



MADEN TETKİK VE ARAMA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Dünyada ve Türkiye’de Krom

Hazırlayan

Betül GENÇBAY
Jeoloji Mühendisi

Fizibilite Etütleri Daire Başkanlığı

2022

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ.....	1
1.1. Genel Özellikler.....	1
1.2. Kromun Tarihçesi.....	2
1.3. Krom Madeninin Kullanım Alanları.....	3
2. KROM YATAKLARININ OLUŞUMU.....	5
3. REZERV ve KAYNAK DURUMU.....	10
3.1. Dünya Rezervleri ve Kaynakları.....	10
3.2. Türkiye Rezervleri ve Kaynakları.....	11
4. ÜRETİM DURUMU.....	16
4.1. Dünyada Üretim Miktarı.....	16
4.2. Türkiye’de Üretim Miktarı.....	17
4.3. Dünyada Üretim Yapan Şirketler.....	18
4.4. Türkiye’de Üretim Yapan Şirketler.....	22
4.5. Uluslararası Birlikler (Kuruluşlar).....	24
5. ÜRETİM YÖNTEMLERİ.....	26
5.1. Madencilik ve Zenginleştirme.....	26
5.2. Ekstraksiyon ve Arıtma.....	26
5.2.1. Yüksek karbonlu ferrokrom.....	27
5.2.2. Ferrokrom silikon.....	27
5.2.3. Düşük karbonlu ferrokrom.....	28
5.3. Krom Metali.....	29
5.4. Metal ve Alaşımları.....	29
5.4.1. Krom kaplama.....	30
5.4.2. Çelikler.....	30
5.4.3. Demir dışı alaşımlar.....	31
5.5. Refrakter Uygulamaları.....	31
5.6. Pigmentler.....	31
5.7. Deri Tabaklama.....	32
5.8. Yüzey İşleme.....	32
5.9. Ülkemizde Üretilen Krom Cevherinin Özellikleri.....	32
6. KROM MADENİ TİCARETİ.....	35
6.1. Pazar/Piyasa Durumu.....	35
6.2. Fiyat Durumu.....	38
6.3. Dünyada İthalat ve İhracat.....	43

6.3.1. İthalat	43
6.3.2. İhracat	45
6.3.3. Dünyada ferrokrom ithalatı ve ihracatı	48
6.4. Türkiye’de İthalat ve İhracat.....	49
6.4.1. İthalat	49
6.4.2. İhracat	52
6.4.3. Ülkemizde ferrokrom ithalatı ve ihracatı	54
7. KROMUN ÇEVRE VE İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ	55
7.2. Kromun İnsan Sağlığına Etkisi	55
7.3. Kromun Çevresel Etkileri	58
8. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER	59
KAYNAKLAR.....	62

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Kromitin Fiziksel Özellikleri	1
Tablo 2. Krom Rezerv Bilgileri (MTA Genel Müdürlüğü'nce Belirlenen)	13
Tablo 3. Dünya Krom Üretimi (Bin ton).....	17
Tablo 4. Yıllara Göre Krom Üretim Miktarımız	18
Tablo 5. Ülkemizde En Fazla Krom Üretimi Yapan Şirketler (2021).....	22
Tablo 6. Ülkemizdeki Krom Cevherlerinin Kullanım Alanlarına Göre Özellikleri.....	38
Tablo 7. Yıllara Göre Krom Fiyat Bilgileri	40
Tablo 8. Dünya Krom Cevherleri ve Konsantreleri İhracat ve İthalat Bilgileri (2021)	47
Tablo 9. Dünyada En Fazla Ferrokrom İthalatı Yapan Ülkeler (2021).....	48
Tablo 10. Dünyada Ferrokrom İhracatı Yapan Ülkeler (2021).....	48
Tablo 11. Yıllara Göre Türkiye'nin Krom İthalat Miktarı ve Değerleri (2021).....	50
Tablo 12. Türkiye'nin Krom Cevheri İthal Ettiği Ülkeler (2021).....	50
Tablo 13. Yıllara Göre Türkiye'nin Krom İhracat Miktarı ve Değerleri (2021).....	52
Tablo 14. Türkiye'nin Krom Cevheri İhraç Ettiği Ülkeler (2021).....	52
Tablo 15. Yıllara Göre Ülkemizin Ferrokrom İhracat ve İthalat Bilgileri	54

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Yüksek Saflıkta Krom Kristalleri ve Krom Küpü.....	2
Şekil 2. Tipik Ofiyolit Serisi	5
Şekil 3. Leopar Desenli ve Saçınımlı Kromit.....	6
Şekil 4. Arazi ve El Numunesi Fotoğrafları	7
Şekil 5. Kromit (siyah) ve Anortozit (açık gri) Katmanlı Magmatik Kayaçlar, (G.Afrika).....	8
Şekil 6. Kromit Türlerinin Fotoğrafları	9
Şekil 7. Yıllara Göre Küresel Krom Rezerv Miktarları.....	10
Şekil 8. Ülkelere Göre Krom Rezerv Miktarları	11
Şekil 9. Türkiye Krom Yataklarının Dağılımı.....	12
Şekil 11. Elektrik Ark Fırını ve Ferrokrom Üretimi.....	28
Şekil 13. Krom İthalatımızın Ülkelere Göre Miktar Dağılımı Grafiği.....	51
Şekil 14. Krom İthalatımızın Ülkelere Göre Değer Dağılımı Grafiği.....	51
Şekil 15. Krom İhracatımızın Ülkelere Göre Miktar Dağılımı Grafiği.....	53
Şekil 16. Krom İhracatımızın Ülkelere Göre Değer Dağılımı Grafiği	53

1. GİRİŞ

Yer kabuğunun doğal bileşenlerinden biri olan krom; metalürji, kimya ve refrakter sanayinin temel elementlerinden biridir. Krom metalinin ekonomik olarak üretilebildiği tek mineral ise kromittir. Bu çalışmada madencilik sektöründe önemli yeri olan krom cevherinin özellikleri, ülkemizdeki ve dünyadaki rezerv durumu, üretimi ve ticaretine yönelik son veriler derlenmiş olup genel bir bakış açısı oluşturulması amaçlanmıştır.

1.1. Genel Özellikler

Metalik bir element olan kromun atom numarası 24, atom ağırlığı 51,996'dır. Latince Chromium'dur ve simgesi Cr'dir. Krom mineralleri kromit, uvarovit ve kemererittir. En önemli krom minerali olan kromit krom, demir ve oksijenden ($FeCr_2O_4$) oluşan bir oksit mineralidir. Magnezyum, kromitte sıklıkla demirin yerini alır. Metalik ile submetalik parlaklığa ve yüksek özgül ağırlığa sahiptir. Koyu gri ile siyah renklidir. Kromitin tanımlanması zor olabilir. Diğer metalik cevherlerden ayırt etmek için çeşitli özelliklerin dikkate alınması gerekir. Kromitin el numunesiyle tanımlanması, renk, özgül ağırlık, parlaklık ve karakteristik bir kahverengi çizgi hususlarının dikkate alınmasını gerektirir. Kromiti tanımlamanın en önemli ipucu, ultrabazik magmatik kayalar ve serpantin gibi metamorfik kayalarla olan ilişkisidir. Kromitin fiziksel özellikleri aşağıdaki tabloda belirtilmiştir (King).

Tablo 1. Kromitin Fiziksel Özellikleri

Kimyasal Sınıflandırma	Oksit
Renk	Koyu griden siyaha nadiren kahverengi siyah
Parlaklık	Metalik ile submetalik
Şeffaflık	Opak
Mohs Sertliği	5,5-6
Kristal Sistem	Kübik
Özgül Ağırlığı	4.0-5.1 g/cm ³
Teşhis Özellikleri	Parlaklık, çizgi
Kimyasal Bileşimi	Önemli miktarda demirin yerini alan magnezyum ile $FeCr_2O_4$

Kaynak:geology.com



Şekil 1. Yüksek Safılıkta Krom Kristalleri ve Krom Küpü

Kaynak: (commons.wikimedia.org) Fotoğraf, Alchemist-hp tarafından çekilmiştir.

Krom çok sert olması ve erime noktasının 1857°C olması nedeniyle metallere sertlik sağlanması ve zırhlı araç yapımı için kullanılmaktadır. En önemli kullanım alanı Nikel ile beraber paslanmaz çeliklerdedir. Oluşturduğu krom oksit tabakası çelik yüzeyini film tabakası gibi kaplar ve kimyasal korozyona karşı dayanıklılık sağlar.

Krom doğada +3 yüklüdür, indirgenme reaksiyonuyla +6 değerlik alır. Toz formdaki krom, deri tabaklamada uzun yıllardır kullanılmaktadır. Deriye uzun süre dayanma özelliği kazandırır. Krom kandaki şekerin hücrelere aktarılmasına yardımcı olur. Krom yer fıstığı, yumurta sarısı, peynir, üzüm suyu, maya, istiridyede bulunur. Kemiklere de faydası vardır.

Krom, sanayi ortamında makina parçalarının hareket ettiği yataklar içerisinde aşınmayı engellemektedir. Bir piston ve piston yatağının, krom kaplama işlemi yapıldıktan sonra çalışması ile ömrü ortalama 4 - 8 ay arası artmaktadır. Yani kısaca krom korozyonu da engellemekte ve kayganlığı sağlamaktadır (wikipedia).

1.2. Kromun Tarihçesi

Krom, Louis-Nicholas Vauquelin tarafından 1797'de mineral krokoit (PbCrO_4) olarak da bilinen Sibiryaya kırmızı kurşunu adı verilen parlak kırmızı bir mineral malzeme ile deney yaparken keşfedildi. Krokoiti hidroklorik asit (HCl) ile karıştırarak krom oksit (CrO_3) üreten Vauquelin, kromu izole etmek için bir yöntemin henüz mevcut olmadığına inanmasına

rağmen, 1798'de krom oksidi bir kömür fırınında basitçe ısıtarak metalik krom elde etmeyi başarmıştır (education.jlab).

Dünyada ilk kromit yatakları, 1798 yılında Ural Dağları'nda bulunmuştur. Ülkemizde ise, Amerika'daki Maryland yataklarının tükenmesinden sonra, ilk kromit yatakları 1848 yılında Bursa yakınlarında tespit edilmiş ve bu bölgede 1850 yılında üretime başlanmıştır. Hindistan ve Güney Afrika'da krom madenciliğine başlama tarihi olan 1906 yılına kadar, ülkemizden yıllarca krom cevheri ihraç edilmiştir. Krom cevherinin kullanım alanlarına göre tarihi gelişmelere bakıldığında ise;

- ✓ 1809 yılında krom cevherinden, alüminotermik reaksiyon ile ilk krom metalinin elde edildiği,
- ✓ 1820 yılında boya endüstrisinde ilk defa katkı maddesi olarak potasyum bikromatın kullanıldığı,
- ✓ 1865 yılında ilk defa çeliğin içerisinde krom kullanma patentinin alındığı,
- ✓ 1879 yılında Fransa'da refrakter sanayiinde kullanımına başlandığı,
- ✓ 1884 yılında deri sanayiinde kullanımına başlandığı,
- ✓ 1893 yılında ilk ferrokromun elde edilmesi ile ticari olarak Amerika'da 1897 yılında yüksek karbonlu ferrokromun üretildiği,
- ✓ 1912 yılında İngiltere'de ilk paslanmaz çeliğin elde edildiği

ve 1913 yılında ilk ticari üretimine geçildiği görülmektedir (marmotek.com).

1.3. Krom Madeninin Kullanım Alanları

Krom cevheri başlıca metalürji, kimya, döküm ve refrakter sanayi alanlarında tüketilmektedir. Cevher tenörü ve yabancı bileşenlerin oranı gibi teknolojik özellikler kullanım alanının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Diğer taraftan piyasada Cr_2O_3 tenörü %48'den fazla olan cevherlere birinci sınıf, %42 ile %48 arasında olanlara ikinci sınıf ve %42'den düşük olanlara üçüncü sınıf cevher denilmektedir. Metalurjide kullanılan krom cevherinin SiO_2 oranının %6'dan az olması gerekir. Kromit tanelerinin büyüklüğü de cevher kalitesinde önemli bir yer tutar. Tane (kristal) boyu 1-3 mm'nin altına düşmemelidir. Cevher kompakt ve sert olmalıdır (Temur, 2001).

Metalurji sanayiinde krom cevherinin en önemli kullanım alanı paslanmaz çelik yapımında kullanılan ferrokrom üretimidir. Ferrokrom ise paslanmaz çelik metal ve silah sanayiinin çok önemli bir maddesidir. Krom; çeliğe sertlik ile kırılma ve darbelere karşı direnç verir, aşınma ve oksitlenmeye karşı koruma sağlar. Bu kapsamda kromun çeşitli

alaşımları mermi, denizaltı, gemi, uçak, top ve silahlarla ilgili destek sistemlerinde kullanılır. Paslanmaz çeliğin dayanıklılığının yanı sıra, kullanıldığı yerlere estetik bir görünüm kazandırması; bu malzemenin son yıllarda otobüslerin ve tren vagonlarının, şehir içlerinde otobüs duraklarının, cadde ve sokak aydınlatma sistemlerinde, binalarda merdiven korkuluklarının yapımında ve deniz içi petrol arama platformlarının yapımında giderek artan oranlarda kullanılmasını sağlamıştır. Kromun süper alaşımları ısıya dayanıklı, yüksek verimli türbin motorlarının yapımında kullanılmaktadır. Metalurji sanayiinde krom; ferrokrom, ferro-siliko-krom, krom bileşikleri, ekzotermik krom katkıları, diğer krom alaşımları ve krom metali şeklinde tüketilir. Son yıllarda metalurji sanayiinde kullanılan kromun (krom demir alaşımları ve krom metalinin) yaklaşık % 95'i ferrokrom şeklinde, ferrokrom ise başlıca paslanmaz ve ısıya dirençli çelik yapımında tüketilmektedir. Paslanmaz çelikler %12-40 arasında krom içerir. Çünkü çelik yapımı teknolojisindeki gelişmeler cürufa karışma ve oksitlenme yoluyla krom kayıplarını azalttığından, ferrokrom kullanımı gittikçe daha verimli hale gelmekte ve bu da ferrokrom tüketiminin paslanmaz çelik üretiminden daha az bir hızla artmasına neden olmaktadır.

Krom metali, yüksek performans alaşımalarında, Al, Ti, Cu alaşımalarında, ısıya ve elektriğe dirençli alaşımlarda kullanılmaktadır.

Dünyanın en büyük krom metali tüketicisi ABD'dir. Uzay sanayiinde önder olması nedeniyle batı dünyasının krom metali tüketiminin %55-60'ını bu ülke tüketir. Uzay sanayiinde hızlı bir gelişme beklenmekle birlikte, bu alanda kullanılan yüksek performans alaşımalarında krom metali tüketiminin yüksek hızla artması pek muhtemel görülmemektedir. Zira geleneksel nikel esaslı süper alaşımalar yerine, uzay sanayiinde seramikler ve kompozit materyallerin kullanımına gidilmektedir. Bu nedenle krom metali kullanımında potansiyel gelişme alanı uzay sanayii dışındadır. Diğer yandan krom alaşımalarında, alaşımın özelliğini bozmadan kullanılan krom miktarının azaltılması konusunda araştırmalar ve krom içeren malzemelerin yeniden kullanılmalarına (recycling) yönelik yöntem geliştirme çalışmaları yapılmaktadır.

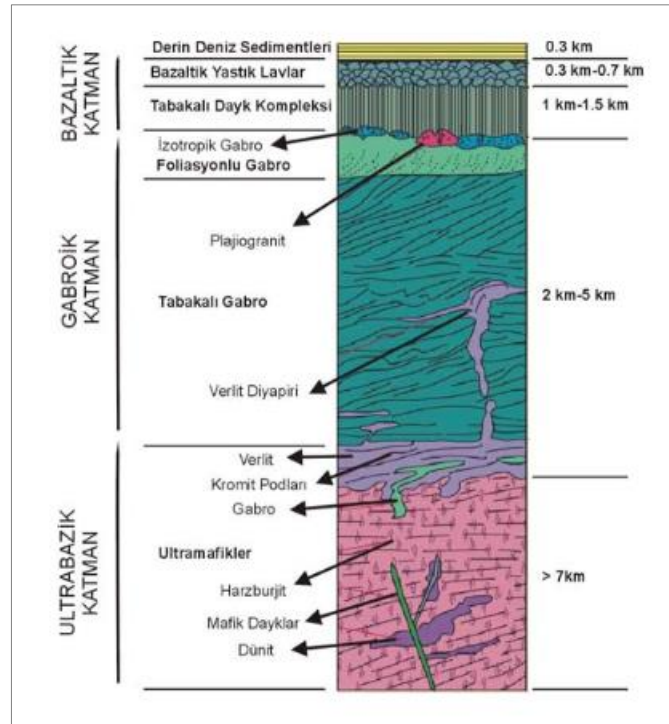
Çoğu krom kimyasalları, kimyasal kalitedeki krom cevherinden doğrudan elde edilen sodyum bikromattan üretilir. Sodyum bikromat, kromik anhidrit ve krom oksit en yaygın kullanılan krom kimyasallarıdır. Ticari olarak üretilen diğer tali bileşikler, kurşun kromat, bazik krom sülfat, sodyum kromat, potasyum bikromat, potasyum çinko kromat ve amonyum bikromattır. Krom kimyasalları paslanmayı önleyici özellikleri nedeniyle uçak ve gemi sanayiinde yaygın olarak; kimya endüstrisinde de sodyum bikromat, kromik asit ve

boya hammaddesi yapımında kullanılmaktadır. Krom kimyasalları; metal kaplama, deri tabaklama, boya maddeleri (pigment), seramikler, parlatici gereçler, katalizör, boyalar, konserve kutulama (canning agents), su işleme, temizleme (water treatment), sondaj çamuru ve diğer birçok alanda tüketilir.

Refrakter özellikteki krom cevheri, çelik üretiminde yüksek fırınlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüksek fırın yöntemiyle çelik üretiminin azalması, kromun refrakter amaçlı kullanımını da olumsuz yönde etkilemiştir (MTA).

2. KROM YATAKLARININ OLUŞUMU

Kromit yatakları sadece erken magmatik evrede fraksiyonel kristalleşme evresinde ortaya çıkarlar. Bütün kromit yatakları ofiyolit komplekslerin bazik ve ultrabazik kayaların içinde bulunurlar. İdeal bir ofiyolit dizisi alttan üste doğru ultramafik kayalar, gabroyik kayalar, diyabaz daykları, yastık lavları ve sedimanter kayalardan meydana gelir.



Şekil 2. Tipik Ofiyolit Serisi

Bunlardan ultramafik kayalar tektonit ve kümülat olmak üzere iki bölüme ayrılır. Tektonitler harzburjit ve dünit bantları, kümülatlar ise dünit, piroksenit verlit ve troktolit ile temsil edilir. Gabroyik kayalar genellikle alttaki ultramafik kayalardan daha az deforme

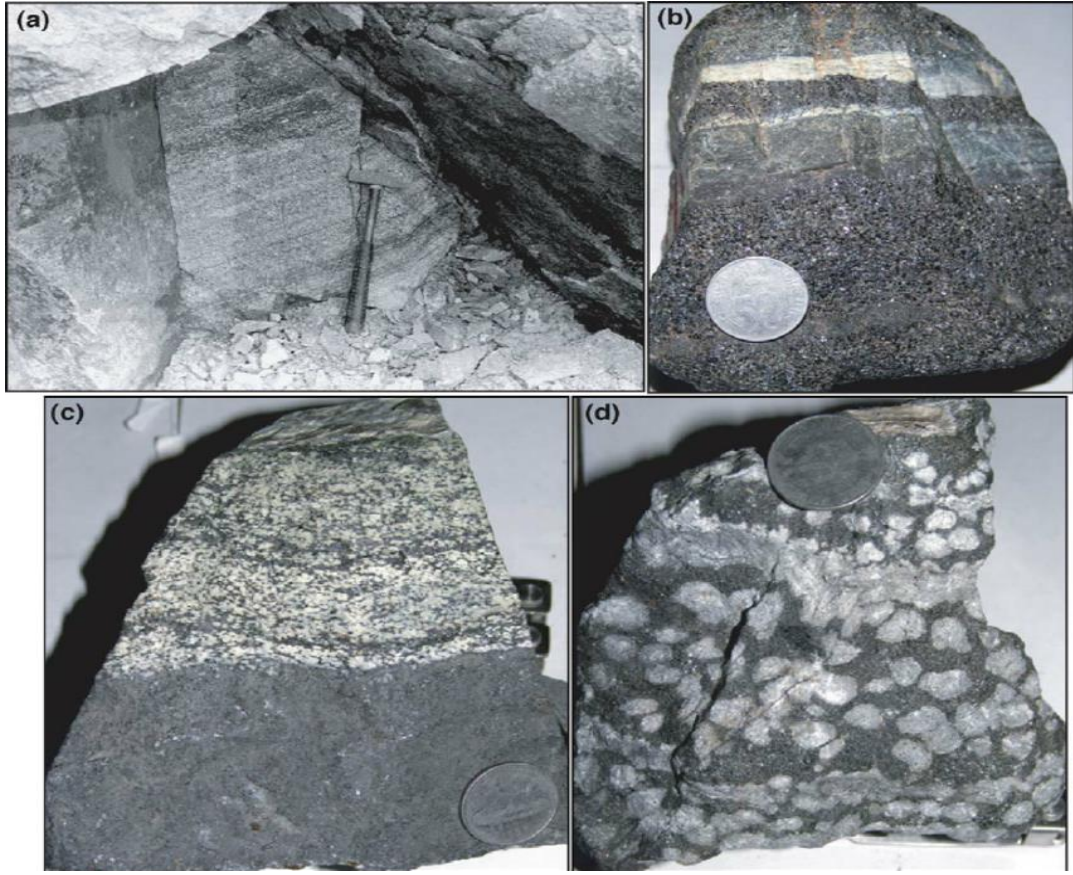
olmuş gabroyik bileşimli kümülatlardan oluşurlar Bunlar dereceli olarak diyabaz dayklarına geçiş gösterirler. Bunların üzerinde bazaltik bileşimli volkanik lav akıntıları (pillow lavlar) yer alır. En üstte ise radiolarit, çört, ince detritikler ve kireçtaşlarından meydana gelen derin deniz sedimanları bulunur. Böyle bir ofiyolitik dizi içinde kromitler ultramafik kayaçların (peridotitlerin) kümülat ve tektonit bölümlerinde gözlenirler (Temur, 2001).

Kromit yataklarının belirli bir yatak geometrisi yoktur. Başlıca saçılımlar, tabakamsı şekiller, podiform (yığın, kese, torba, bezelye şekilli) ve damarlar halinde bulunurlar. Podiform kromitler genellikle ard arda dizilmiş kütlelerle temsil edilirler ve dünitik bir kılıfla sarılmışlardır. Ayrıca fay zonlarına yerleşmiş kromit kütlelerine rastlanır.

Kromit yataklarında saçılımlı, leopar tipi, nodüler, bantlı, yollu ve masif cevher yapıları gözlenir. Saçılımlı cevherler yankayaç içinde dağılmış kromit taneleri halindedir. Tenörleri çok düşüktür. Leopar tipi cevherlerde, boyutları birkaç santimetre olan kromit kümeleri birbirine temas etmeyen halkalar şeklinde bulunur. Nodüler cevherlerde ise halkaların içi doludur. Gerek halkalar, gerekse nodüller yankayacın bantlaşması yönünde uzamışlardır. Bantlı veya yollu cevherlerde kromit bakımından zengin ve fakir zonların ardalanması şeklindedir. Bant kalınlıkları milimetre ile birkaç santimetre arasında değişir. Masif kromit cevherleri ise tamamen saf kromit kristal yığılımdan meydana gelirler. Kromitlerin yan kayaçları, cevher geometrisi, oluşum şekilleri ve coğrafik dağılımları arasında önemli bir ilişki vardır. Bu ilişki esas alınarak kromitler, stratiform kromitler ve alpin tipi kromitler olmak üzere iki tipe ayrılır (Temur, 2001).



