid" ler olarak iki gruba ayırmıştır. Doğu Pontidler'de Geç Kretase yaşlı birimleri "Doğu Pontid Kuzey Zonu" ve "Doğu Pontid Güney Zonu" olarak Özsayar vd. (1981) iki grupta toplamışlardır. Bektaş vd. (1987) ise, Doğu Pontidler'i kuzeyden güneye doğru "Kuzey Zon", "Eksen Zonu" ve "Güney Zon" olarak üç alt birliğe bölmüşlerdir. Bununla birlikte, çalışma arazisi Okay ve Tüysüz (1999) tarafından Sakarya Zonu olarak ayrılan tektonik birliğin Doğu Pontidler kısmında yer almaktadır (Merdan Tutar, 2015).

Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın en yaşlı birimleri Güney Zon'da Ağvanis masifi (Okay, 1984; Altınkaynak, 2000), Tokat metamorfik masifi (Alp, 1972; Özcan vd., 1980; Rojay, 1993; Tüysüz 1996; Yılmaz vd., 1997; Eyüboğlu, 2006), Pulur masifi (Topuz ve

Altherr, 2004; Topuz vd., 2004a, 2004b ve 2007), Kurtoğlu metamorfikleri (Topuz vd., 2007, 2010), Karadağ metamorfikleri (Dokuz, 2000; Dokuz ve Tanyolu, 2006; Ustaömer ve Robertson, 2010), Kopuzsuyu metamorfik kayalar, Gümüşhane Batoliti (Tokel, 1972; Çoğulu, 1975; Yılmaz, 1976; Özdoğan, 1992; Topuz vd. 2010) ve Köse Batoliti (Dokuz, 2011)'nden oluşmaktadır. Kuzey zonda ise en yaşlı kayalar küçük mostralarda halinde Tonya güneyindeki Derinoba ve Kayadibi granitleri (Kaygusuz vd. 2012a, 2012b, 2013), Özdil yöresinde Özdil Granitoidi (Kaygusuz vd. 2013) ve Maçka yöresindeki Soğuksu ve Seslikaya granitleri (Kaygusuz vd. 2013) bulunmaktadır. Ayrıca Dereli (Giresun) ve Çaykara (Trabzon) yörelerinde, metamorfizma yaşları tam olarak tespit edilememekle birlikte, yüzeyleyen metamorfik kayaların da bölgenin taban kayalarını temsil ettiği görüşü kabul edilmektedir (Schultze-Westrum, 1961; Zankl, 1962; Boynukalın, 1990; Merdan Tutar, 2015).

İnceleme alanında jeolojik yapı özellikleri yönünden ikinci zaman (mesozoik) Kratesea devrine ait sahalarda yer almaktadır. Genel olarak tersiyer yaşta granit, granodiorit, kuarslı diorit gibi kayalarla kaplıdır. Bu kayaların parçalara ayrılması ve bölünmesi sonucunda topraklar teşekkül etmiştir. Toprak genel olarak kumlu killidir. Yer yer balçıklı topraklara bulunmaktadır. Vadi tabanlarında ufak sahalarda alüvyonal birikintiler yer almaktadır (Anonim, 2006; Kırış, 2009).

2.3.2. Hidroloji

Torul Barajı'nın su kaynağı Harşit Çayı ve onu besleyen yan kollarıdır. Harşit Çayı 160 km'lik uzunluğu ve 3000 km²'lik yağış alanı ile Doğu Karadeniz Bölgesi'nin en önemli akarsularından biridir. Gümüşhane ilinin doğusunda bulunan çevredeki dağlık alanlardan beslenen kollarıyla yukarı kısmında yer yer genişleyen vadi tabanı düzlüklerindeki tarım arazilerinin sulanmasında büyük önem taşımaktadır. Doğu Karadeniz dağları yönünde uzanan Harşit Çayı ve kolları tarafından derince yarılmış, dik ve derin yamaçlarıyla sarp görünüşlü bir sistem oluşmuştur. Harşit vadi çukurluğunun kuzeyinde Maçka ve Değirmendere ile su bölümü teşkil eden ve yükseklikleri 2000 m üzerinde bulunan başlıca dağlar olarak Zigana, Kistak, Horos ve Çakıroğlu Dağları yer almakta; güneyde ise Gümüşhane Dağlarının uzantıları görünümündeki Çakıl ve Balaban gibi yükseltiler bulunmaktadır. Torul ilçesinin yaklaşık olarak 2 km kuzeyinden itibaren yatağı iyice daralan ve bir boğaz şeklini alan vadisi içinde Harşit Çayı, Tirebolu ilçesinin 10 km doğusundan Karadeniz'e dökülmektedir (URL-15, 2020).

DSİ verilerine göre, Torul Barajı bölgesinde Harşit Çayı'nın 1967-2009 yılları arasında ölçüm yapılan yıllar ve bu yıllara ait akım değerleri Tablo 2.2.'de verilmiştir.

Tablo 2.2. Torul-Harşit Çayı gözlem süresindeki akım değerleri

D22A009 TORUL HARŞİT ÇAYI																						
Bölge:					XXII. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ TRABZON										Havza:			22. Doğu Karadeniz Havzası				
Yaklaşık Kot:					925.00 m										Yağış Alanı:			1900.40 (km²)				
İl/İlçe:					GÜMÜSHANE/Torul										Durumu:			KAPALI				
Koordinat:					40:33:30K -39:17:50D										İlgili Proje:							
Yeri:					LİMNİGRAF																	
Notlar:					TORUL İLÇESİNDEKİ BETON KÖPRÜNÜN MENBAĞINDADIR. (PAFTA G42-C4)																	
İstasyon Açılış Tarihi:					21.01.1966																	
İstasyon Kapanış Tarihi:					30.09.2012																	
Değerlenmiş Yıllar:																						
66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	
	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
X	X					X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Gözlem Süresinde:																						
Anlık en çok akım: 629 m³/s								Anlık en az akım: 0.008 m³/s								Ortalama akım: 15 m³/s						
Gözlem süresinde aylık ortalama akımlar (m³/s) :																						
EKİ	KAS	ARA	OCA	ŞUB	MAR	NİS	MAY	HAZ	TEM	AĞU	EYL											
5.623	8.609	8.276	5.966	8.315	24.096	54.941	48.689	22.066	7.19	3.196	2.828											

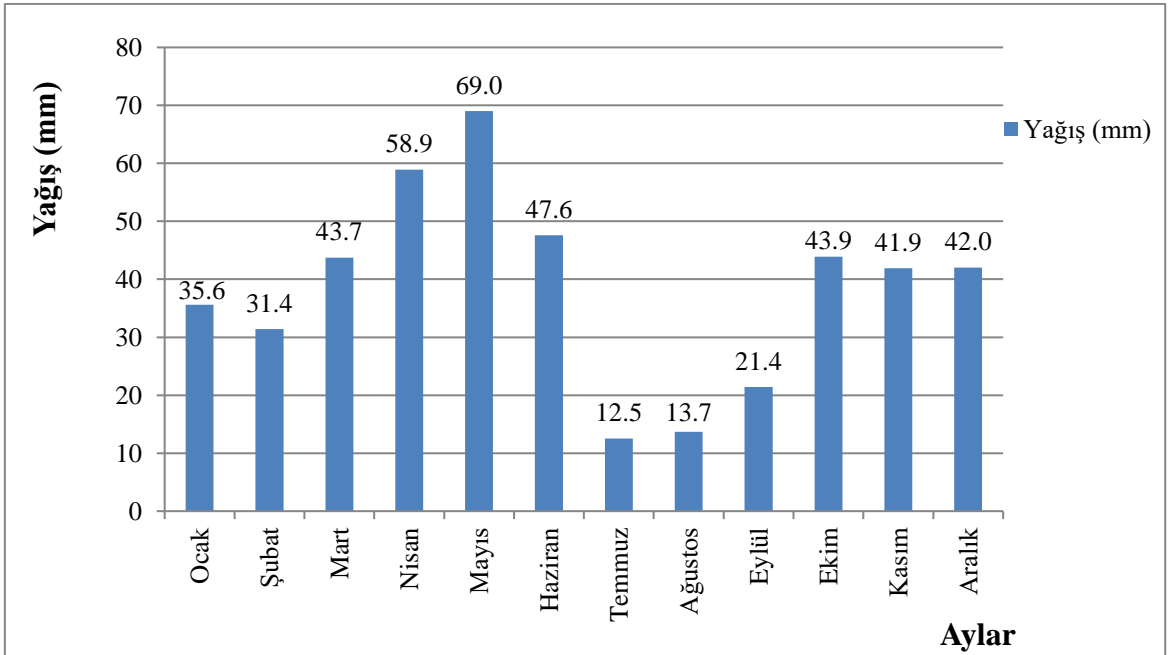
Tablo 2.2. incelendiğinde; gözlem süresindeki akım ortalamasının 15 m³/s, akım ortalamasının en yüksek olduğu ayın 54.941 m³/s'lik debi ile Nisan ayı olduğu, akım ortalamasının en düşük olduğu ayın ise 2.828 m³/s'lik debi ile Eylül ayı olduğu görülmektedir. Gözlem süresinde anlık en çok akım 629 m³/s, anlık en az akım ise 0.008 m³/s'dir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre Gümüşhane ilinin 1961-2019 yılları arasında 59 yıllık ölçülen iklim değerleri; yıllık sıcaklık ortalaması 9.5 °C, sıcaklığın yıllık ortalama en yüksek değeri 16.4 °C, sıcaklığın yıllık ortalama en düşük değeri 4.3 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 461.6 mm olarak gerçekleşmiştir. En yüksek sıcaklık 2017 yılının ağustos ayında 41.1 °C, en düşük sıcaklık ise 1985 yılının şubat ayında -25.7 °C olarak ölçülmüştür (URL-16, 2020). Gümüşhane ilinin 1961-2019 yılları arasında 59 yıllık ölçülen iklim verileri Tablo 2.3.'te detaylı olarak verilmiştir.

Tablo 2.3. Gümüşhane ili iklim istatistikleri (1961-2019)

GÜMÜŞHANE	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1961 - 2019)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	-1.9	-0.5	3.6	9.2	13.5	17.0	19.9	20.1	16.3	11.1	4.9	0.3	9.5
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	2.9	5.2	9.9	16.2	21.1	25.0	28.1	28.8	25.3	18.8	10.6	4.7	16.4
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-5.5	-4.8	-1.0	3.7	7.6	10.8	13.7	13.8	10.1	5.9	0.7	-3.1	4.3
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	1.3	3.7	4.9	6.0	7.3	8.9	10.0	9.6	7.9	5.4	2.3	0.8	68.1
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11.1	10.5	12.5	13.5	15.4	10.3	3.9	3.7	5.4	9.4	9.9	11.3	116.9
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	35.6	31.4	43.7	58.9	69.0	47.6	12.5	13.7	21.4	43.9	41.9	42.0	461.6
Ölçüm Periyodu (1961 - 2019)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	14.8	18.0	24.0	29.0	32.6	36.2	41.0	41.1	37.0	32.0	22.1	19.2	41.1
En Düşük Sıcaklık (°C)	-23.6	-25.7	-22.6	-11.0	-2.8	1.8	4.5	4.9	-1.0	-4.8	-15.0	-21.0	-25.7

Gümüşhane ilinin aylara göre yağış ortalamaları Şekil 2.14.'te verilmiştir.



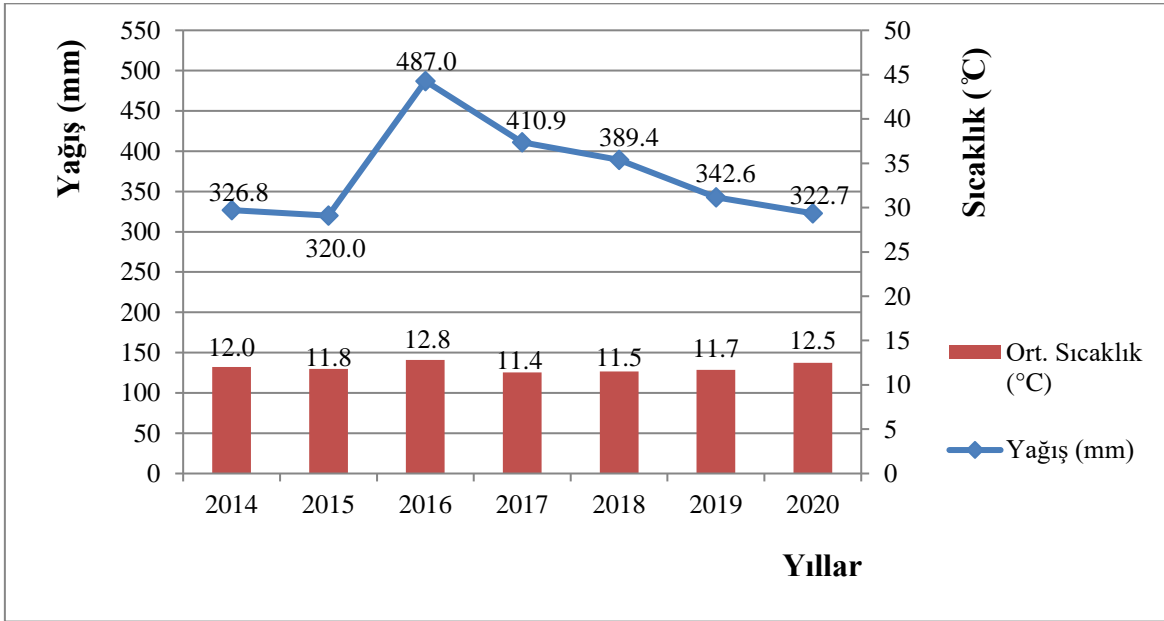
Şekil 2.14. Gümüşhane ilinin 1961-2019 yılları arası aylık yağış miktarı ortalaması

Şekil 2.14. incelendiğinde en yüksek yağış miktarı 69 mm ile Mayıs ayında, en düşük yağış miktarı ise 12.5 mm ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir.

Meteoroloji 11. Bölge Müdürlüğü verilerine göre Torul ilçesinde 2014-2020 yılları arasındaki yağış miktarı ve ortalama sıcaklığı Tablo 2.4.'te ve Şekil 2.15.'te gösterilmiştir.

Tablo 2.4. Torul ilçesinin 2014-2020 yılları yağış miktarı ve ortalama sıcaklığı

Yıllar	Yağış (mm)	Ortalama Sıcaklık (°C)
2014	326.8	12.0
2015	320.0	11.8
2016	487.0	12.8
2017	410.9	11.4
2018	389.4	11.5
2019	342.6	11.7
2020	322.7	12.5



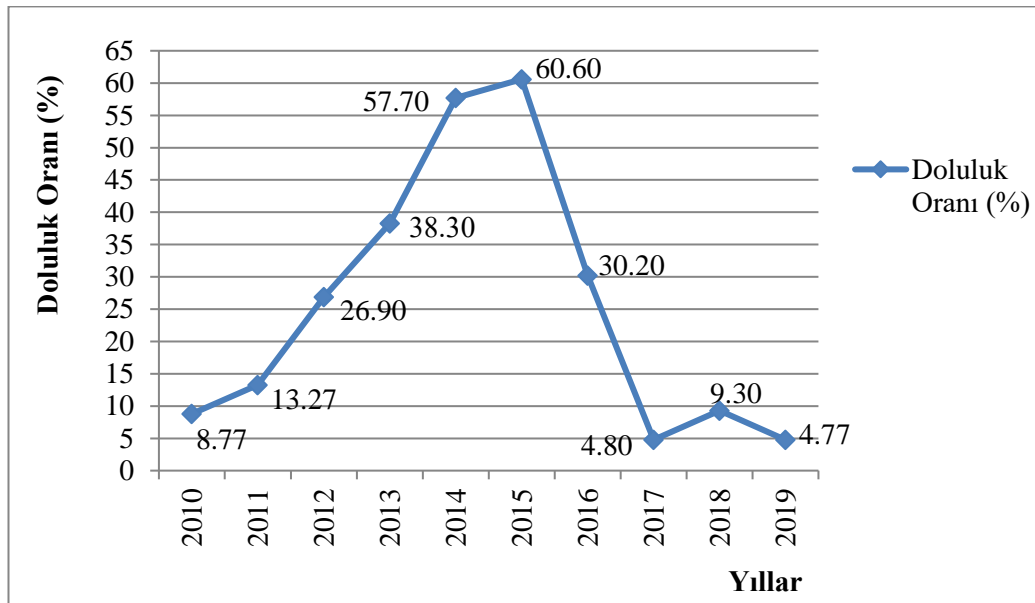
Şekil 2.15. Torul ilçesinin 2014-2020 yılları yağış miktarı ve ortalama sıcaklığı

Tablo 2.4. ve Şekil 2.15. incelendiğinde 2014-2020 yılları arasındaki yıllık ortalama sıcaklığın 11.4 °C ile 12.8 °C arasında değiştiği, sıcaklık ortalamasının en yüksek olduğu yılın 2016 yılı, en düşük olduğu yılın ise 2017 yılı olduğu, en fazla yağışın 487.0 mm ile 2016 yılında olduğu, en az yağışın olduğu yılın ise 320.0 mm ile 2015 yılı olduğu görülmektedir.

DSİ verilerine göre 2010-2019 yıllarına ait Torul Barajı'nın doluluk oranları (%) Tablo 2.5.'te ve Şekil 2.16.'da verilmiştir.

Tablo 2.5. Torul Barajı doluluk oranları (%), 2010-2019

Doluluk Oranı (%)									
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
8.77	13.27	26.90	38.30	57.70	60.60	30.20	4.80	9.30	4.77



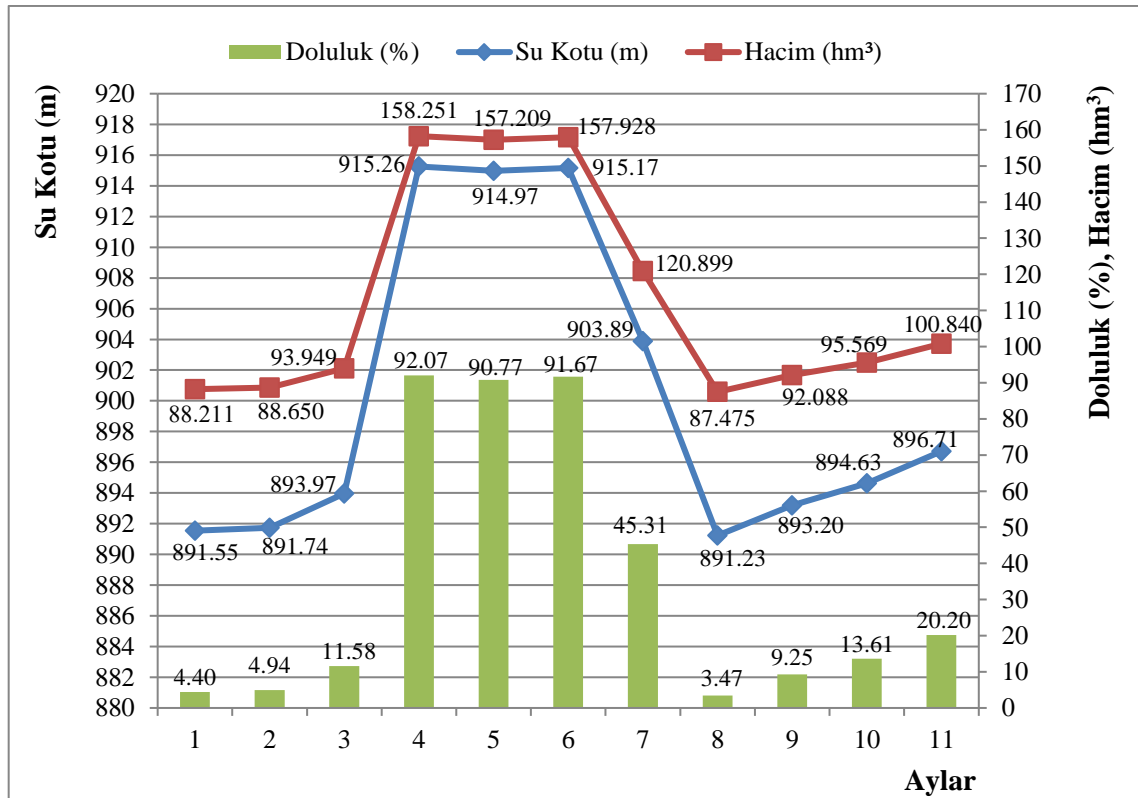
Şekil 2.16. Torul Barajı doluluk oranları (%), 2010-2019

Tablo 2.5. ve Şekil 2.16. incelendiğinde barajın doluluk oranının 2014 ve 2015 yıllarında sırasıyla %57.70 ve %60.60 ile en yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. Baraj doluluk oranlarının 2017 ve 2019 yıllarında sırasıyla %4.80 ve %4.77 ile en düşük değerlerde olduğu görülmektedir. Gösterilen yıllarda baraj doluluk oranlarındaki bu değişimin nedenlerinin; baraja yağışlardan, derelerden, akarsulardan gelen su miktarlarındaki yıldan yıla olan değişimler, sıcaklığa bağlı olarak meydana gelen buharlaşma miktarındaki değişimler ve barajda enerji üretmek amacıyla kullanılan su miktarının yıllık üretilen enerji miktarına bağlı olarak değişmesi olduğu düşünülmektedir.

DSİ verilerinden yararlanılarak elde edilen Torul Barajı'nın 2020 yılı Ocak-Kasım ayları arasındaki doluluk oranları, su kotları ve hacimleri Tablo 2.6.'da ve Şekil 2.17.'de, Meteoroloji 11. Bölge Müdürlüğü yağış verilerine göre Torul ilçesinin 2020 yılı aylara göre yağış miktarı Tablo 2.7.'de ve Şekil 2.18.'de verilmiştir.

