



TMMOB
MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI
ADANA ŞUBESİ

KROM

Çalıştayı

13 Ekim 2018
ADANA





TMMOB
MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI
ADANA ŞUBESİ

KROM Çalıştayı



13 Ekim 2018
ADANA

Editör
Mehmet YILMAZ

©Tüm hakları saklıdır. TMMOB Maden Mühendisleri Odası'nın yazılı izni olmaksızın bu kitap ya da kitabın bir kısmı herhangi bir biçimde çoğaltılamaz. Bu kitap İdeal Explosives'in katkılarıyla basılmıştır.

ISBN : 978-605-01-1225-2
Teknik Hazırlık : Maden Mühendisleri Odası Adana Şubesi
Baskı : Alev Dikici Basım ve Ambalaj San.Tic.Ltd.Şti.
Baskı Tarihi : Ekim 2018
İsteme Adresi : TMMOB Maden Mühendisleri Odası

Tel : 0312 425 10 80 Fax: 0312 417 52 90
İnternet Adresi : www.maden.org.tr
E-Pošta : maden@maden.org.tr

ÖNSÖZ

Bu Çalıştayımızda Türkiye ve Dünyadaki Krom Madenciliği, Jeolojik yapısı, Üretim, Zenginleştirme Yöntemleri, Ferrokrom yatırımları ve Satış pazarlama konularında konunun uzmanları tarafından sunumlar yapılarak tartışmaya açılacaktır.

Çeliğe alaşım metali olarak asgari %11 oranında katılan Krom, çeliğe paslanmaz özelliği kazandırır, paslanmaz çelik yapımında kromu ikame edecek başka metal yoktur. Krom ayrıca çeliğin aşınmaya karşı direncini artırır, vasıflı ve özel çeliklerin üretimini mümkün kılan alaşımları oluşturup, aşınmaları önleyen sert ve estetik yüzeyler yaratır. Bu nedenle küresel Krom talebinin % 96 'sı, döküm kumu ve refrakter sektörü talebi eklendiğinde ise % 98'si demir-çelik sektöründen özellikle paslanmaz çelik sanayi talebinden gelir.

Dünya paslanmaz çelik üretimi 1980-2017 yılları arasında düzenli büyüyerek her yıl ortalama % 5,4 artış göstermiştir. Paslanmaz çelik üretimindeki bu büyüme, ferrokrom üretimini, dolaylı olarak krom cevheri üretimini pozitif olarak etkilemektedir. Küresel paslanmaz çelik üretimi 2017 yılında 48,3 milyon ton, ferrokrom üretimi 12,3 milyon ton, krom cevheri üretimi 31 milyon ton olmuştur.

Çin; 2017 yılında da küresel paslanmaz çelik üretimin % 53'ünü gerçekleştirmek ve küresel ferrokrom talebinin % 61'ini oluşturmak suretiyle önceki yıllarda olduğu gibi piyasanın önemli oyuncusu olmayı sürdürmektedir.

2010 yılında dünyada üretilen krom cevherinin % 31'i dış ticarete konu olurken bu oran 2017 yılında % 46'ya yükselmiştir. Ancak 2017 yılında 14,2 milyon tona ulaşan küresel ithalatın % 97'si olan 13,7 milyon tonu doğrudan Çin tarafından gerçekleştirilmektedir. Çin'e yapılan sevkiyatta ise Güney Afrika Cumhuriyeti firmalarının payı 10,0 milyon ton ile % 73'dür. Dolayısıyla krom cevheri piyasası ağırlıkla 2 oyunculu bir yapıya bürünmüştür.

Bu yapı içinde 2017 yılında Türkiye'nin dünya krom cevheri üretimindeki payı yaklaşık %5'e, dünya ihracatındaki payı % 8 civarına, ferrokrom üretimindeki payı ise kabaca %1'e gerilemiştir.

Ferrokrom üretimi 2018 yılında da, önceki yıllarda olduğu gibi paslanmaz çelik piyasasındaki üretim artışına uygun olarak yükselmekte, Çin'in krom cevheri ithalatı da buna paralel olarak artmaktadır.

Türkiye dünyada krom cevheri üreten ülkeler sıralamasında Güney Afrika Cumhuriyeti (15 milyon ton) Kazakistan(5,4 milyon ton),Hindistan (3,2 milyon ton) ardından (1,7 milyon ton) ile dördüncü sıradadır.

Krom cevheri standart emtia kategorisinde değerlendirilip LME gibi metal borsalarında işlem görmemektedir. Dünyada G.Afrika- Çin pazarı eksenindeki krom-ferrokrom piyasası sektörde istikrarsız fiyat hareketlerine neden olmakta,bu durum ülkemizde özellikle küçük ve orta ölçekli krom üreticileri aleyhine tecelli etmektedir.

Krom ve ferrokrom piyasasındaki dalgalı fiyat ortamı, özellikle Türkiye krom sektöründe irrasyonel bir yapının oluşmasına neden olmuş, kurulu 100'ü aşkın konsantratörün dörtte üçü günümüzde çalışmamakta olup ülkemiz tesis mezarlığına dönmüştür.

Türkiye'de üretilen parça ve konsantre krom cevherinin ferrokrom üretiminde kullanıldığında, Güney Afrika kromlarına kıyasla ekstra maliyet avantajı sağladığı ve randımanı artırdığı bilinmektedir.

Türkiye kromlarının yüksek vasıflı özellikleri ve ülkemizin dünyadaki ulaşım aksları açısından coğrafi konum avantajları göz önüne alınıp, ülkemizde yeni yapılacak yatırımlarla Krom'a bağlı sanayi ürünlerinde kendine yeter ülkelere biri olmak ve böylece G. Afrika - Çin krom pazarı ekseninden nispeten bağımsız bir yapıya kavuşmak ancak krom üreticisi şirketlerin entegre projeler etrafında bir araya gelmesi ve sektörün sermaye ve yönetim eksikliklerinin giderilmesi ile mümkün olabilir.

TMMOB
Maden Mühendisleri Odası
Adana Şubesi Yönetim Kurulu

DESTEKLEYEN KURULUŐLAR

- 1- AKMETAL MADENCİLİK A.Ő.**
- 2- ETİ KROM A.Ő.**
- 3- DEDEMAN MADENCİLİK A.Ő**
- 4- BİLFER MADENCİLİK A.Ő.**
- 5- MERTA MADEN MAKİNALARI LTD.ŞTİ.**
- 6- İDEAL EXPLOSIVES**
- 7- ADANA TİCARET ODASI**
- 8- ADANA SANAYİ ODASI**

İÇİNDEKİLER

1. Türkiye ve Dünyadaki Krom Rezervleri, Jeolojik Yapısı ve Özellikleri.....9
2. Krom Madeni Üretim Yöntemleri..... 89
3. Krom Madeni Zenginleştirme Yöntemleri 109
4. Türkiye ve Dünyada Ferrokrom 127
5. Krom Madeni ve Madencilikle İlgili Son Hukuki Düzenlemeler 149
6. Krom Madenciliğimizde Yeni Tavrı, Yeni Eylem..... 161

TÜRKİYE VE DÜNYA KROM MADENCİLİĞİNDE DURUM TESPİTİ

**Ali Kemal AKIN, Jeoloji Yük. Müh.
Akmetal Madencilik AŞ-Adana**

1. GENEL KAVRAMLAR VE İLKELER

1.1. Kromun Genel Özellikleri Ve Tarihsel Gelişimi

Yer kabuğunun doğal bileşimlerinden biri olan krom elementi, sanayi açısından hayati bir öneme sahiptir. Yeryüzünde krom içeren 25 kadar mineral bilinmekte olup en önemlileri kromit, uvarovit, fuksit ve kemererittir. Bunlardan kromit en yaygın krom minerali olup genellikle krom yatakları yerine kromit yatakları olarak da adlandırılmaktadır. Kromit, yer kabuğunda bulunan mineraller içerisinde miktar bakımından 21. sırada yer almakta bir başka ifadeyle de yer kabuğunun kabaca % 0.037'sini kromit oluşturmaktadır. Ekonomik olarak işletilen tek krom minerali kromittir. Teorik mineraloji formülü $FeCr_2O_4$ olmakla birlikte, doğada bulunduğu haliyle formülü; $[(Mg, Fe)^{++}(Cr, Al, Fe)^{+++}]_2O_4$ olan spinel grubu bir mineraldir.

Genel özellikleri itibariyle kromit; parlak, koyu kahverenginden siyaha kadar değişen renklerde olabildiği gibi sarı, kırmızı ve yeşil tonlarında da değişik krom minerallerine rastlanabilmektedir. Atom numarası 24, özgül ağırlığı 4.1 – 4.9 gr/cm^3 , sertliği 5.5, kaynama sıcaklığı 2671 °C, ergime sıcaklığı 1890 °C olan bir mineraldir. Burada dikkat çekilmesi gereken bir diğer ve en önemli nokta kromun ergime sıcaklığıdır. Sanayide kullanılan pek çok metale kıyasla ergime derecesindeki yükseklik kromu ayrıca değerli kılmaktadır. Örnekleriyle izah edecek olursak kromun ergime derecesi 1890 °C iken sırasıyla titanyum 1730 °C, demir 1539 °C, kobalt 1495 °C, nikel 1455 °C, bakır 1083 °C, altın 1063 °C, alüminyum 660 °C, çinko 419 °C, kurşun 327 °C ve kalay 232 °C ergime derecesine sahiptir. Bahsi geçen söz konusu metallerin ergime

dereceleri ve sanayideki kullanım alanları düşünüldüğünde kromun içlerinde ne kadar önemli bir yere sahip olduğu bir defa daha anlaşılmaktadır.

Kromun tarihsel süreçteki gelişimine de kısaca bakacak olursak çoğu madenin aksine kromun insanlık tarihindeki geçmişi oldukça kısadır denebilir (Çizelge 1). Her ne kadar 1762’de ilk olarak Alman Mineralog ve Jeolog Johann Gottlob Lehmann (1719 – 1767) tarafından Rusya’nın Ural Dağları civarında krom içeren mineraller bulunmuş olsa da söz konusu bu buluşu inceleyip periyodik cetvele soğan Fransız kimyacı Louis Nicolas Vauquelin (1763 – 1829) olmuştur. Vauquelin krom içeren mineralleri analiz etmiş ve en nihayetinde Lehmann’ın keşfinden yıllar sonra, 1797’de Krom (*İng.* Chrome, *Alm.* Chrom) adını vererek sınıflamasını yapmıştır. Bu adın verilmesinde kromun doğadaki bulunuş rengi etkili olmuştur. Oldukça parlak, çeşitli renk ve tonlarda bulunabilen krom içeren minerallerden ve alaşımlarından dolayı Vauquelin, Yunanca renk anlamına gelen *chroma* adını vermiştir.

İlk defa 1762’de Rusya’da (Ural Dağları) izine rastlanan kromit, 1811’de ABD Maryland’da (Pennsylvania, Virginia), 1830’da Norveç, 1848’de Türkiye, 1849’da Hindistan (üretim 50 yıl sonra), 1865’de G.Afrika ve Zimbabve (üretim 50 yıl sonra), 1874’de Yeni Kaledonya, 1882’de Avustralya, 1892’de Urallar, 1906’da Brezilya ve Küba, 1937’de Arnavutluk ve Filipinler’de maden yatakları bulunarak işletilmeye başlanmıştır.

1848 yılında Amerikalı jeolog Profesör Lavvrence Smith, Harmancık (Bursa) Nallılar Köyünde ilk yüksek tenörlü kromit yataklarını buldu. Takip eden tarihlerde, Çanakkale'nin Okçular mevkiinde, Kastamonu'nun Devrekani ilçesinde, kromit cevheri bulunarak işlenmeye başlandı. Bu tarihe kadar Avrupa'nın kromit ihtiyacı Ural Dağları ile Amerika'da bulunan Maryland-Baltimore, Virginia ve Pensilvanya krom yataklarından karşılanırken, Avrupa'ya yakınlık, Anadolu kromlarını ön plana çıkardı.

KROM ÇALIŞTAYI 2018 ADANA

YIL	AÇIKLAMA
1762	Alman Mineralog ve Jeolog Johann Gottlob Lehmann tarafından Rusya'nın Ural Dağları civarında ilk olarak krom içeren mineraller (krokoit) keşfedilmiştir.
1797	Fransız kimyacı Louis Nicolas Vauquelin kromu analiz ederek literatüre kazandırmış ve isim babası olmuştur.
1811	Bilinen ilk büyük kromit yataklarının keşfi ABD' de gerçekleşti
1830	Norveç'te krom madenciliği başladı.
1848	Türkiye'de ilk olarak Amerikalı Akademisyon John Lawrence Smith tarafından krom keşfedildi.
1849	Hindistan'da krom bulundu.
1850	Türkiye'de krom madeni ihracatına başlandı
1865	Güney Afrika ve Zimbabve'de krom bulundu.
1874	Yeni Kaledonya'da krom bulundu
1879	Krom fransa'da refrakter sanayide kullanılmaya başlandı.
1882	Avustralya'da krom bulundu.
1887	Fethiye-Üçköprü kromit yatakları ruhsat alınarak işletilmeye başlandı
1906	Brezilya ve Küba'da krom bulundu
1913	Harry Brearley tarafından krom kullanılarak paslanmaz çelik elde edildi.
1915	Elazığ'da krom bulundu.
1935	MTA ve Etibank Genel Müdürlükleri kuruldu
1936	Guleman Krom Yatağı, Etibank'a devredildi ve Şark Kromları TAŞ kuruldu
1937	Filipinler ve Arnavutluk'ta krom yatakları bulundu.
1939	Şark Kromları TAŞ Etibank'a bağlandı
1940	Türkiye ve müttefikleri arasında 8 Ocak 1940 tarihinde Krom Antlaşması imzalandı.
1948	Türkiye 1948'den 1952 yılına değin dünya krom üretiminde 1. sırada yer aldı.
1960	Kromitin yüksek ısıya dayanıklılığı nedeniyle döküm kumu olarak kullanımı G. Afrikada başladı.
1963	Antalya'da ferrokrom üretimi başladı.
1970	Paslanmaz çelik üretiminde (AOD) ve (VOD) proseslerinin devreye girişiyle düşük karbonlu ferrokrom hızla yerini daha ucuz olan yüksek karbonlu ferrokroma bırakmaya başladı.
1972	MTA Maden Etüd ve Arama Dairesi yapısı içinde krom servisi kuruldu.
1977	Elazığ'da ferrokrom üretimi başladı.
1989	MTA tarafından Aladağ ofiyolitinde bulunan Türkiye'nin en büyük düşük tenörlü Kızılyüksek-Yataardıç-Kovankaya kromit yatağı Etibank'a devredildi.
2002	Pınar MadencilikAŞ Kızılyüksek-Yataardıç düşük tenörlü kromit yatağının güney bölümünde madencilik faaliyetlerine başladı.

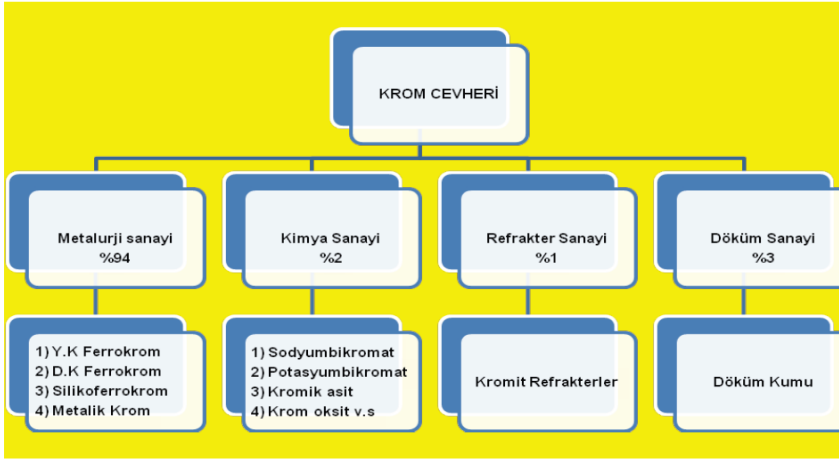
Çizelge 1. Kromun kronolojik gelişimi

1.2. Kullanıldığı Yerler Ve Ekonomik Önemi

Krom cevheri Dünya Sanayinin vazgeçilemez bir üretim girdisidir. Bir katkı elementi olan krom alaşımlara ısı, korozyon ve aşınma direnci ile mukavemet, sertlik, kalıcılık, hijyen ve renk gibi özellikler kazandırması sebebi ile çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Krom metalinin ekonomik olarak üretildiği tek mineral olan kromit cevheri, metalurji, kimya, refrakter ve sınırlı döküm sanayinde kullanılmaktadır. Bu sektörlerde kullanılan kromit cevherinin yerini alabilecek henüz bir alternatif bulunmamaktadır. Krom cevheri, metalurji alanında paslanmaz çelik yapımında kullanılan ferrokrom imalinde; refrakter alanda, refrakter tuğla ve harçların imalinde; kimya endüstrisinde renk maddesi, deri tabaklama işleminde ve kuru pil imalinde kullanılır. Ancak dünyada üretilen krom cevherinin çok büyük bir kısmı metalurji sanayinde ferrokrom üretiminde, üretilen ferrokromun da yine çok büyük bir kısmı paslanmaz çelik sektöründe kullanılmaktadır.

Kromit mineralinin doğada bilinen en yüksek Cr_2O_3 içeriği % 68'dir. Krom cevherinin kimyasal bileşimi cevherin sanayideki kullanım alanlarını belirlemektedir. Kimyasal analizlerde SiO_2 - Cr_2O_3 - Al_2O_3 - FeO - MgO % miktarları ve Cr/Fe oranı çok belirleyici olmaktadır. Çizelge 2'de kimyasal bileşenlerin oranlarına göre krom cevherinin kullanım alanları; Şekil 1'de ise sektörel olarak kullanım yüzdeleri verilmiştir.

Sanayideki kullanım alanları kimyasal bileşim ve fiziksel özelliklerine göre sınırlı olmakla beraber, teknolojideki gelişmeler kimyasal bileşim ve fiziksel özelliklerinden kaynaklanan sınırlamaları daha esnek hale getirmiştir.



Kaynak : ICDA

Şekil 1. Krom cevherinin sektörlere göre kullanım yüzdeleri.

1910'lu yıllarda İngiltere ve Almanya'da paslanmaz çelik yapımında kullanılan ferrokromun üretiminin başlamasıyla krom cevheri gittikçe daha fazla metalurji sanayinde tüketilmeye başlamıştır. Günümüzde üretilen krom cevherinin % 95'i metal alaşımları için geri kalan %2'si kimya sanayi, %3'ü refrakter ve döküm sanayilerinde kullanılmaktadır. 20 inci yüzyılın başından itibaren paslanmaz çelik tüketimindeki hızlı büyümeye paralel olarak kromit üretimi de büyük artışlar göstermiştir. Dünya kromit üretimi 1953'deki 3,65 milyon ton düzeyinden, 2009 yılında 19 milyon ton düzeyine ulaşmıştır. Son on yıldır yılda dünya krom alaşımları ve kromit üretimi yıllık ortalama % 4,6 oranında büyüme göstermektedir.

	Metalurji Sanayi	Refrakter Sanayi	Kimya Sanayi
Cr ₂ O ₃	% 34-48	% 48 (en az)	% 42-46
SiO ₂	% 8-12	% 10 (max.)	% 6-7 (tipik)
Al ₂ O ₃	% 8-15	% 25-32 Al ₂ O ₃ Cr ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ (% 60 Min)	-
Cr/Fe Oranı	3-2,6	% 26 Fe ₂ O ₃ (Max.)	1,5-2

Çizelge 2. Krom cevherinin kullanım alanları ve istenilen oranlar.

1970'lere kadar metalurji sanayinin (paslanmaz çelik ve diğer alaşım çelik sanayilerinin) talebi, sadece podiform tip yataklardan üretilen yüksek tenörlü ve yüksek Cr/Fe oranlı cevherlerden karşılanmıştır. Stratiform tip yataklardan üretilen düşük (% 40–42 Cr₂O₃) tenörlü ve düşük Cr/Fe oranlı olan yüksek demirli cevherler ise, daha çok kimya sanayiinde kullanılabilmiştir.

Ancak 1970'lerde çelik teknolojisindeki yenilikler sayesinde büyük rezervli stratiform tip yatakların yüksek demirli cevherlerinin de metalurji sanayinde kullanımı mümkün hale gelmiştir. Bunun sonucu olarak dünya krom cevheri rezervlerinin % 90'dan fazlasını oluşturan stratiform tip yataklardan yapılan krom cevheri üretimi 1970'lerden sonra hızla artmaya başlamıştır. Podiform yataklardan üretilen yüksek kromlu cevherlerin metalurji sanayindeki üstünlüğünü kaybetmesiyle krom üreten ülkelerin konumlarında 1970'lerden sonra ciddi değişimler yaşanmıştır. Bu gelişmeler nedeniyle Türkiye önde gelen kromit üreticisi ülke olma durumundan uzaklaşmıştır (Karahan ve Özkan, 2011).

Bunda Türkiye krom madenciliğinin, artık derin ve/veya düşük tenörlü yataklardan gittikçe daha yüksek maliyetle üretim yapabilmesinin de payı büyük olmuştur. Türkiye krom madenciliği artık, dünya pazarlarında düşük fiyatla piyasaya sürülen krom cevherleriyle rekabet edememektedir. Bundan sonra Türkiye krom madenciliği ancak, maliyet etkin ve verimli cevher zenginleştirme ve cevher hazırlama süreçleri geliştirebilir ve uygulayabilir ise rekabet gücünü koruyabilecek ve gelişmesini sürdürebilecektir.

Gerçi dünya kromit üretiminin yaklaşık yarısını veren stratiform yataklar da çoğunlukla yer altı madenciliğini gerektirdiği ve gittikçe daha derin ve daha ince damarlardan üretim yapılması nedeniyle bu tip yataklardaki üretim maliyetleri de artış göstermektedir ve gösterecektir.

1.3. Doğal Kaynakları

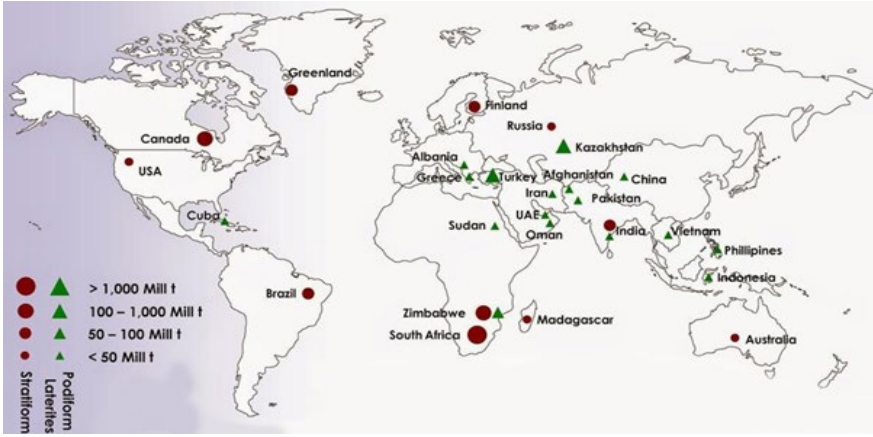
Krom yatakları, peridotit genel ismiyle bilinen ultrabazik kayalar içinde bulunurlar. Kromun tek ekonomik kaynağı, kromit mineralidir. Köken, jeoloji, konum, mineraloji, doku, kimya özellikleri yönünden üç ana tipe ayrılır:

1.3.1. Duraylı Kıtasal Bölgelerde (Kraton) Bulunan Bazik Sokulumlara Bağlı Stratiform Krom Yatakları

Stratiform kromit yatakları, dunit, peridotit gibi silikat mineralleri içeren, ara-katmanlarla ardalanan, birkaç milimetre ile birkaç metre kalınlıkta, yanal olarak uzun mesafelerde devamlı kromitçe zengin katmanlardan oluşur. Duraylı kıta bölgelerinde (kraton) gelişen derin kırıklar boyunca, bu kırıkların üstlerindeki litostatik basıncın kalkması nedeniyle önemli ölçüde ergimiş durumdaki üst manto malzemesi kıta içlerine lapolitler şeklinde sokulur. Bu lapolitlerin kümülat süreçlerle soğuyup katılaşması (kristallenmesi) sırasında ultramafik kayalarla birlikte krom yatakları oluşur. Türkiye’de stratiform tip krom yatakları bulunmamaktadır.

Muhtemel kristallenme derinlikleri 3-10 km dir. Küçük tane boyulu, düzgün kristal şekilli (idiomorf), kümülat (çökel) dokulu, doğrultu ve eğim yönünde büyük devamlılıklar gösteren, genelde düşük tenörlü (ortalama % 10 Cr₂O₃) fakat büyük rezerve sahip yataklardır. Stratiform yataklar genelde saçınımlı (dissemine) bandlı cevherlerdir ve katmanlı mafik-ultramafik karmaşıklardakilere benzer biçimde çapraz tabakalanma (Cross bedding), kayma yapısı (slumping) gibi mağmatik çökelme (kümülüs) özellikler sergilerler (Çiftçi vd., 2017).

Stratiform tip cevherlerin Cr/Fe oranları düşüktür (1.5 - 2). Cr₂O₃ içeriği ve Cr/Fe oranı düşük, FeO içeriği yüksek olan stratiform tip yataklardan üretilen cevherler ise, düşük kalite ferrokrom, döküm kumları, krom kimyasalları ve refrakter tuğla (manezit-krom ve krom-manezit tuğlaları) üretiminde kullanılır. Ekonomik olarak işletilebilen bu tip krom yatakları başlıca, Güney Afrika Cumhuriyeti ve Zimbabve’de bulunmaktadır. Bilinen dünya krom cevheri rezervlerinin % 96 kadarı bu tip yataklarda bulunmaktadır. En tipik örnekleri Bushveld (Güney Afrika), Great Dyke (Zimbabve), Kemi (Finlandiya), Stillwater (ABD) Hindistan’ın Orissa bölgesinde bulunmaktadır. Diğer stratiform krom yatakları Brezilya, Kanada, Avustralya, Rusya ve Madagaskar’da bulunur (Şekil 2). Bu yataklar duraylı kıta yapısı içinde yer almakta olup, buralarda hiçbir yerleşim öncesi ve sonrası riftleşme olayı meydana gelmemiştir. Bu nedenle bu kompleksler, altlarında yer alan manto sorguçlarının (hot-spot) varlığı ile ilişkilendirilmektedirler.



Şekil 2. Dünya’da Krom Yataklarının Büyüklük ve Tiplerine göre Dağılımı

1.3.2. Alpin Tip Veya Podiform Tip Krom Yatakları

Podiform tip kromit yatakları, esas olarak merceğimsi şekilli, birkaç on bin tonu pek nadiren geçen, genellikle küçük boyutlu yataklardır. Arnavutluk, Yunanistan, Türkiye, İran, Pakistan, Hindistan, Filipinler gibi Alp-Himalaya dağoluş kuşağı üzerinde yer alan ülkelerde bulunurlar. Alp Orojenezisi sırasında kıta üzerine yerleşen ofiyolit (okyanusal kabuk kalıntısı) içerisinde bulunan kromit yataklarıdır. Ofiyolit istifinde altta tektonitler (metamorfik peridotit) ile tektonitlerin üzerinde yer alan kümülat grubu kayaların ultrabazik (dunit) düzeyleri içerisinde bulunurlar. Türkiye’deki kromit yatakları “Alpin Tip” tir. Alp-Himalaya sıradağ kuşağı dışında, Kazakistan, Küba ve Brezilya genel olarak yüksek krom-demir oranlı cevherlere sahiptirler.

Bu tür cevherler, paslanmaz çelik ve süper alaşımlar gibi özel metalurjik uygulamalarda kullanılan ferrokrom üretimine elverişlidir. Bundan dolayı bu tip cevherlere, metalurjik kalite kromit de denilir. Podiform kromit yatakları, metalurjik kalitedeki kromitin önemli bir kaynağı; refrakter tip cevherlerin (min. 25% Al_2O_3 : min. 60% Cr_2O_3 + Al_2O_3 : max 15% FeO) ise tek kaynağıdır.

Alpin tip kromit yatakları, kimyasal bileşim açısından MgO içeriklerinin yüksek, FeO ve Fe_2O_3 içeriklerinin düşük, Cr/Fe oranının yüksek, Cr_2O_3 ve Al_2O_3 içeriklerinin yüksek oluşu ile karakteristiktir. Düzensiz kristal şekilli, iri kristal taneli, doğrultu ve eğim yönündeki devamlılıkları sınırlı, mercek veya düzensiz şekilli kromitit

kütlelerinden oluşan, rezervi birkaç yüz bin tonu geçmeyen yataklardır.

Stratiform karmaşıklardaki yataklara göre küçük boyutlu olmakla birlikte, dünya kromit üretiminin büyük bölümü podiform tip yataklardan yapılır. Tarihsel olarak üretilmiş tüm kromit cevherlerinin % 57'si podiform tip yataklardan çıkarılmıştır. Bu tip cevherlerin krom-demir oranının daha yüksek olması, krom katmanlarının devamlılıklarının az ancak stratiform yataklara göre daha kalın olmaları nedeniyle daha düşük maliyetle üretilebildikleri için daha fazla tercih edilirler. Bunlar mercecek veya düzensiz şekilli, genelde küçük boyutlu, karmaşık yapısal ilişkiler sergileyen yataklardır (Çiftçi vd., 2017).

1.3.3. Eşmerkezli Bir İç Düzene Sahip Konsantrik Ultrabazik-Bazik Kayaç Topluluklarına Bağlı Krom Yatakları (Alaskan Tipi Yataklar)

- ✓ Ural-Alaskan tipi ultramafik-mafik kompleksler ekonomik maden yatakları (değerli metaller, özellikle platin) bakımından zenginlik sunarlar.
- ✓ Alaskan tipi ultramafikler ve bunlarla ilişkili plaser yataklar PGE bakımından oldukça önemlidir,
- ✓ km-ölçekli, geniş anlamda konsantrik zonlanma sunan magmatik gövdeler olup, iç kısımları dunit, kromitit, verlit, dış kısımları klinopiroksenit, amfibollü gabro ve hornblendit kayalarını içerir,
- ✓ Erken kümülüs mineraller: Fo-Olivin, kromit, diyopsit, flogopit. Post-kümülüs mineralleri ise: hornblend, biyotit, manyetit ve plajiyoklas,
- ✓ Magmatik gövdeler ters-huni şekilli düşey magmatik gövdeler halinde gabro/diyorit ve/veya metamorfik kompleksler içine yerleşirler,
- ✓ Bu tip yataklar genel olarak genç intrüzif kütlelere bağlıdır (Paleozoyik: Urallar, Avustralya; Mesozoyik: Alaska, Kanada; Tersiyer: Kolombia).
- ✓ Tektonik açıdan konverjan levha sınırları ve yitimle ilişkili ortamlarda görülürler (Kamchatka–Aleutian Ada yayları;

Alaska–Rocky Dağları; Andean orogenic systems; Silüriyen Ada Yayları kuşağı-Urallar ve GD Avustralya).

- ✓ Jeokimyasal açıdan da Ada yaylarında magmatik sistemlere benzerler (ultramafik-mafik kaya grupları, sulu-yüksek Mg’lu bazaltik-andezitik magmalarla ilişkilidirler.
- ✓ Ural-Alaskan tipi kromitlerde yapılan mineral kimyası çalışmaları bunları oluşturan ana magmanın ada yayı yüksek-K’lu kalkalkalen magmalara benzediklerini işaret etmektedir.
- ✓ Bu yataklarda özellikle dunit ve kromitlerde gözlenen platin-iridyum anomalileri, astenorferik kökenli ana magmanın genel olarak Pt-Ir metalleri bakımından fakir olması ve dolayısıyla bunların manto kaynağında tutulmaları ve sonrasında tekrar eden kısmi ergimelerle Alaskan tipi ultramafik kütlelerde bunların zenginleştiğini işaret edebilir.

Bu tip yatakların bugün için ekonomik önemi yoktur. Alaska'da görülen bu tip yataklardan üretim yapılmamaktadır. Bununla birlikte, ABD'de, bu kromitlerin zenginleştirilmesi için testler ve bunların ekonomikliği konusunda çalışmalar yapıldığı bilinmektedir. Bu tip yataklar genellikle yüksek demirli krom cevheri içerirler.

1.4. Türkiye Krom Yatakları Ve Rezervleri

Krom yataklarının içinde bulunduğu peridotit genel ismiyle anılan ultrabazik kayalar, Türkiye’de geniş alanlar kaplarlar. Türkiye’de krom yatakları belirgin bir dağılım düzeni göstermeksizin peridotitler içinde ülke geneline yayılmış durumdadır. Türkiye’de 1600 kadar tek veya grup halinde krom yatağı ve krom cevheri zuhuru bulunmaktadır.

MTA Genel Müdürlüğü tarafından yapılan çalışmalar sonucu derlenen veriler ve işletmeciler kuruluşlardan edinilen sınırlı bilgilerin değerlendirilmesi sonucu % 20 den daha fazla Cr₂O₃ içerikli Türkiye krom rezervi yaklaşık **26 milyon** ton olarak verilmektedir. Öte yandan, krom cevheri üreticisi bazı kuruluşların ruhsat sahibi oldukları yataklara ilişkin, İstanbul Maden İhracatçıları Birliği’ne bildirdikleri rezerv toplamı **39 milyon** ton civarındadır. Belirtilen bu rezerv rakamlarının büyük bir bölümünün hesaplanma yöntemi uluslararası rezerv hesaplama standartlarına pek uymamaktadır. Bu

nedenle, söz konusu rezerv rakamları genel bir fikir verici değerler olarak dikkate alınmalıdır.

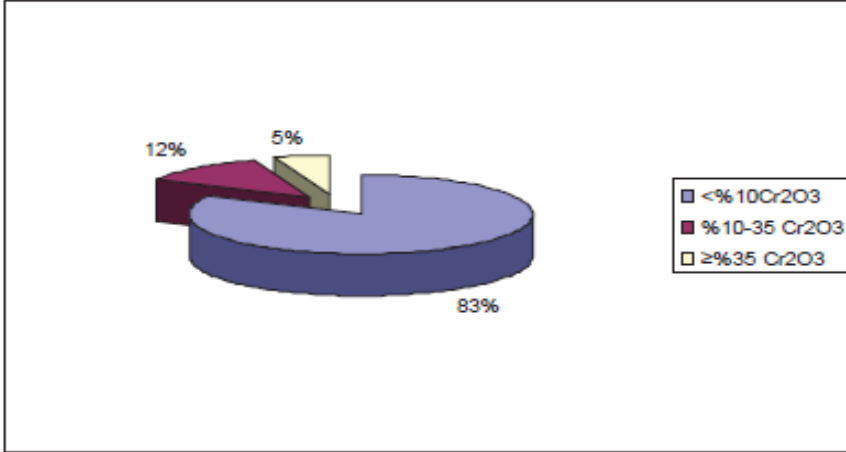
Krom rezervleriyle ilgili bilgilerin yetersizliğine karşın bugüne kadar dünya krom pazarlarında olumlu gelişmelerin olduğu dönemlerde, Türkiye krom madencileri artan talebi karşılamada sıkıntı çekmemişlerdir. Öte yandan, Aladağ (Adana) yöresinde bulunan Kızılyüksek-Yataardıç Krom Yatağı'nda MTA Genel Müdürlüğü'nün yaptığı çalışmalar daha sonra da Etibank tarafından devam ettirilen sondajlı çalışmalar sonucunda % 5.60 Cr₂O₃ tenörlü 198.100.000 ton krom cevheri rezervi ortaya konmuştur.¹ Bunun yanı sıra, Aladağ yöresindeki diğer düşük tenörlü yataklar da göz önüne alındığında, bu rezerv miktarının çok daha fazla olabileceği düşünülmektedir.

Krom madenciliğinde 150 yılı aşan geçmişi olan Türkiye'de, doğrudan satılabilir nitelikteki yüksek tenörlü ($\geq\%35$ Cr₂O₃) yatakların büyük bölümü tüketilmiştir. Günümüzde artık geçmişte fazla ilgi çekmemiş daha derin ve/veya daha düşük tenörlü yataklarda üretim yapılması zorunlu hale gelmiştir. MTA Genel Müdürlüğü verilerine göre Türkiyenin bilinen krom kaynakları (137 yatakta saptanan kaynaklar) toplam 242.341.000 ton dolayındadır. Bu kaynağın % 83'ü % 10 Cr₂O₃'den daha düşük tenörlü yataklardan gelmektedir (Şekil 3). Bilinen toplam 242.341.000 ton kaynağın sadece % 5'i (13.087.000 ton) doğrudan satılabilir tenörlüdür.

Türkiye krom cevheri üretimi de dünya krom madenciliğindeki gelişmelere ayak uydurarak sürekli büyüme göstermiştir. 1900'lerin başında yılda birkaç on bin ton mertebesinde olan krom üretimi daha sonra 1934'e kadar yılda 200 bin ton, 1935–1949 arasında 200–300 bin ton, 1950–1985 arasında 500 bin–1 milyon ton, 1986–1999 arasında 1–2 milyon ton arasında gerçekleşmiştir. 2000'li yılların başında yılda 500 bin tonun altına gerilemiş ise de, 2004'ten itibaren

¹ Kızılyüksek-Yataardıç düşük tenörlü kromitit yatağının Pınar Madencilik AŞ ruhsatında bulunan güney devamında; 2002 ve daha sonraki yıllarda, Pınar Madencilik, Akmetal Madencilik ve DAMA AŞ tarafından yapılan arama çalışmaları sonucunda 104.000.000 milyon ton kromitit kaynağı belirlenmiştir. Ayrıca yatakla ilgili NI43-101 standartında rapor yazılarak öngörülen kaynak/rezerv test edilmiştir. Kızılyüksek-Yataardıç-Kovankaya Kromitit yatağının her iki şirket ruhsat sahasındaki kaynağı toplam 304.000.000 milyon tondur (Bu değer sondajlarla sınırlanan alan için geçerlidir).

hızlı bir artış eğilimine girerek 2008 ve 2009 yıllarında 5 milyon tonu aşmakla birlikte satılabilir parça cevher (lumpy ore) ve konsantre üretimi 1,2–1,5 milyon ton seviyesinde kalmıştır. Türkiye, başından itibaren krom üreticisi ülkeler arasında hep ilk sıralarda yer almıştır. 1900 yılına kadar Türkiye, dünya krom cevheri piyasasında hemen hemen tekel konumunda olmuş ve yılda birkaç bin tonu geçmeyen dünya krom cevheri talebi hemen hemen tümüyle Türkiye tarafından karşılanmıştır. 1906 dolayında Hindistan ve Güney Afrika'da krom madenciliği başlayınca kadar Türkiye'nin dünya krom cevheri üretimindeki liderliği devam etmiştir. Bundan sonra Türkiye liderliği kaybetmiştir. 1938 yılında ve 1957 yıllarında dünya krom cevheri üretiminde tekrar liderliğe yükselmiş ise de genellikle üretici ülkeler sıralamasında 3.ve 6.sıralar arasında yer almıştır (Karahan ve Özkan, 2011).



Şekil 3. Türkiye krom kaynaklarının tenör sınıflarına göre dağılımı

Yukarıda da değinildiği gibi Türkiye krom madenciliği 1868 yılında Bursa Harmancık yöresinde başlamıştır. Daha sonra 1927 yılında Fethiye, 1936 yılında ise Guleman (Alacakaya) yöresinde üretime geçilmiştir. Bunu Eskişehir, Hatay, Aladağlar, Kayseri ve Erzincan bölgelerindeki yataklarının üretime alınması izlemiştir.

İlk dönemde krom madenciliği düşük maliyet ve yüksek karlarla işletilebilen Bursa, Fethiye, Muğla, Denizli gibi limanlara yakın bölgelerde yüksek tenörlü yataklar üzerinde yoğunlaşmış, doğrudan satılabilir cevher üretimine yönelmiştir. 1950'lere kadar derinliği az olan yüksek tenörlü yataklardan genellikle açık ocak ile

üretim yapılmış ve cevher zenginleştirme işlemi olarak sadece elle ayıklama uygulanmıştır. Bu dönemde birçok yatağın üst kısımları açık ocakla alınmış ve derin kısımları üretilmeden yatak terkedilmiştir.

1950'lerden itibaren açık ocak ile üretilebilecek yatak sayısı azaldıkça yer altı madenciliğine ve düşük (% 20–40 Cr₂O₃) tenörlü cevherlerin de değerlendirilmesine doğru gelişme olmuştur. Ancak bu gelişme yavaş ilerlemiştir. İstatistikler tam olmamakla birlikte 1980'lere kadar Türkiye toplam kromit üretiminin yaklaşık % 85'ini parça kromit, % 15'ini de zenginleştirilmiş cevherler (konsantre) oluşturmuştur. Yeraltı çalışan ocaklarda da büyük işletme kayıplarıyla üretim yapılmıştır. Genellikle oda topuk yöntemi kullanılmış, 1–1,5 m kalınlıktaki cevherler bile ince bulunduğundan işletilmemiş ya da zengin cevherler topuk olarak yerinde bırakılmıştır.

Öte yandan Türkiye'de, düşük tenörlü krom yataklarına yönelik arama çalışmaları yetersizdir. Zenginleştirilmesi gereken düşük (<%10 Cr₂O₃) tenörlü krom kaynakları yakın zamanlara kadar madenciliğin ilgisi dışında kalmıştır. Bu yüzden hala düşük tenörlü yatakların envanteri çıkarılamamış, birçok yatağın kaynak potansiyeli ortaya konamamıştır. Dolayısıyla bilinen düşük tenörlü kaynaklar Türkiye'nin gerçek potansiyelini yansıtmaktan çok uzaktır. Bu konuda gerçeğe yakın bir kanaate ulaşabilmek için bilinen kaynaklardan (identified resources) ziyade keşfedilebilir kaynak potansiyeline (undiscovered resource potential) bakmak gerekir.

Ne var ki Türkiye keşfedilebilir düşük tenörlü kromit kaynaklarını tahmin konusunda yapılmış bir çalışma mevcut değildir. Bu yüzden Türkiye keşfedilebilir düşük tenörlü kromit kaynakları konusunda şöyle bir yaklaşımda bulunulmuştur:

Türkiye'de ofiyolitlerin yüzelediği alanlar yaklaşık 20.000 km² dolayındadır. Bunun % 63'ünü peridotitlerin oluşturduğu kabul edilebilir. Çünkü beş büyük ofiyolit karmaşığında yüzeleme alanlarının ortalama % 63'ünü ultramafik kayaların oluşturduğu saptanmıştır (Coleman, 1977). Buna göre Türkiye'de krom yataklarının oluşumuna elverişli alanların 12.600 km² büyüklüğünde olabileceği tahmin edilmektedir. Öte yandan düşük tenörlü kromit kaynakları yönünden Türkiye'de en iyi aranmış olan Aladağ ofiyolitinde % 5–6 Cr₂O₃ tenörlü toplam 231.250.000 ton kaynak belirlenmiş durumdadır.

Gerçekte Aladağ ofiyolitinin de bu tür düşük tenörlü kaynaklar yönünden yeterli düzeyde aranmamış olduğu ve yapılacak aramalarla bilinen kaynakların en az iki katına çıkabileceği de beklenmektedir. Bununla birlikte sadece bugün bilinen kaynaklar esas alınır, ultrabazik kayaların 1.600 km² büyüklüğünde bir alanda yüzelediği Aladağ ofiyolitinde birim alana düşen düşük tenörlü kaynak (% 5-6 Cr₂O₃) yoğunluğu $231.250.000:1.600=144.531$ ton/km² olarak bulunur (Karahan, S., vd. 2011).

Diğer ofiyolitlerin jeolojik farklılıkları göz ardı edilir ve benzer düşük tenörlü kaynak yoğunluğuna sahip olabilecek varsayılırsa, Türkiye'nin keşfedilebilir düşük tenörlü (% 5-6 Cr₂O₃) kromit kaynakları potansiyeli yaklaşık 2 milyar ton ($12.600 \times 144.531 = 1.820.700.000$) olarak tahmin edilebilir. Yukarıda belirtilen nedenlerle bu potansiyelin iki katına çıkabilmesi de ihtimal dahilindedir (Karahan, S., vd. 2011).²

Türkiye'de doğrudan satılabilir sınırlı kaynakların hızla tüketimi ve artan kromit talebi projeksiyonları (yılda 2-3 milyon ton satılabilir cevher) doğrudan satış imkânı olmayan düşük tenörlü krom kaynaklarımızın zenginleştirme ve cevher hazırlama işlemleriyle değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır.

