

ARAŞTIRMA MAKALESİ

RESEARCH ARTICLE

Doğal Bir Mera Alanında Uygulanan Farklı Islah Yöntemlerinin Çevresel Etkilerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Kullanılarak Belirlenmesi

Determination of Environmental Impacts of Different Improvement Methods Applied in a Natural Rangeland Using Life Cycle Assessment

Levent BURGU^{1*}, Hanife MUT², İlknur AYAN³

Öz

Hayvancılık için büyük öneme sahip olmalarının yanı sıra meralar, ekosistem için de çok değerli doğal alanlardır. Bu tür alanlarda yürütülecek faaliyetlerin, çok yönlü değerlendirilerek planlanması ve yürütülmesi, sosyal, ekonomik ve ekolojik olarak sürdürülebilirliklerini sağlamamızı kolaylaştırabilir. Bununla birlikte, meralar karasal alanlar içerisinde oransal olarak önemli paya sahiptir. Bu derece büyük alanlarda yapılan ıslah uygulamaları da tüm ekosistem sağlığını ve sürdürülebilirliğini etkileyebilecek büyük çaplı faaliyetlerdir. Yaşam döngüsü değerlendirmesi, üretim süreci boyunca oluşan çevresel etkileri kümülatif olarak değerlendirmemize olanak sağlayan ve yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu çalışmada, yaşam döngüsü değerlendirmesi ile Samsun ilinde 30 yıl önce sürülerek terk edilmiş bir mera alanında yapılan bir ıslah denemesi sonuçları esas alınarak, yapılan uygulamalarının çevresel etkilerinin belirlenmesi ve karşılaştırılması amaçlanmıştır. Havalandırma (H), ahır gübresi uygulaması (AG), suni gübre uygulaması (SG), havalandırma + ahır gübresi uygulaması (HAG) ve havalandırma + suni gübre uygulaması (HSG) işlemleri, bir ton kuru ot ve bir ton protein verimi fonksiyonel birimleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Yaşam döngüsü değerlendirmesi neticesinde, bir ton kuru ot fonksiyonel biriminde, en yüksek çevresel yüke neden olan ıslah uygulamalarının sırasıyla SG ve HSG, en düşük çevresel yük oluşturan işlemlerin sırasıyla AG ve H işlemleri olduğu görülmüştür. Bir ton protein fonksiyonel birimi için en yüksek çevresel yükün, sırasıyla HSG ve SG, en düşük çevresel yükün ise sırasıyla AG ve H işlemlerinde gerçekleştiği belirlenmiştir. Mera ıslah uygulamalarında suni gübre kullanımının, birim çıktı başına çok fazla çevresel yük oluşturduğu, yapılacak ıslah işlemlerinde suni gübre kullanımının çok dikkatle değerlendirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Islah için otlatma kontrolü, biçim, havalandırma gibi yöntemlerin öncelenmesi ve bitki besin maddesi eksikliklerinin ahır gübresi ile telafi edilmesinin daha uygun olacağı değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mera ıslahı, Yaşam döngüsü değerlendirmesi, Çevresel etki, Kuru ot, Protein

¹*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Levent Burgu, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bilecik, Türkiye. E-mail: leventburgu@gmail.com  OrcID: 0000-0003-3538-7172

²Hanife Mut, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bilecik, Türkiye. E-mail: hanife.mut@bilecik.edu.tr  OrcID: 0000-0002-5814-5275

³İlknur Ayan, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Samsun, Türkiye. E-mail: ilknuray@omu.edu.tr  OrcID: 0000-0002-5097-9013

Atıf: Burgu, L., Mut, H., Ayan, İ. (2025). Doğal bir mera alanında uygulanan farklı ıslah yöntemlerinin çevresel etkilerinin yaşam döngüsü değerlendirmesi kullanılarak belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(3): 723-731.

Citation: Burgu, L., Mut, H., Ayan, İ. (2025). Determination of environmental impacts of different improvement methods applied in a natural rangeland using life cycle assessment. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 22(3): 723-731.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2025

Abstract

Besides being of great importance for livestock, rangelands are also very valuable natural areas for the ecosystem. The planning and execution of activities to be carried out in such areas with a multidimensional evaluation can facilitate us to ensure their social, economic and ecological sustainability. However, rangelands have a proportionally significant share in terrestrial areas. Improvement practices in such large areas are also large-scale activities that can affect the health and sustainability of the entire ecosystem. Life cycle assessment is a widely used method that allows us to cumulatively assess the environmental impacts that occur throughout the production process. In this study, with life cycle assessment, it was aimed to determine and compare the environmental impacts of the practices based on the results of a improvement experiment conducted in a rangeland abandoned by plowing 30 years ago in Samsun province. The treatments of Aeration (H), barn manure application (AG), chemical fertilizer application (SG), aeration + barn manure application (HAG) and aeration + chemical fertilizer applications (HSG) were evaluated using functional units of one ton of hay and one ton of protein yield. As a result of the life cycle assessment, it was observed that for one ton of dry grass functional unit, the treatments causing the highest environmental burden were SG and HSG, while the treatments causing the lowest environmental burden were AG and H, respectively. It was determined that the highest environmental load for a ton of protein functional unit was HSG and SG, and the lowest environmental load was in AG and H, respectively. It was concluded that the use of chemical fertilizers in rangeland improvement practices caused a very high environmental load per unit output, and that the use of chemical fertilizers should be evaluated very carefully in the improvement processes to be carried out. It was evaluated that it would be more appropriate to prioritize methods such as grazing control, cutting, aeration for improvement, and to compensate for plant nutrient deficiencies with barn manure.

