

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



YÜZEYSU METABOLİZMASI BİLEŞENLERİNİN
HESAPLANMASI VE YÜZEY SULARINA AİT METABOLİK
DİNAMİKLERİNİN AYLIK BAZLARDA
NİCELLEŞTİRİLMESİ: ARDAHAN ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ESLEM ÇINAR

BOLU, MAYIS - 2019

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



YÜZEYSU METABOLİZMASI BİLEŞENLERİNİN
HESAPLANMASI VE YÜZEY SULARINA AİT METABOLİK
DİNAMİKLERİNİN AYLIK BAZLARDA
NİCELLEŞTİRİLMESİ: ARDAHAN ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ESLEM ÇINAR

BOLU, MAYIS - 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

Eslem ÇINAR tarafından hazırlanan “YÜZEYSU METABOLİZMASI BİLEŞENLERİNİN HESAPLANMASI VE YÜZEY SULARINA AİT METABOLİK DİNAMİKLERİNİN AYLIK BAZLARDA NİCELLEŞTİRİLMESİ: ARDAHAN ÖRNEĞİ” adlı tez çalışması Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda 22.05.2019 tarihinde savunularak Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

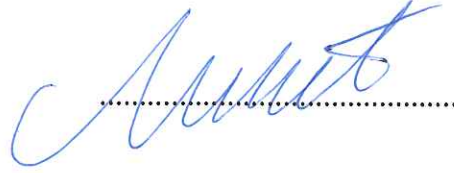
Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof. Dr. Nusret KARAKAYA
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Üye
Doç. Dr. Fatma ÖZTÜRK
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Üye
Doç. Dr. Ahmet ÇELEBİ
Sakarya Üniversitesi



Prof. Dr. Ömer ÖZYURT 

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



Aileme,

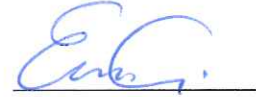
ETİK BEYAN

Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Eslem ÇINAR



ÖZET

**YÜZEYSU METABOLİZMASI BİLEŞENLERİNİN HESAPLANMASI VE
YÜZEY SULARINA AİT METABOLİK DİNAMİKLERİNİN AYLIK
BAZLARDA NİCELLEŞTİRİLMESİ: ARDAHAN ÖRNEĞİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ESLEM ÇINAR
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. NUSRET KARAKAYA)**

BOLU, MAYIS - 2019

Akarsu metabolizması; akarsuların yapı ve işlevsel özelliklerini yansıttığı için son yıllarda önemli bir araştırma konusu olmuştur. Tez çalışmasında Kura Nehrinin kollarından birinde 5 farklı noktada “tek istasyon yöntemi” kullanılarak brüt birincil üretim (GPP), ekosistem solunumu (ER) ve net ekosistem üretimi (NEP) değerleri farklı atmosferik alışveriş katsayısına (K) bağlı olarak tahmin edilmiştir. Türkiye’de ilk defa bir akarsuda tek istasyon yöntemi ile bir akarsu metabolizma bileşenleri sayısallaştırılmıştır. Tez çalışmasında belirlenen 5 farklı izleme noktasında Mayıs 2018-Aralık 2018 tarihleri arasında her ay en az iki gün, 5 dakika arayla çözünmüş oksijen konsantrasyonu ve su sıcaklığı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. İzleme çalışmasından elde edilen veriler kullanılarak GPP, ER ve NEP hesabı 6 farklı yol izlenerek yapılmıştır. Akarsu metabolizma bileşenleri hesabı Rivermet[©] programı ile yapılmıştır. Çalışmada çözünmüş oksijen konsantrasyonu ve sıcaklık ölçümleri için MiniDOT probu kullanılmıştır. Akarsu debisi ve su hızı ölçümleri için ise Son Tek Flow Tracker Handheld ADV debi ölçer cihazı kullanılmıştır. Çalışmada GPP, ER ve NEP değerlerinin mekânsal ve zamansal olarak değiştiği görülmüştür. Çalışma; ayrıca metabolizma bileşenlerinin hesaplanmasında K katsayısının oldukça önemli olduğunu göstermiştir. Akarsuyun debisi, derinliği ve hızı K katsayısı üzerinde oldukça etkilidir ve bu durum akarsu metabolizma bileşenlerini hesabını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle uygun bir yöntemle K katsayısının belirlenmesi akarsu metabolizma çalışmalarında kritik önemdedir. Çalışma; akarsuyun mambaından mansabına doğru gidildikçe GPP değerinde bariz bir artış olduğunu göstermektedir. Bu durumun, su kalite ve miktarında meydana gelen değişim ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Yine çalışma akarsuyun net heterotrof ($GPP/ER < 1$) olduğunu göstermektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Akarsu Metabolizması, Tek İstasyon Yöntemi, Brüt Birincil Üretim, Ekosistem Solunumu, Net Ekosistem Üretimi.

ABSTRACT

**ESTIMATION AND QUANTIFICATION OF SURFACE WATER
METABOLISM DYNAMICS ON MONTHLY BASIS: A CASE STUDY OF
ARDAHAN
MSC THESIS
ESLEM ÇINAR
BOLU ABANT IZZET BAYSAL UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF
NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
(SUPERVISOR:PROF. DR. NUSRET KARAKAYA)**

BOLU, MAY 2019

Recently, river metabolism has become an important subject since it reflects the structural and functional properties of rivers. In this thesis study, the values of gross primary production (GPP), ecosystem respiration (ER), and net ecosystem production (NEP) were estimated at five locations along one of the branches of river Kura using “single-station method” depending on different atmospheric exchange coefficients (K). For the first time in Turkey, river metabolism components were quantified for a river using the single-station method. At five monitoring locations determined in the thesis study between May and December 2018, the measurements of dissolved oxygen concentration, and water temperature were performed every five minutes for at least two days per month. Based on the monitoring data obtained, the estimation of GPP, ER, and NEP was conducted with six methods. River metabolism components were computed using Rivermet[®] program. dissolved oxygen concentration, and water temperature were measured using MiniDOT probe. River flow rate and depth were measured using Son Tek Flow Tracker Handheld ADV. GPP, ER and NEP estimates varied spatially and temporally. Also, the coefficient of K was shown to play a rather important role in the quantification of the metabolic components. River flow rate, depth and velocity significantly influenced the K coefficient, thus directly affecting the quantification of river metabolic components. Thus, the determination of the K coefficient with a proper method is of critical importance to river metabolism studies. From spring to mouth of the river, the GPP value markedly rose. This case was attributed to the change in water quality and quantity. The study showed that the river was net heterotrophic ($GPP/ER < 1$).

KEYWORDS: River Metabolism, One-station Method, Gross Primary Production, Ecosystem Respiration, Net Ecosystem Production.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	x
TEŞEKKÜR	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	2
2. ÇALIŞMA ALANI	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM	13
3.1 Akarsu Metabolizma Bileşenlerinin Hesabı.....	13
3.1.1 Brüt Birincil Üretim (GPP).....	14
3.1.2 Ekosistem solunumu (ER)	15
3.1.3 Net Ekosistem Üretimi (NEP)	15
3.2 Atmosferik Oksijen Alışveriş Katsayısı (<i>K</i>).....	16
3.3 Çalışmada Kullanılan Ekipmanların Genel Özelliği	20
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	22
4.1 Betimleyici İstatistiksel Parametreler.....	22
4.2 Akarsu Metabolizma Bileşenlerinin Hesabı	30
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	44
6. KAYNAKLAR.....	45
7. ÖZGEÇMİŞ	48

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. ER ve GPP etkileyen temel faktörler (Bernot vd., 2010).	3
Şekil 1.2. Akarsu metabolizma tekniğini seçmek için karar ağacı (Grace ve Imberger, 2006).	4
Şekil 2.1. Çalışma alanı.	11
Şekil 2.2. İzleme istasyonlarının konumu.	12
Şekil 3.1. İş akış şeması.	13
Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan MiniDOT.	20
Şekil 3.3. MiniDOT'un akarsuya bırakılma anı.	21
Şekil 4.1. İstasyon 1'de değişik metotlarla hesaplanmış K 'ya göre elde edilen GPP ve ER'in değişimi.	41
Şekil 4.2. İstasyon 2'de değişik metotlarla hesaplanmış K 'ya göre elde edilen GPP ve ER'in değişimi.	41
Şekil 4.3. İstasyon 3'de değişik metotlarla hesaplanmış K 'ya göre elde edilen GPP ve ER'in değişimi.	42
Şekil 4.4. İstasyon 4'de değişik metotlarla hesaplanmış K 'ya göre elde edilen GPP ve ER'in değişimi.	42
Şekil 4.5. İstasyon 5'de değişik metotlarla hesaplanmış K 'ya göre elde edilen GPP ve ER'in değişimi.	43

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1. İzleme istasyonlarının koordinatları	11
Çizelge 3.1. MiniDOT kayıt cihazının özellikleri	21
Çizelge 4.1. 24.05.2018-25.05.2018 tarihli ölçümlere ait betimleyici istatistikler	22
Çizelge 4.2. 29.06.2018-01.07.2018 tarihli ölçümlere ait betimleyici istatistikler	23
Çizelge 4.3. 19.07.2018-21.07.2018 tarihli ölçümlere ait betimleyici istatistikler	24
Çizelge 4.4. 31.08.2018-02.09.2018 tarihli ölçümlere ait betimleyici istatistikler	25
Çizelge 4.5. 04.10.2018-06.10.2018 tarihli ölçümlere ait betimleyici istatistikler	26
Çizelge 4.6. 01.11.2018-03.11.2018 tarihli ölçümlere ait betimleyici istatistikler	27
Çizelge 4.7. 05.12.2018-07.12.2018 tarihli ölçümlere ait betimleyici istatistikler	28
Çizelge 4.8. Arazide ölçümü gerçekleştirilen çevresel değişkenler	29
Çizelge 4.9. Metot 1 ve Metot 2 ile hesaplanan K 'ya göre metabolizma bileşenleri	31
Çizelge 4.10. Metot 3 ve Metot 4 ile hesaplanan K 'ya göre metabolizma bileşenleri	32
Çizelge 4.11. Metot 5 ve Metot 6 ile hesaplanan K 'ya göre metabolizma bileşenleri	33
Çizelge 4.12. 1 No'lu istasyon için çeşitli yöntemlerle hesaplanan metabolizma bileşenlerine ait betimleyici istatistikler.....	35
Çizelge 4.13. 2 No'lu istasyon için çeşitli yöntemlerle hesaplanan metabolizma bileşenlerine ait betimleyici istatistikler.....	36
Çizelge 4.14. 3 No'lu istasyon için çeşitli yöntemlerle hesaplanan metabolizma bileşenlerine ait betimleyici istatistikler.....	37
Çizelge 4.15. 4 No'lu istasyon için çeşitli yöntemlerle hesaplanan metabolizma bileşenlerine ait betimleyici istatistikler.....	38
Çizelge 4.16. 5 No'lu istasyon için çeşitli yöntemlerle hesaplanan metabolizma bileşenlerine ait betimleyici istatistikler.....	39
Çizelge 4.17. Akarsu ekosistemin kalite durumu	40

KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

ÇO	: Çözünmüş Oksijen
D	: Su Derinliği
DOT	: Diel Oksijen Tekniği
ER	: Ekosistem Solunumu
GPP	: Brüt Birincil Üretim
K	: Atmosferik Oksijen Alışveriş Katsayısı
NEP	: Net Ekosistem Üretimi
P	: Fotosentez
PAR	: Fotosentik Aktif Radyosyan
P/R	: Fotosentez ve Solunum Oranı
Q	: Debi
T	: Su Sıcaklığı
V	: Su Hızı

TEŞEKKÜR

Tez alıŐması ve yüksek lisans süresince yardımları ve desteği için tez danıŐmanım Prof. Dr. Nusret KARAKAYA'ya teşekkür ederim. İstatistik, bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım Prof. Dr. Fatih EVRENDİLEK'e, tez jüri yeleri Doç. Dr. Fatma ÖZTÜRK'e ve Doç. Dr. Ahmet ÇELEBİ'ye, bilgi birikimlerini benim ile paylaŐan Öęr. Gör. Dr. Miraç ERYİğİT'e, arazi çalışmalarında katkılarını esirgemeyen evre Mühendisi Kadir YILDIZ'a, çalıŐmalarımnda her zaman yanımda olan Taha Yarkın ÇINAR'a ve canım annem ve babama bu süreçte yanımda olup destek verdikleri için teşekkür ederim.

TÜBİTAK tarafından desteklenen 117Y193 no'lu proje kapsamında tez çalışması gerçekleştirilmiştir. Katkılarından dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

Akarsu metabolizmasını oluşturan ana bileşenler brüt birincil üretim (GPP), ekosistem solunumu (ER) ve net ekosistem üretimi (NEP); akarsuların yapı ve işlevsel özelliklerini yansıttığı için son yıllarda önemli bir araştırma konusu olmuştur.

GPP, inorganik karbonun fotosentetik organizmalar vasıtasıyla organik maddeye (biyokütle) dönüşüm hızı olarak tanımlanır (Bott, 2006). ER, organik maddenin CO₂'ye oksidasyon hızını ifade etmektedir (Grace, 2006). NEP ise net ekosistem üretim hızıdır ve GPP ve ER arasındaki farktır (Vollenweider, 1974, Bott vd., 1978).

Yüzey suları, akarsu ve göllerde metabolizma bileşenlerinin hesaplanması için diel oksijen tekniği (DOT) kullanılmaktadır. DOT uygulaması çözülmüş oksijen konsantrasyonundaki (ÇO) günlük değişimin ölçülmesine dayanmaktadır. Bu ölçümlerden yararlanılarak metabolizma bileşenleri hesaplanmaktadır.