1950'lerden (özellikle de 2000 yılından) sonra birçok yeni krom zenginleştirme tesisi kurulmuş olmakla birlikte, Türkiye'de düşük tenörlü kromitleri zenginleştirme konusunda çabalar yetersiz kalmıştır. Ayrıca mevcut tesislerde verim ve kapasite kullanımı düşüktür. Çoğu tesisde atığa giden cevher kaçağı % 6'dan fazladır.

² MTA Aladağ ofiyoliti envanterine göre 231.250.000 ton olarak gösterilen kromit kaynağı; 2002 yılı sonrası başta Kızılyüksek-Yataardıç, Tezgin, Abdullahderesi, Çanakpınarı, Çatalçam, Aktaş-1,2, Aktaş-5, Bozluk ve Olucak Kromit yataklarında, MTA, Pınar Madencilik, Akmetal Madencilik ve DAMA AŞ tarafından yapılan çalışmalar sonucunda 416.000.000 tona ulaşmıştır. Karahan vd. (2011) tarafından yapılan çalışmayı güncellersek Aladağ ofiyolitinde birim alana düşen düşük tenörlü kaynak (% 5-6 Cr₂O₃) yoğunluğu $416.250.000:1.600=260.000$ ton/km² olarak bulunur. Türkiye'nin keşfedilebilir düşük tenörlü (% 5-6 Cr₂O₃) kromit kaynakları potansiyeli ise yaklaşık 3 milyar tonun üzerinde ($12.600 \times 260.000 = 3.276.000.000$) tahmin edilebilir. Yukarıda belirtilen nedenlerle bu potansiyelin iki katına çıkabilmesi de ihtimal dahilindedir. Bu miktarın en az 1.500.000.000 milyar tonunun Aladağ bölgesinde bulunduğu düşünülmektedir.

Geçmiş yıllarda bu kaçağın bazı tesislerde %19 Cr₂O₃ düzeyine kadar çıktığı bilinmektedir.

Öte yandan çoğu % 3 Cr₂O₃'den daha yüksek tenörlü kromit içeren eski konsantre atıkları, bugün önemli bir krom kaynak seçeneğidir. Bu atıklardaki ince kromitin verimli şekilde kazanılması Türkiye krom madenciliğindeki cazip fırsatlar olarak görülmektedir. Bununla birlikte bu fırsatların değerlendirilebilmesi, üst düzeyde teknolojik çözümler geliştirilmesine bağlıdır.

Düşük tenörlü yatakları arama ve işletmeye alma, genellikle birkaç bin ton mertebesindeki yüksek tenörlü yataklara göre çok daha fazla yatırım maliyetleriyle gerçekleştirilebilmektedir. Böyle büyük yatırımların güvenceye alınması için, yatağın jeolojisini, cevherin zenginleştirme özelliklerini ortaya koyacak ve cevher niteliğine uygun teknoloji seçilmesini sağlayacak sistemli arama ve fizibilite çalışmaları yapılması gerekmektedir. Günümüzde iyi arama ve teknoloji geliştirme çalışmaları yapılmadan kurulmuş birçok tesiste hüsrana uğranmaktadır.

Bir zamanlar, % 45 Cr₂O₃ tenörünün altındaki krom cevheri işletilemezken, son yıllarda başta Çin olmak üzere dünyada demir-çelik sektörünün lokomotifini oluşturan ülkelerin (Hindistan, Rusya vb.), Türkiye kromlarına olan talebi nedeniyle Aladağ (Karsantı) yöresi de dahil olmak üzere düşük tenörlü büyük rezervli yatakların işletilmesine yönelik olarak, özel sektör tarafından kurulan konsantre tesislerinin sayıları hızla artmış ve söz konusu yatakların bir kısmı üretime alınmıştır.

Coğrafi yönden krom yataklarının dağılımını 6 bölgede toplamak mümkündür (Şekil 4). Elazığ-Guleman yöresi, potansiyel ve üretim açısından ülkemizin en önemli bölgesidir. Türkiye krom rezervlerinin yarıya yakın bir bölümü Elazığ-Guleman'da (Alacakaya) bulunmaktadır.

Guleman (Elazığ Yöresi): Batı Kef (6.8 milyon ton, % 33), Doğu Kef (500.000 ton, % 40-45), Sori Ocakları (2,5 milyon ton, % 42-48), Kapın (700.000 ton, % 43-47).

Fethiye-Köyceğiz-Denizli Yöresi: Karaismailler (800.000 ton, % 30-38), Üzümlü- Sazlı 100.000 ton, % 36), Biticealan (102.000 ton,

% 44-48), Kazandere (236.000 ton, % 37,5), Kandak (100.000 ton, % 40-46).

Bursa-Kütahya-Eskişehir Yöresi: Harmancık-Başalan (163.000 ton, % 20), Ömeraltı-Kınalıbatak (100.000 ton, % 23), Miran-Hudut-Koca Ocaklar (120.000 ton, % 43), Orhaneli-Karıncalı (40.000 ton, % 5-30), Büyükorhan-Kırocak (277.000 ton, % 10-18), Kömürlük (53.000 ton, % 15-40), Eskişehir-Karacaören (35.000 ton, % 15-45), Eskişehir-Karaburhan (1.800.000 ton, % 22-26), Kavak Kromları (1 milyon ton, % 30-45).

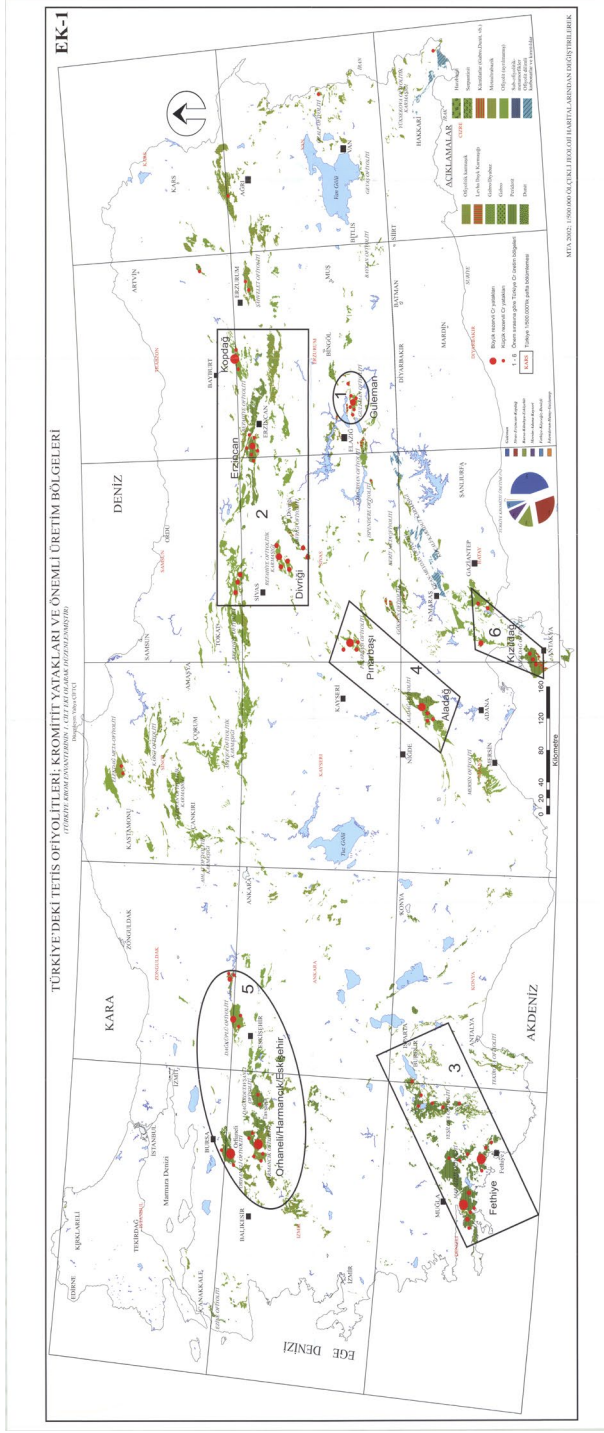
Mersin-Adana-Kayseri Yöresi: Adana-Aladağ (230 milyon ton, % 5,3), Kayseri-Pınarbaşı (1.000.000 ton, % 20-48), Tarla Ocak (300.000 ton, % 10-20).

Sivas-Erzincan-Kopdağ Yöresi: Sivas- Kangal-Karanlıkdere, (2,3 milyon ton, % 5-15), Karadere (55.000 ton, % 43-44), Erzincan-Kopdağ (3,6 milyon ton, % 38-54).

İskenderun-Kahramanmaraş Yöresi: Hatay- Kızıldağ (117.000 ton, % 34-44).

Bu altı bölgenin dışında da bazı dağınık krom yatak ve zuhurlarının bulunduğu bilinmektedir.

KROM ÇALIŞTAYI 2018 ADANA



Şekil 4. Türkiye'deki Tetis Ofiyolitleri; Kromit Yatakları ve Önemli Üretim Bölgeleri (Türkiye Krom Envanterinin 1. Cilt Eki Olarak Dr. Yahya Çiftçi Tarafından Düzenlenmiştir), MTA Envanter Serisi-205, Ankara-2017

1.5. Dünya Krom Rezervleri, Üretim Miktarları Ve Türkiye'nin Konumu

Dünya krom rezerv ve kaynakları konusunda farklı kaynaklar (ICDA, USGS), farklı rakamlar vermektedir. Amerikan Jeolojik Araştırmalar Kurumu (USGS) verilerine göre; dünya kromit rezervi 480 milyon tonu aşkın (% 48 Cr₂O₃ bazında) olup en büyük rezervler Kazakistan 230 milyon ton krom rezervi ile dünyada birinci sırada yer alırken, 200 milyon ton rezervle Güney Afrika ikinci, 54 milyon ton rezervle Hindistan üçüncü sırada yer almaktadır. Türkiye bu sıralamada 12 milyon ton rezerv ile dördüncü sırada yer almasına rağmen USGS verileriyle MTA'nın verdiği veriler arasında bir tutarsızlık söz konusudur. MTA'nın paylaştığı verilerde ülkemizde krom cevher rezervi yüzde 20 Cr₂O₃ tenörü üzerinden 26 milyon ton olarak kamuoyuna paylaşılmıştır. Ancak MTA'nın yaklaşık 1600 adet yatağı kapsayan krom envanteri çalışmalarının da halen devam ettiğini belirtmek gerekmektedir. Bu çalışma bittiğinde krom rezervlerinin bugünkü rakamlardan çok daha farklı olacağı muhakkaktır.

2017 Kasım ayında Güney Afrika'da gerçekleştirilen Chromium 2017 Konferansı'nda, ICDA (Uluslararası Krom Geliştirme Kuruluşu) tarafından yapılan sunumlara göre ise Güney Afrika dünyanın toplam krom rezerv ve kaynaklarının yüzde 72'sine sahip olarak gösterilmiştir. ICDA ile USGS verileri arasında da önemli fark bulunmaktadır.

Uluslararası rezerv standartlarına göre dünya genelinde bilinen rezervlerin dışında yeterince sondaj verisi olmadığı için, çeşitli piyasa analisti şirketleri dünya krom kaynaklarının satılabilir ürün bazında 6.3 milyar tona ve bunlar arasında Türkiye krom kaynaklarının 208 milyon tona ulaşabileceğini rapor etmektedir. Bu tahminler yapılırken stratiform yataklar için yatağın 3 boyutta düzenli uzanımı dikkate alınmakta, podiform yataklar için ise jeostatiksel yöntemler uygulanmaktadır. USGS adına D. Singer tarafından ABD (Oregon, Kaliforniya) podiform yatakları üzerinde 39 alt bölgede yapılan bir çalışmada km² başına 0.225 adet yatak tesbit edilmiştir. Türkiye'de toplam ofiyolit alanının 27.195 km², ofiyolitli karmaşık (melanj+olistostromal) alanının 21.825 km², toplamda yaklaşık 50.000 km² olduğu bilinmektedir. Ofiyolitik alanların yine USGS tarafından yapılan bir bölgesel araştırmada % 63'ünün ultramafik kayaçlar

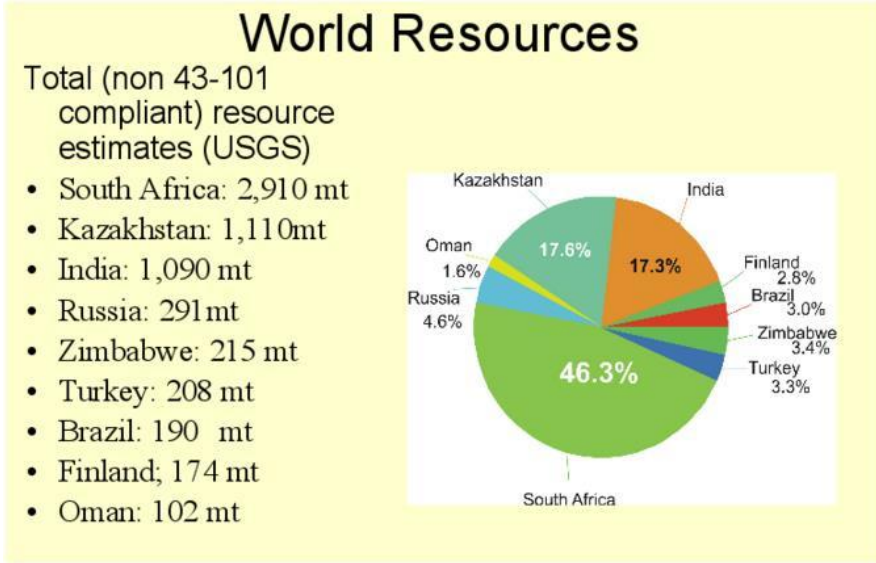
olduğu ve Türkiye'deki bilinen krom mostra sayısının 7.000'i aşabileceği dikkate alındığında jeostatiksel olarak Türkiye'nin satılabilir (% 42 Cr₂O₃) cevher bazında krom potansiyelinin 208 milyon tonun çok daha fazla üzerine çıkacağı söylenebilir. Bunun için titiz bir yeni jeostatistik çalışmaya (dunitik formasyonların haritalanması, krom mostra sayımı, modelleme) ihtiyaç vardır (Yener, L., 2016).

Krom madenciliğinde 150 yılı aşan geçmişi olan Türkiye'de ise doğrudan satılabilir nitelikteki yüksek tenörlü (\geq Yüzde 35 Cr₂O₃) yatakların büyük bölümü üretilmiştir. MTA Genel Müdürüğü verilerine göre bugün toplam 242 milyon 341 bin ton dolayında olan Türkiye'nin bilinen krom kaynaklarının yüzde 83'ü yüzde 10 Cr₂O₃'den daha düşük tenörlü yataklardan gelmektedir.

Bilinen kaynakların sadece yüzde 5'i (13 milyon 87 bin ton) doğrudan satılabilir tenördedir. Türkiye'de düşük tenörlü krom yataklarına yönelik arama çalışmaları yetersizdir. Zenginleştirilmesi gereken düşük (< Yüzde 10 Cr₂O₃) tenörlü krom kaynakları yakın zamanlara kadar madenciliğin ilgisi dışında kalmıştır. Bu yüzden hala düşük tenörlü yatakların envanteri çıkarılamamış, birçok yatağın kaynak potansiyeli ortaya konamamıştır. Dolayısıyla bilinen düşük tenörlü kaynaklar Türkiye'nin gerçek potansiyelini yansıtmaktan çok uzaktır. Bu konuda gerçeğe yakın bir kanaate ulaşabilmek için bilinen kaynaklardan (identified resources) ziyade keşfedilebilir kaynak potansiyeline (undiscovered resource potential) bakmak gerekir.

Krom yatakları araştırmacılar tarafından; biçimlerine, boyutlarına, doku özelliklerine, yan kayaç cinslerine ve jenetik koşullarına göre farklı kategorilere ayrılmışlardır. Bu kategorilerden yaygın olarak kullanılanı ise Thayer tarafından yapılan Stratiform ve Podiform sınıflandırma biçimidir.

ICDA verilerine göre dünyadaki toplam krom rezervi 11 milyar ton olarak belirtilmektedir. Dünyadaki toplam krom rezervinin yüzde 90'ının Güney Afrika ve Zimbabve'de bulunduğu bilinmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Dünya Krom Rezervleri İçinde Türkiye Krom Yataklarının Konumu

1.5.1. Dünyadaki Belli Başlı Krom Yatakları

Bushveld Kompleksi (Güney Afrika):

Güney Afrika'nın Kaapvaal Kratonu'nda yaklaşık 65.000 km² alan kaplayan Bushveld kompleksi, mafik ve ultramafik tabakalı kayalar ile ilişkili kromit ve platin grubu mineraller, Ni-Cu sülfürler ve titanlı ve vanadyumlu manyetit cevherleşmelerine ek olarak, kompleksteki granitik kayalarda endojenik ve eksojenik kalay ve florit yatakları içerir. Kompleksteki ultramafik tabakaların serpantinleşmiş bölümlerinden asbest üretilmekte olup komplekse bitişik hornfelsler içindeki andaluzitlerden dünya alüminü silikat üretiminin neredeyse yarısı karşılanmaktadır³.

Kompleks 3 ana kaya grubu içerir.

1. Andezitten riolite kadar değişen Rooiberg Felsit ve Dullstroom Volkanitleri; 2. Ultramafikten mafik'e değişen Rustenburg tabakalı serisi ve 3. Bushveld Granitleri.

³ Kula C. Misra, 2000, Understanding Mineral Deposits (Maden Yataklarını Kavramak), Türkçe Çeviri Editörleri: Taner Ünlü, M. Bahadır Şahin, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Çeviri Serisi No 3, 2014, Ankara.

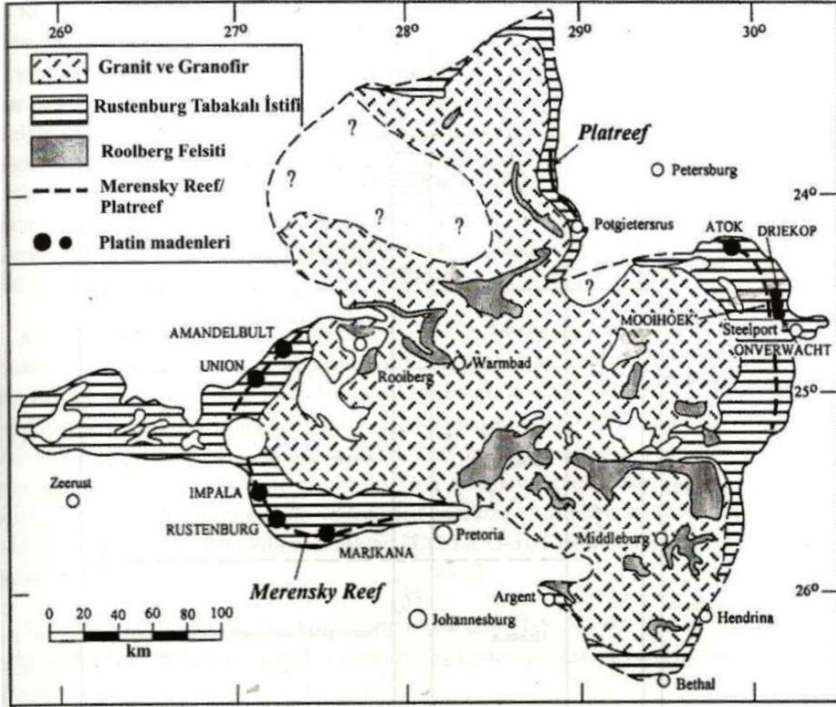
Bu kaya topluluklarına ait en kesin ve güvenilir yaşlar 2.06 milyar yıl çevresinde toplanmaktadır (Walraven, vd., 1990). Kompleksin mafik-ultramafik kayalarını içeren Rustenburg Tabakalı Grubu 3 ana bölümden oluşmaktadır (Şekil 6).

- a) Batı Bushveld; uzak batıda Nietverdiend alanını kaplar,
- b) Doğu Bushveld; tabakalı birimin en iyi mostralarını içerir ve
- c) Potgietersrus dilimi veya Kuzey Bushveld.

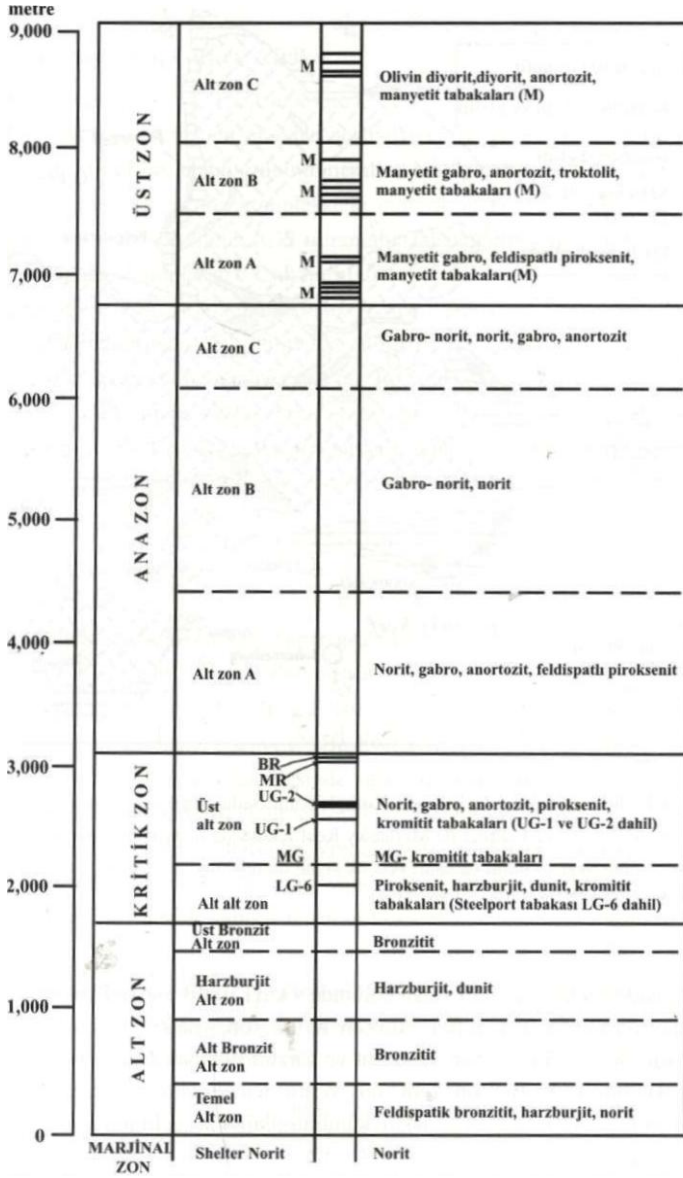
Her üç bölümdeki kaya türlerinin diziliminin büyük oranda benzer olması, bunların mağmalarının genel bileşim ve fraksiyonel kristalleşme koşulları açısından karşılaştırılabilir olduğunu göstermektedir. Her üç bölümün magmaları, merkezde yer alan bir ana magma odasından türemiş ve aynı anda farklı yönleri besleyen sistemlerden oluşmuş gibi görülmektedir (von Gruenewaldt, vd., 1985).

Batı bölümde yaklaşık 7.5 km, doğu bölümde 9 km kalınlık sunan Rustenburg Tabakalı Serisi gayri resmi olarak Sınır (Marjinal) Zon, Alt Zon, Kritik Zon, Ana Zon ve Üst Zon olmak üzere 5 alt zona ayrılmıştır (Şekil 7).

Kritik Zon, kompleksteki kromit, sülfid ve platin grubu element (PGE) zenginleşmeleri açısından uzak ara en önemli istiftir. Kuzey Bushveld'deki Potgietersrus alanı hariç, kromitit tabakaları Kritik Zon ile sınırlıdır. Batı ve Doğu Bushveld arasındaki korelasyon, değişik kalınlık ve bileşimde üç kromitit tabaka grubunun varlığını ortaya koymuştur (Çizelge 3).



Şekil 6. Güney Afrika'daki Bushveld Kompleksinin sadeleştirilmiş jeoloji haritası. Harita üzerinde Merensky ve Platreef ile Merensky Reef içinde yer alan önemli platin yatakları (büyük siyah daireler) ve dunit bacaları (küçük siyah daireler) gösterilmiştir (von Gruenewaldt, 1977; McLaren ve De Villiers, 1982'den).



Şekil 7. Doğu Bushveld Kompleksi'ndeki Rustenburg Katmanlı Serisi'nin basitleştirilmiş kaya-stratigrafi sütun kesiti üzerinde önemli kromit ve manyetit tabakaları görülmektedir. Kromit tabakalarının Kritik zon ile magnetit tabakalarının ise Üst Zon ile kısıtlı olduğuna dikkat edilmelidir. Kromit tabakaları: Alt Gruptaki LG-6 (Steelport Düzeyi), Orta Gruptaki MG, ve Üst Gruptaki UG-1 ve UG-2 tabakaları. BR: Bastard Reef Yapısı, MR: Merensky Reef Yapısı, (Kaynak: von Gruenewaldt vd., 1985).

Kromitik aralık	Üst Grup	Orta Grup	Alt Grup
Tabaka sayısı	4 (UG - 1-3a)	4 (MG - 1-4)	7 (LG - 1ile7)
Kalınlık	0.50 - 1.62	0.35 - 2.23	0.15 - 2.25
FeO	27 - 35	26 - 33	19-28
MgO	0 - 10	6 - 11	8 - 14
Al ₂ O ₃	0 - 18	14 - 20	11 - 17
Cr ₂ O ₃	38 - 46	42 - 49	45 - 33
Cr:Fe oranı	1.1 - 1.4	1.2 - 1.6	1.4 - 2.5

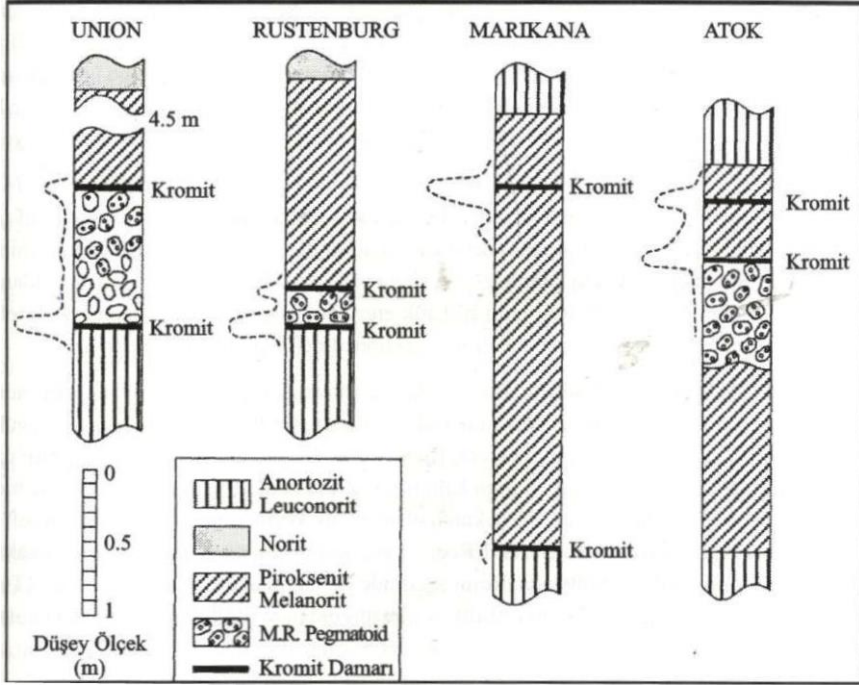
Çizelge 3. Doğu ve Batı Bushveld Kompleksi'ndeki Kritik Zon içinde yer alan kromitit katmanlarının kalınlıkları (metre) ve bileşimleri (ağırlıkça % olarak). (Kaynak: Hatton ve von Gruenewaldt, 1987'den derlenmiştir)



Foto 1. İlksel kromit bantlanması, Bushveld Kompleksi, G. Afrika'da düzenli kromit bantları plj'ca zengin düzeylerle ardalanmalı olarak bulunur (McBirney ve Noyes, 1979).

Merensky Reef sülfürleri kromitçe zengin çok ince (1-5 cm) iki katman ile ilişkili olması açısından, kabaca 1 m kalınlığındaki pegmatitik feldispatik piroksenit ve/veya harzburjit birimini bağlayan UG-4 ile ifade edilebilir (Şekil 8).

Madencilik açısından en önemli kromit tabakası, Alt Grubun LG-6 tabakasıdır. Bunun Batı Bushveld'de yanal uzanımı yaklaşık 70 km [Ana Damar (Main Seam) olarak da adlandırılır], Doğu Bushveld'de (genellikle Steelpoort Seam olarak da kabul edilir) yaklaşık 90 km; kalınlığı 3 cm ile 2.5 m arasında değişen (Foto 1) ve 300 m derinlik göz önüne alındığında yaklaşık 752 milyon ton rezerve sahiptir (Buchanan, 1979). Diğer kromit katmanları, genellikle 5 ila 30 cm kalınlığında olup LG-1,2,3,4 ile MG-1 tabakaları yer yer işletilmektedirler.



Şekil 8. Merensky Reef yapısının Bushveld Kompleksi'nin değişik yerlerindeki konumlarının korelasyonu (olivin 6 kenarlı semboller, bronzit ise 8 kenarlı semboller ve 2 daire ile gösterilmiştir). Merensky Reef ve çevresindeki PGE tenörleri ve değişimleri her sütunun sol tarafında noktalarla çizgilerle gösterilmiştir (Naldrett, 1981b).

Tüm kromitit katmanları anormal ölçüde PGE değerlerine sahiptir; UG-2 tabakası hem sülfütlü hem de cevher kalitesinde PGE konsantrasyonları içerir (Lee ve Tredoux, 1986). Kritik Zon, önemli oranda Cu-Ni sülfütlü ve platinli boru şekilli dunit içeren, PGE'li Merensky Reef yapısını bünyesinde bulundurmaktadır. Platin grubu açısından bilinen en büyük cevher rezervleri bu zondadır. Merensky Reef'te;

- Oksit mineralleri: kromit, manyetit, ilmenittir.
- Sülfid mineralleri: pentlandit, kalkopirit, pirit, kübanit gibi nikel ve bakır mineralleri,
- Platin Mineralleri: başlıca sülfidler halinde arsenid sperilit (PtAs₂) ve ferro-platindir.

Doğu ve Batı Bushveld'deki Alt Zon, kromit katmanlarının yokluğu ve kayaların düşük kromit içeriği ile tipiktir. Buna karşılık, Potgietersrus bölgesindeki Alt Zon, çok yüksek magnezyumlu (olivince zengin) kayalar ile ilişkili çok sayıda, iyi gelişmiş kromit tabakaları içermektedir. Bu katmanlardan yerel olarak "Alt" ve "Üst" tabaka olarak bilinen ikisi, Grasvally Krom Madeni'nde işletilmeye başlanmıştır. Bu tabakaların kalınlığı 50 cm'den daha azdır, ancak Cr₂O₃ içeriği (% 54-55) ve Cr:Fe oranı (2.5-3), Batı ve Doğu Bushveld'deki tüm kromit tabakalarından daha yüksek olup Great Dayk kromitlerine daha fazla benzerlik sunar (Hutton ve von Gruenewaldt, 1987).

Bushveld Kompleksi'nde dört ayrı ortamda PGE mineralizasyonu bulunmaktadır (Macdonald, 1987).

- a) Merenski Reef'i,
- b) UG-2 kromitit katmanı,
- c) Bushveld Kompleksi'nin doğu sektöründeki platinli ultramafik bacalar ,

UG-2 kromitit katmanı olasılıkla dünyadaki en büyük PGE kaynağını oluşturmaktadır. Merensky Reef yapısı ve UG-2 katmanından yapılan PGE üretimi dünyadaki toplam üretimin % 50'sinden fazlasını karşılamaktadır.

Yüzeyde 250 km'den daha fazla doğrultusu boyunca izlenebilen Merensky Reef yapısı, Bushveld Kompleksi'nin en önemli PGE zenginleşme zonudur ve günümüzde yaygın olarak işletilmektedir. Bu yapının platinli olduğu, Maandagshock çiftliğindeki prospeksiyonlar sırasında 1924'te keşfedilmiş olup daha sonra bu prospeksiyonun sorumlusu Dr. Hans Merensky anısına isimlendirilmiştir (Cousins, 1969).

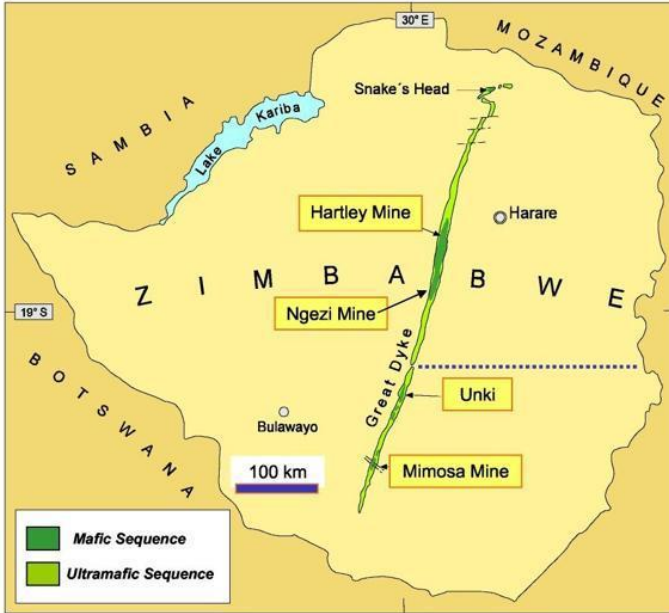
ICDA verilerine göre toplam rezerv 5,5 milyar tonu aşkındır.

Üst zonda platin grubu minerallerinin zenginliği ile dikkat çeken Merensky Reef, UG2 ve Platreef adı verilen üç ayrı seviye bulunur. Bu seviyelerde platin, paladyum ve rodyum sülfidleri üretilirken UG2 krom konsantresi yan ürün olarak elde edilir. Cr/Fe rasyosu 1,3 olan bu konsantre piyasadaki en ucuz krom konsantresidir ve G. Afrika krom üretimi ve ihracatının yaklaşık yarısını oluşturur. Ayrıca nikel ve bakır flotasyon artıklarından da krom konsantresi elde edilir. Mineralizasyon zonu 4 bölgeye ayrılmıştır. Burgerfort ve Podgietersrus "Doğu Krom Kuşağında", Zeerust ve Rustenburg "Batı Krom Kuşağında" yer alır ve bu bölgelerde toplam 20'yi aşkın, açık işletme ve yeraltı işletmesi yöntemiyle çalışan ocaklar vardır. Başlıca üreticiler: Samancor, Glencor - Merafe, Int. Ferro Metals, Assmag, Lanxess, Asa Metals, Afarak, Chromex, Hernic'dir. Hemen tüm maden üreticileri kendilerine ait ferrokrom fabrikalarıyla entegre çalışır.

Great Dyke Kompleksi (Zimbabve)

Zimbabve'de hem podiform hem de stratiform tipi yatakların mevcut olması dikkat çekmektedir. Ülkedeki stratiform kaynaklar 550 km uzunluğunda 4-11 km genişliğindeki 3225 km² alan kaplayan "The Great Dyke" adı verilen zonda bulunmaktadır. zon içinde 11 adet krom damarı yer alır. ICDA kayıtlarına göre 140 milyon tondan fazla rezervi olduğu bilinen ülkenin, incelenmemiş çok daha fazla krom cevheri kaynağı olduğu tahmin edilmektedir (Şekil 9).

Bu zonun güney batı uzantısında 1000 km²'lik alanda yer alan Greenstone Belts bölgesinde Selekwe ve Belingwe podiform yatakları yer almaktadır. Zimbabwe ve Selekwe yatakları yüksek tenörlü, yüksek rasyolu, metalurjik kalitede dünyanın en beğenilen cevherleridir. Ancak rezervler sınırlı olup üretim düzeyi kontrol altında tutulmaktadır. Büyük krom üreticileri Zimasco (Sinosteel) ve Zinalloys'dur, kendilerine ait ferrokrom fabrikalarıyla entegre çalışır.



Şekil 9. Zimbabwe (The Great Dyke), Mimosa mine, Unki, Ngezi mine, Hartley, mine.

Odisha Masifi (Hindistan)

Hindistan'ın 203 milyon tonluk kromit kaynaklarının % 95'i ülkenin doğusundaki Orissa eyaletindeki Odisha-Sukinda'da yer alır. Bu kaynakların büyük bölümü stratiform tip krom yatağıdır. Sukinda ana cevher zonunun boyu 20 km, eni 2-5 km olup, krom zuhurlarının yer aldığı zonun toplam alanı 45 km²'dir. Cevherler serpantinleşmiş dunit – peridotit kayaçların içinde bandlar halinde yer alır. Boylar (200 m - 1200 m), enler (3 m – 15 m) arası olabildiği gibi kalınlıkları (15 m-60 m)'ye ulaşabilmektedir. Cevher bandlarının tenörleri; % 40'ı > % 48 Cr₂O₃ üstü, % 20'si % 40 - 48 Cr₂O₃ arası, bakiye % 40'ı ise % 40 Cr₂O₃ altıdır. Çalışan başlıca şirketler; OMC, IMFA, TISCO,

Balasure, Facor, IDCOL, Sukinda Chromite (Tata) ve Jindal'dir, toplam üretimin % 93'unu verirler.

Kemi Masifi (Finlandiya)

Finlandiya'nın stratiform krom yatakları Kemi şehrinin 7 km kuzeyinde yer alır. Zonun uzunluğu 15 km, genişliği 1,5 km'dir. Krom tenörü % 26 civarında, görünür rezerv 36 milyon ton, toplam krom kaynakları 1 km derinliğe kadar 87 milyon tondur. Bu bölgedeki tek üretici Outokumpu'dur, yılda 2,7 milyon ton tuvenan, 1.3 milyon ton satılabilir (900 bin ton konsantre, 400 bin ton parça) cevher üretilir. Krom cevherinin tüketimi ferrokrom ve paslanmaz çelik tesisleri ile entegredir, üretilen 530 bin ton ferrokromun 100 bin tonu ihraç edilmektedir.

Kempirsai Masifi (Kazakistan)

Kazakistan'da Ural dağlarının güneyinde bulunan Kempirsai ofiyolitik masifinde, 82 km uzunluğundaki 920 km² lik bir alan içinde 50 ayrı podiform tip krom yatağı 2 ayrı bölgede yer alır. Kuzeybatı bölümünde alüminyumca zengin küçük zuhurlar (boy: 100 m, en: 10 m), güneydoğu kesiminde ise sıvılaşma ve alterasyon ortamının tetiklemeyle oluşan yaygın bir metasomatoz sonucu zenginleşmiş, yüksek tenörlü (% 50-60 Cr₂O₃) magnesiokromit oluşumları yer alır. Bu ana cevherleşme zonunun 22 km boyu, 7 km genişliği vardır. 2 paralel hat halindeki bu zonda manto kalınlığı 16 km'dir. Cevherli kütlelerin boyu 1800 m'ye, eni 360 m'ye, kalınlığı 230 m ye erişebilir. Saçınımlı, bantlı, nodüler, masif tip her tür kromit cevheri gözlenir. Kempirsai masifi podiform yataklarının tesbit edilmiş rezervi 320 milyon tonu aşkındır.

En büyük üretici olan Kazchrome Dünyanın en büyük ferrokrom üreticilerinden biri olan ENRC ile entegre çalışır. Yıldırım Gruba ait Voskhod yeraltı krom işletmesi 21 milyon ton rezerviyle bu masif içinde yer alır ve üretilen cevher, pazara krom konsantresi olarak sunulduğu gibi, aynı zamanda Rusya'daki Tikhvin ferrokrom fabrikasına sevk edilir. Krom cevheri, 3.5-3.8 seviyesindeki Cr/Fe rasyosu ile dünyanın en yüksek krom/demir oranlarından birine sahiptir.

Brezilya'da ise üretim Bahia ve Minas Gerais eyaletlerinde bulunan yataklarda yoğunlaşmış durumdadır. Bu bölgelerde genel

olarak stratiform tipi yataklanma mevcut olmakla birlikte bu yatakların 14 milyon tondan fazla rezerve sahip olduğu tahmin edilmektedir. 2007 yılında Kanada’da keşfedilen “Ring of Fire” isimli cevher yatağının ise milyarlarca ton krom ihtiva ettiği tahmin edilmekte ve dünyadaki en büyük krom yatakları arasında gösterilmektedir. Türkiye, Umman, İran ve Arnavutluk gibi krom üretimi gerçekleştiren diğer ülkelerin rezervleri toplamı ise 24 milyon ton olarak ifade edilmektedir.

Guleman Masifi (Türkiye)

Guleman Masifi Elazığ’ın 40-60 km kadar güneydoğusundadır. Krom yatakları yönüyle Türkiye’nin önde gelen kesimi olan Guleman yöresinde krom yataklarının içinde bulunduğu ofiyolit grubu kayalar (Guleman ofiyoliti) 200 km² kadar bir alan kaplamakta olup, bu alanın 130 km² sini tektonitler, kalanını kümülat grubu kayaçlar oluşturur. Bu masif içinde 500’den fazla krom zuhuru belirlenmiştir. Boyları birkaç metreden birkaç yüz metreye ulaşan merccekler, filonlar veya damarlar halindedir. Krom zuhurları hem tektonit, hem geçiş zonu, hem de kümülat grubu kayaçlar içindedir. Masif, iri kromit kristalli ve yüksek tenörlü cevher zuhurlarının yanında saçınımlı, ince kristalli, düşük tenörlü, alüminyumu yüksek zuhurlar da vardır. Gölalan, Pütyan, Rut-Taşlıtepe (Sori), Batı Kef, Doğu Kef, Kapin-Şabate gibi bazı bölümlere ayrılır. Türkiye krom rezervlerinin günümüzde önemli bölümünü oluşturan Batı Kef ve Doğu Kef ocakları Guleman Masifi içinde yer alır. Guleman krom yatakları alpin veya podiform tip olarak sınıflandırılmasına karşın bu tip yataklarda pek sık rastlanmayan biçimde gerek doğrultu ve gerekse eğim yönünde büyük devamlılık sergilemektedirler. Peridotitlerdeki bantlanma ve yapraklanma gibi iç yapı elemanları birbirlerine ve çoğu halde de kromitit düzeylerine paraleldir. Bölgenin en büyük üreticisi Eti Krom’dur.

Kızılyüksek-Yataardıç-Kovankaya (Türkiye)

MTA tarafından 1974 yılında yapılan bölgesel prospeksiyon çalışmaları sırasında, Aladağ (Karsantı) ilçesinin 8 km K’inde, Kızılyüksek Tepe’nin D ve KD yamacında düşük tenörlü ancak geniş yayılım gösteren bir cevher kuşağının varlığı saptanmıştır (Akın, 1987). Kızılyüksek-Yataardıç sahasında altta dunit içeren harzburjitler (ultramafik tektonitler) ile onların üzerine uyumsuzlukla

gelen ve kabaca dunitten gabroya geçiş gösteren bir kümülat dizisinden oluşan Aladağ ofiyoliti kayaları yüzeyler. Bu yatak, yaklaşık 2000 m kalınlığındaki kümülat dunit biriminin tabanına yakın kesiminde yer alan saçınımlı-bantlı tip bir cevher zonudur (Şekil 10). Söz konusu cevherleşme bu konumda 3200 m uzunlukta bir zon boyunca devam etmektedir. Cevherleşmenin Etikrom ruhsat alanı içinde kalan kuzey kesimi, 1982-1985 yılları arasında MTA Genel Müdürlüğü tarafından ayrıntılı incelenmiş; Pınar Madencilik ruhsat alanı içinde kalan güney kesiminde ise 2002-2013 yılları arasında Pınar Madencilik, Akmetal Madencilik ve DAMA AŞ tarafından detaylı arama çalışmaları yapılmıştır.