Keywords: Rangeland improvement, Life cycle assessment, Environmental impact, Dry hay, Protein

1. Giriş

Türkiye’de 25.02.1998 tarihinde çıkarılan 4342 sayılı Mera Kanunu ile hukuki statüsü netleştirilmiş olan mera alanları, kamu orta malı hükmünde olan, kadimden beri bu amaçla kullanılan veya sonradan mera olarak kullanılabileceği tespit edilerek tahsis edilen, otlatma hakkının tahsis edilmesi yolu ile hayvancılık yapan üreticilerin kullanmasına olanak sağlanan, doğal olarak veya ıslah tedbirleri ile oluşturulmuş kısa boylu, karışık bitki örtüsüne sahip, hayvan otlatma yolu ile faydalanılan arazilerdir.

Tarım alanları sürekli toprak işleme, tohum yatağı hazırlama, gübreleme ekim, hasat, vb. kültürel işlemlere ihtiyaç duyarken mera alanları, çok az müdahaleyle yönetilebilirler; çalılar ve ağaçlar tarafından işgal edilmesini önlemek için yılda bir kez biçmek yeterli olabilmektedir (Nemecek ve ark., 2011). Seydoşoğlu (2018), meralarda sürdürülebilirliğin devam etmesi bakımından, ilk olarak otlatmanın planlaması, sonrasında başta gübreleme ve yabancı ot savaşımı olmak üzere bazı bakım ve ıslah işlemlerinin uygulamaya konulması ve ayrıca uygulamaların da zaman zaman yenilenmesi gerektiğini ifade etmiştir. Gökkür ve Uysal (2020), çok fazla bozulmamış mera alanlarında, otlatmanın planlanması, gübreleme, yabancı otla mücadele, drenaj sistemi oluşturma gibi ıslah uygulamaları ile başarılı sonuçlar alınabileceğini belirtmişlerdir.

Ülkemizde mera ıslah çalışmaları, Kanunun çıktığı 1998 yılından itibaren, yükseköğretim kurumları ile Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğüne bağlı araştırma enstitülerinin danışmanlığında, Tarım ve Orman Bakanlığı taşra teşkilatlarınca yürütülmektedir. Ülke çapında 2000 yılı ile 2024 yılları arasında 22.012.970 dekar alanda, 2958 adet mera ıslah ve amenajman projesi uygulanmıştır (Anonim, 2024).

Cangir ve Boyraz (2008), Arazilerin doğal yapılarının, ekosistemin sürdürülebilirliğine yönelik olarak korunması için her türlü teknik ve yasal tedbirin alınması gerektiğini, Cevher ve ark. (2009), mera alanlarına yönelik ıslah ve düzenleme tekniklerinin uygulamaya konulabilmesinin, ancak mera üzerinde yapılacak uygulamaların, ekolojik ve ekonomik olarak sürdürülebilir, sosyal olarak kabul edilebilir olması ile mümkün olabileceğini belirtmişlerdir. Oysa mera ıslah çalışmaları yapılırken, çoğunlukla kaba yem veriminin artırılmasına odaklanılmakta, planlanan veya yapılan uygulamaların çevresel etkileri ve ekolojik sürdürülebilirliği geri planda kalmaktadır. Öyle ki bu çalışma için yapılan literatür taramasında, ülkemizdeki mera ıslah uygulamalarının ekolojik sürdürülebilirliğinin ölçülmesine yönelik objektif ve bilimsel değerlendirmelerin yapılabileceği bir yöntem tavsiyesine rastlanılmamıştır.

Yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD), çevresel yüklerin analiz edilmesi amacıyla kullanılan, Dünyada geniş kabul görmüş bir yöntemdir. Tarımsal faaliyetlerin çevresel etkilerini tahmin etmek ve tarımsal ürünlerin üretiminin neden olduğu kaynak tükenmesi sorunları ve çevresel ve sağlık etkilerini değerlendirmek için de yaygın olarak kullanılmaktadır (Avadi ve ark., 2022, Van Der Werf ve ark., 2020).

Bu çalışmada YDD yöntemi ile mera ıslah uygulamalarının oluşturduğu çevresel etkilerin tespit edilmesi, farklı uygulamaların etkilerinin karşılaştırılması ve birim çıktı artışı başına en az çevresel yük oluşturan ıslah yönteminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma alanı ve yöntemi

Yaşam döngüsü analizi için ele alınan veriler, 2005 – 2008 yılları arasında Samsun ilinde Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi’ne ait, denemenin kurulmasından yaklaşık 30 yıl önce sürülüp terk edilmiş, doğal bir mera alanından elde edilmiştir. Çalışma zamanında devam eden herhangi bir otlatma faaliyeti bulunmamaktadır. Mera alanında tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak yürütülen denemede, farklı ıslah yöntemlerinin verim, ot kalitesi ve bitki kompozisyonuna etkileri araştırılmıştır (Mut, 2009).

