

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

**SU DAĞITIM ŞEBEKELERİNDE ENERJİ KAZANIMI VE SU
KAYIPLARININ AZALTILMASI İÇİN SU TÜRBİNLERİ KULLANIMI
UYGULAMALARININ ARAŞTIRILMASI: ANTALYA KENTİ ÖRNEĞİ**

Buket ŞAHİN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

2015

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

**SU DAĞITIM ŞEBEKELERİNDE ENERJİ KAZANIMI VE SU
KAYIPLARININ AZALTILMASI İÇİN SU TÜRBİNLERİ KULLANIMI
UYGULAMALARININ ARAŞTIRILMASI: ANTALYA KENTİ ÖRNEĞİ**

Buket ŞAHİN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**(Bu tez TÜBİTAK 2210-C Öncelikli Alanlara Yönelik Yurt İçi Yüksek Lisans Burs
Programı tarafından desteklenmiştir.)**

2015

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

**SU DAĞITIM ŞEBEKELERİNDE ENERJİ KAZANIMI VE SU
KAYIPLARININ AZALTILMASI İÇİN SU TÜRBİNLERİ KULLANIMI
UYGULAMALARININ ARAŞTIRILMASI: ANTALYA KENTİ ÖRNEĞİ**

Buket ŞAHİN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu tez 27/11/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Bülent TOPKAYA

Prof. Dr. Habib MUHAMMETOĞLU

Doç. Dr. Nevzat Özgü YİĞİT

ÖZET

SU DAĞITIM ŞEBEKELERİNDE ENERJİ KAZANIMI VE SU KAYIPLARININ AZALTIKMASI İÇİN SU TÜRBİNLERİ KULLANIMI UYGULAMALARININ ARAŞTIRILMASI: ANTALYA KENTİ ÖRNEĞİ

BUKET ŞAHİN

Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Habib MUHAMMETOĞLU
Kasım 2015, 124 sayfa

Bu çalışmanın amacı, su dağıtım şebekelerinde meydana gelen su kayıplarının azaltılması için su türbinleri kullanımının ve aynı zamanda su türbinleri kullanılarak enerji kazanımı uygulamalarının araştırılmasıdır. Bu çalışma, Antalya ili Konyaaltı ilçesi içmesuyu dağıtım şebekesinde oluşturulan bağımsız izole alt bölgelerden birkaç tanesine ait veri setleri kullanılarak yürütülmüştür. İlk aşamada izole alt bölgelerde Haziran 2009-Mayıs 2010 tarihleri arasında 5 dakikalık zaman aralığı ile ölçülmüş olan debi ve su basıncı verileri kullanılarak alt bölgeler için saatlik, aylık ve yıllık ortalama debi ve basınç seviyesi hesaplanmıştır. Alt bölgelerdeki fazla basınç miktarı daha önce tamamlanmış olan bir çalışmada elde edilen optimum basınç değerleri kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmanın devamında alt bölgelerde kullanılabilecek olan türbin çeşitleri belirlenmiş ve teorik enerji üretim miktarları hesaplanmıştır. Bölgeye temin edilen toplam içmesuyu hacmi dikkate alınarak, su kayıplarının %25 düzeyine kadar düşürülmesi durumu için de enerji üretim miktarları hesaplanmıştır. Seçilen alt bölgelerde türbinlerin kullanılması durumu için maliyet analizi yapılmıştır. Alt bölgelerde elde edilen güç miktarı ve Türkiye enerji emisyon eşleniği değeri kullanılarak karbondioksit emisyonu azalımı miktarı hesaplanmıştır. Küresel ısınmaya oldukça etkisi olan CO₂ miktarının azaltılması sonucunda önemli çevresel kazanımlar sağlanabilecektir. Gerçekleştirilen çalışma ile su dağıtım şebekelerinde türbin kullanılmasının önerilebileceği ve bu uygulama ile pek çok ekonomik ve çevresel kazanımlar elde edilebileceği sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR KELİMEKLER: Su dağıtım şebekesi, enerji kazanımı, su kayıpları azaltımı, su türbinleri, CO₂ emisyonu azalımı

JÜRİ: Prof. Dr. Habib MUHAMMETOĞLU (Danışman)
Prof. Dr. Bülent TOPKAYA
Doç. Dr. Nevzat Özgü YİĞİT

ABSTRACT

ENERGY RECOVERY IN WATER DISTRIBUTION NETWORKS AND INVESTIGATION OF THE USE OF WATER TURBINES APPLICATIONS TO REDUCE WATER LOSSES: THE EXAMPLE OF ANTALYA CITY

Buket ŞAHİN

MSc Thesis in Department of Environmental Engineering
Supervisor: Prof. Dr. Habib MUHAMMETOĞLU
October 2015, 124 pages

The aim of this study is to investigate the use of water turbines to reduce water losses from water distribution networks and to recover energy at the same time. This study was conducted using data sets collected from a selected number of the District Metered Areas (DMAs) of the drinking water distribution network in Konyaalti district, Antalya City. At first, the average hourly, monthly and yearly flow rates and water pressures were calculated using the 5-minute interval monitoring results of flow rates and water pressures at the DMAs starting from June 2009 till May 2010. Excess water pressure values were determined using the previously determined optimum pressure values by another study. Afterwards, the suitable turbine types were determined and the expected energy productions were calculated. Also, the energy productions were calculated under the scenario of reducing total water losses to 25% of the supplied water volumes. Cost analyses of applying the turbines in the selected DMAs were performed. Moreover, reductions of CO₂ emissions as a result of using the turbines were calculated. Reducing the CO₂ emission which triggers the global warming can lead to several benefits for the environment. The conducted study showed that the use of turbines in water distribution networks is visible and has many economical and environmental advantages.

KEYWORDS: Water distribution network, energy recovery, water losses reduction, water turbines, CO₂ emission reduction

COMMITTEE: Prof. Dr. Habib MUHAMMETOĞLU (Supervisor)
Prof. Dr. Bülent TOPKAYA
Doç. Dr. Nevzat Özgü YİĞİT

ÖNSÖZ

Bu çalışma ile su dağıtım şebekelerinde su türbinleri kullanılarak; su dağıtım şebekelerinde meydana gelen su kayıplarının azaltılması ve enerji kazanımı amaçlanmaktadır. Özellikle son yıllarda artan enerji gereksinimi ve enerji üretim maliyetleri sebebi ile bu çalışma oldukça önem arz etmektedir. Ülkemizde önerilen konuyla ilgili bu tür bir çalışma daha önce yapılmamıştır. Bu kapsamda, yapılan çalışmanın genel olarak su kaynakları yönetimine ve özel olarak su-enerji ilişkisine önemli katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Çalışma alanı olan Konyaaltı ilçesinde 2008-2011 yılları arasında, TÜBİTAK ve ASAT tarafından desteklenen ve yürütücülüğünü Akdeniz Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyelerinden Prof. Dr. Habib MUHAMMETOĞLU'nun yapmış olduğu "İçme Suyu Dağıtım Şebekelerinde Optimum Klorlama Uygulamalarının Matematiksel Modeller Kullanılarak Gerçekleştirilmesi ve Dezenfeksiyon Sistemlerinin Yönetimi" başlıklı bir proje (TÜBİTAK KAMAG-107G088) yürütülmüştür. Yürütülen proje kapsamında Konyaaltı bölgesi su dağıtım şebekesi daha yakından incelenmiştir ve pilot çalışma bölgesi olarak seçilen Konyaaltı su dağıtım şebekesi, birbirinden bağımsız onsekiz adet izole alt bölgeye (DMA) ayrılmıştır. Alt bölgeler için hesaplamalarda proje kapsamında elde edilen debi ve basınç seviyesi değerlerinden yararlanılmıştır. Alt bölgeler için enerji hesaplamalarında Kara'nın (Kara 2011) yüksek lisans tezinde EPANET programı kullanılarak bulunduğu optimum basınç değerleri kullanılmıştır.

Bu konuda birlikte çalıştığımız danışmanım Sayın Prof. Dr. Habib MUHAMMETOĞLU'na yüksek lisans çalışmam sırasında bana göstermiş olduğu destekten dolayı çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca bana en büyük desteği sağlayan ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

Bu tez TÜBİTAK 2210-C Öncelikli Alanlara Yönelik Yurt İçi Yüksek Lisans Burs Programı tarafından desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI	4
2.1. Su Dağıtım Şebekelerinde Su Kayıpları	4
2.1.1. Fiziki (gerçek) su kayıpları.....	4
2.1.2. Görünen (ticari) kayıplar	4
2.2. Su Kayıplarının Azaltılması	5
2.2.1. Su dağıtım sistemlerinde su kayıplarını azaltmak için dikkat edilecek bazı hususlar	5
2.2.2. İzole alt bölgelere ayırma	5
2.3. Hidroelektrik Enerji	6
2.4. Hidroelektrik Sistemlerde Kullanılan Türbinler	7
2.4.1. Etki tipi (aksiyon) türbinler	7
2.4.1.1. Pelton türbinleri.....	7
2.4.1.2. Turgo türbinleri	8
2.4.1.3. Michell-Banki (cross-flow) türbinleri.....	8
2.4.2. Reaksiyon tipi türbinler	9
2.4.2.1. Francis türbini	9
2.4.2.2. Kaplan türbini.....	10
2.5. Su Türbinlerinin Seçimi	11
2.5.1. Debi ve düşü değerlerine göre kullanılacak türbinler	12
2.5.2. Türbin veriminin belirlenmesi.....	13
2.6. İçme Suyu Temini Sistemlerinde Enerji Kazanımı	14
2.7. Literatür Taraması.....	16
2.8. Çalışmanın Literatürdeki Yeri	20
3. MATERYAL ve METOT	21
3.1. Antalya İçme Suyu Dağıtım Şebekesi	21
3.2. Antalya Şehri Konyaaltı İlçesi Pilot Çalışma Bölgesi İçme Suyu Dağıtım Şebekesi	21
3.3. EPANET 2.0 Su Kalite ve Hidrolik Modeli.....	24
3.4. EPANET Hidrolik Modeli Kullanılarak Optimum Basıncın Belirlenmesi.....	26
3.5. Şebekedeki Mevcut Enerji Seviyesinin Belirlenmesi	27
3.6. Kullanılacak Türbin Tipinin ve Veriminin Belirlenmesi	28
3.7. Elde Edilen Güç Miktarı Hesabı	28
3.8. Su Türbinlerinin Kullanılması Durumunda Elde Edilen Su Tasarrufunun Bulunması	29
3.9. Uygulanacak Senaryo Kapsamında Su Kayıplarının %25 Düzeyine Getirilmesi Durumunda Alt Bölgelerde Elde Edilebilecek Güç Miktarının Bulunması	30
3.10. Su Türbinlerinin Kullanılması Durumunda Maliyet Analizi	31

3.10.1. Su türbinlerinin kullanılması durumunda elde edilen elektrik geliri miktarının belirlenmesi.....	31
3.10.2. Su türbini kullanılması durumunda su tasarrufuna bağlı olarak elde edilen gelir miktarının belirlenmesi.....	31
3.10.3. Su türbini kullanılması durumunda yıllık elde edilen toplam gelir miktarının ve geri ödeme süresinin hesaplanması	32
3.11. Karbon Dioksit Emisyonu Azalımının Belirlenmesi	32
3.11.1. Enerji kazanımına bağlı karbon dioksit emisyonu azalımının belirlenmesi	32
3.11.2. Elde edilen su tasarrufuna bağlı karbon dioksit emisyonu azalımının belirlenmesi	32
4. BULGULAR	34
4.1. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için hesaplamalar	34
4.1.1. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için şebekedeki mevcut enerji seviyesi hesabı, uygun türbin ve türbin verimi seçimi	34
4.1.2. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 05.06.2009 tarihi için ortalama saatlik hesaplamalar	34
4.1.3. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihleri arasında hesaplamalar	38
4.1.3.1. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihleri arasında 5 dakikalık hesaplamalar	38
4.1.3.2. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda ortalama günlük hesaplamalar	42
4.1.3.3. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda ortalama aylık hesaplamalar	43
4.1.3.4. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan ortalama mevsimsel hesaplamalar	45
4.1.3.5. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için yıllık hesaplamalar	47
4.2. Su Türbini Takılması Durumunda Diğer Alt Bölgeler İçin Hesaplamalar	47
4.2.1. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-3 için hesaplamalar	47
4.2.1.1. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-3 için şebekedeki mevcut enerji seviyesi hesabı, uygun türbin ve türbin verimi seçimi	48
4.2.1.2. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-3 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihleri arasında 5 dakikalık hesaplamalar	48
4.2.1.3. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-3 için aylık elde edilen güç.....	52
4.2.1.4. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-3 için yıllık elde edilen güç.....	53
4.2.2. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-6 için hesaplamalar	53
4.2.2.1. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-6 için şebekedeki mevcut enerji seviyesi hesabı, uygun türbin ve türbin verimi seçimi	53
4.2.2.2. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-6 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihleri arasında 5 dakikalık hesaplamalar	53
4.2.2.3. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-6 için aylık elde edilen güç.....	57

4.2.2.4. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-6 için yıllık elde edilen güç.....	58
4.2.3. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-11 için hesaplamalar	58
4.2.3.1. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-11 için şebekedeki mevcut enerji seviyesi hesabı, uygun türbin ve türbin verimi seçimi.....	58
4.2.3.2. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-11 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihleri arasında 5 dakikalık hesaplamalar	58
4.2.3.3. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-11 için aylık elde edilen güç.....	62
4.2.3.4. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-11 için yıllık elde edilen güç.....	63
4.2.4. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-12 için hesaplamalar	63
4.2.4.1. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-12 için şebekedeki mevcut enerji seviyesi hesabı, uygun türbin ve türbin verimi seçimi.....	63
4.2.4.2. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-12 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihleri arasında 5 dakikalık hesaplamalar	63
4.2.4.3. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-12 için aylık elde edilen güç.....	67
4.2.4.4. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-12 için yıllık elde edilen güç.....	68
4.2.5. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-15 için hesaplamalar	68
4.2.5.1. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-15 için şebekedeki mevcut enerji seviyesi hesabı, uygun türbin ve türbin verimi seçimi.....	68
4.2.5.2. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-15 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihleri arasında 5 dakikalık hesaplamalar	68
4.2.5.3. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-15 için aylık elde edilen güç.....	72
4.2.5.4. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-15 için yıllık elde edilen güç.....	73
4.3. Senaryo: Su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda elde edilebilecek güç miktarının bulunması	73
4.3.1. Alt bölge-3 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda elde edilebilecek güç miktarının bulunması	73
4.3.2. Alt bölge-6 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda elde edilebilecek güç miktarının bulunması	78
4.3.3. Alt bölge-8 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda elde edilebilecek güç miktarının bulunması	82
4.3.4. Alt bölge-11 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda elde edilebilecek güç miktarının bulunması	86
4.3.5. Alt Bölge-12 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda elde edilebilecek güç miktarının bulunması	90
4.3.6. Alt bölge-15 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda elde edilebilecek güç miktarının bulunması	94
4.4. Su Türbinlerinin Kullanılması Durumunda Maliyet Analizi	98

4.4.1. Su türbinlerinin kullanılması durumunda elde edilen elektrik geliri miktarının belirlenmesi.....	98
4.4.2. Su türbini kullanılması durumunda su tasarrufuna bağlı olarak elde edilen gelir miktarının belirlenmesi.....	98
4.4.3. Su türbini kullanılması durumunda yıllık elde edilen toplam gelir miktarının ve geri ödeme süresinin hesaplanması	98
4.5. Karbon Dioksit Emisyonu Azalımının Belirlenmesi	99
4.5.1. Enerji kazanımına bağlı karbon dioksit emisyonu azalımının belirlenmesi	99
4.5.3. Toplam karbon dioksit emisyonu azalımının belirlenmesi.....	100
5. TARTIŞMA.....	101
6. SONUÇ	103
7. KAYNAKLAR.....	107
8. EKLER.....	114
EK-1. Alt bölge-8 için 05.06.2009 gününde 5 dakika aralıkla 24 saatlik debi, türbin takıldıktan sonra debi ve basınç seviyesi değerleri	114
EK-2. Alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede günlük elde edilen güç hesabı	119
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

~	Yaklaşık olarak
≈	Yaklaşık olarak eşit
%	Yüzde
<	Küçüktür
>	Büyüktür
γ	Suyun özgül ağırlığı
\$	Dolar
€	Euro
£	İngiliz Sterlini
ρ	Suyun yoğunluğu
°C	Celsius derece
°F	Fahrenheit derece
A	Suyun sızdırıldığı yerdeki toplam alan
atm	Atmosfer basıncı
BP	Optimum basınç seviyesi
C _d	Debi katsayısı
CO ₂	Karbondioksit
d	Devir
dk	Dakika
e ₀	Güç üretim tesisinin toplam verimliliği/türbin verimliliği
g	Yer çekimi ivmesi
H	Şebekede mevcut enerji seviyesi
m	Metre
m ³	Metreküp
kg	Kilogram
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt saat
l	Litre
MW	Megawatt
MWh	Megawatt saat
mSS	Metre su sütunu
P	Elde edilen güç
PH	Basınç seviyesi
sn	Saniye
sa	Saat
TL	Türk Lirası
Q	Türbinden geçen suyun debisi

Kısaltmalar

ASAT	Antalya Su ve Atıksu İdaresi Genel Müdürlüğü
AWWA	American Water Works Association (Amerikan Su İşleri Birliği)
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
ÇOB	Çevre ve Orman Bakanlığı
DMA	District Metered Area (İzole Alt Bölge)
DSİ	Devlet Su İşleri
EC	European Commission (Avrupa Komisyonu)
ESHA	European Small Hydropower Association
EU	European Union (Avrupa Birliği)
EPA	Environmental Protection Agency (Çevre Koruma Ajansı)
HAWT	Horizontal Axis Water Turbine (Yatay Eksenli Su Türbini)
HES	Hidroelektrik Santral
IWA	International Water Association (Uluslararası Su Birliği)
KAMAG	Kamu Kurumları Araştırma ve Geliştirme
NPV	Net Present Value
PAT	Pump As Turbine (Türbin Pompa)
PRV	Pressure Release Valve (Basınç Kırıcı Vana)
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition (Veri Tabanlı Gizleme ve Kontrol Sistemi)
TKB	Türkiye Kalkınma Bankası
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
VAWT	Vertical Axis Water Turbine (Dikey Eksenli Su Türbini)
VOS	Variable Operating Strategy (Değişken İşletme Stratejisi)
YEK	Yenilenebilir Enerji Kaynakları

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Örnek bir izole alt bölge (Muhammetoğlu vd 2011)	6
Şekil 2.2. Pelton türbinin şekli ve çalışma prensibi (Çallı 2007, Tekno Tasarım 2009). ..	8
Şekil 2.3. Turgo türbin çalışma prensibi ve şekli (Tekno Tasarım 2009).	8
Şekil 2.4. Michell-Banki türbininin genel görünüşü (Özdemir vd 2001, Çallı 2007)	9
Şekil 2.5. Düşey eksenli kamara tipi francis türbini su tesisi (Çallı 2009)	10
Şekil 2.6. Boru tipi kaplan türbin tesis örneği ve ekipmanları (Çallı 2007, Tekno Tasarım 2009).....	11
Şekil 2.7. Debi ve düşü değerlerine göre kullanılacak türbin çeşitleri (50 kW-2000 MW) (Çallı 2007, Tekno Tasarım 2009)	12
Şekil 2.8. Debi ve düşü değerlerine göre kullanılacak türbin çeşitleri (10 MW'a kadar) (ESHA 1998, Güner vd 2008)	13
Şekil 2.9. Farklı türdeki türbinler için türbin verimlilikleri (Gatte and Kadhim 2012) ...	14
Şekil 2.10. PAT sisteminin kullanımı (Carravetta vd 2012)	15
Şekil 2.11. PRV ve PAT sistemlerinin birlikte kullanılması (Fontana vd 2012)	16
Şekil 3.1. TÜBİTAK-KAMAG projesi kapsamında 18 alt bölgeye ayrılmış olan Konyaaltı bölgesi su şebekesi (Kara 2011, Karadirek vd 2011)	23
Şekil 3.2. EPANET programının Konyaaltı çalışma bölgesi için uygulama aşamaları (Kara 2011).....	25
Şekil 3.3. Optimum basıncın belirlenmesine yönelik aşamalar (Kara 2011).....	27
Şekil 3.4. Debi, basınç seviyesi, optimum basınç seviyesi, şebekedeki mevcut enerji seviyesi, mevcut hidrolik güç değişimi (Carravetta vd 2012, 2013a).....	28
Şekil 4.1. Alt bölge-8 için su türbini takıldıktan sonra 05.06.2009 gününde 5 dakika aralıkla 24 saatlik debi (Q) ve basınç seviyesi (PH) değişimi	35
Şekil 4.2. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 05.06.2009 tarihine ait saatlik ortalama debi (Q), basınç seviyesi (PH) ve optimum basınç seviyesi (BP), şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değişimi	37
Şekil 4.3. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 05.06.2009 tarihine ait saatlik elde edilen güç değişimi (kW).....	37

Şekil 4.4. Alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla debi (Q) ve basınç seviyesi (PH) değişimi	39
Şekil 4.5. Alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla basınç seviyesi (PH), optimum basınç seviyesi (BP), şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değişim.....	40
Şekil 4.6. Alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla elde edilen güç (P) değişimi	41
Şekil 4.7. Su türbini takıldıktan sonra 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda günlük ortalama debi (Q), basınç seviyesi (PH) optimum basınç seviyesi (BP) ve şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değişimi	42
Şekil 4.8. Su türbini takıldıktan sonra 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda günlük elde edilen güç (P) değişimi	43
Şekil 4.9. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda aylık ortalama debi (Q), basınç seviyesi (PH) ve optimum basınç seviyesi (BP), şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değişimi	44
Şekil 4.10. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009 - 31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda aylık elde edilen güç (P) değişimi	45
Şekil 4.11. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda mevsimsel ortalama debi (Q), basınç seviyesi (PH), optimum basınç seviyesi (BP), şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değişimi.....	46
Şekil 4.12. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda mevsimsel elde edilen güç (P) değişimi.....	47
Şekil 4.13. Alt bölge-3 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla debi (Q), türbin takıldıktan sonra debi (Q) ve basınç seviyesi (PH) değişimi	49
Şekil 4.14. Alt bölge-3 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla basınç seviyesi (PH), optimum basınç seviyesi (BP), şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değişimi	50
Şekil 4.15. Alt bölge-3 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla elde edilen güç (P) değişimi	51
Şekil 4.16. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-3 için 01.06.2009 - 31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda aylık elde edilen güç (P) değişimi	52

Şekil 4.17. Alt bölge-6 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla debi (Q), türbin takıldıktan sonra debi (Q) ve basınç seviyesi (PH) değişimi	54
Şekil 4.18. Alt bölge-6 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla basınç seviyesi (PH), optimum basınç seviyesi (BP), şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değişimi	55
Şekil 4.19. Alt bölge-6 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla elde edilen güç (P) değişimi	56
Şekil 4.20. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-6 için 01.06.2009 - 31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda aylık elde edilen güç (P) değişimi	57
Şekil 4.21. Alt bölge-11 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla debi (Q), türbin takıldıktan sonra debi (Q) ve basınç seviyesi (PH) değişimi	59
Şekil 4.22. Alt bölge-11 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla basınç seviyesi (PH), optimum basınç seviyesi (BP), şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değişimi	60
Şekil 4.23. Alt bölge-11 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla elde edilen güç (P) değişimi	61
Şekil 4.24. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-11 için 01.06.2009 - 31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda aylık elde edilen güç (P) değişimi	62
Şekil 4.25. Alt bölge-12 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla debi (Q), türbin takıldıktan sonra debi (Q) ve basınç seviyesi (PH) değişimi	64
Şekil 4.26. Alt bölge-12 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla basınç seviyesi (PH), optimum basınç seviyesi (BP), şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değişimi	65
Şekil 4.27. Alt bölge-12 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla elde edilen güç (P) değişimi	66
Şekil 4.28. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-12 için 01.06.2009 - 31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda aylık elde edilen güç (P) değişimi	67
Şekil 4.29. Alt bölge-15 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla debi (Q), türbin takıldıktan sonra debi (Q) ve basınç seviyesi (PH) değişimi	69

Şekil 4.30. Alt bölge-15 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla basınç seviyesi (PH), optimum basınç seviyesi (BP), şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değişimi	70
Şekil 4.31. Alt bölge-15 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla elde edilen güç (P) değişimi	71
Şekil 4.32. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-15 için 01.06.2009 - 31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda aylık elde edilen güç (P) değişimi	72
Şekil 4.33. Alt bölge-3 için su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda 5 dakika aralıkla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) debi (Q) ve basınç seviyesi (PH) değişimi	76
Şekil 4.34. Alt bölge-3 için su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda 5 dakika aralıkla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) elde edilen güç (P) değişimi	77
Şekil 4.35. Alt bölge-6 için su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda 5 dakika aralıkla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) debi (Q) ve basınç seviyesi (PH) değişimi	80
Şekil 4.36. Alt bölge-6 için su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda 5 dakika aralıkla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) elde edilen güç (P) değişimi	81
Şekil 4.37. Alt bölge-8 için su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda 5 dakika aralıkla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) debi (Q) ve basınç seviyesi (PH) değişimi	84
Şekil 4. 38. Alt bölge-8 için su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda 5 dakika aralıkla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) elde edilen güç (P) değişimi	85
Şekil 4.39. Alt bölge-11 için su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda 5 dakika aralıkla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) debi (Q) ve basınç seviyesi (PH) değişimi	88
Şekil 4.40. Alt bölge-11 için su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda 5 dakika aralıkla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) elde edilen güç (P) değişimi	89
Şekil 4. 41. Alt bölge-12 için su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda 5 dakika aralıkla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) debi (Q) ve basınç seviyesi (PH) değişimi	92

Şekil 4.42. Alt bölge-12 için su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda 5 dakika aralıkla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) elde edilen güç (P) değişimi.....	93
Şekil 4.43. Alt bölge-15 için su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda 5 dakika aralıkla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) debi (Q) ve basınç seviyesi (PH) değişimi	96
Şekil 4.44. Alt bölge-15 için su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda 5 dakika aralıkla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) elde edilen güç (P) değişimi.....	97

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. IWA/AWWA standart su dengesi tablosu (Alegra vd 2000, Kara 2011).....	4
Çizelge 2.2. Su kayıplarının azaltılması için gereken bazı faaliyetler (Orman ve Su İşleri Bakanlığı 2014)	5
Çizelge 2.3. Türbinlerin farklı özelliklerine göre sınıflandırılması (Çallı 2007, Tekno Tasarım 2009)	11
Çizelge 2.4. Türbin tiplerinin kullanım aralıkları (ESHA 1998)	12
Çizelge 2.5. Türbin çeşidine göre maksimum türbin verimlilikleri (ESHA 2004)	14
Çizelge 2.6. Avrupa’da su iletim hatlarına yerleştirilen hidroelektrik tesislerinden bazı örnekler (ESHA 2010, Kucukali 2011, Choulot vd 2012)	19
Çizelge 2.7. Literatür taraması sonucunda elde edilen su türbinleri kullanılması durumunda enerji üretim tesisleri için yatırım maliyetleri	19
Çizelge 3.1. ASAT tarafından halen işletilen içmesuyu tesisleri (ASAT 2013)	21
Çizelge 3.2. Antalya şehri basınç bölgeleri (ASAT 2010)	21
Çizelge 3.3. Antalya-Konyaaltı su dağıtım şebekesi alt bölgeleri (Kara 2011)	22
Çizelge 3.4. Alt bölgeler için optimum basınç değerleri (Kara 2011, Karadirek vd 2011).....	27
Çizelge 3.5. Suyun yoğunluğunun 1atm’de sıcaklığa bağlı olarak değişimi (Wikipedia 2014)	29
Çizelge 3.6. Antalya merkez ve merkeze bağlı yerlerde, KDV hariç 1 m ³ su kullanım fiyatları (ASAT 2015)	32
Çizelge 4.1. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 05.06.2009 tarihine ait şebekedeki saatlik mevcut enerji seviyesi (H) ve elde edilen güç (kW) hesabı	36
Çizelge 4.2. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekedeki aylık mevcut enerji seviyesi (H) hesabı	43
Çizelge 4.3. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede aylık elde edilen güç hesabı	44

Çizelge 4.4. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekedeki mevsimsel mevcut enerji seviyesi (H) hesabı	45
Çizelge 4.5. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede mevsimsel elde edilen güç hesabı.....	46
Çizelge 4.6. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede yıllık elde edilen güç hesabı	47
Çizelge 4.7. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-3 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede aylık elde edilen güç hesabı	52
Çizelge 4.8. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-3 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede yıllık elde edilen güç hesabı	53
Çizelge 4.9. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-6 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede aylık elde edilen güç hesabı	57
Çizelge 4.10. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-6 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede yıllık elde edilen güç hesabı ..	58
Çizelge 4.11. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-11 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede aylık elde edilen güç hesabı ..	62
Çizelge 4.12. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-11 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede yıllık elde edilen güç hesabı ..	63
Çizelge 4.13. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-12 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede aylık elde edilen güç hesabı ..	67
Çizelge 4.14. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-12 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede yıllık elde edilen güç hesabı ...	68
Çizelge 4.15. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-15 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede aylık elde edilen güç hesabı ..	72
Çizelge 4.16. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-15 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede yıllık elde edilen güç hesabı ..	73
Çizelge 4.17. Alt bölge-3 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi (Yılmaz 2011).....	74
Çizelge 4.18. Görünen su kayıplarının %10 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge-3 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi	74

Çizelge 4.19. Su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge-3 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi.....	75
Çizelge 4.20. Alt bölge-3 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda elde edilen güç	75
Çizelge 4.21. Alt bölge-6 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi (Yılmaz 2011).....	78
Çizelge 4.22. Su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge-6 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi.....	78
Çizelge 4.23. Alt bölge-6 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda elde edilen güç	79
Çizelge 4.24. Alt bölge-8 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi (Yılmaz 2011).....	82
Çizelge 4.25. Su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge-8 için 1 yıllık (2009 Haziran - 2010 Mayıs) su bütçesi.....	82
Çizelge 4.26. Alt bölge-8 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda elde edilen güç	83
Çizelge 4.27. Alt bölge-11 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi (Yılmaz 2011).....	86
Çizelge 4.28. Görünen su kayıplarının %10 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge-11 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi	86
Çizelge 4.29. Su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge-11 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi.....	87
Çizelge 4.30. Alt bölge-11 için su kayıplarının en fazla %25 düzeyine getirilmesi durumunda elde edilen güç	87
Çizelge 4.31. Alt bölge-12 için 1 yıllık (2009 Haziran - 2010 Mayıs) su bütçesi (Yılmaz 2011).....	90
Çizelge 4.32. Görünen su kayıplarının %10 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge-12 için 1 yıllık (2009 Haziran - 2010 Mayıs) su bütçesi	90
Çizelge 4.33. Su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge-12 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi.....	91
Çizelge 4.34. Alt bölge-12 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda elde edilen güç	91

Çizelge 4.35. Alt bölge-15 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi (Yılmaz 2011).....	94
Çizelge 4.36. Su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge-15 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi	94
Çizelge 4.37. Alt bölge-15 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda elde edilen güç	95
Çizelge 4.38. Su türbini kullanılması durumunda alt bölgeler için tesisin yatırım maliyeti, yıllık elektrik üretim miktarı, üretilen elektriğin satış bedeli, tesisin işletme maliyeti ve yıllık elektrik geliri hesabı.....	98
Çizelge 4.39. Alt bölgeler için elde edilen su tasarrufuna bağlı olarak yıllık elde edilen gelir miktarı	98
Çizelge 4.40. Alt bölgeler için su türbini kullanılması durumunda elde edilen toplam gelir miktarı ve geri ödeme süresi	99
Çizelge 4.41. Türbin kullanılması durumunda alt bölgeler için enerji kazanımına bağlı karbondioksit emisyonu azalımı	99
Çizelge 4.42. Türbin kullanılması durumunda alt bölgeler için elde edilen su tasarrufuna bağlı karbondioksit emisyonu azalımı.....	100
Çizelge 4.43. Türbin kullanılması durumunda alt bölgeler için toplam karbondioksit emisyonu azalımı.....	100
Çizelge 6.1. Alt bölgelerde su türbini kullanılması durumunda toplam elde edilen güç miktarı (Haziran 2009-Mayıs 2010).....	103
Çizelge 6.2. Alt bölgede su türbinlerinin kullanılması durumunda toplam elde edilen su tasarrufu (Haziran 2009-Mayıs 2010)	103
Çizelge 6.3. Alt bölgelerde su kayıplarının % 25 düzeyine getirilmesi ve su türbini kullanılması durumunda toplam elde edilen güç miktarı (Haziran 2009-Mayıs 2010)	104
Çizelge 6.4. Alt bölgelerde su türbini kullanılması durumumda yıllık toplam elde edilen elektrik geliri miktarı (Haziran 2009-Mayıs 2010).....	104
Çizelge 6.5. Alt bölgeler için elde edilen su tasarrufuna bağlı olarak yıllık elde edilen toplam gelir miktarı (Haziran 2009-Mayıs 2010)	105
Çizelge 6.6. Su türbini kullanılması durumunda alt bölgelerde enerji kazanımına bağlı toplam karbondioksit azalımı miktarı (Haziran 2009-Mayıs 2010)	105

1. GİRİŞ

Temel yenilenebilir enerji kaynakları; hidroelektrik, biyokütle, rüzgar, güneş, jeotermal enerjisidir ve hidrolik enerji bu kaynaklar arasında önemli paya sahiptir (DSİ 2011). Hidroelektrik üretimi daha fazla gelişme beklemeyen doğal bir teknolojidir. Ancak küçük ölçekli hidroelektrik üretimi hala büyüme potansiyeline sahiptir (Johansson vd 2004). Yapılan çalışmalar küçük ve mikro hidroelektrik tesislerinin, kentsel su dağıtım şebekeleri için uygun ve ekonomik olduğunu göstermiştir (Boillat vd 2010, Soffia vd 2010).

Son yıllarda artan petrol fiyatları nedeniyle ve CO₂ emisyonlarını azaltmaya yönelik iklim değişikliği politikalarının tanıtılması için yenilenebilir enerji sektörüne yönelik araştırmalar artmıştır. Avrupa Birliği (EU), 2009/28/EC Direktifi'nin bir parçası olarak 2020 yılına kadar üretilen tüm elektriğin %20 oranında yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmesi için tüm üyelerini yasal olarak bağlayıcı hedefler belirlemiştir (Corcoran vd 2013).

Dünya genelindeki sera gazı emisyonlarının büyük bir bölümü enerji üretimi faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır ve Türkiye'nin 2008 yılı sera gazı emisyonlarına göre en büyük pay enerji sektörünüdür. Bu nedenle yeşil enerji kaynaklarının kullanılması iklim değişikliği ile mücadele için önem teşkil etmektedir. Hidroelektrik, yenilenebilir enerji kaynağı olması bakımından çevre dostu bir yatırımdır (DSİ 2011).

Türkiye'nin elektrik üretim stratejisini gösteren ve bu açıdan en önemli ulusal belge olan 'Türkiye Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi'ne göre genel hedef, yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi içerisindeki payının 2023 yılında en az %30 düzeyine getirilmesi ve hidroelektrik kaynaklarımızın tamamının değerlendirilmesidir. Bunun için 2023 yılına kadar 22.500 MW hidrolik, 19.000 MW rüzgar ve 420 MW jeotermal gücün ek olarak faaliyete geçirilmesi beklenmektedir (DSİ 2011).

İçme suyu dağıtım şebekelerinden enerji kazanımının yüksek bir ekonomik değere sahip olduğu açıkça görülmektedir. Su kayıpları Türkiye'deki ve diğer birçok ülkedeki gibi belediyelerin yaygın bir problemidir. Türkiye'deki su kayıpları yaklaşık olarak %50 olarak hesaplanmaktadır (Çakmakçı vd 2007).

Su dağıtım sistemleri önemli enerji tüketicileridir. Gereğinden fazla su basıncı, su temininde verimsiz işletim stratejileri, dağıtım sistemindeki sorunlar, yüksek yük kaybına sahip eski borular, pompa istasyonlarının verimsiz tasarımı, bakım ve onarım gibi birçok sebepten dolayı enerji kaybedilmektedir. Enerji kayıplarında etkili olan diğer bir faktör ise, su kayıpları veya verimsiz su kullanımı sebebiyle şebekeye verilen su miktarındaki artıştır. Su kayıplarının dünya genelinde %30 olarak kabul edilmesi durumunda, aynı miktarda enerjinin de kaybolduğu gözlenmektedir. Enerji, suyun kaynaktan alınıp arıtma tesisine pompalanması, arıtım süreci ve dağıtım sistemine verilmesi için gerekmektedir (Feldman 2009).

Su tasarrufu, enerji tasarrufudur yaklaşımdan da anlaşıldığı gibi, su ve enerji birbiriyle yakın bir ilişkiye sahiptir. Sürdürülebilir kentsel su yönetimi için enerjiye

ihtiyaç duyulmaktadır. Aynı zamanda, iklim değişikliğinden dolayı su ve enerji kullanımlarının optimize edilmesi gerektiği belirtilmektedir (Cabrera vd 2009).

Suyun temini ve artımı büyük ekonomik maliyetlerinin yanısıra büyük miktarlarda sera gazının ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Hem Hükümetler hem de su servisi sağlayıcılar dünya çapında sürdürülebilir su dağıtım sistemlerine ihtiyaç duymaktadır. Son yıllarda, su şebekelerinde hidroelektrik türbinlerinin kullanımı elektrik üretimi için uygun bir seçenek olarak gösterilmektedir. Tüketicilerde hizmet düzeyinde kayıp olmadan, aşırı yüksek debi veya basınç olan su dağıtım şebekelerinde enerji geri kazanılabilmektedir. Boru patlamalarını önlemek için basınç kontrolü ve güvenilir bir su servis sistemini sürdürmek, su servisi sağlayıcılar için önceliklidir (Corcoran vd 2013).

Basınç kırıcı vanalar (PRV) ve maslaklar, su dağıtım şebekelerinde su basıncının kontrol altında tutulması amacı ile sıklıkla kullanılan şebeke elemanlarıdır. Son yıllarda basınç kırıcı vanaların ve maslakların, su türbinleri ile değiştirilmesi sonucunda su dağıtım şebekelerindeki su kayıplarının azaltılması ve aynı zamanda enerji üretimi amacı ile kullanılması fikri, su dağıtım şebekelerinin yönetimi açısından sürdürülebilir bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır (ESHA 2010).

Mikro hidro sistemlerinin kullanılması ile temiz enerji üretilerek ihmal edilmeyen bir gelir sağlanmasına ek olarak, sistem basıncının kontrolünün sağlanması bakımında da en iyi sürdürülebilir bir çözüm sunmaktadır (Ramos vd 2010). Son yıllarda türbin veya türbin pompaların (PAT) kullanılması ile şebekedeki basıncın kontrol edilmesinin yanısıra, enerji üretimi de sağlanmaktadır (Giugni vd 2009).

Su dağıtım şebekelerinde basınç kırıcı vanalar ile türbin pompaların değiştirilmesi son zamanlarda uygulanmaktadır. Türbin pompalar, geleneksel türbinlere göre daha düşük yatırım maliyetine sahiptir, bu nedenle maliyet ve enerji üretimindeki denge, türbin pompaların enerji üretiminde kullanımını daha uygun hale getirmektedir (Rentricity 2007).

Enerji üretimi için su türbinlerinin kullanımının su dağıtım şebekelerine entegrasyonu diğer hidroelektrik tesislere göre başlıca bir avantaja sahiptir. Elektrik santrali haricindeki yatırım maliyetlerini % 50 oranında azaltan tüm inşaa gereksinimleri hali hazırda mevcuttur (Küçükali 2011).

Yapılan çalışmanın amacı:

Bu araştırma çalışmasında su dağıtım şebekelerinde meydana gelen su kayıplarının azaltılması için su türbinleri kullanımı uygulamalarının araştırılması ve su türbinleri kullanılarak enerji kazanımı amaçlanmaktadır. Türkiye gelişmekte olan bir ülkedir ve her geçen gün enerji ihtiyacı artmaktadır. Yapılan bu çalışma ile alternatif enerji üretim seçeneği değerlendirilmiştir. Bu çalışma Antalya ili Konyaaltı pilot bölgesi için uygulanmıştır. Fakat bu çalışmada, finansal destek ve yasal izin gereksinimleri sebebi ile herhangi bir su türbini tesis edilmemiştir.

Yapılan çalışmanın kapsamı:

- Antalya ili Konyaaltı ilçesi pilot bölgesi için içme suyu dağıtım şebekesinin temel bileşenlerinin incelenmesi.
- Çalışmanın yapıldığı Antalya İli Konyaaltı ilçesi içme suyu dağıtım şebekesindeki alt bölgeler için 5 dakikalık debi-basınç seviyesi ve optimum basınç seviyesi değerlerinden yararlanılarak alt bölgeler için Haziran 2009-Mayıs 2010 tarihlerini kapsayan zaman için saatlik, günlük, aylık, yıllık ortalama debi, basınç seviyesi ve şebekedeki mevcut enerji seviyesi değerlerinin hesaplanması.
- Alt bölgeler için hesaplanan yıllık 5 dakikalık ortalama debi ve şebekedeki mevcut enerji seviyesi değerlerinden yararlanılarak su türbini ve su türbini verimi seçimi.
- Alt bölgelerde su türbini kullanılması durumunda elde edilecek enerji üretim miktarının ve elde edilen su tasarrufunun hesaplanması.
- Alt bölgelerde su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi ve su türbini kullanımı ile su basıncının azaltılması durumunda elde edilecek enerji üretim miktarının hesaplanması.
- Su türbini kullanılarak enerji üretilmesi durumunda ve elde edilen su tasarrufuna bağlı olarak alt bölgeler için maliyet analizinin yapılması ve yapılan analiz sonucunda yatırım maliyetinin, yıllık elektrik üretim miktarının, üretilen elektriğin satış bedelinin, işletme maliyetinin, yıllık ne kadar gelir elde edileceğinin ve geri ödeme süresinin incelenmesi.
- Enerji kazanımı ve su tasarrufu elde edilmesi durumları için CO₂ emisyonundaki azalmanın incelenmesi.

2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI

2.1. Su Dağıtım Şebekelerinde Su Kayıpları

Toplam su kaybı sistemin tamamında veya bir kısmında sistem giriş hacmi ile izinli tüketim arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır (Pilcher vd 2008).

İçme suyu sistemindeki su kaybı miktarının belirlenmesi amacıyla, şebekeye verilen suyun, tüketilen ve kaybolan su miktarına eşit olması prensibini esas alan ölçme ve hesaplama işlemleri su dengesi olarak adlandırılmaktadır (Orman ve Su İşleri Bakanlığı 2014). Uluslararası Su Birliği (IWA) ve Amerikan Su Ajansı (AWWA), su dağıtım şebekelerindeki kayıplar konusunda su şirketlerine yardımcı olacak standart metotlar oluşturmuşlardır. Bu metotların temelini IWA/AWWA su dengesi tablosu oluşturmaktadır. Çizelge 2.1’de IWA tarafından geliştirilen IWA/AWWA su dengesi tablosu verilmektedir.

Çizelge 2.1. IWA/AWWA standart su dengesi tablosu (Alegra vd 2000, Kara 2011)

	Yasal Tüketim	Faturalandırılmış Yasal Tüketim	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım	Gelir Getiren Su
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım	
Sistem Giriş Hacmi	Su Kayıpları	Faturalandırılmamış Yasal Tüketim	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım	Gelir Getirmeyen Su
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım	
		Görünen Kayıplar	İzinsiz Kullanım	
			Sayaçlardaki Ölçüm Hataları	
			İletim ve/veya Dağıtım Hattındaki Kaçaklar	
		Gerçek Kayıplar	Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar	
			Servis Bağlantılarından Müşteri Sayacına Kadar Olan Kaçaklar	

2.1.1. Fiziki (gerçek) su kayıpları

Orman ve Su İşleri Bakanlığı’na (2014) göre fiziki su kayıpları şöyle tanımlanmaktadır.

“Borularda ve bağlantı parçalarında meydana gelen kırık ve çatlaklardan, boru başı ve abone bağlantı hatalarından ve servis depolarından meydana gelen, tüketici sayacından önceki, kaçak ve taşmalardan kaynaklanan su kayıplarıdır”.

2.1.2. Görünen (ticari) kayıplar

Orman ve Su İşleri Bakanlığı’na (2014) göre görünen su kayıpları şöyle tanımlanmaktadır.

“Sayaç ve okuma hataları ile kayıt hatalarından ve izinsiz tüketimden kaynaklanan su kayıplarıdır”.

2.2. Su Kayıplarının Azaltılması

Su kayıplarının azaltılması için gereken bazı faaliyetler Çizelge 2.2’de verilmektedir.

Çizelge 2.2. Su kayıplarının azaltılması için gereken bazı faaliyetler (Orman ve Su İşleri Bakanlığı 2014)

Yıllık su dengesinin belirlenmesi	Su kayıplarının önlenmesi
Su üretiminin belirlenmesi	İzinsiz tüketimin önlenmesi
İzinli tüketimin belirlenmesi	Şebekede etkili bir basınç yönetimi ile optimum işletme basıncının sağlanması
Fiziki ve idari su kayıplarının belirlenmesi	Fiziki kaçak tespit edilen yerlerde teknolojiye uygun onarım yapılması
Gelir getirmeyen su miktarının belirlenmesi	Şebekenin bakımı ve yenilenmesinin periyodik olarak yapılması
	Fiziki kaçak tespiti yapabilecek teknik ve idari kapasitenin oluşturulması

2.2.1. Su dağıtım sistemlerinde su kayıplarını azaltmak için dikkat edilecek bazı hususlar

Orman ve Su İşleri Bakanlığı’na (2014) göre su dağıtım sistemlerinde su kayıplarını azaltmak için dikkat edilecek hususlar şöyledir.

“İçme-kullanma suyu sistemindeki kritik noktalarda su basıncının sürekli ölçülmesi ve izlenmesi, içme-kullanma suyu temin ve dağıtım sistemi planlarının sayısallaştırılması ve CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) veri tabanının oluşturulması, İdarelerce SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) vb. uygun izleme sistemlerinin kurulması, sistemde ana basınç bölgesi ve alt bölgelerin oluşturulması”.

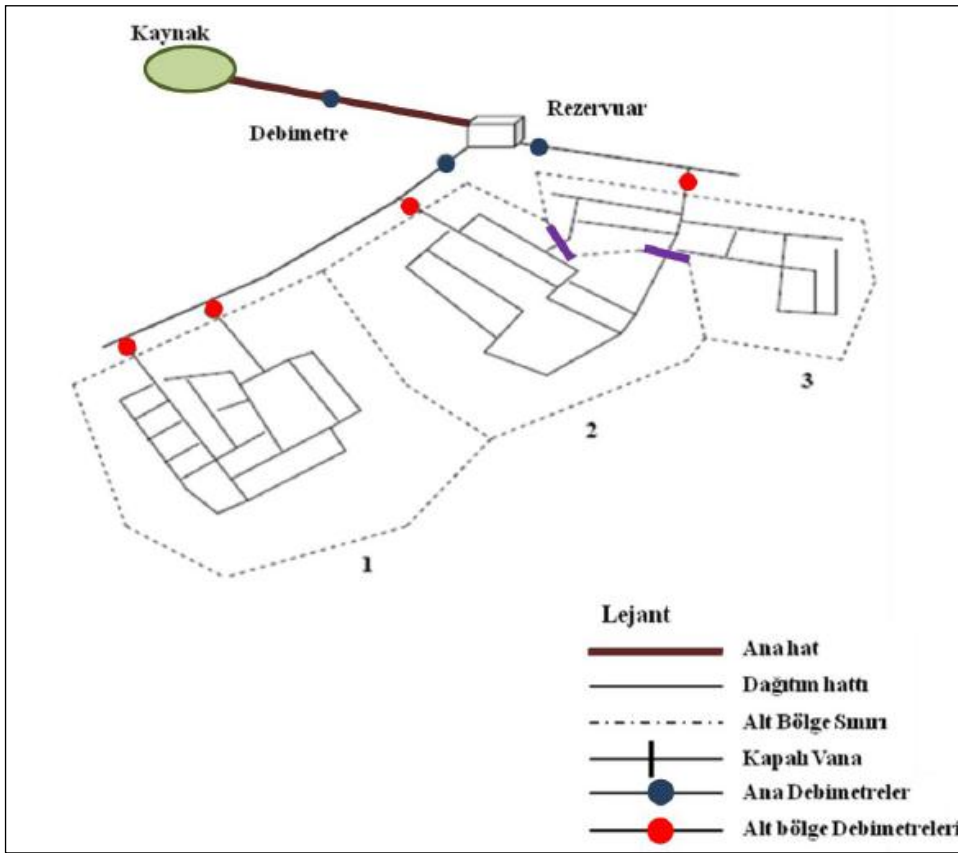
2.2.2. İzole alt bölgelere ayırma

İzole alt bölgeler (District Metered Area-DMA), su dağıtım şebekesini daha kolay kontrol edebilmek amacıyla su dağıtım şebekesini birbirinden bağımsız, izole, küçük su dağıtım şebekelerine bölerek oluşturulan su dağıtım şebekeleridir. Alt bölgeye verilen toplam su miktarı, her alt bölge girişinde bulunan debimetreler ile, yasal tüketim ise tahakkuk edilen su faturaları verileri ile hesaplanmaktadır. Böylece her alt bölge için toplam su kaybı hesaplanabilmektedir (Muhammetoğlu vd 2011).

Şebekenin hidrolik özellikleri DMA’lar tarafından doğru temsil edilmelidir. DMA’lar yaklaşık 5000 aboneyi kapsayacak şekilde oluşturulabilmektedir (Burrows vd 2000). Bölgede arıza olduğunun anlaşılmasından sonra, bölgenin akustik cihazlarla taranıp arızanın yerinin tespit edilmesi için DMA’lar uygun boyutta olmalıdır. Bunun

için ideal bölge boyutu 2500 abone veya 30 km şebeke hattı ile sınırlı olmalı ve 150-200 yangın hidrantı içermelidir. Sızıntı eğilimi yüksek olan yerler DMA'lar oluşturulurken öncelikli olarak seçilmelidir (Cinal 2009).

Basınç yönetimi için, DMA'nın topoğrafik yapısı, evlerin kat sayıları ve oluşturulacak DMA'ların giriş basınç seviyelerinin mümkün olduğunca homojen seçilmesi büyük avantaj sağlayabilecektir. Antalya Konyaaltı pilot bölgesi için yapılan proje çalışmalarında her bir DMA'nın su giriş noktaları üzerine yerleştirilen SCADA istasyonlarında, hidrolik özellikler ile su kalite özellikleri on-line olarak izlenebilmekte ve SCADA merkezinde depolanabilmektedir (Kara 2011). Örnek bir izole alt bölge Şekil 2.1'de gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Örnek bir izole alt bölge (Muhammetoğlu vd 2011)

2.3. Hidroelektrik Enerji

Küresel ısınma, son yıllarda artan enerji talebi ve fosil yakıtların azalması, alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan gereksinimi arttırmıştır. Rüzgar, güneş, biyokütle ve dalga enerjisinin yanı sıra hidroelektrik enerji de son dönemlerde alternatif enerji kaynakları arasında yerini almaktadır (Demircan vd 2013). Hidroelektrik enerji, suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesiyle sağlanan bir enerji türüdür. Suyun üst seviyelerden alt seviyelere düşmesi sonucu açığa çıkan enerji, türbinlerin dönmelerini sağlamakta ve elektrik enerjisi elde edilmektedir (Gökdemir vd 2012).

2.4. Hidroelektrik Sistemlerde Kullanılan Türbinler

Akışkanın hidrolik enerjisini mekanik enerjiye çeviren makineler türbin olarak adlandırılmaktadır. Kullanılan akışkana göre türbinin yapısı değişmekle birlikte, basit olarak bir mil ve mil üzerindeki kanatçıklardan oluşmaktadır. Genel olarak şu prensiple çalıştırılmaktadırlar; sistemdeki akışkan (su) türbinin kanatçıklarına çarparak türbin miline hareket verir, hareket milin çıkışında mekanik işe dönüşür ve mekanik işten jeneratörler vasıtasıyla elektrik üretilmektedir (Özdemir vd 2011).

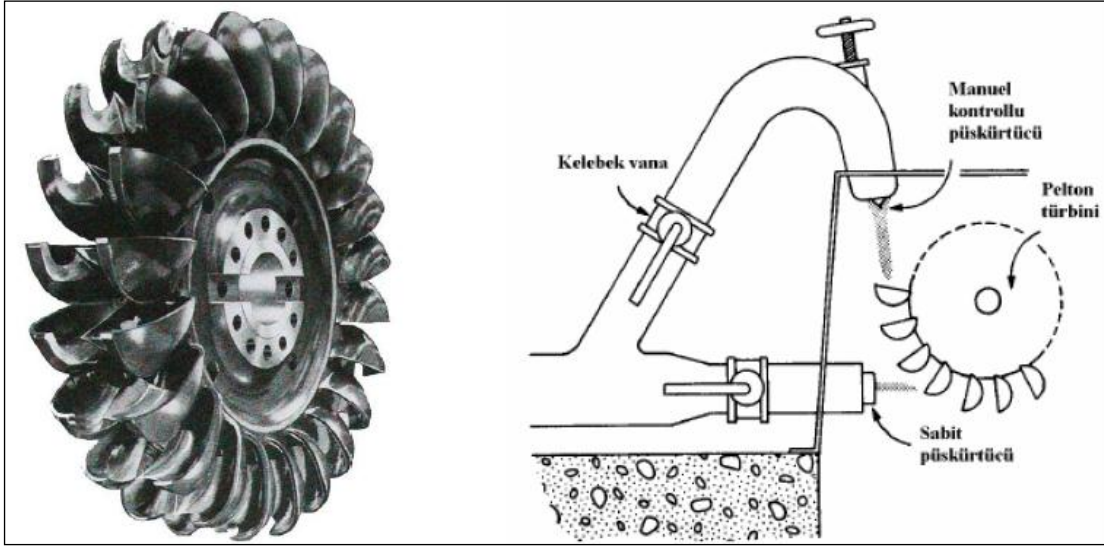
Hidroelektrik türbin (su türbini) alternatif enerji alanında yeni bir teknolojidir ve rüzgar türbinine benzerlik göstermektedir. Su türbinleri temel olarak, rüzgar türbinleri gibi dönüş eksenlerine göre yatay eksenli su türbinleri (Horizontal Axis Water Turbine-HAWT) ve dikey eksenli su türbinleri (Vertical Axis Water Turbine-VAWT) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Dikey eksenli türbinlerin verimi yatay eksenli türbinlere göre daha azdır ancak geometrik yapısının basitliği ve sapma mekanizmasına ihtiyaç duymaması yatay eksenli türbinlerden üstünlükleridir (Demircan vd 2013).

2.4.1. Etki tipi (aksiyon) türbinler

Pelton tarafından 1880 yılında icat edilmiştir ve günümüze kadar gelişmeleri devam etmiştir (Özbay ve Gençoğlu 2009). Türbinin girişi ile çıkışı arasındaki enerji farkı, esas olarak kinetik enerji farkına denk gelmektedir. Yani bu türbinlerde giriş ve çıkış basınçları eşittir ve dolayısıyla reaksiyon derecesi sıfırdır. Bu türbinlerin özgül hızları ve debileri küçüktür (Özdemir vd 2004). Genellikle orta yükseklikteki sistemlerden yüksek yükseklikteki sistemlere kadar kullanılmaktadır (ESHA 2004).