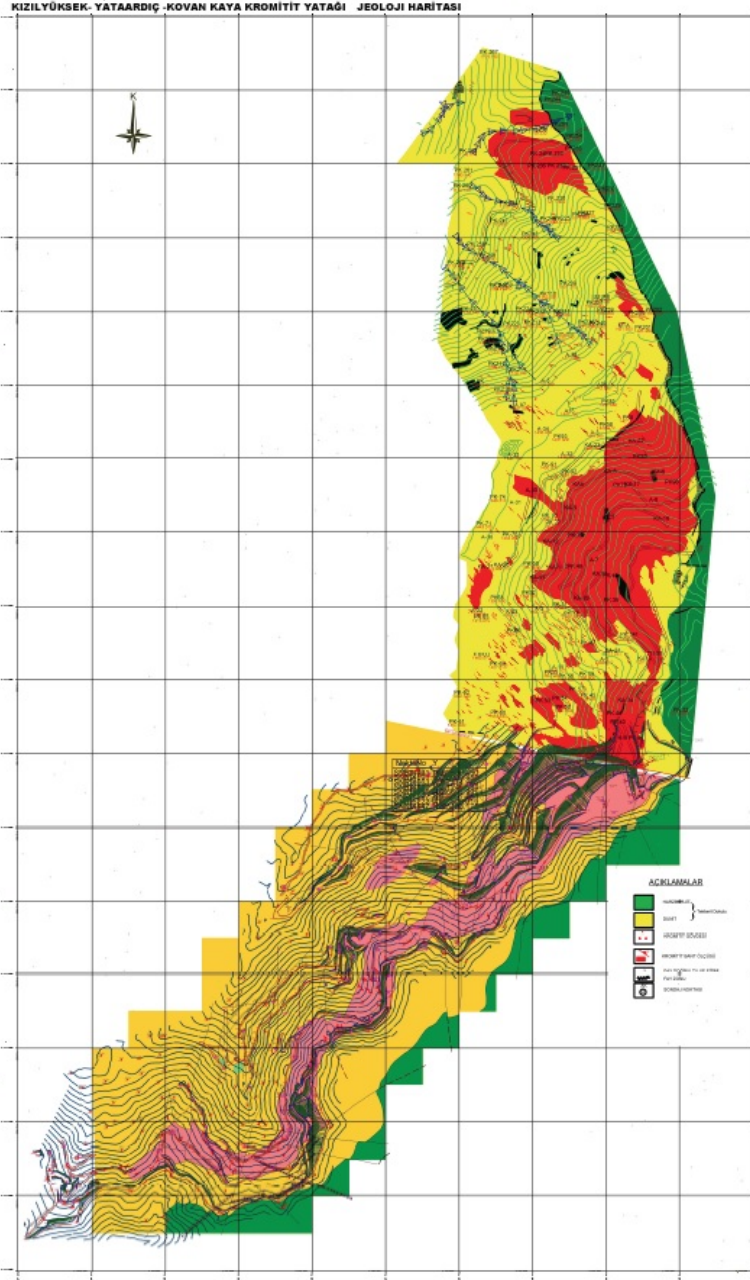
Etikrom ruhsat alanında cevherleşme, küçük bir iki zon gözardı edilirse dunit-harzburjit dokanağının yakınında yer alan iki büyük cevher zonu biçimindedir. Bunlar, Kızılyüksek-Yataardıç ve Kovankaya adıyla bilinmektedir. Cevherleşme, Jeolojik konum, iç yapı ve özellikleri gözönüne alınır; bu iki kesim, aynı cevherleşme düzeyinin doğrultu devamları olup, merceklenme ya da örtülü olması nedeniyle arada yüzeyleme vermemekte ya da izlenememektedir.

Zonun kalınlığı, Kızılyüksek-Yataardıç kesiminde 50-220 m arasında değişmekte olup, ortalama 150 m dolayındadır. Kovankaya kesiminde ise yatağın kalınlığının yaklaşık 100 m dolayında olduğu saptanmıştır. Ölçülen çok sayıda doğrultu ve eğim değerine göre kromitit bantlanmaları, Kızılyüksek-Yataardıç kesiminde KB-GD doğrultulu ve ortalama 54⁰ ile GB'ya eğimli, Kovankaya kesiminde ise BKB-GGD doğrultulu ve 55-65⁰ ile KKD'ya eğimlidir. Sondaj verilerine göre çizilen kesitlerde ise Kızılyüksek-Yataardıç kesiminde cevher zonunun genel eğiminin yaklaşık 20⁰ ile GB'ya olduğu görülmüştür. Cevher zonunun altındaki dunit-harzburjit dokanağının da buna uygun bir biçimde olması, bunun ilksel bir sınır olduğunu yansıtmaktadır. Kromitit bantlanmaları ile bu ilksel sınırın duruşları arasındaki aykırılık çok ilginç bir durumdur. Zon içinde düşük ve yüksek tenörlü kesimler, çeşitli büyüklükte içiçe düzensiz mercekler biçiminde yataklanmıştır. Yataktaki tenör dağılımı da buna uyan karmaşık bir örnek sunar.

Kızılyüksek-Yataardıç-Kovankaya yatağının Etikrom ruhsat alanında kalan bölümü için gerek MTA, gerekse Etikrom tarafından gerçekleştirilen arama çalışmaları sonucunda, ortalama % 5,38 Cr₂O₃

tenörlü 198.100.000 ton rezerv/kaynak hesaplanmıştır. Pınar Madencilik ruhsat alanında kalan bölümü için ise yapılmış arama çalışmaları sonucunda 104.000.000 ton kaynak hesaplanmıştır. Günümüze kadar yapılmış arama çalışmaları sonucunda Kızılyüksek-Yataardıç-Kovankaya düşük tenörlü kromitit yatağı için toplam kaynak 302.100.000 tona ulaşmıştır. Bunun dışında jeolojik veriler yatağın toplam cevher potansiyelinin, arama yapılmamış kesimleri de gözönüne alındığında, 500 milyon tona çıkabileceğini göstermektedir.

Pınar Madencilik-Akmetal Madencilik AŞ, Kızılyüksek yatağının kendi ruhsat alanı içinde kalan kesiminde 2002 yılında başladıkları üretim çalışmalarını günümüze kadar sürdürmüşler ve toplam 8.423.000 ton konsantre edilebilir cevher üretmişlerdir.



Şekil 10. Kızılyüksek-Yataardıç-Kovankaya düşük tenörlü kromit yatağı

1.5.2. Dünya Krom Üretimi ve Ticareti

2016 yılında dünyada gerçekleşen krom üretiminin yüzde 54,8'i Güney Afrika, yüzde 14,2'si Kazakistan, yüzde 13,6'sı Hindistan, yüzde 4'ü Türkiye ve yüzde 13,4'ü diğer ülkeler tarafından yapılmıştır. 2016 yılında dünyada yıllık krom üretimi 29 milyon ton civarında gerçekleşmiştir (Çizelge 4).

Dünyadaki krom üretim miktarlarını incelediğimizde ise Güney Afrika'nın geniş stratiform yataklarında 2016 yılında yaklaşık 16 milyon ton krom üretildiğini görebiliyoruz. Güney Afrika'nın üretimi dünya toplam üretiminin genellikle yarısını oluşturmaktadır.

Ülke	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Güney Afrika	13.232.281	14.193.627	13.275.578	15.599.204	15.980.957	16.864.162	15.907.023
Kazakistan	3.702.612	3.654.588	3.662.764	3.992.167	4.475.183	4.160.923	4.111.657
Hindistan	3.000.000	2.835.000	3.352.953	2.558.365	1.924.218	3.148.454	3.945.786
Türkiye	2.344.827	2.528.445	2.377.846	2.477.538	1.745.344	1.477.220	1.161.210
Finlandiya	583.120	692.527	498.769	978.698	1.034.750	946.188	1.070.314
Arnavutluk	455.505	384.411	309.954	410.622	636.003	673.990	707.059
Brezilya	762.000	597.860	587.553	484.209	520.060	532.540	457.334
İran	350.537	330.016	447.816	427.532	494.292	424.204	421.124
Pakistan	567.500	431.500	571.512	513.515	412.000	318.000	366.000
Umman	956.870	688.478	590.849	868.634	741.485	540.006	329.031
Diğer	1.924.437	2.537.097	2.208.522	1.451.593	1.053.779	607.835	539.108
Toplam (Ton)	27.879.689	28.873.549	27.884.116	29.762.077	29.018.071	29.693.522	29.015.646

Çizelge 4. Ülkelere göre Dünya Krom Üretimi ilk 10 Ülke (Kaynak: ICDA).

Krom ticaretine gelirsek; küresel krom cevheri (tüvenan ve konsantr) ihracatı 2016 yılında 14,3 milyon tona ulaşmıştır. Başlıca ihracatçı ülkeler 9,6 milyon ton ile Güney Afrika, 1,3 milyon ton ile Türkiye, 0,8 milyon ton ile Kazakistan'dır.

2016 yılı krom cevheri (Tüvenan ve konsantr) ithalatında ise Çin yüzde 80 pay ile 10,6 milyon ton, Rusya yüzde 6 pay ile 0,8 milyon ton ithalat gerçekleştirmiştir. Diğer önemli ithalatçı ülkeler Hindistan (154 bin ton), Türkiye (131 bin ton), Almanya (130 bin ton) olmuştur.

Uluslararası Krom Geliştirme Grubu tarafından hazırlanan kromun tarihsel gelişim kronolojisine göre Türkiye'de krom ilk kez 1848 yılında keşfedildi. Ardından 1860 yılına gelindiğinde ülkemiz krom üretiminde dünya lideri bir pozisyona ulaştı. Ancak günümüze

kadar yaşanan gelişmeler ışığında ülkemiz bu kronolojide bir daha yer bulamadı.

Türkiye krom üretimi 2010 yılından 2013 yılına kadar artış gösterirken 2014 yılından itibaren bir düşüş trendine girildi. 2016 yılında ülkemizin krom üretimi bir önceki yıla göre yüzde 21 düşüşle 1 milyon 160 bin ton olarak gerçekleşti. 2015 yılında krom üretim miktarı 1 milyon 477 bin tondur.

Krom madenciliği ülkemizde uzun yıllar boyunca genellikle küçük yer altı işletmelerinde sürdürülmüştür. Günümüzde halen bu yöntemle de krom üretimi yapılmakla birlikte, krom madenciliğinde büyük ölçekli üretimler 2000'li yılların başında Çin'in artan talebi doğrultusunda başlamış, üretimin önemli bölümü büyük açık işletmelere ve mekanize krom üretimi yapılan yer altı işletmelerine dönmüştür.

Özellikle ülkemizde son yıllarda önemli sayıda krom işletmesi yatırımı yapılmıştır. Türkiye'de son 15 yılda Çin'e ihracatın hızlanmasıyla birlikte çok sayıda krom konsantre tesisi yatırımı yapılmış ve bu sayı 100'ü geçmiştir. Bu tesislerin 2017 itibarıyla günlük tüvenan krom işleme kapasitesinin ise 100.000 tona ulaştığı bilinmektedir. Bu kapasite ile günlük 10.000, aylık 250.000, yıllık 2,5 milyon ton konsantre üretiminin mümkün olduğu hesaplanabilir.

2015 yılının sonlarına doğru krom fiyatlarında yaşanan ciddi düşüş sebebiyle birçok krom madeni üretimini durdurma kararı alırken 2017 yılında fiyatlarda yaşanan artışlarla (tonu 300 doların üzerine çıktı) kapanan pek çok krom madeninde faaliyetler yeniden başlamıştır.

Ülkemizde üretilen kromun büyük bir kısmı Çin'e ihraç edilmektedir. Çin'in bu talebi, ülkemizdeki krom madenciliğinin gelişmesinde en önemli etkidir. Kromu diğer metal madenlerinin işletilmesinden ayıran özelliği, satılabilir oranda zenginleştirilmesinin daha kolay ve düşük maliyetle gerçekleştirilmesindedir.

Çin krom cevheri ihracatımızda en büyük paya sahiptir (2017 Kasım ayı sonu verilerine göre). Krom cevheri ihracatımızda diğer önemli ülkeler sırasıyla İsveç, Belçika, Ukrayna ve Japonya'dır. Çin, 2016 yılında 10,6 milyon ton krom cevheri ithal etmiştir. Bu ithalatın 7,7 milyon tonu Güney Afrika'dan, 1 milyon tonu ise Türkiye'den

yapılmıştır. Çin'in toplam krom cevheri ithalatında Güney Afrika payı yüzde 73 iken, Türkiye'nin payı yüzde 7,5 olmuştur. Türkiye'nin 2007 yılındaki payı yüzde 17'den fazla iken, son 10 yılda bu oran hızlı bir düşüş göstermiştir. Aynı dönemde Güney Afrika'nın payı yüzde 32'den yüzde 75 seviyelerine çıkmıştır.

Türkiye krom cevheri ihracatı 2013 yılı sonrasında sert bir düşüş göstermektedir. 2010 yılında 2,25 milyon ton krom ihracatına ulaşan ve 2 milyon ton üstü seviyelerde 2014'e kadar devam eden krom ihracatı, 2014 yılında 1,4 milyon tona, 2016 yılında 1,2 milyon tona düşmüştür. Bu düşüşün temel sebepleri olarak Çin'in krom cevheri kullanım şeklini değiştirmesi, çoğunlukla fiyat olarak daha ucuz ve kalite olarak daha düşük olan Güney Afrika cevherine yönelmesi ve düşen fiyatlar ve yüksek maliyet dolayısıyla Türkiye'nin rekabet gücünü kaybederek üretimi azaltması gösterilebilir. Ek olarak düşüşün, ülkemize özgü mevzuat problemleri nedeniyle maden arama ve üretim alanlarında gereken genişlemeler konusundaki daralma ile aynı döneme denk gelmesi de dikkat çekmektedir.

1.6. Ofiyolitler

Ofiyolit grubu kaya birimleri haritalanabilecek birimler halinde, Türkiye'de geniş alanlar kaplarlar (Şekil 11). Bunlar Ülkemizde dağoluş kuşakları boyunca bulunmaktadır. Türkiye'de ofiyolit yerleşmeleri Alp Orojenezi ile ilgilidir. Ofiyolitlerin oluşumu genel olarak Üst Jura ve Kretase olmakla birlikte bugünkü konumlarını çoğunlukla Üst Kretase'de kazanmışlardır.

Okyanus tabanı kayaları olarak da tanımlanan ofiyolitler okyanus ortası sırtlarda oluşurlar ve "okyanus tabanı yayılması" sonucu buralardan kıta kenarlarına doğru hareket ederler, kıta kenarlarında tekrar mantoya dalarlar (subduction). Dalma - batma kuşaklarında (Yakınsayan Levha Kenarlarında) okyanus tabanına ait bazı dilimler (slabs) asıl kütlede kopup ayrılmakta, bir kısmı dalmaya devam ederken kopan dilimler kıta üzerine bindirerek (obduction) yerleşirler. Genel kabul, şu anda arazide gözlemlenen ofiyolit istifine ait parçalar yerli değil, taşınmış (allokton) kütlelerdir. Söz konusu kütleler, bugün buldukları yerden çok değişik bir yerde ve ortamda oluşmuşlardır. Ofiyolit topluluğu içindeki kayalarda manto tipi yeniden kristallenme, magmatik çökel (kümülat) istiflenme, farklılaşma ürünleri, denizaltı volkanizması, dayk sokulumları,

hidrotermal alterasyon ve tektonik deformasyonlar eş zamanlı olup, ofiyolit topluluğunun oluşumuyla ilgilidirler.

Genel olarak bakıldığında krom, bakır, nikel, altın, krizotil asbest, manyezit, olivin (forsterit), zebercet (krizolit), yeşim (jadeit), talk, mermer (serpantinit, diyabaz), Eskişehir taşı (meerschaum) ofiyolit grubu kayalarla köken ilişkisi olan ve ekonomik olarak işletilebilen oluşumlardır.

1.6.1. Ofiyolit Tanımı

Ofiyolit kelimesi başlangıçta serpantinleşmiş ultramafik kayaları tanımlamak için kullanılmıştır. Steinman (1927), peridotit (serpantinit), gabro, diyabaz, spilit (yastık lavlar), radyolarit ve bazı derin denizel çökeller gibi ortamsal açıdan birbirleri ile ilişkili kayalar topluluğu için “ofiyolit” kelimesini kullanmıştır. Bu şekilde, Steinman ofiyoliti bir kaya ismi olarak değil de bir kaya grubunun adı olarak kullanmıştır.

Türkiye’deki krom yatakları Alpin Tip (Podiform Tip) krom yataklarıdır. Bu tip krom yatakları “ofiyolit” adı verilen okyanusal kabuk içerisinde oluşmuş ve Alp Orojenezi sırasında kıta üzerine yerleşerek bugünkü konumlarını almışlardır.

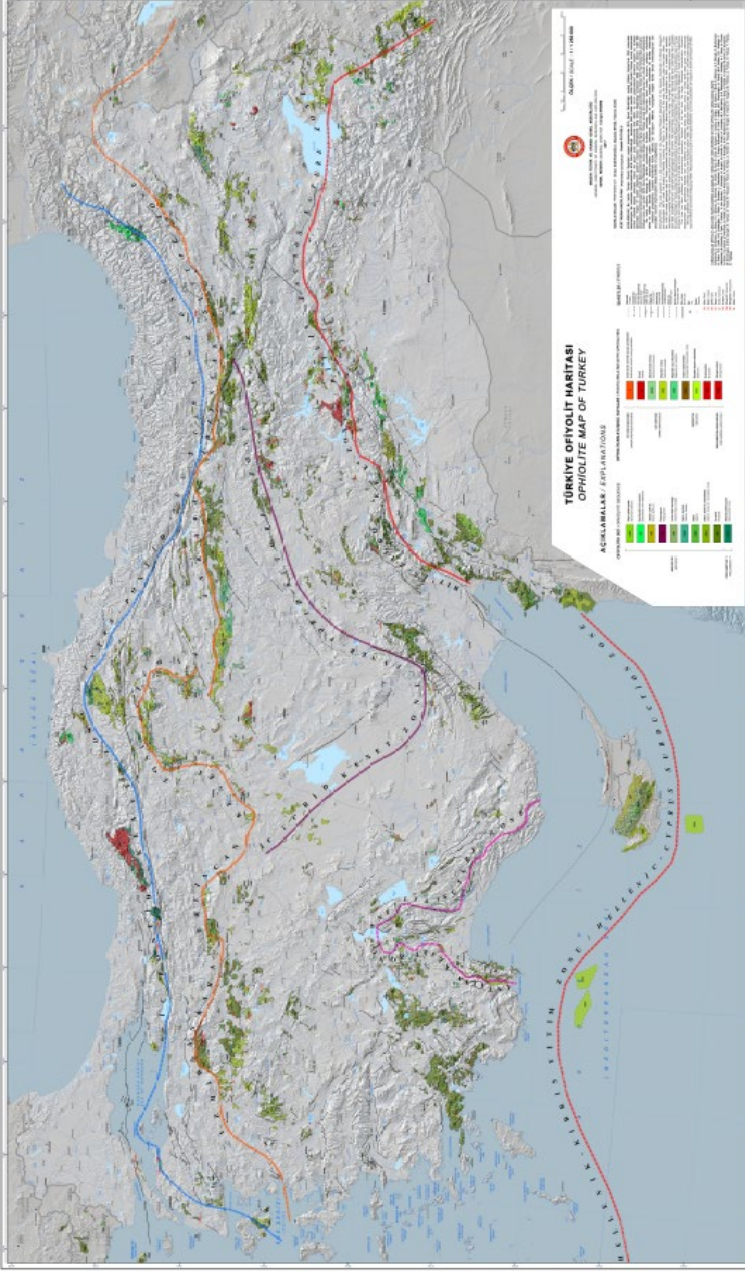
1972’de Penrose konferansında ofiyolit kavramına yeni bir tanımlama getirilmiştir. Bu tanımlamaya göre ofiyolit; ultramafik ve mafik kayalardan oluşan ve üstten alta doğru;

Mafik Volkanik Karmaşık: Çoğunlukla yastık lavlar, levha şekilli mafik dayk karmaşığı (Sheeted dikes)

Gabro Karmaşığı: Kümülat dokulu peridotit, gabro, piroksenit

Ultramafik Karışık: Tektonik dokulu harzburjit, dunit, lerzolit

Litolojileriyle temsil edilen istifsel bir topluluk olarak ifade edilmiştir. Söz konusu istif, orojenik hareketler sırasında kıta üzerine yerleşmiş eski okyanusal kabuk kalıntılarıdır.



Şekil 11. Türkiye'deki ofiyolitik birimlerin alansal dağılımı (Bu harita, Türkiye Ofiyolit Envanteri projesi kapsamında MTA Genel Müdürlüğü Jeolojik Etütleri Dairesi'nde CBS ortamında hazırlanmıştır. Bu haritaların hazırlanmasında MTA Genel Müdürlüğü tarafından 2002 yılında basılan 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritasında verilen ofiyolitik kayalar alınmıştır).

1.6.2. Ofiyolit Oluşumu ve Petrojenetik Mekanizma

Ofiyolit kabuk kesimi (petrolojik Moho üzeri) üst manto malzemesinin kısmi ergimesinden türeyen bazaltik mağmaların mağma odalarında katılaşmasıyla (kristalleşmesiyle) oluştuğu, tektonit kesimin (metamorfik peridotit) ise kısmi ergime sonrası tüketilmiş (depleted) üst manto kalıntısını temsil ettiği bugün genel kabul görmüş bir kuramdır (Şekil 12).

Yaklaşık 10 km kalınlığındaki okyanus tabanı ve altındaki manto malzemesi (peridotit) katı ve kırılığandır. Ancak, bu katılık 70-80 km derinliğe kadar geçerlidir. Bu derinlik “P” dalgaların hızının 8,1 km/sn’den 7,9 km/sn’ye düştüğü “plaka alt sınırı” bölgesidir. Hız değişikliği, peridotitin bu noktada kırılgenliğini kaybettiğini ve katı halde hareketli olabileceğini göstermektedir (Şekil 13).

Böyle katı halde akma özelliğine erişmiş, yer yer kısmi (bölümsel) ergimeye uğramış ve P dalgalarının hızının düşük olduğu bu zona “düşük hız zonu” veya zayıf küre anlamına gelen “astenosfer” denir. Bu zonda sıcaklık 1300-1600⁰ C dir. Bu sıcaklıkta bir silikat kayası bütünüyle sıvıdır ancak, bu derinlikteki basınç altında katı halde bulunur (basınç arttıkça ergime derecesi yükselir).

Bu derinliklerde kısmi ergimenin olabilmesi sıcaklık koşullarında herhangi bir değişiklik olamayacağı için basınç değerinin düşmesiyle mümkündür. Okyanus ortası sırtlarda rift açılımlarıyla beraber sırt ekseninin tam altında basınç ferahlaması olur. Basıncın bu şekilde düşmesi kısmi ergimenin yoğun bir şekilde artmasına neden olacaktır. Silikat ergiyiği kendisinin oluştuğu katıdan % 20 daha az yoğundur. Dolayısıyla ergiyik küçük cepler ve daha sonra mağma odalarını oluşturarak diyapirik şekilde yükselecektir. Isıyı aşağıdan yukarıya taşıyan bu mekanizma eksen boyunca ısı akışının yükseldiğini açıklamaktadır (Şekil 14).

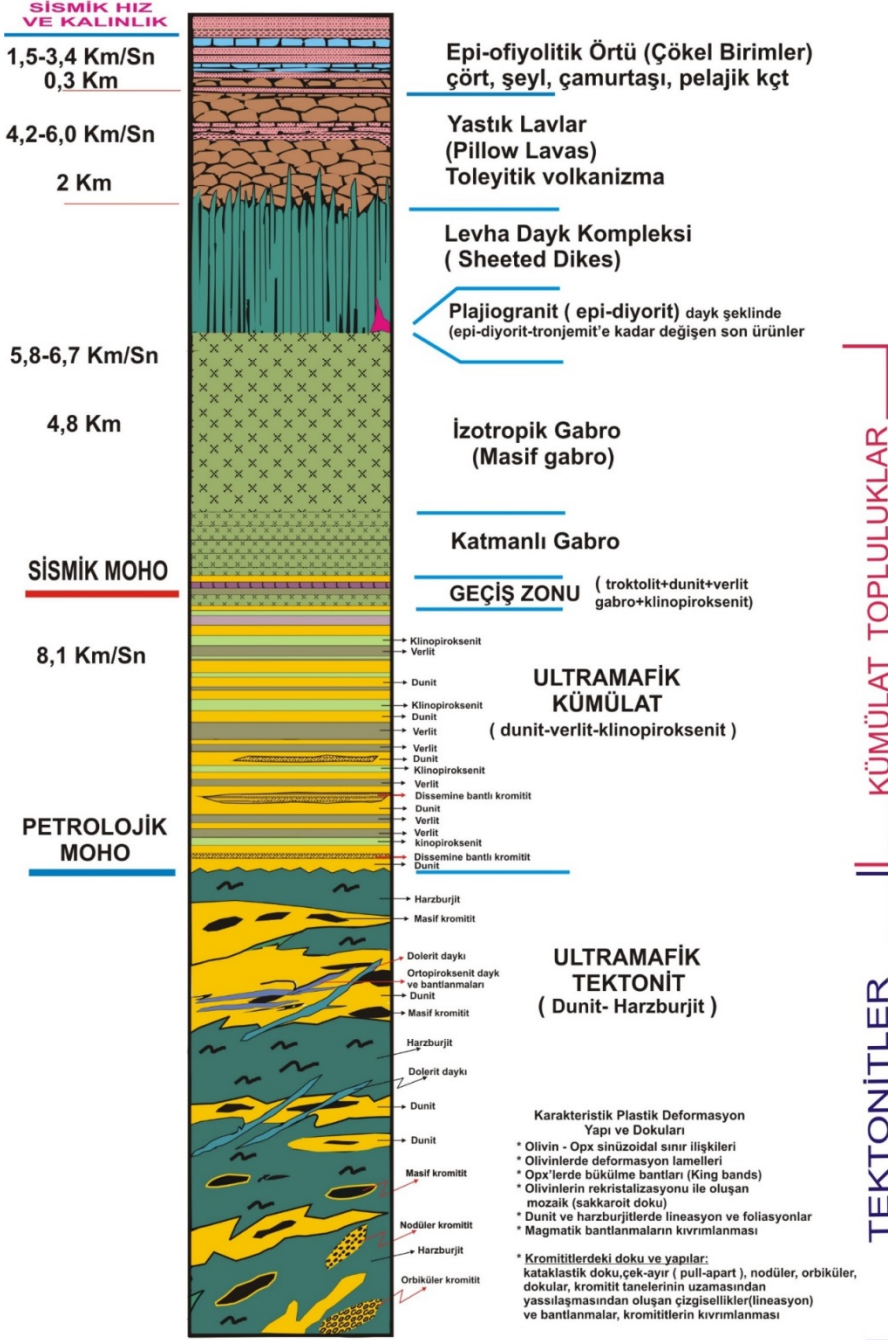
Yayıma merkezleri altında dar bir zonda yükselen ilksel manto kayalarının adyabatik basınç düşmesi nedeniyle kısmi ergimesi, okyanusal kabuğu oluşturan mağmatizmayı başlatır. Bu mağmatizma sonucu riftlerin altında 10-15 km genişliğinde mağma odaları oluşur. Sırt eksenini boyunca her 50-100 km arayla mağma odalarının oluştuğu düşünülmektedir. Mağma odasında kümülat süreçlerle gerçekleşen katılaşma sırasında katmanlı ultrabazik ve bazik kayalar oluşur. (Şekil

15). Yayılma merkezleri altında, ultramafik tektonitleri oluşturacak tüketilmiş (bazaltik ergiyik ihraç ederek tüketilmiş) manto ise eksen zonundan öteye doğru konveksiyon akımları nedeniyle yatay plastik bir akışla iraksayan her iki levhaya eklenerek yayılırlar.

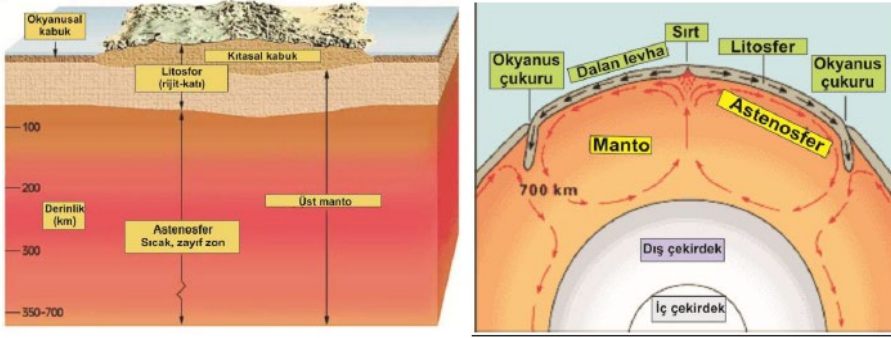
Sırt eksenleri altında manto sıcaklığı deneysel verilerle 1275 °C olarak tahmin edilir. Bu sıcaklıkta tüketilmiş manto malzemesi (peridotitler) katı durumda olmalarına karşın plastik davranış sergilerler. Bu nedenle, sırt eksenleri altında yatay yönde plastik akışla uzaklaşan her iki plakaya eklenerek yayılan reziduel manto malzemesi (peridotit) sünek deformasyona uğrar. Bu süreçte (özellikle sıcaklığın 1100 -1000 °C arasında olduğu koşullarda) tektonitler için karakteristik olan plastik deformasyon yapı ve dokuları gelişir.

Yayılma eksenini zonundan uzaklaştıkça, manto yüzeye ısı iletimi nedeniyle gittikçe soğur ve tedricen sünek akış yeteneğini kaybeder. Kalıntı mantonun yeterince soğumasıyla (Nicolas ve Violette'e (1982) göre 1000 °C'nin altına) artık plastik deformasyon gelişemez.

OFİYOLİT İSTİFİ

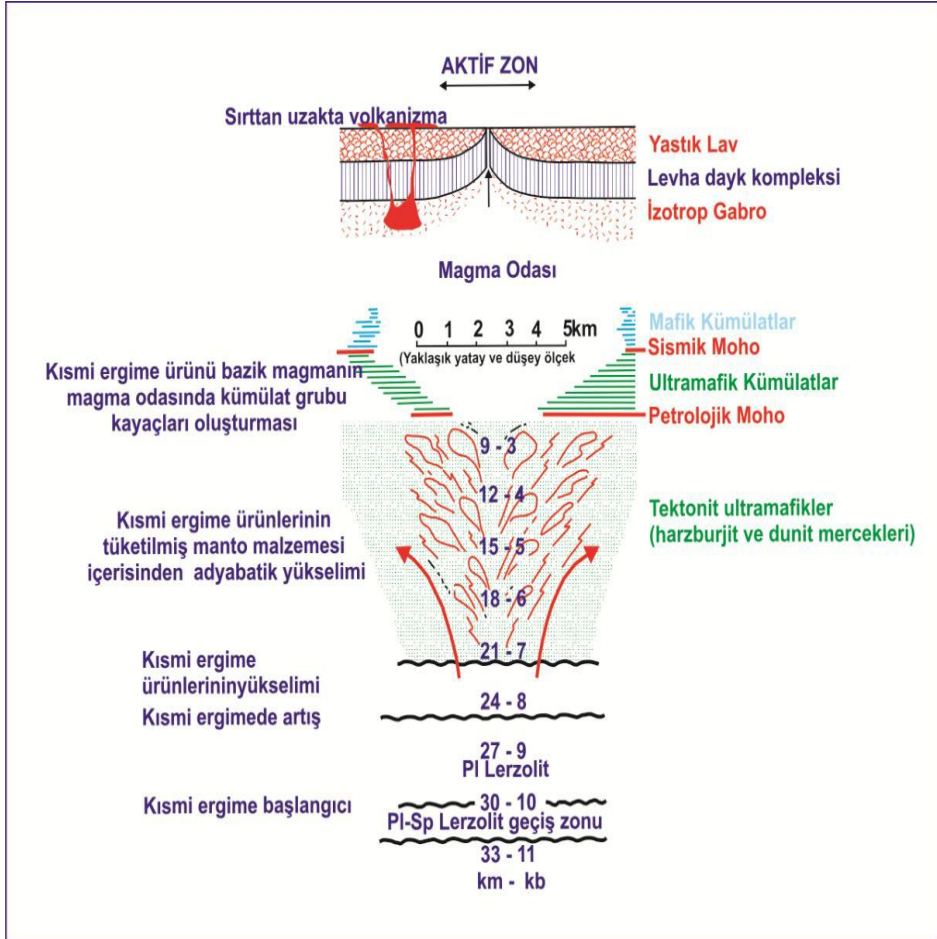


Şekil 12. İdeal ofiyolit istif (Engin ve Odabaşı, 2002)



Şekil 13. Yerkabuğu katmanlarının şematik gösterimi (Winter, 2001, Kearey ve Vine, 1990)

Litosferik manto (ultramafik tektonitler), alttaki astenosfer ile ilişkisi bakımından okyanus (=astenosfer) üstünde yüzen buz bloğuna benzetilebilir. Aralarında kimyasal bir fark olmayıp sadece fiziksel durumları farklıdır. Okyanusal kabuğun durumu ise, buz bloğunun üstüne oturmuş gemiye benzer.



Şekil 14. N-Morb tipi ofiyolit kesiti ve oluşum mekanizması (Okyanus ortası sırtlarında “pirolit” (piroksen-olivine) kompozisyonuna sahip üst mantonun kısmi erimesi sonucu, 1/3 oranında bazaltik magma, 2/3 oranında harzburjitik (% 80 hz) çok tüketilmiş kalıntı bir manto litosferik manto) bırakarak ayrılmakta ve birlikte okyanusal litosferi oluşturmaktadır; Gass, 1980’den alınmıştır).

Ultramafik Tektonitler

Litolojik anlamda dunit ve harzburjitlerden oluşur. Bu kayalar içinde genelde % 1-2 oranında kromit bulunabilir. Ultramafit tektonitler içinde bulunan kromit yatakları tipik podiform tipte olup, mercekler, düzensiz şekiller, levhamsı veya kalem şeklindedirler. Dunit % 90 oranında olivin kristallerinden oluşmuştur. Harzburjit ise olivin ve ortopiroksenlerden oluşur. Ultramafik tektonitler, yer yer izole diyabaz daykları tarafından kesilmiştir (Şekil 12).

Kısmi ergimeye uğrayarak tüketilmiş manto malzemesinin magma odaları altında konveksiyon akımlarının etkisiyle birbirlerinden uzaklaşan her iki kıta kenarına eklenmesiyle gelişen yerleşme süreçleri içerisinde, 1100-1000 °C ısı ve yüksek gerilme (basınç) koşullarında kazandıkları karakteristik plastik deformasyon yapı ve dokuları şu şekilde sıralanabilir:

➤ Ultramafik tektonitlerde görülen plastik deformasyon yapı ve dokuları

- Olivin-Opx sinüzoidal sınır ilişkileri
- Olivinlerde deformasyon lamelleri
- Opx'lerde bükülme bantları (king bands)
- Olivinlerin rekrizalizasyonu ile oluşan mozaik (şeker) dokusu
- Olivin ve ortopiroksenlerden oluşan mağmatik bantlanmaların kıvrımlanması
- Foliasyon (yapraklanma) ve lineasyon (çizgisellik)
-

➤ Ultramafik tektonitler içerisindeki kromitlerde gözlenen yapı dokular

- Kataklastik doku; Çek-ayır (pull-apart), Foto 2
- Nodüler-orbiküler dokular,
- Kromit tanelerinin uzanmasından, yassılaştırmadan oluşan çizgisellikler, bantlanmalar
- Kromit bantlanmalarının kıvrımlanması, Foto 3



Foto 2. Çek-ayır (pull-apart) dokusu gösteren kromit nodülleri (Bu kırıklara dikey yön, çizgisellik yönünü işaret eder; Dr. Yusuf Ziya Özkan ve Dr. Tandoğan Engin'in koleksiyonundan alınmıştır).



Foto 3. Kırırılmanmış kromitit düzeyi (Fethiye-Biticealan, Dr. T. Engin'in koleksiyonundan)

Ultramafik Kümülatlar

Ultramafik tektonitler (metamorfik peridotitler) üzerinde ultramafit kümülatlar yer alır. Tektonitler ile kümülatlar arasında “petrolojik Moho” (manto ve kabuk kesitleri arasındaki sınır) bulunur (Şekil 12).

Ultramafik kümülatlar, okyanus ortası sırtlarda (N-Morb), volkanik kabuğun 1-2 km altında volkanitlerle petrolojik moho arasında oluşan mağma odalarında magmatik sedimentasyon süreçleriyle oluşmuşlardır. Alttaki mantonun kısmi ergimesi sonucu oluşan bazaltik mağma ile beslenen mağma odasındaki fiziko-kimyasal koşullara bağlı olarak kristallenme başlar. Bazik mağmadan kristallenerek sıvı fazdan ayrılan (kristal fraksiyonlaşması) ve kristallendikten sonra mağma odasının tabanına doğru çökelen (gravitatif differansiasyon) mineraller kümülat kaya topluluklarını oluşturur.

Kümülat kayaların düşey ve yanal yöndeki değişimleri mağma odasında gerçekleşen kristalleşme sırası biçiminde açıklanır. Ultramafik kümülat ve üstündeki bantlı izotrop gabrolar dahil tüm kümülat karmaşığı için en yaygın kristallenme sırası; *olivinklinopiroksenit-plajioklas-ortopiroksen*’dir. Bu kristallenme sırasıyla dunit-verlit-klinopiroksenit-olivin gabro (Cpx’ce zengin diziler) gibi ultramafik ve mafik kümülat kaya toplulukları oluşur. Olivinden sonra erkenden plajioklasın kristallendiği “plajioklasca zengin diziler” plajioklaslı dunit, troktolit-olivin gabro dizisini verir. Bu şekilde ultramafik kümülat dizisi içerisinde başlıca; dunit-verlit-klinopiroksenit ardalanması ile üste doğru bantlı gabroların da katıldığı kaya türlerinden oluşan istif oluşur.

Mağma odasında, magmatik sedimentasyon olarak nitelendirilebilecek kümülat süreçlerle oluşmuş bu türlü kayalarda, kümülat doku ve yapılar gözlenir. Özellikle kümülat dunitler içindeki kromit taneleri öz şekillidir. Krom yatakları ise genellikle bantlı (dissemine- yer yer ince masif bantlı) tipte olup kromitit bantları doğrultu ve eğim boyunca düzenli devamlılıklar sunar.

Geçiş Zonu

Ultramafik kümülatlar üzerinde kritik zon veya geçiş zonu bulunur. Geçiş zonu aynı zamanda **Sismik Moho** (Mohoroviç

Süreksizliği) sınırırır. Sismik dalga hızlarının 5,8-6,7 km/sn ‘den 8,1 km/sn’ye ani olarak değişimi Mohoroviç Süreksizliği olarak adlandırılır. Geçiş zonu, kümülat peridotitlerden kümülat gabroya doğru dereceli geçişi temsil eder. (Bu zon, ultramafik kaya oluşumlarının bittiğini ve mafik kümülatlara geçildiğini işaret eder). Geçiş zonunun kayaları; gabro, troktolit, klinopiroksenit, verlit ve/veya ince dunit düzeylerinden oluşur.

Mafik Kümülatlar

Mafik kümülatlar, geçiş zonu üzerinde levha dayk kompleksine kadar tüm gabro bileşimli kayaları kapsar. Genellikle altta koyu (piroksen) ve açık renkli (plajiolklas) minerallerinin araldanması şeklinde gözlenen bantlı gabrolar yer alır. Üste doğru mağmatik katmanlanma yapıları kaybolur ve izotropik (masif) gabrolara geçer.

Plajiyogranitler

Çoğu ofiyolit istifinde gözlenmez. Mağma odasındaki kristallenme ve çökelim sürecinden diferansiasyonun geride kalan en son asitik ürünleri olarak diyorit-tonolit, tronjemit bileşimli kayalar oluşur. Bunlardan kuvarslı olanlar “plajiyogranit” veya epi-diyorit adıyla anılmaktadır Potasyum feldispat içermezler ve silis oranları çok yüksektir. Arazide çoğunlukla dayk şeklinde üstteki diyabazlara sokulum yapmış olarak gözlenirler.

Levha Dayk Kompleksi

Levha dayk karmaşığı (sheeted dikes) birbiri içine sokulum yapmış, başka tür yan kayası olmayan bir dizi mafik kayadan oluşur. Petrografik bileşimleri diyabazdan keratofir’e kadar değişir. Arazide 10-50 cm bazen biraz daha geniş, birbirine paralel, yer yer birbirini kesen dayklar şeklinde izlenir (Foto 4). Birbirine paralel her daykın kenar zonlarında, hızlı soğumaya bağlı olarak daha ince taneli doku gelişmiştir. Bu dayklar üstteki spilitik lavları besleyen baca görevini görürler.

Bazik Lavlar ve Epi-ofiyolitik Örtü

Ofiyolit istifinin en üstünde bazaltik yastık yapılı lavlar (pillow lava) yer alır. Kalınlıkları 2 km'ye kadar ulaşabilir. Yastık lavlar üstte derin denizel sedimanter birimler (çört, şeyl, pelajik kçt çamurtaşı) tarafından örtülür. Bunlar epi-ofiyolitik örtü birimleri olarak anılırlar.



Foto 4. Levha Daykları (Osman Parlak koleksiyonundan)

1.7. Ofiyolitinin Oluşum Ortamları Ve Dalma Batma Zonu (Supra-Subduction Zone) Ofiyolitleri İle Kromit Yataklarının İlişkisi

Levha tektoniği kuramındaki gelişmeler, ofiyolitlerin okyanus tabanı açılmasına bağlı olarak oluştuğu ve tektonik hareketlerle kıtalar üzerine yerleşmiş olduklarını ortaya çıkarmıştır. Ofiyolitlerin çoğunlukla okyanus ortası sırtlarda (N-MORB) ve kenar denizi havzalarında transform faylara bağlı olarak; yay öncesi (pre-arc), yay önü (fore-arc) veya yay ardı (back-arc) havzaları oluştukları kabul edilmektedir. 1980'li yıllar ve sonrasında yapılan jeokimyasal çalışmalar, birçok ofiyolitinin normal okyanus ortası sırtı açılımı ile açıklanamayacak dalma batma zonu (**Supra-Subduction Zone, SSZ**) magmatik süreçleri içerdiklerini göstermiştir. Dalma zonu etkisi içeren

bu tür ofiyolitler ilk defa Pearce ve diğ., (1984) tarafından (SSZ) ofiyolitleri olarak adlandırılmışlardır. Supra-subduction ofiyolitleri (SSZ) bir taraftan ada yayı jeokimyasına sahipken diğer taraftan okyanus kabuğu yapısına sahiptirler.

Jeokimya konusundaki gelişmeler, karalar üzerine itilmiş okyanusal litosferleri temsil eden ofiyolitlerin, sadece normal bir okyanus ortası sırtında oluşmadığını ortaya çıkarmıştır. Dalan levha etkisi içeren ve SSZ tipi olarak bilinen bu ofiyolitler daha çok yay öncesi, yay önü ve ada yayı açılmasına bağlı olarak gelişen yay ardı havzalarında oluşabilmektedirler. SSZ Ofiyolit terimini ilk ortaya atan Pearce ve diğ. (1984), SSZ terimi için daha çok yay öncesi (pre-arc) ortamlarını önermektedirler.

Plaka hareketlerine bağlı olarak sıkışma rejiminin etkin olduğu ortamlarda, transform faylarla karşı karşıya gelen okyanusal levhaların, birinin diğeri altına dalması (yaşlı olan okyanusal litosferin daha soğuk ve göreceli olarak yoğunluğunun daha fazla olması nedeniyle daha genç olan okyanusal kabuğun altına dalar) sonucu, dalan levha üzerinde kamalanmış olan üst manto ile okyanusal litosferin kısmi ergimesiyle SSZ ofiyolitleri oluşmaktadır. SSZ süreci ilerledikçe, okyanusal litosferin daha derinlere ve yüksek açıyla dalmasına bağlı olarak (subduction-rollback), hendek (trench) ile dalan okyanusal litosfer arasında (hendek önünde) mantoya göre genç ve sıcak olan okyanusal litosferin kabuğu üzerinde gerilme rejiminin hakim olmasına ve açılmalara (rifting) neden olur.

1980'lerden sonra yapılan çalışmalar, çoğu kenet kuşağındaki birçok ofiyolitinin SSZ tipi olduğunu ortaya çıkarmıştır (Pearce ve diğ.1984). Supra-Subduction Ofiyolitleri manto diliminin alta dalma aşamasının başlangıcında, ada yayı oluşumundan önce meydana gelmişlerdir. Dalan okyanusal kabuktan bırakılan uçucu bileşen±ergiyik, üsteki manto kaması±okyanusal litosferi metasomatizmaya uğratarak kısmi ergimesine yol açmaktadır. Böylece SSZ tipi ofiyolitleri üretecek magma oluşumu sağlanır. Dalan levhanın farklı tüketilmişlik oranları içeren kaynaklarla etkileşimi, kenar denizlerinde oluşan SSZ ofiyolitlerinin (yay öncesi, yay önü ve yay ardı havzaları) petrojenezi açısından son derece önemlidir. Bu tür ofiyolitlere ait veriler; okyanus içi alta dalma (subduction) sonucu ilk aşamada oluşan mağmanın *boninitik* bileşimli (camsı, modal feldispat

içermeyen, olivin, bronzit, andezit bileşimli mağma) oluşudur. Manto diliminin alta dalması devam ettiği sürece mağmanın bileşimi ada yayı toleyitine (IAT) değişim gösterir (Trodos tipi). Pearce ve diğerleri (1984) yapmış oldukları petrojenetik modellemelerde bu tür boninitleri verecek bir mağmanın ancak kalıntı okyanusal bir litosferin yaklaşık %30 oranında ergimesi ile mümkün olabileceğini ortaya koymuştur.

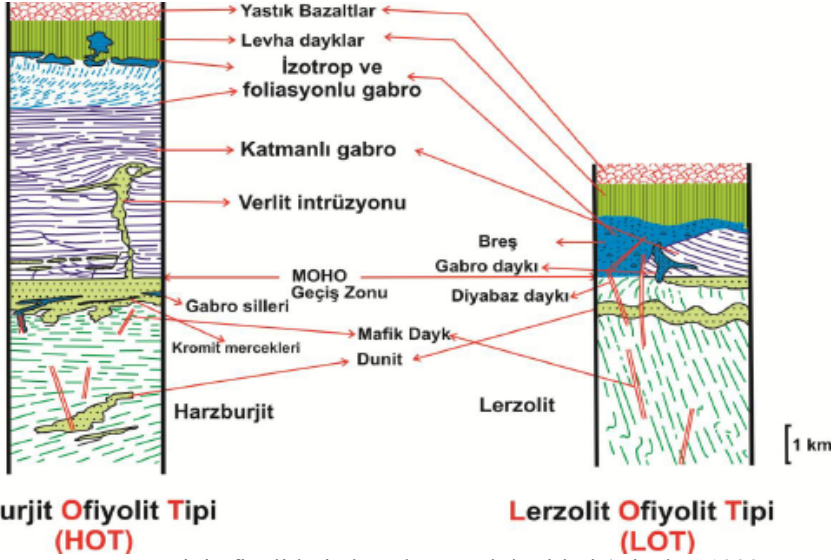
1.7.1. Harzburjit Tip Ofiyolitler (HOT) ve Lertzolit Tip Ofiyolitlerin (LOT) Karşılaştırılması ve Krom Yataklarıyla İlişkisi

Boudier ve Nicolas (1985) ile Nicolas (1989) tarafından ofiyolitlerde yapılan incelemelerde ofiyolitler, Harzburjitik Ofiyolit Tip (HOT) ve Lertzolit Ofiyolit Tip (LOT) olarak iki farklı grupta toplanmışlardır. Yavaş yayılma ile oluşan sırtlarda Lertzolitik Tip Ofiyolitlerin (LOT), hızlı yayılma ile oluşan sırtlarda ise Harzburjitik Tip Ofiyolitlerin (HOT) olduğu kabul edilir. Batı Alpler'deki ofiyolitlerin baskın litolojisi lertzolit olduğu için (manto kayalarının üstündeki yaklaşık 2 km'lik bir zon içerisinde lertzolitler görülebilmektedir) bunlar "Lertzolit Tip Ofiyolitler" olarak; Doğu Akdeniz Kuşağındaki ofiyolitler ise hakim litolojilerinin harzburjit olması nedeniyle "Harzburjit Tip Ofiyolitler" olarak adlandırılmışlardır. Ofiyolit birimlerini eksiksiz içermelerine rağmen HOT tipi ofiyolitler, LOT tipi ofiyolitlere göre daha kalın bir istif sunarlar (2-7 km) ve yüksek sıcaklıkta oluşan amfibolitik metamorfik birim (metamorphic sole) ofiyolitlerin altında yer almaktadır. HOT tipi ofiyolitlerin iç yapıları düzenli ve uyumludur. Ofiyolitlerin genel kabuk bölümlerinin modellenmesi ile özellikle gabro dizilimi tam gelişmiştir.

Krom yatakları açısından değerlendirildiğinde; Harzburjit tip ofiyolitlerde (HOT) ekonomik boyutlarda krom yatakları bulunmaktadır. Lertzolitik tip ofiyolitlerde (LOT) ise krom oluşumları yoktur veya ekonomik boyutlarda gelişmemiştir (Şekil 15).

SSZ ofiyolitlerinin diğer bir özelliği ise manto serisinde çok sık podiform krom yataklarının oluşmasıdır. Her ne kadar podiform kromitler, N-MORB ofiyolitlerinde de izlenebilmekte ise de, önemli

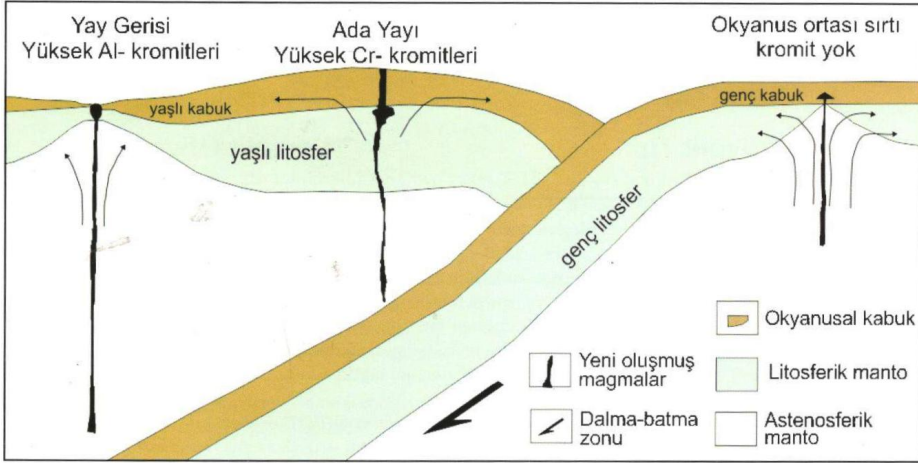
kromit oluşumlarının SSZ ofiyolitlerinde daha sık ve çok miktarda (ekonomik boyutlarda) görüldüğü söylenebilir (Şekil 15; Zhou ve Robinson, 1997). SSZ ofiyolitlerinin kümülat serisinde bulunan bu tür kromit oluşumları ile ilişkileri çok iyi anlaşılammışsa da, dalma zonundan gelen suyun olivin ve spinel fazlarını genişleterek olivin ve kromit oluşumuna neden olduğu düşünülmektedir.



Şekil 15. HÖT ve LOT tipi ofiyolitlerin karşılaştırmalı kesitleri (Nicolas, 1989 ve Spray, 1982'den).

Bazik mağmanın türediği kaynak ile içinden geçtiği peridotit farklı ise, diğer bir ifadeyle, bazik mağma alta dalan peridotitin kısmi ergimesi sonucu oluşmakta ve yukarıya doğru yükselirken daha eski ve kısmi ergimeye uğramış bir harzburjlit kaması içerisinde geçmekteyse, ceplerdeki kromit oluşumu ve birikimi daha güçlü olacaktır. Eğer bazik mağma içinden geçtiği peridotitin kısmi ergimesi sonucu türemişse, bazik mağma ile peridotit arasında kanallar ve ceplerle duvarlar boyunca meydana gelecek reaksiyon bazik mağmanın kompozisyonunu kromit kristallenme alanına itecek boyutta olmayacaktır. Bu nedenle, olgunlaşmış eski okyanus sırtlarında (N-MORB) yükselen ergiyikler, içinden geçtikleri tüketilmiş peridotitlerle kimyasal denge durumundadır ve bu nedenle okyanus ortası yayılma sırtlarında kromit oluşumu yoktur veya çok sınırlıdır (Zhou ve Robinson, 1997).

Ada yayları altındaki kalın eski litosfer mantosu ise, ergiyik-yan kaya tepkimesi sonucu kromititlerin oluşumu için uygun ortamı (SSZ) sağlamaktadır. Ada yayları altına gelen kesimlerde, üstte bulunan manto malzemesinin altına dalan eski litosfer mantosundan üstte bulunan manto malzemesine büyük oranda uçucu elementler karışmakta ve yüksek oranda kısmi ergime meydana gelmekte, bu şekilde (Cr) oranı yüksek kromititlerin oluşması için uygun ortam oluşmaktadır. İçinden geçtikleri manto malzemesinden daha refrakter özellikte olan yükselen ergiyikler, yan kaya ile daha kolay ve hızlı kimyasal tepkimeye girerler ve yüksek oranda kromitit oluşumuna olanak sağlarlar. Kromit taneleri içinde sıvı kapanımlarının bolluğu ve çevrede su içeren minerallerin varlığı, ana mağmanın su oranının fazla olduğunu işaret etmektedir. Bu da oluşumun SSZ ortamında geliştiğini göstermektedir. Böyle bir ortamda H₂O, K₂O oranı yüksek eriyikler (boninitik) ile alta dalan peridotit kamasından türeyen SiO₂ ce zengin eriyikler üstte bulunan manto malzemesinin içine sokulur. Boşluk ve kanallar içerisinde yükselirken büyük oranda harzburjitten meydana gelen yan kaya ile kimyasal bir tepkime oluşmakta ve yüksek kromlu kromititler oluşmaktadır (Zhou ve Robinson, 1997). Yay ardı havzaları (Back-arc) gibi yeni oluşan yayılma merkezlerinde, yayılma nedeniyle eski litosfer mantosu incelmış ve yok olmuştur. Yükselen ergiyikler ada yayı altındakilerden daha az refrakterdir. Bu ortamda ergiyik-yankaya arasındaki kimyasal tepkime yayılmanın başlangıç aşamasında kuvvetli olacak, az refrakter nitelikli toleyitik bileşimli ergiyikler yüksek alüminyumlu kromititleri oluşturacaktır (Şekil 16).



Şekil 16. Krom yataklarının oluşumunu gösterir jeotektonik ortamlar (Zhou ve Robinson, 1997'den)

Olgunlaşmış eski yayılma sırtlarında (MORB) eski litosfer mantosu yoktur. Yükselen ergiyikler içinden geçtikleri tüketilmiş peridotitlerle kimyasal denge durumundadır, Bu nedenle bu ortamlarda kromitit oluşumu yoktur.

Ada yayları altındaki kalın eski litosfer mantosu ergiyik-yankaya tepkimesi sonucu kromititlerin oluşumu için uygun ortamı (SSZ) sağlamaktadır. Okyanus tabanı yayılması sonucu eski litosfer mantosunun incilmesi veya yok olması durumunda yükselen ergiyikler içinde yer aldıkları yan kayadan daha refrakter olan yükselen astenosferle kimyasal tepkimeye girerler. Refrakter ergiyikler, yoğun uçucu içerikleri dolayısıyla ileri aşamada kısmi ergimeyi işaret ederler ve bunlar yüksek oranda kromitit oluşumuna olanak sağlarlar. Yay ardı havzaları gibi yeni oluşan yayılma merkezlerinde, yayılma nedeniyle eski litosfer mantosu incelmış ve yok olmuştur. Yükselen ergiyikler ada yayı altındakilerden daha az refrakterdir. Bu ortamda ergiyik-yankaya arasındaki kimyasal tepkime yayılmanın başlangıç aşamasında kuvvetli olacak az refrakter nitelikli toleyitik bileşimli ergiyikler yüksek alüminyumlu kromititleri oluşturacaktır.

1.8. Alpin Tip Krom Yataklarının Oluşumu Üzerine Teoriler

Alpin tip krom yataklarının oluşumu üzerine çok çeşitli görüşler ileri sürülmüştür. Bu görüşlerden en önemlileri aşağıda sunulmuştur.

I. Görüş: Thayer (1969) tarafından ileri sürülmüştür. Bu görüşün okyanus tabanı yayılma modeline uyarlandığında; Podiform kromitit kütleleri, pirolit (1 kısım bazalt+3 kısım peridotit) bileşimli mantonun kısmi ergimesi sonucu oluşan bazik mağmanın mantonun üst kısmında (astenosferin üstünde) meydana gelen mağma odasında uğradığı kümülat süreçlerle oluşur. Büyük stratiform intrüzyonlarda (Bushveld Kompleksi) olduğu gibi kristal fraksiyonuyla sıvı fazdan ayrılarak yoğunlukları nedeniyle mağma odasının tabanına doğru ayrımlaşan bu birimler kabuk içine sıcak lapa halinde sokulmaktadır.

Yeniden yerleşim (tektonitler içine) sırasında olivin, piroksen plastik kromit ise sertleşmiş katı halde olması nedeniyle kromitit bantları kopup parçalanmakta, oluşan yapılar içinde kendi konumlarını kazanmaktadırlar.

Olivin ve piroksen kristalleri yeniden kristallenmeye uğrarlar ve mozayik dokusu gelişir. Olivinlerde deformasyon şeritleri, piroksenlerde bükülme bantları oluşur. Kromitler kataklazmaya uğrarlar.

Bu modelde, kısmi ergime sonucu geride kalan çoğunlukla harzburjit mineralojisindeki tektonitler içinde büyük kromit kütlelerinin yan kaya ile ilksel ilişkili olarak bulunuşları, teorik olarak pek açıklanamamaktadır.

II. Görüş: Dickey (1975) tarafından ileri sürülmüştür. Bu görüşe göre; Alpin tip kromit yatakları, kuramsal olarak tektonit-kümülat sınırı boyunca mağma ayrımlaşma kuşağında (zone of magma segregation) kümülat süreçlerle oluşmuştur. Tektonit-kümülat sınırında oluşan kromitit bant ve mercleklerinin ağırlıkları nedeniyle harzburjitler içine battığı ve bu şekilde tektonitler içinde kromitit bant ve mercleklerinin konumlandığı ileri sürülmüştür.

Dickey (1975) in bir çalışmasına göre, kromit ve yankaya peridotit arasındaki yoğunluk farkı dikkate alındığında 50 m boyuta sahip $3,8 \text{ gr/cm}^3$ yoğunluğundaki bir kromitit-dunit merceğinin

oluştuktan sonra ilk bir milyon yılda harzburjitler içine 600 m, daha sonraki her bir milyon yılda 20 m batacağı ifade edilmektedir.

III. Görüş: George (1978) ve Greenbaum (1979) tarafından ileri sürülmüştür. Dunit bant ve mercekleri ile bunların içinde yeralan kromitit kütleleri tektonitler üzerinde oluşan mağma odasında kümülat süreçlere bağlı olarak kristal fraksiyonlaşması yoluyla oluşur.

Mağma odasının tabanındaki düzensizliklere bağlı olarak dunit ve kromititler kristal çökmesiyle eşzamanlı olarak deformasyona uğrarlar (George, 1978). Mağma odasında bu plastik deformasyon sürecinde kümülat istifin tabanı harzburjitler içine doğru kapalı derin kıvrımlar (infolding) oluşturur. Bu kapalı derin kıvrımlar, üstte kümülatlar içinde gelişmiş olan dunit ve kromitit kütlelerini tektonit harzburjitler içine taşımıştır (Greenbaum, 1979). Bu taşınma nedeniyle kümülatlar ve tektonitler grift yapılar kazanmıştır.

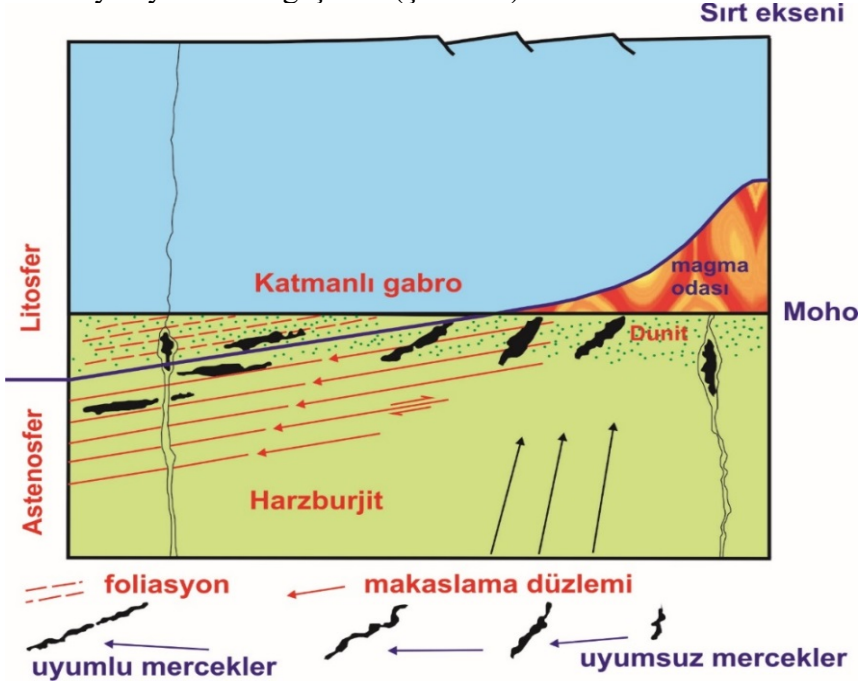
IV. Görüş: Lago ve diğ. (1982) tarafından ileri sürülmüş ve daha sonra Zhou ve Robinson 1997, Arai 1994 ve 1997 tarafından geliştirilen bu görüş tektonit harzburjitler içindeki kromitit kütlelerinin bulunuşunu teorik olarak açıklar niteliktedir.

➤ Okyanus tabanı yayılma merkezleri altında 10-15 km kadar derinde manto malzemesinin kısmi ergimesi sonucu bazik mağma oluşmaktadır. Bu mağma kırıklar, kanallar (conduits) boyunca yükselerek, tüketilmiş manto malzemesinin (tektonitlerin) üst kısmında mağma odalarını beslemektedir. Bu mağma odasında stratiform intrüzyonlarda olduğu gibi kümülat kaya grupları (dunit, verlit, piroksenit, troktolit, gabro) ile bu kayaların ultrabazik kesimi (dunit) içinde kromititler meydana gelmektedir.

➤ Kabuğun alt kesimlerinde, mağma odasının 1-2 km kadar altında tüketilmiş manto malzemesi (harzburjit) içinde bazik magma taşıyan 5-50 cm genişliğinde kanallar bulunmaktadır.

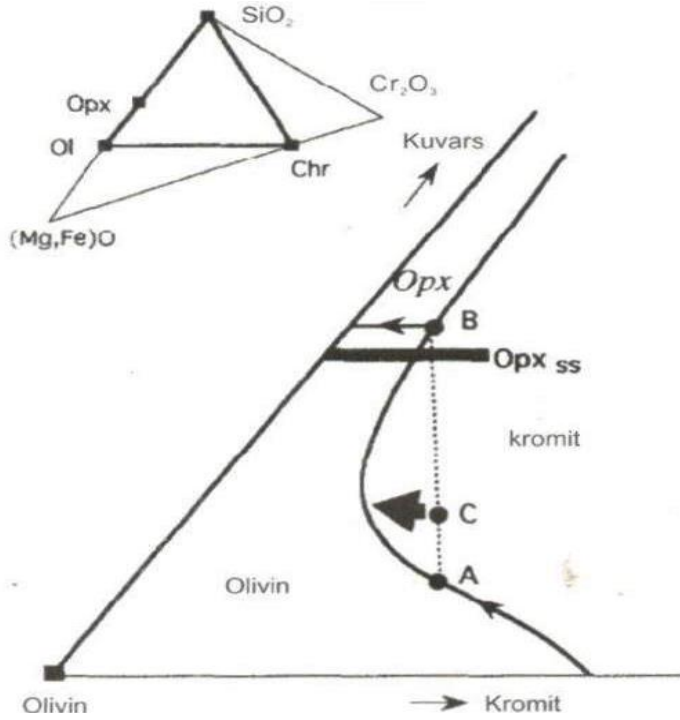
➤ Üstündeki mağma odasını besleyen bu kanalların gerilme ve makaslama kuvvetleri etkisiyle oluşmuş 100-200 m yüksekliğinde ve 2-5 m genişliğindeki boşlukların içine giren kısmi ergime ürünü bazik mağma ile bu boşlukları çevreleyen harzburjit arasında kimyasal bir etkileşim olur. Kanal ve kanal boşlukları (conduits, cavity) içinde oluşan kromitit merceklerinin konumu dik ve dike yakındır. Okyanus tabanı yayılması ve oluşan konveksiyon akımları sonucu giderek çıkış

kanallarının olduğu yerden uzaklaşırlar. Uzaklaştıkça da yavaş yavaş dikten yatay konuma geçerler (Şekil 17).



Şekil 17. Hareket halindeki yayılma sırtı altında üst okyanus mantosu içinde kromit kütlelerinin oluşumu ve gelişmesi (Lago ve diğ.,1981 ve Stowe, 1994'ten).

Boşluğu dolduran bazik mağmanın sıcaklığı, içinde bulunduğu harzburjitten fazla olduğu için bazik malzemeye peridotit (harzburjit) arasında lokal bir reaksiyon olur ve bu kimyasal tepkime sonucu harzburjitin ortopiroksenleri olivine dönüşür. Bu dönüşüm sonucu boşluğu dolduran bazik mağmanın SiO_2 oranı artmaktadır. Bu sırada, alttan bazik mağmanın kanallar boyunca yükselerek boşluk içine girmesiyle, daha önce boşluk içinde harzburjitle kimyasal tepkime sonucu SiO_2 oranı artmış magma malzemesi ile karışmasından türeyen yeni ergiyiğin SiO_2 oranı ve Cr içeriği daha da yükselir. Silisin yüksek oluşu, kromu ötektik olarak kristallenme alanına sokar ve ergiyik içinde kromit kristalleri oluşur (Şekil 18). Alttan her magma gelişinde (pulse) boşluk içinde bahsedilen reaksiyon, magma karışımı ve kromit oluşumu zincirleme devam etmektedir (Zhou & Robinson, 1997; Arai, 1994, 1997).



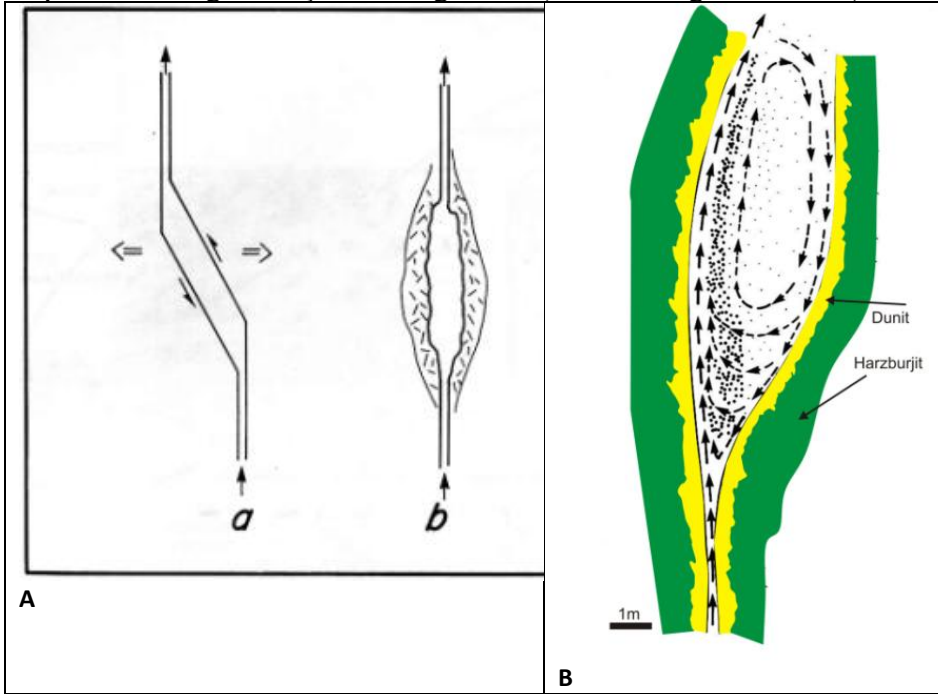
Şekil 18. Kanal ve boşluklar içerisinde bazik magma-yankaya (harzburgit) reaksiyonu (Oluşan yeni ergiyikte SiO_2 oranının artması, krom'u ötektik olarak kristallenme alanına sokar; Zhou and Robinson,1997 ve Arai, 1997'den).

Bazik magma ile kanal boşluğunun duvarları arasındaki ısı farklılığı nedeniyle gelişen konveksiyon akımları nedeniyle kristallenen kromit taneleri bu konveksiyon akımlarına bağlı olarak hareket eder. Boşluğun içerisindeki bu sirkülasyon sırasında kromit kristalleri birbirleriyle çarpışır. Birbirleriyle temas eden kromit taneleri uygun köşe ve kenarlarından başlayarak büyürler ve taneler topluluğu şeklinde nodüler kromitleri oluştururlar (Şekil 19) (Lago ve diğ., 1982).

Yan kaya-ergiyik tepkimesindeki değişimler (interplay) kromit kristallenmesi ve magma karışımı ergiyik bileşiminde birçok değişmelere, dalgalanmalara neden olmakta, bunun sonucunda bir kromitit kütlelerinde masif ve saçılmış (dissemine) kromitit bantları, faz bantlanmaları meydana gelmektedir. Magma ve yan kaya denge

durumuna ulaşmış ergiyik-kaya reaksiyonunun durması durumunda, kromit ve olivin kotektik olarak kristallenmekte ve saçılmış kromititler meydana gelmektedir. Farklılaşmış mağma ile ilksel yeni mağmanın karışması, eriyiği tekrar kromit kristallenme ortamına taşıyacaktır (Zhou ve diğerleri, 1996).

Masif ve dissemine kromititler beraber veya ayrı bulunabilmektedir. Etrafı kromitle çevrelenmiş olivin kümeleri (occluded texture), olivin çekirdeği etrafında kromitin daha sonraki büyümesini gösterir. Bu da yine yan kaya-ergiyik reaksiyonunu veya sıvıyı tekrar kromit kristallenme ortamına taşıyan mağma karışmasını gösterir. Nodüllü veya orbiküler kromititlerde kromit agregatlarının veya tanelerinin ergiyik kütlelerinde konveksiyon ile yuvarlaklaşmış kar topu kümeleri gibi oluştuklarını gösterir (Zhou ve diğerleri, 1996).



Şekil 19. Ultrabazik tektonitlerde kromititlerin oluşumunu gösterir model (Lago vd., 1982'den). A: Peridotit içinde bazik magmanın dayk şeklinde sokulum yaptığı kırıklar boyunca boşluk oluşturma modeli. a. Tansiyon kırığında makaslamayla eş zamanlı kayıntı meydana gelmesi; b. Tamamen kristalleşmemiş olan eski boşluğa yeni mağma sokulumu. B: Tektonit harzburgit içinde bazik magma sokulum kanallarında oluşan boşluklar içinde kromitit kütlelerinin oluşum modeli.

Kromitler oluştuktan sonra kalıntı eriyikleri hala sıcak ve hareket kabiliyetine sahiptirler. Bunlar kromititi ve etrafında dunit kılıfını ve tüketilmiş harzburjiti bırakarak süzülüp daha yukarılara mağma odasına hareket ederler. Dunit kılıfının kalınlığı bazik mağmanın ve harzburjitin ortopiroksenlerinin bileşimi ve tepkimenin süresiyle bağlantılı olarak değişmektedir.

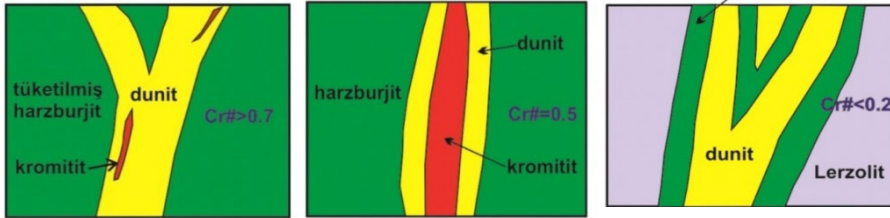
Peridotit içinde yükselen bazik mağmanın derindeki yükseliş hızı nispeten fazla olduğundan bazik mağma-harzburjit tepkimesi için yeterli süre olmamakta ve yeterli kromit kristallenmesi meydana gelmemektedir. Tektonitler içinde kanallar boyunca yükselen bazik mağmanın yükselme hızı üst kesimlere doğru giderek azalmakta kendi itici gücüyle yantaşı parçalayıp yükseleceği yolu artık açamamaktadır. Bu kesim daha çok litosferik manto-kabuk kuşağına denk gelmektedir (Nicolas, 1989). Bu nedenle, kromitit kütlelerinin daha çok manto-kabuk geçiş kuşağına (petrolojik Moho) yakın kesimlerde harzburjitler içinde geliştikleri düşünülmektedir. Bu yaklaşım, daha önceden ileri sürülen *“podiform kromitit kütleleri, kümülat-tektonit sınırından itibaren ilk 1000 m içinde tektonit harzburjitler içinde bulunurlar”* şeklindeki arazi gözlemlerine dayanan görüşle de uyumludur (Thayer, 1967; Moutte, 1982; Stowe, 1987).

Bazaltik mağmanın, harzburjitin ortopirokseniyle reaksiyonu sonucu krom spinel kristallenmesinin yoğun olduğu; öte yandan, piroksenit veya websterit'in ortopirokseninin bazalt mağmasıyla reaksiyonu sonucunda ise hemen hemen hiç veya çok az krom spinel oluşumu meydana geldiği gözlenmiştir. Alkali bazalt mağması aynı olduğuna göre söz konusu farklılık ortopiroksenlerin farklılığından kaynaklanmaktadır. Bu farklılık, harzburgitlerin ortopiroksenlerinin (Cr) içeriğinin fazla (Al) içeriğinin az; lertzolitlerin ortopiroksenlerinin (Cr) içeriğinin az (Al) içeriğinin fazla oluşuyla izah edilmektedir (Arai, 1994).

Yan kaya peridotitin (Al+Cr) içeriği kısmende olsa bazaltik mağma ile reaksiyonu sonucu oluşabilecek kromitit kütlelerinin boyutunu kontrol eden etmendir. Orta dereceli refrakter peridotitler, krom spinel içeriğinden kaynaklanan (Cr) içeriği % 0.4-0.6 olan klinopiroksenli harzburgitler büyük kromitit kütlelerinin bulunabileceği peridotitler olarak tanımlanmaktadır (Şekil 20b). Podiform kromititlerin boyutu reaksiyona giren harzburjitin

mineralojisi ve ortopiroksenlerinin bileşimi ile doğrudan ilgilidir. Harzburjitin Cr içeriği önemlidir. Ana kaya, yüksek refrakter özellikli harzburjitler ($Cr \geq 0.7$) ise büyük krom yatakları oluşmamaktadır (Şekil 20a). $Cr \leq 0.2$ oranına sahip lerzolitik yan kaya içerisinde de hiç bir krom cevherleşmesi gözlenmez (Şekil 20c). Cr oranı 0.4-0.6 olanlar kromitit oluşumu için en uygun olandır (Arai, 1994b).

Ergiyik-yan kaya reaksiyonu modelinde oldukça ilksel (tüketilmemiş) boninitik mağma üst mantodan geçerek yükselmekte ve içinde bulunduğu peridotitle reaksiyona girmektedir. Yan kayanın piroksenini çözmekte, bu nedenle de kimyasal bir değişime uğramaktadır. Böyle bir reaksiyon, ergiyiğin silis içeriğinin artmasına neden olmaktadır. Ortopiroksenin çözünmesi, ergiyiği daha boninitik bir bileşime taşıyacaktır. Bu boninitik eriyiğin Mg/Si oranı düşük, dunitik kalıntının Mg/Si oranı yüksek olacaktır. Bunun sonucunda da ilksel ergiyik olivin-kromit kotektığından (olivin ve kromitin beraberce kristallenip birarada kalabilmesi) durağan kromit kristallenme alanına taşınacak ve yalnız kromit kristallenecektir (Zhou ve diğerleri, 1996).



Harzburjit

a) Geniş Dunit zonu; az ve küçük kromitit oluşumları	b) Büyük kromitit oluşumları	c) Kromitit oluşumu yok
--	------------------------------	-------------------------

Şekil 20. Peridotit yan kayanın refrakter oranlarına bağlı olarak krom yataklarının büyüklüğü ile ilişkisini gösterir şematik kesitler (Arai, 1997'den).

1.9. Türkiye’deki Krom Yataklarının Bulunuş Şekilleri Ve Özellikleri

Alpin tip kromitit kütlelerinin boyları değişkendir. Birkaç 10 cm ile 100-200 m arasında değişiklik gösterirler. Her ne kadar Guleman (Elazığ) yöresinde Uzun Damar, Ayı Damar gibi kromitit düzeyleri doğrultuları boyunca incelmeler ve kalınlaşmalar (sıkma, açma) yaparak 1.500 m izlenebilmekteyse de, çoğu yatakta bu devamlılık birkaç on metre ile sınırlıdır (Engin ve diğerleri, 1983).

Kütlelerin kalınlıklarının 50 m’ye ulaştığı yerler biliniyorsa da, genelde bu kalınlıklar yine birkaç metreyi geçmez. Krom yatakları çoğunlukla birden fazla kromitit kütesinden meydana gelmişlerdir. Genelde yatakların eğim yönü devamlılıkları doğrultu devamlılıklarından daha azdır. Ama baca ve hortum şekilli yataklar bu genellemeye aykırı davranır.

Harzburjitlelerin (tektonitlerin) içinde bulunan kromitit kütlelerinin etrafında kalınlıkları birkaç cm ile birkaç metre arasında değişen bir dunit kılıfı bulunmaktadır. Kromitit kütlelerinin doğrultu ve eğim yönü devamlılıklarını izlemede bu dunit kılıfı kılavuz görevi görebilmektedir. şöyle ki; birkaç metre kalınlığındaki bir kromitit merceğinin doğrultu ve eğim devamı birkaç metre sonra bitmekte ancak, dunit kılıfı kromitsiz veya ince kromitit bantlı olarak devam edebilmekte ve tekrar kalınlaşarak ekonomik boyutta bir kromitit merceği oluşturabilmektedir. Bu durum, cevher düzeyi boyunca defalarca tekrarlanabilmektedir.

Thayer’in (1960 ve 1964) ifade ettiği gibi, Alpin tip krom yatakları arasında bir milyon ton ve daha fazla rezerv içeren kromitit kütlesi sayısı sınırlıdır. Geçmişte üretilmiş ve tükenmiş olan Gölalan (Guleman, Elazığ) krom yatağı % 54 Cr₂O₃ tenör ve 1.1 milyon ton rezerviyle bu tip yataklar arasında ayrıcalıklı bir yere sahiptir. Batı Kef (Guleman, Elazığ) krom yatağı % 22-33 Cr₂O₃ tenörü ve 6.5 milyon ton rezerviyle Türkiye’de işletilen en büyük krom yatağıdır.

“Her kromitit merceğinin etrafında mutlaka bir dunit kılıfı vardır ama her dunit bantı veya merceği her zaman kromitit kütlesi barındırmaz” şeklinde genelleştirilen kromitit-dunit ilişkisi, krom aramacılığı konusunda potansiyel kromitit kütlelerinin bulunabileceği yerler konusunda ipuçları vermektedir. Kromitit merceğinin

etrafındaki dunit kılıfı ile sınır ilişkisi ilkseldir. Bu ilişki, kromititin ve dunitin etkiyen kuvvetlere farklı direnç göstermeleri nedeniyle çoğu halde ilksel konumunu pek kaybetmeden yırtılmıştır. Bazı hallerde yırtılmış sınır ilişkileri mekanik veya faylı sınır ilişkisi olarak değerlendirilmektedir.

Peridotitlerde izlenen olivin ve piroksence zengin kısımların ardalanmasından oluşan bantlanmalar ve peridotitin kendi as birimleri arasındaki litoloji sınırları konumları, peridotit kütlelerinin iç yapısını yansıtır. Bu mağmatik bantlanmalar ve dunit-harzburgit gibi mağmatik katmanlanmaların ilksel sınır ilişkilerinin gözlemlendiği yerlerden alınan ölçüler, peridotitin iç yapısının belirlenmesine ve cevher (kromitit) kütleleriyle iç yapı ilişkilerinin ortaya çıkarılması konusunda önemli ipuçları sağlar (Foto 5).

Peridotitlerdeki olivin, piroksen ve kromitce zengin kısımların ardalanmasından oluşan düzlemsel yapılar yani bantlanmalar **akıntı** veya **mağmatik** bantlanma olarak farklılık gösterirler. Mağmatik bantlanma (magmatic layering) çökelsel süreçler, akıntı bantlanması (flow layering) ise metamorfik süreçler sonucu gelişen bantlanmalardır (Thayer, 1980). Çevrede izlenen olivin ve piroksence zengin kısımların ardalanmasından oluşan bantlanmalar kromitit bantlanmaları ile uyumluysa, bunlar da mağmatik bantlanmadır. Yok eğer keser konumda iseler, muhtemelen akıntı bantlanmalarıdır. Podiform krom yataklarının tüketilmiş harzburgitler içinde dike yakın konumdaki kanallar içinde konveksiyon akımları kontrolünde meydana geldiği şeklindeki oluşum modeli dikkate alındığında, peridotitler (tektonitler) içindeki bantlanmaların akıntı bantlanmaları olduğu kabul edilmesi gerekir.



Foto 5. Harzburgitlerde olivin-piroksen ardalanmasından oluşan bantlanma.

Krom yataklarının oluşumları ile ilgili tartışmalar devam edecektir. Ekonomik jeoloji yönünden sorun, kromitit kütlelerinin peridotitin iç yapı elemanlarıyla ilişkilerinin ortaya konulması ve yeni kromitit kütlelerinin bulunabileceği kesimlerin belirlenmesidir.

Türkiyedeki krom yatakları ilksel oluşumlarından kaynaklanan düzensizliklerinin yanısıra sonradan maruz kaldıkları tektonik hareketler sonucunda oldukça karmaşık ilişkiler sergileyen konumlar kazanmışlardır. Genelde kromitit kütlelerinin gidişi ile içinde buldukları peridotitin iç yapısı arasında bir ilişki sözkonusudur. Bu ilişkinin nasıl olduğu, amaca yönelik ayrıntılı maden jeolojisi haritalarıyla ortaya konulabilmektedir. İçyapı-cevher (kromitit mercekleri) ilişkilerinin çözümlenmesi ise, cevher-yankayaç-tektonizma ilişkilerinin ortaya konulması ve kromitit kütlelerinin nereye doğru devam edebileceği ve nerede aranması gerektiği konusuna ışık tutar.

Daha önce de ifade edildiği gibi, Alpin tip krom yataklarının boyutları küçüktür ve sergiledikleri düzensizlikler nedeniyle rezervlerinin belirlenmesinde güçlükler söz konusudur. Bu nedenle, Alpin tip krom yataklarında diğer bir çok maden yatağında olduğu

gibi en geçerli uygulama, işletilebilecek boyutta bir kromitit kütlesi veya kütleleri bulunduktan sonra işletmeye başlamak, işletmeyle beraber ortaya çıkan yeni verileri de değerlendirerek arama çalışmalarını eş zamanlı olarak sürdürmektir. Diğer bir anlatımla, işletme ve arama çalışmaları başa baş sürdürülmelidir.

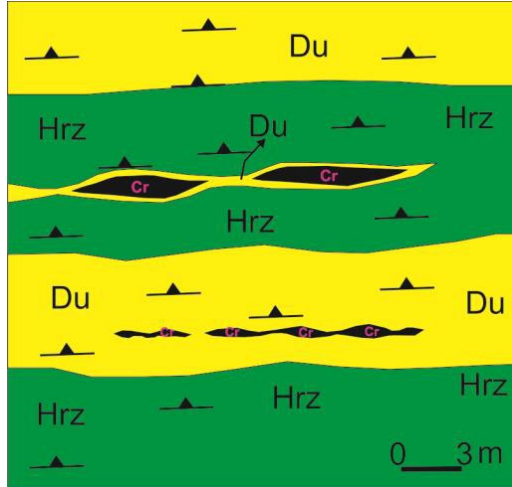
Alpin tip krom yataklarının bir kısmı iç yapı ile uyumludur. Bir kısmı ise iç yapıyı keser konumda görülürler. Krom yatakları yapısal konumlarına göre gruplara ayrılabilirler

a - İçyapıyla uyumlu krom yatakları (Şekil 21)

b - İçyapıyı kesen krom yatakları (Şekil 22 a,b,c,d)

İç Yapıyla Uyumlu Krom Yatakları

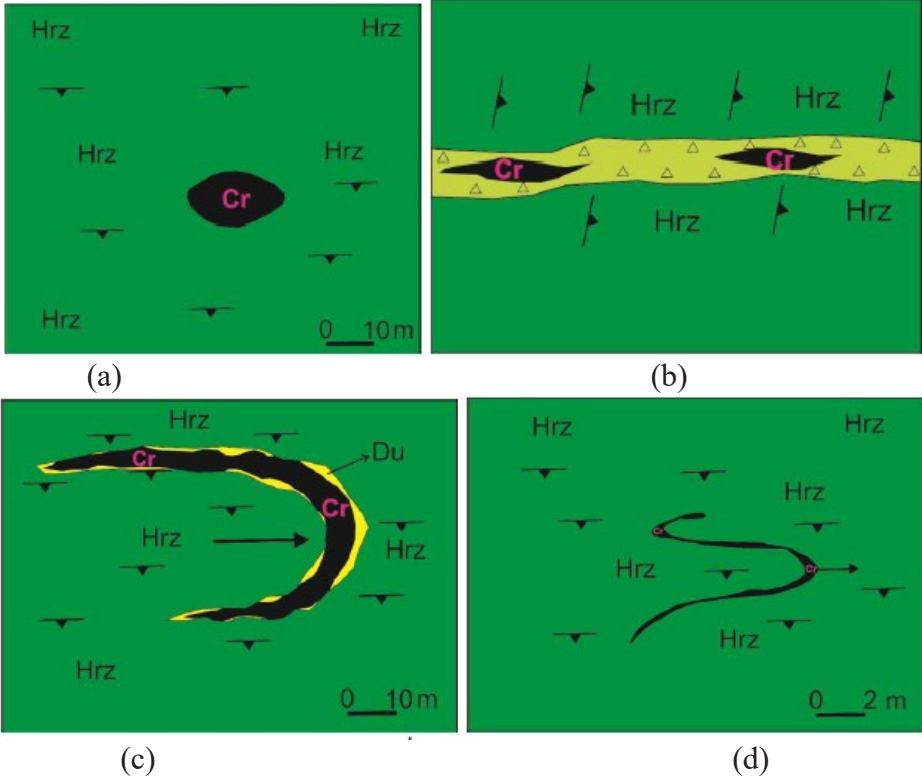
Türkiye’de bulunan krom yatakları çoğunlukla iç yapıyla uyumludurlar. Kromitit kütlelerinin şeklinden dolayı bu gidişte bazı sapmalar söz konusu ise de, genelde kromitit merceğinin gidişi ile peridotit içindeki bantlanmaların gidişi birbirine paraleldir. Daha sonradan maruz kalınan tektonik hareketlerle ilişkiler karmaşık hale gelmiş olabilir.



Şekil 21. İç yapı ile uyumlu krom yatakları (Engin ve diğerleri,1985'ten)

İç Yapıyı Kesen Krom Yatakları

İç yapıyı kesen krom yatakları çoğunlukla, iç yapıyı kesen fay zonları içinde, fayın konumuna uygun olarak bulunan kromitit kütlelerinden ibarettirler (Şekil 22 b). Eğim yönü devamlılıkları doğrultu yönü devamlılıklarından çok daha fazla olan hortum (Şekil 22 a) veya kalem şekilli (en tipik örneği Eskişehir-Kavak Kromları adıyla anılan sahada gözlenir) olarak tanımlanabilecek yataklar iç yapıyı kesen krom yataklarıdır. Daha nadir olarak görülen kıvrımlı yapıya sahip kromitit oluşumları da iç yapıyı kesen yataklar olarak tanımlanır (Şekil 22 c, d). Kıvrımlı yapıdaki kromititlere en tipik örnek Muğla, Fethiye-Biticealan sahasında görülmektedir.



Şekil 22. İç yapı ile uyumsuz (iç yapıyı kesen) krom yatakları (Engin vd., 1985'ten).

2. TÜRKİYE KROM MADENCİLİĞİNDE DURUM TESPİTİ, SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

2.1. Arama, Kalite ve Ar-Ge Çalışmaları

Türkiye’de krom madenciliğinin Osmanlılar döneminde başladığı bilinmekle birlikte, MTA ve Etibank’ın kuruluşundan önceki dönem madenciliğine ilişkin pek doküman bulunmamaktadır. Bununla birlikte bu döneme ait işletme kalıntılarında işletmelerin kıyı şeridinde yakın 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.

1935 yılında MTA’nın kuruluşuyla birlikte krom yataklarını konu alan çeşitli çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. 1972 yılında MTA Maden Etüd ve Arama Dairesi yapısı içinde krom servisinin kurulmasıyla da bu çalışmalar belirgin bir hız kazanmış, gerek krom yataklarının jeolojilerinin açıklığa kavuşturulmasında ve böylece arama yöntemlerinin geliştirilmesinde, gerek bilinen yatakların rezerv katkılarıyla ömürlerinin arttırılmasında ve gerekse bazı yeni yataklar bulunmasında çok yönlü katkılar gerçekleştirmiştir.