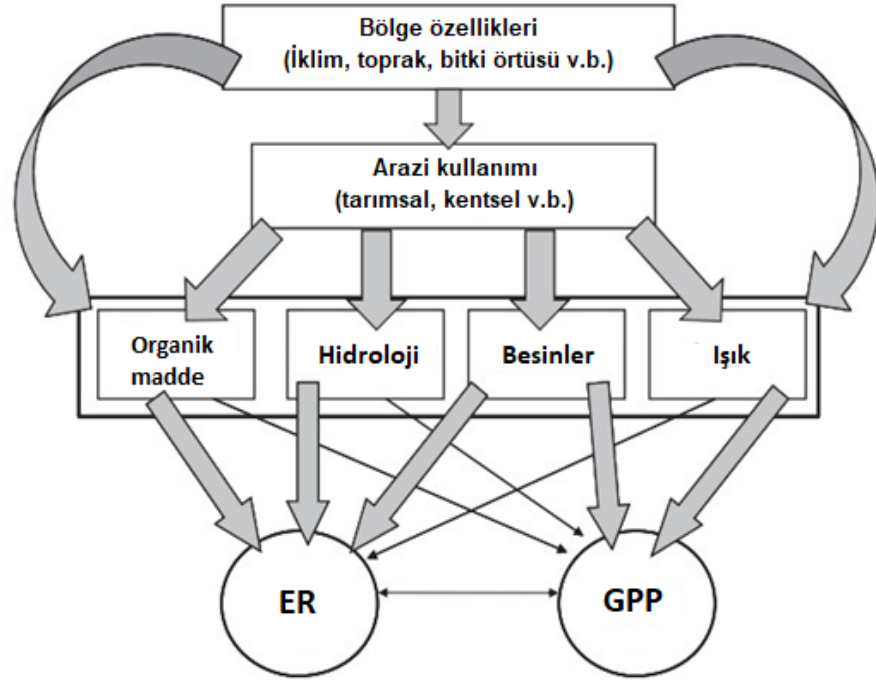
Tez çalışmasında Kura Nehrinin kollarından birinde 5 farklı noktada “tek istasyon yöntemi” kullanılarak GPP, ER ve NEP değerleri farklı *K* katsayısına bağlı olarak tahmin edilmiştir. Türkiye’de ilk defa bir akarsuda tek istasyon yöntemi ile bir akarsuda metabolizma bileşenleri sayısallaştırılmıştır. Tez çalışmasında izlenen yol aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- 1) Çalışma alanı olarak Kura Nehri’nin yan kollarında biri seçilmiş ve örnekleme noktaları belirlenmiştir.
- 2) Belirlenen izleme noktalarında Mayıs 2018-Aralık 2018 tarihleri arasında her ay en az iki gün süreyle çözülmüş oksijen konsantrasyonu ve su sıcaklığı (T) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca su debisi, su hızı ve su derinliği ölçümleri gerçekleştirilmiştir.
- 3) İzleme çalışmasından elde edilen veriler kullanılarak GPP, ER ve NEP hesabı 6 farklı yol izlenerek yapılmıştır.

1.1 Literatür Özeti

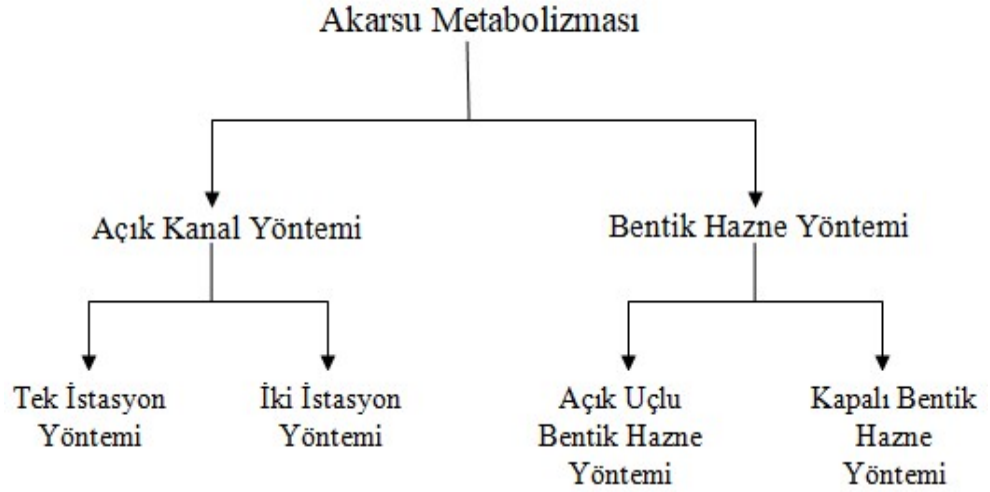
Metabolizma, Oxford Ekoloji Sözlüğü tarafından canlı bir organizma içinde meydana gelen tüm kimyasal reaksiyonların toplamı olarak tanımlanır, ancak genellikle bir organizmanın metabolizmasını değerlendirmek için oksijen tüketimi gibi genel bir değişken kullanılır. Benzer şekilde, hem lentik hem de lotik olan su ekosistemlerinin metabolizmasını ölçmek için oksijen üretimi ve tüketimi kullanılmıştır (Mulholland vd., 2001, Hall ve Tank, 2003). Akarsu metabolizması, bir akarsuyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik (hidroloji, jeomorfoloji, iklim, su kimyası, akarsuyun içerisi ve akarsuyun kenarı vejetasyonu vb.) karakteristiklerine bağlı olarak ekolojik açıdan akarsuların sağlık durumunu belirten önemli bir indikatör olarak kabul edilmektedir (Mulholland vd., 2005). Aynı bir organizma içindeki metabolizmaya benzer şekilde, akarsu metabolizması, bir su ekosisteminde enerjinin nasıl üretildiği (birincil üretim) ve kullanıldığını (solunum) gösterir. Net heterotrofik ekosistemlerde $GPP:ER < 1$ (oluşturduğundan daha fazla enerji kullanan ekosistem); net ototrofik olarak ekosistemler $GPP:ER > 1$ 'dir (kullandığından daha fazla enerji üreten ekosistem) (Odum, 1956).

Akarsularda GPP, fotosentetik organizmalar tarafından üretilen organik madde miktarıdır. ER ise üretilen organik maddenin ayrışmasından kaynaklanır (Mulholland vd., 2001). Akarsu metabolizmasında ER ve GPP etkileyen temel faktörler Şekil 1.1'de verilmiştir. Şekil 1.1'de verilen daha büyük oklar, metabolizma bileşenlerinin bu faktörlerden daha fazla etkilendiğini göstermektedir.



Şekil 1.1. ER ve GPP etkileyen temel faktörler (Bernot vd., 2010).

Akarsu metabolizma bileşenlerinin tahmin edilmesinde diel oksijen tekniği (DOT) son yıllarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. DOT'un çeşitli şekillerde uygulanmaktadır. Bu uygulamalar; "bentik hazne yöntemi" ve "açık kanal yönetmi" olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (bkz. Şekil 1.2). "Bentik hazne yöntemi"; (1) "kapalı bentik hanze yöntemi" (2) "açık uçlu bentik hazne yöntemi" olmak üzere iki farklı şekilde uygulanmaktadır. "Açık kanal yöntemi" de yine iki farklı şekilde uygulanabilmektedir: (1) "tek istasyon yöntemi", (2) "iki istasyon yöntemi. "Tek istasyon yöntemi" ve "iki istasyon yöntemi" Odum (1956) tarafından geliştirilen yöntemlerdir. Kapalı bentik hazne yöntemi Bott vd. (1978) ve açık uçlu bentik hazne yöntemi ise Uzarski vd. (2001) tarafından geliştirilen yöntemlerdir.



Şekil 1.2. Akarsu metabolizma tekniğini seçmek için karar ağacı (Grace ve Imberger, 2006).

Tek istasyon yöntemi, akarsu metabolizma bileşenlerinin hesaplanması için kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntemde tek bir noktadan çözülmüş oksijen konsantrasyonu izlenmekte ve elde edilen veriler ile metabolizma bileşenleri hesaplanmaktadır. Yöntemin dezavantajları; atmosferik oksijen alışverişinin hesaplanmasına gerek duyulması ve yeraltı suyu ve diğer debi girişlerinin ölçümlere etkisinin belirlenememesidir. Yöntemin engebeli taban ve eğimin dik olduğu yerlerde uygulanması tavsiye edilmemektedir (Young ve Huryn, 1999).

İki istasyon yöntemi, akarsu metabolizma bileşenlerinin hesaplanması için uygulanabilecek bir diğer yöntemdir. Burada iki farklı noktadan çözülmüş oksijen konsantrasyonu izlenerek metabolizma bileşenleri hesaplanmaktadır. İki istasyon yönteminin avantajları; kullanımının kolay olması, geniş ölçekli temsiliyet ve ölçüm yapılan iki nokta arasında çözülmüş oksijen konsantrasyonunun değişiminin tespit edilebilmesidir. Yöntemin dezavantajları; atmosferik oksijen alışveriş hesaplamalarına gerek duyması ve yeraltı suyu ve diğer debi girişlerinin ölçümlere etkisinin belirlenememesidir (Young ve Huryn, 1999).

Kapalı bentik hazne yöntemi metabolizma hesaplamalarında uygulanabilecek yöntemlerden bir diğeridir. Bu yöntemde saatlik veya günlük olarak çözülmüş oksijen konsantrasyonu ölçülmektedir. Kapalı bentik hazne yönteminin avantajı kontrol edilmesinin kolay olmasıdır. Bu yöntemde atmosferik oksijen alışverişini

hesaplamalarına gerek yoktur. En önemli dezavantajı ise; sistem kapalı olduğu için akarsulardaki mevcut çevresel durumları yansıtmamasıdır.

Açık uçlu hazne yöntemi de metabolizma hesaplamalarında uygulanabilecek bir diğer yöntemdir. Bu yöntemde de saatlik veya günlük olarak çözünmüş oksijen konsantrasyonu ölçülmektedir. Açık uçlu hazne yönteminin avantajı; sistemin açık olmasından dolayı akarsuyun çevresel durumunu yansıtmamasıdır. Bu yöntemde yine atmosferik oksijen alışverişinin hesaplanması gereklidir.

Akarsu metabolizma bileşenleri kullanılarak akarsu ekosistemlerinin kalitesi hakkında çıkarımlar yapmak mümkündür. GPP'nin 0.8-4.0 gr O₂ m⁻² gün⁻¹ ve ER'nin 1.5-5.0 gr O₂ m⁻² gün⁻¹ aralığında olması durumunda akarsuların "sağlıklı"; GPP <0.8 veya 4.0-8.0 gr O₂ m⁻² gün⁻¹ ve ER 0.7-1.5 yada 5.5-10.0 gr O₂ m⁻² gün⁻¹ aralığında olması durumunda akarsuların "yeterli derece sağlıklı" ve GPP >8.0 gr O₂ m⁻² gün⁻¹ ve ER <0.7 veya >10.0 gr O₂ m⁻² gün⁻¹ aralığında olması durumunda ise akarsuların "sağlıksız" olarak sınıflandırılmasını önerilmiştir (Izagirre vd., 2007).

Literatürde akarsu metabolizması ile ilgili son yıllarda yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Su bitkilerinin akarsu metabolizması ve ÇO değerleri üzerine etkisi araştırılan konulardan birisidir. Konum itibariyle İsviçre'de bulunan iki nehirde akarsu metabolizma bileşenlerinde normalin üstünde artış gözlemlenmiştir. Buna akarsuda çoğalma hızı yüksek olan bitkilerin sebep olduğu düşünülmüştür. Akarsu yapısını korumak için yetkililer yüksek makrofit biyokütlesini önlemek amacıyla düzenli olarak bitkileri temizlemişlerdir. Chriesbach ve Muhlibach nehirlerinde yüksek değerlere ulaşan GPP ve ER'nin su bitkilerinin düzenli kesimi ile ilişkisine bakılmıştır. Sonuç itibariyle Chriesbach Nehrinde ilk olarak Mayıs ayında yapılan bitki kesimlerinin GPP ve ER üzerine dikkat çekecek bir etkisinin olmadığı gözlemlenirken, Muhlibach Nehrinde Temmuz ayı sonuna doğru GPP ve ER değerlerinde %67-70 oranında azalma görülmüştür (Kaenal vd., 2000).

Akdeniz bölgesinde, ormanlık alan içinde bulunan bir akarsuyun (Fuirosos) 22 aylık bir süre boyunca metabolizmasını izlemek için tek istasyonlu diel oksijen tekniği kullanılmıştır. GPP ve ER, organik madde girdileri ve fotosentetik olarak aktif radyasyon (PAR) ile ilişkilendirilmiştir. Çalışmada yıllık ER 1690 gr O₂ m⁻²

yıl⁻¹ ve yıllık GPP 275 gr O₂ m⁻² gün⁻¹ yıl⁻¹ bulunmuştur. Akarsuda fotosentez-solunum oranı (P/R) ortalama 0.16 olduğundan akarsuyun heterotrofik bir akarsu olduğu sonucuna varılmıştır. GPP oranlarının genel olarak düşük olduğu akarsuda maksimum GPP değerlerine ilkbaharda, maksimum ER değerlerine ise organik madde birikimlerinin aşırı yüksek olduğu sonbaharda ulaşılmıştır (Acuna vd., 2004).

Güney Platte Nehri'nde yapılan bir çalışmada nehir yatağındaki sedimentlerin hareketinin sucul ekosistem metabolizmasının bir düzenleyicisi olarak olduğu sonucuna varılmıştır. Metabolizma tahminleri için, Haziran 2000 ve Mart 2003 tarihleri arasında 106 farklı zamanda tek istasyon yöntemi kullanılarak T ve ÇO ölçümleri yapılmıştır (Cronin vd., 2007).

Little Tennessee Nehri'nin 37 km'lik bir bölümü boyunca Kuzey Carolina'da bulunan 4 bölgede ekosistem metabolizması (GPP ve ER) araştırılmıştır. Metabolizma bileşenleri tek istasyonlu diel oksijen tekniği ile her mevsim tahmin edilmiştir. GPP mabandan mansaba 3 kat artmış, ER'nin ise mabandan mansaba küçük değişimler gösterdiği belirlenmiştir. Çalışma metabolizmanın mamba bölgelerinde heterotrofik olduğunu ve mansap bölgelerinde ise ototrofik olduğunu göstermiştir. (McTammany vd., 2003).

Kuzey İspanya'da yer alan Bask bölgesinde konu ile ilgili bir çalışma yapılmıştır. Su debisi (Q), T ve ÇO 15 ay boyunca sürekli izlenmiş ve akarsu metabolizması hesaplanmıştır. GPP'nin ötrofik bölgelerde en yüksek değere ulaştığı ve periferton (çoğu sucul ekosistemde su altında kalan yüzeylere bağlı alg, siyanobakteri, heterotrofik mikrop ve bitki döküntüsü olan karmaşık bir su ekosistemi) biyokütlesi ile hiçbir ilişki göstermediği sonucuna varılmıştır. ER'nin kirli bölgelerde en yüksek değere ulaştığı gözlemlenmiş ve yaz aylarında bölgeler arasında farkın arttığı tespit edilmiştir (Izagirre vd., 2008).

Fort Benning Askeri Üs Bölgesinde (Columbus, Georgia yakınlarında), askeri eğitimin yoğunluğundan dolayı meydana gelen bozulmanın (arazi örtüsünün değişimi vb.) akarsu metabolizması üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Metabolizma hesabı tek istasyon yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Akarsuların, her mevsim boyunca heterotrofik olduğu sonucuna varılmıştır. ER'nin kış ve ilkbaharda en

yüksek, yaz ve sonbaharda en düşük seviyede olduğu ve GPP'nin tüm akarsularda düşük olduğu sonuçlarına varılmıştır (Mulholland vd., 2005).

Akarsu metabolizması, küçük akarsularda iyi bilinse de büyük nehirlerdeki metabolizma hakkında daha az şey bilinmektedir. Akarsu metabolizmasını etkileyen faktörleri anlamak için ABD'de Mississippi ve Chattahoochee nehirlerindeki metabolizma bileşenleri tahmin edilmiştir. Sonuç olarak Q, ÇO, T ve PAR ile GPP, ER ve NEP arasındaki ilişkiler incelenmiş olup her iki nehirde de yıllık metabolizma hızları ile çevresel değişkenler arasında pozitif ve negatif ilişkiler gözlemlenmiştir. Sonuçlar bu büyük nehirlerin yıllık zaman ölçeğinde heterotrofik olduğunu göstermiştir (Dodds vd., 2013).