Tablo 2.6. Torul Barajı'nın 2020 yılı doluluk oranları, su kotları ve hacimleri

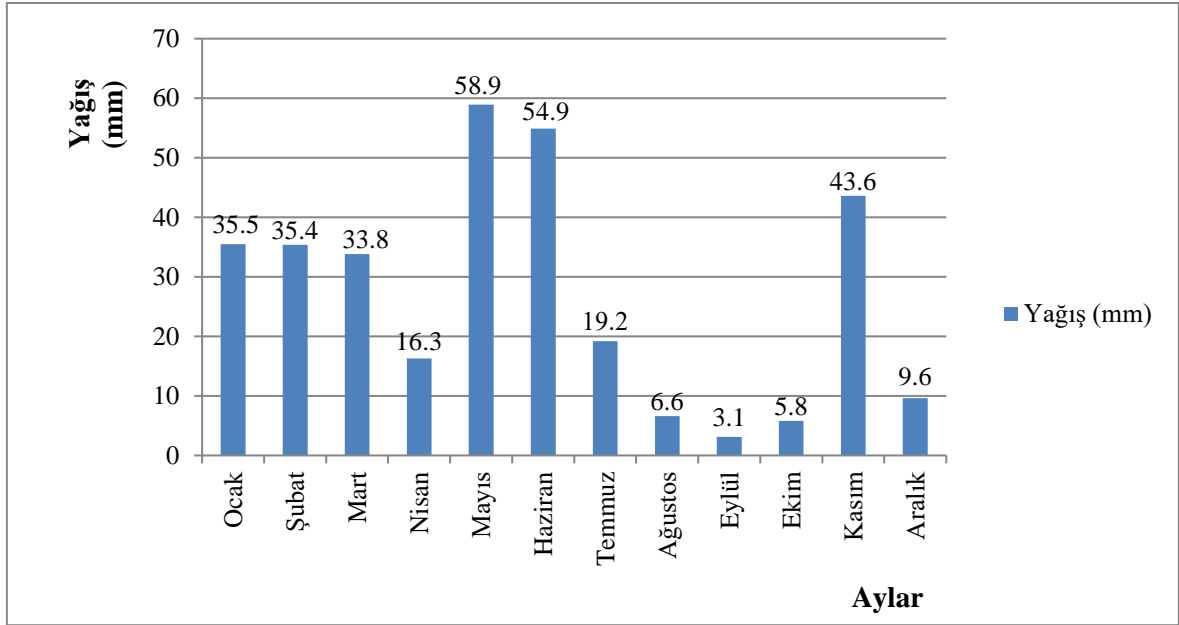
Tarih	Su Kotu (m)	Hacim (hm ³)	Doluluk (%)
20.01.2020	891.55	88.211	4.40
15.02.2020	891.74	88.650	4.94
10.03.2020	893.97	93.949	11.58
10.04.2020	915.26	158.251	92.07
10.05.2020	914.97	157.209	90.77
18.06.2020	915.17	157.928	91.67
21.07.2020	903.89	120.899	45.31
17.08.2020	891.23	87.475	3.47
21.09.2020	893.20	92.088	9.25
15.10.2020	894.63	95.569	13.61
11.11.2020	896.71	100.840	20.20



Şekil 2.17. Torul Barajı'nın 2020 yılı doluluk oranları, su kotları ve hacimleri

Tablo 2.7. Torul ilçesinin 2020 yılı aylara göre yağış miktarı

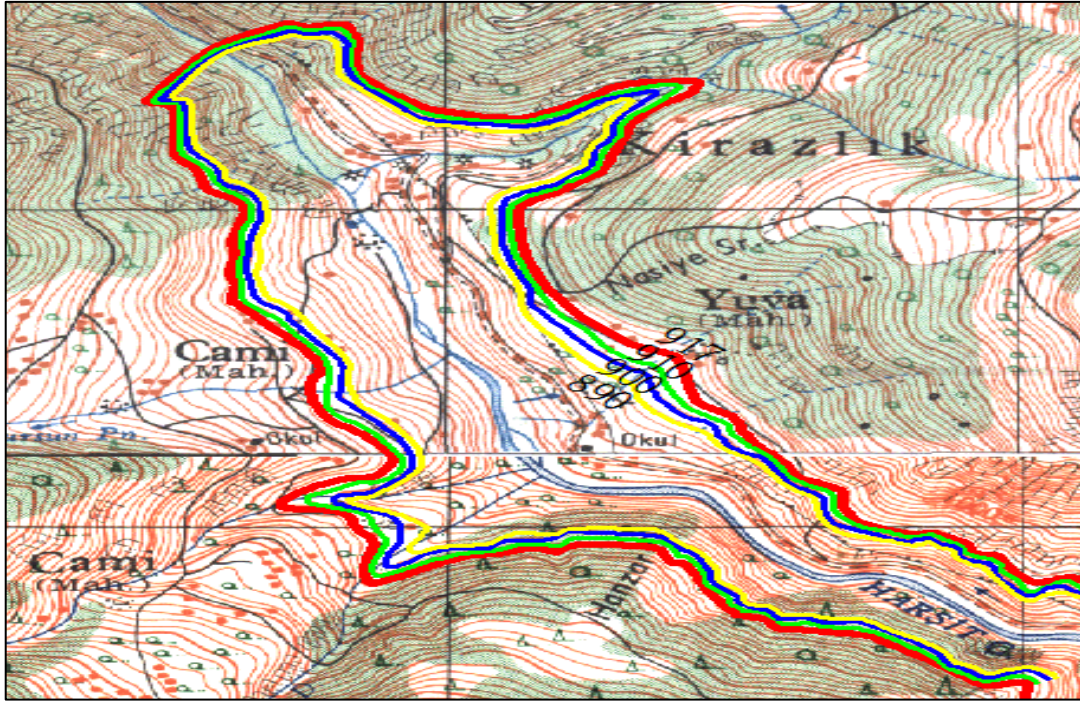
Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Yağış (mm)	35.5	35.4	33.8	16.3	58.9	54.9	19.2	6.6	3.1	5.8	43.6	9.6



Şekil 2.18. Torul ilçesinin 2020 yılı aylara göre yağış miktarı

Tablo 2.6., Şekil 2.17., Tablo 2.7. ve Şekil 2.18. karşılaştırılmalı olarak incelendiğinde 2020 yılı için Torul Barajı'nda Mayıs ve Haziran aylarındaki yağış miktarının artmasına bağlı olarak bu aylarda baraj su seviyesinde, hacminde ve doluluk oranında artış görülmektedir. Ağustos ayında ise yüksek sıcaklık ve az yağışın etkisiyle barajın su seviyesinin, hacminin ve doluluk oranının en düşük değerinde olduğu görülmektedir.

Torul Barajı'nın max. su seviyesi 917.00 m, normal su seviyesi 909.50 m, min. su seviyesi ise 890.00 m 'dir (DSİ, 2020b). Baraj gövdesinin bulunduğu Kirazlık mevki ile Aksüt mevki arasındaki bölge için Torul Barajı'nın 890.00 m, 900.00 m, 910.00 m ve 917.00 m kotlarına karşılık gelen su seviyeleri topografik haritada ve uydu görüntüsü üzerinde sırasıyla Şekil 2.19.'da, Şekil 2.20.'de ve 890.00 m, 900.00 m, 910.00 m ve 917.00 m kotlarına karşılık gelen baraj hacimleri ve doluluk oranları Tablo 2.8.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.19. Torul Barajı'nın min., max. ve normal su kotunda su seviyeleri



Şekil 2.20. Torul Barajı'nın min., max. ve normal su kotunda su seviyeleri

Tablo 2.8. Su kotlarına karşılık gelen baraj hacimleri ve doluluk oranları

Su Kotu (m)	Hacim (hm ³)	Doluluk (%)
890.00	84.700	4.22
900.00	109.668	31.26
910.00	140.114	69.37
917.00	164.584	100.00

Tablo 2.8. incelendiğinde; barajdaki su seviyesi arttıkça barajın hacminin ve doluluk oranının arttığı görülmektedir.

Baraj bölgesinin hidrolojisini su kalitesi açısından değerlendirecek olursak bununla ilgili yapılan çalışmalar vardır. Harşit Çayı'nda fiziksel ve inorganik-kimyasal su kalite parametre değerlerini belirlemek, Torul Barajı'nın bu parametrelere olan etkisini incelemek ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY)'ne göre değerlendirmek amacıyla 2009 Mart ile 2010 Şubat tarihleri arasında, on beş günlük aralıklarla, Torul Barajı'nın memba ve mansabında seçilen iki istasyonda, yerinde; sıcaklık (T), çözülmüş oksijen (ÇO), pH ve elektriksel iletkenlik (Eİ) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Laboratuarda ise, toplam sertlik (TH), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), amonyum azotu (NH₄⁺-N), nitrit azotu (NO₂⁻-N), nitrat azotu (NO₃⁻-N), toplam azot (TN), toplam Kjeldahl azotu (TKN), orto fosfat fosforu (PO₄³⁻-P) ve anyonik deterjan (MBAS) analizleri yapılmıştır. Elde edilen değerlerin yıllık ortalamaları SKKY'ye göre değerlendirildiğinde, Harşit Çayı'nın ÇO, T, pH, KOİ, NH₄⁺-N, NO₃⁻-N bakımından I. kalite, PO₄³⁻-P bakımından II. kalite, NO₂⁻-N bakımından ise III. kalite su sınıfına girdiği anlaşılmıştır. Harşit Çayı üzerindeki Torul Barajı, hidrolik bekleme süresi sayesinde yıllık ortalama bazda, baraj gölüne giren yüzeysel sudaki mevcut kimyasal oksijen ihtiyacı konsantrasyonunda % 20'lik, amonyum azotunda % 56'lık, nitrit azotunda % 63'lük, nitrat azotunda % 12'lik, Kjeldahl azotunda % 11'lik, toplam azotta % 12'lik, orto fosfat fosforunda % 18'lik ve anyonik deterjan konsantrasyonunda % 71'lik bir azalmaya neden olarak su kalitesine olumlu bir katkıda bulunduğu sonucuna varılmıştır (Bayram ve Önsoy, 2011).

2.3.3. Toprak

Toprak örtüsü litolojik yapı, iklim, bitki örtüsü ve topografya gibi fiziki coğrafya özelliklerine bağlı olarak oluşur. Gümüşhane İlinde en geniş dağılım alanına sahip toprak gurubu kahverengi topraklardır. Bundan başka ilde kahverengi orman toprakları, kestane renkli topraklar ve alüvyal topraklarda yer almaktadır. Kelkit ve Şiran ovaları azonal topraklardan alüvyal topraklar görülürken, Harşit Vadisinde ise alüvyal topraklara eğimin müsait olduğu ve oldukça dar alanlarda rastlanır. Vadilerin tabanından dağlık alana doğru geçilirken, özellikle eğimin % 2 ile % 6 arasında olduğu kesimlerde Kalüvyal topraklar hâkimdir. Kelkit Vadisi'nin kuzeyinde ve Harşit Vadisi'nin güney ve kuzeyinde yer alan dağlık alanlara doğru geçildiğinde 2000 m. yükseltiye kadar, kırmızımsı kahverengi topraklar geniş yer tutarlar (Özey, 1990; Özdamar, 2018).

Baraj alanı için de geçerli olan bu toprak yapısı aynı zamanda gür orman formasyonunun olması sebebiyle erozyonu da büyük ölçüde önlemektedir. Havzayı besleyen akarsu yatakları boyunca gözlenen alüvyonlar, vadiler boyunca dar alanlar kaplamaktadır. Yükseltinin 2000 m'yi aştığı kesimlerden zirvelere doğru ise yüksek dağ-çayır toprakları hâkimdir. Alanda herhangi bir toprak gelişimi söz konusu olmayan ve bu nedenle arazi tipi olarak değerlendirilen, parçalanmamış veya kısmen parçalanmış sert kaya ve taşlarla kaplı, genellikle bitki örtüsünden yoksun çıplak kaya ve moloz yığınları da önemli oranda gözlenir (Özdamar, 2018).

2.4. Torul Barajı'ndaki Balıkçılık Faaliyetleri

Su ürünleri yetiştiriciliği, dünyada artan nüfusun hayvansal bazda protein ihtiyacının karşılanmasında gelecek için çok önemli olan bir sektördür. Küresel balık üretiminin 2018'de yaklaşık 179 milyon tona ulaştığı tahmin edilmektedir. Su ürünleri yetiştiriciliğinde ekonomik olarak değeri yüksek olan türler üretiliyor olup, yetiştirilen türler çeşitli ülkelerin tüketim alışkanlıklarına göre değişim göstermektedir. Su ürünleri sektöründe yetiştiricilik alanı, ülkemiz için önemli gelir kaynağıdır ve daha da geliştirilerek hem ekonomikselsel açıdan gelir düzeyinin artırılması hem de üretilen su ürünlerinin ülkemiz için iç tüketim talebini karşılaması sağlanmalıdır.

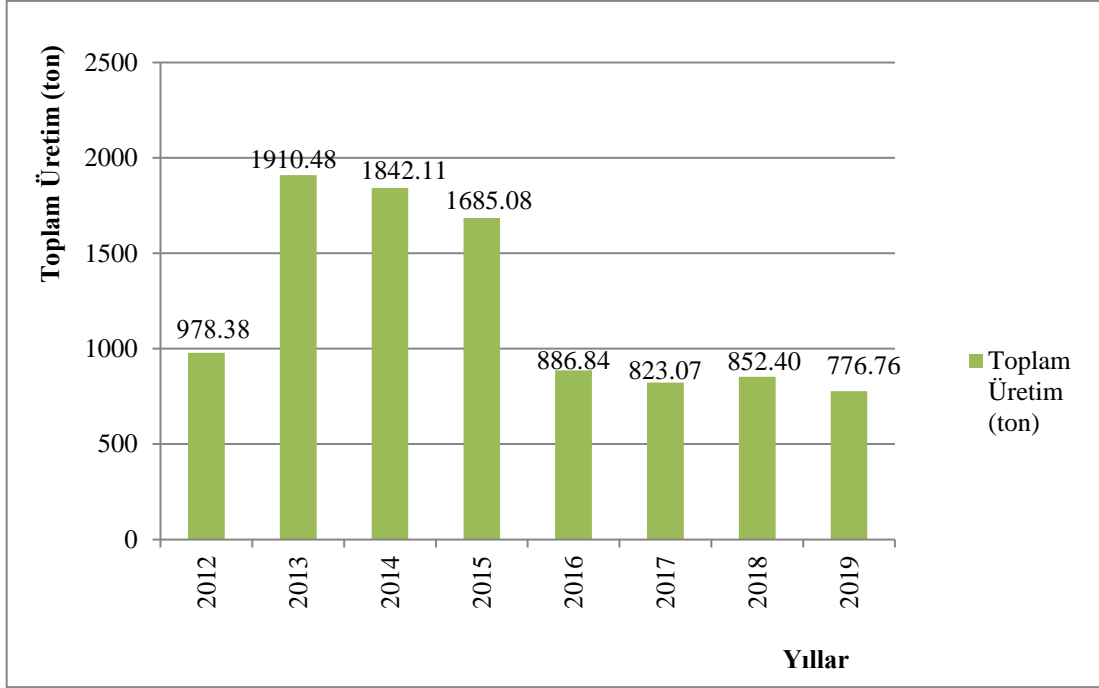
Torul ilçesine ait Torul Baraj Gölü'nde balık üretimi yapılmaktadır. Torul ilçesinde elektrik üreten Torul Baraj Gölü'nde kafes balıkçılığı işletmeleri faaliyet göstermektedir. Baraj gölünün 3.62 km² olan yüzeyinde kafes balıkçılığı yapılmakta ve Torul Baraj Gölü, Karadeniz Bölgesi'nin önemli alabalık üretim sahalarından biri haline gelmiştir. Üreticiler

için göl suyunun kaliteli ve yaz aylarında soğuk olmasından dolayı Torul Baraj Gölü tercih sebebidir.

Torul İlçe Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğünün verilerine göre Torul Barajı'nda 2012-2019 yılları arasında üretilen balık cinsleri, kilogramının ortalama satış fiyatı ve miktarları Tablo 2.9.'da, toplam balık üretim miktarının yıllara göre değişimi Şekil 2.21.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.9. Torul Barajı'nda 2012-2019 yılları arasındaki balık üretimi

Yıl	Cins	Kilogramının Ortalama Satış Fiyatı (tl)	Miktar (kg)	Toplam (kg)
2012	Gökkuşığı Alabalığı	-	978388.00	978388.00
2013	Gökkuşığı Alabalığı	-	1910489.80	1910489.80
2014	Gökkuşığı Alabalığı	5	1842110.00	1842110.00
2015	Gökkuşığı Alabalığı	8	1151415.00	1685088.00
	Karadeniz Alabalığı	10	533673.00	
2016	Gökkuşığı Alabalığı	8	486553.00	886842.00
	Karadeniz Alabalığı	10	400289.00	
2017	Gökkuşığı Alabalığı	8	529048.00	823070.00
	Karadeniz Alabalığı	10	294022.00	
2018	Gökkuşığı Alabalığı	14	677405.00	852405.00
	Karadeniz Alabalığı	16	175000.00	
2019	Gökkuşığı Alabalığı	22	776766.00	776766.00



Şekil 2.21. Toplam balık üretim miktarının yıllara göre değişimi

Tablo 2.9. incelendiğinde Torul Baraj Gölü’nde Gökkuşığı Alabalığı ve Karadeniz Alabalığı üretilmektedir. Üretilen toplam balık miktarı içinde Gökkuşığı Alabalığı ağırlıktadır. Karadeniz Alabalığı’nın satış fiyatı ise Gökkuşığı Alabalığı’nın satış fiyatından fazladır. Şekil 2.21. incelendiğinde 2012-2019 yılları arasındaki en yüksek balık üretim miktarı 2013 yılında, en düşük balık üretim miktarı ise 2019 yılında gerçekleşmiştir.

Gümüşhane’de, 2019 yılı Aralık ayı itibariyle akarsular ve barajlarda bulunan toplam 35 işletmede her yıl ortalama olarak 3000 ton alabalık üretimi yapılarak kent ekonomisine 90 milyon tl katkı sağlanmaktadır. Torul ilçesinde toplam 14 işletmede alabalık üretimi gerçekleştirilmekte olup bunun 8 tanesi Torul Barajı’ndadır. Torul ilçesinden 2018 yılında 41 milyon liralık, 2019 yılında ise 56 milyon liralık balık ihracatı gerçekleşmiştir.

2020 yılı Kasım ayı itibariyle Torul Baraj Gölü’nde 7’si aktif olmak üzere 11 üretim tesisi bulunmaktadır. Torul Barajı’nda balık üretimi ağırlıklı olarak Kirazlık mevkiinde gerçekleşmektedir. Torul Barajı’nda balık üretimi ile ilgili görseller Şekil 2.22.’de, Şekil 2.23.’te, balık üretilen lokasyonlar ise Şekil 2.24.’te gösterilmiştir.



Şekil 2.22. Torul Barajı balık üretimi (a), Torul Barajı balık üretimi (b)



Şekil 2.23. Torul Barajı balık üretimi (a), Torul Barajı balık üretimi (b)



Şekil 2.24. Torul Barajı-Kirazlık mevki (a), Torul Barajı-Kirazlık mevki (b)

2.5. Torul Barajı ve HES Tanıtımı ve Amacı

Torul Barajı, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde, Gümüşhane ilinin Torul ilçesine 14 km mesafede, Kirazlık mevkiinde ve Harşit Çayı üzerinde yer almaktadır. Baraj, Gümüşhane ilinin 40 km kuzeybatısında, Trabzon ilinin ise 90 km güneybatısında bulunmaktadır. Barajın ihale, inşaat başlangıç ve bitiş, elektrik üretimine başlama kronolojisi şu şekildedir;

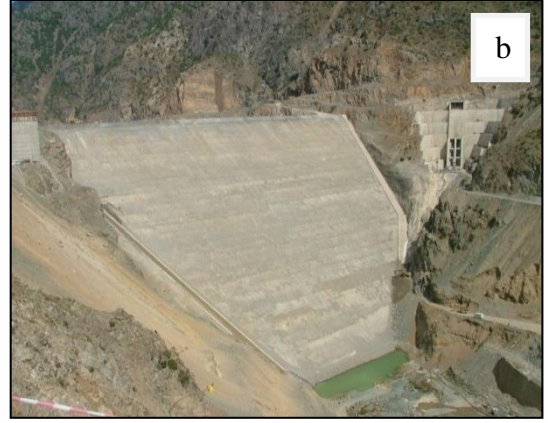
- 1 Kasım 1998: Torul Barajı ve HES ihalesi yapıldı.
- 14 Kasım 2000: Fiilen işe başlandı.
- 2007: İş tamamlandı.
- 16 Ekim 2008: Torul Barajı'nda elektrik üretimine başlandı.

Torul Barajı ve HES 103.26 MWe kurulu gücü olan ve ortalama 245272368 kWh elektrik üretimi yaparak 74100 insanın günlük gereksinimi olan (konut, sanayi, metro ulaşımı, kamu kurumları, çevre aydınlatması vb.) tüm elektrik enerjisi gereksinimini karşılayabilmektedir. Torul Barajı ve HES konutlar için gerekli olan elektrik tüketim miktarı baz alındığıdaysa 77864 konutun elektrik enerjisi gereksinimini karşılayabilecek elektrik üretmektedir (DSİ, 2020b).

Şekil 2.25.'te ve Şekil 2.26.'da barajın inşaat aşamasıyla ilgili görseller, Şekil 2.27.'de ve Şekil 2.28.'de ise barajın inşaatının tamamlanıp su tuttuktan sonraki durumu ile ilgili görseller verilmiştir.



Şekil 2.25. Torul Barajı inşaat aşaması (a), Torul Barajı inşaat aşaması (b)



Şekil 2.26. Torul Barajı inşaat aşaması (a), Torul Barajı inşaat aşaması (b)



Şekil 2.27. Torul Barajı su tuttuktan sonra (a), Torul Barajı su tuttuktan sonra (b)



Şekil 2.28. Torul Barajı su tuttuktan sonra (a), Torul Barajı su tuttuktan sonra (b)

2.6. Torul Barajı ve HES Karakteristik ve Hidrolik Özellikleri

DSİ verilerine göre Torul Barajı ve HES karakteristik ve hidrolik özellikleri Tablo 2.10.'da detaylı olarak verilmiştir.

