



Efteni Sulak Alanının Kurutulmuş Sahalarının Toprağındaki Karbon ve Besin Değişimi

Oktay YILDIZ¹, Doğan AYDIN¹, Murat SARGINCI¹ ve Derya EŞEN¹

Özet

Bu çalışmada Kuzey Batı Karadeniz Bölgesinde önemli bir sulak alan olan Efteni sulak-alanının (ESA) 60 yılı aşkın bir süreden beri yerleşim, tarım ve hayvancılık amaçlı kurutulmasının toprağın organik madde (OM), karbon (C) depolama ve katyon değişim kapasitesi (KDK) ile makro-besin miktarına etkisi belirlenmiştir.

Sahanın kurutulmuş kısmında farklı yönlerde olmak üzere gölden dışa doğru çizilen örneklem kesitlerinden aralarında 50 m mesafe olan 4 adet 200 m uzunluğunda transekler oluşturulmuştur. Her bir transek üzerinde 2, 50, 100, 150 ve 200 m'deki örneklem noktalarında toprak profilleri açılmış ve her bir toprak profilinden 30, 60, 90 cm derinliklerden fiziksel ve kimyasal analizler için ikişer set toprak örnekleri alınmıştır.

Göle en uzak mesafedeki (200 m) toprağın ilk 90 cm derinliğinin ortalama hacim ağırlığı 2 m yakınındaki aynı toprak katmanının hacim ağırlığından yaklaşık %13 daha fazla çıkmıştır. İlk 50 m mesafedeki 90 cm derinliğindeki toprak profilinin ortalama OM yoğunluğu sulak-alandan 150 m ve 200 m uzaklaştığında sırasıyla yaklaşık %19 ve %30 azalmıştır. Sulak-alan kenarında toprağın orta düzeydeki ($33 \text{ Cmol}_C \text{ kg}^{-1}$) KDK'sı kıyıda 200 m uzaklaştığında %50'den fazla azalmıştır.

Topraktaki C yoğunluğu ile ilgili olarak derinlikle uzaklık arasında bir etkileşim bulunamamıştır. Suyun 2 m yakınında 90 cm toprak profilinin C yoğunluğu ortalama %1.025 olarak bulunurken kıyıda 150 m uzaklıkta bu değer %20 ve 200 m mesafede de %30 düşmüştür. Toprağın içerdiği toplam azot bakımından yapılan karşılaştırmada ise 200 m uzaklıktaki ve 90 cm derinlikteki toprağın N yoğunluğunun (%0.079) kıyıya 2 m mesafedeki 90 cm derinliğinde bulunan toprağın N yoğunluğundan yaklaşık %47 daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Efteni, Sulak-alan, karbon depolama, besin döngüsü, Düzce

Soil Carbon and Nutrient Changes in the Drained Part of Efteni Wetlands

Abstract

In the current study, organic matter (SOM), carbon pool (C), cation exchange capacity (CEC) and macro-nutrient pools of soils were compared among the sites deliberately drained for settlement, agriculture and pasture use over the last 60 years in Efteni-wetland area (EWA) situated in the northwestern Black Sea Region of Turkey.

In the field, 4 transect with 200 m length and 50 m apart were designated in different directions around the lake situated in the wetland area. Outwards the lake and at the 2nd, 50th, 100rd, 150th and 200rd m on each sampling transect 5 soil profile were dug. From the bottom toward to surface at the 30th, 60th and at the 90th cm of each profile two sets of soil samples were collected for physical and chemical analysis.

Soil bulk density of the first 90 cm depth collected at the farthest point (200 m) from the lake 13 % higher than that of the soil 2 m away from the lake. Soil organic matter (SOM) at the 150th and 200rd m were decreased 19 and 30 % respectively compared to the SOM at the 50th m. CEC of the soil was moderate along the lake ($33 \text{ Cmol}_C \text{ kg}^{-1}$).

No interaction was found about soil C concentration was found between soil depth and distance. Data indicate that the first 90 cm of the soil profile 2 m away the lake have about 1.025 % C. However, the corresponding values for the profile at the 150th and 200rd m were decreased 20 and 30 %, respectively. Total N concentration of the soil at the 90 cm depth of the profile located at the 200 m away from the lake was about 0.079 %. The value was 47 % lower than that of the soil at 90 cm depth of the profile located 2 m near to the edge of the lake.

Keywords: Efteni, wetland, carbon deposition, nutrient cycling, Düzce

¹Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Konuralp, Düzce.

Giriş

Dünyanın yaklaşık % 2'si sulak- alan olarak sınıflandırılmaktadır (Milton, 1994). Miktar olarak az olmasına rağmen sulak alanlar çok önemli biyojeokimyasal işlevlere (denitrifikasyon, sülfat indirgenmesi, metanogenesis vb.) sahiptir (Schelesinger, 1991; Anonim, 1995). Sulak-alanlarda besin döngüsü sistemin indirgeme potansiyeli ile kontrol edilmekte olup, çoğunlukla aneorobik olan bu ortamlarda organik madde ayrışması genel olarak tamamlanmamış haldedir. Bu nedenle sulak-alanların sedimentlerinde net ekosistem kazanımı sağlayacak önemli miktarda karbon depolanmaktadır. Tehlike altındaki türlerin % 40'ının barınak veya besin yoluyla bir şekilde sulak alanlarla bağlantılı olması ve akarsulara salınarak ötrifikasyon problemi oluşturan azot (N) ve fosfor (P) gibi elementleri, sedimentlerindeki demir (Fe) ve alüminyumla (Al) tutarak süzmesi gibi ekolojik işlevleri nedeniyle de sulak-alanların önemi giderek artmaktadır (Olli ve ark., 2009). Ayrıca sucül ekosistemlerde ve içme sularında O₂ azalmasına neden olan organik maddeler (OM) suların bekletilerek süzüldüğü sulak-alanlarda parçalanmaktadır. Yine sulak-alanlar ani su taşkınlarını durdurarak suyun ovadan daha yavaş boşaltılmasını sağlamaktadır. Çalışmalar sulak alanların etrafındaki dere sistemlerinin bozulmadığı yerlerde su taşkınlarının daha az ve daha zararsız olduğunu göstermiştir. Bütün bunların yanında sulak-alanlar balık tutma, farklı türleri gözetleme, fotoğraf çekme avcılık vb. rekreasyon amaçlı da kullanılmaktadır.

Küresel bazda toprakların içerdiği organik maddelerin yaklaşık 1/3'ü, yine depolanması ve akışları insan tarafından kontrol edilebilecek sera gazlarından biri olan karbonun (C) % 10-14'ünü depolayan sulak-alanlar, bu özellikleriyle küresel iklim değişikliğinde de olumlu etkileri olduğu belirtilen önemli karbon havuzlarından biridir.

Sulak-alanlar, suyunun kullanılması, arazi ıslahı, turba vb. kaynaklarının işletmeye açılması, kaçak avlanma vb. nedenlerle insanlar tarafından giderek artan bir baskı altındadır (Junk ve ark., 2006). Martinuzzi ve ark.(2009) mangrove alanlarının farklı amaçlar için kullanıma açılmasının sahadaki bitki ve hayvanların tür ve oranlarında değişikliğe neden olduğunu belirlemiştir. Tarım alanına dönüştürülen toprakların işlendikten 10-20 yıl sonra organik madde içeriğinin % 20-30' u kaybolmaktadır (Junk ve ark., 2006). Ayrıca sulak alanların kurutulması hızlı bir organik madde ayrışmasına sebep olunması bu alanlardaki besin akışı ve döngülerini etkilediği gibi sulak-alanları, karbon açısından havuzdan kaynak durumuna geçirerek küresel ısınmayı olumsuz etkilediği bir çok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur (Moreno-Casasola ve ark., 2008).

