

KİMYASAL GÜBRE VE AZOT BİLEŞİKLERİNİN İMALATI SEKTÖRÜ

KAYNAK VERİMLİLİĞİ REHBERİ

ANKARA, 2018



Türkiye Cumhuriyeti
SANAYİ VE TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



KİMYASAL GÜBRE VE AZOT BİLEŞİKLERİNİN İMALATI SEKTÖRÜ
KAYNAK VERİMLİLİĞİ REHBERİ

Yayın No: e-9
Sanayide Kaynak Verimliliği Rehberi-3

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

Adı Soyadı	Çalıştığı Kurum	E-Posta Adresi	Projedeki Sorumluluğu
Dr. Sönmez DAĞLI	Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü	sonmez.dagli@tubitak.gov.tr	Proje Yöneticisi
Tuba BUDAK DUHBACI	Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü	tuba.budak@tubitak.gov.tr	Proje Yönetici Yrd.
Dr. Emrah ŞIK	Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü	emrah.s@tubitak.gov.tr	Proje Yönetici Yrd.
Volkan PELİTLİ	Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü	volkan.pelitli@tubitak.gov.tr	Sektör Sorumlusu

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Sanayi ve Verimlilik Genel Müdürlüğü Ekibi

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

Danışman

Adı Soyadı	Çalıştığı Kurum	Projedeki Sorumluluğu
Necdet BARLAS	TÜBİTAK Marmara 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

978-605-4889-36-5

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.

KİMYASAL GÜBRE VE AZOT BİLEŞİKLERİNİN İMALATI SEKTÖRÜ KAYNAK VERİMLİLİĞİ REHBERİ

2018



Türkiye Cumhuriyeti
SANAYİ VE TEKNOLOJİ BAKANLIĞI





ÖNSÖZ

ÖNSÖZ

İşletme karlılığı 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 kar 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 bazı 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, kimyasal gübre ve azot bileşiklerinin 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 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 umut ediyoruz.



ÖNSÖZ

ÖNSÖZ

Gelişmekte olan ülkelerin çevresel göstergeleri endüstriyel kirlenme kontrolünde zaman zaman yaşanan zorluklar sebebi ile genellikle iyileştirilmeye açıktır. Sanayi kuruluşları bir yandan üretim yapmak ve kar 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 Avrupa Birliği (AB)'nde 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 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 karlılığı 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 artırıcı çeşitli etkinlikler (Sempozyum, Çalıştay, Anahtar Dergisi, Uygulamalı Projeler vb.) ile yönetilmektedir. TÜBİTAK 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'ni kurmuştur. Hazırlanan bu rehber ile daha önce üretilen sanayide kaynak verimliliği alanındaki projelere ilaveten yeni bir çalışmanın içinde olmaktan kıvanç duyuyor, rehberin sanayi kuruluşlarında yapılmakta olan temiz üretim ve kaynak verimliliği çalışmalarına ayrı bir ivme kazandırmasını diliyoruz. Rehber, özellikle KOBİ'lerin ihtiyaç duyabilecekleri temel konular, sektörün mevcut durumu, üretimde ortaya çıkan çevresel etkiler ve bu etkileri azaltmanın yolları, mevcut en iyi teknikleri ve bu tekniklere ait ülkemizde ve dünyadaki uygulamalı örnekleri içerecek şekilde profesyonel tasarım ve görsel malzemeler kullanılarak hazırlanmıştır.

Bu rehberin hazırlanmasında desteklerini esirgemeyen Sanayi ve Verimlilik Genel Müdürlüğü personeline, sektör danışmanı TÜBİTAK MAM'dan Sn. Necdet Barlas ve Sn. Hilmi Küçükgoze'ye; işletmelerinin kapılarını açarak sektöre yol gösterilmesine yardım eden İskenderun Gübre Sanayii A.Ş., Öz Başak Tarım Akaryakıt Gıda Nakliyat San. ve Tic. Ltd. Şti. ve İstanbul Gübre Sanayii A.Ş.'ye şükranlarımızı sunar ve teşekkür ederiz.

İÇİNDEKİLER

Tablo Listesi	iii
Şekil Listesi	iv
Kısaltmalar	vi
1. Rehberin Amacı & Kapsamı	1
2. Kaynak Verimliliği ve Temiz Üretim Nedir?	5
3. Sektör Profili	9
3.1. Gübre ve Gübre Çeşitleri	11
3.2. Dünyadaki Durum	13
3.3. Ülkemizdeki Durum	21
4. Üretim Süreçleri	27
4.1. Amonyak Üretim Süreci	29
4.2. Nitrik Asit Üretim Süreci	31
4.3. Üre Gübresi Üretim Süreci	32
4.4. Üre Amonyum Nitrat Gübresinin Üretim Süreci	34
4.5. Amonyum Nitrat Ve Kalsiyum Amonyum Nitrat Gübresinin Üretim Süreci	35
4.6. NPK (Kompoze) Gübresinin Üretim Süreci	36
5. Çevresel Göstergeler	39
5.1. Su Tüketimi	42
5.2. Atık Su Oluşumu	44
5.3. Enerji Tüketimi	47
5.4. Emisyonlar	48
5.5. Atık Oluşumu	50
5.6. Gürültü	53
6. Kaynak Verimliliği Önlemleri	55
6.1. Mevcut En İyi Teknikler Hakkında Referans Belgesi	57
6.2. İlgili Çevre Mevzuatı	59

6.3. Kimyasal Gübre ve Azot Bileşiklerinin İmalatı Sektörüne Yönelik Temiz Üretim Olanakları	62
6.4. Türkiye'den ve Dünyadan İyi Uygulama Örnekleri	69
7. Kaynakça	79

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1	Gübre kompozisyonları	12
Tablo 3.2	Nitrat bazlı gübreler	18
Tablo 4.1	Üretim parametreleri	33
Tablo 5.1	Gübre sektöründen kaynaklanan atık su ve emisyonlar	41
Tablo 5.2	Gübre sektöründen kaynaklanan katı ve tehlikeli atıklar	42
Tablo 5.3	Gübre sektöründen kaynaklanan atık su karakterleri	44
Tablo 5.4	Azot ve diğer nütrientleri içeren kompoze gübre üretimi atık su deşarj standartları (SKKY Tablo 14.7.a)	46
Tablo 5.5	Sadece azot içeren gübre üretimi atık su deşarj standartları (SKKY Tablo 14.7.b)	46
Tablo 5.6	Fosforik asit ve/veya fosfatlı kayadan fosfatlı gübre üretimi atık su deşarj standartları (SKKY Tablo 14.7.c)	46
Tablo 5.7	Enerji gereksinimleri	48
Tablo 5.8	Üretimden kaynaklanan sera gazı emisyonları	49
Tablo 5.9	Gübre sektöründen kaynaklanan katı atıklar ve önerilen kullanım alanları	50
Tablo 5.10	Farklı katalizör ömürleri	51
Tablo 5.11	Gübre üretiminden kaynaklanan katı atıklara ait atık kodları	51
Tablo 5.12	Gübre üretiminden kaynaklanan tehlikeli atıklara ait atık kodları	52
Tablo 5.13	Atık yağ kategori analiz-parametre sınır değerleri	53
Tablo 5.14	Tipik ses seviyeleri	54
Tablo 6.1	Gübre sektöründe kullanılabilecek çevresel stratejiler	57
Tablo 6.2	Genel verimlilik önlemleri ve depolama sırasında dikkat edilmesi gereken hususlar	57
Tablo 6.3	Gübre Üretimine İlişkin Çevre Mevzuatı	60
Tablo 6.4	Genel kontrol listesi	64
Tablo 6.5	Gübre üretimi ile ilgili proses bazlı kontrol listesi	66
Tablo 6.6	Ravensdown Gübre Fabrikası "Hedef Sıfır Programı"	74
Tablo 6.7	HA BAC Gübre Fabrikası uygulanan eylemler	74
Tablo 6.8	Dolgulu kule sisteminin kurulması kazanımları	78

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1	Gübre çeşitleri	11
Şekil 3.2	CO ₂ , su ve nütrient taşınımı	12
Şekil 3.3	Farklı gübre üretim prosesleri	13
Şekil 3.4	Global gübre: (a) üretim, (b) ithalat, (c) ihracat ve (d) tüketim miktarları (milyon ton)	13
Şekil 3.5	Dünyadaki global amonyak üretim kapasitesinin bölgelere göre dağılımı (ton)	15
Şekil 3.6	En büyük üre ithalatçısı ülkeler (milyon ton)	16
Şekil 3.7	Dünyadaki global üre üretim kapasitesinin bölgelere göre dağılımı (ton)	17
Şekil 3.8	Dünyadaki amonyum nitrat üretim kapasitesinin bölgelere göre dağılımı (ton)	18
Şekil 3.9	En büyük NPK üreticileri (milyon ton)	19
Şekil 3.10	NPK üretim kapasitesinin bölgelere göre dağılımı (bin ton)	19
Şekil 3.11	Dünyadaki amonyum sülfat üretim kapasitesinin bölgelere göre dağılımı (ton)	20
Şekil 3.12	Ekilebilir hektar başına kullanılan gübre miktarı (kg)	20
Şekil 3.13	Kimyasal gübre ve azot bileşiklerinin imalatı	21
Şekil 3.14	Türkiye'de gübre üretimi, tüketimi, ihracatı ve ithalatı (bin ton)	22
Şekil 3.15	Ülkemizde nütrient bazında kimyasal gübre kullanımı (bin ton)	23
Şekil 3.16	Faaliyet gösteren firma sayıları	23
Şekil 3.17	İhracat değerleri (Milyon €)	24
Şekil 3.18	İthalat değerleri (Milyon \$)	24
Şekil 3.19	Ekilebilir hektar başına gübre kullanımı	25
Şekil 4.1	Amonyak üretim süreci akış şeması	30
Şekil 4.2	Nitrik asit üretim süreci akış şeması	32
Şekil 4.3	Üre üretim süreci akış şeması (toplam geri dönüşüm prosesleri dahil)	34
Şekil 4.4	Üre amonyum nitrat üretim süreci akış şeması	35
Şekil 4.5	Amonyum nitrat üretim süreci akış şeması	36
Şekil 4.6	Nitrofosfat yoluyla (ODDA Prosesi) NPK gübresi üretimi	37
Şekil 4.7	Karışık asit yoluyla NPK gübresi üretimi	38
Şekil 5.1	Geri dönüştürülmemiş su miktarı (m ³)	42
Şekil 5.2	Gübre üretimi su bütçesi	43
Şekil 5.3	Gübre üretiminde kullanılan su kaynakları	43

Şekil 5.4	Su tüketimi, deşarjı ve meydana gelen kayıplar	44
Şekil 5.5	Atık su miktarı (m ³)	45
Şekil 5.6	1955 yılından günümüze amonyak tesislerinin spesifik enerji tüketimleri	47
Şekil 5.7	Enerji kaynaklarına göre NH ₃ üretiminin karşılaştırılması	47
Şekil 5.8	İyileştirilmiş enerji performansları	48
Şekil 5.9	Amonyum nitrat üretimi sırasında oluşan sera gazı emisyonları	49
Şekil 5.10	Ses seviyesi	54
Şekil 6.1	Yenilenebilir amonyak üretimi	72
Şekil 6.2	TURBULAIR sistemi	73
Şekil 6.3	DUSOL sistemi	76

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AN	: Amonyum Nitrat
ASN	: Amonyum Sülfat Nitrat
CO ₂	: Karbondioksit
CAN	: Kalsiyum Amonyum Nitrat
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
DAP	: Diamonyum Fosfat
H ₂	: Hidrojen
LASDER	: Lastik Sanayicileri Derneği
MAN	: Magnezyum Amonyum Nitrat
MET	: Mevcut En İyi Teknikler
MSDS	: Malzeme Güvenlik Bilgi Formu
NACE	: Ekonomik Faaliyetlerin İstatistikî Sınıflaması
N	: Azot
NH ₃	: Amonyum
NO _x	: Azot Oksitler
NPK	: Kompoze Gübre
NSP	: Normal Süper Fosfat
ÖTL	: Ömrünü Tamamlamış Lastikler
UAN	: Üre Amonyum Nitrat
SKHKKY	: Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
SKKY	: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
PE	: Polietilen
PP	: Polipropilen
S	: Kükürt
SO ₂	: Kükürtdioksit
SO ₃	: Kükürtrioksit
TABS	: Tehlikeli Atık Beyan Sistemi
TAP	: Taşınabilir Pil Üreticileri ve İthalatçıları Derneği
UAN	: Üre, Amonyum Nitrat

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 sanayinde sürdürülebilir üretim yöntemlerinin yaygınlaştırılması için sektörel rehberlerin hazırlanması öngörülmüştür. Bu amaçla 2016 yılında hazırlanan ilk iki rehber, "Et ve Et Ürünleri İmalatı" ve "Süt ve Süt Ürünleri İmalatı" alt sektörü rehberleridir. İlgili rehberler kaynak verimliliği uygulamalarını teşvik edici ve yol gösterici bilgiler ve örnek çalışmalar sunmaktadır. Kimyasalların ve Kimyasal Ürünlerin İmalatı ana sektörü altında Nace Rev. 2. 20.15 kodlu "Kimyasal Gübre ve Azot Bileşiklerinin İmalatı" alt sektörüne yönelik olarak hazırlanan bu rehberin hedef kitlesi de sektördeki işletmelerin yönetim, üretim-planlama, kurumsal iletişim ve halkla ilişkiler bölümlerinde görev yapan tüm personeldir.

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Sanayi ve Verimlilik Genel Müdürlüğü tarafından ülkemizde imalat sanayi için kaynak verimliliği potansiyelinin belirlenmesi amacıyla TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü ile 2014-2017 yılları arasında "Sanayide Kaynak Verimliliği Potansiyelinin Belirlenmesi" başlıklı kamu yatırım projesi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, Türkiye imalat sanayinde seçilmiş beş sektörden (Gıda ürünlerinin imalatı, Tekstil ürünlerinin imalatı, Kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı, Diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı, Ana metal sanayi) yola çıkarak ham madde, enerji ve su girdilerinin etkin ve sürdürülebilir kullanımı ve elde edilebilecek potansiyel tasarruf miktarları sektörel, bölgesel ve ülke imalat sanayi düzeyinde analiz edilmiş ve elde edilebilecek potansiyel kazanımlar, miktarsal ve parasal olarak tahmin edilmiştir. Seçilen sektörlerden biri olan "Kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı" sektöründe Gerçekçi Senaryo'ya göre toplam parasal tasarruf potansiyelinin (enerji, su ve ham madde) %8,56'sı "20.15 Kimyasal Gübre ve Azot Bileşiklerinin İmalatı" alt sektörünü kapsamıştır. Yapılan analizlerde, "20.15 Kimyasal Gübre ve Azot Bileşiklerinin İmalatı" alt sektöründe ana sektör içerisinde ham madde alanında yaklaşık %7,7, enerjide %6 ve suda da %62 oranında bir tasarruf potansiyeli tespit edilmiştir. Bu oranlar, sektörde yapılacak çeşitli verimlilik uygulamaları ile tasarrufların sağlanabileceğine işaret etmektedir. Bu sebeple, hazırlanan bu rehber ile potansiyel tasarrufların hayata geçirilme fırsatlarının yanı sıra, tedarikçilerin de hedef paydaş olarak hedef kitleye dahil olmasıyla sürdürülebilir kaynak verimliliği elde edilmesine katkıda bulunulması hedeflenmektedir.

Rehber, esas olarak 4 bölümü kapsamaktadır;

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

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

"Üretim Süreçleri" bölümünde kimyasal gübre ve azot bileşiklerinin 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 AB (Avrupa Birliği) tarafından oluşturulan ve 2007 yılına ait Mevcut En İyi Teknikler (MET)'in anlatıldığı BREF (MET Referans Dokümanı) esas alınarak süreç temelli çevresel etki oluşturan alanlar tespit edilmiş ve buna yönelik kaynak verimliliği önlemleri irdelenmiştir. Tüm bu çalışmalar boyunca sektörün önde gelen tesislerine ziyaretler yapılarak veri ve bilgiler üretilmiştir.



2

KAYNAK VERİMLİLİĞİ
VE TEMİZ ÜRETİM
• NEDİR?



2 KAYNAK VERİMLİLİĞİ VE TEMİZ ÜRETİM NEDİR?

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

Atık: Herhangi bir kullanım sonucu yada raf-kullanım ömrünü dolduran ürünlerin kullanılamaz hale gelmesi sonucu oluşan ve mühendislik prensipleri kullanılarak azaltılması, geri kazanımı, yeniden kullanılması ve bertaraf edilmesi gereken her türlü malzeme olarak tanımlanmaktadır. Atığın oluşumu (ürün üretimi) sırasında kaynaklar tüketildiği gibi, atığın oluşumu sonrası yukarıda sayılan işlemlerin de gerçekleştirilebilmesi için (toplama, taşıma, geri kazanım, bertaraf vb.) kaynak tüketimi de söz konusu olmaktadır. Bu sebeple, başta imalat sanayi olmak üzere her sektörde kaynak verimliliği çalışmalarının yapılması, ilave önem verilmesi gereken bir durum ihtiva etmektedir.

Sanayide kaynak verimliliğinin uygulanmasına yönelik ilk düzenleme AB'nin 24 Eylül 1996 tarihli 96/61/EC Konsey Yönergesi ile oluşturduğu "Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol" Direktifidir [1]. 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 da gerektirmemektedir [2].

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; BM Çevre Programı tarafından "daha az kaynak tüketerek daha fazla refah sağlamak" olarak tanımlanmıştır [3]. AB ise Kaynak Verimliliğini "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 [4]. 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 düşürülmesi gibi alanlarda sayısız faydaları olacak bir süreci tanımlamaktadır. Bu süreç sürekli güncellenen, sürdürülebilir bir düşünme, hesaplama, önlem alma ve uygulama sürecini içermektedir.



3

• SEKTÖR
PROFİLİ



3 SEKTÖR PROFİLİ

3.1. GÜBRE VE GÜBRE ÇEŞİTLERİ

Dünya genelinde küresel nüfus artışıyla birlikte gıda ve besin ihtiyaçlarının karşılanabilmesi amacıyla daha fazla tarımsal üretime ihtiyaç duyulmuştur. Bu sebeple insanoğlu giderek artan nüfusun talebi doğrultusunda daha verimli kaynaklar bulmaya çalışmış ve bunun sonucunda da çeşitli bitkiler için gübrelerin kullanıldığı tarım sistemleri geliştirilmiştir. 19. yüzyılın başında ilk defa Carl Bosch bitkilerin büyümesi için gerekli besin maddelerini sağlamak üzere organik veya inorganik maddeleri toprağa ilave ederek gübreleme uygulamasını başlatmıştır. 1913 yılında ise Haber-Bosch prosesinin ticari hale getirilmesinden yaklaşık 10-20 yıl sonra dünya nüfusunda daha hızlı bir artış gözlemlenmiş ve daha fazla gübre ihtiyacı oluşmuştur [5].

Gübreler genel olarak bitki gelişimini teşvik etmek amacıyla uygulanan kimyasal bileşikler olarak tanımlanmakta olup, toprağa veya yaprağa uygulanan maddelerdir. Gübreler temel olarak, doğal (organik) ve kimyasal (inorganik) gübreler olarak iki sınıfa ayrılmaktadır (Şekil 3.1). Doğal gübreler doğal proseslerle üretilen doğal bileşiklerdir; kimyasal gübreler ise doğal tortuların kimyasal proseslerden geçirilmesi sonucu üretilen yani kimyasal dönüşüme uğramış maddelerdir [6].

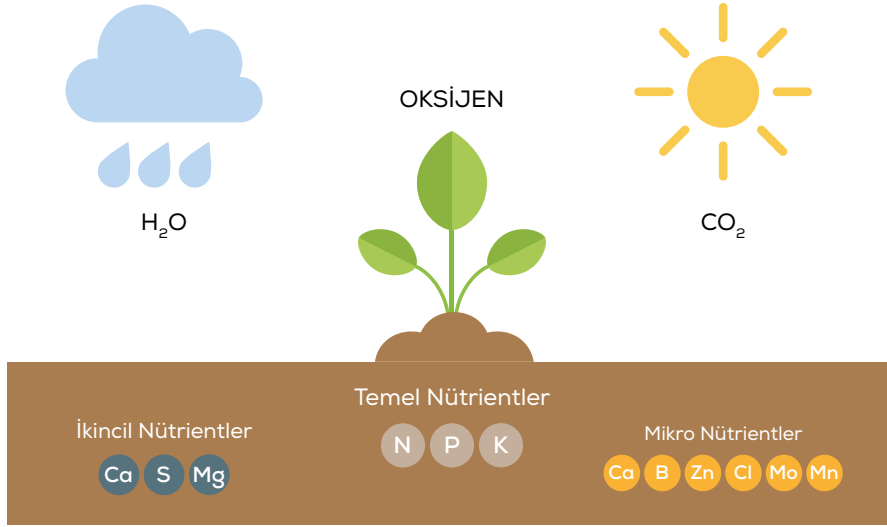
Şekil 3.1 Gübre çeşitleri



Gübreler bitki nütrientleri (besi maddeleri) olup, bitki gelişimi için gerekli olan maddelerdir. Bitkiler gelişmek için ışık, karbon dioksit (CO₂) ve minerallere ihtiyaç duymaktadır. İhtiyaç duyulan CO₂ yapraklardaki absorpsiyon ile bitkiye alınırken, su ve nütrientler ise absorpsiyon yoluyla topraktan alınmaktadır (Şekil 3.2). Bitkilerin ihtiyaç duyduğu temel nütrientler azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K)'dur. Ancak her bir bitki nütrienti de eşsiz fizyolojik fonksiyonlara sahip olup, herhangi bir farklı nütrientle değiştirilmesi mümkün değildir. Ayrıca optimum bitki büyümesi için kükürt, magnezyum ve kalsiyum da ikincil nütrient olarak gereklidir.

- Kükürt (S) özellikle ilk büyüme aşamasında amino asit, protein ve yağ üretimi için oldukça önemlidir.
- Magnezyum (Mg) fotosentez için gerekli olup, ışığı kimyasal enerjiye çevirmektedir.
- Kalsiyum (Ca) meyve ve sebzelerin verim, kalite ve raf ömrü için oldukça önemlidir.

Şekil 3.2 CO₂, su ve nütrient taşınımı



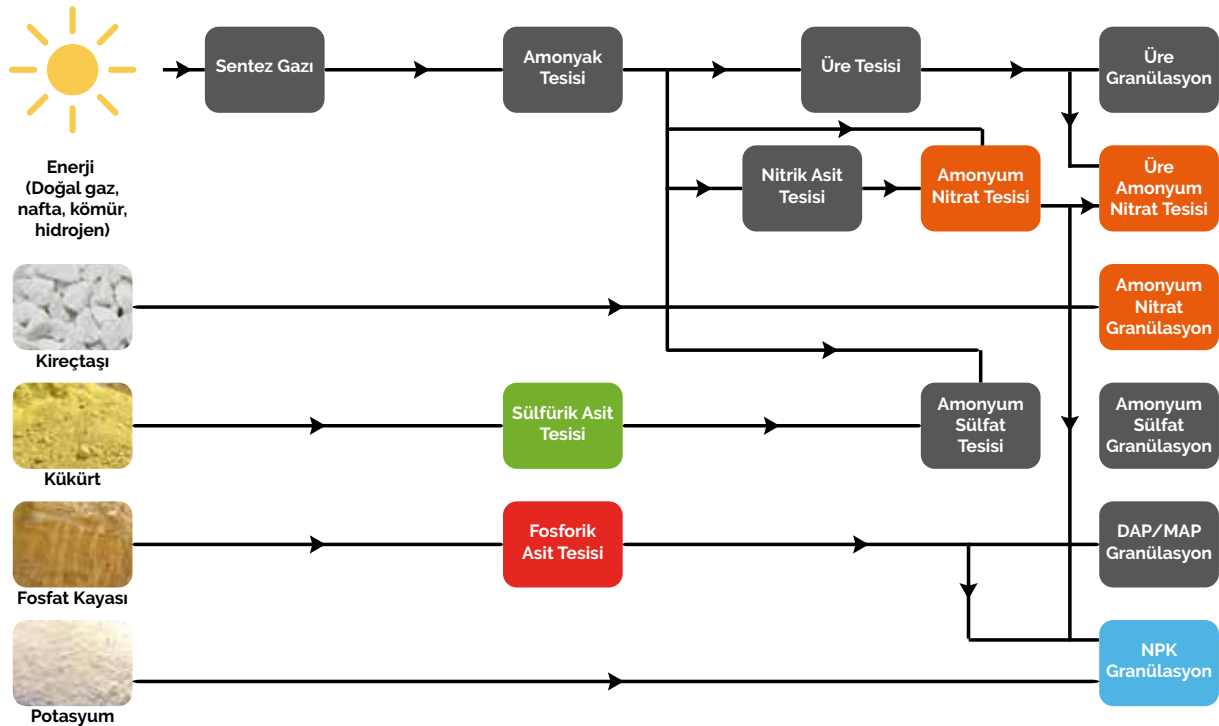
Bitkiler inorganik veya organik gübrelerin her ikisiyle de beslenebilmekte ancak her iki durumda da bitkiler aynı inorganik molekülleri kullanmaktadır. Nütrientler arasında N en önemlisi olup, kullanılan nütrientlerin %60'ını azotlu nütrientler oluşturmaktadır. Ticari olarak satışı gerçekleştirilen gübrelere ait ortalama nutrient içerikleri Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1 Gübre kompozisyonları

Kompozisyon (%)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	MgO
Azotlu Gübreler					
Amonyak	82	0	0	0	0
Amonyum Sülfat	21	0	0	23	0
Amonyum Nitrat	33-34,5	0	0	0	0
Kalsiyum Amonyum Nitrat	20,4-27	0	0	0	0
Üre	45-46	0	0	0	0
Fosfatlı Gübreler					
Tekli Süperfosfat	0	16-20	0	12	0
Üçlü Süperfosfat	0	46	0	0	0
Diamonyum Fosfat	18	46	0	0	0
Monoamonyum Fosfat	11	52	0	0	0
Fosfat	0	20-40	0	0	0
Potasyumlu Gübreler					
Potasyum Klorit	0	0	60	0	0
Potasyum Sülfat	0	0	50	18	0
Potasyum Magnezyum Sülfat	0	0	22-30	17-22	10-11
Kompoze Gübreler					
NPK Gübresi	5-25	5-25	5-25	*	*
NP Gübresi	15-25	15-25	0	*	0
NK Gübresi	13-25	0	15-46	*	0
PK Gübresi	0	7-30	10-30	*	*

Günümüzde gübre üretiminde karşılaşılan çeşitli zorluklar bulunmaktadır: Çevresel sorumluluklar da en az artan talep karşısında gerekli olan kapasite artışları kadar önemli olmaktadır. Çoğu zaman eskiyen tesisler modernize edilmekte ya da tamamen değiştirilmektedir. Ayrıca günümüzde birçok firma farklı gübre ürünlerinin üretilbildiği çok kompleks tesisler inşa etmeye başlamıştır. Farklı tür gübrelerin üretimini gösteren proses zinciri Şekil 3.3'te verilmiştir [7].

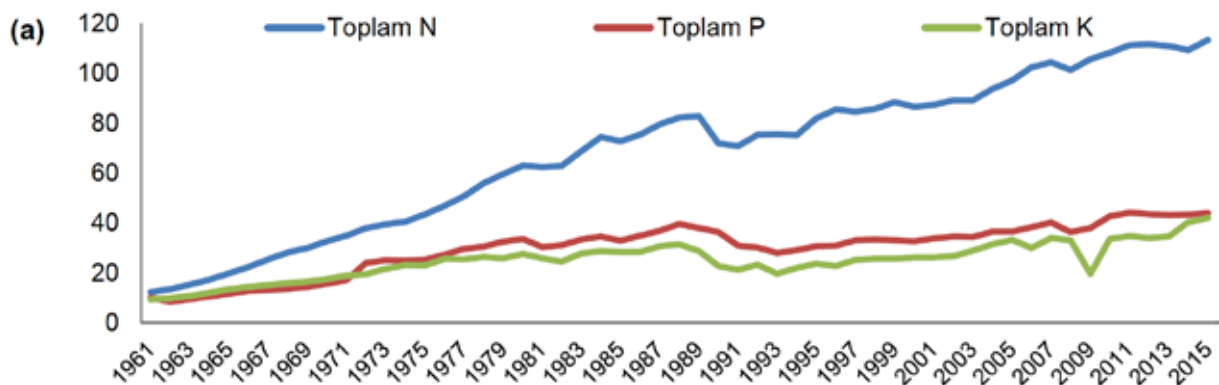
Şekil 3.3 Farklı gübre üretim prosesleri

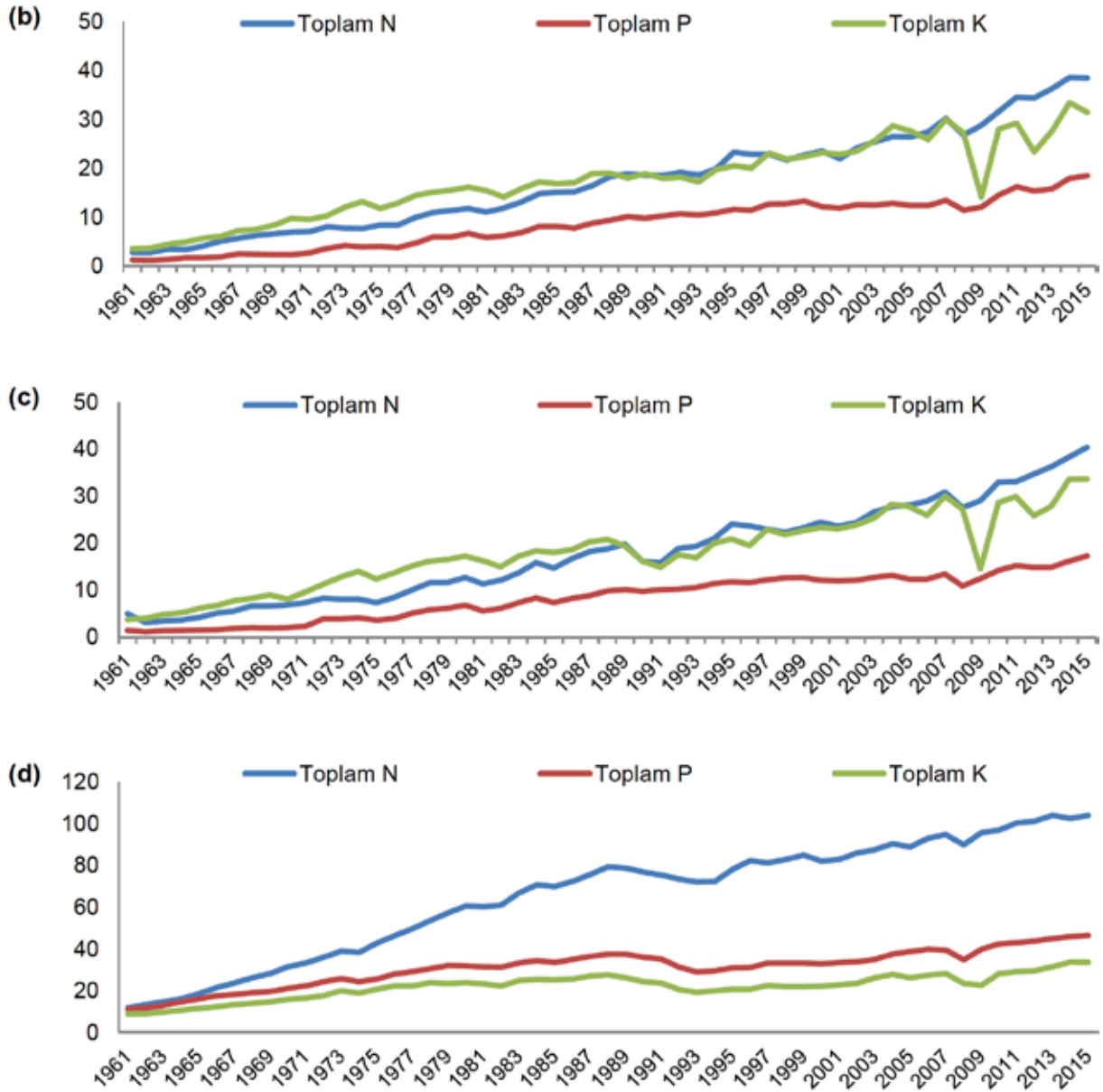


3.2. DÜNYADAKİ DURUM

Dünya genelinde 2015 yılı itibariyle gübre imalatı kimya sektörü içerisinde %1,7 pay alarak 68 Milyar \$ ile 10. sırada yer almıştır. Kimyasal ürünlerin ihracat ve ithalat değerleri incelendiğinde ise Amerika Birleşik Devletlerinin (ABD) lider konumunda olduğu görülmektedir. Dünya genelinde 2015 yılında azotlu gübre tüketimi %0,6 ve fosfatlı (P) gübre tüketimi %0,7 oranında azalırken, potasyumlu (K) gübre tüketimi ise %0,1 oranında artmıştır. Gübre bazında global üretim, ithalat, ihracat ve tüketim miktarları Şekil 3.4'te verilmiştir [8].

Şekil 3.4 Dünyadaki gübre durumu: (a) üretim, (b) ithalat, (c) ihracat ve (d) tüketim miktarları (milyon ton)

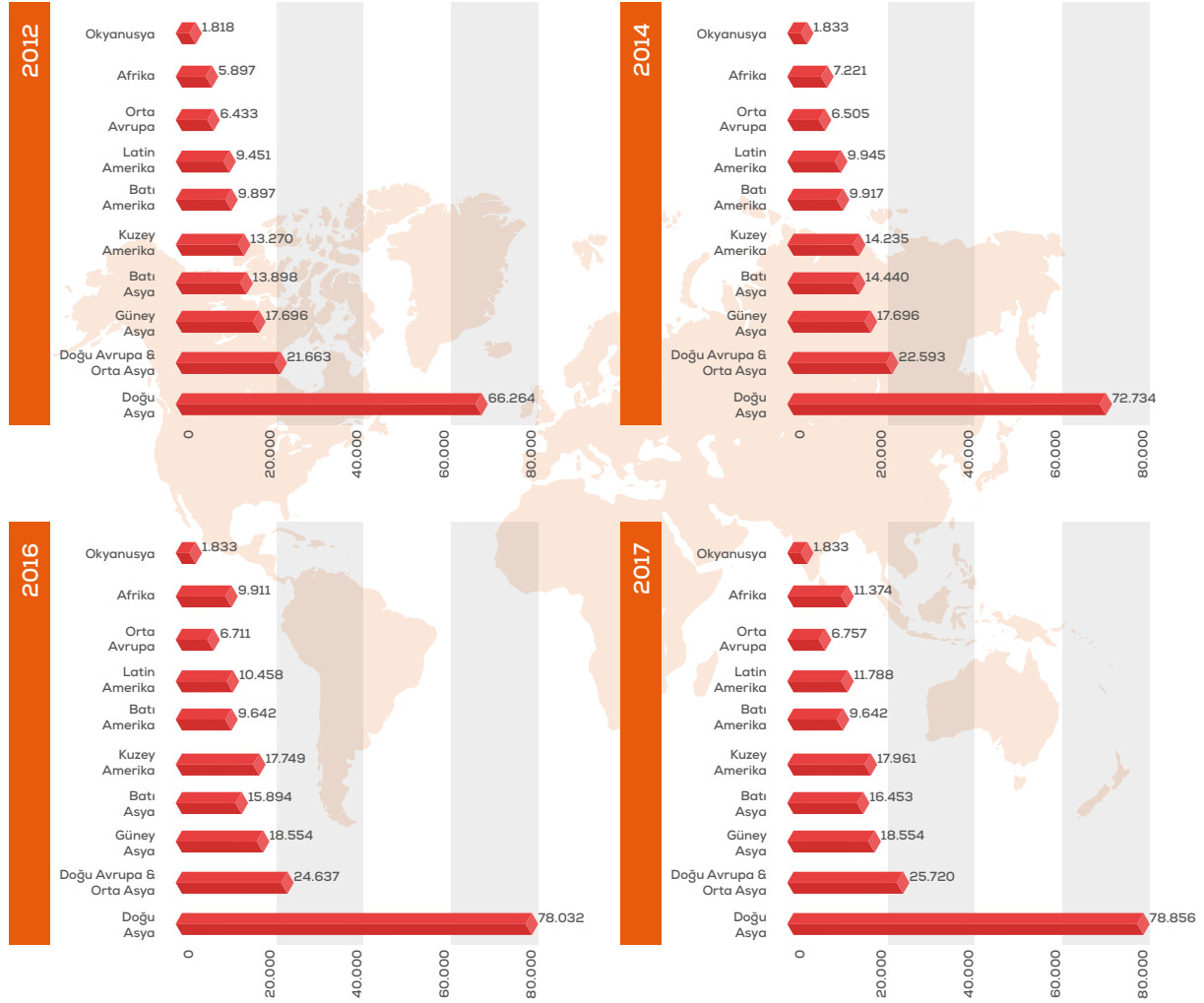




Amonyak (NH_3); tüm azotlu gübrelerin üretiminde temel nütrient olarak kullanılmakta olup, en büyük üreticiler geniş tarım alanlarına sahip ve genelde nüfusu yüksek olan Çin, Rusya, Hindistan, ABD, Endonezya, Kanada, Katar, Pakistan ve Suudi Arabistan'dır [9]. Dünya genelinde 2012 yılından 2017 yılına kadar bölgeler bazında NH_3 üretim kapasiteleri Şekil 3.5'te verilmiştir. İlk sırada dünyadaki toplam üretimin %41'lik kısmını gerçekleştiren Doğu Asya ülkeleri yer almaktadır. Doğu Asya ülkelerini %13'lük pay ile Doğu Avrupa & Orta Asya ülkeleri ve %10'luk pay ile Güney Asya ülkeleri takip etmektedir [10].

Trinidad ve Tobago ise NH_3 ihracatında ham madde olarak kullanılan doğal gaza oldukça düşük maliyette ulaşabilmesi ve ayrıca elverişli deniz ulaşım yolları sebebiyle Rusya, Cezayir, Kanada, Endonezya, Suudi Arabistan, Katar, İran, Ukrayna ve Hollanda gibi ülkelerin önünde lider konumdadır. Orta Doğu'da oldukça büyük doğal gaz rezervleri olmasına karşın ham maddenin büyük çoğunluğu üre üretimi için kullanılmaktadır.

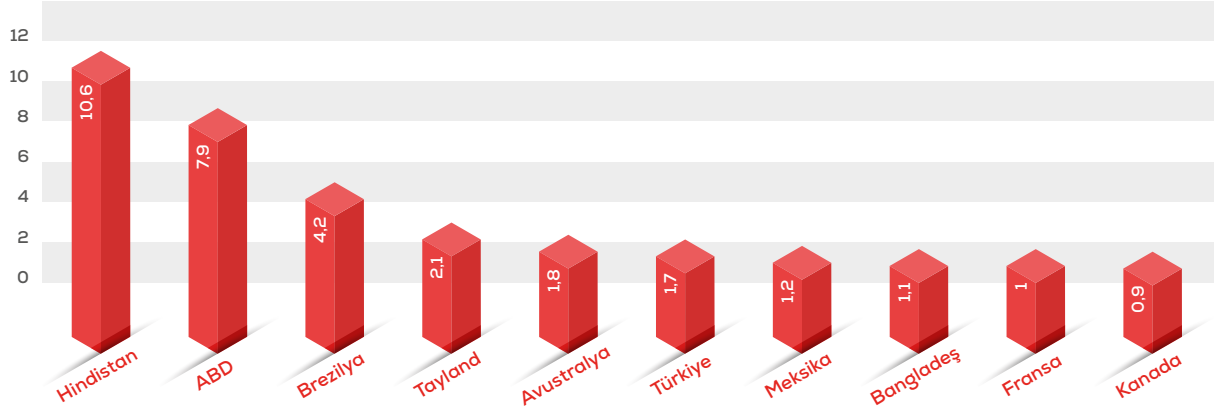
Şekil 3.5 Dünyadaki global amonyak üretim kapasitesinin bölgelere göre dağılımı (ton)



Kaynak: [9]

Üre üretiminde Çin ve Hindistan en büyük üreticiler olmakla birlikte aynı zamanda en büyük tüketici konumundadırlar. Bu ülkeleri sırasıyla Rusya, Endonezya, ABD, Katar, Pakistan, İran, Suudi Arabistan ve Kanada izlemektedir. Üre yüksek N₂ içeriğine sahipken (%46), taşınması nispeten daha ucuzdur. Çin, Karadeniz ve Arap Körfezi en büyük üç ihracat merkezi olmakla birlikte, aynı zamanda dünyadaki üre fiyatlarını da belirlemektedir. Ülkemiz ise 2015 yılı itibariyle 1,7 milyon ton üre ithalatı ile en çok üre ithal eden ülkeler arasında 6. sırada yer almaktadır. 2015 yılı itibariyle en çok üre ithal eden ülkeler sıralaması Şekil 3.6'da verilmiştir.

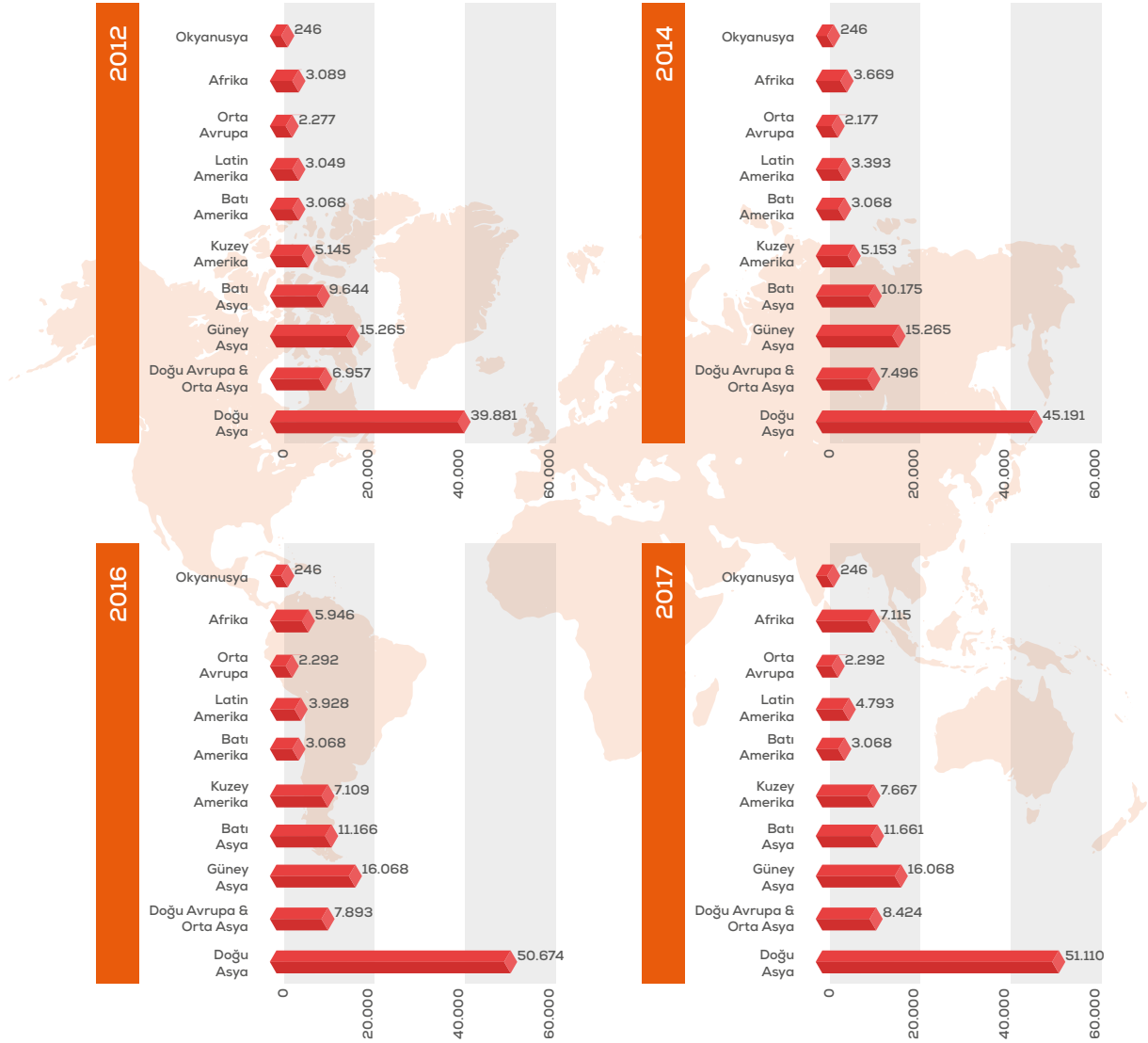
Şekil 3.6 En büyük üre ithalatçısı ülkeler (milyon ton)



Kaynak: [9]

Dünya genelinde 2012 yılından 2017 yılına kadar bölgeler bazında üre üretim kapasiteleri Şekil 3.7'de verilmiştir. İlk sırada dünyadaki toplam üretimin %46'lık kısmını gerçekleştiren Doğu Asya ülkeleri yer almaktadır. Doğu Asya ülkelerini %14'lük pay ile Güney Asya ülkeleri ve %10'luk pay ile Batı Asya ülkeleri takip etmektedir.

Şekil 3.7 Dünyadaki global üre üretim kapasitesinin bölgelere göre dağılımı (ton)



Kaynak: [10]

Günümüzde nitrat bazlı gübreler mevcut en iyi ve güvenilir N kaynakları olarak tanımlanmaktadır. NH_3 topraktaki kil mineralleri tarafından tutulmakta ve bu sebeple hareketsiz kalmaktadır. Ürenin ise kullanılmadan önce mutlaka amonyum azotuna dönüştürülmesi gerekmektedir. Nitrat azotu ise toprak suyunda çözünmüş halde bulunmakta ve bitkiye pasif olarak taşınması sebebiyle daha etkili olmaktadır. Buna ek olarak ayrıca nitrat bazlı gübreler sahip oldukları daha düşük çevresel etkiler nedeniyle üre bazlı ürünlere kıyasla daha çevreci olarak kabul edilmektedir. Genel olarak nitrat bazlı gübreler %50 oranında azotu nitrat formunda içeren gübrelerdir. Üre ve amonyum bazlı nitratlı gübrelerde ise bu oran daha düşüktür (Tablo 3.2). Dünya üzerinde Rusya en büyük nitrat bazlı gübre üreticisidir ve bu ülkeyi sırasıyla ABD ve Çin izlemektedir. Global üretim miktarı ise nitrat bazlı gübrelerin ülkemizde yasaklanmasıyla birlikte 2015 yılından itibaren azalma trendine girmiştir [9].

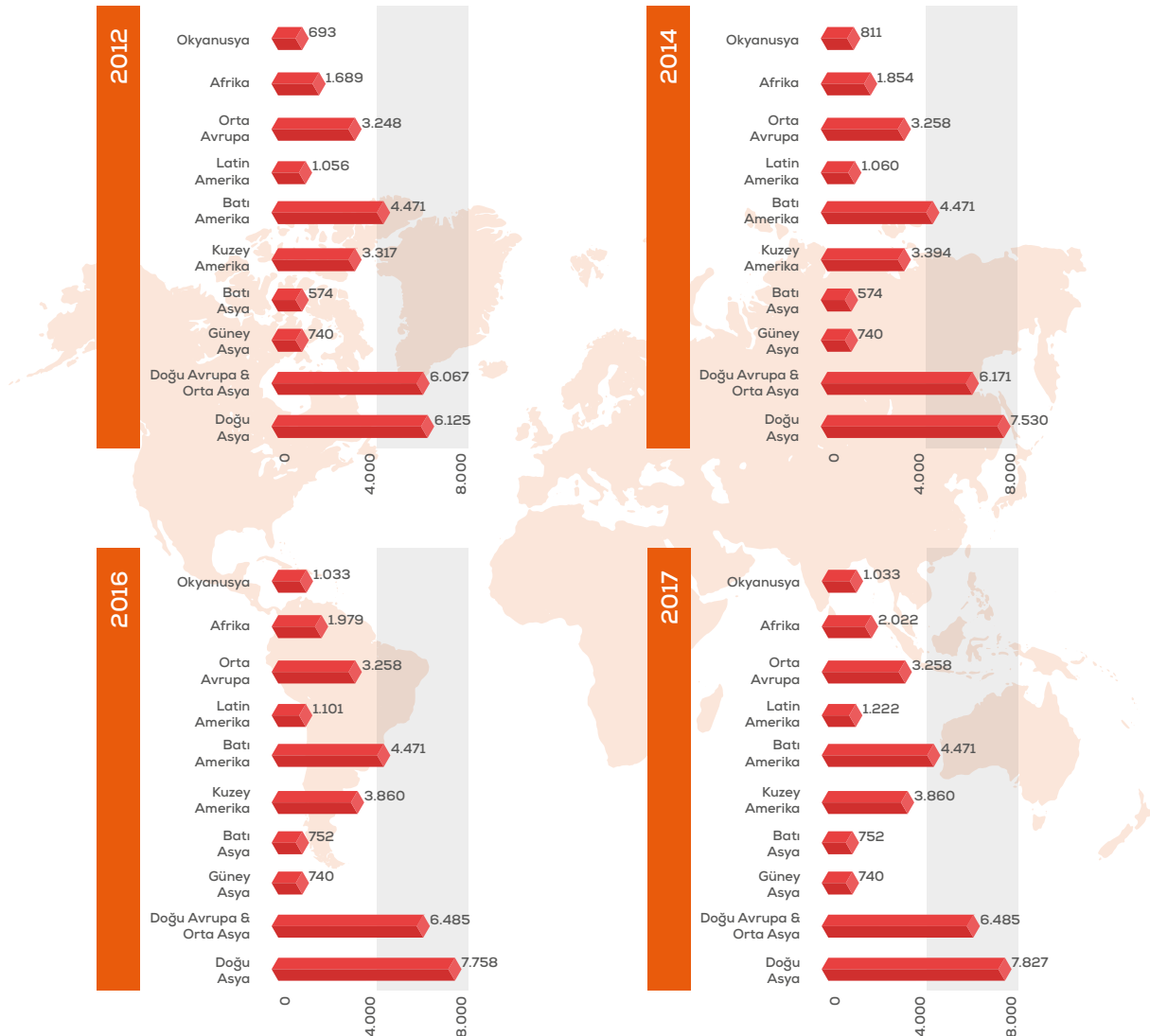
Tablo 3.2 Nitrat bazlı gübreler

Azotlu Gübreler	N İçeriği (%)	Nitrat (%)	Diğer (%)
Kalsiyum Amonyum Nitrat	27	50	4 MgO
Amonyum Nitrat	34	50	-
NPK	Değişken	50	P&K
Kalsiyum Nitrat	Değişken	93	19
Üre Amonyum Nitrat	28	25	-
Amonyum Sülfat Nitrat	26	25	13

Kaynak: [9]

Dünya genelinde 2012 yılından 2017 yılına kadar bölgeler bazında amonyum nitrat üretim kapasite-leri Şekil 3.8'de verilmiştir. Amonyum nitrat üretiminde ilk sırada dünyadaki toplam üretimin %25'lik kısmını üreten Doğu Asya ülkeleri yer almaktadır. Doğu Asya ülkelerini %21'lik pay ile Doğu Avrupa & Orta Asya ülkeleri ve %15'lik pay ile de Batı Avrupa ülkeleri takip etmektedir.

Şekil 3.8 Dünyadaki amonyum nitrat üretim kapasitesinin bölgelere göre dağılımı (ton)

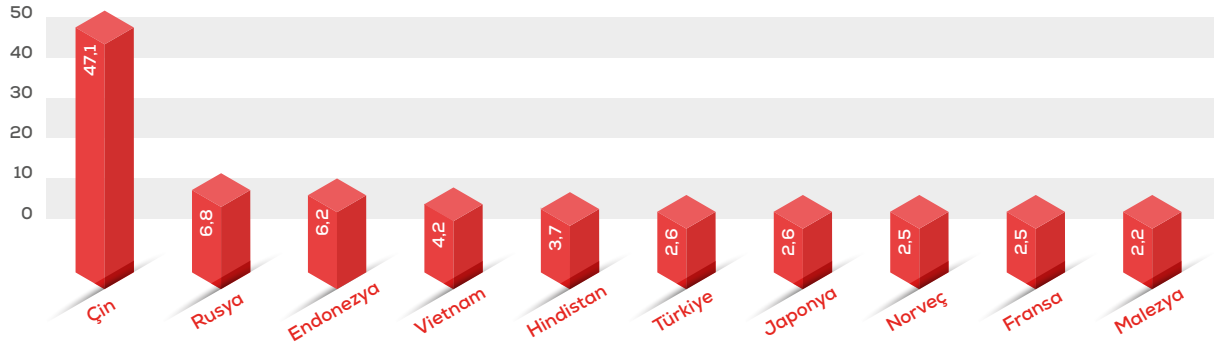


Kaynak: [10]

Gübrelerde bulunan nütrient oranlarındaki sapmalar, bitkilerin kalitesi ve verimi üzerinde büyük etkilere sahiptir. Bu nedenle günümüzde NPK gübrelerine olan talep artmıştır. NPK gübrelerinde N, P ve K nütrientleri birlikte bulunmakta ve bitkilere daha iyi dağılmaktadır. Bileşik halinde NPK tüm N, P ve K nütrientlerini içerirken, karışım halinde bulunan NPK'larda ise üre, nitrat, diamonyum fosfat (DAP), TSP, MOP, SOP gibi gübre ürünleri karıştırılmakta ya da harmanlanmaktadır.

Ülkemiz en büyük NPK üreticileri arasında 6. sırada yer almaktadır (Şekil 3.9). Rusya ve Norveç on büyük üreticiden ikisi olmakla birlikte, aynı zamanda en fazla ihracat yapan ülkelerdir. Çin'de ise tüm potasyum içeren gübreler ihracat vergilerine maruz kaldığından, NPK ithalat miktarları oldukça düşüktür.

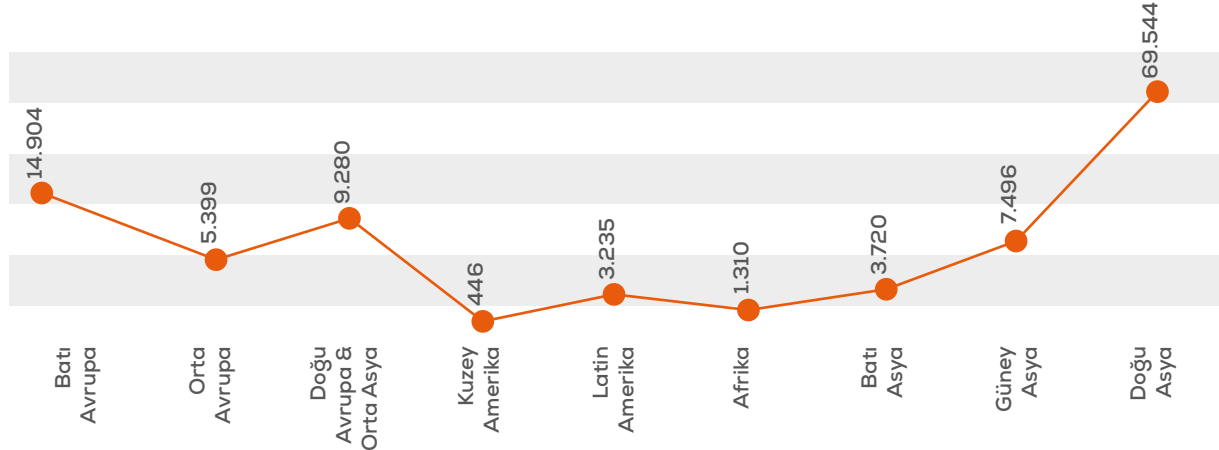
Şekil 3.9 En büyük NPK üreticileri (milyon ton)



Kaynak: [9]

2013 yılı itibarıyla bölgeler bazında NPK üretim kapasiteleri Şekil 3.10'da verilmiştir. Üretiminde ilk sırada dünyadaki toplam üretimin %60'lık kısmını üreten Doğu Asya ülkeleri yer almaktadır. Doğu Asya ülkelerini %13'lük pay ile Batı Avrupa ve %8'lik pay ile Doğu Avrupa & Orta Asya ülkeleri takip etmektedir [10].

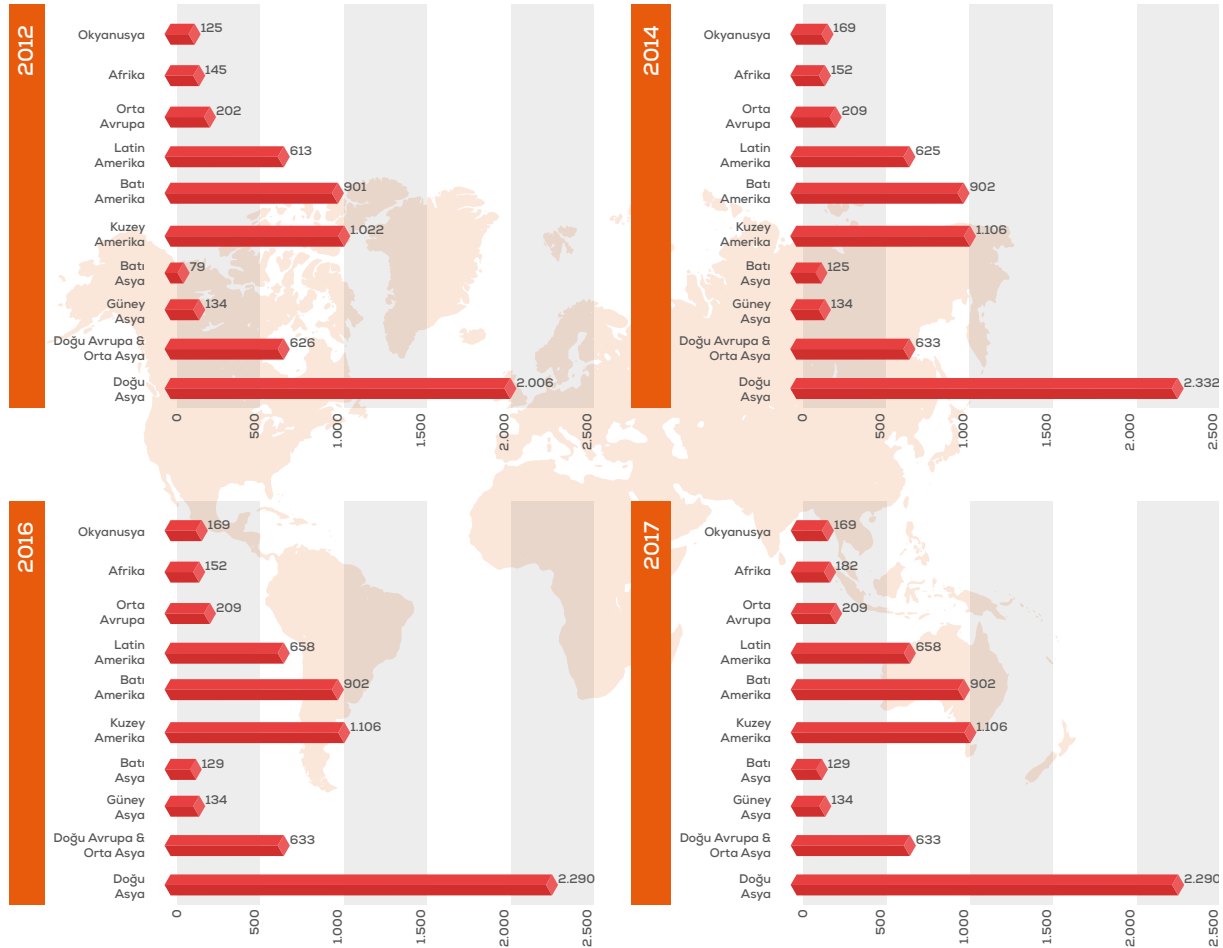
Şekil 3.10 NPK üretim kapasitesinin bölgelere göre dağılımı (bin ton)



Yaygın olarak kullanılan azotlu gübrelerden bir tanesi de amonyum sülfattır. Kullanıcılar bitkilerin besin gereksinimlerini karşılamak için ek N ve S'e ihtiyaç duyduklarında amonyum sülfat kullanmaktadır. Ancak N içeriği üre ve NH_3 gibi diğer ürünler kadar yüksek olmadığından S içeriği tercih sebe-

bi olmaktadır. Dünya genelinde 2012 yılından 2017 yılına kadar bölgeler bazında amonyum sülfat üretim kapasiteleri Şekil 3.11'de verilmiştir. Amonyum sülfat üretiminde ilk sırada dünyadaki toplam üretimin %36'lık kısmını üreten Doğu Asya ülkeleri yer almaktadır. Doğu Asya ülkelerini %17'lik pay ile Kuzey Amerika ülkeleri ve %14'lük pay ile Batı Avrupa ülkeleri takip etmektedir.

Şekil 3.11 Dünyadaki amonyum sülfat üretim kapasitesinin bölgelere göre dağılımı (ton)



Kaynak: [10]

Dünya genelinde 2002 yılından 2015 yılına kadar hektar başına kullanılan gübre miktarlarına bakıldığında %30'luk bir artış yaşanmıştır. Ülkemize ise aynı yıllar içerisinde kullanım miktarı 72,8'den 106,7 kg/ha'a yükselmiştir (Şekil 3.12) [11]. 2020 yılına kadar N, P ve K talebinin ise sırasıyla yıllık bazda %1,5 - %2,2 - %2,4 oranında artması beklenmektedir.

Şekil 3.12 Ekilebilir hektar başına kullanılan gübre miktarı (kg)



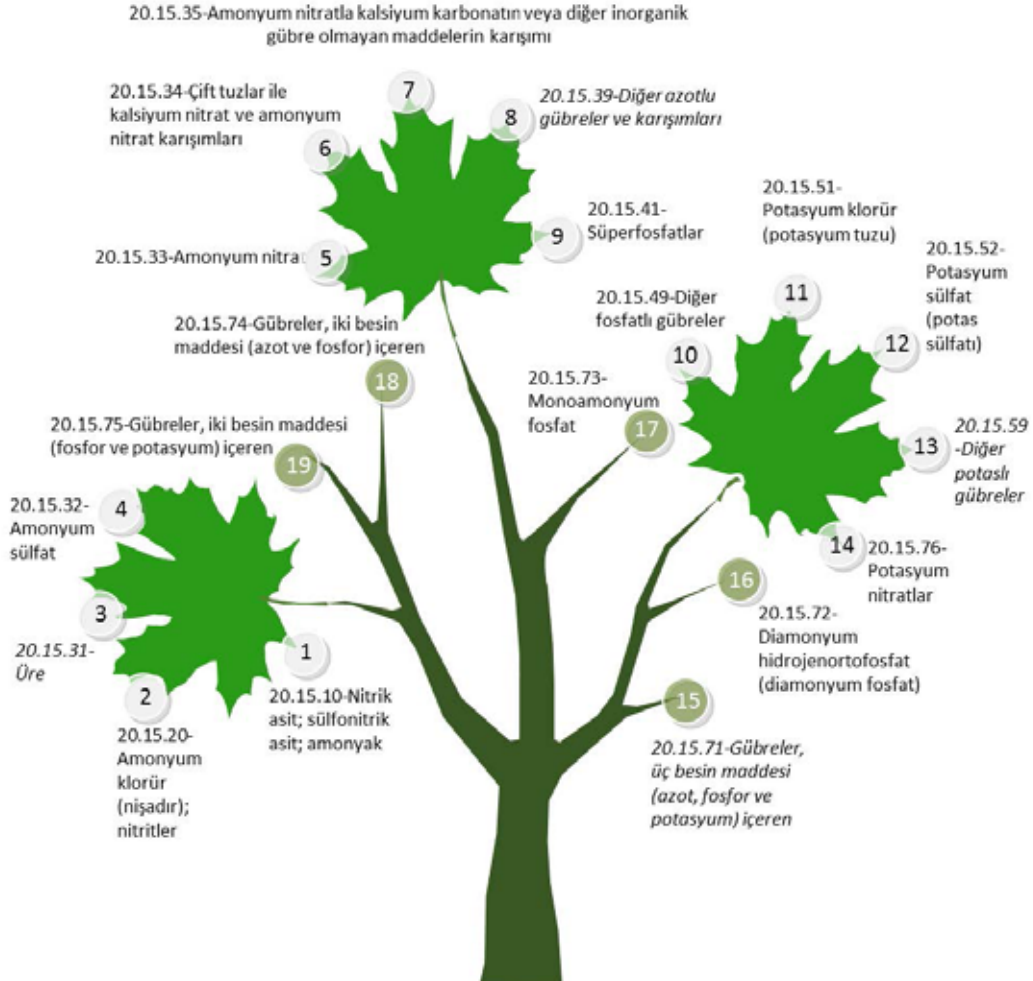
Kaynak: [12]

3.3. ÜLKEMİZDEKİ DURUM

Ülkemizde kimyasal gübre üretimi, kimyasallar ve kimyasal ürünlerin imalatı sektörü içinde önemli bir üretim alanı olup; azotlu mineral veya kimyasal gübreler, fosfatlı mineral veya azotlu gübreler, potaslı mineral veya kimyasal gübreler ile N, P veya K'nın ikisi veya üçünü de içeren mineral veya kimyasal gübrelerin üretimi gerçekleştirilmektedir [13]. Ülkemizin ilk gübre fabrikası 100.000 ton/yıl kapasite ile 1954 yılında İskenderun'da kurulmuş olup, fabrikada NSP (Normal Süper Fosfat) gübresi üretilerek piyasaya sunulmuştur. İkinci fabrika ise 1964 yılında 100.000 ton kapasite ile İzmit'te kurulmuştur [14]. Gelişen piyasa koşulları ile birlikte ülkemizde üretimin gerçekleştirildiği fabrikadan son kullanıcıya kadar gübre satışı için geniş bir tedarik zinciri kurulmuştur. Distribütörler, kimyasal gübre ve azotlu bileşikler yerli üreticilerden veya doğrudan uluslararası tedarikçilerden temin etmektedir. Bu da, çiftçilere ürün ve toprak koşullarına göre farklı stratejilere uymasını sağlamaktadır. Ayrıca firmaların birçoğu aynı anda sektörün farklı düzeylerinde de çalışabilmektedir. Bununla birlikte, perakende pazarının büyük bir kısmını küçük bağımsız işletmeler oluşturmaktadır.

Ülkemizde; Kimyasal Gübre ve Azot Bileşiklerinin İmalatı, Avrupa Topluluğu'nda Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiki Sınıflaması (NACE) sisteminde 20.15 kodlu tanımlanmış olup, alt sektörleri 6'lı kodlar formatında Şekil 3.13'te verilmiştir.

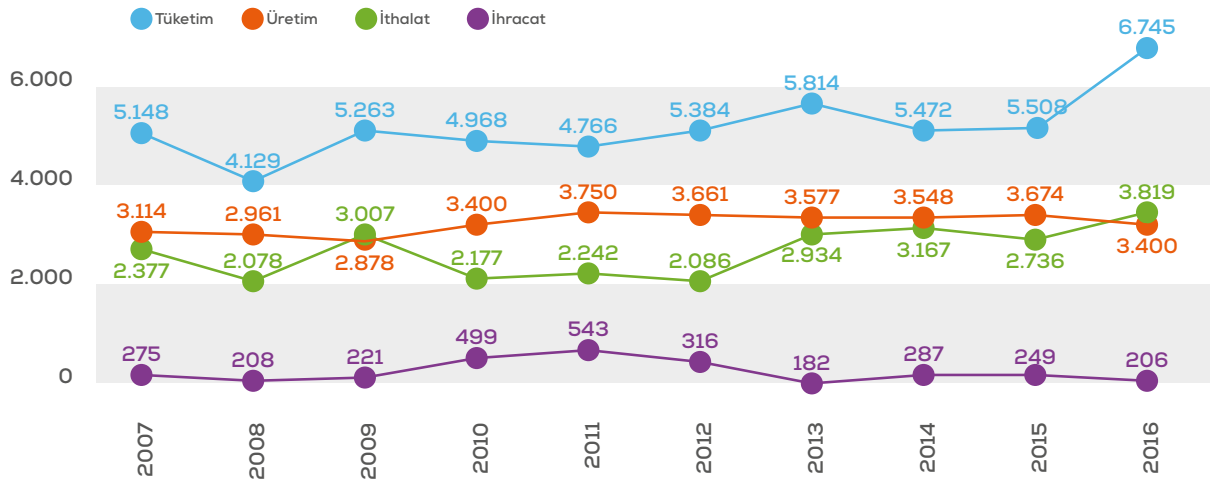
Şekil 3.13 Kimyasal gübre ve azot bileşiklerinin imalatı



Ülkemizde gübre üretimi uzun yıllar boyunca kamuya ait kurumlar tarafından gerçekleştirilmiştir. Özelleştirme politikaları kapsamında kamunun tüm gübre tesisleri en son 2005 yılında özelleştirilmiş ve kamunun üretici olarak sektördeki varlığı sona ermiştir. Bu tarihten sonra ülkemizde büyük ölçekli kimyasal gübre üretimi 7 adet firma tarafından gerçekleştirilmeye başlanmıştır. 2017 yılında açıklanan Türkiye'nin 500 Büyük Sanayi Kuruluşu ISO-500 listesinde 5 adet kimyasal gübre üretim firması bulunmaktadır [15].

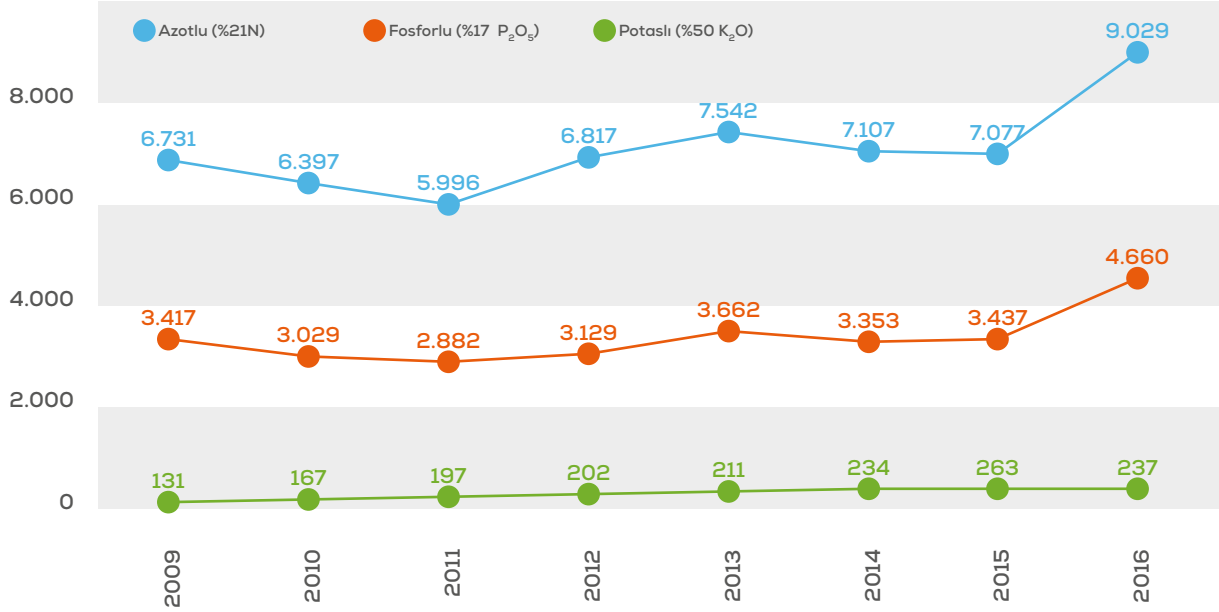
Ülkemizde gübre üretimi son on yılda dalgalanmalar göstermekle birlikte toplam tüketim miktarları 2016 yılında belirgin bir artış göstermiştir. 2007 yılında 3,114 milyon ton olan üretim değeri 2016 yılında 3,359 milyon tona yükselmiştir. Tüketim miktarı ise 2007 ile 2016 yılları arasında 5,148 milyon tondan 6,745 milyon tona yükselmiştir (Şekil 3.14) [16].

Şekil 3.14 Türkiye'de gübre üretimi, tüketimi, ihracatı ve ithalatı (bin ton)



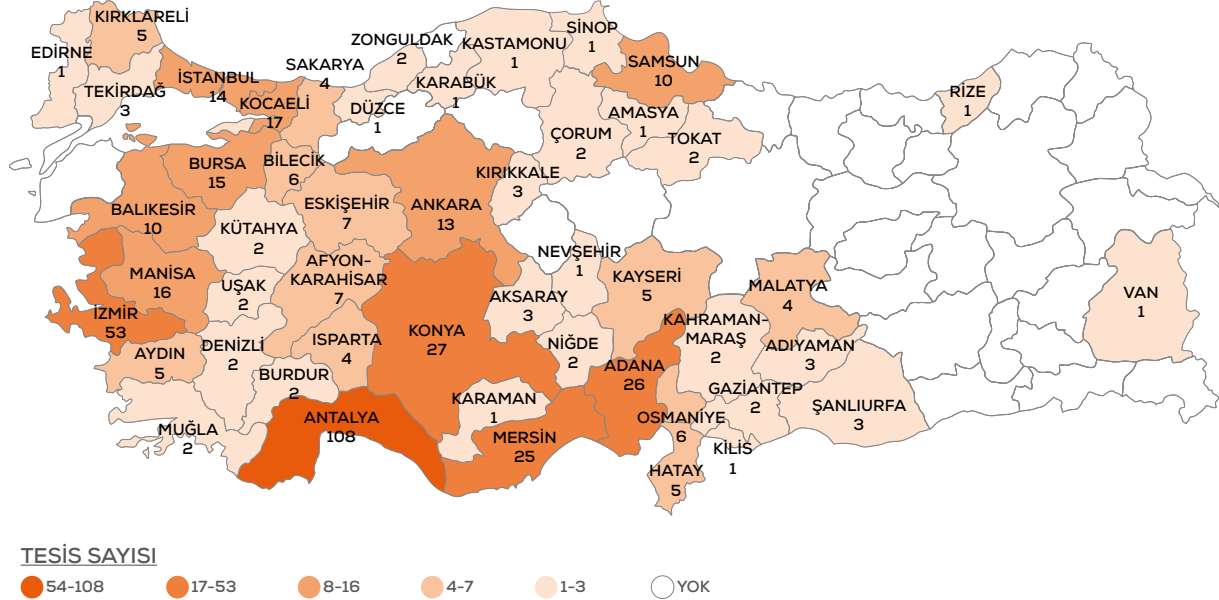
Ülkemiz, dünyanın en büyük 7. tarım üreticisi olmakla birlikte fındık, kiraz ve incir üretiminde de dünya lideridir. 2016 yılında 35,3 milyon ton tahıl, 30,3 milyon ton sebze ve 18,9 milyon ton meyve üretilmiş ve bu itibarla önemli bir tarım üreticisi konumundadır [17]. 2009-2016 yılları arasında ülkemizde gerçekleşen kimyasal gübre kullanım miktarları incelendiğinde kimyasal gübre kullanımında artış trendi görülmektedir. 2016 yılı itibarıyla azotlu gübrede %34, fosforlu gübrede %36 ve potaslı gübrede de %81 oranında artış yaşanmıştır. (Şekil 3.15) [18].

Şekil 3.15 Ülkemizde nütrient bazında kimyasal gübre kullanımı (bin ton)



Ülkemizde kimyasal gübre imalat sanayinin kuruluşundan bu yana, ülke ekonomisine olan katkısı giderek önem kazanmıştır. Günümüzde 51 ilde faaliyet gösteren toplam 437 adet firma bulunmaktadır. İl bazında faaliyet gösteren firma sayıları Şekil 3.16'da verilmiştir.

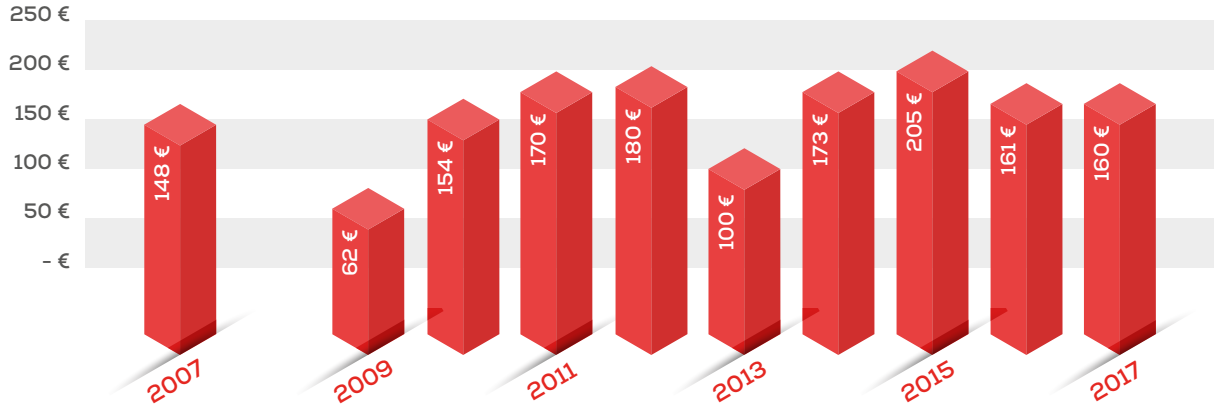
Şekil 3.16 Faaliyet gösteren firma sayıları



Kaynak: [19]

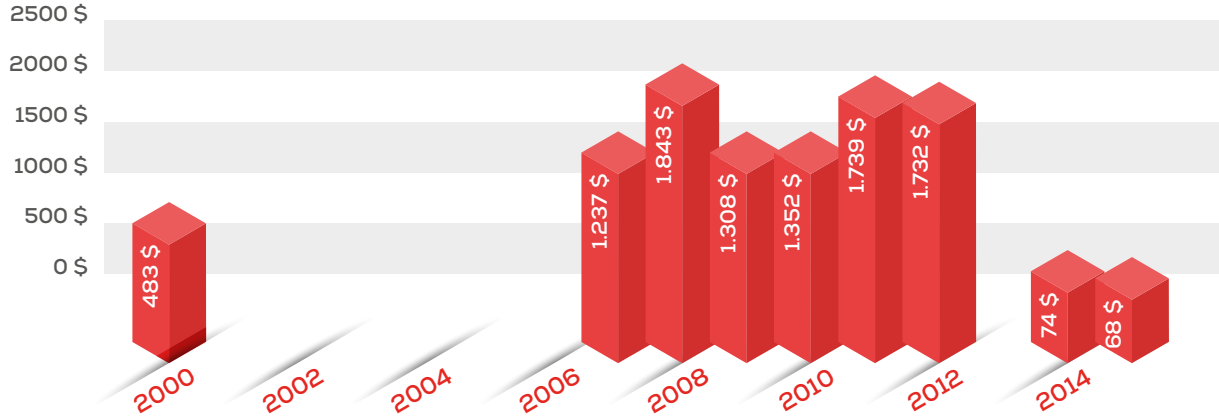
Türkiye İstatistik Kurumu'ndan elde edilen verilere göre son 10 yıl içerisinde gübre sanayi 1,5 milyar Avroluk ihracat gerçekleştirilmiştir. Yıllar itibarıyla gerçekleştirilen ihracat miktarları (milyon Avro) Şekil 3.17'de verilmiştir [18]. Sektörde doğrudan istihdam sayısı ise 1.500'ün üzerindedir.

Şekil 3.17 İhracat değerleri (Milyon €)



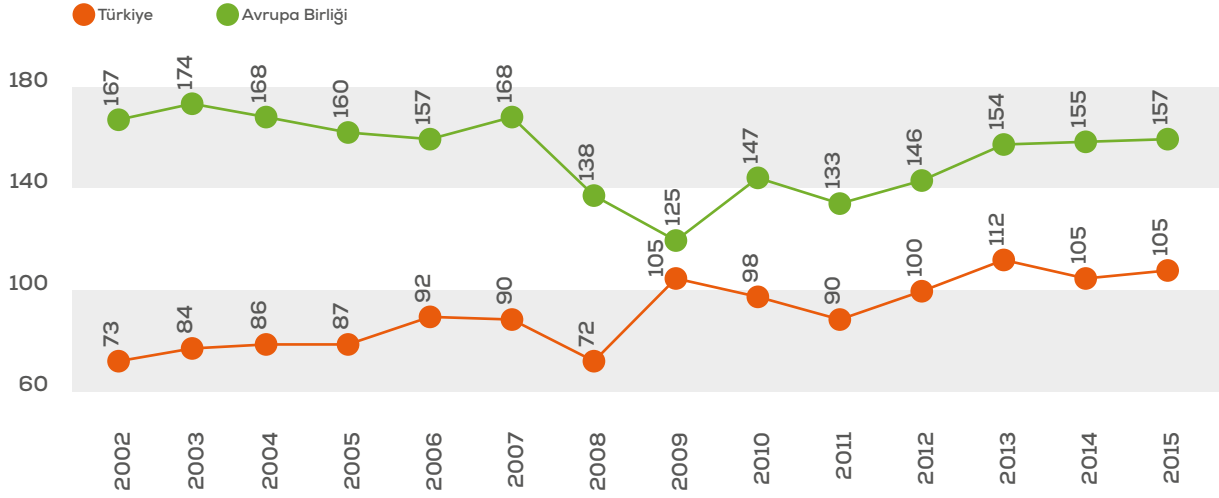
2015 yılında gübre ihracatı kimya sektörü içerisinde %0,8 ve ithalatı da %2,9 paya sahiptir. Bir önceki yıla göre azalma miktarı ise sırasıyla %11 ve %8,2'dir [20]. 2000-2015 yılları arasında ülkemize ait gübre ithalat değerleri (milyon dolar) Şekil 3.18'de verilmiştir. Üreticiler, ham maddeleri ithalat yoluyla ya da yerel kaynaklardan tedarik ederken, uluslararası tedarikçilere ait nihai ürünlerin ithalatını da gerçekleştirmektedir. Ülkemiz gübre ihtiyacının yaklaşık % 20-50'si ithalat yoluyla karşılanmaktadır. İthalat son on yılda 2,4 ile 3,8 milyon ton arasında değişmektedir. 2007 yılında 2,4 milyon ton olan ithalat miktarımız 2016 yılında 3,8 milyon tona yükselmiştir.

Şekil 3.18 İthalat değerleri (Milyon \$)



Günümüzde tarımsal üretimde ve verimlilikte gübre kullanımının rolü oldukça büyüktür. Gübre kullanımı sayesinde artan tarımsal verimlilikle birlikte yüksek yaşam standartlarına da ulaşılmıştır. Ülkemizde gübre talebi ve ihtiyacına yönelik önemli bir potansiyel bulunmaktadır. Besin maddesi bazında hektar başına dünyada ortalama 139 kg, gelişmiş ülkelerde ise 200 kg gübre kullanılırken ülkemizde yaklaşık olarak 107 kg gübre kullanılmaktadır. Gübre tüketiminin sınırlandırılmasında tarım üreticilerinin bilinci ve satın alma gücü başta olmak üzere birçok unsurun etkili olduğu düşünülmektedir [13]. Ülkemiz, AB ve dünya genelinde yıllar itibariyle hektar başına kullanılan gübre miktarlarına ait değişim Şekil 3.19'da verilmiştir [21].

Şekil 3.19 Ekilebilir hektar başına gübre kullanımı



Ülkemiz gübre sektörünün üretimindeki en önemli engel ham madde kaynaklarında dışa bağımlılıktır. Türkiye kimyevi gübre üretiminde kullanılan ham madde kaynaklarına sahip değildir. Doğal gaz, fosfat kayası, potasyum tuzları gibi ana girdilerin yaklaşık %95'i ithalat ile karşılanmaktadır. Dünyada gübre üreticilerinin verimlilikleri birbirine yakın olup maliyetlerde belirleyici unsur ham madde fiyatlarıdır. Bu da rekabet gücünü ham madde fiyatlarının/maliyetlerinin belirlemesine yol açmaktadır ve Türkiye bu konuda dezavantajlara sahiptir.

Ülkemizde kimyasal gübre ve azot bileşiklerinin imalatına dair dikkat çeken noktalar kısaca aşağıdaki şekilde özetlenmiştir [22].

- Ülkemiz gübre talebini yerli imalatla karşılayamamaktadır.
- Ülkemizin gübre ithalatı yıllar boyunca artarken, ihracat ise azalmıştır.
- Tarımsal üretimin değeri yaklaşık 60 milyon Dolar'dır.
- Ülkemiz gübre ihtiyacında dünyada 10. sırada yer almaktadır.
- Ülkemizde tarıma elverişli arazi büyüklüğü 395.000 km² (Türkiye'nin% 40'ı)'dir.



4

• ÜRETİM
SÜREÇLERİ



4 ÜRETİM SÜREÇLERİ

Kimyasal gübre, tarımsal üretimde verimlilik artışı sağlamak amacıyla mevsimsel olarak kullanılan bir tarım girdisidir. Kimyasal gübrenin ana ham maddeleri doğal gaz, fosfat kayası ve potas tuzu olmakla birlikte ara girdileri ise NH_3 , nitrik asit, sülfürik asit ve fosforik asittir. Kimyasal gübre türleri ise azot içeren gübreler (üre, amonyum nitrat, amonyum sülfat); fosfor içeren gübreler (tekli ve üçlü süper fosfatlar); potas içeren gübreler (potasyum sülfat) ve kompoze gübreler (azot, fosfor ve potastan iki veya üçünü içeren) olmak üzere 4 çeşittir.

4.1. AMONYAK ÜRETİM SÜRECİ

Sanayide NH_3 üretimi doğal gaz (Şekil 4.1) ya da diğer hafif hidrokarbonların buhar dönüşüm prosesi ve ağır yakıtların kısmi oksidasyon prosesi olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilir. Buhar dönüşüm prosesinde, besleme gazı öncelikle 350-400°C'ye kadar ısıtılır, sonra kükürt giderme ünitesinde kükürtlü bileşikler H_2S bileşiğine dönüştürülür. Böylelikle besleme gazındaki kükürt değeri 0,1 ppm'in altına düşürülür. Kükürt giderme ünitesinden çıkan besleme gazı birincil dönüştürücüye girmeden önce proses buharı ile karıştırılır sonrasında 500-600°C'ye kadar ısıtılır. Birincil dönüştürücüde aşağıdaki reaksiyonlar gerçekleşir [23].



Birincil dönüşüm prosesi için gerekli olan ısı doğal gaz veya diğer yakıtların yanmasıyla sağlanır. Hidrokarbon beslemesinin sadece % 30-40'ı birincil dönüştürücüde dönüştürülür. Dönüşümü artırmak için sıcaklık yükseltilmelidir. Bu işlem ikincil dönüştürücüde, gazın bir kısmının proses havasıyla yakılmasıyla gerçekleştirilir ve bu durum NH_3 sentezi için gerekli azotun eldesini sağlar. İkincil dönüştürücüden çıkan gaz 350-400°C'ye kadar soğutulduktan sonra dönüştürücüde gazın içindeki karbon monoksit (CO), CO_2 'e dönüştürülür [23].



Dönüştürücüden ayrılan gazın yapısında hidrojen (H_2), N_2 , CO_2 ve proses buharı bulunmaktadır. Gaz CO_2 uzaklaştırma ünitesine beslenmeden önce soğutularak yapısındaki su buharı yoğunlaştırılır. CO_2 kimyasal ya da fiziksel bir absorpsiyon prosesi ile proses gazından uzaklaştırılır. Genellikle aşağıdaki CO_2 uzaklaştırma prosesleri kullanılır [24].

- MDEA standart 2 basamaklı proses ya da benzer prosesler
- Benfield prosesi ya da benzer prosesler
- Selexol ya da benzer fiziksel absorpsiyon prosesleri

CO₂ uzaklaştırma işleminden sonra proses gazında az miktarda CO ve CO₂ bulunmaktadır. Bu gazlar NH₃ sentezinde kullanılan katalizörler için zehirleyici etkiye sahiptir. Bu nedenle bu gazların metana (CH₄) dönüştürülmesi gerekir [24].

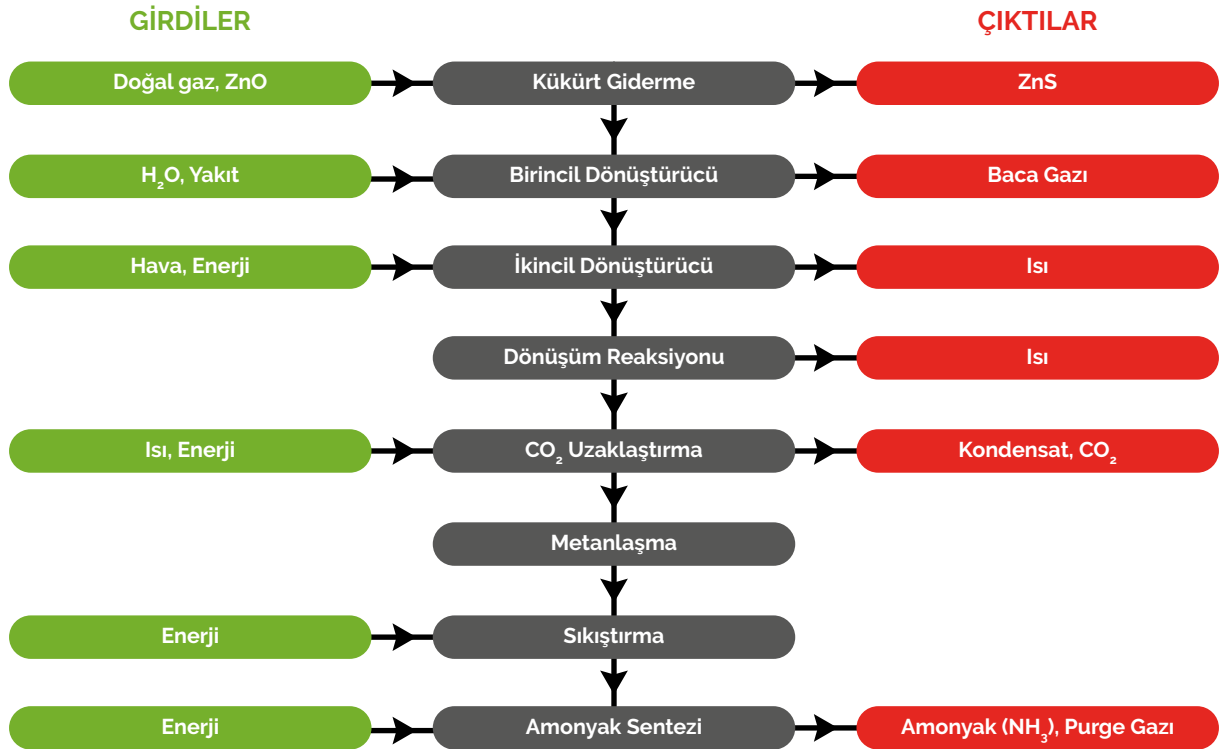


(4) ve (5) nolu reaksiyonlar 300°C sıcaklıkta gerçekleşir. Reaksiyonlar sonucunda oluşan CH₄, NH₃ üretiminde inert gaz gibi hareket eder. Proses gazı önce soğutulur sonra da yoğunlaştırılır. Son adımda, yüksek sıcaklık ve basınç altında katalizör ortamında H ve N₂'nin reaksiyona girmesiyle NH₃ sentezlenir [24].



şeklinde formüle edilen reaksiyondan çıkan gaz karışımı kondensere beslenerek burada amonyanın (NH₃) soğutularak karışımdan ayrıştırılması ve sıvı halde depolanması sağlanır. Reaksiyona girmemiş olan N₂ ve H₂ gazları ise, reaktöre geri beslenir [24].

Şekil 4.1 Amonyak üretim süreci akış şeması



Kaynak: [24]

4.2. NİTRİK ASİT ÜRETİM SÜRECİ

Günümüzde nitrik asit büyük oranda, amonyağın (NH_3) katalitik olarak okside edilmesi ile elde edilir. Bu işleme "Ostwald prosesi" denir. Filtrasyondan geçirilen hava basınçlandırıldıktan sonra ısıtılır (Şekil 4.2). Isıtılan hava ile evaporasyon işleminden geçirilip, filtre edilen NH_3 karıştırılarak platin/rodyum alaşımlı katalizör bulunan reaktöre beslenir. Reaktörde (7) nolu denklemde gösterildiği gibi NH_3 ile oksijen arasında tersinir ve ekzotermik bir reaksiyon gerçekleşerek azot oksitler (NO_x) açığa çıkar. Reaksiyon 1,7-6,5 bar basınç ve 810-940 °C sıcaklıkta gerçekleşir [25, 23].



Basınç ve sıcaklık değerleri, istenen NO_x dönüşüm oranına göre değişiklik gösterir. Reaktörden çıkan sıcak gaz karışımı, öncelikle ısı değiştiricilerden geçirilerek kızgın buhar üretilir/atık gazın ön ısıtması yapılır. Isıtılan atık gaz atmosfere salınmadan önce gaz türbininden geçirilerek enerji geri kazanımı sağlanır. Yanma gazları sonrasında bir soğutucudan geçirilerek gaz karışımının sıcaklığı su ile 150°C'ye düşürülerek yanma gazındaki su kondenserde yoğunlaştırılarak absorpsiyon kolonuna beslenir. Sıcaklığın düşürülmesinin nedeni, yüksek sıcaklıkta (8) nolu denklemde gösterilen reaksiyonun gerçekleşmesini engellemektir [25, 23].



Soğutulan gaz karışımı oksidasyon odasına beslenir. Bu tankta NO_x , oksijen ile reaksiyona girerek azot dioksit (NO_2)'e dönüşür.

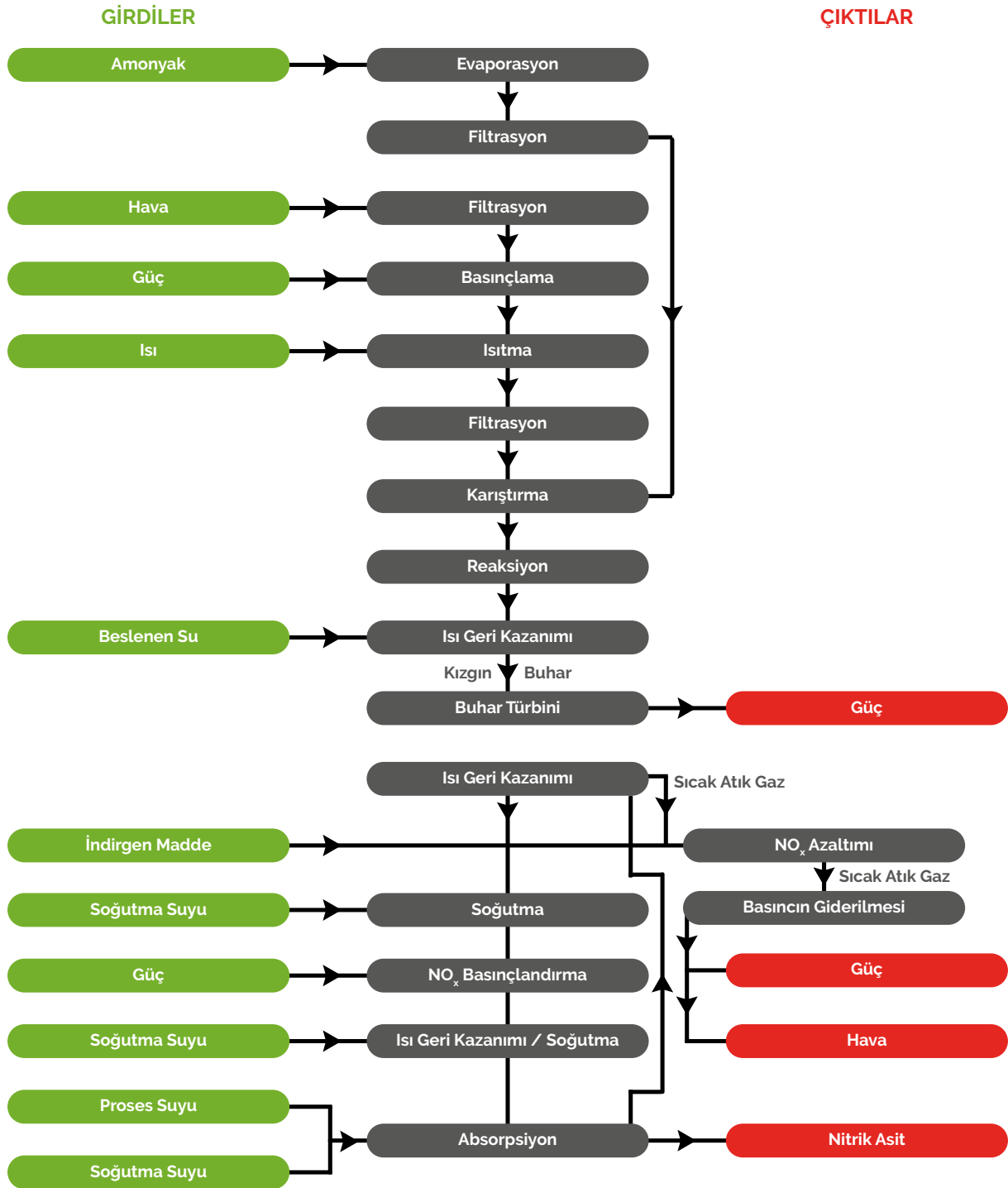


(9) nolu reaksiyon esnasında açığa çıkan NO_2 absorpsiyon kolonuna beslenerek nitrik asit (HNO_3) üretimi gerçekleştirilir. Yüksek basınç ve düşük sıcaklıkta absorpsiyon kulesine beslenen su, azot dioksitin üzerine yağdırılarak nitrik asidi oluşturur, bunun yanında NO_x oluşur. Oluşan NO_x , azot dioksit üretimi için sisteme geri beslenir. Üretilen nitrik asit, distilasyon işlemi ile karışımdan ayrılır ve depolanmak üzere transfer edilir [25, 23].



Nitrik asit, seyreltik (%50-70 asit) ve konsantre (yaklaşık %98 asit) olmak üzere iki şekilde üretilir. Seyreltik ile konsantre nitrik asit üretimi, prosesin çalışma basıncına göre farklılık gösterir. Çalışma basıncı seviyelerine göre tek basıncılı tesis ve çift basıncılı tesis olmak üzere iki tür nitrik asit üretim tesisi bulunmaktadır. Tek basıncılı tesiste; oksidasyon ve absorpsiyon aynı basınç altında gerçekleşirken, çift basıncılı tesiste; absorpsiyon oksidasyon adımındaki basınçtan daha yüksek bir basınç seviyesinde gerçekleşir. Oksidasyon ve absorpsiyon adımlarındaki basınç seviyeleri; düşük basınç (<1,7 bar), orta basınç (1,7-6,5 bar) ve yüksek basınçtır (6,5-13 bar) [26].

Şekil 4.2 Nitrik asit üretim süreci akış şeması



Kaynak: [23]

4.3. ÜRE GÜBRESİ ÜRETİM SÜRECİ

Üre ticari olarak; yüksek basınç altında amonyak ile karbondioksitin reaksiyona girmesi ve reaksiyon sonucunda açığa çıkan amonyum karbamatin ısı uygulanarak susuzlaştırılması yoluyla sentezlenir (Şekil 4.3). Her iki reaksiyon da sıvı fazda aynı reaktör içerisinde gerçekleşir [27].



Üretim koşulları Tablo 4.1'de detaylı olarak verilen proseste gerçekleşen 1.reaksiyon hızlı ve ekzotermiktir. 2. Reaksiyon ise daha yavaş ve endotermik bir yapıya sahiptir. Prosesin CO₂ temelinde dönüşüm oranı genellikle %50-80'dir. Dönüşüm, sıcaklık ve NH₃/CO₂ oranının artması ile artarken, artan H₂O/CO₂ oranıyla azalır [23, 27].

Tablo 4.1 Üretim parametreleri

	Parametre	Birim
Basınç	140-250	bar
Sıcaklık	180-210	°C
NH ₃ /CO ₂ oranı	2,8:1-4:1	Molar oran
Alıkonma süresi	20-30	dakika

Kaynak: [23]

NH₃ ile CO₂'nin üreye dönüşüm oranının ekonomik olarak gerçekleşmesi amacıyla; günümüzde proses tasarımı, ürenin diğer reaksiyon bileşenlerinden verimli bir şekilde ayrıştırılmasını, aşırı NH₃'ün geri kazanılmasını ve prosesten geriye kalan amonyum karbamatın NH₃ ve CO₂'e bozunmasını hedeflemektedir. Bu yaklaşım toplam geri dönüşüm prosesleri olarak ifade edilir. Bu genellikle yüksek basınçta sıyırma işlemi ve daha sonra üre çözeltisinin veya bunların kombinasyonlarının basıncının giderilmesi / ısıtılması ile gerçekleştirilir [23].

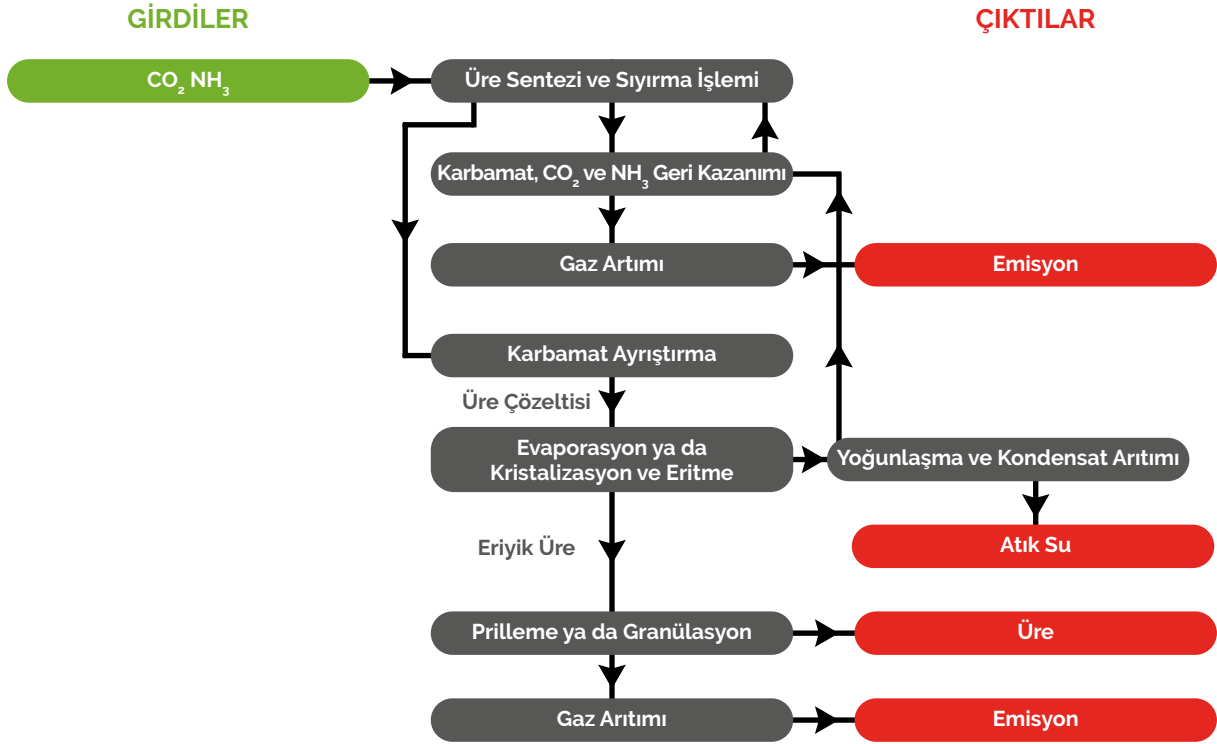
Toplam geri dönüşüm proseslerini gerçekleştirmek için çeşitli stratejiler geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları [23]:

- Sıyırma işlemi olmayan geleneksel prosesler
- CO₂ sıyırma prosesleri
- NH₃ sıyırma prosesleri

Son olarak, sentezleme / geri dönüşüm aşamalarından geçen üre çözeltisi gübre olarak kullanılmak üzere katı prillenmiş veya granül bir ürüne dönüştürülmek üzere evaporasyon veya kristallenme prosesleri ile konsantre hale getirilir [23].

Prilleme prosesinde eriyik üre pril kulesinin tepesinden püskürtülür. Pril kulesinin altından karşı akımla beslenen hava ile temasa geçen eriyik haldeki üre katılaşıp kulenin altına düşer. Bu işlemden sonra genellikle ekstra soğutma işlemi yapılmaktadır. Granülasyon prosesinde ise drum granülatör, pan granülatör ve akışkan yataklı granülatör olmak üzere çeşitli granülasyon ekipmanları kullanılmaktadır. Tüm ekipmanlardaki ana prensip konsantre eriyik ürenin sisteme püskürtülerek hava ile granüllerin oluşumunun sağlanmasıdır. Granül oluşumundan sonra ürüne ekstra soğutma ya da kurutma işlemi uygulanabilir.

Şekil 4.3 Üre üretim süreci akış şeması (toplam geri dönüşüm prosesleri dahil)



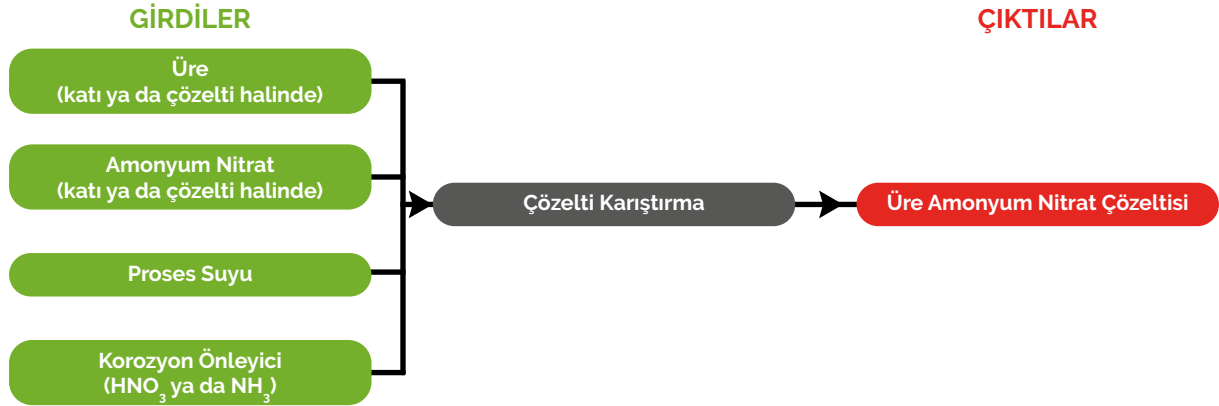
Kaynak: [22]

4.4. ÜRE AMONYUM NİTRAT GÜBRESİNİN ÜRETİM SÜRECİ

Üre Amonyum Nitrat (UAN) sıvı gübresinin ana ham maddesi amonyum nitrat (AN) ve üredir. Çoğu UAN gübresi %28, %30 ya da %32 oranında N içerir. Avrupa'daki bazı UAN tesislerinde, amonyum nitrat doğrudan nitrik asit ve NH_3 'den sentezlenir. Bazı durumlarda, üre reaktöründen çıkan karbamat çözeltisi UAN üretiminde ham madde olarak kullanılır [27].

UAN çözeltisi hazırlanırken sürekli ve kesikli olmak üzere iki tür proses kullanılır. Her ikisinde de öncelikle konsantre haldeki amonyum nitrat ve üre çözeltileri karıştırılır ve daha sonra soğutulur. UAN üretimi için üretim akış şeması Şekil 4.4'te gösterilmektedir. Sürekli proseste UAN çözeltisinin bileşenleri sürekli olarak statik karıştırıcılara beslenmekte ve karıştırılmaktadır. Ham madde akışı ve bitmiş ürün akışı, pH ve yoğunluk sürekli olarak ölçülür ve ayarlanır. Nihai ürün soğutulur ve depolama tankına aktarılır. Kesikli proseste ham maddeler sırayla karıştırma kabına beslenir. UAN ürününün pH değeri, korozyon önleyicilerin eklenmesiyle ayarlanır [27].

Şekil 4.4 Üre amonyum nitrat üretim süreci akış şeması



Kaynak: [22]

4.5. AMONYUM NİTRAT VE KALSİYUM AMONYUM NİTRAT GÜBRESİNİN ÜRETİM SÜRECİ

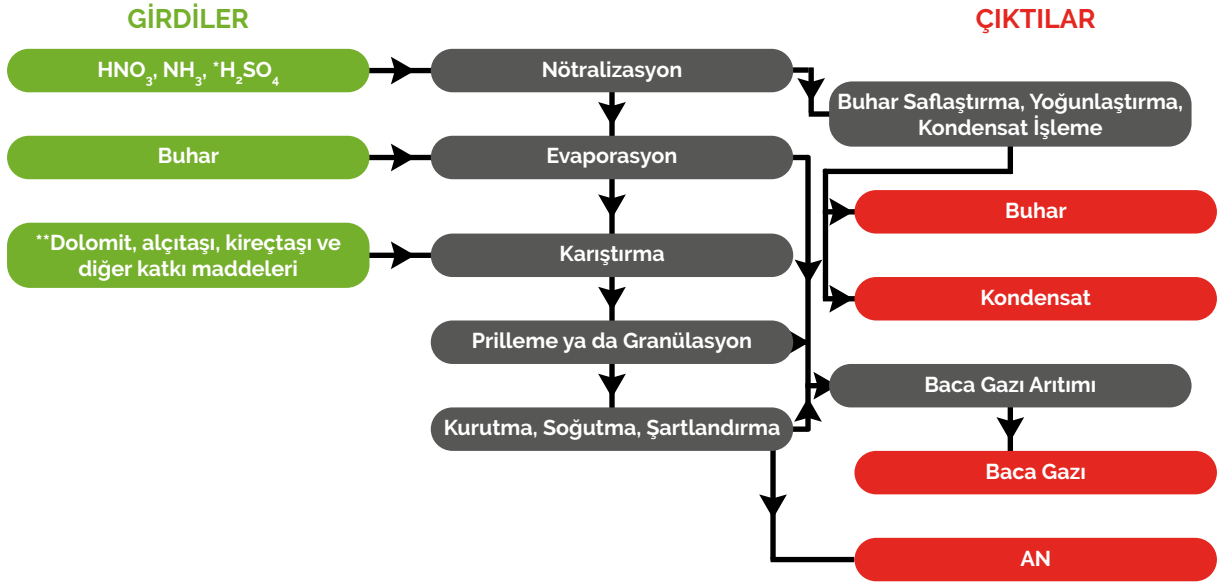
Amonyum Nitrat (AN), sulu nitrik asit çözeltisinin (ağırlıkça %50-70) NH_3 gazı ile nötrleştirilmesi sonucu açığa çıkar. AN üretimindeki reaksiyon (12) oldukça hızlıdır ve reaksiyon ekzotermik bir yapıya sahip olduğu için açığa çıkan ısı tesiste buhar üretiminde kullanılır [23].



AN üretimi, Şekil 4.5'te gösterildiği üzere nötrleştirme, evaporasyon ve katılaşma (prilleme ya da granülasyon) olmak üzere üç ana prosesten oluşur. Nötrleştirme prosesinde; sulu nitrik asit çözeltisi ile NH_3 gazının ekzotermik olarak reaksiyonu sonucunda AN çözeltisi ile buhar açığa çıkar. Nötrleştirme prosesinden çıkan buhar doğrudan kullanılabildiği gibi önce yoğunlaştırılıp, saflaştırıldıktan sonra ön ısıtmada, evaporatörde kullanılabilir. Normalde nitrik asit çözeltisinin konsantrasyonu %50-70 aralığından daha düşük ise nötrleştirme işleminden önce nitrik aside ön ısıtma işlemi uygulanır. Bu işlem için AN prosesinden çıkan buhar ya da sıcak kondensat kullanılır. Nötrleştirme işlemi tek adımda ya da iki adımda gerçekleşir. Nötrleştirme prosesinde açığa çıkan AN çözeltisi herhangi bir işleme tabi tutulmadan doğrudan depolanabilir. Eğer katı AN, kalsiyum amonyum nitrat (CAN) ya da NPK gübresi üretilecekse, AN çözeltisinin evaporasyon prosesi ile konsantre hale getirilmesi gerekir [23].

Evaporasyon prosesinde, AN çözeltisinin suyu buharlaştırılarak konsantre hale getirilir. Prillenen ürün için su içeriği %1'in altında olmalıdır. Granülasyon prosesinde ise su içeriği %8'e kadar düşürülür. Suyu buharlaştıran AN çözeltisinin kristallenmesini önlemek amacıyla çözeltinin konsantrasyonunun ve sıcaklığının belli bir seviyede tutulması gerekir.

Şekil 4.5 Amonyum nitrat üretim süreci akış şeması



* Amonyum Sülfat Nitrat (ASN) üretiminde kullanılır.

** Kalsiyum Amonyum Nitrat (CAN), ASN ve Magnezyum Amonyum Nitrat (MAN) üretiminde kullanılır.

Kaynak: [22]

Evaporasyondan çıkan AN çözeltisi prilleme kulesine üstten beslenirken, kulenin altından da soğuk hava beslenir. Ters akım sayesinde AN çözeltisinin içindeki su havaya geçerken, AN damlacıkları granül halinde katılarak kulenin altına dökülür. Granülasyon prosesinde ise, döner tava, tambur akışkan yatak vb. ekipmanlardan dolayı prilleme teknolojisine kıyasla daha karmaşık bir yapı vardır. Granülasyon prosesi sayesinde istenilen boyutta granül elde etmek mümkündür. Ayrıca %8'e kadar su içeren AN çözeltileri granülasyon prosesinde işlenebilmektedir. Granülasyon ve prilleme prosesinden çıkan ürünler akışkan yataklı ya da döner soğutucularda temiz hava ile soğutulur [23].

CAN üretimi ise Şekil 4.5'te gösterildiği gibi AN üretimine benzer yapıdadır. AN prosesinden tek farkı ekstra bir karıştırma işlemine ihtiyaç duyulmasıdır. Karıştırma prosesinde çözeltinin içine dolomit, kireçtaşı ya da kalsiyum karbonat gibi kalsiyum içerikli katkı maddeleri ilave edilir. AN ve CAN gübreleri stok esnasında kekleşme eğilimi gösterdiklerinden, bu ürünlere depolanmadan önce kekleşmeyi önleyici maddeler eklenir ya da ürünün dış yüzeyi bu maddelerle kaplanır. Böylelikle hem toz oluşumu hem de nem absorpsiyonu engellenmiş olur [23].

4.6. NPK (KOMPOZE) GÜBRESİNİN ÜRETİM SÜRECİ

Kompoze gübreler tanımlanırken, üretimde uygulanan çeşitli prosesler ve N/P/K oranları göz önünde bulundurulur. Kompoze gübre ürün çeşitleri: PK, NP (DAP, vb.), NK ve NPK'dır. Bu ürünler [23];

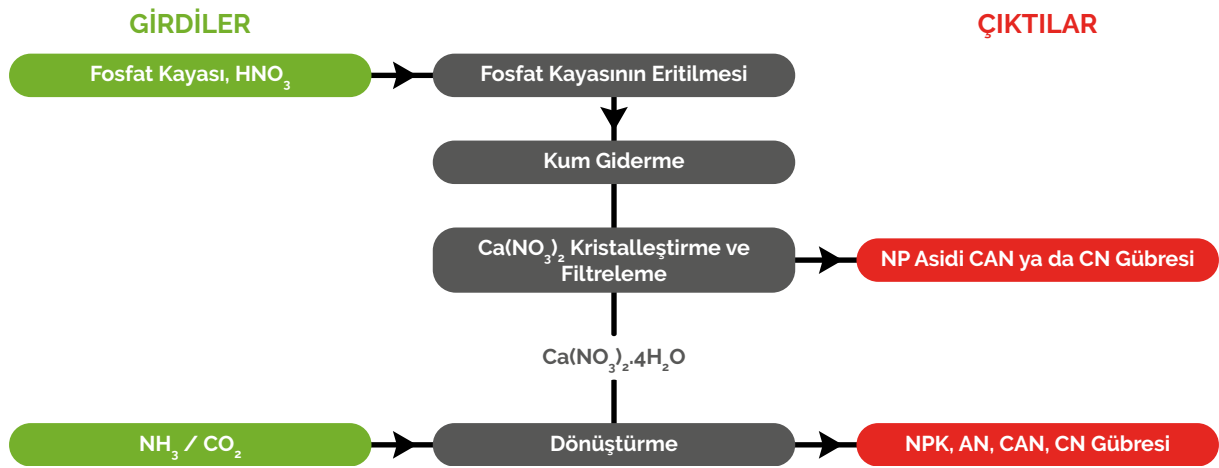
- % N olarak ifade edilen üreli, amonyaklı ve/veya nitrat formundaki azot
- % P₂O₅ olarak ifade edilen suda ve/veya mineral asitlerde çözülebilir formda bulunan fosfor
- % K₂O olarak ifade edilen suda çözülebilir formda bulunan potasyum

İkincil bileşen olarak da;

- Kalsiyum (CaO)
- Magnezyum (MgO)
- Sodyum (Na₂O)
- Kükürt (SO₃)
- Mikro elementleri (çinko, bakır, bor vb.)

içermektedir. Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'de gösterildiği üzere NPK gübreleri temelde *karişik asit yoluyla ve nitrofosfat yoluyla (ODDA prosesi)* olmak üzere iki şekilde üretilmektedir.

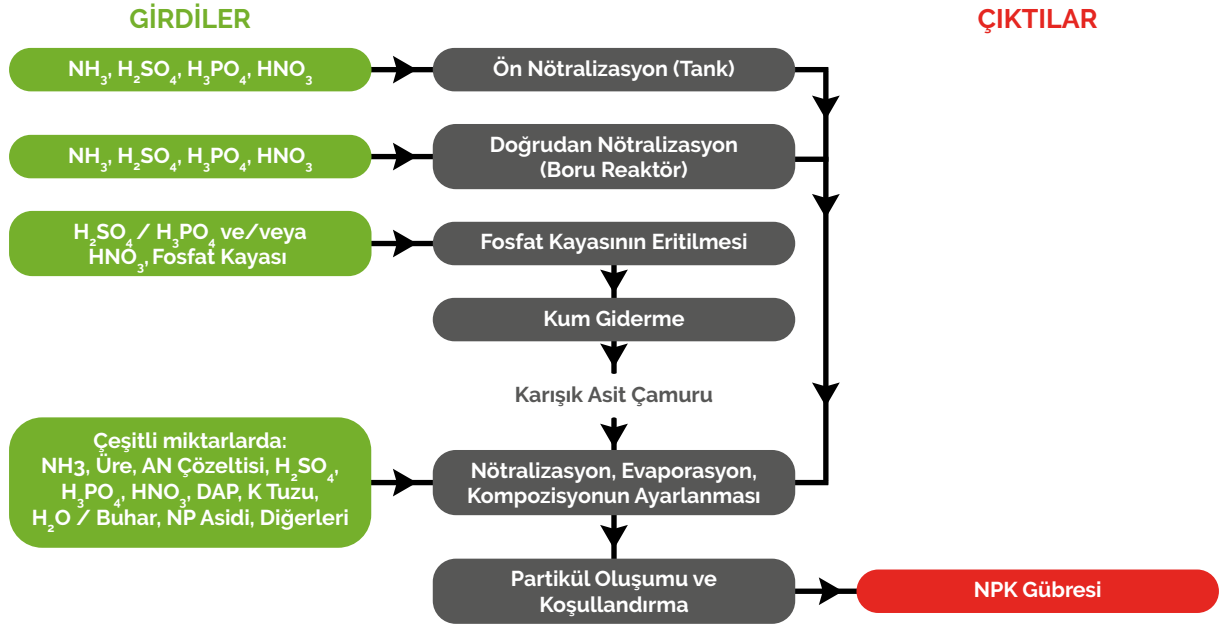
Şekil 4.6 Nitrofosfat yoluyla (ODDA Prosesi) NPK gübresi üretimi



Kaynak: [22]

Nitrofosfat yoluyla üretim yapılması için yüksek yatırım maliyeti gereksinimi olmasına rağmen fosforik asit kullanılmadan üründe fosfor miktarının artmasına neden olmaktadır. Fosfat kayasının eritilmesi için nitrik asit ya da nitrik, sülfürik ve/veya fosforik asitten oluşan bir asit karışımı kullanılır. Nitrofosfat prosesinde nitrik asit hem fosfat kayasının eritilmesinde hem de eriyik çözeltinin soğutulmasında kullanılır. Eriyik çözelti soğutulurken, yapısındaki fazla kalsiyum iyonları çözeltiden kalsiyum nitrat kristalleri olarak ayrıştırılır. Kalsiyum nitrat kristalleri filtrelendikten sonra, geriye kalan NP çözeltisi diğer NPK proseslerinde nötrleştirme ve partikül oluşturma amacıyla kullanılır. Yan ürün olarak çıkan kalsiyum nitrat, CAN üretimi için kalsiyum karbonat ve amonyum nitrat dönüştürülür ya da saflaştırma işleminden sonra CN gübresi olarak satılır [23].

Şekil 4.7 Karışık asit yoluyla NPK gübresi üretimi



Kaynak: [22]

Karışık asit yoluyla NPK üretim prosesinde öncelikli olarak çeşitli miktarlarda H_3PO_4 , H_2SO_4 ve HNO_3 bileşikleri gaz ya da sıvı fazdaki NH_3 ile boru tipi reaktörde doğrudan nötrleştirilir. Reaksiyon esnasında açığa çıkan ısı fosforik asidin yapısındaki suyu buharlaştırmak için kullanılır. Böylelikle proses düşük geri dönüş oranı ile çalışır ve buhar tüketimi azaltılır. Ön nötrleştirme prosesinde ise çeşitli miktarlarda H_3PO_4 , H_2SO_4 ve HNO_3 bileşikleri NH_3 ile nötrleştirilir ve bu prosesten açığa çıkan çamurun suyu kısmen buharlaştırılır. Bu prosesle iyi kalitede NPK gübreleri ve amonyum fosfatlar (DAP/MAP) üretilir. NH_3 'le öğütme prosesinde; öğütme tamburunda NH_3 ile $H_2SO_4/H_3PO_4/HNO_3$ reaksiyona girer. Proses oldukça esnek olup, bu proseste düşük N içerikli pek çok ürün üretilebilir [23].

NPK üretiminde son aşama olan partikül oluşumu öğütme tamburu, pril kulesi ve sıkıştırma yöntemleriyle gerçekleştirilir. Öğütme tamburu ile kurutma ve partikül oluşumu için gerekli olan sıcaklık NPK ürün kompozisyonuna bağlıdır. Kısacası proses sıcaklığı ürün türünden etkilenir. Partikül oluşumundan sonra, ürün kurutulur ve elenir. İstenilen boyutta öğütülmemiş parçalar prosese geri beslenir. Ticari ürünler soğutulduktan sonra kekleşmenin önüne geçmek amacıyla depolanmadan önce kekleşme önleyici materyallerle kaplanır. Fosfat kayasının HNO_3 ile eritilmesi (ODDA prosesi) prosesiyle NPK üretiminde yan ürün olarak kalsiyum nitrat tetra hidrat (CNTH) açığa çıkar. CNTH'nin NH_3 ve CO_2 ile dönüşüm prosesi sonucunda amonyum nitrat ve kireç üretilir. Her iki bileşik de CAN gübresi üretiminde kullanılır [23].



5

• ÇEVRESEL
GÖSTERGELER



5 ÇEVRESEL GÖSTERGELER

Sürdürülebilirlik ve gönüllülük esaslı baz alınarak çevresel kalitenin iyileştirilmesi için bir işletmenin faaliyetlerinin ve buna bağlı olarak çevresel etkilerinin sonuçlarını bilmesi oldukça önemlidir. Çevresel göstergeler, bir işletmede üretilen birim ürün başına (kg, ton vb.) tüketilen kaynakları ve oluşan atıkları ifade etmektedir. Bu göstergeler spesifik tüketim veya oluşan spesifik atık miktarları olarak da adlandırılır. Çevresel göstergeler, işletmelerin kaynak verimliliği fırsatlarını yakalayabilmelerinde etkin bir rol oynamaktadır. Bir işletme çevresel göstergelerini belirleyerek hangi noktalarda hangi uygulamaları yaparak tasarruf sağlayabileceğini görebilmektedir. Dünya ve ülkemizdeki çalışmalar dikkate alınarak su, enerji, ham madde, atık su, emisyon ve atık ile ilgili çevresel göstergeler bu bölümde derlenmiştir.

Gübre sektöründe prosesler ve diğer operasyonel faaliyetler sırasında oluşan atık su, katı atık ve emisyonlar temel etki yaratan alanlardır. Proses sırasında oluşması muhtemel atık su ve emisyon kaynakları Tablo 5.1'de, katı ve tehlikeli atık kaynakları da Tablo 5.2'de listelenmiştir.

Tablo 5.1 Gübre sektöründen kaynaklanan atık su ve emisyonlar

Tesis	Atık Su	Emisyon
Amonyak	- Yağ pompası ve kompresörlerden kaynaklanan sızıntılar ve makine yıkama suları - Karbondiyoksit giderim sisteminden kaynaklanan kaçaklar	- CO₂, SO₂, NO_x ve partiküler madde - Sentez gaz kısmından kaynaklanan temizleme gazları
Üre	- Üre, amonyak ve CO₂ içeren proses kondensatı - Karbondiyoksit sıkıştırma bölümünden kaynaklanan yağlar - Pompalardan kaynaklanan sızıntılar ve ekipman yıkama suları	- Ürün muamele ve pril kulesinden kaynaklanan tozlar - Pril kulesi ve yıkayıcılardan kaynaklanan amonyak fümeleri
Fosforik Asit	- Dolgulu kuleden kaynaklanan askıda katı madde, fosfat ve florür içeren atık sular - Hidroflorosisilik asit - Cips havuzundan taşan florür, fosfat ve askıda katı madde içeren sular	- Kaya işleme ve öğütme kısmından kaynaklanan tozlar - Dolgulu kulelerden kaynaklanan florür emisyonları
Nitrik Asit	Kazan altı suları ve dökülme, sızıntı ve ekipman yıkama suları	Absorpsiyon kulesinden kaynaklanan NO_x emisyonları
Süper Fosfat	Dolgulu kuleden kaynaklanan fosfat, florür ve süper fosfat içerikli atık su	- Fosfat kayalarının asitlenmesinden kaynaklanan florür emisyonları - Kayaların işlenmesi ve ezilmesinden kaynaklanan tozlar - Ürünlerin kurutulmasında açığa çıkan toz ve florür bileşikler
DAP	Makine ve ekipmanların yıkama suları	- Nötralizasyon ve granülasyon işleminden kaynaklanan NH₃ ve florür emisyonları - Kurutma, eleme ve soğutma bölümünden kaynaklanan toz emisyonları

Tesis	Atık Su	Emisyon
NPK	Makine ve ekipmanların yıkama suları	- Kurutma, eleme ve soğutma bölümünden kaynaklanan toz emisyonları - Nötralizasyon ve granülasyon bölümünden kaynaklanan florür bileşikleri ve amonyak fumesi
Su Saflaştırma	İyon değiştiricinin rejenerasyonu sırasında açığa çıkan asidik ve alkali atık sular	-
Buhar ve Güç Üretimi	Sodyum fosfat, sodyum sülfid, toplam çözünmüş katı madde içeren kazan suları	Kullanılan yakıta bağlı olarak kazandan kaynaklanan NO_x, SO₂ emisyonları
Soğutma Suyu Arıtma Tesisi	Fosfat ve biyosit içeren sular	-

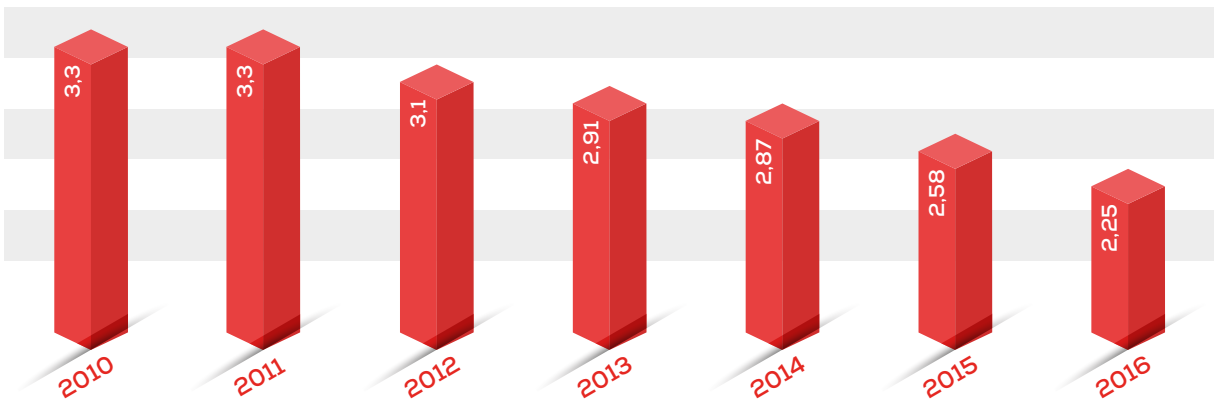
Tablo 5.2 Gübre sektöründen kaynaklanan katı ve tehlikeli atıklar

Katı Atık	Kaynak
Harcanmış Katalizör	Amonyak üretim prosesi
Atık Yağlar	Dökülmeler, sızıntılar ve yağ boşaltma, depolama, pompalama bölümleri, pompalar ve kompresör bölmelerinden gelen yıkamalar
Asidik/Alkali Atıklar	Su saflaştırma
Diğer Atıklar	Baca gazı arıtma sistemleri

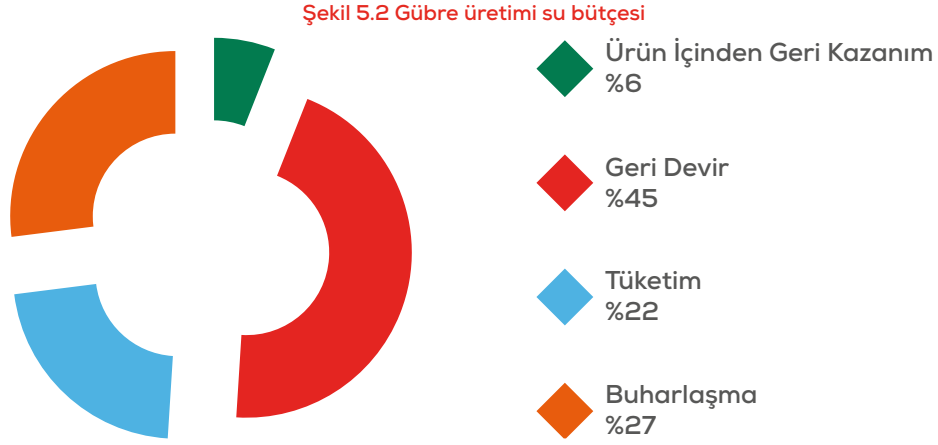
5.1. SU TÜKETİMİ

Gübre sektöründe su; ısı ve buhar üretiminde kullanılmakta olup, su kalitesi üretim aşamasında kullanılan ekipmanların kullanım ömrü ve performansını doğrudan etkilemektedir. Su kullanımı özellikle fosfat ve potaslı gübrelerin üretiminde büyük önem taşımaktadır. Günümüzde geri kazanılmış veya proseste tekrar kullanılan su miktarı dışında ton ürün başına tüketilen geri dönüştürülmemiş su miktarı temiz üretim teknolojilerini uygulayan tesislerde 2,25 m³'e kadar azaltılmıştır (Şekil 5.1) [29].

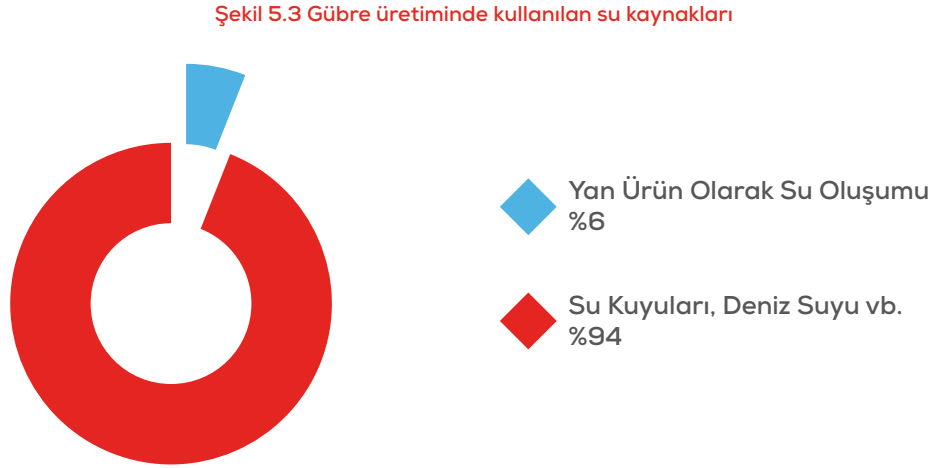
Şekil 5.1 Geri dönüştürülmemiş su miktarı (m³)



Gübre üretimi sırasında 1 ton ürün için 2,25 m³ su kullanılırken, bu miktarın %45'i sistem içerisinde tekrar kullanılmakta, %22'si tüketilmekte ve %27'si de soğutma kulelerinden buharlaşmaktadır [30]. Gübre üretimi sırasında oluşan su bütçesi Şekil 5.2'de verilmiştir.



Üretim sırasında gerekli olan ilave su ihtiyacı ilk aşamada procesten geri dönen suların arıtılmasıyla, arta kalan kısım ise su kaynaklarından (yeraltı suları, deniz suyu vb.) karşılanmaktadır. Ayrıca üretilen ürüne bağlı olarak reaksiyon sonucunda ortaya çıkan sular da değerlendirilmektedir. Proses suyu dışında ihtiyaç duyulan suyun kaynaklara bağlı olarak karşılanma oranları Şekil 5.3'te verilmiştir [30].



Proses süresince soğutma kuleleri, buhar kayıpları, ürün eldesi için tüketim ve engellenemeyen deşarjlar yeni su ihtiyacının sebepleridir. Kaynak bazında su kaybı oranları Şekil 5.4'te verilmiştir [30]. Üretim sırasında en büyük kayıplar deşarjlardan oluşmaktadır.

Şekil 5.4 Su tüketimi, deşarjı ve meydana gelen kayıplar



5.2. ATIK SU OLUŞUMU

Gübre üretim prosesinde, buhar sıyırma kondensatı ve iyon değiştirici sistem çıkışları ile buharlaştırıcı kondensatı ve solüsyon filtratları prosesteki temel atık su kaynaklarıdır. Ayrıca soğutma kulesi suları veya dökülmeler de atık su kaynaklarını oluşturmaktadır. Tipik atık su kaynakları aşağıda sıralanmıştır:

- Atık su arıtma çıkışları
- Kazan boşaltma
- Kompresör boşaltma
- Sentez gazı soğutma
- Proses kondensatı
- Kaçak ve dökülmeler
- Noktasal olmayan yağmur ve kar suları

Gübre sektöründen kaynaklanan örnek atık su karakterleri Tablo 5.3'te verilmiştir.

Tablo 5.3 Gübre sektöründen kaynaklanan atık su karakterleri

Atık Su	KOİ (ppm)	NH ₃ -N (ppm)	pH
1	125.000	2	7-8
2	946	1710	-
3	460	86	10,6
4	130	1.330	10
5	44	530	9,6
6	170	276	11

Kaynak: [31]

Kimyasal gübre sektörü atık suları genel olarak organikler, alkoller, NH₃, nitratlar, fosforlar ve fosfat kayalarından kaynaklanan kadmiyum gibi ağır metaller ile askıda katı maddeler içermektedir [31].

Fosfatlı gübre sektöründen kaynaklanan atık sular tehlikeli ve asidik, NH_3 üretiminden kaynaklanan atık sular ise oldukça alkali özelliklere sahiptir. NH_3 tesislerinde reaksiyona girmeyen buhar kondensatları atık suların %90'ını oluşturmaktadır. Diğer atık su kaynakları ise gaz yıkayıcılardır. Üre tesislerinde ise buharlaştırıcı kondensatı, yıkayıcılar ve reaksiyon sonucu oluşan sular önemli atık su kaynaklarıdır. Gübre üretim atık sularının arıtılmadan alıcı ortama bırakılması ötrofikasyona sebep olmakta, Cr, CN- ve NH_3 içerikleride su yaşamını olumsuz etkilemektedir. Bu sebeple atık sular arıtma tesisinden sonra deşarj edilmelidir/edilmektedir.

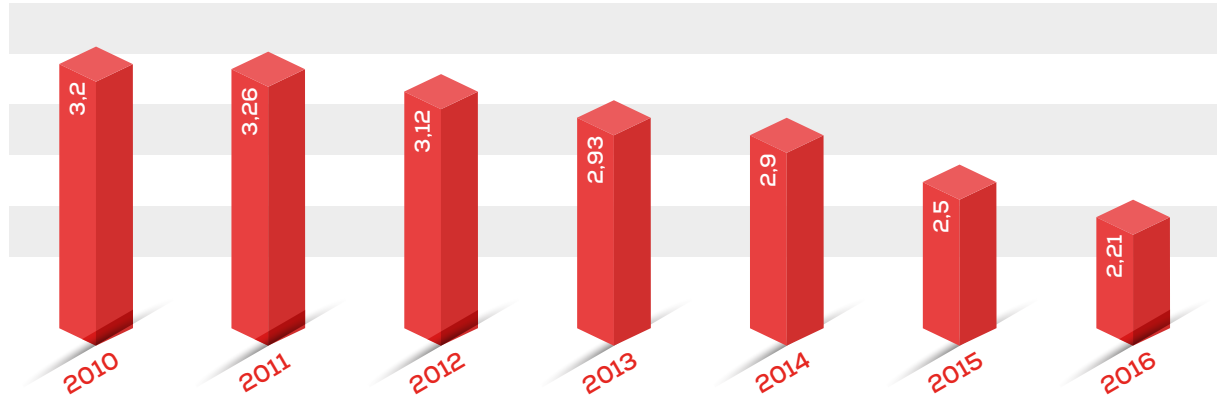
Tesislerden kaynaklanan atık sular:

- Üretilen gübre cinsi ve miktarı
- Kullanılan proses tipi
- Tesis yaşı ve proses verimi
- Kullanılan ham madde kalitesi
- Kullanılan ham su kalitesi
- Su geri kazanım seviyesine

bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Geri dönüştürülmemiş su miktarına benzer olarak temiz üretim teknolojilerini uygulayan tesislerde oluşan atık su miktarıda 2010 yılından günümüze %30 oranında azaltılmıştır (Şekil 5.5) [29].

Şekil 5.5 Atık su miktarı



Ülkemizde gübre sektöründen kaynaklanan atık suların deşarj edilmesinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından 31.12.2004 tarihinde yayınlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) hükümlerine uyulmaktadır. Tesisin tabi olduğu atık su deşarj standartları SKKY Tablo 14.7a-14.7b-14.7c'de tanımlanmıştır. İlgili deşarj standartları üretilen gübre tiplerine bağlı göre Tablo 5.4, Tablo 5.5 ve Tablo 5.6'da verilmiştir.

Tablo 5.4 Azot ve diğer nütrientleri içeren kompoze gübre üretimi atık su deşarj standartları (SKKY Tablo 14.7.a)

Parametre	Birim	Anlık Numune	Kompozit Numune 2 Saatlik
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg/L)	-	200
Askıda Katı Madde (AKM)	(mg/L)	-	100
Toplam Kadmiyum	(mg/L)	-	0,5
Amonyum Azotu (NH ₄ -N)	(mg/L)	-	50
Nitrat Azotu (NO ₃ -N)	(mg/L)	-	50
Fosfat Fosforu (PO ₄ -P)	(mg/L)	-	35
Florür (F ⁻)	(mg/L)	-	15
pH	-	6-9	6-9

Kaynak: [32]

Tablo 5.5 Sadece azot içeren gübre üretimi atık su deşarj standartları (SKKY Tablo 14.7.b)

Parametre	Birim	Anlık Numune	Kompozit Numune 2 Saatlik
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg/L)	-	150
Askıda Katı Madde (AKM)	(mg/L)	-	100
Amonyum Azotu (NH ₄ -N)	(mg/L)	-	50
Nitrat Azotu (NO ₃ -N)	(mg/L)	-	50
pH	(mg/L)	6-9	6-9

Kaynak: [32]

Tablo 5.6 Fosforik asit ve/veya fosfatlı kayadan fosfatlı gübre üretimi atık su deşarj standartları (SKKY Tablo 14.7.c)

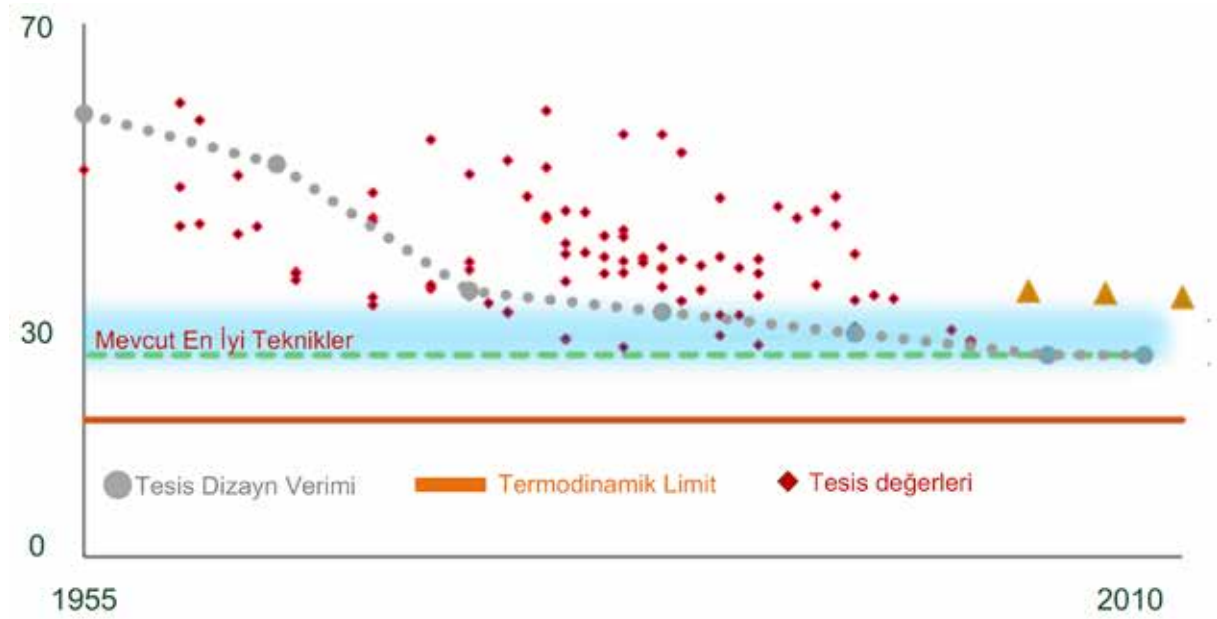
Parametre	Birim	Anlık Numune	Kompozit Numune 2 Saatlik
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg/L)	-	200
Askıda Katı Madde (AKM)	(mg/L)	-	100
Toplam Kadmiyum	(mg/L)	-	0,5
Fosfat Fosforu (PO ₄ -P)	(mg/L)	-	35
Florür (F ⁻)	(mg/L)	-	15
pH	-	6-9	6-9

Kaynak: [32]

5.3. ENERJİ TÜKETİMİ

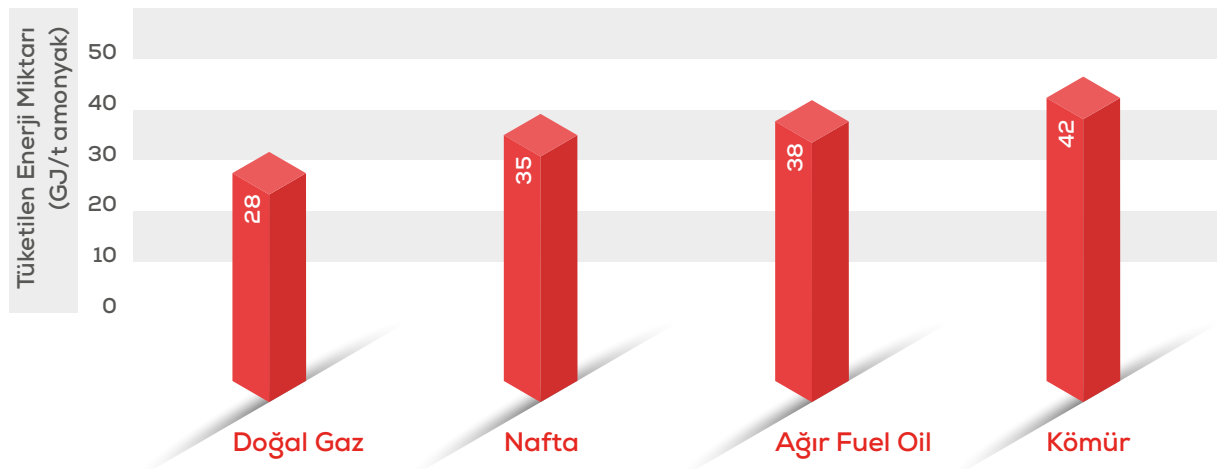
Gübre üretimi içinde ele alınacak en belirgin enerji tüketim alanı azotlu gübrelerden susuz NH_3 üretimidir. Azotlu gübre sektöründe tüketilen enerjinin % 80'inden fazlası NH_3 ve geri kalanı da üre üretimi için kullanılmaktadır. 1960'larda 62 GJ/ton NH_3 olan enerji tüketim miktarı günümüzde MET kullanılmasıyla 30 GJ/ton NH_3 seviyesine kadar azaltılmıştır (Şekil 5.6). Bu değer üre için 3,2 GJ/ton, nitrik asit için 3,1 GJ/ton ve amonyum nitrat üretimi içinse 0,5 GJ/ton seviyesindedir [33].

Şekil 5.6 1955 yılından günümüze amonyak tesislerinin spesifik enerji tüketimleri



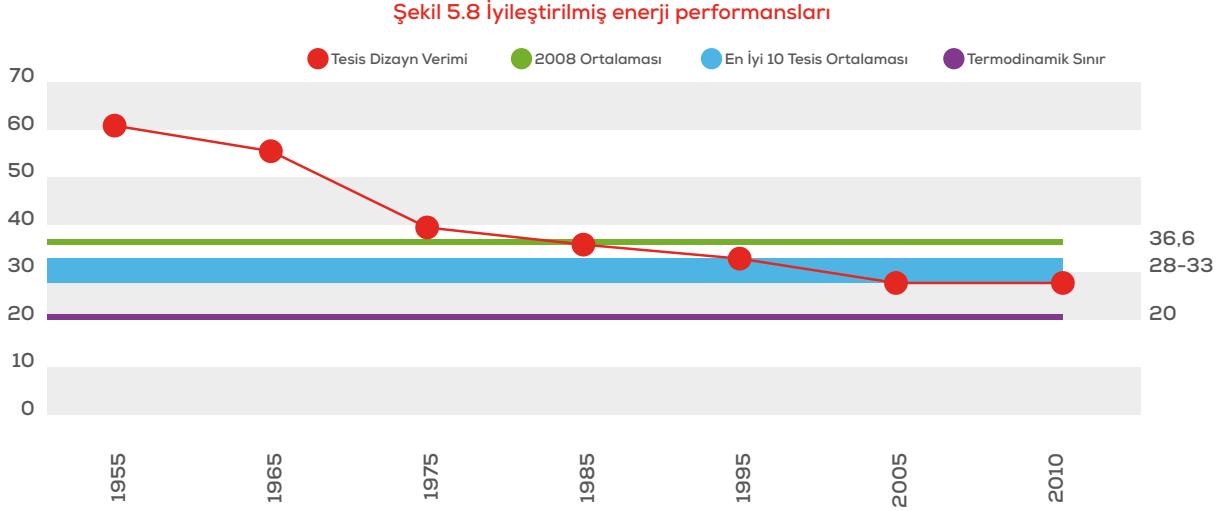
NH_3 üretimi amacıyla farklı enerji kaynakları kullanılarak MET uygulanması durumunda tüketilecek enerji miktarları Şekil 5.7'de verilmiştir [34].

Şekil 5.7 Enerji kaynaklarına göre amonyak üretiminin karşılaştırılması



Enerji verimli azot bazlı gübre üretimi 20. yüzyılda büyük bir ilerleme kaydetmiştir. Modern tesisler NH_3 ürünlerine yönelik teorik minimum enerji tüketimine hızla yaklaşmaktadır. Birim ürün başına tüketim (GJ/Mt) 40 yıl öncesine göre %30 daha düşüktür ve en iyi performans gösteren tesisler ter-

modinamik sınıra giderek daha da yaklaşmaktadır [35]. Tesislere ait iyileştirilmiş enerji performansları Şekil 5.8'de verilmiştir.



Kaynak: [36]

Gübrelerde bulunan üç ana nütrientin her biri, yaşam döngüsü analizi boyunca farklı enerji gereksinimlerine sahiptir. Azot, fosfat ve potasyumlu gübre üretim süreçlerinde üretim, paketlenme, nakliye ve uygulama sırasında tüketilen enerji miktarları Tablo 5.7'de verilmiştir. Azotlu gübre üretimi için gerekli olan enerji fosfatlı gübrelerin 4,5 ve potasyumlu gübrelerin de 5,7 katıdır.

Tablo 5.7 Enerji gereksinimleri

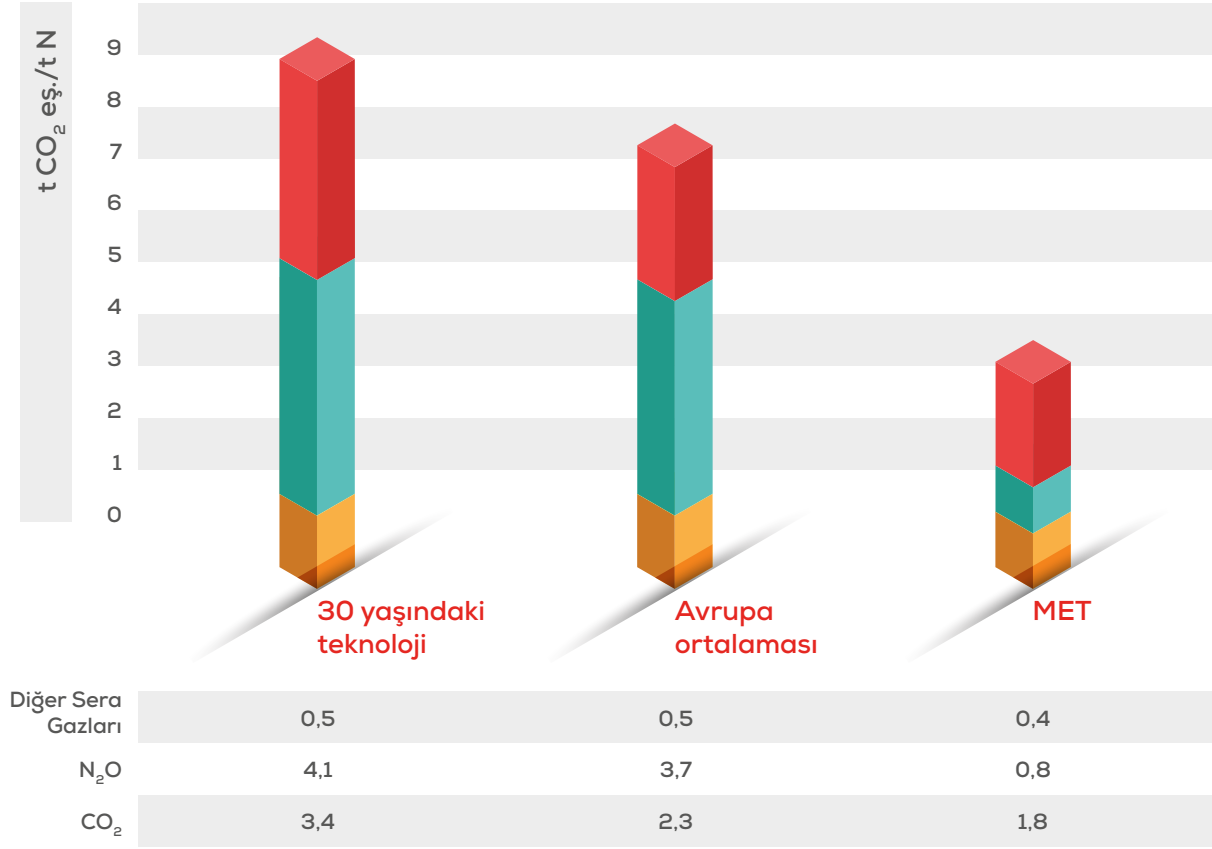
İşlem	Enerji İhtiyacı (kJ/kg)		
	Azotlu Gübreler	Fosfatlı Gübreler	Potasyumlu Gübreler
Üretim	69.530	7.700	6.400
Paketleme	2.600	2.600	1.800
Lojistik	4.500	5.700	4.600
Uygulama	1.600	1.500	1.000
Toplam	78.230	17.500	13.800

Kaynak: [37]

5.4. EMİSYONLAR

Gübre üretimi sırasında CO₂ ve diğer sera gazları açığa çıkmaktadır. Azotlu gübre üretiminde sera gazları temel olarak iki noktadan kaynaklanmaktadır. Bunlardan birincisi fosil kaynakların ham madde ve yakıt olarak kullanılması ikincisi ise nitrik asit üretimi sırasında N₂O oluşmasıdır [38]. Fosforik asit tesislerinde de hidroflorik asit, silikon tetraflorür veya her ikisi de oluşabilmektedir [39]. Farklı teknoloji seviyelerinde amonyum nitrat üretimi sırasında oluşan sera gazı emisyonları Şekil 5.9'da verilmiştir.

Şekil 5.9 Amonyum nitrat üretimi sırasında oluşan sera gazı emisyonları



Ürün gübre bazında sera gazı emisyon değerleri Tablo 5.8’de verilmiştir.

Tablo 5.8 Üretimden kaynaklanan sera gazı emisyonları

Miktar (kg)	CO ₂ (g)	CH ₄ (g)	N ₂ O (g)	CO ₂ – eş. (g)
Azot Bazlı Gübre (1 kg N)	2.468	0,54	9,63	5.351
NH ₃	1.820 (1.500-3.100)	-	-	-
HNO ₃	-	-	4,6 (1,8-12,6)	-
Üre	1.390	-	-	1.590
Amonyum Sülfat	-	-	-	3.000
Kalsiyum Amonyum Sülfat	2.490	-	3.600	6.300
Üçlü Süper Fosfat	1.600	0	-	1.660
Süper Fosfat	-	-	-	600
Potasyum	580	0	-	600

Kaynak: [40], [41]

Proses sırasında oluşan emisyonlara ilave olarak granülasyon, boşaltma, taşıma ve öğütme sırasında toz emisyonları da oluşabilmektedir.

5.5. ATIK OLUŞUMU

5.5.1 KATI ATIKLAR

NH_3 , nitrik asit, fosforik asit, üre, amonyum fosfat ve kompleks gübre üreten tesislerde katı atıkların yaklaşık %99'u fosfojips, kükürt çamuru, cips atığı ve su nötralizasyon çamurlarından (kalsiyum florit vb.) oluşmaktadır [42]. Fosfojips atıkları genel olarak fosfat kayalarından gelen iz metaller, florit ve radyonükleitleri içerebilmektedir. Ayrıca pirit kullanımı sonucunda atıklarda çinko, bakır, kurşun, kadmiyum, civa ve arsenik gibi ağır metaller de bulunmaktadır [43]. Islak yöntemle fosforik asit üretimi sırasında fosfat kayasıyla sülfürik asidin reaksiyona girmesi sonucunda ise 1 ton fosfor pentooksit için 4,5-5,5 ton fosfojips oluşmaktadır [44]. Gübre sektöründen kaynaklanan atıkların potansiyel kullanım alanları Tablo 5.9'da verilmiştir.

Tablo 5.9 Gübre sektöründen kaynaklanan katı atıklar ve önerilen kullanım alanları

Atık Tipi	Kaynak	Kullanım/Bertaraf
Harcanmış Katalizör	Amonyak üretimi farklı aşamalardan oluşmakta ve tüm aşamalarda katalizörler kullanılmaktadır. Her katalizörün kullanım ömrü ise farklıdır.	Harcanmış katalizörler tercihen metal geri kazanımı ve yeniden kullanım için sadece lisanslı atık işletmelerine satılabilir. Lisanslı tesis mevcut değilse, tesis içerisinde yetkili kılavuzlara göre ve Tehlikeli Atık Yönetimi Kurallarına uygun şekilde geçici olarak depolanabilir.
Asidik/Alkali Çamurlar	Su demineralizasyon tesislerinden asidik ve alkali atıklar kaynaklanabilir.	Üretilen asidik/alkali atıklar, atıkların pH ayarlaması için tesis içerisinde kullanılmalıdır.
Fosfojips	Fosfojips atığı fosforik asit üretimi sırasında açığa çıkmaktadır. Yaklaşık olarak 1 ton fosforik asit için 4,5-5 ton fosfojips üretilmektedir.	Fosfojips atığının çimento üretimi, toprak koşullandırıcı veya alçı fayans için kullanılabileceği belirtilmiştir.
Harcanmış Reçineler	Atık su arıtma/Su demineralizasyon	Kömürle karıştırıldıktan sonra buhar üretimi için kullanılması mümkündür.
Kireç Çamuru	Kireç çamuru amonyum sülfat üretimi sırasında açığa çıkmaktadır.	Kalsiyum amonyum nitrat üretimi için amonyum nitratla karıştırılması, çimento üretimi ya da nötralizasyon amacıyla kullanılması mümkündür.

Kaynak: [45]

NH_3 ve üre üretiminden kaynaklanan harcanmış katalizörler ise tekrar geri kazanılarak proseste kullanılabilir. Ancak yaygın uygulama katalizörlerin yenisiyle değiştirilmesidir. Tesislerde kullanılan katalizörler 5 ile 7 yıl arasında yenisiyle değiştirilmektedir [46]. Ayrıca bu katalizörler metal geri kazanımı ve yeniden kullanımı için yetkili lisanslı atık geri kazanım firmalarına da satılabilmektedir. Gübre üretiminde kullanılan farklı katalizörlere ait kullanım ömürleri Tablo 5.10'da verilmiştir.

Tablo 5.10 Farklı katalizör ömürleri

Bölüm	Sistem	Tavsiye Edilen Kullanım Ömrü
Kükürt Giderimi	CoO-MoO-Al ₂ O ₃	5
Birincil Gaz Üretimi	NiO-Al ₂ O ₃	3
İkincil Dönüştürücü	NiO-Al ₂ O ₃	3
Amonyak Sentezi	Fe ₃ O ₄ -K ₂ O-Al ₂ O ₃ -CaO	5

Gübre sektöründen proses sırasında kaynaklanan katı atıklar Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından 02.04.2015 tarihinde yayınlanan Atık Yönetimi Yönetmeliğine ait Atık Listesinde "İnorganik Kimyasal İşlemlerden Kaynaklanan Atıklar" altında tanımlanmıştır. Katı atıklara ait atık kodları Tablo 5.11'de verilmiştir.

Tablo 5.11 Gübre üretiminden kaynaklanan katı atıklara ait atık kodları

Atık Kodu	Atık Kodu Tanımı
06	İnorganik Kimyasal İşlemlerden Kaynaklanan Atıklar
06 10	Gübre Üretimi ve Azotlu Kimyasalların İşlenmesi ve Azot Kimyasalları İmalat, Formülasyon, Tedarik ve Kullanımından (IFTK) Kaynaklanan Atıklar
06 10 99	Başka bir şekilde tanımlanmamış atıklar

5.5.2 TEHLİKELİ ATIKLAR

Gübre fabrikalarında tehlikeli atık olarak atık yağlar oluşmaktadır. Açığa çıkan yağların temel kaynağı pompalar ve kompresörlerdir. Atık suda bulunan yağ miktarı genel olarak düşüktür. Bundan dolayı, normal koşullar altında, arıtma yöntemi ile emülsiyon kırılması gerekli değildir. İlave olarak bu yağların sudaki çözünürlüğü ise oldukça düşüktür. Bazı durumlarda yağ emülsiyonları için koagülant ve koagülant yardımcıları da arıtma amacıyla kullanılabilir.

Gübre sektöründen üretim ve ekipmanlardan kaynaklanan tehlikeli atıklar Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından 02.04.2015 tarihinde yayınlanan Atık Yönetimi Yönetmeliğine ait Atık Listesinde "İnorganik Kimyasal İşlemlerden Kaynaklanan Atıklar" ve "Yağ Atıkları ve Sıvı Yakıt Atıkları (Yenilebilir Yağlar, 05 ve 12 Hariç)" altında tanımlanmıştır. Tehlikeli atıklara ait atık kodları Tablo 5.12'de verilmiştir.

Açıklama kolonunda "A" işareti ile gösterilen atıklar içerdikleri tehlikeli bileşenlerin konsantrasyonlarından bağımsız olarak tehlikeli kabul edilmektedir. "M" işaretli atıklar ise içerdikleri tehlikeli bileşenlerin konsantrasyonlarına bağlı olarak tehlikeli ya da tehlikesiz olarak sınıflandırılabilir. Listede "M" işareti ile gösterilmiş atıklar üzerinde analiz yapılmakta ve analiz sonuçlarına göre atık koduna karar verilmektedir.

Tablo 5.12 Gübre üretiminden kaynaklanan tehlikeli atıklara ait atık kodları

Atık Kodu	Atık Kodu Tanımı	Açıklama
06	İNORGANİK KİMYASAL İŞLEMLERDEN KAYNAKLANAN ATIKLAR	-
06 10	Gübre Üretimi ve Azotlu Kimyasalların İşlenmesi ve Azot Kimyasalları İmalat, Formülasyon, Tedarik ve Kullanımından (İFTK) Kaynaklanan Atıklar	-
06 10 02*	Tehlikeli maddeler içeren atıklar	M
13	YAĞ ATIKLARI VE SIVI YAKIT ATIKLARI (YENİLEBİLİR YAĞLAR, 05 VE 12 HARİÇ)	-
13 01	Atık Hidrolik Yağlar	-
13 01 01*	PCB (2) içeren hidrolik yağlar	A
13 01 04*	Klor içeren emülsiyonlar	A
13 01 05*	Klor içermeyen emülsiyonlar	A
13 01 09*	Mineral esaslı klor içeren hidrolik yağlar	A
13 01 10*	Mineral esaslı klor içermeyen hidrolik yağlar	A
13 01 11*	Sentetik hidrolik yağlar	A
13 01 12*	Kolayca biyolojik olarak bozunabilir hidrolik yağlar	A
13 01 13*	Diğer hidrolik yağlar	A
13 03	Atık Yalıtım ve Isı İletim Yağları	-
13 03 01*	PCB'ler içeren yalıtım ya da ısı iletim yağları	A
13 03 06*	13 03 01 dışındaki mineral esaslı klor içeren yalıtım ve ısı iletim yağları	A
13 03 07*	Mineral esaslı klor içermeyen yalıtım ve ısı iletim yağları	A
13 03 08*	Sentetik yalıtım ve ısı iletim yağları	A
13 03 09*	Kolayca biyolojik olarak bozunabilir yalıtım ve ısı iletim yağları	A
13 03 10*	Diğer yalıtım ve ısı iletim yağları	A
13 08	Başka Bir Şekilde Tanımlanmamış Yağ Atıkları	-
13 08 01*	Tuz giderim çamurları ya da emülsiyonları	A
13 08 02*	Diğer emülsiyonlar	A
13 08 99*	Başka bir şekilde tanımlanmamış atıklar	A

Kaynak: [32]

Eğer yapılan analiz sonucunda atık içerisindeki tehlikeli bileşenler Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B'de verilen konsantrasyonları aşıyorsa atıklar tehlikeli olarak sınıflandırılır ve "M" işareti ile gösterilir.

rilen yanında yıldız (*) işareti bulunan altı haneli kodla tanımlanmaktadır. Eğer tehlikeli bileşenlerin konsantrasyonları, Ek 3-B'de verilen eşik değerlerin altında kalıyorsa, bu atıklar tehlikesiz olarak sınıflandırılmakta ve "M" işaretli atıkların tehlikesiz karşılıkları olan altı haneli kodla tanımlanmaktadır. Tüm atık yağlar ise Yönetmelik gereği tehlikeli atık olarak tanımlanmıştır. Bu sebeple geri kazanım/dönüşüm ya da bertaraf yöntemlerine karar verilebilmesi amacıyla Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından 30.07.2008 tarihinde yayınlanan Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliğine göre kategori analizleri gerçekleştirilmelidir. Atık yağ kategorileri ve müsaade edilen kirlетici parametre sınır değerleri Tablo 5.13'te verilmiştir.

Tablo 5.13 Atık yağ kategori analiz-parametre sınır değerleri

Kirlетiciler	Müsaade Edilen Sınır Değerleri (I.Kategori Atık Yağ)	Müsaade Edilen Sınır Değerleri (II.Kategori Atık Yağ)	Müsaade Edilen Sınır Değerleri (III.Kategori Atık Yağ)
Arsenik	< 5 ppm	Max. 5 ppm	> 5 ppm
Kadmiyum	< 2 ppm	Max. 2 ppm	> 2 ppm
Krom	< 10 ppm	Max. 10 ppm	> 10 ppm
Klorür	Max. 200 ppm	Max. 2000 ppm	> 2000 ppm
Kurşun	< 100 ppm	Max. 100 ppm	> 100 ppm
Toplam Halojenler	Max. 200 ppm	Max. 2000 ppm	> 2000 ppm
Poliklorlubifeniller(PCB)	Max. 10 ppm	Max. 50 ppm	> 50 ppm
Parlama Noktası	Min. 38 °C	Min. 38 °C	-

Kaynak: [32]

1. KATEGORİ ATIK YAĞ: Bu kategoride yer alan atık yağlardaki PCB, toplam halojen ve ağır metal gibi kirlетiciler tabloda verilen sınır değerlerin altındadır. Bu kategorideki atık yağların öncelikle rejenerasyon ve rafinasyon yolu ile geri kazanımlarının sağlanması gerekmektedir. Bu kategorideki yağlar uygun olmaları durumunda enerji geri kazanımı amacıyla kullanılabilir.

2. KATEGORİ ATIK YAĞ: Bu kategorideki atık yağlar Bakanlıktançevre lisansı almış tesislerde enerji geri kazanımı amacıyla kullanıma uygun atık yağlardır. Ancak klorür, toplam halojen ve PCB parametreleri aşılmayan endüstriyel atık yağların rejenerasyon ve rafinasyon yoluyla geri kazanımı mümkündür.

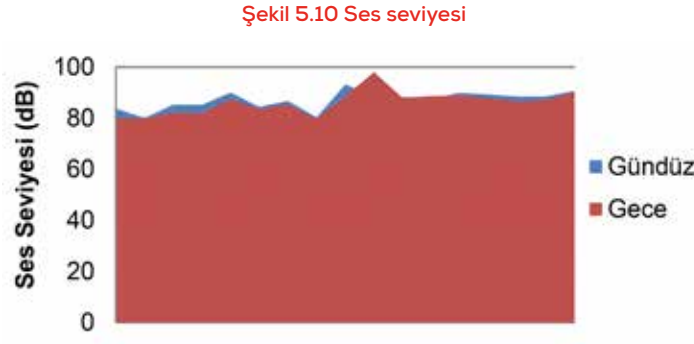
3. KATEGORİ ATIK YAĞ: Bu kategoride yer alan atık yağlardaki ağır metaller aşağıdaki tabloda verilen sınır değerlerin üzerindedir. Klorür ile toplam halojenler 2000 ppm'in, PCB ise 50 ppm'in üzerindedir. Rejenerasyon ve rafinasyona uygun olmayan, yakıt olarak kullanılması insan ve çevre sağlığı açısından risk yaratan ve çevre lisansı tehlikeli atık yakma tesislerinde yakılarak zararsız hale getirilmesi gereken atık yağlardır.

5.6. GÜRÜLTÜ

Gübre üretimi sırasında yüksek hızlı turbo makinelerinin sürekli çalışması, boru hatlarının ve yapıların titreşimi, yüksek basınçlı gazların iletilmesi ve yüksek basınçlı gaz akışlarının kesilmesi sebebiyle üretim sırasında gübre fabrikaları içinde gürültü tehlikesi oluşturabilmektedir. NH₃ tesisleri büyük

üretim tesisleri olup, büyük makineler (sentez gaz kompresörü, NH₃ kompresörü, proses hava kompresörü vb.) kullanılmaktadır. Bu makineler 80 dB'den 100 dB'e kadar gürültü oluşturabilmekte ve bu gürültü sebebiyle de titreşimler oluşabilmektedir [47].

Tipik üretim tesislerinde gün boyunca meydana gelen gürültü oluşumları Şekil 5.10'da verilmiştir.



Kaynak: [47]

Gürültü kirliliğinin değerlendirilmesine yardımcı olması amacıyla çeşitli aktivitelerden kaynaklanan ses seviyeleri Tablo 5.14'te verilmiştir. Çoğu üretim tesisinde gerek Çevresel Gürültü'nün Değerlendirilmesi Yönetmeliği gereği, gerekse İSG riskleri-çalışan verimliliğinin artırılması için 80 dBA üzeri gürültünün azaltımı ve gürültü azaltıcı tedbirlerin geliştirilmesi gereklidir. Bu amaçla yönetim binası ve diğer işletmeler için ağaç şeklinde gürültü bariyerleri uygulanabilmektedir. Böylece yeşil bant, gürültü seviyelerini daha da azaltacaktır.

Tablo 5.14 Tipik ses seviyeleri

Ses Seviyesi (dBA)	Tanım
0-25	Duyuma seviyesi
10	Nefes alma
40	Ofis
50	Yağmur
60	Konuşma
80	Ortalama şehir gürültüsü
80-120	İnşaat çalışması
130	Uçak kalkışı

Kaynak: [48]



6

KAYNAK
VERİMLİLİĞİ
• ÖNLEMLERİ



6 KAYNAK VERİMLİLİĞİ ÖNLEMLERİ

6.1. MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER HAKKINDA REFERANS BELGESİ

Günümüzde temiz üretim yaklaşımının teşvik edilmesi amacıyla reaktif stratejilerden önleyici stratejilere geçilmesi büyük önem taşımaktadır. Önleyici çevresel stratejiler: yönetim bazlı önlemler, proses bazlı önlemler ve ürün bazlı önlemler olarak sınıflandırılmaktadır. Bu önlemler Tablo 6.1'te verilmiştir.

Tablo 6.1 Gübre sektöründe kullanılabilecek çevresel stratejiler

Yönetim Bazlı Önlemler	Proses Bazlı Önlemler	Ürün Bazlı Önlemler
Çevre Yönetim Sistemleri	Çevresel Teknoloji Değerlendirmesi	Endüstriyel Ekoloji
Çevresel Performans Değerlendirmesi	Toksik Madde Azaltımı	Genişletilmiş Üretici Sorumluluğu
Denetim	Mevcut En İyi Teknikler	Eko-etiket
Çevresel Raporlama	Atık Minimizasyonu	Çevreci Dizayn
Toplam Maliyet Muhasebesi	Kirlilik Önleme	Yaşam Döngüsü Analizi
Ticaret ve Çevre	Temiz Üretim	
Çevresel Ekonomi	Eko-Verimlilik	

Kaynak: [28]

Gübre çeşidi bazında hava emisyonları, su kayıpları ve atık oluşumunun azaltılması/güvenli bertarafı amacıyla genel olarak uygulanabilecek proses ve işletme bazlı verimlilik önlemleri ise Tablo 6.2'de özetlenmiştir.

Tablo 6.2 Genel verimlilik önlemleri ve depolama sırasında dikkat edilmesi gereken hususlar

ÜRE ÜRETİMİ
Hava Emisyonları
- Sentez prosesinde karbamat gazları/sıvılarının geri kazanılması - Prill kulesi üst noktasının hafif vakumda işletilmesi - Hava kirliliği kontrol ekipmanlarının ürün geri kazanımı ve emisyonların minimize edilmesi için düzenli kontrol ve bakımlarının gerçekleştirilmesi - İlk reformer yüksek sıcaklık bölgesinde gaz alıkonma süresinin arttırılması - Tahliye vanaları veya basınç kontrol ekipmanları ya da depolardaki NH₃ gazlarının toplanması ve hava kirliliği kontrol ekipmanlarına gönderilmesi - NH₃ prosesi veya depo bölgelerinde kaçak tespit cihazlarının yerleştirilmesi - Gaz kaçaklarının azaltılması için bakım/onarım programlarının uygulanması - Prill ürünleri dışında toz emisyonlarının azaltılması için granül ürünlerin üretilmesi - Prill kulesinin doğal soğutma sistemli inşa edilmesi - Gaz emisyonlarının atmosfere verilmeden önce gaz yıkayıcılardan geçirilmesi ve geri kazanılan üre solüsyonunun tekrar işlenmesi - Büyük boyutlu katı ürelerin eritilerek geri kazanılması

Su

- Üre kaçıışının engellenmesi amacıyla buharlaşma sıcaklığı/seperatör dizaynının geliştirilmesi
- Su işleme tesisinde NH_3 , CO_2 ve ürenin giderilmesi, hammadde kullanımı ve deşarjların azaltılması için gazların geri kazanılması
- Yıkama suları ve diğer kontamine kaynakların geri kazanımı için kapalı devre su sistemlerinin kurulması

Atıklar

- Proseste kullanılarak ömrünü tamamlayan (5-7 yıl) katalizörlerin bertaraf edilmesi
- Çevresel kirliliğin önlenmesi adına harcanmış katalizörlerdeki değerli elementleri geri kazanımı
- Tehlikeli atıkların güvenli bertarafı

AMONYUM NİTRAT/KALSIYUM NİTRAT ÜRETİMİ

Hava Emisyonları

- Nötralizasyon üniteleri ya da buharlaştırıcılardan kaynaklanan NH_3 ve amonyum nitrat emisyonlarının azaltılması amacıyla buhar damlası ayırma tekniklerinin uygulanması (buğu önleyici peddler, dalga levha ayırıcılar, fiber ped ayırıcılar vb.)
- Amonyum partikül emisyonlarının giderimi için dolgulu kule ve ayırıcıların birlikte kullanımı
- Hava/buharla sıyırma, distilasyon ve membran ayırma prosesleri kullanılarak kontamine kondensatların arıtılması ya da tekrar kullanımı
- Prill kulesinde, mikro prill oluşumunun engellenmesi
- Granülatörde granüllerin dağılmasından kaynaklanan toz emisyonlarının azaltılması
- Tozlu ürünler için konveyör bant üst bölgesinin kapatılması
- Dolgulu kulelerde nötralizasyon ile prill kulesi ve granülasyon tesisinde NH_3 emisyonlarının giderimi
- Yıkama yöntemiyle prillden amonyum nitrat fümelerinin giderimi
- Siklonlar, torbalı filtreler ve dolgulu kule kullanılarak hava akımıyla taşınan ufak amonyum nitrat partiküllerinin giderimi

Su

- Amonyum nitrat ve amonyumun geri kazanımı
- Amonyum nitrat/CAN tesisinin nitrik asit üretim tesisi ile entegre edilmesi
- Proses suyunun buhar/hava ile sıyırılması, iyon değıştiriciden geçirilmesi, distile edilmesi veya membran prosesi ile ayrılması

Atıklar

- Harcanmış katalizörler genel olarak amonyum nitrat üretimi ve nitrik asit tesislerinden kaynaklanmaktadır. Harcanmış katalizörlerin lisanslı tesislere satılabilir.

FOSFAT ÜRETİMİ

Hava Emisyonları

- Fosfat kayası ve ürün işleme sırasında oluşan tozların geri kazanım/dönüşümünün maksimize edilmesi
- Depolama tanklarından olabilecek dökülme ve kaçakların önlenmesi
- Süperfosfat tesislerinden kaynaklanabilecek toz emisyonlarının azaltılması
- Fosforik asit tesislerinde çürütücü/reaktörden kaynaklanan emisyonların minimize edilmesi
- Yeraltısuyu kirliliği oluşabilecek noktalarda yönetim ve izleme planlarının uygulanması
- Emisyonlardan florit ve asitlerin giderimi için dolgulu kulelerin kullanımı
- Dolgulu kule yıkama sularının geri kazanılması

Su

- Dolgulu kule yıkama sularının geri kazanılması
- Mist önleyiciler veya çift absorpsiyon prosesi ile sülfürik asit tesislerinden kükürt dioksit deşarjlarının önlenmesi
- Kapalı devre ızgara sistemi ile dökülme ve istenmeyen deşarjların engellenmesi
- Atıksuların geri kazanılamadığı noktalarda fosfor ve ağır metallerin sulardan uzaklaştırılması

Atıklar

- Katı atıkların arıtılması için kireç kullanımı
- Harcanmış katalizörlerin lisanslı geri kazanım tesislerine satılması ya da düzenli depolama tesislerine gönderilmesi
- Cips atıklarının potansiyel toprak şartlandırıcı olarak geri kazanımının araştırılması
- Fosfo cips atıklarının yapı endüstrisinde kullanımı

DİĞER GÜBRELERİN ÜRETİMİ
Hava Emisyonları
- Amonyum fosfat tesislerinde reaktör, granülator, kurutucu ve soğutucudan gelen gaz akımlarının partikül, NH_3 ve diğer metaryallerin geri kazanımı için siklon ve dolgu kulelerden geçirilmesi - Nitro fosfat tesislerinde NO_x emisyonlarının engellenmesi için çürütme aşamasına üre ilave edilmesi, florit emisyonlarının engellenmesi için dolgu kule kullanımı, NH_3 yükünün fazla olması durumunda dolgu kulelerde fosforik asit kullanımı
Su
- Kayıp ve dökülmelerin azaltılması - Atıksuların toplam katı madde, florit ve NH_3 açısından kontrol edilmesi
Atıklar
- Yan ürünlerin üretimde tekrar kullanımı - Gerekli özellikleri taşımayan ürünlerin NPK üretiminde kullanımı
DEPOLAMA ALANLARI
- Depolama alanları kapalı tutulmalı ve dökülen malzemeler hemen temizlenmelidir. - Depolama alanlarındaki yoğunlaşma ve su sızıntılarının engellenmesi için uygun çatı izolasyon malzemeleri kullanılmalıdır. - Depolama işlemleri sırasında doğru boşaltma işlemleriyle toz oluşumları engellenmelidir. - Depo zeminleri, konveyör bantlar ve ekipmanların temiz, kuru ve kalıntılardan arındırılmış olmasına dikkat edilmelidir. - Yağışlı ve yoğun sisli havalarda yükleme ve üstü açık araçlarla nakliye yapılmamalıdır. - Torbalarla depolama yapılacaksa polietilen (PE) ya da polipropilen (PP) ya da bu malzemelerin kombinasyonu tercih edilmelidir. Dışarda depolama yapılacaksa kötü hava koşullarına dayanabilecek plastik ya da branda ile üzerleri kapatılmalıdır. - NPK gübrelerinde bulunan amonyum nitrat bileşenleri ısı kaynakları ile temas ettiğinde ayrışabilmektedir. Bu nedenle tüm NPK gübreleri ısı kaynaklarından uzakta depolanmalıdır. - Kalsiyum nitrat gübrelerinde yaklaşık %15 oranında kristal su bulunduğundan oksitleyici özellikleri kısıtlanmaktadır. Aynı şekilde ürelerde tehlikeli materyaller değildir ancak güçlü ısı kaynaklarına maruz kalmaları durumunda NH_3 gazı oluşturmaktadırlar. Ayrıca üre farklı kimyasal maddelerle özellikle de nitrik asitle karıştırılmamalıdır. - Genel olarak kimyasal gübrelerin depolanması sırasında; depo civarında petrol varilleri veya yakıt depolama istasyonu bulunmamalı, ürünlere yakın noktada ateş yakılmamalı, bakım işlemleride dahil olmak üzere araç park edilmemeli ve ıslak zeminlerin kurutulmasında talaş benzeri emici malzemeler kullanılmamalıdır.

Kaynak: [49, 50]

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. AB'de "Büyük Hacimli İnorganik Kimyasalların Üretimi İçin Mevcut En İyi Teknikler Referans Dokümanı" başlıklı doküman Konsey Direktifi 96/61/EC (IPPC Direktifi)'nin 16. Maddesinin 2. Fıkrası uyarınca yapılan bilgi değişikliğini ortaya koymaktadır. Bu doküman özet olarak MET'leri, ilgili tüketim ve salınım seviyelerini içermektedir.

6.2. İLGİLİ ÇEVRE MEVZUATI

Kapasitesi 20.000 ton/yıl'dan büyük olan, fosfor, azot ve potasyum bazlı basit veya bileşik gübrelerin üretimini gerçekleştiren fabrikalar için "Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED)" gerekmektedir. Yıllık kapasitesi 1.000 ton'dan büyük olan fosfor, azot ve potasyum bazlı basit veya bileşik gübrelerin her türlü üretiminde ise Çevre ve Şehircilik İl Müdürlükleri tarafından "ÇED Gereklidir" veya "ÇED Gerekli Değildir" kararı verilmektedir. Gübre Üretim Tesislerine ilişkin işletme aşamasında uyulması gereken

Çevre Mevzuatı ise Tablo 6.3'te verilmiştir.

Mevzuat	Nerede/Nasıl İzleneceği	Açıklama	Dönem
Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği RG: 30.07.2008 – 26952 (Bitkisel Yağlar Hariç)	Bakım alanları, iş makineleri, atık yağ depolama alanları	Yıllık olarak, Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği gereği Atık Yağ Beyan Formu (Ek-2) doldurularak Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'ne gönderilmelidir. Ayrıca, oluşan atık yağlar "Atık Yağ Kategorileri ve Müsaade Edilen Kirlenici Parametre Sınır Değerleri"ne göre analiz edilmelidir.	Yıllık (Atık Yağ Analizleri Hariç)
Atık Yönetimi Yönetmeliği RG: 02.04.2015 – 29314 (Tehlikeli Atıklar)	Proses, ambalaj malzemeleri	Yağ, yakıt, boya vb. bulaşmış eldiven, üstüğü, kontamine ambalaj malzemeleri vb. tehlikeli atıklar ayrı olarak ara depolama alanında biriktirilerek belirli periyotlarla (180 günü aşmayacak şekilde) lisanslı taşıyıcılar vasıtası ile lisanslı bertaraf tesislerine gönderilmelidir. Yıllık olarak, Tehlikeli Atık Beyan (TABS) sistemine atık beyanı yapılmalıdır.	Yıllık
Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği RG: 27.12.2017 – 30283	Paketleme, hammadde sevkiyatı	Kontamine olmamış ambalaj atıkları lisanslı TAT (taşıma-ayırma-toplama) tesislerine ya da bakanlık tarafından yetkilendirilen kuruluşlara verilmelidir.	Sürekli
Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği RG: 31.08.2004 – 25569	Çalışma alanı	Atık piller uygun şartlarda biriktirilmeli ve elde rahatlıkla taşınabilir, sızdırmaz yapıya sahip ve otomotiv veya endüstriyel uygulamalar için kullanım yeri bulunmayan piller "Taşınabilir Pil Üreticileri ve İthalatçıları Derneği"ne (TAP) verilmelidir. İş makinelerinden, taşıtlardan veya makinelerden çıkacak diğer piller ise yenisi satın alınırken, akümülatör ürünlerinin dağıtımını ve satışını yapan işletmeler ve araç bakım-onarım yerlerine teslim edilmelidir.	Sürekli
Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin (ÖTL) Kontrolü Yönetmeliği RG: 25.11.2006 – 26357	Araç bakımları	İş makinelerinden veya taşıtlardan çıkacak ÖTL'ler lisanslı kuruluşlara ya da "Lastik Sanayicileri Derneği"ne (LASDER) verilmelidir.	Sürekli
Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği RG: 04.06.2010 – 27601	Alıcı ortamlarda	Yetkili akredite laboratuvar	Gürültünün yoğun olduğu durumlarda
Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği RG: 25.01.2017 – 29959	Sağlık birimleri	Günlük 1 kilograma kadar olan tıbbi atıklar en yakın veya en uygun tıbbi atık geçici deposuna/konteynerine götürülmeli veya bu atıklar tıbbi atık toplama aracına verilmelidir.	Sürekli

Mevzuat	Nerede/Nasıl İzleneceği	Açıklama	Dönem
Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (SKHKKY) RG: 03.07.2009 - 27277	-Tablo 3'te belirtilen hava kirlleticilerinin kontrolü doğrultusunda SKHKKY Ek-1'teki esaslar dikkate alınmalıdır. - NO_x emisyonlarında SKHKKY Ek-5'te yer alan 8. grup tesisleri (2) fıkrasındaki esaslara uyulacaktır. - SO₂ ve SO₃ emisyonlarında SKHKKY Ek-5'te yer alan 8. grup tesisleri (3) fıkrasındaki esaslara uyulacaktır. - Atıksu kanalına verilen NH₃ yıkama çözeltisinin verildiği alıcı hava ortamındaki NH₃ konsantrasyonu 30 mg/Nm₃ değerini aşmayacaktır. - Atık gazlardaki NH₃ emisyonu da; 50 mg/Nm₃ değerini aşmayacaktır. - Atık gazlardaki F- üzerinden verilen gaz biçimindeki flor bileşikleri konsantrasyonu 10 mg/Nm₃ değerini aşmayacaktır. Bu konuda SKHKKY Ek-1'inin (h) bendi uygulanmaz. - Atık gazlardaki toz emisyonları 100 mg/Nm₃ değerini aşmayacaktır. - Gübre komplekslerindeki yakma ve gazlaştırma tesislerinde SKHKKY Ek-5'inin ilgili gruplarındaki hüküm ve sınırlar geçerlidir.	Faaliyet Sahibi / Akredite Laboratuvar	Sürekli / İlgili mevzuatta belirtilen periyotta
Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği RG: 31.12.2004 - 25687	Tablo 14. 7.a: Azot ve Diğer Nutrientleri İçeren Kompoze Gübre Üretimi, Tablo 14.7.b: Sadece Azot İçeren Gübre Üretimi, Tablo 14.7.c: Fosforik Asit ve/veya Fosfatlı Kayadan Fosfatlı Gübre Üretimi çerçevesinde proses kaynaklı atıksular analiz edilmelidir.	Faaliyet Sahibi / Akredite Laboratuvar	Sürekli / İlgili mevzuatta belirtilen periyotta
Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği RG: 31.12.2004 - 25687	İdari birimlerden, tesisten, varsa lojman ve mutfaktan evsel atıksular oluşabilmektedir. Evsel nitelikli atıksuların alıcı ortama doğrudan deşarjı durumunda Tablo 21:1-5'e uyulmalıdır.	- Paket arıtma - Mevcut kanalizasyon hattına verilmesi - Sızdırmaz fosseptiğe verilmesi	Sürekli
Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik RG: 26.03.2010 - 27533	İşletmeden, ofis ve mutfaklardan, varsa lojman vb. sosyal tesislerden kaynaklanan atıklar (Belediye Atıkları)	Ağız kapalı çöp bidonlarında biriktirilip ilgili Belediye'ye ya da Katı Atık Birliğine teslim edilmelidir.	Sürekli

6.3. KİMYASAL GÜBRE VE AZOT BİLEŞİKLERİNİN İMALATI SEKTÖRÜNE YÖNELİK TEMİZ ÜRETİM OLANAKLARI

6.3.1 GENEL TEMİZ ÜRETİM OLANAKLARI

Gübre sektörü, bitkilerin ihtiyaç duyduğu azot, fosfor ve potasyum nütrientlerinin tedariki ile yakından ilgilidir. İkincil nütrientler (kalsiyum, magnezyum, sodyum ve kükürt) ise üretim sonucunda ya da ham maddelerden elde edilebilmektedir. Mikro-nütrientler (boron, kobalt, bakır, demir, manganez, molibden, çinko) gübrelere dahil edilebilir ya da özel üretim için tedarik edilebilir. Azot içerikli gübrelerin %97'si amonyaktan ve fosfat içerikli gübrelerin de %70'i fosforik asitten elde edilmektedir. NH_3 , HNO_3 , H_2SO_4 ve H_3PO_4 nicelik bakımında en önemli kimyasallardır ve gübre yapımında temel olarak kullanılmaktadır.

Bu bölümde yer alan MET'ler bahsi geçen "Büyük Hacimli İnorganik Kimyasallar - NH_3 , Asit ve Gübre Sanayii Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Referans Dokümanı"ndan (2007) alınmıştır. Gübre üretimi ile ilgili genel kontrol listesi Tablo 6.4'te verilmiştir.

LEJANT



Yönetimsel/Operasyonel



Kaza Yönetimi



Ham Madde



Su



Enerji



Kimyasal



Atık Su



Katı Atık



Sera Gazı



Hava Emisyonu



Buhar/C Oranı



Proses Verimi

Tablo 6.4 Genel kontrol listesi

Kategori	Önlem	İyileştirme/Azaltma
Genel Önlemler ve Yönetimsel Uygulamaların Değerlendirilmesi	İşletmede çevresel performansların artırılması, kaynak verimliliği ve temiz üretimin sürdürülebilirliğinin sağlanması için kalite ve çevre yönetim sistemlerinin yapılandırılması, dokümente edilmesi ve etkin şekilde kullanımının sağlanması	
	İşletmede mevcut bakım-onarım programlarının planlandığı şekilde yapılması ve bu programlara önleyici nitelikteki uygulamaların da dahil edilerek zaman, kapasite, ham madde ve kaynak kayıplarının engellenmesi dolayısıyla üretim ve çevresel performansların geliştirilmesi	
	İşletmede kaynak kullanımı ve çevresel performansların, verimliliğin iyileştirilmesi ve izlenmesi için proses girdi ve çıktıların miktar ve nitelikleri yönünden izlenmesi ve rutin olarak raporlanması	
	İşletmede personelin çevre, kaynak verimliliği-temiz üretim konularında bilinçlendirilmesi için eğitimler verilmesi, bununla birlikte operatörlere alanıyla ilgili teknik eğitimlerin verilmesi	
	İşletmede makine, cihaz ve ekipmanların seçiminde kaynak verimliliği sağlayan makine seçiminin göz önünde bulundurulması	
	İşletmede gübre sektöründeki gelişmeler ve yüksek verimliliğe sahip ve çevre dostu yeni teknolojilerin takip edilmesinin sağlanmasıyla hem üretim hem de çevresel performansların geliştirilmesi için fırsatların oluşturulması (fuarlar, kongre-sempozyum, çalıştay vb. aktivitelere katılım)	
	İşletmede yönetimin belirleyeceği periyotlarda temiz üretim ve kaynak verimliliğine ilişkin etüt ve analiz çalışmalarının yapılarak belirlenen iyileştirmelerin hayata geçirilmesi için gerekli prosedürlerin hazırlanması ve planlanması	
Hammadde ve Kimyasal Seçimi, Kullanımı ve Yönetimi	Ham madde seçiminde daha az kaynak kullanımına ve çevresel atığa/emisyona neden olanların tercih edilmesine dikkat edilmesi (ya da daha az işlem adımı-proses gerektiren)	
	İşletmede herhangi bir kalite yönetim sistemi bulunmuyor olsa bile belirli periyotlarda tedarikçi denetimi yapılmasına olanak sağlayan prosedürlerin geliştirilmesi ve etkin şekilde uygulanması	
	Üretim proseslerinde ham madde kayıplarının izlenmesi ve ham madde kayıplarına karşı önlemler alınması	
	İşletmede kullanılan tüm kimyasalların MSDS'lerinin bulundurulması ve kimyasal envanter çalışmasının yapılması	
	Kimyasalların depolanmasının, saklanması ve uygulanmasının MSDS'lerde belirtilen koşullara göre yapılması	
	Ham madde ve kimyasalların seçiminde kaynak verimliliğini artıracak ve çevre dostu kimyasalların seçilmesine yönelik prosedürlerin geliştirilmesi ve uygulanması	
	Kimyasalların hazırlanması ve dozlanmasında otomasyona dayalı sistemler kullanılmasıyla kayıpların önlenmesi ve kimyasal tasarrufu sağlanması	
Su Tüketimi ve Yönetimi	İşletmede su kayıplarının-kaçaklarının önlenmesine yönelik uygulamalar ile su kayıplarının önlenmesi	
	Sıcak ve soğuk su kullanılan proseslerde sıcaklık kontrolü yapan otomasyon sistemi veya sıcaklık sensörü kullanımıyla su ve enerji tasarrufu sağlanması	
	İşletmede su tüketiminin prosesler bazında izlenmesiyle suyun verimli kullanımı ve su tüketiminin azaltılmasının sağlanması	
	İşletmede kullanılan makinelerde su debisi kontrol cihazları ve otomatik kapatma vanalarının kullanılmasıyla su tüketiminin azaltılması	

Kategori	Önlem	İyileştirme/Azaltma
Su Tüketimi ve Yönetimi	İşletmede proses ve kompozit atık suların analiz edilmesi, su geri kazanımı ve geri kullanımına yönelik uygulamaların yapılmasıyla su tasarrufu sağlanması ve atık su miktarlarının azaltılması	 
	Tesis ve ekipman temizliğinde su verimliliği sağlayacak elemanlar kullanarak (su püskürtme başlıkları, sprey püskürtücüler vb.) yıkama verimliliğinin artırılması dolayısıyla su tasarrufu ve atık su miktarlarının azaltılmasının sağlanması	 
Enerji Tüketimi ve Yönetimi	İşletmede prosesler bazında enerji tüketiminin izlenmesiyle enerji tasarrufu sağlanması ve üretim reflekslerinin geliştirilmesi	
	İşletmede enerji kayıplarının izlenmesi, optimize edilmesi ve önleyici uygulamalar (izolasyon vb.) ile enerji tasarrufu sağlanması	
	Enerji temininde alternatif enerji kaynakları kullanılarak enerji kullanımının optimize edilmesi ve maliyetinin azaltılması	
Katı Atık Yönetimi	Temel ve yardımcı proseslerde üretim aşamasında oluşan tehlikeli, tehlikesiz veya geri kazanılabilir nitelikteki atıkların izlenmesi/kaynakta ayrı toplanmasıyla atıkların geri kazanımı veya geri dönüşümünün sağlanması	
	İşletmede oluşan katı atıkların sınıflandırılarak uygun şekilde bertaraf edilmesi ya da uzaklaştırılmasıyla oluşabilecek çevresel etkilerin ortadan kaldırılması	
	Kullanılan katalizörlerin uygun şekilde depolanması ve metal geri kazanımı için işlenmesi ya da satılması	 
Atık Su Yönetimi	Atık su karakterizasyonunun rutin olarak yapılması ve izlenmesiyle su geri kazanımı opsiyonlarının değerlendirilmesi ve kimyasal tüketiminin azaltılmasına yönelik tedbirlerin alınması	 
	İşletmede proses atık sularının veya boru-sonu kompozit atık suların arıtılarak/arıtmadan geri kullanım olanaklarının değerlendirilmesiyle su tüketiminin ve atık su miktarlarının azaltılması	 
	Atık su kaynaklarında atık su miktarlarının ve kirlilik yüklerinin kaynağında azaltılmasına yönelik uygulamalar veya prosedürlerin geliştirilmesi ve etkin şekilde uygulanmasıyla atık su miktarlarının azaltılması	
Atık Gaz Yönetimi	Yakıt seçiminde daha az atık gaz emisyonu oluşturacak ve yüksek kalorifik değere sahip olan yakıtların tercih edilmesi ve bu sayede ısı enerji tüketimi ve atık gaz emisyonlarının azaltılması	  
	Atık gaz emisyonlarının kaynaklarının bilinmesi ve kaynağa azaltılmasına yönelik uygulamaların yapılması ya da prosedürlerin geliştirilmesi	 

6.3.2 PROSES BAZLI TEMİZ ÜRETİM OLANAKLARI VE KONTROL LİSTELERİ

Dünya genelinde gübre endüstrisi, milyonlarca ton doğal olarak oluşan ham maddeyi veya ikincil hammaddeyi çeşitli gübre ürünlerine dönüştürmek için büyük endüstriyel süreçler kullanmaktadır. Bu sebeple genel olarak gübre üreticilerinin sektördeki MET kurallarına uymaları beklenmektedir. Bu durum, kayıpların oluşmadan önlenmesi, katı ve sıvı atıkların yeniden kullanımı, geri dönüştürülmesi veya uygun şekilde bertaraf edilmesinin yanı sıra ambalaj malzemelerinin ve müşteri tarafından belirtilmeyen veya reddedilen herhangi bir ürünün doğru şekilde tekrar kullanımını kapsamaktadır. Ayrıca atık arıtma çamurları ve struvit (magnezyum amonyum fosfat) gibi hammaddelerin kullanımı da, sürdürülebilirlik hedeflerine giden yolu açmaktadır.

Gübre üretimi sırasında oluşan atık malzemeler arasında metal katalizörler, organik reçineler, çeşitli

katkı maddeleri ve kaplamalar, cips, yağlama yağları ve atık sular bulunmaktadır. NH_3 üretimi için temel katalizörler arasında krom, nikel, demir ve bakırın yanı sıra mineral/seramik destek malzemeleri bulunmaktadır. Nitrik asit üretimi içinse platin, rodyum ve vanadyum malzemeden imal katalizörler kullanılmaktadır. Çevresel fayda ve maliyet etkinliği açısından bu katalizörler, yeniden işlenmek üzere katalizör üreticilerine geri gönderilebileceği gibi atık olarak da ele alınabilmektedir. NH_3 üretiminde kazan besleme suyu arıtımından açığa çıkan reçineler, reçine üreticilerine geri gönderilmekte, nitrik asit üretiminde kullanılan su arıtma reçineleri ise rejenere edilmekte veya geri dönüştürülmektedir. Bu doğrultuda, gübre üreticileri, proses bazlı iyileştirme olanakları ve atık yönetim stratejilerini oluşturmaları amacıyla teşvik edilmektedir. Ayrıca uygun olmayan malzemelerin yeniden kullanımı veya geri dönüşümü ile ilgili spesifik kılavuzlar da hem üreticiler hem de son kullanıcılara yönelik olarak hazırlanmaktadır. Kimyasal gübre ve azot bileşiklerinin üretim süreçlerinin çeşitli aşamalarında birçok temiz üretim olanağı bulunmaktadır. Proses bazlı oluşturulan kontrol listesi Tablo 6.5'te verilmiştir.

Tablo 6.5 Gübre üretimi ile ilgili proses bazlı kontrol listesi

Kategori	Önem	İyileştirme/Azaltma
Amonyak Üretimi	İleri konvansiyonel prosesler kapsamında aşağıdaki uygulamaların bir ya da birden fazlasının gerçekleştirilmesi	
	Yüksek basıncın (40 Bar'a kadar) kullanıldığı yüksek randımanlı birincil dönüştürücülerin kullanılması	
	Düşük NO_x brülörleriyle donatılmış sistemlerin kullanılması	
	Düşük enerjili CO_2 uzaklaştırma sistemlerinin kullanılması	
	İkincil dönüştürücüde stokiyometrik hava kullanılması (stokiyometrik H/N oranı)	
	Buharın sıcaklığını artırmak için ikincil dönüştürücüden geri kazanılan ısının kullanılması	
	Yüksek sıcaklığa sahip dönüşüm reaktörlerinin tasarımının iyileştirilerek daha düşük buhar/C oranının elde edilmesi	
	Daha yüksek dönüşüm için küçük boyutlu katalizörlerin kullanıldığı NH_3 dönüştürücü tasarımlarının kullanılması	
	NH_3 sentezinden reaksiyon ısısının büyük bir kısmının verimli bir şekilde geri kazanılması	
	Yüksek verimli NH_3 yoğunlaştırma ve soğutma işlemlerinin uygulanması	
	Birincil dönüştürmenin azaltılması amacıyla konvansiyonel proseslere aşağıdaki modifikasyonların yapılması	
	Birincil dönüştürücünün fonksiyonunun bir kısmının ikincil dönüştürücüye transfer edilmesiyle birincil dönüştürücüdeki yanmanın azaltılması	
	Cryogenic arıtma işleminden çıkan N_2 ve CH_4 karışımının birincil dönüştürücüde yakıt olarak kullanılması	
	Make-up sentez gazından tüm safsızlıkların arıtılması ile purge akışının azaltılması	
	Isı değişimli ototermal dönüştürme prosesinin kullanılması	
	Yenileme: Kapasite ve enerji verimliliğinin artırılması	
	Hidrokarbon/buhar besleme gazının ön ısıtmadan geçirilmesi	
	Fırın brülörlerinin modifiye edilmesi	

Kategori	Önlem	İyileştirme/Azaltma
Amonyak Üretimi	Birincil dönüştürücüden önce bir ön dönüştürücünün kurulması	
	İleri düzeyde proses kontrolünün sağlanması (Advanced Process Control)	
	Proses havası kompresörünün çalıştırılmasında gaz türbininin kullanılması	
	Claus prosesinin entegre edilmesi ve artık gazın temizlenmesi	
	Birincil dönüştürücüde seçici katalitik olmayan indirgeme (SNCR) prosesinin kullanılması	
	Yanma havasına ön ısıtma işleminin uygulanması	
	Kükürt giderme işleminin düşük sıcaklıkta yapılması	
	İzotermal olarak dönüşüm reaksiyonunun gerçekleştirilmesi	
	Proses kondensatlarının geri kazanılması	
	NH ₃ sentezinde düşük basınçta çalışan katalizörlerin kullanılması	
	Sentez gazının sıvı azot ile yıkanması	
	NH ₃ sentez reaktörünün dolaylı olarak soğutulması	
Amonyak Üretimi	Purge gazındaki H ₂ geri kazanımının sağlanması	
	Flaş ve purge gazlarından amonyağın ayrıştırılması	
	Devreye alma, durdurma ve uygun olmayan işletme koşullarında açığa çıkan emisyonların azaltılması	
	Devreye alma ve durdurma sürelerinin güvenlik kilidi ve mantıksal operasyonel sıra kullanılarak azaltılması	
	Geri kazanılan inert gazların ön ısıtma amacıyla kullanılması	
	Ekipman ve katalizörler için maximum ön ısıtma oranının uygulanması	
	Olabildiğince hızlı bir şekilde sentez çevriminin operasyona alınması	
NPK ve CN Üretimi	Sıcaklık ve fosfat kayası/asit oranı gibi işletme koşullarının optimize edilmesi ve yüksek saflıktaki fosfat kayalarının kullanılmasıyla NO _x oluşumunun azaltılması	
	Partikül oluşumunda toz ve NH ₃ emisyonunun azaltılması amacıyla pril kulesinin kullanılması	
	Gübrein kekleşmesini önlemek amacıyla plakalı (yığın akışlı) ısı değiştirici kullanılarak soğutulması	
	Ürün soğutma ünitesinden çıkan atık havadaki tozun siklon ya da bez filtre ile tutularak, temizlenen sıcak havanın kurutucunun yanma odasına geri beslenmesi	
	Devreye alma, durdurma ve uygun olmayan işletme koşullarında açığa çıkan emisyonların azaltılması	
	Uygun elek-değirmen kombinasyonunun seçilmesi	
	Ürün boyutunun dağılımının online olarak izlenmesi ve kontrol edilmesi	
	Valsli değirmenlerin kullanılması	

Kategori	Önlem	İyileştirme/Azaltma
NPK ve CN Üretimi	Nötralizasyon/ buharlaştırmadan çıkan buharın yoğunlaştırılmadan granülasyondan çıkan atık gaz ile birlikte arıtılması ve yıkamadan çıkan yıkama sıvısının NPK üretimine geri beslenmesi	
	Fosfat kayasının eritilmesi, kumun yıkanması/ayırıştırılması, Ca(-NO ₃) ₂ .4H ₂ O(CNTH) bileşeninin filtre edilmesi/yıkanması proseslerinden çıkan atık gazların çok aşamalı yıkama prosesinden geçirilerek NO _x emisyonunun azaltılması	
	Atık su miktarının azaltılmasına yönelik önlemler	
	Fosfat kayasının eritilmesi prosesinde açığa çıkan atık gazların yıkanması işleminde oluşan NO _x yüklü yıkama sıvılarının geri kazanılması	
	Kum yıkama işleminden çıkan yıkama sıvısının geri kazanılması	
	Buharlaştırmadan çıkan buharların yoğunlaşmasının engellenmesi	
	Nötrleştirme prosesinden çıkan atık gazların yıkanması işleminde oluşan yıkama sıvılarının geri kazanılması	
	Nötrleştirme/ buharlaştırma ve granülasyon ünitelerinden çıkan atık gazların birleştirilerek tek akım olarak yıkanması	
	Yıkama sıvısı olarak atık suların kullanılması	
	Atık sudaki fosforlu bileşiklerin çöktürülmesi ve nitrifikasyon/denitrifikasyonlu biyolojik arıtma işlemlerinin uygulanması	
Üre ve UAN Üretimi	Basıncın kademeli olarak azaltılmasıyla reaksiyon çözeltisinden NH ₃ ve CO ₂ 'in ayrıştırılması ve reaktöre (karbamet ya da NH ₃ olarak) geri beslenmesi	
	Yüksek basınçta CO ₂ ile sıyırma işlemi yapılarak reaksiyon çözeltisinde kalan karbamatin ve NH ₃ 'ün büyük bir kısmının çözeltiden ayrıştırılması	
	Yüksek basınçta NH ₃ ile sıyırma yapılarak reaksiyon çözeltisinde kalan karbamatin büyük bir kısmının çözeltiden ayrıştırılması	
	İzobarik çift geri dönüşüm prosesinin (IDR) kullanılması	
	Üre sentez bölümünden kaynaklanan inert purge gaz akımından NH ₃ 'ün uzaklaştırılması	
	Granülasyon prosesinde açığa çıkan tozun konsantre üre çözeltisine beslenmesi	
	Sıyırma proseslerinde ısı entegrasyonunun sağlanması	
	Bir kazan içinde yoğunlaştırma ve reaksiyonun birarada gerçekleştirilmesi	
	Granülasyon kaynaklı NH ₃ emisyonunun azaltılması	
	Prilleme / granülasyon prosesinden çıkan NH ₃ ve toz bakımından atık gazın arıtılması	
	Üre tesisinde prosesler esnasında açığa çıkan proses suyunun arıtılarak yeniden kullanılması	
	Sıyırma işlemine tabi tutulmuş üre çözeltisinden NH ₃ ve CO ₂ 'in su arıtma tesisinden gelen atık gazlarla birlikte ürüne dönüştürülmek üzere UAN çözeltisine beslenmesi	
	Nötralizasyon bölümünün optimize edilmesi	
AN ve CAN Güb- re Üretimi	AN oluşumu esnasında açığa çıkan ısının HNO ₃ çözeltisinin ön ısıtmasında ya da ANS'nin konsantre edilmesinde kullanılması	
	Nötrleştirme prosesinin ilk adımda düşük pH, ikinci adımda nötr pH değerinde iki adımda işlemin yapılması	
	Nötrleştirme prosesinin yüksek sıcaklıkta gerçekleştirilmesi	

Kategori	Önlem	İyileştirme/Azaltma
AN ve CAN Gübre Üretimi	AN üretiminde açığa çıkan kontamine düşük sıcaklıktaki buharın atık ısısının chiller proses suyunda kullanılmak üzere geri kazanılması	
	Proses koşullarına ve proses buharının arıtılmasına bağlı olarak, ortaya çıkan kontamine kondensatın safsızlıklardan arındırılması ya da yeniden kullanılması	
	CAN üretiminde akışkan yataklı soğutuculardan çıkan gazların ürünün kurutulması amacıyla kurutma tamburlarında kullanılması	
Nitrik Asit Üretimi	NO _x miktarının azaltılmasına yönelik olarak absorpsiyon kolonunun son adımına H ₂ O ₂ eklenmesi	
	Atık gazdaki N ₂ O ve NO _x miktarının azaltılmasına yönelik olarak Seçici katalitik NO _x indirgeme / Seçici katalitik olmayan indirgeme proseslerinin kullanılması	
	N ₂ O'nun parçalanması için oksidasyon reaktöründe seçici De-N ₂ O katalizörünün kullanılması	
Nitrik Asit Üretimi	Proseste istenmeyen ürün olan N ₂ O'nun üretimini azaltmaya yönelik ürünlerin reaktörde kalma süresinin artırılması ve yüksek sıcaklıkta N ₂ O'nun N ₂ ve O ₂ 'e parçalanması yoluyla N ₂ O miktarının %70-85 oranında azaltılması	
	NO _x verimini artırmaya yönelik olarak reaksiyon sıcaklığının optimum seviyede (750-900°C) tutulması	
	NO _x verimini artırmaya yönelik olarak reaksiyonun 1,7 bar basıncın altında gerçekleştirilmesi	
	Nitrik asit üretiminde istenmeyen ürün olan N ₂ O'nun miktarını azaltmaya yönelik olarak NH ₃ /hava karışım oranının %9,5-10,5 seviyesinde tutulması	
	Oksidasyon verimini artırmaya yönelik farklı türde katalizör denemelerinin yapılması	
	Yanma veriminin izlenebilirliği açısından katalizörün aktivitesinin/ performansının düzenli olarak izlenmesi	
	Yanma verimini artırmaya yönelik olarak yanma öncesi hava-NH ₃ karışımına ekstra filtrasyon işleminin uygulanması	
	Yanma veriminin artırılması için hava ile amonyağın yüksek kalitede karıştırılması	
	Yanma veriminin artırılması ve katalizörün zarar görmemesi (kirlenmemesi) için yanma odasına beslenecek amonyağın seramik ya da manyetik filtreden geçirilerek temizlenmesi	

6.4. TÜRKİYE'DEN VE DÜNYADAN İYİ UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Aşağıdaki bölümde Türkiye'den ve dünyadan saha ölçekli iyi uygulama örnekleri sunulmaktadır.

6.4.1 ÖRNEK UYGULAMA - 1

Ülke: Mısır

Firma Bilgisi: Misr Fertilizers Production Company (MOPCO) - Damietta

PROJE ADI: ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi Kurulması Projesi

PROJE ÖZETİ: 2015 yılında, Mısır petrokimya holding şirketi UNIDO ile birlikte MOPCO firmasının da dahil olduğu ondan fazla firmaya Enerji Yönetim Sistemi eğitimi düzenlemiştir. Bu eğitimin sonunda MOPCO Enerji Yönetim Sistemi uygulaması yaparak "ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi" sertifikası almaya hak kazanmıştır. MOPCO ISO-50001 sertifikasına sahip olduktan sonra, üst yönetim Teknik Çalışma ve Geliştirme Genel Müdürü gözetiminde sürekli iyileştirme için enerji tasarrufu departmanını kurmuştur. Sistemin kurulması aşamasında tesisin geçmiş 3 yıl boyunca enerji tüketimi gözden geçirilmiş, enerji yoğun prosesler belirlenmiş ve önem dereceleri tanımlanmıştır. Enerji performans göstergeleri hesaplanarak, 3 yıllık enerji tasarruf hedefleri belirlenmiştir. Yapılan enerji etüdü ile 45'ten fazla tasarruf fırsatı tanımlanmış ve bu fırsatlar arasında önceliklendirme yapılarak, 2016 yılında maliyet gerektirmeyen, 2017 yılında düşük maliyetli (≤ 10.000 USD) ve 2018 yılında orta seviyede (10.000 USD $<$ Orta Seviye ≤ 100.000 USD) maliyet gerektiren öncelikli fırsatlar hayata geçirilmiştir [51].

PROJE MALİYETİ: 1,4 milyon \$ (2015-2017)

GERİ DÖNÜŞ SÜRESİ: 0,3 Yıl

KAZANIMLAR: ISO 50001 Enerji Yönetim Sisteminin kurulması ile birlikte doğrudan ve dolaylı faydalar sağlanmıştır. Doğrudan sağlanan faydalar enerji tasarrufu ve buna bağlı olarak sera gazındaki azalmadır. Projenin dolaylı olarak sağladığı faydalar ise;

- Enerji verimli tasarım ve satın alma yoluyla işletme ve bakım maliyetlerinde uzun vadede azalma.
- Çalışma veriminin ve bakım uygulamalarının geliştirilmesi.
- Enerji kullanıcılarının performansının daha iyi anlaşılması yoluyla karar verme sürecinin iyileştirilmesi.

Toplam Enerji Kazanımı (Yakıt + Elektrik)	Toplam sera gazı azaltımı
252.091 MWh ~5,3 milyon \$	125.844 ton CO ₂ eşdeğer

6.4.2 ÖRNEK UYGULAMA - 2

Ülke: Hırvatistan & Türkmenistan

Firma Bilgisi: Petrokemija D.d. & Tejen Ammonia And Urea Plant

PROJE ADI: -

PROJE ÖZETİ: Hırvatistan'ın en büyük gübre üreticisi Petrokemija firması tarafından nitrik asit üretim hattında 1960 yılında kurulan güvenlik sistemi 2011 yılında Simatic PCS 7 proses kontrol sistemiyle değiştirilmiş ve bu sayede üretim planlama zamanı azaltılarak, hem üretimin daha erken başlaması sağlanmış hem de entegre tesis yönetimi ile bakım masrafları azaltılmıştır [52].

Yine Türkmenistan'da bulunan Tejen Amonyak ve Üre Üretim Tesisinde otomosyan sisteminde gerçekleştirilen yenilemelerle pompalar, valfler, kompresörler ve ısı eşanjörü gibi mekanik bileşenler dahi izlenmeye başlanmış ve tesis verimi artırılmıştır [53].

PROJE MALİYETİ: -

GERİ DÖNÜŞ SÜRESİ: -

KAZANIMLAR:

- Üretimin hızlandırılması
- Bakım masraflarının azaltılması
- Tesis veriminin artırılması

6.4.3 ÖRNEK UYGULAMA - 3

Ülke: İngiltere & Avustralya

Firma Bilgisi: -

PROJE ADI: Gaz Isıtmalı Reformer Tasarımı

PROJE ÖZETİ: İngiltere'de 2 adet ve Avustralya'da da 1 adet NH_3 üretim tesisinde gaz ısıtmalı reformer teknolojisi kullanılmaya başlanmış ve atık ısı geri kazanım bölümü ve bunun sonucunda da fazladan buhar üretimine olan ihtiyaç ortadan kaldırılmıştır. Böylece büyük ölçekli NH_3 tesislerine eşdeğer mertebede enerji verimliliği elde edilmiştir [54].

PROJE MALİYETİ: -

GERİ DÖNÜŞ SÜRESİ: -

KAZANIMLAR:

- Enerji verimliliği

6.4.4 ÖRNEK UYGULAMA - 4

Ülke: Avustralya

Firma Bilgisi: Yara International Asa

PROJE ADI: Solar Amonyak Pilot Tesisi

PROJE ÖZETİ: Dünyanın en büyük NH_3 üreticilerinden olan Yara, entegre bir yaklaşım olarak enerji güneş enerjisinin kullanılacağı ve karbon emisyonun oluşturulmayacağı yenilikçi üretim tesisini 2019

yılında Avustralya'da devreye almayı planlamaktadır (Şekil 5.1). Bu yöntemin özellikle çöl iklimine sahip ülkelerde maliyet açısından rekabetçi olması beklenmektedir [55].

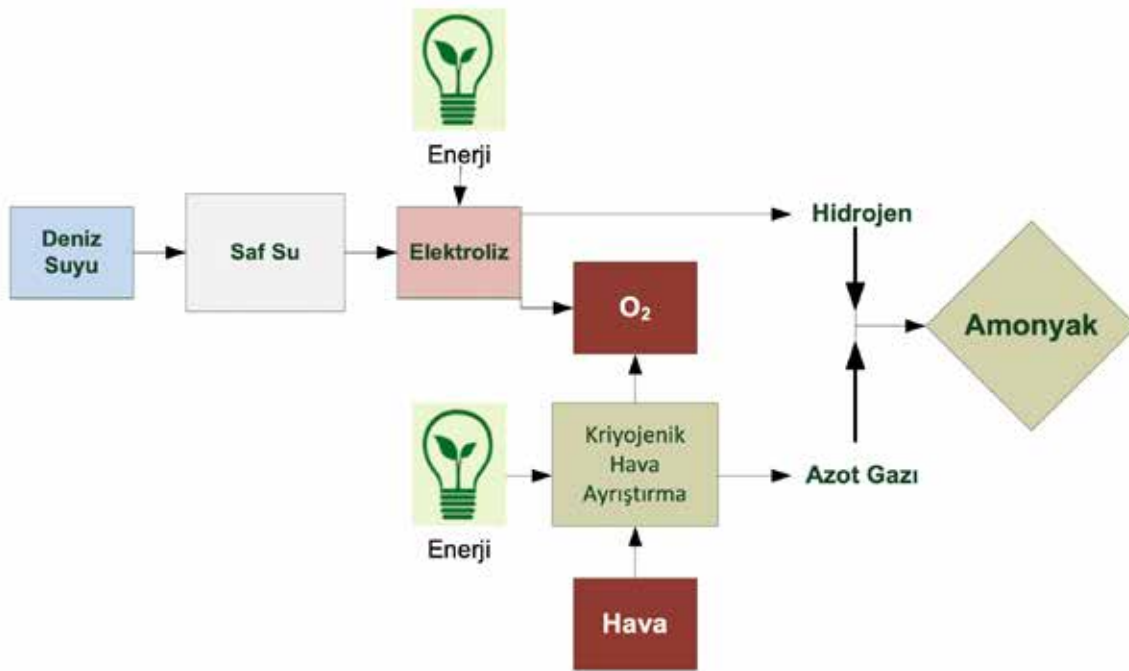
PROJE MALİYETİ: -

GERİ DÖNÜŞ SÜRESİ: -

KAZANIMLAR:

- Enerji verimliliği

Şekil 6.1 Yenilenebilir amonyak üretimi



6.4.5 ÖRNEK UYGULAMA - 5

Ülke: Suudi Arabistan & Fransa & Brezilya

Firma Bilgisi: Waterleau Group NV

PROJE ADI: Temiz Hava

PROJE ÖZETİ: Fransa'daki gübre üretim tesislerde kullanılan TURBULAIR toz partiküllerini toplamak için bir çeşit sıvının kullanıldığı bir teknolojidir. Sistemde düşük enerjili bir venturi boğazı ile sıvı yüzeyindeki hızlı gaz emilimi teknolojisi birleştirilmiştir. Bunun sonucunda çok az miktarda enerji ile yüksek toz tutma verimi elde edilmektedir. Sistem alt ucunda konik bir bunker ile üst kısmındaki dikey silindirik tavandan oluşmaktadır. Gübre endüstrisinde akışkan yataklı kurutucu, soğutucu ya da granülatör çıkışlarında kullanılabilir. Maksimum kapasitesi 800.000 m³/saat olup, çıkış toz konsantrasyonu < 50 mg/m³tür. Sistemine en büyük avantajları bakım masraflarının neredeyse bu-

lunmaması ve tıkanma riskinin olmamasıdır. Waterleau tarafından dizayn edilen toz sistemleri CAN ve üre tesislerindeki prill kulelerinde, amonyum sülfat ve fosforik asit tesislerindeki çürütücü gaz çıkışlarında, CAN ve üre tesislerindeki akışkan yataklı granulatörlerde kullanılabilmektedir. Sistem dizaynı gaz miktarı, toz konsantrasyonu ve gaz sıcaklığına bağlı olarak tek, çift ya da üç kademeli olabilmektedir. Dünya üzerinde Sudi Arabistan, Fransa ve Brezilya gibi ülkeler de dahil olmak üzere 40'dan fazla üretim tesisinde kullanılmaktadır [56].

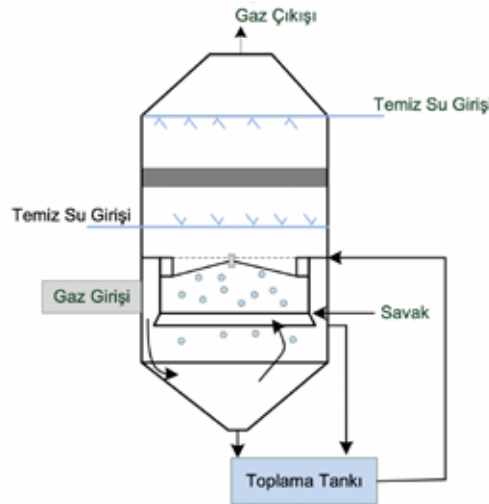
PROJE MALİYETİ: -

GERİ DÖNÜŞ SÜRESİ: -

KAZANIMLAR:

- Bakım masraflarının azaltılması
- Toz emisyonlarının azaltılması

Şekil 6.2 TURBULAIR sistemi



6.4.6 ÖRNEK UYGULAMA - 6

Ülke: Yeni Zelanda

Firma Bilgisi: Ravensdown Fertiliser Co-Operative Ltd.

PROJE ADI: Hedef Sıfır Programı

PROJE ÖZETİ: Yeni Zelanda'da bulunan Ravensdown Gübre Fabrikasında "Hedef Sıfır Programı" kapsamında çeşitli çalışmalar yürütülmüş ve çevresel faydaları Tablo 6.6'da özetlenmiştir :

Tablo 6.6 Ravensdown Gübre Fabrikası "Hedef Sıfır Programı"

Mevcut Durum	İyileştirme
Yol aydınlatma ışıklarının gün boyunca açık kalması	Aydınlatmalara zaman ayarlı kapatma sistemlerinin ilave edilmesi
Lityum bazlı yağ tenekelerinin geri kazanılmaması	Pompa emme güçlerinin arttırılması
Asit tesisi atıksuları deşar edilmektedir. Asit tesisi ısı değıştiricilerinde kuyu suyu kullanılmakta ve kullanımdan önce alg büyümesi nedeniyle kimyasal arıtmaya ihtiyaç duyulmaktadır.	4 adet kapalı su tankı ile asit tesisi atıksuları depolanarak dolgulu kulelerde kullanılması

Kaynak: [48]

PROJE MALİYETİ: 185.344 \$

GERİ DÖNÜŞ SÜRESİ: 15 yıl

KAZANIMLAR:

- Elektrik kullanımının azaltılması, lamba kullanım ömürlerinin arttırılması, su ve kimyasal tüketiminin azaltılması
- Tenekelerin geri kazanılması, gres atıklarının %22'den %4,5'e düşürülmesi

6.4.7 ÖRNEK UYGULAMA - 7

Ülke: Çin

Firma Bilgisi: Ha Bac Nitrogenous Fertiliser & Chemicals

PROJE ADI: Temiz Hava

PROJE ÖZETİ: Üre ve sıvı NH_3 üretimi gerçekleştirilen Çin'in HA BAC gübre fabrikasında enerji tüketiminin düşürülerek birim maliyetlerin azaltılması amacıyla uygulanan eylemler Tablo 6.7'de verilmiştir:

Tablo 6.7 HA BAC Gübre Fabrikası uygulanan eylemler

İyileştirme	Çevresel Fayda
Buhar taşıyıcı boru izolasyon malzemelerinin yenilenmesi	271 ton CO_2 /yıl sera gazı emisyonu azaltımı
Yüksek basınç borularının yenilenmesi	Sera gazı emisyonunda azalma
Kayıp kaçakların bulunması	477 ton CO_2 /yıl sera gazı emisyonu azaltımı

Kaynak: [58]

PROJE MALİYETİ: 3.690 \$

GERİ DÖNÜŞ SÜRESİ: 6 Ay

KAZANIMLAR:

- Sera gazı emisyonu azaltımı
- Enerji verimliliğinin artırılması

6.4.8 ÖRNEK UYGULAMA-8

Ülke: Avusturya & Mısır & Çin & Güney Afrika

Firma Bilgisi: AMI AGROLINZ INTERNATIONAL GMBH & ABU QIR FERTILIZERS & KAIFENG JINKAI CHEMICAL CO LTD. & SASOL CHEMICAL INDUSTRIES LTD.

PROJE ADI: NO_x Emisyonlarının Azaltılması

PROJE ÖZETİ: Sıcaklığı 425°C'den yüksek çıkış gazlarındaki N₂O ve NO_x emisyonlarının giderilmesi amacıyla Uhde tarafından EnviNOx sistemi geliştirilmiştir. Sistem iki yataklı demir-zeolit katalizöründen oluşmakta olup, ilk olarak Avusturya'nın Linz şehrinde bulunan AMI firmasında kurulmuş ve halen %98 verimle çalışmaya devam etmektedir.

Sıcaklığı 300-520°C arasında olan gazlar içinse demir zeolit katalizörü üzerinde bir hidrokarbon kaynağı ile N₂O giderim sistemi ilk olarak 2006 yılında Mısır'da bulunan Abu Qir gübre fabrikasında kullanılmaya başlanmıştır [59].

Ayrıca NE Chemcat firması tarafından DASH-30D D812 adında katalizör geliştirmiştir. Katalizör, alümina silika ve magnezyum oksit üzerinde desteklenen paladyumdan oluşmakta olup, Kaifeng Jinkai Chemical Ind. Co., Ltd'nin nitrik asit fabrikası gibi birçok tesiste kurulmuştur ve NO_x verimliliği % 80-90' civarındadır [60].

Yine Güney Afrika'da bulunan ve nitrik asit ile NH₃ sentezi gerçekleştiren Sasol Nitro firması tarafından NO_x emisyonlarının azaltılması amacıyla ikincil katalizör (Heraeus) yatağı 2007 yılında inşa edilmiştir. Bu sayede 480.000 ton/yıl nitrik asit üretim kapasitesine sahip tesiste 3.500 ton/yıl olan NO_x salınımı, %90 oranında azaltılarak 350 ton/yıla düşürülmüştür [61].

PROJE MALİYETİ: -

GERİ DÖNÜŞ SÜRESİ: -

KAZANIMLAR:

- NO_x emisyonlarının azaltılması

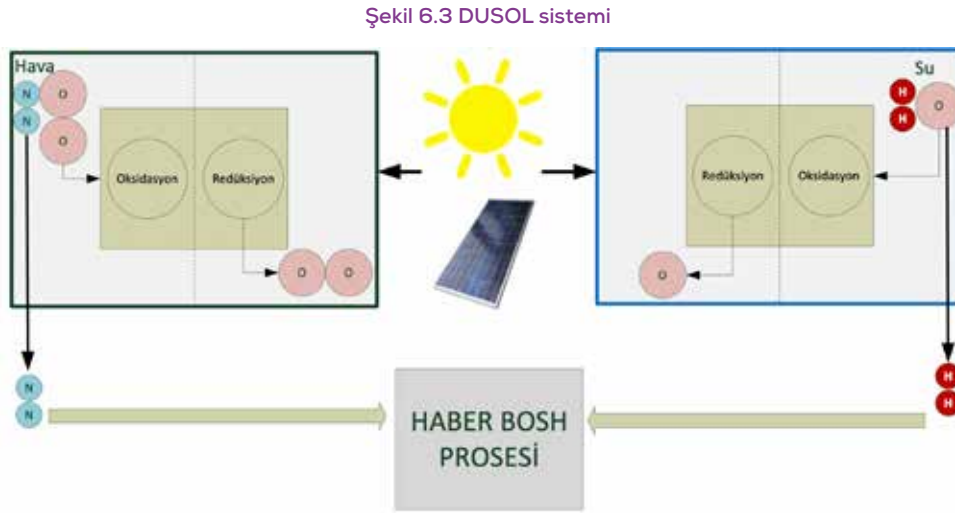
6.4.9 ÖRNEK UYGULAMA-9

Ülke: Almanya

Firma Bilgisi: GTT TEKNİK TERMOKİMYA VE FİZİK DERNEĞİ GMBH & AIXPROCESS GMBH

PROJE ADI: Dusol

PROJE ÖZETİ: 2016-2019 yıllarını kapsayan Düsol projesinde, tüm azotlu gübrelerin üretim için temel malzeme olarak kullanılan amonyak (NH₃), sürdürülebilir bir şekilde eldesi araştırılmaktadır. Bu amaçla doğalgaz yerine, H₂'yi sağlamak için su ve azotu sağlamak içinde hava kullanılmaktadır. Güneş enerjisi kaynaklı NH₃ üretim prosesi Şekil 6.3'te verilmiştir [62].



PROJE MALİYETİ: -

GERİ DÖNÜŞ SÜRESİ: -

KAZANIMLAR:

- Doğal gaz bağımlılığının ortadan kaldırılması

6.4.10 ÖRNEK UYGULAMA-10

Ülke: İngiltere

Firma Bilgisi: TERRA NITROGEN COMPANY

PROJE ADI: Prill Kulesi Onarımı

PROJE ÖZETİ: Bristol'da bulunan Terra Nitrogen şirketine ait 100 m yüksekliğindeki Prill kulesi 1964 yılında inşa edilmiş ve proses süresiyle birlikte işletme sürekliliğini tehdit eden yıpranmalar oluşmuştur. Proseste herhangi bir kesinti yapılmadan kimyasal olarak dirençli ve erken mukavemet özelliklerine sahip mikrosilika betonla 2012 yılında yenileme gerçekleştirilmiştir. Bu sayede üretim kaybı engellenmiş, gelecekteki muhtemel bakım masrafları azaltılmış ve güvenli işletme koşulları sağlanmıştır [63].

PROJE MALİYETİ: -

GERİ DÖNÜŞ SÜRESİ: -

KAZANIMLAR:

- Ekonomik ömrün arttırılması
- Güvenli Prill kulesi işletme koşullarının sağlanması
- Bakım masraflarının azaltılması

6.4.11 ÖRNEK UYGULAMA-11

Ülke: Zimbabwe

Firma Bilgisi: FERTCO FERTILISER

PROJE ADI: Dolgulu Kule Sisteminin Kurulması

PROJE ÖZETİ: Mono Amonyum Fosfat, Amonyum Nitrat vb. kimyasalların belirli oranlarda karıştırılması ve öğütülmesi prosesleri ile üretim yapan FertCo firmasında yapılan Temiz Üretim Denetimi sonucunda partikül madde salınımından kaynaklı çevresel etkinin azaltılmasına yönelik Scrub House sisteminin (yıkayıcılardan oluşan bir sistem) kurulması olanağı tespit edilmiştir. Sistemin kurulmasıyla proseste yaşanan %61'lik gübre kaybının (partikül olarak) önleneceği tahmin edilmektedir. Mevcut sistemde gübre kaybı 4 ayda 48 ton gübreye yani yılda 86.400 \$'a karşılık gelmektedir. Ayrıca partikül madde emisyonu nedeniyle Çevre Yönetimi Ajansına ödenen lisans parası da yılda 52.000 \$'dır. Scrub House uygulaması ile yılda 59.944,2 \$ enerji ve 67.132,8 \$ kömür tasarrufu sağlanabilmektedir. Uygulama sayesinde yılda 265.477 \$ tasarruf elde edileceği hesaplanmıştır [64].

PROJE MALİYETİ: 135.342,74 \$

GERİ DÖNÜŞ SÜRESİ: 6 Ay

KAZANIMLAR:

- Miktersal kazanımlar Tablo 6.8'de özetlenmiştir.

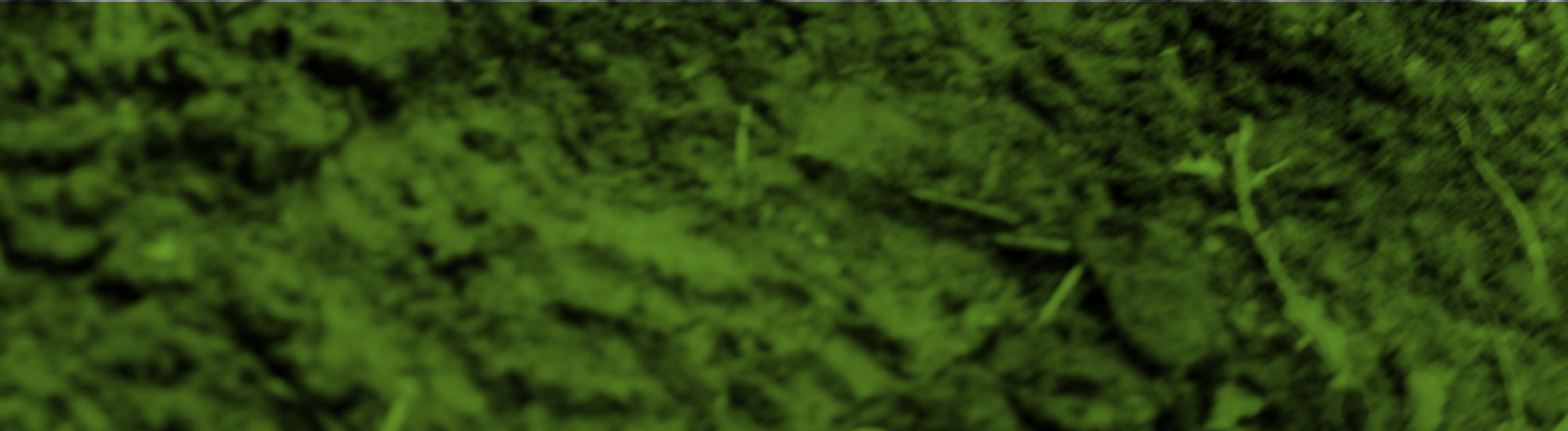
Tablo 6.8 Dolgulu kule sisteminin kurulması kazanımları

Kömür Tasarrufu	Lisans Bedelinden Tasarruf	Enerji Tasarrufu	Ürün Kaybından Tasarruf
67.132,8 \$/Yıl	52.000 \$/Yıl	59.944,2 \$/Yıl	86.400 \$/Yıl



7

• KAYNAKÇA



6 KAYNAKÇA

- [1] EC, «96/61/EC Directive on Integrated Pollution and Prevention Control,» EC, Brüksel, 1996.
- [2] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı , «EKÖK,» 18 Nisan 2018. [Çevrimiçi]. Erişilebilir: ippc.csb.gov.tr.
- [3] UNEP, «Promoting Resource Efficiency in SMEs,» UNEP, Paris, 2010.
- [4] EC, «Sustainable Industry:Going for Growth & Resouce Efficiency,» EC, Rotterdam, Hollanda, 2011.
- [5] A. Tsuji, «Let's Talk More About Chemistry: The Haber and Bosch Story,» CSJ Publications, no. 63, pp. 757-758, 2010.
- [6] ecochem, «Agro Chemicals,» [Çevrimiçi]. Erişilebilir: http://www.ecochem.com/t_organic_fert.html [Erişildi: 01 01 2018].
- [7] thyssenkrupp, «Industrial Solutions Ammonium sulfate plants,» thyssenkrupp Industrial Solution AG, Dortmund, 2017.
- [8] IFA, «International Fertilizer Industry Association Statistics,» [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <http://ifa-data.fertilizer.org/ucResult.aspx?temp=20180309010741> [Erişildi: 09 03 2018].
- [9] Yara, «Yara Fertilizer Industry Handbook,» Yara International, 2017.
- [10] IFA, «Production & International Trade,» International Fertilizer Association, [Çevrimiçi]. Erişilebilir: http://www.fertilizer.org/En/Statistics/PIT_Detailed_Reports.aspx [Erişildi: 06 02 2018].
- [11] WB, «Fertilizer Consumption,» The World Bank , [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <https://data.world-bank.org/indicator/AG.CON.FERT.ZS?locations=TR> [Erişildi: 03 03 2018].
- [12] FAO, «World Fertilizer Trends and Outlook to 2020,» Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, 2017.
- [13] ISO, «Kimyasallar ve Kimyasal Ürünler İmalat Sanayi,» İstanbul Sanayi Odası Ekonomik Araştırmalar Şubesi, İstanbul, 2015.
- [14] Gübre Fabrikaları T.A.Ş., «Faaliyet Raporu 2006,» Gübre Fabrikaları T.A.Ş., 2006.
- [15] ISO, «Türkiye'nin 500 Büyük Sanayi Kuruluşu,» 05 06 2017. [Çevrimiçi]. Erişilebilir: http://www.iso500.org.tr/500-buyuk-sanayi-kurulusu/2016/?ara=&sektor_tipi=NACE&sektor_kodu=20&-year=2016&s=UcretleCalisanlarOrt [Erişildi: 02 03 2018].
- [16] Gübretaş Tarım Kredi Kooperatifleri , «Yatırımcı Sunumu,» 06 2017. [Çevrimiçi]. Erişilebilir: http://www.gubretas.com.tr/Files/UserFiles/7/5/_GUBRF_Yatrmc_Sunumu_Haziran17-Guncel.pdf . [Erişildi: 01 03 2018].

- [17] TYDTA, «Başbakanlık Yatırım Destek ve Tanıtım Ajansı, Tarım ve Gıda,» [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <http://www.invest.gov.tr/tr-TR/sectors/Pages/Agriculture.aspx> [Erişildi: 14 03 2018].
- [18] TÜİK, «Bitkisel Üretim İstatistikleri,» Türkiye İstatistik Kurumu , 2018. [Çevrimiçi]. Erişilebilir: http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 [Erişildi: 16 3 2018].
- [19] Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, «TOBB-Sanayi Veritabanı,» [Çevrimiçi]. Erişilebilir: http://sanayi.tobb.org.tr/kitap_son2_nace.php?kodu=2015 [Erişildi: 03 04 2018].
- [20] EB, «Kimya Sektörü,» İhracat Genel Müdürlüğü Kimya Ürünleri ve Özel İhracat Daire Başkanlığı, Ekonomi Bakanlığı, Ankara, 2016.
- [21] WB, «Fertilizer Consumption,» The World Bank, [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <https://data.worldbank.org/indicator/AG.CON.FERT.ZS?locations=TR> [Erişildi: 22 04 2018].
- [22] TYDTA, «Republic of Turkey Prime Ministry Investment Support Promotion Agency,» [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <http://www.invest.gov.tr/en-US/infocenter/publications/Documents/CHEMICALS.INDUSTRY.pdf> [Erişildi: 15 04 2018].
- [23] EC, Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on Best Erişilebilir Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals- Ammonia, Acids and Fertilizers, European Commission, 2007.
- [24] EFMA, Best Erişilebilir Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry, Production of Ammonia, Brussels, Belgium: European Fertilizer Manufacturers' Association, 2000_a.
- [25] R. N. Shreve ve J. A. Brink, Chemical Process Industries, New York : McGraw-Hill, 1980.
- [26] EFMA, Best Erişilebilir Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry, Production of Nitric Acid, Brussels, Belgium: European Fertilizer Manufacturers' Association, 2000_c.
- [27] EFMA, Best Erişilebilir Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry, Production of Urea and Urea Ammonium Nitrate, Brussels, Belgium: European Fertilizer Manufacturers' Association, 2000_b.
- [28] The Ministry of Environment and Forests Government of India, «Technical EIA Guidance Manual For Chemical Fertilizers,» 2010.
- [29] Eurochem Group, «Staying focused on sustainable development,» Eurochem Group, 2016.
- [30] T. Brown , «Ammonia Industry,» 2016. [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <https://ammoniaindustry.com/wp-content/uploads/2016/10/ammonia-urea-water-outflow.png> [Erişildi: 22 4 2018].
- [31] M. B. Viay, G. S. Laxmi ve V. Vivek, «Industrial Wastewater Treatment for Fertilizer Industry - A Case Study,» Desalination and Water Treatment, no. 57, pp. 27934-27944, 2016.

- [32] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, «Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Yönetmelikler,» [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <http://cygm.csb.gov.tr/yonetmelikler-i-440> [Erişildi: 17 05 2018].
- [33] ENERGY STAR, «Energy Efficiency and Cost Saving Opportunities for Ammonia and Nitrogenous Fertilizer Production,» United States Environmental Protection Agency, 2017.
- [34] IFA, «Fertilizers, Climate Change and Enhancing Agricultural Productivity Sustainably,» International Fertilizer Industry Association, Paris, 2009.
- [35] IFA, «Energy Efficiency and CO₂ Emissions in Ammonia Production,» 2009. [Çevrimiçi]. Erişilebilir: https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2009_IFA_energy_efficiency.pdf [Erişildi: 01 05 2018].
- [36] IFA, «Fertilizers, Climate Change and Enhancing Agricultural Productivity Sustainably,» International Fertilizer Industry Association, Paris, 2009.
- [37] C. W. Gellings ve K. E. Parmenter, «Energy Efficiency in Fertilizer Production and Use,» 18 04 2003. [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <http://www.eolss.net/ebooks/Sample%20Chapters/Co8/E3-18-04-03.pdf> [Erişildi: 2 5 2018].
- [38] Fertilizers Europe, «Energy Efficiency and Greenhouse Gas Emissions In European Nitrogen Fertilizer Production and Use,» Fertilizers Europe, Dulmen, 2008.
- [39] WB, Phosphate Fertilizer Plants, International Finance Corporation, World Bank Group, 2007.
- [40] V. Sturm, «Global Trade Analysis Project (GTAP),» [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/5539.pdf> [Erişildi: 14 05 2018].
- [41] M. Skowrońska ve T. Filipek, «Life Cycle Assessment of Fertilizers: A Review,» Int. Agrophys., no. 28, pp. 101-110, 2014.
- [42] I. Losso, «Current Environmental Issues of Fertilizer Production,» %1 içinde Fertilizer Production and Environmental Protection: Petrokemija Ltd. Fertilizer Company, Prague, 1999.
- [43] C. S. K. Mishra, S. Nayak, B. C. Guru ve M. Rath, «Environmental Impact and Management of Wastes from Phosphate Fertilizer Plants,» Jr. of Industrial Pollution Control, cilt 1, no. 26, pp. 57-60, 2010.
- [44] C. R. Canovas, F. Macías, R. Perez-Lopez, M. D. Basallote ve R. Millan-Becerro, «Valorization of Wastes from The Fertilizer Industry: Current Status and Future Trends,» Journal of Cleaner Production, no. 174, pp. 678-690, 2018.
- [45] «Bureau of Indian Standards The National Standards Body of India,» 01 01 2016. [Çevrimiçi]. Erişilebilir: [http://www.bis.org.in/sf/chd/CHD33\(2277\)_04012016.pdf](http://www.bis.org.in/sf/chd/CHD33(2277)_04012016.pdf) [Erişildi: 14 05 2018].
- [46] R. P. Singhai, «Impact Assessment of Fertilizer Industry Waste on Environment,» Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology, cilt 3, no. 1, pp. 311-315.

2012.

[47] M. S. Sultana, N. Jahan, M. S. Islam ve S. M. Masum, «Assessment of Noise Pollution in the Ashuganj Fertilizer Industrial Area, Ashuganj,» Bangladesh J. Sci. Ind. Res., cilt 2, no. 46, pp. 183-190, 2011.

[48] AMEC, «Environmental Impact Assessment Atlantic Potash Corporation McAllister Industrial Park Fertilizer Production Facility,» AMEC Environment & Infrastructure, New Brunswick, 2015.

[49] Gujarat Cleaner Production Centre - Envis Centre, «Cleaner Production Opportunities in Fertilizer Manufacturing Sector,» [Çevrimiçi]. Available: <http://www.gcpcenvis.nic.in/Experts/Fertiliser%20Industry.pdf>. [Erişildi: 16 05 2018].

[50] YARA, «Health Safety and Environment,» [Çevrimiçi]. Available: https://www.yara.com/siteassets/health-safety-and-environment/documents/from_factory_to_field.pdf/. [Erişildi: 4 07 2018].

[51] CleanEnergyMinisterial, «Misr Fertilizers Production Company (MOPCO) Global Energy Management Implementation Case Study,» 2017. [Çevrimiçi]. Available: http://www.cleanenergyministerial.org/sites/default/files/2018-05/CEM_EM_CaseStudy_MOPCO_Egypt.pdf. [Erişildi: 16 08 2018].

[52] Siemens, «Petrokemija d.d., Croatia,» 2011. [Çevrimiçi]. Available: https://www.automation.siemens.com/adtree/newsdb/detail/html.aspx?language=en&filename=PN2011-04-04-Petrokemija_Kroatien.xml&auth=disable&bodyless=true. [Erişildi: 16 08 2018].

[53] Siemens, «Process Optimization and Energy Management in the Fertilizer Industry,» 2017. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.industry.siemens.com/verticals/global/en/chemical-industries/fertilizer/PublishingImages/process-optimization-fertilizer-industry.pdf>. [Erişildi: 13 08 2018].

[54] thyssenkrupp AG, «Ammonia plant concept for 300 to 600 stpd,» [Çevrimiçi]. Available: <https://www.thyssenkrupp-industrial-solutions.com/en/products-and-services/fertilizer-plants/ammonia-plants-by-uhde/ammonia-plants-500mtpd/ammonia-plant-concept-for-300-to-600-stpd/>. [Erişildi: 02 08 2018].

[55] YARA, «Yara: solar ammonia pilot plant, for start-up in 2019,» 2017. [Çevrimiçi]. Available: <https://ammoniaindustry.com/yara-solar-ammonia-pilot-plant-for-start-up-in-2019/>. [Erişildi: 15 08 2018].

[56] WATERLEAU, «Clean Air Tailor Made Solutiond For Air Treatment,» [Çevrimiçi]. Available: https://www.waterleau.com/files/AIR_brochure.pdf. [Erişildi: 29 08 2018].

[57] APEC, «Cleaner Production and Sustainable Technology Case Studies from APEC,» [Çevrimiçi]. Available: https://www.apec.org/-/media/APEC/Publications/2006/9/Cleaner-Production-and-Sustainable-Technology-Case-Studies-from-APEC-Economies-September-2006/06_ist_CP_Case_Studies.pdf. [Erişildi: 26 07 2018].

- [58] HA BAC, «HA BAC NITROGEN FERTILIZERS & CHEMICALS: Company Case Study,» [Çevrimiçi]. Available: <http://www.greenindustryplatform.org/wp-content/uploads/2013/07/Ha-Bac-Fertilizer-Company-case-study.pdf>. [Erişildi: 09 07 2018].
- [59] thyssenkrupp AG, «EnviNOx® – reduce NOx emissions to a minimum,» [Çevrimiçi]. Available: <https://www.thyssenkrupp-industrial-solutions.com/en/products-and-services/fertilizer-plants/nitrate-plants/envinox/>. [Erişildi: 10 09 2018].
- [60] Agarwai, P. & Melkania, U., «Challenges & Innovations in Technology of Fertilizer Industry: NOx Abatement Techniques,» International Journal of Innovation and Scientific Research, cilt 20, no. 1, pp. 195-200, 2016.
- [61] SASOL, «Sasol Nitro CDM Awareness Raising Campaign,» 2007. [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <http://www.energy.gov.za/files/esources/kyoto/workshop/kzn/sasolpresentation17nov2011.pdf>. [Erişildi: 10 08 2018].
- [62] Institut für Solarforschung, «Nachhaltige Düngerproduktion aus Sonne, Luft und Wasser,» [Çevrimiçi]. Erişilebilir: https://www.dlr.de/sf/de/desktopdefault.aspx/tabid-9315/16078_read-39605/22256_read-51121/. [Erişildi: 11 09 2018].
- [63] ABB, «Repair strategy for fertilizer prill tower,» [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <http://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=CAS055a&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>. [Erişildi: 03 09 2018].
- [64] I. Madanhire, I. Moyo ve L. Kagande, «Enhancing Environmental Efficiency through Use of Cleaner Production Technology in the Fertilizer Production Industry: A Case Study of FertCo in Zimbabwe,» International Journal of Science and Research (IJSR), India Online ISSN: 2319-7064, 2013.



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 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