Tablo 2.10. Torul Barajı ve HES karakteristik ve hidrolik özellikleri (DSİ, 2020b)

Genel Bilgiler	
Konu	Veri - Özellik
Konumu (Koordinatları: Enlem / Boylam)	Enlem: 40.616° - Boylam: 39.259° (Gövde Aks ED50-6 sisteminde ; Y: 519566.45 – X: 4498328.59)
Ulaşım	Gümüşhane'nin Torul ilçesine 14 km uzaklıkta
Akarsu Adı	Harşit Çayı
Amacı	Enerji üretimi
İnşaat Süresi (Başlangıç - Bitiş Yılı)	7 Yıl (2000 - 2007)
İşletmeye Alındığı Yıl	2008
Müteahhidi	Baytur – Özdemir Ortak Girişimi
İnşaat Maliyeti (İnşaatın tamamlandığı yıl itibariyle)	131273813 ABD \$
Kurulu Güç	2 x 51.50 MW (103 MW)
Türbin Tipi ve Ünite Sayısı	Düşey Francis - 2 adet
Yıllık Enerji Üretimi	322.28 GWh
Drenaj Alanı	210000 ha
Yıllık Ortalama Akım	17.31 m ³ /s
Regülasyon Oranı	% 93
Rezervuar	
Konu	Veri - Özellik
Maksimum Su Seviyesi	917.00 m
Normal Su Seviyesi	909.50 m
Minimum Su Seviyesi	890.00 m
Toplam Rezervuar Hacmi	168 hm ³

Tablo 2.10. (devamı)

Rezervuar İşletme Kotlarında Oluşan Kuyruk Suyu Kotları	Maksimum rezervuar işletme kotunda: 630.80 m Minimum rezervuar işletme kotunda: 628.00 m
Rezervuar İşletme Kotlarında Oluşan Rezervuar Yüzey Alanı	Maksimum rezervuar işletme kotunda: 3.62 km ² Minimum rezervuar işletme kotunda: 0.67 km ²
Ölü Hacim	84.7 hm ³
Aktif Hacim	83.3 hm ³
Gövde	
Konu	Veri - Özellik
Tipi	Kaya Dolgu – Önyüzü beton kaplı
Talvegten Yüksekliği	137 m
Temelden Yüksekliği	142 m
Hacmi	4.6 hm ³
Memba ve Mansap Şevleri (Düşey	(1.40 / 1.00) - (1.50 / 1.00)
Talveg Kotu	780.00 m
Kret Kotu	922.00 m
Kret Uzunluğu	326.70 m
Kret Genişliği	12.00 m
Dolusavak	
Konu	Veri - Özellik
Yeri	Sol sahil
Tipi	2 adet beton kaplamalı dairesel tünel
Tasarım Debisi ve Tekerrür Yılı	3000 m ³ / s - 100 yıl
Kapak Tipi, Sayısı ve Boyutları	Radyal - 2 adet (13.5 m x14.45 m)
Deşarj Kapasitesi	3000 m ³ /s
Eşik Kret Kotu	903.00 m
Eşik Kret Uzunluğu	36.00 m
Deşarj Kanalı Uzunluğu	DT 1 : 618.19 m DT 2 : 672.55 m
Deşarj Kanalı Eğimleri	DT 1 : % 12.5 DT 2 : % 11.63
Enerji Kırıcı Yapı Tipi	Sıçratma eşikli

Tablo 2.10. (devamı)

Derivasyon	
Konu	Veri - Özellik
Yeri	Sol sahil
Tipi	Dairesel beton kaplı tünel
Tasarım Debisi ve Tekerrür Yılı	407 m ³ /s – 100 yıl
Kapasitesi	407 m ³ /s
Akarsuyun Derivasyona Çevrilme	31.10.2002
Su Alma Yapısı	
Konu	Veri - Özellik
Yeri	Sağ sahil
İç Çapı	3.9 m
Su alma Kotu	880.00 m
Dipsavak	
Konu	Veri - Özellik
Yeri	Sol sahilde, derivasyon tüneli içinde
Tipi	Beton tıkaç içinde, çelik borulu çift vanalı
Kapasitesi	119.40 m ³ /s
Cebri Boru	Boyu : 44 m İç çapı : 2.00 mm Et kalınlığı : 18~25 mm
Branşmanın Yeri (Konumu ve Km si)	Santral binası mansabında, 4+487.66 km
Vanalar	
Konu	Veri - Özellik
Tehlike Vanası	Tipi : Kelebek vana
	Yeri : Enerji tüneli çıkışı
	Çapı : 3600 mm
	Eksen kotu : 861.342 m
	Kumanda mekanizması : Hidrolik sistem

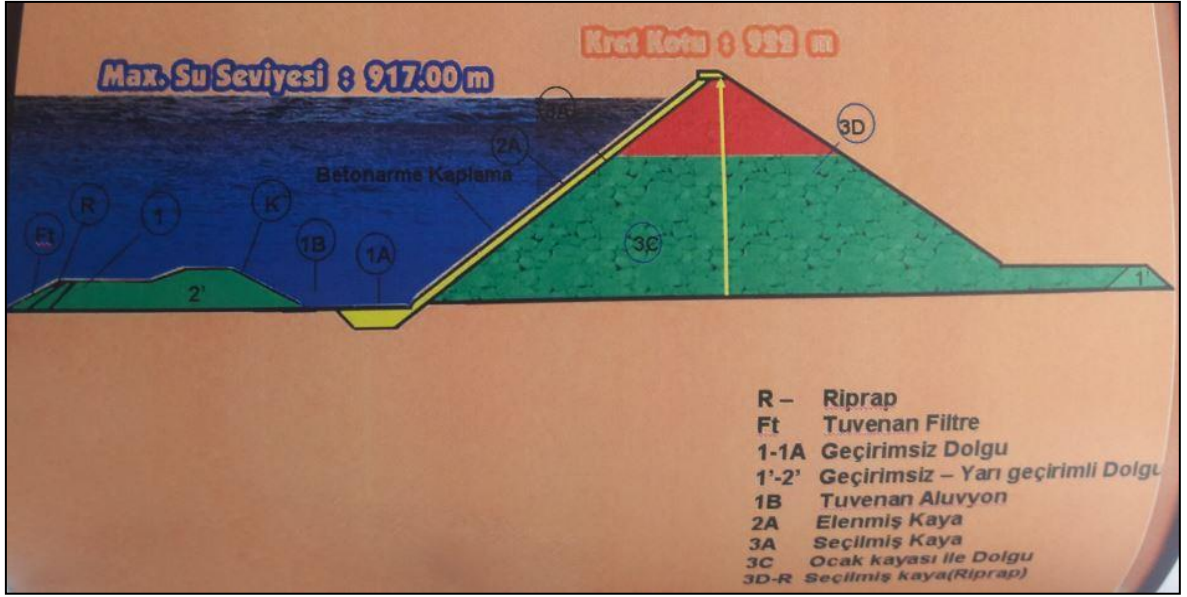
Tablo 2.10. (devamı)

Türbin Giriş Vanası	Tipi : Küresel Yeri : Santral binası Çapı : 1700 mm Eksen Kotu : 628.00 m Kumanda Mekanizması : Hidrolik sistem
Dipsavak Vanası	Tipi : Sürgülü / Konik Yeri : Dipsavak odası / Dipsavak odası Çapı : 1800X1800 / 2000 mm Eksen kotu : 794.82 m / 794.82 m Kumanda mekanizması: Hidrolik / Hidrolik
Enerji Tüneli	
Konu	Veri - Özellik
Yeri	Sağ sahilde, su alma yapısından santral bölgesine kadar
Tipi	Beton kaplı dairesel tünel
İç Çapı	3.9 m
Kesit Tipi ve Et Kalınlığı	Dairesel - 60 cm
Santral Binası	
Konu	Veri - Özellik
Yeri	Baraj gövdesinin 4 km mansabında
Tipi	Yarı gömülü
Boyutları	30 m x 45 m
Türbin Tipi ve Adedi	Düşey Francis – 2 adet
Ünite Gücü	2 x 52.80 MW
Toplam Kurulu Gücü	105.60 MW
Yıllık Enerji Üretimi	322.28 GWh
Jeneratörler (Gücü ve Adedi)	60750 kVA – 2 adet

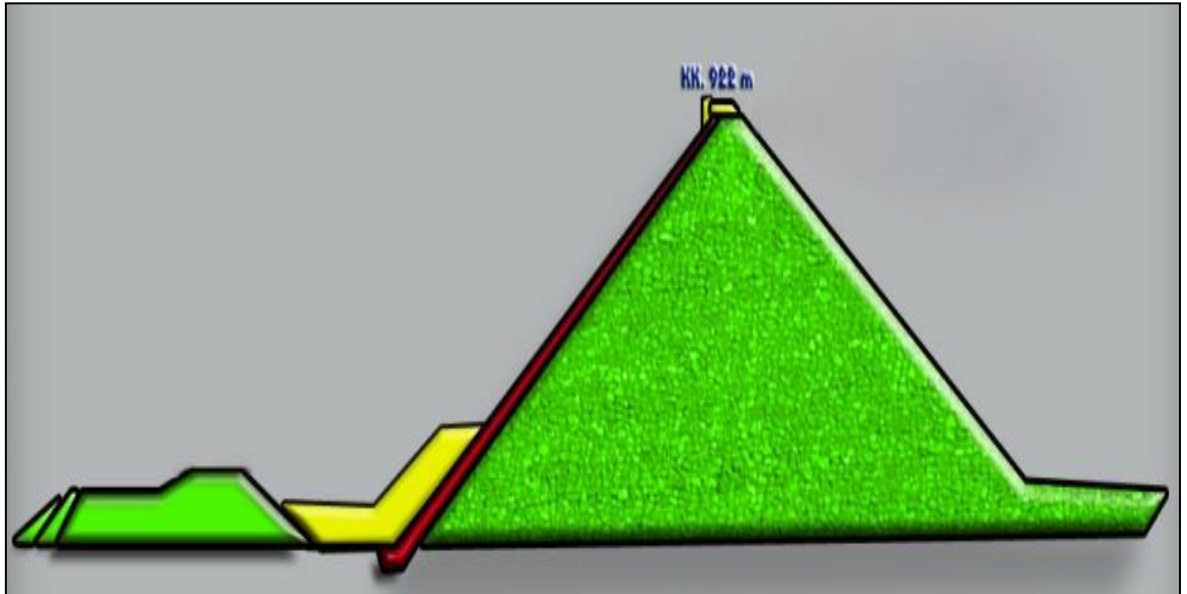
Tablo 2.10. (devamı)

Taşkın Değerleri	
Konu	Veri - Özellik
En Büyük Olası Taşkın Piki	3 000 m ³ /s
10, 25, 50, 100, 500, 1000 Yıl Tekerrürlü Taşkın Pik Değerleri	
Konu	Veri - Özellik
Q10	352 m ³ /s
Q25	437 m ³ /s
Q50	496 m ³ /s
Q100	558 m ³ /s
Q500	700 m ³ /s
Q1000	762 m ³ /s
Sismik Bilgiler	
Konu	Veri - Özellik
Deprem Bölgesi (1996 yılında güncellenen haritaya göre)	3.Derece
1881 – 1986 Yılları arasında meydana gelen depremlere ait bilgiler (Richter ölçeğine göre aletsel büyüklüğü, episentirın baraj eksenine uzaklığı ve koordinatları)	M > 4.2 den büyük 1994 deprem meydana gelmiştir
1996 Yılı Aktif Fay Hattına Uzaklığı	Kuzey Anadolu fay hattına 50 km uzakta
2020 Yılı Aktif Fay Hattına Uzaklığı	Kuzey Anadolu fay hattına 86 km uzakta

Torul Barajı gövde en kesiti şematik olarak Şekil 2.29.'da ve Şekil 2.30.'da gösterilmiştir.



Şekil 2.29. Torul Barajı gövde enkesiti (DSİ, 2020b)



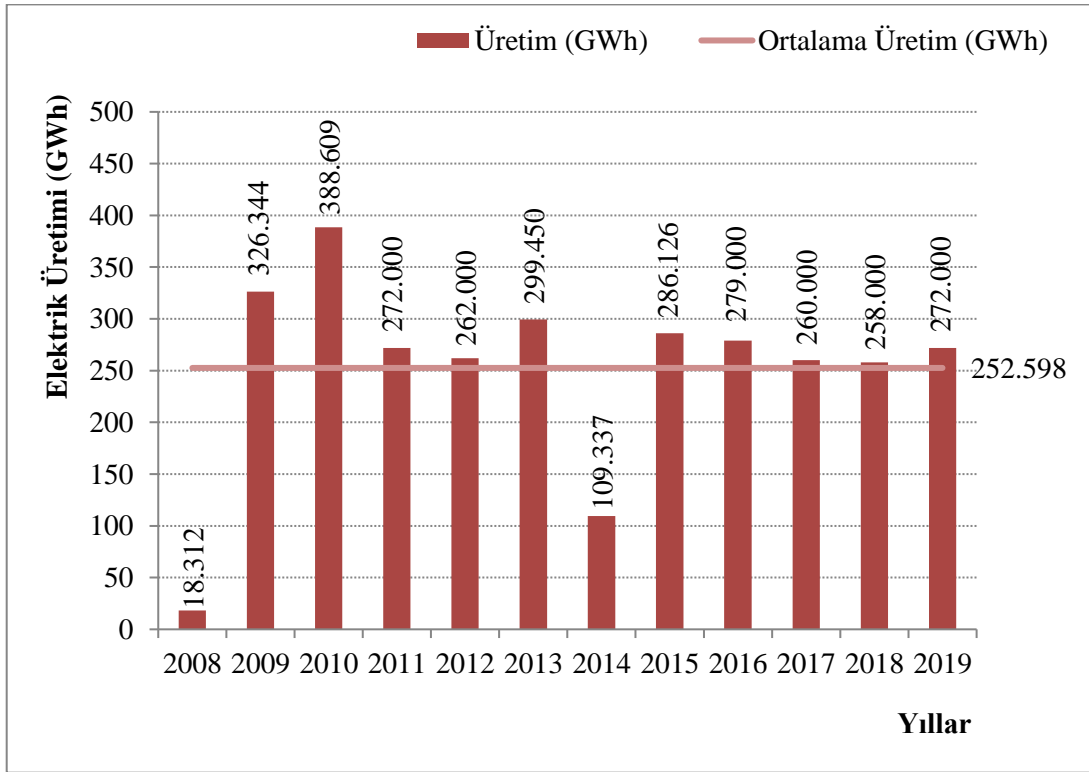
Şekil 2.30. Torul Barajı gövde enkesiti (DSİ, 2020b)

Şekil 2.29. ve Şekil 2.30. incelendiğinde Torul Barajı gövde enkesitine göre gövde kret kotunun 922 m ve barajın maksimum su seviyesinin 917 m olduğu görülmektedir.

Torul Barajı ve HES 2008-2019 yılları arasındaki yıllık elektrik üretimi ve yıllık elektrik üretim ortalaması Tablo 2.11.'de ve Şekil 2.31.'de verilmiştir.

Tablo 2.11. Torul Barajı ve HES yıllık elektrik üretimi , (2008-2019)

Yıllar	Elektrik Üretimi (GWh)
2008	18.312
2009	326.344
2010	388.609
2011	272.000
2012	262.000
2013	299.450
2014	109.337
2015	286.126
2016	279.000
2017	260.000
2018	258.000
2019	272.000
Toplam Üretim (GWh)	3031.178
Ortalama Üretim (GWh)	252.598



Şekil 2.31. Torul Barajı ve HES yıllık elektrik üretimi , (2008-2019)

Tablo 2.11. ve Şekil 2.31. incelendiğinde 2008 yılından 2019 a kadar olan yıllarda toplam 3031.178 GWh elektrik üretimi yapıldığı, yıllık elektrik üretimi ortalamasının ise 252.598 GWh olduğu görülmektedir.

Torul Barajı ve HES'te 2008 yılından 2015 yılına kadar olan yıllarda üretilen elektriğin il tüketimini karşılama oranı (%) sırasıyla; 6.10, 112.00, 123.00, 142.00, 72.00, 81.00, 28.00, 72.00 olup aynı yıllarda üretilen elektriğin ülke tüketimini karşılama oranı (%) sırasıyla; 0.009, 0.17, 0.18, 0.12, 0.11, 0.12, 0.043, 0.11 şeklinde gerçekleşmiştir (URL-17, 2021).

2.7. Torul Barajı'nın Su Bütçesinin Belirlenmesi

Su ve su kaynakları ile alakalı problemlerin çözülmesinde ayrıca su ve su kaynaklarının kullanım amaçları yönünden su bütçesinin bilinmesi büyük bir önem taşımaktadır. Herhangi bir hidrolojik sistem için hazırlanan su bütçesi denkleminde belli bir periyot içerisinde sisteme giren ve sistemden çıkan tüm akımlar ve sistemde depolanan su miktarı hesaplanır. Diğer bir ifadeyle bir baraj gölünün su bütçesi, baraj gölünün su kayıplarının ve kazançlarının ölçülerek aynı zaman dilimi içinde baraj rezervuar hacmindeki değişimin hesaplanmasıdır.

Torul Barajı'nın su bütçesi 2014 yılının Ocak ayından 2018 yılının Eylül ayına kadar olan süreçte her yıl için ayrı ayrı belirlenmiştir. Torul Barajı'nın su bütçesinin oluşturulması için Torul Barajı'na ait su verileri kullanılmıştır. Su bütçesi hesabında kullanılan bütçe elemanları 2014 yılının Ocak ayından 2018 yılının Eylül ayına kadar olan aylara ait; baraj rezervuarından enerjiye sarfedilen su miktarı, baraj dolu savağından bırakılan su miktarı, baraj rezervuarından buharlaşan su miktarı ve baraj rezervuarına toplam gelen su miktarı şeklindedir. Su bütçesi hesaplamalarında kullanılan bir diğer bütçe elemanı da barajda meydana gelen sızma miktarıdır. Torul Barajı'nda sızmaların, yeraltı suyu seviyesini zaman içerisinde doymuş hale getirmesinden ve baraj su seviyesinin talveg kotunun altına inmemesinden dolayı barajda sızma olmadığı düşünülmüş olup ayrıca barajda ne kadar miktarda sızma olduğuna ait veri bulunmadığından dolayı bu bütçe elemanı su bütçesi hesaplamalarında ihmal edilmiştir. 2014 yılının Ocak ayından 2018 yılının Eylül ayına kadar olan süreçte Torul ilçesine ait; yağış miktarı, ortalama sıcaklık ve Torul Barajı'ndaki ortalama göl seviyesi ile baraja gelen suyun ortalama debisi gibi hidrolojik veriler DSİ'den ve Meteoroloji 11. Bölge Müdürlüğünden elde edilen data yardımıyla aylık bazda hesaplanmış olup tablolar halinde bulgular kısmında verilmiştir.

2.7.1. Torul Barajı'nın 2014 Yılı Su Bütçesinin Hesaplanması

Torul Barajı'nın 2014 yılına ait su bütçesi hesabında barajdaki enerji üretimi için enerjiye sarfedilen su miktarı, baraj dolu savağından bırakılan su miktarı, baraj rezervuar alanından buharlaşan su miktarı ve baraj rezervuar alanına toplam gelen su miktarı verileri kullanılmıştır. Bu veriler 2014 yılının tüm ayları için aylık bazda hesaplanmıştır. 2014 yılına ait su bütçesi verileri Tablo 2.12.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.12. Torul Barajı 2014 yılı su bütçesi verileri

Ay	Enerjiye Sarfedilen Su (m ³)	Dolu Savaktan Bırakılan Su (m ³)	Buharlaşan Su (m ³)	Toplam Gelen Su (m ³)
Ocak	7271212.87	0.00	49705.96	9109467.93
Şubat	10132366.28	0.00	66175.13	9912541.41
Mart	27619708.33	0.00	104078.94	24655787.26
Nisan	31880958.90	0.00	167426.04	48100384.95
Mayıs	3383867.05	0.00	271603.25	38887470.32
Haziran	9803308.14	0.00	372566.18	19399874.33
Temmuz	8035831.31	0.00	438434.37	4258265.68
Ağustos	11881302.35	0.00	400951.23	1784253.57
Eylül	7921417.56	0.00	290788.11	4882205.67
Ekim	17934777.45	0.00	198404.14	14593181.59
Kasım	17797781.88	0.00	98651.94	20686433.83
Aralık	16900139.73	0.00	70419.33	25940559.07
Toplam	170562671.85	0.00	2529204.62	222210425.61

2014 yılı için hazırlanan su bütçesi;

“Hacim Değişimi = Baraj Rezervuarına Toplam Gelen Su – (Baraj Rezervuarından Toplam Buharlaşan Su + Baraj Rezervuarından Kullanılan Su + Dolu Savaktan Bırakılan Su)” formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 2.12. incelendiğinde 2014 yılı içerisinde Torul Barajı'na toplam gelen su miktarı 222210425.61 m³ olarak hesaplanmıştır. Baraj dolu savağından bırakılan su olmamıştır. Barajdan buharlaşan toplam su miktarı 2529204.62 m³ olarak hesaplanmıştır. 2014 yılında Torul Barajı'ndan enerji üretmek için kullanılan toplam su miktarı ise 170562671.85 m³ olarak bulunmuştur.

Tüm girdiler ve çıktılar hacim değişimi hesabı formülünde yerine konulduğunda;

Hacim Değişimi = 222210425.61 – (2529204.62 + 170562671.85 + 0.00)

Hacim Değişimi = 49118549.14 m³ olarak hesaplanmıştır.

2.7.2. Torul Barajı'nın 2015 Yılı Su Bütçesinin Hesaplanması

Torul Barajı'nın 2015 yılına ait su bütçesi hesabında barajdaki enerji üretimi için enerjiye sarfedilen su miktarı, baraj dolu savağından bırakılan su miktarı, baraj rezervuar alanından buharlaşan su miktarı ve baraj rezervuar alanına toplam gelen su miktarı verileri kullanılmıştır. Bu veriler 2015 yılının tüm ayları için aylık bazda hesaplanmıştır. 2015 yılına ait su bütçesi verileri Tablo 2.13.'te gösterilmiştir.

Tablo 2.13. Torul Barajı 2015 yılı su bütçesi verileri

Ay	Enerjiye Sarfedilen Su (m ³)	Dolu Savaktan Bırakılan Su (m ³)	Buharlaşan Su (m ³)	Toplam Gelen Su (m ³)
Ocak	43189836.92	0.00	69421.18	21532658.10
Şubat	35675668.45	0.00	78613.72	16764882.17
Mart	49176503.28	0.00	110624.88	55155128.17
Nisan	65514794.37	5223600.00	249089.51	125023483.88
Mayıs	101506527.77	24926000.00	338172.87	125978700.63
Haziran	60282934.85	0.00	371702.33	43990637.18
Temmuz	7813343.45	0.00	439827.11	14135170.56
Ağustos	16686794.08	0.00	400283.69	3653077.77
Eylül	3093482.29	0.00	293593.11	3664947.40
Ekim	10483755.32	0.00	202898.44	9509466.38
Kasım	20736144.87	0.00	102371.68	21378578.92
Aralık	14970530.49	0.00	71620.72	17505770.94
Toplam	429130316.14	30149600.00	2728219.24	458292502.10

2015 yılı için hazırlanan su bütçesi;

“Hacim Değişimi = Baraj Rezervuarına Toplam Gelen Su – (Baraj Rezervuarından Toplam Buharlaşan Su + Baraj Rezervuarından Kullanılan Su + Dolu Savaktan Bırakılan Su)” formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 2.13. incelendiğinde 2015 yılı içerisinde Torul Barajı'na toplam gelen su miktarı 458292502.10 m³ olarak hesaplanmıştır. Baraj dolu savağından bırakılan toplam su miktarı 30149600.00 m³'tür. Barajdan buharlaşan toplam su miktarı 2728219.24 m³ olarak hesaplanmıştır. 2015 yılında Torul Barajı'ndan enerji üretmek için kullanılan toplam su miktarı ise 429130316.14 m³ olarak bulunmuştur.

Tüm girdiler ve çıktılar hacim değişimi hesabı formülünde yerine konulduğunda;

Hacim Değişimi = 458292502.10 – (2728219.24 + 429130316.14 + 30149600.00)

Hacim Değişimi = -3715633.28 m³ olarak hesaplanmıştır.