Geçen yüzyılda sulak-alanlar insan faaliyetleri sonucu önemli derecede daraltılmıştır. Fakat son zamanlarda bu alanların öneminin anlaşılması ve yasal tedbirlerin alınması amacıyla çıkarılan uluslararası sözleşmeler sulak-alanların hem yaban hayatı yaşam alanları hem de biyojeokimyasal açıdan önemini vurgulamıştır. Bu amaçla 1971 yılında kabul edilen ve 1993 yılında Türkiye'nin de taraf olduğu Ramsar antlaşmasında da sulak-alanların giderek artan oranda kaybının önlenmesi yolunda tedbirlerin alınmasına vurgu yapılmıştır.

Yılın en azından bir bölümünde sular altında kalan alana sulak-alan denmektedir. Bu nedenle sadece yaz aylarında sularla kaplı olan yerler değil kışın da belirli bir süre toprağı suya tam olarak doygun halde kalan kısımlar da sulak-alan olarak değerlendirilmektedir. Brady ve Weil (1999) ise toprak sıcaklığının aneorobik ortam oluşturacak kadar yükseldiği zamanda yüzeye yakın yerdeki toprak kısımlarının uzun süreli olarak suya doygun olan sahaları sulak-alan olarak nitelendirmektedir. Brady ve Weil (1999)'a göre sulak alanın üç belirgin özelliği bulunmaktadır; 1-sulak alan hidrolojisi ve su rejimi, 2-belirli bir dönem suya doygun halde olduğundan oksijen girişi engellenen ve yıl içinde önemli bir süre indirgenmiş koşulların sürmesiyle O₂ dışındaki elektron alıcılarının kullanıldığı *hidrik toprak* yapısı ve 3-hidrofitik bitkiler.

Odom ve Barrett (2009) de sulak alanlardan tatlı su ekosistemlerini; 1-durgun sular (lentik ekosistemler, göller, gölcükler), 2-akarsular veya lotik ekosistemler, pınarlar, dereler,

çaylar, nehirler, 3-sulak-alanlar; mevsimsel olarak veya yıllık su seviyeleri yükselip alçalan sulak alanlar, kuruyabilen sulak alanlar (marshes), kurumayan sulak alanlar (swamps) olarak sınıflandırmaktadır. Türkiye'nin yaklaşık 4 milyon ha olan koruma alanlarının bir milyon hektarını da resmi olarak tanımlanmış 250 yi aşkın sulak-alan oluşturmaktadır.

Birçok canlıya yaşam alanı olmasının yanında, önemli miktarda karbon depolaması bakımından sulak alanların küresel iklim değişikliğine olumlu etkisinin olduğu dünya üzerinde çok sayıdaki araştırmayla ortaya konmuş olmasına rağmen Türkiye'deki sulak alanların özellikle biojeokimyasal döngülere etkisi konusunda yeteri kadar araştırma bulunmamaktadır.

Bu nedenle yukarıdaki tanımlamalara göre *akarsu kökenli bir tatlı su sulak-alanı* olan Efteni sulak-alanında (ESA) gerçekleştirilen bu çalışmanın amacı;

1-Sulak alanın başka kullanım amaçlı olarak kurutulmasının toprağın bazı özelliklerine etkisi belirlemek ve

2-Uygulamacıya sahaların korunması veya yeniden yapılandırılması için gerekli olabilecek bazı verileri sağlamaktır.

Materyal ve Yöntem

Araştırma sahası olan ESA Düzce ili Gölyaka ilçesi sınırları içerisinde Düzce'nin 14 km güney-batısında ve denizden yaklaşık 100 m yükseklikte bulunmaktadır. Sahanın ortasına yakın bir noktadan alınan koordinat değerleri kuzey 40° 46' 03,2" ve doğu 031° 02' 59" olarak kaydedilmiştir. Alan, ovanın en düşük rakıma sahip yeri olduğundan ovanın üç tarafından Asar, Uğur ve Küçük-melen ve bazı küçük dereler ile havza suları bu alana toplanıp daha sonra Büyük-Melen nehri ile Karadeniz'e boşalmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Efteni sulak-alanının bağlantılı olduğu akarsular.

Genel olarak Düzce'nin kuzeyi, kuzey-doğusu ve güney doğusunda kretase döneminden kumlu-killi şistler, kuzeydoğusunda silurian-devonian döneminden kireçtaşı, kuvarsit ve mermer, güneyinde andezit anakayaları olup çevresindeki dağlardan gelen alüvyal çakıl, kum, kil ve siltin biriktiği ovada yeni-alüvyon olarak adlandırılan tortul oluşumun kalınlığı 260 m olarak belirtilmektedir (Anonim, 1972; Atalay, 2002; Türker ve Çetinkaya, 2009).

Bottema ve ark. (1994) jeolojik zamanlara ait yöredeki bitki örtüsünü araştırmak için gölden aldıkları bitki fosilleri incelemesi sonucu yöredeki bitki toplumlarının geçmişi ve güncel durumu hakkında ayrıntılı bilgiler ortaya koymuşlardır. Aksoy (2006) yörede yapılmış olduğu çalışmada ESA ve çevresinde 6 bitki toplumu; *Thypho-Phragmitetum*, *Sparganio-Tyhiphetum latifolia*, *Typho-Bidenteum cernua*, *Mentho-Paspaleitium paspalodis*, *Trapetum natantis*, *Nupharetum lutei* tespit etmiş ve sahada bu toplumları sırasıyla temsilen *Phragmites communis* ve *Typha latifolia*, *Sparganium erectum* ve *Typha latifolia*, *Bidens cernua* ve

Typha latifolia, *Paspalum paspaloides* ve *Mentha aquatica*, *Trapa natans* ve *Nuphar lutea* türlerinin bulunduğu belirtmiştir (Şekil 2a). Ayrıca Aksoy (2007) bölgede endemizm oranının yaklaşık % 9.3 olduğunu vurgulamıştır. Bunun yanında Efteni gölünde lokal endemik bir bitki olan Anadolu Aklar-otu (*Lthyrum anatolicum* Seçmen ve Leblebici) bulunmaktadır (Aksoy, 2006; Ekim, 2009). Bu bitkinin daha önce kritik olarak nitelendirilen tehlike kategorisi ESA'ndaki otlatma ve benzeri baskılar sonucunda tehlike-altında (endangered) kategorisine çevrilmiştir (Aksoy, 2006, Şekil 2b).



Şekil 2. a) Efteni sulak-alanında bulunan bazı bitki türleri b) Efteni sulak alanında tehlike altında bulunan öksin kuşağı türlerinden Anadolu Aklar-otu (*Lythrum anatolicum* Leblebici ve Seçmen) (Foto: N. Aksoy, 2004).

Türker ve Çetinkaya (2009) sahanın Trakya-Boğaziçi-İç Anadolu-Güney Anadolu göç yolu üzerinde bulunduğunu ve özellikle Avrupa'da yaşayıp güneye gidemeyen bazı kuş türlerinin de kuluçka, konaklama ve beslenme amacıyla ESA'nı kullandığını belirtmektedir (Şekil 3). Türker ve Çetinkaya (2009) ESA'nını 35'i kalıcı olmak üzere aralarında kuğu, toy, mezeldek, turna, bozkaz, sibiryakazı, küçük-karabatak, yeşilbaş, fiyu, bekri, kılkuş, mazar, pasbaş, elmabaş, çıkırkçın, kaşıkçın, karabatak, çulluk, balık-kartal, sumru, flamingo, su-tavağı, boz-kaz, balıkçıl, yılan-boyun, angit vb. nesli azalan veya Türkiye'de az görülen 171 tür kuşun kullandığını bildirmektedir. Fakat Keten (2009) Efteni gölünde yaşayan omurgalılarla ilgili olarak yapmış olduğu çalışmada toplam 135 omurgalı türü tespit ettiğini belirtmektedir (Şekil 4). Sahayı kullanan tür sayıları konusunda tam bir bilgi olmamasına rağmen var olan bilgilere göre alan yaban hayatı açısından son derece önemli noktalardan biri görülmektedir ve bu nedenle ESA Elmacık-Abant Dağları kısmında izlenmesi gerekli önemli doğa-alanı olarak belirtilmektedir (Anonim, 2006).