Çalışmanın yaşam döngüsü analizi için ele alınacak kısmında havalandırma, suni gübre uygulaması, ahır gübresi uygulaması, havalandırma + suni gübre, havalandırma + ahır gübresi uygulamalarının sonuçları değerlendirilmiş, bu işlemler sonucu elde edilen ve *Tablo 1*’de verilen kuru ot ve protein verimi değerlerinden yararlanılarak çevresel etki analizi yapılmıştır. Söz konusu işlemlerden olan havalandırma işlemi tırmık ile yaklaşık 5 – 6 cm derinliğinde olacak şekilde sonbaharda gerçekleştirilmiştir (Ayan ve Acar, 2008). Gübre uygulamalarında ise deneme alanının toprak analiz sonuçları ve botanik kompozisyonu dikkate alınarak, 3 yılın

sonunda toplam dekara 12 kg N ve 8 kg P₂O₅ olacak şekilde suni gübre ve dekara 5 kg N olacak şekilde tamamı sonbaharda ahır gübresi uygulaması yapılmıştır. Parsellerin biçim işlemi dominant bitkilerin çiçeklenme dönemi esas alınarak elle gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. YDD ile çevresel yükleri karşılaştırılan işlemler*

*Table 1. Processes comparing environmental loads with LCA**

İşlemler	Kuru Ot Verimi (kg/ha)	Protein Verimi (kg/ha)
Havalandırma (H)	3783	527
Suni gübre uygulaması (SG)	4649	604
Ahır gübresi uygulaması (AG)	4721	668
Havalandırma + suni gübre uygulaması (HSG)	5606	637
Havalandırma + ahır gübresi uygulaması (HAG)	4918	619

* Veriler Hanife Mut'un doktora tezinden alınmıştır.

2.2. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Metodolojisi

Mera ıslah yöntemlerinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi için yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD) yöntemi kullanılmıştır. YDD bir süreci karakterize eden malzeme ve enerjinin girdilerini ve çıktılarını, ilişkili çevresel etkiye dönüştürmek için sistematik bir prosedür seti kullanan bütünsel bir yaklaşımdır (Bacenetti ve ark., 2018). Bu yöntem ile ürün veya hizmetin tüm yaşam döngüsü süreci ve bağlantıları bütünsel olarak ele alınır, bu sayede süreç boyunca oluşan çevresel etkiler kümülatif olarak değerlendirilebilir, raporlanabilir ve karşılaştırılabilir (Burgu ve Mut, 2023). YDD temelde endüstriyel ürünlerin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla geliştirilmiş ve uygulamanın ilk zamanlarında endüstriyel ürünlere odaklanılmış olmasına rağmen, zamanla yapılan çalışmalar sayesinde tarımsal sistemlerin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi için de değerli bir yöntem olduğu kanıtlanmıştır (Van der Werf ve Petit, 2002). Bu çalışmanın amacı da mera alanında uygulanan ıslah yöntemlerinin çevresel etkilerini tespit etmek ve yöntemler arasında karşılaştırma yapılması yolu ile birim çıktı artışı başına en az çevresel yük oluşturan ıslah yöntemini belirlemektir.

2.2.1. Sistem sınırları

Çalışma alanı doğal mera alanı olduğundan ve ıslah uygulamaları öncesi herhangi bir işlem içermediğinden, sistem sınırları ıslah uygulamaları ile başlamakta ve hasat ile son bulmaktadır. Bu hali ile kapıdan kapıya bir yaşam döngüsü değerlendirmesidir.

2.2.2. Fonksiyonel birim

Fonksiyonel birim (FB), matematiksel normalleştirme ile daha basit karşılaştırma ve ölçüme olanak sağlamak için belirlenir, ölçülen ve açıkça belirtilen pazarlanabilir bir ürünü yansıtır (ISO 14040, 2006). Yem bitkilerinin yaşam döngüsü değerlendirmesine birçok araştırmacı fonksiyonel birim olarak 1 ton kuru otu esas almıştır (Nemecek ve ark., 2011, Ghaderpour ve ark., 2018, Bacenetti ve ark., 2018). Bu çalışmada da 1 ton kuru ot (60 °C'de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuş ot) fonksiyonel birim belirlenmiştir. Bununla birlikte alternatif bir değerlendirme yapabilmek ve kuru ot fonksiyonel birimi ile elde edilen sonuçları karşılaştırmak için 1 ton protein verimi, ikinci bir fonksiyonel birim olarak (González-García ve ark., 2016) çalışmaya dahil edilmiştir.