2.7.3. Torul Barajı'nın 2016 Yılı Su Bütçesinin Hesaplanması

Torul Barajı'nın 2016 yılına ait su bütçesi hesabında barajdaki enerji üretimi için enerjiye sarfedilen su miktarı, baraj dolu savağından bırakılan su miktarı, baraj rezervuar alanından buharlaşan su miktarı ve baraj rezervuar alanına toplam gelen su miktarı verileri kullanılmıştır. Bu veriler 2016 yılının tüm ayları için aylık bazda hesaplanmıştır. 2016 yılına ait su bütçesi verileri Tablo 2.14.'te gösterilmiştir.

Tablo 2.14. Torul Barajı 2016 yılı su bütçesi verileri

Ay	Enerjiye Sarfedilen Su (m ³)	Dolu Savaktan Bırakılan Su (m ³)	Buharlaşan Su (m ³)	Toplam Gelen Su (m ³)
Ocak	51770840.29	0.00	65748.93	15860563.16
Şubat	38585332.54	0.00	78659.50	61054127.76
Mart	82243239.38	0.00	147746.28	105772294.50
Nisan	65940021.66	92731000.00	266083.47	171172396.01
Mayıs	57913780.76	140992000.00	330211.83	197169220.59
Haziran	76259233.38	23919000.00	389841.02	101171412.90
Temmuz	33116110.96	0.00	456557.63	24531681.08
Ağustos	33114710.21	0.00	385688.88	7461740.42
Eylül	18431278.16	0.00	265477.00	9144342.41
Ekim	19798461.61	0.00	159904.81	9304945.61
Kasım	0.00	0.00	83666.80	10260263.60
Aralık	20150452.86	0.00	59658.69	12166104.54
Toplam	497323461.81	257642000.00	2689244.84	725069092.58

2016 yılı için hazırlanan su bütçesi;

“Hacim Değişimi = Baraj Rezervuarına Toplam Gelen Su – (Baraj Rezervuarından Toplam Buharlaşan Su + Baraj Rezervuarından Kullanılan Su + Dolu Savaktan Bırakılan Su)” formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 2.14. incelendiğinde 2016 yılı içerisinde Torul Barajı'na toplam gelen su miktarı 725069092.58 m³ olarak hesaplanmıştır. Baraj dolu savağından bırakılan toplam su miktarı 257642000.00 m³'tür. Barajdan buharlaşan toplam su miktarı 2689244.84 m³ olarak hesaplanmıştır. 2016 yılında Torul Barajı'ndan enerji üretmek için kullanılan toplam su miktarı ise 497323461.81 m³ olarak bulunmuştur.

Tüm girdiler ve çıktılar hacim değişimi hesabı formülünde yerine konulduğunda;

Hacim Değişimi = 725069092.58 – (2689244.84 + 497323461.81 + 257642000.00)

Hacim Değişimi = -32585614.07 m³ olarak hesaplanmıştır.

2.7.4. Torul Barajı'nın 2017 Yılı Su Bütçesinin Hesaplanması

Torul Barajı'nın 2017 yılına ait su bütçesi hesabında barajdaki enerji üretimi için enerjiye sarfedilen su miktarı, baraj dolu savağından bırakılan su miktarı, baraj rezervuar alanından buharlaşan su miktarı ve baraj rezervuar alanına toplam gelen su miktarı verileri kullanılmıştır. Bu veriler 2017 yılının tüm ayları için aylık bazda hesaplanmıştır. 2017 yılına ait su bütçesi verileri Tablo 2.15.'te gösterilmiştir.

Tablo 2.15. Torul Barajı 2017 yılı su bütçesi verileri

Ay	Enerjiye Sarfedilen Su (m ³)	Dolu Savaktan Bırakılan Su (m ³)	Buharlaşan Su (m ³)	Toplam Gelen Su (m ³)
Ocak	28059716.38	0.00	50604.19	11175872.12
Şubat	12839518.04	0.00	63414.39	14947450.30
Mart	50642816.45	0.00	102344.00	49603879.87
Nisan	84413893.96	0.00	188058.75	116193179.76
Mayıs	77632466.50	0.00	297056.66	115722543.75
Haziran	46688456.68	0.00	394999.88	50206027.57
Temmuz	41510865.22	0.00	434309.03	10085742.27
Ağustos	37193660.53	0.00	318081.39	2727608.48
Eylül	7992330.81	0.00	203000.11	4349376.11
Ekim	11253.29	0.00	148342.29	9301301.39
Kasım	11857415.48	0.00	77028.08	8114839.20
Aralık	20375854.25	0.00	49209.73	20986815.36
Toplam	419218247.59	0.00	2326448.50	413414636.18

2017 yılı için hazırlanan su bütçesi;

“Hacim Değişimi = Baraj Rezervuarına Toplam Gelen Su – (Baraj Rezervuarından Toplam Buharlaşan Su + Baraj Rezervuarından Kullanılan Su + Dolu Savaktan Bırakılan Su)” formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 2.15. incelendiğinde 2017 yılı içerisinde Torul Barajı'na toplam gelen su miktarı 413414636.18 m³ olarak hesaplanmıştır. 2017 yılında baraj dolu savağından bırakılan su olmamıştır. Barajdan buharlaşan toplam su miktarı 2326448.50 m³ olarak hesaplanmıştır. 2017 yılında Torul Barajı'ndan enerji üretmek için kullanılan toplam su miktarı ise 419218247.59 m³ olarak bulunmuştur.

Tüm girdiler ve çıktılar hacim değişimi hesabı formülünde yerine konulduğunda;

Hacim Değişimi = 413414636.18 – (2326448.50 + 419218247.59 + 0.00)

Hacim Değişimi = -8130059.91 m³ olarak hesaplanmıştır.

2.7.5. Torul Barajı'nın 2018 Yılı Su Bütçesinin Hesaplanması

Torul Barajı'nın 2018 yılına ait su bütçesi hesabında barajdaki enerji üretimi için enerjiye sarfedilen su miktarı, baraj dolu savağından bırakılan su miktarı, baraj rezervuar alanından buharlaşan su miktarı ve baraj rezervuar alanına toplam gelen su miktarı verileri kullanılmıştır. Bu veriler 2018 yılının Ocak ayından Eylül ayına kadar olan süreç için aylık bazda hesaplanmıştır. 2018 yılına ait su bütçesi verileri Tablo 2.16.'da gösterilmiştir.

Tablo 2.16. Torul Barajı 2018 yılı su bütçesi verileri

Ay	Enerjiye Sarfedilen Su (m ³)	Dolu Savaktan Bırakılan Su (m ³)	Buharlaşan Su (m ³)	Toplam Gelen Su (m ³)
Ocak	19854087.59	0.00	50586.12	15937193.72
Şubat	18312514.15	0.00	71201.15	19594489.80
Mart	31764770.04	0.00	127998.88	80616276.99
Nisan	38042543.96	0.00	265732.89	57488444.83
Mayıs	76780555.85	3615000.00	340477.18	82655222.91
Haziran	68030135.03	0.00	395411.98	66506357.14
Temmuz	43974917.48	0.00	436837.62	14066111.50
Ağustos	41518825.74	0.00	325132.36	3193211.17
Eylül	5351867.27	0.00	205497.22	7561366.49
Toplam	343630217.11	3615000.00	2218875.40	347618674.55

2018 yılı için hazırlanan su bütçesi;

“Hacim Değişimi = Baraj Rezervuarına Toplam Gelen Su – (Baraj Rezervuarından Toplam Buharlaşan Su + Baraj Rezervuarından Kullanılan Su + Dolu Savaktan Bırakılan Su)” formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 2.16. incelendiğinde 2018 yılı içerisinde Torul Barajı'na toplam gelen su miktarı 347618674.55 m³ olarak hesaplanmıştır. Baraj dolu savağından bırakılan toplam su miktarı 3615000.00 m³'tür. Barajdan buharlaşan toplam su miktarı 2218875.40 m³ olarak hesaplanmıştır. 2018 yılında Torul Barajı'ndan enerji üretmek için kullanılan toplam su miktarı ise 343630217.11 m³ olarak bulunmuştur.

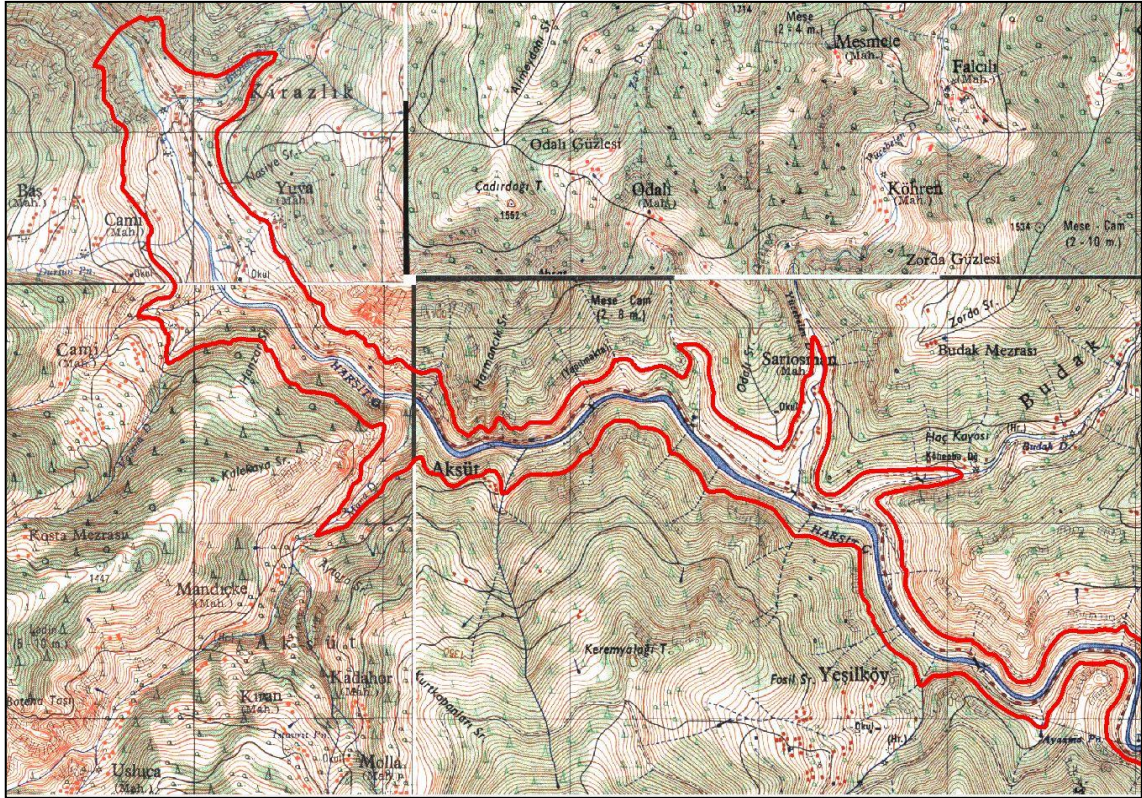
Tüm girdiler ve çıktılar hacim değişimi hesabı formülünde yerine konulduğunda;
Hacim Değişimi = 347618674.55 – (2218875.40 + 343630217.11 + 3615000.00)
Hacim Değişimi = -1845417.96 m³ olarak hesaplanmıştır.

2.8. Torul Barajı'ndan Etkilenip Yer Değiştiren Nüfusun Hesaplanması

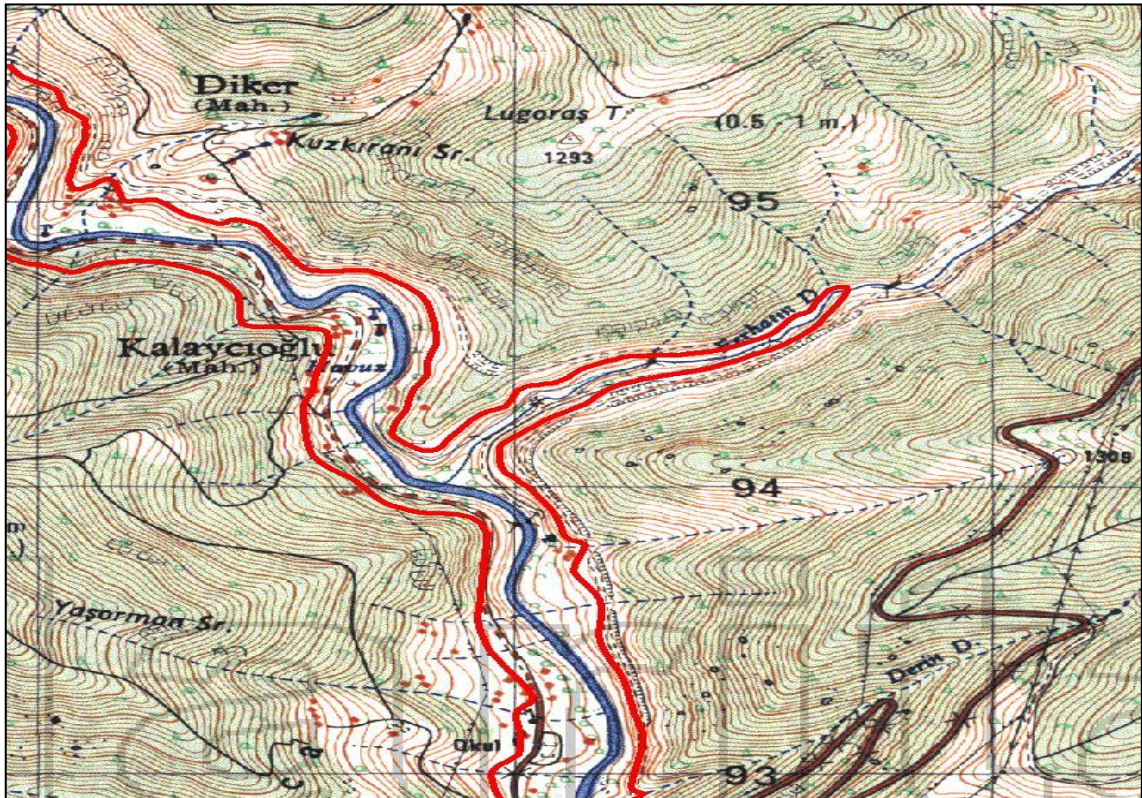
Torul Barajı'nın yapım süreci aşamasında ve barajın su tutmaya başlamasından sonraki süreçte yerleşim yerleri sular altında kalarak bu durumlardan etkilenip yer değiştiren nüfus hesaplanmıştır. Bunun için öncelikli olarak su altında kalan ve su altında kalma riski olduğundan dolayı boşaltılan ev sayısının tespiti yapılmıştır. Baraj rezervuar alanı Torul ilçe merkezinden başlayıp Kirazlık mevkiindeki baraj gövdesine kadar devam etmektedir. Barajdan etkilenen ev sayısı tespit edilirken Harita Genel Komutanlığı tarafından hava fotoğraflarının sayısallaştırılmasıyla elde edilen 1984 yılına ait 25000 ölçekli topoğrafik haritadan ve Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü'nün Torul ilçesine ait parsel bilgisi verilerinden yararlanılmıştır. Barajdan etkilenen ev sayısının tespit işlemi için bilgisayar ortamında topoğrafik harita üzerinde Torul Barajı'nın maksimum su seviyesi için baraj rezervuar alanı sınırları belirlenmiş olup bununla birlikte Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü'nün parsel bilgisi verilerinden yararlanılarak barajdan etkilenen ev sayısı tespit edilmiştir. Şekil 2.32.'de Torul Barajı'nın yer aldığı 1984 yılına ait 25000 ölçekli topoğrafik harita, Şekil 2.33.'te, Şekil 3.34.'te ve Şekil 3.35.'te ise barajın gövdesinin bulunduğu Kirazlık mevkiinden başlamak üzere Torul ilçe merkezine kadar olan kısımlar harita 3 parçaya bölünerek üç ayrı şekilde gösterilmiştir. Tablo 2.17.'de barajın yapım aşamasında ve baraj su tuttuktan sonra bu durumlardan etkilenen ev sayısı mevkiler belirtilerek gösterilmiştir.



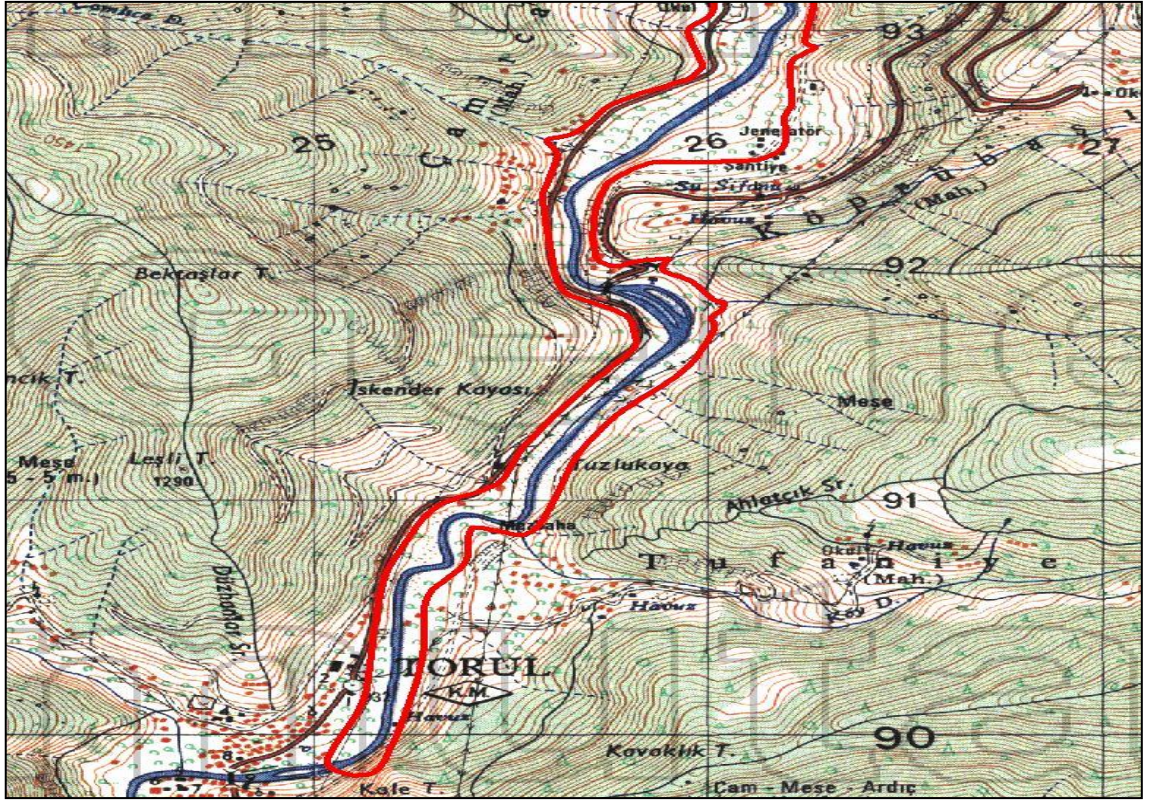
Şekil 2.32. 1984 yılına ait topoğrafik harita



Şekil 2.33. 1984 yılına ait topoğrafik harita – Kirazlık mevki



Şekil 2.34. 1984 yılına ait topoğrafik harita – Diker mevki



Şekil 2.35. 1984 yılına ait topoğrafik harita – Torul ilçe merkezi

Tablo 2.17. Baraj rezervuar alanından etkilenen ev sayısı

Mahalle / Köy	Ev Sayısı
Tufaniye Mahallesi	3
Köprübaşı Mahallesi	10
Tuğrulbey Mahallesi	4
Çamlıca Mahallesi	24
Budak Köyü Diker Mahallesi	12
Budak Köyü Zumkurlu Mahallesi	20
Budak Köyü Kızılcık Mahallesi	10
Kirazlık Köyü Barnak Mahallesi	12
Kirazlık Köyü Omal Mahallesi	18
Kirazlık Köyü Aymuhal Mahallesi	4
Toplam	117

Tablo 2.17.'ye göre baraj rezervuar alanından etkilenen toplam ev sayısı 117 adet olarak hesaplanmıştır. Her bir evde ortalama olarak 5 kişi kaldığı kabul edilmiştir. Buna göre;

Barajdan etkilenip yer değiştiren nüfus = Baraj rezervuar alanından etkilenen toplam ev sayısı x 1 evdeki kişi sayısı

Barajdan etkilenip yer değiştiren nüfus = $117 \times 5 = 585$ kişi olarak bulunmuştur.

Barajdan etkilenip yer değiştiren nüfusun hesabında hata payı olduğu kabulü yapılarak hesap yapılacaktır. Hata payı olarak $\% \pm 10$ olarak alındığında;

Hatanın artı değeri için; barajdan etkilenip yer değiştiren nüfus = $585 + 585 \times \%10 = 585 + 58.5 = 643.5 \approx 644$ kişi olarak bulunmuştur.

Hatanın eksi değeri için; barajdan etkilenip yer değiştiren nüfus = $585 - 585 \times \%10 = 585 - 58.5 = 526.5 \approx 527$ kişi olarak bulunmuştur.

Barajdan etkilenen nüfusun belirlenip etkilerinin değerlendirilmesinde karşılaştırma yapabilmek için barajdan etkilenen nüfus teorik olarak da aşağıda hesaplanmıştır.

Torul Barajı'nın maksimum rezervuar işletme kotunda; rezervuar yüzey alanı 3.62 km^2 , su seviyesi 917 m'dir. Torul Barajı'nın yapımı 2000 yılında başlamıştır. Torul ilçesinin 2000 yılı nüfusu 15416 kişidir. Torul İlçesinin yüz ölçümü 1049 km^2 'dir. Torul ilçesinin 2000 yılı nüfus yoğunluğu (kilometrekareye düşen kişi sayısı) hesaplanmış;

Nüfus yoğunluğu = Toplam nüfus / Toplam yüzölçümü

Nüfus yoğunluğu = $15416 / 1049 = 14.69$ olarak bulunmuştur.

Barajın rezervuar yüzey alanının 3.62 km^2 olduğu düşünüldüğünde barajdan etkilenip yer değiştirmesi gereken nüfus teorik olarak hesaplanmış;

Teorik olarak barajdan etkilenip yer değiştirmesi gereken nüfus = Baraj rezervuarı yüzey alanı x nüfus yoğunluğu

Teorik olarak barajdan etkilenip yer değiştirmesi gereken nüfus = $3.62 \times 14.69 = 53.17 \approx 53$ kişi olarak bulunmuştur.

3. BULGULAR ve İRDELEME

Çalışmanın bu bölümünde yapılan çalışmalar sonucu elde edilen Torul Barajı'nın yıllık su bütçesi tablolar halinde verilerek bulunan sonuçlar hidrolojik açıdan değerlendirilmiştir. Ayrıca bu kısımda Torul Barajı'nın yapım süreci aşamasında ve barajın su tutmaya başlamasından sonraki süreçte yerleşim yerleri sular altında kalarak bu durumlardan etkilenip yer değiştiren nüfusa ait veriler paylaşılmış ve durum analizi yapılmıştır.