2.4.1.1. Pelton türbinleri

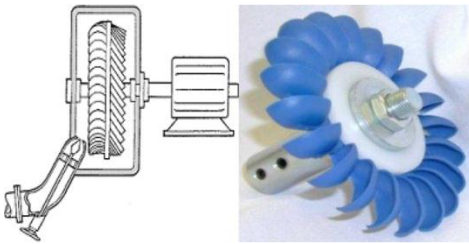
Genellikle büyük hidrolik sistemlerde 50-1500 m arasındaki düşülerde Pelton türbinleri kullanılmaktadır (ESHA 2004). Eğer çarkın çapı ve düşük hızı önemsenmezse Pelton türbinleri bazen mikro hidrolik sistemlerde alçak düşülerde de tercih edilmektedir. Örnek olarak, 1 kW güç üretmek için 20 m'nin altındaki düşülerde yüksek hızla dönen küçük çaplı bir pelton türbini kullanılabilir. Bu tip türbinlerde suyun enerjisi önce, uygun şekle sahip bir borudan geçirilip, çıkış ağzında su jeti haline getirilerek, kinetik enerjiye dönüştürülür. Daha sonra bu jet, kap şeklindeki rotor kanatlarına püskürtülmektedir. Bu tip türbinler yatay ve düşey eksenli olarak üretilmektedir. Genellikle büyük güçlü pelton türbinler düşey eksenli ve 4-6 püskürtücülü, küçük ve orta güçlü pelton türbinler ise yatay eksenli ve tek-iki püskürtücülü olarak üretilmektedir (Tekno Tasarım 2009). Şekil 2.2'de Pelton türbinin şekli ve çalışma prensibi gösterilmektedir.



Şekil 2.2. Pelton türbininin şekli ve çalışma prensibi (Çallı 2007, Tekno Tasarım 2009)

2.4.1.2. Turgo türbinleri

Turgo tipi türbinlerin çalışma prensibi Pelton türbinlerle benzerlik göstermektedir fakat kepçe yapıları farklılık göstermektedir. Aynı boyuttaki bir Pelton türbininden daha fazla su tutabilme, daha hızlı devir sayısı ve daha ucuz maliyet gibi üstün özellikleri bulunmaktadır. Çark çapı, aynı güçteki bir pelton türbinin çark çarpının yaklaşık olarak bir buçuk katıdır ve bu özelliği yüksek devir sayılarına çıkmasını sağlamaktadır (Tekno Tasarım 2009). Şekil 2.3'te turgo türbin çalışma prensibi ve şekli gösterilmektedir.

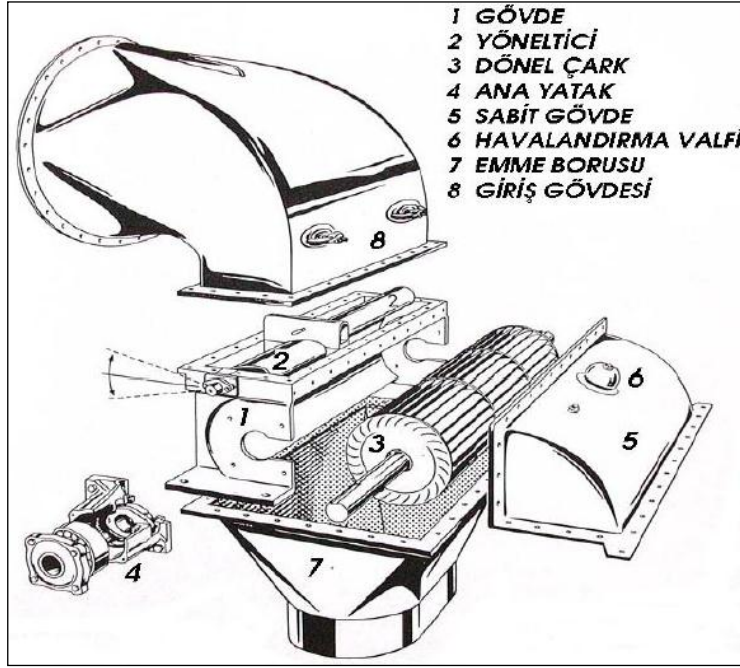


Şekil 2.3. Turgo türbin çalışma prensibi ve şekli (Tekno Tasarım 2009).

2.4.1.3. Michell-Banki (cross-flow) türbinleri

Bu tip türbinler 1903 yılında M. Michell tarafından keşfedilmiş ve 1917 yılında D. Banki tarafından geliştirilmiştir (Özbay ve Gençoğlu 2009). Michell-Banki türbinleri bir aksiyon türbin özelliği göstermektedir. Michell-Banki türbini, türbin çarkı (rotor) ve su püskürtme ağzı olmak üzere iki ana parçadan oluşmaktadır. Michell-Banki türbinlerinin genel verimi %70-80 civarında olup, diğer türbinlere göre düşüktür. Tasarımı, diğer türbinlere göre basittir. Bu nedenle ucuz olarak küçük atölyelerde kısıtlı imkanlarla dahi üretilebilmektedirler (Özdemir vd 2001). Yapısı diğer bütün türbin tiplerine göre son derece basit olmakla birlikte, küçük ve orta güçlü su kuvvetlerinde

rahatlıkla kullanılabilir. Yatay ve dikey olarak kullanılabilirler. 20 l/sn-9 m³/sn debiler için 1 m ila 200 m düşülerde 1000 kW güce kadar çıkabilirler. Dönme sayıları ise 50 ila 200 d/dk arasında değişmektedir. Suyun dönel çarktan iki kez girip çıkması, bu türbinin en önemli özelliğidir (Çallı 2007, Tekno Tasarım 2009). Michell-Banki türbininin genel görünüşü Şekil 2.4'te gösterilmektedir.



Şekil 2.4. Michell-Banki türbininin genel görünüşü (Özdemir vd 2001, Çallı 2007)

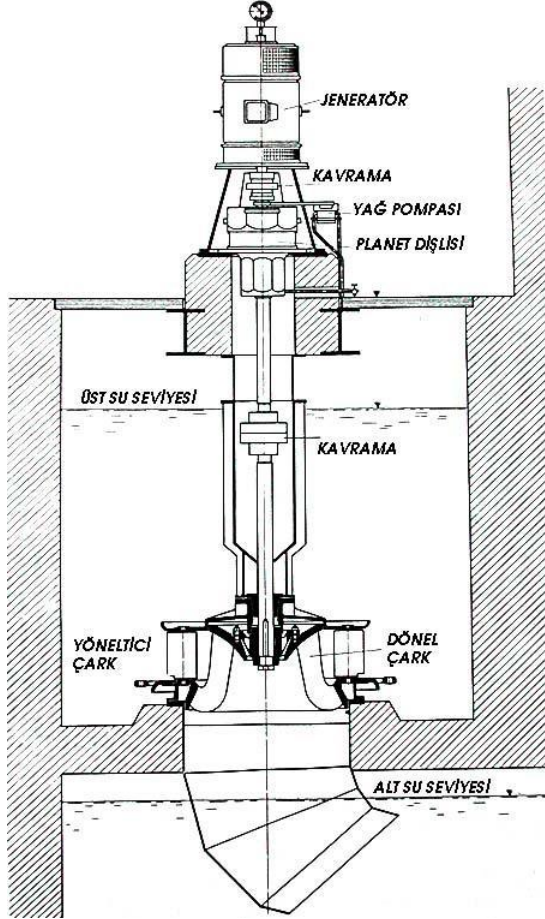
2.4.2. Reaksiyon tipi türbinler

Genellikle düşük ve orta yükseklikteki sistemler için kullanılmaktadır (ESHA 2004). Aynı düşü ve debi değerinde reaksiyon türbinleri, aksiyon türbinlerinden daha hızlı dönmektedir (Tekno Tasarım 2009). Reaksiyon tipi hidrolik türbinlerde; türbin rotor kanatlarının aralıklarında suyun giriş basıncında bir düşme meydana gelir ve bu düşme suyun ivmelenmesine yani hızlanmasına neden olmaktadır. Hızlanan su türbinden çıkarken bir kuvvet oluşturmaktadır ve türbin dönmeye başlamaktadır. Türbin suyun oluşturduğu bu kuvvet ile çalışmaktadır (Özdemir vd 2004). Reaksiyon türbinleri grubuna, Francis ve Kaplan tipi hidrolik türbinler girmektedir (Özbay ve Gençoğlu 2009).

2.4.2.1. Francis türbini

Amerikalı Howd ve Francis tarafından 19. Yüzyılda geliştirilmiştir (Çallı 2007). Yüksek basınçta kullanılan reaksiyon türbinleridir (Özdemir 2004). Francis tipi türbinleri 600 m düşüye kadar çalışmaktadır ve 500 MW'a kadar güç elde edilebilmektedir. Francis türbinin pelton türbinine göre avantajı daha küçük boyutlarda üretilmesi ve daha yüksek dönme sayılarında da çalıştırılmasıdır. Örnek olarak 200 kW'a kadar olan güçlerde ve 5 m'den daha az düşülerde Kamara tipi diye adlandırılan düşey eksenli Francis türbini kullanılmaktadır. Francis türbininde su ilk önce yönlendirici

çarktan dönel çarka doğru dıştan girmekte ve oradan da çark kanatları boyunca aşağıya doğru giderek çarkı terk etmektedir (Çallı 2007, Tekno Tasarım 2009). Toplam düşünün bir bölümü, dönel çarka su girdiği zaman kanatlar içerisinde giriş hızı olarak kullanılmaktadır (Özdemir 2004). Dikey eksenli ve yatay eksenli şeklinde de kullanılmaktadır (Çallı 2007, Tekno Tasarım 2009). Şekil 2.5'te düşey eksenli kamara tipi francis türbini su tesisi gösterilmektedir.

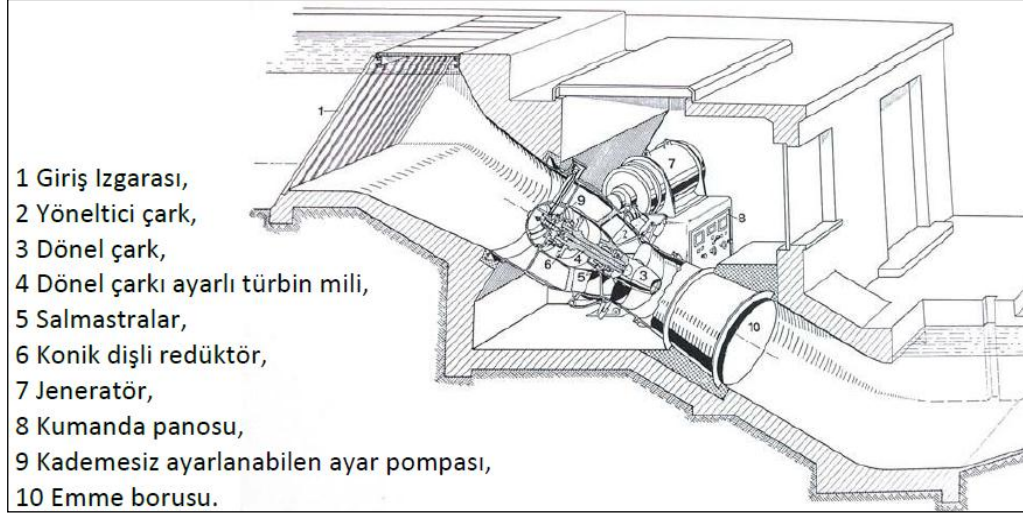


Şekil 2.5. Düşey eksenli kamara tipi francis türbini su tesisi (Çallı 2009)

2.4.2.2. Kaplan türbini

1913 yılında Prof. Victor Kaplan tarafından patenti alınmıştır. (Çallı 2007, Tekno Tasarım 2009). Kaplan tipi hidrolik türbinler genellikle büyük su debilerinde ve küçük düşülerde kullanılmaktadır (Özbay ve Gençoğlu 2009). Kaplan türbinleri alçak düşüler için daha ekonomiktir fakat üretimleri aksiyon türbinlerinin üretimine göre zordur. Çevresinden geçen suyun etkisiyle Kaplan türbinin çarkı dönmektedir. Kaplan türbinleri, Francis türbinlerinden daha hızlı dönmektedir. Bu özelliklerinden dolayı da arada kayış kasnak ya da dişli olmadan da jeneratöre direkt bağlanabilmektedirler. Bu tip türbinler 80 m altındaki düşü değerlerinde verimli olarak çalışabilmektedir. 3-8 m döner çark çapına kadar kanatlar ayarlanabilir olarak üretilmektedir. Özel durumlarda eğer kanatlar ayarlanmazsa, bu türbin uskur tipi türbin olarak adlandırılmaktadır. Kaplan türbinleri boru tipi veya salyangoz gövdeli olarak üretilmektedir. 20 m düşüye

kadar beton salyangoz gövdeli olarak üretilmektedir. Pervane (Uskur), Bulb, Tube (Boru), Straflo diye isimlendirilen Kaplan türbini çeşitleri de vardır (Çallı 2007, Tekno Tasarım 2009). Şekil 2.6'da boru tipi kaplan türbin tesis örneği ve ekipmanları gösterilmektedir.



Şekil 2.6. Boru tipi kaplan türbin tesis örneği ve ekipmanları (Çallı 2007, Tekno Tasarım 2009)

2.5. Su Türbinlerinin Seçimi

Su türbinleri kullanım alanlarına, ürettikleri güce, güç üretme biçimlerine göre birçok şekilde sınıflandırılabilirler (Özdemir vd 2011). Çizelge 2.3'te türbinlerin farklı özelliklerine göre sınıflandırılması gösterilmektedir.

Çizelge 2.3. Türbinlerin farklı özelliklerine göre sınıflandırılması (Çallı 2007, Tekno Tasarım 2009)

Düşüye Göre	Türbin Çıkış Güçlerine Göre	Türbin Milinin Durumuna Göre	Suyun Akış Doğrultusuna Göre	Suyun Etki Şekline Göre
H > 300 m Yüksek basınçlı su türbini	Yüksek güçlü hidrolik türbinler (> 100 MW)	Yatay eksenli	Eksenel akışlı türbinler (Kaplan, Uskur)	Aksiyon tipi türbinler (Pelton, Turgo, Banki) Reaksiyon tipi türbinler (Francis, Kaplan, Uskur, Boru)
400 m > H > 20 m Orta basınçlı su türbini	Orta güçlü hidrolik türbinler (20 – 100 MW arası)	Dikey eksenli	Radyal akışlı türbinler (Francis)	
H < 50m Düşük basınçlı su türbini.	Küçük güçlü hidrolik türbinler (1 – 20 MW arası) Mini Hidrolik türbinler (100 KW – 1 MW arası) Mikro hidrolik türbinler (5 KW – 100 KW arası) Piko hidrolik türbinler (< 5 KW)	Eğik eksenli	Diyagonal akışlı türbinler (Yüksek Hızlı Francis) Teğetsel akışlı türbinler (Pelton, Banki) Saptrılmış akışlı türbinler (Turgo)	

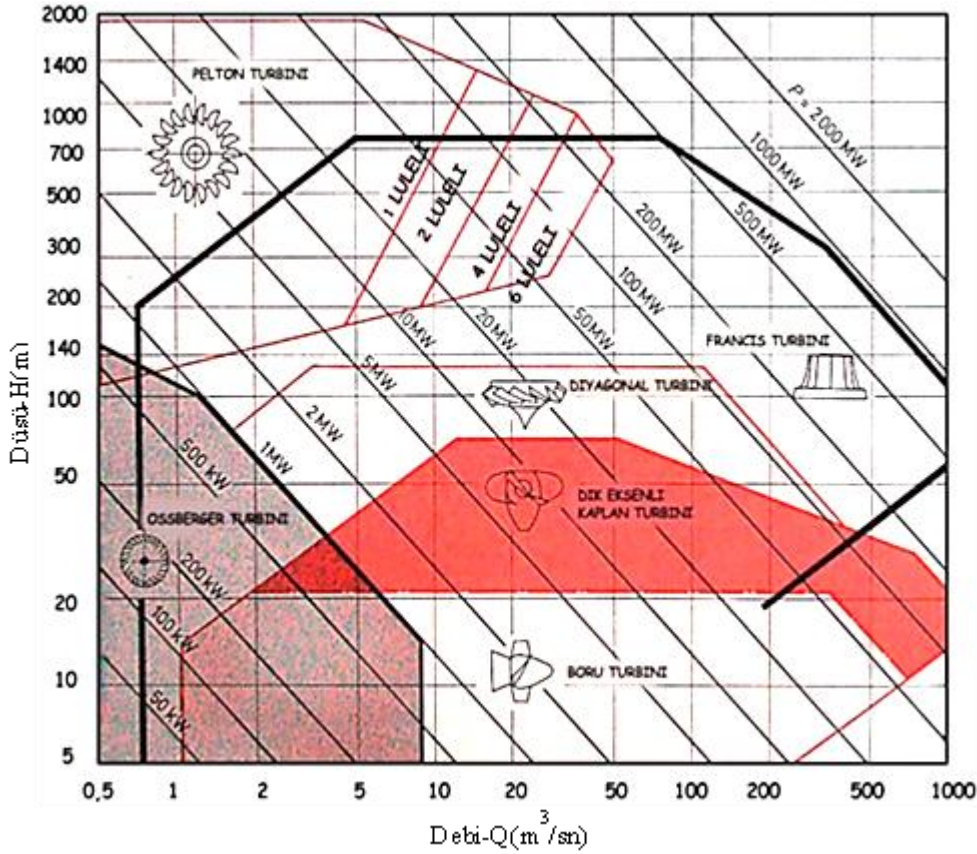
Türbin tiplerinin kullanım aralıkları Çizelge 2.4'te verilmektedir.

Çizelge 2.4. Türbin tiplerinin kullanım aralıkları (ESHA 1998)

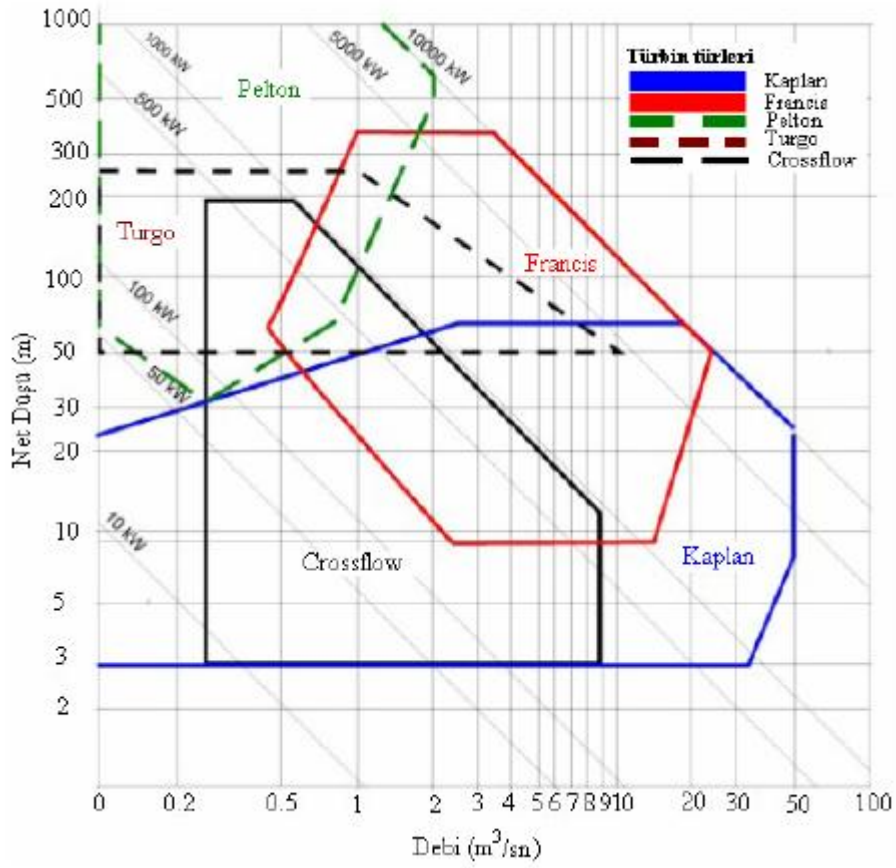
Tipi	Kullanım Aralıkları (m)
Kaplan ve Pervane	$2 < H < 40$
Francis	$10 < H < 350$
Pelton	$50 < H < 1300$
Michell-Banki	$3 < H < 250$
Turgo	$50 < H < 250$

2.5.1. Debi ve düşü değerlerine göre kullanılacak türbinler

Şekil 2.7'de 50 kW-200 MW güç bölgesi, Şekil 2.8'de ise 10 MW'a kadar güç bölgesi için farklı düşü ve debi bölgelerinde içme suyu şebekelerinde kullanılacak türbinler gösterilmektedir.



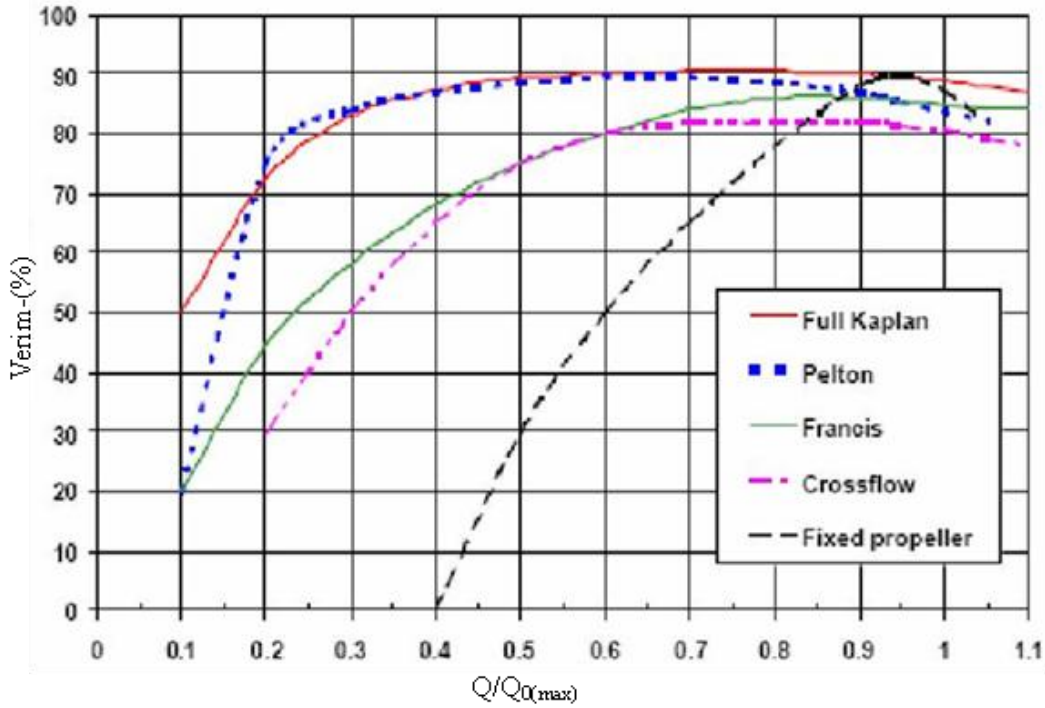
Şekil 2.7. Debi ve düşü değerlerine göre kullanılacak türbin çeşitleri (50 kW-2000 MW) (Çallı 2007, Tekno Tasarım 2009)



Şekil 2.8. Debi ve düşü değerlerine göre kullanılacak türbin çeşitleri (10 MW'a kadar) (ESHA 1998, Güner vd 2008)

2.5.2. Türbin veriminin belirlenmesi

Türbin verimi debiye bağlı olarak bulunmaktadır (ESHA 2004). Farklı türdeki türbinler için türbin verimlilikleri Şekil 2.9'da gösterilmektedir. Burada Q ortalama debiyi, Q_{max} ise maksimum debiyi ifade etmektedir.



Şekil 2.9. Farklı türdeki türbinler için türbin verimlilikleri (Gatte and Kadhim 2012)

Türbin çeşidine göre en iyi türbin verimlilikleri Çizelge 2.5'te verilmektedir.

Çizelge 2.5. Türbin çeşidine göre maksimum türbin verimlilikleri (ESHA 2004)

Türbin Çeşidi	Maksimum verimlilik (%)
Kaplan	93
Francis	94
Pelton n Püskürtücü	90
Pelton 1 Püskürtücü	89
Turgo	85

2.6. İçme Suyu Temini Sistemlerinde Enerji Kazanımı

2009 yılı için hidroelektrik 14.553 MW toplam kurulu kapasitesi ile Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları arasında %94 oranıyla en yüksek paya sahiptir. Türk Hükümeti'nin enerji politikası önümüzdeki 15 yıl içerisinde hidroelektrik potansiyelinden en iyi şekilde yararlanmaktır. Bu bağlamda, özel sektörün 27.500 MW toplam kapasiteye sahip hidroelektrik santrali inşa etmesi beklenmektedir. Büyük oranda hidroelektrik potansiyeli, hidroelektrik tesislerinin yanısıra su dağıtım şebekelerinde de bulunmaktadır. Su dağıtım şebekelerinden hidroelektrik üretimi için en uygun yerler; su arıtımı veya dağıtımı şebekelerinden önce yerleştirilen su iletim hatlarıdır. Su iletim hatlarındaki fazla basınç, basınç düşürme tankında su jeti oluşturularak dağıtılmaktadır. Bununla birlikte aşırı basınç, yerleştirilen su türbini ile sistemden çıkartılabilmekte ve elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir (Küçükali 2011).

Aslında su dağıtım şebekelerinden enerji üretimi arkasındaki fikir, operasyonel ihtiyaçlardan kaynaklanan fazla basıncı azaltmak için kullanılan basınç kırma

vanalarının kullanımı sonucu boşa giden enerjinin kullanılmasıdır. Su dağıtım şebekelerinde basınç düzenlemek için basınç kırıcı vanaların yerine su türbinleri verimli bir şekilde kullanılabilir. Su dağıtım şebekelerine farklı enerji kazanım olanakları uygulanabilir. Su türbinleri, depolama tankından önce, iletim hattında basınç kırıcı vanaların yerine ve maslakattan önce, su dağıtım şebekelerinde basınç kırıcı vanaların yerine monte edilebilir (ESHA 2010).

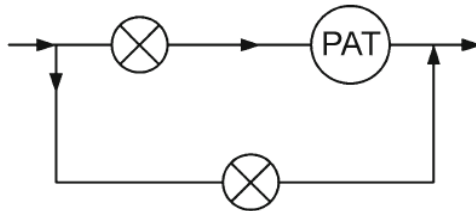
Son yıllarda PRV'lerin türbinler veya PAT'lar ile değiştirilmesi sonucunda su kayıplarının azaltılması, su tasarrufu sağlanması, fazla basıncın düşürülmesi ve enerji üretimi sağlanması gündemdedir (Fontana vd 2012). Bu amaçla mikro ve mini hidro sistemlerinin içmesuyu dağıtım şebekelerine yerleştirilmesi ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır (Ramos ve Borga 1999, Giugni vd 2009). İçme suyu şebekelerinde fazla basınçtan enerji üretim potansiyeli mikro düzeyde kaldığından ilk yatırım ve bakım maliyetleri açısından PAT kullanımı önerilmektedir (Ramos vd 2005).

En iyi türbin tasarımı için saatlik, günlük ve mevsimsel debi değişiklikleri ve basınç dikkate alınmalıdır. Doğrudan bağlantılı monte edilen türbinler reaksiyon türbinleri veya PAT'lar olabilir. Reaksiyon türbinlerinin kullanımı genellikle pahalıdır fakat PAT'lar daha ucuzdur ve yüksek performans ve veriminden dolayı tercih edilmektedir (Giugni vd 2009).

Su türbinlerinin su dağıtım sistemleri üzerine tesis edilmesinin avantajları şu şekilde özetlenebilir; yatırım maliyetini %50 oranında azaltan tüm inşaa işlemleri hali hazırda mevcuttur (Küçükali 2011). Bu uygulamanın belirgin olumsuz bir çevresel etkisi yoktur ve tüm yıl boyunca akış olacağı güvence altındadır. Su kayıpları azaltılmaktadır. Üretilen enerji su dağıtım sisteminde kullanılabileceği gibi fazla olan miktar ise elektrik üretim ve dağıtım şirketine satılabilmektedir. Yapılacak bu çalışma için fazladan bir alan ihtiyacı ve işletim maliyeti yoktur (Küçükali 2010).

Şekil 2.10 ve 2.11'de PAT sisteminin kullanımına ilişkin örnekler verilmektedir. Şekil 2.10'da tek olarak PAT kullanımı görülmektedir. PAT kurulumu seri-paralel kombinasyon olarak yapılmaktadır. PAT sisteminde PAT kontrol ve ayırma vanası, BY-pass kontrol vanası kullanılmaktadır (Carravetta vd 2012).

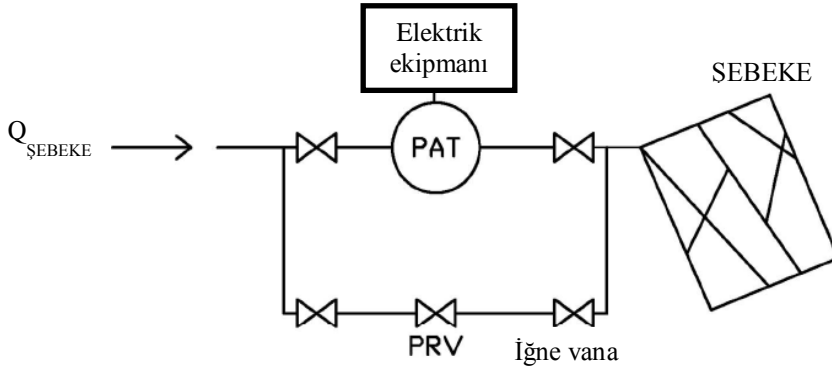
PAT kontrol ve ayırma vanası



BY-pass kontrol vanası

Şekil 2.10. PAT sisteminin kullanımı (Carravetta vd 2012)

Şekil 2.11'de PRV ve PAT sistemlerinin birlikte kullanımı görülmektedir. Deşarj kontrolü için sistemde iğne vanalar kullanılmaktadır (Fontana vd 2012).



Şekil 2.11. PRV ve PAT sistemlerinin birlikte kullanılması (Fontana vd 2012)

2.7. Literatür Taraması

Su dağıtım şebekelerine hidroelektrik tesisleri kurma fikri ilk olarak Afshar vd (1990)'den gelmiştir. Su dağıtım şebekelerinin ana dağıtım hattında her bölge için en iyi boru çapları ve türbin kapasitesi kullanımı, en iyi su türbinleri tesisleri ve yerleri için metot önermişlerdir. Yıllık maksimum kazanç ile dizayn parametrelerinin en iyi bileşimini bulmak için dinamik programlardan faydalanmışlardır (Afshar vd 1990).

Hidroelektrik türbinleri, tarihsel olarak çoğunlukla rezervuar girişine ve su arıtma tesislerine monte edilmesine rağmen son yıllarda su dağıtım şebekelerinde de kullanılmaktadır. Bu alanda ilk araştırma küçük hidroelektrik üretimi için türbin pompaların (PAT) kullanılmasıdır (Williams 1995, 1996, Williams vd 1998). İngiltere Blackpool'de su arıtma tesisine; türbin pompa (PAT), basınç düşürme vanasına (PRV) paralel olarak kurulmuştur. Burada yapılan testler sonucunda, PRV'den açığa çıkan enerjinin türbin pompa ile kazanılabileceği sonucuna varmışlardır (Williams vd 1998).

Portekizde ki araştırmacılar su dağıtım şebekelerinde enerji üretimi için türbin yerine türbin pompa (PAT) kullanımının önemli ekipman maliyeti tasarrufu ve kolay uygulanması açısından daha verimli bir alternatif olduğunu gözlemlemişlerdir. Ek olarak sayısal analizler ve deneyler (PRV ve PAT ile ilgili) aracılığıyla PRV yerine PAT'ın kullanılabileceği ortaya çıkarmışlardır. Ayrıca su şebekelerinden enerji kazanım projelerinin geliştirilmesini tavsiye etmişlerdir (Ramos ve Borga 1999).

Ramos vd (2005), su dağıtım şebekelerinde basınç düşürücü vanaların sayısını ve basıncı en aza indirmek için genetik algoritmalarla yararlanarak çalışmalar yapmışlardır. Ayrıca yaptıkları çalışmalarla, geçici koşullar altında sürekli hal akımları ve farklı aktiviteler için basınç düşürücü vana ve PAT'ların benzer davranışlar gösterdiğini deneysel olarak gözlemlemişlerdir. Böylece PAT'ın, PRV'nin yerine kullanılabileceğini ve aynı zamanda basınçlı su içinde depolanmış enerjinin kullanılmasıyla güç üretilebileceğini ortaya çıkarmışlardır. Bu açıdan PAT'ların performansının basınç kırıcı vanalardan daha iyi olduğunu gözlemlemişlerdir (Ramos vd 2005).

Giugni vd (2009) tarafından yapılan çalışmada ilk olarak su dağıtım şebekesinin uygun yerlerine basınç kırıcı vana (PRV) takmışlardır daha sonra bu vanaların yerine PAT kullanmışlardır (Giugni vd 2009). Bu çalışmada PRV ve PAT'lar, İtalya Naples su

dağıtım şebekesinde basınç kontrolünde kullanmışlardır. Bu çalışmada su dağıtım şebekelerinde fazla basınçtan dolayı sızıntı problemi olduğunu gözlemlenmişlerdir ve bunu önlemek için PRV kullanılmışlardır. Genetik algoritmalara dayalı bir simülasyon modeli geliştirilerek PRV'lerin ve sistemin performansını izlemişlerdir. Daha sonra yenilenebilir enerji üretimine olanak sağlamak için PRV'lerin yerine PAT kullanmışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda PAT'ların basınç kontrolü ve enerji üretimi için kullanılabileceğini ortaya çıkarmışlardır. Basınç kırıcı vanaların yerine kullanılan PAT'lardan sonra PRV kullanımına benzer şekilde sızıntı azalması olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca çalışma kapsamında PAT'ların kullanılması sonucunda ekonomik analizlerde yapmışlardır. PAT'lardan potansiyel gelir elde edilebileceğini ve etkili kapital geri ödeme periyodu gözlemlemişlerdir (Giugni vd 2009).

Ramos vd (2010) tarafından yürütülen bir çalışmada mikro hidroelektrik sistemine ait örnek bir uygulama Portekiz'in Algarve kenti için yapmışlardır. Bu çalışmada su dağıtım şebekelerinden yararlanarak mevsimsel enerji üretimi için önemli çalışmalar yapmışlardır. Bilgisayar simülasyonları, deneysel araştırmalar ve mühendislik projeleri geliştirilerek PRV ve türbin pompaların (PAT) hidrolik sistemdeki davranışlarını karşılaştırmışlardır ve analizler yürütmüşlerdir. Şebeke basıncının optimizasyonu EPANET programı ve genetik algoritma kullanılarak sağlamışlardır. PRV ve PAT kullanılarak basınç kontrolü sağlanan sistemlerde enerji kazanımı açısından karşılaştırmalar yapmışlardır. PRV'lerin PAT ile değiştirilmesi veya paralel olarak yerleştirilmesi durumunda elde edilen kazanımları incelemişlerdir. PAT'lar için geri ödeme süresinin yaygın kullanılan türbinlere göre kurulum, bakım, işletmeye alma vb. açısından avantajlı olduğunu bulmuşlardır (Ramos vd 2010).

Corcoran vd (2013) tarafından İrlanda ve İngiltere'de su dağıtım şebekeleri üzerinde çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Enerji kazanımı için 95 potansiyel alan belirlemişlerdir. Hesaplamalar yapılırken Temmuz 2010-Temmuz 2011 arasındaki zamanı kapsayan 15 dakika aralıkla ölçülen debi ve basınç seviyesi değerlerinden yararlanmışlardır. Sistem verimini %65 kabul ederek yıllık üretilen enerji miktarını hesaplamışlardır. Yıllık enerji üretimi için kullanacakları türbinini seçmek için kaplan, francis ve sabit pervane türbinlerini karşılaştırmışlardır. Kaplan türbininin mevcut debi değişimleri için en verimli türbin olduğunu bulmuşlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda su dağıtım şebekelerinde 100 kW'dan fazla enerji elde edilebileceğini ortaya çıkarmışlardır. Tesisin yıllık bakım maliyeti her yıl için €1200 kabul etmişlerdir. Gelecekte elde edilecek nakit tutarının belirli bir indirim oranı ile bugüne indirgenmesi için NPV (Net present value) hesaplamalarından yararlanmışlardır. NPV hesaplamaları için %5-7,5 ve 10 oranında 3 indirim oranını karşılaştırmışlardır. €3000, €5000 ve €7000/kW kurulum maliyetleri hem 20 kW kurulumu hem de 100 kW kurulumu için karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmaların sonucunda 100 kW kurulum için yatırım maliyeti €7000/kW değeri kullanılarak yatırımın geri dönüş süresi 9 yıl olarak bulunmuştur. Aynı yatırım maliyeti değeri kullanılarak 20 kW kurulumu için yatırımın geri dönüşü 10 yıl olarak bulunmuştur. Enerji kazanımı sonrasında CO₂ emisyonu azalmasını hesaplamışlardır ve yıllık önemli çevresel kazanımlar elde etmişlerdir (Corcoran vd 2013).

Fontana vd (2012) tarafından İtalya Napoli'de su temini sistemlerinde PRV yerine PAT kullanılarak enerji üretimi ve su kayıplarının azaltılmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır. İlk olarak, su kayıplarının azaltılması için genetik algoritmalar ve

benzetim modeli kullanılarak PRV'ler için en uygun yer belirlemişlerdir. Sonra PRV'ler PAT ile değiştirmişlerdir. Yapılan çalışmalar su kayıplarının büyük oranda azaltılabileceğini ve büyük oranda enerji elde edilebileceği sonucuna varmışlardır. Ayrıca PAT kullanımı sonucunda; detaylı hidrolik ve elektronik cihazların maliyetleri, inşaat işleri maliyetleri, tesisin bakım ve yönetim maliyetleri, sistemin yaşam döngüsü sırasında elde edilen gelirler dikkate alınarak yapılan çalışmalar kapsamında sistemin geri ödeme sürelerini de hesaplamışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçların doğrulanması için bir veya daha fazla PAT uygulamasının izlenmesi ve simülasyon çalışmalarının arazi uygulamaları ile karşılaştırılması önermişlerdir (Fontana vd 2012).

McNabola vd (2014) tarafından yapılan çalışmada su dağıtım şebekelerinde maslakların türbin ile birlikte kullanılması durumunda, enerji üretiminin ekonomik ve teknik değerlendirmesini yapmışlardır. Çevresel etkilerini, elde edilen geliri ve geri ödeme sürelerini değerlendirmişlerdir. Maslakların türbin ile birlikte kullanılmasının, CO₂ emisyonlarının azaltılması, gelir sağlanması, yatırımın geri dönüşü açısından önemli olduğunu gözlemlemişlerdir. İrlanda'da yaptıkları çalışmalar sonucunda en azından 13 kW enerji üretilebileceğinin mali açıdan uygun olduğunu göstermişlerdir. Bu çalışma kapsamında 10 tane maslak-türbin kullanılarak su dağıtım şebekelerinden enerji tüketimi azalımı yıllık 290 kW bulmuşlardır ve böylece yıllık 1350 ton CO₂ emisyonu tasarrufu elde edilebileceğini göstermişlerdir (McNabola vd 2014).

Elektrik düzenlemeleri ile su dağıtım şebekelerinde enerji üretimi için PAT dizayn stratejilerini içeren ve PAT dizayn stratejilerine ilişkin değerlendirmelerin yapıldığı çalışmalar (Carravetta vd 2012, 2013a, 2013b) bulunmaktadır. Çalışmalarda değişken işletim stratejine dayalı bir PAT tasarım metodunu önermişlerdir. Önerilen metod kapsamında belli bir debi ve basınç yüksekliği dağılımı için, üretilen enerjinin maksimum düzeye getirilmesi amacıyla PAT performans eğrisini tanımlamışlardır. Değişken İşletim stratejisi (Variable Operating Strategy, VOS) ile maksimum verimlilik elde edilebileceğini gözlemlemişlerdir.

Tesis verimliliği kinetik enerjiden mekanik enerjiye dönüşüme bağlı kayıpları içermektedir ve emniyetli biçimde yaklaşık olarak %65 olarak (türbin kayıpları, enerji üretimi ve dağıtım kayıpları dahil) kabul edilebilmektedir (Corcoran vd 2013, McNabola vd 2014). Mikro hidrolik sistemlerde genel tesis verimliliği %65-80 arasında değişmektedir. Genel tesis verimliliği hesaplanırken, güç üretim tesisinde jenaratör verimi %85 ve elektrik iletim verimi %98 olarak kabul edilmektedir (Power vd 2014).

Gelişmiş ülkelerde su dağıtım şebekeleri üzerine su türbinlerinin tesis edilmesi geniş bir uygulamaya sahiptir (Khair 2012). Örneğin, İsviçre'de su dağıtım şebekeleri üzerine tesis edilmiş 90 adet küçük ölçekli su türbini mevcuttur ve bu türbinler kullanılarak su dağıtım şebekelerinde enerji üretimi yapılmaktadır (ESHA 2010).

Çizelge 2.6'da Avrupa'da su iletim hatlarına yerleştirilen hidroelektrik tesislerinden bazı örnekler verilmektedir.

Çizelge 2.6. Avrupa’da su iletim hatlarına yerleştirilen hidroelektrik tesislerinden bazı örnekler (ESHA 2010, Küçükali 2011, Choulot vd 2012)

Tesis İsmi	Ülke	Dizayn debisi (m ³ /sn)	Enerji yüksekliği (m)	Güç (kW)
Vienna Mauer	Avusturya	2	34	500
Mühlau	Avusturya	1,6	445	5750
Syreyerbach	Avusturya	0,02	391	63
Poggio Cuculo	İtalya	0,38	28	44
La Zour	İsviçre	0,30	217	465

Avrupa’da ortalama elektrik fiyatı küçük kullanıcılar için €0.18/kWh’dır (Corcoran vd 2013). Küçük ölçekli hidroelektrik türbin kurma maliyeti inşaat işlerinin miktarı ve elektrik şebekesine yakınlığa bağlı olarak önemli ölçüde değişebilmektedir. Ancak bazı yerel tahminler ile küçük hidroelektrik kurulum maliyeti bulunabilmektedir. Küçük ölçekli hidroelektrik kurulumu için sermaye maliyeti £3,000-£6,000/kW arasında değişmektedir (Gaius-obaseki 2010). Su boruları için hidroelektrik türbin kuran ve tedarik eden bir Amerikan firma \$3,500-\$7000/kW arasında kurulum maliyeti ve yıllık \$2000 bakım maliyeti tahmin etmiştir (Colombo and Kleiner 2011). Literatür taraması sonucunda elde edilen su türbinleri kullanılması durumunda enerji üretim tesisleri için yatırım maliyetleri Çizelge 2.7’de verilmektedir.

Çizelge 2.7. Literatür taraması sonucunda elde edilen su türbinleri kullanılması durumunda enerji üretim tesisleri için yatırım maliyetleri

Yatırım Maliyeti	Kaynak
1000-1500 \$/kW	(Sarıkaya 2010, Tiniş 2014)
1900-2600 \$/kW	(Termodinamik 2013)
750-1000 \$/kW	(Özdemir 2011)
1625 \$/kW	(Ertuğrul ve Kurt 2009, TKB 2010)
1000-1500 \$/kW	(Akpınar vd 2009)
750-1200 \$/kW	(Yumurtacı ve Bekiroğlu 2005)
750-1200 \$/kW	(Elçi 2004)

Giugni vd (2009) tarafından su dağıtım şebekelerinde PAT kullanımı ile ilgili yapılan çalışmada PAT kullanımının kurulum maliyeti kW başına €1500 alınmışlardır. İnşaat işleri ve cihazların maliyetleri türbin pompa maliyetinin %30’u olarak, bakım maliyetlerini ise kurulum maliyetlerinin %15’i olarak tahmin etmişlerdir (Giugni vd 2009).

Su dağıtım şebekesinde su türbini kullanılması durumunda geri ödeme süresi (yıl) = (yatırım maliyeti)/(toplam gelir) ile hesaplanmaktadır (ESHA 2004).

Corcoran vd (2013) tarafından yapılan çalışmada, İngiltere Çevre ajansı tarafından belirlenen 1 kW elektrik üretmek için havaya salınan CO₂ eşleniği değeri (0,52037 kg) değeri kullanılarak CO₂ emisyonu azalımını hesaplamışlardır (Corcoran vd 2013). Türkiye kaynaklarına göre üretilen ortalama (taş kömürü, linyit, fuel-oil, motorin, doğalgaz, LPG, nafta, diğer ile elektrik üretimi ortalaması) 1 kWh elektrik için havaya salınan CO₂ eşleniği ortalama 0,53426 kg’dır. Avrupa ortalaması ise 0,8 kg civarındadır (Can 2007).

2.8. Çalışmanın Literatürdeki Yeri

Bu çalışma ile Konyaaltı pilot çalışma bölgesinde enerji kazanımı için 6 potansiyel alan belirlenip, su dağıtım şebekelerinde su türbinleri kullanılması durumunda su kayıplarının azaltılması ve enerji kazanım seçeneği değerlendirilmiştir. Dünya’da yapılan bu çalışmaya benzer çalışmalar bulunmaktadır, fakat Türkiye’de daha önce bu çalışmaya benzer bir çalışma gerçekleştirilmemiştir. Yapılan bu çalışmada su dağıtım şebekelerinde su türbinleri kullanılmasının uygun olup olmadığının belirlenmesi için maliyet analizi yapılmıştır ve çevresel faydaları incelenmiştir.

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Antalya İçme Suyu Dağıtım Şebekesi

Antalya şehri 2013 yılı itibariyle 2.158.265 nüfusa sahiptir ve yüz ölçümü bakımından Türkiye'nin altıncı büyük ilidir (TÜİK 2013). Antalya şehri, topoğrafik yapısı bakımından, yukarı plato (Döşemealtı ovası) ve aşağı plato (Varsak veya Düden ovası) olmak üzere iki kısma ayrılmıştır. Aşağı platonun denizden yüksekliği 40-150 m, yukarı platonun ise 250-300 m arasındadır (ASAT 2010).

Antalya Büyükşehir Belediyesi mücavir alan sınırları içinde yaşayan 1.161.142 kişinin, yaz aylarında ise yaklaşık 2.000.000 kişinin içme ve kullanma suyu ihtiyacı ASAT tarafından karşılanmaktadır. Su kaynaklarının %97'si yeraltı sularından, %3'ü ise kaynak suyundan elde edilmektedir (ASAT 2013). ASAT tarafından halen işletilen içmesuyu tesisleri Çizelge 3.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.1. ASAT tarafından halen işletilen içmesuyu tesisleri (ASAT 2013)

Duraliler 1-2 Tesisleri (Yeraltı Suyu)	2,55 m ³ /sn
Termessos Tesisleri (Yeraltı Suyu)	1,00 m ³ /sn
Boğaçayı Tesisleri (Yeraltı Suyu)	0,50 m ³ /sn
Gürkavak (Kaynak Suyu)	0,10 m ³ /sn
Mahalli Kuyular ve Yaylalardaki Kaynak Suları	0,15 m ³ /sn
Toplam	4,30 m ³ /sn

Antalya şehri topoğrafik özelliklerinden dolayı, ASAT su dağıtım şebekesini 10 adet basınç bölgesine ayırarak işletmektedir ve Çizelge 3.2'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.2. Antalya şehri basınç bölgeleri (ASAT 2010)

Basınç Bölgeleri (m)	Depo
1-28	Hurma / YSE
1-56	Çağlayan
21-40	Çağlayan
38-85	Cezaevi
47-86	Kütükçü 118
71-130	Kütükçü
126-188	TM5 Mazı Dağı
214-275	Duacı
270-300	Termessos-Yeşilbayır
300-303	Yeniköy

3.2. Antalya Şehri Konyaaltı İlçesi Pilot Çalışma Bölgesi İçme Suyu Dağıtım Şebekesi

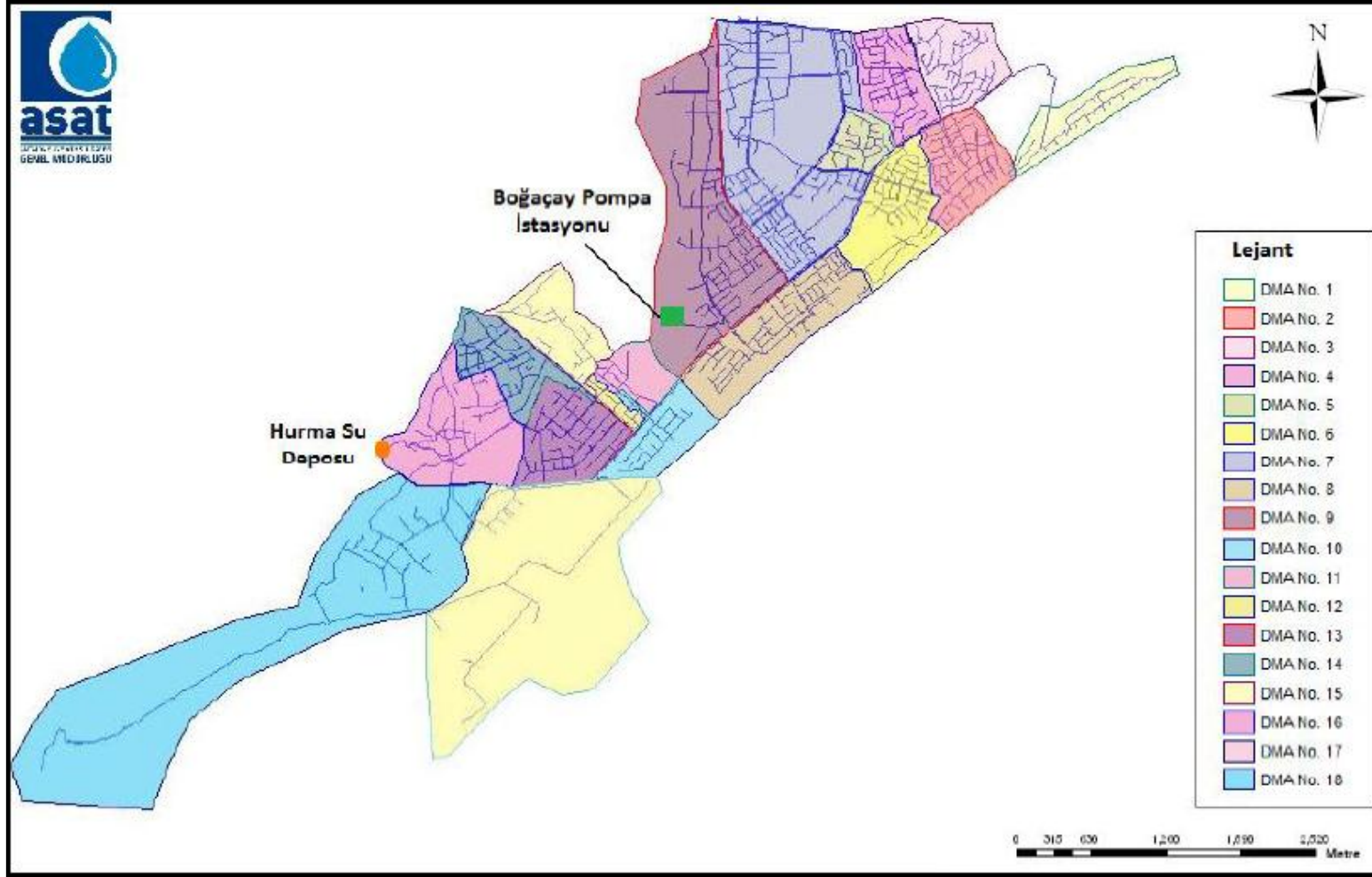
Tez çalışmasının uygulama alanı olan Konyaaltı ilçesi, Antalya'nın batı ucunda yer almaktadır ve nüfusu 137.670 kişidir (TÜİK 2013). Tez çalışması kapsamında incelenen bölgedeki nüfus yaklaşık 80 bin kişidir. Konyaaltı su dağıtım şebekesi, Boğaçay su kaynaklarından beslenmektedir (Kara 2011). Konyaaltı İlçesinin su ihtiyacının %90'ı Gürsu Mahallesi'nde bulunan Boğaçay Su Üretim Tesisi'nden karşılanmaktadır. Su temini 3 adet keson ve 5 adet derin kuyulardan sağlanmaktadır ve su üretimi yaklaşık 2.000 m³/sa'dır (ASAT 2013).

Çalışma alanı olan Konyaaltı ilçesinde 2008-2011 yılları arasında, TÜBİTAK ve ASAT tarafından desteklenen ve yürütücülüğünü Akdeniz Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyelerinden Prof. Dr. Habib MUHAMMETOĞLU'nun yapmış olduğu “İçme Suyu Dağıtım Şebekelerinde Optimum Klorlama Uygulamalarının Matematiksel Modeller Kullanılarak Gerçekleştirilmesi ve Dezenfeksiyon Sistemlerinin Yönetimi” başlıklı bir proje (TÜBİTAK KAMAG-107G088) yürütülmüştür. Yürütülen proje kapsamında pilot çalışma bölgesi olarak seçilen Konyaaltı su dağıtım şebekesi, birbirinden bağımsız onsekiz adet izole alt bölgeye (DMA) ayrılmıştır ve daha yakından incelenmiştir (Kara 2011). Alt bölge numaraları, SCADA istasyon numaraları ve alt bölge tanımlayıcı adları Çizelge 3.3'te verilmektedir.

Çizelge 3.3. Antalya-Konyaaltı su dağıtım şebekesi alt bölgeleri (Kara 2011)

Alt bölge numarası	SCADA istasyon numarası	Alt bölge tanımlayıcı ad
1	58	Beachpark
2	68	Vestel
3	67	Şok Market
4	69	Trafo
5	57/3	100. Yıl Makro
6	70	Sivas Pide
7	57/2	100. Yıl Makro
8	71	Diş Polikliniği
9	72	Heybe
10	53/2	Liman Mah19-20. Sok Kesişimi
11	53/1	Liman Mah19-20. Sok Kesişimi
12	54/2	Boğaçay Cad. 39. Sok. Kesişimi
13	54/1-5	Boğaçay Cad. 39. Sok. Kesişimi
14	54/3	Boğaçay Cad. 39. Sok. Kesişimi
15	54/4	Boğaçay Cad. 39. Sok. Kesişimi
16	55	Kandilli Sitesi
17	73	Çöp Şiş
18	74	Sarısu Muhtarlığı

TÜBİTAK-KAMAG projesi kapsamında 18 alt bölgeye ayrılmış olan Konyaaltı bölgesi su şebekesi Şekil 3.1'de gösterilmektedir.

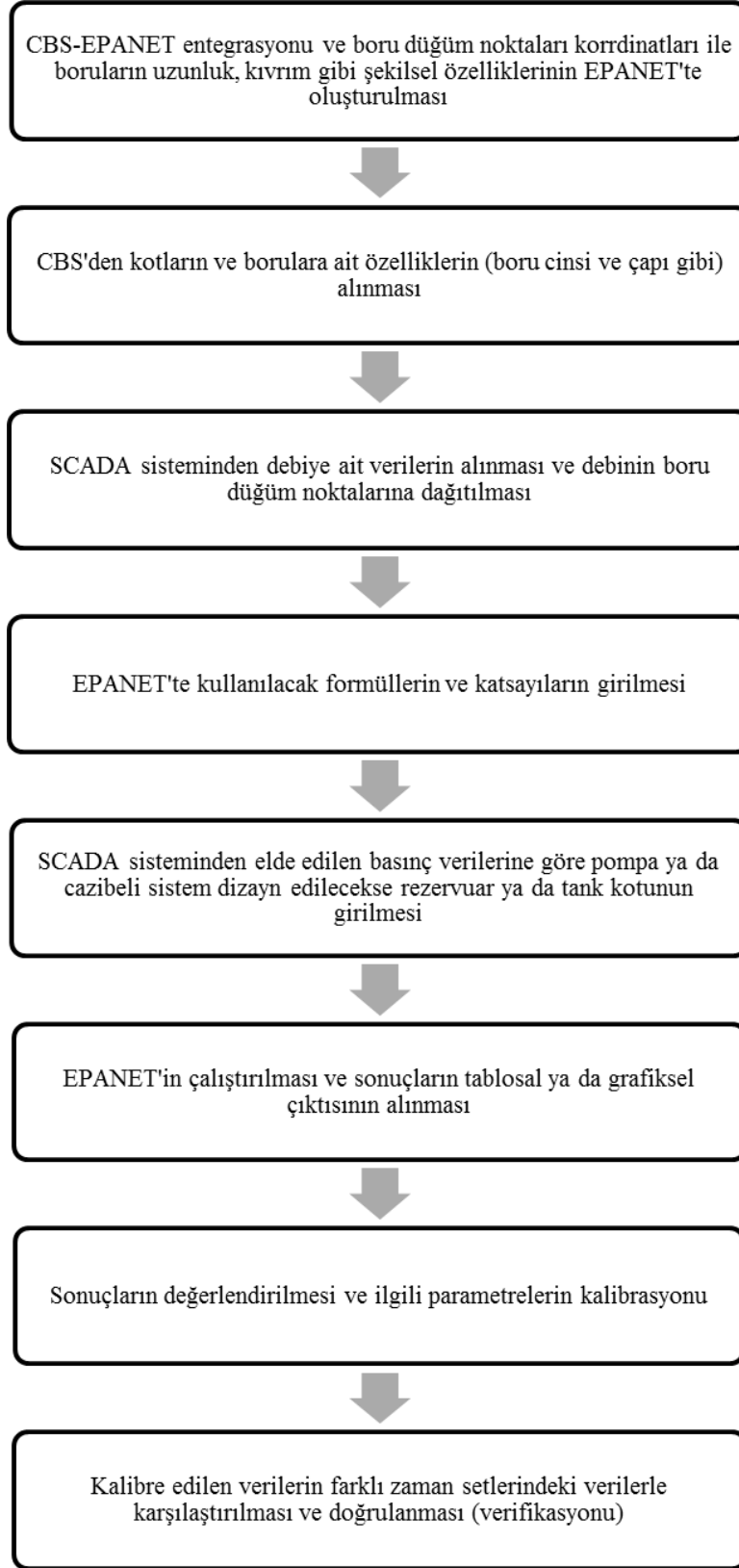


Şekil 3.1. TÜBİTAK-KAMAG projesi kapsamında 18 alt bölgeye ayrılmış olan Konyaaltı bölgesi su şebekesi (Kara 2011, Karadirek vd 2011)

3.3. EPANET 2.0 Su Kalite ve Hidrolik Modeli

EPA tarafından yazılmış ve ücretsiz olarak dağıtılan EPANET 2.0 programı basınçlı boru şebekelerinin hidrolik ve su kalite çözümlerini farklı zaman periyotlarında simüle edebilen bir yazılımdır. EPANET programının hesaplama algoritmalarının programcılar tarafından kullanılabilmesi amacıyla bir geliştirme aracı bulunmaktadır ve parametrelerin birçoğu bu araç sayesinde değiştirilebilmektedir. Herhangi bir düğüm noktasının, depolama tankının veya iletim borusunun istenilen bir zaman periyodundaki hidrolik ve su kalitesi çözümleri yapılabilmektedir (Uçaner ve Özdemir 2002).

EPANET programının Konyaaltı çalışma bölgesi için uygulama aşamaları Şekil 3.2’de verilmektedir.



Şekil 3.2. EPANET programının Konyaaltı çalışma bölgesi için uygulama aşamaları (Kara 2011)

3.4. EPANET Hidrolik Modeli Kullanılarak Optimum Basıncın Belirlenmesi

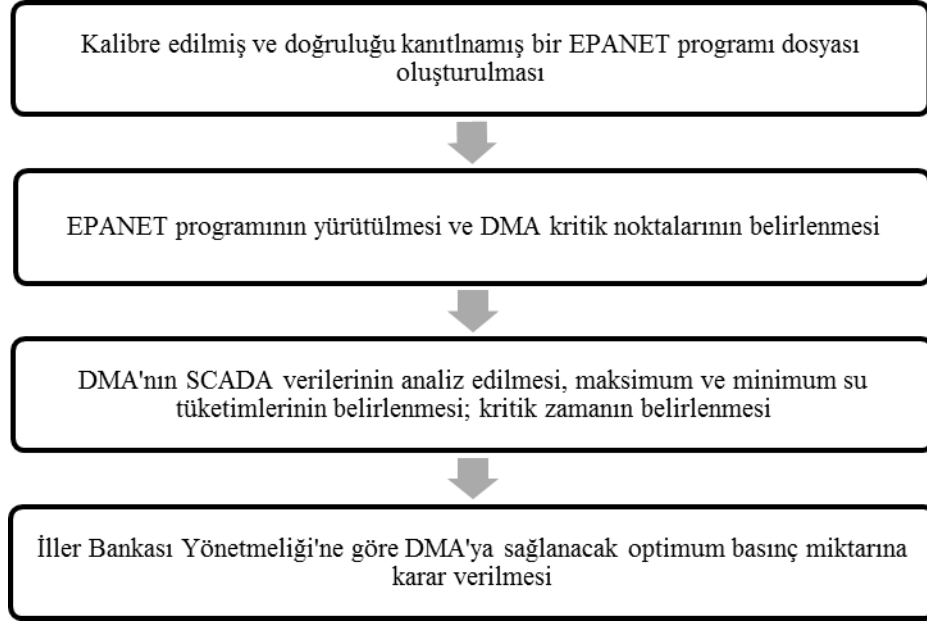
Orman ve Su İşleri Bakanlığı'na (2014) göre optimum işletme basıncı şöyle tanımlanmaktadır.

“İşletme basıncının 60 mSS düzeyini aşmadığı ve yüksek noktalarda abonelerin rahatlıkla su temin edebildiği işletme basıncı aralığı optimum işletme basıncıdır”.

İller Bankası'na (1992) göre minimum işletme basıncını sınırları şöyle belirlenmektedir.

“Şebekelerde minimum işletme basınçları müstakbel nüfusu 50.000'e kadar olan yerlerde 20 m, daha büyük nüfuslarda 30 m olacaktır. Şebekede münferit yüksek binaların bulunması halinde bunların hidroforla beslenmesi, depo civarı gibi yüksek ve gelişme beklenmeyen yerlerde gerektiğinde mevcut borulardan yararlanmak üzere minimum işletme basınçları nüfusu 50.000'e kadar olan yerlerde 10 metreye, 50.000'in üzerinde 20 metreye kadar düşürülebilir”.

Kalibrasyonu tamamlanmış ve doğruluğu ispatlanmış olan EPANET programı kullanılarak Konyaaltı çalışma bölgesinde her bir DMA'da basıncın en az olduğu düğüm noktası teşhis edilmiştir (Kara 2011). Bir şebekede basıncın en az olduğu zaman, bölge özelliklerine göre değişim göstermektedir. SCADA istasyonlarından elde edilen veriler ışığında DMA'nın en yüksek su tüketim anı basıncın en çok düştüğü an olmakta ve kritik zaman olarak alınmaktadır. Bununla beraber bir başka kritik zaman da şebekede su tüketiminin en az ve dolayısıyla su basıncının en yüksek olduğu andır. DMA'lar için optimum basınç, İller Bankası Yönetmeliği'ne (1992, 2014) bağlı kalınarak tespit edilmiştir. EPANET modelinin şebekeye uyarlanması ile DMA'larda ki mevcut basınç değerleri tutturulmaya çalışılmıştır. Optimum basınç miktarı özellikle maksimum su tüketim anına ve kritik noktaya göre bulunmuştur (Kara 2011). Optimum basıncın belirlenmesine yönelik aşamalar Şekil 3.3'te gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Optimum basıncın belirlenmesine yönelik aşamalar (Kara 2011)

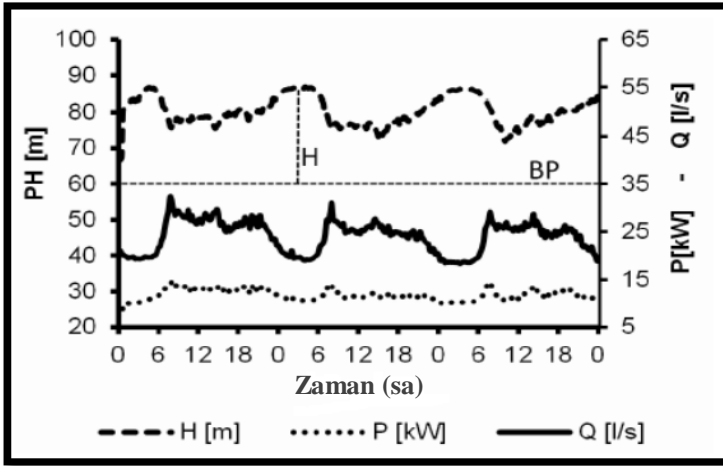
Bu tez kapsamında EPANET programı veya herhangi bir hidrolik su kalite modeli kullanılmamıştır. Alt bölgeler için enerji hesaplamalarında Kara'nın (Kara 2011) Yüksek lisans tezinde EPANET programı kullanılarak her alt bölge için bulunduğu optimum basınç değerleri kullanılmıştır. Alt bölgeler için optimum basınç değerleri Çizelge 3.4'te verilmektedir.

Çizelge 3.4. Alt bölgeler için optimum basınç değerleri (Kara 2011, Karadirek vd 2011)

Alt Bölge Numarası	Optimum Basınç Değeri - BP(m)
1	30
2	30
3	34
6	25
8	30
10	20
11	22
12	22
14	32
15	35

3.5. Şebekedeki Mevcut Enerji Seviyesinin Belirlenmesi

Şebekedeki fazla basınçtan enerji kazanımı potansiyeli ile şebekedeki enerji kayıpları, şebekede uygulanan optimum basınç seviyesine (BP) bağlı olarak değişmektedir. Şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H), basınç seviyesi ile optimum basınç seviyesi arasındaki fark olarak ifade edilebilmektedir. İtalya'nın Campania bölgesinde bulunan bir kasabanın içme suyu dağıtım şebekesinde ölçülen basınç seviyesi (PH), debi (Q), optimum basınç seviyesi (BP), şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) ve mevcut hidrolik güç (P) Şekil 3.4'te gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Debi, basınç seviyesi, optimum basınç seviyesi, şebekedeki mevcut enerji seviyesi, mevcut hidrolik güç değişimi (Carravetta vd 2012, 2013a)

Su kayıpları azaltıldığında şebekenin hidroliği değişecektir. Bu yüzden modelleme çalışmasında optimum basınç değerinin değişiminin incelenmesi tavsiye edilmektedir. Fakat, kaba bir tahminle optimum basınç değerinin değişmediği kabul edilmektedir.

3.6. Kullanılacak Türbin Tipinin ve Veriminin Belirlenmesi

Her alt bölge için hesaplanan debi ve düşü değerleri kullanılarak, Çizelge 2.4 ve Şekil 2.8'den yararlanılarak kullanılacak türbin çeşidi belirlenmiştir. Alt bölgeler için enerji hesaplamalarında kaplan türbini için toplam verim (jenaratör verimi dahil) %70 olarak kabul edilmiştir.

3.7. Elde Edilen Güç Miktarı Hesabı

Bir hidroelektrik türbinden elde edilebilecek güç Eşitlik 3.1 kullanılarak hesaplanabilir (Corcoran vd 2013, McNabola vd 2014).

$$P = \rho g Q H e_0 \quad (3.1)$$

P = Elde edilen güç (kW)

Q = Türbinden geçen suyun debisi (m³/sn)

ρ = Suyun yoğunluğu (kg/m³)

g = Yer çekimi ivmesi (9,81 m/sn²)

H = Türbindeki mevcut yükseklik (m)

e₀ = Güç üretim tesisinin toplam verimliliği (%70 kabul edilmiştir)

Suyun yoğunluğunun 1 atmosfer basınç altında (atm) sıcaklığa bağlı olarak değişimi Çizelge 3.5'te verilmektedir. Hesaplamalarda yoğunluk 1000 kg/m³ olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 3.5. Suyun yoğunluğunun 1atm’de sıcaklığa bağlı olarak değişimi (Wikipedia 2014)

Sıcaklık		Yoğunluk (1 atm)
°C	°F	kg/m ³
0	32	999.8425
4	39.2	999.9750
15	59	999.1026
20	68	998.2071
25	77	998.0479
37	98.6	993.3316
100	212	958.3665

3.8. Su Türbinlerinin Kullanılması Durumunda Elde Edilen Su Tasarrufunun Bulunması

Su türbini kullanılarak basınç azaltılması durumunda elde edilecek tasarruf miktarının ve elde edilen tasarruf sonrası yeni debi değerinin bulunması için Eşitlik 3.2 kullanılmaktadır (Muslu 1992).

$$Q_1 = C_d A \sqrt{2gh_1} \quad Q_2 = C_d A \sqrt{2gh_2} \quad (3.2)$$

Q_1 = Sızıntı su kaybı

Q_2 = Su kaybı

A = Suyun sızdırıldığı yerdeki toplam alan

h_1 = İlk basınç yüksekliği

h_2 = Son basınç yüksekliği

C_d = Debi katsayısı

Hesaplamalarda C_d debi katsayısı ve A alanın basınç yüksekliği ile değişmediği kabul edilmektedir. Buradan da su kaybının, basıncın karekökü ile doğru orantılı olduğu sonucu çıkartılmaktadır, Eşitlik 3.3’te verilmektedir.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{h_1}{h_2}} \quad ; \quad Q_2 = Q_1 \sqrt{\frac{h_2}{h_1}} \quad (3.3)$$

Basınç yüksekliğini h_2 ’den h_1 ’e düşürmekle su kaybından yapılan tasarruf hesabı Eşitlik 3.4’te verilmektedir.

Basınç yüksekliğini h_2 ’den h_1 ’e düşürmekle fiziksel su kaybından yapılan tasarruf = $Q_1 - Q_2$ (3.4)

Elde edilen tasarruf sonrası yeni debi değeri hesabı Eşitlik 3.5’te verilmektedir.

$$\begin{aligned} &\text{Elde edilen tasarruf sonrası yeni debi} && (3.5) \\ &= \text{İlk debi} - \text{Su kaybından yapılan tasarruf} \end{aligned}$$

3.9. Uygulanacak Senaryo Kapsamında Su Kayıplarının %25 Düzeyine Getirilmesi Durumunda Alt Bölgelerde Elde Edilebilecek Güç Miktarının Bulunması

Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nın yayınladığı yönetmelikte (2014) şöyle belirtilmektedir.

“İdareler su kayıp oranlarını, bu yönetmeliğin yürürlük tarihinden itibaren, Büyükşehir ve İl belediyelerinde 5 yıl içerisinde en fazla % 30, takip eden 4 yıl içerisinde ise en fazla %25 düzeyine; diğer belediyelerde 9 yıl içerisinde en fazla % 30, takip eden 5 yıl içerisinde ise en fazla %25 düzeyine indirmekle yükümlüdürler”.

Su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda elde edilecek enerji miktarının bulunması için ilk olarak Yılmaz'ın tezi (Yılmaz 2011) kapsamında hesaplanan yasal tüketim, su kaybı oranlarından ve Çizelge 2.1'den yararlanılarak alt bölgeler için 1 yıllık su bütçesi oluşturulacaktır. Toplam su kayıplarının genellikle %60'ı fiziksel, %40'ı ise görünen su kayıpları olarak kabul edilmektedir. Buna göre, görünen su kayıplarının su giriş hacminin %10'unu temsil etmesi durumunda, toplam su kaybı %25 olmaktadır. Eğer görünen su kayıpları %10 düzeyinden fazlaysa %10 düzeyine getirilecektir. Bu şekilde kazanılan miktar yasal tüketim miktarına eklenecektir, böylece su kazanılmış yani faturalandırılmış olacaktır. Eğer görünen su kayıpları %10 düzeyine getirilmişse veya görünen su kayıpları %10 düzeyinden az ise görünen su kayıpları aynı olarak kabul edilecektir.

Hesaplamalarda nüfus artışının olmadığı, yasal tüketim miktarının, görünen kayıpların miktarının ve basınç seviyesinin değişmediği, hem görünen hem de gerçek su kayıplarının toplam olarak %25 düzeyine getirileceği kabul edilecektir. Su kayıpları %25 düzeyine getirildiği zaman yasal tüketim oranı %75 olmaktadır, bu orana göre sistem giriş hacmi, su kayıpları miktarı hesaplanacaktır ve su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge için 1 yıllık su bütçesi oluşturulacaktır.

Daha sonra alt bölgenin başlangıçtaki sistem giriş hacmi ve su kayıplarının %25 düzeyine getirildikten sonraki sistem giriş hacminden yararlanılarak alt bölge için su kaybı %25 düzeyine getirilince % debi değişim miktarı Eşitlik 3.6 kullanılarak hesaplanacaktır.

$$\text{Su kaybı \%25 düzeyine getirilince \% de\u0131\u015fim} \quad (3.6) \\ = \frac{\text{Su kayıpları \%25d\u00fczeyine getirildikten sonra sistem giri\u015f hacmi}}{\text{Ba\u015flangı\u00e7taki sistem giri\u015f hacmi}} \times 100$$

Hesaplanan su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumundaki % debi de\u0131\u015fim oranından yararlanılarak su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumundaki yeni debi de\u011feri E\u015itlik 3.7 kullanılarak hesaplanacaktır.

$$\text{Su kayıplarının \%25 d\u00fczeyine getirilmesi durumunda yeni debi} \quad (3.7) \\ = \% \text{ debi de\u011ferimi} \times \text{İlk debi}$$

En son aşamada su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumundaki debi değeri kullanılarak elde edilen güç hesabı yapılacaktır. Hesaplanan bu değerler kullanılarak ve Microsoft Office Excel programından yararlanılarak 1 yıllık debi, basınç seviyesi, elde edilen güç grafikleri oluşturulacaktır.

3.10. Su Türbinlerinin Kullanılması Durumunda Maliyet Analizi

3.10.1. Su türbinlerinin kullanılması durumunda elde edilen elektrik geliri miktarının belirlenmesi

Küçük ölçekli hidroelektrik kurulumu için sermaye maliyeti £3000-£6000/kW arasında değişmektedir (Gaius-Obaseki 2010). Su boruları için hidroelektrik türbin kuran ve tedarik eden bir Amerikan firma \$3500-\$7000/kW arasında kurulum maliyeti tahmin etmiştir (Colombo and Kleiner 2011). Bu kaynaklardan yararlanarak yatırım maliyeti £6000/kW= \$9180/kW (Sterlin-Dolar paritesi 1,53 alınmıştır) olarak kabul edilmiştir (Yatırım bedeli ve lisans bedelleri dahildir). Bu değer kullanılarak alt bölgelerde su türbini kullanılması durumunda yatırım maliyeti hesaplanacaktır.

Daha sonra alt bölgeler için su dağıtım şebekesinde su türbin kullanılması durumunda yıllık elektrik üretim miktarı hesaplanacaktır. Yıllık elektrik üretim miktarı hesabı (kWh) Eşitlik 3.8’de verilmektedir.

$$\text{Yıllık elektrik üretim miktarı} = \text{kW} * 365 * 24 = \text{kWh} \quad (3.8)$$

Üretilen elektriğin YEK (Yenilenebilir Enerji Kaynakları) kapsamında satılması durumunda satış bedeli 0,072 \$/kWh’dır (Ertuğrul ve Kurt 2009, TKB 2010). Bu değerden yararlanılarak su dağıtım şebekesinde su türbini kullanılması durumunda üretilen elektriğin satış bedeli hesaplanacaktır.

İşletme maliyeti yaklaşık olarak ~0,013 \$/kWh’tır (Ertuğrul ve Kurt 2009; TKB 2010). Bu değerden yararlanılarak su dağıtım şebekesinde su türbini kullanılması durumunda alt bölgeler için işletme maliyeti hesaplanacaktır.

Su dağıtım şebekesinde su türbini kullanılması durumunda alt bölgeler için yıllık ne kadar net elektrik geliri elde edileceği Eşitlik 3.9 kullanılarak hesaplanacaktır.

$$\begin{aligned} &\text{Su türbini kullanılması durumunda yıllık elektrik geliri} && (3.9) \\ &= \text{Yıllık elektrik üretim miktarı (kWh)} \times [\text{Satış bedeli (0,072 $/kWh)} - \text{İşletme} \\ &\text{maliyeti (0,013 $/kWh)}] \end{aligned}$$

Tez kapsamında NPV hesabı yapılmamıştır.

3.10.2. Su türbini kullanılması durumunda su tasarrufuna bağlı olarak elde edilen gelir miktarının belirlenmesi

Antalya merkez İlçelerdeki içme suyu tarifleri ASAT tarafından 01.01.2015 tarihinde yürürlüğe girmiştir, Antalya merkez ve merkeze bağlı yerlerde, KDV hariç 1 m³ su kullanım fiyatları Çizelge 3.6 ‘da verilmektedir.

Çizelge 3.6. Antalya merkez ve merkeze bağlı yerlerde, KDV hariç 1 m³ su kullanım fiyatları (ASAT 2015)

	Antalya Merkez İlçelerdeki İçme Suyu Tarifeleri-TL(KDV Hariç)	Antalya Merkez İlçelerine Bağlı Orman Köyleri Ve Özel Kişiliği Kaldırılarak Mahalleye Dönüşen Yerlerde İçme Suyu Tarifeleri-TL(KDV Hariç)
Mesken	2,26	0,56
İşyeri	3,56	0,56
Resmi Daireler	1,72	0,56
İnşaatlar	3,56	0,56
Hayır Kurumu Dernek ve Vakıflar	1,72	0,56
Umumi Yerlere Ait Tuvaletler	2,60	0,56
Bahçe ve Seralar	2,26	0,56
Şehit ve Gaziler İçin	0,18	0,23
Özürülüler İçin	1,94	0,56
Amatör Sporcular İçin (İlgili Kanuna Göre Aylık Bağlanan)	1,03	0,56
Belediyeler ve Belediyelere Ait Park ve Bahçeler	1,72	0,56
Otel, Motel ve Pansiyonlar	3,50	3,50

Çizelge 3.6'dan yararlanarak KDV dahil 1 m³ su kullanım fiyatı ortalama olarak 2,50 TL olarak kabul edilerek, su tasarrufu sağlanması durumunda yılda ne kadar gelir elde edileceği hesaplanacaktır. Hesaplamalarda 1\$=3 TL olarak kabul edilmiştir.

3.10.3. Su türbini kullanılması durumunda yıllık elde edilen toplam gelir miktarının ve geri ödeme süresinin hesaplanması

Su dağıtım şebekesinde su türbini kullanılması durumunda geri ödeme süresi Eşitlik 3.10 kullanılarak hesaplanacaktır (ESHA 2004).

$$\text{Geri ödeme süresi (yıl)} \quad (3.10)$$

= Tesisin yatırım maliyeti/[Yıllık toplam gelir (Su türbini kullanılması durumunda yıllık toplam gelir + Su tasarrufuna bağlı olarak elde edilen gelir)]

3.11. Karbon Dioksit Emisyonu Azalımının Belirlenmesi

3.11.1. Enerji kazanımına bağlı karbon dioksit emisyonu azalımının belirlenmesi

Alt bölgelerde elde edilen enerji miktarı ve Türkiye enerji birim emisyon eşleniği değeri 0,53426 kgCO₂/kWh (Can 2007) kullanılarak karbon dioksit emisyonu azalım miktarı hesaplanacaktır. Aynı hesaplamalar senaryo uygulanması durumu içinde yapılacaktır.

3.11.2. Elde edilen su tasarrufuna bağlı karbon dioksit emisyonu azalımının belirlenmesi

Antalya için 2013 yılında 1 m³/sa su üretmek için 0,67 kWh enerji harcanmaktadır (ASAT 2013). Bu değerden ve Türkiye enerji birim emisyon eşleniği

değerinden (0,53426 kgCO₂/kWh) yararlanarak alt bölgelerde su tasarrufuna bağlı olarak elde edilen karbondioksit azalım miktarı hesaplanacaktır.

4. BULGULAR

Tez kapsamında ilk önce seçilen bir bölge için (Alt bölge-8) ayrıntılı elde edilen güç hesaplamaları yapılmıştır. Daha sonra diğer alt bölgeler için hesaplamalar yapılmıştır ve toplam olarak elde edilen enerji miktarı hesaplanmıştır. Hesaplamalar ASAT'dan ölçüm sonucunda 5 dakika aralıklarla alınan 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan 1 yıllık veriler ile yapılmıştır. Alt bölgeler için enerji hesaplamalarında Kara'nın (Kara 2011) Yüksek lisans tezinde EPANET programı kullanılarak bulunduğu optimum basınç değerleri kullanılmıştır.

4.1. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için hesaplamalar

Şekil 3.1'de gösterilen alt bölge-8 için 5 dakika aralıkla alınan verilerden yararlanılarak ilk olarak seçilen 1 gün için ortalama saatlik, daha sonra günlük, aylık, mevsimsel ve yıllık hesaplamalar yapılmıştır.

4.1.1. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için şebekedeki mevcut enerji seviyesi hesabı, uygun türbin ve türbin verimi seçimi

Alt Bölge-8'in optimum basınç değerinin hesaplanmasında Kara'nın (Kara 2011) yüksek lisans tezinde EPANET programı kullanılarak hesapladığı optimum basınç değeri (30 m) kullanılmıştır. 5 dakikalık verilerden yararlanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda yıllık ortalama basınç seviyesi (PH) 47,58 m olarak bulunmuştur. Daha önceden de açıklandığı gibi şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H), basınç seviyesi (PH) ile optimum basınç seviyesi (BP) arasındaki farktır. Bulunan bu değerlerden yararlanılarak şebekedeki yıllık ortalama olarak mevcut enerji seviyesi (H) 17,58 m olarak hesaplanmıştır.

5 dakikalık verilerden yararlanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda yıllık ortalama debi $113,60 \text{ m}^3/\text{sa}$, türbin takıldıktan sonra debi $101,37 \text{ m}^3/\text{sa} \approx 0,0282 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak bulunmuştur. Bulunan mevcut enerji seviyesi ve türbin takıldıktan sonra debi değerleri için Çizelge 2.4 ve Şekil 2.8 kullanılarak kaplan türbini seçilmiştir. Kullanılacak kaplan türbini için toplam verim (jenarötör verimi dahil) %70 olarak kabul edilmiştir.

4.1.2. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 05.06.2009 tarihi için ortalama saatlik hesaplamalar

Su türbini kullanılarak basınç azaltılması durumunda 05.06.2009 tarihinde 00:00-01:00 saatleri arasında elde edilecek tasarruf miktarının ve elde edilen tasarruf sonrası yeni debi değerinin hesaplanması aşağıda verilmektedir.

Alt bölge 8 için %52,27 düzeyinde gerçek su kaybı olduğu hesaplanarak (Yılmaz 2011) ve Bölüm 3.8'den yararlanılarak elde edilen tasarruf sonrası yeni debi değerleri hesaplanmıştır.

Türbin takılmadan önce debi $100,82 \text{ m}^3/\text{sa}$, alt bölge 8 için %52,27 düzeyinde gerçek su kaybı olduğu için gerçek su kaybı $=Q_1=100,82 \times 0,5227= 52,70 \text{ m}^3/\text{sa}$

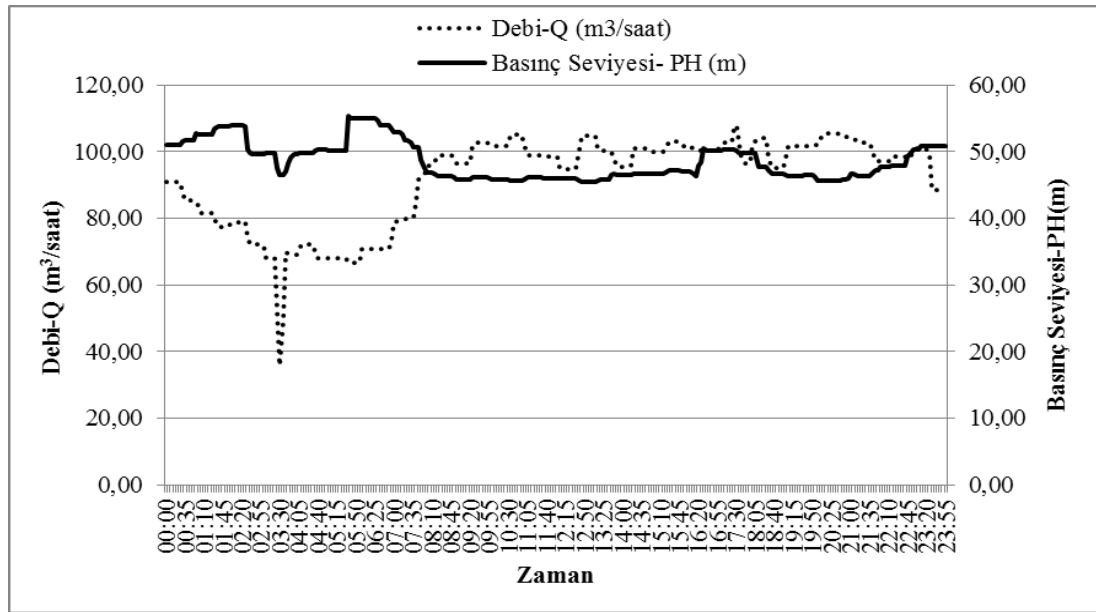
h_1 =Türbin takılmadan önceki basınç=51,45 m
 h_2 =Optimum basınç=30 m

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{h_1}{h_2}} \rightarrow \frac{52,70}{Q_2} = \sqrt{\frac{51,45}{30}} \rightarrow Q_2 = 40,24 \text{ m}^3/\text{sa}$$

Basınç yüksekliğini h_2 'den h_1 'e düşürmekle su kaybından yapılan tasarruf
 $= Q_1 - Q_2 = 52,70 - 40,24 = 12,46 \text{ m}^3/\text{sa}$

Elde edilen tasarruf sonrası yeni debi = İlk debi- Su kaybından yapılan tasarruf
 $= 100,82 - 12,46$
 $= 88,36 \text{ m}^3/\text{sa}$

Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 05.06.2009 gününe ait 5 dakika aralıkla hesaplanan 24 saatlik debi ve basınç seviyesi değerleri Ek-1'de verilmektedir. Alt bölge-8 için 05.06.2009 gününde 5 dakika aralıkla 24 saatlik debi (Q) ve basınç seviyesi (PH) değişimi Şekil 4.1'de gösterilmektedir.



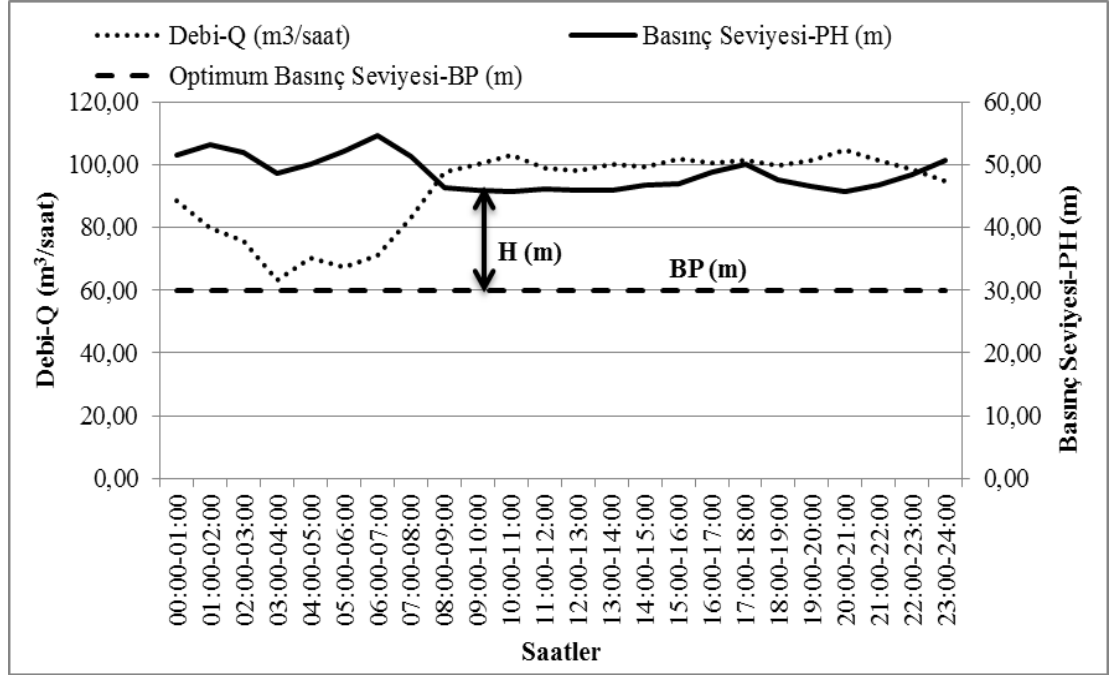
Şekil 4.1. Alt bölge-8 için su türbini takıldıktan sonra 05.06.2009 gününde 5 dakika aralıkla 24 saatlik debi (Q) ve basınç seviyesi (PH) değişimi

Alt bölge-8 için 05.06.2009 tarihine ait 5 dakika aralıklarla hesaplanan verilerden yararlanılarak ortalama saatlik debi, basınç seviyesi, türbin takıldıktan sonra saatlik ortalama debi değerleri hesaplanmıştır. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 05.06.2009 tarihine ait şebekedeki saatlik mevcut enerji seviyesi (H) ve elde edilen güç (kW) hesabı Çizelge 4.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 05.06.2009 tarihine ait şebekedeki saatlik mevcut enerji seviyesi (H) ve elde edilen güç (kW) hesabı

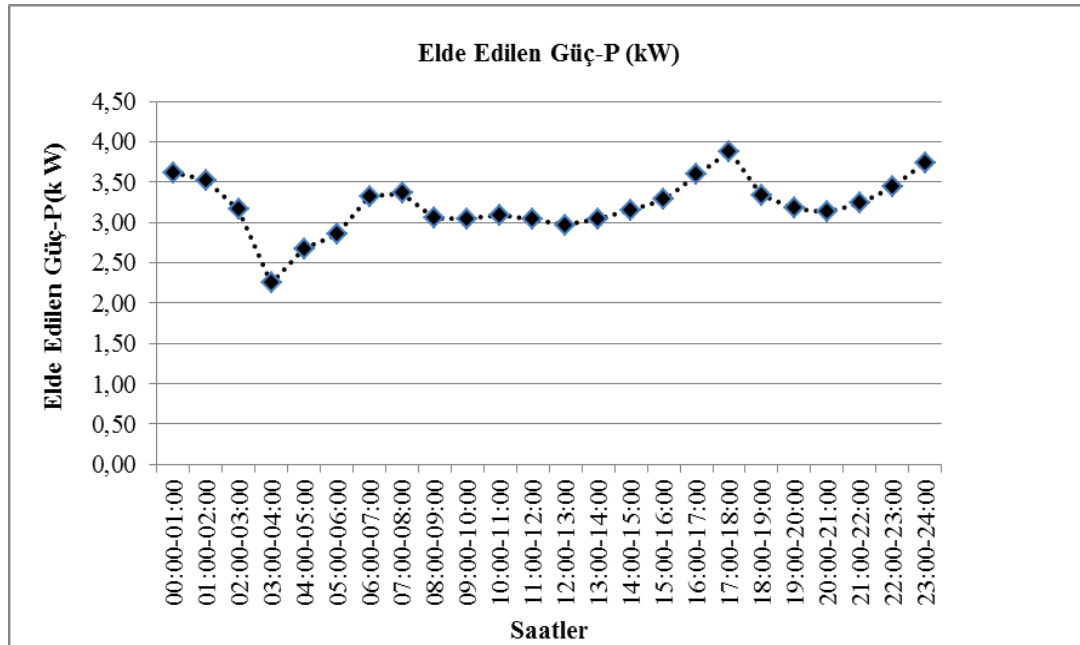
Saat	Saatlik Ortalama Debi- Q(m ³ /saat)	Türbin Takıldıktan Sonra Saatlik Ortalama Debi-Q (m ³ /saat)	Türbin Takıldıktan Sonra Saatlik Ortalama Debi (m ³ /sn)	Saatlik Ortalama Basınç Seviyesi-PH (m)	Optimum Basınç Seviyesi-BP (m)	Şebekedeki Mevcut Enerji Seviyesi-H(m)=PH-BP	Suyun Özgül Ağırlığı (γ) kN/m ³	Tesisin Toplam Verimliliği (e ₀)	Elde Edilen Güç-P(kW)
00:00-01:00	100,82	88,36	0,0245	51,45	30,00	21,45	9,81	0,70	3,61
01:00-02:00	91,74	79,82	0,0222	53,14	30,00	23,14	9,81	0,70	3,52
02:00-03:00	86,56	75,72	0,0210	51,86	30,00	21,86	9,81	0,70	3,16
03:00-04:00	71,32	63,32	0,0176	48,64	30,00	18,64	9,81	0,70	2,25
04:00-05:00	79,57	70,20	0,0195	49,97	30,00	19,97	9,81	0,70	2,67
05:00-06:00	77,09	67,34	0,0187	52,21	30,00	22,21	9,81	0,70	2,85
06:00-07:00	82,17	71,08	0,0197	54,51	30,00	24,51	9,81	0,70	3,32
07:00-08:00	94,71	83,10	0,0231	51,19	30,00	21,19	9,81	0,70	3,36
08:00-09:00	108,74	97,61	0,0271	46,39	30,00	16,39	9,81	0,70	3,05
09:00-10:00	111,10	99,95	0,0278	45,96	30,00	15,96	9,81	0,70	3,04
10:00-11:00	114,50	103,14	0,0286	45,70	30,00	15,70	9,81	0,70	3,09
11:00-12:00	110,15	99,04	0,0275	46,05	30,00	16,05	9,81	0,70	3,03
12:00-13:00	109,03	98,13	0,0273	45,85	30,00	15,85	9,81	0,70	2,97
13:00-14:00	111,47	100,29	0,0279	45,92	30,00	15,92	9,81	0,70	3,05
14:00-15:00	110,57	99,12	0,0275	46,66	30,00	16,66	9,81	0,70	3,15
15:00-16:00	113,60	101,69	0,0282	46,95	30,00	16,95	9,81	0,70	3,29
16:00-17:00	113,37	100,61	0,0279	48,72	30,00	18,72	9,81	0,70	3,59
17:00-18:00	114,96	101,39	0,0282	50,07	30,00	20,07	9,81	0,70	3,88
18:00-19:00	111,54	99,53	0,0276	47,59	30,00	17,59	9,81	0,70	3,34
19:00-20:00	112,87	101,30	0,0281	46,43	30,00	16,43	9,81	0,70	3,18
20:00-21:00	116,27	104,76	0,0291	45,66	30,00	15,66	9,81	0,70	3,13
21:00-22:00	113,19	101,44	0,0282	46,72	30,00	16,72	9,81	0,70	3,23
22:00-23:00	110,50	98,24	0,0273	48,34	30,00	18,34	9,81	0,70	3,44
23:00-24:00	107,53	94,54	0,0263	50,75	30,00	20,75	9,81	0,70	3,74

Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 05.06.2009 tarihine ait saatlik ortalama debi (Q), basınç seviyesi (PH) ve optimum basınç seviyesi (BP), şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değişimi Şekil 4.2'de gösterilmektedir.



Şekil 4.2. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 05.06.2009 tarihine ait saatlik ortalama debi (Q), basınç seviyesi (PH) ve optimum basınç seviyesi (BP), şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değişimi

Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 05.06.2009 tarihine ait saatlik elde edilen güç değişimi (kW) Şekil 4.3'te gösterilmektedir.



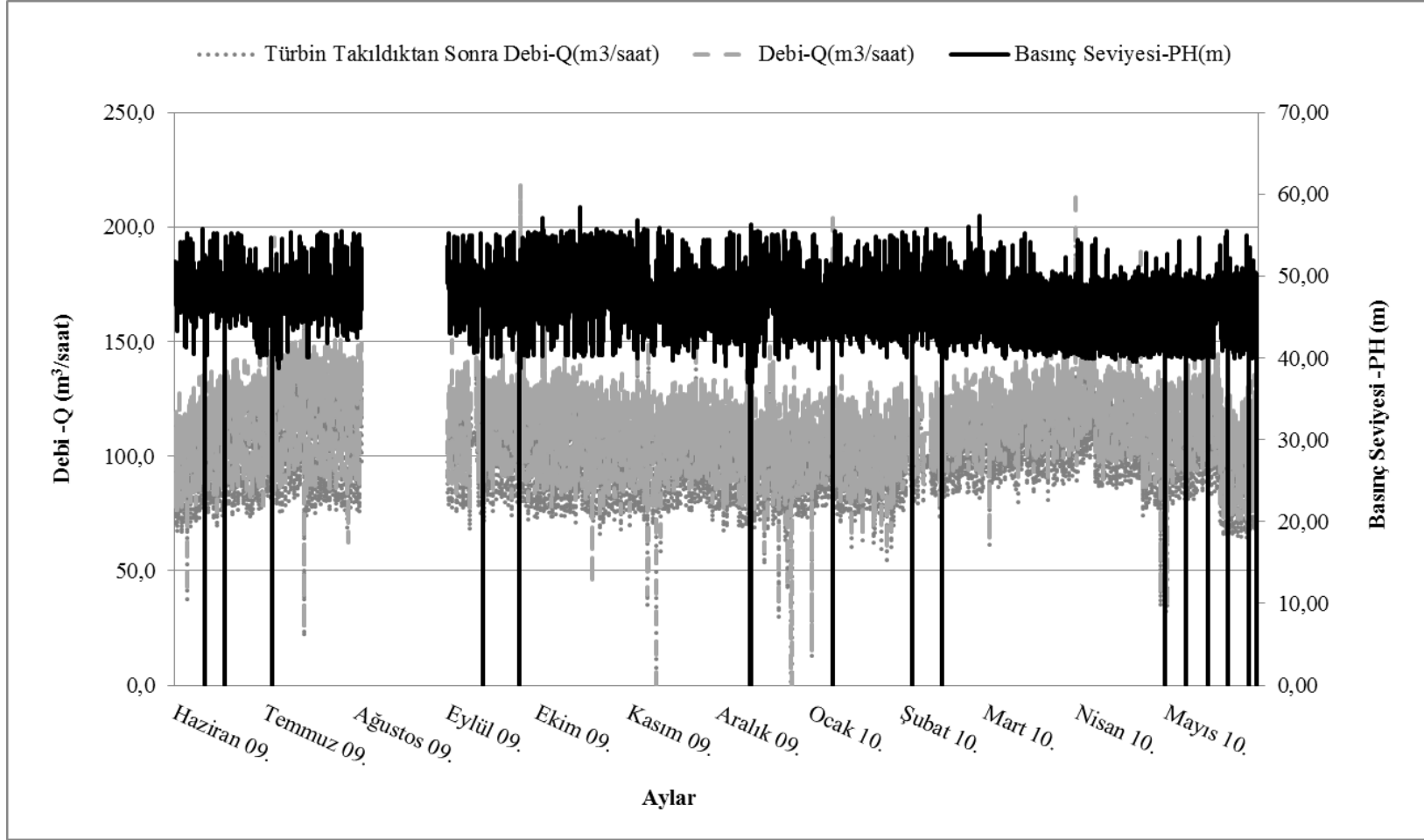
Şekil 4.3. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 05.06.2009 tarihine ait saatlik elde edilen güç değişimi (kW)

4.1.3. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihleri arasında hesaplamalar

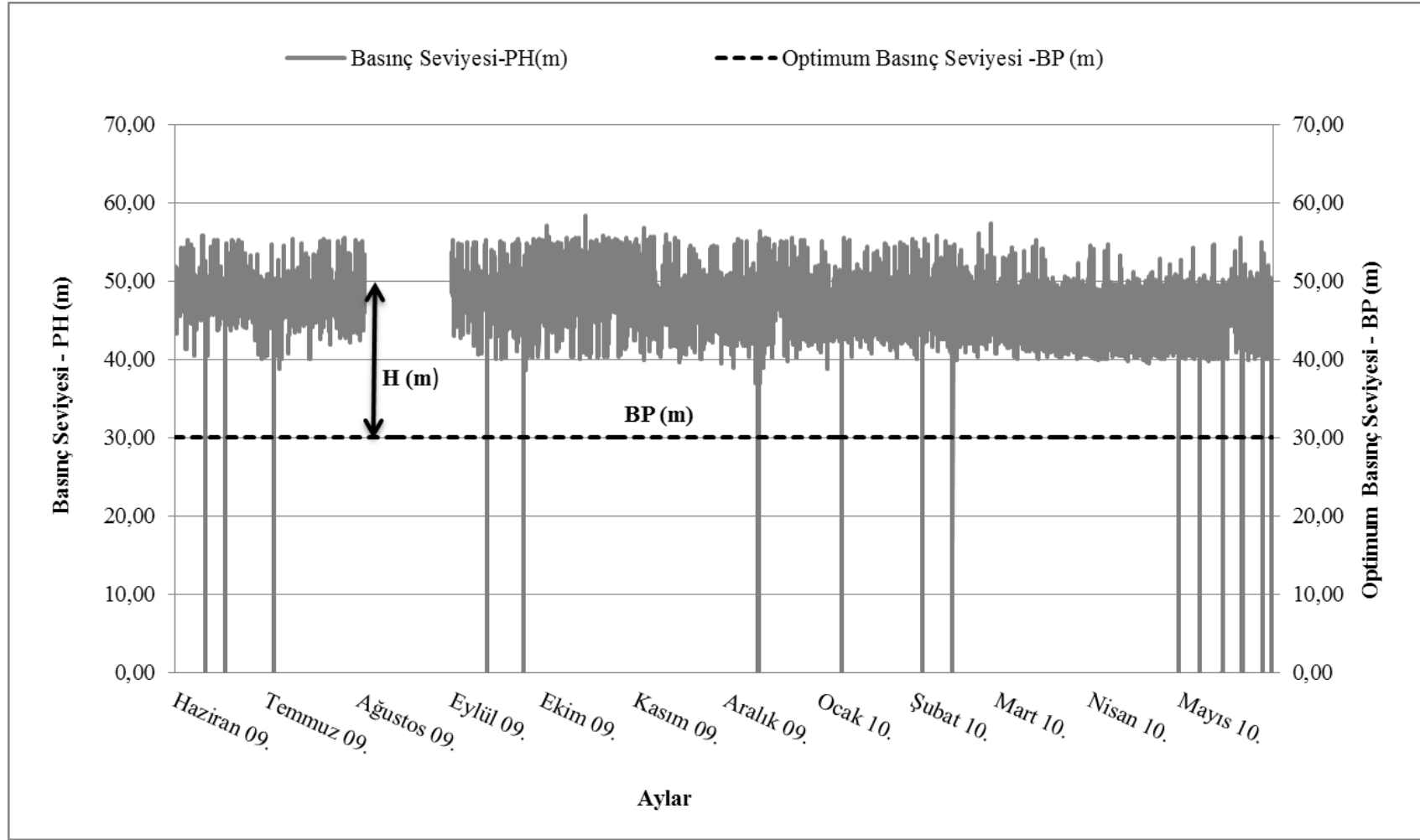
Su türbini takıldıktan sonra ilk aşamada 5 dakikalık sonra günlük, aylık, mevsimsel ve yıllık hesaplamalar yapılmıştır.

4.1.3.1. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihleri arasında 5 dakikalık hesaplamalar

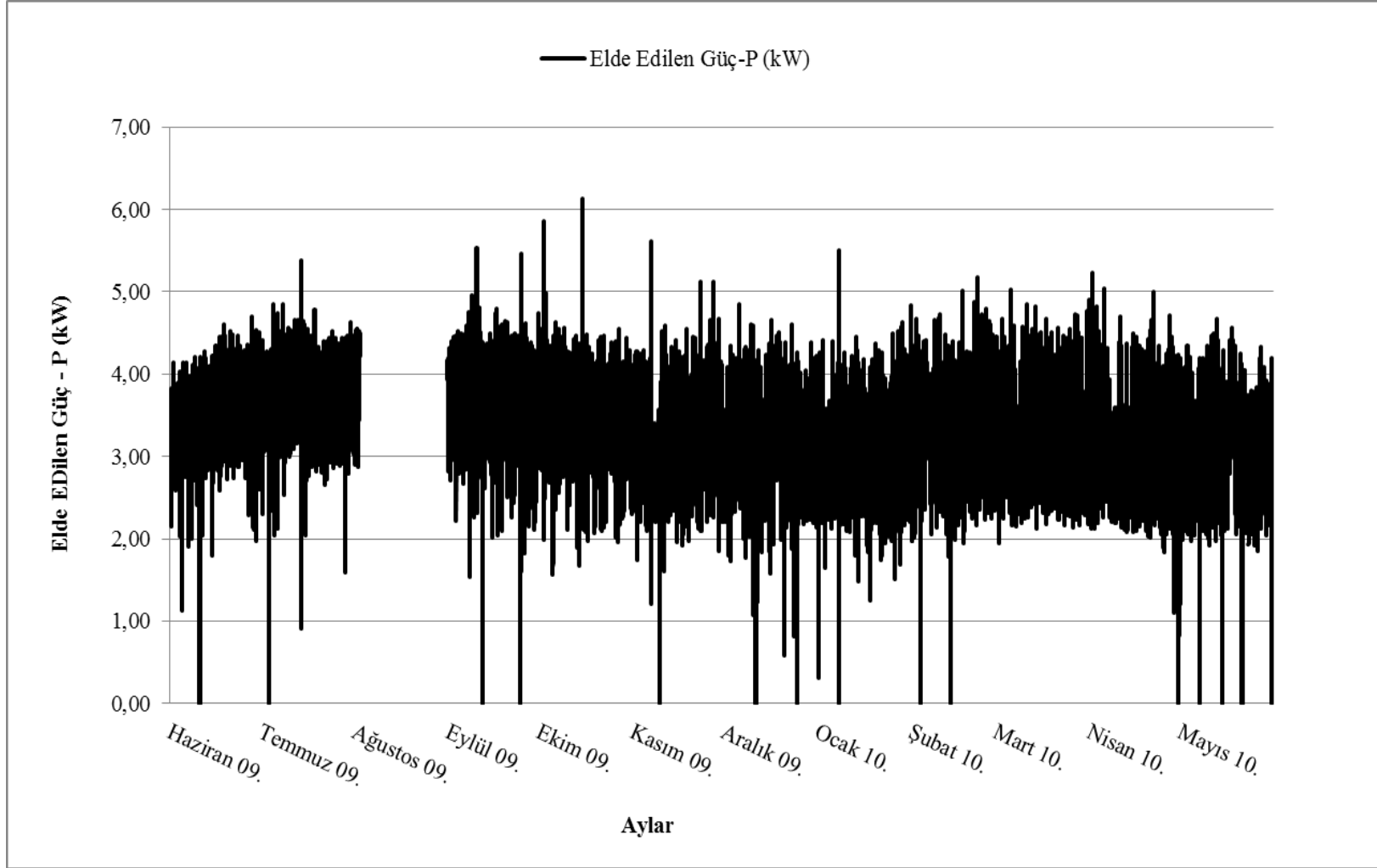
Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için yapılan hesaplamalar sonucunda Microsoft Office Excel programından yararlanılarak 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla değişim grafikleri (Şekil 4.4-Şekil 4.5-Şekil 4.6) oluşturulmuştur.



Şekil 4.4. Alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıklarla debi (Q) ve basınç seviyesi (PH) değişimi



Şekil 4.5. Alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıklarla basınç seviyesi (PH), optimum basınç seviyesi (BP), şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değişim

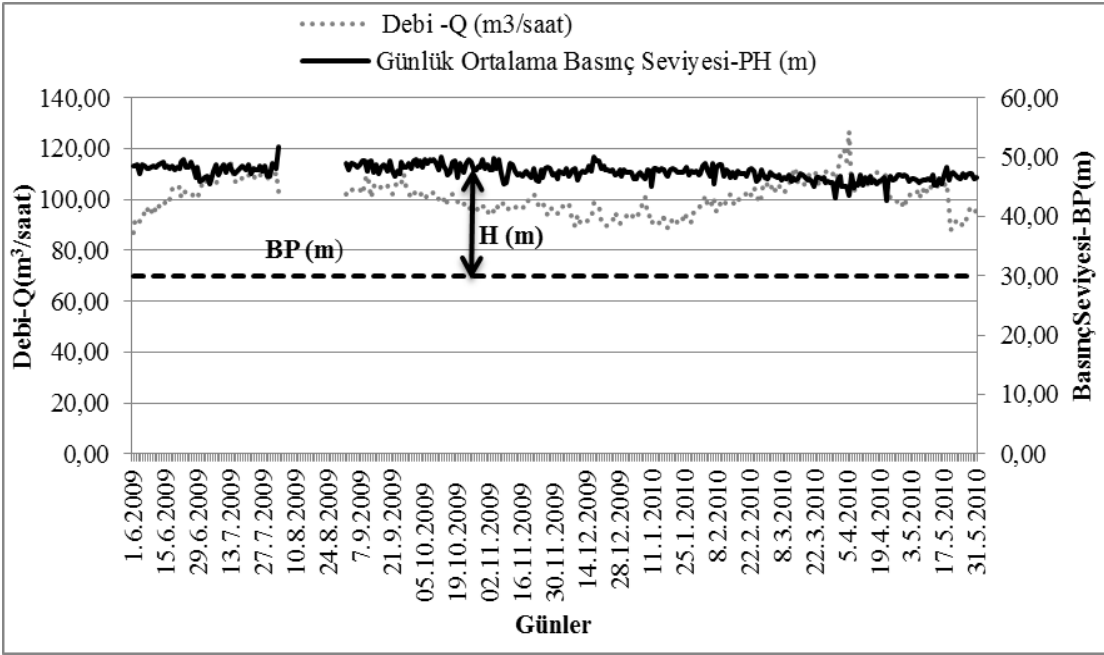


Şekil 4.6. Alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla elde edilen güç (P) değişimi

4.1.3.2. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda ortalama günlük hesaplamalar

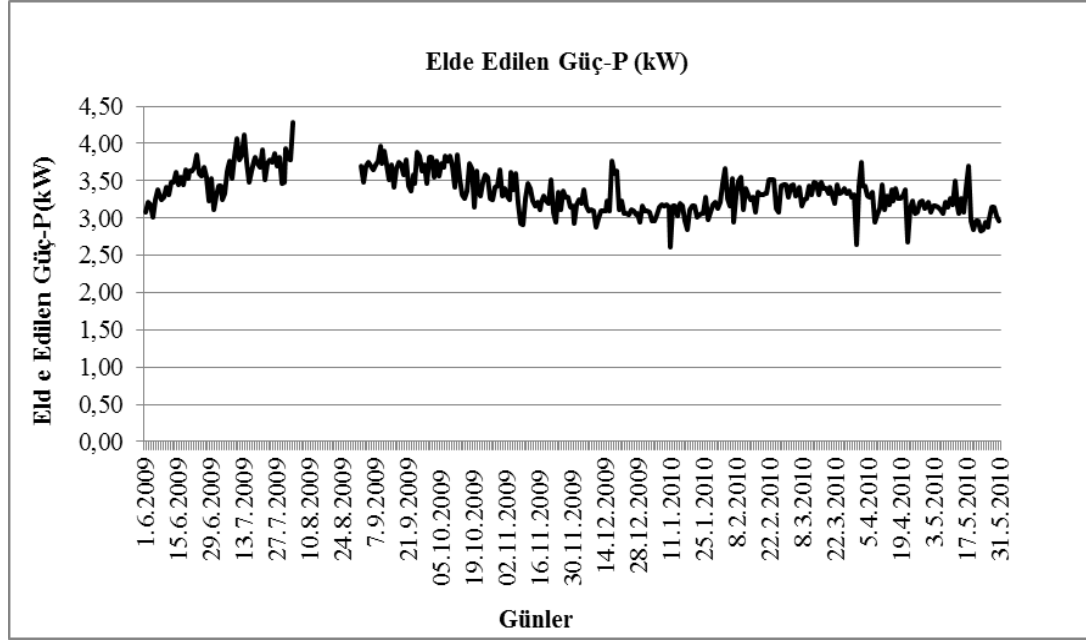
Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda günlük ortalama debi ve basınç seviyesi değerleri Ek-2'de verilmektedir. Arıza ya da bakım nedeniyle bazı zamanlarda debi ve basınç seviyesi ölçülemediği görülmüştür.

Su türbini takıldıktan sonra 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda günlük ortalama debi (Q), basınç seviyesi (PH), optimum basınç seviyesi (BP) ve şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değişimi Şekil 4.7'de gösterilmektedir.



Şekil 4.7. Su türbini takıldıktan sonra 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda günlük ortalama debi (Q), basınç seviyesi (PH) optimum basınç seviyesi (BP) ve şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değişimi

Su türbini takıldıktan sonra 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda günlük elde edilen güç (P) değişimi Şekil 4.8'de gösterilmektedir.



Şekil 4.8. Su türbini takıldıktan sonra 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda günlük elde edilen güç (P) değişimi

4.1.3.3. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda ortalama aylık hesaplamalar

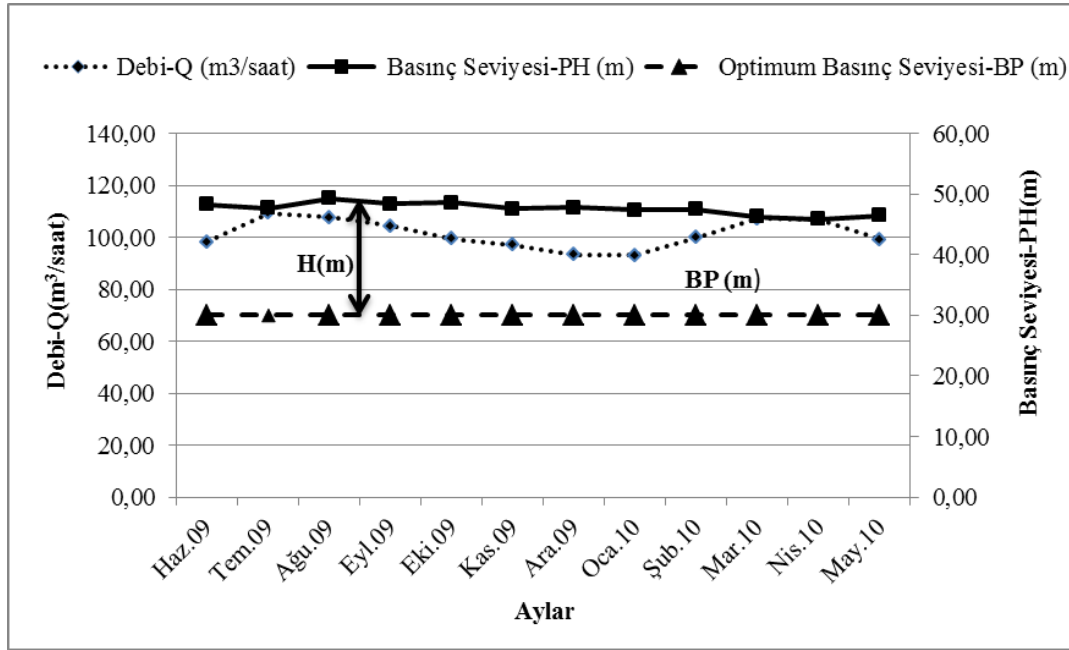
Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekedeki aylık mevcut enerji seviyesi (H) hesabı Çizelge 4.2’de verilmektedir.

Çizelge 4.2. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekedeki aylık mevcut enerji seviyesi (H) hesabı

Tarih	Aylık Ortalama Debi-Q (m ³ /saat)	Türbin Takıldıktan Sonra Aylık Ortalama Debi-Q (m ³ /saat)	Aylık Ortalama Basınç Seviyesi-PH (m)	Optimum Basınç Seviyesi-BP (m)	Şebekedeki Mevcut Enerji Seviyesi-H(m)=PH-BP
Haziran 09	110,61	98,37	48,28	30	18,28
Temmuz 09	122,48	109,25	47,65	30	17,65
Ağustos 09	121,60	107,61	49,31	30	19,31
Eylül 09	117,52	104,44	48,42	30	18,42
Ekim 09	112,14	99,57	48,62	30	18,62
Kasım 09	108,93	97,22	47,54	30	17,54
Aralık 09	104,71	93,37	47,73	30	17,73
Ocak 10	104,33	93,21	47,33	30	17,33
Şubat 10	112,01	100,01	47,46	30	17,46
Mart 10	119,37	107,20	46,30	30	16,30
Nisan 10	119,02	107,11	45,89	30	15,89
Mayıs 10	110,51	99,17	46,46	30	16,46

Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda aylık ortalama debi (Q), basınç seviyesi (PH) ve optimum basınç

seviyesi (BP), şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değişimi Şekil 4.9'da gösterilmektedir.



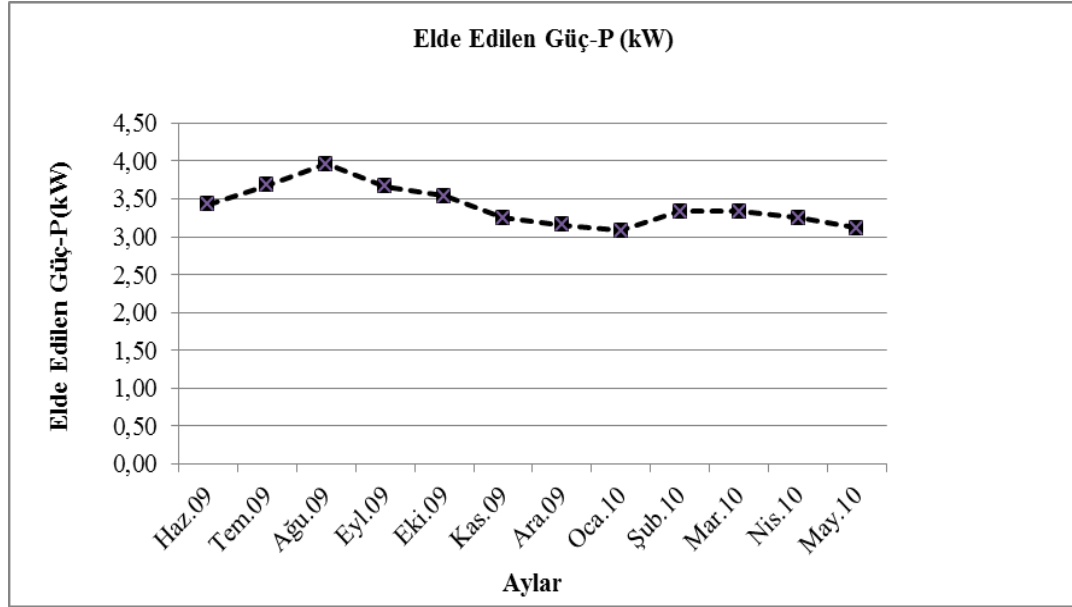
Şekil 4.9. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda aylık ortalama debi (Q), basınç seviyesi (PH) ve optimum basınç seviyesi (BP), şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değişimi

Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede aylık elde edilen güç hesabı Eşitlik 3.1 kullanılarak hesaplanmıştır ve Çizelge 4.3'te verilmektedir.

Çizelge 4.3. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede aylık elde edilen güç hesabı

Tarih	Aylık Ortalama Debi-Q (m ³ /saat)	Türbin Takıldıktan Sonra Aylık Ortalama Debi-Q (m ³ /saat)	Türbin Takıldıktan Sonra Aylık Ortalama Debi-Q (m ³ /sn)	Aylık Ortalama Basınç Seviyesi-PH (m)	Optimum Basınç Seviyesi-BP (m)	Şebekedeki Mevcut Enerji Seviyesi-H(m)=PH-BP	Suyun Özgül Ağırlığı (γ) kN/m ³	Tesisin Toplam Verimliliği (e ₀)	Elde Edilen Güç-P(kW)	Elde Edilen Su Tasarrufu (m ³ /sa)
Haziran 09	110,61	98,37	0,0273	48,28	30	18,28	9,81	0,7	3,43	12,24
Temmuz 09	122,48	109,25	0,0303	47,65	30	17,65	9,81	0,7	3,68	13,22
Ağustos 09	121,60	107,61	0,0299	49,31	30	19,31	9,81	0,7	3,96	13,98
Eylül 09	117,52	104,44	0,0290	48,42	30	18,42	9,81	0,7	3,67	13,07
Ekim 09	112,14	99,57	0,0277	48,62	30	18,62	9,81	0,7	3,54	12,57
Kasım 09	108,93	97,22	0,0270	47,54	30	17,54	9,81	0,7	3,25	11,71
Aralık 09	104,71	93,37	0,0259	47,73	30	17,73	9,81	0,7	3,16	11,34
Ocak 10	104,33	93,21	0,0259	47,33	30	17,33	9,81	0,7	3,08	11,12
Şubat 10	112,01	100,01	0,0278	47,46	30	17,46	9,81	0,7	3,33	12,00
Mart 10	119,37	107,20	0,0298	46,30	30	16,30	9,81	0,7	3,33	12,17
Nisan 10	119,02	107,11	0,0298	45,89	30	15,89	9,81	0,7	3,25	11,91
Mayıs 10	110,51	99,17	0,0275	46,46	30	16,46	9,81	0,7	3,11	11,35

Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009 - 31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda aylık elde edilen güç (P) değişimi Şekil 4.10'da gösterilmektedir.



Şekil 4.10. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009 - 31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda aylık elde edilen güç (P) değişimi

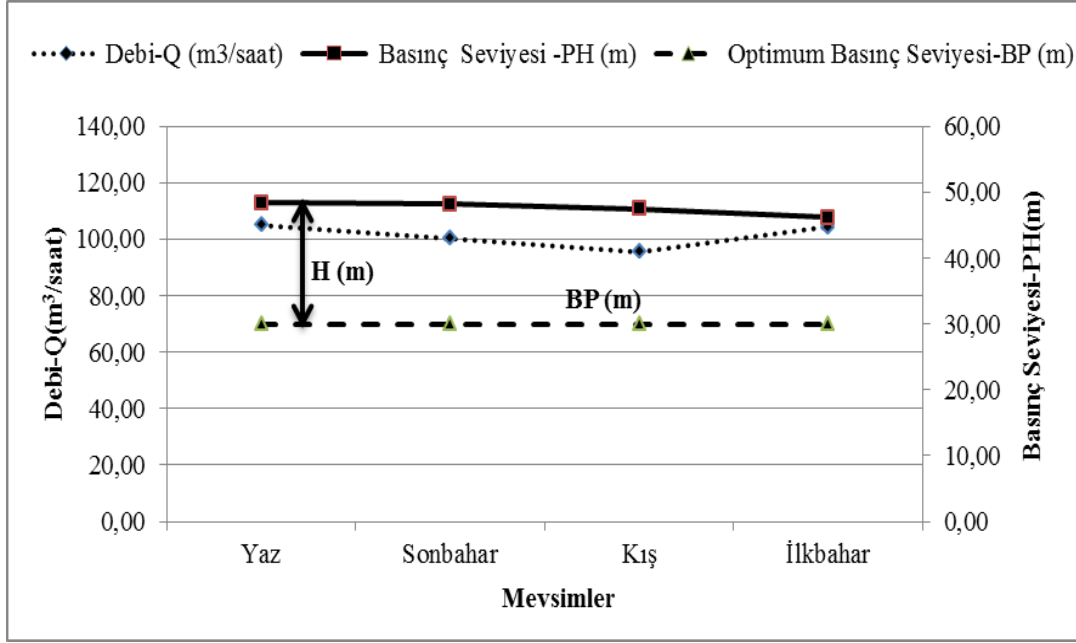
4.1.3.4. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan ortalama mevsimsel hesaplamalar

Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan mevsimsel ortalama debi, basınç seviyesi, optimum basınç seviyesi, şebekedeki mevcut enerji seviyesi değerleri Çizelge 4.4'te verilmektedir. Çizelge oluşturulurken yaz mevsimi için Haziran-Temmuz-Ağustos, sonbahar mevsimi için Eylül-Ekim-Kasım, kış mevsimi için Aralık-Ocak-Şubat, İlkbahar mevsimi için Mart-Nisan-Mayıs aylarına ait veriler kullanılmıştır.

Çizelge 4.4. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekedeki mevsimsel mevcut enerji seviyesi (H) hesabı

Mevsimler	Mevsimsel Ortalama Debi-Q (m ³ /saat)	Türbin Takıldıktan Sonra Mevsimsel Ortalama Debi-Q (m ³ /saat)	Mevsimsel Ortalama Basınç Seviyesi -PH (m)	Optimum Basınç Seviyesi-BP (m)	Şebekedeki Mevcut Enerji Seviyesi-H(m)=PH-BP
Yaz	118,23	105,08	48,42	30	18,42
Sonbahar	112,86	100,41	48,19	30	18,19
Kış	107,01	95,53	47,51	30	17,51
İlkbahar	116,30	104,49	46,22	30	16,22

Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda mevsimsel ortalama debi (Q), basınç seviyesi (PH), optimum basınç seviyesi (BP), şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değişimi Şekil 4.11'de gösterilmektedir.



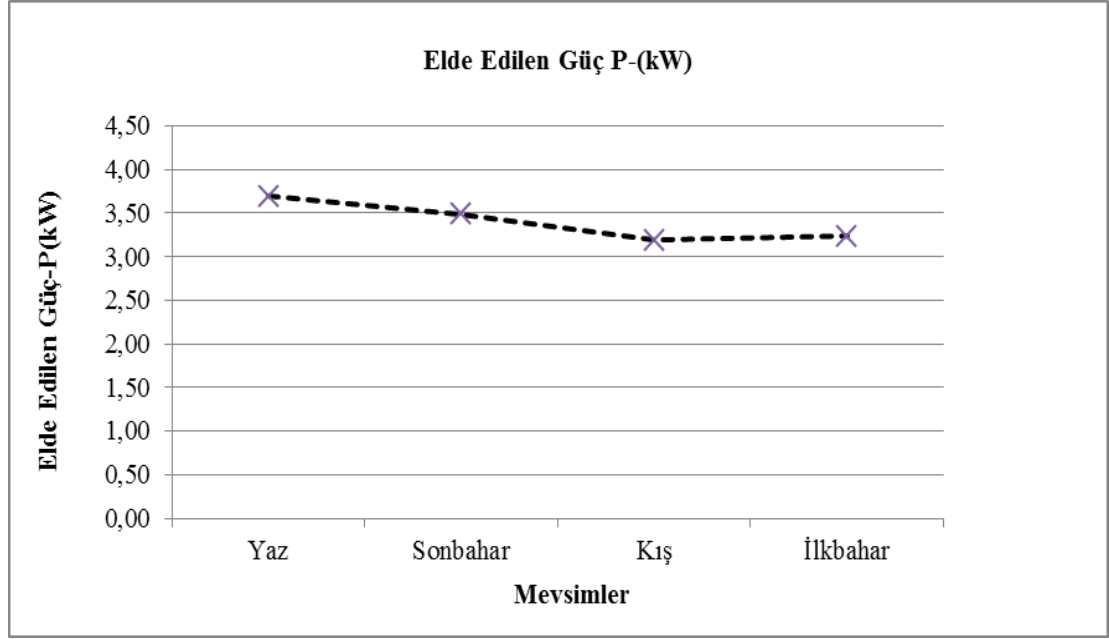
Şekil 4.11. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda mevsimsel ortalama debi (Q), basınç seviyesi (PH), optimum basınç seviyesi (BP), şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değişimi

Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede mevsimsel elde edilen güç hesabı Eşitlik 3.1 kullanılarak hesaplanmıştır ve Çizelge 4.5'te verilmektedir.

Çizelge 4.5. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede mevsimsel elde edilen güç hesabı

Mevsimler	Mevsimsel Ortalama Debi-Q (m³/saat)	Türbin Takıldıktan Sonra Mevsimsel Ortalama Debi-Q (m³/saat)	Mevsimsel Ortalama Debi-Q (m³/sn)	Mevsimsel Ortalama Basınç Seviyesi -PH (m)	Optimum Basınç Seviyesi-BP (m)	Şebekedeki Mevcut Enerji Seviyesi-H(m)=PH-BP	Suyun Özgül Ağırlığı- γ (kN/m³)	Tesisin Toplam Verimliliği (e _o)	Elde Edilen Güç P- (kW)	Elde Edilen Su Tasarrufu (m³/sa)
Yaz	118,23	105,08	0,0292	48,42	30	18,42	9,81	0,7	3,69	13,15
Sonbahar	112,86	100,41	0,0279	48,19	30	18,19	9,81	0,7	3,49	12,45
Kış	107,01	95,53	0,0265	47,51	30	17,51	9,81	0,7	3,19	11,49
İlkbahar	116,30	104,49	0,0290	46,22	30	16,22	9,81	0,7	3,23	11,81

Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda mevsimsel elde edilen güç (P) değişimi Şekil 4.12'de gösterilmektedir.



Şekil 4.12. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda mevsimsel elde edilen güç (P) değişimi

4.1.3.5. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için yıllık hesaplamalar

Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede yıllık elde edilen güç Eşitlik 3.1'den yararlanılarak hesaplanmıştır ve Çizelge 4.6'da verilmektedir.

Çizelge 4.6. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede yıllık elde edilen güç hesabı

Yıllık Ortalama Debi-Q (m ³ /saat)	Türbin Takıldıktan Sonra Yıllık Ortalama Debi-Q (m ³ /saat)	Türbin Takıldıktan Sonra Yıllık Ortalama Debi-Q (m ³ /sn)	Yıllık Ortalama Basınç Seviyesi-PH (m)	Optimum Basınç Seviyesi-BP (m)	Şebekedeki Mevcut Enerji Seviyesi-H(m)=PH-BP	Suyun Özgül Ağırlığı-γ (kN/m ³)	Tesisin Toplam Verimliliği (e ₀)	Elde Edilen Güç-P (kW)	Elde Edilen Su Tasarrufu (m ³ /sa)
113,60	101,37	0,0282	47,58	30	17,58	9,81	0,7	3,40	12,23

4.2. Su Türbini Takılması Durumunda Diğer Alt Bölgeler İçin Hesaplamalar

4.2.1. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-3 için hesaplamalar

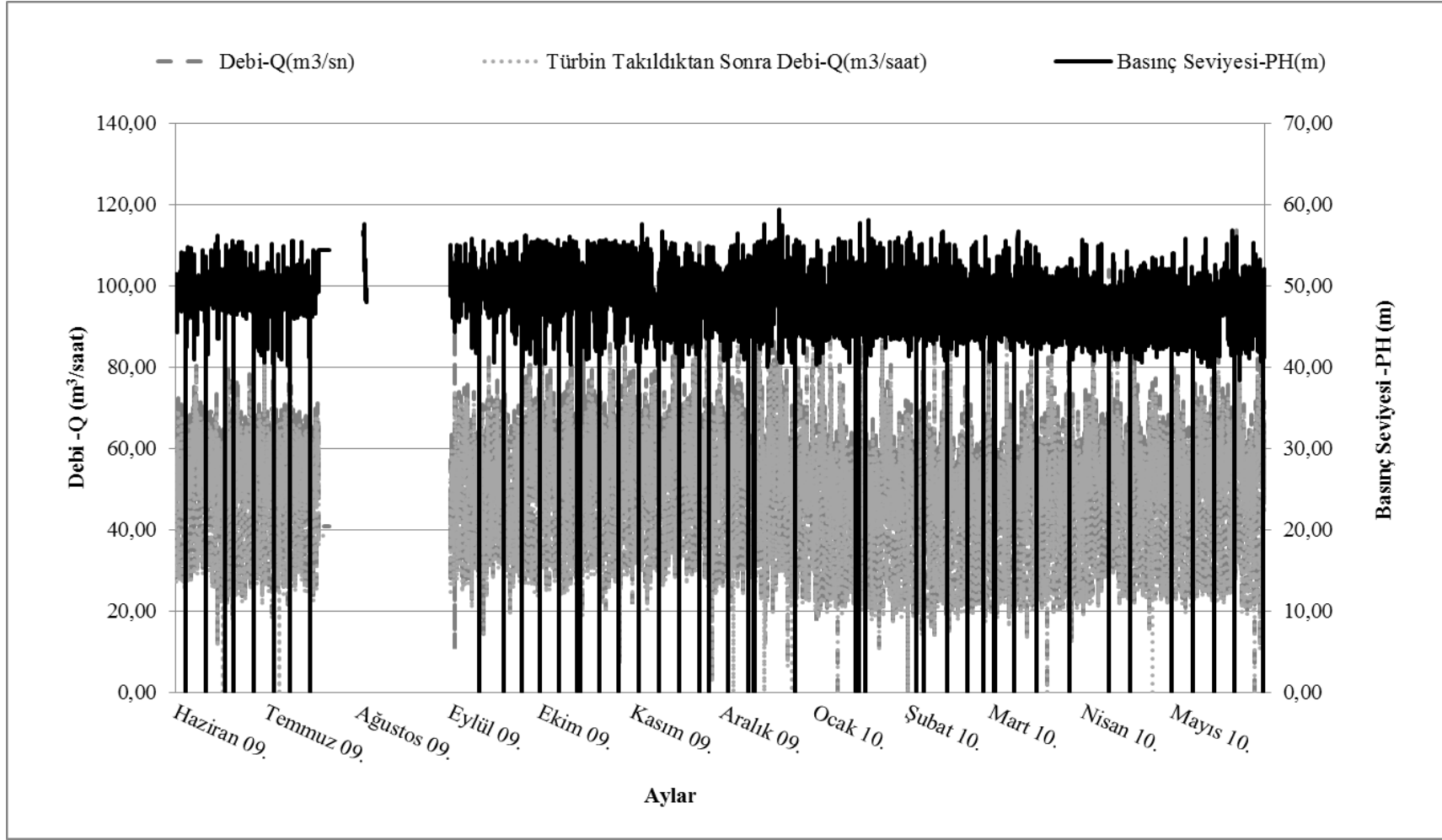
Alt bölge-3 için hesaplamalar ASAT'dan ölçüm sonucunda 5 dakika aralıklarla alınan verilerden yararlanılarak 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan 1 yıllık zaman için yapılmıştır. Alt bölge 3 için %27,07 düzeyinde gerçek su kaybı olduğu hesaplanarak (Yılmaz 2011) ve hesap aşamaları izlenerek elde edilen tasarruf sonrası yeni debi değerleri hesaplanmıştır. Arıza ya da bakım nedeniyle bazı zamanlarda debi ve basınç seviyesi ölçülememiştir.

4.2.1.1. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-3 için şebekedeki mevcut enerji seviyesi hesabı, uygun türbin ve türbin verimi seçimi

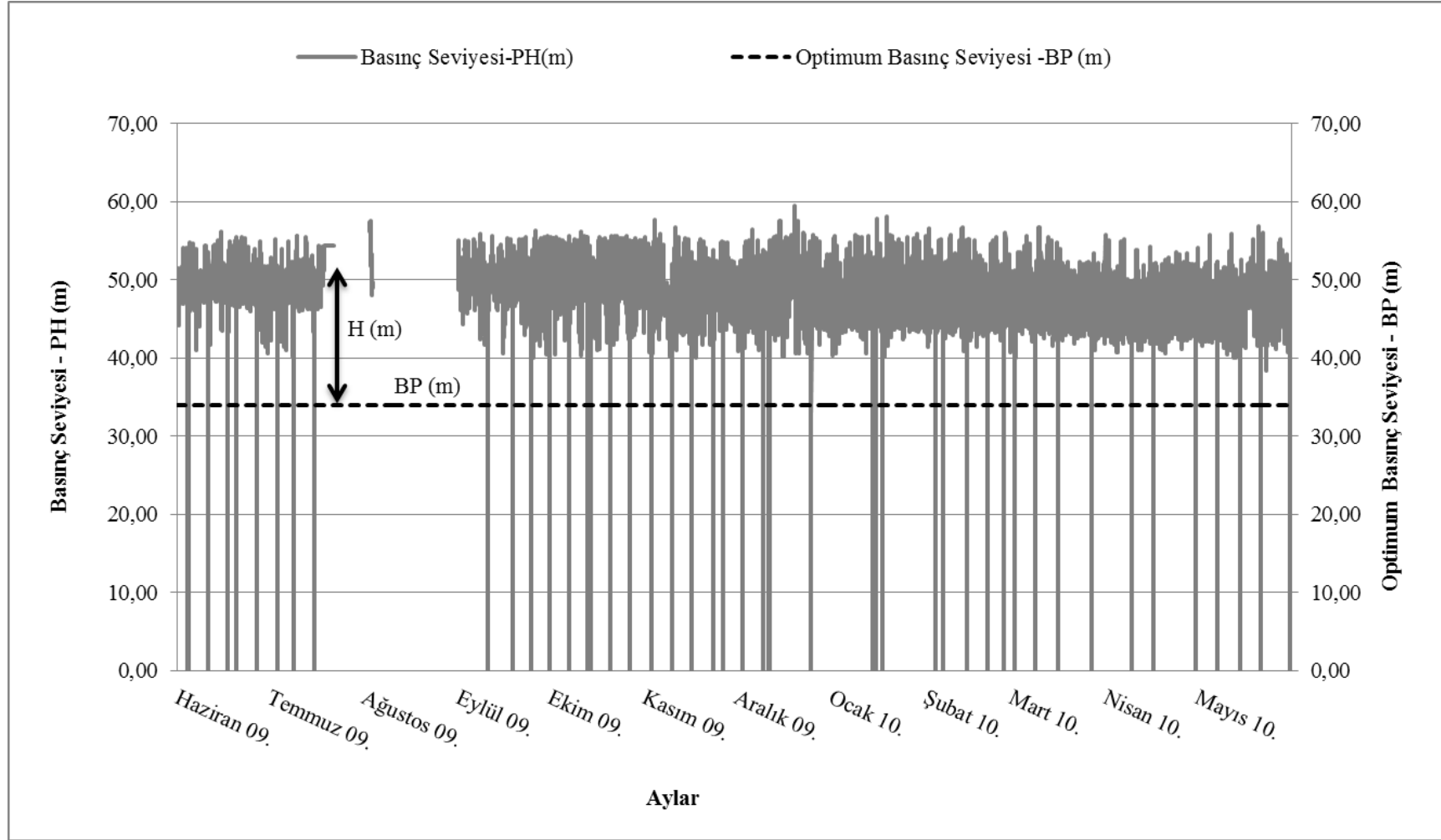
Alt bölge-3 için şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değerinin hesaplanmasında Kara'nın (Kara 2011) yüksek lisans tezinde hesapladığı optimum basınç değeri (34 m) kullanılmıştır. 5 dakikalık verilerden yararlanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda alt bölge-3 için yıllık ortalama şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) 15,08 m, debi 49,71 m³/sa, türbin takıldıktan sonra debi 47,49 m³/sa ≈ 0,0132 m³/sn olarak bulunmuştur. Bulunan mevcut enerji seviyesi ve türbin takıldıktan sonra debi değerleri için Çizelge 2.4 ve Şekil 2.8 kullanılarak kaplan türbini seçilmiştir. Kullanılacak kaplan türbini için toplam verim (jenaratör verimi dahil) %70 olarak kabul edilmiştir.

4.2.1.2. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-3 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihleri arasında 5 dakikalık hesaplamalar

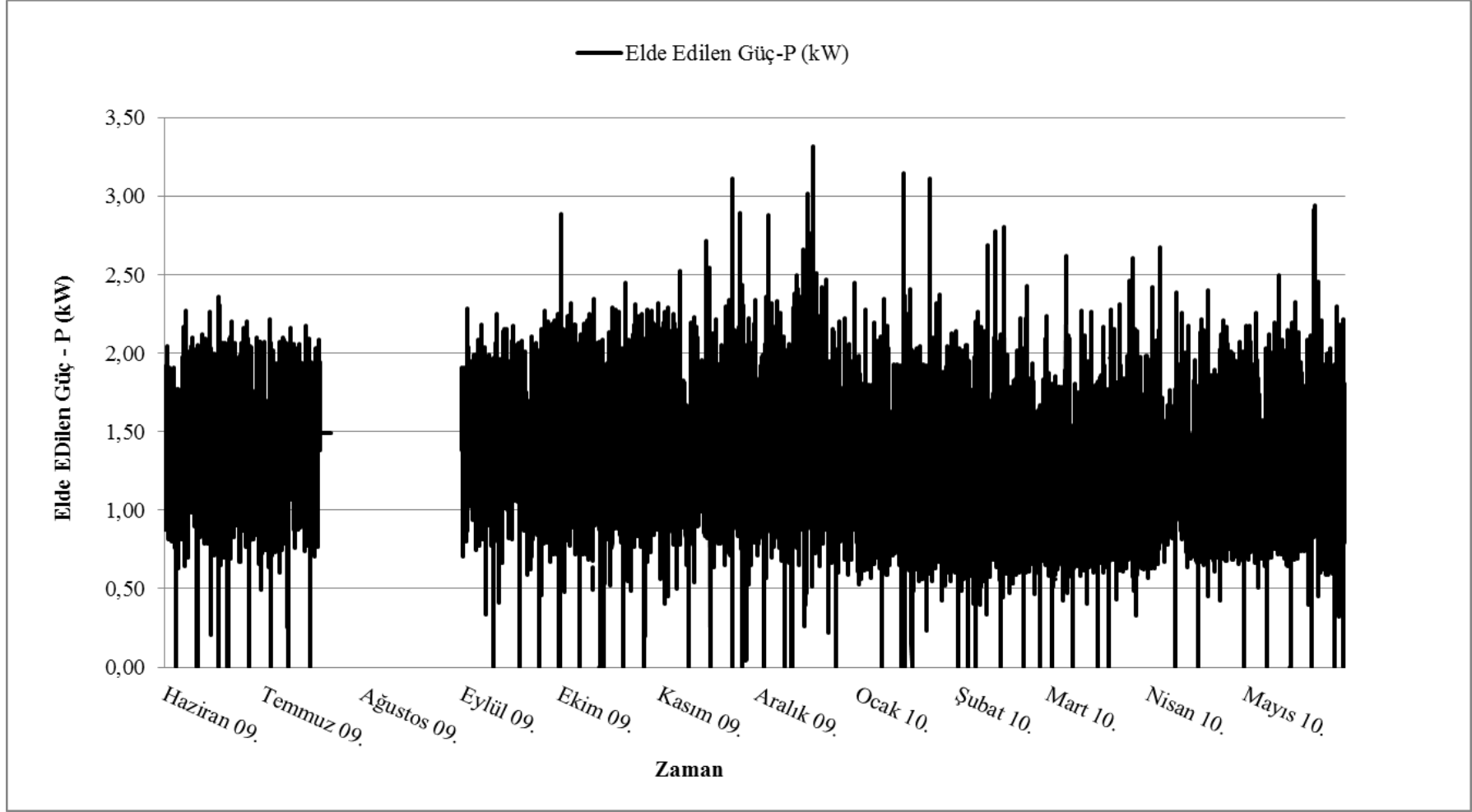
Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-3 için yapılan hesaplamalar sonucunda Microsoft Office Excel programından yararlanılarak 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla değişim grafikleri (Şekil 4.13-Şekil 4.14-Şekil 4.15) oluşturulmuştur.



Şekil 4.13. Alt bölge-3 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla debi (Q), türbin takıldıktan sonra debi (Q) ve basınç seviyesi (PH) değişimi



Şekil 4.14. Alt bölge-3 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıklarla basınç seviyesi (PH), optimum basınç seviyesi (BP), şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değişimi



Şekil 4.15. Alt bölge-3 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla elde edilen güç (P) değişimi

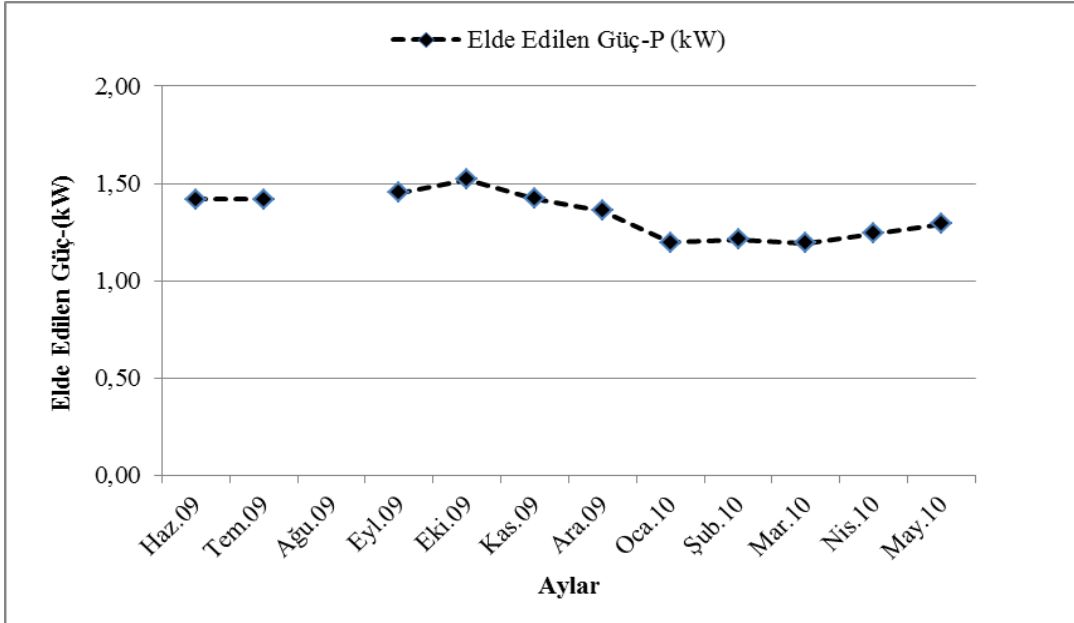
4.2.1.3. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-3 için aylık elde edilen güç

Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-3 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede aylık elde edilen güç Eşitlik 3.1'den yararlanılarak hesaplanmıştır ve Çizelge 4.7'de verilmektedir.

Çizelge 4.7. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-3 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede aylık elde edilen güç hesabı

Tarih	Aylık Ortalama Debi-Q (m ³ /sa)	Türbin Takıldıktan Sonra Aylık Ortalama Debi-Q (m ³ /sa)	Türbin Takıldıktan Sonra Aylık Ortalama Debi-Q (m ³ /sn)	Aylık Ortalama Basınç Seviyesi-PH (m)	Optimum Basınç Seviyesi-BP (m)	Şebekedeki Mevcut Enerji Seviyesi-H(m)=PH-BP	Suyun Özgül Ağırlığı (γ) kN/m ³	Tesisin Toplam Verimliliği (e ₀)	Elde Edilen Güç-P (kW)	Elde Edilen Su Tasarrufu (m ³ /sa)
Haziran 09	50,96	48,62	0,0135	49,31	34	15,31	9,81	0,70	1,42	2,34
Temmuz 09	48,74	46,42	0,0129	50,03	34	16,03	9,81	0,70	1,42	2,32
Ağustos 09				52,46	34	18,46	9,81	0,70		
Eylül 09	50,43	48,05	0,0133	49,84	34	15,84	9,81	0,70	1,45	2,38
Ekim 09	52,92	50,43	0,0140	49,80	34	15,80	9,81	0,70	1,52	2,49
Kasım 09	53,50	51,13	0,0142	48,59	34	14,59	9,81	0,70	1,42	2,37
Aralık 09	50,97	48,71	0,0135	48,63	34	14,63	9,81	0,70	1,36	2,26
Ocak 10	45,41	43,42	0,0121	48,45	34	14,45	9,81	0,70	1,20	1,99
Şubat 10	46,12	44,10	0,0122	48,41	34	14,41	9,81	0,70	1,21	2,02
Mart 10	46,89	44,88	0,0125	47,96	34	13,96	9,81	0,70	1,20	2,01
Nisan 10	49,71	47,61	0,0132	47,69	34	13,69	9,81	0,70	1,24	2,09
Mayıs 10	51,21	49,04	0,0136	47,83	34	13,83	9,81	0,70	1,29	2,17

Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-3 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda aylık elde edilen güç (P) değişimi Şekil 4.16'da gösterilmektedir.



Şekil 4.16. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-3 için 01.06.2009 - 31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda aylık elde edilen güç (P) değişimi

4.2.1.4. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-3 için yıllık elde edilen güç

Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-3 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede yıllık elde edilen güç Eşitlik 3.1'den yararlanılarak hesaplanmıştır ve Çizelge 4.8'de verilmektedir.

Çizelge 4.8. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-3 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede yıllık elde edilen güç hesabı

Yıllık Ortalama Debi-Q (m ³ /saat)	Türbin Takıldıktan Sonra Yıllık Ortalama Debi-Q (m ³ /saat)	Türbin Takıldıktan Sonra Yıllık Ortalama Debi-Q (m ³ /sn)	Yıllık Ortalama Basınç Seviyesi-PH (m)	Optimum Basınç Seviyesi-BP (m)	Şebekedeki Mevcut Enerji Seviyesi-H(m)=PH-BP	Suyun Özgül Ağırlığı-γ (kN/m ³)	Tesisin Toplam Verimliliği (e ₀)	Elde Edilen Güç-P (kW)	Elde Edilen Su Tasarrufu (m ³ /sa)
49,71	47,49	0,0132	49,08	34	15,08	9,81	0,7	1,37	2,22

4.2.2. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-6 için hesaplamalar

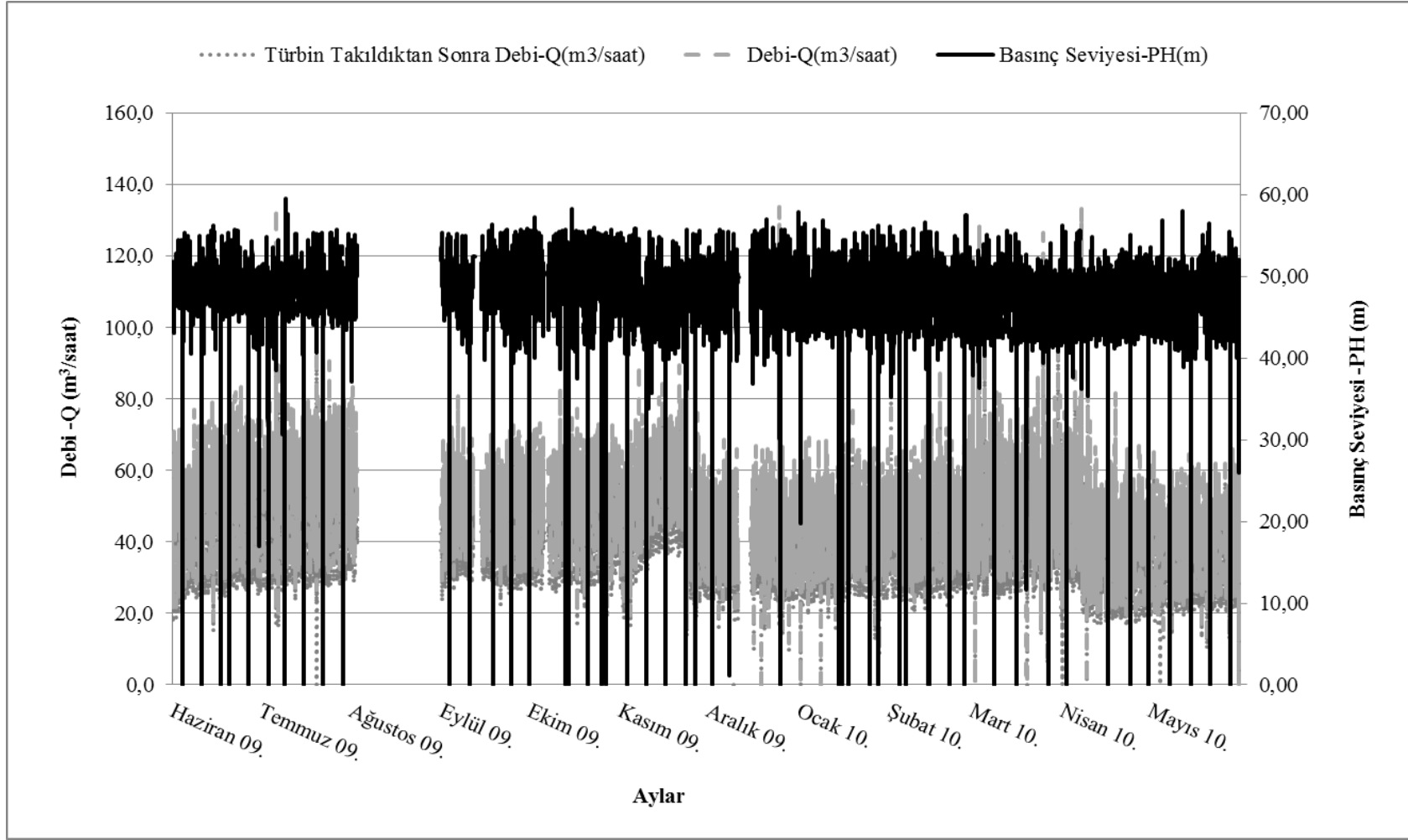
Alt bölge-6 için hesaplamalar ASAT'dan ölçüm sonucunda 5 dakika aralıklarla alınan verilerden yararlanılarak 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan 1 yıllık zaman için yapılmıştır. Alt bölge 6 için %50,60 düzeyinde gerçek su kaybı olduğu hesaplanarak (Yılmaz 2011) ve hesap aşamaları izlenerek elde edilen tasarruf sonrası yeni debi değerleri hesaplanmıştır. Arıza ya da bakım nedeniyle bazı zamanlarda debi ve basınç seviyesi ölçülememiştir.

4.2.2.1. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-6 için şebekedeki mevcut enerji seviyesi hesabı, uygun türbin ve türbin verimi seçimi

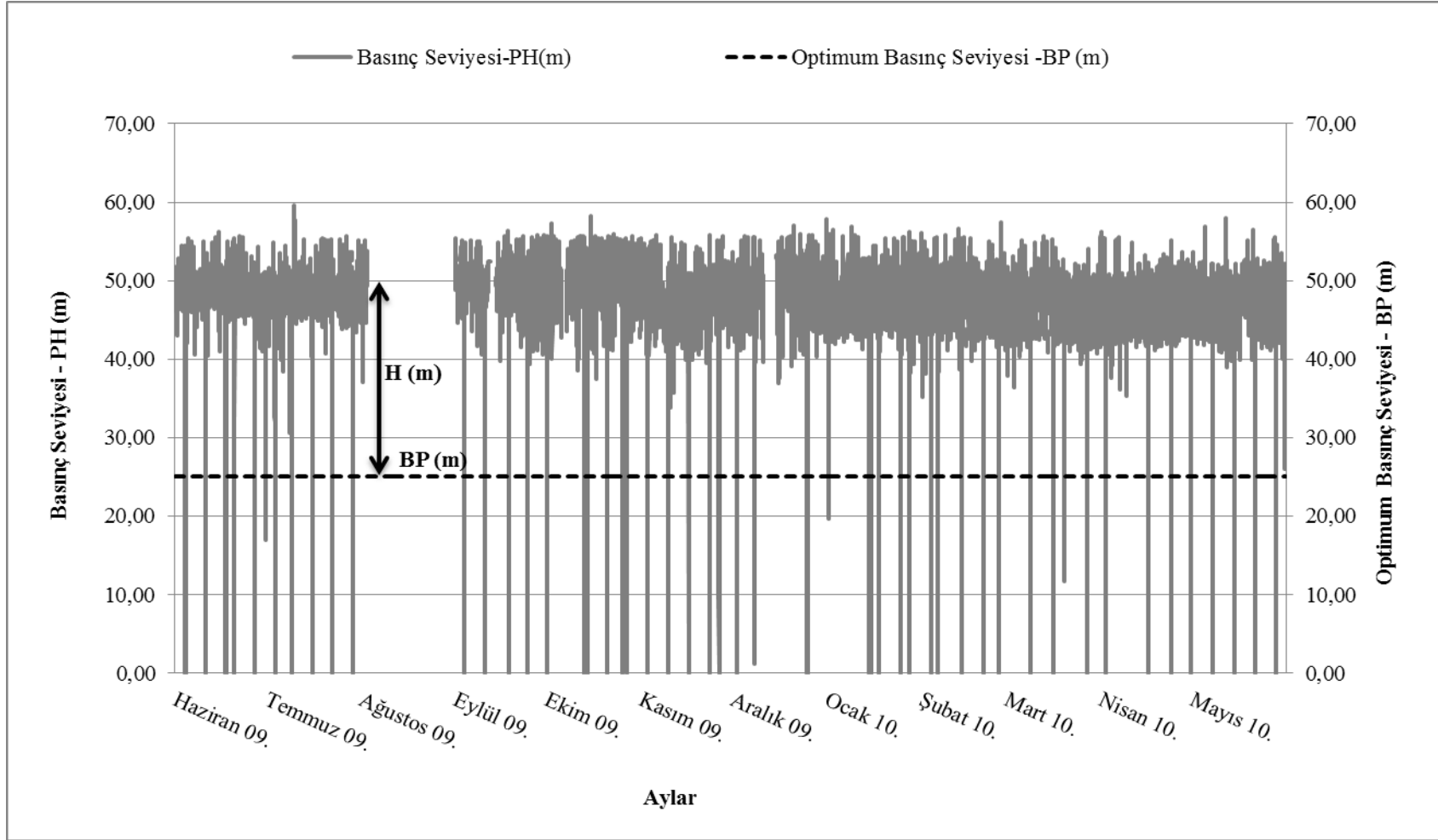
Alt bölge-6 için şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değerinin hesaplanmasında Kara'nın (Kara 2011) yüksek lisans tezinde hesapladığı optimum basınç değeri (25 m) kullanılmıştır. 5 dakikalık verilerden yararlanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda alt bölge-6 için yıllık ortalama şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) 23,26 m, debi 47,99 m³/sa, türbin takıldıktan sonra debi 41,8 m³/sa ≈ 0,0114 m³/sn olarak bulunmuştur. Bulunan mevcut enerji seviyesi ve türbin takıldıktan sonra debi değerleri için Çizelge 2.4 ve Şekil 2.8 kullanılarak kaplan türbini seçilmiştir. Kullanılacak kaplan türbini için toplam verim (jenaratör verimi dahil) %70 olarak kabul edilmiştir.

4.2.2.2. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-6 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihleri arasında 5 dakikalık hesaplamalar

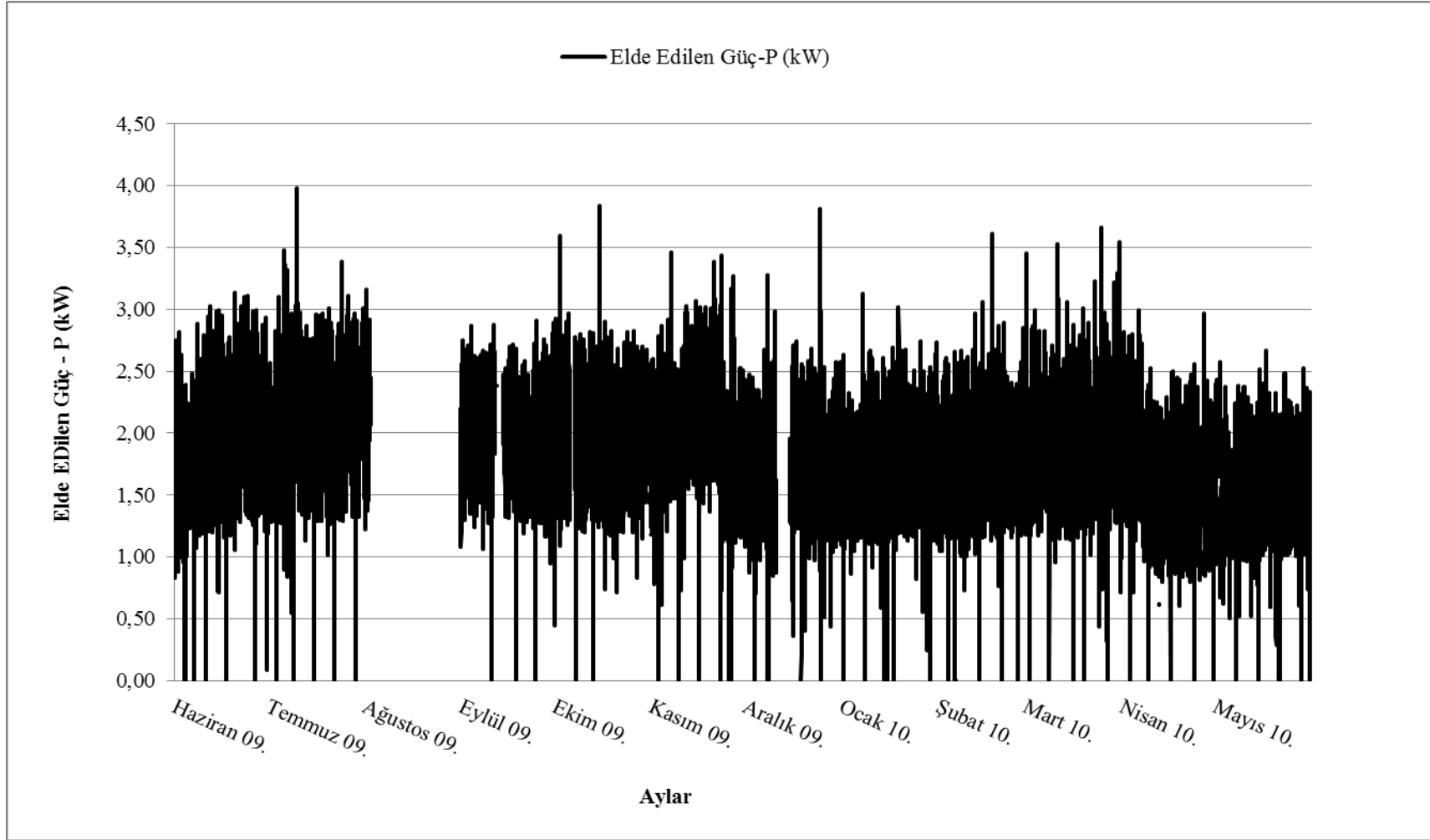
Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-6 için yapılan hesaplamalar sonucunda Microsoft Office Excel programından yararlanılarak 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıklarla değişim grafikleri (Şekil 4.17-Şekil 4.18-Şekil 4.19) oluşturulmuştur.



Şekil 4.17. Alt bölge-6 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla debi (Q), türbin takıldıktan sonra debi (Q) ve basınç seviyesi (PH) değişimi



Şekil 4.18. Alt bölge-6 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla basınç seviyesi (PH), optimum basınç seviyesi (BP), şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değişimi



Şekil 4.19. Alt bölge-6 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıklarla elde edilen güç (P) değişimi

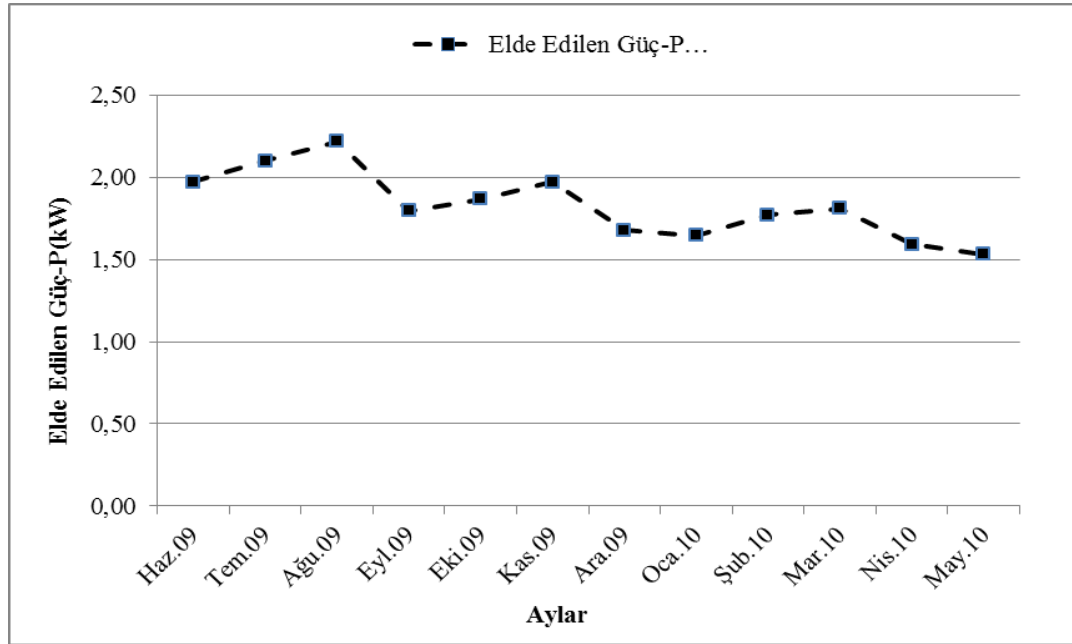
4.2.2.3. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-6 için aylık elde edilen güç

Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-6 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede aylık elde edilen güç Eşitlik 3.1'den yararlanılarak hesaplanmıştır ve Çizelge 4.9'da verilmektedir.

Çizelge 4.9. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-6 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede aylık elde edilen güç hesabı

Tarih	Aylık Ortalama Debi-Q (m ³ /sa)	Türbin Takıldıktan Sonra Aylık Ortalama Debi-Q (m ³ /sa)	Türbin Takıldıktan Sonra Aylık Ortalama Debi-Q (m ³ /sn)	Aylık Ortalama Basınç Seviyesi-PH (m)	Optimum Basınç Seviyesi-BP (m)	Şebekedeki Mevcut Enerji Seviyesi-H(m)=PH-BP	Suyun Özgül Ağırlığı (γ) kN/m ³	Tesisin Toplam Verimliliği (e ₀)	Elde Edilen Güç-P (kW)	Elde Edilen Su Tasarufu (m ³ /sa)
Haziran 09	50,62	43,33	0,0120	48,84	25	23,84	9,81	0,7	1,97	7,29
Temmuz 09	54,70	46,90	0,0130	48,45	25	23,45	9,81	0,7	2,10	7,80
Ağustos 09	54,26	46,19	0,0128	50,18	25	25,18	9,81	0,7	2,22	8,08
Eylül 09	47,99	41,26	0,0115	47,83	25	22,83	9,81	0,7	1,80	6,73
Ekim 09	49,97	42,97	0,0119	47,78	25	22,78	9,81	0,7	1,87	6,99
Kasım 09	52,54	45,16	0,0125	47,90	25	22,90	9,81	0,7	1,97	7,38
Aralık 09	43,25	37,04	0,0103	48,75	25	23,75	9,81	0,7	1,68	6,21
Ocak 10	43,20	37,07	0,0103	48,25	25	23,25	9,81	0,7	1,64	6,13
Şubat 10	47,01	40,39	0,0112	47,98	25	22,98	9,81	0,7	1,77	6,62
Mart 10	48,84	42,04	0,0117	47,55	25	22,55	9,81	0,7	1,81	6,79
Nisan 10	42,85	36,87	0,0102	47,62	25	22,62	9,81	0,7	1,59	5,97
Mayıs 10	40,66	34,94	0,0097	47,96	25	22,96	9,81	0,7	1,53	5,72

Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-6 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda aylık elde edilen güç (P) değişimi Şekil 4.20'de gösterilmektedir.



Şekil 4.20. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-6 için 01.06.2009 - 31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda aylık elde edilen güç (P) değişimi

4.2.2.4. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-6 için yıllık elde edilen güç

Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-6 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede yıllık elde edilen güç Eşitlik 3.1'den yararlanılarak hesaplanmıştır ve Çizelge 4.10'da verilmektedir.

Çizelge 4.10. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-6 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede yıllık elde edilen güç hesabı

Yıllık Ortalama Debi-Q (m ³ /saat)	Türbin Takıldıktan Sonra Yıllık Ortalama Debi-Q (m ³ /saat)	Türbin Takıldıktan Sonra Yıllık Ortalama Debi-Q (m ³ /sn)	Yıllık Ortalama Basınç Seviyesi-PH (m)	Optimum Basınç Seviyesi-BP (m)	Şebekedeki Mevcut Enerji Seviyesi-H(m)=PH-BP	Suyun Özgül Ağırlığı-γ (kN/m ³)	Tesisin Toplam Verimliliği (e ₀)	Elde Edilen Güç-P (kW)	Elde Edilen Su Tasarrufu (m ³ /sa)
47,99	41,18	0,0114	48,26	25	23,26	9,81	0,7	1,83	6,81

4.2.3. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-11 için hesaplamalar

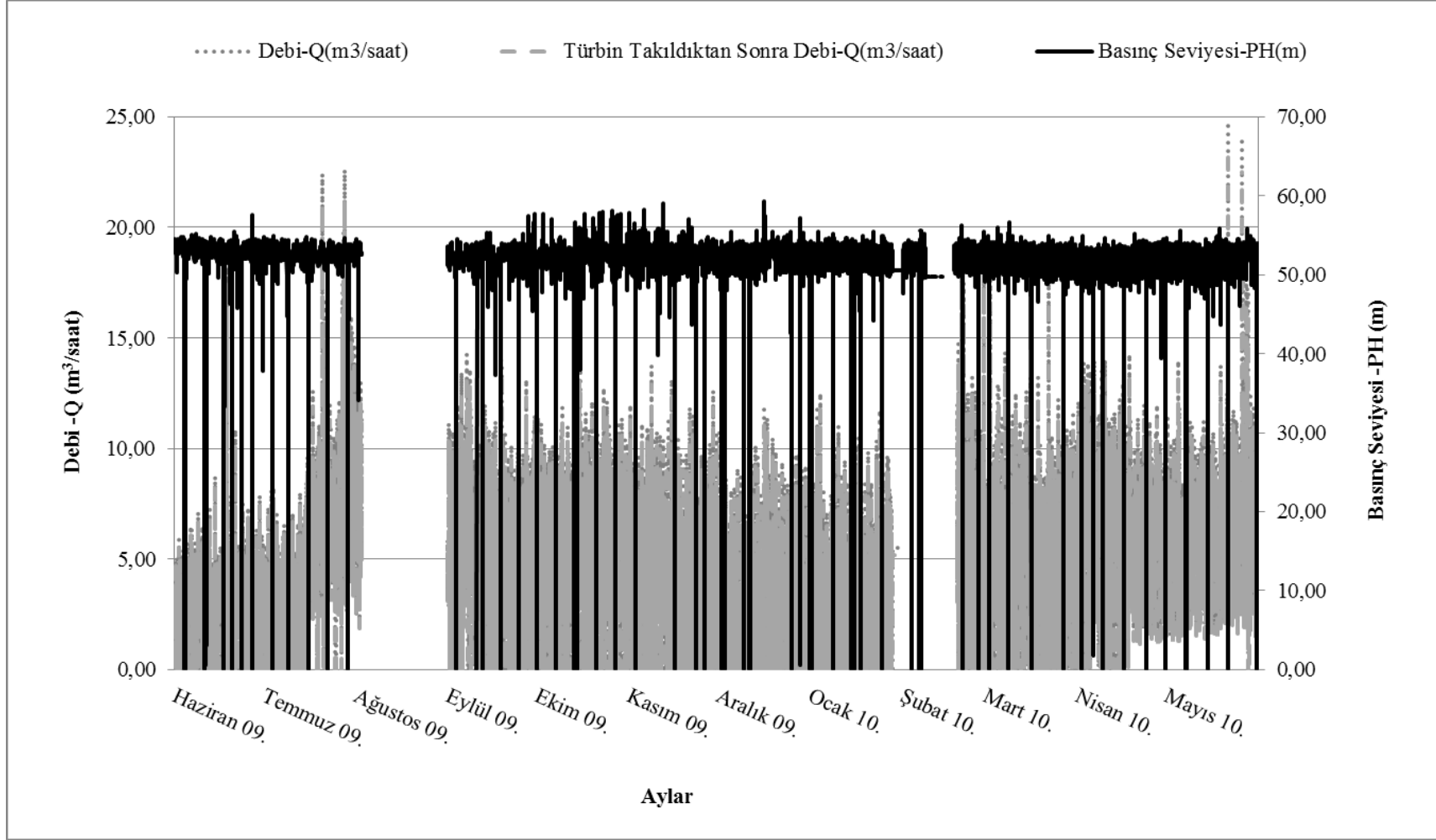
Alt bölge-11 için hesaplamalar ASAT'dan ölçüm sonucunda 5 dakika aralıklarla alınan verilerden yararlanılarak 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan 1 yıllık zaman için yapılmıştır. Alt bölge 11 için %17,20 düzeyinde gerçek su kaybı olduğu hesaplanarak (Yılmaz 2011) ve hesap aşamaları izlenerek elde edilen tasarruf sonrası yeni debi değerleri hesaplanmıştır. Arıza ya da bakım nedeniyle bazı zamanlarda debi ve basınç seviyesi ölçülemezdir.

4.2.3.1. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-11 için şebekedeki mevcut enerji seviyesi hesabı, uygun türbin ve türbin verimi seçimi

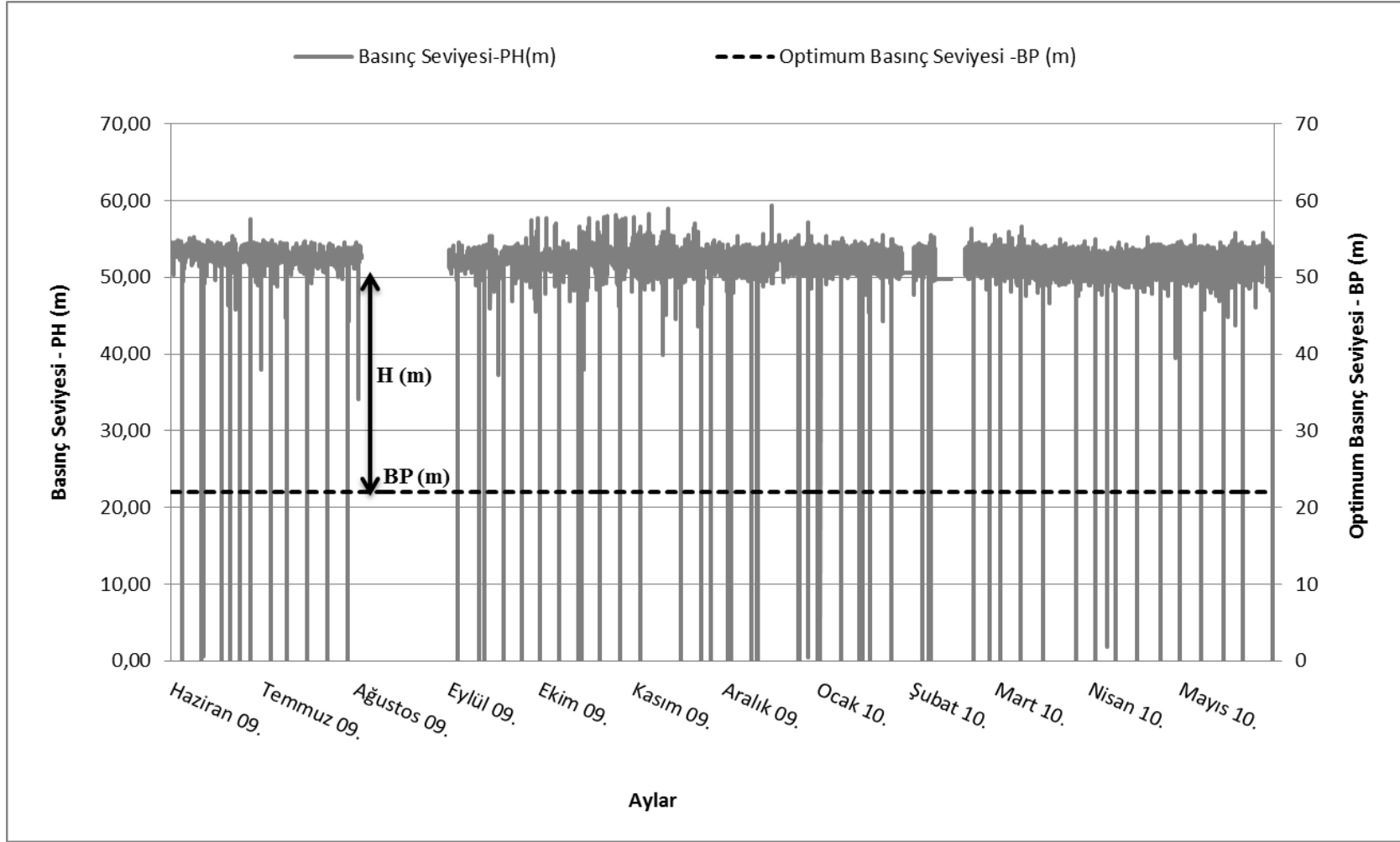
Alt bölge-11 için şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değerinin hesaplanmasında Kara'nın (Kara 2011) yüksek lisans tezinde hesapladığı optimum basınç değeri (22 m) kullanılmıştır. 5 dakikalık verilerden yararlanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda alt bölge-11 için yıllık ortalama şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) 30,20 m, debi 4,87 m³/sa, türbin takıldıktan sonra debi 4,58 m³/sa ≈ 0,0013 m³/sn olarak bulunmuştur. Bulunan mevcut enerji seviyesi ve türbin takıldıktan sonra debi değerleri için Çizelge 2.4 ve Şekil 2.8 kullanılarak kaplan türbini seçilmiştir. Kullanılacak kaplan türbini için toplam verim (jenaratör verimi dahil) %70 olarak kabul edilmiştir.

4.2.3.2. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-11 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihleri arasında 5 dakikalık hesaplamalar

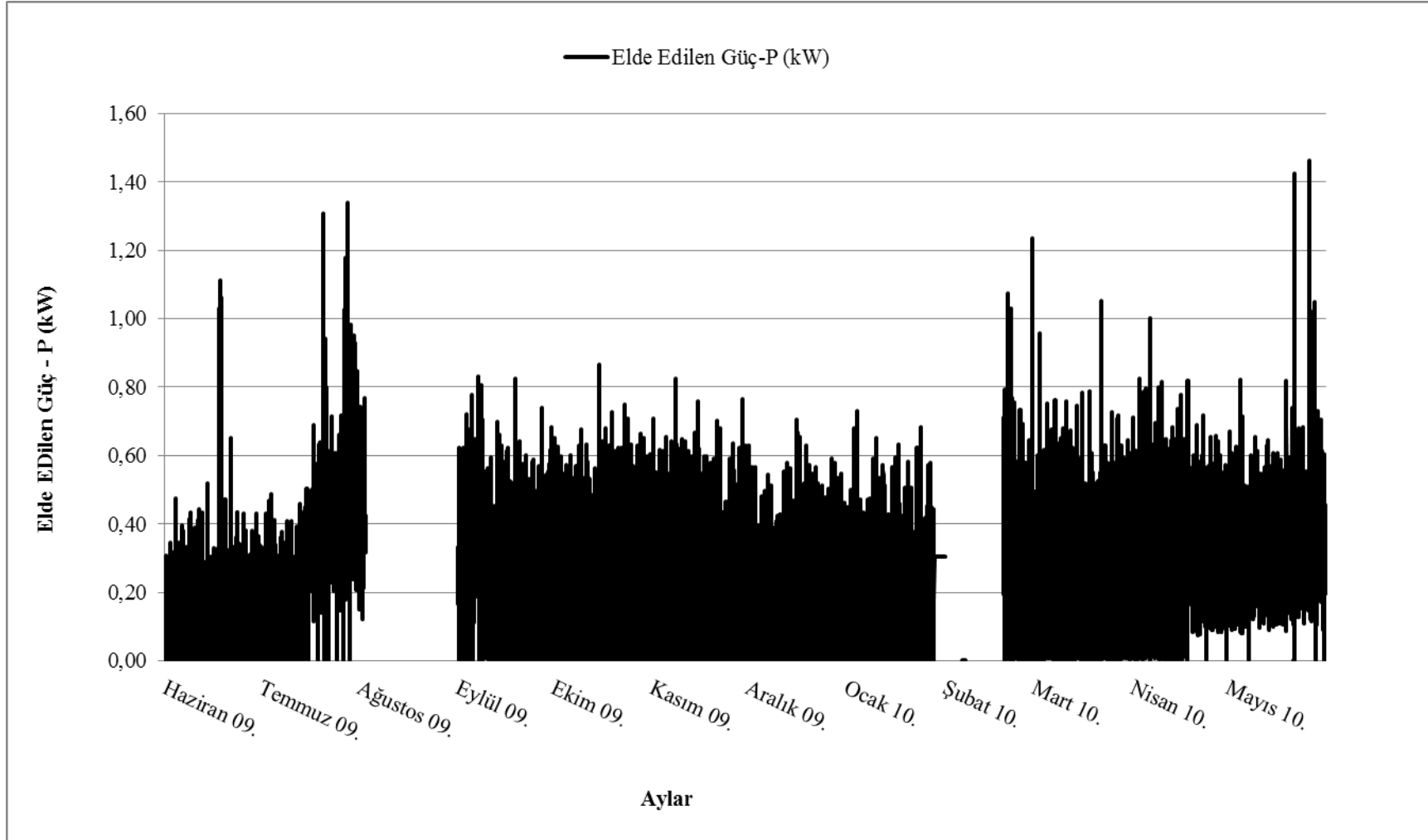
Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-11 için yapılan hesaplamalar sonucunda Microsoft Office Excel programından yararlanılarak 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıklarla değişim grafikleri (Şekil 4.21-Şekil 4.22-Şekil 4.23) oluşturulmuştur.



Şekil 4.21. Alt bölge-11 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıklarla debi (Q), türbin takıldıktan sonra debi (Q) ve basınç seviyesi (PH) değişimi



Şekil 4.22. Alt bölge-11 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıklarla basınç seviyesi (PH), optimum basınç seviyesi (BP), şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değişimi



Şekil 4.23. Alt bölge-11 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla elde edilen güç (P) değişimi

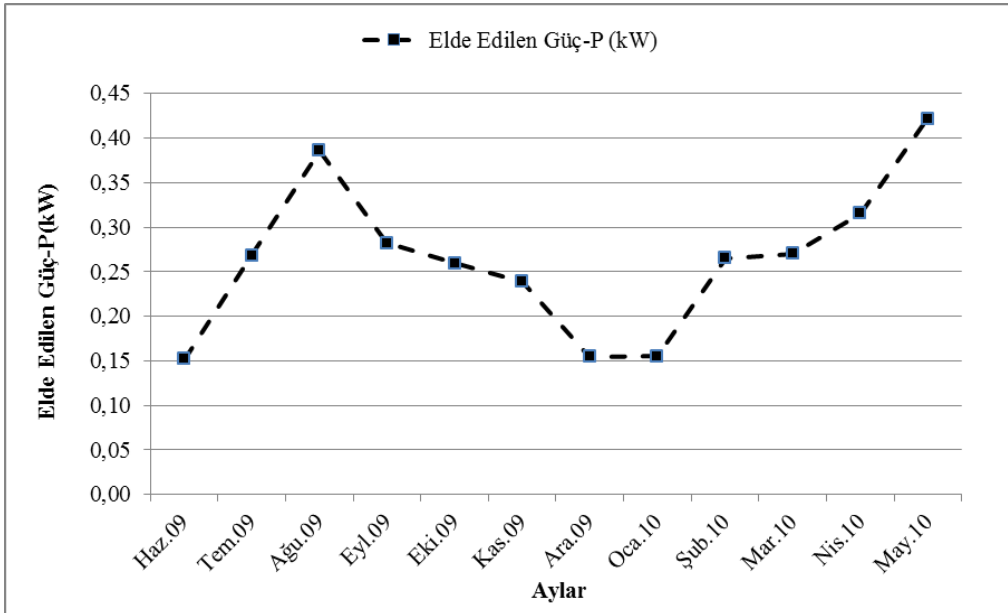
4.2.3.3. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-11 için aylık elde edilen güç

Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-11 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede aylık elde edilen güç Eşitlik 3.1'den yararlanılarak hesaplanmıştır ve Çizelge 4.11'de verilmektedir.

Çizelge 4.11. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-11 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede aylık elde edilen güç hesabı

Tarih	Aylık Ortalama Debi-Q (m ³ /sa)	Türbin Takıldıktan Sonra Aylık Ortalama Debi-Q (m ³ /sa)	Türbin Takıldıktan Sonra Aylık Ortalama Debi-Q (m ³ /sn)	Aylık Ortalama Basınç Seviyesi-PH (m)	Optimum Basınç Seviyesi-BP (m)	Şebekedeki Mevcut Enerji Seviyesi-H(m)=PH-BP	Suyun Özgül Ağırlığı (γ) kN/m ³	Tesisin Toplam Verimliliği (e ₀)	Elde Edilen Güç-P (kW)	Elde Edilen Su Tasarrufu (m ³ /sa)
Haziran 09	2,79	2,6	0,0007	52,36	22	30,36	9,81	0,7	0,15	0,17
Temmuz 09	4,91	4,6	0,0013	52,47	22	30,47	9,81	0,7	0,27	0,30
Ağustos 09	6,99	6,6	0,0018	52,79	22	30,79	9,81	0,7	0,39	0,43
Eylül 09	5,23	4,9	0,0014	52,10	22	30,10	9,81	0,7	0,28	0,31
Ekim 09	4,79	4,5	0,0012	52,22	22	30,22	9,81	0,7	0,26	0,29
Kasım 09	4,35	4,1	0,0011	52,60	22	30,60	9,81	0,7	0,24	0,26
Aralık 09	2,88	2,7	0,0008	51,97	22	29,97	9,81	0,7	0,15	0,17
Ocak 10	2,86	2,7	0,0007	52,23	22	30,23	9,81	0,7	0,15	0,17
Şubat 10	5,09	4,8	0,0013	51,06	22	29,06	9,81	0,7	0,27	0,30
Mart 10	4,98	4,7	0,0013	52,27	22	30,27	9,81	0,7	0,27	0,30
Nisan 10	5,86	5,5	0,0015	52,02	22	30,02	9,81	0,7	0,32	0,35
Mayıs 10	7,75	7,3	0,0020	52,36	22	30,36	9,81	0,7	0,42	0,47

Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-11 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda aylık elde edilen güç (P) değişimi Şekil 4.24'te gösterilmektedir.



Şekil 4.24. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-11 için 01.06.2009 - 31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda aylık elde edilen güç (P) değişimi

4.2.3.4. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-11 için yıllık elde edilen güç

Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-11 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede yıllık elde edilen güç Eşitlik 3.1'den yararlanılarak hesaplanmıştır ve Çizelge 4.12'de verilmektedir.

Çizelge 4.12. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-11 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede yıllık elde edilen güç hesabı

Yıllık Ortalama Debi-Q (m ³ /saat)	Türbin Takıldıktan Sonra Yıllık Ortalama Debi-Q (m ³ /saat)	Türbin Takıldıktan Sonra Yıllık Ortalama Debi-Q (m ³ /sn)	Yıllık Ortalama Basınç Seviyesi-PH (m)	Optimum Basınç Seviyesi-BP (m)	Şebekedeki Mevcut Enerji Seviyesi-H(m)=PH-BP	Suyun Özgül Ağırlığı-γ (kN/m ³)	Tesisin Toplam Verimliliği (e ₀)	Elde Edilen Güç-P (kW)	Elde Edilen Su Tasarrufu (m ³ /sa)
4,87	4,58	0,0013	52,20	22	30,20	9,81	0,7	0,26	0,29

4.2.4. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-12 için hesaplamalar

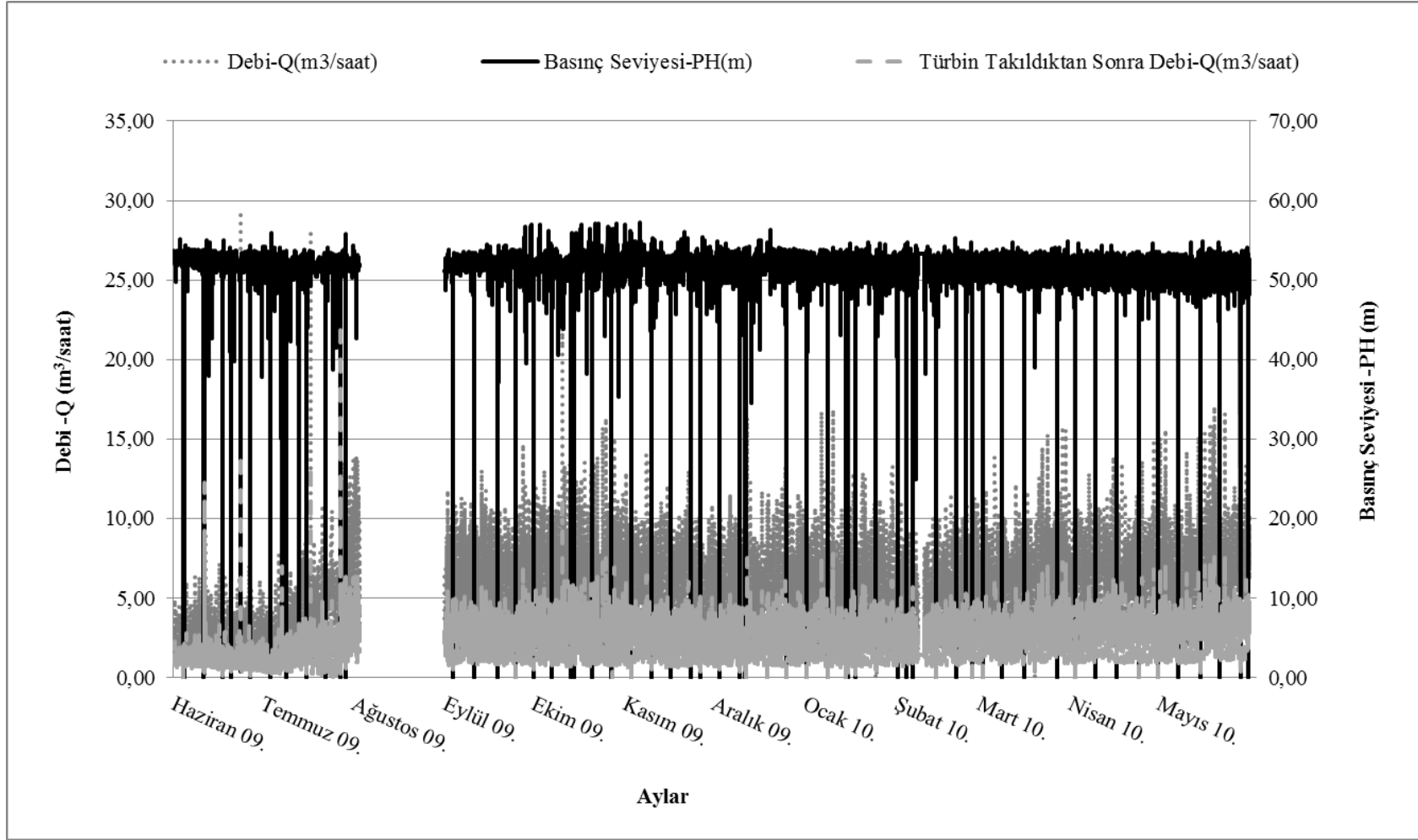
Alt bölge-12 için hesaplamalar ASAT'dan ölçüm sonucunda 5 dakika aralıklarla alınan verilerden yararlanılarak 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan 1 yıllık zaman için yapılmıştır. Alt bölge 12 için %21,99 düzeyinde gerçek su kaybı olduğu hesaplanarak (Yılmaz 2011) ve hesap aşamaları izlenerek elde edilen tasarruf sonrası yeni debi değerleri hesaplanmıştır. Arıza ya da bakım nedeniyle bazı zamanlarda debi ve basınç seviyesi ölçülememiştir.

4.2.4.1. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-12 için şebekedeki mevcut enerji seviyesi hesabı, uygun türbin ve türbin verimi seçimi

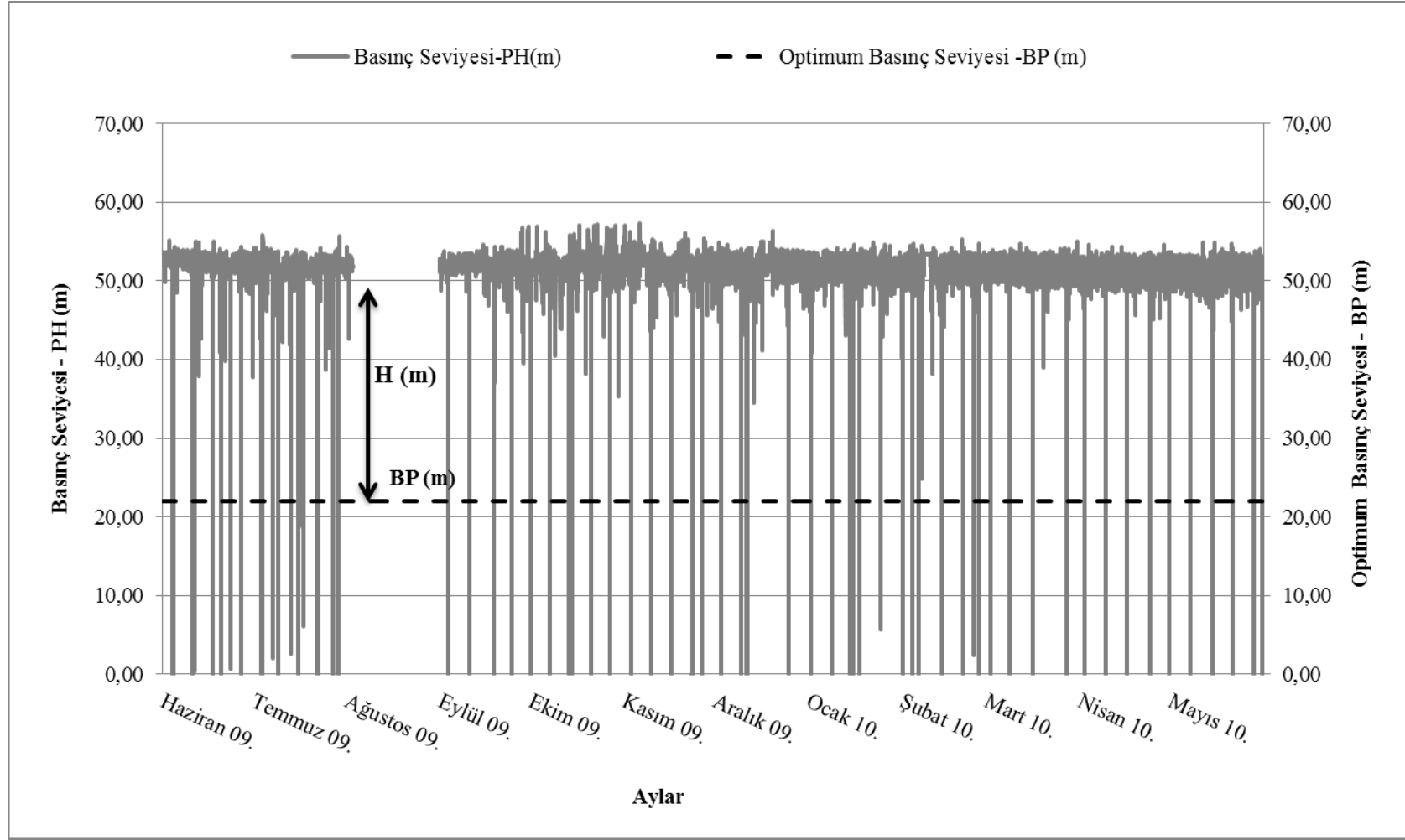
Alt bölge-12 için şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değerinin hesaplanmasında Kara'nın (Kara 2011) yüksek lisans tezinde hesapladığı optimum basınç değeri (22 m) kullanılmıştır. 5 dakikalık verilerden yararlanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda alt bölge-12 için yıllık ortalama şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) 29,77 m, debi 5,30 m³/sa, türbin takıldıktan sonra debi 4,89 m³/sa≈ 0,0014 m³/sn olarak bulunmuştur. Bulunan mevcut enerji seviyesi ve türbin takıldıktan sonra debi değerleri için Çizelge 2.4 ve Şekil 2.8 kullanılarak kaplan türbini seçilmiştir. Kullanılacak kaplan türbini için toplam verim (jenaratör verimi dahil) %70 olarak kabul edilmiştir.

4.2.4.2. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-12 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihleri arasında 5 dakikalık hesaplamalar

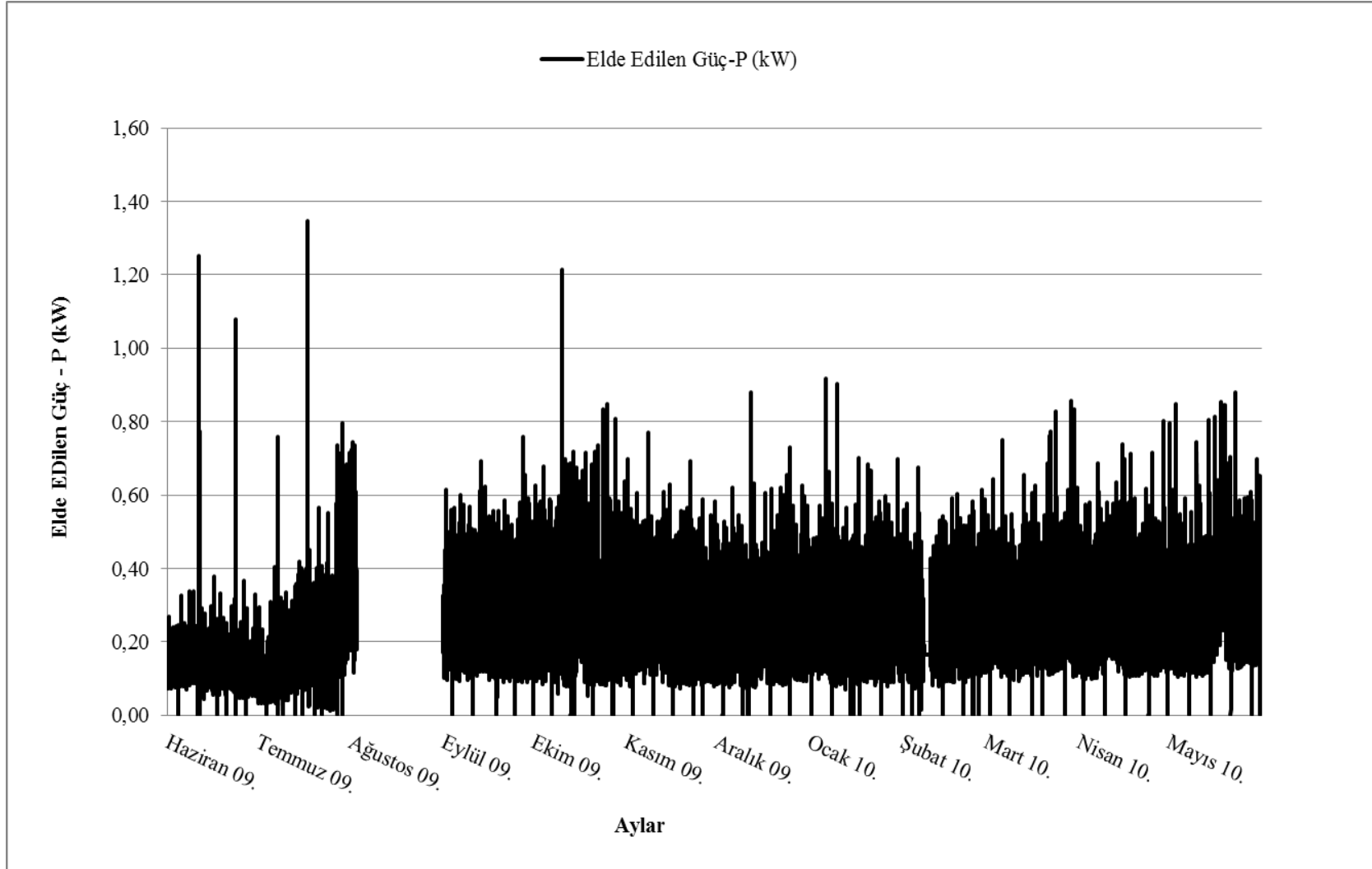
Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-12 için yapılan hesaplamalar sonucunda Microsoft Office Excel programından yararlanılarak 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıklarla değişim grafikleri (Şekil 4.25-Şekil 4.26-Şekil 4.27) oluşturulmuştur.



Şekil 4.25. Alt bölge-12 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla debi (Q), türbin takıldıktan sonra debi (Q) ve basınç seviyesi (PH) değişimi



Şekil 4.26. Alt bölge-12 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla basınç seviyesi (PH), optimum basınç seviyesi (BP), şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değişimi



Şekil 4.27. Alt bölge-12 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla elde edilen güç (P) değişimi

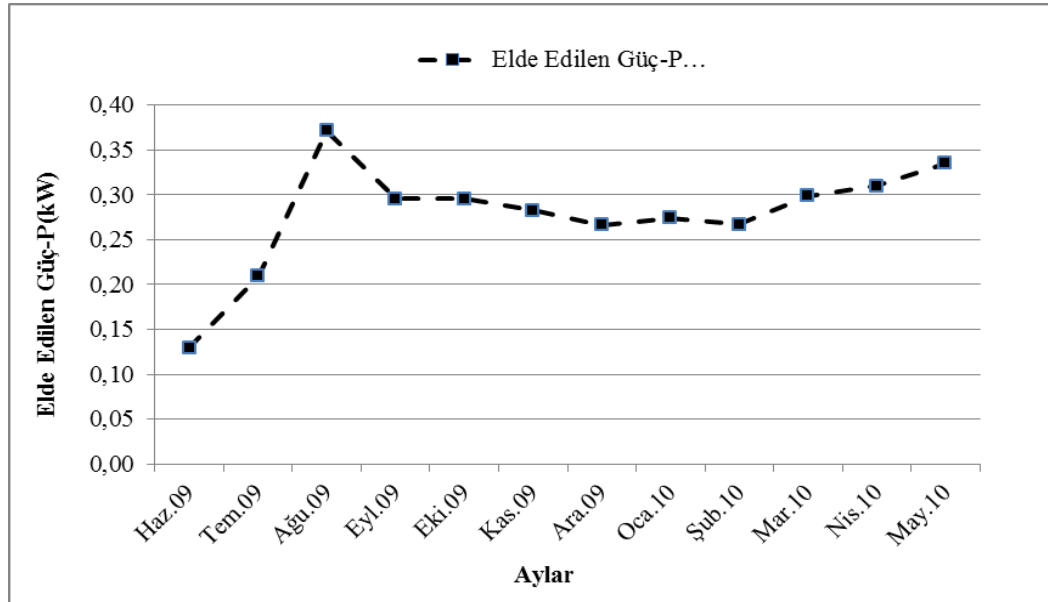
4.2.4.3. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-12 için aylık elde edilen güç

Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-12 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede aylık elde edilen güç Eşitlik 3.1'den yararlanılarak hesaplanmıştır ve Çizelge 4.13'te verilmektedir.

Çizelge 4.13. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-12 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede aylık elde edilen güç hesabı

Tarih	Aylık Ortalama Debi-Q (m ³ /sa)	Türbin Takıldıktan Sonra Aylık Ortalama Debi-Q (m ³ /sa)	Türbin Takıldıktan Sonra Aylık Ortalama Debi-Q (m ³ /sn)	Aylık Ortalama Basınç Seviyesi-PH (m)	Optimum Basınç Seviyesi-BP (m)	Şebekedeki Mevcut Enerji Seviyesi-H(m)=PH-BP	Suyun Özgül Ağırlığı (γ) kN/m ³	Tesisin Toplam Verimliliği (ε ₀)	Elde Edilen Güç-P (kW)	Elde Edilen Su Tasarrufu (m ³ /sa)
Haziran 09	2,47	2,3	0,0006	51,75	22	29,75	9,81	0,7	0,13	0,19
Temmuz 09	4,02	3,7	0,0010	51,54	22	29,54	9,81	0,7	0,21	0,31
Ağustos 09	7,02	6,5	0,0018	52,05	22	30,05	9,81	0,7	0,37	0,54
Eylül 09	5,62	5,2	0,0014	51,81	22	29,81	9,81	0,7	0,30	0,43
Ekim 09	5,63	5,2	0,0014	51,78	22	29,78	9,81	0,7	0,30	0,43
Kasım 09	5,34	4,9	0,0014	52,00	22	30,00	9,81	0,7	0,28	0,41
Aralık 09	5,10	4,7	0,0013	51,69	22	29,69	9,81	0,7	0,27	0,39
Ocak 10	5,23	4,8	0,0013	51,79	22	29,79	9,81	0,7	0,27	0,40
Şubat 10	5,10	4,7	0,0013	51,70	22	29,70	9,81	0,7	0,27	0,39
Mart 10	5,68	5,2	0,0015	51,88	22	29,88	9,81	0,7	0,30	0,44
Nisan 10	5,93	5,5	0,0015	51,62	22	29,62	9,81	0,7	0,31	0,45
Mayıs 10	6,41	5,9	0,0016	51,67	22	29,67	9,81	0,7	0,34	0,49

Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-12 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda aylık elde edilen güç (P) değişimi Şekil 4.28'de gösterilmektedir.



Şekil 4.28. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-12 için 01.06.2009 - 31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda aylık elde edilen güç (P) değişimi

4.2.4.4. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-12 için yıllık elde edilen güç

Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-12 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede yıllık elde edilen güç Eşitlik 3.1'den yararlanılarak hesaplanmıştır ve Çizelge 4.14'te verilmektedir.

Çizelge 4.14. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-12 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede yıllık elde edilen güç hesabı

Yıllık Ortalama Debi-Q (m ³ /saat)	Türbin Takıldıktan Sonra Yıllık Ortalama Debi-Q (m ³ /saat)	Türbin Takıldıktan Sonra Yıllık Ortalama Debi-Q (m ³ /sn)	Yıllık Ortalama Basınç Seviyesi-PH (m)	Optimum Basınç Seviyesi-BP (m)	Şebekedeki Mevcut Enerji Seviyesi-H(m)=PH-BP	Suyun Özgül Ağırlığı-γ (kN/m ³)	Tesisin Toplam Verimliliği (ε ₀)	Elde Edilen Güç-P (kW)	Elde Edilen Su Tasarrufu (m ³ /sa)
5,30	4,89	0,0014	51,77	22	29,77	9,81	0,7	0,28	0,41

4.2.5. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-15 için hesaplamalar

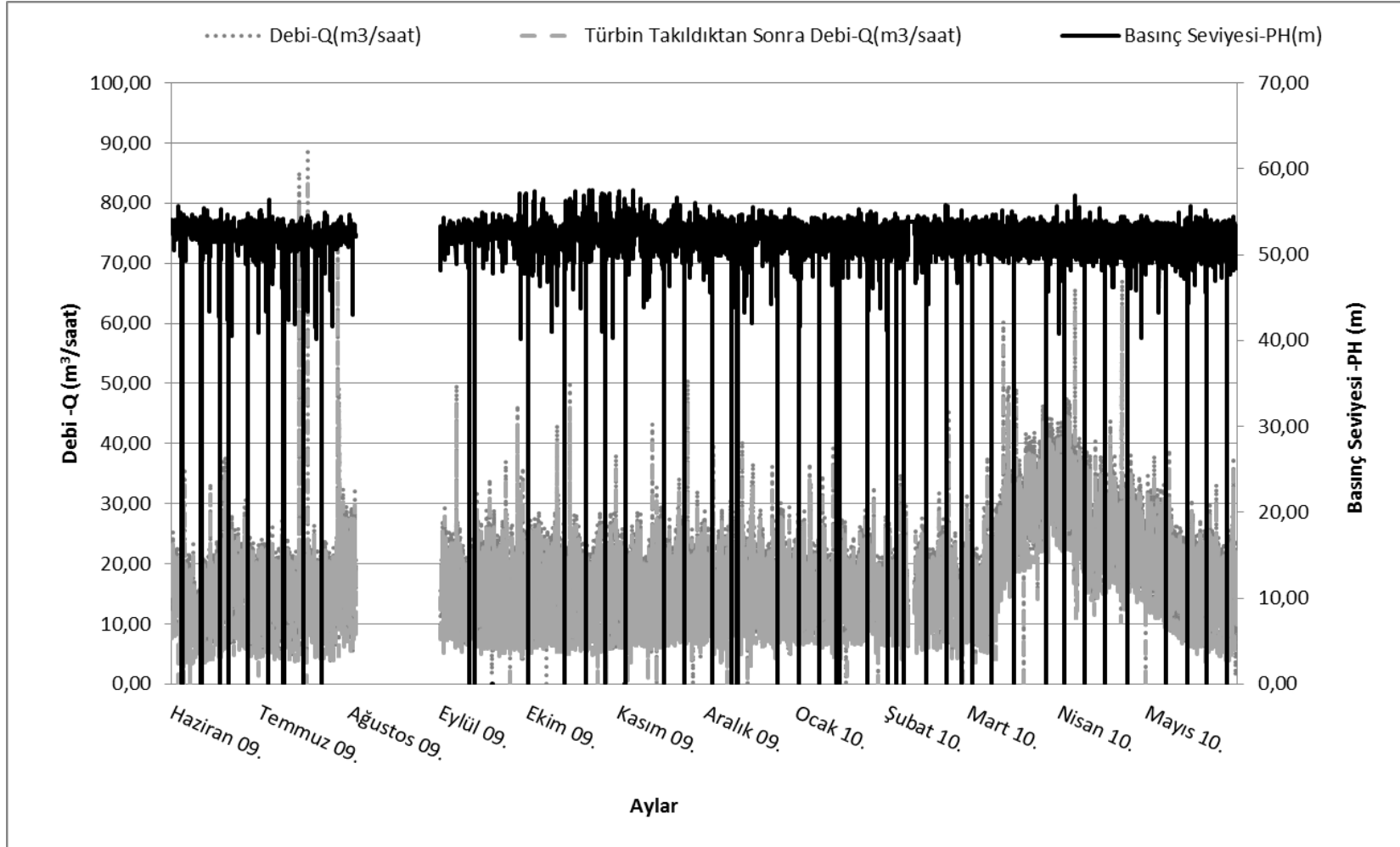
Alt bölge-15 için hesaplamalar ASAT'dan ölçüm sonucunda 5 dakika aralıklarla alınan verilerden yararlanılarak 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan 1 yıllık zaman için yapılmıştır. Alt bölge 15 için %37,49 düzeyinde gerçek su kaybı olduğu hesaplanarak (Yılmaz 2011) ve hesap aşamaları izlenerek elde edilen tasarruf sonrası yeni debi değerleri hesaplanmıştır. Arıza ya da bakım nedeniyle bazı zamanlarda debi ve basınç seviyesi ölçülememiştir.

4.2.5.1. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-15 için şebekedeki mevcut enerji seviyesi hesabı, uygun türbin ve türbin verimi seçimi

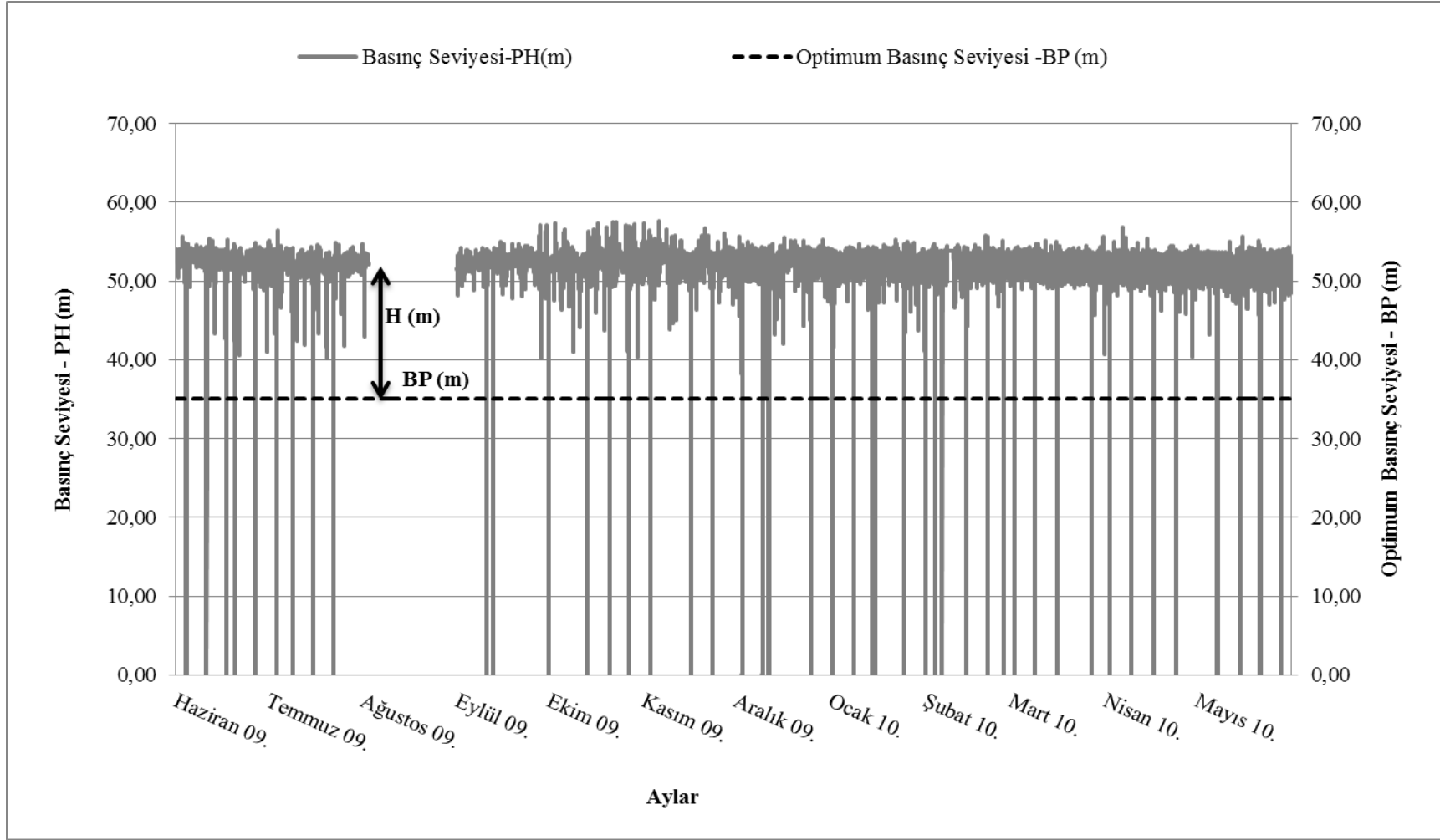
Alt bölge-15 için şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değerinin hesaplanmasında Kara'nın (Kara 2011) yüksek lisans tezinde hesapladığı optimum basınç değeri (35 m) kullanılmıştır. 5 dakikalık verilerden yararlanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda alt bölge-15 için yıllık ortalama şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) 17,27 m, debi 16,80 m³/sa, türbin takıldıktan sonra debi 14,93 m³/sa≈ 0,0041 m³/sn olarak bulunmuştur. Bulunan mevcut enerji seviyesi ve türbin takıldıktan sonra debi değerleri için Çizelge 2.4 ve Şekil 2.8 kullanılarak kaplan türbini seçilmiştir. Kullanılacak kaplan türbini için toplam verim (jenaratör verimi dahil) %70 olarak kabul edilmiştir.

4.2.5.2. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-15 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihleri arasında 5 dakikalık hesaplamalar

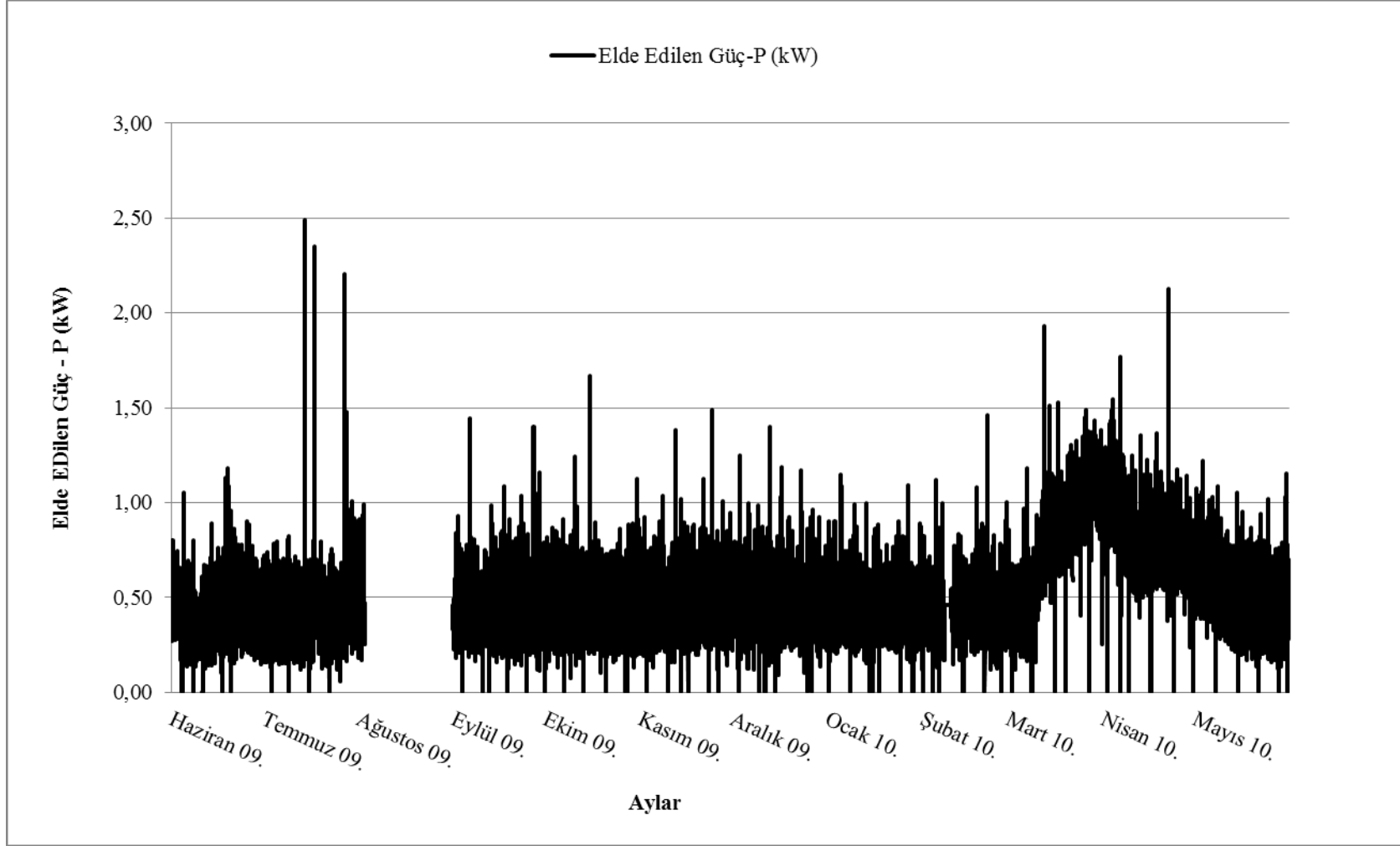
Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-15 için yapılan hesaplamalar sonucunda Microsoft Office Excel programından yararlanılarak 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla değişim grafikleri (Şekil 4.29-Şekil 4.30-Şekil 4.31) oluşturulmuştur.



Şekil 4.29. Alt bölge-15 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla debi (Q), türbin takıldıktan sonra debi (Q) ve basınç seviyesi (PH) değişimi



Şekil 4.30. Alt bölge-15 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıklarla basınç seviyesi (PH), optimum basınç seviyesi (BP), şebekedeki mevcut enerji seviyesi (H) değişimi



Şekil 4.31. Alt bölge-15 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanda 5 dakika aralıkla elde edilen güç (P) değişimi

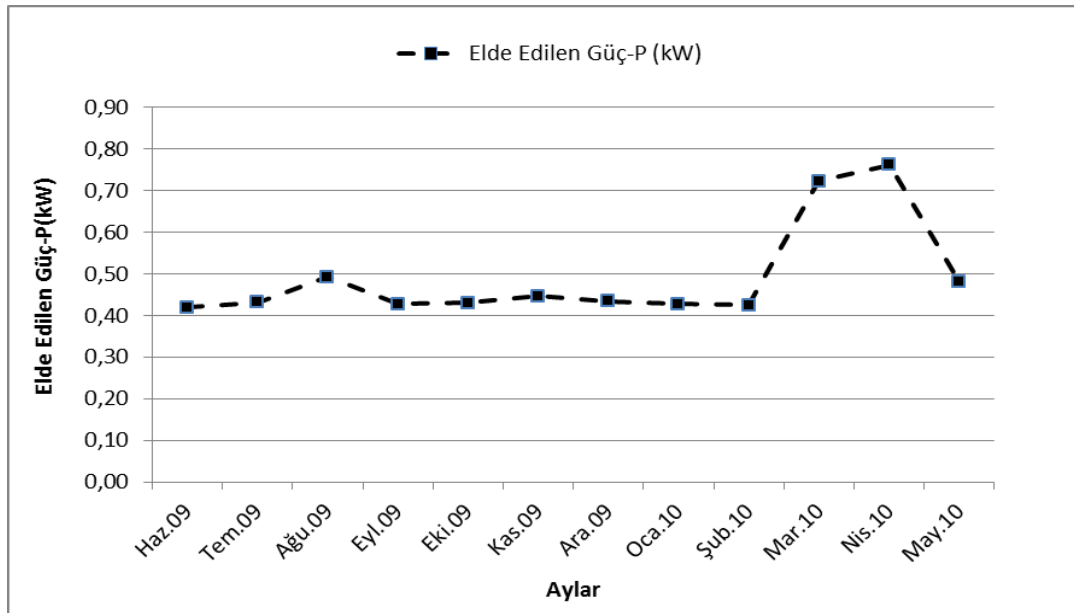
4.2.5.3. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-15 için aylık elde edilen güç

Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-15 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede aylık elde edilen güç Eşitlik 3.1'den yararlanılarak hesaplanmıştır ve Çizelge 4.15'te verilmektedir.

Çizelge 4.15. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-15 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede aylık elde edilen güç hesabı

Tarih	Aylık Ortalama Debi-Q (m ³ /sa)	Türbin Takıldıktan Sonra Aylık Ortalama Debi-Q (m ³ /sa)	Türbin Takıldıktan Sonra Aylık Ortalama Debi-Q (m ³ /sn)	Aylık Ortalama Basınç Seviyesi-PH (m)	Optimum Basınç Seviyesi-BP (m)	Şebekedeki Mevcut Enerji Seviyesi-H(m)=PH-BP	Suyun Özgül Ağırlığı (γ) kN/m ³	Tesisin Toplam Verimliliği (e ₀)	Elde Edilen Güç-P (kW)	Elde Edilen Su Tasarrufu (m ³ /sa)
Haziran 09	14,20	12,6	0,0035	52,40	35	17,40	9,81	0,7	0,42	1,57
Temmuz 09	14,91	13,2	0,0037	52,09	35	17,09	9,81	0,7	0,43	1,68
Ağustos 09	16,59	14,8	0,0041	52,48	35	17,48	9,81	0,7	0,49	1,82
Eylül 09	14,68	13,0	0,0036	52,20	35	17,20	9,81	0,7	0,43	1,64
Ekim 09	14,72	13,1	0,0036	52,24	35	17,24	9,81	0,7	0,43	1,65
Kasım 09	15,05	13,4	0,0037	52,48	35	17,48	9,81	0,7	0,45	1,66
Aralık 09	14,89	13,2	0,0037	52,20	35	17,20	9,81	0,7	0,43	1,67
Ocak 10	14,60	13,0	0,0036	52,26	35	17,26	9,81	0,7	0,43	1,63
Şubat 10	14,53	12,9	0,0036	52,25	35	17,25	9,81	0,7	0,42	1,62
Mart 10	24,54	21,8	0,0061	52,36	35	17,36	9,81	0,7	0,72	2,72
Nisan 10	26,34	23,4	0,0065	52,11	35	17,11	9,81	0,7	0,76	2,97
Mayıs 10	16,55	14,7	0,0041	52,15	35	17,15	9,81	0,7	0,48	1,86

Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-15 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda aylık elde edilen güç (P) değişimi Şekil 4.32'de gösterilmektedir.



Şekil 4.32. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-15 için 01.06.2009 - 31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda aylık elde edilen güç (P) değişimi

4.2.5.4. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-15 için yıllık elde edilen güç

Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-15 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede yıllık elde edilen güç Eşitlik 3.1'den yararlanılarak hesaplanmıştır ve Çizelge 4.16'da verilmektedir.

Çizelge 4.16. Su türbini takıldıktan sonra alt bölge-15 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede yıllık elde edilen güç hesabı

Yıllık Ortalama Debi-Q (m ³ /saat)	Türbin Takıldıktan Sonra Yıllık Ortalama Debi-Q (m ³ /saat)	Türbin Takıldıktan Sonra Yıllık Ortalama Debi-Q (m ³ /sn)	Yıllık Ortalama Basınç Seviyesi-PH (m)	Optimum Basınç Seviyesi-BP (m)	Şebekedeki Mevcut Enerji Seviyesi-H(m)=PH-BP	Suyun Özgül Ağırlığı-γ (kN/m ³)	Tesisin Toplam Verimliliği (e ₀)	Elde Edilen Güç-P (kW)	Elde Edilen Su Tasarrufu (m ³ /sa)
16,80	14,93	0,0041	52,27	35	17,27	9,81	0,7	0,49	1,87

4.3. Senaryo: Su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda elde edilebilecek güç miktarının bulunması

Bölüm 3.9'dan yararlanılarak alt bölgeler için hesaplamalar yapılmıştır.

4.3.1. Alt bölge-3 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda elde edilebilecek güç miktarının bulunması

Alt bölge-3 için Yılmaz'ın tezi (Yılmaz 2011) kapsamında yasal tüketim oranı %62,01, su kaybı %37,99 olarak bulunmuştur ve alt bölge-3 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi oluşturulmuştur, Çizelge 4.17'de verilmektedir

Çizelge 4.17. Alt bölge-3 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi (Yılmaz 2011)

		Faturalandırılmış Yasal Tüketim 242338,54 m ³ %61,5	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım 242338,54 m ³ %61,5	Gelir Getiren Su 242338,54 m ³ %61,5
	Yasal Tüketim 244348,17 m ³ %62,01		Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım 2009,63 m ³ %0,51	
Sistem Giriş Hacmi		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 2009,63 m ³ %0,51	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım 2009,63 m ³ %0,51	
394046,40 m ³ %100			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım 0	
		Görünen Kayıplar 43029,87 m ³ %10,92	İzinsiz Kullanım 0	Gelir Getirmeyen Su 151707,86 m ³ %38,50
	Su Kayıpları 149698,23 m ³ %37,99		Sayaçlardaki Ölçüm Hataları 43029,87 m ³ %10,92	
		Gerçek Kayıplar 106668,36 m ³ %27,07	İletim ve/veya Dağıtım Hattındaki Kaçaklar 0	
			Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar 0	
			Servis Bağlantılarından Müşteri Sayacına Kadar Olan Kaçaklar	

Alt bölge için %10,92 olan görünen su kayıpları %10 düzeyine getirildiği zaman %0,92 oranında 3625,23 m³ su kazanılmış yani faturalandırılmış olur, bu miktar yasal tüketime eklenir. Görünen su kayıplarının %10 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge-3 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi Çizelge 4.18'de verilmektedir.

Çizelge 4.18. Görünen su kayıplarının %10 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge-3 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi

		Faturalandırılmış Yasal Tüketim 245963,77 m ³ %62,42
Sistem Giriş Hacmi	Yasal Tüketim 247973,40 m ³ %62,93	Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 2009,63 m ³ %0,51
394046,40 m ³ %100		Görünen Kayıplar 39404,64 m ³ %10
	Su Kayıpları 146073,00 m ³ %37,07	Gerçek Kayıplar 106668,36 m ³ %27,07

Su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge-3 için 1 yıllık su bütçesi Çizelge 4.19'da verilmektedir.

Çizelge 4.19. Su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge-3 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi

Sistem Giriş Hacmi	Yasal Tüketim 247973,40 m ³ %75	
	Su Kayıpları 82657,8 m ³ %25	Görünen Kayıplar 39404,64 m ³ %11,92
330631,20 m ³ %100		Gerçek Kayıplar 43253,16 m ³ %13,08

Yukarıdaki kabullerden, Çizelge 4.17 ve Çizelge 4.19'dan yararlanılarak alt bölge-3 için su kaybı %25 düzeyine getirilince % değişim miktarı hesaplanmıştır.

$$\text{Su kaybı \%25 düzeyine getirilince \% değişim} = \frac{330631,20 \text{ m}^3}{394046,40 \text{ m}^3} = \%83,91$$

Yukarıda hesaplanan % değişim oranından yararlanılarak su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumundaki yeni debi değeri hesaplanmıştır.

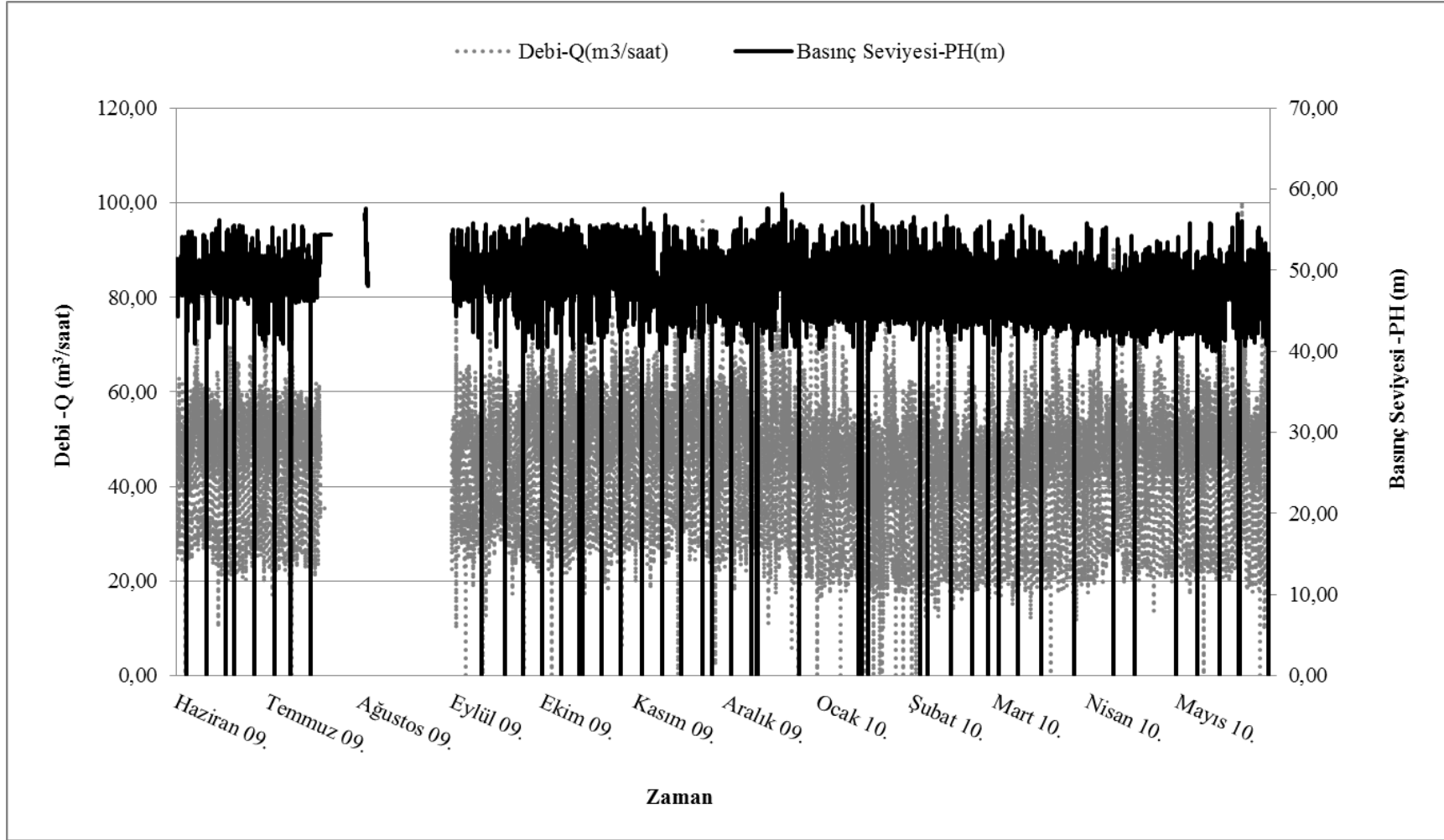
$$\text{Su kayıplarının \%25 düzeyine getirilmesi durumunda yeni debi} \\ = \% \text{ değişim} \times \text{İlk debi} = \%83,91 \times 49,71 \text{ m}^3/\text{sa} = 41,71 \text{ m}^3/\text{sa}$$

Su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumundaki debi değeri kullanılarak elde edilen güç hesabı Çizelge 4.20'de verilmektedir.

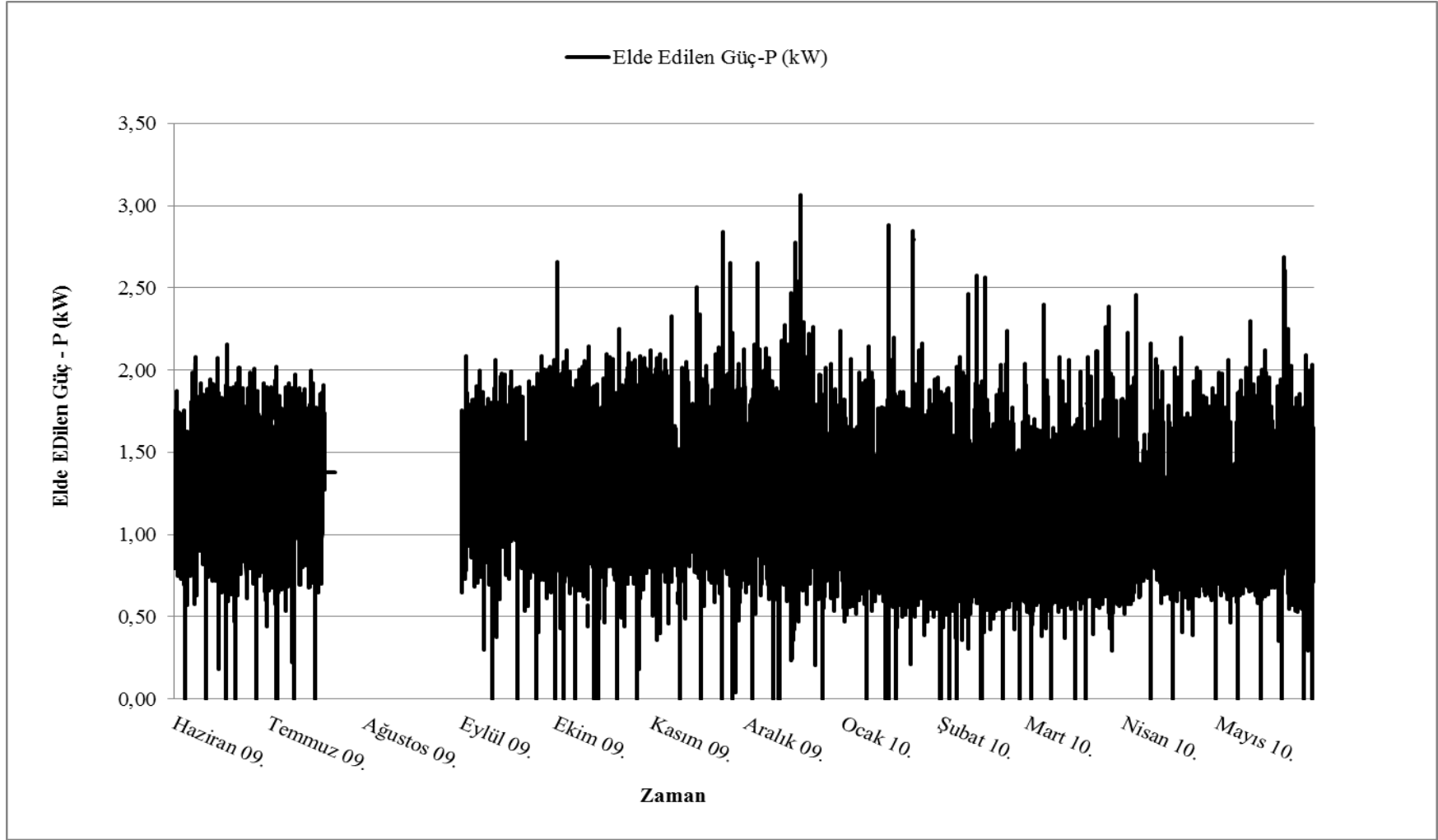
Çizelge 4.20. Alt bölge-3 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda elde edilen güç

Alt bölge numarası	Yıllık ortalama debi-Q (m ³ /sa)	Su Kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda yıllık ortalama debi (m ³ /sa)	Su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda yıllık ortalama debi (m ³ /sn)	Mevcut yıllık ortalama basınç Seviyesi-PH (m)	Optimum basınç seviyesi-BP(m)	Şebekedeki mevcut enerji Seviyesi- H(m)=PH-BP	Suyun özgül ağırlığı- γ(kN/m ³)	Tesisin Toplam Verimliliği (ε ₀)	Elde edilen güç-P (kW)
3	49,71	41,71	0,0116	49,08	34,00	15,08	9,81	0,70	1,20

Alt bölge-3 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda Microsoft Office Excel programından yararlanılarak 5 dakika aralıkla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) yeni debi değerleri hesaplanmıştır ve bu değerlerden yararlanılarak grafikler (Şekil 4.33-Şekil 4.34) oluşturulmuştur.



Şekil 4.33. Alt bölge-3 için su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda 5 dakika aralıkla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) debi (Q) ve basınç seviyesi (PH) değişimi



Şekil 4.34. Alt bölge-3 için su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda 5 dakika aralıkla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) elde edilen güç (P) değişimi

4.3.2. Alt bölge-6 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda elde edilebilecek güç miktarının bulunması

Alt bölge-6 için Yılmaz'ın tezi (Yılmaz 2011) kapsamında yasal tüketim oranı %44,24, su kaybı %55,76 olarak bulunmuştur ve alt bölge-6 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi oluşturulmuştur, Çizelge 4.21'de verilmektedir.

Çizelge 4.21. Alt bölge-6 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi (Yılmaz 2011)

		Faturalandırılmış	Faturalandırılmış Ölçülmüş	
		Yasal Tüketim	Kullanım	Gelir Getiren Su
		183895,79 m ³	183895,79 m ³	183895,79 m ³
		%44,22	%44,22	%44,22
	Yasal Tüketim		Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım	
	183978,96 m ³		0	
	%44,24			
Sistem Giriş Hacmi		Faturalandırılmamış	Faturalandırılmamış	
		Yasal Tüketim	Ölçülmüş Kullanım	
		83,17 m ³	83,17 m ³	
		%0,02	%0,02	
415865,64 m ³			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım	
%100			0	
		Görünen Kayıplar	İzinsiz Kullanım	Gelir Getirmeyen Su
		21458,67 m ³	0	231969,85 m ³
		%5,16	Sayaçlardaki Ölçüm Hataları	%55,78
			21458,67 m ³	
	Su Kayıpları		%5,16	
	231886,68 m ³		İletim ve/veya Dağıtım Hattındaki Kaçaklar	
	%55,76		Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar	
		Gerçek Kayıplar	0	
		210428,01 m ³	Servis Bağlantılarından Müşteri Sayacına Kadar Olan Kaçaklar	
		%50,60		

Alt bölge-6 için görünen su kayıpları %5,16 olduğu için, görünen su kayıpları miktarının aynı olduğu kabul edilecektir. Su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge-6 için 1 yıllık su bütçesi Çizelge 4.22'de verilmektedir.

Çizelge 4.22. Su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge-6 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi

Sistem Giriş Hacmi	Yasal Tüketim	
	183978,96 m ³	
	%75	
245305,28 m ³		Görünen Kayıplar
%100	Su Kayıpları	21458,67 m ³
	61326,32 m ³	%8,75
	%25	Gerçek Kayıplar
		39867,65 m ³
		%16,25

Yukarıdaki kabullerden, Çizelge 4.21 ve Çizelge 4.22'den yararlanılarak alt bölge-6 için su kaybı %25 düzeyine getirilince % değişim miktarı hesaplanmıştır.

$$\text{Su kaybı \%25 düzeyine getirilince \% değişim} = \frac{245305,28 \text{ m}^3}{415865,64 \text{ m}^3} = \%58,99$$

Yukarıda hesaplanan % değişim oranından yararlanılarak su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumundaki yeni debi değeri hesaplanmıştır.

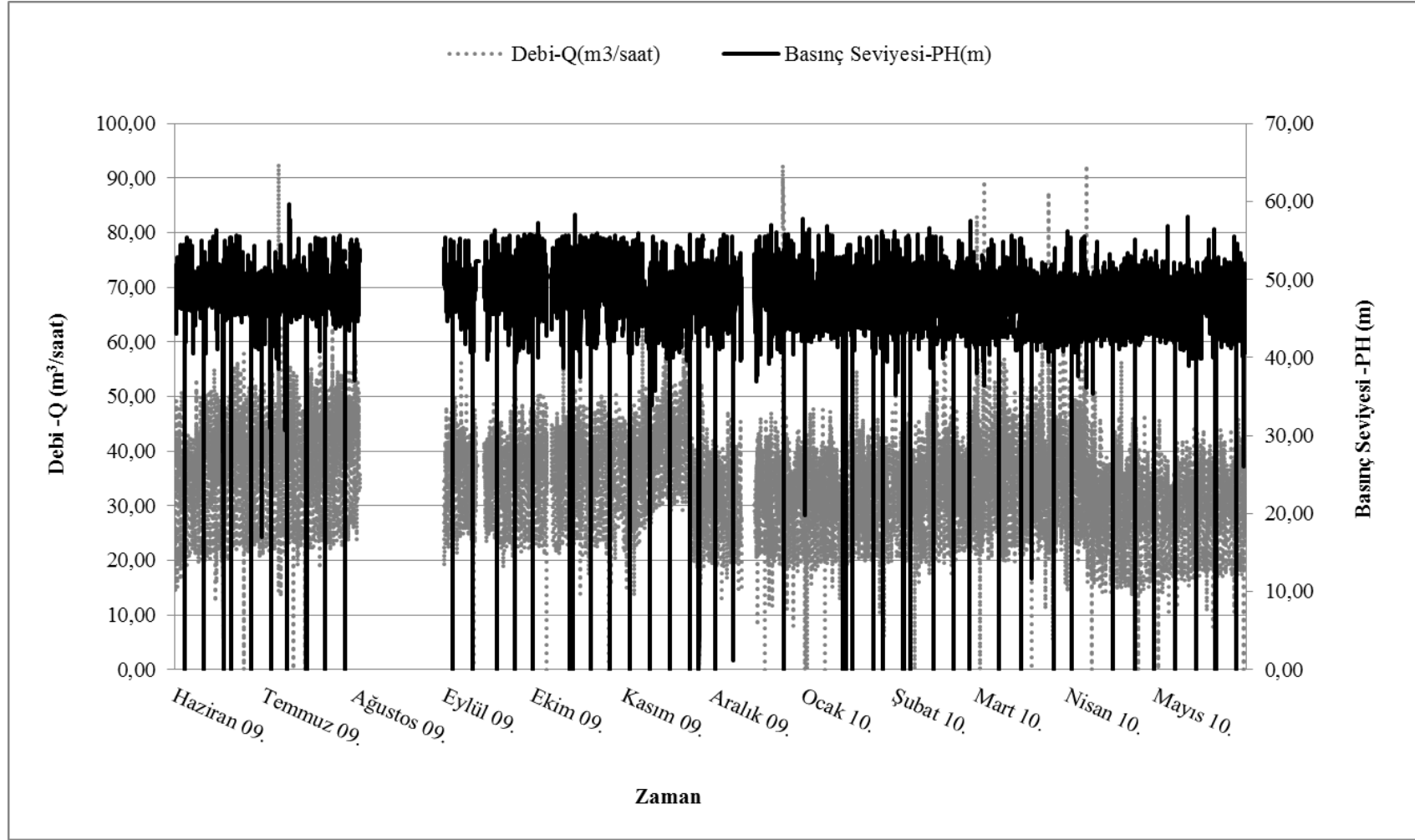
$$\text{Su kayıplarının \%25 düzeyine getirilmesi durumunda yeni debi} \\ = \% \text{ değişim} \times \text{İlk debi} = \%58,99 \times 47,99 \text{ m}^3/\text{sa} = 28,31 \text{ m}^3/\text{sa}$$

Su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumundaki debi değeri kullanılarak elde edilen güç hesabı Çizelge 4.23'te verilmektedir.

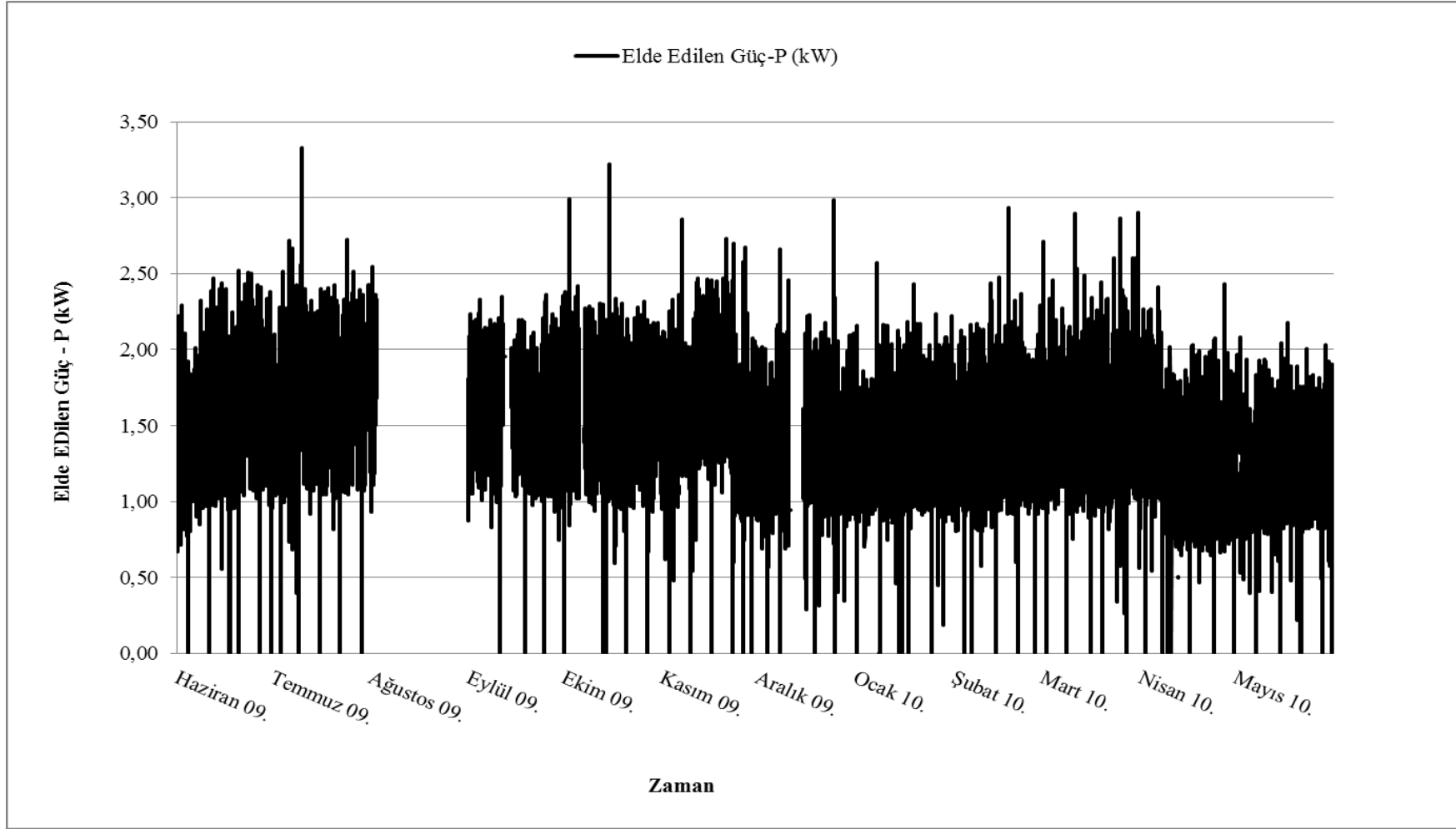
Çizelge 4.23. Alt bölge-6 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda elde edilen güç

Alt bölge numarası	Yıllık ortalama debi- Q (m ³ /sa)	Su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda yıllık ortalama debi(m ³ /sa)	Su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda yıllık ortalama debi(m ³ /sn)	Mevcut yıllık ortalama basınç seviyesi-PH (m)	Optimum Basınç Seviyesi-BP(m)	Şebekedeki mevcut enerji seviyesi- H(m)=PH-BP	Suyun özgül ağırlığı- γ (kN/m ³)	Tesisin Toplam Verimliliği (e ₀)	Elde edilen güç-P (kW)
6	47,99	28,31	0,0079	48,26	25	23,26	9,81	0,70	1,26

Alt bölge-6 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda Microsoft Office Excel programından yararlanılarak 5 dakika aralıklarla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) yeni debi değerleri hesaplanmıştır ve bu değerlerden yararlanılarak grafikler (Şekil 4.35-Şekil 4.36) oluşturulmuştur.



Şekil 4.35. Alt bölge-6 için su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda 5 dakika aralıkla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) debi (Q) ve basınç seviyesi (PH) değişimi



Şekil 4.36. Alt bölge-6 için su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda 5 dakika aralıkla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) elde edilen güç (P) değişimi

4.3.3. Alt bölge-8 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda elde edilebilecek güç miktarının bulunması

Alt bölge-8 için Yılmaz'ın tezi (Yılmaz 2011) kapsamında yasal tüketim oranı %40,11, su kaybı %59,89 olarak bulunmuştur ve alt bölge-8 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi oluşturulmuştur, Çizelge 4.24'te verilmektedir.

Çizelge 4.24. Alt bölge-8 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi (Yılmaz 2011)

		Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım 395194,84 m ³ %40,11	Gelir Getiren Su 395194,84 m ³ %40,11
	Yasal Tüketim 395194,84 m ³ %40,11	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 395194,84 m ³ %40,11	Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım 0
Sistem Giriş Hacmi		Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım 0	
985277,58 m ³ %100		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 0	
		Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım 0	
		İzinsiz Kullanım 0	
		Sayaçlardaki Ölçüm Hataları 75078,15 m ³ %7,62	Gelir Getirmeyen Su 590082,74 m ³ %59,89
	Su Kayıpları 590082,74 m ³ %59,89	Görünen Kayıplar 75078,15 m ³ %7,62	
		İletim ve/veya Dağıtım Hattındaki Kaçaklar	
		Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar 0	
		Servis Bağlantılarından Müşteri Sayacına Kadar Olan Kaçaklar	
		Gerçek Kayıplar 515004,59 m ³ %52,27	

Alt bölge-8 için görünen su kayıpları %7,62 olduğu için, görünen su kayıplarının aynı olduğu kabul edilecektir. Su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge-8 için 1 yıllık su bütçesi Çizelge 4.25'te verilmektedir.

Çizelge 4.25. Su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge-8 için 1 yıllık (2009 Haziran - 2010 Mayıs) su bütçesi

Sistem Giriş Hacmi	Yasal Tüketim 395194,84 m ³ %75
526926,45 m ³ %100	Su Kayıpları 131731,61 m ³ %25
	Görünen Kayıplar 75078,15 m ³ %14,25
	Gerçek Kayıplar 56653,46 m ³ %10,75

Yukarıdaki kabullerden, Çizelge 4.24 ve Çizelge 4.25'den yararlanılarak alt bölge-8 için su kaybı %25 düzeyine getirilince % değişim miktarı hesaplanmıştır.

$$\text{Su kaybı \%25 düzeyine getirilince \% Değişim} = \frac{526926,45 \text{ m}^3}{985277,58 \text{ m}^3} = \%53,48$$

Yukarıda hesaplanan % değişim oranından yararlanılarak su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumundaki yeni debi değeri hesaplanmıştır.

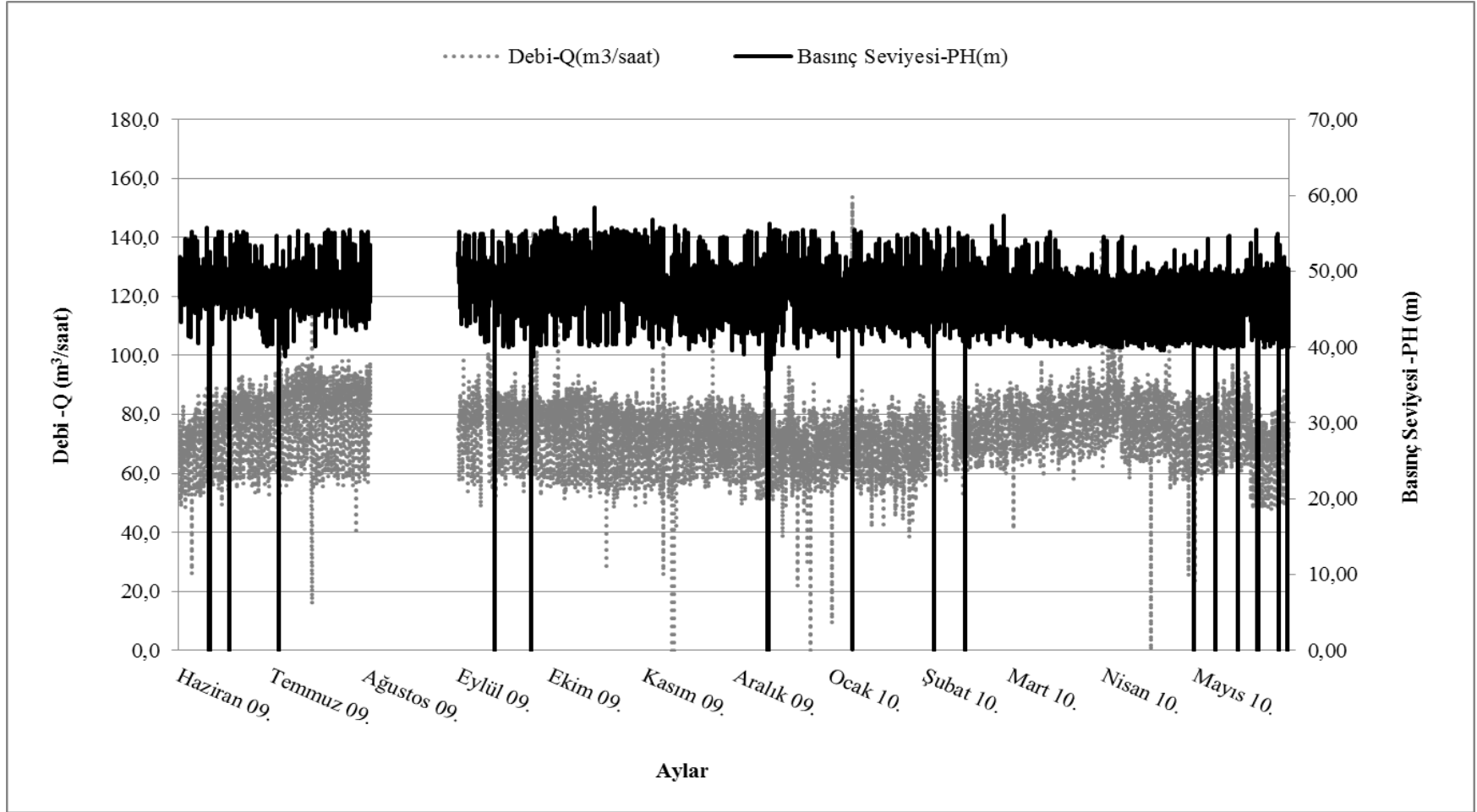
$$\text{Su kayıplarının \%25 düzeyine getirilmesi durumunda yeni debi} \\ = \% \text{ değişim} \times \text{İlk debi} = \%53,48 \times 113,60 \text{ m}^3/\text{sa} = 60,75 \text{ m}^3/\text{sa}$$

Su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda debi değeri kullanılarak elde edilen güç hesabı Çizelge 4.26'da verilmektedir.

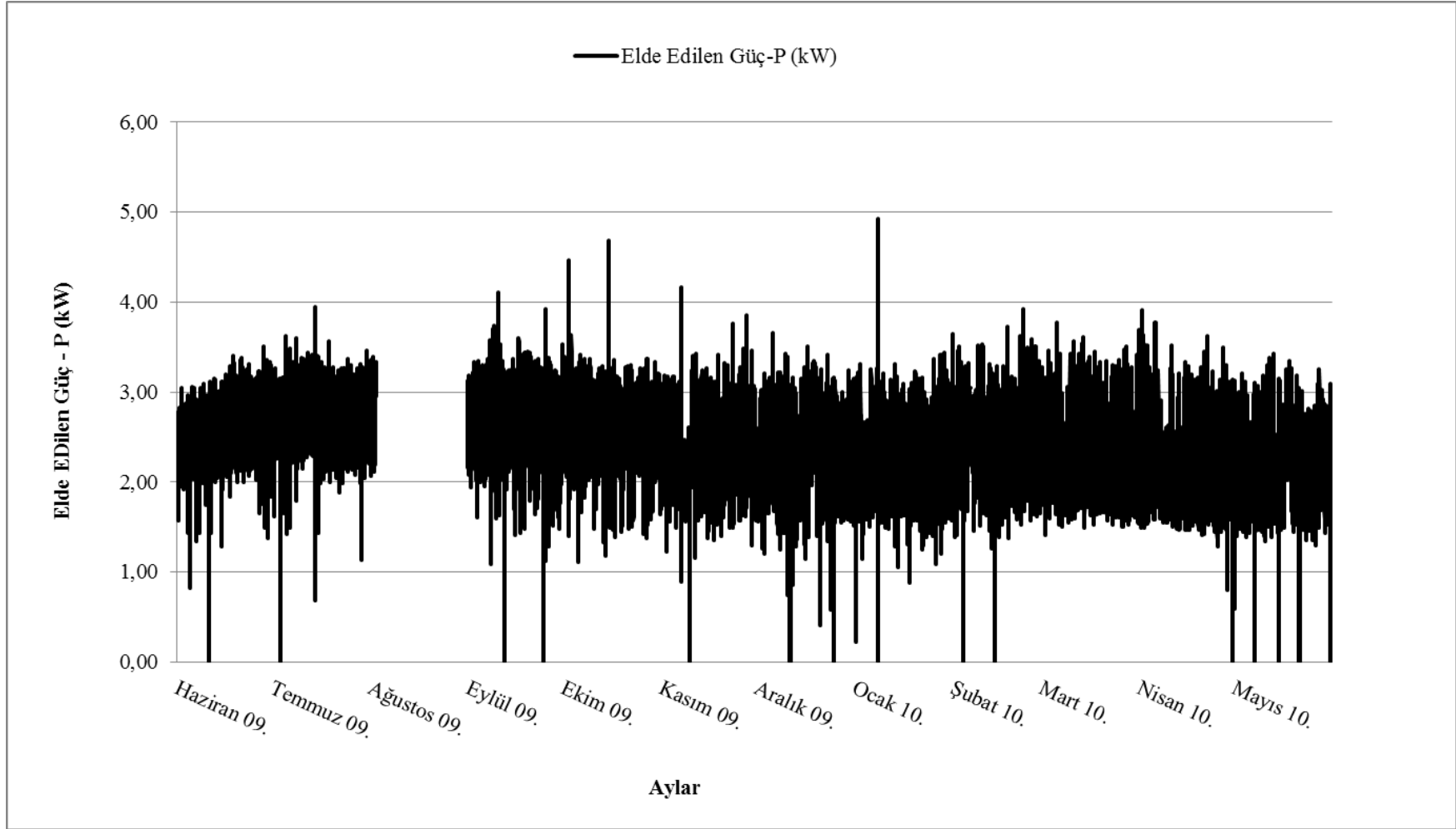
Çizelge 4.26. Alt bölge-8 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda elde edilen güç

Alt bölge numarası	Yıllık ortalama debi- Q (m ³ /sa)	Su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda yıllık ortalama debi(m ³ /sa)	Su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda yıllık ortalama debi(m ³ /sn)	Mevcut yıllık ortalama basınç seviyesi-PH (m)	Optimum Basınç Seviyesi-BP(m)	Şebekedeki mevcut enerji seviyesi- H(m)=PH-BP	Suyun özgül ağırlığı- γ (kN/m ³)	Tesisin Toplam Verimliliği (e ₀)	Elde edilen güç-P (kW)
8	113,60	60,75	0,0169	47,58	30,00	17,58	9,81	0,70	2,04

Alt bölge-8 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda Microsoft Office Excel programından yararlanılarak 5 dakika aralıklarla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) yeni debi değerleri hesaplanmıştır ve bu değerlerden yararlanılarak grafikler (Şekil 4.37-Şekil 4.38) oluşturulmuştur.



Şekil 4.37. Alt bölge-8 için su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda 5 dakika aralıkla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) debi (Q) ve basınç seviyesi (PH) değişimi



Şekil 4.38. Alt bölge-8 için su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda 5 dakika aralıkla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) elde edilen güç (P) değişimi

4.3.4. Alt bölge-11 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda elde edilebilecek güç miktarının bulunması

Alt bölge-11 için Yılmaz'ın tezi (Yılmaz 2011) kapsamında yasal tüketim oranı %70,81, su kaybı %29,19 olarak bulunmuştur ve alt bölge-11 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi oluşturulmuştur, Çizelge 4.27'de verilmektedir.

Çizelge 4.27. Alt bölge-11 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi (Yılmaz 2011)

		Faturalandırılmış Yasal Tüketim 28591,34 m ³ %70,81	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım 28591,34 m ³ %70,81	Gelir Getiren Su 28591,34 m ³ %70,81
	Yasal Tüketim 28591,34 m ³ %70,81		Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım 0	
Sistem Giriş Hacmi		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 0	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım 0	
40377,54 m ³ %100			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım 0	
	Su Kayıpları 11786,20 m ³ %29,19	Görünen Kayıplar 4841,27 m ³ %11,99	İzinsiz Kullanım 0	Gelir Getirmeyen Su 11786,20 m ³ %29,19
			Sayaçlardaki Ölçüm Hataları %11,99 4841,27 m ³	
		Gerçek Kayıplar 6944,93 m ³ %17,2	İletim ve/veya Dağıtım Hattındaki Kaçaklar	
			Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar 0	
			Servis Bağlantılarından Müşteri Sayacına Kadar Olan Kaçaklar	

Alt bölge için %11,99 olan görünen su kayıpları %10 düzeyine getirildiği zaman %1,99 oranında 803,51 m³ su kazanılmış yani faturalandırılmış olur, bu miktar yasal tüketime eklenir. Görünen su kayıplarının %10 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge-11 için 1 yıllık su bütçesi Çizelge 4.28'de verilmektedir.

Çizelge 4.28. Görünen su kayıplarının %10 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge-11 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi

	Yasal Tüketim 29394,85 m ³ %72,8	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 29394,85 m ³ %72,8
Sistem Giriş Hacmi		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 0
40377,54 m ³ %100		
	Su Kayıpları 10982,69 m ³ %27,2	Görünen Kayıplar 4037,75 m ³ %10
		Gerçek Kayıplar 6944,94 m ³ %17,2

Su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge-11 için 1 yıllık su bütçesi Çizelge 4.29'da verilmektedir.

Çizelge 4.29. Su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge-11 için 1 yıllık (2009 Haziran - 2010 Mayıs) su bütçesi

Sistem Giriş Hacmi	Yasal Tüketim 29394,85 m ³ % 75	
	Su Kayıpları 9798,28 m ³ % 25	Görünen Kayıplar 4037,75 m ³ % 10,3
39193,13 m ³ % 100		Gerçek Kayıplar 5760,53 m ³ % 14,7

Yukarıdaki kabullerden, Çizelge 4.27 ve Çizelge 4.29'dan yararlanılarak alt bölge-11 için su kaybı %25 düzeyine getirilince % değişim miktarı hesaplanmıştır.

$$\text{Su kaybı \%25 düzeyine getirilince \% değişim} = \frac{39193,13 \text{ m}^3}{40377,54 \text{ m}^3} = \%97,0$$

Yukarıda hesaplanan % değişim oranından yararlanılarak su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumundaki yeni debi değeri hesaplanmıştır.

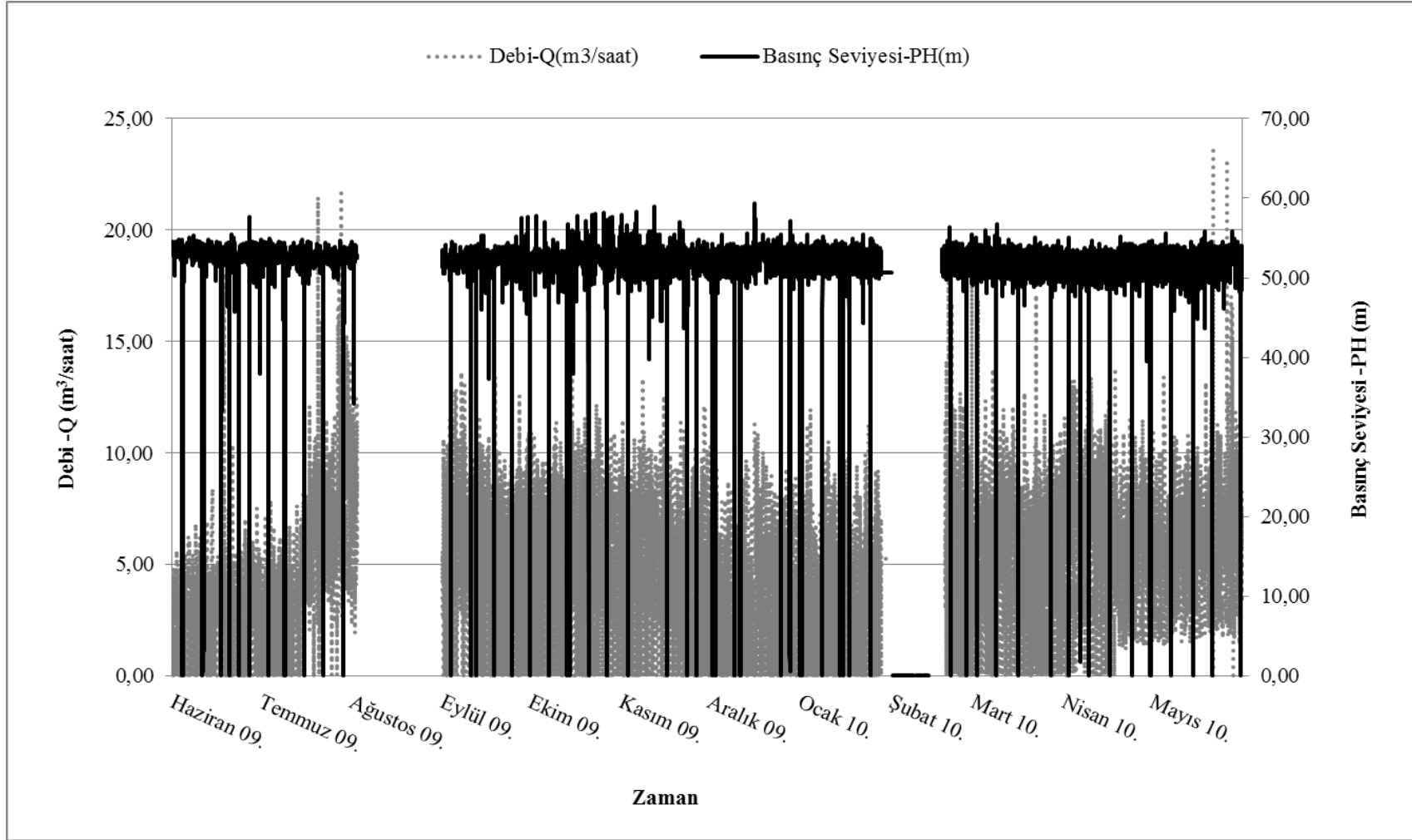
$$\text{Su kayıplarının \%25 düzeyine getirilmesi durumunda yeni debi} \\ = \% \text{ değişim} \times \text{İlk debi} = \%97,07 \times 4,87 \text{ m}^3/\text{s} = 4,73 \text{ m}^3/\text{sa}$$

Su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda yeni debi değeri kullanılarak elde edilen güç hesabı Çizelge 4.30'da verilmektedir.

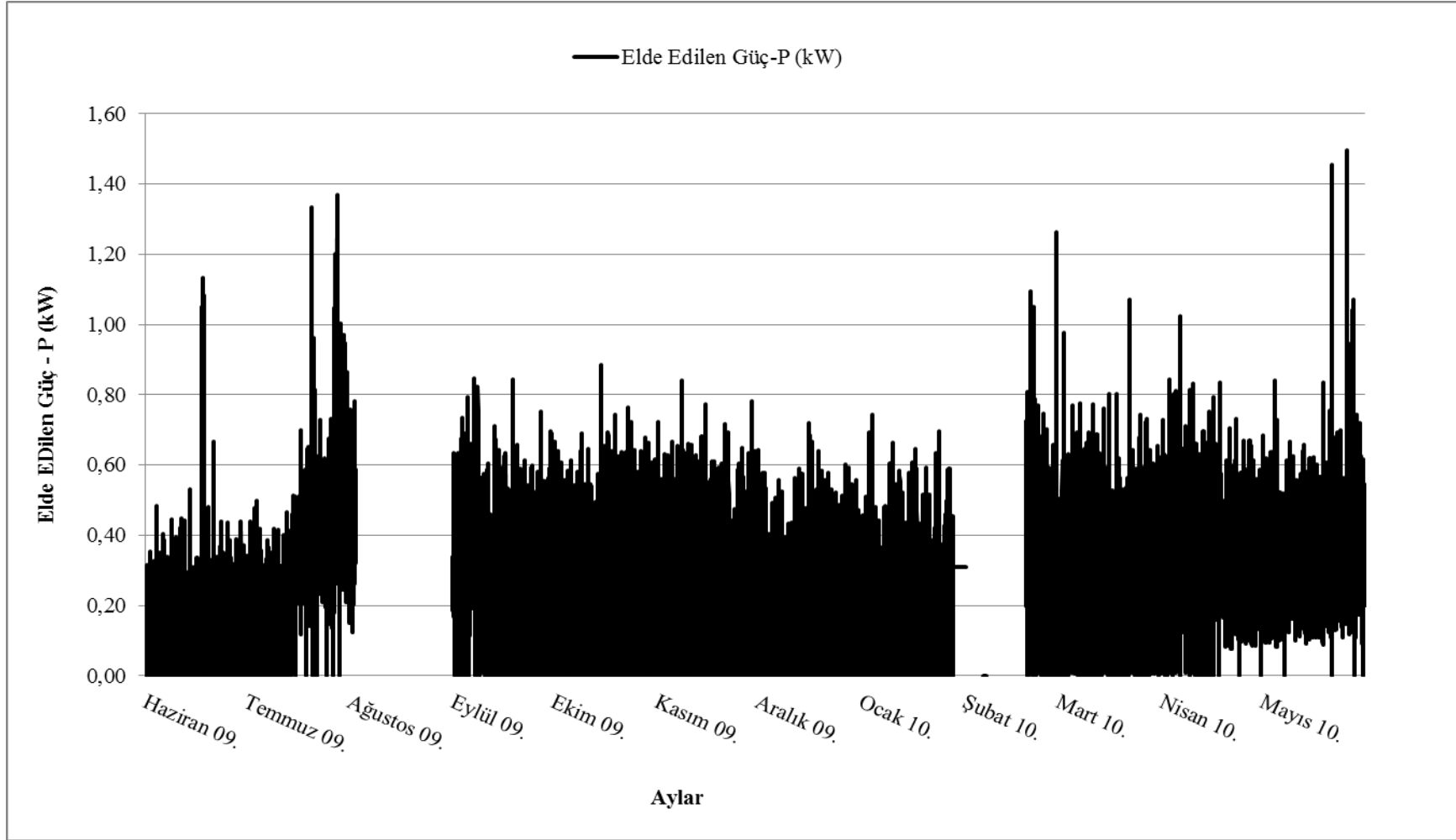
Çizelge 4.30. Alt bölge-11 için su kayıplarının en fazla %25 düzeyine getirilmesi durumunda elde edilen güç

Alt bölge numarası	Yıllık ortalama debi- Q (m ³ /sa)	Su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda yıllık ortalama debi(m ³ /sa)	Su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda yıllık ortalama debi(m ³ /sn)	Mevcut yıllık ortalama basınç seviyesi-PH (m)	Optimum basınç seviyesi-BP(m)	Şebekedeki mevcut enerji seviyesi- H(m)=PH-BP	Suyun özgül ağırlığı- γ(kN/m ³)	Tesisin Toplam Verimliliği (e ₀)	Elde edilen güç-P (kW)
11	4,87	4,73	0,0013	52,20	22,00	30,20	9,81	0,70	0,27

Alt bölge-11 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda Microsoft Office Excel programından yararlanılarak 5 dakika aralıkla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) yeni debi değerleri hesaplanmıştır ve bu değerlerden yararlanılarak grafikler (Şekil 4.39-Şekil 4.40) oluşturulmuştur.



Şekil 4.39. Alt bölge-11 için su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda 5 dakika aralıklarla yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) debi (Q) ve basınç seviyesi (PH) değişimi



Şekil 4.40. Alt bölge-11 için su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda 5 dakika aralıkla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) elde edilen güç (P) değişimi

4.3.5. Alt Bölge-12 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda elde edilebilecek güç miktarının bulunması

Alt bölge-12 için Yılmaz'ın tezi (Yılmaz 2011) kapsamında yasal tüketim oranı %66,75, su kaybı %33,25 olarak bulunmuştur ve alt bölge-12 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi oluşturulmuştur, Çizelge 4.31'de verilmektedir.

Çizelge 4.31. Alt bölge-12 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi (Yılmaz 2011)

	Yasal Tüketim 30856,56 m ³ %66,75	Faturalandırılmış Yasal Tüketim	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım	Gelir Getiren Su 29529,85 m ³ %63,88	
		29529,85 m ³ %63,88	29529,85 m ³ %63,88		
Sistem Giriş Hacmi	46227,06 m ³ %100	Faturalandırılmamış Yasal Tüketim	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım	Gelir Getirmeyen Su 166697,21 m ³ %36,12	
		1326,71 m ³ %2,87	0		
Su Kayıpları 15370,50 m ³ %33,25		Görünen Kayıplar	İzinsiz Kullanım		
		5205,17 m ³ %11,26	0		
		Gerçek Kayıplar 10165,33 m ³ %21,99	Sayaçlardaki Ölçüm Hataları		0
			5205,17 m ³ %11,26		
		İletim ve/veya Dağıtım Hattındaki Kaçaklar			
		Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar			
		0			
		Servis Bağlantılarından Müşteri Sayacına Kadar Olan Kaçaklar			

Alt bölge-12 için % 11,26 olan görünen su kayıpları %10 düzeyine getirildiği zaman %1,26 oranında 582,46 m³ su kazanılmış yani faturalandırılmış olur, bu miktar yasal tüketime eklenir. Görünen su kayıplarının %10 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge-12 için 1 yıllık su bütçesi Çizelge 4.32'de verilmektedir.

Çizelge 4.32. Görünen su kayıplarının %10 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge-12 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi

	Yasal Tüketim 31439,02 m ³ %68,01	Faturalandırılmış Yasal Tüketim
		30112,31 m ³ %65,14
Sistem Giriş Hacmi	46227,06 m ³ %100	Faturalandırılmamış Yasal Tüketim
		1326,71 m ³ %2,87
Su Kayıpları 14788,04 m ³ %31,99		Görünen Kayıplar
		4622,71 m ³ %10
		Gerçek Kayıplar
		10165,33 m ³ %21,99

Su kayıplarının en fazla %25 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge-12 için 1 yıllık su bütçesi Çizelge 4.33'te verilmektedir.

Çizelge 4.33. Su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge-12 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi

Sistem Giriş Hacmi	Yasal Tüketim 31439,02 m ³ %75	
		Görünen Kayıplar 4622,71 m ³ %11,03
41918,69 m ³ %100	Su Kayıpları 10479,67 m ³ %25	Gerçek Kayıplar 5856,96 m ³ %13,97

Yukarıdaki kabullerden, Çizelge 4.32 ve Çizelge 4.33'den yararlanılarak alt bölge-12 için su kaybı %25 düzeyine getirilince % değişim miktarı hesaplanmıştır.

$$\text{Su kaybı \%25 düzeyine getirilince \% değişim} = \frac{41918,69 \text{ m}^3}{46227,06 \text{ m}^3} = \%90,6$$

Yukarıda hesaplanan % değişim oranından yararlanılarak su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumundaki yeni debi değeri hesaplanmıştır.

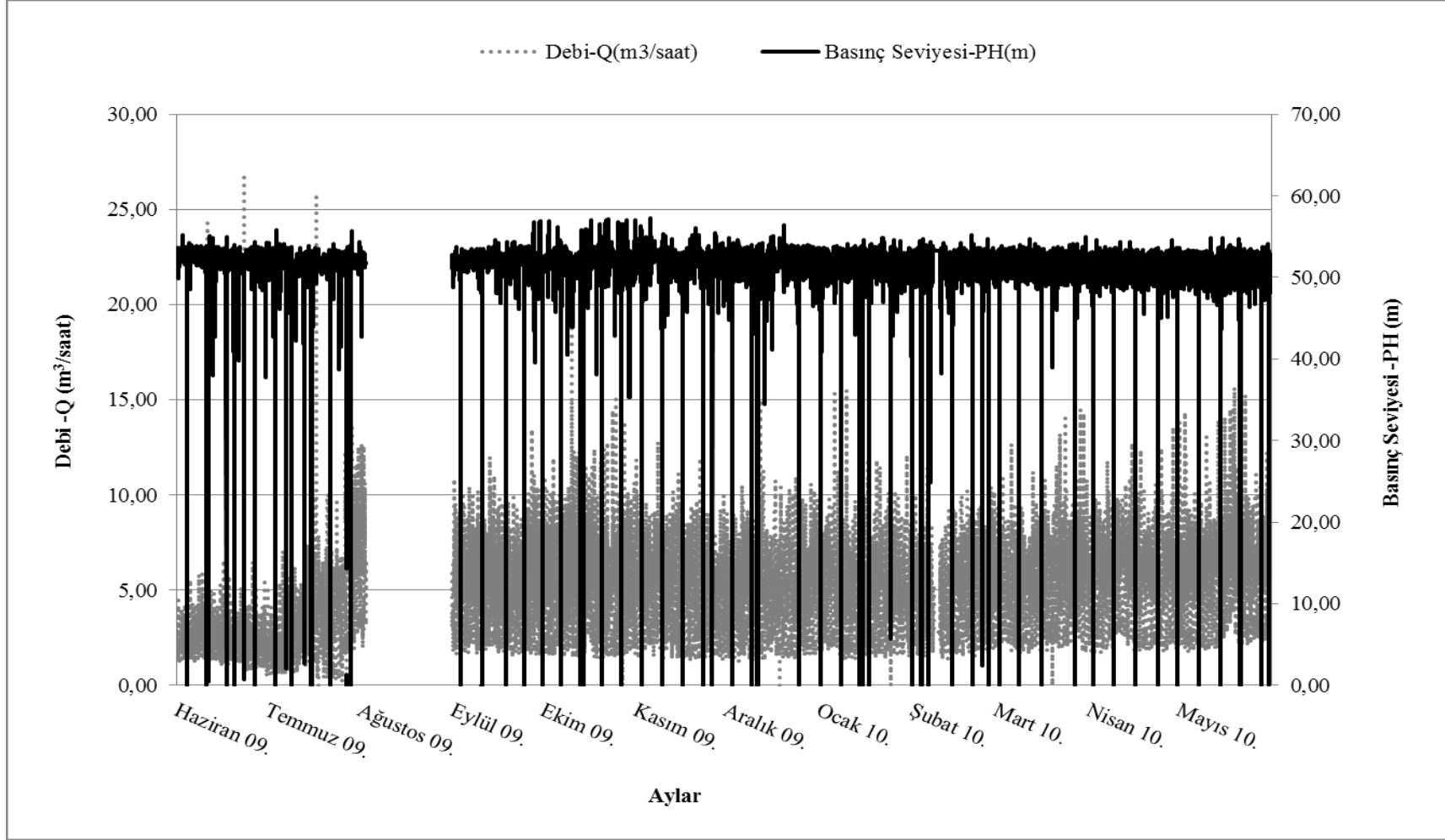
$$\text{Su kayıplarının \%25 düzeyine getirilmesi durumunda yeni debi} \\ = \% \text{ değişim} \times \text{İlk debi} = \%90,68 \times 5,30 \text{ m}^3/\text{sa} = 4,81 \text{ m}^3/\text{sa}$$

Su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda yeni debi değeri kullanılarak elde edilen güç hesabı Çizelge 4.34'te verilmektedir.

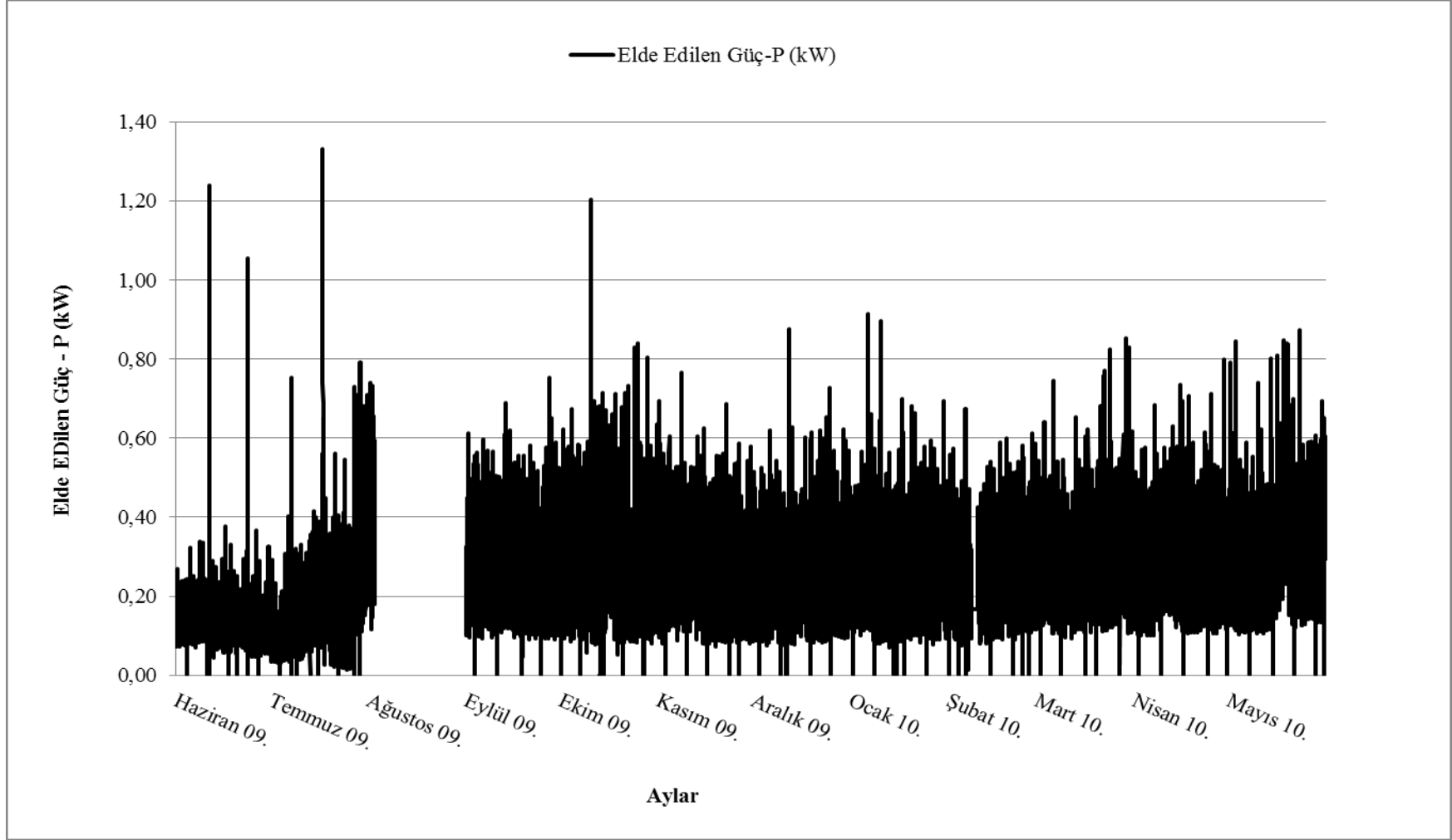
Çizelge 4.34. Alt bölge-12 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda elde edilen güç

Alt bölge numarası	Yıllık ortalama debi- Q (m ³ /sa)	Su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda yıllık ortalama debi(m ³ /sa)	Su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda yıllık ortalama debi(m ³ /sn)	Mevcut yıllık ortalama basınç seviyesi-PH (m)	Optimum basınç seviyesi-BP(m)	Şebekedeki mevcut enerji seviyesi- H(m)=PH-BP	Suyun özgül ağırlığı- γ (kN/m ³)	Tesisin Toplam Verimliliği (e ₀)	Elde edilen güç-P (kW)
12	5,30	4,81	0,0013	51,77	22,00	29,77	9,81	0,70	0,27

Alt bölge-12 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda Microsoft Office Excel programından yararlanılarak 5 dakika aralıkla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) yeni debi değerleri hesaplanmıştır ve bu değerlerden yararlanılarak grafikler (Şekil 4.41-Şekil 4.42) oluşturulmuştur.



Şekil 4.41. Alt bölge-12 için su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda 5 dakika aralıkla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) debi (Q) ve basınç seviyesi (PH) değişimi



Şekil 4.42. Alt bölge-12 için su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda 5 dakika aralıkla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) elde edilen güç (P) değişimi

4.3.6. Alt bölge-15 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda elde edilebilecek güç miktarının bulunması

Alt bölge-15 için Yılmaz'ın tezi (Yılmaz 2011) kapsamında yasal tüketim oranı %53,33, su kaybı %46,67 olarak bulunmuştur ve alt bölge-15 için 1 yıllık (2009 Haziran - 2010 Mayıs) su bütçesi oluşturulmuştur, Çizelge 4.35'te verilmektedir.

Çizelge 4.35. Alt bölge-15 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi (Yılmaz 2011)

		Faturalandırılmış Yasal Tüketim 77851,01 m ³ %53,33	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım 77851,01 m ³ %53,33	Gelir Getiren Su 77851,01 m ³ %53,33
	Yasal Tüketim 77851,01 m ³ %53,33		Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım 0	
Sistem Giriş Hacmi		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim m ³ 0	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım 0	
145979,76 m ³ %100			Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım 0	
		Görünen Kayıplar 13400,94 m ³ %9,18	İzinsiz Kullanım 0	Gelir Getirmeyen Su 68128,75 m ³ %46,67
	Su Kayıpları 68128,75 m ³ %46,67		Sayaçlardaki Ölçüm Hataları 13400,94 m ³ %9,18	
		Gerçek Kayıplar 54727,81 m ³ %37,49	İletim ve/veya Dağıtım Hattındaki Kaçaklar 0	
			Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar 0	
			Servis Bağlantılarından Müşteri Sayacına Kadar Olan Kaçaklar	

Alt bölge-15 için görünen su kayıpları %9,18 olduğu için, görünen su kayıplarının miktarının aynı olduğu kabul edilecektir. Su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge-15 için 1 yıllık su bütçesi Çizelge 4.36'da verilmektedir.

Çizelge 4.36. Su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda alt bölge-15 için 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) su bütçesi

Sistem Giriş Hacmi	Yasal Tüketim 77851,01 m ³ %75	
103801,35 m ³ %100	Su Kayıpları 25950,34 m ³ %25	Görünen Kayıplar 13400,94 m ³ %12,91
		Gerçek Kayıplar 12549,40 m ³ %12,09

Yukarıdaki kabullerden, Çizelge 4.35 ve Çizelge 4.36'dan yararlanılarak alt bölge-15 için su kaybı %25 düzeyine getirilince % değişim miktarı hesaplanmıştır.

$$\text{Su kaybı \%25 düzeyine getirilince \% değişim} = \frac{103801,35 \text{ m}^3}{145979,76 \text{ m}^3} = \%71,1$$

Yukarıda hesaplanan % değişim oranından yararlanılarak su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumundaki yeni debi değeri hesaplanmıştır.

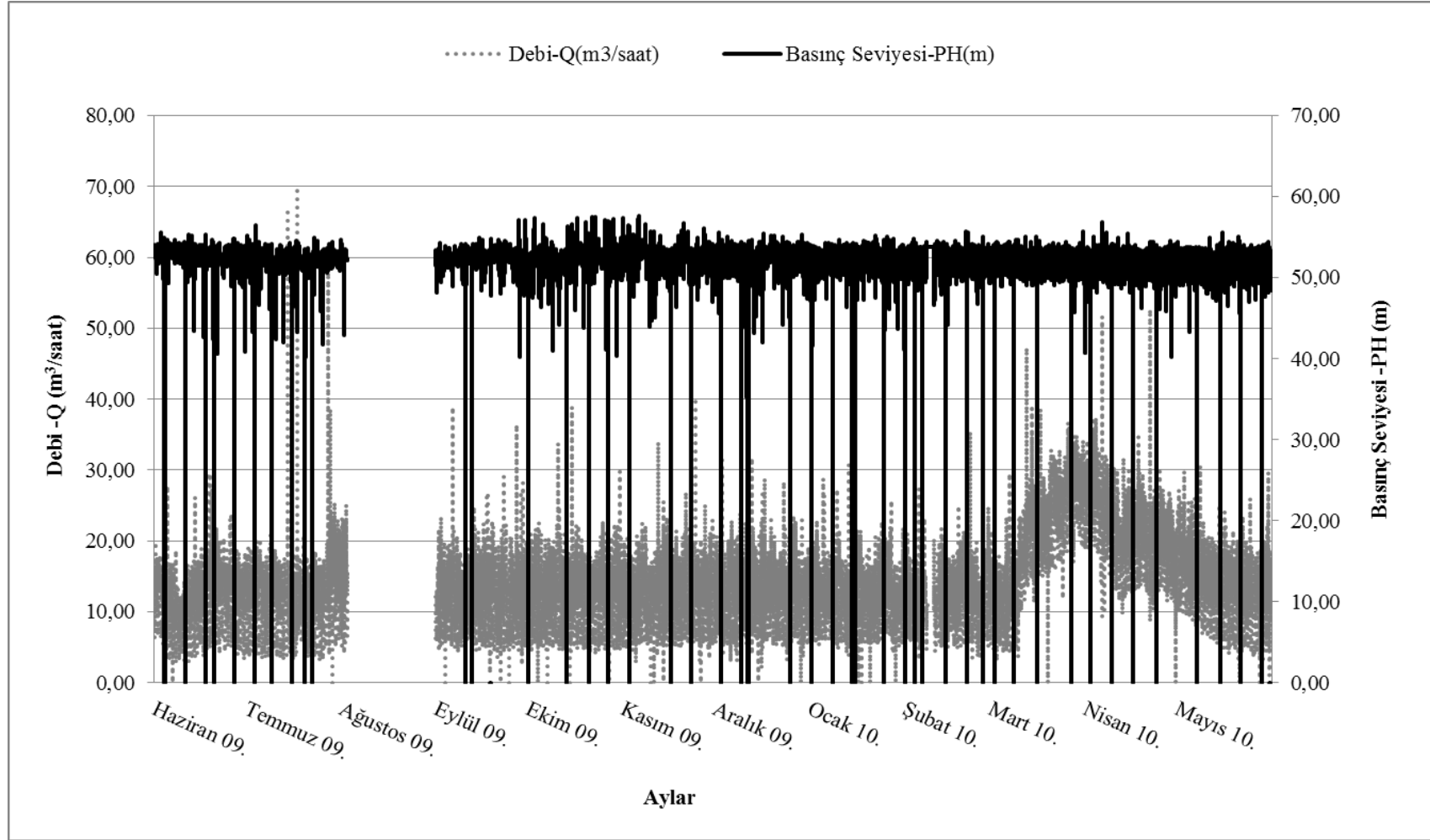
$$\text{Su kayıplarının \%25 düzeyine getirilmesi durumunda yeni debi} \\ = \% \text{ değişim} \times \text{İlk debi} = \%71,11 \times 16,80 \text{ m}^3/\text{sa} = 11,95 \text{ m}^3/\text{sa}$$

Su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda yeni debi değeri kullanılarak elde edilen güç hesabı Çizelge 4.37'de verilmektedir.

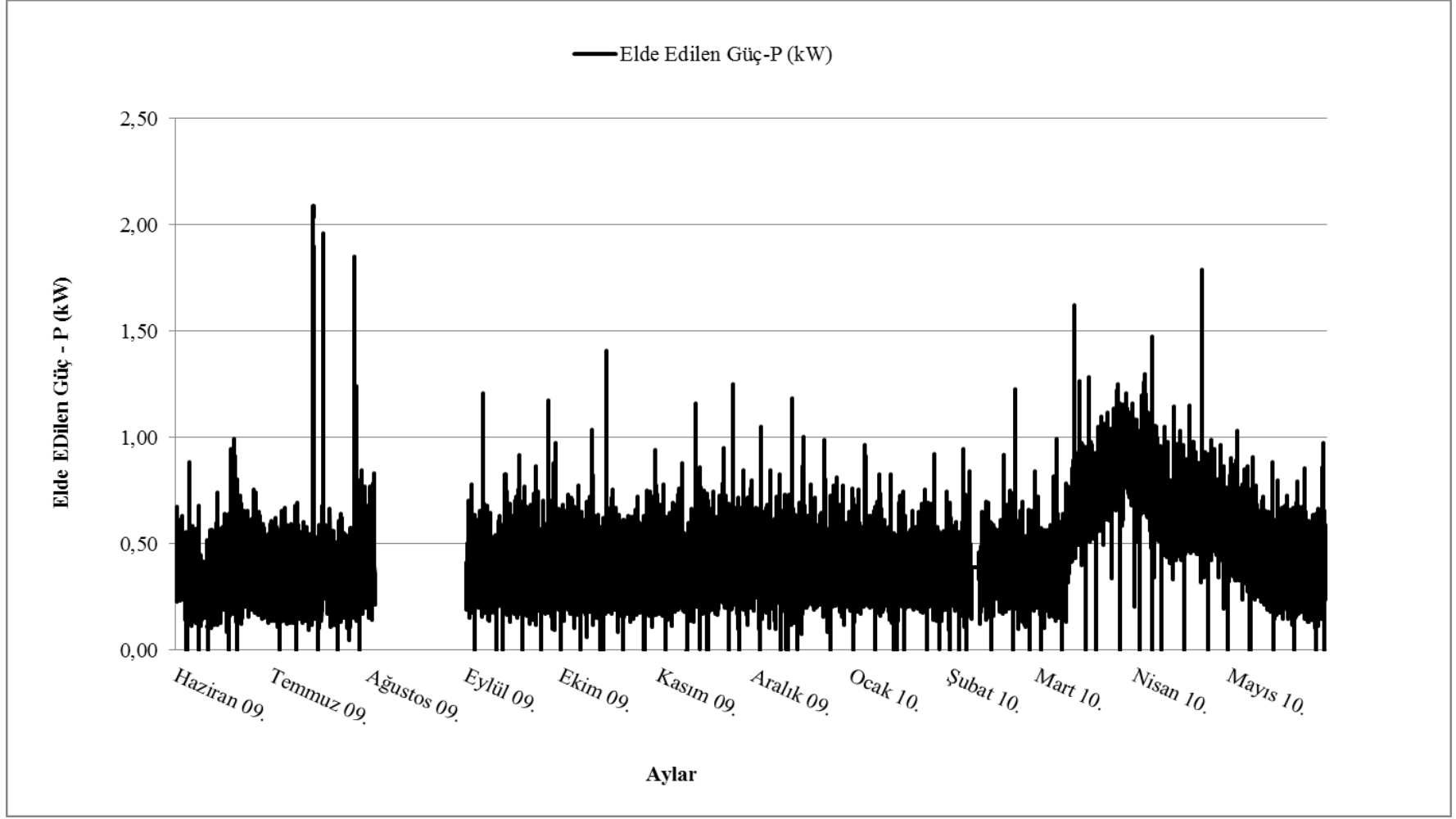
Çizelge 4.37. Alt bölge-15 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda elde edilen güç

Alt bölge numarası	Yıllık ortalama debi- Q (m ³ /sa)	Su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda yıllık ortalama debi(m ³ /sa)	Su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda yıllık ortalama debi(m ³ /sn)	Mevcut yıllık ortalama basınç seviyesi-PH (m)	Optimum basınç seviyesi-BP(m)	Şebekedeki mevcut enerji seviyesi- H(m)=PH-BP	Suyun özgül ağırlığı- γ (kN/m ³)	Tesisin Toplam Verimliliği (e ₀)	Elde edilen güç-P (kW)
15	16,80	11,95	0,0033	52,27	35,00	17,27	9,81	0,70	0,39

Alt bölge-15 için su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda Microsoft Office Excel programından yararlanılarak 5 dakika aralıkla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) yeni debi değerleri hesaplanmıştır ve bu değerlerden yararlanılarak grafikler (Şekil 4.43-Şekil 4.44) oluşturulmuştur.



Şekil 4.43. Alt bölge-15 için su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda 5 dakika aralıkla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) debi (Q) ve basınç seviyesi (PH) değişimi



Şekil 4.44. Alt bölge-15 için su kaybının %25 düzeyine getirilmesi durumunda 5 dakika aralıkla 1 yıllık (2009 Haziran-2010 Mayıs) elde edilen güç (P) değişimi

4.4. Su Türbinlerinin Kullanılması Durumunda Maliyet Analizi

4.4.1. Su türbinlerinin kullanılması durumunda elde edilen elektrik geliri miktarının belirlenmesi

Bölüm 3.10.1'den yararlanarak su türbini kullanılması durumunda alt bölgeler için tesisin yatırım maliyeti, yıllık elektrik üretim miktarı, üretilen elektriğin satış bedeli, tesisin işletme maliyeti ve yıllık elektrik geliri hesabı Çizelge 4.38'de verilmektedir.

Çizelge 4.38. Su türbini kullanılması durumunda alt bölgeler için tesisin yatırım maliyeti, yıllık elektrik üretim miktarı, üretilen elektriğin satış bedeli, tesisin işletme maliyeti ve yıllık elektrik geliri hesabı

Alt Bölge Numarası	Elde Edilen Güç-P (kW)	Tesisin Yatırım Maliyeti (\$)	Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (kWh)	Üretilen Elektriğin Satış Bedeli (\$)	Tesisin İşletme Maliyeti (\$)	Yıllık Elektrik Geliri (\$)
3	1,37	12576,60	12001,20	864,09	156,02	708,07
6	1,83	16799,40	16030,80	1154,22	208,40	945,82
8	3,40	31212,00	29784,00	2144,45	387,19	1757,26
11	0,26	2386,80	2277,60	163,99	29,61	134,38
12	0,28	2570,40	2452,80	176,60	31,89	144,72
15	0,49	4498,20	4292,40	309,05	55,80	253,25

4.4.2. Su türbini kullanılması durumunda su tasarrufuna bağlı olarak elde edilen gelir miktarının belirlenmesi

Bölüm 3.10.2'den yararlanarak alt bölgeler için elde edilen su tasarrufuna bağlı olarak yıllık elde edilen gelir miktarı Çizelge 4.39'da verilmektedir.

Çizelge 4.39. Alt bölgeler için elde edilen su tasarrufuna bağlı olarak yıllık elde edilen gelir miktarı

Alt Bölge Numarası	Su Tasarrufu (m ³ /sa)	Su Tasarrufu (m ³ /yıl)	Su Tasarrufuna Bağlı Yıllık Elde Edilen Gelir (\$)
3	2,22	19447,20	16206
6	6,81	59655,60	49713
8	12,23	107134,80	89279
11	0,29	2540,40	2117
12	0,41	3591,60	2993
15	1,87	16381,20	13651

4.4.3. Su türbini kullanılması durumunda yıllık elde edilen toplam gelir miktarının ve geri ödeme süresinin hesaplanması

Bölüm 3.10.3'den yararlanarak alt bölgeler için su türbini kullanılması durumunda elde edilen toplam gelir miktarı ve geri ödeme süresi hesabı Çizelge 4.40'da verilmektedir. Yıllık elde edilen gelir, yıllık elektrik geliri ve su tasarrufuna bağlı elde edilen gelirin toplamıdır.

Çizelge 4.40. Alt bölgeler için su türbini kullanılması durumunda elde edilen toplam gelir miktarı ve geri ödeme süresi

Alt Bölge Numarası	Tesisin Yatırım Maliyeti (\$)	Yıllık Elde Edilen Toplam Gelir (\$)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
3	12576,60	16914,07	0,74
6	16799,40	50658,82	0,33
8	31212,00	91036,26	0,34
11	2386,80	2251,38	1,06
12	2570,40	3137,72	0,82
15	4498,20	13904,25	0,32

4.5. Karbon Dioksit Emisyonu Azalımının Belirlenmesi

4.5.1. Enerji kazanımına bağlı karbon dioksit emisyonu azalımının belirlenmesi

Bölüm 3.11.1'den yararlanılarak türbin kullanılması durumunda alt bölgeler için enerji kazanımına bağlı karbon dioksit emisyonu azalımı hesabı Çizelge 4.41 'de verilmektedir.

Çizelge 4.41. Türbin kullanılması durumunda alt bölgeler için enerji kazanımına bağlı karbondioksit emisyonu azalımı

Alt Bölge Numarası	Elde Edilen Güç-P (kW)	Yıllık elektrik üretim miktarı-(kWh)	Enerji Kazanımına Bağlı Karbon Dioksit Azalımı-(kgCO ₂)
3	1,37	12001,20	6411,76
6	1,83	16030,80	8564,62
8	3,40	29784,00	15912,40
11	0,26	2277,60	1216,83
12	0,28	2452,80	1310,43
15	0,49	4292,40	2293,26

4.5.2. Elde edilen su tasarrufuna bağlı karbon dioksit emisyonu azalımının belirlenmesi

Bölüm 3.11.2'den yararlanılarak türbin kullanılması durumunda alt bölgeler için elde edilen su tasarrufuna bağlı karbon dioksit emisyonu azalımı hesabı Çizelge 4.42'de verilmektedir.

Çizelge 4.42. Türbin kullanılması durumunda alt bölgeler için elde edilen su tasarrufuna bağlı karbondioksit emisyonu azalımı

Alt Bölge Numarası	Su Tasarrufu (m ³ /sa)	Su Tasarrufu (m ³ /yıl)	Kazanılan Enerji (kWh)	Su Tasarrufuna Bağlı Karbondioksit Azalımı (kgCO ₂)
3	2,22	19447,20	13029,62	6961,21
6	6,81	59655,60	39969,25	21353,97
8	12,23	107134,80	71780,32	38349,35
11	0,29	2540,40	1702,07	909,35
12	0,41	3591,60	2406,37	1285,63
15	1,87	16381,20	10975,40	5863,72

4.5.3. Toplam karbon dioksit emisyonu azalımının belirlenmesi

Türbin kullanılması durumunda alt bölgeler için toplam karbondioksit emisyonu azalımı Çizelge 4.43 'te verilmektedir.

Çizelge 4.43. Türbin kullanılması durumunda alt bölgeler için toplam karbondioksit emisyonu azalımı

Alt Bölge Numarası	Enerji Kazanımı ve Su Tasarrufuna Bağlı Toplam Karbondioksit Azalımı (kgCO ₂)
3	13372,97
6	29918,59
8	54261,75
11	2126,18
12	2596,06
15	8156,98

5. TARTIŞMA

Basınç kırıcı vanalar ve maslaklar, su dağıtım şebekelerinde su basıncının kontrol altında tutulması amacıyla kullanılan şebeke elemanlarıdır. Bu şebeke elemanları kullanılarak basınç azaltılabilir ama bu sırada enerji boşa gitmektedir. Su dağıtım şebekelerinde basınç kırıcı vanaların ve maslakların, su türbinleri ve türbin pompalar ile değiştirilmesi sonucunda, su dağıtım şebekelerinde su kayıplarının azaltılması, su tasarrufu sağlanması, fazla basıncın düşürülmesi ve enerji kazanılması mümkündür. Su kayıplarının azaltılarak su tasarrufu edilmesi sonucunda su kaynakları daha az kullanılmış olacaktır. Su türbini kullanılması durumunda CO₂ miktarı azaltılmakta ve çevresel fayda sağlanabilmektedir.

Türkiye gibi birçok ülkede içmesuyu dağıtım şebekelerinde ortalama su kayıpları %50 civarındadır. Su kayıplarının azaltılması, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı ve ülke ekonomisi açısından oldukça önemlidir. Su dağıtım şebekesinde debi ve basınç seviyesi değişkendir. Debi ve basınç seviyesinin değişken olması, su dağıtım şebekesinden enerji üretimini etkilemektedir. Su kayıplarının azaltılması durumunda şebekeye verilen giriş debisinde azalma meydana gelecek ve su tasarrufu elde edilecektir fakat giriş debisinin azalması, su dağıtım şebekelerinden enerji üretimi miktarını düşürecektir.

Şebekenin DMA'lara bölünmesi, kalıcı basınç kontrol sistemleri oluşturulmasını kolaylaştırır ve DMA'larda basıncın azaltılması ile su kayıpları, boru patlak sayısı vb. azaltılabilir. DMA'lar oluşturulurken çeşitli teknolojilerden (SCADA, CBS) ve su kalite ve hidrolik modellerinden yararlanılarak mevcut durum değerlendirilmelidir. Her bir alt bölge birbirinden bağımsızdır ve farklı özelliklere sahiptir. Konyaaltı çalışma bölgesi bu özellikler dikkate alınarak alt bölgelere ayrılmıştır.

Su dağıtım şebekelerinde basıncın, hiçbir aboneyi olumsuz etkilemeden ve şebekenin her bir noktasında minimum yasal değerleri sağlayacak şekilde azaltılması gerekmektedir. Basınçta gereğinden fazla azaltma şebekenin yüksek kotlu bölgelerine suyun ulaşmamasına ve bu bölgelerdeki abonelerin mağdur edilmesine neden olacaktır. Bu yüzden basıncın hiçbir aboneyi mağdur etmeyecek şekilde ayarlanması gerekmektedir ve bu nedenle de hidrolik modeller (EPANET vb.) kullanılarak optimum basınç seviyesi belirlenmektedir. Hidrolik model ile optimum basıncın bulunabilmesi için su dağıtım şebekesindeki bütün elemanların tam olarak programa tanıtılması gerekmektedir ve bu aşamada CBS, hidrolik modelin kurulumu için büyük önem taşımaktadır. CBS, su dağıtım şebekelerinde su kalitesi izleme ve su kayıplarının yönetimi için sıklıkla kullanılmaktadır. Su dağıtım şebekelerinde CBS uygulaması ile, bölgeye ait veriler (imar planları gibi), aboneye ait bilgiler (apartman adı, apartman kat sayısı, apartmandaki abone sayısı ve abone numaraları), alt yapı tesislerine ait bilgiler (boruların türleri, çapları, imalat tarihleri, uzunlukları vb.), mekânsal olarak ölçülen değerler (boruların yerleri, kotları, abone bağlantıları, boru bağlantı noktaları, bölgedeki izleme ve ölçüm noktaları, varsa SCADA istasyonun yeri vb.) depolanabilmektedir.

Hidrolik model programı şebekenin fiziki koşullarını gösterecek şekilde oluşturulduktan sonra modelin doğru ve gerçek verilerle çalıştırılması gerekmektedir. Bu aşamada modelde gerçek veri girdilerini oluşturmak için SCADA sisteminden

faýdalanılmaktadır. SCADA sistemi, Őebeke űzerine yerleŐtirilen istasyonlarda on-line olarak iletilen, uzak bűlgelerdeki bilgileri toplayan ve toplanan verileri merkezi sisteme gűndererek kontrol edilmesini ve bu bilgilerin depolanmasını saęlayan bir sistemdir.

Yapılan alıŐma kapsamında EPANET programı veya herhangi bir hidrolik su kalite modeli kullanılmamıŐtır. Enerji hesaplamaları için Kara'nın (Kara 2011) yűksek lisans tezinde EPANET programı kullanarak her alt bűlge için hesapladıęı optimum basınc deęerlerinden yararlanılmıŐtır. ÇalıŐma kapsamında seçilen Konyaaltı pilot çalıŐma bűlgesinde bazı alt bűlgeler (Alt bűlge-4, alt bűlge-5, alt bűlge-7, alt bűlge-9, alt bűlge 13, alt bűlge-16 ve alt bűlge-17) basınc azaltmaya elveriŐli olmayan ve bu nedenle su modeli kurulmamıŐ alt bűlgelerdir (Kara 2011). Alt bűlge-2 için Kara'nın (Kara 2011) tezi kapsamında 12.08.2009 tarihinden itibaren basınc kırıncı vana takılıp basınc 35 m'ye sabitlendięi için yıllık enerji hesaplamaları yapılamamıŐtır. Seçilen bazı alt bűlgeler için (6 alt bűlge) enerji hesaplamaları yapılmıŐtır.

En iyi Őekilde tűrbin tasarımı yapmak için saatlik, gűnlűk, aylık ve mevsimsel debi ve basınc deęiŐiklikleri dikkate alınmalıdır. Su tűrbinlerinin kullanılması durumunda elde edilen elektrik geliri miktarının belirlenmesi için yapılan hesaplamalarda tűrbin için yatırım maliyeti, literatűr taraması sonrası űnceki yapılan çalıŐmalardan yararlanarak kabul edilmiŐtir. Tűrbin űreten Őirketlerden fiyat teklifi alınmamıŐtır, bu nedenle tűrbin fiyatı tam olarak belirlenememiŐtir. Benzer Őekilde, su tűrbini kullanılması durumunda su tasarrufuna baęlı olarak elde edilen gelir miktarının belirlenmesi için KDV dahil 1 m³ su kullanım fiyatı ortalama olarak 2,50 TL olarak kabul edilerek, su tasarrufu saęlanması durumunda yılda ne kadar gelir elde edileceęi hesaplanmıŐtır.

Yapılan bu alıŐma Corcoran vd (2013) tarafından yapılan çalıŐama ile benzerlik gűstermektedir. Corcoran vd (2013) tarafından yapılan çalıŐmada enerji kazanımı için 95 potansiyel alan belirlenmiŐtir ve Temmuz 2010-Temmuz 2011 yılları arasındaki zamanı kapsayan 15 dakika ara ile űlűlen debi ve basınc seviyesi deęerlerinden yararlanmıŐlardır. Kaplan tűrbini kullanmıŐlardır ve tűrbin verimini %65 olarak kabul etmiŐlerdir. Yapılan alıŐmalar sonucunda 100 kW'dan fazla enerji elde edilebileceęini ortaya çıkarmıŐlardır. Bu alıŐmada Haziran 2009-Mayıs 2010 tarihleri arasında 5 dakika ara ile űlűlen debi ve basınc seviyesi deęerlerinden yararlanılmıŐtır. Kaplan tűrbini kullanılmıŐtır ve tűrbin verimi %70 olarak kabul edilmiŐtir ve Konyaaltı alıŐma bűlgesinde seçilen alt bűlgelerden toplam 5,43 kW gű elde edilebileceęi ortaya çıkmıŐtır. Corcoran vd (2013) maliyet hesaplamalarında NPV analizinden yararlanmıŐlar fakat bu çalıŐmada NPV analizi yapılmamıŐtır. 7000/kW kurulum maliyeti deęerini kullanarak 100 kW kurulum için yatırımın geri dűnűŐ sűresini 9 yıl olarak bulmuŐlardır. Fakat bu çalıŐmada 6000/kW kurulum maliyeti kullanılarak 0,26-3,40 kW arasındaki kurulum için 0,32-1,06 yıl arasında yatırımın geri dűnűŐ sűresi bulunmuŐtur. Bu çalıŐmada dűŐűk geri űdeme sűresinin bulunması yapılan kabullerden kaynaklanabilmektedir.

6. SONUÇ

Yapılan çalışma Antalya ili Konyaaltı ilçesi içmesuyu dağıtım şebekesinde yürütülmüştür. Yapılan bu çalışma kapsamında su dağıtım şebekelerinde su türbinlerinin kullanımının uygunluğu ve su dağıtım şebekelerinde enerji kazanımı araştırılmıştır. İlk aşamada 5 dakikalık debi ve basınç seviyesi ve optimum basınç seviyesi değerlerinden yararlanılarak 6 alt bölge için Haziran 2009-Mayıs 2010 tarihlerini kapsayan zaman için aylık ortalama debi, basınç seviyesi ve şebekedeki mevcut enerji seviyesi değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra aylık hesaplanan debi, basınç seviyesi ve şebekedeki mevcut enerji seviyesi değerleri kullanılarak yıllık ortalama debi, basınç seviyesi ve şebekedeki mevcut enerji seviyesi değerleri hesaplanmıştır. Her alt bölge için hesaplan yıllık ortalama debi ve şebekedeki mevcut enerji seviyesi değerlerinden yararlanılarak, kaplan türbini kullanılmasının alt bölgeler için uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Bulunan bu değerlerden yararlanılarak alt bölgelerde su türbini kullanılması durumunda toplam ne kadar güç elde edilebileceği Çizelge 6.1’de verilmektedir.

Çizelge 6.1. Alt bölgelerde su türbini kullanılması durumunda toplam elde edilen güç miktarı (Haziran 2009-Mayıs 2010)

Alt Bölge No	Elde Edilen Güç-P (kW)
3	1,37
6	1,83
8	3,40
11	0,26
12	0,28
15	0,49
Toplam	7,63

Alt bölgelerde su türbinlerinin kullanılması durumunda toplam elde edilen su tasarrufu (Haziran 2009-Mayıs 2010) Çizelge 6.2’de verilmektedir.

Çizelge 6.2. Alt bölgede su türbinlerinin kullanılması durumunda toplam elde edilen su tasarrufu (Haziran 2009-Mayıs 2010)

Alt Bölge No	Elde Edilen Su Tasarrufu (m ³ /sa)
3	2,22
6	6,81
8	12,23
11	0,29
12	0,41
15	1,87
Toplam	23,83

Su türbini kullanılması durumunda alt bölgelerde önemli ölçüde su tasarrufu elde edilebileceği sonucuna varılmıştır. Su kayıplarının azaltılması, gelecekteki nüfus artışları için su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını sağlayacaktır. Su kayıplarının azaltılması, yeni su kaynaklarının bulunması, arıtma tesislerinin inşası ve pompalar,

rezervuarlar, su dağıtım şebekesi gibi şebeke bileşenlerinin yatırım maliyetlerinde ve yeni yatırım ihtiyaçlarının azalmasına neden olacaktır. Kayıplar genellikle kullanıma hazır hale gelmiş (arıtılmış) sularda meydana gelmektedir. Bu sebeple, su kayıplarının azaltılması suyun arıtılması için kullanılan kimyasal ve işletme maliyetlerinde azalma ile dezenfeksiyon için kullanılan kimyasalların daha az kullanımına neden olacaktır. Fiziksel su kayıplarının azaltılması, toplam su tüketiminin azalması anlamına gelmekte olup, yeraltı ve yüzey suyu kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımını sağlayacaktır.

Daha sonra uygulanan senaryo kapsamında alt bölgelerde su kayıplarının % 25 düzeyine getirilmesi ve su türbini kullanılması durumunda toplam elde edilen güç miktarı (Haziran 2009-Mayıs 2010) Çizelge 6.3'te verilmektedir. Su kayıplarının %25 düzeyine getirilmesi durumunda daha az güç elde edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Çizelge 6.3. Alt bölgelerde su kayıplarının % 25 düzeyine getirilmesi ve su türbini kullanılması durumunda toplam elde edilen güç miktarı (Haziran 2009-Mayıs 2010)

Alt Bölge No	Elde Edilen Güç-P (kW)
3	1,20
6	1,26
8	2,04
11	0,27
12	0,27
15	0,39
Toplam	5,43

Su türbini kullanılarak enerji üretilmesi durumunda alt bölgeler için maliyet analizi yapılmıştır. Analizin sonucunda yatırım maliyeti, yıllık elektrik üretim miktarı, üretilen elektriğin satış bedeli, işletme maliyeti, yıllık ne kadar gelir elde edileceği ve geri ödeme süresi yapılan hesaplamalar sonucunda incelenmiştir. Alt bölgelerde su türbini kullanılması durumunda yıllık toplam elde edilen elektrik geliri miktarı (Haziran 2009-Mayıs 2010) Çizelge 6.4'te verilmektedir.

Çizelge 6.4. Alt bölgelerde su türbini kullanılması durumunda yıllık toplam elde edilen elektrik geliri miktarı (Haziran 2009-Mayıs 2010)

Alt Bölge Numarası	Yıllık Elektrik Geliri (\$)
3	708,07
6	945,82
8	1757,26
11	134,38
12	144,72
15	253,25
Toplam	3943,50

Alt bölgeler için elde edilen su tasarrufuna bağlı olarak yıllık elde edilen toplam gelir miktarı (Haziran 2009-Mayıs 2010) Çizelge 6.5'te verilmektedir.

Çizelge 6.5. Alt bölgeler için elde edilen su tasarrufuna bağlı olarak yıllık elde edilen toplam gelir miktarı (Haziran 2009-Mayıs 2010)

Alt Bölge Numarası	Su Tasarrufuna Bağlı Yıllık Elde Edilen Gelir (\$)
3	16206
6	49713
8	89279
11	2117
12	2993
15	13651
Toplam	173959

Yapılan maliyet analizi sonucunda su tasarrufuna bağlı yıllık elde edilen gelir miktarının, yıllık elde edilen elektrik geliri miktarından fazla olduğu sonucuna varılmıştır. Elde edilen bu sonuçta su tasarrufu yapılması durumunda elde edilen gelir miktarının önemini vurgulamıştır. Ayrıca su türbini kullanılması durumunda masrafların kısa bir süre içinde karşılanabileceği ortaya çıkmıştır. Su dağıtım şebekelerinde türbin kullanılmasının uygun ve ekonomik olduğu gözlemlenmiştir.

Su türbini kullanılması durumunda alt bölgelerde enerji kazanımına bağlı toplam karbondioksit azalımı miktarı (Haziran 2009-Mayıs 2010) Çizelge 6.6' da verilmektedir.

Çizelge 6.6. Su türbini kullanılması durumunda alt bölgelerde enerji kazanımına bağlı toplam karbondioksit azalımı miktarı (Haziran 2009-Mayıs 2010)

Alt Bölge Numarası	Enerji Kazanımına Bağlı Karbon Dioksit Azalımı (kgCO ₂)	Su Tasarrufuna Bağlı Karbondioksit Azalımı (kgCO ₂)	Enerji Kazanımına ve Su Tasarrufuna Bağlı Toplam Karbondioksit Azalımı (kgCO ₂)
3	6411,76	6961,21	13372,97
6	8564,62	21353,97	29918,59
8	15912,4	38349,35	54261,75
11	1216,83	909,35	2126,18
12	1310,43	1285,63	2596,06
15	2293,26	5863,72	8156,98
Toplam	35709,3	74723,23	110432,53

Su dağıtım şebekelerinde su türbini kullanılması durumunda önemli ölçüde karbondioksit azalımı sağlanabileceği bulunmuştur. Su tasarrufuna bağlı olarak elde edilen karbondioksit azalımının miktarının, enerji kazanımına bağlı olarak elde edilen karbondioksit azalım miktarından fazla olduğu sonucuna varılmıştır. Böylece su türbini kullanılması durumunda küresel ısınmaya oldukça etkisi olan CO₂ miktarının azaltılması sonucunda çevresel fayda sağlanabilecektir.

Ayrıca yapılan çalışma kapsamında enerji kazanımına bağlı çevresel, sosyal, ekonomik, sosyal ve stratejik faydalar incelenmiştir ve su dağıtımın şebekelerinden enerji kazanımının önemli faydaları olduğu sonucuna varılmıştır. Bu faydalar aşağıda verilmektedir.

Enerji kazanımına bağlı çevresel faydalar

- Hidroelektrik santrallerin herhangi bir sera gazı emisyonu yoktur ve çevre dostudur (Bakır 2005, Bacanlı 2006). Atık oluşturmadığı için çevre kirliliğine sebep olmamaktadır (Sarıkaya 2010).
- Türbin kullanımı sonucunda şebekedeki fazla basıncın düşürülmesi ile su kayıplarının azaltılması.
- Şebekedeki su kayıplarının azaltılmasına bağlı olarak su tasarrufu elde edilmesi, su tasarrufu elde edilmesi sonucunda su kaynaklarının daha az kullanılması.

Enerji kazanımına bağlı ekonomik faydalar

- Su kaynaklarından su alınması için daha az enerji kullanılması.
- Su tasarrufu sonucunda, su sistemlerine iletilen suyun azalmasına bağlı olarak suyun pompalanması için daha az enerji kullanılması.
- Su kayıplarının azaltılması ve su basıncının düşürülmesi sonucunda boru patlama sıklığının ve boru patlak onarma-yenileme maliyetinin azaltılması.
- Su tasarrufuna bağlı olarak su arıtımı için daha az kimyasal madde kullanılması.
- Optimum verim sağlayabilen bir Mikro-HES santralının gelirin yatırımı karşılama süresi 2-4 yıl arasında değişmektedir (Sarıkaya 2010).
- Bakım ve işletme giderleri düşüktür (Sarıkaya 2010).
- Küçük hidroelektrik santrallerin makine aksamı her ülkenin şartları ile yapılabilecek durumda olduğu için ithal enerji bağımlılığını azaltmaktadır (Yumurtacı ve Bekiroğlu 2005).
- Diğer tip santrallere göre hidroelektrik santrallerin ekonomik ömrü daha uzundur (Bakır 2005, Bacanlı 2006).
- Rekabetçi elektrik piyasasının oluşmasına ucuz elektrik üreterek büyük bir katkı yapmaktadır (Bakır 2005, Bacanlı 2006).

Enerji kazanımına bağlı sosyal ve stratejik faydalar

- Enerjide dışa bağımlılığı azaltmaktadır (Bakır 2005, Bacanlı 2006).
- Enerji depolama kapasitesine sahiptir (Bakır 2005, Bacanlı 2006).
- Karbon azaltılmasına katkı sağlayan her türlü projenin uygulanması için yol göstericidir (ÇOB 2008).
- Temiz teknolojilere yatırım yapılmasını teşvik etmektedir ve sürdürülebilir kalkınmanın önünü açmaktadır (ÇOB 2008).

Küresel ısınma, son yıllarda artan enerji talebi, alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan gereksinimi arttırmıştır. Yapılan bu çalışma su dağıtım şebekelerinden enerji kazanılabileceğini göstermektedir. Yapılan çalışma ile su kaynaklarının yönetimine ve özel olarak su-enerji ilişkisine katkıda bulunmaktadır. Bu çalışma, Türkiye’de artan enerji üretim maliyetleri nedeni ile su kuruluşlarının enerji yönetiminde son yıllarda artan kaygılarına ait sorularına cevap verme niteliğindedir.

7. KAYNAKLAR

- AFFSHAR, A., JEMAA, F.B. and MARINO, M.A. 1990. Optimization of Hydropower Plant Integration in Water Supply System. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 116 (5): 665-675.
- ALEGRA, H., HIRNER, W., BAPTISTA, J.M. and PARENA, R. 2000. Performance Indicators for Water Supply Services. 1st edition, IWA Manuel of Best Practice, IWA Publishing, London.
- AKPINAR, A., KÖMÜRCÜ, M.İ. ve KANKAL, M. 2009. Türkiye’de Hidroelektrik Enerji Durumu ve Geleceği. WECTNC Türkiye 11. Enerji Kongresi Bildiriler Kitabı, 21-23 Ekim, İzmir.
- ASAT, 2010. Antalya Su ve Atıksu Projesi Ek Finansman Projesi Çevre Yönetim Planı Nihayi Rapor. ALDAŞ Altyapı Yönetim Danışmanlık Elektrik Enerjisi Üretim Hizmetleri Sanayi ve Ticaret A.Ş., Antalya.
- ASAT, 2013. ASAT 2013 Yılı Faaliyet Raporu. Antalya.
[Http://www.asat.gov.tr/images/faaliyet_raporlari/ASAT_GENEL_MUDURLUG_U_2013_FAALIYET_RAPORU.pdf](http://www.asat.gov.tr/images/faaliyet_raporlari/ASAT_GENEL_MUDURLUG_U_2013_FAALIYET_RAPORU.pdf). [Son erişim tarihi: 11.10.2014]
- ASAT, 2015. Antalya İçme Suyu Tarifeleri
[Http://www.asat.gov.tr/?page=pages&PID=425](http://www.asat.gov.tr/?page=pages&PID=425) [Son Erişim Tarihi:01.03.2015]
- BACANLI, Ü.G. 2006. Türkiye’de Enerji Kaynakları ve Hidroelektrik Enerjinin Önemi. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Türkiye 10. Enerji Kongresi, 27-30 Kasım, İstanbul.
- BAKIR, N.N. 2005. Hidroelektrik Perspektiften Türkiye ve AB Enerji Politikalarına Bakış. http://www.emo.org.tr/ekler/97ee2054defb209_ek.pdf. [Son Erişim Tarihi: 12.11.2014]
- BOILLAT J.L., BIERI, M. and DUBOIS, J. 2010. Economic Evaluation of Turbining Potential in Drinking Water Supply Networks. Lausanne, Switzerland: Ecole Polytechnique Federal de Lausanne.
- BURROWS, R., CROWDER, G.S. and ZHANG, J. 2000. Utilisation of Network Modelling in the Operational Management of Water Distribution Systems. *Urban Water*, 2: 83-95.
- CABRERA, E., PARDO, M.A., COBACHA, R., ARREGUI, F.J., and CABRERA, E. JR. 2009. Evaluation of Carbon Credits Saved by Water Losses Reduction in Water Networks. Valencia, Spain.

- CAN, O. 2007. İşletmelerde Karbon Yönetimi ve Gönüllü Karbon Piyasaları. Uluslar Arası Çevre Yatırım ve İşbirliği Kongresi, 6-7 Haziran 2009, Kocaeli. [Http://www.rec.org.tr/dyn_files/32/351-Oguz-Can-ISTAC.pdf](http://www.rec.org.tr/dyn_files/32/351-Oguz-Can-ISTAC.pdf). [Son erişim tarihi: 15.02.2014]
- CARRAVETTA A., DEL GIUDICE G., FECAROTTA, O. and RAMOS, H.M. 2012. Energy Production in Water Distribution Networks: A PAT Design Strategy. *Water Resource Management*, 26: 3947-3959.
- CARRAVETTA A., DEL GIUDICE G., FECAROTTA, O. and RAMOS, H.M. 2013a. PAT Design Strategy for Energy Recovery in Water Distribution by Electrical Regulation. *Energies*, 6: 411-424.
- CARRAVETTA A., DEL GIUDICE G., FECAROTTA, O. and RAMOS, H.M. 2013b. Pump as Turbine (PAT) Design in Water Distribution Network by System Effectiveness. *Water*, 5: 1211-1225.
- CHOLULOT, A., DENIS and PUNYS, P. 2012. Integration of Small Hydro Turbines into Existing Water Infrastructures. *Hydropower Practice and Application*, Dr. Hossein Samadi-Boroujeni (Ed.), ISBN: 978-953-51-0164-2.
- CİNAL, H. 2009. Basınç Yönetimi ile İçmesuyu Şebeke Kayıplarının Azaltılması: Sakarya Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi.
- COLOMBO, A. and KLEINER, Y. 2011. Energy Recovery in Water Distribution Systems Using Microturbines. *Probabilistic Methodologies in Water and Wastewater Engineering*, University of Toronto, Canada.
- CORCORAN, L., COUGHLAN, P. and MCNABOLA, A. 2013. Energy Recovery Potential Using Micro Hydropower in Water Supply Networks in the UK and Ireland. *Water Science & Technology: Water Supply*, 13 (2): 522-560.
- ÇAKMAKÇI, M., UYAK, V., ÖZTURK, İ., AYDIN, A.F., SOYER, E. ve AKÇA, L. 2007. The Dimension and Significance of Water losses in Turkey. *IWA Water Losses Conf.*, 464-473.
- ÇALLI, İ. 2007. Hidrolik Makinalar Ders Notları. Sakarya.
- ÇOB, 2008. Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları ve Diğer Uluslararası Emisyon Ticareti Sistemleri Özel İhtisas Komisyonu Raporu. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Tarih: 15.05.2008, Sayı: B.18.ÇYG.0.02.00.04-020/8366.
- DEMİRCAN, İ., AKSEL, M. ve YAVUZ, M. 2013. Dikey Eksenli Darrieus Tipi Su Türbinlerinin Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği ile Analizi. 8. Pompa Vana Konferansı, 2-4 Mayıs, İstanbul.

- DSİ, 2011. Çevre ve Temiz Enerji: Hidroelektrik. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- ELÇİ, M. 2004. Türkiye’de Hidroelektrik Santralleri ve Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi (Endüstriyel Teknoloji Eğitimi), Gazi Üniversitesi, 125 s.
- ERTUĞRUL, Ö.F. ve KURT, M.B. 2009. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Maliyet Analizi ve Sürdürülebilir YEK Uygulamaları. V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, ss. 37-41, Diyarbakır.
- ESHA, 1998. Layman's Handbook on How to Develop A Small Hydro Site (Second Edition). A handbook prepared under contract for the Commission of the European Communities, Directorate-General for Energy by European Small Hydropower Association (ESHA), DG VXII-97/010.
- ESHA, 2004. Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant, A handbook prepared under contract for the Commission of the European Communities, Directorate-General for Energy by European Small Hydropower Association (ESHA).
- ESHA, 2010. Energy Recovery in Existing Infrastructures with Small Hydropower Plants. Multipurpose Schemes-Overview and Examples.
- FELDMAN, M. 2009. Aspect of Energy Efficiency in Water Supply Systems. Water Loss 2009, South Africa.
- FONTANA, N., GIUGNI, M. and PORTOLANO, D. 2012. Losses Reduction and Energy Production in Water-Distribution Networks. *Journal of Water Resources Planning and Management*. 138: 237-244.
- GAIUS-OBASEKI, T. 2010. Hydropower opportunities in the water industry. *International Journal of Environmental Sciences*, 1 (3): 392-402.
- GATTE, M. T. and KADHIM, R. A. 2012. Hydropower.
[Http://www.intechopen.com/books/energy-conservation/hydro-power](http://www.intechopen.com/books/energy-conservation/hydro-power).
[Son erişim tarihi: 01.03.2015]
- GIUGNI, M., FONTANA, N. and PORTOLANO, D. 2009. Energy Saving Policy in Water Distribution Networks. International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ’09). 15-17 April, 487: 1-6 ,Valencia (Spain).
- GÖKDEMİR, M., KÖMÜRCÜ, M.İ. ve EVCİMEN, T.U. 2012. Türkiye’de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Bakış. İMO Su Yapıları Kurulu, TMH-471- 2012/1.
- GÜNER, E., TÖR, O. B., ALTIN, M. ve NADAR, A. 2008. Küçük Hidrolik Santrallerin Projelendirilmesinde Göz Önünde Bulundurulması Gereken Bazı Temel Hususlar. ELOCO’08, Kasım, Bursa.

- İLLER BANKASI, 1992. İçmesuyu Projesine Ait Şehir ve Kasaba İçmesuyu Projelerinin Hazırlanmasına Ait Yönetmelik. T.C. Resmi Gazete, Tarih: 22 Nisan 1985, Sayı: 18733.
- JOHANSSON, T.B., MCCORMICK, K., NEIJ, L. and TURKENBURG, W. 2004. The Potential of Renewable Energy. International Conference for Renewable Energies, Bonn.
- KARA, S. 2011. İçmesuyu Dağıtım Şebekelerinde Basınç Yönetimi ve Hidrolik Modellemenin Entegre Edilerek Su Kayıplarının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, 129 s.
- KARADİREK, İ.E., KARA, S., YILMAZ, G. MUHAMMETOĞLU, A. ve MUHAMMETOĞLU, H. 2012. Implementation of Hydraulic Modelling for Water-Loss Reduction Through Pressure Management. *Water Resource Management*, 26:2555-2568, DOI 10.1007/s11269-012-0032-2.
- KHAIR, A. 2012. Integration of Hydropower in Water Supply Systems for Energy Recovery in Jordan; Case Study Aqaba Water Supply System. M.Sc. Thesis, Integrated Water Resources Management, University of Jordan, 122 p.
- KÜÇÜKALİ, S. 2010. Municipal Water Supply Dams as a Source of Small Hydropower in Turkey Renewable Energy, 35 (9): 2001-2007.
- KÜÇÜKALİ, S. 2011. Water Supply Lines as Source of Small Hydropower in Water: A Case Study in Edremit. World Renewable Energy Congress, 8-13 May, Linköping, Sweden.
- MCNABOLA, A., COUGHLAN, P. and WILLIAMS, A.P. 2014. Technical & Economic Feasibility of Energy Recovery in Water Supply Networks. <http://www.icrepq.com/icrepq'11/569mcnabola.pdf>. [Son erişim tarihi: 06.02 2014]
- MUHAMMETOĞLU, H., SOYUPAK, S. ve KARADİREK, İ.E. 2011. İçme Suyu Dağıtım Şebekelerinde Optimum Klorlama Uygulamalarının Matematiksel Modeller Kullanılarak Gerçekleştirilmesi ve Dezenfeksiyon Sistemlerinin Yönetimi Projesi El Kitabı. TUBİTAK-KAMAK 107G088 Nolu Proje, Antalya.
- MUSLU, Y. 1992. Su ve Atıksu Teknolojisi-Su Getirme ve Kullanılmış Suları Uzaklaştırma Esasları. İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Seç Yayın Dağıtım, 3. Basım, İstanbul.
- ORMAN ve SU İŞLERİ BAKANLIĞI, 2014. İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği. T.C. Resmi Gazete, Tarih: 8 Mayıs 2014, Sayı: 28994.
- ÖZBAY, E. ve GENÇOĞLU, M.T. 2009. Hidroelektrik Santrallerin Modellenmesi. V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, ss. 108-115 Diyarbakır.

- ÖZDEMİR, M.T., GENÇOĞLU, M.T. ve CEBECİ, M. 2001. Küçük Hidroelektrik Santrallerde Klasik Türbin Yerine Michell-Banki Türbini Kullanımının Sağladığı Avantajlar. YEKS'01 Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, ss. 215-220, Kayseri.
- ÖZDEMİR, M.T., GENÇOĞLU, M.T. ve CEBECİ, M. 2004. Çok Küçük Güçlü Hidroelektrik Santrallerde Türbin Tipinin Belirlenmesi. 5. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 26-28 Mayıs, ss. 331-339, İstanbul.
- ÖZDEMİR, M.T., ORHAN, A., ve CEBECİ, M. 2011. Çok Küçük Hidrolik Potansiyellerin Enerji Üretim Amacı ile Yerel İmkanlarla Değerlendirilmesi. Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Sempozyumu, Cilt: I, ss. 371-377, Elazığ.
- PALANCI, İ. 2011. Alt Bölgeler Oluşturularak ve SCADA Sistemi Kullanılarak Su Kayıplarının Yönetimi: Antalya-Konyaaltı Bölgesi Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi.
- PILCHER, R., DİZDAR A., TOPRAK, S., DİLSİZ, C., ANGELIS, D.E., ANGELIS, D.K., KOÇ, A.C., DİKBAŞ, F., FIRAT, M. ve BACANLI, G.Ü. 2008. Temel Su Kaybı Kitabı, Bölüm 1. ProWat Projesi, Su Kaybının Azaltılması Stratejisi ve Uygulaması Kılavuzu. Leonardo da Vinci Proje numarası: TR/06/B/F/PP/178065, Ankara.
- POWER, C., MCNABOLA, A. ve COUGHLAN, P. 2014. Development of an Evaluation Method for Hydropower Energy Recovery in Wastewater Treatment Plants: Case Studies in Ireland and the UK. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 7: 166-167.
- RAMOS, H. and BORGA, A. 1999. Pumps As Turbines: An Unconventional Solution to Energy Production. *Urban Water*, 1 (3): 261-263.
- RAMOS, H., COVAS, D., ARAUJO, L. and MELLO, M. 2005. Available Energy Assessment in Water Supply Systems. In: XXXI IAHR Congress, Seoul, Korea.
- RAMOS, H.M., MELLO, M. and DE, P.K. 2010. Clean Power in Water Supply Systems as a Sustainable Solution: From Planning to Practical Implementation. *Water Science & Technology*, 10 (1): 39-49.
- RENTRICITY, 2007. Aquarion Water Energy Recovery Pilot Study. http://rentricity.com/wpcontent/uploads/2013/09/Rentricity_Aquarion_Pilot_Study_7_07.pdf [Son Erişim Tarihi: 01.12.2013]
- SARIKAYA, S. 2010. Mikro HES Sektörel Analiz Raporu. Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı. [Http://www.daka.org.tr/panel/files/files/yayinlar/mikro_hes_sektorel.pdf](http://www.daka.org.tr/panel/files/files/yayinlar/mikro_hes_sektorel.pdf) [Son erişim tarihi: 20.11.2014].

- SOFFIA, C., MIOTTO, F., POGGI, D. and CLAPS, P. 2010. Hydropower Potential from the Drinking Water Systems of the Piemonte Region (Italy). SEEP2010 Conference Proceedings, June 29th-July 2nd, Bari, Italy.
- TEKNO TASARIM, 2009.
[Http://download.teknotasarim.com/urun_katalog/HIDROELEKTRIK_ENERJI_TURBINLER.pdf](http://download.teknotasarim.com/urun_katalog/HIDROELEKTRIK_ENERJI_TURBINLER.pdf). [Son erişim tarihi: 05.10.2014]
- TERMODİNAMİK, 2013. Türkiye Enerji Potansiyeli ve Yatırım-Üretim Maliyet Analizi. Ocak 2013, Sayı: 245. <http://www.termodinamik.info/?pid=28890>. [Son erişim tarihi: 15.11.2014]
- TİNİŞ, F. 2014. Hidroelektrik Santrallarda Enerji Ekipmanlarının Yerli Üretimi. www.odtumd.org.tr/dosyaArsivi/Etkinlik/Fuat_Tinis.pdf. [Son erişim tarihi: 05.12.2014]
- TKB, 2010. Türkiye Kalkınma Bankası Yayını, Ekim-Aralık 2010, Sayı: 58. http://www.kalkinma.com.tr/data/file/kalkinma_dergisi/58_dergi.pdf. [Son erişim tarihi: 15.11.2014]
- TOPRAK, S., KOÇ, A.C., BACANLI, Ü.G. DİKBAŞ, F., FIRAT, M. ve DİZDAR, A. 2007. İçme Suyu Dağıtım Sistemlerindeki Kayıplar ve Prowat Projesi, 5. Kentsel Altyapı Ulusal Sempozyumu.
- TÜİK, 2013. İstatistiklerle Türkiye. Türkiye İstatistik Kurumu, Yayın No: 4169, ISBN: 978-975-19-6008-5, ss. 3-12, Ankara.
- UÇANER, M.E. ve ÖZDEMİR, O. N. 2002. Genetik Algoritmalar ile İçme Suyu Şebekelerinde Ek Klorlama Optimizasyonu. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt: 17, No: 4, ss. 157-170.
- WIKIPEDIA. 2014. [Http://tr.wikipedia.org/wiki/ Yoğunluk](http://tr.wikipedia.org/wiki/Yoğunluk). [Son erişim tarihi: 30.12.2014]
- WILLIAMS, A. 1995. Pumps as Turbines. A User's Guide. Intermediate Technology Publications Ltd., London.
- WILLIAMS, A. A. 1996. Pumps as Turbines for Low Cost Micro Hydro Power. World Renewable Energy Conference, Denver, USA.
- WILLIAMS, A.A., SMITH, N.P.A., BIRD, C. and HOWARD, M. 1998. Pumps as Turbines and the Induction Motors as Generators for Energy Recovery in Water Supply Systems. *Water Env. Journal*, 12 (3): 175-178.
- YILMAZ, G. 2011. Antalya Konyaaltı Su Dağıtım Şebekesi Alt Bölgelerinde Toplam Su Kayıplarının Bileşenlerinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, 163 s.

YUMURTACI, Z. ve BEKİROĞLU, N. 2005. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Teknolojileri. Uluslar Arası Eko Teknolojiler ve Ekolojik Yerleşimler Sempozyumu, 14-15 Kasım, YTÜ, İstanbul.

8. EKLER

EK-1. Alt bölge-8 için 05.06.2009 gününde 5 dakika aralıkla 24 saatlik debi, türbin takıldıktan sonra debi ve basınç seviyesi değerleri

Saat	Debi-Q (m ³ /saat)	Basınç Seviyesi-PH (m)	Türbin Takıldıktan Sonra Debi- Q (m ³ /saat)
00:00	103,6	51,04	91,0
00:05	103,6	51,04	91,0
00:10	103,6	51,04	91,0
00:15	103,6	51,04	91,0
00:20	103,6	51,04	91,0
00:25	103,6	51,04	91,0
00:30	100,0	51,46	87,7
00:35	97,6	51,74	85,4
00:40	97,6	51,74	85,4
00:45	97,6	51,74	85,4
00:50	97,6	51,74	85,4
00:55	97,6	52,68	85,1
01:00	96,0	52,64	83,7
01:05	93,6	52,58	81,6
01:10	93,6	52,58	81,6
01:15	93,6	52,58	81,6
01:20	93,6	52,58	81,6
01:25	93,6	52,58	81,6
01:30	91,8	53,39	79,8
01:35	89,0	53,74	77,3
01:40	89,0	53,74	77,3
01:45	89,0	53,74	77,3
01:50	89,0	53,74	77,3
01:55	89,0	53,74	77,3
02:00	90,8	53,95	78,8
02:05	91,0	53,97	78,9
02:10	91,0	53,97	78,9
02:15	91,0	53,97	78,9
02:20	91,0	53,97	78,9
02:25	91,0	53,75	79,0
02:30	84,5	50,29	74,4
02:35	81,6	49,88	72,1
02:40	81,6	49,66	72,1
02:45	81,6	49,66	72,1
02:50	81,6	49,66	72,1
02:55	81,6	49,66	72,1
03:00	81,2	49,68	71,7
03:05	77,2	49,85	68,2
03:10	77,2	49,85	68,2
03:15	77,2	49,85	68,2
03:20	77,2	49,85	68,2
03:25	58,5	47,53	52,2
03:30	39,7	46,56	35,6
03:35	55,1	46,55	49,4
03:40	78,1	47,03	69,9
03:45	78,1	48,27	69,5
03:50	78,1	49,12	69,2
03:55	78,1	49,54	69,1
04:00	78,1	49,59	69,1
04:05	80,3	49,75	71,0
04:10	81,8	49,85	72,2
04:15	81,8	49,85	72,2
04:20	81,8	49,85	72,2
04:25	81,8	49,85	72,2
04:30	81,8	49,85	72,2
04:35	79,0	50,09	69,6
04:40	77,1	50,24	67,9
04:45	77,1	50,24	67,9
04:50	77,1	50,24	67,9
04:55	77,1	50,24	67,9
05:00	77,0	50,13	67,9
05:05	77,0	50,13	67,9
05:10	77,0	50,13	67,9

(Devamı Arkada)

EK-1'in devamı

Saat	Debi-Q (m ³ /saat)	Basınç Seviyesi-PH (m)	Türbin Takıldıktan Sonra Debi- Q (m ³ /saat)
05:15	77,0	50,13	67,9
05:20	77,0	50,13	67,9
05:25	77,0	50,15	67,9
05:30	77,2	50,23	68,0
05:35	77,2	55,26	66,6
05:40	77,2	55,04	66,6
05:45	77,2	55,04	66,6
05:50	77,2	55,04	66,6
05:55	77,2	55,04	66,6
06:00	82,1	55,01	70,8
06:05	82,1	55,01	70,8
06:10	82,1	55,01	70,8
06:15	82,1	55,01	70,8
06:20	82,1	55,01	70,8
06:25	82,1	55,01	70,8
06:30	82,0	54,67	70,9
06:35	81,8	54,01	70,9
06:40	81,8	53,95	71,0
06:45	81,8	53,95	71,0
06:50	81,8	53,95	71,0
06:55	84,4	53,51	73,3
07:00	90,4	52,87	78,7
07:05	90,8	52,94	79,1
07:10	91,1	52,98	79,3
07:15	91,1	52,50	79,5
07:20	91,1	51,77	79,7
07:25	91,1	51,77	79,7
07:30	91,1	51,33	79,9
07:35	91,1	50,67	80,1
07:40	96,3	50,64	84,7
07:45	104,1	50,60	91,6
07:50	104,1	48,75	92,3
07:55	104,3	47,46	93,2
08:00	106,9	46,88	95,7
08:05	106,9	46,88	95,7
08:10	106,9	46,88	95,7
08:15	108,2	46,63	97,0
08:20	110,1	46,27	98,9
08:25	110,1	46,27	98,9
08:30	110,1	46,27	98,9
08:35	110,1	46,27	98,9
08:40	110,1	46,27	98,9
08:45	110,1	46,27	98,9
08:50	108,3	46,09	97,4
08:55	107,1	45,79	96,4
09:00	107,1	45,79	96,4
09:05	107,1	45,79	96,4
09:10	107,1	45,79	96,4
09:15	107,1	45,79	96,4
09:20	107,1	45,79	96,4
09:25	113,5	46,08	102,0
09:30	114,2	46,12	102,6
09:35	114,2	46,12	102,6
09:40	114,2	46,12	102,6
09:45	114,2	46,12	102,6
09:50	114,2	46,12	102,6
09:55	113,4	45,93	102,1
10:00	113,0	45,81	101,7
10:05	113,0	45,81	101,7
10:10	113,0	45,81	101,7
10:15	113,0	101,7	45,81
10:20	113,0	101,7	45,81
10:25	113,0	101,7	45,81
10:30	113,3	102,0	45,79
10:35	116,6	105,1	45,55
10:40	116,6	105,1	45,55
10:45	116,6	105,1	45,55

(Devamı Arkada)

EK-1'in devamı

Saat	Debi-Q (m ³ /saat)	Basınç Seviyesi-PH (m)	Türbin Takıldıktan Sonra Debi- Q (m ³ /saat)
10:50	116,6	105,1	45,55
10:55	116,6	105,1	45,55
11:00	113,3	102,0	45,84
11:05	110,0	98,9	46,12
11:10	110,0	98,9	46,12
11:15	110,0	98,9	46,12
11:20	110,0	98,9	46,12
11:25	110,0	98,9	46,12
11:30	110,0	98,9	46,12
11:35	109,8	98,7	46,04
11:40	109,7	98,7	46,02
11:45	109,7	98,7	46,02
11:50	109,7	98,7	46,02
11:55	109,7	98,7	46,02
12:00	109,7	98,7	46,02
12:05	105,9	95,2	46,06
12:10	105,5	94,9	46,06
12:15	105,5	94,9	46,06
12:20	105,5	94,9	46,06
12:25	105,5	94,9	46,06
12:30	105,5	94,9	46,06
12:35	105,5	94,9	46,06
12:40	111,8	100,7	45,65
12:45	116,0	104,6	45,38
12:50	116,0	104,6	45,38
12:55	116,0	104,6	45,38
13:00	116,0	104,6	45,38
13:05	116,0	104,6	45,38
13:10	116,0	104,6	45,38
13:15	111,7	100,6	45,70
13:20	111,3	100,2	45,73
13:25	111,3	100,2	45,73
13:30	111,3	100,2	45,73
13:35	111,3	100,2	45,73
13:40	111,3	99,8	46,54
13:45	109,3	97,9	46,74
13:50	106,3	95,3	46,52
13:55	106,3	95,3	46,52
14:00	106,3	95,3	46,52
14:05	106,3	95,3	46,52
14:10	106,3	95,3	46,52
14:15	106,9	95,9	46,54
14:20	112,9	101,1	46,73
14:25	112,9	101,1	46,73
14:30	112,9	101,1	46,73
14:35	112,9	101,1	46,73
14:40	112,9	101,1	46,73
14:45	112,9	101,1	46,73
14:50	112,3	100,6	46,71
14:55	111,6	100,1	46,70
15:00	111,6	100,1	46,70
15:05	111,6	100,1	46,70
15:10	111,6	100,1	46,70
15:15	111,6	100,1	46,70
15:20	112,4	100,7	46,79
15:25	115,4	103,2	47,12
15:30	115,4	103,2	47,12
15:35	115,4	103,2	47,12
15:40	115,4	103,2	47,12
15:45	115,4	103,2	47,12
15:50	114,6	102,5	47,10
15:55	112,9	101,0	47,07
16:00	112,9	101,0	47,07
16:05	112,9	101,0	47,07
16:10	112,9	101,2	46,74
16:15	112,9	101,4	46,32
16:20	112,9	100,6	47,87

(Devamı Arkada)

EK-1'in devamı

Saat	Debi-Q (m ³ /saat)	Basınç Seviyesi-PH (m)	Türbin Takıldıktan Sonra Debi- Q (m ³ /saat)
16:25	112,9	100,4	48,35
16:30	113,4	99,8	50,52
16:35	113,9	100,4	50,14
16:40	113,9	100,4	50,14
16:45	113,9	100,4	50,14
16:50	113,9	100,4	50,14
16:55	113,9	100,4	50,14
17:00	115,2	101,5	50,20
17:05	116,5	102,6	50,27
17:10	116,5	102,6	50,27
17:15	116,5	102,6	50,27
17:20	116,5	102,6	50,27
17:25	121,5	107,1	50,27
17:30	122,3	107,8	50,13
17:35	116,1	102,5	49,83
17:40	110,6	97,7	49,83
17:45	109,3	96,5	49,83
17:50	109,3	96,5	49,83
17:55	109,3	96,5	49,83
18:00	115,8	102,3	49,72
18:05	116,6	103,0	49,71
18:10	116,6	104,0	47,66
18:15	116,6	103,9	47,74
18:20	116,6	103,9	47,74
18:25	116,6	103,9	47,74
18:30	109,2	97,7	47,12
18:35	106,1	95,1	46,73
18:40	106,1	95,1	46,73
18:45	106,1	95,1	46,73
18:50	106,1	95,1	46,73
18:55	106,1	95,1	46,73
19:00	109,6	98,3	46,55
19:05	113,1	101,5	46,38
19:10	113,1	101,5	46,38
19:15	113,1	101,5	46,38
19:20	113,1	101,5	46,38
19:25	113,1	101,5	46,38
19:30	113,1	101,5	46,38
19:35	113,3	101,6	46,53
19:40	113,3	101,6	46,57
19:45	113,3	101,6	46,57
19:50	113,3	101,6	46,57
19:55	113,3	101,9	46,10
20:00	113,3	102,1	45,63
20:05	115,2	103,8	45,60
20:10	117,0	105,5	45,58
20:15	117,0	105,5	45,58
20:20	117,0	105,5	45,58
20:25	117,0	105,5	45,58
20:30	117,0	105,5	45,58
20:35	117,0	105,5	45,58
20:40	116,7	105,2	45,65
20:45	116,0	104,4	45,81
20:50	116,0	104,4	45,81
20:55	116,0	104,3	45,98
21:00	116,0	103,9	46,66
21:05	116,0	103,9	46,66
21:10	115,3	103,4	46,55
21:15	114,3	102,6	46,39
21:20	114,3	102,6	46,39
21:25	114,3	102,6	46,39
21:30	114,3	102,6	46,39
21:35	114,3	102,6	46,39
21:40	112,7	101,0	46,64
21:45	108,9	97,3	47,23
21:50	108,9	97,3	47,23
21:55	108,9	97,1	47,67

(Devamı Arkada)

EK-1'in devamı

Saat	Debi-Q (m ³ /saat)	Basınç Seviyesi-PH (m)	Türbin Takıldıktan Sonra Debi- Q (m ³ /saat)
22:00	108,9	97,1	47,77
22:05	108,9	97,1	47,77
22:10	109,1	97,2	47,79
22:15	110,6	98,5	47,93
22:20	110,6	98,5	47,93
22:25	110,6	98,5	47,93
22:30	110,6	98,5	47,93
22:35	110,6	98,5	47,93
22:40	110,6	98,5	47,93
22:45	110,6	97,9	49,24
22:50	110,6	97,7	49,70
22:55	114,2	100,6	50,29
23:00	114,6	100,9	50,35
23:05	114,6	100,9	50,35
23:10	114,6	100,7	50,77
23:15	114,6	100,7	50,82
23:20	114,6	100,7	50,82
23:25	113,2	99,5	50,82
23:30	100,7	88,5	50,85
23:35	100,7	88,5	50,85
23:40	100,7	88,5	50,85
23:45	100,7	88,5	50,85
23:50	100,7	88,5	50,85
23:55	100,7	88,5	50,85

EK-2. Alt bölge-8 için 01.06.2009-31.05.2010 tarihlerini kapsayan zamanlarda şebekede günlük elde edilen güç hesabı

Tarih	Günlük Ortalama Debi -Q (m ³ /saat)	Günlük Ortalama Debi-Q (m ³ /sn)	Günlük Ortalama Basınç Seviyesi-PH (m)	Optimum Basınç Seviyesi - BP (m)	Şebekedeki Mevcut Enerji Seviyesi-H(m)=PH-BP	Suyun Özgül Ağırlığı-γ (kN/m ³)	Türbin Verimi (e ₀)	Elde Edilen Güç-P (kW)
01.06.2009	86,97	0,0272	48,51	30,00	18,51	9,81	0,7	3,07
02.06.2009	91,13	0,0285	48,46	30,00	18,46	9,81	0,7	3,21
03.06.2009	89,65	0,0280	48,62	30,00	18,62	9,81	0,7	3,18
04.06.2009	91,65	0,0285	47,25	30,00	17,25	9,81	0,7	3,02
05.06.2009	91,50	0,0286	48,61	30,00	18,61	9,81	0,7	3,25
06.06.2009	95,53	0,0299	48,54	30,00	18,54	9,81	0,7	3,38
07.06.2009	96,83	0,0302	48,04	30,00	18,04	9,81	0,7	3,33
08.06.2009	94,11	0,0294	48,06	30,00	18,06	9,81	0,7	3,24
09.06.2009	94,48	0,0295	48,17	30,00	18,17	9,81	0,7	3,27
10.06.2009	97,44	0,0305	48,38	30,00	18,38	9,81	0,7	3,42
11.06.2009	95,16	0,0297	48,24	30,00	18,24	9,81	0,7	3,31
12.06.2009	97,47	0,0305	48,69	30,00	18,69	9,81	0,7	3,47
13.06.2009	96,76	0,0303	48,90	30,00	18,90	9,81	0,7	3,49
14.06.2009	98,58	0,0309	49,22	30,00	19,22	9,81	0,7	3,61
15.06.2009	98,30	0,0307	48,37	30,00	18,37	9,81	0,7	3,45
16.06.2009	101,05	0,0316	48,41	30,00	18,41	9,81	0,7	3,55
17.06.2009	100,22	0,0313	48,02	30,00	18,02	9,81	0,7	3,45
18.06.2009	103,84	0,0325	48,40	30,00	18,40	9,81	0,7	3,64
19.06.2009	103,20	0,0322	47,94	30,00	17,94	9,81	0,7	3,53
20.06.2009	103,70	0,0324	48,37	30,00	18,37	9,81	0,7	3,63
21.06.2009	105,19	0,0328	48,09	30,00	18,09	9,81	0,7	3,63
22.06.2009	101,06	0,0317	49,07	30,00	19,07	9,81	0,7	3,68
23.06.2009	103,42	0,0325	49,47	30,00	19,47	9,81	0,7	3,84
24.06.2009	102,62	0,0321	48,34	30,00	18,34	9,81	0,7	3,59
25.06.2009	102,02	0,0319	48,28	30,00	18,28	9,81	0,7	3,56
26.06.2009	101,00	0,0317	49,13	30,00	19,13	9,81	0,7	3,68
27.06.2009	102,26	0,0319	48,15	30,00	18,15	9,81	0,7	3,54
28.06.2009	102,58	0,0318	46,47	30,00	16,47	9,81	0,7	3,22
29.06.2009	101,07	0,0316	48,33	30,00	18,33	9,81	0,7	3,53
30.06.2009	102,46	0,0316	45,91	30,00	15,91	9,81	0,7	3,11
01.07.2009	106,70	0,0330	46,17	30,00	16,17	9,81	0,7	3,29
02.07.2009	107,94	0,0334	46,64	30,00	16,64	9,81	0,7	3,43
03.07.2009	106,84	0,0331	46,85	30,00	16,85	9,81	0,7	3,43
04.07.2009	109,14	0,0336	45,56	30,00	15,56	9,81	0,7	3,24
05.07.2009	108,73	0,0336	46,07	30,00	16,07	9,81	0,7	3,33
06.07.2009	107,67	0,0335	47,69	30,00	17,69	9,81	0,7	3,63
07.07.2009	106,04	0,0332	48,62	30,00	18,62	9,81	0,7	3,77
08.07.2009	108,46	0,0337	47,04	30,00	17,04	9,81	0,7	3,53
09.07.2009	111,97	0,0349	47,97	30,00	17,97	9,81	0,7	3,84
10.07.2009	113,41	0,0355	48,77	30,00	18,77	9,81	0,7	4,06
11.07.2009	113,31	0,0353	47,46	30,00	17,46	9,81	0,7	3,77
12.07.2009	111,79	0,0349	48,06	30,00	18,06	9,81	0,7	3,85
13.07.2009	115,65	0,0362	48,64	30,00	18,64	9,81	0,7	4,11
14.07.2009	112,05	0,0349	47,54	30,00	17,54	9,81	0,7	3,75
15.07.2009	106,54	0,0331	47,13	30,00	17,13	9,81	0,7	3,48
16.07.2009	108,40	0,0337	47,58	30,00	17,58	9,81	0,7	3,63
17.07.2009	108,93	0,0340	48,12	30,00	18,12	9,81	0,7	3,77
18.07.2009	108,19	0,0338	48,50	30,00	18,50	9,81	0,7	3,82
19.07.2009	107,47	0,0335	48,18	30,00	18,18	9,81	0,7	3,73
20.07.2009	108,02	0,0337	47,88	30,00	17,88	9,81	0,7	3,68
21.07.2009	109,72	0,0343	48,68	30,00	18,68	9,81	0,7	3,91
22.07.2009	107,96	0,0335	47,10	30,00	17,10	9,81	0,7	3,52
23.07.2009	107,76	0,0336	48,13	30,00	18,13	9,81	0,7	3,73
24.07.2009	110,76	0,0345	47,90	30,00	17,90	9,81	0,7	3,78
25.07.2009	109,91	0,0343	47,89	30,00	17,89	9,81	0,7	3,75
26.07.2009	109,68	0,0343	48,45	30,00	18,45	9,81	0,7	3,86
27.07.2009	109,40	0,0341	47,73	30,00	17,73	9,81	0,7	3,70
28.07.2009	108,05	0,0338	48,51	30,00	18,51	9,81	0,7	3,82
29.07.2009	108,11	0,0335	46,78	30,00	16,78	9,81	0,7	3,46
30.07.2009	109,33	0,0339	46,68	30,00	16,68	9,81	0,7	3,48
31.07.2009	108,95	0,0341	48,88	30,00	18,88	9,81	0,7	3,92
01.08.2009	109,28	0,0341	48,21	30,00	18,21	9,81	0,7	3,80
02.08.2009	110,51	0,0345	47,96	30,00	17,96	9,81	0,7	3,79

(Devamı Arkada)

EK-2'nin devamı

Tarih	Günlük Ortalama Debi -Q (m ³ /saat)	Günlük Ortalama Debi-Q (m ³ /sn)	Günlük Ortalama Basınç Seviyesi-PH (m)	Optimum Basınç Seviyesi - BP (m)	Şebekedeki Mevcut Enerji Seviyesi- H(m)=PH-BP	Suyun Özgül Ağırlığı- γ (kN/m ³)	Türbin Verimi (e ₀)	Elde Edilen Güç-P (kW)
03.08.2009	103,17	0,0327	51,77	30,00	21,77	9,81	0,7	4,28
04.08.2009				30,00		9,81	0,7	
05.08.2009				30,00		9,81	0,7	
06.08.2009				30,00		9,81	0,7	
07.08.2009				30,00		9,81	0,7	
08.08.2009				30,00		9,81	0,7	
09.08.2009				30,00		9,81	0,7	
10.08.2009				30,00		9,81	0,7	
11.08.2009				30,00		9,81	0,7	
12.08.2009				30,00		9,81	0,7	
13.08.2009				30,00		9,81	0,7	
14.08.2009				30,00		9,81	0,7	
15.08.2009				30,00		9,81	0,7	
16.08.2009				30,00		9,81	0,7	
17.08.2009				30,00		9,81	0,7	
18.08.2009				30,00		9,81	0,7	
19.08.2009				30,00		9,81	0,7	
20.08.2009				30,00		9,81	0,7	
21.08.2009				30,00		9,81	0,7	
22.08.2009				30,00		9,81	0,7	
23.08.2009				30,00		9,81	0,7	
24.08.2009				30,00		9,81	0,7	
25.08.2009				30,00		9,81	0,7	
26.08.2009				30,00		9,81	0,7	
27.08.2009				30,00		9,81	0,7	
28.08.2009				30,00		9,81	0,7	
29.08.2009				30,00		9,81	0,7	
30.08.2009				30,00		9,81	0,7	
31.08.2009				30,00		9,81	0,7	
01.09.2009	101,96	0,0320	49,01	30,00	19,01	9,81	0,7	3,70
02.09.2009	101,69	0,0317	47,92	30,00	17,92	9,81	0,7	3,48
03.09.2009	102,11	0,0320	48,95	30,00	18,95	9,81	0,7	3,69
04.09.2009	104,14	0,0326	48,88	30,00	18,88	9,81	0,7	3,75
05.09.2009	103,65	0,0324	48,72	30,00	18,72	9,81	0,7	3,70
06.09.2009	104,22	0,0326	48,37	30,00	18,37	9,81	0,7	3,65
07.09.2009	103,85	0,0325	48,73	30,00	18,73	9,81	0,7	3,71
08.09.2009	101,94	0,0320	49,32	30,00	19,32	9,81	0,7	3,76
09.09.2009	106,85	0,0336	49,42	30,00	19,42	9,81	0,7	3,96
10.09.2009	111,51	0,0347	47,56	30,00	17,56	9,81	0,7	3,73
11.09.2009	107,09	0,0336	49,08	30,00	19,08	9,81	0,7	3,90
12.09.2009	100,81	0,0316	49,32	30,00	19,32	9,81	0,7	3,71
13.09.2009	105,68	0,0329	47,46	30,00	17,46	9,81	0,7	3,52
14.09.2009	104,15	0,0326	48,71	30,00	18,71	9,81	0,7	3,72
15.09.2009	103,57	0,0322	47,26	30,00	17,26	9,81	0,7	3,41
16.09.2009	104,91	0,0328	48,27	30,00	18,27	9,81	0,7	3,66
17.09.2009	104,74	0,0328	48,73	30,00	18,73	9,81	0,7	3,74
18.09.2009	105,75	0,0330	48,40	30,00	18,40	9,81	0,7	3,71
19.09.2009	105,75	0,0329	47,73	30,00	17,73	9,81	0,7	3,58
20.09.2009	102,71	0,0322	49,31	30,00	19,31	9,81	0,7	3,78
21.09.2009	102,19	0,0318	47,63	30,00	17,63	9,81	0,7	3,44
22.09.2009	105,84	0,0328	46,67	30,00	16,67	9,81	0,7	3,37
23.09.2009	106,09	0,0330	47,72	30,00	17,72	9,81	0,7	3,59
24.09.2009	105,33	0,0327	47,24	30,00	17,24	9,81	0,7	3,46
25.09.2009	106,25	0,0333	49,14	30,00	19,14	9,81	0,7	3,88
26.09.2009	110,31	0,0344	48,21	30,00	18,21	9,81	0,7	3,83
27.09.2009	104,69	0,0327	48,22	30,00	18,22	9,81	0,7	3,64
28.09.2009	102,45	0,0321	48,99	30,00	18,99	9,81	0,7	3,71
29.09.2009	100,62	0,0314	48,04	30,00	18,04	9,81	0,7	3,46
30.09.2009	102,61	0,0322	49,46	30,00	19,46	9,81	0,7	3,81
01.10.2009	102,38	0,0322	49,56	30,00	19,56	9,81	0,7	3,82
02.10.2009	101,02	0,0316	48,42	30,00	18,42	9,81	0,7	3,55
03.10.2009	102,05	0,0320	49,31	30,00	19,31	9,81	0,7	3,76
04.10.2009	102,19	0,0319	48,29	30,00	18,29	9,81	0,7	3,56
05.10.2009	99,90	0,0314	49,55	30,00	19,55	9,81	0,7	3,73

(Devamı Arkada)

EK-2'nin devamı

Tarih	Günlük Ortalama Debi -Q (m ³ /saat)	Günlük Ortalama Debi-Q (m ³ /sn)	Günlük Ortalama Basınç Seviyesi-PH (m)	Optimum Basınç Seviyesi - BP (m)	Şebekedeki Mevcut Enerji Seviyesi-H(m)=PH-BP	Suyun Özgül Ağırlığı-γ (kN/m ³)	Türbin Verimi (e ₀)	Elde Edilen Güç-P (kW)
06.10.2009	102,30	0,0320	48,85	30,00	18,85	9,81	0,7	3,68
07.10.2009	102,28	0,0321	49,62	30,00	19,62	9,81	0,7	3,83
08.10.2009	101,34	0,0318	49,44	30,00	19,44	9,81	0,7	3,76
09.10.2009	103,00	0,0324	49,48	30,00	19,48	9,81	0,7	3,83
10.10.2009	102,21	0,0320	48,98	30,00	18,98	9,81	0,7	3,70
11.10.2009	100,12	0,0312	47,90	30,00	17,90	9,81	0,7	3,42
12.10.2009	101,38	0,0319	49,91	30,00	19,91	9,81	0,7	3,85
13.10.2009	99,88	0,0312	48,53	30,00	18,53	9,81	0,7	3,53
14.10.2009	97,54	0,0304	47,80	30,00	17,80	9,81	0,7	3,31
15.10.2009	100,43	0,0312	47,05	30,00	17,05	9,81	0,7	3,27
16.10.2009	101,71	0,0316	47,33	30,00	17,33	9,81	0,7	3,36
17.10.2009	102,01	0,0320	49,20	30,00	19,20	9,81	0,7	3,74
18.10.2009	99,47	0,0312	49,29	30,00	19,29	9,81	0,7	3,66
19.10.2009	99,17	0,0307	46,59	30,00	16,59	9,81	0,7	3,14
20.10.2009	100,10	0,0314	48,97	30,00	18,97	9,81	0,7	3,62
21.10.2009	98,44	0,0307	48,09	30,00	18,09	9,81	0,7	3,40
22.10.2009	98,53	0,0307	47,51	30,00	17,51	9,81	0,7	3,29
23.10.2009	95,95	0,0301	48,97	30,00	18,97	9,81	0,7	3,47
24.10.2009	96,04	0,0302	49,55	30,00	19,55	9,81	0,7	3,58
25.10.2009	96,97	0,0304	49,19	30,00	19,19	9,81	0,7	3,55
26.10.2009	96,35	0,0300	47,74	30,00	17,74	9,81	0,7	3,26
27.10.2009	95,55	0,0298	47,79	30,00	17,79	9,81	0,7	3,24
28.10.2009	97,23	0,0304	48,41	30,00	18,41	9,81	0,7	3,41
29.10.2009	97,92	0,0306	48,33	30,00	18,33	9,81	0,7	3,42
30.10.2009	97,92	0,0308	49,50	30,00	19,50	9,81	0,7	3,64
31.10.2009	95,28	0,0297	48,11	30,00	18,11	9,81	0,7	3,29
01.11.2009	94,75	0,0297	48,78	30,00	18,78	9,81	0,7	3,39
02.11.2009	96,72	0,0302	47,91	30,00	17,91	9,81	0,7	3,30
03.11.2009	95,19	0,0297	47,91	30,00	17,91	9,81	0,7	3,25
04.11.2009	95,68	0,0301	49,83	30,00	19,83	9,81	0,7	3,62
05.11.2009	97,98	0,0306	48,08	30,00	18,08	9,81	0,7	3,38
06.11.2009	95,96	0,0302	49,68	30,00	19,68	9,81	0,7	3,60
07.11.2009	96,92	0,0301	47,30	30,00	17,30	9,81	0,7	3,20
08.11.2009	98,88	0,0305	45,52	30,00	15,52	9,81	0,7	2,93
09.11.2009	97,44	0,0300	45,69	30,00	15,69	9,81	0,7	2,92
10.11.2009	95,92	0,0299	47,80	30,00	17,80	9,81	0,7	3,26
11.11.2009	95,70	0,0300	49,01	30,00	19,01	9,81	0,7	3,47
12.11.2009	95,37	0,0298	48,62	30,00	18,62	9,81	0,7	3,39
13.11.2009	96,76	0,0301	47,52	30,00	17,52	9,81	0,7	3,23
14.11.2009	98,04	0,0304	46,88	30,00	16,88	9,81	0,7	3,16
15.11.2009	98,06	0,0305	47,14	30,00	17,14	9,81	0,7	3,21
16.11.2009	97,13	0,0301	46,81	30,00	16,81	9,81	0,7	3,11
17.11.2009	96,75	0,0301	47,38	30,00	17,38	9,81	0,7	3,21
18.11.2009	98,01	0,0305	47,66	30,00	17,66	9,81	0,7	3,30
19.11.2009	99,81	0,0310	46,96	30,00	16,96	9,81	0,7	3,23
20.11.2009	100,67	0,0312	46,63	30,00	16,63	9,81	0,7	3,19
21.11.2009	101,94	0,0318	48,07	30,00	18,07	9,81	0,7	3,51
22.11.2009	100,39	0,0310	46,04	30,00	16,04	9,81	0,7	3,07
23.11.2009	96,88	0,0299	45,92	30,00	15,92	9,81	0,7	2,94
24.11.2009	98,35	0,0307	47,83	30,00	17,83	9,81	0,7	3,35
25.11.2009	98,12	0,0304	46,65	30,00	16,65	9,81	0,7	3,12
26.11.2009	97,52	0,0304	48,08	30,00	18,08	9,81	0,7	3,36
27.11.2009	93,54	0,0292	48,38	30,00	18,38	9,81	0,7	3,28
28.11.2009	95,45	0,0298	47,99	30,00	17,99	9,81	0,7	3,28
29.11.2009	96,93	0,0301	46,98	30,00	16,98	9,81	0,7	3,14
30.11.2009	96,11	0,0299	47,27	30,00	17,27	9,81	0,7	3,17
01.12.2009	94,50	0,0292	46,24	30,00	16,24	9,81	0,7	2,93
02.12.2009	95,06	0,0296	47,53	30,00	17,53	9,81	0,7	3,18
03.12.2009	97,35	0,0303	47,46	30,00	17,46	9,81	0,7	3,24
04.12.2009	96,93	0,0301	47,27	30,00	17,27	9,81	0,7	3,19
05.12.2009	97,89	0,0306	48,12	30,00	18,12	9,81	0,7	3,38
06.12.2009	98,51	0,0306	46,85	30,00	16,85	9,81	0,7	3,17
07.12.2009	93,43	0,0291	47,38	30,00	17,38	9,81	0,7	3,10
08.12.2009	91,57	0,0285	47,83	30,00	17,83	9,81	0,7	3,11

(Devamı Arkada)

EK-2'nin devamı

Tarih	Günlük Ortalama Debi -Q (m ³ /saat)	Günlük Ortalama Debi-Q (m ³ /sn)	Günlük Ortalama Basınç Seviyesi-PH (m)	Optimum Basınç Seviyesi - BP (m)	Şebekedeki Mevcut Enerji Seviyesi- H(m)=PH-BP	Suyun Özgül Ağırlığı- γ (kN/m ³)	Türbin Verimi (e ₀)	Elde Edilen Güç-P (kW)
09.12.2009	89,32	0,0279	48,13	30,00	18,13	9,81	0,7	3,09
10.12.2009	93,96	0,0290	46,08	30,00	16,08	9,81	0,7	2,88
11.12.2009	90,99	0,0283	47,27	30,00	17,27	9,81	0,7	3,00
12.12.2009	91,76	0,0286	47,70	30,00	17,70	9,81	0,7	3,10
13.12.2009	92,56	0,0288	47,51	30,00	17,51	9,81	0,7	3,09
14.12.2009	91,40	0,0285	47,79	30,00	17,79	9,81	0,7	3,10
15.12.2009	91,82	0,0287	48,43	30,00	18,43	9,81	0,7	3,23
16.12.2009	92,36	0,0288	47,60	30,00	17,60	9,81	0,7	3,10
17.12.2009	98,50	0,0310	50,05	30,00	20,05	9,81	0,7	3,77
18.12.2009	97,89	0,0307	49,27	30,00	19,27	9,81	0,7	3,60
19.12.2009	98,03	0,0308	49,41	30,00	19,41	9,81	0,7	3,63
20.12.2009	90,95	0,0284	47,97	30,00	17,97	9,81	0,7	3,12
21.12.2009	91,22	0,0285	48,54	30,00	18,54	9,81	0,7	3,23
22.12.2009	90,18	0,0281	47,75	30,00	17,75	9,81	0,7	3,05
23.12.2009	89,73	0,0280	47,84	30,00	17,84	9,81	0,7	3,05
24.12.2009	90,47	0,0282	47,66	30,00	17,66	9,81	0,7	3,05
25.12.2009	91,29	0,0285	47,85	30,00	17,85	9,81	0,7	3,11
26.12.2009	95,24	0,0296	47,06	30,00	17,06	9,81	0,7	3,10
27.12.2009	92,72	0,0288	47,24	30,00	17,24	9,81	0,7	3,05
28.12.2009	90,42	0,0282	47,78	30,00	17,78	9,81	0,7	3,07
29.12.2009	92,15	0,0286	46,72	30,00	16,72	9,81	0,7	2,94
30.12.2009	92,74	0,0289	47,88	30,00	17,88	9,81	0,7	3,16
31.12.2009	93,50	0,0291	47,38	30,00	17,38	9,81	0,7	3,10
01.01.2010	92,51	0,0288	47,49	30,00	17,49	9,81	0,7	3,09
02.01.2010	92,20	0,0287	47,51	30,00	17,51	9,81	0,7	3,08
03.01.2010	94,91	0,0294	46,36	30,00	16,36	9,81	0,7	2,96
04.01.2010	95,12	0,0294	46,30	30,00	16,30	9,81	0,7	2,96
05.01.2010	94,25	0,0292	46,92	30,00	16,92	9,81	0,7	3,04
06.01.2010	94,35	0,0294	47,45	30,00	17,45	9,81	0,7	3,14
07.01.2010	99,01	0,0307	46,82	30,00	16,82	9,81	0,7	3,18
08.01.2010	101,22	0,0313	46,36	30,00	16,36	9,81	0,7	3,16
09.01.2010	93,46	0,0291	47,78	30,00	17,78	9,81	0,7	3,17
10.01.2010	93,61	0,0291	47,58	30,00	17,58	9,81	0,7	3,14
11.01.2010	90,74	0,0279	45,08	30,00	15,08	9,81	0,7	2,61
12.01.2010	92,09	0,0287	48,01	30,00	18,01	9,81	0,7	3,16
13.01.2010	91,67	0,0286	48,05	30,00	18,05	9,81	0,7	3,16
14.01.2010	90,44	0,0282	47,56	30,00	17,56	9,81	0,7	3,03
15.01.2010	93,41	0,0291	47,95	30,00	17,95	9,81	0,7	3,20
16.01.2010	92,66	0,0289	47,89	30,00	17,89	9,81	0,7	3,16
17.01.2010	91,47	0,0284	46,99	30,00	16,99	9,81	0,7	2,96
18.01.2010	88,49	0,0274	46,86	30,00	16,86	9,81	0,7	2,85
19.01.2010	91,23	0,0284	47,86	30,00	17,86	9,81	0,7	3,11
20.01.2010	92,04	0,0287	48,04	30,00	18,04	9,81	0,7	3,17
21.01.2010	93,14	0,0290	47,78	30,00	17,78	9,81	0,7	3,16
22.01.2010	90,41	0,0281	47,49	30,00	17,49	9,81	0,7	3,02
23.01.2010	92,34	0,0287	47,32	30,00	17,32	9,81	0,7	3,05
24.01.2010	92,43	0,0287	47,37	30,00	17,37	9,81	0,7	3,06
25.01.2010	91,15	0,0284	47,63	30,00	17,63	9,81	0,7	3,06
26.01.2010	93,80	0,0293	48,30	30,00	18,30	9,81	0,7	3,27
27.01.2010	92,55	0,0287	46,88	30,00	16,88	9,81	0,7	2,98
28.01.2010	91,25	0,0284	47,63	30,00	17,63	9,81	0,7	3,07
29.01.2010	95,58	0,0297	47,47	30,00	17,47	9,81	0,7	3,19
30.01.2010	95,54	0,0297	47,58	30,00	17,58	9,81	0,7	3,20
31.01.2010	96,55	0,0300	47,03	30,00	17,03	9,81	0,7	3,14
01.02.2010	97,51	0,0303	47,29	30,00	17,29	9,81	0,7	3,22
02.02.2010	97,81	0,0306	48,58	30,00	18,58	9,81	0,7	3,47
03.02.2010	101,49	0,0318	48,94	30,00	18,94	9,81	0,7	3,67
04.02.2010	97,38	0,0303	47,60	30,00	17,60	9,81	0,7	3,27
05.02.2010	98,94	0,0307	46,78	30,00	16,78	9,81	0,7	3,17
06.02.2010	97,75	0,0306	48,93	30,00	18,93	9,81	0,7	3,53
07.02.2010	100,22	0,0309	45,38	30,00	15,38	9,81	0,7	2,94
08.02.2010	94,82	0,0296	48,24	30,00	18,24	9,81	0,7	3,30
09.02.2010	97,41	0,0305	48,80	30,00	18,80	9,81	0,7	3,49
10.02.2010	99,20	0,0310	48,72	30,00	18,72	9,81	0,7	3,54

(Devamı Arkada)

EK-2'nin devamı

Tarih	Günlük Ortalama Debi -Q (m ³ /saat)	Günlük Ortalama Debi-Q (m ³ /sn)	Günlük Ortalama Basınç Seviyesi-PH (m)	Optimum Basınç Seviyesi - BP (m)	Şebekedeki Mevcut Enerji Seviyesi-H(m)=PH-BP	Suyun Özgül Ağırlığı-γ (kN/m ³)	Türbin Verimi (e ₀)	Elde Edilen Güç-P (kW)
11.02.2010	97,60	0,0303	46,72	30,00	16,72	9,81	0,7	3,11
12.02.2010	99,76	0,0311	47,88	30,00	17,88	9,81	0,7	3,40
13.02.2010	100,01	0,0311	47,33	30,00	17,33	9,81	0,7	3,31
14.02.2010	102,21	0,0317	46,65	30,00	16,65	9,81	0,7	3,25
15.02.2010	99,17	0,0308	47,35	30,00	17,35	9,81	0,7	3,28
16.02.2010	97,47	0,0302	46,53	30,00	16,53	9,81	0,7	3,07
17.02.2010	99,33	0,0309	47,64	30,00	17,64	9,81	0,7	3,34
18.02.2010	100,79	0,0313	47,22	30,00	17,22	9,81	0,7	3,31
19.02.2010	100,72	0,0313	47,27	30,00	17,27	9,81	0,7	3,32
20.02.2010	101,18	0,0314	47,25	30,00	17,25	9,81	0,7	3,33
21.02.2010	103,69	0,0322	46,87	30,00	16,87	9,81	0,7	3,34
22.02.2010	102,68	0,0320	47,89	30,00	17,89	9,81	0,7	3,50
23.02.2010	101,66	0,0317	48,14	30,00	18,14	9,81	0,7	3,52
24.02.2010	104,62	0,0326	47,62	30,00	17,62	9,81	0,7	3,52
25.02.2010	102,35	0,0316	45,98	30,00	15,98	9,81	0,7	3,12
26.02.2010	98,66	0,0305	46,36	30,00	16,36	9,81	0,7	3,08
27.02.2010	100,95	0,0315	47,77	30,00	17,77	9,81	0,7	3,42
28.02.2010	105,02	0,0326	47,17	30,00	17,17	9,81	0,7	3,44
01.03.2010	109,20	0,0338	46,55	30,00	16,55	9,81	0,7	3,45
02.03.2010	104,41	0,0323	46,42	30,00	16,42	9,81	0,7	3,27
03.03.2010	103,35	0,0321	47,43	30,00	17,43	9,81	0,7	3,44
04.03.2010	106,30	0,0330	46,99	30,00	16,99	9,81	0,7	3,44
05.03.2010	103,36	0,0320	46,75	30,00	16,75	9,81	0,7	3,30
06.03.2010	106,02	0,0328	46,58	30,00	16,58	9,81	0,7	3,35
07.03.2010	105,84	0,0328	46,88	30,00	16,88	9,81	0,7	3,41
08.03.2010	102,84	0,0318	46,14	30,00	16,14	9,81	0,7	3,17
09.03.2010	102,51	0,0318	46,60	30,00	16,60	9,81	0,7	3,25
10.03.2010	103,98	0,0322	46,42	30,00	16,42	9,81	0,7	3,26
11.03.2010	106,16	0,0329	46,90	30,00	16,90	9,81	0,7	3,42
12.03.2010	109,11	0,0337	45,95	30,00	15,95	9,81	0,7	3,32
13.03.2010	109,90	0,0340	46,58	30,00	16,58	9,81	0,7	3,48
14.03.2010	112,64	0,0348	46,15	30,00	16,15	9,81	0,7	3,47
15.03.2010	106,39	0,0329	46,34	30,00	16,34	9,81	0,7	3,32
16.03.2010	105,91	0,0329	47,22	30,00	17,22	9,81	0,7	3,48
17.03.2010	105,20	0,0326	46,95	30,00	16,95	9,81	0,7	3,40
18.03.2010	106,78	0,0331	46,63	30,00	16,63	9,81	0,7	3,39
19.03.2010	107,92	0,0334	46,16	30,00	16,16	9,81	0,7	3,33
20.03.2010	109,52	0,0339	46,36	30,00	16,36	9,81	0,7	3,42
21.03.2010	109,40	0,0338	45,84	30,00	15,84	9,81	0,7	3,31
22.03.2010	110,95	0,0341	45,14	30,00	15,14	9,81	0,7	3,20
23.03.2010	109,65	0,0340	46,51	30,00	16,51	9,81	0,7	3,45
24.03.2010	105,74	0,0327	46,51	30,00	16,51	9,81	0,7	3,33
25.03.2010	107,08	0,0331	46,36	30,00	16,36	9,81	0,7	3,34
26.03.2010	107,01	0,0332	46,64	30,00	16,64	9,81	0,7	3,40
27.03.2010	111,04	0,0342	45,75	30,00	15,75	9,81	0,7	3,34
28.03.2010	110,22	0,0340	45,95	30,00	15,95	9,81	0,7	3,35
29.03.2010	109,30	0,0337	45,76	30,00	15,76	9,81	0,7	3,29
30.03.2010	109,98	0,0339	45,75	30,00	15,75	9,81	0,7	3,30
31.03.2010	105,79	0,0322	43,06	30,00	13,06	9,81	0,7	2,64
01.04.2010	111,36	0,0344	46,16	30,00	16,16	9,81	0,7	3,43
02.04.2010	116,99	0,0363	46,79	30,00	16,79	9,81	0,7	3,75
03.04.2010	119,33	0,0367	45,07	30,00	15,07	9,81	0,7	3,43
04.04.2010	119,53	0,0367	45,04	30,00	15,04	9,81	0,7	3,43
05.04.2010	114,91	0,0353	45,06	30,00	15,06	9,81	0,7	3,30
06.04.2010	126,90	0,0387	43,57	30,00	13,57	9,81	0,7	3,28
07.04.2010	103,82	0,0322	46,91	30,00	16,91	9,81	0,7	3,35
08.04.2010	104,13	0,0320	44,78	30,00	14,78	9,81	0,7	2,94
09.04.2010	103,12	0,0318	45,50	30,00	15,50	9,81	0,7	3,05
10.04.2010	107,02	0,0329	45,28	30,00	15,28	9,81	0,7	3,12
11.04.2010	105,94	0,0329	47,05	30,00	17,05	9,81	0,7	3,45
12.04.2010	107,59	0,0331	45,20	30,00	15,20	9,81	0,7	3,12
13.04.2010	104,85	0,0325	46,45	30,00	16,45	9,81	0,7	3,29
14.04.2010	106,00	0,0327	45,68	30,00	15,68	9,81	0,7	3,17
15.04.2010	105,72	0,0328	46,76	30,00	16,76	9,81	0,7	3,38

(Devamı Arkada)

EK-2'nin devamı

Tarih	Günlük Ortalama Debi -Q (m ³ /saat)	Günlük Ortalama Debi-Q (m ³ /sn)	Günlük Ortalama Basınç Seviyesi-PH (m)	Optimum Basınç Seviyesi - BP (m)	Şebekedeki Mevcut Enerji Seviyesi- H(m)=PH-BP	Suyun Özgül Ağırlığı- γ (kN/m ³)	Türbin Verimi (e ₀)	Elde Edilen Güç-P (kW)
16.04.2010	107,45	0,0331	45,74	30,00	15,74	9,81	0,7	3,23
17.04.2010	110,07	0,0340	46,18	30,00	16,18	9,81	0,7	3,40
18.04.2010	110,90	0,0341	45,41	30,00	15,41	9,81	0,7	3,26
19.04.2010	107,28	0,0331	45,93	30,00	15,93	9,81	0,7	3,26
20.04.2010	106,76	0,0330	46,15	30,00	16,15	9,81	0,7	3,29
21.04.2010	107,42	0,0333	46,53	30,00	16,53	9,81	0,7	3,39
22.04.2010	110,99	0,0337	42,65	30,00	12,65	9,81	0,7	2,68
23.04.2010	103,86	0,0320	45,75	30,00	15,75	9,81	0,7	3,12
24.04.2010	100,52	0,0312	46,85	30,00	16,85	9,81	0,7	3,23
25.04.2010	98,99	0,0306	46,21	30,00	16,21	9,81	0,7	3,06
26.04.2010	99,42	0,0307	46,25	30,00	16,25	9,81	0,7	3,08
27.04.2010	99,00	0,0307	46,98	30,00	16,98	9,81	0,7	3,21
28.04.2010	99,83	0,0310	46,95	30,00	16,95	9,81	0,7	3,23
29.04.2010	97,70	0,0303	46,78	30,00	16,78	9,81	0,7	3,13
30.04.2010	96,77	0,0300	47,08	30,00	17,08	9,81	0,7	3,15
01.05.2010	100,36	0,0311	46,81	30,00	16,81	9,81	0,7	3,22
02.05.2010	101,99	0,0315	45,82	30,00	15,82	9,81	0,7	3,08
03.05.2010	101,28	0,0313	46,41	30,00	16,41	9,81	0,7	3,17
04.05.2010	101,73	0,0315	46,32	30,00	16,32	9,81	0,7	3,17
05.05.2010	102,81	0,0318	46,04	30,00	16,04	9,81	0,7	3,14
06.05.2010	103,87	0,0320	45,73	30,00	15,73	9,81	0,7	3,12
07.05.2010	101,21	0,0312	45,89	30,00	15,89	9,81	0,7	3,07
08.05.2010	103,94	0,0321	46,16	30,00	16,16	9,81	0,7	3,20
09.05.2010	101,79	0,0315	46,22	30,00	16,22	9,81	0,7	3,15
10.05.2010	104,93	0,0325	46,27	30,00	16,27	9,81	0,7	3,26
11.05.2010	104,05	0,0321	46,02	30,00	16,02	9,81	0,7	3,18
12.05.2010	107,92	0,0335	46,98	30,00	16,98	9,81	0,7	3,49
13.05.2010	108,42	0,0334	45,24	30,00	15,24	9,81	0,7	3,15
14.05.2010	105,16	0,0324	45,24	30,00	15,24	9,81	0,7	3,06
15.05.2010	105,48	0,0326	46,24	30,00	16,24	9,81	0,7	3,27
16.05.2010	104,58	0,0322	45,47	30,00	15,47	9,81	0,7	3,09
17.05.2010	105,73	0,0328	46,95	30,00	16,95	9,81	0,7	3,42
18.05.2010	106,66	0,0333	48,21	30,00	18,21	9,81	0,7	3,71
19.05.2010	96,12	0,0297	46,17	30,00	16,17	9,81	0,7	2,97
20.05.2010	88,15	0,0274	46,92	30,00	16,92	9,81	0,7	2,84
21.05.2010	89,01	0,0277	47,46	30,00	17,46	9,81	0,7	2,96
22.05.2010	91,65	0,0284	46,89	30,00	16,89	9,81	0,7	2,95
23.05.2010	89,97	0,0279	46,48	30,00	16,48	9,81	0,7	2,83
24.05.2010	91,19	0,0282	46,36	30,00	16,36	9,81	0,7	2,85
25.05.2010	89,46	0,0278	47,27	30,00	17,27	9,81	0,7	2,95
26.05.2010	90,59	0,0281	46,64	30,00	16,64	9,81	0,7	2,88
27.05.2010	92,92	0,0288	46,89	30,00	16,89	9,81	0,7	2,99
28.05.2010	96,24	0,0299	47,09	30,00	17,09	9,81	0,7	3,14
29.05.2010	96,14	0,0299	47,15	30,00	17,15	9,81	0,7	3,15
30.05.2010	97,01	0,0300	46,40	30,00	16,40	9,81	0,7	3,03
31.05.2010	94,18	0,0292	46,46	30,00	16,46	9,81	0,7	2,96

ÖZGEÇMİŞ



Buket ŞAHİN, 1988 yılında Ankara’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Ankara’da tamamladı. 2006 yılında girdiği Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü’nden 2011 yılında Çevre Mühendisi olarak mezun oldu. 2012 yılı güz döneminde Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı ve 1 yıl devam ettikten sonra, 2013 yılı güz döneminde Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı.