

MARMARA BÖLGESİ'NDE 2013-2022 YILLARI ARASINDAKİ ÇİFTLİK HAYVANLARI TARAFINDAN ÜRETİLEN GÜBRE KAYNAKLI KİRLİLİK YÜKÜNÜN BELİRLENMESİ

Büşra YAYLI *^{ID}
Merve AYDOĞDU **^{ID}
İlker KILIÇ ***^{ID}

Geliş: 21.02.2024; düzeltme: 11.03.2024; kabul: 14.03.2024

Öz: Gelişen ve gelişmekte olan ülkelerde hayvancılık yetiştiriciliği küçük aile işletmeciliğinden ziyade daha fazla kapasiteyle yetiştiricilik yapılan ticari işletmelerde gerçekleştirilmektedir. Marmara bölgesinde hayvansal kaynaklı besinlerin talebi karşılayabilmesi için daha çok yoğun üretim yapılan entansif işletmelerde yetiştiricilik yapılmaktadır. Ancak işletmelerde kontrolsüz atık yönetimi, ortaya çıkan büyük miktardaki gübrenin doğru ve etkin kullanılmaması ekosistemde bozulmalara neden olarak çevre kirliliğine ve doğal kaynak deformasyonuna neden olur. Ayrıca insan sağlığını da dolaylı olarak olumsuz etkilemektedir. Tarımsal kaynaklı kirliliğin tespiti ve önlenmesi zor ve zaman alıcı olduğu için en etkili yöntem kirlilik oluşmadan tedbirlerin kaynağında alınmasıdır. Yapılan çalışmanın sonucuna göre; Marmara bölgesinin son on yıllık hayvansal kaynaklı gübreden oluşan kirlilik yükü 25497,5 ton'dur. Bunun %90,6'sı azot kirliliğinden kaynaklanırken % 9,4'üne ise fosfor kirliliği neden olmuştur. Azot ve fosfor kirliliğine en fazla katkı yapan şehir Balıkesir olurken en az kirlilik Yalova'da oluşmuştur. Kirlilik yükü hayvan sayısı ile doğru orantılı olarak seyir göstermiştir. Büyükbaş hayvanların yayılı kirliliğe en fazla neden olan hayvan türü olduğu ortaya konulurken azot kirliliğine en az kümes hayvanı, fosfor kirliliğine ise en az küçükbaş hayvan neden olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Azot kirliliği, Fosfor kirliliği, Hayvansal üretim, Hayvansal atık yönetimi, Marmara bölgesi

Pollution Load Caused by Livestock and Poultry Manure in the Marmara Region in the Period 2013-2022

Abstract: In developed and developing countries, livestock breeding is carried out in commercial enterprises with higher capacity rather than small family farms. In the Marmara region, they are grown in intensive enterprises where intensive production is carried out to supply the demand for animal-derived foods. However, uncontrolled waste management in enterprises and failure to use large amounts of manure correctly and effectively cause disruptions in the ecosystem, resulting in environmental pollution and natural resource degradation. It also negatively affects human health indirectly. Detecting and preventing agricultural pollution is difficult and time-consuming. The most effective method is to take precautions at the source before pollution occurs. According to this study, the pollution load from livestock manure in the Marmara region in the last ten years was 25497,5 tonnes. While 90,6% of this was caused by nitrogen pollution, 9,4% was caused by phosphorus pollution. Balıkesir was the city with the highest contribution to nitrogen and phosphorus pollution, while Yalova had the lowest contribution. Pollution was directly proportional to livestock population. Cattle were found to be the most diffuse polluters, poultry the least nitrogen polluters and small ruminants the least phosphorus polluters.

Keywords: Nitrogen pollution, Phosphorus pollution, Livestock production, Livestock waste management Marmara region

* Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği, 16059,Görükle, Nilüfer, Bursa

** Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği, 16059,Görükle, Nilüfer, Bursa

***Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği, 16059,Görükle, Nilüfer, Bursa

İletişim Yazarı: Büşra YAYLI (busrayayli@uludag.edu.tr)

1. GİRİŞ

Hayvancılık faaliyetleri tarım sektöründe oldukça önemli konumdadır ve büyük bir kesimin geçim kaynağıdır. Özellikle gelişmiş ve gelişen ülkelerde entansif hayvancılık faaliyetleri şeklinde gerçekleştirilmekte ve ekonominin ayrılmaz bir parçası olmuştur (Dong, 2015). Entansif şekilde yürütülen çiftlik hayvanları ve kümes yetiştiriciliği faaliyetleri kapsamında büyük miktarda ortaya çıkan atık, çevre üzerinde ciddi stres oluşturmaktadır. Hayvancılıktan kaynaklanan kirlilik miktarının artmasıyla, çevresel kirliliğin ve doğal kaynakların tahribatına neden olması tüm kesimlerin ortak kaygısı haline gelmiştir.

Türkiye’de hayvancılık sektörü ekonomi içerisinde önemli bir yerde olup, sahip olduğu doğal kaynaklar, iklim, coğrafik ve sosyoekonomik koşullar sayesinde hayvan yetiştiriciliğinde ürün çeşitliliği bakımından büyük potansiyele sahiptir (Ergün ve Bayram, 2021). Marmara bölgesinde öncelikli geçim kaynağı tarım olmasa bile ülke nüfusunun ağırlıklı kesimi bu bölgede yaşadığı için küçük aile işletmelerinden ziyade büyük işletmelerin hâkim olduğu ticari hayvancılığın en fazla geliştiği bölge konumundadır. Marmara bölgesinde en fazla yetiştiriciliği yapılan hayvan türü kümes hayvancılığıdır. Üretim genellikle modern yöntemlerle gerçekleştirilerek yüksek üretim ve verimlilik amaçlanır. Ayrıca Marmara bölgesinde diğer bölgelerle kıyaslandığında hem küçükbaş hem de büyükbaş hayvancılıkta yüksek verimli ırklarla ve daha fazla sayıda hayvan ile yetiştiriciliği yüksek düzeydedir (Vural ve Fidan, 2007).

Yüksek üretimin gerçekleştirilmesi talebin karşılanmasını sağlarken, daha fazla hayvan gübresi ortaya çıkmaktadır. Gübre miktarının daha fazla olması, kontrolünün sağlanmasının zorlaşmasına, kötü koku, patojen ve mikroorganizmaların doğal ortama karışarak çevresel kirliliğe neden olmaktadır. Hayvan gübresinden biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), nitrat (NO₃-N), nitrit (NO₂-N), amonyak (NH₃-N) ve fosfor (P) gibi organik kirleticiler doğal ortama deşarj olarak sucul ortamda ötrofikasyona, karasal toksisiteye, sera etkisine ve çeşitli ekolojik sorunlara neden olmakta ve insan sağlığını da tehdit etmektedir (Liu ve diğ., 2019; Zhang ve diğ., 2019; Zhou ve diğ., 2020; Wang ve diğ., 2021).

Gübre kaynaklı çevre kirliliğinin en aza indirilmesi için en etkili yöntem kaynakta alınan önlemlerdir. Bu önlemlerin ana kaynağı ise etkili bir gübre yönetimidir. Kaynakta önlem alınmadığında ve kontrolsüz atık yönetimi var ise daha ciddi çevresel etkilere neden olur. Bu nedenle önlemlerin ortamda alınması gerekir. Ortamdan uzaklaşan kirlilik yükünün toprağa, havaya ve suya karıştığında belirlenmesi daha zor ve karmaşık olabilmektedir. Bundan dolayı kirlilik yükünün oluşturduğu etkinin boyutunun ortaya konulması, buna yönelik en uygun önlemlerin alınması açısından önemlidir.

Bu çalışmada, Marmara bölgesine ait hayvan varlığından oluşan gübre miktarı ve gübreden kaynaklanan yayılı kirlilik yükünün boyutunun belirlenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Marmara bölgesinin hayvan yetiştiriciliğinden oluşan gübre ve yayılı kirlilik yüklerinin hesaplanmasında bazı kabuller yapılmış ve (1) ve (2) numaralı formüllerden yararlanılmıştır. Azot ve fosfor kirlilik yüklerinin hesaplanmasında hayvan sayısı TÜİK tarımsal sayımından, hayvan ağırlığı, kirleticilerin alıcı ortama ulaşma yüzdeleri, hayvan başına günlük oluşturdukları kirletici yükler ilgili standartlardan ve literatürdeki verilerden alınmıştır.

$$Q_{TK} = [(Q_{YK} * A_{CH} * Y_U) * 365] / 1000 \quad (1)$$

Q_{TK} = Yayılı kirletici yük miktarı (kg/hayvan sayısı/yıl)

Q_{YK} = Günlük kirletici yük (kg/ton hayvan sayısı/gün), Azot için hayvan türlerine göre büyükbaş 0,3; küçükbaş 0,42; kümes hayvanları için 0,52; fosfor için hayvan türlerine büyükbaş hayvanlar için 0,1; küçükbaş hayvanlar için 0,06; kümes hayvanları için 0,22 alınmıştır (Derin ve diğ., 2019; Hacısalihoğlu, 2022).

A_{CH} = Hayvan ağırlığı (kg)

Y_U = Yayılı kirleticinin ortama ulaşma yüzdesi (%) (Azot yayılı kirleticisi için %15, fosfor kirleticisi için ise %5 alınmıştır (Andreadakis ve diğ., 2007; Tırınk, 2021; Yaylı ve diğ., 2023).

$$Q_Y = (Q_{TK} * H_S) / 1000 \quad (2)$$

Q_Y = Yıllık kirlilik yükü (kg/yıl)

H_S = Hayvan sayısı (adet)

Hayvan ağırlığı ve hayvan başına gübre ağırlığı ASAE standartlarına göre Tablo 1’de verilen değerler dikkate alınmıştır. Dikkate alınan canlı ağırlık değerleri sırasıyla koyun, keçi, yumurta tavuğu, et tavuğu, süt sığırı, et sığırı, buzağı için 27, 64, 1,8, 0,9, 640, 360 ve 91 kg’dır (ASAE, 2003).

Tablo 1. Hayvan türlerine göre günlük taze gübre atılım miktarı (ASAE, 2003)

| 1000 kg canlı hayvan ağırlığı için günlük atık miktarı (kg) | | | | | |
|---|-----------|-------|------|------------|-----------|
| Yumurta tavuğu | Et tavuğu | Koyun | Keçi | Süt sığırı | Et sığırı |
| 64 | 85 | 40 | 41 | 86 | 58 |
| Hayvan başına ortaya çıkan günlük gübre miktarı (kg) | | | | | |
| Yumurta tavuğu | Et tavuğu | Koyun | Keçi | Süt sığırı | Et sığırı |
| 0,12 | 0,08 | 1,08 | 2,62 | 55,04 | 20,88 |

Tablo 1’e göre hayvanların günlük gübre üretimleri dikkate alınarak toplam yaş gübre ve kuru gübre miktarları hayvan türlerine göre formül (3)-(8) kullanılarak Marmara bölgesinin son on yıllık yaş ve kuru gübre miktarı hesaplanmıştır (Aksüt ve diğ., 2022).

$$TYG_{BBH} = [(H_S * GGM * 365)] / 1000 \quad (3)$$

TYG_{BBH} = Büyükbaş hayvanlardan oluşan toplam yaş atık miktarı (ton/yıl)

H_S = Büyükbaş hayvan sayısı (adet)

GGM = Günlük gübre miktarı (kg/gün/hayvan)

$$TYG_{KBH} = [(H_S * GGM * 365)] / 1000 \quad (4)$$

TYG_{KBH} = Küçükbaş hayvanlardan oluşan toplam yaş atık miktarı (ton/yıl)

H_S = Küçükbaş hayvan sayısı (adet)

$$TYG_{KH} = [(H_S * GGM * 365)] / 1000 \quad (5)$$

TYG_{KH} = Kümes hayvanlarından oluşan toplam yaş atık miktarı (ton/yıl)

H_S = Küçükbaş hayvan sayısı (adet)

$$TGK_{BBH} = (TYG_{BBH} * 0,15 * 0,50) \quad (6)$$

TGK_{BBH} = Büyükbaş hayvanlardan oluşan kuru gübre miktarı (ton/yıl)

$$TGK_{KBH} = (TYG_{KBH} * 0,30 * 0,13) \quad (7)$$

TGK_{KBH} = Küçükbaş hayvanlardan oluşan gübre miktarı (ton/yıl)

$$TGK_{KH} = (TYG_{KH} * 0,35 * 0,99) \quad (8)$$

TGK_{KH} = Kümes hayvanlarından oluşan gübre miktarı (ton/yıl)

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

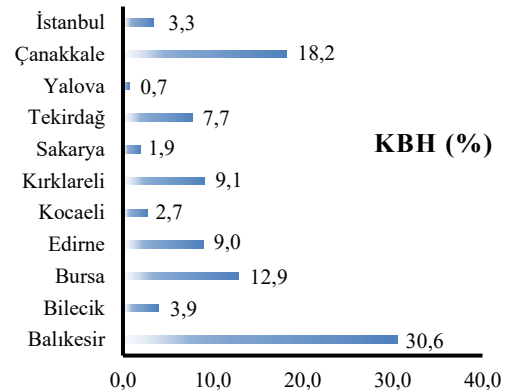
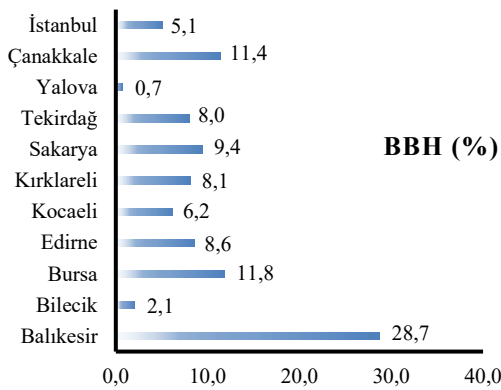
3.1. Hayvan sayısı varlığı

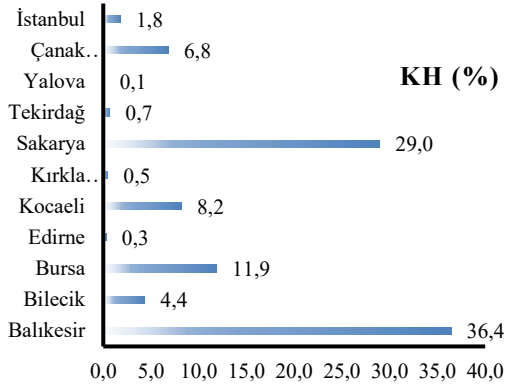
Marmara bölgesinin hayvan varlığı için TÜİK'deki verilerden yararlanılmıştır (TÜİK, 2023). Marmara bölgesinin son on yıldaki hayvan yetiştiriciliğinde büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvancılığında en fazla hayvan kapasitesine sahip olan şehir Balıkesir olmuştur (Tablo 2, Şekil 1). Bunu sırasıyla Sakarya ve Bursa takip etmektedir. Yetiştiricilik türlerine göre değerlendirildiğinde büyükbaş hayvancılıkta Balıkesir'den sonra en fazla kapasiteye sahip şehir Bursa olurken, küçükbaş hayvancılıkta Çanakkale gelmektedir. Kümes hayvancılığında Balıkesir'den sonra Sakarya ve Bursa en fazla hayvan sayısına sahiptir.

Tablo 2. Marmara bölgesinde bulunan şehirlerin son 10 yıldaki toplam hayvan varlığı (TÜİK, 2023)

| Hayvan türü Şehir | BBH | KBH | KH | Toplam hayvan sayısı | Toplam hayvan yüzdesi (%) |
|----------------------|-----------|------------|-------------|----------------------|---------------------------|
| Balıkesir | 5 368 059 | 12 267 220 | 336 068 647 | 353 703 926 | 36,1 |
| Bilecik | 384 231 | 1 569 803 | 40 261 988 | 42 216 022 | 4,3 |
| Bursa | 2 204 372 | 5 159 196 | 109 553 554 | 116 917 122 | 11,9 |
| Edirne | 1 599 745 | 3 588 738 | 2 854 050 | 8 042 533 | 0,8 |
| Kocaeli | 1 162 407 | 1 087 811 | 75 475 322 | 77 725 540 | 7,9 |
| Kırklareli | 1 512 167 | 3 656 872 | 4 408 952 | 9 577 991 | 1,0 |
| Sakarya | 1 759 795 | 763 625 | 267 163 393 | 269 686 813 | 27,5 |
| Tekirdağ | 1 496 354 | 3 096 149 | 6 324 538 | 10 917 041 | 1,1 |
| Yalova | 126 584 | 279 729 | 680 351 | 1 086 664 | 0,1 |
| Çanakkale | 2 134 918 | 7 282 536 | 62 840 253 | 72 257 707 | 7,4 |
| İstanbul | 945 816 | 1 341 816 | 16 548 582 | 18 836 214 | 1,9 |

BBH: büyükbaş hayvan, KBH: küçükbaş hayvan, KH: kümes hayvanı





Şekil 1.

Şehirlerin Marmara bölgesi içerisinde hayvan varlığının türlerine göre yüzdeleri

3.2. Hayvan gübresi miktarları

Son 10 yılda Marmara bölgesinde hayvancılık işletmelerinden yaklaşık 318,4 Mton yaş hayvan gübresi ortaya çıkmıştır (Tablo 3). Bunun %81,4'i büyükbaş hayvanlardan, %10,1'i kümes hayvanlarından ve %8,5'i küçükbaş hayvanlardan kaynaklanmaktadır. Marmara bölgesinde gübre miktarına en fazla katkıda bulunan il %29,7 ile Balıkesir olurken en az katkıyı %0,6 ile Yalova göstermiştir. Gübre miktarının fazla olması hayvan sayılarıyla doğru orantılı olarak seyir göstermektedir.

Tablo 3. 2013-2022 yılları arasında hayvan türlerine göre Marmara bölgesi toplam yaş gübre miktarı (kton/yıl)

| Marmara Bölgesi | BBH | KBH | KH |
|-----------------|--------|-------|--------|
| Balıkesir | 74 377 | 8 292 | 11 757 |
| Bilecik | 5 324 | 1 061 | 1 409 |
| Bursa | 30 542 | 3 488 | 3 833 |
| Edirne | 22 165 | 2 426 | 100 |
| Kocaeli | 16 106 | 735 | 2 641 |
| Kırklareli | 2 0952 | 2 472 | 154 |
| Sakarya | 24 383 | 516 | 9 347 |
| Tekirdağ | 20 733 | 2 093 | 221 |
| Yalova | 1 754 | 189 | 24 |
| Çanakkale | 29 580 | 4 923 | 2 198 |
| İstanbul | 13 105 | 907 | 579 |

Marmara bölgesinde hayvanlar tarafından üretilen kuru gübrenin toplam potansiyeli %31,7 Mton'dur (Tablo 4). Kuru gübrenin %61,4'ünü büyükbaş hayvanlar oluşturur. İkinci sırada %35,3 ile kümes hayvanları etki oluştururken küçükbaş hayvanlardan %3,3 ile en az etki oranını oluşturmaktadır.

Tablo 4. 2013-2022 yılları arasında hayvan türlerine göre Marmara bölgesi toplam kuru gübre miktarı (kton/yıl)

| Marmara Bölgesi | BBH | KBH | KH |
|-----------------|--------|-------|--------|
| Balıkesir | 5 578 | 323 | 4 074 |
| Bilecik | 399 | 41 | 488 |
| Bursa | 2 291 | 136 | 1 328 |
| Edirne | 1 662 | 95 | 35 |
| Kocaeli | 1 208 | 29 | 915 |
| Kırklareli | 1 571 | 96 | 53 |
| Sakarya | 1 829 | 20 | 3 239 |
| Tekirdağ | 1 555 | 82 | 77 |
| Yalova | 132 | 7 | 8 |
| Çanakkale | 2 219 | 192 | 762 |
| İstanbul | 983 | 35 | 201 |
| Toplam | 19 427 | 1 056 | 11 180 |

Büyükbaş hayvanların günlük gübre üretimleri daha fazla olduğu için bölgedeki toplam gübre varlığında daha büyük rol oynamaktadırlar. Büyükbaş hayvan başına yaş gübre oluşumu yılda 13,855 ton iken, kuru gübre miktarı 1,039 tondur. Yapılan farklı çalışmalarda büyükbaş hayvanların gübre üretimine katkılarının daha fazla olduğunu göstermektedir (Kurnuç Seyhan ve Badem, 2018; Yağlı ve Koç, 2019; Can, 2021). Yılda hayvan başına oluşan gübre miktarı kümes hayvanları (yaş gübre 0,035 ton/yıl, kuru gübre 0,012 ton/yıl) için küçükbaş hayvanlardan (yaş gübre 0,676 ton/yıl, kuru gübre 0,026 ton/yıl) daha düşük iken toplam gübre miktarında kümes hayvanlarının etki yüzdesi daha yüksektir. Çünkü kümes hayvanı yetiştiriciliğinde daha yüksek kapasiteli ticari işletmelerle yılda birkaç sürü üretim yapılmaktadır.

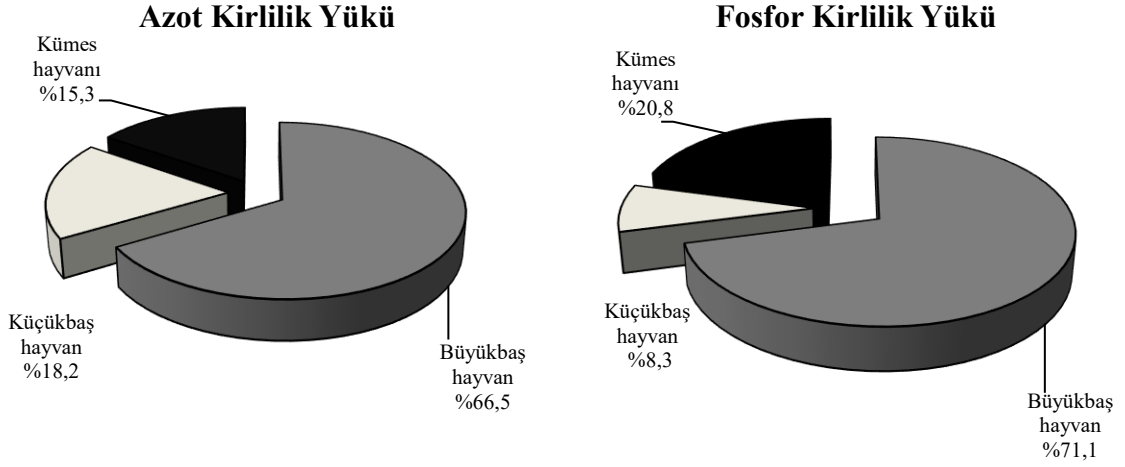
3.3. Hayvan gübresi yayılı kirlilik yükünün hesaplanması

Marmara bölgesinin 2013-2022 yılları arasındaki toplam hayvansal gübre kaynaklı kirlilik potansiyeli Tablo 5’de verilmiştir. 10 yıllık toplam yayılı azot yükü 23 092 ton ve toplam fosfor yükü ise 2 405 ton’dur. Toplam kirlilik yükünün çok büyük bir kısmını %90,6’lık oran ile azot kirliliği oluşturmaktadır. %9,4’ü ise fosfor kirleticisinden kaynaklanmaktadır.

Tablo 5. 2013-2022 yılları arasındaki Marmara bölgesi toplam hayvan gübresi kirlilik yükü (ton)

| Hayvan türü | Azot | Fosfor |
|------------------------|---------|--------|
| Büyükbaş hayvan | 15352,8 | 1705,9 |
| Küçükbaş hayvan | 4194,9 | 199,8 |
| Kümes hayvanı | 3544,4 | 499,8 |

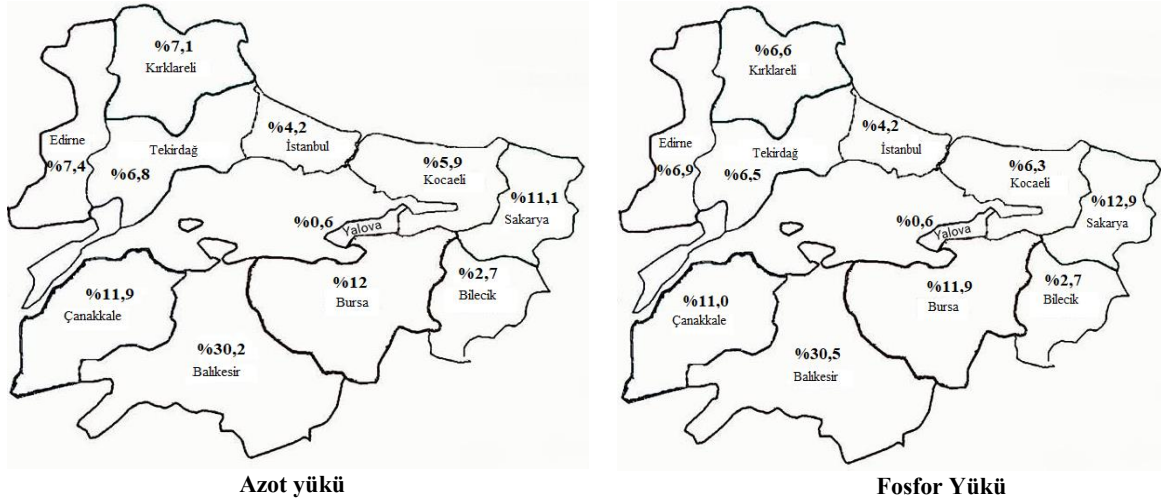
Büyükbaş hayvan gübresi neden oldukları kirliliklerde dikkate alınması gereken en önemli kirleticilerdendir. Toplam azot kirlilik yükü içerisinde %66,5’lik oranla en çok dikkatin çekilmesi gereken tür olduğu gözlenmektedir (Şekil 2). Ayrıca gübredeki fosforun neden olduğu yayılı kirliliğin %71,1’i yine büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinden oluştđu belirlenmiştir. Bölgenin toplam azot kirlilik yükünde kümes hayvanları %15,3 ile en az etkide bulunmuştur. Fosfor kirlilik yükünde ise küçükbaş hayvanlar diğer türlere göre daha az katkıyı göstermiştir (%8,3). Yaylı ve Kılıç (2021), hayvancılık yetiştiriciliğinden kaynaklanan azot kirliliği ile ilgili yaptıkları çalışmada en fazla etkide bulunan türün büyükbaş hayvan olduğunu ve büyükbaş hayvan gübresinin günlük üretiminin ve nem içeriğinin diğer türlere göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 2:
Hayvan türlerine göre kirlilik yükü dağılımı (%)

3.4. Hayvan gübresi yayılı kirlilik yükünün şehirlere göre dağılımı

Marmara bölgesinin şehirlere göre kirlilik yükü dağılımı Şekil 3’de verilmiştir. Hayvansal gübreden kaynaklanan azot ve fosfor kirliliğinin büyük bir kısmını oluşturan şehir Balıkesir olduğu görülmektedir. Azot kirliliğinde ikinci sırada yayılı kirliliğe neden olan şehir ise %12’lik oranla Bursa olmuştur. Fosfor kirliliğinde ise en fazla kirliliğe neden olan şehir %12,9’unu oluşturan Sakarya olmuştur. Hayvansal kaynaklı gübre kirliliğine en düşük etkiye neden olan şehir Yalova’dır.



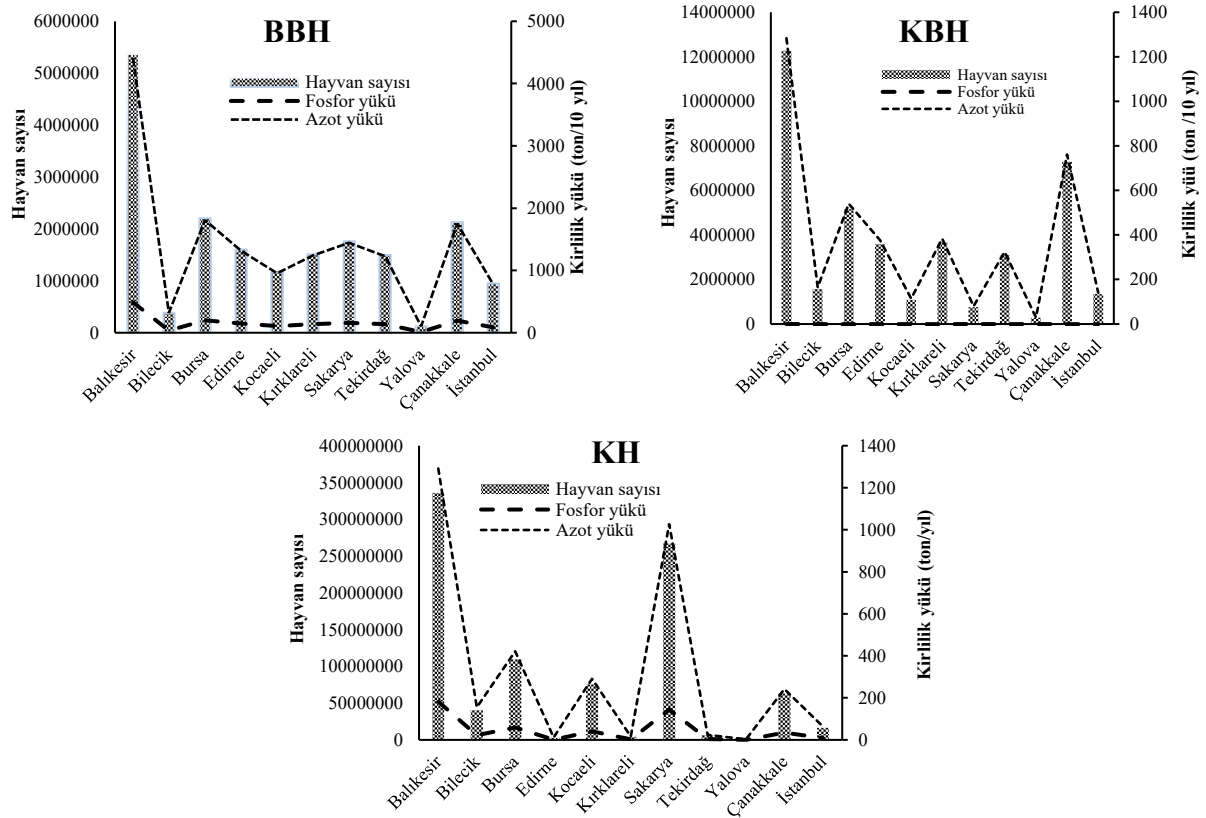
Şekil 3:
Marmara bölgesi gübre kirlilik yükleri il dağılımları (%)

Marmara bölgesi 72 845 km²’lik yüz ölçümüne sahiptir ve birim alan başına düşen hayvan kaynaklı azot kirliliği yükü 315,5 ton/ha’dır. Fosfor kirlilik yükü ise 3028,9 ton/ha’dır. Birim başına en fazla azot kirliliğine maruz kalmış şehir Bilecik olurken, fosfor yükünün en fazla olduğu şehir yine Bilecik olmuştur. Birim alanda en az kirlilik yüküne sahip şehir ise Balıkesir olmuştur (Tablo 6).

Tablo 6: Birim alan başına oluşan kirlilik yükü (ton/ha)

| Şehir | Azot yükü | Fosfor yükü |
|------------|-----------|-------------|
| Balıkesir | 20,8 | 198,3 |
| Bilecik | 658,9 | 6461,6 |
| Bursa | 390,4 | 3779,8 |
| Edirne | 369,3 | 3796,2 |
| Kocaeli | 266,9 | 2379,3 |
| Kırklareli | 93,1 | 963,5 |
| Sakarya | 191,8 | 1583,1 |
| Tekirdağ | 400,3 | 4062,5 |
| Yalova | 296,7 | 3027,1 |
| Çanakkale | 36,9 | 383,2 |
| İstanbul | 556,8 | 5356,0 |

Şekil 4'e göre azot ve fosfor kirliliğinin doğrudan hayvan sayısı ile ilişkilendirildiği görölmektedir. Bundan dolayı Yalova hayvan sayısı bakımından diğer şehirlere göre daha az yüzdeliğe sahip olduğu için kirlilik yüküne katkısı da en az olmuştur.



Şekil 4:

Marmara bölgesinin şehirlere göre hayvan sayısı ve kirlilik yükünün ilişkisi

Toprağa veya suya karışan azot, çeşitli dönüşümlere uğrayarak döngünün sonunda nitrate (NO_3^-) dönüşmektedir. Bu sebeple gübreye karışan azot, nitrat kirliliğini tetikleyen en önemli unsurlardan biridir. AB Mevzuatında Nitrat Direktifi'ne göre Nitrate Hassas Bölgeler belirlenirken tarımsal azot kirlilik yükünün belirlenmesinde bitkisel üretim ve hayvancılık dikkate alınmaktadır. Türkiye'deki ulusal mevzuatta da "Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı

Suların Korunması Yönetmeliği” olarak uyarlanarak son hali 23 Temmuz 2016 yılında Resmi Gazete’de yayınlanmıştır. Yönetmeliğe göre nitrata hassas bölgelerde hayvan gübresi ile uygulanan toplam azot miktarı, hektara 170 kg, nitrata hassas bölgelerin dışında ise 340 kg’ı geçmemelidir. Ayrıca nitrata hassas bölgelerde 1600 ve üzerinde azot üreten, Nitrata Hassas olmayan bölgelerde ise yılda 3500 kg ve üzerinde azot üreten hayvancılık işletmelerinde hayvan gübresinin yönetim planlanmasının oluşturulmalıdır. Yine aynı yönetmeliğe göre yer altı ve yüzey su kaynaklarında nitrat konsantrasyonunun 50 mg/L’yi geçmemesi gereklidir.

3.5. Hayvan Gübresinin Değerlendirilmesinde Alternatif Yöntemler

Marmara Bölgesi’nde daha çok yetiştirilen bitkisel ürünler buğday, arpa, mısır, ayçiçeği, patates, şeker pancarıdır. Bitkisel üretimde gübre tüketim oranları ekilecek ürün tiplerine ve toprağın ihtiyaç duyduğu minerale göre gübre talebi şekillenmektedir. Dünyada kimyasal gübre tüketimi 12,9 kg, Türkiye’de dekar başına gübre tüketimi 28,3 kg iken Marmara Bölgesi’nde 39 kg ile hem küresel hem de bölgesel olarak ortalamanın hayli üzerindedir. Ortalamanın oldukça üzerinde olması hem toprağı gereğinde fazla yormakta hem de ekonomik yükü fazla olmaktadır. Hayvan yetiştiriciliğinden oluşan gübrenin, değerlendirilerek ya da dönüştürülerek bitkisel üretime dâhil edilmesi bu yükün şüphesiz azaltılmasına yardımcı olacaktır.

Hayvan temelli gübrelerin doğru şekilde değerlendirilmesi, bitkisel üretimde yararlılığının sağlanmasında önemli potansiyele sahiptir. Yönetmelik gereği hektara 170 kg/N uygulamak için 8,5 ton gübreye gereksinim vardır (Kilic ve diğ., 2015). Marmara bölgesinin ekilebilir arazi varlığı 2,42 milyon hektar olduğuna göre üretilen yıllık toplam hayvan gübresi (31663 kton, Tablo 4) ile karşılanmaktadır. Ancak ekilebilir arazilerin 170 kg/ha fosfor ihtiyacını karşılamak için 24,3 ton hayvan gübresine gereksinim vardır (Kilic ve diğ., 2015). Toplam üretilen gübre ile ekilebilir tarım arazisinin yarısının ihtiyacı karşılanabilmektedir.

Hayvan gübresinin değerlendirilmesinde uygulanabilecek diğer bir alternatif yöntem ise kompost yapmaktır. Marmara bölgesinde yapılan bir çalışmada 1 ton gübre ile 89,28 m³ kompost yapılabilmektedir (Kılıç ve diğ., 2018). Yıllık toplam elde edilen gübre ile 354 kton kompost üretilebilir. Gübrenin çevre dostu değerlendirme alternatifleri arasında kompost öne çıkmaktadır.

Hayvan gübrelerinin metan içeriği zengin olduğu için biyogaz üretimi bakımından elverişlidir. Biyogazın elde edilmesiyle gübre kullanılabilir forma dönüşür ve bitkisel üretimde yararlı hale gelmektedir. Bunun yanı sıra enerji üretiminde önemli bir katkı oluşturur ve gübrenin çevresel sorunlara neden olabilecek durumları azaltarak atıkların da faydalı hale gelmesine katkı sağlar. Marmara bölgesinin son on yıldaki çiftlik hayvanlarından yılda ortalama 316 624 ton katı atık oluşmaktadır. Bu gübrenin ortalama biyogaz enerji potansiyeli 63 317 (1000m³/yıl)’dır (Aksüt ve diğ., 2022). Elde edilebilecek mevcut biyogaz enerjisinden yılda 151 455 MWh elektrik enerjisi üretilebilme potansiyeline sahiptir.

4. SONUÇ

Yüksek kapasiteli hayvancılık yetiştiriciliği yapan işletmelerde dikkat edilmesi gereken önemli konu gübre ve atık yönetimidir. Kontrolsüz bir atık yönetimi ve hayvansal gübrenin doğru şekilde işletilememesi çevre ve canlılar üzerinde ciddi etkiler oluşturur. Kaynakta yani işletmelerde gerekli tedbirler alınmadığı takdirde, kirliliğin olduğu ve doğal kaynaklara zarar verdiği durumlarda ortamda iyileştirmelerin yapılması ve kirliliğin tamamen geri dönüştürülmesi imkânsızdır. Bundan dolayı bu etkiyi en aza indirmenin en etkili ve basit yolu işletmelerde, yetiştiricilikte alınacak önlemler olmalıdır.

Hayvancılık işletmelerinin planlı ve uzman kişilerce projelenmiş bir atık yönetim sisteminin oluşturulması hayvan gübresinden kaynaklanabilecek çevre kirliliğinin önlenmesi açısından son derece gereklidir. Hâlihazırda var olan işletmelerde atık yönetim sistemi olmayanların uygun bir atık yönetim sistemi oluşturulması için uzman kişilerden yardım alınmalıdır. Ayrıca yeni kurulan işletmelerde atık yönetim sistemi olmadan kurulmaması gerekmektedir.

Bunların yanı sıra, çalışma sonucunda ortaya çıkan sonuçlara göre bazı şehirlerde nitrat ve fosfor kirliliği Avrupa Birliğinin belirlediği sınır değerlerin üstünde gerçekteşmiştir. Bu nedenle yüksek kirlilik yüküne sahip bölgelerde yeni hayvancılık işletmelerinin kurulmasına izin verilmemelidir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar, bilinen herhangi bir çıkar çatışması veya herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile ortak çıkar bulunmadığını onaylamaktadırlar.

YAZAR KATKISI

Bu araştırmada; Büşra YAYLI çalışmanın kavramsal ve/veya tasarım süreçlerinin belirlenmesi ve yönetimi, makale taslağının oluşturulmasında, Merve AYDOĞDU veri toplama, veri analizi ve yorumlama, İlker KILIÇ fikirsel içeriğin eleştirel incelenmesi, son onay ve tam sorumluluk kısımlarında katkı sağlamıştır.

KAYNAKLAR

1. Dong, X., Li, M. ve Ding, F. (2015). Farmland load and environmental risk assessment of livestock manure in Beijing. In Energy and Environment: Proceedings of the 2014 International Conference on Energy and Environment (ICEE 2014), June 26-27, Beijing, China (Vol. 3, p. 225). CRC Press.
2. Ergün, O.F. ve Bayram, B. (2021). Türkiye’de Hayvancılık Sektöründe Yaşanan Değişimler, *Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 10(2), 158-175.
3. Vural, H. ve Fidan, H. (2007). Türkiye’de hayvansal üretim ve hayvancılık işletmelerinin özellikleri, *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 13(2): 4959.
4. Liu, L., Guo, Y., Bai, Z., Cao, Y., Tu, Y., Wang, Z., Li, Y., Wu, Z. ve Ma, L. (2019). Reducing phosphorus excretion and loss potential by using a soluble supplement source for swine and poultry, *Journal of Cleaner Production*, 237, 117654. doi:10.1016/j.jclepro.2019.117654
5. Zhang, W.S., Li, H.P. ve Li, Y.L. (2019). Spatio-temporal dynamics of nitrogen and phosphorus input budgets in a global hotspot of anthropogenic inputs, *Science of the Total Environment*, 656,1108–1120. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.11.450
6. Zhou, X., Wang, J., Lu, C., Liao, Q., Gudda, F. O. ve Ling, W. (2020). Antibiotics in animal manure and manure-based fertilizers: Occurrence and ecological risk assessment, *Chemosphere*, 255, 1–9. doi:10.1016/j.chemosphere.2020.127006
7. Wang, Y., Pan, F., Chang, J., Wu, R., Tibamba, M., Lu, X. ve Zhang, X. (2021). Effect and risk assessment of animal manure pollution on Huaihe River Basin, China. *Chinese Geographical Science*, 31, 751-764. doi:10.1007/s11769-021-1222-8
8. Derin, P., Yetiş, A.D., Yeşilnacar, M.İ., ve Yetiş, R. (2019). Mardin merkez ve ilçeleri için anropojenik yayılı kirletici kaynaklarından hayvansal kirlilik yükünün belirlenmesi, *Uluslararası Katılımlı 2. Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 72, 694-698.
9. Hacısalihoğlu, S. (2022). Hayvansal kaynaklı yayılı kirlilik yükleri hesabı, Bursa örneği, *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 27(1), 361-374. doi:10.17482/uumfd.1059035
10. Andreadakis, A., Gavalakis, E., Kaliakatsos, L., Noutsopoulos, C. ve Tzimas, A. (2007). The implementation of the Water Framework Directive (WFD) at the river basin of Anthemountas

- with emphasis on the pressures and impacts analysis, *Desalination*, 210(1-3), 1-15. doi: 10.1016/j.desal.2006.05.027
11. Tırınk, S. (2021). Iğdır ili ve ilçelerindeki hayvansal atıkların çevresel etkileri ve yayılı kirlilik yükü hesabı, *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 4(2), 43-50. doi: 10.34248/bsengineering.841821
 12. Yaylı, B., ve Kılıç, İ. (2023). Bursa bölgesi kümes hayvanlarının oluşturduğu çevresel yayılı kirlilik yükünün belirlenmesi, *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 28(1), 41-52. doi:10.17482/uumfd.1238695
 13. ASAE, (2003). American Society of Agricultural Engineers Standart, Manure Production and Characteristics.
<http://large.stanford.edu/publications/coal/references/docs/ASAESTandard.pdf> Erişim Tarihi: 08.02.2024
 14. Aksüt, B., Dursun, S.K., ve Ergüneş, G. (2022). Determination of biogas potential from animal waste in Tokat province, *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(5), 958-963. doi:10.24925/turjaf.v10i5.958-963.5217
 15. TÜİK, (2023). Türkiye İstatistik Kurumu, Hayvancılık İstatistikleri. <https://www.tuik.gov.tr/> Erişim tarihi: 06.02.2024
 16. Kurnuç Seyhan, A. ve Badem, A. (2018). Erzincan ilindeki hayvansal atıkların biyogaz potansiyelinin araştırılması, *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 6(1), 25-35. doi:10.21541/apjes.334256
 17. Yağlı, H. ve Koç, Y. (2019). Hayvan gübresinden biyogaz üretim potansiyelinin belirlenmesi: Adana ili örnek hesaplama, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34(3), 35-48. doi:10.21605/cukurovaummfd.637603
 18. Can, M.E. (2021). Adana merkez ve ilçeleri için çiftlik hayvanları kaynaklı atık ve kirlilik yükü potansiyeli, *Mediterranean Agricultural Sciences*, 34(2), 215-222. doi:10.29136/mediterranean.852144
 19. Yaylı, B. ve Kılıç, İ. (2021). Determination of nitrogen pollution amount from livestock breeding in Turkey, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(4), 1250-1257. doi:10.17714/gumusfenbil.923918
 20. Kilic, I., Uguz, S., ve Asik, B. B. (2015). Soil pollution by trace metals derived from animal feed and manure in the Bursa region of Turkey. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 96(10), 1476-1488. doi:10.1080/02772248.2015.1029927
 21. Kılıç, İ., Delice, H., Sofu, S., ve Yıldız, B. (2018). Hayvancılık İşletmelerinde Endüstriyel Simbiyoz Uygulaması: Bursa Örneği. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı, 240-248.

