



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



İstanbul İli Alüminyum Alaşım Tozu ($AlSi_{10}Mg$) Üretimi Ön Fizibilite Raporu





T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



İstanbul İli Alüminyum Alaşımlar Tozu ($AlSi_{10}Mg$) Üretimi Ön Fizibilite Raporu



2021
ŞUBAT

RAPORUN KAPSAMI

Bu ön fizibilite raporu, Özel Sektör Yatırımcıları İçin Proje Havuzu Çalışması amacıyla İstanbul ilinde 3 Boyutlu Yazıcı Sisteminde Kullanılacak Metal (AlSi₁₀Mg) Toz Malzemelerin Üretimine Yönelik Tesisin kurulmasının uygunluğunu tespit etmek, yatırımcılarda yatırım fikri oluşturmak ve detaylı fizibilite çalışmalarına altlık oluşturmak üzere Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı koordinasyonunda faaliyet gösteren İstanbul Kalkınma Ajansı tarafından hazırlanmıştır.

HAKLAR BEYANI

Bu rapor, yalnızca ilgililere genel rehberlik etmesi amacıyla hazırlanmıştır. Raporda yer alan bilgi ve analizler raporun hazırlandığı zaman diliminde doğru ve güvenilir olduğuna inanılan kaynaklar ve bilgiler kullanılarak, yatırımcıları yönlendirme ve bilgilendirme amaçlı olarak yazılmıştır. Rapordaki bilgilerin değerlendirilmesi ve kullanılması sorumluluğu, doğrudan veya dolaylı olarak, bu rapora dayanarak yatırım kararı veren ya da finansman sağlayan şahıs ve kurumlara aittir. Bu rapordaki bilgilere dayanarak bir eylemde bulunan, eylemde bulunmayan veya karar alan kimselere karşı Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ile İstanbul Kalkınma Ajansı sorumlu tutulamaz.

Bu raporun tüm hakları İstanbul Kalkınma Ajansı'na aittir. Raporda yer alan görseller ile bilgiler telif hakkına tabi olabileceğinden, her ne koşulda olursa olsun, bu rapor hizmet gördüğü çerçevenin dışında kullanılamaz. Bu nedenle; İstanbul Kalkınma Ajansı'nın yazılı onayı olmadan raporun içeriği kısmen veya tamamen kopyalanamaz, elektronik, mekanik veya benzeri bir araçla herhangi bir şekilde basılamaz, çoğaltılamaz, fotokopi veya teksir edilemez, dağıtılamaz, kaynak gösterilmeden iktibas edilemez.

İÇİNDEKİLER

1. YATIRIMIN KÜNYESİ	6
2. EKONOMİK ANALİZ	8
2.1 Sektörün Tanımı.....	8
2.2 Sektöre Yönelik Sağlanan Destekler.....	11
2.2.1 Yatırım Teşvik Sistemi	12
2.2.2 Diğer Destekler	13
2.3 Sektörün Profili	14
2.3.1 Dünya Alüminyum Sektör Görünümü.....	16
2.3.2 Türkiye Alüminyum Sektörü Genel Görünümü	16
2.3.3 Eklemeli İmalat (Metal ve Alüminyum) Sektör Görünümü	18
2.4 Dış Ticaret ve Yurt İçi Talep	23
2.5 Üretim, Kapasite ve Talep Tahmini.....	30
2.6 Girdi Piyasası	32
2.7 Pazar ve Satış Analizi	33
3. TEKNİK ANALİZ	35
3.1 Kuruluş Yeri Seçimi	35
3.2 Üretim Teknolojisi	36
3.2.1 Metal Tozu Üretim Yöntemleri	37
3.2.2 Gaz Atomizasyon Sistemi Bileşenleri.....	38
3.2.3 Üretilen Tozun Kullanılabilirliği	41
3.2.4 Kurulacak Üretim Tesisi Özellikleri.....	42
3.3 İnsan Kaynakları	43
4. FİNANSAL ANALİZ	45
4.1 Sabit Yatırım Tutarı	45
4.2 Sabit Yatırımın Geri Dönüş Süresi.....	46
5. ÇEVRESEL VE SOSYAL ETKİ ANALİZİ	47

TABLolar

Tablo 1: ASTM Kategorisine Göre Eklemeli Üretim Teknolojilerinin Sınıflandırılması	9
Tablo 2: Alüminyum Sektörü İçin NACE Kodları ve Ürün Yelpazesi.....	10
Tablo 3: Alüminyum Sektörü İçin GTIP Kodları ve Açıklamaları.....	11
Tablo 4: Ulusal Bazda Sağlanan Destek Tipleri ve Destekleyici Kurumlar	13
Tablo 5: Küresel Alüminyum İhracat Payları	23
Tablo 6: Küresel Alüminyum İthalat Payları	24
Tablo 7: Türkiye'nin Değer Bazında En Çok İhracat Yaptığı İlk 10 Ülke.....	25
Tablo 8: Türkiye'nin Miktar Bazında En Çok İhracat Yaptığı İlk 10 Ülke.....	25
Tablo 9: Türkiye'nin En Çok İthal Ettiği İlk 10 Ürün Grubu	26
Tablo 10: Türkiye'den Değer Bazında En Çok İthalat Yapılan İlk 10 Ülke	26
Tablo 11: Türkiye'den Miktar Bazında En Çok İthalat Yapılan İlk 10 Ülke	27
Tablo 12: Türkiye Pul Bünyeli/İnce Pullar/Pul Bünyeli Olmayan Tozlar İhracat Tutarları	28
Tablo 13: Türkiye Pul Bünyeli/İnce Pullar/Pul Bünyeli Olmayan Tozlar İhracat Miktarları.....	28
Tablo 14: Türkiye Pul Bünyeli/İnce Pullar/Pul Bünyeli Olmayan Tozlar İthalat Tutarları	29
Tablo 15: Türkiye Pul Bünyeli/İnce Pullar/Pul Bünyeli Olmayan Tozlar İthalat Miktarları.....	29
Tablo 16: Alüminyum Dış Ticareti ve Yurtiçi Talep (Bin Ton)	29
Tablo 17: Alüminyum Dış Ticareti ve Yurtiçi Talep (Milyon \$)	29
Tablo 18: Pul Bünyeli Tozlar/İnce Pullar/Pul Bünyeli Olmayan Tozlar Yurtiçi Talep	30
Tablo 19: Girdi Maliyetleri.....	33
Tablo 20: Asgari Ücret ve İşletmeler için Elektrik Fiyatları	34
Tablo 21: İstanbul'daki Bölgeler İçin Satın Alma-Bina/İnşaat Bedelleri	36
Tablo 22: Bir Parti ve Yıllık Üretim Kapasitesinin Alüminyum İçin Hesaplanan Değerleri	39
Tablo 23: İstanbul'da Çalışma Çağındaki Nüfus, 2015-2019	43
Tablo 24: Çalışma Çağındaki Nüfus, 2020	43
Tablo 25: İstanbul'da Okuryazarlık Durumuna ve Cinsiyete Göre Nüfusun Dağılımı (%), 2019	44

Tablo 26: İl Geneli ve İlçeler Eğitim Durumları 2020	44
Tablo 27: İstanbul'da 15 yaş üstü nüfusun eğitim durumu, 2015-2019	45
Tablo 28: Tahmini Çalışan Sayısı ve Ortalama Maaşları	45
Tablo 29: Tahmini Sabit Yatırım Maliyeti Tablosu	46
Tablo 30: Ürünlerin Satış Fiyatları	46
Tablo 31: Yatırımın Toplam Geri Dönüş Süresi	47

ŞEKİLLER

Şekil 1: Eklemeli İmalat Metal Hammaddeleri Kullanım Oranları	8
Şekil 2: Eİ Teknolojisinin Kullanıldığı Sektörler ve Oranları.....	14
Şekil 3: Eklemeli İmalat Cihazlarının Dünya Üzerindeki Dağılımı.....	15
Şekil 4: Dünya Alüminyum Üretimi (Bin Ton).....	16
Şekil 5: Alüminyum Şekillendirme Sektörünün Temel Büyüklükleri	16
Şekil 6: Alüminyum Şekillendirme Sektörü İl Bazında Dağılımı (%)	17
Şekil 7: Alüminyum Üretim (Şekillendirme Sektörü) Endeksi	17
Şekil 8: Alüminyum Üretim Miktarları	18
Şekil 9: Eklemeli İmalat-Metal (Milyar ABD Doları) ve Alüminyum	19
Şekil 10: Eklemeli İmalat Sanayi Cihaz/Ekipman Satış Adetleri	20
Şekil 11: Eklemeli İmalat için Metal Satışlarından Gelirler	20
Şekil 12: Alüminyum Metal Tozunun Sektörel Kullanım Oranları/Tahmini.....	21
Şekil 13: Scalmalloy Alaşımının Pazar Miktarının Tahmini	22
Şekil 14: Alüminyum Alaşımlarının Eklemeli İmalat Pazar Öngörüsü.....	22
Şekil 15: Eklemeli İmalat Konusunda Yayımlanan Makale Sayısının Yıllara Göre Değişimi..	23
Şekil 16: Alüminyum Dış Ticareti (Milyon ABD doları)	24
Şekil 17: Dünya Alüminyum Tozları ve İnce Pullar (7603) İthalat Payları	27
Şekil 18: Dünya Alüminyum Tozları ve İnce Pullar (7603) İhracat Payları.....	28
Şekil 19: Alüminyum Yurtiçi Talep Gelişimi.....	30
Şekil 20: Dünyada Eklemeli İmalat Cihaz Sayısı ve Metal Tozu Satışları	31
Şekil 21: 2017 Yılı Türkiye'deki Eklemeli İmalat Cihazları Dağılımı.....	31
Şekil 22: Türkiye 3 Boyutlu Yazıcı Sayısı ve Kullanım Miktarı Gelişimi	32
Şekil 23: Londra Metal Borsası Alüminyum Alaşımları Fiyat Grafiği (son 5 yıl, \$)	33
Şekil 24: Atomize Toz Görüntüleri: (a) Gaz, (b) Plazma, (c) Plazma Döner Elektrot	37
Şekil 25: Gaz Atomizasyonu Nozül Sistemleri; a-Serbest Düşmeli, b-Yakından Eşlemeli	38

Şekil 26: Gaz Atomizasyon Sisteminin Şematik (a) ve Gerçek (b) Görüntüsü.....	39
Şekil 27: Farklı Uygulamalar İçin Metal Tozlarının Parçacık Boyut Dağılımı Gereksinimi.....	41
Şekil 28: Gaz Atomizasyon ile Alüminyum Tozu Üretimine Ait Birikimli % Grafikleri	42

İSTANBUL İLİ ALÜMİNYUM ALAŞIM TOZU (AlSi₁₀Mg) ÜRETİMİ ÖN FİZİBİLİTE RAPORU

1. YATIRIMIN KÜNYESİ

Yatırım Konusu	Eklemeli İmalat Sektöründe Hammadde Üretimi – AlSi ₁₀ Mg Metal Tozu Üretimi Ön Fizibilite Raporu	
Üretilen Ürün/Hizmet	AlSi ₁₀ Mg metal tozu	
Yatırım Yeri (İl – İlçe)	İstanbul – Gelişmiş ve güvenli bir OSB içerisinde	
Tesisin Teknik Kapasitesi	145 ton/yıl	
Sabit Yatırım Tutarı	943.900 USD	
Yatırım Süresi	1 yıl	
Sektörün Kapasite Kullanım Oranı	2019 KKO %76,8 (TÜİK verilerinde metal sanayi olarak bilgi bulunmaktadır)	
İstihdam Kapasitesi	15	
Yatırımın Geri Dönüş Süresi	3,06 yıl	
İlgili NACE Kodu (Rev. 3)	24.53.01 (Hafif metallerin dökümü (Al, Mg, Ti vb.))	
İlgili GTİP Numarası	760310 (Alüminyum Pul Bünyeli Olmayan Tozlar) ve 760320 (Alüminyum Pul Bünyeli Tozlar)	
Yatırımın Hedef Ülkesi	Tüm Ülkeler	
Yatırımın Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına Etkisi	Doğrudan Etki	Dolaylı Etki
	Amaç 9: Sanayi, yenilikçilik ve altyapı	Amaç 8: İnsana yakışır iş Ekonomik büyüme
Diğer İlgili Hususlar	İthal edilen bir ürünün yerli imkânlar ile üretilmesi 11. Kalkınma Planı hedefleri arasında yer almaktadır. Eklemeli imalat sektörünün ekosisteminde birçok komponent mevcut olup bunların yerli imkanlar ile üretilme kapasitesi bulunmaktadır. Bu noktada ihraç edilebilecek birçok ürün için farkındalık oluşturulacaktır. Nitelikli ürün/insan elde edilecek ve yeni iş kollarının önü açılacaktır.	

Subject of the Project	Raw Material Production in Additive Manufacturing Sector - AlSi ₁₀ Mg Metal Powder Production Pre-Feasibility Report	
Information about the Product/Service	AlSi ₁₀ Mg metal powder	
Investment Location (Province-District)	İstanbul- in a developed and central organized industrial zone	
Technical Capacity of the Facility	145 tone/year	
Fixed Investment Cost (USD)	943.900 USD	
Investment Period	1 year	
Economic Capacity Utilization Rate of the Sector	2019 ECUR %76,8	
Employment Capacity	15	
Payback Period of Investment	3,06 years	
NACE Code of the Product/Service (Rev.3)	24.53.01 (Casting of light metals)	
Harmonized Code (HS) of the Product/Service	760310 (Non-Aluminum Flake Powders) and 760320 (Aluminum Flake Powders)	
Target Country of Investment	All countries	
Impact of the Investment on Sustainable Development Goals	Direct Effect	Indirect Effect
	Goal 9: Industry, Innovation and Infrastructure,	Goal 8: Decent Work and Economic Growth,
Other Related Issues	<p>Production of an imported product with local means is among the 11th Development Plan goals of our State.</p> <p>There are many components in the ecosystem of additive manufacturing industry and these components can be produced with local facilities. At this point, awareness will be created for many products that can be exported. Qualified products / people will be obtained, and new business lines will be opened.</p>	

2. EKONOMİK ANALİZ

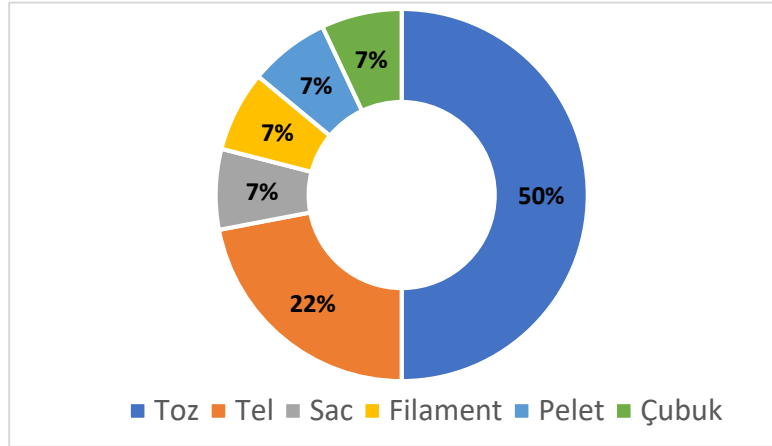
2.1 Sektörün Tanımı

Eklemeli İmalat (Eİ) teknolojileri, son yıllarda yaşanan teknolojik gelişmeler neticesinde ortaya çıkmış gibi görünse de ticari üretime yönelik çalışmalar 1980'li yıllarda başlamıştır. Özellikle optik, lazer, malzeme, elektronik gibi eklemeli imalat üretim teknolojilerinin içerisinde bulunan bilim dallarında yeterli olgunluğa ulaşılması sonrası eklemeli imalat sektöründe de atılım gerçekleşmiş olup, 30 yıllık çalışmalar sonrasında geleneksel üretim teknolojilerine rakip olabilecek seviyeye gelmiştir. Günümüzde eklemeli imalat yöntemi ile üretilen ürünler uzay, havacılık ve savunma başta olmak üzere, tıbbi malzeme, otomotiv, mimari vb. birçok sektörde kendisine yer bulmuştur. Bu artan ilginin altında eklemeli imalatın sunduğu aşağıda belirtilen avantajlar etkili olmuştur;

- Tasarıma özel üretim kabiliyeti,
- Hızlı prototipleme imkânı,
- Stok maliyetlerini düşürme,
- Üretim süresi ve maliyetinin azalması,
- Kompleks parça üretim kabiliyeti,
- Tasarım/üretim benzerliğinin yüksek olması,
- Üretim için ihtiyaç duyulan alanın azalması (gemide ve uzay istasyonlarında),
- Atık oranlarının az olması. (Ford, 2015; Mellor, 2014; Niaki, 2018).

Eklemeli imalat üretimlerinde farklı formlarda hammadde kullanılabilenekte olup Şekil 1'de kullanım oranları belirtilmiştir.

Şekil 1: Eklemeli İmalat Metal Hammaddeleri Kullanım Oranları



Kaynak: Ampower, 2020

Eklemeli imalat üretim teknolojilerinde hammadde olarak toz malzemeler büyük bir paya sahiptir. Bu toz malzemeler birçok metal ve alaşımlarını kapsamaktadır (alüminyum, titanyum, nikel, paslanmaz çelik, seramik katkı tozlar vd.).

Diğer yandan eklemeli imalat ile üretimde farklı teknolojiler kullanılmaktadır. ASTM tarafından yapılan teknoloji sınıflandırılması Tablo 1'de belirtilmiştir.

Tablo 1: ASTM Kategorisine Göre Eklemeli Üretim Teknolojilerinin Sınıflandırılması

ASTM Kategorisi	Çalışma prensibi	Örnek teknoloji	Avantajları	Dezavantajları	Yöntemle üretilen malzemeler
Yapıştırıcı Püskürtme	Parçacıklar birbirine yapıştırılarak katmanlı olarak inşa edilir.	3B mürekkep püskürtme (inkjet) teknolojisi	Destek/altlık içermez Tasarım özgürlüğü Yüksek baskı hızı Nispeten düşük maliyet	Sınırlı mekanik özelliklere sahip kırılabilir parçalar üretilmesi Son işlem gerektirmesi	Polimerler Seramikler Kompozitler Metaller Hibrit malzemeler
Direkt Enerji Biriktirme	Odaklanmış ısı enerjisi, biriktirme esnasında malzemeleri eritir.	Lazer Biriktirme Lazer Şekillendirme Elektron Işını Plazma Ark Ergitme	Tane yapısının yüksek derecede kontrolü Yüksek kalitede parça üretimi	Düşük yüzey kalitesi Metaller/metal tabanlı hibrit malzemelerle sınırlı olması	Metaller Hibrit malzemeler
Malzeme Ekstrüzyonu	Malzeme, seçici olarak bir nozül veya orifisten (ağız) dışarı itilir.	Ergiyik Yığılma Modelleme, Ergiyik Filament Fabrikasyonu Ergiyik Katman Modelleme	Yaygın kullanım Ucuz Tamamen işlevsel parçalar oluşturulması	Merdiven etkisi oluşumu Detay geometrilerde uygun olması	Polimerler Kompozitler
Malzeme Püskürtme	İnşa malzemesinin damlacıkları biriktirilir.	3B inkjet teknolojisi Direkt Mürekkep Yazdırma	Yüksek damlacık biriktirme doğruluğu Düşük atık Çoklu malzeme parçaları Renkli parçalar	Fotopolimerler ve termoset reçinelerin destek ile üretilmesi	Polimerler Seramikler Kompozitler Hibrit malzemeler Biyolojik malzemeler

Kaynak: Tofail, 2018; Gökhan, 2020

ASTM Kategorisi	Çalışma prensibi	Örnek teknoloji	Avantajları	Dezavantajları	Yöntemle üretilebilen malzemeler
Toz Yataklı Birleştirme	Isı enerjisi, toz yatağındaki inşa malzemesinin küçük bir bölgesini birleştirir.	Elektron Işın Ergitme Direkt Metal Lazer Sinterleme Seçici Lazer Sinterleme/ Ergitme	Nispeten ucuz Geniş malzeme seçenekleri	Nispeten yavaştır, Yapısal bütünlük eksikliği vardır. Boyut sınırlamaları mevcuttur. Yüksek güç gereklidir.	Polimerler Seramikler Kompozitler Metaller Hibrit malzemeler
Plaka Tabakalaştırma	Malzemelerin sac/folyoları yapıştırılmıştır.	Tabakalı Malzeme Üretimi Ultrason Birleştirme/Ultrason Eklemeli Üretim	Yüksek hız Düşük maliyet Malzeme taşıma kolaylığı	Son işlem gerektirmesi Sınırlı malzeme kullanımı	Polimerler Seramikler Metaller Hibrit malzemeler
Havuz Fotopolimer izolasyonu	Bir havuzdaki sıvı polimer ışıkla sertleştirilir.	SLA Dijital Işık İşleme	Büyük boyutlu parça üretimi Mükemmel boyutsal hassasiyet Mükemmel yüzey ve detaylar	Sadece fotopolimer ile kullanım Yavaş üretim Yüksek maliyet Düşük mekanik özellikleri	Polimerler Seramikler

Kaynak: Tofail, 2018; Gökhan, 2020

Üretim yöntemi olarak döküm metodu baz alındığı için NACE kodu olarak da Tablo 2'de görüldüğü gibi 24.53.01 kodu kullanılmaktadır.

Eİ için geliştirilen $AlSi_{10}Mg$ alaşımına özel bir GTİP kodu bulunmadığından, Tablo 3'te görüldüğü gibi 7603 Alüminyum tozları ve ince pulları maddesinin altında GTİP 760310 ve 760320 kodlarında yer almaktadır.

Tablo 2: Alüminyum Sektörü İçin NACE Kodları ve Ürün Yelpazesi

NACE Kodu	Açıklama
24.42	Alüminyum üretimi
24.42.16	Alüminyum folyo imalatı (alaşımdan olanlar dahil)
24.42.17	Alüminyum imalatı (işlenmemiş halde)
24.42.18	Alüminyum sac, levha, tabaka, şerit imalatı (alaşımdan olanlar dahil)
24.42.20	Alüminyum oksit imalatı (suni korindon hariç) (alümina)
24.42.21	Alüminyum bar, çubuk, tel ve profil, tüp, boru ve bağlantı parçaları imalatı (alaşımdan olanlar dahil)
24.53.01	Hafif metallerin dökümü (Al, Mg, Ti vb.)

Tablo 3: Alüminyum Sektörü İçin GTIP Kodları ve Açıklamaları

GTIP Kodu	Ürün Yelpazesi-Açıklama
76	Alüminyum ve Alüminyumdan Eşyalar
7601	İşlenmemiş Alüminyum
7602	Alüminyum Döküntü ve Hurdaları
7603	Alüminyum Tozları ve İnce Pullar
760310	Alüminyum Pul Bünyeli Olmayan Tozlar
760320	Alüminyumdan Pul Bünyeli Tozlar
7604	Alüminyumdan Çubuklar ve Profiller
7605	Alüminyum Teller
7606	Alüminyum Saclar, Levhalar, Şeritler (kalınlığı 0,2 mm' yi geçenler)
7607	Alüminyumdan yapraklar ve şeritler (kalınlığı 0,2 mm' yi geçmeyenler)
7608	Alüminyumdan İnce ve Kalın Borular
7609	Alüminyum Boru Bağlantı Parçaları (rakorlar, dirsekler, manşonlar ve benzerleri)
7610	Alüminyum İnşaat ve İnşaat Aksamı (Köprüler, Köprü Aksamı, Kuleler, Pilonlar, Ayaklar, Sütunlar, İnşaat İskeleleri)
7611	Her Türlü Madde İçin (Sıkıştırılmış veya Sıvılaştırılmış Gaz Hariç) Hacmi 300 Litreyi Geçen
7612	Her Tür Madde İçin (Sıkıştırılmış veya Sıvılaştırılmış Gaz Hariç)
7613	Sıkıştırılmış veya Sıvılaştırılmış Gaz İçin Alüminyum Kaplar
7614	Alüminyumdan Demetlenmiş Teller, Kablolar, Örne Halatlar ve Benzerleri (Elektrik İçin İzole Edilmemiş Olanlar)
7615	Alüminyumdan Sofra, Mutfak ve Diğer Ev İşlerinde Kullanılan Eşya ile Sağlığı Koruyucu Eşya ve Bunların Aksamı
7616	Alüminyumdan Diğer Eşyalar

2.2 Sektöre Yönelik Sağlanan Destekler

Sektöre yönelik KOSGEB ve TÜBİTAK tarafından çeşitli destekler sağlanmaktadır. KOSGEB Endüstriyel Ürün Geliştirme Programı¹; bilim ve teknolojiye dayanan yeni fikir ve buluşlara sahip küçük ve orta ölçekli işletmelerin geliştirdikleri yeni ürün/hizmetin; üretilmesi, kalitesinin artırılması, maliyet düşürücü nitelikte yeni tekniklerin uygulanması, ürün veya süreçlerinin pazara sunulması ve ticarileştirilmesi amacıyla hazırlanan projelerin desteklenmesini kapsamaktadır. Bu destek; makine-teçhizat, donanım, hammadde, yazılım ve hizmet alımı giderlerini kapsamakta olup bir kısmı hibe bir kısmı geri ödemeli şekilde destek sağlanmaktadır. Bu kapsamda ayrıca proje geliştirme desteğinin (proje danışmanlık, eğitim, sınai ve fikri mülkiyet hakları başvurusu ve/veya tescili, tanıtım, yurtiçi ve yurtdışı kongre/konferans/fuar ziyareti/teknolojik iş birliği ziyareti, test-analiz ve belgelendirme giderleri, vb.) yanı sıra, işlik/kira desteği, başlangıç sermayesi desteği, personel gideri desteği, vb. destekler de sağlanmaktadır.

¹ <https://www.kosgeb.gov.tr/site/tr/genel/destekdetay/6521/endustriyel-uygulama-destek-programi>

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nca yürütülen KOSGEB Ar-Ge ve İnovasyon Destek Programı²; araştırma-geliştirme ve inovasyon projeleri aracılığıyla bilim ve teknolojiye dayalı yeni fikir ve buluşlara sahip küçük ve orta ölçekli işletmeler ile girişimcilerin yeni ürün, yeni süreç, bilgi ve/veya hizmet üretmelerini desteklemektedir. KOSGEB Endüstriyel Ürün Geliştirme Programı'nda olduğu gibi makine-teçhizat, donanım, hammadde, yazılım ve hizmet alımı giderleri desteği, proje geliştirme desteği, kira desteği, başlangıç sermayesi desteği, personel gideri desteği, vb. destekler verilmektedir.

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nca yürütülen Teknoloji Odaklı Sanayi Hamlesi Programı³; Türkiye'de orta-yüksek ve yüksek teknoloji seviyeli sektörlerdeki katma değeri yüksek olan ürünlerin ve bu sektörlerin gelişimi için kritik öneme sahip ürünlerin üretimini artırmaya yönelik olup, bu kapsamda bir kısmı geri ödemesiz ve bir kısmı geri ödemeli olmak üzere iki şekilde destek sağlanmaktadır.

1501-TÜBİTAK Sanayi Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı⁴; yalnızca küçük ve orta büyüklükteki işletmeler (KOBİ) ölçeğindeki kuruluşların başvuru yapabilmesi şartı bulunmakta olup, araştırma-teknoloji geliştirme ve yenilikçilik faaliyetlerinin desteklenmesi amaçlanmaktadır. Proje başvuruları yılda 2 kez olmak üzere çağrılı olarak açılmakta olup, programda bütçe sınırı bulunmamaktadır.

1511-TÜBİTAK Öncelikli Alanlar Araştırma Teknoloji Geliştirme ve Yenilik P. D. P. (Teknoloji Odaklı Sanayi Hamlesi Programı)⁵ kapsamında ülkemizin öncelikli alanlarında hedef ve ihtiyaç odaklı, izlenebilir sonuçları olan projeler desteklenmektedir.

Avrupa Birliği eklemeli imalat teknolojilerinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması için birçok destek vermiştir ve vermeye devam etmektedir. 2007-2013 yılları arasında 60'tan fazla projeye 225 milyon Euro destek verilmiştir. Ayrıca Ufuk 2020 kapsamında 100'den fazla projeye 250 milyon Euro destek verilmiştir (Amef, 2016). M.ERA.NET^{6,7} çağrıları bunlardan biri olup programın Türkiye ayağını TÜBİTAK üstlenmektedir.

2.2.1 Yatırım Teşvik Sistemi

Eklemeli imalat yönteminde kullanılan AlSi₁₀Mg alüminyum tozu tamamen yurt dışından ithal edilmektedir. Dolayısıyla yerli imkanlar ile bu tozun üretilmesi cari açığın azaltılmasına katkı sağlayacaktır. Nitelikli ürün üretimi yatırımı olduğundan Stratejik Yatırımlar kapsamında değerlendirilmektedir. Stratejik yatırımlar için aranan şartlar aşağıda sıralanmıştır (BKK, 2012) (YDYHK, 2012);

- Asgari sabit yatırım tutarı 50 milyon TL
- Yatırım konusu üretimle ilgili yurt içi üretim kapasitesi aynı ürünün ithalatından az olması
- Yatırımla sağlanan asgari katma değer %40 olması, (AlSi₁₀Mg girdi maliyeti ortalama 3,5 \$/Kg iken eklemeli ürünün satış değeri 95 \$/Kg olup katma değeri %2000'dir)

Yurt içi üretimi olmayan ürünlerde son 1 yıl itibarıyla ithalat değerinin en az 50 milyon dolar olma şartı aranmamaktadır.

² <https://www.kosgeb.gov.tr/site/tr/genel/destekdetay/1229/arge-ve-inovasyon-destek-programi>

³ <https://www.kosgeb.gov.tr/site/tr/genel/destekdetay/6492/stratejik-urun-destek-programi>

⁴ <https://www.tubitak.gov.tr/tr/destekler/sanayi/ulusal-destek-programlari/icerik-1501-tubitak-sanayi-ar-ge-projeleri-destekleme-programi>

⁵ <https://www.tubitak.gov.tr/tr/destekler/sanayi/ulusal-destek-programlari/icerik-1511-tubitak-öncelikli-alanlar-arastirma-teknoloji-gelistirme-ve-yenilik-p-d-pteknoloji-odakli>

⁶ <https://m-era.net/joint-calls/joint-call-2020>

⁷ <https://m-era.net/joint-calls/joint-call-2020/participating-countries-regions-call-2020/turkey-tubitak>

Stratejik yatırımlar için sağlanan teşvikler ise şu şekildedir (BKK, 2012) (YDYHK, 2012);

- KDV istisnası
- Gümrük vergisi muafiyeti
- Sigorta primi işveren hissesi desteği (7 yıl olup 6. Bölgede yapılacak yatırımlar için 10 yıl)
- Yatırım yeri tahsisi
- Faiz desteği (TL bazında 5 puan, döviz/dövizde endeksli kredilerde 2 puan)

Alüminyum tozları ve ince pulları (2720.2.03) yatırımı ile ilgili olarak İstanbul İl Sınırları OSB ve Alt Bölgeleri Harici ve İstanbul İl Sınırları OSB ve Alt Bölgeleri Dahili yerlere ilişkin olarak sunduğu teşvik unsurları aşağıda belirtilmiştir. Bu kapsamda asgari 1 milyon TL'lik yatırım yapılması gerekmektedir. Bu şart sağlandığı takdirde aşağıdaki destek unsurlarından yararlanılmaktadır (STB, 2020) (YD, 2020);

- Gümrük Vergisi Muafiyeti
- Katma Değer Vergisi İstisnası
- Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği: 6 yıl %25 Yatırıma Katkı Oranı
- Vergi İndirim Oranı %100, Yatırıma Katkı Oranı %45 (Bu oran 2022 yılı sonuna kadar olan yatırımlarda geçerlidir. 2023 yılından itibaren vergi indirim oranı: %70, yatırıma katkı oranı: %30 olacaktır)
- Yatırım Yeri Tahsisi
- Faiz-Kâr Payı Desteği (TL 4 puan, Döviz 1 puan İndirimli, 1 Milyon 200 Bin TL'yi geçemez)
- Katma Değer Vergisi İadesi: Bina-inşaat harcamalarına KDV iadesi uygulanmaktadır (2022 yılı sonuna kadar yapılacak yatırımlarda geçerlidir).

2.2.2 Diğer Destekler

Eklemler imalat ekosisteminin gelişmesi 11. Kalkınma Planında da vurgulanmış olup çeşitli araçlar ile desteklenmektedir. Dolayısıyla değerlendirilebilecek birçok ulusal ve uluslararası fon bulunmaktadır. Ulusal bazda verilen tüm destek tipleri ve destek veren kurumlar Tablo 4'te belirtilmiştir. Destekler ile ilgili detaylar ve güncel bilgiler ilgili kurumların web sitelerinde yer almaktadır.

Tablo 4: Ulusal Bazda Sağlanan Destek Tipleri ve Destekleyici Kurumlar

Teşvik/Destek Adı	SSB	Ticaret Bakanlığı	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	TÜBİTAK	KOSGEB	TTGV	İŞKUR	Kalkınma Ajansları	BOREN
Yatırım teşviki/desteği		+	+	+					+
KOBİ destekleri		+	+	+	+			+	+
Yüksek teknoloji ürün destekleri	+	+	+	+		+			+
Kredi desteği	+				+			+	
Ar-Ge desteği	+	+	+	+	+	+			+
Genel destekler		+			+			+	
İstihdam teşviki/desteği		+			+		+		
Bina/inşaat/emlak ile ilgili destekler			+						
Laboratuvar hizmetler destekleri				+	+				
İş birliği destekleri		+	+	+	+				

Uluslararası iş birlikleri katılım destekleri				+					
Patent desteği				+					
Sanayi katılımı/ofset	+								

2.3 Sektörün Profili

Dünya'da çelikten sonra en çok üretilen malzeme olan alüminyum inşaat sektöründe, özellikle çatı ve cephe kaplama, kapı ve pencere, merdiven, iskele ve sera yapılarında kullanılmaktadır. Söz konusu alanlara ek olarak otomotiv, savunma sanayii, uçak ve vagon yapımı, elektrik, ambalaj, taşıt parçası, tel ve kablo üretimi, makine ve makine elemanları ile metalürji alanlarında da kullanılmaktadır.

AlSi₁₀Mg alaşımı standart döküm alaşımları arasında yer almaktadır. Alüminyumun alaşımının üretim yöntemine göre kullanım alanları farklılık göstermektedir. Döküm yöntemiyle imal edilen alaşımlar genel döküm veya master alaşım olarak yüksek hacimlerde düşük kar marjları ile kullanılırken, toz imalat yöntemiyle üretilenler ise daha çok eklemeli imalat, toz sinter metalurjisi gibi sipesifik alanlarda düşük hacimlerde yüksek kâr marjı ile kullanılmaktadır. Tozun kendisi değil üretim metodu özel olduğundan katma değeri yüksek ürün elde edilmektedir.

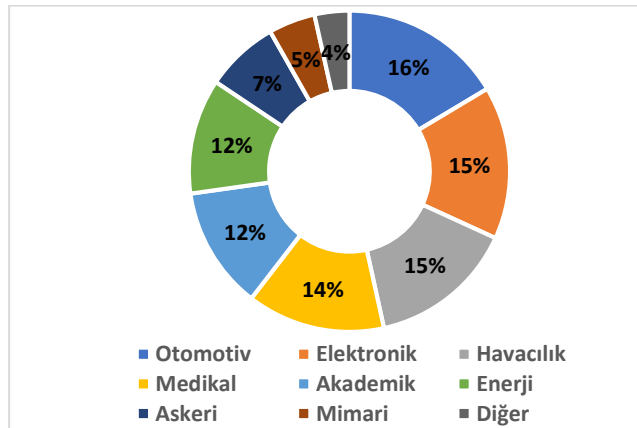
Alüminyum, cevher olarak bileşik (oksit) halinde bulunmaktadır. Alüminyum üretiminde en önemli hammadde boksittir. Boksit rezervleri dikkate alındığında, Türkiye'nin, dünyanın boksit rezervinin %1'ini barındırdığı bilinmekte olup bu cevherlerin %95'i (422 milyon ton) Toroslar kuşağında yer almaktadır (ASO 2017).

Alüminyum sanayii, birincil ve ikincil olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. İkincil alüminyum, hurdadan elde edilmektedir. Üretim yöntemlerine göre de alüminyum ürünleri, hammadde (külçe, biyet) ve yarı ürünler (ara mallar) olan ekstrüzyon ürünleri (alüminyum profiller, çubuklar, lamalar, filmaşınlar), yassı ürünler (levha, şerit, folyo), döküm ürünleri ve iletkenler olarak gruplandırılmaktadır.

Alüminyumun yeniden değerlendirilmesi sonucu elde edilen ikincil alüminyuma olan talep, yüksek enerji maliyetleri ve çevreci yaklaşımlara paralel olarak artmaktadır. İkincil alüminyum, birincil alüminyumda harcanan enerjinin yalnızca %5'i kadarını tüketmektedir, dolayısı ile maliyetleri birincil alüminyum üretimine göre daha düşüktür.

Eklemeli imalat için kullanılan alaşımlar, üretilen ürünün sektörüne göre de değişmektedir. Eklemeli imalat teknolojileri kullanımının sektörlere göre dağılımı Şekil 2'de verilmiştir.

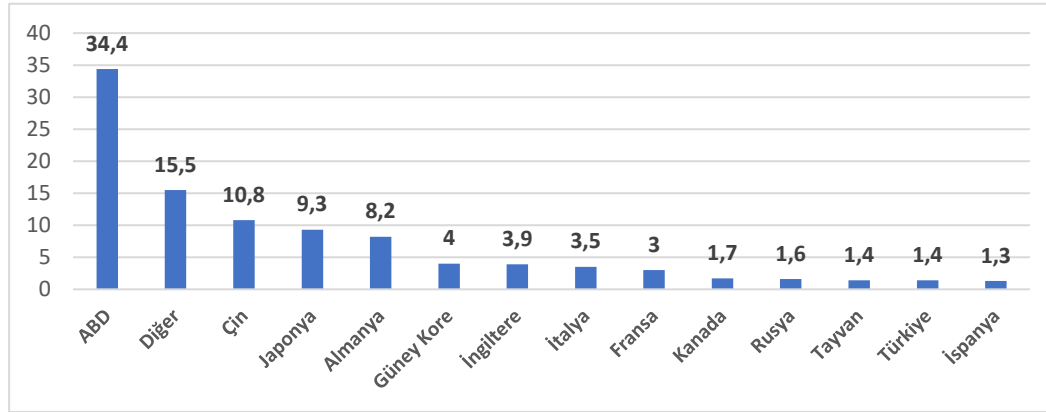
Şekil 2: Eİ Teknolojisinin Kullanıldığı Sektörler ve Oranları



Kaynak: Wohlers, 2020

Üretim sanayisinin eklemeli imalata olan ilgisi teknolojinin gelişmesi ve herkes tarafından ulaşılabilir seviyelere gelmesi ile daha da artmıştır. Tüm dünyada bu teknoloji giderek yayılmakta, doğrudan son ürün üretimi için önemli bir alternatif konumuna gelmektedir. Türkiye'nin de eklemeli imalat teknolojilerine ilgisi azımsanmayacak boyuttadır. Dünya genelinde ülkelerin eklemeli imalat cihazı bulundurma oranları Şekil 3'te görülmektedir.

Şekil 3: Eklemeli İmalat Cihazlarının Dünya Üzerindeki Dağılımı



Kaynak: Wohlers, 2020

Eklemeli imalat teknolojileri pazarı 2019 yılı itibari ile toplam 2,2 milyar Amerikan doları değerine ulaşmıştır. Yapılan araştırmalar 2024 yılına kadar yıllık %27,9 oranında büyümenin gerçekleşeceğini ve pazarın 7,7 milyar ABD doları seviyelerine çıkacağını göstermektedir (Ampower, 2020). Bu gelişen pazarda yerli imkanlar ile pay almak için yatırımların yapılması gerekmektedir. Bu yatırımların hem cihaz teknolojilerine hem de hammadde üretimine yapılması nitelikli ürün üretme açısından önem taşımaktadır.

Eklemeli imalat teknolojilerinin sektörde kalıcı ve büyük bir paya sahip olacağını gösteren bir diğer araştırmaya göre; Dünya genelinde 2017-2019 yılları arasında doğrudan eklemeli imalat ürün üretimi yapan kurum sayısı 71'den 171'e çıkmıştır. Aynı zamanda eklemeli imalat için alüminyum hammadde üreticileri sayısı da 2017-2020 yılları arasında 43'ten 105'e çıkmıştır. Tüm bu araştırmalar eklemeli imalata uygun alüminyum tozunun ilerleyen zamanda daha da değerlendirileceğini göstermektedir (Senvol, 2020). Farklı bir araştırmada ise tüm alüminyum alaşımlarının kullanım miktarının 2020 senesinde 150 ton iken 2028 senesinde 3600 ton seviyelerinde olacağı belirtilmiştir (Sher, 2020).

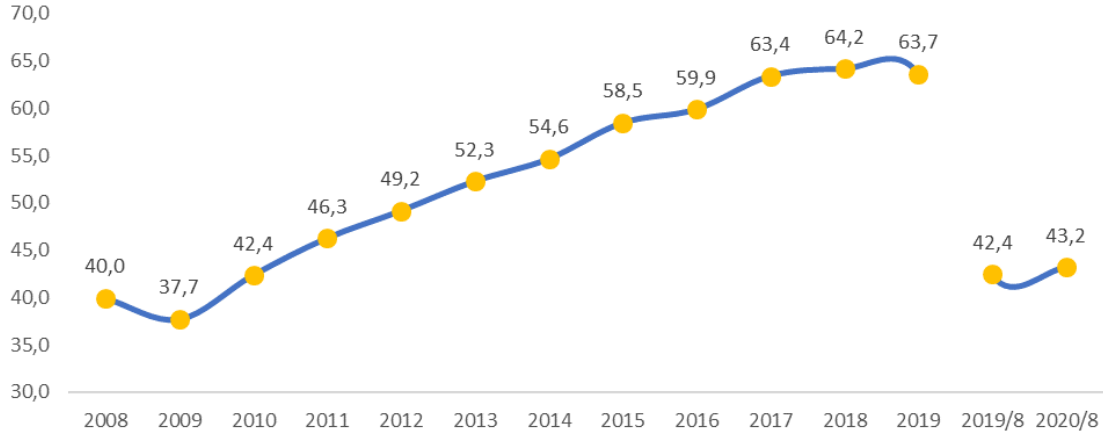
Ülkemizde ise yerli imkanlar ile eklemeli imalata uygun AlSi₁₀Mg metal tozlarının üretimi henüz bulunmamaktadır. Sektördeki bu boşluğu gidermek, yerli imalat için alternatif üretmek, çevre coğrafyalar için tercih edilebilir bir bölge olmak için alüminyum tozunun üretilmesi stratejik önem kazanmaktadır.