Şekil 3. Efteni Sulak Alanını kullanan kuşlardan gri-balıkçıl (*Ardea cinerea*) ve halkalı-küçük-cılıbıt (*Charadrius dubius*) (Keten, 2009).



Şekil 4. Efteni sulak alanında bulunan omurgalılarından küpeli-su-yılanı (*Natrix natrix*, (solda) ve benekli-kablumbağa (*Emys orbicularis*, sağda) (Keten, 2009).

Yörenin 1944 tarihli hava fotoğraflarında yaklaşık 1900 ha olarak görülen Efteni-gölü ve sulak-alanı 1950 den sonra yerleşim yeri ve tarım amacıyla kurutulmaya başlanmış ve 1960'lara kadar sahanın yaklaşık 900 hektarlık bir kısmı kurutulmuştur. Kurutma çalışmaları tekrar 1973-76 yılları arasında devam etmiş ve daha önceleri sahayı Küçük-melen, Aksu, Uğursuyu, Değirmendere, Şaguç-dere ve Cevizlik-dere'leri beslerken, Aksu, Uğursuyu ve Küçük-Melen suları açılan kanallarla gölün kuzeyinde bulunan ve gölün suyunu boşalttığı Büyük-Melen'e direk bağlanarak sulak-alanla bağlantıları kesilmiştir. Alanı ve gölü besleyen akarsuların önü setler yapılarak kesilip, drenaj hendekleri açılarak sahadan su boşaltılması sonucu sulak-alan içerisindeki gölün yüzölçümü 25 ha'ya kadar düşürülmüştür (Şekil 5).



Şekil 5. Efteni-gölü'nü besleyen akarsuların direk olarak Büyük-Melen'e bağlanmasıyla kurutulan Efteni sulak-alanının görünümü (1983)

Saha 1992 yılında Orman Bakanlığı Milli Parklar Av-Yaban Hayatı Koruma Genel Müdürlüğü tarafından "Su Kuşları Koruma ve Koruma Sahası" olarak önce 580 ha sonra da 750 ha olarak koruma statüsüne alınmış ve sahanın tekrar kazanılması için settelerle su biriktirme çalışmaları başlanmıştır (Şekil 6). Güncel durumuyla saha tekrar yapılandırma çalışmaları sırasında oluşturulan her mevsim suyun bulunduğu iki kısım sette içermektedir (Şekil 7).



Şekil 6. Efteni sulak-alanı'nın yeniden kazanılması için 1992 yılında oluşturulmaya çalışılan sette inşaatı



Şekil 7. Efteni sulak-alanı içerisinde su biriktirilen settelerin güncel durumu

Son 60 yılda belirli tarihlerde kurutularak mera ve tarım arazisine dönüştürülmüş olan kısımları da kapsayacak şekilde 2006 yılında Efteni sulak-alanının etrafında farklı yönlerde olmak üzere gölden dışa doğru çizilen örnekleme kesitlerinden su kenarından itibaren kurutulmuş alanlara doğru aralarında 50 m mesafe olan 4 noktadan 200 m uzunluğunda transekler oluşturuldu. Her bir transek üzerinde 2, 50, 100, 150 ve 200 m'deki örnekleme noktalarında toprak profilleri açıldı (4 transek x 5 nokta = 20 profil) (Şekil 8). Her bir toprak profilinden 30, 60, 90 cm derinliklerden toprak örnekleri alınmıştır (Şekil 8). Örnekleme sırasında göle en yakın nokta (2 m) sulak-alan etkisini en fazla gösteren örnekleme noktası, en uzak nokta (200 m) sulak-alan etkisini en az gören nokta olarak kabul edildi. Diğer noktalar ise bunların arasındaki değişimi göstermektedir.



Şekil 8. Efteni sulak-alanında kurutulan bölgelerden su kenarından dışa doğru farklı mesafelerde (transek) toprak örneklerinin alındığı çukurlar ve derinliğe göre toprak örneklerinin alınması

Toprak örnekleri 100 cm³ lük toprak örnekleme silindirleri (AMS soil Core sampler) ile iki set olarak alınmıştır (20 profil x 3 derinlik x 2 set =120 toprak örneği). Toprak örneklerinden bir seti fırınlarda 105 °C'de 24 saat kurularak hacim ağırlığının belirlenmesinde kullanılmıştır. Diğer toprak seti hava kurusu hale getirildikten sonra 2 mm lik ve 0.5 mm'lik eleklerden geçirilerek fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmıştır.

Toprağın asitliğini belirlemek için hava kurusu toprak örnekleri saf su karışımı ile pH metre kullanılarak çözelti asitliği olarak belirlenmiştir (Thomas, 1996). Toplam karbon (C) ve azot (N) yoğunluğu kuru yakma metodu ile LECO CNS 2000 Carbon Analyzer (Nelson ve Sommers, 1996) kullanılarak belirlenmiştir. Toplam fosfor (P) ve kükürt (S) yoğunlukları toprak örnekler nitrik ve perklorik asitte ekstrakt edildikten sonra spektrofotometrede (Spectronic Colorimeter) (Kuo, 1996; Tabatabai, 1996), değişebilir katyonlar ise toprak örnekleri amonyum asetatla ekstrakt edilerek (Suarez, 1996) kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) atomik absorption (Perkin-Elmer 3110 Atomic Absorption Spectrometer) ve potasyumda (K) flame-fotometrede (Jenway Flame Photometer) okunmuştur. Toprağın katyon değişim kapasitesi (KDK) tayini için amonyum asetat (NH₄OAc) ekstraksiyonu kullanılmıştır (Sumner ve Miller, 1996).

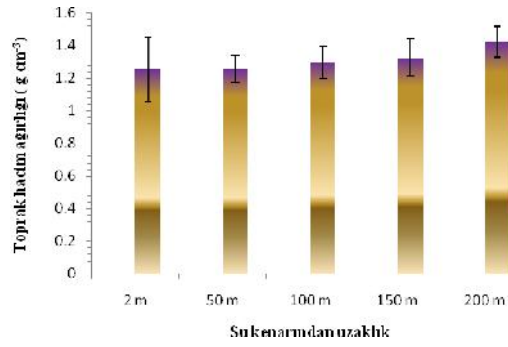
Toprak örneklerinin fiziksel analizleri Bouyoucos Hidrometre Yöntemi'ne göre yapılmıştır. Toprağın tanecik bileşimine göre sınıflandırılması ise, örneklerin kum, kil ve toz miktarlarına göre Uluslararası Tekstür Üçgeni'nden yararlanılarak belirlenmiştir (Brady ve Weil, 1996).

İstatistik Analizler

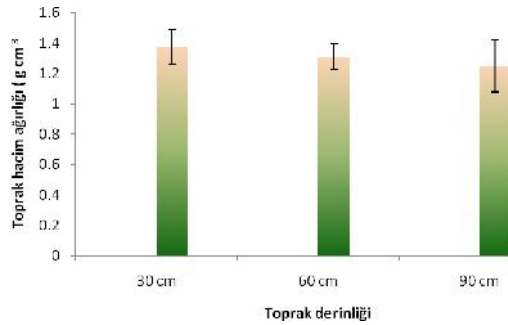
Sulak-alan kenarından uzaklaşma ve toprak derinliğine bağlı olarak örnekleme yapılan farklı noktadaki toprağın hacim ağırlığı, toprak pH'ı, toprak OM miktarı, toprağın KDK'sı, toprağın C yoğunluğu, toplam N, P ve S ile değişebilir K, Ca ve Mg yoğunlukları varyans analizi (ANOVA) yapıldıktan sonra işlemlerin istatistik olarak önemli farklılıklar yarattığı değişkenler için Tukey'in HSD testi $\alpha = 0.05$ düzeyinde uygulanmıştır. ANOVA sonuçlarının $P < 0.05$ düzeyinde istatistik olarak önemli olduğu kabul edilmiştir. Analizler için SAS (Statistical Analysis Software, 1996) programından yararlanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Elde edilen verilerin analizi sonucu kili, killi-balçık olarak sınıflandırılan toprağın hacim ağırlığının sulak-alandan uzaklıkla ($P = 0.0071$) ve toprak derinliğiyle ($P = 0.0085$) değiştiği belirlenmiştir. Sulak-alana en uzak örnekleme noktası olan 200 m mesafedeki toprağın ilk 90 cm derinliğinin ortalama hacim ağırlığı sulak-alanın 2 m yakınındaki aynı toprak katmanının hacim ağırlığından yaklaşık % 13 daha fazla çıkmıştır (Şekil 9). Örneklemenin yapıldığı sulak-alan kenarından dışa doğru 200 m'lik mesafedeki toprağın hacim ağırlığının ise ilk 30 cm derinlikte 90 cm derinliktekine göre yaklaşık % 10 daha ağır olarak belirlenmiştir (Şekil 10).

