

CAM VE CAM ÜRÜNLERİ İMALATI

KAYNAK VERİMLİLİĞİ REHBERİ

ANKARA, 2019

Türkiye Cumhuriyeti
SANAYİ VE TEKNOLOJİ BAKANLIĞI

TÜBİTAK MAM

YAYIN NO: e-13

CAM VE CAM ÜRÜNLERİ İMALATI
KAYNAK VERİMLİLİĞİ REHBERİ

Yayın No: e-13
Sanayide Kaynak Verimliliği Rehberi-6

Temmuz 2019

Bu yayına ait her türlü çıktının fikri ve sınai mülkiyet hakları T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'na aittir.

YAYINA HAZIRLAYANLAR

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Ekibi

Adı Soyadı	Çalıştığı Kurum	E-Posta Adresi	Projedeki Sorumluluğu
Dr. Sönmez DAĞLI	Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü	Sonmez.Dagli@tubitak.gov.tr	Proje Yöneticisi
Tuba BUDAK DUHBACI	Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü	Tuba.Budak@tubitak.gov.tr	Proje Yönetici Yrd.
Dr. Emrah ŞIK	Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü	Emrah.S@tubitak.gov.tr	Proje Yönetici Yrd.
Dr. Şeyma KARAHAN	Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü	seyma.karahan@tubitak.gov.tr	Sektör Sorumlusu

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Sanayi ve Verimlilik Genel Müdürlüğü Ekibi

Belçim Aytekin KESKİN | Deniz KOÇ | Murat EVREN | Dr. Mustafa Kemal AKGÜL

Danışman

Adı Soyadı	Çalıştığı Kurum	Projedeki Sorumluluğu
Dilek BOLCAN	Şişecam A.Ş.	Danışman

Bu rehber, Verimlilik Stratejisi Eylem Planı (2015-2018) kapsamında T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Sanayi ve Verimlilik Genel Müdürlüğü sorumluluğunda, imalat sanayiinde sürdürülebilir üretim teknolojilerinin yaygınlaştırılması için sektörler bazında rehber dokümanlar hazırlanması gereksinimlerinin kısmen yerine getirilmesi için sunulmuştur.

ISBN

978-605-7887-01-6

Mavi Kare Reklamcılık ve Tan. Hiz. Ltd. Şti.

Naci Kasım Sk. Hüseyin Özer İş Merkezi No:3/1 Mecidiyeköy Şişli-İSTANBUL

Hatırlatma

Bu rehberin içeriği, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, resmi görüşünü yansıtmamaktadır. Rapordaki bilgi ve görüşlerin sorumluluğu TÜBİTAK-MAM'a aittir. Bu raporlardaki verilere uyulmaksızın üretilecek ürünlerden TÜBİTAK MAM sorumlu değildir. Bu rapor kurumdan izin alınmadan reklam amaçlı kullanılamaz.

CAM VE CAM ÜRÜNLERİ İMALATI
KAYNAK VERİMLİLİĞİ REHBERİ

2019

Türkiye Cumhuriyeti
SANAYİ VE TEKNOLOJİ BAKANLIĞI

TÜBİTAK
MAM



ÖNSÖZ

ÖNSÖZ

İşletme kârlılığı ve çevre üzerindeki olumlu etkilerinin daha bilinir hale gelmesi ile sanayide sürdürülebilirlik ve kaynak verimliliği konularındaki çalışmaların önemi daha da belirginleşmiştir. Bu gelişmenin doğal bir sonucu olarak, işletmelerin kâr ve büyüme odaklı geleneksel bakış açısı yerini tüm iş süreçlerinde sürdürülebilirliğin göz önünde bulundurulduğu bir yaklaşıma bırakmaktadır. Söz konusu dönüşümde, yasal düzenlemeler, çevresel sorunlarla ilgili farkındalığın toplum düzeyinde artması, müşteri tercihlerindeki değişiklikler ve dış ticaret engelleri gibi etmenler de şüphesiz büyük rol oynamaktadır. Kaynak verimliliği bazlı çalışmalar, kurumsal firmalar başta olmak üzere tüm sanayi sektörlerinde yaygınlaşmaktadır. Sektördeki gelişmelere paralel olarak, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından "sanayinin verimlilik temelli yapısal dönüşümünü hızlandırmak" temel amacı ile hazırlanan Verimlilik Stratejisi ve Eylem Planı 2015-2018 (VSEP) kapsamında, konu ile ilgili genel strateji çerçevesi oluşturulmuş, öncelikler ve dönüşüm alanları belirlenmiş ve başvurulacak başlıca politika araçları tanımlanmıştır. "Sanayide sürdürülebilir üretim altyapısına dönüşüm sürecinde uygulama ve teknolojilerin yaygınlaştırılması VSEP'te belirlenmiş olan altı temel hedeften birisi olarak yerini almıştır. İmalat sanayiinde sürdürülebilir üretim yöntemlerinin yaygınlaştırılması için sektörel rehberler hazırlanması, söz konusu hedefe ulaşılmasını sağlamak üzere kullanılabilecek araçlardan birisi olarak öngörülmüştür.

Bu amaçla hazırlanan rehberlerden birisi olan bu çalışmada, Düz camın şekillendirilmesi ve işlenmesi, Çukur cam imalatı ve diğer camların imalatı ve işlenmesi alt sektörüne yönelik başlıca kaynak verimliliği önlemleri ve örnek çalışmalar sunulmaktadır. Rehberin içeriği, Sanayi ve Verimlilik Genel Müdürlüğü'nün yürütücülüğünde TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü tarafından hazırlanmış olup; içeriğin oluşturulmasında, ulusal ve uluslararası yayınlardan, iyi uygulama örneklerinden, saha ziyaretlerinden ve Mevcut En İyi Teknikler Referans Dokümanlarından yararlanılmıştır. Rehberin hazırlık sürecinde emeği geçen TÜBİTAK MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü çalışanlarına, sektör danışmanlarına ve işletme temsilcilerine teşekkürlerimizi sunuyor ve rehberin ilgili tüm paydaşlar için yararlı olacağını umuyoruz.

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Sanayi ve Verimlilik Genel Müdürlüğü, 2019



ÖNSÖZ

ÖNSÖZ

Gelişmekte olan ülkelerin çevresel göstergeleri endüstriyel kirlenme kontrolünde zaman zaman yaşanılan zorluklar sebebi ile genellikle iyileştirilmeye açıktır. Sanayi kuruluşları bir yandan üretim yapmak ve kâr etmek, diğer yandan mevcut çevre müktesebatına uyum sağlamak için yenilikçiliğe sürekli açık olmak durumundadırlar. Bu sebeple özellikle 1990'lardan sonra tüm dünya ölçeğinde sanayide sürdürülebilir üretim, eko-verimlilik, temiz üretim uygulamaları türü kavramlar sıkça bahsedilmeye başlanmıştır. Sanayide kirlenme kontrolü AB'de 1996 yılında yürürlüğe giren Entegre Kirlilik Kontrolü Direktifi (IPPC) ile bütüncül bir yaklaşımla ele alınmış ve gelinen noktada Endüstriyel Emisyonlar Direktifi (EID) halini almıştır. AB Aday Ülkesi olan ülkemizde de sanayiye bu endüstriyel kirlenmenin azaltılması için önemli görevler düşmektedir. Bunu yapmanın en önemli yollarından biri de her türlü üretim girdisinde (hammadde, su, enerji vb.) tasarruf sağlayıcı işlemler ile hem çevresel etkileri azaltmak hem de üretim kârlılığı yakalamak olarak tarif edilebilecek kaynak verimliliğidir. Mevcut En İyi Teknikler (MET) olarak tanımlanan ve sağladıkları faydalar ispatlanmış olan teknikleri kullanmak çoğu zaman küçük yatırımlar ve işgücü ile mümkün olabilmekte ve işletmelere önemli tasarruf sağlayabilmektedir.

2000'li yıllardan itibaren daha sık duyulan kaynak verimliliği, ülkemizde 2011 yılında kurulan Sanayi ve Verimlilik Genel Müdürlüğü tarafından doğrudan takip edilmekte ve sanayi kuruluşlarında farkındalık arttırıcı çeşitli etkinlikler (Sempozyum, Çalıştay, Anahtar Dergisi, Uygulamalı Projeler vb.) ile yönetilmektedir. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi de, uygulamalı projelerle sanayi kuruluşları ve kamuya önderlik etmeye çalışan bir kamu kurumudur. Bu amaca uygun olarak Çevre Enstitüsü, adını 2013 yılında Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü olarak yenileyerek Temiz Üretim Stratejik İş Birimi kurmuştur. Hazırlanan bu rehber ile daha önce üretilen sanayide kaynak verimliliği alanındaki projelere ilaveten yeni bir çalışmanın içinde olmaktan kıvanç duyuyor, rehberin sanayi kuruluşlarında yapılmakta olan temiz üretim ve kaynak verimliliği çalışmalarına ayrı bir ivme kazandırmasını diliyoruz. Rehber, özellikle KOBİ'lerin ihtiyaç duyabilecekleri temel konular, sektörün mevcut durumu, üretimde ortaya çıkan çevresel etkiler ve bu etkileri azaltmanın yolları, mevcut en iyi teknikleri ve bu tekniklere ait ülkemizde ve dünyadaki uygulamalı örnekleri içerecek şekilde profesyonel tasarım ve görsel malzemeler kullanılarak hazırlanmıştır.

Bu rehberin hazırlanmasında desteklerini esirgemeyen Sanayi ve Verimlilik Genel Müdürlüğü personeline, sektör danışmanı Sayın Dilek Bolcan'a ve Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.'ye şükranlarımızı sunar ve teşekkür ederiz.

TÜBİTAK MAM
Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü, 2019

İÇİNDEKİLER

Tablo Listesi iii

Şekil Listesi iv

Kısaltmalar Listesi v

1. Rehberin Amacı & Kapsamı 1

2. Kaynak Verimliliği ve Temiz Üretim Nedir? 5

3. Sektör Profili 9
   - 3.1. Ülkemizdeki Mevcut Durum 11
   - 3.2. Düz Camın Şekillendirilmesi ve İşlenmesi Alt Sektörü 14
   - 3.3. Çukur Cam İmalatı Alt Sektörü 15
   - 3.4. Diğer Camların İmalatı ve İşlenmesi Alt Sektörü 16
   - 3.5. Dünyadaki Mevcut Durum 18

4. Üretim Süreçleri 23
   - 4.1. Düz Cam Üretim Süreci 25
   - 4.2. Düz Camın Şekillendirilmesi ve İşlenmesi Süreci 29
   - 4.3. Cam Ambalaj Üretim Süreci 38
   - 4.4. Cam Ev Eşyası Üretim Süreci 40

5. Çevresel Göstergeler 43
   - 5.1. Su Tüketimi 46
   - 5.2. Atık Su Oluşumu 47
   - 5.3. Enerji Tüketimi 48
   - 5.4. Emisyonlar 52
   - 5.5. Ham Madde Kullanımı 56
   - 5.6. Atık Oluşumu 58
   - 5.7. Gürültü 59

6. Kaynak Verimliliği Önlemleri 61
6.1. Cam Ve Cam Ürünleri İmalatı İçin Mevcut En İyi Teknikler Hakkında Referans Belgesi 63
6.2. İlgili Çevre ve Enerji Mevzuatı 63
6.3. Cam Sektörüne Yönelik Temiz Üretim Olanakları 64
6.4. Türkiye'den ve Dünyadan İyi Uygulama Örnekleri 76

7. Kaynakça 83

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1	Cam ve cam ürünleri imalatı sektörü NACE Rev.2 kodları	11
Tablo 3.2	Cam Sektörü Dış Ticareti (Bin $)	17
Tablo 3.3	Cam ve cam ürünlerinin ithalat değerleri (Bin $)	17
Tablo 3.4	Cam ve cam ürünlerinin ihracaat değerleri (Bin $)	18
Tablo 5.1	Cam ve cam üretim sektörünün doğrudan çevresel etkileri ve ilgili süreçler	45
Tablo 5.2	Cam üretimde su tüketim değerleri	47
Tablo 5.3	Örnek bir cam ambalaj üretim tesisinde açığa çıkan atıksu miktarının dağılımı	47
Tablo 5.4	Atıksularda yer alan kirleticilerin sınır değerleri	48
Tablo 5.5	Cam üretim süreçleri bazında enerji tüketim değerleri	50
Tablo 5.6	Yüzdürme cam ve cam ambalaj alt sektörlerinde enerji tüketiminin dağılımı	50
Tablo 5.7	Cam ambalaj alt sektöründe birim ürün bazında enerji tüketimi	50
Tablo 5.8	Cam ambalaj üretimde tüketilen enerji miktarının dağılımı	51
Tablo 5.9	İngiltere'de birim ürün başına enerji tüketim değerleri	51
Tablo 5.10	Birim ürün başına enerji değerleri	51
Tablo 5.11	İngiltere'de cam üretim tesislerinde birim ürün başına girdi ve çıktı analizleri (kton/ürün)	52
Tablo 5.12	Ergitme prosesi sonucu açığa çıkan emisyonlar	53
Tablo 5.13	Cam üretim prosesinden kaynaklı emisyonlar	54
Tablo 5.14	Cam üretim prosesinden kaynaklı potansiyel ağır metal emisyonları	55
Tablo 5.15	Emisyon sınır değerleri	55
Tablo 5.16	Emisyon değerleri	56
Tablo 5.17	İngiltere'de örnek bir cam ergirme fırınından çıkan emisyon değerleri	56
Tablo 5.18	İngiltere'de birim cam üretim tesislerinde birim ürün başına emisyon değerleri	56
Tablo 5.19	Yüzdürme cam üretim prosesi temel ham maddeleri	57
Tablo 5.20	Ham madde kulllanım oranları (%)	57
Tablo 5.21	Atık cam yıllık geri kazanım hedefleri (%)	58
Tablo 6.1	Cam ve cam ürünleri imalatı sektöründe kaynak verimliliğine ilişkin mevzuat	64
Tablo 6.2	Atıksu iyileştirme yöntemleri]	65
Tablo 6.3	Proses bazlı enerji verimliliği önlemleri	65
Tablo 6.4	Cam ambalaj üretiminde atık cam kullanımında elde edilen enerji tasarrufu	68
Tablo 6.5	Genel kontrol listesi	70
Tablo 6.6	Cam ayna üretimine ait kontrol listesi	72
Tablo 6.7	Güneş enerjisi camları üretimine ait kontrol listesi	73
Tablo 6.8	Lamine otocam üretimine ait kontrol listesi	73
Tablo 6.9	Temperli otocam üretimine ait kontrol listesi	74
Tablo 6.10	Çukur cam üretimi ile ilgili kontrol listesi	74

ŞEKİL LİSTESİ

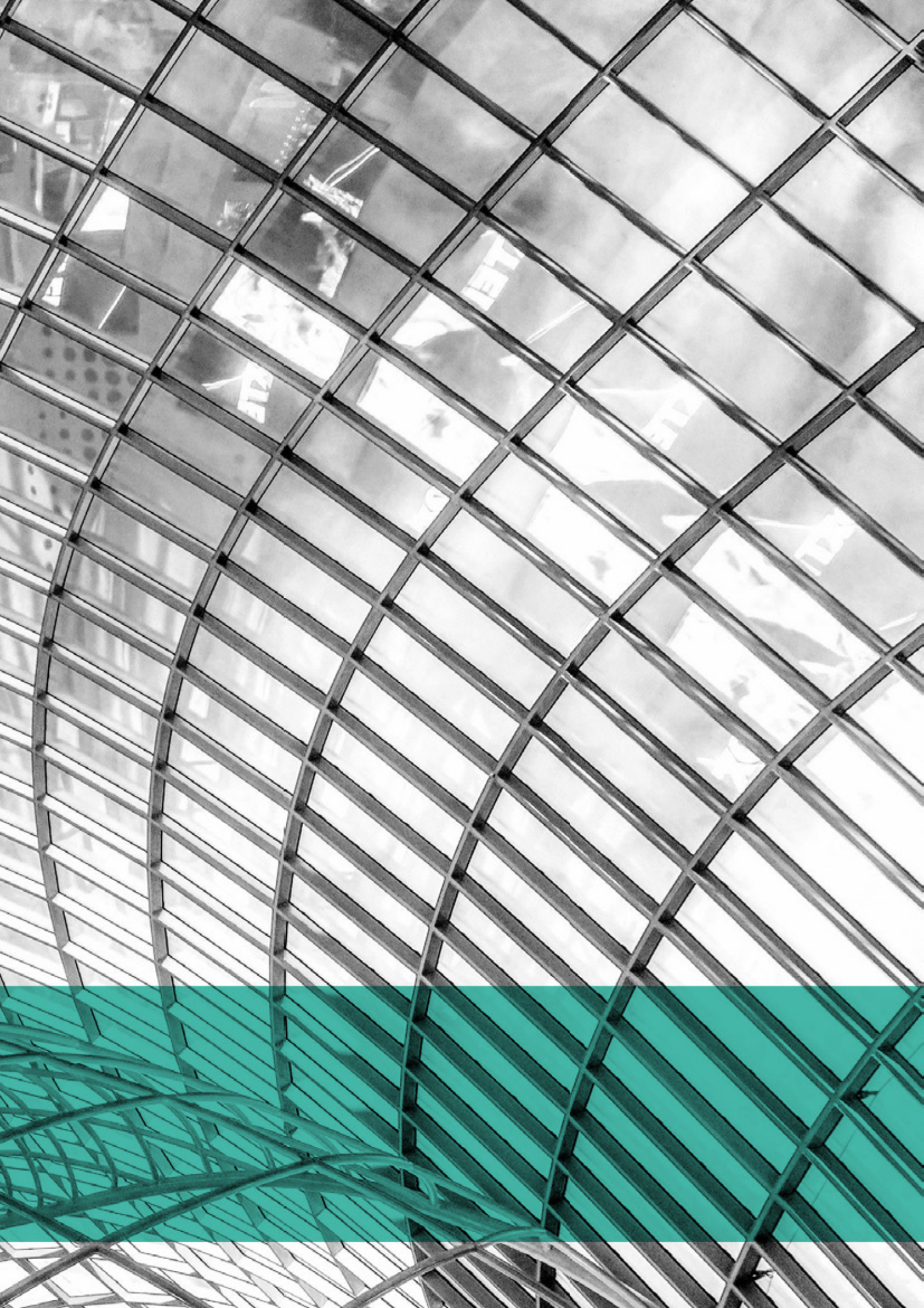
Şekil 3.1	Ülkemizde 2012-2016 yılları arasında faaliyet gösteren sektörler arasında 23.1 cam ve cam ürünleri imalatı sektörü girişimci sayılarının yüzdesel dağılımı	12
Şekil 3.2	Cam ve cam ürünleri imalatı sektöründe ekonomik parametrelerin yıllara göre değişimi	13
Şekil 3.3	Cam ve cam ürünleri imalatı alt sektörlerinde ekonomik parametrelerin payları	14
Şekil 3.4	Düz camın şekillendirilmesi ve işlenmesi alt sektöründe ekonomik parametrelerin yıllara göre değişimi	15
Şekil 3.5	Çukur cam imalatı alt sektöründe ekonomik parametrelerin yıllara göre değişimi	16
Şekil 3.6	Diğer camların imalatı ve işlenmesi alt sektöründe ekonomik parametrelerin yıllara göre değişimi	16
Şekil 3.7	ABD cam ve cam ürünleri brüt üretimi, (Milyon $) (1998-2016)	19
Şekil 3.8	AB alt sektörler bazında üretim miktarları	20
Şekil 3.9	AB alt sektörler bazında üretim payları	21
Şekil 4.1	Yüzdürme cam üretim süreci akış şeması	27
Şekil 4.2	Buzlu cam üretim süreci akış şeması	28
Şekil 4.3	Cam ayna üretim süreci akış şeması	31
Şekil 4.4	Güneş enerjisi camlar üretim süreci akış şeması	33
Şekil 4.5	Lamine otocam üretim süreci akış şeması	36
Şekil 4.6	Temperli otocam üretim süreci akış şeması	38
Şekil 4.7	Cam ambalaj üretim süreci akış şeması	40
Şekil 4.8	Cam ev eşyası üretim süreci akış şeması	41
Şekil 5.1	Enerji tüketim payları (%)	49
Şekil 6.1	Harmanda hurda cam kullanımında enerji tüketimi	67

KISALTMALAR DİZİNİ

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
BM	: Birleşmiş Milletler
BREF	: Mevcut En İyi Teknikler Dokümanı (Best Available Techniques Reference Document)
CO_2	: Karbondioksit
FEVE	: Avrupa Cam Ambalaj Federasyonu
IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change)
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
LPG	: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
MAM	: Marmara Araştırma Merkezi
MET	: Mevcut En İyi Teknikler
MSDS	: Malzeme Güvenlik Bilgi Formu
NACE	: Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiki Sınıflaması
NO_x	: Azot Oksitler
PM	: Partikül Madde
SO_x	: Kükürt Oksitler
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu



1. REHBERİN AMACI & KAPSAMI



1 REHBERİN AMACI & KAPSAMI

Verimlilik Stratejisi Eylem Planı (2015-2018) kapsamında T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Sanayi ve Verimlilik Genel Müdürlüğü sorumluluğunda, imalat sanayisinde sürdürülebilir üretim yöntemlerinin yaygınlaştırılması için sektörel rehberler hazırlanması öngörülmüştür. Bu amaçla 2016 yılında hazırlanan ilk iki rehber, "Et ve Et Ürünleri İmalatı" ve "Süt ve Süt Ürünleri İmalatı" alt sektörü rehberleridir [1], [2]. İlgili rehberler kaynak verimliliği uygulamalarını teşvik edici ve yol gösterici bilgiler ve örnek çalışmalar sunmaktadır. "Diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı" ana sektörü altında **"Düz camın şekillendirilmesi ve işlenmesi-Nace kod 23.12, Çukur cam imalatı- Nace kod 23.13 ve Diğer camların imalatı ve işlenmesi-Nace Kod 23.19"** alt sektörlerine yönelik olarak hazırlanan bu rehberin hedef kitlesi sektördeki işletmelerin yönetim, üretim-planlama, kurumsal iletişim ve halkla ilişkiler bölümlerinde görev yapan tüm çalışanlardır. Rehber, ülkemizin en önemli ihracatçı sektörlerinden biri olan "Cam ve cam ürünleri imalatı sektörü"nde sürdürülebilir kaynak verimliliği konusunda farkındalığı artırmak amacıyla hazırlanmıştır.

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı , Sanayi ve Verimlilik Genel Müdürlüğü tarafından ülkemizde imalat sanayi için kaynak verimliliği potansiyelinin belirlenmesi amacıyla TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü ile 2014-2017 yılları arasında "Sanayide Kaynak Verimliliği Potansiyelinin Belirlenmesi" isimli kamu yatırım projesi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, Türkiye imalat sanayinde seçilmiş beş sektörden (diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı, gıda ürünlerinin imalatı, tekstil ürünlerinin imalatı, kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı, ana metal sanayi) yola çıkarak, ham madde, enerji ve su girdilerinin etkin ve sürdürülebilir kullanımı ile elde edilebilecek potansiyel tasarruf, sektör, bölge ve Türkiye imalat sanayi düzeyinde analiz edilmiş ve bu potansiyel miktarsal ve parasal olarak tahmin edilmiştir. Seçilen sektörlerden biri olan "Diğer Metalik Olmayan Mineral Ürünlerin İmalatı" sektörüne yönelik gerçekleştirilen saha çalışmaları ve TÜİK'te gerçekleştirilen analizler sonucu sektörde enerji, su ve ham madde tasarruf potansiyelinin toplamı 2015 yılı için Gerçekçi Senaryo'ya göre 3,24 Milyar TL/yıl civarında olup; bu potansiyelin yaklaşık %12,3'ü "23.1 Cam ve cam ürünleri imalatı sektörü"ne aittir. Söz konusu sektörün %40,7'sini "23.13 Çukur cam imalatı", %29'unu "23.12 Düz camın şekillendirilmesi ve işlenmesi", %18,5 'ini "23.11 Düz cam imalatı" ve geri kalanını ise cam elyaf ve diğer camlar oluşturmaktadır. Bu oranlar, sektörde yapılacak çeşitli verimlilik uygulamaları ile tasarruflar sağlanabileceğine işaret etmektedir [3]. Bu sebeple, hazırlanan bu rehber ile, potansiyel tasarrufların hayata geçirilme fırsatının yanı sıra, tedarikçilerin de hedef paydaş olarak hedef kitleye dahil olmasıyla sürdürülebilir kaynak verimliliği elde edilmesine katkıda bulunması hedeflenmektedir.

[1] *T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı*

[2] *T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Verimlilik Genel Müdürlüğü*

Rehber, esas olarak 4 bölümü kapsamaktadır;

- (Alt) Sektör Profili
- Üretim Süreci ve Prosesler
- Çevresel Etki Oluşturan Süreçler-İşlemler
- Kaynak Verimliliği Önlemleri

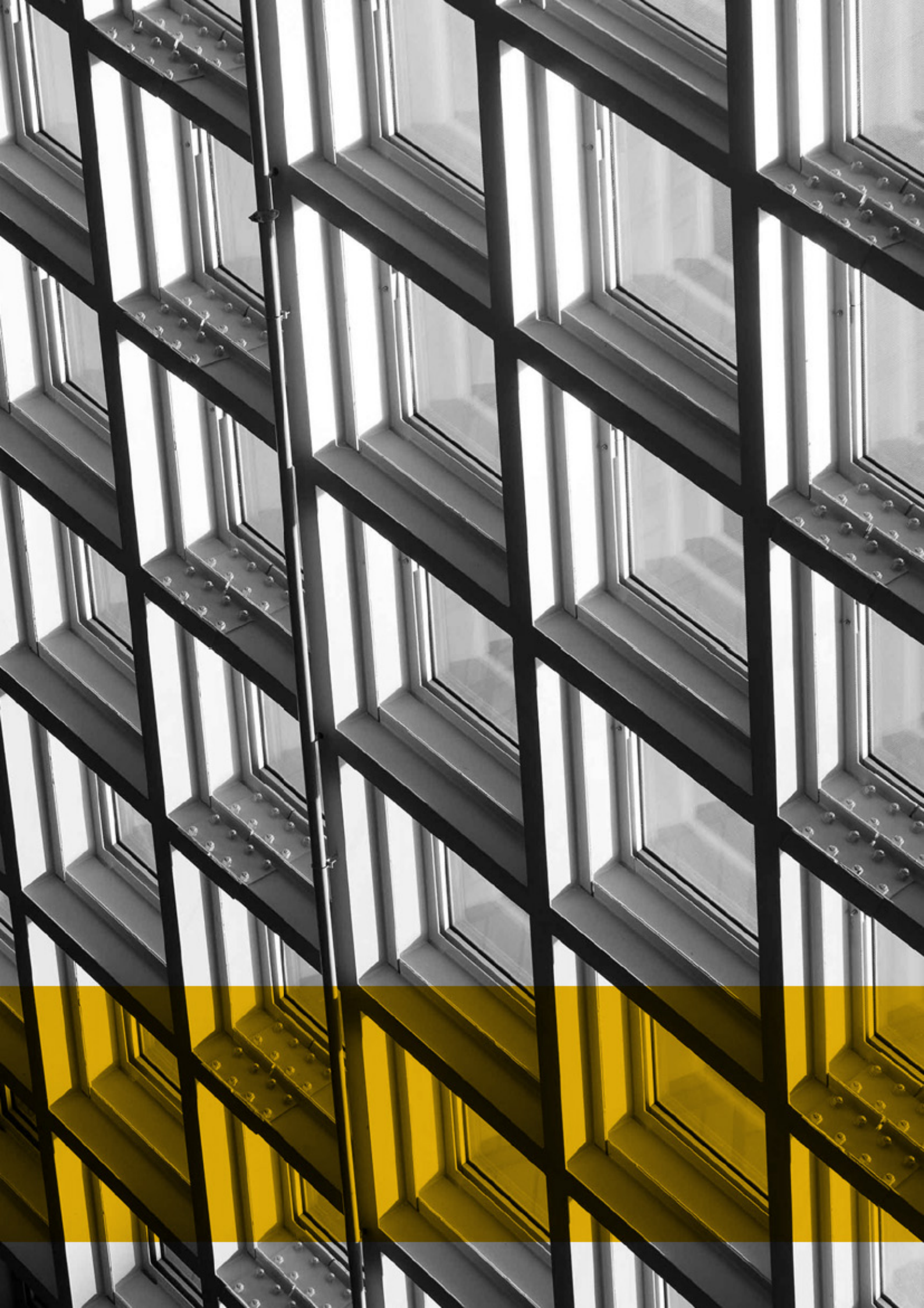
'Sektör Profili' bölümünde sektörün ülkemiz ekonomisindeki yeri ve önemi, üretim ve ihracat miktarları, üretimin coğrafi dağılımı, işyeri sayısı, istihdam, iş hacmi, katma değer ve temel paydaşlara ilişkin verilere yer verilmektedir.

'Üretim Süreçleri' bölümünde cam alt sektörlerine yönelik üretim aşamalarına ilişkin özet bilgiler aktarılmaktadır. Tüm üretimi temsil edecek şekilde işlem ve süreçler açıklanmaya çalışılmış, üretim aşamaları ayrı ayrı ele alınmıştır.

'Çevresel Etki Yaratan Alanlar' ve 'Kaynak Verimliliği Önlemleri' bölümlerinde ise Avrupa Birliği (AB) tarafından oluşturulan 2013 yılına ait Mevcut En İyi Tekniklerin (MET)'in anlatıldığı referans dokümanı (BREF) (MET Referans Dokümanı) [4] esas alınarak süreç temelli çevresel etki oluşturan alanlar tespit edilmiş ve buna yönelik kaynak verimliliği önlemleri irdelenmiştir.



2. KAYNAK VERİMLİLİĞİ VE TEMİZ ÜRETİM NEDİR?



2 KAYNAK VERİMLİLİĞİ VE TEMİZ ÜRETİM NEDİR?

Doğal kaynakların sınırlı olması sebebiyle doğal kaynak kullanan sanayide üretim verimliliğinin arttırılması, rekabetçilikte öne çıkma ve çevresel etkilerin azaltılması gibi çıktılarla gündeme gelen kaynak verimliliği; artık kaynak tüketilen hemen her alanda uygulanmaktadır. Bu sebeple, sadece endüstriyel üretim aşamasında değil, kaynak tüketiminin fazla olduğu tüm faaliyetlerde sürdürülebilirliğin sağlanması açısından uygulanmalıdır. Artan nüfus, endüstriyel üretimi de artırmakta ve girdi fiyatları (ham madde, su, enerji, işçilik vb.) da sürekli artmaktadır. Ülkemizde de dünyadaki uygulamalara ve üyelik sürecinde olduğumuz AB Müktesebatına uygun olarak, boru sonu (end of pipe) yerine alıcı ortam bazlı kontrole geçiş yönünde adımlar atılmaya başlanmıştır. Bu durum sanayide çevre yönetimi maliyetlerine ilave baskılar oluşturacaktır. Bütün bu gelişmeler, üretimde kaynak verimliliğinin çok daha fazla dikkate alınması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Atık, herhangi bir kullanım sonucu yada rafkullanım ömrü dolan ürünlerin kullanılamaz hale gelmesi sonucu oluşan ve mühendislik prensipleri kullanılarak azaltılması, geri kazanımı, yeniden kullanılması ve bertaraf edilmesi gereken her türlü malzemedir. Atığın oluşumu (ürün üretimi) sırasında kaynak tüketildiği gibi, atığın oluşumu sonrası yukarıda sayılan işlemlerin de yapılabilmesi için de (toplama, taşıma, geri kazanım, bertaraf vb.) kaynak tüketimi söz konusudur. Bu sebeple, başta imalat sanayiinin her sektöründe kaynak verimliliği çalışmalarının yapılması, ilave önem verilmesi gereken bir durum ihtiva etmektedir.

Sanayide kaynak verimliliğinin uygulanmasına yönelik en erken düzenleme AB'nin 24 Eylül 1996 tarihli 96/61/EC Konsey Yönergesi ile oluşturduğu "Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol" Direktifi'dir [5]. Bu Direktif ile sanayi için "havaya, suya veya toprağa verilen emisyonları, atık yönetimini de dikkate alarak, mümkün olduğu yerlerde önlemek; mümkün değilse, çevreyi bir bütün olarak yüksek bir düzeyde korumayı başarmak için kirliliği en aza indirmek" olarak tanımlanan entegre kirlilik önleme yaklaşımı getirilmiştir. Bir başka ifade ile sanayide kirliliğin kapsayıcı bir yaklaşımla ele alınması ve atık üretiminin temiz üretim ve kaynak verimliliği çalışmaları yapılarak azaltılması için koşullar oluşturulmuştur. MET'ler, sektöre maliyet ve faydaları göz önünde bulundurulduğunda, uygulanması halinde çevrenin yüksek düzeyde korunmasına yönelik en etkili tekniklerdir. MET'ler, sadece proseste kullanılan teknolojiyi ifade etmemekte, işletmenin tasarlanma, kurulma, işletme ve bakım şekline de atıfta bulunmaktadır. İlaveten bazı MET'ler, sağduyudan kaynaklanan basit sonuçlar olup herhangi bir yatırım gerektirmemektedir [6].

En genel ifade ile aynı miktardaki ürünü daha az girdi (ya da ham madde) kullanarak ya da aynı girdi ile daha fazla ürün üretmek olarak tanımlanabilecek kaynak verimliliği; Birleşmiş Milletler Çevre Programı tarafından "daha az kaynak tüketerek daha fazla refah sağlamak" olarak tanımlanmıştır [7].

Avrupa Birliği ise kaynak verimliliği'ni "Sahip olduğumuz tüm kaynakların (toprak, hava, su, biyoçeşitlilik, ekosistemler, vd.) daha verimli kullanılması" ya da "daha az kaynak ile daha çok iş yapmak" ve "kaynak kullanımı ile ortaya çıkan olumsuz etkilerin azaltılması" olarak tanımlamaktadır [8]. Nasıl tanımlanırsa tanımlansın, 2000'li yıllara kadar çizgisel halde tanımlanan ekonominin, döngüsel eko-

nomiye doğru yol almasıyla kaynak verimliliği ve temiz üretim kavramları sanayinin üretim maliyetlerinin azalması, rekabetçi hale gelmesi, çevresel saygınlığının artması, atık maliyetlerinin düşmesi gibi alanlarda sayısız faydaları olacak bir süreci tanımlamaktadır. Bu süreç sürekli güncellenen, sürdürülebilir bir düşünme, hesaplama, önlem alma ve uygulama sürecini içermektedir.



3. SEKTÖR PROFİLİ



3 SEKTÖR PROFİLİ

3.1. ÜLKEMİZDEKİ MEVCUT DURUM

Cam ve cam ürünleri imalatı sektörü, "NACE Rev.2 23 Diğer metalik olmayan mineral ürünleri" ana sektörünün bir alt sektörüdür. 23.1 no'lu "Cam ve cam ürünleri imalatı" sektörü temelde 5 alt sektörden oluşmaktadır (Tablo 3.1). Bununla birlikte cam sektörü; düz cam, cam ambalaj, cam ev eşyası, cam elyaf ve diğer camlar olarak da sınıflandırılmaktadır [9].

Tablo 3.1 Cam ve cam ürünleri imalatı sektörü NACE Rev.2 kodları [9]

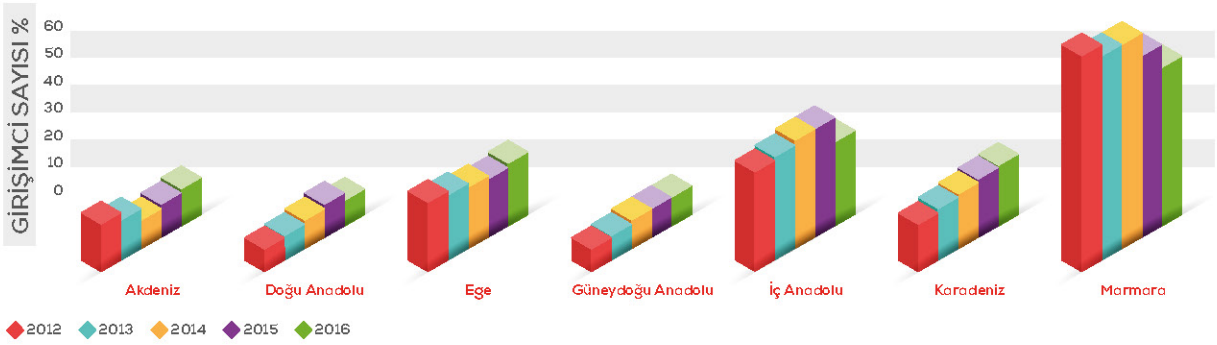
23	Diğer Metalik Olmayan Mineral Ürünlerin İmalatı	
23.1	Cam ve Cam Ürünleri Imalati	Türü
23.11	**Düz Cam İmalatı**	Düz Cam
23.11.01	Levha veya tabaka halinde düz cam imalatı (telli, buzlu cam, renkli veya boyalı düz cam dahil) (dökülmüş, haddelenmiş, çekilmiş, üflenmiş, float, yüzeyi parlatılmış veya cilalanmış ancak başka şekilde işlenmemiş olanlar)	
23.12	**Düz Camın Şekillendirilmesi ve İşlenmesi**	Düz Cam
23.12.01	Cam ayna imalatı (taşıtlar için dikiz aynaları dahil)	
23.12.02	Sertleştirilmiş emniyet camı ve temperli düz cam imalatı (oto camı dahil)	
23.12.03	Çok katlı yalıtım camları imalatı	
23.12.04	Levha veya tabaka halinde işlenmiş cam imalatı (kavislendirilmiş, kenarları işlenmiş, gravür yapılmış, delinmiş, emaylanmış/sırlanmış veya başka bir şekilde işlenmiş, fakat çerçevelenmemiş veya monte edilmemiş olanlar) (optik camlar dahil)	
23.13	**Çukur Cam imalatı**	Cam Ambalaj Cam Ev Eşyası
23.13.01	Camdan şişe, kavanoz ve diğer muhafaza kapları, bardaklar, termos ve diğer vakumlu kapların camdan yapılmış iç yüzeyleri ile camdan sofra ve mutfak eşyaları imalatı (ampuller hariç)	
23.13.02	Tuvalet, banyo, büro, iç dekorasyon, vb. amaçlarla kullanılan cam ve kristal eşya imalatı (camdan biblo, boncuk vb. küçük cam eşyalar hariç	
23.14	**Cam Elyafı imalatı**	Cam Elyaf
23.14.01	Cam elyafı imalatı (cam yünü ve bunlardan yapılmış dokuma dışı ürünler dahil)	
23.19	**Diğer camların imalatı ve işlenmesi (teknik amaçlı cam eşyalar dahil)**	Diğer
23.19.01	Sıkıştırılmış veya kalıplanmış camdan döşeme blokları, tuğlalar, karolar ve diğer ürünler, kurşunlu lambalar ve benzerleri, blok, plaka veya benzer şekillerdeki gözenekli, köpüklü camların imalatı (vitray cam hariç)	
23.19.02	Duvar saati, kol saati veya gözlük için camlar (bombeli, kavisli, içi oyuk vb. şekilde fakat, optik açıdan işlenmemiş) ile bu tür camların imalatı için kullanılan içi boş küre ve bunların parçalarının imalatı	
23.19.03	Cam zarflar (açık) ve bunların cam parçalarının imalatı (elektrik ampulleri, elektrik lambaları, katot-ışınlı tüpler vb. için kullanılan)	
23.19.04	Küçük cam eşya imalatı (biblo, vb. süs eşyası, boncuklar, imitasyon inciler/taşlar, imitasyon mücevherler, vb. dahil)	
23.19.05	Lamba ve aydınlatma teçhizatının, ışıklı işaretlerin, isim tabelalarının vb.nin cam parçalarının imalatı (cam tabelaların imalatı dahil)	
23.19.06	Laboratuvar, hijyen veya eczacılık ile ilgili cam eşyalar ile cam ampullerin (serum ampulleri) imalatı (ambalajlama ve taşımada kullanılanlar hariç)	
23.19.07	Camdan elektrik izolasyon malzemesi imalatı	

23.1	Cam ve Cam Ürünleri Imalati	Türü
23.19.08	Vitray cam imalatı	Diğer
23.19.90	Başka yerde sınıflandırılmamış diğer cam ürünlerin imalatı ve işlenmesi (düz camdan yapılmış akvaryumların imalatı dahil)	

Ülkemiz, sektörün kurulduğu dönemden bugüne kadar yaptığı çalışmalar ve yeni yatırımları sebebiyle dünyada önde gelen cam üreticisi ülkeler arasına girmiş olup her geçen yıl rekabet gücünü artırmaktadır [10]. Cam sektörü, inşaat, otomotiv, enerji, beyaz eşya, gıda, içki, meşrubat, ilaç, kozmetik, turizm (lokanta, ikram dâhil), mobilya, boru, elektrik ve elektronik gibi birçok sektöre ve ev kesimine girdi veren ürünleriyle temel sanayi alanlarından biridir. Yüksek sabit sermaye yatırımı gerektiren cam sanayinde enerji kullanımı da oldukça yoğundur [11].

2016 yılında ülkemizde faaliyet gösteren, bilanço ve gelir tabloları veren girişimci oranları Girişimci Bilgi Sisteminden (GBS) temin edilmiş olup 2016 yılında ülkemizde faaliyet gösteren tüm sektörler arasında 23.1 cam ve cam ürünleri imalatı sektörü girişimci sayılarının bölge bazlı dağılımı Şekil 3.1'de verilmiştir. Türkiye'de 2016 yılında sektörde faaliyet gösteren girişimci sayısı 753 civarında olup bu değerin sırası ile %52,2 ve %16,5 oran ile en fazla Marmara Bölgesi ve İç Anadolu Bölgesi'nde olduğu görülmüştür En az girişimci sayısı oranı ise %2,3 pay ile Doğu Anadolu Bölgesinde gerçekleşmiştir. Girişimci sayılarının yaklaşık %35'ini diğer camlar (23.19), %34'ünü düz cam işleme tesisleri (23.12) ve %29'unu cam ambalaj ile cam ev eşyası üretim (23.13) tesisleri oluşturmaktadır. Geri kalanını ise düz cam imalatı ve cam elyaf oluşturmaktadır [12].

Şekil 3.1 Ülkemizde 2012-2016 yılları arasında faaliyet gösteren sektörler arasında 23.1 cam ve cam ürünleri imalatı sektörü girişimci sayılarının yüzdesel dağılımı [12]

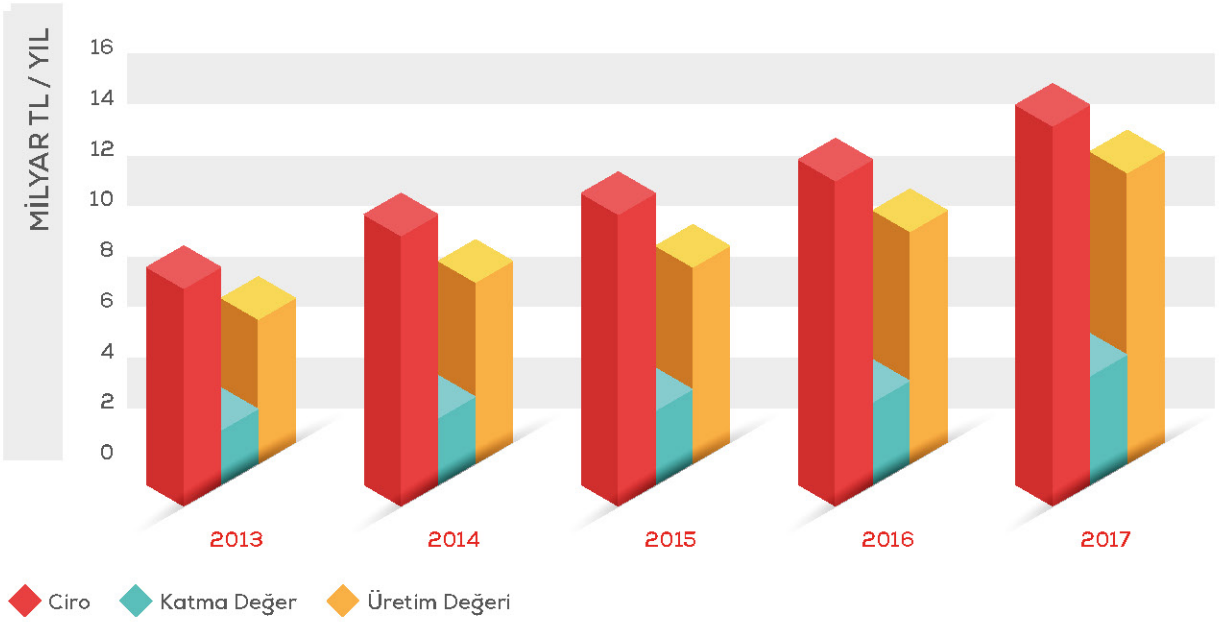


Türkiye cam sektörü 3,5 milyon ton/yıl yurt içi üretim kapasitesi ile dünyada önemli bir konuma sahiptir. Toplam üretim kapasitesinin %90'ı pazar lideri firma tarafından karşılanmaktadır [11]. Ülkemizin pazar lideri firmasının yurt içi ve yurt dışı toplam üretim kapasitesi ise 4,8 milyon ton civarında olup 150 ülkeye ihracat yapmaktadır [13]. Firmanın düz cam, cam ev eşyası, cam ambalaj ve cam elyaf gibi ana üretim alanlarındaki yurtiçi mevcut kapasitesi 3,0 milyon tondur. Yurtiçi üretim kapasitesinin % 50'si düz cam, % 32'si cam ambalaj, % 16'sı cam ev eşyası, kalan yaklaşık % 2'lik kesim de cam elyafı kapasitesinden oluşmaktadır [11].

2017 yılı TÜİK verilerine göre sektörün cirosu yaklaşık 14 milyar TL, üretim değeri 12,2 milyar TL ve katma değeri 4,3 milyar TL olarak tespit edilmiştir. Sektörün cirosu, üretim değeri ve katma değerinin imalat sanayindeki payları %1 civarındadır. Bu değerleri "Diğer metalik olmayan mineral ürünleri ima-

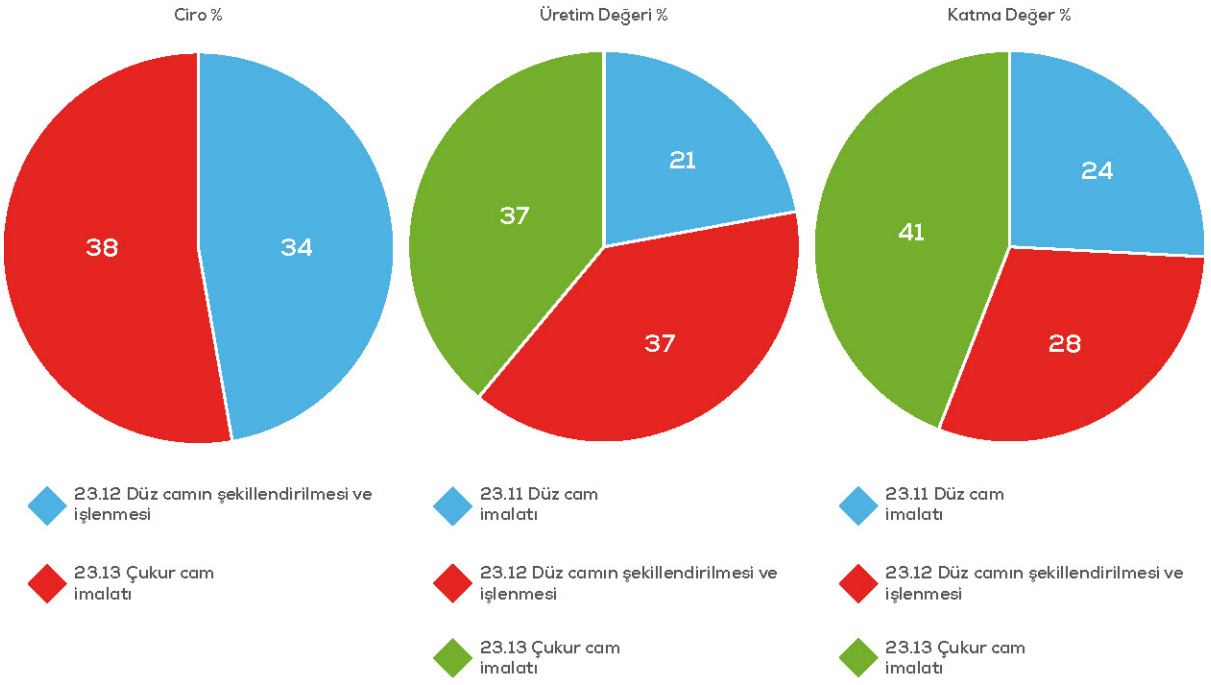
latı" ana sektörü içerisinde karşılaştırdığımızda ise sırasıyla %15, %14 ve %19'dur [14]. 2013-2017 yılları arasında sektörde ciro, üretim değeri ve katma değerin değişimi Şekil 3.2'de verilmiştir. Buna göre her üç göstergede de yıllara göre artış olduğu gözlenmektedir. 2017 yılındaki ciro, katma değer ve üretim değerleri 2013 yılına göre sırası ile %81, %105 ve %86 artmıştır [14].

Şekil 3.2 Cam ve cam ürünleri imalatı sektöründe ekonomik parametrelerin yıllara göre değişimi [14]



2017 yılı TUİK verilerine göre cam sektöründe üretim değerini alt sektörler bazında değerlendirdiğimizde cam ambalaj ve cam ev eşyası alt sektörü ve düz camın şekillendirilmesi ve işlenmesi ve sektörleri %37 ile 1. sırada yer almakta olup bunu %21 ile düz cam imalatı takip etmektedir. Katma değer açısında ise cam ambalaj ve cam ev eşyası %41, düz cam işleme %28 ve düz cam imalatı %24'tür [14]. Şekil 3.3'de 2017 yılı için cam ve cam ürünleri imalatı alt sektörlerinde ekonomik parametrelerin payları sunulmaktadır.

Şekil 3.3 Cam ve cam ürünleri imalatı alt sektörlerinde ekonomik parametrelerin payları [14]



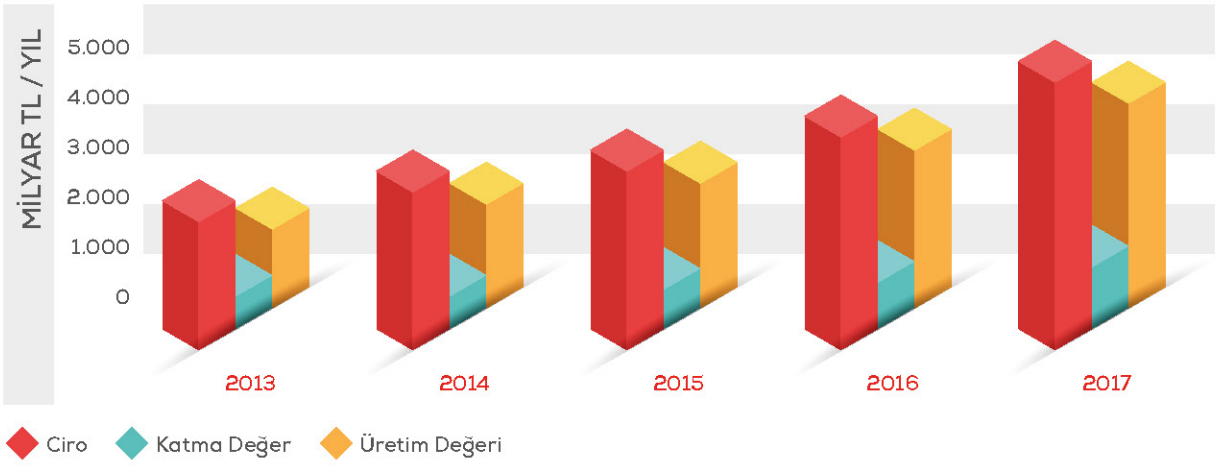
Not: Grafiklerde yer almayan diğer alt sektörlere ait veriler veri gizliliği sebebi ile sunulamamıştır.

3.2. DÜZ CAMIN ŞEKİLLENDİRİLMESİ VE İŞLENMESİ ALT SEKTÖRÜ

Düz cam üretimi temel camlar (düz cam, buzlu cam, ayna, lamine cam ve kaplamalı cam), otomotiv ve diğer ulaşım araçları camları; enerji camları ve beyaz eşya camları olmak üzere 4 ana iş kolunda sürdürülmektedir. Yıllık 2,8 milyon ton üretim kapasitesi ile sektöründe dünyada 5. ve Avrupa'da 1. sırada yer almaktadır [13]. Şekil 3.4'te düz camın şekillendirilmesi ve işlenmesi alt sektöründe ekonomik parametrelerin yıllara göre değişimi sunulmaktadır.

2017 yılı TÜİK verilerine göre alt sektörün cirosu yaklaşık 4,8 milyar TL, üretim değeri 4,4 milyar TL ve katma değeri 1,2 milyar TL olarak tespit edilmiştir. Sektörün cirosu, üretim değeri ve katma değerinin ana sektör payları %34, %37 ve %28 civarındadır [14]. 2013-2017 yılları arasında sektörde ciro, üretim değeri ve katma değeri her üç göstergede de yıllara göre artış olduğu gözlenmektedir.

Şekil3.4 Düz camın şekillendirilmesi ve işlenmesi alt sektöründe ekonomik parametrelerin yıllara göre değişimi [14]



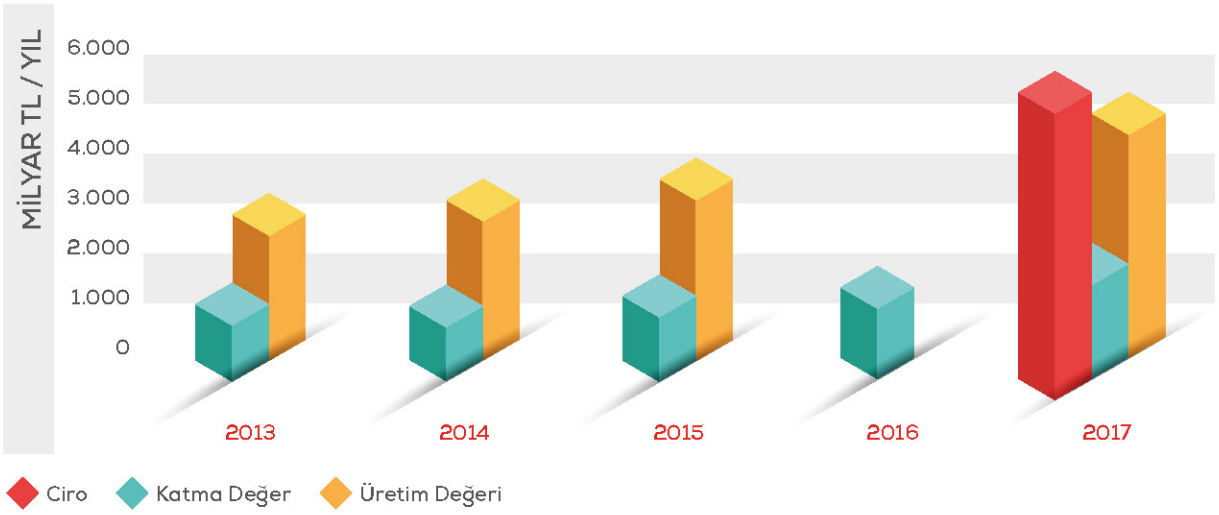
3.3. ÇUKUR CAM İMALATI ALT SEKTÖRÜ

Gıda, içecek, ecza ve kozmetik sektörlerine yönelik çeşitli hacim ve renklerde tasarımlı cam ambalaj üretimi yapılan ülkemizde, pazar lideri firma toplam 2,3 milyon ton/yıl üretim kapasitesi ile Türkiye'de 1., dünyada ve Avrupa'da ise 5. büyük cam ambalaj üreticisidir. Cam ev eşyası sektöründe ise ülkemizde otomatik ve el imalatı cam ev eşyası, soda, kristalin (kurşunsuz kristal), yarı kristalin ve ısıya dayanıklı borcam, cam ev eşyası üretimi yapılmaktadır [13].

Şekil 3.5'te çukur cam imalatı alt sektöründe ekonomik parametrelerin yıllara göre değişimi sunulmaktadır.

2017 yılı TÜİK verilerine göre alt sektörün cirosu yaklaşık 5,3 milyar TL, üretim değeri 4,5 milyar TL ve katma değeri 1,8 milyar TL olarak tespit edilmiştir. Sektörün cirosu, üretim değeri ve katma değerinin ana sektör payları %38, %37 ve %41 civarındadır [14]. 2013-2017 yılları arasında sektörde ciro, üretim değeri ve katma değeri her üç göstergede de yıllara göre artış olduğu gözlenmektedir.

Şekil 3.5 Çukur cam imalatı alt sektöründe ekonomik parametrelerin yıllara göre değişimi [14]



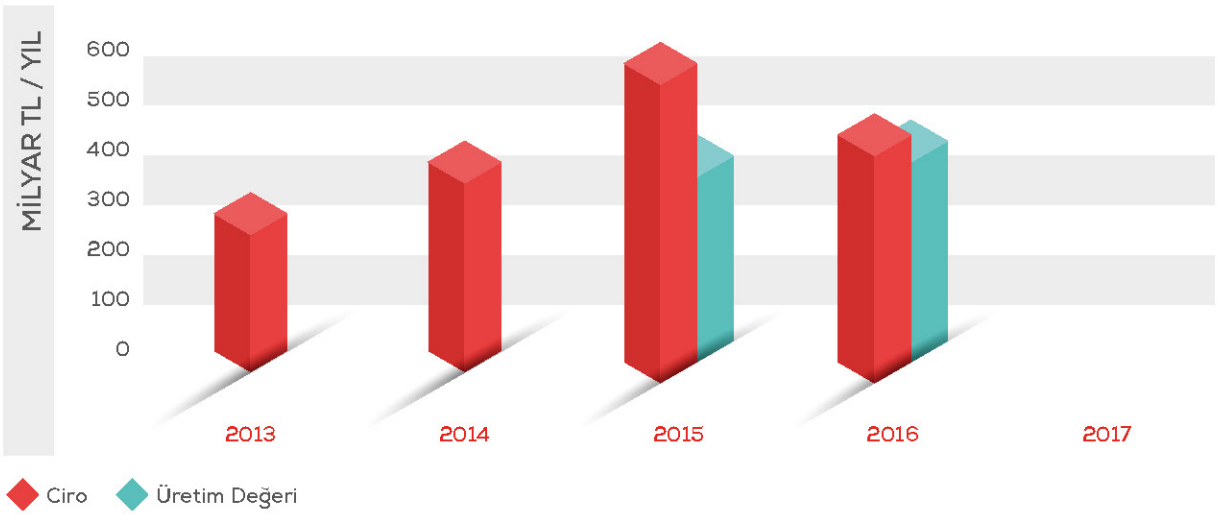
Ülkemiz cam ev eşyası üretiminde Avrupa'da ikinci, dünyada üçüncü, cam ambalaj alanında ise dünyadave Avrupa'da beşinci durumdadır [13].

3.4. DİĞER CAMLARIN İMALATI VE İŞLENMESİ ALT SEKTÖRÜ

Şekil 3.6'te diğer camların imalatı ve işlenmesi alt sektöründe ekonomik parametrelerin yıllara göre değişimi sunulmaktadır.

2017 yılı TÜİK verilerinde gizlilik sebebiyle veriler açıklanmadığından 2016 yılı verileri incelediğimizde; alt sektörün cirosu yaklaşık 459 Milyon TL ve üretim değeri yaklaşık 435 Milyon TL'dir. Sektörün cirosu, ve üretim değerinin ana sektör payları %3,85 ve %4,4'tür [14].

Şekil 3.6 Diğer camların imalatı ve işlenmesi alt sektöründe ekonomik parametrelerin yıllara göre değişimi [14]



2017 yılı toplam cam ve cam ürünleri ihracatı 916,1 milyon ABD Doları olup bu değer bir önceki yıla göre %4 azalmış, ithalat ise yaklaşık 845 milyon ABD Doları olup bir önceki yıla göre yaklaşık %6 artmıştır. Türkiye cam sanayisinin en çok ihraç ettiği ürünler arasında sofra ve süs eşyası, düz cam ve fiberler bulunmaktadır. 2017 yılında Almanya, İtalya ve İngiltere en fazla ihracat yapılan ilk üç ülkedir. Çin, Almanya ve İtalya ise en fazla ithalatın yapıldığı ilk üç ülkeyi oluşturmaktadır [15].

Tablo 3.2'de yıllar itibariyle cam ihracat ve ithalatı karşılaştırmalı olarak verilmektedir.

Tablo 3.2 Cam Sektörü Dış Ticareti (Bin $) [15]

Yıl	İthalat	İhracaat	İhr/İth (%)
2012	643.240	955.747	149
2013	816.982	993.181	122
2014	877.176	1.063.084	121
2015	780.398	1.042.265	134
2016	799.330	953.568	119
2017	844.585	916.145	108

Tablo 3.3'te yıllar itibariyle cam ve cam ürünlerinde ithalat yapılan ilk 15 ülke ve ithalat değerleri sunulmaktadır.

Tablo 3.3 Cam ve cam ürünlerinin ithalat değerleri (Bin $) [15]

İhracatçılar	İthalat Değeri 2013	İthalat Değeri 2014	İthalat Değeri 2015	İthalat Değeri 2016	İthalat Değeri 2017
Dünya	816982	877176	780398	799330	844585
Çin	237581	238476	223749	202198	185235
Almanya	78179	84057	71809	73456	80100
İtalya	42765	63912	45284	52720	68368
Bulgaristan	25815	36413	43465	51264	61793
Mısır	16199	41574	28579	44543	52843
Fransa	47816	48398	45606	47017	51137
Amerika Birleşik Devletleri	32341	37881	42858	39434	50253
Çek Cumhuriyeti	26415	24344	22011	30357	39762
Rusya	24866	35934	34204	44105	37028
Belçika	34236	35810	30614	24157	22358
Polonya	23746	18654	19794	21949	19284
İran	13302	24735	16751	12993	17965
İngiltere	16418	12515	10709	10589	14526
Macaristan	15682	18360	12934	12876	13238
İspanya	12202	9919	9417	10535	12666

Tablo 3.4'te yıllar itibariyle cam ve cam ürünlerinde ihracaat yapılan ilk 15 ülke ve ihracaat değerleri sunulmaktadır.

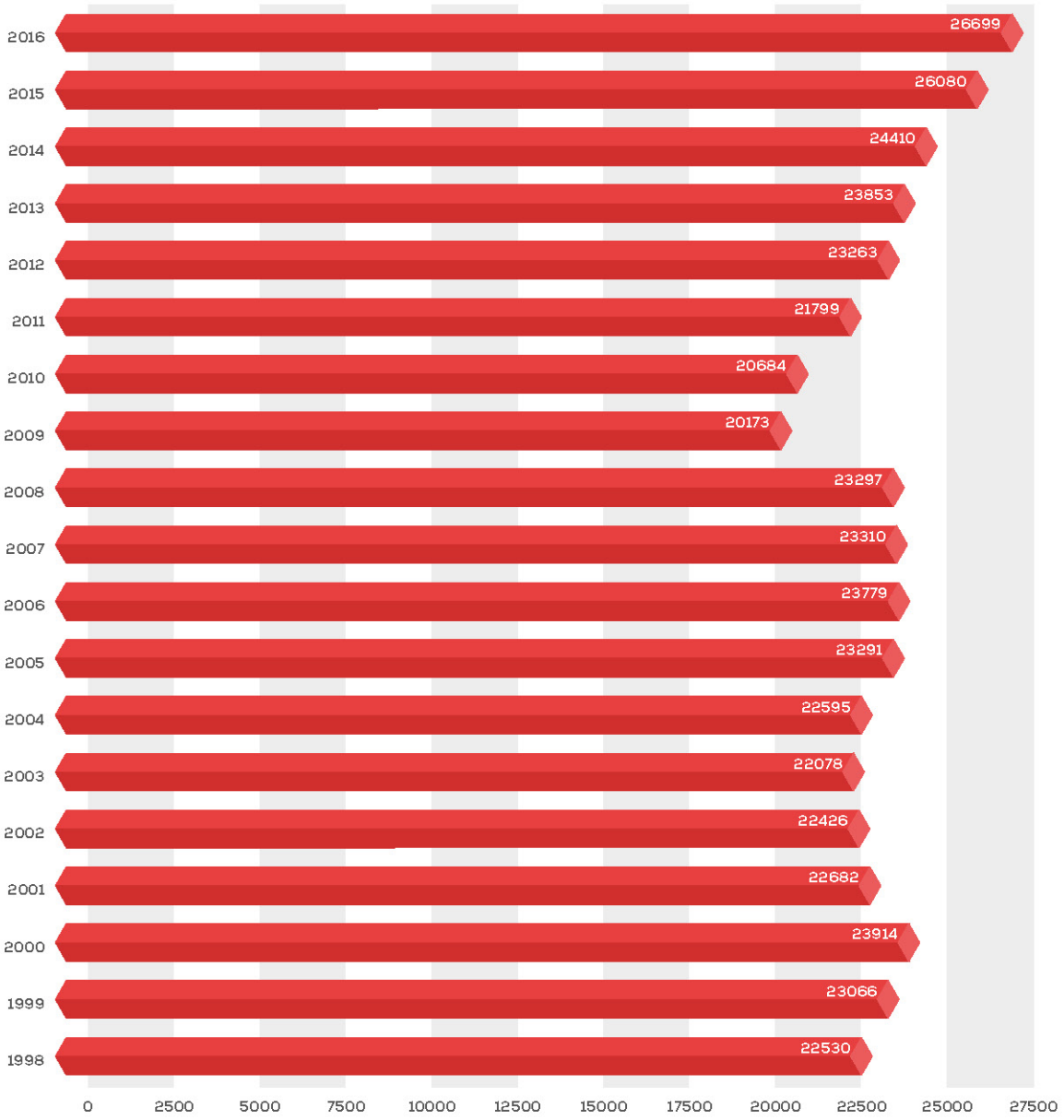
Tablo 3.4 Cam ve cam ürünlerinin ihracaat değerleri (Bin $) [15]

İthalatçılar	İhracaat Değeri 2013	İhracaat Değeri 2014	İhracaat Değeri 2015	İhracaat Değeri 2016	İhracaat Değeri 2017
Dünya	993181	1063084	1042265	953568	916145
Almanya	103519	115313	89760	84898	90955
İtalya	59333	60901	160226	120968	60403
İngiltere	55153	59186	82914	46705	54034
İspanya	32088	37718	39543	38651	44088
Amerika Birleşik Devletleri	38801	46765	42870	42688	44023
Fransa	57537	55265	59654	49842	42902
İsrail	35078	40457	37671	40436	39794
Irak	43362	42912	40851	32999	34212
Bulgaristan	38138	31101	26643	26127	25133
İran	17397	29985	27177	37935	24563
Romanya	22093	24717	19805	22299	23098
Polonya	16717	17749	18365	21448	18481
Fas	10883	13625	12805	16230	18398
Hollanda	11879	15241	11903	16320	15532
Suudi Arabistan	14683	16981	17910	14022	15303

3.5. DÜNYADAKİ MEVCUT DURUM

Dünya cam sektörü, yılda ortalama % 2-4 büyümektedir. Toplam cam üretim kapasitesinin 180 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir. Bunun %53'ünü cam ambalaj, %29'unu düz cam, %5'ini cam ev eşyası, %2'sini cam lifi ve %11'ini diğer camlar oluşturmaktadır. Üretimin bölgelere dağılımı ise; %34 Asya, %30 Avrupa, %29 Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) ve %7 diğer bölgeler şeklindedir [11]. ABD cam ve cam ürünleri brüt üretimi Şekil 3.7'de sunulmaktadır.

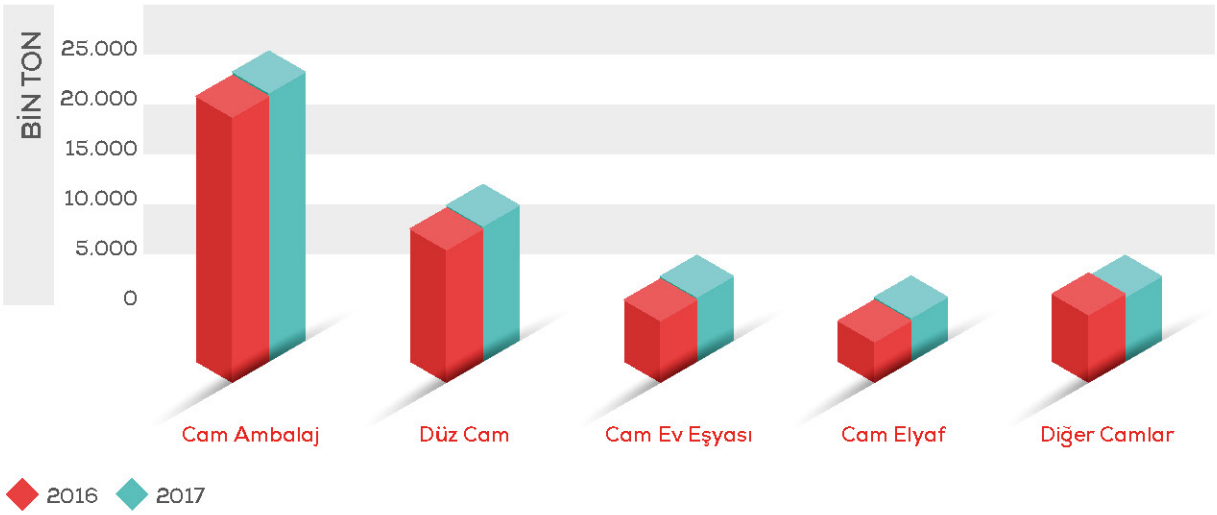
Şekil 3.7 ABD cam ve cam ürünleri brüt üretimi, (Milyon $) (1998-2016) [16]



AB-28 ülkelerinde ise 2017 yılı verilerine göre yaklaşık 36 milyon ton cam üretilmiş olup bir önceki yıla göre %2,3 artmıştır. Bu üretim seviyesi, AB'yi Çin ve Kuzey Amerika ile birlikte dünyanın en büyük üreticilerinden biri konumuna getirmektedir. Almanya, Avrupa'nın beşte biri üretime sahip olup en büyük cam üreticisidir. Bu ülkeyi Fransa, İspanya, İtalya ve İngiltere takip etmektedir [17] .

2016 ve 2017 yılları için alt sektörler bazında cam üretim değerleri Şekil 3.8'de, 2017 yılı için cam üretim payları ise Şekil 3.9'da sunulmaktadır.

Şekil 3.8 AB alt sektörler bazında üretim miktarları [18]



Avrupa'da en önemli cam alt sektörleri cam ambalaj ve düz cam olup 2017 yılı üretim payları sırasıyla %62 ve %29'dur. Bunu cam ev eşyası (%4), diğer camlar (%3) ve cam elyaf (%2) takip etmektedir (Şekil 3.9) [18]. Avrupa cam ambalaj sektörü 162 üretim tesisi ve yaklaşık 50.000 çalışanı ile sermaye yoğun bir sektördür. Ekonomiye ciddi katkısı bulunmaktadır. Gıda ve içececek sanayi için yüksek kalitede ambalaj ürünleri üretilmekte olup aynı zamanda parfümeri, kozmetik ve ilaç sektörleri için de flakonlar üretilmektedir. Cam ambalajı, kaynak tüketimi açısından verimli ve sürekli geri dönüştürülebilir bir ürün olup bu da onu sürdürülebilir tüketim ve üretim bağlamında kullanışlı bir ambalaj kaynağı yapmaktadır ([19], [20]).

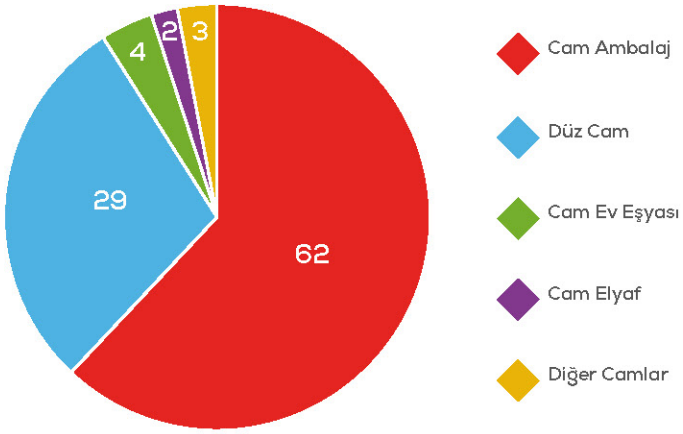
Düz cam sektörü, söz konusu üretim prosesinin türüne bakılmaksızın düz formda üretilen tüm camları içerir. Yüzdürme ve buzlu cam olmak üzere 2 çeşit düz cam bulunmaktadır. Yüzdürme cam, Avrupa düz cam üretiminin %95'ini oluşturmakta olup yaklaşık 50 tane üretim tesisi bulunmaktadır. Düz cam için en önemli iki pazar bina (pencereler ve cepheler) ve otomotiv (ön camlar, yan ve arka camlar) camlarıdır. Bu camları güneş enerjisi uygulamaları (fotovoltaik ve termal paneller) takip etmektedir [19]. Statista verilerine göre 2014 yılında dünyada üretilen düz camın %50'si Çin'e ait olup bunu %15 Avrupa, %10 Kuzey Amerika ve %7 Güney Doğu Asya takip etmiştir [21]. 2014 yılında düz cam üretim miktarı 59,2 milyon ton olup bu miktarın 2020 yılında 84 milyon ton olması beklenmektedir. Pazar değerine bakıldığında ise 44,8 milyar $ iken 72,5 milyar $ olması beklenmektedir [22].

Cam ev eşyası, başta küçük ve orta ölçekli işletmeler olmak üzere 300'den fazla tesise hitap etmektedir. Söz konusu alt sektör; cam sofra takımları, tencere ve bardak, kase, tabak, tencere, vazo ve süs eşyası gibi dekoratif eşyaların imalatını içermektedir.

Avrupa cam elyaf sektörü doğrudan yaklaşık 5000 kişiyi istihdam etmekte ve fiber takviyeli polimerler veya cam takviyeli plastikler olarak bilinen esas olarak sürekli filaman cam elyafları üretmektedir. Bu ürünler nispeten yüksek değer-kütle oranına sahiptir. Ağırlıklı olarak otomotiv ve nakliye (örneğin uçak) sektörlerinden rüzgar enerjisi, tarım, inşaat, iletişim, elektrik, elektronik, spor ve eğlence sektörlerine kadar kompozit malzemeler üretmek için kullanılmaktadır.

Özel camlar; aydınlatma camı, cam tüpler, laboratuvar cam ürünleri, cam seramikler, ısıya dayanıklı camlar, optik ve oftalmik camlar ve elektronik sanayi için yoğun teknolojik içeriğe sahip olması sebebiyle yüksek katma değerli ekstra ince camlardan oluşmaktadır [19] .

Şekil 3.9 AB alt sektörler bazında üretim payları [18]



2016 yılı ile karşılaştırıldığında, 2017 yılında AB-28 ihracat hacmi 3,12 milyon tonda sabit kalmış olup değer olarak %4.2'lik artışla 6.77 milyar Euro'ya ulaşmıştır. AB-28'in en büyük dört müşterisi; İsviçre (%15), Türkiye (%8) ve Rusya'nın (%4) dahil olduğu Avrupa'nın geri kalan kesimi (%45,6)'dir. Bunu ABD (%12), Kuzey Afrika (%6) ve Çin'in dahil olduğu (%3,4) Uzak Doğu Asya (%8,5) takip etmiştir.

AB-28 ithalatına gelince, 2016 yılı ile karşılaştırıldığında, 2017 yılında hacimce % 11 (4 milyon ton) ve değer olarak % 8'den fazla (6 milyar Euro) artmıştır. Uzak Doğu Asya %42 olarak gerçekleşmiştir. (Çin tek başına %34'ü oluşturmuştur), Avrupa'nın geri kalanı% 41 (Türkiye (%9,2), Rusya (%8,7), İsviçre (% 8,7) ve Ukrayna (% 5,2) dahil), Kuzey Afrika%5,5 ve ABD%3,5 olarak gerçekleşmiştir [17].



4. ÜRETİM SÜREÇLERİ



4 ÜRETİM SÜREÇLERİ

Cam üretim süreçleri düz cam, cam ambalaj ve cam ev eşyası olmak üzere üç farklı kategori altında incelenmiştir.

4.1. DÜZ CAM ÜRETİM SÜRECİ

Ergimiş silisyumun, ergimiş kalayın üzerinde yüzdürme prensibiyle üretimi yapılan cam türüdür. Sektörde en yaygın üretilen cam türü olup, başlıca düz cam üretim çeşitleri aşağıda verilmiştir.

Düz cam, yüzdürme (float) cam ve buzlu cam (telli veya telsiz) olmak üzere iki farklı üretim teknolojisiyle üretilmektedir.

4.1.1 YÜZDÜRME CAM ÜRETİM SÜRECİ

Düz cam üretim sürecinde, günümüzde kullanılan en ileri teknoloji, yüzdürme üretim teknolojisidir. "Float cam", mimari amaçlarla cam kullanımının temel ürünüdür. Float üretim teknolojisinde, silis kumu, soda, dolomit, feldspat, kalker ve sülfat gibi yardımcı malzemeler 1500°C - 1600°C'de ergitilerek ergimiş kalay üzerinde (kalay banyosu) yüzdürülür. Bu banyo altta refrakter kaplı bir hazne ve üstte azot/hidrojen karışımı bir atmosferi barındıran kapalı bir çelik bölümden oluşmaktadır. Cam, ergimiş kalay banyosunun üstünde kontrollü şekilde ilerler ve soğuyarak tavlama tünelinde rulolar üstünde hareket edecek şekilde yönlendirilir. Tavlama tünelinden akan cam hat üstünde kontrollü şekilde soğuyarak, otomatik kesim ve mamul toplama bölümüne gelir; burada nihai ürün kesilmiş ve ambalajlı şekilde toplanır.

Yüzdürme cam üretimi; harman hazırlanması, camın ergitilmesi, şekillendirilmesi, tavlanması ve son işlemler olmak üzere temel proseslerden oluşmaktadır (Şekil 4.1). Alt sektörler arasındaki üretim proseslerine ait farklılıklar ise harman hazırlaması ve ergitme sonrası işlemlerinin farklılaşmasından ileri gelmektedir.

4.1.1.1 HARMAN HAZIRLAMA

Üretim prosesinin ilk aşamasında fiziksel ve kimyasal analizleri yapılarak uygunluğu kabul edilmiş cam ham maddeleri stoklandıkları sahalardan günlük kullanım miktarlarına bağlı olarak manyetik separatörlerden geçirildikten sonra pnömatik veya konveyör taşıyıcı sistemlerle tartım silolarına nakledilmektedir. Ham maddeler, reçetede belirtilen miktarlara göre hassas tartım kantarlarında istenilen toleranslarda ve önceden belirlenmiş miktarlarda tartılarak, konveyör bant sistemi ile homojen bir harman eldesi için karıştırıcı ünitesine gönderilmektedir. Karıştırma işlemi sırasında su kullanılarak harmana belirli oranda rutubetlendirme sağlanmaktadır.

Buradan alınan harman bunkerlere ve sonrasında fırına nakledilmektedir. Bu sırada aynı konveyöre, cam kırığı binasından yine konveyörler ile gelen cam kırığı tartılarak ilave edilmektedir. Şekillendirme sırasında oluşan kenar hataları ve kalite speklerine uymayan hatalı camların hat üstü kırıcılarında kırılmasıyla oluşan cam kırığı, cam kompozisyona uygun oranlarda harmana ilave edilmektedir.

4.1.1.2 CAM ERGİTME

Harman hazırlama ünitesinden gelen homojen olarak karışmış uygun fiziksel ve kimyasal özelliklerdeki harman, bir bunkerden fırına beslenmektedir. Fırına verilen harmanın ergimesi için gerekli enerji, yakma sistemi ile karşılanmaktadır. Fırın sağ ve sol portlarında bulunan doğalgaz beklerinden püskürtülen yakıt, portların bağlandığı rejenaratörler vasıtası ile ısıtılan yakma havası ile karışmaktadır. Oluşan alev, fırın içi sıcaklığının 1.400˚C-1.600˚C'lerde olmasını sağlamaktadır.Fırın içerisinde yanma esnasında basınç ve sıcaklıklar eşzamanlı (online) kontrol edilmektedir. Enversiyon sistemi ile fırında kullanılan enerjinin önemli bir kısmının tekrar fırına geri döndürülmesini sağlayan rejeneratörlerden maksimum verimin alınabilmesi için, bir taraftaki bekler 20 dk. yandıktan sonra, yakıt karşı taraftaki beklere verilir. Bu şekilde, 20 dk. süresince sıcak yanma gazları ile ısınan rejeneratörler, bu süre sonunda, alttan verilen ortam sıcaklığındaki yakma havasının yine 20 dk. süresinde 1.200˚C-1.300˚C'ye kadar ısıtılmasını sağlar. Yanma sonucu oluşan gazlar, rejeneratörlerden geçerek baca gazı kanalları ile –mevcutsa-atık ısı geri kazanım sistemine geçmekte, daha sonra doğal emişli bir baca ile atmosfere verilmektedir. Enversiyon sistemi ile bir port soğuk yakma havası ile yakma modunda çalışırken, diğer port yanma hücresindeki egzoz gazlarını emer. Bu şekilde sırayla sağ ve sol rejeneratörler çalışarak fırında kullanılan enerjinin önemli bir kısmının tekrar fırına geri döndürülmesi sağlanır. Fırın boyun bölgesinde cam homojenitesine yardımcı olmak amacıyla karıştırıcılar bulunmaktadır.

Fırındaki istenilen ergime koşullarının sağlanmasının kontrolü amacıyla fırının çeşitli yerlerinde bulunan sıcaklık ve basınç sensörlerinden alınan sinyaller, fırın kumanda odasındaki ölçüm cihazlarına gelmekte, ölçüm sonuçları ise bilgisayar sistemi ile kontrol edilmektedir. Ergitilmiş cam, fırın boyun bölgesinden geçirilerek dinlendirmeye ve sonrasında kanaldan banyo bölgesine sevk edilmektedir. .

4.1.1.3 KALAY BANYOSU

1.000˚C-1.100˚C sıcaklıktaki ergimiş cam, brüt çekişe bağlı olarak değişen debilerde, içinde ergimiş kalay bulunan üniteye aktarılmakta olup spesifik yoğunluk farkından dolayı kalay üzerinde yüzmektedir. Camın istenilen genişlik ve hızı sayesinde sağlanmaktadır. Kalay ile banyo atmosferindeki oksijenin birleşip camda hata veren kalay oksit oluşumunun önlenmesi için, kalay banyosu atmosfer azotu ile basınçlandırılmaktadır.

Ayrıca, herhangi bir şekilde banyo atmosferine karışabilecek oksijenin olumsuz bir etkiye neden olmaması için ortama hidrojen gazı da verilmektedir. Banyo içerisindeki camın sıcaklığı, gerektiğinde (düşük tonajlı üretimlerde) elektrikli ısıtıcı takviyesi ile kontrol altında tutulmakta olup 600˚C'lerde banyoyu terk etmektedir.

4.1.1.4 TAVLAMA

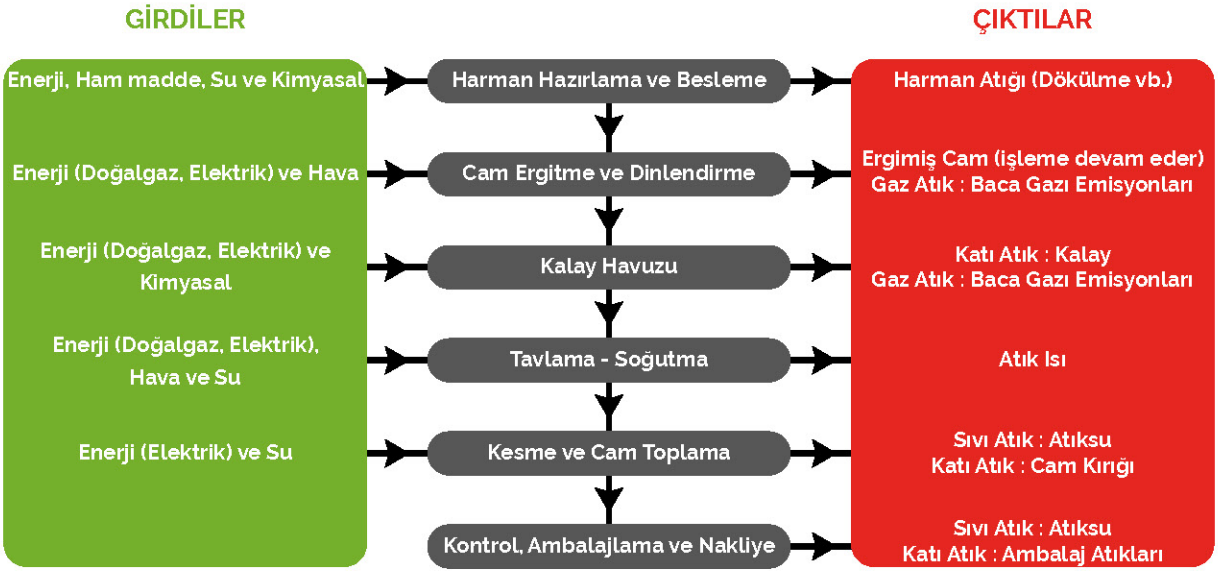
Kalay banyosundan şerit halinde çıkan cam, bir soğutma tünelinde kontrollü bir şekilde soğutularak yüzey gerilimlerinin giderilmesi ve mekanik mukavemet kazanması için tavlanmaktadır. Dönen çelik rulo grupları üzerinde çekilen camın önceden belirli bir sıcaklık profiline uygun olarak soğutulması için soğutma tünelinin belirli yerlerinde elektrik ile ısıtma ve fanlar ile soğutma yapılmakta ve çelik rulo grupları bir motor grubu ile tahrik edilmektedir.

4.1.1.5 SON İŞLEMLER

Soğutma tünelinden çıkan cam şerit, cam yüzeylerinin temizlenmesinin sağlanması amacı ile şartlandırılmış su ile yıkanma olup akabinde ortam havası veya ısı eşanjörü ile ısıtılmış hava kullanılarak kurutulmaktadır. Yıkamadan çıkan cam, manuel veya otomatik gözlem sistemleri tarafından gözlenmektedir. Böylece yüzeyde oluşabilecek hatalar işaretlenip hat sonunda hatalı plakalar kırılmaktadır. Camın genel şerit kalitesi ise belirli zamanlarda alınan numuneler üzerinde kalite kontrol elemanları tarafından yapılan çeşitli testler neticesinde belirlenmektedir.

Yıkama ve manuel gözlemden çıkan şerit halindeki cam, gelen siparişler doğrultusunda enine ve boyuna kesilerek plaka haline getirilir. Cam plakalar arasına (müşteri talebine göre) kağıt ya da toz konularak cam plakaların birbirlerine paket içerisinde yapışması engellenir ([23], [24])

Şekil 4.1 Yüzdürme cam üretim süreci akış şeması ([23], [24])



4.1.2 BUZLU CAM ÜRETİM SÜRECİ

Buzlu cam üretiminde, yatay düz cam çekme prosesi kullanılarak cam eriyik biri desenli olan iki merdane arasından geçirilir (Şekil 4.2). Buzlu camların bir yüzü düz, diğeri desenlidir. Çeşitli renk ve desenlerde üretilen buzlu ve telli camlar inşaat ve özellikle son yıllarda güneş enerji sektöründe

pazarlanmaktadır. Bu ürün banyo, yatak odası gibi yapı bölümlerinde kapı camı veya iç mekan camı, beyaz eşya sektöründe buzdolabı camı olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda yüksek geçirgenlikleri sebebi ile güneş pilleri sektöründe PV camı (fotovoltaik) ve termal kollektörlerin üretilmesinde de kullanılmaktadır. Buradaki proses düz cam üretimi ile benzer şekilde olup aşağıdaki açılardan farklılaşmaktadır ([10], [25])

4.1.2.1 ŞARTLANDIRMA/FOREHEART

Ergitme fırınından alınan cam, dinlendirme bölgesi sonuna yerleştirilmiş olan 'forehearth' olarak tanımlanan kanaldan geçirilerek şartlandırma sağlanır. Bu aşamada uzun zaman aralığında camın şartlandırılarak benzer ağırlık ve homojen sıcaklıkta sürekli beslenmesi sağlanmaktadır.

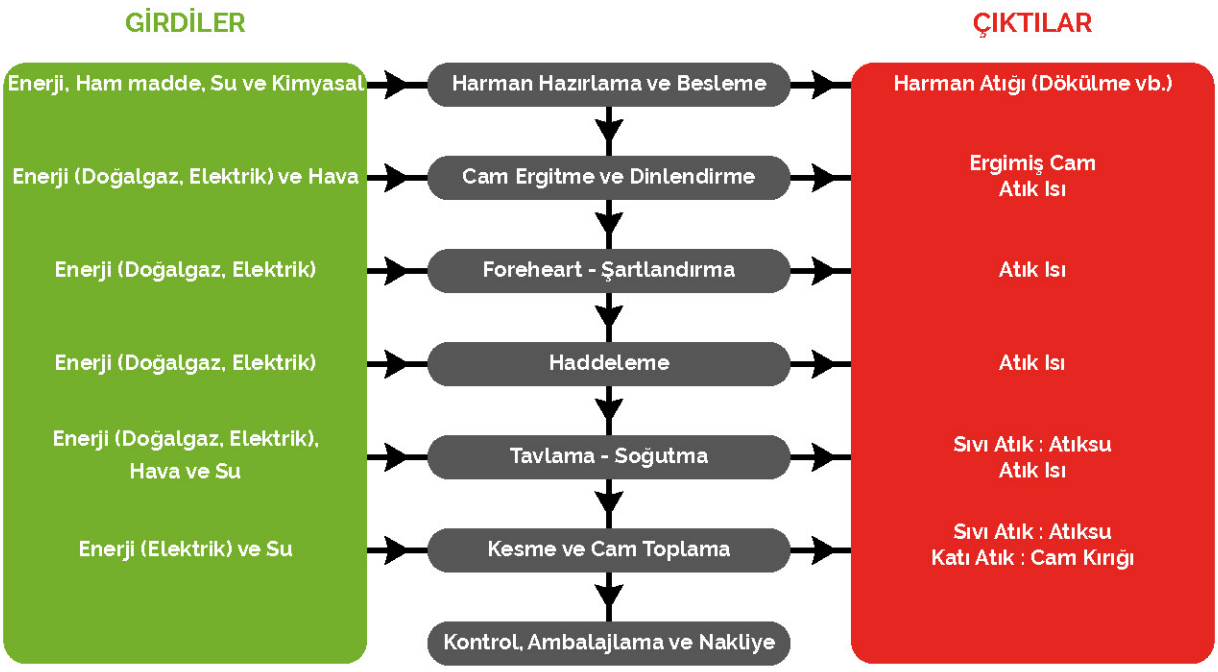
4.1.2.2 HADDELEME

Forehearthlerden çıkan ergimiş cam, 1050˚C'lerde su soğutmalı haddeleme merdanelerinden/silindirlerinden geçirilmektedir. Dökme demir veya paslanmaz çelikten imal edilen alt merdane buzlu camın istenilen şeklinde olup üst merdane ise pürüzsüzdür. Camın kalınlığı ise merdaneler arasındaki boşluğun ayarlanması ile kontrol edilir. Cam şerit ruloları yaklaşık 850˚C'de terk eder.

4.1.2.3 TAVLAMA

Haddelemeden şerit plaka halinde çıkan cam, bir soğutma tünelinde kontrollü bir şekilde oda sıcaklığına gelene kadar su ile soğutularak mekanik mukavemet kazanması için tavlanmaktadır ([23], [24]).

Şekil 4.2 Buzlu cam üretim süreci akış şeması [23]



4.2. DÜZ CAMIN ŞEKİLLENDİRİLMESİ VE İŞLENMESİ SÜRECİ

Düz camın işlenmesi ve şekillendirilmesi ile üretilen başlıca ürünler aşağıda verilmiştir.

- Ayna
- Lamine camlar
- Kaplamalı camlar
- Beyaz eşya camları
- Enerji ve dekorasyona yönelik temperli camlar
- Güneş enerjisi camları
- Çift camlar
- Emniyet camları
- Otomotiv camları (temperli, lamine, kurşuna dayanıklı)

4.2.1 CAM AYNA ÜRETİM SÜRECİ

Yüzdürme cam, ayna hattında tam otomatik üretim sonucu, yıkama, parlatma, gümüş kaplama, pasivatör uygulama sonrası iki kat boyama ve kurutma aşamalarından geçerek ayna haline gelir (Şekil 4.3). Gümüş kaplama cama yansıtma özelliği sağlar. Koruyucu kimyasal kaplamalar ve boya uygulamaları, aynanın dış etkenlerden korunmasını sağlar[26].

4.2.1.1HAMCAM KABULU VE İLK YIKAMA

Taşıma araçları yardımı ile getirilen hamcamın kabulü yapılarak üretime başlama sürecine dahil edilir. Hamcam ayraç tozu ve ortamdan gelen tozlardan, kirliliklerden su ve deterjan yardımı ile yıkanarak temizlenir.

4.2.1.2 PARLATMA (POLİSAJ) VE DURULAMA

Bu aşamada kimyasal kaplama sürecine hazırlık amacı ile cam yüzeyine polisajlama işlemi yapılır. Seryum oksit çözeltisi fırçalar yardımı ile cam yüzeyine uygulanarak polisajlama işlemi gerçekleştirilir. Polisajlama işlemi ardından cam yüzeyi demineralize su ile durulanır.

4.2.1.3 KALAY VE PALADYUM KAPLAMA

Gümüşün cam yüzeyine yapışmasını sağlamak amacıyla cam yüzeyine kalay çözeltisi uygulanır. Kalay çözeltisi uygulaması ardından deminerilize su yardımı ile cam yüzeyinde kalan kimyasal uzaklaştırılarak durulanır. Bu aşamadan sonra paladyum diKlorür çözeltisi uygulanmaktadır. Burada kalay ve paladyum adhezyon artıcı kimyasal olarak kullanılmaktadır. Sonrasında paladyum demineralize su ile durulanmaktadır.

4.2.1.4 GÜMÜŞ KAPLAMA

Gümüş kaplama işlemi travers sistemi ile uygulanmaktadır. Cam yüzeyine oluşan gümüş cama yansıtıcı özellik kazandırmaktadır.

4.2.1.5 KALAY VE SİLANOR KAPLAMA

Pasivatör Uygulama: Pasivatör uygulama aşamasında gümüşün oksijen ile temasının önlenmesi amacıyla cama pasivatör 1 olarak adlandırılan seyreltilmiş kalay çözeltisi uygulanmaktadır. Sonrasında ise perde yöntemi ile uygulanacak boyaların cama yapışmasını sağlamak amacıyla pasivatör 2 olarak adlandırılan siloksan çözeltisi uygulanmaktadır. Bu aşamadan sonra boya öncesi cam üzerinde bulunan su hava bıçakları yardımı ile yüzeyden uzaklaştırılır.

4.2.1.6 KURUTMA VE SOĞUTMA

Boya bölgesi öncesi IR ısıtıcıların bulunduğu fırında ayna kurutulmaktadır. Fırın çıkış sıcaklıkları yaklaşık olarak 90-95˚C olup sonrasında fanlar yardımı ile hava ile soğutma gerçekleştirilmektedir.

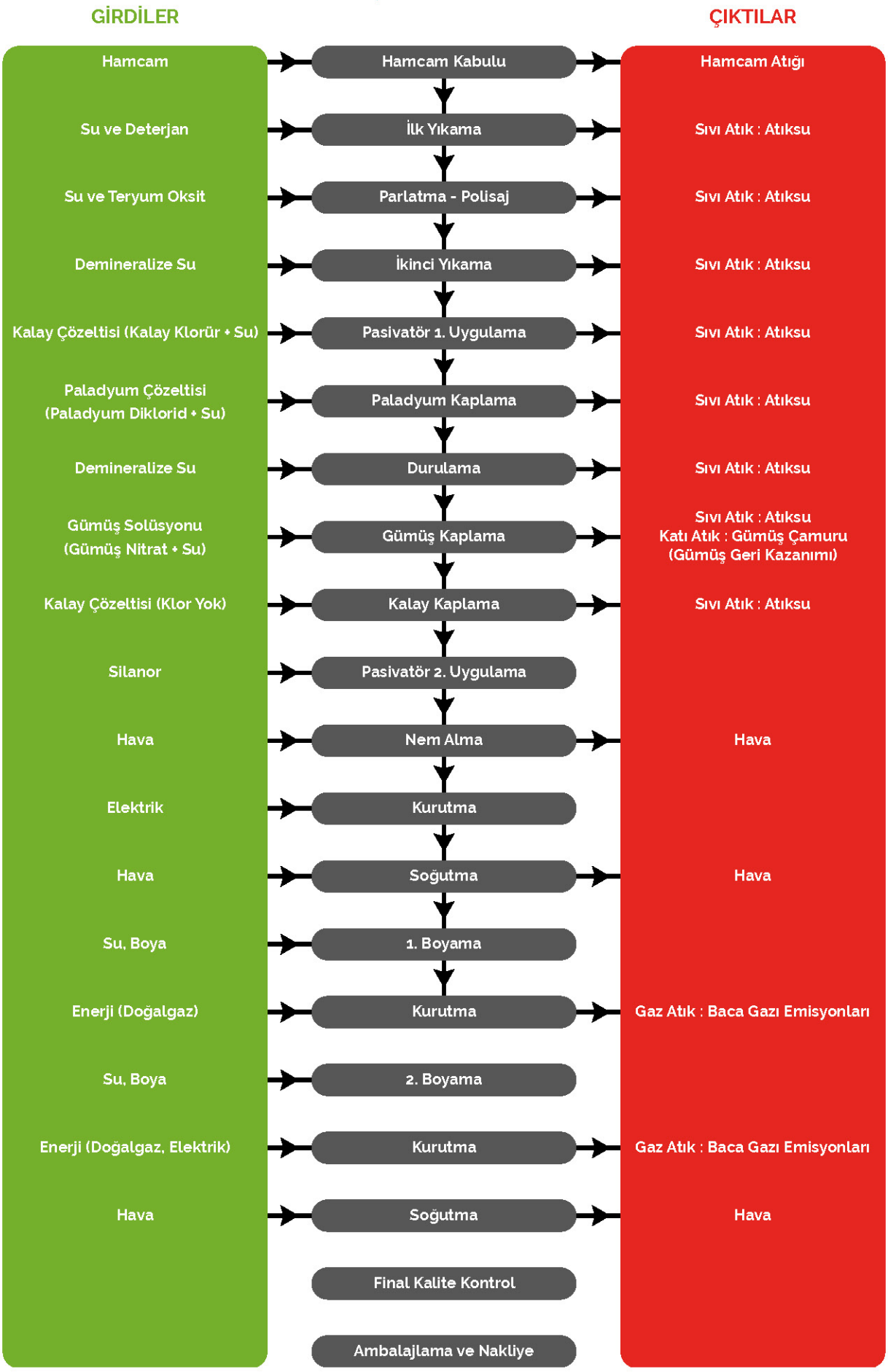
4.2.1.7 BİRİNCİ BOYAMA, KURUTMA VE SOĞUTMA

Ayna yüzeyi, korozyon önleyici pigmentler içeren boya ile (örneğin kırmızı renkte) kaplanmaktadır. Burada boya, gümüşü dış etmenlerden korumaktadır. Sonrasında ayna, doğalgazlı kurutma fırınına girmekte olup boya kürlenmesi gerçekleştirilir. Kürlenme işlemi tamamlanarak fırından çıkan ayna soğutma fanları ile 50˚C'ye soğutulmaktadır.

4.2.1.8 İKİNCİ BOYAMA, KURUTMA VE SOĞUTMA

Bu aşamada cama yeşil renkte 2. kat boya uygulanmaktadır. Benzer şekilde kurutma fırını ile 2.kat boyanın da kürlenmesi gerçekleştirilir. Kürlenme işlemi tamamlanarak fırından çıkan ayna ürünü fanlar yardımı ile oda sıcaklığına soğutulmaktadır [23].

Şekil 4.3 Cam ayna üretim süreci akış şeması [23]



4.2.2 GÜNEŞ ENERJİSİ CAMLARI ÜRETİM SÜRECİ

Güneş paneli camlarında, düşük demirli, temperli buzlu camlar kullanılmaktadır. Güneş paneli camlarında demir oksit oranı düştükçe camların ışık geçirgenliği normal demirli cama göre daha yüksek olmaktadır. Güneş kolektör camları, desenli yapısıyla cam yüzeyinde oluşan yansımaları azaltarak, yüksek enerji geçirgenliği ile güneş kolektörlerinin performansında maksimum verimlilik sağlar.

4.2.2.1 HAMCAM KABULU, KESİM VE TRİM KOPARMA

Taşıma araçları ile gelen hamcamın kabulü yapılarak üretime başlama sürecine dahil edilir. Hamcam ayraç tozu ve ortamdan gelen tozlardan, kirliliklerden su ve deterjan yardımı yıkanarak temizlenir. Nihai müşteri ebadına göre istenilen ölçülerde kesilmektedir. Kesilen parçalar üzerinde optimizasyon kaynaklı fire parçalar trim koparma prosesi ile ortamdan uzaklaştırılmaktadır (Şekil 4.4).

4.2.2.2 KENAR İŞLEME, YIKAMA VE KALİTE KONTROL

Temperleme prosesinde camın kırılmasının engellenmesi için kenar işleme (rodajlama) yapılmaktadır. Rodajlama sonrasında yıkama yapılarak kalite kontrol sonrası camlar kaplama bölümüne sevkedilir.

4.2.2.3 KAPLAMA

Camın yüzeyine kaplama yapılmadan önce yüzey yıkanır ve gerek yüzey neminin alınması gerek ise yüzey boyunca sıcaklıklarının homojen hale gelmesi için ön ısıtma yapılmaktadır. Bu aşamada sıcaklıklar yaklaşık 100˚C civarındadır. Devamında alkol ile seyreltilmiş kaplama kimyasalı malzemesi uygulanmaktadır. Alkolün yüzeyden uçurulması amacıyla tekrar 100˚C' de kürleme işlemi gerçekleştirildikten sonra ise soğutma fanları ile camın soğutulması gerçekleştirilmektedir.

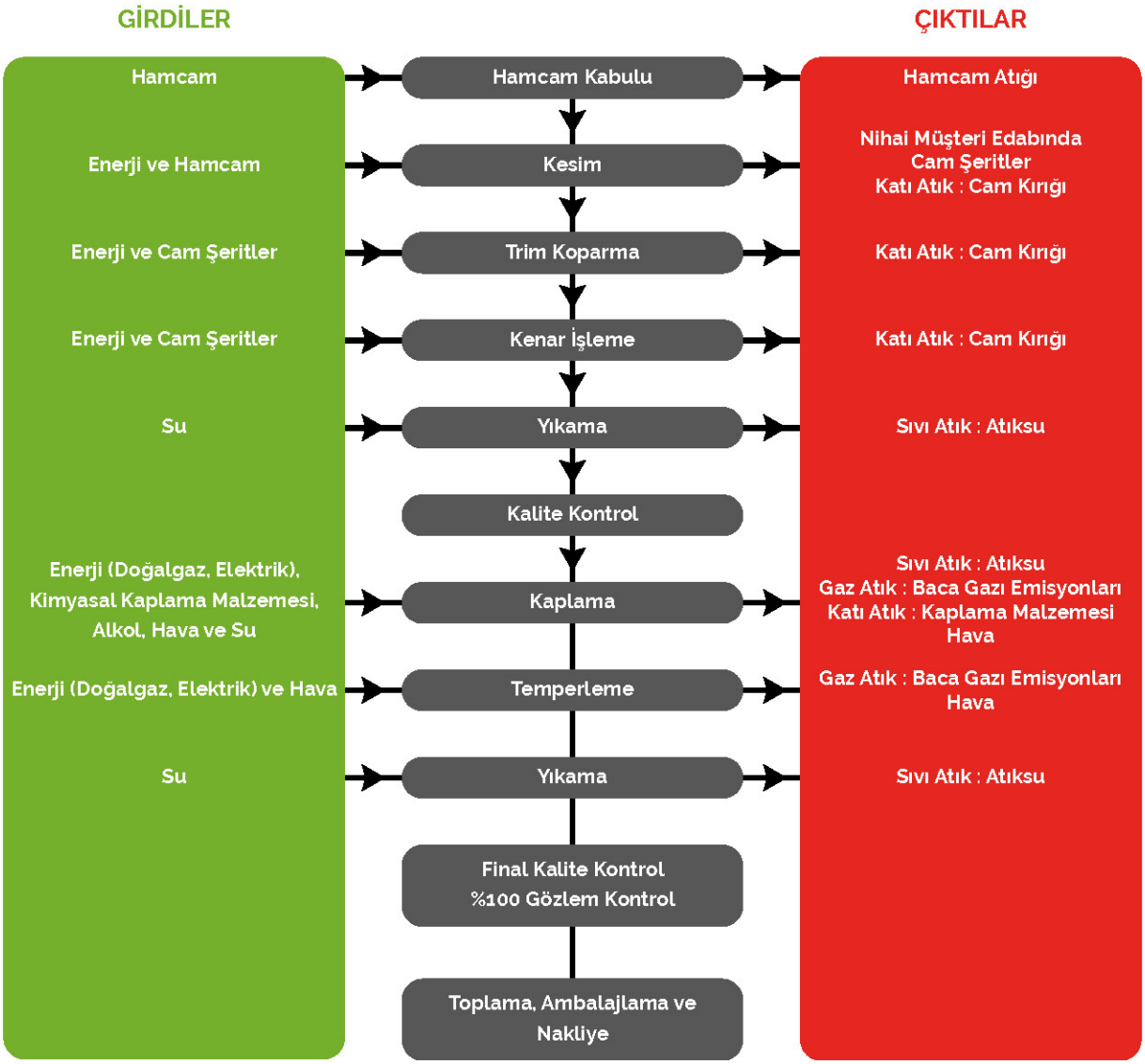
4.2.2.4 TEMPERLEME

Camın termal ve mekanik dayanımının artırılması amacıyla temperleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Yaklaşık 650˚C'de ısıtma fırınından çıkan camın sıcaklığı ani soğutma ile 350˚C'ye düşürülerek, soğutma tüneline alınır ve nihai olarak 50-70˚C seviyelerinde temperleme işlemi tamamlanmış olur.

4.2.2.5 YIKAMA

Temperleme işleminden sonra yıkama gerçekleştirilmektedir. Kalite kontrol ve toplama işlemlerimden sonra camın ambalajlanması ve nakliyesi gerçekleştirilmektedir [23].

Şekil 4.4 Güneş enerjisi camlar üretim süreci akış şeması [23]



4.2.3 LAMİNE OTO CAM ÜRETİM SÜRECİ

4.2.3.1 ŞEKİL KESİM

Elmas uçlu kesme rolesi ile camın istenen ebat ve şekilde kesilmesidir. Kesme işleminde kesici elması korumak ve kesme işlemini kolaylaştırmak amacıyla kesme yağı kullanılır.

4.2.3.2 KOPARMA

Kesilmiş camın fazlalıklarının ayrılmasıdır.

4.2.3.3 RODAJ

Kesilmis şekilli camın keskin kenarlarının rodaj diski ile taşlanmasıdır. Rodaj suyuna yanmayı azaltmak ve rodaj diskinin ömrünü artırmak amacıyla sogutma sıvısı katılır.

4.2.3.4 DELİK DELME

Camın istenen noktasına ve istenen çapta matkap ucu ile delik delinmesidir.

4.2.3.5 YIKAMA - YIKAMA MAKİNELERİ

Su antmadan gelen demineralize su yardımı ile kesme yağı, cam tozu vb. kirleticiler bulaşmış camın yıkanarak temizlenmesidir.

4.2.3.6 TOZLAMA

Lamine ön camı oluşturan eş camlardan dış cam olarak kullanılacak camlar tozlama ünitesine taşınarak diatome tozu ile tozlanmasıdır. Tozlama işlemi eş camların fırında bükülürken birbirlerine yapışmamalan amacı ile yapılır. Yüksek bombeli camlar alkolleme ünitesine alınarak üzerine alkol, su ve celite superfloss karışımı püskürtülür.

4.2.3.7 BASKI VE MARKA

İç camların iç kenar bölmelerine emaye boya yardımı ile baskı teknigi kullanılarak baskı ve marka yapılmasıdır.

4.2.3.8 BASKI KURUTMA

Cam üzerine yapılmış olan baskının 150-200°C'de elektrikli ısıtıcılar ile kurutma fırınlarında kurutulmasıdır.

4.2.3.9 BÜKME

Baskılı ve tozlu eş camlann elektrikli rezistanslı bükme fırınında 610-640°C'de kademeli olarak ısıtılarak kalıp üzerinde bükülmesidir.

4.2.3.10 YIKAMA

Bükülmüş camların antmadan gelen demineralize su ile fırçalar yardmıyla yıkama makinesinde yıkanarak cam tozu, kir vb. kirleticilerden arıtılmasıdır.

4.2.3.11 BİRLEŞTİRME

Eş camlar arasına uygun ebatlarda kesilmiş polivinil butiral (PVB) serilerek cam-PVB kombinasyonunun oluşturulmasıdır. Oluşturulan kombinasyon birleştirme fırınından geçirilerek içindeki havanın atılması sağlanır.

4.2.3.12 OTOKLAV

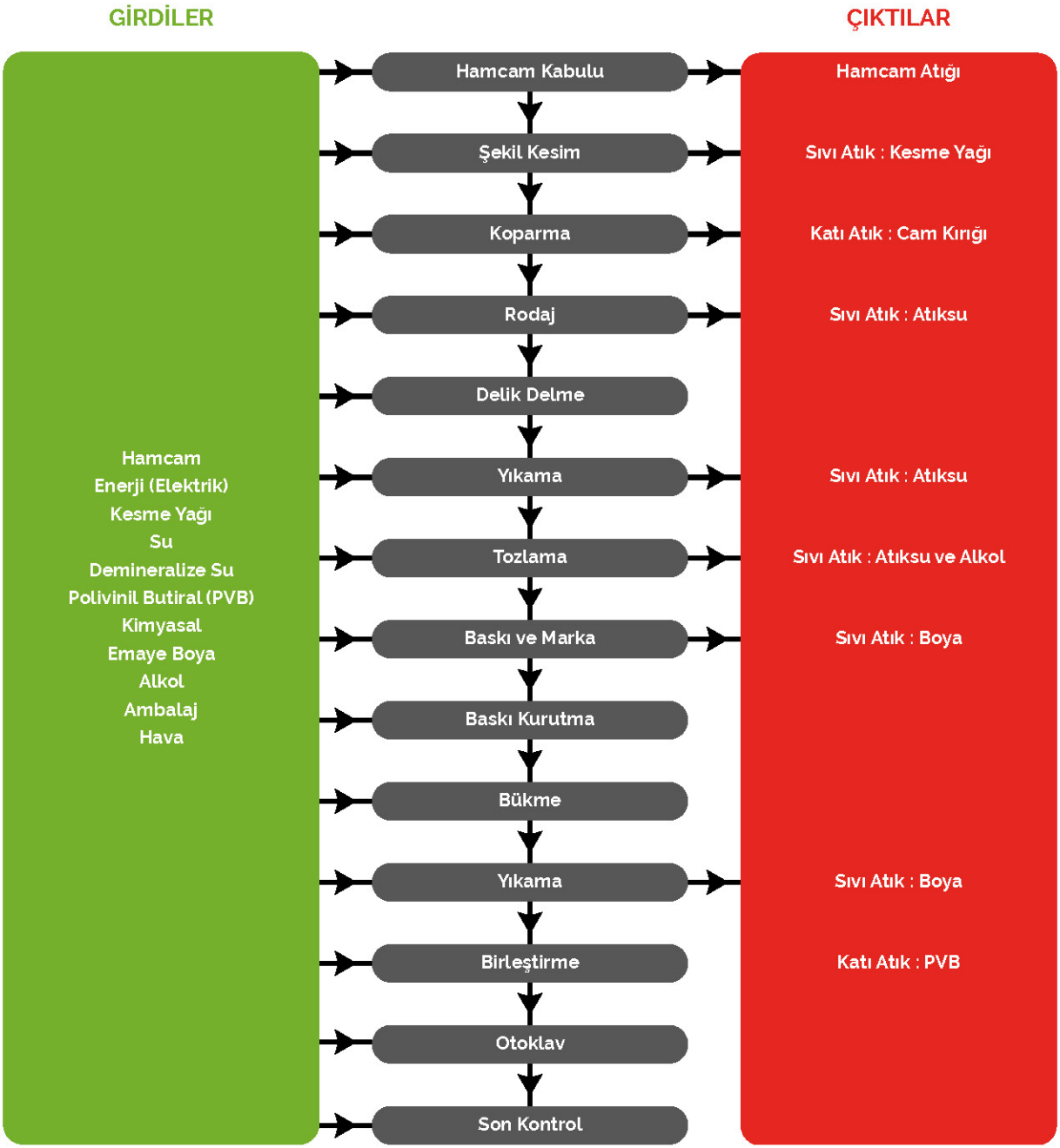
Birleştirmeden gelen cam çiftlerinin aynlmasını engellemek için kenarlarına kimyasal sürülür. Camlar daha sonra otoklav icerisinde yüksek basınç ve sıcaklık altında tutularak iki cam arasındaki PVB saydam hale getirilir.

4.2.3.13 SON KONTROL

Otoklav işlemi tamamlanan camların görsel kontrolleri yapıldıktan sonra ambalajlanarak sevkiyata hazır hale getirilmesidir [23].

Lamine otocam üretim süreci Şekil 4.5'te sunulmaktadır.

Şekil 4.5 Lamine otocam üretim süreci akış şeması [23]



4.2.4 TEMPERLİ OTOCAM ÜRETİM SÜRECİ

Temperli otocam üretim süreci, lamina cam üretim sürecine benzer olup temperleme açısından farklılaşmaktadır. Baskı ve markaya kadarki benzer prosesler olmaktadır. Bu nedenle aynı prosesler burada tekrar edilmemektedir.

4.2.4.1 BASKI VE MARKA

İç camların iç kenar bölmelerine emaye boya ve medyum yardımı ile baskı teknigi kullanılarak baskı ve marka yapılmasıdır. Otomobil arka camlarında gümüş boya kullanılarak 2. baskı ile ısıtma rezistansı oluşturulmaktadır. Baskı işleminde kullanılan serigrafi kalıplarının temizlenmesinde halojen bazlı organik temizleyici kullanılır.

4.2.4.2 BASKI KURUTMA

Cam üzerine yapılmış olan baskının 150-200˚C'de elektrikli ısıtıcılar ile kurutma fırınlarında kurutulmasıdır.

4.2.4.3 TEMPERLEME

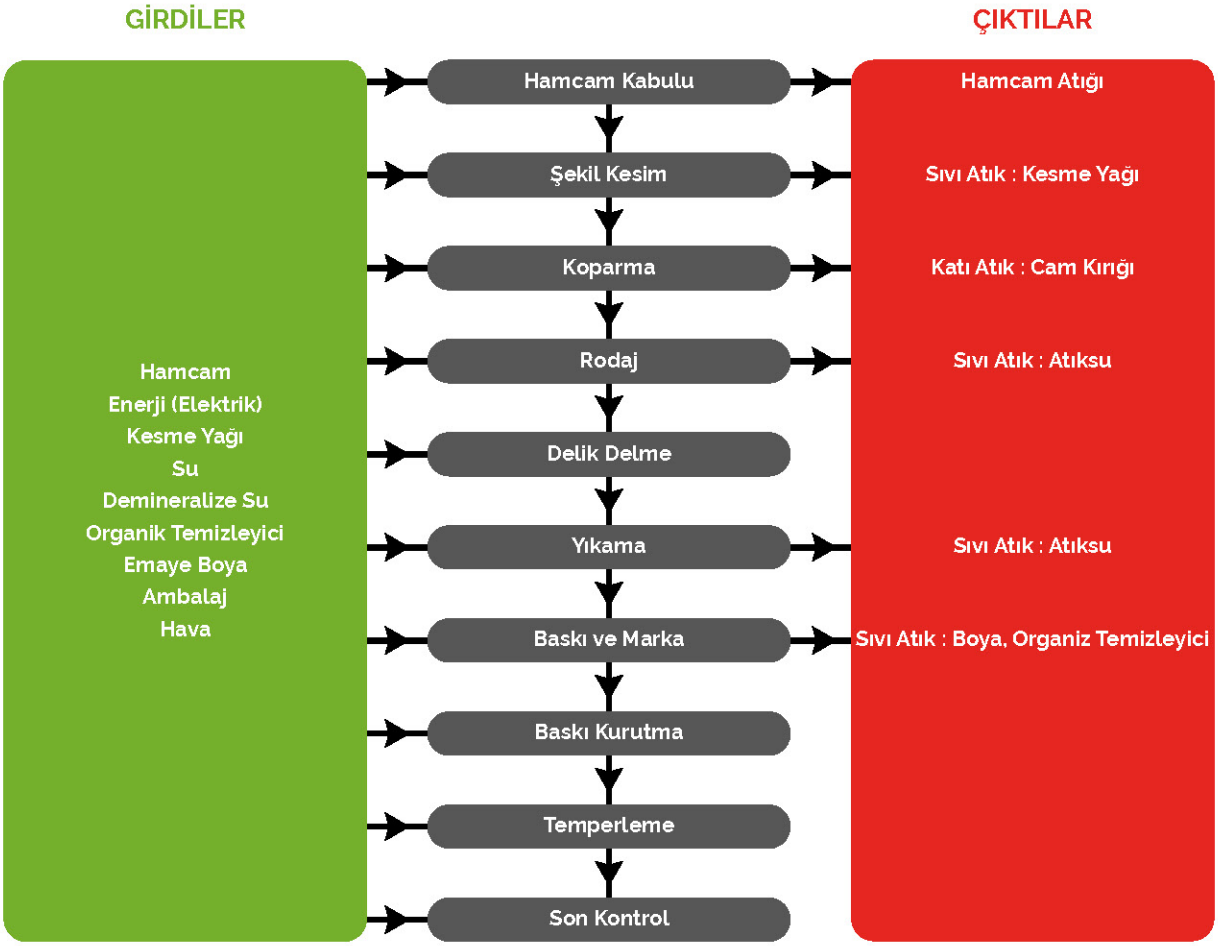
Baskılı camların rezistanslı fırınlarınlarında 610-650˚C'de sıcaklığa kadar ısıtılıp şekillendirilmesi ve basınçlı hava aile aniden soğutulmasıdır.

4.2.4.4 SON KONTROL

Otoklav işlemi tamamlanan camlann görsel kontrolleri yapıldıktan sonra ambalajlanarak sevkiyata hazır hale getirilmesidir [23].

Temperli otocam üretim süreci Şekil 4.6'da sunulmaktadır.

Şekil 4:6 Temperli otocam üretim süreci akış şeması [23]



4.3 CAM AMBALAJ ÜRETİM SÜRECİ

Ülkemizde gıda, su, maden suyu, meşrubat, meyve suyu, süt, bira, şarap ve diğer yüksek alkollü içecekler ile ecza ve kozmetik sektörlerinde kullanılmak üzere çeşitli hacim ve renklerde ambalaj üretilmektedir. Cam ambalaj çeşitlerini beş grup altında sınıflandırılmaktadır.

- Şişeler
- Kavanozlar
- Bardak tipi düz ağızlı kaplar
- Damacanalar
- Ecza, flakon, serum şişeleri
- Kozmetik, parfüm şişeleri

Cam ambalaj üretim prosesi harman hazırlama, cam ergitme, şartlandırma, şekillendirme, sıcak kaplama, tavlama, soğuk kaplama, otomatik kontrol, ambalajlama proseslerinden oluşmaktadır (Şekil 4.5). Harman hazırlama ve cam ergitme prosesi hemen hemen tüm alt sektörde aynı olduğundan bu üretim sürecinde tekrar edilmemektedir.

4.3.1 ŞARTLANDIRMA

Üretim prosesinin bu aşamasında ergitme fırınından çıkan cam, şekillendirme şartlarına uygun hale getirilmektedir. Bu bölüm, çelik yapı üzerine oturtulmuş refrakter yapı ve doğalgaz yakma ekipmanlarından oluşmaktadır.

Ergitme fırınından istenilen renkte (genelde renksiz, yeşil veya bal renginde) çekilen cam, dinlendirme bölgesi sonuna yerleştirilmiş olan 'forehearth' olarak tanımlanan kanaldan geçirilerek üretim makinesine beslenir. Forehearth'ın esas fonksiyonu, uzun zaman aralığında camın şartlandırılarak benzer ağırlık ve sıcaklıkta sürekli beslenmesini sağlamaktır. Forehearth çeşitli en ve uzunlukta inşa edilmektedir. Burada istenilen kapasiteye kadar çıkan kanallar vardır. Cam, çanağın alt kısmındaki orifisten belli stroklarla bir plancerin itmesi ile akar ve kesme bıçakları ile istenilen ağırlıkta damlalar kesilerek oluklar ve kepçe vasıtası ile makineye beslenir [10].

4.3.2 ŞEKİLLENDİRME

Cam ambalaj üretimi 'IS' (Individual Section) makinesinde gerçekleştirilir. Cam ambalaj üretim makineleri, ergitilmiş haldeki camın şekillendirilmesini sağlamaktadır. Bu makineler, bağımsız seksiyonlardan oluşmakta olup her bir üretim hattı için yan yana veya arka arkaya tandem olarak bağlanarak monte edilmektedir.

Her seksiyonda basınçlı hava ile çalışan mekanizmalar mevcuttur. Uygun şartlarda ergitilmiş olan cam, feeder mekanizmasına bağlı olarak çalışan makaslar vasıtasıyla ürüne özel ağırlığı sağlayacak şekilde kesilerek damla haline getirilir. Her bir ürünü oluşturmak üzere kesilen ergimiş cam, damla olarak adlandırılmakta olup damlalar şekillendirilmek üzere üretim makinelerindeki kalıplara dökülmektedir. Damlanın her seksiyona bağlı kalıp içine zaman ayarlı düşmesi ile üretim sürdürülür. Kalıplara dökülen damlalar basınçlı hava ile şekillendirilir. Şekillendirme ünitesinde sıcaklık 1000oC ila 1100C mertebesindedir. Şekillendirme aşamasında basınçlı hava için kompresörler kullanılmaktadır. Kullanılan kompresörler, cam ambalaj üretiminde en fazla elektrik tüketimine neden olan aşamadır.

Ülkemizde cam ambalaj üretiminde şekillendirme ünitesinde üretilecek camın niteliğine göre;

- Üfleme-Üfleme (Blow-Blow-BB)
- Presleme-Üfleme (Press-Blow-PB)
- Dar boyunlu üretimlerde Presleme-Üfleme (Narrow Neck Press-Blow NNPB)

prosesleri kullanılmaktadır. İyi bir cam dağılımı sağlayan NNPB yöntemiyle üretimin yaygınlaşması ürün ağırlıklarını azaltmakta ve maliyet düşüşü sağlamaktadır. Ülkemizde de NNPB yöntemiyle üretim yapılmaktadır [10], [23], [24]

4.3.3 TAVLAMA

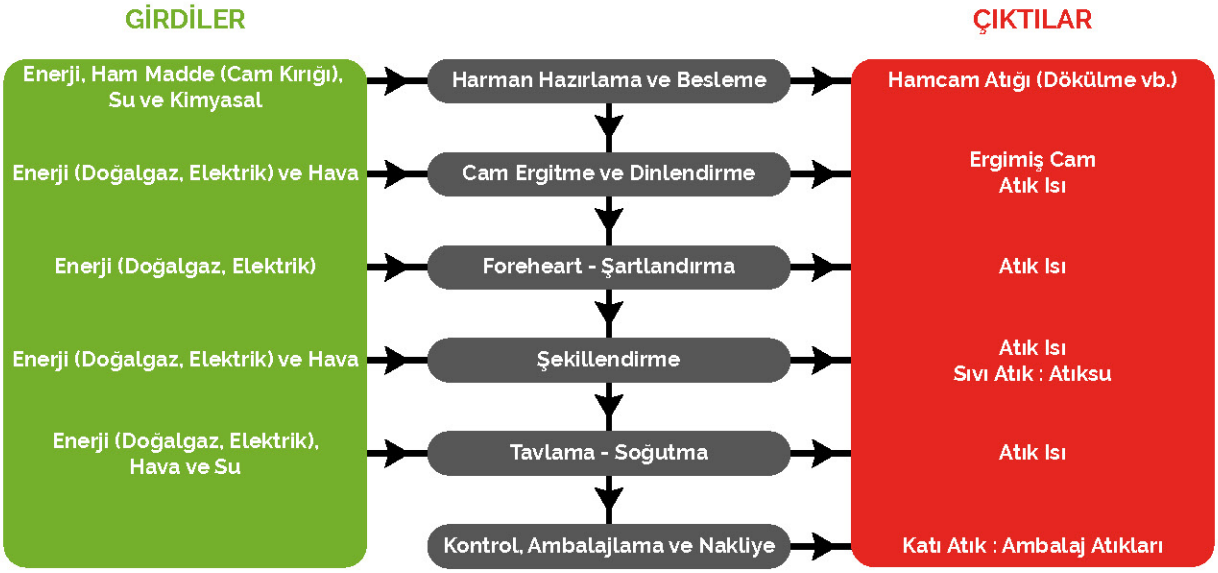
Şekillendirme sonrası üretilen ürünler, konveyör ile tavlama fırınlarından geçirilir. Tavlama fırınları üretim makinelerinde şekillendirilen sıcak ürünlere mukavemet sağlanması için sıcaklığın kontrollü ve kademeli olarak düşürüldüğü fırınlardır. Bu ünitede kullanılan fanlar da bir elektrik tüketim noktasıdır.

4.3.4 KONTROL VE AMBALAJLAMA

Hata makineleri, cam ambalaj ürünlerden hatalı olanların ambalajlama öncesi seçilerek ayrılmasını sağlayan makinelerdir. Ürünün kontrolü, otomasyonla ve nihai aşamada gözle yapılmakta olup sorunlu üretilen camlar otomatik olarak hattan çıkarılarak, yeniden hammadde olarak (fırına hazır cam kırığı) harmana karıştırılmakta ve ergitme fırınına beslenmektedir. Bu aşamada numune alınarak istatistiki değerlendirmeler yapılmaktadır.

Seçme ayırma makinelerinde kalite kontrolü yapılmış ürünler, otomatik paletleme makinesine getirilerek palet üzerine dizilir. Paletlenen ürünler sevke hazır hale getirilir [23], [24]

Şekil 4.7 Cam ambalaj üretim süreci akış şeması ([23],[24])



4.4. CAM EV EŞYASI ÜRETİM SÜRECİ

Cam ergitme fırınlarında hazırlanan cam, el üretimi yapılan bölmelerden çeşitli el aletleri kullanılarak alınır, şekillendirilir. Ayrıca ergimiş cam yaygın şekilde uygulanıldığı üzere otomatik üretim hatlarında farklı tür ev eşyası haline getirilir. Cam ev eşyası üretimi; harman hazırlama, cam ergitme, şartlandırma, şekillendirme, tavlama ve temperleme üzere temel proseslerden oluşmaktadır. Müşteri isteklerine bağlı olarak son ürüne baskı makineleri ile dekor verilir.

Burada şartlandırma prosesinde kullanılan forehearthlar, üretim hattından çekilecek cam miktarına göre tasarlanmış olup yanma-soğutma cihazları ile otomatik sıcaklık kontrolü sağlanmaktadır. Renkli cam üretimi, forehearthlara otomatik kontrol sistemi ile renk verici kimyasal malzemelerin eklenmesiyle sağlanmaktadır.

Harman hazırlama, cam ergitme, şartlandırma, şekil verme ve tavlama prosesleri hemen hemen tüm alt sektörde aynı olduğundan bu alt sektörde tekrar edilmemektedir (Şekil 4.6).

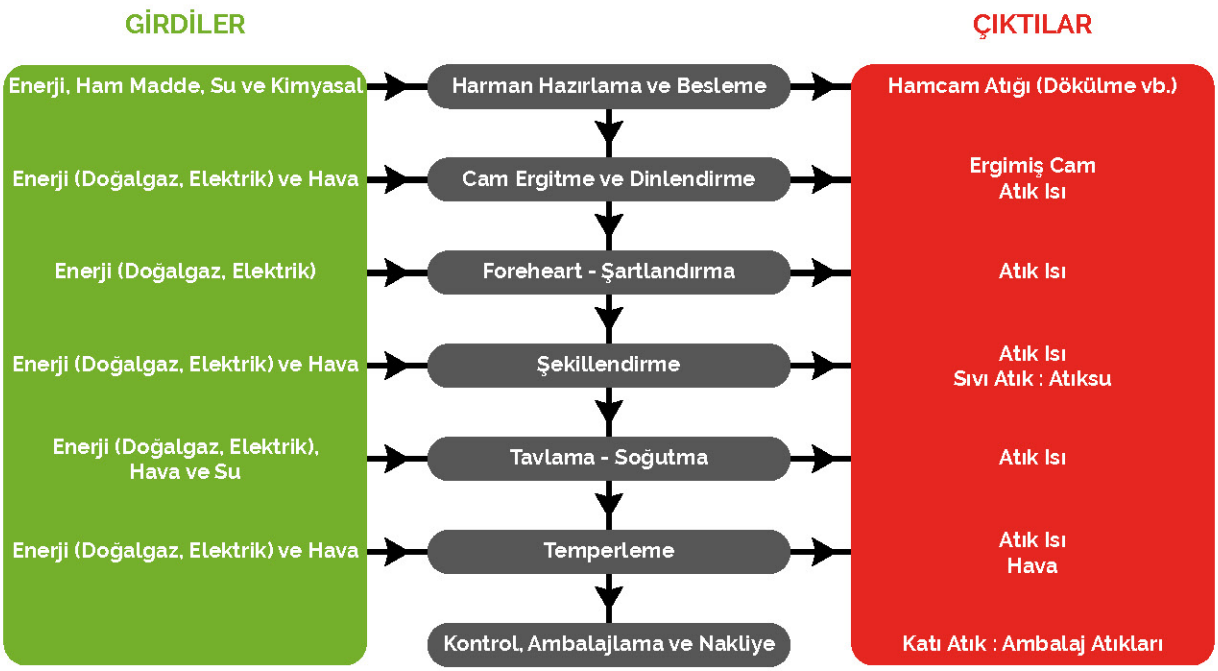
Otomatik Üretim: Otomatik üretim cam ev eşyasında belirleyici olan belli başlı prosesler; pres, pres-üfleme, üfleme-üfleme, savurma, ayaklı bardaklar (çekme ve takma ayaklı bardaklar), pres-üfleme gıda kabı prosesleridir. Ülkemizde tüm bu prosesler uygulanmaktadır. Bununla birlikte cam tuğla–parke gibi yapı malzemesi, mutfak robotu camı, tencere cam kapağı ve çamaşır makinesi gözetleme camı gibi endüstri kesimine yönelik ürünler de otomatik üretim prosesinde üretilmektedir.

El İmalatı: El imalatında kristal hediyelikler, dekoratif ve masaüstü ürünler yapılmaktadır [10], [25]

4.4.1 TEMPERLEME İŞLEMİ

Cam, son şekli verildikten sonra mekanik gerilmelerinin alınması için yumuşama sıcaklığına (yaklaşık 720°C) kadar ısıtılıp sonrasında basınçlı hava kullanılarak hızlıca soğutulmaktadır. Bu üniteye temperleme ünitesi denilmektedir.

Şekil 4.8 Cam ev eşyası üretim süreci akış şeması ([23], [24])





5. ÇEVRESEL GÖSTERGELER



5 ÇEVRESEL GÖSTERGELER

Cam ve cam ürünleri imalatı tesislerinin önemli çevresel etkileri arasında yüksek enerji tüketimi kaynaklı hava emisyonları ve sera gazları yer almaktadır. Ayrıca su tüketimi kaynaklı atıksu oluşmakta olup atıksu içerisinde deterjan ve kimyasal kaplama malzemeleri de bulunmaktadır. Çevresel etkilerin en kritik olanları Tablo 5.1'de kısaca açıklanmaktadır.

Tablo 5.1 Cam ve cam üretim sektörünün doğrudan çevresel etkileri ve ilgili süreçler [23]

Süreçler	Çevresel Etkiler	
	Tüketim	Oluşum
Yüzdürme Cam		
Harman Hazırlama	Enerji - Su - Ham Madde - Kimyasal	Harman Atığı
Cam Ergitme	Enerji - Harman - Su	Sera Gazı
Kalay Banyosu	Enerji - Kimyasal (Kalay)	-
Tavlama	Enerji	-
Buzlu Cam		
Harman Hazırlama	Enerji - Su - Ham Madde - Kimyasal	Harman Atığı
Cam Ergitme	Enerji - Harman - Su	Sera Gazı
Şartlandırma	Enerji - Su	Sera Gazı
Haddeleme	Enerji	Sera Gazı
Tavlama	Enerji	Sera Gazı
Cam Ayna		
Hamcam Kabulu-İlk Yıkama	Su - Kimyasal	Atıksu
Parlatma-İkinci Yıkama	Su - Kimyasal	Atıksu
Kaplama (Kalay, Paladyum, Gümüş vb.)	Su - Kimyasal	Atıksu - Katı Atık
Kurutma ve Soğutma	Enerji - Su	Sera Gazı - Atıksu
Boyama, Kurutma ve Soğutma	Enerji - Su - Kimyasal	Sera Gazı - Atıksu
Güneş Enerjisi Camları		
Hamcam Kabulü, Kesim, Trim Koparma	Enerji	Katı Atık (Kesim Parçaları)
Kenar İşleme, Yıkama	Enerji - Su	Sera Gazı - Atıksu
Kaplama	Enerji - Su - Kimyasal	Sera Gazı - Atıksu - Katı Atık
Temperleme	Enerji	Sera Gazı
Yıkama	Su	Atıksu
Lamine Oto Cam		
Hamcam Kabulu	Enerji	Katı Atık (Kesim Parçaları)
Şekil Kesim	Su - Kimyasal	Atıksu - Kesme Yağı
Koparma		Katı Atık (Cam Kırığı)
Rodaj		Atıksu
Delik Delme		
Yıkama	Su	Atıksu

Süreçler	Çevresel Etkiler	
	Tüketim	Oluşum
Lamine Oto Cam		
Tozlama	Su - Alkol	Atıksu
Baskı ve Marka	Kimyasal (Emaye Boya)	Boya
Baskı Kurutma	Enerji (Elektrik)	Dolaylı Sera Gazı
Bükme	Enerji (Elektrik)	Dolaylı Sera Gazı
Yıkama	Su	Atıksu
Birleştirme	Kimyasal (Pvb)	Katı Atık: Pvb
Otoklav	Enerji - Kimyasal	Dolaylı Sera Gazı
Temperli Oto Cam		
Hamcam Kabulu	Enerji	Katı Atık (Kesim Parçaları)
Şekil Kesim	Su - Kimyasal	Atıksu - Kesme Yağı
Koparma		Katı Atık (Cam Kırığı)
Rodaj		Atıksu
Delik Delme		
Yıkama	Su	Atıksu
Tozlama	Su - Alkol	Atıksu
Baskı ve Marka	Kimyasal (Emaye Boya)	Boya
Baskı Kurutma	Enerji (Elektrik)	Dolaylı Sera Gazı
Temperleme	Enerji (Elektrik)	Dolaylı Sera Gazı
Cam Ambalaj		
Harman Hazırlama	Enerji - Su - Ham Madde - Kimyasal	Harman
Cam Ergitme	Enerji - Harman - Su	Sera Gazı
Şartlandırma	Enerji - Su	Sera Gazı
Şekillendirme	Enerji - Su	Sera Gazı - Atıksu
Tavlama	Enerji	Sera Gazı
Cam Ev Eşyası		
Harman Hazırlama	Enerji - Su - Ham Madde - Kimyasal	Harman Atığı
Cam Ergitme	Enerji - Harman - Su	Sera Gazı
Şartlandırma	Enerji - Su	Sera Gazı
Şekillendirme	Enerji - Su	Sera Gazı - Atıksu
Tavlama	Enerji	Sera Gazı
Temperleme	Enerji	Sera Gazı

5.1. SU TÜKETİMİ

Cam sektöründe su temel olarak soğutma ve temizlik için kullanılmaktadır. Ayrıca düzcam, cam ambalaj ve ev eşyasında az miktarda su (genelde buhar olarak) ham madde ayrımını önlemek ve fırından toz taşınmasını azaltmak amacıyla harmanın (%0 ile %4 nem) nemlendirilmesinde kullanılmaktadır. Soğutma suyu, çeşitli ekipman parçalarını ve sıcak camı soğutmak için, genellikle kapalı veya açık devrelerde kullanılır. Gerçek su tüketimi ve su buharı emisyonları, yerel koşullara (ör. iklim,

coğrafi konum ve su girdisinin sertliği) göre değişebilir.

Cam üretim prosesinde endüstriyel amaçla kullanılan sular genel itibariyle soğutma amaçlı kullanılan sular, soğuk yüzey kuleleri ve buhar takviye sularıdır. Su ayrıca, prosesin belirli akış aşamalarında (kesme, parlatma, yıkama, vb.) ve ıslak gaz yıkayıcı sistemleri (wet scrubber systems) için de kullanılır [4].

Cam üretim sektöründe su tüketim değerleri Tablo 5.2'de sunulmaktadır.

Tablo 5.2 Cam üretimde su tüketim değerleri [4]

Su	Yüzdürme Cam Min-Max	Cam Ambalaj Min-Max (Ort)	Cam Ev Eşyası Soda-Kireç Min-Max (Ort)	Cam Ev Eşyası Kristal ve Kurşun Kristal Min-Max (Ort)
Girdi (m^3)		0,3 -10 (1,8)	2 – 9 (7)	2 – 55 (11)
Çıktı (Atıksu) (m^3)		0,2 -9,9 (1,6)	2 – 9 (6)	2 – 54 (11)
Geri Dönüşüm (kg)		2-6 (5)	10 – 60 (30)	10 – 60 (30)

Örnek bir cam ambalaj tesisinde açığa çıkan atıksu miktarı Tablo 5.3'te sunulmaktadır. Tesiste sistemde dolaşan su miktarı 1000 m^3/s olup bunun sadece %1,7'si atıksu ve buharlaşma kayıplarını oluşturmaktadır.

Tablo 5.3 Örnek bir cam ambalaj üretim tesisinde açığa çıkan atıksu miktarının dağılımı [27]

Almanya'da Saint-Gobain Oberland AG firmasında cam ambalaj üretimde açığa çıkan atıksu miktarının dağılımı			
Su Tüketim Alanları	Atıksu Miktarı (m^3/s)	Buharlaşma Miktarı (m^3/s)	Kapalı Devre Su Miktarı (m^3/s)
Soğutma Suyu Sistemleri	3,3	5,3	1.000
Proses Suyu Sistemleri	2	3,4	
Buhar Üretimi		0,5	
Sıhhi Su	2,7		
Toplam	8	9,2	Atıksu ve Buharlaşma %1,7

5.2. ATIK SU OLUŞUMU

Cam sektöründe az miktarda atıksu açığa çıkmaktadır. Atık su; sodyum sülfat gibi çözünebilir cam üretim malzemeleri, kesme işleminde kullanılan yağlama yağlarından açığa çıkan organik bileşikler veya soğutma suyu sistemlerinden gelen arıtma kimyasalları içerebilir. Suya yapılan emisyonlar genelde düşüktür. Organik kirlenme ayrıca madeni elyaf ve sonsuz filament cam elyafı işlemlerinden kaynaklanabilir. Ağır metal oluşumları (özellikle kurşun); özel cam, cam hamuru ve cam ev ürünleri işlemlerinden kaynaklanabilmektedir [4].

Su kirliliği oluşum kaynakları aşağıda ifade edilmektedir.

- Yüzey suyu drenajı
- Ham madde deposundan dökülmeler veya sızıntılar
- Sıvı veya katı maddelerle kirlenmiş alanlardan drenaj suyu
- Ürün temizlenmesinde kullanılan su
- Soğutma suyu ve kapalı devre sistemlerinden çıkan soğutma suyu
- Islak yıkayıcı atıksuları

Zararlı maddelerin olduğu yerlerde, bu maddelerin suyun devre sistemine girmesinin engellenmesi için potansiyel önlemler yapılmaktadır [4]. Cam üretim tesisinde atık sularda yer alan kirleticilerin ortalama sınır değerleri Tablo 5.4'te sunulmaktadır.

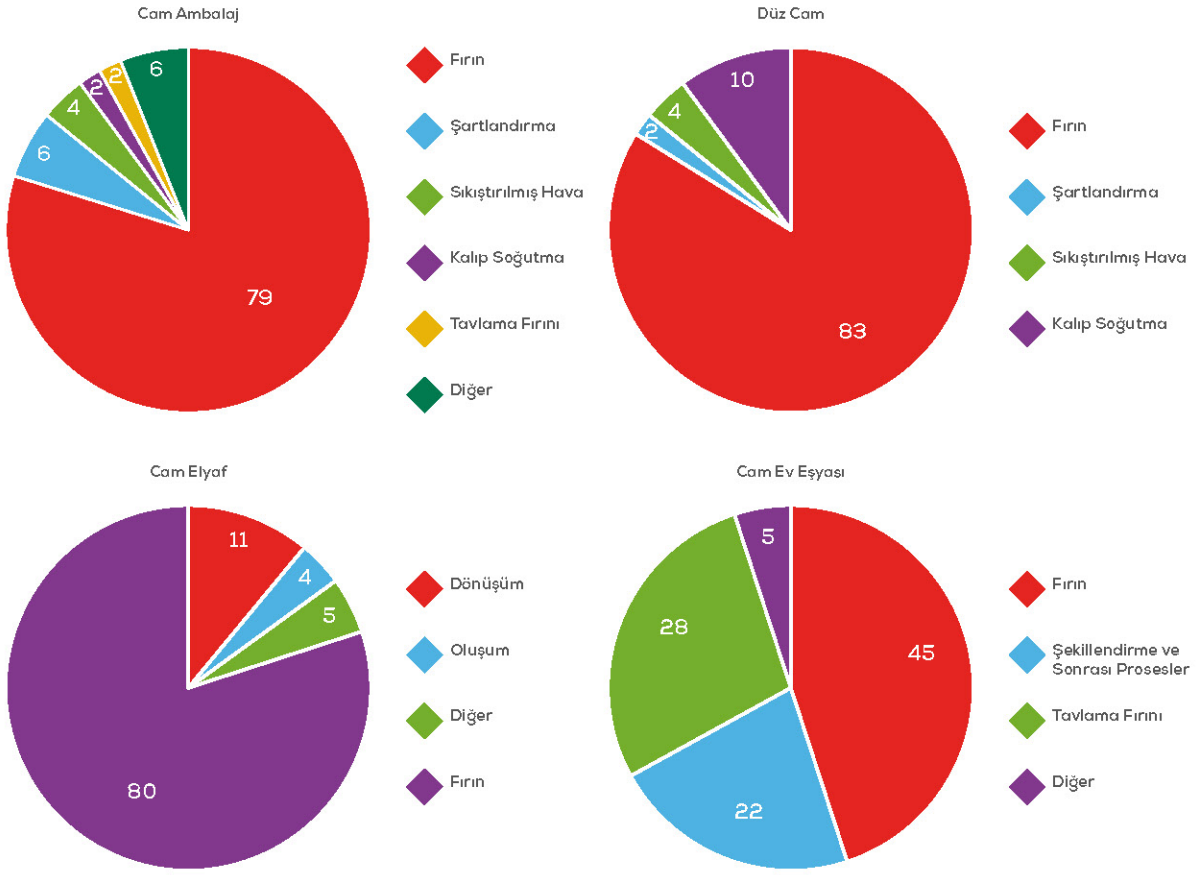
Tablo 5.4 Atıksularda yer alan kirleticilerin sınır değerleri [28]

Parametre (Birim)	Birim	Sınır Değerler[28]	Sınır Değerler, Türkiye[28], [29]
pH		6-9	6-9
Toplam Askıda Katı Madde	mg/lt	30	-
KOİ	mg/lt	130	160-250
Yağ ve Gres	mg/lt	10	-
Kurşun	mg/lt	0,1	1
Antimon	mg/lt	0,3	-
Arsenik	mg/lt	0,1	-
Florür	mg/lt	5	30
Borik Asit	mg/lt	2	-
Sıcak Artışı	°C	<3°	-
Nikel	mg/lt	-	3
Gümüş	mg/lt	-	1
Sülfat	mg/lt	-	3000

5.3. ENERJİ TÜKETİMİ

Cam üretiminde ergitme için gerekli enerji, sektöre göre değişmekle birlikte toplam enerji ihtiyacının ortalama %75'inden fazlasına denk gelmektedir (Şekil 5.1). Cam ergitme fırınlarında kullanılan en önemli fosil yakıtlar, doğalgaz, motorin ve sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG)'dir. Bununla birlikte ilave olarak elektrik de kullanılmaktadır. Tesislerde elektrik tüketiminden kaynaklanan, kaynağı direkt olarak tesis olmadığından, indirekt emisyon olarak adlandırılan bir emisyon kaynağı da mevcuttur [4].

Şekil 5.1 Enerji tüketim payları (%) [4]



Ülkemizde, yukarıda verilen oranlar biraz daha farklıdır. Örneğin en büyük enerji tüketimi olarak fırında tüketilen enerji cam abalaj için (%71,6), düz cam için (%91,3), cam elyaf için (40,3) ve cam ev eşyası için (%49) civarındadır [28].

Enerjinin tüketildiği diğer prosesler; harman hazırlama, şartlandırma, şekil verme, tavlama, temperleme ve diğer prosesler şeklinde sıralanabilir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) raporuna göre, Avrupa ve ABD'de sürekli cam fırınlarındaki enerji yoğunluklarının ölçeğine ve kullanılan teknolojiye bağlı olarak cam ambalaj üretiminde 4,2-13,4 GJ/ton, cam ev eşyası üretiminde 4,8-10 GJ/ton, düz cam üretiminde ise 5-8,9 GJ/ton mertebelerindedir. Harman malzemenin oluşumunda enerji tüketimi daha yüksek olup 12-30 Gj/ton civarındadır. 7 Gj/ton ortalama enerji kullanımında (%50 doğal gaz ve %50 fuel oil) 450 kg enerji ilişkili CO_2/ton emisyon faktörü elde edilmektedir. Ülkemizdeki enerji kullanımları yukarıda verilen aralıkların daha altındadır.

Düz cam üretim sektöründe kullanılan fırın çeşitleri daha az değişlik gösterdiğinden enerji tüketimi aralığı diğer alt sektörlere göre daha dardır (Tablo 5.5). Spesifk enerji tüketimi, fırının kapasitesine ve boyutuna bağlı olarak değişmektedir. Örneğin 800 ton/gün kapasiteli bir fırın, 500 ton/gün kapasiteli bir fırına göre %10-12 daha az enerji tüketmektedir. Ayrıca fırın yaşı da enerji tüketimini yıllık %1-1,3 artırmaktadır. AB-27'de fırın yaşına ve boyutlarına bağlı olarak enerji tüketimi 5,2 ve 8,7 GJ/ton ergimiş cam arasında değişmektedir. Ortalama değer ise 7,5 GJ/ton ergimiş cam'dır. Çok yüksek kapasiteli yeni fırınlarda, kullanılan teknoloji, tasarım, atık ısı geri kazanım sistemleri ve akıllı işletim sistemleri gibi parametreler sayesinde enerji tüketimi 5,0 GJ/ton ergimiş cam değerine kadar düş-

mektedir. Düz cam üretim sürecinin tamamı 8.0 GJ/ton değerinden düşüktür [4]

Tablo 5.5 Cam üretim süreçleri bazında enerji tüketim değerleri [4]

Enerji Türü (GJ)	Yüzdürme Cam Min-Max	Cam Ambalaj Min-Max (Ort)	Cam Ev Eşyası Soda-Kireç Min-Max (Ort)	Cam Ev Eşyası Kristal ve Kurşun Kristal Min-Max (Ort)
Yakıt	5,2-8,7	4 -14 (6,5)	5 – 14 (9)	0,5 – 5 (3)
Elektrik		0,6 -1,5 (0,8)	1 – 4 (2,5)	1 – 6 (4)

Örnek bir yüzdürme cam ve cam ambalaj tesislerinde enerji dağılımı Tablo 5.6'da sunulmaktadır.

Tablo 5.6 Yüzdürme cam ve cam ambalaj alt sektörlerinde enerji tüketiminin dağılımı [4]

Cam Tipi	Yüzdürme Cam	Cam Ambalaj
Fırın Tipi	Rejeneratif Yandan Ateşlemeli	Rejeneratif, Arkadan Ateşmeli
Kapasite (ton/gün)	600	260
Cam Kırığı (%)	25	83
Toplam Enerji Tüketimi (GJ/ton Ergimiş Cam)	6,48	3,62
Suyun Buharlaşması (Harman Nemi (%)	1	1,5
Endotermik Reaksiyonlar (%)	6	2,4
Cam Erime Isısı (net) (%)	33	44,2
Duvarlardan Isıl Kayıplar (%)	15	18,3
Soğutma ve Sızıntı Isı Kayıpları (%)	9	3,7
Alt Rejeneratörden Atık Gaz Kayıbı (%)	32	27,6
Rejeneratör Isıl Kayıpları (%)	4	2,3

Kaynak: [4]

Örnek bir cam ambalaj tesisinde birim ürün bazında enerji tüketimi Tablo 5.7'de sunulmaktadır.

Tablo 5.7 Cam ambalaj alt sektöründe birim ürün bazında enerji tüketimi [4]

Ürün Tipi	Toplam Enerji Tüketimi (GJ/toncam)		
	Ortalama	Min	Max
Tüm ürün çeşitleri	8,7	3,7	31,5
Şişe ve jar	6,9	3,7	13,4
Kapaklı şişe	16,1	7,2	31,5

Almanya'da örnek bir cam ambalaj tesisinde tüketilen enerji miktarı dağılımı Tablo 5.8'de sunulmaktadır.

Tablo 5.8 Cam ambalaj üretimde tüketilen enerji miktarının dağılımı [27]

Almanya'da Saint-Gobain Oberland AG Firmasında Cam Ambalaj Üretimde Tüketilen Enerji Miktarının Dağılımı				
Enerji tüketim alanları	Tüketilen oran (%)	Enerjinin geri dönüşüm oranı (%)	Enerji tüketim alanları	Tüketilen oran (%)
Camın ergitimesi	74	60	Camdaki enerji	47
			Radyasyon kayıpları	28
			Atık gaz kayıpları	20
			Güç üretimi	5
Diğer prosesler	26	Toplam	100	
Toplam	100			

İngiltere'de örnek bir cam üretim tesisinde tüketilen enerjinin birim ürün başına değerleri Tablo 5.9'da sunulmaktadır.

Tablo 5.9 İngiltere'de birim ürün başına enerji tüketim değerleri [30]

Girdiler	Yüzdürme cam (MWh/kt)	Cam ambalaj (MWh/kt)	Özel camlar (MWh/kt)
Doğalgaz	1,76	1,64	1,60
Elektrik	0,04	0,14	0,40
Gas oil	0,00	0,04	0,00
HFO	0,12	0,22	0,00
Toplam	1,92	2,04	2,00

Birim ürün başına enerji değerleri Tablo 5.10'da sunulmaktadır.

Tablo 5.10 Birim ürün başına enerji değerleri [28]

Birim ürün başına girdiler	Birim	Karşılaştırma değerleri
Yakıt	GJ/ton	
Cam ambalaj (Arkadan ateşlemeli>200 ton/gün)		3,9
Yüzdürme cam (400–500 ton/gün)		5,5
Borosilikat camlar (10–15 ton/gün)		9
Elektrik	kWh/ton	110

İngiltere'de cam üretim sektöründe birim ürün başına girdi ve çıktı analizleri Tablo 5.11'de sunulmaktadır [30].

Tablo 5.11 İngiltere'de cam üretim tesislerinde birim ürün başına girdi ve çıktı analizleri (kton/ürün) [30]

Girdiler	Yüzdürme cam	Cam ambalaj	Özel camlar
Girdiler			
Harman malzemeleri (cam kırığı hariç)	1,15	0,73	1,10
Cam kırığı	0,05	0,39	0,00
Yakıt-Doğalgaz	0,15	0,11	0,30
Yakıt-Gas oil	0,01	0,02	0,00
Yakıt-HFO	0,00	0,00	0,00
Yakma havası	2,67	2,12	5,00
Refraktörler	0,001	0,002	0,000
Toplam	4,02	3,36	6,4
Çıktılar			
Ürünler	11,0	1,0	1,0
Hava emisyonları	3,01	2,36	5,32
Yenileme	0,001	0,002	0,000
Depolama	0,01	0,00	0,08
Toplam	4,02	3,36	6,4

5.4. EMİSYONLAR

Cam üretiminin en belirgin çevresel etkisi ergitme prosesine bağlı olarak açığa çıkan atmosferik emisyonlardır. Cam ergitme adımında özellikle azot oksitler (NO_X), karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO_2) gibi yanma kaynaklı temel emisyonların yanı sıra, harmanda kullanılan hammaddelerin kimyasal reaksiyonları, buharlaşma ve/veya taşınımları dolayısıyla partikül madde, kükürt oksitler (SO_X), harmanda kullanılan soda, kalker ve dolomit gibi karbonatlı hammadde kaynaklı karbon dioksit (CO_2), ağır metaller (V, Ni, Cr, Se, Pb, Co, Sb, As, Cd gibi), HCl ve HF emisyonları da atık gaz içeriğinde bulunur. Bu emisyonların %80-90'ı ergitme fırınlarından kaynaklanmakta olup ([4], [28]) genelde ergitme prosesinden kaynaklanan temel çevresel kirleticiler oluşum mekanizmalarına göre üç temel başlıkta gruplandırılabilir;

- Ergimiş cam ve harman örtüsünden buharlama-yoğuşma ve taşınım mekanizmaları (partikül madde)
- Yakıt ve yanma reaksiyonları ile azotun yüksek sıcaklıktaki oksidasyonu (SO_2*(* fosil yakıt olarak fuel-oil kullanıldığı durumlarda), CO, CO_2, NO_X),
- Hammaddelerin ergimesine bağlı olarak yayılan gazlar (SO_2, CO_2, HF ve HCl)

Genel olarak, cam fırınlarından kaynaklanan emisyonların seviyesi; tüketilen yakıt türüne, ham maddenin içeriğine ve geri dönüşüm yapılan camın payına (cam kırığı kullanım oranı) bağlı olarak değişebilmektedir. Örneğin yüksek miktarda sülfat ve potasyum nitrat içeriği sırasıyla kükürt dioksit ve azot oksit emisyonlarının artmasına sebep olmaktadır. Renklendirme ve dekorlamada kullanılan ağır metaller bu tür emisyonların artmasına sebep olmaktadır Bazı özel camları üretiminde ham maddeden hidrojen Klorür (HCl), hidrojen Florür (HF), arsenik, boron ve kurşun açığa çıkmaktadır [28]. NO_X

emisyonları, yüksek ergitme sıcakları ve bazı durumlarda ham maddedeki azot bileşiklerinin parçalanması sebebi ile oluşmaktadır.

Yakıttan kaynaklanan ve/veya ham madde içeriğindeki kükürt sebebi ile oluşan kükürt dioksitin su buharı ile reaksiyonu sonucu asidifikasyon oluşmaktadır.

Global olarak, ambalaj ve düz cam üretimlerinde kullanılan enerji sonucu yılda 40-50 Mton CO_2 (11-14 MtC) emisyon açığa çıkmaktadır. Cam kompozisyonuna ve kullanılan cam kırığının miktarına bağlı olarak soda külü ve kireç taşının dekarbonizasyonunda 200 kg CO_2/ton (55 kgC/t) emisyonu açığa çıkmaktadır.

Temel emisyon kaynağı olan ergitme prosesi haricinde, şekillendirme, tavlama, kaplama, vb. işlemlerde açığa çıkan emisyonlar üretilen camın türüne göre değişmektedir.

Düz cam, cam ambalaj, cam ev eşyası üretimi tavlama prosesinde kullanılan doğal gazlı tavlama fırınları (cam, tavlama fırınında 500-550°C'lerde kontrollü olarak soğutularak sabit tutulmaktadır) da birer sera gazı emisyonu (CO_2) kaynağıdır [28].

Ergitme harici süreçler içerisinde, cam ambalaj üretiminde kullanılan "press" ve "blow" makinaları, ergimiş cam ve ekipman yağlayıcılarının arasındaki temas sebebi ile en belirgin emisyon kaynağını oluşturmaktadır. Tablo 5.12'de ergitme prosesi sonucu açığa çıkan emisyonlar verilmektedir.

Tablo 5.12 Ergitme prosesi sonucu açığa çıkan emisyonlar [4]

Emisyonlar	Oluşturduğu kaynak
Partikül Madde	• Buharlaşan uçucu harman bileşiklerin mikronaltı katı zerrecikler şeklinde yoğuşması • Harmandaki ince malzemelerin taşınması • Bazı fosil yakıtlardan kaynaklanan yanma ürünü
Azot Oksitler	• Yüksek ergitme sıcaklıklarından dolayı termal NO_x ve hızlı NO_x oluşumu • Harman içindeki azotlu bileşiklerin reaksiyonları • Yakıttaki azotun oksidasyonu
Kükürt Oksitler	• Yakıttaki eser kükürt • Harman içindeki kükürt bileşiklerinin reaksiyonları
Klorürler/HCl	• Özellikle sentetik sodyum karbonat ve fırına hazır cam kırığı gibi bazı ham maddelerde bulunması • Ham madde olarak bazı özel camlarda NaCl kullanımı
Florürler/HF	• Florürlerin fırına hazır cam kırığı dahil bazı ham maddelerde minor safsızlık olarak bulunması • Bitmiş ürünün bazı özelliklerini iyileştirmek amacı ile enamel frit üretiminde ham madde olarak ilave edilmesi • Harmana tipik olarak fluospar olarak Florürlerin eklenmesi
Ağır Metaller (Örneğin. V, Ni, Cr, Se, Pb, Co, Sb, As, Cd)	• Cam kırığı ve bazı ham maddelerdeki küçük safsızlıklarda bulunması • Bazı özel cam formülasyonlarında safsızlık bulunması (örneğin kurşun kristal ve bazı renkli camlar) • Selenyumun renklendirici (bronz cam) veya bazı temiz camlarda renk giderici olarak kullanılması

Emisyonlar	Oluşturduğu kaynak
Karbon Dioksit	• Yanma ürünü • Harman malzemelerdeki karbonatların ayrışması (örneğin soda külü, kireç taşı)
Karbon Monoksit	• Tamamlanmamış yanma ürünü (özellikle sıcak yüksek kupolalarda)
Hidrojen Sülfür	• Fırının bazı bölümlerindeki indirgeme şartlarından dolayı sıcak yüksek kupolalardaki ham madde veya kükürt kaynaklı yakıt sonucu (Eser miktarda)
Klorürler/HCl	• Özellikle sentetik sodyum karbonat ve fırına hazır cam kırığı gibi bazı ham maddelerde bulunması • Ham madde olarak NaCl kullanımı
Florürler/HF	• Florürlerin fırına hazır cam kırığı dahil bazı ham maddelerde küçük safsızlık olarak bulunması • Bitmiş ürünün bazı özelliklerini iyileştirmek amacı ile enamel frit üretiminde ham madde olarak ilave edilmesi • Harmana tipik olarak fluospar olarak Florürlerin eklenmesi

Cam üretim prosesinde açığa çıkan hava emisyonları Tablo 5.13'te sunulmaktadır.

Tablo 5.13 Cam üretim prosesinden kaynaklı emisyonlar [4]

Parametre	Yüzdürme cam[a] (kg/toncam)	Cam ambalaj[a] (kg/toncam)	Cam ev eşyası Soda kireç camı Min-Max (ort) (kg/toncam)	Cam ev eşyası Kristal ve kurşun kristal (kg/toncam)
Karbon dioksit CO_2		300-1000 (430)	150-1000 (700)	150-400 (300)
Azot oksit (NO_2 gibi)	1,1 – 2,9	0,2-4,4 (2,0)	0,2-6 (2,5)	0 – 11 (2,7)
Kükürt oksit	0,5 – 4,0	0,2-4,1 (1,3)	0,1-1,0 (0,5)	0,1 – 0,3 (0,2)
Partikül madde	0,02 – 0,08	0,002 - 0,05 (0,017)	0,001 – 0,3 (0,2)	0,001 –0,3 (0,03)
Se dışındaki diğer ağır metaller (Ni, V, Co, Fe, Cr)	<0,001	0,00006 - 0,002 (0,001)		<0,01 (Pb içerir)
Selenyum (renkli cam)	<0,015			
Florürler (HF)	<0,002 – 0,01	0,00005-0,007 (0,002)		<0,003
Klorürler (HCL)	<0,01 – 0,1	0,005 - 0,06 (0,027)		<0,004
Su H_2O (buharlaşma ve yanma)		0,3 – 10 (1,8) (ton/toncam)	60-500	60 – 250 (120)

Not 1: Birincil ve ikincil azaltım teknolojileri uygulanmıştır.
Not 2: Reference conditions are: dry, temperature 0 °C (273 K), pressure 101.3 kPa, 8 % oxygen by volume.
Not 3: Tablodaki değerler AB ülkelerine ait değerler olup, orijinal BREF dokümanında ikincil arıtma-azaltma uygulanıp uygulanmasına göre (with/without secondary abatement) ayrı ayrı verilmektedir.

Tablo 5.14'te cam üretim prosesinden kaynaklanan ağır metal emisyonları verilmektedir.

Tablo 5.14 Cam üretim prosesinden kaynaklı potansiyel ağır metal emisyonları [4]

Metal	Cam Ambalaj Max (mg/Nm^3)	Yüzdürme cam Max (mg/Nm^3)	Kurşun Kristal Cam Max (mg/Nm^3)
Vanadyum (fuel oil kullanımında)	4	2	
Nikel (fuel oil kullanımında)	0,5	0,4	
Krom, toplam (yeşil cam)	3		
Selenyum, toplam (yeşil cam ambalaj)	0,8		
Selenyum, gaz halde (boşluklu cam)	14		
Selenyum, toplam (boşluklu cam)	25[a]		
Selenyum, toplam (düz bronz cam)		80	
Kurşun	4	1	700
Kadmiyum	0,3	0,1	
Antimon			10
Arsenik			20

a Azaltma teknolojileri bulunmamaktadır.

Emisyon sınır değerleri Tablo 5.15'te sunulmaktadır.

Tablo 5.15 Emisyon sınır değerleri [28,31]

Kirleticiler	Emisyon değeri (mg/m^3)	Emisyon Değeri (mg/m^3),Türkiye
Partikül-Doğalgaz	100[a]	75[f]-150
Partikül -Diğer yakıtlar	50[a]	75-150
Kükürt oksit SO_2	700-1500[b]	1100-1800[d]
Azot oksit NO_x (NO_2 olarak)	1000	2200-3500 (5500)[e]
Klorür (HCl)	30	30[h]
Florür	5	15[g]
Kurşun	5	-
Kadmiyum	0,2	-
Arsenik	1	-
Diğer ağır metaller	5[c]	-

a - Toksik metaller olduğunda 20 mg/Nm^3 değerini aşmamalıdır. Partikül madde emisyonlarının 50 mg/Nm^3 seviyelerinde olması için ikincil iyileştirmeler (torba filtreler veya elektrostatik precipitators) yapılması gereklidir. Fırının çalışma şartlarının iyi olması ve birincil önlemler ile 100 mg/Nm^3 emisyon seviyelerine ulaşılabilmektedir.
b - Doğalgaz için 700 mg/Nm^3 ; petrol yakıtları için 1500 mg/Nm^3.
c - Selenyum 1 mg/Nm^3 d %8 ve %13 oksijen bazında nitratlı bileşiklerin belgelenmesi kaydıyla 2004'ten sonra kurulan tesisler için g kütlesel debi>0,15 kg/st h kütlesel debi >0,3 kg/st
d - %8 ve %13 oksijen bazında nitratlı bileşiklerin belgelenmesi kaydıyla
e - NO_2 olarak
f - 2004'ten sonra kurulan tesisler için
g - kütlesel debi>0,15 kg/st
h - kütlesel debi >0,3 kg/st

Yüzdürme cam ve cam ambalaj için örnek tesislere ait emisyon değerleri Tablo 5.16'da sunulmaktadır.

Tablo 5.16 Emisyon değerleri [28]

Kirleticiler	Yüzdürme cam emisyon değerleri (mg/Nm^3)	Cam ambalaj emisyon değerleri (mg/Nm^3)
Partikül madde	5-40	1-35
Azot oksit NO_x	495-1.250	<400
Kükürt oksit SO_2	200-1.700	100-1.650
Klorür (HCl)	4-30	7-30
HF	<1,0-4,0	=1-6
Metaller	<1,0	<1,0

Not: Birincil ve ikincil azaltma teknikleri uygulanmıştır. Değerler gaz ve petrol yakıtları için geçerlidir. Belirtilen emisyon değerleri fırın türü, kullanılan yakıt türü ve üretilen cam eşya türüne göre değişkenlik gösterebilmektedir.

İngiltere'de örnek bir cam ergitme fırınında çıkan emisyon değerleri Tablo 5.17'de sunulmaktadır.

Tablo 5.17 İngiltere'de örnek bir cam ergitme fırınından çıkan emisyon değerleri [30]

Kirleticiler	Emisyon değerleri (mg/m^3)
Partikül-azaltılmamış	80-140
Partikül-azaltılmış	1-20
Kükürt oksit SO_2	300-800
Klorür (HCl)	5-30
Florür	1-5
Azot oksit NO_2	500-2000

Not: Belirtilen emisyon değerleri fırın türü, kullanılan yakıt türü ve üretilen cam eşya türüne göre değişkenlik gösterebilmektedir.

İngiltere'de cam üretim sektöründe birim ürün başına açığa çıkan emisyon değerleri Tablo 5.18'de sunulmaktadır.

Tablo 5.18 İngiltere'de birim cam üretim tesislerinde birim ürün başına emisyon değerleri [30]

Parametre	Yüzdürme cam (kg/ton ürün)	Cam ambalaj (kg/ton ürün)	Özel camlar ve cam ev eşyası (kg/ton ürün)
Karbon Dioksit CO_2	0,63	0,59	0,8
Azot N_2	2,05	0,20	4
Su H_2O	0,33	0,21	0,6
Azot oksit NO_x gibi	0,00	0,00	ihmal
Kükürt oksit SO_x	0,00	0,00	ihmal

5.5. HAM MADDE KULLANIMI

Cam üretim prosesinde yaygın olarak silis kumu, sodyum sülfat, kalsiyum karbonat, dolomit, feldspat, antrasit vb. ham maddeler kullanılmaktadır (Tablo 5.19).

Tablo 5.19 Yüzdürme cam üretim prosesi temel ham maddeleri [4]

Açıklama	Malzemeler
Yüzdürme Cam	
Ham maddeler	Silis kumu, iç ve dış cam kırıkları (temizlenmiş, uygun ebata getirilmiş cam kırıkları)
Yardımcı ham maddeler	Sodyum sülfat, kalsiyum karbonat, dolomit, feldspat, antrasit
Cam renklendirme hammaddeleri	Potasyum dikromat, demir oksit, kobalt oksit, seryum oksit, selenyum metal veya çinko selenit
Online kaplama prosesleri	Silikon bileşikleri (örn.silikon tetraKlorür, silikon karbonat), güçlü asit bileşikleri, organik ve inorganik kalay bileşikleri
Cam Ambalaj	
Ham maddeler	Silis kumu, proses cam kırıkları (bazen tüketici sonrası cam kırıkları)
Yardımcı hammaddeler	Sodyum karbonat, kireçtaşı, dolomit, yüksek fırın cürufu, feldspat,nefelin siyenit, potasyum karbonat, filtre tozu
Cam renklendirici ve renk alma hammaddeleri	Demir kromit, demir oksit, demir Sülfür, kobalt oksit, seryum oksit, selenyum veya çinko selenit
Ürün kaplama ham maddeleri (sıcak kaplama)	İnorganik veya organik metal Klorürler. Ağılıklı olarak kalay tetraKlorürler, titanyum tetraKlorürler ve monobütil kalay Klorür
Cam Ev Eşyası	
Ham maddeler	Silis kumu, proses cam kırıkları, bor içerikli ham maddeler, (boraks, borik asit, kolemanit, uleksit)
Yardımcı Ham maddeler	Sodyum karbonat, potasyum karbonat, kireçtaşı, dolomit, sodyum sülfat, alümina, nefelin siyanit, sodyum nitrat, potasyum nitrat, boraks, arsenik, antimon karbon,kurşun oksit, fluorspar, titanyum dioksit
Cam renklendirme ve renk alma ham maddeleri	Kromiyum oksitleri, demir, kobalt, bakır, manganez, nikel, kadmiyum ve selenyum veya çinko selenit, seryum
Ürün kaplama Ham maddeleri	İnorganik veya organik metal Klorürler. Ağırlıklı kalay tetraKlorür, titanyum tetraKlorür ve monobütil kalay Klorür

Sektörde cam alt sektörü gruplarına göre ham madde ve yardımcı madde kullanım oranları Tablo 5.20'de sunulmaktadır.

Tablo 5.20 Ham madde kulllanım oranları (%) [4]

Ham madde	Yüzdürme Cam	Cam Ambalaj
Silikon oksit (SiO_2)	72,6	71 – 73
Sodyum oksit (Na_2O)	13,6	12 - 14
Kalsiyum oksit (CaO)	8,6	9 – 12
Magnezyım oksit (MgO)	4,1	0,2 – 3,5
Alüminyum oksit (Al_2O_3)	0,7	1 – 3
Potasyum oksit (K_2O)	0,3	0,3 –1,5
Kükürt trioksit (SO_3)	0,17	0,05 – 0,3
Minör malzemeler (renklendiriciler vb.	Eser miktarda	Eser miktarda

5.6. ATIK OLUŞUMU

Cam üretim prosesinde katı atık ürünleri, daha çok kullanılmamış ham maddeler ve ürün haline dönüştürülmemiş atık camdır. Diğer katı atıklar, ateşe dayanıklı atık maddeler ve azaltma donanımında toplanan toz veya elyaf tozlarıdır. Elyaf dışı atıklar genelde prosese geri kazandırılmakta olup diğer atıkların geri kazanımında kullanılacak teknikler geliştirilmektedir. Atıkların geri dönüşümünün önemi özellikle artan atık maliyetleri nedeniyle artmaktadır. Proseste ham madde olarak cam kırığı kullanılabilmektedir. Camlar, kalite ve saflıkta bir değişim olmadan %100 olarak geri dönüşümü sağlanabilmektedir. Camın üretim ham maddelerinden kumdan daha fazla hacim oluşturan tek ham madde atık camdır. Bu ham maddeler karıştırılmakta ve 2600-2800°F mertebelerinde ergitilmektedir. Geri dönüştürülen camlar ham maddenin %95'ini oluşturabilmektedir. Camın geri dönüşümü ile emisyon ve ham madde tüketimini azaltmaktadır. Üretim prosesinde 6 ton geri dönüşüm camının kullanılması ile CO_2 emisyonlarında 1 ton azalma sağlanabilmektedir. Ayrıca fırınların ömrü uzamakta olup enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Özellikle cam ambalaj alt sektöründe pazar ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için yüksek kalitede geri dönüşüm camları kullanılmaktadır ([4], [32])

Avrupa Cam Ambalaj Federasyonu (FEVE) 2014 yılı verilerine göre AB28 ülkelerinde atık camların geri dönüşüm oranı %74 civarındadır. 2014 yılında Avrupa Birliğinde 11,6 milyon ton üzerinde atık camın geri dönüşümü sağlanmış olup toplanan atık camların büyük bir bölümü proseste geri kullanılmıştır. Böylece 12 milyon ton ham madde tasarrufu sağlanmış ve CO_2 emisyonlarında 7 milyon ton azalma olmuştur. ABD EPA 2013 yılı verilerine göre bira ve diğer soft içecek şişelerinin %41,3'ü; şarap ve likör şişelerinin %34,5 'i ve gıda ve diğer şişelerin %15'i geri dönüştürülmüştür. Tüm cam ambalajların %34'ü geri dönüştürülmüş olup bu da her yıl 210.000 aracın yoldan çıkması anlamına gelmektedir. Ülkemizde ise 2014 yılında atık camların geri dönüşüm oranı %14 civarındadır [33].

27.12.2017 tarih ve 30283 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği"nde ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması konusunda; tüm kurumların yükümlülükleri açıkça ifade edilmektedir. Atık camların yıllık geri dönüşüm oranı her yıl artış gösterme olup bu oran 2020 ve sonraki yıllar için %60 olarak hedeflenmiştir (Tablo 4 21) [34].

Tablo 5.21 Atık cam yıllık geri kazanım hedefleri (%) [34]

Yıllar	Cam
2016	52
2017	54
2018	54
2019	54
2020	60

Teorik hesaplara göre camın %100 olarak geri dönüşümü sağlanabildiğinden üretim prosesinde ham madde olarak %100 hurda cam kullanılabilmektedir. Harmana eklenen hurda cam, fabrika içi döngüden veya fabrika dışındaki geri dönüşüm proseslerinden temin edilebilir. Ancak pratikte bu değerler; üretilmesi istenilen cam ambalajın kalitesi, fırın tasarımı ve renginden dolayı biraz daha düşüktür [33].

5.7. GÜRÜLTÜ

Cam imalatı sürecinde özellikle cam ambalaj ve cam ev eşyası alt sektörlerinde iç ortam gürültüsü, diğer alt sektörlere oranla önemli bir konudur. Gürültünün önlenmesi ve azaltılması her zaman uygulanabilir olmayıp, gürültü seviyeleri azaltılamadığı için işçilerin korunması amacıyla önlemler alınmaktadır. Tesis içindeki gürültü seviyeleri esas olarak bir mesleki sağlık sorununu temsil etmektedir. Cam imalat tesisinin çevresel etkisinin değerlendirilmesi, tesisin hassas reseptörlere yakınlığı ile ilişkili olarak yapılmalıdır. Tesisteki önemli gürültü kaynakları aşağıda fade edilmektedir.

- Soğutma için basınçlı hava
- Yanma havası için fan
- Atık gaz çıkarma için fan
- Şekillendirme makineleri (örn. cam ambalaj, cam ev eşyası ve özel camlar alt sektörleri)
- Cam ürünleri için taşıma kemerleri (transport belt)
- Kesme işlemleri (örneğin düz ve özel cam)
- Öğütme, cilalama/parlatma işlemleri (örneğin, cam ev eşyası ve özel cam).

Gürültü seviyeleri (desibel cinsinden) ekipman/tesisata özgüolup tesisin bazı bölümlerinde 85 dBA değerini aşabilir [4].



6. KAYNAK VERİMLİLİĞİ ÖNLEMLERİ



6 KAYNAK VERİMLİLİĞİ ÖNLEMLERİ

6.1. CAM VE CAM ÜRÜNLERİ İMALATI İÇİN MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER HAKKINDA REFERANS BELGESİ

Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Direktifi ve Cam İmalatı Endüstrileri için BREF dokümanı, cam ve cam ürünleri imalatı tesislerinden kaynaklanan emisyonlar, uygulanan işlemler ve teknikler, mevcut tüketim ve emisyon seviyeleri ile MET'lere ilişkin bilgiler içermektedir.

MET, Endüstriyel Emisyonlar Direktifi'nde ve Entegre Çevre İzinleri Konulu Yönetmeliğin 3. Maddesinde tanımlanmıştır. MET'ler için enerji tüketimi, su tüketimi ve atık önleme konularına değinmektedir. MET'ler çevrenin yüksek düzeyde korunmasına yönelik en etkili yöntemdir. MET'ler yalnızca bir işletme içerisinde kullanılan teknolojiyi ifade etmeyip, bunula birlikte işletmenin tasarlanma, kurulma, işletme ve bakım aşamalarıda da uygulanmaktadır.

Cam sektörüne yönelik uygulanabilecek MET'ler için ilk referans doküman olarak 2001 yılında yayımlanmıştır. Teknik Çalışma Grubu olarak anılan ihtisas komisyonu, endüstriyel emisyonlar konusunda en geniş kapsamlı ve güncel çalışmayı yürüterek 2013 yılı itibarı ile tekrar referans dökümanı yayımlamıştır. Dokümanda çeşitli alan/konularda veri eksikliklerinin olduğu ve belirli kabullerin yapıldığı belirtilmektedir. Verilerin ticari gizliliği/mahremiyeti konusu teknik çalışma grubu tarafından da işaret edilen bir konu olup bazı hallerde temsili verilere veya en az/en çok gibi sınır değerlere yer verildiği bildirilmektedir.

AB nezdinde müşterek bir çalışma grubu sonrasında ortaya çıkan MET dokümanının güncel ve en üst seviyede üzerinde uzlaşılmış bir doküman olduğu anlaşılmaktadır. Söz konusu dokümanı bu açıdan referans almak ve sektörel öngörü verilerinden yararlanmanın kıyaslama çalışmalarında faydalı olacağı değerlendirilmektedir [24].

6.2. İLGİLİ ÇEVRE VE ENERJİ MEVZUATI

Ülkemizde yürürlükte olan çevre ve enerji mevzuat değerlendirildiğinde, cam ve cam ürünleri imalatı sektöründe kaynak verimliliği uygulamalarına dolaylı yönden etki eden düzenlemeler yer almaktadır. Ancak, sektöre yönelik doğrudan kaynak verimliliği odaklı bir mevzuat ülkemizde mevcut değildir. Diğer taraftan sektörde bu çerçevede ilgilendiren çevre ve enerji mevzuatı Tablo 6.1'de yer almaktadır.

Tablo 6.1. BREF Dökumanda Üzerinde Durulan Başlıca Tekstil Prosesleri

Kanun	Çevre Kanunu	
	Enerji Verimliliği Kanunu	
	Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına ilişkin Kanun	
Yönetmelikler	Enerji	Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik
		Büyük Yakma Tesisleri Yönetmeliği
		Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği
	Su	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
		Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği
	Toprak	Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik
	Atık	Atık Yönetimi Yönetmeliği
		Ambalaj ve Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği
	Hava	Koku Oluşturan Emisyonların Kontrolü Hakkında Yönetmelik
		Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
		Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
	İklim	Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik
		Ozon Tabakasını İncelten Maddelerin Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik
	Gürültü	Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği
	Diğer	Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği
		Çevre İzin ve Lisans Yönetmeliği

6.3. CAM SEKTÖRÜNE YÖNELİK TEMİZ ÜRETİM OLANAKLARI

6.3.1 SU TÜKETİMİ

Cam üretiminde su, genel olarak yüzey temizleme ve soğutma amacıyla kullanılmakta olup, işlem görmesi ve/veya yeniden kullanılması mümkündür. Zararlı maddelerin olduğu yerlerde, bu maddelerin suyun devre sistemine girmesinin engellenmesi için potansiyel önlemler alınmaktadır.

Uygulanabilir olduğu yerlerde, kapalı soğutma sistemleri kullanılabilir ve blöf en aza indirgenebimesi mümkündür. Gerekirse emisyonları azaltmak için standart kirlilik kontrol tekniklerinin kullanılması da düşünülmelidir[4].

6.3.2 ATIK SU DEŞARJLARI

Sıvı ham maddelerin ve ara maddelerin depolanmasından kaynaklanan emisyonları kontrol etmek için aşağıdaki gibi standart iyi uygulama teknikleri uygulanabilir.

- Tankların kontrol edilmesi ve test edilmesi
- Yeterli boyutta muhafaza sağlanması (demetleme)
- Aşırı doldurmadan kaçınma (cut off valfleri, alarmlar, vb.)

- Olukların ve dolum noktalarının kutu içinde veya başka bir muhafaza içinde konumlandırılması [4].

Cam sektöründe uygulanan atıksu iyileştirme yönlemleri Tablo 6.2'de sunulmaktadır.

Tablo 6.2 Atıksu iyileştirme yöntemleri [4]

Fiziksel/kimyasal arıtım	Biyolojik arıtım
Ayırma (ızgara)	Aktif çamur
Sıyırma	Biofiltrasyon
Çöktürme	
Santrifüj	
Filtrasyon	
Nötralizasyon	
Havalandırma	
Kimyasal çöktürme	
Koagülasyon Flokülasyon	

6.3.3 ENERJİ TÜKETİMİ

Cam üretim sektöründe proses bazında enerji tasarrufunun sağlanması mümkündür. Enerjinin büyük kısmının tüketildiği ergitme proses verimliliklerinde yapılacak iyileştimeler ve diğer proselerde enerji verimliliği yüksek ekipmanların kullanımı ve atık ısı geri kazanım sistemleri ile ciddi miktarda enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Tablo 6.3'te proses bazında sağlabilecek çalışmalar sunulmaktadır.

Tablo 6.3 Proses bazlı enerji verimliliği önlemleri [36]

Harman hazırlama
• Karışımn optimum şekilde ayarlanması
• Akı maddelerinn eklenmesi
• Seçici harmanlama
• Konveyör kayışlarının uygun seçilmesi
• Motorların uygun boyutlandırılması
• Yüksek verimli motorlar
• Ayarlanabilir / değişken hız sürücüleri
• Yüksek verimli kayışlar
• Konveyor kayış sistemleri
• Cam kırığı ayrıştırma ve öğütme sistem kurulumu
• Fırına hazır dış cam kırığı oranının arttırılması

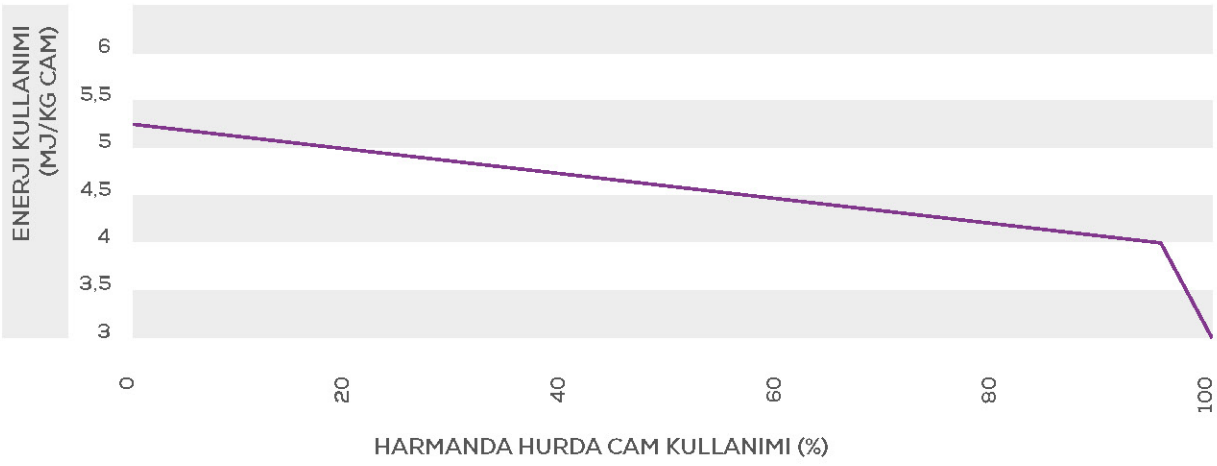
Ergitme-Mevcut fırınlarda değişiklikler
• Proses kontrol sistemleri
• Uygun izolasyon yapımı
• Aşırı havanın azaltılması/hava kaçağının azaltılması
• Yanma havası fanlarında ayarlanabilir hız sürücüleri
• Atık ısı kazanı kullanımı
• Gaz uygulama (bubbler)
• Refraktörler/İzolasyon
• Uygun pozisyonlu yakıcılar
• Düşük-NO_x yakıcılar
Ergitme–Fırın tasarımı
• Arkadan ateşlemeli fırınlar
• Rejeneratif fırınlar
• Rejenerator boyutunun optimize edilmesi
• SORG® Flex Melter (Gelişen teknoloji)
• In flight Melter (Gelişen teknoloji)
• Titreşimli (Oscillating) Yakma (Gelişen teknoloji)
• Plasma Melter (Gelişen teknoloji)
• Gas Flox® Alevsiz Yakıcı (Gelişen teknoloji)
• Batık (Submerged) Yakma (Gelişen teknoloji)
• Yüksek Hızlı Konveksiyon
Ergitme–Oksi yakıtlı fırınlar
• Oksijenle yakma teknolojisi (oksijen sensörü ile izleme-optimizasyon)
• Oksijenli yakmada reaktan ön ısıtma teknolojisi
• Oksijenle zenginleştirilmiş hava ile kademeli yakma
• Cam fırını atık ısının geri kazanımı
Ergitme–Cam kırığı kullanımı ve ön ısıtma
• Daha fazla cam kırığı ve/veya filtre tozu kullanılması
• Harman ve cam kırığının ön ısıtılması
Ergitme–Elektrikli fırınlar
• Elektrot yerleşiminin optimize edilmesi
• Yakıtla çalışan fırın ile değişim
• Üstten ısıtma

Forehearths ve Şekillendirme
• Proses kontrol
• Oksi yakıtlı foreheartlar
• Yüksek verimli foreheartlar
• İzolasyonun iyileştirilmesi
Tavlama ve Bitirme
• Kontrol
• Tesis yerleşiminin optimize edilmesi
• Hava kaçaklarının azaltılması
• İzolasyon
• Ürün kurutma sisteminin iyileştirilmesi
• Cam kaplama

6.3.4 HAM MADDE KULLANIMI VE ATIK OLUŞUMU

Cam üretim prosesinde harmanda atık camlar da kullanılmaktadır. Fırına hazır cam kırığının ergitilmesi için gerekli enerji miktarı; hurda camın kimyasal reaksiyonlarının tamamlanmış olması ve eşdeğer ham maddelere oranla daha düşük kütleye (%20) sahip olması sebepleriyle daha azdır. Bu nedenle harmanda hurda cam kullanımı, ergitme fırınında yakıt kullanım oranını düşürerek enerji tasarrufu sağlamaktadır. Genel olarak fırın beslemesinde kullanılan her %10'luk ilave hurda cam, fırın enerji tüketimini %2,5-3,3 oranında düşürmektedir (Şekil 5 1) ([4], [35], [37]). Aynı zamanda çevre kirliliğinin engellenmesine de katkı sağlanmaktadır.

Şekil 6.1 Harmanda hurda cam kullanımında enerji tüketimi [35]



Tablo 6.4'te 1 kg cam üretimi için gerekli enerji değerleri sunulmaktadır.

Tablo 6.4 Cam ambalaj üretiminde atık cam kullanımında elde edilen enerji tasarrufu [35]

Enerji Tüketim Türleri	(kJ/kg cam)
Normal harmanda soda-kireç-silika camının ergitilmesi için gerekli teorik ergitme enerjisi	2.550
Harman ayrışma gazlarının enerji içeriği	176
Termal duvar ve baca gazı kayıpları	2.074
Cam ambalaj fırınında normal harman kullanımında toplam enerji tüketimi	4.800
%100 atık cam kullanımında soda-kireç-silika camının ergitilmesi için gerekli teorik ergitme enerjisi	1.750
Termal duvar ve baca gazı kayıpları	1.850
Cam ambalaj fırınında atık cam kullanımında toplam enerji tüketimi	3.600
%100 atık cam kullanımda sağlanan tasarruf miktarı	1.200

Çevresel etkiler açısından değerlendirildiğinde; yakıt kullanım oranın düşmesi ile birlikte, CO_2, SO_x ve NO_x ve PM emisyonlarında da azalma sağlanmaktadır. Bununla birlikte karbonat ve Sülfür içeren ham maddelerin tüketimi de azaldığından cam oluşum reaksiyonu sırasında açığa çıkan CO_2 ve SO_x emisyonları da azaltılmış olmaktadır ([4], [37]).

Özetle hurda cam kullanmanın baca gazı emisyonlarına etkileri aşağıda ifade edilmektedir.

- CO_2 emisyonlarında azalma; Daha az yakıt tüketimi ve harmanda daha az karbonatlı bileşikler
- NO_x emisyonlarında azalma; Daha düşük ergitme enerjisi ve sıcaklıklar
- SO_x emisyonlarında azalma; Daha az yakıt tüketimi ve harmanda daha az karbonatlı bileşikler
- Flor ve klor emisyonlarında azalma; Daha düşük sıcaklıklar [35].

6.3.5 GENEL KONTROL LİSTESİ

Genel kontrol listesi MET Referans Dokümanı, sektörel ziyaretler ile Türkiye ve dünyadaki iyi uygulama örnekleri dikkate alınarak oluşturulmuştur (Tablo 6.5).

LEJANT


Yönetimsel/Operasyonel


Kaza Yönetimi


Ham Madde


Su


Enerji


Kimyasal


Atık Su


Katı Atık



Sera Gazı


Hava Emisyonu


Gürültü

Tablo 6.5 Genel kontrol listesi

Kategori	Alınabilecek Önlemler ve Uygulamalar	İyileştirme/Azaltma
Çevre Yönetimi ve Rutin Bakım	Çevre Yönetim Sistemi kurulması	
	Üretim proseslerinin ve ekipmanların kullanımında insan kaynaklı hataların önüne geçebilmek amacıyla prosedürlerin dokümante edilmiş halde bulundurulması, takip edilmesi ve çalışanlara yönelik eğitimlerin düzenlenmesi	
	Enerji Yönetim Sistemi kurulması	
	Tesis genelinde tüm girdi ve çıktıların ünite bazında (ham madde, kimyasal, enerji, su, ürün, yan ürün, atıksu, hava emisyonları, çamur, katı ve tehlikeli atık) miktar ve nitelikleri açısından izlenmesi ve rutin olarak raporlanması	
	Pompa, kompresör, vana vb. ekipmanlardaki kaçakların belirlenmesi ve önlem alınması	
	Üretimde zaman optimizasyonunun uygulanması	
	Bakım Yönetim Sistemi kurulması	
	Tesisat tasarımında yük kaybı yaratan ekipmanların (dirsek, vana vb.) enerji verimliliğini sağlayacak şekilde planlanması	
	Tesis içinde taşıma bantlarının kullanımı ile araç trafiğinin azaltılması	
Kaza Yönetimi	Pres operasyon bölgesinde mekanik koruyucu uygulaması	
	Kayış – kasnak mekanik koruyucular kullanılması	
	Paketleme prosesinde temassız algılayıcı mikro sensör uygulaması	
Hammadde ve Kimyasal Yönetimi	Ham madde ve kimyasal seçiminde daha az kaynak kullanımına ve çevresel atığa/emisyona neden olanların tercih edilmesine dikkat edilmesi	
	Ham maddelerin depolanması ve saklanmasında kaza risklerinin önlenmesini/azaltılmasını, sızıntıların-kaçakların ve dökülmelerin önlenmesini, bozunabilirliğin önlenmesini sağlayan uygun depolama ve saklama koşullarının sağlanması	
	Üretim proseslerinde ham madde kayıplarının izlenmesi ve ham madde kayıplarına karşı önlemler alınması	
	Tüm kimyasalların MSDS'lerinin bulundurulması ve kimyasalların depolanmasının, saklanmasının ve uygulanmasının MSDS'lerde belirtilen koşullara göre yapılması, kimyasal envanter çalışmasının yapılması	
	Kimyasalların hazırlanması ve dozlanmasında otomasyona dayalı sistemler kullanılmasıyla kayıpların önlenmesi	
	Kimyasal tüketimin azaltılmasına yönelik reçete optimizasyonu, proses parametrelerinin optimizasyonu, kimyasal değişimi vb. önleyici ve azaltıcı tekniklerin uygulanması	
	Kimyasal kullanımının şart olmadığı durumlarda kimyasal kullanımından kaçınılması	
Su Yönetimi	Su tüketim miktarının prosesler bazında izlenmesi ve su debisi kontrol cihazları ve otomatik kapatma vanalarının kullanılması	
	İşletmede proses atıksuların analiz edilmesi, su geri kazanımı ve yeniden kullanımına yönelik uygulamaların yapılmasıyla su tasarrufu sağlanması ve atıksu miktarlarının azaltılması	
	Toplama sistemleri kurularak yağmur sularının tesis temizliğinde veya uygun alanlarda alternatif su kaynağı olarak değerlendirilmesi	

Kategori	Alınabilecek Önlemler ve Uygulamalar	İyileştirme/Azaltma
Su Yönetimi	Tesis ve ekipman temizliğinde su verimliliği sağlayacak ekipmanların kullanılmasıyla (su püskürtme başlıkları, sprey püskürtücüler vb.) yıkama verimliliğinin artırılması dolayısıyla su tasarrufu ve atıksu miktarlarının azaltılmasının sağlanması	
	Sıcak ve soğuk su kullanılan proseslerde sıcaklık kontrolü yapan otomasyon sistemi veya sıcaklık sensörü kullanımıyla su ve enerji tasarrufu sağlanması	
Enerji Yönetimi	İşletmede prosesler bazında enerji tüketiminin izlenmesi ve enerji denetimlerinin yapılması	
	İşletmede enerji kayıplarının izlenmesi, optimize edilmesi ve önleyici uygulamaların (izolasyon vb.) yapılması	
	Alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması	
	Kojenerasyon sistemi kurulması	
	Isının ürünlerden, sıcak atıksu akımlarından ve atık gaz emisyonlarından geri kazanılması	
	Kojenerasyon sistemlerinde kullanılan gaz motoru ve türbinin veriminin artırılması	
	Gerek duyulandan daha yüksek güçte motorların kullanımından kaçınılması	
	Fan, kompresör ve pompalarda yükün azaltılması için değişken hız sürücülerin kullanılması, frekans kontrollü pompa, fan ve elektrik motorlarının kullanılması	
	Boru, vana, tank ve makinelerinin izolasyonunun yapılması	
	Aydınlatma yönetimi kontrol sistemlerinin (dedektör, zamanlayıcı, fotosel vb.) kullanılması, doğal ışık kullanımının artırılması	
Emisyon Yönetimi	Hava emisyonlarının kaynaklarının bilinmesi ve bilgisayar tabanlı sistemler, doğrudan, yarı-doğrudan veya dolaylı ölçümler ile emisyon kaynaklarının sürekli izlenmesi ve kontrol edilmesi	
	Hava emisyonlarının kaynakta azaltılmasına yönelik uygulamalar yapılması, prosedürlerin geliştirilmesi	
	Yakıt seçiminde daha az hava emisyonu oluşturacak ve yüksek kalorifik değere sahip olan yakıtların tercih edilmesi ve emisyon faktörleri kullanılarak emisyonların hesaplanması	
	Lojistik kaynaklı emisyonların azaltılmasına yönelik çalışmaların yapılması	
	Toz tutma ve havalandırma sistemlerinin kullanılması	
	Elektrikli forklift ve araçların teşvik edilmesi	
Atık Su Yönetimi	İşletmede proses atıksularının veya boru-sonu kompozit atıksuların arıtılarak/arıtılmadan aynı veya farklı proseslerde yeniden kullanımı olanaklarının değerlendirilmesi	
	Atıksu kaynaklarında atıksu miktarlarının ve kirlilik yüklerinin kaynağında azaltılmasına yönelik uygulamalar veya prosedürlerin geliştirilmesi ve etkin şekilde uygulanması	
	Atıksu karakterizasyonunun rutin olarak yapılması ve izlenmesiyle su geri kazanımı opsiyonlarının değerlendirilmesi ve kimyasal tüketiminin azaltılmasına yönelik tedbirlerin alınması	
Katı Atık Yönetimi	Atıkların üretim esnasında azaltılabilmesi için entegre tekniklerin ve operasyonel tekniklerin veya özel geri dönüşüm proseslerinin uygulanması	
	Proseslerde üretim aşamasında oluşan tehlikeli, tehlikesiz veya geri kazanılabilir nitelikteki atıkların izlenmesi/uygun şekilde sınıflandırılması, kaynakta ayrı toplanmasıyla atıkların geri kazanımı veya geri dönüşümünün sağlanması	

Kategori	Alınabilecek Önlemler ve Uygulamalar	İyileştirme/Azaltma
Gürültü Yönetimi	Gürültü kaynaklarının uygun teknikler ile (hücre/kabin içine alma, duvar ve ses bariyeri, yalıtım vb.) çevrelenmesi	
	Gürültü çıkışlarına (örneğin havalı pompalar) susturucu ekipmanlar takılması	
	Kompresör gibi teknik cihazlar için ses yalıtım modüllerinin kullanılması	
	Metal-metal birleşimlerinde kauçuk malzeme kullanılması	

6.3.6 DÜZ CAMIN ŞEKİLLENDİRİLMESİ VE İŞLENMESİNE AİT KONTROL LİSTESİ

Tablo 6.6 Cam ayna üretimine ait kontrol listesi

Kategori	Alınabilecek Önlemler ve Uygulamalar	İyileştirme/Azaltma
Hamcam Kabulü - İlk Yıkama	Konveyörden gelen hamcamın tozlardan optimum şekilde ayrıştırılması	
	Hamcamın tozlardan uzaklaştırılması için optimum miktarda su ve deterjan kullanılması ve çıkan atıksuyun arıtılarak yeniden kullanılması	
Parlatma-Kimyasal malzemeler ile kaplama (Kalay-Paladyum, Gümüş, Silanor)	Kalay, paladyum ve gümüş gibi kimyasalların dozlanması ve dağıtılmasında kimyasal sayısının azaltılması, otomatik dağıtım ve dozlama gibi uygulamaların yapılması	
	Gümüş gibi değerli kimyasal malzemelerin atıksudan geri kazanımının sağlanması	
Boyama, Kurutma ve Soğutma	Boyama öncesinde camın elektrikli ısıtıcılar ile homojen şekilde ısıtılmasının sağlanması	
	Boyama öncesinde ve sonrasında kurutucularda istenilen homojen sıcaklığı sağlayabilmek amacıyla kurutucu içine uygun güçte fanlar takılması	
	Kurutma adımında sıcaklık kontrolünün yapılması	
Kontrol, Ambalajlama ve Nakliye	Paketleme malzemelerinin seçiminde yeniden kullanım ve geri kazanıma uygun olanların tercih edilmesi	
	Paketleme hattı verimliliğinin optimize edilmesi	

Tablo 6.7 Güneş enerjisi camları üretimine ait kontrol listesi

Kategori	Alınabilecek Önlemler ve Uygulamalar	İyileştirme/Azaltma
Hamcam Kabulü, Kesim, Trim Koparma	Konveyörden gelen hamcamın uygun ebatlarda kesilmesinden çıkan atık cam parçalarının başka cam üretim proseslerinde yeniden kullanılması	
Kaplama	Kaplama işlemlerinde kaplama malzemesinin ve alkolün optimum şartlar altında uygulanması	
	Camın soğutma fanları ile optimum şartlar altında soğutulması	
	Kaplama öncesi cam yüzeyinin ön ısıtılmasının homojen şekilde sağlanması	
Temperleme	Temperleme fırınlarının verimli şekilde çalıştırılması, uygun hava fazlalık katsayısının kullanılması	
	Temperleme fırınlarının içerisindeki sıcaklıkların homojen olması için uygun tekniklerin (fanlar vb.) kullanılması	
	Basınçlı hava ile soğutma işleminin optimum şekilde yapılması, uygun basınç değerlerinin ve kompresörün kullanılması	
	Temperleme fırınlarından çıkan atık ısının değerlendirilmesi (ısıtma, sıcak su vb.)	
Yıkama	Yıkama işlemi için optimum miktarda su tüketilmesi	

Tablo 6.8 Lamine otocam üretimine ait kontrol listesi

Kategori	Alınabilecek Önlemler ve Uygulamalar	İyileştirme/Azaltma
Şekil Kesim ve Koparma	Hamcamın kesilmesinden çıkan atık cam parçalarının başka cam üretim proseslerinde yeniden kullanılması	
	Kesme için kullanılan kesme yağlarının optimum miktarda kullanılması	
Baskı ve Marka, Kurutma	Boyaların dozlanması ve dağıtılmasında boya sayısının azaltılması, otomatik dağıtım ve dozlama gibi uygulamaların yapılması	
	Cam üzerine yapılmış olan baskının homojen şekilde kurutulması	
Yıkama	Bükme işleminden sonra verimli yıkama makinaların kullanılması ile yıkama işlemi için optimum miktarda su tüketilmesi	
Otoklav	Otoklav öncesi kimyasalların dozlanması ve dağıtılmasında kimyasal sayısının azaltılması, otomatik dağıtım ve dozlama gibi uygulamaların yapılması	
	Otoklavda homojen şekilde basınç ve sıcaklıkların ayarlanması	

Tablo 6.9 Temperli otocam üretimine ait kontrol listesi

Kategori	Alınabilecek Önlemler ve Uygulamalar	İyileştirme/Azaltma
Baskı ve Marka	Boyaların dozlanması ve dağıtılmasında boya sayısının azaltılması, otomatik dağıtım ve dozlama gibi uygulamaların yapılması	
	Kalıpların temizlenmesinde optimum miktarda organik temizleyici kullanılması	
Baskı Kurutma	Cam üzerine yapılmış olan baskının homojen şekilde kurutulması	
Temperleme	Temperleme fırınlarının verimli şekilde çalıştırılması, uygun hava fazlalık katsayısının kullanılması	
	Temperleme fırınlarının içerisindeki sıcaklıkların homojen olması için uygun tekniklerin (fanlar vb.) kullanılması	
	Basınçlı hava ile soğutma işleminin optimum şekilde yapılması, uygun basınç değerlerinin ve kompresörün kullanılması	
	Temperleme fırınlarından çıkan atık ısının değerlendirilmesi (ısıtma, sıcak su vb.)	

6.3.7 ÇUKUR CAM (CAM AMBALAJ VE CAM EV EŞYASI) ÜRETİMİNE AİT KONTROL LİSTESİ

Tablo 6.10 Çukur cam üretimi ile ilgili kontrol listesi

Kategori	Alınabilecek Önlemler ve Uygulamalar	İyileştirme/Azaltma
Ham Madde Seçimi, Depolanması ve Kullanımı (Cam ambalaj ve cam ev eşyası)	Ham madde öğütme, eleme ve karıştırma işlemlerinin kapalı ortamlarda gerçekleştirilmesi	
	Tesiste ham madde depolama için yeterli kapasitede siloların bulunması ve dolum sırasında filtre sistemlerinin kullanılması	
	Emisyon azaltımı için karbonat içeriği düşük ham maddelerin tercih edilmesi	
	Ham madde depolama, elleçleme, taşıma ve harmanlama işlemlerinde oluşan difüz emisyonların azaltılması için vakum sistemlerinin kullanılması	
	Tesis içinde veya dışında oluşan kırık/atık camların ham madde olarak proseste yeniden değerlendirilmesi	
Cam Ergitme (Cam ambalaj ve cam ev eşyası)	Ergitme fırınlarında ısı kaybını önlemek için yeterli izolasyonun yapılması ve uygun refrakter malzemelerin kullanılması	
	Ergitme fırınlarında atık gazların resirkülasyonu için reküperatif/rejeneratif fırınların kullanılması	
	Ergitme fırınlarında elektrot yerleşiminin optimize edilmesi	
	Ergitme fırında cam kırığı oranının artırılması ve harman veya cam kırığının ön ısıtılması	
	Ergitme fırınlarında yanma verimini ve ısı transferini iyileştirmek amacıyla uygun brülörün kullanılması, optimum hava/yakıt oranının ayarlanması ve izlenmesi, yanma havası fanlarında ayarlanabilir hız sürücülerinin kullanılması	
	Fizibl olduğu durumlarda oksi yakıtlı fırınların kullanılması	

Kategori	Alınabilecek Önlemler ve Uygulamalar	İyileştirme/Azaltma
Cam Ergitme (Cam ambalaj ve cam ev eşyası)	Ergitme fırınlarında proses kontrol sistemlerinin sağlanması, online izleme-kontrol sistemlerinin kullanılması ile enerji tüketiminin ve gaz emisyonlarının azaltılması	
	Ergitme fırınlarında uygun pozisyonlu ve düşük NOx yakıcılar kullanılması	
	Gaz emisyonuna sebep olan (kükürt oksit, inorganik klorlu bileşikler, inorganik florlu bileşikler, uçucu organik bileşikler vb.) girdilerin azaltılması	
	Baca gazı emisyonlarının azaltımı için ağır yakıt yerine doğal gaz, likit petrol gazı gibi yakıtların tercih edilmesi	
	Yakma havasının sıcaklığını artıracak ön ısıtılma sistemlerinin kullanılması	
	Oluşan toz emisyonlarının azaltılması amacıyla torbalı filtre, yıkayıcılı filtre ve elektrostatik filtre (ESF) gibi toz toplama sistemlerinin kullanılması	
Şartlandırma (Cam ambalaj ve cam ev eşyası)	Yüksek verimli foreheart'ların kullanılması	
	Foreheart'ların çekilen camın kapasitesine göre uygun boyutlarda inşa edilmesi	
	Uygun şartlarda soğutma ve yağlama yapılması, sıcaklıkların kontrolünün sağlanması	
Şekillendirme (Cam ambalaj ve cam ev eşyası)	Presleme ile şekillendirme adımında doğru zamanda basınç uygulayan yeni nesil makinaların kullanılması ile enerji tasarrufunun artırılması	
	Sıcaklıkların kontrolünün sağlanması, uygun şartlarda soğutma ve yağlama yapılması	
	Yüksek verimli üretim makinelerinin (IS) kullanılması	
	Basınçlı hava için yüksek verimli kompresötlerin kullanılması	
	Üretilecek ürüne göre Üfleme-Üfleme, Presleme-Üfleme ve Dar boyunlu Presleme-Üfleme üretim tekniklerinden uygun olanının seçilmesi	
Tavlama (Cam ambalaj)	Yüksek verimli tavlama fırınlarının kullanılması	
	Sıcaklıkların izlenmesi ve kademeli olarak düşürülmesi	
	Isıtma ve soğutma hızının kontrol edilmesi	
Temperleme (Cam ev eşyası)	Temperleme fırınlarının verimli şekilde çalıştırılması, uygun hava fazlalık katsayısının kullanılması	
	Temperleme fırınlarının içerisindeki sıcaklıkların homojen olması için uygun tekniklerin (fanlar vb.) kullanılması	
	Basınçlı hava ile soğutma işleminin optimum şekilde yapılması, uygun basınç değerlerinin ve kompresörün kullanılması	
	Temperleme fırınlarından çıkan atık ısının değerlendirilmesi (ısıtma, sıcak su vb.)	
	Fan yataklarından soğutma suyu ile sistem dışına taşınan enerjinin değerlerilmesi	
Kontrol, Ambalajlama ve Nakliye	Paketleme malzemelerinin seçiminde yeniden kullanım ve geri kazanıma uygun olanların tercih edilmesi	
	Paketleme hattı verimliliğinin optimize edilmesi	

6.4. TÜRKİYE'DEN VE DÜNYADAN İYİ UYGULAMA ÖRNEKLERİ

6.4.1 ÖRNEK UYGULAMA 1

Ülke: Türkiye

Firma Bilgisi: Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş *(Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları'nın izni ile yayımlanmaktadır.)*

Proje Adı: Fırın Duvar Kayıplarının Azaltılması (İzolasyon)

Proje Özeti: Yüksek işletme sıcaklıklarında çalıştırılan cam fırınlarının duvar yüzeylerinden, radyasyon ve doğal taşınım ile ısı kaybı olmaktadır. Fırına verilen toplam enerjinin yaklaşık %25-30'nu oluşturan duvar kayıplarını azaltmak duvar malzemelerinin kalite ve kalınlıklarının değiştirilmesi ile mümkündür [38].

Proje Maliyeti: -

Geri Dönüş Süresi: -

Kazanımlar: Fırına verilen toplam enerjinin yaklaşık %25-30'nu oluşturan duvar kayıplarınının azaltılması

6.4.2 ÖRNEK UYGULAMA 2

Ülke: Türkiye

Firma Bilgisi: Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş *(Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları'nın izni ile yayımlanmaktadır.)*

Proje Adı: Yenilenebilir Enerji Kullanımı

Proje Özeti: Şişecam, Mersin Düzcam Üretim Tesisi (Trakya Cam San. A.Ş. Mersin Fabrikası) çatısına 6,2 MW güce sahip güneş enerjisi santralini kurmuştur. Düzcam Mersin Fabrikası çatısında 79.300 m2 alana kurulmuş olan 6,2 MW gücündeki güneş enerjisi santrali, kurulu güç açısından, tek parça çatı uygulaması olarak, Türkiye ve Avrupa'da ikinci olurken, dünyada ilk 10 içinde yerini almıştır ([13], [38]).

Proje Maliyeti: 22 milyon TL

Geri Dönüş Süresi: -

Kazanımlar:

- Yenilenebilir enerjinin kullanımı
- Tesis veriminin artırılması
- Yerli kaynaklarımızın değerlendirilmesi

6.4.3 ÖRNEK UYGULAMA 3

Ülke: Türkiye

Firma Bilgisi: Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş *(Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları'nın izni ile yayımlanmaktadır.)*

Proje Adı: Atık Isıdan Elektrik Eldesi

Proje Özeti: Şişecam'ın atık ısı potansiyeli yüksek olan işletmelerinde Atık Isı Elektrik Üretim Tesisi ile elektrik enerjisi elde edilmiştir. Ayrıca, sıcak su üretimi ile de ısıtma kaynaklı doğal gaz tüketiminden tasarruf edilmeye başlanmıştır. 2018 yılında, uygun olan diğer işletmelerde atık ısıdan enerji kazanımı fizibilite çalışmaları devam etmiştir. Şişecam Topluluğu, cam üretim tesislerindeki atık ısı geri kazanım tesislerine ait güncel üretim verisi aşağıda verilmektedir.

- Trakya Cam Bulgaristan Atık Isı Geri Kazanım (Organic Rankine Cycle -ORC) Tesisi: Atık ısı termal enerjisine bağlı olarak 2,1 – 2,7 MW güç bandında enerji üretimi yapılmaktadır.
- Anadolu Cam Yenişehir Atık Isı Geri Kazanım (Organic Rankine Cycle -ORC) Tesisi: Atık ısı termal enerjisine bağlı olarak 1,4 – 2,7 MW güç bandında enerji üretimi yapılmaktadır.
- Trakya Cam Mersin Atık Isı Geri Kazanım (Organic Rankine Cycle -ORC) Tesisi: Atık ısı termal enerjisine bağlı olarak 2,5 – 4,2 MW güç bandında enerji üretimi yapılmaktadır.
- Trakya Cam Yenişehir Atık Isı Geri Kazanım (Buhar Türbini) Tesisi: Atık ısı termal enerjisine bağlı olarak 3,5 – 4,7 MW güç bandında enerji üretimi yapılmaktadır ([13], [38], [39]).

Proje Maliyeti: -

Geri Dönüş Süresi: -

Kazanımlar:

- 2016 Yılı Enerji Tasarrufu : 590.700 GJ
- 2016 Yılı CO_2 Tasarrufu : 25.800 ton
- 2017 Yılı Elektrik Enerjisi MW : 15 MW
- 2017 Yılı Toplam Finansal Tasarruf : 5,8 milyon TL

6.4.4 ÖRNEK UYGULAMA 4

Ülke: Türkiye

Firma Bilgisi: Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş *(Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları'nın izni ile yayımlanmaktadır.)*

Proje Adı: Hava Sızdırmazlığının Sağlanması

Proje Özeti: İyi bir şekilde sızdırmazlığı sağlanmamış rejeneratör duvarlarından içeriye soğuk ortam havasının girmesi, dolgularda depolanan faydalı enerjiyi bacaya taşıyarak kayba neden olmaktadır. Proses gereksinimi olmayan bu sızıntıların mümkün ölçüde azaltılması, enerji verimliliği açısından önemlidir. Şişecam cam fırınları ve rejeneratörler, hava sızdırmazlıkları açısından izlenmekte ve gerekli durumlarda geliştirmeler yapılmaktadır ([38]).

Proje Maliyeti: -

Geri Dönüş Süresi: -

Kazanımlar: Duvar sızdırmazlığının sağlanmasıyla %3-4 arasında enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

6.4.5 ÖRNEK UYGULAMA 5

Ülke: Türkiye

Firma Bilgisi: Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş *(Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları'nın izni ile yayımlanmaktadır.)*

Proje Adı: Su Verimliliği

Proje Özeti: Şişecam, atıksu arıtma tesislerinde arıtılan su geri kazanılarak yeniden ve etkin şekilde kullanmayı hedeflemiştir. Bu kapsamda iyileştirme çalışması gerçekleştirmiştir.

Proje Maliyeti: -

Geri Dönüş Süresi: -

Kazanımlar: Şişecam, Son iki yılda geri kazanılan su miktarının yaklaşık %26 oranında artmasıyla tüm tesislerde yeniden kullanılan su miktarı yaklaşık 2,6 milyon m^3 olmuştur. Atık su miktarı ise son iki yılda %11 oranında azalmıştır ([13], [38]).

- 2017 Yılı Toplam Su Tasarrufu : 374 bin m^3
- 2017 Yılı Toplam Finansal Tasarruf : Yaklaşık 485 bin TL

6.4.6 ÖRNEK UYGULAMA 6

Ülke: Hindistan

Firma Bilgisi: Assa Abloy

Proje Adı: Suyun Geri Kazanımı

Proje Özeti: Hindistan'da durulama suyunun %60-70'i toplanarak geri dönüşüm tesisine gönderilmektedir. Durulama suyu, zayıf asit katyonu ile birlikte aktif karbon filtresi, kum filtresi, online UV ve parlatma ünitesi kullanılarak arıtılmakta olup cam şişelerin yıkanmasında tekrar kullanılmaktadır [40].

Proje Maliyeti: 0,2 milyon $

Geri Dönüş Süresi: 4 ay

Kazanımlar:

- Toplam Su Tasarrufu : 0,2 milyon m^3/yıl
- Toplam Finansal Tasarruf : 0,6 milyon $/yıl

6.4.7 ÖRNEK UYGULAMA 7

Ülke: Kanada

Firma Bilgisi: Consumers Glass

Proje Adı: -

Proje Özeti: Kanada'da cam ambalaj üreten bir firmada kontrol sisteminin iyileştirilmesi ve bu konuda yatırım yapılması ile ürün miktarında artış gözlenmiştir. Bu sistem sadece fırınları değil aynı zamanda foreheart ların enerji tüketimini de iyileştirmektedir. Bu sistem ürün kalitesini artırmakta olup ürün kayıplarını en aza indirmektedir [36].

Proje Maliyeti: 150.000 $

Geri Dönüş Süresi: <1 yıl

Kazanımlar:

- Toplam Tasarruf : %4 ürün/yıl

6.4.8 ÖRNEK UYGULAMA 8

Ülke: Amerika Birleşik Devletleri

Firma Bilgisi: Anchor Glass

Proje Adı: -

Proje Özeti: Georgia'da Anchor Glass tesisinde yapılan etüt sonucu, fırının hava blowerlarına ayarlanabilir hız sürücülerinin eklenmesiyle elektrik potansiyeli tasarrufunun olduğu belirlenmiştir [36].

Proje Maliyeti: -

Geri Dönüş Süresi: 1,7 yıl

Kazanımlar:

- Toplam Enerji Tasarrufu : 800.000 kWh /yıl

6.4.9 ÖRNEK UYGULAMA 9

Ülke: İngiltere

Firma Bilgisi: Lax & Shaw

Proje Adı: -

Proje Özeti: İngiltere'de Lax & Shaw isimli bir cam ambalaj üreten firma bir ergitme fırınında sızdırmazlığı sağlamaya yönelik yatırım yapmıştır. Termal verimdeki artış ile enerji tüketimi azalmış olup enerji verimliliği artmıştır [36].

Proje Maliyeti: 320.000 $

Geri Dönüş Süresi: 7 ay

Kazanımlar:

- Fırınlarda Termal Verimdeki Artış : %12,2
- Toplam Finansal Tasarruf : 517.000 $ /yıl

6.4.10ÖRNEK UYGULAMA 10

Ülke: İngiltere

Firma Bilgisi: Lax & Shaw

Proje Adı: -

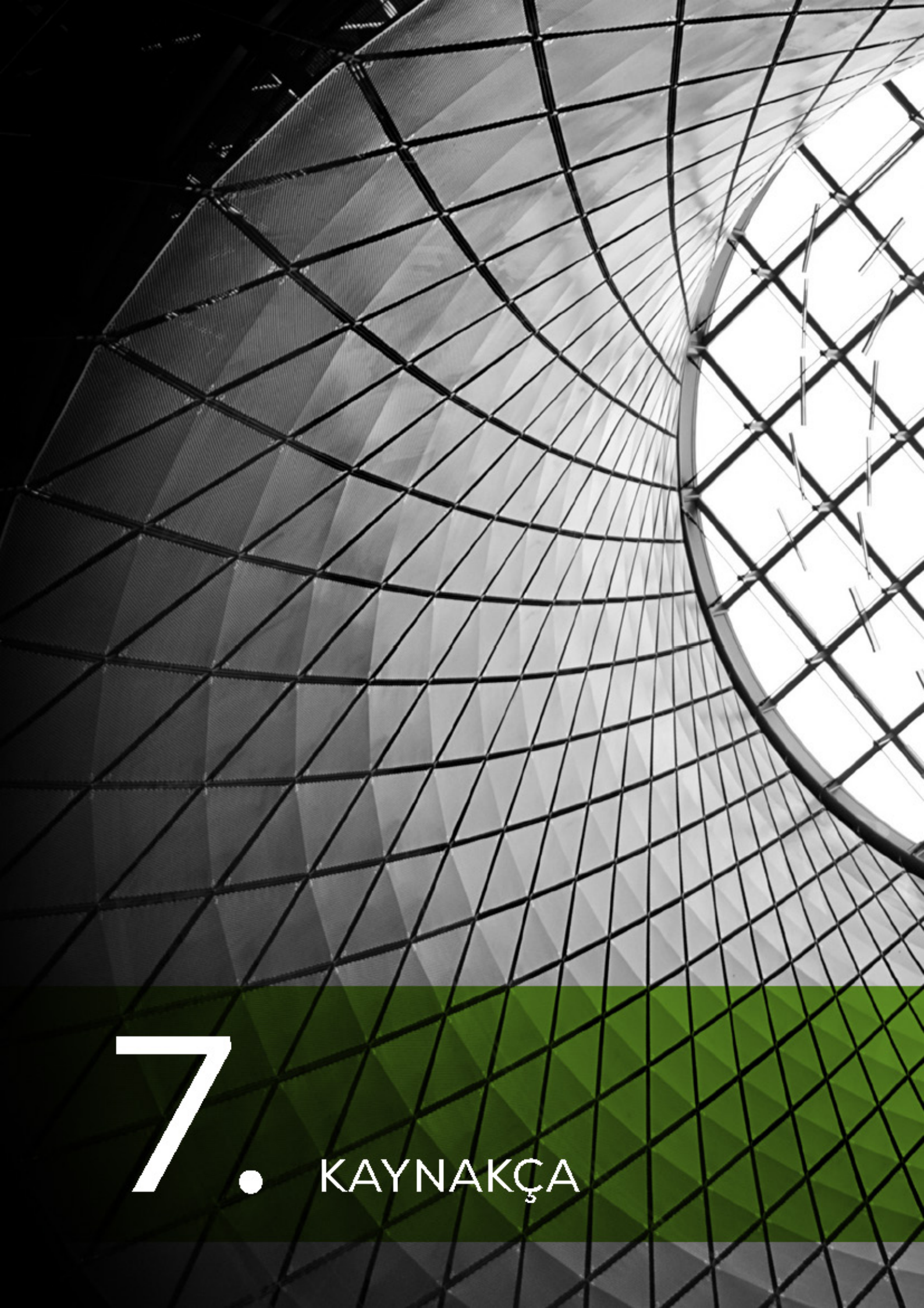
Proje Özeti: İngiltere'de Lax & Shaw isimli bir cam ambalaj üreten firma ergitme fırınını arkadan ateşlemeli rejeneratif şeklinde yenilemiş olup fırın ve rejeneratör izolasyonlarında da iyileştirmeler yapmışlardır [33].

Proje Maliyeti: 305.000 $

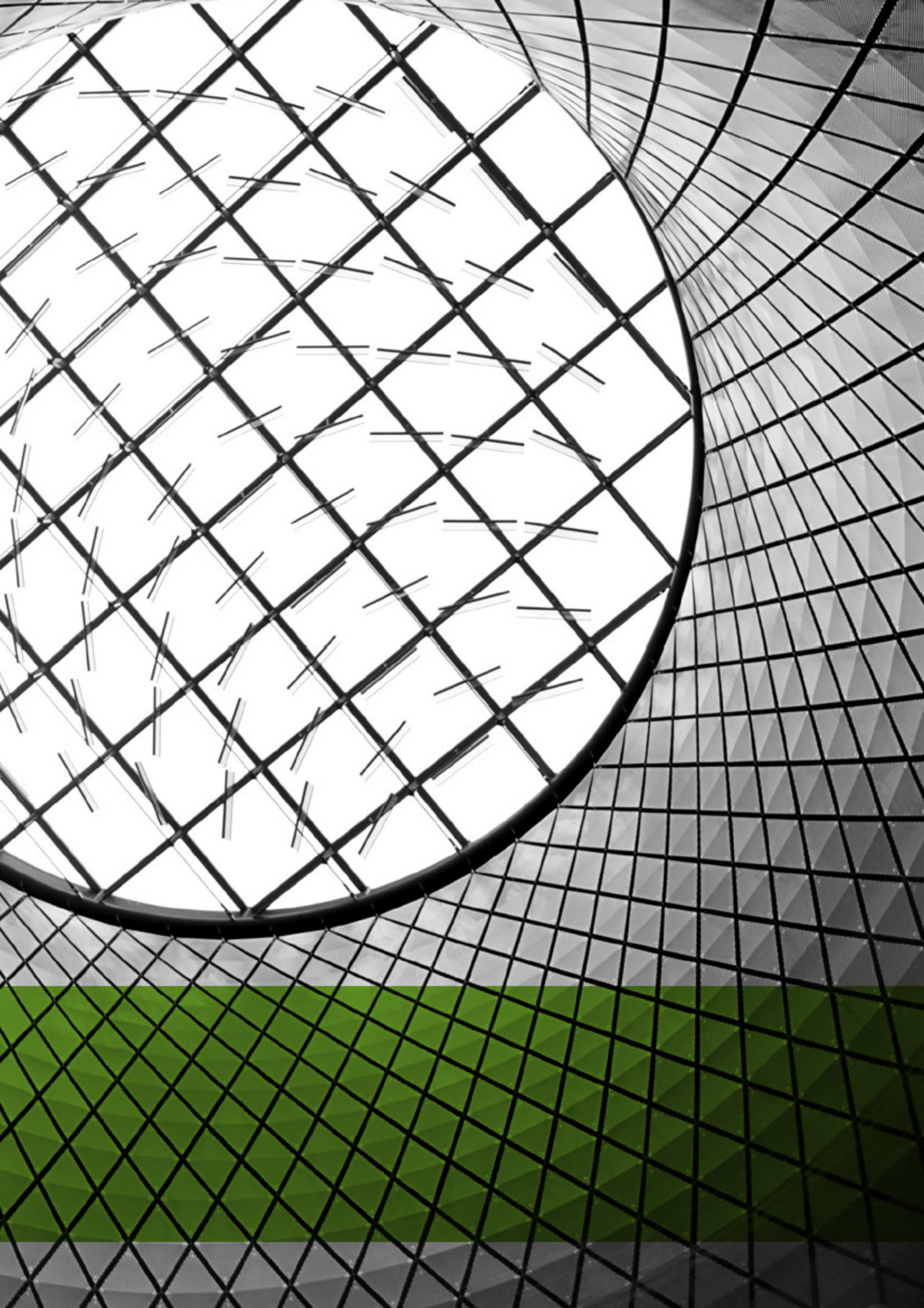
Geri Dönüş Süresi: 7 ay

Kazanımlar:

- Toplam Finansal Tasarruf : 507.000 $/yıl



7. KAYNAKÇA



7 KAYNAKÇA

[1] Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Bölgesel Çevre Merkezi (REC) Türkiye, "Et ve Et Ürünleri İmalatı, Kaynak Verimliliği Rehberi," Ankara, 2016.

[2] Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Bölgesel Çevre Merkezi (REC) Türkiye, "Süt ve Süt Ürünleri İmalatı, Kaynak Verimliliği Rehberi," Ankara, 2016.

[3] Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü, "Sanayide Kaynak Verimliliği Potansiyelinin Belirlenmesi Projesi Sonuç Raporu," Ankara, 2017.

[4] European Comission, "JRC Reference Report, Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Manufacture of Glass," Glas. Manuf. Ind., Aralık 2013. [Erişim tarihi: 28-Kasım-2018].

[5] European Comission, "96/61/EC Directive on Integrated Pollution Prevention and Control," Brussels, 1996.

[6] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, "Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü (EKÖK)." ippc.csb.gov.tr. [Erişim tarihi: 18-Nisan-2018].

[7] Birleşmiş Milletler Çevre Programı, "Promoting Resource Efficiency in SMEs," 2010.

[8] European Commission, "Sustainable Industry:Going for Growth & Resouce Efficiency," Rotterdam, Hollanda, 2011.

[9] Türkiye İstatistik Kurumu, "NACE Rev2 Altılı Faaliyet Kodları," 2014. http://www.tuik.gov.tr. [Erişim tarihi: 08-Mayıs-2018].

[10] Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, "Cam ve Cam Ürünleri," 2012.

[11] T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, "Cam Sektörü Raporu," 2017.

[12] T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, "Girişimci Bilgi Sistemi Verisi 2018," 2018.

[13] Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş, "2017 Sürdürülebilirlik Raporu," 2017.

[14] Türkiye istatistik Kurumu, "Sanayi ve Hizmet İstatistikleri," 2017. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1035. [Erişim tarihi: 09-Kasım-2018].

[15] International Trade Center, "International Trade Statistics 2001-2017," 2017. http://www.intracen.org/itc/market-info-tools/trade-statistics. [Erişim tarihi 09-Ksım-2018].

[16] Statista, "Glass and glass product manufacturing gross output in the United States from 1998 to 2016," 2016. https://www.statista.com/statistics/194278/us-glass-manufacturing-gross-output-since-1998/. [Erişim tarihi: 28-Kasım-2018].

[17] Glass Alliance Europe, "Industries.": https://www.glassallianceeurope.eu/en/industries. [Erişim tarihi: 13-Kasım-2018].

[18] Glass Alliance Europe, "Production Breakdown by Sectors," 2017. https://www.glassalliance-europe.eu/images/cont/production-evolution-2017_file.pdf. [Erişim tarihi: 09-Kasım-2018].

[19] M. T. Id, O. Malandrino, M. R. Sessa, S. Supino, and D. S. Id, "Long-Term Sustainability from the Perspective of Cullet Recycling in the Container Glass Industry : Evidence from Italy," 2017.

[20] FEVE, "The European glass container Industry," 2018. https://feve.org/about-glass/european-glass-container-industry/. [Erişim tarihi: 27-Kasım-2018].

[21] Statista, "Distribution of flat glass demand worldwide in 2014 by region," 2014. [Online]. Erişim tarihi: https://www.statista.com/statistics/714340/worldwide-flat-glass-demand-distribution-by-region/. [Erişim tarihi: 28-Kasım-2018].

[22]Statista, "Key information on the flat glass market globally in 2014 and 2020," 2014. https://www.statista.com/statistics/609964/flat-glass-market-key-info-globally-projection/. [Erişim tarihi: 28-Kasım-2018].

[23] Proje kapsamında yapılan Şişecam Tesis İncelemeleri
Paşabahçe Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş.- 23 Mayıs 2018
Trakya Cam Sanayi A.Ş 23 Mayıs 2018
Anadolu Cam Yenişehir Sanayi A.Ş -18 Mayıs 2018
Anadolu Cam Sanayi A.Ş-18 Mayıs 2018
Trakya Cam Sanayi A.Ş -16 Şubat 2018

[24] İ. Koyuncu et al., İklim Değişikliği ve Cam sektörü. Ankara: Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Sanayi Genel Müdürlüğü, 2015.

[25] Doğu Marmara Kalkınma Ajansı, "Düzce Cam Sektörü Raporu," 2013.

[26] Trakya Cam Sanayi A.Ş., "Ayna Uygulama El Kitabı 1."

[27] Verallia, "Verallia Deutschland AG." https://de.verallia.com/en/about-glass/glass-production. [Erişim tarihi: 26-Kasım-2018].

[28] International Finance Corporation World Bank Group, "Environmental , Health , and Safety Guidelines for Glass Manufacturing," pp. 1–16, 2007.

[29] Envirowise, "Uk Glass Manufacture," 2008.

[30] GPI, "Glass Packaging Institute." http://www.gpi.org/recycling/glass-recycling-facts. [Erişim tarihi: 21-Nisan-2018].

[31] FEVE, "The European Container Glass Federation." http://www.feve.org. [Erişim tarihi: 28-Kasım-2018].

[32] T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, "Yönetmelikler, Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği," 2017. [http://cygm.csb.gov.tr/yonetmelikler-i-440. [Erişim tarihi: 05-Ocak-2018].

[33] M. Kovacec, A. Pilipovic, and N. Stefanic, "Impact of Glass Cullet on the Consumption of Energy and Environment in the Production of Glass Packaging Material," Recent Res. Chem. Biol. Environ. Cult., pp. 187–192, 2011.

[34] Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, "Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Glass Industry. An ENER," Mart, 2008.

[35] British Glass Manufacturers Confederation-Enviros Consulting Ltd, "Glass Recyling-Life Cycle Carbon Dioxide Emissions," 2004.

[36] Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş, "2016 Sürdürülebilirlik Raporu," 2016.

[37] "ASSA ABLOY." https://www.assaabloy.com. [Erişim tarihi: 14-Nisan-2018].

[38] AGC, "AGC Glass Europe." http://www.agc-glass.eu/en/sustainability/environmental-achievements/air. [Erişim tarihi: 02-Mayıs-2018].

[39] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 2010" [Erişim 01.12.2018]

[40] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı "Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 2009 yg0" [Erişim 01.12.2018]

Türkiye Cumhuriyeti
SANAYİ VE TEKNOLOJİ BAKANLIĞI

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Sanayi ve Verimlilik Genel Müdürlüğü
Mustafa Kemal Mahallesi Dumlupınar Bulvarı
2151. Cadde NO:154/A 06510 Çankaya/ANKARA
T: (0 312) 201 50 00 - F: (0 312) 219 67 38
www.sanayi.gov.tr - www.temizuretim.gov.tr

TÜBİTAK
MAM

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi
Barış Mah. Dr. Zeki Acar Cad. No:1 P.K. 21 41470 Gebze Kocaeli
T: (0 262) 677 20 00 - F: (0 262) 641 23 09
www.mam.tubitak.gov.tr - mam@tubitak.gov.tr

ISBN : 978-605-7887-01-6