2.2.3. Envanter

Çalışmada veriler deneme alanına uygulanan işlemlerden elde edilmiştir. Ahır gübresi ve suni gübre miktarları denemede uygulanan miktarın oranlanması ile elde edilmiştir.

$$\text{Bir birim fonksiyonel birim başına gübre miktarı} = \text{Uygulanan gübre miktarı (kg/ha)} / \text{verim (ton/ha)} \quad (\text{Eş. 1})$$

Gübrelerin 1 hektar alana uygulanması ve havalandırma için tırmık çekilmesi işlemlerinde değerlendirme ise yapılacak işlemlerin 1 hektar alanda, hangi makine ve ekipmanlarla ve ne kadar zamanda yapılabileceği hususunun işletmeler düzeyinde araştırılması sonucu elde edilen veriler ışığında gerçekleştirilmiştir.

$$\text{Bir birim fonksiyonel birim başına makine kullanımı} = \text{Çalışma süresi (dakika/ha)} / \text{verim (ton/ha)} \quad (\text{Eş. 2})$$

2.2.4. Yaşam döngüsü etki değerlendirmesi

Bu çalışmada, ILCD (Uluslararası Referans Yaşam Döngüsü Veri Sistemi) orta nokta yöntemi kullanılarak etki kategorileri değerlendirilmiştir (Wolf ve ark., 2011).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Kuru ot verimi fonksiyonel birimine göre değerlendirme

Fonksiyonel birim 1 ton kuru ot alındığında işlemlerin hesaplanan çevresel etkileri *Tablo 2*'de verilmiştir.

Tablo 2. Fonksiyonel birim 1ton kuru ot olarak alındığında işlemlere ait etki değerlendirme sonuçları

Table 2. Impact assessment results of the processes when the functional unit is considered as 1 ton of dry grass

Gösterge	H	SG	AG	HSG	HAG
Asidifikasyon (molc H ⁺ eq)	9.898e-2	1.095e+0	3.583e-1	9.749e-1	4.200e-1
İklim değişikliği (kg CO ₂ eq)	9.881e+0	2.185e+2	1.994e+1	1.878e+2	2.674e+1
Tatlısu Ekotoksitesitesi (CTUe)	3.129e+1	7.286e+2	3.179e+1	6.253e+2	5.458e+1
Tatlısu Ötrofikasyonu (kg P eq)	8.193e-4	6.407e-2	1.105e-3	5.368e-2	1.691e-3
İnsan toksisitesi- kanser etkisi (CTUh)	2.827e-7	3.726e-6	3.591e-7	3.281e-6	5.622e-7
İnsan toksisitesi- kanser dışı etki (CTUh)	8.041e-6	2.556e-5	8.048e-6	2.663e-5	1.391e-5
İyonize radyasyon E (CTUe)	4.852e-6	1.999e-5	1.850e-6	1.986e-5	5.509e-6
İyonize radyasyon HH (kBq U235 eq)	9.657e-1	6.369e+0	3.268e-1	5.934e+0	1.056e+0
Alan kullanımı (kg C deficit)	1.324e+4	1.090e+4	1.062e+4	9.058e+3	1.021e+4
Deniz Ötrofikasyonu (kg N eq)	4.137e-2	1.266e-1	1.585e-2	1.329e-1	4.704e-2
Mineral ve fosil kaynak tüketimi (kg Sb eq)	1.061e-3	5.035e-3	6.782e-4	4.891e-3	1.467e-3
Ozon tüketimi (kg CFC-11 eq)	1.795e-6	1.392e-5	6.746e-7	1.275e-5	2.028e-6
Partikül madde kirliliği (kg PM _{2.5} eq)	6.626e-3	8.266e-2	3.859e-3	7.302e-2	8.801e-3
Fotokimyasal ozon oluşumu (kg NMVOC eq)	1.199e-1	2.395e-1	5.048e-2	2.794e-1	1.407e-1
Karasal Ötrofikasyon (molc N eq)	4.538e-1	2.742e+0	4.128e+0	2.580e+0	4.312e+0
Su kaynakları tüketimi (m ³ water eq)	3.782e-3	9.865e-1	2.099e-6	8.206e-1	2.911e-3

H-Havalandırma SG- Suni gübre uygulaması AG-Ahır gübresi uygulaması HSG-Havalandırma ve suni gübre uygulaması HAG- Havalandırma ve ahır gübresi uygulaması

Mera ıslah yöntemlerinin, her 1 ton kuru ot verimi için oluşturduğu çevresel yükler karşılaştırıldığında, *SG* işleminin, incelenen 16 etki kategorisinden 11'inde (asidifikasyon, iklim değişikliği, tatlısu ekotoksitesitesi, tatlısu ötrofikasyonu, İnsan toksisitesi-kanser etkisi iyonize radyasyon E, iyonize radyasyon HH, mineral ve fosil kaynak tüketimi, ozon tüketimi, partikül madde kirliliği ve su kaynakları tüketimi) en büyük çevresel yüke sebep olduğu belirlenmiştir. *HSG* işlemi 3 (insan toksisitesi-kanser dışı etki, deniz ötrofikasyonu, fotokimyasal ozon oluşumu), *HAG* işlemi 1 (karasal ötrofikasyon) ve *H* işlemi kalan bir etki kategorisinde (alan kullanımı) en yüksek çevresel yüke neden olmuştur (*Tablo 2*).