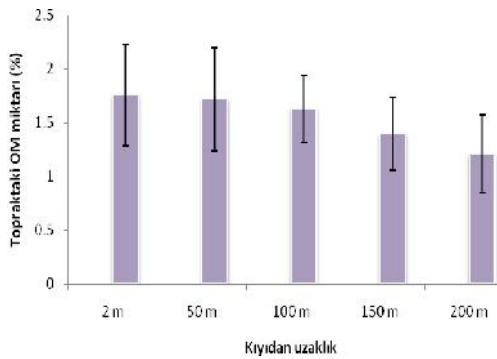


Şekil 9. Efteni sulak alanında kıyıdan uzaklaştıkça toprağın hacim ağırlığındaki (g cm^{-3}) değişim (90 cm derinlikteki toprak profilinin ortalaması \pm standart sapma)



Şekil 10. Efteni sulak-alanında toprak derinliği ile toprağın hacim ağırlığındaki (g cm^{-3}) değişim (ortalama \pm standart sapma)

Araştırma sahasında toprak tepkimesi bazik özellik göstermekle birlikte toprak pH'nın örnek alınan noktanın su kenarına yakınlığı ile veya toprağın derinliğiyle (ilk 90 cm) değiştiğine dair istatistiki bir delil bulunamamıştır. Toprağın organik madde (OM) miktarı su kenarından itibaren ilk 50 metre uzaklıkta değişmezken 50 m'den sonra gölden uzaklaştıkça topraktaki OM yoğunluğu da giderek azalmıştır ($P = 0.002$). İlk 50 m mesafedeki 90 cm derinliğindeki toprak profilinin ortalama OM yoğunluğu sulak-alandan 150 m uzaklaşıldığında % 19 ve 200 m uzaklaşıldığında da yaklaşık % 30 azalmıştır (Şekil 11, Çizelge 1). İlk 200 m'lik mesafede yüzeyden itibaren ilk 90 cm toprak derinliğinde profil boyunca OM miktarında da farklılıklar olduğu ortaya çıkmıştır ($P = 0.0344$). Toprağın ilk 60 cm derinliğindeki OM yoğunluğunun 60-90 cm derinlikteki toprağın OM miktarından % 18 az olduğu hesaplanmıştır (Çizelge 2).



Şekil 11. Efteni sulak-alanında kıyıdan uzaklaştıkça topraktaki organik madde (OM) miktarındaki değişim (90 cm derinlikteki toprak profilinin ortalaması \pm standart sapma)

Toprağın kation değişim kapasitesinin su kenarından uzaklaştıkça azaldığı belirlenmiştir ($P = 0.0001$). Sulka-alan kenarında toprağın orta düzeydeki ($33 \text{ Cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) KDK'sı kıyıda 200 m uzaklaşıldığında % 50 'den daha fazla kayba uğrayarak toprakların bu özelliği olarak yazıf duruma düşmüştür (Çizelge 1). Fakat toprak profili boyunca ilk 90 cm derinlikte toprağın KDK'sı bakımından önemli bir fark bulunamamıştır.

Çizelge 1. Toprağın tepkimesi (pH), organik madde miktarı (%) elektrik iletkenliği (EC; mS cm^{-1}) ve KDK ($\text{Cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) değerlerinin sulak-alan kenarında uzaklaştıkça değişimi (ortalama \pm standart sapma)

Uzaklık	pH	OM	KDK	EC
2 m	7.93 \pm 0.078a	1.76 \pm 0.47a	33 \pm 0.01a	0.49 \pm 0.07a
50 m	7.95 \pm 0.06a	1.72 \pm 0.48a	30 \pm 0.01b	0.53 \pm 0.06a
100 m	7.91 \pm 0.049a	1.63 \pm 0.31ba	28 \pm 0.01c	0.55 \pm 0.09a
150 m	7.93 \pm 0.04a	1.41 \pm 0.34bc	22 \pm 0.01d	0.55 \pm 0.11a
200 m	7.88 \pm 0.10a	1.21 \pm 0.36c	20 \pm 0.01e	0.49 \pm 0.07a

Not:Aynı sütünde bir değişkene ait ortalamaların aynı harfle takip edilenleri Tukey ortalamaları ayırma testine göre $\alpha = 0.05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

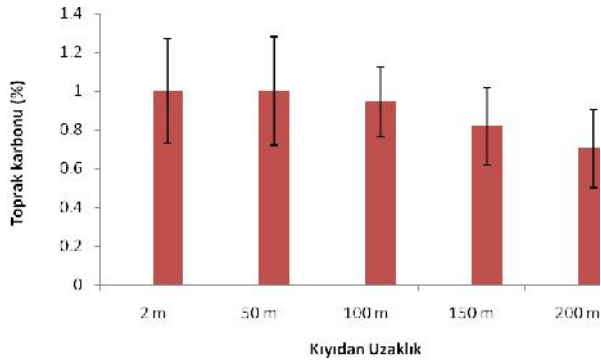
Toprağın tuzluluğunu gösteren elektrik iletkenliği bakımından kıyıda uzaklaşma ile herhangi bir fark olmamasına rağmen toprak derinliği ile birlikte elektrik iletkenliğinin de arttığı belirlenmiştir ($P = 0.006$). İlk 30 cm'deki toprağın elektrik iletkenliği 90 cm derinlikteki toprağın elektrik iletkenliğinden yaklaşık % 14 daha düşük çıkmıştır (Çizelge 2). Fakat bu değerler çok düşük olduğundan örnek alanların tamamındaki topraklarda tuzluluk bulunmamaktadır (Çizelge 1.2).

Çizelge 2. Toprağın tepkimesi (pH), organik madde miktarı (%) elektrik iletkenliği (EC mS cm^{-1}) ve KDK ($\text{Cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) değerlerinin toprak derinliği ile değişimi (ortalama \pm standart sapma)

Derinlik	pH	OM	KDK	EC
30 m	7.94 \pm 0.09a	1.49 \pm 0.22ba	26 \pm 5a	0.48 \pm 0.06b
60 m	7.92 \pm 0.05a	1.43 \pm 0.38b	26 \pm 5a	0.52 \pm 0.09ba
90 m	7.90 \pm 0.07a	1.72 \pm 0.60a	26 \pm 5a	0.56 \pm 0.09a

Not:Aynı sütünde bir değişkene ait ortalamaların aynı harfle takip edilenleri Tukey ortalamaları ayırma testine göre $\alpha = 0.05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Topraktaki karbon yoğunluğu hem kıyıda olan mesafe ($P = 0.002$) ve hem de toprak derinliğine ($P = 0.034$) bağlı olarak istatistiki olarak önemli farklılıklar göstermiştir. Fakat topraktaki C yoğunluğu ile ilgili olarak derinlikle uzaklık arasında bir etkileşim bulunamamıştır. Suyun 2 m yakınında 90 cm toprak profilinin ortalaması olarak % 1.025 C bulunurken kıyıda 150 m uzaklıkta bu değer % 20 ve 200 m mesafede de % 30 düşmüştür (Şekil 12, Çizelge 3).



Şekil 12. Efteni sulak-alanında kıydan uzaklaştıkça toprak karbonundaki (C) değişim (90 cm derinlikteki toprak profilinin ortalaması ± standart sapma)

Diğer taraftan örnekleme yapıldığı kıydan dışa doğru 200 metrelik hat boyunca toprak derinliğindeki değerler karşılaştırıldığında ilk 60 cm derinlikteki toprağın C yoğunluğunun 90 cm derinlikte bulunan toprağın C yoğunluğundan % 15 daha düşük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 3. Toprağın makro-besin elementi yoğunluğunun sulak-alan kenarından uzaklaştıkça değişimi (ortalama ± standart sapma)

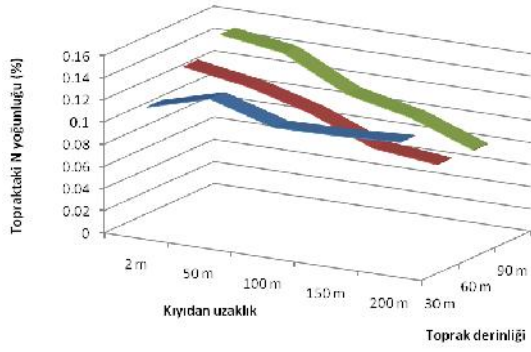
Uzaklık	C	N	P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	S
m%%mg kg ⁻¹mg kg ⁻¹mg kg ⁻¹mg kg ⁻¹mg kg ⁻¹
2	1.025 ± 0.27a	0.13 ± 0.02a	30 ± 9.7a	126 ± 33a	6427 ± 336a	372 ± 34a	22 ± 22b
50	1.002 ± 0.28a	0.13 ± 0.02a	28 ± 8.2ba	119 ± 41a	6350 ± 751a	345 ± 65ba	32 ± 9ba
100	0.945 ± 0.18ba	0.11 ± 0.015b	22 ± 10ba	93 ± 27b	6077 ± 961a	318 ± 57b	36 ± 13a
150	0.819 ± 0.2bc	0.10 ± 0.02bc	21 ± 10ba	85 ± 23cb	6023 ± 724a	305 ± 45b	37 ± 16a
200	0.705 ± 0.21c	0.09 ± 0.027c	19 ± 8.3b	67 ± 26c	5417 ± 864b	256 ± 61c	24 ± 11b

Not:Aynı sütünde bir değişkene ait ortalamaların aynı harfle takip edilenleri Tukey ortalamaları ayırma testine göre $\alpha = 0.05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Toprağın içerdiği toplam azot bakımından kıydan olan uzaklıkla toprak derinliği arasında bir etkileşim olduğu ortaya çıkmıştır ($P = 0.0424$). Etkileşimlerin ortalamasını karşılaştırdığımızda ise % 0.079'luk oranla 200 m uzaklıktaki ve 90 cm derinlikteki toprağın N yoğunluğunun kıyıya 2 m mesafedeki 90 cm derinliğinde bulunan toprağın N yoğunluğundan yaklaşık % 47 daha düşük olduğu belirlenmiştir (Şekil 13).

Toprağın ilk 30 cm derinliğindeki N yoğunluğu kıydan uzaklaşma ile belirli bir değişim göstermezken 60 ve 90 cm derinlikteki N yoğunluğunun kıydan olan uzaklıkla giderek azaldığı görülmektedir (Şekil 13).

Topraktaki P yoğunluğu bakımından kıydan uzaklığın istatistiki olarak önemli bir etkisi olmasına rağmen ($P = 0.044$) toprak derinliği ile P yoğunluğunun değişmediği ortaya çıkmıştır. Kıydan 200 m uzaklıkta 90 cm derinliğindeki P yoğunluğunun kıydan 2 m uzaklıktaki ve aynı toprak katmanında bulunan P yoğunluğuna göre yaklaşık % 37 azaldığı ortaya çıkmıştır (Çizelge 3).



Şekil 13. Efteni sulak-alanında kıydan uzaklaştıkça toprak derinliğine bağlı olarak topraktaki toplam azot (N) yoğunluğunun değişimi

Sulak-alanın kıyısına olan uzaklık ($P = 0.0001$) ve derinliğin ($P = 0.0306$) toprağın K yoğunluğunda istatistiki olarak önemli farklar oluşturduğu belirlenmiştir. Sulak-alanın kıyısından 200 m uzaklıktaki toprağın ilk 90 cm derinliğinde bulunan K yoğunluğu ortalamasının sulak-alanın 2 m uzağında bulunan aynı toprak katmanındaki K yoğunluğundan yaklaşık % 47 daha az olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Örneklerin alındığı kıyıdan dışa doğru 200 m'lik hat boyunca toprağın 90 cm derinliğindeki K yoğunluğu da ilk 30 cm toprak derinliğinde bulunana göre yaklaşık % 22 azalmıştır (Çizelge 4).

Çizelge 4. Toprağın makro-besin elementi yoğunluğunun toprak derinliği ile değişimi (ortalama \pm standart sapma)

Derinlik	C	N	P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	S
%.....	 mg kg ⁻¹				
30 m	0.85 \pm 0.13b	0.117 \pm 0.015a	26 \pm 7.4a	112 \pm 23a	6418 \pm 685a	353 \pm 58a	23 \pm 10b
60 m	0.83 \pm 0.22b	0.108 \pm 0.026a	24 \pm 12a	95 \pm 45ba	5861 \pm 883b	299 \pm 69b	31 \pm 15a
90 m	0.99 \pm 0.35a	0.116 \pm 0.035a	22 \pm 10a	87 \pm 36b	5896 \pm 780b	306 \pm 57b	35 \pm 13a

Not:Aynı sütünde bir değişkene ait ortalamaların aynı harfle takip edilenleri Tukey ortalamaları ayırma testine göre $\alpha = 0.05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Topraktaki Ca içeriği hem sulak-alan kıyısından uzaklaşma ($P = 0.0135$) ile hem de toprak derinliği ($P = 0.0348$) ile istatistiki olarak önemli miktarda değişmiştir. Kıyıdan ilk 150 m mesafeye kadar topraktaki Ca yoğunluğu bakımından bir fark görülmezken 200 m mesafedeki toprağın ilk 90 cm derinliğindeki Ca yoğunluğu ortalamasının su kenarına 2 m mesafedeki aynı toprak katmanında bulunan Ca yoğunluğuna göre yaklaşık % 16 azaldığı görülmüştür (Çizelge 3). Yine örneklerin alındığı kıyıdan dışa doğru 200 m'lik hat boyunca toprağın Ca yoğunluğu bakımından ilk 60 cm toprak derinliğinde bir fark görülmezken 90 cm derinliğindeki Ca yoğunluğu ilk 30 cm derinliktekenden yaklaşık % 8 daha düşük çıkmıştır (Çizelge 4).

Toprağın Mg içeriği de kıyıdan olan uzaklık ($P = 0.0001$) ve toprak derinliği ($P = 0.0016$) ile istatistiki olarak önemli farklılıklar göstermiştir. Kıyıdan 200 ve 150 m uzaklıktaki toprağın ilk 90 cm derinliğinde bulunan Mg yoğunluğu ortalamasının kıyıdan 2 m uzaklıktaki aynı toprak katmanındakine göre sırasıyla yaklaşık % 31 ve % 18 oranında azaldığı ortaya çıkmıştır (Çizelge 3). Örnekleme hattı boyunca toprağın 90 cm derinliğindeki Mg yoğunluğu da ilk 30 cm derinliğine göre yaklaşık % 13 azalmıştır (Çizelge 4).

Topraktaki toplam S içeriği de sulak-alan kenarından uzaklaşma ($P = 0.0096$) ve toprak derinliğine ($P = 0.0088$) bağlı olarak istatistiki farklılıklar göstermektedir. Toprağın S içeriği kıyıdan uzaklıkla sürekli olarak azalma veya artma yönünde belirli bir eğilim göstermemesine rağmen örnekleme hattı boyunca toprağın S içeriğinin 60 cm derinlikten sonra arttığı ve 90 cm derinliğe inildiğinde toprağın S içeriğinin ilk 30 cm derinliktekine göre yaklaşık % 52 oranında arttığı hesaplanmıştır (Çizelge 4).

Tartışma ve Sonuç

Organik maddenin ayrışması ilerledikçe birim hacimde daha fazla madde sıkışacaktır. Toprak yüzeyinden derinlere doğru genel olarak azalma eğiliminde olan oksijen miktarı toprak profili boyunca derinlere doğru inildikçe taban suyundan dolayı daha da azalacaktır. Oksijenin suda havadakinden 10 bin kat daha yavaş ilerlemesinden (Schelesinger, 1997) dolayı da derinde ve gözenekleri suyla dolu olan kısımlarda organik madde ayrışması oksijenin daha bol olduğu toprak yüzeyine oranla çok daha yavaş olacaktır. Bu nedenle şimdiki çalışmada ayrışmanın daha az olduğu derindeki kısımlarda daha gevşek bir OM birikmesinden dolayı hacim ağırlığı yüzeye göre düşük çıkmış olabilir. Yüzeydeki toprak kısımlarında ise organik madde ayrışması derin kısımlara göre çok daha hızlı olacağından birim hacimde daha fazla madde bulunacak ve hacim ağırlığı artacaktır. Ayrıca sulak-alandan uzaklaştıkça kıyıdan 200 m mesafede diğer örnekleme noktalarına göre daha kuru olan alanda toprağın hacim ağırlığının fazla çıkmasının nedeni de bu sahalarda OM ayrışmasının daha ileri aşamada olmasından ve dolayısıyla toprakta OM'ye göre daha ağır olan inorganik toprak oranının artmasından kaynaklanabilir. Bunun yanında kurutulan sahaların mera olarak kullanılması sonucu otlayan hayvanların toprağı sıkıştırması da su kenarından uzaklaştıkça toprağın hacim ağırlığının artmasına katkıda bulunmuş olabilir.

Daha çok otsu fizyonomiye sahip olan Efteni sulak-alanı Aksu, Küçük-Melen ve Uğur-Suyu ile beslenen ve iç karasal bölgelerde yer alan bir ekosistemdir. Ayrıca Efteni sulak-alanının gelgit olayları veya fiziksel olarak estuariler gibi tuzlu deniz sularıyla bir etkileşimi bulunmamaktadır. Sistemi besleyen suların geldiği yerler toprak yapısı olarak da tuzluluk özelliği göstermediğinden (Anonim, 1972) sahadaki toprakların tuzluluğu (EC) düşük olup alan Odum ve Barrett (2009)'e göre bir tatlısu sulak-alanı niteliğindedir. Şimdiki çalışmaya benzer şekilde Meksika-Körfezi kıyısında bir sulak-alanın kurutulmuş tarım alanına ve meraya dönüştürüldüğü sahalarda Moreno-Casasola et al (2008) benzer toprak verileri elde etmiştir.

Araştırma sahasında toprak tepkimesinin bazı özellik göstermesinin nedeni alanı besleyen suların sahaya taşıdığı sedimentlerden ve içinden geçtiği şehrin atık sularının içeriğinden kaynaklanabilir. Bu nedenle sağlıklı bir değerlendirme yapılabilmesi için sulak-alanı besleyen Uğur-Suyu, Küçük-Melen, Aksu ve diğer küçük dereciklerin çıkmış oldukları havzadaki kireç ve baz oluşturan katyon değerlerinin şehirden sonra sulak-alana girmeden önceki veya sanayi kuruluşlarından önce ve sonra değerleriyle karşılaştırılması gerekir.

Toprağın OM miktarı sulak-alan kıyısından 50 m mesafeden sonra uzaklaştıkça giderek azalmıştır. Sulak-alan etkisinden en uzak olan 200 m mesafede OM'nin ayrışması da daha fazla olmuştur. OM ile ilgili bu veri daha önce açıklanan toprağın hacim ağırlığı ile ilgili verilerle de uyum göstermektedir.

Sulak-alan kenarında toprağın orta düzeyde olan ($33 \text{ Cmol}_C \text{ kg}^{-1}$) KDK'sı kıyıdan 200 m uzaklaşıldığında % 50 'den fazla kayba uğrayarak yazıf duruma düşmüştür. Organik madde topraktaki katyon tutma bölgelerinin önemli bir kısmından sorumlu olduğu için yine kurutmanın olduğu yerdeki toprakta organik madde miktarının azalmasına bağlı olarak toprağın KDK'sı da zayıf duruma düşmüştür. Bu tür sulak-alanlar içerdikleri kısmen parçalanmış OM sayesinde fazla miktardaki NO_3^- , H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} gibi iyonları ve ayrıca Pb, Cd, Cu vb. ağır metalleri tutarak suyu temizlemektedirler (Brady ve Weil, 1999; Moustafa, 1999). Sulak-alanların bu özelliklerinden dolayı şehir kenarlarında atık su arıtma amacıyla sulak-alanlar oluşturulmaktadır. Zdragas ve ark.(2002) Yunanistan'ın Thessaloniki yakınlarındaki Gallikos nehri üzerinde kurulan ve günlük 100 m^3 şehir atıklarının işlendiği sulak-alanda atıklardaki toplam koliform bakteri oranının önemli miktarda azaldığını belirlemiştir. Maltais-landry ve ark.(2009) yapay olarak geliştirilen sulak-alanların OM ve N 'i de uzaklaştırmada geleneksel atık işlemeden çok daha etkili olduğunu belirtmektedir. Bu

nedenle sadece doğal olanlarının değil yapay olarak oluşturulan sulak-alanların bu işlevi de giderek dikkat çekmektedir.

Toprağın C miktarı OM ile direk olarak bağlantılı olduğu için C miktarı da OM miktarına benzer şekilde bir eğilim göstererek 200 m uzaktaki toprağın sulak-alanın kenarındaki toprağa göre karbonunun % 30'unu kaybettiği belirlenmiştir. Fosil yakıtlarından sonra atmosfere en çok CO₂ salınımının % 25 lik oranla arazi kullanımındaki değişimden kaynaklandığı belirtilmektedir (Eaton et al., 2008). Şimdiki çalışmada kıyıda 200 m mesafedeki toprağın hacim ağırlığı kıyıya 2 m mesafedeki toprağın hacim ağırlığından % 10 dan daha fazla olmasına rağmen yapılan hesaplamalarda kurutma sonucu 1 hektar sahada en az 25 ton karbon kaybı olmuştur.

Sulak-alanlar hem aerobik hem de aneorobik ortamda, denitrifikasyon veya bitki alımı yoluyla nitratı etkili bir şekilde tüketip sudan uzaklaştırmaktadır. Topraktaki OM miktarı arttıkça denitrifikasyon oranı genel olarak artma eğiliminde olmasına rağmen bütün organik karbon denitrifikasyon bakterileri tarafından kullanılamamaktadır. Bu dönüşümde karbonun miktarı kadar kalitesi de önemli olmaktadır (Dodla et al., 2008). Fakat genel olarak Pauwels ve Talbo (2004) sulak-alanların denitrifikasyonla azotun N₂ ve N₂O formunda sudan kaybolmasına neden olduğunu belirtmektedir. Şimdiki çalışmada örnekleme alanlarında toprağın 60 ve 90 cm derinlikteki N yoğunluğunun kıyıda olan uzaklıkla giderek azaldığı görülmektedir. Topraktaki bu N kaybının nedenleri; 1- toprak havalanmasına bağlı olarak mineralizasyonun artması, 2-inorganik azotun bitki alınımı veya nitrate dönüşerek topraktan sızması ve 3-denitrifikasyonla kayıp olabilir. Topraktaki diğer besin elementlerinin miktarları da organik madde ve buna bağlı olarak KDK'nın değişimine paralel olarak değişmektedir. Bu nedenle araştırmada test edilen sıfır hipotezleri genel olarak reddedilmiştir.

KontROLSÜZ yerleşimler ve daha sonra bu yerleşim alanlarındaki hem sorunların çözümü ve hem de yeni ihtiyaçlar için çevredeki doğal kaynaklar üzerinde baskılar yapılmaktadır. Benzer şekilde son 60 yılda sadece ABD'de 47 milyon hektar sulak alan yerleşim yeri ve tarım alanına çevrilmiştir.

Büyük yüzey alanına sahip sulak-alanlar etrafındaki karasal alanları da kullanan kısmen karasal alanda kısmen de sulak-alanda yaşamını sürdüren kenar-türlerin (edge-species) dışında sulak ekosistemin iç bölgelerine has koşullarda yaşayabilen canlıların da bulunmasını sağlayabilir (interior-species). Geometrik olarak küçük yüzey alanına sahip sulak alanlar ise kenar etkisinden kurtulmuş kendine özgü bir iç bölge oluşturamadıklarından sadece kenar türlerini barındırırlar. Bu nedenle sulak-alanların daraltılması iç-bölge (interior) türlerinin yok olmasına neden olabilir.

Sulak-alanların bir çok canlıya yaşam alanı olması, besin ve su döngüsüne etkisi, kirleticileri temizlemesi ve C depolaması vb. özelliklerinden dolayı öneminin daha iyi anlaşılması nedeniyle bu alanların yeniden kazanımı ve restore edilmesi için veriler toplanmaya ve araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. Bu sahalardan özellikle jeomorfolojik ve hidrolojik özellikleri fazla değiştirilmeyenler tekrar geri kazanımı sağlanabilmekte ve habitatlar hızla eski halini alabilmektedir. Bu amaçla 1980'den sonra sulak-alanların yeniden yapılandırılması veya yeni sulak-alan oluşturulması konusunda düzenlemeler getirilmiştir (Bendor ve Brozovic, 2007). Buradaki en önemli sorunlardan biri sahanın tekrar kazanılmasına yönelik teknik yönden çalışmaların yetersizliği yanında özellikle çevreye duyarlılığın az olduğu toplumlarda hazırlanışı ve uygulanışı eksik yasalarla sahanın durumunun korunamamasıdır.

Türkiye 1940'lardan sonra endüstrileşmeye başlayınca ekonomi de tarımdan endüstriye doğru kaymaya başlamış ve bunun sonucu da kırsal alanlardaki nüfus kentlere doğru hareket etmeye başlamıştır. Ulaşımın, tesis kurma ve işletmenin kolaylığı ve pazara yakınlığı gibi nedenlerle Türkiye'deki sanayileşme genelde verimli tarım arazileri ve ovalar üzerine kurulmuştur. Sanayi sadece kendisi ovayı işgal etmekle kalmamış ayrıca buralarda çalışan ve

sanayiye bağı olan toplumların yerleşmesi için ovalarda yerleşim yerlerinin hızla çoğalmasına da neden olmuştur. Sonuç olarak ovalarda kurulmuş ve yasal düzenlemelerin yokluğundan veya uygulama eksikliğinden dolayı çevresel etkileri göz ardı edilerek işletilen endüstrilerle gelişigüzel ve hızla oluşan yerleşim alanları, hem var olan verimli toprakları tüketmiş hemde etrafındaki su, orman, mera, sulak-alan, deniz, akarsu, göl vb. kaynaklara baskı yapmaya başlamıştır.

Çalışma alanı olan Efteni sulak-alanı da içinde bulunduğu Düzce ovasındaki sanayi ve yerleşimden etkilenmiştir. Daha önceleri tarım alanı, mera ve sulak-alanlarla kaplı olan yerler hızlı yerleşime dayalı yapılaşmanın fazla olduğu bir peyzaja dönüşmüş ve daha da dönüşmektedir.

Dünya üzerinde tatlı-su habitatlarının karasal ve deniz ekosistemlerine göre çok az bir alanı kaplamasına rağmen oldukça önemli işleve sahip olduğunun anlaşılmasından sonra çıkarılan birçok uluslararası antlaşmalara taraf olan Türkiye’de bu alanları koruyup geliştireceğini beyan etmiştir.

Efteni sulak-alanının rekreasyon açısından değeri bulunduğu gibi (Mansuroğlu, 1997) sadece bu günkü yapısı ve işlevleriyle değil jeolojik devirlere ait özellikle bitki örtüsüyle ilgili çok değerli özelliklere sahip bir bilimsel çalışma alanıdır (Bottema ve Ark., 1994). Bu nedenle sahanın sadece korunması değil geri kazanılabilecek yerlerinin belirlenerek alanın en azından eski haline genişletilmesi ve alınacak tedbirlerle sistemin korunması ve havza bazlı bir ekosistem yönetimi gerekmektedir. Bu nedenle uygulamacıya öneriler;

1-Sulak-alanların işlevlerini yerine getirebilmesi için sistemi besleyen akarsular ve çevresinin bir bütün olarak değerlendirilmesi gerekir. Bu nedenle sadece Efteni sulak-alanı ve yakın çevresi değil, sistemi besleyen Aksu, Melen, Uğursuyu akarsularının geldiği havzalar ve bu suların geçtiği sanayi, tarım ve yerleşim yerlerinden etkilenme derecelerinin yapılacak nokta ve mevsimsel ölçümlerle izlenmesi ve sisteme etki edecek olumsuz etkilerin önlenmesi gerekir.

2-Sulak-alanın etrafında ekolojik açıdan tekrar kazanılabilecek veya genişletilebilecek yerlerin alan olarak belirlenip sulak alanın genişletilmesi çalışmasının başlatılması ve bu alanları besleyen akarsular boyunca ve yukarı havzalarda periyodik ölçümler yapılarak ovadaki faaliyetlerin sulak alana ve sulak alana bağlantılı akarsu ve havzalara olan olumsuz etkileri yasal düzenleme altına alınmalıdır.

3-Sulak-alanı besleyen sulara arıtılmamış atıklar salınmamalı, sulak alanın bulunduğu Düzce ovasında tarım uygulamalarında özellikle uzun yıllar yapılan tütün tarımı gibi toprağı ve suyu zehirleyen tarım bitkilerinden vazgeçilmeli ve tarımda aşırı kimyasal madde kullanımına kısıtlama getirilmelidir. Bu bakımdan ovanın ve üst havzaların teknik ve hukuksal açıdan uygun olan yerlerinde geleneksel tarımdan çevreye duyarlı tarıma geçilmesinde yarar vardır.

4-Düzce’deki akarsular üzerinde faaliyet gösteren çok sayıda kum ocakları bulunmaktadır. Dere kenarı ekosistemlerinin sürekli olarak tahrip edilerek var olan organik madde ve sisteme yeni organik maddesi girdisi sağlayacak olan bitki toplulukları ortadan kaldırılmaktadır. Böylece üst havzalardan gelen suları temizleyecek sistem tahrip edildiği gibi kum alımları sırasında sular daha da fazla sedimentle yüklenmektedir. Böylece gelen sularda sediment yükünün artması hem sahadaki yaban hayatı ve bitkileri etkileyebilir hem de su biriktirilen settelerin dolmasına neden olabilir. Bu nedenle kum ocaklarının faaliyetlerinin hem ekolojik nedenlerle hem de yapılan uluslararası sözleşmeler uyarınca durdurulması gerekmektedir.

5-Dere yataklarına kurulmuş yerleşim yerleri zaman zaman sel oluşumuna neden olduğu gibi akarsulara su kalitesini bozacak atıklar salmaktadır. Bu nedenle uygulanabilecek yerlerde dere-yataklarındaki yerleşim yerlerinin boşaltılarak dere-kenarlarının ıslah edilmesi gerekmektedir.

6-Teşvikle birlikte Düzce’de ikinci bir organize sanayi kurulmuştur. Daha önce var olan sanayi kuruluşlarının yanında teşvikten sonra gelen bu sanayi kuruluşlarının atıkları sulak alanı olumsuz yönde etkileyecektir. Bu nedenle ovada sanayi teşviği kaldırılmalı ve var olanlarına da çevre etki değerlendirmelerinde önerilen önlemler sıkı bir şekilde uygulanarak olumsuz etkiler en aza indirilmelidir.

7-Bunların yanında uzun vadeli daha sağlıklı bir değerlendirmelerde bulunabilmek için ovadaki ve etrafındaki havzalar bazında toprak, bitki örtüsü ve su kaynaklarıyla ilgili ilgi-grupları oluşturularak yapılacak bilimsel çalışmalar desteklenmelidir.

Kaynaklar

- Aksoy, N. 2006. Elmacık Dağı (Düzce) Vegetasyonu, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Botaniği Doktora Programı, İstanbul.
- Aksoy, N. 2007. Plant Diversity in Elmacık Mountain (Düzce) Turkey. International Symposium 7th plant life of south west Asia (7th PLoSWA). 25-29 June 2007 Eskişehir, Turkey
- Anonim, 1972. Batı Karadeniz Havzası Toprakları. Kök İşleri Bakanlığı, Toprak Genel Müdürlüğü Yayınları, Yayın No:273. Cihan Matbaası, Ankara
- Anonim, 1995. Wetlands: Characteristics and Boundaries. National Research Council Staff. National Academies Press, Washington, USA.
- Anonim, 2006. Türkiye’nin Önemli Doğa Alanları II. Güven Eker, Murat Bozdoğan, Süreyya İsfendiyaroğlu, Dicle Tuba Kılıç, Yıldırım Lise (Edit). Doğa Derneği, Mas Matbaacılık A.Ş. İstanbul.
- Atalay, İ. 2002. Türkiye’nin Ekolojik Bölgeleri. Meta Basımevi, İzmir.
- Bendor, T. and Brozovic, N. 2007. Determinants of Spatial and Temporal Patterns in Compensatory Wetland Mitigation. *Environmental Management*. 40:349-364
- Bottema, S., Woldring, H. and Aytuğ. 1994. Late Quarternary Vegetation History of Northern Turkey. *Palaehistoria*, (35-36): 13-76.
- Brady, N.C. and Weil. R. R. 1999. The Nature and Properties of Soils. Twelfth Edition. Prentice-Hall, Inc. New Jersey.
- Brooks, R.P., Patil, G.P., Fei, S., Gitelman, A.I., Myers, W.L. and Reavie, E.D. 2007. Next Generation of Ecological Indicators of Wetland Condition. *EcoHealth*. 4: 176-178
- Dodla, S.K., Wang, J.J., Delaune, R.D. and Cook, R.L. 2008. Denitrification Potential and Its Relation to Organic Carbon Quality in Tree Coastal Wetland Soils. *Science of The Total Environment*. 407:471-480.
- Eaton, J.M., Mcgoff, M.N., Byrne, K.A., Leahy, P. and Kiely, G. 2008. Land Cover Change and Soil Organic Carbon Stocks in The Republic of Ireland 1851-2000. *Climatic Change*. 91:317-334
- Ekim, T. 2009. Türkiye’nin Nadir Endemikleri. Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, Özgün Ofset. İstanbul.
- Junk, W., Brown., Campbell, I.C., Finlayson, M., Gopal, B., Ramberg, L. and Warner., B.G. 2006. The Comparative Biodiversity of Seven Globally Important Wetlands: A Synthesis. *Aquatic Science*. 68: 400-414.
- Keten, A. 2009. Düzce-Efteni Gölü Omurgalı (Vertebrata) Türleri Üzerine Araştırmalar. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi (yayınlanmamış veriler).
- Kuo S. 1996. Phosphorus. In *Methods of Soil Analysis – Part 3 – Chemical Methods*, pp. 869-919. Eds D L Sparks et al. Madison, Wisconsin, USA: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy.

- Maltais-Landry, G., Maranger, R., Brisson, J. and Chazarenc, F. 2009. Greenhouse Gas Production and Efficiency of Planted and Artificially Aerated Constructed Wetlands. *Environmental Pollution*. 157:748-754
- Mansuroğlu, S.G., 1997. Düzce Ovasının Optimal Alan Kullanım Planlaması Üzerine Bir Araştırma. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı. *Doktora Tezi*, Adana.
- Martinuzzi, S., Gould, W.A., Lugo, A.E. and Medina., E. 2009. Conversion And Recovery of Puerto Rican Mangroves: 200 Yeras of Change. *Forest Ecology and Management*. 257:75-84.
- Milton, W. 1994. Freshwater Marshes: Ecology and Wildlife Management. University of Minnesota Press, 1994. Minneapolis, MN, USA.
- Moreno-Casasola, P., Rosas, H.L., Mata, D.I., Peralta, L.A. Travieso-Bello, A.C. and Warner, B.G. 2009. Environmental and Anthropogenic Factors Associated With Coastal Wetland Differentiation in La Mancha, Veracruz, Mexico. *Plant Ecology*. 200:37-52.
- Moustafa, M.Z. 1999. Analysis of Phosphorus Retention in Free-Water Surface Treatment Wetlands. *Hydrobiologia*. 392: 41-53
- Nelson D W, Sommers L E. 1996. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. In *Methods of soil analysis - Part 3 – Chemical methods*, pp. 961-1010. Eds D L Sparks et al. Madison, Wisconsin, USA: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy.
- Odum, E.D. and Barrett. G.W. 2008. Ekolojinin Temel İlkeleri. Beşinci Baskıdan Çeviri. Editor. Kani Işık. Palme Yayıncılık. Ankara
- Olli, G., Darraq, A., and Destouni, G. 2009. Field Study of Phosphorous Transport and Retention in Drainage Reaches. *Journal of Hydrology*. 365:46-55.
- Pauwels, H. and Talbo, H. 2004. Nitrate Concentration in Wetlands: Assessing The Contribution of Deeper Groundwater From Anions. *Water Research*. 38:1019-1025
- SAS Systems for Windows™ . 1996. Release 6.12. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA.
- Schlesinger, W. H., 1991. Biogeochemistry: An Analysis of Global Change. Academic Pres, London.
- Suarez D L. 1996. Beryllium, Magnesium, Calcium, Strontium and Barium. In *Methods of Soil Analysis — Part 3 — Chemical Methods*, pp. 575-601. Eds. D L Sparks et al. Madison, Wisconsin, USA: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy.
- Sumner M E, Miller W P. 1996. Cation Exchange Capacity and Exchange Coefficients. In *Methods of Soil Analysis – Part 3 – Chemical Methods*, pp. 1201-1229. Eds D L Sparks et al. Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy.
- Tabatabai M A. 1996. Sulfur. In *Methods of Soil Analysis — Part 3 — Chemical methods*, pp. 921-960. Eds D L Sparks et al. Madison, Wisconsin, USA: Soil Science Society of America, American Society of Agronomy.
- Thomas G W. 1996. Soil pH and Soil Acidity. In *Methods of Soil Analysis – Part 3 – Chemical Methods*, pp. 475-490. Eds D L Sparks et al. Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy.
- Türker, N. ve Çetinkaya, A. 2009. Batı Karadeniz Bölümü Ekoturizm Potansiyeli. Detay Yayıncılık, Ankara.
- Yaltirik, F., İşgüzar. H., ve Küçükkoça, A. H. 1953. Düzce İlçesi ve Orman İşletmesi, Ülkü Basımevi, İstanbul.

Zdragas, A., Zalidis, G.C., Takavakoglou, V., Katsavouni, S., Anastasiadi, E.T and Eskridge, K. 2002. The Effects of Environmental Conditions on The Ability of Constructed Wetland to Disinfect Municipal Wastewaters. *Environmental Management*. 29 (4): 510-515.