Şekil 3. Leopar Desenli ve Saçımlı Kromit



Şekil 4. Arazi ve El Numunesi Fotoğrafları

(a) Kromit damarlarında ritmik bantlar oluşturan kromitçe zengin tabakalar ve olivince zengin tabakalar; (b) maden damarı içinde bantlı kromitit; (c) maden damarlarından elde edilen, kromitit ve olivince zengin bantlar içeren masif kromitit; (d) olivince zengin tabakalarla ara tabakalı ve yuvarlak ila eliptik olivin bakımından zengin anti-nodüler içerikli kromitit.

Kaynak: https://www.researchgate.net/figure/Field-photographs-and-hand-specimen-photographs-a-Chromite-rich-layers-and_fig3_223919986. Bu fotoğraf Sisir Kanti Mondal' a aittir.

2.1. Stratiform Kromit Yatakları

Magmanın fraksiyonel kristalleşmesi sırasında dibe çöken kromitlerin dünitlerle ardalananarak oluşturdukları tabaka benzeri yataklardır. Tabakamsı yapıların kalınlıkları birkaç santimetre ile birkaç metre arasında değişir. Bir kromit seviyesi aynı kalınlıkta geniş yayılımlar gösterebilir. Ancak ardalanan seviyelerin kalınlıkları çok değişkendir. Dünya kromit yataklarının %90'ı stratiform tiptedir. Fe konsantrasyonları çok yüksek, buna bağlı olarak tenörleri düşüktür. Cr/Fe oranları 3'den azdır. Alpin tipi yataklara göre Mg bakımından daha fakir Fe+3 bakımında daha zengindirler. TiO₂ oranları ise 0,3'den daha yüksektir. En tipik örnekleri Bushveld (Güney Afrika Cumhuriyeti) masifinde bulunmaktadır (Temur, 2001).



Şekil 5. Kromit (siyah) ve Anortozit (açık gri) Katmanlı Magmatik Kayaçlar, (G.Afrika)

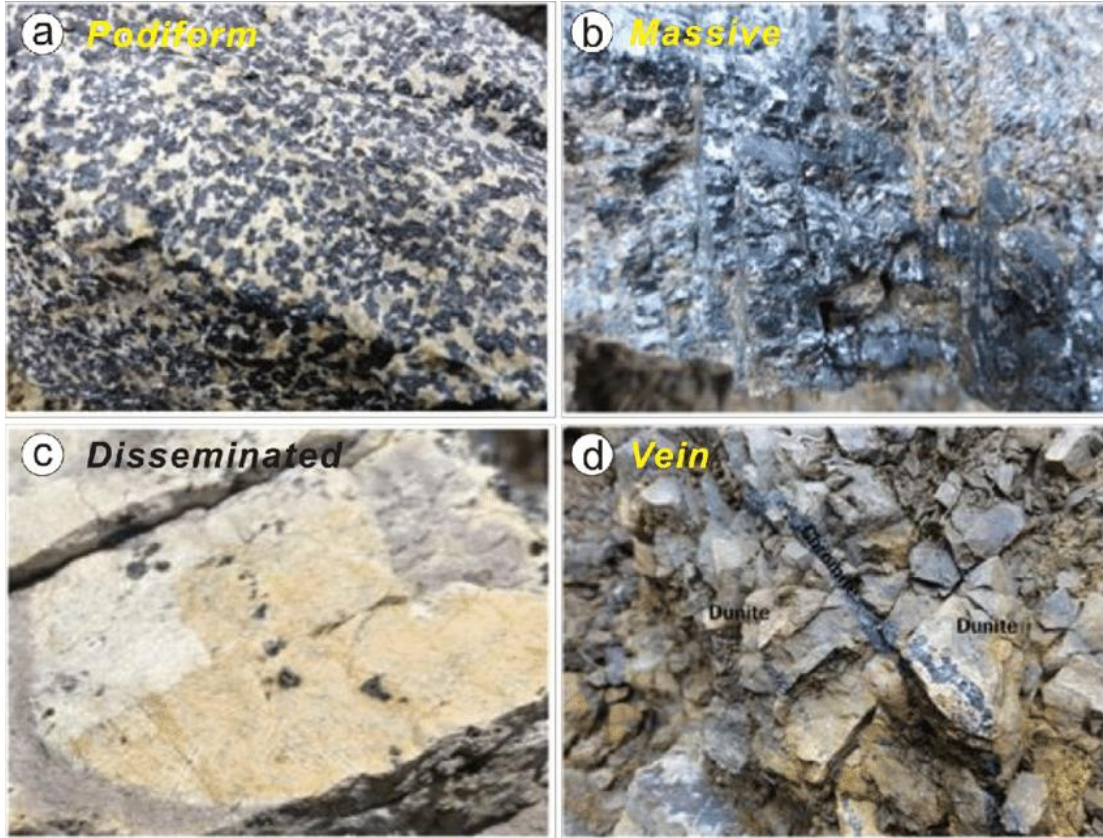
Kaynak: <https://www.flickr.com/photos/86624586@N00/85262560/>, CC BY 2.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6875848> Bu fotoğraf kevinzm/Kevin Walsh'a aittir.

2.2. Alpin Tipi Kromit Yatakları

Genellikle alpin kuşağı içinde yer aldıklarından alpin tipi, mercek, yığın, torba, bezelye veya kese şeklinde bulduklarından dolayı da podiform tipi kromit yatakları denir. Merceksi yapılar ofiyolitlerin yerleşmesi sırasında etkili olan tektonik hareketlerle ilişkilidir. Saçılımlı kromitler yaygındır. Ofiyolitik dizi içinde peridotitlerin tektonik bölümlerinde ve kümülatlara geçiş zonlarında bulunurlar. Yankayaçları ile eşzamanlı oluşumludurlar. Esas olarak harzburjitlerin, daha az miktarda dünitlerin içinde bulunurlar. Hemen her zaman cevher kütleleri dünitik bir kılıf ile sarılmıştır. Dünitik kılıfın kalınlığı cevher merceğinin boyutları ile orantılı olup, birkaç santimetre ile birkaç metre arasında değişir. Cevher kütlelerinin faylarla sınırlamaları yaygındır. Stratiform yataklardan farklı olarak nodüler yapıya rastlanır. Dickey (1975)'e göre nodüllü cevherler türbülanslı bir magma segregasyonu zonunda, yuvarlanarak dibe çöken kromit krsitallerinin birbirlerine yapışarak büyümeleri ile ortaya çıkmaktadır. Alpin tipi kromit cevherleşmeleri stratiform yataklara göre Mg bakımından daha zengin, Fe+3 bakımından daha fakirdir. TiO₂ oranları ise 0,3'den

daha düşüktür. Fe/ Mg oranları çok az bir değişim gösterirken Cr/Al oranları çok geniş bir dağılım aralığına sahiptir (Temur, 2001).

Alpin tip cevherler Cr/Fe oranlarının stratiform tip cevherlere göre daha yüksek olması nedeniyle 1970'li yıllara kadar metalurji sanayinde rakipsiz olarak kullanılmıştır. Bu yüzden yüzyılın ilk üç çeyreğinde kromit üretimi daha çok alpin tip yataklardan yapılmıştır. Cr₂O₃ içeriği ve Cr/Fe oranı düşük, FeO içeriği yüksek olan stratiform tip yataklardan üretilen cevher ise 1970'li yıllara kadar genelde kimya sanayinde kullanılmıştır. Sonrasında alpin tip yataklarda rezerv belirleme güçlüğü ve uzun vadeli ticari bağlantıların yapılamaması gibi nedenlerden dolayı stratiform tip yataklara ait krom cevherinin özellikle metalurji sanayinde kullanımına imkan sağlayan teknolojiler ortaya çıkmıştır.



Şekil 6. Kromit Türlerinin Fotoğrafları

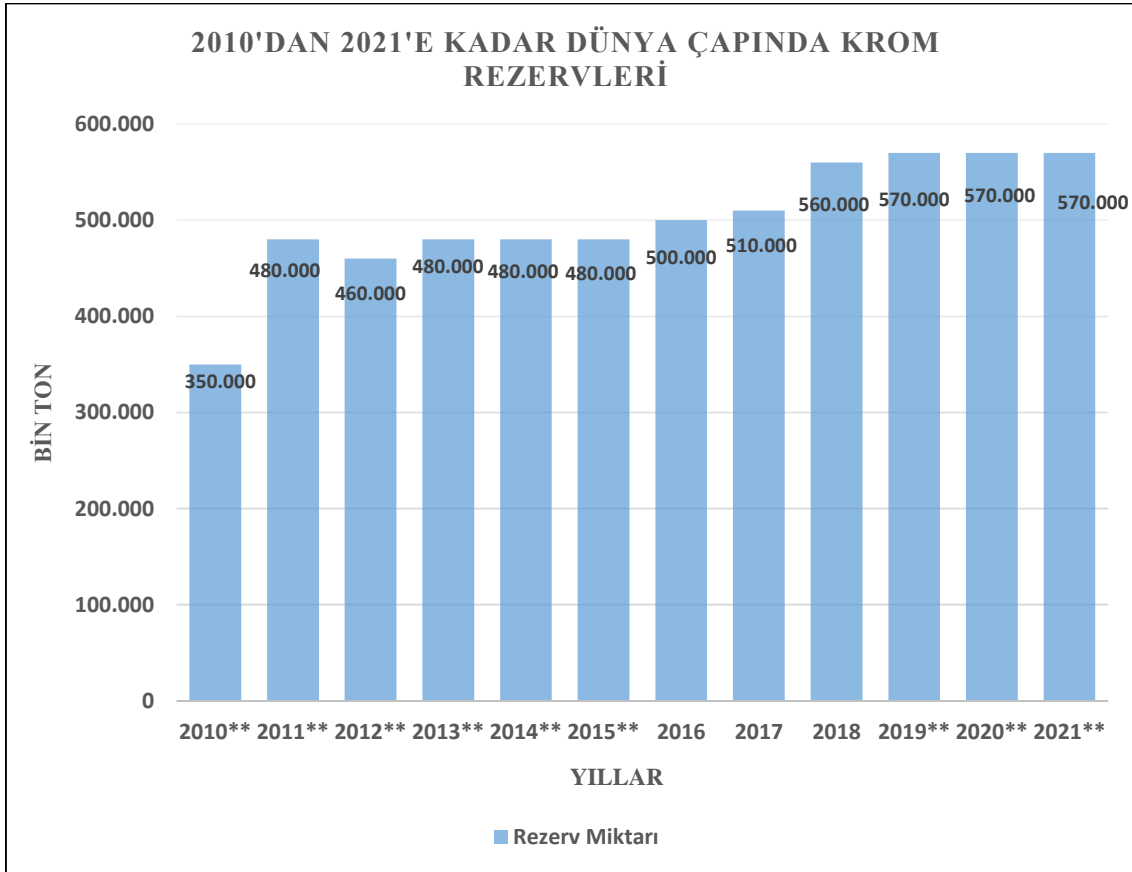
a) dünit matrisinde podiform kromit, b) masif kromit, c) dünit içinde ince taneli saçınmış kromit, d) dünit içinde kromit damarı.

Kaynak: https://www.researchgate.net/figure/Photographs-of-chromite-types-a-podiform-chromite-in-dunite-matrix-b-massive_fig3_264894421 Bu fotoğraf Chul-Ho Heo'ya aittir.

3. REZERV ve KAYNAK DURUMU

3.1. Dünya Rezervleri ve Kaynakları

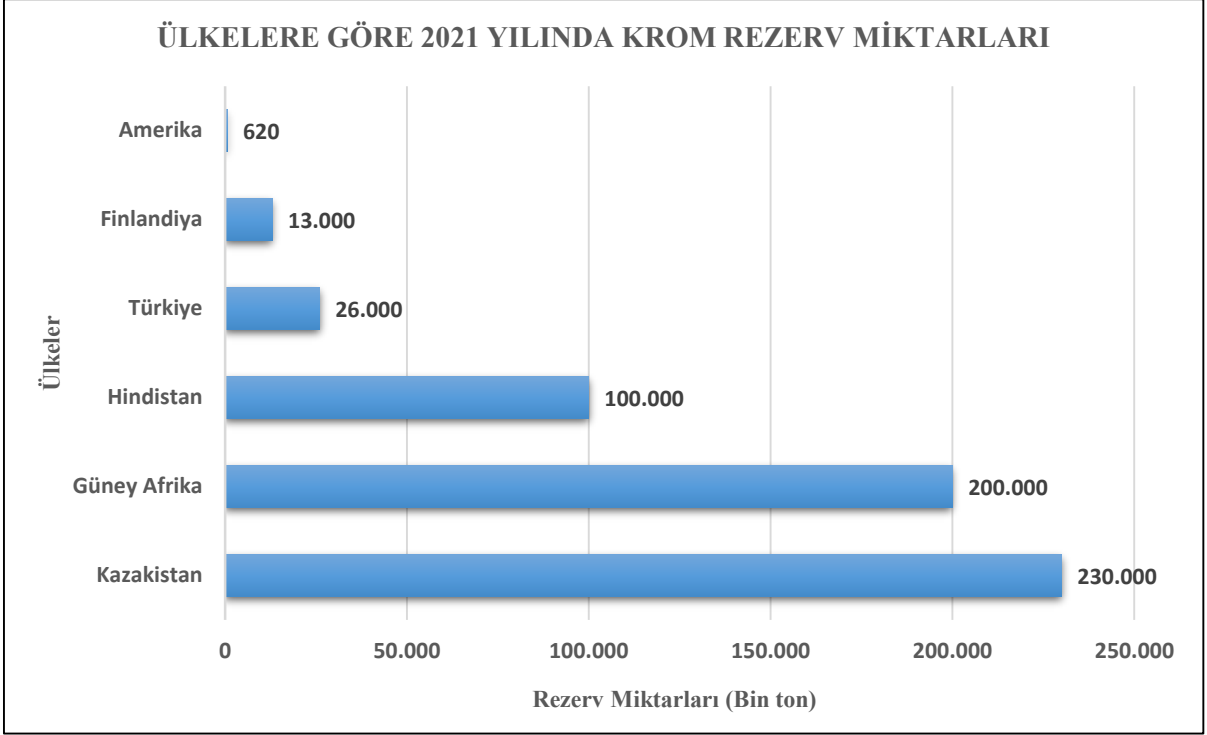
Dünyanın tanımlanmış ekonomik kromit rezervlerinin çoğunluğu, Güney Afrika (Güney Afrika ve Zimbabve), Türkiye, Kazakistan ve Hindistan'da bulunmaktadır. ABD Jeolojik Araştırması Kurumu'na (USGS) göre, küresel kromit kaynaklarının 12 milyar tondan fazla olduğu ve uzun yıllar talebi karşılamaya yeteceği düşünülmektedir. Dünya krom kaynakları büyük ölçüde coğrafi olarak (%95) Kazakistan ve Güney Afrika'da yoğunlaşmıştır; Amerika Birleşik Devletlerinin krom kaynakları çoğunlukla Montana'daki Stillwater Kompleksi'ndedir (USGS, 2022)



Şekil 7. Yıllara Göre Küresel Krom Rezerv Miktarları

Kaynak: (statista.com) ** Tahmini.

Statista'nın verilerine göre toplam küresel krom rezervleri 2021 yılında tahmini 570 milyon tondur.



Şekil 8. Ülkelere Göre Krom Rezerv Miktarları

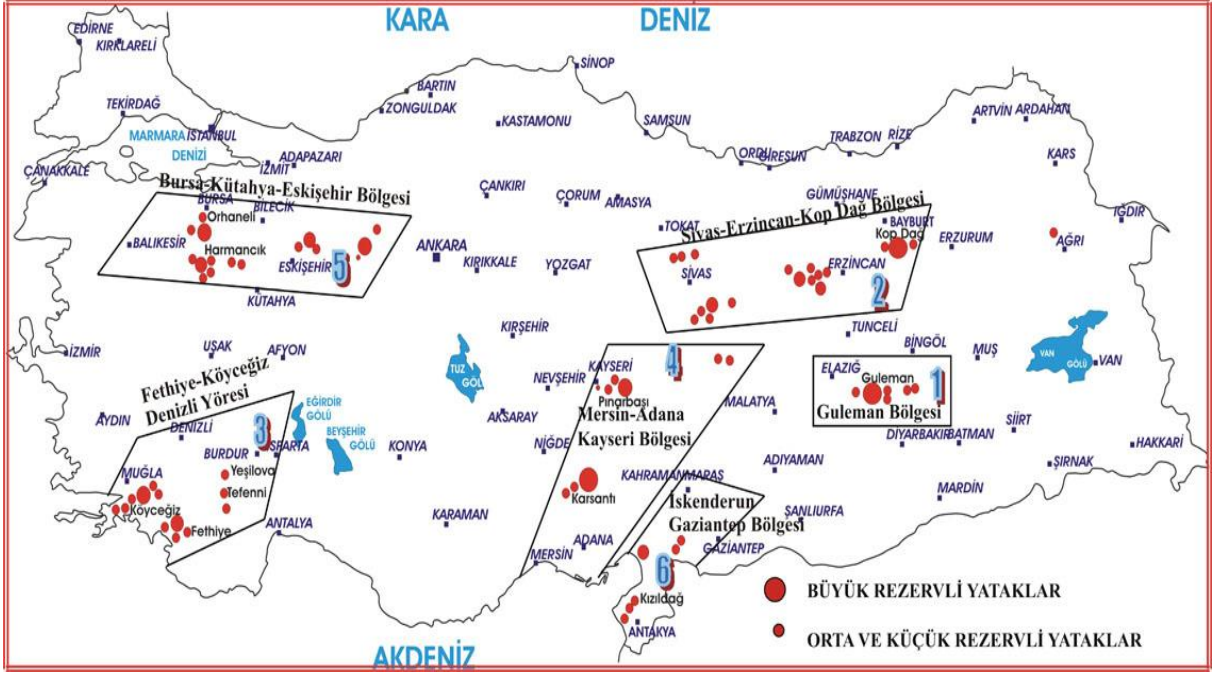
Kaynak: (statista.com)

Statista'nın verilerine göre 2021 yılı tahmini 570 milyon ton olarak gerçekleşmiş olan küresel krom rezervlerinin 230 milyon tonu Kazakistan, 200 milyon tonu Güney Afrika, 100 milyon tonu Hindistan, 26 milyon tonu Türkiye ve 13 milyon tonu Finlandiya'da bulunmaktadır.

3.2. Türkiye Rezervleri ve Kaynakları

Krom yataklarının içinde bulunduğu peridotit genel adıyla anılan ultrabazik kayalar Türkiye'de geniş alanlar kaplarlar. Peridotitler, ofiyolit topluluğuna ait kayalar olup alp orojen kuşağı boyunca yerleşmişlerdir. Türkiye'de bulunan peridotitler ve bunlar içinde bulunan krom yatakları alpin tip (podiform tip) olarak sınıflandırılmışlardır. Alpin tip krom yataklarının sergiledikleri karmaşık yapı ilişkileri, doku özellikleri ve nispeten küçük boyutlu oluşları bunların belirgin özellikleridir. Krom yatakları genelde mercek, bant veya düzensiz şekilli kütlelerden oluşmaktadır. Kromitit kütlelerinin boyu birkaç santimetreden, 100 m'yi geçen uzunluğa kadar ulaşabilmekteyse de genelde bu uzunluk 4-5 m kadardır. Kalınlıklarının ise bazı hallerde 5 m'yi geçebildiği biliniyorsa da bu değer genelde 2-3 m kadardır. Alpin tip krom yatakları rezervlerinin boyutu yönüyle stratiform tip yataklardan çok küçüktürler. Rezervleri bir milyon tonu geçen alpin tip kromitit kütlelerinin sayısı sınırlıdır.

TÜRKİYE KROM YATAKLARI



Şekil 9. Türkiye Krom Yataklarının Dağılımı

Türkiye'de krom yatakları belirgin bir dağılım düzeni göstermeksizin ultrabazik kayalar içinde ülke geneline yayılmış durumdadır.

Türkiye'de 800 kadar tek veya grup halinde krom yatağı ve krom cevheri zuhuru bilinmektedir. Coğrafi yönden krom yataklarının dağılımını 6 bölgede toplanmaktadır. Bunlar:

- 1- Guleman (Elazığ) yöresi
- 2- Fethiye-Köyceğiz-Denizli yöresi
- 3- Bursa-Kütahya-Eskişehir yöresi
- 4- Mersin-Karsantı-Pınarbaşı yöresi
- 5- Erzincan-Kopdağ yöresi
- 6- İskenderun-Kahramanmaraş yöresi

Bu altı bölgenin dışında da dağınık bazı krom yataklarının bulunduğu bilinmektedir. Eski döneme ait işletme kalıntılarında, işletmelerin kıyı şeridine yakın ve büyük mostraların olduğu yerlerde açık işletmeler şeklinde yapıldığı anlaşılmaktadır. Bu döneme ait krom aramacılığı, yüzeyde belirgin mostrası olan kromit oluşuklarına rastlama ve onları tanıma şeklinde tarif edilebilmektedir. 1970'li yıllara kadar krom arama çalışmalarına, işletilebilir boyutlarda krom mostrası bulma çabasına indirgenmiş bir aramacılık anlayışı hâkim

olmuştur. Zorlu arama sorunları her ne kadar krom yataklarında jeoloji kontrolünün olmadığı kanısını uyandırmışsa da, gerçekte krom aramacılığını yönlendirebilecek başlıca ipuçları jeoloji verileridir. Kromitit mercikleri, içinde buldukları peridotitlerin içyapı düzeni ile belirli bir ilişkiye sahiptirler; içyapının incelenmesiyle cevher merciklerinin konum ve duruşları aydınlatılabilmektedir. Krom yataklarının aranmasında peridotitlerin alt birimlere ayrılarak haritalanması, bu birimler arasındaki sınır ilişkileri, bileşimsel katmanlanma, yapraklanma, mineral çizgiselliği, faylanma, kıvrımlanma gibi yapısal unsurlar yardımıyla içyapının açıklığa kavuşturulması arama çalışmalarına sağlam ve gerekli bir temel oluşturmaktadır. Böylece mostra veren ya da yeraltında izlenmiş bulunan merciklerden hareketle, krom yatakları doğrultu ve eğim yönlerinde geliştirilebilmekte; mostrası olmayan gizli kromitit merciklerinin nerelerde olabileceği saptanabilmektedir. Sürdürülen yoğun madencilik çalışmaları sonucu Türkiye'de 1950'lerden sonra mostra madenciliği ile üretilebilecek yatak sayısı giderek azalmış, kolay bulunabilen yataklar bulunmuş ve işletilmişlerdir. Geçmişten bugüne kadar üretilen bu krom cevherlerinin büyük bölümünün bulunuş ve işletilişinin nispeten kolay yataklardan yapıldığı göz önüne alındığında, günümüzde sistemli arama çalışmaları olmaksızın yeni rezervler bulmanın ve yatağın jeolojisini iyi bilmeden, geçmişe kıyasla daha güç koşullar altında gerçekleştirilebilen işletme çalışmalarını sürdürebilmenin giderek güçleştiği bir aşamaya gelinmiştir (ÖİK, 2001). ABD Jeolojik Araştırması Kurumu'na (USGS) göre, Şekil 7'de belirtildiği üzere ülkemiz için toplam krom rezervi 26 milyon ton olarak belirtilmiştir. MTA Genel Müdürlüğü tarafından geçmiş yıllarda çok sayıda krom yatağında çalışmalar yapılmış ve rezerv miktarları ortaya konmuştur. Tablo 2'de MTA Genel Müdürlüğü'nün yapmış olduğu bazı çalışmalara ait krom tenör ve rezerv bilgileri verilmiştir.

Tablo 2. Krom Rezerv Bilgileri (MTA Genel Müdürlüğü'nce Belirlenen)

İli-İlçesi	Rezerv (ton)	Tenör (%Cr ₂ O ₃)	Açıklama
Adana-Aladağ	198.000.000	5,37	Aladağ ofiyolitlerinde çok sayıda krom yatak ve zuhurları bulunmaktadır.
Antakya	209.000	35-44	Etibank' a ait sahalar
Bayburt-Kopdağı Bölgesi	360.000	15-45	

İli-İlçesi	Rezerv (ton)	Tenör (%Cr ₂ O ₃)	Açıklama
Bursa-Orhaneli-Harmancık	2.750.000 300.000	10-40 40 ve üzeri	İl genelinde toplam 281 krom zuhur ve yatağı vardır. Belirtilen rezervlere ek olarak 5-6 milyon potansiyel rezervin varlığı bilinmektedir.
Denizli-Acıpayam-Tavas	260.000 4.000 5594 600.000 200.000	35-36 33 42 40-52 36-44	
Elazığ	500.000 7.000.000	35 ve üzeri 15-35	22 adet yatak ve zuhur grubu saptanmıştır. Geçmiş yıllarda çoğunda üretim yapılmıştır. Günümüzde Kapın ve Sori yataklarında işletme faaliyetleri sürdürülmektedir.
Erzincan	3,5-4 milyon	10-54	200 den fazla krom ocak, yarma ve mostrası vardır
Erzurum	300.000	20-52	
Eskişehir	4.070.000	22-44	İl genelinde 250 adet civarında krom yatak ve zuhuru mevcuttur. görünür+muhtemel+mümkün
Kayseri	56.435 (görünür) 1.012.475(muhtemel) 374.270(mümkün)		Genel Müdürlüğümüzün 1989 yılında yaptığı çalışmalarda 135 adet krom mostra, zuhur ve yatağı belirlenmiştir. 50 si ocak şeklinde dönüştürülmüş 85'i yarma olarak kalmıştır.
Konya-Çumra-Beyşehir	23.000	35-36	Görünür+muhtemel
Kütahya	128.000 (görünür)	20-54	Cevherleşmeler masif, bantlı ve saçılmış karakterdedir. İl genelinde 100 civarında krom zuhuru mevcuttur.
Malatya-Hekimhan	29.760 (görünür) 140.000 (muhtemel)	42	
Mersin	1,5-2 milyon (muhtemel+mümkün)	10-48	

İli-İlçesi	Rezerv (ton)	Tenör (%Cr ₂ O ₃)	Açıklama
Muğla	700.000 (görünür+muhtemel+mümkün)	35	Çok sayıda krom yatak ve zuhuru bulunmaktadır. Bunların hepsinde geçmiş yıllarda arama ve üretim yapılmıştır.
Sivas	2.800.000 (görünür+muhtemel) 1.220.000 (görünür+muhtemel) 13.500 (görünür+muhtemel) 235.000 (görünür+muhtemel) 68.000 (görünür+muhtemel) 100.000 (mümkün) 5.000 (görünür+muhtemel) 29.500 (görünür+muhtemel)	5-45 22-25 22-26 36-42 40-48 30-45 40-44 30	
Tokat	265.000 (mümkün)	20	30'a yakın krom, ocak yarma ve mostra tespit edilmiştir.
Tunceli	16.000 (muhtemel) 9.000 (mümkün) 2.500(görünür) 4.800(muhtemel)	43 43 42-54	Yataklardan geçmiş yıllarda üretim yapılmıştır.

Kaynak: Türkiye Yeraltı Kaynakları (İllere Göre) (MTA, 2009)

4. ÜRETİM DURUMU

4.1. Dünyada Üretim Miktarı

Krom, hem yüksek erime noktasına hem de korozyon direncine sahip sert, kırılğan gri bir metaldir. Bu özellikler onu paslanmaz çelik üretiminde önemli bir unsur haline getirir. Aslında, krom üreticileri üretimlerinin yaklaşık yüzde 60'ını çelik endüstrisine satmaktadırlar. Çelik endüstrisi, kromu dolaylı olarak tüketir, çünkü paslanmaz çelik üretimi, ağırlıkça yüzde 50 ila 70 krom içeren bir krom ve demir alaşımı olan ferrokrom gerektirir. Esasen krom, çelik hammaddesi olan ferrokrom üretmek için kullanılır. Çin, dünyanın en iyi krom tüketicisi ve aynı zamanda en büyük paslanmaz çelik üreticisidir. Ancak, ülkenin kendi krom üretimi yoktur. Çin'in krom ithalatı konusunda da sınırlı seçenekleri bulunmaktadır. ABD Jeolojik Araştırması Kurumu'nun (USGS) kromla ilgili en son raporunda 2021 yılında metali yalnızca beş ülkenin ürettiği belirtilmektedir. Güney Afrika, dünyanın kromit yataklarının büyük çoğunluğuna ev sahipliği yapmaktadır ve en büyük ferrokrom ve kromit cevheri üreticisidir. Birçok ülke krom ithalatı için Güney Afrika'ya bağımlıdır. 2020 yılının en çok krom üreten beş ülkesine kısaca genel olarak bakacak olursak, küresel krom üretimi 2021'de yıllık bazda artarak toplam 41 milyon tona ulaşmıştır.

Güney Afrika, 2021 yılında 18 milyon ton krom üretmiştir. Krom üretimi için çok fazla enerji gerektiğinden ve Güney Afrika'da elektrik güç kaynağının bazen kısıtlı olması nedeniyle krom üretiminde sorun teşkil etmesine rağmen, Covid 19 pandemisinin ardından pazarında toparlanmasıyla ülkenin üretimi, 2020 yılındaki 13,2 milyon tonun üzerine önemli ölçüde yükselme göstererek dünyanın geri kalan krom üreticilerini açık bir farkla geride bırakmıştır.

Kazakistan, 2021 yılında, 2020 üretimiyle tutarlı olan 7 milyon ton krom üretmiştir. Ülkedeki en büyük krom operasyonlarından biri, Yıldırım Grubu'na ait olan Vokshod maden ve tesisidir. Eurasian Resources Group (ERG) (Avrasya Kaynakları Grubu), Kazakistan'ın krom alanında da büyük bir varlığıdır. Şirketin ferroalyaj bölümü, sırasıyla dört işletme bölümünden oluşan Kazchrome'u içermektedir: Donskoy cevher madenciliği ve işleme tesisi, Aktobe ferroalyaj tesisi, Aksu ferroalyaj tesisi ve Kazmarganets maden işletmesi.

Türkiye, en çok krom üreten ülkelerden birisidir. Metal üretiminde 2019 yılındaki 10 milyon ton üretime kıyasla 2020 yılında 8 milyon tona düşmüş, 2021 yılında üretim daha da azalarak 7 milyon tona gerilemiştir. Yıldırım Grubu, 2004 yılında satın aldığı Eti Krom aracılığıyla Türk krom sektörünün önemli bir oyuncusudur. Eti Krom, dünyanın en büyük

sert parça pazarlanabilir krom cevheri üreticisi ve krom cevheri tedarikçisi olup aynı zamanda Türkiye'deki tek yüksek karbonlu ferrokrom üreticisidir.

Hindistan'ın krom üretimi, 2020 yılında 2,5 milyon tondan biraz daha artarak 2021 yılında 3 milyon tona ulaşmıştır. Hindistan krom alanı hakkında oldukça az bilgi mevcuttur. ABD Jeolojik Araştırması, krom için geçmişteki bir mineral emtia özetinde, krom ferroalyajlarının Andhra Pradesh, Chhattisgarh, Gujarat, Odisha ve Batı Bengal eyaletlerindeki tesislerde üretildiğini belirtmiştir. Hindistan'daki Tata Steel şirketi, Tata Tiscrome'u içeren bir ferroalyajlar ve mineraller bölümüne sahiptir.

Finlandiya ilk olarak 2018 yılında 2,2 milyon tonluk üretimle en çok krom üreten ülkeler listesine girmiştir. 2021 yılında İskandinav ülkesi 2,3 milyon ton krom üretmiştir. Finlandiya'nın ana krom üretim işletmesi, küresel paslanmaz çelik üreticisi Outokumpu'nun (FWB:OUTA) sahibi olduğu Kemi madenidir (Pistilli, 2022).

Tablo 3. Dünya Krom Üretimi (Bin ton)

ÜLKELER	2020	2021
Finlandiya	2.290	2.300
Hindistan	2.500	3.000
Kazakistan	7.000	7.000
Güney Afrika	13.200	18.000
Türkiye	8.000	7.000
Diğer Ülkeler	3.980	4.100
TOPLAM*	37.000	41.000

Kaynak: (USGS, 2022) * Rakamlar yuvarlatılmıştır.

4.2. Türkiye'de Üretim Miktarı

Türkiye'de 1848 yılında Bursa Harmancık bölgesinde Jeolog Lavrence Smith tarafından bulunan kromit yatakları 1850 yılından itibaren işletilmeye başlanmıştır. Dünya krom literatürüne geçmiş bu yataktan uzun yıllar yüksek dereceli metalürjik özellikte krom üretimi gerçekleştirilmiştir. ABD'de yer alan Maryland kromit yataklarının üretime bağlı olarak rezervlerinin sonlanması ile birlikte Türkiye'de yer alan bu yataklar büyük önem kazanmıştır. 1906 yılında Güney Afrika Cumhuriyeti ile Hindistan'daki kromit yataklarındaki üretim faaliyetlerine başlanması neticesinde, bu iki ülkede dünya krom pazarında etkin rol oynamaya başlamışlardır. 6 milyon ton tüvenan cevherden tahminen 1,8

milyon ton satılabilir (parça + konsantre) cevher elde edilmektedir. Türkiye dünya krom madenciliğinde %6'lık paya ve 26 milyon ton krom rezervine sahiptir. 2017 yılında Türkiye kromit ihracatında %10,6'lık pay ile dünyada ikinci sırada yer almıştır. En önemli krom rezervleri Elazığ'ın Guleman ilçesi, Erzincan'ın Kopdağ ilçesi, Muğla'nın Köyceğiz ve Fethiye ilçeleri, Muğla, Eskişehir ve Adana'nın Pozantı ilçesi, Harmancık, Bursa'nın Orhaneli ilçesi ve Kayseri'nin Pınarbaşı ilçesinde bulunmaktadır. Ferrokrom, üretim ve ihracatta en önemli üründür. Türkiye krom üretiminin büyük bir kısmı ferrokrom endüstrisi tarafından kullanılmaktadır. Ülkemizin yüksek karbonlu (155.000 ton) ve düşük karbonlu ferrokrom (36.000 ton) toplam üretim kapasitesi yaklaşık 190.000 ton/yıl civarındadır (ÖİK, Madencilik Politikaları Özel İhtisas Komisyon Raporu, 2018). MAPEG (Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü) tarafından belirtilen ülkemizdeki yıllara göre tüvenan krom üretimi Tablo 4'deki gibidir.

Tablo 4. Yıllara Göre Krom Üretim Miktarımız

Yıllar	2021	2020	2019	2018	2017	2016
Krom (tüvenan ton)	6.960.682,89	6.164.598,10	8.666.114	10.757.199	7.849.500	6.066.022

Kaynak: MAPEG

Ülkemizde, Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü verilerine göre ruhsat hukuku yürüyen Kasım 2022 tarihi itibarıyla toplamda 603 adet krom işletme ruhsatı bulunmaktadır. Bununla birlikte 2021 yılında üretim yapmış olan 130 adet krom işletme ruhsatı mevcuttur. Krom işletme ruhsatlarının bulunduğu iller arasında Denizli, Adana, Bursa, Burdur, Muğla, Elazığ, Kayseri ve Sivas ilk sıralarda yer almaktadır.

4.3. Dünyada Üretim Yapan Şirketler

Güney Afrika, dünyanın kromit yataklarının büyük çoğunluğuna ev sahipliği yapmaktadır ve en büyük ferrokrom ve kromit cevheri üreticisidir. Birçok ülke krom ithalatı için Güney Afrika'ya bağımlıdır. Krom üretimi yüksek olan Kazakistan'daki önemli krom üretim alanı Yıldırım Grubu'na ait Vokshod maden ve tesisidir. Ayrıca Avrasya Kaynakları Grubu, Kazakistan'ın krom alanında da büyük bir varlık göstermektedir. Yıldırım Grubu, 2004 yılında satın aldığı Eti Krom ile Türkiye krom sektörünün de önemli bir üreticisidir. Hindistan'da Tata Steel (NSE:TATASTEEL,BSE:500470) Tata Tiscrome'u içeren bir ferroalyajlar ve mineraller bölümüne sahiptir. Finlandiya'nın en büyük krom üretim

işletmesi, küresel paslanmaz çelik üreticisi Outokumpu'nun (FWB:OUTA) sahibi olduğu Kemi madenidir (Pistilli M. , 2022).

Güney Afrika, dünyanın toplam krom rezervlerinin yaklaşık %70'ine sahiptir. Bunun çoğu, dünyanın ferrokromunun %75'ini üreten Steelpoort Vadisi'ndeki Bushveld Igneous Complex cevherlerinden gelmektedir. Bu yataklar bir dizi yerel ve uluslararası krom madenciliği şirketi tarafından çıkarılmaktadır.

Güney Afrika'da krom üreten bazı şirketler aşağıda belirtilmiştir.

- ✓ Afarak Grup Oyj
- ✓ Anglo American Platinum Ltd.
- ✓ Assore Ltd.
- ✓ Bauba Kaynakları Ltd.
- ✓ Doğu Platin Ltd.
- ✓ Glencore Operasyonları Güney Afrika (Pty) Ltd
- ✓ Impala Platin Holdings Ltd.
- ✓ Jubilee Metals Group PLC
- ✓ Lanxess Krom Madenciliği (Pty) Ltd
- ✓ Northam Platinum Ltd.
- ✓ Samancor Krom Ltd.
- ✓ Sibanye Altın Ltd.
- ✓ Tharisa PLC
- ✓ Thutse Madencilik (Pty) Ltd.

Güney Afrika'nın madencilik sektörü, bir takım zorluklara rağmen 2019 yılındaki kârlılığa geri dönmüştür ve ülkede son 15 yılda gerçek üretim artışı gösteren emtia manganez, demir cevheri ve krom cevheri olmuştur. ABD Jeolojik Araştırmasına göre, Güney Afrika dünyanın en büyük manganez ve platin grubu metal (PGM) rezervlerine sahiptir. Güney Afrika'nın krom madenciliği projelerinden bazıları şunlardır:

Limpopo'da Moeijelik Kromit Madencilik Kompleksi: Bauba Platinum şirketi çalışmaktadır. Bushveld Kompleksi'nin doğu uzvunda yer almaktadır ve 2019 yılındaki sermaye değeri: 24 500 000 Güney Afrika Randıdır.

Rustenburg'daki Ruighoek Krom Madeni: Minerals Technologies şirketi çalışmaktadır. Bushveld Kompleksi'nin batı uzvunda yer almaktadır ve 2019 yılındaki sermaye değeri: 45.686.599.680 Güney Afrika Randıdır.

Limpopo'daki Mecklenburg Madeni: Bushveld Kompleksi'nin doğu uzvunda yer almaktadır. Açık ve yeraltı madencilikinin karışımıdır. Siliko-manganez üretiminden ferrokroma etkin bir şekilde iki fırın dönüştürülmüştür (projectsiq.co.za) (globenewswire.com).

Glencore-Merafe; krom cevheri ve ferrokrom üretim ve pazarlaması yapan şirket Güney Afrika'da yedi krom madeni ve beş ferrokrom tesisi işletmektedir. Glencore-Merafe Krom Girişimi'nde %79.5 hissesi bulunan şirket, Bushveld Igneous Complex'in doğu uzvunda yer alan Helena, Magareng ve Thorncliffe krom madenleri, Bushveld Igneous Complex'in batı ucunda Rustenburg yakınlarında bulunan Waterval ve Kroondal krom madenleri, Rietvly silika madeni ve Rustenburg yakınlarında bulunan bir açık ocak işletmelerine sahiptir. Ayrıca değişken teknolojiye sahip bir dizi ferrokrom izabe tesisine sahiptir. Bunlar; Outokumpu teknolojisini kullanan Rustenburg yakınlarındaki Boshhoek, Wonderkop ve Rustenburg izabe tesisleri ve premus teknolojisini kullanan sırasıyla Steelpoort ve Lydenburg yakınlarındaki Lion ve Lydenburg izabe tesisleridir. Şirket 2021 yılında kendi varlıkları ile 1.468 (bin ton) ferrokrom ürettiğini belirtmektedir. (glencore.com).

Samancor Chrome; dünyanın ekonomik olarak çıkarılabilir krom cevheri rezervlerinin büyük bir kısmı, Güney Afrika'nın kuzey ve kuzeydoğu eyaletlerinde daire şeklindeki bir yatak olan Bushveld Igneous Complex'te (BIC) bulunmaktadır. Krom cevheri kompleksin doğu ve batı kenarları boyunca çıkarılmaktadır. Doğu kuşağındaki Samancor Krom madenleri, Doornbosch, Lannex, Tweefontein ve Steelpoort'u (Winterveld) kapsamaktadır ancak bunlarla sınırlı değildir. Steelpoort bölgesinde (Mpumalanga'daki Lydenburg'dan yaklaşık 200 kilometre uzaklıkta) 100 kilometrelik bir mesafeye yayılmıştır. Doğu Krom Madenleri'ndeki toplam kapasite, yılda 2 milyon ton maden cevheri akışının üzerindedir. Gerçek üretim piyasa taleplerine göre değişmektedir. Samancor Chrome'un madenleri arasında, Batı krom Madenlerinden Millsell ve Mooiooi de bulunmaktadır. Kuzey Batı Eyaletindeki Rustenburg ve Brits arasında 50 kilometrelik bir mesafeye yayılmaktadır. Samancor Chrome, tam entegre alaişım tesislerine sahip olup bu tesisler, Ferrometaller FMT, Tubatse Ferrokrom TFC, Tubatse Alaişım TAŞ ve TC İzabe tesisleridir. Bu tesislerde üretilen alaişımlar, dünya çapındaki paslanmaz çelik ve özel çelik üreticilerine ihraç edilmek üzere demiryolu ile Durban ve Richards Bay limanlarına taşınmaktadır. Middelburg Ferrokrom ise, Samancor Chrome'un krom alaişım endüstrisinde teknolojik olarak ön planda kalmasını ve maliyet açısından rekabetçi bir alaişım üreticisi olmaya devam etmesini sağlayan bir krom doğrudan indirgeme tesisinden oluşur (samancorcr.com).

Ferro Alloys Corporation Limited (FACOR); Hindistan'daki en eski ve en tanınmış yüksek karbonlu ferro krom/şarj krom üreticisidir. Yüksek karbonlu ferrokrom izabe tesisi, Bhadrak, Odisha'da yıllık 80.000 mt işletme kapasitesine sahip olup ayrıca Odisha'nın Jajpur ve Dhenkanal ilçelerinde krom cevheri madenciliği için yıllık 250 KTPA¹ kapasiteli bir maden kompleksi kurmuştur (facorgroup.in).

Yaygın olarak FAMD olarak bilinen Ferro Alaşımlar ve Mineraller Bölümü, Tata Steel'in en büyük çelik dışı iş birimidir. Tata Steel, Ferro Alaşımlar ve Mineraller Bölümü çatısı altında üç marka sunmaktadır: Tata Tiscrome, Tata Silcomag ve Tata Ferromag. Hindistan'ın maden bakımından zengin Odisha eyaletindeki krom ve manganez cevheri rezervleri ile FAMD, Ferro alaşımlarının madenciliği, zenginleştirilmesi, üretimi ve satışı ile başlayan entegre bir değer zinciri kurmuştur. Aynı zamanda Hindistan'ın önde gelen manganez alaşımı üreticisidir ve dolomit ve piroksenitin lider tedarikçisidir (tatasteel.com).

IMFA (Indian Metals & Ferro Alloys Limited); Hindistan'ın Odisha eyaletinde kurulmuş olan krom madeni işletmecisi ve ferrokrom üreticisidir (imfa.in).

Outokumpu Chrome Oy; Finlandiya'da bulunan Outokumpu kendi krom madenine sahip dünyanın önde gelen paslanmaz çelik üreticileri arasındadır. Kemi Madeni'nde, tüm madencilik faaliyetleri yeraltında gerçekleştirilir. Kemi maden üretimi 2003 yılında yeraltına taşınmış olup madenin açık ocağındaki rezerv 2005 yılında tükenmiştir. Toplam cevher rezervi 50 milyon tondur ve üretilen cevher işlenmek üzere Tornio Ferrochrome Works'e nakledilir (outokumpu.com).

Eurasian Resources Group (ERG); %40'ı Kazakistan hükümetine ait olan çeşitlendirilmiş doğal kaynaklar grubudur ve 15 ülkede üretim varlıkları ve geliştirme projeleri portföyüne sahiptir. Avrasya Kaynakları Grubu, tam entegre madencilik, işleme, enerji üretimi, lojistik ve pazarlama operasyonları ile dünyanın önde gelen madencilik ve izabe gruplarından biri haline gelmiştir.

Avrasya Kaynakları Grubu (ERG), Kazakistan Cumhuriyeti'nde ekonomik büyüme ve sosyal kalkınmanın temel direğidir. Ülkedeki faaliyetleri, metal ve madencilik endüstrisinin üçte birinden fazlasını temsil etmektedir.

Grubun Kazakistan'daki önemli varlıkları arasında; TNC Kazchrome, Sokolov-Sarbai Madencilik Üretim Birliği (SSGPO), Kazakistan Alüminyum, Kazakistan Aluminium Smelter (KAS), Avrasya Enerji Şirketi (EEC), Shubarkol Komir ve Transport Group

¹ KTPA; kilo tons per annum (yıllık kilo ton)
1 kilo ton:1000 ton

TransCom LLP bulunmaktadır. TNC Kazchrome, jeolojik keşif, madencilik ve maden işlemeden katma değeri yüksek metal ürünlerin üretimine kadar değer zincirinin tüm aşamalarını kapsayan tam entegre bir madencilik ve metal işi yapmaktadır. Kazchrome, dünyanın en büyük yüksek karbonlu ferrokrom üreticisidir. 2018 yılında Aktobe bölgesinden 5,6 milyon ton cevher çıkarılmıştır. Donskoy Madencilik ve İşleme Tesisi, Aksu Ferroalaşım Tesisi, Aktobe Ferroalyaj Tesisi, Kazmarganets Maden İşletmesi şeklinde dört çalışma şirketlerinden oluşur (eurasianresources.lu).

4.4. Türkiye’de Üretim Yapan Şirketler

Ülkemizde 2021 yılında en fazla krom üretimi yapan şirketler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 5. Ülkemizde En Fazla Krom Üretimi Yapan Şirketler (2021)

ŞİRKETLER	ÜRETİM İKTARI (TON)
AKSU MADENCİLİK SANAYİ VE TİCARET A.Ş.	2.056.621
EGE PETROL TÜRK A.Ş.	931.033
ETİ KROM A.Ş.	812.059
AKMETAL MADENCİLİK SANAYİ VE TİCARET A. Ş.	689.737
MANOLYA MADENCİLİK A. Ş.	626.380
DEDEMAN MADENCİLİK SANAYİ VE TİC. A. Ş.	471.000
PINAR MADENCİLİK VE TURİZM A.Ş.	440.709
KOYUNOĞLU MADENCİLİK TİCARET VE SANAYİ A.Ş.	379.818
ÇELTİK TİCARET MADENCİLİK VE SAN. LTD. ŞTİ.	290.789
GLOBAL MADENCİLİK TURİZM SANAYİ VE TİCARET A.Ş.	255.728
TÜRK MAADİN ŞİRKETİ A. Ş.	234.604

Kaynak: MAPEG

Ülkemizde en çok krom üretimi yapan şirketlerin başında gelen Aksu Madencilik San. ve Elek. Üretim Tic. A. Ş., Aksu Group bünyesindeki ana şirketlerden birisidir. 1974 yılından itibaren demir cevheri üretimi ile madencilik faaliyetlerine başlamış olan şirket ülkenin çeşitli il ve ilçelerinde üretimini sürdürmektedir. Şirketin 9 adet işletme ruhsatlı sahasının mevcut olduğu ve krom konsantresi için yıllık üretim kapasitesinin 100.000 ton olduğu belirtilmektedir (aksugroup.com).

Ege Petrol Türk A. Ş., Bursa ili Orhaneli ilçesinde 2 adet işletme ruhsatlı sahadan krom üretimi yapmaktadır.

Eti Krom A. Ş., dünyanın en büyük sert parça krom cevheri üreticisidir. Eti Krom A.Ş., 1936 yılında Elazığ'da kamu iktisadi teşekkülü olarak kurulmuştur. 1976 yılından bu yana Eti Krom, Türkiye'nin tek yüksek karbonlu ferrokrom üreticisidir. 2004 yılında özelleştirme kapsamında Yıldırım Holding bünyesine katılan şirket, yüksek kaliteli yüksek karbonlu ferrokromun artan talebini karşılamak için 4 ark fırını modernize ederek üretim kapasitesini arttırmıştır. Eti Krom, sert kışlarda dahi kesintisiz krom cevheri çıkarabilen tek tedarikçidir. Türkiye genelinde 130 milyon tondan fazla maden rezervi ve 23 maden ruhsatlı sahasında faaliyetlerini sürdüren Eti Krom, "Ara Katlı Kazı ve Dolgu" ve tam mekanize yöntemi ile yıllık üretim kapasitesini 1 milyon tona ulaştırmıştır. Şirket metalürjik (sert parça ve konsantre) ve refrakter (sert parça ve ufalanabilir) cevher türleri üretebilmektedir. Eti Krom, Türkiye'nin çeşitli yerlerinde çıkarılan yüksek kaliteli krom cevherini sert parça ve konsantre halde ihraç etmektedir. Eti Krom'un tam entegre ferrokrom tesisi, kendi madenlerinden çıkarılan krom cevherini kullanarak, "Sıfır Atık" felsefesi doğrultusunda 10.000 ton cüruf geri kazanımı ile birlikte her yıl 160.000 ton yüksek kaliteli yüksek karbonlu ferrokrom üretmektedir.

Eti Krom A. Ş. Yılmaden Holding bünyesinde bir şirket olup, Yılmaden şu anda Türkiye, İsveç, Kazakistan, Rusya, A.B.D, Kolombiya ve Özbekistan'ın yer aldığı 7 ülkede faaliyet gösteren 10 şirketten oluşmaktadır. Bu şirketler topluluğu, Yılmaden'i global krom endüstrisinde 4. en büyük oyuncu yapmakla birlikte 4 farklı ülkede krom cevheri ve yüksek kaliteli yüksek karbonlu ferrokrom üretimi gerçekleştiren tek tedarikçi haline getirmektedir.

Yılmaden'in bünyesinde yer alan şirketler;

Eti Krom A.Ş.: 1936'da kurulan ve 2004'te özelleştirme kapsamında Yıldırım Holding çatısı altına giren şirket, Türkiye'nin en büyük krom madeni ve ferrokrom üretim tesisidir.

Vargön Alloys: İsveç'te faaliyetlerini sürdüren ve 100 yıllık tecrübeye sahip olan, Avrupa'nın en eski ve en büyük ferrokrom üretim tesisidir.

Tikhvin Ferroalloy: Rusya'nın en modern ferrokrom üretim tesislerinden biri olan Tikhvin, Rusya'nın ferrokrom ihtiyacının %30 oranında karşılamaktadır.

Voskhod Chrome: Dünyanın en kaliteli krom cevherine sahip olan ve Kazakistan'ın Kromtau şehrinde bulunan modern maden tesisidir.

Bear Metallurgical Company: ABD'nin Pensilyanya eyaletinde faaliyet gösteren ferromolibden ve ferrovanadyum üretim tesisidir.

Best Coal Company: Yüksek ısı değeri, düşük sülfür ve kül oranı ile dünyanın en temiz kömür rezervlerine sahip, Kolombiya'da faaliyet gösteren madencilik şirkettir.

Qazaq Soda: Kazakistan'da bulunan soda külü üretim fabrikası projesidir.

Yulkrom ve DTK Metals: Türkiye ve Kazakistan'da kurulu maden arama ve kaynak geliştirme şirketleridir (yilmaden.com).

Akmetal Madencilik Sanayi ve Ticaret A. Ş., 1973 yılında kurulmuştur ve bugüne değin faaliyetini başarıyla sürdürmeye devam etmektedir. Açık işletme yöntemi ile son yıllarda 50.000 ton/yıl yüksek tenörlü (% 42-52 Cr₂O₃) tüvenan krom üretim kapasitesine ulaşmış olan işletmelerde, düşük tenörlü krom cevherinin zenginleştirilerek ekonomiye kazandırılmasını sağlayan konsantratör, jig ve triyaj tesisleri ile 186.000 ton/yıl konsantre üretim kapasitesine ulaşmıştır. 3 ayrı bölgede faaliyet gösteren 4 büyük tesisi, 11 adet işletme ve 4 adet arama ruhsatlı olmak üzere 15.000 hektarlık arazide madencilik faaliyetlerini sürdüren Akmetal Madencilik bugün sektörün en büyük yerli üreticilerinden birisi konumuna gelmiştir (akmetalmadencilik.com).

4.5. Uluslararası Birlikler (Kuruluşlar)

Ülkemizde, Krom Üreticileri Derneği (KROMDER), merkezi Ankara olmak üzere, 17.06.2022 tarihinde kurulmuştur.

AKSU Madencilik Sanayi ve Elektrik Üretim Ticaret A.Ş., (Bülent AKSU), AKMETAL Madencilik Sanayi Ve Ticaret A.Ş. (Yağız ERKAL), BİLFER Madencilik ve Turizm A.Ş. (Mehmet ÖZYURT), ÇEVKUR Çinko Kurşun Madencilik Nakliye Turizm Dış Ticaret Ltd. Şti. (Mustafa Selçuk ÇEVİK), DEDEMAN Madencilik Sanayi Ve Ticaret A.Ş. (Rıfat Şükrü DEDEMAN), ETİ KROM A.Ş. (Yüksel YILDIRIM), TÜRK MAADİN Şirketi A.Ş. (Güldal Şeyda ÇAĞLAYAN) Kromder'in kurucu üyeleridir.

“Türkiye genelinde yer altı ve yerüstü fiili olarak krom cevheri üretimi yapan ve ticaretini/ihracatını yapan tüzel ve gerçek kişileri bir araya getirmek, krom üretimi, kullanımı ve ihracatındaki zorluklara birlikte göğüs germek, ülke krom madenciliğini geliştirmek, işçi sağlığı ve iş güvenliği konusunda gerekli önlemlerin ve ortak çözümlerin alınması sağlamak, yurtiçi ve yurtdışı toplantı, seminer, sempozyum ve fuar düzenlemek ve düzenlenen etkinliklerine katılmak ve konusunda ar-ge faaliyetleri yapmak, yeni teknolojiler konusunda araştırma yapmak, üyelerini bilgilendirmek, kamu ile olan ilişkilerde, sektörü temsil etmek,

yürürlükteki mevzuat doğrultusunda sektörel Sivil Toplum Kuruluşu olarak üzerine düşen görevi yerine getirmek” amacını taşımaktadır (kromder.org).

International Chromium Development Association (ICDA), 1984 yılında kurulan, Paris'te (Fransa) ve Pekin'de (Çin) bulunan ve kalıcı bir ekipten oluşan, kromun değerini ve sürdürülebilirliğini destekleyen, iletişim, forumlar ve ar-ge projeleri aracılığıyla krom endüstrisini dünya çapında temsil eden kar amacı gütmeyen bir dernektir.

1984 yılında, Güney Afrika, Hindistan, Filipinler, İspanya, İsveç ve Yunanistan'daki krom endüstrisinden sekiz şirket, krom kullanımlarını teşvik edebilen, mevcut uygulamaları koruyan ve yenilerini teşvik eden bağımsız bir organizasyona sahip olmak için en iyi uygulamalar, sağlık güvenliği, çevre, etik ve aynı zamanda bir endüstri olarak işbirliğine ihtiyaç olduğuna karar vermişlerdir.

Sonrasında krom endüstrisinin bu genel ilgi alanlarında birlikte çalışabilecek ve katı kurallarıyla düzenlenmiş bir foruma ihtiyaç olduğu düşünülerek ICDA kurulmuştur. Dernek, üyelerinin bağlılığı sayesinde büyüyerek şu anda krom endüstrisi için bağımsız pazar araştırması, sağlık güvenliği ve çevre çalışmaları ile kromun yararları ve kullanımlarıyla ilgili eğitim araçları sağlayan bir referans olmaktadır. Coğrafi bölgeleri ve krom endüstrisi sektörlerini temsil eden maksimum 20 sandalyeli bir konsey ve üye şirketlerden, gönüllülerden oluşan yedi daimi komite, endüstrinin karşılaşılabileceği zorluklar hakkında uzmanlık ve bilgi sunmaktadır. Komiteler, ICDA ve krom endüstrisi için kritik olan alanları kapsamaktadır ve ICDA stratejisini yönlendirerek hizmet teklifi geliştirme ve proje takibine katılımı sağlamaktadır. ICDA yönetimi, derneğin kuruluş stratejisinin, üyelerin ve krom endüstrisinin yararına uygulanmasının denetlenmesinde kilit bir rol oynamaktadır (icdacr.com).

5. ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Krom birçok mineralde bulunmasına rağmen, ticari olarak kullanılan tek cevheri kromittir. Bu spinel minerali ideal olarak $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ kimyasal bileşimi ile demir oksit ve krom oksitten oluşur. Ancak genellikle doğada FeO ve alümina (Al_2O_3) yerine magnezyum (MgO) veya Cr_2O_3 yerine demir oksit (Fe_2O_3) ile bulunur. Silika (SiO_2) gibi diğer mineraller de mevcuttur. 21. yüzyılın başlarında, Güney Afrika, Hindistan, Kazakistan ve Türkiye dünyanın önde gelen kromit üreticileri haline gelmiştir. Kromit rezervlerinin büyük bir kısmı stratiform sokulumlarda (geniş bir alanı kaplayan ince, eşit katmanlar) bulunur, ancak podiform yataklanmalar (değişen boyutlarda dağınık bakla şekilli oluşumlar) da önemlidir.

5.1. Madencilik ve Zenginleştirme

Kromit yatakları hem yeraltı hem de açık işletme teknikleri ile çıkarılmaktadır. Cevherin çoğu, doğrudan kullanılabilir kadar zengindir. Krom cevheri, ocak çıkışında çoğu halde elle ayıklama, eleme, yıkama yoluyla silikat minerallerinin (gang) cevherin bünyesinden ayıklanması sonucu zenginleştirilebilmektedir. Daha iler aşamada jigler, spiraller sallantılı masalar yöntemleri ile düşük tenörlü cevherin bünyesindeki silikat mineralleri temizlenerek kromit mineralinin zenginleşmesi sağlanmaktadır; diğer bir ifade ile konsantre kromit elde edilir. Ferrokrom üretimi için, %46'dan fazla Cr_2O_3 içeren ve 2:1'den büyük bir krom-demir oranına sahip zengin cevher tercih edilir ancak yüzde 40 kadar Cr_2O_3 içeren daha düşük orana sahip cevherler de kullanılır. Alümina içeriği yüksek cevherler, refrakter tuğla üretiminde kullanılır. İnce öğütülmüş cevherleri tam ergitmeden aglomere etmek (yığınlaştırmak) için özellikle büyük kapasiteli tesislerde bulunan fırınlarda bir dizi işlem kullanılır. İnce taneler, elektrik ark ocağına yüklenmeden önce ergitici (flux) ve kok (temel karbon kaynağı) ile karıştırılabilir ve daha sonra ön ısıtma veya ön indirgeme yapılabilir.

5.2. Ekstraksiyon ve Arıtma

Karbon ve Cr_2O_3 3:1 molar oranda birleştirilir ve artan sıcaklığa maruz bırakılırsa oksidasyon-indirgenme reaksiyonları ile önce krom karbürler ve son olarak $2.080\text{ }^\circ\text{C}$ 'de ($3.775\text{ }^\circ\text{F}$), saf krom ve karbonmonoksit meydana gelmektedir. Bu, 1 atmosfer veya yaklaşık 100 kilopaskal basınçta gerçekleşir ancak basıncın düşürülmesi tüm reaksiyon sıcaklıklarını düşürecektir.

Bu teorik reaksiyon, ticari uygulamalardaki reaksiyon sıcaklıklarını değiştirebilen ve istenmeyen reaksiyonlara sebep olabilen metal ve cüruftaki safsızlıkların varlığını hesaba katmaz, bu nedenle çok düşük karbon içeriğine sahip (%0,1'den az) bir ferrokrom ilke olarak tek bir ergitme aşamasında üretilebilirken, uygulamada magnezyum, alümina ve silika

varlığı ve silika türü bir ergitici (flux) kullanımını cürufun erime noktasını düşürdüğünden dolayı tüm karbon uzaklaştırılmaz. Pratikte, birincil ürün genellikle yüksek karbonlu bir ferrokromdur ve daha sonraki rafinasyon işlemleriyle düşük karbonlu bir ürün elde edilebilir. Saf krom isteniyorsa, demir cevherden uzaklaştırılır veya bir ara ferrokrom ürününden aşağıdaki hidrometalurjik yöntemlerle üretim yapılması gerekmektedir.

5.2.1. Yüksek karbonlu ferrokrom

Bir elektrikli fırında kokla ergitilen çoğu cevherden karbonla doymuş metaller üretilir. Ferrokrom için doyma noktası yaklaşık %9 olup; gerçek karbon içeriği cevherin durumuna ve cürufun bileşimine göre değişmektedir. Örneğin, parça, refrakter bir cevher ve yaklaşık olarak eşit miktarlarda magnezyum, alümina ve silis içeren bir cüruf ile yüzde 4 ila 6 karbon ve yüzde 1,5'ten daha az silis içeren bir ferrokrom üretilir. Bu, viskoz bir cüruf tarafından yüksek sıcaklıklarda üretilen, yavaş reaksiyona giren parça cevherin ve muhtemelen erimiş metalin cüruftaki çözünmemiş cevher tarafından rafine edilmesinin bir sonucudur. Öğütülmüş cevher kullanılarak indirgeme reaksiyonunun hızı arttırıldığında veya ergimiş malzemeye kireç ilave edilerek cürufun daha az viskoz hale getirilmesi durumunda, ferrokromun karbon seviyesi doygunluğa yaklaşır. Daha fazla silis eklenmesiyle, yüksek silis içeriğine sahip karbonla doymuş bir alaşım olan ve ferrokrom olarak adlandırılan malzeme üretilir. %52-54 krom, %6-7 karbon ve % 2-4 silis içeren bazı Güney Afrika cevherlerinden ferrokrom üretilirken; daha yüksek krom-demir oranına sahip Zimbabve cevherleri, %63-67 krom, %5-7 karbon ve %3-6 silisten oluşan bir ürün verir.

Yüksek karbonlu veya ferrokrom şarjıyla ergitme işlemi sırasında cüruf ve metal fırından bir potaya alınır ve süzme veya sıyırma yoluyla ayrılır. Cevherden krom kazanımı değişiklik göstermekle birlikte iyi bir işlemde erimiş malzemedan yüzde 90 metal elde edilir; cürufta kalan yüzde 10'luk metalik formda olan bir kısmı ise cevher zenginleştirme teknikleri ile geri kazanılabilir. Ferrokrom şarjı ile ergitme işleminde, üretilen ton alaşım başına 4.000 kilovat-saat elektrik gücü tüketilirken, yüksek karbonlu ferrokrom için ton başına 4.600 kilovat-saat elektrik gücü tüketilir.

5.2.2. Ferrokrom silikon

Ağırlığı cevherin ağırlığına eşit olana kadar şarja silika eklenirse, ergitme işlemleri sonucunda ferrokrom silikon olarak bilinen malzeme elde edilecektir. %38-42 silikon ve %0,1'den daha az karbon içeren bu alaşım, paslanmaz çelik üretiminde oksijen giderici olarak ve düşük karbonlu ferrokrom üretiminde ara malzeme olarak kullanılmaktadır.

Silikayı silisyuma indirgemek için gereken daha fazla enerji nedeniyle, ferrokrom silisyumun ergitilmesi işleminde bir ton ürün başına 7.600 kilovat saat elektrik gücü tüketilir.

5.2.3. Düşük karbonlu ferrokrom

Kromit ve kireç, açık bir elektrik ark ocağında ergitilip daha sonra ferrokrom silikon ile temas ettirildiğinde, düşük karbonlu (%0.05) bir ferrokrom elde edilebilir. Alternatif bir işlemde, yüksek karbonlu ferrokrom oksitlenir ve daha sonra yüksek karbonlu ferrokrom ilave edilerek karıştırılır. Briketlenmiş karışım, 30 paskal basınca ayarlanmış grafit rezistanslarla 1400 °C'ye (2,550 °F) ısıtılan büyük bir vakumlu fırına yerleştirilir. Karbon, alaşımdan (karbon monoksit olarak ayrılarak) %0.01 kadar düşük bir seviyede kalacak şekilde uzaklaştırılır.



Şekil 10. Elektrik Ark Fırını ve Ferrokrom Üretimi

Görselin kaynağı: (mühendisalemi.com)

5.3. Krom Metali

Saf krom, ya Cr_2O_3 'ün alüminyum ile termal olarak indirgenmesi ya da üç değerlikli krom çözeltilerinin elektrolizi ile üretilir.

Alüminotermik süreç, ince öğütülmüş cevher, soda ve kirecin oksijen ortamında $1100^{\circ}C$ 'de ($2.000^{\circ}F$) kavrulmasıyla başlar. Bu, çözünmeyen gangin liç edilmesi ve daha sonra indirgenen ve Cr_2O_3 olarak çöktelen sodyum kromat içeren bir kalsinasyon ürünü oluşturur. Cr_2O_3 , ince öğütülmüş alüminyum tozu ile karıştırılır, refrakter bir besleyiciyle fırına yüklenir. Yanma, hızlı bir şekilde $2.000^{\circ}C$ 'yi ($3.600^{\circ}F$) aşan sıcaklıklar oluşturarak, kromun cüruftan temiz bir şekilde ayrılmasını sağlar. %97 ila %99 arasında değişen krom metalinin saflığı, başlangıç malzemelerine bağlıdır.

Elektrolitik proseste, öğütülmüş yüksek karbonlu ferrokrom, indirgenmiş anolit (ergitme hücresinin anot tarafından geri dönüştürülen elektrolitik çözelti) karışımı, daha sonraki bir aşamadan geri dönüştürülen bir amonyum sülfat çözeltisi esaslı bir krom alum ana sıvısı karışımı ve sülfürik asit liç edilir. Elde edilen bulamaç soğutulur, silika ve diğer çözülmemiş katılar çözeltiden süzülür. Demir formundaki ham demirli amonyum sülfat kristalleri de süzülerek uzaklaştırılır. Ana çözelti daha sonra bir filtre pres makinasında katı-sıvı ayırımına tabi tutularak kromun yaklaşık yüzde 80'i amonyum krom alum olarak sıyrılır. Sıvı çözeltideki krom alum kristalleri sıcak suda çözülür ve elektrolitik hücrenin katot kısmına beslenerek liç devresine geri gönderilir. Anotta oluşan kromik ve sülfürik asitlerin katolitle (katot elektroliti) karışmasını önlemek için hücre bir diyafram ile bölünür. Bir kurşun anottan ince bir paslanmaz çelik katot levhaya elektrik akımının geçişi ile krom katot üzerine kaplanır ve her 72 saatte bir levhadan sıyrılır, su ve hidrojeni uzaklaştırmak için kapalı paslanmaz çelik kaplarda $420^{\circ}C$ 'ye ($790^{\circ}F$) ısıtılır. Bu elektrolitik krom, bazı uygulamalar için çok yüksek olan %0,5 oksijen içerir; onu karbonla birleştirmek ve briketleri 13 paskalda $1400^{\circ}C$ 'ye ($2.550^{\circ}F$) ısıtmak oksijen içeriğini %0,02'ye düşürür ve sonuçta %99,9'dan fazla saf bir metal elde edilir.

5.4. Metal ve Alaşımları

Açık farkla kromun en büyük kullanımı, çelik üretiminde bir ferrokrom alaşımlama maddesi olarak kullanılmasıdır. Saf krom, demir dışı alaşımlara eklenir ve ayrıca diğer metaller için korozyona dayanıklı bir yüzey kaplaması olarak uygulanır.

5.4.1. Krom kaplama

Krom yüzeyler, diğer metaller üzerinde elektrokaplama ve kromlama ile üretilir. Dekoratif ve sert olarak adlandırılan iki tür galvanik kaplama vardır.

Dekoratif levhanın kalınlığı 0.000254 ile 0.000508 milimetre (0.00001 ve 0.00002 inç) arasında değişir ve genellikle nikel üzerine kaplanır. Aşınma direnci ve düşük sürtünme katsayısı nedeniyle “sert” kaplama kullanılır. Bu kaplama türleri için kromik asit (CrO_3) çözeltileri kullanılır.

Krom kaplamanın bir yönteminde, krom buhar halinde yüzeyde yoğunlaştırılır ve ısıtılarak metale yayılır. Başka bir yöntemde, bir krom tabakası yüzey üzerinde kaynaştırılır ve içeri yayılır. Kromun yüzey üzerine elektron ışını birikimi ve ardından metal içine difüzyonu da kullanılmaktadır. Krom klorür (CrCl_2) kullanılarak tuz banyosunda krom kaplama da denenmiştir.

5.4.2. Çelikler

En büyük ferrokrom tüketimi paslanmaz çelik imalatındadır. Önceden, alaşımın çoğu düşük karbonlu tipte olmak zorundaydı, ancak çelik üreticilerinin silikon ve karbon gibi safsızlıkları çok fazla krom tüketmeden yakmasına izin veren argon-oksijen dekarburizasyon işleminin ortaya çıkmasından bu yana, ferrokrom şarj edilmesine talep arttı. Rafine ferrokrom artık esas olarak bir düzeltme maddesi olarak kullanılmaktadır.

Paslanmaz çelikler, esas olarak %10 ila %26 arasında değişen seviyelerde çeliğin yüzeyinde koruyucu bir oksit filmi oluşturan kromun varlığından dolayı oksidasyona ve atmosferik korozyona karşı yüksek bir dirence sahiptir. Düşük karbonlu demirli paslanmaz çelikler ısıl işlemle sertleştirilemezler; %17 ila %18 krom içeren demirli çelikler, otomobil trimlerinde ve nitrik asit işleme ekipmanlarında kullanılır. Yüksek karbonlu paslanmaz çelikler üründe sertlik ve aşınma direnci istendiği zaman kullanılır. %13 krom içeren bu tip çeliklerden çatal bıçak takımı yapılır. Nikel ve manganez, yüksek kromlu (%16 ila %26) paslanmaz çeliklere, östenitik türleri oluşturmak için eklenebilir; bunların arasında, muhtemelen en iyi bilineni %18-krom-%8-nikel çeşididir. Östenitik çelikler, oksidasyon ve korozyona karşı dirençlerinin yanı sıra, düz krom çeliklerine göre yüksek sıcaklıklarda mukavemetlerini daha iyi korurlar. Bazen paslanmaz çeliklere, molibden, tungsten, niyobyum veya titanyum, mukavemeti ve korozyon direncini arttırmak veya mevcut karbürleri stabilize etmek için eklenir. %26'ya kadar krom içeren bu tip çelikler, yüksek sıcaklıklarda mükemmel oksidasyon direncine sahiptir; fırın parçalarında, brülör memelerinde ve fırın astarlarında kullanılırlar.

Sertleşebilirliğini, aşınma direncini ve yüksek sıcaklık dayanımını artırmak için düşük alaşımlı çeliğe %2'ye kadar krom eklenir. Molibden, nikel, manganez ve vanadyum gibi diğer elementlerle birlikte krom içeren bu tür çelikler, yaylar, makaralı ve bilyalı rulmanlar, kalıplar, raylar ve yüksek mukavemetli yapılar için kullanılır. %6-10 krom içeren çelikler, korozyon ve oksidasyon direncini artırmış olup, petrol endüstrisinde boru olarak kullanılmaktadır.

5.4.3. Demir dışı alaşımlar

Korozyon direnci ve sertlik elde etmek için kobalt alaşımlarına %25'e varan miktarlarda krom eklenir. Kobalt-krom-tungsten alaşımları, kesici takımlar ve sert kaplamalar için kullanılır. Yüksek sıcaklık uygulamaları için %60'a kadar krom ve bazen biraz demir içeren nikel-krom süper alaşımları kullanılır. Alüminyum alaşımlarına, mukavemetlerini ve korozyon direncini artırmak için %0,5'e kadar miktarlarda krom da eklenir.

5.5. Refrakter Uygulamaları

Refrakter olarak kromit kullanımı, kromun metalurjik uygulamalarından sonraki önem sırasındadır. Refrakter amaçlar için uygun bir kromitin tipik kimyasal analizi, %38 ila %48 Cr_2O_3 , %12 ila %24 Al_2O_3 , %14 ila %24 Fe_2O_3 , %14 ila %18 MgO ve yüzde 10'dan az SiO_2 'dir. Refrakter olarak kromitin kullanılabilirliği, 2.180°C'lik (3.960 °F) yüksek erime noktasına, orta derecede termal genişlemeye, yüksek sıcaklıklarda kristal formunun kararlılığına ve nötr kimyasal davranışına dayanmaktadır.

Yüzde 100 krom cevherinden üretilen refrakter tuğlaların yerine daha fazla refrakterlik, hacim kararlılığı ve parçalanmaya karşı direnç için büyük ölçüde kromit ve magnezyum oksit eklenmiş karışımlarından oluşan tuğlalar, kullanılmaya başlanmıştır. Eritme potalarında kullanılan refrakterler genellikle %80 alümina ve %20 kromitten oluşmaktadır. Bu ürün, çeşitli eriticilerin, cürufların ve camların aşındırıcı etkisine karşı oldukça dirençlidir.

5.6. Pigmentler

Pigmentler, krom kimyasallarının birincil üretiminin yaklaşık üçte birini oluşturur. Neredeyse saf Cr_2O_3 olan krom oksit yeşili, bilinen en kararlı yeşil pigmenttir. Çatı kaplama granüllerinin, çimentoların ve sıvaların renklendirilmesinde kullanılır. Parlatma için ince bir toz olarak da kullanılır. Krom sarısı, mevcut tonlarda büyük farklılıklar gösterir ve esas

olarak kurşun kromat veya krokoittir. Bu pigment hem ahşap hem de metal için mükemmeldir.

Temel bir çinko kromat olan çinko sarısı, alüminyum veya magnezyumdan üretilen uçak parçalarında korozyon önleyici astar olarak kullanılır. Molibdat portakalı, kurşun kromat ile molibden tuzlarının bir kombinasyonudur. Krom yeşili, kurşun kromat ile demir mavisinin karışımıdır. Bu pigment mükemmel kaplama ve örtücülüğe sahiptir, boyalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

5.7. Deri Tabaklama

Üretilen krom kimyasallarının yaklaşık %25'i derinin krom tabaklanmasında kullanılır. Bu işlemde, sırayla sodyum dikromattan üretilen bazik kromik sülfatlar biçiminde krom reaktifleri kullanılır. Bu reaktif, cevherin soda külü ile ısıtılması ve daha sonra sülfürik asit ile işlenerek dikromata dönüştürülen çözünür kromatın süzülmesiyle üretilir.

5.8. Yüzey İşleme

Birincil krom kimyasallarının üretiminin dörtte birinden fazlası metal yüzey işlemlerinde ve korozyon kontrolünde kullanılmaktadır. Bu tür uygulamalar arasında krom kaplama, kromlama, alüminyumun anotlanması ve çinko ve magnezyumun işlenmesi yer alır. Krom kimyasalları demir, çelik, pirinç ve kalay daldırmalarında ve ayrıca tuzlu sular ve devridaim su sistemleri için inhibitör olarak kullanılır (Bacon, 2013)

5.9. Ülkemizde Üretilen Krom Cevherinin Özellikleri

Ülkemizde çıkartılan krom cevheri, yüksek kalitesinden dolayı kullanıcılar tarafından tercih edilmekte ve piyasalarda aranılmaktadır. Ülkemiz, tespit edilmiş bulunan rezerv miktarı açısından değilse bile, kalitesiyle dünyada önde gelen kromit üreticisi ülkelerden birisidir. Çin'de birçok firma daha rahat ve randımanlı üretim yapabilmek için diğer ülkelerden ithal ettikleri krom cevherinin içerisine Kazakistan ve Türk cevherlerinden belli oranlarda karıştırmaktadırlar.

Krom cevherlerimiz, düşük krom demir oranına sahip (Cr/Fe: 1,5), şarj krom üretiminde kullanılan ve genellikle kırılğan tozlaşabilen cevherlere göre karbon ile daha kolay reaksiyona girmesi nedeni ile FeCr üretiminde, cüruftaki Cr₂O₃ şeklindeki Cr kaçağı daha az olmaktadır. Cüruftaki Cr₂O₃ miktarının geri kazanım imkanı çok kısıtlı olduğundan, doğrudan atığa gönderilebilmektedir. Cüruftaki %14-16 Cr₂O₃ kaçağını %6-8 Cr₂O₃ seviyelerine indirmek, yalnızca kromit cevherinin peletlenip - sinterlenmesi ile mümkün olmaktadır.

Türkiye’de üretilen krom cevherinin çok büyük bir kısmı peletleme-sinterleme işlemine ihtiyaç duyulmadan, maden ocağından çıktığı haliyle FeCr üretiminde kullanılabilir. Güney Afrika, Hindistan ve Finlandiya gibi ülkelerde çıkartılan diğer krom cevherleri ocaktan elde edildiği haliyle (tüvenan olarak) ferrokrom üretiminde kullanıldığında atıktaki Cr₂O₃ kaçağı %14-16 olmaktadır.

Türk cevheri kullanıldığında ise bu miktar %3-4’e inmektedir. Dolayısıyla bu durum, tesis randımanını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle, Türk krom cevherleri ile yüksek metal kurtarma randımanı elde edilebilmektedir. Türk cevheri ile tesisin metal kurtarma randımanı diğer cevherlere göre %10 dan daha fazla olmaktadır. Bu da maliyet açısından oldukça önem arz etmektedir. Ferrokrom içerisinde yüksek silis istenilmez. Yüksek silis; metal (FeCr) değerini düşürmekle beraber proses sırasında enerji tüketiminin de artmasına yol açmaktadır.

Cevherlerimizden üretilen FeCr metalinde Si ≤ %1 oranında bulunmakta iken, düşük krom demir oranına sahip cevherlerden gerçekleştirilen FeCr metalinde %3-4 Si bulunmaktadır. Bu durum, metaldeki düşük silis daha az kok gerektirdiğinden, FeCr üretiminde düşük krom demir oranına sahip cevherlere göre yaklaşık %6 oranında daha az kok kullanım imkanı sağlamaktadır. Cevherimizdeki Cr/Fe oranı 2,7 ‘dir. Diğer cevherlere göre yüksek olan bu oran nedeni ile ferrokromdaki krom miktarı yüksek olarak gerçekleşmektedir. Örneğin; %42 Cr₂O₃ tenörlü cevherimizden %62-64 Cr tenörlü FeCr üretmek mümkün iken Cr/Fe oranı düşük olan aynı tenörlü (%42 Cr₂O₃) diğer cevherlerden ise %50-55 Cr içerikli FeCr (Şarj krom) üretilmektedir. (Üretilen Fe-Cr’in büyük çoğunluğu “şarj kromu” dur). Bu nedenle Türk cevherlerinden elde edilen FeCr, şarj kromdan %20 daha az kullanılmaktadır.

Türk cevherleri, kırılma olmaması özelliği ile de başka cevherlere benzememektedir. Bu özellik, sert ve kompakt olma özellikleri ile birleşince, taşımacılık ve diğer işlemlerden dolayı Türk cevherinde daha az miktarda tozlaşma meydana gelmektedir. Bu durum Türk cevherinin en önemli özelliklerinden birisidir. Çünkü ark fırınlarına beslenen hammadde içerisindeki fazla toz miktarı, fırın içerisinde bloklaşmaya yol açmakta veya rahat gaz çıkışına engel olmaktadır. Dışarıya çıkamayan gaz fırın içerisinde birikerek püskürmelere sebep olmaktadır. Söz konusu püskürmeler ise fırın işletmeciliğini ve kimyasını bozmaktadır. Fırındaki püskürmelerin olmaması, düşük enerji tüketimi ve yüksek verim için önemli bir faktördür. Cevher içerisindeki fazla toz miktarı, peletleme-sinterleme veya briketleme gibi işlemleri zorunlu kılmaktadır, bu da fazla yatırım demektir.

Türk cevherinin kompakt ve sert olması nedeni ile bu tür yatırımlara ihtiyaç duyulmamaktadır.

Türk cevherinin diğeri bir önemli özelliği de, cürufun yapısını oluşturan MgO, Al₂O₃ ve SiO₂ içeriğidir. Türk cevherlerinden rahat çalışabilir cüruf oluşturmak için kuvarsit ilavesi yeterli olmaktadır. Bazı cevherlerin kullanımında cüruf yapıcı olarak magnezit veya dolomit ilavesine ihtiyaç duyulmaktadır. Rahat bir fırın işletmeciliği için faz diyagramında hedeflenen cüruf kompozisyonunun etrafındaki sıcaklık eğrilerini, Türk cevherlerini kullanarak elde etmek mümkündür.

Türk kromit cevherleri; karbon tarafından kolay indirgenendiğinden metal kurtarma randımanının yüksek olması, tüvenan olarak direk ferrokrom üretiminde kullanılabilmesi, düşük silis nedeni ile kaliteli metal (FeCr) üretme imkanının olması, yüksek Cr/Fe oranından dolayı yüksek tenörlü metal elde edilmesi, sert olmasının daha az tozlaşmaya yol açması ve cürufun rahat çalışılabilir olması nedenleri ile piyasa avantajı sağlamaktadır (TAHTAKIRAN, 2008)

6. KROM MADENİ TİCARETİ

6.1. Pazar/Piyasa Durumu

Kromit cevherinin; refrakter, metalurji ve kimya sanayiinde geniş kullanım alanları bulunmaktadır. Cevher tüketiminin büyük bölümü ferrokrom tesislerinde olduğu için metalurji sanayiindeki kullanımı ön plana çıkmaktadır. Bu sektörlerde kullanılan kromit cevherinin yerini alabilecek bir alternatif bulunmamaktadır.

Krom; metalurji, kimya ve refrakter sanayinin temel elementlerinden biridir. Krom metalinin ekonomik olarak üretilebildiği tek mineral ise kromittir. Kromit, dünya endüstrisi açısından önemli bir mineraldir. Paslanmaz çelik ve diğer çelik alaşımlarında, ayrıca fırınlarda kullanılan refrakter malzeme imalinde tüketilmesi nedeni ile doğrudan demir çelik sanayinin ve bunlara bağlı nükleer reaktör, buhar, gaz tribünleri, petrokimya, petrol rafineri ve diğer endüstri tesislerinin vazgeçilmez malzemesidir.

Krom cevherleri ticari olarak yalnızca Cr_2O_3 içeriklerine bakılarak sınıflandırılabilir gibi, kimyasal bileşimleri ve fiziksel özellikleri dikkate alınarak da sınıflandırılmaktadır. Sadece Cr_2O_3 içeriklerine bakıldığında; birinci, ikinci ve üçüncü kalite şeklinde sınıflandırılırlar.

- Cr_2O_3 içeriği % 40'dan az olanlar (3. kalite),
- Cr_2O_3 içeriği % 40-46 arasında olanlar (2. kalite),
- Cr_2O_3 içeriği % 46'dan fazla olanlar (1. kalite)

Element içerikleri dikkate alınarak kimyasal bileşimleri ve fiziksel özelliklerine göre metalurji, kimya, refrakter ve döküm endüstrilerinde kullanıma uygun cevherler diye ayrıca sınıflandırılırlar. Krom cevherinin kimyasal bileşimini, kromit mineralinin kimyasal bileşimi ile kromitin içinde bulunduğu ve genelde olivin, piroksen ve serpantin minerallerinden oluşan gangın kimyasal bileşimi kontrol etmektedir. Cr, Al, Fe+3, Fe+2 ve Mg, kromit mineralinden kaynaklanan; Si, Mg, Ni ve Ca ise gangdan kaynaklanan elementlerdir. Krom cevherinin kimyasal bileşimi incelenirken Cr_2O_3 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO, MgO ve SiO_2 değerlerinin dikkate alınması gerekir. Öte yandan, oran olarak az bulunmalarına karşın Ca, P ve S içeriklerinin de, krom cevherinin kullanım alanlarını etkileyen elementler olarak ayrıca incelenmesi gerekebilir.

Metalurji sanayiinde kullanılan konsantre krom bileşimi aşağıda belirtilmiştir.

	<u>Kimyasal özellikler</u>	<u>Fiziksel özellikler</u>
Cr ₂ O ₃	% 46 - 48	
SiO ₂	% 6 – 8	Boyut 0-2 mm
Al ₂ O ₃	% 8 - 15	
MgO	% 15 - 20	
CaO	% 0.5 - 2	
Cr/Fe	2,6-3 / 1	

Paslanmaz çelik üretim teknolojisinde AOD (Argon-Oksijen-Dekarbürizasyon) gibi ileri yöntemlerin devreye girmesi, daha düşük Cr₂O₃ içeriği ve Cr/Fe oranına sahip krom cevherlerinin nispeten daha düşük kalitede ferrokrom (yüksek karbonlu ferrokrom) üretilmesinde kullanılmalarını mümkün kılmıştır. Bu gelişmeler ışığında % 40-46 Cr₂O₃ tenörlü Cr/Fe oranı 1,5/1 olan krom cevherleri yüksek karbonlu ferrokrom üretiminde kullanılabilir hale gelmiştir. Öte yandan, düşük karbonlu ferrokrom üretiminde Cr₂O₃ tenörünün % 46'nın ve Cr/Fe oranının 3/1'in üzerinde olması şartı hala geçerliliğini korumaktadır. Pelletleme ve briketleme tekniklerinin krom cevherlerine de uygulanır hale gelmesi ve plazma teknolojisi, toz halindeki krom cevherlerinin ferrokrom üretiminde kullanılmasını sağlamıştır.

Metalurji sanayiinde kullanılan krom cevherinin ticari bazda kimyasal ve fiziksel özellikleri aşağıda belirtildiği gibidir.

	<u>Kimyasal özellikler</u>	<u>Fiziksel özellikler</u>
Cr ₂ O ₃	% 34 - 48	Parça boyu 0-300 mm
SiO ₂	% 8 - 12	
Al ₂ O ₃	% 8 - 15	Toz (-25 mm), en fazla % 25
MgO	% 16 - 22	
CaO	% 0,5 - 1	
P+S	Eser	
Cr/Fe	2 - 3 / 1	

Refrakter sanayiinde kullanılan krom cevherinin Cr_2O_3 tenörünün % 30-40 arasında, Al_2O_3 içeriğinin % 25-32, Cr_2O_3 ve Al_2O_3 içerikleri toplamının ($\text{Cr}_2\text{O}_3+\text{Al}_2\text{O}_3$) % 60, SiO_2 oranının ise % 10'un altında olması gerekir. Kırılıp elenerek çeşitli boyutlara ayrılan krom cevheri manyezitle karıştırıldıktan sonra kullanım yerine göre şekillendirilir ve pişirilerek krom manyezit tuğlaları oluşturulur. Kromitin yalnız başına refrakter malzeme olarak kullanılması durumunda SiO_2 oranının % 3'ün altında olması gerekir.

Refrakter sanayiinde kullanılan parça ve konsantre krom cevherinde ticari anlamda aranan özellikler aşağıda verilmiştir.

Ref. Parça: Cr_2O_3 % 48 (en az)

SiO_2 % 4 (en fazla)

0-300 mm boyut

(10 mm altı) % 10-15

Ref. Konsantre: Cr_2O_3 % 50 (en az)

SiO_2 % 2 (en fazla)

0,5-4 mm boyut

Alpin tip krom yatakları, metalurji ve refrakter sanayiinde kullanılan krom cevherinin geleneksel olarak üretildiği yataklardır. Kimya sanayiinde kullanılan krom cevherlerinde aranan kimyasal özellikler biraz daha esnek sınırlara sahipse de, metalurji sanayiinde kullanılan krom cevherleri, satın alış fiyatının uygun olması halinde, maliyeti azaltması bakımından tercih edilebilmektedir. Cr_2O_3 içeriği % 42 ve daha fazla ve Cr/Fe oranı 2'nin altındaki kırılğan veya toz cevherler kimya sanayiinin geleneksel krom cevheri olarak tanımlanırlar.

Stratiform tip olarak tanımlanan Prekambriyen yaşlı krom yataklarının Cr_2O_3 içeriği düşük ve FeO içeriği yüksek kromitleri kimya sanayinin tipik cevheri olarak tanımlanmaktadır.

Kimya sanayiinde kullanılan krom konsantresinde ticari anlamda aranan özellikler aşağıdaki gibidir.

➤ Cr_2O_3 % 48 (baz)

➤ SiO_2 % 6-7 (tipik)

➤ (Cr/Fe) 3/1 (tipik)

➤ 0-20 mm boyut

Döküm kumu olarak kullanılan krom cevheri, refrakter sanayiinde kullanılan krom cevheri olarak da nitelendirilebilir. Bu amaçla kullanılan krom cevherinde Cr_2O_3 içeriğinin en az % 44, SiO_2 içeriğinin en fazla %4, Fe_2O_3 (toplam demir) içeriğinin en fazla %26 ve CaO içeriğinin en fazla %0,5 olması gerekir. Bu kimyasal sınırlamaların yanısıra fiziksel

özellik olarak, krom cevherinin homojen tane boylu ve köşeli olmayan düzgün tane şekilli olması gerekmektedir.

Türkiye'de krom cevheri, ferrokrom ve krom kimyasalları üretimi ağırlıklı ihracata yönelik olarak yapılmaktadır. Bu nedenle krom madenciliği dış pazarlarda oluşan fiyat dalgalanmalarından büyük ölçüde etkilenmektedir. Pazar koşullarının elverişli olmadığı yıllarda üretim düşmekte, fiyatların uygun olduğu yıllarda ise artmaktadır.

Türkiye krom yatakları ile ilgili rezerv bilgilerinin çok sınırlı olmasına karşın, Türkiye pazar koşullarının uygun olduğu durumlarda, bugüne kadar talebi karşılamakta pek sıkıntı çekmemiştir. Krom cevheri fiyatları dünya arz-talep dengesine göre oluşmakta olup, ferrokrom alış fiyatına göre krom cevheri fiyatları hesaplanmaktadır.

Türkiye'de üretilen krom cevherlerinin özellikleri, kullanım alanlarına göre aşağıdaki tabloda verilmiştir (ÖİK:637, 2001).

Tablo 6. Ülkemizdeki Krom Cevherlerinin Kullanım Alanlarına Göre Özellikleri

Cevher çeşitleri	Cr ₂ O ₃	Cr/Fe	Boyut
Metalurjik parça	34-40	(en az) 2,5/1	0-300 mm
Metalurjik parça	40 veya üstü	(en az) 2/1	0-300 mm
Metalurjik konsantre	46-48	(en az) 2,6/1	0-2 mm
Metalurjik jig ürünü	36 ve üstü	(en az) 2,5/1	0-25 mm
Kimyasal konsantre	40 ve üstü	(en az) 1,5/1	0-2 mm
Refrakter parça	(en az) % 48 Cr ₂ O ₃ , (en çok) % 4 SiO ₂		
Refrakter parça	Cr ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃ =% 60 (en az), (en çok) %4 SiO ₂		
Refrakter konsantre	(en az)% 50 Cr ₂ O ₃ , (en çok) % 2 SiO ₂		
Döküm kumu	Cr ₂ O ₃ (en az) % 44, SiO ₂ (en çok) % 4 Fe ₂ O ₃ (en çok) % 26, CaO (en çok) % 0,5		

Kaynak: ÖİK:637

6.2. Fiyat Durumu

2022 yılında küresel metal üretimi Covid-19 krizinden tam olarak kurtulmuş değilken, artan enerji maliyetleri nedeniyle krom fiyatlarının da artması beklenmektedir IndexBox tarafından yayımlanan yeni bir rapora göre, dünyanın metal üretimi henüz pandemi öncesi

seviyeye ulaşmamıştır. 2021 yılında pandemi sonrasında pazarın toparlanması nedeniyle krom cevheri üretimi yıllık %9 artışla 41 milyon tona yükselmiştir. Önde gelen krom cevheri üreticisi Güney Afrika, 2021 yılında, 2020 yılı üretimini yıllık %36 artırarak 18 milyon tona çıkarmıştır. 2020 yılında küresel krom cevheri üretimi yıllık %27 düşüşle 37 milyon tona düşmüştür. Çin önde gelen ferrokrom ve paslanmaz çelik üreticisi ülke olmaya devam etmektedir (globenewswire.com, 2022).

Paslanmaz çelik birincil ferrokrom tüketicisidir. Paslanmaz çeliğin artan talebi pazara güç vermektedir. Asya-Pasifik bölgesi hem tüketim hemde üretim açısından ferrokrom ve kromit cevheri pazarına hakimdir. Türüne bağlı olarak ferrokrom ve kromit cevheri piyasası, kromit altında, yüksek kromit, yüksek demir kromit, ve yüksek alüminyum kromit olarak bölümlere ayrılırken, ferrokrom altında ise yüksek karbon ve düşük karbon olarak bölümlere ayrılmaktadır.

Madencilik ve metaller genelinde emtia araştırması, pazar analizi ve fiyat değerlendirmeleri yapan kurumlara göre genel itibariyle 2022 yılının ekim ayı için piyasadaki ortalama fiyatlar şu şekildedir;

- **Krom metal**

ABD Alüminotermik %99 Cr EXW = 6 USD/lb,

AB Alüminotermik %99 Cr DDP = 11.500 USD/t,

- **Krom cevheri**

Çin Konsantre 48% Cr CIF (TR orijinli) = 402 USD/t

Çin Parça 42% Cr CIF (TR orijinli) = 317 USD/t

- **Ferrokrom**

Çin HC 48-63% Cr CIF = 89 USDc/lb

Avrupa HC 47-55% Cr DDP Serbest Pazar = 143 USDc/lb

Japonya HC 60-70% CIF = 105 USD/t

ABD HC 60-70% Cr EXW = 294 USDc/lb

- ❖ lb:libre (0,45 kg),
- ❖ HC: Yüksek Karbon
- ❖ EXW: Exworks, ticari işletmede teslim
- ❖ DDP: Delivery Duty Paid, vergileri ödenmiş teslim

- ❖ CIF: Cost, Insurance And Freight, mal bedeli, sigorta ve taşıma
- ❖ USDc: USD coin, ABD dolarına sabitlenmiş bir stabil coin'dir.

Aşağıdaki tabloda Türkiye ve Güney Afrika için yıllara göre ve cevher kalitesine göre derlenmiş fiyat bilgileri bulunmaktadır.

Tablo 7. Yıllara Göre Krom Fiyat Bilgileri

Yıllar	Zaman Aralığı	Cevher Kalitesi	Fiyat
2017	1.Çeyrek (Ocak-Şubat-Mart)	-Türkiye CIF Çin %46 konsantre	400-415\$
		-G.Afrika metalurjik, kırılabilir parça,%42 Cr ₂ O ₃	370-390 \$
		Türkiye CIF Çin, %38-40 parça	375-380 \$
		-Türkiye , CIF Çin %40-42 parça Cr ₂ O ₃	395-400 \$
	2.Çeyrek (Nisan-Mayıs-Haziran)	-Türkiye CIF Çin %46 konsantre	270-280\$
		-G.Afrika metalurjik, kırılabilir parça,%42 Cr ₂ O ₃	370-390\$
		Türkiye CIF Çin, %38-40 parça	215-225\$
		-Türkiye , CIF Çin %40-42 parça Cr ₂ O ₃	240-250\$
	3.Çeyrek (Temmuz-Ağustos-Eylül)	-Türkiye CIF Çin %46-48 konsantre	335-345\$
		-G.Afrika kimyasal kalite, ıslak bulk %46 Cr ₂ O ₃	270-290\$
		Türkiye CIF Çin, %42-44 parça	360-370\$
		-Türkiye , CIF Çin %40-42 parça Cr ₂ O ₃	340-350\$
4.Çeyrek (Ekim-Kasım-Aralık)	-Türkiye CIF Çin %46-48 konsantre	335-345\$	
	-G.Afrika kimyasal kalite, ıslak bulk parça,%46 Cr ₂ O ₃	270-290\$	
	Türkiye CIF Çin, %42-44 parça	360-370\$	
	-Türkiye , CIF Çin %40-42 parça Cr ₂ O ₃	340-350\$	
2018	1.Çeyrek (Ocak-Şubat-Mart)	-Türkiye CIF Çin %46-48 konsantre	280-290\$
		-G.Afrika kimyasal kalite, ıslak bulk parça,%46 Cr ₂ O ₃	240-260\$
		Türkiye CIF Çin, %40-42 parça	330-350\$
		-Türkiye , CIF Çin %38-40 parça Cr ₂ O ₃	260-270\$
	2.Çeyrek (Nisan-Mayıs-Haziran)	-Türkiye CIF Çin %46-48 konsantre	300-310\$
		-G.Afrika kimyasal kalite, ıslak bulk parça,%46 Cr ₂ O ₃	285-340\$
		Türkiye CIF Çin, %40-42 parça	280-290\$
		-Türkiye , CIF Çin %38-40 parça Cr ₂ O ₃	260-270\$
	3.Çeyrek (Temmuz-Ağustos-Eylül)	-Türkiye CIF Çin %46-48 konsantre	350-360\$
		-G.Afrika kimyasal kalite, ıslak bulk parça,%46 Cr ₂ O ₃	285-340\$
		Türkiye CIF Çin, %40-42 parça	370-380\$
		-Türkiye , CIF Çin %38-40 parça Cr ₂ O ₃	330-340\$
4.Çeyrek (Ekim-Kasım-Aralık)	Türkiye CIF Çin %46 konsantre	210-230\$	
	G. Afrika kimyasal kalite, ıslak bulk %46 Cr ₂ O ₃	250-290\$	
	Refrakter kalitesi %46 FOB Güney Afrika	450-490\$	
	Türkiye, CIF Çin %40-42 parça Cr ₂ O ₃	215-225\$	
2019	1.Çeyrek (Ocak-Şubat-Mart)	Türkiye CIF Çin %46 konsantre	210-230\$

Tablo 7. Yıllara Göre Krom Fiyat Bilgileri

Yıllar	Zaman Aralığı	Cevher Kalitesi	Fiyat
		G. Afrika kimyasal kalite, ıslak bulk %46 Cr ₂ O ₃	220-270\$
		Refrakter kalitesi %46 FOB Güney Afrika	440-470\$
		Türkiye, CIF Çin %40-42 parça Cr ₂ O ₃	215-225\$
	2.Çeyrek (Nisan-Mayıs-Haziran)	Türkiye CIF Çin %46 konsantre	200-215\$
		G. Afrika kimyasal kalite, ıslak bulk %46 Cr ₂ O ₃	205-225\$
		Refrakter kalitesi %46 FOB Güney Afrika	300-310\$
		Türkiye, CIF Çin %40-42 parça Cr ₂ O ₃	195-205\$
	3.Çeyrek (Temmuz-Ağustos-Eylül)	Türkiye CIF Çin %46 konsantre	200-215\$
		G. Afrika kimyasal kalite, ıslak bulk %46 Cr ₂ O ₃	155\$
		Refrakter kalitesi %46 FOB Güney Afrika	290-300\$
		Türkiye, CIF Çin %40-42 parça Cr ₂ O ₃	200-210\$
	4.Çeyrek (Ekim-Kasım-Aralık)	Türkiye CIF Çin %46 konsantre	190-200\$
		G.Afrika konsantre %42 Cr ₂ O ₃	130\$
		Refrakter kalitesi %46 FOB Güney Afrika	270-290\$
		Türkiye, CIF Çin %40-42 parça Cr ₂ O ₃	180-185\$
	2020	1.Çeyrek (Ocak-Şubat-Mart)	Türkiye CIF Çin %46-48 konsantre
G.Afrika konsantre %42 Cr ₂ O ₃			130\$
Refrakter kalitesi %46 FOB Güney Afrika			270-290\$
Türkiye, CIF Çin %40-42 parça Cr ₂ O ₃			185-190\$
2.Çeyrek (Nisan-Mayıs-Haziran)		Türkiye CIF Çin %46-48 konsantre	195-205\$
		G.Afrika konsantre %42 Cr ₂ O ₃	165\$
		Refrakter kalitesi %46 FOB Güney Afrika	270-290\$
		Türkiye, CIF Çin %40-42 parça Cr ₂ O ₃	200-215\$
3.Çeyrek (Temmuz-Ağustos-Eylül)		Türkiye CIF Çin %46-48 konsantre	180-205\$
		G.Afrika konsantre %42 Cr ₂ O ₃	170\$
		Refrakter kalitesi %46 FOB Güney Afrika	270-290\$
		Türkiye, CIF Çin %40-42 parça Cr ₂ O ₃	185-215\$
4.Çeyrek (Ekim-Kasım-Aralık)		Türkiye CIF Çin %46-48 konsantre	190-195\$
		G.Afrika konsantre %42 Cr ₂ O ₃	170-175\$
		Refrakter kalitesi %46 FOB Güney Afrika	250-270\$
		Türkiye, CIF Çin %40-42 parça Cr ₂ O ₃	180-185\$
2021	1.Çeyrek (Ocak-Şubat-Mart)	Türkiye CIF Çin %46-48 konsantre	260-270\$
		G.Afrika konsantre %42 Cr ₂ O ₃	195-200\$
		Refrakter kalitesi %46 FOB Güney Afrika	200-225\$
		Türkiye, CIF Çin %40-42 parça Cr ₂ O ₃	240-250\$
	2.Çeyrek (Nisan-Mayıs-Haziran)	Türkiye CIF Çin %46-48 konsantre	230-240\$
		G.Afrika konsantre %42 Cr ₂ O ₃	180-185\$
		Refrakter kalitesi %46 FOB Güney Afrika	200-225\$

Tablo 7. Yıllara Göre Krom Fiyat Bilgileri

Yıllar	Zaman Aralığı	Cevher Kalitesi	Fiyat
	3.Çeyrek (Temmuz-Ağustos-Eylül)	Türkiye, CIF Çin %40-42 parça Cr ₂ O ₃	230-240\$
		Türkiye CIF Çin %46-48 konsantre	230-240\$
		G.Afrika konsantre %42 Cr ₂ O ₃	180-185\$
		Refrakter kalitesi %46 FOB Güney Afrika	200-225\$
	4.Çeyrek (Ekim-Kasım-Aralık)	Türkiye, CIF Çin %40-42 parça Cr ₂ O ₃	230-240\$
		Türkiye CIF Çin %46-48 konsantre	295-300\$
		G.Afrika konsantre %42 Cr ₂ O ₃	190-215\$
		Refrakter kalitesi %46 FOB Güney Afrika	280-285\$
2022	1.Çeyrek (Ocak-Şubat-Mart)	Türkiye, CIF Çin %40-42 parça Cr ₂ O ₃	305-310\$
		Türkiye CIF Çin %46-48 konsantre	255-267\$
		G.Afrika konsantre %40-42 Cr ₂ O ₃ CIF Çin	355-360\$
		Türkiye %46-48 Kons. (Cr/Fe:2,40) CIF Çin	335-340\$
		Türkiye %44-46 Kons.(Cr/Fe:2,20) CIF Çin	350-355\$
	2.Çeyrek (Nisan-Mayıs-Haziran)	Türkiye %38-40 parça (Cr/Fe:2,20) CIF Çin	330-335\$
		G.Afrika konsantre %40-42 Cr ₂ O ₃ CIF Çin	245\$
		Türkiye %46-48 Kons. (Cr/Fe:2,40) CIF Çin	330\$
		Türkiye %44-46 Kons.(Cr/Fe:2,20) CIF Çin	300\$
		Türkiye %40-42 parça (Cr/Fe:2,30) CIF Çin	300\$
	3.Çeyrek (Temmuz-Ağustos-Eylül)	Türkiye %38-40 parça (Cr/Fe:2,20) CIF Çin	290\$
		G.Afrika konsantre %40-42 Cr ₂ O ₃ CIF Çin	260-275\$
		Türkiye %46-48 Kons. (Cr/Fe:2,40) CIF Çin	355\$
		Türkiye %44-46 Kons.(Cr/Fe:2,20) CIF Çin	330\$
		Türkiye %40-42 parça (Cr/Fe:2,30) CIF Çin	325\$
		Türkiye %38-40 parça (Cr/Fe:2,20) CIF Çin	305\$

Kaynak: maden.org.tr

- Fiyatlar aksi belirtilmedikçe metrik ton cinsinden verilmiştir. Limanı belirtilmeyen CIF teslimatın boşaltma limanları, Avrupa'daki belli başlı ticaret limanlarıdır.
- CIF: Nakliye ve sigorta dahil fiyat
- FOB (Free on board): Limanda Bordo'ya teslim fiyatı

6.3. Dünyada İthalat ve İhracat

2020 yılında küresel krom cevheri ve konsantresi ihracatı yıllık bazda -%10,2 oranında keskin bir düşüşle 16 milyon tona gerilemiştir. Krom cevherleri ve konsantrelerinin ana ithalatçısı olan Çin, toplam küresel ithalatın %70'inden fazlasını oluşturmaktadır. 2021 yılının ilk çeyreğinde Çin'e yapılan sevkiyatlar, 2020 yılının aynı dönemine göre biraz daha düşük bir seviyede gerçekleşmiştir. Güney Afrika, toplam küresel ihracatının %79'unu oluşturarak dünyanın en büyük ihracatçısı olmaya devam etmektedir.

6.3.1. İthalat

2020 yılında Çin (16 milyon ton), toplam ithalatın %71'ini oluşturarak krom cevheri ve konsantrelerinin ana ithalatçısı olmuştur. Onu, toplam ithalatın %17'sini oluşturan Mozambik (3,8 milyon ton) takip etmiştir. Rusya (896 bin ton) liderlerin gerisinde kalmıştır.

2021 yılında krom cevheri ve konsantrelerinin en büyük ithalatçıları Çin (2,6 milyar \$ 14.918.500 ton), Rusya Federasyonu (110,7 milyon \$, 442.245 ton), Endonezya (93,4 milyon \$), Avrupa Birliği (62,2 milyon \$), Hindistan (55,4 milyon \$, 252.781 ton) şeklinde gerçekleşmiştir.

2021 yılında dünya "Krom cevherleri ve konsantreleri" ithalatı 90 ülkenin dış ticaret istatistiklerine göre 3,08 milyar doları aşmıştır. 2020 yılında 87 ülkenin mal ticareti istatistiklerine göre ithalat 2,4 milyar dolardı.

2021 yılında krom cevheri ve konsantresi emtia grubunda dünyanın en büyük ithalatçıları:

- ✓ Çin - dünya ithalatının %84'ü (2,6 milyar dolar)
- ✓ Rusya - %3,58 (110 milyon \$)
- ✓ Endonezya - %3,02 (93 milyon \$)
- ✓ Hindistan - %1,79 (55 milyon \$)
- ✓ Türkiye - %1,04 (32 milyon \$)

“Krom cevherleri ve konsantreleri” ülkelerin toplam ithalatında önemli bir bölümü oluşturmuştur.

- ✓ Çin – 2021 yılında Çin'in toplam ithalatının % 0,097'si (2,68 trilyon \$'ın 2,6 milyar \$)
- ✓ Endonezya - %0,047 (196 milyar \$'ın 93 milyon \$'ı)
- ✓ Rusya - %0,037 (293 milyar \$'ın 110 milyon \$'ı)
- ✓ Türkiye - %0,011 (271 milyar \$'ın 32 milyon \$'ı)
- ✓ Hindistan - %0,009 (570 milyar \$'ın 55 milyon \$'ı)
- ✓ Umman - %0,009 (30 milyar \$'ın 2,82 milyon \$'ı)
- ✓ Ukrayna - %0,005 (69 milyar \$'ın 4,17 milyon \$'ı)

Başlıca ithalatçılar tarafından sağlanan istatistiklere göre, 2021 yılında «Krom cevherleri ve konsantreleri» ithalatının en büyük akışları:

- Arnavutluk'tan Çin'e yapılan ithalat (dünya ithalatının %2,13'ü, Çin'in dış ticaret istatistiklerine göre 65 milyon dolar)
- Umman'dan Çin'e yapılan ithalat (dünya ithalatının %1,52'si, Çin'in dış ticaret istatistiklerine göre 47 milyon dolar)
- Pakistan'dan Çin'e yapılan ithalat (dünya ithalatının %2,61'i, Çin'in dış ticaret istatistiklerine göre 80 milyon dolar)
- Güney Afrika'dan Çin'e ithalat (dünya ithalatının %62'si, Çin'in dış ticaret istatistiklerine göre 1,94 milyar dolar)
- Türkiye'den Çin'e yapılan ithalat (dünya ithalatının %8,6'sı, Çin'in dış ticaret istatistiklerine göre 265 milyon dolar)
- Zimbabve'den Çin'e yapılan ithalat (dünya ithalatının %4,85'i, Çin'in dış ticaret istatistiklerine göre 149 milyon dolar)
- Güney Afrika'dan Hindistan'a yapılan ithalat (dünya ithalatının %1,29'u, Hindistan'ın dış ticaret istatistiklerine göre 39 milyon dolar)
- Endonezya'ya Güney Afrika'dan ithalat (dünya ithalatının %2,69'u, Endonezya'nın dış ticaret istatistiklerine göre 83 milyon dolar)
- Kazakistan'dan Rusya'ya ithalat (dünya ithalatının %2,84'ü, Rusya'nın dış ticaret istatistiklerine göre 87 milyon dolar)

- Güney Afrika'dan Türkiye'ye yapılan ithalat dünya ithalatının %1,04'ü, Türkiye'nin dış ticaret istatistiklerine göre 32 milyon dolar) (globaltrademag.com, 2021), (wits.worldbank.org), (trendeconomy.com, 2022).

6.3.2. İhracat

2020 yılında Dünya çapında yaklaşık 16 milyon ton krom cevheri ve konsantresi ihraç edilmiş olup, bir önceki yıla göre -%10,2 küçülme gerçekleşmiştir. Değer açısından, krom cevheri ve konsantresi ihracatı 2020 yılında hızla 2,5 milyar dolara (IndexBox tahminleri) düşmüştür.

Güney Afrika, 2020 yılında toplam ihracatın yaklaşık %79'unu oluşturan 13 milyon tonluk krom cevheri ve konsantresi ihracat yapısına hakim olmuştur. Kazakistan (676 bin ton), Türkiye (672 bin ton), Zimbabve (583 bin ton), Umman (378 bin ton), Pakistan (279 bin ton) ve Arnavutluk (249 bin ton), birlikte toplam ihracatın %18'ini oluşturmuştur.

Değer açısından 2020 yılında, Güney Afrika (1,8 Milyar Dolar), küresel ihracatın %74'ünü oluşturarak dünya çapındaki en büyük krom cevheri ve konsantresi tedarikçisi olmaya devam etmiştir. Sıralamada ikinci sırayı, dünya ihracatının %5,1'lik payıyla Türkiye (126 milyon \$) almış olup sırayı %4,4 pay ile Zimbabve izlemiştir

2021 yılında, krom cevherleri ve konsantrelerinin en iyi ihracatçıları Güney Afrika (1.9 milyar \$, 13.597.500 ton), Türkiye (266 milyon \$, 1.456,400 ton), Pakistan (94 milyon \$, 439.750 ton), Zimbabve (29 milyon \$, 111.006 ton) olarak gerçekleşmiştir.

2021 yılında dünya "Krom cevherleri ve konsantreleri" ihracatı 48 ülkenin dış ticaret istatistiklerine göre 2,46 milyar doları aşmıştır.

2021 yılında krom cevheri ve konsantresi emtia grubunun dünyanın en büyük ihracatçıları:

- Güney Afrika - dünya ihracatının %79'u (1,94 milyar dolar)
- Türkiye - %10,8 (266 milyon \$)
- Pakistan - %3,83 (94 milyon \$)
- Zimbabve - %1,81 (44 milyon \$)
- Hollanda - %1,19 (29 milyon \$)

“Krom cevherleri ve konsantreleri” ülkelerin toplam ihracatının önemli bir bölümünü oluşturmuştur.

- ✓ Güney Afrika - 2021'de Güney Afrika'nın toplam ihracatının % 1,58'i (122 milyar \$'ın 1,94 milyar \$)
- ✓ Zimbabve - %0,742 (6,03 milyar \$'ın 44 milyon \$'ı)
- ✓ Pakistan - %0,327 (28 milyar \$'ın 94 milyon \$'ı)
- ✓ Türkiye - %0,118 (215 milyar \$'ın 266 milyon \$'ı)
- ✓ Madagaskar - %0,102 (2,7 milyar \$'ın 2,76 milyon \$'ı)
- ✓ Umman - %0,062 (44 milyar \$'ın 27 milyon \$'ı)
- ✓ Filipinler - %0,015 (74 milyar \$'ın 11,8 milyon \$'ı)

Başlıca ihracatçılar tarafından sağlanan istatistiklere göre, 2021'de «Krom cevherleri ve konsantreleri» ihracatının en büyük akışları:

- Pakistan'dan Çin'e ihracat: (Pakistan'ın dış ticaret istatistiklerine göre dünya ihracatının %3,4'ü, 83 milyon dolar)
- Güney Afrika'dan Çin'e ihracat: (Güney Afrika dış ticaret istatistiklerine göre dünya ihracatının %39'u, 971 milyon dolar)
- Güney Afrika'dan Hong Kong'a ihracat: (Güney Afrika dış ticaret istatistiklerine göre dünya ihracatının %4,76'sı, 117 milyon dolar)
- Güney Afrika'dan Hindistan'a ihracat: (Güney Afrika dış ticaret istatistiklerine göre dünya ihracatının % 2,02'si, 49 milyon dolar)
- Güney Afrika'dan Endonezya'ya ihracat: (Güney Afrika dış ticaret istatistiklerine göre dünya ihracatının %1,46'sı, 36 milyon dolar)
- Güney Afrika'dan Mozambik'e ihracat: (Güney Afrika dış ticaret istatistiklerine göre dünya ihracatının %25'i, 629 milyon dolar)
- Güney Afrika'dan Hollanda'ya ihracat: (Güney Afrika dış ticaret istatistiklerine göre dünya ihracatının %0,978'i, 24 milyon dolar)
- Güney Afrika'dan Türkiye'ye ihracat: (Güney Afrika dış ticaret istatistiklerine göre dünya ihracatının % 1,12'si, 27 milyon dolar)
- Türkiye'den Çin'e ihracat: (Dünya ihracatının %7,75'i, Türkiye dış ticaret istatistiklerine göre 191 milyon dolar)

- Türkiye'den İsveç'e ihracat: (dünya ihracatının %1,98'i, Türkiye dış ticaret istatistiklerine göre 48 milyon dolar)
- 2020 yılında dünya ihracatının Kazakistan (%2,64'ü), Arnavutluk (%1,59), Mısır (%0,003), Mozambik (%0,002), Guatemala (%0,001), Kuzey Makedonya gibi ihracatçılar için 2021 yılı ticaret verileri bulunmamaktadır (globaltrademag.com, 2021), (wits.worldbank.org), (trendeconomy.com, 2022).

Tablo 8. Dünya Krom Cevherleri ve Konsantreleri İhracat ve İthalat Bilgileri (2021)

Ülkeler	2610. Krom cevherleri ve konsantreleri			
	İhracat		İthalat	
	2021		2021	
	Değer (ABD Doları)	Dünya Payı \$,%	Değer (ABD Doları)	Dünya Payı \$,%
Güney Afrika	1.945.479.580,72	79,01	411.433,48	0,01
Türkiye	266.254.795,00	10,81	32.355.154,00	1,04
Pakistan	94.384.876,08	3,83	3.075.570,30	0,09
Zimbabve	44.810.794,84	1,81	11.709,54	0,00
Hollanda	29.421.568,82	1,19	25.914.063,73	0,83
Umman	27.929.331,55	1,13	2.825.711,30	0,09
Almanya	12.068.100,73	0,49	29.983.702,14	0,97
Filipinler	11.809.868,00	0,47	47.114,00	0,00
ABD	5.260.661,00	0,21	29.876.717,00	0,96
Brezilya	5.223.364,00	0,21	5.636.030,00	0,18
Çin	4.571.101,00	0,18	2.607.410.924,00	84,51
Madagaskar	2.762.870,10	0,11		
Fransa	2.025.235,80	0,08	4.261.806,00	0,13
İtalya	1.755.820,56	0,07	5.705.183,25	0,18
BAE	1.722.726,75	0,06	805.662,55	0,02
Hindistan	1.546.760,86	0,06	55.458.831,45	1,79
İspanya	1.531.957,33	0,06	7.416.720,31	0,24
Nijerya	1.205.177,39	0,04	145.106,74	0,00
Kanada	382.358,10	0,01	4.533.833,39	0,14
Diğer Ülkeler	2.118.013,64	0,02	269.217.333,91	8,47

Kaynak: (trendeconomy.com, 2022)

6.3.3. Dünyada ferrokrom ithalatı ve ihracatı

Dünya krom üretiminin çok büyük bir kısmı ferrokrom üretiminde kullanılmaktadır. Ferrokrom, paslanmaz çelik, metal ve silah sanayinin çok önemli bir maddesidir. En büyük ferrokrom tüketimine sahip ülke Çin olup toplam hacmin %63'ünü oluşturmaktadır. Değer açısından Çin, dünya çapında ithal edilen ferrokrom için en büyük pazarı oluşturmaktadır. 2021 yılında en yüksek üretim hacmine sahip ülkeler, küresel üretimde toplam %77'lik pay ile Çin, Güney Afrika ve Kazakistan olmuştur. Değer bazında Güney Afrika, Kazakistan ve Hindistan 2021 yılında en fazla ihracat yapılan ülkeler olurken, dünya ihracatının %70'ini oluşturmuşlardır. Ortalama ferrokrom ihracat fiyatı, 2021 yılında bir önceki yıla göre %21 artarak ton başına 1.091 \$ olarak gerçekleşmiş olup, ortalama ferrokrom ithalat fiyatı, 2021 yılında bir önceki yıla göre %34 artarak ton başına 1.288 \$ olarak gerçekleşmiştir (index.io).

2021 yılında, ferro-alaşım; ağırlıkça %4'ten fazla karbon içeren ferro-krom (HS:720241)'un en büyük ithalatçıları ve ihracatçıları aşağıdaki tablolarda belirtilmiş olup Kazakistan ile ilgili 2021 yılı için ticaret verileri bulunmamaktadır.

Tablo 9. Dünyada En Fazla Ferrokrom İthalatı Yapan Ülkeler (2021)

Ülkeler	Ticaret Değeri (1000 USD)	Miktar (ton)
Çin	3.318.271,10	Veri Yok
Endonezya	2.002.516,09	1.500.720
Japonya	1.008.730,10	644.964
Güney Kore	662.355,19	509.036
ABD	633.586,60	449.255
Avrupa Birliği	619.615,16	487.968
Belçika	277.600,80	242.709

Kaynak: (wits.worldbank.org), Not: Brüt ihracat

Tablo 10. Dünyada Ferrokrom İhracatı Yapan Ülkeler (2021)

Ülkeler	Ticaret Değeri (1000 USD)	Miktar (ton)
Güney Afrika	3.598.924,50	4.048.250
Hindistan	981.159,49	762.221
Finlandiya	325.336,17	Veri Yok
Zimbabve	295.824,76	Veri Yok
Avrupa Birliği	261.659,12	203.363
Rusya	259.541,96	188.191
İsveç	191.679,38	109.303
Türkiye	191.085,54	133.062

6.4. Türkiye’de İthalat ve İhracat

GTİP, Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu'nun kısaltması olup Gümrük Tarife Cetveli'nde 12'li koda verilen isimdir. Tüm dünyada, her ülkenin tarife cetvelinin esasını Armonize Sistem oluşturmaktadır. Resmi adı Armonize Mal Tanımı ve Kodlama Sistemi (The Harmonized Commodity Description and Coding Systems) olan Armonize Sistem, uluslararası ticarete konu olan tüm mallar için kullanılan uluslararası bir ticari sınıflandırma sistemidir. Uluslararası düzeyde Armonize Sistem ile ilgili düzenlemeler, Dünya Gümrük Örgütü tarafından yapılmaktadır. Türkiye'de, tarife cetveli ile ilgili sorumlu kurum Ticaret Bakanlığı'dır. Gümrüklerde, ürünler bu kodlar üzerinden işlem görmektedir. Her bir eşya/eşya grubu için bir GTİP bulunmaktadır. Armonize Sistem'de 6'lı koddan sonraki bölümleri, ülkeler kendi ihtiyaçlarına (detaylı istatistik almak ve gümrük vergilerini daha detay ürün bazında uygulamak için) göre detaylandırabilmektedir. Türkiye'de ürünler en detay bazda 12'li kodla sınıflandırılmaktadır. Türkiye, Avrupa Birliği ile Ortak Gümrük Birliğine sahip olmasından dolayı, Türkiye'nin 8'li bazdaki kodları ve ürün grupları Avrupa Birliği ülkeleri ile aynıdır (mevzuat.net).

Dış ticarete bağlı olan ürünün kontrol edilmesinde, gümrük vergilerinin belirlenmesinde, nakliye vergilerinde, istatistik kontrollerinde, ticaretle ilgili toplantılarda, uluslararası ticarete istatistiklerin düzenlenmesinde, yerel vergilerin tespit edilmesinde GTIP sisteminden faydalanılmaktadır.

Gümrük tarife cetvelinde krom madeni için belirlenmiş olan GTIP numarası; 26. Fasılda ‘Metal Cevherleri, Cüruf Ve Kül’ başlığı dahilinde krom ve demir oksit gibi kromitleri (veya krom demir cevherlerini) içeren 26.10 pozisyonunda bulunan ‘Krom Cevherleri ve Zenginleştirilmiş Krom Cevherleri’ olarak isimlendirilmiş olup 12 haneli GTIP kodu 261000000000 dır. Dış ticaret verilerine Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)’ndan belirtilen GTIP kodu ile erişilmektedir.

6.4.1. İthalat

Krom madeni için 2021 yılı ithalat miktarı yaklaşık 155 bin ton, ithalat değeri 32,3 milyon USD olmuştur. İthalat değeri 2020 yılına göre % 18,31 oranında artmıştır. Ülkemizin 2016-2021 yılları arasındaki krom cevheri için ithalat rakamları ve 2021 yılı için ülkelere göre ithalat rakamları aşağıdaki tablolarda belirtilmiştir.

Tablo 11. Yıllara Göre Türkiye'nin Krom İthalat Miktarı ve Değerleri (2021)

Yıllar	İthalat Miktar (ton)	İthalat Değer (USD)
2016	131.152	25.425.116
2017	185.924	52.531.638
2018	193.069	52.727.779
2019	177.406	38.766.350
2020	149.762	27.324.537
2021	155.244	32.326.788

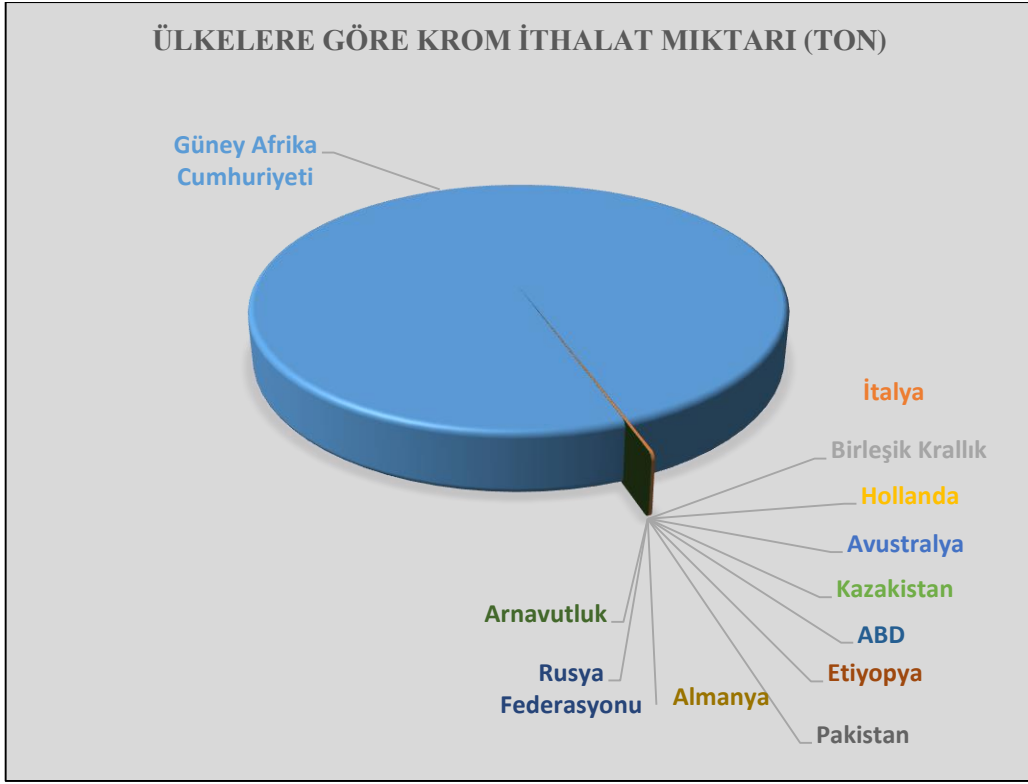
Kaynak: TÜİK,2022

Türkiye 2021 yılında toplamda 12 ülkeden krom cevheri ithal etmiştir. Ülkemizin krom cevheri ithalatı gerçekleştirdiği en önemli ülke olan Güney Afrika Cumhuriyeti 32 milyon USD ve %99,5 pay oranı ile ilk sırada yer almıştır. Bu ülkeyi İtalya ve İngiltere takip etmiştir.

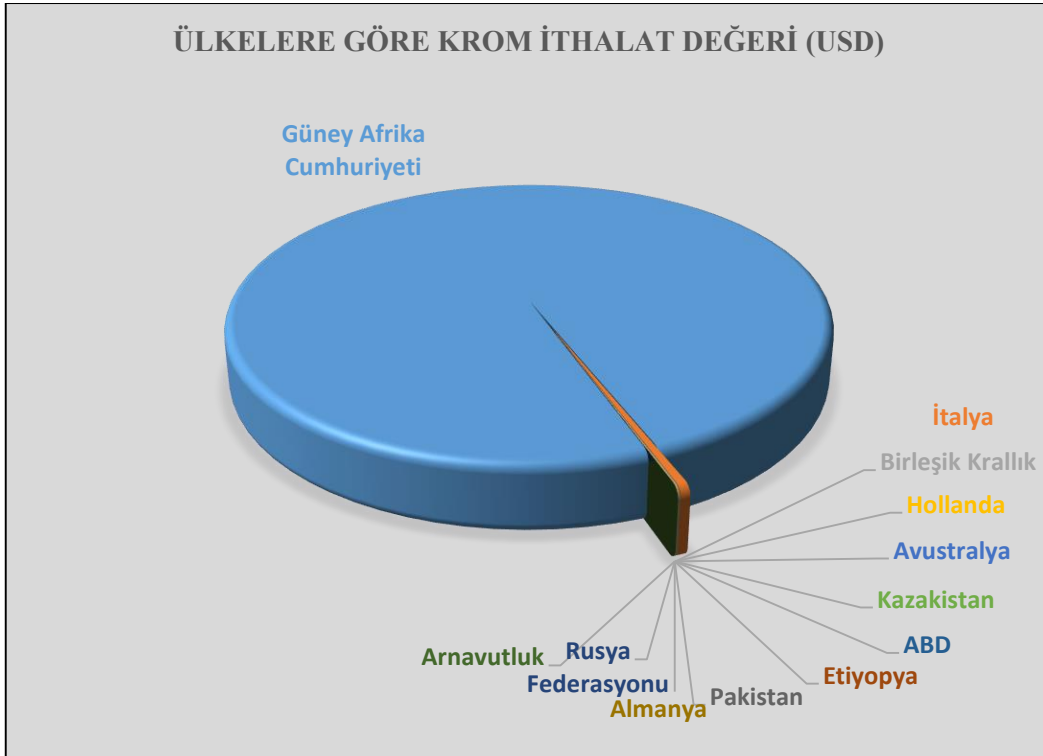
Tablo 12. Türkiye'nin Krom Cevheri İthal Ettiği Ülkeler (2021)

Ülkeler	İthalat Miktar (ton)	İthalat Değer (USD)
Güney Afrika Cumhuriyeti	154.976,43	32.144.350
İtalya	202,00	149.280
Birleşik Krallık	45,86	22.251
Hollanda	8,40	7.336
Avustralya	0,01	2.025
Kazakistan	10,42	1.117
ABD	0,41	151
Etiyopya	0,10	105
Pakistan	0,24	88
Almanya	0,05	37
Rusya Federasyonu	0,11	36
Arnavutluk	0,03	12
Genel Toplam	155.244,07	32.326.788

Kaynak: TÜİK,2022



Şekil 11. Krom İthalatımızın Ülkelere Göre Miktar Dağılımı Grafiği



Şekil 12. Krom İthalatımızın Ülkelere Göre Değer Dağılımı Grafiği

6.4.2. İhracat

Krom madeni için 2021 yılı ihracat miktarı yaklaşık 1,5 milyon ton, değeri 266 milyon USD olmuştur. 2021 yılında 2020 yılına göre ihracat değeri %104,18 oranında artmıştır. Ülkemizin 2016-2021 yılları arasındaki krom cevheri için ihracat rakamları ve 2021 yılı için ülkelere göre ihracat rakamları aşağıdaki tablolarda belirtilmiştir.

Tablo 13. Yıllara Göre Türkiye'nin Krom İhracat Miktarı ve Değerleri (2021)

Yıllar	İhracat Miktar (ton)	İthalat Değer (USD)
2016	1.254.585	244.759.467
2017	1.390.869	344.753.285
2018	1.457.204	306.470.586
2019	1.315.754	225.703.220
2020	930.873	130.402.283
2021	1.456.395	266.254.795

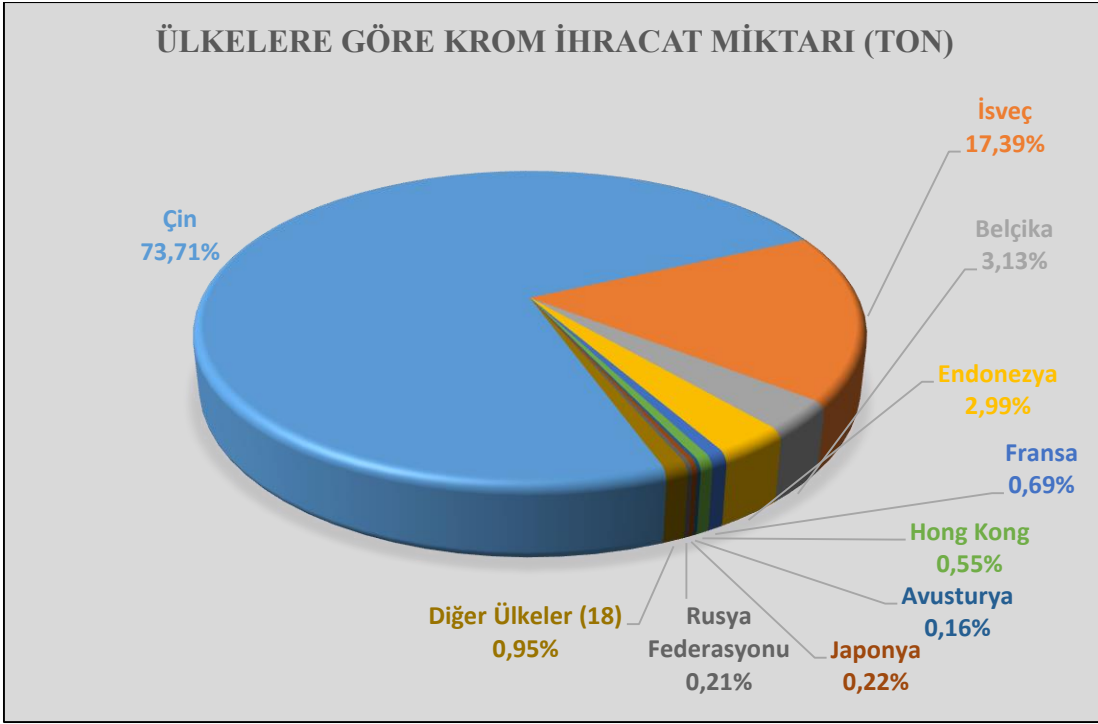
Kaynak: TÜİK, 2022

Türkiye 2021 yılında toplamda 27 ülkeye krom cevheri ihraç etmiştir. Ülkemizin krom cevheri ihraç ettiği en önemli ülke olan Çin 191 milyon USD ve yaklaşık %74 pay oranı ile ilk sırada yer almıştır. Bu ülkeyi İsveç ve Belçika takip etmiştir.

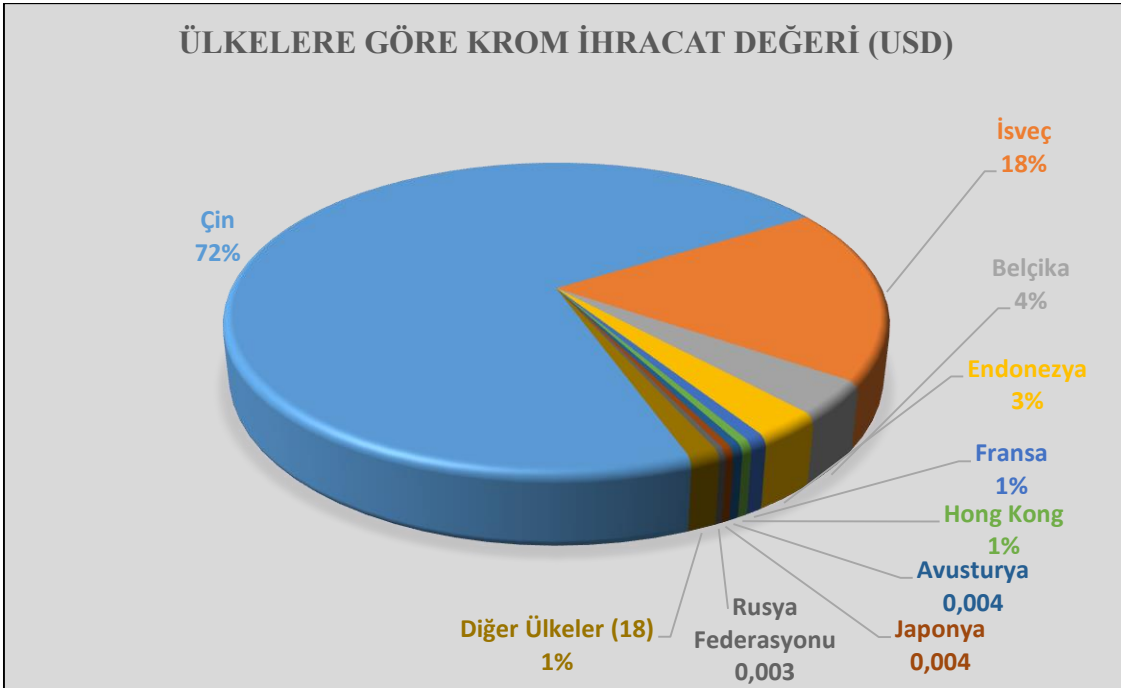
Tablo 14. Türkiye'nin Krom Cevheri İhraç Ettiği Ülkeler (2021)

Ülkeler	İhracat Miktar (ton)	İhracat Değer (USD)
1. Çin	1.073.481	191.007.625
2. İsveç	253.215	48.886.668
3. Belçika	45.521	9.488.960
4. Endonezya	43.494	7.365.323
5. Fransa	10.114	2.002.624
6. Hong Kong	8.000	1.200.000
7. Avusturya	2.350	1.167.750
8. Japonya	3.208	955.197
9. Rusya Federasyonu	3.117	802.735
Diğer Ülkeler (18)*	13.893	3.377.913
GENEL TOPLAM (27)*	1.456.395	266.254.795

Kaynak: TÜİK, 2022 * Ülkeler sayısıdır.



Şekil 13. Krom İhracatımızın Ülkelere Göre Miktar Dağılımı Grafiği



Şekil 14. Krom İhracatımızın Ülkelere Göre Değer Dağılımı Grafiği

6.4.3. Ülkemizde ferrokrom ithalatı ve ihracatı

Paslanmaz çelik, metal ve silah sanayinin çok önemli bir maddesi olan ve ülkemizde de üretilen ferrokromun yıllara göre ithalat ve ihracat bilgileri aşağıdaki tabloda belirtilmiştir. Tabloda belirtilen bilgiler;

- GTIP:720241100000 Ferro - krom; %4 < C <= %6
- GTIP:720241900011 Ferro - krom; C > %6, krom <= % 60
- GTIP:720241900012 Ferro - krom; C > %6, krom > % 60
- GTIP:720249100000 Ferro - krom; C <= %0.05
- GTIP:720249500000 Ferro - krom; %0.05 < C <= %0.5
- GTIP:720249900000 Ferro - krom; %0.5 < C <= %4
- GTIP:720250000000 Ferro - siliko – krom

maden ürünlerinin toplam rakamını içermektedir.

Tablo 15. Yıllara Göre Ülkemizin Ferrokrom İhracat ve İthalat Bilgileri

Yıllar	İhracat Miktarı (ton)	İhracat Değeri (USD)	İthalat Miktarı (ton)	İthalat Değeri (USD)
2018	103.924	203.145.630	11.282	18.947.054
2019	105.064	165.662.424	9.636	14.186.643
2020	106.850	136.244.921	10.016	13.401.147
2021	166.478	295.226.445	9.598	19.249.320

Kaynak: TÜİK,2022

7. KROMUN ÇEVRE VE İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ

Çeşitli endüstrilerden ve ağır metallerle zenginleştirilmiş madenlerden çıkan atıkların uygun olmayan şekilde bertaraf edilmesi, toprak kirliliğinin arkasındaki ana faktördür. Metale olan aşırı talep, kromit cevherlerinin madencilik faaliyetlerinde de artışa neden olmuştur. Krom, dünya yüzeyinde toksik olmayan üç değerlikli formda bulunmasına rağmen, açık ocak madenciliği faaliyetleri nedeniyle üç değerlikli Cr(III) atmosferik hava ve su ile temas eder ve altı değerlikli toksik kroma (Cr(VI)) dönüşebilir. Sert kayalık yüzeylerden kromit cevherlerinin ayrıştırılması patlatma, delme ve ardından kırma gibi teknikleri içerir. Üretilen büyük miktarda ince cevher partikülleri ve toz, hava yoluyla yakınlardaki bölgelere doğru üflenir, böylece atmosferik birikme yoluyla Cr(VI) bulaşına ve kirliliğine neden olma olasılığı ortaya çıkar.

Maden ocaklarında ayrıca sondaj ve diğer madencilik işlemleri sırasında tozu kontrol etmek için su kullanılır. Bu maden yıkama suyu yeraltı suyuna sızabilir veya yakınlardaki su kütlelerine akarak onları kirletebilir. Açık maden ocaklarında yağmur sularının birikmesi ve bu ocaklardan drenaj yapılması da aynı sonuçları doğurur. Bu tür aşırı yüklerden drenaj, çok sayıda ağır metalin toprağa ve yakındaki su sistemlerine sızma olasılığını da artırır. Toprak ve su kütlelerindeki yüksek Cr(VI) seviyeleri, toksik ağır metalin bitkilerde ve ekinlerde birikmesine ve böylece besin zinciri yoluyla kolayca aktarılmasına neden olabilir. Toprağın yararlı mikroflorasının bir kısmı, Cr(VI) varlığından etkilenebilir ve bu da toprak verimliliğinin kaybına yol açar. İnsanlar da çeşitli ortamlar yoluyla Cr(VI)'a maruz kalabilirler. Çok değerli bir doğal kaynak olan toprağın altı değerlikli krom (Cr(VI)) gibi ağır metallerle kirlenmesi önlenmelidir. Bunlar, çeşitli fizikokimyasal yöntemleri ve biyoremediasyon ve fitoremediasyon gibi bazı biyolojik yöntemleri içerir. Fitoremediasyon, uygulanabilirliği ve çevre dostu doğası nedeniyle yaygın olarak kabul gören bir tekniktir. Bitki ıslahı sürecinde bitkiler, çevredeki kirlleticileri uzaklaştırmak veya sistemlerinde tutmak için kullanılır ve böylece toksik kirlleticileri azaltır. İyileştirme için, toksisiteye dayanma ve yüksek konsantrasyonlarda Cr(VI) ile kirlenmiş maden sahalarında büyüme yeteneğine sahip uygun bitki türleri seçilerek kirlenmiş toprakların başarılı bir şekilde iyileştirilmesi sağlanmalıdır (link.springer.com).

7.2. Kromun İnsan Sağlığına Etkisi

Krom, doğada başlıca üç değerlikli krom (Cr III) ve altı değerlikli krom (Cr VI) şeklinde bulunur. İnsanlar nefes alma, yeme, içme ve cilt teması yoluyla krom veya krom bileşiklerine maruz kalabilirler. Hava ve sudaki krom seviyesi genellikle düşüktür. İçme suyunda da krom

seviyesi genellikle düşüktür, ancak kirlenmiş kuyu suyu tehlikeli altı değerlikli krom (krom (VI)) içerebilir. Krom(III) birçok sebze, meyve, et, maya ve tahılda doğal olarak bulunduğundan, çoğu insan için krom(III) içeren yiyecekleri yemek, krom alımının ana yoludur. Hava, su ve yiyeceklerden günlük ortalama alımının sırasıyla 0,2-0,4 mikrogram (μg), 2,0 μg ve 60 μg 'dan az olduğu tahmin edilmektedir. Gıda hazırlama ve saklamanın çeşitli yolları, gıdanın krom içeriğini değiştirebilir. Yiyecekler çelik tanklarda veya teneke kutularda depolandığında krom konsantrasyonları yükselebilir.

Krom (III) insanlar için gerekli bir besindir ve yetişkinler için önerilen günlük miktarı 50 ila 200 μg 'dır. Eksikliği kalp rahatsızlıklarına, metabolizma bozukluklarına ve diyabete neden olabilir. Ancak çok fazla krom(III) alımı, deri döküntüleri gibi sağlık etkilerine de neden olabilmektedir.

Krom (VI), başta çelik ve tekstil endüstrisinde çalışanlar olmak üzere insan sağlığı için tehlike oluşturmaktadır. Tütün içen kişilerin de kroma maruz kalma durumu daha yüksektir.

Krom içeren tüketici ürünlerinin kullanımı sırasında kroma deri yoluyla maruz kalınabilir (bakır dikromatla işlenmiş ahşap veya kromik sülfatla tabaklanmış deri gibi).

Kroma mesleki maruziyet, kromat üretiminden, paslanmaz çelik üretiminden, krom kaplamadan ve tabaklama endüstrilerinde çalışmaktan kaynaklanır. Mesleki maruz kalma, genel nüfusa maruz kalmanın iki kat üzerinde olabilmektedir. Krom atık bertaraf tesislerinin veya krom üretim ve işleme tesislerinin yakınında yaşayan insanlar, genel nüfusa göre daha yüksek krom maruziyetine sahip olmaktadır. Bu maruziyetler genellikle hem altı değerlikli kroma (VI) hem de üç değerlikli kroma (III) yöneliktir.

Krom(VI)'nın çeşitli sağlık etkilerine neden olduğu bilinmektedir. Vücut bir miktar kromu (VI), kroma (III) detoksifiye edebilmektedir Yapılan çalışmalar solunan kromun (VI) insanlarda kanserojen olduğunu ve bunun sonucunda akciğer kanseri riskinin artmasına neden olduğunu açıkça ortaya koymuştur. Hayvan çalışmaları, kromun (VI) inhalasyon yoluyla akciğer tümörlerine neden olduğunu göstermiştir. Deri ürünlerinde bir bileşik olduğunda deri döküntüsü gibi alerjik reaksiyonlara neden olabilmektedir. Altı değerlikli krom solunduktan sonra burun tahrişlerine ve burun kanamalarına neden olabilir. Kroma maruz kalmayla ilişkili sağlık tehlikeleri, oksidasyon durumuna bağlıdır. Metal formu düşük toksisiteye sahiptir. Altı değerlikli form zehirlidir. Altı değerlikli formun cilt üzerindeki yan etkileri arasında ülserasyonlar, dermatit ve alerjik deri reaksiyonları yer alabilir. Altı değerlikli krom bileşiklerinin solunması, nazal septumun mukoza zarlarında ülserasyon ve delinme, farinks (yutak) ve larinks (gırtlak) tahrişi, astımlı bronşit, bronkospazmlar ve ödem

ile sonuçlanabilir. Solunum semptomları öksürme ve hırıltı, nefes darlığı ve burun kaşıntısını içerebilir. Krom(VI)'nın neden olduğu sağlık sorunları şunlardır:

- ✓ Deri döküntüleri
- ✓ Mide rahatsızlıkları ve ülserler
- ✓ Solunum sorunları
- ✓ Zayıflamış bağışıklık sistemleri
- ✓ Böbrek ve karaciğer hasarı
- ✓ Genetik materyalde değişiklik
- ✓ Akciğer kanseri
- ✓ Ölüm

Çok yüksek konsantrasyonlarda krom (VI) maruziyetinden kaynaklanan etkiler arasında gastrointestinal ve nörolojik etkiler yer alırken, yüksek konsantrasyonlardaki dermal maruziyet insanlarda cilt yanıklarına neden olmaktadır.

Laboratuvar testleri, maruz kalan kişilerin kanında, idrarında ve saçında krom tespit edebilir. Çoğu durumda analiz toplam krom için yapılır çünkü testlerde krom VI ve krom III arasında ayırım yapmak zordur.

Krom ve çoğu üç değerlikli krom bileşikleri, Ulusal Toksikoloji Programı (NTP) tarafından deney hayvanlarında kanserojenlik için yetersiz kanıtlara sahip olarak listelenmiştir. NTP'ye göre, altı değerlikli krom bileşikleri olan kalsiyum kromat, krom trioksit, kurşun kromat, stronsiyum kromat ve çinkokromat için deney hayvanlarında kanserojen olduğuna dair yeterli kanıt bulunmaktadır. Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC), krom metalini ve üç değerlikli bileşiklerini Grup 3'te listelenmiştir. Grup 3; ajan, "insanlar için kanserojenlik açısından sınıflandırılmaz" demektir. Krom, ABD Çalışma Bakanlığının bir parçası olan OSHA (İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi) tarafından kanserojen olarak düzenlenmemiştir (29 CFR 1910 Alt Bölüm Z). ACGIH (Amerikan Resmi Endüstriyel Hijyen Uzmanları Konferansı), hükümet ve eğitim kurumları tarafından istihdam edilen iş sağlığı profesyonellerinin bir derneğidir. ACGIH, krom metalini ve üç değerlikli krom bileşiklerini, insanlar için kanserojen olarak sınıflandırmayan 'A4' olarak sınıflandırmıştır. EPA (ABD Çevre Koruma Ajansı) kromu (III) insanlarda kanserojenlik açısından sınıflandırmayan Grup D olarak sınıflandırmıştır. Tek başına krom (III) bileşiklerinin kanserojen potansiyeline ilişkin veri mevcut değildir ancak EPA, "kromun (VI) bilinen bir insan kanserojeni olarak sınıflandırılmasının, kromun (III) kanserojen potansiyeli konusunda bir endişe uyandırdığını" belirtmiştir.

7.3. Kromun Çevresel Etkileri

Krom, kayalarda, hayvanlarda, bitkilerde, toprakta ve volkanik toz ve gazlarda doğal olarak bulunan bir elementtir. Organizmalar üzerindeki etkileri bakımından farklılık gösteren birkaç farklı krom türü vardır. Krom, doğal süreçler ve insan faaliyetleri yoluyla havaya, suya ve toprağa krom (III) (üç değerlikli krom) ve krom(VI) (altı değerlikli krom) formunda girer.

Krom (III) konsantrasyonlarını artıran başlıca insan faaliyetleri çelik, deri ve tekstil imalatıdır. Krom (VI) konsantrasyonlarını artıran başlıca insan faaliyetleri kimya, deri ve tekstil imalatı, elektro boyama ve endüstrideki diğer krom(VI) uygulamalarıdır. Bu uygulamalar esas olarak sudaki krom konsantrasyonlarını artıracaktır. Kömür yakma yoluyla krom da havaya karışacak ve atık bertarafı krom toprakta son bulacaktır.

Havadaki kromun çoğu sonunda çökecek ve sulara veya toprağa karışacaktır. Topraktaki krom, toprak parçacıklarına güçlü bir şekilde yapışır ve sonuç olarak yeraltı sularına doğru hareket edemez. Su ile temas eden krom tortudaki kromun sadece küçük bir kısmı çözünebilir. Bu nedenle sulardaki krom miktarı genelde düşüktür. Krom (III) organizmalar için gerekli bir elementtir. Krom(VI) esas olarak organizmalar için zehirlidir. Genetik materyalleri değiştirebilir ve kansere neden olabilir.

Mahsuller, krom alımını herhangi bir zarara yol açmayacak kadar düşük olacak şekilde ayarlayan sistemler içerir. Ancak topraktaki krom miktarı arttığında, bu yine de mahsullerde daha yüksek konsantrasyonlara yol açabilir. Toprağın asitlenmesi, mahsuller tarafından krom alımını da etkileyebilir. Bitkiler genellikle sadece kromu (III) emer. Hayvan çalışmaları, kroma (VI) inhalasyon maruziyetinden üreme veya gelişimsel etkiler bildirmemiştir. Ağız yoluyla yapılan araştırmalar, farelerde büyük anormallikler, batındaki canlı yavru sayısının azalması, sperm sayısının azalması ve seminifer tübüllerin dış hücresel tabakasının dejenerasyonu dahil olmak üzere üreme etkileri gibi ciddi gelişimsel etkiler bildirmiştir. Ayrıca hayvanlarda krom, solunum problemlerine, hastalıklarla mücadele etme yeteneğinin azalmasına, doğum kusurlarına, kısırlığa ve tümör oluşumuna neden olabilmektedir. Kromun balıkların vücutlarında biriktiği bilinmemekle birlikte, metal ürünlerin yüzey sularına atılması nedeniyle yüksek krom konsantrasyonları, atık noktalarının yakınında yüzen balıkların solungaçlarına zarar verebilmektedir (epa.gov), (lenntech.com).

8. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Türkiye ekonomisi için madencilik sektörünün büyük önemi vardır. Gelişme yolunda olan ulusal sanayi ve tarım sektörü ana girdiler yönünden madencilik sektörüne bağımlıdır. Yurdumuzda çok çeşitli, zengin maden rezervleri olduğu bilinmekle beraber, bu kaynakların çoğu henüz işletmeye alınmamıştır. Madencilik sektörünün millî gelirimizdeki payı % 1 gibi son derece düşük bir düzeydedir.

Türkiye’de kromit yatakları alpin tipi olup, genellikle küçük boyutlu, düzensiz şekilli (merceksi), Cr/Fe oranı 3/1-2/1 arasında ve yüksek metalürjik kalitede cevherlerdir. Dünya kromit rezervinin yaklaşık %0,2’si ülkemizde bulunmaktadır. Ülkemiz, tespit edilen rezerv miktarı açısından değilse bile, kalitesiyle dünyada önde gelen kromit üreticisi ülkelerden birisidir. Türkiye kromit cevherleri dünya kromit pazarlarında aynı tenörlerdeki diğer kromit cevherlerine göre daha yüksek fiyatla satılmaktadır. Bunun nedeni ise yurdumuzdaki cevherlerin metalürjik özelliklerinin daha iyi olmasından kaynaklanmaktadır. Ferrokrom üretiminde kullanılan bu cevherler gerek ark fırınları işletmeciliği açısından gerekse de ticari açıdan diğer cevherlere göre üstünlük sağlamaktadır. Maden ocaklarından çıkarılan krom cevherinin ferrokrom tesislerinde işlenmesiyle elde edilen yüksek karbonlu ferrokrom metali birçok sektörün en önemli hammaddesi/girdisini oluşturmaktadır. Kromun, özellikle metalurji, kimya, refrakter (ateşe dayanıklı çeşitli malzemeler) ve döküm sanayiinde olmak üzere otomotiv, mutfak ve banyo metalleri gibi sektörlerde geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. Dünya krom üretiminin yaklaşık yüzde 95’i ferrokrom üretiminde kullanılmaktadır. Krom kimyasalları, paslanmayı önleyici özellikleri nedeniyle uçak ve gemi sanayiinde yaygın olarak; kimya endüstrisinde, sodyum bikromat, kromik asit ve boya hammaddesi yapımında, metal kaplama, deri tabaklama, boya maddeleri (pigment), seramikler, parlatici gereçler, katalizör, boyalar, konserve kutulama, su arıtma alanında ayrıca estetik görünümü sayesinde krom son yıllarda ulaşım araçlarında, aydınlatma sistemlerinde, merdiven korkuluklarında, suyla temas eden yüzeylerde pas ve korozyon önleyici olarak da kullanılmaktadır. Ayrıca kromun süper alaşımları ise ısıya dayanıklı, yüksek verimli türbin motorlarının yapımında da kullanılabilir. Bu endüstrilerde birçok alanda kromit cevherinin yerini alabilecek bir alternatif bulunmamaktadır.

Dünyada kromit yatakları açısından zengin olan ülkelerde krom üretime paralel olarak ferrokrom üretimi yapılmaktadır. Krom madeninin yüksek oranda kullanıldığı ferrokrom üretimi; bağlantılı olduğu metalürji, kimya, refrakter ve döküm sanayi ile dolaylı olarak

bağlantılı olduğu krom cevheri madenleri, krom işleme tesisleri ile krom maden sektörünün gelişmesine ayrıca lojistik sektörü ve işgücü piyasasının gelişmesine katkı sağlamaktadır.

Krom cevherinden ferrokrom üretme sürecinde büyük ark ocaklarına ve yüksek miktarda enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Bir ton ferrokrom üretiminde 4.300 kWh enerjiye ihtiyaç duyulduğundan ülkemizde ferrokrom üretiminde enerji fiyatlarının yüksek oluşu maliyetlerde önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Türkiye’de ferrokrom üretimi enerji fiyatlarının yüksek olması dolayısıyla diğer üreticilere nazaran dezavantajlı olmakla beraber Türk Krom cevherleri ile üretilen ferrokrom metalinin yüksek kalitede olması (%65 Cr min.) ve bu değere göre dünya piyasasında yüksek fiyattan satılması bir avantaj olarak görülmektedir.

Bu bilgiler ve gelişmeler doğrultusunda, madencilik sektörünün ekonomiye doğrudan yaptığı katkının yanı sıra ekonominin diğer alanlarına özellikle imalat sektörüne sağladığı girdilerle kilit rol oynaması, sektörler arasında en yüksek katma değer ve istihdam oluşturma potansiyeline sahip olması, madencilik sektörü faaliyetlerinin daha çok kırsal alanlara yakın bölgelerde gerçekleştirildiği için kente olan göçü önlemesi ve bölgesel kalkınmaya da katkı sağlamasından dolayı ekonomik ve sosyal kalkınma politikalarının belirlenmesinde madencilik sektörünün özel bir yere konulması gerekmektedir. Kendi madenini işleyerek sanayisini kurmayan bir ülkenin dışa bağımlılıktan kurtulma olanağı bulunmamaktadır. Bu bağlamda ülkemize ferrokrom tesisleri gibi tesislerin kurulması bir zorunluktur. Global trendler uluslararası krom ticaretinde krom cevherlerinin ticaretini daraltırken, krom uç ürünlerinin ticaretini genişletmektedir. Krom cevheri üreten ülkeler uç ürünler üreterek gelişmiş ülkelere ihracat yapmaktadır. Sanayiinin temel girdilerinden biri enerji olduğu gibi çelik sanayiinin başlıca girdilerinden biri de ferrokromdur. Dolayısıyla sanayileşme yönünde önemli adımlar atan Türkiye’nin ham krom cevheri ihraç etmesi yerine katma değeri çok daha yüksek olan ferrokrom üretilip ihraç etmesi bunun yanı sıra, paslanmaz çelik ve diğer sanayilerini de geliştirerek kromu ülke içinde katma değerli ürünlere dönüştürmesi gerekmektedir. Türkiye’nin yılda 700-800 bin ton ferrokrom üretebilecek cevher satışı bulunmaktadır. Yeraltı zenginliklerimizden olan krom cevherlerinin daha iyi bir şekilde değerlendirilmesi mümkün olabilmektedir. Krom cevherinin krom bileşikleri ve ferrokrom tesisleri dışında yurtiçi tüketimi, refrakter sanayinde 15.000 ton/yıl, döküm sanayinde ise 1.000 ton/yıl düzeyindedir. Dünya krom cevheri üretimi ve ferrokrom üretimi ile bunların ihracat ve ithalat verileri incelendiğinde, krom cevheri üreten ülkelerin çoğunluğunun ürettikleri cevheri ferrokroma dönüştürerek ihraç ettikleri görülmektedir. Dolayısıyla, Türkiye ham cevher ihraç etmek yerine katma değeri yüksek olan ferrokrom üreterek ihraç

etmesi ve bu sayede, döviz girdisini 3-4 kat arttırması mümkündür. Ancak, üretimin önemli girdilerinden olan enerji fiyatları diğer ülkelerdeki ferrokrom üreticilerinin enerji maliyetleri seviyesine indirilerek sektördeki rekabet gücü geliştirilmelidir.

Bir ton ferrokrom metali üretiminde 1,5 ton cüruf ortaya çıkmaktadır. Cüruf zararsız atık olarak kabul edilmektedir. Atık cürufun farklı metotlarla değerlendirilmesi mümkün olmaktadır. Atık cüruf beton agrega tesisi, yer parkesi tesisi vb. ürünlerin üretiminde kullanılabilir. Metal dökümü sonrası pota içerisinde kalan metal-cüruf yapışık olan malzemedan metalin geri kazanılması için “Metal Geri Kazanım Tesisi” kurulması atıkların çevreye olan etkilerini minimize etme anlamında önemlidir.

Genel anlamda belirtmek gerekirse, önemli bir maden ihracatçısı olabilecek potansiyele sahip olduğumuz halde, maden ihracatımız çok sınırlı kaldığı gibi, bazı maden ürünleri de ithal edilmektedir. Burada hammadde ihracından çok, ürün ihracatı önemli olmalı ve bu ürünün de kalitesi tescillenmiş olmalıdır. Ürün çeşitliliğine ve katma değeri yüksek uç ürünlere yönelmemiz gerekmektedir. Ayrıca üretim ve istihdamın artırılması, uluslararası rekabet gücünü arttıracak ve araştırma- geliştirme içeriği yüksek bölgesel ve büyük ölçekli yatırımlar ile stratejik yatırımların özendirilmesi, uluslararası doğrudan yatırımların artırılması, bölgesel gelişmişlik farklılıklarının azaltılması yönünde projeler, politikalar ve çalışmalar yapılmalıdır. Ayrıca üzerinde durulması gereken diğer önemli bir konu projelerin çevreye olabilecek olumlu ya da olumsuz etkilerinin belirlenmesi, olumsuz yöndeki etkilerin önlenmesi ya da en aza indirilmesi, yer ve teknoloji alternatiflerinin değerlendirilmesi olmalı ve geri dönüşüm tesislerine yatırım yapılarak döngüsel ekonominin beslenmesi gerekmektedir (yatirimdestek.gov).

KAYNAKLAR

- akmetalmadencilik.com. Kasım 2022 tarihinde <https://www.akmetalmadencilik.com/tarihce> adresinden alındı
- aksugroup.com. Kasım 2022 tarihinde <http://www.aksugroup.com/tr/sirketlerimiz/aksu-madencilik-a-s> adresinden alındı
- Bacon, F. E. (Ağustos 2013). krom işleme. *Britannica Ansiklopedisi*. Kasım 2022 tarihinde <https://www.britannica.com/technology/chromium-processing> adresinden alındı
- commons.wikimedia.org. 27 Eylül 2022 tarihinde https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chromium_crystals_and_1cm3_cube.jpg adresinden alındı
- education.jlab. 27 Eylül 2022 tarihinde <https://education.jlab.org/itselemental/ele024.html> adresinden alındı
- epa.gov. 30 Kasım 2022 tarihinde <https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/documents/chromium-compounds.pdf> adresinden alındı
- eurasianresources.lu. Kasım 2022 tarihinde <https://www.eurasianresources.lu/en/pages/group-at-a-glance/group-at-a-glance> adresinden alındı
- facorgroup.in. Kasım 2022 tarihinde <https://www.facorgroup.in/> adresinden alındı
- glencore.com. Kasım 2022 tarihinde <https://www.glencore.com/what-we-do/metals-and-minerals/ferroalloys> adresinden alındı
- globaltrademag.com. (26 Ağustos 2021). 28 Kasım 2022 tarihinde <https://www.globaltrademag.com/chromium-ore-and-concentrate-imports-in-china-to-regain-momentum/> adresinden alındı
- globenewswire.com. 26 Ekim 2022 tarihinde <https://www.globenewswire.com/news-release/2020/02/07/1981649/0/en/South-Africa-s-Mining-of-Iron-Ore-Chrome-Industry-2019.html> adresinden alındı
- globenewswire.com. (24 Şubat 2022). Kasım 2022 tarihinde <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2022/02/24/2390990/0/en/Chromium-Market-Outlook-2022-Rising-Energy-Costs-to-Accelerate-Price-Growth-IndexBox.html> adresinden alındı
- icdacr.com. Kasım 2022 tarihinde <https://www.icdacr.com/page.html?pageID=8> adresinden alındı
- imfa.in. Kasım 2022 tarihinde <https://www.imfa.in/about-us/overview.htm> adresinden alındı
- index.io. 07 Aralık 2022 tarihinde <https://www.indexbox.io/store/global-ferrochrome-trade-prices-imports-exports-tariffs-and-market-opportunities/> adresinden alındı

- King, H. M. Eylül 26, 2022 tarihinde <https://geology.com/minerals/chromite.shtml> adresinden alındı
- kromder.org. Kasım 2022 tarihinde <https://kromder.org.tr/kromder-kuruldu> adresinden alındı
- lenntech.com. 30 Kasım 2022 tarihinde <https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/documents/chromium-compounds.pdf> adresinden alındı
- marmotek.com. 27 Eylül 2022 tarihinde <http://marmotek.com.tr/kromun-tarihcesi/> adresinden alındı
- mevzuat.net. Kasım 29, 2022 tarihinde <https://www.mevzuat.net/fayda/gtip-nedir-nasil-tespit-edilir.aspx> adresinden alındı
- MTA. 10 Ekim 2022 tarihinde <https://www.mta.gov.tr/v3.0/metalik-madenler/krom> adresinden alındı
- mühendisalemi.com. 7 Aralık 2022 tarihinde <http://www.muhandisalemi.com/ferrokrom-nasil-uretilir-nerelerde-kullanilir/> adresinden alındı
- oec.world. (tarih yok). 28 Kasım 2022 tarihinde [https://oec.world/en/profile/hs/chromium-ore#:~:text=In%202020%2C%20the%20top%20importers,and%20India%20\(%2436.4M\).](https://oec.world/en/profile/hs/chromium-ore#:~:text=In%202020%2C%20the%20top%20importers,and%20India%20(%2436.4M).) adresinden alındı
- outokumpu.com. Kasım 2022 tarihinde <https://www.outokumpu.com/en/locations/kemimine> adresinden alındı
- ÖİK. (2001). 8. 5 YILLIK KALKINMA PLANI. 18 Ekim 2022 tarihinde <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/08/Sekizinci-Bes-Yillik-Kalkinma-Plani-Madencilik-OIK-Raporu-MetalMadenlerAltKomisyon-Krom-Calisma-Grubu-Raporu.pdf> adresinden alındı
- ÖİK. (2018). Madencilik Politikaları Özel İhtisas Komisyon Raporu. Ankara. 21 Ekim 2022 tarihinde <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/04/MadencilikPolitikalarıOzelİhtisasKomisyonuRaporu.pdf> adresinden alındı
- ÖİK:637, D. 2. (2001). Kasım 2022 tarihinde <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/08/Sekizinci-Bes-Yillik-Kalkinma-Plani-Madencilik-OIK-Raporu-MetalMadenlerAltKomisyon-Krom-Calisma-Grubu-Raporu.pdf> adresinden alındı
- Pistilli, M. (16 Mayıs 2022). 20 Ekim 2022 tarihinde <https://investingnews.com/daily/resource-investing/industrial-metals-investing/chromium-investing/top-chromium-producing-countries/> adresinden alındı
- Pistilli, M. (16 Mayıs 2022). <https://investingnews.com/daily/resource-investing/industrial-metals-investing/chromium-investing/top-chromium-producing-countries/> adresinden alındı
- projectsiq.co.za. <https://projectsiq.co.za/chrome-mining-companies-in-south-africa.htm> adresinden alındı

- samancorcr.com. Kasım 2022 tarihinde <https://samancorcr.com/products/> adresinden alındı
- statista.com. 08 Aralık 2022 tarihinde <https://www.statista.com/statistics/1040749/reserves-of-chromium-worldwide-by-country/#statisticContainer> adresinden alındı
- statista.com. 08 Aralık 2022 tarihinde <https://www.statista.com/statistics/1040730/reserves-of-chromium-worldwide/> adresinden alındı
- TAHTAKIRAN, E. (2008). Kasım 2022 tarihinde https://www.maden.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=3233&tipi=23&sube=0 adresinden alındı
- tatasteel.com. Kasım 2022 tarihinde <https://www.tatasteel.com/products-solutions/india/products/tata-ferro-alloys-and-minerals-division/> adresinden alındı
- Temur, S. (2001). *Metalik Maden Yatakları*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım. 10 Ekim 2022 tarihinde alındı
- trendeconomy.com. (14 Kasım 2022). 28 Kasım 2022 tarihinde https://trendeconomy.com/data/commodity_h2/2610 adresinden alındı
- USGS. (2022). Mineral Commodity Summaries. 19 Ekim 2022 tarihinde <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2022/mcs2022-chromium.pdf> adresinden alındı
- wikipedia. 26 Eylül 2022 tarihinde <https://tr.wikipedia.org/wiki/Krom#%C3%96zellikleri> adresinden alındı
- wits.worldbank.org. 28 Kasım 2022 tarihinde <https://wits.worldbank.org/trade/comtrade/en/country/ALL/year/2021/tradeflow/Exports/partner/WLD/product/261000#> adresinden alındı
- wits.worldbank.org. 07 Aralık 2022 tarihinde <https://wits.worldbank.org/trade/comtrade/en/country/ALL/year/2021/tradeflow/Imports/partner/WLD/product/720241> adresinden alındı
- yatirimdestek.gov. 1 Aralık 2022 tarihinde <https://www.yatirimdestek.gov.tr/pdf/assets/upload/fizibiliteler/elazig-ili-yuksekkarbonlu-ferrokrom-tesisi-on-fizibilite-raporu2020.pdf> adresinden alındı
- yilmaden.com. Kasım 2022 tarihinde <https://www.yilmaden.com/tr-eti-krom-maden> adresinden alındı