SERAMİK KARO İMALATI

KAYNAK VERİMLİLİĞİ REHBERİ

ANKARA, 2018

Türkiye Cumhuriyeti
SANAYİ VE TEKNOLOJİ BAKANLIĞI

TÜBİTAK MAM

YAYIN NO: e-8

SERAMİK KARO İMALATI
KAYNAK VERİMLİLİĞİ REHBERİ

Yayın No: e-8
Sanayide Kaynak Verimliliği Rehberi-2

Aralık 2018

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

Dr. Sönmez DAĞLI
Tuba BUDAK DUHBACI
Dr. Emrah ŞIK
Dr. Pembe ÖZER ERDOĞAN
Ceren TOSUN

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
Prof.Dr. Alpagut KARA	Seramik Araştırma Merkezi	Sektör Danışmanı
Pervin GENÇ DAĞ	Seramik Araştırma Merkezi	Sektör Danışmanı

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

978-605-4889-35-8

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.

SERAMİK KARO İMALATI
KAYNAK VERİMLİLİĞİ REHBERİ

2018

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, seramik karo imalatı alt sektörüne yönelik başlıca kaynak verimliliği önlemleri ve örnek çalışmalar sunulmaktadır. Rehberin içeriği, Sanayi ve Verimlilik Genel Müdürlüğü'nün yürütücülüğünde TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM) 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, 2018

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 (ham madde, 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 (MAM) da, 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 uzmanlarına, sektör danışmanı Seramik Araştırma Merkezinden Sn. Prof.Dr. Alpagut KARA ve Sn. Pervin GENÇ DAĞ'a, ayrıca Sn. Fahri ÖZER'e şükranlarımızı sunar ve teşekkür ederiz.

TÜBİTAK MAM
Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü, 2018

İÇİNDEKİLER

Tablo Listesi iii

Şekil Listesi v

Kısaltmalar Listesi vi

1. Rehberin Amacı & Kapsamı 1
    1.1. Kaynak Verimliliği Ve Temiz Üretim Nedir? 4

2. Sektör Profili 7

3. Üretim Süreçleri 17
    3.1. Duvar Karosu Üretim Süreci 20
    3.2. Yer Karosu Üretim Süreci 22
    3.3. Porselen Karo ve Sırlı Granit Üretim Süreci 23
    3.4. Dekor Bordür Üretim Süreci 27

4. Çevresel Etki Yaratan Alanlar 29
    4.1. Su Tüketimi 31
    4.2. Atık Su Oluşumu 34
    4.3. Enerji Tüketimi 36
    4.4. Emisyonlar 42
    4.5. Ham Madde Kullanımı 45
    4.6. Atık Oluşumu 45
    4.7. Gürültü 48

5. Kaynak Verimliliği Önlemleri 49
    5.1. Seramik Karo Üretimi İçin Mevcut En İyi Teknikler Hakkında Referans Belgesi 51
    5.2. İlgili Çevre ve Enerji Mevzuatı 51
    5.3. Seramik Sektörüne Yönelik Temiz Üretim Olanakları 52
    5.4. Türkiye'den ve Dünyadan İyi Uygulama Örnekleri 65

6. Kaynaklar 77

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1	Diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı sektörü NACE Rev.2 kodları	9
Tablo 2.2	2013-2017 yılları arasında dünya inşaat sektörü harcamaları ve büyüme oranları	11
Tablo 2.3	2012-2016 yılları arasında dünya genelinde seramik karo imalatı sektörü üretim verileri (milyon m²)	13
Tablo 2.4	2012-2016 yılları arasında dünya genelinde seramik karo imalatı sektörü tüketim verileri (milyon m²)	13
Tablo 2.5	2013-2016 yılları arasında dünya genelinde seramik karo imalatı sektörü ihracat verileri (milyon m²)	14
Tablo 2.6	Ülkemizde seramik karo imalatı sektöründe son beş yıla ait üretim, ihracat ve ithalat verileri (bin m²)	14
Tablo 2.7	Ülkemizde seramik karo imalatı sektöründe 2018 yılı Ocak ayında ürün bazında gerçekleşen ihracat ve ithalat miktarları	15
Tablo 4.1	Seramik karo imalatı sektörünün doğrudan çevresel etkileri ve ilgili süreçler	31
Tablo 4.2	Portekiz ve İtalya'da bulunan seramik karo üretim tesislerinde 1 m² seramik karo üretimine ait su tüketimi bilgileri	34
Tablo 4.3	Malezya'da yerel bir seramik karo imalatı tesisinden çıkan atık sularda yer alan kirleticilerin ortalama konsantrasyonları	35
Tablo 4.4	İran'da bir seramik karo imalatı tesisinden çıkan atık sularda yer alan kirleticilerin ortalama konsantrasyonları	35
Tablo 4.5	Portekiz'de seramik karo üretim tesislerinde 1 m² seramik karo üretimine ait girdi ve çıktı miktarları	36
Tablo 4.6	Hollanda'da bir seramik karo imalatı tesisinde enerji tüketim miktarları	36
Tablo 4.7	İtalyan bir seramik karo imalatı firmasında enerji tüketim miktarları	37
Tablo 4.8	Brezilya ve İspanya'da yaş öğütme yönteminin kullanılması ile üretilen seramik karolara ait birim termal enerji tüketimleri	38
Tablo 4.9	İspanya ve Brezilya'da seramik karo üretim tesislerinde kurutma adımında termal enerji tüketim değerleri	38
Tablo 4.10	İspanya ve Brezilya'da seramik karo üretim tesislerinde 1 ton/m² seramik karo üretimine ait pişirme adımında ürün bazlı termal enerji tüketim değerleri	39
Tablo 4.11	İspanya'da seramik karo üretim tesislerine ait ortalama enerji tüketimi verileri	39
Tablo 4.12	Seramik karo imalatı tesisinde enerji tüketiminin süreçler bazında dağılımı	39
Tablo 4.13	Portekiz'de farklı seramik karo üretim tesislerinde birim (m²) enerji tüketim verileri	40
Tablo 4.14	Seramik karo üreminde süreç bazında açığa çıkan emisyon	42
Tablo 4.15	İspanya'da seramik karo üretim tesislerine ait ürün çeşidi özelinde ortalama emisyon bilgileri	42
Tablo 4.16	Hollanda'da bir seramik karo işletmesinde açığa çıkan emisyon miktarları	43
Tablo 4.17	İspanya'da seramik karo üretiminde açığa çıkan asit emisyonu miktarları	43
Tablo 4.18	Portekiz'de seramik karo üretim tesislerinde 1 m² seramik karo üretimine ait ürün bazlı emisyon miktarları	44
Tablo 4.19	İspanya'da seramik karo üretimi yapan 20 sektöre ait tehlikeli/tehlikesiz atıkların süreç bazında miktarları	48
Tablo 5.1	Referans belgesi temel bölümleri	51

Tablo 5.2	Seramik karo üretimine dair ilgili kanun ve yönetmelikler	52
Tablo 5.3	SKKY Tablo 7.4'te verilen deşarj kriterleri	53
Tablo 5.4	Genel kontrol listesi	61
Tablo 5.5	Seramik karo üretimi ile ilgili kontrol listesi	64

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	2016 yılında ülkemizde faaliyet gösteren tüm sektörler arasında 23.31 seramik karo ve kaldırım taşı imalatı sektörü bölge bazlı girişimci sayılarının yüzdesel dağılımı	9
Şekil 2.2	Ülkemizde 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 yıllarında faaliyet gösteren sektörler arasında 23.31 seramik karo ve kaldırım taşı imalatı sektörü girişimci sayılarının yüzdesel dağılımı	10
Şekil 2.3	Ülkemizde 2016 yılında 23.31 seramik karo ve kaldırım taşı imalatında faaliyet gösteren girişimci sayılarının bölgesel dağılımı	10
Şekil 2.4	2012-2017 yılları arasında Türkiye sanayi ürünleri ihracat katkı endeksi (ihracat/ithalat)	11
Şekil 2.5	2012-2017 yılları arasında Türkiye inşaat seramikleri ihracat katkı endeksi (ihracat/ithalat)	12
Şekil 2.6	Türkiye 2017 yılı sanayi ürünleri ihracat katkı oranı endeksi	12
Şekil 2.7	Ülkemizde seramik karo imalatı sektöründe 2018 yılı Ocak ayında ürün bazında gerçekleşen ihracat ve ithalat verileri (m^2)	15
Şekil 2.8	Ülkemizde seramik karo imalatı sektöründe 2018 yılı Ocak ayında ürün bazında gerçekleşen ihracat dağılım oranları	15
Şekil 2.9	Ülkemizde seramik karo imalatı sektöründe 2009-2015 yılları arasında elde edilen ciro, üretim değeri ve katma değer verileri (milyon TL)	16
Şekil 2.10	Ülkemizde seramik alt sektörü dağıtım ağı ve dağıtım kanalları	16
Şekil 3.1	Tek pişirim duvar karosu üretimi akım şeması	21
Şekil 3.2	Çift pişirim duvar karosu üretimi akım şeması	22
Şekil 3.3	Yer karosu üretimi akım şeması	23
Şekil 3.4	Porselen karo üretim akım şeması	25
Şekil 3.5	Sırlı granit üretim akım şeması	26
Şekil 3.6	Dekor bordür üretim akım şeması	27
Şekil 4.1	İspanya'da seramik karo üretimi yapan 20 sektöre ait süreç bazlı su tüketim oranları	32
Şekil 4.2	Hollanda'da bir seramik karo imalatı işletmesinde 2014-2016 yılları arasında ürün bazında gerçekleşen su tüketimi ve atık su deşarj miktarları	34
Şekil 4.3	Hollanda'da bir seramik karo imalatı tesisinde enerji tüketiminin enerji kaynaklarına göre dağılımı	37
Şekil 4.4	İtalyan bir firmaya ait seramik karo tesislerinde 2015 ve 2016 yıllarına ait toplam yenilenebilir ve yenilenebilir olmayan enerji kaynaklarının tüketimi	37
Şekil 4.5	Portekiz'de seramik karo üretim tesislerinde 1 m^2 seramik karo üretiminde enerji tüketim miktarları	40
Şekil 4.6	Seramik karo üretiminde CO_2 emisyonu miktarlarının dağılımı	43
Şekil 4.7	Seramik karo üretimi sektöründe endüstriyel simbiyoz olanakları	46
Şekil 4.8	Seramik karo üretiminde açığa çıkan atıklar	47
Şekil 4.9	İspanya'da seramik karo üretimi yapan tesislerde süreç bazlı gürültü verileri	48

KISALTMALAR DİZİNİ

AB : Avrupa Birliği
ABD : Amerika Birleşik Devletleri
AKM : Askıda Katı Madde
BOİ5 : Biyolojik Oksijen İhtiyacı
BREF : Mevcut En İyi Teknikler Referans Dokümanı (Best Available Techniques Reference Document)
GBS : Girişimci Bilgi Sistemi
HF : Hidrojen Florür
IED : Endüstriyel Emisyonlar Direktifi (Industrial Emissions Directive)
IPPC : Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Direktifi (Integrated Pollution Prevention and Control)
KOİ : Kimyasal Oksijen İhtiyacı
MAM : Marmara Araştırma Merkezi
MET : Mevcut En İyi Teknikler
NACE : Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiki Sınıflaması
PM10 : Partikül Madde
SAM : Seramik Araştırma Merkezi A.Ş.
SKKY : Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
TÇKM : Toplam Çözünmüş Katı Madde
VSEP : Verimlilik Stratejisi ve Eylem Planı 2015-2018

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 **"Seramik Karo ve Kaldırım Taşları İmalatı-Nace kod 23.31"**[1] alt sektörüne 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 seramik karo üretimi sektöründe sürdürülebilir kaynak verimliliği konusunda farkındalığı arttırmak amacıyla hazırlanmıştır.

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı[2], Sanayi ve Verimlilik Genel Müdürlüğü[3] tarafından ülkemizde imalat sanayi için kaynak verimliliği potansiyelinin belirlenmesi amacıyla TÜBİTAK MAM 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" sektöründe "gerçekçi senaryo"ya göre toplam parasal tasarruf potansiyelinin (enerji, su ve ham madde) %8,32'si "23.31 Seramik Karo ve Kaldırım Taşları İmalatı" alt sektörünü kapsamıştır. Yapılan analizlerde, "Seramik Karo ve Kaldırım Taşları İmalatı" alt sektöründe ana sektör içerisinde ham madde alanında yaklaşık %6,20, enerjide %10,13 ve suda %16,32 oranında bir tasarruf potansiyeli tespit edilmiştir. 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.

Rehber, esas olarak 4 bölümü kapsamaktadır;

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

[1] *23.31 Nace kodunda belirtilen "Kaldırım Taşları İmalatı" rehber kapsamına dahil edilmemiştir. Rehber, "Seramik Karo İmalatı"na yönelik hazırlanmıştır.*
[2] *Mülga T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı*
[3] *Mülga T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Verimlilik Genel Müdürlüğü*

'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 seramik karo ürünlerinin bitirilmesi 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 2007 yılına ait Mevcut En İyi Teknikler (MET)'in anlatıldığı MET Referans Dokümanı (BREF-Best Available Techniques Reference Document) esas alınarak süreç temelli çevresel etki oluşturan alanlar tespit edilmiş ve buna yönelik kaynak verimliliği önlemleri irdelenmiştir [4].

1.1. KAYNAK VERİMLİLİĞİ VE TEMİZ ÜRETİM NEDİR?

Doğal kaynakların sınırlı olması sebebiyle doğal kaynak kullanan sanayide üretim verimliliğinin artırılması, 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 de sürdürülebilirliğin sağlanması açısından uygulanmalıdır. Artan nüfus, endüstriyel üretimi de arttırmakta 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 esaslı 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.

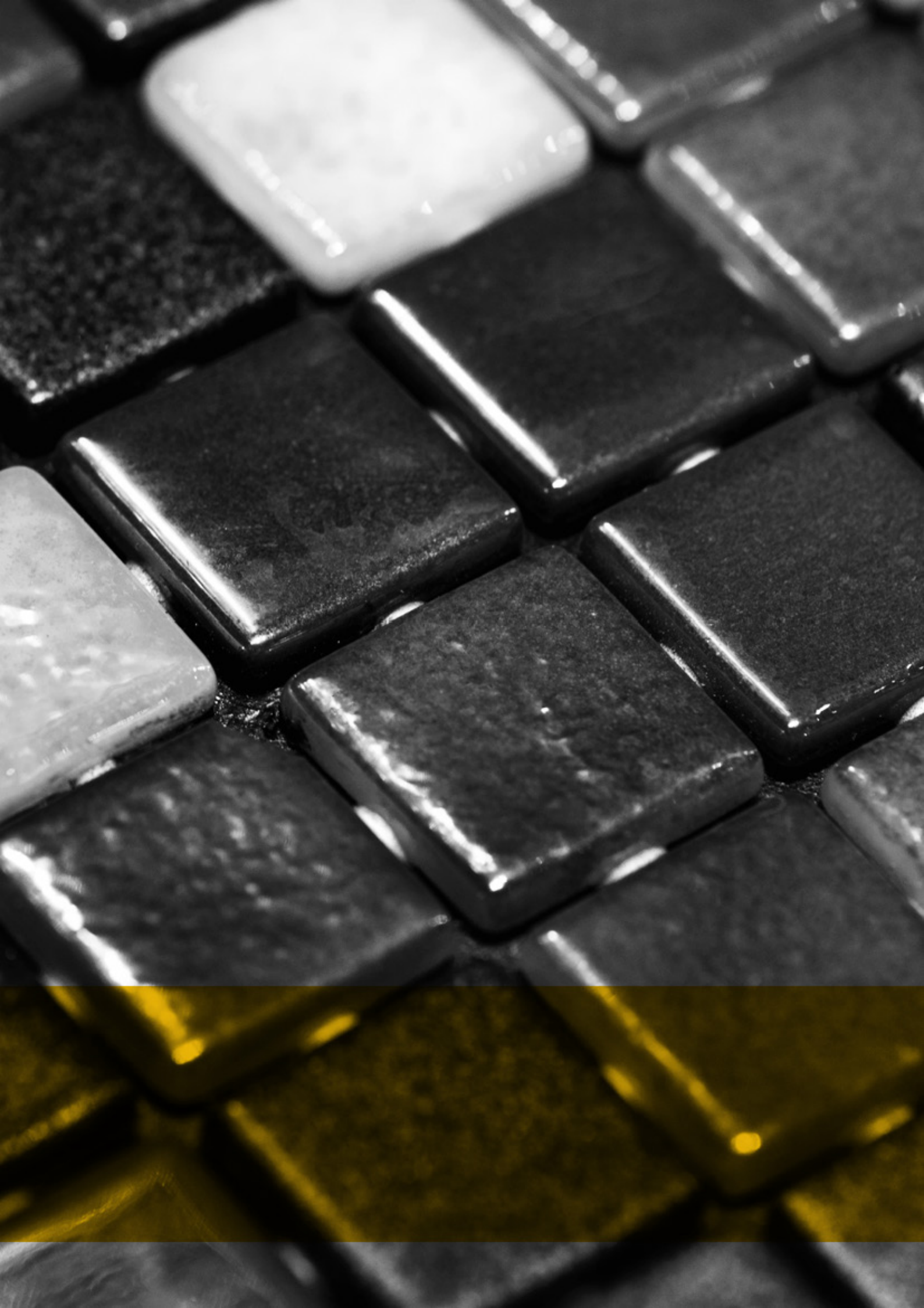
Atık, herhangi bir kullanım sonucu ya da raf-kullanım ömrü dolan ürünlerin kullanılamaz hale gelmesi sonucu oluşan ve mühendislik prensipleri kullanılarak azaltılması, geri kazanımı, yeniden kullanılması ve bertaraf edilmesi gereken her türlü malzemedir. Atığın oluşumu (ürün üretimi) sırasında kaynak tüketildiği gibi, atığın oluşumu sonrası yukarıda sayılan işlemlerin de yapılabilmesi için de (toplama, taşıma, geri kazanım, bertaraf vb.) kaynak tüketimi söz konusudur [5],[6]. 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 [7]. 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 [8].

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 [9]. 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 [10]. Nasıl tanımlanırsa tanımlansın, 2000'li yıllara kadar çizgisel halde tanımlanan ekonominin, döngüsel ekonomiye 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.

2. SEKTÖR PROFİLİ



2 SEKTÖR PROFİLİ

Seramik karo ve kaldırım taşları imalatı sektörü, NACE Rev.2 "23 Diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı" ana sektörünün bir alt sektörüdür. 23.3 nace kodlu "Kilden inşaat malzemeleri imalatı" sektörü, 23 no'lu "Diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı" sektörü altında bir alt sektör olup temelde "23.31 Seramik Karo ve Kaldırım Taşları İmalatı" ve "23.32 Fırınlanmış Kilden Tuğla, Karo ve İnşaat Malzemeleri İmalatı" olmak üzere 2 alt sektörden oluşmaktadır (Tablo 2.1).

Tablo 2.1 Diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı sektörü NACE Rev.2 kodları

23.3	**Kilden inşaat malzemeleri imalatı**
23.31	**Seramik Karo ve Kaldırım Taşları İmalatı**
23.31.01	**Seramik Karo ve Kaldırım Taşı İmalatı (Mozaik Taşı ve Mozaik Küpleri Dâhil) (Ateşe Dayanıklı Olanlar Hariç)**
23.32	Fırınlanmış Kilden Tuğla, Karo ve İnşaat Malzemeleri İmalatı
23.32.01	Fırınlanmış, Ateşe Dayanıklı Olmayan Kil ve Topraktan Baca Künkleri ve Başlıkları, Şömine Baca Boruları, Oluklar ve Bağlantı Parçaları İle Tuğla, Kiremit, Karo vb. İnşaat Malzemeleri İmalatı (Seramikten Oluklar, Borular ve Bağlantı Parçaları Dâhil)

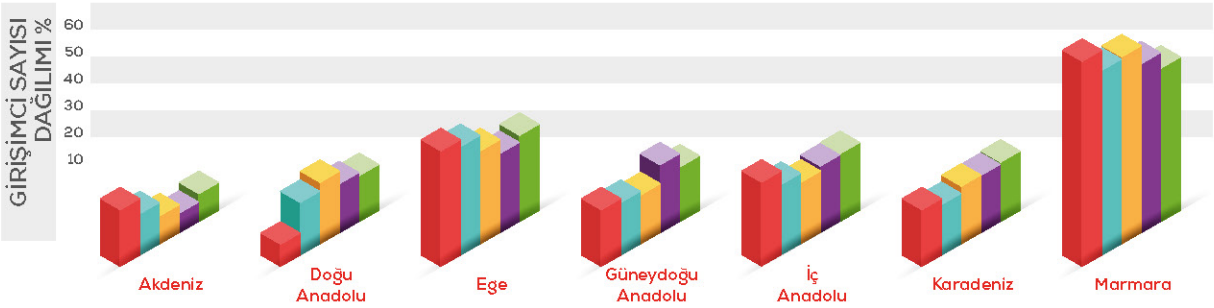
2016 yılında ülkemizde faaliyet gösteren, bilanço ve gelir tabloları veren girişimci oranları Girişimci Bilgi Sisteminden (GBS) temin edilmiş olup 2016 yılında ülkemizde faaliyet gösteren tüm sektörler arasında 23.31 seramik karo ve kaldırım taşı imalatı sektörü girişimci sayılarının bölge bazlı dağılımı Şekil 2.1'de verilmiştir [11]. Akdeniz Bölgesi hariç tüm bölgelerde; 23.31 seramik karo ve kaldırım taşı imalatı sektörü girişimci sayısı oranının %1'in üzerinde olduğu görülmüştür (Şekil 2.1).

Şekil 2.1 2016 yılında ülkemizde faaliyet gösteren tüm sektörler arasında 23.31 seramik karo ve kaldırım taşı imalatı sektörü bölge bazlı girişimci sayılarının yüzdesel dağılımı [11]

Ülkemizde 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 yıllarında 23.31 seramik karo ve kaldırım taşı imalatında faaliyet gösteren girişimcilerin bölgesel bazda dağılımına göre sırasıyla Marmara ve Ege Bölgesi en fazla girişimci sayısına sahip bölgelerdir (Şekil 2.2) [11].

Şekil 2.2 Ülkemizde 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 yıllarında faaliyet gösteren sektörler arasında 23.31 seramik karo ve kaldırım taşı imalatı sektörü girişimci sayılarının yüzdesel dağılımı [11]

23.31 Seramik Karo Üretimi Sektöründe Faaliyet Gösteren Bilanço ve Gelir Tabloları Veren Girişimci Oranı %



	Akdeniz	Doğu Anadolu	Ege	Güneydoğu Anadolu	İç Anadolu	Karadeniz	Marmara
2012	4,7	1,2	19,8	4,7	12,8	4,7	52,3
2013	2,9	5,7	21,9	4,8	11,4	3,8	49,5
2014	2,2	7,5	18,3	4,3	10,8	5,4	51,6
2015	1,8	6,3	17,9	8	17	5,4	43,8
2016	2,8	5,6	19,6	6,5	17,8	6,5	41,1

Türkiye'de 2016 yılında 23.31 seramik karo ve kaldırım taşı imalatı sektöründe faaliyet gösteren girişimci sayılarının sırası ile %41,1 ve %19,6 oran ile en fazla Marmara Bölgesi ve Ege Bölgesi'nde olduğu görülmüştür (Şekil 2.3). En az girişimci sayısı oranı ise %2,8 pay ile Akdeniz Bölgesinde gerçekleşmiştir [11].

Şekil 2.3 Ülkemizde 2016 yılında 23.31 seramik karo ve kaldırım taşı imalatında faaliyet gösteren girişimci sayılarının bölgesel dağılımı [11]

Bilanço ve Gelir Tabloları Veren Girişimci Sayılarının Bölgesel Dağılımı, %

Seramik karo imalatı sektöründeki gelişmelerin ana belirleyicisi inşaat sektörü ve inşaat sektöründe yaşanan ihtiyaçlardır. Seramik karolar nihai ürün olarak inşaat sektöründe kullanılmakta olduğundan seramik karo nihai ürünlerine yönelik talep inşaat sektöründeki büyüme ile doğrudan ilişkilidir. Seramik karoların konut ve konut dışı binalar içinde daha yaygın olarak kullanılmakta olması seramik karo ürünlerinin inşaat sektörüne olan bağımlılığını artırmaktadır. Bu bağlamda, seramik karo imalatı sektöründeki gelişmeler inşaat sektöründeki değişimler ile takip edilmektedir [12].

Dünya inşaat harcamaları 2013 yılında %3,5 büyüme gösterirken bu oran 2014'te %5,1'e çıkmış, 2015'te ise %4'e gerilemiştir. 2016 yılında %3,2 büyüme oranı ile 10.036 milyar dolara ulaşmıştır. Gelişmiş

ülkelerde inşaat harcamaları büyürken gelişen ülkelerde büyüme yavaşlamıştır. Bununla birlikte, Avrupa Birliği ve Euro bölgesinde inşaat harcamaları 2016 yılında büyümüştür. Bu da dünya inşaat harcamalarındaki genişlemeye katkı sağlamıştır (Tablo 2.2) [13].

Tablo 2.2 2013-2017 yılları arasında dünya inşaat sektörü harcamaları ve büyüme oranları [13]

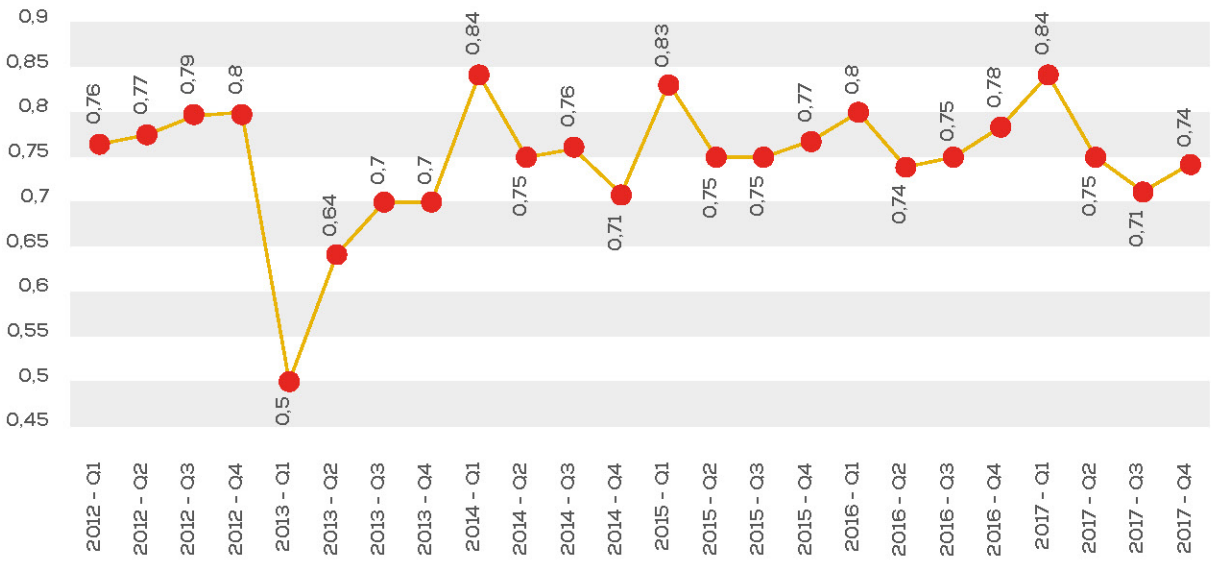
Yıl	Harcamalar (Milyar USD)	Büyüme oranı (%)
2013	8.909	3,5
2014	9.354	5,1
2015	9.772	4,0
2016	10.036	3,2
2017*	10.401	3,6

**tahmini veri*

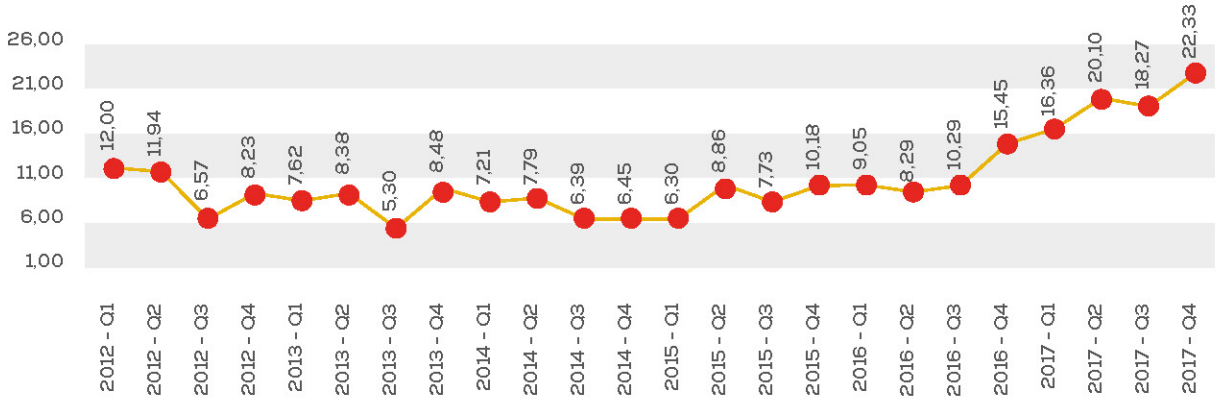
Türkiye'de sırası ile sanayi ürünleri ve inşaat seramikleri ihracat katkı endeksi incelendiğinde; 2017 yılında Türkiye sanayisinin genel katkı oranı ilk çeyrekte 0,84'e, ikinci çeyrekte 0,75'e, üçüncü çeyrekte ise 0,71'e gerilemiştir (Şekil 2.4) [14].

Son çeyrekte ise yeniden 0,74'e çıkmıştır. 18 sanayi kolu içinde ihracat katkı oranı pozitif olan 9 sektör mevcut olup en yüksek ihracat katkı oranına sahip olan sektör %22,33 ile inşaat seramikleri olmuştur (Şekil 2.5). İnşaat seramikleri son dört çeyrek dönemdir önemli bir artış eğilimi göstermiş, ihracata net katkısı da artmıştır. İnşaat seramiklerini izleyen en yüksek katkı indeksine sahip sektörler %6,53 ile giyim eşyaları ve %4,40 ile mobilya sektörü olmuştur. 2017 yılının son çeyreğinde 9 sektör için belirlenen ihracat katkı oranlarının negatif değerde olduğu görülmüştür (Şekil 2.6) [14].

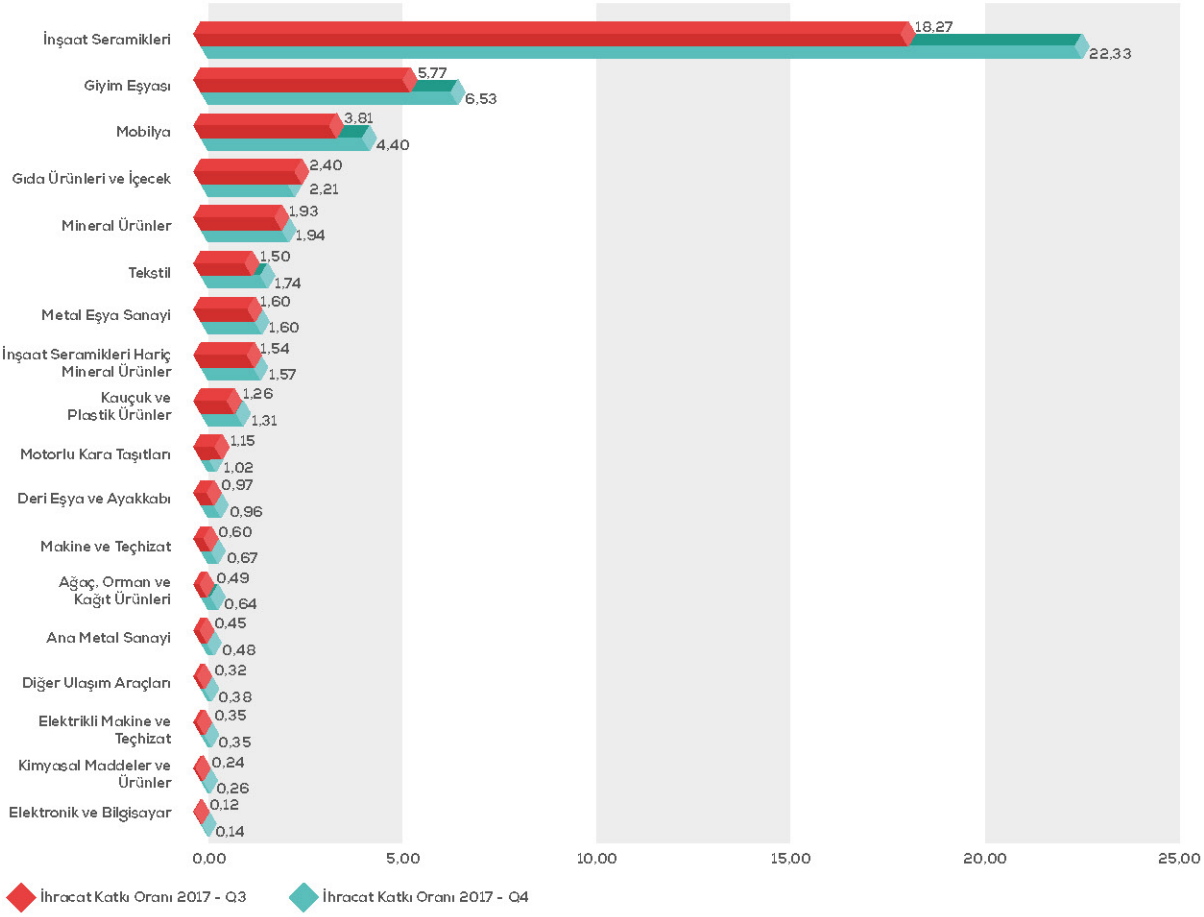
Şekil 2.4 2012-2017 yılları arasında Türkiye sanayi ürünleri ihracat katkı endeksi (ihracat/ithalat) [14]



Şekil 2.5 2012-2017 yılları arasında Türkiye inşaat seramikleri ihracat katkı endeksi (ihracat/ithalat) [14]



Şekil 2.6 Türkiye 2017 yılı sanayi ürünleri ihracat katkı oranı endeksi [14]



Dünya ekonomisi ve inşaat sektöründe yaşanan gelişmeler seramik karo üretimi sektöründe doğrudan belirleyici olmuştur. 2016 yılı dünya seramik karo imalatı sektörü üretim verilerine göre Türkiye %2 pay ile 9. sırada yer almaktadır. Türkiye'de seramik karo üretimi 2016 yılında 2015 yılına kıyasla %3,1 artış göstermiştir (Tablo 2.3) [15].

Tablo 2.3 2012-2016 yılları arasında dünya genelinde seramik karo imalatı sektörü üretim verileri (milyon m²) [15]

Ülke	2012	2013	2014	2015	2016	2016 Dünya Üretimindeki Payı, %	2016-2015 Fark, %
Çin	5.200	5.700	6.000	5.970	6.495	49,7	8,8
Hindistan	691	750	825	850	955	7,3	12,4
Brezilya	866	871	903	899	792	6,1	-11,9
İspanya	404	420	425	440	492	3,8	11,8
Vietnam	290	300	360	440	485	3,7	10,2
İtalya	367	363	382	395	416	3,2	5,3
Endonezya	360	390	420	370	360	2,8	-2,7
İran	500	500	410	300	340	2,6	13,3
Türkiye	280	340	315	320	330	2,5	3,1
Meksika	231	230	230	245	267	2,0	9,0
Toplam	9.189	9.864	10.270	10.229	10.932	83,7	6,90
Dünya Toplam	11.226	11.961	12.377	12.357	13.056	100,0	5,70

2015-2016 yıları arasında dünya genelinde seramik karo tüketimi yaklaşık %5 artış göstermiş olup seramik karo kullanımında dünya sıralaması 8 olan ülkemizde artış oranı, sektöre yakın %3 olarak gerçekleşmiştir (Tablo 2.4) [15].

Tablo 2.4 2012-2016 yılları arasında dünya genelinde seramik karo imalatı sektörü tüketim verileri (milyon m²) [15]

Ülke	2012	2013	2014	2015	2016	2016 Dünya Tüketimindeki Payı %	2016-2015 Fark %
Çin	4.250	4.556	4.894	4.885	5.475	42,8	12,1
Hindistan	681	718	756	763	785	6,1	2,9
Brezilya	803	837	853	816	706	5,5	-13,5
Vietnam	254	251	310	400	412	3,2	3,0
Endonezya	340	360	407	357	369	2,9	3,4
ABD	204	230	231	254	274	2,1	7,9
Suudi Arabistan	230	235	244	263	248	1,9	-5,7
Türkiye	184	226	215	234	241	1,9	3,0
Meksika	187	187	197	218	235	1,8	7,8
Tayland	160	180	175	192	189	1,5	-1,6
Toplam	7.293	7.780	8.282	8.382	8.934	69,9	6,6
Dünya Toplam	10.964	11.582	12.081	12.177	12.783	100,0	5,0

2016 yılında ülkemizin 81 milyon m² seramik karo ihracatı ile payı %2,9 olmuş, 2015-2016 yılları arasında ihracat artışı %4,8 olarak gözlenmiştir (Tablo 2.5) [15].

Tablo 2.5 2013-2016 yılları arasında dünya genelinde seramik karo imalatı sektörü ihracat verileri (milyon m²) [15]

Ülke	2013	2014	2015	2016	2016 Ulusal Üretimdeki Payı, %	2016 Uluslararası İhracattaki Payı, %	2016-2015 Fark, %	2016 Üretim Değeri (Milyon Avro)	Ortalama İhracat Fiyatı (Avro/m²)
Çin	1.148	1.110	1.089	1.025	15,8	36,7	-5,9	4,979	4,9
İspanya	318	339	378	395	80,3	14,1	4,5	2,570	6,5
İtalya	303	314	316	332	79,8	11,9	4,8	4,588	13,8
Hindistan	55	102	134	186	19,5	6,7	38,8	598	3,2
İran	114	109	112	126	37,1	4,5	12,5	328	2,6
Brezilya	63	69	77	94	11,9	3,4	22,1	293	3,1
Türkiye	88	85	77	81	24,5	2,9	4,8	463	5,7
Meksika	64	62	61	56	21,0	2,0	-8,2	289	5,2
Birleşik Arap Emirlikleri	58	55	54	48	66,7	1,7	-11,1	278	5,8
Polonya	48	42	42	46	32,4	1,6	9,5	246	5,3
Toplam	2.259	2.287	2.340	2.389	23,2	85,5	2,1		
Dünya Toplam	**2.670**	**2.705**	**2.746**	**2.794**	**21,4**	**100**	**1,7**		

Türkiye'de seramik karo imalatı sektöründe 2013-2017 yılları arasında; üretim kapasitesi, üretim miktarı, iç satış, ihracat ve ithalat bilgileri Tablo 2.6'da verilmiştir. Ülkemizde 2016 yılında toplam seramik karo üretimi 325.326 bin m² olup toplam üretimin 247.438 bin m²'si ülke içinde satılmış, 85.904 bin m²'si ise ihraç edilmiştir. 2016 yılında yurt dışından ithal edilen seramik karonun payı yurt içi üretimin %7'si kadardır [16].

Tablo 2.6 Ülkemizde seramik karo imalatı sektöründe son beş yıla ait üretim, ihracat ve ithalat verileri (bin m²) [16]

Yıl	Kapasite	Üretim	Kapasite Kullanım Oranı, %	İç Satış	İhracat	İthalat
2013	432.000	304.123	70,4	220.000	87.790	5.572
2014	400.000	339.771	84,9	247.711	84.708	5.360
2015	400.000	336.607	84,4	257.015	77.147	3.810
2016	410.000	325.326	79,3	247.438	85.904	3.017
2017*	410.000	328.700	80,6	251.100	81.360	3.760

**2017 yılı ilk altı aylık verilerine göre tahmindir.*

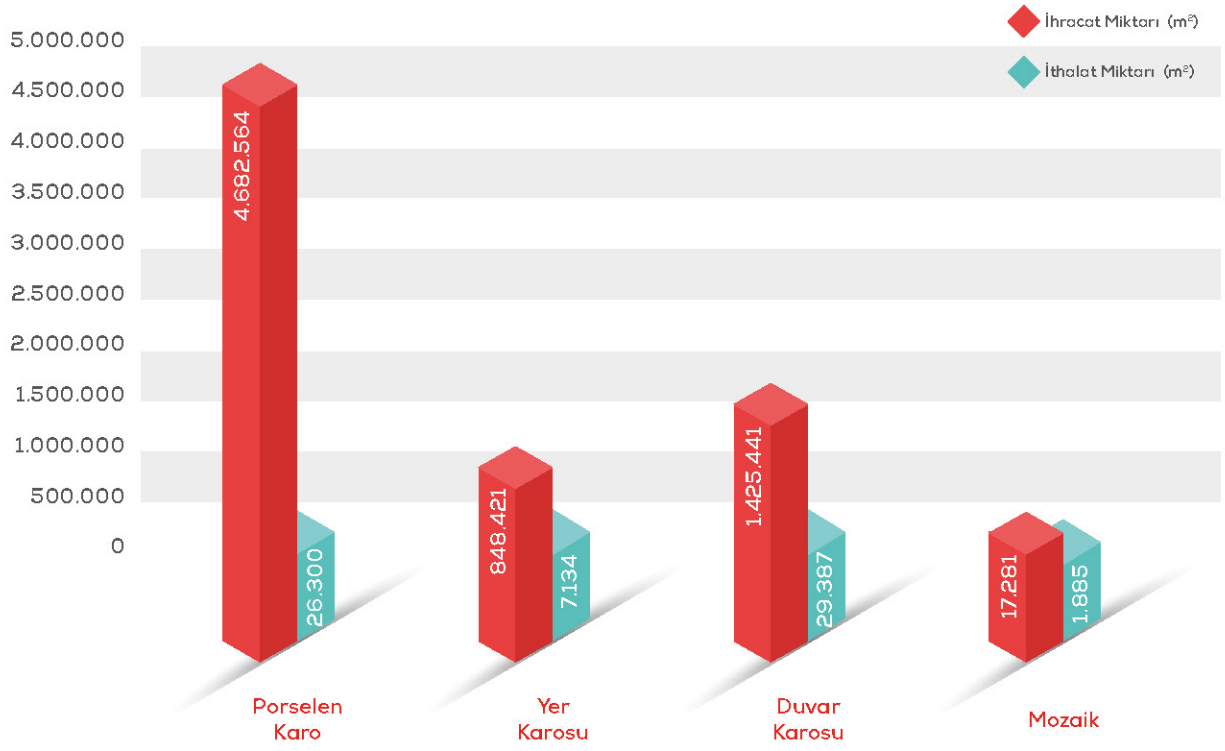
2018 yılı Ocak ayı sonu itibarıyla 2017 Ocak ayına kıyasla seramik kaplama malzemeleri ihracatı %12,07 artış ile 7.203.042 m²'ye ulaşmıştır. 2018 yılı Ocak ayında ürün bazında gerçekleşen ihracat ve ithalat verileri Tablo 2.7 ve Şekil 2.7'de verilmiş olup, en fazla ihracat sırası ile porselen karo, duvar karosu ve yer karosu olarak gerçekleşmiştir [16]. Ülkemizde seramik karo imalatı sektöründe 2018 yılı

Ocak ayında ürün bazında gerçekleşen ihracat dağılım oranları Şekil 2.8'de gösterilmiştir [11].

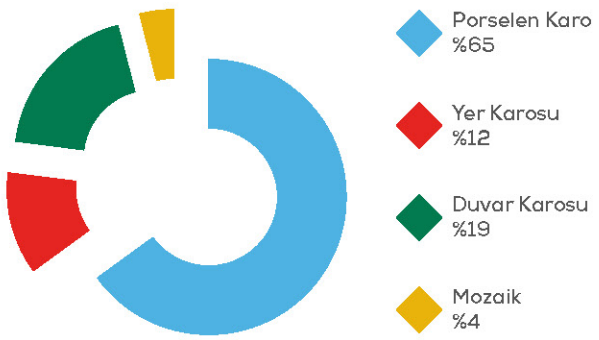
Tablo 2.7 Ülkemizde seramik karo imalatı sektöründe 2018 yılı Ocak ayında ürün bazında gerçekleşen ihracat ve ithalat miktarları [16]

Ürün Türü	İhracat (kg)	İhracat (m^2)	İthalat (kg)	İthalat (m^2)
Porselen Karo	94.949.422	4.682.564	490.463	26.300
Yer Karosu	11.761.897	848.421	99.859	7.134
Duvar Karosu	20.685.646	1.425.441	492.613	29.387
Mozaik	280.051	17.281	35.292	1.885

Şekil 2.7 Ülkemizde seramik karo imalatı sektöründe 2018 yılı Ocak ayında ürün bazında gerçekleşen ihracat ve ithalat verileri (m^2) [17]



Şekil 2.8 Ülkemizde seramik karo imalatı sektöründe 2018 yılı Ocak ayında ürün bazında gerçekleşen ihracat dağılım oranları [17]

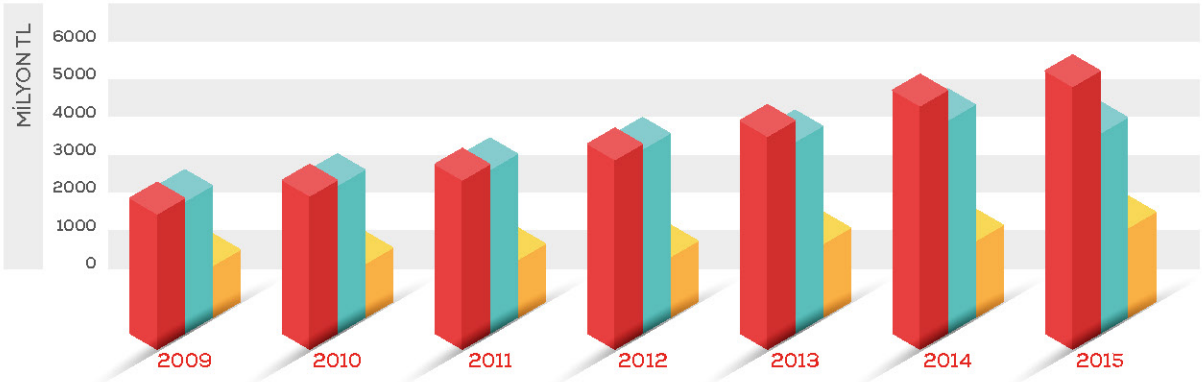


2016 yılında Türkiye'de üretilen seramik karoların iç tüketimin ihtiyacını karşılama oranı %98,8 olarak

gerçekleşmiş, 2017 yılında bu oran %99,5'e yükselmiştir. Türkiye'de üretilen seramik karoların ihracat payı 2016 yılında %24,5 iken, 2017 yılında %26,3'e yükselmiştir [17].

Ülkemizde 2009-2015 yılları arasında seramik karo üretiminden elde edilen ciro, üretim değeri ve katma değer verileri Şekil 2.9'da verilmiştir. Buna göre; 2009-2015 yılları arasında cironun yaklaşık 3 kat arttığı, üretim değeri ve katma değerlerinde ise devamlı büyüyen bir eğilim gözlenmiştir [17].

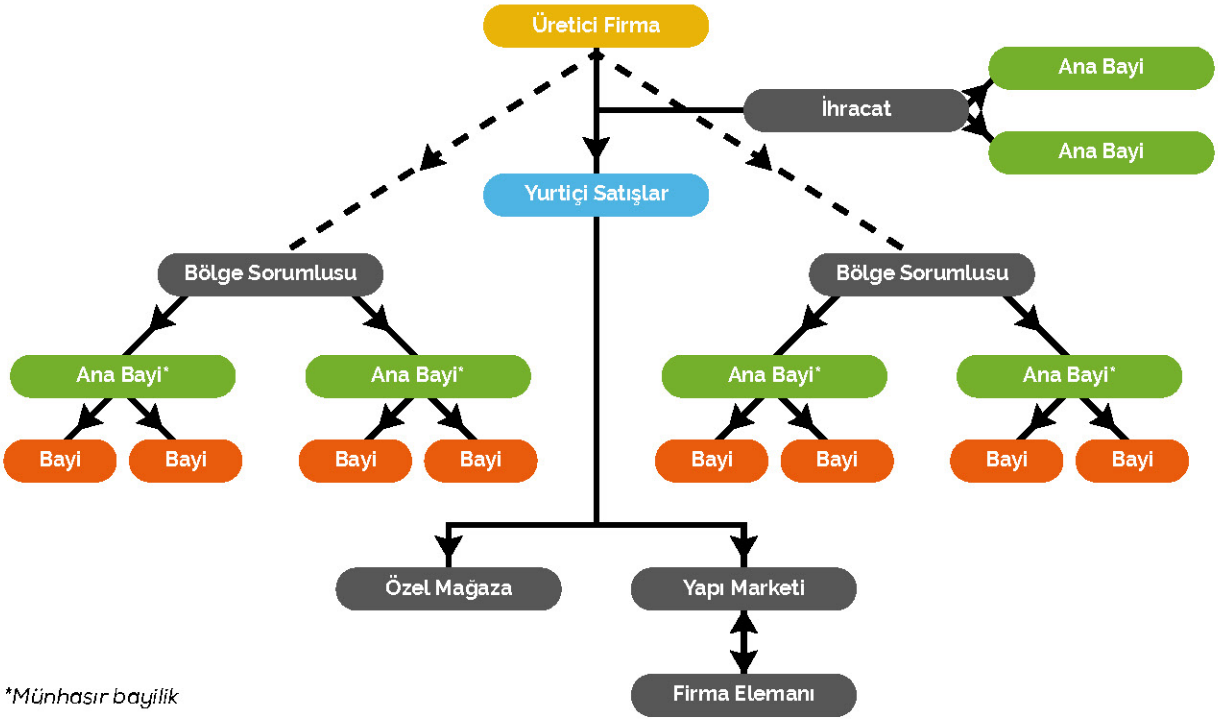
Şekil 2.9 Ülkemizde seramik karo imalatı sektöründe 2009-2015 yılları arasında elde edilen ciro, üretim değeri ve katma değer verileri (milyon TL) [17]



	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Ciro	1883	2297	2858	3393	3969	4768	5211
Üretim Değeri	1836	2250	2830	3268	3788	4375	5048
Katma Değer	500	681	748	866	1131	1248	1469

Seramik karo imalatı sektöründe üretilen seramik malzemeler, yurt içi satışlarda %80-85 bölge müdürlüklerine bağlı kanallardan yapılmaktadır. Doğrudan satış oranı çok düşük seviyededir. Ülkemizde seramik alt sektörü dağıtım ağı ve dağıtım kanalları Şekil 2.10'da verilmiştir.

Şekil 2.10 Ülkemizde seramik alt sektörü dağıtım ağı ve dağıtım kanalları [15]



*Münhasır bayilik

3. ÜRETİM SÜREÇLERİ

3 ÜRETİM SÜREÇLERİ

Seramik karo ürünlerinin üretiminde, ham maddeler akıcı granüller haline getirilip presleme yöntemi ile şekillendirildikten sonra, gerekli tepe sıcaklıklarında hızlı pişirim koşullarında pişirilirler. Seramik karo üretiminde ana adımlar; reçete hazırlama, öğütme, granülleştirme, şekillendirme, kurutma ve hızlı pişirme olarak tanımlanabilir. Seramik karo üretim süreçleri temel olarak duvar karosu, yer karosu, porselen karo ve sırlı granit, dekor bordür olmak üzere dört ürün sınıfına ayrılmaktadır. Bünyenin üst yüzeyinin sır olarak adlandırılan bir cam tabakasıyla kaplanmasıyla sırlı seramik karolar üretilir. Seramik karo üretiminde genellikle sır uygulaması yapılmaktadır. Bu sır tabakası karolara estetik özellikler (renk, parlaklık, desen vb.) ve teknik özellikler (sertlik, yüzeyden su geçirimsizliği vb.) kazandırmaktadır. Bütün bu özellikler sır çeşidine göre farklılıklar göstermektedir [18]. Seramik karo üretiminde TS EN 14411 standartları uygulanmaktadır.

Kutu 1 - Yenilikçi Seramik Karo Üretim Süreçleri

- Seramik yer ve duvar karolarının üretimi esnasında oluşabilecek yüzey hatalarının tespit edilebilmesi amacıyla denetim cihazları geliştirilmiştir. Söz konusu cihazlar; mekanik kusurlar (köşe, kenar), yansıma ve dekorasyon kusurları, herhangi bir cihazdan kaynaklı kirliliğe bağlı yüzey parlaklığı/gölge kusurlarını tespit edebilmektedirler [19].

- Dijital dekorasyon teknolojilerinde gelişmeler seramik karo üretim prosesinde de değişimlere imkan vermektedir. Büyük ebatlı seramik karo ve panellerin üretilmesine yönelik teknolojilerin de geliştirilmesi ile birlikte dijital dekorasyon makinalarında boya besleme kapasitesi artırılırken, makinalarda kullanılan boyaların performans özellikleri iyileştirilmekte ve çevresel riskleri azaltılmaktadır [20]. Dijital baskı başlıklarına uyumlu olacak şekilde üretilen uçucu organik kimyasal içeriği düşük veya su bazlı üretilen boyalar uygulama yüzeyi kalınlığı, kuruma süresi, çevresel emisyonlar açısından avantajlar sağlamaktadır [20].

- Seramik karo dekorasyon prosesinde ink-jet teknolojisinin kullanılması ile yeni ürün dizaynı daha kolay ve ürün standardı ise daha yüksek olmaktadır [21],[22]. SACMI firması tarafından kuru sır/angop uygulaması için geliştirilen yenilikçi dijital baskı prosesinin porselen karoda kullanılabilirliği deneysel olarak doğrulanmıştır. Sırın kuru olarak uygulanmasının, mevcut durumda kullanılmakta olan ink-jet dekorasyon prosesine kıyasla organik dispersant (dağıtıcı) kullanımı olmaması nedeni ile düşük çevresel etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir [21].

3.1. DUVAR KAROSU ÜRETİM SÜRECİ

Uluslararası TS EN 14411 standardı seramik karoları, şekillendirme yöntemine ve bitmiş ürünün su emme oranına göre birçok grupta sınıflandırmaktadır. Güncel TS EN 14411 standardı temelinde, poroz duvar karoları şu gruba dâhildir: B III Su emme değeri > % 10

Duvar karoları daha düşük ısılarda pişirildiği için daha fazla su emebilir ve yer karosuna göre daha hafiftir. Bu nedenle yer karolarına göre darbe dayanımı düşüktür ve iç mekânlarda kullanıma uygundur. Ancak, yer kaplaması olarak kesinlikle kullanılmazlar. Duvar karoları; çift ve tek pişirim üretim süreci ile elde edilebilen seramik karolardır [18].

Duvar karoları genellikle aşağıdaki karakteristiklere sahiptir [18]:

- Hızlı pişirim esnasında yüksek boyutsal kararlılık (%1'den daha az küçülme)
- Porozite %10-18 (su emme yüzdesi olarak ifade edilir)
- Eğilme mukavemeti 200-250 kg/cm^2 arasındadır.

Bu özellikler sadece belirticidir, ürünün ticari olarak kullanım alanına göre sınıflandırılmasına yardımcı olur [18].

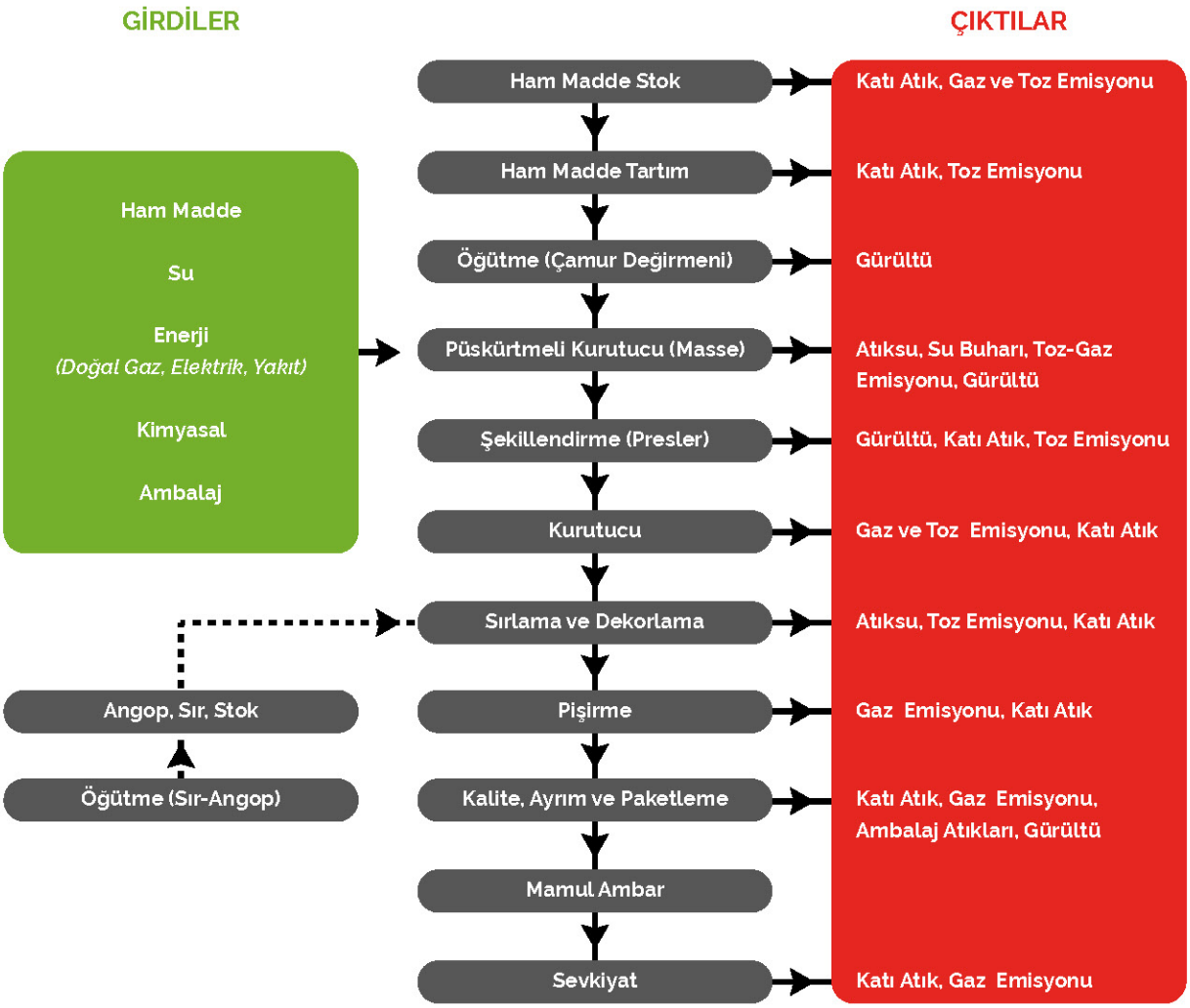
Duvar karoları, genelde 1120-1150°C sıcaklık aralığında rulolu hızlı pişirim fırınlarında (roller furnace) pişirilen, yüksek porozite ve %10-20 arasında su emme değerine sahip seramik karolardır [23].

Tek pişirim (monoporoza) seramik duvar karosu üretimine ait akım şeması ile Şekil 3.1'de verilmiştir. Duvar karosu (özellikle büyük ebatlı duvar karolarında) üretiminde çift pişirim üretim yöntemi de uygulanabilmektedir. Bu üretim şeklinde, şekillendirme sonrasında kurutulan karolar bisküvi pişirimine tabi tutulmaktadır. Pişmiş bisküvi karo yüzeyine ilave olarak angop ve sır uygulamaları yapılmaktadır.

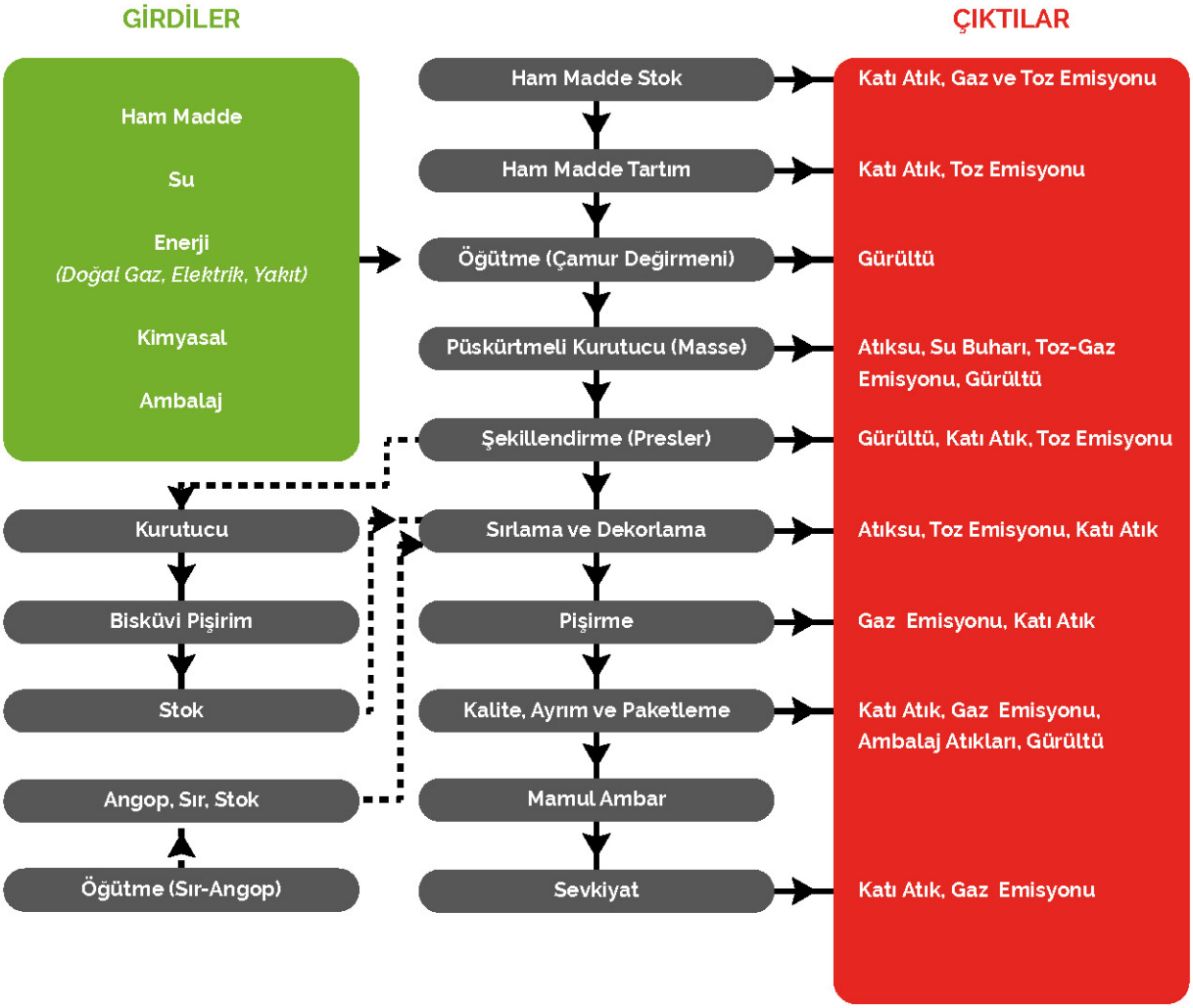
Duvar karoları çift ve tek pişirimle elde edilebilir ve her zaman hızlı fırınlar kullanılır. Bünye kompozisyonu kırmızı ve beyaz pişen ürünler elde etmeye yardımcı olur. Kırmızı pişen ürünler başlıca yüksek demir içerikli karbonatik killer içerir. Diğer bileşenler feldispatik kumlar, feldispatlar, kuvarsitler ve eğer gerekli ise kalsit ve/veya dolomitlerdir. Beyaz pişen bünyeler, açık renkli killer, kalsit, feldispatik kumlar ve kuvars ham maddelerinin uygun karışımlarından oluşmaktadır.

Beyaz ve kırmızı kompozisyonlar arasındaki en önemli fark kullanılan kil tipindedir. Çift pişirim ve tek pişirim bünyeler arasındaki en önemli fark ise çift pişirimde daha yüksek oranlarda kalsit ve/veya dolomit (%10-15 gibi) kullanımıdır. Bazı durumlarda daha düşük saflıktaki ham maddeler de tercih edilebilir. Çift pişirim duvar karosu üretimine ait akım şeması Şekil 3.2'de verilmiştir.

Şekil 3.1 Tek pişirim duvar karosu üretimi akım şeması



Şekil 3.2 Çift pişirim duvar karosu üretimi akım şeması



3.2. YER KAROSU ÜRETİM SÜRECİ

Yer karoları duvar karolarına göre daha yüksek tepe sıcaklıklarında pişirilir ve bu nedenle duvar karolarına göre mekanik mukavemetleri daha yüksektir. İstenildiği takdirde duvarlarda da rahatlıkla kullanılabilir. Duvar karosuna göre daha ağırdırlar. Yük taşıma kapasiteleri yüksektir [18].

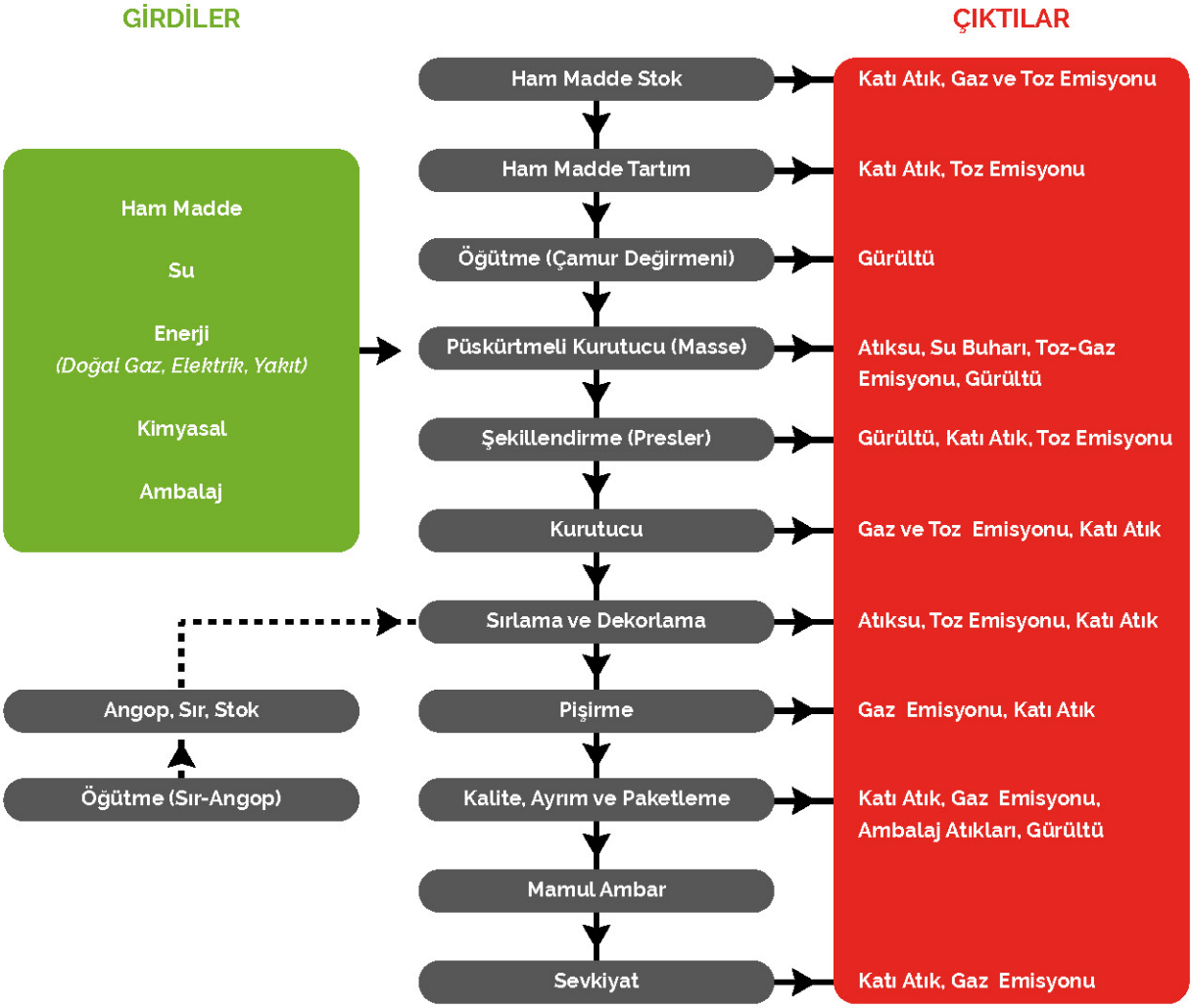
Yüzeyindeki sır tabakası duvar karolarına göre aşınmaya ve çizilmeye karşı daha dayanıklıdır. Bu nedenle ev ve işyerlerindeki ağır masa ve sandalyelerin ayakları ile bilyeli donanımlarının aşındırıcı etkisine karşı dayanım sağlarlar. Yer karoları, 1180-1190°C sıcaklıklarda 30-45 dakikada (soğuktan soğuğa) rulolu fırınlarda hızlı pişirilmektedir. Yer karolarının su emme değeri %3'ün altındadır [23]. Yer karosu üretimi TS EN 14411 Grup BIb standardına uygundur. Üretim aşamaları tek pişirim duvar karosu üretimiyle aynıdır. Fakat kullanılan ham maddeler ve bu ham maddelerin oranları farklılık göstermektedir.

Ticari sınıflandırmanın bir çeşidine göre, vitrifiye tek pişirim yer karosu üretimine uygun bünyeler kırmızı ve beyaz olmak üzere ikiye ayrılır. Her iki durumda da ham maddeler iki temel tiptedir:

- Kil esaslı ham maddeler
- Tamamlayıcı malzemeler (feldispatlar, feldispatik kumlar, kuvarslar, kalsitler)

Killi malzeme olarak kırmızı bünyeler illitik-kloritik ve illitik-kaolinitik killer içermektedir. Beyaz bünyelerde; plastik kil veya kaolen tipleri sırasıyla illitik-kaolinitik veya kaolinitik killer baskındır. Yer karosu üretiminde kil esaslı malzemeler ile birlikte kullanılan tamamlayıcı malzemeler; feldspatoidler, feldispatlar ve feldispatik kumlar gibi ergiticiler ile inert özellikli mineraller içerirler. Kil, ergitici ve kuvars malzemelerin arasındaki kantitatif oran; killerin mineralojik yapısına, ergiticilerin bileşimindeki alkali oranına bağlıdır [18]. Yer karosu üretimine ait akım şeması ile Şekil 3.3'te verilmiştir.

Şekil 3.3 Yer karosu üretimi akım şeması



3.3. PORSELEN KARO VE SIRLI GRANİT ÜRETİM SÜRECİ

Porselen karoları diğer seramik karolardan ayıran en önemli özellikler; düşük su emme oranı, yüksek vitrifiye (camsı fazdan dolayı daha yoğun) yapısı ve üstün estetik özellikleridir. Yer karosuna kıyasla daha yüksek sıcaklıklarda (1200-1230°C) ve daha uzun sürelerde (50-60 dakika) üretilmektedir. Porselen karolar mükemmel mekanik, kimyasal ve dona dayanım özellikleri olan düşük poroziteli kaplama

malzemeleridir. Seramik karo sektöründe; porselen bünyelerinin teknik özellikleriyle birlikte estetik görünümlerinde kaydedilen gelişmeler porselen karo bünyelerine önemli bir rol kazandırmıştır [23].

Porselen karolar, dünyada üretilen seramik türleri içerisinde pişirim sıcaklığı en yüksek olan malzemelerden bir tanesidir. Renk oluşumu 1200-1230°C'de elde edildiği için bünyeye renk vermek için katılan ilaveler (pigment gibi) tüm dönüşümlerini tamamlayarak sonradan güneş ışığı veya diğer yapay aydınlatma ile yayılan ışıktan etkilenmezler [24]. Ayrıca, sertliklerinden dolayı her türlü aşınmaya dirençli olduklarından yer kaplamaları için idealdir. Porselen karolar (granit seramik) düşük porozite sahip olmaları sebebiyle bünyelerine sıvı emmeleri mümkün olmamaktadır. Porselen karolar bu standardın çok daha altında, genellikle %0,1'den küçük porozite (su emme) değerlerine sahiptir. Porselen karo üretimi TS EN 14411 Grup Bla standardına (su emme yeteneği düşük kuru preslenmiş porselen karolar) uygun olarak yapılmaktadır.

Asit ve bazlara karşı duyarsız olduklarından evlerde kullanılan asidik ve bazik karakterli pek çok temizlik malzemesi, porselen karoların temizliğinde kullanılabilir. Porselen karoların donmaya karşı dirençlerinin diğer seramik karolardan çok daha yüksek olması sebebiyle dış cephe kaplaması olarak da kullanılırlar [25].

Diğer seramik karolardan farklı olarak, porselen karo yüzeylerinin parlatılması sonucunda yüksek kalitede parlak yüzeyler elde edilir. Bunun yanında, porselen karo bünyelerinde çeşitli renklendirici boya ilaveleri bünyeye karıştırılarak renklendirme elde edilmektedir ve bu bünyelerin üzerine son yıllarda lekelenme dayanımını arttırmak için bazı organik ve yarı organik kaplamalar da uygulanmaktadır. Ayrıca, renklendirilmiş granüllerle üretilen karolarda, estetik açıdan mermer benzeri etki yaratmak ve damarlı etkiyi güçlendirmek için parlatma işlemi uygulanır [26].

Mat granit porselen karolar (parlatılmamış porselen karo), kayma tehlikesine karşı daha uygun malzemelerdir. Ayrıca, kaymaz diye adlandırılan özel üretim granit seramikler kayma düzeyini en aza indirmek için havuz kenarlarında ve havuzlarda kullanılmak üzere özel havuz seramiği olarak üretilmektedir.

Parlatma, aşındırıcı parçanın karo yüzeyinde sürtünme kuvveti uygulamasıyla gerçekleştirilir. Parlatma ve ebatlama işlemleri, porselen karo üretiminde üretim maliyetinin yaklaşık %20-25'ini oluşturmaktadır. Aynı zamanda parlatma donanımındaki yüksek aşınma, yüksek enerji tüketimi ve yüksek oranda ıskarta oluşumu gibi ek maliyetler de mevcuttur [27].

Porselen karoların yüzey sertliklerinin yüksek olması, pişirim sonrasında parlatma uygulanmasına ve mermer ya da granit görünümünün elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Parlatma hattı; birbiri ardına dizilen parlatma birimleri ve farklı tane boyutuna sahip aşındırıcıların yerleştirildiği parlatma kafalarından oluşmaktadır [26]. Aşındırıcı aparatlar belli sürelerde değiştirilmektedir.

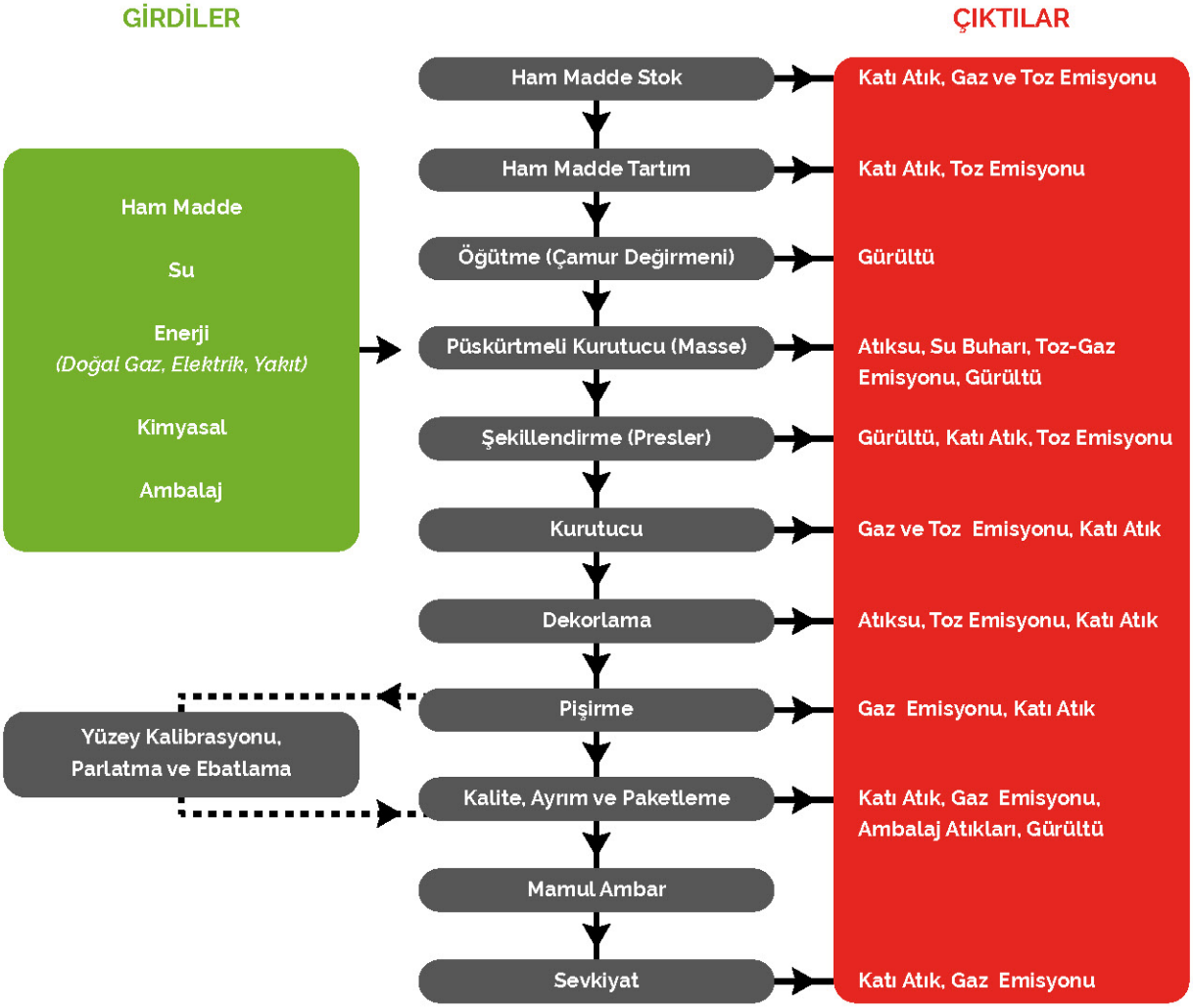
Porselen karo bünye kompozisyonları için kullanılan ham maddeler faklı mineral gruplarına dâhil olup her birinin kendine özel işlevi vardır. Kullanılan seramik ham maddeler; özlü ham maddeler (kil ve kaolen grubu) ve özsüz ham maddelerden (feldispat ve kuvars) oluşmaktadır. Kantitatif bünye bileşen oranları killerin mineralojik yapısına ve tane boyut dağılımına ve son olarak da ergitici

minerallerle olan kimyasal etkileşimine bağlıdır [28]. Porselen karo bünyelerinin kimyasal kompozisyonları; feldispatik ergiticilerin tipine (sodyum veya potasyum) ve miktarına bağlı olarak çeşitlilik gösterir. Sinterleme sürecine bağlı olarak dolomit, talk veya vollastonit gibi toprak alkali bileşenleri veya cam-seramik fritleri ($CaO-ZrO-SiO_2$, $CaO-MgO-SiO_2$, $BaO-Al_2O_3-SiO_2$ sistemleri) kullanılır [24]. Çeşitli pigment ilaveleri ile renklendirilerek üretilen porselen karolarda renk etkilerini iyi ayarlayabilmek veya kullanılan boya maliyetlerini düşürmek için beyaz pişen bünyeler istendiğinden kullanılan hammaddelerin saflığı (özellikle demir ve titan oksit içerikleri) büyük önem taşımaktadır [29].

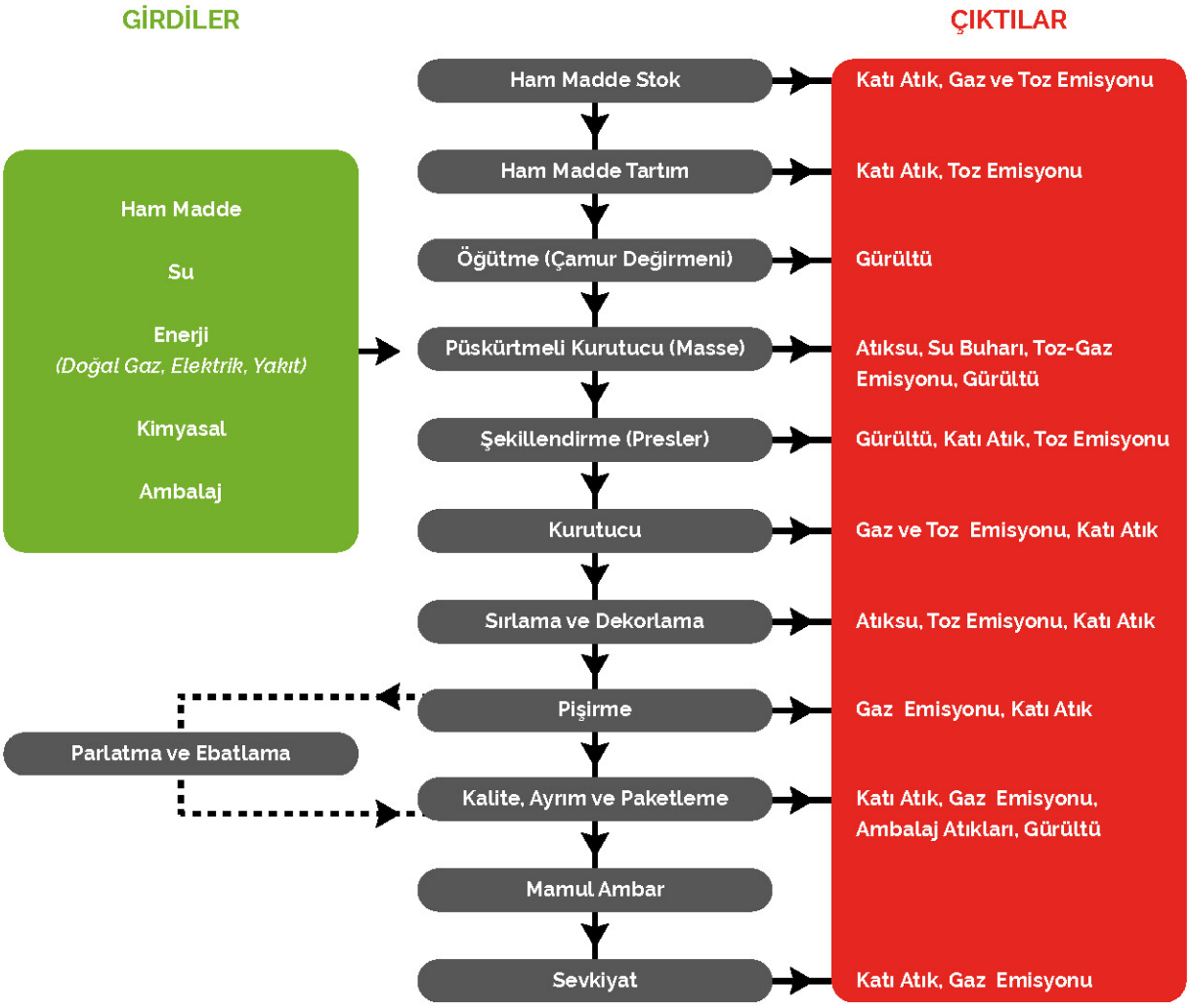
Sırlı granitin üretim aşamaları yer karosu ile benzerlik göstermektedir. Farklı olarak sırlı granit ürünlere yüzey parlatma işlemi de uygulanabilmektedir. Porselen karolarda olduğu gibi TS EN 14411 Grup BIa standardına uygun olarak üretilmektedir. Dekorlama işlemi yapılabildiği ve teknik özellikleri yer karolarına göre daha üstün olduğu için, son yıllarda nihai tüketicilerden talep görmektedir [26].

Porselen karo ve sırlı granit üretim aşamaları sırası ile Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'te verilmiştir.

Şekil 3.4 Porselen karo üretim akım şeması



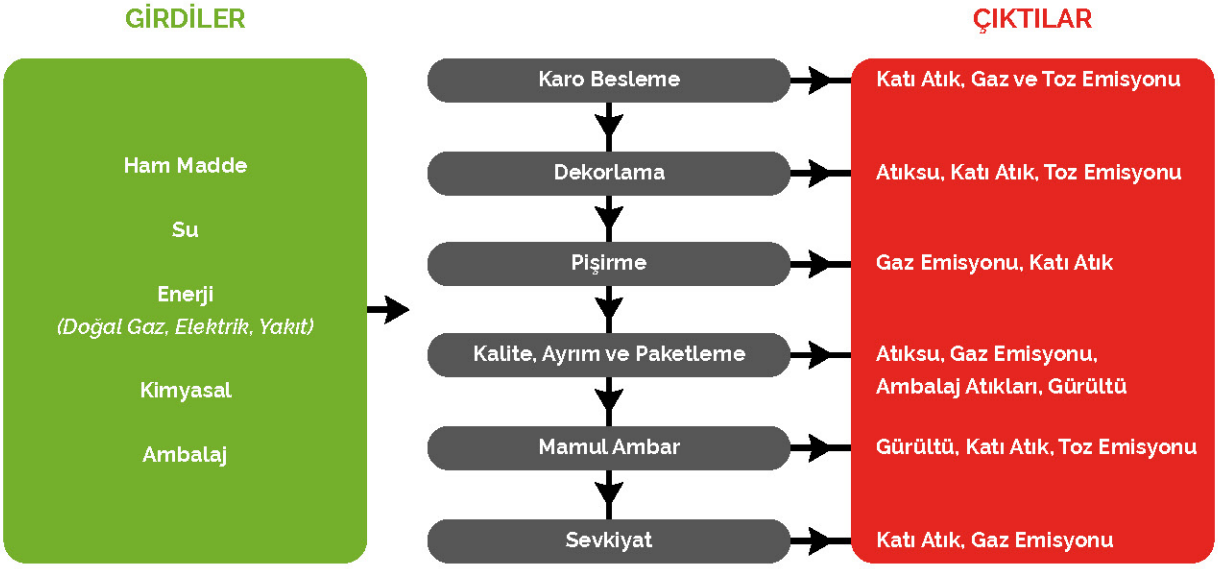
Şekil 3.5 Sırlı granit üretim akım şeması



3.4. DEKOR BORDÜR ÜRETİM SÜRECİ

Dekor bordür, nihai ürün üzerine tekrar uygulama yapılarak dekoratif amaçlı üretilen karolardır. Diğer bütün nihai karolar üzerine dekor ve/veya bordür uygulamaları yapılabilmektedir. Dekor ve bordür üretimi için farklı bir standart belirlenmemiştir. Dekor bordür üretim aşamaları Şekil 3.6'da verilmiştir.

Şekil 3.6 Dekor bordür üretim akım şeması



4. ÇEVRESEL ETKİ YARATAN ALANLAR

4 ÇEVRESEL ETKİ YARATAN ALANLAR

Seramik karo imalatında üretim aşamasında görülen en büyük çevresel etkiler sırasıyla elektrik, termal enerji ve su tüketimi, atık su, toz ve gaz emisyonları ile katı atıklardır (Tablo 4.1).

Tablo 4.1 Seramik karo imalatı sektörünün doğrudan çevresel etkileri ve ilgili süreçler

Süreç	Tüketim				Oluşum			
Ham Madde Depolama	Ham Madde	*Yakıt ve Elektrik Enerjisi			Toz Emisyon	Gaz Emisyon		
Bünye ve Sır Hazırlama**	Elektrik Enerjisi	Termal Enerji	Ham Madde	Su	Atık Su	Gaz ve Toz Emisyon, Su Buharı	Katı Atık	Gürültü
Şekillendirme	Elektrik Enerjisi					Katı Atık	Toz Emisyonu	Gürültü
Kurutma	Elektrik Enerjisi	Termal Enerji			Toz Emisyon	Gaz Emisyon	Katı Atık	Su Buharı
Sırlama ve Dekorlama	Su	Elektrik Enerjisi	Kimyasal		Atık Su	Toz Emisyon	Katı Atık	
Pişirme	Elektrik Enerjisi	Termal Enerji			Gaz Emisyonu	Katı Atık		
Parlatma ve Ebatlama	Su	Elektrik Enerjisi	Kimyasal	Parlatma Taşları	Atık Su	Katı Atık	Gürültü	
Kalite Ayrım ve Paketleme	Elektrik Enerjisi	Yakıt	Ambalaj Malzemeleri		Katı Atık	Gaz Emisyon	Ambalaj Atıkları	Gürültü
Depolama	Yakıt				Katı Atık	Gaz Emisyon		

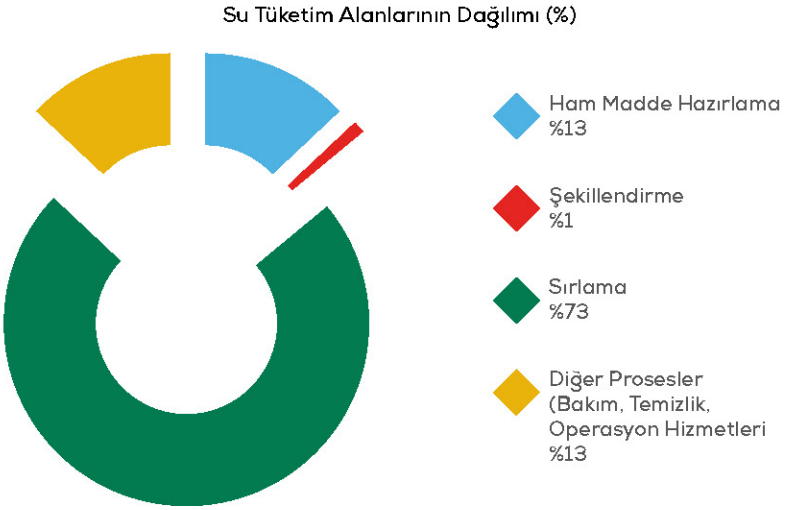
** Yakıt: Mazot ve benzin*
*** Öğütme-püskürtmeli kurutucu*

4.1. SU TÜKETİMİ

Seramik karo üretim prosesinde su; bünye ve sır değirmenleri, püskürtmeli kurutucu (spray drier) ve ebatlama-parlatma gibi aşamalarda kullanılmaktadır [30]. Püskürtmeli kurutucu, kurutma ve pişirme adımlarında proses suyunun bir kısmı ise buharlaşmaktadır.

İspanya'da seramik karo üretimi yapan 20 sektöre ait süreç bazlı ortalama su tüketim oranları incelendiğinde en yüksek su tüketimin sırası ile sırlama, ham madde hazırlama, diğer süreçler (bakım, temizlik, operasyon hizmetleri) ve şekillendirme (presleme) adımlarında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.1) [31].

Şekil 4.1 İspanya'da seramik karo üretimi yapan 20 sektöre ait süreç bazlı su tüketim oranları [31]

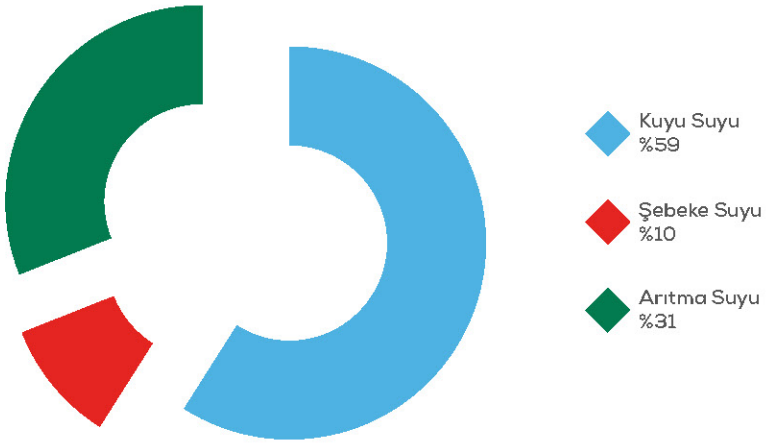


Kutu 2 - Seramik Karo Üretim Tesislerinde Kuru Öğütme ve Yaş Öğütme Sistemlerinin Kullanımı, İspanya Örneği

İspanya'da yapılan bir çalışmada; karo üretiminde kuru ve yaş öğütme sistemlerinde tüketilen su miktarları kıyaslandığında su kullanımlarının sırası ile 0,12-0,16 m^3/ton (kuru ağırlık) ve 0,47-0,59 m^3/ton (kuru ağırlık) olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre; yaş öğütmede su tüketiminin kuru öğütmeye kıyasla yaklaşık 4 kat daha fazla olduğu görülmüştür [32]. Buna rağmen, İspanya'da seramik karo imalatı firmalarının birçoğu hala yaş öğütme prosesini kuru öğütmeye tercih etmektedirler. Söz konusu firmalar, yaş öğütme adımında açığa çıkan atık suyun üretim prosesinde yeniden kullanımı için teknikler geliştirmişlerdir. Böylelikle, tesislerde temiz su kullanımı %50 azaltılmış, atık su kullanımı ise neredeyse %100'e ulaşmıştır [33],[34].

Kutu 3 - Seramik Karo Üretim Tesislerinde Su Kaynağı Bazında Su Tüketimi, İspanya Örneği

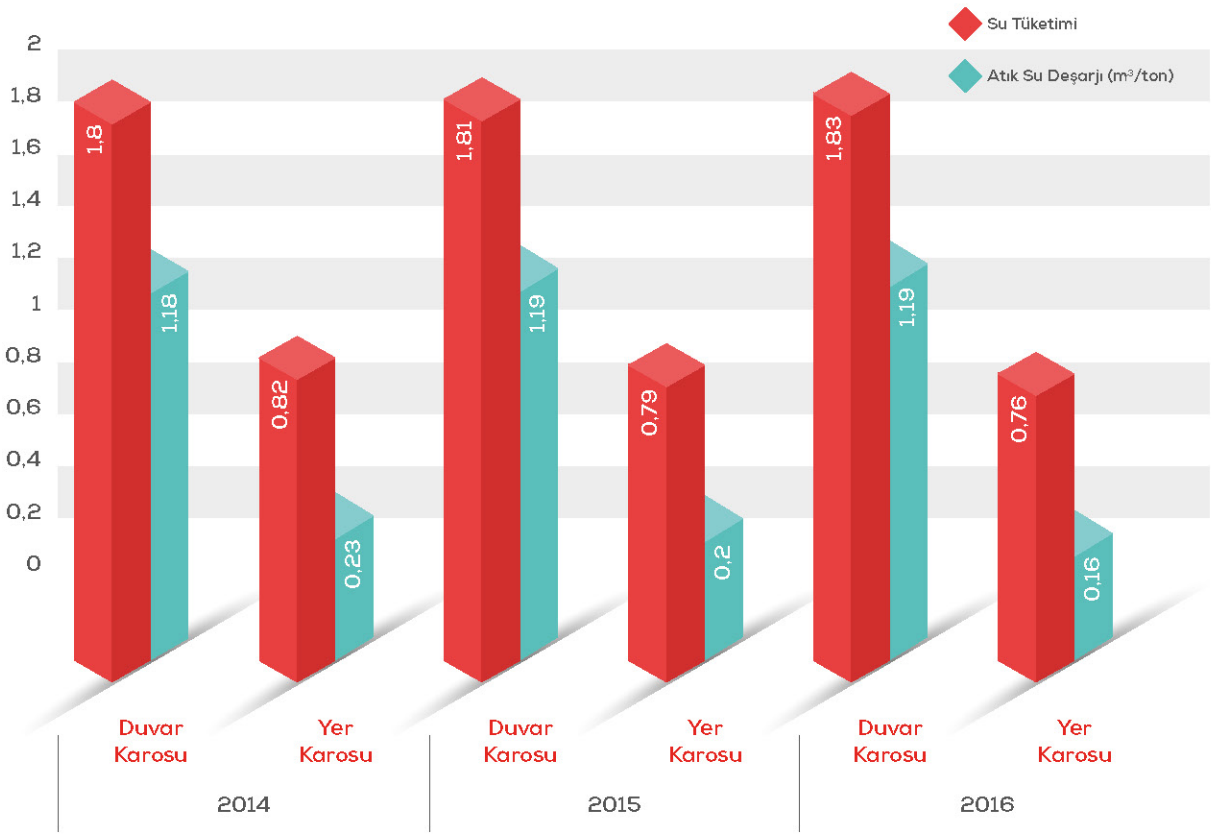
İspanya'da 50'nin üzerinde seramik karo üreticisi firmanın katılımı ile porselen karo, sırlı granit ve yer karosu imalatında su kaynağı bazında ortalama su tüketimi izlenmiştir [35]. Ortalama su kullanım verileri incelendiğinde porselen karo, sırlı granit ve yer karosu üretimlerindeki su tüketiminin aynı olduğu tespit edilmiş olmakla birlikte söz konusu karoların üretiminde kullanılan temel su kaynaklarının kuyu suyu (%59), arıtma suyu (%31) ve düşük oranda şebeke suyu (%10) olduğu görülmüştür [35].



İspanya'da karo üretiminde kullanılan su kaynaklarının yüzdesel dağılımı [35]

Hollanda'da bir seramik karo imalatı işletmesinde 2014, 2015, 2016 yıllarına ait ortalama birim su tüketimi/ deşarj miktarları hakkında bilgi Şekil 4.2'de verilmiştir [30]. Söz konusu firmada, yer karosu üretiminde duvar karosu üretimine kıyasla daha düşük miktarda su tüketimi olduğu ve yer karosu üretiminden çıkan atık suyun da daha yüksek oranda geri kazanıldığı tespit edilmiştir.

Şekil 4.2 Hollanda'da bir seramik karo imalatı işletmesinde 2014-2016 yılları arasında ürün bazında gerçekleşen su tüketimi ve atık su deşarj miktarları [30]



Portekiz'de 4 farklı seramik karo üreticisi (sırası ile sırlı granit karo, sırsız porselen karo, sırlı porselen karo ve sırlı ve sırsız porselen) ile İtalya ve Portekiz'de faaliyet gösteren başka bir karo üretim firmasına ait ortalama birim su tüketimine ait bilgiler Tablo 4.2'de verilmiştir [36],[37].

Tablo 4.2 Portekiz ve İtalya'da bulunan seramik karo üretim tesislerinde 1 m² seramik karo üretimine ait su tüketimi bilgileri [36],[37]

	Portekiz [1]				Portekiz [2]		İtalya [2]	
Ürün Türü	Sırlı Granit Karo	Sırsız Porselen Karo	Sırlı Porselen Karo	Sırlı ve Sırsız Porselen Karo	Yer ve Duvar Karosu (2015)	Yer ve Duvar Karosu (2016)	Yer ve Duvar Karosu (2015)	Yer ve Duvar Karosu (2016)
Su Tüketimi (L/m²)	12,5	15	24,4	35,3	21,7	23	17,2	16,1

4.2. ATIK SU OLUŞUMU

Seramik karo üretiminde proses atık suyu özellikle çamur hazırlama ve diğer proses adımlarından (sırlama, dekorlama, parlatma, ebatlama ve yaş öğütme vb.) kaynaklanmaktadır. Proses atık suları; sır ve kil esaslı ham maddelerin düşük tane boyutlu (mikron altı) içeriği nedeni ile bulanıklık ve renk parametrelerine göre karakterize edilmektedir. Askıda Katı Madde (AKM)'lerin içerisinde bulunması muhtemel kirlilikler; askıda katılar (kil ve çözünmeyen silikatlar vb.), askıda ve çözünmüş ağır me-

taller (kurşun, çinko vb.), sülfatlar, bor ve düşük konsantrasyonda organik madde muhtevasıdır [38].

Malezya'da yerel bir seramik karo imalatı tesisinden çıkan atık sularda yer alan kirleticilerin ortalama konsantrasyonları Tablo 4.3'te verilmiştir [39].

Tablo 4.3 Malezya'da yerel bir seramik karo imalatı tesisinden çıkan atık sularda yer alan kirleticilerin ortalama konsantrasyonları [39]

Parametre (Birim)	Konsantrasyon
pH	8,21±0,15
Çözünmüş Oksijen (mg/l)	0,17±0,02
KOİ (mg/l)	822±42
AKM (mg/l)	0,181±0,11
Bor (mg/l)	14,4±0,2
Bakır (µg/l)	20±0,11
Çinko (mg/l)	8,13±0,25
Demir (mg/l)	1,51±0,1
Krom (mg/l)	19,25±0,02

İran'da bir seramik karo imalatı tesisinden çıkan atık sularda yer alan kirleticilerin ortalama konsantrasyonları verilmiştir (Tablo 4.4) [40].

Tablo 4.4 İran'da bir seramik karo imalatı tesisinden çıkan atık sularda yer alan kirleticilerin ortalama konsantrasyonları [40]

Parametre (Birim)	Minimum	Maksimum	Ortalama±
pH	8,2	8,6	8,3±0,6
Sıcaklık (°C)	30	32	31±1
İletkenlik (µs/cm)	2142	2700	2484±299,57
Bulanıklık (NTU)	9500	13300	11100±1969,77
TÇKM (mg/l)	1096	1246	1185,33±79
AKM (mg/l)	13450	34414	21221,33±11485,45
Toplam Katı Madde (mg/l)	14546	35628	22390±11529,71
KOİ (mg/l)	151,2	490	361,33±183,66
$BOİ_5$ (mg/l)	100,8	392,5	266,51±149,58

Portekiz'de sırlı granit karo ve sırlı-sırsız porselen karo üretimi yapan işletmelere ait atık su muhtevası Tablo 4.5'te verilmiştir [36].

Tablo 4.5 Portekiz'de seramik karo üretim tesislerinde 1 m² seramik karo üretimine ait girdi ve çıktı miktarları [36]

Suya Emisyonlar	Birim	Sırlı Granit Karo	Sırlı-Sırsız Porselen Karo
Askıda katı madde	kg	0,000257	0,00019
$BOİ_5$	kg	0,0000939	0,000321
KOİ	kg	0,000296	0,000714

4.3. ENERJİ TÜKETİMİ

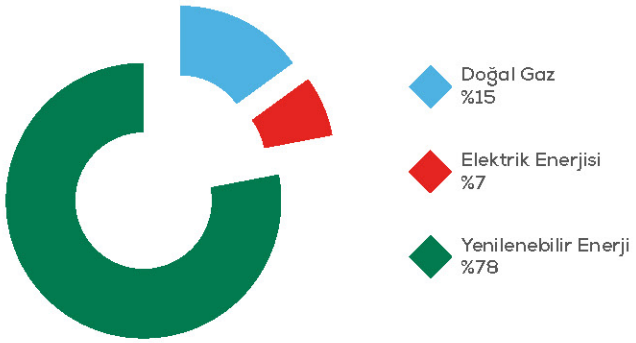
Seramik karo üretimi enerji-yoğun bir prosestir. Enerji yoğun bir proses olmasının en önemli nedeni yüksek sıcaklıklarda pişirim işleminin yapılmasıdır. Pişirim adımında; termal enerji kaynağı olarak doğal gaz tercih edilmektedir [30].

Hollanda'da yer ve duvar karosu imalatı yapan bir seramik karo tesisinde 2014-2016 yılları arasında termal, elektrik enerjisi ve yenilenebilir enerjinin tüketim miktarları Tablo 4.6'da verilmiştir [30]. Tesiste enerji tüketiminin enerji kaynaklarına göre dağılımı incelendiğinde en önemli enerji kaynağının %78 pay ile yenilenebilir enerji kaynakları olduğu, bunu sırası ile doğal gaz ve elektrik enerjisinin takip ettiği tespit edilmiştir (Şekil 4.3) [30].

Tablo 4.6 Hollanda'da bir seramik karo imalatı tesisinde enerji tüketim miktarları [30]

		2014	2015	2016
Askıda katı madde	Duvar Karosu	6,55	6,71	7,43
	Yer Karosu	5,57	5,22	4,78
	Ortalama	6,05	5,96	6,13
Elektrik Enerjisi (MJ/kg)	Duvar Karosu	2,48	2,43	2,89
	Yer Karosu	3,03	2,91	2,77
	Ortalama	2,76	2,82	2,83
Toplam Enerji (MJ/kg)	Duvar Karosu	9,03	9,44	10,32
	Yer Karosu	8,60	8,13	7,55
	Ortalama	8,81	8,78	8,95
Yenilenebilir Enerji (MJ/kg)	Duvar Karosu	27,5	28,9	27,6
	Yer Karosu	35,3	35,8	36,7
	Ortalama	32,3	32,1	32,6

Şekil 4.3 Hollanda'da bir seramik karo imalatı tesisinde enerji tüketiminin enerji kaynaklarına göre dağılımı [30]

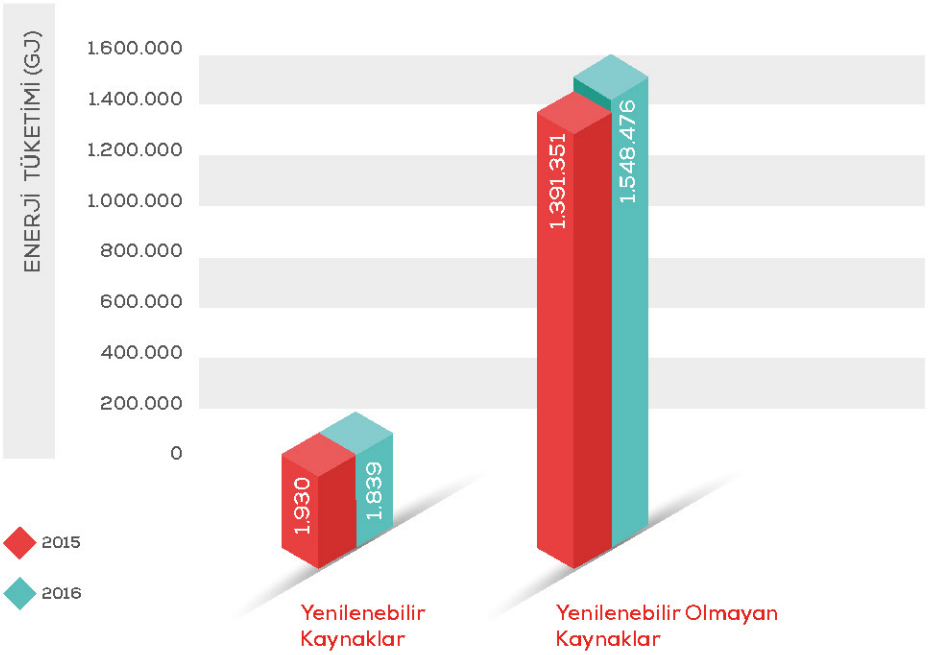


İtalya, Portekiz ve ABD olmak üzere 3 ülkede toplam 6 fabrika ile faaliyet gösteren İtalyan menşeili seramik karo üreticisi bir firmada 2015 ve 2016 yıllarına ait ülke bazında enerji tüketimleri Tablo 4.7'de verilmiştir. Bununla birlikte, firmanın İtalya'da üretim yapan tesislerinde 2015 ve 2016 yıllarına ait toplam yenilenebilir ve yenilenebilir olmayan enerji kaynaklarının tüketimi Şekil 4.4'te gösterilmiştir [37].

Tablo 4.7 İtalyan bir seramik karo imalatı firmasında enerji tüketim miktarları [37]

	2015			2016		
	İtalya	Portekiz	ABD	İtalya	Portekiz	ABD
Enerji Yoğunluğu (GJ/m²)	0,14	0,12	0,11	0,14	0,13	0,14

Şekil 4.4 İtalyan bir firmaya ait seramik karo tesislerinde 2015 ve 2016 yıllarına ait toplam yenilenebilir ve yenilenebilir olmayan enerji kaynaklarının tüketimi [37]



Dünyanın en büyük seramik karo üreticisi ülkeler olan İspanya ve Brezilya'da seramik karo üretim süreçlerinde kullanılan termal enerji tüketimleri ve CO_2 emisyonlarının karşılaştırmalı analizi yapılmıştır (Tablo 4.8). Söz konusu çalışmada; her bir ülkede farklı üretim teknolojilerinin kullanılması ile farklı

ürünler elde edilmiştir. Seramik karo üretiminde yaş öğütme yöntemi kullanıldığında iki ülkedeki toplam enerji tüketimlerinin benzer olduğu gözlenmiştir. Öte yandan, kuru öğütme yöntemi kullanılarak yapılan karo üretimlerinde; Brezilya'da daha az termal enerji kullanılmasına karşın İspanya'da yaş öğütme sisteminin kullanılması ile CO_2 emisyonunun daha düşük seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. İspanya'da püskürtmeli kurutucularda kojenerasyon sistemi kullanılmasının enerji verimliliği açısından daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır [41].

Yaş öğütme yönteminin kullanılması ile üretilen seramik karolarda; Brezilya'da püskürtmeli kurutucuda kullanılan ortalama enerji tüketiminin daha yüksek olmasının, süspansiyon halde daha düşük oranda katı madde içermesinden (düşük litre ağırlığı) kaynaklandığı belirtilmiştir. İspanya'da yaş öğütme adımında kojenerasyon tesislerinden gelen ısı ile fırın çıkışından çıkan ısı kullanıldığı için termal enerji tüketimi daha düşük olmuştur (Tablo 4.8) [41].

Tablo 4.8 Brezilya ve İspanya'da yaş öğütme yönteminin kullanılması ile üretilen seramik karolara ait birim termal enerji tüketimleri [41]

		İspanya	Brezilya
Spesifik Tüketim	Kurutucu Sayısı	11	12
	kWh/t Kuru Granül	476 ± 19	502 ± 87
	kWh/t Pişmiş Ürün	510 ± 23	540 ± 100

Brezilya'da yaş öğütmede kullanılan dikey ve yatay kurutucu ya da yarı mamul kurutucular, proses parametrelerinin benzer olmasına rağmen, İspanya'dakinden daha yüksek enerji tüketimi göstermiştir. Bulunan farklılıklar, kurutucularda farklı şekilde ayarlama yapılmasına bağlanmıştır. Bununla birlikte; Brezilya'da kuru öğütme sistemi kullanıldığında yaş öğütme sistemine kıyasla daha fazla enerji tüketimi gerçekleşmiş olup bu durum ise kuru sistemden çıkan granüllerin daha yüksek neme sahip olmasından kaynaklanmıştır (Tablo 4.9) [41].

Tablo 4.9 İspanya ve Brezilya'da seramik karo üretim tesislerinde kurutma adımında termal enerji tüketim değerleri [41]

	İspanya		Brezilya			
	Yaş Öğütme		Yaş Öğütme		Kuru Öğütme	
Kurutucu Tipi	Yatay	Dikey	Yatay	Dikey	Yatay	Dikey
Çalışmaya Katılan Ekip Sayısı	3	3	4	8	-	9
Spesifik Tüketim kWh/t Pişmiş Ürün	130±19	139±25	153±18	164±35	-	232±90

İki ülkede yaş öğütme yöntemi kullanılarak hazırlanan seramik karoların pişirme adımında enerji tüketimleri kıyaslandığında Brezilya'da spesifik enerji tüketimlerinin daha düşük olduğu gözlenmiştir (Tablo 4.10). Bunun sebebinin Brezilya'da uygulanan hızlı pişirim sürelerinin İspanya'da uygulanan pişirim sürelerine kıyasla daha kısa olmasından veya kullanılan ham maddeler arasındaki farklılıklardan kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Bununla birlikte, Brezilya'da kuru öğütme sistemi ile üretilen sırlı porselen karoda daha düşük sıcaklıkta (tepe sıcaklığı) hızlı pişirim yapılması sebebi ile spesifik enerji tüketiminin daha düşük olduğu fakat karoda bazı teknik problemlerin gözlenebileceği ifade edilmiştir [41].

Tablo 4.10 İspanya ve Brezilya'da seramik karo üretim tesislerinde 1 ton/m² seramik karo üretimine ait pişirme adımında ürün bazlı termal enerji tüketim değerleri [41]

			Kırmızı Mozaik Taşı	Beyaz Mozaik Taşı	Porselen Karo	Duvar Karosu	Sırlı Porselen Karo
Spesifik Tüketim (kWh/t)	İspanya	Yaş Öğütme	816±27	885±51	800±20	-	-
	Brezilya	Yaş Öğütme	-	688±99	705±45	724±70	-
		Kuru Öğütme	-	-	-	-	575±49
Spesifik Tüketim (kWh/m²)	İspanya	Yaş Öğütme	13,4±0,5	16±1,4	17,4±0,6	-	-
	Brezilya	Yaş Öğütme	-	10,7±2,1	13,7±1,3	10,9±1,8	-
		Kuru Öğütme	-	-	-	-	8,3±1,2

İspanya'da 50'nin üzerinde seramik karo üretici firmanın katılımı ile gerçekleştirilen yaşam döngüsü analizi çalışması için her bir karo türü için ortalama envanter verileri Tablo 4.11'de verilmiştir [35]. Buna göre, seramik karo üretiminde en fazla enerji tüketiminin sırasıyla hızlı pişirim fırınları ve püskürtmeli kurutucularda gerçekleştiği tespit edilmiştir [35].

Tablo 4.11 İspanya'da seramik karo üretim tesislerine ait ortalama enerji tüketimi verileri [35]

Enerji Tüketimi	Porselen Karo (MJ/m²)		Sırlı Granit (MJ/m²)		Yer Karosu (MJ/m²)	
Püskürtmeli Kurutucu	46	%37,7	46	%39,0	46	%40,7
Kurutucular	8,9	%7,3	8,9	%7,5	8,9	%7,9
Hızlı Pişirim Fırınları	67	%55	63	%53,4	58	%51,4
Toplam	**121,9**	**%100**	**117,9**	**%100**	**112,9**	**%100**

İspanya'da yapılan bir diğer çalışmaya göre; seramik karo üretimi yapan 20 işletmeye ait süreç bazlı birim enerji tüketim miktarları Tablo 4.12'de verilmiştir [31].

Tablo 4.12 Seramik karo imalatı tesisinde enerji tüketiminin süreçler bazında dağılımı [31]

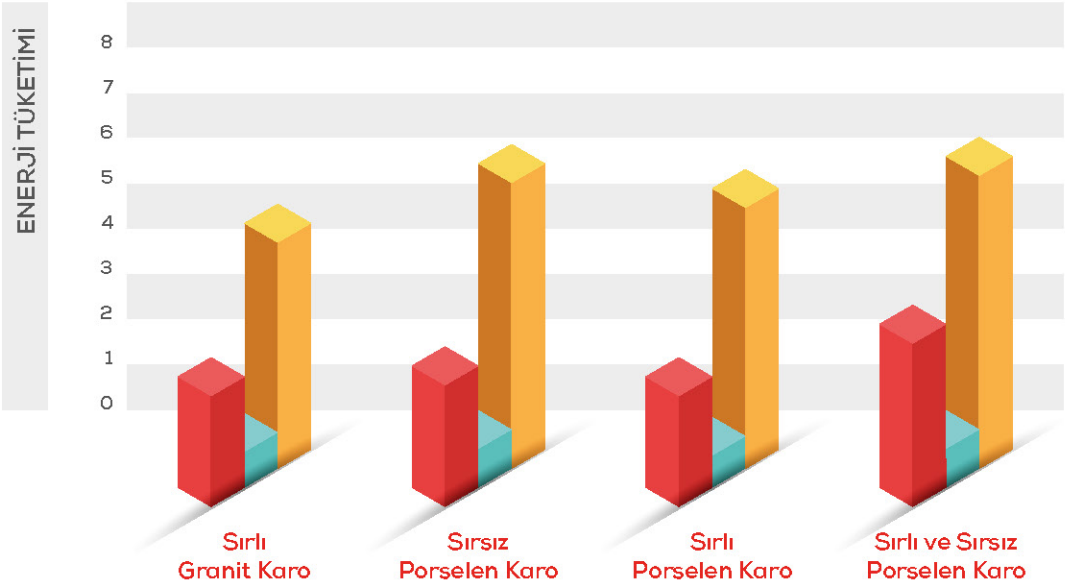
Girdiler	Ham Madde Hazırlama	Şekillendirme	Kurutma	Sırlama	Pişirme	Paketleme ve Ebatlama	Depolama	Diğer Prosesler	Toplam
Elektrik (kWh/m²)	0,12	0,48	0,12	0,33	0,41	0,07	0,08	0,33	1,94
Fuel Oil (L/m²)	0	0	0	0	0	0	0,0095	0	0,0095
Doğal Gaz (kWh/m²)	0	0	6,70	0	14,00	0	0	0	20,66

Portekiz'de 4 farklı seramik karo üreticisinin seramik karo üretim süreçlerine ait toplam elektrik, doğal gaz ve dizel yakıt tüketim verilerinin ortalama değerleri Tablo 4.13 ve Şekil 4.5'te verilmiştir [36].

Tablo 4.13 Portekiz'de farklı seramik karo üretim tesislerinde birim (m^2) enerji tüketim verileri [36]

Girdiler	Birim	Sırlı Granit Karo	Sırsız Porselen Karo	Sırlı Porselen Karo	Sırlı ve Sırsız Porselen Karo
Elektrik	kWh	4,1	5,4	4,9	5,67
Doğal Gaz	GJ	0,094	0,116	0,089	0,122
Dizel	MJ	0,7	1	0,7	1,87

Şekil 4.5 Portekiz'de seramik karo üretim tesislerinde 1 m^2 seramik karo üretiminde enerji tüketim miktarları [36]



	Sırlı Granit Karo	Sırsız Porselen Karo	Sırlı Porselen Karo	Sırlı ve Sırsız Porselen Karo
Dizel MJ/m^2	0,7	1	0,7	1,87
Doğal Gaz GJ/m^2	0,094	0,116	0,089	0,122
Elektrik Enerjisi kWh/m^2	4,1	5,4	4,9	5,67

Kutu 4 - Farklı Porselen Karo Üretim Tekniklerine Bağlı Birim Enerji Maliyetleri, İspanya Örneği [42]

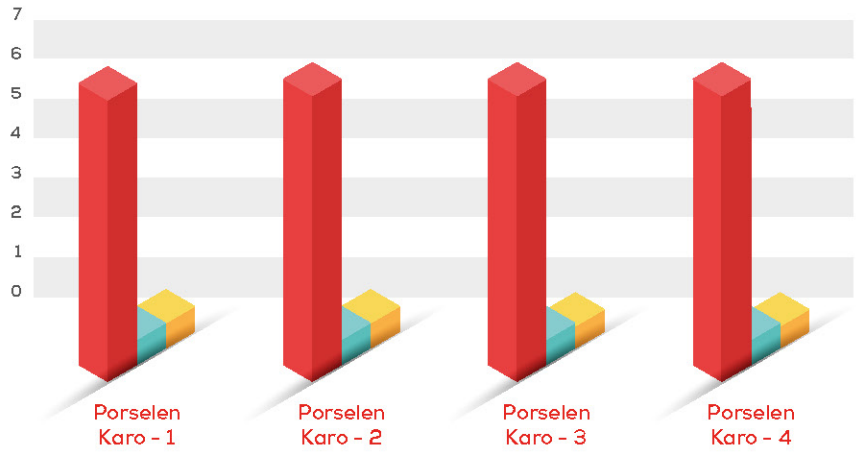
İspanya'da büyük ebatta (>60 cm x 60 cm) seramik karo üretim maliyetlerinin ve bu karoların üretilebilmesi için gerekli yatırım maliyetleri iki farklı üretim teknolojisi kullanılarak kıyaslanmıştır. Seramik bünyelerin hazırlanmasında kullanılan teknolojiler; hidrolik pres ile presleme ve büyük ebatlı karo (>120 cm x 240 cm) üretimi için kullanılan yeni üretim teknolojileridir. Çalışmada 4 farklı proses ile seramik karolar üretilmiş olup porselen karo 1 ve porselen karo 2'nin üretiminde geleneksel üretim yöntemleri kullanılmıştır. Porselen karo 3 ve porselen karo 4, büyük ebatlı karolar üretilmiştir. Her bir proses için öngörülen tesislerin yıllık üretimi yaklaşık 1.800.000 m^2 olacak şekilde tasarlanmış olup porselen karoların üretim sürecinde tüketilen termal enerji ve elektrik enerjisi miktarları ortaya konulmuştur [42].

Kutu 4 - Farklı Porselen Karo Üretim Tekniklerine Bağlı Birim Enerji Maliyetleri, İspanya Örneği [42]

İspanya'da her bir porselen karo üretim sürecine dair üretim bilgileri [42]

	Proses 1	Proses 2	Proses 3	Proses 4
Ürün Adı	Porselen Karo 1	Porselen Karo 2	Porselen Karo 3	Porselen Karo 4
Üretim (m^2/gün)	7.200	7.200	7.200	7.200
Üretim (m^2/yıl)	1.800.000	1.800.000	1.800.000	1.800.000
Kalınlık (mm)	6-12	6-12	6-12	6-12
% Üretim	50-50	50-50	50-50	50-50
Parlak-Mat (%)	70/30	70/30-10/90	70/30-10/90	70/30-10/90
Karo Ebatları (cm)	60x120	60x180	60x120	60x120
Öğütme/Ebat-lama	Evet/Hayır	Evet/Hayır	Evet/Evet	Evet/Evet
Ebatlama Tipi	-	-	Ham karo	Pişmiş karo
Pişirme Süresi (dak.)	52-62	52-72	52-62	55-90
€/m^2	Porselen Karo 1	Porselen Karo 2	Porselen Karo 3	Porselen Karo 4
Elektrik Enerjisi	0,35	0,36	0,32	0,32
Termal Enerji	0,36	0,36	0,36	0,38
Toplam Üretim Gideri	5,38	5,50	5,49	5,53

İspanya'da büyük ebatlı porselen karo üretim sürecinde tüketilen birim (€/m^2) termal enerji, elektrik enerjisi ve toplam üretim giderleri [42]



	Porselen Karo - 1	Porselen Karo - 2	Porselen Karo - 3	Porselen Karo - 4
Toplam Üretim Gideri (€/m^2)	5,38	5,5	5,49	5,53
Termal Enerji Maliyeti (€/m^2)	0,36	0,36	0,36	0,38
Elektrik Enerjisi Maliyeti (€/m^2)	0,35	0,36	0,32	0,32

4.4. EMİSYONLAR

Seramik karo üretimi sonucu atmosfere verilen emisyonlar; yanma emisyonları (CO, CO_2 ve NO_x), seramik ürünlere ait süreç emisyonları (HF, HCl, SO ve SO_2) ve partiküllerdir [41].

İspanya'da seramik karo üretimi yapan 20 işletmenin süreç bazında açığa çıkan ortalama emisyon değerleri Tablo 4.14'te verilmiştir [31].

Tablo 4.14 Seramik karo üreminde süreç bazında açığa çıkan emisyon miktarları [31]

Çıktılar	Ham Madde Hazırlama	Şekillen-dirme	Kurutma	Sırlama	Pişirme	Toplam
PM10 (kg/m²)	0,11	0,15	0,001	0,0007	0,005	0,27
NO_x (kg/m²)	0	0	0,001	0	0,008	0,01
SO_x (kg/m²)	0	0	0,001	0	0,02	0,02
CO_2 (kg/m²)	0	0	1,29	0	3,14	4,43
CO (kg/m²)	0	0	0,005	0	0,0009	0,005
HF (kg/m²)	0	0	0	0	0,003	0,003
HCl (kg/m²)	0	0	0	0	0,009	0,009
Baca Gazı (Nm^3/h)	-	70.877	42.448	3069	68.977	185.371
Sıcaklık (°C)	-	30	190	30	300	-

İspanya'da 50'nin üzerinde seramik karo üretici firmanın katılımı ile yürütülen bir diğer çalışmada seramik karo ürünü bazında atmosfere verilen ortalama emisyon bilgileri Tablo 4.15'te verilmiştir [35].

Tablo 4.15 İspanya'da seramik karo üretim tesislerine ait ürün çeşidi özelinde ortalama emisyon bilgileri [35]

Hava Emisyonları* (kg/m²)	Porselen Karo	Sırlı Granit	Yer Karosu
CO_2	8,0 E-01	1,1 E+00	1,7 E+00
HCl	4,2 E-03	3,8 E-03	3,6 E-03
Partiküller	6,5E-03	5,9 E-03	5,1 E-03
SO_2	14,9 E-03	11,2 E-03	9,5 E-03
HF	2,5 E-03	2,3 E-03	1,9 E-03
Pb	9,7 E-06	8,9 E-06	7,6 E-0

** Emisyon değerlerine püskürtmeli kurutucu ve fırınlardan çıkan emisyonlar dâhil değildir.*

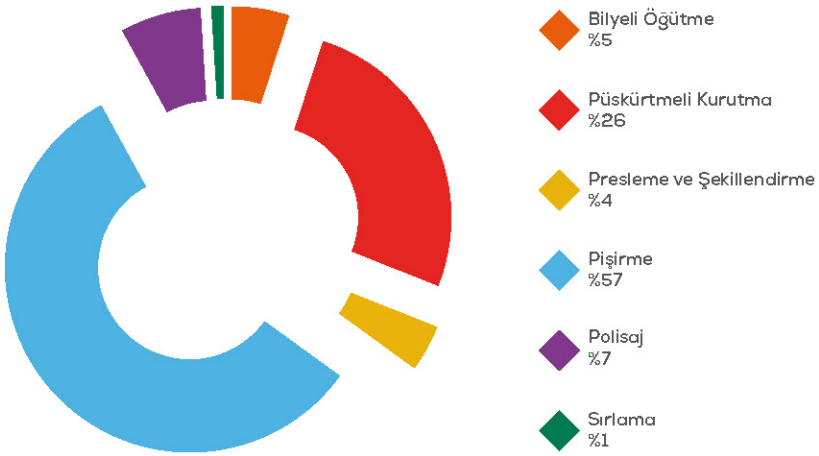
Hollanda'da bir seramik karo işletmesinde açığa çıkan CO_2 emisyonu miktarları Tablo 4.16'da verilmiştir.

Tablo 4.16 Hollanda'da bir seramik karo işletmesinde açığa çıkan emisyon miktarları [30]

	2014		2015		2016	
	CO_2 (ton)	CO_2/ton (kg/kg)	CO_2 (ton)	CO_2/ton (kg/kg)	CO_2 (ton)	CO_2/ton (kg/kg)
Duvar Karosu	19.600	0,45	17.998	0,44	19.600	0,48
Yer Karosu	13.700	0,3	12.201	0,29	11.700	0,27
Toplam	33.300	0,38	30.199	0,36	31.300	0,37

Çin'de bir seramik karo üretim tesisinde girdi-çıktı analiz yöntemi kullanılarak her bir üretim adımında çıkması muhtemel CO_2 emisyon miktarları hesaplanmıştır. Söz konusu çalışmaya göre seramik karo üretim tesisinde ortaya çıkan CO_2 emisyonunun dağılımı Şekil 4.6'da verilmiştir [43].

Şekil 4.6 Seramik karo üretiminde CO_2 emisyonu miktarlarının dağılımı [43]



İspanya'da seramik karo üretiminden açığa çıkan asit emisyonlarına dair elde edilen konsantrasyonlar ile MET referans dokümanında verilen limit değerler Tablo 4.17'de verilmiştir [44].

Tablo 4.17 İspanya'da seramik karo üretiminde açığa çıkan asit emisyonu miktarları [44]

Hava Emisyonları	Birim	Sırlı Granit	Porselen Karo	MET Limit Değerleri
HF	Mg/Nm^3 (%18 O_2)	21	28	1 -5
HCl	Mg/Nm^3 (%18 O_2)	34	45	1-30
SO_2	Mg/Nm^3 (%18 O_2)	38	100	<500
NO_x	Mg/Nm^3 (%18 O_2)	28	22	<250

Kutu-5 Tek Pişirim Gözenekli Seramik Karo Üretiminde CO_2 Emisyonu Azaltımı, Brezilya Örneği [45]

Seramik karo üretim prosesinde doğal gazın kullanılması neticesinde CO_2 emisyonu açığa çıkmaktadır. Bununla birlikte, seramik bünye bileşiminde bulunan karbonatlı bileşiklerin pişirme adımında ısıl bozunmaya uğraması da CO_2 emisyonunu artırmaktadır. Brezilya'da tek pişirim gözenekli karo üretiminde CO_2 salınımının azaltımına dair bir çalışma yapılmıştır. Söz konusu çalışmada, duvar kaplamasında tercih edilen gözenekli karo üretiminde CO_2 emisyonunun diğer seramik karo ürünlere kıyasla yaklaşık %40 daha fazla olduğu belirtilmiştir. Gözenekli duvar karosu bünyesinde karbonatlı bileşiklerin olması (genellikle kalsit) halinde; yüksek oranda CO_2 emisyonuna sebebiyet verdiği belirtilmiş olup genellikle bu miktarın 320 kg CO_2/ton (pişmiş ürün)'un üzerinde olduğu bilgisi verilmiştir.

Çalışma iki aşamalı olarak yürütülmüş olup ilk aşamada bünye endüstriyel ölçekte yaş öğütme ve kuru öğütme yöntemleri kullanılarak iki farklı şekilde hazırlanmıştır. Kuru öğütme yönteminde, yaş öğütme adımındaki gibi püskürtmeli kurutma adımının olmamasına bağlı olarak CO_2 emisyonunun %30 daha az olduğu gözlenmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında; gözenekli karo bünyesinde karbonatlı bileşiklerin miktarının seramik karonun performans özellikleri de dikkate alınarak azaltımına dair farklı kompozisyonlardaki bünyeler ile denemeler yapılmıştır. Buna göre; kalsit yerine vollastonit, kireçtaşı veya jips kullanılması ile CO_2 emisyonunun bünyede ek bir değişikliğe ihtiyaç duyulmaksızın kullanılabileceği belirtilmiştir.

Çalışma ile bilinen ve uygulanmakta olan tek pişirim gözenekli karo üretimine kıyasla CO_2 emisyonunun %60'a kadar azaltılabileceği sonucuna ulaşılmıştır [45].

Portekiz'de 4 farklı seramik karo üreticisinin (sırası ile sırlı granit karo, sırsız porselen karo, sırlı-sırsız porselen karo) ortalama emisyon miktarları Tablo 4.18'de verilmiştir [36].

Tablo 4.18 Portekiz'de seramik karo üretim tesislerinde 1 m^2 seramik karo üretimine ait ürün bazlı emisyon miktarları [36]

Hava Emisyonları	Birim	Sırlı Granit Karo	Sırsız Porselen Karo	Sırlı Porselen Karo	Sırlı ve Sırsız Porselen Karo
Partikül	g/m^2	0,33	6,05	4,78	4,67
Flor	g/m^2	1,13	0,09	0,69	0,1
Klor	g/m^2	1,17	-	0,38	0,59
CO	g/m^2	7,16	14,6	11,4	10,8
NO_x	g/m^2	2,63	9,8	0,81	4,68
SO_x	g/m^2	1,9	0,9	0,72	1,09

4.5. HAM MADDE KULLANIMI

Seramik karo üretiminde kullanılan ham maddeler; kil, feldispat ve alümina silikatların farklı bir reçete anlayışı içinde nihai ürünün istenilen özelliklerini temin edecek şekildeki kombinasyonlarıdır. Seramik karo üretiminde ham madde olarak kullanılan mineraller inorganik karakterde, metalik olmayan, kristal katılar karmaşık jeolojik proseslerle oluşmuşlardır [46].

Ülkemizde ve dünyada seramik karo üretiminin artışına karşın azalan rezervler sektörde kaliteli ham madde stoklarının kullanımını sınırlamakta ve ham madde maliyetlerinin artmasına da neden olmaktadır [47]. Bu anlamda doğal ham madde kaynakları yerine endüstrilerden çıkan atıkların ham madde olarak karo üretiminde kullanımı önem kazanmıştır [47].

Kutu-6 Kuvars Partiküllerinin Kuru Karıştırma ile Organosilan ile Kaplanması, AB Projesi [48]

Seramik karo üretim tesisleri başta olmak üzere; kristal kuvars mineralinin kullanıldığı sektörlerde kristal kuvars ile çalışan personelin bu bileşiğe solunumla maruz kalması ile silikosis gibi sağlık problemleri ortaya çıkmaktadır. Bu kapsamda 2007-2013 yılları arasında yürütülen "SILICOAT" projesi (Industrial implementation of processes to render RCS (respirable crystalline silica) safer in manufacturing processes) ile kuvars partiküllerinin organosilan bileşikleri ile reaksiyona sokulması ile silanol gruplarının reaktivitesi kontrol altına alınmış ve dolayısı ile kuvars mineralinin toksik etkisi ortadan kaldırılmıştır. "SILICOAT" projesinin devamında başlayan SILIFE projesi (production of quartz powders with reduced crystalline silica toxicity) kapsamında ise [48] kristal kuvarsın elastomer, yapıştırıcı, frit, döküm, pigment eldesinde kullanılmak üzere yaş yöntem yerine kuru karıştırma yöntemi ile kaplanması hedeflenmiştir. Proje kapsamında kaplama çalışmaları ve kaplama çalışmalarını takiben toksisite testlerinin yapıldığı belirtilmiştir [48].

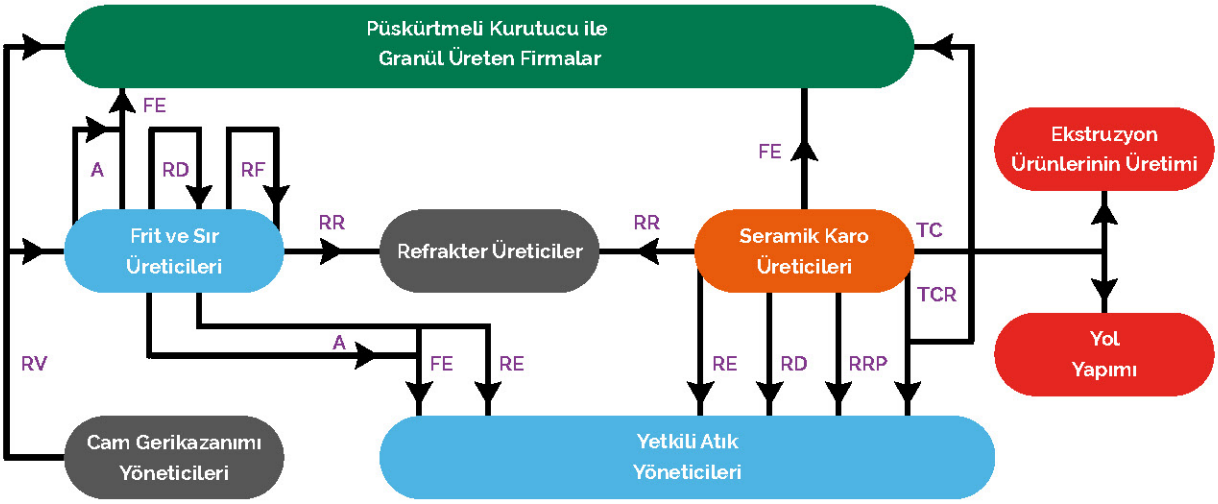
4.6. ATIK OLUŞUMU

Seramik karo sektöründen kaynaklanan çoğu atık üretim sürecine tekrar dâhil edilebilmektedir. Bazı karo üreticisi firmalar, %80 gibi yüksek oranlarda seramik karo atığını kullanarak aynı teknik ve estetik özelliklere sahip ürünler elde edebilmektedir. Üretim sürecinden çıkan atıklar genellikle ham madde olarak yeniden kullanılmaktadır. Günümüzde seramik karo üretim süreci neticesinde ortaya çıkan atıkların seramik sektörü veya diğer endüstrilerde ham madde olarak kullanımına yönelik çalışmalar yürütülmektedir [49].

İspanya'da seramik karo üretimi Castellon Bölgesinde yoğun olarak yapılmakta olup bölgede seramik karo üretimi yapan 126, seramik sır ve frit üretimi yapan 24, makine üretimi yapan 42, ham madde tedarikçisi toplam 200 firma mevcuttur [50]. Seramik karo üretiminde firmalar tarafından yaygın olarak kullanılan endüstriyel simbiyoz yöntemi sır hazırlama ve uygulamadan çıkan çamur atıklarının (FE) seramik bünyede yeniden kullanımıdır. Söz konusu simbiyoz uygulaması, ilk olarak teknik ve yasal gereklilikler nedeniyle ortaya çıkmış ve elde edilen önemli ekonomik tasarruflar sayesinde şirketler arasında anlaşma yapılarak geliştirilmiştir. Bu nedenle, püskürtmeli kurutucu ile granül üreten

firmalar; seramik karo üreticilerinden sır atıklarını ve pişirme öncesi açığa çıkan ham atıklarını temin etmektedirler. Ham atıkların hepsi granül üretimine dahil edilememektedir. Bazı durumlarda; püskürtmeli kurutucu ile granül üreten firmalarla yapılan anlaşmalar ile sır çamuru ve atık suları değerlendirilmek üzere bu firmalara gönderilmektedir. Castellon Bölgesinde seramik karo üretimine dair endüstriyel simbiyoz olanakları Şekil 4.7'de gösterilmiştir [50].

Şekil 4.7 Seramik karo üretimi sektöründe endüstriyel simbiyoz olanakları [50]



FE	: Sır hazırlama ve uygulamadan çıkan çamur	**RRP**	: Şekillendirme ve parlatma adımından çıkan atıklar
A	: Sır hazırlamadan açığa çıkan atık su	**RD**	: Gaz arıtımından çıkan atıklar
TC	: Pişmiş atıklar	**RF**	: Frit atıkları
TCR	: Ham atıklar	**RV**	: Cam atıklar
RE	: Sır ve dekorlama atıkları	**RR**	: Refrakter atıklar

Kutu-7 Seramik Karo Üretim Sektöründe Endüstriyel Simbiyoz Çalışmaları

- İspanya'da Universitat Jaume I de Castelló Castellón, Kimya bölümünde endüstriyel atıkların cam seramik tekniği kullanılarak katma değerli ürünlere dönüştürülmesi kapsamında inorganik atıklarının karo yapımında kullanılabilirliği incelenmiştir [51].

- AB tarafından desteklenen HORIZON 2020 REMEB (Geri Dönüştürülebilir Membran Biyoreaktör) projesi ile seramik ham maddelerin ile farklı endüstriyel ve tarımsal atıkların düşük maliyetli membran biyoreaktör üretiminde kullanılması hedeflenmiştir. Projenin ilk adımında, İspanya'da seramik karo üretimi esnasında açığa çıkan pişmiş karo kırıkları, mermer atıkları, zeytinyağı katı atıkları gibi endüstriyel atıkların da kullanılması ile seramik membranlar geliştirilmiştir. Geliştirilen membranlar, Türkiye ve İtalya'da pilot ölçekli üretilmiştir [52].

Kutu-7 Seramik Karo Üretim Sektöründe Endüstriyel Simbiyoz Çalışmaları

- Seramik karo atıklarının yapısal beton uygulamalarında kullanımına dair yapılan çalışmada seramik karo atıklarının beton bileşiminde artışı ile betonun dayanım özelliğinin arttığı gözlenmiştir. İspanya'da seramik atıklarının %75'inin Castellon bölgesinde oluştuğu belirtilmiş olup seramik karo atıklarının beton üretiminde kaba agrega olarak kullanılması ile hem atıkların yeniden kullanımı hem de doğal kaynakların korunumu açısından önem taşıdığı vurgulanmıştır [53].

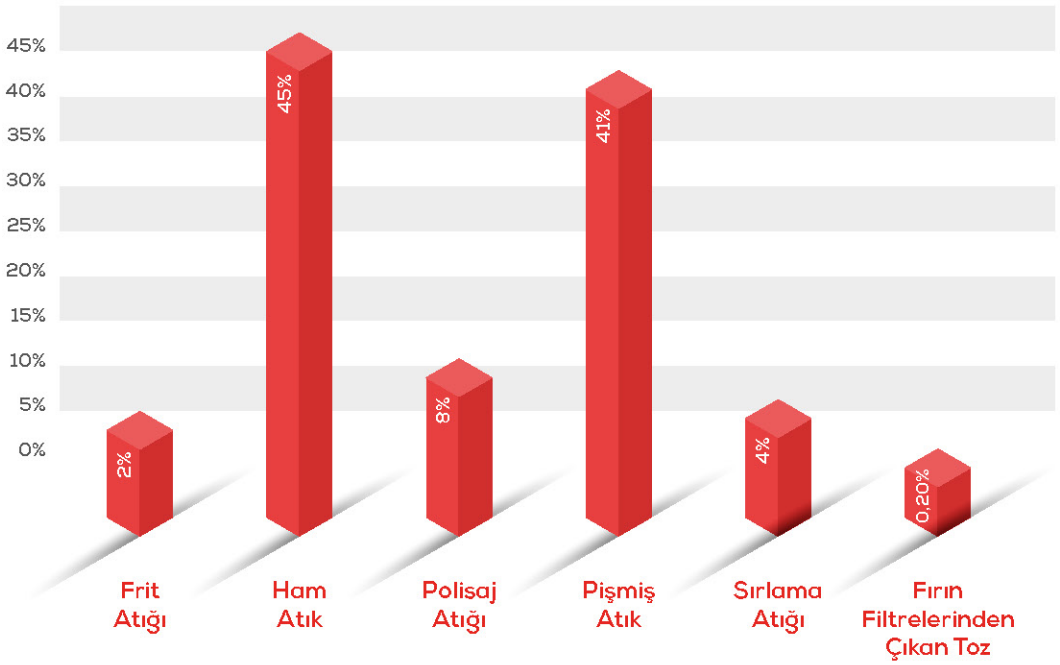
- CERACENDRES projesi kapsamında odun küllerinin seramik sektöründe kullanılabilirliği araştırılmıştır. Seramik ürünler olarak; toprak kap ve seramik karo üretimi seçilmiş olup odun küllerinin çevresel açıdan kullanımının uygun olup olmadığı proje kapsamında çalışılmıştır [54].

- Brezilya'nın Jakobe şehrinde altın arama faaliyetlerinde 5000 ton/gün oluşan kuvarsit minerali atıklarının seramik karo üretiminde ham madde olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, seramik karo üretiminde bu atıkların kullanılabileceği en uygun oran %15 olarak belirlenmiştir [55].

- Brezilya'nın Rio Grande do Sul Eyaletinde agregaların yıkama eleme sonrasında açığa çıkan küçük tane boyu dağılımına sahip taş tozlarının porselen karo üretiminde kullanımı araştırılmıştır. Porselen karo bünye hazırlanmasında Anortozit 67 ve Anortozit 72 adı verilen taş tozu ile birlikte seramik kili ve lityum feldispat kullanılmıştır [56].

Seramik karo üretiminde açığa çıkan temel atıklar sırasıyla ham ve pişmiş atıklar olup atıkların yüzdesel dağılımı Şekil 4.8'de verilmiştir [57].

Şekil 4.8 Seramik karo üretiminde açığa çıkan atıklar [57]



AB tarafından desteklenen "Waste synergy in the production of INnovative CERamic tiles (WINCER) Projesi" kapsamında porselen karo üretiminde %70'in üzerindeki oranlarda hurda ambalaj camı ve ham/pişmiş seramik karo atıklarının kullanılmasına yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında hazırlanan porselen karolar normal pişirim sıcaklıklarından yaklaşık 200°C daha düşük tepe sıcaklıklarında pişirilerek performans özellikleri incelenmiştir [57].

İspanya'da seramik karo üretimi yapan 20 sektöre ait tehlikeli/tehlikesiz atıkların süreç bazında miktarları Tablo 4.19'da verilmiştir [31].

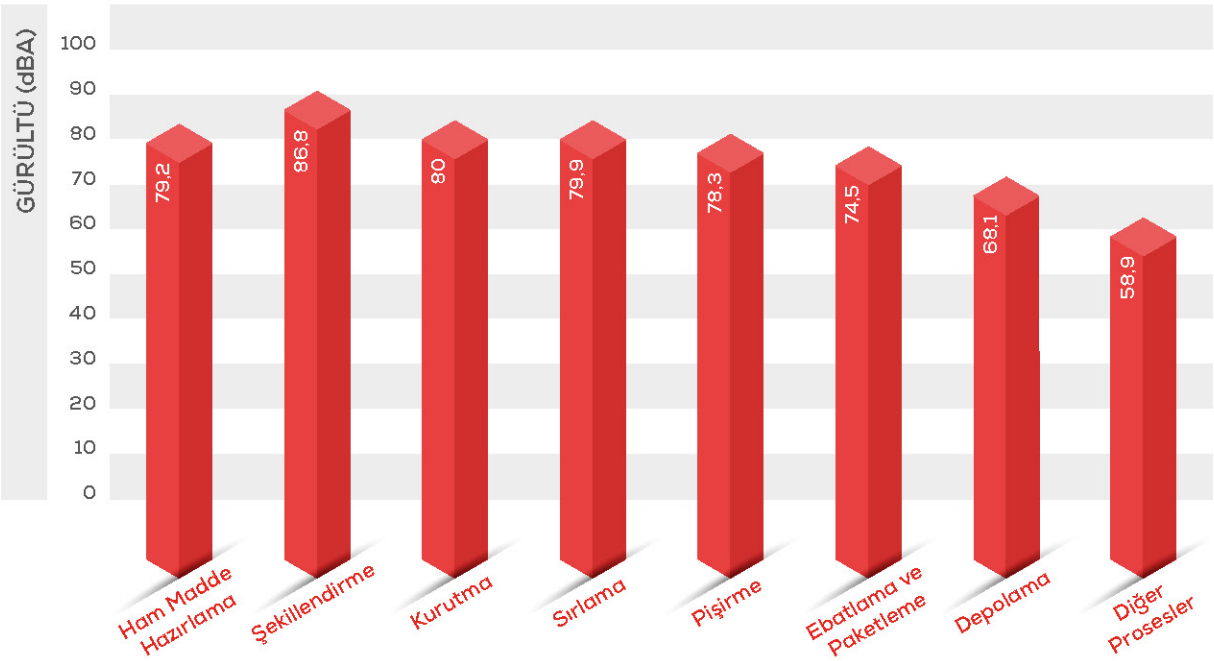
Tablo 4.19 İspanya'da seramik karo üretimi yapan 20 sektöre ait tehlikeli/tehlikesiz atıkların süreç bazında miktarları [31]

Çıktılar	Ham Madde Hazırlama	Şekillendirme	Kurutma	Sırlama	Pişirme	Paketleme ve Ebatlama	Depolama	Diğer Prosesler	Toplam
Tehlikeli Atık (kg/m²)	0,000003	0,001	0,000003	0,001	0	0	0,0009	0,0003	0,033
Tehlikesiz Atık (kg/m²)	0,0004	0,25	0,0004	2,08	0,06	0,03	0,04	1,03	3,49

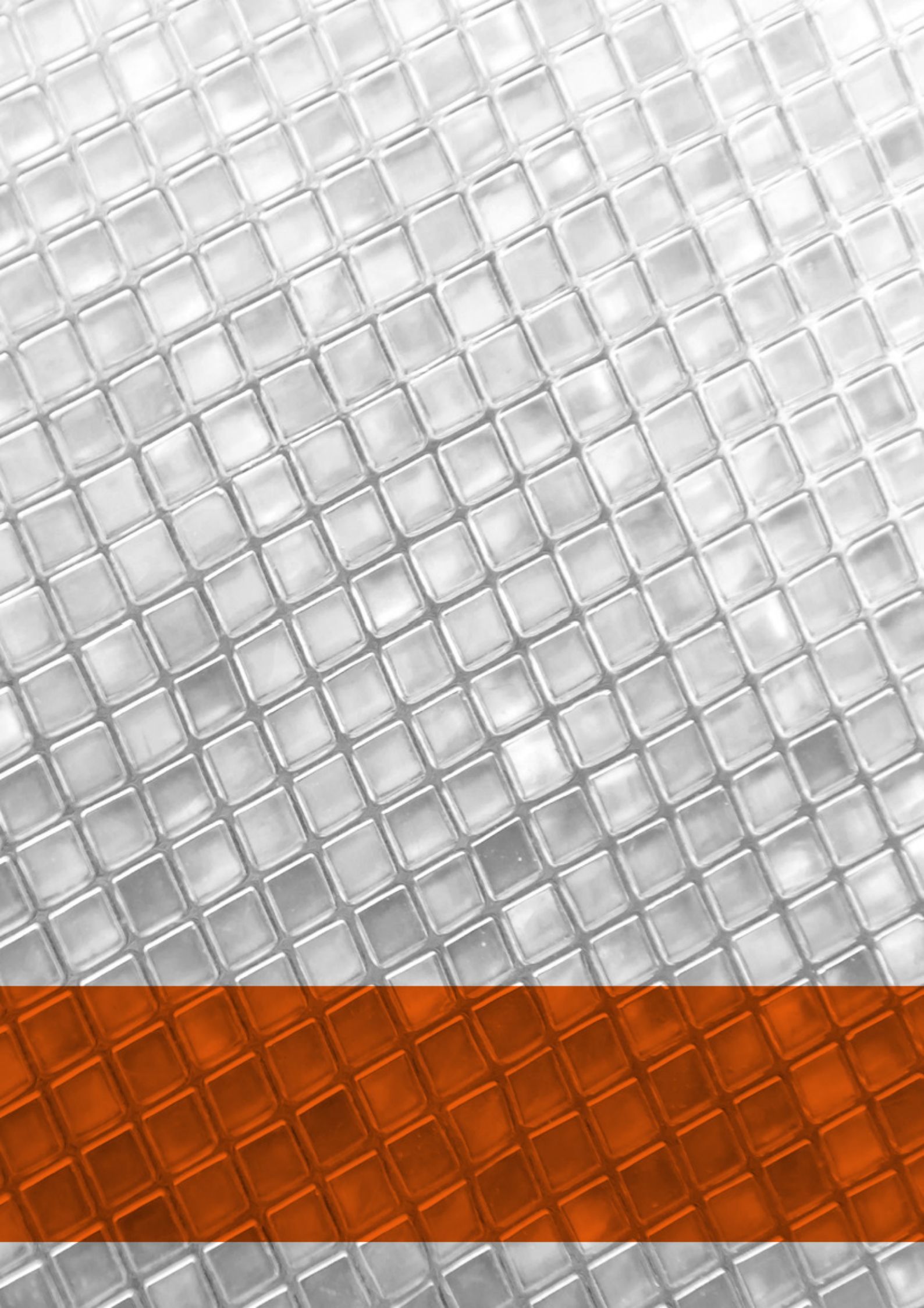
4.7. GÜRÜLTÜ

Sektörde temel gürültü kaynakları; bilyeli çamur ve sınır değirmenleri, ebatlama/polisaj makinaları, paketleme makinaları ve kompresörlerdir. İspanya'da seramik karo üretimi yapan 20 sektöre ait süreç bazlı gürültü verileri Şekil 4.9'da verilmiştir [31].

Şekil 4.9 İspanya'da seramik karo üretimi yapan tesislerde süreç bazlı gürültü verileri [31]



5. KAYNAK VERİMLİLİĞİ ÖNLEMLERİ



5 KAYNAK VERİMLİLİĞİ ÖNLEMLERİ

5.1. SERAMİK KARO ÜRETİMİ İÇİN MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER HAKKINDA REFERANS BELGESİ

Endüstriyel faaliyetler sonucunda tüketilen kaynak miktarını ve oluşan emisyonları önlemek amacıyla, Avrupa'da özellikle son 20 yılda entegre bir yaklaşım olan temiz üretim uygulamaları ivme kazanmıştır. Bu entegre yaklaşım özellikle su, enerji ve kaynak tüketimi yoğun olan endüstrilerde ön plana çıkmıştır. Bu çerçevede, AB ülkelerinde "Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü Direktifi (IPPC-96/61/EC)", yeni adıyla "Endüstriyel Emisyonlar Direktifi (IED-2010/75/EU)" ile kirliliğin kaynağında entegre bir yaklaşımla önlenmesi hedeflenmiştir. Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü Direktifi, Seramik İmalatı Endüstrisi için BREF dokümanı; seramik sektörü üretim prosesleri hakkında genel bilgi, mevcut emisyon ve tüketim seviyeleri ve MET'e ilişkin bilgiler içermektedir.

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, bununla birlikte işletmenin tasarlanma, kurulma, işletme ve bakım aşamalarında da uygulanmaktadır.

Seramik üretimi sektörüne yönelik uygulanabilecek MET'ler için referans doküman olarak 2007 yılında yayımlanmıştır [4]. Söz konusu referans dokümanın 2018/2019 yılında güncellenmesi planlanmaktadır. 5 temel bölümden oluşan 232 sayfalık bu referans dokümanında seramik sektörüne ilişkin bölümler Tablo 5.1'de verilmiştir [4].

Tablo 5.1 Referans belgesi temel bölümleri [4]

Bölüm 1	Seramik İmalatına İlişkin Genel Bilgiler
Bölüm 2	Seramik İmalatında Uygulanan Süreçler ve Teknikler
Bölüm 3	Mevcut Emisyon ve Tüketim Seviyeleri
Bölüm 4	Seramik İmalatı İçin Mevcut En İyi Teknikler (MET)'in Belirlenmesinde Dikkate Alınan Teknikler
Bölüm 5	Seramik İmalatı İçin Mevcut En İyi Teknikler

5.2. İLGİLİ ÇEVRE VE ENERJİ MEVZUATI

Ülkemizde yürürlükte olan çevre ve enerji mevzuatı değerlendirildiğinde, seramik karo üretimi sektöründe kaynak verimliliği uygulamalarına dolaylı atıfların olduğu düzenlemeler yer almaktadır. Diğer yandan, bu sektöre yönelik doğrudan kaynak verimliliği odaklı bir mevzuat ülkemizde mevcut değildir. Seramik karo üretimini bu çerçevede ilgilendiren kirlilik önleme, kaynağında azaltma, geri kazanım, geri dönüşüm, verimlilik gibi konulara ilişkin temel düzenlemeler Tablo 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.2 Seramik karo üretimine dair ilgili kanun ve yönetmelikler

KANUN		Çevre Kanunu
		Enerji Verimliliği Kanunu
		Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına ilişkin Kanun
Yönetmelik	Su	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
		Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği
	Atık	Atık Yönetimi Yönetmeliği
		Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik
		Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği
		Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği
		Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği
		Bazı Tehlikesiz Atıkların Geri Kazanım Tebliği
	Hava	Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
		Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği
		Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
	İklim	Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik
		Ozon Tabakasını İncelten Maddelerin Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik
	Enerji	Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında verimliliğin Arttırılmasına Dair Yönetmelik
		Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği
	Yatay	Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği
	Gürültü	Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği

2017 yılında görüşlere açılan ve 2018 yılı içinde yayımlanması beklenen Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Yönetmeliği de sektörü doğrudan ilgilendiren bir yasal düzenleme olacaktır [8].

5.3. SERAMİK SEKTÖRÜNE YÖNELİK TEMİZ ÜRETİM OLANAKLARI

Teknolojinin gelişmesiyle beraber, seramik karo üretiminde kaynak verimliliğinin arttırılması için çalışmalar yapılmaktadır. Geliştirilen teknik/teknolojilerin büyük bölümü günümüzde kullanılmakla birlikte, bazı teknik/teknolojiler ülkemizde yaygın olarak kullanılmamaktadır. Ülkemizde yaygın olarak kullanılmayan ve geliştirilen teknik/teknolojiler bu bölümde belirtilmiştir.

5.3.1 SU TÜKETİMİ

Seramik karo üretimi tesislerinde su tüketiminin yüksek olduğu parlatma adımında kullanılan suyun aynı süreçte tekrar kullanılabilmesi için sadece polisaj adımından gelen atık sular için ayrı bir atık su arıtma tesisi kurulmalıdır. Atık suların arıtıldıktan sonra tekrar parlatma işleminde kullanıldığı çevrimiçi bir sistem ile su tüketimi azaltımına önemli bir katkı sağlanması mümkündür [58].

Sektörde su kaybının yüksek olduğu bir diğer süreç adımı püskürtmeli kurutuculardır. Söz konusu adımda yaklaşık % 35-40 oranına sahip çamurun kurutulması esnasında ciddi miktarda su buharı açığa çıkmaktadır. Bu adımda çıkan su buharının geri kazanılması da önemli bir kaynak verimliliği uygulaması olacaktır [58].

Seramik karo üretiminde su tüketiminin azaltılması için bir diğer alternatif yaş öğütme sistemleri yerine kuru öğütme sistemlerinin kullanılmasıdır [32].

Bununla birlikte tesislerde su tüketimini en aza indirmek için;

- Süreçlerde su tüketiminin optimizasyonunun yapılması,
- Süreçlerdeki su kayıplarının takip edilmesi ve kayıpları önlemek için uyarıcı levhaların kullanılması,
- Yer yıkamalarında basınçlı su kullanılması önerilmektedir [58].

5.3.2 ATIK SU DEŞARJLARI

SSeramik karo üretim tesislerinden çıkan atık sular arıtma sonrasında tekrar karo üretim adımlarında (parlatma hariç) veya tesis içinde temizlik amaçlı tekrar kullanılabilmektedir.

Ülkemizde seramik karo üretim tesislerinden kaynaklanan atık sularda Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) Tablo 7.4: Maden sanayi (seramik ve toraktan çanak-çömlek yapımı ve benzerleri)'te verilen deşarj parametreleri ve limit değerlere göre izlenmektedir. Söz konusu yönetmelikte yer alan parametreler ve limit değerler Tablo 5.3'te verilmiştir.

Tablo 5.3 SKKY Tablo 7.4'te verilen deşarj kriterleri

Parametre	Birim	Kompozit Numune 2 Saatlik	Kompozit Numune 24 Saatlik
KOİ	(mg/L)	80	-
AKM	(mg/L)	100	-
Kurşun (Pb)	(mg/L)	1	-
Kadmiyum (Cd)	(mg/L)	0,1	-
Çinko (Zn)	(mg/L)	3	-
pH	-	6-9	6-9

5.3.3 ENERJİ TÜKETİMİ

Seramik karo üretimi maliyetleri içinde enerjinin payı diğer bileşenlere oranla oldukça yüksektir. Seramik karo üretimi sektöründe temel enerji tüketiminin gerçekleştiği süreç adımları; ham maddelerin çıkarılması, tesise taşınması, üretim süreci, depolama ve ürünlerin nakliyesidir. Bu süreç adımları içinde en önemli sıcak noktalar hızlı pişirim ve kurutma adımlarıdır [59].

Atık ısı geri kazanım sistemlerinin kullanıldığı temel yerler; yakma bacası ve soğutma bacasıdır. Atık ısı geri kazanım teknolojisinin uygulanmasında en önemli kısıt yatırım maliyetidir. Ülkemizdeki seramik karo üreticilerinin birçoğunda çıkış bacasındaki atık ısı geri kazanılarak, püskürtmeli kurutucularda, kurutucularda ve fırının kendisinde kullanılmaktadır. Ancak, fırın giriş bölgesindeki atık ısı geri kazanımı, içeriğinden dolayı oldukça kısıtlıdır. Enerji tasarrufu açısından, ülkemizde fırın giriş bacasındaki atık ısının, kullanılabilir hale getirilmesi ve kullanımı ile ilgili çalışmaların yapılarak uygulamaların yaygınlaştırılması gerekmektedir [58].

Seramik karo üretimi sektöründe enerji tüketimini azaltmak için; fırınlar ve püskürtmeli kurutucuların enerji verimliliği için tasarlanması, fırından atılan sıcak havanın geri kazanımı, kızılötesi ve mikrodalga ile kurutma ve pişirme yöntemlerinin geliştirilmesi, seramik bünyelerin daha düşük tepe sıcaklıklarında hızlı pişirimine uygun hale getirilmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır [4], [23]. Seramik fabrikaları yüksek ısı ihtiyaçları sebebi ile bu tür sistemleri kullanmaya son derece uygundur. Örneğin sistemin atık ısı gazı doğrudan püskürtmeli kurutuculara gönderilerek değerlendirilebileceği gibi kızgın su üretilerek her türlü ısıtma ve kurutma işleminde de kullanılabilir. İspanya gibi bazı ülkelerde püskürtmeli kurutucu ile granül üretimi yapan birçok üretici kojenerasyon üniteleri (ısı ve elektrik enerjisini birlikte üretebilen) kurarak granül üretimi prosesinde %85-90 arasında enerji verimliliği sağlanmıştır [60].

Özetle, seramik karo üretiminde enerji tüketiminin azaltılması için aşağıdaki önlemler alınabilir [4].

- Kurutucu ve fırın tasarımı,
- Atık ısı geri kazanımı,
- Kojenerasyon tesislerinin kurulması/kullanılması
- Fuel oil ve katı yakıtlar yerine düşük emisyonlu yakıtların ikame edilmesi,
- Seramik bünye reçetelerinin modifikasyonu

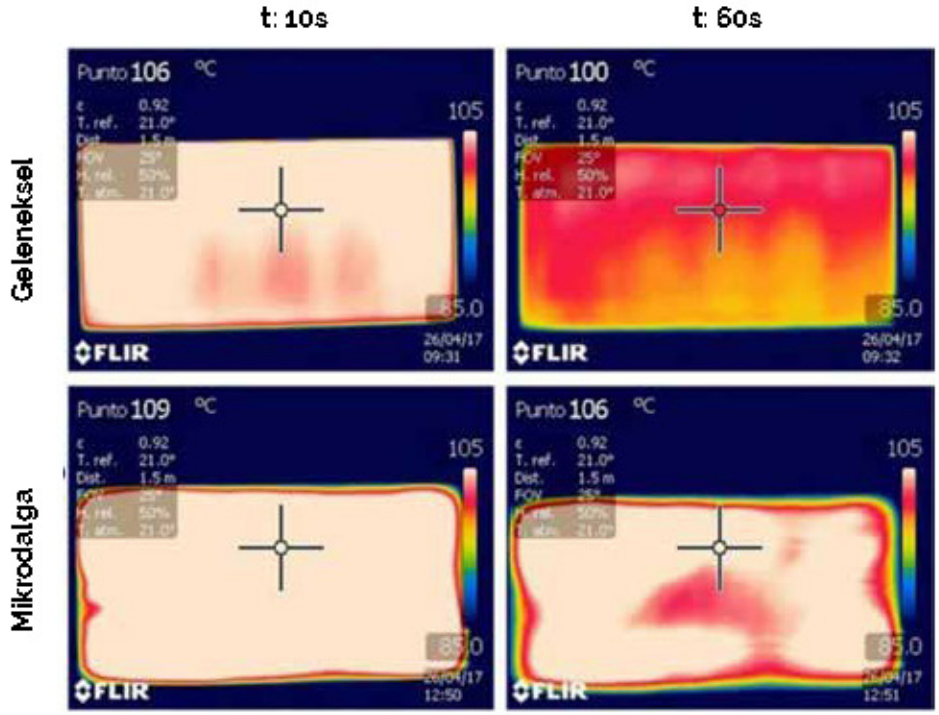
Kutu-8 İyi Uygulama Örneği Nefes Alan Karo, Türkiye Örneği [61]

Seramik Araştırma Merkezi A.Ş. (SAM) tarafından geliştirilen ve Kaleseramik Çanakkale Kalebodur Seramik San. A.Ş.'ye lisanslanan seramik kaplama malzemelerinin iç mekânlarda nem miktarını ayarlamak üzere jeopolimer teknolojisi kullanılarak geliştirilen ürün; nem oranı yaklaşık %70'in üzerine çıktığında havadaki nemi absorblayabilme nem oranı %40'ın altına düştüğünde ise tuttuğu nemi ortama geri vererek ortamın nemini insan sağlığı için ideal olan %40-70 arasında tutabilme kabiliyetine sahiptir. Söz konusu seramik karo, kuru ya da nemli havadan kaynaklanabilecek hastalıkların azaltılmasına, ortam nemini dengeleyerek katkı sağlamakla birlikte nemin karoda neden olabileceği olası tahribatı engellemektedir. Ayrıca, yoğun enerji tüketimi olan seramik karo üretimi sektöründen farklı olarak nem kontrollü karo üretiminde minimum su ve enerji kullanımı ile %70 oranında daha az enerji tüketimi ile kaynak verimliliğine katkı sağlanmıştır [61].

Kutu-9 Seramik Karoların Ekoverimli Mikrodalga Teknolojisi ile Kurutulması, İspanya Örneği [62]

Geleneksel kurutma yöntemlerinde doğal gaz kullanılması nedeni ile elektrik enerjisi kullanılan mikrodalga teknolojisine kıyasla daha ekonomik görünmekle birlikte geleneksel yöntemde ısı kaybının yüksek ve verimliliğin düşük olması mikrodalga kurutma yöntemini cazip hale getirmiştir [62]. Mikrodalga kurutma teknolojisinde izolasyon ihtiyacı olmaması ve ısı kaybının düşük olması (soğuk fırın) ile birlikte söz konusu kurutma teknolojisinde yüksek güç uygulandığında karonun gözeneklerinde normalin üzerinde basınç yaratarak karo yapısında bozulmalara yol açabilmektedir. Ayrıca, mikrodalga teknolojisi ile kurutma esnasında karonun yüzeyinde homojen olmayan aşırı ısınmalar gözlenebilmektedir [62].

İspanya'da %5-7 nem oranına sahip presleme ile şekillendirilmiş seramik karoların kurutulmasında mikrodalga teknolojisi kullanılmış olup çalışmada kullanılan cihaz homojen kurutma sağlayacak şekilde dizayn edilmiştir. Bu kapsamda; 25 cm x 50 cm ebatlara sahip karolar ile geleneksel mikrodalga cihazı ile çalışmada tasarlanan mikrodalga cihazı kurutma testleri gerçekleştirilmiştir. Kurutulan karoların yüzeyine ait termal görüntüler incelendiğinde karoların yüzeyinde ısı dağılımının yeni tasarlanan cihazda daha homojen olduğu tespit edilmiş olup bu sayede karoların sırlama adımında problem yaşanmayacağı belirtilmiştir [62].



Seramik karoların geleneksel ve yeni tasarlanan mikrodalga teknolojisi ile kurutma esnasında alınan termal kamera görüntüleri [62]

5.3.4 HAM MADDE KULLANIMI

Seramik karo üretiminde pişirim öncesi; presleme ve kurutma adımlarında oluşan ham atıkların kırılarak/öğütülerek uygun boyutlara getirildikten sonra reçetede tekrar kullanılması kaynak verimliliği açısından önemlidir. Proses kayıpları ve atıklarını seramik karo reçetelerinde ham madde olarak tekrar kullanmak mümkündür [50]. Ayrıca, bu atıklar seramik sektörü veya başka sektörlerde (çimento sektörü gibi) alternatif ham madde olarak da değerlendirilebilmektedir [63].

Bununla birlikte, ülkemizde ham madde temininde dışa bağımlılığın azaltılması için yerli ham maddelerle alternatif reçete çalışmaları yapılarak yaygın kullanımları sağlanmalıdır. Ayrıca, seramik karo üretimi için gerekli olan ham maddelerin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için ülkemizin seramik ham madde haritasının çıkarılarak ham madde rezervleri ortaya konulmalıdır [58].

Kutu-10 Opti2 Projesi, AB Projesi [64]

Endüstri 4.0 kapsamındaki gelişmeler ürünlerin üretim proseslerinde izlenebilmesi ile ürünlerin takip edilmesini mümkün kılan akıllı ürünlere dönüşmesini sağlamıştır. Seramik karo üretiminde kaynak tüketiminin optimize edilmesi kapsamında; enerji kullanımı, üretimi ve planlamasını analiz edebilmek üzere algoritmalar geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu teknolojik çözümler, yenilenebilir enerjilerin entegrasyonunu veya termal enerji olarak kullanmak veya elektriğe dönüştürmek için kullanılan işlemlerden kalan ısının geri kazanılmasını içermektedir. Söz konusu izleme sisteminde; her bir seramik karo üretim prosesi süresince tek bir ID ile işaretlenmektedir. Seramik karo, üretim prosesinde ilerledikçe (presleme, kurutma, dekorlama, pişirme, ayırma), sistem her bir seramik karo için üretim verilerini proses bazında veri tabanına kaydetmektedir. Bu izleme sistemi, seramik karo üretiminde yüksek kalitede ürünler elde edildiğinden emin olmak ve ürünün nasıl üretildiğini analiz edebilmek için önemli bir inovasyondur. Ayrıca, söz konusu inovasyon proses optimizasyonu çalışmalarında da kolaylık sağlamaktadır.

Geleneksel yapay görüntüleme sistemleri, ürünlerin fiziksel özellikleri hakkında gerçek zamanlı bilgi toplamak için farklı endüstriyel sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, tüm üretim süreci hakkında gerçek zamanlı kimyasal veriler toplayabilen hiçbir ticari sensör veya teknoloji mevcut değildir. Opti2 projesi kapsamında seramik karo sektöründe nem ölçümü, yoğunluk ve pişirim öncesi dijital mürekkep oranı izleme amacıyla geliştirilen optik sensör prototiplerinin validasyonları yapılmıştır.

5.3.5 ATIK OLUŞUMU

Seramik karo üretim prosesinde ham, pişmiş ve filtre pres atıkları başta olmak üzere katı atıklar ortaya çıkmaktadır. Söz konusu atıklar seramik karo reçetelerine düşük oranlarda dâhil edilebilmekle birlikte ülkemizde atıkların kullanımı yaygınlaştırılmalıdır. Ayrıca, seramik karo üretiminde parlatma adımından çıkan atık suların içeriğinde bulunan silisyum karbür (SiC) atık su arıtma tesisinden çıkan filtre pres keklerinin yeniden kullanımını kısıtlamaktadır [58]. Bu anlamda, polisaj atık sularının tesis-

lerde ayrı arıtılması diğer üretim adımlarından kaynaklanan arıtma keklerinin geri kazanımı açısından da önem arz etmektedir.

Kutu-11 LIFE CERAM Projesi, AB Projesi, Castellon, İspanya [65]

2013-2016 yılları arasında İspanya'nın Castellon bölgesinde yürütülen LIFE CERAM-Seramik karo üretiminde sıfır atık (zero waste in ceramic tile industry) isimli proje ile seramik karo üretiminden çıkan atıklar (ham atık, pişmiş atık, parlatma çamuru, fırın filtrelerinden çıkan toz ve seramik olmayan atıklar (uçucu kül, cam atıkları) ile hazırlanacak bünye ve sır reçetelerinin dış mekan kaplama uygulamalarında kullanılması hedeflenmiştir. Bununla birlikte, söz konusu kaplama malzemelerinin üretim aşamasında kullanılacak bünye reçetelerinin kuru öğütme sisteminin de kullanılması ile hazırlanarak sürdürülebilir bir biçimde oluşturulması amaçlanmıştır. Laboratuvar ölçekli yapılan çalışmalarda; atıkların karakterine bağlı olarak uygun ön işlemler uygulanmış her bir atık için bünye ve sır bileşimi geliştirilmiştir [65]. Elde edilen bünye ve sır bileşimlerinin kullanılması ile üretilen karoların teknolojik özellikleri de tespit edilmiştir. Laboratuvar çalışmaları ile elde edilen çalışmaları doğrulamak için yürütülen endüstriyel ölçekli çalışmalarda seramik karo üretimi için bünye bileşim oranları ve sır bileşim oranları belirlenmiştir. Bünye bileşiminde %100 oranında seramik atığı kullanılabilir iken sır bileşiminde sadece %15 oranında frit atığının kullanılabilir olduğu tespit edilmiş olup elde edilen sonuçların kentsel alanlarda seramik karo olarak kullanılabilir nitelikte olduğu görülmüştür [65].

Bünye Bileşimi	Sır Bileşimi
Ham Atık % 45	Frit Atığı % 15
Pişmiş Atık % 45	Ham Madde % 85
Sır Çamuru 7,5	
Polisaj Çamuru % 2,25	
Fırın Filtrelerinden Çıkan Toz % 0,25	
Toplam Atık Geri Kazanım Oranı % 100	Toplam Atık Geri Kazanım Oranı % 15

Kuru öğütme/granülleştirme sistemi kullanılarak tasarlanan bünye reçetesinin hazırlanması aşamasında; su ve enerji tüketimlerinde sırası ile %80 ve %75 oranında düşüş gözlenmiştir [66]. Çalışmanın devamında seramik karo üretimi için maliyet analizi yapılmış olup tüm maliyetler (yatırım, işletme, diğer giderler) ve karlılık göz önünde bulundurulduğunda Lifeceram granül bünyenin satış fiyatı 24,7 €/ton olarak belirlenmiştir [67]. Piyasada satış fiyatı yaklaşık 38 €/ton olan kuru öğütme/granülleştirme yöntemi ile elde edilmiş granül ile kıyaslandığında söz konusu bünye karışımının rekabet gücünün artacağı vurgulanmıştır. 2018 yılında güncel fiyatlar ile hesaplanan karlılık oranının %7 olacağı hesaplanmıştır [67].

Kutu-12 LIFE CERSUDS Projesi, İspanya [68]

Düşük ticari değere sahip seramik karolara yağmur sularını drene etme özelliği kazandırılarak şehir düzenlemelerinde kullanılmasına yönelik LIFE CERSUDS (Sustainable Urban Drainage Systems-Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemi) projesi 2016-2019 yılları arasında yürütülmüştür. Proje ile geçirgen seramik yol kaplama malzemelerinin elde edilmesi amaçlanmış, bu kapsamda İtalya, İspanya ve Portekiz'de seramik karo üreticilerinin depolama sahalarında bulunan düşük ticari değere sahip karolar kullanılmıştır. Söz konusu karolar farklı genişliklerde parçalara ayrılarak deneme çalışmaları yapılmıştır. Kentsel zemin döşemelerinde geçirgen seramik karoların kullanılması ile yağmur sularının zeminin alt tabakasında toplanarak sonra yağmur sularının kullanılmasının mümkün olabileceği belirtilmiştir [64] Projenin uygulama çalışması İspanya'nın Benicássim kentinde bir spor sahasının yanında 3000 m^2'lik alanda gerçekleştirilmiştir [64].

Projeye ait görüntüler [69]

Kutu-13 Seramik Karo ve Sağlık Gereçleri Atıklarının Seramik Karo Üretiminde Yeniden Kullanımı [70]

Amerika'da faaliyet gösteren Crossville firması 2009 yılında başlattıkları "Tile Take-Back Program (Seramik Karoların Geri Alımı Programı)" ile söz konusu tesise yakın bölgede çıkan pişmiş/kullanılmış porselen karo atıklarının tekrar karo üretiminde kullanımı sağlanmaktadır. Tesiste atık suların %99,98'i üretimde yeniden kullanılmaktadır. Tesisin sahip olduğu sertifikalı geri dönüşüm prosesleri ile daha önce düzenli depolama tesislerine verilen ve/veya tesislerin sahalarında depolanan seramik karo atıklarının yaklaşık yıllık 5.436 tonu yeniden seramik karo üretimine dahil edilmektedir. Ayrıca, söz konusu firma; dünyada önde gelen sıhhi tesisat üreticilerinden biri olan TOTO USA ile işbirliği yaparak seramik sağlık gereçlerinin üretimi esnasında ortaya çıkan atıklarının da seramik karo üretiminde bünye reçetelerinde ham madde olarak yeniden kullanılmasına katkı sağlamıştır [70].

5.3.6 EMİSYONLAR

Seramik karo üretiminde hemen hemen tüm proses adımlarında toz ve gaz emisyonları gözlenmekte olup, emisyon azaltımı için [4];

- Toz çıkan proseslerin kontrolü sağlanmalıdır.
- Tesis içinde toz emisyonlarının azaltımı için depolama alanlarında kapalı taşıma/konveyör sistemlerinin kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.
- Ayırma ve filtreleme sistemleri kullanılmalıdır.
- Gaz çıkışına sebep olan (kükürt oksit, inorganik klorlu bileşikler, inorganik florlu bileşikler, uçucu organik bileşikler vb.) girdiler azaltılmalıdır.
- Reçetelere karbonat içeriği düşük ham maddeler eklenmelidir.

5.3.7 GÜRÜLTÜ

Sektörde temel gürültü kaynakları; çamur ve sır değirmenleri, ebatlama/parlatma makinaları ve kompresörlerdir. İşletmeler, hem ekipman ve makinelerin çalışmasından hem de tesise giren çıkan araç trafiğinden kaynaklanan gürültü emisyonlarını engellemek için gürültü engelleyici teknikler (hücre/kabin içine alma, duvar ve ses bariyeri, izolasyon vb.) uygulanmalıdır.

Sektörde enerji verimliliği sağlayan yenilikçi ekipman kullanımı gibi kaynak verimliliği çalışmaları gürültü azaltımı üzerinde de etkili olacaktır. Çevresel Gürültünün Kontrolü ve Yönetimi Yönetmeliği Ek-7'de endüstriyel alanlar için gündüz gürültü sınır değeri 70dBA olarak verilmiş olup, bu seviyenin aşılması halinde azaltımına yönelik eylem planlarının yapılması gerekmektedir [8].

5.3.8 GENEL KONTROL LİSTESİ

Genel kontrol listesi MET Referans Dokümanı, sektörel ziyaretler ile Türkiye ve dünyadaki iyi uygulama örnekleri dikkate alınarak oluşturulmuştur (Tablo 5.4) [4], [58], [71].

LEJANT

Yönetimsel/Operasyonel

Kaza Yönetimi

Ham Madde

Su

Enerji

Kimyasal

Atık Su

Katı Atık

Sera Gazı

Hava Emisyonu

Gürültü

Tablo 5.4 Genel kontrol listesi [4], [58], [71]

Kategori	Önlem	İyileştirme / Azaltma
Çevre Yönetimi ve Rutin Bakım [71]	Çevre Yönetim Sistemi kurulması	
	Üretim proseslerinin ve ekipmanların kullanımında insan kaynaklı hataların önüne geçebilmek amacıyla prosedürlerin dokümante edilmiş halde bulundurulması ve takip edilmesi	
	Enerji Yönetim Sistemi kurulması	
	Çalışanların bilinçlendirilmesi ve teknik altyapının güçlendirilmesine yönelik eğitimlerin düzenlenmesi	
	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	
	Pompa, kompresör, vana vb. ekipmanlardaki kaçakların belirlenmesi ve önlem alınması	
	Üretimde zaman optimizasyonunun uygulanması, tüm işlemlerin en kısa sürede bitecek şekilde düzenlenmesi	
	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	
	Pres önü karo çeviricilerde mikro sensör uygulaması	
	Kurutma makinesi yan kapak mekanik koruyucu kullanılması	
	Rotocolor makinesinin bulunduğu koruyucu kafeste sensör düzeneğinin bulunması	
	Robot sırlama kabini kullanılması	
	Kayış – kasnak mekanik koruyucular kullanılması	
	Paketleme prosesinde temassız algılayıcı mikro sensör uygulaması	
Su Yönetimi	Su tüketim miktarının süreç bazlı belirlenmesi için debimetrelerin kullanılması	
	Toplama sistemleri kurularak yağmur sularının tesis temizliğinde veya uygun alanlarda alternatif su kaynağı olarak değerlendirilmesi	
	Ekipman ve tesis temizliğinde basınç kontrollü nozullar kullanılması	
	Üretimde ve tesis temizliğinde kuru temizleme sistemlerinin uygulanmasıyla su tüketiminin ve atıksu içerisindeki katı maddelerin azaltılması	
	Püskürtmeli kurutucuda buharlaştırılan suyun geri kazanılması	
Enerji Yönetimi	Proses bazlı enerji denetimleri yapılması	
	Tesisteki önemli enerji akışları ve yanma prosesleri için online izleme-kontrol sistemlerinin kullanılması	
	Boru, vana, tank ve makinelerinin izolasyonunun yapılması	

Kategori	Önlem	İyileştirme / Azaltma
Enerji Yönetimi	Yakıt-hava oranının izlenmesi ve optimize edilmesi	
	Yakma havasının sıcaklığını arttıracak ön ısıtma sistemlerinin kullanılması	
	Ekipmanların hazırda bekleme sürelerinin azaltılması	
	Ekipmanların mevcut çalışma voltajlarının üzerinde çalışmasının engellenmesi	
	Kojenerasyon sistemi kurulması	
	Gaz türbinlerinin atık gazlarından enerji geri kazanımı	
	Kojenerasyon sistemlerinde kullanılan gaz motoru ve türbinin veriminin artırılması	
	Isının ürünlerden, sıcak atıksu akımlarından ve atık gaz emisyonlarından geri kazanılması	
	Gerek duyulandan daha yüksek güçte motorların kullanımından kaçınılması	
	Aydınlatma ihtiyaçlarının gerçekleştirilecek faaliyet için gerekli tayf içeriği ve yoğunluk bağlamında belirlenmesi ve verimli ampullerin kullanılması	
	Doğal ışık kullanımının artırılması	
	Aydınlatma yönetimi kontrol sistemlerinin (dedektör, zamanlayıcı, fotosel vb.) kullanılması	
	Elektriğin pahalı olduğu periyodlarda elektrik tüketiminin azaltılması	
	Kablolardaki kayıpları azaltarak tasarruf sağlayabilmek amacıyla kompanzasyonun hemen trafo çıkışında değil tüketim noktalarında yapılması	
	Motorun kalkış akımını dengeli bir şekilde ayarlayabilen elektronik devreli statik yol vericilerin kullanılması	
	Fan, kompresör ve pompalarda yükün azaltılması için değişken hız sürücülerin kullanılması	
	Frekans kontrollü pompa, fan ve elektrik motorlarının kullanılması	
	Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması	
Emisyon Yönetimi	Hava emisyonlarının kontrol edilmesi	
	Bilgisayar tabanlı sistemler ile emisyon kaynaklarının sürekli izlenmesi	
	Doğrudan, yarı-doğrudan veya dolaylı ölçümler ile emisyon kaynaklarının izlenmesi	
	Emisyon faktörleri kullanılarak emisyonların hesaplanması	
	Lojistik kaynaklı emisyonların azaltılmasına yönelik çalışmaların yapılması	
	Toz tutma ve havalandırma sistemlerinin kullanılması	
	Elektrikli forklift ve araçların teşvik edilmesi	
	Oluşan toz emisyonlarının azaltılması amacıyla torbalı filtre, yıkayıcılı filtre ve elektrostatik filtre (ESF) gibi toz toplama sistemlerinin kullanılması	
	Düşük NOx brulörleri ve atık gaz resirkülasyonun ayrı ayrı veya birlikte kullanılması ile NOx giderim veriminin artırılması	

Kategori	Önlem	İyileştirme / Azaltma
Emisyon Yönetimi	Düşük NOx brulörleri ile atık gaz resirkülasyonundan kalan yakıtın yakılması için üst hava enjeksiyonu yapılması	
	Son brulör seviyesi ile üst hava arasına indirgenmiş yakıt (örneğin geri dönüştürülmüş atık gaz ve doğal gaz karışımı) enjeksiyonu ile NOx emisyonlarının azaltılması	
	Alev etrafında farklı oksijen miktarına sahip yanma bölgeleri olduğundan aşamalı hava beslemesi yapılarak NOx giderim veriminin artırılması	
	İki aşamada yakıt beslenmesi ile NOx emisyonlarının azaltılması	
Atık Su Yönetimi	Atık sulara materyallerin sürüklenmesinin engellenmesi amacıyla zemin drenajı üzerinde ızgara kapanları kullanılması ve sık sık temizlenmesi	
	Her bir karo üretim sürecinden çıkan atık su buharlarının ayrı toplanması	
	Karo üretim sürecinden çıkan atık suların aynı süreçte tekrar kullanımının sağlanması	
Katı Atık Yönetimi	Tesis içinde oluşan atıkların değerlendirilmesi	
	Katı atıkların ayrı toplanması ve büyük hacimli veya geri dönüşümlü konteynerlerin kullanılması	
	Atıkların asgari seviyeye indirilmesi için entegre tekniklerin ve operasyonel tekniklerin dâhili olarak kullanılması veya (dâhili veya harici olarak) özel geri dönüşüm proseslerinin uygulanması	
Gürültü Yönetimi	Binalarda yer alan havalandırma sistemlerinin ve üfleme kapılarının ses yalıtımının yapılması	
	Gürültü kaynaklarının uygun teknikler ile (hücre/kabin içine alma, duvar ve ses bariyeri, yalıtım vb.) çevrelenmesi	
	Gürültü çıkışlarına (örneğin havalı pompalar) susturucu ekipmanlar takılması	
	Gürültü kesici kabinlerin kullanılması	
	Kompresör gibi teknik cihazlar için ses yalıtım modüllerinin kullanılması	
	Metal-metal birleşimlerinde kauçuk malzeme kullanılması	
	Fanlarda gürültü seviyesinin azaltılmasına yönelik uygun tekniklerin kullanılması	
	Gürültünün ve vibrasyonun azaltılması için fanlar ve fan kanalları arasında esnek bağlantılar kullanılması	
	Boruların duvar içlerinde özel kanallara döşenmesi	
	Soğutma sistemlerindeki gürültünün azaltılması	
	Vinç operatörlerine gürültüyü azaltmaya yönelik özel bilgi ve eğitim verilmesi	
	Fiziksel bariyerlerin inşa edilmesi	

5.3.9 SERAMİK KARO ÜRETİMİNE AİT KONTROL LİSTESİ

Tablo 5.5 Seramik karo üretimi ile ilgili kontrol listesi [4], [58], [62]

Kategori	Önlem	İyileştirme / Azaltma
Ham Madde Seçimi, Depolanması ve Kullanımı	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	
	Tüketicilerin koyu renk seramik ürünlere alıştırılması ile yerli ham maddelerin kullanımının artırılması	
	Tesis içinde oluşan ham/pişmiş ve filtre pres çamurlarının bünye reçetelerinde değerlendirilmesi	
Bünye ve Sır Hazırlama	Püskürtmeli kurutucu ünitelerinde ısı kaybını önlemek için yeterli izolasyonun yapılması	
	Yaş öğütme/püskürtmeli kurutucu yerine kuru öğütme/granülleştirme prosesinin kullanılması	
	Bünye reçetelerinin revize edilmesi ile tek pişirim üretime geçiş sağlanması veya pişirme sıcaklık ve sürelerinin düşürülmesi	
Şekillendirme	Presleme ile şekillendirme adımında doğru zamanda basınç uygulayan yeni nesil makinaların kullanılması ile enerji tasarrufunun artırılması	
Kurutma	Kurutma devrelerinin otomatik kontrolünün sağlanması	
	Kurutma adımında otomatik nem ve sıcaklık kontrolünün yapılması	
	Kurutucularda istenilen homojen sıcaklığı sağlayabilmek amacıyla kurutucu içine uygun güçte fanlar takılması	
	Kurutucu ve pişirme fırınları arasındaki mesafenin optimize edilerek gereksiz soğutma işleminden kaçınılması	
	Kurutma adımında soğutma havasının kullanılması	
	Kurutma adımında mikrodalga ve kızıl ötesi gibi tekniklerin tercih edilmesi	
Sırlama ve Dekorlama	Dekorlama adımında su bazlı mürekkeplerin kullanılması	
	Sır atık suları için yerinde toplama sistemi kurulması	
Pişirim	Pişirim aşaması olmadan karo üretimi (jeopolimerizasyon)	
	Pişirme adımında baca gazı ısılarının kullanılması	
	Tünel fırınların ısı kaybının önlenmesi için refrakter malzemeler veya seramik fiber ile izolasyonunun sağlanması	
	Fırınlarda yanma verimini ve ısı transferini iyileştirmek amacıyla yüksek hızlı brülörün kullanılması	
	Pişirim rejimlerinin interaktif bilgisayar kontrollü yapılarak enerji tüketiminin ve gaz emisyonlarının azaltılması	
	Gaz emisyonuna sebep olan (kükürt oksit, inorganik klorlu bileşikler, inorganik florlu bileşikler, uçucu organik bileşikler vb.) girdilerin azaltılması	
	Pişirme adımında soğutma havasının kullanımı	

Kategori	Önlem	İyileştirme / Azaltma
Pişirim	Fırın giriş bacasındaki atık ısının, kullanılabilir hale getirilerek değerlendirilmesi	
	Fırın beslemesinin doğrudan (stoksuz) yapılması	
	Baca gazı emisyonlarının azaltımı için ağır yakıt yerine doğal gaz, likit petrol gazı gibi yakıtların tercih edilmesi	
Parlatma ve Ebatlama	Parlatma adımında çıkan atık suların arıtılarak yeniden parlatma adımında kullanılması	
	Parlatma adımından çıkan atık suların ayrı atık su arıtma tesisinde arıtılması ile arıtma sonrası ortaya çıkan filtre pres çamurlarının diğer süreçlerden kaynaklanan filtre pres atıklarından ayrılmasının sağlanarak diğer süreçlerden çıkan filtre pres çamurların bünye reçetelerinde yeniden kullanımının sağlanması	
Kalite, Ayırma ve Paketleme	Paketleme malzemelerinin seçiminde yeniden kullanım ve geri kazanıma uygun olanların tercih edilmesi	
	Paketleme hattı verimliliğinin optimize edilmesi	

5.4. TÜRKİYE'DEN VE DÜNYADAN İYİ UYGULAMA ÖRNEKLERİ

5.4.1 ÖRNEK UYGULAMA 1 [72]

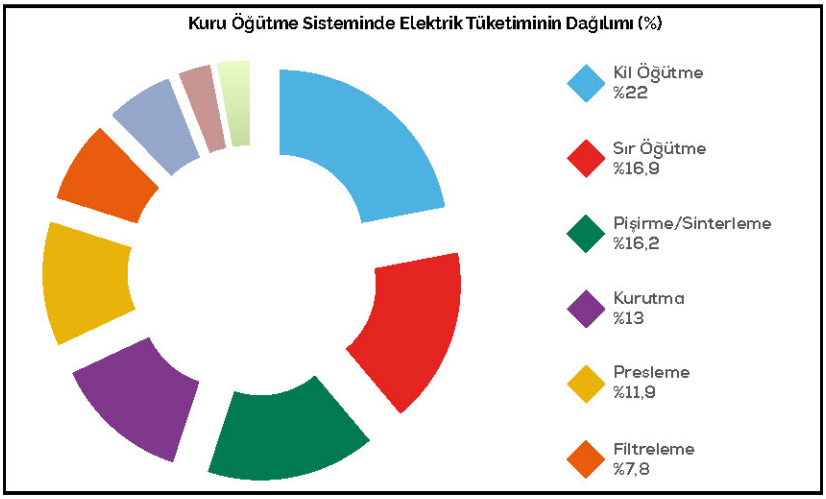
Firma Bilgisi: Brezilya [4]

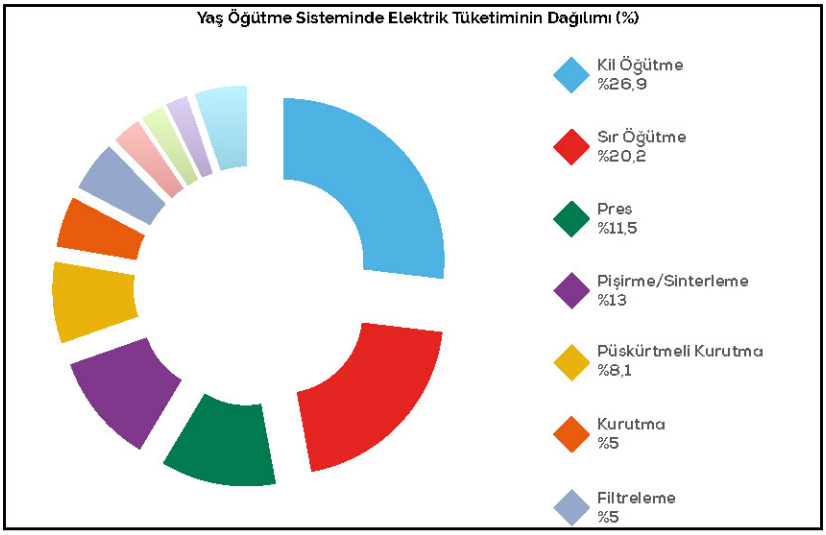
Çevresel Değerlendirme: Brezilya'da kuru öğütme/granülleştirme ve yaş öğütme yöntemlerinde kullanılan enerji tüketimleri arasındaki farkı tespit edebilmek amacıyla iki farklı karo üretim tesisinin üretim prosesleri izlenerek enerji tüketimleri kıyaslanmıştır.

Süreç Özeti: Kuru öğütme/granülleştirme sistemi kullanılan tesisin toplam üretim kapasitesi 104.000 m^2/gün olup iki üniteye ayrılmıştır. Ünitelerden birinde 4 üretim bandı diğerinde ise iki üretim bandı olduğu belirtilmiştir. Yaş öğütme sistemi kullanan tesisin ise toplam üretim kapasitesinin 15.000 m^2/gün ve iki üretim bandından oluştuğu ifade edilmiştir. Çalışmada kuru sistem ve yaş sistem ile üretim yapan seramik karo imalatı tesislerinde enerji tüketiminin prosesler bazında dağılımı incelenmiş olup birim üretim başına (m^2) elektrik enerjisi ve termal enerji tüketimleri aşağıda verilmiştir.

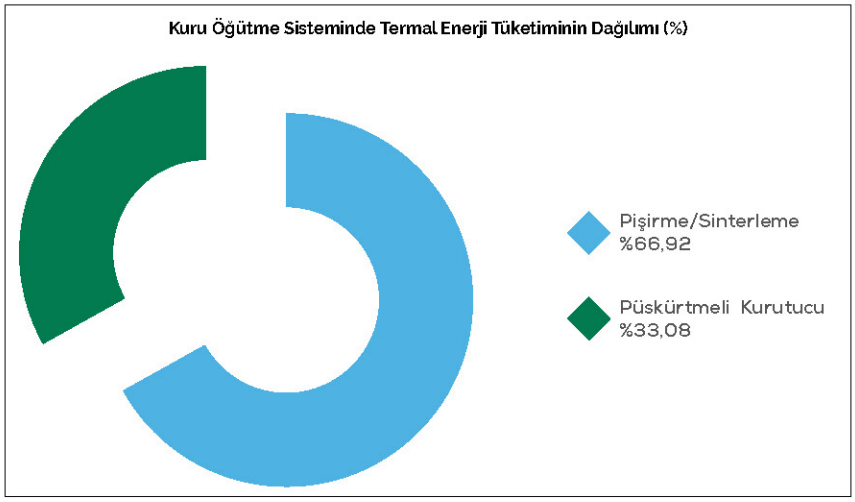
[4] *E.F.S. Ciacco, J.R. Rocha, A.R. Coutinho, The energy consumption in the ceramic tile industry in Brazil, Appl. Therm. Eng. 113 (2017) 1283–1289. doi:10.1016/j.applthermaleng.2016.11.068*

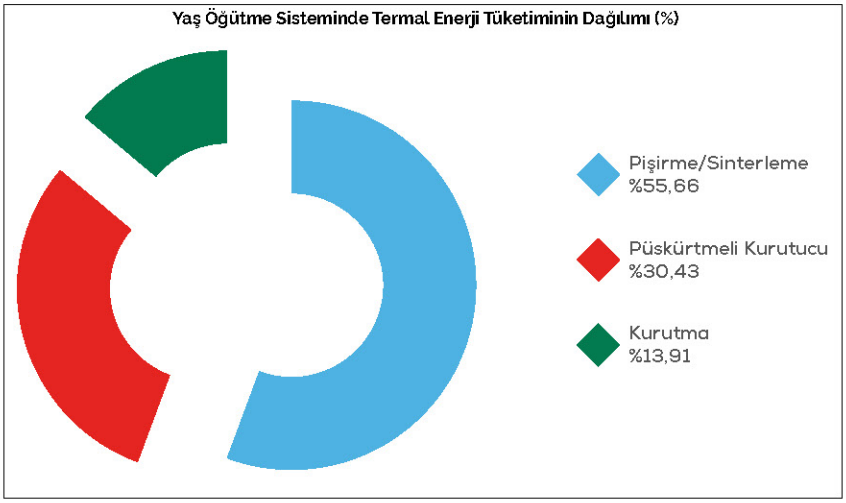
Üretim Adımları	Kuru Öğütme Sistemi Kullanan Tesis		Yaş Öğütme Sistemi Kullanan Tesis	
	Tüketim (kJ/m²)	Yüzde Dağılım (%)	Tüketim (kJ/m²)	Yüzde Dağılım (%)
Kil Öğütme	1.143,35	21,97	5.760	27,81
Sır Öğütme	878,85	16,89	4.184,64	20,21
Pişirme/ Sinterleme	840,74	16,16	2.268	10,95
Presleme	619,75	11,91	2.373,12	11,46
Püskürtmeli Kurutucu	-	-	1.679,04	8,11
Kurutma	677,91	13,03	1.036,80	5,01
Filtreleme	404,58	7,78	864	4,17
Transfer	328,57	6,31	576	2,78
Kompresör	154,94	2,98	1.071,36	5,17
Sınıflandırma, Paketleme, Taşıma	154,52	2,97	460,80	2,22
Rektifiye	-	-	437	2,11
Toplam	5.203,21	100	20.710,77	100





Üretim Adımları	Kuru Öğütme Sistemi Kullanan Tesis		Yaş Öğütme Sistemi Kullanan Tesis	
	Tüketim (kJ/m²)	Yüzde Dağılım (%)	Tüketim (kJ/m²)	Yüzde Dağılım (%)
Pişirme/ Sinterleme	23.340,41	66,92	47.218,08	55,66
Kurutma	11.535,89	33,08	25.812,55	30,43
Püskürtmeli Kurutucu	-	-	11.804,52	13,91
Toplam	34.876,30	100	84.835,15	100





Sonuçlar: Çalışmada hızlı pişirim adımında en yüksek termal enerji tüketimi gözlenmiş olup, (%56) bunu %30 pay ile püskürtmeli kurutucu, %14 pay ile kurutma adımları izlemiştir.

Yaş sistem ile seramik karo üretim prosesinde kuru sisteme kıyasla püskürtmeli kurutucu kullanımı nedeni ile 3 kat daha fazla enerji tüketimi olduğu tespit edilmiştir.

5.4.2 ÖRNEK UYGULAMA 2 [73]

Firma Bilgisi: Leanordo 1502 Ceramica, Casalfiumanese (Bolonia, İtalya)[5]

Çevresel Değerlendirme: Leanordo 1502 Ceramica firması seramik karo üretiminde yüksek miktarda su kullanmaktadır. Tesiste, üretim prosesinde kullanılan su, atık su arıtım tesisine iletilmektedir. Atık su arıtma tesisinden çıkan suyun bir kısmı yeniden üretim prosesinde kullanılmakta bir kısmı ise kanalizasyona deşarj edilmektedir. Yaz aylarında su mevcudiyetiyle ilgili yaşanabilecek sıkıntılar nedeniyle, üretim süreçlerinde daha yüksek miktarda arıtılmış su kullanımı önem kazanmıştır.

Arka Plan: Leanordo 1502 Ceramica firmasında yaklaşık su tüketimi 100.000 m^3/yıl, atık su oluşumu ise 20.000 m^3/yıl'dır.

Süreç Özeti:

1. Atık su arıtma tesisi kabiliyetinin iyileştirilmesi kapsamında temiz su homojenizasyonunu sağlamak amacıyla 7 adet yeni su tankı kurulması

2. Yeni yazılım ile uzaktan yönetim sisteminin güncellenmesi

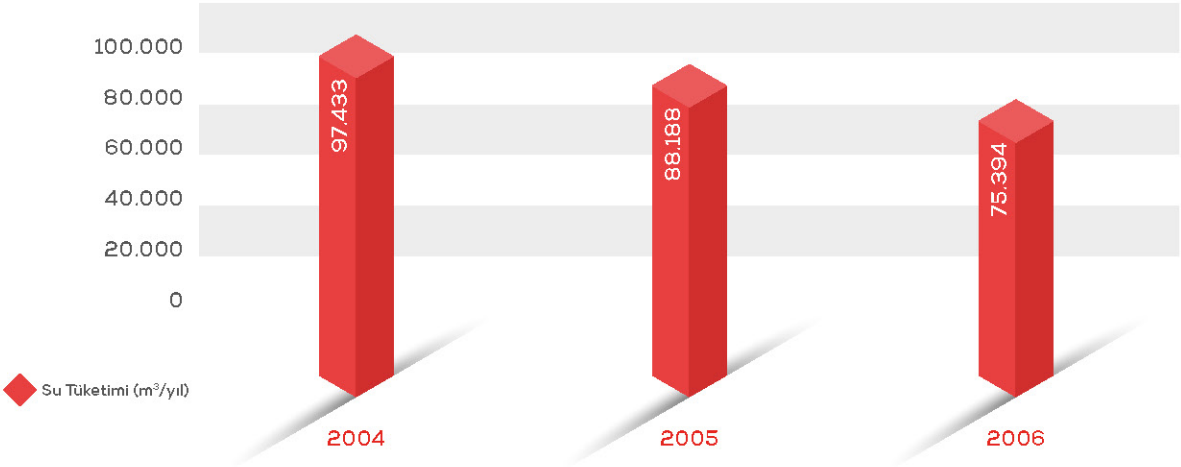
   Üretim proseslerinden atık su arıtma tesisine gelen suların kirlilik yükleri farklılık gösterdiğinden bu atık suların homojenleştirme işlemine tabi tutulmadan arıtılmış suyun üretim proseslerinde yeniden kullanımı mümkün olmamaktadır. Bu durum için en önemli kontrol parametresi iletkenlik ölçümüdür (iletkenliğin yüksek olması ham maddelerin yaş öğütme prosesinde problemlere neden olabilmektedir). Laboratuvar kontrollerinin ardından (maksimum 2000 µS/cm) arıtılmış atık su proseslerde kullanılabilmektedir.

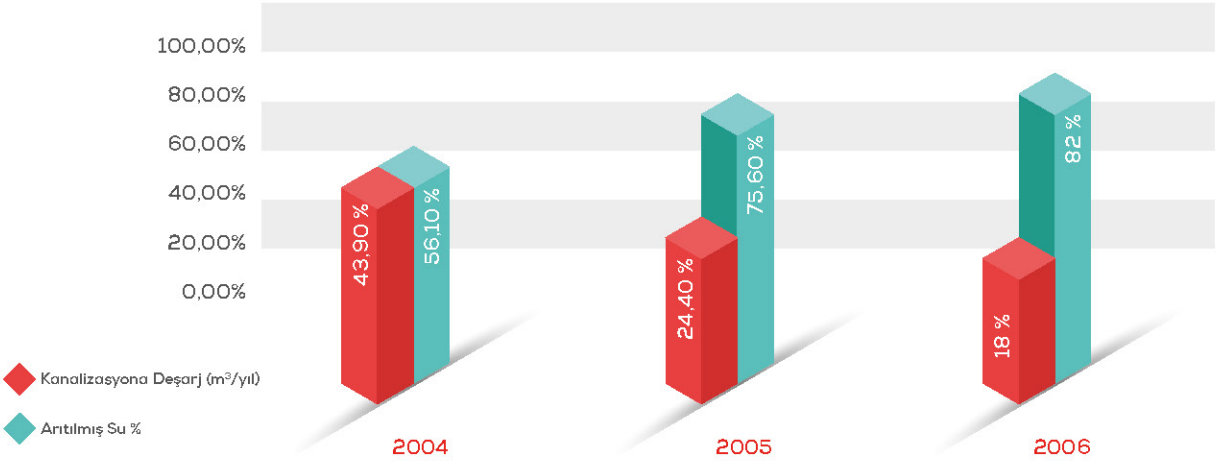
   Söz konusu yeni sistem ile atık su arıtma tesisinden çıkan suyun (yüksek iletkenliğe sahip), temiz suyla (düşük iletkenliğe sahip) karıştırılması ile 2000 µS/cm'den daha düşük iletkenlik değerine sahip "karışım suyu" elde edilmiştir.

Sağlanan Kazanımlar: Yeni sistem 2004 yılında kurulmuş olup 2004, 2005, 2006 yıllarında gerçekleşen su tüketimleri aşağıda verilmiştir. Buna göre; su tüketimi en yüksek 2004 yılında, en düşük ise 2006 yılında kullanılmıştır. Bununla birlikte, 2004 yılına kıyasla 2006 yılında arıtma suyu tüketimi artmış, kanalizasyona deşarj belirgin bir şekilde azalmıştır.

Yıl	Su Tüketimi (m^3/yıl)	Kanalizasyona Deşarj (m^3/yıl)	Arıtılmış Su (m^3/yıl)	Arıtılmış Su (%)	Kanalizasyona Deşarj (%)
2004	97.433	20.269	25.951	56,1%	43,9
2005	88.188	9.946	30.826	75,6%	24,4
2006	75.394	6.593	30.035	82%	18

[5] *Med Clean, Pollution prevention case studies, Reduction of water consumption, Bolonia, İtaly, 2006.*





Ekonomik Kazanımlar	2004	2005	2006
Kanalizasyona Deşarj (m³/yıl)	20.269	9.946	6.593
Su Tasarrufu (m³/yıl)	-	10.323	13.676
Kanalizasyona Deşarj Maliyeti (€/m³)	0,60	0,60	0,60
Su Maliyeti (€/m³)	1,15	1,15	1,15
Toplam Kanalizasyona Deşarj Maliyeti (€)	12.119	5.947	3.942
Yeni Sistem ile Toplam Deşarj Maliyeti Tasarrufu (€)	-	6.172	8.177
Su Maliyeti Tasarrufu (€)	-	11.871	15.727
Yatırım Maliyeti (€)	65.000	-	-
Vergi Tasarrufu (€)		3.250	3.250
Toplam Tasarruf (€)		21.293	27.154
Yatırımın Geri Dönüş Süresi (yıl)	2,8		

Sonuçlar: Atık su arıtma tesisinde kurulan basit bir sistem ile hem su tasarrufu sağlanmış hem de kanalizasyona deşarj edilen atık su miktarı azaltılmıştır.

5.4.3 ÖRNEK UYGULAMA 3 [32]

İspanya'da karo üretiminde kuru ve yaş öğütme/granülleştirme sistemlerinin kullanımı teknik ve çevresel açıdan kıyaslanmış olup, söz konusu sistemlerin kullanılmasına bağlı su, elektrik enerjisi, termal enerji ve doğrudan CO_2 emisyonları aşağıdaki gibidir [6] [32].

Parametreler	Proses		Fark
	Yaş Öğütme (Y)	Kuru Öğütme (K)	(Y-K)/Y %
Su Tüketimi (m^3/ton Kuru Ağırlık (k.a.))	0,47-0,59	0,12-0,16	74
Elektrik Enerjisi Tüketimi (kWs/ton (k.a.))	50-54	31-35	36
Termal Enerji Tüketimi (kWs/ton (k.a.))	442-462	88-108	78
Doğrudan CO_2 Emisyonu	80-84	16-20	

5.4.4 ÖRNEK UYGULAMA 4 [58]

Firma Bilgisi: 2007 yılında kurulan Bien Yapı Ürünleri Sanayi Turizm ve Ticaret A.Ş[7]., Bilecik ve Bozüyük'teki üretim tesisleri ile Türk ve Dünya Seramik pazarına ürünler sunan bir markadır. Dünyaca ödüllü tasarımları ve 800'ü aşkın ürün yelpazesiyle sektörün yenilikçi markası Bien, 6 kıtada 66 ülkeye ihracat gerçekleştirmektedir. Bien, Bilecik ve Bozüyük'teki fabrikalarında yılda ortalama 30 milyon m^2 yer, duvar karosu, porselen karo ve teknik porselen üretimi gerçekleştirmektedir.

Çevresel Değerlendirme: Yer ve duvar karosu üretim sürecinde kullanılan fırınlarda pişirim bölgesinde doğal gazın yakılması ve pişirim sırasında reçete bileşimindeki ham maddelerin içeriğine bağlı olarak oluşan kirli atık havanın fırın giriş bacasından atmosfere salınımı önlenerek temiz üretim yapılmaktadır ve püskürtmeli kurutucuların yakma havası olarak kullanılarak büyük oranda enerji tasarrufu sağlanarak çevre korunmaktadır.

Arka Plan: Fırın giriş bacasından atılan kirli yanma havası ve fırın çıkış bacasından atılan temiz soğutma havası ısı geri kazanım sistemleri ile her türlü kurutma prosesinde (kurutucular, püskürtmeli kurutucular, fırın önü kurutmalar, pres önü kurutmalar) yakma havası olarak kullanılabilmekle birlikte fırın giriş bacasından alınan kirli yanma havasının geri kazanımı seramik seramik karo üretimi sektöründe yaygın bir uygulama değildir. Bien Bozüyük fabrikasında Türkiye'de yapılmış tek uygulama olan fırın giriş bacasından alınan kirli yanma havasının püskürtmeli kurutucuların yakma havası olarak geri kazanımı uygulaması yapılmaktadır.

---

[6] Mezquita, E. Monfort, S. Ferrer, D. Gabaldón-Estevan, How to reduce energy and water consumption in the preparation of raw materials for ceramic tile manufacturing: Dry versus wet route, J. Clean. Prod. 168 (2017) 1566–1570. doi:10.1016/j.jclepro.2017.04.082

[7] Bien Yapı Ürünleri Sanayi Turizm ve Ticaret A.Ş.'den iyi uygulama örneğinin rehberde yer alması konusunda onay alınmıştır.

Süreç Özeti: Bien Bozüyük Tesisinde kullanılan iki fırının giriş bacasından alınan kirli yanma havası özel torba filtreler yardımıyla yüksek sıcaklıktaki kireç ile arıtılarak püskürtmeli kurutucularda kullanılabilecek temiz hava elde edilmiştir. Fırın girişinden alınan 230°C sıcaklığındaki kirli havanının özel torba filtrelere ve buradan elde edilen temiz havanın sprey kurutuculara taşınması işlemlerinde ısı kayıplarını önlemek amacıyla çelik borular kullanılmış ve çelik borularda gerekli yalıtım çalışmaları yapılmıştır. Bu işlemler sonunda püskürtmeli kurutucu brülöründe yakma havası ihtiyacı için kullanılabilecek 210°C sıcaklığındaki temiz havanın ısı geri kazanımı sağlanmıştır.

Tablodaki veriler esas alınarak ısı geri kazanım sisteminin tasarım ve hesaplamaları yapılmıştır.

Fırın Giriş Bacası Sıcaklığı	230°C
Filtre Kayıp Sıcaklığı	8°C
Birim Boru Sıcaklık Kaybı	0,1°C
Hesaplanan Boru Uzunluğu	110m
Ortalama Çevre Sıcaklığı	20°C
Hava Spesifik Isıl Kapasitesi	0,24 kcal/kg/C
Hava Yoğunluğu	1,293 kg/Nm³
Doğal Gaz Alt Isıl Değeri	8,250 kcal/Nm³
Sistemde Kullanılacak Brülörün Kullanabileceği Yakma Havası İhtiyacı	33.235 Nm³/h
Fırın Giriş Bacası Debisi	28.000 Nm³/h
Fırın Günlük Çalışma Süresi	24 saat
Fırın Haftalık Çalışma Süresi	7 gün
Püskürtmeli Kurutucu Günlük Çalışma Süresi	23 saat
Püskürtmeli Kurutucu Haftalık Çalışma Süresi	6,5 gün
Püskürtmeli Kurutucu Yıllık Çalışma Süresi	50 hafta

Sağlanan Kazanımlar: Kurulan ısı geri kazanım sistemi ile birlikte sağlanan tasarruflar aşağıda özetlenmiştir.

Enerji Geri Kazanımı (kcal/saat)	1.959.562
Yakıt Tasarrufu (Nm³/saat)	237,5
Yakıt Tasarrufu (Nm³/yıl)	1.175.482
Maliyet Tasarrufu (€/yıl)	313.709,93
Yatırım Tutarı (€)	600.000
Yatırım Geri Ödeme Süresi (yıl)	1,91

5.4.6 ÖRNEK UYGULAMA 5 [53]

Firma Bilgisi: Kaleseramik Çanakkale Kalebodur Seramik San. A.Ş[8]., yıllık 70 milyon m² üretim kapasitesi ile tek bir alanda üretim yapan dünyanın en büyük seramik kuruluşudur. Ana üretim kampüsü Çan/Çanakkale olup, Yerköy/Yozgat ve İtalya'da da fabrikaları bulunmaktadır. Bu tesislerde kendi özgün duvar, yer ve porselen karo ürün ve tasarımlarını hem iç hem de dış pazarlara sunmaktadır. Firma, çevreyi koruma ve CO_2 salınımını azaltma ile ilgili yürüttüğü projeler ve politikalar ile 2013 yılında T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın "Türkiye'nin En Verimli Endüstriyel Tesisi", 2014 yılında ise İstanbul Sanayi Odası'nın çevre ve enerji ödüllerinde 3 farklı proje ile ödül almıştır. Sektöründe ilklerin öncüsü olan Kaleseramik bir ilke daha imza atarak tüm seramik ürün gruplarında Çevresel Ürün Deklarasyonları (EPD) almaya hak kazanan ilk Türk firması olmuştur.

Projenin Kısa Tanıtımı: Üretim prosesinde oluşan atıklardan en az %50 oranında kullanılarak sırlı porselen bünye geliştirilmesi için reçete ve süreç geliştirilerek pazarda kabul görecek ekolojik ve rekabetçi ürün geliştirilmesi projenin amacıdır. Firmada oluşan atıkların en büyük bölümünü süreç atıklarının antma tesisinde filtre preslerden geçirilmesi sonucu elde edilen kek oluşturmaktadır. Atık kek miktarı günlük ortalama 90-100 ton civarındadır. Mevcut durumda bu atıklar kullanılmayıp "Atık Yönetimi Yönetmeliği" gereğince bertaraf edilmektedir. Oluşan atıkların günlük akışının sağlanması, stoklanması ve bertaraf edilmesi üretim tesisi için büyük sorun yaratmaktadır. Proje ile atıkların geri dönüşümü sonucunda ekonomiye tekrar kazandırılmaları sağlanacak, ayrıca hava, su, toprak ve görüntü kirliliği azalacaktır. İlave olarak atıkların stoklanması, nakliyesi aşamalarında oluşan karbon salınımının önüne geçilerek çevre açısından ve enerji kullanımı açısından kazanımlar elde edilmesi mümkün olacaktır.

Hedefler: Proje çıktısı olarak geliştirilmek istenen yüksek oranda atık içeren sırlı porselen karolar TS EN 14411 B1a sınıfındaki seramik karolarının üretilebilmesi sağlanacaktır.

Sağlanan Kazanımlar: İlgili projenin hayata geçmesi ile;

- Kompozisyonunda en az %50 atık olan sırlı porselen karo 1.000.000 m²/yıl olacak şekilde üretilebilecektir.
- Firmanın atık yükünü ortadan kaldıracak olan bu ürünün güncel fiyatlardan piyasa bedeli yıllık 16 milyon 'dir.
- Mevcut durumda değerlendirilmeyen atıklar ekonomik değere dönüşecektir.
- Geri kazanım ürün, çevreci, yeşil binalarda pazar edinme açısından firmaya rekabet üstünlüğü kazandıracaktır.

[8] Kaleseramik Çanakkale Kalebodur Seramik San. A.Ş.'den iyi uygulama örneğinin rehberde yer alması konusunda onay alınmıştır.

- Bu bağlamda proje çıktısının yeşil bina sertifikasyon sürecinde Türkiye'nin de gündeminde olan dünyaca bilinen LEED, BREEAM ve DGNB gibi yeşil bina sertifikalandırma sistemlerinde ilave puanlar alınması fırsatı yaratacaktır.
- Yapı ürünleri üreticilerine farkındalık yaratarak yeni pazar fırsatları yakalanmasına yardımcı olacaktır.
- Eko-etiket belgesi almak için gerekli şartlar sağlanmış olacaktır.

Ticari Başarı Potansiyeli - Arka Plan Bilgi: Proje çıktısı olması planlanan porselen karoların kullanım alanı olarak; öncelikle ekolojik, çevreyle dost ürünlerin tercih edildiği yeşil bina projeleri ve bu tip ürünleri tercih eden bireysel müşteriler hedeflenmiştir. Türkiye'nin de gündeminde olan dünyaca bilinen LEED, BREAM ve DGNB gibi yeşil bina sertifikalandırma sistemlerinde proje çıktısı ürünün kullanılması sonucu ilave puanlar alınması fırsatı yaratacağı ayrıca yapı ürünleri üreticilerine farkındalık yaratarak yeni pazar fırsatları yakalamalarına yardımcı olacağı düşünülmektedir. Proje ile Türk seramik sektörünün imajını yükselterek küresel pazar payını arttırması hedeflenmiştir. Proje kapsamında elde edilecek ürünün; yeşil bina anlayışının gelişmesi ile birlikte ilave pazar fırsatları doğacağı öngörülmektedir.

5.4.7 ÖRNEK UYGULAMA 6 [74]

Firma Bilgisi: Eczacıbaşı Yapı Grubu, Bozüyük Kampüsü[9]

Çevresel Değerlendirme: Seramik karo üretim prosesinde ortaya çıkan pişmiş atıklar ve atık su arıtma tesisinden çıkan filtre pres atıkları sektörün önemli katı atık problemlerinden olup söz konusu atıkların yaygın kullanımının sağlanması kaynak verimliliği açısından önemlidir.

Süreç Özeti: Bu çalışmada, porselen karo üretiminden ortaya çıkan pişmiş atıklar ile seramik karo üretimi ve seramik sağlık gereçleri üretimi tesislerine ait filtre pres keklerinin porselen karo üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Atıkların ikame edilmesi ile elde edilen bünyelerin sinterleme, pişme küçülmesi, renk değişimi gibi özellikleri incelenmiş ve elde edilen analiz sonuçlarına göre reçeteye ilave edilebilecek optimum ikame oranları belirlenmiştir. Optimum özellikleri sağlayan seramik karolar için maliyet analizi yapılmıştır.

Sonuçlar: Çalışmanın sonucunda karo üretim prosesinde ortaya çıkan pişmiş atıklar ve atık su arıtma tesisinden çıkan filtre pres atıklarının porselen karo reçetesine ikame edilmesiyle oksit bileşiminde ciddi bir değişiklik olmadığı sürece kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca pişmiş atıkların reçetelerde kullanılmasının üretilen porselen karonun gözenek ve su emme oranını düşürdüğü tespit edilmiştir.

[9] *A. Tunali, N.T. Selli, E. Building, P. Co, V. Innovation, Eczacıbaşı Yapı Grubu Bozüyük Kampüsünden Çıkan Atıkların Geri Dönüşümü, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilim. Derg. 14 (2014) 209–212.*

Sağlanan Kazanımlar:

- Doğal kaynak yerine atıkların kullanımı ile reçete maliyetleri 432.000 TL/yıl düşmüştür.
- Bozüyük Kampüsünde atık kullanımı 68.000 TL/yıl artmıştır.
- Daha az nakliye ihtiyacı nedeni ile CO_2 emisyonu 25.000 kg azalmıştır.

5.4.8 ÖRNEK UYGULAMA 7 [58]

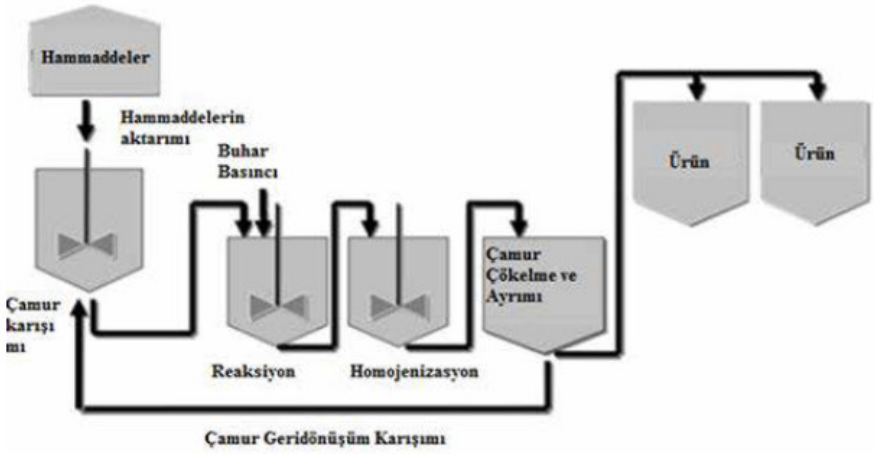
Firma Bilgisi: Kaleseramik Çanakkale Kalebodur Seramik San. A.Ş.[10]

Proje Kısa Tanıtımı: Bu çalışma ile Kalemaden A.Ş.'de açığa çıkan 6,5 ton/gün flint tozu atığını ve mevcut durumdaki 4.500 ton stok halinde duran flint tozu atığı cam suyu üretim prosesinde ham madde olarak kullanılması hedeflenmiştir.

Arka Plan Bilgi: Kalemaden A.Ş.'de üretim sonucu ortaya çıkan flint tozu atıklarının geri kazanılmasını ve flint tozu atığı çevresel risklerinin de ortadan kaldırılması amacıyla söz konusu atığın cam suyu üretiminde kullanılması planlanmıştır.

Sodyum silikat üretiminde, sodyum silikatın çözündürme prosesi kullanılacak olup hidrotermal proses olarak da isimlendirilen bu yöntemde, flint tozu (SiO_2), kostik (NaOH) ve su ile birlikte basınç ve yüksek sıcaklık altındaki reaktörlerde doğrudan çözündürülecek ve aşağıdaki reaksiyon sonucu sodyum silikat elde edilmesi öngörülmüştür.

$$2NaOH + SiO_2 \rightarrow Na_2O.\ SiO_2 + H_2O$$



Cam suyunun özellikleri SiO_2/Na_2O oranına bağlı olarak değişeceğinden farklı flint tozu atıklarıyla ve değişik NaOH miktarlarıyla üretilmesi planlanmıştır. Cam suyunun çok fazla kullanım alanının (seramik, kimya, beton, tekstil, arıtma, kâğıt, refrakter ve metalürji) olması hem kullanılan cam suyunu firmanın kendisinin üretmesi hem de yeni sektörlerle çalışma olanağı sağlaması açısından önem taşımakta olup söz konusu üretim yapılması için kurulan tesis 27 Temmuz 2018'de devreye alınmıştır.

[10] *Kaleseramik Çanakkale Kalebodur Seramik San. A.Ş.'den iyi uygulama örneğinin rehberde yer alması konusunda onay alınmıştır.*

Sağlanan Kazanımlar: İlgili proje ile;

- Kale grubu bünyesinde, ortalama aylık 700 ton/ay yıllık ise 8.400 ton/yıl sodyum silikat tüketimi proses atığı olan flint ile elde edilebilir duruma gelmesi,
- Ticari olarak 8.000–10.000 ton/yıl satış geçekleştirilebilecek yeni bir iş alanı oluşturulması,
- Günlük 6,5–8 ton/gün proses atığı %100 olarak geri kazanılarak atık durumundan çıkacak ve katma değer yaratan ürüne dönüştürülebilmesi,
- Mevcut durumda satın alınan cam suyu finansal yükü ortadan kalkarak önemli seviyede araç trafiği ve salınım azaltılması sağlanması hedeflenmiştir.

5.4.9 ÖRNEK UYGULAMA 8 [75]

Firma Bilgisi: Cotto d'Este, İtalya [11]

Proje Kısa Tanıtımı: Cotto d'Este firması tarafından geliştirilen Kerlite 3Plus isimli ultra ince porselen karo ile hem daha düşük maliyetli hem de daha düşük çevresel etkiye sahip karo üretimi hayata geçirilmiştir.

Ürün Özellikleri:

Daha Az Ham Madde Tüketimi: Kerlit porselen karo ince ve hafif olup 1 m² (3,5 mm kalınlık) karo sadece 7,8 kg ağırlığındadır. Bu bağlamda, ultra ince porselen karo; 10 mm kalınlıkta üretilen normal porselen karolara kıyasla %30 daha az hammadde kullanılarak üretilebilmektedir. Ayrıca, Kerlit karo üretim adımlarından kaynaklanan atıkların %40 oranında kullanılması ile üretilmiştir.

Yıkmadan Tadilat: Ultra ince porselen karolar; mevcut seramik yer ve duvar kaplamalarının üzerine ince oluşu nedeni ile doğrudan uygulanabilme imkanı sunmaktadır. Bu vesile ile eski karoları kırma, çıkarmak için gerekli maliyeti ortadan kaldırmaktadır. Özellikle; Avrupa'da atıkların üçte birinin yapı sektörü ve bina yıkımından olduğu dikkate alındığında çevresel açıdan önemi yüksektir.

Daha Az Su Tüketimi: 1 m² Kerlit üretimi için 65 litre su kullanımına karşın normal kalınlıkta (10 mm) porselen karo üretiminde 6 kat daha fazla su tüketilmiştir.

Daha Az Enerji Tüketimi ve CO_2 Emisyonu: 1 m² Kerlit üretimi için ihtiyaç duyulan enerji 1 m² Kerlit üretimi için 190 MJ/m² olup bu miktar porselen karo üretimine kıyasla %30 daha azdır. Hatta, Kerlit; parke veya doğal taş ile kıyaslandığında enerji ihtiyacı %50 daha az olmaktadır. Bunlara bağlı olarak, CO_2 emisyonu oranının daha düşük olduğu gözlenmiştir.

Daha Az Nakliye Maliyeti ve Çevresel Etki: Seramik karonun üretildiği tesisten inşaat sahasına taşınması nakliye masrafı ve gaz emisyonu açısından önem arz etmekte olup aynı 10 mm porselen karo nakliyesi yapılan bir kamyon ile 10 mm porselen karoya kıyasla 3 kat daha fazla m²'de ince porselen karo transfer edilebilmiştir.

Kullanım Ömrü: Sürdürülebilirlik açısından değerlendirildiğinde Kerlit ultra ince karo, 20 yıllık kullanım süresine sahip olacak şekilde dizayn edilmiştir.

[11] *Green mission, Kerlite CottoDeste Project, (2015) 1–13.*

Özellikler	Ultra ince Porselen Karo (Kerlite 3Plus)	Normal Porselen Karo	Fark %
Kalınlık	3 mm	10 mm	-70
Yoğunluk	7,8 kg/m²	24 kg/m²	-65
Su Tüketimi	65 l/m²	309 L/m²	-80
Enerji Tüketimi	190 MJ/m²	275 MJ/m²	-30
CO_2 Emisyonu	14,1 kg CO_2/m²	20,6 kg CO_2/m²	-30
Nakliye Katsayısı	3840 m²/kamyon	1280 m²/kamyon	-66

6. KAYNAKLAR

6 KAYNAKLAR

[1] Bölgesel Çevre Merkezi (REC) Türkiye, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Et ve et ürünleri imalatı, kaynak verimliliği rehberi, 2.baskı, Ankara, 2016.

[2] Bölgesel Çevre Merkezi (REC) Türkiye, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Süt ve süt ürünleri imalatı, kaynak verimliliği rehberi, 1. baskı, Ankara, 2016.

[3] Sanayide Kaynak Verimliliği Potansiyelinin Belirlenmesi Projesi (SANVER) Sonuç Raporu, Mülga T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı-Verimlilik Genel Müdürlüğü, TÜBİTAK MAM, Ankara, 2017.

[4] European Comission, Reference Document on Best Available Techniques in the Ceramic Manufacturing Industry, Ceram. Manuf. Ind. (2007) 210–211. http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/cer_bref_0807.pdf.

[5] Ministry of the environment, Solid waste management and recycling technology of Japan, Toward a sustainable society, Tokyo, 2012.

[6] K. Sander, D. Jepsen, S. Schilling, C. Tebert, Definition of waste recovery and disposal operations, Hamburg, Germany, 2004. http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/r_d_part_a.pdf.

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

[8] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü (EKÖK), http://ippc.csb.gov.tr/ (erişim tarihi: 18 Nisan 2018).

[9] O. Fresner, V. Dobes, T. Bürki, C. Angerbauer, K. Tiefenbrunner, UNEP, PRE-SME Promoting resource efficiency in small & medium sized enterprises industrial training handbook, Paris, 2010.

[10] K. Rademaekers, S.Z. Samir, M. Smith, Ecorys, Sustainable industry: going for growth & resource efficiency, Rotterdam, Holland, 2011. https://chemicalleasing.org/sites/default/files/17_6_Brochure-Sustainable_industry-Growth-Resource_efficiency-15072011.pdf (erişim tarihi: 15 Mayıs 2018).

[11] T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Girişimci Bilgi Sistemi Verisi, 2018.

[12] C.F. Gürlesel, Ekonomi ve Strateji Danışmanlık Hizmetleri, Seramık Sektörü Makro Pazar Araştırması, İstanbul, 2017.

[13] AECOM, Global construction handbook, Oxford University Press, New York, 2016.

[14] C.F. Gürlesel, TSF (Türkiye Seramik Federasyonu) Türkiye ihracat katkı endeksi 2017 son çeyrek raporu, İstanbul, 2018.

[15] L. Baraldi, Machinery Economics Studies by ACIMAC, Statistics of world production and consumption of ceramic tiles, Baggiovara - Modena, 2017.

[16] Y. Bayülken, C. Kütükoğlu, Sektör Araştırma Raporu, İstanbul, 2017. https://issuu.com/timder/docs/timfed_sektor_arastirma_raporu-eylu_bb7404afb0ce78 (erişim tarihi: 15 Mayıs 2018).

[17] Sanayi ve hizmet istatistikleri, (TÜİK) Türkiye İstatistik Kurumu, (2018). http://www.tuik.gov.tr. (erişim tarihi: 5 Mayıs 2018).

[18] Applied ceramic technology vol.I, SACMI, Imola, Italy, 2002. http://www.opac.lib.mrt.ac.lk/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=33828&shelfbrowse_itemnumber=49991 (erişim tarihi: 16 Mayıs 2018).

[19] NUOVA SIMA SPA, SACMI Flawmaster, Tile inspection systems. http://www.nuovasima.com/System/00/02/34/23496/635421528748930645_1.pdf (erişim tarihi: 19 Eylül 2018).

[20] Digital inkjet applications with low volatile organic compound (VOC) content, 2018. http://www.ceramicworldweb.it/cww-en/spotlight/digital-inkjet-applications-with-low-volatile-organic-compound-voc-content/.

[21] A. Bresciani, C. Ricci, Full digital decoration process combined with dry glazing, in: Qualicer 2018 "XV Congr. Mund. La Calid. Del Azulejo Y Del Paviment. Cerámico," Castellon, Spain, 2018: pp. 1–11.

[22] A. Belda, Y. Bautista, J. Castellano, A. Gozalbo, M.J. Orts, V. Sanz, Dry glazing of ceramic tiles. conditioning of the necessary glaze, in: Qualicer 2016" XIVCongreso Mund. La Calid. Del Azulejo Y Del Paviment. Cerámico," Castellon, Spain, 2016: pp. 1–4.

[23] W.F. Smith, Malzeme bilimi ve mühendisliği, Literatür yayınevi, 2006.

[24] B. Yürekli, Granül Neminin ve Presleme Basıncının Granit Seramiklerin Mikroyapılarına Etkileri, Anadolu Üniversitesi, 2000.

[25] G. Timellini, C. Palmonari, A. Fregni, Ceramic floor and wall tile: an ecological building material, Tile Today. 46 (2005) 18–26.

[26] G. Biffi, Porcelain stoneware -production manual and methods of use, Grup. Ed. Faenze, 1999.

[27] I. Hutchings, Development of surface finish during the polishing of porcelain ceramic tiles, J. Mater. Sci. 40 (2005) 37–42. https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs10853-005-5684-3.pdf (erişim tarihi: 16 Mayıs 2018).

[28] C. Zanelli, M. Raimodo, M. Dondi, G. Guarinin, T. Cavalcante, Sintering mechanisms of porcelain stoneware tiles, in: Qualicer 2004 "XV Congr. Mund. La Calid. Del Azulejo Y Del Paviment. Cerámico," 2004: pp. 247–259.

[29] E. Sanchez, M.J. Orts, J. Garcia-Ten, V. Cantavella, Porcelain tile composition effect on phase formation and end products, Am. Ceram. Soc. Bull. 2001.

[30] Royal Mosa, Sustainability Report, Netherland, 2016. doi:10.1016/S0022-3913(12)00047-9.

[31] V. Ibáñez-Forés, M.D. Bovea, a. Azapagic, Assessing the sustainability of Best Available Techniques (BAT): Methodology and application in the ceramic tiles industry, J. Clean. Prod. 51 (2013) 162–176. doi:10.1016/j.jclepro.2013.01.020.

[32] A. Mezquita, E. Monfort, S. Ferrer, D. Gabaldón-Estevan, How to reduce energy and water consumption in the preparation of raw materials for ceramic tile manufacturing: Dry versus wet route, J. Clean. Prod. 168 (2017) 1566–1570. doi:10.1016/j.jclepro.2017.04.082.

[33] J.E. Enrique, E. Monfort, I. Celades, G. Mallol, Water saving techniques in the Spanish tile industry, Tile Brick Int. 16 (2003) 12–17. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-33744749790&origin=inward&txGid=f5b37477534b1112ddf73c3be624065e (erişim tarihi: May 17, 2018).

[34] D. Gabaldón-Estevan, E. Criado, E. Monfort, The green factor in European manufacturing: A case study of the Spanish ceramic tile industry, J. Clean. Prod. 70 (2014) 242–250. doi:10.1016/j.jclepro.2014.02.018.

[35] G. Benveniste, C. Gazulla, P. Fullana, I. Celades, T. Ros, V. Zaera, et al., Análisis de ciclo de vida y reglas de categoría de producto en la construcción. El caso de las baldosas cerámicas, Inf. La Construcción. 63 (2011) 71–81. doi:10.3989/ic.10.034.

[36] M.I. Almeida, A.C. Dias, M. Demertzi, L. Arroja, Environmental profile of ceramic tiles and their potential for improvement, J. Clean. Prod. 131 (2016) 583–593. doi:10.1016/j.jclepro.2016.04.131.

[37] Panaria Group, Sustainability Report, Italy, 2016. https://www.statoil.com/content/dam/statoil/documents/sustainability-reports/sustainability-report-2016-v2.pdf.

[38] International Finance Corporation, Environmental, health and safety guidelines for ceramic tile and sanitary ware manufacturing, 2007.

[39] S.H. Elias, M. Mohamed, A. Nor-Anuar, K. Muda, M.A.H.M. Hassan, M.N. Othman, et al., Water hyacinth bioremediation for ceramic industry wastewater treatment-application of rhizofiltration system, Sains Malaysiana. 43 (2014) 1397–1403.

[40] P.T. Tahereh Zarei Mahmoud Abadi , Asghar Ebrahimi, Mohammad Taghi Ghaneian, Mehdi Mokhtari, Mohammad Hossein Salmani, Performance evaluation of tile wastewater treatment with different coagulants , J Env. Heal. Sustain Dev. 1 (2016) 22–32.

[41] E. Monfort, A. Mezquita, E. Vaquer, G. Mallol, H.J. Alves, A.O. Boschi, Consumo de energía térmica y emisiones de dióxido de carbono en la fabricación de baldosas cerámicas Análisis de las industrias Española y Brasileña, Bol. La Soc. Esp. Ceram. Y Vidr. 51 (2012) 275–284. doi:10.3989/cyv.392012.

[42] G. Mallol, M. Aguilella, A. Torres, D. Galvez, S. Sanz, Study of the manufacturing and investment costs of different production methods for ceramic tiles, in: Qualicer 2018 "XV Congr. Mund. La Calid. Del Azulejo Y Del Paviment. Cerámico," Spain, 2018: pp. 1–15.

[43] J. Peng, Y. Zhao, L. Jiao, W. Zheng, L. Zeng, Energy Procedia CO 2 Emission Calculation and Reduction Options in Ceramic ile Manufacture-the Foshan, in: Qualicer 2018 "XV Congr. Mund. La Calid. Del Azulejo Y Del Paviment. Cerámico," 2012: pp. 467–476. doi:10.1016/j.egypro.2012.01.076.

[44] E. Monfort, I. Celades, S. Gomar, F. Rueda, J. Martinez, Characterisation of acid pollutant emissions in ceramic tile manufacture, Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr. XI World Congr. Ceram. Tile Qualicer. 50 (2011) 179–184. doi:10.3989/cyv.232011.

[45] F.G. Melchiades, D.F. De Souza, L.R.S. Conserva, S. Nastri, A.P. Leite, A.O. Boschi, Reducing the atmospheric emissions of CO2 during the fabrication of single- fired porous tiles, in: Qualicer 2016" XIVCongreso Mund. La Calid. Del Azulejo Y Del Paviment. Cerámico," Castellon, Spain, 2016: pp. 1–13.

[46] V. Krishna, Manufacturing process of ceramic tiles, (2015). https://www.slideshare.net/vamsikrishna393950/manufacturing-process-of-ceramic-tiles (erişim tarihi: 18 Mayıs 2018).

[47] Ö. Sayı, K. Kayaci, N. Köstebekçı, As. Küçüker, M. Uzun, A. Kara, Mermer Kesim ve Frit Atiklarinin Porselen Karo Bünyelerinde Beraber Kullanimi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilim. Derg. (n.d.) 1–8. http://fenbildergi.aku.edu.tr/pdf/OS/S(11-18).pdf (erişim tarihi: 18 Mayıs 2018).

[48] E. Monfort, A. Lopez-Lilao, A. Escrig, M.J. Ibanez, G. Bonvicini, O. Creutzenberg, et al., Organosilane coating of quartz particles by dry mixing, in: Qualicer 2018 "XV Congr. Mund. La Calid. Del Azulejo Y Del Paviment. Cerámico," Castellon, Spain, 2018: pp. 1–4.

[49] D. Baruzzo, D. Minichelli, S. Bruckner, L. Fedrizzi, A. Bachiorrini, S. Maschio, Possible production of ceramic tiles from marine dredging spoils alone and mixed with other waste materials., J. Hazard. Mater. 134 (2006) 202–10. doi:10.1016/j.jhazmat.2005.10.053.

[50] M. Vicent, I. Celades, S. Gomar, E. Bou, Establishing Measures to Encourage Industrial Symbiosis in The Ceramic Sector, in: Qualicer 2018 "XV Congr. Mund. La Calid. Del Azulejo Y Del Paviment. Cerámico," Castellon, Spain, 2018: pp. 1–11.

[51] E.B. Albert, I.C. Roures, M.D. Notari, J.L. Pla, D.M.A. Ochoa, E. Claramonte, et al., The glass-ceramic process : an alternative for manufacturing tiles from high percentages of inorganic wastes, in: Qualicer 2016" XIVCongreso Mund. La Calid. Del Azulejo Y Del Paviment. Cerámico," Castellon, Spain, 2016: pp. 1–10.

[52] J.G. Berlanga, E. Zuriaga-Agustí, M.-M. Lorente-Ayza, S. Mestre, M. Abellan, E. Sanchez, Reuse of ceramic tile waste in manufacturing filter plates, in: Qualicer 2004 "XV Congr. Mund. La Calid. Del Azulejo Y Del Paviment. Cerámico," Castellon, Spain, 2016: pp. 1–2.

[53] D. Pradillas, T. Catalán, A. Ester, R. Cerdà, P. Roig, P. Guillén, et al., A sustainable alternative for ceramic tile wastes, in: Qualicer 2016" XIVCongreso Mund. La Calid. Del Azulejo Y Del Paviment. Cerámico," Castellon, Spain, 2016: pp. 1–11.

[54] L. Soum, Valorization of boiler wood ashes in the ceramic industry, in: Qualicer 2016" XIV-Congreso Mund. La Calid. Del Azulejo Y Del Paviment. Cerámico," Castellon, Spain, 2016: pp. 1–13.

[55] T.G. Machado, R.B. De Assis, T.F. C, N. V Pontes, F.M. Monteiro, Using the residue of gold exploration of Jacobina-ba in the production of ceramic floors, in: Qualicer 2018 "XV Congr. Mund. La Calid. Del Azulejo Y Del Paviment. Cerámico," Castellon, Spain, 2018: pp. 1–3.

[56] D.D.L. Dias, A.M. Bernardin, Use of residual rock as raw material for porcelain tile composition, in: Qualicer 2018 "XV Congr. Mund. La Calid. Del Azulejo Y Del Paviment. Cerámico," Castellon, Spain, 2018: pp. 1–4.

[57] E. Rambaldi, L. Valeriani, C. Grandi, C. Beneventi, M.C. Bignozzi, High-recycling content porcelain stoneware tiles: from industrial production to product certification, in: Qualicer 2018 "XV Congr. Mund. La Calid. Del Azulejo Y Del Paviment. Cerámico," Spain, 2018: pp. 1–10.

[58] TÜBİTAK MAM, Seramik karo üretimi tesis ziyaretleri, (2018).

[59] A. Ibanez-Fores, M.D. Bovea, A. Azapagic, Assessing the sustainability of Best Available Techniques (BAT): methodology and application in the ceramic tile industry, J. Clean. Prod. 51 (2013) 162–176.

[60] D. Gabaldón-Estevan, E. Criado, E. Monfort, The green factor in European manufacturing: A case study of the Spanish ceramic tile industry, J. Clean. Prod. 70 (2014) 242–250. doi:10.1016/j.jclepro.2014.02.018.

[61] Türkiye İMSAD üyeleri geleceği yatırım projeleri, Nefes Alan Karo, İstanbul, 2017.

[62] A.M. Lopez-Buendia, V.L. Guaita-Delgado, M. Aguilella-Fores, J. Palomero-Boix, B. Garcia-Banos, Eco-efficient drying of pressed ceramic tiles through microwave technology, in: Qualicer 2018 "XV Congr. Mund. La Calid. Del Azulejo Y Del Paviment. Cerámico," Castellon, Spain, 2018: pp. 1–12.

[63] A. Ferreira, K.C. Fagnani, H.J. Alves, L.M.S. Colpini, S.S. Kunh, S. Nastri, et al., Effect of incorporating sludge from poultry slaughterhouse wastewater treatment system in ceramic mass for tile production, Environ. Technol. Innov. 9 (2018) 294–302. doi:10.1016/j.eti.2017.11.010.

[64] SPIRE, Research and Innovation Trends, in: Eur. Ceram. Days, 2017: p. 144.

[65] Q. Vázquez, M. Francisca, F. Javier, G. Albalat, C. Villalba, S. Mestre, et al., LIFECERAM. Zero waste in ceramic tile manufacture, in: Qualicer 2016" XIVCongreso Mund. La Calid. Del Azulejo Y Del Paviment. Cerámico," Castellon, Spain, 2016: pp. 1–16.

[66] LIFE CERAM Project. Layman's Report, Castellon, Spain, http://www.lifeceram.eu/media/12078/Laymans-report_Lifeceram.pdf (erişim tarihi: 20 Haziran 2018).

[67] LIFECERAM -Zero waste in ceramic tile manufacture, After-Life Communication Plan, Castellon, Spain, 2018. http://www.lifeceram.eu/media/13159/LIFECERAM_PLAN-DE-NEGOCIO_EN.pdf (erişim tarihi: 19 Haziran 2018).

[68] M. Javier, C. Jorge, LIFE CERSUDS. Ceramic sustainable urban drainage system, in: Qualicer 2018 "XV Congr. Mund. La Calid. Del Azulejo Y Del Paviment. Cerámico," Castellon, Spain, 2018: pp. 1–15.

[69] Prensa | Life CerSuds, (2018). http://lifecersuds.eu/es/prensa (erişim tarihi: 3 Eylül 2018).

[70] CROSSVILLE Inc., What makes crossville the tile industry's beautifully green alternative, Tennessee, n.d. https://crossvilleinc.com/wordpress/wp-content/uploads/2017/04/WhatMakesCrossvilleGreen2017B.pdf (erişim tarihi: 5 Eylül 2018).

[71] M. Akdeniz, Seramik karo üretiminde iş sağlığı ve güvenliği risklerinin değerlendirilmesi, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, 2016.

[72] E.F.S. Ciacco, J.R. Rocha, A.R. Coutinho, The energy consumption in the ceramic tile industry in Brazil, Appl. Therm. Eng. 113 (2017) 1283–1289. doi:10.1016/j.applthermaleng.2016.11.068.

[73] Med Clean, Pollution prevention case studies, Reduction of water consumption, Bolonia, İtaly, 2006.

[74] A. Tunali, N.T. Selli, Eczacıbaşı yapı grubu Bozüyük kampüsünden çıkan atıkların geri dönüşümü, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilim. Derg. 14 (2014) 209–212.

[75] Green mission, Kerlite CottoDeste Project, (2015) 1–13.

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 : 978-605-4889-35-8