

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GEMİ İNŞAATINDA ATIK ÜRÜNLERİN GERİ  
DÖNÜŞÜMÜNÜN İNCELENMESİ**

Gemi İnşaatı Yük. Müh. Fuat Tolga Akanlar

**FBE Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalında  
Hazırlanan**

**DOKTORA TEZİ**

**Tez Savunma Tarihi** : 02 Aralık 2010  
**Tez Danışmanı** : Doç. Dr. Nurten VARDAR (YTÜ)  
**Jüri Üyeleri** : Prof. Dr. Ahmet Dursun ALKAN (YTÜ)  
: Prof. Dr. Tamer YILMAZ (YTÜ)  
: Prof. Dr. Selma ERGİN (İTÜ)  
: Y.Doç. Dr. Yağm ÜNSAN (İTÜ)

**İSTANBUL, 2010**

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ .....	v
KISALTMA LİSTESİ .....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ .....	ix
ÖNSÖZ .....	xi
ÖZET .....	xii
ABSTRACT .....	xiv
1. GİRİŞ .....	1
2. GEMİ İNŞAATINDA KULLANILAN ÜRETİM PROSESLERİ VE ORTAYA ÇIKAN ATIKLARI.....	15
2.1 Kaynak .....	16
2.1.1 Kaynak Prosesi Atıkları.....	16
2.2 Boya .....	17
2.2.1 Boya Prosesi Atıkları.....	17
3. GEMİ İNŞAATINDA KULLANILAN YÜZEY HAZIRLAMA YÖNTEMLERİ .....	19
3.1 Aşındırıcı Raspa.....	20
3.2 Su Raspası.....	21
3.3 Kuru Buz Raspası .....	22
3.4 Isıl Soyma .....	22
3.5 Kimyasal Soyma .....	23
3.6 Mekanik Soyma .....	23
3.7 Atıklar .....	23
4. AŞINDIRICI RASPA .....	25
4.1 Raspa Malzemeleri .....	25
4.1.1 Silika Kumu .....	26
4.1.2 Garnet .....	27
4.1.3 Olivin .....	28
4.1.4 Starolit.....	28
4.1.5 Metal Grit ve Tanecik.....	28
4.1.6 Cam Tanecik.....	29
4.1.7 Cam Grit .....	30
4.1.8 Alüminyum Oksit (Alümina).....	30
4.1.9 Plastik Malzeme.....	31

4.1.10	Sodyum Bikarbonat (Kabartma Tozu).....	31
4.1.11	Kuru Buz.....	32
4.1.12	Mineral Cürufur.....	32
4.1.13	Bakır Cürufu (Sülfür Cevheri).....	32
4.1.14	Nikel Cürufu.....	33
4.1.15	Kömür Cürufu.....	34
4.1.16	Organik Malzemeler.....	34
4.2	Raspa Prosesi.....	37
4.2.1	Raspa Prosesi Atıkları.....	39
4.2.2	Raspanın İnsan Sağlığına Etkileri.....	40
4.2.3	Aşındırıcı Raspa Malzemelerinin Sağlık Açısından Tehlikeleri.....	43
4.2.3.1	Silika Kumuru.....	44
4.2.3.2	Kömür Cürufu.....	45
4.2.3.3	Speküler Hematit (Demir Oksit).....	46
4.2.3.4	Çelik Grit.....	46
4.2.3.5	Garnet.....	47
4.2.3.6	Cam Kırığı.....	48
5.	<b>KURU BUZ.....</b>	<b>50</b>
5.1	Kuru Buzun Tarihçesi.....	50
5.2	Kuru Buzun Özellikleri.....	52
5.3	Kuru Buzun Üretilmesi.....	53
5.4	Kuru Buzun Kullanım Alanları.....	54
5.4.1	Kuru Buzun Ticari Kullanım Alanları.....	55
5.4.2	Kuru Buzun Bilimsel Kullanım Alanları.....	55
5.5	Kuru Buz Teknolojisindeki Gelişmeler.....	56
5.6	Kuru Buzun Maliyeti.....	56
5.6.1	Kabuller.....	56
5.6.2	Tahmini İşletme Maliyetleri.....	57
5.7	Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri.....	57
6.	<b>KURU BUZUN GRİT RASPA İLE DENEYSEL KARŞILAŞTIRILMASI.....</b>	<b>59</b>
6.1	Kabuller.....	61
6.2	Tahmini İşletme Maliyetleri.....	62
7.	<b>KAPALI DEVRE RASPA SİSTEMİ.....</b>	<b>66</b>
7.1	Uygulama.....	67
7.2	Çalışma.....	68
7.2.1	Teknik Veriler.....	69
7.2.2	İstenilen Hedef Yüzey Pürüzlülüğü için Gerekli Parametreler.....	69
7.2.3	Gerekli Çalışma Parametreleri.....	70
7.2.4	Numune Seçimi.....	71
7.2.5	Optimizasyon.....	71
7.2.6	Benzetim Sonuçları.....	75
7.2.7	Uygun Çalışma Değerlerinin Karşılaştırılması.....	81
7.3	Otomatik Raspa Hattı Tahmini İşletme Maliyetinin Hesaplanması.....	82
7.3.1	Hesaplama Kullanılan Kabuller.....	82
7.3.2	Hesaplama.....	83
8.	<b>SU JETİ RASPASI.....</b>	<b>84</b>

8.1	Su Jeti Raspasının Tarihçesi .....	84
8.2	Su Jeti Raspası Yönteminin Özellikleri .....	84
8.3	Su Jeti Raspasının Kullanım Alanları.....	85
8.4	Su Jeti Raspası Teknolojisindeki Gelişmeler .....	85
8.5	Su Jeti Raspasında Atık Miktarının Hesaplanması.....	86
8.6	Su Jeti Raspa Sisteminin Maliyetlendirilmesi.....	88
9.	SU RASPASINDA KAPALI DEVRE SİSTEM GELİŞTİRİLMESİ .....	89
9.1	Kapalı Devre Su Raspasının Amacı .....	89
9.2	Kapalı Devre Su Jeti Raspası Yönteminin Çalışma Prensipleri .....	89
9.3	Kapalı Devre Su Jeti Sistemi Şeması.....	91
9.4	Kapalı Devre Su Jeti Raspası Bileşenlerinin Kapasitelerinin Hesaplanması .....	91
9.4.1	Su Tankı Kapasitesinin Belirlenmesi.....	91
9.4.2	Sirkülasyon Pompası Kapasitesinin Belirlenmesi .....	92
9.4.3	Filtre Sistemi.....	92
9.4.4	Kapalı Devre Su Jeti Raspası Sisteminin Maliyetlendirilmesi .....	92
9.4.5	Güç Harcamasının Hesaplanması .....	92
9.5	Kapalı Devre Su Jeti Raspası Yönteminin Grit Raspa Yöntemine Göre Avantajları ve Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri .....	93
10.	Tüm Sistemlerin Karşılaştırmalı Olarak Değerlendirilmesi .....	94
10.1	Sistemlerin Birim Maliyetlerinin Karşılaştırılması .....	94
10.2	Toplam Maliyet Karşılaştırması .....	96
10.3	Geleneksel ve Önerilen Sistemlerin Karşılaştırılması.....	97
11.	SONUÇ.....	98
	ÖZGEÇMİŞ.....	109

## SİMGE LİSTESİ

$\text{Cr}^{6+}$	Hegzavalent Krom
Cr(III)	Krom III
Cr(VI)	Krom VI
$\text{CO}_2$	Karbondioksit
TBT	Tribütülin
$\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	Almandit

## KISALTIMA LİSTESİ

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AWJ	Abrasive Water Jet
BMP	Best Management Practice
CEMEPE	Conference on Environmental Management Engineering Planning Economics
DWT	Dead Weight Tonnes
EMSA	Avrupa Deniz Güvenliği Birliği
EPA	Environmental Protection Agency
GMO	Gemi Mühendisleri Odası
HAP	Hazardous Air Pollutant
HRC	Hardness Rockwell C
IARC	International Agency for Research on Cancer
ILO	International Labour Organization
IMO	International Maritime Organization
MESAEP	Mediterranean Scientific Association of Environmental Protection
MS	Multipl Skleroz
NAVSEA	US Navy - Naval Sea Systems
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
NPI	National Pollution Inventory
NSRP	National Shipbuilding Research Program
OSHA	Occupational Safety and Health Administrator
PAH	Polycircular Aromatic Hydrocarbons
PM	Particulate Matter
PMB	Plastic Media Blasting
PVC	Polyvinyl Chloride
TBT	Tribütülin
USD	United States Dollar
USEPA	United States Environmental Protection Agency
VOC	Volatile Organic Compound
WJ	Water Jet

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Genel kaynak ve kesme yöntemleri.....	16
Şekil 4.1 Gemilerin sualtı gövdesinde oluşan organik ve canlı birikimleri.....	25
Şekil 4.2 Kullanılan değişik aşındırıcı raspa malzemeleri .....	26
Şekil 4.3 Metal Grit .....	29
Şekil 4.4 Büyük ve küçük bilyelerin bir arada kullanıldığı bir geri dönüşümlü raspa sistemi. 38	
Şekil 4.5 Sadece büyük veya sadece küçük bilyelerin kullanıldığı bir geri dönüşümlü raspa sistemi.....	38
Şekil 6.1 GTF tarafından kuru buz uygulamalarında kullanılan donanım .....	59
Şekil 6.2 Uygulamalarda harcanan kuru buz miktarı .....	60
Şekil 6.3 Uygulamalarda harcanan grit miktarının uygulama alanı ile kıyaslanması .....	60
Şekil 6.4 Yüzer Lang tarafından kullanılan kuru buz deney donanımı .....	62
Şekil 6.5 Yüzer Lang kuru buz uygulama numuneleri.....	65
Şekil 6.6 İstanbul Tersanesi grit raspa uygulama numuneleri ve atık durumu.....	65
Şekil 7.1 Kapalı devre raspa ünitesi şeması.....	67
Şekil 7.2 Sistemin görüntüsü .....	68
Şekil 7.3 Sistem için önerilen 7 bar debi ve 90 m <sup>3</sup> /h basınç değerinde farklı hız değerlerinde 1. Numune Sac için maliyet değerleri .....	76
Şekil 7.4 Sistem için önerilen 7 bar debi ve 90 m <sup>3</sup> /h basınç değerinde farklı hız değerlerinde 2. Numune Sac için maliyet değerleri.....	77
Şekil 7.5 Sistem için önerilen 7 bar debi ve 90 m <sup>3</sup> /h basınç değerinde farklı hız değerlerinde L Profil Numune Sac için maliyet değerleri.....	77
Şekil 7.6 Sistem için önerilen 7 bar debi ve 90 m <sup>3</sup> /h basınç değerinde farklı hız değerlerinde U Profil Numune Sac için maliyet değerleri.....	78
Şekil 7.7 Farklı basınç değerleri için kullanılan aşındırıcı miktarlarının karşılaştırılması.....	79
Şekil 7.8 Değişik basınç değerlerinde işletme maliyeti ve harcanan aşındırıcı maliyetlerinin 1. Numune için 0,5 m/dk sabit hızda karşılaştırılması .....	79
Şekil 7.9 Değişik basınç değerlerinde işletme maliyeti ve harcanan aşındırıcı maliyetlerinin 1. Numune için 1 m/dk sabit hızda karşılaştırılması.....	80
Şekil 7.10 Değişik basınç değerlerinde işletme maliyeti ve harcanan aşındırıcı maliyetlerinin 1. Numune için 1,5 m/dk sabit hızda karşılaştırılması.....	80
Şekil 7.11 Değişik basınç değerlerinde işletme maliyeti ve harcanan aşındırıcı maliyetlerinin 1. Numune için 2 m/dk sabit hızda karşılaştırılması.....	81
Şekil 8.1 Su jeti raspası ile yüzey temizleme uygulaması.....	85
Şekil 8.2 Yüzey hazırlama yöntemlerinde atık materyal ve boya kalıntılarının miktarları.....	87

Şekil 9.1 Alternatif yüzey hazırlama yöntemlerinde atık malzeme ve boya kalıntılarının miktarları .....	90
Şekil 9.2 Kapalı devre su jeti raspa ünitesi şeması.....	91
Şekil 10.1 Raspa yöntemlerinin birim maliyetlerinin karşılaştırılması.....	95
Şekil 10.2 Toplam maliyetlerin 0-200 m <sup>2</sup> arasında karşılaştırmalı değerlendirilmesi .....	96



## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 4.1 Aşındırıcı karakteristiklerinin özetlenmesi.....	35
(Kaynak : Journal of Protective Coatings and Linings, 2000, Pera, 2003). .....	35
Çizelge 4.2 Raspa malzemelerinin karşılaştırılması.....	35
Çizelge 4.3 Metalik olmayan aşındırıcıların fiziksel özellikleri ve karşılaştırılmaları.....	36
(Kaynak: ASM Metals Handbook, 9th Edition, Vol:5, 1982, Pera 2003). .....	36
Çizelge 4.4 Aşındırıcı malzemelerin zararları.....	37
(Kaynak: Pera 2003). .....	37
Çizelge 4.5 Raspa malzemelerinin kirletici emisyonları .....	40
Çizelge 4.6 Raspa sonucu açığa çıkan potansiyel hava kirleticiler .....	41
Çizelge 4.7 Seçilen aşındırıcı raspa malzemeleri içerisinde ölçülen uçucu zararlı metal yoğunlukları (Kaynak: Flynn ve Susi 2004) .....	43
Çizelge 4.8 Silika Kumu'na ait MSDS verileri .....	45
Çizelge 4.9 Kömür cürufu'na ait MSDS verileri.....	45
Çizelge 4.10 Demir oksit'e ait MSDS verileri.....	46
Çizelge 4.11 Çelik Grite ait MSDS verileri.....	47
Çizelge 4.12 Garnet'e ait MSDS verileri.....	47
Çizelge 4.13 Cam Kırığı'na ait MSDS verileri .....	48
Çizelge 4.14 Hava kirleticilerin tehlikeleri.....	49
Çizelge 6.1 Kuru Buz raspa uygulama miktarları .....	59
Çizelge 6.2 Grit ve kuru buz raspa yöntemlerinin birim değerlerinin karşılaştırılması .....	65
Çizelge 7.1 Benzetimlerde kullanılacak numunelerin ebat ve özellikleri .....	71
Çizelge 7.2 Değişik çaplardaki nozüller için güç, aşındırıcı harcamı ve debi değerlerinin karşılaştırılması (Kaynak: Hansel, 2000) .....	72
Çizelge 7.3 Sabit bir basınç değerinde değişik nozüllerin kullanımı ile elde edilen basınçlı hava ve atık oran ve maliyet değerlerinin karşılaştırılması .....	74
Çizelge 7.4 Değişik basınç değerlerinde 3 no'lu nozül ile elde edilen basınçlı hava, atık oran ve maliyet değerlerinin karşılaştırılması .....	74
Çizelge 7.5 Değişik basınç değerlerinde 3 no'lu nozül ile elde edilen maliyet değerlerinin karşılaştırılması.....	75
Çizelge 7.6 Farklı basınç değerlerinde elde edilen aşındırıcı sarfiyat hesaplaması .....	76
Çizelge 7.7 Değişken hız ve basınç değerlerinin maliyet analizi .....	81
Çizelge 7.8 Değişken hız ve basınç değerlerinin maliyet analizi .....	82

Çizelge 8.1 Yüzey hazırlama işlemleri sırasında açığa çıkan kurşun miktarı (Kaynak: National Shipbuilding Research Program 1998).....	84
Çizelge 8.2 Grit raspa ve su jeti raspası işletme verileri.....	86
Çizelge 9.1 Raspa yöntemlerinin sarfiyat değerlerinin karşılaştırılması.....	89
Çizelge 10.1 Tüm yöntemlerin 100 m <sup>2</sup> birim alan için tüm birim maliyetlerinin karşılaştırılması.....	94
Çizelge 10.2 İncelenen sistemlerin maliyet karşılaştırma tablosu.....	97

## ÖNSÖZ

Denizler, insanoğlu için her zaman çetin bir mücadele gerektiren, yenilik ve bilinmeyene giden ufuklara ulaşımında kullanılan birer araç olmuşlardır. Denizcilik, tarih boyunca önemini korumuş ve bu konuda kendini geliştiren toplumlar her zaman yeni teknolojilere ve kültürlere ilk ulaşan ve uygulayan sosyal toplumlar olmuşlardır. Dünya tarihinde en önemli atılımlar ve keşifler büyük denizciler tarafından yapılmıştır.

Türk ve Osmanlı tarihi incelendiğinde denize ve denizciliğe verilen önemin ve yatırımların her zaman ön plana çıktığı görülmektedir. Her ne kadar coğrafi konumumuzun gereklerini tam anlamıyla yerine getiremiyor ve denizlerimizi verimli bir şekilde kullanamıyor olarak görünsek de, son yıllarda değişen ve gelişen teknolojiler ve dünya ekonomisinin daha verimli ülkelere yönelmesi ile birlikte Türk Gemi İnşa sektörü de bu teknolojik ilerlemeden payını alarak gelişmiş ve büyümüştür.

Bu büyümenin beraberinde getirdiği teknolojik iyileştirmeler ve yatırımların öneminin belirtilmesine paralel olarak, çevre ve insan sağlığına verilen önemde unutulmaması gerektiğinin altı bir kere daha çizilmelidir. Ekonomik çözümlerin yanı sıra, çevreye ve çalışanlara gelecek risk ve oluşacak atık miktarları konusu göz önünde bulundurulmalıdır. Bu kapsamda yapılan çalışmamızda, mevcut üretim süreçlerinin incelenerek ortaya çıkan atıkların belirlenmesi ve alternatif üretim yöntemleri ve malzemeler kullanılarak azaltılması veya ortaya çıkmalarının önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Bu sayede atıklar oluşmadan kaynağında önlenerek çevreye ve insan sağlığına duyarlı üretim süreçleri oluşturulması planlanmıştır.

Çalışmam boyunca bana her türlü desteği ve çalışma arzusunu veren sayın hocam Doç. Dr. Nurten Vardar'a, çalışmalarımız boyunca bana yoldaş olan Dr. Uğur Buğra Çelebi'ye, tüm bu süre zarfında gösterdikleri yardım ve desteklerinden ötürü hayat arkadaşım Dilek Ülgen'e ve aileme şükranlarımı sunarım. Ayrıca Linde Gaz A.Ş'den Sayın Mete Bey'e, Sayın Haydar Bey'e, Lang & Yüzer firmasından Sayın Tolga Bey'e ve Uzman Makine'den Sayın Burç Uzman'a çalışmam boyunca yaptıkları sektörel katkıdan dolayı teşekkürlerimi sunarım.

## ÖZET

### GEMİ İNŞAATINDA ATIK ÜRÜNLERİN GERİ DÖNÜŞÜMÜNÜN İNCELENMESİ

Gemi inşa sektörü ağır metal sanayi kapsamında değerlendirilen, pek çok kimyasal ve tehlikeli madde kullanımının mevcut olduğu bir imalat dalıdır. Bünyesinde kaynak, boya, raspa ve fiber gövde imalatı gibi insan sağlığıyla direk bağlantılı pek çok imalat sürecini barındırmaktadır. Gemi inşaatı, bakımı ve onarımı sırasında çok fazla atık ve kirletici açığa çıkmaktadır. Bu atık ve kirleticilerin toplam miktarı ekolojik anlamda büyük riskler oluşturmaktadırlar. Tersanelerin çevre ve insan sağlığına olan etkileri gemi inşa sektöründe süregelen teknolojik gelişmeler ile azaltılabilir. Kirliliği azaltıcı yeni imalat teknolojileri ile malzeme girdisinin azaltılması, mühendislik süreçlerinin geri kazanıma yönelik iyileştirilmesi, yönetim uygulamalarının geliştirilmesi ve alternatif malzeme tercihi ile toksik kimyasalların ortadan kaldırılması bu kapsamda anahtar bir rol üstlenecektir.

Bu çalışmada, tersanelerde kullanılan geleneksel imalat süreçleri, bu süreçlerden açığa çıkan kirletici emisyonları (katı, sıvı ve gaz) ve gemi inşaatı, bakımı ve onarımı sırasında açığa çıkan atık ve kirleticileri azaltmaya yönelik alternatif üretim yöntemlerinin belirtilmesi amaçlanmıştır. Mevcut geleneksel grit raspası ile kıyaslanan bu alternatif yöntemlerin işletme ve yatırım maliyetleri göz önüne serilerek daha avantajlı ve çevreci sistemlerin mevcudiyetinin belirtilmesi hedeflenmiştir. Çalışmanın 2. bölümünde gemi inşaatının önemli proseslerinden olan kaynak, boya ve ağırlıklı olarak yüzey hazırlama işlemleri ve bu süreçlerden ortaya çıkan atıklardan bahsedilmiştir. 3. bölümde detaylı olarak yüzey hazırlama yöntemleri incelenmiş ve bu yöntemler içinde en çok kullanılan ve çevre ve insan sağlığına oldukça zararlı olan aşındırıcı raspa metodu 4. bölümde ele alınarak bu yöntemlerde kullanılan aşındırıcılar ile çevre ve insan sağlığına olan etkileri detaylı olarak incelenmiştir. 5. bölümde alternatif üretim yöntemlerinden kuru buz yöntemi incelenmiştir. Kuru buz ve grit raspa yöntemleri ile ilgili deneysel çalışmalar yapılmış olup, deney sonuçları 6. bölümde anlatılmış ve bu iki yöntemin maliyet hesapları ile karşılaştırılmaları bu bölümde anlatılmıştır. 7. bölüm bilinen raspa yöntemlerine alternatif olabilecek kapalı devre raspa yöntemini içermektedir. Tüm dünyada yaygınlaşmaya başlayan bu yöntemde işi biten aşındırıcı malzeme derhal toplanarak atık ve kirleticilerden ayrıştırılmakta ve aşındırıcı malzeme seçimine uygun bir dönüşüm sistemi ile kapalı devre halinde çalışmaktadır. Yine bu bölümde kapalı devre raspa sistemi çalışma parametreleri ve bunların sarfiyat ve performans değerleri ile ilişkileri incelenmiş, sistemde kullanılacak farklı boyutlardaki nozül tiplerinin çalışma parametreleri ile eşleştirilmesi ve sistemin işletme açısından iyileştirilmesi için yapılan optimizasyon çalışması ve sonuçlarından bahsedilmiştir.

8. bölümde su jeti raspası detaylı olarak açıklanmış olup, kapalı devre grit raspası ve su jeti raspasının birleşimi olarak yeni bir sistem önerisi ortaya atılmıştır. Ortaya atılan bu yeni sistem, kapalı devre su jeti raspalama sistemi olarak adlandırılmış olup 9. bölümde açıklanmıştır. 10. bölümde mevcut raspa yöntemleri ile önerilen kapalı devre sistemler arasında maliyet ve çevresel etkiler açısından bir karşılaştırma yapılmıştır.

Yapılan tüm değerlendirmeler sonucunda tersanelerin atık azaltmaya yönelmesi ve çevreye duyarlı hale getirilebilmesi için alternatif sistemlerin kullanılmasının zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Alternatif üretim yöntemleri arasında incelenen kuru buz raspası, gerek yatırım gerekse de işletme maliyeti olarak daha maliyetli gibi görünse de fiziksel özellikleri ve avantajları ile tercih edilebilir olduğunu göstermiştir. Özellikle yaşam mahalleri, iç mekânlar ve elektrik tesisatının yoğun olduğu bölgelerde kullanılması oldukça faydalıdır. İncelenen bir

diğer yöntem olan geri dönüşümlü çelik bilye sistemi hem kapalı devre sistemlerin ekonomik avantajlarını hem de çevresel etkilerden arındırılmış örnek süreçlerin gözlemlenmesini sağlamıştır. Son olarak incelenen su jeti raspasında göze çarpan yüksek atık su miktarının azaltılması için önerilen kapalı devre su jeti raspası sistemi ile çevresel etkiler üzerinde azaltıcı rol oynayacaktır.

Gemi inşaatı ve onarımı işlemleri sırasında ortaya çıkan pek çok atık ve kirlenmelerin azaltılması veya ortadan kaldırılması ekosistemin korunmasında en önemli noktalardan biridir. Tersane üretim süreçlerinin iyileştirilmesi sonucunda son yıllarda tartışılan ve üzerinde yoğunlukla çalışılan iklim değişiklikleri konusunda etkileri gözlemlenecektir.

Bu çalışmada, kirliliği ve atık üretimini engellemek için geleneksel üretim yöntemlerinin yerini alabilecek alternatif üretim yöntemlerine dikkat çekilerek kum veya grit raspasının kuru buz raspası ve su jeti raspası ile değiştirilmesi ile raspa atığının ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. Son yıllarda kuru buz (karbondioksit tanecikleri) raspası ve su jeti raspası teknolojisine olan ilgi giderek artmaktadır. Bu çalışmayla kapalı devre alternatif üretim yöntemlerine olan ilginin artması amaçlanmıştır. Ayrıca yapılan çalışmalar ile birlikte verimli kuru buz çalışma bölgesi belirlenmiş ve bu bölgede kullanılması sonucu elde edilebilecek avantajlar verilmiştir. Buna ilaveten en önemli maliyet kalemi olan kuru buzun satın alınması yerine üretilmesi ile sağlanabilecek avantaj da gösterilmiştir.

Kapalı devre raspa sistemi ve su jeti sistemi ile atığın kaynağında, daha oluşmadan azaltılması sayesinde oluşabilecek çevresel ve ekonomik avantajlar belirlenerek bu yöntemlerin kullanılmasının teşvik edilmesi amaçlanmıştır. Devlet teşviklerinin alternatif üretim yöntemleri konusunda artırılması son derece önemlidir.

**Anahtar kelimeler:** Gemi İnşaatı Endüstrisi, Atık azaltma, Aşındırıcı raspa, Kuru buz raspası, Kapalı devre raspa sistemi.

## ABSTRACT

### THE ANALYSIS OF RECYCLE FROM WASTE PRODUCTS IN SHIP BUILDING

Shipbuilding industry is known as one of the hardest metal industry with several chemicals and hazardous material. Most of the production processes such as welding, painting, blasting and fiberglass production have direct impact on workers health. There are several wastes and pollutants being released during shipbuilding and ship repairing processes. The volume of these wastes and pollutants create a huge amount with major risk on environmental and ecological point of interest. The effect of shipyard on environment and human health can be reduced with technological improvements on shipbuilding industries. New production technologies to reduce the pollution may be the key to decrease the material inputs, to improve the engineering processes to reuse the materials, to improve the management practices and to use alternative materials to replace toxic chemicals.

This study focuses on shipyard processes, their pollutant emissions (solid, liquid and gas) and alternative ways to reduce these wastes and pollutants resulting from shipbuilding and ship repair activities. The alternative production processes compared with current traditional grid blasting process are highlighted on operating and investment based costs to show the advantages and environmental system availabilities. The second chapter of the study is based on the important shipbuilding processes such as welding, painting and mostly surface preparation methods and their waste outcomes. Chapter 3, shows the surface preparation methods in detail and the most hazardous method on human health is carried to Chapter 4 with abrasives and their effects to human health and environment. In Chapter 5, the alternative production method dry ice blasting is studied. The experimental study to compare dry ice blasting and grid blasting is implemented and the result of the experiment is given in Chapter 6 with the cost analysis comparison of these methods. Chapter 7 consists of closed loop abrasive blasting, alternative to blasting methods. Worldwide spreading method carries out the abrasive material with chips immediately after impact and separates the abrasive material for reuse. The working parameters of closed loop abrasive blasting, their consumptions and performance values are investigated and the optimization study for the system with several nozzle types and different work parameters and its' results are considered.

In Chapter 8, water jet abrasive blasting is described in detail and the combination of closed loop system and water jet system is raised. This new system is named as closed loop water jet blasting system and described in Chapter 9. In Chapter 10, current abrasive blasting systems are compared with suggested closed loop systems in terms of cost and environmental effects.

After all assessments, to have more sensitive and environmental friendly shipyards, alternative production systems have to be used. Investigated alternative blasting methods as dry ice blasting shows more investment and operation cost compared to traditional methods, but when physical specifications and advantages are taken into consideration, it looks as preferable. The usage in life areas, internal zones, and condensed areas with wiring are especially benefit able. Another method shows the investigation of reusable steel shots shows the economical advantage of closed loop blasting systems with isolated environmental effects. The last method shows huge amount of water consumption and a closed loop system is offered to prevent water consumption with minimized environmental effects.

There are several wastes and pollutants being released during shipbuilding and ship repairing processes. Minimizing or avoiding these wastes and pollutants is the most important point to protect environment and ecology.

In this study, the alternative production processes are highlighted to replace traditional production methods to prevent the contamination and waste production such as sand or grid blasting to be replaced with dry ice blasting or water jet blasting. In recent years, dry ice blasting (carbondioxide pellets) and water jet blasting technology is becoming very popular. With this study, the interest to closed loop abrasive systems is aimed to be increased. Also the effective dry ice blasting range is defined and the advantages of this range is given. In addition to this, the biggest cost item purchase of dry ice pellets is offered to produce locally with cost advantage.

With closed loop abrasive blasting and water jet system the prevention of waste on source, before existence will show the environmental and economical advantages to support usage of these methods. Governmental encouragement should increase on alternative production methods.

**Keywords:** *Shipbuilding industry; waste reduction; abrasive blasting; dry ice blasting, closed loop abrasive blasting.*

## 1. GİRİŞ

Gemi inşaatı, tarihin akışıyla birlikte önemini koruyarak günümüze kadar gelmiş ve her zaman taşımacılık sektörünün en verimli ve avantajlı aracı olma özelliğini korumuş olan deniz araçlarının üretiminden oluşmuştur. Deniz taşımacılığı tüm sektörlerle oranla yüksek verimlilik ve işletme maliyetlerinin düşüklüğü ile iştah kabartmakta ve her geçen gün mevcut yatırımlar daha da arttırılmaktadır. Sürekli olarak artan hacimler ve gelişen teknoloji çerçevesinde gemi inşa sektörü kendini yenilemeye devam ederek en son teknoloji ürünü gemileri kullanıma sunmaya devam etmektedir.

Dünyada, yaklaşık 6 milyon ton yük, 800 milyon DWT kapasitedeki dünya deniz ticaret filosuyla taşınmakta olup, bu pastanın büyüklüğü, 300 milyar dolar civarındadır. Ülkemizin filosu, 8 milyon DWT ile dünya deniz ticaret filosunun ancak yüzde 1'ini oluştururken, bu pastadan, sadece 3 milyar dolarla, yüzde 1'lik bir pay alabilmektedir. Gemi inşa ve denizcilik sektörüne önem veren pek çok ülke, bu pastadan çok daha büyük dilimler koparmaktadır. Gemi inşa sanayi, çelik sanayi, makine imalat sanayi, elektrik-elektronik sanayi, boya sanayi ve lastik-plastik sanayi gibi pek çok sanayi kollarınca da beslenen bir sanayi dalı olması nedeniyle çok yönlü fayda yaratma özelliğindedir. Bu anlamda emek yoğun karakteri ve yarattığı geniş faaliyet alanı ile Türkiye'deki istihdam sorununun çözümüne önemli katkılarda bulunabilme niteliğindedir (Gören ve Barlas, 2006).

Gemi inşaatı ve tamiri sektörü pek çok süreçten oluşur. Bu süreçlerden bazıları, yüzey hazırlama, boya ve astar kaplama, metal kaplama, çözücü temizleme, yağ giderme, talaşlı imalat ve metal işleri, kaynak ve fiberglas işlemleri olmak üzere sayılabilir. Tersanelerde gemi üretimi ve onarımı süreçlerinden pek çok tipte katı, sıvı ve gaz kirletici maddeler açığa çıkar. Gemi inşaatı ve tamiri endüstrisinde ham madde girişi olarak, öncelikle çelik ve diğer metaller, boya ve çözücüleri (solvent), raspa aşındırıcılar ile makine ve kesme yağları sayılabilir. Buna ilave olarak yağ temizleyici çözücüler, asit ve alkali temizleyiciler ile kaplama solüsyonları gibi ağır metal ve siyanür iyonları içeren pek çok çeşitli kimyasallar yüzey hazırlama işlemlerinde kullanılmaktadır. Kirleticiler ve atıklar, uçucu organik bileşenler (VOC), partiküller (PM), atık çözücüler, yağ ve reçineler, metal atıkları, kirli su, kirli atık boya, atık boya parçaları ve atılan aşındırıcıları içerir (Akanlar vd., 2008).

Gemi inşa süreçleri, yeni gemi inşası ve gemi onarımı olmak üzere başlıca iki grupta incelenebilir. Her iki inşa dalındaki üretim süreçleri benzerdir. Yeni gemi inşası ve gemi onarımı pek çok ortak endüstriyel sürece sahiptirler. Bu süreçlerin birkaçı yüzey hazırlama,



boyama ve kaplama, çözücü temizliği, yağdan arındırma, kaynak, talaşlı ve talaşsız imalat ve fiberglas üretimi olarak sayılabilir. Gemi onarımı genellikle her tür gemi dönüşümü, elden geçirme, bakım programları, büyük hasarların onarımı ve basit donanım onarımlarını kapsar.

Gemi inşa ve bakımında kullanılan hammadde olarak genellikle çelik ve diğer metaller, boyalar ve çözücüler, aşındırıcı malzemeler ile makine ve kesici yağları sayılabilir. Bunlara ek olarak yüzey hazırlama ve sonlandırmada kullanılan kimyasallar ile yağ çözücüler, asit ve alkali temizleyiciler, ağır metal ve siyanür iyonları içeren kaplama çözeltileri de sayılmalıdır. Ortaya çıkan atık ve kirleticiler Uçucu Organik Bileşenler (VOC), Zararlı Hava Kirleticiler (HAP), partiküller (PM), atık çözücüler, yağlar ve reçineler, metal içeren çamur ve atık suları, atık boya, boya parçacıkları ve kullanılmış aşındırıcılar olarak özetlenebilirler (Çelebi ve Vardar, 2006).

Yüzey hazırlama, tersanelerde özellikle boyama işlemleri öncesinde uygulanan önemli bir üretim kademesidir. Gemilerde boyanan yüzeylerin çok küçük bir oranı, yüzey hazırlama uygulaması gerektirmez. Yani, tamamına yakın yüzey boya işlemi için hazırlanmalıdır. Yüzeyin boyama öncesinde hazırlanması, boyanın yüzeye mümkün olduğunca iyi yapışmasını ve uygulanan kaplamanın dayanıklılık ve güvenilirlik özelliklerinin iyi olmasını sağlamaktadır. Yüzey hazırlama metotları uygulanmazsa, boya, yüzeye bağlanma problemleri nedeniyle istenilen kaplama koşullarını sağlayamaz. Yüzey hazırlamada, eski kaplamanın sökülmesi ve yüzeyin yeni boya için temizlenmesi olmak üzere iki temel adım vardır. Yeni gemi inşaatı sırasında, genellikle yüzeydeki pas tabakası veya primer boya temizlenir. Onarıma gelen gemilerde ise, öncelikle yüzeydeki deniz organizmaları ve tuzun yüzeyden temizlenmesi gerekmektedir. Metal yüzeyleri boyaya hazırlamak için seçilecek metot yüzeyin boyalı olmasına, yüzeyde kirletici bulunmasına, yüzeyin boya için uygun özellikleri taşımamasına, metalin özelliklerine bağlı olarak değişir. Tersanelerde en çok kullanılan yüzey hazırlama metotlarından biri olan raspa, aşındırıcı parçaların basınçlandırılarak yüzeye püskürtülmesi ile uygulanan bir yöntemdir. Raspa işlemlerinde kullanılan ana malzemeler bakır ve kömür cürufu, grit, çelik bilyeler, mineral tuzları, tahıl tozu, cam gibi aşındırıcı malzemeler, su, deterjan ve metilen klorid esaslı kimyasal boya sökücülerdir (Çelebi, 2008).

Silika kumu, kullanılan en genel aşındırıcı madde olmasına karşın toplanmadığı uygulamalarda geri kazanımı olası olmayan bir maddedir. Kumun sahip olduğu yüksek kırılma oranı ise daha fazla toz oluşumuna neden olacaktır. Silika kumu kullanımı sonucu ortaya çıkan serbest kristalize silika tozuna maruz kalma, işçiler için bir risk konusu olacaktır. Tersanelerde kömür ve cüruf parçacıklarının aşındırıcı olarak kullanımı da yaygındır. En çok

kullanılan türü ise kömürle çalışan atölye fırınlarında çıkan kömür tanecikleridir. Silika oranının düşük olması avantajına sahip olan kömür parçacıklarında ortaya çıkan diğer hava kirletici bileşenlerinin (HAP) varlığı rapor edilmiştir. Dökme demir bilyeler ve çelik bilyeler metal aşındırıcıları temsil etmektedirler. Dökme demir bilyeler sert ve kırılğan özelliklere sahip olup, erimiş dökme demirin su havuzuna püskürtülmesi yöntemiyle imal edilir. Dökme demir parçacıklar ise bu bilyelerin üretimi sırasında oluşan şekilsiz veya büyük parçacıkların ezilmesi yöntemiyle imal edilir. Çelik bilyeler ise erimiş çeliğin üflenmesiyle elde edilir. Demir bilyeler kadar sert olmasa da çok daha dayanıklıdır. Bu aşındırıcılar ayrıştırılabilen ve tekrar kullanılabilen malzemelerdir. Silikon karpit ve alüminyum oksit gibi sentetik aşındırıcılar kumun yerine geçmeye aday malzemelerdir. Bu aşındırıcılar daha dayanıklı ve kuma göre daha az toz oluşturan malzemeler olup ayrıştırılabilen ve tekrar kullanılabilen malzemelerdir (USEPA AP-42, 1997).

Boya, gemi yüzeyinin korozyondan korunması için uygulanan en önemli maddedir. İmalatın pek çok aşamasında özellikle açık alanlarda uygulanır (Kura vd., 1998). Gemilerin büyük olması ve her noktasına erişiminin zor olmasından dolayı tersanelerde boya işlemleri genellikle açık alanlarda, ön blok imalatı sonrasında küçük parçaların boyanması da kapalı alanlarda gerçekleşmektedir (USEPA AP-42, 2001). Yeni inşa yöntemlerinde gemi modüller olarak birleştirildiğinden boyama işlemleri birçok aşamada ve tersanenin farklı yerlerinde yapılabilir. Eğer boya ve tamir işleri su hattının altında gerçekleştirilecekse gemi havuza alınır (Çelebi, 2008).

Boya atıkları tersanelerde açığa çıkan tehlikeli atıklar sıralamasında miktarsal anlamda ilk sırada bulunmaktadır. Boyalar pigmentler, bağlayıcılar ve çözücü araç olmak üzere üç ana etken maddeden oluşurlar. Pigmentlere örnek olarak; çinko oksit, magnezyum silikat, karbon, kömür katranı, kurşun, mika, alüminyum ve bakır tozları sayılabilirken çözücülere örnek olarak aseton, tuz ruhu, ksilen, metil etil keton ve su sayılabilir. Organik çözücüler yağ, kaydırıcı, mum, boya, cila, kauçuk gibi maddeleri çözme ve dağıtma özellikleri sayesinde kullanışlı ve pek çok endüstriyel süreçte tercih edilir konumdadırlar. Pek çoğu aynı zamanda oldukça zararlı kimyasallar olup bir kısmı Alzheimer hastalığı, lökoensefalopatisi, multipl skleroz (MS), nörolojik davranış bozuklukları gibi rahatsızlıklara sebep olabilmektedirler (Akanlar vd. 2009a).

Bir diğer imalat süreci olan kaynak ile ilgili olarak ortaya çıkan en önemli kirletici kaynak dumandır. Paslanmaz çelik kaynak sürecinde açığa çıkan dumanda %20 krom ve %10 nikel bileşenlerine rastlanılmaktadır. Nikel ve Krom dumanı kanserojen olarak sınıflandırılmıştır ve

insan sağlığı üzerinde kanser oluşumuna neden olabilir. Yüksek seviyelerde manganeze maruz kalınması da nörolojik bozukluklara ve rahatsızlıklara neden olabilir. Karbon monoksit, ozon, nitrojen oksit gibi tahriş edici gazlar da kaynak süreci sonrası açığa çıkan zararlı gazlardır. Kanser araştırmaları bu gazların akciğer kanserine neden olabildiğini göstermiştir. En güncel çalışmalar, paslanmaz elik kaynağında açığa çıkan dumanın solunması yüksek seviyedeki krom ve nikel içeriği nedeniyle kansere neden olabileceğini göstermiştir. Diğer yandan, genotoksisite çalışmaları bu kaynak dumanının memelilerde genetik değişime etkisi olduğunu belirtmektedir. Mesleki alışmalar sırasında kromat ve kromat pigmentleri üretimi ve krom kaplaması sırasında Hegzavalent Krom ( $Cr^{6+}$ ) maruziyeti sonucu akciğer kanseri ihtimali artışı görülebilir (Huvinen vd., 2002).

Fiberglas imalatında, açık tutulan kutular ve jel kaplama sırasında buharlaşan kimyasallardan dolayı havada VOC ve HAP barındıran emisyonlar görülür. En büyük emisyon kaynakları jel kaplama tabancalarının hava ıkışları ile laminasyon odasının havalandırmasının yanı sıra temizlik sırasında buharlaşan aseton ve diğer çözücülerdir. Güverte, kabuk gövde ve diğer küçük parçaların laminasyonu sırasında, reçine veya jel kaplamanın buharlaşması sırasında stren emisyonları açığa çıkar.

Gemi inşa sektörü mevcut üretim prosesleri göz önüne alındığında ağır sanayi endüstrisinin önemli bir parçası olarak değerlendirilmelidir. Kullanılan hammadde ve üretim süreçleri açısından değerlendirildiğinde ise neredeyse tüm süreçlerin insan sağlığı ve evre açısından etkili kirletici özellikte olduğu grlmektedir. Gemi retiminde kullanılan süreçlerin sonucunda oluşan atıkların katı, sıvı ve gaz gibi çok değerşken formlarda açığa çıktığı grlmektedir. Gerekli önlemlerin alınmaması durumunda bu formdaki kirleticilerin hava, su ve toprağa karışarak kirlenmeye neden olmaları kaçınılmazdır.

Global olarak sürdürülen çalışmalar ışığında açığa çıkan yenilik ve gelişmeler, her yeni proje ile bir adım daha ileri giderek kendilerini göstermektedir. Bilimsel alışmalar ile ortaya çıkarılan yeni üretim teknikleri ile desteklenen ürünler tüm dünyada ilgiyle izlenmekte ve talep edilmektedir. Sadece gemi inşa sektöründe kullanılmak üzere daha kalıcı ve güçlü boyalar üretilmekte, aşındırıcı malzemelerin çevreye zararının azaltılmasına yönelik olarak alternatif yöntemlerin geliştirilmesi sonucunda bu teknolojileri kullanarak gemi inşası yapan çevreye duyarlı tersaneler ile burada üretilen çevreye duyarlı gemiler elde edilmektedirler. Aşağıda bu konuda uluslararası platformda bu üretim süreçlerini inceleyen ve iyileştirmeyi amaçlayan bilim adamlarından söz edilecektir.