Eklemeli imalat teknolojileri üreticileri sayısının artışı ile bu sektörün servis ve hammadde ihtiyacı artış göstermektedir. Bu talebe cevap verme noktasında yeterli kaynağa ulaşmak zorlaşmaktadır. Bunun sebebi olarak iki kaynak gösterilebilir. Birincisi hammadde üretiminin talebe yetişememesi, ikincisi de bazı alaşımların stratejik öneme sahip olmasıdır. Stratejik öneme sahip alaşımlardan birisi de AlSi₁₀Mg alaşımıdır. Bu alaşım hem savunma hem de havacılık sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Özel kullanım alanlarından birisi de uzay teknolojileridir. TÜBİTAK tarafından üretilen ve uyduya gönderilmesi planlanan sistemde topoloji çalışmaları da yapılarak AlSi₁₀Mg malzemesinden anten ayakları üretilmiş ve tüm testlerden başarı ile geçerek onay almıştır. Bunun gibi örnekler ve devam eden çalışmalar çoğaltılabilir. Bu alaşımın özellikle savunma sanayisinde kullanılabilir olması yabancı toz metal üreticilerin bu malzemeyi satarken bazı yaptırımlar ve kısıtlamalar uygulamasına sebep olmaktadır. Bu durum yerli savunma sanayimizi de etkilemektedir. Bu düğümü açmak için yerli imkânlar ile eklemeli imalat için hammadde olarak metal tozlarının üretiminin yapılması kritik önem taşımaktadır.

2.3.1 Dünya Alüminyum Sektör Görünümü

Dünya birincil alüminyum üretimi Şekil 4'te görüldüğü gibi miktarsal olarak 2009-2014 yılları arasında %7,7 oranında büyürken, 2014-2019 yılları arasında %3,1 oranında büyüyerek 63,7 milyon ton seviyelerine ulaşmıştır. 2020 yılının ilk 8 aylık döneminde bir önceki yılın aynı dönemine göre %1,8 oranında büyümüştür.

Şekil 4: Dünya Alüminyum Üretimi (Bin Ton)



Kaynak: World Aluminum

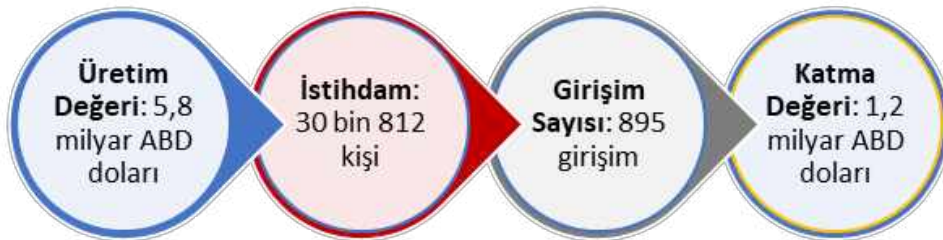
Bununla birlikte küresel alüminyum pazar büyüklüğü 2018 yılında 160 milyar ABD dolarını geçmiş, 2019 yılında ise 164,2 milyar ABD dolarına yükselmiştir. 2020-2027 arasında sektörün bileşik yıllık büyüme oranının %5,7 olması, 2027 yılındaki pazar büyüklüğünün de toplamda 242,4 milyar ABD doları olması beklenmektedir (Fortune, 2020).

Birincil alüminyum üretiminde dünya genelinde Chalco, Rusal, Rio Tinto, Norsk Hydro, Hongqiao Group, Hindalco, Novelis ve Alcoa Corporation firmaları global alüminyum pazarında faaliyet gösteren en önemli şirketler arasında yer almaktadır.

2.3.2 Türkiye Alüminyum Sektörü Genel Görünümü

Türkiye alüminyum sektöründe birincil üretici olarak Seydişehir Alüminyum faaliyet göstermektedir. Seydişehir Alüminyum 2019 yılında 80.000 ton alüminyum üretmiş olup Türkiye'nin tüm ihtiyacının %4,7'sini karşılamaktadır. Türkiye, alüminyum hammaddesi üreticisi olmayıp alüminyum şekillendirme konusunda uzmanlaşmıştır. Türkiye'de sektörün genel görünümü Şekil 5'te gösterilmiştir.

Şekil 5: Alüminyum Şekillendirme Sektörünün Temel Büyüklükleri⁸

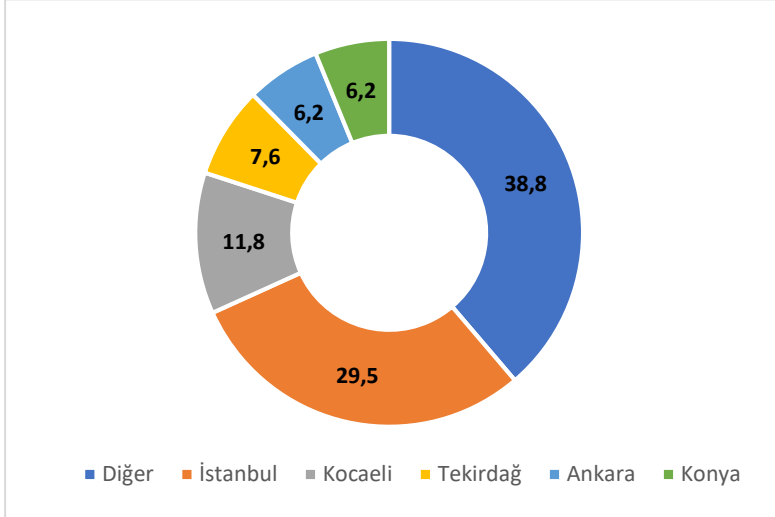


Kaynak: TÜİK

⁸ Üretim değeri: Satışa dayalı stok değişimlerini ve mal ve hizmetlerin yeniden satışını içeren, birim tarafından fiilen üretilen miktarın parasal değeridir. Üretim ve katma değer hesaplamaları TÜİK'ten alınan verilerle gerçekleştirilmiştir.

Alüminyum şekillendiricilerinin Türkiye bazında dağılımı incelendiğinde %30'luk bir oranla İstanbul'un başı çektiği görülmektedir (Şekil 6). 485 girişimin 143 tanesi İstanbul'da faaliyet göstermekte olup bu sayıyı 57 adetle Kocaeli takip etmektedir⁹.

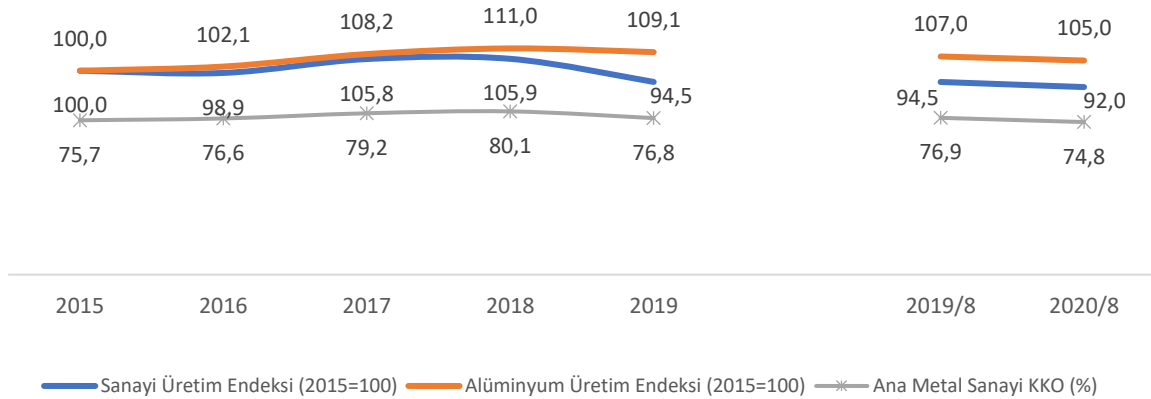
Şekil 6: Alüminyum Şekillendirme Sektörü İl Bazında Dağılımı (%)



Kaynak: TOBB

2020 yılının ilk çeyreğinde ortalama %75,5 seviyesine yükselen kapasite kullanım oranı (KKO), ikinci çeyrekte ortalama %71,2 seviyesine gerilemiştir (Şekil 7). 2020 Haziran ayında 2015 yılından beri en düşük seviyesine gerileyen KKO, Temmuz 2020'de toparlanmaya başlamış, Ağustos 2020'de %80,4, Ekim 2020'de ise %79,4 seviyesine yükselmiştir.

Şekil 7: Alüminyum Üretim (Şekillendirme Sektörü) Endeksi



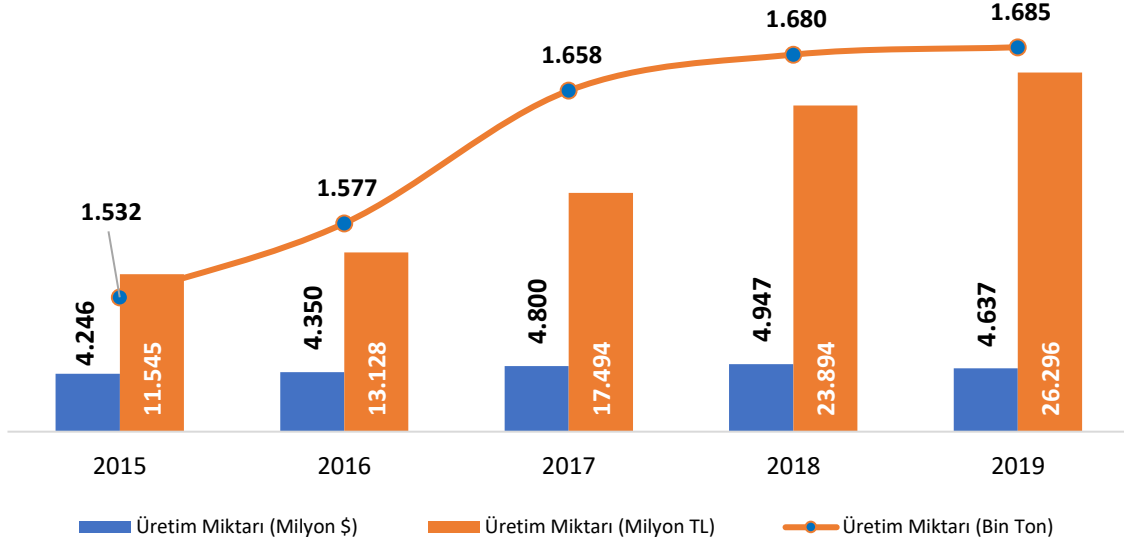
Kaynak: TÜİK

Şekil 8 incelendiğinde alüminyum şekillendirme miktarında sürekli bir ivme söz konusudur. Buna göre 2017 ve 2018 yıllarında alüminyum üretimi, ağırlıklı olarak otomotiv ve ambalaj sektörlerindeki büyümeye paralel olarak bir önceki yıla göre değer bazında (TL) sırasıyla %33,3 ve %36,6 oranlarında

⁹ Analiz TOBB verileri kullanılarak yapılmış olup, TÜİK verilerine göre 2018 yılında Türkiye'de 895 girişim bulunmaktadır.

artmıştır. 2019 yılında ise, sektör üretimi tutar (TL) olarak %10,1'lik bir artış göstererek Türkiye ekonomisindeki yavaşlamaya paralel bir gelişme göstermiştir. Söz konusu yavaşlama ile 2019 yılında Türkiye 1.685 bin ton alüminyum üretimi gerçekleştirmiştir. 2015-2019 yılları arasında ihracatın ithalatı karşılama oranı dış ticaret genelinde %75,2 seviyesindeyken, alüminyum sektöründe bu oranın %76,9 olduğu görülmektedir.

Şekil 8: Alüminyum Üretim Miktarları¹⁰



Kaynak: TÜİK

2.3.3 Eklemeli İmalat (Metal ve Alüminyum) Sektör Görünümü

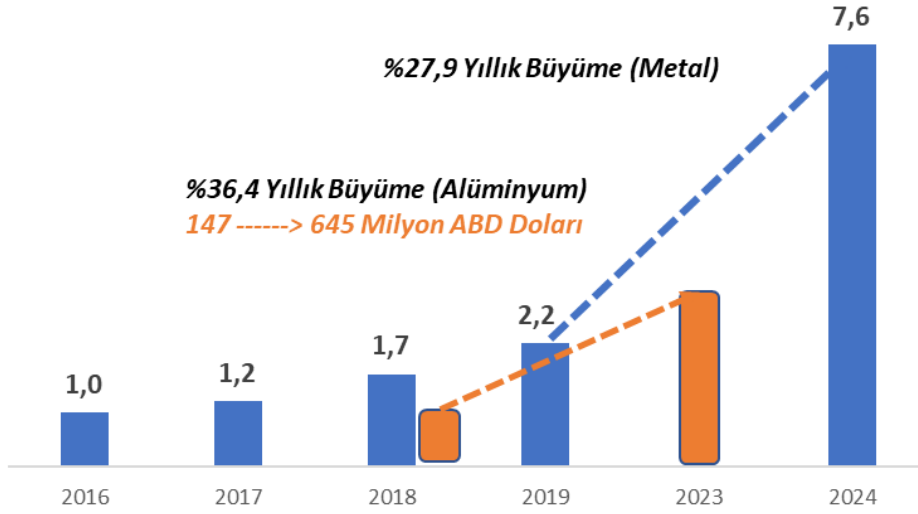
Eklemeli imalata yönelik metal tozları; yeni ve büyümekte olan bir sektör olmakla birlikte bu alanda önde gelen şirketlerin çoğu Avrupa'da bulunmaktadır. Bu yöntem, daha önce olduğu gibi sadece prototipler için değil, karmaşık parçalar üretmek ve işlenmesi zor olan titanyum ve kobalt gibi malzemeleri kolayca işlemek için de uygun bir yöntemdir. Eİ havacılık-uzay, enerji, otomotiv, tıp, aletler ve tüketici ürünleri gibi çeşitli endüstri sektörlerinde yoğunlukla kullanılmaktadır.

2019 yılında küresel metal eklemeli imalat pazar büyüklüğü; sistem, malzeme ve hizmet parça satışları da dahil olmak üzere yaklaşık 2,2 milyar Amerikan Doları değerine ulaşmıştır (Şekil 9). 2019-2024 yılları arasında ilgili sektörde yıllık %27,9 gibi ciddi bir büyüme oranının olacağı öngörülmekte olup sektör büyüklüğünün 2024 yılında 7,7 milyar ABD dolarına ulaşacağı tahmin edilmektedir¹¹ (Ampower, 2020).

Bununla birlikte 2018 yılında 147 milyon ABD doları olan alüminyum eklemeli imalat sektörünün %36,4 gibi yıllık bileşik büyüme oranıyla 2023 yılında 695 milyon ABD dolarına ulaşacağı öngörülmektedir. Dünya genelinde, sahada üretim odaklı Eİ çözümlerinin sayısının da önümüzdeki beş yıl içinde yılda %25 oranında artması öngörülmektedir (IDC, 2020).

¹⁰ Üretim miktarı ve tutarı TÜİK kaynağından 24.42.11, 24.42.21, 24.42.22, 24.42.24, 24.42.25 ve 24.42.26 NACE Rev.2 kodları kullanılarak derlenmiştir. 24.42.12 ve 24.42.23 kodları ile yayınlanan gizli veriler çalışmamızın dışında tutulmuştur.

¹¹ Ampower Report 2020, Metal Additive Manufacturing raporunda rakamlar EUR üzerinden verilmiş olup EUR/ABD Doları 1,1 olarak alınmıştır.

Şekil 9: Eklemeli İmalat-Metal (Milyar ABD Doları) ve Alüminyum

Kaynak: Ampower, 2020

Sektörün ileri ve geri bağlantılarının bulunduğu sektörler arasında; patlayıcı üreticileri, boya endüstrisi, roket yakıtı (saf al) üreticileri, gaz beton/çelik üretimi yapan firmalar, metal toz teknolojileri kullanan kurumlar bulunmaktadır. Üretimi yapılan metal tozlarının birçok sektörde değerlendirme potansiyeli de göz önünde bulundurulmalıdır.

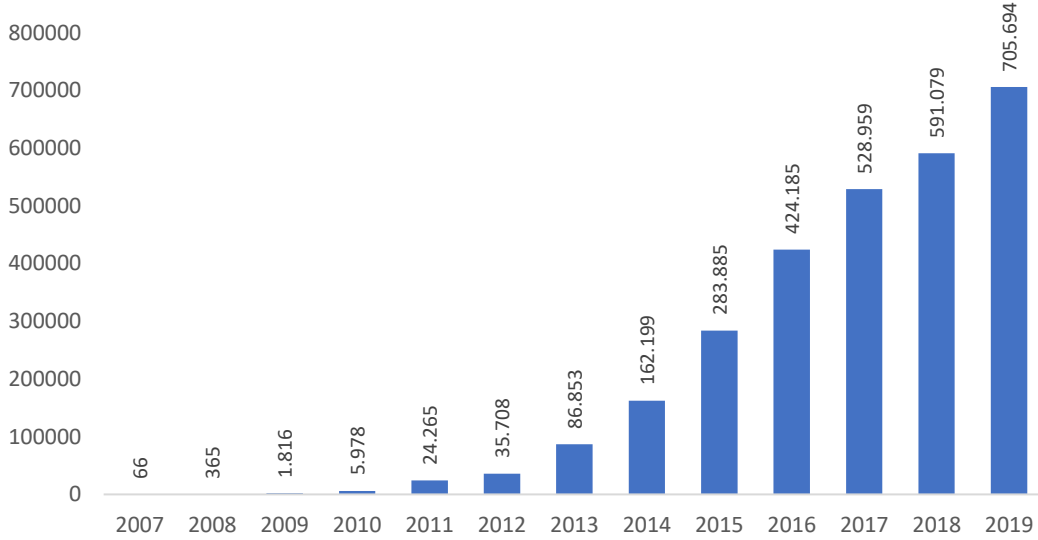
2013 yılı rakamlarına göre, dünyada toplam 855 eklemeli imalata yönelik toz hammadde üreticisi bulunmaktadır. Bunların 425 adedi Kuzey Amerika, 205 adedi Avrupa, 225 adedi Asya-Pasifik bölgesindedir. Türkiye genelinde metal toz üretim sektöründe faaliyet gösteren yaklaşık 15 adet firma bulunmakla birlikte, bunlar eklemeli imalata yönelik olmayan özellikte niteliksiz metal toz üretimi yapmaktadır. Diğer yandan ülkemizde yerli imkânlar ile eklemeli imalat cihazı üreten bir firmanın kendi bünyesinde metal toz (Ti6Al4V, Inconel) üretimine yönelik çalışmalar yaptığı bilinmektedir. Bunun dışında başka bir toz üretici firmada ise medikal amaçlı metal (Co-Cr) eklemeli imalat tozu üretimi mevcuttur. Ülkemizde de metal toz üretimi yapan yerli şirketler olmakla birlikte eklemeli imalata uygun AlSi₁₀Mg tozu üreten firma bulunmamaktadır. Ülke çapındaki tüm bu kurumlar olası yatırımcı potansiyelindedir.

Ülkemizde metal toz üretimi altyapısı bulunan üniversiteler bulunmakta olup Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Kocaeli Üniversitesi, Karabük Üniversitesi, Gazi Üniversitesi ve Karadeniz Teknik Üniversitesi bunlardan bazılarıdır. Fakat bu kurumlardaki cihazlar seri üretime uygun olmayıp sadece akademik çalışma kapasitesine sahiptir. Ayrıca bahsedilen merkezler deneyimli personel eksikliği nedeniyle âtıl durumdadır. İlgili alanda yatırım yapılması durumunda bahsedilen kurumlar ile Ar-Ge çalışmaları konusunda çeşitli iş birlikleri kurulması imkânı bulunmaktadır.

Eklemeli imalat teknolojisi çok hızlı bir şekilde gelişmekte olup kullanımı da aynı oranda artmaktadır. 2019'da küresel metal eklemeli imalat pazar büyüklüğü, sistem, malzeme ve servis bürosu parça satışları dahil olmak üzere 2,02 Milyar Euro değerindedir. Bu hususta hazırlanan raporlarda bu pazarın 2024 yılına kadar yıllık %27,9 büyüme oranı ile toplam 6,92 Milyar Euro ciroya ulaşacağı öngörülmektedir (Şekil 9). Aynı şekilde satılan toz yataklı imalat sistemlerinin (Şekil 10) geçmiş yıllardaki satış grafiğinden eklemeli imalat proseslerine olan ilginin artacağı öngörülmektedir (Ampower, 2020) (Wohler, 2020). Bu açıdan bakıldığında AlSi₁₀Mg tozlarına yönelik yatırımın gelecekte daha önemli hale geleceği öngörülebilir bir husustur. Ayrıca yapılacak yatırımlar, eklemeli imalatta kullanılabilecek yeni alaşım tozlarının araştırılması ve geliştirilmesine de katkı sağlayacaktır. Dolayısıyla elde edilecek yeni alaşım, sektörde yeni talepler oluşturacaktır.

Eklemeli imalat sanayisinde cihaz/ekipman satışları (Şekil 13) 2012 yılından bu yana ciddi oranlarda artmıştır. 2018 yılında bir önceki yıla göre %12 oranında artış yaşanan satışlarda, 2019 yılında %19 oranında artış yaşanmıştır. Bu satışlardaki artışın direkt olarak sarf malzeme satışlarına da yansıdığı değerlendirilmektedir.

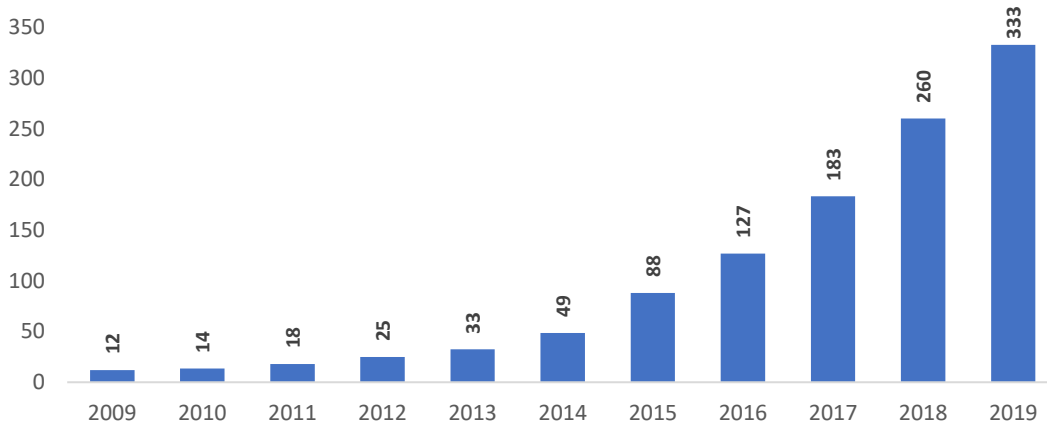
Şekil 10: Eklemeli İmalat Sanayi Cihaz/Ekipman Satış Adetleri



Kaynak: Wohler, 2020

Eklemeli imalat üretimi için girdi sağlayan metallerin satışlarından elde edilen gelirlerin de cihaz/ekipman satışlarıyla doğru orantılı olacak şekilde, 2012 yılından sonra ciddi manada arttığı Şekil 11'de görülmektedir. Bu veriler doğrultusunda 2016, 2017 ve 2018 yıllarında her yıl %40'ın üzerinde bir büyüme gerçekleştiren sektör 2019 yılında %28 oranında büyümüştür.

Şekil 11: Eklemeli İmalat için Metal Satışlarından Gelirler



Kaynak: Wohler, 2020

Otomotiv ve havacılıkta kullanılan parçalar büyük oranda alüminyumdan yapılmakla birlikte alüminyum tozu, eklemeli imalatta kullanılan metal tozunun şimdilik yalnızca %6-7'sini kapsamaktadır. Birçok sektörde alüminyum malzemesi geleneksel üretim yöntemlerinin getirdiği kısıtlamalardan ötürü tercih edilmemektedir. Ancak gerçekleştirilen çalışmalar ve sanayi uygulamaları ile AlSi₁₀Mg alaşımının eklemeli imalat sanayisinde tercih edilme potansiyeli yükselmektedir. Bu da alüminyum metal tozlarının gelişimi için önünün açık olduğunu göstermektedir.

Eklemeli imalat alüminyum metal tozlarının kullanılan sektörler göre oluşan pazar büyüklüğü Şekil 12'de verilmiştir. Yapılan araştırmalara göre 2028 yılına kadar alüminyum metal tozunun özellikle havacılık ve otomotiv sektörlerinde kullanımının artacağı öngörülmektedir. 2028 yılında 300 milyon \$ üzerinde büyüklüğe sahip olacak pazarda havacılık ve otomotiv sektörünün payı %50'nin üzerinde olacağı tahmin edilmektedir.

Şekil 12: Alüminyum Metal Tozunun Sektörel Kullanım Oranları/Tahmini

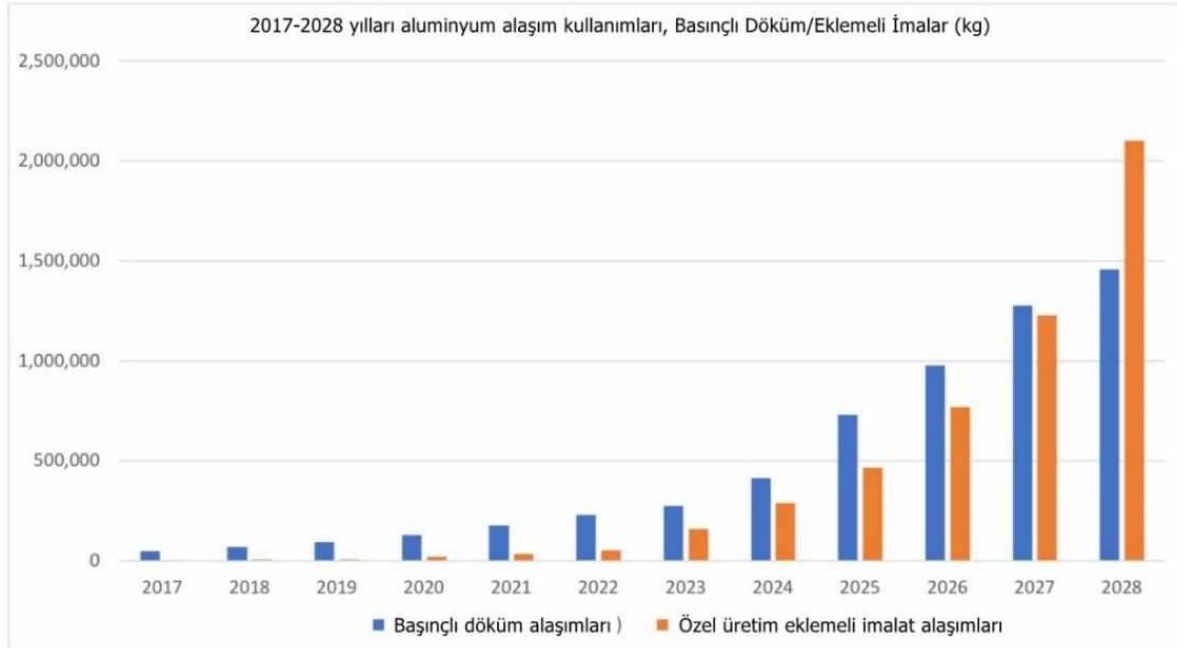


Kaynak: Anusci, 2020

Eklemeli imalat ile üretim yönteminin birçok sektörde aktif bir üretim yöntemi olarak kullanılacağı öngörülmektedir. Yerli ve milli savunma araçlarının üretiminde ve otomotiv sektöründe de eklemeli imalat teknolojilerinin önemli bir rolü olacaktır.

Diğer yandan eklemeli imalat teknolojilerinde yeni alaşımların geliştirilmesine yönelik çalışmalar da yapılmaktadır. Farklı alaşım çalışmaları (Scalloy, seryum katkılı alaşımlar vd.) yayıldıkça pazardaki oranların da değişeceği öngörülmektedir. Eklemeli imalat için geliştirilmiş olan "scalloy" isimli alaşımın kullanım miktarına dair öngörü Şekil 13'te verilmiş olup 2028 yılında basınçlı döküm alaşımlarının kullanım değerini geçerek 2000 ton değerini aşacağı öngörülmektedir. Bu husus özellikle alüminyum toz ile eklemeli imalat pazarının önümüzdeki dönemlerde çok hızlı büyüyeceğini ve bazı üretim yöntemlerinin kullanımına alternatif olacağını göstermektedir.

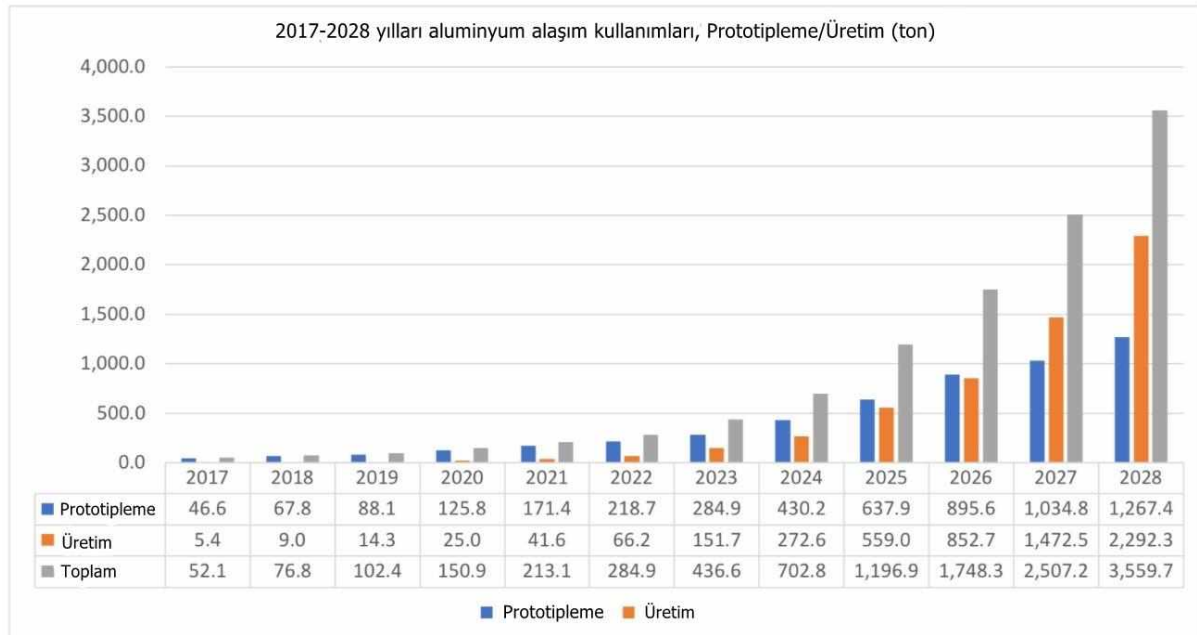
Şekil 13: Scalmalloy Alaşımının Pazar Miktarının Tahmini



Kaynak: Sher, 2020

Günümüzde eklemeli imalat sistemleri prototip ürün üretimleri için daha sık kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalar prototip üretim için kullanımdan son ürün üretimi için kullanıma doğru ciddi bir eğilim olduğunu göstermektedir (Şekil 14). Son ürün üretim tercihlerinde eklemeli imalat kullanımının seri üretim kapısını açacağından, alüminyum alaşımlarının 2028 yılında daha değerli bir hammadde olması öngörülmektedir.

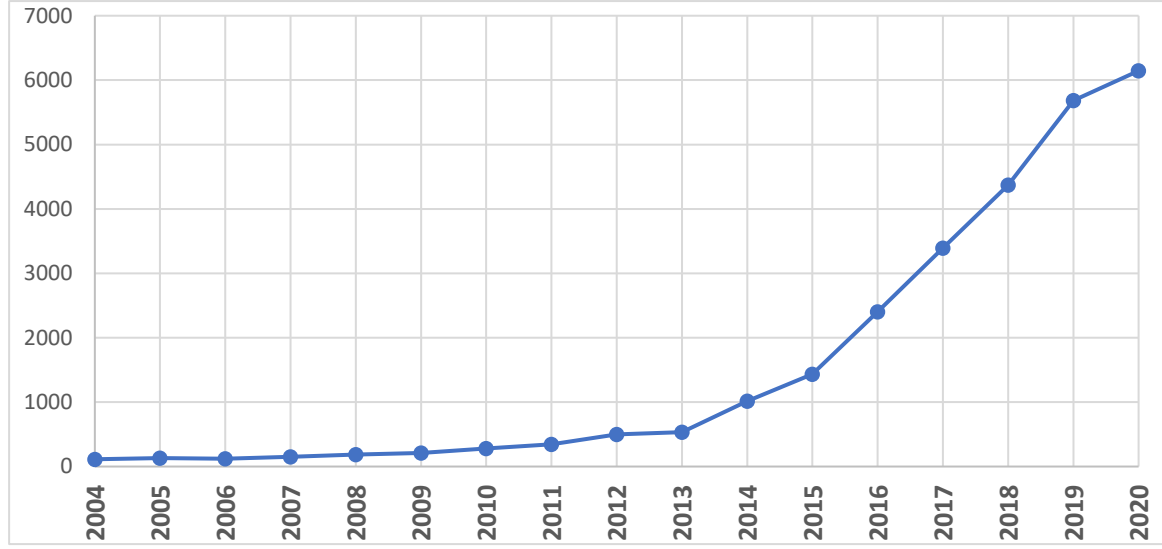
Şekil 14: Alüminyum Alaşımlarının Eklemeli İmalat Pazar Öngörüsü



Kaynak: Sher, 2020

Ticari veriler ile birlikte somut bir şekilde eklemeli imalatın gelişimini görebilmek adına eklemeli imalat ile ilgili akademik çalışmaların incelenmesi de gerekmektedir. Şekil 15'te görüldüğü üzere eklemeli imalat teknolojileri üzerine birçok akademik çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalara paralel olarak alınan patentlerde de ciddi artışlar görülmektedir. Yapılan çalışmaların teknolojiyi bir üst noktaya taşıyacağı kesindir. Teknolojinin gelişmesi ile eklemeli imalat cihazlarının daha ulaşılabilir ve daha yaygın bir seviyeye çıkacağı öngörülmektedir.

Şekil 15: Eklemeli İmalat Konusunda Yayımlanan Makale Sayısının Yıllara Göre Değişimi



Kaynak: Web Of Science

Yukarıda verilen grafikler dikkate alındığında eklemeli imalatta alüminyum tozu pazar payının önümüzdeki yıllarda artacağı görülmektedir. Elde edilen tüm veriler, eklemeli imalata yönelik alüminyum tozu üretim tesisi kurulumunun, ülkemizdeki ekosistemin açısından önemini göstermektedir.

2.4 Dış Ticaret ve Yurt İçi Talep

Alüminyum ihracat ve ithalatının en yoğun yapıldığı ilk beş ülkenin küresel pazar payları Tablo 5 ve Tablo 6'da verilmektedir.

Tablo 5: Küresel Alüminyum İhracat Payları

	Küresel İhracat	2015	2016	2017	2018	2019
1	Çin	14,6%	13,7%	13,1%	14,1%	14,7%
2	Almanya	9,5%	9,7%	9,5%	9,2%	9,4%
3	ABD	7,4%	7,9%	6,7%	6,5%	6,2%
4	Kanada	5,1%	5,2%	5,7%	5,2%	4,7%
5	İtalya	3,6%	3,7%	3,7%	3,7%	3,7%
19	Türkiye	1,5%	1,4%	1,5%	1,6%	1,8%
	Diğer	43,6%	14,6%	13,7%	13,1%	14,1%

Kaynak: ITC (Trade Map)

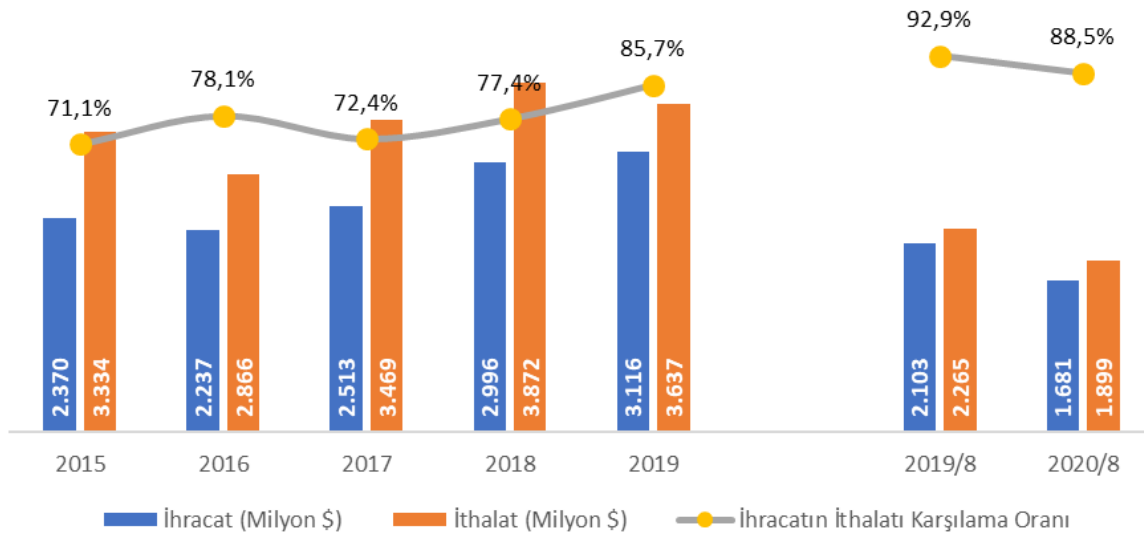
Tablo 6: Küresel Alüminyum İthalat Payları

	Küresel İhracat	2015	2016	2017	2018	2019
1	Çin	11,2%	12,4%	13,4%	12,4%	12,6%
2	Almanya	10,6%	10,9%	10,4%	10,1%	9,9%
3	ABD	5,0%	4,6%	4,7%	4,8%	4,5%
4	Kanada	4,1%	4,2%	4,0%	3,8%	3,9%
5	İtalya	3,4%	3,5%	3,4%	3,6%	3,9%
19	Türkiye	2,1%	1,9%	2,0%	2,0%	1,9%
	Diğer	46,0%	45,5%	45,1%	47,0%	47,1%

Kaynak: ITC (Trade Map)

Türkiye, 2019 yılına kadar birincil alüminyumda ortalama 1,2 milyon ton, ikincil alüminyumda ortalama 140 bin ton ithalat gerçekleştirmiştir. Ülkemizde birincil ve ikincil alüminyum üretimi 385 bin tondur. Buna göre Türkiye kullandığı birincil ve ikincil alüminyumun %77'sini ithal etmiştir. Türkiye Alüminyum ithalatı yıllık ortalama %4,5 büyümektedir (TALSAD, 2020).

Şekil 16'da yer alan, alüminyumun son beş yıllık ihracat verileri incelendiğinde, 2019 yılında alüminyum sektörü ihracatı önceki yıla göre değer bazında %4,0, miktar bazında ise %12,5 oranında artış göstermiştir.

Şekil 16: Alüminyum Dış Ticareti (Milyon ABD doları)

Kaynak: TÜİK

Tablo 7 ve Tablo 8'de ise sektörün potansiyel müşterileri baz alındığında Almanya ve ABD'nin önemli pazarlar olduğu görülmektedir.

Tablo 7: Türkiye'nin Değer Bazında En Çok İhracat Yaptığı İlk 10 Ülke

Ülke (Milyon \$)	2015	2016	2017	2018	2019	2019/8	2020/8
Almanya	391	389	411	462	474	324	267
ABD	35	42	78	213	264	193	138
İngiltere	117	132	148	176	177	111	91
Irak	125	103	110	124	158	93	89
İtalya	125	115	130	170	170	126	73
Polonya	87	89	104	131	132	90	71
Fransa	108	111	118	135	136	93	64
Hollanda	55	57	62	77	82	54	55
İsrail	39	47	56	72	70	44	52
Mısır	64	55	68	84	85	59	52
Diğer	1.224	1.096	1.227	1.351	1.369	915	729
Toplam İlk 10	1.146	1.141	1.285	1.644	1.748	1.188	952
Toplam	2.370	2.237	2.513	2.996	3.116	2.103	1.681

Kaynak: TÜİK

2019 yılında Türkiye'nin ihracat yaptığı ilk 10 ülkenin toplam alüminyum sektörü ihracatına oranı %56,1 oranında gerçekleşmiştir. 2019 yılında GTİP koduna göre en çok ihracatı yapılan 7604 kodlu ürünün Almanya'ya (%23,6), ikinci sırada yer alan 7606 kodlu ürünün en çok ABD'ye (%16,4) ve üçüncü sırada yer alan 7607 kodlu ürünün ise ABD'ye (%20,9) ihracatı gerçekleşmiştir. 2020 yılının ilk 8 aylık döneminde ilk 10 ülkenin toplam alüminyum sektörü ihracatı içerisindeki payı %56,6 seviyesindedir.

Tablo 8: Türkiye'nin Miktar Bazında En Çok İhracat Yaptığı İlk 10 Ülke

Ülke (Bin Ton)	2015	2016	2017	2018	2019	2019/8	2020/8
Almanya	109	118	112	120	133	91	78
ABD	8	14	24	67	88	65	48
İngiltere	36	44	44	49	53	33	28
İtalya	44	43	42	55	64	47	28
Irak	33	29	30	33	48	28	27
Polonya	29	29	30	37	42	28	24
Fransa	31	32	31	35	37	25	18
İsrail	10	14	16	19	20	13	17
Hollanda	16	18	17	20	23	15	16
İsviçre	23	25	26	22	25	17	15
Diğer	345	312	318	348	372	249	207
Toplam İlk 10	338	365	372	458	534	362	300
Toplam	684	677	690	805	906	611	507

Kaynak: TÜİK

Türkiye'nin birincil olarak ürettiği alüminyum Ülkemizin ihtiyacının %4,7'sini karşılandığından, Ülkemiz hammadde açısından ithalata bağımlı konumdadır. 2019 yılında en fazla birincil alüminyum ithalatı %67 ile (GTİP kodu 7601) gerçekleştirilmiştir (Tablo-9). Tablo-10 ve Tablo-11'de görüldüğü gibi hammadde ithalatı coğrafi olarak Türkiye'ye yakın ülkelere yapılmaktadır.

Tablo 9: Türkiye'nin En Çok İthal Ettiği İlk 10 Ürün Grubu

GTIP Kodu ¹² (Milyon \$)	2015	2016	2017	2018	2019	2019/8	2020/8
7601	2.327	1.854	2.273	2.555	2.392	1.427	1.224
7606	417	419	476	575	538	372	266
7607	155	158	178	183	188	131	114
7602	66	63	124	146	173	101	103
7616	78	90	95	89	105	69	55
7605	47	47	91	65	40	29	31
7604	60	49	64	67	58	38	29
7610	29	37	38	36	31	20	18
7608	35	36	41	41	33	21	15
7615	34	27	13	15	21	13	14
Diğer	85	85	76	100	58	43	30
Toplam İlk 10	3.248	2.781	3.393	3.772	3.579	2.222	1.869
Toplam	3.334	2.866	3.469	3.872	3.637	2.265	1.899

Kaynak: TÜİK

Tablo 10: Türkiye'den Değer Bazında En Çok İthalat Yapılan İlk 10 Ülke

Ülke (Milyon \$)	2015	2016	2017	2018	2019	2019/8	2020/8
Rusya	868	627	563	621	1.106	598	612
Katar	193	141	153	182	219	135	120
Almanya	237	214	258	270	208	142	108
Çin	156	145	167	269	244	175	100
Kazakistan	81	45	59	110	223	126	95
Bahreyn	72	87	111	142	160	86	90
BAE	183	140	165	184	184	120	78
Umman	48	21	33	36	47	21	69
Güney Kore	25	27	29	38	66	47	47
ABD	49	57	54	54	93	62	45
Diğer	1.421	1.362	1.877	1.969	1.086	752	533
Toplam İlk 10	1.912	1.504	1.592	1.904	2.550	1.513	1.366
Toplam	3.334	2.866	3.469	3.872	3.637	2.265	1.899

Kaynak: TÜİK

¹² GTIP kodlarının detayları Tablo 3'te verilmiştir.

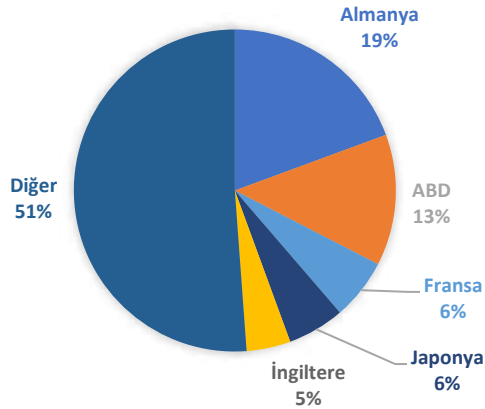
Tablo 11: Türkiye’den Miktar Bazında En Çok İthalat Yapılan İlk 10 Ülke

Ülke (Bin Ton)	2015	2016	2017	2018	2019	2019/8	2020/8
Rusya	432	357	262	267	595	316	358
Katar	90	75	69	77	106	65	63
Kazakistan	39	26	28	50	118	65	55
Bahreyn	31	46	50	60	84	43	54
Umman	22	12	16	15	26	11	41
BAE	80	85	78	78	90	57	41
Çin	49	51	58	91	89	64	36
Almanya	59	56	64	65	53	36	31
Malezya	28	132	299	130	45	33	25
İran	21	44	69	69	49	34	21
Diğer	551	463	449	605	420	284	219
Toplam İlk 10	851	885	994	903	1.254	725	725
Toplam	1.402	1.348	1.443	1.508	1.675	1.008	944

Kaynak: TÜİK

Eklemeli imalat için kullanılan alüminyum tozlarının içerisinde bulunduğu Alüminyum Tozları ve İnce Pullar (7603) sektörünün Dünya İthalat Payları incelendiğinde 2019 yılında Almanya'nın %19 ile birinci sırayı aldığı görülmektedir (Şekil-17).

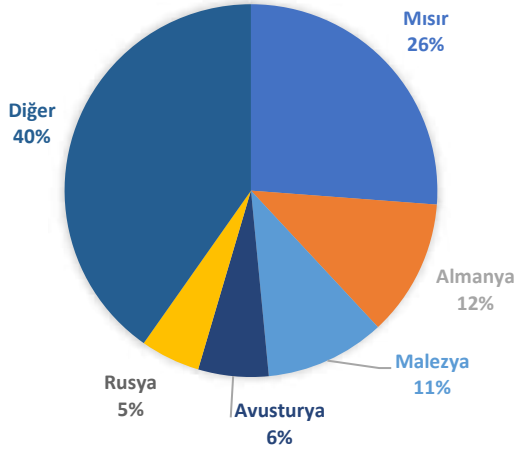
Şekil 17: Dünya Alüminyum Tozları ve İnce Pullar (7603) İthalat Payları



Kaynak: ITC (Trade Map)

Bununla birlikte bu sektörün alt sektörleri olan Pul Bünyeli Olmayan Tozlar (760310) ile Pul Bünyeli Tozlar ve İnce Pulların (760320) ithalat paylarına bakıldığında; 760310 kodlu ürünleri ithal eden ülkelerin üst sektörüyle (7603) paralel olduğu görülürken, 760320 kodlu ürünleri ithal eden ülkeler arasında Çin %10 ile birinci sırayı almıştır. Çin'i ABD, Türkiye ve İngiltere %7'lik paylarıyla takip etmektedir (TÜİK).

Dünya ihracat payları incelendiğinde ise 2019 yılında Mısır'ın %26 ile birinci sırayı aldığı görülmektedir. Dünya ithalatından %19 pay alan Almanya'nın ihracattan %12 pay aldığı görülmektedir (Şekil 18). Almanya'yı %11'lik payla Malezya takip etmektedir.

Şekil 18: Dünya Alüminyum Tozları ve İnce Pullar (7603) İhracat Payları

Kaynak: ITC (Trade Map)

“Alüminyum Pul Bünyeli Tozlar ve İnce Pullar” ve “Alüminyum Pul Bünyeli Olmayan Tozlar” ürünlerinin ihracat payları incelendiğinde ise “Alüminyum Pul Bünyeli Tozlar ve İnce Pullar” ürününde en yüksek ihracat payını Almanya almış olup Almanya’yı Avusturya ve Çin takip etmektedir. “Alüminyum Pul Bünyeli Olmayan Tozlar” ürününde ise Mısır ve Malezya’nın öne çıktığı görülmektedir. 2019 yılında dünya genelinde yapılan “Alüminyum Pul Bünyeli Olmayan Toz” ihracatının yaklaşık olarak %50’si Mısır, %20’si de Malezya tarafından gerçekleştirilmiştir.

Türkiye’nin 760310 GTİP kodlu “alüminyumdan pul bünyeli olmayan tozlar” ve 760320 GTİP kodlu “alüminyumdan pul bünyeli tozlar ve ince pullar” ürünlerine ait ihracat tutar ve miktarları Tablo 12 ve Tablo 13’te belirtilmiştir. Analize konu yıllardaki bahse konu iki ürünün toplam ihracat tutarı, toplam alüminyum sektörü ihracat tutarının ortalama %0,2’sini oluşturmaktadır.

Tablo 12: Türkiye “Alüminyumdan Pul Bünyeli Olmayan Tozlar” ve “Alüminyumdan Pul Bünyeli Tozlar ve İnce Pullar” İhracat Miktarları

İhracat Tutar (Milyon \$)	2015	2016	2017	2018	2019	2019/8	2020/8
760310	0,1	0,1	0,1	0,4	0,4	0,2	0,0
760320	7,4	6,3	4,0	6,0	6,1	4,6	0,9

Kaynak: TÜİK

Tablo 13: Türkiye “Alüminyumdan Pul Bünyeli Olmayan Tozlar” ve “Alüminyumdan Pul Bünyeli Tozlar ve İnce Pullar” İhracat Miktarları

İhracat Tutar (Bin Ton)	2015	2016	2017	2018	2019	2019/8	2020/8
760310	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,1	0,0
760320	1,9	1,8	1,3	1,8	1,9	1,4	0,3

Kaynak: TÜİK

Türkiye’nin 760310 GTİP kodlu “alüminyumdan pul bünyeli olmayan tozlar” ve 760320 GTİP kodlu “alüminyumdan pul bünyeli tozlar ve ince pullar” ürünlerine ait ithalat tutar ve miktarları aşağıda Tablo

14 ve Tablo 15'te belirtilmiştir. Analize konu yıllardaki bahse konu iki ürünün toplam ithalat tutarı, toplam alüminyum sektörü ithalat tutarının ortalama %0,4'ünü oluşturmaktadır.

Tablo 14: Türkiye “Alüminyumdan Pul Bünyeli Olmayan Tozlar” ve “Alüminyumdan Pul Bünyeli Tozlar ve İnce Pullar” İthalat Miktarları

İthalat Tutar (Milyon \$)	2015	2016	2017	2018	2019	2019/8	2020/8
760310	3,3	2,9	2,9	5,5	2,8	1,9	1,7
760320	10,9	10,8	9,8	10,4	9,7	6,5	4,3

Kaynak: TÜİK

Tablo 15: Türkiye “Alüminyumdan Pul Bünyeli Olmayan Tozlar” ve “Alüminyumdan Pul Bünyeli Tozlar ve İnce Pullar” İthalat Miktarları

İthalat Tutar (Bin Ton)	2015	2016	2017	2018	2019	2019/8	2020/8
760310	1,4	1,0	1,0	1,8	1,0	0,6	0,7
760320	1,8	1,7	1,6	1,6	1,3	0,8	0,6

Kaynak: TÜİK

Sadece AlSi₁₀Mg alüminyum alaşımına yönelik doğrudan istatistiki veriler olmadığından tüm sektör ithalat ve ihracat verileri üzerinden hareket edilerek Tablo 16 ve Tablo 17 oluşturulmuştur. Alüminyum sektörünün üretim, ithalat ve ihracat rakamları TÜİK tarafından yayımlanmış olan verilerden derlenmiştir. Yurtiçi talep miktarı ise üretim miktarının üzerine ithalat rakamlarının eklenip ihracat rakamlarının çıkarılması ile elde edilmiştir. Aynı hesaplama yöntemi kullanılarak tutar bazında hesaplamalar da yapılmış olup analize konu yıllardaki tutarlar aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 16: Alüminyum Dış Ticareti ve Yurtiçi Talep (Bin Ton)

Alüminyum Talep (Bin Ton)	2015	2016	2017	2018	2019
Üretim Miktarı	1.532	1.577	1.658	1.680	1.685
İthalat	1.402	1.348	1.443	1.508	1.675
İhracat	684	677	690	805	906
Yurtiçi Tüketim/Talep	2.250	2.248	2.412	2.383	2.454

Kaynak: TÜİK

Tablo 17: Alüminyum Dış Ticareti ve Yurtiçi Talep (Milyon \$)

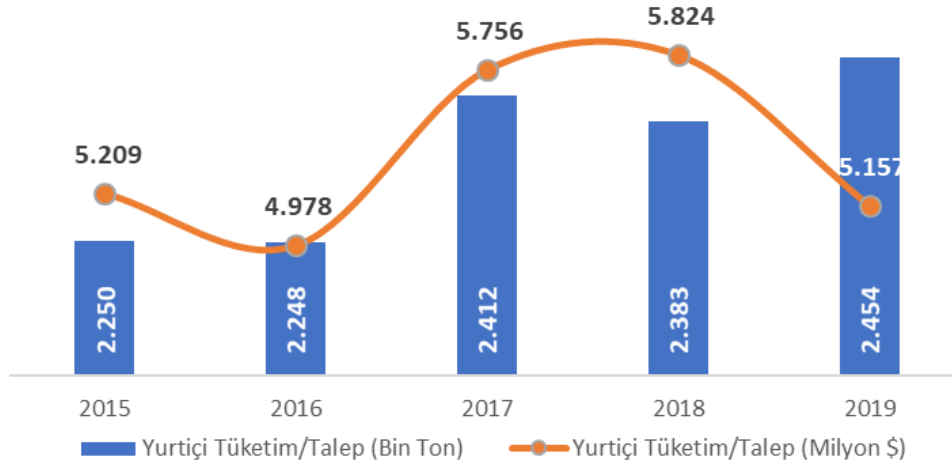
Alüminyum Talep (Milyon \$)	2015	2016	2017	2018	2019
Üretim Miktarı	4.246	4.350	4.800	4.947	4.637
İthalat	3.334	2.866	3.469	3.872	3.637
İhracat	2.370	2.237	2.513	2.996	3.116
Yurtiçi Tüketim/Talep	5.209	4.978	5.756	5.824	5.157

Kaynak: TÜİK

Alüminyum sektörünün hammadde yurt içi talep gelişimi analiz edilerek Şekil 19'da gösterilmiştir. 2016 yılında tutar ve miktar bazında düşüş gösteren alüminyum talebi 2017 yılında artış eğilimi göstermiştir.

2018 yılında miktarsal bazda talebin azalmasına rağmen alüminyum fiyatlarının yükselmesi nedeniyle düşük de olsa bir artış yaşanmıştır.

Şekil 19: Alüminyum Yurtiçi Talep Gelişimi



Kaynak: TÜİK

Eklemeli imalat ile üretim dünyada da yeni gelişen bir teknoloji olduğu için sadece eklemeli imalatta kullanılan alüminyum tozlarına yönelik özel bir GTİP kodu mevcut değildir. Bundan dolayı çalışmada Tablo 18'de görüldüğü gibi "Alüminyum Pul Bünyeli Tozlar ve İnce Pullar" ile "Alüminyum Pul Bünyeli Olmayan Tozlar" yurt içi talep değerleri baz alınmıştır.

Tablo 18: Pul Bünyeli Tozlar/İnce Pullar/Pul Bünyeli Olmayan Tozlar Yurtiçi Talep

Yurtiçi Talep (Milyon \$)	2015	2016	2017	2018	2019	2019/8	2020/8
760310 (Alüminyum Pul Bünyeli Olmayan Tozlar)	3,2	2,9	2,8	5,1	2,4	1,7	1,7
760320 (Alüminyum Pul Bünyeli Tozlar ve İnce Pullar)	3,4	4,5	5,8	4,3	3,6	1,9	3,4

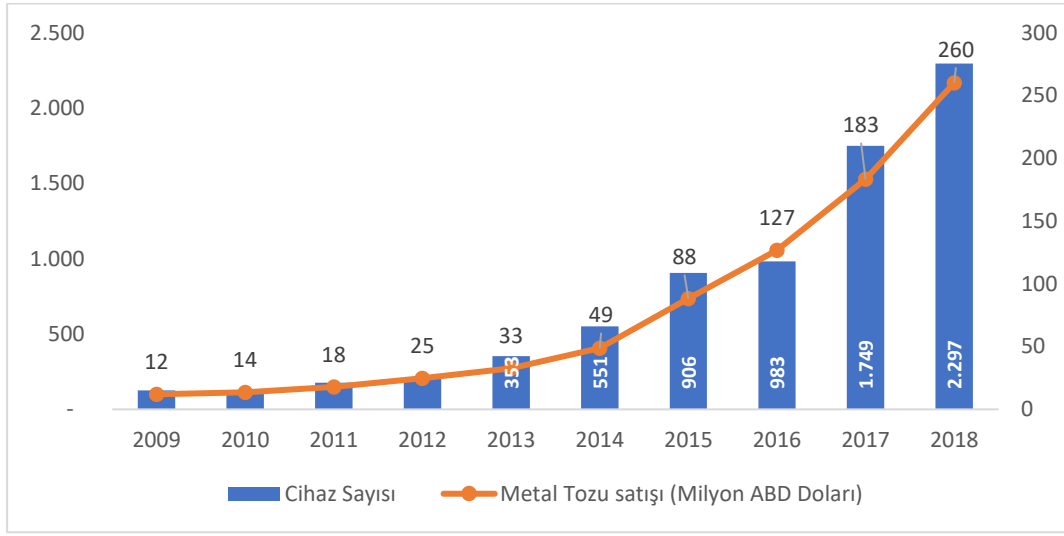
Kaynak: TÜİK

Ülkemizde üretimi olmadığı bilinen "Alüminyum Pul Bünyeli Tozlar ve İnce Pullar" ile "Alüminyum Pul Bünyeli Olmayan Tozlar" ürünlerinin yurtiçi talep miktarı, ithalat tutarından ihracat tutarını çıkararak hesaplanmıştır. Yıllar içerisinde yurtiçi talep tutarlarında dalgalı bir seyir görülmektedir. Elde edilen verilere göre sektörün 2017 yılında en fazla büyümeyi gerçekleştirdiği ve bu büyüme değerinin ilerleyen yıllarda tekrar gerçekleşeceği değerlendirilmektedir. El sistemlerinin ülkemizde hızla yayılması ve daha fazla talep görmesi ile bu değerlerin artacağı öngörülmektedir.

2.5 Üretim, Kapasite ve Talep Tahmini

2009 yılından bu yana dünya genelinde eklemeli imalat cihaz sayısı ve metal tozu satışları incelendiğinde, aralarında paralel ilerleyen bir seyir görülmektedir. Şekil 20'de görüldüğü gibi 2009 yılından bu yana her yıl cihaz ve metal tozu satışlarında artış yaşanmaktadır. Halihazırda Türkiye'de eklemeli imalat için alüminyum toz üretimi yapan bir kuruluş yoktur. Dolayısıyla herhangi bir kurulu kapasite de bulunmamaktadır. Dolayısıyla alüminyum toz üretim miktarımız sıfır olarak değerlendirilmektedir.

Şekil 20: Dünyada Eklemeli İmalat Cihaz Sayısı ve Metal Tozu Satışları



Kaynak: Wohler, 2020

Türkiye'de metal eklemeli imalat cihazı sayısının 2017 yılı verilerine göre dağılımı Şekil 21'de verilmiştir.

Şekil 21: 2017 Yılı Türkiye'deki Eklemeli İmalat Cihazları Dağılımı



Kaynak: TCCSBB, 2019

Dünyada üretimi ve bilinirliği giderek artan bu sektörün ülkemizde de kullanımı yaygınlaşmaktadır. Şekil 20'de verilen cihaz satış oranlarından yola çıkılarak, dünyadaki gelişmeler de dikkate alındığında ülkemizdeki cihaz sayısının artacağı tahmin edilmektedir (Şekil 22).

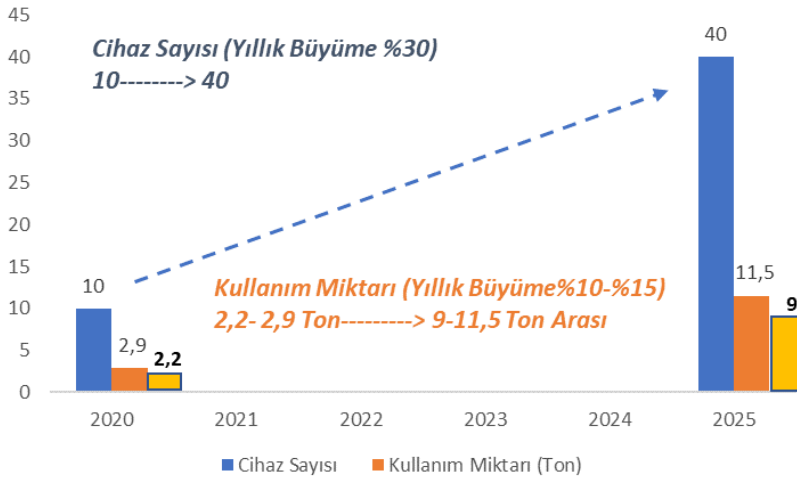
Metal toz ile üretim yapılan eklemeli imalat cihaz sayısının 2017 yılında 15-20 dolaylarında olduğu tahmin edilmekte (Şekil 21) olup 2020 yılında bu sayının 50 civarında olduğu tahmin edilmektedir. Alüminyum tozu kullanarak eklemeli imalat yapan cihaz sayısının da bu toplam sayının %20'si (10 Adet) olduğu varsayılmıştır.

Türkiye’de 2020 yılında 10 adet 3 boyutlu yazıcı (Alüminyum tozu kullanan) olduğu varsayımıyla ilerlenerek bu cihaz sayısında 2025 yılına kadar yıllık bileşik olarak ortalama %30 büyüme gerçekleşeceği ve sayının 40 adede ulaşacağı varsayılmıştır.

Alüminyum tozu kullanarak eklemeli imalat yapan bir cihazın toz kullanma kapasitesinin 320 kg/yıl olduğu düşünüldüğünde %90 kapasite ile; 2020 yılında 2,9 ton 2025 yılında ise 11,5 ton alüminyum tozu kullanacağı hesaplanmıştır. Bir makinenin %70 kapasite ile çalıştığı varsayılır ise; 2020 yılında 2,2 ton 2025 yılında ise 9 ton alüminyum tozu kullanacağı hesaplanmaktadır.

Bu varsayımlar ve hesaplamalar doğrultusunda Türkiye’nin önümüzdeki 5 yıldaki toplam alüminyum tozu ihtiyacının 28 ton ile 35 ton arasında değişeceği hesaplanmaktadır.

Şekil 22: Türkiye 3 Boyutlu Yazıcı Sayısı ve Kullanım Miktarı Gelişimi



Yapılan talep tahmini Türkiye’de bulunan cihazların kapasiteleri ile gerçekleştirilmiş olup yurtdışından alınan ürün ve hizmetler bu hesaplama dahil edilmemiştir. İleride kullanılan makinelerin kapasitelerinde yaşanacak artış ve ithal edilen ürünlerin ülkemizde yapılabilecek olmasıyla Alüminyum Tozuna talebin daha fazla olabileceği öngörülmektedir.

Ayrıca Türkiye’nin eklemeli imalat pazarındaki payı (%1,4) göz önüne alındığında, üretilen hammaddenin ithalat miktarları bu rakamların yaklaşık 10 katı olma potansiyeline sahiptir. Kabaca bir hesaplama ile 2025 yılı itibari ile 90 tonluk alüminyum toz satışı mümkün olabilecektir.

2.6 Girdi Piyasası

Temel girdi alüminyum alaşımı olup, bu alaşım aralığında külçe veya kütük olarak tedarik edilmesi planlanmaktadır. İkincil alaşımlarda uygun kalitede üretim yapılması zor olduğundan ikincil alaşım kullanılmayacaktır. Türkiye’de birincil alüminyum üretimi yapan kurumlar bulunmaktadır. İlave olarak bu alaşımın yurtdışı tedarikçilerinin de çok kolayca bulunabileceği değerlendirilmektedir.

Bu alaşım ve kullanılacak diğer alaşımlar Tablo 11’de verilen ülkelerden tedarik edilebilecektir. Yurt dışı temin yerlerinden ise Tablo 11’de görüldüğü gibi en fazla Rusya, Katar ve Kazakistan ön plana çıkmaktadır. Alüminyum alaşımlarının detayları hakkında bir veri paylaşımı olmadığı için genel ithalat verileri kullanılmıştır.

AlSi₁₀Mg ve muadil alüminyum alaşımlarının doğrudan üreticiden liman teslim veya fabrika teslimi olarak tedarik edilebileceği gibi aracı firmalardan fabrika teslimi olarak da temin edilebilmektedir.

Hammaddenin külçe ve kütük olarak tedarik edilmesinde İstanbul ve çevresi için herhangi bir kısıt veya maliyet artırıcı unsur bulunmamaktadır.

Temel hammadde olan alüminyum alaşım fiyatları, Londra Metal Borsası (LME) baz alınarak belirlenmektedir. Firmalar LME'nin fiyatları üzerine ortalama olarak 1.000 \$/ton prim eklemektedir. LME son beş yıllık verileri incelendiğinde Şekil 23'te görüldüğü gibi dalgalı olarak 2.000 \$/Ton civarında seyrettiği görülmektedir.

Şekil 23: Londra Metal Borsası Alüminyum Alaşımları Fiyat Grafiği (son 5 yıl, \$)



Kaynak: LME, 2020

Üretimdeki en büyük ikinci girdi kalemi de argon olup gaz ve sıvı formda tedarik edilebilmektedir. Argon İstanbul ve çevresinde yetkili tedarikçilerinden temin edilebilmektedir. Güncel olarak, sıvı argon fiyatları 1 – 1,5 \$/Kg olup, 1 Kg sıvı argondan 1,6 m³ argon gazı elde edilmektedir. Gaz argonun fiyatı ise 5-6 \$/m³tür. Atomizasyon yönteminde en fazla kilogram başına 2 m³ argon gazı kullanılmaktadır.

Sistemde kullanılan temel girdiler ile diğer girdilerin kilogram başına maliyetleri Tablo 19'da verilmektedir. Detaylı olarak 3.2.3 numaralı başlıkta işlenmiştir.

Tablo 19: Girdi Maliyetleri

Girdi Adı	Maliyeti (\$/Kg)
Alüminyum Alaşımı	3 – 3,5
Argon gazı (sıvı argon baz alındı)	1 – 1,5
Diğer giderler	2 – 2,5
Toplam	6 – 7,5

Kaynak: LME, 2020

2.7 Pazar ve Satış Analizi

Türkiye'de alüminyum üretiminde faaliyet gösteren firmalar %29,5 oranında İstanbul'da yer almaktadır. İstanbul'u, %11,8 ile Kocaeli ve %7,6 ile de Tekirdağ takip etmektedir. Marmara bölgesinde yoğunlaşmış olan üretim, toplamda Türkiye'deki imalatın yaklaşık olarak %50'lik kısmına tekabül etmektedir. İstanbul

ise bölgenin merkezinde yer alarak Avrupa'ya ihracatta coğrafi bir avantaj sağlarken, sektörün merkezinde bulunarak tedarik zincirinde ve yurtiçi satışlarda da üstünlük oluşturacaktır.

TÜİK verilerine göre İstanbul'un toplam nüfusu 15.519.267 olup bunun 2.307.379 kişilik kısmı 15-24 yaş grubunda olan genç nüfustan oluşmaktadır. Yine TÜİK verilerine göre bu yüksek nüfusta %14,9 işsizlik oranı ile vasıflı ve vasıfsız işgücü potansiyelinin en yoğun olduğu il olması sebebiyle İstanbul teknik ve idari personel bulunması açısından diğer illere göre avantajlı konumdadır.

İstanbul; kara, deniz, hava ve demiryolu ulaşım altyapısı bakımından avantajlı konuma sahiptir. Dolayısıyla hammadde tedariki ve ürün teslimatı bakımından farklı lojistik imkânlar sunmaktadır. Diğer yandan finansal, ticari, sanayi ve bürokratik kurumsallaşması tamamlandığı için tüm altyapı ve enstrümanlardan yararlanma imkânı sunması diğer illere göre avantaj sağlayacaktır.

Türkiye pazarında ilgili ürünün (AlSi₁₀Mg) bilinen üretimi yapılmadığı için pazarda hâkim konumdaki rakip firmalarla maliyet, teknolojik üstünlük, coğrafi avantaj, hammaddeye yakınlık vb. konular değerlendirilememiştir.

Tablo 20'de de görüldüğü gibi alüminyum ince pulları ve tozlarında sektöründe ihracatta en başarılı olan ülke Mısır, enerji ve asgari ücrette en düşük girdileri ve en ucuz üretimi sunmaktadır. İkinci sırada yer alan Almanya ise enerjide en yüksek üçüncü sırada iken işçilikte en yüksek ikinci sırada yer almaktadır. Türkiye ise enerjide en düşük üçüncü sırada, işçilikte ise en düşük dördüncü sırada yer almaktadır. Bu da Türkiye'nin alüminyum ince pulları ve tozları konusunda ihracatta söz sahibi olabileceğini göstermektedir.

Tablo 20: Asgari Ücret ve İşletmeler için Elektrik Fiyatları

Ülke	Asgari Ücret (\$/Ay)	\$/kWh
Mısır	110	0,074
Malezya	290	0,104
Almanya	1.815	0,225
Avusturya	2.000	0,175
Rusya	150	0,085
Türkiye	400	0,084

Kaynak: ILO, 2020; Statista, 2020

Hammadde maliyeti hariç tutulup ihracatçı ülkedeki diğer temel girdilerin ortalama maliyetleri karşılaştırması yapıldığında Mısır'ın uzak ara en büyük ihracat payını almasında temel girdi maliyetlerinin önemi görülmektedir. Rusya'nın benzer maliyetlere sahip olmasına rağmen toplam ihracattan çok daha düşük pay almasında ise lojistik imkanlar ile ekonomik ve siyasi gelişmeler etkili olmaktadır.

İhracat payı yüksek fakat girdi maliyetleri nispeten daha fazla olan Malezya, Almanya ve Avusturya ise hammaddeye ve satış pazarına yakınlık, güçlü AR-GE, iç talebin ihracatta rekabet avantajı sağlaması gibi sebeplerden dolayı öne çıkmaktadır. Nitekim hedef pazarlar olarak görülebilecek olan ve alüminyum tozları ve ince pulları dünya ithalatında en büyük rakamlara ulaşan Almanya %19, ABD %13, Fransa %6, Japonya %6 ve İngiltere %5 paylara sahiptir.

Türkiye ise yaklaşık aylık 400 USD vasıfsız eleman ve 0,084 USD/kWh enerji maliyetleri, hammadde kaynak ve ürünün satış piyasalarının coğrafi ve ekonomik olarak içerisinde bulunması avantajlarını kullanarak ihracat potansiyeli barındırmaktadır. İç talepteki artışın da dolaylı olarak ihracat rekabetinde diğer ülkelere karşı güç kazanılmasına yardımcı olması beklenmektedir.

Alüminyum tozları ve ince pulları ithalatında öne çıkan ülkeler, küresel ithalattan %19 pay alan Almanya, onu %13 ile izleyen ABD, %6'şar payı olan Fransa ve Japonya ve %5 ile İngiltere'dir. Verilerin aynı değerlerde karşılaştırılabilmesi açısından "Satınalma Gücü Paritesi Doları" cinsinden karşılaştırma yapıldığında, IMF 2020 verilerine göre kişi başı yıllık gelir ortalaması; Almanya'da 55,306 SAGP Doları, ABD'de 67,426 SAGP Doları, Fransa'da 48,640 SAGP Doları, Japonya'da 46,827 SAGP Doları ve Birleşik Krallık'ta ise 48,169 SAGP Doları olarak yayımlanmıştır. Bu ülkelerin tamamı Dünya genelinde en yüksek Satınalma Gücü Paritesi cinsinden geliri olan ilk 30 ülke içerisinde yer almaktadır. Yine bu ülkelerin Dünya Bankası raporlarına göre nüfus artış oranlarının 1999-2019 yılları aralığı göz önünde bulundurulduğunda, dünya ortalaması olan %1,27'nin yarısının dahi altında kalmaktadır. Katma değeri yüksek ürünlerde ülkelerin nüfusu ve nüfus artışı ile teknoloji ve teknik kullanım arasında manalı bir bağlantının olmadığı görülmektedir.

2.7.1 Dağıtım Kanalları

Dağıtım kanalları ürünün satış aşamasına gelmesinden itibaren tüketiciye kadar izlediği yolu ifade etmekte olup dağıtım kanalı stratejileri ürün satış oranlarını en üst seviyeye çıkarmayı amaçlamaktadır. Yapılacak yatırımın imalat sanayiine yönelik olması ve B2B bir yapıda bulunması sebebiyle dağıtım kanalları tercihleri de buna göre belirlenmelidir. Dağıtım kanalları 3 ana başlık altında değerlendirilmiş olup, aşağıda sıralanmıştır.

2.7.1.1 Fabrikadan Doğrudan Tüketiciye

Bu dağıtım kanalı seçeneğinde; pazarlama ve satış yatırımları, operasyon giderleri ve bunların oluşturacağı iş yükü öngörüldüğünde ürünü tüketiciye doğrudan ulaştırmak maliyet, zaman ve odaktan sapılması olarak yatırıma yansımaktadır. Orta ve uzun vadede satış kontrolünün ve karlılığın tamamen üreticide olması sebebiyle tekrar incelenerek ihtiyaç durumunda bu seçenek değerlendirilmelidir.

2.7.1.2 Fabrikadan Bölgesel Distribütörlere ve/veya Toptancılara Sonra Tüketiciye

Satış sorumluluğu bölgesel ölçekte distribütör ve toptancılara verilerek, onların sahadaki satış operasyonunu gerçekleştirmesi sağlanmaktadır. Burada büyük çapta olmasa da bir pazarlama ve satış ekibi oluşturulması, yatırım yapılması ve önceki seçeneğe göre daha basit bir şekilde olacak operasyonların takibi gerekmektedir. Bölgesel distribütör ve toptancılar iş ve yatırım yükünü almaları karşılığında satışlardan kar elde ederek akışın devamlılığını sağlamaktadır. Bu şekilde uygulanan dağıtım stratejisinin orta ve uzun vadede teşkil edeceği sorunların başında, satış fiyatlarının distribütör tarafından etkilenbilmesi ve satış rakamları tarafında da doğrudan etkinin kalmayışı gibi kontrolün paylaşılması gelmektedir.

2.7.1.3 Fabrikadan Ana Dağıtıcıya/Distribütöre ve Sonrasında Tüketiciye

Bu dağıtım seçeneğinde ise, bütün satış sorumluluğu ana distribütöre verilerek fabrika içerisindeki satış ve pazarlama yükü en az seviyeye indirilir. Burada satış kontrolü ana distribütörde bulunacaktır ve yine orta ve uzun vadede gözden geçirilerek değerlendirilmesi gerekmektedir.

3. TEKNİK ANALİZ

3.1 Kuruluş Yeri Seçimi

İstanbul, yatırım açısından Şekil 21'de görüldüğü gibi cihazların yoğunluğu ve coğrafi konumu nedeniyle en uygun bölgedir. Bölgenin ulaşım alternatiflerinin (kara, hava ve deniz) genişliği, potansiyel müşterilerin bölgeye erişimi açısından (müşterilerin ulaşımı, konaklaması, vb.) diğer bölgelere üstünlük

sağlamaktadır. Bölgenin sanayi yoğunluğu ve bununla beraber altyapıların hazır olması da diğer bir etkidir.

Yatırım yapılacak ilçenin belirlenmesinde üretimin yapılmasına uygun altyapı ve üstyapının bulunması, maliyet ve sürdürülebilirlik gibi faktörlerin incelenmesi gerekmektedir. Yatırıma konu olan ürün için sağlanan desteklerde OSB ya da alt bölgelerinde konumlanmasının bir farkı olmadığı için üretimi planlanan ürüne uygun sanayi bölgelerindeki ilçelerden örnek bilgiler sunulacaktır.

İstanbul'un Avrupa yakasında Esenyurt, Arnavutköy ve Silivri; Anadolu yakasında ise Tuzla ön plana çıkmaktadır. Esenyurt ve Arnavutköy kurulu sanayi bölgeleri olması ve diğer arsa bedellerinin nispi olarak diğer bölgelere uygun olmasından dolayı tercih edilmiştir. Silivri bölgesi ise Avrupa'ya yakın olması ve arsa bedellerinin ucuz olmasından dolayı tercih edilmiştir. Asya kıtasında ise Tuzla lojistik üstünlüğü ve sanayi alt yapısından dolayı tercih edilmiştir.

Yapılacak yatırımın büyüklüğü ve sürekliliğinin sağlanması açısından arazilerin satın alınması daha uygundur.

Arsa maliyetleri Silivri'de 100-300 USD/m², Esenyurt-Arnavutköy bölgesinde 500-800 USD/m² ve Tuzla'da 500-800 USD/m² ortalamalarıdır.

10 Mart 2020 tarih ve 31064 sayılı Resmî Gazete'de Çevre Şehircilik Bakanlığı'nın yayımlanmış olduğu "Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2020 yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ'in", III. Sınıf A grubu yapılarına göre yapılacak binanın m² maliyeti ortalama 140 \$ olarak hesaplanmıştır. Üretim yapılması için yatırım yapılması öngörülen bina, personel ve üretim güvenliği için müstakil özellikte olmalıdır. Kapalı alan (500 m²), yükseklik (10 m) ve açık alan (100 m²) ihtiyaçları aşağıda İstanbul'daki bölgeler için satın alma seçenekleri yaklaşık maliyetleri ile karşılaştırılmıştır (Tablo 21).

Tablo 21: İstanbul'daki Bölgeler İçin Satın Alma-Bina/İnşaat Bedelleri

Konum	Kullanım şekli	Ortalama birim maliyet (\$)	600 m ² arazi bedeli	500 m ² inşaat bedeli	Genel Toplam (\$)
Silivri	Bina	140	-	70.000	190.000
	Arazi	200	120.000	-	
Esenyurt Arnavutköy Tuzla	Bina	140	-	70.000	460.000
	Arazi	650	390.000	-	

AR-GE, yatırım ve üretim aşamaları için gereken insan kaynakları açısından Esenyurt (954,579) ve Arnavutköy (267,400) nüfus yoğunlukları sınırlarında ve yakınlarında birçok üniversitenin ve teknik lisenin bulunması nedeniyle diğer ilçelere göre öne çıkmaktadır. Halihazırda bölgede bulunan sanayi kuruluşları sebebiyle vasıflı ve vasıfsız işgücünde de bir kümelenme bulunmaktadır. Personelin, tedarik ve teslimat zincirindeki ulaşım kolaylığı ve maliyeti de kuruluş yeri seçiminde etkili olacağı için bu faktörler de göz önünde bulundurulmalıdır.

3.2 Üretim Teknolojisi

Ekleme imalat teknolojilerinin ana hammaddesi tozdur. Toz özellikleri, üretim sürecini ve ürün kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. En fazla uygulama alanı bulan toz serme esasına dayalı yöntemlerde (PBF) serilen toz katmanının hatasız olması için parçacık ve toz özelliklerinin çok iyi kontrol edilmesi gerekmektedir. Ayrıca serilen tozların tamamı parça oluşturmada kullanılmadığından dolayı artı kalan tozlar gerekli şartları sağlaması durumunda tekrar kullanılabilir. Ekleme imalatında kullanılan metal tozlarının küresel şekilli ve belirli boyut aralığında olması gerekmektedir. Elektron ışını ile ergitme (EBM) yönteminde daha iri tozlar (45-106 µm) kullanılırken,

lazer ışını ile ergitme (SLM) yöntemlerinde daha küçük boyutlu tozlar (0-10 µm veya 15-50 µm) kullanılmaktadır. Bu tozlardan beklenen en önemli toz özellikleri küresel şekle sahip olması ve toz akıcılığının yüksek olmasıdır.

Eklemeli imalat yönteminin kullanım alanlarının giderek artması sonucu metal tozlarının kullanımı üstel olarak artmakta, yeni yöntemler ve üreticiler piyasaya girmekte ve rekabet artmaktadır. Bu sektörde makina satıcıları sattıkları makinelerin garanti kapsamında olması için tozların kendileri tarafından tedarik edilmesini şart koşmaktadırlar. Bu durum metal tozlarının tedarik maliyetini arttırmaktadır. Ayrıca yakın gelecekte yerli makine üreticileri içinde metal tozlarının ülkemizde üretilmesi teknolojik bağımsızlık açısından önem taşımaktadır.

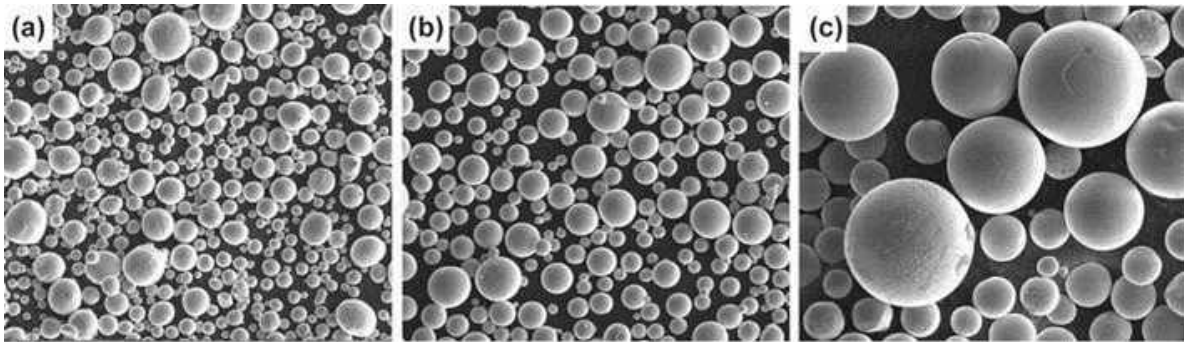
3.2.1 Metal Tozu Üretim Yöntemleri

3.2.1.1 Toz Üretim Yöntemlerinin Genel Değerlendirmesi

Metal tozlarının ticari üretimi için; gaz atomizasyon (VIGA: Vacuum Induction/Inert Gas Atomization; EIGA: Electrode Induction Gas Atomization), plazma atomizasyon ve döner elektrot atomizasyon yöntemleri kullanılmaktadır (SUN 2017). Kullanılan yöntem beklenen toz özelliklerine ve özellikle metal malzemenin türüne bağlıdır. Titanyum gibi yüksek ergime sıcaklığına sahip malzemelerde ve reaktif malzemelerde elektrot indüksiyon ergitme gaz atomizasyon (EIGA), plazma atomizasyon (PA) ve plazma döner elektrot atomizasyon (PREP) yöntemlerinden birisinin kullanılması mecburi hale gelmektedir. Düşük ergime sıcaklığına sahip malzemelerin tozunun üretiminde ise vakum gaz atomizasyon (VIGA) yöntemi kullanılmaktadır.

Gaz atomizasyon ile üretilen tozların şekli küresel veya küresele çok yakındır (Şekil 24). Ancak uydulaşma denilen, küçük tozların iri tozlara yapışması sonucu toz akıcılığı olumsuz etkilenmektedir. Toz akıcılığını etkileyen çok sayıda parametre vardır. Bunlar tozun küreselliği, tozun boyutu, tozlardaki rutubet, tozlardaki statik kuvvetlerdir.

Şekil 24: Atomize Toz Görüntüleri: (a) Gaz, (b) Plazma, (c) Plazma Döner Elektrot



Kaynak: Sun, 2017

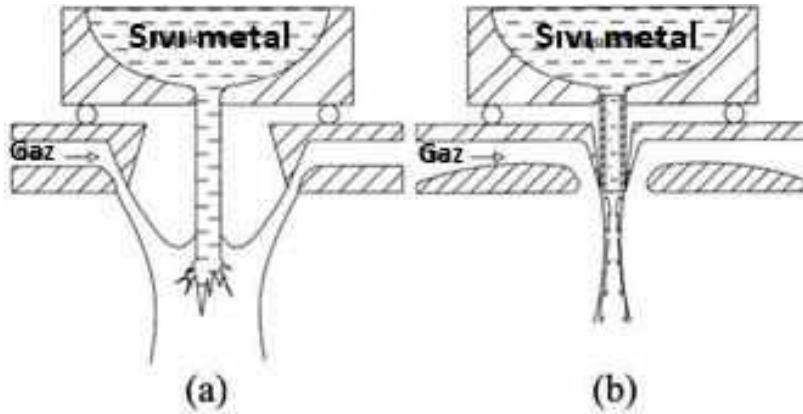
Toz akıcılığını kontrol etmek için bu değişkenlerin kontrolü önemli bir husustur. Gaz atomizasyonunda uydulaşmanın azaltılması için çeşitli yaklaşımlar bulunmaktadır. Plazma atomizasyon ile üretilen tozların küreselliği mükemmel olmasına ve uydulaşma olmamasına rağmen, üretim hızının düşük olması olumsuz yönüdür. Plazma döner elektrot yöntemi ile üretilen tozların iri olması en önemli zayıf yönüdür. Toz üretiminde maliyet önemli bir husustur. Bu hususlar dikkate alındığında gaz atomizasyon yöntemi ön plana çıkmaktadır.

3.2.1.2 Gaz Atomizasyon

Gaz atomizasyon işlemi, eklemeli imalatta kullanılan küresel metal tozları üretmek için en yaygın yöntemdir. Özellikle çelikler, alüminyum alaşımları, değerli metaller vb. metaller için kullanılır (EPMA, 2019). Gaz atomizasyon işleminin ana prensibi, ergitilmiş haldeki sıvı metal kütlesinin parçalanarak damlacıklar haline getirilmesi ve katılaşmasının sağlanmasıdır. Bu işlem için öncelikle kararlı haldeki sıvı metale süpersonik (hava, azot, helyum, argon vb.) gaz jetleri vasıtasıyla enerji aktarılır (Kayalı, 2018).

Gaz atomizasyonu işlemi, tandişe dökülen ergimiş metalin tandiş tabanındaki metal akış nozulu içinden aşağıya doğru akışı ile başlar (Şekil 25). Azot veya argon gaz jetleri ergimiş metal ile çarpıştırılarak atomizasyon kulesi içinde küçük parçacıklara bölünmesi sağlanır. Daha sonra soğuyarak katılaştıran çok küçük damlacıklar metal tozu haline gelir ve bir kaptı toplanır (Ünal, 2007). Enerji aktarma verimi üzerinde atomizasyon nozul sistemi önemli etkiye sahiptir. Serbest düşmeli sistemlerde verim düşük iken yakından eşlemeli sistemlerde verim yüksektir (Ünal, 2007).

Şekil 25: Gaz Atomizasyonu Nozul Sistemleri; a-Serbest Düşmeli, b-Yakından Eşlemeli



Kaynak: Aksoy, 2006

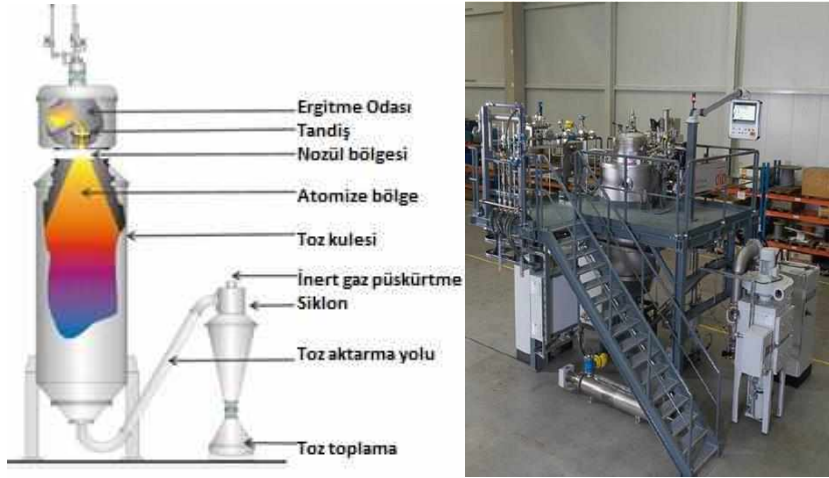
Gaz atomizasyonu yöntemi birçok avantaja sahip olduğundan (küresel toz, yüksek toz yoğunluğu, toz boyut dağılımının tekrarlanabilirliği, çok çeşitli alaşım tozunun üretilebilmesi) eklemeli imalat için toz üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (EPMA, 2019).

3.2.2 Gaz Atomizasyon Sistemi Bileşenleri

Gaz atomizasyon yöntemi ile metal tozu üretiminde kullanılan sistemler; üretilecek malzemeye, üretim kapasitesine ve toz üretim yaklaşımına göre değişiklik göstermektedir. Sistem temel bileşenleri Şekil 26'da belirtilmiş olup ayrıca aşağıdaki gibi kısımlara da ayrılabilir;

- Metal ergitme bölümü/odası
- Atomizasyon nozul sistemi
- Atomizasyon kulesi
- Toz toplama ve filtre sistemi
- Gaz sistemi

Şekil 26: Gaz Atomizasyon Sisteminin Şematik (a) ve Gerçek (b) Görüntüsü



Kaynak: ALD, 2018

3.2.2.1 Metal Ergitme Bölümü/Odası

Toz üretim kapasitesini belirlemede en önemli husus bir parti üretimdeki ergitme kapasitesi ve parti üretim süresidir. Örneğin ALD firmasının üretim kapasitesi 15 kg metal ergitme kapasitesinde yıllık 45 ton ve 2250 kg metal ergitme kapasitesinde yıllık 1750 ton olmaktadır (ALD, 2020).

PSI firmasının 50 kg (çelik) kapasiteli sisteminde 3 vardiya çalışma ve her vardiyada 2 parti üretim ile 300 gün üretim yapıldığında yıllık 90 ton iken 500 kg ergitme kapasitesinde yıllık 900 ton değerine çıkmaktadır (PSI, 2018) (PSI, 2017).

Alüminyum alaşım tozu üretimi için öncelikle kapasiteye karar vermek gerekmektedir. Tablo 22'de bir parti üretim miktarına göre yıllık üretim kapasitesi değerleri hesaplanarak sunulmuştur.

Tablo 22: Bir Parti ve Yıllık Üretim Kapasitesinin Alüminyum İçin Hesaplanan Değerleri

Ergitme Hacmi (litre)	Ergitilen malzeme miktarı, kg (Al, 2,70 g/cm ³)	Yıllık kapasite (ton/yıl)
5	13,5	34
8	21,6	45
16	43,2	76
35	94,5	145
45	121,5	167

Kaynak: ALD, 2020

Alüminyum alaşımı için kurulacak sistemde her türlü alüminyum alaşımlarının ve bu malzemeye yakın ergitme sıcaklığına sahip diğer metal malzemelerin tozunun üretilmesi de mümkün olabilecektir. Ancak malzeme değiştirilmesi durumunda sistemin tamamen temizlenmesi gerekmektedir.

Alüminyum alaşımları için kurulacak sistemin yaklaşık 35 litre (Al için 43 kg) ergitme hacmi ile yıllık 145 ton üretim kapasitesine sahip olması uygun bir yatırım olarak değerlendirilmektedir. Hesaplamalarda; üç vardiyada günlük 6 üretim (her üretimde 94,5 kg metal ergitme) ve 260 iş günü/yıl kabulleri yapılmıştır. Kurulacak sistemde üretilen tozların önemli kısmı yurt içinde kullanılabilir olup aynı zamanda yurt dışına satışı mümkün olabilecektir.

Metal ergitme odasına ilişkin bazı detaylar;

- İndüksiyon ergitme sistemi (75-100 kW), yerli tedarik
- Pota ve sarf malzemeler, yerli tedarik,
- Atomizasyon nozulu, yerli tedarik

3.2.2.2 Atomizasyon Nozul Sistemi

Metal tozu üretiminde kullanılacak nozul sisteminin yakından eşlemeli bir nozul olması verimi artıracaktır. Gaz atomizasyon ile metal tozu üretiminde verimi etkileyen en önemli hususlardan birisi nozul geometrisidir. Bu hususta yapılacak sayısal analiz çalışmaları ile kurulacak sisteme uygun bir nozul geometrisi tasarımı yapılacaktır. Tasarımı yapılan nozul üretilerek sisteme monte edilecektir. Bu analizler ve imalat yerli olarak yapılarak özgün bir sistem kurulacaktır.

3.2.2.3 Atomizasyon Kulesi

Şekil 26'da görüldüğü üzere toz üretimi kontrollü bir ortam olan atomizasyon kulesi içinde gerçekleşmektedir. Kule paslanmaz çelikten imal edilecek olup sabit bir platform üzerine monte edilecektir. Kule tasarımında üretimi kontrol ve gözetim için gözetleme pencereleri ve çeşitli sensörler için bağlantı noktaları, tasarım aşamasında belirlenerek tasarım tamamlanacaktır. Tasarımı yapılan sistemin üretimi yerli imkanlar ile yapılabilecektir.

Atomizasyon kulesine ilişkin bazı detaylar;

- Paslanmaz çelik atomizasyon kulesi imalatı, yerli tedarik,
- İmalat çeliği çalışma platformu imalatı

3.2.2.4 Toz Toplama ve Filtre Sistemi

Kule içinde üretilen tozların siklon altındaki toz toplama kabında birikmesi sağlanmaktadır (Şekil 26). Gaz akışını sağlamak için bir fan kullanılmakta, siklon çıkışından sonra filtre edilen gaz atmosfere bırakılmaktadır. Toz toplama kabında toplanan tozun istenilen boyut aralığına elenerek sınıflandırılması gerekmekte olup toz toplama sistemi bileşenleri; siklon, gaz emiş fanı, toz filtresi, toz eleme sisteminden oluşmaktadır.

3.2.2.5 Gaz Sistemi

Sıvı metal malzemeyi parçalayarak atomize etmek için basınçlı gaz kullanılmaktadır. Atomizasyon gaz basıncı olarak en fazla 60 bar değerlerine kadar atomizasyon yapılabilmektedir. Uygulanan basınç sistemin nozul geometrisine, üretilmek istenen toz boyutu değerine göre değişebilmektedir. Uygulanan gaz basıncına ve nozul geometrisine bağlı olarak gaz debisi 1200- 2100 m³/h arasında değere sahip olmaktadır. Bu değer yüksek bir debi değeri olup gaz besleme sisteminin sıvı gaz tankı ile yapılması gerekmekte olup, kullanılacak atomizasyon gazı argon olarak belirlenmiştir. Toplam üretim süresi ergitilen malzeme kapasitesine göre değişeceği için gaz besleme sisteminde tank kapasitesi yapılan hesaplamalara göre belirlenecektir. Ayrıca atomizasyon işlemi sırasında metal donmasını engellemek amacıyla atomizasyon gazının ısıtılması gerekecektir. Gaz besleme sisteminin bileşenleri; sıvı gaz tankı (pompa + yeterli sayıda 12'li tüp demetleri), gaz ısıtma sistemi, gaz tesisatı (basınç sensörleri, vanalar, regülatörler) şeklindedir.

Toz toplama ve gaz sistemine ilişkin bazı detaylar;

- Sıvı argon tankı ve gaz depolama sistemi, yerli tedarik,
- Gaz ısıtma sistemi, yerli tedarik,
- Filtre ve gaz emiş sistemi, yerli tedarik,

- Toz eleme sistemi, Yurtdışı tedarik,
- Vakum pompası, yurtdışı tedarik

3.2.2.6 Yıllık Sarf Giderleri

Toz üretim sistemi içinde en önemli gider kalemleri ve tam kapasite çalışma durumunda sarf giderleri aşağıda listelenmiştir:

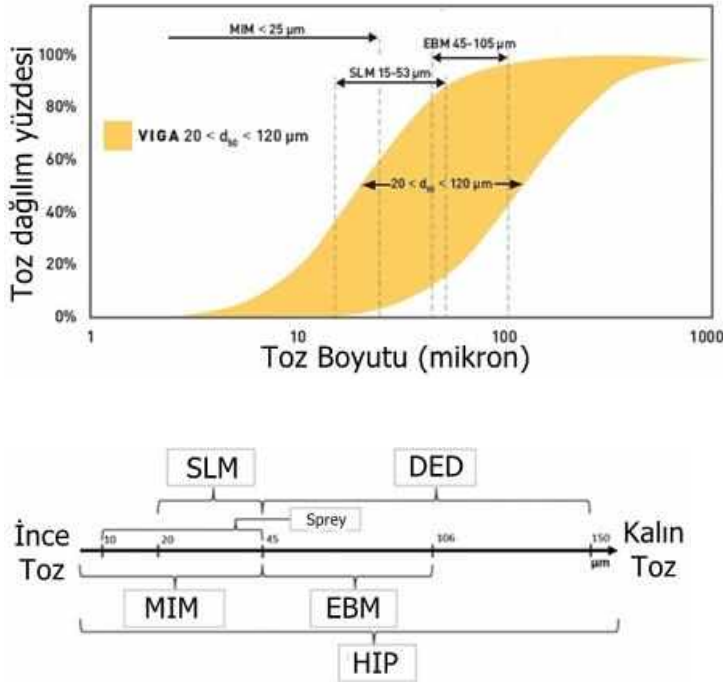
- Argon gazı tüketimi, bir parti üretim için 250 kg
- Yıllık argon gazı tüketimi toplam 843 ton
- Yıllık pota ve refrakter gideri 40.000 USD
- Filtre ve maske giderleri yıllık 7.000 USD
- Elektrik giderleri aylık 40.000 kW,
- Elektrik altyapısı kurulu gücü 150 kW

Bu giderler dikkate alınarak yapılan hesaplamalara göre 1 kg Al toz üretimi için sarf malzeme giderleri (yukarıda belirtilen kalemlerin tümü) yaklaşık 4-6 USD olması beklenmektedir. Bu giderler arasında üretime girecek olan alüminyum metalinin maliyeti bulunmamaktadır.

3.2.3 Üretilen Tozun Kullanılabilirliği

Toz üretim verimi, ergitilen malzemenin toza dönüştürülme oranı ile ifade edilebileceği gibi hedeflenen boyut aralığı için de hesaplanabilir. Şekil 27.a ve Şekil 27.b'de verilen çizimlerde görüleceği üzere üretilen tozlara ilişkin sınıflandırma yapıldıktan sonra tozun tamamının kullanılabileceği uygulama alanı bulunmaktadır. Yani tozlar boyutlarına göre ayrılarak sınıflandırıldıktan sonra tamamı kullanılabilir olmaktadır.

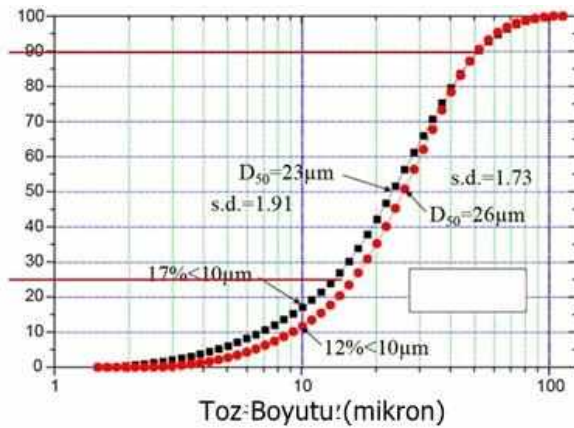
Şekil 27: Farklı Uygulamalar İçin Metal Tozlarının Parçacık Boyut Dağılımı Gereksinimi



Kaynak: Sun, 2017; ALD, 2020

Gaz atomizasyon ile üretilen tozlar genellikle log-normal dağılıma sahiptirler (Anderson, 2017) ve boyut genellikle ortalama toz boyutu (d_{50}) ile ifade edilmektedir. Şekil 28’de verilen boyut dağılımı AMES laboratuvarı tarafından eklemeli imalat için geliştirilen Al-8Ce-10Mg alaşım tozuna aittir. Toz üretim şartlarına göre ortalama boyut istenilen değerlere ayarlanabilmektedir. Eğer toz üretim verimi SLM toz boyutu aralığına giren miktar olarak ifade edilirse, Şekil 28’de bu aralıktaki toz miktarının %65 olduğu görülmektedir. Bu verilere göre gaz atomizasyon ünitesinin yıllık üretim kapasitesinin 145 ton olduğu durumda SLM için kullanılabilir toz miktarının 94 ton olabileceği hesaplanmaktadır.

Şekil 28: Gaz Atomizasyon ile Alüminyum Tozu Üretimine Ait Birikimli % Grafikleri



Kaynak: Anderson, 2017

ALD verisi ile AMES laboratuvarı verisinin birbiri ile uyumlu olduğu değerlendirilmiştir. Buna göre SLM amaçlı toz veriminin %65 olması durumunda yıllık 94 ton toz elde edileceği görülmektedir. Bu veriler ışığında yıllık üretim kapasitesinin 145 ton olmasının, kurulacak sistem açısından uygun olacağı değerlendirilmektedir.

3.2.4 Kurulacak Üretim Tesisi Özellikleri

3.2.4.1 Üretim Kapasitesi

ALD verisi ile AMES laboratuvarı verisinin birbiri ile uyumlu olduğu değerlendirilmiştir. Buna göre SLM amaçlı toz veriminin %65 olduğu önceki bölümlerde teknik açıdan değerlendirilmiştir. Alüminyum alaşımları için 35 litre ergitme hacminde 145 ton toz üretilebileceği, SLM için kullanılabilir toz verimi dikkate alındığında yıllık 94 ton tozun üretilebileceği öngörülmektedir. Bu kapasitenin başlangıçta kısmen kullanılması ve ihtiyaç olduğunda tam kapasite çalışması yatırım maliyeti açısından önemli bir fark oluşturmayacaktır. Belirlenen bu kapasitenin gelecek 4-6 yıl içinde tam kapasite olarak kullanılabilirliği değerlendirilmektedir.

3.2.4.2 Üretilebilecek Hedef Malzemeler

Kurulacak toz üretim tesisi alüminyum alaşımlarına yönelik olarak tasarlanarak imal edilecektir. Tesisin tasarım ve kurulumunda ergitme sisteminin indüksiyon ocağı ile olması durumunda çelik dahil diğer metal malzemelerin tozunun üretimi söz konusu olabilecektir. Bunun için tasarım aşamasında sistem modüler olarak tasarlanıp ihtiyaç olduğunda bazı revizyonlara imkân tanıyacak şekilde imal edilmektedir. Bu bilgiler ışığında öncelikli olarak üretilebilecek olan bazı alaşımlar aşağıda sıralanmıştır;

- AlSi10 Mg,
- AlCe8Mg10,
- AlSi10, AlSi12

- Scamlalloys (Sc veya Ce katkılı alaşımlar),
- 6xxx, 7xxx serisi alüminyum vd.

Kurulacak olan tesisin başka metal alaşımlarını da üretebilecek kapasiteye sahiptir. Atomizasyon sistemi tam kapasite ile alüminyum tozu üretiminde kullanılmasının yanında hızlı bir şekilde revizyon/hazırlık aşaması akabinde başka alaşımlar için de kullanılabilir.

Üretilen metal tozlarının tamamının eklemeli imalata uygun olamayacağı daha önce ifade edilmiştir. Fakat bu fazlalık olan tozlar farklı sektörler için sarf malzeme olarak değerlendirilmektedir. Gaz atomize metal tozunun Şekil 27.a da gösterildiği sektörler haricinde ileri ve geri bağlantılı bulunduğu sektörler; patlayıcılar, boya endüstrisi, roket yakıtı (saf Al), gaz beton üretimi, çelik üretimi, metal toz teknolojileri vb. endüstrileridir.

3.2.4.3 Üretim Tesisi Özellikleri

Kurulacak tesis için idari ofisler hariç olmak üzere toplam toz üretim kulesi ve diğer yan ekipmanlar ile 400 m² alanın yeterli olduğu değerlendirilmektedir. Ayrıca hammadde ve son ürün depolama alanı için de 100 m² ve açık alan olarak da 100 m² alana ihtiyaç olacağı tahmin edilmektedir. Atomizasyon kulesinin rahat bir şekilde kurulması ve işletilmesi için 10 metre tavan yüksekliğine ihtiyaç vardır. Arazi seçiminde güvenlik hususu dikkate alınarak bağımsız bir bina olması tercih edilmelidir. Üretilen metal tozlarının patlayıcı/parlayıcı toz maddeler olduğu hususu dikkate alınarak yer seçimi ve yasal hususlar dikkate alınmalıdır.

3.3 İnsan Kaynakları

Yatırımın gerçekleştirilmesi planlanan ilçenin demografik yapısı üretime gerekli olan işgücü, teknik personel ve AR-GE çalışmaları açısından önem teşkil etmektedir. Bu sebeple maliyet karşılaştırılması yapılan illerin demografik yapıları da incelenecek olursa:

Tablo 23: İstanbul'da Çalışma Çağındaki Nüfus, 2015-2019

	Çalışma Çağı Nüfusu (15-65 Yaş)	Toplam Nüfusa Oranı
2015	9.799.708	%69,93
2016	10.562.075	%71,35
2017	10.714.927	%71,30
2018	10.729.219	%71,20
2019	11.077.045	%71,38

Kaynak: TÜİK

Tablo 24: Çalışma Çağındaki Nüfus, 2020

	Çalışma Çağı Nüfusu (15-65 Yaş)	*Toplam Nüfusa Oranı
İstanbul	11.100.000	%71,37
Esenyurt	664.000	%69,50
Tuzla	191.000	%71,25
Arnavutköy	187.000	%69,90
Silivri	141.000	%72,80

Kaynak: TÜİK

*İl veya ilçedeki 15-65 yaş (Çalışma Çağı) nüfus oranının Toplam nüfusa oranı

Esenyurt 150,000 kişi ile 15-24 yaş arası en fazla genç nüfus sayısına sahip ilçedir. Çalışma çağındaki nüfus (15-64 yaş) sayısı yaklaşık olarak 664,000 kişi olup, toplam nüfusa oranı %69,50'dir. Nüfusun genel eğitim durumu ise %17,80 ilkokul, %24,10 ortaokul, %14,70 lise ve %9,40 lisans, yüksek lisans, doktora mezunudur.

Arnavutköy'de 15-24 yaş arası 46,000 genç ikamet etmektedir. Çalışma çağındaki nüfus (15-64 yaş) sayısı yaklaşık olarak 187,000 kişi olup toplam nüfusa oranı %69,90'dir. Nüfusun genel eğitim durumu ise %24,10 ilkokul, %27,30 ortaokul, %11,40 lise ve %6,40 lisans, yüksek lisans, doktora mezunudur.

Silivri'de 15-24 yaş arası genç nüfus 27,000 ve çalışma çağındaki nüfus (15-64 yaş) yaklaşık olarak 141,000 kişi olup toplam nüfusa oranı %72,80'dir. Nüfusun genel eğitim durumu ise %22,70 ilkokul, %25,80 ortaokul, %17,60 lise ve %15,20 lisans, yüksek lisans, doktora mezunudur.

Tuzla'da 15-24 yaş arası genç nüfus 42,000 ve çalışma çağındaki nüfus (15-64 yaş) yaklaşık olarak 191,000 kişi olup toplam nüfusa oranı %71,25'tir. Nüfusun genel eğitim durumu ise %17 ilkokul, %22,40 ortaokul, %19,60 lise ve %21,10 lisans, yüksek lisans, doktora mezunudur

Tablo 25: İstanbul'da Okuryazarlık Durumuna ve Cinsiyete Göre Nüfusun Dağılımı (%), 2019

	Okuma Yazma Bilen		Okuma Yazma Bilmeyen	
	Erkek	Kadın	Erkek	Kadın
Türkiye	99,1	94,83	0,90	5,17
İstanbul	99,53	96,82	0,47	3,18

Kaynak: TÜİK

Tablo 26: İl Geneli ve İlçeler Eğitim Durumları 2020

	Okuma-yazma bilmeyen (bin kişi)	Okuma yazma bilen fakat diplomasız (bin kişi)	İlkokul mezunu (bin kişi)	İlköğretim mezunu (bin kişi)	Orta okul ve dengi meslek okulu mezunu (bin kişi)	Lise ve dengi meslek okulu mezunu (bin kişi)	Yüksek okul veya fakülte mezunu (bin kişi)	Yüksek lisans (5 ve 6 yıllık fakülte dahil) mezunu (bin kişi)	Doktora mezunu (bin kişi)
İstanbul	256	300	2,100	1.100	2.300	3.200	2.400	410	55
Esenyurt	16	84	170	105	130	140	78	9,1	570
Tuzla	3,3	19	45,5	29	29,5	52,5	41	6,5	850
Arnavutköy	7	30	68	35	43	32	17	1,2	16
Silivri	2,4	13,3	44	23	28	34	23	3,1	300

Kaynak: TÜİK, Eğitim İstatistikleri, 2020

Tablo 27: İstanbul'da 15 yaş üstü nüfusun eğitim durumu, 2015-2019

	Okuma-yazma bilmeyen (bin kişi)	Okuma yazma bilen fakat diplomasız (bin kişi)	İlkokul mezunu (bin kişi)	İlköğretim mezunu (bin kişi)	Orta okul ve dengi meslek okulu mezunu (bin kişi)	Lise ve dengi meslek okulu mezunu (bin kişi)	Yüksek okul veya fakülte mezunu (bin kişi)	Yüksek lisans (5 ve 6 yıllık fakülte dahil) mezunu (bin kişi)	Doktora mezunu (bin kişi)	Bilinmeyen (bin kişi)
2015	311	416,7	2.509	1.699	1.247	2.683	1.921	206,5	43,9	139
2016	296	391,7	2.408	1.585	1.444	2.736	2.038	215,9	44,8	122
2017	282	368,1	2.363	1.614	1.474	2.791	2.095	265,6	52,4	109
2018	258	323,1	2.101	1.586	1.596	2.871	2.176	291,2	52,7	108
2019	245	309,1	2.049	1.026	2.229	2.989	2.294	316,5	53,7	122

Kaynak: TÜİK, Eğitim İstatistikleri, 2020

Kurulacak tesiste idari personel hariç olmak üzere personel bilgileri ve tahmini brüt maaşları ise Tablo 28' de yer almaktadır.

Tablo 28: Tahmini Çalışan Sayısı ve Ortalama Maaşları

Beyaz Yaka Personel		
Çalışan Niteliği	Tahmini Çalışan Sayısı	Ortalama Maaş
Birim Sorumluları (Uzman)	1	10.000-15.000 TL
Mühendisler	2	8.000-13.000 TL
Mavi Yaka Personel		
Üretim Operatörü	2	4.000-8.000 TL
Test/Laboratuvar Teknik Personeli	3	4.000-8.000 TL

4. FİNANSAL ANALİZ

4.1 Sabit Yatırım Tutarı

Fabrikanın tam olarak kurulma ve devreye alınması süresi (ürün geliştirme süreçleri dahil) 12 ay olarak öngörülmüştür. Tablo 29'da fabrikanın kurulumu sırasında oluşacak maliyetler ve tahmini bedelleri verilmektedir. Arsa maliyetleri ise Silivri'de 100-300 USD/m², Esenyurt-Arnauvuköy bölgesinde 500-800 USD/m² ve Tuzla'da 500-800 USD/m² ortalamalarıdır. Tabloda ortalama 500 \$/m² baz alınmıştır. Bina/inşaat maliyeti 140 \$/m² olarak hesaplanmıştır. Danışmanlık ücretleri aylık baz alınmış olup brüt 900 \$/Kişi olarak öngörülmektedir. Proje süresince en az üç danışmanla çalışılması sistemin daha hızlı devreye alınmasını sağlayacaktır. Buradaki danışmanların sayısı değiştirilebilir. İşletme kurulurken ve işletilmesi sırasında tek seferlik oluşacak diğer maliyetler toplam yatırım maliyetinin %10'u olarak öngörülmektedir. Diğer maliyetler arasında ekipmanların ve binanın yıllık sigortası, ofis içinde kullanılacak mobilya ve benzeri malzemeler ile sabit finansman (devlete ödenecek vergiler) vb. kurulum sırasında gerçekleştirilecek tek seferlik harcamalar öngörülmektedir.

Tablo 29: Tahmini Sabit Yatırım Maliyeti Tablosu

Gider Kalemi	Yaklaşık Maliyeti (\$)
Arazi Bina Maliyeti (Satın Alım)	
Arazi (500 m ² kapalı 100 m ² açık)	300.000
Bina (500 m ²)	70.000
Makine-Teçhizat Maliyeti	
Metal ergitme odası	61.500
Çelik Konstrüksiyon	135.000
Gaz Besleme Sistemi ve Toz Toplama Sistemleri	230.000
Tüm ekipmanların nakliyeleri ve montajları	30.000
Danışmanlık Hizmetleri	
Kurulum danışmanlığı (12 ay)	10.800
İşletme danışmanlığı (12 ay)	10.800
Malzeme geliştirme (12 Ay)	10.800
Diğer Giderler (Ortalama %10)	
Sigorta, Muhasebe, Ofis, vb. olup maliyeti toplam maliyete %10 ilave olarak eklenmiştir.	85.000
TOPLAM	943.900

4.2 Sabit Yatırımın Geri Dönüş Süresi

Ürünün üretim maliyeti ve oluşacak katma değer baz alındığında ortalama dönüş süresinin en fazla üç yıl olması öngörülmektedir. Tesisin yıllık tam kapasite ile çalışması sonucu 145 ton ürün üretmesi ve bu ürünün de 95 tonunun eklemeli imalata uygun olması planlanmaktadır. Kalan 50 ton tozun %50'si ikincil (katkı maddesi olarak, deoksidan olarak veya otomotiv parçalarında sinter tozu olarak) toz olarak da piyasaya arz edilebilmektedir (20 ton). Kalan %50'nin %80'i ise sisteme hammadde olarak tekrar dönecektir. Ürünlerin satış fiyatları Tablo 30'da verilmektedir.

Tablo 30: Ürünlerin Satış Fiyatları

Ürün Cinsi	Kilogram fiyatı (\$)
Eklemeli imalat tozu	95
İkincil kalite toz	20

Alüminyum tozu üretimi sonrasında oluşacak nakit akış yıllık olarak Tablo 31'de gösterilmektedir. Yapılacak olan yatırımın 2021 yılında tamamlanması varsayılmıştır.

Tablo 31: Yatırımın Toplam Geri Dönüş Süresi

Yıl	1	2	3	4	5	6	7
Üretim/Satış Miktarı (Ton)	-	36,3	72,5	108,8	123,3	123,3	145,0
Gelirler (Bin ABD Doları)	-	2.420	4.946	7.575	8.765	8.958	10.771

Geri Dönüş Süresi (Yıl)
3,06

1. yılda biten yatırım sonrasında üretim tesisinin 2. yılda %25 Kapasite Kullanım Oranı (KKO) ile çalışmaya başlaması, 7. yılda %100 KKO'ya ulaşması öngörülmektedir.

Alüminyum tozları için 2020 yılında gerçekleşen satış fiyatları baz alınarak Uluslararası Para Fonu'nun (IMF) açıklamış olduğu dolar enflasyon tahminleri ile satış fiyatları analize konu yıllar içerisinde arttırılmıştır.

Bu varsayımlar doğrultusunda bir önceki kısımda 944 Bin ABD doları olarak varsayılan yatırım bedelinin yaklaşık olarak 3,06 yılda kendini geri ödeyeceği hesaplanmıştır.

5. ÇEVRESEL VE SOSYAL ETKİ ANALİZİ

Toz üretimi sırasında siklon ve filtrelerde tutulamayan mikron altı metal tozlarının sulu filtre sistemi ile tutulması ve suyun uygun şartlarda bertaraf edilmesi gerekecektir. Bu şekilde üretim yapıldığında üretim tesisinden çevreye zararlı tehlikeli bir atık yayılımı söz konusu olmayacaktır. Yanıcı metal tozu uygulaması için ekipman seçerken NFPA 484 – ıslak toplama için uygulanan standarttır. Yanma veya patlama özelliğine sahip tüm metalleri ve alaşımları kapsamakta ve bir metalin yanıcı veya yanıcı olmayan bir biçimde olup olmadığını belirlemek için prosedürleri özetlemektedir. Ayrıca, yanıcı metal tozu veya toz üreten işleme veya bitirme işlemleri için de geçerlidir. Toz üretim ve toplama sisteminde kullanılan ekipmanların EXPROOF olması gerekmektedir.

Bu tür yüksek teknolojik yatırımlar özellikle genç nüfus üzerinde yönlendirici etki oluşturacaktır. Ayrıca sektör odağı gereği daha fazla kadın çalışan istihdamı mümkün olacaktır. Ucuz teknolojik hammadde sayesinde toplumsal olarak daha fazla Ür-Ge imkânı da sağlanmış olacaktır. Bu sayede shapeways¹³ thingiverse¹⁴ gibi bireysel kullanıcılara yönelik yapılar kurulabilecektir.

¹³ <https://www.shapeways.com/> : Evlerinde eklemeli imalat cihazı bulunmayan fakat farklı tasarımlar ve ihtiyaçlar için açık platform üretimler yapan bir sistemdir. İsteyen herkes üretmek istedikleri tasarımı bu sanal platforma yükleyerek üretimini gerçekleştirmektedir. Farklı üretim yöntemleri ve farklı malzemeler kullanılarak ücret karşılığı bu hizmetten faydalanılmaktadır.

¹⁴ <https://www.thingiverse.com/> : Bu sanal platformlar tüm herkesin eklemeli imalata ulaşmasını sağlayacak ve sarf malzeme ihtiyaçları artacaktır. Dolaylı olarak eklemeli imalat günlük hayata girecek ve insanların tasarım, üretim ve etkileşim özgürlüklerini arttıracaktır.

KAYNAKLAR

- Additive Manufacturing in Horizon (2016), AMEF Event, Brussel [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <http://www.prodintec.es/attachments/article/967/1.-Lorenzo%20Valles-European%20Commission.pdf>
- Aksoy, A., & Ünal, R. (2006), Effects of gas pressure and protrusion length of melt delivery tube on powder size and powder morphology of nitrogen gas atomised tin powders. Powder Metallurgy, 49(4).
- ALD India, Metal Powder Technology (2016), [Çevrimiçi]. Erişilebilir: https://www.aldvt-india.com/pdf/Metal_powder.pdf
- ALD Vacuum Technologies, Metal Additive Manufacturing (2018), [Çevrimiçi]. Erişilebilir: https://www.ald-vt.com/wp-content/uploads/2018/01/Metal_Additive_Manufacturing.pdf
- ALD VACuum Technologies, Metal Powder Production (2020), [Çevrimiçi]. Erişilebilir: https://www.ald-vt.com/wp-content/uploads/2017/10/VIGA-Broschüre2020_en.pdf
- Ampower (2020), Metal Additive Manufacturing Report.
- Anusci, V. (2020), Lastest SmarTech Analysis report sees aluminum AM powder market reach 300 M dolar by 2028, Formnext Webpage.
- Ankara Sanayi Odası Alüminyum Sektör Raporu (2017), [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <https://www.aso.org.tr/wp-content/uploads/2017/09/17.pdf>
- BKK (2012), 15/6/2012 tarihli ve 2012/3305 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı.
- EPMA (2019), Introduction to additive manufacturing technology, a guide for designers and engineers. European Powder Metallurgy Association.
- Ford, S., Despeisse, M. (2015), The Role of Additive Manufacturing in Improving Resource Efficiency and Sustainability, International Conference on Advances in Production Management Systems.
- Fortune Business Insight, Market Research Report (2020), [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/aluminium-market-100233>
- Gökhan Ö. (2020), Eklemeli Üretim Teknolojileri Üzerine Bir Derleme, NÖHÜ Mühendislik ve Bilim Dergisi.
- Anderson I.E., Byrd D.J., Anderson R.D. (2017), Aluminum USA. Aluminum and Aluminum Alloys: The next Generation of Additive Manufacturing.
- IDC (2020), IDC Technology Spotlight, High-Performance Aluminum Powder: Fueling Metal AM Market Growth, [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <https://equispheres.com/high-performance-aluminum-powder-fueling-metal-am-market-growth/>
- ITC (Trade Map), Trade statistics for international business development, [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <https://www.trademap.org/>
- Kayalı, Y. E., & Ünal, R. (2018), Determination of metal powder particle size by numerical modeling in gas atomization, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University.
- LME (2020), [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <https://www.lme.com/en-GB/Metals/Non-ferrous/Aluminium-Alloy#tabIndex=2>
- Mellor, S., Hao, L., Zhang, D. (2014), Additive Manufacturing: A Framework for Implementation
- Niaki, M.K., Nonino, F. (2018), The Management of Additive Manufacturing, Springer Series in Advanced Manufacturing, U.K.

- PSI (2017), Pilot Scale Atomiser Range. [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <https://psiltd.co.uk/pilot-scale-atomiser-range/>
- PSI (2018), Production (VIGA) Atomiser Range. [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <https://psiltd.co.uk/production-viga-atomiser-range/>
- STB (2020), [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <https://www.sanayi.gov.tr/destek-ve-tesvikler/yatirim-tesvik-sistemleri/md0103011615>
- Senvol (2020), Industrial Additive Manufacturing Machines and Materials Report, [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <http://senvol.com/database/>
- Sher, D. (2020). Industry leaders discuss exponential growth potential of aluminum alloys additive manufacturing, Formnext Webpage.
- SP Global (2020), [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/>
- Sun, P., Fang, Z. Z., Zhang, Y., & Xia, Y. (2017), Review of the Methods for Production of Spherical Ti and Ti Alloy Powder
- TALSAD (2019), Türkiye Alüminyum Sanayicileri Derneği Sektör Raporları, [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <http://talsad.org.tr/yayinlarveetkinlikler/sektor-raporlari/>
- TCCSBB (2019), Üretimde Paradigma Değişikliği, Artırımsal Üretim, Üç Boyutlu Yazıcılar; Sektörler ve Kamu Yatırımları Genel Müdürlüğü, İmalat Sanayii Daire Başkanlığı.
- TOBB Sanayi Veri Tabanı, [Çevrimiçi]. Erişilebilir: http://sanayi.tobb.org.tr/yeni_kod_liste60.php
- Tofail, S.A.M., Koumoulos, E.P., Bandyopadhyay, A., Bose, S., Odoghue, L., Charitidis, C., (2018), Additive Manufacturing: Scientific and Technological Challenges, Market Uptake and Opportunities, Materials Today, 21, 22-37.
- TÜİK İstatistik Veri Portalı, [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <https://data.tuik.gov.tr/>
- TÜBİTAK, Vizyon 2023 Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi.
- Ünal, R. (2007), Improvements to close coupled gas atomisation nozzle for fine powder production. Powder Metallurgy, 50(1).
- Ünal, R. (2007), Investigation on metal powder production efficiency of new convergent divergent nozzle in close coupled gas atomisation. Powder Metallurgy, 50(4).
- Web of Science, [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <https://apps.webofknowledge.com/>.
- World Aluminum, [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <https://www.world-aluminium.org/statistics/#data>
- Wohler Report (2020).
- YD (2020), [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <https://www.yatirimadestek.gov.tr/>
- YDYHK (2012), Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Kararın uygulanmasına ilişkin usul ve esaslar için yayınlanan tebliğler.

Ek-1: Fizibilite Çalışması için Gerekli Olabilecek Analizler

Yatırımcı tarafından hazırlanacak detaylı fizibilitede, aşağıda yer alan analizlerin asgari düzeyde yapılması ve makine-teçhizat listesinin hazırlanması önerilmektedir.

- Ekonomik Kapasite Kullanım Oranı (KKO)

Sektörün mevcut durumu ile önümüzdeki dönem için sektörde beklenen gelişmeler, firmanın rekabet gücü, sektördeki deneyimi, faaliyete geçtikten sonra hedeflediği üretim-satış rakamları dikkate alınarak hesaplanan ekonomik kapasite kullanım oranları tahmini tesis işletmeye geçtikten sonraki beş yıl için yapılabilir.

Ekonomik KKO= Öngörülen Yıllık Üretim Miktarı /Teknik Kapasite

- Üretim Akım Şeması

Fizibilite konusu ürünün bir birim üretilmesi için gereken hammadde, yardımcı madde miktarları ile üretimle ilgili diğer prosesleri içeren akım şeması hazırlanacaktır.

- İş Akış Şeması

Fizibilite kapsamında kurulacak tesisin birimlerinde gerçekleştirilecek faaliyetleri tanımlayan iş akış şeması hazırlanabilir.

- Toplam Yatırım Tutarı

Yatırım tutarını oluşturan harcama kalemleri yıllara sari olarak tablo formatında hazırlanabilir.

- Tesis İşletme Gelir-Gider Hesabı

Tesis işletmeye geçtikten sonra tam kapasitede oluşturması öngörülen yıllık gelir gider hesabına yönelik tablolar hazırlanabilir.

- İşletme Sermayesi

İşletmelerin günlük işletme faaliyetlerini yürütebilmeleri bakımından gerekli olan nakit ve benzeri varlıklar ile bir yıl içinde nakde dönüşebilecek varlıklara dair tahmini tutarlar tablo formunda gösterilebilir.

- Finansman Kaynakları

Yatırım için gerekli olan finansal kaynaklar; kısa vadeli yabancı kaynaklar, uzun vadeli yabancı kaynaklar ve öz kaynakların toplamından oluşmaktadır. Söz konusu finansal kaynaklara ilişkin koşullar ve maliyetler belirtilebilir.

- Yatırımın Kârlılığı

Yatırımı değerlendirmede en önemli yöntemlerden olan yatırımın kârlılığının ölçümü aşağıdaki formül ile gerçekleştirilebilir.

Yatırımın Kârlılığı= Net Kâr / Toplam Yatırım Tutarı

- Nakit Akım Tablosu

Yıllar itibariyle yatırımda oluşması öngörülen nakit akışını gözlemek amacıyla tablo hazırlanabilir.

- Geri Ödeme Dönemi Yöntemi

Geri Ödeme Dönemi Yöntemi kullanılarak hangi dönem yatırımın amorti edildiği hesaplanabilir.

- Net Bugünkü Değer Analizi

Projenin uygulanabilir olması için, yıllar itibariyle nakit akışlarının belirli bir indirgeme oranı ile bugünkü değerinin bulunarak, bulunan tutardan yatırım giderinin çıkarılmasıyla oluşan rakamın sıfıra eşit veya büyük olması gerekmektedir. Analiz yapılırken kullanılacak formül aşağıda yer almaktadır.

$$NBD = \sum_{t=0}^n \frac{NA_t}{(1-k)^t}$$

NA_t : t. Dönemdeki Nakit Akışı

k: Faiz Oranı

n: Yatırımın Kapsadığı Dönem Sayısı

- Cari Oran

Cari Oran, yatırımın kısa vadeli borç ödeyebilme gücünü ölçer. Cari oranın 1,5-2 civarında olması yeterli kabul edilmektedir. Formülü aşağıda yer almaktadır.

$$\text{Cari Oran} = \frac{\text{Dönen Varlıklar}}{\text{Kısa Vadeli Yabancı Kaynaklar}}$$

Likidite Oranı, yatırımın bir yıl içinde stoklarını satamaması durumunda bir yıl içinde nakde dönüşebilecek diğer varlıklarıyla kısa vadeli borçlarını karşılayabilme gücünü gösterir. Likidite Oranının 1 olması yeterli kabul edilmektedir. Formülü aşağıda yer almaktadır.

$$\text{Likidite Oranı} = \frac{\text{Dönen Varlıklar} - \text{Stoklar}}{\text{Kısa Vadeli Yabancı Kaynaklar}}$$

Söz konusu iki oran, yukarıdaki formüller kullanılmak suretiyle bu bölümde hesaplanabilir.

- Başabaş Noktası

Başabaş noktası, bir firmanın hiçbir kar elde etmeden, zararlarını karşılayabildiği noktayı/seviyeyi belirtir. Diğer bir açıdan ise bir firmanın, giderlerini karşılayabildiği nokta da denilebilir. Başabaş noktası birim fiyat, birim değişken gider ve sabit giderler ile hesaplanır. Ayrıca sadece sabit giderler ve katkı payı ile de hesaplanabilir.

$$\text{Başabaş Noktası} = \frac{\text{Sabit Giderler}}{\text{Birim Fiyat} - \text{Birim Değişken Gider}}$$

Ek-2: Yerli/İthal Makine-Teçhizat Listesi

İthal Makine / Teçhizat Adı	Miktarı	Birimi (Adet, kg, m ³ vb.)	F.O.B. Birim Fiyatı (\$)	Birim Maliyeti (KDV Hariç, TL)	Toplam Maliyet (KDV Hariç, TL)	İlgili Olduğu Faaliyet Adı

Yerli Makine / Teçhizat Adı	Miktarı	Birimi (Adet, kg, m ³ vb.)	Birim Maliyeti (KDV Hariç, TL)	Toplam Maliyeti (KDV Hariç, TL)	İlgili Olduğu Faaliyet Adı



Asmalı Mescit Mah. İstiklal Caddesi No:142, Odakule Kat:6-7-8 Beyoğlu 34430 İstanbul

Tel.: +90 212 468 34 00 - Faks: +90 212 468 34 44

E-Posta: iletisim@istka.org.tr | www.istka.org.tr

ISBN

Kalkınma Ajansı Yayınları Bedelsizdir, Satılmaz