AG işleminin 8 (iyonize radyasyon E, iyonize radyasyon HH, deniz ötrofikasyonu, mineral ve fosil kaynak tüketimi, ozon tüketimi, partikül madde kirliliği, fotokimyasal ozon oluşumu, su kaynakları tüketimi), *H* işlemin 7 (asidifikasyon, iklim değişikliği, tatlısu ekotoksitesitesi, tatlısu ötrofikasyonu, insan toksisitesi-kanser etkisi, insan toksisitesi-kanser dışı etki, karasal ötrofikasyon) etki kategorisinde en az çevresel yük oluşturdukları, *HSG* uygulamasının ise kalan 1 etki kategorisinde (alan kullanımı) en düşük çevresel yükü oluşturduğu belirlenmiştir (*Tablo 2*).

Şekil 1'de her bir etki kategorisinde en yüksek çevresel yükü oluşturan işlemin etkisi 100 birim kabul edilmiş ve diğer işlemlerin etkileri bu değere göre oranlanmıştır. Söz konusu grafikte, *H* ve *HAG* işleminin en yüksek çevresel etkiye neden olduğu alan kullanımı ve karasal ötrofikasyon kategorilerinde *SG* ve *HSG* işlemlerinin etkilerinin de %60-80 aralığında olduğu, *SG* ve *HSG* işlemlerinin en yüksek etkiyi oluşturduğu 14 etki kategorisinde ise diğer işlemlerin etkilerinin oldukça düşük olduğu görülebilmektedir.

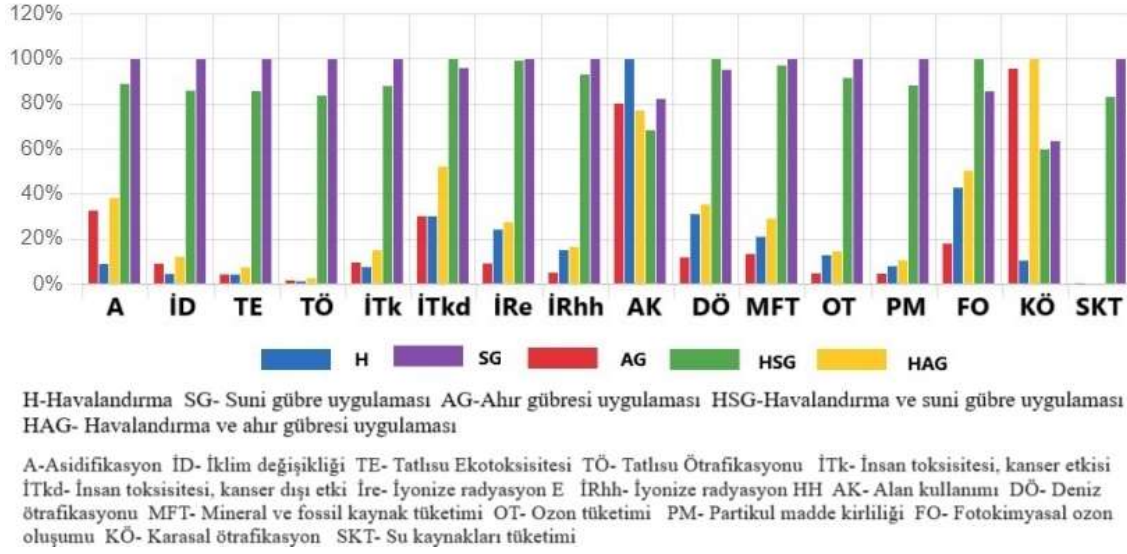


Figure 1. Graph showing the comparison of environmental impacts of processes when the functional unit is considered as 1 ton of protein

Şekil 1. Fonksiyonel birim 1 ton protein olarak alındığında işlemlere ait çevresel etkilerin karşılaştırmasını gösterir grafik

3.2. Protein verimi fonksiyonel birimine göre değerlendirme

Fonksiyonel verimin 1 ton protein alınarak yapılan değerlendirme sonucunda elde edilen veriler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Fonksiyonel birim 1 ton protein olarak alındığında işlemlere ait etki değerlendirme sonuçları

Table 3. Effect evaluation results of the procedures when the functional unit is considered as 1 ton of protein

Gösterge	H	SG	AG	HSG	HAG
Asidifikasyon (molc H ⁺ eq)	7.191e-1	8.428e+0	2.532e+0	8.579e+0	3.337e+0
İklim değişikliği (kg CO ₂ eq)	7.178e+1	1.682e+3	1.409e+2	1.653e+3	2.124e+2
Tatlısu Ekotoksitesitesi (CTUe)	2.273e+2	5.607e+3	2.246e+2	5.503e+3	4.337e+2
Tatlısu Ötrofikasyonu (kg P eq)	5.952e-3	4.931e-1	7.808e-3	4.724e-1	1.343e-2
İnsan toksisitesi- kanser etkisi (CTUh)	2.054e-6	2.868e-5	2.538e-6	2.887e-5	4.467e-6
İnsan toksisitesi- kanser dışı etki (CTUh)	5.842e-5	1.968e-4	5.688e-5	2.343e-4	1.105e-4
İyonize radyasyon E (CTUe)	3.525e-5	1.539e-4	1.308e-5	1.748e-4	4.377e-5
İyonize radyasyon HH (kBq U235 eq)	7.016e+0	4.902e+1	2.305e+0	5.222e+1	8.390e+0
Alan kullanımı (kg C deficit)	9.621e+4	8.391e+4	7.505e+4	7.972e+4	8.114e+4
Deniz Ötrofikasyonu (kg N eq)	3.006e-1	9.746e-1	1.120e-1	1.170e+0	3.737e-1
Mineral ve fosil kaynak tüketimi (kg Sb eq)	7.707e-3	3.875e-2	4.793e-3	4.305e-2	1.166e-2
Ozon tüketimi (kg CFC-11 eq)	1.304e-5	1.071e-4	4.768e-6	1.122e-4	1.611e-5
Partikül madde kirliliği (kg PM _{2.5} eq)	4.814e-2	6.362e-1	2.727e-2	6.426e-1	6.992e-2
Fotokimyasal ozon oluşumu (kg NMVOC eq)	8.710e-1	1.843e+0	3.568e-1	2.459e+0	1.118e+0
Karasal Ötrofikasyon (molc N eq)	3.297e+0	2.110e+1	2.917e+1	2.271e+1	3.426e+1
Su kaynakları tüketimi (m ³ water eq)	2.748e-2	7.593e+0	1.483e-5	7.222e+0	2.313e-2

H-Havalandırma SG- Sunı gübre uygulaması AG-Ahır gübresi uygulaması HSG-Havalandırma ve sunı gübre uygulaması HAG- Havalandırma ve ahır gübresi uygulaması

Mera ıslah yöntemlerinin her 1 ton protein verimi için oluşturduğu çevresel yükler karşılaştırıldığında, HSG işleminin, incelenen 16 etki kategorisinden 10'unda (asidifikasyon, insan toksisitesi-kanser etkisi, insan toksisitesi-kanser dışı etki, iyonize radyasyon E, iyonize radyasyon HH, deniz ötrofikasyonu, mineral ve fosil kaynak tüketimi, ozon tüketimi, partikül madde kirliliği, fotokimyasal ozon oluşumu) en büyük çevresel yüke sebep olduğu belirlenmiştir. SG işlemi 4 (iklim değişikliği, tatlısu ekotoksitesitesi, tatlısu ötrofikasyonu, su kaynakları tüketimi), HAG

işlemi 1 (karasal ötrofikasyon) ve *H* işlemi ise kuru ot veriminde olduğu gibi yalnızca alan kullanımı etki kategorisinde en yüksek çevresel yükün olduğu görülmüştür (Tablo 3).

AG işleminin 11 (tatlısı ekotoksitesitesi, tatlısı ötrofikasyonu, insan toksisitesi-kanser dışı etki, iyonize radyasyon E, iyonize radyasyon HH, alan kullanımı, deniz ötrofikasyonu, mineral ve fosil kaynak tüketimi, ozon tüketimi, partikül madde kirliliği, fotokimyasal ozon oluşumu, su kaynakları tüketimi) etki kategorisinde en az çevresel yük oluşturduğu, *H* uygulamasının ise diğer 5 etki kategorisinde (asidifikasyon, iklim değişikliği, insan toksisitesi-kanser etkisi, karasal ötrofikasyon) en düşük çevresel yükü oluşturduğu belirlenmiştir (Tablo 3).

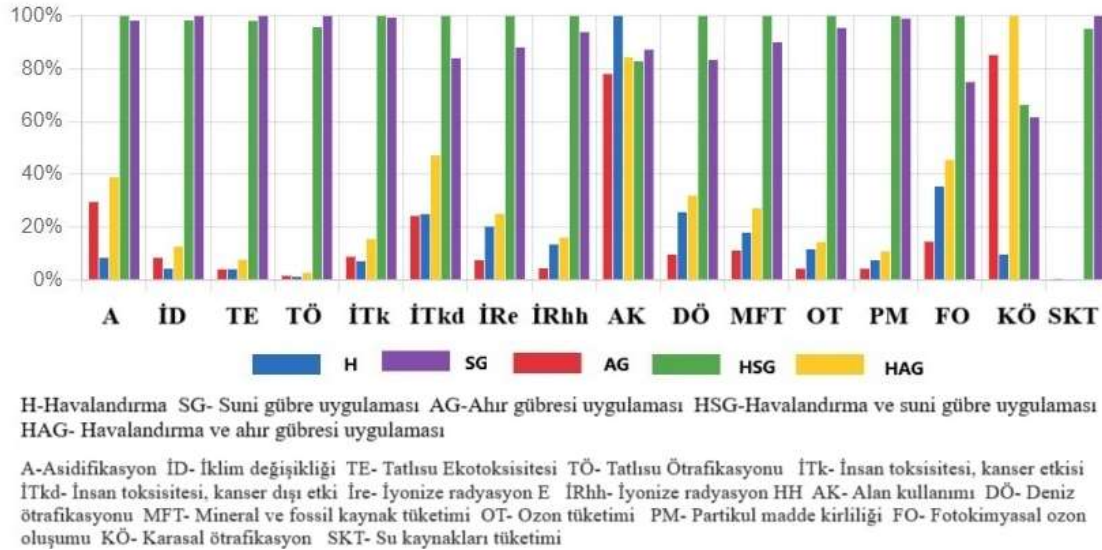


Figure 2. Graph showing the comparison of environmental impacts of processes when the functional unit is taken as 1 ton of dry grass