Kura ve Lacoste (1996) çalışmalarında tersanelerdeki üretim süreçlerini ve sonrasında açığa çıkan atık ve kirleticileri incelemiştir. Kura vd., (1996-1998) gemi inşa ve bakım onarım süreçlerinde kullanılan zararlı kimyasalların havaya karışmaları ile ilgili çalışmışlardır. Kura ve Tadimalla (1998, 1999a,b) tersanelerde oluşabilecek çevre kirliliğinden korunma yöntemleri ve özellikle üretim süreçleri sonrasında ortaya çıkan tersane atık sularının oluşma nedenleri, azaltılması ve arıtılarak etkilerinin düşürülmesi üzerine çalışmışlardır. Kura ve çalışma arkadaşları tersanelerde kullanılan değişik formlardaki hammadde ve sarf malzemelerinin üretim süreçleri esnasında kirleticiliğe olan etkileri konusunda da incelemeler ve çalışmalar yapmıştır (1998, 2006a,b). Gemi inşasında görülen atık suların analizi ve azaltılması konusundaki çalışmaları ile Kura ve çalışma arkadaşları 1998 yılındaki yayınları ile sektöre öncü olmuşlardır. Buna ek olarak Kura ve Mookoni (1997, 1998b) sektörde yapılan yenilikler ve kuralların geliştirilmesini takip eden deneysel çalışmalarıyla EPA ve OSHA gibi kurumların güncellediği kurallara göre yeniden maruz kalma limitlerini deneylerle incelemiştir. Bu çerçevede değiştirilen kurallar ve uyum süreçleri ile ilgili olarak Kura ve Mookoni (1998a) tersaneler ve üreticiler için uyum yol haritaları oluşturmuşlardır (Çelebi, 2008).

Townsend ve Carlson (1997), kullanılmış raspa kumunun tekrar kullanımına yönelik yaptığı çalışmada, kum raspasının oluşturduğu kirlilik ve çevresel zararlarını ön plana çıkararak, kullanılmış aşındırıcı raspa ve içerisindeki zararlı maddelerin oluşturduğu katı kimyasal atık miktarına dikkat çekmeyi amaçlamıştır. Bu amaçla alternatif uygulamalı çözüm yöntemi konusunda bilgiler ve tavsiyelerde bulunarak aşındırıcıların çevreye zararının minimum seviyede tutulmasını amaçlamıştır. Kura (2000, 2002) tersanelerde uygulanmakta olan raspa ve boya süreçlerinin ömür maliyeti ve incelenmesine yönelik bir bilgisayar modeli geliştirerek, atık miktarının azaltılması, maliyetlerin iyileştirilmesi, çevre hassasiyetinin artırılması ve iyileştirilmiş kaynak kullanımı konularında bir çalışma başlatmıştır. Tüm raspa ve boya süreç parametrelerinin belirlenmesi ve maliyetlendirilmesi sonucunda en uygun raspa malzemesi ve boya türünün belirlenmesine kadar destek alınabilmekte, sonucunda açığa çıkan atık miktarlarına kadar hesaplanabilmektedir. Candan (2001), kum raspasına alternatif olarak metalik cüruf malzemelerin kullanımına yönelik yaptığı çalışmada, metal dışı grit malzeme çeşitleri, cüruf bazlı gritler ve bunların fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde odaklanmış ve alternatif olarak değerlendirilmelerini önermiştir. Huffman (2005), işçi sağlığı üzerine yapılan düzenlemeler sonrası grit raspa kullanımına alternatif olarak kullanılacak aşındırıcı raspa malzemeleri üzerine incelemeler yapmış ve sodyumbikarbonat, magnezyumsülfat, sünger, kuru buz, zirai ürünler, cam parçacıkları, plastik malzeme ile ceviz kabuğunun alternatif

olarak kullanım imkânlarını ve karşılaştırmalı incelemeleri üzerine eğilmiştir.

Gemi inşasında boyama süreçleri hammaddelerin koruyucu boyamasından başlayarak imalatın her aşamasında yapılması gerekli bir işlemdir. Bu süreç sırasında ve sonrasında oluşan kirleticiler tersanelerde en önemli kirletici kaynağı olarak belirtilebilir. Tersanenin açık veya kapalı her alanında yer alan birinci derecede emisyon kaynağıdır. Boya, uygulanırken ve kururken ortaya çıkan uçucu organik bileşikler (VOC) ve tehlikeli hava kirleticiler (HAP)'dır. Kura ve Lacoste, 1996 yılında yaptıkları çalışmada boyama süreçlerinden kaynaklanan katı atıklar genellikle kullanılmış boya ve solvent kutuları ve boya uygulama donanımları olarak sayılabilir. Tersanede oluşan tehlikeli hava emisyonlarının yarıdan fazlasını VOC emisyonları oluşturmaktadır. Ayrıca boya donanımlarının temizlenmesi sırasında da kirletici ve uçucular içeren atık su açığa çıkar. Kura ve Kura, 2006 yılında yaptıkları bir diğer çalışmada, tersanelerde boya proseslerinden açığa çıkan uçucu organik bileşikler ve tehlikeli hava kirleticiler için web tabanlı bir karar destek sistemi programı üzerine çalışmışlardır (Çelebi, 2008).

Stratford (2000), kuru buz raspası ile boya soyma ve yüzey hazırlama konusunda yaptığı çalışmada, kuru buz taneciklerinin yüzey ile teması sırasındaki çalışma prensipleri, temizleme performansı, temizleme oranı ve kullanım avantajlarını araştırarak bu tür bir işletme için kuru buz kullanım maliyetinin yaklaşık bir simülasyonunu yapmıştır. Ayrıca bu tür bir uygulamanın zenon ışık ile veya ön işlem yumuşatıcıları ile birleştirilerek açığa çıkan enerjinin yüzey tarafından emilmesi sayesinde performansının artırılması konusunda da tavsiyelerde bulunmuştur. Uhlmann vd. (1999), kuru buz raspasının temizlik sürecinde çalışması, iyileştirilmesi ve uygulanması konusunda yaptıkları çalışmada, kuru buz taneciklerinin yapısı ve üretilmesi ile ilgili bir sistem dizaynı üzerinde belirledikleri çalışma parametrelerinin test aşamasını gerçekleştirerek çalışma mesafesi, çalışma basıncı ve tanecik hızı arasında regresyon analizi yaparak en uygun çalışma değerlerine ulaşmışlardır. Ayrıca bu çalışma parametreleri ile temizlenebilecek yüzey genişlik ve boya kalınlık değerlerini de hesaplamışlardır. Uhlmann vd.(2006), mevcut üretim süreçlerinden kuru buz raspası ve lazer teknolojisini bir arada kullanarak yüzey temizleme ve kaplama kaldırma işlemlerine yönelik yüzey işleme yöntemlerine yeni bir yaklaşım getirmişlerdir. Kullanılan lazer teknolojisiyle yüzey raspaya hazır hale getirilmekte ve bu yüzeye kuru buz raspası uygulanmaktadır. Bu sayede hassas yüzeylere dahi raspa yapılabilme ve yüzeyin hasar görmemesi için gerekli ortam sağlanmış olmaktadır. Uhlmann ve Krieg (2005), kuru buz raspası ile yüzey hazırlama sürecini ve bu süreç sırasında ortaya çıkan yüzey gerilimleri ve sertlik değerlerindeki

değişimleri deneysel olarak incelemişlerdir. Kuru buz raspasının kullanım ve temizlik kolaylığı ile sert veya hassas her türlü malzeme ile birlikte kullanılabilme avantajları da belirtilmiştir. Elbing vd. (2003), alüminyum yüzeylerdeki bağlanma yapısını güçlendirmek üzere kuru buz raspası ile bir ön yüzey hazırlama işlemi kullanımını incelemiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda gerekli kuru buz çalışma parametreleri belirlenmiş ve bağlanma gücünün iki katına kadar arttırılabildiği gösterilmiştir.

Atıkların çevre ve insan sağlığı üzerine olan etkileri gemi inşacıları yüzey hazırlamada daha sağlıklı alternatif yöntemler aramaya itmiştir. Bu arayışla birlikte kuru buz raspası ve avantajları ön plana çıkmaya başlamıştır. Kuru buzun aşındırıcı olarak kullanılması ve kullanım sonrası buharlaşarak kaybolması en büyük avantajdır (Akanlar vd, 2009e, f).

Kuru buz raspası en iyi yüzey temizleme ve boya sökme aşındırıcısı değildir. Pek çok durumda geleneksel uygulamalara göre daha uzun süre uygulanmalıdır. Bu da operasyon maliyetini daha da arttırıcı bir etken olacaktır. Ancak çevresel gereksinimler ve geri dönüşüm ile atıkların ayrıştırılması konusunda sağladığı avantajları nedeniyle önem kazanmaktadır (Akanlar vd, 2007b).

Kuru buz raspası sadece gemi inşa alanında değil, pek çok alanda değişik amaçlarla kullanılmaktadır. Bu kullanım alanları ve değişik uygulama örnekleri gözlemlenerek örneklendirilmiştir. Zenon ışık ile kombine kullanılan patentli "Flashjet" yöntemi ile kompozit ve metalik yüzeylere zarar verilmeden soyma işlemi yapılabilmektedir (Foster, 2005).

Kuru buz raspası ile temizlenen yüzeye aşındırıcı tarafından hiçbir şekilde zarar görmediği gibi kullanılan aşındırıcı raspa malzemesinin herhangi bir temizlik veya ayrıştırmaya gerek kalmadan ortama buharlaşması en büyük avantajlarıdır. İşlem sonrası ortamın havalandırılması dışında hiçbir ilave önlem gerektirmemektedir (Akanlar vd, 2009d).

Kuru buz raspasının mevcut aşındırma kabiliyetinin düşüklüğüne rağmen yüzeylerde kullanılan püskürtmeli sertleştirme etkisinin kullanılarak işlenecek olan metal yüzeye sertlik kazandırmak için kuru buz raspasına maruz bırakılması konusunda önerilerde bulunulmuştur. Kuru buzun diğer aşındırıcı malzemelere oranla daha yumuşak bir yapıda olması ve hangi metallerin sertleştirilmesinde kullanılmasının uygun olacağına yönelik çalışmalar yapılmıştır (Uhlmann vd. 2005). Kuru buz raspası kullanımının üretime olan katkı ve avantajları, sektörel kullanım kolaylıkları incelenmiş olup örnek uygulamalar ile imalat aşamasındaki her

safhada temizleme, yüzey hazırlama ve sonlandırma işlemleri detaylı olarak belirtilmiştir (Urweider, 2006).

Kuru buz raspası operasyonunda kullanılan kuru buz taneciklerinin üretilmesi ile satın alınması sırasındaki işletme maliyetleri hesaplanarak karşılaştırılmış ve bu karşılaştırma ile yatırım maliyeti konusunda belirleyici unsur oluşturacak karar aşamasında gerekli desteğin sağlanması amaçlamıştır (Akanlar vd., 2009b).

Yüzey hazırlama işlemlerinden en yaygın ve geleneksel olan raspa işlemi sonrası oluşan atıkların miktarı her zaman tartışma konusu olmuştur. Bu atıkların çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkileri ve azaltılmasına yönelik pek çok çalışma yapılmıştır. Townsend vd. (1997), kum raspasının kullanımı sırasında açığa çıkan ve işçi sağlığına zararlı toz ile süreç sonrası oluşan atık malzemenin çimento veya beton tesislerinde yakılmak suretiyle imha edilmesi gerektiğini belirtmiştir. Gemi inşa endüstrisinde kum raspasının yerinin kullanım sonrası tekrar kullanım veya geri kazanım olanakları mevcut olan farklı aşındırıcı malzemeler ile değiştirilmesi konusunda çalışmıştır.

Su, yüzey temizleme işlemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Islak raspa yönteminde su, kuru aşındırıcının toz oluşturmasını engellemek amacıyla sisteme eklenmektedir (Kura ve Tadimalla, 1999a). Bu yöntem gemideki boya parçacıklarının, deniz canlılarının, çamurun ve tuzlu suyun, kuru havuz veya yüzer havuzda temizlenmesi için kullanılır (NPI, 1999b). Yapılan araştırmalarda su, toz oluşumunu %50–75 oranında azaltmaktadır. Ancak temizleme etkisini, suyun aşındırıcı ile karışım oluşturmaması nedeniyle minimum düzeyde etkilemektedir. Islak raspa yöntemi, kuru raspanın kullanılabildiği her yerde alternatif olarak kullanılabilmektedir. Yeni su raspası teknolojilerinde ani pas oluşmasının önüne geçilmiş ve ultra yüksek basınçlı sistemlerde eski boyanın sökülmesi sağlanmıştır. Ancak burada en önemli nokta atık suyun arıtılmasıdır. Bu da maliyetin ve sürenin artmasına neden olmaktadır (Kura ve Tadimalla, 1999b).

Raspa işlemi sonrasında ortaya çıkan kirletici atıklar katı, sıvı ve gaz gibi değişik formlarda olup çevre ve insan sağlığına etkileri olduğu görülmektedir. Kura ve Tadimalla (1999a), yaptıkları çalışmada Amerika'da gemi imalatı ve bakımı sektöründeki kirletici kaynaklarından atık suyu ve oluşumunu incelemişlerdir. ABD'de 400 den fazla tersane yeni gemi inşaatı ve bakım-onarım sektöründe hizmet vermektedir. Bu tersanelerden orta ölçekli olanlar yılda 7 milyon galon atık su oluşturmaktadır ki bu sayıya evsel atık sular ve yağmur suları eklenmemiştir. Bu yüzden özellikle deniz yaşamını koruyabilmek için sıkı çevresel

standartlara ve tersane atık suları için özel bir yönetim sistemine ihtiyaç vardır. Atık suyun sınıflandırılması birincil derecede önemlidir. Tersanelerde yüzey hazırlama, metal kaplama, solvent temizleme ve yağ giderme, talaşlı ve talaşsız imalat yöntemleri ile özellikle tekne temizleme işlemlerinden büyük miktarlarda atık su ortaya çıkmaktadır.

Putnam (1999), tersane atık suları için gerçek zamanlı olarak bakır konsantrasyonu ölçümü için yeni bir sistem geliştirmiştir. Gemi bakım-onarımı veya inşaatı sırasında yüksek oranda bakır ve bileşikler açığa çıkmaktadır. ABD askeri tersanelerinde yapılan bilimsel çalışmalarda özellikle yağmur suyundaki bakır yoğunluğunun deniz suyuna etkileri incelenmiştir. Bu incelemeler sonunda tersaneye yağın yağmur suları, oluşan diğer atık sular, deniz suyu sızıntıları ve evsel atık sular gibi tüm atık su süreçlerini kontrol altına almayı amaçlayan düzenlemeler yapmışlardır. Bu düzenlemelere göre atık suların bileşimlerinin düzenli ve gerçek zamanlı olarak izlenmesi gerekmektedir. Ancak bu sistemlerin kurulması ve işletilmesi oldukça yüksek maliyetler doğurmaktadır.

Lee ve Lee (1999), atık su ve yağmur suyunun tersane ve yüzer havuzların kurallara göre atılması için gerekli olan arıtım ve yönetim mekanizmalarını incelemiştir.

Fox vd. (1999), Virginia eyaletinde bulunan tersaneler için havuzlardaki yıkama atıksularından TBT'nin ayrıştırılması için yeni bir ayrıştırma yöntemi geliştirmişlerdir. Yüksek oranda toksik olan TBT deniz organizmalarında bulunma miktarı maksimum 50 ng/l olarak belirlenmiştir. Biyosid, yani biyolojik olarak canlı organizmaları öldüren kimyasallar antifouling boyalarda 1970'lerden beri kullanılmaktadır. Biyosidler insan eli ile sonuçları bile üretilmiş, deniz canlıları için en büyük toksik malzemedir. 1997 yılında, USEPA tarafında yürütülen 10 yıllık bir çalışmanın sonucunda ABD kıyılarındaki deniz organizmalarının yaşayabilmesi için içerebilecekleri maksimum TBT oranı 10 ng/l olarak belirlenmiştir. Ancak gerçekte durum bunun kat ve kat üstündedir. Bu yüzden yasal otorite tersanelerin yoğun olduğu bölgelerde öncelikle bu oranı 50 ng/l olarak belirlemiş, 10 ng/l ye süreli geçilmesini ve bu konuda hükümetin mali destekleri sağlanmıştır. TBT 40 yılı aşkın bir süredir pek çok denizden pek çok organizma örneği ile deneylere konu olmuştur. Bu deneyler sonucunda TBT'nin çözünmesinin, deniz suyu pH'ı, sıcaklığı, tuzluluk oranlarıyla yakından ilgili olduğu ortaya çıkmıştır.

Fletcher ve Lewis, 1999 yaptıkları çalışmada TBT'lerin yüzeyden sökülmesi ve atık oluşumları için Avustralya'da oluşturulan düzenlemeleri ve etkilerini incelemiştir. Avustralya donanması TBT bazlı antifouling boya gemilerden oldukça fazla



kullanılmaktadır. TBT deniz organizmaları ve Avustralya iç sularında bulunan deniz yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir. Sonuçta Avustralya'nın da içinde bulunduğu pek çok ülkede bu boyanın kullanımı ve çevresel etkileri üzerinde çalışmalar yapılması teşvik edilmektedir. Avustralya hükümeti TBT boyaların 1999 yılı itibarı ile tamamen yasaklanmasından yana idi. Biyosidler deniz organizmalarının gemi bünyesinde toplanmasını engellerler. Bunun yapılması için gemi bünyesindeki boyadan yavaş bir şekilde TBT salınımı olur. TBT'nin yarılma ömrü 3,5 yıl olarak tahmin edilmektedir.

Miller (1999), aşındırıcı raspa malzemelerine alternatif olabilecek geri dönüşümlü cam aşındırıcılar konusunda çalışmıştır. Teknolojideki gelişmelerle geri dönüşümlü cam aşındırıcıların raspa işlemlerinde kullanılan cüruf ya da mineral aşındırıcılara alternatif olmaya başladığı bir gerçektir. Silika ve ağır metal içermemesi, işçi sağlığı ve çevresel etkiler açısından büyük bir avantajdır. Çevre bilincinin güçlendiği son yıllarda cam ürünlerdeki geri dönüşüm oranı artmıştır. Buna paralel olarak geri dönüşümlü camlar için yeni ürünler geliştirilmesi ve pazarlar bulunması kaçınılmaz olmuştur. Geçen on yıllık zaman diliminde yapılan ar-ge faaliyetleri sonucunda aşındırıcı malzeme sektörüne geri dönüşümlü cam aşındırıcılar kazandırılmıştır. Son yıllarda bu malzemenin çevresel ve güvenlik özellikler daha fazla ön plana çıkmış ve özellikle ABD eyaletlerinde artan bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. 1999 yılı başlarında NAVSEA tarafından gemilerin raspa işlemlerinde kullanılmak üzere ürün listesine kaydedilmiştir. NIOSH tarafından gerçekleştirilen test ve tecrübelerde geri dönüşümlü cam aşındırıcıların tersanelerde alternatif aşındırıcı malzeme olarak kullanılmasına karar verilmiştir. Cam silis kumu içermesine rağmen, silis kumu başka bir malzemeye dönüştüğünden kullanılması durumunda silis kumu salınımı olmamaktadır. Bu nedenle OSHA ve NIOSH'un istediği gereklilikleri silis salınımı açısından sağlamaktadır. 1998 yılında NIOSH'un alternatif aşındırıcı raspa malzemeleri ile ilgili çalışmalarının sonuçları "Journal of Protective Coatings and Linings" in 1998 yılının ağustos sayısında yayınlanmıştır. Burada 13 farklı aşındırıcının 40 adet örneği test edilmiş ve çarpıcı sonuçlar elde edilmiştir. Buna göre bakır, nikel ve kömür cüruflarının hava emisyonlarında oldukça yüksek oranda ağır metale rastlanmıştır. Arsenik oranı OSHA düzenlemelerindeki üst limitlerin 9 katı, krom bileşikleri 1,6 katı daha fazla çıkmıştır. NIOSH raporunda hava konsantrasyonlarının düşürülemediği aşındırıcıların kullanılması yerine geri dönüşümlü camın kullanılmasını önermektedir. Ağır metallerin hava emisyonları işçi sağlığı açısından çok önemli olmakla beraber, bunun ötesinde çevresel riskler ve halk sağlığına etkisi de tartışılmaz oranda yüksektir. Tersanelerin bu durumlar göz ardı etmeyerek, raspa malzemelerini kullanım öncesi ve sonrasında kontrol altında tutarak ve emisyonları izleyerek

yönetmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra yağmur sularının kirlenmesi, aşındırıcının saçılmasının engellenmesi, kişisel koruyucu ekipmanların kullanılması, alternatif aşındırıcıların verimliliğinin araştırılması tersanenin yöneteceği diğer konular arasındadır. Buna ilave olarak yasal otoriteler tarafından geri dönüşümü, atık azaltılması nedeniyle geri dönüşümlü cam kullanılmasını önermektedir. Yapılan çalışmalarda cam malzemenin aynı yüzey kalitesinde bakır cürufuna göre %30–50 arasında daha az kullanıldığını göstermektedir. Daha az malzeme kullanımı daha az malzeme atığı ve maliyeti demektir. Bunun yanı sıra yeni yönetmelikler ve çalışmalarla geri dönüşümlü cam malzemenin yeni kullanım alanları gelişecek ve tersanenin atık yönetimine katkıda bulunacaktır.

Cam parçacıklarının şekil itibarı ile keskin olması nedeniyle epoksi, alkid ve emaye esaslı boya ların yüzeyden sökülmesinde son derece etkindir. Katman sayısı daha az yüzeylerde diğer raspa yöntemlerinden daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Ancak ağır kir ve deniz organizması olan yüzeylerde operatörün kullanma becerisi ön plana çıkmaktadır. Cam aşındırıcı çekil yüzeyine çok fazla gömülmemektedir ve bu sayede istenilen yüzey kalitesi elde edilmekte ve diğer aşındırıcılara göre daha az toz oluşmaktadır. Cam aşındırıcı malzeme alüminyum, bakır, paslanmaz çelik gibi yüzeylerde yüzeye zarar vermeden ekonomik bir şekilde temizleme işlemini gerçekleştirmektedir. Gemi inşa mühendisleri ve raspa uygulayıcıları, raspa işlemlerinden önce yüzey kalitesi ve gereklilikler konusunda çalışmalar yapmalıdırlar. Cam aşındırıcı pek çok cüruf ve mineral aşındırıcı yerine kullanılacak bir aşındırıcıdır. Gelişen teknolojilerle maliyetlerin düşürülmesi sayesinde çevre ve işçi sağlığı düşünüldüğünde diğer raspa yöntemlerine göre sistemin avantajları daha da artmaktadır.

Kura ve Kura (2006a) tersanelerdeki ana proseslerden ortaya çıkan atık su ve yönetimi üzerine çalışmışlardır.

Yeni gemi inşaatı ve bakımında pek çok süreçten atık su oluşmaktadır. Ancak atık sular kontrol altına alınmazsa yüzey ve yeraltı sularını kirletmektedir. Kirleticiler süreçlere bağlı olmakla birlikte genellikle ağır metaller, organik maddeler, çözücü kimyasallar, yağ ve gres sayılabilir. Çoğu kirletici atık suyun biyolojik oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacını arttıracak yönde çalışırlar. Amerika'da yayınlanan temiz su yasası yüzey sularının fiziksel, kimyasal ve biyolojik kalitesini belirler.

Gemi inşaatı ve onarımı büyük ölçekli, karmaşık işlemler gerektiren ve bu işlemlerin sonunda katı, sıvı gaz kirleticilerin, hava su ve toprağı kirlettiğı bir endüstridir. Yüzey hazırlama, metal kaplama, boyama, solvent temizleme ve yağ giderme, talaşlı imalat ve metal işleri ve tekne

temizleme süreçlerinden atık su oluşmaktadır (KURA, vd., 1996, 1998a, 1998b, 1999a). Metal kaplama işlemlerinden genellikle asit ve alkali temizleme çözeltileri atık su olarak karşımıza çıkmaktadır. Yüzey hazırlama süreçlerinden kullanılan aşındırıcılar, boya parçacıkları ve diğer yüzey kirleticiler açığa çıkmaktadır. Tersane atık suları için temiz su yasaasının uygulanması sırasında kullanılan donanım ve limitlere dikkat edilmesi gerekmektedir. Limitler, BMP temelli yaklaşımlarla bulunabilmektedir.

Salome ve Morris (1996), aşındırıcı malzeme kullanımı ile kurşun içeren boyaların sökülmesi sürecinde ortaya çıkan çevre ve insan sağlığına etkili toz emisyonları üzerine yürüttükleri çalışmalarında, Avustralya ve ABD ülkelerinde izin verilen emisyon değerleri ile zararlı atık sınıflandırması konusunda literatüre yer vererek, deneysel bir çalışma kapsamında değişik aşındırıcılardan açığa çıkan zararlı maddeleri incelemiş ve bu maddelerin çevre ve insan sağlığı açısından etkilerini gözlemlemişlerdir. Sowell (1988), aşındırıcı raspa süreçlerinin gemi inşa sektöründeki yeri ve yüzey temizleme işlemi için kullanılmalrı, aşındırıcı malzemelerin çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkileri üzerine yaptığı çalışmada aşındırıcı raspa malzemelerinin barındırdığı metal limitlerini belirlemek üzerine yoğunlaşmış ve daha çevre dostu ve verimli aşındırıcı kullanımını önermiştir. Kura (2000), tersanelerde kullanılan üretim süreçlerinden yüzey hazırlama konusunda en çok tercih edilen raspa işlemi sırasında oluşan atıkların azaltılması, kaynak verimliliği ve operasyonel yönetimin sağlanması amacıyla, malzeme ömür hesabı ve ömür yaklaşımı konularında çalışmalar yapmıştır. Austin vd. (2002), çalışmalarında sarf edilen aşındırıcı raspa malzemelerinin türleri, geri kullanımı, kullanımı sırasında ve sonrasında oluşan toz ve aşındırıcı harcamaları konusunda açık ve kapalı çevrim uygulamalarının geri dönüşümsüz yöntem ile karşılaştırılarak avantajlarının belirlenmesini sağlamışlardır. Iborra vd. (2001), yaptıkları çalışma ile gemilerde en çok raspa gereksinimi duyulan dış bordanın temizlenmesi ve deniz canlılarından arındırılması sürecinin grit raspa ve su jeti rاسبası ile yapılması durumunda elde edilecek performans ve atık miktarlarını karşılaştırarak su jeti rاسبasının verimliliğine dikkat çekmiştir. Ayrıca tasarlanacak bir borda rاسبası robotu ile elde edilebilecek daha düşük maliyetli otomasyon ile çalışan ve uzaktan kontrollü işletilebilen bir raspa sistemi fizibilite araştırmasına yönelmişlerdir.

Tüm bu çalışmaların incelenmesi sonucunda gemi inşa ve onarım endüstrisinin dâhil olduğu ağır sanayi sektörünün doğası gereği imalat sırasında ve sonrasında çevreye ve insana zararlı olabilecek tehlikeli atıkların oluşması riski mevcuttur. Mevcut süreçlerin başlıcaları bile incelendiğinde bu durum açıkça gözlemlenmektedir. Bu süreçlerin kullanım alanları olarak

Türkiye tersaneleri ve Türk gemi inşa sektörü incelendiğinde de bu sonucun çıkması kaçınılmaz olacaktır. Uluslararası platformda dünya devletleri ile rekabet eden Türk gemi inşa sektöründe bu konuya dikkat edilmesi gerekmektedir. Tüm çalışmalarda bahsedilen süreçler ve sonucunda açığa çıkan kirleticiler uluslararası platformda incelenmeye maruz bırakılmakta olup sınırlandırılmaya başlanmıştır.

AB üye ülkeleri ve ABD’de bulunan tersaneler için ulusal ve uluslararası kurallar hazırlanmakta ve sürekli olarak iyileştirilmektedir. Özellikle ABD tersaneleri EPA (Environmental Protection Agency), OSHA (Occupational Safety and Health Administrator) gibi uluslararası nitelik taşıyan ve dünyaca kabul gören kurumların sıkı denetiminden geçmektedirler. Bunların yanı sıra Birleşmiş Milletler, Uluslararası Denizcilik Örgütü IMO (International Maritime Organization), Uluslararası İşçi Örgütü ILO (International Labour Organization) gibi uluslararası kuruluşlar da hem gemi imalatını hem de deniz taşımacılığını sıkı sıkıya kontrol etmektedirler. Tüm bu kuruluşlar teknolojik gelişmelere adapte olarak eski kurallarını güncellemekte veya yeni kurallar getirmektedirler. Bu kuralların yanı sıra atık yönetimi modelleri geliştirilmektedir ve tersaneler bu konular için teşvik edilmektedir (Çelebi, 2008).

AB gemi inşa ve gemi onarım endüstrisi, bu tür yasaların uygulamaya konulmasını desteklemiş, Avrupa Deniz Güvenliği Birliği (EMSA)’nin oluşturulmasında rol almış ve Liman Kontrol Yönetimi’nin güçlenmesini sağlamıştır. Bu konular ile ilgili, Avrupa Birliği, LeaderSHIP 2015 projesiyle gemi inşa sektörünün mevcut durumunu gözden geçirip, mevcut problemleri tanımlamış ve çözüm yolunda yardımcı olacak tavsiyelerde bulunmuştur. Öngörülen temel konulardan biri ise, tersaneler için tüm dünya genelinde uygulanan bir kalite denetim çizelgesi oluşturulmasıdır. Bu sistem sayesinde, sektörde yeterli durumda olan tersanelerin tanımlanması ve puanlandırılması mümkün hale gelecek ve gemiler kalite seviyesi yüksek ve kalite talepleri maksimum seviyede hazırlanacaktır. Böylece daha yüksek güvenli ve çevre standartları elde edilirken, armatörlere, işletmecilere ve denetçilere tersaneleri de gösteren çok kullanışlı bir kılavuz oluşturacak, yüksek bakım ve tamir masrafları oluşturabilecek riskli gemileri daha kolay belirlemeyi sağlayacaktır (Akanlar vd, 2007).

Bu çalışmanın amacı mevcut tersane üretim süreçlerinin incelenerek oluşan atıkların ve kirleticilerin belirlenmesi sonrasında, bu kirletici ve atıkların azaltılmasına yönelik iyileştirmeler ile alternatif süreçlerin oluşturularak atıkların kaynağında azaltılması veya tekrar kullanılabilir malzeme kullanımının yaygınlaştırılmasının amaçlanmasıdır. Bu

süreçlerden detaylı olarak incelenen, aşındırıcı raspa malzemeleri kullanılarak yapılan yüzey temizleme ve hazırlama süreci olmuştur. Burada mevcut geleneksel aşındırıcıların ve atıklarının çevreye ve insan sağlığına etkileri incelendiğinde önemli miktarda kirlilik ve kanserojen etkiler gözlemlenmiştir. Bu etkileri azaltmak veya ortadan kaldırabilmek amacıyla alternatif yüzey temizleme ve hazırlama yöntemi olarak kuru buz raspası kullanımı, kapalı devre çelik bilye kullanımı ile açık ve kapalı devre su jeti sistemlerinin kullanımı ön plana çıkarılmıştır. Kuru buz raspasının oluşturduğu kullanım kolaylığı ve temizlik gerektirmemesi operasyonel anlamda en büyük avantajlarını sağlarken, doğadan elde edilmesi ve süreç sonunda da tekrar gaz formunda atmosfere karışıyor olması çevreye ve insan sağlığına zarar verilmeden de bu tür süreçlerin yürütülebileceğini gözler önüne sermektedir. Kapalı devre çelik bilye sistemi ile sürdürülebilecek başlangıç seviyesi süreçlerde ise aşındırıcı malzemelerin kapalı bir sistem içerisinde sirküle edilerek tekrar kullanımına ve oluşan atık ve aşındırıcı artıklarının rahatça toplanarak çevre ve insan sağlığı açısından herhangi bir tehdit oluşturmasını engellemektedir. Yapılan çalışma parametrelerinin verim hesaplamaları ile de maliyet ve atık oluşum miktarlarının en alt düzeyde tutulması için gerekli çalışma değerleri araştırılmıştır. Su jeti raspası sayesinde, yüksek basınç altında işletilen sistem gerekli yüzey temizliğini sağlarken oluşması engellenen toz ve emisyonları da su ile birlikte toplama imkânı sağlamakta, bu sayede çevre ve işçi sağlığı üzerinde olumlu gelişmelere imkân sağlamaktadır. Ayrıca kapalı devre bir su jeti sistemi oluşturulması ve kullanılan bu atık suyun biriktirilip filtre edilmesi sonucu tekrar kullanımına imkân sağlanması sayesinde hem su sarfiyatı hem de kimyasal atık miktarı ciddi bir seviyede düşüş göstermekte ve ekonomik ve çevresel avantajları ön plana çıkmaktadır. Gerekli maliyet analizleri, benzetimler ve deneysel çalışmalarla desteklenen bu süreçler, alternatif yöntemler olarak gemi inşa sektörüne sunulmakta ve kullanımına yönelik teşvikler geliştirilmektedir. Bu sayede tersanelerin üretim süreçleri çevreye ve insan sağlığına daha az zararlı bir hale getirilip süreç sonunda oluşan atık miktarı en az düzeyde tutularak olası hastalık ve kirliliklerin önüne geçilmesi planlanmaktadır.

## 2. GEMİ İNŞAATINDA KULLANILAN ÜRETİM PROSESLERİ VE ORTAYA ÇIKAN ATIKLARI

Gemi inşaatı ve tamiri sektörü pek çok süreçten oluşur. Bu süreçlerden bazıları, yüzey hazırlama, boya ve astar vb kaplama, metal kaplama yüzey tamamlama, çözücü temizleme, yağ giderme, talaşlı şekillendirme ve metal işleri, kaynak ve fiberglas işlemleri olmak üzere çeşitlidir. Tersanelerde gemi üretimi ve onarımı süreçlerinden pek çok tipte katı, sıvı ve gaz kirletici maddeler açığa çıkar. Gemi inşaatı ve tamiri endüstrisinde ham madde girişi olarak, öncelikle çelik ve diğer metaller, boya ve çözücüleri (solvent), raspa aşındırıcılar ve makine ve kesme yağları sayılabilir. Buna ilave olarak yağ temizleyici çözücüler, asit ve alkali temizleyiciler ve kaplama solüsyonları gibi ağır metal ve siyanür iyonları içeren pek çok çeşitli kimyasallar yüzey hazırlama işlemlerinde kullanılmaktadır. Kirleticiler ve atıklar uçucu organik bileşikler (VOC), tanecikler (PM), atık çözücüler, yağ ve reçineler. Metal taşıma atıkları, kirli su, kirli atık boya, atık boya parçaları ve atılan aşındırıcıları içerir (Akanlar vd., 2008).

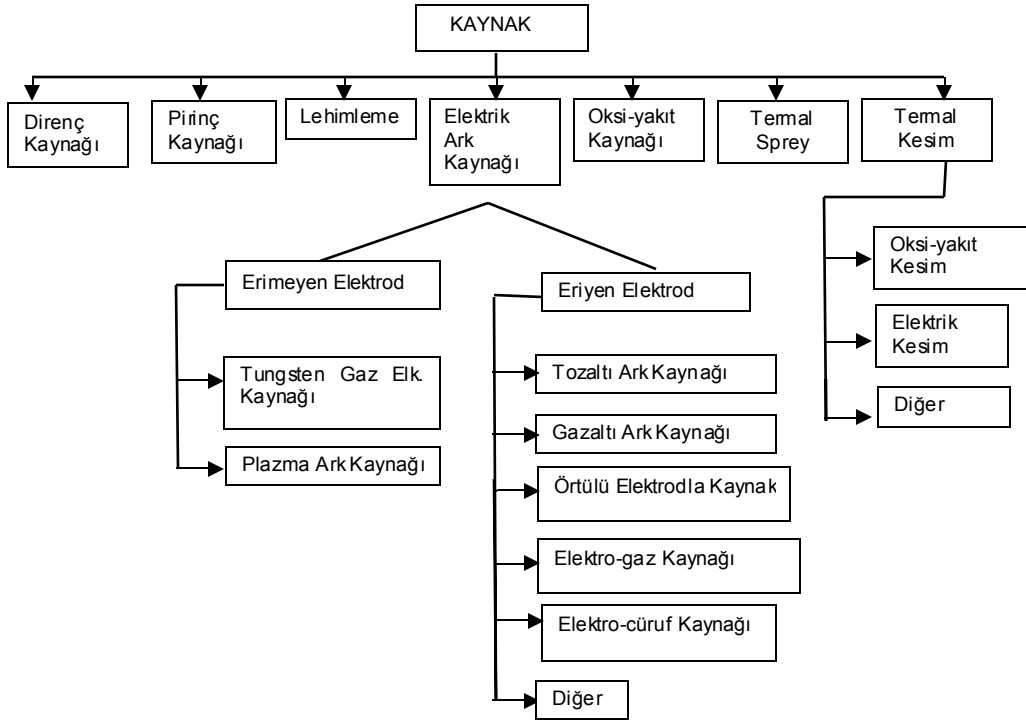
Bu çalışmada mevcut gemi inşa süreçlerinden kaynak, boya ve ağırlıklı olarak yüzey hazırlama süreçleri üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Aşağıda gemi üretiminde kullanılan süreçler ve malzemeler açıklanmıştır. Çizelge 2.1 tersanelerde üretim prosesleri ve atıkları konusunda bilgi vermektedir.

Çizelge 2.1 Tersane prosesleri ve atık akışı (Kaynak : EPA 1997)

PROSES	GİRİŞ MALZEMESİ	HAVA EMİSYONLARI	ATIKSU	HURDA ATIKLAR
<b>Yüzey hazırlama</b>	Aşındırıcılar (çelik bile, grit, bakır cüruf, boya sökücüler ve temizleyiciler)	Partiküller (metal, boya, aşındırıcılar), solvent temizleyicilerden ve boya sökücülerden kaynaklı VOC emisyonları	Boya parçaları, temizleme sıvıları, yüzey kirleticileri, kargo ve balast tanklarından yağ ve hurda yağ	Boya parçacıkları, kullanılan aşındırıcılar, aşındırıcı kutuları, değişen hurda kargo tankları parçaları
<b>Metal kaplama ve yüzey sonlandırma</b>	Kaplama metaller, siyanür çözeltiler, temizleme solventleri, durulama suları	Metal iyon buharı, asit buharı, solventlerden gelen VOC emisyonları	Metal, siyanür, asit, alkaliler, organikler ve solventlerle kirlenmiş durulama suyu	Kullanılan çözeltiler, atık su iyileştirme sonucu tortu
<b>Boyama</b>	Boya, solvent ve su	Boya ve solventlerden ve temizlenen ekipmanlardan VOC emisyonları	Ekipman temizliğinden ve solventlerden kirlenmiş su	Artık boya, boya ve solvent kutuları,
<b>Fiberglas imalatı</b>	Fiberglas, reçine, katalizörler, ahşap ve plastik malzemeler	İmalat süresinde oluşan VOC emisyonları	Atık su oluşumu çok azdır	Atık fiberglas, reçine ve kutular
<b>Talaşlı imalat ve metal işleri</b>	Kesme yağları, yağlama yağları ve solventler	Yağ gidericilerden ve temizleme solventlerinden kaynaklı VOC emisyonları	Kullanılan solventler, yağlama yağları, kesme yağları ve soğutucu yağlar ile kirlenmiş atık su	Atık kesme yağları, yağlama yağları ve metal talaş

## 2.1 Kaynak

Gemi inşaatı sırasında üretim yöntemi olarak kullanılan farklı kaynak süreçleri bulunmaktadır. Endüstride kullanılan genel kaynak ve kesme yöntemleri şematik olarak Şekil 2.1’te gösterilmektedir (USEPA AP-42 1994).



Şekil 2.1 Genel kaynak ve kesme yöntemleri

### 2.1.1 Kaynak Prosesi Atıkları

Uygulanacak kaynak yöntemini seçerken metalürjik açıdan avantajlarının yanı sıra potansiyel sağlık ve güvenlik kurallarına da dikkat etmek gerekir. Isıl süreçleri de içerdiğinden dolayı, işçilerin yüksek sıcaklıklara maruz kalması, oluşan kaynak dumanı ve elektriksel donanımların fazlalığı iş sağlığı ve güvenliği açısından son derece önemli bir durumdur. Elektrot eridiği zaman ortaya çıkan dumanda pek çok metal parçacık bulunmaktadır. Bunun yanı sıra eriyen ana metaldeki oksit tabakası da bu dumana karışmaktadır. Kaynak işlemi başlı başına tehlikeli durumlar içermektedir. Sıcaklık, akı, radyasyon, gürültü, duman, gazlar, elektrik akımı, kaynak dumanı içerisindeki tehlikeli kimyasal içerikli gazlar, hem çalışan hem de çevre açısından son derece tehlikeli durumlar yaratabilmektedir (Çelebi, 2008).

Direk olarak kaynak dumanının kanser yaptığı konusunda kesin bulgular olmamakla beraber yapılan çalışmalarda etkisinin olduğu kesinleşmiştir. Yapılan epidemiyolojik çalışmalarda kaynak dumanının akciğer kanserine neden olduğu anlaşılmaktadır. Son çalışmalarda paslanmaz çeliklerin kaynağından solunması ve maruz kalması son derece tehlikeli ve

kanserojen olan krom, nikel çok yüksek oranlarda çıkmaktadır. Bunun yanı sıra genotoksisite çalışmalarında paslanmaz çeliklerin kaynak dumanı, memeli hücrelerinde mutasyona yol açmaktadır. Geliştirilen toksikoloji çalışmaları ile kaynak dumanının kansere neden olabilecek aktörleri belirlenmeye çalışılmaktadır (NIOSH, 2002).

## **2.2 Boya**

Boyama, tersanelerde gemi yüzeyinin korozyondan korunması için uygulanan ana süreçlerden biridir. Gemilerin boyanmasının en önemli nedenleri, korozyondan korunma, gemi direncini arttıracak canlılardan korunma ve ayrıca dekoratif amaçlıdır. Boyama işlemleri genellikle yüzeylerin boyanması ve takım temizliği olmak üzere iki ana başlığa ayrılırlar.

Tersanelerde gemi inşaatı ve gemi onarımında boyama işlemleri genellikle açık havada yapılmaktadır. Bakıma gelen gemiler havuzda boyanmaktadır. Yeni gemi inşaatında tersanenin hemen hemen bütün alanlarında boyama yapılmaktadır. Genelde bir gemide boyanan yüzeyler, direk ve antenler, üst bina, borda, güverteler, iç yüzeyler, tanklar ve su altında kalan alanlardır (Akanlar, 2009a).

### **2.2.1 Boya Prosesi Atıkları**

Gemi inşasında yapılacak olan boyama işlemi yüzeyin veya parçanın boyutuna veya erişim durumuna bağlı olarak açık veya kapalı alanlarda gerçekleştirilebilmektedir. İşlem yapılacak yüzeyin su altında kalan bölgelerde olması durumlarında gemiler yüzer havuz veya kuru havuzlara çekilmektedirler. Yeni gemi inşası durumlarında ise bu işlemler modüler olarak birleştirme ve kısmi parçalı boyama işlemleri ile değişik atölye ve alanlarda yapılmaktadırlar (USEPA AP-42, 2001). Boyama süreçleri ele alındığında yüzey ve parçaların boyanması ve kullanılan donanımın temizliği olmak üzere iki ana başlıkta incelenmelidir.

Boyamada kullanılan başlıca malzemeler boya ve çözücüler olarak özetlenebilir. Çözücüler, kimyasal yapıları sayesinde boyanın yapısında bulunan ve bağlayıcı etkisini harekete geçiren pigment ve bağ maddelerini yüzeye çıkarırlar. Boya içinde krom, titanyum dioksit, kurşun, bakır ve tribütülin(TBT) bileşikler gibi zehirli pigmentler barındırır. Deniz boyalarında bulunan ve inceltme ve temizlemede kullanılan organik pigmentler tolüen, etil benzen, ksilen, metil etil keton, etilen glikol, n-hekzan ve aseton içerir (Çelebi ve Vardar, 2006).

Boya atıkları bir tersanede üretilen en önemli tehlikeli atıklardan biridir. Bir tersanede üretilen tehlikeli atığın yarısından fazlası boyama işlemlerinden sonra oluşmaktadır. Boya atıkları



artık boya, fazladan püskürtülmüş boya, artık haldeki boya, bezler ve boya bulaşmış diğer maddelerdir. Çoğu durumda, gelişmiş donanım, alternatif boyama yöntemleri ve çevresel yönetim teknikleri ile boya miktarı azaltılabilmektedir. Ekipman temizliği de solvent ve inceltici olarak tehlikeli atık yaratmaktadır (Vardar, 2004).

### 3. GEMİ İNŞAATINDA KULLANILAN YÜZEY HAZIRLAMA YÖNTEMLERİ

Yüzey hazırlama, kaplama veya boyama öncesi yüzey ile kaplama malzemesi arasındaki fiziksel ve kimyasal bağlanmayı teşvik etmesi sebebiyle yapılması gerekli olan bir adımdır. Mevcut yüzey ile kaplama arasında fiziksel bir bağlanmanın söz konusu olduğu durumlarda kaba bir yüzey hazırlama işlemi kabul edilebilmektedir (Momber, 2002).

Yüzey hazırlama endüstrisinde, mevcut yöntemlerin gerek maliyet avantajının kaybolması gerekse çevresel kurallar tarafından kullanımlarının kısıtlanmasından ötürü yeni teknoloji arayışlarına ve alternatif yeni teknolojilere ihtiyaç duyulmaktadır (Mabrouki, 2002).

Gemi inşa ve tamiri sektöründe çelik ve diğer metaller, boya ve çözücüler, aşındırıcı malzemeler ile makine ve kesme yağları öncelikli olarak kullanılan hammaddelerdir. Yüzey hazırlama ve sonlandırma için kullanılan solvent yağ çözücüler, asit ve alkali temizleyiciler, ağır metal ve siyanit iyonları içeren kaplama çözeltileri birçok kimyasal ilaveten sayılabilir. Ortaya çıkan kirleticiler ve atıklar uçucu organik bileşenler (VOC), zararlı hava kirleticiler (HAP), partiküller(PM), atık çözücüler, yağlar ve reçine, metal kesme sıvıları ve atık suyu, boya atığı, boya kalıntıları ve kullanılan aşındırıcılar sayılabilir (Akanlar vd., 2008).

Tersanelerin gemi üretimi veya bakımı için kullandıkları birincil hammadde metaldir. Metallerin dayanıklı olma avantajlarına sahip olmalarına karşın, korozyona maruz kalma olasılığı nedeniyle kullanımı öncesinde koruyucu bir kaplama uygulamasına ihtiyaç duyulmaktadır. Boyanın da istenilen kalitede uygulanabilmesi maliyet ve geminin yaşam döngüsü açısından oldukça önemlidir. Bütün metal yüzeylerin boyama öncesinde temizlenmesi veya yüzeyinin boyaya hazırlanması gerekmektedir. Çünkü yüzeyde bulunan her türlü istenmeyen madde boyanın kalitesini düşürerek korozyona dayanımı azaltacaktır (Kura ve Lacoste, 1996).

Orta ve büyük ölçekli tersanelerde inşası ve onarımı sürdürülen gemilerin büyük bir kısmı metalden yapılmaktadır. Korozyona tabi olan metal, ömrünün uzatılması ve işlevini sürdürebilmesi için koruyucu bir yüzey ile kaplanmalıdır. Kaplama öncesi, koruyucu boyaların yüzeye nizami bir şekilde yapışmasının sağlanabilmesi için öncelikle tüm metal yüzeylerin temizlenmesi veya işleme hazırlanması gerekmektedir. Bu hazırlık, boyanın yapışmasını önleyici her türlü kir ve benzeri yüzey kirleticisinin sökülmesini içermektedir. Metal yüzeylerin boyama öncesi hazırlanmasına yönelik pek çok yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerin belirlenmesinde etken olarak, yüzeyin boyalı veya paslı olması, uygulanacak

boyanın yüzey gereksinimleri, hazırlanacak yüzeyin boyutu ve şekli ve uygulanacak metalin türü sayılabilmektedir. Bu faktörler göz önünde bulundurulduğunda uygun bir yüzey hazırlama yöntemi seçilebilecektir. Tersanelerde kullanılmakta olan en genel yüzey hazırlama yöntemleri ve ortaya çıkan atıkları sonraki bölümde incelenmiştir (Çelebi, 2008).

### 3.1 Aşındırıcı Raspa

Aşındırıcı raspa, aşındırıcı malzeme kullanımı ile boya ve kaplama için metal yüzeylerin temizlenmesi ve hazırlanması işlemidir. En genel kullanılan aşındırıcı malzeme silika kumdur. Diğer aşındırıcı malzemeler kömür cürufu, döküm cürufu, dökme demir grit, dökme demir bilye, garnet, ceviz kabuğu, karbondioksit tanecikleri ile sentetik aşındırıcılardan silikon karpit, alüminyum oksit, gam veya plastik tanecikler sayılabilir (USEPA AP-42, 1997).

Bu raspa çeşidi, sert cisimlerin yüksek hızlarda metal yüzeye püskürtülmesi ile yapılan ve pas, boya ve her türlü kirlenici maddeyi temizlenen yüzeyden sökmeye yarayan bir yöntemdir. Kullanılan en genel aşındırıcılar, kum, çelik bilye, cam, kurşun bilye, bakır cürufu ve kömür cürufu olarak sayılabilir. Düşük maliyeti, uygulanabilirliği ve verimliliği göz önüne alındığında gemi inşa endüstrisinde tercih edilen en genel uygulama olarak öne çıkmaktadır (Kura ve Lacoste, 1996).

Kum raspası, farklı yüzeyler üzerinde mevcut olan kir, korozyon, boya veya diğer kaplamaların temizlenmesi için kullanılır. Kullanılmamış raspa malzemesi doğal ortamında ve stoklanma şartlarında herhangi bir formda bulunan zararlı madde içermez. Gemi inşa ve bakım endüstrisi, metal işleme endüstrisi, otomotiv de kum raspasının kullanıldığı sanayilerin başında gelmektedir (NIOSH, 1974).

Kum raspacıları ve diğer aşındırıcı raspa uygulayıcıları, yapıları püskürtülen sert cisim akımı ile temizleyen ve buharlaşmış kristalize silikanın solunması ile değişik belirgin halsizliğe neden olan bir riske maruz kalan kişilerdir. Ancak aşındırıcı parçacıkların etkisi ile yapısal temizlik süreci, kum kullanımını gerektirmez. Eğer raspa işleminde daha az zararlı bir aşındırıcı malzeme kullanılabilirse, işçilerde hastalıklara veya ölümlere yol açan buharlaşmış kristalize silika miktarı da azalmış veya önlenmiş olacaktır. Aşındırıcı raspa işlemi sürecinde ortaya çıkan solunabilir dumanlar aşındırıcı malzeme içerdiği kadar temizlenen yüzeyden de parçacıklar içermektedir. Bu sebeple, açığa çıkan kristalize silika miktarının azaltılmasında silika kumu kullanımının kontrol altında tutulması yalnızca ilk adım olacaktır (Hubbs, 2005).

Silika kumu, tekrar değerlendirilmenin mevcut olmadığı aşındırıcı raspa uygulamalarında kullanılmaktadır. Kum, diğer malzemelere göre daha yüksek bir sarfiyat oranına sahip olup, yüksek tozunma miktarına sahiptir. İşçinin serbest kristalize silikaya maruz kalması, kullanımındaki en büyük sorundur. Kömür ve döküm cürufu tersanelerde kullanılan diğer genel aşındırıcılardır. Kömür ocaklarındaki yanmış kömür atığının kırılması ile elde edilen bu cüruf oldukça sık kullanılmaktadır. Düşük silika oranına sahip olan cürufların avantajı, kullanımında açığa çıkan zararlı hava kirleticiler (HAP)'in havaya karışması ile kaybolmaktadır. Metalik aşındırıcı grubu dökme demir cürufu, dökme demir bilyeler ve çelik bilyelerden oluşmaktadır. Dökme demir bilyeler sert ve kırılabilir olup dökme demirin su havuzuna püskürtülmesi ile imal edilir. Dökme demir cürufu ise, dökme demir bilye imalatı sırasında oluşan farklı boyuttaki ve deforme şeklindeki taneciklerin kırılması yöntemiyle imal edilir. Çelik bilyeler, dökme çeliğin üflenmesi ile imal edilmekte olup, dökme demir kadar sert olmasa da çok daha dayanıklıdır. Bu tür malzemeler toplanarak tekrar kullanılabilir. Silikon karpit ve alüminyum oksit gibi sentetik aşındırıcılar kuma alternatif olarak göz önüne gelmektedirler. Bu aşındırıcılar kuma göre daha dayanıklı olup, daha az toz oluşumuna sebep olmaktadır.

Bu malzemeler genellikle toplanarak tekrar kullanılabilir olup, bir aşındırıcı haznesi, bir ivmelendirici cihaz ve bir püskürtücü nozülünden oluşmaktadır. Aşındırıcı raspa sistemlerinde genellikle üç tahrik sistemi gözlemlenebilir: Santrifüj çarkları, hava basıncı ve su basıncı (Akanlar vd. 2008b).

### 3.2 Su Raspası

Su raspası işlemi, endüstride su jeti raspası (WJ) ve aşındırıcı su jeti raspası (AWJ) olarak ikiye ayrılmaktadır. Su jeti (WJ), 1970'li yıllarda varlık göstermeye başlarken, yerini 1980'li yıllarda aşındırıcı su jeti raspasına (AWJ) bırakmaya başlamıştır (Külekçi, 2002). Aşındırıcı su raspası (AWJ), geleneksel olmayan ve konvansiyonel yöntemlere alternatif üretken bir yöntem olup bir işleme metodudur. Malzemenin yüzeyden kaldırılması erozyon ile olup, aşındırıcı özellikli su jeti ile işlenecek parçanın ilişkilendirilmesi ile gerçekleşir (Chen, 2002).

Katı bir cismin aşındırıcı olarak püskürtülmesi yerine, oyucu etki gösteren yüksek basınçlı su jetinin pas ve boyayı yüzeyden sökmek üzere kullanılması ilkesine dayanmaktadır. 50.000 psi basınç değerlerine kadar çıkılabilen sistemler ile püskürtme işlemi gerçekleştirilmektedir. Su raspası, aşındırıcı raspa yönteminin kullanıldığı her tür uygulamada yer alabilir. Buna ek

olarak ısı değiştirgeçlerinde kalan artık ve birikintilerin temizlenmesi ve kauçuk astarların sökölmesinde de kullanılabilir. Ancak aşındırıcı raspa yöntemi kadar verimli ve ekonomik bir yöntem değildir (Kura ve Lacoste, 1996).

Aşındırıcı su raspası özellikle işlem yapılması zor makineler, ısıl hassasiyeti bulunan alaşımlar, güçlendirilmiş kompozit malzemeler ve sac plaka şekillendirme işlemlerinde kullanılması öngörülmektedir (Chen, 2002).

### 3.3 Kuru Buz Raspası

Aşındırıcı raspa sistemine benzeyen bir işletim sistemi kullanılmasına karşın, aşındırıcı malzeme olarak kuru buz taneciklerinin (katı karbondioksit) kullanıldığı bir yöntemdir. Kuru buz taneciklerinin kullanılması talebi atık oluşumunda meydana gelen belirgin azalma ihtimalinin belirmesidir. Kuru buz taneciklerinin kullanım sonrası buharlaşması sonucu kalan boya ve pas kalıntıları tüm atığı oluşturmaktadırlar. En temel dezavantajları olarak ise, depolama ve işletme maliyetlerinin yüksekliği, geri sıçrama etkisi oluşmaması nedeniyle malzemenin yan ve arka yüzeylerinde herhangi bir yüzey kirleticinin temizlenememesi ve sınırlı performans olarak sıralanabilir (Kura ve Lacoste, 1996).

Son yıllarda kuru buza gösterilen ilgide artış görölmektedir. Bu aşındırıcı madde ile yüzey hazırlamada en önemli yetenek, çarpma etkisi ile derhal kaybolarak tekrar doğal gaz formuna dönerek atmosfere karışmasıdır. Bu sayede oluşan katı atık miktarı oldukça düşük seviyelerde tutularak uygulayıcıya temizleme sürecinde zaman, maliyet ve ayrıştırma avantajı sağlamaktadır. Bu yöntemin bir diğer avantajı da yüzey üzerinde herhangi bir fiziksel hasar oluşturmada ve sürekli olarak kullanılmasına imkân sağlamasıdır (Akanlar vd., 2007b).

Kuru buz raspası en iyi yüzey temizleme ve boya soyma yöntemi olmayıp, uygulama süreleri diğer yöntemlere göre daha fazla olmaktadır. Bu sebeple yükselen işletme maliyetlerinin dezavantajı, çevresel faktörler ve atık maliyet ve kısıtlamaları nedeniyle ihtiyaç duyulan çevreci yöntemler arasında ön plana çıkmaktadır (Akanlar vd., 2007b).

### 3.4 Isıl Soyma

Isıl soyma, kendi uygulaması içerisinde sınırlandırılmış olup bir alev veya kızdırılmış hava buharının boyayı yumuşatarak kolay temizlenmesini sağlaması esasına dayanmaktadır. Her ne kadar işlem sonrasında açığa çıkan atık sadece boya kalıntıları olsa da, ısıya hassas bölgelerde uygulanamamakta olup emeğe dayalıdır (Kura ve Lacoste, 1996).

### 3.5 Kimyasal Soyma

Her ne kadar gemi inşaa sektörü tarafından en çok tercih edilen raspa yöntemi aşındırıcı raspa olarak görülmekte olsa da, deniz canlıları, güverte altı kaplamaları, fiber yüzeyler, alüminyum yüzeyler ve hassas metal parçalarının temizliğinde alternatif bir yöntem kullanımına ihtiyaç duyulabilmektedir. Metilen klorid bazlı veya kostik solüsyonlar gibi kimyasal soyucular en uygulanabilir maddeler olacaktır. Yüzey hazırlama süreci genellikle yağ, gres, kir ve diğer organik bileşenlerin çözücülerle temizlenmesi işlemiyle başlamaktadır. Klorid, sülfat, kaynak, akı ve hadde talaşı gibi inorganik bileşenler bu tür organik çözücülerle temizlenemezler. Küçük parçaların temizliği, soyucu özellikteki çözeltilere batırmak ile gerçekleştirilebilir. Ancak işlem sonrası soyucu etkenden arındırılması için durulanması gerekecektir. Bu işlem sonrasında ortaya kirletici barındıran büyük miktarlarda durulama suyu çıkacaktır. Soyma etken maddesinin temizlenmesi işleminin azaltılması için daldırma sonrası süzölmek üzere uzun süre damlatma ünitelerinde kurutulmaları sağlanabilir (Kura ve Lacoste, 1996).

### 3.6 Mekanik Soyma

Mekanik soyma işlemi, yüzey kaplamasını sökücü etken yöntemlerinden biridir. Bu yöntem temizlenecek yüzeye iğneli tabanca, çivili raspa, raspa çekici, zımpara ve taşlama ile yapılan darbeler ve zımparalama ile yüzeydeki kaplamanın kaldırılması esasına dayalı bir işlemden oluşmaktadır. Bu işlem sonrasında ortaya boya atıkları ile uçucu parçacık emisyonları çıkmaktadır (Kura ve Lacoste, 1996).

### 3.7 Atıklar

Yüzey hazırlama işlemleri sonrasında sökülen boya parçacıkları, kullanılan aşındırıcılar, tanecik emisyonları gibi atıklar ortaya çıkmaktadır. Su raspa kullanımında ortaya çıkan atık suda ise, işlem sonrası oluşan atık çamuruna ilaveten boya parçacıkları ve yüzey kirleri ile temas geçip kirlenen atık su oluşumu da gözlemlenmektedir. Çürümeyi önleyici ajanların kullanıldığı boyaların atıkları zararlı olmasına karşın, toksik bileşenlerin aşındırıcı malzeme ile çözölməsi sonrası yoğunluğu düşmektedir. Bu sebepten ötürü açığa çıkan karışım zararlı olmayabilir. Ortaya çıkan atığın azaltılmasına ilişkin yapılabilecek geri dönüşüme veya benzer amaçlı bir uygulamada tekrar kullanıma uygun aşındırıcı malzeme kullanımı seçim aşamasında göz önünde bulundurulmalıdır. Aşındırıcıların sudan korunması ve verimli bir temizleme sisteminin kullanılması sonucunda aşındırıcıların tekrar kullanılması daha mümkün hale getirilebilecektir. Ancak, malzemenin aşındırıcı olarak tekrar kullanılabilmesi,

malzemenin aşındırma özelliğinin sürekliliğine de bağlıdır (Kura ve Lacoste, 1996).

Aşındırıcı raspa sonrası ortaya çıkan en temel atık, sökülen boya parçacıkları ile karışık halde olan aşındırıcı raspa malzemeleridir. Kurşun ve antifouling bileşenler içeren boya parçacıkları zararlı olmasına rağmen, kullanılan aşındırıcı malzeme miktarının çokluğu sebebiyle düşük bir yoğunluğa sahiptir. Sonuçta ortaya çıkan atık karışımı zararlı olmayabilir (Kura vd., 1996).

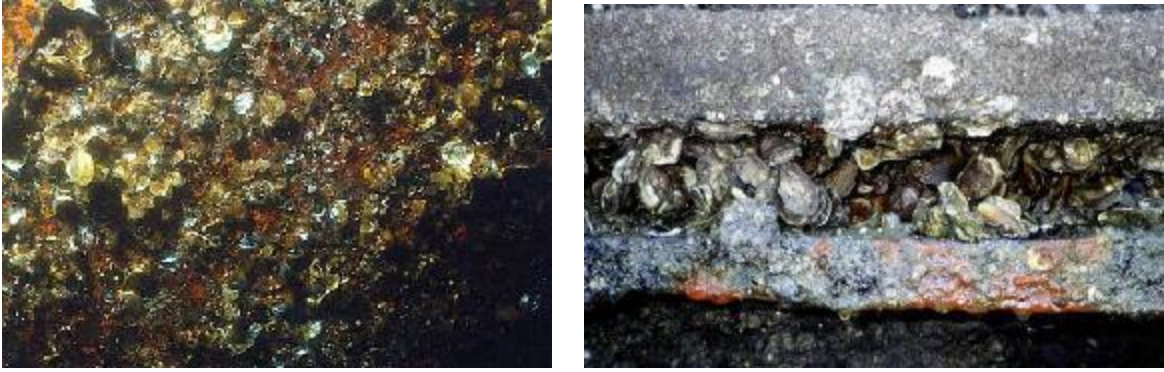
Sulu raspa veya su jeti raspası uygulamaları sonrası ortaya atık çamuru çıkabilir. Aşındırıcı raspa ve boya parçacıklarının toplandığı tanklar, gemi güverteleri ve kuru havuzlar denize indirilmeden önce, bu atıkların toplanması ve çalışma alanlarının temizlenmesi gerekmektedir. Deniz canlıları için oldukça zehirli bir etkisi görülen TBT içeren boya parçacıklarının temizlenmesine ekstra özen gösterilmelidir (Akanlar vd., 2009c).

Gemilerde kargo tanklarının, balast tanklarının ve sintine tanklarının yüzey hazırlığı ve boyama öncesi temizlenmesi sırasında ortaya oldukça yüksek miktarlarda atık su çıkmaktadır. Bu süreçler sırasında ortaya çıkan atık su genellikle temizleyici solventler, kargo tankları ve sintine tanklarındaki yağ ve yakıt ile kirlenmektedir. Su raspası veya aşındırıcı raspa işlemleri sırasında boya parçacıkları ve yüzey kirleticiler ile kirlenmiş bu atık sular oluşmaktadır (USEPA, 1997).

#### 4. AŞINDIRICI RASPA

Aşındırıcı raspa, gemi inşasında kullanılan en genel yüzey temizleme yöntemidir (Schmid 2005). Raspa yöntemi ile yapılan temizleme işleminin kapsamı yüzeyin kir, pas, boya, kaplama, yağ ve organik birikimlerden arındırılarak tekrar boyanmaya, kaplanmaya veya kullanıma hazır hale getirilmesidir.

Gemilerin sualtında kalan ve organik birikimlerin yaşandığı bölümlerine her ne kadar zehirli boyalar atılsa da, bu bölgelerde zamanla organik birikimler veya deniz canlılarının gövdeye yapışması sıkça karşılaşılan bir durum olup temizlenmesi gerekmektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Gemilerin sualtı gövdesinde oluşan organik ve canlı birikimleri

##### 4.1 Raspa Malzemeleri

Raspa işlemlerinde kullanılan aşındırıcı malzeme metalik ve metalik olmayan aşındırıcılar olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Metalik olmayan aşındırıcılar, cüruf, mineral, organik ve imal edilmiş aşındırıcılar olarak çeşitli alt gruplara ayrılırlar. Mineral aşındırıcılar ise garnet, olivin, kum, storelit gibi madenlerden elde edilen mineraller olup, sert ve kırılabilir bir yapıdadırlar, bu nedenle aşındırıcı özellikleri çok yüksektir. Ancak yüksek oranda toz oluşmasına neden olmaları mineral aşındırıcıların en büyük problemidir. Organik aşındırıcılar fındıkkabuğu gibi organik ürünlerden elde edilirler. Alüminyum oksit, silikon karbit, cam, plastik parçacıklar, kuru buz, sodyum bikarbonat gibi aşındırıcılar ise üretilmiş malzemelerdir. Diğer aşındırıcılara göre maliyeti yüksektir. Cüruf aşındırıcılar genellikle kömür tozunun işlenmesinden elde edilirler. Kum ile raspa en ucuz yöntemdir. Ancak parçalanma oranı çok yüksek olduğundan raspalama işlemi sırasında ve sonrasında büyük miktarlarda toz havaya karışmaktadır (Kinsey vd., 1995). Kum ile mineral aşındırıcılar birlikte kullanıldığı takdirde toz oranı düşebilmektedir. Metalik aşındırıcılar ağırlıklı olarak



demir ve çelik aşındırıcılardır. Demir ve çelik aşındırıcılar genellikle küresel ve grit şeklindedir. Bunun yanı sıra özel boya ve durumlar için pirinç, alüminyum ve bakır aşındırıcıları da kullanılmaktadır. Küresel çelik raspa malzemesi yeniden kullanım için oldukça uygun bir yapıya sahiptir (Çelebi, 2008).



Şekil 4.2 Kullanılan değişik aşındırıcı raspa malzemeleri

#### 4.1.1 Silika Kumu

Kuartz kumu dünyada en çok bulunan mineraldir. Pek çok yıllar boyunca, silika kumu en çok beğenilen ve tercih edilen raspa malzemesi oldu. Tüm sektör, kum kullanımı üzerine ilerlemiş, hatta raspa işleminin genel adı “kum raspası” olarak belirtilmiştir. Malzeme kullanıma hazır ve düşük maliyetli bir yapıdadır. Ancak silika kumunun içerdiği yüksek seviyedeki kristalize silika (kuartz) maddesinin, solunması sonucu silikozis hastalığına neden olabilmesi ve insanlardaki yüksek kanserojen etkisi ihtimali gözlemlenmiştir. Gelişmiş ülkelerdeki katı sağlık ve güvenlik kontrollerine rağmen, silika kumu halen en geniş olarak kullanılan aşındırıcı malzemedir. İngiltere’de serbest silika içeren kumların veya diğer bileşenlerin aşındırıcı olarak herhangi bir raspa sisteminde kullanılması yasaklanmıştır. Geri dönüşümlü bir malzeme değildir (Gould ve Wilson, 2003).

Tersanelerde silika kumu ile raspa, zararları öğrenilene kadar geçen sürede gemi yüzeyindeki boyayı çıkarmak için en çok kullanılan yöntemdir. Ancak silika kumu ile yapılan raspa işlemlerinde çok miktarda toz açığa çıkmaktadır. Yapılan araştırmalarda bu silika kumu

tozunun çevre ve insan sağlığına zararları anlaşılmıştır (Flynn vd., 2004). 1974 yılında yapılan çalışmalarda silika kumu kullanılması yasaklanmış ve silika kumu yerine geçebilecek kuvars, arsenik, berilyum, kadmiyum, kurşun, krom, manganez, nikel ve vanadyum gibi kristalize silikadan daha az tehlikeli olan yeni malzemeler önerilmiştir (NIOSH, 1974). 2000 yılında ABD ulusal toksikoloji programının düzenlediği 9. kanserojen listesinde kristal silika kanserojen tanımını almıştır (Porter vd., 2001).

#### 4.1.2 Garnet

Garnet, sert silikat bir mineral olup, Avustralya, Hindistan, ABD ve Güney Afrika gibi dünyanın değişik bölümlerindeki madenlerden çıkarılmaktadır. Garnet'in sekiz değişik şekli bulunmakta olup, sadece demir kökenli olan ve almandit garnet adı verilen bir türünün genel kullanımı mevcuttur. Oldukça sert ve dayanıklı bir yapıya sahiptir. Özgü kütlesi ve dayanıklılığı raspa ve tekrar kullanım performansını etkileyen kritik etkenlerdir. Bu özelliklerinden ötürü gerek tek kullanımda gerekse geri dönüşümlü kullanımında oldukça yüksek bir aşındırıcı performansı sergilemektedir (Gould ve Wilson, 2003).

Garnet, yüksek işlem kabiliyeti, düşük toz oranı, geri dönüşebilmesi ve sağlık yönünden daha az zararlı olması nedeniyle demir ve demir olmayan malzemelerin raspa işlemlerinde kullanılabilir. Kimyasal analizlerde ana bileşikler olarak silikon dioksit, demir oksit, magnezyum oksit, kalsiyum oksit ve manganez oksit olarak belirlenmiştir. Garnet, akciğer rahatsızlıklarına maruz kalma yönünden silika kumuna benzer özellikler taşımaktadır (NIOSH, 2001).

Aşındırıcı raspa için kullanılan garnet'in pek çoğu kırılmamış ve alüvyon yani su ile şekillenmiştir. Nihai aşındırıcı parçacıklar kısmen yuvarlanmış kısmen köşeli şekildedir. Alüvyon parçalar kırılmadığından çok az gerilim çatlağı içerirler ve raspa sırasında kırılmaya direnç gösterirler (Gould ve Wilson, 2003).

Garnet demir ve demir dışı metallerin tamamında kullanılır ve avantajları şu şekilde sıralanabilir:

- Hızlı kesme
- Düşük tozuma (Kömür cürufu veya silika kumu ile kıyaslandığında)
- Tekrar kullanılabilir
- Sağlık riski düşük, tespit edilen herhangi bir ağır metal olmadan düşük serbest silika değeri

### 4.1.3 Olivin

Olivin, doğal olarak içerisinde magnezyum demir silikat içeren, sarımsı yeşil renkli ve silika veya toksik metal içermeyen bir maddedir. Ancak olivin, içerisinde asbest katkısı olan bir mineraldir. Sağlık ve Güvenlik İdaresi (HSE) tarafından Haziran 2000’de yapılan bir seri test olivinin içerisinde asbest lifleri olduğunu gösterdi. Testlerin devamında elde edilen sonuçlar, kuru grit raspası işlemlerinde oluşabilecek salınım seviyelerinin kontrol sınırları üzerinde olabileceğini göstermiştir.

Olivin’in silika kumu yerine daha güvenli kullanımının en geniş olduğu alan bina temizliği olup, çelik ve kısmen paslanmaz çelik malzemelerde cüruf aşındırıcıların demir içerdiği için “çay lekesi” adı verilen pas noktalarına sebep olacağından tercih edilmediği durumlarda da kullanılmaktadır. Olivin oldukça sert bir yapıya sahip olmasına rağmen çarpma sonucu kırılmaya meyilli olup çok açık renkli bir toz çıkarır (Gould ve Wilson, 2003).

### 4.1.4 Starolit

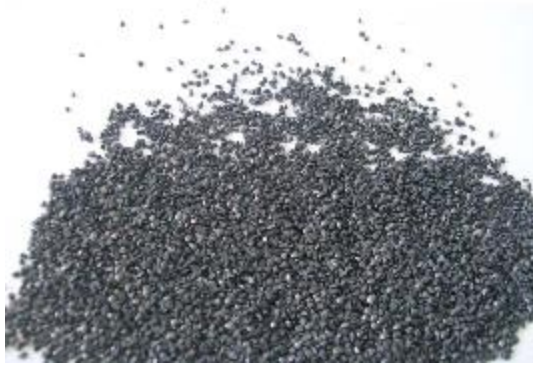
Starolit, koyu renkli alüminyum ve demir silikası bir mineraldir. Bir miktar serbest silika içermekte olup silika kumundan çok daha düşük seviyedir. Bilinen uygulamalarda kullanılması düşünülen malzemenin fiyatı oldukça yüksek olmasına rağmen yüksek sertlik değeri sayesinde düşük tozuma ve düşük gömülme özellikleri ile kullanımı desteklenmekte ve çevre dostu olarak belirtilmektedir. Starolit, hiçbir şekilde çevresel zarar sergilememektedir. Bunun en önemli nedenlerinden biri, malzemenin belli uygulamalar için kullanımının önerilmemesi ve imha maliyetlerinin düşük seviyelerde tutulmasıdır. Örneğin, kurşun içeren boyaların kaldırılması gibi uygulamalarda kullanılmasının tavsiye edilmemesinin nedeni kirlenen malzemenin çevresel problemlere yol açabilecek olmasıdır (Gould ve Wilson, 2003).

### 4.1.5 Metal Grit ve Tanecik

Grit, yüksek kesme gücüne sahip metalik köşeli parçacıklardan oluşur. Genellikle ezilmiş, sertleştirilmiş dökme demir kürelerden oluşur. Çelik bilyelerde genellikle üç sertlik önerilir ve uygulama hızı yüzey üzerindeki etkiyi belirler. Grit uygulamaları, ağır dövme ve ısıl işlem pullarının temizliği, pas sökülmesi ve yapışkan bağlanma öncesi kontrollü malzeme görünüşü oluşturulması sayılabilir.

Tanecik, grit ile aynı malzemedan imal edilmekte olup, tek fark küresel formda olmasıdır. Tanecikler, pullar ve diğer kirleticileri çarpma etkisi ile kaldırır. Çelik tanecikler, metal kaynaklı en geniş kullanıma sahip ve aşındırıcı raspa sistemi bileşenlerine en az zarar veren

aşındırıcıdır. Tanecikler, alüminyum ve kablo kesiginden imal edilip kullanım sırasında yuvarlanabilir ve dökme demir tanecikler ile aynı kullanıma sahiptirler. Dayanıklılıkları sebebiyle çelik aşındırıcılar birçok kez verim kaybı olmadan temizleme süreçlerinde kullanılabilir. Çelik taneciklerin en önemli dezavantajı, ıslak kullanımlarına imkân verilmemesidir. Ayrıca yerde duramaz ve ıslak yüzeylerin temizliğinde kullanılamazlar. Islanan tanecikler küresel formunu kaybederek sistemde tıkanmalara sebep olarak zarar verebilir. Çelik ve grit tanecik kullanımı genellikle kapalı devre sistemlerde kullanılır ve çevresel zararlar en düşük seviyede tutulur. Ancak açık bir sistemde kullanılır veya yer ile temas ettirilir ise, çevreye demirin süzülmesi ihtimali doğar. Daha teknik bir açıdan bakıldığında, metalik aşındırıcılar etkilenen yüzeye bulaşır veya yüzeyde korozyona ve kaplama hatalarına neden olacak bir altyapı oluşturabilir (Gould ve Wilson, 2003).



Şekil 4.3 Metal Grit

#### 4.1.6 Cam Tanecik

Soda kireç cam taneciklerinden imal edilen aşındırıcılar belirgin süreçler için oldukça başarılı aşındırıcılardır. Cam tanecikler, yüksek kaliteli çizilme ve kırılmaya karşı özel tasarlanmış malzemeden imal edilmektedir. Gerilimin ve çatlakların giderilmesi için küre bir topun içerisinde ısıtılma tabii tutulurlar. Sivri köşelerden arındırılmış bir yapıda ve değişik boyutlarda üretilmektedirler. Genellikle raspa kabinlerinde geri dönüşümlü kullanılırlar. Soda kireç camından üretildiği için kristalize silika içermez.

Cam tanecikler, temas noktasını dövme veya çekiçleme etkisi yaratır. Bu etki ile yüzeyde oluşan anlık yüzey esnemesi kaplama veya kir ile arasındaki bağı kırılmasına zorlar. Oldukça sık kullanılan küresel raspa malzemesi çelik bilyeden farklı olarak cam kürecikler demir içermemekte ve demir olmayan yüzeylerde korozyona yol açmamaktadır ve tüm metaller ile kullanılabilir (Gould ve Wilson, 2003).

#### 4.1.7 Cam Grit

İşlenmiş geri dönüştürülen cam, endüstriyel aşındırıcı olarak kullanılmakta ve genel olarak toplanılan atık camlardan imal edilmektedir. Ayrıca toplanılan temperli araba camı, geri dönüştürülen ticari camların da kullanılması mümkün olup silika tozundan uzak, daha güvenli bir aşındırıcı oluşturabilir. Atık kutularından toplanan camlar önce kaba boyutlarda kırılarak şişe ağzı, kapak, mantar, etiket ve diğer kirlerden ayrıştırılır. Cam kurutulduktan sonra ince kırma işlemine geçilir ve istenilen boyuta getirilir.

Geri dönüştürülen camın aşındırıcı olarak kullanıldığı yüzey temizleme denemelerinde, boyama öncesi yüzeyde oldukça başarılı bir yüzey temizleme ve epoksi enamel gibi sert kaplama sökme performansı göstermiştir. Kırık cam tanecikleri, düşük silika seviyeli bir malzeme olup cüruf performansını sergilemektedir. Yerçekimi etkisi nedeniyle cam taneciklerinin yüzeye çarpma etkisi düşmektedir. Bu sebeple daha iri taneli aşındırıcıların seçilmesi gerekmektedir. Cam grit malzemesinin aşınmadan 3–4 kez yeniden kullanılabilmesi planlanmaktadır. Kullanım sırasında oluşan tozuma, bakır cürufunun siyah tozuyla kıyaslandığında oldukça temiz bir sonuç sergilemiştir.

Cam, belirgin bir çevresel zarar oluşturmamakta olup, hatta su arıtma süreçlerinde de kuma alternatif kullanım sağlamaktadır. Camın geri dönüşümünde dolgu malzemesi olarak kullanılması yerine cam grit imalatına yönlendirilmesi de çevresel bir yarar sağlamaktadır (Gould ve Wilson, 2003).

#### 4.1.8 Alüminyum Oksit (Alümina)

Alüminyum oksit, genellikle mevcut kahverengi formunda boksitin parçalanması; kola ile demirin elektrik ile oldukça yüksek sıcaklıklarda fırınlarda üretildiği şeklinde kullanılır. Rafine edilmiş dereceleri olan ve oldukça düşük serbest demir seviyelerine sahip beyaz ve pembe alümina türleri de mevcuttur. Bu aşındırıcı türü, sayılı kalitelerde mevcut olup temel amacı kapalı sistemlerde aşındırıcı olarak kullanılmasıdır. Metalik geri dönüştürülebilir aşındırıcılardan daha pahalıdır ve özellikle beyaz türü çok sert olduğundan pek fazla tekrar kullanılamaz. Ancak kullanım sırasında aşınma ve tıkanmaya yol açmaması sebebiyle aralıklı kullanımın olduğu durumlarda tercih edilmelidir.

Düşük demir içeriği sebebiyle, ileri teknoloji uygulama sistemlerinde (uzay endüstrisi gibi) demir dışı malzemelerde tercih edilmektedir. Ayrıca deniz suyunda kullanılacak paslanmaz çelik yüzeylerde, yüzeyi zedelediğinden oluşabilecek elektrolit aşındırıcı kutuplaşma ile

metale zarar gelmesini önlemektedir (Gould ve Wilson, 2003).

Erimiş alüminyum taşından elde edilir. Metalik geri dönüşebilen aşındırıcılardan daha pahalıdır. Demir oranı düşük olduğundan özellikle uzay sanayinde ya da yüksek yüzey kalitesinin gerekli olduğu durumlarda demir içermeyen malzemelerin yüzey hazırlama işlemlerinde kullanılmaktadır. Yüksek sertlikleri ve dayanım ömürlerinin yüksek oluşları nedeniyle tercih edilirler. Boya çıkarma veya pürüzlendirme işlemleri için en çok kullanılan malzemelerdir. Silikon karbür ve alüminyum oksit gibi sentetik aşındırıcılar, kumun yerini alabilecek aşındırıcılardır. Bu aşındırıcılar daha dayanıklıdır ve kumdan daha az atık üretir. Bu materyaller yeniden kullanılır (USEPA AP-42, 1997).

#### **4.1.9 Plastik Malzeme**

Plastik malzeme raspa (PMB), yumuşak raspa malzemesi başlığı altında olup, mineral kum, alüminyum oksit, çüruf ve çelik/demir malzemeler gibi sert aşındırıcılarla kıyaslanmaktadır. Bu tür yumuşak malzemeler işlem gören yüzere zarar vermemektedir. Plastiklerin aşındırıcı olarak kullanımı 1980'lerde uçaklardaki boyanın kimyasal soyulması yerine kullanılmak için geliştirilmiştir. İki temel PMB sistemi türü mevcuttur, açık raspalama ve kapalı kabin sistemi. Açık raspalama, otobüs ve uçak gibi büyük boyutlu yüzeylerin temizliğinde idealdir. Buna karşın otomatik veya elle kontrol edilen kapalı sistemler küçük parçalar için oldukça uygundur. Plastik aşındırıcılar dayanıklı ve geri dönüşümlüdür. Plastik aşındırıcı raspa, daha yüksek hava hacmi ile fakat daha düşük raspa basıncı ile (10–50 psi gibi) uygulanır. Düşük basınç malzemenin ezilip yamulmasını önlemektedir. Plastik malzeme 5–20 kullanım sonrasında geri dönüştürülebilir.

PMB'de kullanılan elastik tanecikler, ceviz kabuğundan daha sert ancak mineral aşındırıcılardan daha yumuşaktır. Değişik granül plastikler mevcut olup, yumuşak polyester, akrilik malzeme (polimetil metakrilat), üre ve melamin örnek sayılabilir. Her plastik malzemenin pek çok farklı boyutu mevcut olup genellikle anti statik malzeme ile işleme tabi tutularak kullanım sırasında toz ve kirin malzemeye yapışması önlenmektedir (Gould ve Wilson, 2003).

#### **4.1.10 Sodyum Bikarbonat (Kabartma Tozu)**

Sodyum bikarbonat yumuşak, beyaz, kristalize toz formunda suda çözünerek alkalın çözelti oluşturan bir maddedir. Raspa temizleyici malzeme olarak sodyum bikarbonat, değişik boyutlarda mevcut olup akış etkenleri ve diğer katkıları ile birlikte istenen performansın

alınmasını sağlar. Uzay endüstrisinde kullanılan oldukça hassas bileşenlerin temizlik uygulamalarında yıllardır kullanılmaktadır. Alkali yapısı sebebiyle gerektiği şekilde yüzeyden arındırılmadığı takdirde alüminyum yüzeylerde korozyona sebep olduğu bilinmektedir. Çelik yüzeylerde gerekli şekli oluşturmada oldukça zayıf kaldığından piyasadaki farklı bir gereksinimi karşılamaktadır (Gould ve Wilson, 2003).

#### **4.1.11 Kuru Buz**

Kuru buz, karbondioksitin katı halidir. Tanecik boyutu yaklaşık 3 mm civarında, pirinç tanesi boyutundadır. Oldukça soğuk bir malzemedir (-78,5°C) ve malzemeye özel raspa ekipmanı gerektirir. Kuru buz raspa teknolojisi, iki çeşit etkiyle kullanılabilir. Yüzeye çarpma sonrası oluşan termal şok sonucu yüzey kaplamasında çatlaklar oluşturur. Termal ısı farklılıklar, bağlanma özelliğinde kayba neden olur. Bu sebeple tanecikler yüzeydeki çatlama kir tabakasını kaldırırken oluşan form değişikliği sırasındaki (katı formdan sıvılaşmadan doğrudan gaz formuna geçiş) patlama etkisiyle de yüzeyden kopmasını sağlar.

Kuru buzun süreç sırasında süblimleşmesi sebebiyle, raspa malzemesinin temizlenmesi diye bir problem kalmamakta ve oldukça çevre dostu bir süreç yaratılmaktadır (Gould ve Wilson, 2003).

#### **4.1.12 Mineral Cüruflar**

Cüruflar, endüstriyel ergitme ve yanma sonrası oluşan kırılğan camsı atık ürünlerdir. Farklı süreçler ile elde edilmelerine karşın benzer özellikler sergilerler. Kimyasal olarak, alüminyum silikat camlardır ve demir ve bir veya daha fazla alkali metal ile zenginleştirilmişlerdir. Tüm kırılğan katılar gibi, cüruflar pek çok çevre koşulunda oldukça durağan bir yapı sergilerken, aşındırıcı olarak kullanımları esnasında yüzey ile temas anında kırılma eğilimi gösterir ve tozuma neden olurlar.

Cürufların ergitme veya endüstriyel yanma işlemi sonrası atıklar olmasından kaynaklanan doğaları gereği düşük miktarlarda ağır metal veya radyoaktif element içerebilirler. Cüruf aşındırıcılar, metal cürufları (bakır, nikel) ve kömür fırını cürufları olarak sınıflandırılırlar. Genellikle oldukça sert ve sivri köşeli bir form sergilerler (Gould ve Wilson, 2003).

#### **4.1.13 Bakır Cürufu (Sülfür Cevheri)**

Sülfür cevherlerinin azaltılmasından elde edilen cüruflar tüm dünyada mevcuttur. Cüruflar bakır madenleri ile bir arada tutuldukları için “bakır cürufu” terimi kurşun, çinko hatta arsenik

cüruflarının bile yerine kullanılmaktadır. Bakır cürufları, orijinal cevher ve ergitme yoğunluğunda mevcut olan düşük metal miktarlarını barındırır. Cürufun amacı, istenmeyen kirleticilerin bakır gibi hedef metalden uzaklaştırılarak toplama mekanizması olarak işlev göstermesidir. Bakır cürufu, cevher ve ergitme bulunan ülkelerde silika kumunun yerini alması beklenen malzemedir. Bazı metal cürufları, metal ayrıştırma süreçleri sırasında kullanılan çözeltilerden ötürü kurşun, berilyum, hatta arsenik gibi ağır metaller içerebilir. Çoğu durumda ağır metallerin miktarı, salınım limitlerinin altında olmasına karşın eser ağır metal miktarlarının mevcudiyeti olası zarar ve kısıtlamaların varlığını gerektirir. NIOSH raporunda bakır cürufu üzerinde yapılan test sonuçlarında yüksek miktarda uçucu arsenik, kadmiyum, kurşun ve gümüş ile yüksek yoğunlukta berilyum, titanyum ve vanadyum varlığı belirlenmiştir.

Ek olarak, laboratuvar fareleri üzerinde yapılan çalışma, bakır cürufuna dayalı tümör oluşumu gözlemlenmiştir. Çalışma, bakır cürufunun kademeli akciğer tümörü oluşturduğu ancak kuartz ile gerçekleşen oluşumdan çok daha az olduğunu gösterdi. Testte kullanılan cüruflar yüksek oranda kanserojen şüphesi içerdiği için tercih edilmiş olup, çalışma verisinin temeline göre bakır cürufu farelerde kanserojen olduğu sonucuna varılmıştır. Granül metal olmayan cürufların sızma davranışlarının gözlemlenmesi için yapılan çalışmada, cüruftan bulaşan metallerin ölçümü için 10 cm.lik üst tabakası alınan toprak yüzey incelendi. Daha kumlu alanlarda metaller daha derine nüfus ederken, daha düşük birikimle sonuçlandı. Toprak ve toprak suyu kalite standartları ile karşılaştırıldığında sadece çinko miktarının önemli olduğu görüldü. Bu sebep malzemenin yığın olarak tekrar kullanılmasını sınırlandırarak aşındırıcı raspa işlemi sonrasında, örneğin kullanım sonrası gritin nizami şekilde toplanmaması, kullanılmış gritin tesiste yığma stoklanması veya dolgu olarak imha edilmesi sonucunda çevresel problemlere de yol açabilir (Gould ve Wilson, 2003).

#### **4.1.14 Nikel Cürufu**

Nikel cevherinin ergitilmesi sırasında oluşan benzersiz ve sülfat içermeyen metal cürufu genellikle ABD'de kullanılmaktadır. Malzeme yerel olarak silika kumu ve bakır cürufunun yerine kullanılmaktadır. Nikel cürufu bakır ile ilintili genel ağır metalleri içermemekte olmasına rağmen, düşük miktarlarda krom ve nikel barındırmakta ve hava salınımlarının takip edilmesi gerekmektedir. NIOSH raporu, yüksek seviyelerde krom, kadmiyum ve nikel varlığını belirtmektedir (Gould ve Wilson, 2003).



#### 4.1.15 Kömür Cürufu

Kömür cürufu, demir alüminyum silikatları, kalsiyum silikatları ve silikanın karışımından oluşmaktadır ve elektrikli güç imalat tesislerinde kömürün yakılması ile elde edilir. Kanyağa bağlı olarak kompozisyonda değişiklik olabilmektedir. Kömür cürufu, yüzey kazıma işlemlerinde aşındırıcı olarak kullanılır. Bir diğer kullanımı ise temizlemedir. NIOSH tarafından yapılan çalışmalarda kömür cürufunda yüksek oranlarda berilyum varlığı tespit edilmiştir (Gould ve Wilson, 2003).

Kömür cürufu, kömürlü elektrik güç üretim tesislerinden alüminyum silikat, kalsiyum silikat ve silika eklenmesi ile elde edilir. Yüksek oranda berilyum ihtiva etmektedir (Gould ve Wilson, 2003). Yapılan çalışmalarda kömür cürufu testler sırasında neredeyse silika kumu kadar toksisitesi yüksek bir malzeme olarak değerlendirilmiştir. Düşük maliyetli olması nedeniyle dünya genelinde aşındırıcı raspa işlemlerinde %42 gibi büyük bir oranda kullanılmaktadır. Kömür cürufu üzerine yapılan çalışmalarda, kömür cürufuna maruz kalan hayvanlarda solunum sistemi hastalıklarının arttığı gözlemlenmiştir (MacKay, 1980). Kömür cürufu pek çok akciğer rahatsızlıklarına neden olmasına rağmen kristal silika kumuna göre sağlık açısından daha az tehlikeli olmasına rağmen kanserojen olarak nitelendirilmektedir (NIOSH, 2001).

#### 4.1.16 Organik Malzemeler

Organik ürünlerin pek çoğu mısır koçanı, nişasta, ceviz ve fındık kabuğu, pirinç kabuğu ve meyve çekirdeği gibi besinlerden elde edilmekte olup, kir ve yağın alttaki boya ve ya kaplamaya zarar verilmeden temizlenmesinin istendiği durumlarda kullanılır. Organik aşındırıcıların düşük sertlik değerleri ve düşük kütle yoğunlukları olmasından dolayı pek çok endüstriyel malzemeye işlemezler. Ana kullanım alanları, boya tabakası üzerindeki kir ve kalıntıların çıkarılması, valf veya türbin rotor bıçaklarının temizliği ile motorlardan gres yağının temizliğidir.

Bu tür aşındırıcılar, kıvılcım oluşturmadıklarından tüm parçaların topraklandığı ve gerekli havalandırma tertibatının sağlandığı zararlı alanlarda da kullanılmaktadırlar. Bitkisel aşındırıcılar sadece kuru halde iken uygun akıma maruz kalarak ve normal raspa tertibatı ile kullanılmaktadırlar. Pekan Cevizi kabuğu gibi yağlı veya lekeli kabuklar bazı yüzeyler için uygun olmayabilir. Bitkisel aşındırıcılar tek kullanımlık olup, mısır koçanı ve nişasta toksik özellik taşımadığından biyolojik olarak indirgenebilir. Genellikle tozuma anlamında problem oluşabilmekte olup, bu tür yumuşak aşındırıcı malzemelerde düşük miktarlarda

olmaktadır(Gould ve Wilson, 2003).

Çizelge 4.1 Aşındırıcı karakteristiklerinin özetlenmesi  
(Kaynak : Journal of Protective Coatings and Linings, 2000, Pera, 2003).

Aşındırıcı	Bileşenleri	Mohs Sertliği	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Tozuma	Geri Dönüşüm
Silika Kumu					
En iyi kalite	Kristalize Silika	7,0	1,6	Düşük	Hayır
Orta kalite	Kristalize Silika	6,5	1,6	Yüksek	Hayır
Starolit / Zirkon	Demir Alüminyum Silikat	7,5	2,0	Mod	Hayır
Garnet					
Almandit	Demir Alüminyum Silikat	7,5	2,0	Düşük	Evet
Andradit	Kalsiyum Silikat	6,5	1,8	Yüksek	Hayır
Olivin	Demir Silikat	6,5	1,9	Yüksek	Hayır
	Demir Oksit	6,0	2,3	Mod	Evet
Bakır Cürufu	Demir Silikat Cam	6,0	1,6	Mod	Hayır
Nikel Cürufu	Nikel Silikat Cam	6,0	1,6	Yüksek	Hayır
Demir Cürufu	Demir Silikat Cam	6,0	1,6	Yüksek	Hayır
Kömür Cürufu	Ca, Demir Silikat Cam	6,0	1,4	Yüksek	Hayır
Çelik Grit / Bilye	Demir (Çelik)	6,0	2,2+	Düşük	Evet
Kabartma Tozu	Sodyum Karbonatlar	2,0-3,0	1,1	Yüksek/Düşük *	Hayır
Cam Kırığı	Alkali Silikat Cam	6,0	1,6	Yüksek	Hayır
Organik Aşındırıcılar	Değişik	2,0-3,0	0,6-1,0	Yok	Hayır

\* Kuru kullanımında yüksek, ıslak kullanımında düşük tozuma görülür.

Çizelge 4.2’de, genel olarak raspa malzemelerinin boyutları, kullanılabilceği çevrim sayısı, ürettiği toz miktarı, maliyet ve uygulama alanı açısından karşılaştırılması verilmiştir [1].

Çizelge 4.2 Raspa malzemelerinin karşılaştırılması

Aşındırıcı	Boyut (mm)	Çevrim ADEDİ	Toz	Maliyet	Birim Maliyet	Uygulama
Sodyum bikarbonat	60-170	1	Yüksek	Yüksek	Orta	Tarihi bina yenileme
Kuru buz	3	1	Düşük	Yüksek	Orta	Yüzey ve hassas yüzey temizleme
Sünger	16-320	5-20	Düşük	Yüksek	Orta	Tarihi bina yenileme ve gemilerde deniz canlıları temizliğinde
Plastik	12-80	8-10	Düşük	Yüksek	Orta	Boya kaldırma ve yüzey temizleme
Cam boncuk	30-325	8-10	Orta	Orta	Orta	Tüm yüzey hazırlama işlemlerinde
Kömür cürufu	12-40	1	Yüksek	Düşük	Orta	Tüm yüzey temizleme işlemleri ve pas gidermede
Garnet	30-80	3-4	Düşük	Orta	Orta	Metal ve alüminyum yüzeylerde
Alüminyum oksit	16-220	6-8	Düşük	Yüksek	Orta	Raspa kabinlerinde
Çelik grit	12-50	200+	Düşük	Yüksek	Düşük	Tüm metal yüzey hazırlama işlemlerinde, yüzeyde ağır pas ve kirletici olduğunda
Çelik bilye	10-80	200+	Düşük	Yüksek	Düşük	Tüm metal yüzey hazırlama işlemlerinde, yüzeyde ağır pas ve kirletici olduğunda

Çizelge 4.3'de, metalik olmayan aşındırıcı raspa malzemelerinin fiziksel belirleyici özellikleri, silika ve demir içerikleri, çalışma hızları, oluşturdukları yüzey kalitesi, tüketim ve maliyet değerleri ile uygulama alanı açısından karşılaştırılması verilmiştir.

Çizelge 4.3 Metalik olmayan aşındırıcıların fiziksel özellikleri ve karşılaştırmaları  
(Kaynak: ASM Metals Handbook, 9th Edition, Vol:5, 1982, Pera 2003).

Açıklama	Cam Tanecikler	Köşeli Mineral Aşındırıcı	Yuvarlanmış Mineral Aşındırıcı	Organik Yumuşak Grit Aşındırıcı	Plastik Aşındırıcı
<b>Fiziksel Özellikleri</b>					
Şekil	Küresel	Granül	Yuvarlak	Düzensiz	Silindirik
Renk	Şeffaf	Bronz	Beyaz / Kahverengi	Kahverengi / Bronz	Naylon : Beyaz Polikarbonat : Turuncu
Belirgin Ağ ırlık	2,45 - 2,50	2,4 - 2,7	2,4 - 4,0	1,3 - 1,4	Naylon : 1,15 - 1,17 Polikarbonat : 1,2 - 1,65
Serbest Silika İçeriği	Yok	100%	<1%	Yok	Yok
Serbest Demir İçeriği	<1%	<1%	<1%	Yok	Yok
Sertlik (Mohs)	5,5	7,5	9,0	1,0	R110 - R120
<b>Malzeme Karşılaştırması</b>					
Toksosite	Yok	Yüksek	Düşük	Düşük / Yok	Yok
Metal Sökme	Düşük / Yok	Yüksek	Yüksek	Yok	Çapak Gidermede
Temizleme Hızı	Orta / Yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük
Dövme Özelliği	Yüksek	Yok	Yok	Yok	Yok
Nihai Yüzey Kalitesi	Geniş (Değişken Mat)	Kaba Çapa	Değişken Mat	Pürüzsüz	Pürüzsüz
Yüzey Kirliliği	Yok	Orta	Orta	Orta / Yüksek	Düşük / Yok
Islak Raspa Yeteneği	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
Kuru Raspa Yeteneği	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Standart Boyut aralığı	20 - 325 US Mesh	8 - 200 US Mesh	80 - 235 US Mesh	60 - 235 US Mesh	0,76 x 0,76 1,1 x 1,1 1,5 x 1,5
Tüketim Oranı	Düşük	Yüksek	Orta	Yüksek	Oldukça Düşük
Maliyet Karşılaştırması	Orta	Düşük	Yüksek / Orta	Yüksek / Orta	Yüksek / Orta

Çizelge 4.4’de ise, genel olarak yaygın kullanımı bulunan aşındırıcı raspa malzemelerinin mevcudiyet durumları, kısmi zararları ve açıklamaları bir arada sunulmuştur.

Çizelge 4.4 Aşındırıcı malzemelerin zararları  
(Kaynak: Pera 2003).

Malzeme	Kısmi Zararları	Diğer Yorumlar
<b>Doğal Mineraller</b>		
Silika Kumu	Yüksek seviyelerde Kristalize Silika içerir. Potansiyel Kanserojendir.	Aşındırıcı raspa olarak kullanımı belli ülkelerde yasaklanmıştır.
Garnet	Yok	
Olivin		
Starolit	Yok	
<b>Üretilen Aşındırıcılar</b>		
Çelik Grit / Tanecik	Yok	Bazı metallerde kimyasal korozyon
Cam Tanecik	Yok	
Cam Grit	Yok	
Alüminyum oksit	Yok	
Plastik Tanecik	Yok	
Sodyum Bikarbonat	Yok	
Kuru Buz	Yok	CO <sub>2</sub> çıkışı nedeniyle havalandırma kullanımı gerekir
<b>Mineral Cüruf</b>		
Bakır Cürufu	Ağır metal kirliliği mümkündür.	
Nikel Cürufu	Ağır metal kirliliği mümkündür.	
Kömür Cürufu	Ağır metal kirliliği mümkündür.	
<b>Organik Malzemeler</b>		
Mısır Koçanı	Yok	Tozuma için potansiyel
Ceviz Kabuğu	Yok	Tozuma için potansiyel
Nişasta	Yok	Tozuma için potansiyel

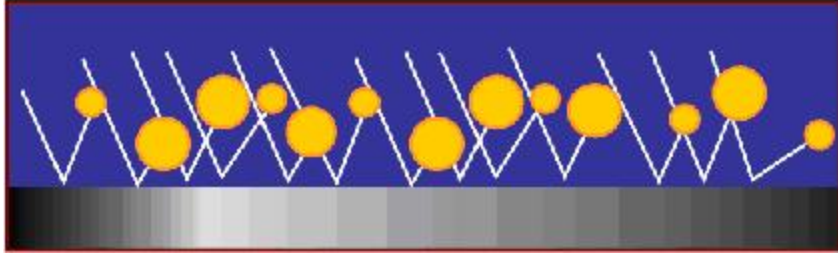
## 4.2 Raspa Prosesi

Raspa süreci, aşındırıcı malzemelerin basınçlı bir ortam desteği ile tahrik edilerek daraltılmış bir nozül aracılığıyla hızlandırılması sayesinde temizlenmesi istenilen yüzeye püskürtülmesi ile sağlanan bir yüzey temizleme metodudur.

Bu metodun belirlenmesinde yüzeyin durumu, temizlenmesi istenilen metalin türü, kir veya boya tabakasının yapısı, çalışma ortamı, parçanın büyüklüğü gibi pek çok etken göz önünde bulundurulmaktadır.

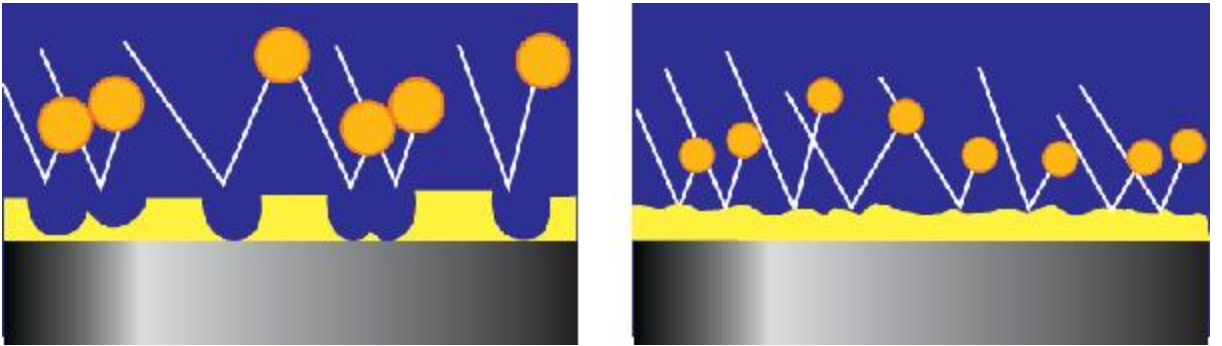
Kullanılan aşındırıcı malzemelerin fiziksel durumuna göre kuru ve ıslak raspa olarak ayrılabilir. Burada kuru raspanın hız avantajına karşılık, süreç sırasında oluşturduğu yüksek toz oranı ve bu tozun işçi sağlığı üzerinde oluşturduğu etkiler de eklendiğinde pek çok Avrupa ülkesinde yasaklanması konuşulan bir yöntem olmuştur. Bu durumun önüne geçilebilmesi için alternatif ancak ekonomik yöntemler olarak kullanılan malzemenin ıslatılması ile yapılan

ve “ıslak raspa” adı verilen yöntem türetilmiştir ancak burada artan ağırlığın yüzey üzerinde istenilen etkiyi düşürmemesi için arttırılması gereken basınç değeri, maliyetleri yükseltmektedir. Ancak yüzey üzerinde elde edilmek istenen pürüzlülük değerinin sağlanması için gerekli parametrelerin yeniden belirlenmesi ile hem daha ekonomik hem de çevreye daha az toz salınımı gerçekleştiren bir yöntem elde edilmiş olacaktır (Woodward ve Judson, 1987).



Şekil 4.4 Büyük ve küçük bilyelerin bir arada kullanıldığı bir geri dönüşümlü raspa sistemi

Eğer karışımda çok büyük bilyeler mevcut ise kısmen parça üzerinde bölgesel temizlikler yapsa da parça üzerinde dövme izleri bırakır. Tam tersi olarak eğer karışımda çok ince taneler yoğunlukta ise, malzeme yüzeyinde istenilen temizliğin sağlanması mümkün değildir.



Şekil 4.5 Sadece büyük veya sadece küçük bilyelerin kullanıldığı bir geri dönüşümlü raspa sistemi



Şekil 4.6 Çelik Bilye sertliğinin doğru seçilmesinin yüzeye etkisi

#### 4.2.1 Raspa Prosesi Atıkları

Yüzeyle temizleme işleminin sonrasında ortaya çıkan atıklar, tersanelerde oluşan toplam atığın neredeyse yarısını oluşturur. Bu atıklar kimyasal maddeler ile temasta bulunduğundan, zararlı atık sınıfında olup özenle imha edilmeleri gereği doğmaktadır. Ayrıca bu atıklara karışmış halde bulunana ve yüzeyleden sökülen boya parçacıkları da oldukça tehlikeli kurşun, selenyum, arsenik, baryum, gümüş, kadmiyum ve krom içeren ve tehlikeli atık sınıfına giren boya bileşenlerine sahip olmaktadır.

Tüm dünyada çevreye verilmesi gereken değerin önemi gün geçtikçe artmakta ve çevre dostu alternatif yöntemlere geçilmesi, mevcut yöntemlerin çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkilerinin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Bu kapsamda yapılan araştırmalar sonucu, kullanımı ve sonrasında çevreye ve uygulayıcıya verdiği zararlar nedeniyle kullanımı durma noktasına gelen aşındırıcılar bulunmaktadır.

Bir metalik grit malzemenin yaklaşık olarak içeriği % 20–50 silikon dioksit, % 15–40 demir oksit, % 0–25 alüminyum oksit, % 0–25 kalsiyum oksit ve % 10–15 çinko oksit ya da magnezyum oksitten oluşur. Ayrıca pek çok metalik gritte karışım halinde potasyum oksit, soydum oksit, bakır, titanyum ve sülfür de bulunmaktadır. Bu nedenle kullanılan grit malzeme çeşitli tiplerde kirleticiler içermektedir.

**Hava emisyonları:** Aşındırıcının ve yüzeyleden sökülen boya parçalarının oluşturduğu hava emisyonları oldukça önemlidir. Partikül emisyonları genelde çevreye ve insan sağlığına zararlı toksik malzeme içerirler. Uçucu organik bileşikler ise solvent temizleyicilerden, boya sökücülerden ve yağ gidericilerden ortaya çıkmaktadır (Çizelge 4.5).

**Katı atıklar:** Raspa işleminden, boya partikülleri ile kirlenmiş aşındırıcı atıkları, birincil atıklar olarak değerlendirilebilir. Su raspası ve ıslak aşındırıcı raspa sonrasında boya parçaları ve yüzeyle kirleticileri ile kirlenmiş atık çamur oluşur.

**Atık su:** Kargo tankları, balast tankları ve sintine tanklarının yıkanması sırasında çok büyük miktarlarda atık su ortaya çıkmaktadır. Bu atık su genellikle atık yakıt, yağ, gres ve diğer çözücülerle kirlenmiş durumdadır ve kesinlikle arıtım işlemi uygulanmadan salınmamalıdır. Eğer su raspası ya da ıslak raspa uygulaması yapılmış ise kirli su oranı daha fazla olmaktadır (Çelebi, 2008).

Çizelge 4.5 Raspa malzemelerinin kirletici emisyonları

Aşındırıcı	Arsenik ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Kuarz ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Kadmiyum ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Berilyum ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Krom ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Kurşun ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Kömür cürufu	8.59	0.148	0.496	3.334	111.4	11.33
Bakır cürufu	4.306		0.344	0.15	3513.1	6.88
Storelit	1.229	2.301	0.248	0.577	74.08	42.82
Silika kumu	4.225	27.6	0.185	0.792	36.08	6.052
Tozu azaltılmış silika kumu	6.190	19.04	0.216	0.94	33.52	8.563
Bakır cürufu	21.82	-	0.448	0.766	73.7	6.785
Garnet	9.292	2.6	1.105	0.505	94.37	8.558
Çelik grit	22.654	-	0.426	-	1025	24.5

#### 4.2.2 Raspanın İnsan Sağlığına Etkileri

Gemi inşaatı ve gemi tamir endüstrisi ağır sanayi olarak bilinir ve çeşitli üretim süreçlerini bir arada barındırır. Tersanelerde üretim aşamaları incelendiğinde, yeni gemi üretimi ve gemi bakım-onarımı şeklinde iki ayrı kategori görülür. Bu iki kategori, farklı görülmekle beraber temel endüstriyel üretim yöntemleri açısından, kullanılan hammaddeler, mamuller ve yarı mamuller açısından, işlemler sırasında çevreye ve insana zararlı atıkları ve kirleticileri açısından benzerdir. Tersanelerde gemi üretimi ve onarımı süreçlerinden pek çok tipte katı, sıvı ve gaz kirletici maddeler açığa çıkar. Bu kirletici maddeler solunma, temas gibi yollarla insan sağlığına zarar vermektedir. Bu çalışmada üretim süreçleriyle ortaya çıkan atık ve kirleticilerin işçi sağlığı üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Aşındırıcı raspa son yıllarda raspa işlemi sırasında işçi güvenliği konusunda ön plana çıkmaktadır. Burada ön plana çıkan problemler, işçilerin silika tozuna maruz kalması, aşırı gürültüye maruz kalma ve mekanik ve elektriksel zararlar olarak sıralanabilir (NIOSH, 1974).

Gemi inşa endüstrisinde, yüzey hazırlama yöntemlerinden raspalama, eski boya, pas, deniz organizmaları ve tuzların temizlenmesi işlemlerinde kullanılmaktadır. Raspalama işlemleri tersane çalışanlarını toksik hava kirleticilere, yüksek sese ve bunlar gibi birçok güvenlik ve sağlık açısından tehlikeli durumlara maruz bırakabilir. Çizelge 4.6'da raspa sonucu ortaya çıkan potansiyel hava kirleticiler ve Çizelge 4.7'de de bu hava kirleticilerin tehlikeleri özetlenmiştir [2].

Raspa sonrası açığa çıkan toz ve hava kirleticilere maruz kalmak raspanın potansiyel tehlikelerindedir. Raspa, yüksek oranda toksik atık içeren bol miktarda toz oluşmasına neden

olur. Havayı kirleten bu maddeler içerisinde raspalanan yüzeyin ana maddesini, yüzeydeki kaplama için kullanılan malzemeleri ve raspa için kullanılan aşındırıcı maddeleri barındırır[2].

Çizelge 4.6 Raspa sonucu açığa çıkan potansiyel hava kirleticiler

<b>Kaynak</b>	<b>Potansiyel Hava Kirleticiler</b>
<b>Temel Madde</b> (çelik, alüminyum, paslanmaz çelik, galvanizli çelik, bakır-nikel ve diğer bakır alaşımları vb.)	Alüminyum, kadmiyum, krom, bakır, demir, kurşun, manganez, nikel ve çinko
<b>Yüzey Kaplama</b> (inşa öncesi astar boya ları, korozyonu ve yüzeyin kirlenmesini önleyici boyalar, vb.)	Bakır, baryum, kadmiyum, krom, kurşun, çinko
<b>Raspa için Kullanılan Malzeme</b> (kömür, bakır ve nikel cürufları, cam, çelik tozları, silis kumu, vb.)	Arsenik, berilyum, amorf silis, kadmiyum, kobalt, krom, kristalleşmiş silis, kurşun, manganez, nikel, gümüş, titanyum, vanadyum.

Yapılan araştırmalarda önceleri raspa işlemlerinde kullanılmakta olan silika kumunun çevre ve insan sağlığına zararları anlaşılmıştır. Raspa malzemeler, çalışanlar tarafından bulunduğu zaman akciğer dokularında akut veya kronik slikoza sebep olabilmektedir. Eğer nodül çok büyürse nefes alışverişini zorlaştırır ve bu durum ölümlerle sonuçlanabilir. Slikoz hastaları aynı zamanda tüberküloza yakalanma riskini de taşırlar [3]. 1974 yılında yapılan çalışmalarda silika kumu kullanılması yasaklanmış ve silika kumu yerine geçebilecek kuvars, arsenik, berilyum, kadmiyum, kurşun, krom, manganez, nikel ve vanadyum gibi kristalize silikadan daha az tehlikeli olan yeni malzemeler önerilmiştir [4]. Kristal silika, 2000 yılında ABD ulusal toksikoloji programının düzenlediği ve hazırladığı kanserojen listesinde kanserojen tanımını almıştır. Kömür cürufu, kristal silika kumuna göre sağlık açısından daha az tehlikeli olmasına rağmen pek çok akciğer rahatsızlıklarına neden olmakta ve aynı zamanda kanserojen olarak nitelendirilmektedir [5].

Yüzey hazırlama işlemleri, zehirli ve aşındırıcı kimyasallara maruz kalınmasından dolayı deri, göz ve solunum yolları için yüksek risk oluşturmaktadır. Raspa işlemleri sırasında açığa çıkan yüksek ses de kendisini emniyete almadan çalışan işçilerde ya da işlem sırasında yakında bulunan kişilerde geçici işitme kayıplarına yol açabilir. Körlük ya da vücuttan uzuvların



kopmasıyla sonuçlanabilecek ciddi kazalara da maruz kalınabilir. Raspa işlemi sırasında raspa yapan işçinin el ve kollarındaki titremenin sonucunda deri nekrozları ve kangren oluşabilir (Akanlar vd., 2008a).

Potansiyel toz ve hava kirleticilere maruz kalma, en temel aşındırıcı raspa zararlarını oluşturan etken olarak sayılabilir. Aşındırıcı raspa, büyük miktarlarda yüksek seviyeli zehirli hava kirleticiler içeren toz oluşturabilir. Hava kirleticilerin kaynağı, raspa yapılmakta olan metal madde, sökülmekte olan yüzey kaplaması, kullanılmakta olan aşındırıcı veya önceki raspa operasyonlarından kalan herhangi bir aşındırıcı artığı kaynaklı olabilir (Akanlar vd. 2009d).

Yüzey hazırlama sırasında ortaya çıkan atıklar arasında, boya parçacıkları, aşındırıcı malzemeler ve parçacık emisyonları sayılabilir. Antifouling özellikli boya parçacıkları genellikle zehirli olmasına karşın, uygulamalarda zehirli bileşenler raspa malzemesi ile seyreltilmektedir. En temel atık olarak aşındırıcı ile birlikte karışık olarak biriken boya parçacıkları ile boya çözücülerden açığa çıkan VOC ve HAP parçacıkları sayılabilir. Krom, titanyum dioksit, kurşun ve TBT bileşenleri gibi toksik pigmentler içerebilen boyalar, yaklaşık 50% oranıyla en büyük zararlı tersane atık grubunu oluşturmaktadır.

Tersanelerde karşılaşılabilen mesleki hastalıkların başında akciğer kanseri riski gelmekte olup, sigara tüketimi ve asbeste maruz kalma nedeniyle olabildiği gibi, solunum yetmezliği veya mangan ve alüminyum ile bağıntılı solunum bozuklukları da sayılabilir. Tersane işçileri, çok halkalı aromatik hidrokarbonlar (PAH) gibi pek çok genotoksik bileşene maruz uçucu organik bileşenlerinin solunması ve maruz kalma biçimi de hastalık riskinde önemli rol oynamaktadır. Yani sık sık en yüksek değerlere çıkıp inen bir ortama maruz kalınmasının beyin üzerinde oluşturduğu hasar, ortalama bir değere sürekli maruz kalınmasından daha fazla olmaktadır (Akanlar vd. 2009a)

Yapılan değişik çalışmalar, birçok aşındırıcı malzemenin zehirleyici etkisinin karışık sonuçlarla karşılaştırmasını gerçekleştirmiştir. Bir çalışmada altı adet aşındırıcı (kum, tozmayan kum, garnet, kömür cürufu, hematit ve starolit) incelenerek fareler üzerindeki etkilerini değişik yoğunluklarda incelemiştir. Kumdan daha az toksik belirginlik gösteren tek aşındırıcı tozmayan kum olmuştur. Takip eden bir çalışmada ise diğer beş aşındırıcıya kıyasla hematit en düşük toksisiteyi göstermiştir. Kömür cürufu, diğer aşındırıcılara kıyasla çok daha yüksek toksisite göstermiştir. Bir diğer çalışmada, kömür cürufuna maruz kalan hayvanlarda akciğer fibrosisi artışı gözlenmiş ancak bakır ergitme cüruflarında

gözlemlenmemiş olmasına karşın her iki cürufta kızarıklıklara neden olmuştur.

Çizelge 4.7 Seçilen aşındırıcı raspa malzemeleri içerisinde ölçülen uçucu zararlı metal yoğunlukları (Kaynak: Flynn ve Susi 2004)

	Solunabilir					
	Arsenik ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Kuartz ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Kadmiyum ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Berilyum ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Krom ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Kurşun ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Kömür Cürufu	8,59	0,148	0,496	3,334	111,4	11,33
	7,77	Yok	0,525	4,83	121,84	11,76
Nikel Cürufu	4,31	Yok	0,344	0,15	3513,1	6,88
	4,77	Yok	0,596	0,17	4038,2	7,16
Starolit	1,23	2,301	0,248	0,577	74,08	42,82
	Yok	2,06	205	0,53	63,6	34,9
Silika Kumu	4,23	27,6	0,185	0,792	36,08	6,052
	4,41	37,6	0,191	4,83	94,53	7,56
Silika Kumu (Düşük tozuma )	6,19	19,04	0,216	0,94	33,52	8,563
	7,34	24,2	0,511	0,14	42,9	11,24
Bakır Cürufu	21,82	Yok	0,448	0,766	73,7	6,785
	33,13	Yok	3,727	1,24	101,45	10,14
Garnet	9,29	2,6	1,105	0,505	94,37	8,558
	11,08	1,84	1,292	0,62	108,7	10,26
Çelik Tanecik	22,65	Yok	0,426	Yok	1025	7,173
	185,80	-	12,253	Yok	8576,3	24,5
2003 TLV	10,0	0,05	10	2	500	50

Not: İlk Değer tespit limiti üzerindeki değerlerin aritmetik ortalaması, ikinci değer ise operatörün soluma bölgesinde tespit edilen değerdir.

#### 4.2.3 Aşındırıcı Raspa Malzemelerinin Sağlık Açısından Tehlikeleri

Aşındırıcı raspa malzemelerinin kullanımı sırasında ve sonrasında çevre ve insan sağlığı üzerine oluşturduğu etkiler günümüzde oldukça değer kazanmış olup, özellikle gelişmiş ülkelerde raspa malzemesi kullanımlarına ve salınımlarına sınırlar ve yasaklamalar getirilmektedir. Her ne kadar ülkemizde kullanılmasında bir sınırlama olmasa da gerek tozuma gerekse de içerdiği kanserojen etkisi gösteren bileşenlerinden dolayı silika kumu kullanımı oldukça sınırlandırılmış ve yasaklanmıştır. Burada en önemli sonuçlar, yıllar süren maruz kalma sonrası operatörlerde görülen akciğer ve solunum rahatsızlıkları, dolaşım bozuklukları ve kanser olarak göze batma başlamıştır.

Yapılacak çalışmalar için seçilen kömür cürufu, gerek kullanım miktarı gerekse de içerdiği toksisite değerleri silika kumu ile kıyaslanacak kadar yüksek olduğu için tercih edilmiştir. Demir oksit ve çelik bilye daha düşük toksisiteye sahip iki aşındırıcı raspa malzemesi olarak görülmekte olup, kum raspa malzemesine alternatif olarak önerilmektedirler. Demir oksit ve garnet kullanımı sırasında oluşan akciğer kirlenici salınımı potansiyeli en düşük iki

aşındırıcıdır ve silika kumuna alternatif kullanımları için onay verilebilir. Garnet maruz kalımı, akciğer iltihabını tetikler ancak akut salınım takibinde daha düşük fibrotik tepki verir. Bu sebeple garnet, kronik maruz kalmada silika kumundan daha az zararlı olabildiği gibi, kronik iltihaplanmaya neden olabilir. Cam kırığı, sınırlı Pazar payına sahiptir ve akciğer toksisitesi konusunda çok az bilgi içermektedir. Büyük miktarda geri dönüştürülmüş camdan imal ediliyor olması nedeniyle silika kumunun daha az zararlı alternatifi olarak kullanımının artması muhtemeldir. Raspa kumu, pozitif kontrol malzemesi olarak da test edilmelidir.

#### **4.2.3.1 Silika Kumu**

Akciğerler, solunan kristalize silika nedeniyle, sulanma, iltihaplanma ve yaralanma oluşumu gibi sonuçlar ile tepki vermektedir. Tüm bu tepkiler silikanın akciğer alveollerine ulaşmasını ve silikoz adı verilen durumun oluşumu önlemek amacıyla hizmet etmektedir. Silikoz sakat bırakabilen hatta ölümcül olabilen bir hastalıktır. Akut, hızlandırılmış veya kronik gibi değişik yapılarda görülebilen silikoz hastalığı, maruz kalmadan klinik vakaya kadar geniş bir aralıkta varlık gösterir. Akut Silikoz, oldukça az görülen ve yüksek derecede ölümcül bir hastalık olup, yüksek yoğunlukta kristalize silika maruzatının aylar veya yıllar boyunca sürmesi sonucu karşımıza çıkmaktadır. Aşırı sulanma ve iltihaplanma akut silikozun en büyük belirtileridir. Alveollere dolan bu sıvılar gaz alışverişini engellemektedir. Akut silikoz ile birlikte akciğer fibrosisi de görülebilmekte olup genel bir kanı değildir. Silika akciğerlerde kalmaya meyilli bir yapı olup, kristalize silika maruzatı sonrası oluşan birkaç akut belirti, kronik iltihaplanma ve akciğer yaralarının oluşumunu tetikleyebilir. İltihaplanma ve yaralanma zamanla yara dokusunda yayılmaya ve silikoz nodülleri oluşumuna neden olabilir.

Solunabilir silika kumu tozu, incelenen farelerde akciğer kanseri oluşumuna neden olurken, aşındırıcı raspa uygulayıcılarında da olası akciğer kanseri riski oluşturmaktadır (Weston vd., 2000). Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC) tarafından insanlar ve hayvanlar üzerinde yapılan araştırmalar sonucu kristalize silika, insanlarda birinci sınıf kanserojen etken olarak sınıflandırılmıştır (IARC, 1997).

Çizelge 4.8 Silika Kumu'na ait MSDS verileri

İçerik	Değer Aralığı
Silikon Dioksit	87% - 99.9%
Kristalize Silika	37% - 99.9%
Alüminyum Oksit	0.1% - 5%
Demir Oksit	0.06% - 0.15%
Kalsiyum Oksit	0.01% - 0.1%
Potasyum Oksit	0.03% - 3.5%
Magnezyum Oksit	0.002% - 0.007%
Titanyum Oksit	0.02% - 0.15%
Sodyum Oksit	0.01% - 0.44%

#### 4.2.3.2 Kömür Cürufu

Kömür cürufu, silika kumuna alternatif olan en genel ve en ucuz aşındırıcı malzemedir (Paumanok, 1992). Kömür cürufu, toz kömürün yanması sırasında meydana gelen çok düşük erime noktasına sahip bir kül oluşturan atıktır. Yanma sırasında, meydana gelen küller ocağın altından suya düşer ve sertleşir. Nihai ürün, siyah, katı ve sert, içerdiği silika oranı 1%'den de düşük, her türlü raspa işleminde verime kullanılabilecek aşındırıcı malzemedir (Stettler vd., 1983). Kömür cürufu, akut toksisitesinin silika kumu ile kıyaslanabilir miktarlarda olması nedeniyle uygun veya uygunsuz olabilir ancak silika kumundan çok daha düşük akciğer fibrosisi oluşturmaktadır (Hubbs vd., 2001).

Çizelge 4.9 Kömür cürufu'na ait MSDS verileri

İçerik	Değer Aralığı
Silikon Dioksit	46% - 51%
Alüminyum Oksit	17.2% - 25.5%
Demir Oksit	18% - 21%
Kalsiyum Oksit	4.3% - 7.2%
Potasyum Oksit	<1.7%
Magnezyum Oksit	1.0% - 1.5%
Titanyum Oksit	<1.3%
Kristalize Silika	<1.0%

#### 4.2.3.3 Speküler Hematit (Demir Oksit)

Speküler hematit veya demir oksit olarak adlandırılan bu aşındırıcı malzeme türü, aşındırıcı piyasasında oldukça yenidir. Demir oksit, kristalize silikaya oranla çok düşük toksisite değerlerine sahiptir. Daha düşük seviyelerde iltihap oluşumuna, hasara ve maruz kalınması bittikten sonrası solunum tepkilerine neden olur. İltihap ve akciğer hasarlarının maruzat sonrası durumunu hayvanlar üzerinde inceledikleri modellerde demir oksidin soluk borusu içerisinde mevcudiyetinin sağlanması sonrasında bile akciğer fibrosisi oluşturmadığı fareler üzerinde tespit edilmiştir. Hayvanlar üzerinde sürdürülen demir oksidin kanserojen etkisi çalışmaları da negatif sonuçlar vermiştir. Düşük demir oksit değerlerinin hayvanlar üzerinde çalışmalarla belirlenmesi sonucu oluşturulan modeller maruz kalan işçiler, hastalar ve gönüllüler üzerinde de kontrol edilmiştir. Demir oksidin silika kumuna göre daha düşük fibrotik değerlere sahip olduğunun tescili için ilave testler gerekmektedir.

Çizelge 4.10 Demir oksit'e ait MSDS verileri

İçerik	Değer Aralığı
Demir Oksit	96.8% - 99%
Kristalize Silika	<0.1% - 0.7%
Silikon Dioksit	0.5% - 3.2%
Sodyum Oksit	<0.03%
Kalsiyum Oksit	<0.05% - 0.26%
Magnezyum Oksit	<0.05%
Alüminyum Oksit	0.2% - 0.63%
Titanyum Oksit	%0.08% - 0.3%
Potasyum Oksit	<0.03%

#### 4.2.3.4 Çelik Grit

Çelik grit, kullanılan aşındırıcı miktarına göre bakıldığında en ağırlıklı olarak kullanılan ikinci aşındırıcı raspa malzemesidir. Çelik gritin mükemmel geri dönüşüm imkânı sayesinde, aşındırıcı raspa malzemesi kullanımı ile elde edilebilen en büyük yüzey alanının hazırlandığı yöntemdir. Her ne kadar demirden oluşsa da, demir oksit ile eşdeğerde sayılamayacak olan bu malzemenin biyolojik özellikleri demir oksitten oldukça farklıdır. Çevre kontrollü laboratuvarlar ve saha çalışmaları, çelik gritin raspa kumundan çok daha düşük solunabilir toz açığa çıkardığını göstermektedir. Ancak, nikel ve arsenik gibi kanserojen maddelerde de belirgin miktarlarda yüksek mevcudiyet göstermektedir. Çelik gritin solunması ile ilgili

herhangi bir çalışma mevcut değildir. Çelik grit, raspa kumunun aksine, soluk borusuna kaçmayı takip eden 30 gün içerisinde belirgin bir iltihaplanma, akciğer hasarı veya fibrosis oluşumuna neden olmamıştır. Demir oksit ile birlikte çelik grit, düşük akciğer toksisitesi potansiyeli göstermiş ve silika kumuna alternatif kullanımını desteklemiştir.

Çizelge 4.11 Çelik Grite ait MSDS verileri

İçerik	Değer Aralığı
Demir	>95%
Silikon Dioksit	0.3% - 1.5%
Karbon	0.7% - 1.3%
Manganez	0.5% - 1.3%
Krom	<0.25%
Nikel	<0.2%
Kristalize silika	Yok

#### 4.2.3.5 Garnet

Garnet, doğada bulunan ve almandit  $[Fe_3Al_2(SiO_4)_3]$  içeren bir yapıdır. Bazı garnetlerde magnezyum veya manganez, demirden ayrılmaktadır. Diğer bileşenler, mika, silikon dioksit, demir oksit ve alüminyum oksit olmasına karşın kristalize silikanın 0,1%'i kadardır (Gorrill, 1996). Garnet, silika kumuna benzer şekilde akciğer iltihaplanması ve hasarı oluştururken, daha düşük fibrotik tepki oluşturur (Hubbs vd., 2001). Ayrıca yeni raspa yapılan garnet silika kumundan daha fazla hidroksil radikalleri üretmektedir. Bu sebeple garnet, 4 haftalık hayvan testleri sonrasında silika kumundan daha az zararlı olduğunu göstermiş, ancak daha uzun dönemde hidroksil radikallere maruz kalma ve kronik iltihaplanmalar bilinmemektedir.

Çizelge 4.12 Garnet'e ait MSDS verileri

İçerik	Değer Aralığı
Silikon Dioksit	36% - 40%
Demir Oksit	30% - 33%
Alüminyum Oksit	20% - 26%
Magnezyum Oksit	1.0% - 6.0%
Kalsiyum Oksit	1.0% - 2.0%
Manganez Oksit	1.0%
Titanyum Oksit	<2.0%

#### 4.2.3.6 Cam Kırığı

Cam kırığı, aşındırıcı malzeme piyasasında oldukça yeni bir üründür. Solunum hastalıkları veya kanser potansiyeli ile ilgili elde henüz yeterli bilgi mevcut değildir. Soluk borusu içerisine kırık cam kaçması sonucu farelerde raspa kumu ile benzer miktarlarda iltihaplanma ve hücre hasarları görülmüştür (Porter vd., 2002). Yine aynı çalışmada, cam kırığının raspa kumunun sebep olduğundan farksız miktarlarda solunum fibrosisi oluşturduğu da görülmüştür. Cam kırığı kısıtlı pazar payına sahip olması ve çok az bilinmesi nedeniyle oluşturabileceği akciğer toksisitesi bilgileri de kısıtlıdır. Eğer silika kumundan daha az zararlı alternatif bir aşındırıcı olarak kabul edilebilirse pazar payı büyüyerek kullanımı artacaktır (Hubbs, 2005).

Çizelge 4.13 Cam Kırığı'na ait MSDS verileri

İçerik	Değer Aralığı
Silikon Dioksit	72% - 81%
Sodyum Oksit	13% - 14%
Kalsiyum Oksit	8.6% - 10.0%
Magnezyum Oksit	1.0% - 4.0%
Alüminyum Oksit	0.2% - 1.0%
Sülfür Trioksit	<1%
Potasyum Oksit	<0.4%
Demir Oksit	<0.4%

Çizelge 4.14, raspa süreçleri sırasında açığa çıkan solunabilir durumdaki hava kirleticilerin neler olduğunu ve bu hava kirletici maddelerin işçi sağlığı üzerinde sebep olabileceği başlıca rahatsızlık ve hastalıkları bir arada göstermektedir. Bu hastalıkların başlıcaları, solunum sistemleri, deri hastalıkları ile dolaşım hastalıkları olarak özetlenebilir.

Çizelge 4.14 Hava kirleticilerin tehlikeleri

<b>Kirletici</b>	<b>Sağlık Açısından Tehlikeleri</b>
<b>Alüminyum</b>	Solunum sistemi hasarları
<b>Arsenik</b>	Deri, akciğer ve lenf kanserine yol açar. Periferal sinir hastalığı ve damar hastalıkları oluşumunda etkilidir.
<b>Kadmiyum</b>	Üredeki fazla proteinden kaynaklanan renal tubüllerin dejenerasyonu, hipertansiyona sebep olan kan basıncı artışı, kronik bronşit, akciğer fibrozu ve amfizem, akciğer ve prostat kanseri risklerinde artış
<b>Krom (VI)</b>	Akciğer kanseri ve astım, burun dokularında tahribat ve deriyle temas halinde alerjik dermatit
<b>Kobalt</b>	Kronik akciğer iltihabı ve akciğer fibrozu, akciğer kanseri riskinde artış, deriyle temas halinde alerjik dermatit
<b>Bakır</b>	Solunum sistemi hasarları
<b>Demir</b>	Sideroz
<b>Kurşun</b>	Periferal sinir hastalığı, kas zayıflığı, acı, kol ve bacak felçleri, anemi, böbrek fonksiyonlarında azalma, kan basıncında artış, kısırlık, kanser riskinde artış
<b>Manganez</b>	Titreme, hipotoni ve felçlere yol açan kronik zehirlenmeler, beyindeki reaksiyon süresinin artmasından kaynaklı Parkinson benzeri hareket düzensizliği, yürüme zorlukları, duygusal kararsızlık
<b>Nikel</b>	Akciğer kanseri, astım, alerjik dermatit
<b>Kristal Silis</b>	Kronik akciğer rahatsızlıkları, silikoz, akciğer kanseri riskinde artış
<b>Kalay</b>	Baş ağrıları ve ön belirti göstermeyen nörolojik bozukluklar
<b>(organik)</b>	
<b>Titanyum</b>	Akciğer iltihap ve akciğer fibrozu
<b>Çinko ve Bakır</b>	Akut zatürre belirtileri



## 5. KURU BUZ

### 5.1 Kuru Buzun Tarihçesi

Kuru buz ile ilgili olarak kabul edilen en eski kayıt, Fransız kimyager Thilorier tarafından 1835 yılında ilk defa katı formdaki CO<sub>2</sub> (kuru buz) varlığının belirtilmesidir. CO<sub>2</sub>'in sıvı halinin incelenmek üzere yeterli miktarda buharlaşmanın oluşması sonucunda katı formdaki kuru buz külesiyle karşılaşılabilir. Takip eden 60 yıl boyunca üniversite laboratuvarlarında incelenmesine karşın pratikte hiç kullanılmamıştır. Herhangi bir silindir alınıp sıvı CO<sub>2</sub> ile doldurulduğunda (CO<sub>2</sub> yangın söndürücüsü gibi) vanası açıldıktan sonra püsküren gaz bulutunun bir kısmının kuru buz kar tanelerine dönüştüğü gözlemlenebilir.

1897 yılında İngiltere'de İngiliz Ordu Sağlık biriminde görevli Dr. Herbert Samuel Elworthy'e karbondioksit'in katılaştırılması ile ilgili bir patent verilmiştir. Bu çalışmanın amacı soda üreterek viski ile karıştırmak üzere kullanmak olarak hedeflenmişse de üretim aşamasında kullanılan metal silindir şişelerin ağırlık probleminden ötürü kullanımına başlanamamıştır. Kuru buzun kullanımı sonrası sıvı hale geçmeden çok çabuk bir şekilde gaz formunu almasından dolayı bu tür bir kullanımı verimli olmamaktadır ve tercih edilmemektedir. Günümüzde bazı doktorlar tarafından kuru buz, siğil tedavisinde kullanılmaktadır.

Kuru buzun ilk ticari kullanımı Amerika'da New York'ta kurulan "Prest Air Devices" isimli firma tarafından 1925 yılında kayıtlara geçmiştir. "Prest Air Devices" adlı firma, ilk CO<sub>2</sub> ile çalışan yangın söndürücüsünü yapan firma olup, sıkıştırılmış CO<sub>2</sub> kullanımı ile çalışan lastik pompası, yağlama tabancası ve ev yapımı soda üzerinde de çalışmışlarsa da ticari anlamda pazarlanabilecek düzeyde sadece yangın söndürücüler konusunda başarılı olmuşlardır. Bu firma, katı kuru buzunu sadece görsel anlamda üretmekte iken, 1924 yılında klasik sudan elde edilen buzun yerine vagonlarda soğutma amaçlı kullanılmak üzere için tren yolu firmalarına satmışlardır. Kuru buzun sudan elde edilen buza göre iki kat soğutma özelliğine sahip olması çok daha verimli bir soğutma elde edilmesini sağlamıştır. Tren yolu ticaretinin büyümesi ile 1925 yılında bu sektöre hizmet etmek üzere bir kuru buz fabrikası inşa edilmiştir. Bu ticari başarının ardından "Prest Air Devices" firması satılarak, "DryIce Corporation of America" ismini almış ve "DryIce" adını tescil ettirmiştir. Kuru buzunu da marka ve ürün olarak tescil ettirmek istendiyse de Amerikan Yüce Mahkemesi bu tür bir talebi geri çevirmiştir.

Tren yolu vagonlarında soğutma amaçlı olarak kuru buz kullanımının başarılı olmasının ardından, 12 adet tamamıyla izole edilmiş vagon kuru buz taşımaya elverişli hale getirilmiştir. Ayrıca 8 adet mekanik olarak soğutma yapabilen vagon ile 180,000 adet klasik buz ile soğutma yapan vagon soğutulmuş olarak taşınan malzemeler için kullanılmak üzere inşa edilmiştir. Tren yolları bu satın alma sürecini kolaylaştırmak anlamında pek çok sudan imal edilen buz fabrikalarına destek veya sahip olmuştur. Ancak kuru buzun ilk aşamalarında eksik olan tecrübe ve uygulama eksikliğinden ötürü mekanik soğutma işinde sudan imal edilen buz, kuru buzdan daha başarılı olmuştur. Hali hazırda Kaliforniya'dan yollanan havuçların soğutulmasında sudan imal edilen buzların kullanıldığı görülebilmektedir.

1925 yılının başlarında "DryIce Corporation of America" firması tarafından üretilmekte olan kuru buzun satışı için planlanmış herhangi bir müşterisi bulunmamaktadır. İlk müşteri, 1926 yılında gelen "Schraff's Store" isimli "Eskimo Pie" dondurması da satan bir hazır giyim dükkânıdır ve müşterilerine paket servis sunarak evde de dondurma yemelerini sağlamak arzusu üzerine kuru buz kullanımına yönelmiştir. Daha önce tuzlu sudan elde edilen buzun denenmesi korozif, ıslak ve ağır olması sebebiyle başarılı olamamıştır. 1927 yılında kuru buz tüm dondurma üreticileri tarafından nakliyat ve depolama için yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır.

1980'li yılların başlarında Lockheed firması tarafından, o dönemde kullanılmakta olan kum raspaasının sağlık yönünden zararları ve diğer kimyasal yöntemlerde kullanılan deterjanların toksik etkileri nedeniyle, bu tip temizleme ve raspa yöntemlerine alternatif olarak geliştirilmiştir (Townsend ve Carlson, 1997). Kuru buz raspaası, kuru buz parçalarının yüzeye gönderilmesi ile çalışan pnömatik bir süreçtir. Kuru buz parçaları  $-78,5$  °C sıcaklıkta katı karbon dioksit ( $CO_2$ ) içerir.  $-80$  °C' de ve 1 barda karbondioksit salınımı kuru buz karını oluşturur (Elbing vd, 2003). Sıvı  $CO_2$  buza dönüştürüldükten sonra yüzeye uygulanır. Uygulama sonrasında kuru buz taneleri gaz fazına geçerek kaybolmakta, bu da atık oluşumunu çok aza indirmektedir. Yüksek hızlardaki kuru buz film tabakası alt katmanlara zarar vermeden boya film tabakasını kaldırır (Townsend ve Carlson, 1997). Temizlik işleminin ardından kuru buz raspaası atığı bulunmamaktadır, çünkü kuru buz yüzeye çarptığında direk olarak katıdan gaza geçiş olur (Elbing vd, 2003).

Yüzeye çarptıktan sonra kuru buz tanelerinin kaybolması ve alt yüzeylere zarar vermemesi, atık oluşumunun minimum seviyede olması, grit kadar fazla çevresel önlem alınmaması, tehlikeli atık oluşumunun olmaması, kuru buz raspaasının avantajlarından bazılarıdır. Bunun yanı sıra grit raspaya göre işlem süresinin uzun olması, alt katman yüzeylerin

temizlenmesinde etkili olmaması sistemin dezavantajlarından sayılabilir (Townsend ve Carlson, 1997, Uhlmann vd, 2006).

CO<sub>2</sub> gaz fazına geçtiğinde, yakalanmadığı durumda atmosfere salınmaktadır. CO<sub>2</sub> havadan ağır olduğu için solunan hava ile yer değiştirme olasılığı mevcuttur. Bu nedenle uygulamanın yapılacağı alan iyi seçilmeli ve havalandırılmalıdır. Teknolojinin de gelişmesiyle bu tip problemler çözüldüğünde, kuru buz raspaı çevreye az zarar vermesi yönü ile de diğer raspa yöntemlerine alternatif bir durum göstermektedir (Stratford, 2000).

Son teknolojik gelişmelerde biri de kuru buz-lazer hibrit teknolojisidir. Lazer ışını veya öbeği çeşitli açılarda, yüzeyde belirli yerlere odaklanarak yüzeyi ısıtır ve yüzey kaplamasının kabuklaşmasını ve kolay soyulmasını sağlar. Çevreyle dost yüzey hazırlama metotları arasında yer alan lazer-kuru buz teknolojisi, elde edilen yüzey kalitesine bakıldığında elektrokimyasal ve kimyasal yöntemlere göre çok daha başarılıdır (Elbing vd, 2003).

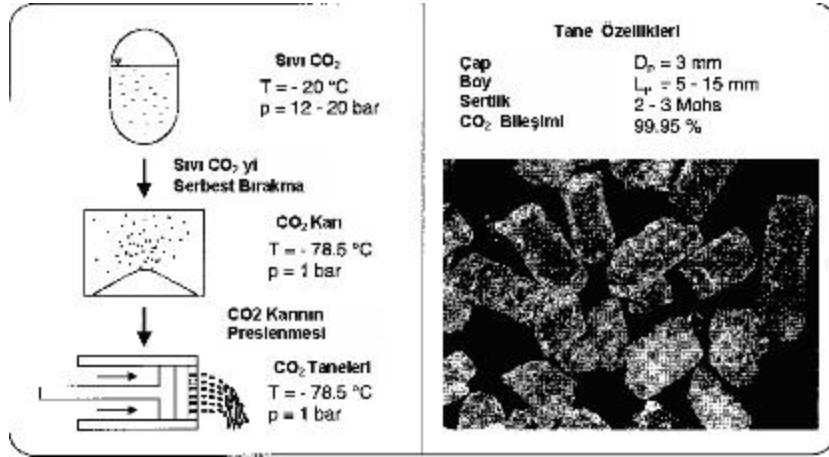
Günümüzde binlerce kuru buz üretici firma tüm dünyaya yayılmıştır. Pek çoğu üretimini yaptıkları kuru buzı piyasaya satarken, Disneyland gibi bir kısım firmada kendi kullanımları için üretim yapmaktadırlar [6].

## 5.2 Kuru Buzun Özellikleri

Kuru buz süreci çok basit bir yapı olmasına karşın imalat ve püskürtme sistemlerinde mühendislik alanında oldukça önemli ve hassas gelişmeler gerçekleştirilmektedir. Mevcut süreçte sıvı CO<sub>2</sub> kara dönüştürülmekte ve bir kalıptan itme ile geçirilerek tanecik haline getirilmektedir. İtme süreci hidrolik piston veya dönel bir besleyiciyle yapılabilir. Şekil 5.1 tanecik üretim sürecini genel olarak göstermektedir.

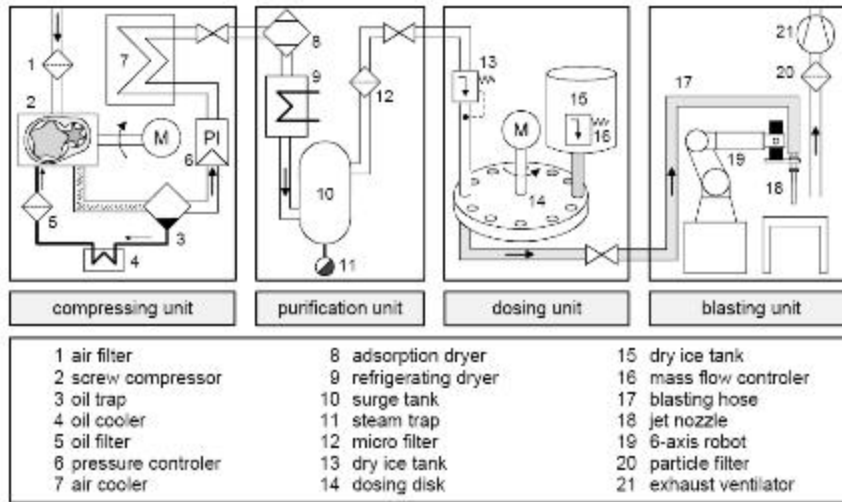
Kalıptan çıkan tanecikler hazne vasıtasıyla hava kilitli bir cihaz aracılığıyla basınçlı bir hortuma beslenir. Uygulamanın gereksinimlerine göre hız değerleri 20 – 300 m/sn arasında değişebilir. Kuru buzun sürece eklenmesi Şekil 5.2'de 15 numaralı adımda (Kuru Buz Tankı) olmaktadır.

Şekil 5.1 Kuru buz tanecik üretim süreci (Kaynak: Spur vd., 1999)



İşletme parametreleri tanecik boyutu, tanecik adedi, tanecik hızı ve hava akımı hızı gibi değişebilir. Tanecikleri hızlandırıcı olarak genellikle sıkıştırılmış hava veya nitrojen ve karbondioksit kullanılır. Boya soyma uygulamalarında genellikle 200 psi'dan yüksek basınçlı raspaya ihtiyaç duyar. Genellikle tanecik yapımı ve basınçla püskürtme özellikleri tek bir cihazda istense de, taneciklerin dışarıdan yüklenerek püskürtme yapabilen küçük raspa cihazlarının kullanımı da mümkündür. Yeni cihazlarda seyyar ve kompakt yapı daha da ön plana çıkmaktadır. Bazı bölgelerde taneciklerin uygulama alanına sevkiyatının mümkün olması, tanecik üretim cihazlarının zorunluluğunu ortadan kaldırmaktadır (Akanlar, 2007b).

Şekil 5.2 Kuru buzun imalat ve kullanım süreci (Kaynak: Elbing, vd. 2003)



### 5.3 Kuru Buzun Üretilmesi

Sıvı CO<sub>2</sub> -78,5 °C altında kar CO<sub>2</sub> haline getirilmesi üretimin ilk adımdır. Daha sonra kar formundaki katı CO<sub>2</sub>, 1 bar basınç altında sıkıştırılarak kuru buz tanecikleri üretilir. Daha

sonra bu tanecikler basınçlı hava, nitrojen veya karbondioksit kullanılarak nozül ile hızlandırılır. Yüksek hızlı kuru buz taneciklerinin etkisiyle yüzeydeki atıklar temizlenir. Çarpma etkisiyle tanecikler yok olur ve tekrar gaz formuna dönüşerek atmosfere karışır. Temizlenen yüzey veya malzemeye hiçbir zararı yoktur. Süreç sonrası, yüzeyden temizlenen atıkların dışında herhangi bir ilave atık oluşmamaktadır (Akanlar vd., 2007b).

#### **5.4 Kuru Buzun Kullanım Alanları**

Kuru buzun en genel kullanım alanı, gıda endüstrisindeki kolay bozulabilen veya karbonatlı içeceklerdir. Her türlü meyve suyu veya suya ilave edilen kuru buz, asitli içeceğe dönüşmesini sağlar. Örneğin, kök bira özütüne su ve kuru buz eklenerek kök birası elde edilebilir. Ayrıca bakteri üremesini de önleyen kuru buz, kuru gıda, tohum, toz ve kuru mayanın büyümesini geciktirmek üzere paketlere ilave edilir.

Kuru buzun bir diğer kullanım denemesi ise meyvelerin dondurulması konusundadır. Kuru buz ile dondurulmuş meyveler çözüldüğünde yumuşamazlar. “Pop Rocks” marka ağızda patlayan şekerler, sıkıştırılmış kuru buzla üretilmiştir. Kampçılarının bir diğer kuru buz kullanım alanları, besinlerinin ıslanmadan daha uzun süre soğuk ve taze kalmasını sağlamaktır.

Kuru buzun bir diğer kullanım alanı ise, ilaç sektöründe biyolojik numunelerin muhafaza ve sevk edilmesi konusunda kullanılmasıdır. Kozmetik cerrahide siğillerin dondurularak daha kolay alınması konusunda kullanılmaktadır.

Eğlence sektöründe kuru buzun kullanımı ise özel görsel etki olarak duman üretiminde kullanımıdır. Su ile temas geçirildiğinde yoğunlaşarak yoğun beyaz bir dumana dönüşen kuru buz bu özelliğiyle eğlence sektörünün vazgeçilmezlerinden olmuştur. Kuru buzun metal malzemeler üzerindeki çekme etkisi avantajı dişçilik sektöründe ve makine endüstrisinde montaj işlemi sırasında oldukça yararlı bir kullanım alanı oluşturmaktadır.

Kuru buz, dikkatli bir şekilde temas edilmediği takdirde tehlikeli olabilir. -78.5°C sıcaklığındaki kuru buzun deriye teması sonucu yanma ve solunması sonucunda tıkanmaya sebep olabilir. Kuru buzun ellenmesi sırasında özel tasarlanmış eldivenlerin kullanımı önemle tavsiye edilmektedir. Kapalı mekânda kuru buz ile çalışılacaksa iyi bir havalandırma sistemi oluşturulduğundan emin olunmalıdır [7].

#### 5.4.1 Kuru Buzun Ticari Kullanım Alanları

Kuru buzun en genel kullanımı kapalı devre soğutma sistemi kullanılmadığı durumlarda gıdaları korumak içindir. Soğuk veya dondurulmuş formda saklanması gereken dondurma veya biyolojik numune gibi cisimlerin mekanik soğutma kullanılmadan paketlenmesi için kullanılmaktadır. Ayrıca kuru buz bazı gıdaların, biyolojik laboratuvar numunelerinin, karbonatlı içeceklerin dondurulması ve dondurma imalatında kullanılabilir.

Kuru buz suyun içerisine bırakıldığında gazlaşma daha da hızlı bir şekilde gerçekleşmekte ve yoğun ve alçak bir gaz tabakası çökmektedir. Bu özelliğiyle tiyatro, gece kulübü, diskolarda ve korku evleri gibi mekânlarda dramatik etkiler yaratmak için kullanılabilirler. Diğer sis makinelerinde üretilen sisin dağılmasına karşın kuru buzdan elde edilen sis yoğun olarak yer seviyesine çöküp öylece kalmaktadır.

Kuru buzun bir diğer kullanımı da sigillerin dondurulup alınması işlemindedir. Ancak sıvı nitrojen daha az basınç ile daha soğutucu olduğu için tercih sebebidir. Fakat sıvı olarak depolanıp kullanım anında basınç altında üretilebilme avantajı sayesinde kuru buz kullanımı da mevcut olmaktadır.

Tesisatçılar, tamirat sırasında tesisatın etrafında kullanılan bir gömlek boruya sıvı karbondioksit basarak suyu dondurmakta ve doğal bir tıkaç göreviyle suyu kesmeden tesisat üzerinde onarım yapabilmektedirler. Bu yöntemle çapı 100 mm. genişliğine kadar olan tüm tesisat ve borularda onarım yapılabilmektedirler.

Kuru buz, kauçuk kalıpların temizlenmesinde, asfalt yüzey kaplamalarının sökülmesinde, vanasız sistemlerde suyu dondurarak onarım yapılmasında kullanılabilir.

Kuru buzun en büyük mekanik kullanım alanı raspa temizlik işlemidir. Bir nozülden basınçlı hava ile püskürtülen kuru buz tanecikleri mürekkep, yapıştırıcı, yağ, boya ve kauçuk gibi yüzeyde biriken endüstriyel atıkların temizlemede kullanılmaktadırlar. Kum, buhar, su ve çözücü raspasının yerine kullanılabilen kuru buz raspası buharlaşan CO<sub>2</sub> atığı ile diğer yöntemlere göre çok çevreci bir çözüm sunmaktadır.

#### 5.4.2 Kuru Buzun Bilimsel Kullanım Alanları

Laboratuvarlarda organik çözücü içerisindeki kuru buz, soğuk kimyasal tepkimelerde yararlı bir dondurucu karışım oluşturur ve dönel buharlaştırıcılarda yoğunlaştırıcı olarak kullanılır. Gümüş iyodit yerine kuru buz kullanılarak buhar oluşturma işlemleri daha ucuz ve zehirsiz bir süreç ile sürdürülebilir [8].

## 5.5 Kuru Buz Teknolojisindeki Gelişmeler

Mevcut teknolojinin geri dönüşümlü hale getirilmesi sonucu yeni bir kullanım şekli bulan kuru buz, geri dönüşümlü paketler halinde sektörde geliştirilmektedir. Klasik buz torbalarına oranla daha uzun süren soğutma özelliği ve dış yüzey koruyucuları ile güvenli kullanım fırsatı bulan kuru buz torbaları hem kuru buzun avantajlarını kullanmayı hem de mevcut yöntemlere göre daha fazla dikkat gerektiren kullanım işlemini daha güvenli bir hale getirmiştir.  $-80^{\circ}\text{C}$  de dondurulan kuru buz torbalarının kullanımı sektörde giderek yaygınlaşmaktadır [8].

## 5.6 Kuru Buzun Maliyeti

Kuru buz uygulamaları incelendiğinde iki tür maliyet ortaya çıkmaktadır. Bunlardan birincisi kuru buz taneciklerinin tesis içerisinde üretilmesi veya üretici firmadan satın alınmasına bağlı değişkenlik gösteren kuru buz maliyetidir. İkinci maliyet ise işlem için gerekli ekipman ve yatırımın belirlenmesine bağlı olan yatırım maliyetidir.

### 5.6.1 Kabuller

1. Elektrik sarfiyat değeri 0,10 \$/kWh olarak kabul edilmiştir. Yerel uygulamaya göre değişiklik gösterebilir.
2. Karbondioksit dökme sıvı maliyeti 70,00 \$/ton olarak kabul edilmiştir. Yıllık toplam satın alma, en uygun sevkiyat miktarları ve piyasa satış rakamları bu değeri etkileyebilir.
3. Basınçlı hava maliyeti, 100 psi basınçta ve 20 bhp/100 cfm değerinde hesaplanmıştır. İlave veya eksik bhp için ilave basınç değerinin 0,5 %'i kadar güç ilave edilmeli veya eksiltilmelidir. Kompresör verimi de maliyeti etkileyecektir. Elektrik gücünün verimi 90 % olarak hesaplanmıştır.

### 5.6.2 Tahmini İşletme Maliyetleri

Tanecik operasyonu elektrik maliyeti;

$$14 \text{ KW/h} \times 0,10 \text{ \$/KW} = 1,40 \text{ \$/saat}$$

Sürekli tanecik üretiminin CO<sub>2</sub> maliyeti;

$$300 \text{ kg/saat} \times 70,00 \text{ \$/ton} = 21,00 \text{ \$/saat}$$

100 psi basınçta sıkıştırılmış hava maliyeti;

$$2,23 \times 20 \text{ bhp/saat} \times 0,746 \text{ KW/hp} \times 1 \text{ hp/0,90 bhp} \times 0,10\text{\$/ KW} = 3,69 \text{ \$/saat}$$

Toplam maliyet;

$$1,40 + 21,00 + 3,69 = 26,09 \text{ \$/saat}$$

Alternatif kompresör maliyetleri;

$$166 \text{ cfm @ 50 psi} = 2,06 \text{ \$/saat}$$

$$304 \text{ cfm @ 150 psi} = 6,30 \text{ \$/saat}$$

$$417 \text{ cfm @ 200 psi} = 10,37 \text{ \$/saat}$$

$$445 \text{ cfm @ 250 psi} = 12,91 \text{ \$/saat}$$

Eğer tanecikleri dışarıdan satın alarak kullanmayı düşünecek olursak maliyeti 0,10 \\$/kg ile 0,70 \\$/kg arasında olacaktır. Ortalama tüketim 1 kg/dakika olacağından yaklaşık maliyet 60 \\$/saat olacaktır (Stratford, 2000).

### 5.7 Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri

Gemi inşa ve bakım onarımında tercih edilen yüzey hazırlama yöntemi, geminin ve kullanılan malzemenin dayanıklılığını, bakım aralığını ve ömrünü belirler. Bu sayede kullanım ömrü uzatılan ve bakım onarım aralığı arttığı için oluşan atık miktarı azalan gemi inşa süreçleri oluşturulmaktadır. Endüstrinin malzeme ömrü, ürün nihai kalitesi, kirlenici ve uçucuların çevreye ve insan sağlığına etkileri gibi konularda oluşturduğu hassasiyet, süreci yürüten kişilerin kuru buz raspası gibi daha çevresi imalat yöntemlerine kaymalarını gerektirmektedir.

Kuru buz raspa yönteminin geleneksel raspa yöntemleri ile kıyaslandığında avantajları oldukça fazladır. Kuru buz taneciklerinin en büyük avantajı ayarlanabilen hız parametresi sayesinde



yüzeye uygulanacak olan şiddetin ayarlanabilmesidir. Ayrıca taneciklerin çok daha yumuşak yapıda olması sayesinde yüzeyden gelecek sekme ve patlamalar da oluşmayacaktır. Yüzey aşındırma işlemi sonrasında herhangi bir kirletici veya tehlikeli atık oluşturmadan buharlaşan kuru buz tanecikleri basit bir havalandırma ile kolayca ortamdaki uzaklaştırılabilmektedir. Bu sayede uygulayıcıya herhangi bir rahatsızlık veya hastalık oluşturucu etken meydana getirmediği gibi temizlik ve ayrıştırma gereksinimi doğurmadığı için çevre ve insan sağlığı açısından en zararsız yüzey hazırlama ve temizleme yöntemidir (Akanlar vd, 2009e).

## 6. KURU BUZUN GRİT RASPA İLE DENEYSSEL KARŞILAŞTIRILMASI

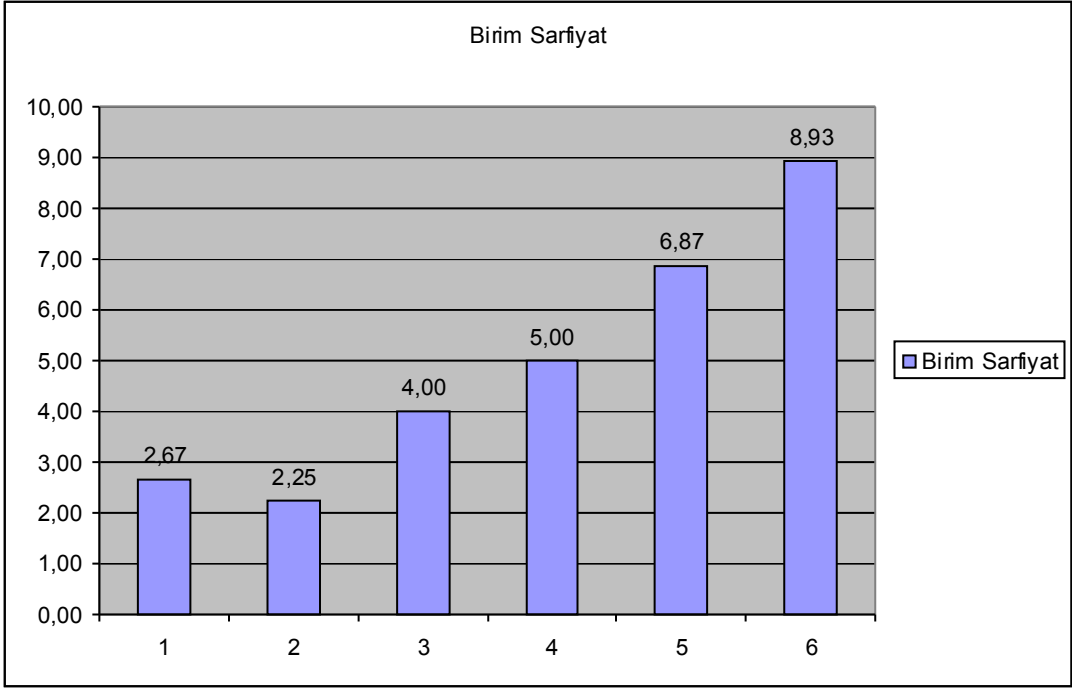
11.08.2009 tarihinde GTF İstanbul firması önderliğinde İstanbul Tersanesinde yapılan kuru buz raspa uygulamaları sonucunda bulunan sarfiyat değerleri Çizelge 6.1’de verilmiştir.

Çizelge 6.1 Kuru Buz raspa uygulama miktarları

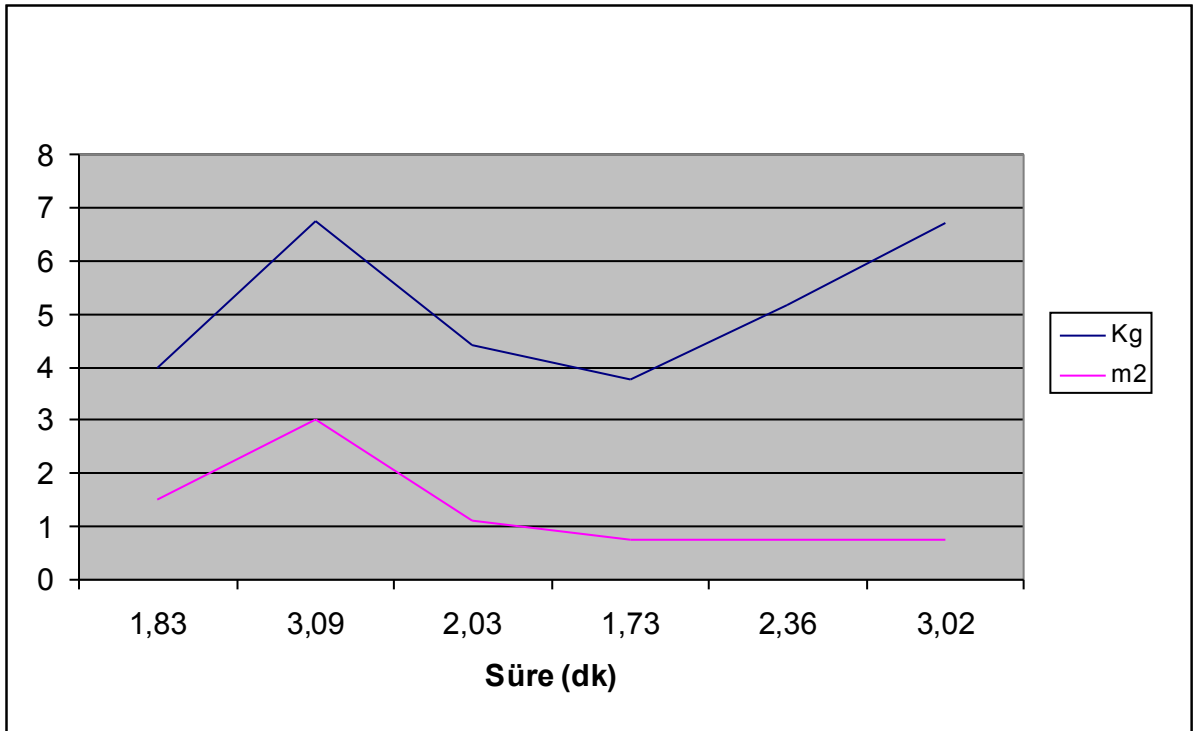
Uygulama No	Uygulama Alanı	Süre	Kg	m <sup>2</sup>	Birim Sarfiyat (kg/ m <sup>2</sup> )
1	Dış kaplama arkası / İç postalar arası	1,83 dk.	4	1,50	2,67
2	Dış kaplama arkası / İç postalar arası	3,09 dk.	6,75	3,00	2,25
3	Dış kaplama	2,03 dk.	4,4	1,10	4,00
4	Dış kaplama	1,73 dk.	3,75	0,75	5,00
5	3 kat boyalı çöp konteyneri	2,36 dk.	5,15	0,75	6,87
6	Tek kat astar boyalı çöp konteyneri	3,02 dk.	6,7	0,75	8,93



Şekil 6.1 GTF tarafından kuru buz uygulamalarında kullanılan donanım



Şekil 6.2 Uygulamalarda harcanan kuru buz miktarı



Şekil 6.3 Uygulamalarda harcanan grit miktarının uygulama alanı ile kıyaslanması

Yapılan altı uygulamadan son iki tanesinde, boyanın sökülmesinde başarı sağlanamamıştır. Bu sebepten ötürü bu veriler ortalama dışında tutularak alınan ağırlıklı ortalama sonucu  $m^2$  başına birim sarfiyat  $4 \text{ kg}/m^2$  olarak belirlenmiştir.

Çalışma esnasında yapılacak olan maliyetlendirme analizine başlamadan önce temel girdi ve verilerin toplanması gerekecektir. Bu konuda destek veren firmalardan alınan piyasa verileri ve satış rakamları aşağıda verilmiştir.

Grit Raspa uygulayıcı firmalardan alınan genel bilgiler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Grit Raspa Satın Alma Maliyeti : 62,50 TL/ton

Grit Raspa Kullanımı : 40 kg/m<sup>2</sup>

Ortalama Grit Raspa Uygulama : 100 m<sup>2</sup>/saat

Kuru Buz Raspa uygulayıcı firmalardan alınan genel bilgiler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Kuru Buz Raspa Satın Alma Maliyeti : 1470 TL/ton

Kuru Buz Raspa Kullanımı : 4 kg/m<sup>2</sup>

Ortalama Kuru Buz Raspa Uygulama : 22,5 m<sup>2</sup>/saat

## 6.1 Kabuller

1. Endüstriyel elektrik sarfiyat değeri 0,21 TL/kWh olarak kabul edilmiştir (2009 Fiyatı). Yerel uygulamaya göre değişiklik gösterebilir.
2. Karbondioksit dökme sıvı maliyeti 500 TL/ton olarak kabul edilmiştir. Yıllık toplam satın alma, en uygun sevkiyat miktarları ve piyasa satış rakamları bu değeri etkileyebilir.
3. Basınçlı hava maliyeti, 100 psi (6,89 bar) basınçta ve 20 bhp / 50 litre/saniye değerinde hesaplanmıştır. İlave veya eksik bhp için ilave basınç değerinin 0,5 %'i kadar güç ilave edilmeli veya eksiltilmelidir. Kompresör verimi de maliyeti etkileyecektir. Elektrik gücünün verimi 90 % olarak hesaplanmıştır.
4. Yapılan çalışmada kullanılan cihazın elektrik sarfiyatı 7,5 kW/h olarak belirtilmiştir.
5. Cihazın saatlik üretim kapasitesi 140 kg/saat olarak belirtilmiştir.

Tüm bu kabuller deney sistemini sağlayan Yüzer Lang firması tarafından belirtilen değerlerdir.



Şekil 6.4 Yüzer Lang tarafından kullanılan kuru buz deney donanımı

## 6.2 Tahmini İşletme Maliyetleri

Tanecik operasyonu elektrik maliyeti;

$$7,50 \text{ kW/h} \times 0,21 \text{ TL/kW} = 1,58 \text{ TL/saat}$$

Sürekli tanecik üretiminin CO<sub>2</sub> maliyeti;

$$140 \text{ kg/saat} \times 500 \text{ TL/ton} = 70,00 \text{ TL/saat}$$

100 psi basınçta sıkıştırılmış hava maliyeti;

$$2,23 \times 20 \text{ bhp/saat} \times 0,746 \text{ KW/hp} \times 1 \text{ hp}/0,90\text{bhp} \times 0,2103 \text{ TL / KW} = 7,77 \text{ TL /saat}$$

Toplam maliyet;

$$1,58 + 70,00 + 7,77 = 79,35 \text{ TL/saat}$$

olarak hesaplanmıştır. Farklı basınç değerlerinin kullanılması durumunda sıkıştırılmış hava maliyetleri;

Bulunan toplam maliyetin saatlik üretim miktarına bölünmesi sonucunda bulunan değer kg başına elde edilecek olan üretim maliyeti olacaktır.

$$79,35 \text{ TL/h} / 140 \text{ kg/h} = 0,57 \text{ TL/kg}$$

Kuru Buz üretim tesisi için gerekli yatırımlar incelendiğinde;

Kuru Buz Raspa Mekanizması	8.000 Euro (Yüzer Lang)
Kompresör	20.000 Euro (Atlas Copco)
Kuru Buz Üretim Hattı	20.000 Euro (Yüzer Lang)
Sıvı CO2 Tankı (Satın alma)	50.000 Euro (Linde Gaz)

veya

Sıvı CO2 Tankı (Kiralama)	200 Euro (Linde Gaz)
---------------------------	----------------------

**Toplam 98.000 Euro**

olarak bulunacaktır. Bu rakamların ortalama 5 yıllık bir kullanıma söz konusu olması nedeniyle 12.000 saatlik bir aşınma payı süresi olacaktır. Böylece toplam maliyet 10,42 TL/h ve 0,08 TL/kg olarak hesaplanacaktır. Bir işçinin tek vardiyalı sistemde çalıştığı şartlarda sisteme ilave edilmesiyle birlikte bu maliyetler 13,78 TL/h ve 0,10 TL/kg değerlerine ulaşacaktır.

Tüm bu değerler bir araya getirilip toplandığında, Kuru Buz üretim maliyeti ortaya çıkacaktır.

İşletme Maliyeti	0,57 TL/kg
Yatırım Maliyeti	0,08 TL/kg
İşçilik Maliyeti	0,02 TL/kg
<b>Toplam Üretim Maliyeti</b>	<b>0,68 TL/kg</b>
Satın Alma Maliyeti	1,47 TL/kg

Toplam Üretim Maliyeti, çalışmanın diğer bölümlerinde Kuru Buz satın alma maliyeti olarak değerlendirilecek olup ekonomik tasarruf sağladığından tesislerde üretilmesi daha avantajlı olmaktadır.

Grit Raspa malzemesinin satın alma maliyeti 62,50 TL/ton olarak belirlenmiştir. Bu fiyata ilaveten toplanan Grit malzemesinin toplanarak imha edilmek üzere Çimento fabrikalarına (Bolu Çimento, Lafarge Aslan, Nuh Çimento) gönderilerek yakılması öngörülmektedir (Zafar, 1998). Bu tür bir işlemin maliyeti ortalama 25 TL/ton olarak hesaplanmaktadır.

Grit Raspa sisteminin ücretlendirilmesi mevcut piyasada malzeme dâhil 8–10 \$/m<sup>2</sup> olarak uygulanmaktadır. Kuru Buz üretiminde sağlanan ekonomik avantajın sağlanması amacıyla gerekli donanımların tesise alınması ile sağlanabilecek fiyat avantajları da incelenmiştir.

Grit Raspa Sistemi Maliyeti	6.000 TL (Yüzer Lang)
Grit Raspa Depolama Sistemi	2.000 TL (Yüzer Lang)
Kompresör Maliyeti	5.000 TL (Yüzer Lang)
<b>Toplam Maliyet</b>	<b>13.000 TL</b>

Ortalama çalışma ömrü 12.000 saat (5 yıl) kabul edilen cihazların yıpranma payı bedeli hesaplandığında yaklaşık 1,08 TL/saat ve 0,0003 TL/kg bulunacaktır. Bu değerlere eklenecek operatör bedeli ile birlikte toplam tahmini maliyete ulaşılacaktır.

Yatırım Maliyeti	0,0003 TL/kg
İşçilik Maliyeti	0,0024 TL/kg
<b>Toplam Maliyet</b>	<b>0,0027 TL/kg</b>
	<b>0,11 TL/m<sup>2</sup></b>

Grit Raspa operatör maliyetlerine gelindiğinde 4 kg/m<sup>2</sup> ve 90 kg/saat sarfiyat değerleri piyasadan elde edilmiştir. Bu değerler ışığında;

Ortalama Sarfiyat	90 kg/saat veya 4 kg/m <sup>2</sup>
Ortalama Çalışma Alanı	22 m <sup>2</sup> /saat
Birim İşçilik Maliyeti	0,22 TL/m <sup>2</sup>

olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamada işçi net maaşı 1.000 TL olarak kabul edilmiştir. Çalışma süreleri 26 gün/ay ve 8 saat/gün üzerinden hesaplanmıştır. Bu hesaplamaların ışığında elde edilen birim adam saat değerleri;

Grit Raspa İşçilik Birim Bedeli	0,11 TL/saat
Kuru Buz Raspa Birim Bedeli	0,22 TL/saattir.

Bu değerler bir araya getirilip karşılaştırıldığında aşağıdaki tablo elde edilecektir.

Çizelge 6.2 Grit ve kuru buz raspa yöntemlerinin birim değerlerinin karşılaştırılması

	Sarfiyat kg/m <sup>2</sup>	Temizlik Performansı m <sup>2</sup> /saat	İşçilik TL/m <sup>2</sup>	İşçilik TL/saat	Satınalma TL/ton	İmha TL/ton
Grit	40	100	0,11	10,70	62,50	25
Kuru Buz	4	22	0,22	4,81	675,80	0

Burada dikkat edilmesi gereken hususlardan biri de kuru buz raspasında herhangi bir imha bedeli olmadığıdır. Bu hesaplamaların daha iyi anlaşılması için eşit bir alanın her iki yöntemle temizlenerek maliyetlendirilmesi planlanmıştır.



Şekil 6.5 Yüzer Lang kuru buz uygulama numuneleri



Şekil 6.6 İstanbul Tersanesi grit raspa uygulama numuneleri ve atık durumu



## 7. KAPALI DEVRE RASPA SİSTEMİ

Gemi inşa ve onarımında ön plana çıkan en genel ve önemli hammadde metal ve sac plakalardan oluşmaktadır. Bu sac plakaların imalatından kullanımına kadar geçen süre boyunca gerek dayanım gerekse kalitelerinin korunması ve istenilen dayanım ve ömür değerlerinin sağlanabilmesi amacıyla koruyucu primer boya uygulaması ihtiyacı doğmaktadır. Bahsi geçen kimyasal bağın boya ve metal yüzey arasında sağlıklı bir şekilde oluşabilmesi için uygulama öncesi yüzey üzerinde mevcut bulunan her türlü yağ, pas, kir, çapak ve kirleticinin arındırılması gerekmektedir. Burada en ekonomik ve tercih edilen yöntem olan aşındırıcı raspa yöntemi kullanımı ön plana çıkmaktadır. Tüm dünyada dikkatleri üzerine çeken bu yöntem oluşturduğu atık ve çalışanlar üzerindeki sağlık problemleri nedeniyle mercek altına alınmış ve çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkilerinin en aza indirilmesi için gerekli iyileştirme ve yenilikler üzerinde çalışmalar yapılmaktadır.

Primer boyama ile ilk kullanıma kadar koruyucu bir yüzey filmi oluşturulan bu malzemeler, kullanım öncesi açık alanlarda veya atölyelerde bekletilmekte ve dış etkenler ile ortam koşullarına göre yüzeylerinde kullanım öncesi yapılması gereken bir yüzey hazırlama işlemi ihtiyacı doğmaktadır. Ayrıca koruyucu amaçlı kullanılan boyaların temizlenerek boyama işleminin uygun ve sağlıklı bir şekilde yapılmasının istendiği durumlarda da yüzey temizliği ve hazırlığı tekrar ön plana çıkmaktadır.

Bilindiği üzere, gemi saclarının kullanımı öncesi gerekli olan yüzey hazırlama işlemlerinden en geleneksel ve kullanımı en yaygın yöntem, aşındırıcı grit raspadır. Gerek gösterdiği performans, gerekse işletme kolaylığı ve düşük yatırım maliyeti avantajları ile ön plana çıkan bu yöntemin en büyük dezavantajı ise süreç sırasında ve sonrasında ortaya çıkan atık raspa malzemesi ile çevreye ve operatöre verdiği fiziksel, kimyasal ve biyolojik zararlardır. Yüksek miktarda atık oluşumuna ve operatör sağlığına doğrudan oluşturduğu tehdiye rağmen, grit raspası günümüzde halen oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır.

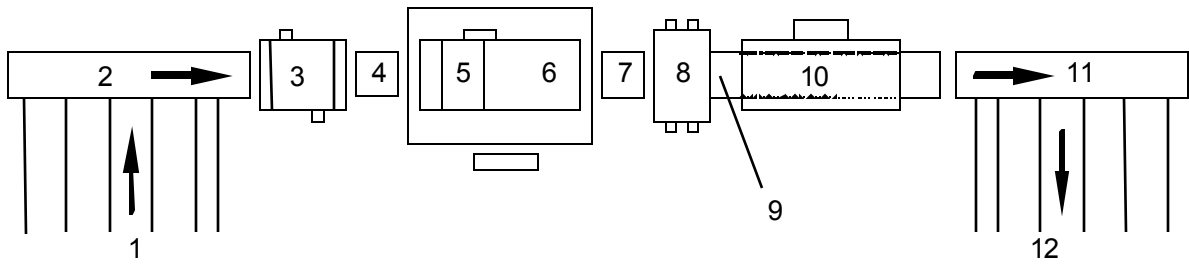
Burada incelenmesi gereken nokta, mevcut süreçlerin alternatif malzemeler ile değiştirilerek çevreye ve operatöre karşı etkilerin azaltılması ile birlikte atığın kaynağında azaltılarak süreç performansının maliyet ile en uygun şekilde yapılması felsefesinden yola çıkarak, önerilebilecek alternatif yüzey hazırlama yöntemlerine ilaveten mevcut süreci iyileştirmeye yönelik bir üretim yöntemi arayışına da girilmiştir. Tüm dünyada yaygınlaşmaya başlayan ve kullanılan, aşındırıcının derhal toplanarak atık ve kirleticilerden ayrıştırılması sonucunda sisteme yeniden kazandırılması prensibini benimsemiş olan bu çevrimde kullanılan aşındırıcı

malzeme seçimine uygun bir dönüşüm sistemi ile kapalı devre bir yüzey hazırlama sistemi oluşturulmak istenmektedir.

## 7.1 Uygulama

Bu uygulama kapsamında, İzmit / Gölcük bölgesinde faaliyet gösteren Uzman Makine tarafından finanse edilen yüzey hazırlama hattı kurulumu çalışması yapılmıştır. Bu sistem, ham sac, plaka veya profil malzemelerin yüzey hazırlama ve takiben koruyucu boyama işleminin aralıksız yapılması için tasarlanmıştır. Burada sistemin verimliliğini arttırmak adına ilave ön yüzey hazırlama sistemleri olarak ısıtıcılar ilave edilmiştir. Bu sayede temizlenecek olan yüzeyde mevcut bulunan kir veya boya tabakasının yumuşaması ve aşınma direncinin düşürülmesi amaçlanmıştır.

Sistemin genel prensibine göre hazırlanan malzeme akışı, Şekil 7.1'de gösterildiği sıra ve şekilde olmaktadır.



Şekil 7.1 Kapalı devre raspa ünitesi şeması

- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| 1 Giriş yüklem transfer tablası       | 7 Kayar konveyör - raspadan boyama kabinine |
| 2 Giriş kayar konveyörü               | 8 Otomatik boyama kabini                    |
| 3 Ön ısıtıcı                          | 9 Konveyör                                  |
| 4 Kayar konveyör - ısıtıcıdan raspaya | 10 Kurutucu / uçucu kabini                  |
| 5 Raspa makinesi                      | 11 Çıkış kayar konveyörü                    |
| 6 Fırça - üfleç sistemi               | 12 Çıkış boşaltma transfer tablası          |

Bu sistem, üç ana adım üzerine kurulmuştur. İlk adım olarak, kullanılacak olan malzemenin yüzey koşullarının rutubet ve sudan arındırılması ile raspaya uygun hale getirilmesi, olası ıslak malzemenin kurutulması amacıyla bir ön ısıtma ünitesi planlanmıştır. Burada yapılacak olan işleme uygun olarak gaz ile çalışan birkaç adet üfleç tarafından ortam sıcaklığı artırılarak olası rutubetin ortadan kaldırılması ve temizlenecek yüzeyin ısıtılması sağlanmaktadır. Daha sonra ısıtılan bu yüzey, kauçuk perdeler yardımıyla izole edilmiş kapalı bir kabin içerisinde geri

dönüşümlü bir çevrime tabi tutulan aşındırıcı malzeme ile raspa yapılacaktır. Burada yapılacak olan raspa işlemi sonrası kullanılan aşındırıcı malzeme süreç içerisinde kirletici ve atık parçacıklarından ayrıştırılarak tekrar kullanılmak üzere sürece ilave edilecektir. Raspa ünitesinin hemen ardına çıkış öncesine konulacak bir fan ile de yüzeyde biriken aşındırıcı raspa malzemesi ile kirletici ve atıkların kabin içerisinde kalmasını sağlamak amacıyla temizlenerek malzeme yüzeyine bir sonraki adıma, koruyucu özellik sağlamayı amaçlayan “shop primer” boyanın uygulanacağı boya kabinine girecektir. Burada uygulanacak olan “shop primer” boyanın temizlenmiş ve pürüzlendirilmiş olan yüzeye püskürtülmesi işlemi sonrası gerek kurumanın kolay ve hızlı sürdürülmesi, gerekse de kullanılan boya içerisindeki uçucu boya bileşenlerinin çevreye ve operatöre zarar vermeksizin sağlıklı bir şekilde toplanması ve temizlenmesi için kapalı, filtreli ve havalandırılmalı bir kurutma kazanına alınacaktır. Burada yapılan kurutma ve filtrasyon işleminin ardından, malzeme kullanıma hazır olarak sistem çıkışından alınacaktır.

Şekil 7.2 Sistemin görüntüsü



## 7.2 Çalışma

Bu çalışmada hedef, kapalı devre olarak oluşturulacak bir raspa sistemi ile gerekli olan tüm süreçleri bir arada karşılayabilecek ve işçi kullanımından daha ziyade bir kontrol elemanı tarafından işletilebilecek bir raspa ve primer boya ünitesinin çevre ve insan sağlığı üzerine sağlayabileceği avantajları görmek ve hayata geçirebilmek amaçlanmıştır. Böylece raspa ve boya uygulamaları sırasında açığa çıkan her türlü kirletici ve zararlı maddenin kontrol altında

tutulması ile operatörün karşılaşması muhtemel akciğer, solunum, deri ve göz hastalıkları gibi mesleki rahatsızlıklardan korunması sağlanabilecektir. Bunun yanı sıra, oluşan süreç sonrası atıkların toplanarak kimyasal ve zararlı atık sınıfında özel imhası için harcanacak zaman ve adam gücü de düşeceğinden, işletme maliyetleri çok daha uygun seviyelerde tutulacaktır. Son olarak kullanılan aşındırıcı malzemenin tekrar kullanımı ile hem satın alma maliyeti hem de imha maliyetleri minimum seviyelerde tutulacak ve çevreye zararlı atık üretimi oldukça önemli seviyelerde düşürülebilecektir. Bu çalışmanın daha sonraki aşamasında ise, sistem çalışma parametrelerinin sarfiyat ve performans değerleri ile ilişkilerini inceleyerek mümkün olan teorik parametre değişiklikleri sonrasında oluşabilecek iyileştirmeler ve destek olarak uygulanabilecek farklı nozül tiplerinin çalışma parametreleri ile eşleştirilmesi çalışmaları açıklanacaktır.

### **7.2.1 Teknik Veriler**

Bu tür bir sistem tasarlanırken kullanılacak malzemelerin ve bu malzemelere uygun çalışma hız ve parametrelerinin öncelikli olarak belirlenmesi gerekmektedir. Burada elde edilmesi planlanan sistemde, işlem görmesi tasarlanan plakaların genişliği de sistemin boyut ve kapasitesinin hesaplanmasında önemli bir yer alacaktır.

Kapalı devre raspa sistemlerinde kullanılan aşındırıcı raspa malzemesi, sürekli olarak ayrıştırılarak tekrar sistem deposuna ilave edilmektedir. Burada raspa malzemesinin performansı, kullanım ömrüne bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Bu tür kapalı devre çalışan aşındırıcı sistemlerinde, kullanım ömrü ile kastedilen, temizleme bilyelerinin makine içerisinde kaldığı süre boyunca yapılan çevrim sayısıdır. Kullanım ömrü, her bir saatlik türbin çalışma zamanı için makineye ilave edilmesi gereken temizleme bilyesi ile anlaşılır. Normal çalışma şartlarında bir bilye, makine içerisinde 2500-3000 devir yapar (Bek, 2009). Ancak burada oluşan yüzey teması sonucunda aşındırıcılar da zarar görerek ezilir veya kırılır.

### **7.2.2 İstenilen Hedef Yüzey Pürüzlülüğü için Gerekli Parametreler**

Boya firmaları, ticari pazarda satmakta oldukları ürünleri için belli kullanım koşullarının yanı sıra uygulamanın yapılacağı yüzeyde oluşturulması gereken yüzey profili ve pürüzlülüğünü de bildirerek olası uygulama hatalarını ürün garanti kapsamı dışında tutmayı amaçlarlar. Boya firmaları tarafından boyanın uygulanması planlanan malzemeler ve yüzeyler için hedeflenen pürüzlülük yüzeyini elde etmek, boyanın yüzeye istenilen oranda tutunmasını sağlamak ve yüzey ömrünün belirleyici özelliği olmasından dolayı oldukça önemlidir. Kullanılan aşındırıcı

malzemeye ve zamana bağılı olarak yüzey pürüzlülüğünü elde edilen için gerekli hızlar üretici firma tarafından yaklaşık olarak aşağıda verilmiştir. Malzeme şekli göz önüne alınarak yapılacak işlemler için gerekli işletme hızları aşağıdaki gibi seçilmiştir.

Tabakalar	:	1,0 m/dk
Küçük profiller	:	0,9 m/dk
Büyük profiller	:	0,8 m/dk

Burada tasarlanacak olan sistemin çalışma hız aralığı 0,5 – 2 m/dk olup, gerekli hız parametre değişiklikleri ile birlikte istenilen hızda çalışma mümkün olacaktır.

Bu sistemde, kullanılması planlanan ve kullanım sonrası ayrıştırıldıktan sonra özelliği ve yapısı deforme olmadan tekrar kullanılacak aşındırıcı malzeme seçilmesi konusunda belirlenen aşındırıcılar 0,9–1,2 mm çapındaki 45-51 HRC sertlik değerine sahip çelik bilyeler veya 0,9–1,2 mm boyunda 1700 N/mm<sup>2</sup> dirence sahip kablo parçacıkları olarak belirlenmiştir.

Yüzey hazırlama işlemi sonrası atılacak boya kalınlığı ise 15–20 µm aralığında olup, tüm çalışmalar solvent bazlı primer boya kullanımı üzerine yapılarak sistem tamamlanmıştır.

### 7.2.3 Gerekli Çalışma Parametreleri

Bu tür bir sistem için gerekli olabilecek tasarım değerleri belirlenerek, tahmini maliyet hesaplamasına geçilmeden önce sistemin gereksinimlerinin belirlenmesi ve bu taslakta bir maliyet analizi yapılması gerekmektedir.

---

Şebeke Elektrik Akımı Türü	:	380 V trifaze 50 Hz
Tahmini Besleme Gücü	:	150 kW
Gaz Türü	:	Propan veya Doğalgaz
Tahmini Brülör Gaz Beslemesi	:	500 kW
Gaz Akış Basıncı	:	50-100 mbar
Ortalama Brülör Gaz Harcamı	:	80–100 kW
Temiz Hava Basıncı	:	7 bar (temiz, kuru, yağsız)
Hava Besleme Miktarı	:	70 m <sup>3</sup> /saat

---

### 7.2.4 Numune Seçimi

Mevcut sistemin teorik olarak çalıştırılması ve sonuçlarının analiz edilebilmesi için değişik basınç ve hızlarda farklı benzetimler yapılarak istenilen yüzey pürüzlülükleri için gerekli parametreler incelenecek ve istenilen kalitede olup olmayacakları araştırılacaktır.

Bu benzetimler sırasında, piyasada en çok kullanımı mevcut olan ve farklı çalışma değerleri gerektiren değişik yüzey kesitlerine sahip numuneler için yapılan hesaplamalarda kullanılan değişken basınç ve hız değerleri ile en uygun çalışma parametrelerine ulaşılması amaçlanmıştır.

Bu çalışma sırasında seçilen numunelere ait ebat ve kesitler Çizelge 7.1’de verilmiştir.

Çizelge 7.1 Benzetimlerde kullanılacak numunelerin ebat ve özellikleri

	En (mm)	Boy (mm)	Kalınlık (mm)	Alan (m <sup>2</sup> /m)	Alan (m <sup>2</sup> )
1 Sac Plaka	2.000	3.000	8	2,00	6,00
2 Sac Plaka	1.000	2.000	8	1,00	2,00
3 L Profil	200x200	2.000	15	0,785	1,57
4 U Profil	80x45	2.000	8	0,321	0,64

### 7.2.5 Optimizasyon

Bu aşamada, yukarıda belirlenen değişik ebat ve karakteristik uygulama alanlarına sahip farklı numunelerin işlenmesi için gerekli parametrelerin belirlenmesi sırasında kullanılacak farklı değerler ile hesaplanacak olan sarfiyat, zaman ve atık miktarlarının azaltılarak en uygun çalışma aralığının belirlenmesi amaçlanmaktadır. Yapılan çalışma sırasında mevcut çalışma parametrelerinden hava basıncı (bar), otomatik besleme hızı (m/dk) ve besleme basıncı (m<sup>3</sup>/saat) değerleri değiştirilerek sac plaka, L ve U profil gibi farklı yüzey formlarında elde edilebilecek süre ve aşındırıcı harcam değerleri hesaplanmıştır.

Üretici firma tarafından önerilen veriler eşliğinde kurulan konfigürasyon “Sistem 7 bar” olarak isimlendirilerek değişken değerler sonucu elde edilecek olan tüm veriler bu değerler ile karşılaştırılacaktır. Bu hesaplamalar sırasında kullanılacak ilk değişken olan basınç değerlerinin farklı nozül kesitleri için güç ve harcam değerleri Çizelge 7.2’de verilmiştir. Burada üretici firma tarafından önerilen çalışma basıncı olan 7 bar değerine karşılık gelen parametrelerin bulunduğu veri kolonu sarı renk ile işaretlenmiştir.

Çizelge 7.2 Değişik çaplardaki nozüller için güç, aşındırıcı harcamı ve debi değerlerinin karşılaştırılması (Kaynak: Hansel, 2000)

Nozül No	Bar inch	Psi	Hava Basıncı										
			1,39 20	2,09 30	2,78 40	3,48 50	4,18 60	4,87 70	5,57 80	6,26 90	6,96 100	8,70 125	9,74 140
No 2	1/8	m <sup>3</sup> /h	7,48	11,21	14,95	18,69	22,09	25,49	28,88	32,28	33,98	42,48	47,57
		kg/h	12,16	18,23	24,31	30,39	34,93	39,92	45,81	50,80	55,79	68,95	77,11
		Hp	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,20
No 3	3/16	m <sup>3</sup> /h	17,67	26,50	35,34	44,17	50,97	56,07	64,56	69,66	76,46	93,45	105,34
		kg/h	27,22	40,82	54,43	68,04	77,56	88,90	97,98	107,95	119,75	144,70	161,93
		Hp	2,40	3,60	4,80	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	10,00	12,00	13,00
No 4	1/4	m <sup>3</sup> /h	31,94	47,91	63,88	79,85	91,75	103,64	115,53	125,73	137,62	166,50	186,89
		kg/h	48,63	72,94	97,25	121,56	141,52	160,57	185,07	203,21	224,07	275,78	308,90
		Hp	4,40	6,60	8,80	11,00	12,00	14,00	16,00	17,00	18,00	22,00	25,00
No 5	5/16	m <sup>3</sup> /h	52,33	78,49	104,66	130,82	151,21	171,60	191,99	214,07	232,76	285,43	319,41
		kg/h	84,91	127,37	169,82	212,28	242,22	273,97	304,81	335,66	368,32	445,43	498,95
		hp	7,20	10,80	14,40	18,00	20,00	23,00	26,00	28,00	31,00	37,00	41,00
No 6	3/8	m <sup>3</sup> /h	73,40	110,10	146,79	183,49	214,07	242,96	273,54	293,93	333,00	402,66	450,24
		kg/h	121,20	181,80	242,40	303,00	346,54	391,90	435,45	477,18	522,54	631,85	707,60
		hp	9,60	14,40	19,20	24,00	28,00	32,00	36,00	39,00	44,00	52,00	58,00
No 7	7/16	m <sup>3</sup> /h	99,90	149,85	199,80	249,75	288,83	329,61	368,68	407,76	431,55	533,49	598,05
		kg/h	162,57	243,85	325,13	406,42	468,11	533,42	595,11	656,80	718,49	875,89	981,12
		hp	13,20	19,80	26,40	33,00	38,00	44,00	49,00	54,00	57,00	69,00	77,00
No 8	1/2	m <sup>3</sup> /h	132,52	198,78	265,04	331,31	380,58	428,15	475,72	524,99	574,26	694,89	778,14
		kg/h	210,47	315,70	420,93	526,17	606,00	685,83	762,03	841,87	918,07	1115,38	1249,19
		hp	17,60	26,40	35,20	44,00	50,00	56,00	63,00	69,00	75,00	90,00	101,00

Burada sistem için önerilen çalışma basıncı olan 7 bar (100 psi) için olan sarı renk ile işaretli değer sütunu incelendiğinde 90 m<sup>3</sup>/h değeri için, 3 numaralı nozül seçilip 3 ve 4 numaralı nozüllere karşılık gelen harcam değerleri enterpolasyon yapılarak saatlik aşındırıcı harcamı bulunabilir.

$$(90-76,46) \times [ (224,07-119,75) / (137,62-76,46) ] + 119,75 = 142,90 \text{ kg/h}$$

Üretici firma tarafından sağlanan ve süreçte kayıp olarak sistemden çıkan ortalama saatlik kayıp miktarı türbin başı 2,196 kg/saat ve sistemde bulunan toplam türbin sayısı 6 adet olarak verildiğinden, saatlik toplam sistemin kayıp atık miktarı yaklaşık olarak

$$2,196 \text{ kg/saat} \times 6 = 13,18 \text{ kg/saat}$$

ve sistemin oluşturduğu kayıp atık aşındırıcı miktarının toplam aşındırıcıya göre yüzde oranı ise aşağıdaki şekilde olacaktır.

$$13,18 \text{ kg/saat} / 142,90 \text{ kg/saat} = 9,20 \%$$

Bir senelik süre zarfında yaklaşık 1.700 saatlik bir çalışma öngörüldüğünde, ortaya yaklaşık

olarak 22 ton atık malzeme çıkacaktır. Bunun da satınalma maliyeti ton başına 500 USD olarak düşünüldüğünde yıllık 12.000 USD civarında bir satınalma bedeli olacaktır (Namık Bek, 2008) .

Eğer çalışma basıncı 7 bar (100 psi) yerine 4,87 bar (70 psi) olarak seçilecek olsaydı, uygun olacak olan 4 numaralı nozül seçimi ile kullanılan aşındırıcı miktarı ve atık miktarı da azalmış olacaktır.

$$160,57 - [(103,64 - 90) \times (160,57 - 88,90) / (103,64 - 56,07)] = 140,02 \text{ kg/h}$$

$$140,02 \times 9,20 \% = 12,88 \text{ kg/saat kayıp atık aşındırıcı miktarı}$$

$$142,90 - 140,02 = 2,88 \text{ kg/h aşındırıcı kullanımı azalması}$$

Çalışma hızının bir kademe arttırılmasına ilaveten çalışma basıncı da arttırılarak daha hızlı bir süreç ile bu işlem tamamlanmak istenirse 8,7 bar (125 psi) basınç seçildiği takdirde

$$144,70 - [(93,45 - 90) \times (144,70 - 68,95) / (93,45 - 42,48)] = 139,57 \text{ kg/h}$$

$$139,57 \times 9,20 \% = 12,84 \text{ kg/saat atık aşındırıcı miktarı}$$

$$142,90 - 139,57 = 3,33 \text{ kg/h aşındırıcı kullanım azalması}$$

Çalışma hızının iki kademe arttırılmasına ilaveten çalışma basıncı da iki kademe arttırılarak çok daha hızlı bir süreç ile bu işlem tamamlanmak istenirse 10 bar (140 psi) basınç seçildiği takdirde

$$161,93 - [(105,34 - 90) \times (105,34 - 47,57) / (161,93 - 77,11)] = 139,41 \text{ kg/h}$$

$$139,41 \times 9,20 \% = 12,83 \text{ kg/saat atık miktarı}$$

$$142,90 - 139,41 = 3,49 \text{ kg/h aşındırıcı kullanımı azalması}$$

Burada hedeflenen en uygun değer, birim zamanda en ekonomik maliyet ve en düşük seviyede atık oluşumu ile elde edilebilecek uygulama değerlerinin belirlenmesi ile mümkün olacaktır. 90 m<sup>3</sup>/saat basınçlı hava debisi sabit tutularak bu değere uygun nozüllerin Çizelge 7.2'den seçimi ile yapılan maliyetlendirme çalışması Çizelge 7.3'de verilmiştir.



Çizelge 7.3 Sabit bir basınç değerinde değişik nozüllerin kullanımı ile elde edilen basınçlı hava ve atık oran ve maliyet değerlerinin karşılaştırılması

	Nozül		Maliyet TL/m <sup>3</sup>	Tutar TL/h	Tutar TL/Yıl	Atık			
	No	m <sup>3</sup> /h				Oran kg/h	Maliyet TL/kg	Tutar TL/h	Tutar TL/Yıl
<b>5 bar</b>	4	90	0,029	2,610	4.437,00	12,88	2,62	33,746	57.367,52
<b>7 bar</b>	3	90	0,029	2,610	4.437,00	13,18	2,62	34,532	58.703,72
<b>8,7 bar</b>	2	90	0,029	2,610	4.437,00	12,84	2,62	33,641	57.189,36
<b>9,75 bar</b>	2	90	0,029	2,610	4.437,00	12,83	2,62	33,615	57.144,82

Bir diğer benzetim türü ise kullanılacak nozülü belirleyip bu nozül sabit tutularak basınçlı hava ve diğer parametrelerin değiştirilmesi sonucu yapılacak olan maliyetlendirme çalışması olacaktır. 3 numaralı nozülün seçilmesi durumunda elde edilecek basınçlı hava maliyetleri ve oluşacak atık miktarları Çizelge 7.4’de verilmiştir.

Çizelge 7.4 Değişik basınç değerlerinde 3 no’lu nozül ile elde edilen basınçlı hava, atık oran ve maliyet değerlerinin karşılaştırılması

Nozül 3	Nozül 3 m <sup>3</sup> /h	Maliyet TL/m <sup>3</sup>	Tutar TL/h	Tutar TL/Yıl	Atık			
					Oran kg/h	Maliyet TL/kg	Tutar TL/h	Tutar TL/Yıl
<b>5 bar</b>	56,07	0,029	1,626	2.764,25	9,16	2,62	23,999	40.798,64
<b>7 bar</b>	76,46	0,029	2,217	3.769,48	12,33	2,62	32,305	54.917,82
<b>8,7 bar</b>	93,45	0,029	2,710	4.607,09	14,90	2,62	39,038	66.364,60
<b>9,75 bar</b>	105,34	0,029	3,055	5.193,26	16,68	2,62	43,702	74.292,72

Görüldüğü üzere basınçlı hava miktarında yapılan değişiklik ile aşındırıcı kullanımı ve maliyeti arasında belirgin bir fark tespit edilmekte olup, çalışma basıncı ve doğru nozül seçimi ile elde edilebilecek maliyet avantajı, sistemin verimliliğini arttıracaktır.

Burada her 4 çalışma basıncı için aynı hız değerinde elde edilecek maliyet değerleri ve mevcut önerilen sistem ile karşılaştırması Çizelge 7.5’de verilmiştir.

Çizelge 7.5 Değişik basınç değerlerinde 3 no'lu nozül ile elde edilen maliyet değerlerinin karşılaştırılması

		Sistem	Benzetim				
			7 bar	5 bar	7 bar	8,7 bar	9,75
Yüklü iken akım kullanımı	50% x 146 kW x 0,21 TL/kWh	TL/h	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33
Boş iken akım kullanımı	50% x 48,7 kW x 0,21 €/kWh	TL/h	5,11	5,11	5,11	5,11	5,11
Aşındırıcı kullanımı	6 x 2,196 kg/h x 1,31 TL/kg	TL/h	17,26	12,00	16,15	19,52	21,85
Basınçlı hava kullanımı	90 m <sup>3</sup> /h x 0,029 TL/m <sup>3</sup>	TL/h	2,61	1,72	2,61	2,71	3,92
Bakım Masrafları	Türbin ve Filtre Elemanları dahil	TL/h	8,67	8,67	8,67	8,67	8,67
<b>Toplam Maliyet (Amortisman ve Faiz hariç)</b>		<b>TL/h</b>	<b>48,98</b>	<b>42,83</b>	<b>47,87</b>	<b>51,34</b>	<b>54,88</b>
Amortisman	300.000 TL / 5 yıl / saat/yıl	TL/h	35,29	35,29	35,29	35,29	35,29
Faiz	300.000 TL / 2 x 8,5 % / 1700 saat/yıl	TL/h	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50
<b>Toplam Maliyet (Amortisman ve Faiz dahil)</b>		<b>TL/h</b>	<b>91,77</b>	<b>85,63</b>	<b>90,67</b>	<b>91,42</b>	<b>97,67</b>

Burada yapılan hesaplamalar sonucunda bulunan maliyet değerleri birim zamanda yapılan harcam değerlerinin karşılaştırmasıdır. Üretici firma tarafından önerilen mevcut sistem değerleri yerine daha düşük bir hava basıncı değeri (5 bar) ile sürdürülebilecek bir imalat süreci, diğer alternatiflerine göre daha ekonomik bir çalışma tablosu ortaya koymaktadır.

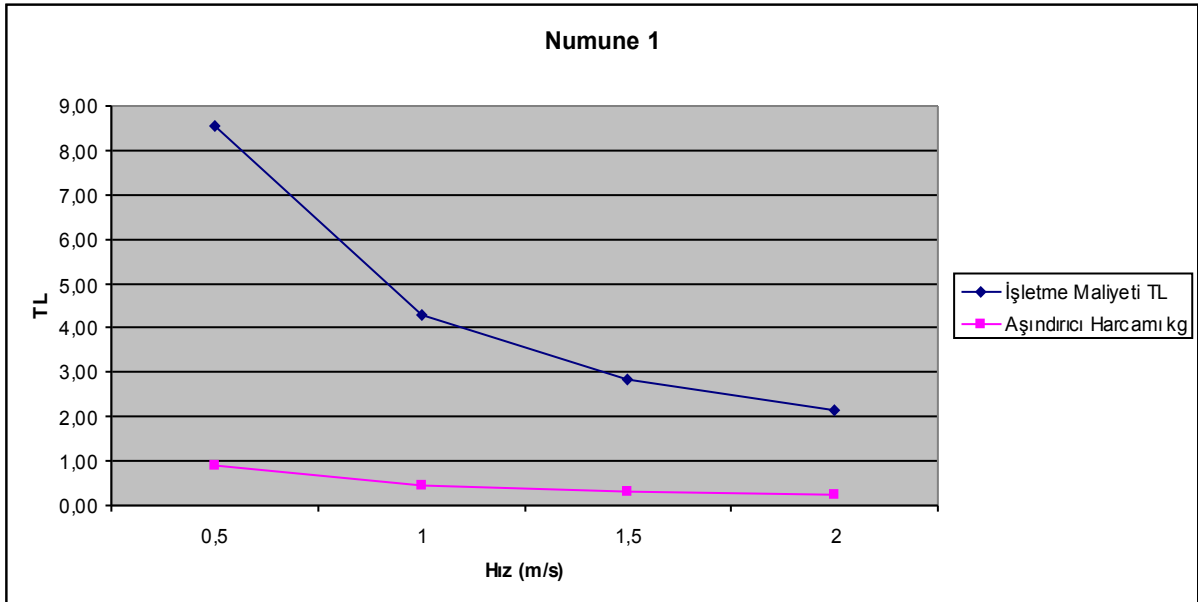
### 7.2.6 Benzetim Sonuçları

Yapılan benzetim çalışması ile ilgili elde edilen sonuçlar numune bazında Çizelge 7.6'da farklı çalışma basınçları ve farklı hız değerleri için aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

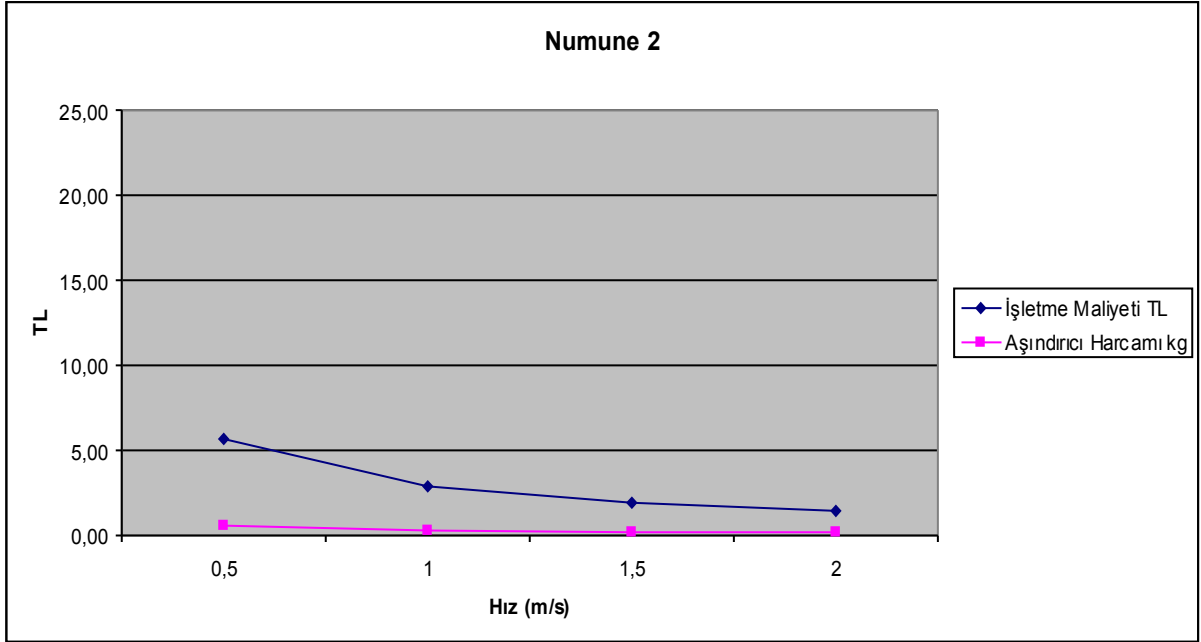
Bu çizelgede verilen değerler incelendiğinde aşındırıcı sarfiyatının sistem basıncı ve hızındaki artış ile doğru orantılı olarak artmakta olduğu gözlemlenmektedir. Ayrıca aynı çalışma değerlerinde, benzer özellikler gösteren profillerde sac malzemelere göre daha fazla malzeme sarf edilerek yüzey hazırlanmaktadır.

Çizelge 7.6 Farklı basınç değerlerinde elde edilen aşındırıcı sarfiyat hesaplaması

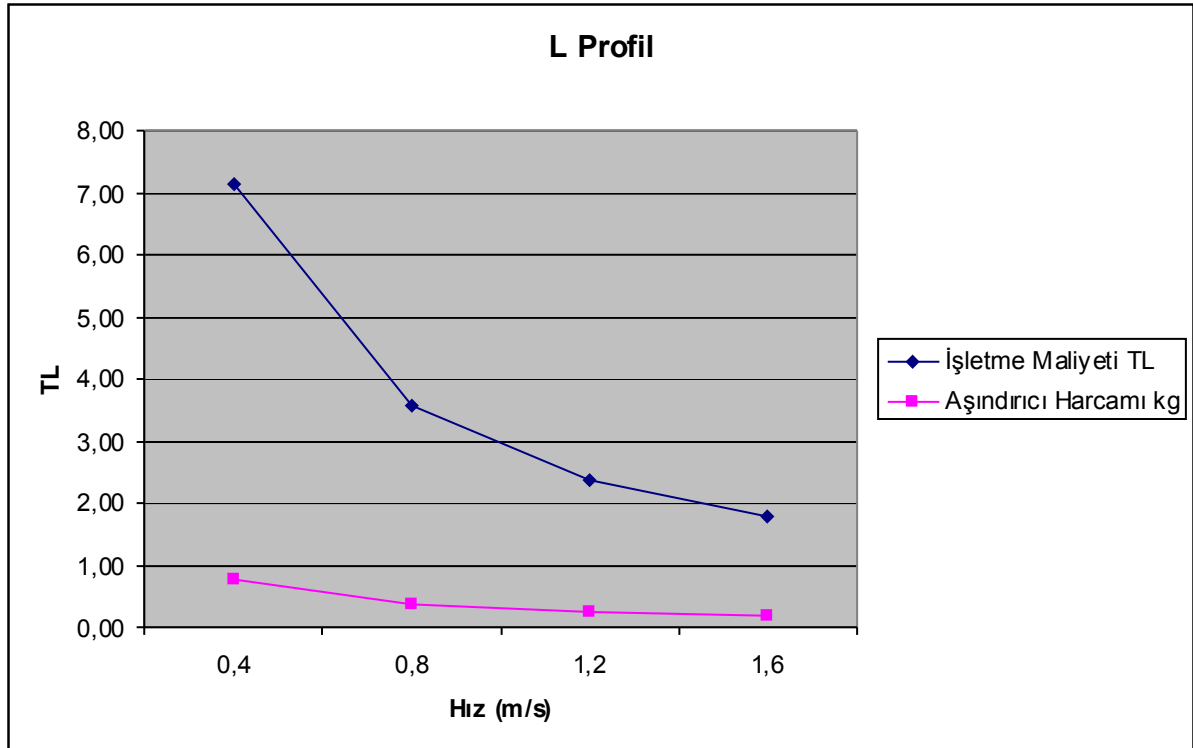
	Hız m/dk	İşletme Maliyeti TL	Aşındırıcı	Aşındırıcı	Aşındırıcı	Aşındırıcı	Aşındırıcı
			Harcamı kg	Harcamı kg	Harcamı kg	Harcamı kg	Harcamı kg
			5 bar	7 bar	Sistem 7 bar	8,7 bar	9,75 bar
1 Sac Plaka	0,5	8,56	0,916	1,233	0,659	1,490	1,668
1 Sac Plaka	1	4,28	0,458	0,617	1,318	0,745	0,834
1 Sac Plaka	1,5	2,85	0,305	0,411	0,439	0,497	0,556
1 Sac Plaka	2	2,14	0,229	0,308	0,329	0,373	0,417
2 Sac Plaka	0,5	5,71	0,611	0,411	0,439	0,497	0,556
2 Sac Plaka	1	2,85	0,305	0,822	0,878	0,993	1,112
2 Sac Plaka	1,5	1,90	0,204	0,274	0,293	0,331	0,371
2 Sac Plaka	2	1,43	0,153	0,206	0,220	0,248	0,278
3 L Profil	0,4	7,14	0,763	0,514	0,549	0,621	0,695
3 L Profil	0,8	3,57	0,382	1,028	1,098	1,242	1,390
3 L Profil	1,2	2,38	0,254	0,343	0,366	0,414	0,463
3 L Profil	1,6	1,78	0,191	0,257	0,275	0,310	0,348
4 U Profil	0,45	6,34	0,679	0,457	0,488	0,552	0,618
4 U Profil	0,9	3,17	0,339	0,913	0,976	1,104	1,236
4 U Profil	1,35	2,11	0,226	0,304	0,325	0,368	0,412
4 U Profil	1,8	1,59	0,170	0,228	0,244	0,276	0,309

Şekil 7.3 Sistem için önerilen 7 bar debi ve 90 m<sup>3</sup>/h basınç değerinde farklı hız değerlerinde 1. Numune Sac için maliyet değerleri

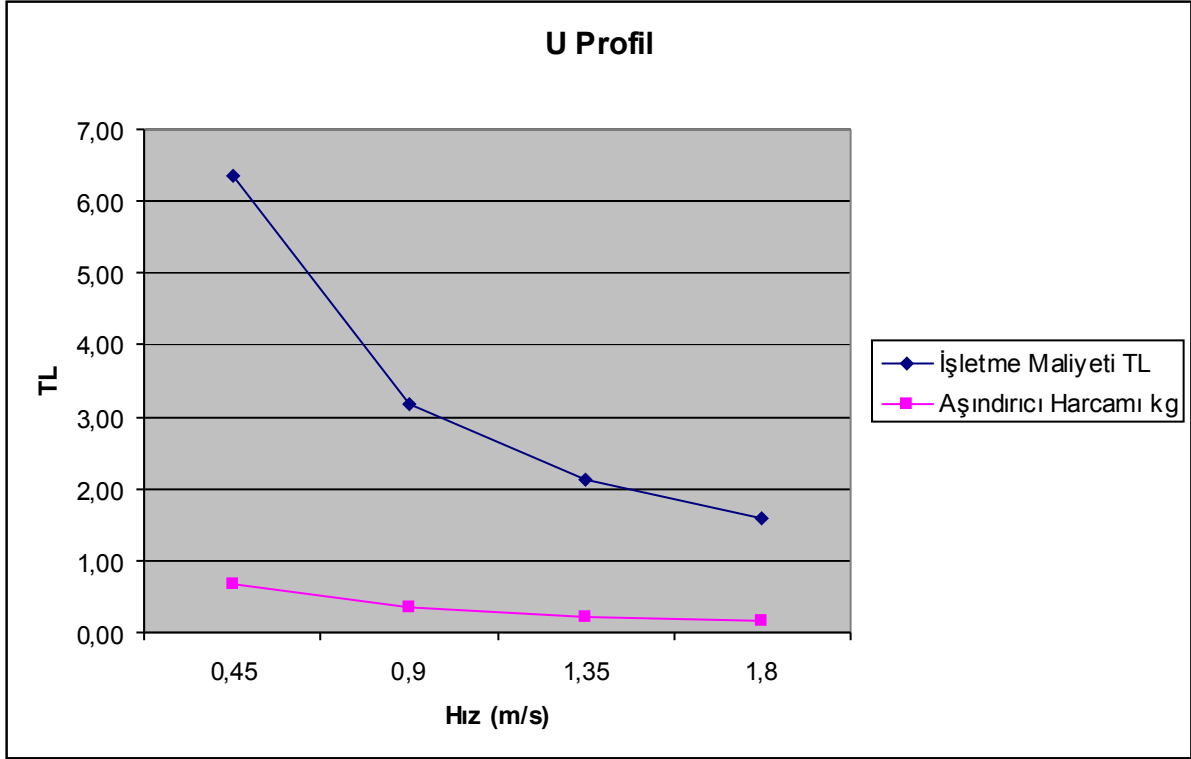
Şekil 7.4 Sistem için önerilen 7 bar debi ve 90 m<sup>3</sup>/h basınç değerinde farklı hız değerlerinde 2. Numune Sac için maliyet değerleri



Şekil 7.5 Sistem için önerilen 7 bar debi ve 90 m<sup>3</sup>/h basınç değerinde farklı hız değerlerinde L Profil Numune Sac için maliyet değerleri



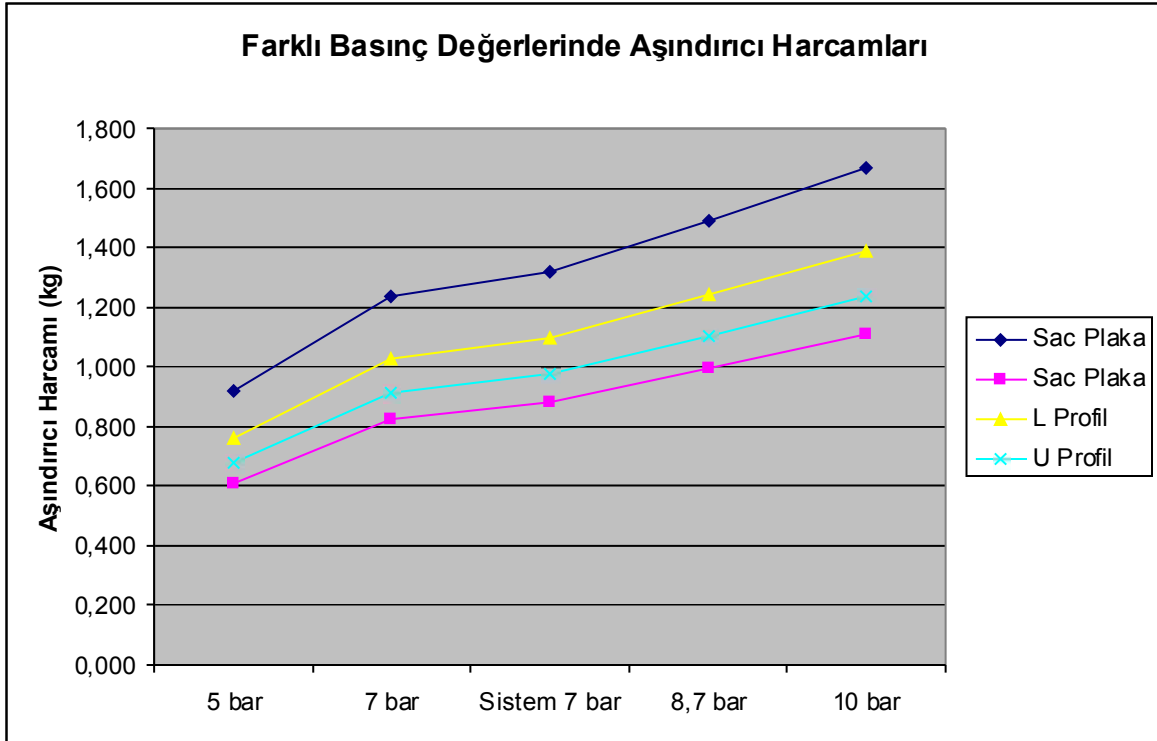
Şekil 7.6 Sistem için önerilen 7 bar debi ve 90 m<sup>3</sup>/h basınç değerinde farklı hız değerlerinde U Profil Numune Sac için maliyet değerleri



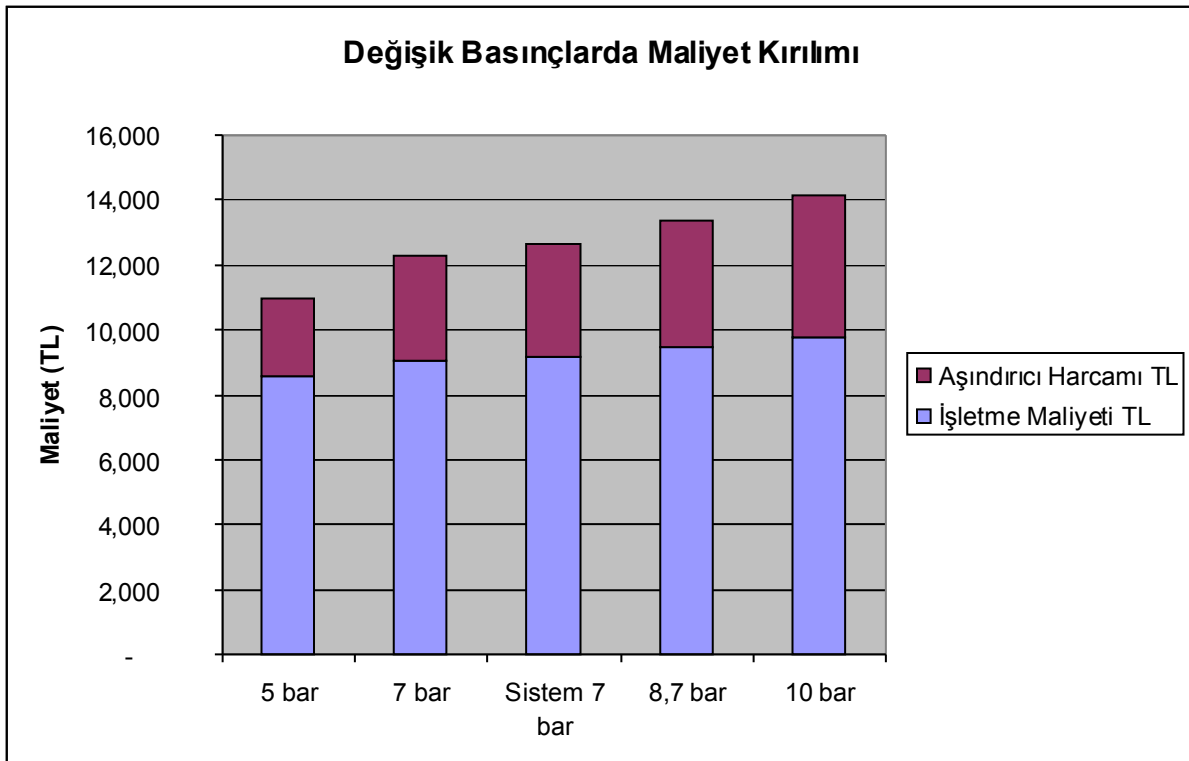
Şekil 7.7’de farklı basınç değerleri ile hesaplanan çalışma koşullarında oluşacak aşındırıcı raspa malzemesinin harcam değerleri seçilen tüm numuneler için hesaplanarak gösterilmiştir. Burada tüm numuneler için yapılan incelemede görülen ortak eğilim, basınç artışı ile birlikte artan aşındırıcı harcamı miktarıdır. 5 bar ile 10 bar arasındaki aşındırıcı harcam farkı %80 - %100 arasında değişmektedir.

Yapılan çalışma sırasında işletme maliyetinde oluşan farklılıklar basınç değerindeki değişiklikten kaynaklanmaktadır. Buna ilave olarak kullanılan aşındırıcı miktarında görülen artış ile birlikte toplam işletme maliyetleri ve farklılıkları Şekil 7.8, Şekil 7.9, Şekil 7.10 ve Şekil 7.11’de gösterilmiştir.

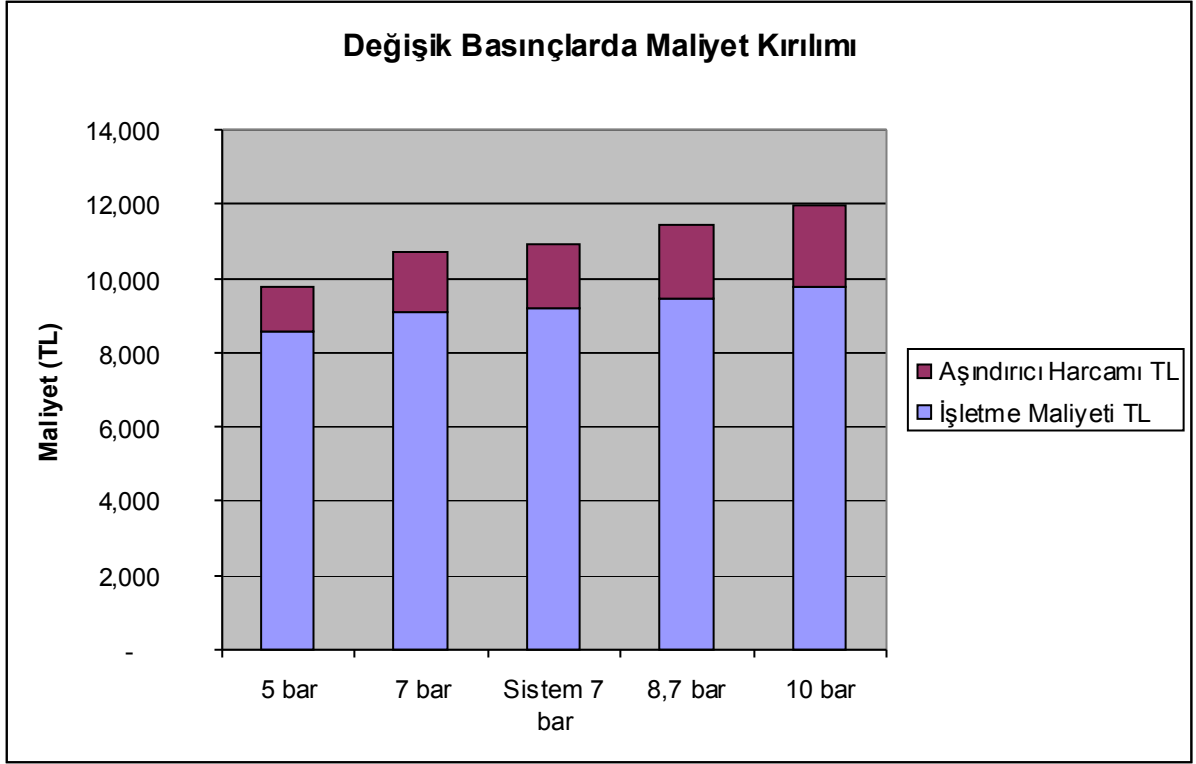
Şekil 7.7 Farklı basınç değerleri için kullanılan aşındırıcı miktarlarının karşılaştırılması



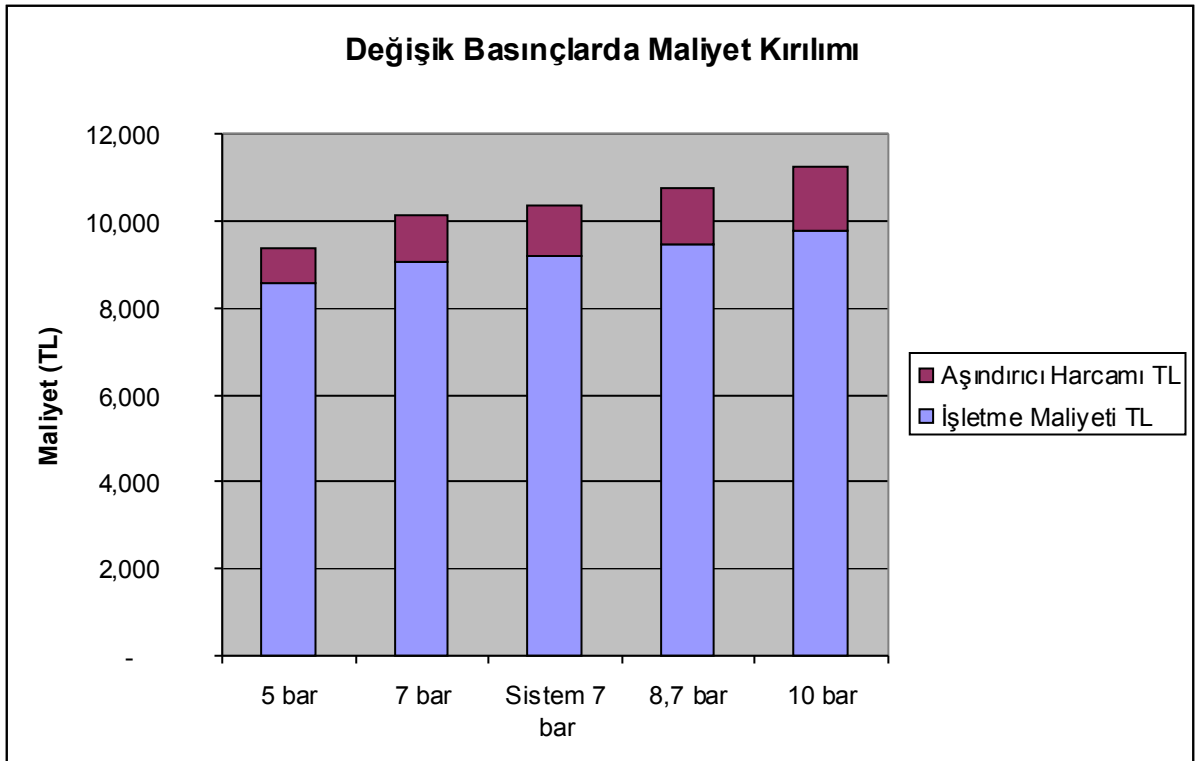
Şekil 7.8 Değişik basınç değerlerinde işletme maliyeti ve harcanan aşındırıcı maliyetlerinin 1. Numune için 0,5 m/dk sabit hızda karşılaştırılması



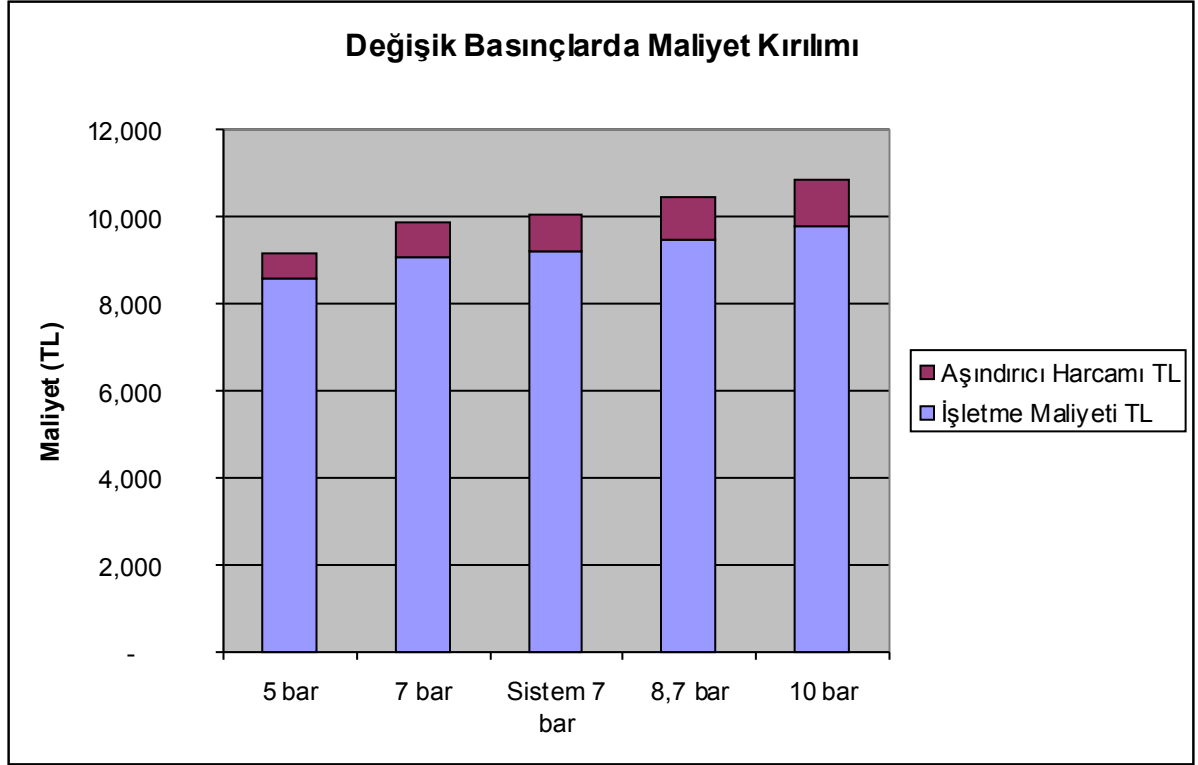
Şekil 7.9 Değişik basınç değerlerinde işletme maliyeti ve harcanan aşındırıcı maliyetlerinin 1. Numune için 1 m/dk sabit hızda karşılaştırılması



Şekil 7.10 Değişik basınç değerlerinde işletme maliyeti ve harcanan aşındırıcı maliyetlerinin 1. Numune için 1,5 m/dk sabit hızda karşılaştırılması



Şekil 7.11 Değişik basınç değerlerinde işletme maliyeti ve harcanan aşındırıcı maliyetlerinin 1. Numune için 2 m/dk sabit hızda karşılaştırılması



### 7.2.7 Uygun Çalışma Değerlerinin Karşılaştırılması

Farklı hız ve basınçlarda çalışma değerleri incelendiğinde aynı performans değerlerinin karşılanabileceği hız ve basınç değerlerindeki maliyet değerleri incelenerek gerekli değişikliklerin sisteme ve çevreye etkisi üzerinde incelemeler yapılmıştır. Bu incelemeler sonucunda çalışma basıncında ve ters orantılı olarak çalışma hızında yapılacak değişiklikler ile elde edilecek eş performans değerlerinin maliyete ve çevreye etkileri Çizelge 7.7 ve Çizelge 7.8'de verilmiştir.

Çizelge 7.7 Değişken hız ve basınç değerlerinin maliyet analizi

	İdeal Hız m/dk	Sistem 7				
		5 bar Aşındırıcı Harcamı TL	7 bar Aşındırıcı Harcamı TL	bar Aşındırıcı Harcamı TL	8,7 bar Aşındırıcı Harcamı TL	10 bar Aşındırıcı Harcamı TL
Sac Plaka	0,5	2,400	3,230	3,452	3,904	4,370
Sac Plaka	1	1,200	1,615	1,726	1,952	2,185
Sac Plaka	1,5	0,800	1,077	1,151	1,301	1,457
Sac Plaka	2	0,600	0,808	0,863	0,976	1,093



Çizelge 7.8 Değişken hız ve basınç değerlerinin maliyet analizi

	Aşındırıcı Harcamı TL	Aşındırıcı Harcamı kg/saat	Aşındırıcı Harcamı kg/Yıl	Aşındırıcı Harcamı TL/Yıl
Sistem 7 bar	3,452	13,176	22398,47	58.684
7 bar	3,230	12,328	20958,02	54.910
		<b>Fark</b>	<b>1.440,45</b>	<b>3.774</b>

Burada görülen en önemli gelişme sadece sistem basıncında yapılacak küçük bir azaltma ile 7 bar basınç sabit tutularak aşındırıcı harcamı rakamının 3,452 TL değerinden 3,230 TL değerine düşürülebileceği olmuştur. Bu sayede yıllık 3.774 TL gibi maddi bir kazanç sağlanırken, 1.440 kg gibi bir miktar aşındırıcı da daha az tüketilmiş olacaktır.

Aynı şekilde 7 bar yerine seçilecek basıncın 10 bar'a yükseltilmesi ve hızın da 1 m/dakika'dan 2 m/dakika'ya yükseltilerek istenilen performansın korunarak iyileştirilmesi ile maliyet üzerinde sağlanacak 0,097 TL bir kazançla ilaveten yıllık aşındırıcı miktarında yaklaşık  $0,2 \text{ kg} \times (60 \text{ dk} / 180 \text{ sn}) \times 1.700 \text{ saat} = 6.800 \text{ kg}$  azalma olacaktır. Ayrıca bu işlem ile arttırılacak makine çalışma hızı sayesinde kapasite kullanım oranı da arttırılmış olacaktır.

### 7.3 Otomatik Raspa Hattı Tahmini İşletme Maliyetinin Hesaplanması

#### 7.3.1 Hesaplama da Kullanılan Kabuller

Yatırım Maliyeti	: 300.000 TL
Amortisman Süresi	: 5 yıl
Faiz Oranı	: 8,5 %
Çalışma Süresi	: 1.700 saat/yıl
Çalışma Oranı	: 50 %
Tam Yükte İken Harcam	: 150 kW
Boşta Çalışırken Harcam (%30)	: 50 kW
Basıncılı Hava Harcamı	: 100 m <sup>3</sup> /saat
Türbin Sayısı	: 6 adet
Türbin Başlı Aşındırıcı Harcamı	: 2,196 kg/saat

**7.3.2 Hesaplama**

Toplam işletme maliyeti  
(Amortisman ve faiz hariç) = 169,37 TL/saat

Amortisman gideri  
300.000 TL / 5 yıl x 1.700 saat/yıl = 35,29 TL/saat

Faiz miktarı  
300.000 TL / 2 x 8,5 % x 1.700 saat/yıl = 7,50 TL/saat

Toplam işletme maliyeti  
(Amortisman ve faiz dâhil) = 212,16 TL/saat

Efektif makine kapasitesi  
90 kg/dk x 1 m/dk x 60 dk x 50% = 2.700 kg/saat

Toplam işletme maliyeti  
(Amortisman ve faiz hariç) = 62,73 TL/ton

Toplam işletme maliyeti  
(Amortisman ve faiz dâhil) = 78,58 TL/ton

## 8. SU JETİ RASPASI

### 8.1 Su Jeti Raspasının Tarihçesi

Su jeti, 1970'li yılların başlarında kullanılmaya başladıysa da bu kullanım sadece kesme amaçlı olmaktaydı ve yüzey hazırlığı konusunda herhangi bir uygulaması görülmemekteydi. Son 40 yıl içerisinde su jeti raspası uygulamasında oldukça büyük değişiklikler ve ilerlemeler görülmüştür.

1975 yılında ulaşılabilen yüzey temizliği için kullanılabilir en yüksek basınç değeri 700 bar (10.000 psi) civarında iken bu değer günümüzde 2800 bar (40.000 psi) değerine kadar yükselmiştir. Bunun yanı sıra gelişen nozül teknolojisi sayesinde enerji harcamaları azaltılarak verimlilik daha da arttırılmıştır.

### 8.2 Su Jeti Raspası Yönteminin Özellikleri

Su jeti raspasının temelinde kullanılacak olan suyun bir motor yardımıyla tahrik edilen pompa vasıtasıyla yüksek basınçlı bir şekilde sistem içerisinde nozüle yönlendirilerek basıncın maksimum olduğu değerlere ulaşılması ve bu basınçlı su ile yüzeyin temizlenmesi olarak özetlenebilir. Burada kullanılan suya katılmak istenen herhangi bir aşındırıcı olması durumunda nozül tasarımı değişmekte ve aşındırıcı pompa ile basınçlandırılan suyun nozüle girişini takiben suya karıştırılarak püskürtülmektedir. Bu sayede yüzeyde oluşan her türlü birikim ve boya temizlenebilmekte ve yüzey yeniden boyanmak üzere hazırlanabilmektedir.

Çizelge 8.1 Yüzey hazırlama işlemleri sırasında açığa çıkan kurşun miktarı (Kaynak: National Shipbuilding Research Program 1998)

Metot	mm <sup>3</sup> 'de açığa çıkan kurşun miktarı(μg)
Düşük hacimli sulu raspa	5 x 10 <sup>-6</sup>
Yüksek basınçlı su jeti raspası	8 x 10 <sup>-6</sup>
El ve tahrikli makineler ile yüzey temizleme	680 x 10 <sup>-6</sup>
Geri dönüşümlü metalik malzeme ile aşındırma	3015 x 10 <sup>-6</sup>
Açık çevrimli aşındırıcı raspa	13439 x 10 <sup>-6</sup>

### 8.3 Su Jeti Raspasının Kullanım Alanları

En temel aşındırıcı yüzey temizleme maddesi olarak bilinen grit raspa yöntemine alternatif olarak önerilmekte olan su jeti raspası yönteminin değişken basınç değerleri, yüzeyin durumuna ve temizlenmek istenen atık malzemenin cinsine göre belirlenmelidir. Bu değer aralığı, su jeti raspalarının çalışma basıncı aralığı ile sağlanmalıdır. Su jetleri genellikle 350 bar ile 2.800 bar (5.000 ile 40.000 psi) basınç değerleri aralığında faaliyet göstermektedirler. Bu değer aralığını yüzey durumu ile sınıflandırmamız gerekirse,

- Gres ve yağ tipi yüzey kirleticilerin yüzeyden temizlenmesi işlemi için 350–700 bar
- Pas birikintileri ve kalkmış boya kalıntılarının yüzeyden arındırılması işlemi için 700-1.400 bar
- Metal malzemenin yüzeyine kadar olan tüm koruyucu boya ve atıkların temizlenmesi işlemi için ise 1.400 – 2.800 bar aralığındaki basınç değerlerine sahip su kullanılmalıdır.



Şekil 8.1 Su jeti raspası ile yüzey temizleme uygulaması

Su jeti raspalarında piyasada kullanılan modellerde mevcut olan su debisi değeri 15 – 45 m<sup>3</sup>/dakika aralığında olup, bu çalışmada en yüksek debi göz önünde bulundurulacaktır.

$$(45 \text{ kg/dk} \times 60 \text{ dk}) / 140 \text{ m}^2/\text{saat} = 19,28 \text{ kg/m}^2 \approx 20 \text{ kg/m}^2$$

### 8.4 Su Jeti Raspası Teknolojisindeki Gelişmeler

Su jeti raspası ile ilgili yapılan çalışmalarda mevcut etkiyi arttırabilmek için kullanılan suya ilave edilen aşındırıcılar ile süre kısaltılabilmekte ve raspa etkisi istenilen düzeyde arttırılabilmektedir.

### 8.5 Su Jeti Raspasında Atık Miktarının Hesaplanması

Mevcut sistemde kullanılan ortalama değerler göz önüne alınarak yapılan hesaplamalar sonucunda ortaya çıkan atık miktarları aşağıdaki şekilde hesaplanmış ve Çizelge 8.2'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Grit raspa atık miktarının hesaplanması;

$$40 \text{ kg/m}^2 \times 100 \text{ m}^2/\text{saat} = 4.000 \text{ kg / saat}$$

Su jeti raspası atık miktarının hesaplanması;

$$20 \text{ kg/m}^2 \times 140 \text{ m}^2/\text{saat} = 2.800 \text{ kg / saat}$$

Katı Atık miktarının hesaplanması;

Grit Raspa için

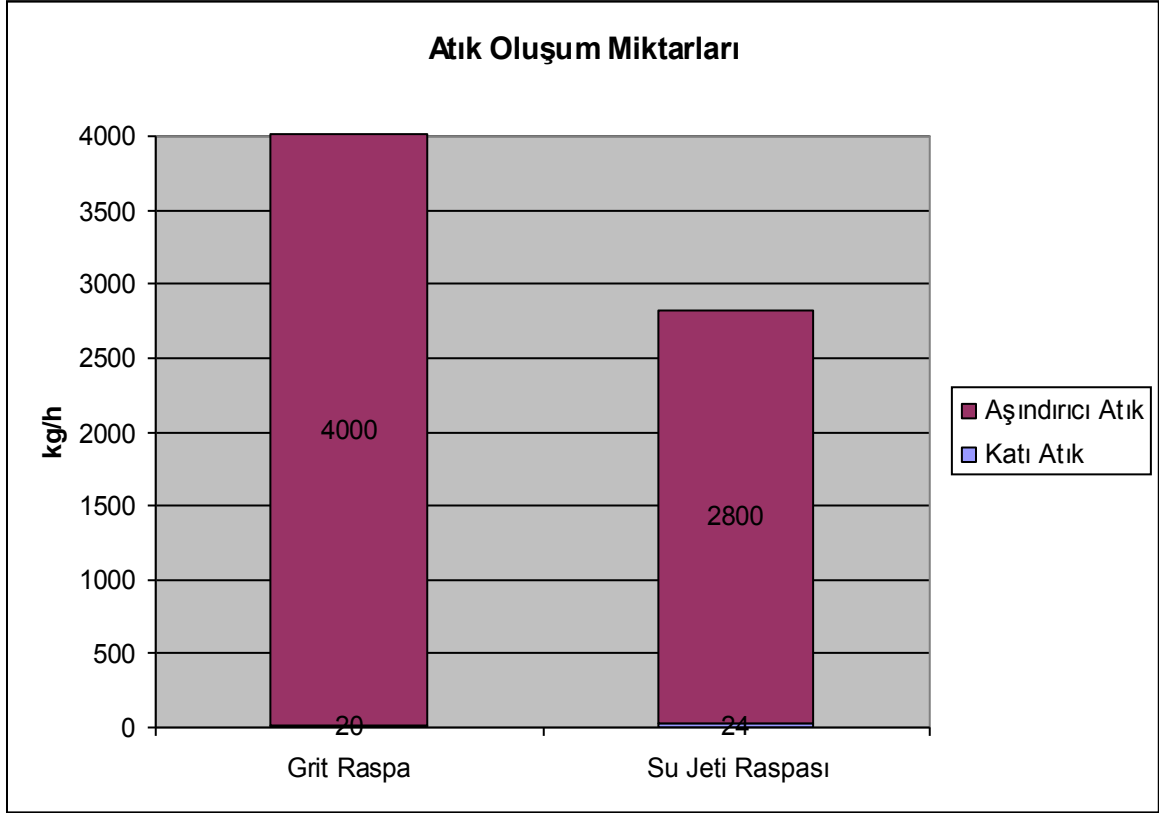
$$100 \text{ m}^2/\text{saat} / 5 \text{ m}^2/\text{kg} = 20 \text{ kg/saat}$$

Su Jeti raspası için

$$140 \text{ m}^2/\text{saat} / 5 \text{ m}^2/\text{kg} = 24 \text{ kg/saat}$$

Çizelge 8.2 Grit raspa ve su jeti raspası işletme verileri

	Sarfiyat	Çalışma Gücü	Katı Atık	Aşındırıcı Atık
Grit Raspa	40 kg/m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup> /saat	20 kg/saat	4000 kg/saat
Su Jeti Raspası	20 kg/m <sup>2</sup>	140 m <sup>2</sup> /saat	24 kg/saat	2800 kg/saat



Şekil 8.2 Yüzey hazırlama yöntemlerinde atık materyal ve boya kalıntılarının miktarları

Şekil 8.2 de gösterilen 4020 kg/h miktarındaki atık, grit raspa uygulaması sonrası açığa çıkan ve tehlikeli atık kapsamında işleme alınarak toplanıp imha edilmesi gerekli olan grit raspa katı atığı ve yüzeyden sökülen kimyasal boya atıklarıdır. Atık materyal ve boya kalıntı miktarlarının su jeti raspası yöntemi ile 4020 kg/h miktarından 2824 kg/h miktarına kadar azaldığı görülmektedir. Su jeti raspası işlemi sonucunda ortaya çıkan atık su da aynı şekilde toplanarak kimyasal atık sınıfında imha gerektirmektedir.

**8.6 Su Jeti Raspa Sisteminin Maliyetlendirilmesi**

Yatırım Maliyeti	: 420.000 TL
Amortisman süresi	: 5 yıl
Faiz Oranı	: 8,5 %
Çalışma süresi	: 1.700 saat/yıl

**Toplam işletme maliyeti  
(Amortisman ve faiz hariç) = 25,56 TL/saat**

Amortisman gideri;  
 $420.000 \text{ TL} / 5 \text{ yıl} \times 1.700 \text{ saat/yıl} = 49,41 \text{ TL/saat}$

Faiz miktarı;  
 $420.000 \text{ TL} \times 8,5\% / (2 \times 1.700 \text{ saat/yıl}) = 10,50 \text{ TL/saat}$

**Toplam işletme maliyeti  
(Amortisman ve faiz dâhil) = 85,47 TL/saat**

## 9. SU RASPASINDA KAPALI DEVRE SİSTEM GELİŞTİRİLMESİ

### 9.1 Kapalı Devre Su Raspasının Amacı

Tersanelerde yaptığımız durum araştırma ve değerlendirme görüşmeleri sırasında mevcut ‘‘Su Jeti Raspa’’ sistemlerinin tüm gemi inşa sektöründe kullanılması mümkün iken ortaya çıkan yüksek su sarfiyatı ve süreç sonrası oluşan kimyasal atık sınıfında bulunan kullanılmış suyun biriktirilerek imha edilmesi zorunluluğundan dolayı tercih edilmediği gözlemlenmiştir. Bu konuda incelenen kapalı devre aşındırıcı raspa sistemlerinin verimliliği ve çevreye olan duyarlılığı göz önüne alındığında, benzer bir geri dönüşümlü sisteminin su jeti raspa sistemi üzerinde yapılacak ilaveler ile uygulanması konusunda teorik çalışma yapmaya karar verildi. Bu proje kapsamında oluşturulan taslak eşliğinde yapılacak olan sistem, kullanılan suyun süreç sonunda değil bir sirkülasyon pompası yardımıyla toplanarak filtre edilmesi sonucu tekrar kullanılması prensibine dayanacaktır.

Çizelge 9.1’de mevcut su jeti raspası verilerinden su sarfiyatının ve atık su miktarlarının çıkartılmış hali ile kıyaslaması yapılmıştır. Çevreci su jeti raspası olarak da adlandırılan geri dönüşümlü su jeti raspası yönteminde, mevcut su jeti raspası sistemine ilave edilen bir toplama düzeneği ve filtre sistemi dışında herhangi bir farklılık mevcut değildir.

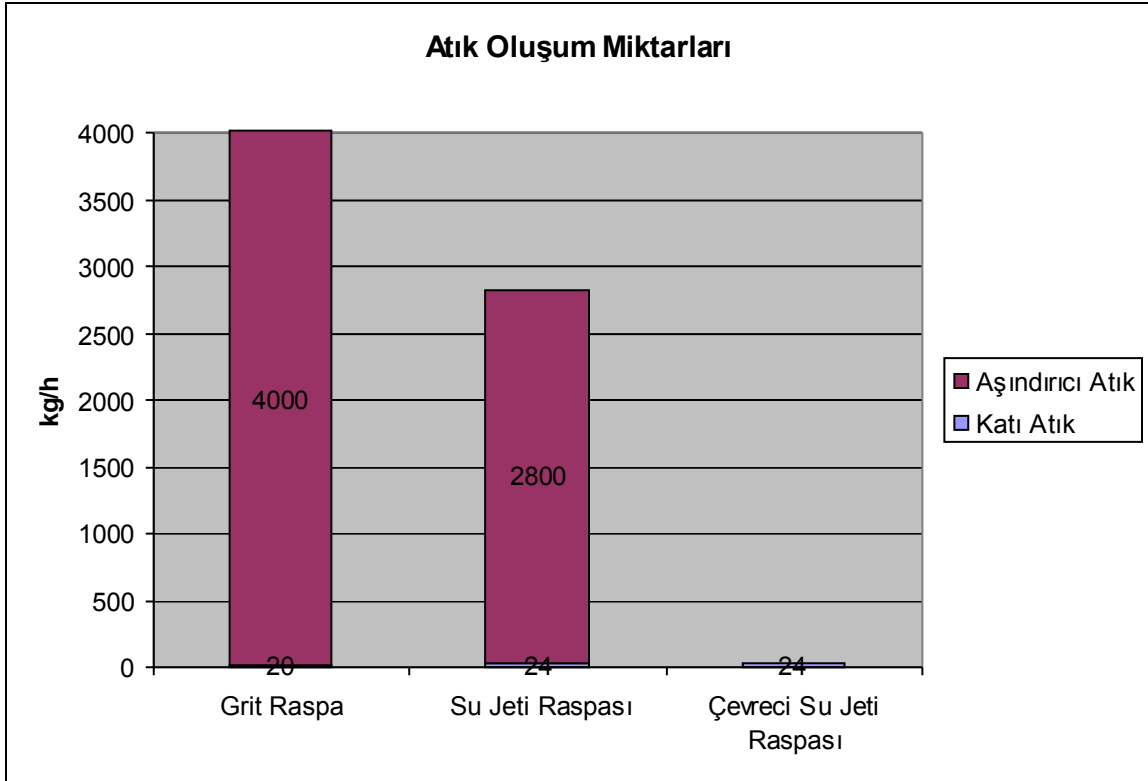
Çizelge 9.1 Raspa yöntemlerinin sarfiyat değerlerinin karşılaştırılması

	Sarfiyat	Çalışma Gücü	Katı Atık	Aşındırıcı Atık
Grit Raspa	40 kg/m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup> /saat	20 kg/saat	4000 kg/saat
Su Jeti Raspası	20 kg/m <sup>2</sup>	140 m <sup>2</sup> /saat	24 kg/saat	2800 kg/saat
Çevreci Su Jeti Raspası	0 kg/m <sup>2</sup>	140 m <sup>2</sup> /saat	24 kg/saat	

### 9.2 Kapalı Devre Su Jeti Raspası Yönteminin Çalışma Prensibi

Bu tür bir sistemde olması gereken yapı, kullanılan basınçlı suyun bir sirkülasyon pompası tarafından toplanarak filtre edildikten sonra tekrar su tankına aktarılması ile kullanılan suyun kapalı devrede döndürülmesi prensibine dayanmalıdır. Burada sisteme yapılacak sirkülasyon pompası kapasitesi, mevcut su tankı ve çalışma parametreleri göz önüne alınarak hesaplanmalıdır. Tasarlanması gereken en önemli değerlerden biri, elde edilmek istenen nozül çıkışı basınç değeri olmalıdır. Ortalama çalışma basınç değeri 2.800 bar ile 6.200 bar arasında düşünülmelidir. Ayrıca sistemde kullanılacak olan pompanın değiştirilebilir yapıda olması sağlandığı takdirde değişik güç değerlerine rahatça dönüştürülebilen bir yapı elde edilecektir.





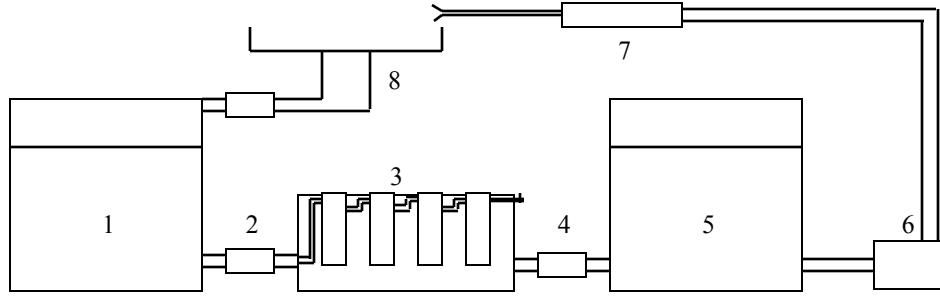
Şekil 9.1 Alternatif yüzey hazırlama yöntemlerinde atık malzeme ve boya kalıntılarının miktarları

Bir sonraki adımda hesaplanması gereken bileşen çalışma sırasında ortamdan atık suyu toplamayı hedefleyen vakum pompası olmalıdır. Pompanın gücü ve kapasitesi ile ilgili yapılacak kabuller, tüm atık suyun içerdiği parçacıklar ile birlikte toplanarak filtrasyon sonrası tekrar kullanıma kazandıracak şekilde planlanmalıdır. Aksi takdirde ortaya çıkacak olan atık suyun toplanarak kimyasal atık kapsamında imha edilmek üzere işleme tabi tutulması gerektiği göz ardı edilmemelidir.

Bir sonraki adımda, kullanılacak olan filtre sistemlerinin planlanması gerekmektedir. Ortalama parçacık boyutu 5–10 $\mu$  aralığında olmaktadır. Burada ise filtrelerin mümkün olduğunca küçük parçacıkları (<3 $\mu$ ) dahi ayırarak suyun pompa tarafından tekrar püskürtülmesine olanak sağlayacak ve kolay bakım tutum imkânı sağlayacak şekilde tercih edilmesi düşünülmektedir.

Tüm bu sistem, boyutu ve ağırlığı göz önünde bulundurulduğunda seyyar bir araç üzerinde uygulama alanına taşınabilecek ve şebeke elektriği ile çalışan bir elektrik motoru veya yakıt tankından beslenen bağımsız bir dizel motor tarafından tahrik edilecektir.

### 9.3 Kapalı Devre Su Jeti Sistemi Şeması



Şekil 9.2 Kapalı devre su jeti raspa ünitesi şeması

- |                             |                        |
|-----------------------------|------------------------|
| 1 Kirli su biriktirme tankı | 5 Temiz su tankı       |
| 2 Sirkülasyon pompası       | 6 Basınç tahrik motoru |
| 3 Filtre sistemi            | 7 Su jeti raspa nozülü |
| 4 Sirkülasyon pompası       | 8 Biriktirme aparatı   |

### 9.4 Kapalı Devre Su Jeti Raspası Bileşenlerinin Kapasitelerinin Hesaplanması

Mevcut su jeti raspa sistemleri incelendiğinde ortalama çalışma basınçları 2.800 bar ile 6.200 bar aralığında olup bu değerlerdeki debi gereksinimleri de 25 litre/dakika ile 50 litre/dakika aralığında değişmektedir. Bu işlem sırasında kullanılacak olan su tankı kapasitesi ve sirkülasyon pompası kapasitesi ise bir arada düşünülerek yapılmalıdır.

#### 9.4.1 Su Tankı Kapasitesinin Belirlenmesi

Su Jeti raspa sisteminde pompa gereksinimi olan 25–50 litre/dakika su miktarı göz önüne alındığında en az 5–10 dakika süre ile kendini idame ettirebilecek bir su tankı kapasitesi tercih edilmelidir. Yaklaşık 250 litreden az olmamak şartıyla ve taşınabilir yapıda olabilmemesi adına 500 litreden fazla olmayacak bir su tankı kullanılması tasarlanmıştır. Ayrıca pompanın sürekli çalıştırılmaması veya arıza durumunda sürecin devamını ve su toplama işleminin sürekliliğini sağlamak amacıyla bir adet 250 litrelik kirli su tankının da filtre önüne besleme tankı olarak yerleştirilmesi uygun olacaktır.

#### 9.4.2 Sirkülasyon Pompası Kapasitesinin Belirlenmesi

Su Jeti Raspası operasyonu sonrası toplanılan suyun filtrelere geri basılarak temiz su tankına dönüşünün sağlanabilmesi amacı ile kullanılması tasarlanan sirkülasyon pompasının tercihi konusunda referans alınması gereken değer tank kapasitesi olup mevcut tank değerini 1–2 dakikada sirküle edebilecek değerde olması tasarlanmıştır. Ayrıca pompanın devreye giriş işleminin otomatik hale getirilmesi amacıyla da şamandıra tipi bir dalgıç pompanın sirkülasyon pompası öncesinde toplama amaçlı olarak kullanımı tasarlanmıştır.

#### 9.4.3 Filtre Sistemi

Sirkülasyon pompası ile temiz su tankı arasında kullanılması planlanan bir filtre sistemi ile kullanılan su jeti raspa atık suyundaki pas, boya parçacıkları ve diğer atıkların filtre edilerek suyun tekrar kullanılmak üzere tanka geri dönüşümü üzerine tasarlanan bu sistemde belirlenmesi gereken iki önemli parametre mevcuttur. Bunlardan biri filtre edilmesi tasarlanan parçacıkların boyutuna göre seçilecek filtre tipi ve kapasitesi iken, bir diğeri de kullanılması gereken filtre adedi olmalıdır.

Yapılan parametre seçimleri ve kullanılan ekipmanın bakım güvenliği açısından piyasada tercih edilen 5–10 $\mu$  filtre değerini sağlayan kullanımı ve temizlenmesi kolay 4 adet torba tipi filtrenin seri bağlanması sonucu bir sistem tasarlanmıştır.

#### 9.4.4 Kapalı Devre Su Jeti Raspası Sisteminin Maliyetlendirilmesi

Kapalı devre su jeti raspası sisteminde, mevcut su jeti raspa sistemine ilave olarak eklenen sistemler kirli su tankı, filtre sistemi ve sirkülasyonu sağlamak amacıyla yerleştirilen pompalardan oluşmuştur. Bu sistemler için öngörülen yatırım maliyeti, 30.000 TL civarında öngörülmüş olup, 420.000 TL su jeti raspa sisteminin satınalma maliyetine ilave edilmiştir.

#### 9.4.5 Güç Harcamasının Hesaplanması

Yatırım maliyeti	: 450.000 TL
Amortisman süresi	: 5 yıl
Faiz oranı	: 8,5 %
Çalışma süresi	: 1.700 saat/yıl

**Toplam işletme maliyeti** = **20,56 TL/saat**  
**(Amortisman ve faiz hariç)**

Amortisman gideri;  
 450.000 TL / 5 yıl x 1.700 saat/yıl = 52,94 TL/saat

Faiz miktarı;  
 450.000TL x 8,5% / (2 x 1.700 saat/yıl) = 11,76 TL/saat

**Toplam işletme maliyeti** = **85,26 TL/saat**  
**(Amortisman ve faiz dâhil)**

### 9.5 Kapalı Devre Su Jeti Raspa Yönteminin Grit Raspa Yöntemine Göre Avantajları ve Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri

Geleneksel grit raspa yöntemine alternatif ve mevcut su jeti raspaına ilave olarak önerilen çevreci su jeti raspaı yönteminin çevre ve insan sağlığı açısından karşılaştırılması sonucu aşağıdaki konularda daha fazla avantaj sağladığı görülmektedir:

- Yüzey temizleme süresi ve oluşturduğu atık miktarı geleneksel raspa ve açık su jeti uygulamalarına oranla ciddi miktarda azalacaktır.
- Hemen her türlü yüzeye uygulanabilme kolaylığı gösterecektir.
- Havaya karışan kirleticilerin oranında ciddi bir azalma gözlenecektir.
- Görülmeyen atık ve birikimlerinde temizlenmesini sağlamakta başarılı olacaktır.
- Tozdan arınmış bir yüzey hazırlama yöntemi olup, yakın çevredeki donanıma veya operatöre zarar vermeyecektir.
- Grit Raspaaya göre daha düşük ses seviyeleri ile çalışacaktır.
- Sadece birkaç litre su ile süreci çalıştırmak mümkün olacaktır. (Geri dönüşümlü su sistemi sayesinde)
- Gerektirdiği operasyon eğitim seviyesi oldukça düşük olacaktır.

## 10. Tüm Sistemlerin Karşılaştırmalı Olarak Değerlendirilmesi

Bu çalışma boyunca incelenen geleneksel grit raspa, kuru buz raspası, kapalı devre raspa sistemi, su jeti sistemi ve kapalı devre su jeti sistemlerinin tam olarak değerlendirilebilmesi ve avantajlarının göz önüne çıkarılabilmesi için gerek yatırım gerekse birim işletme maliyetleri ve atık miktarlarının bir araya getirilerek değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu sayede karar aşamasında destek olacak veriler sağlanabilmesi ve ilk kıyas aşamasında bir fikir oluşturulabilmesi planlanmaktadır.

### 10.1 Sistemlerin Birim Maliyetlerinin Karşılaştırılması

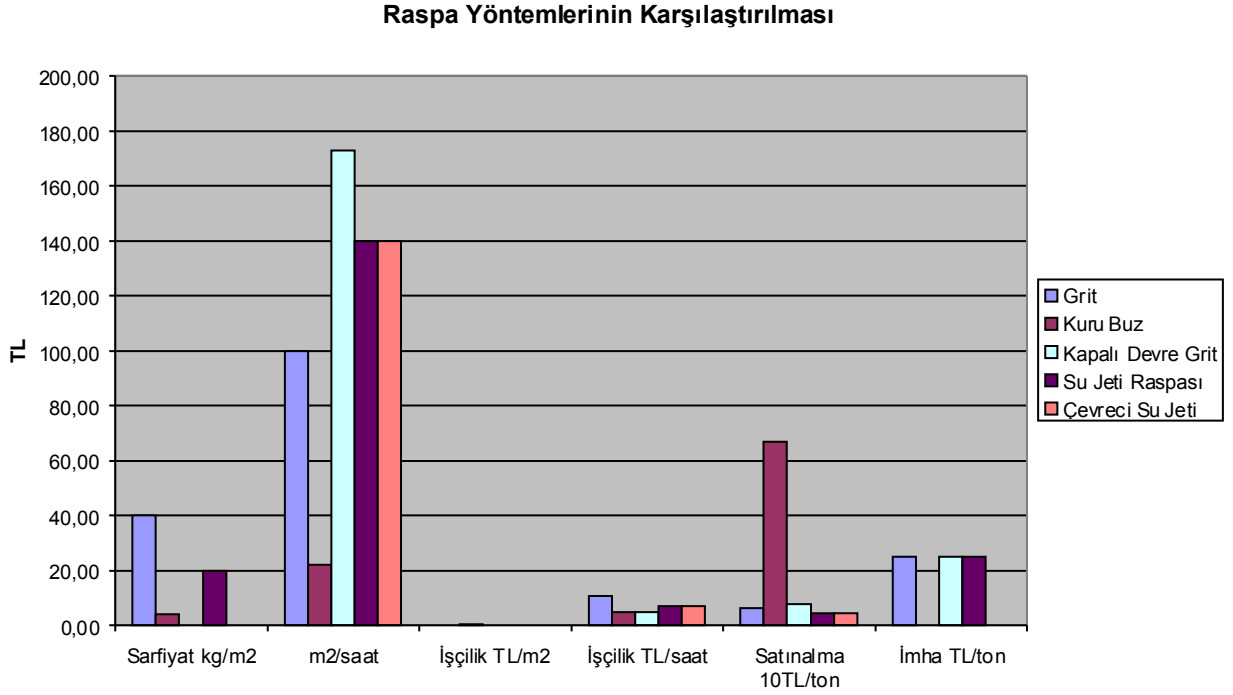
Bu çalışmada incelenen beş farklı yöntemin birim maliyetleri çıkarıldığında ortaya çıkan birim maliyet değerleri tablosu, Çizelge 10.1’de gösterildiği şekilde olacaktır.

Çizelge 10.1 Tüm yöntemlerin 100 m<sup>2</sup> birim alan için tüm birim maliyetlerinin karşılaştırılması

	Sarfiyat kg/m <sup>2</sup>	Yüzey Miktarı m <sup>2</sup> /saat	İşçilik TL/m <sup>2</sup>	İşçilik TL/saat	Satın alma TL/ton	İmha TL/ton
Grit	40,00	100,00	0,13	12,62	6,25	25,00
Kuru Buz	4,00	22,00	0,22	4,81	62,5	0,00
Kapalı Devre Grit	0,01	172,8	0,03	4,81	78,58	25,00
Su Jeti Raspası	20	140	0,5	6,87	43,48	5,00
Kapalı Devre Su Jeti Raspası	0	140	0,5	6,87	43,48	0,00

Burada en göze çarpan değer, ilk yatırım maliyeti daha yüksek olan kapalı devre raspa ve su jeti raspa sistemlerinin yıpranma payı değerlerinin diğer yöntemlere göre daha efektif olarak ton başı maliyete yansması ve işçilik birim maliyetinin birim alan başına oranı olmaktadır. Ayrıca her ne kadar imha maliyeti geleneksel raspa yöntemi ile aynı olarak belirtilse de kullanılan raspa malzemesinin geri dönüştürülerek tekrar kullanılması sonucu açığa çıkan atık miktarının geleneksel raspa yöntemine göre çok ciddi miktarda düşüklüğü, imha maliyetini en alt seviyelerde tutmaktadır. Aynı avantaj geri dönüşümlü su jeti raspa sisteminde de suyun filtrasyonu sonrası yeniden kullanılması sayesinde oldukça efektif ve çevreci bir çözüm olacağını göstermektedir. Buna ilaveten dikkat çeken bir diğer nokta ise otomasyon sistemi ile kontrol edilen kapalı devre raspa sistemi ile işçilik maliyetleri minimuma indirilmekte olduğu ve süreç verimliliğinin otomasyon kontrolü ile en üst seviyede tutulmakta olduğudur. Bu sayede süreç performansı en üst seviyelerde tutulurken, hata oranı da en düşük seviyelerde tutulabilmekte, böylece hatasız üretim, ilk seferde verimlilik ve toplam süreç maliyeti kalemleri de en uygun değer noktasında sağlanmaktadır.

Şekil 10.1, tüm incelenen yöntemlerin işletme birim maliyet kalemlerini karşılaştırmalı olarak göstermektedir. Bu grafikte görülen birim zamanda elde edilen işlem gören yüzey alanı miktarı yüksek ve aşındırıcı sarfiyatı en düşük olan kapalı devre su jeti sistemi, bu beş yöntem arasında en verimli alternatif olarak görülmektedir.



Şekil 10.1 Raspa yöntemlerinin birim maliyetlerinin karşılaştırılması

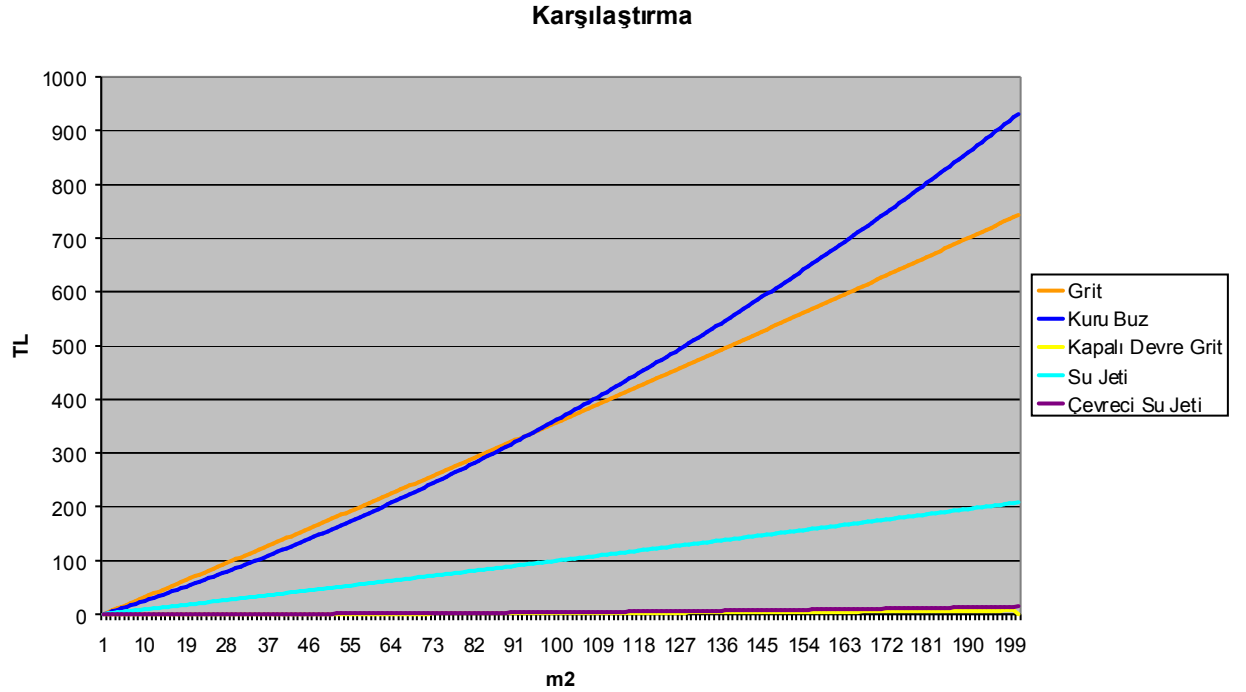
Şekil 10.2’de ise 0–200 m<sup>2</sup> arasındaki yüzeylerde yapılacak olan yüzey temizleme işlemi maliyetleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Burada en belirgin değerlerden biri olan kuru buz raspasının grit raspaya oranla daha uygun olduğu aralık olan 0 – 96 m<sup>2</sup> aralığı belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar sonrası kritik değer olan 96 m<sup>2</sup>’den sonra kuru buzun avantajının ortadan kaybolmaya başladığı görülmüştür. Bunun ana nedeni birim işçilik maliyetleri birbirinden çok farklı olmamasına karşın operasyon süresinin uzunluğundan dolayı toplam işçilik maliyetinin giderek artmasıdır. Ancak bu çalışmalar sırasında kullanılan makine kapasitelerinin yeterli değerlere çıkamaması dolayısıyla uzayan operasyon sürelerinin, uygun donanım ve yüksek kapasiteli kompresör ile uygulandığında bu alanın 96 m<sup>2</sup>’den daha yüksek bir değere rahatça ulaşabileceği öngörülmektedir.

Bunu yanı sıra en önemli maliyeti oluşturan Kuru Buz satın alma maliyeti yerine tesislerde üretilmesi ile önemli bir maliyet avantajı sağlanacaktır. Bu maliyet avantajı yaklaşık olarak satın alma maliyetinin yarı fiyatına karşılık gelmektedir. Yatırım maliyetlerine göre avantajın artırılması amacıyla tersaneler bölgesine ortak bir yatırım ile daha da verimli bir üretim tesisi

kurulabilir.

Ayrıca Kuru Buz Raspası operasyonunun çevre ve insan sağlığına olan olumlu etkileri de göz önünde bulundurulmalı ve mümkün teşvik ve kredilendirme işlemleriyle Kuru Buzun daha ekonomik hale getirilmesi planlanmalıdır. Yurtdışı satın alma maliyeti ile Türkiye satış fiyatı arasında 4–5 kat fark bulunan en temel hammadde sıvı CO<sub>2</sub> için özel şartlar oluşturulmalı, gerekirse tersaneler bölgesi adına toplu ihale alımları veya fiyat teşvikleriyle maliyet azaltılmaya çalışılmalıdır.

Şekil 10.2’de görüldüğü gibi sarf edilen malzemenin geri dönüştürülerek kullanıldığı sistemler bu yöntemler arasında en verimli sistemler olarak karşımıza çıkmaktadır. Burada en önemli husus maliyetlerin en düşük seviyede tutulmasına ilaveten çevreye ve işçilere verilen zararın yok denecek kadar düşük seviyelerde tutulmasıdır.



Şekil 10.2 Toplam maliyetlerin 0-200 m<sup>2</sup> arasında karşılaştırmalı değerlendirilmesi

## 10.2 Toplam Maliyet Karşılaştırması

Elde edilen tüm bu maliyet değerlerinin mevcut alternatif sistemler ile kıyaslandığı grafikler Şekil 10.1 ve 10.2’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Bu sebeple alternatif ve çevreci malzeme kullanımına yönelik yapılan çalışmalara ilaveten yapılacak mevcut yöntemler ile geri dönüştürülebilir kaynak kullanımına uygun yüzey hazırlama yöntemleri oluşturulması, verimlilik ve maliyet açısından olduğu kadar çevreye

duyarlı ve ekonomik çözümler olarak karşımıza çıkmaktadır.

### 10.3 Geleneksel ve Önerilen Sistemlerin Karşılaştırılması

Bu çalışma boyunca incelenen tüm aşındırıcı yüzey hazırlama yöntemlerinin yatırım, yıpranma payı ve işletme maliyetleri karşılaştırıldığında aşağıdaki çizelge elde edilir.

Çizelge 10.2 İncelenen sistemlerin maliyet karşılaştırma tablosu

	<b>Yatırım Maliyeti</b>	<b>İşletme Maliyeti</b>	<b>Amortisman Bedeli</b>	<b>Faiz Bedeli</b>	<b>Toplam İşletme Maliyeti</b>
	<b>TL</b>	<b>TL/saat</b>	<b>TL/saat</b>	<b>TL/saat</b>	<b>TL/saat</b>
<b>Grit raspa</b>	13.000	360,70	1,53	0,33	362,56
<b>Kuru buz raspası</b>	200.000	81,39	23,53	5,00	109,92
<b>Kapalı devre çelik raspası</b>	300.000	169,37	35,29	7,50	212,16
<b>Su jeti raspası</b>	420.000	25,56	49,41	10,50	85,47
<b>Çevreci kapalı devre su raspası</b>	450.000	20,56	52,94	11,76	85,26

Bu çizelgede görüldüğü üzere en çok tercih edilen ve en düşük yatırım maliyetine sahip olan grit raspaya oranla çevreci sistemlerin yatırım maliyetlerinin oldukça yüksek olmasına rağmen, 5 yıllık bir yıpranma payı süresi kapsamında yapılan yatırım ve işletme maliyetlerinin toplamını göz önüne alan bu çalışmada birim saat başı maliyetin alternatif sistemlerde geleneksel raspaya oranla daha düşük olduğu ancak asıl avantajın kullanılan raspa malzemesinin geri dönüşüm ve tekrar kullanımı ile birlikte daha düşük maliyetli ve hem ekonomik hem de ekolojik olarak çok daha avantajlı bir sonuç alınabileceği görülmüştür.



## 11. SONUÇ

Gemi inşa endüstrisi, pek çok üretim sürecini bünyesinde bulunduran ağır metal sanayisi olarak değerlendirilmesi gereken bir üretim alanıdır. Gerek yeni gemi inşaatı, gerek mevcut gemilerin bakım, onarım ve yenilenmesi operasyonları tersanelerde bulunan yüzer havuzlar veya kuru havuzlarda yapılmaktadır. Bu işlemler sırasında üretim süreçlerinin sonucunda açığa çıkan katı, sıvı ve gaz formundaki atıklar azımsanamayacak kadar çok miktarlarda olmaktadır. Bu atıkların çevre ve insan sağlığına olan etki ve riskleri göz önüne alındığında bir takım koruyucu ve önleyici önlemin alınmaması gerekliliği ön plana çıkmaktadır.

Tersanelerdeki üretim süreçleri ve sonrasında ortaya çıkan atıklar incelendiğinde en başta gelen imalat aşamaları olarak boya, raspa ve kaynak işlemleri çıkmaktadır. Bu işlemler sonrası açığa çıkan atıkların toplanması, ayrıştırılması, yeniden kazanım, geri dönüşüm ve tekrar kullanım ihtimallerinin değerlendirilmesi ve atıkların kontrol altında imha edilmesi süreçleri oldukça zaman, işgücü ve maliyet gerektiren operasyonlardır. Bunların yerine atığı oluşmadan kaynağında azaltmayı sağlayabilecek alternatif üretim yöntemlerinin sektörel kullanımlarının arttırılması ve teşvik edilmesi çok daha verimli ve çevreci bir yaklaşım olacaktır.

Bu konuda yapılan çalışmada, geleneksel raspa yöntemleri ile kullanılan aşındırıcı malzemelerin tanımlanmış, yapıları ve kullanımları sonucu açığa çıkan atıklar ve neden olabilecekleri olası hastalık ve zararları özetlenmiştir. Daha sonra, bu üretim yöntemlerine alternatif olabilecek, dünya gemi inşa endüstrisinin de hızla tercih etmeye başladığı ve günden güne yaygınlaşan farklı aşındırıcı malzemeler ve olası imalat süreçleri incelenmiştir.

Bu alternatif yöntemler arasında, kuru buz (karbondioksit) raspasının çalışma prensipleri, aşındırıcı malzemenin üretilmesi, maliyetlendirilmesi ve geleneksel raspaya göre avantajları belirtilmiştir. Dünyadaki değişik sektörlerde kullanım alanları belirtilerek daha farklı endüstriler içinde örnek olması amaçlanmıştır.

Kuru buz olarak adlandırılan dondurulmuş karbondioksit taneciklerinin basınçlı bir gaz vasıtasıyla istenilen yüzeye püskürtülmesi prensibiyle çalışan bu üretim yönteminin sonrasında açığa çıkan ve atmosferde de mevcut olan karbondioksit gazı hiçbir temizlik veya ayrıştırma gerektirmeden ve herhangi bir atık veya su kalıntısı bırakmadan buharlaşmaktadır. Böylece temizlenen yüzeyde herhangi bir son işleme veya ilave temizliğe gerek kalmamaktadır. Yüzeye çarpma hızı ve malzemenin sertliğinin yüzeye zarar vermeyecek kadar düşük olması da kullanılan yöntemin bir diğer avantajıdır.

Geleneksel yöntemlere oranla daha düşük bir verimlilik tablosu sergileyen kuru buz raspasının, çevre ve insan sağlığına olan olumlu etkileri nedeniyle tercih edilmesi önerilmekte, ancak işletme ve yatırım maliyetlerinden ötürü tersane işletmecileri ve armatörler tarafından kullanımı tercih edilmemektedir. Bu konuda yurt dışındaki örnekler incelenmiş ve Avrupa'daki ülkelerde görülen devlet teşvikleri ile desteklenmesi fikri ortaya çıkmıştır. Kullanımı ile işçi sağlığını ve çevresel etkilerini en üst düzeye çıkaran bu yöntemin kullanılmasının desteklenmesi konusunda gerekli düzenlemeler ve sektörel teşvikler verilmelidir.

Önerilen bir diğer alternatif olan su jeti raspa, kullanım kolaylığı ve performansı ile grit raspa benzeri bir performans sergilemesi sayesinde tüm dünyada yüzey hazırlama yöntemi olarak tercih edilmeye başlanmaktadır. Yapılan çalışmada yatırım ve işletme maliyetleri birim alanda incelenmiş, grit ve kuru buz raspa ile kıyaslanarak harcanan aşındırıcı miktarları ve süreç sonunda açığa çıkan atık miktarları karşılaştırılmıştır.

Su jeti raspasının temelinde kullanılacak olan suyun bir motor yardımıyla tahrik edilen pompa vasıtasıyla yüksek basınçlı bir şekilde sistem içerisinde nozüle yönlendirilerek basıncın maksimum olduğu değerlere ulaşılması ve bu basınçlı su ile yüzeyin temizlenmesi olarak özetlenebilir. Burada kullanılan suya katılmak istenen herhangi bir aşındırıcı olması durumunda nozül tasarımı değişmekte ve aşındırıcı pompa ile basınçlandırılan suyun nozüle girişini takiben suya karıştırılarak püskürtülmektedir. Bu sayede yüzeyde oluşan her türlü birikim ve boya temizlenebilmekte ve yüzey yeniden boyanmak üzere hazırlanabilmektedir.

Gerek su jeti raspa gerekse de yeniden kullanılabilir aşındırıcıların kullanımındaki bir diğer en önemli etken ise aşındırıcının atıktan ayrıştırılarak yeniden sisteme kazandırılmasıdır. Burada dikkat edilmesi gereken noktaların başında, kullanılmış aşındırıcı malzemenin içerdiği boya atıkları, çözücüler ve kirleticiler gibi atıkların kimyasal atık sınıfında değerlendirilerek imha sürecine maruz bırakılması gerekliliğidir. Bu sebeple atığın uygulama alanından toplanarak raspa malzemesinden ayrıştırılması sonrası aşındırıcıların tekrar kullanılması süreci oldukça zahmetli ve zaman gerektiren bir adım olmaktadır. Ayrıca süreç sonrasında savrulan aşındırıcı veya atık suyun toplanabilme performansı da dikkat çekilmesi gereken önemli bir sorun teşkil etmektedir.

Bu sorunların üzerine eğildiğimiz zaman ortaya raspa sürecinin kapalı bir çevrim içerisinde yapılması durumunun gerekliliği ve güvenliliği ortaya çıkmaktadır. Kapalı sistem ile yapılacak bir raspa süreci sırasında oluşacak atığın toplanması, ayrıştırılması ve yeniden

kullanılması gibi avantajların yanı sıra koruyucu donanım ile çalışan bir operatör yerine eleman kullanımı ile sürecin işletilebilmesi, süreç sırasında açığa çıkan VOC ve HAP gibi uçucu kirleticilerin ortama yayılmasının engellenmesi ve sürecin kapalı bir yapıda sürdürülmesi sayesinde oluşabilecek iş kazalarının minimum seviyelere indirilmesi ile işçi sağlığı ve güvenliği en üst seviyede sağlanacaktır.

Bu çalışma süresince kapalı bir raspa sisteminin ihtiyaçlara göre belirlenmesi, planlanması ve en uygun çalışma parametrelerinin değerlendirilmesi ile verimin en üst seviyede tutulması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında belirtilen yatırım maliyetleri, işletme maliyetler ve atık miktarları hesaplanmış ve daha az atık miktarı ve daha düşük maliyet ile sistemin çalışması için gerekli parametreler incelenmiş ve sonuçlar grit ve kuru buz raspası ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Gemi inşa sektöründe pek tercih edilmeyen su jeti raspası ile yüzey temizleme yönteminin kullanımı sonrası ortaya çıkan yüksek miktarda kirli atık suyun denize ve çevreye karışmasının engellenerek özenle toplanması ve arıtma tesislerine gönderilmesi gerekmektedir. İçerdiği metalik kirleticiler ve kimyasal maddeler nedeniyle kimyasal atık sınıfında değerlendirilen atık suların toplanması, korunması ve arıtılması maliyet olarak su jeti raspasının avantajlarını gölgede bırakmaktadır.

Bu durumun düzeltilmesi, atık miktarının azaltılması ve su jeti raspasının kullanımının arttırılabilmesi amacıyla aynı çalışmanın su jeti sistemi içinde yapılabilişliğinin kapalı devre bir su jeti raspası sistemi planlaması yapılmıştır. Burada amaç kullanılan atık suyun bir drenaj sistemi ile toplanarak filtrelerden geçirilmesi sonrası su tankına geri kazandırılması ve yeniden raspa işleminde kullanılması prensibine dayalı bir alternatif yüzey hazırlama yöntemi sunulmuştur. Bu sayede ortaya çıkan atık su miktarı minimum seviyede tutularak ekolojik koruma sağlanacaktır. Çalışma boyunca elde edilen yatırım, maliyet ve atık miktarları diğer alternatif yöntemler ve açık çevrim su jeti raspası ile karşılaştırılarak avantajları ön plana çıkartılmıştır.

Tüm bu çalışmalar sonucunda elde edilen sonuç, alternatif malzemeler ile daha ekonomik ve daha az atık oluşumuna yol açan, daha çevreci, işçi sağlığı ve çevrenin korunmasına yardımcı olan yöntemlerin mevcut olduğudur. Bu yöntemlerin kullanımı için gerekli incelemeler detaylandırılarak en uygun kullanım alanları ve yöntemleri belirlenmelidir. Ayrıca elde edilen sonuçlar incelendiğinde, çevresel zararların en aza indirilmesi için gerekli en önemli adımın atığı kaynağında azaltmak ve atık oluşumunu önleyerek temizleme, depolama ve imha

maliyeti gibi oldukça önemli kalemlerin en düşük seviyeye çekilmesi ile gemi inşa sektöründe kullanılması için avantajlarının altının çizilmesi gerekmektedir.

Gemi inşa sektöründe yapılacak bir teşvik ve destek paketi kapsamında oluşacak projelerin yurt dışı pazarlama aşamalarında, birçok Avrupa kökenli firmanın aradığı “çevreci tersane” unvanı ile diğer ülke pazarlarına göre sağlanacak olan avantajı değerlendirerek yakın zamanda zorunlu olacak yasal gereksinimlerin önceden karşılanması sağlanacaktır. Uzun dönemde yapılacak bu hazırlık ve geçişler, zorunluluk döneminde ortaya çıkabilecek temin sorunu, zaman kısıtları, müşteri siparişlerinin iptali gibi beklenen problemlerden arınmış ve planlı bir şekilde uygulanmış olabilecektir.

“Avrupa Birliği” uyum yasaları kapsamında değerlendirilmesi başlayacak olan “Çevre Komisyonu” faaliyetlerinde ön plana çıkacak olan bu endüstriyel kirlilik ve çalışanların sağlık problemleri, bu sayede kolaylıkla hafifletilebilecek ve gerekli normlar alternatif çevreci üretim yöntemlerinin kullanımının teşvik edilmesiyle rahatlıkla sağlanacaktır.

**KAYNAKLAR**

- Akanlar, F.T. ve Celebi, U.B., (2007), "LeaderSHIP 2015", Gemi ve Deniz Teknolojisi, 171, 19-33, 2007.
- Akanlar, F.T., Celebi, U.B. ve Vardar, N., (2007a), "Exposure of Hazardous Pollutants on Shipyard Workers in Tuzla Bay, Istanbul", Mediterranean Scientific Association Environmental Protection (MESAEP 2007), Seville, Spain, 10-14 October, 2007, ISBN 978-84-8474-214-2.
- Akanlar, F.T., Celebi, U.B. ve Vardar, N., (2007b), "Alternative Production Ways to Reduce Waste and Pollutants of Processes in Turkish Shipyards", Mediterranean Scientific Association Environmental Protection (MESAEP 2007), Seville, Spain, 10-14 October, 2007, ISBN 978-84-8474-214-2.
- Akanlar, F.T., Celebi, U.B. ve Vardar, N., (2009a), "Alternative Production Processes and New Technologies for Human and Environmentally Responsive Shipyards", International Maritime Association Meeting (IMAM 2009), 13 November 2009, Istanbul, Turkey.
- Akanlar, F.T., Celebi, U.B. ve Vardar, N., (2009b), "Dry Ice Blasting Applications in Turkish Shipyards", Mediterranean Scientific Association Environmental Protection (MESAEP 2009), Bari, Italy, 7-11 October, 2009, ISBN 978-3-936175-12-7.
- Akanlar, F.T., Celebi, U.B. ve Vardar, N., (2009c), "The Importance of Wastewater treatment in Shipbuilding Industry", Global Conference on Global Warming (GCGW 2009), 5-9- July 2009, Istanbul, Turkey, ISBN, 978-605-89885-1-4.
- Akanlar, F.T., Celebi, U.B. ve Vardar, N., (2009d), "Cost and Benefit Analysis of Dry Ice Blasting for Environmental Friendly Shipyards", Global Conference on Global Warming (GCGW 2009), 5-9- July 2009, Istanbul, Turkey, ISBN, 978-605-89885-1-4.
- Akanlar, F.T., Celebi, U.B. ve Vardar, N., (2009e), "Waste Reduction Methods for Shipyards: Dry Ice Blasting", International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE 2009), 21-26 July 2009, Mykonos, Greece, ISBN 978-960-6865-08-4.
- Akanlar, F.T., Celebi, U.B. ve Vardar, N., (2009f), "New Automated Technologies on Environmentally Sensitive Shipyards", International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE 2009), 21-26 July 2009, Mykonos, Greece, ISBN 978-960-6865-08-4.
- Austin, D., Benze, R., ve Kura, B., (2002), "Recent Advances in Closed Loop Abrasive Blasting," Ship Production Symposium, Boston, MA, September, 2002.
- Bek, N., (2002), "Kuılamada Maliyet Analizleri". Yüzey İşleme ve Kuılama Dergisi, Sayı 2, pp: 32-33.
- Bek, N., (2009), "Etkin Temizlik için Aşındırıcı Seçimi". Yüzey İşleme ve Kuılama Dergisi, Sayı 10, pp. 28-31.
- Candan, E., (2001), "Metalurjik Curuıların Yüzey Temizleme İşleminde Grit Olarak Kullanımı", T.M.M.O.B. Metalurji Mühendisleri Odası, METalurji 2001/126, pp. 22-25

- Chen, F.L., Siores, E., Patel, K. ve Momber, A.W., (2002), "Minimising Particle Contamination at Abrasive Waterjet Machined Surfaces by a Nozzle Oscillation Technique". *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, Issue 42, pp:1385–1390
- Çelebi, U.B. ve Vardar, N., (2006), *Wastes and Pollutant Sources Resulted from Shipbuilding Industry in Turkey*. Ovidius University Annual Scientific Journal, Mechanical Engineering Series 8(1): 24-30
- Çelebi, U.B., Akanlar, F.T. ve Vardar, N., (2008a), *Tersane Üretim Proseslerinin İşçi Sağlığı Üzerine Etkileri*, Gemi İnşaatı ve Deniz Teknolojileri Teknik Kongresi, 24-25 Kasım 2008, İstanbul, Bildiriler Kitabı, Cilt 2, sf. 262-269.
- Çelebi, U.B., Akanlar, F.T. ve Vardar, N., (2008b), "Multimedia Pollutant Sources, Their Effects to Environment and Waste Management Practice in Turkish Shipyards". *Proceedings of the Global Conference on Global Warming-2008 (GCGW-08) 6-10 July 2008, Istanbul, Turkey*, 503-513
- Çelebi, U.B., (2008), "Gemi İnşaatında Atıklar ve Boya Emisyon Tahmini", Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, FBE, İstanbul.
- Elbing, F., Anagreh, N., Dorn, L. ve Uhlmann, E., (2003), "Dry ice blasting as pretreatment of aluminum surfaces to improve the adhesive strength of aluminum bonding joints", *International Journal of Adhesion & Adhesives* 23: 69–79
- EPA Office of Compliance Sector Notebook Project: Profile of the Shipbuilding and Repair Industry, (1997), EPA/310-R-97-008
- Fletcher L E. ve Lewis J A., 1999, "Regulation of Shipyard Discharges in Australia and the Potential of UV Oxidation for TBT Degradation in Washdown Waste Water 1999", *Treatment of Regulated Discharges from Shipyards and Drydocks Proceedings of the Special Sessions Oceans '99*, Washington , 4: 27-36 ISBN No. 0-933957-24-6,
- Flynn, M.R. ve Susi, A., (2004). "Review of Engineering Control Technology for Exposures Generated during Abrasive Blasting Operations", *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 1: 680–687
- Foster, R.W., 2005, *Carbon Dioxide (Dry-Ice) Blasting*, Chapter 2.9.5., pp.161-167
- Fox T J., Beacham T., Schafran G.C., ve Champ M.A., 1999, "Advanced Technologies for Removing TBT from Ship Washdown and Drydock Runoff Wastewaters 1999", *Treatment of Regulated Discharges from Shipyards and Drydocks Proceedings of the Special Sessions Oceans '99*, Washington, Volume No. (4), 62-71 ISBN No. 0-933957-24-6,
- Gorrill, L. E., (1996), "Material safety data sheet, Emerald Creek garnet abrasive grains and powders". Fernwood, ID: Emerald Creek Garnet Co.
- Gould, J.R. ve Wilson, B., (2003), "Literature Review: Abrasive Blast Media" the Waste and Resources Action Programme
- Gören, Ö. ve Barlas, B., (2006), "DPT IX. Kalkınma Planı (2007-2013) Gemi İnşaa Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu"
- Hansel, D., (2000), "Abrasive Blasting Systems. *Metal Finishing*, 98(6): 26-42

- Hubbs, A. F., Minhas, N. S., Jones, W., Greskevitch, M., Battelli, L. A., Porter, D. W., Goldsmith, W. T., Frazer, D., Landsittel, D. P., Ma, J. Y., Barger, M., Hill, K., Schwegler-Berry, D., Robinson, V.A. ve Castranova, V., (2001), Comparative pulmonary toxicity of 6 abrasive blasting agents. *Toxicol. Sci.* 61: 135–143.
- Hubbs, A., Greskevitch, M., Kuempell, E., Suarez, F. ve Toraason, M., (2005), “Abrasive Blasting Agents: Designing Studies to Evaluate Relative Risk”. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 68:999–1016.
- Huffmann, L., 2005, “It’s a Niche, Natch: A Review of Specialty Abrasives for Cleaning and Surface Preparation”, *JPCL*, August 2005, pp.21-29.
- Huvinen, M., Makitie, A., Jarventaus, H., Wolff, H., Stjernvall, T., Hovi, A., Hirvonen, A., Ranta, R., Nurminen, M. ve Norppa, H., (2002), “Nasal Cell Micronuclei, Cytology and Clinical Symptoms in Stainless Steel Production Workers Exposed to Chromium”. *Mutagenesis* 17(5): 425–429.
- Iborra, A., Alvarez, B., Ortiz, F., Marin, F., Fernandez, C. ve Fernandez-Merono, J.M., (2001), “Service Robot for Hull Blasting”, *Universidad Politecnica de Cartagena*.
- International Agency for Research on Cancer, (1997), “Silica, Some Silicates, Coal Dust and Para-aramid Fibrils”. *IARC Monogr. Eval. Carcinogen. Risks Hum.* 68.
- Kinsey, J. S., Schliesser, S., Murowchick, P. ve Cowherd, C., (1995), “Development Of Particulate Emission Factors For Uncontrolled Abrasive Blasting Operations”, EPA Contract No. 68-D2-0159, Midwest Research Institute, Kansas City, MO, February.
- Kura, B., Lea, W.R., Knecht, A. ve 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, the Society of Naval Architects and Marine Engineers, February 14-16, 1996.
- Kura, B., Knecht, A., McManis, K. ve Lea, W.R., (1996b), “Comparison of Japanese and U.S. Environmental Regulations Impacting Shipbuilding”, *Ship Production Symposium*, San Diego, California, February 14-16.
- 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, June 24-28, 1996.
- Kura, B. ve Mookoni, P., (1997), "Hexavalent Chromium Exposure Levels Resulting from Shipyard Welding," Proceedings of the 1997 Ship Production Symposium, New Orleans, LA, the Society of Naval Architects and Marine Engineers, April 21, 1997.
- Kura, B., Lacoste, S. ve Patibanda, P., (1998), "Multimedia Pollutant Emissions from Shipbuilding Facilities," United States and Japan Natural Resources (UJNR) Conference, Washington, D.C., 1998.
- Kura, B., Tadimalla, R. ve Saha, S. (1998), "Wastewater from Shipyards - Characterization, Minimization, and Treatment," Proceedings of the Water Environment Federation, 1998.
- Kura, B., (1998a), “Evaluation of Cr(VI) Exposure Levels in the Shipbuilding Industry”, Final Report, GCRMTC.

- Kura, B., (1998b), "Air Quality Regulations Applicable to Shipyards and Boatyards in the Mid-Atlantic and the Gulf-Coast States," MISSTAP, Biloxi, MS, 1998
- Kura, B., Lea, R., Knecht, A. ve McManis, K., (1998), "Risk Analysis of the TRI Emissions from the Shipbuilding, Repair, and Maintenance Industry," *Journal of Ship Production*, pp. 27–32, February 1998.
- Kura, B. ve Mookoni, P., (1998a)."Maximum Achievable Control Technology: What a Shipbuilder Should Know for Environmental Compliance," *Journal of Ship Production*, Volume 14, Number 4, pp. 255-265, November 1998.
- Kura, B. ve Mookoni, P., (1998b), "Hexavalent Chromium Exposure Levels Resulting from Shipyard Welding," *Journal of Ship Production*, November 1998., pp. 246-254,
- Kura, B. ve Tadimalla, R., (1998), "Pollution Prevention Technologies for Shipyards," United States Japan Natural Resources (UJNR) Conference, Washington, D.C., 1998.
- Kura, B., Wisbith, S.A., Stone, R. ve Judy, T. (1999), "Metal Cutting Operations: Emission Factors for Particulates, Metals, and Metal Ions," *the Emission Inventory: Regional Strategies for the Future - Proceedings*, Raleigh, North Carolina, October 26-28, 1999
- Kura, B. ve Tadimalla, R., (1999a), "Minimization and Treatment of Shipyard Wastewater," *Proceedings: Oceans 99*, Seattle, Washington, September 15, 1999.
- Kura, B. ve Tadimalla, R. (1999b), "Characterization of Shipyard Wastewater Streams," *Proceedings: Oceans 99*, Seattle, Washington, September 14, 1999.
- Kura, B., Judy, T., Wisbith, S.A. ve Stone, R. (2000), "Assessment of Air Emissions from Shipyard Cutting Processes," United States and Japan Natural Resources (UJNR) Conference, Tokyo, Japan, May 17-18, 2000.
- Kura, B., (2000), "A Computer Model for Life Cycle Costing and Assessment of Shipyard Blasting and Painting" Gulf Coast Region Maritime Technology Center
- Kura, B. (2002), "A Decision Support System for Shipyard Environmental Management," *International Conference on Computer Applications in Shipbuilding (ICCAS-2002)*, Malmo, Sweden, September, 2002.
- Kura, B. ve Kura, K., (2006a), "VOC-HAP Compliance Management System for Shipyard Painting Operation". 5th International Conference on Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries, 116-126
- Kura, B. ve Kura, K., (2006b), "Automated Discharge Monitoring Report System for Shipyard Compliance with the Clean Water Act", 5th International Conference on Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries *Proceedings of Compit '06*, 103-116
- Külekcı, M.K., (2002), "Processes and Apparatus Developments in Industrial Waterjet Applications". *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 42: 1297–1306
- Lee G.F. ve Lee, A.J., 1999, "Assessing the Degree of Appropriate Treatment of Shipyard and Drydock Wastewater Discharges and Stormwater Runoff 1999", *Treatment of Regulated Discharges from Shipyards and Drydocks Proceedings of the Special Sessions Oceans '99*, Washington, 4: 51-62, ISBN No. 0-933957-24-6.



Mabrouki, T. ve Raisi, K., (2002), "Stripping Process Modelling: Interaction Between a Moving Waterjet and Coated Target". *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 42: 1247–1258

MacKay, G.R., Stettler, L.E., Kommineni, C. ve Donaldson H.J. (1980), "Fibrogenic Potential of Slags Used as Substitutes for Sand in Abrasive Blasting Operations". *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 41(11):836–842

Momber A.W., Wong, Y.C., Ij, R. ve Budidharma, E., (2002), "Hydrodynamic profiling and Grit Blasting of low-carbon steel surfaces". *Tribology International* 35: 271-281.

MSP, (2006), "Full Scale Operational Trials involving the use of Recycled Glass as a Blasting Medium in the Marine Sector" Project code: GLA44–017 Final Report Date (Published) March 2006 ISBN No: 1-84405-2567

Miller, F., (1999), "Using Ground Recycled Glass in Abrasive Blasting to Reduce Shipyard Contamination", *Treatment of Regulated Discharges from Shipyards and Drydocks Proceedings of the Special Sessions Oceans '99*, Washington, Volume No. (4), 91-93 ISBN No. 0-933957-24-6

NIOSH (1974), "Criteria for a recommended standard: occupational exposure to crystalline silica". Washington, DC: U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service, Center for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, DHEW Publication No. (NIOSH) 75–120, pp. 54- 55, 60–61.

NIOSH, (2001), "Substitute Materials for Silica Sand in Abrasive Blasting. NIOSH Hazard Control". DHHS, CDC (NIOSH) Publication No. 2002–100

NIOSH, (2002), "Nomination of Welding Fumes for Toxicity Studies", National Institute for Occupational Safety and Health February 20, 2002 FL, 45 pages.

OSHA, (2006), "Abrasive Blasting Hazards in Shipyard Employment", U.S. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration Directorate of Standards and Guidance Office of Maritime an OSHA Guidance Document December 2006

Paumanok, (1992), "The U.S. market for blasting abrasives 1992–1997 Analysis" Paumanok Publications, Inc. Shoreham, NY

Porter, D.W., Ramsey, D., Hubbs, A.F., Battelli, L., Ma, J., Barger, M., Landsittel, D., Robinson, V.A., McLaurin, J., Khan, A., Jones, W., Teass, A. ve Castranova, V., (2001), "Time Course of Pulmonary Response of Rats to Inhalation of Crystalline Silica: Histological Results and Biochemical Indices of Damage, Lipidosis, and Fibrosis" *Journal of Environ Path Toxicol Oncol* 20 (Suppl 1):1-14

Putnam, M., (1999), "Real Time Copper Measurement (Of US Navy Dry Dock Effluent) 1999", *Treatment of Regulated Discharges from Shipyards and Drydocks Proceedings of the Special Sessions Oceans '99*, Washington, Volume No. (4), 37-39 ISBN No. 0-933957-24-6,

Salome, F. ve Morris, H., (1996), "Occupational Exposures and Hazardous Wastes from Abrasive Blast Cleaning", 13th International Corrosion Conference Towards Corrosion Prevention, Melbourne, November

Schmid, (2005), "Evolution of UHP Waterjetting Equipment, Surface Preparation Process Found to Yield Higher Productivity Than Gritblasting". *Organic Finishing*, November 2005, pp: 41–60.

- Spur, G., Uhlmann, E. ve Elbing, F., (1999), "Dry ice blasting for cleaning: process, optimization and application". *Wear* 233–235\_1999.402–411
- SSA (Shipbuilders and Ship repairers Association), (2006), "Full Scale Operational Trials involving the use of Recycled Glass as a Blasting Medium in the Marine Sector" Project code: GLA44-017 Final Report Date (Published) March ISBN No: 1-84405-2567
- Sowell, D.A., (1998), "Hazardous Waste Minimization of Abrasive Blast Media: Addressing Corrosion Control and Environmental Risks," *JAPCA*, 38(8), August, 1048-1050
- Stratford, S., (2000), "Dry Ice Blasting for Paint Stripping and Surface Preparation". *Metal Finishing*, 98, 493-499
- Stettler, L. E., Groth, D. H., Platek, S.F. ve Donaldson, H. M., (1983) "Fibrogenic effects and chemical characterization of coal and mineral slags used as sand substitutes". In *Health issues related to metal and nonmetallic mining*, eds. W. L. Wagner, W. N. Rom, and J. A. Merchant, pp. 135–160, Boston: Butterworth.
- Townsend, T. ve Carlson, J., (1997), "Disposal and Reuse Options for Used Sandblasting Grit" Report #97-8, Florida Center for Solid and Hazardous Waste Management, Gainesville,
- Uhlmann E. ve Krieg M., (2005), "Shot Peening with Dry Ice", 9th International Conference on Shot Peening: ICSP96, 9 September 2005, Paris Marne la Vallée
- Uhlmann, E., Hollan, R., Veit, R. ve Mernissi, A.E., (2006), "Laser Assisted Dry Ice Blasting Approach for Surface Cleaning", LCE2006 13th CIRP International Conference on a Life Cycle Engineering Proceedings 471-476.
- Urweider, N., (2006), *Casting Plant & Technology Magazine*, January 2006 pp. 58-61
- USEPA AP-42, (1994), "Development of Particulate and Hazardous Emission Factors for Electric Arc Welding (AP-42, Section 12.19) Revised Final Report", 68-D2-0159
- USEPA AP-42, (1997), "Emission Factor Documentation for AP-42 Section 13.2.6 Abrasive Blasting Final Report" EPA Contract 68-D2-0159 1997
- USEPA, (1997), "Profile of the Shipbuilding and Repair Industry", Office of Compliance Sector Notebook Project, Washington, USA. EPA/310-R-97-008
- USEPA, AP-42, (2001), "Preferred and Alternative Methods for Estimating Air Emissions from Surface Coating Operations", July 2001, 2(7).
- Vardar, N., (2004), "Pollutant sources in the shipbuilding and repair industry, *Ship Building*
- Weston, T. L., Aronson, K. J., Siemiatycki, J., Howe, G. R. ve Nadon, L., (2000), "Cancer mortality among males in relation to exposures assessed through a job-exposure matrix". *Int. J. Occup. Environ. Health* 6:194–202.
- Woodward, M.J. ve Judson, R.S., (1987), "The development of a High Production Abrasive Water JET Nozzle System", - 4 th American Waterjet Conference
- Zachary, F. ve Jacobs, P.E., (1995), "Characterizing Shipyard Welding Emissions and Associated Control Options The national Shipbuilding Research Program" August NSRP 0457, Naval surface Warfare Center
- Zafar, A., (1998), "Recycle and Reuse of Spent Blast Residue from Ship Building Industry into Concrete", MSc Thesis, University of South Alabama, UMI number 1389910

NSRP, (1999), "Shipyard Welding Emission Factor Development", The National Shipbuilding Research Program (NSRP) September 1, 1999 NSRP 0574 N1-98-2

#### **INTERNET KAYNAKLARI**

- [1] <http://www.nortonsandblasting.com>
- [2] <http://www.atikyonetimi.net>
- [3] <http://ww.epa.org>
- [4] <http://www.gisbir.org>
- [5] [http://www.oxfordjournals.org/tropej/online/ma\\_chap2.pdf](http://www.oxfordjournals.org/tropej/online/ma_chap2.pdf)
- [6] <http://www.dryiceinfo.com/history.htm>
- [7] <http://www.wisegeek.com/what-are-some-uses-for-dry-ice.htm>
- [8] [http://en.wikipedia.org/wiki/Dry\\_ice](http://en.wikipedia.org/wiki/Dry_ice)

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi	23.04.1977	
Doğum yeri	Antalya	
Lise	1992-1995	Suadiye Lisesi
Lisans	1995-1999	Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Gemi İnşaatı Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2000-2003	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı Mühendisliği Anabilim Dalı
Doktora	2003-2010	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı Mühendisliği Anabilim Dalı

**Çalıştığı kurumlar**

2000-2005	Ford Otomotiv San. Ve Tic
2006-2007	TI Automotive
2007-Devam ediyor	Red Bull Gıda Dağıtım ve Paz.Tic.Ltd.Şti.