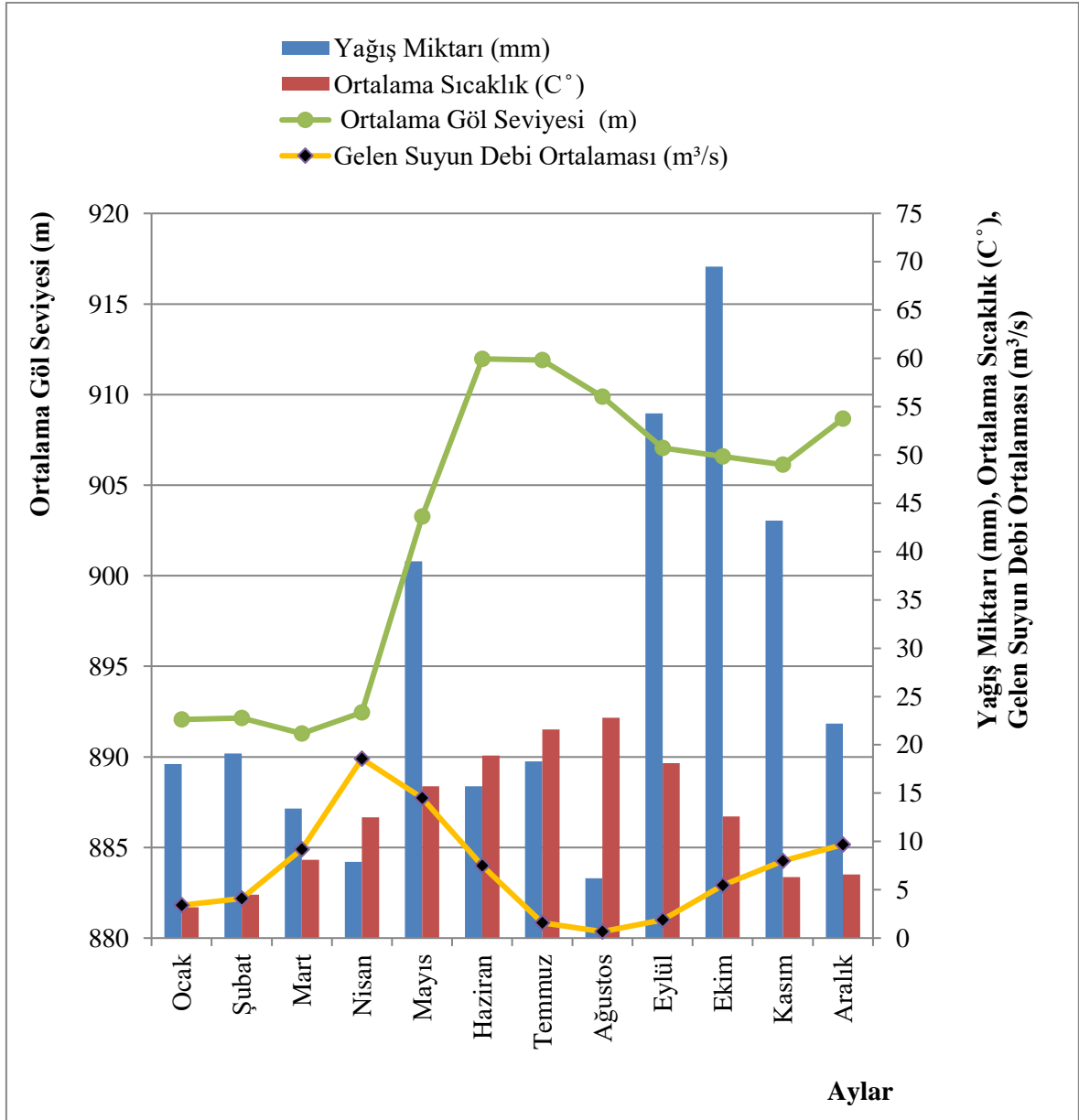
3.1. Torul Barajı'nın Su Bütçesi

3.1.1. Torul Barajı'nın 2014 Yılı Su Bütçesi

2014 yılında Torul Barajı'ndaki ortalama göl seviyesi ve baraja gelen suyun ortalama debisi ile Torul ilçesine ait; yağış miktarı ve ortalama sıcaklık değerleri Tablo 3.1.'de, grafik olarak da Şekil 3.1.'de gösterilmiştir. Torul Barajı'nın 2014 yılı su bütçesinin hesabında elde edilen hacim değişimi Tablo 3.2.'de, Torul Barajı 2014 yılı su bütçesi verileri ise grafik olarak Şekil 3.2.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Torul ilçesine ve Torul Barajı'na ait 2014 yılı hidrolojik verileri

Ay	Yağış Miktarı (mm)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama Göl Seviyesi (m)	Gelen Suyun Debi Ortalaması (m ³ /s)
Ocak	18.0	3.2	892.07	3.39
Şubat	19.1	4.5	892.15	4.09
Mart	13.4	8.1	891.29	9.20
Nisan	7.9	12.5	892.45	18.56
Mayıs	39.0	15.7	903.27	14.51
Haziran	15.7	18.9	911.97	7.48
Temmuz	18.3	21.6	911.90	1.58
Ağustos	6.2	22.8	909.88	0.67
Eylül	54.3	18.1	907.06	1.88
Ekim	69.5	12.6	906.58	5.45
Kasım	43.2	6.3	906.14	7.98
Aralık	22.2	6.6	908.67	9.68
Toplam	326.8	-	-	-

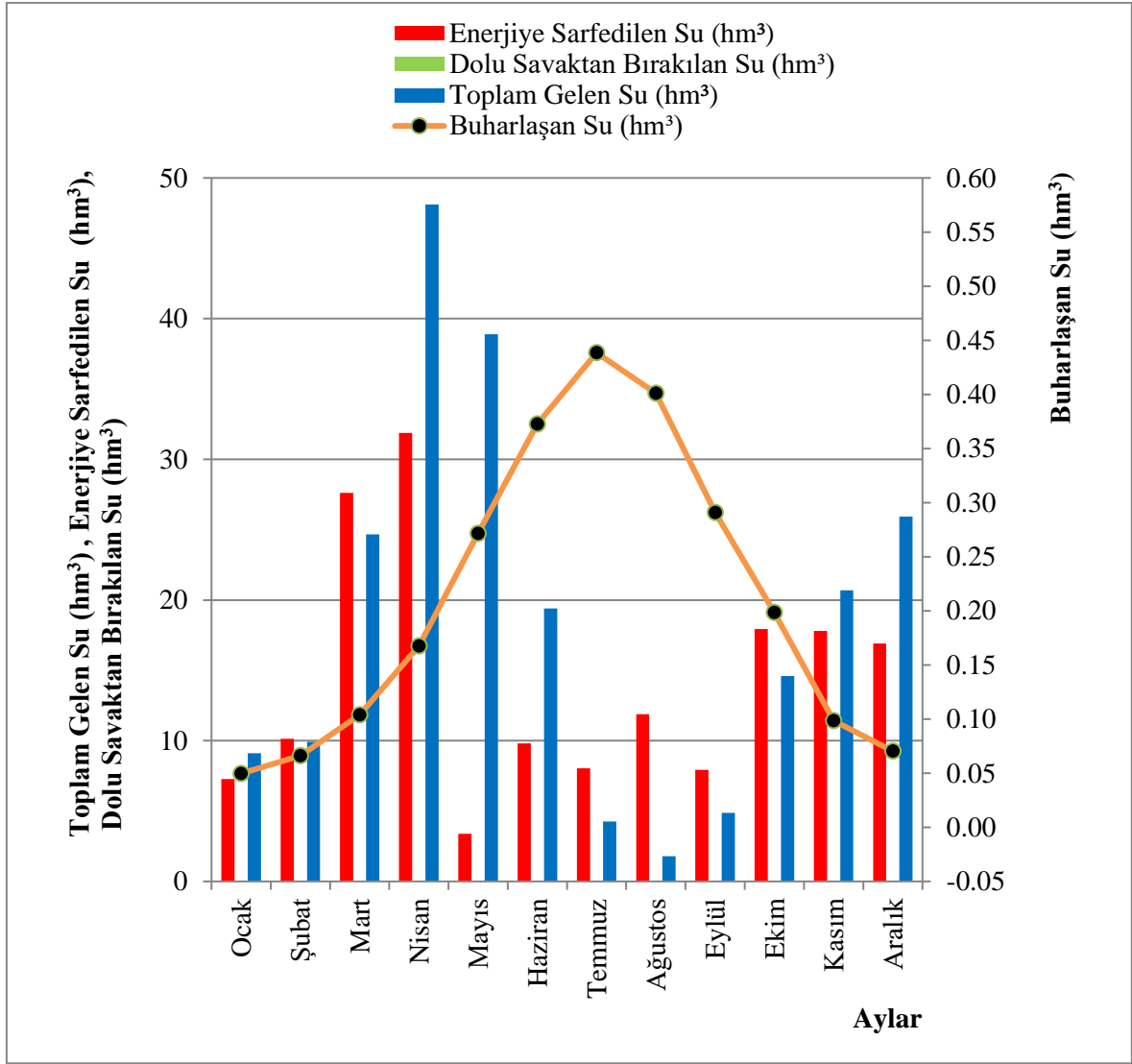


Şekil 3.1. Torul ilçesine ve Torul Barajı'na ait 2014 yılı hidrolojik verileri

Tablo 3.2. Torul Barajı'nın 2014 yılı su bütçesi

Yıl	Enerjiye Sarfedilen Su (m³)	Dolu Savaktan Bırakılan Su (m³)	Buharlaştıran Su (m³)	Toplam Gelen Su (m³)	Hacim Değişimi (m³)
2014	170562671.85	0.00	2529204.62	222210425.61	49118549.14

Tablo 3.2. incelendiğinde Torul Barajı'nın 2014 yılı su bütçesi hesabında hacim değişimi 49118549.14 m³ olarak bulunmuştur.



Şekil 3.2. Torul Barajı 2014 yılı su bütçesi verileri

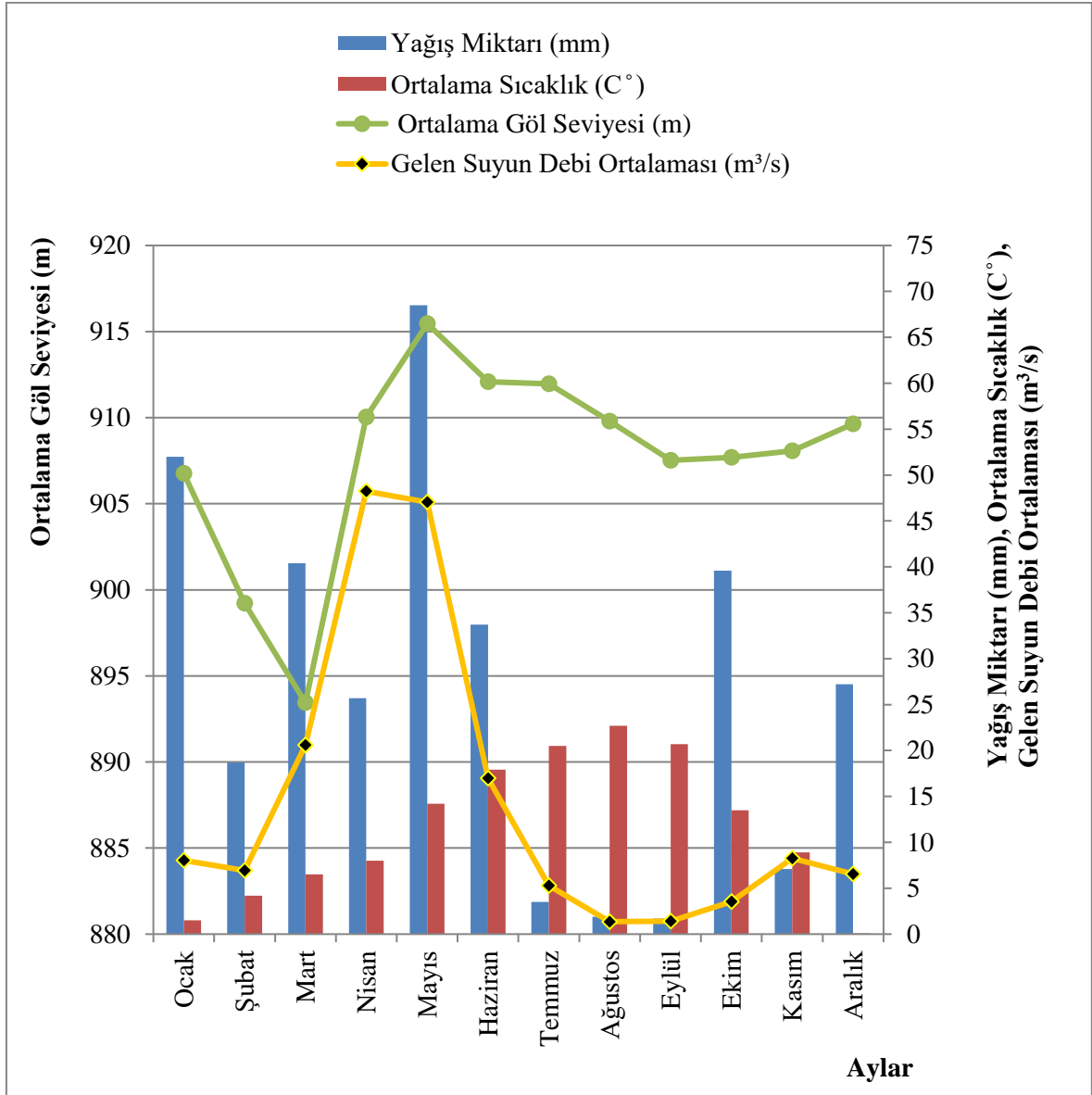
Tablo 3.1., Şekil 3.1. ve Şekil 3.2. karşılaştırmalı olarak incelendiğinde; ortalama yağış miktarının Ağustos ayında 6.2 mm ile en düşük düzeyde olduğu ve bununla bağlantılı olarak Ağustos ayında gelen suyun ortalama debisinin $0.67 \text{ m}^3/\text{s}$ ile en düşük değerde olduğu, kışın yağın karın havaların ısınmasıyla beraber erimesi sonucu Nisan ve Mayıs aylarında gelen suyun ortalama debisinin bu aylarda sırasıyla $18.56 \text{ m}^3/\text{s}$ ve $14.51 \text{ m}^3/\text{s}$ ile en yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. Nisan ayında baraj rezervuar alanına gelen toplam suyun en yüksek miktarda olmasına rağmen bu ayda barajda elektrik üretimi için enerjiye sarfedilen su miktarının en yüksek miktarda olması nedeniyle barajın ortalama göl seviyesinde Mart ayına kıyasla Nisan ayında belirgin bir artış olmadığı görülmektedir.

3.1.2. Torul Barajı'nın 2015 Yılı Su Bütçesi

2015 yılında Torul Barajı'ndaki ortalama göl seviyesi ve baraja gelen suyun ortalama debisi ile Torul ilçesine ait; yağış miktarı ve ortalama sıcaklık değerleri Tablo 3.3.'te, grafik olarak da Şekil 3.3.'te gösterilmiştir. Torul Barajı'nın 2015 yılı su bütçesinin hesabında elde edilen hacim değişimi Tablo 3.4.'te, Torul Barajı 2015 yılı su bütçesi verileri ise grafik olarak Şekil 3.4.'te gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Torul ilçesine ve Torul Barajı'na ait 2015 yılı hidrolojik verileri

Ay	Yağış Miktarı (mm)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama Göl Seviyesi (m)	Gelen Suyun Debi Ortalaması (m ³ /s)
Ocak	52.0	1.5	906.77	8.04
Şubat	18.7	4.2	899.21	6.93
Mart	40.4	6.5	893.44	20.59
Nisan	25.7	8.0	910.03	48.23
Mayıs	68.5	14.2	915.46	47.03
Haziran	33.7	17.9	912.09	16.97
Temmuz	3.5	20.5	911.97	5.27
Ağustos	1.9	22.7	909.80	1.36
Eylül	1.7	20.7	907.52	1.41
Ekim	39.6	13.5	907.70	3.55
Kasım	7.1	8.9	908.07	8.24
Aralık	27.2	0.1	909.64	6.53
Toplam	320.0	-	-	-

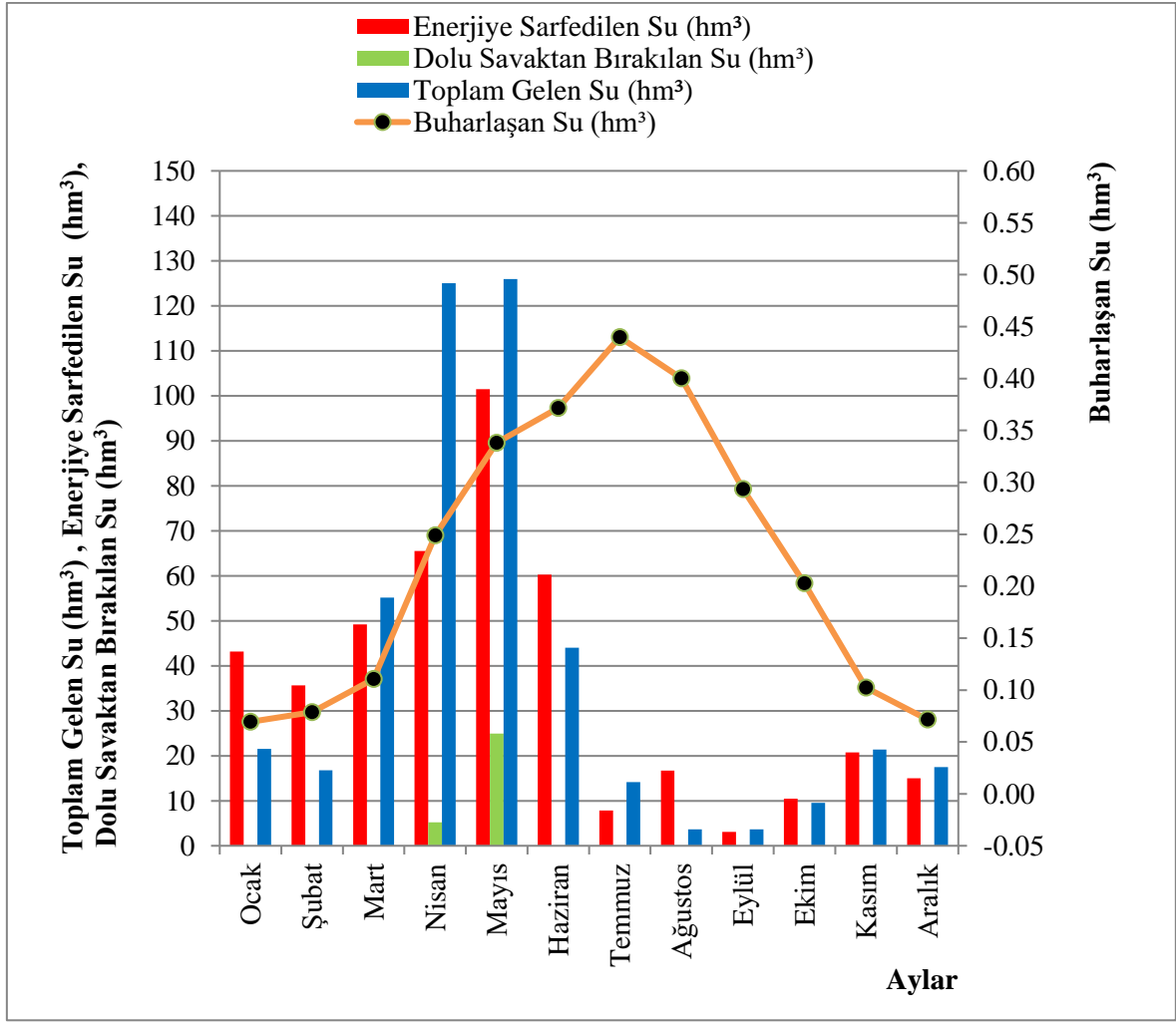


Şekil 3.3. Torul ilçesine ve Torul Barajı'na ait 2015 yılı hidrolojik verileri

Tablo 3.4. Torul Barajı'nın 2015 yılı su bütçesi

Yıl	Enerjiye Sarfedilen Su (m³)	Dolu Savaktan Bırakılan Su (m³)	Buharlaştıran Su (m³)	Toplam Gelen Su (m³)	Hacim Değişimi (m³)
2015	429130316.14	30149600.00	2728219.24	458292502.10	-3715633.28

Tablo 3.4. incelendiğinde Torul Barajı'nın 2015 yılı su bütçesi hesabında hacim değişimi -3715633.28 m³ olarak bulunmuştur.



