

Araştırma Makalesi

**YAĞIŞIN KATI ATIKTAN OLUŞAN SERA GAZLARINA
OLAN ETKİSİNİN İNCELENMESİ**Halil ARI¹**ÖZET**

Bu çalışmada, çöpteki günlük metan (CH₄), karbon dioksit (CO₂) ve nitroz oksit (N₂O) sera gazları emisyonlarının yağış durumuna göre değişimini laboratuvar ölçeğinde simülasyon yapılarak analiz edilmiştir. Bu simülasyonda dört farklı yağış tipi kullanılmıştır. Gaz miktarları günlük olarak kapalı bölme yöntemiyle ölçülmüştür. Örneklem döneminde, CH₄ ortalama sera gazı emisyonlarında yağış arttıkça devamlı bir artış gözlemlendi. CO₂ ve N₂O emisyonları çöp su oranı 1/2 oranına kadar bir artış gözlemlenmiş, o orandan sonra ise bir azalma gözlemlenmiştir. Bu sonuçlarla çöp depolama alanına gelen yağış ile gaz emisyonu arasında bir ilişki bulmak için daha fazla örneklem yapmak gerektiğini gösteriyor.

Anahtar Kelimeler: Yağış, CH₄ emisyonu, CO₂ emisyonu, N₂O emisyonu

**PRECIPITATION RESULTING FROM THE SOLID WASTE INVESTIGATION
OF THE IMPACT ON GREENHOUSE GASES****ABSTRACT**

In this study, the daily landfill methane (CH₄), carbon dioxide (CO₂) and nitrous oxide (N₂O) emissions of greenhouse gases based on rainfall variation analysis was performed on the laboratory scale simulation. In this simulation has been used four different precipitation types. The gas amounts will be measured daily with the closed chamber method. During the period of sampling, average greenhouse gas emissions of CH₄ were observed raise steadily as precipitation increased. The CO₂ and N₂O emissions were observed raise by a ratio of 1/2 as of garbage/water after that ratio a reduction was observed. These results needs to conduct more sampling to find a relationship between precipitation and gas emission from a landfill.

Keywords: Precipitation, CH₄ emission, CO₂ emission, N₂O emission.

GİRİŞ

Düzenli depolama sahalarındaki katı atıkların önemli bir kısmı kısmen mikrobiyolojik parçalanabilir metan (CH₄) ve karbon dioksit (CO₂) gibi sera gazı emisyonuna neden olan organik karbondan oluşur. Çöp sahalarında oluşan CO₂, sanayi ve ulaşım gibi diğer CO₂ üreten sektörlere göre sera etkisine biyogenik kökenli olduğundan nötr tesiri vardır ve miktarı ihmal edilebilir (Clafin, A, 2011). Öte yandan, CH₄ daha güçlü bir sera gazıdır (Tang ve ark, 2008).

Deponi gazının ana bileşeni olan CH₄ belediye çöplerinin anaerobik reaksiyonu sonucu oluşmakta ve en önemli insan kaynaklı sera gazı emisyon kaynaklarından birini temsil

eder (Bingimer and Crutzen, 1987; Barlaz, ve ark. 2004). Küresel toplam CH₄ emisyonlarının % 3-7'si çöp depolama sahalarından atmosfere verilir (Bogner ve ark., 1995; Bogner and Matthews, 2003). CH₄ kızıllötesi radyasyon için çok yüksek bir molar absorpsiyon katsayısı olduğu ve atmosferde 100 yıldan daha fazla kalış süresine sahip olduğundan küresel ısınma potansiyeli 25'tir (Börjesson and Svenson, 1997). Küresel atmosferik CH₄ konsantrasyonu sanayi öncesi değeri olan 715 ppb'den 1732 ppb'ye 1990'ların başında, 2005'te ise 1774 ppb'ye ulaşmıştır (Chen, at al, 2008). CH₄'ın atmosferik küresel emisyon artışının % 60'ını özellikle antropojenik faaliyetler neden olmaktadır (Chen, at al, 2008).

¹ Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Sanliurfa, Türkiye, ari@harran.edu.tr

Dünya çapında, atmosfere salınan yılda 35-69 Tg arasında olan ve ana kaynağı düzenli çöp depolama sahasından olan CH₄ emisyonu, küresel antropojenik CH₄ emisyonlarının yaklaşık % 18'i atık sektöründen oluşmaktadır (Environmental Protection Agency, 2004). ABD'nin yanı sıra Avrupa'da da, atık bertarafı oluşan antropojenik CH₄ emisyonunun ikinci büyük kaynağını temsil eder ve toplam emisyonun yaklaşık % 22'sinin kaynağını oluşturur (IPCC, 2001; Hedge ve ark., 2003;). Bu öngörüler ulusal CH₄ üretim tahmini istatistiklere dayanan, modellenmiş oranlarına dayanmaktadır fakat gerçek çöp sahası alan emisyon ölçümlerine dayanmamaktadır (Tang ve ark., 2008). Türkiye'nin ulusal çöp sahası gaz emisyonlarının, hatta herhangi bir çöp sahasının verileri dahil, bir envanteri bulunmamaktadır.

Nitroz oksit (N₂O) yüksek küresel ısınma potansiyeline rağmen atmosferde çok az miktarda bulunmaktadır. N₂O atmosferde kalış süresi 114 yıl olmasına rağmen CO₂ küresel ısınma potansiyelinin 298 katıdır (IPCC, 2007). N₂O stratosferde esasen fotokimyasal reaksiyonlarla indirgendiğinden N₂O emisyonu en önemli ozon azaltıcı emisyondur (Ravisharankara ve ark., 2009). N₂O emisyonu toplam yıllık antropojenik sera gazı emisyonunun %7,9'unu teşkil eder (IPCC, 2007). N₂O gazı çoğunlukla topraktaki mikrobik proses sayesinde nitrifikasyon (NH₄⁺ oksidasyonu sonucu NO₃⁻ den NO₂⁻ oluşması) yan ürünü olarak ve denitrifikasyonun (NO₃⁻ 'tan N₂ indirgenmesi sırasında NO₃⁻→NO₂⁻→N₂O oluşması) ara ürünü olarak oluşmaktadır. N₂O gazı tarım alanları, otlaklar, sulak alanlar, orman ve çöp depolama alanları gibi çok çeşitli ekosistemlerde oluştuğu bilinmektedir (Chen ve ark., 2000; Ghosh ve ark., 2003; Maljanen ve ark., 2004; Wang ve ark., 2005; IPCC, 2007; Allen ve ark., 2007; Erisman ve ark., 2008; Inamori, 2008). Büyük oranda yüksek N₂O emisyonu, gübre, tavuk gübresi, arıtma çamuru uygulamaları; ayrıca sulama veya yağışla ortaya çıkar (Inubushi, 2000; Ruser, 2006). Çöp depolama alanlarındaki N₂O emisyonlarının çöp sahası örtü malzemesinde tespit edilmiş (Börjesson ve Svenson 1997; Bogner, 1999) ve bu emisyon bazı durumlarda doğrudan metanotrofik aktivitesi ile ilişkilendirilmiştir (Mandernack ve ark., 2000). Bu nedenle, CH₄ oksidasyonunu desteklemek için kullanılan örtü malzemesi ve özellikleri N₂O emisyonları için önemli olabilir (Einola ve ark., 2008).

Yağış özellikle toprak nem içeriği ve toprak sıcaklığını değiştirerek, gaz

emisyonları üzerinde çeşitli etkiler yapar. Bazı araştırmalarda, toprak nem içeriği çöp sahaslarındaki CH₄, CO₂ ve N₂O emisyonlarını düzenleyerek önemli bir rol oynadığını göstermiştir (Börjesson ve Svensson, 1997; Zhang ve ark., 2008b, Zhang ve ark., 2013). Depolama örtü toprağındaki nem oranı topraktaki O₂ içeriğini değiştirerek nitrifikasyon ve metanotrofik faaliyetleri etkiler (Zhang ve ark., 2013). Yağış, toprak nem içeriğini artırarak, mikrobiyal nitrifikasyon ve denitrifikasyon süreçlerine substratlar olarak organik karbon ve mineralli N sağlayarak örtü topraklardan N₂O emisyonlarını artırmalıdır (Hui ve ark., 2003; Zhang ve ark., 2008a, 2008b, Zhang ve ark., 2013).

Bu çalışmada, Şanlıurfa depolama sahasından alınan çöp numuneleri çeşme suyu ile çeşitli oranlarda (0/1, 1/1, 2/1 ve 3/1, su/çöp oranı şeklinde) karıştırılarak, açık havaya bırakılarak CH₄, CO₂ ve N₂O sera gazı konsantrasyonları ölçülmüştür. Sera gazı konsantrasyonlarının ölçümleri Aralık 2009 ile Şubat 2010 tarihleri arasında yapılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Ölçümde kullanılan çöp, Şanlıurfa düzenli katı atık depolama alanından alınmıştır. Bu alan Şanlıurfa'nın yaklaşık 7 km güneydoğusunda Şanlıurfa-Akçakale Karayolu'nun batısındaki İkizce köyü mezrasında katı atık kontrolü yönetmeliğine uygun bir şekilde depolanmaktadır.

Şanlıurfa düzenli depolama sahasından alınan çöp numunesi Harran Üniversitesi, Çevre Mühendisliği laboratuvarında çeşme suyu ile karıştırılarak yaklaşık 20 L büyüklüğündeki kaplara yerleştirildi. Her bir konu (4 konu) üç tekerrürlü olarak toplam 12 adet kap hazırlandı. Gaz ölçümleri yapılırken kaplardan rüzgar yönü kaplara doğru ve en az 5 m uzaklıkta dış hava numunesi de ölçümü yapılarak arka plan değerleri belirlenmiş oldu.

Gaz Numunesi Alma

Çöp depolama alanındaki gaz konsantrasyonları miktarını belirlemek için kapalı oda (closed chamber) metodu kullanılarak belirlenmiştir.

Çöp numunelerinin konulduğu kapların üzerine 15 cm çapında 20 cm yüksekliğinde ve üstü yaklaşık 0,5 cm çapında bir delik olacak şekilde kapatılan silindirik bir kaptan (closed chamber) yararlanılmıştır. Ayrıca bu kabın yaklaşık 1 cm çöpün içerisine

batırılmasına dikkat edilmiştir. Numuneler, genellikle 12.00-13.00 arasında, kapalı odaları çöpün üzerine yerleştirdikten 30 dakika bekleme süresinden sonra üzerinde bulunan delikten 10 mL'lik şırıngalar vasıtasıyla alınmıştır. Alınan numuneler en fazla 1 saat içerisinde ECD, FID ve metanizer dedektörlü Greenhouse GC (SRI Instruments) ile CH₄, CO₂ ve N₂O gazları ölçümleri yapılmıştır. Fırın ve kolon sıcaklıkları ise 100°C olarak ayarlanmıştır. Her ölçümden önce her bir gazın kalibrasyonu yapılmıştır.

lama 2, 3 ve 4 de ise su/çöp oranı sırasıyla 1/1, 2/1 ve 3/1 olacak şekilde su ve çöp iyice karıştırılmış ve ölçülecek kaba yerleştirilmiştir. Her bir konu (4 konu) üç tekerrürlü olarak toplam 12 adet kap

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

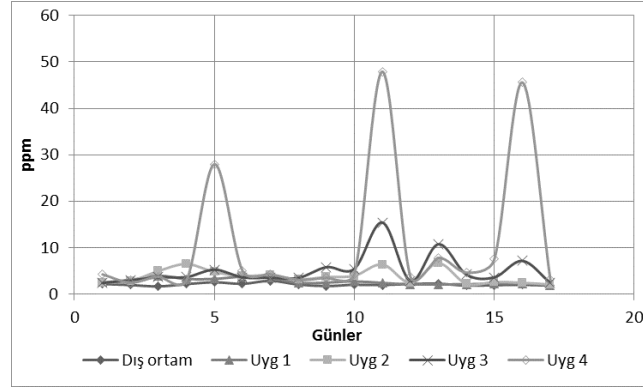
Ölçüm süresince elde edilen konsantrasyon miktarları Çizelge 1'de özetlenmiştir. Uygulama 1'de alınan çöp numunesine herhangi bir çeşme suyu eklemesi yapılmadan 20 L'lik kaba yerleştirilmiştir. Uygu

hazırlanmıştır. Gaz ölçümleri yapılırken kaplardan rüzgar yönü kaplara doğru ve en az 5 m uzaklıkta ve 3 tekerrürlü dış hava numunesi alınmış böylece arka plan değerleri belirlenmiştir.

Çizelge 1. Ölçülen gazların ortalama ölçüm değerleri (n=17)

	Dış hava	Uygulama 1 (s/ç= 0)**	Uygulama 2 (s/ç= 1)	Uygulama 3 (s/ç= 2)	Uygulama 4 (s/ç= 3)
CH ₄ , ppm	2.07±0.29	2.70±0.64	3.81±1.55	5.06±3.37	10.70±14.80
CO ₂ , ppm	493.37±116.81	1246.51±932.66	1848.86±1065.92	1726.00±1238.27	881.84±270.99
N ₂ O, ppm	1.85±1.14	11.59±19.71	16.10±9.35	9.08±3.46	4.16±3.02

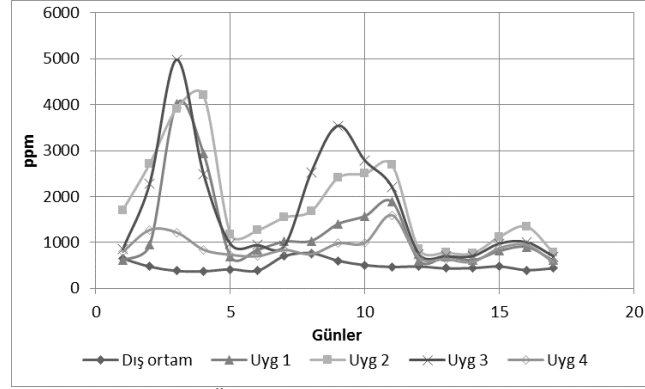
*Verilen değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir. ** su/çöp oranı



Şekil 1. Ölçülen CH₄ konsantrasyonları

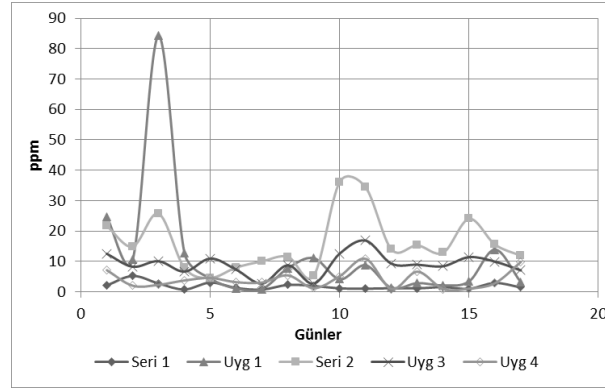
Örnekleme günlerinde ölçülen sera gazları konsantrasyonları Şekil 1-3'te gösterilmiştir. CH₄ konsantrasyonları genellikle aynı aralıkta olmuş ve dış hava ortamına göre daha yüksek değerlerde çıkmıştır. Dış ortamdan fazla çıkmış olması da yağmurlu zamanlarda daha fazla CH₄

emisyonu oluşacağını göstermektedir. Çizelge 1'de de su/çöp oranı artarken ortalama CH₄ konsantrasyonların arttığı görülmektedir. Ancak uygulama 4'te bazı günlerde CH₄ konsantrasyonları çok artış göstermiştir. Bunun da örneklemeden kaynaklanmış olması düşünülmektedir.

Şekil 2. Ölçülen CO₂ konsantrasyonları

CO₂ konsantrasyonları başlangıçta bütün uygulamalarda dış ortama göre çok artış olmasına rağmen daha sonraları ise dış ortam değerlerine inmektedir. Bunun nedeni olarak,

çöpün su içeriğinin artmasına bağlı olarak CH₄ konsantrasyonunun artışı ve dolayısıyla CO₂ konsantrasyonunun yükseldiği düşünülmektedir

Şekil 3. Ölçülen N₂O konsantrasyonları

Uygulama 1 ve uygulama 2'de ortalama olarak N₂O konsantrasyonları artış gözlemlenmiş uygulama 3 ve 4'te ise bir düşüş olmuştur. N₂O küresel ısınma potansiyeli 298 olduğu için daha küresel ısınma için önemli olmaktadır (IPCC, 2007). N₂O konsantrasyonu artış azalışlarını daha detaylı şekilde araştırma yapmak gerekmektedir. Literatürde çöp üzeri örtüsü malzeme sıcaklığına bakılarak farklılıklar ortaya konulmuş (Zhang ve ark., 2013) ama bu çalışmada o parametre araştırılmamıştır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, Şanlıurfa'daki düzenli depolama alanından alınan çöpün yağışlarla oluşan CH₄, N₂O ve CO₂ gaz konsantrasyonu durumu 2 aylık periyot dahilinde takip edilmiştir. Elde edilen bulgularla CH₄

konsantrasyonu su miktarı arttıkça artmaktadır. N₂O ve CO₂ konsantrasyonları ise belirli bir uygulama seviyesine kadar artmakta ve daha sonra ise azalmaktadır. Ama yine de arka plan seviyelerinden yüksek miktarlarda sonuç bulunmuştur.

Bu sonuç değerlerine bakılarak yağışın sera gazı konsantrasyonlarını artırma potansiyeli olduğu belirtilebilir. Bu sonuç ile Zhang ve ark., 2013 arasında paralel sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışmamızda 3 ay gibi kısa bir süre içerisinde ölçülen değerler sunulmuştur. Çalışma ilerledikçe hem aylık hem de mevsimlik gaz miktarlarındaki değişim hakkında daha fazla bilgi sahibi olacağımızı umuyoruz. Ayrıca gerçek yağmur yağışına göre de bu çalışmayı karşılaştırmayı hedeflemekteyiz.

Çöpte oluşan sera gazlarının üretim tahminini istatistiklere bağlı olarak

hesaplanabildiği literatürde belirtildiği (Tang ve ark., 2008) halde henüz ülkemizde böyle bir sera gazı verileri envanteri mevcut değildir. Bu çalışmanın çöp sahalarından oluşabilecek sera gazlarının tahminlenmesinde yardımcı olacağı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- Allen, D.E., Dalal, R.C., Rennenberg, H., Meyer, R.L., Reeves, S., Schmidt, S., 2007. "Spatial and temporal variation of nitrous oxide and methane flux between subtropic mangrove sediments and the atmosphere", *Soil Bio. & Biochem.* 39, 622–631.
- Barlaz, M.A., Green, R.B., Chanton, J.P., Goldsmith, C.D., Hater, G.R., 2004. Evaluation of biologically active cover for mitigation of landfill gas emissions. *Env. Sci. & Tech.* 38, 4891–4899.
- Bogner, J., Matthews, E., 2003. Global methane emissions from landfills: new methodology and annual estimates 1980–1996. *Global Biogeochemical Cycles* 17(2), 34:1–18.
- Bogner, J., Spokas, K., Burton, E., Sweeney, R., Corona, V., 1995. Landfills as atmospheric methane sources and sinks. *Chemosphere* 31, 4119–4130.
- Bogner, J.E., Spokas, K.A., Burton, E.A., 1999. Temporal variations in greenhouse gas emissions at a midlatitude landfill. *J. Env. Qual.* 28, 278–288.
- Börjesson, G., Svensson, B.H., 1997. Nitrous oxide emission from landfill cover soils in Sweden. *Tellus* 49 (B), 357–363.
- Chen, G.X., Huang, B., Xu, H., Zhang, Y., Huang, G.H., Yu, K.W., Hou, A.X., Du, R., Han, S.J., VanCleemput, O., 2000. Nitrous oxide emissions from terrestrial ecosystems in China, *Chemosphere: Global Change Science* 2, 373–378.
- Chen, I-C.; Hegde, U.; Chang, C.H.; Yang, S. S., 2008. Methane and carbon dioxide emissions from closed landfill in Taiwan, *Chemosphere* (70) 1484–1491.
- Clafin, A., 2011. Greenhouse Gas Accounting: Biogenic Carbon Emissions, M.Sc. Thesis, The University of Minnesota.
- Einola, J.K.M. and Karhu, A.E., Rintala, J.A., 2008. Mechanically–biologically treated municipal solid waste as a support medium for microbial methane oxidation to mitigate landfill greenhouse emissions. *Waste Management* 28, 97–111.
- Environmental Protection Agency, 2004. Guidance on monitoring landfill gas surface emissions.
- Erisman, J.W., Bleeker, A., Hensen, A., Vermeulen, A., 2008. Agricultural air quality in Europe and the future perspectives, *Atm. Env.* 42 (14), 3209–3217.
- Ghosh, S., Majumdar, D., Jain, M.C., 2003. Methane and nitrous oxide emissions from an irrigated rice of North India, *Chemosphere* 51, 181–195.
- Hedge, U., Chang, T.C., Yang, S.S., 2003. Methane and carbon dioxide emissions from Shan-Chu-Ku landfill site in northern Taiwan. *Chemosphere* 52, 1275–1285.
- Inamori, R., Wang, Y.H., Yamamoto, T., Zhang, J.X., Kong, H.N., Xu, K.Q., Inamori, Y., 2008. Seasonal effect on N₂O formation in nitrification in constructed wetlands. *Chemosphere* 73, 1071–1077.
- Inubushi, K., Goyal, S., Sakamoto, K., Wada, Y., Yamakawa, K., Arai, T., 2000. Influences of application of sewage sludge compost on N₂O production in soils. *Chemosphere: Global Change Science* 2, 329–334.
- IPCC, 2001. Climate Change 2001: the Scientific Basis. In: Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K., Johnson, C.A. (Eds.), Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom/New York, NY.
- IPCC. Climate Change 2007. Waste Management, In Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Maljanen, M., Komulainen, V.M., Hytonen, J., Martikainen, P., Laine, J., 2004. Carbon dioxide, nitrous oxide and methane dynamics in boreal organic agricultural soils with different soil characteristics, *Soil Bio. and Biochem.* 36, 1801–1808.
- Mandernack, K.W., Kinney, C.A., Coleman, D., Huang, Y.-S., Freeman, K.H., Bogner, J., 2000. The biogeochemical

- controls of N₂O production and emission in landfill cover soils: the role of methanotrophs in the nitrogen cycle. *Env. Microbio.* 2, 298–309.
- Ravishankara, A.R., Daniel, J.S., Portmann, R.W., 2009. Nitrous oxide (N₂O): the dominant ozone-depleting substance emitted in the 21st century. *Science* 326 (5949), 123-125.
- Ruser, R., Flessa, H., Russow, R., Schmidt, G., Buegger, F., Munch, J.C., 2006. Emission of N₂O, N₂ and CO₂ from soil fertilized with nitrate: effect of compaction, soil moisture and rewetting. *Soil Bio. and Biochem.* 38, 263–274.
- Tang, J., Bao, Z., Xiang, W., Gou, Q., 2008. Geological emission of methane from the Yakela condensed oil/gas field in Talimu Basin, Xinjiang, China, *J. Env. Sci.* (20) 1055–1062.
- Wang, Y., Xue, M., Zheng, X., Ji, B., Du, R., Wang, Y., 2005. Effects of environmental factors on N₂O emission from and CH₄ uptake by the typical grasslands in the Inner Mongolia, *Chemosphere* 58, 205–215.
- Zhang, H.H., He, P.J., Shao, L.M., 2008a. Methane emissions from MSW landfill with sandy soil covers under leachate recirculation and subsurface irrigation. *Atm. Environment*, 42(22), 5579–5588.
- Zhang, H.H., He, P.J., Shao, L.M., 2008b. N₂O emissions from municipal solid waste landfills with selected infertile cover soils and leachate subsurface irrigation, *Env. Poll.*, (156), 959–965.
- Zhang, H.H., Yan, X., Zucong, C., Zhang, Y., 2013. Effect of rainfall on the diurnal variations of CH₄, CO₂, and N₂O fluxes from a municipal solid waste landfill, *Sci. of the Total Env.*, (442), 73–76.