Akarsu metabolizması GPP ve ER akarsu yatağı sağlığını değerlendirmek için giderek daha fazla kullanılmaktadır, çünkü ortalama değerler arazi kullanımındaki mekânsal değişime cevap vermektedir, ancak insan aktiviteleri arazi kullanımının akarsu metabolizmasının zamansal değişkenliğini nasıl etkilediği hakkında çok az şey bilinmektedir. Bu amaçla arazi kullanımı ile metabolizma bileşenleri arasındaki ilişki Yeni Zelanda Auckland bölgesinde 13 akarsuda incelenmiştir. Çalışma 9 yıl kadar sürmüş olup ortalama günlük GPP ($0.1-12.6 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) ve ER'nin ($1.8-29.6 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) mevsimsel değişiminin arazi kullanım yoğunluğu ile anlamlı şekilde ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır (Clapcott vd., 2016).

Japonya'da debisi azalmış bir nehirde su kalitesi ile metabolizmanın çevresel akıma verdiği tepkiler araştırılmıştır. Nehir çok amaçlı kullanım için üç baraja ev sahipliği yapmaktadır (taşkın kontrolü ve hidroelektrik üretimi). Burada bulunan üç baraj çalışma alanları olduğu için bölge 1, bölge 2 ve bölge 3 olarak adlandırılmıştır. Shimooke, Matsubara ve Ohyamakawa Barajlarında çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, zarar görmüş bir nehir ekosistemini eski haline getirmek için deneysel çevresel akış uygulanmıştır. Çevresel akışın su kalitesi ve nehir metabolizması üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Akarsu metabolizması hesaplamaları için tek istasyonlu açık kanal yöntemi kullanılmış ve bu amaçla diel oksijen konsantrasyonunun sürekli ölçümü gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalar için Rivermet[©] programı kullanılmıştır. Sırasıyla 1, 2 ve 3 bölgelerinde ortalama GPP; $1.22 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$, $5.50 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ ve $8.34 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ değişim göstermiştir. Sırasıyla

2 ve 3 bölgelerinde ortalama ER; 1.93-4.82 gr O₂ m⁻² gün⁻¹ ve 2.27-7.80 gr O₂ m⁻² gün⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Ortalama ER; bölge 1'de 6.07 gr O₂ m⁻² gün⁻¹ bulunmuştur (Huang vd., 2018).

Coğrafi bölgeler arasında arazi kullanımının akarsu metabolizması üzerindeki etkisi çok bilinmemektedir. Arazi kullanımının akarsu metabolizmasını nasıl değiştirebileceği konusunda araştırma yapılmıştır. GPP'nin nehir kenarı bitki örtüsünün az olduğu bölgelerde (Wyoming'te step yavşan, Arizona ve New Mexico'da çöl çalı) ve en az ormanlık bölgelerde (Kuzey Carolina, Oregon) en yüksek seviyelerde olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışma; referans bölgelerde GPP'nin, kentsel veya tarımdan etkilenen bölgelerden daha düşük olduğunu göstermiştir (Bernot vd., 2010).

Costa Rico, Jimenez Canton'da yer almakta olan tarımsal alanlarda etkilenen akarsu bölümlerinde GPP ve ER'nin yüksek besin konsantrasyonları nedeniyle yüksek olacağı hipotezlerini test etmek için bir çalışma yapılmıştır. Metabolizma hesaplamaları için iki istasyon yöntemi kullanılmıştır. Tarımsal alanlardan etkilenen akarsu bölümlerinde GPP'de %257, ER'de ise %30 artış olduğu sonucuna varılmıştır. GPP ışıkla uyarılmış ER ise genel olarak GPP tarafından kontrol edilmiştir (Pieck vd., 2017).

Bir ekosistemin hidrolojik değişikliklere fonksiyonel tepkilerini araştırmak için, 2009'dan 2012'ye kadar Çin'deki Yellow Nehir Haliç'inde toplanan verilere dayanarak akarsu metabolizmadaki zamansal ve mekânsal değişiklikler ile yapay hidrolojik değişiklikler arasındaki ilişkiler analiz edilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre GPP, 0.002 ile 8.488 mg O₂ L⁻¹ gün⁻¹ arasında değişmiştir. ER ise 0.382 ile 8.968 mg O₂ L⁻¹ gün⁻¹ ve NEP -5.792 ile 7.293 mg O₂ L⁻¹ gün⁻¹ arasında değişmiştir. Sonuçlar, su metabolizmasındaki mevsimsel değişikliklerin, Haliç'teki hidrolojik değişikliklerden etkilendiğini göstermiştir. Bulanıklık ve T, metabolik değişimi etkileyen iki önemli faktör olarak belirlenmiştir (Shen vd., 2015).

Ohio Portage County'de üç akarsuda yapılan bir çalışma GPP ve NEP'in PAR ile güçlü bir şekilde ilişkili olduğunu göstermiştir. Çalışma gölgelemenin (ışık kullanılabilirliği), GPP'yi düşürerek, tarımsal faaliyetlerden etkilenen bir akarsu bölgesinde ÇO dinamiklerini iyileştirebileceğini göstermektedir (Nebgen vd., 2019).

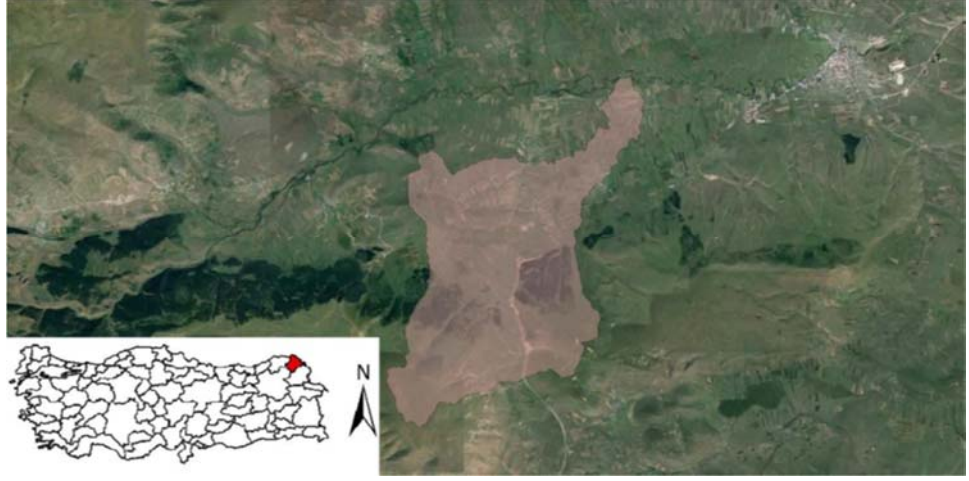
Literatürden yararlanarak yukarıda özet halinde verilen çalışmalar; arazi kullanımının, insan faaliyetlerinin, iklim değişiminin ve tarımsal faaliyetlerin akarsu metabolizmasını etkilemekte olduğunu göstermektedir.



2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı olarak Kura Nehri'nin kollarından birisi seçilmiştir. Alan Ardahan İli sınırları arasında yer almaktadır (bkz. Şekil 2.1). Ardahan İli 41°36'13" kuzey, 40°45'24" güney enlemleri ve 42°25'43" batı, 43°29'17" doğu boylamları arasında 1829 m rakımda yer almaktadır. Anadolu'nun kuzeydoğusunda yer alan Ardahan İli, kuzeydoğusunda Gürcistan ve kısmen de Ermenistan, güney ve güneydoğusunda Kars, güneybatısında Erzurum ve batıda Artvin illeri ile sınırlıdır. Çalışma alanı olarak seçilen akarsuyun havzası 52.34 km²'dir. Havzanın %17.61'ini meralar, %52.64'ünü orman ve yarı doğal ormanlar (doğal çayır, iğne yapraklı ormanlar v.b.), %3.82'sini sulak alanlar (bataklıklar), %1.07'sini yapay bölgeler (kesikli kırsal) ve %24.86'sını ise tarımsal alanlar (sulanan alanlar, sulanmayan karışık tarım, sulanmayan ekilebilir tarım) oluşturmaktadır. Çalışma alanı Şekil 2.1'de verildiği gibi Ardahan il merkezine bağlı Tepeler köyü ile Ağzıpek köyü arasında yer almaktadır. Bölgede yıllık ortalama hava sıcaklığı 3.9 °C yıllık ortalama en yüksek hava sıcaklığı 10.7 °C yıllık ortalama en düşük hava sıcaklığı -2.6 °C, yıllık ortalama güneşlenme süresi 65.3 saat, yıllık ortalama yağışlı gün sayısı 135.3, aylık toplam yağış miktarı ortalaması 552.5 mm (her bir ay için bir günlük ortalama toplamı değerleri)'dir. Bölgede en düşük hava sıcaklığı 21.01.1972 tarihinde -39.8 °C olarak ölçülmüştür. Günlük toplam en yüksek yağış miktarı ise 06.07.2014 tarihinde 75.8 mm ölçülmüştür (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2018).

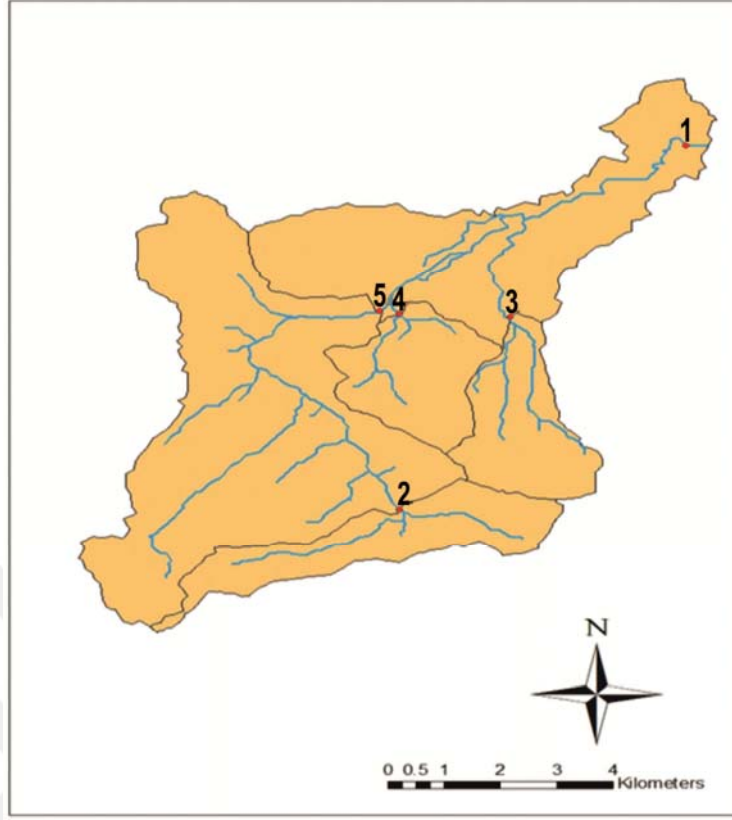
Akarsu üzerinde belirlenen izleme noktalarının koordinatları Çizelge 2.1'de konumları ise Şekil 2.2'de verilmiştir. İzlem noktaları şu kriterlere göre seçilmiştir: (1) farklı arazi kullanımlarını yansıtmaları (2) ulaşım kolaylığı ve (3) güvenlik



Şekil 2.1. Çalışma alanı.

Çizelge 2.1. İzleme istasyonlarının koordinatları

İstasyon No	Enlem	Boylam
İstasyon 1	42°37'16.612"E	41°5'38.125"N
İstasyon 2	42°34'29.772"E	41°1'0.909"N
İstasyon 3	42°35'36.125"E	41°3'24.722"N
İstasyon 4	42°34'29.479"E	41°3'29.857"N
İstasyon5	42°34'18.171"E	41°3'32.232"N



Şekil 2.2. İzleme istasyonlarının konumu.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada Şekil 3.1’de verilen iş akış şeması izlenmiş olup her bir adımın açıklamasına sonraki bölümlerde yer verilmiştir.



Şekil 3.1. İş akış şeması.

3.1 Akarsu Metabolizma Bileşenlerinin Hesabı

Akarsu metabolizma bileşenleri hesabında Rivermet[©] programı kullanılmıştır. Rivermet[©] programı akarsu metabolizması bileşenlerini T ve ÇO verilerini kullanarak tek istasyon yöntemiyle hesaplamaktadır. Program kullanıcının ihtiyaçlarına uygun olarak tasarlanmış bir Excel tabanlı yazılımdır. İki ana dosyadan oluşmaktadır. Bunlar; Metadata.mdb ve Metacalc.xls dosyalarıdır. Metadata.mdb, verileri depolamak ve sıralamak için kullanılmaktadır. Metacalc.xls, Access dosyası olarak hesaplamaları yapmak için kullanılan dosyadır. Akarsu metabolizmasını hesaplamak için gerekli veriler tarih, saat, ÇO, T, su debisi, su hızı ve su derinliği ile ve gün doğumu ile batımıdır (Izagirre vd., 2007). Bu çalışmada metabolizma

bileşenlerinin hesaplanması için 5 farklı nokta istasyondan 5 dakikalık aralıklar ile T ve ÇO ölçümler yapılmıştır.

Akarsu metabolizma bileşenlerinin hesaplanmasında kullanılan debi, su hızı (V) ve su derinliği (D) gibi çevresel değişkenler ÇO problemlerinin akarsuya yerleştirilmesi ve toplanması sırasında iki kez ölçülmüştür.

3.1.1 Brüt Birincil Üretim (GPP)

Birincil üretim, fotosentez tarafından üretilen yeni organik madde miktarıdır. Birincil verimlilik, birincil üretim oranıdır (yani birim zaman başına miktar). Denklem (3.1) ile hesaplanmıştır. Program akarsu metabolizma bileşenlerini aşağıdaki denklem ile hesaplamaktadır (Izagirre vd., 2007).

$$GPP (dt) = dC/dt - K(C_s - C) + ER + A \quad (3.1)$$

Burada;

- GPP (dt) : t anındaki brüt birincil üretim (gr O₂ m⁻² gün⁻¹),
dC/dt : Çözünmüş oksijen konsantrasyonundaki değişim oranı (mg L⁻¹dt⁻¹),
K : Atmosferik oksijen alışveriş katsayısı (dk⁻¹),
C_s : Çözünmüş oksijenin doygunluk konsantrasyonu (mg L⁻¹),
C : Çözünmüş oksijen konsantrasyonu (mg L⁻¹),
ER : Ekosistem solunumu (gr O₂ m⁻² gün⁻¹),
A : Çözünmüş oksijen dinamiğini etkileyen diğer girdileri (mg L⁻¹)
(ihmal edilmiştir)

göstermektedir.