Şekil 3.4. Torul Barajı 2015 yılı su bütçesi verileri

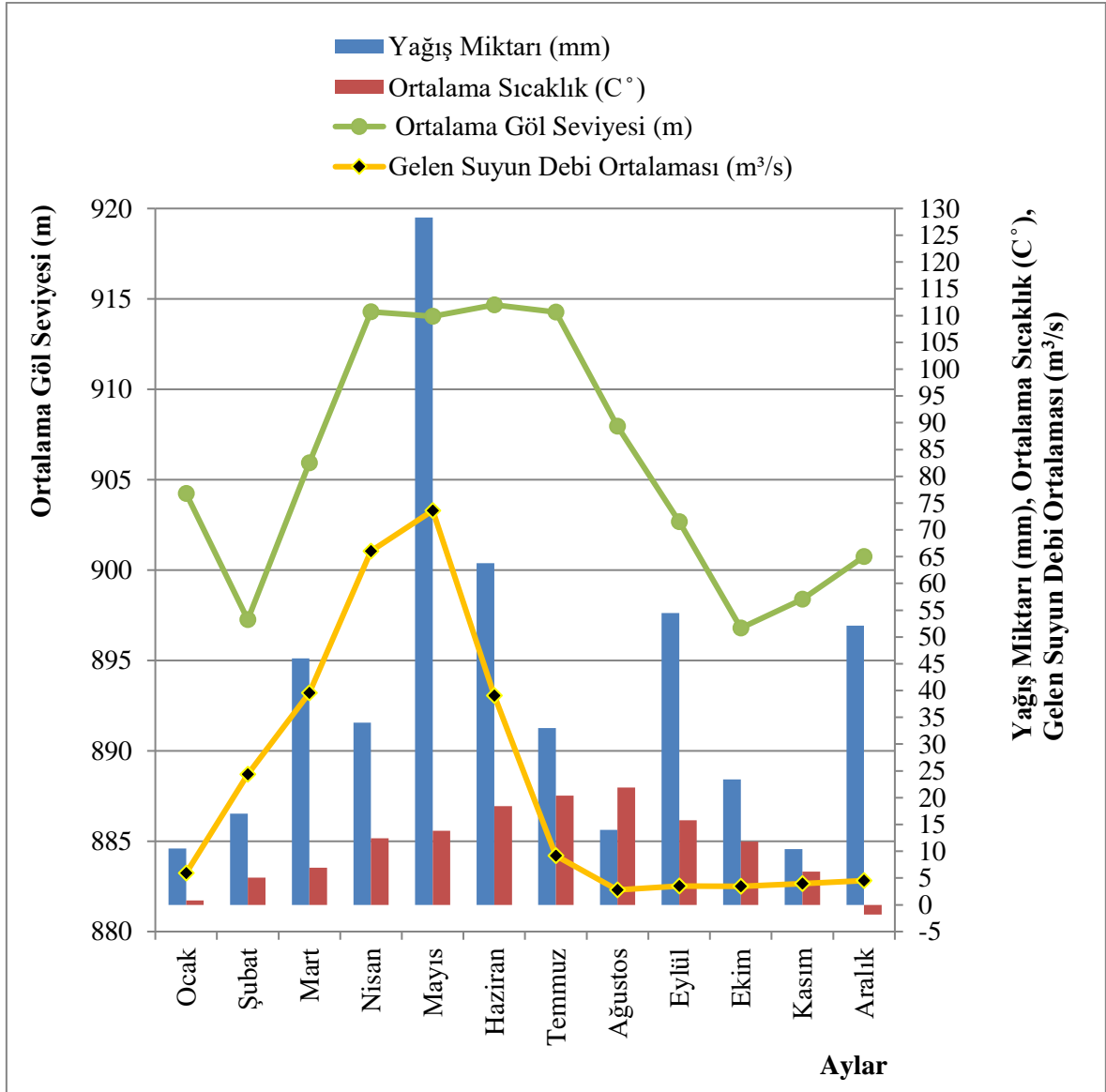
Tablo 3.3., Şekil 3.3. ve Şekil 3.4. karşılaştırmalı olarak incelendiğinde; yağış miktarının Ağustos ve Eylül aylarında sırasıyla 1.9 mm ve 1.7 mm ile en düşük miktarlarda olduğu ve bununla bağlantılı olarak Ağustos ve Eylül aylarında gelen suyun ortalama debisinin sırasıyla $1.36 \text{ m}^3/\text{s}$ ve $1.41 \text{ m}^3/\text{s}$ ile en düşük değerlerde olduğu görülmektedir. Mayıs ayında yağış miktarının 68.5 mm ile en yüksek miktarda olduğu ve buna paralel olarak ortalama göl seviyesinin Mayıs ayında 915.46 m ile en yüksek seviyede olduğu görülmektedir. Kışın yağan karın havaların ısınmasıyla beraber erimesi sonucu Nisan ve Mayıs aylarında gelen suyun ortalama debisinin bu aylarda sırasıyla $48.23 \text{ m}^3/\text{s}$ ve $47.03 \text{ m}^3/\text{s}$ ile en yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. Mayıs ayında baraj rezervuar alanına gelen toplam suyun en yüksek miktarda olduğu ve buna paralel olarak barajda elektrik üretimi için enerjiye sarfedilen suyun en yüksek miktarda olduğu görülmektedir.

3.1.3. Torul Barajı'nın 2016 Yılı Su Bütçesi

2016 yılında Torul Barajı'ndaki ortalama göl seviyesi ve baraja gelen suyun ortalama debisi ile Torul ilçesine ait; yağış miktarı ve ortalama sıcaklık değerleri Tablo 3.5.'te, grafik olarak da Şekil 3.5.'te gösterilmiştir. Torul Barajı'nın 2016 yılı su bütçesinin hesabında elde edilen hacim değişimi Tablo 3.6.'da, Torul Barajı 2016 yılı su bütçesi verileri ise grafik olarak Şekil 3.6.'da gösterilmiştir.

Tablo 3.5. Torul ilçesine ve Torul Barajı'na ait 2016 yılı hidrolojik verileri

Ay	Yağış Miktarı (mm)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama Göl Seviyesi (m)	Gelen Suyun Debi Ortalaması (m ³ /s)
Ocak	10.5	0.8	904.23	5.92
Şubat	17.0	5.1	897.25	24.36
Mart	46.0	6.9	905.93	39.58
Nisan	34.0	12.4	914.28	66.04
Mayıs	128.3	13.8	914.06	73.61
Haziran	63.8	18.4	914.67	39.03
Temmuz	33.0	20.4	914.27	9.16
Ağustos	14.0	21.9	907.96	2.78
Eylül	54.5	15.8	902.67	3.52
Ekim	23.4	11.8	896.79	3.47
Kasım	10.4	6.2	898.38	3.95
Aralık	52.1	-1.8	900.75	4.54
Toplam	487.0	-	-	-

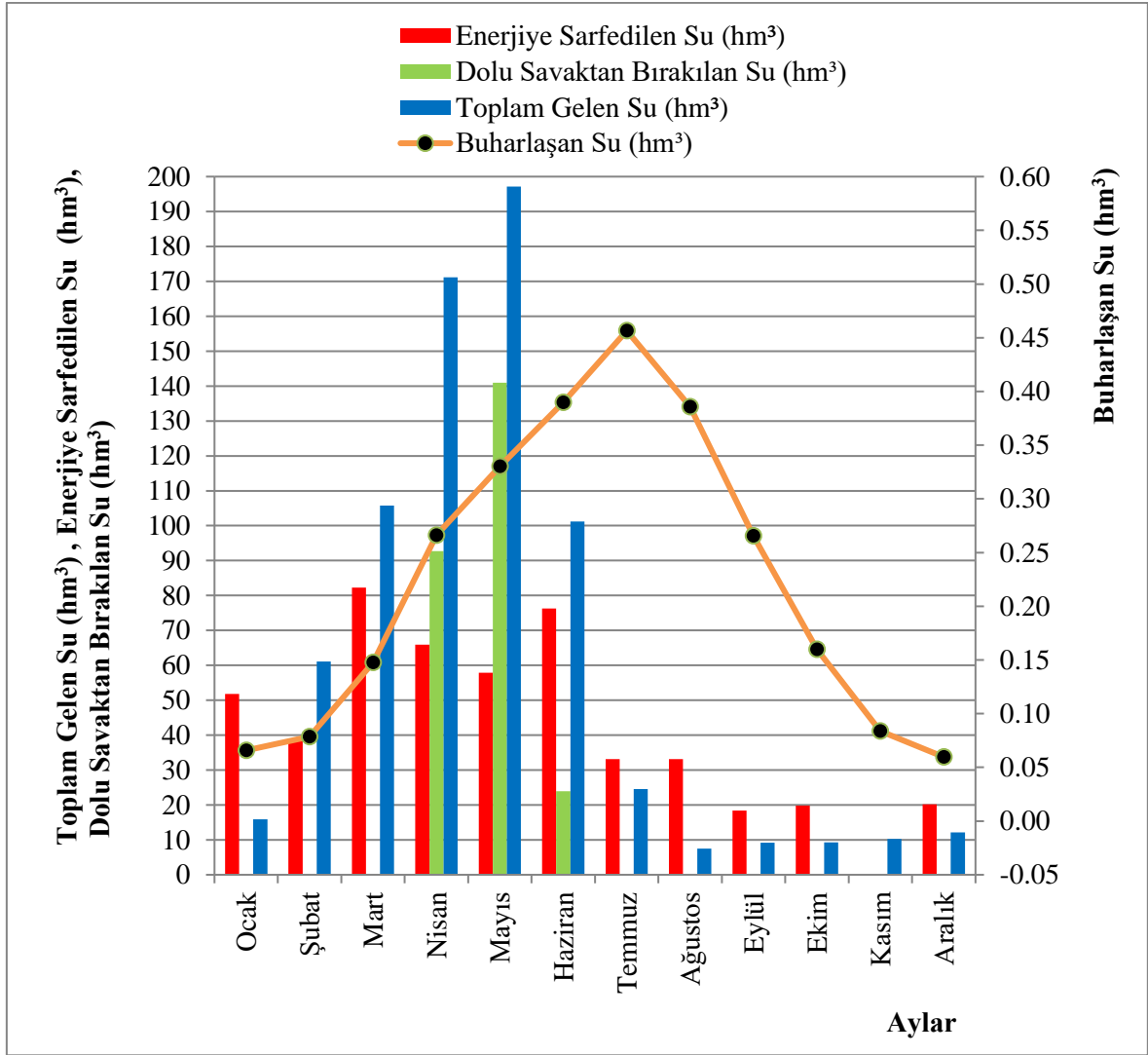


Şekil 3.5. Torul ilçesine ve Torul Barajı'na ait 2016 yılı hidrolojik verileri

Tablo 3.6. Torul Barajı'nın 2016 yılı su bütçesi

Yıl	Enerjiye Sarfedilen Su (m³)	Dolu Savaktan Bırakılan Su (m³)	Buharlaştıran Su (m³)	Toplam Gelen Su (m³)	Hacim Değişimi (m³)
2016	497323461.81	257642000.00	2689244.84	725069092.58	-32585614.07

Tablo 3.6. incelendiğinde Torul Barajı'nın 2016 yılı su bütçesi hesabında hacim değişimi -32585614.07 m³ olarak bulunmuştur.



Şekil 3.6. Torul Barajı 2016 yılı su bütçesi verileri

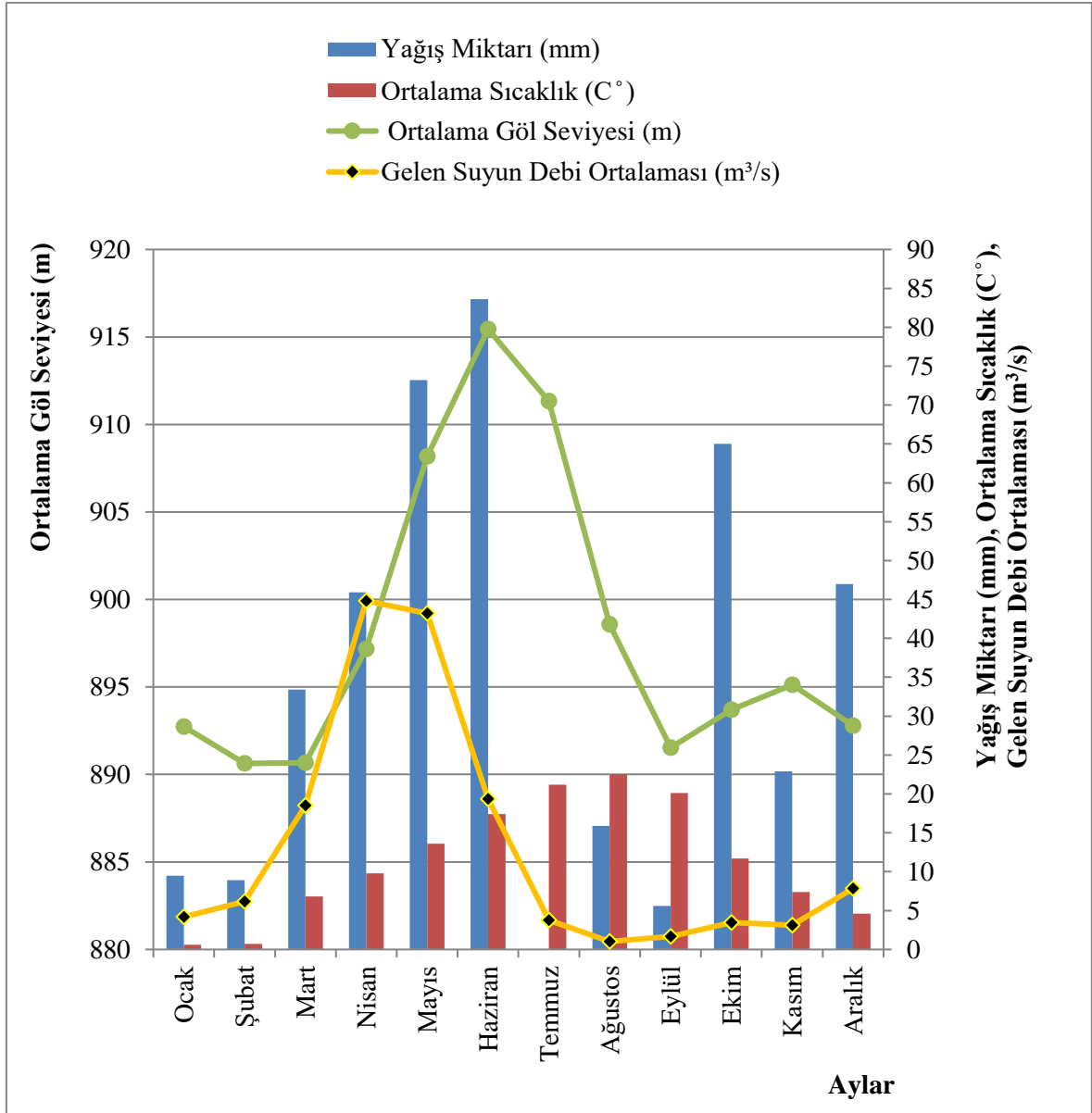
Tablo 3.5., Şekil 3.5. ve Şekil 3.6. karşılaştırmalı olarak incelendiğinde; yağış miktarının Mayıs ayında 128.3 mm ile en yüksek miktarda olduğu ve bununla bağlantılı olarak Mayıs ayında gelen suyun ortalama debisinin 73.61 m³/s ile en yüksek değerde olduğu görülmektedir. Mayıs ve Haziran aylarındaki yüksek miktardaki yağışın etkisiyle ortalama göl seviyesinin Haziran ayında 914.67 m ile en yüksek seviyeye ulaştığı görülmektedir. Mayıs ayında yüksek miktardaki yağışın ve kışın yağın karın havaların ısınmasıyla beraber erimesinin etkisiyle baraj rezervuar alanına gelen toplam suyun en yüksek miktarda olduğu görülmektedir.

3.1.4. Torul Barajı'nın 2017 Yılı Su Bütçesi

2017 yılında Torul Barajı'ndaki ortalama göl seviyesi ve baraja gelen suyun ortalama debisi ile Torul ilçesine ait; yağış miktarı ve ortalama sıcaklık değerleri Tablo 3.7.'de, grafik olarak da Şekil 3.7.'de gösterilmiştir. Torul Barajı'nın 2017 yılı su bütçesinin hesabında elde edilen hacim değişimi Tablo 3.8.'de, Torul Barajı 2017 yılı su bütçesi verileri ise grafik olarak Şekil 3.8.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.7. Torul ilçesine ve Torul Barajı'na ait 2017 yılı hidrolojik verileri

Ay	Yağış Miktarı (mm)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama Göl Seviyesi (m)	Gelen Suyun Debi Ortalaması (m ³ /s)
Ocak	9.5	0.6	892.73	4.17
Şubat	8.9	0.7	890.63	6.18
Mart	33.4	6.8	890.67	18.52
Nisan	45.9	9.8	897.18	44.82
Mayıs	73.2	13.6	908.19	43.20
Haziran	83.6	17.4	915.45	19.37
Temmuz	0.0	21.2	911.33	3.76
Ağustos	15.9	22.5	898.58	1.02
Eylül	5.6	20.1	891.53	1.68
Ekim	65.0	11.7	893.70	3.47
Kasım	22.9	7.4	895.12	3.13
Aralık	47.0	4.6	892.79	7.83
Toplam	410.9	-	-	-

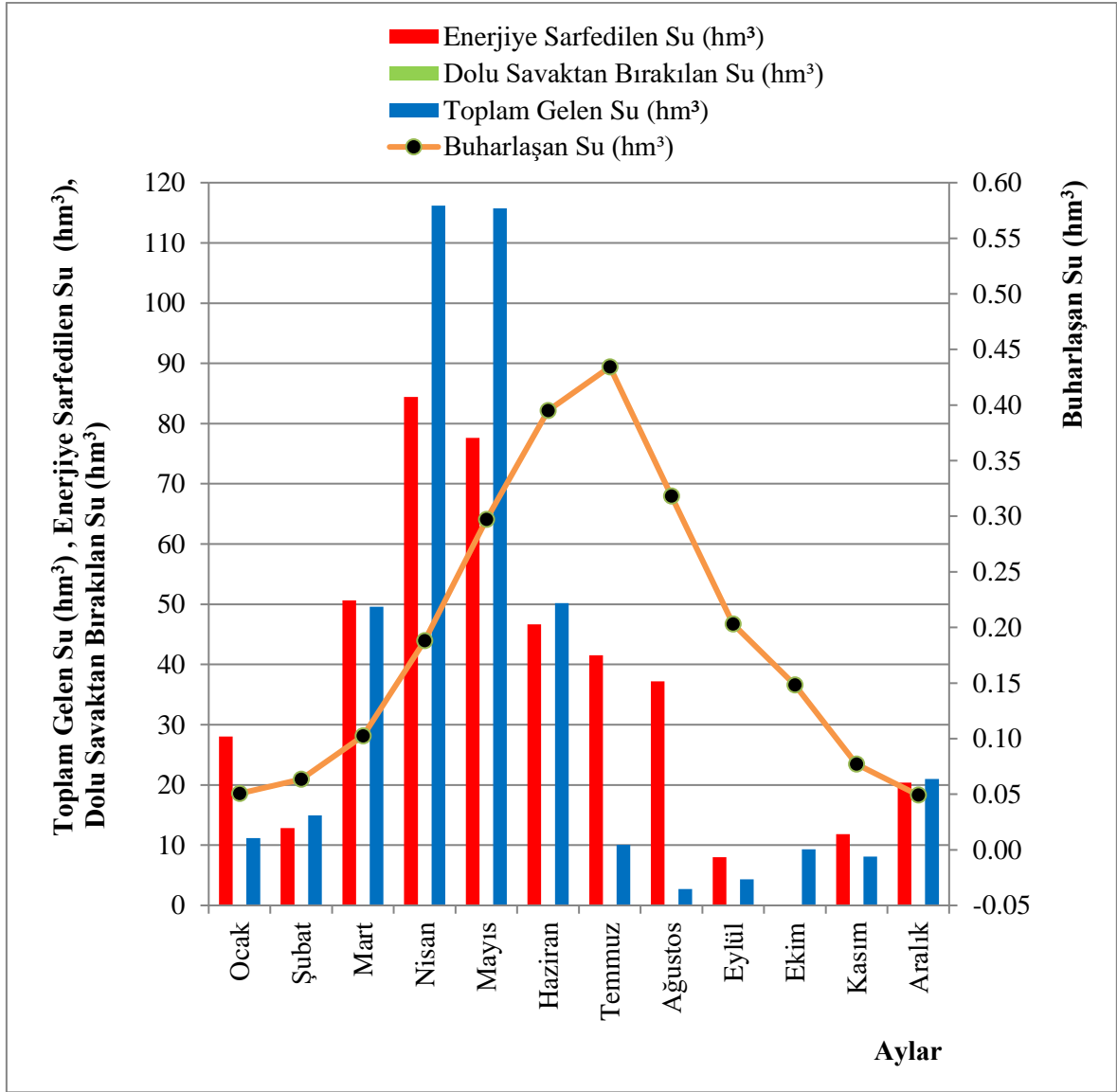


Şekil 3.7. Torul ilçesine ve Torul Barajı'na ait 2017 yılı hidrolojik verileri

Tablo 3.8. Torul Barajı'nın 2017 yılı su bütçesi

Yıl	Enerjiye Sarf edilen Su (m³)	Dolu Savaktan Bırakılan Su (m³)	Buharlaşan Su (m³)	Toplam Gelen Su (m³)	Hacim Değişimi (m³)
2017	419218247.59	0.00	2326448.50	413414636.18	-8130059.91

Tablo 3.8. incelendiğinde Torul Barajı'nın 2017 yılı su bütçesi hesabında hacim değişimi -8130059.91 m³ olarak bulunmuştur.



Şekil 3.8. Torul Barajı 2017 yılı su bütçesi verileri

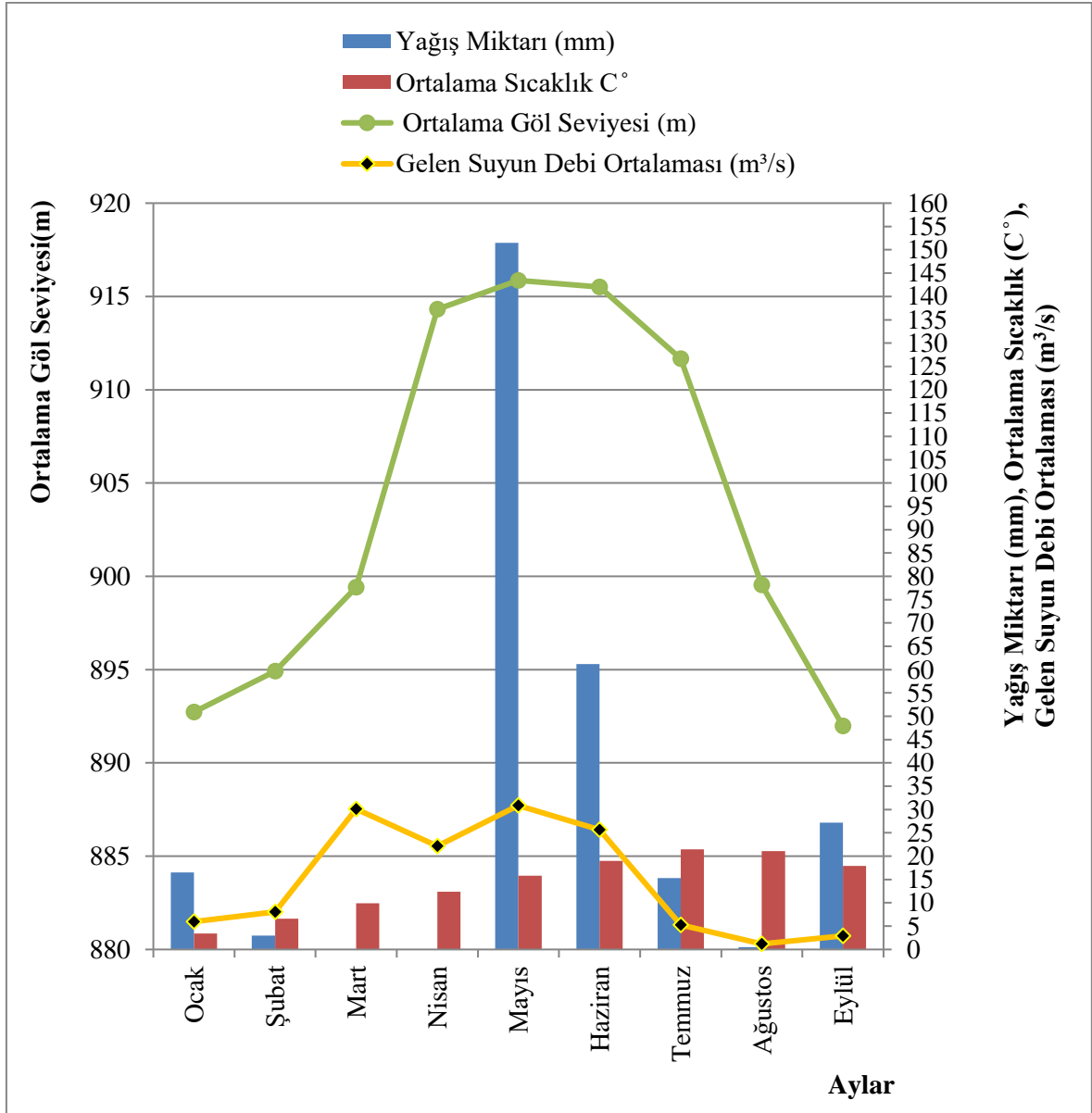
Tablo 3.7., Şekil 3.7. ve Şekil 3.8. karşılaştırmalı olarak incelendiğinde; yağışın Mayıs ve Haziran aylarında en yüksek miktarda olduğu ve bununla bağlantılı olarak Mayıs ayında ortalama su seviyesinin artış göstererek Haziran ayında 915.45 m ile en yüksek seviyeye ulaştığı görülmektedir. Kışın yağın karın havaların ısınmasıyla beraber erimesinin ve yağış miktarının artmasının etkisiyle birlikte Nisan ve Mayıs aylarında gelen suyun ortalama debisinin bu aylarda sırasıyla 44.82 m³/s ve 43.20 m³/s ile en yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. Nisan ayında baraj rezervuar alanına gelen toplam suyun en yüksek miktarda olduğu ve bununla bağlantılı olarak bu ayda barajda elektrik üretimi için enerjiye sarfedilen su miktarının en yüksek miktarda olduğu görülmektedir.

3.1.5. Torul Barajı'nın 2018 Yılı Su Bütçesi

2018 yılının Ocak ayından Eylül ayına kadar olan süreç için Torul Barajı'ndaki ortalama göl seviyesi ve baraja gelen suyun ortalama debisi ile Torul ilçesine ait; yağış miktarı ve ortalama sıcaklık değerleri Tablo 3.9.'da, grafik olarak da Şekil 3.9.'da gösterilmiştir. Torul Barajı'nın 2018 yılının Ocak ayından Eylül ayına kadar olan süreç için su bütçesinin hesabında elde edilen hacim değişimi Tablo 3.10.'da, Torul Barajı'nın 2018 yılının Ocak ayından Eylül ayına kadar olan süreç için su bütçesi verileri ise grafik olarak Şekil 3.10.'da gösterilmiştir.

Tablo 3.9. Torul ilçesine ve Torul Barajı'na ait 2018 yılı hidrolojik verileri

Ay	Yağış Miktarı (mm)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama Göl Seviyesi (m)	Gelen Suyun Debi Ortalaması (m ³ /s)
Ocak	16.5	3.4	892.72	5.95
Şubat	3.0	6.6	894.91	8.09
Mart	0.0	9.9	899.41	30.09
Nisan	0.0	12.4	914.32	22.18
Mayıs	151.5	15.8	915.86	30.86
Haziran	61.2	19.0	915.51	25.66
Temmuz	15.3	21.5	911.66	5.25
Ağustos	0.5	21.1	899.54	1.19
Eylül	27.2	17.9	891.97	2.91
Toplam	275.2	-	-	-

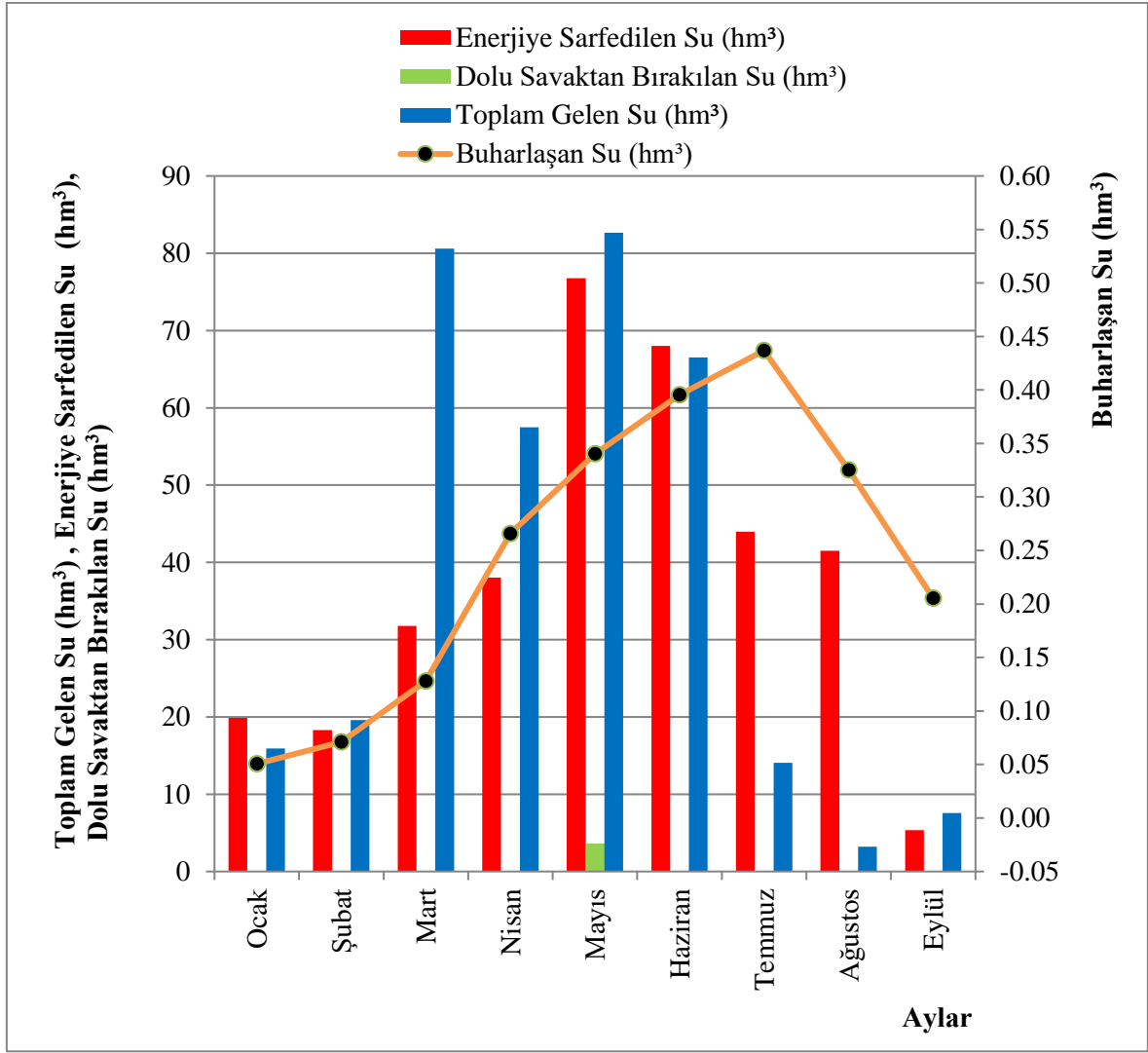


Şekil 3.9. Torul ilçesine ve Torul Barajı'na ait 2018 yılı hidrolojik verileri

Tablo 3.10. Torul Barajı'nın 2018 yılı su bütçesi

Yıl	Enerjiye Sarfedilen Su (m³)	Dolu Savaktan Bırakılan Su (m³)	Buharlaştıran Su (m³)	Toplam Gelen Su (m³)	Hacim Değişimi (m³)
2018	343630217.11	3615000.00	2218875.40	347618674.55	-1845417.96

Tablo 3.10. incelendiğinde Torul Barajı'nın 2018 yılı su bütçesi hesabında hacim değişimi -1845417.96 m³ olarak bulunmuştur.



Şekil 3.10. Torul Barajı 2018 yılı su bütçesi verileri

Tablo 3.9., Şekil 3.9. ve Şekil 3.10. karşılaştırmalı olarak incelendiğinde; yağış miktarının Mayıs ayında 151.5 mm ile en yüksek miktarda olduğu ve bununla bağlantılı olarak Mayıs ayında gelen suyun ortalama debisinin $30.86 \text{ m}^3/\text{s}$ ile en yüksek değerde olduğu görülmektedir. Mayıs ayında yüksek miktardaki yağışın ve baraj rezervuar alanına gelen toplam suyun en yüksek miktarda olmasının etkisiyle ortalama göl seviyesinin 915.86 m ile en yüksek değere ulaştığı ayrıca bu ayda barajda elektrik üretimi için enerjiye sarfedilen su miktarının en yüksek miktarda olduğu görülmektedir.

3.2. Torul Barajı'ndan Etkilenip Yer Değiştiren Nüfus

Torul Barajı'nın yapım süreci aşamasında ve barajın su tutmaya başlamasından sonraki süreçte yerleşim yerleri sular altında kalarak bu durumlardan etkilenip yer değiştiren nüfus hesaplanmıştır.

Barajların, yapım aşamasından yapımlarının tamamlanıp su tutmaya başlamalarına kadar olan süreçte bu durumlardan etkilenecek insanların çeşitli zamanlarda göç etmek zorunda kaldıkları bilinmektedir. Bu bağlamda Torul Barajı'ndan etkilenecek yer değiştiren nüfus gerçekte, hatanın artı ve eksi değeri için sırasıyla 644 ve 527 kişi olarak hesaplanmış olup teorik olarak ise barajdan etkilenip yer değiştirmesi gereken nüfus 53 kişi olarak bulunmuştur. Gerçekte hesaplanmış olan barajdan etkilenip yer değiştiren kişi sayısı ile teorik olarak yer değiştirmesi gereken kişi sayısı arasında ciddi miktarda farklılık vardır. Bu durum nüfusun göç etmesi açısından barajın yapımının olumsuz bir durum oluşturduğunu göstermektedir.

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Çalışma kapsamında, Torul Barajı'nın hidrolik ve hidrolojik özellikleri incelenmiş, barajın yıllık su bütçesi belirlenmiş, Torul Barajı'nın yapım süreci aşamasında ve barajın su tutmaya başlamasından sonraki süreçte yerleşim yerleri sular altında kalarak bu durumlardan etkilenip yer değiştiren nüfus hesaplanmış, ek olarak enerji üretimi, balıkçılık, turizm ve su sporları açısından baraj ve çevresinin analizleri yapılarak elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmış ve akabinde bu kapsamda öneriler verilmiştir.

1. Torul Barajı ve HES, 103 MW kurulu gücü ile enerji üretmeye başladığı 2008 yılından 2019 yılına kadar olan süreçte yıllık ortalama 252.598 GWh elektrik üretimi yapmıştır. Torul Barajı ve HES yaptığı elektrik enerjisi üretimiyle ortalama 75000 insanın günlük ihtiyaç duyduğu tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilir.
2. Torul ilçesinde iklim olarak Doğu Karadeniz Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesi arasında bir geçiş iklimi görülürken, Torul Barajı yapıldıktan sonra Torul ilçesinin ikliminde ılımanlaşma olmuş ve son yıllarda bölgede Karadeniz Bölgesi'nin iklim tipi görülmeye başlanmıştır.
3. Torul Barajı'ndaki balıkçılık faaliyetleri yıllar itibariyle gelişim göstermiştir. Balıkçılık faaliyetleri ilçeye ekonomik olarak girdi sağlamaktadır. Torul Barajı'nda 2012 yılından 2019 yılına kadar olan süreçte toplam 9755158.8 kg balık üretimi gerçekleşmiştir. Ortalama olarak ise yılda 1219394.8 kg balık üretimi olmuştur.
4. Torul Barajı'nın doluluk oranları 2020 yılı Ocak ayından Kasım ayına kadar sırasıyla; %4.40, %4.94, %11.58, %92.07, %90.77, %91.67, %45.31, %3.47, %9.25, %13.61, %20.20 olarak gerçekleşmiştir. Bu aylardaki baraj doluluk oranlarındaki farklılığın nedenleri; baraja yağışlardan, derelerden, akarsulardan gelen toplam su miktarlarındaki aydan aya olan değişimler, sıcaklığa bağlı olarak meydana gelen buharlaşma miktarındaki değişimler ve barajda enerji üretmek amacıyla kullanılan su miktarının aylık üretilen enerji miktarına bağlı olarak değişmesi olarak değerlendirilmektedir.
5. Torul Barajı'nın yıllık su bütçesi 2014-2018 yılları için hesaplanmıştır. Buna göre 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 yılları için baraj rezervuar hacmindeki değişim sırasıyla 49118549.14 m³, -3715633.28 m³, -32585614.07 m³, -8130059.91 m³, -1845417.96 m³ olarak bulunmuştur. Hacim değişiminin artı değerde olması hacim

değişiminin hesaplandığı yıl barajda depolanan su miktarının üzerine ilave su geldiğini ve bu ilave suyun miktarının hacim değişimi kadar olduğunu göstermektedir. Hacim değişiminin eksi değerde olması hacim değişiminin hesaplandığı yıl barajda depolanan su miktarından su kullanıldığını ve bu kullanılan suyun miktarının hacim değişimi kadar olduğunu göstermektedir.

6. Hacim değişimindeki eksi değerlerin varlığı bu tür coğrafyalarda benzer su bütçelerinin olduğu yerlerde bu tür barajların yapımının ne kadar gerekli olduğunu da bize gösteren parametredir.
7. Torul Barajı'nın su bütçesinin belirlenmesinin, bundan sonraki süreçte barajdaki sürdürülebilir su kullanımına ve bütüncül havza yönetimine katkı sağlayacağı ve bunun balıkçılık, enerji üretimi, turizm ve su sporları, su kalitesi açısından baraj ve çevresine fayda sağlayacağı düşünülmektedir.
8. Torul Barajı'nın yapım süreci aşamasında ve barajın su tutmaya başlamasından sonraki süreçte yerleşim yerleri sular altında kalarak bu durumlardan etkilenip yer değiştiren nüfus hesaplanmıştır. Yapılan hesaplarda hata payı dikkate alınmış olup hatanın artı değeri için barajdan etkilenip yer değiştiren kişi sayısı 644, hatanın eksi değeri için barajdan etkilenip yer değiştiren kişi sayısı 527 olarak bulunmuştur. Teorik olarak barajdan etkilenip yer değiştirmesi gereken nüfus 53 kişi olarak bulunmuştur. Gerçekte hesaplanmış olan barajdan etkilenip yer değiştiren kişi sayısı, teorik olarak yer değiştirmesi gereken kişi sayısından çok fazladır. Bu durum sosyolojik anlamda yerleşkelerin yer değiştirerek nüfusun göç etmesi açısından Torul Barajı'nın yapımının olumsuz bir durum oluşturduğunu göstermektedir.
9. Geçmişten günümüze medeniyetler suyun kenarında kurulmuştur. Dolayısıyla Torul Barajı'ndan etkilenip yer değiştiren kişi sayısı ile teorik olarak yer değiştirmesi gereken kişi sayısı arasında ciddi farklılığın olmasının nedeni Torul ilçesinde, Torul Barajı'nın Harşit Çayı üzerine yapılması ve Harşit Çayı kenarındaki nüfus yoğunluğunun fazla olması olarak gösterilebilir.
10. Torul Baraj Gölü'nde, her yıl yağışlardan sonra özellikle Nisan ve Mayıs aylarındaki su debisinin artması sonucu Harşit Çayı'ndan ve diğer derelerden gelen evsel atıklar kirlilik oluşturmaktadır. Bu durum için önlem alınmaması ve kirliliğin devam etmesi durumunda baraj gölünün ekosisteminde bozulmalar olacak ve kirlilik baraj gölündeki canlıların yok olmasına neden olacağı gibi baraj gölündeki balıkçılık faaliyetlerini de olumsuz etkileyecektir.

11. Torul Barajı'nın yapımı 2007 yılında tamamlanmış ve baraj su tutmaya başlayarak 2008 yılında elektrik üretimine başlamıştır. Torul Barajı'nın toplam rezervuar hacmi 168 hm³ olup aktif hacmi 83.3 hm³, ölü hacmi ise 84.7 hm³'tür. Barajda ölü hacmin bu denli hızlı bir şekilde artmasının temel sebebi sediment taşınımıdır ve bu önemli bir sorundur. Buna bağlı olarak barajların ekonomik ömrünün 80 ile 100 yıl arası olduğu düşünüldüğünde Torul Barajı'nın ekonomik ömrünü beklenenden daha erken zamanda tamamlayacağı öngörülmektedir.
12. Turizm bir ülkenin ekonomisini doğrudan etkileyen önemli bir faktördür. Turizmin olmazsa olmazlarından biri de tanıtımdır. Eğer turizm potansiyeli olan bir bölge gerektiği gibi tanıtılır, gerekli çalışmalar yapılır ve bu doğrultuda yatırımlar yapılırsa ekonomik olarak bölgenin gelişmesi kaçınılmazdır. Torul Barajı bu bağlamda önemli bir potansiyele sahiptir. Gerek konumu itibariyle önemli bir geçiş noktasında bulunması gerekse etrafında eşsiz doğal güzelliklerin olması ve baraj gölünün su sporları aktiviteleri yapmaya elverişli olması nedeniyle barajın turizm açısından değerlendirilerek mevcut potansiyelin harekete geçirilmesi önem arz etmektedir. Torul Baraj Gölü bazında mevcut turizm potansiyeli değerlendirilirse, istihdamı ve gelir kaynakları sınırlı olan Torul ilçesinin ekonomik açıdan kalkınmasına fayda sağlanmış olacaktır. Torul Baraj havzası ve çevresi önemli bir turizm ve su sporları potansiyeline sahip olmasına karşın gereken ilgiyi ve desteği görmemekte ve Torul ilçesi bu kapsamdaki ekonomik gelirlerden mahrum kalmaktadır.

Baraj göllerinden yararlanmanın sağlanabilmesinin bir şartı da göl suyunun kirletilmemesidir. Özellikle balıkçılığın yapıldığı Torul Baraj Gölü için bu durum büyük bir öneme sahiptir. Barajın kirletilmemesi ve ekosisteminin bozulmaması için alınabilecek bazı önlemler vardır. Baraj kıyısının doğal yapısının korunmasının sağlanması, havzadaki yer altı su kaynaklarının sürekliliği için ormanların korunması, havzadaki biyolojik çeşitliliğin devamı için koruma alanları oluşturulması, barajı besleyen derelerin ıslahının yapılarak evsel ve endüstriyel her türlü atık atılmasının önlenmesi, baraj gölü civarındaki kırsal yerleşkelerde yaşayan ailelerin atık maddelerinin baraja dökülmesi önlenmeli, insanların bilinçlendirilmeleri vs. olmak üzere çeşitli tedbirler alınmalıdır.

Enerji üretimi başta olmak üzere, farklı kullanım amaçlarına hizmet eden barajlar, kısıtlı bir yararlanma süresine sahip olup ekonomik ömürlerini belirli bir süre sonra doldurabilmektedirler. Bundan dolayı, baraj ömrü süresince barajlardan ne kadar fazla yararlanılabilirse, yöre ve ülke ekonomisine de o düzeyde yarar sağlanmış olacaktır. Bu

bağlamda, özellikle kaynaklardan yararlanma sürecini uzatacak tedbirlerin alınması gerekmekte ve ekonomik yelpazeyi genişletecek yeni faaliyetlerin yapılmasına da ihtiyaç vardır.

Torul Baraj Gölü’nde; “Torul Baraj Gölü Su Sporları Şenlikleri” başlığı altında her yıl Gümüşhane Valiliğinin himayelerinde, Torul Kaymakamlığı ile Gençlik ve Spor Müdürlüğünün katılımı ve Oryantiring Federasyonunun katkılarıyla oryantiring ve macera (kano, su kayağı, rüzgâr sörfü, dalış, açık su yüzme yarışması, sportif olta balıkçılığı vb.) yarışmaları düzenlenmeli akabinde ilki gerçekleştirilecek olan bu organizasyondan sonra özellikle su kayağı dalında yarışmalar “Türkiye Şampiyonası” şeklinde devam etmelidir. Böylelikle şenlikler Türkiye’ye açık hale gelecektir. Tüm bu faaliyetlerin ve etkinliklerin yapılması Torul ilçesinin ekonomik ve sosyal yönden kalkınmasına katkı sağlayacaktır.

Yılda bir kez yapılan ve son yıllarda çeşitli nedenlerden ötürü gündemdeki yerini kaybeden, artık yapılmamaya başlanan “Gümüşhane Kuşburnu-Pestil, Kültür ve Turizm Festivali” yeniden yapılmaya başlanacak olsa da Gümüşhane ili için yılda bir kez yapılan tanıtım organizasyonu yetersiz kalmaktadır. Turizmde tanıtımın önemi büyüktür. Bundan dolayı “Torul Baraj Gölü Su Sporları Şenlikleri’ne” bölgesel ve ulusal medya kuruluşları davet edilmelidir. Gerekirse şenlikler televizyon kanallarından ve internet sitelerinden canlı olarak yayınlanmalıdır. Şenlik haftası kayıt altına alınmalı ve broşür, dergi, cd ve afiş yaptırılmalıdır. Yaptırılacak olan tüm tanıtım materyallerinin yıl boyunca gerek il içinde dağıtımı yapılmalı, gerekse il dışında kaymakamlık, valilik ve belediyelerin katıldığı fuar ve tanıtım günleri etkinliklerinde dağıtımı yapılarak tanıtıma katkı sağlanmalıdır.

Torul Baraj Gölü’nün uygun alanlarına kafe, pastane, lokanta, çayhane gibi öncül günübirlik tesisler kamuya açık olmak kaydıyla yapılmalı ayrıca baraj gölü havzası etrafında temel ihtiyaçları içinde barındıracak kamp, karavan alanları oluşturulmalı, ziyaretçilerine hem seyir imkânı hem foto safari imkânı hem de olta balık avcılığı imkânı sunabilmek için göl üzerinde yüzer platform yapılmalıdır. Ayrıca göl havzasının uygun alanlarına bungalov tipi evler inşa edilmeli, göl üzerinde yüzer konaklama tesisleri yapılarak uzun vadede ziyaretçilerin geceleme ihtiyaçlarının karşılanması sağlanmalıdır.

Torul Baraj Gölü’nün, Torul ilçesine ekonomik katkı sağlaması için turizm ve su sporları açısından faaliyetler ve çalışmalar yapılması gerekmektedir. Torul Baraj Gölü’nün hem alternatif turizm merkezlerinin yeşilyol güzergâhında olması hem de Doğu Karadeniz Master Planı’nda su sporları eylem merkezi olarak tespit edilmesi göz önüne alındığında, baraj gölü havzasının turizme açılması halinde baraj gölü marka bir turizm merkezi olma

yönünde büyük bir avantaja sahip olacak, ilçenin ve bölgenin kalkınmasına katkı sağlayacaktır.

5. KAYNAKLAR

- Ağralioğlu, N., 2007. Baraj Planlama ve Tasarımı, Su Vakfı Yayınları, ISBN: 978 - 975- 6455-29-6, İstanbul, 262s.
- Akgün, Ç., 2018. Tuzluca Barajı Çevresel Etkilerinin Maliyet Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane, 119s.
- Akkaya, C., Efeoğlu, A. ve Yeşil, N., 2006. Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi ve Türkiye’de Uygulanabilirliği, TMMOB Su Politikaları Kongresi, s.195-204.
- Alp, D., 1972. Amasya Yöresinin Jeolojisi, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografileri, İstanbul, 22, s.135.
- Altınkaynak, L., 2000. Agvanis Masifi Doğu Kesimi ve Çevre Kayaçlarının Jeolojisi, Petrografisi ve Jeokimyası, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 289s.
- Anonim, 2006. Amenajman Planı, Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü, Torul İşletme Müdürlüğü Zigana Şefliği.
- Aydın, M., 2007. Gümüşhane-Torul Barajı Yağış Havzasından Taşınan Toprak Miktarının Wepp Ortamında Belirlenmesi ve Çözümleri Üzerine Araştırmalar, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 265s.
- Baran, T., Dalkılıç, Y. ve Öziş, Ü., 2008. Hidroelektrik Enerjiyi Geliştirme Hızları, 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci Türkiye Bölgesel Su Toplantıları, Artvin, s.1-14.
- Bayraktar, C., 2004. Doğal Çevre Sorunları Yaratıcı Hatalı Arazi Kullanımından Biri: Barajlar, Mersin Üniversitesi Çevre Topluluğu 6. Ulusal Çevre Sorunları Öğrenci Yaklaşımları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s.215.
- Bayram, A. ve Önsoy, H., 2011. Barajların Su Kalitesine Etkilerinin İncelenmesi: Torul Barajı Örneği (Harşit Çayı - Gümüşhane), DSİ V. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, İstanbul, s.957-970.
- Bayram, A., 2011. Harşit Çayı Su Kalitesinin Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi ve Askı Madde Konsantrasyonunun Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Tahmin Edilmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 163s.
- Bektaş, O., Van, A. ve Boynukalın, S., 1987. Doğu Pontidler’de (Kd Türkiye) Jura Volkanizması ve Jeotektoniği, TJK Bülteni, Ankara, 30-9-18.
- Berkün, M., 2007. Su Yapıları, Birsan Yayınevi Ltd. Şti., ISBN: 978-975-511-490-3, İstanbul, 667s.

- Boynukalın, S., 1990. Dereli (Giresun) Baraj Yeri ve Göl Alanının Mühendislik Jeolojisi ve Çevre Kayaçlarının Jeomekanik Özellikleri, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 255s.
- BP, 2019. Statistical Review of World Energy, London, 68th edition, 62p.
- BP, 2020. Statistical Review of World Energy, London, 69th edition, 65p.
- Cavallaro, F. ve Ciraolo, L., 2005. A multicriteria approach to evaluate wind energy plants on an Italian island, Energy Policy, 33(2), 235-244.
- Çapık, M., Yılmaz, A.O. ve Çavuşoğlu, İ., 2012. Present Situation and Potential Role of Renewable Energy in Turkey, Renewable Energy, 46, 1-13.
- Çeçen, K., 1984. İstanbul'da Osmanlı Devrindeki Su Tesisleri, İTÜ Yayınları, İstanbul.
- Çeçen, K., 1986. Süleymaniye Su Yolları, İTÜ Yayınları, İstanbul.
- Çeçen, K., 1988. Mimar Sinan ve Kırkçeşme Tesisleri, İSKİ Yayınları, İstanbul.
- Çeçen, K., 1991a. İstanbul'un Vakıf Sularından Halkalı Suları, İSKİ Yayınları, İstanbul.
- Çeçen, K., 1991b. Üsküdar Suları, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul.
- Çobanoğlu, N. ve Ürker, O., 2012. Türkiye'de Hidroelektrik Santraller'in Durumu (HES'ler) ve Çevre Politikaları Bağlamında Değerlendirilmesi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 3(2), 65-88.
- Çoğulu, E., 1975. Gümüşhane ve Rize Bölgelerinde Petrografik ve Jeokronolojik Araştırmalar, İTÜ Kütüphanesi, İstanbul.
- Daim, T. ve Taha, R.A., 2013. Multi-Criteria Applications in Renewable Energy Analysis, A Literature Review Research and Technology Management in the Electricity Industry, pp.17-30: Springer.
- Davraz, A. ve Balın, D., 2015. Çöl (Haydarlı/Afyon) Ovasının Hidrojeolojik ve Hidrojeokimyasal Değerlendirilmesi, Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering, 10, 1-22.
- Davraz, A., Şener, E., Şener, Ş. ve Varol, S., 2014. Water Balance of the Eğirdir Lake and the Influence of Budget Components, Isparta, Turkey, Süleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Science, 18(2), 27-36.
- Dokuz, A. ve Tanyolu, E., 2006. Geochemical Constraints on the Provenance, Mineral Sorting and Subaerial Weathering of Lower Jurassic and Upper Cretaceous Clastic Rocks from the Eastern Pontides, Yusufeli (Arvin), NE Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 15, 181-209.
- Dokuz, A., 2000. Yusufeli Yöresinin Jeolojisi, Jeotektoniği, Magmatik-Metamorfik Kayaçların Jeokimyası ve Petrojenezi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 312s.

- Dokuz, A., 2011. A slab Detachment and Delamination Model for the Generation of Carboniferous High-potassium I-type Magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Köse Composite Pluton, Godwana Research, 19, 926-944.
- DSİ, 1978. Doğu Karadeniz Harşit Projesi Yapılabilirlik Raporu, DSİ VII. Bölge Müdürlüğü, Samsun.
- DSİ, 2011. Çevre ve Temiz Enerji: Hidroelektrik, Ankara, 60s.
- DSİ, 2019. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 2019 Yılı Faaliyet Raporu, Ankara, 179s.
- DSİ, 2020a. Türkiye'nin Su Kaynakları Potansiyeli, <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/-754>. 20.01.2021
- DSİ, 2020b. Gümüşhane DSİ 223. Şube Müdürlüğü, Torul Barajı'nın Hidrolik ve Hidrolojik Verileri.
- Dünya Enerji Konseyi, 2011. Enerji Raporu, Ankara: DEK-TMK.
- Elibüyük, U. ve Üçgül, İ., 2016. Yenilenebilir ve Alternatif Enerji Çeşitleri, Nobel Yayıncılık, İstanbul, s.221-307.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019. Hidrolik, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Hidrolik>. 25.04.2020
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020. Elektrik, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik>. 20.06.2020
- Eyüboğlu, Y., 2006. Doğu Pontid Magmatik Yayı'nda (KD Türkiye) Alaska-Tip Mafik-Ultramafiklerin Tanımı ve Jeotektonik Önemi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 221s.
- Gedik, N., Barajlar, Su Yapıları Ders Notu, Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, <http://insaat.balikesir.edu.tr/dokumanlar/-suyapilari-/barajlar.pdf>. 15.05.2020
- Gezen, M. ve Karaaslan, A., 2017. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi Türkiye Örneği, Ekin Basım Yayın Dağıtım, ISBN: 978-605-327-590-9, Bursa, 96s.
- Gümüşhane Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2020. Gümüşhane İli 2019 Yılı Çevre Durum Raporu (ÇED), Gümüşhane, 172s.
- Gürbüz, A., 1995. Filtreler, Baraj ve Gölet Projelendirme Semineri, DSİ Genel Müdürlüğü Barajlar ve HES Dairesi Başkanlığı, Bursa.
- Güven, S., 2019. Alkumru Barajı Çevresel Etki Maliyet Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Bayburt Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bayburt, 98s.
- Hamilton, W. J. , 1842. Recearches in Asia Minör, Pontus and Armenia, Londra.
- Harvey, J. P., 1998. Water Quality, Sediment, Benthos and Fisheries Baseline Survey: River Don Water Injection Dredging, Report to British Waterways.

- Hiçdurmaz, B., 2019. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Politikaları, International Social Sciences Studies Journal, 5(34), 2223-2230.
- IHA, 2020. International Hydropower Association, Hydropower Status Report, 54p.
- Jackson, S. ve Sleight, A., 2000. Resettlement for China's Three Gorges Dam: Socio-Economic Ompact and Institutional Tensions, Communist and Post- Communist Studies, 33, 223-241.
- Kahraman, C., Kaya, İ. ve Cebi, S., 2009. A Comparative Analysis for Multiattribute Selection Among Renewable Energy Alternatives Using Fuzzy Axiomatic Design And Fuzzy Analytic Hierarchy Process, Energy, 34(10), 1603-1616.
- Kahveci, E., 2015. Sapanca Gölü Su Bütçesi, Uzmanlık Tezi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara, 74s.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Wolfgang, S., Sipahi, F. ve İlbeyli, N., 2012a. Geochronological Evidence and Tectonic Significance of Carboniferous Magmatism in the Southwest Trabzon Area, Eastern Pontides, Turkey, International Geology Review, 54 (15), 1776-1800.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., İlbeyli, N., Sipahi, F. ve Aydınçakır, E., 2012b. Doğu Pontid Kuzey Zonunda Yüzeyleyen Paleozoyik Yaşlı granitlerin U-Pb Zirkon Yaşlandırması, Sr-Nd-Pb-O İzotop Sistematiikleri ve Jeodinamik Evrimi, (TÜBİTAK PROJESİ) Proje No: 109Y052.
- Kaygusuz, A., Sipahi, F., İlbeyli, N., Arslan, M., Chen, B. ve Aydınçakır, E., 2013. Petrogenesis of the Late Cretaceous Turnagöl Intrusion in the Eastern Pontides: Implications for Magma Genesis in the Arc Setting, Geoscience Frontiers, 4, 423–438.
- Kete, H., 2020. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji ve Kamu Politikaları, Ekin Basım Yayın Dağıtım, ISBN: 978-625-7210-44-7, Bursa, 143s.
- Ketin, İ. ve Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji, İTÜ Kütüphanesi, İstanbul, s.520.
- Ketin, İ., 1966. Türkiye'nin Tektonik Birlikleri, MTA yay. No: 66, Ankara, s.20-34.
- Kırış, K., 2009. Gümüşhane Torul Yöresi Saf Sarıçam Meşcerelerinde Kalın Kök Kütlesi Değişiminin ve Bazı Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin, 79s.
- Kirchherr J. ve Charles, K.J., 2016. The Social Impacts of Dams: A New Framework For Scholarly Analysis, Environmental Impact Assessment Review, 60, 99-114.
- Koç, E. ve Kaya, K., 2015. Enerji Kaynakları–Yenilenebilir Enerji Durumu, Mühendis ve Makine Dergisi, 56(668), 36-47.
- Koç, E. ve Şenel, M.C., 2013a. Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu-Genel Değerlendirme, Mühendis ve Makine Dergisi, 54(639), 32-44.
- Koç, E. ve Şenel, M.C., 2013b. Türkiye Enerji Potansiyeli ve Yatırım-Üretim Maliyet Analizi, Termodinamik Dergisi, 1(245), 72-84.

- Lee, C.W. ve Zhong, J., 2014. Top Down Strategy For Renewable Energy Investment: Conceptual Framework and Implementation, Renewable Energy, 68, 761-773.
- MARKA, 2011. TR42 Doğu Marmara Bölgesi Yenilenebilir Enerji Raporu, Doğu Marmara Kalkınma Ajansı, MARKA Yayınları Serisi.
- Merdan Tutar, Z., 2015. Bahçecik (Torul/Gümüşhane) ve Civarındaki Eosen Yaşlı Volkanik Kayaçların Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane, 103s.
- Meteoroloji, 2020. Meteoroloji Trabzon 11. Bölge Müdürlüğü, Torul İlçesinin İklim Verileri.
- Okay, A. ve Tüysüz, O., 1999. Tethyan Sutures of Northern Turkey. In: Durand, B., Jolivet, L., Horvath, F., Serane, M. (Eds.), The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen, Geological Society, London, Special Publications, 156, pp.475-515.
- Okay, A.I., 1984. Distribution and characteristics of the northwest Turkish blueschists. In: The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean (ed. J.E. Dixon ve A.H.F. Robertson), Geological Society Special Publication, 17, 455-466.
- Orhon, M., 1997. Baraj Tipleri ve Yapım Kriterleri, Türkiye Mühendislik Haberleri, 391, 12-16.
- Özcan, A., Erkan, A., Keskin, A., Keskin, E., Oral, A., Özer, S., Sümege, M. ve Tekeli, O., 1980. Amasya-Turhal Arasındaki Bölgenin Jeolojisi, MTA Rap. No: 6722.
- Özdamar, A., 2018. Dedeli, Gülaçar ve Kocadal Köylerinde (Torul-Gümüşhane) Mevsimlik Nüfus Hareketleri, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Samsun, 130s.
- Özdemir, Y., 2020. Türkiye'nin Enerji Stratejisi, Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Ticaret Limited Şirketi, ISBN: 978-625-402-028-5, Ankara, 274s.
- Özdoğan, K., 1992. Karadağ (Torul-Gümüşhane) ve Yakın Çevresinin Jeolojisi-Mineralojisi-Petrografisi ve Maden Zuhurlarının Genetik İncelenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 172s.
- Özdoğan, Ş., 2010. Torul Barajı (Torul-Gümüşhane) Göl Alanı Sağ ve Sol Sahillerinin Duraylılığının Mühendislik Jeolojisi Açısından İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 152s.
- Özey, R., 1990. Gümüşhane ve Çevresindeki Kırsal Yerleşmelerin Başlıca Coğrafi Sorunları ve Çözüm Yolları, Geçmişte ve Günümüzde Gümüşhane Sempozyumu, Gümüşhane, s.307-383.
- Öziş, Ü., 1999. Historical Dams in Turkey, DSİ Matbaası, Ankara.
- Özsayar, T., Pelin, S. ve Gedikoğlu, A., 1981. Doğu Pontidler'de Kretase, KTÜ Yer Bilimleri Dergisi, 1, 65-114.

- Rojay, B., 1993. Tectonostratigraphy and Neotectonic Characteristics of the Southern Margin of Merzifon-Suluova Basin (Central Pontides, Amasya), Phd Thesis, Middle East Technical University, Ankara.
- San Cristobal, J., 2011. A Multi Criteria Data Envelopment Analysis Model to Evaluate The Efficiency of the Renewable Energy Technologies, Renewable Energy, 36(10), 2742-2746.
- Sarmaşık, S., 2012. Uluabat Gölü Hidrodinamik Modellemesi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 209s.
- Savrul, B.K., 2016. Enerji Ekonomisi: Türkiye'nin Enerji Sektörü ve Alternatif Enerji Kaynakları, Dora Yayınları, Birinci Baskı, Çanakkale.
- Schultze-Westrum, H.H., 1961. Giresun Civarındaki Aksu Deresinin Jeolojik Profili, Kuzeydoğu Anadolu'da Doğu Pontus Cevher ve Mineral Bölgesinin Jeolojisi ve Maden Yatakları ile İlgili Mütealalar, MTA Dergisi, 57, 63-71.
- Serdar, S., 2020. Türkiye Hidroelektrik Potansiyeli ve Gelişme Durumu, https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/TEG-2020-10_Hidroelektrik_Serpil%20-Serdar.pdf. 28.06.2020.
- Sever, R. ve Ulukalın, Ö., 2010. Artvin İlinde Yapılan/Yapılmakta Olan Barajlar Hakkında Artvin Halkının Bazı Görüşleri, Doğu Coğrafya Dergisi, 23, 65-80.
- Sever, R., 2005. Coğrafi Açıdan Bir Araştırma: Çoruh Havzası Enerji Yatırım Projeleri ve Çevresel Etkileri, Konya, Çizgi Kitabevi, s.14.
- Sönmez, M. E., 2012. Barajların Mekân Üzerindeki Olumsuz Etkileri ve Türkiye'den Örnekler, Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 1(11), 213-230.
- Şanlı, A.S. ve Doğan, A., 2015. Development of Optimum Dynamic Management Model of Beyşehir Lake, Journal of Engineering and Natural Sciences Sigma, 33, 144-156.
- Şenel, M.C., 2012. Rüzgar Türbinlerinde Güç İletim Mekanizmalarının Tasarım Esasları-Dinamik Davranış, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 202s.
- Şener, E. ve Soyaslan, I.I., 2006. Evaluation of Karstic Discharges in the East of Eğirdir Lake (Turkey) Using Satellite Images, In: The III. International Scientific and Practical Conference (Use of the Water Resources and its Integretional Management in Globalization processes), Bakü , 6-7, pp.70-72.
- Şorman, Ü., 2008. Van Gölü su bütçesinin uzaktan algılama tekniklerinin kullanımıyla bulunması, Van Gölü Hidrolojisi ve Kirliliği Konferansı.
- Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, 2020. Parsel Sorgulama Uygulaması, <https://parselsorgu.tkgm.gov.tr/>. 18.11.2020
- Tokel, S., 1972. Stratigraphical and Volcanic History of the Gümüşhane Region (Ne Turkey), Ph. D. Thesis, University Colloge, London.

- Topuz, G. ve Altherr, R., 2004. Pervasive Rehydration of Granulites During Exhumation: an Example from the Pulur Complex, Eastern Pontides, Turkey, Mineralogy and Petrology, 81, 165-185.
- Topuz, G., Altherr, R., Kalt, A., Satır, M., Wemer, O. ve Schwarz, W.H., 2004a. Aluminous Granulites from the Pulur complex, NE Turkey: A Case of Partial Melting, Efficient Melt Extraction and Crystallization, Lithos, 72, 183-207.
- Topuz, G., Altherr, R., Satır, M. ve Schwarz, W.H., 2004b. Low-Grade Metamorphic Rocks from the Pulur Complex, NE Turkey: Implications for pre-Liassic Evolution of the Eastern Pontides, International Journal of Earth Science (Geol Rundsch), 93, 72-91.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Dokuz, A. ve Meyer, H.P., 2007. Variscan Amphibolite-facies Rocks from the Kurtoğlu Metamorphic Complex, Gümüşhane Area, Eastern Pontides, Turkey, International Journal of Earth Sciences, 96, 861-873.
- Topuz, G., Altherr, R., Wolfgang, S., Schwarz, W.H., Zack, T., Hasanözbek, A., Mathias, B., Satır, M. ve Şen, C., 2010. Carboniferous High-potassium I-type Granitoid Magmatism in the Eastern Pontides: The Gümüşhane Pluton (NE Turkey), Lithos, 116, 92-110.
- Torul İlçe Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, 2020. Torul İlçesindeki Balıkçılık Faaliyetleri ve Verileri.
- TSKB Danışmanlık Hizmetleri, 2019. Sektörel Görünüm: Enerji, <https://www.tskb.com.tr-/i/assets/document/pdf/enerji-sektor-gorunumu-2019.pdf>. 20.10.2020
- Tüysüz, O., 1996. Amasya ve Çevresinin Jeolojisi, Türkiye 11. Petrol Kongresi Bildirileri, 32-48.
- USBR, 2005. Hydroelectric Power, U.S Department of the Interior Bureau of Reclamation Power Resources Office, <https://www.usbr.gov/power/edu/pamphlet.pdf>. 20.12.2020
- Ustaömer, T. ve Robertson, H.F.A., 2010. Late Paleozoic-Early Cenozoic Development of the Eastern Pontides (Artvin Area), Turkey: Stages of Closure of Tethys Along the Southern Margin of Eurasia, Special Publications, Geological Society London, 340, 281-327.
- Wang, J-J, Jing, Y-Y, Zhang, C-F, Shi, G-H ve Zhang, X-T, 2008. A Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Model For Trigeneration System, Energy Policy, 36(10), 3823-3832.
- Yazar, M., 2010. Türkiye'nin enerjideki durumu ve geleceği, SETA-Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı Yayınları, Ankara.
- Yılmaz, A., Engin, T., Adamia S. ve Lazarashvili T., 1997. Geoscientific Studies of the Area Along Turkish-Georgian Border, MTA, Ankara.
- Yılmaz, Y., 1976. Geochemical Study of the Gümüşhane Granite, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası, Seri B, 39, 3-4, 173-203.

Zankl, H., 1962. Magmatismus und Bauplan des Ostrpontischen Gebirges im Querprofil des Harşit-Tales, Bayerische Akademie der Wissenschaften, Abhandlungen, Neue Folge, 109, 61-90.

URL-1, https://www.slideshare.net/cedric_cedric/barajlar-ve-hazneleri. 12.05.2020

URL-2, <https://docplayer.biz.tr/9607583-Su-yapilari-kabartma-yapilari.html>. 18.05.2020

URL-3, <http://www.hurriyet.com.tr/sisme-lastik-barajin-kapasitesini-artirdi-37259222>. 20.08.2020

URL-4, <https://www.harita.net.tr/ilce/383-torul-gumushane>. 20.06.2020

URL-5, <http://www.gumushane.gov.tr/torul>. 20.06.2020

URL-6, <http://torul.gov.tr/ilce-tanitimi>. 20.06.2020

URL-7, <https://zigana.org/torul-hakkinda>. 20.06.2020

URL-8, <https://gumushane.ktb.gov.tr/TR-220335/cografi-konum.html>. 20.06.2020

URL-9, <http://www.bilgehansarp.net/kano-nedir-kano-sporu-nasil-yapilir>. 12.11.2020

URL-10, <https://sporukoala.wordpress.com/su-kayagi-sporu>. 12.11.2020

URL-11, <https://www.flypgs.com/ekstrem-sporlar/ruzgar-sorfu>. 12.11.2020

URL-12, <https://www.flypgs.com/ekstrem-sporlar/dalis>. 12.11.2020

URL-13, <https://www.executesports.com/acik-su-yuzme-yarislari-nelerdir>. 12.11.2020

URL-14, <https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/kirklareli/TurizmAktiviteleri/sportif-olta-balikciligı414366>. 12.11.2020

URL-15, http://suleymanpekin.com/98_icerik-harsit-havzasinin-tarihi-cografyasi.aspx. 25.12.2020

URL-16, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=GUMUSHANE>. 10.10.2020

URL-17, <https://www.enerjiatlasi.com/hidroelektrik/torul-baraji.html>. 10.02.2021

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Arif YALÇIN, 2009 yılında Gümüşhane Mareşal Çakmak Anadolu Öğretmen Lisesi'nden mezun olmuştur. 2010-2016 yılları arasında lisans eğitimini Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde tamamlamıştır. 2018 yılında Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans eğitimine başlayan Mehmet Arif YALÇIN İngilizce bilmektedir.