1972 yılına kadar olan dönemde MTA tarafından yapılan etüt çalışmaları, çoğunlukla bazı araştırmacıların çeşitli maden yataklarına yaptıkları kısa geziler sırasındaki gözlemlerine dayalı değerlendirmeler biçimindedir (Hiessleitneri 1951, 1952; Kovenko, 1943, 1944; Borchert, 1958, 1962; Helke, 1939, 1962; Zengin, 1957; Petrascheck, 1958; Wijkerslooth, 1942a,1942b, 1947). Ayrıca bazı akademik amaçlı diploma, master ve doktora tezleri de bu kapsamda anılabilir (Ovalıoğlu, 1963, Tatar, 1968; Engin, 1969). Yine bu dönemde MTA tarafından, bazı krom yataklarında sınırlı ölçüde sondajlı ve galerili arama çalışmaları yapılmıştır (Alpan, 1954; Kaaden, 1954, 1962). Aynı dönemde MTA dışındaki kuruluşların krom yataklarını konu alan etüd ve arama çalışmaları ise, yok denecek kadar azdır (Barutoğlu, 1965; Borchert, 1971).

Anlaşılacağı gibi, 1972 yılına kadar olan dönemde de sistemli bir etüde dayalı arama çalışmalarının yapıldığını söylemek zordur. Bunun nedenini, o günün koşullarında aramak gerekir. İşletilebilir boyutlarda krom mostrası bulma çabasına indirgenmiş bir aramacılık

anlayışı, doğal olarak jeolojinin pek yardımcı olmaksızın da yürütülebilmiştir. Mostra madenciliği diye bilinen, krom mostralarının açık işletme yöntemiyle çıkarılması biçiminde tanımlanabilecek o dönem krom madenciliğinde böyle bir aramacılıktan daha fazlasına gerek de duyulmamıştır.

Bu dönemde madencilik çevrelerine, krom yataklarında jeoloji kontrolünün bulunmadığı, bu yüzden jeoloji etüdlерinin bir yarar sağlamayacağı kanısı egemen olmuştur. “Maden kazmanın ucundadır” diye ifade edilen bu görüşün doğup yerleşmesinde, ülkemiz krom yataklarının yukarıda açıklanan çetin arama sorunlarının üstesinden gelmenin çok zor olmasının da payı olmuştur.

Çetin arama sorunları, her ne kadar krom yataklarının jeoloji kontrolünün olmadığı kanısını uyandırmışsa da, gerçekte krom aramacılığını yönlendirebilecek ipuçları, başlıca jeoloji verileridir. Daha açık bir anlatımla, kromitit mercekleri içinde buldukları peridotitlerin iç yapı düzeni ile belirli bir ilişkiye sahiptirler. İç yapının incelenmesiyle cevher merceklerinin konum ve duruşları aydınlatılabilmektedir.

160 yıllık krom madenciliği geçmişi olan Türkiye’de, el değmemiş kazma vurulmamış krom mostrası pek kalmamıştır. MTA Genel Müdürlüğü bölgesel arama çalışmalarını gidilememiş birkaç bölge dışında esas itibarıyla tamamlamış, ülkemiz krom yatakları envanterini çıkarmıştır.⁴ Bugün artık ülkemizde, daha önceki aramalarda başkaları tarafından gözden kaçırılmış arama fırsatları kalmıştır. Buna ek olarak, daha önceki aramalarda ilgi dışı kalmış,

⁴ MTA tarafından 1966 yılında yayınlanan ilk krom envanteri, o güne kadar olan bilgileri topluca okuyucuya iletmeyi başarmıştır. 2017 yılında yayınlanan Krom envanteri ise, kendine özgü dinamiği ve bilimsel zorlukları nedeniyle bugüne dek güncelleştirilerek yeniden okuyucu ile buluşamamıştır. Bu zorluklar, krom yataklarının ilişkili oldukları ofiyolit birlikleri göz önüne alınarak ve bölgesel değerlendirme yoluyla aşılma çalışılmış, tarihsel süreçte birkaç nesil meslek insanının özverili çabalarının bir araya getirilmesi ile oluşmuştur. Toplamda yedi cilt olarak tasarlanan bu eser, birinci ciltte her türlü araştırmacıya hitap edecek genel kavram ve ilkeleri, ikinci ciltte ise KB Anadolu’daki krom yatak ve zuhurlarının envanter özelliklerini içerecek şekilde hazırlanmış ve yayımlanmıştır. Bu tasarım çerçevesinde, Anadolu’daki diğer bölgeler ayrı ayrı ciltler halinde tamamlanarak basılacak ve bu alandaki eksiklik giderilmeye çalışılacaktır.

ancak bugün cazip hale gelmiş düşük tenörlü yataklar bulma şansı da vardır. Arama çalışmalarının bu tür hedeflere yöneltilmesi gereklidir.

Türkiye’de, bir miktar üretim yapıldıktan sonra çeşitli nedenlerle (faylanma, rezervin tükenmesi, ocağın derinleşmesi, göçük, tenör düşüklüğü, fiyat düşüşü, vb.) terkedilmiş çok sayıda krom ocağı bulunmaktadır. Geçmiş yıllarda Türkiye krom madenciliği, büyük oranda yatakların yüzeye yakın sığ kısımlarının işletilebildiği mostra madenciliği şeklinde kalmıştır. Yeni kromitit rezervleri bulma şansı, halen krom madenciliği yapılmakta olan ocakların yanı sıra, en fazla bu tür sahalarda yüksektir.

Krom cevherinin bir yerde varlığını işaret eden kendi mostrasından başka bir veri, bir ipucu yoktur. Krom yatağının oluşum mekanizması nedeniyle jeokimya çalışmalarının krom yataklarının aranmasına yardımcı olması beklenemez. Zaten deneme mahiyetinde yapılan jeokimya etütleri de kromitit merceğini işaret etmesi yönüyle başarılı olmamıştır. Teorik değerlendirmeler jeofizik yöntemlerin krom aramacılığına yardımcı olabileceğini işaret etmekteyse de, gerek dünyanın çeşitli ülkelerinde ve gerekse Türkiye'nin çeşitli yörelerinde krom aramacılığına yönelik olarak yürütülen jeofizik etütler başarılı olmamıştır. Yatak oluşturan kromitit kütlelerinin küçüklüğü, derinde olmaları, dayanıklılık farkı nedeniyle kromitit kütleleriyle yantaşın sınır ilişkisinin mekanik özellik kazanmış olması ve yankayanın serpantinleşmiş olması, kromitit kütlelerinin buldukları yerlerde topoğrafyanın engebeli oluşu, jeofizik yöntemlerden başarılı sonuç alınamamasının nedenleri olarak verilebilir.

Krom aramacılığında, kromitit mostralarının, eski ve bilinen krom yataklarının bulunduğu yörelerde büyük ölçekli detay yerüstü ve varsa yeraltı maden jeoloji haritaları yapılması ve yorumlanması, yeni kromitit kütlelerinin bulunabilmesi için uygulanması gerekli en geçerli yöntemdir. Yeni kromitit merceklerinin bulunması, sondaj lokasyonlarının tesbiti, arama ve üretim galerilerinin yönlendirilmesi ve üretim planlaması en yeni bilgileri içeren maden jeoloji haritalarının yorumlanması ile mümkün olabilecektir. Krom Madenciliğinde bu çalışmalar şimdiye kadar çoğunlukla amaca hizmet etmeyen imalat planları kullanılarak ve önsezilerle yapılmaya çalışılmıştır.

Mostraların tahrip edildiği, kolayca bulunabilecek kromitit kütlelerinin üretildiği Türkiye'de, bundan sonra krom yataklarının gerek bulunmaları ve gerekse işletilmeleri için geçmişe oranla daha çok uzmanlık, daha çok emek ve para gerekecektir. Ancak bu sahalardan hangilerinde ne boyutta bir cevher potansiyeli kaldığı, bunun bulunabilmesi için nerelerin aranması gerektiği gibi aramaları yönlendirmede temel alınacak ocaklara ilişkin maden jeolojisi verileri, maalesef çoğunlukla elde mevcut değildir.

İşletilebilecek boyutta yeni kromitit kütleleri bulabilmek için, çalışmalara kromitit mostralarının bulunduğu yerlerde, eskiden krom madenciliği yapılmış ve terk edilmiş yerlerde ve halen krom madenciliği yapılmakta olan kesimlerde ayrıntılı maden jeolojisi haritalarının yapılması gerekir.

Yüzeyde birbirleriyle ilişkili olabilecek kromitit mostra gruplarını içine alan bir alanın 1/1.000 ölçekli ayrıntılı maden jeoloji haritası yapılmalıdır. Bu haritaların kullanışlı olabilmeleri için harita alanının 0,5 km² yi geçmemesi tercih edilir. Bu haritaya kromitit mostraları, litoloji sınırları, tektonik hatlar ile bantlanma, yapraklanma, mineral çizgiselliği, kıvrımlanma vb. gibi iç yapı elemanları işlenmelidir.

Yarma, açık ocak ve galeriler varsa, bunların jeoloji haritaları tekniğine uygun şekilde yapılmalıdır. Yüzey haritasına işlenen ayrıntılar buralarda da aranıp bulunmalı ve haritalara işlenmelidir. Yarma açık ocak ve galerilerin haritaları 1/500 ölçekli olarak yapılmalıdır. Daha sonra bu haritalardaki veriler yüzey jeoloji haritası ölçeğine küçültülmeli ve yüzey jeoloji haritası üzerine iz düşürülmelidir. Bu şekilde yerüstü ve yeraltı jeoloji verilerinin korelasyonu yapılabilecek, değerlendirmeler sonucu yeni kromitit kütlelerinin aranması gereken kesimler saptanabilecektir. Bazı işletmelerde imalat haritalarından bu amaca yönelik olarak yararlanılmakta ya da ocaklarda çalışmış olanların tanıklıklarına başvurulmaktadır. Bu da birçok kere yanılgılara neden olmaktadır. Bugünkü aramalarda başvurulabilecek daha güvenilir bir başka yol da, çoğunlukla göçmüş eski galerilerin temizlenerek maden jeoloji haritalarını yapmak, arama çalışmalarını toplanacak verilere dayanarak yürütmektir. Ne var ki bunun ağır ekonomik bedeli, çoğunlukla aramalar üzerinde caydırıcı rol oynamaktadır.

Arama çalışmalarının işletmenin devamı süresince yürütülmesi gerekir. Bu nedenle de açılan yarmalarda ve galerilerde ortaya çıkan jeoloji verilerinin bir sonraki kazı işlemiyle tahrip edilmeden önce, jeoloji mühendisince incelenip haritalara işlenmesi, sürekli değerlendirilerek işletme çalışmalarına yön verilmesi ve bu arada da arama çalışmalarına bilinçli şekilde devam edilmesi gerekir. Oysa şimdiye kadar krom madenlerimizde ve diğer madenlerimizde, bunun böyle yapıldığını söylemek mümkün değildir.

MTA 1970 li yıllardan itibaren krom aramalarına ağırlık vermiş, krom sahalarında 1/25 000 ölçekli prospeksiyon, 1/10.000, 1/5.000 ölçekli jeoloji etütleri yapmış, aramaya değer gördüğü ve hukuki durumu uygun olan bazı sahalarda da 1/1000 ölçekli yüzey, 1/500 ölçekli yeraltı detay maden jeoloji haritaları yapılmasını takiben sondajlı ve galerili arama çalışmalarını gerçekleştirmiştir. Bu çalışmalarla işletilebilecek boyutta yeni kromitit kütleleri bulunarak bazı yeni işletmelerin açılması, terk edilmiş bazı ocakların yeniden faaliyete geçmesi, işletilmekte olan ocaklarında madencilik ömürlerinin uzaması sağlanmıştır. 1985 yılında 3213 sayılı Maden Kanunu'nun yürürlüğe girmesinden sonra MTA'nın krom etütleri büyük ölçüde ücretli etütlerle sınırlı kalmıştır.

Ülkemiz krom madenciliğinin uluslararası rezerv ve kaynak tasnif sisteminde yer alan kriterlere göre rezervi hesaplanmış yatakların sayısı azdır. Bu nedenle uluslararası literatürde (USGS, ICDA vd.) Türkiye krom rezerv miktarları çok düşük olarak gösterilmektedir (Dünya rezervleri içindeki payı % 2'den az). Bu durum ülkemiz krom madenciliğine ve krom hammaddesi kullanılarak yapılacak yarı-mamul ve mamul yatırımlarına ilgi duyan yerli ve yabancı büyük şirketlerin zihninde soru işareti oluşturmaktadır. Oysa ülkemizin krom potansiyeli, bilinen miktarlara göre çok daha yüksektir.

Türkiye krom madenciliğinde direkt satılabilir parça cevher rezervi tenörü (% 30-54 Cr₂O₃) hızla azalarak, yerini fabrikalık, düşük tenörlü cevherlere (% 4-15 Cr₂O₃) bırakmaktadır. Şirketler kendi bünyelerinde yeni yatakların aranıp bulunması ve rezerv geliştirme çalışmaları için yeterli kaynak yaratamamaktadır.

Krom yataklarının ruhsat bazında izafi sınırlarla bölünmüş olması, her türlü arama çalışmalarının bütüncül olarak yürütülüp, maden yatağı oluşumunun teorik çerçevesinin düzgün şekilde

çatılmasına engel oluşturmaktadır. Ortaya çıkan bu durum, MTA'nın veya şirketlerin ruhsatlarla sınırlı alanlarda yapılan parçalı, bölük pörçük aramalardan ve rezerv geliştirme çalışmalarından pozitif sonuçlara ulaşılmasını olumsuz etkilemektedir.

Ülkemiz krom envanterinde CRIRSCO uluslararası rezerv ve kaynak tasnif sisteminde yer alan kriterlere göre rezervi hesaplanmış yatakların sayısının artırılması sağlanmalıdır.

Çözümler için Öneriler

- ✓ Arama döneminde yapılan harcamalar UR-GE (Uluslararası Rekabetçiliğin Geliştirilmesi) destek programı kapsamına alınabilir.
- ✓ Her şeyden önce krom rezervlerinin azalması ve yatakların derinleşmesi krom sahalarının işletilmesini daha verimli hale getirmeyi gerekli kılmaktadır. Bunun için daha önce rasgele yapılan arama ve üretim faaliyetlerinin planlı bir şekle dönüştürülmesi, hem yeni yataklar bulabilmek ve hem de üretim faaliyetlerini planlayabilmek için önemli olan ve sürekli olarak ihmal edilen maden jeoloji haritalarının çıkarılması; arama ve üretim faaliyetlerinin bu haritalara göre yapılması, üretim aşamasında emek yoğun teknolojileri bırakıp teknoloji yoğun yöntemlere geçilmesi gerekmektedir.
- ✓ Aynı bölgede birbirine mücadir ruhsat alanlarında çalışan şirketler "Kümelenme Destek Programı" çerçevesinde arama ve rezerv geliştirme konusunda ortak davranış sergilemeleri hedefiyle birlikte iş yapma anlayışlarının geliştirilmesi ve kalıcılaştırılması teşvik edilmelidir.
- ✓ Şirketler kendi krom yataklarının rezervini UMREK kriterlerine göre yeniden belirleyebilir. MTA ülkemiz krom kaynaklarını TUVEK⁵ verileri doğrultusunda jeostatistik yöntemler kullanarak yeniden tahmin edebilir.

⁵ Maden arama, araştırma ve üretimi sırasında kamu ve özel sektör tarafından üretilen yerbilimleri verileri ile sondajlara ait karot, kırıntı, el örneği ve benzeri numuneler ile harita, kesit, stratigrafi ve benzeri dokümanları arşivlemek, yayımlamak, kullanıcıların hizmetine sunmak ve numunelerin yurt dışına çıkarılması ile ilgili işlemleri yapmak amacıyla Maden İşleri Genel Müdürlüğü'nün koordinasyonunda ve Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü bünyesinde, Türkiye Yerbilimleri Veri ve Karot Bilgi Bankası kurulmuştur.

2.2. Krom Madenciliğimizin Gelişmesini Ne Engelliyor

Yüksek maliyet ve düşük verimliliğe yol açarak krom madenciliğimizin rekabet gücünü ve gelişmesini engelleyen şu üçayak bağından söz edilebilir:

- ✓ Küçük ölçekli yapı,
- ✓ Ocakların derinleşmesi/kaliteli cevher rezervlerinin azalması,
- ✓ Krom madenciliği ve buna dayalı sanayinin dikey olarak tam bütünleştirilememesi.

Küçük Ölçekli Yapı

✓ Türkiye krom madenciliği, birkaç işletme dışında küçük ölçekli işletmelerden oluşmaktadır. 100.000 tonun üzerinde ham cevher veya konsantre üreten işletme sayısı 3-5'i geçmez. Çoğu işletmelerde yıllık üretim 30-40 bin tonun altında kalmaktadır.

✓ Küçük ölçekli yapı, kısmen sektördeki girişimcilerin mali güçlerinin yetersiz olması ve/veya ruhsatların değişik sahipler arasında dağılmış olmasına bağlanabilirse de büyük oranda ülkemizdeki krom yataklarının podiform ya da Alpin tip denilen türde yataklar olmasından ileri gelmektedir.

✓ Podiform kromit yatakları, kromca zengin, fakat genellikle küçük boyutlu ve merceğimsi ya da düzensiz şekilli gövdeler halindedir. Bireysel podiform kromit gövdeleri, çoğunlukla bir iki yüz ton ila birkaç bin ton büyüklüktedir. Ayrıca yoğun tektonik etkinlikle parçalanmış, karmaşık bir yapı kazanmışlardır.

✓ Küçük ölçekli yapı nedeniyle arama ve üretimde bilim ve teknolojiye yeterince yararlanılamamakta, geri teknoloji uygulanmaktadır. Bu durum, yüksek maliyete ve düşük verimliliğe yol açmaktadır. Bunun yanısıra, çoğunlukla yatakların potansiyelleri tümüyle açığa çıkarılamamakta ve üretilmemekte, bir başka söyleyişle krom madenciliği mostra madenciliğinden ileri gidememektedir.

Ocakların Derinleşmesi/ Kaliteli Rezervlerin Tükenmesi

✓ Genel olarak açık ocak şeklinde başlayan krom işletmeleri, açık ocak derinleştikten sonra çoğunlukla yeraltı madenciliği şeklinde gelişmiştir. Geçmiş 1850 li yıllara kadar geri giden Türkiye’de krom madenciliği, 1960’lardan beri çoğunlukla yeraltı madenciliği şeklinde yapılmaktadır.

✓ Bugün gelinen noktada çoğunlukla ocaklar derinleşmiş, doğrudan satılabilir parça cevher üretimi düşmüş, konsantrelik cevher üretiminin payı artmıştır.

✓ Bu iki faktörün etkisiyle, Türkiye krom madenciliğinde maliyetler eskiye kıyasla oldukça artmıştır. Artık Türkiye krom madenciliği büyük oranda fiyatların tavan yaptığı yıllarda, talep fazlasını karşılamak üzere ancak zaman zaman çalıştırılabilen bir fiyat-maliyet yapısı kazanmıştır.

Dikey Bütünleşmenin Gerçekleştirilememesi

Türkiye krom madenciliğimizin dikey bütünleştirilmesi için 40 yılı aşkın bir süredir çaba gösterilmekte ise de, bunda başarılı olduğumuz ve sürecin tamamlandığı söylenemez. 1958 yılında 10 000 ton/yıl kapasiteli Antalya DKFK, 1978 yılında 150 000 ton/yıl kapasiteli Elazığ YKFK, 1984 yılında da Mersin Kromsan krom kimyasalları tesisleri kurulmuş ama bunlar verimli ve tam kapasiteyle çalıştırılmamış, Elazığ krom kimyasalları fabrikası kuruluşunun üstünden uzun yıllar geçmiş olmasına rağmen işletmeye alınamamıştır. Bugün hala Türkiye, ürettiği cevherin büyük bölümünü işlemeden dışarıya satan bir ülke durumundadır.

Mevcut yapı ve teknolojiyle ancak düşük kalitede ve yüksek maliyette ferrokrom üretebilen Türkiye’nin;

Düşük maliyetli bol cevhere,

Çoğu yeni teknolojiye sahip büyük fırınlardan oluşan kurulu ferrokrom sanayine,

Etkin ve yeterli liman, demiryolu ve enerji alt yapısına sahip G. Afrika ‘nın ürettiği şarj kroma karşı rekabet etmesi zor gözükmemektedir.

Türkiye krom madenciliğinin bir an önce teknolojisini ve yapısını yenilemiş bir ferrokrom sanayi ile bütünleşmesi gerekmektedir.

2.3. Ne Yapmalı? Krom Madenciliğimizin Gelişmesi İçin Öneriler

% 96'dan fazlası G. Afrika'da bulunan dünya krom rezervleri, öngörülebilir gelecek için dünya talebini karşılamaya yeterli görünmektedir. Bu bakımdan kısa ve orta vadede krom fiyatlarında zaman zaman görülebilecek talep fazlasına bağlı geçici artışlar dışında ciddi artışlar beklenmemektedir. Buna karşın, yüksek Cr/Fe oranına (2,5-3) sahip olması (Alpin tip) nedeniyle yüksek ısıya dayanımlı kaliteli çelik yapımında vazgeçilmez olan metalurjik karakterdeki cevher özelliklerinin tümünü üzerinde taşıyan Türkiye krom cevherleri, dünya piyasası tarafından daha çok tercih edildiği de bir gerçektir.

Türkiye krom madenciliğinin geleceği, son dönemlerdeki fiyat düzeyinde rekabet gücünü koruyabilmesi/geliştirebilmesine bağlıdır. Bunun için kanaatımızca şu önlemlere ihtiyaç vardır:

1- 1850'lerden beri dünyanın önde gelen ülkeleri arasında yer almasına rağmen, aşağıdaki çizelgede görüleceği gibi, Türkiye kroma dayalı sanayi ürünleri üretiminde erişebileceği iyi bir konuma sahip değildir. Çin bile ithal cevhere dayalı olarak ferrokrom üretiminde dünyanın önde gelen ülkeleri arasında yer alırken, ülkemizin kaynak üstünlüğünü değerlendirememesi acıdır.

Ürün	Ana Üreticiler
Kromit Cevheri	G. Afrika, Kazakistan, Hindistan, Türkiye
Ferrokrom	G. Afrika, Çin, Finlandiya, Kazakistan, Hindistan, Japonya ve Zimbab
Paslanmaz Çelik	ABD, Batı Avrupa Ülkeleri, Japonya
Krom Kimyasalları	Kazakistan, Rusya, İngiltere, ABD

2- 1970'lerden itibaren krom madenciliği ve ferrokrom sanayinde yaşanan dönemsel sıkıntıların üstesinden gelmek üzere, G. Afrika, Hindistan, Finlandiya başta olmak üzere krom üretici ülkelerde, krom madenciliği ile ferrokrom ve paslanmaz çelik sanayilerinin dikey bütünleştirilmesi yönünde bir gidiş görülmektedir. G. Afrika'daki bazı ferrokrom üreticileri, Çin, Kore gibi Asya'daki paslanmaz çelik üreticileriyle ortak girişimler (joint ventures) gerçekleştirmişlerdir. Krom madenciliğinde bu dikey bütünleşme sürecinin devam edeceği beklenmektedir.

3- Türkiye krom madenciliğinin geleceği de büyük ölçüde ferrokrom- paslanmaz çelik sanayi ile bütünleşmeye gitmesine bağlıdır. Krom madenciliğimizin ferrokrom ve paslanmaz çelik sanayileri ile bütünleştirilmesiyle, krom madenciliğimize talep istikrarı/fiyat istikrarı kazandırılması yanı sıra ham cevher ihracı yerine katma değeri daha yüksek ürün ihraç etme imkanına da kavuşulabilecektir.

4 - Günümüzde krom cevheri talebini ferrokrom, ferrokrom talebini paslanmaz çelik (SS), SS talebini Çin sürüklemektedir. Son 15 yılda Çin SS talebinde 2 haneli artış oranları yaşanması, Çin'in krom kaynakları olmayışı ve Hindistan, G. Afrika, Zimbabve'nin krom ihracatına getirdikleri ek vergiler Türkiye krom madenciliğinin kontrolsüz büyümesine yol açmıştır.

5 - Dünya'da üretilen yaklaşık 30 milyon ton kromun % 90'ı 6 ayrı ülkede Bushveld, Kempirsai, Odisha, Kemi, Great Dyke, Guleman adlarındaki 6 ayrı bölgede gerçekleşir. Bu bölgelerde üretilen krom büyük oranda ferrokrom endüstrisiyle entegredir. Bu konuda 2 büyük istisna vardır. Birincisi Çin ferrokrom endüstrisi maden ocağına sahip değildir. İkincisi Güney Afrika kendi ferrokrom endüstrisinin ihtiyacının dışında Çin için ucuz ve bol krom konsantresi tedarikçisi olmuştur.

6 - Çin ferrokrom üreticilerinin kendilerini gerek teknolojik olarak, gerekse stratejik partner olarak G. Afrika'ya uyarlamaları sonucu Çin'de kullanılan G. Afrika kromunun oranı % 50'den birkaç yılda % 75'e çıkmış ve bu oran artmaya devam etmektedir. Bazı fabrikalarda bu oran % 100'u bulmuştur.

7 - Türkiye parça ve konsantre cevherlerinin ferrokrom üretimi için önemli üstünlüğü vardır, ancak direkt satılabilir parça cevher üretimi de (% 38-50 Cr₂O₃), hızla azalarak, yerini düşük tenörlü cevherlere (% 5-12 Cr₂O₃) bırakmaktadır. Günümüzde 1000'e yakın işletme ruhsatlı ve talepli krom ocağından yine büyük çoğunluğu kapanmıştır.

8 - Türkiye'de mevcut krom yataklarının mineralojik, petrografik, jenetik ve rezerv etüdü yeterince yapılmadan kurulan konsantratörlerde büyük teknolojik sorunlar yaşanmaktadır. İnce taneli cevherlerde kurtarma randımanları çok düşüktür. Yatırım ve İşletme maliyetleri dünya standartlarına göre yüksektir. Bu tesislerde gereğinden fazla elektrik motoru kullanımı aşırı enerji tüketimine yol açmaktadır. Türkiye'deki çoğu Tesis kurulurken hatalı davranışla komşu tesis örnek alınmıştır.

Düzenlenen bu çalıştay ve sonrasında, aldığı eğitim ve yürüttüğü görev gereği "insan sağlığıyla" uğraşması gerekirken, Aladağ'larda krom peşinde zaman tüketen madenci dostumuz Dr. Ömer Faruk Yavuz'un'da ifade ettiği gibi, Ülkem Serdengeçtilerine kavuşur ve başta Aladağ bölgesi kromları olmak üzere ülkemizin değişik bölgelerindeki kromların değerlendirilmesine yönelik ferrokrom tesisleri kurulur.

Değişik yayım organlarında sundukları görüş ve önerilerinden yararlandığım değerli hocalarım Dr. Tandoğan ENGİN, Dr. Yusuf Ziya ÖZKAN, Prof. Dr. Osman PARLAK ve Maden Yük. Mühendisi Levent YENER'e teşekkürlerimi iletirim..

1.10. KAYNAKLAR

- Akın, A. K., 1983, Çanakpınarı-Kızılyüksek-Kavasak-Dorucalı (Karsanti, Adana) krom yataklarının jeolojik değerlendirme raporu: MTA Gen. Müd., Derleme Rapor No 7346, Ankara.
- Akın, A. K., 1987, Kızılyüksek-Yataardıç (Karsanti/Adana) krom yataklarının jeolojik değerlendirme raporu, MTA Rapor No: 8247, Ankara.
- Akın, A. K., 2002, Aladağ ofiyoliti krom yatak ve zuhurları (Özet Rapor), MTA Maden Etüt ve Arama Dairesi, Arşiv No: 2977, Ankara.
- Arai, S., 1997, Control of Wall-Rock Composition on the Formation of Podiform Chromitites as a Result of Magma / Peridotite Interaction: Resource Geol. 47 (4), 177-187.
- Boudier, F., Nicolas, A. ve Bouchez, J.L., 1982, Kinematics of Oceanic Thrusting and Subduction From Basal Section of Ophiolites, Nature, 296, 825-828
- Boudier, F., and Nicolas, A., 1985, Harzburgite and Lherzolite Subtypes In Ophiolitic and Oceanic Environments, Earth and Planetary Science Letters, 76, 84-92
- Coleman, R.G., 1975, Ophiolites: Ancient Oceanic Lithosphere? Berlin, Springer-Verlag, Berlin, 229p
- Çiftçi, Y., Dönmez, C., Çolakoğlu, A. O., Odabaşı, İ., 2017, Türkiye Krom Envanteri I. Bölüm, Genel Kavramlar ve İlkeler Türkiye Krom Madencilği ve Sektörel Değerlendirme, MTA Envanter Serisi-205, Ankara.
- DAMA, 2007 a, Aladağ (Adana) krom sahası (İR 6900) maden jeolojisi raporu: Dama Mühendislik ve Danışmanlık AŞ, Ankara.
- DAMA, 2008a, Kızılyüksek (Karsanti, Adana) Krom Ocaklarının Yakın Çevresinin Ön Kaynak Tahmini: DAMA Mühendislik ve Danışmanlık AŞ, 111 s., Ankara.
- DEISS, A., MITCHELL, G., ÇAKMAK, B.B., AKIN, A.K. AKYÜZ, F., 2015, Technical Report the Mineral Resource Estimate For Kizilyüksek Chromite Mine Aladağ District, Adana Province (Karsanti), Turkey (NI43-101).
- Dickey, J.S., 1975, An Hypothesis of Origin for Podiform Chromite Deposits: Geochim.et Cosmochim Acta, 39, 1061-1074.

- Engin, T., Özkan, T. Z., ve Balcı, M., 1985, Türkiye Krom Yatakları ve MTA'nın Krom Aramacılığındaki Yeri: Maden Tetkik Arama, 50. Yıl Simpozyumu Bildirileri.
- Engin, T., 1986, Petrology of the Peridotite and Structural Setting of the Batı Kef-Doğu Kef Chromite Deposits, Guleman-Elazığ, Eastern Turkey. in: Gallagher, J.M., Ischer, R.A., Neary, C.R., and Prichard, H.M., eds., Metallogeny of basic and ultrabasic rocks: British IMM, p.229-240.
- Engin, T., 2001, Ofiyolitler ve Ofiyolitlere Bağlı Maden Yatakları, Magmatik Petrojenez, Tubitak Lisansüstü Yaz Okulu, 7-12 Akçakoca-Düzce
- Gülibrahimoğlu, İ., Aydın, Y., 2011, Adana-Aladağ Kızılyüksek Krom Yatağı Maden Jeolojisi Raporu: Akmetal Madencilik San. Ve Tic. AŞ Arşivi, 38 s. Aladağ
- Greenbaum, D., 1977, The Chromitiferous Rocks of the Troodos Ophiolite Complex, Cyprus: Econ.Geol., 72, 1175-1194.
- Irvine, T.N., 1977, Origin of Chromite Layer in the Muskox Intrusion and Other Intrusions: A New Interpretation: Geology, v.5, p.273-277.
- İstanbul Maden İhracatçıları Birliği (İMİB), Çalışma Raporu, 2016.
- Karahan, S., Özkan, Y. Z., 2011, Türkiye Krom madenciliğinde Güncel Eğilimler ve Yeni arayışlar: Türkiye 22. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi 11-13 Mayıs 2011, s.17-27, MMO Yayını, Ankara.
- Karahan, S., Özkan, Y. Z., 2011, Türkiye Krom Madenciliğinin Geleceği, Madencilik Türkiye Dergisinde (Sayı 16) Yayınlanan Makale, Temmuz 2011.
- Kula C. Misra, 2000, Understanding Mineral Deposits (Maden Yataklarını Kavramak), Türkçe Çeviri Editörleri: Taner Ünlü, M. Bahadır Şahin, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Çeviri Serisi No 3, 2014, Ankara.
- Lago, B.L., Robinowics, M., Nicolas, A., 1982, Podiform Chromite Ore Bodies: A Genetic Model: Jour. Of Pet., 23.
- Pearce, J.A., Lippard, S.J., Roberts, S., 1984, Characteristics and Tectonic Significance of Supra-Subduction Zone Ophiolites: Marginal Basin Geology. Koklaar, B.P., and Howells, M.F., Editors, Geological Society, London, Special publ. No:16, p.73-95.

- Penrose Conference Participants, 1972, Ophiolites: Geotimes, 17, 24-25.
- Sarıfakıoğlu, E., Dilek, Y., 2016, Okyanusal Litosfer ve Üzerindeki Magmatik Kayalar: MTA Eğitim Serisi-46, Ankara.
- Sarıfakıoğlu, E., Sevin, M., Dilek, Y., 2017, Türkiye Ofiyolitleri: MTA Özel Yayın Serisi-35, Ankara.
- Thayer, T.P., 1967, Chemical and Structural Relations of Ultramafic and Feldspathic Rock in 43 Alpine Intrusive Complexes. In: Ultramafic and Related Rocks. Ed. Wyllie, P. J: John Wiley and Sons, New York, London, Sydney.
- Yalınız, M.K., 2001, Dalma Batma Zonu (Supra-Subduction Zone, SSZ) Ofiyolitlerinin Petrojenezi, Magmatik Petrojenez, TÜBĞTAK Lisans Üstü Yaz Okulu, 7-12 Haziran 2001, Akçakoca-Düzce, 377-400
- Yener, L., 2016, Türkiye Krom Madenciliği Zorunlu Yapısal Dönüşüm Eşğinde, Sektörden Haberler Bülteni, Sayı 61, İstanbul.
- Zhou, M. F. and Robinson, P.T., 1994, High-Cr and High-Al Podiform Chromitites From Western China, Relation to Melting and Melt/Rock Interaction In The Upper Mantle; International Geology Review, 36, 678-686
- Zhou, M.-F, Robinson, P.T., 1997, Origin and Tectonic Environment of Podiform Chromite Deposits: Econ. Geol. V.92, pp. 259-262.

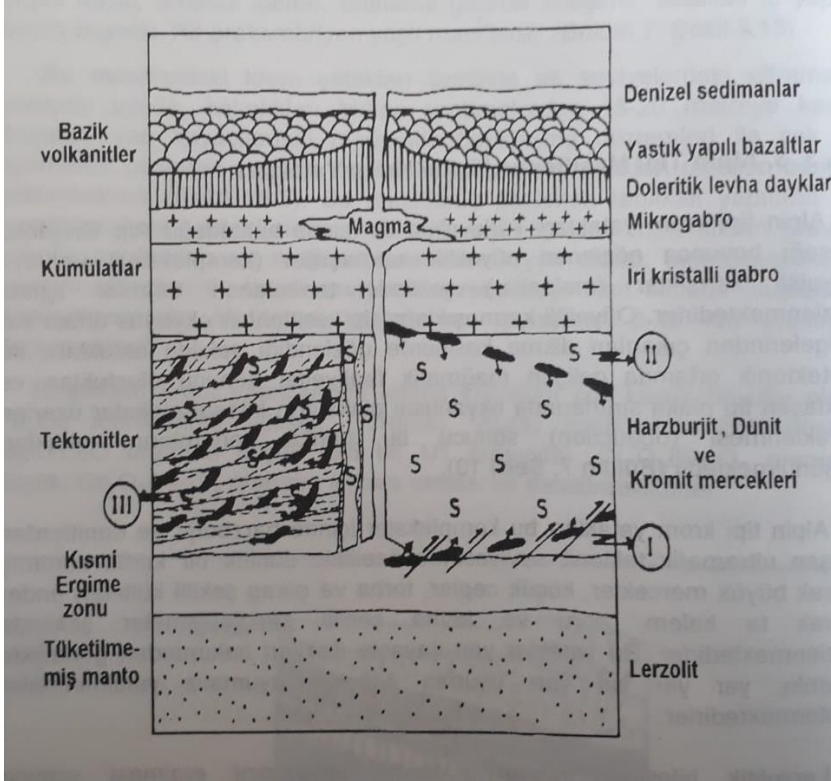
KROM YATAKLARININ KAZANILMASINDA UYGULAMA BULAN ÜRETİM YÖNTEMLERİ

*Prof. Dr. Ahmet DEMİRCİ, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Müh-Fak.
Maden Müh. Böl. Emk. Öğrt. Üyesi*

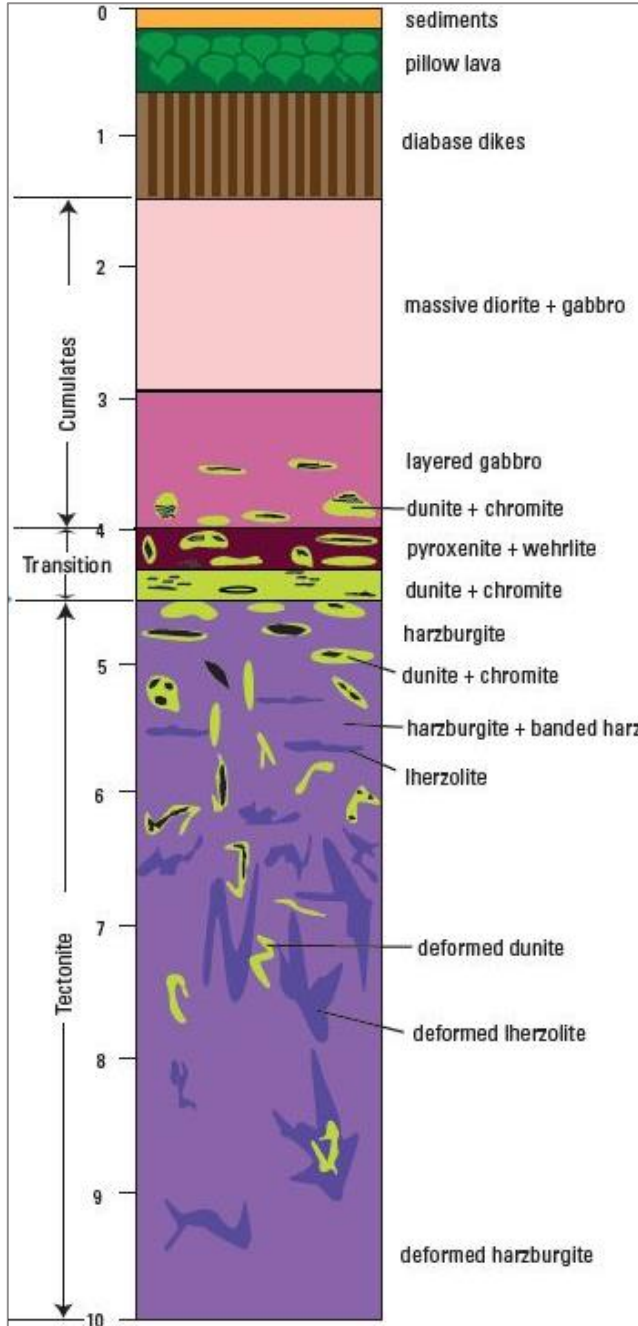
*Araş. Gör. Bahadır ŞENGÜN, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Müh-Fak.
Maden Müh. Böl. Öğrt. Elemanı*

1. GİRİŞ

Çok genel haliyle Dünya krom cevheri üretimi 30 Milyon ton/yıl mertebesine ulaşmış olup Türkiye'nin üretimindeki payı yıldan yıla değişkenlik arz ederek Dünya üretiminin % 5,6 ile % 10 arasında seyretmektedir. Kromit yatakları, genel haliyle ultrabazik (ultramafik) kayaç kütlelerine bağlı olarak Ural Bölgesi, Kafkaslar, Kazakistan, Doğu Sibiry, Finlandiya, Balkan Ülkeleri, Türkiye, Güney Rodezya, Güney Afrika, Hindistan, Filipinler ve Küba gibi ülkelerde kaledon, variskan ve alpin kayaç formasyonları (orojeni) aşamalarında (geosenklinal gelişimin erken aşamasında) oluşmuşlardır. Genellikle ultrabazik intrusif gövdenin tabanında dünitler mevcut olup bunların üzerinde harzburjitler, lertzolitler ve piroksenitler sıralanır. Kromit yatakları, ekseriyetle dünitlere bağlı olarak, ergimiş mağmanın yükselerek katılaşması sürecinde çoğunlukla olivin ve piroksen gibi demirce zengin minerallerin oluşturduğu kayaçlarda tabakalar, mercerler, yuvalar, hortumlar veya damarlar şeklinde oluşmuşlardır (Smirnov, 1970; Petrascheck, 1961; Gökçe, 1995; Mosier vd., 2012). (Şekil 1 – Şekil 2).



Şekil 1. Okyanusal Kabuk İçinde Alpin Tipi Krom Yataklarının Oluşum Modelleri (Gökçe, 1995)

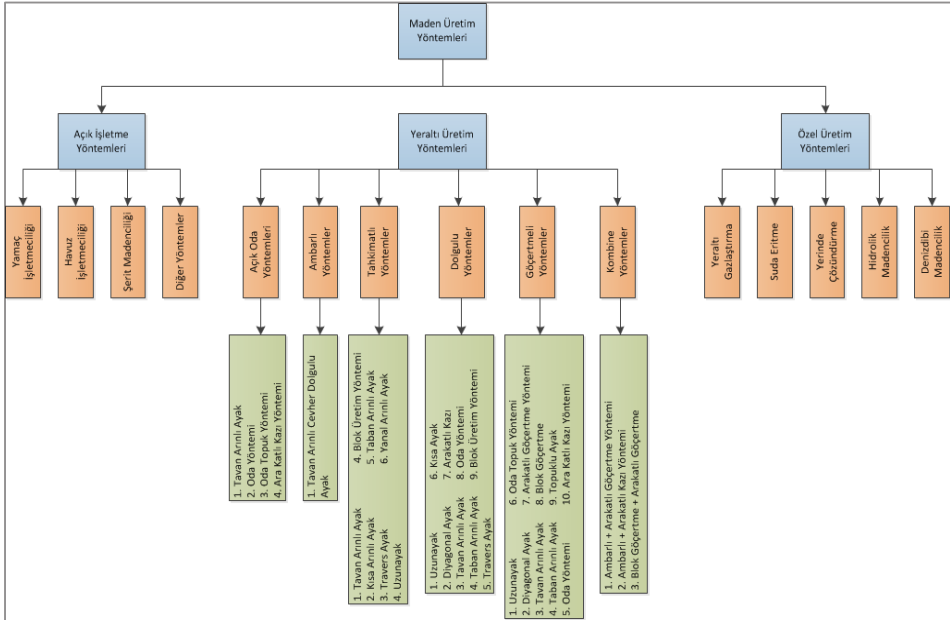


Şekil 2. Stratigrafik Bir Kesitte Podiform Tipi Kromitin Dağılımı (Mosier vd., 2012)

Ülkemizdeki kromit yataklarının önemli bir kısmı, varistik (alt ve üst karbon çağı) kalan kısmı ise alpin döngü aşamasında merceksi, tabaka şekilli, silindirik ve şekilsiz olarak oluşmuş kaynaklardır (Podiform tipi yataklar). Buna karşın Güney Afrika'nın Bushveld ve Montana'nın Stillwater bölgelerinde yer alan büyük intrusif oluşumlarda stratiform yataklar oluşmuştur (Mosier vd., 2012). Yatakların oluşma aşamasında ve devamında sözkonusu olan tektonik deformasyonlar, katılma süreci ile beraber bir yandan maden kütlesinin sitrükürünü ve tekstürünü belirlerken, diğer yandan yatakla bağlantılı diğer faktörlerle beraber (maden yatağının geometrisi, jeolojik ve coğrafik kökenli faktörler) seçilecek üretim yöntemini ve kazı usullerini belirgin şekilde etkilemektedirler. Özellikle kontakt yüzeylerinde görülebilen serpantinleşme, konu ile ilgili özel yaklaşımların getirilmesine yol açmaktadır (Hustrulid ve Bullock, 2001).

2. MADENCİLİK FAALİYETLERİNDE UYGULANAN YÖNTEMLERE GENEL BİR BAKIŞ

Çok genel haliyle madencilik faaliyetlerinde uygulanan yöntemler, Avrupa ve Kuzey Amerika coğrafyalarında farklı şekilde sınıflandırılarak (Amerikan Sınıflandırması, Alman Sınıflandırması vs.) ilgili literatürlerde yer almışlardır (Peele, 1941 Fritzsche, 1962; Cummins, 1973; Saltoğlu, 1979, Köse ve Tatar, 1997). Amerikan sınıflandırılması bazında yöntemler Şekil 3'deki yaklaşıma göre tanımlanabilmektedir.



Şekil 3. Amerikan Sınıflandırılması Bazında Üretim Yöntemleri

3. ÜLKEMİZ KROMİT MADENİ YATAKLARINDA UYGULAMA BULAN ÜRETİM YÖNTEMLERİ

3.1. Yöntem Seçimine Genel Bir Bakış

Genel hatlarıyla bir işletmenin açık işletme veya yeraltı işletmesi şeklinde üretimine dönük kararlar, moneter kriterler (malîyetler, satış gelirleri, net bugünkü değerler, iç karlılık oranı vs.) ve moneter olmayan (derinlik, kazı teknikleri, emniyet koşulları, planlama kolaylığı, yer yüzü tahribi sorunları, insan gücü ve yatırım talebi, mekanizasyonu imkanları, selektivite, fleksibilite, steril karışımlar, verimlilik, iklim koşulları, kayıplar, tumba alanları varlığı, hazırlıkların kapsamı, konservasyon ve rezervasyon gibi) hususların nazarı dikkate alınması ile verilir.

Diğer yandan bir maden yatağında uygulanacak yöntemin belirlenmesinde öncelikle maden yatağı geometrisi (kalınlık, yayılım, derinlik, tektonik, eğim vs.), jeolojik kökenli türetilmiş faktörler (yeryüzü ilişkileri, mukavemet ve deformasyon ilişkileri, hidrojeolojik ilişkiler, kazılabilirlik, yatağın bonitesi ve kalitesi vb.) ve coğrafik kökenli türetilmiş faktörler(ekonomik ilişkiler, ulusal ekonomi ile ilgili hususlar, zenginleştirme ve izabe tesisi ilişkileri, sermaye ilişkileri, istihdam ilişkileri vs.) göz önüne alınır. Bunu müteakiben işletme ile ilgili zorlayıcı ve sürükleyici amaçlar manzumesinden üretilen kıstaslar ve kriterler ışığında gerekli değerlendirmeler yapılarak hangi yöntemin uygulanması ile üretimin yapılacağına karar verilir.

İşaret edilen kararların alınmasında özellikle emniyet koşulları (işçinin, iş yerinin, maden yatağının, sermayenin ve araçların ve doğanın korunmasına dönük kıstaslar), kazı tekniği kriterleri (kazı, yükleme, nakliye ve diğer araçların maden yatağının kazanılması ve boyutsal uyumu ile ilgili kıstas ve kriterler) ve moneter - moneter olmayan derecelendirilebilen kriterler (insan gücü ve yatırım ihtiyacı, faaliyetlere dönük tasarruf ve malîyetler, mekanizasyon derecesi, organizasyon, üretim hacmi, üretim oranı, üretim konsantrasyonu, selektivite, fleksibilite, intensite, konservasyon, rezervasyon, üretim noktasına giriş kolaylığı vb.) gibi hususlar bazında değerlendirmeler yapılır.

Krom madenlerinde kullanılan yöntemler, sözkonusu faktörler, kıstaslar ve kriterlerden bir veya bir kaçının sezgisel yaklaşımlar veya sistematik yöntemlerin kullanılması yardımıyla belirlenmişlerdir.

Aşağıda işaret edilen paragraflarda ülkemizin krom işletmelerinde kullanılan veya kullanılması imkan dahilinde olan yöntemler ele alınmıştır.

3.2. Açık İşletmeler Şeklinde Uygulanan Yöntemler

Türkiye ölçeğinde ele alındığında kromit madeni yatakları, ağırlıklı olarak ve genel hatlarıyla Guleman, Kopdağı, Orhaneli, Eskişehir, Fethiye, Hatay, Aladağ-Karsanti, Pınarbaşı ve Sivas bölgelerinde kümelenmiştir. Bu bölgelerde var olan yüksek ve düşük tenörlü oluşumlardan yeryüzüne yakın olanlar ve özellikle mostra verenler açık işletme yöntemleri marifetiyle kazanılmaktadır. Bu kapsamda yamaç işletmesi ve havuz işletmesi metotları uygulanmaktadır. Bu kapsamdaki yamaç işletmeleri, genel olarak vadi kotu üstü işletmeleri şeklinde basamakların aşağıdan yukarıya veya yukarıdan aşağıya konumlandırılarak yürütülmesi biçiminde şekillenirler.

Diğer yandan genel olarak rezervi oluşturan merceklerin birkaç on tondan birkaç on bin ton mertebelerinde seyretmesi nedeniyle uygulanan metotların çoğunluğu, 10-20 m derinliklere kadar varabilen mostra yarması şeklinde sonuçlanmaktadır. Bu kapsamda en büyük podiform tipi oluşum Guleman-Gölalanı bölgesinde bulunmuştur. Yaklaşık olarak bir milyon ton rezervli bu mercek havuz işletmesi yöntemi marifetiyle ikinci dünya savaşı sırasında üretilmiştir. Diğer yandan Kefdağı ve Kopdağındaki açık ocaklar en önemlileri arasında yer almaktadır.

Söz konusu bu oluşumlarda uygulanan işletmelerin bir kısmı, 5-10 m basamak yüksekliği bazında, 2-3 inç çaplı matkaplarla hazırlanan delikler yardımıyla yapılan atımlarla kazanılmaktadır. Basamak genişlikleri kullanılan araçlara ve nihai genel şev açısına bağlı olarak değişiklikler arz etmektedir. Ağırlıklı olarak 0,5 - 3 m³ kapasiteli loder veya ekskavatörlerle yükleme işlemi yapılmakta, nakliye faaliyetleri ise yaygın olarak 10-20 ton kapasiteli kamyonlarla yürütülmektedir. Bazı hallerde yükleme işlemi traktöre monte edilmiş olan eder türü ters kepçelerle nakliye faaliyetleri traktörlerle yapılmaktadır.

Rezervlerin sınırlı ve küçük ölçekli mercek damar tipinde olması bu rezerv varlığının ara-bul-ışlet yöntemlerine dayandırılması, pek çok halde planlamaya dayalı üretim biçimlerinin uygulanmasına imkan vermemektedir. Bazı hallerde yer radarları ve sondaj marifetiyle tespit edilen oluşumlar, planlama bazlı üretim faaliyetlerine imkan

vermektedirler. Günümüz koşullarında düşük tenörlü kromit oluşumları dikkat çekmektedir. Bu oluşumların ölçekleri yeterli büyüklükte olduklarından önemleri gittikçe artmakta ve büyük kapasiteli açık işletmelere zemin hazırlamaktadırlar (Karsantı ve Sivas bölgeleri kromit oluşumları gibi).

3.3.Yeraltı Krom Madeni İşletmeleri Şeklinde Uygulanan Yöntemler

Çok genel haliyle varlığı ve idamesi insan-gücü ücretlerinin düşük seviyede seyretmesiyle mümkün olan Türkiye'ye özgü yeraltı krom madeni işletmeleri, 200-250 m derinliklere kadar sürdürülebilmektedir. Bu işletmelere ait kaynakların bir kısmı vadi kotu üstünde, diğer kısmı ise vadi kotu altında bulunmaktadır. Söz konusu kaynakların önemli bir kısmı ara-bul-işlet (Hoffnungsbau) yöntemi marifetiyle, diğer kısmı ise planlama tabanlı yaklaşımlarla üretilmektedir. Bu oluşumlara dönük üretim yöntemleri aşağıda verildiği gibidir:

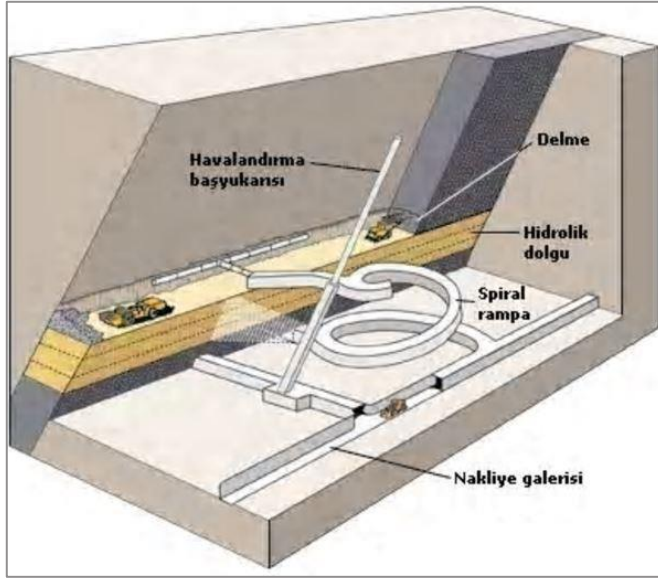
- Tavan arınlı ayak (kes-doldur, cut and fill; overhand mining, flat-back mining)
- Tavan arınlı ambarlı ayak
- Yukarıdan aşağıya veya aşağıdan yukarıya dolgulu travers ayak
- Resuing
- Serbest arınlı açık ayak (breast stoping~ Stockwerksbau)

Bunlara ilaveten ambarlı yöntem ile arakatlı göçertme yönteminin bir kombinezonu olan yukarıdan aşağıya cevher dolgulu = Ters ambarlı bir yöntemin planlaması yapılmış ancak mevcut koşullarda kabul görmemiştir. Ancak bu yöntemin denenmesinde fayda vardır. Diğer yandan ambarlı yöntemin alternatifi olan arakatlı kazı yöntemi de uygulamaya sokulmamıştır. Bunlara ilaveten ülkemizde göçertmeli travers ayak (top slicing) metodu da uygulama bulmamıştır. Diğer yandan henüz göz önüne alınmayan düşük tenörlü fakat büyük kütleli bazı oluşumların varlığı göz önüne alındığında yakın gelecekte oda yöntemleri ve ara katlı göçertmeli yöntemlerin uygulaması söz konusu olabilecektir.

3.3.1. Tavan Arınlı Yöntem

Bu yöntemde öncelikle cevher kütlesi 30-60 m mertebelerinde seyreden ana katlara bölünür. Cevher kalınlığının 10 m'nin altında

olması durumunda ayaklar doğrultu boyunca 70 m'ye kadar uzunlukta olacak şekilde yerleştirilir. Pano içi nakliye galerisi cevher içinde, taban taşında veya nadiren tavan taşında olacak şekilde planlanır. Kullanılacak teknolojiye bağlı olarak pano içi nakliye, ayak içi bürler veya spiral rampa ile ilişkilendirilir. Alt anakat ile üst anakat arasında sürülen ve taban taşı kontağında oluşturulan başyukarılar yardımıyla havalandırma ve dolgu nakliyesi hizmetleri sağlanır (Şekil 4).



Şekil 4. Dolgulu Tavan Arınlı Ayak (Url-1)

Yöntemin uygulanmasında cevher kazısı genel olarak martoperferatör veya Jumbo delicilerle hazırlanan deliklere dayalı patlatma marifetiyle sağlanır. Söz konusu delikler cevher eğimine veya doğrultuya paralel şekilde hazırlanır. Eğim paralel durumda ayak boşluğunun yüksekliği, delme aracının özelliklerine göre makul bir değerde tutulurken, doğrultu paralel (yatay) delikler durumunda dolgu tavana kadar çekilebilmektedir. Bu durumları kayaç parametreleri belirlemektedir. Bu haliyle nakliye sistemine, kazı sistemine, taban arın dizaynına, dolgu çeşidine, dolgunun çekildiği seviyeye, yükleme araçlarına ve tahkimat talebine göre çeşitli yöntem varyasyonları söz konusu olmaktadır. Hangi varyasyona karar verileceği hususu cevher ve yan taş parametrelerine bağlıdır.

Uygun cevherler:

- ✓ Dikey yönde relatif olarak belirgin bir uzanım gösteren oluşumlar
- ✓ En azından halat ve/veya kaya saplamaları ile sağlamlaştırılabilir cevherler
- ✓ Bulk madenciliğinin yapacağı seyrelmenin istenmediği durumlar
- ✓ Dik veya dike yakın 45°'den daha büyük eğime sahip oluşumlar
- ✓ Genellikle 0,8 - 10 m mertebesinde seyreden damar kalınlıkları (Daha kalın damarlarda ayaklar doğrultuya dik hazırlanır)
- ✓ Taban taşı zayıf-sağlam, tavan taşı orta sağlam-sağlam halde olan veya bu hale dönüştürülebilen yataklar
- ✓ Selektivite talep edilen hususlar
- ✓ Tavan-taban kontakt yüzeyleri düzenli-düzensiz olabilir.
- ✓ Uygun dolgu malzemesi varlığı
- ✓ Cevher yantaş kontağının sağlam olduğu durumlar.

Önemli planlama parametreleri:

- ✓ Yıllık üretim ≤ 1.7 milyon ton/yıl ve maliyet planlaması
- ✓ Ekonomik dolgu malzemesi varlığı
- ✓ En azından halat veya kaya saplamaları ile sağlamlaştırılabilir durumları
- ✓ Dolgu nakliye sistemi ve maliyet planlaması
- ✓ Ayak içi kazı, delme-patlatma düzeni ve araçları
- ✓ Ayak içi kazı yükleme ve nakliye sistemi (Slusher, LHD, kamyon vs.)
- ✓ Selektivite
- ✓ Ayak yüksekliği, genişliği ve uzunluğu
- ✓ Katlar arası mesafe (30-60 m)
- ✓ Bür ve dolgu başyukarı sayısı, ölçüleri, konumları
- ✓ Havalandırma sistemi
- ✓ Rampa veya spiral gerekliliği, ölçüleri, konumu, eğimi
- ✓ Klavuz veya doğrultu galerilerinin yeri ve ölçüleri
- ✓ Kazı dilim kalınlıkları (2,5 – 4,5 m)
- ✓ Cevher ve dolgu oluklarının donanımı
- ✓ Ayak içi arın –taban dizaynı
- ✓ Ayak girişi dizaynı
- ✓ Breast - upper's hole uygulamaları
- ✓ İlave havalandırma gerekliliği (3.7-11 kW'lık fanlar)
- ✓ Tahkimat talebi ve sistemi (ahşap bağlar - saplamalar)

Avantajları:

- ✓ Sürekli ve kapsamlı numune alma imkanı
- ✓ Üretim öncesi minimum hazırlık
- ✓ Açıklıklar küçük, yan karışımlar az
- ✓ Üretim oranı yüksek
- ✓ Yer hareketleri az ve sınırlı
- ✓ Taban-tavan taşına gömülü zengin merceklerin bulunması ve üretimi mümkün
- ✓ Steril kısımlar dolgu olarak kullanılabilir.

Dezavantajları:

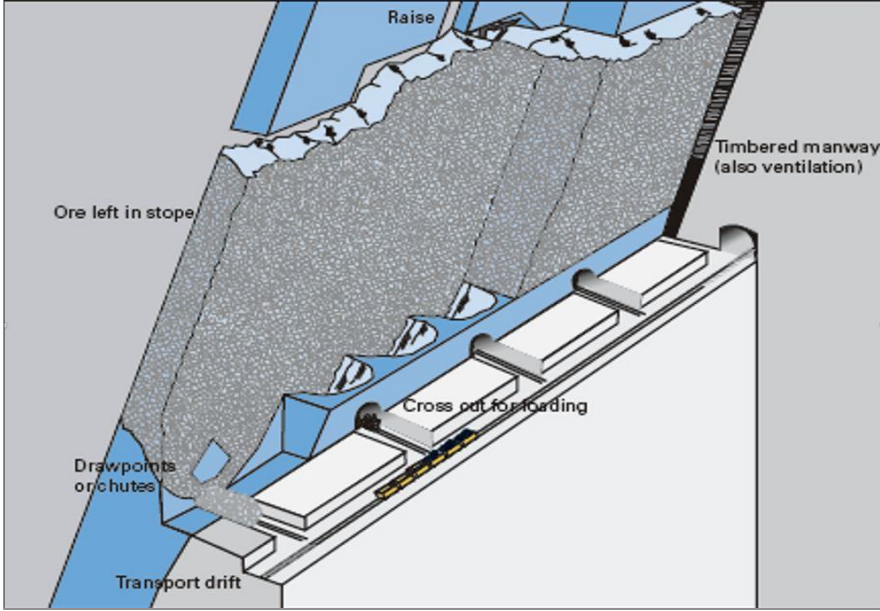
- ✓ Kesikli üretim
- ✓ İnsan gücü istihdamı ağırlıklı bir yöntem
- ✓ Becerikli ve eğitilmiş madenci gerekli
- ✓ Mekanizasyona az uygun (küçük ölçekli LHD'ler mümkün)
- ✓ Yatay deliklerle patlatılmış arın altında emniyet sorunları var olabilir.
- ✓ Yeterli ve uygun hava temininde sorunlar yaşanabilir.
- ✓ Üretim maliyetleri yüksek

Yaklaşık olarak 3 – 15 \$/ton mertebelerinde seyreden üretim maliyetlerinin söz konusu olduğu bu yöntemde ayak içi verimlilikler 2 – 30 ton/yevmiye mertebesinde seyredebilmektedir.

3.3.2. Tavan Arınlı Ambarlı Yöntem

Cevher yatağının tavan arınlı ayak uygulamasına benzer bir şekilde katlara ve panellere bölümlendirilmesini müteakip kazanılan cevherin kabarma payına denk düşen kısmının cevher çekme noktaları marifetiyle ayak ve pano dışına nakledilmesi, kalan kısmının geçici dolgu ve platform yapmak amacıyla ayak içinde bırakılması ve ayak ilerleme yönünün tavan istikametine eğim-parallel tanzim edilmesi şeklinde geliştirilen yöntem ambarlı üretim yöntemi denmiştir. Cevherin kazanılması, martoperfaratör marifetiyle eğim parallel tavana doğru veya doğrultu parallel yatay deliklerin hazırlanması ve patlatılması şeklinde yürütülmektedir. Pano içinde sürülen başyukarılardan yatay yelpaze delik

sistemi, ülkemiz krom madenciliğinde uygulanmamaktadır. Atımların kontrollü yapılarak makul bir tane dağılımı sağlanması ve tavan taşının kırılmaması veya aşırı bir konverjansa maruz kalmaması önemli hususlardandır. Bu sorunların aşılması halat saplamalar yardımıyla sağlanabilmektedir. Kazanılmış cevherin, çekim noktalarından alınması düzenli bir ayak tabanı talebine dönük şekillendirilmektedir. Yöntemin genel görünümü Şekil 5’de verildiği gibidir.



Şekil 5. Tavan Arınlı Ambarlı Yöntem (Url-1)

Uygun cevherler:

- ✓ Dik ve dike yakın eğimli tabaka şeklindeki oluşumlar (genellikle 60 – 90°, pek çok halde $\geq 70^\circ$ eğimler tıkanıklara yol açar)
- ✓ $\leq 45 - 50^\circ$ eğimli oluşumlarda tavan taşı konverjansı cevher çekimini imkânsızlaştırır.
- ✓ Damar kalınlığı $\geq 0.8 - 1$ m
- ✓ Cevher tahkimatsız duracak kadar sağlam olması
- ✓ Tavan taşı sağlam – yarı sağlam veya tavan saplamalarıyla sağlamlaştırılabilir durumda olmalı
- ✓ Taban taşı sağlam - az sağlam
- ✓ Cevher çekiminde tavadan veya tabandan fazla kavlak gelerek aşırı seyrleme yapmamalı
- ✓ Selektivite talebi olmamalı ve kontakt yüzeyleri düzgün olmalı

- ✓ Kazanılan cevher yeniden yapışarak yekpare kütleler oluşturmamalı (killi oluşumlar)
- ✓ Cevher okside olmamalı (yangın ve flotasyon sorunları için-krom için geçerli değil)
- ✓ Satış sorunu yaratacak ölçekte tozlanma olmamalı(özellikle refrakter kromit oluşumlarında)
- ✓ Yatağın yatay uzanımı yeterli olmalı

Önemli planlama parameteleri:

- ✓ Arakat mesafesi (30 – 200 m)
- ✓ Cevher çekme noktaları arası mesafe (5 – 15 m)
- ✓ Ayak uzunluğu (25 – 100 m)
- ✓ Ara topuk (varsa) genişliği (4 – 10 m)
- ✓ Kazıda dilim kalınlığı (kalınlık, sağlamlık ve eğime bağlı)
- ✓ Başyukarı sayısı ve tahkimi (2 adet, her biri iki kompartımanlı malzeme ve insan için)
- ✓ Yıllık üretim (≤ 1 milyon – 2 milyon ton/yıl)
- ✓ Ayak içi delme-patlatma (martoperfaratör)
- ✓ Ayak yüksekliği (~ 2 m), genişliği >1 m
- ✓ Havalandırma
- ✓ Nakliye galerilerinin konumu
- ✓ Cevher çekimi

Avantajları:

- ✓ Cevher iyi bir dolgu ve iş platformu
- ✓ Hazırlık maliyeti az
- ✓ Cevher stoğu varlığı
- ✓ Üretime geçme aşamasına kadar daha az sermaye gerekli
- ✓ Üretim maliyetleri düşük

Dezavantajları:

- ✓ Kazanılan cevherin 2/3'ü stoğa bağlı
- ✓ Daha çok eğitilmiş işçiye ihtiyaç var
- ✓ Seyrelme durumu söz konusu
- ✓ Arakatlı kazı yönteminden daha pahalı
- ✓ Emniyet koşulları iyi değil (tabanda ve tavanda sorunlu)

✓ Taban-tavan taşına gömülü oluşumlar kazanılamaz.

Bu yöntemin uygulanabilirliği durumunda maliyetler, dolgulu tavan arınlı ayaktan daha düşük seviyede seyredebilmektedir.

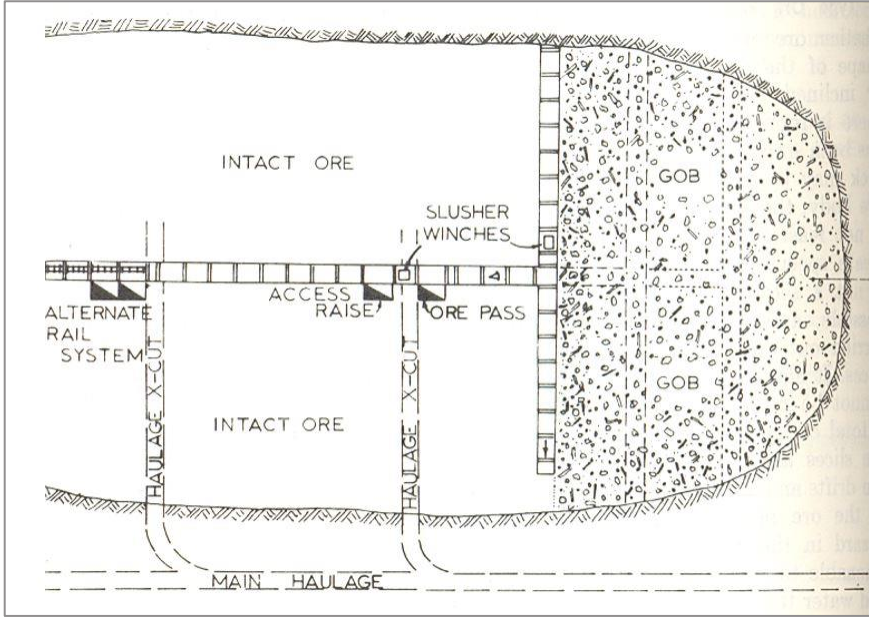
3.3.3. Travers Ayak

Maden yatağının 2 – 4 m kalınlığında yatay dilimlere ayrılarak, her dilimin kısa bacalar (ayaklar) sürülerek kazanılması ve dilimlerin yukarıdan aşağıya veya aşağıdan yukarıya doğru kazanılması şeklinde uygulanır. Yukarıdan aşağı göçertmeli şekliyle uygulanan bu yöntem top slicing(şekil 5), aşağıdan yukarıya doğru uygulanan biçimi ise genel olarak cross-cut mining olarak adlandırılmıştır.

Ülkemizdeki krom madenlerinden kontak yüzeyleri serpantinleşerek kaygan bir özellik kazanmış olan ve genellikle tektonik arızalar içeren oluşumlar, dilimlerin yukarıdan aşağıya doğru kazanıldığı dolgulu travers ayak (crosscut with fill) marifetiyle üretilmektedir.

Bu travers ayaklarda bacaların (ayakların) tabanı ekseriyetle yanyana tanzim edilen ve pek çok halde birbiriyle irtibatlandırılan 18 – 20 cm çaplı ahşap tomruklarla kaplanır. Kalan boşluk kırmataş, pasa, bloktaş (tüf), köpük veya %2-6 oranında çimentolu dolgu malzemesi ile doldurulur. Kırma taş ve pasanın kullanımı ekseriyetle elle dolgu şeklinde yürütülür. Bazı hallerde loder marifetiyle dolgu yapılmaya çalışılır. Bu hususta başarılı bir uygulama olan pnömatik dolgu ülkemizde uygulanmamaktadır. Ülkemizde uygulanmamasına rağmen % 2-5 oranında çimento karışımli kırmataş dogulu bacalar bir alt dilime geçerken tahkimatta önemli tasarruf sağlamaktadır. Genel olarak çimentolu dolguda tabana ahşap tomrukların döşenmesi gerekmemektedir. Ancak çelik hasır serimi önemli avantajlar sağlamaktadır.

Dilimdeki kazı faaliyetlerinin belirli bir aşamaya yaklaşması sonucu bir alt dilimdeki üretim faaliyetlerine başlanabilir (paralel üretim) (Şekil 6). Üretim faaliyetleri martoperfaratörler marifetiyle açılan deliklerde yapılan atımlarla yapılır. Yükleme işlemleri elle-kürekle veya küçük ölçekli LHD'lerle yapılır. Elle yükleme halinde pano içi nakliye vagon veya el arabası marifetiyle yürütülür. Top slicing olarak verilen Şekil 6, dolgulu uygulamalarda dilimin farklı noktalardan üretime alınmasına imkan sağlamaktadır.



Şekil 6. Travers Ayak Genel Görüntüsü (Cummins, 1973)

Uygun cevherler:

- ✓ Masif, damar tipi, kalın ve/veya dik damarlar
- ✓ Mukavemet bakımından sağlam olmayan cevherler
- ✓ Düzenli-düzensiz yataklar
- ✓ Üretim oranının yüksek olması istenen oluşumlar
- ✓ Çeşitli eğimlerde ve yayılımlarda uygulanabilir.

Önemli planlama parametreleri:

- ✓ Ana katlar arası mesafe (20 – 30 m)
- ✓ Uygun dolgu malzemesi varlığı
- ✓ Dilim kalınlıkları (2 – 4 m)
- ✓ Baş yukarı sayısı (≥ 1)
- ✓ Klavuz galerisi konumu
- ✓ Baca (ayak) uzunluğu (5 – 20 m)
- ✓ Pano büyüklüğü (cevherin yatay kesiti büyüklüğü bazında (20 – 100 m)*2*(5 – 20 m) ölçülerinde değişir.

Avantajları:

- ✓ Üretim oranı yüksek
- ✓ Karışım az
- ✓ Emniyetli
- ✓ Düzensizliklere uyumlu
- ✓ Selektif üretim mümkün
- ✓ Zayıf ve küçük taneli kırılan tavan taşlarında (kil, şist, şeyl vb.) göçertmeli top slicing yöntemine geçebilir.

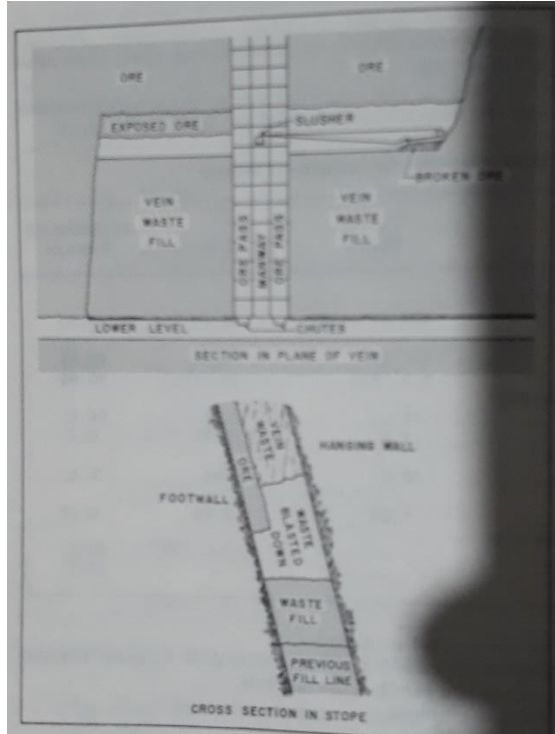
Dezavantajları:

- ✓ Mekanizasyon sınırlı (Son yıllarda küçük ölçekli LHD'ler kullanılıyor)
- ✓ Ahşap tüketimi fazla
- ✓ Hazırlık galerisi çok
- ✓ Yangın tehlikesi olabilir.
- ✓ Havalandırma kötü
- ✓ Verimlilik düşük (düşük ton/yevmiye)
- ✓

Ülkemizdeki uygulamalar, genel olarak yukarıdan aşağı ve dolgu yöntemi şeklindedir. Tabana serilen maden direkleri, aşırı ahşap tüketimine yol açmaktadır.

3.3.4. Resuing Yöntemi

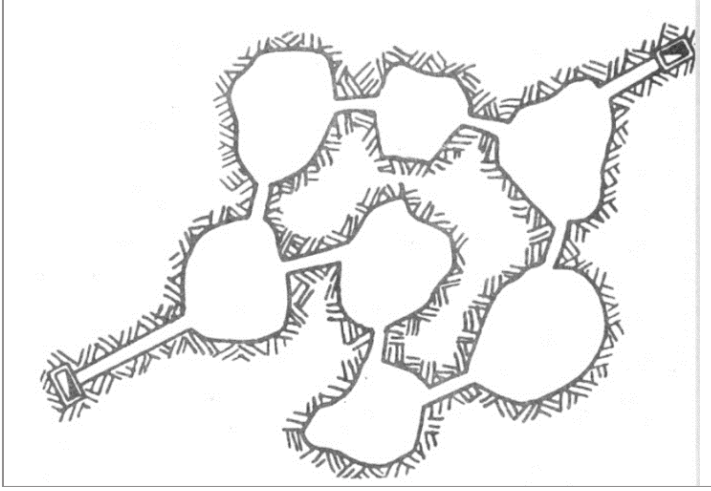
Bu yöntem kalınlığı < 1 m mertebelerinde seyreden eğimli ince damarlarda ve küçük ölçekte uygulama bulmaktadır. Aynı ayak içinde sıralı olarak cevher ve yan taş üretilmektedir. Cevher ayak dışına nakledilirken, yan taş dolgu olarak kullanılır (Şekil 7). Üretim önceliği cevherin ve yan taşın sağlamlığına bağlıdır. Önce az sağlam olan kazanılarak cevher olma durumunda ayak dışına çıkarılır veya yan taş ise dolgu olarak kullanılır. İhtiyaca göre ahşap tahkimat kullanılır. Damarlar genişleyerek mercek yapısına geçtiğinde yöntemde değiştirilir.



Şekil 7. Resuing Yöntemi (Cummins, 1973)

3.3.5. Serbest Arınlı Ayak (Stockwerkbau)

Genellikle iç içe geçmiş çok sayıda damar ve hortum biçimli oluşumlarda özellikle önceden planlı bir arama ile geliştirilmemiş yataklarda uygulama bulan serbest arınlı ayak, ara-bul-işlet yaklaşımına uygun bir oda yöntemidir. Yaklaşık olarak 4 m'ye kadar kalınlık arz eden oluşumlarda breast stoping şeklinde, daha kalınlarda tavan ve/veya yanar arınlı sistemlerle uygulama bulan bir yöntemdir. İlerleme aşamalarında makul tenörlü kısımlar alınır, düşük tenörlü kısımlar düzensiz topuklar şeklinde yerinde bırakılır (Şekil 8).



Şekil 8. Serbest Arınlı Ayak (Fritzsche, 1962)

Kalınlığı 5 m'yi aşan tavan arınlı yaklaşımlarda kazanılan cevherin bir kısmı tabanda bırakılır. Tabanda kalan bu cevher bir sonraki tavan arınlı kazı için platform vazifesi görür. Bu uygulamada topukların düşey doğrultuda şakuli konumlandırılmasına dikkat edilmelidir. Bu uygulamada odaların yüksekliği 10 m'ye kadar ulaşabilir. Ancak tabandaki cevher çekilmeden tavanın kavlaklardan temizlenmesi önem kazanmaktadır. Gereğinde saplamalar kullanılmaktadır. Üretimin hitamında odalar boş bırakılarak damarların yatay uzunluğu takip edilir ve bir sonraki kümelenme aranır.

4. SONUÇ

Ülkemizde mevcut krom madenleri genellikle podiform tipi düşük-yüksek tenörlü oluşumlar olup yaygın bir coğrafyada bulunmaktadır. Bu tip yataklar geçmişten gelen uzun bir süreçte açık işletme ve yeraltı işletmesi şeklinde üretilmişlerdir. Bu üretim faaliyetlerinin hepsinde verimlilikler düşük düzeylerde seyretmiştir ve seyretilmektedir. Günümüzde yüzeye yakın oluşumlar tükenmek üzeredir. Daha derinlerdeki oluşumların mevcut teknolojilerle üretimi, işçi ve mühendis ücretlerinin sınırlı olmasına veya kromit satış fiyatlarının yeterli düzeye yükselmesine bağlıdır.

Bugünkü satış fiyatı düzeylerinde ücretlerin AB standartlarına yaklaşması durumunda ülkemiz geleneksel krom madenciliği bitecektir. Bu durumda düşük tenörlü büyük yatakların üretimi söz konusu olabilir. Diğer yandan, derinlerde büyük ölçekli mercek oluşumlarının tespitine dönük teknolojilerin gelişimi, bu koşullardaki madencilik faaliyetlerinin idamesine yardımcı olabilir.

KAYNAKLAR

Cummins, A. B., (1973). SME Mining Engineering Handbook Vol I, New York.

Fritzsche, C.H., (1962). *Springer Verlag*, Berlin.

Gökçe, A., (1995). *Maden Yatakları*. Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları, Sivas

Hustrulid, W. A., Bullock, R. L., (2001). *Underground Mining Methods*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, USA.

Köse, H., Tatar, Ç., (1997). *Madenlerde Yeraltı Üretim Yöntemleri*. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir.

Mosier, D. L., Singer, D.A., Moring, B.C., and Galloway, J.P., (2012). *Podiform chromite deposits—database and grade and tonnage models*. U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report.

Peele, R., (1941). *Mining Engineers' Handbook Vol I*, John Wiley and Sons Inc, New York.

Petrascheck, W.E., (1961). *Lagerstättenlehre Springer Verlag*. Vienna Austria.

Saltoğlu, S., (1979). *Madenlerde Yeraltı Üretim Yöntemleri*. İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul.

Smirnov, V. I., (1970). *Geologie der Lagerstätten Mineralischer Rohstoffe*. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig.

<Url-

1>https://miningandblasting.files.wordpress.com/2009/09/mining_methods_underground_mining.pdf, Erişim tarihi: 01.09.2017

TÜRKİYE'DE KROMİT ÜRETİMİNDE CEVHER ZENGİNLEŞTİRMENİN 100 YILI

Sabri KARAHAN, Maden ve Cevher Hazırlama Y. Mühendisi
DAMA Mühendislik Genel Müdürü

1. KROMİTİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ VE JEOLJİK OLUŞUMU

Kromit metal üretimi için kullanılmaktadır, ancak refrakter ve döküm endüstrisinde de kullanılmaktadır. Kimyasal formülü $FeCr_2O_4$. Dünyada krom üretimi 1900 başlarında 10 binler ton seviyesindeydi. Talep patlaması 1. ve 2. Dünya Savaşlarında yaşanmıştır. 3 farklı karakterde kromit cevher veya konsantresi üretilmektedir; **Metalürjik** kromit Ferro-kroma dönüştürüldükten sonra paslanmaz çelik, takım çeliği ve kurşungeçirmez çelik plaka üretiminde; **Kimyasal** kromit krom kimyasal sanayiinde sayısız krom türevlerinin üretiminde ve **refrakter** kromit döküm sanayiinde kullanılmaktadır. Refrakter kromit üretimi, teknolojik gelişmelere ve çevresel endişeler nedeniyle giderek azalma göstermektedir. Krom birinci ve ikinci dünya savaşlarında stratejik hammadde olarak görülmüştür. ABD 1970'lere kadar krom hammaddesi stratejik stoklar oluşturmuştur.

Krom, Mg, Al, Fe ile eşleşebilmektedir. Türkiye'deki krom cevheri yataklanması Podiform ve stratiform primer-yataklanmalar şeklindedir. Podiform yataklama lentiküler olup ofiyolitik kayaların alt kısmında oluşur (Harzburjit). Stratiform yataklanma, tabakalanmış ofiyolitik kayalar içinde (olivin) oluşmaktadır. Lateritik ve plaser krom yataklanması daha çok Ekvator kuşağı ülkelerde görülmektedir. Podiform yataklar stratiform yataklara göre daha düşük Fe değeri içerir. Tipik yoğunluk 4,2 - 4,8. Krom minerali siyah renkli, parlak olup, donuk metalik koyu kahverengi çizgi bırakır. Çok düşük Fe^{+3} (birkaç %) içeren kromit non-manyetiktir. Biraz daha yüksek demir içeriği kromiti hafif manyetik yapar. Sertliği mohr skalasında 5,5 - 6,5.

2. KROMİT ZENGİNLEŞTİRME

Türkiye'deki **Podiform** yataklar, derinde ve tenörleri yüksektir, mercerklerin boyutları değişkendir ve tespih taneleri şeklinde yatay ve dikey ekseninde dizilmektedirler. Bu yataklar kapalı işletme yöntemi ile işletilmektedirler. Yüksek yeraltı maliyetine karşı, basit 'Tavuklama' yöntemi ile yan taşlardan temizlendikten sonra piyasaya sunulması nedeniyle, üretim ekonomik olmaktadır.

Stratiform tip yataklar yüzeye yakın bantlı cevherlerdir. Büyük yataklar oluşturabilmektedirler. Bu yataklar açık işletme yöntemiyle işletilmektedirler. Cevher oluşumu genellikle bantlı yataklanma şeklindedir. Yantaş değişik boyutlarda alterasyona uğramış dünettir. Bu yatakların temel karakteristikleri nispeten düşük tenörlü olmaları ve ileri teknoloji gerektiren zenginleştirilme gerektirmeleridir.

Kromit zenginleştirmede;

- Tavuklama,
- Gravimetrik,
- Elektromanyetik, ve
- Ağır Mai 'Heavy media- HMS', yöntemleri kullanılmaktadır.

Türkiye'de de bu yöntemleri tek tek veya birlikte kromit zenginleştirme uygulamasında görmekteyiz.

Kromit zenginleştirme, temelde pazarın talep ettiği üniform fiziksel ve kimyasal ürün üretmektir. Bir diğer amacı da ürün kalitesini yükselterek pazarda aranan ürün sağlamak ve bu yoldan Pazar payını arttırırken birim başına kar marjını arttırmaktır.

Zenginleştirme yöntemi, cevher yatağının jeolojik karakteristiğine, cevherdeki minerallerin fiziksel özelliklerine (boyut, kenetlilik), ürünün nihai kullanımına ve biraz da uygulanan madenciliğin şekline bağlıdır. Hedef, üretilecek konsantride Krom oksit miktarını arttırma, Krom/Fe oranını yükseltme, veya Al miktarını yükseltme, SiO₂ miktarını düşürme, Yan taşı kromitten ayırmadır.

Zenginleştirme, kromitin kimyasal karakteristiğini değiştirmez, bununla birlikte mineral karışımını düzenlemek pazar talebini oluşturur

2.1 Spesifikasyonlar

Kromitin fiziksel ve kimyasal spesifikasyonlarını belirlemek için ASTM standartları kullanılır. ABD stratejik krom stoklanmasında, diğer spesifikasyonların yanında esas olarak tenör kabul edilmiştir.

Buna göre ;

- < 40% Cr₂O₃
- 40-46% Cr₂O₃
- > 46% Cr₂O₃

Bazı uygulamalar için boyut analizi de istenir.

Kromit kalitesini belirleyici spesifikasyonlar %Cr₂O₃ , %Al₂O₃, Cr/Fe oranı, %MgO ve %FeO. %P ve %SiO₂ olarak özetlenir. Krom/Demir oranı, 1,5/1 – 4/1 oranları arasında değişim gösterir. Tipik değerler ise 1,5/1,0 – 3,0/1,0.

Dünyada Pazarlanan Kromit konsantre analizleri %36-56 Cr₂O₃ arasında değişir. Ancak büyük çoğunluğu %40-50 Cr₂O₃ kategorisindedir

ICDA raporuna göre Kromitin %90 metallurji, %6'sı kimya , %3'ü döküm kumu ve %1'i de refrakter sanayiinde kullanılmaktadır. Yıllık tüketim 15 milyon ton (2012) seviyesinde olup, bu miktar yıllık olarak 4.3 milyon ton krom metaline denk gelmektedir.

Ferrokrom içerdiği karbon miktarına göre sınıflandırılır.

- | | |
|----------|---|
| < 0,5 %C | Düşük karbon |
| 0,5-3 %C | Yüksek karbon |
| 3-4 %C | Düşük karbon ferro-krom |
| > %4C | Yüksek karbon ferro-krom veya şarj Ferro-Krom |

Ferro-kromda, Karbon yanında %Si, P, S, değerleri ve boyut analizleri de belirtilir.

Ferro Alyajlar genel olarak aşağıdaki gibi sınıflandırılırlar:

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|
| Ferrokrom-Silikon - | %24-40 Cr; %38-50 Si ve %0,005-0,1 C, |
| Tipik Ferro-krom - | %50-75 Cr ve %0,05-8 C, |
| Düşük karbonlu Ferro-krom- | %55-75 Cr ve %0,02-0,1 C, |
| Tipik yüksek karbonlu Ferro-krom- | %60-70 Cr ve %6-8 C, |
| Şarj kalite Ferro-krom- | %50-55 Cr ve %6-8 C. |

Aşağıdaki standartlar Döküm kumu üretiminde kullanılmaktadır.
%44 Cr₂O₃ (min); %26 F₂O (max); %3 SiO₂ (max);
%1 CaO (max); ve Al₂O₃, MgO ile diğer trace elementler

2.2 Çevre Standartları

Amerikan Çevre ve İnsan Sağlığı konusundaki standartların kaynağı olan NIOSH/OSHO'ya göre krom ve krom türevleri konusunda aşağıdaki faktörlerin dikkate alınarak deşarj sınırları oluşturulmaktadır.

- Doğal Arka Plan Seviyeleri,
 - Çevreye etki eden emisyonların kaynakları,
 - Çevrede hareketlenme,
 - Flora ve Fauna üzerindeki etkiler,
 - Ölçme teknikleri,
 - Çevreden temizleme teknolojileri
 - Cr⁺³, nötr pH'da içme suyunda kabul edilir < 0,1 ppm seviyelerine çıkabilmektedir. pH nötrleştğinde, krom filtrelenerek uzaklaştırılabilmekte. Ancak ortamda Cr⁺⁶ kromun olması halinde öncelik bunun Cr⁺³'e dönüştürülmesi gerekmektedir.
 - Temiz suda, Cr⁺³ deşarj üst sınırı (EPA) max 520 mg/l, ortam sürekli konsantrasyon üst sınırı 74 mg/l,
 - Cr⁺⁶ için deşarj üst sınırı (EPA) max 16 mg/l, ortam sürekli konsantrasyon üst sınırı 11 mg/l.
- Krom madenciliğinde ve zenginleştirme ortamında Cr⁺⁶ 'nın oluşması olası değildir.

Katı Atık Bertarafı

EPA, kimyasal atıkların toksit olduğu görüşünde. Ancak maden atıkları konusunda deşarj limitleri ve emisyon limitleri bulunmamaktadır.

3- TÜRKİYE’DE KROMİT ZENGİNLEŞTİRME

3.1- İlk Örnekler

Türkiye’nin bir kromit ülkesi olduğu 1. Ve 2.Dünya savaşında ortaya çıktı. Sayın Necati Kurmel’in verdiği bilgiye göre önce Alman Jeolog ve mühendisleri Anadolu’da dolaşarak köylülere krom toplatmışlardır. Daha sonra Amerikalı jeologlar çalışmaya başlamışlar ve bu çalışmanın sonunda Amerikan Maden Yardım Komisyonu Türkiye’de kurulmuştur. Amerikalıların bu hamlesinin Stratejik Stoklarını oluşturma maksadına yönelik olduğu sanılmaktadır.

Bu dönemde krom mostraları tamamen insan gücü ile işletilerek yüksek tenörlü kromit üretilmiştir. Üretilen Kromit zenginleştirilmesi de elle “Tavuklama” ile sağlanmıştır. Üretilen kromit, katır sırtında Mersin Limanına taşınarak Almanya’ya sevk edilmiştir (N.Kurmel) Bilinen ilk modern Kromit Maden işletmesi Kavak Krom İşletmesidir. Sayın Şeyda Çağlayan’ın verdiği bilgiye göre, işletme 2018’de 100’üncü kuruluş yılını kutlamaktadır. Meşhur İsveç çeliğinin de sırrının kaynağının Kavak Kromları olduğu söylenebilir. Eski döneme ait makine ve ekipmanlar’ın örneklerini Türk Mardin şirketinin Kavak krom işletmesi hurda stoğunda hala görmek mümkündür. Sağlanan ekipmanlar, 3-5 ton taşıyabilen kamyon, kuyu vinci, hava kompresörü, jeneratör, vagon ve raylardır. Sahada aynı zamanda bakım ve tamir atelyeleri de kurulmuştur.

Bu dönemde kromit zenginleştirme “Tavuklama” ile sınırlıdır. Üretilen “Rosh” kromit Mersin Limanından ABD’ye ve Avrupa’ya, özellikle İsveç’e sevk edilmiştir 1935’te kurulan Etibank’ın kromit üretimine ilgi duyması çağın gereğidir. Elazığ, Guleman ilçesi’ndeki dünyadaki en büyük ‘**Gölalan**’ Krom merceğin keşfi tamamen bir tesadüf eseri yapılmıştır. O dönemde Ergani Bakır İşletmesi’nin kuruluşu sürmektedir. Bölgeye bakır üretimi için yerli ve yabancı mühendis ve aramacılar gelmeye başlamıştır.

Sayın Maden Y. Mühendisi Nizamettin Ünal’ın verdikleri bilgiye göre ‘Köylülerden biri eşeği ile Maden’de kurulan İzabe tesisine Guleman civarındaki meşelikte üretilen odun kömürü taşımaktadır. Eşek yükünü dengelemek için köylü, küçük ancak ağır bir siyah taşı hafif tarafa yerleştirir. Bu taş kurulmakta olan bakır İzabe tesisi

mühendislerinden Abdullah Hüsrev Guleman'ın dikkatini çeker. Etibank Guleman Krom İşletmesi bu dikkatli takip sayesinde kurulur.'

Meşhur Gölalan massif krom kafasında açık ve kapalı işletme yöntemiyle 1Mt'un üzerinde $>50\text{Cr}_2\text{O}_3$ "Rosh" kromit üretilmiş ve İskenderun Limanı'ndan Avrupa ve Amerika'ya ihraç edilmiştir. Bu kromdan aynı zamanda Ergani Bakır Madeni'deki bakır konverter ve limanlarında refrakter tuğla olarak yararlanıldı (N. Ünal) Gülerman'daki olağanüstü yüksek tenörlü kromit yataklarının "Rosh" cevheri, havai hatla önce Maden İlçesinde kurulan demiryolu istasyonuna taşınır ve oradan İskenderun'a sevk edilirdi. Sevkiyattan önce yapılan "tavuklama" işlemleri sırasında sahada kalan toz ve atıklarının zenginleştirilmesi için 1940'lı yıllarda bir "modern" gravite zenginleştirme tesisi kurulmuştur.

Tesis ekipmanı tümü ile Denver markalıydı. TY-TEYLER eleklerle kapalı devre çalışan bir çeneli ve bir tersiyer 'Simons' konik kırıcı kırma devresini oluşturuyordu. 10-12 mm'ye kırılan cevher bir silodan bilyeli değirmene beslenirdi. Öğütme devresi taraklı klasifikatörle kapalı devre çalışan bir bilyeli değirmenden oluşmaktaydı. Zenginleştirme devresi 10 civarında Wilfley masadan oluşmaktaydı. Denver kataloglarındaki meşhur ve standart akım şeması burada tekrarlanmıştı.

Bu tesis, Türkiye'de ilk kurulan krom zenginleştirme tesisi değilse ikinci tesistir ve Türkiye'deki "Cevheri-2 mm'ye öğüt ve masalarda zenginleştir" uygulamasının kaynağı olsa gerek. Bu uygulama, 2008'e kadar her kromit zenginleştirme tesisinde devam etti. İlk defa, Pınar Madencilik'in Aladağlardaki 800t/gün kapasiteli krom konsantratöründe, 3mm altı öğütmeye geçilmiştir.

Türkiye'de kromit zenginleştirmenin modern uygulamalarında Türk Maadin'in Kavak Krom İşletmesi'ndeki zenginleştirme tesisinin özel bir yeri vardır.

Bu tesiste;

- Kapalı krom cevheri kırma devresi,
- Santrifüj Pompalı ve siklonlu öğütme devresi,
- Şlam atmak için "Allen" konileri,
- Şlamdan kısmen temizlenmiş siklon altı malzemeyi Boyutlandırmak için "Stoks hidro-sizer",
- Konsantre üretimi için kademeli masa sistemi,

- Masalardan elde edilen ara ürün öğütme devresi,
- Konsantre susuzlandırma eleği,
- Bir “Stripa” ünitesi,
- Konsantre havuzları,
- Atık koyulaştırma tankı ile
- Atıkların toplanması için atık barajları bulunmaktaydı.

Zamanın mühendisinin, halen bile önemi tam anlaşılmayan ‘**şlam atma**’ ünitesini tesislerine yerleştirmiş olmaları hayranlık uyandırmaktadır. Yazar, bu tesisi 1968 yılında üniversitenin bir gezi organizasyonu sırasında ziyaret etti. Daha sonra da 2009 yılında profesyonel bir hizmet sunmak için ziyaret etti. Atık barajları hiç dağılmadan yerlerinde duruyorlardı.

3.2- 70’ler Ve Sonrası Türkiye’de Cevher Hazırlama

70’ler ve sonrasında Türkiye’de cevher hazırlama eğitimi veren ve modern cevher hazırlama laboratuvarları olan birçok üniversite kuruldu. Bu Üniversite’lerden mezun olanlar yurdun her tarafına dağılmaya başladılar. Üniversite laboratuvarları ticari hizmetler vermeye başladılar. Aşağıda 70’ler sonrasında kromit Cevher Hazırlaması ve kurulan tesisler hakkında bir değerlendirme verilmektedir.

3.2.1 Cevher Karakterizasyonu

- **Numune Alma** - Krom yataklarından temsili numune almanın önemli zorlukları var. Öncelikle cevher yatağını, yatırım için gerekli olan görünür ve muhtemel kaynak kategorinde boyutlandırmak zor ve çok pahalıdır. Ancak, krom yataklarına özel olmak kaydıyla en azından “mümkün” kategoride kaynak tahmini yapılmış krom yatağından temsili numune almak mevzubahistir.

Temsili numune konusu kromit zenginleştirme yataklarında tamamen ihmal edilen bir konudur. Genellikle yatakta açılmış bir açık ocak veya yeraltı aynasından bir numune alınır. Kromit yatakları doğrultu, eğim ve kalınlıkları boyunca alterasyon, tenör, tane boyutu serbestleşme derecesi, içerdiği empüriteler (Si, Fe, Al, Mg, Ca) yönünden değişiklik göstermektedir. Cevher ve yan taş yatay ve dikey düzlemde ciddi farklılıklar gösterebilir. Yatak karakterizasyonu sırasında bu farklılıkların belirlenmesi, numerik hale dönüştürülmesi ve laboratuvar

testleri ile farklılıkların incelenmesi ve tasarımlarda proses parametresi olarak değerlendirilmesi gerekir.

- **Test Çalışmaları** - ülkemizde şimdilerde birçok üniversitede son derece donanımlı laboratuvarlar bulunmaktadır. Bütün bilgi ve donanımlarına karşın test çalışmalarının uygun yeterlilikte yapıldığını söylemek zordur.

Maden İşletme- Cevher hazırlama testlerini yapan mühendisin maden işletme yöntemini incelemesi, işletme esnasında kirlenme ve kirliliği yaratan yan-taş ile ilgili bilgi edinmesinde büyük fayda vardır. Yine kil ve aşırı altere olmuş kayaçları deney tasarımında dikkate alınması gerekir

Kromit serbestleşme derecesi – Serbestleşme derecesi belirleme analizleri genellikle yapılan birkaç ince kesitin binoküler ve polarizan mikroskopta analiz edilmesi sonunda belirlenmektedir. Bu çalışmanın, yatağın her bir işletilebilir boyutta olan zonları “domain” için yapılması ve sonuçların teyidi açısından çok sayıda yapılması gerekir. Serbestleşme derecesi yapılan kitlenin boyutunun istatistiksel olarak ortaya konmasında büyük fayda vardır.

Zamana karşı yapılan laboratuvar öğütme testleri ve elek analizleri ile sadece serbestleşme derecesi belirlenmez, aynı zamanda şlam tane boyutu ve miktarları belirlenir. Yine fonksiyonların kimyasal analizleri ile hangi boyutlarda kromitin zenginleştiği belirlenir. Yatağı temsil etmeyen yüksek killi bir numune ile yapılan test çalışmasının sonuçlarının yatağın tümü için yanıltıcı olacağı kesindir. Buna dayalı tasarımlar da yanlış olacaktır. Bir sonucu kabul etmeden önce bu sonucu “teyit edici” testlerin yapılmasının gerekliliği açıktır.

- iş-Index çalışmaları - Kırma, bilyalı değirmen, çubuklu değirmen iş-index parametrelerinin literatürden seçilmesi asla tavsiye edilmez. Bu indexlerin yatağın farklı özellik taşıyan “domain”leri için ayrı ayrı yeterli sayıdaki testlere dayandırılarak belirlenmesi gerekir. Yapılan deneylerde kromitlerde iş-indexlerinin 12 ile 22kw/t cevher arasında değiştiği görülmüştür.

- Zenginleştirme Test Çalışmaları - Ülkemizde daha çok masalarda zenginleştirme testleri yapılır. Laboratuvarında bu testler hiçbir

kalibrasyonu yapılmamış, gerçek masaların ¼ boyutundaki masalarda yapılır. Farklı boyuttaki fonksiyonlar içi aynı masa kullanılır. Bu testler ‘bench-test’lerdir.

Yapılan gravimetrik testler, “cycle-testler” le desteklenmelidir. Bu testler dengeye gelene kadar devam etmelidir. Ara-ürünlerin öğütülmesi gerekiyorsa “cycle-testler”e bu işlem de dahil edilmelidir. Simülasyonla, ‘Bench-test’ sonuçlarından giderek sayısız “cycle-test” tahminleri yapılmakla birlikte, fiziksel teyit edilmiş “cycle-test” çalışmaları tercih edilmelidir”

- Şlam Testleri - Şlam genellikle cevherdeki kromitin önemli bir kısmını (~%30’a varan) içerebilir. Bu konu, yüksek oranda metamorfizma geçiren, kırılğan cevherlerde daha da önemlidir. Dolayısıyla şlamın da boyut ve fraksiyonel kimyasal analizinin bilinmesi tasarım açısından çok önemlidir. Şlamdan ekonomik olarak konsantre üretebilecek bir çok endüstriyel boyutta cihaz bulunmaktadır.

Su kazanma ve atık çöktürme testleri- Krom zenginleştirme tesisleri çok miktar (1-3m³/t cevher arasınada) su kullanırlar. Suların bir kısmının tekrar kullanılması gerekmektedir. Çoğu zaman katı ve şlam çöktürmek için “thickener”ler kullanılır. Thickener boyutunu sınırlı tutmak için fluokülant kimyasalları kullanılır. Bu kimyasallar tesiste kullanılan suyun zamanla viskozitesini etkilemektedir. Sirküle edilen suda flakülant konsantrasyonu fazla yükseldiğinde, zenginleştirme ünitesinde kromit yüzeyi flokülantla kaplanır ve partikülün “tutunma” özelliği değiştiğinden zenginleşme olumsuz yönde büyük oranda etkilenir.

- Hidrolik boyutlandırma - Tesislerde masalara beslenecek farklı boyuttaki cevher fonksiyonlarını elde etmek için ‘Hidro-sizer’ler kullanılmaktadır. Laboratuvar çalışmalarında fraksiyon sayısını, her fraksiyonun boyut aralıklarını, içerdikleri şlam miktarını, kimyasal analizlerini, konsantrasyon kriterlerini belirlemek gerekir.

-Zenginleştirme testlerinde malzemenin bazı diğer özelliklerinin ortaya koymak önemlidir

- Ön zenginleştirme – Günümüzde düşük tenorlü cevherlerin ekonomik olarak zenginleşmesini sağlamak için bu testler önemlidir;

- iri boyutlu kuru/yaş magnetik separasyon,

- ağır ortam seperasyonu (statik),
- ağır ortam seperasyonu (dinamik siklon),
- santrifüj yöntem (knelson/falcon).

Geçmişte Aladağ'dan alınan %6 Cr₂O₃ tenörlü 10 ton bantlı cevher Knelson seperatör pitot tesiste denendi ve %66 kurtarma randımanıyla %12 Cr₂O₃ içeren ön-zenginleştirilmiş konsantre elde edildi. Yapılan bütün testlerin ilave testlerle doğrulanması şart. Testler arası sapma önemli ise testlerin tekrarlanması gerekir.

Test sonuçlarının raporlanması - test sonuçları tablolar halinde raporlanırken temsili numune alımı, laboratuvarında numunelerin hazırlanma, numunelerin kimyasal analize hazırlanma protokolleri; kullanılan numune ve elde edilen ürünlerin ağırlıkları, % ağırlık oranları, %tenörler, ağırlıklı ortalama tenörler tablo halinde açık bir şekilde verilmelidir; test protokolü açık olarak verilmelidir. Kullanılan ekipmanlar, ekipmanların çalıştırdığı şartlar, test parametreleri belirtilmelidir.

Testlerde, başlangıçta kullanılan numuneden itibaren analize verilen numuneye kadar uygulanan protokol açıklanmalı; “pulp” ve “rejek”lerin saklanma yerleri ve ana numune ve laboratuvar kodları ile birlikte verilmelidir.

Bir test raporunda verilen bilgileri kullanarak, müşteri veya vekili ‘doğrulama testleri’ yapabilmelidir. Aksi durumda raporun tümü üzerinde tereddütlerin oluşması kaçınılmazdır. test çalışmalarında maksat mümkün oranda temsili bir numuneyi kullanarak, ileride tesiste yapılacak tüm operasyonların sonuçlarını tahmin etmektir.

Burada, numunenin temsili olmaması durumunda yapılan tüm test çalışmasının yanlış ve işe yaramaz olacağı sonucu çıkar.

Laboratuvarında yapılan küçük boyuttaki testler “bench-scale” cevherin zenginleştirme işlemlerinde temel davranışını ortaya koymak için yapılırlar.

Cevherin “bench-testler” sonunda temel, fiziksel ve kimyasal özellikleri ortaya konduktan sonra, ekonomik bir değerlendirmeden sonra

daha ileri safhada testlere ‘pitot-boyutta’ devam edilip edilmeyeceğine karar verilir.

Birçok üniversitesi laboratuvarı sektöre ucuz sayılabilecek hizmet vermektedir. Verilen ucuz hizmet sonunda Üniversite laboratuvar hizmetini sürdürmek için kaynak bulamaz duruma düşer. Üniversite kendine verilen üstün konuma dayanarak sanayinin taleplerini yerine getirmediği çok sanayiye kendi prosedürlerini empoze etme yetkisini kendisinde görür. Kontrol mekanizması, yetki ve sorumluluk belirsizleşir. Üniversite ve Sanayi İşbirliği, Üniversite ve Sanayi rekabetine dönüşür ve tabiidir ki Sanayi devlet destekli haksız rekabet karşısında ticari bir laboratuvarı yaşatamaz.

4-TESİSLERİN TASARIMI

“Ben, tepelik bir yer seçerim, ustama kırıcı deresini şuraya, değirmi şuraya ve masaları şuraya koy derim ve tesisimi kurarım” deneyimli bir maden mühendisi.

Bugünlerde, bunu diyecek maden mühendisi sayısı çok azaldı, ama hala var. Türkiye’de kabul edelim/etmeyelim kromit zenginleştirme tesislerinin çoğu yukarıdaki anlayış ile kuruldu. Aynı anlayış akım şeması ve metalürjik balans ve ekipman seçiminde de sergilendi. Kurulan bu tesislerin büyük çoğunluğu yatırımcısına sağlayacağı varsayılan faydayı sağlamadı. Bugünün koşullarında, işletilmesi mümkün olan yüksek tenörlü atıklar ve ara ürünler, atık barajları tasarlanmadığından yok oldu.

4.1-Tesis Tasarım Mühendisliği

Tesis Proses Tasarım Mühendisliği ile Tesis İşletme Mühendisliği ayrışmasının gerektiği batıda uzun yıllar önce anlaşıldı ve uygulanmaktadır. Bununla birlikte, Proses mühendisi ve tesis işletme mühendisi birbirini tamamlarlar. Proses mühendisi işletmede elde edilen deneyimleri dikkate alınmakla yerel koşulları tasarıma yansıtma başarı şansını arttırır

- Proses Tasarım Mühendisliği multi disiplinler olmak zorundadır. Bünyesinde; maden mühendisleri, Cevher Hazırlama mühendisleri, jeoteknik ve hidrojeoloji mühendisleri, çevre mühendisi, elektrik ve elektronik mühendisleri, makine ve inşaat mühendisleri, hukukçu, iş idaresi uzmanları olmak zorundadır.

Proje ne kadar büyükse ihtiyaç duyulan disiplinlerin sayısı artar. Proses tasarımı için ihtiyaç duyulan temel girdiler; cevher yatağının karakteristikleri, test çalışmaları ve Raporu, ekonomik değerlendirme çalışmaları (scope, PFS, FS), ÇED raporu, Hidroloji ve hidro-jeoloji raporu, ve sahanın jeoteknik raporu olmazsa olmaz çalışmalarıdır.

Bütün bu bilgiler teyit edilmiş bilgiler olmak zorundadır. Bu bilgilerden yeniden doğrulanması gerekenler doğrulanmalı veya tekrar hazırlanmalıdır.

4.2 Programlama Ve Simülasyon

Proses tasarımı artık simülasyon teknikleri kullanılmaktadır. Bu teknikle, laboratuvarında belirlenen güvenilir verileri kullanarak sınırsız sayıda senaryoyu test etmek mümkün olmaktadır. Elde edilen simülasyon sonuçlarının gerçek laboratuvarında elde edilen sonuçlarla uyumlu olması gerekir. Bu konuda SPOC, MOBSIM, JKSimMet, USIMPAC programları daha çok öğütme devrelerinin tasarımında başarı ile kullanılmaktadır. BRUNO ve Plant Designer program programları kırıcı devrelerinin simülasyonunda yine başarı ile kullanılmaktadır.

Yerli programların geliştirilmesinde de çalışmalar devam etmektedir. Bütünsel Devre tasarımı için kullanılmak için TÜBİTAK destekli bir proje kapsamında, Dr. Tuğcan Tuzcu yönetiminde DAMA Mühendislik bir yıldan fazla bir süredir bir çalışma yürütmektedir. Programın ticarileştirilmesi sunumu 2019'un ilk yarısında olacak gibi görülüyor.

4.3- Ekipman Seçimi

4.3.1 Kırma Ve Eleme

Her tür cevherin kırılması ve elenmesinde alternatifler uluslararası ekipman üreticileri tarafından sunulmaktadır. Yerli üreticiler de cevher hazırlama makine ve ekipmanları alanında artan oranda bütünsel alternatifler sunmaktadırlar.

Çeneli kırıcılar, standart ve kısa kafa konik kırıcıları, darbeli kırıcılar, dik-milli kırıcıları üreterek piyasaya sunmaktadırlar. Eleklerde de eğimli eleklerden, muz tipi elek, yüksek frekanslı elekler, susuzlandırma elekleri piyasaya sunulmaktadır. Elek yüzeyleri imalatında da artan oranda iyileştirme gözlenmektedir. Kauçuk ve HDPE yüzeyler kullanıma sunulmaktadır. İnce (< 1mm) boyut için elek yüzeylerinde fazla bir ilerleme henüz sağlanmamış olmakla birlikte, ilerleme kaydedilmesi beklenmektedir.

Apron feederler, Vibrör besleyiciler, numune alıcılar, elektronik bant kantarları, silolardan akış sağlayıcı pnomatik patlangaçlar imal edilmekte ve başarıyla kullanılmaktadırlar.

4.3.2 Öğütme Ve Klasifikasyon

Orta boy SAG değirmen dahil her kapasitede öğütme devresini yerli ekipmanlarla tasarlamak mümkündür. 1Mt kapasiteli orta altı projeler için siklonlara basan değirmen önü pompalar imal edilmekte ve başarıyla kullanılmaktadırlar. Değirmen önü pompaların siklonlar yerine Derrick tipi eleklerle basması, krom zenginleştirmede standart uygulama olmaya başlamıştır. Bunda, aşırı öğütmeyi önleyerek şlam kontrolü sağlamanın rolü olsa gerek. Derrick Tipi elekler yüksek frakanslı elekler olup 100 mikronunun altına eleme yapabilmektedirler. Benzer tip eleklerin yerli üretimi denenmiş ancak yeteri başarı sağlanamamıştır.

Siklonlar, şlam atmada en etkin yöntemle olarak önemlerini korumaktadırlar. Şlam boyutundaki malzeme ile kaçan kromiti kurtarmak için yüksek basınç altında mini siklon bataryası ve MGS uygulaması, PINAR Madencilğin Aladağ kromlarında denenmiştir. 100 mikronda kesilen ve %6 Cr₂O₃ içeren siklon üstü malzeme önce bir DSM elekte elenerek çer-çöpten temizlendikten sonra mini siklonlara basılmış ve siklon altı MGS cihazlarına beslenmiştir. Uygulamadan %46 Cr₂O₃ içeren kromitin ekonomik olarak elde edildiği görülmüştür.

4.3.3 Klasifikasyon

Masa zenginleştirmesi öncesinde malzemeyi farklı boyutlarda klasifiye etmek için yerli imal edilen Hidrolik Klasifikatörler kullanılmaktadır. Stokes klasifikatörlerinden kopya edilen bu cihazlarda sistemdeki kum kaynamasına bağlı olarak çalışan ve alt çıkışı kontrol eden bir kontrol sistemi yerli üretimlerde bulunmamaktadır. Yazarın gezdiği birçok tesiste gördüğü, bu yerli cihazların bir süre sonra, içi kısmen malzeme dolu, altı delik 6-8 kompartımanlı tank olarak işletildiğidir.

Modern Hidro-Sizer'larda tanklardaki engelli çökme sonunda klasifiye olan malzemenin dipteki yoğunluk artışı ve kaynama sensörlerle takip edilebilmektedir. Aynı sensörler belenen kaynama suyu miktarını da kontrol etmektedir. Tankın dibine yerleştirilmiş konik bir teknede klasifiye edilmiş malzeme kısmen susuzlandırılarak (thickener'lerde olduğu gibi) masalara gönderilmektedir. Bu cihazların benzerlerinin henüz imal edilmemiş olması şaşırtıcıdır.

4.3.4 Zenginleştirme

Masa seçimi ve işletilmesi özen isteyen bir iştir. İşletilen cevher tenörlerinin %6 Cr₂O₃ civarına düşmesi nedeniyle zenginleştirme için masalar tek alternatif olmaya başlamıştır. Bu uygulamanın spiral-masa uygulamasına geçiş yapması beklenmelidir.

Masalara yük dağıtımı için motorize dağıtıcı kullanılması iyi bir uygulamadır. Şlam, masalardaki zenginleştirmenin en büyük düşmanıdır. Masalar beslenen malzeme boyutuna göre değişiklik göstermektedirler (farklı çıta eşik yükseklikleri, yüzey malzemesi, strok ve amplitüd). Şlam boyutundaki kromit için kullanılan masalar ayrı kategoride masalardır.

Yerli imalat masalar yaygın olarak kullanılmaktadır. Birçoğu Wilfley masalarının kötü kopyalarıdır. Strok ve Amplitud ayarı bir süre sonra işe yaramaz olmaktadır. Üreticiler, masa imalatında daha kalite malzeme kullanmaya teşvik edilmelidir. Ucuz Çin masa alımları, yerli üreticileri iyi malzeme kullanmakta caydırıcı etki yapmaktadır. Katlı masalar mümkünse kullanılmamalıdır.

4.4 Tesis İşletmeciliği

Eskiler, tesisler bebek gibidir sürekli bakım isterler. Bir diğer anlamıyla tesisler temiz tutulmalıdır. Tesisler ergonomik kurulmalıdır. Tesislerde otomasyon hemen hemen hiç bulunmamaktadır. Dolayısıyla tesis ünitelerinin sürekli gözlenmesi gerekir.

Her tesisin küçük de olsa bir laboratuvarı bulunmaktadır. Burada kimyasal analizlerin yanında, yaş ve kuru elek analizleri yapılabilmektedir. Tane boyut analizleri zaman zaman elek analizleri ile kontrol edilmesine karşın, gezilen tesislerin çok azında delik olmayan elek bulmak mümkündür.

Tesislerde kullanılan suyun niteliği mevsim değişiklikleri veya tesisten kaynaklanan etmenlerle değişebilmektedir. Mevsimsel değişiklikler fiziksel kirliliğe neden olabilir ve sertliğin artması sonucunu doğurabilir. Bu durumda suyu dinlendirerek fiziksel kirlilikten temizleyerek kullanmak gerekir. Kirece karşı mücadelede de anti-scalant kullanılmalıdır. Tesiste flukülant kullanılması durumunda tesise döndürülen suda flukülant birikmesi aşırı olmaya başlar. Flokülantlarla

aşırı kirlenmiş ve viskoz haldeki su masa yüzeylerini yağlanmış gibi kaygan hale getirmektedir. Yüzeye tutunamayan partiküller, her strokta ilerleme yerine yerinde saymaktadır.

Tesis performansını ölçmek için alınan numuneler mümkünse her vardiyada analiz edilmektedir. Tesislerde konsantre ve atığın birden fazla noktadan alınması nedeniyle performans hesaplamaları nadiren doğruya yakın yapılabilmektedir.

- Tesis metal kurtarma randımanları 35-50% arasında değişmektedir. Tesiste performans kontrolü sağlamak için asgari olarak;
 - beslenen cevherin otomatik tartımı, numunelenmesi ve analizi,
 - değirmen çıkışı pulp yoğunluğunun manuel kontrolü,
 - siklon pompalarının çıkışının debisinin ve yoğunluğunun ölçülmesi,
 - siklon giriş basıncının ölçülmesi,
 - siklon altı ve üstü malzemenin boyut analizi sık sık yapılmasını sağlamalı,
 - ara ürünleri serbestlik derecesi sık sık kontrol edilmeli,
 - konsantre debi ve yoğunluğu, atığın debi ve yoğunluğu otomatik olmasa da volümetrik ve katı miktarı/tartım yoluyla en az her vardiya tesis dengede iken yapılmalıdır,
 - tesisin atık ve konsantresinin tek noktadan çıkması ve buralara otomatik numune alıcı mutlaka konmalıdır.
 - Tesisler laboratuvarında
 - kimyasal analiz,
 - elek analizi yapılabilmelidir.
 - tane boyutu analizörü ve bir binoküler mikroskop kullanarak kritik noktalardaki numuneler üzerinde tane boyutu analizi ve serbestleşme derecesi ölçüm ve gözlemleri yapılmalıdır.

Tesisin günlük performansı rapor edilmeli, ay boyunca toplanan numunelerin harmanlanarak harmanın analiz edilerek aylık ve günlük sonuçlar karşılaştırılmalıdır. Uyumsuzluğun yüksek olması durumunda nedeni araştırılmalıdır. Operatörlerin hatalarını düzeltebilmesi için önce hataları tespit etme imkanına sahip olmalı. Performans kontrolü “Audit” en az yılda bir defa 3üncü kişi ve kuruluşlarca yapılmalıdır.

Bu kontrollerde,

- ekipman performansları,
- aylık/günlük rapor sonuçlarının karşılaştırılması,

-toplam tesis metalürjik performansı ay içinde kullanılan cevherdeki metal miktarı; elde edilen konsantrenin metal miktarının sağlamanın yapılmalıdır

Tesislerin performanslarının iyileştirilmesi daima mümkündür. Dünya bu konu ile ciddi şekilde meşguldür. Tesis performansını,
- cevherdeki karakteristik değişikliğini belirleyerek tedbir almak,
- işletme körlüğünü ortadan kaldırmak,
- kontrol sistemini iyileştirme,
- ünite maliyet analizleri yoluyla ekonomik üretim sağlamayan ünitelerin devreden çıkarılması veya daha verimli ünitelerle değiştirmek suretiyle sürekli yükseltmek mümkün olabilir.

Yukarıdaki öneriler, henüz otomasyon girmeyen tesisler içindir. Bu öneriler, halen mevcut olan tesislerin tümünde yerine getirilebilecek önerilerdir.

Özetlemek gerekirse, çok az tesis 1940'larada kurulan Guleman'daki tesis ile Kavak'taki tesisin performansını aşabilmiştir.

Gelecek İle İlgili Tahminler

Ferro-krom üretimi için elektrik ark fırınları kapasiteleri ve elektrik tüketimi artmaktadır. Bununla birlikte ünite üretim başına elektrik tüketimi düşmektedir.

Fırınlara peletlenmiş krom tozu besleme; beslemeden önce malzemeyi ön ısıtmaya tabi tutma ekonomi sağlanmaktadır. Yine fırınların üstlerinin kapatılmasına başlanması ile emisyonlar azalmaktadır. Düşük kV-Amp kullanılan eski fırınlardan onlarca mega Volt-Amp fırınlara geçilmektedir. Çelik endüstrisindeki teknolojinin değişimi ile, Ferrokrom talebi düşük karbonlardan, yüksek karbonlu FeCr'a geçiş sağlanmış bulunmaktadır.

Kromit üretimi şirketlerden, dikey entegre olmuş üreticilere geçmektedir. Buna bağlı olarak, Ferro-krom üretimi paslanmaz çelik üreticilerinden krom cevheri üreten ülkelere geçmektedir. Bu değişimler Türkiye'nin önüne aşılması gereken önemli hedefler koymaktadır.

Dikey entegrasyon - Üretilen krom konsantresinin önemli kısmını ham olarak yurt dışına, özellikle Çin'e satmaya devam etmekteyiz. FeCr kapasitesini arttırma planı enerji fiyatlarının yüksekliği nedeni ile sürekli ertelenmekte ve yerli krom üreticisi Afrika'nın kalitesi düşük ama üretim maliyetli düşük ürünü ile rekabet etmek durumunda bırakılmaktadır. Oysa Seydişehir Alüminyum/Oyma Pınarı hidroelektrik modelini üretenler de bu ülkenin insanlarıydı.

Üretim Ölçeği – Ülkemizdeki tesislerin ölçekleri, krom yataklarının büyüklüğü ile orantılı olmayıp çok düşüktür. Düşük tenörlü, yüksek tonajlı yataklar için yüksek kapasiteli tesislerle maliyetleri düşürebiliriz.

İleri teknoloji Kullanımı – Tesislerimizin küçük boyutlu olması İleri teknolojiyi kullanmaya imkan vermemektedir. Cevher Hazırlama mühendisliğinin önündeki en büyük sorun, Cr_2O_3 içeren cevherleri işlerken krom kurtarma verimlerini %75'lere çıkarmaktır.

Kalitesi ile Dünya'da üstün bir yeri olan krom yataklarının aranması, konsantre edilmesi ve dikey entegrasyon içinde optimum yüksek katma değeri sağlamasını sağlamak görevi önümüzde durmaktadır; bu görevi aşmak için Devlet, yatırımcılar, üreticiler ve mühendislik kuruluşlarının birlikte çalışarak bir yol-haritası geliştirmesine acilen ihtiyaç duyulmaktadır.

ETİ KROM A.Ş.



Tarihçe

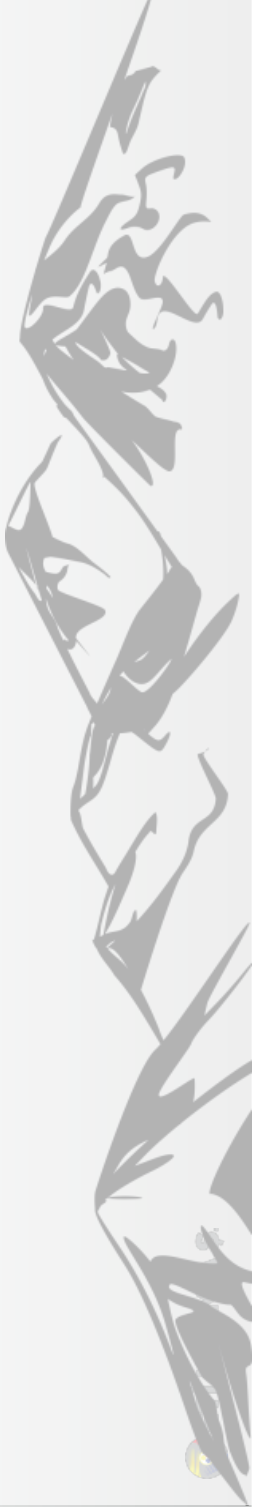
1870

Türkiye Jeolojisi hakkında çalışmalar yapan Rus jeolog Cahecef tarafından Güleman kromlarına değinilmiştir.



1935

Güleman cevher yatakları keşfedilmiştir.





1935

Eti Bank Genel Müdürlüğü kuruldu.

1939

Eti Bank Şark Kromları İşletmesi Müessesesi'ne dönüştürülerek Eti Bank Genel Müdürlüğüne

bağlanmıştır.

1936

Krom yataklarının işletilmesi ve krom cevheri olarak yurt dışına ihraç edilmesi amacıyla Şark Kromları T.A.Ş. kurulmuştur.

1977

İki adet toplam 50.000 t/y kapasiteli ark firması devreye alınmıştır.





1990

İki adet toplam 100.000 t/y kapasiteli ark fırını devreye alınmıştır.

1998

Eti Holding A.Ş.'ye bağlı Eti Krom A.Ş Genel Müdürlüğü adını almıştır.

1991

Outokumpu 84 t/s kapasiteli Kef konsantrasyon tesisi kurulmuştur.

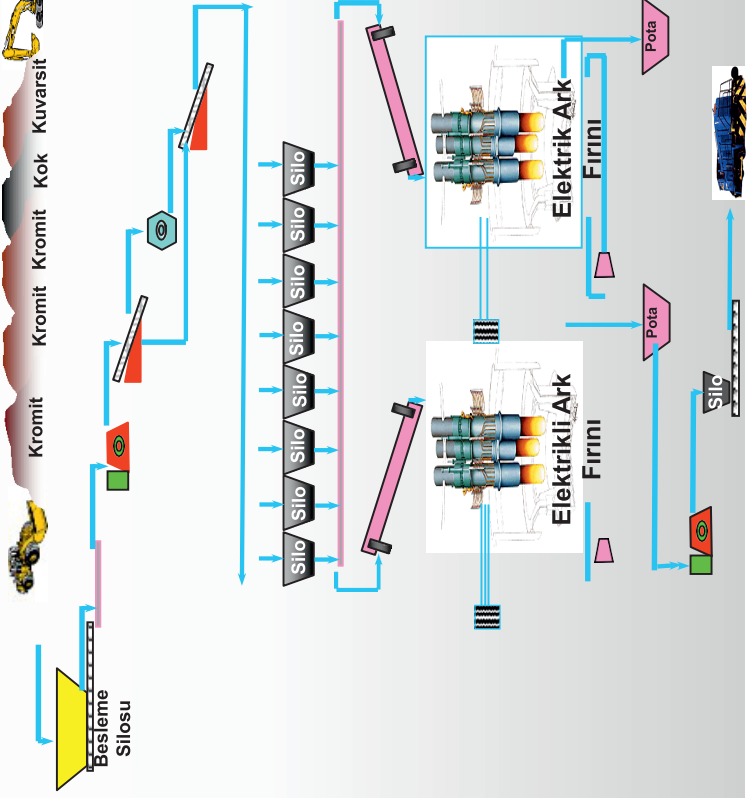
2004

Özelleştirilerek \$ 58,1Milyon'a Yıldırım Grubuna devredilmiştir.



Etİ Krom A.Ş.

Ferrokrom Tesisi



2 fabrikada
Yüksek
Karbonlu
Ferrokrom
(HC FeCr)
üretilmektedir.



Üretim-A Tesisi

2 adet 17 MVA'lık açık tip fırına
elektrik ark fırınlarına sahiptir._
Kapasite: 50,000 mt/yıl

Üretim-B Tesisi

2 adet 30 MVA'lık yarı-kapalı tip
elektrik ark fırınlarına sahiptir._
Kapasite: 94,000 mt/yıl

Etikrom A.Ş.

Ferrokrom Tesisi



Ergitme



Mal Alma



Döküm

%30-%46 tenör aralığında cevher
Yüksek metalurjik özellikler



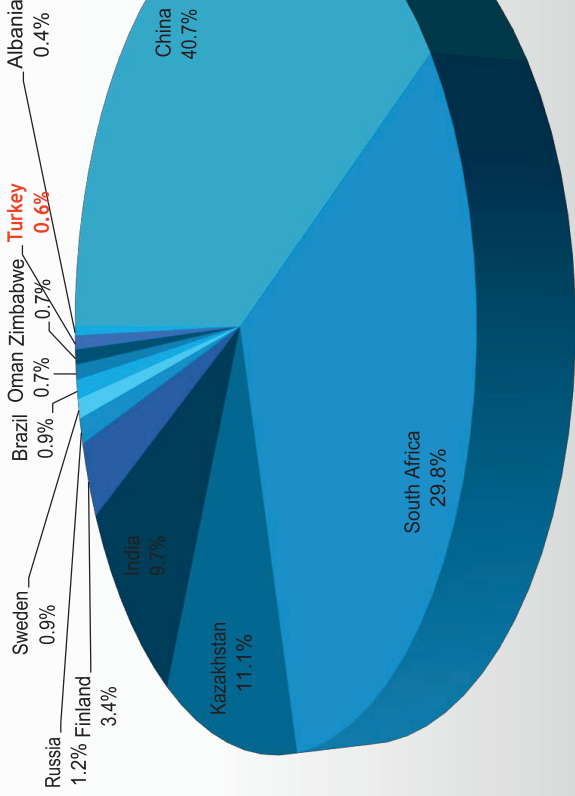
Yüksek Karbonlu Ferrokrom

%Cr değeri **60 ila 67** ve %C değeri **5 ila 8,5** arasında **9 farklı HC FeCr**

Alternatif ferrokrom ürünleri geliştirmek açısından Kef bölgesi cevherleri dünyada nadir bulunan kromitlerden birisidir.

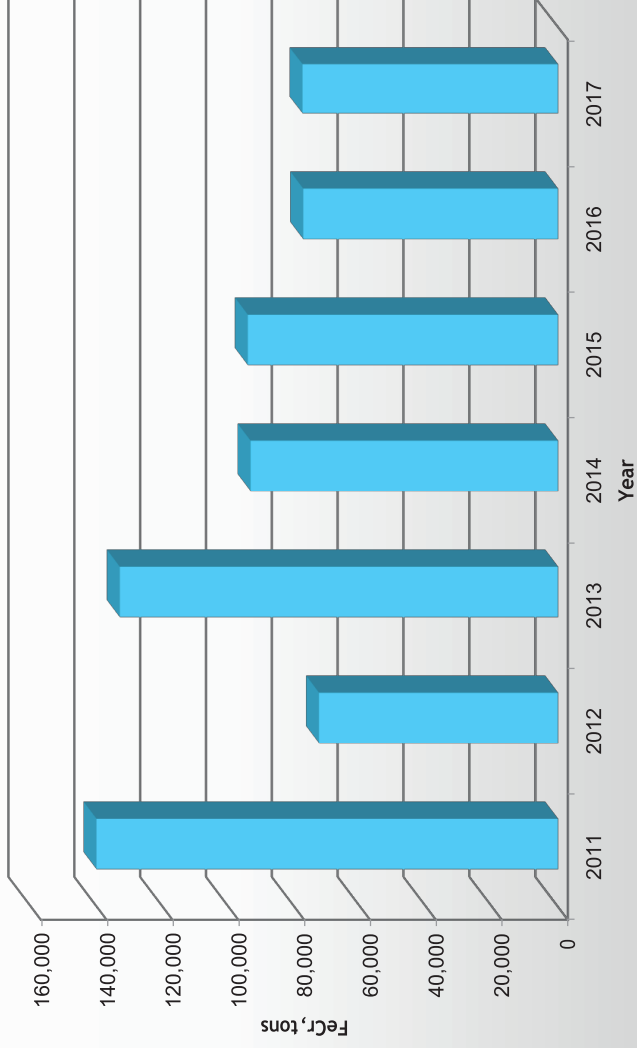
Dünya HC Ferrokrom Üretimi

2017 FeCr Prod	FeCr, tons
China	4,994,400
SouthAfrica	3,658,054
Kazakhstan	1,361,881
India	1,194,847
Finland	416,284
Russia	141,500
Sweden	108,028
Brazil	105,486
Oman	84,267
Zimbabwe	82,325
Turkey	77,545
Albania	49,142
Total	12,273,759



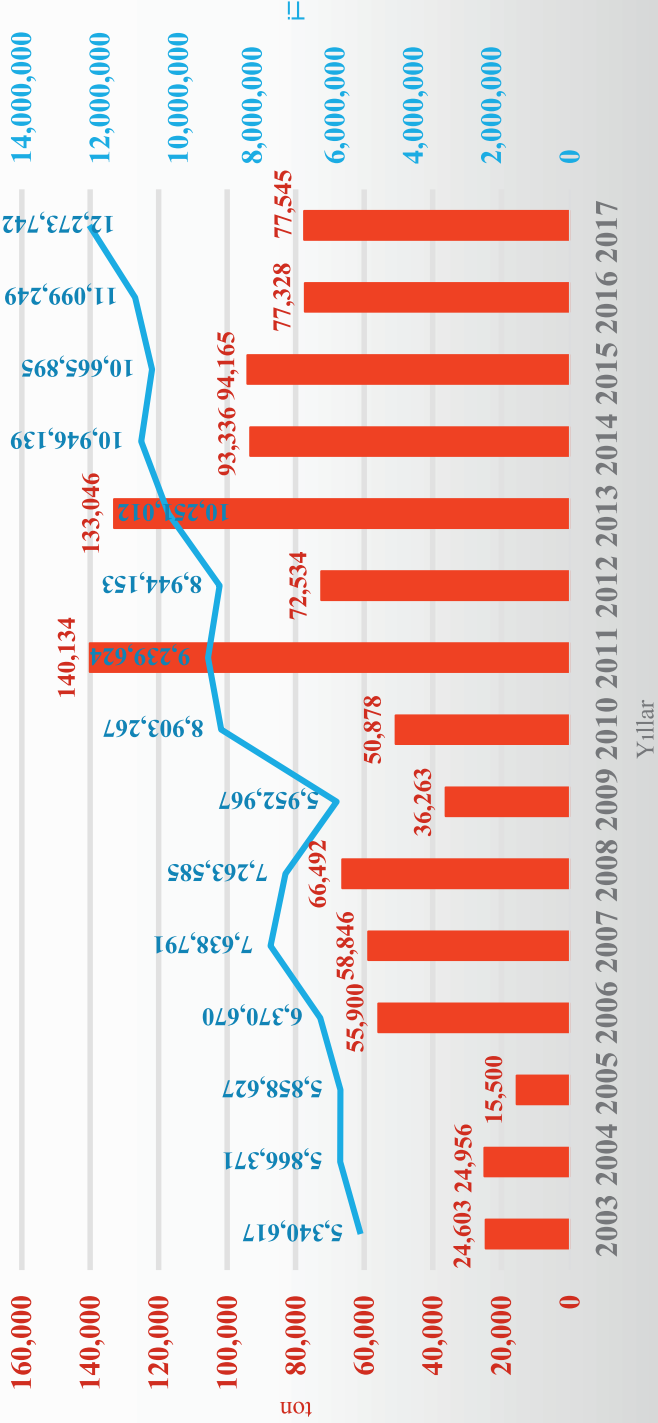
Etİ Krom A.Ş.

Türkiye HC Ferrokrom Üretimi



Etİ Krom A.Ş.

Türkiye ve Dünyada Ferrokrom Üretimi



Etİ Krom A.Ş.

Fırınlara beslenemeyecek kadar ince boyutta olan konsantre cevherin fırınlara beslenecek boyutlara ulaşmasıdır.

23.00 t/y

2010



Tesisin devreye alınması

16.000 t/y



- Devreye Alma : 2010
- Üretim Kapasitesi : 250 Palet / vardiya
- Besleme Tenörü : ~40% Cr₂O₃
- Üretim Metodu : Press Makinası ile sıkıştırma
- Üretim Miktarı : 23,000 ton / yıl
- Vardiya : 2

Etikrom A.Ş.

AGK Konsantre Tesisi

SIFIR ATIK

KURULUŞ AMACI

Atıkların Değerlendirilmesi

- ✓ -10 mm elek altı tozlarının zenginleştirilmesi
- ✓ Granüle cüruf atıklarından (800.000 ton @ %5 Cr) metal kazanımı
- ✓ KEF Atıklarının zenginleştirilmesi



- Devreye Alma : Kasım, 2015
- Besleme Kapasitesi : 25 t/h, - 10 mm
- Kurulu Güç : 1 MW
- Besleme Tenörü : 14-40% Cr₂O₃
- Zenginleştirme Metodu : Gravitasyonel
- Metal Kazanma verimi : Çubuklu değirmen 280 kW, – 500 mikron
- : Jig
- : Sallantılı masa
- : %85-90

Etikrom A.Ş.

Agrega Tesisi

KURULUŞ AMACI

Beton tesisine ham madde sağlanmasıdır.



- Devreye Alma : 2011
- Besleme Kapasitesi : 270,000 t / yıl
- Besleme Tenörü : ~8% Cüruf
- Üretim Metodu : Kirma - Eleme
- Üretim Miktarı : 130,000 ton / yıl
- Vardiya : 3

Etİ Krom A.Ş.

- ✓ İnşaat sanayinde kullanılan ve her türlü teknikle üretilen beton,
- ✓ Hazır beton ,
- ✓ Gaz beton,
- ✓ Hafif yapı elemanları üretimini yapmaktadır.



- Devreye Alma : 2010
- Besleme Kapasitesi : 100 t/saat, - 62,5 m² kilit taşı / saat
- Hazır beton üretim Kapasitesi : 235.520,00 ton/yl
- Kilitli parke taşı üretim Kapasitesi : 34.560,00 ton/yl
- Besleme Hammadesi : 100-300 Mikron Spinel Grubu Mineralleri
- Üretim Metodu : Press cihazı ile parke taşı üretimi, Mikserlerde beton üretimi

Etikrom A.Ş.

Cüruftan Metal Kazanım

1. Entes : Jig Metal Geri Kazanım
2. Sallantılı Masa : Şlam ve toz Metal Geri Kazanım

KURULUŞ AMACI

Cüruftan ve devletten kalma şlam içerisindeki ferrokromu kazanmaktır.



- Devreye Alma : 2012
- Üretim Kapasitesi : 10 ton / saat
- Üretim Miktarı : 23,000 ton/yılı
- Besleme Tenörü : %9-12 Ferrokrôm (-1 mm)
- Ürün Tenörü : %62-64 Ferrokrôm
- Besleme Hammadesi : Şlam
- Üretim Metodu : Gravitasyonel
- Zenginleştirme (Sallantılı masa ve JIG)

Eti Krom A.Ş.

ARGE – Kalite

- ARGE Merkezi
- 17025 Laboratuvar Akreditasyonu
- Ürün kalitesi
- Ürün çeşitliliği
- Süreç kalitesi – Kalite Kontrol



ARGE – Kalite

- **ATIKLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ (SIFIR ATIK)**
 - Parke Taşı Üretimi, Agrega üretimi
 - Enerji Geri Kazanım Tesisi (EGK)
 - Atık Geri Kazanım Tesisi (AGK)
 - Kef Kromit Atıklarının Değerlendirilmesi
 - Ferrokrom çürüflerinin zenginleştirilmesi



Etı Krom A.Ş.

Çevre, Sosyal, İş Sağlığı ve Güvenliği

Kapın Rehabilitasyon Projesi – 2014 ICDA Çevre Ödülü



Hacim	: 5.500.000 m ³
Metallürjik Cevher	: 327.000 ton
Tenör	: 40-44%
Refrakter Cevher	: 88.313 ton
Tenör	: 44-48%
Atıktan Geri Kazanılan Cevher	: 40.000 tons
Toplam Değer	: USD 150 M
Doğru Malzemesi	: 1.600.000 m ³

Enerji Geri Kazanım (EGK) Tesisi



5.5 MW güç
Yaklaşık yıllık ortalama 25.000 ton CO₂ emisyonunun azaltılması

Etı Krom A.Ş.

ARGE – Kalite – Çevre – İSG

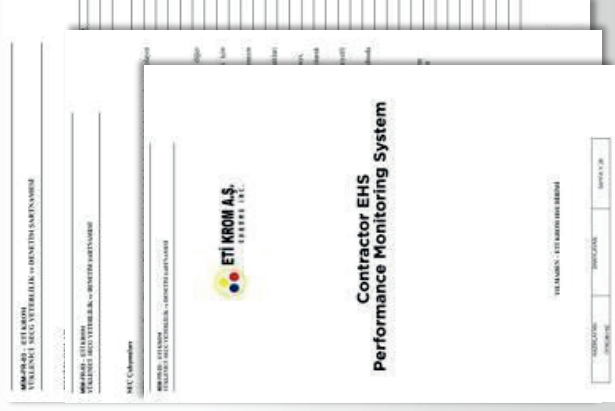
Maden Modernizasyon Projeleri



- ✓ Elektrifikasyon Projeleri
- ✓ Yeraltı Personeli İzleme ve Takip Sistemleri (PMS)
- ✓ Havalandırma Projeleri



Müteahhit Performans İzleme ve Takip Sistemi



- ✓ Müteahhitler için özel olarak oluşturulmuş EHS Performans İzleme Sistemi sayesinde, müteahhitlerimizin yeterliliğini denetliyoruz.
- ✓ Çevre, İş Sağlığı ve Güvenliği, Sosyal konularda bir çok başlık altında, özel bir puanlama sistemi kullanılmaktadır.
- ✓ Sürekli eğitim programları sürdürülmektedir.



Etı Krom A.Ş.

ARGE – Kalite – Çevre - İSG

Zeycan Yıldırım Endüstri Meslek Lisesi
İnşaatı / Elazığ



Üniversite & Endüstri İş birliği Çalışmaları



Yılmaden Holding iştiraki Etı Krom A.Ş. ile Oregon Devlet Üniversitesi (OSU) arasında krom tüketiminin global olarak artırılması amacıyla korozyona dayanıklı alaşım geliştirme projesi başlatılmıştır.

Etı Krom A.Ş.

Sonuçlar

- Türkiye 30 Milyon tonluk dünya kromit cevheri/konsantresi üretiminin %4'üne sahipken ferrokrom üretiminin yalnızca %0.7'lik kısmına sahiptir.
- Türkiyede üretilen her 4 ton üretimin yalnızca 1 tonu yurtiçinde ferrokrom üretiminde kullanılmaktadır.
- Mevcut ferrokrom tesislerimiz cevher eksikliği ve üretim maliyetleri dolayısıyla %50 kapasitede çalışmaktadır.
- Yataklanma yapısı sebebiyle kaynak tespiti zor olan kromit yataklarının verimli şekilde tespit edilmesi ve işletilebilmesi için jeolojik arama faaliyetleri teşvik edilmelidir.
- Üretilen kromit cevherlerinin yurtiçinde kullanımına yönelik gerekli teşvik ve yasal düzenlemeler hayata geçirilmelidir.



MADEN KANUNUNDAKİ SON DEĞİŞİKLİKLER

Prof. Dr. Mustafa TOPALOĞLU

Özyeğin Üniversitesi / Topaloğlu Avukatlık Bürosu

I. İZİNLERLE İLGİLİ YENİ 2018/8 SAYILI CUMHURBAŞKANLIĞI GENELGESİ'NİN DEĞERLENDİRİLMESİ

1. 2012/15 SAYILI BAŞBAKANLIK GENELGESİ UYGULAMASI

Kamu kurum ve kuruluşları ile sermayesinin yüzde ellisinden fazlasının kamu kurum ve kuruluşlarına ait şirketlere ilişkin olarak bunların mülkiyetlerinde veya tasarruflarında bulunan taşınmazlara ilişkin yapılacak her türlü tasarruf işleminin (*satış, kira, irtifak, takas, tahsis, devir vb...*) Başbakanlık Genelgesine bağlanması zorunluluğu getiren 2012/15 sayılı Başbakanlık Genelgesi 16 Haziran 2012 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Bu Genelge çerçevesinde uygulamada ve kanunda bazı sıkıntılar yaşanmıştır. Aşağıda ayrıntılı olarak ele alınan bu süreçlerin sonucunda Genelge 12 Eylül 2018 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan 2018/8 sayılı Cumhurbaşkanlığı Genelgesi ile yürürlükten kaldırılmıştır.

Her ne kadar Genelgenin taşınmazlara ilişkin olması ve madenlerin taşınmaz olarak kabul edilmemesi nedeniyle ilk başta maden ruhsatlarının verilmesi ve devir işlemlerini kapsamayacağına dair kanaat olmasına rağmen; uygulamada kısa bir süre sonra Maden İşleri Genel Müdürlüğü tarafından her türlü maden arama ve işletme ruhsatlarının verilmesi ve bu ruhsatların devir ve bölünme işlemleri için dahi işbu Genelge uyarınca Başbakanlık'tan izin alınmasına karar verilmiş ve bu kapsamda bir uygulama sürdürülmüştür.

1. DANIŞTAY'IN YÜRÜTMEYİ DURDURMA KARARINDAN SONRAKİ DURUM

Ancak bu uygulama 3213 sayılı Maden Kanununun 7nci maddesinin ilk paragrafındaki; “... *Bu Kanun dışında madencilik faaliyetleri ile ilgili olarak yapılacak her türlü kısıtlama ancak kanun ile düzenlenir*” ibaresine açıkça aykırılık göstermektedir. Normlar hiyerarşisi açısından da sıkıntı yaratarak açıkça bir kanun hükmü olmadan Genelge ile maden izin süreçlerinde kanuni olmayan bir uygulama yaratılmıştır. Nitekim söz konusu Genelge'nin hukuka aykırı olduğu iddiasıyla hem Genelge'nin hem de buna dayanarak arama ruhsatı verilmesi talebinin reddi işleminin iptali için Danıştay'a başvurulmuştur. Bu başvuruyu müteakip Danıştay 8. Dairesi'nin 11.11.2015 tarihli E.2014/7883 sayılı kararı uyarınca Genelge için yürütmenin durdurulması kararı verilmiştir. Danıştay İdari Dava Daireleri Genel Kurulu'na bulunulan itiraz ise 27.04.2016 gün ve E.2016/98 sayılı kararıyla reddedilmiş ve Başbakanlık Genelgesi'nin hukuka aykırı olduğu teyit edilmiştir.

2. YENİ 2018/8 SAYILI CUMHURBAŞKANLIĞI GENELGESİNİN KAPSAMI

Öncelikle belirtmek gerekir ki, maden sektörü yüksek meblağlar ile yatırım yapılan bir alandır. Bu sebeple yatırımcıların kendilerini hukuki güvenlik içerisinde hissetmesi sağlanarak, sektörün daha çekici olması ve daha süratli bir şekilde ivmelenmesinin sağlanması gerekmektedir. 2012 yılında yürürlüğe giren bu Genelge ise MİGEM tarafından uygulamaya başlatıldığında izin süreçlerini uzatarak yatırımcıların zor duruma düşmesini ve birçok şirketin bu nedenlerle zarar uğramasına neden olmuştur. Danıştay tarafından verilen kararlar neticesinde maden sektörüyle ilgili uygulama alanı kalmayan Başbakanlık Genelgesi 12 Eylül 2018 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan 2018/8 sayılı Cumhurbaşkanlığı Genelgesi ile yürürlükten kaldırılmıştır.

Yeni yürürlüğe giren Cumhurbaşkanlığı Genelgesi ile yürürlükten kaldırılan Başbakanlık Genelgesi'nin ardından yeni dönemde izin süreçleri; Bakanlıklar ile bağlı, ilgili ve ilişkili kamu kurum ve kuruluşlarında bakan yardımcısı, diğer kamu kurum ve kuruluşlarında üst yönetici başkanlığında teşkil ettirilen komisyonlar

vasıtasıyla yürütülecektir. Ayrıca, söz konusu komisyonlarca izin başvuru ve sonuçları her yıl Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim aylarında Cumhurbaşkanlığına bildirilecektir.

Yeni Cumhurbaşkanlığı Genelgesinin 3213 sayılı Maden Kanunu çerçevesinde gerekli izin süreçlerine uygulanıp uygulanmayacağını öncelikle belirlenmelidir. 3213 sayılı Maden Kanunu'nda yaklaşık 10 adet izin süreci öngörülmüştür. Bunlardan ruhsat devirleri 3213 sayılı Maden Kanunu m.5/II hükmü gereği açıkça Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın onayına bağlanmıştır. Maden Kanunu'nda öngörülen diğer izinler ise Danıştay 8. Dairesi'nin E.2014/7883 sayılı kararı gereği Başbakanlık Genelgesi kapsamı dışında tutuluyordu. Başbakanlık Genelgesi yürürlükten kaldırılmış olsa da, Danıştay'ın anılan kararında belirtilen maden ruhsatlarının Kanun'da açıkça düzenlenmedikçe herhangi bir izne tabi olmadığı ilkesi yeni Cumhurbaşkanlığı Genelgesi açısından da geçerlidir. Şimdiye kadar tespit edebildiğimiz kadarıyla yeni Cumhurbaşkanlığı Genelgesi'ni bu şekilde kavrayan MAPEG, eski uygulamasını aynen devam ettirmektedir.

Maden Kanunu'nda öngörülen izinler dışında orman, mera ve benzeri diğer izinler için aynı çıkarımda bulunmak mümkün değildir. Cumhurbaşkanlığı Genelgesi'nde söz konusu izinlerin Bakanlıkların merkezi teşkilatı ile bağlı ve ilgili ve ilişkili kuruluşlarda Bakan yardımcısı başkanlığında, diğer kamu kurum ve kuruluşlarında üst yönetici başkanlığında kurulan komisyonlar tarafından yürütüleceği öngörülmüştür.

3046 sayılı Kanunda, bağlı kuruluş "*Bakanlığın hizmet ve görev alanına giren ana hizmetleri yürütmek üzere, bakanlığa bağlı olarak özel kanunla kurulan, genel bütçe içinde ayrı bütçeli veya katma bütçeli veya özel bütçeli kuruluşlardır.*" olarak tanımlanmıştır. Bu arada yeni düzenlemeden sonra özel bütçesi bulunan MAPEG'in de bağlı kuruluş haline getirildiğini belirtelim.

Aynı Kanunda ilgili kuruluş "*Özel kanun veya statü ile kurulan, iktisadi devlet teşekkülleri ve kamu iktisadi kuruluşları ile bunların müessese ortaklık ve iştirakleri veya özel hukuki, mali ve idari statüye tabi, hizmet bakımından yerinden yönetim kuruluşları...*" olarak ifade edilmektedir. İlgili kuruluş da daha çok mahalli idareler ile KİT ve İDT'ler ve bunların kurmuş oldukları anonim şirketler öne çıkmaktadır.

Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi'nde sözü edilen yukarıda sayılanların dışındaki diğer kamu kuruluşlarına örnek olarak

üniversiteler, RTÜK, Kişisel Verileri Koruma Kurulu gibi kurumlar verilebilir.

Belirtilen söz konusu kamu kurum ve kuruluşlarında kurulacak komisyonlar kendi tasarruflarında bulunan taşınmazların madencilik faaliyetleriyle ilgili kullanımına izin verilip verilmeyeceğine nihai olarak karar vereceklerdir. Nitekim bakanlıklar, Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi'nin yayımından sonra izin komisyonlarını oluşturma çalışmalarına başlamışlardır. Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi'nde ilgili komisyonların yılda dört kez izin, başvuru ve sonuçlarını Cumhurbaşkanlığı'na bildirileceği öngörülmüşse de, buradaki bildirim onay amaçlı değil, sadece bilgi amaçlıdır.

Cumhurbaşkanı'nın yetkisini yeniden düzenleyen 21.01.2017 tarihinde değişikliğe uğrayan Anayasanın 104. maddesine göre bütün yürütme yetkisi Cumhurbaşkanı'na verilmiştir. Cumhurbaşkanı, kendisine tanınan Anayasal yürütme yetkisi kapsamında yürütme ve idarenin işleyişini çıkaracağı genelgelerle düzenleyebilir. Ancak bu amaçla çıkarılan genelgelerin kanunda düzenlenen hükümlerle çelişmemesi gerekir. Bu bakımdan Cumhurbaşkanının kendisine doğrudan bağlı olan bakanlıkların tasarruflarına ilişkin düzenlemeler yapmasında Anayasaya ve hukuka aykırılık yoktur. Oysaki yürürlükten kalkan 2012/15 sayılı Başbakanlık Genelgesi'nde Başbakanlığın, diğer bakanlıkların ve kamu kuruluşlarının izin yetkisinin gaspı söz konusu idi. Nitekim bu husus, Danıştay 8. Dairesi'nin E.2014/7883 sayılı kararında belirtilmişti. İncelenen 2018/8 sayılı Cumhurbaşkanlığı genelgesinde ise, bu tür bir yetki gaspı söz konusu değildir. Cumhurbaşkanı, yürütmenin başı olarak kendisine bağlı bulunan kamu kuruluşlarının taşınmazlarına ilişkin izin, tahsis, satış, tahsis gibi tasarruflarda bulunurken özel bir komisyon vasıtasıyla nihai kararın verilmesini istemektedir. Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi'nde, yürürlükten kalkan Başbakanlık Genelgesi'nde olduğu gibi Cumhurbaşkanlığı makamı, izin yetkisini bizzat kendi uhdesine almamakta, sadece yürütmenin izin sürecinin organizasyonunu belirlemektedir. Ayrıca gerçekleşen izin süreçleri ile ilgili bilgi almak istemektedir.

I. TÜRK PARASI KIYMETİNİ KORUMA HAKKINDA 32 SAYILI KARARDA DEĞİŞİKLİK YAPILMASINA DAİR KARAR'IN MADEN SÖZLEŞMELERİNE ETKİSİ

1. KAPSAM

Türk Parası Kıymetini Koruma Hakkında 32 Sayılı Karar'ın 4. Maddesine “*Türkiye’de yerleşik kişilerin, Bakanlıkça belirlenen haller dışında, kendi aralarındaki menkul ve gayrimenkul alım satım, taşıt ve finansal kiralama dâhil her türlü menkul ve gayrimenkul kiralama, leasing ile iş, hizmet ve eser sözleşmelerinde sözleşme bedeli ve bu sözleşmelerden kaynaklanan diğer ödeme yükümlülükleri döviz cinsinden veya dövize endeksli olarak kararlaştırılamaz.*” şeklindeki g bendinin eklenmesine ilişkin Türk Parası Kıymetini Koruma Hakkında 32 Sayılı Kararda Değişiklik Yapılmasına Dair Karar 13.09.2018 tarih ve 30534 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yine aynı tarihte yürürlüğe girmiştir. Türk Parası Kıymetini Koruma Hakkında 32 Sayılı Karara İlişkin Tebliğ’de Değişiklik Yapılmasına Dair 2018-32/51 numaralı Tebliğ ise 06.10.2018 tarihinde Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

1.1. KİŞİ BAKIMINDAN

Türkiye’de ve dışarıda yerleşik kişiler 11.08.1989 tarih 20249 sayılı Resmi Gazetede Yayınlanan Türk Parası Kıymetini Koruma Hakkında 32 Sayılı Karar’ın Tanımlar başlıklı 2. Maddesinde “*Türkiye’de yerleşik kişiler: Yurtdışında işçi, serbest meslek ve müstakil iş sahibi Türk vatandaşları dahil Türkiye’de kanuni yerleşim yeri bulunan gerçek ve tüzel kişileri, Dışarıda yerleşik kişiler: Türkiye’de yerleşik sayılmayan gerçek ve tüzel kişileri,*” şeklinde tanımlanmıştır. Bu halde, Karar’a eklenen 4/g bendi, Türkiye’de ikamet adresi bulunan gerçek kişiler ile merkezi Türkiye’de bulunan tüzel kişiler bakımından uygulama alanı bulmaktadır.

1.2. KONU BAKIMINDAN

Türk Parası Kıymetini Koruma Hakkında 32 Sayılı Karar'a yapılan ekleme ile döviz cinsinden veya dövize endeksli olarak ödeme yükümlülüğü kararlaştırılması yasağının konu bakımından kapsamı, menkul ve gayrimenkul alım satım, taşıt ve finansal kiralama dâhil her türlü menkul ve gayrimenkul kiralama, leasing ile iş, hizmet ve eser sözleşmelerinde sözleşme bedeli ve bu sözleşmelerden kaynaklanan diğer ödeme yükümlülükleri şeklinde belirlenmiştir.

2018-32/51 numaralı Tebliğ ile Karar kapsamında bulunan sözleşmeler ayrıntılı olarak düzenlenmiştir. Buna göre, konusu serbest bölgeler dahil yurt içinde yer alan gayrimenkuller olan, konut ve çatılı iş yeri dâhil gayrimenkul satış ve kiralama sözleşmeleri, yurt dışında ifa edilecekler dışında kalan iş sözleşmelerinde sözleşme bedeli ve bu sözleşmelerden kaynaklanan diğer ödeme yükümlülükleri, danışmanlık, aracılık ve taşımacılık dâhil hizmet sözleşmeleri, Türk Uluslararası Gemi Sicili Kanunu ile 491 sayılı Kanun Hükmünde Kararnamede Değişiklik Yapılmasına Dair Kanunda tanımlanan gemilerin inşası, tamiri ve bakımı dışında kalan eser sözleşmeleri, söz konusu değişikliğin kapsamında olup bu tür sözleşmelere ilişkin bedellerin döviz cinsinden veya dövize endeksli olarak belirlenmesi mümkün değildir.

Türk Parası Kıymetini Koruma Hakkında 32 Sayılı Karar'da yapılan değişikliğin kapsamı dışında bulunan sözleşmeler ise yine 2018-32/51 numaralı Tebliğ ile belirlenmiştir. Buna göre, iş makineleri dâhil taşıt satış sözleşmeleri dışında kalan menkul satış ve kiralama sözleşmeleri, bilişim teknolojileri kapsamında yurt dışında üretilen yazılımlara ilişkin satış sözleşmeleri ile donanım ve yazılımlara ilişkin lisans ve hizmet sözleşmeleri, finansal kiralama (leasing) sözleşmeleri, Türkiye Cumhuriyeti Devleti ile vatandaşlık bağı bulunmayan Türkiye'de yerleşik kişilerin taraf olduğu iş sözleşmeleri, Kamu kurum ve kuruluşları ile Türk Silahlı Kuvvetlerini Güçlendirme Vakfı şirketlerinin taraf olduğu gayrimenkul satış ve gayrimenkul kiralama dışında kalan sözleşmeler, Kamu kurum ve kuruluşlarının taraf olduğu döviz cinsinden veya dövize endeksli ihaleler, sözleşmeler ve milletlerarası antlaşmaların ifası kapsamında olmak kaydıyla; yüklenicilerin üçüncü taraflarla akdedeceği gayrimenkul satış,

gayrimenkul kiralama ve iş sözleşmeleri dışında kalan sözleşmeler, Hazine ve Maliye Bakanlığının 28/03/2002 tarihli ve 4749 sayılı Kamu Finansmanı ve Borç Yönetiminin Düzenlenmesi Hakkında Kanun kapsamında gerçekleştirdiği işlemlerle ilgili olarak bankaların taraf olduğu sözleşmeler, sermaye piyasası araçlarının (yabancı sermaye piyasası araçları ve depo sertifikaları ile yabancı yatırım fonu payları da dâhil olmak üzere) döviz cinsinden oluşturulması, ihracı, alım satımı ve yapılan işlemler ve dışarıda yerleşik kişilerin Türkiye’de bulunan; şube, temsilcilik, ofis, irtibat bürosu, doğrudan veya dolaylı olarak yüzde elli ve üzerinde pay sahipliklerinin bulunduğu şirketler ile serbest bölgedeki faaliyetleri kapsamında serbest bölgelerdeki şirketlerin taraf olduğu iş ve hizmet sözleşmeleri 32 Sayılı Karar’da yapılan değişikliğin kapsamı dışında olduğundan bu tür sözleşmelere ilişkin yükümlülüklerin döviz cinsinden veya dövize endeksli olarak belirlenmesi mümkündür.

Maden hukuku bakımından değerlendirildiğinde, maden ruhsat devrine ilişkin sözleşmeler ile rödovans sözleşmeleri de döviz cinsinden veya dövize endeksli olarak ödeme yükümlülüğü kararlaştırılması yasağı kapsamındadır.

Bilindiği üzere rödovans sözleşmeleri niteliği gereği Türk Borçlar Kanunu’nun hasılat kirasına ilişkin hükümlerine tabidir. Türk Borçlar Kanunu kira sözleşmelerine ve ürün kirası sözleşmelerine ilişkin özel hükümleri belirlemiştir. Ancak özel hüküm bulunmayan hallerde yine aynı kanunun genel hükümleri uygulama alanı bulmaktadır. Sözleşme Özgürlüğü başlıklı TBK m.26 hükmü “*Taraflar, bir sözleşmenin içeriğini kanunda öngörülen sınırlar içinde özgürce belirleyebilirler.*” şeklindedir. Bu halde, kira sözleşmelerine ilişkin özel bir hüküm ve sınır öngörülmediğinden, kiraya veren ve kiracı, akdettikleri kira sözleşmesinde kiracının ödemekle yükümlü bulunduğu kira bedelini serbestçe belirleyebilmektedir. Ancak, Türk Parası Kıymetini Koruma Hakkında 32 Sayılı Karar’a yapılan eklemelerden sonra, rödovans sözleşmelerine ilişkin rödovans bedelinin döviz cinsinden veya dövize endeksli olarak kararlaştırılması mümkün değildir.

Maden haklarına ilişkin devir işlemleri bakımından ise ayrıca değerlendirme yapılması gerekir. Maden hakkının devrinde, mülkiyeti devreden diğer süreçlerde olduğu gibi, iki ayrı işleme ihtiyaç vardır. Öncelikle taraflar arasında maden hakkının devri borcunu doğuran satım, bağışlama ve trampa gibi borçlandırıcı işlem yapılmaktadır. Borçlandırıcı işlemten sonra, bunun ifası için kazandırıcı (tasarrufi) işlemin yapılmasıyla maden hakkı devredilmiş olur. Bu halde, maden hakkının devri için taraflar arasında yapılan borçlandırıcı işlem niteliğindeki sözleşme de Türk Parası Kıymetini Koruma Hakkında 32 Sayılı Karar'a yapılan ekleme kapsamında değerlendirilmelidir.

2. UYARLAMA ZORUNLULUĞU

Türk Parası Kıymetini Koruma Hakkında 32 Sayılı Kararda Değişiklik Yapılmasına Dair Karar ile Türk Parası Kıymetini Koruma Hakkında 32 Sayılı Karara eklenen Geçici 8. madde hükmü “*Bu Kararın 4 üncü maddesinin (g) bendinin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren otuz gün içinde, söz konusu bentte belirtilen ve daha önce akdedilmiş yürürlükteki sözleşmelerdeki döviz cinsinden kararlaştırılmış bulunan bedeller, Bakanlıkça belirlenen haller dışında; Türk parası olarak taraflarca yeniden belirlenir.*” şeklindedir. Bu halde, Karar'ın yürürlüğe girdiği 13.09.2018 tarihinden önce yapılmış ve bedeli döviz veya dövize endekli olarak belirlenmiş sözleşmelerin 13.10.2018 tarihine kadar Türk parası olarak uyarlanması gerekmektedir.

Sözleşme bedellerinin uyarlanması usulü 2018-32/51 numaralı Tebliğ ile belirlenmiştir. Buna göre, sözleşme bedeli ve bu sözleşmelerden kaynaklanan diğer ödeme yükümlülükleri döviz cinsinden veya dövize endekli olarak kararlaştırılması mümkün olmayan sözleşmelerde yer alan bedeller Türk Parası Kıymetini Koruma Hakkında 32 Sayılı Kararın Geçici 8 inci maddesi kapsamında Türk parası olarak taraflarca yeniden belirlenirken mutabakata varılamazsa, akdedilen sözleşmelerde döviz veya dövize endekli olarak belirlenen bedeller, söz konusu bedellerin 02/01/2018 tarihinde belirlenen gösterge niteliğindeki Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası efektif satış kuru kullanılarak hesaplanan Türk parası cinsinden karşılığının 02/01/2018 tarihinden bedellerin yeniden belirlendiği tarihe kadar Türkiye İstatistik Kurumunun her ay için belirlediği tüketici fiyat

endeksi (TÜFE) aylık değişim oranları esas alınarak artırılması suretiyle belirlenir.

Türk Parası Kıymetini Koruma Hakkında 32 Sayılı Kararın Geçici 8 inci maddesinin yürürlüğe girdiği tarihten önce akdedilen konut ve çatılı iş yeri kira sözleşmelerinde döviz veya dövize endeksli olarak belirlenen bedeller bu fıkranın ilk paragrafına göre iki yıllık süre için Türk parası olarak belirlenir. Ancak, Türk parası olarak belirlemenin yapıldığı kira yılının sonundan itibaren bir yıl geçerli olmak üzere; anılan paragraf uyarınca Türk parası olarak belirlenen kira bedeli, taraflarca belirlenirken mutabakata varılamazsa, belirleme tarihinden belirlemenin yapıldığı kira yılının sonuna kadar Türkiye İstatistik Kurumunun her ay için belirlediği tüketici fiyat endeksi (TÜFE) aylık değişim oranları esas alınarak artırılması yoluyla belirlenir. Bir sonraki kira yılı Türk parası cinsinden kira bedeli ise, taraflarca belirlenirken mutabakata varılamazsa, önceki kira yılında geçerli olan kira bedelinin Türkiye İstatistik Kurumunun belirlediği tüketici fiyat endeksi (TÜFE) aylık değişim oranları esas alınarak artırılması yoluyla belirlenir ve belirlenen Türk parası cinsinden kira bedeli bu fıkra da belirtilen iki yıllık sürenin sonuna kadar geçerli olur.

Bunun dışında döviz cinsinden veya dövize endeksli olarak belirlenmiş bedellere ilişkin olarak sözleşmelerde kararlaştırılmış olan faiz şartının akibetinin ayrıca değerlendirilmesi gerekir. Uyarlamadan sonra uygulanacak faiz türünün de tarafların karşılıklı anlaşması ile belirlenmesi elzemdir. Tarafların bedel uyarlamasından sonra imzalayacakları sözleşme bakımından ayrıca bir damga vergisi yükü ile karşılaşp karşılaşmayacağı hususunun da ayrıca belirlenmesi gerekmektedir.

3. YAPTIRIMLAR

Türk Parası Kıymetini Koruma Hakkında 32 Sayılı Kararda Değişiklik Yapılmasına Dair Karar ile öngörülen yükümlülükler uylumaması halinde, Türk Parasının Kıymetini Koruma Hakkında Kanun'un 3. maddesi uyarınca 6.306,00 TL ile 52.601,00 TL arasında idari para cezası uygulanacağı düzenlenmiştir. Ancak bu düzenlemelere aykırılığın, bahse konu sözleşmelerin geçerliliğini ne şekilde etkileyeceğinin de ayrıca değerlendirilmesi gerekir. Borçlar Kanunu

m.99 hükmü “*Ülke parası dışında başka bir para birimiyle ödeme yapılması kararlaştırılmışsa, sözleşmede aynen ödeme veya bu anlama gelen bir ifade bulunmadıkça borç, ödeme günündeki rayiç üzerinden Ülke parasıyla da ödenebilir.*” şeklindedir. Türk Parası Kıymetini Koruma Hakkında 32 Sayılı Kararda Değişiklik Yapılmasına Dair Karar ile getirilen düzenlemenin bu hükmün bir istisnası olarak değerlendirilmesi gerekir.

Türk Parası Kıymetini Koruma Hakkında 32 Sayılı Kararda Değişiklik Yapılmasına Dair Karar’ın yürürlüğe girdiği 13.09.2018 tarihinden sonra yapılacak sözleşmelere ilişkin bedellerin döviz cinsinden veya dövize endeksli olarak belirlenmesi halinde, ifa konusunun hukuka aykırı olduğu kabul edilmelidir. Borçlar Kanunu m.27 hükmü uyarınca ifa konusunun hukuka aykırı olması nedeniyle söz konusu sözleşme kesin olarak hükümsüzdür. Söz konusu Karar’ın yürürlük tarihinden önce yapılmış ve bedelin döviz cinsinden veya dövize endeksli olarak belirlenmiş olduğu sözleşmeler bakımından ise ifa konusunun imkânsız hale geldiği kabul edilmelidir.

Yukarıda açıklandığı gibi, maden hakkının devri işlemi sebebe bağlı bir işlemdir. Taraflar arasında yapılan borçlandırıcı işlemin geçersizliği tasarruf işleminin geçersizliği sonucunu doğurur. Getirilen düzenlemeye aykırı şekilde, sözleşme bedelinin döviz cinsinden veya dövize endeksli olarak belirlenmesi halinde, borçlandırıcı işlemin geçersiz olması nedeniyle tasarruf işlemi olan devir de geçersiz olacaktır.

Cumhurbaşkanının görev ve yetkilerini düzenleyen Anayasa m.104 “*Cumhurbaşkanlığı kararnamesi ile kanunlarda farklı hükümler bulunması halinde, kanun hükümleri uygulanır.*” hükmünü içermektedir. Yukarıda açıklandığı üzere, TBK m.26 hükmü sözleşme serbestisini düzenlerken 13.09.2018 tarihinde Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Türk Parası Kıymetini Koruma Hakkında 32 Sayılı Kararda Değişiklik Yapılmasına Dair Karar, birtakım sözleşmelere ilişkin bedel ve yükümlülüklerin döviz cinsinden kararlaştırılmayacağını düzenlemiştir. Mevcut durumda, Türk Parası Kıymetini Koruma Hakkında 32 Sayılı Karar, Türk Borçlar Kanunu m.26 hükmü ile açıkça çelişmektedir. Bu halde, Anayasa m.104 hükmü dikkate alınarak Türk Borçlar Kanunu ile öngörülen sözleşme

serbestisinin geçerli bulunduğu sonucuna varılmaktadır. Aksi yöndeki uygulama Anayasaya aykırılık teşkil edecektir.

Gelinen noktada, Türk Parası Kıymetini Koruma Hakkında 32 Sayılı Kararda yapılan değişikliklerin, Türk Borçlar Kanununa ve Anayasaya aykırılığı nedeniyle uygulamada çelişkili durumlar yaratacağı açıktır. Ancak, bu çelişki giderilene dek hak kaybına uğranmaması ve herhangi bir yaptırımla karşılaşılması adına, değişikliğe uygun şekilde bundan sonra yapılacak rödovans ve maden hakkı devir sözleşmelerinde bedelin Türk Lirası cinsinden kararlaştırılması, önceki tarihte yapılmış ve yürürlükte bulunan, bedeli döviz cinsinden kararlaştırılmış olan sözleşmelerin ise 13.09.2018 tarihinden itibaren 30 gün içinde Türk parası olarak yeniden düzenlenmesi gerekmektedir.

I. ÇEVREYLE UYUM TEMİNATIYLA İLGİLİ SON UYUŞMAZLIKLAR

Çevreyle uyum teminatı, ilk defa Türk Maden Hukuku uygulamasına 24.10.2010 tarihinde yürürlüğe giren 5995 sayılı Kanun'la getirilmiştir. 5995 sayılı Kanunla 3213 sayılı Maden Kanunu'nun 13.maddesine "Arama dönemi üretim izni ve üretim için işletme izni talep edildiğinde çevre ile uyum teminatı alınır. Bu teminat, özel kanunlarında belirtilen hükümler hariç yıllık işletme ruhsat harç bedeli kadar her yıl Haziran ayının son günü mesai saati bitimine kadar yatırılır. Bu teminatın süresi sonuna kadar yatırılmaması halinde ruhsat teminatı irad kaydedilir. Faaliyet sonrası sahanın çevre ile uyumlu hale getirilmesini müteakip, çevre ile uyum teminatı iade edilir." hükmü eklenmişti. Aynı zamanda 2010 tarihli Madencilik Faaliyetleri Uygulama Yönetmeliğinin 35.maddesinde özel olarak düzenlenmiş ve birçok maddede ise atıf yapılmıştır.

Buna göre Arama dönemi üretim izni ve işletme izni düzenlenmiş sahalarda çevreyle uyum teminatı yatırılması gerekir. Çevre ile uyum teminatı, özel kanunlarında belirtilen hükümler hariç, yıllık işletme ruhsat harç bedeli kadardır ve her yıl Haziran ayının son günü mesai saati bitimine kadar yatırılır. Bu teminatın süresi sonuna

kadar yatırılmaması ya da eksik yatırılması halinde ruhsat teminatı irat kaydedilir.

3213 sayılı Maden Kanununun 13.maddesini yeniden düzenleyen 6592 sayılı Kanun ruhsat bedeli uygulamasını getirerek ayrı bir çevreyle uyum teminatı alınması uygulamasına son vermiştir. 6592 sayılı Kanunla getirilen yeni hüküm şu şekildedir: “Yürürlükteki ruhsatlar için her yıl ocak ayının sonuna kadar ruhsat bedelinin tamamının yatırılması zorunludur. İşletme ruhsat bedelinin %70’i genel bütçeye gelir kaydedilmek üzere ilgili muhasebe birimi hesabına, %30’u çevre ile uyum planı çalışmalarını gerçekleştirmek üzere ruhsatı veren idarenin muhasebe birimi hesabına aktarılmak üzere Bakanlığın belirlediği bankada açılacak teminat hesabına yatırılır.” Bundan böyle ruhsat bedelinin %30’u çevreyle uyum çalışmalarında kullanılmak üzere Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının belirlediği hesaba yatırılacaktır.

Buna rağmen MAPEG, 6592 sayılı Kanunla 3213 sayılı maden Kanununa eklenen Geçici 21.madde uyarınca teminat iradı kesilmesi gereken hallerde teminat iradı kadar idari para cezası kesileceği hükmünden hareketle 2015 yılı için teminat miktarı oranında idari para cezası uygulamasına başlamıştır.

Her şeyden önce, çevreyle uyum teminatının yatırılması gereken zaman ilgili yılın Haziran ayının son günüdür. İncelenen 2015 yılı için çevreyle uyum teminatı en son ödeme tarihi 30 Haziran 2015 tarihidir. Çevreyle uyum teminatını kaldıran 6592 sayılı Kanun 18.02.2015 tarihinde 29271 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Dolayısıyla 18 Şubat 2015’te çevreyle uyum teminatı kanunla kaldırılmış olduğundan 30 Haziran 2015 tarihi itibarıyla çevreyle uyum teminatının yasal dayanağı kalmamıştır. Ayrıca 6592 sayılı Kanun geçici maddelerinde 2015 yılı çevreyle uyum teminatları hakkında da herhangi bir geçiş hükmü öngörmemiştir.

Bu bakımdan 2015 yılı için yasal dayanağı kalmamış kamusal bir ödeme yükümlülüğü olan çevreyle uyum teminatı istenmesinde hukuka uyarlık bulunmamaktadır.

KROM MADENCİLİĞİMİZDE

YENİ TAVIR, YENİ EYLEM

Dr. Ömer Faruk YAVUZ

Türkiye dünya krom cevheri arzına katkı sağlayan başat ülkelerden olmasına rağmen katma değer yaratmadan doğrudan cevher ihracına yöneldiği için hem rezervlerini tüketiyor, hem de ucuz dışsatım sebebiyle üretim istikrarını koruyamıyor.

Bu konunun artık tartışma mevzusu olmaktan çıkarılması gerekiyor. Enerjimizi karar alma ve icraat süreçlerine teksif etmeliyiz. 2. etap ara ve uç ürün yatırımlarında geç kalmak bebeğin anne karnında sürmatür olmasına benzer ölü doğumlarla sonuçlanabilir.

Artık Ferrokrom ve sonrasının DOĞUM VAKTİ gelmiştir.

KROM MADENCİLİĞİMİZDE EZBER VE DOGMALARDAN ARINMALIYIZ

Zihinlerimize kazınan, doğru addedilen yanlışlar yatırım irademizi tutsak almaktadır.

- Dünya kromit ve ferrokrom piyasası tekelleşme eğilimi içinde oligopol bir piyasadır.”
- “Yeni ferrokrom tesisi için kredi finansmanı bulamayız”
- “Bize ferrokrom kurdurmazlar”
- “Bizde elektrik çok pahalı.”
- “Ferrokroma pazar bulamayız.”
- “Dünya’da ferrokrom kapasite fazlası var.”
- “Bizde yeteri kadar krom rezervi yok.”
- “Çin-Güney Afrika salınımlarında oyun kurucu olamayız.”
- “Paslanmaz Çelik için yurtiçinde yeterli tüketim hacmi yok.”
- “Devlet, madencilik yasalarını değiştirmeden maden yatırımı yapılamaz.”
- Türkiye “küçük ve fakir madenler bakımından zengin bir memleket.”

Bütün bunlar koca ve maksatlı dezenformasyonlar.

KROM MADENCİLİĞİNDE RÖNESANSA İHTİYACIMIZ VAR

İllüzyonlardan, yanılsamalardan arındırılmış krom gerçeğimizin farkında olmalıyız.

- Türkiye rezerv ve kalite itibariyle iddia sahibi bir krom ülkesidir. Henüz ortaya çıkartılmamış büyük ve önemli yataklara sahip olması çok muhtemeldir.
 - Türkiye'nin ultrabazik kayaçları nitelikli yöntemlerle araştırıldığında büyük rezervler ortaya çıkarılacaktır.
 - Krom madenciliğimizde işletilebilir derinlik hedefi açık ve kapalı işletmelerde yurt dışı emsalleri oranında artırılmalıdır.
 - Türkiye'de ferrokrom ve türevleri, paslanmaz çelik yatırım ve üretimi Dünya konjonktürü ne olursa olsun **MİLLİ HEDEF** olarak her koşulda realize edilmelidir.
- “Devlet Bir Şeyler Yapsın” mevcut paradigmasından
“Devlet Değil, Bizler Bir Şeyler Yapmalıyız” yeni paradigmasına evrilmeliyiz.

KAMU-ÖZEL SEKTÖR KATEGORİK AYRIMINI SİL BAŞTAN DEĞİŞTİRMELİYİZ

Madenler, bilindiği üzere devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Özel sektör bu ilişkide kiracı vasfındadır. Bir özel sektör işletmesi ortalama değerlerle; orman bedelleri, hazine payı, ruhsat harçları, çevre uyum teminatları, akaryakıt ÖTV ve KDV'si, makine parkı ÖTV ve KDV'si, SGK ödemeleri, muhtasar, kurumlar vergisi, KDV, elektrik ve enerji bedelleri üzerinden ödenen dolaylı/dolaysız vergilerle cirosunun %50'sini aşan oranlarda kamuya pay ve kaynak aktarmaktadır.

Bu durumda özel sektör tanımını altında yapılan **madencilik faaliyeti altında apaçık haliyle kamusal faaliyet** vasfındadır. Bu anlamda kamu-özel sektör ayrımı realitede anlamını yitirmektedir. Kamu yönetimi, özel sektör perspektifini bu doğrultuda revize etmelidir. Yeter

ki madencilik faaliyetinden elde edilen gelirler sektör dışına aktarılmasın. Yeni madencilik ve metalürji yatırımlarına yönlendirilsin.

MADEN VE HAMMADDE PİYASASI DÜZENLEME VE DENETLEME KURUMU

İç ve dış pazarlarda ülke çıkarını gözeterek düzenleyici kuruluşlara ihtiyaç vardır.

MADEN VE METALÜRJİ YATIRIMLARI İHTİSAS KURUMU

Ruhsat izinlerinden itibaren zenginleştirme ara ve son ürün entegrasyonuna değin tüm aşamaları projelendirilmiş anahtar teslim somut ihalelere öncelik verilmelidir.

Bir Hüzün Tablosu: Maden Ve Metalürji Yatırımları Kronolojisi

- Antalya Eti Elektrometalürji 1958,
- Samsun Karadeniz Bakır İzabe 1973,
- Seydişehir Alüminyum Tesisleri 1973,
- İskenderun Demir Çelik Tesisleri 1975,
- Elazığ Ferrokrom Tesisleri 1976,
- Kayseri Çinkur 1976,
- Kütahya Eti Gümüş 1987’de üretime geçti. Hülasa ettiğimizde son 30 yıldır bu ülkede madencilığe dayalı yeni ve kapsamlı metalürji yatırımı yapılmadı.

**2017 Yılı Krom İhracat Değeri Ton Başı 250 Usd,
Ferrokrom İhracat Değeri Ton Başına 1880 Usd
Daha hangi gerekçeyle bekleyip zaman kaybedeceğiz?**

YAMAN ÇELİŞKİ

Avm’ler, otel, lüks konut ve site yatırımlarına kaynak aktaran müteşebbislerimizin metalürji yatırımlarına kaynak bulamaması izahtan mahrumdur.



TMMOB
MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI
ADANA ŞUBESİ



TMMOB Maden Mühendisleri Odası

ISBN: