

MARMARA DENİZİ'NDE SEFER YAPAN BİR YOLCU GEMİSİNİN BAKIM/ONARIM AŞAMASINDA YEŞİL GEMİ KONSEPTİ PERSPEKTİFİNDE ATIK YÖNETİMİ İNCELEMESİ

Yağız Yetkin Azizler¹, Levent Bilgili², Uğur Buğra Çelebi²

¹İstanbul Şehir Hatları, İstanbul, Türkiye

²Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği, Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi,
Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

ÖZET

Gemi inşaatı endüstrisi en karmaşık üretim sektörlerinden birisi olarak kabul edilir ve farklı tersane ve operasyon süreçlerinin idare edilmesi için büyük boyutlarda işgücüne ihtiyaç duyar. Tarihin pek çok aşamasında gemiler ahşap gibi doğal malzemelerden üretilmiş ve rüzgar gibi yine doğal güçler ile sevk edilmiştir. Bu yüzden gemi kaynaklı atıklar göz ardı edilebilmiştir. Bununla birlikte, endüstri devriminden sonra çelik, başlıca gemi inşa malzemesi olarak kullanılmaya başlanmıştır ve bunun doğal bir sonucu olarak da yeni üretim yöntemleri geliştirilmiştir. Hem üretim hem de onarım tersanelerinde yaygın olarak kullanılan üç temel ve önemli üretim aşaması bulunur: Raspa, boya ve kaynak. Raspa yöntemi, yüzeye yapışan organizmaları kaldırmak ve yüzeyi bir sonraki aşama olan boya sürecine hazırlamak için daha pürüzlü hale getirmek için yüzeye küçük parçacıklar püskürtülmesi işlemidir. Boya süreci, tersane kaynaklı kirlilikte en büyük paya sahip olan süreçtir. Geleneksel bir boya işleminde katı, sıvı ve gaz türünden atıklar oluşabilmektedir. Kaynak ise gemi inşaatında en çok kullanılan birleştirme yöntemidir. En büyük kirletici kaynağı boya süreci olmasına rağmen en zararlı kirleticiler kaynak işlemi sırasında ortaya çıkmaktadır. Her üç işlemde de benzer ve zararlı atık ve emisyonlar meydana gelebilmektedir. Bu çalışmada, halen operasyonda olan bir yolcu gemisi ve bu yolcu gemisinin onarımı sırasında ortaya çıkan atık ve emisyonlar, yeşil gemi konsepti perspektifinde incelenmiştir. Emisyonların tanımı ve hesaplanması sonrasında, zararlı atıkları minimize etmek için bir atık yönetimi sistemi geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tersane Emisyon ve Atıkları, Raspa, Boya, Kaynak,

1. GİRİŞ

Gemi inşaatı ve gemi onarımı süreçleri çok sayıda karmaşık işlemin bir araya gelmesiyle gerçekleştirilir. Bu süreçlerin bir kısmı birbirinden bağımsızken bir kısmı birbiriyle sürekli iç içe haldedir. Hem üretim hem de onarım aşamasında en çok kullanılan ve kendi içinde alt süreçlere ayrılabilen üç işlem, raspa, boya ve kaynak işlemleridir.

Hem yeni gemi inşa hem de onarım tersanelerinde kesme, yüzey hazırlama, raspa, boya ve kaplama, solvent ve yağ temizleme, kaynak ve camelyaf üretimi gibi süreçler gerçekleştirilmektedir. Bütün bu süreçlerde çevreye ve insan sağlığına zararlı olduğu bilinen çeşitli tipte (katı, sıvı, gaz) atık ve emisyonlar oluşmaktadır. Bu atık ve emisyonları parçacıklar, uçucu organik bileşikler (VOC's), metal dumanı, boya parçacıkları, temizleyici ve boya çözücü solventler, sintine ve kargo tanklarından arta kalan yakıt ve yağ kalıntıları,

yağlama ve kesme yağları, atık sular, zımpara artıkları, yüzeyden sökülen parçacıklar ve kargo atıkları olarak sınıflandırmak mümkündür [1]. Bir diğer çalışmada tersaneler sızıntı yakıt, boya, solvent, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH's) ve işlenmiş metal cürufu ile kirletilmiş alanlar olarak tanımlanmıştır [2].

Yüzey hazırlama ve raspa işlemi, yüzeyi pas, kir ve gemi operasyonu esnasında yüzeye yapışmış olan organizmalardan temizleme sürecidir. Pas ve kir geminin bütünlüğüne ve sağlığına zarar verirken organizmalar, sakallanma adı verilen bir durumun oluşmasına yol açarak gemi direncinin artmasına ve dolayısıyla daha fazla yakıt harcanmasına yol açmaktadır. Bunların yanında raspa işlemi ile bir sonraki aşama olan boya işleme hazırlık yapılmakta, yüzey daha pürüzlü hale getirilerek boyanın yüzeyi tutması kolaylaştırılmaktadır.

Yüzey hazırlamada çelik, grit, garnet, bakır veya kömür cürufu gibi aşındırıcılar ile daha modern olan kuru buz ve su gibi maddeler de kullanılmaktadır. Bunların yanında deterjan ve kimyasal boya sökücüler gibi malzemeler de kullanım alanı bulmaktadır. Yüzey hazırlama ve raspa sürecinde açığa çıkan en temel kirleticiler boya parçacıkları ve kullanılan aşındırıcıların karışımıdır. Kurşun ve antifouling içeren boyalar özellikle zararlıdır. Su raspası kullanılan durumlarda ise boya ve yüzey parçacıkları ile karışan su, çamura benzer bir yapıda atık olarak meydana gelmektedir [3].

Boya, bütün üretim süreçleri arasında en çok miktarda zararlı atık meydana getiren süreçtir. Gaz formunda uçucu organik bileşikler başta olmak üzere çeşitli başka partiküller; sıvı formunda boyanın kendisi ve katı formunda boya kutuları ve fırçalar gibi atıklar meydana gelebilir.

Boya sürecinde kayda değer miktarda VOC's ve tehlikeli hava kirletici (HAP's) meydana gelir. Boya yapılırken püskürtme işlemi sırasında bazı parçalar havaya gaz olarak karışırken boya kururken sıvı haldeki boya suya karışabilir. Boya işlemi sırasında ortaya çıkan katı atıklar, tersanedeki bütün atıklar arasında en büyük paya sahiptir. Boyanın kirlettiği atık su, organik kirleticilerin yanısıra metal parçaları da içerebilir [3]. Geçmiş çalışmalarda tersanelerdeki boya sürecinin VOC's ve HAP's oluşumuna neden olduğu kanıtlanmış [4], VOC's etkileri ve kontrol yöntemleri araştırılmış [5] ve boya atıklarının sahada çalışan insanlar üzerinde etkileri olup olmadığı incelenmiştir [6]. VOC emisyonları arasında çinko oksit, talk, karbon, katran, kurşun, mika, alüminyum ve çinko tozu ile solventler olarak aseton, ksilen, metil etil keton ve su gözlenmektedir [7].

Kaynak ise tersanelerde uygulanan en son imalat işlemidir. Tersanelerde çok çeşitli kaynak türleri uygulanmakta olup en yaygın olarak kullanılanları gaz altı kaynağı ile elektrot ark kaynağıdır. Kaynak işlemi, elektrot ve tel atıkları olarak katı ve kaynak sırasında açığa çıkan kaynak dumanı olarak gaz formunda atıklar meydana getirmektedir ve bu atıklar çevreye ve insan sağlığına oldukça zararlıdır.

Kura ve Lacoste, 1996 [8], tersanede üretim süreçleri sırasında ortaya çıkan atıkları incelemişlerdir. Kura vd., 1996a [9]; 1996b [10]; 1998 [11]; 1998a [12] çalışmalarında ise tersanelerde açığa çıkan toksik kimyasal emisyonların salınım riski konusunda araştırmalar yapmışlardır. Matczak ve Chmielnicka, 1989 [13], kaynak dumanı içinde çözünebilen ve çözünemeyen Cr⁺³ ve Cr⁺⁶ bileşiklerini incelemişlerdir. Hewett, 1995 [14], ise örtülü metal ark kaynağı ve gaz metal ark kaynağı yöntemlerinin uygulanması sırasında işçi maruz kalmaları üzerine matematiksel bir model geliştirmiştir.

Bu çalışmada halen kullanımda olan bir yolcu gemisi için onarım esnasında bu üç proses sonucu ortaya çıkan atıklar hesaplanmıştır. Hesaplar sadece bir onarım süreci için yapılmış olup diğer onarım süreçleri için daha değişik sonuçlar elde edilebilir. Tablo 1, geminin ana karakteristik özelliklerini vermektedir.

Tablo 1. Gemi ana karakteristik özellikleri

Ana Karakteristikler	
L	56 m.
B	10,5 m
D	3 m.
f	1260 mm.
Makine Gücü	1500 HP
Hız	14 knot
Yolcu Kapasitesi	1400 kişi

Gemi onarımı sırasında dört çeşit boya kullanılmıştır. Bu boyalara ait teknik veriler Tablo 2'de yer almaktadır.

Tablo 2. Gemi onarımında kullanılan boya tiplerinin özellikleri

Boya Özellikleri	Boya A	Boya B	Boya C	Boya D
Yaş Film Kalınlığı (µm)	175	262,5	118	224
Kuru Film Kalınlığı (µm)	100	105	40	150
Teorik Kaplama Alanı (m ² /l)	5,7	4,3	8,75	4,47
Boyama Alanı (m ²)	670	500	170	670
Tüketim (l)	120	400	40	512
VOC Miktarı (g/l)	445	518	565	283
Hacimce Katı Madde Oranı (%)	57	40	35	67

Tablo 2'ye göre toplamda 2010 m² alan 1072 litre atıkla boyanmıştır. Harcanan bu toplam boyadan açığa çıkan VOC's miktarları aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır.

$$[EVOC_i^k]_j^x = [Q_{\rho VOC_i} \left(\frac{VOC_i}{100} \right) \left(1 - \frac{CE_i}{100} \right)]$$

$$[ETVOC^k]_j^x = \sum [Q_{\rho VOC_i} \left(\frac{VOC_i}{100} \right) \left(1 - \frac{CE_i}{100} \right)]$$

Burada;

i: kirletici tipi

j: yüzey tipi

k: boya tipi

x: gemi tipi

EVOC: x tipi geminin tekne yüzeyine uygulanan boyadan açığa çıkan emisyon

ETVOC: x tipi geminin j tipi yüzeyine uygulanan boyadan açığa çıkan toplam EVOC

Q: m² başına kullanılan toplam kaplama miktarı

ρ: VOC tipinin yoğunluğu

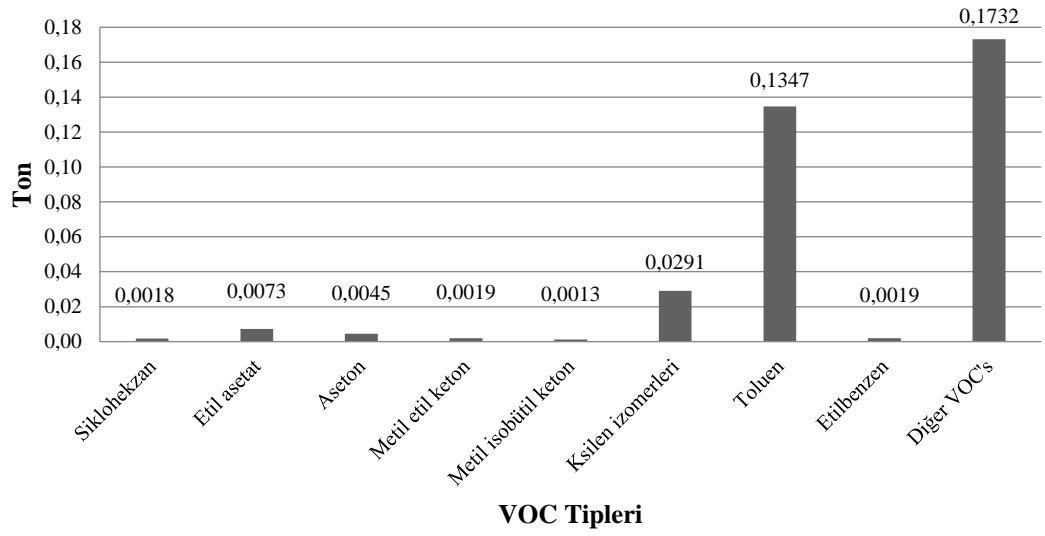
VOC_i: VOC tipinin toplam VOC miktarı içindeki oranı

CE_i: kirleticinin kontrol katsayısı

2. SONUÇ VE ÖNERİLER

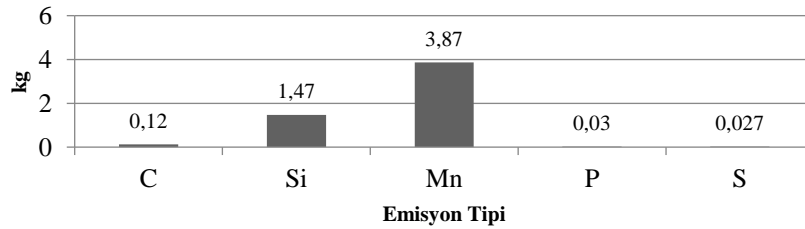
Çalışmada öncelikle onarım esnasında kullanılan boyaların açığa çıkardığı toplam VOC emisyonları hesaplanmıştır. Bu amaçla toplam VOC miktarı içinde hangi VOC tiplerinin olduğu bulunmuş ve hesaplamalar buna göre ayrıntılı olarak yapılmıştır.

Toplam sekiz tip VOC tanımlanmıştır [15]. En büyük paya sahip bu emisyonlar toluen (37,87 %), ksilen izomerleri (8,17 %), etil asetat (2,04 %), aseton (1,27 %), metil etil keton (0,54 %), etil benzen (0,54 %), sikloheksan (0,52 %) ve metil isobütil keton (0,36 %) olarak bilinir. Geri kalan 48,69 %'lük kısım ise diğer VOC emisyon tipleri tarafından oluşturulmaktadır. Yapılan hesaba göre elde edilen sonuçlar Şekil 1'de sunulmaktadır.



Şekil 1. Boya işlemi sırasında açığa çıkan VOC tipleri

Bütün bakım/onarım sürecinde gemiye uygulanan kaynak türü gaz altı kaynağı olup 1,2 mm çaplı Hyundai marka SF-71 türü rutil gaz altı özlü kaynak teli kullanılmıştır. Kullanılan toplam tel miktarı 300 kg. olup toplamda 320 kg. CO₂ gazı koruyucu gaz olarak kullanılmıştır. Katalogdan elde edilen bilgilere göre bu miktarda kaynak telinin kullanılması sonucunda ortaya çıkan ve telin içeriğinde bulunan belli başlı parçacıkların yaklaşık değeri Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 2. Kaynak işlemi sırasında açığa çıkması beklenen kirletici tipleri

Bu miktarlar, kaynak telinin tamamının kaynak işlemi sırasında kayıpsız bir şekilde kullanıldığı varsayılarak hesaplanmıştır. Havaya karışan gerçek değerlerde kaynak işlemine ve dış koşullara bağlı olarak farklılıklar görülebilir.

Bu gaz emisyonların haricinde toplamda çapı 18 cm. olan yüzey taşlama taşlarından 15 adet 5 cm. kalana kadar, çapı 11 cm. olan yüzey taşlama taşlarından 10 adet 3 cm. kalana kadar kullanılmıştır. Buna göre toplam 25 adet yüzey taşlama taşı katı atık olarak ortaya çıkmıştır. Onarım sırasında raspa işlemi için ise yaklaşık 26 ton grid kullanılmış ancak geri toplanan grid miktarı 19 ton civarındadır. Buna göre 7 ton civarında grid çevreye katı atık olarak karışmaktadır.

Küçük boyutlu bir yolcu gemisinin onarımında bile toplam 0,35 ton VOC; 5,5 kg kaynak dumanı ve 7 ton katı raspa atığı açığa çıkmaktadır. Yolcu gemilerinin kargo gemilerine kıyasla çok daha küçük ve narin oldukları hesaba katıldığında ve sıradan bir tankerin onarımı sırasında bu atıklardan çok daha yüksek miktarlarda oluşacağı da düşünülürse dünya çapındaki onarım tersanelerindeki süreçlerin çevreye verebileceği potansiyel zararlar büyük boyutlara ulaşmaktadır. Bu zararlı atıkların azaltılması için boya ve kaynak işleminin olabildiğince kapalı alanlarda yapılması, kaynak işleminin otomatik sistemlerce uygulanması, kaynak dumanının özel hazırlanan sistemler tarafından çekilerek işçilerin kaynak dumanına maruziyetlerinin azaltılması ve mümkünse sıfırlanması, raspa işlemi sırasında açığa çıkan atıkların da olabildiğince toplanması ve geri dönüştürülmesi gerekmektedir. Yenilikçi teknolojilerin kullanımının onarım tersanelerinde yaygınlaşması onarım süreçlerinde ortaya çıkan atık ve emisyonların minimize edilmesine katkı sunacaktır.

3. KAYNAKLAR

- [1] Akanlar, F.T., Celebi, U.B., Vardar, N., 2009. New Automated Technologies in Environmentally Sensitive Shipyards, Second International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics, CEMEPE & SECOTOX Conference, 21-26 Haziran 2009.
- [2] Chiu, S.W., Ho, K.M., Chan, S.S., So, O.M., Lai, K.H., 2006. Characterization of Contamination and Toxicities of a Shipyard Area in Hong Kong, *Environmental Pollution*, Vol. 142, pp. 512-520.
- [3] USEPA, 1997. Profile of the Shipbuilding and Repair Industry, Office of Compliance Sector Notebook Project, Washington, USA.
- [4] Kura, B., 1998. Air Quality Regulations Applicable to Shipyards and Boatyards in the Mid-Atlantic and Gulf-Coast States, MISSTAP, Biloxi, MS.
- [5] Lin, C.M. ve Kenny, K.Y.L., 1996. Controlling Volatile Organic Air Pollutants from Industry, Institute of Industrial Engineers, Annual Issue, pp. 41-44.
- [6] Malherbe, L. ve Mandin, C. 2005. VOC Emissions during Outdoor Ship Painting and Health Risk Assessment, 1st International Conference on Harbours and Air.
- [7] USEPA, 2001. Preferred and Alternative Methods for Estimating Air Emissions from Surface Coating Operations, Vol. III, Chapter 7.

- [8] Kura, B. ve Lacoste, S., 1996. Typical Waste Streams in a Shipbuilding Facility, Proceedings of Air & Waste Management Association's 89th Annual Meeting & Exhibition, Nashville, TN, 24-28 Haziran.
- [9] Kura, B., Lea, W.R., Knecht, A., McManis, K., 1996a. Risk Analysis of the TRI Emissions from the Shipbuilding, Repair and Maintenance Industry, *Proceedings of the 1996 Ship Production Symposium*, San Diego, CA, 14-16 Şubat.
- [10] Kura, B., Knecht, A., McManis, K., Lea, W.R., 1996b. Comparison of Japanese and US Environmental Regulations Impacting Shipbuilding, Ship Production Symposium, San Diego, CA, 14-16 Şubat.
- [11] Kura, B., Lacoste, S., Saha, S., 1998. Multimedia Pollutant Emissions from Shipbuilding Facilities, United States and Japan Natural Resources (UJNR) Conference, Washington D.C.
- [12] Kura, B., Tadimalla, R., Saha, S., 1998a. Wastewater from Shipyards-Characterization, Minimization and Treatment, *Proceedings of the Water Environment Federation*.
- [13] Matczak W. ve Chmielnicka J., 1989. Methods for Determining Soluble and Insoluble Cr III and Cr IV Compounds in Welding Fumes, *Polish Journal of Occupational Medicine*, Vol. 2(4), ss. 376-388.
- [14] Hewett, P., 1995. Estimation of Regional Pulmonary Deposition and Exposure for Fumes from SMAW and GMAW Mild Stainless Steel Consumables, *Am Ind Hyg Assoc J.*, Vol 56, Issue 2, ss. 136-142.
- [15] NPI, 1999. Emission Estimation Technique Manual for Surface Coating Process Description and Emissions, National Pollutant Inventory, Queensland Department of Environment, Australia.