Programın ÇO doygunluk konsantrasyonunu hesaplamak için kullandığı denklem (3.2)'de verilmiştir.

$$\ln C_s = -139.34411 + (1.575701 \times 10^5 / T) - (6.642308 \times 10^7 / T^2) + (1.243800 \times 10^{10} / T^3) - (8.621949 \times 10^{11} / T^4) \quad (3.2)$$

Burada;

T :Sıcaklığı (°C)

göstermektedir.

3.1.2 Ekosistem Solunumu (ER)

Ekosistem solunumu, organik maddenin CO₂'ye oksidasyonu ve organiklerin parçalanma hızıdır (Grace, 2006). Solunum, hücresel metabolizma ve büyüme için enerjiyi sağlar. Solunum işlemi oksijen tüketir. Oksijen konsantrasyonundaki diel değişiklikler temel olarak fotosentez ve solunumdan kaynaklanmaktadır.

Program; gece saatlerinde regresyon yaparak ER hesaplamaktadır. Yapılan bu hesaplama 20 °C'deki solunum değeridir. Daha sonra program gece saatlerindeki ortalama T'den yararlanarak, sıcaklık düzeltmeli ekosistem solunumunu (ER_T) hesaplamaktadır (Izagirre vd., 2007). ÇO konsantrasyonunda azalmaya neden olduğu için programda ER negatif değer ile gösterilmektedir.

3.1.3 Net Ekosistem Üretimi (NEP)

NEP ise net ekosistem üretim hızıdır ve GPP ve ER arasındaki farktır (Vollenweider, 1974, Bott vd., 1978). NEP, sistemden gerçek günlük konsantrasyon kazancının oksijen kaybına oranını belirler. Program NEP değerlerini denklem (3.3)'te verildiği gibi hesaplamaktadır.

$$NEP(dt) = dC/dt - K (C_s - C) \quad (3.3)$$

Burada;

NEP(dt) : t anındaki net ekosistem üretimi (gr O₂ m⁻² gün⁻¹),

dC/dt : Çözülmüş oksijen konsantrasyonundaki değişim oranı (mg L⁻¹dt⁻¹),

- K : Atmosferik oksijen alışveriş katsayısı (dk^{-1}),
 C_s : Çözünmüş oksijenin doyumluk konsantrasyonu ($mg L^{-1}$),
 C : Çözünmüş oksijen konsantrasyonunu ($mg L^{-1}$),

göstermektedir.

Programın 3.3 denkleminde yer alan dC/dt 'yi hesaplamak için kullandığı denklem (3.4)'te gösterilmiştir.

$$dC/dt = K (C_s - C) + ER \quad (3.4)$$

Burada;

- dC/dt : Oksijen konsantrasyonundaki değişim oranı ($mg L^{-1}dt^{-1}$),
 K : Atmosferik oksijen alışveriş katsayısı (dk^{-1}),
 C_s : Çözünmüş oksijenin doyumluk konsantrasyonu ($mg L^{-1}$),
 C : Belirli bir zamanda oksijen konsantrasyonunu ($mg L^{-1}$),
 ER : Ekosistem solunumunu ($gr O_2 m^{-2} gün^{-1}$),

göstermektedir.

3.2 Atmosferik Oksijen Alışveriş Katsayısı (K)

Oksijen difüzyonu K katsayısına çok hassastır ve bu nedenle K 'nın hesaplanması açık kanal yöntemlerinde en belirleyici adımdır. K katsayısı su hızı ve su derinliğine dolayısıyla akarsu morfolojisine göre değişmektedir. K ve akarsudaki koşulları arasındaki ilişki oldukça karmaşıktır. K 'yı hesaplamak için kullanılan birçok yaklaşım arasından en çok kullanılanlar; izleyici gaz yöntemi, ampirik formüller kullanmak ve oksijen konsantrasyonundaki gece düşüşünü ampirik formüller kullanarak analiz etmektir.

İzleyici gaz yöntemi, bir alanda sabit bir izleyici gazın (propan, etan, SF_6) ve bir tutucu izleyicinin (3H , Cl^-) sabit hızda enjekte edilmesini ve daha sonra tutucu ve gaz izleyicideki azalmayı birkaç noktadan alınan su örneklerinde ölçülmesini

içermektedir. Küçük ve türbülanslı akarsular için en uygun yöntem olarak bilinmektedir (Izagirre vd., 2007).

K değerlerinin hesaplanması ile ilgili sorunları aşmak için ampirik formüller geliştirilmiştir. Ampirik formüller genellikle su hızı, su derinliği, kanal eğimi ve sürtünme hızı gibi temel hidrolik değişkenlere dayanmaktadır. Bu amaçla birçok formül geliştirilmiştir, ancak performansları değişebilmektedir.

K değerlerinin hesaplanması için alternatif bir yöntem ise, gece oksijen konsantrasyonundaki düşüşü analiz etmektir. Fotosentez, gün batımından gün doğumuna kadar olan süre içerisinde sona ermektedir. Solunum, oksijen konsantrasyonunda gece değişikliklerini tetikleyen ana faktördür ancak doygunluk açığı arttıkça, atmosferden oksijen difüzyonu artar ve dolayısıyla gece saatlerindeki çözünmüş oksijen konsantrasyonu solunum hızına ve K katsayısına bağlı olarak değişir (Izagirre vd., 2007).

Bu tez kapsamında metabolizma hesaplamaları için 6 farklı yöntemle K hesaplanmıştır. Bunlar;

1. Hornberger-Kelly gece saatlerine dayalı regresyon yöntemi ile K ve ER'nin hesaplanması (Bundan sonra Metot 1 olarak anılacaktır)
2. Hornberger-Kelly gece saatlerine dayalı regresyon yöntemi ile K 'nın hesaplanması (Bundan sonra Metot 2 olarak anılacaktır)
3. Debiye dayalı ampirik formül ile K 'nın hesaplanması (Bundan sonra Metot 3 olarak anılacaktır)
4. Owens formülü ile K 'nın hesaplanması (Bundan sonra Metot 4 olarak anılacaktır)
5. O'Connor ve Dobbins formülü hesabı ile K 'nın hesaplanması (Bundan sonra Metot 5 olarak anılacaktır)
6. Churchill formülü ile K 'nın hesaplanması (Bundan sonra Metot 6 olarak anılacaktır)

Metot 1 ile hesaplanan K 'nın ve ER'nin T düzeltmesi denklem (3.5) ve (3.6)'da verilmiştir.

$$K_T = K_{20^\circ\text{C}} (1.0241^{(T-20)}) \quad (3.5)$$

Burada;

K_T : Sıcaklık düzeltmeli K katsayısı

$K_{20^\circ\text{C}}$: K katsayısının 20°C 'deki değerini

göstermektedir.

$$ER_T = ER_{20^\circ\text{C}} (1.07^{(T-20)}) \quad (3.6)$$

Burada;

ER_T : Sıcaklık düzeltmeli ekosistem solunumu

$ER_{20^\circ\text{C}}$: Ekosistem solunumunun 20°C 'deki değerini

göstermektedir.

Metot 2 ile hesaplanan K 'nın ve ER 'nin T düzeltilmesi için kullanılan denklem (3.7)'de verilmiştir.

$$K_T = K_{20^\circ\text{C}} (1.0241^{(T-20)}) \quad (3.7)$$

Burada;

K_T : Sıcaklık düzeltmeli K katsayısı

$K_{20^\circ\text{C}}$: K katsayısının 20°C 'deki değerini

göstermektedir.

Metot 3’de kullanılan denklem (3.8)’de verilmiştir.

$$K= (0.0162*Q) + 0.054 \quad (T=20 \text{ }^\circ\text{C için}) \quad (3. 8)$$

Burada;

Q : Akarsu debisini ($\text{m}^3 \text{ sn}^{-1}$)

göstermektedir.

Metot 4’de kullanılan denklem (3.9)’da verilmiştir.

$$K= 5.32 \times V^{0.67} \times D^{-1.85} \quad (T=20 \text{ }^\circ\text{C için}) \quad (3. 9)$$

Burada;

V : Akarsu hızı (m sn^{-1})

D : Akarsu derinliğini (m)

göstermektedir.

Metot 5’de kullanılan denklem (3.10)’da verilmiştir.

$$K= 3.93 \times V^{0.5} \times D^{-1.5} \quad (T=20 \text{ }^\circ\text{C için}) \quad (3. 10)$$

Burada;

V : Akarsu hızı (m sn^{-1})

D : Akarsu derinliğini (m)

göstermektedir.

Metot 6’da kullanılan denklem (3.11)’de verilmiştir.

$$K= 5.026 \times V \times D^{-1.67} \quad (T=20 \text{ }^\circ\text{C için}) \quad (3. 11)$$

Burada;

V : Akarsu hızı (m sn⁻¹)

D : Akarsu derinliğini (m)

göstermektedir.

3.3 Çalışmada Kullanılan Ekipmanların Genel Özelliği

Çalışmada ÇO ve T ölçümleri için MiniDOT probu kullanılmıştır. Ölçümler prob ile istenilen zaman aralıklarında yapılabilmektedir. Ölçüm verileri dahili bir SD karta kaydedilmektedir. Kirlenmenin oluşmasını önlemek için kaydedicinin ucuna takılmak üzere bakır ağ veya bakır plakalar takılabilmektedir. Şekil 3.2’de MiniDOT kayıt cihazı ve Şekil 3.3’de ise akarsuya bırakılma sırasında MiniDOT gösterilmektedir. Çizelge 3.1’de MiniDOT kayıt cihazına ait özellikler verilmektedir. MiniDOT kayıt cihazı;

- Taşınabilir, tamamen suya batırılabilir, kullanımı kolaydır.
- Kullanıcı tarafından değiştirilebilen pilleri vardır ve uzun ömürlüdür.
- Görselleştirme yazılımı mevcuttur.
- Saat, tarih ve pil durumunu kaydetmektedir.



Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan MiniDOT.



Şekil 3.3. MiniDOT'un akarsuya bırakılma anı.

Çizelge 3.1. MiniDOT kayıt cihazının özellikleri

Sensör tipi	Optik
Kalibrasyon aralığı	% 0-150 doygunluk
Oksijen doğruluğu	Ölçümün +/- % 5 veya +/- 0.3 mg L ⁻¹
Oksijen çözünürlüğü	0.01 mg L ⁻¹
Sıcaklık doğruluğu	+/- 0.1 °C
Sıcaklık aralığı	0 °C-35°C
Sıcaklık çözünürlüğü	10 mg
Tepki süresi	Oksijen için yaklaşık 30 saniye
Örnekleme gücü kapasitesi	Bir sonraki pil değişimine kadar 500.000 numune
Bellek	Sınırsız
Günlük oranı	5 saniye ile 24 saat aralığında
Pil	İki adet AA lityum pil
Yazılım	Görselleştirme yazılımı
Boyutlar	1.95 inç çap x 7.375 inç uzunluk
Maksimum derinlik	100 m

Akarsu debisi ve su hızı ölçümleri için Son Tek Flow Tracker Handheld ADV debi ölçer cihazı kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Betimleyici İstatistiksel Parametreler

Mayıs 2018-Aralık 2018 tarihleri arasında ölçümü yapılan ÇO, ÇO doygunluk değeri ve T'nin betimleyici istatistik parametreleri Çizelge 4.1 ile Çizelge 4.7 arasında her bir ay için ayrı ayrı verilmiştir.

Çizelge 4.1. 24.05.2018-25.05.2018 tarihli ölçümlere ait betimleyici istatistikler

İstasyon Adı	İstatistiksel Parametre	Sıcaklık (°C)	Çözünmüş O ₂ doygunluk (%)	Çözünmüş Oksijen (mg L ⁻¹)
1	<i>n</i> *	347	347	347
	Min	11.25	28.33	3.02
	Maks	22.87	80.41	8.29
	Ortalama	13.52	72.55	7.56
	Std. Sapma	±1.47	±5.28	±0.61
4	<i>n</i> *	308	308	308
	Min	10.97	63.48	5.96
	Maks	20.22	76.08	7.68
	Ortalama	15.01	67.57	6.82
	Std. Sapma	±2.98	±3.71	±0.46
5	<i>n</i> *	316	316	316
	Min	9.41	70.68	6.88
	Maks	17.31	73.89	8.23
	Ortalama	12.86	71.72	7.60
	Std. Sapma	±2.46	±0.92	±0.40

*n**: Örnek sayısı

24.05.2018-25.05.2018 tarihlerinde yapılan ölçümlerde 3 noktadan veri alınmıştır. Arazi şartlarının elverişsiz olmasından dolayı İstasyon 2 ve İstasyon 3'ten veri alınamamıştır. Mayıs ayında minimum T değeri İstasyon 5'te 9.41 °C olarak ölçülmüştür. Maksimum T değeri ise İstasyon 1'de 22.87 °C olarak ölçülmüştür. Minimum ÇO doygunluk değeri İstasyon 1'de %28.33, maksimum ÇO doygunluk değeri yine İstasyon 1'de %80.41 olarak ölçülmüştür. Minimum ÇO değeri İstasyon 1'de 3.02 mg L⁻¹ olarak, Maksimum ÇO değeri ise İstasyon 5'te 8.23 mg L⁻¹ olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.2. 29.06.2018-01.07.2018 tarihli ölçümlere ait betimleyici istatistikler

İstasyon Adı	İstatistiksel Parametre	Sıcaklık (°C)	Çözünmüş O ₂ doygunluk (%)	Çözünmüş Oksijen (mg L ⁻¹)
1	<i>n</i> *	493	493	493
	Min	16.90	41.99	3.73
	Maks	26.91	130.73	10.90
	Ortalama	21.54	73.66	6.46
	Std. Sapma	±3.09	±28.17	±2.31
2	<i>n</i> *	517	517	517
	Min	13.54	64.49	5.52
	Maks	27.33	72.38	7.12
	Ortalama	18.51	67.83	6.38
	Std. Sapma	±4.04	±1.97	±0.48
3	<i>n</i> *	501	501	501
	Min	12.14	64.81	5.80
	Maks	24.06	73.20	7.49
	Ortalama	16.70	68.96	6.74
	Std. Sapma	±3.57	±1.87	±0.51
4	<i>n</i> *	503	503	503
	Min	13.67	50.55	4.53
	Maks	24.11	79.68	7.41
	Ortalama	18.20	63.89	6.04
	Std. Sapma	±3.21	±7.81	±0.79
5	<i>n</i> *	512	512	512
	Min	14.15	63.14	5.50
	Maks	27.05	87.65	8.09
	Ortalama	19.66	73.51	6.74
	Std. Sapma	±4.13	±7.41	±0.66

*n**: Örnek sayısı

29.06.2018-01.07.2018 tarihlerinde belirlenen 5 noktadan ölçüm yapılmıştır. Minimum T değeri İstasyon 3'te 12.14 °C olarak, maksimum T değeri ise İstasyon 2'de 27.33 °C olarak ölçülmüştür. Minimum ÇO doygunluk değeri İstasyon 1'de %41.99 olarak, maksimum ÇO doygunluk değeri yine İstasyon 1'de %130.73 ölçülmüştür. Minimum ÇO değeri İstasyon 1'de 3.73 mg L⁻¹ olarak, maksimum ÇO değeri ise yine İstasyon 1'de 10.90 mg L⁻¹ ölçülmüştür.

Çizelge 4.3. 19.07.2018-21.07.2018 tarihli ölçümlere ait betimleyici istatistikler

İstasyon Adı	İstatistiksel Parametre	Sıcaklık (°C)	Çözünmüş O ₂ doygunluk (%)	Çözünmüş Oksijen (mg L ⁻¹)
2	<i>n</i> *	567	567	567
	Min	12.44	28.09	2.34
	Maks	25.80	72.36	6.97
	Ortalama	17.97	61.10	5.83
	Std. Sapma	±4.38	±7.78	±0.90
3	<i>n</i> *	578	578	578
	Min	11.90	67.38	6.12
	Maks	20.480	72.29	7.56
	Ortalama	15.78	69.68	6.93
	Std. Sapma	±2.76	±1.27	±0.43
4	<i>n</i> *	571	571	571
	Min	12.40	58.27	5.53
	Maks	20.60	85.52	8.20
	Ortalama	16.61	69.06	6.73
	Std. Sapma	±2.64	±9.16	±0.85
5	<i>n</i> *	576	576	576
	Min	13.18	65.84	6.02
	Maks	24.59	92.95	8.23
	Ortalama	18.58	76.11	7.11
	Std. Sapma	±3.57	±9.40	±0.69

*n**: Örnek sayısı

19.07.2018-21.07.2018 tarihlerinde 4 noktada ölçüm yapılmıştır. Arazi şartlarının elverişsiz olmasından dolayı İstasyon 1’de ölçüm yapılamamıştır. Minimum T değeri İstasyon 3’te 11.90 °C ölçülmüştür. Maksimum T değeri ise İstasyon 2’de 25.80 °C ölçülmüştür. Minimum ÇO doygunluk değeri İstasyon 2’de %28.09 ölçülmüştür. Maksimum ÇO doygunluk değeri ise İstasyon 4’te %85.52 ölçülmüştür. Minimum ÇO değeri İstasyon 2’de 2.34 mg L⁻¹, maksimum ÇO değeri ise İstasyon 5’te 8.23 mg L⁻¹ ölçülmüştür.

Çizelge 4.4. 31.08.2018-02.09.2018 tarihli ölçümlere ait betimleyici istatistikler

İstasyon Adı	İstatistiksel Parametre	Sıcaklık (°C)	Çözünmüş O ₂ doygunluk (%)	Çözünmüş Oksijen (mg L ⁻¹)
1	<i>n</i> *	545	545	545
	Min	16.05	40.94	3.85
	Maks	24.66	132.41	11.37
	Ortalama	20.09	76.07	6.82
	Std. Sapma	±2.10	±32.90	±2.73
2	<i>n</i> *	531	531	531
	Min	10.77	60.12	5.60
	Maks	24.54	73.91	7.42
	Ortalama	16.22	65.15	6.42
	Std. Sapma	±3.81	±3.98	±0.45
3	<i>n</i> *	542	542	542
	Min	11.18	65.86	5.87
	Maks	23.75	73.84	7.75
	Ortalama	16.54	69.15	6.78
	Std. Sapma	±3.63	±2.05	±0.54
4	<i>n</i> *	532	532	532
	Min	10.76	61.41	5.86
	Maks	21.66	90.92	8.79
	Ortalama	15.51	70.76	7.06
	Std. Sapma	±2.78	±9.11	±0.86
5	<i>n</i> *	537	537	537
	Min	12.60	63.52	5.84
	Maks	24.99	101.99	8.95
	Ortalama	18.04	76.16	7.19
	Std. Sapma	±3.37	±12.72	±0.97

*n**: Örnek sayısı

31.08.2018- 02.09.2018 tarihlerinde belirlenen 5 noktada ölçüm yapılmıştır. Minimum T değeri İstasyon 4'te 10.76 °C ölçülmüştür. Maksimum T değeri ise İstasyon 5'te 24.99 °C ölçülmüştür. Minimum ÇO doygunluk değeri İstasyon 3'te %65.86 ölçülmüştür. Maksimum ÇO doygunluk değeri ise İstasyon 1'de %132.41 ölçülmüştür. Minimum ÇO değeri İstasyon 1'de 3.85 mg L⁻¹ ölçülmüştür. Maksimum ÇO değeri yine İstasyon 1'de 11.37 mg L⁻¹ ölçülmüştür.

Çizelge 4.5. 04.10.2018-06.10.2018 tarihli ölçümlere ait betimleyici istatistikler

İstasyon Adı	İstatistiksel Parametre	Sıcaklık (°C)	Çözünmüş O ₂ doygunluk (%)	Çözünmüş Oksijen (mg L ⁻¹)
1	<i>n</i> *	544	544	544
	Min	5.75	55.38	5.86
	Maks	15.92	106.62	10.99
	Ortalama	10.93	72.56	8.00
	Std. Sapma	±2.79	±14.65	±1.41
2	<i>n</i> *	528	528	528
	Min	5.00	60.55	6.48
	Maks	18.86	78.15	8.80
	Ortalama	8.64	65.95	7.70
	Std. Sapma	±2.81	±4.45	±0.514
3	<i>n</i> *	536	536	536
	Min	4.85	64.62	6.65
	Maks	17.34	73.57	9.11
	Ortalama	9.25	68.81	7.94
	Std. Sapma	±2.95	±2.05	±0.64
4	<i>n</i> *	529	529	529
	Min	5.25	60.94	6.53
	Maks	15.76	87.59	9.65
	Ortalama	9.28	69.13	7.95
	Std. Sapma	±2.48	±6.00	±0.74
5	<i>n</i> *	534	534	534
	Min	5.37	66.00	6.99
	Maks	17.87	96.71	10.18
	Ortalama	9.67	74.38	8.47
	Std. Sapma	±2.77	±8.35	±0.87

*n**: Örnek sayısı

04.10.2018-06.10.2018 tarihlerinde belirlenen 5 noktada ölçüm yapılmıştır. Minimum T değeri İstasyon 3'te 4.85 °C ölçülmüştür. Maksimum T değeri ise İstasyon 2'de 18.86 °C ölçülmüştür. Minimum ÇO doygunluk değeri İstasyon 1'de %55.38 ölçülmüştür. Maksimum ÇO doygunluk değeri yine İstasyon 1'de %106.62 ölçülmüştür. Minimum ÇO değeri İstasyon 1'de 5.86 mg L⁻¹ ölçülmüştür. Maksimum ÇO değeri yine İstasyon 1'de 10.99 mg L⁻¹ ölçülmüştür.

Çizelge 4.6. 01.11.2018-03.11.2018 tarihli ölçümlere ait betimleyici istatistikler

İstasyon Adı	İstatistiksel Parametre	Sıcaklık (°C)	Çözünmüş O ₂ doygunluk (%)	Çözünmüş Oksijen (mg L ⁻¹)
1	<i>n</i> *	505	505	505
	Min	3.82	64.71	8.04
	Maks	11.37	114.89	13.09
	Ortalama	6.54	78.37	9.57
	Std. Sapma	±1.68	±16.19	±1.64
2	<i>n</i> *	494	494	494
	Min	2.06	65.88	7.59
	Maks	9.95	73.73	9.64
	Ortalama	3.53	68.18	9.05
	Std. Sapma	±1.42	±2.13	±0.27
3	<i>n</i> *	499	499	499
	Min	2.21	69.71	7.94
	Maks	9.64	75.26	9.98
	Ortalama	4.09	71.89	9.41
	Std. Sapma	±1.75	±1.26	±0.41
4	<i>n</i> *	496	496	496
	Min	4.02	65.37	7.81
	Maks	10.12	82.60	9.81
	Ortalama	6.15	69.91	8.67
	Std. Sapma	±1.60	±5.01	±0.55
5	<i>n</i> *	498	498	498
	Min	3.76	68.27	8.16
	Maks	11.19	95.51	11.14
	Ortalama	6.18	74.63	9.23
	Std. Sapma	±1.94	±8.73	±0.87

*n**: Örnek sayısı

01.11.2018-03.11.2018 tarihlerinde belirlenen 5 noktada ölçüm yapılmıştır. Çizelge 4.6’da minimum T değeri İstasyon 2’de 2.06 °C ölçülmüştür. Maksimum T değeri ise İstasyon 1’de 11.37 °C ölçülmüştür. Minimum ÇO doygunluk değeri İstasyon 1’de %64.71 ölçülmüştür. Maksimum ÇO doygunluk değeri ise İstasyon 1’de %114.89 ölçülmüştür. Minimum ÇO değeri İstasyon 2’de 7.59 mg L⁻¹ ölçülmüştür. Maksimum ÇO değeri ise İstasyon 1’de 13.09 mg L⁻¹ ölçülmüştür.

Çizelge 4.7. 05.12.2018-07.12.2018 tarihli ölçümlere ait betimleyici istatistikler

İstasyon Adı	İstatistiksel Parametre	Sıcaklık (°C)	Çözünmüş O ₂ doygunluk (%)	Çözünmüş Oksijen (mg L ⁻¹)
1	<i>n</i> *	526	526	526
	Min	0.85	67.82	9.43
	Maks	4.55	112.68	14.85
	Ortalama	2.04	78.45	10.81
	Std. Sapma	±0.79	±13.12	±1.63
2	<i>n</i> *	516	516	516
	Min	0.16	66.73	9.00
	Maks	3.34	72.63	10.11
	Ortalama	1.13	68.44	9.69
	Std. Sapma	±0.78	±1.76	±0.15
3	<i>n</i> *	524	524	524
	Min	-0.10	70.30	9.19
	Maks	4.12	74.15	10.65
	Ortalama	0.60	71.98	10.35
	Std. Sapma	±0.59	±0.80	±0.13
4	<i>n</i> *	518	518	518
	Min	0.87	67.52	9.27
	Maks	4.48	78.47	10.52
	Ortalama	2.14	69.82	9.62
	Std. Sapma	±0.87	±2.98	±0.31
5	<i>n</i> *	521	521	521
	Min	0.65	68.55	9.12
	Maks	4.98	87.14	11.56
	Ortalama	2.56	72.79	9.91
	Std. Sapma	±0.98	±5.80	±0.72

*n**: Örnek sayısı

05.12.2018-07.12.2018 tarihlerinde belirlenen 5 noktada ölçüm yapılmıştır. Minimum T değeri İstasyon 3’de -10 °C ölçülmüştür. Maksimum T değeri ise İstasyon 5’de 4.98 °C ölçülmüştür. Minimum ÇO doygunluk değeri İstasyon 2’de %66.73 ölçülmüştür. Maksimum ÇO doygunluk değeri ise İstasyon 1’de %112.68 ölçülmüştür. Minimum ÇO değeri İstasyon 2’de 9 mg L⁻¹ ölçülmüştür. Maksimum ÇO değeri ise İstasyon 1’de 14.85 mg L⁻¹ ölçülmüştür. ÇO değerlerindeki standart sapmalar İstasyon 1’de daha yüksektir. Bu istasyondan önce bir yerleşim birim bulunmaktadır. Yerleşim biriminden gelen kirleticilerin bu durumun ortaya çıkmasında etkili olduğu düşünülmektedir.

Metabolik bileşenlerin hesaplanmasında kullanılan ve arazide ölçümü gerçekleştirilen çevresel değişkenler ise Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Arazide ölçümü gerçekleştirilen çevresel değişkenler

İstasyon No	Tarih	Ortalama Su Derinliği (m)	Ortalama Su Hızı (m sn ⁻¹)	Q (m ³ sn ⁻¹)	pH	İletkenlik
1	Haz. 2018	0.46	0.11	0.158	7.83	302
	Tem. 2018	0.46	0.11	0.141	7.33	311
	Eyl. 2018	0.44	0.07	0.086	8.10	318
	Ekim 2018	0.43	0.06	0.076	8.62	305
	Kasım 2018	0.44	0.07	0.088	8.39	280
	Aralık 2018	0.45	0.10	0.115	8.31	278
2	Haz. 2018	0.07	0.07	0.007	6.51	89.6
	Tem. 2018	0.04	0.07	0.006	8.28	126
	Eyl. 2018	0.05	0.008	0.0002	8.44	109.6
	Ekim 2018	0.06	0.02	0.0006	8.61	99
	Kasım 2018	0.05	0.05	0.002	8.60	86.7
	Aralık 2018	0.05	0.14	0.006	8.74	74.6
3	Haz. 2018	0.10	0.16	0.016	7.25	146.5
	Tem. 2018	0.07	0.23	0.014	8.23	151.4
	Eyl. 2018	0.12	0.23	0.001	7.82	172.9
	Ekim 2018	0.11	0.0005	0.001	8.80	201.5
	Kasım 2018	0.05	0.14	0.002	9.50	161.4
	Aralık 2018	0.07	0.18	0.012	8.87	117
4	Haz. 2018	0.25	0.01	0.003	6.88	282
	Tem. 2018	0.21	0.09	0.001	8.10	260
	Eyl. 2018	0.11	0.06	0.004	8.35	247
	Ekim 2018	0.25	0.01	0.001	8.60	252
	Kasım 2018	0.25	0.05	0.008	8.72	252
	Aralık 2018	0.25	0.08	0.015	8.48	237
5	Haz. 2018	0.36	0.09	0.100	6.73	167.8
	Tem. 2018	0.27	0.09	0.072	8.06	189.1
	Eyl. 2018	0.23	0.06	0.048	8.04	205.4
	Ekim 2018	0.28	0.0660	0.057	8.93	207.4
	Kasım 2018	0.29	0.0718	0.064	9.01	197
	Aralık 2018	0.30	0.1036	0.101	8.50	180.9

Çizelge 4.8’de görüldüğü üzere ölçüm noktalarında su hızı 0.0005 m sn⁻¹ ile 0.11 m sn⁻¹ arasında değişmektedir. Akarsu debisi ise 0.001 m³ sn⁻¹ ile 0.158 m³ sn⁻¹ arasında değişmektedir. Su derinliği ise 0.05 m ile 0.46 metre arasında gözlemlenmiştir.

4.2 Akarsu Metabolizma Bileşenlerinin Hesabı

Arazi çalışmalarından elde edilen veri setleri kullanılarak akarsu metabolizma bileşenleri hesaplanmıştır. Metot 1 ve Metot 2'ye göre hesaplanan K ile elde edilen sonuçlar Çizelge 4.9'da verilmiştir. Metot 3 ve Metot 4'e göre hesaplanan K ile elde edilen sonuçlar Çizelge 4.10'da verilmiştir. Metot 5 ve Metot 6'ya göre hesaplanan K ile elde edilen sonuçlar ise Çizelge 4.11'de verilmiştir. İstasyon 4'de Ekim 2018 tarihi için hesap yapılamamıştır. İstasyon 1'de ise Temmuz 2018 tarihinde hesaplamalar veri toplanamadığı için yapılamamıştır.



Çizelge 4.9. Metot 1 ve Metot 2 ile hesaplanan K' ya göre metabolizma bileşenleri

İstasyon	Tarih	Hornberger-Kelly regresyon yöntemi					
		Metot 1 ile hesaplanan K ve ER'ye göre			Metot 2 ile hesaplanan K' ya göre		
		GPP**	ER**	NEP**	GPP**	ER**	NEP**
1	Haz. 2018	14.85	23.64	-8.79	13.79	21.84	-8.05
1	Tem. 2018	-	-	-	-	-	-
1	Eyl. 2018	11.68	19.32	-7.64	11.42	18.83	-7.41
1	Ekim 2018	5.67	16.58	-10.91	5.08	15.34	-10.26
1	Kasım 2018	6.29	13.35	-7.06	6.30	13.31	-7.01
1	Aralık 2018	6.52	15.38	-8.86	6.48	15.27	-8.79
2	Haz. 2018	-0.96*	3.09	-4.05	-0.90*	2.98	-3.88
2	Tem. 2018	1.91	8.81	-6.89	1.76	8.57	-6.81
2	Eyl. 2018	0.05	0.59	-0.54	0.04	0.56	-0.52
2	Ekim 2018	-0.05*	0.02	-0.07	-0.08*	0.03	-0.11
2	Kasım 2018	0.09	1.18	-1.09	0.09	1.18	-1.09
2	Aralık 2018	0.001	0.12	-0.12	0.004	0.13	-0.12
3	Haz. 2018	-1.57*	6.18	-7.75	-1.45*	5.99	-7.44
3	Tem. 2018	-0.07*	0.68	-0.75	-0.06*	0.69	-0.75
3	Eyl. 2018	-0.85*	2.78	-3.63	-0.72*	2.57	-3.29
3	Ekim 2018	1.68	12.57	-10.89	1.00	11.24	-10.24
3	Kasım 2018	-0.15*	0.65	-0.80	-0.14*	0.64	-0.78
3	Aralık 2018	0.06	2.07	-2.01	0.06	2.09	-2.03
4	Haz. 2018	1.29	8.39	-7.10	1.42	8.52	-7.09
4	Tem. 2018	8.55	40.82	-32.27	8.41	40.47	-32.06
4	Eyl. 2018	2.03	8.19	-6.16	1.94	7.96	-6.02
4	Ekim 2018	2.45	14.84	-12.39	1.77	13.44	-11.67
4	Kasım 2018	2.18	14.83	-12.65	2.16	14.76	-12.60
4	Aralık 2018	-0.12*	0.75	-0.87	-0.20*	0.94	-1.14
5	Haz. 2018	8.15	25.36	-17.21	8.47	25.60	-17.13
5	Tem. 2018	7.83	23.15	-15.32	7.57	22.68	-15.11
5	Eyl. 2018	11.38	26.51	-15.13	10.83	25.44	-14.61
5	Ekim 2018	8.37	32.14	-23.77	6.68	28.59	-21.91
5	Kasım 2018	7.84	27.04	-19.20	7.82	26.91	-19.09
5	Aralık 2018	4.53	29.18	-24.65	4.84	29.81	-24.97

*: Açıklama metin içinde verilmiştir. **Birim: (gr O₂ m⁻² gün⁻¹)

Çizelge 4.10. Metot 3 ve Metot 4 ile hesaplanan K' 'ya göre metabolizma bileşenleri

İstasyon	Tarih	Metot 3 ile hesaplanan K' 'ya göre			Metot 4 ile hesaplanan K' 'ya göre		
		GPP**	ER**	NEP**	GPP**	ER**	NEP**
1	Haz. 2018	21.37	34.26	-12.89	2.89	3.97	-1.08
1	Tem. 2018	-	-	-	-	-	-
1	Eyl. 2018	19.46	34.72	-15.26	4.88	5.92	-1.04
1	Ekim 2018	7.24	24.7	-17.46	2.08	2.38	-0.30
1	Kasım 2018	9.15	20.76	-11.61	2.41	3.15	-0.74
1	Aralık 2018	7.8	19.65	-11.85	3.05	3.9	-0.85
2	Haz. 2018	0.86	4.15	-3.29	1.36	6.21	-4.85
2	Tem. 2018	0.52	2.91	-2.39	2.62	12.47	-9.85
2	Eyl. 2018	0.82	3.49	-2.67	0.4	1.92	-1.52
2	Ekim 2018	0.64	3.44	-2.80	0.49	2.7	-2.21
2	Kasım 2018	0.23	2.48	-2.25	0.65	6.22	-5.57
2	Aralık 2018	0.19	2.64	-2.45	0.79	10.58	-9.79
3	Haz. 2018	0.73	5.07	-4.34	1.22	7.58	-6.36
3	Tem. 2018	0.23	3.13	-2.9	1.29	11.93	-10.64
3	Eyl. 2018	0.75	5.72	-4.97	1.15	7.97	-6.82
3	Ekim 2018	0.39	5.04	-4.65	-0.12*	0.13	-0.25
3	Kasım 2018	0.15	2.22	-2.07	0.92	9.62	-8.70
3	Aralık 2018	0.11	3.2	-3.09	0.31	7.97	-7.66
4	Haz. 2018	3.13	15.51	-12.38	-0.60*	0.27	-0.87
4	Tem. 2018	2.12	11.43	-9.31	0.17	2.46	-2.29
4	Eyl. 2018	1.34	5.62	-4.28	0.77	3.4	-2.63
4	Ekim 2018	1.61	12.12	-10.51	0.18	0.35	-0.17
4	Kasım 2018	1.67	11.62	-9.95	0.02	1.18	-1.16
4	Aralık 2018	0.99	11.51	-10.52	0.06	1.78	-1.72
5	Haz. 2018	6.41	19.95	-13.54	-0.65*	0.6	-1.25
5	Tem. 2018	4.57	14.15	-9.58	0.17	1.65	-1.48
5	Eyl. 2018	5.16	12.37	-7.21	0.52	1.67	-1.15
5	Ekim 2018	3.06	12.82	-9.76	0.4	1.24	-0.84
5	Kasım 2018	3.66	13.04	-9.38	0.1	1.19	-1.09
5	Aralık 2018	2.14	13.58	-11.44	0.17	1.71	-1.54

*: Açıklama metin içinde verilmiştir. **Birim: (gr O₂ m⁻² gün⁻¹)

Çizelge 4.11. Metot 5 ve Metot 6 ile hesaplanan K' ya göre metabolizma bileşenleri

İstasyon	Tarih	Metot 5 ile hesaplanan K' ya göre			Metot 6 ile hesaplanan K' ya göre		
		GPP**	ER**	NEP**	GPP**	ER**	NEP**
1	Haz. 2018	2.67	3.6	-0.93	2.15	2.74	-0.59
1	Tem. 2018	-	-	-	-	-	-
1	Eyl. 2018	4.76	5.69	-0.93	4.33	4.84	-0.51
1	Ekim 2018	2.05	2.22	-0.17	1.9	1.57	0.33
1	Kasım 2018	2.36	3	-0.64	2.16	2.48	-0.32
1	Aralık 2018	2.99	3.72	-0.73	2.85	3.25	-0.40
2	Haz. 2018	0.52	2.76	-2.24	0.16	1.34	-1.18
2	Tem. 2018	0.9	4.65	-3.75	0.49	2.75	-2.26
2	Eyl. 2018	0.18	1.1	-0.92	-0.09*	0.07	-0.16
2	Ekim 2018	0.22	1.42	-1.2	-0.01*	0.28	-0.29
2	Kasım 2018	0.25	2.61	-2.36	0.1	1.31	-1.21
2	Aralık 2018	0.29	3.94	-3.65	0.23	3.14	-2.91
3	Haz. 2018	0.36	3.2	-2.84	0.2	2.41	-2.21
3	Tem. 2018	0.37	4.32	-3.95	0.36	4.17	-3.81
3	Eyl. 2018	0.33	3.37	-3.04	0.26	2.93	-2.67
3	Ekim 2018	-0.12*	0.1	-0.22	-0.14*	0.25	-0.39
3	Kasım 2018	0.29	3.5	-3.21	0.21	2.76	-2.55
3	Aralık 2018	0.11	3.2	-3.09	0.09	2.72	-2.63
4	Haz. 2018	-0.62*	0.19	-0.81	-0.79*	0.48	-1.27
4	Tem. 2018	-0.06*	1.41	-1.47	-0.26*	0.47	-0.73
4	Eyl. 2018	0.37	1.81	-1.44	0.09	0.75	-0.66
4	Ekim 2018	0.18	0.35	-0.17	-	-	-
4	Kasım 2018	-0.03*	0.84	-0.87	-0.14*	0.16	-0.3
4	Aralık 2018	0.004	1.19	-1.186	-0.07*	0.48	-0.55
5	Haz. 2018	-0.79*	0.21	-1.01	-1.07*	0.56	-1.63
5	Tem. 2018	-0.09*	0.94	-1.03	-0.37*	0.13	-0.5
5	Eyl. 2018	0.25	1.06	-0.81	-0.12*	0.2	-0.32
5	Ekim 2018	0.32	0.87	-0.55	0.16	0.21	-0.05
5	Kasım 2018	-0.01*	0.81	-0.82	-0.21*	0.14	-0.35
5	Aralık 2018	0.08	1.2	-1.12	-0.02*	0.56	-0.58

*: Açıklama metin içinde verilmiştir. **Birim: (gr O₂ m⁻² gün⁻¹)

Metabolizma bileşenlerinin hesabı K katsayısına oldukça hassastır. ÇO doygunluk değeri T ile doğrudan ilgilidir. Gece ve gündüz saatleri arasında T 'deki büyük farklar ÇO konsantrasyonunun dinamiğini etkilemektedir. Ayrıca çözünmüş oksijen dinamiğini etkileyen diğer girdiler çalışma kapsamında ihmal edilmiştir. Bu nedenlerle negatif GPP (* işaretli) değerlerin hesaplandığı düşünülmektedir. Sadece Metot 3 ile hesaplanan K' ya göre yapılan hesaplamalarda negatif GPP değerleri elde edilmemiştir.

6 farklı metot ile hesaplanan metabolizma bileşenlerine ait betimleyici istatistikler her bir istasyon için Çizelge 4.12-4.16 arasında verilmiştir. Betimleyici istatistikler hesaplanırken GPP'nin negatif olduğu aylar dikkate alınmamıştır. Minimum GPP değerleri $0.001 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ (İstasyon 2) ve $7.24 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ (İstasyon 1) arasında hesaplanmıştır. Maksimum GPP değerleri $0.32 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ (İstasyon 5) ve $21.37 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ (İstasyon 1) arasında hesaplanmıştır. Minimum ER değerleri $0.12 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ (İstasyon 2) ile $23.15 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ (İstasyon 5) arasında değişmektedir. Maksimum ER değerleri ise $1.20 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ (İstasyon 5) ile $40.82 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ (İstasyon 4) arasında değişmektedir. Örnek sayısı bir olan metotlarda betimleyici istatistikler hesaplanmamıştır.



Çizelge 4.12. 1 No'lu istasyon için çeşitli yöntemlerle hesaplanan metabolizma bileşenlerine ait betimleyici istatistikler

İstasyon No	Metot	İstatistiksel Parametre	GPP**	ER**	NEP**
1	M1	<i>n*</i>	5	5	5
		Min.	5.67	13.35	-10.91
		Maks.	14.85	23.64	-7.06
		Ortalama	9.00	17.65	-8.65
		Std. Sapma	±4.06	±3.98	±1.47
	M2	<i>n*</i>	5	5	5
		Min.	5.08	13.31	-10.26
		Maks.	13.79	21.84	-7.01
		Ortalama	8.61	16.92	-8.30
		Std. Sapma	±3.78	±3.40	±1.29
	M3	<i>n*</i>	5	5	5
		Min.	7.24	19.65	-17.46
		Maks.	21.37	34.72	-11.61
		Ortalama	13.00	26.82	-13.81
		Std. Sapma	±6.83	±7.25	±2.50
	M4	<i>n*</i>	5	5	5
		Min.	2.08	2.38	-1.08
		Maks.	4.88	5.92	-0.30
		Ortalama	3.06	3.86	-0.80
		Std. Sapma	±1.09	±1.32	±0.31
	M5	<i>n*</i>	5	5	5
		Min.	2.05	2.22	-0.93
		Maks.	4.76	5.69	-0.17
		Ortalama	2.97	3.65	-0.68
Std. Sapma		±1.06	±1.29	±0.31	
M6	<i>n*</i>	5	5	5	
	Min.	1.90	1.57	-0.59	
	Maks.	4.33	4.84	0.33	
	Ortalama	2.68	2.98	-0.29	
	Std. Sapma	±0.99	±1.21	±0.37	

*n**: Örnek sayısı. **Birim: (gr O₂ m⁻²gün⁻¹)

Çizelge 4.13. 2 No'lu istasyon için çeşitli yöntemlerle hesaplanan metabolizma bileşenlerine ait betimleyici istatistikler

İstasyon No	Metot	İstatistiksel Parametre	GPP**	ER**	NEP**
2	M1	<i>n*</i>	4	4	4
		Min.	0.001	0.12	-6.89
		Maks.	1.91	8.81	-0.12
		Ortalama	0.51	2.68	-2.16
		Std. Sapma	±0.93	±4.11	±3.18
	M2	<i>n*</i>	4	4	4
		Min.	0.004	0.13	-6.81
		Maks.	1.76	8.57	-0.12
		Ortalama	0.47	2.61	-2.13
		Std. Sapma	±0.86	±4.00	±3.14
	M3	<i>n*</i>	6	6	6
		Min.	0.19	2.48	-3.29
		Maks.	0.86	4.15	-2.25
		Ortalama	0.54	3.19	-2.64
		Std. Sapma	±0.29	±0.63	±0.38
	M4	<i>n*</i>	6	6	6
		Min.	0.40	1.92	-9.85
		Maks.	2.62	12.47	-1.52
		Ortalama	1.05	6.68	-5.63
		Std. Sapma	±0.84	±4.19	±3.59
	M5	<i>n*</i>	6	6	6
		Min.	0.18	1.10	-3.75
		Maks.	0.90	4.65	-0.92
		Ortalama	0.39	2.75	-2.35
Std. Sapma		±0.28	±1.38	±1.18	
M6	<i>n*</i>	4	4	4	
	Min.	0.10	1.31	-2.91	
	Maks.	0.49	3.14	-1.18	
	Ortalama	0.25	2.14	-1.89	
	Std. Sapma	±0.17	±0.95	±0.85	

*n**: Örnek sayısı. **Birim: (gr O₂ m⁻²gün⁻¹)

Çizelge 4.14. 3 No'lu istasyon için çeşitli yöntemlerle hesaplanan metabolizma bileşenlerine ait betimleyici istatistikler

İstasyon No	Metot	İstatistiksel Parametre	GPP**	ER**	NEP**
3	M1	<i>n*</i>	2	2	2
		Min.	0.06	2.07	-10.89
		Maks.	1.68	12.57	-2.01
		Ortalama	0.87	7.32	-6.45
		Std. Sapma	±1.15	±7.42	±6.28
	M2	<i>n*</i>	2	2	2
		Min.	0.06	2.09	-10.24
		Maks.	1.00	11.24	-2.03
		Ortalama	0.53	6.67	-6.13
		Std. Sapma	±0.66	±6.47	±5.81
	M3	<i>n*</i>	6	6	6
		Min.	0.11	2.22	-4.97
		Maks.	0.75	5.72	-2.07
		Ortalama	0.39	4.06	-3.67
		Std. Sapma	±0.29	±1.39	±1.15
	M4	<i>n*</i>	5	5	5
		Min.	0.31	7.58	-10.65
		Maks.	1.29	11.93	-6.36
		Ortalama	0.98	9.01	-8.04
		Std. Sapma	±0.40	±1.81	±1.71
	M5	<i>n*</i>	5	5	5
		Min.	0.11	3.20	-3.95
		Maks.	0.37	4.32	-2.84
		Ortalama	0.29	3.52	-3.22
Std. Sapma		±0.11	±0.47	±0.42	
M6	<i>n*</i>	5	5	5	
	Min.	0.09	2.41	-3.81	
	Maks.	0.36	4.17	-2.21	
	Ortalama	0.22	3.00	-2.78	
	Std. Sapma	±0.10	±0.68	±0.61	

*n**: Örnek sayısı. **Birim: (gr O₂ m⁻²gün⁻¹)

Çizelge 4.15. 4 No'lu istasyon için çeşitli yöntemlerle hesaplanan metabolizma bileşenlerine ait betimleyici istatistikler

İstasyon No	Metot	İstatistiksel Parametre	GPP**	ER**	NEP**
4	M1	<i>n</i> *	5	5	5
		Min.	1.29	8.19	-32.27
		Maks.	8.55	40.82	-6.16
		Ortalama	3.30	17.41	-14.12
		Std. Sapma	±2.97	±13.49	±10.57
	M2	<i>n</i> *	5	5	5
		Min.	1.42	7.96	-32.06
		Maks.	8.41	40.47	-6.02
		Ortalama	3.14	17.03	-13.88
		Std. Sapma	±2.96	±13.44	±10.54
	M3	<i>n</i> *	6	6	6
		Min.	0.99	5.62	-12.38
		Maks.	3.13	15.51	-4.28
		Ortalama	1.81	11.30	-9.49
		Std. Sapma	±0.75	±3.19	±2.75
	M4	<i>n</i> *	5	5	5
		Min.	0.02	0.35	-2.63
		Maks.	0.77	3.40	-0.17
		Ortalama	0.24	1.83	-1.59
		Std. Sapma	±0.30	±1.17	±0.97
M5	<i>n</i> *	3	3	3	
	Min.	0.004	0.35	-1.44	
	Maks.	0.37	1.81	-0.17	
	Ortalama	0.18	1.12	-0.93	
	Std. Sapma	±0.18	±0.73	±0.67	
M6	<i>n</i> *	1	1	1	
	Min.	-	-	-	
	Maks.	-	-	-	
	Ortalama	-	-	-	
	Std. Sapma	-	-	-	

*n**: Örnek sayısı. **Birim: (gr O₂ m⁻²gün⁻¹)

Çizelge 4.16. 5 No'lu istasyon için çeşitli yöntemlerle hesaplanan metabolizma bileşenlerine ait betimleyici istatistikler

İstasyon No	Metot	İstatistiksel Parametre	GPP**	ER**	NEP**
5	M1	<i>n*</i>	6	6	6
		Min.	4.53	23.15	-24.65
		Maks.	11.38	32.14	-15.13
		Ortalama	8.02	27.23	-19.21
		Std. Sapma	±2.18	±3.12	±4.15
	M2	<i>n*</i>	6	6	6
		Min.	4.84	22.68	-24.97
		Maks.	10.83	29.81	-14.61
		Ortalama	7.70	26.51	-18.80
		Std. Sapma	±1.98	±2.53	±4.04
	M3	<i>n*</i>	6	6	6
		Min.	2.14	12.37	-13.54
		Maks.	6.41	19.95	-7.21
		Ortalama	4.17	14.32	-10.15
		Std. Sapma	±1.53	±2.83	±2.14
	M4	<i>n*</i>	5	5	5
		Min.	0.10	1.19	-1.54
		Maks.	0.52	1.71	-0.84
		Ortalama	0.27	1.49	-1.22
		Std. Sapma	±0.18	±0.25	±0.30
	M5	<i>n*</i>	3	3	3
		Min.	0.08	0.87	-1.12
		Maks.	0.32	1.20	-0.55
		Ortalama	0.22	1.04	-0.82
Std. Sapma		±0.12	±0.17	±0.29	
M6	<i>n*</i>	1	1	1	
	Min.	-	-	-	
	Maks.	-	-	-	
	Ortalama	-	-	-	
	Std. Sapma	-	-	-	

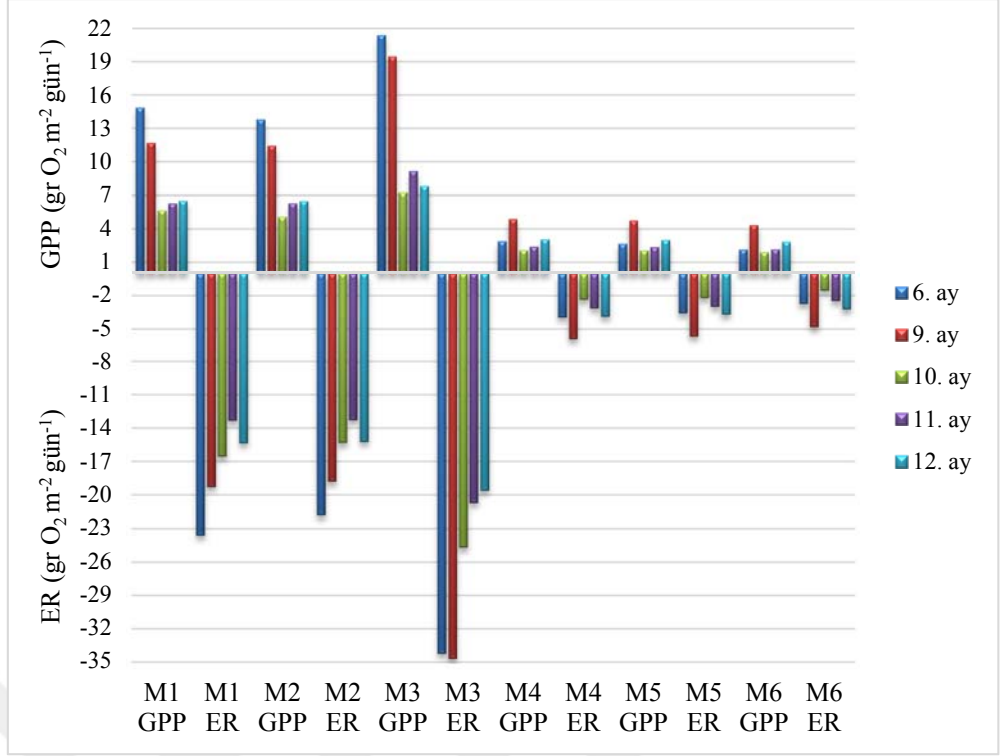
*n**: Örnek sayısı. **Birim: (gr O₂ m⁻²gün⁻¹)

Çizelge 4.17'de ise akarsu ekosisteminin sağlık kalite durumu değerlendirilerek verilmiştir. Sınıflandırılma GPP değerlerine göre yapılmıştır. Daha önce de belirtildiği gibi GPP 0.8-4.0 gr O₂ m⁻² gün⁻¹ ise "sağlıklı", GPP <0.8 veya 4.0-8.0 gr O₂ m⁻² gün⁻¹ ise "yeterli derece sağlıklı", GPP >8.0 gr O₂ m⁻² gün⁻¹ ise "sağlıksız" akarsu olarak sınıflandırılmıştır (Izagirre vd., 2007).

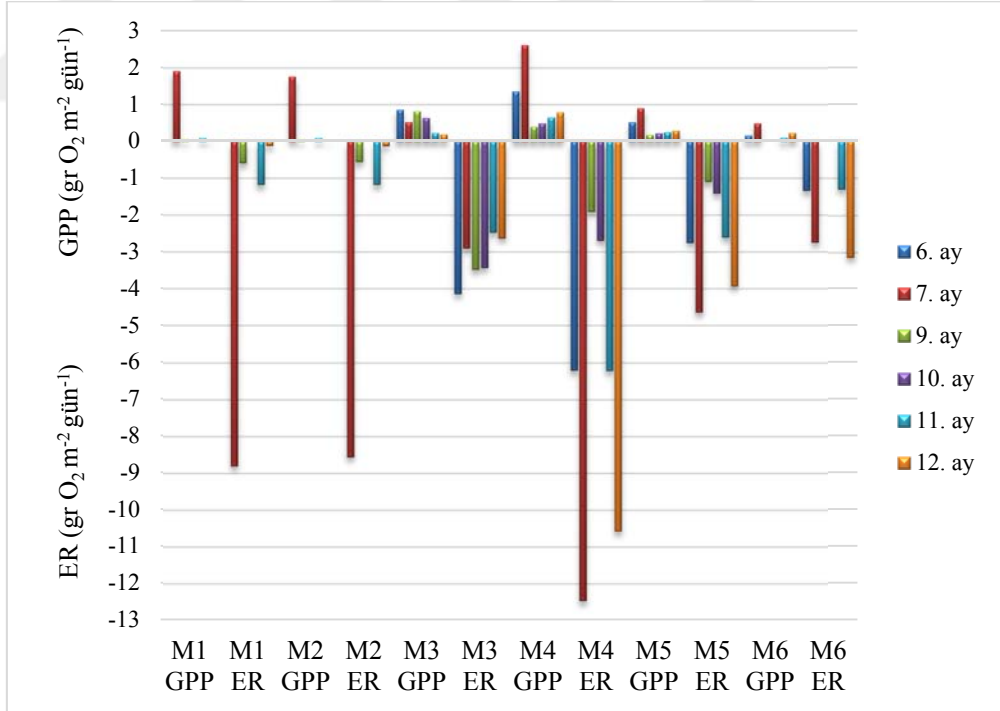
Çizelge 4.17. Akarsu ekosisteminin kalite durumu

İstasyon No	Metot	Ekosistem Durumu
1	M1	Sağlıksız akarsu
	M2	Sağlıksız akarsu
	M3	Sağlıksız akarsu
	M4	Sağlıklı akarsu
	M5	Sağlıklı akarsu
	M6	Sağlıklı akarsu
2	M1	Yeterli derecede sağlıklı akarsu
	M2	Yeterli derecede sağlıklı akarsu
	M3	Yeterli derecede sağlıklı akarsu
	M4	Sağlıklı akarsu
	M5	Yeterli derecede sağlıklı akarsu
	M6	Yeterli derecede sağlıklı akarsu
3	M1	Sağlıklı akarsu
	M2	Yeterli derecede sağlıklı akarsu
	M3	Yeterli derecede sağlıklı akarsu
	M4	Sağlıklı akarsu
	M5	Yeterli derecede sağlıklı akarsu
	M6	Yeterli derecede sağlıklı akarsu
4	M1	Sağlıklı akarsu
	M2	Sağlıklı akarsu
	M3	Sağlıklı akarsu
	M4	Yeterli derecede sağlıklı akarsu
	M5	Yeterli derecede sağlıklı akarsu
	M6	-
5	M1	Sağlıksız akarsu
	M2	Yeterli derecede sağlıklı akarsu
	M3	Yeterli derecede sağlıklı akarsu
	M4	Yeterli derecede sağlıklı akarsu
	M5	Yeterli derecede sağlıklı akarsu
	M6	-

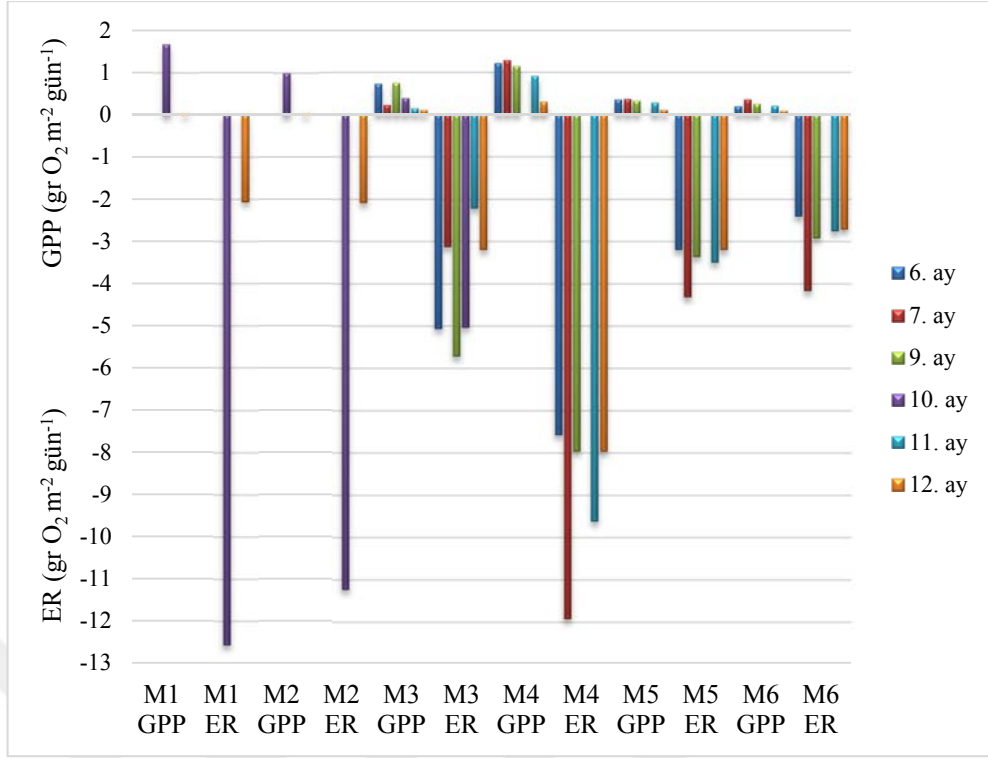
GPP ve ER değişimleri Şekil 4.1-4.5'te ayrıca verilmiştir. GPP'nin negatif olduğu aylar grafikte gösterilmemiştir. ER grafik gösterimi için -1 ile çarpılmıştır.



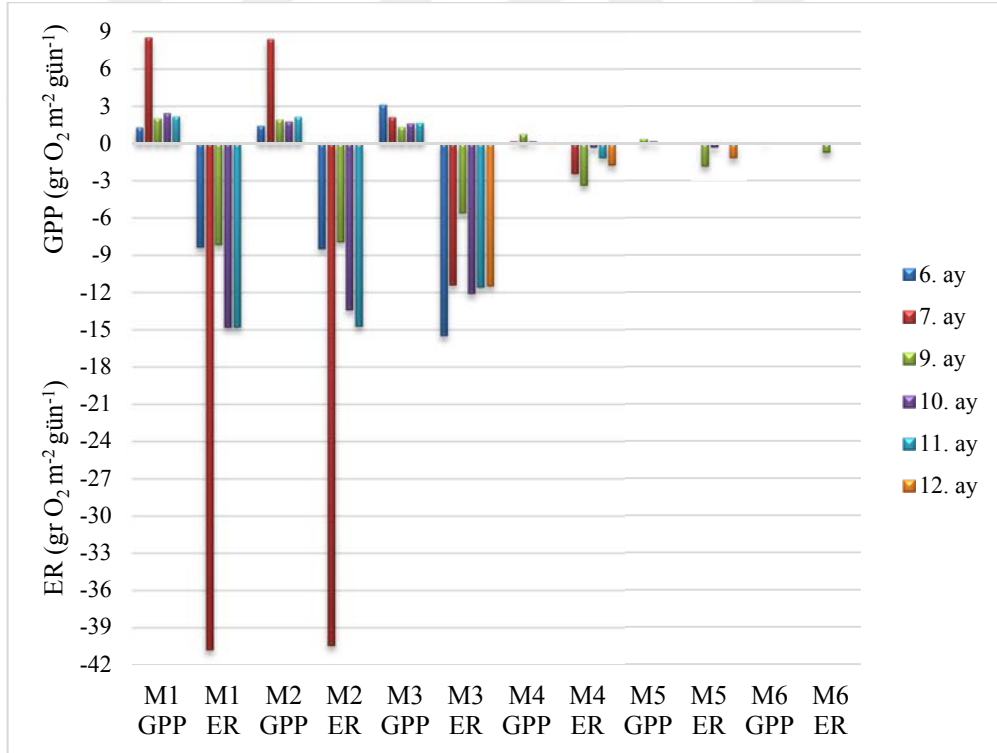
Şekil 4.1. İstasyon 1'de değişik metotlarla hesaplanmış K 'ya göre elde edilen GPP ve ER'in değişimi.



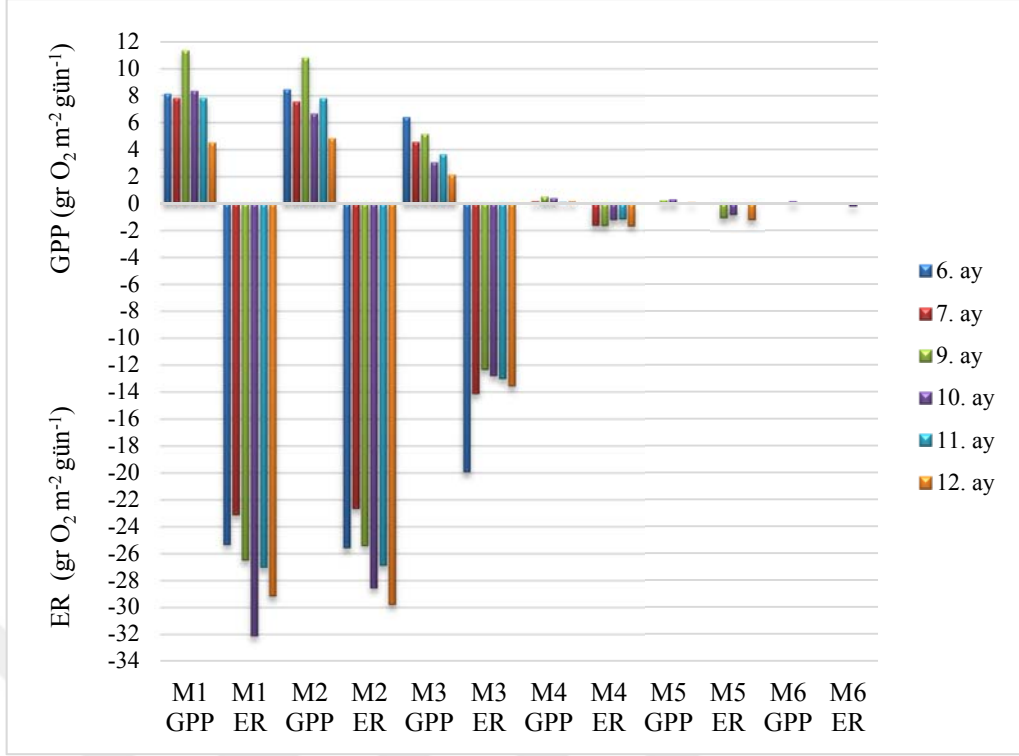
Şekil 4.2. İstasyon 2'de değişik metotlarla hesaplanmış K 'ya göre elde edilen GPP ve ER'in değişimi.



Şekil 4.3. İstasyon 3’de değişik metotlarla hesaplanmış K ’ya göre elde edilen GPP ve ER’in değişimi.



Şekil 4.4. İstasyon 4’de değişik metotlarla hesaplanmış K ’ya göre elde edilen GPP ve ER’in değişimi.



Şekil 4.5. İstasyon 5’de değişik metotlarla hesaplanmış K ’ya göre elde edilen GPP ve ER’ın değişimi.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez kapsamında Kura Nehrinin bir kolunda 5 farklı noktada tek istasyon yöntemi ile akarsu metabolizma bileşenleri hesaplanmıştır. Çalışma; GPP, ER ve NEP değerlerinin mekânsal ve zamansal olarak değiştiğini göstermektedir. Çalışma ayrıca metabolizma bileşenlerinin hesaplanmasında K katsayısının oldukça önemli olduğunu göstermiştir. Akarsu debisi, su derinliği ve su hızı K katsayısı üzerinde oldukça etkilidir ve bu durum akarsu metabolizma bileşenlerini hesabını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle uygun bir yöntemle K katsayısının belirlenmesi akarsu metabolizma çalışmalarında kritik önemdedir.

Çalışma; akarsuyun membandan mansabına doğru gidildikçe GPP değerinde bariz bir artış olduğunu göstermektedir. Bu durumun, su kalite ve miktarında meydana gelen değişim ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Yine çalışma izleme noktaları esas alındığında akarsuyun net heterotrof ($GPP/ER < 1$) olduğunu göstermektedir. Türkiye akarsularında konu ile ilgili daha önce tek bir çalışma yapılmıştır. Abant ve Mudurnu çaylarında yapılan çalışma her iki çayın da net heterotrof olduğunu göstermektedir (Eryiğit, 2017).

Akarsu metabolizma bileşenleri, akarsuların ekosistem kalitelerini belirlemek amacıyla kullanılabilir. Ayrıca akarsu metabolizması ile uç meteorolojik olaylar (sıcak hava dalgaları, aşırı yağışlar, ani basınç değişimleri, kuraklık vb.) arasındaki ilişkinin araştırılması gereklidir. Akarsu metabolizması ile çevresel değişkenler arasındaki ilişki bir diğer araştırma konusudur. Özellikle iklim değişikliğine bağlı olarak su miktar ve kalitesinde meydana gelebilecek değişimlerin akarsu metabolizmasını nasıl etkileyeceği konusu iklim değişikliğine uyum stratejilerinin geliştirilmesi için ayrıca araştırılmalıdır.

6. KAYNAKLAR

- Acuna V, Giorgi I, Munos I, Uehlinger U ve Sabaters S (2004) "Flow Extremes and Benthic Organic Matter Shape the Metabolism of a Headwater Mediterranean Stream", *Freshwater Biology*, 49: 960-971.
- Bernot MJ, Sobota DJ, Hall OR, Mulholland PJ, Dodds WK, Webster JR, Tank JL, Ashkenas LR, Cooper LW, Dahm CN, Gregory SV, Grimm NB, Hamilton SK, Johnson SL, Mcdowell WH, Meyer JL, Peterson B, Poole GC, Valett HM, Arango C, Beaulieu JJ, Burgin AJ, Crenshaw C, Helton AM, Johnson L, Merriam J, Niederlehner BR, O'Brien JM, Potter JD, Sheibly RW, Thomas SM ve Wilson K (2010) "Inter Regional Comparison of Land Use Effects on Stream Metabolism", 55: 1874-1890.
- Bott TL (1996) "Primary Production and Community Respiration", *Methods in Stream Ecology*, 1: 533-556.
- Bott TL (2006) "Primary Productivity and Community Respiration", in Hauer, F.R., and Lamberti, G.A., eds., *Methods in Stream Ecology*: San Diego, Academic Press, Inc., 533-556.
- Bott TL, Brock JT, Cushing CE, Gregory SV, King D ve Petrsen RC (1978) "Comparisin of Methods for Measuring Primary Production and Community Respiration in Stream", *Hydrobiologia*, 60: 3-12.
- Chapra SC (2015) *Yüzeysel Su Kalitesi Modelleme*, 1.Basım, Nobel Akademik Yayıncılık, ANKARA.
- Cronin G, Mccutchan JH, Pitlick J ve Lewis WM (2007) "Use of Shields Stress to Reconstruct and Forecast Changes in River Metabolism", *Freshwater Biology*, 52, 1587-1601.
- Clapcott JE, Young RE, Neala MW, Doehring K ve Barmuta LA (2016) "Land Use Affects Temporal Variation in Stream Metabolism", *Freshwater Science* 35, 4: 1164-1175.
- DataSheet MiniDOT, MiniDOT, www.pme.com/wp-content/uploads/2014/07/DataSheet_miniDOT_RevE.pdf, 24 Mayıs 2019.
- Dodds WK, Veach AM, Ruffing CM, Larson DM, Fischer JL ve Costigan KH (2013) "Abiotic Controls and Temporal Variability of River Metabolism: Multiyear Analyses of Mississippi and Chattahoochee River Data", *Freshwater Science* 32, 4: 1073-1087.
- Eryiğit M (2017) *Beşeri Baskı Altındaki Akarsu Metabolizmasının Modellenmesi*, Doktora Tezi AİBÜ Fen bilimleri Enstitüsü, Bolu.

Flow Tracker Manual, Son Tek Flow Tracker Handheld ADV, www.sontek.com/flowtracker2, 10 Haziran 2019.

Grace M ve Imberger S (2006), Stream Metabolism: Performing & Interpreting Measurements, Water Studies Centre Monash University, Murray Darling Basin Commission and New South Wales Department of Environment and Climate Change, Australia, (online at <http://www.sci.monash.edu.au/wsc/docs/tech-manual-v3.pdf>).

Hall RO ve Tank JL (2003) “Ecosystem Metabolism Controls Nitrogen Uptake in Grand Teton National Park, Wyoming”, *Limnology and Oceanography*, 48: 1120-1128.

Huang W, Liu X, Peng W, Wu L, Yano S, Zang J ve Zhao F (2018) “Periphyton and Ecosystem Metabolism as Indicators of River Ecosystem Response to Environmental Flow Restoration in a Flow-Reduced River” *Ecological Indicator*, 92: 394-401.

Izagirre O, Agirre U, Bermejo M, Pozo J ve Elosegi A (2008) “Environmental Controls of Whole-stream Metabolism Identified from Continuous Monitoring of Basque Streams”, *Journal of the North American Benthological Society* 27, 2: 252-268.

Izagirre O, Bermejo M, Pozo J ve Elosegi A (2007) “An Excel-based Tool to Calculate River Metabolism from Diel Oxygen Concentration Curves”, *Environmental Modelling & Software*, 22: 24-32.

Kaenel BR, Buehrer H ve Uehlinger U (2000) “Effects of Aquatic Plant Management on Stream Metabolism and Oxygen Balance in Streams”, *Freshwater Biology*, 45: 85-95.

McTammany ME, Webster JR, Benfield EF, ve Neatrour MA (2003) “Longitudinal Patterns of Metabolism in a Southern Appalachian River”, *Journal of the North American Benthological Society* 22, 3: 359-370.

Mulholland PJ, Houser JN ve Maloney KO (2005) “Stream Diurnal Dissolved Oxygen Profiles as Indicators of in Stream Metabolism and Disturbance Effects: Fort Benning as a Case Study”, *Ecological Indicators*, 5: 243–252.

McChutchan JH, Saunders JF, Lewis WM ve Hayden MG (2002) “Effects of Groundwater Flux on Open-Channel Estimates of Stream Metabolism” *Limnology and Oceanography*, 47: 321-324.

Mulholland PJ, Fellows CS, Tank JL, Grimm NB, Webster JR, Hamilton SK, Marti E, Ashkenas L, Bowden WB, Dodds WK, McDowell WH, Paul MJ ve Petersdon BJ (2001) “Inter-Biome comparison of Factors Controlling Stream Metabolism”, *Freshwater Biology*, 46: 1503-1517.

- Munn MD ve Hamilton PA (2003) New studies initiated by the U.S. Geological Survey—Effects of Nutrient Enrichment on Stream Ecosystems: U.S. Geological Survey Fact Sheet”, <http://pubs.usgs.gov/fs/fs11803/>, 22 Mayıs 2006.
- Nebgen EL ve Herrman KS (2019) “Effects of Shading on Stream Ecosystem Metabolism and Water Temperature in an Agriculturally Influenced Stream in Central Wisconsin, USA” *Ecological Engineering*, 126: 16-24.
- Odum HT (1956) “Primary Production in Flowing Waters”, *Limnology and Oceanography* 1(2): 102-117.
- Pieck AO, Fremier AK ve Orr CH (2017) “Agricultural Influences on the Magnitude of Stream metabolism in Humid Tropical Headwater Streams”, *Hydrobiologia* ,799: 49-64.
- Shen X, Sun T, Liu F, Xu J ve Pang A (2015) “Aquatic Metabolism Response to the Hydrologic Alteration in the Yellow River estuary, China”, *Journal of Hydrobiologia*, 525: 42-54.
- T.C. Ardahan Belediyesi, Ardahan tarihi, <http://www.ardahan.bel.tr/sayfa/28/ardahan-tarihi.html>, 26 Mayıs 2019.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Resmi İstatistikler, www.mgm.gov.tr, 17 Aralık 2018.
- Uzarski DG, Burton TM ve Stricker CA (2001) “A New Chamber Design for Measuring Community Metabolism in a Michigan Stream”, *Hydrobiologia*, 455:137-155.
- Vollenweider RA (1974) *A Manual on Methods for Measuring Primary Production in Aquatic Environments*, 2, Blackwell Scientific, Oxford UK.
- Young RG ve Huryn AD (1999) “Effects of Land use on Stream Metabolism and Organic Matter Turnover”, *Ecological Applications*, 9: 1359-1376.

7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : ESLEM ÇINAR

Doğum Yeri ve Tarihi : İZMİR/BERGAMA – 20.02.1995

Lisans Üniversite : Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Elektronik posta : eslem1995@hotmail.com

İletişim Adresi : Kılıçarslan Mah. 112 sk. 22/8 Merkez/Bolu