



MADEN TETKİK VE ARAMA GENEL MDRLG

DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE TRONA

HAZIRLAYAN

M.Bayram YÜCEL

Maden Yük. Müh

Fizibilite Etütleri Daire Başkanlığı

Haziran 2020

İçindekiler

1. Tanımı ve Özellikleri.....	1
2. Rezervleri	3
2.1. Dünya Rezervleri.....	3
2.2. Türkiye Rezervleri	4
3. Üretimi	7
3.1. Dünya Üretimi	7
3.2. Türkiye Üretimi.....	8
4. Madenciliği ve Üretim Prosesleri.....	9
4.1. Monohidrat Prosesi.....	10
4.2. Seskikarbonat Prosesi.....	11
4.3. Alkali Ekstraksiyon Yöntemi.....	11
5. Ticari Ürün Özellikleri ve Kullanım Alanları.....	13
6. Dış Ticareti.....	16
6.1. Dünya Ticareti.....	16
6.2. Türkiye Dış Ticareti.....	19
7. Fiyatı.....	23
8. Değerlendirme	24
Kaynakça.....	27

Tablo Listesi

Tablo 1. Sodyum Karbonat İçeren Mineraller	3
Tablo 2. Türkiye Trona Rezervleri.....	7
Tablo 3. Susuz Sodyum Karbonatın zellikleri (TS-525).....	13
Tablo 4. Satılabilir Ağır Soda Külünün zellikleri	14
Tablo 5. Sodyum Karbonat ve Sodyum Bikarbonatın Temel Kullanım Alanları	15

Şekil Listesi

Şekil 1. Trona Mineralinin Özellikleri	2
Şekil 2. Soda Külü Dünya Rezervleri	4
Şekil 3. Beypazarı Miyosen Havzası Biriktirme Ortamları ve Trona Yataklanması	6
Şekil 4. Dünya Doğal Soda Külü Üretimi.....	7
Şekil 5. Soda Külü 2019 Yılı Üretimleri.....	8
Şekil 6. Yıllara Göre Türkiye Trona Üretimi (ham cevher).....	9
Şekil 7. Monohidrat Üretim Prosesinin Şeması	10
Şekil 8. Çözelti Madenciliği Uygulama Yöntemi	12
Şekil 9. Alkali Ekstraksiyon Yöntemi Proses Şeması.....	12
Şekil 10. Soda Külünün Kullanım Alanlarına Göre Payları (%)	15
Şekil 11. Ülkelere Göre Susuz Sodyum Karbonat İhracatı	17
Şekil 12. Ülkelere Göre Sodyum Bikarbonat İhracatı.....	17
Şekil 13. Ülkelere Göre Susuz Sodyum Karbonat İthalat Değerleri (\$)	18
Şekil 14. Ülkelere Göre Sodyum Bikarbonat İthalat Değerleri (\$).....	19
Şekil 15. Susuz Sodyum Karbonat Dış Ticaret Değeri (\$)	20
Şekil 16. Susuz Sodyum Karbonat Dış Ticaret Miktarı (ton)	20
Şekil 17. Sodyum Bikarbonat Dış Ticareti Değeri (\$).....	21
Şekil 18. Sodyum Bikarbonat Dış Ticaret Miktarı (ton).....	21
Şekil 19. Ülkelere Göre Susuz Sodyum Karbonat İhracat Değerleri (\$)	22
Şekil 20. Susuz Sodyum Karbonat İhracatı Yapılan Ülkeler Haritası	23
Şekil 21. Soda Külü Fiyatları	23
Şekil 22. Soda Külü Üretim-Fiyat Karşılaştırması.....	24

TRONA

1. Tanımı ve Özellikleri

Antik Mısır medeniyetinin başlangıç dönemlerinde (M.Ö. 5000-4400) Tasian bölgesinde yer alan ve “**ntr**” (neter) olarak bilinen kuru gölün tuzu; çoğunlukla sodyum karbonat, daha az miktarda sodyum klorit ve sodyum sülfattan oluşmakta olup “temizleme, mumyalama, gıdaları koruma” amacıyla kullanılmıştır. Tarihsel dönemlerde ihraç edilen ve yaygın olarak bilinen bu hammaddeyi; İbraniler “neter”, antik Yunanlılar “nitron”, Romalılar “nitrum” olarak adlandırmışlardır. İslami dönem Arap medeniyetinde “natrun” olan adlandırma, batıya (İspanya, Fransa, Almanya ve İngiltere) aktarılma sürecinde “natron”a dönüşmüştür. İngilizceye 17. yy Fransızcasından geçtiği ifade edilmekte ve halen yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat bu adaptasyon İsveçcede farklı olmuş olup, sodyum karbonat endüstrisinde çoğunlukla “**trona**” olarak kullanılmaktadır.

“**Soda**” kelimesi ise İngiltere’de sodyum karbonat için kullanılmıştır. Arapça baş ağrısı kelimesinin karşılığı veya sodyum karbonat külü elde edilen bitki için, İtalyancada da cam üretiminde kullanılan bitkisel soda külü için kullanılmıştır. Romalılar sönmüş kireç kullanarak tedavi amaçlı kostik sodayı keşfetmişlerdir. Davy’nin kostik sodadan, çok reaktif bir metali izole etmesi, elementin sodyum (sodium) olarak adlandırılması önerisini beraberinde getirmiştir. Dönemsel olarak kostik soda Almanya’da natronlauge olarak adlandırılmaktaydı, L.W.Gilbert sodyum elementi için halen Almancada kullanılmakta olan natronium ismini önermiş ve sembolünü de “Na” olarak vermiştir. 1814’te Berzelius, sodyum (sodium) için So sembolünü kullanmış, Modern Kimyanın Gelişimi çalışmasında yer alan Berzelius’un atom ağırlıkları tablosundaki bilgileri, natrium (Na) ve kalium olarak editör Thomson tarafından yetkisizce değiştirilmiştir (Feldman, 1980).

Antik dönemlerden günümüze bu ilginç kelime ve anlam türeyişlerinde “neter”den “trona”ya, “So”dan “Na”ya ilginç dönüşümler günümüzdeki son kullanım halini almıştır.

Soda külünün kullanımı ise; Mezopotamya (Sümer, Akad, Babil vb.) medeniyetlerinde başlayan ve Antik Mısır’a yayılan cam üretiminden anlaşılmaktadır ki bu durum arkeolojik kalıntı ve eserlerden tespit edilmiştir. M.Ö. 2250 yıllarına ait Sümer tabletlerinde yer alan ilaç

terkiplerinin birinde “naga” soda karşılığı olarak geçmektedir (Kramer, 1963). Cam üretim tekniğinin anlatıldığı Babil (M.Ö 1400-1200) dönemine ait bir kil tablet diğer bir önemli örnek olarak halen günümüzde sergilenmektedir (The British Museum, 2020). Dolayısıyla antik dönemlerde soda külünün veya natronun alkalin oksit olarak cam yapımında önemli bir hammadde olarak kullanılmış olması oldukça dikkat çekicidir (Glass of the Ancient Mediterranean, 2014).

Trona; $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (sodyum seskikarbonat veya sodyum karbonat + sodyum bikarbonat +2 su) kimyasal formülüne sahip denizel olmayan bir evaporit minerali olup doğal sodyum karbonatın bir formudur (Stephen vd., 1995). Şekil 1’de trona mineralinin temel özellikleri verilmiştir (Mineral Gallery, 2020). Sodyum karbonatın alkali özelliği aktif sodyum oksit içeriğinden kaynaklanmaktadır. Soda külünün (sodyum karbonat) molekül ağırlığının %58.5’ini, kostik sodanın (2NaOH) ise %77.5’ini Na_2O oluşturur ve çözeltilerin pH değerini yükseltir (Solvay, 2015).



	formülü: $\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
	rengi: gri, renksiz, beyaz, soluk hahverengi veya sarımsı, camsı parlaklıktadır
	sertliği: 2,5-3,0 (mohs)
	yoğunluğu: 2,14 gr/cm ³
	alkali, suda çözünür

Şekil 1. Trona Mineralinin Özellikleri

En yaygın sodyum karbonat minerali olan tronayı; nahkolit, termonatrit ve natron takip etmektedir. Tablo 1’de verilen sodyum karbonat içeren minerallerinin % Na_2CO_3 değerleri karbonata çevrilmiş bikarbonatı da içermektedir.

Tablo 1. Sodyum Karbonat İçeren Mineraller

Mineral	Bileşim	%Na ₂ CO ₃
Termonatrit (monohidrat)	Na ₂ CO ₃ .H ₂ O	85,5
Wegşneiderit	Na ₂ CO ₃ .3NaHCO ₃	74,0
Trona (seskikarbonat)	Na ₂ CO ₃ .NaHCO ₃ .2H ₂ O	70,4
Nahkolit (sodium bikarbonat)	NaHCO ₃	63,1
Bradleyit	Na ₂ PO ₄ .MgCO ₃	47,1
Pirsonit	Na ₂ CO ₃ .CaCO ₃ .2H ₂ O	43,8
Takit	2MgCO ₃ .2Na ₂ CO ₃ . Na ₂ SO ₄	42,6
Northupit	Na ₂ CO ₃ .NaCl.MgCO ₃	40,6
Natron (sal soda/yıkama sodası)	Na ₂ CO ₃ .10H ₂ O	37,1
Davsonit	NaAl(CO ₃)(OH) ₂	35,8
Gaylusit	Na ₂ CO ₃ .CaCO ₃ .5H ₂ O	35,8
Şortit	Na ₂ CO ₃ .2CaCO ₃	34,6
Burkeit	Na ₂ CO ₃ .2Na ₂ SO ₄	27,2
Hanksit	2Na ₂ CO ₃ . 9Na ₂ SO ₄ .KCl	13,6

(Helvacı, 2001)

2. Rezervleri

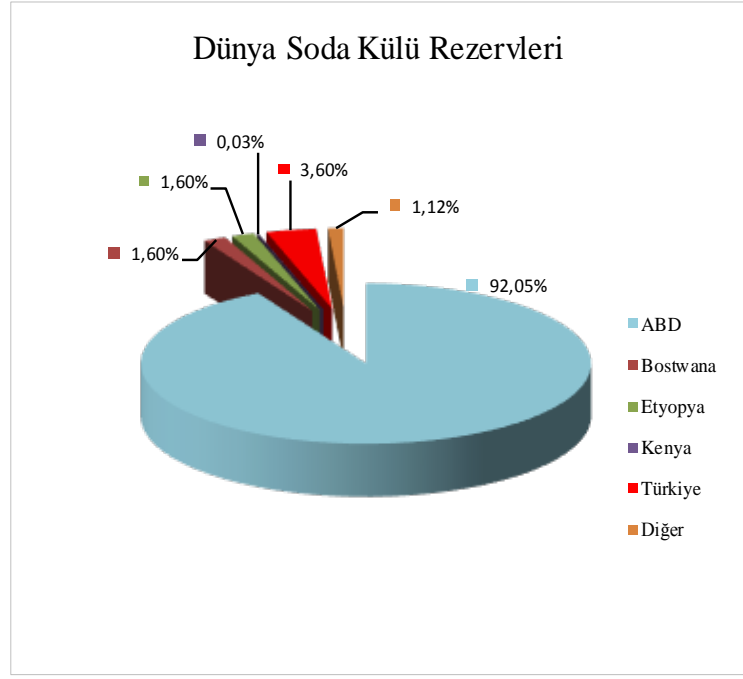
2.1. Dünya Rezervleri

Doğal soda yatakları ve güncel soda playa gölleri, genel olarak, kıta içi karasal, kurak veya yarı kurak, çevresinde sodyumca zengin volkanik ve magmatik kayaların yaygın olduğu, yüzey ve sıcak su kaynakları ile beslenen havzalarda evaporasyon sonucunda oluşmuş veya oluşmaktadır. Soda yatakları, çoğunlukla şeyl veya bitümlü şeyl katmanlarıyla ardalanmalı olarak bulunur (Helvacı, 2001).

Dünya kaynakları doğal soda külü olarak ifade edilmekte; trona ve karbonatça zengin tuzlu sulardan elde edilmektedir. ABD/Wyoming’te bulunan dünyanın en büyük yataklarının 50-60 milyon yıl önce sıcaklık, nem ve yağış faktörleri ile “sodyum, alkali ve bikarbonat”ın göl sularına akıntı sularla taşınması ve buharlaşma sonucu çökme ile oluştuğu belirtilmektedir (WMA, 2020). Amerika dışında Türkiye, Afrika, Çin ve Meksika’da trona yatakları bulunmaktadır (Şekil 2).

Ülkeler	Rezervler x1000 ton
ABD	23.000.000
Bostwana	400.000
Etyopya	400.000
Kenya	7.000
Türkiye	900.000
Diğer	280.000
Toplam	24.987.000

(USGS, 2020)



Şekil 2. Soda Külü Dünya Rezervleri

Dünya soda külü rezervlerinde %92,05 ile en büyük pay ABD'ye ait olup, Türkiye %3,60 ile ikinci sıradadır.

2.2. Türkiye Rezervleri

Osmanlı İmparatorluğu döneminde Van, Erçek ve Arin Gölleri'nden soda üretimi yapılmıştır. Cumhuriyetle birlikte Van bölgesinde 1936'da etütler başlatılmış ve Van Gölü'nden soda üretilebilirliğine dair ilk çalışmalar trona ve thermonatrit elde edilmesine yönelik olmuştur (Hadi Yener vd. ,1938). 1967 yılına kadar sürdürülen etütler sonucu Van Gölü'nden endüstriyel soda üretiminin ekonomik olmadığı bir fizibilite çalışmasıyla raporlanmıştır (Ömer Tenekeci vd. ,1983).

Diğer yandan İç Anadolu bölgesinde yer alan Beypazarı trona yatakları ise, 1979 yılında bir kömür arama sondajında oluşan köpürme ile rastlantısal keşfedilmiştir. 1980 yılında etütler; 1981-1986 yıllarında sondajlı aramalar yapılmış ve maden jeolojisi çalışılmıştır. Maden sahası işletilmek üzere 1985 yılında Etibank'a devredilmiştir (MTA, 2020; Şener ,1981).

Beypazarı sahasının devamı niteliğinde düşünölen Eskişehir-Mihalıççık'ta (1983-1986); ayrıca Balıkesir-Burhaniye (1986-1989); Çankırı-Şabanözü/Ankara-Kalecik (1988-1989) yörelerinde trona amaçlı prospeksiyon çalışmaları yapılmış ancak cevherleşme tespit edilememiştir.

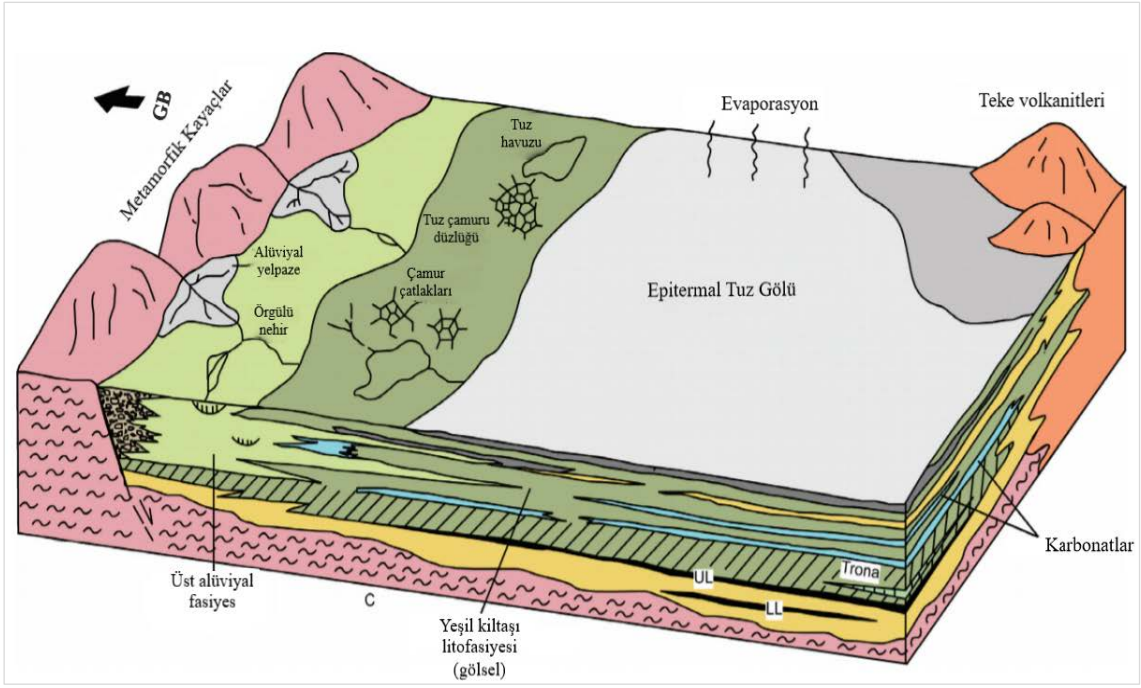
ABD/Wyoming örneğinde olduğu gibi trona yataklarının tersiyer zamanlı kapalı göl havzalarında oluştuğu bilinmektedir. Wyoming Green River formasyonundaki cevherleşme Eosen, Beypazarı'ndaki ise Miyosen yaşıdır (Ömer Tenekeci vd. ,1983). Ankara'nın kuzeybatısında yer alan Beypazarı ilçesi civarında geniş bir alanda yayılım gösteren Neojen yaşı tortul ve volkanik kayalar; linyit, bitümlü şeyl ve trona (doğal soda) yataklarını içermektedir. Baskın olarak, Neojen kaya birimleri akarsu ve playa tipi sığ göl ortamlarında çökelmiştir. Trona yatağının oluşması için gerekli olan Na (sodyum) iyonunun kaynağı, tortullarla ardalanmış tuf ve tüfitler ile Beypazarı havzasının kuzeydoğusundaki tortullarla girik olarak bulunan yaygın Neojen volkanik kayalardır. Soda yatağının orta bölümlerinde trona, kıyı bölümlerinde ise nahkolit minerali baskın olarak bulunmaktadır (Helvacı, 2001). Bu tür farklı mineralleşme oluşumdaki kimyasal süreçle ilgilidir.

Oluşum mekanizması/kimyası ise:

- Kapalı göl havzalarına volkanizma ile doğrudan gelen sodyumca zengin küller ve göl civarındaki volkanik faaliyetler esnasında oluşan sıcak su kaynaklarının göle boşalması ve bol sodyum iyonu taşınması,
- Yerüstü sularının göl toplanma havzasında bulunan sodyumca zengin malzemelerden geçerken oluşan kimyasal tepkimeler,
- Bu oluşum sürecinde ortam iklimin yarı evaporitik olması,

şeklinde açıklanabilmektedir (Ömer Tenekeci vd., 1983).

Şekil 3'te Beypazarı Miyosen havzası biriktirme ortamları ve trona yataklanması şematik blok diyagramla gösterilmiştir.



(Helvacı, 2010)

Şekil 3. Beypazarı Miyosen Havzası Biriktirme Ortamları ve Trona Yataklanması

Ankara/Kazan bölgesindeki trona yatağının da 46 milyon yıl önce göl havzasında oluştuğu, ortalama 54 m kalınlığında 12 trona yatağında bulunan rezerv miktarının ise 600 milyon ton'un üzerinde olduğu ifade edilmektedir (Gözke, 2006).

Halen Eti Soda ve Kazan Soda şirketlerine ait maden ruhsat sahalarında etkin bir üretim sürdürülmektedir. Beypazarı ve Kazan ilçelerinde bu şirketlere ait işletilen trona ruhsatlarında tespit edilen görünür rezerv miktarları ve tenörleri 2018 yılı itibariyle Tablo 2'de yer almaktadır. Toplam görünür rezervin 884 milyon ton olduğu ve 2018 yılı tüvenan cevher üretiminin de 12,5 milyon ton olduğu bilinmektedir. Muhtemel/mümkün rezervlerin değerlendirilmesi ve üretim tekniklerinin geliştirilerek kayıpların azaltılması da bir beklenti olarak düşünüldüğünde uzun yıllar sürdürülebilecek bir üretim öngörülebilmektedir.

Tablo 2. Türkiye Trona Rezervleri

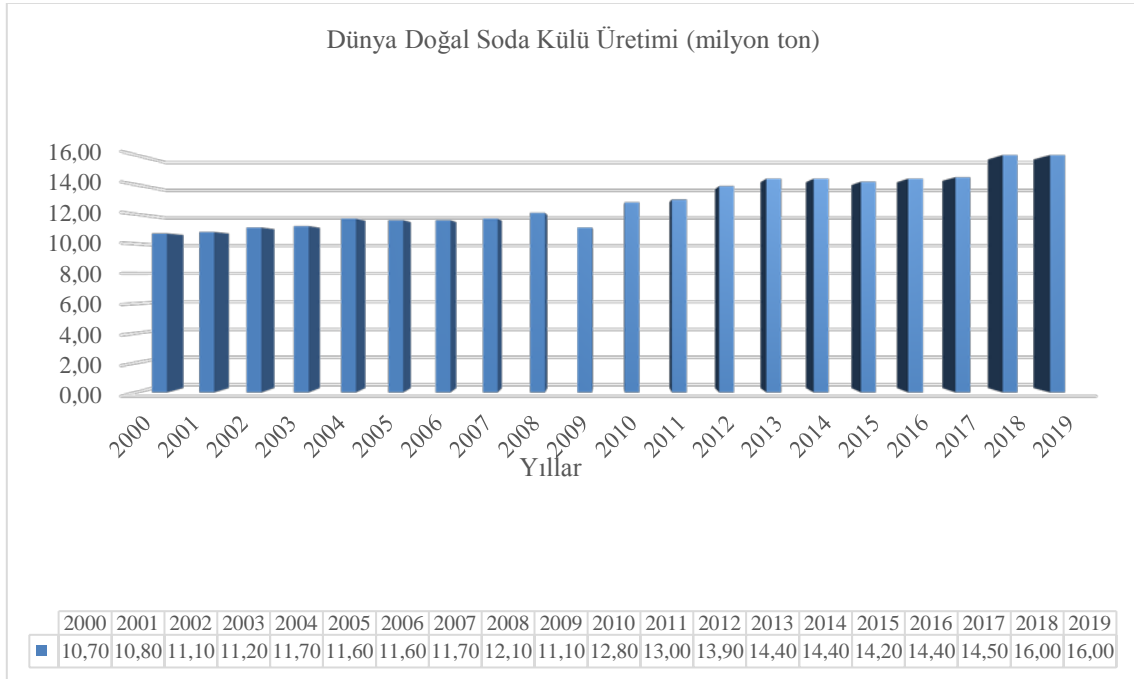
İli	İlçesi	Rezerv (Görünür) (ton)	Tenör %
Ankara	Kazan	666.530.000	29,73
Ankara	Beyşehir	217.763.894	99,80
Toplam Rezerv = 884.293.894 ton			

(MAPEG, 2018)

3. Üretimi

3.1. Dünya Üretimi

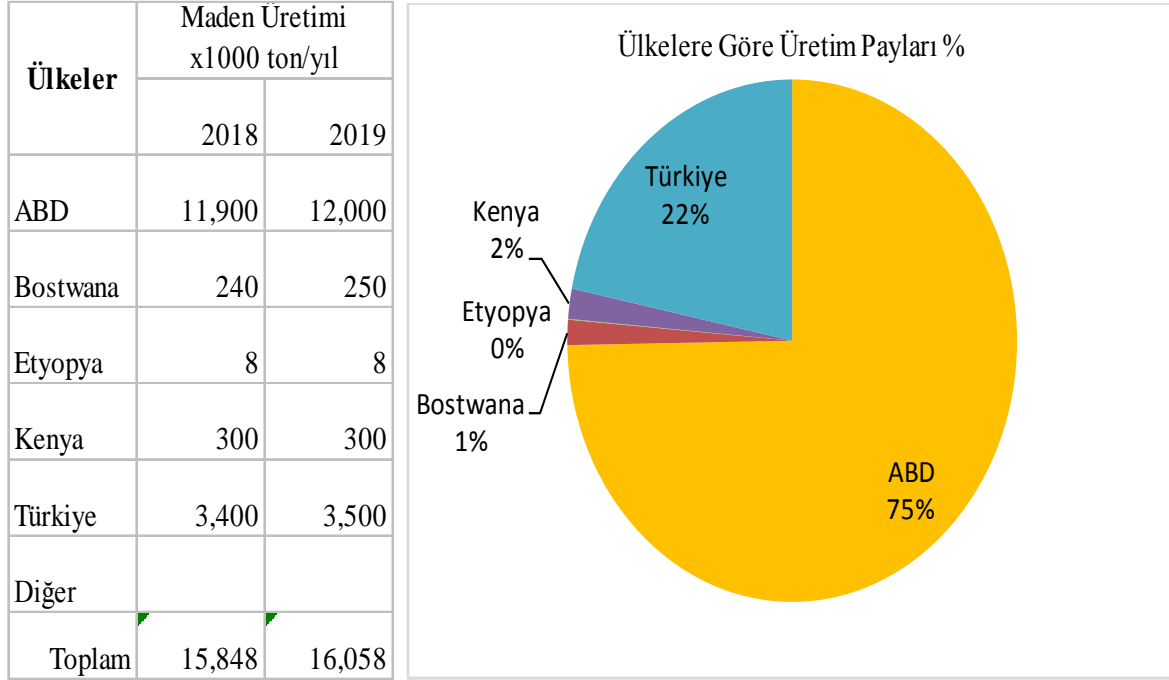
Dünyanın en büyük yatakları ABD/Wyoming’te yer almaktadır, 47 milyar ton üretilebilir soda külü rezervleri tanımlanmıştır. Wyoming’te bulunan maden işletmelerinde 2019’da 18 milyon ton, 2018’de 17,4 milyon ton, 2017’de 17 milyon ton trona üretimi gerçekleştirilmiştir (WMA, 2020) (Annual Report of The State Inspector of Mines of Wyoming, 2019). İstatistiksel olarak karşılaştırmalar ham cevher üretiminden daha ziyade soda külü üretimi üzerinden verilmektedir. Dünya doğal soda külü üretimi yıllara göre Şekil 4’te verilmiştir. 2000’li yıllarda ~10 milyon ton olan üretim miktarları, %67’lik bir artışla 2018 ve 2019 yıllarında 16 milyon ton olarak gerçekleşmiştir.



(USGS, 2020)

Şekil 4. Dünya Doğal Soda Külü Üretimi

Dünya ülkelerinin son yıllara ait karşılaştırmalı soda külü üretim miktarları ve 2019 yılına ait payları Şekil 5’te yer almaktadır.



(USGS, 2020)

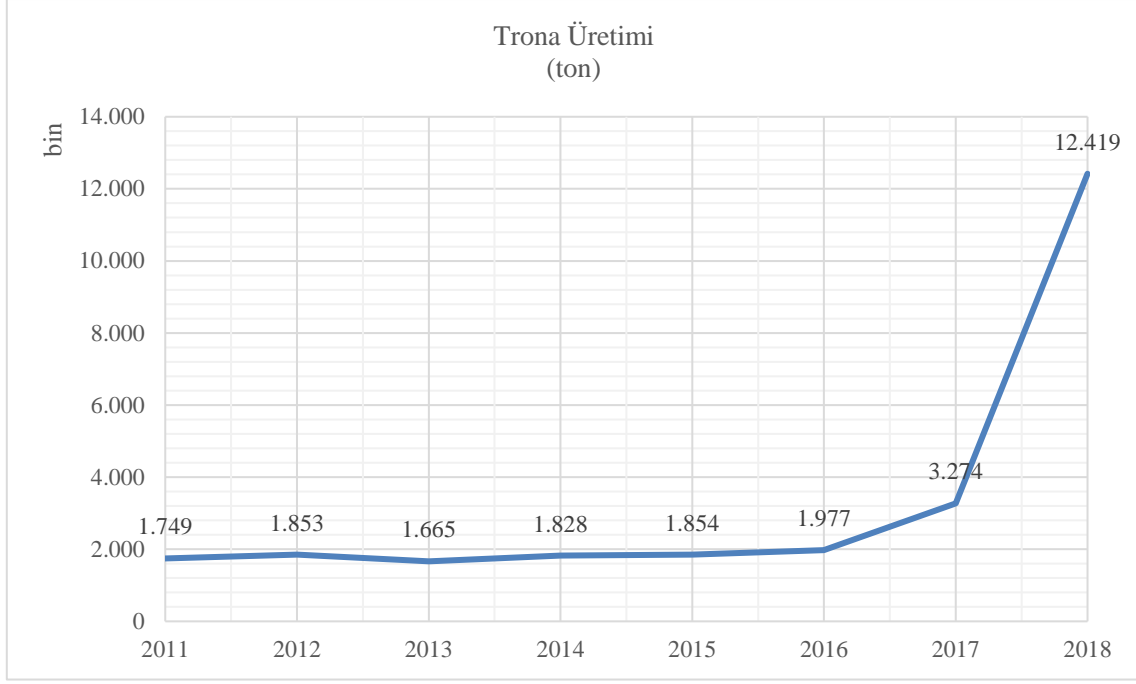
Şekil 5. Soda Külü 2019 Yılı Üretimleri

2019 yılı dünya üretimindeki paylar karşılaştırıldığında %75 ile ABD ve %22 ile Türkiye dünya üretiminin tamamına yakınına sağlamaktadır.

3.2. Türkiye Üretimi

Türkiye’de endüstriyel sentetik soda üretimi için 1969 yılında Soda Sanayi A.Ş kurulmuş ve 1975 yılında üretim gerçekleştirilmiştir. Mersin’de yer alan işletme dış soda pazarlarında önemli bir konumdadır. Doğal sodanın üretim maliyetlerinin düşüklüğü ve sentetik sodaya göre çevresel etkilerinin daha olumlu olması nedenleriyle son yıllarda aldığı payda artış olmuştur.

Türkiye doğal soda (trona) cevheri üretimi, 2011-2016 yılları arası ortalama ~1,8 milyon ton/yıl, 2017 yılında ~3,3 milyon ton/yıl ve 2018 yılında ise ~12,5 milyon ton/yıl ile bir önceki yılın yaklaşık dört katı olarak gerçekleşmiştir (Şekil 6).



(MAPEG, 2018)

Şekil 6. Yıllara Göre Türkiye Trona Üretimi (ham cevher)

Kazan’da yer alan tesis; 2,5 milyon ton soda külü ve 200 bin ton sodyum bikarbonat; Beypaşarı’nda yer alan tesis ise 1,5 milyon ton soda külü ve 200 bin ton sodyum bikarbonat yıllık üretim kapasitesine sahiptir. Türkiye’de; 2018 yılında 12,5 milyon ton trona cevheri, 3.364.575 ton ağır soda külü ve 237.425 ton sodyum bikarbonat üretimi gerçekleştirilmiştir (MAPEG, 2018).

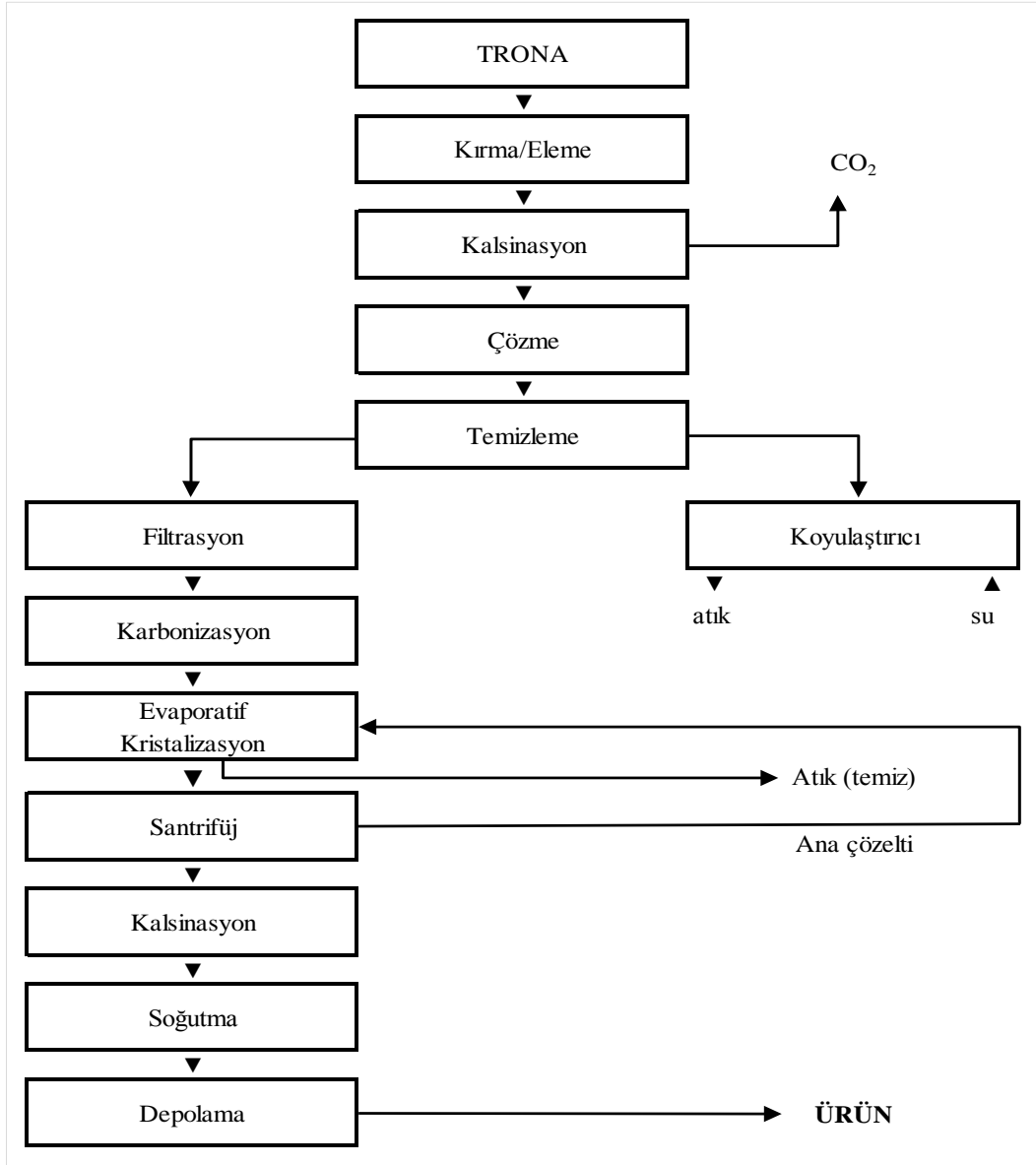
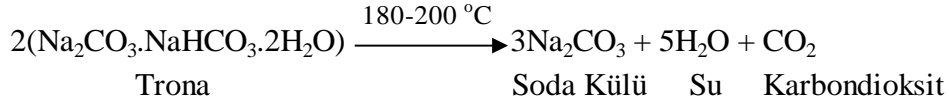
4. Madencilik ve Üretim Prosesleri

Cevher üretiminde oda-topuk, uzun ayak gibi konvansiyonel yöntemlerin yanı sıra son yıllarda çözelti madencilik de uygulanmaktadır. Maden işletmeciliğinde uygulanan oda-topuk yönteminde %45, çözelti madencilikinde ise %30 ortalama verimle üretim yapılmaktadır (USGS, 2020).

Soda külü üretim proseslerinden “Le Blanc”, “Solvay”, “Dual ve NA” prosesleri sentetik soda üretimi için; “Monohidrat, Seskikarbonat, Karbonat, Alkali Ekstraksiyon” prosesleri ise doğal soda külü üretimi için kullanılan yöntemler olarak sıralanabilir.

4.1. Monohidrat Prosesi

Trona cevheri kırıcıdan geçirilip 180-200 °C’de kalsine edilir ve 82-88 °C’de su ile liç edilir. Bu çözelti klasifikatör ve tüknerden geçirilerek iri malzeme ayıklanır, basınçlı filtrelerden geçirilerek ince malzeme çözeltiden ayrıştırılır; çözelti kristalizatöre gönderilerek buharlaştırma işlemi ile sodyum karbonat monohidrat kristalleri elde edilir. Santrifüj işlemi ile kristaller ve çözelti birbirinden ayrıştırılır. Na₂CO₃.H₂O kristalleri 150°C’de dehidratasyona tabi tutulur ve soğutularak nihai ürün elde edilir (Şekil 7).



(Gözke, 2006)

Şekil 7. Monohidrat Üretim Prosesinin Şeması

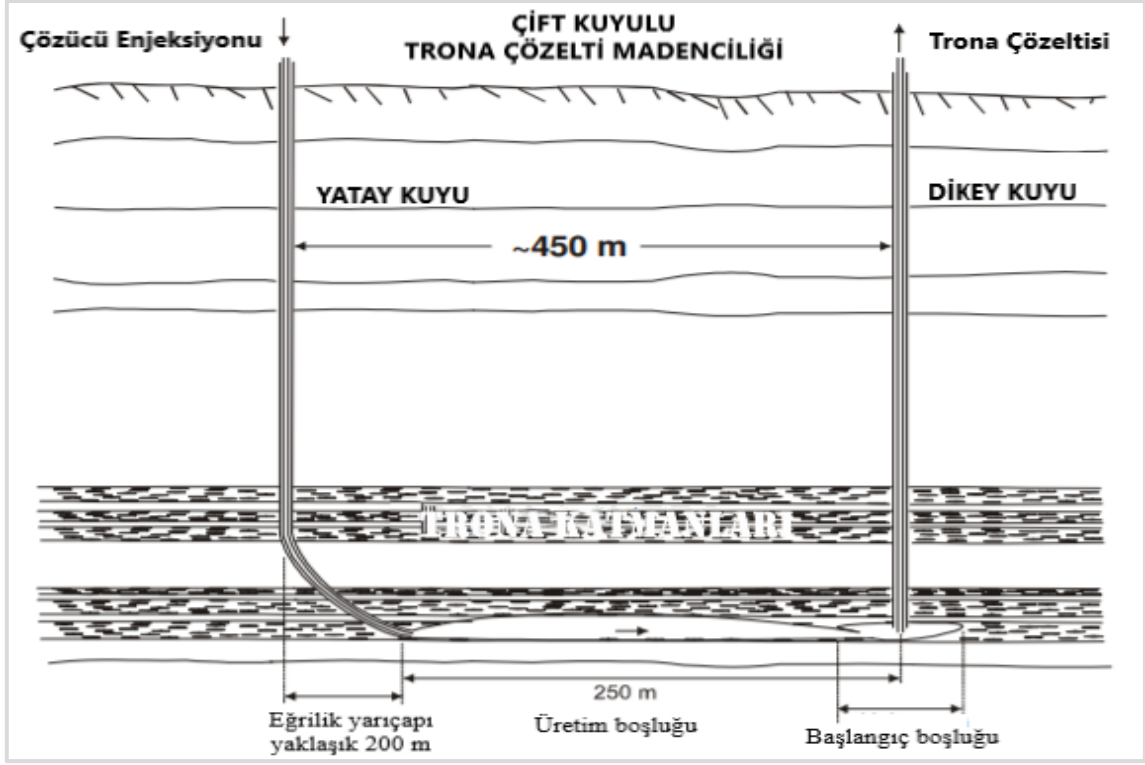
4.2. Seskikarbonat Prosesi

Kırıcıdan geçirilen trona cevheri, bir seri çözücü tankından geçirilerek doymuş ana çözelti haline getirilir, berraklaştırılır, filtrelenir, konsantre elde edilir. Seskikarbonat vakum kristalizatörlerinde evaporasyona tabi tutulur ve 40 °C'ye kadar soğutularak çöktürülür. Çökelen seskikarbonat kristalleri seperatörlerle ana çözeltiden ayrılır ve ana çözelti tekrar çözelti tanklarına beslenir. Seskikarbonat kristalleri 200 °C' deki döner kalsinasyon fırınlarında ayrıştırılarak sodyumkarbonat elde edilir. Susuz soda külü hafif ve orta yoğunlukta üretilir; ağır soda külü eldesi için hidratlamayı takiben kalsine işleminin sonrası soğutmayla proses tamamlanır.

4.3. Alkali Ekstraksiyon Yöntemi

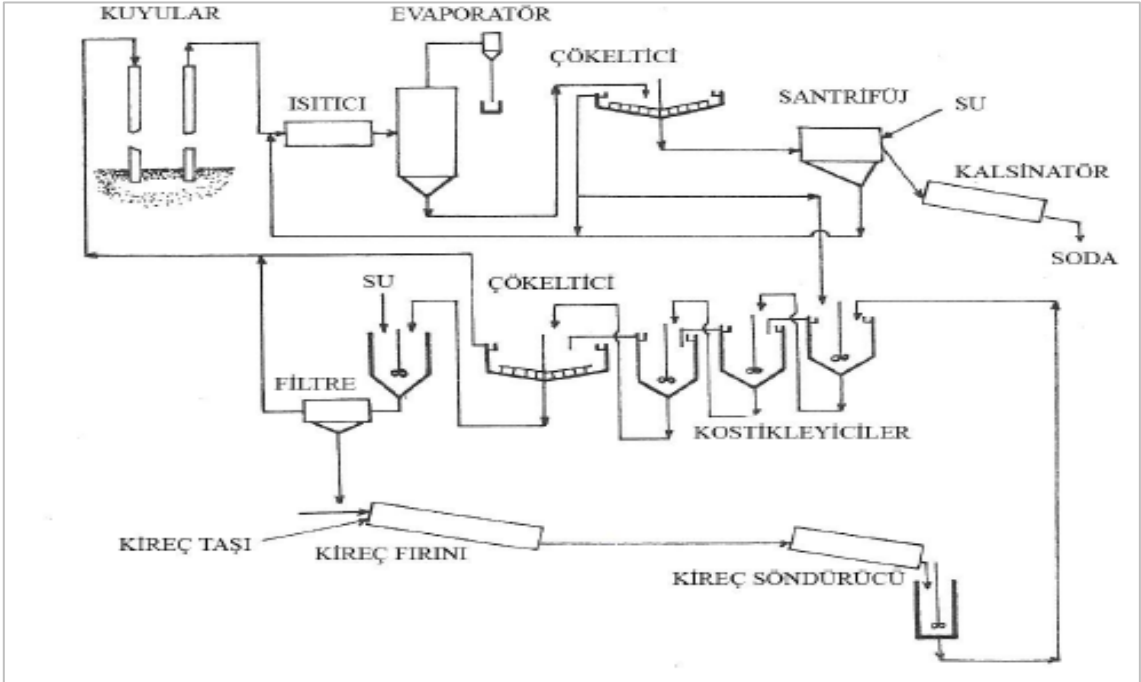
Ülkemizin Beypazarı ve Kazan ilçelerinde yer alan maden sahalarında işletme yöntemi olarak çözelti madenciliği ile yerinde çözündürme uygulanmaktadır (Şekil 8). Bu yöntemin esası yeraltında bulunan trona cevherinin bulunduğu yerde çözücülerle liç edilerek yer üstüne çıkarılması işlemidir. Trona minerali içerisindeki sodyum bikarbonatın sodyum karbonata dönüştürülmesi prosesinde, kalsinasyon işleminden sonuç alınmasını çözücü sisteminin içerdiği sodyum hidroksit sağlamaktadır. Yeraltından çıkarılan çözelti klasifikatör ve tiknerlerden geçirilmesine gerek duyulmadan doğrudan filtrelemeyle kristalizatörlere beslenmekte ve monohidrat prosesinde olduğu gibi sodyum karbonat eldesi sağlanmaktadır (Şekil 9) (ÖİK Raporu, 2001).





(Saygun, 2008)

Şekil 8. Çözelti Madenciliği Uygulama Yöntemi



(Gözke, 2006)

Şekil 9. Alkali Ekstraksiyon Yöntemi Proses Şeması

5. Ticari Ürün Özellikleri ve Kullanım Alanları

1967 yılında kabul edilen ve halen yürürlükteki “susuz sodyum karbonat ve çamaşır sodası” başlıklı TS-525 nolu standart, Na₂CO₃ oranı ≥ %98 ve endüstriyel hammadde olarak kullanılan susuz sodyum karbonat tipleri ile sanayide ve çamaşır yıkamada yardımcı madde olarak kullanılan çamaşır sodasını kapsamaktadır. Tablo 3’te ilgili standarda göre susuz sodyum karbonatın istenilen özellikleri verilmiştir. Toplam alkalilik oranının analitik saflıkta (Tip-1) min. %99,9’dan küçük olmaması ve aynı tip sodyum karbonat için, içeriğinde suda çözünmeyen maddeler, bakır, sodyum bikarbonat (NaHCO₃) ve serbest alkali (NaOH) olmaması gerekmektedir.

Tablo 3. Susuz Sodyum Karbonatın Özellikleri (TS-525)

Özellikler (yüzdeler ağırlık olarak verilmiştir)	Susuz Sodyum Karbonat			
	Tip-1 Analitik Saflıkta	Tip-2 Saf	Tip-3 Teknik	Tip-4 Fotoğrafçılıkta Kullanılan
Isıtma kaybı, %max. (270-280 °C)	1,0	2,0	-	-
Toplam Alkalilik (Na ₂ CO ₃ olarak) %min.	99,9	99,5	99,1	98,0
Suda çözünmeyen maddeler % max.	-	0,02	0,02	-
Sülfat miktarı (SO ₄ olarak) % max.	0,005	0,01	0,027	-
Klorür miktarı (Cl olarak) % max.	0,003	0,12	0,4	0,4
Demir miktarı Fe olarak) %max.	0,001	0,004	0,004	0,002
Nitrat miktarı (NO ₃ olarak) % max.	0,002	-	-	-
Silikat miktarı (SiO ₂ olarak) % max.	0,005	-	-	-
Fosfat miktarı (PO ₄ olarak) % max.	0,001	-	-	-
Ağır metaller miktarı (Pb olarak) % max.	0,002	0,002	-	0,001
Bakır miktarı (Cu olarak) % max.	-	0,003	0,003	-
Amonyak miktarı (NH ₄ olarak) % max.	0,0002	-	-	-
Arsenik miktarı (As ₂ O ₃ olarak) % max.	0,0001	0,001	-	-
Kalsiyum ve Magnezyum miktarı (Mg olarak) % max.	0,01	-	-	-
Bikarbonat miktarı (NaHCO ₃ olarak) % max.	-	-	-	0,4
Serbest alkali miktarı (NaOH olarak) %	-	-	-	0,2

(TSE, 1967)

* Kurşun azotür elde edilmesinde kullanılan Tip-2 saf sodyum karbonat bileşimi burada verilen değerlere uygun olmalı, yalnız bakır yüzdesi, 0,00005 'i geçmemelidir.

Dünyada ticareti yapılan ürünlerden ağır soda külünün genel özellikleri ise Tablo 4’te yer almaktadır. Fe oranı ağırlıkça 5 ppm’den küçük olmalı ve 75 mikron altı partikül oranı ise % 10’u geçmemelidir.

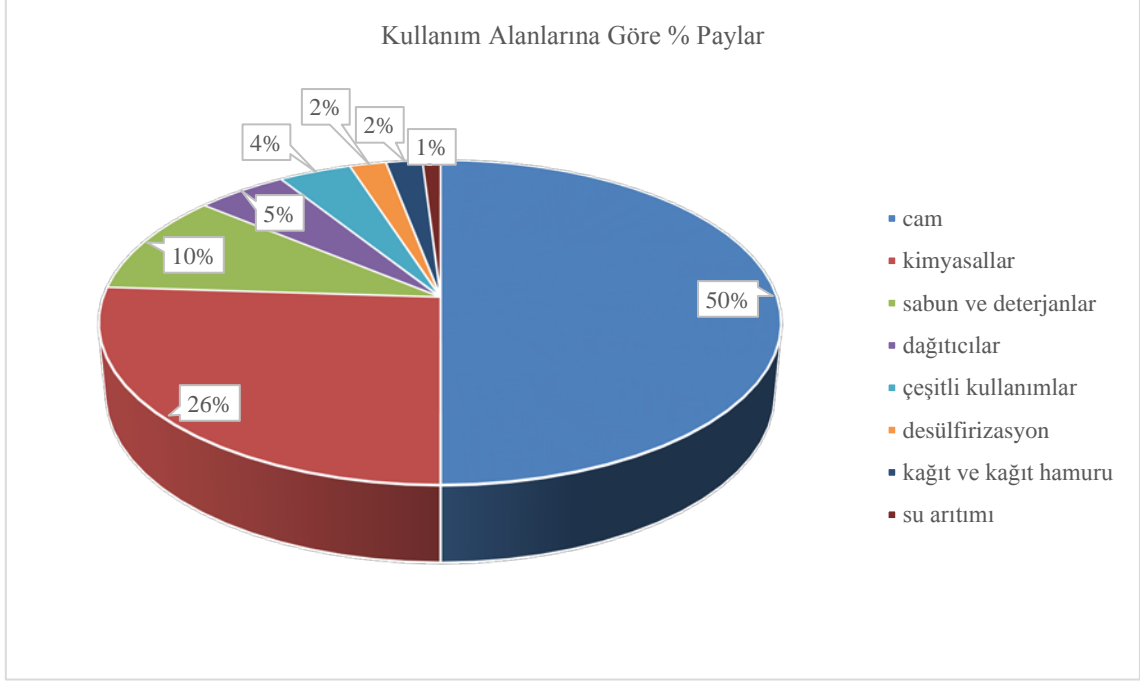
Tablo 4. Satılabilir Ağır Soda Külünün Özellikleri

Kimyasal Kompozisyon		
Sodyum Karbonat (Na_2CO_3)	\geq	%99.8
Sodyum Oksit (Na_2O)	\geq	%58.4
Sodyum Sülfat (Na_2SO_4)	\leq	%0.10
Sodyum Klorit (NaCl)	\leq	%0.03
Demir (Fe)	\leq	%0.0005 (5 ppm)
Bulk Yoğunluğu		(0.96-1.04 g/cm ³)
Partikül Büyüklüğü		75 mikron - 850 mikron
		-75 mikron < % 10

(Örgül, 2003)

Endüstriyel bir hammadde olan soda külü; otomotiv sektöründe: ön camlar, farlar, lastikler ve fiberglaslarda; konutlarda: data kablolarında, lambalarda, çamaşır ve bulaşık makinesi temizleyicilerinde, çatı ve zemin temizleyicilerinde, tuvalet ve banyolarda; temizlik kimyasallarından çamaşır ve bulaşık deterjanlarında ve çamaşır sularında; enerji sektöründe desülfürizasyonda; içecek ve gıdada: cam eşyalarda, yemek sodası, pasta, kurabiye ve jölede; hastane giysilerinde, krom üretimi ve kaplamalarında; sıvı yağ ve gaz endüstrisinde: bira ve şarap ekipmanlarının temizliğinde, lityum üretiminde, kurşun geri dönüşümünde; su arıtma tesislerinde, havuz ve göletlerin, golf sahalarının temizliğinde kullanılmaktadır (Ciner, 2020).

Soda külü ve sodyum karbonat terimleri birbirlerinin yerine kullanılabilir. Soda külü bir alkali olup çözeltilerde pH değerini yükseltir. Soda külünün kullanım alanlarına göre dağılımı Şekil 10'da gösterilmiştir.



(ANSAC, 2020)

Şekil 10. Soda Külünün Kullanım Alanlarına Göre Payları (%)

Sodyum karbonat ve sodyum bikarbonatın temel kullanım alanları Tablo 5’te yer almaktadır. Özellikle sodyum bikarbonatın gıda ve ilaç sektöründe kullanımı dikkat çekicidir. Sağlık, gıda ve çevre (su ve gaz arıtım) sektörlerinin insan yaşamına etkisi ile öne çıkması nihai ürün geliştirilmesinde spesifik ve devamlılığı olan hedef alanlar olarak öngörülebilir.

Tablo 5. Sodyum Karbonat ve Sodyum Bikarbonatın Temel Kullanım Alanları

Sodyum Karbonat	Sodyum Bikarbonat
Düz camlar	Hayvan yemi
Cam ambalaj ve eşyalar	Gıda (kabartma tozu ve içecekler)
Deterjanlar	İlaç (diyaliz, efervesan tabletler)
Teknik ve kimyasal uygulamalar	Deterjan ve kozmetikler
Arıtma tesisleri	Atık gaz arıtımında
Mineral ekstraksiyonu	

(ciechgroup, 2019)

6. Dış Ticareti

6.1. Dünya Ticareti

Dünya soda külü üretim kapasitesinde; Solvay, Ciner Group, Tata Chemicals, Genesis Alkali, Group Tangshan Sanyou, Shandong Haihua, Nirma Group, Ciech Group, Bashkhim Group ve Şişecam Group şirketleri önde gelmekte; kıtalara göre Asya %54, Avrupa %26, Kuzey Amerika %19, diğer ülkeler %1 ile pay almaktadırlar. Sektörün 2019 yılında yaklaşık 72 milyon ton üretim kapasitesi mevcut olup; Solvay, Ciner Group, Tata Chemicals ve Genesis Alkali şirketleri, sahip olduğu 4 milyon ton'dan büyük kapasiteyle 2019 dünya üretiminin %30'unu sağlamışlardır. 2020 yılı için küresel talebin %2 artacağı öngörülmektedir. Avrupa talebinin yaklaşık 12 milyon ton olduğu ve yıllık %1,5-2 oranında büyüyeceği tahmin edilmektedir.

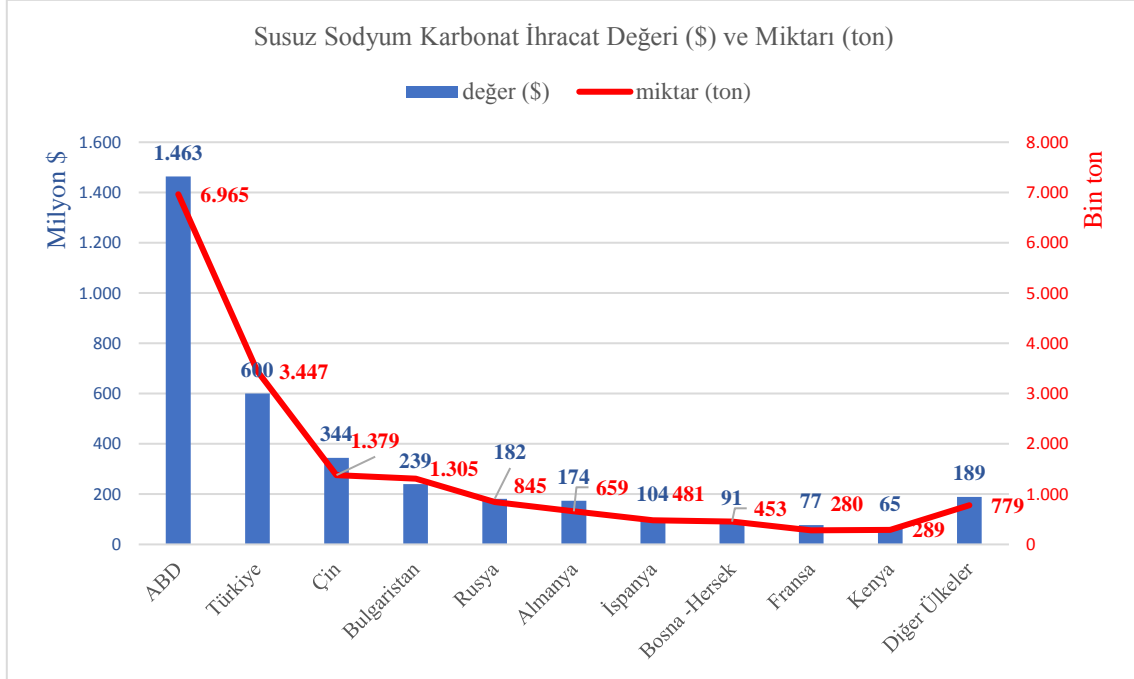
Dünya sodyum bikarbonat üretim kapasitesi ise 7,2 milyon ton/yıl olup; Asya %55, Avrupa (Türkiye ve Rusya dahil) %27, Kuzey Amerika %16 ve diğer ülkeler %2 ile pay almaktadır. 2019 yılı için en büyük kapasite Çin'e aittir. Avrupa üretim kapasitesi 2019 yılı için yaklaşık 2 milyon ton/yıl olup; bu ürün bazında Solvay, Ciner Group, Şişecam Group, Ciech Group, Bashkhim Group, Novacap Group ve Tata Chemicals sırasıyla önde gelen şirketlerdir (ciechgroup, 2019).

Dünya rezervlerinin baskın çoğunluğunun olduğu Amerika Wyoming'te ise soda külü üretiminde faaliyet gösteren şirketler: Ciner Wyoming LLC (Ciner Grup ve Natural Resources Partners L.P.), Searles Valley Minerals Inc., Solvay Chemicals Inc. (Asahi Glass Co.), Tata Chemicals (Soda Ash) Partners, (Owens-Illinois Inc.), Tronox Alkali Wyoming Corp. (Sumitomo Corp.) olarak sıralanmaktadır (USGS, 2017). Dolayısıyla sektörün önde olmak isteyen şirketleri de Wyoming'te ortaklı yapıda yer almakta ve rekabete katılmaktadırlar. Sentetik ve doğal soda külleri arasındaki pazar rekabetinde en etken faktör üretim maliyetleri olarak öne çıkmaktadır.

6.1.1. İhracat

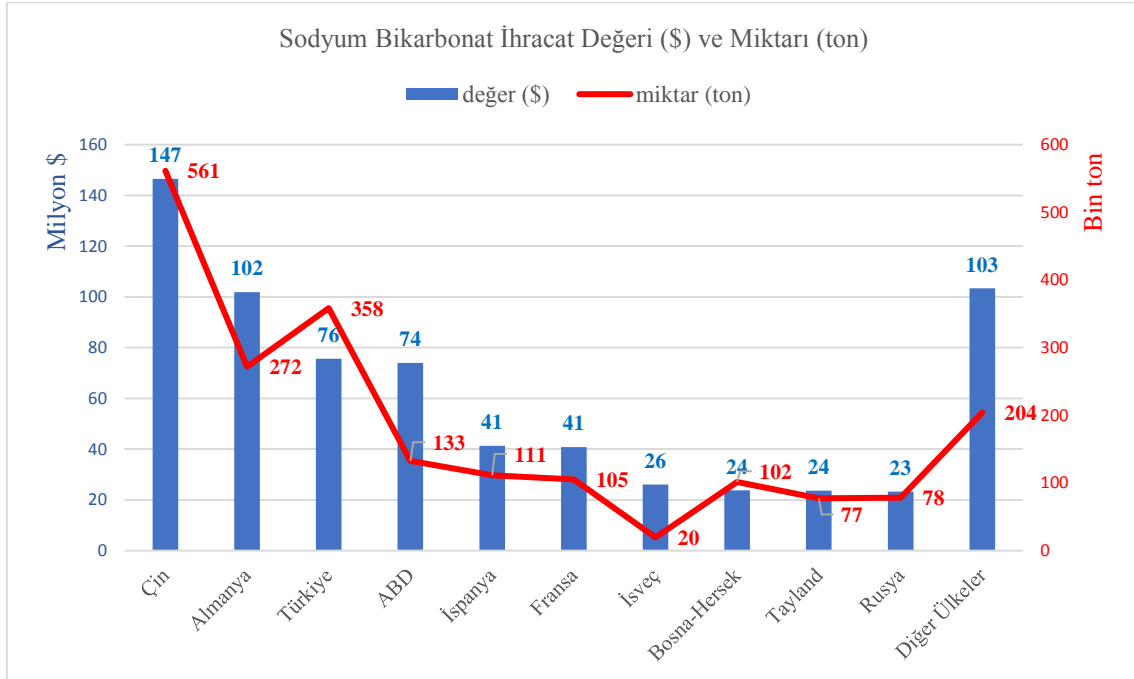
Susuz sodyum karbonatın 3,5 milyar dolarlık ihracat değerinde; ABD 1,5 milyar dolar ve %41'lik bir payla 1. sırada, Türkiye 600 milyon dolar ve %17'lik payla 2. sırada ve Çin 344 milyon dolar ve %10'luk bir payla 3. sırada yer almaktadır. Bu üç ülke toplam olarak %68'lik bir ticari payı temsil etmektedir. Şekil 11'de değerler ve miktarlar birlikte verilmiştir.

Miktar bazında da 2018 yılı için ~17 milyon ton olan toplam dünya ihracatında; ~7 milyon ton ve %41,3'lük pay ile ABD'nin, 3,4 milyon ton ve %20,4'lük pay ile Türkiye'nin ve 1,3 milyon ton ve %8,2'lik pay ile Çin'in sırasıyla yer aldığını görmekteyiz.



(ITC, 2018)

Şekil 11. Ülkelere Göre Susuz Sodyum Karbonat İhracatı



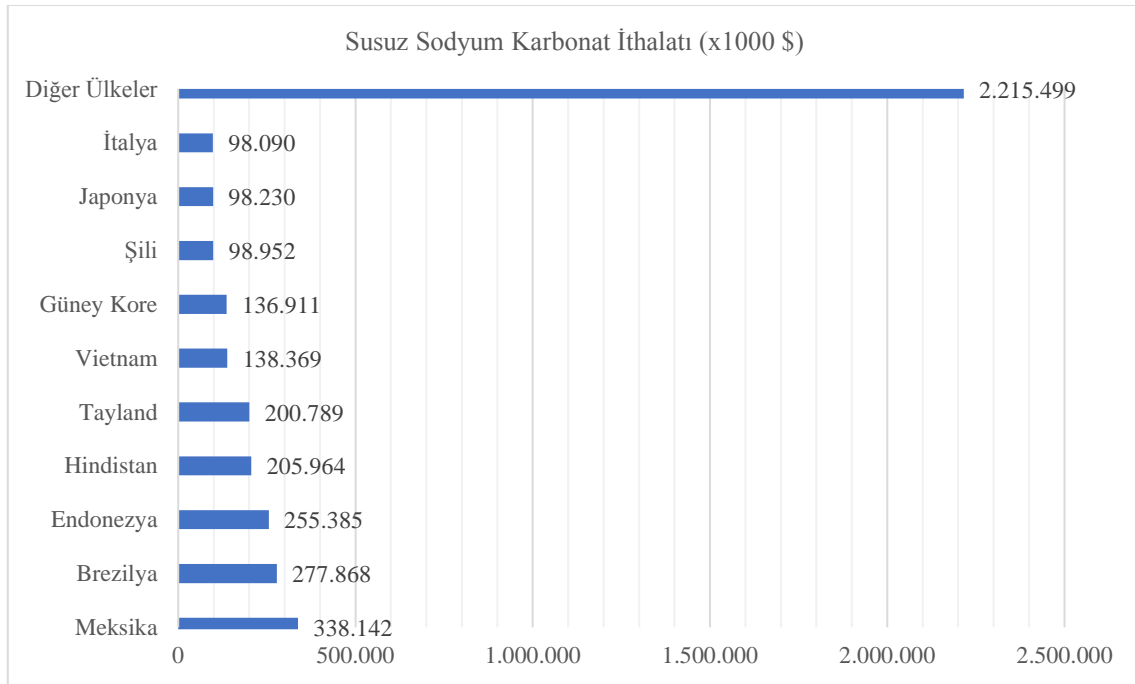
(ITC, 2018)

Şekil 12. Ülkelere Göre Sodyum Bikarbonat İhracatı

2018 yılı için 2 milyon ton karşılığı 680 milyon dolar olarak gerçekleşen sodyum bikarbonat ihracatında; Çin, Almanya, Türkiye ve ABD sırasıyla önde gelen ülkeler olarak yer almaktadır (Şekil 12).

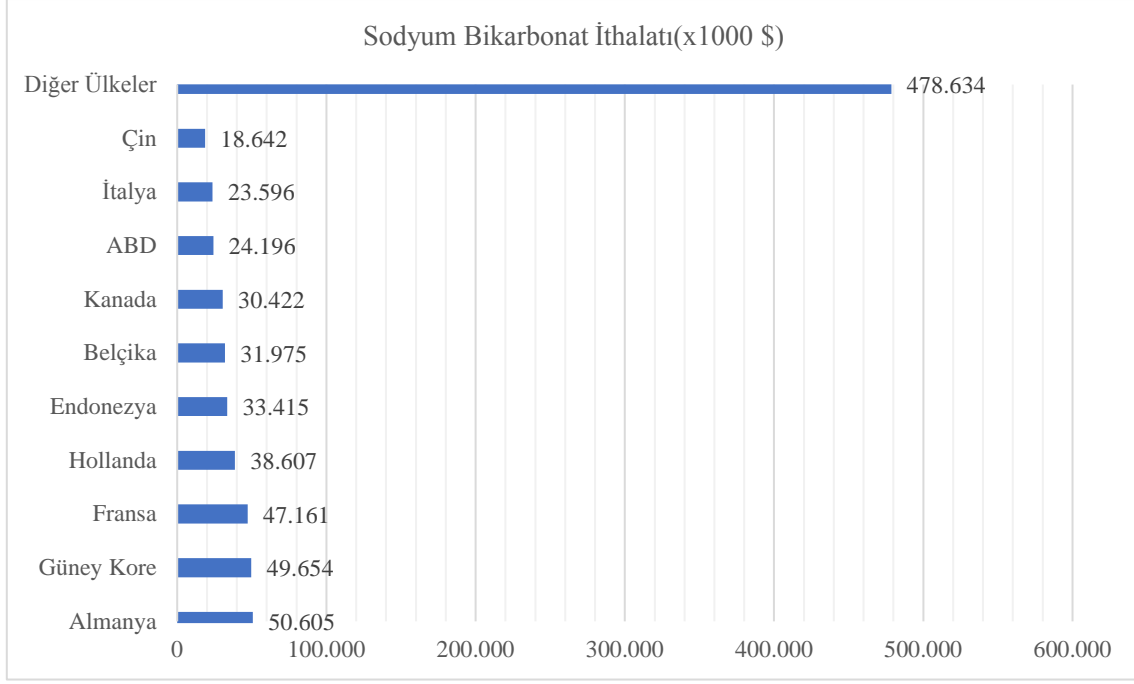
6.1.2. İthalat

Susuz sodyum karbonat dünya ticaretinde 2018 yılı için toplam ~4 milyar \$'lık bir ithalat değeriyle karşılaşmaktayız. Şekil 13'teki grafiğe baktığımızda sırasıyla Meksika, Brezilya ve Endonezya gibi gelişmekte olan ülkelerin öne çıktığı görmekteyiz.



(ITC, 2018)

Şekil 13. Ülkelere Göre Susuz Sodyum Karbonat İthalat Değerleri (\$)



(ITC, 2018)

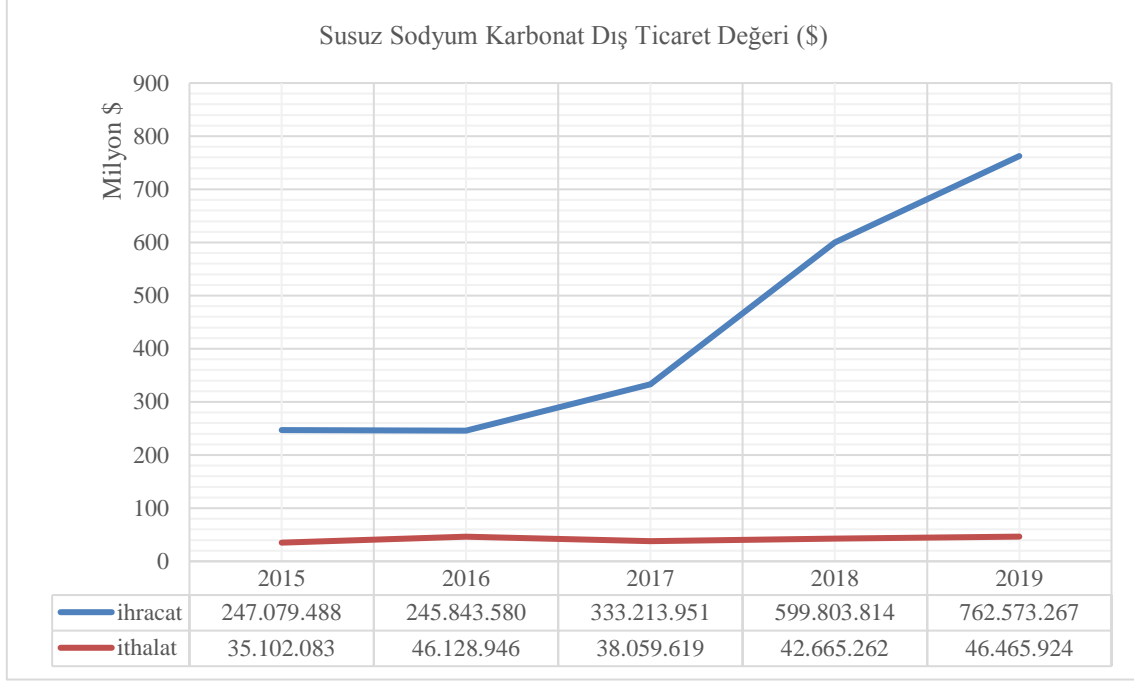
Şekil 14. Ülkelere Göre Sodyum Bikarbonat İthalat Değerleri (\$)

Toplam dünya ithalat değerinin 2018 yılı için ~827 milyon dolar olarak gerçekleştiği sodyum bikarbonat ithalatında ise Almanya, Güney Kore ve Fransa gibi gelişmiş ülkeler ilk sıralarda gelmektedir (Şekil 14).

6.2. Türkiye Dış Ticareti

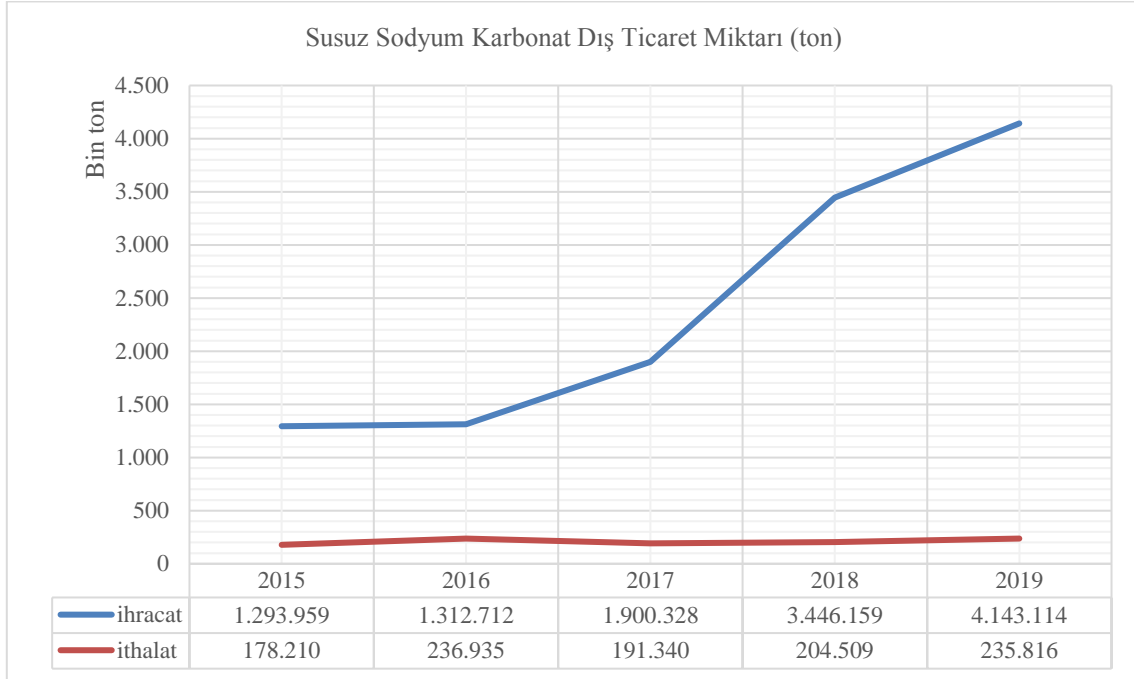
Türkiye’de soda külüyle ilgili Alkim Alkali Kimya (Çayırhan-Ankara), ETİ Soda A.Ş. (CİNER %74 ve ETİ Maden %26 ; Beypazarı-Ankara), CİNER/Kazan Soda A.Ş. (Kazan-Ankara) ve ŞİŞECAM/Soda Sanayi A.Ş.(Kazanlı-Mersin) şirketleri faaliyet göstermektedir.

Türkiye dış ticaretinde GTIP tarife numaralarına göre, soda külü kategorisinde “susuz sodyum karbonat” ve “sodyum bikarbonat” ürünleri değerlendirilmiştir. Aşağıdaki grafiklerde bu iki ürünün yıllara göre ihracat/ithalat değerleri ve miktarları ile 2019 yılına ait ülkeler bazındaki durumları verilerek açıklamaları yapılmıştır (Şekil 15,16,17,18).



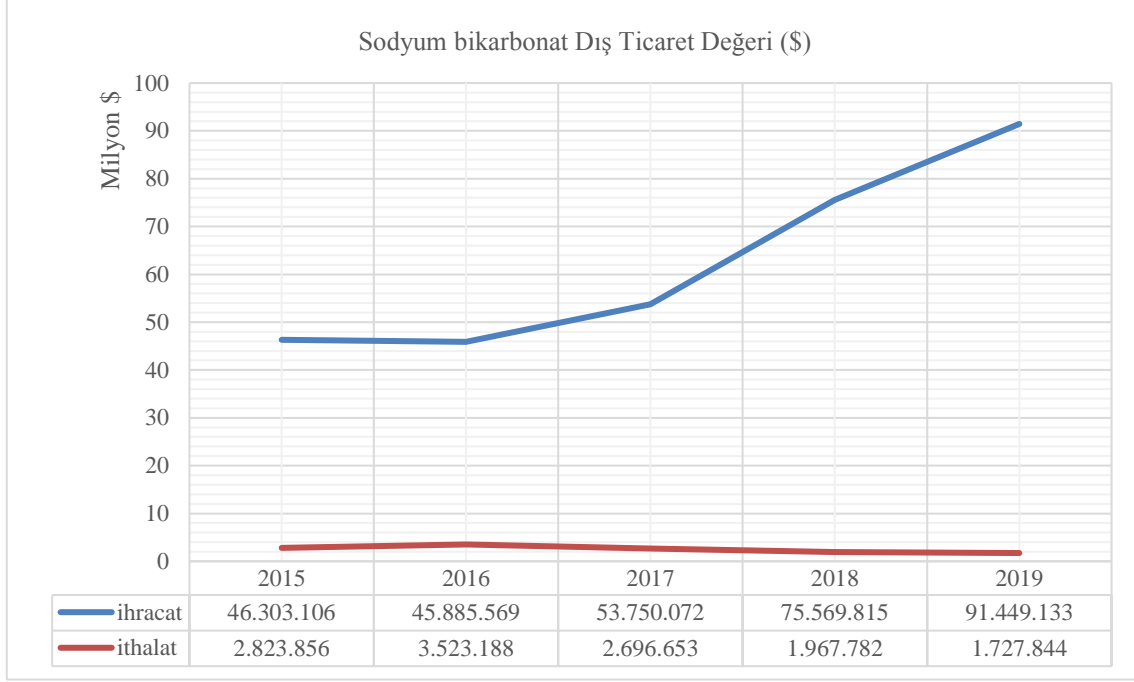
(TÜİK, 2019)

Şekil 15. Susuz Sodyum Karbonat Dış Ticaret Değeri (\$)



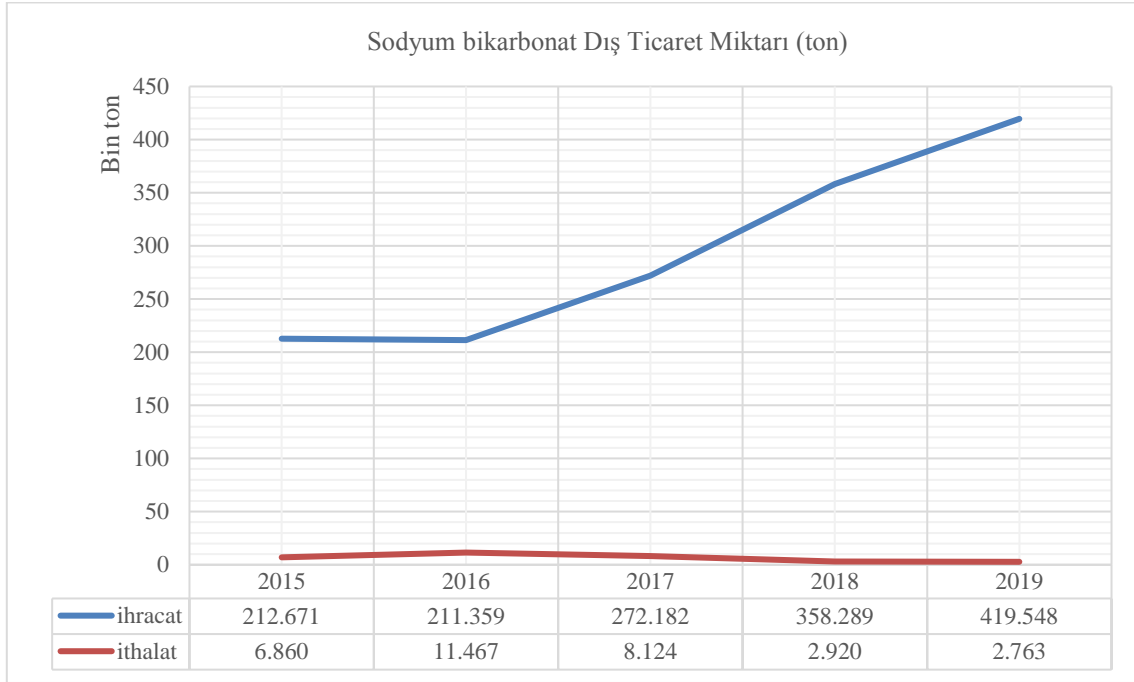
(TÜİK, 2019)

Şekil 16. Susuz Sodyum Karbonat Dış Ticaret Miktarı (ton)



(TÜİK, 2019)

Şekil 17. Sodyum Bikarbonat Dış Ticareti Değeri (\$)

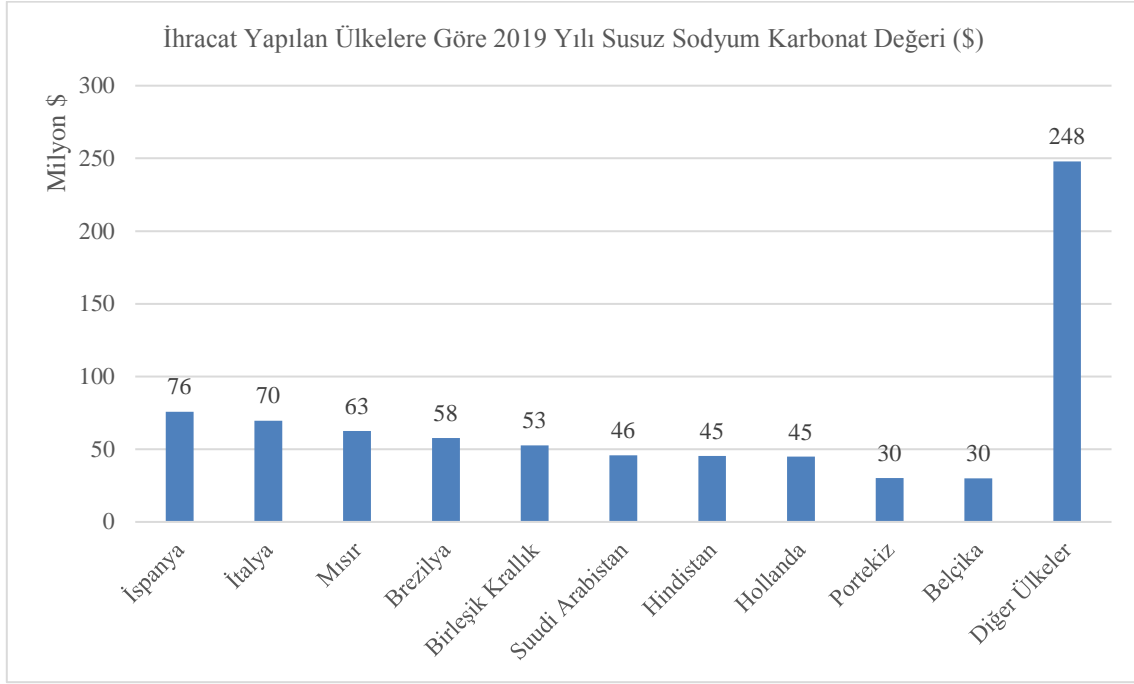


(TÜİK, 2019)

Şekil 18. Sodyum Bikarbonat Dış Ticaret Miktarı (ton)

Yukarıdaki grafiklerden de görüleceği üzere 2018 ve 2019 yıllarında susuz sodyum karbonat ve sodyum bikarbonat ihracatında ciddi artışlar oluşmuştur. Bu durum, 2018 yılında 2,7 milyon

ton/yıl üretim kapasitesiyle Kazan Soda Elektrik Üretim A.Ş. tesisinin faaliyete başlamış olmasından kaynaklanmaktadır.

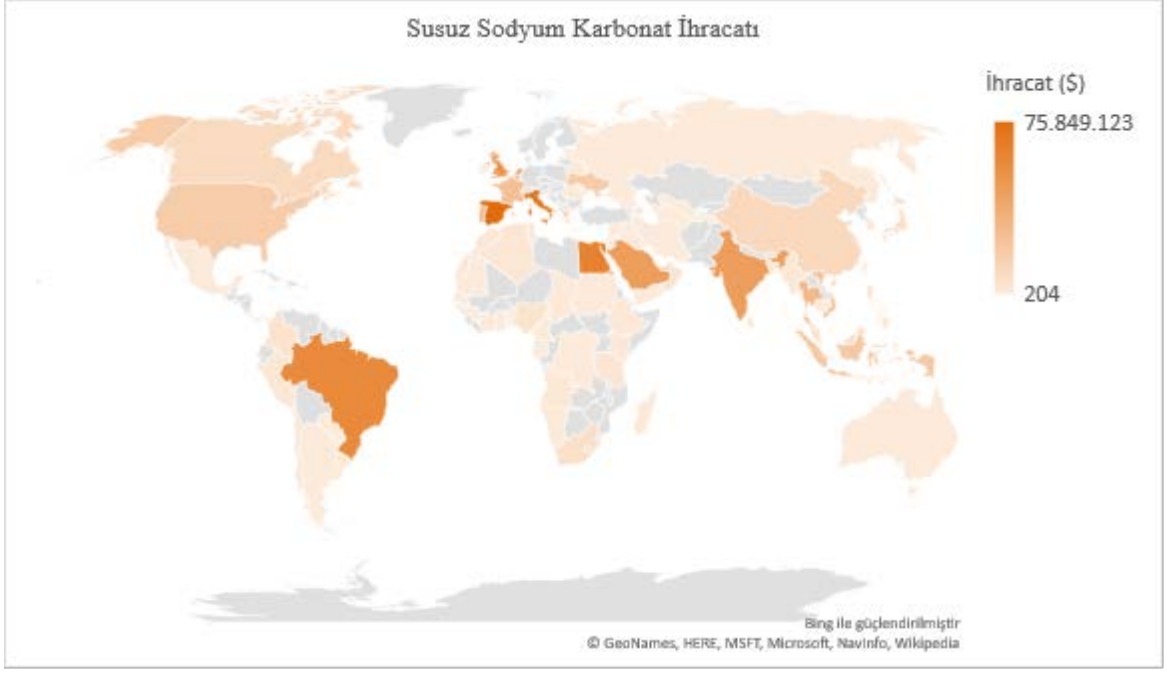


(TÜİK, 2019)

Şekil 19. Ülkelere Göre Susuz Sodyum Karbonat İhracat Değerleri (\$)

2018 yılı için toplam dünya ticaretinin ithalat değerinin ~4,8 milyar dolar olarak gerçekleştiği pazardan önemli miktarda pay almakta olan Türkiye'nin, 2018 yılında 675 milyon dolar ve 2019 yılında ise 854 milyon dolar bir ihracat değeri dikkati çekmektedir.

Şekil 19'daki grafikten görüleceği üzere ihracat yapılan ülkeler arasında ilk sırayı 76 milyon dolar ile İspanya, 70 milyon dolar ile İtalya ve 63 milyon dolar Mısır almaktadır. İhracatta tüm kıtalara yayılmış bir pazarın renk yoğunluğuna göre dağılımı Şekil 20'de verilen haritada görülmektedir. Koyu renkli alanlardan "Brezilya, Hindistan, Suudi Arabistan, Mısır, İspanya, İtalya, İngiltere, Hollanda"da değer bazında ihracatın yüksek olduğu hemen fark edilmektedir.

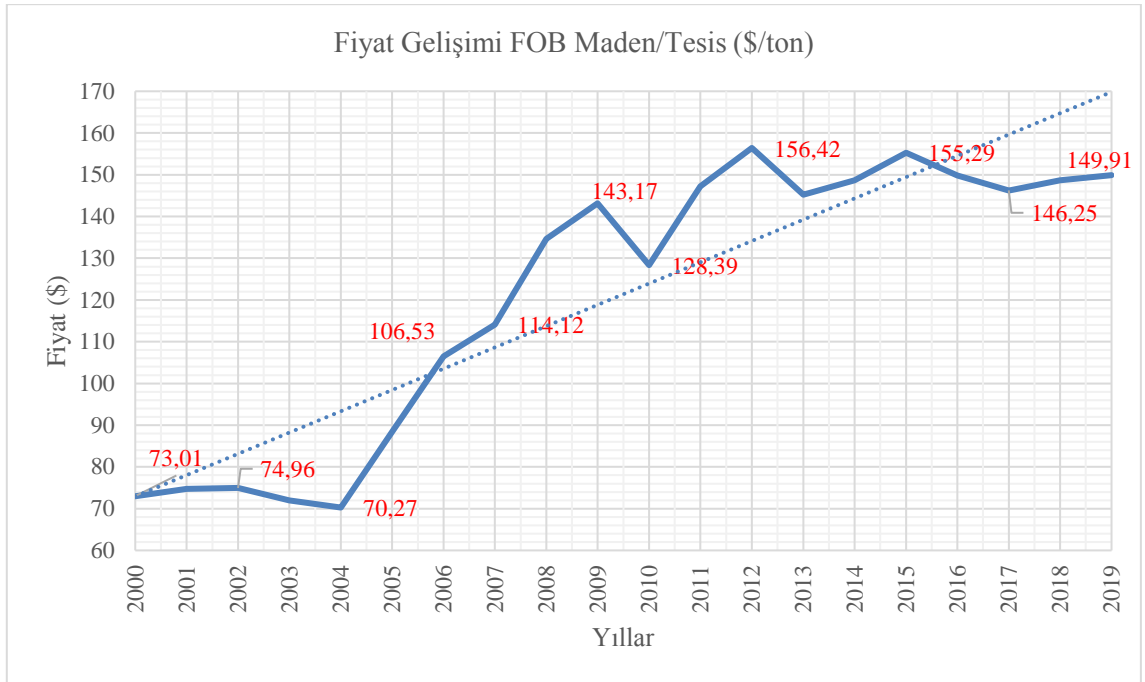


(TÜİK, 2019)

Şekil 20. Susuz Sodyum Karbonat İhracatı Yapılan Ülkeler Haritası

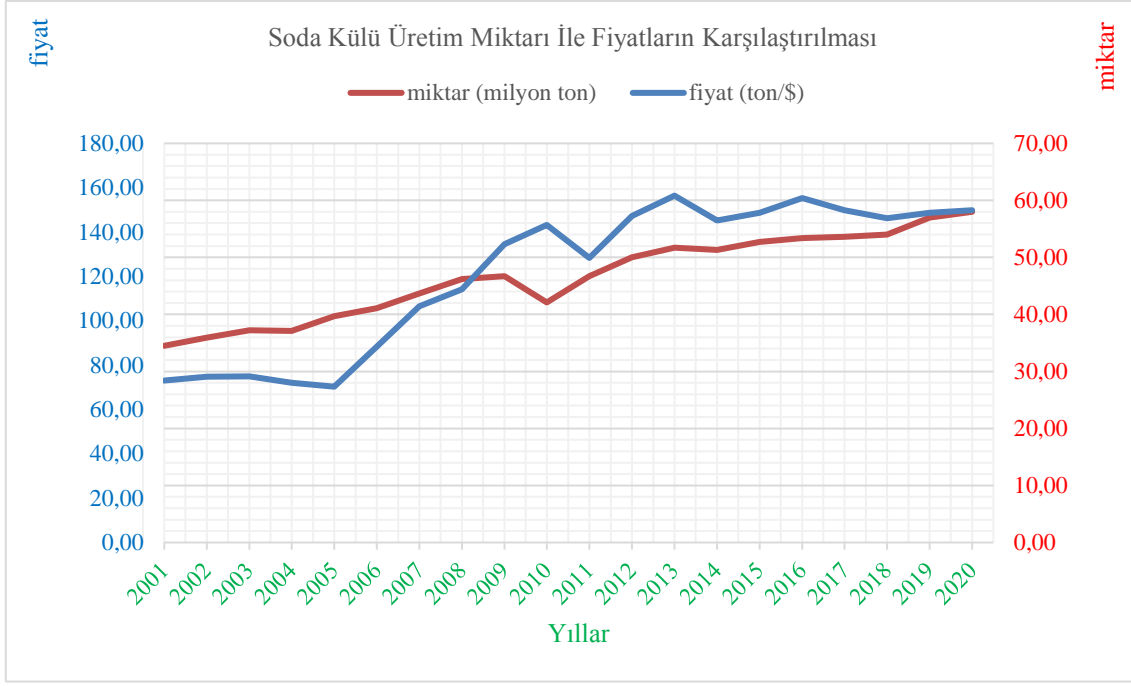
7. Fiyatı

2000’li yıllarda ~70 \$/ton seviyelerinde bulunan fiyatların 2004-2012 yılları arası çıkışa geçtiğini ve iki kata yakın bir artış gerçekleştiği; 2012-2019 yılları arası ise marjinal hareketlerin olmadığı ve fiyat ortalamasının 150 \$/ton olduğu görülmüştür (Şekil 21).



(USGS, 2020)

Şekil 21. Soda Külü Fiyatları



(USGS, 2020)

Şekil 22. Soda Külü Üretim-Fiyat Karşılaştırması

Doğal ve sentetik soda dünya toplam üretim miktarı ile doğal soda külü fiyatları karşılaştırdığında; üretim arzının düzenli artmasına karşın fiyatların 2000-2005 yılları arası yataya yakın seyrettiği, 2006-2010 aralığında ise %100 arttığı ve devamında düzensiz bir seyir izlediği görülmektedir (Şekil 22).

8. Değerlendirme

11. Kalkınma Planında (2019-2023) rekabetçi üretim ve verimlilikte öncelikli sektörler arasında birinci sırada yer alan kimya sektöründe; katma değeri yüksek, çevre dostu ve rekabetçi üretimin ve devamlılığın olması, dış bağımlılığın azaltılması ve pazar payının artırılması temel amaç olarak belirlenmiştir. Bu amaca yönelik belirlenen politika ve tedbirlerin; ara girdi ithalatının azaltılması, üretim-liman lojistik ağına önem verilmesi, Ar-Ge uygulamalarının hayata geçirilmesi, kimyasal hammaddelerin üretimine yönelik altyapının geliştirilmesi şeklinde açıklandığı bilinmektedir. Kimya sektörüne hammadde sağlayan madencilik sektörü için ise; hammadde arz güvenliğinin sağlanması, madenlerin yurt içinde işlenerek katma değerinin artırılması yoluyla ülke ekonomisine katkısının geliştirilmesi temel amaç olarak belirlenmiş, ekonomik potansiyeli yüksek madenlerinin üretim altyapısının oluşturulacağı vurgulanmıştır (Onbirinci Kalkınma Planı, 2019).

Türkiye soda sektörünün önemli şirketleri Ciner/ETİ Soda ve Şişecam'ın küresel rekabette etkili olduğu bilinmektedir. Bu şirketlerin dünyanın en büyük soda külü (trona) yataklarının bulunduğu Wyoming'te de maden işletmeciliği ve üretim faaliyetleri önemlidir. Soda külünün kimyadan, sağlığa, cam ve metalürjiye ve gıdaya kadar birçok endüstriyel sektörde yaygın bir hammadde kaynağı olarak kullanılması uzun vadede önemini koruyacağını göstermektedir. Doğal kaynakların yeterince büyük olması sentetik üretimle rekabette daha da mesafe katedileceğini göstermektedir. "Trona"dan kaliteli hammadde üretiminin yanı sıra; ArGe teşvikleri ile değişik ve alternatif nihai ürünlerin üretilmesi ve geliştirilmesine yönelik süreçlerde dinamik yapıya önem verilmelidir. Kalkınma planlarında yer alan hususların hayata geçirilmesi, bilimsel nitelik ve organizasyon ile yakından ve doğrudan ilgili süreçlerle mümkün olabilecektir.

Soda külü pazarında sodyum karbonat ve sodyum bikarbonat ürünleri bazında; yaklaşık 4,8 milyar dolar değeri olan talep piyasasından 2019 yılı için 850 milyon dolar pay alan Türkiye'nin teşvik, yatırımlar ve rekabet ile önümüzdeki süreçte ciddi pay artışına gitmesi muhtemeldir. Özellikle küresel pazarda kıtasal yaygınlıktaki mevcut başarı Ciner/ETİ Maden ve Şişecam şirketleri için iştah kabartıcı gözükmektedir.

Gelecek öngörülerini açısından, Türkiye'nin şirketleri ile 2017 ve 2018 yıllarında Beypazarı ve Kazan'daki ek üretim kapasitesini artırması ve rekabet edilebilir fiyatlarla talep piyasasını cezbedecektir. 2018 yılında 17 milyon ton olan dünya ihracatı dikkate alındığında 3 milyon ton üretim kapasitesi artışıyla Türkiye'nin gelecekte oldukça etkili olacağı öngörülebilmektedir. Hatta 2019 yılında Fransa'da "Dünya Soda Külü Konferansında" önümüzdeki 6 yıl içinde yıllık 5,4 milyon ton üretim planlandığını Ciner Grup açıklamıştır (Fastmarkets, 2019). Çin'de hükümet yaptırımları ile olumsuz çevresel etkileri olan üretim yöntemlerinin sınırlandırılması bu ülkenin üretim arzının düşmesine neden olacaktır. Diğer yandan plastik ve cam esaslı geri dönüşüm ürünlerinin kullanım yoğunluğu cam sektörünü ve dolayısıyla soda külüne talebi etkileyecektir. Amerika ve Hindistan gibi bazı ülkelerin ambalaj ürünlerinde plastik kullanımını sınırlandırma kararları cam ürünlerine ve geri dönüşüme talebi artıracaktır. Dünyada yenilenebilir ve çevreci enerjiye dönüşümün etkili alanlarından biri olan güneş enerjisi panellerinin kullanımının artması soda külü arzını artıracak gelişmelerdir. Lityum iyon bataryalarda lityum karbonatla birlikte endüstriyel bir hammadde olarak kullanılan soda külü arzı önümüzdeki yıllarda pozitif etkilenecektir. Yine enerji üretiminde SO_x emisyonunu azaltmak için kullanılan desülfürizasyon işlemlerinde sodyum bikarbonat kullanımı soda külü arzını önümüzdeki 5 yıl

boyunca yaklaşık %3 artıracaktır. Mimari ve otomotiv sektöründe cam tüketimin soda külü arzıyla ve ekonomik büyümeyle doğrudan ilişkili olduğu da gözardı edilmemelidir (Hancock, 2019).

Dünya ekonomisinde 2019 yılında %2.9 olarak gerçekleşen büyüme IMF projeksiyonlarında 2020’de %-3.0 ve 2021’de %5.8 olarak tahmin edilmektedir. Türkiye için ise 2019 büyümesi %0.9 olup; 2020 yılında %-5.0, 2021 yılında ise %5.0 tahmini yapılmaktadır (IMF, 2020).

Özellikle 2020 yılı itibariyle dünyanın yaşamış olduğu pandemi (Covid-19) nedeniyle ekonomik küçülme öngörülmektedir, bu durum soda külü sektörünü de talep ve arz yönünden etkileyecektir. Dünya ekonomisinin muhtemel resesyonu ve küçülmesi, temel ihtiyaçların talep ve üretimi (gıda, enerji, sağlık vs.) dışında çoğu sektörde talep ve arzın düşmesine neden olacaktır. Bu süreçte Türkiye soda şirketleri açısından düşük maliyetler ve çevre coğrafyalarda pazara yakınlık sektörün sürdürülebilirliğine katkı sağlayabilecektir.

Kaynakça

- Annual Report of The State Inspector of Mines of Wyoming. Cheyenne: The State of Wyoming, 2019.
- ANSAC. 17 Nisan 2020. <http://www.ansac.com/products/about-soda-ash/> (Erişim: 17 Nisan 2020).
- Chemeurope. 2020. <https://www.chemeurope.com/en/encyclopedia/Natron.html> (Erişim: 05 Mayıs 2020).
- ciechgroup. 2019. https://ciechgroup.com/fileadmin/raporty/raport_roczny_2019/en/Management_Board_Report_on_activities_of_the_CIECH_Group_and_CIECH_S.A._in_2019.pdf (Erişim:19 Nisan 2020).
- Ciner. 2020. <https://www.ciner.us.com/soda-ash/> (Erişim:16 Nisan 2020).
- CİNER. Nisan 2020. <http://www.cinergroup.com.tr/cam-ve-kimyasallar/eti-soda> (Erişim: 8 Nisan 2020).
- Fastmarkets. 27 Eylül 2019. <https://www.indmin.com/Article/3896549/WSAC-19-Ciner-joins-raft-of-natural-soda-ash-capacity-expansions.html> (Erişim: 20 Nisan 2020).
- Feldman, M. R. Story behind the story (N and Na-The Egyptian Connection). 1980: 877-878.
- Glass of the Ancient Mediterranean. 18 Haziran 2014. <https://mcclungmuseum.utk.edu/wp-content/uploads/sites/78/2013/08/3980-AncientGlassBroch-3.0.pdf> (Erişim: 01 Mayıs 2020).
- Gözke, G. Kazan Trona Minerallerinin Ters Flotasyonla Zenginleřtirilmesi. 2006.
- Hancock, M. Sustainability's impact on the global soda ash market. *IHS Markit*. 07 Ağustos 2019. <https://ihsmarkit.com/research-analysis/sustainabilitys-impact-on-the-global-soda-ash-market.html> (Erişim: 19 Nisan 2020).
- Helvacı, C. Geology of the Beypazarı trona field, Ankara, Turkey. Ankara: www.geosociety.org, 2010.
- Helvacı, C. Doğal Soda Yatakları ve Ekonomik Önemleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, Ekim 2001: 49-58.
- IMF. World Economic Outlook. Nisan ,2020. <https://www.imf.org/en/Publications> (Erişim: 21 Nisan 2020).
- ITC. 2018. <https://www.trademap.org/> (Erişim: 11 Nisan 2020).
- Kayakıran, S., Çelik, E. Beypazarı Trona (Doğal Soda) Yatağı Maden Jeolojisi Raporu. Ankara: MTA, 1986.

- Kramer,S.N., 96. The Sumerians. Chicago&London: The University of Chicago Press, 1963.
- MAPEG. Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü. 2018.
http://www.mapeg.gov.tr/maden_istatistik.aspx (Erişim: 8 Nisan 2020).
- MAPEG. Ankara, 2018.
- Mineral Gallery. Amethyst Galleries' Mineral Gallery. <http://www.galleries.com/Trona>. 2020.
- MTA, 2020. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/trona> (Erişim: 14 Nisan 2020).
- Onbirinci Kalkınma Planı. Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı, 2019.
- Online Etymology Dictionary. 2020.
https://www.etymonline.com/word/natron?ref=etymonline_crossreference (Erişim: 13 Nisan 2020).
- ÖİKR. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Kimya Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara: DPT, 2001.
- Örgül, S. Evaluation of Soda Ash Production Parameters from Beypazarı Trona Ore. Ankara, 2003.
- Saygun, İ. T. Computer Modeling of The Initial Cavern For Beypazarı Trona Ore on The Basis of Leaching Rates, Insoluble Contents and Thickness of Trona Layer. Ankara, 2008.
- Solvay. Solvay Chemicals. 2015.
https://www.solvay.us/en/binaries/Soda_Ash_Conversion_Guide-237418.pdf (Erişim: 17 Nisan 2020).
- Şahiner, M. Madencilik Sektörüne Ait Temel Ekonomik Göstergeler. Ankara: MTA, 2018.
- Şener, F. Ankara Beypazarı Soda Aramaları Ön Raporu (1980-1981). Ankara: MTA, 1981.
- Tenekeci, Ö., Şener, F., Evin, E., Aslan, İ., Kayakıran, S., Telek, E., Has, F., Özden, M., Nal, S., Özoguz, A., Aydın, A.E. *Ankara Beypazarı Trona Yatağı Ara Değerlendirme Raporu*. Ankara: MTA, 1983.
- The British Museum. 01 Mayıs 2020.
https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1929-0715-1.
- TSE. Türk Standartı TS 525; Susuz Sodyum Karbonat ve Çamaşır Sodası. Ankara, Temmuz 1967.
- TÜİK. 2019. <https://biruni.tuik.gov.tr/disticaretapp/menu.zul> (Erişim: 09 Nisan 2020).
- USGS. 2017. (Erişim: 18 Nisan 2020).

USGS. 2020. <https://www.usgs.gov/centers/nmic/soda-ash-statistics-and-information> (Erişim: 01 Nisan 2020).

Wiig Stephen V. vd. USGS. 1995. <https://pubs.usgs.gov/of/1995/0476/report.pdf>.

WMA. Wyoming Mining Association. ,2020.

<https://www.wyomingmining.org/minerals/trona/> (Erişim: 8 Nisan 2020).

WMA. Wyoming Mining Association. Nisan 2020. <http://www.wyomingmining.org/wp-content/uploads/2013/10/200210-Trona-Guide.pdf> (Erişim: 8 Nisan 2020).

Wyoming Mining Association. 2020. <https://www.wyomingmining.org/minerals/trona/trona-production-employment/> (Erişim: 8 Nisan 2020).

Yener, H., Emil, M., Hulusi Ö., Dr. Meyer, Dr. Shoder. Van Gölü'nden Soda İstihsaline Ait Raporlar. Ankara: MTA, 1938.