Şekil 2. Fonksiyonel birim 1 ton kuru ot olarak alındığında işlemlere ait çevresel etkilerin karşılaştırmasını gösterir grafik

Şekil 2’de bir ton protein verimi için, her bir etki kategorisinde en yüksek çevresel yükü oluşturan işlemin etkisi 100 birim kabul edilmiş ve diğer işlemlerin etkileri bu değere göre oranlanmıştır. Bu grafik sayesinde *H* işleminin en yüksek çevresel etkiye neden olduğu alan kullanımı etki kategorisinde, diğer işlemlerin etkilerinin %75-80 aralığında ve yakın olduğu, *SG* ve *HSG* işlemlerinin en yüksek etkiyi oluşturduğu 15 etki kategorisinde ise diğer işlemlerin oransal etkisinin çok düşük olduğu görülebilmektedir.

4. Sonuç

Bu çalışmanın hazırlanması sırasında yapılan literatür taramasında, ülkemizde mera ıslah yöntemlerinin veya yönetim modellerinin çevresel etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Dünyada da bu konuda oldukça az sayıda çalışma bulunduğu görülmüştür.

Nemecek ve arkadaşları (2011), meralarda düşük yoğunluklu yönetimin çevresel etkiyi azalttığı ve biyoçeşitliliği arttırdığını ancak birim ürün başına net enerji laktasyonunu değerlendirerek, yem kalitesi de analiz edildiğinde yoğun yönetimin daha az çevresel etki oluşturduğunu belirlemişler ve tüm meraları düşük yoğunluklu bir şekilde yöneterek hayvanların niceliksel ve niteliksel yem ihtiyaçlarını karşılamının da mümkün olmayacağını öne sürerek, yoğun ve az yoğun yönetilen parsellerin kombinasyonu ile çevresel ve ekonomik hedefler arasında bir uzlaşma sağlanmasını önermişlerdir.

Çalışmamızda değerlendirmeye alınan beş işlemten elde edilen sonuçlar her iki fonksiyonel birim bakımından karşılaştırılmış, 1 ton kuru ot ve 1 ton protein fonksiyonel birimlerinde elde edilen sonuçların uyumlu olduğu, aynı işlemleri işaret ettiği görülmüştür.

1 ton kuru ot fonksiyonel biriminde; en yüksek çevresel yükün *SG* işlemi (16 etki kategorisinin 11’inde) ve ikinci olarak *HSG* işlemi uygulamasında (16 etki kategorisinin 3’ünde), en düşük çevresel yükün ise *AG* (16 etki kategorisinin

8'inde) ve *H* (16 etki kategorisinin 7'sinde) işlemlerinin uygulamasında gerçekleştiği belirlenmiştir.

1 ton protein fonksiyonel biriminde; en yüksek çevresel yükün *HSG* işleminde (16 etki kategorisinin 10'unda) ve ikinci olarak *SG* işleminde (16 etki kategorisinin 4'ünde), en düşük çevresel yükün ise *AG* işleminde (16 etki kategorisinin 11'inde) ve ikinci olarak *H* işleminde (16 etki kategorisinin 5'inde) gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Sonuç olarak; mera ıslah uygulamalarında suni gübre kullanımının birim ürün başına daha fazla çevresel yük oluşturduğu, önemli verim artışlarının garanti edilemeyeceği alanlarda ıslah uygulamalarında yer verilmemesi gerektiği, otlatma kontrolü, biçim, havalandırma gibi yöntemlerin tercih edilmesi ve bitki besin maddesi eksikliklerinin ahır gübresi ile telafi edilmesinin çevresel etki bakımında daha uygun olacağı değerlendirilmiştir. Gür ve Şen (2016), meraların korunması ve ağır otlatılmalarından kaçınılmasıyla, vejetasyonda kaliteli türlerin iyileştirilmesi ve uzun yıllar sürdürülebilirliklerinin kolaylıkla sağlanabileceğini bildirmişlerdir.

Weltz ve ark. (2003), Kırsal toplulukların refahı ile meraların sağlığı ve sürdürülebilirliği arasında denge kurmak için geliştirilmiş yöntemlere ihtiyaç duyulduğunu, mera ekosistemlerinin sürdürülebilirliği üzerinde yönetim uygulamalarının etkisini belirlemek için bilim temelli bir izleme sistemini geliştirmek ve çiftçilere ve mera yöneticilerine başarılı bir şekilde aktarmak için koordineli ulusal araştırmaların ve teknoloji transferinin gerektiğini belirtmişlerdir. Ülkemizde yapılan mera ıslah ve yönetim uygulamalarında da bilimsel temelli yeni izleme ve değerlendirme yöntemlerine ihtiyaç olduğu açıktır. YDD bu konuda etkin bir araç olabilir.

Farklı lokasyonlarda ve farklı vejetasyonlarda çevresel etki değerlendirmesine yönelik yeni çalışmaların yapılması gerektiği, çalışma sayısının artması ile daha net önerilerin sunulabileceği düşünülmektedir.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışma için etik kuruldan izin alınmasına gerek yoktur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları olarak aramızda herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

Yazarlık Katkı Beyanı

Planlama: Burgu, L., Mut, H., Ayan, İ.; Materyal ve Metot: Burgu, L., Mut, H., Ayan, İ.; Veri toplama ve İşleme: Burgu, L., Mut, H., Ayan, İ.; Literatür Tarama: Burgu, L., Mut, H., Ayan İ.; Makale Yazımı, İnceleme ve Düzenleme: Burgu, L., Mut, H., Ayan, İ.

Kaynakça

- Anonim. (2024). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü Çayır Mera ve Yem Bitkileri. <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Cayir-Mera-ve-Yem-Bitkileri> (Erişimi Tarihi: 16.09.2024)
- Avadi, A., Galland, V., Versini, A. and Bockstaller, C. (2022). Suitability of operational N direct field emissions models to represent contrasting agricultural situations in agricultural LCA: Review and prospectus. *Science of the Total Environment*, 802: 149960.
- Ayan, İ. ve Acar, Z. (2008). Methods for improving rangelands in the Blacksea Region of Turkey. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 23(3): 145-151.
- Bacenetti, J., Lovarelli, D., Tedesco, D., Pretolani, R. and Ferrante, V. (2018). Environmental impact assessment of alfalfa (*Medicago sativa* L.) hay production. *Science of The Total Environment*, 635: 551-558.
- Burgu, L. ve Mut, H., (2023). Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ve Tarımsal Üretim Uygulamaları. In: Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Uluslararası Teori, Araştırma ve Derlemeler (pp.1-18), Ed(s): Küçükler, E. ve Özrenk, K., Serüven Yayınevi, Türkiye.
- Cangir, C. ve Boyraz, D. (2008). İklim değişikliği ve çölleşme veya toprak/arazi bozulunun Türkiye'deki boyutları ve çölleşme ile mücadele. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2): 169-186.
- Cevher, C., Ceylan, İ. ve Karakurt, E. (2009). Mera ıslah çalışmalarının değerlendirilmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 18(1-2): 22-29.
- Ghaderpour, O., Rafiee, S., Sharifi, M. and Mousavi-Avval, S. H. (2018). Quantifying the environmental impacts of alfalfa production in different farming systems. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 27: 109-118.
- González-García, S., Baucells, F., Feijoo, G. and Moreira, M. T. (2016). Environmental performance of sorghum, barley and oat silage production for livestock feed using life cycle assessment. *Resources, Conservation and Recycling*, 111: 28-41.
- Gökkür, S. ve Uysal, T. (2020). İklim Değişikliği ve Mera Islahının Önemi. Apelasyon, <https://apelasyon.com/yazi/77/iklim-degisikligi-ve-mera-islahinin-onemi> (Erişim Tarihi: 16.09.2024)
- Gür, M. ve Şen, C. (2016). Trakya Bölgesinde doğal bir merada tespit edilen baklagiller ve buğdaygiller familyalarına ait bitkilerin bazı özellikleri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(1): 61-69.
- ISO14040 (2006). Environmental Management—Life Cycle Assessment—Principles and Framework. International Organization for Standardization. International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland.
- Mut, H. (2009). *Sürülüp terkedilen bir merada farklı ıslah yöntemlerinin etkinliklerinin belirlenmesi*. (Doktora Tezi) Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Türkiye.
- Nemecek, T., Huguenin-Elie, O., Dubois, D., Gaillard, G., Schaller, B. and Chervet, A. (2011). Life cycle assessment of Swiss farming systems: II. Extensive and intensive production. *Agricultural Systems*, 104(3): 233-245.
- Seydoğlu, S. (2018). Bazı doğal mera alanlarının bitki örtüsü özellikleri, mera durumu ve sağlığının belirlenmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 19(4): 368-373.
- Van der Werf, H. M. G. and Petit, J. (2002) Evaluation of the environmental impact of agriculture at the farm level: a comparison of twelve indicator-based methods. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93:131-145.
- Van Der Werf, H. M. G., Knudsen, M. T. and Cederberg, C. (2020). Towards better representation of organic agriculture in life cycle assessment. *Nature Sustainability*, 3(6): 419-425.
- Weltz, M. A., Dunn, G., Reeder, J. and Frasier, G. (2003). Ecological sustainability of rangelands. *Arid land research and management*, 17(4): 369-388.
- Wolf, M. A., Kutsche, O. and Döpmeier, C. (2011). The International Reference Life Cycle Data System (ILCD) format-basic concepts and implementation of life cycle impact assessment (LCIA) method data sets. *In EnviroInfo*: 809-817.