# Finansman ve Kârlılık — Bölüm 3: İleri Metalurji, Kapalı Döngü Geri Dönüşüm ve Pilot Tesis Yatırım Modeli

Bölüm 3 — İleri Metalurji, Geri Dönüşüm ve Cevher Rafinasyonu Yatırım Modeli

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Doküman Kodu** | NA-FON-03-MET | **Tarih** | 23.11.2026 |
| **İlişkili Birimler** | KOM-04 (Prof. Dr. Kemal Göktürk), KOM-01 (Prof. Dr. Koray Demirtaş), KOM-05 (Prof. Dr. Tuba Aydın), NA-FON (Finansal Planlama ve Hazine Koordinasyonu) | | |
| **Yatırım Odak Bölgesi** | Eskişehir–Gebze–Kahramankazan Üçgeni (Merkez: Eskişehir OSB / Teknokent Spin-off) | | |


**ÖZET (EXECUTİVE SUMMARY)**

İleri metalurji ve uzay sınıfı alaşım üretimi, yüksek ilk yatırım maliyeti (CAPEX), uzun Ar-Ge ve sertifikasyon döngüleri ile bilinir. Bu durum, yatırımların sadece kamu bütçesi veya uzay ajansı hibe programlarıyla sürdürülmesini imkansız kılmaktadır. **NeoAnatolia 2126 Finansman ve Kârlılık Bölüm 3 (NA-FON-03-MET)**, Türkiye'nin Eskişehir–Gebze–Kahramankazan üçgeninde konumlandırılacak **Dual-Use (%80 Endüstriyel-Ticari / %20 Uzay-Savunma Ar-Ge)** modeline dayalı **Butik İleri Metalurji ve Havacılık Talaş Geri Dönüşüm Pilot Tesisi** fizibilitesini sunmaktadır.

Toplam **28,5 Milyon USD** başlangıç yatırımı (CAPEX) ile kurulan bu tesis, havacılık talaş geri dönüşümü (*revert metallurgy*), gaz türbini TBC kaplama yenileme ve katmanlı imalat (3D) toz üretimi sayesinde **18–24 ay içinde başabaş noktasına (BEP)** ulaşmakta, yıllık **11,8 Milyon USD net kâr** üreterek derin uzay Ar-Ge çalışmalarını (%20 kapasite) tamamen kendi kendine finanse etmektedir.


## 1. Stratejik Finansman Felsefesi: Dual-Use (%80 / %20) Kaldıracı

Uzay metalurjisi yatırımlarında yapılan en büyük hata, tesis kapasitesinin %100'ünü sadece roket motoru veya uydu yapısal parçalarına tahsis etmektir. Bir roket motorunun veya Mars iniş kapsülünün yıllık parça talebi, yüksek tonajlı vakum fırınlarının ve atomizasyon kulelerinin amortismanını tek başına karşılayamaz.

### 1.1. Gelir ve Kapasite Dağılımı (Dual-Use Matrisi)

| Kapasite Segmenti | Faaliyet Alanı | Hedef Pazar / Stratejik Çıktı |
|---|---|---|
| **%80 Ticari & Endüstriyel Üretim (Nakit Akışı & Sürdürülebilirlik)** | | |
| Havacılık Talaş Geri Dönüşümü | Revert Metallurgy Külçe Üretimi | TEI, TUSAŞ, THY Teknik Revert Metal döngüsü |

| Kapasite Segmenti | Faaliyet Alanı | Hedef Pazar / Stratejik Çıktı |
|---|---|---|
| Enerji ve Doğalgaz Türbinleri | TBC Kaplama & Sıcak Parça Bakımı | EÜAŞ, ENKA, EPDK Lisanslı santraller |
| Endüstriyel Katmanlı İmalat Tozları | 3D Baskı Sınıfı Küresel Metal Tozu | AMS 5662 Inconel, Ti-6Al-4V ticari satışı |
| Petrokimya Katalizör Geri Kazanımı | Hidrometalurjik Değerli Metal Kazanımı | TÜPRAŞ, Petkim Spent Catalyst (harcanmış katalizör) |
| **%20 Uzay & Derin Uzay Ar-Ge (Stratejik Otonomi Finansmanı)** | | |
| Roket İtki Alaşımları | GRCop-42 Rejeneratif Yanma Odası | Kriyojenik metan/oksijen ($LCH_4$/LOX) motor çeperleri |
| Nükleer ve Radyasyon Zırhlama | $B_4C$ (Bor Karbür) Kontrol Tamburları | KOM-05 fisyon reaktörü ve kozmik radyasyon zırhı |
| İleri Türbin Metalurjisi | Tek Kristal (Single Crystal) Döküm Ar-Ge | Yüksek sıcaklık sürünme dirençli türbin kanatçıkları |
| Atmosfere Giriş Sistemleri | UHTC / CMC Isı Kalkanı Prototiplemesi | Mars ve Dünya atmosferine giriş (TPS) yüzeyleri |

**Temel Finansal Mantık:** %80 ticari faaliyetten elde edilen brüt kâr marjı (%38–44), %20'lik uzay Ar-Ge grubunun tüm operasyonel giderlerini (OPEX) sübvanse eder. Böylece derin uzay teknolojisi devlet bütçesine "yük" olmak yerine, kendi kendini amorti eden ticari bir motor haline gelir.

## 2. İlk Yatırım Maliyeti (CAPEX) ve Ekipman Bütçesi

Tesis, Eskişehir OSB'de 12.000 $m^2$ kapalı alana sahip, altyapısı hazır bir endüstriyel parselde kurulacaktır. Eskişehir Teknik Üniversitesi (ESTÜ) ve ATAP Teknokent ile hibrit spin-off / OSB ortaklık modeli uygulanacaktır.

| Yatırım Kalemi / Ekipman | Açıklama / Kapasite | Tedarik & Kurulum (USD) |
|---|---|---|
| **Arazi Altyapısı & İnşaat** | 12.000 $m^2$ kapalı alan, özel trafo (10 MVA), gaz, vakum altyapısı | $3.500.000 |
| **VIM (Vakum İndüksiyon Ergitme) Fırını** | 1,5 Ton/şarj kapasiteli, inert gaz korumalı, çok hazneli | $4.200.000 |
| **VAR (Vakum Ark Yeniden Ergitme) Fırını** | 2,0 Ton, homojen külçe ve revert alaşım üretimi | $3.800.000 |
| **Gaz Atomizasyon Kulesi (VIGA)** | Havacılık ve 3D baskı sınıfı küresel metal tozu (Inconel, Ti, Co) | $5.500.000 |
| **EB-PVD & APS Kaplama İstasyonu** | Termal Bariyer Kaplama (TBC) ve seramik kaplama hücresi | $3.200.000 |
| **Kimyasal Temizleme & Liç Ünitesi** | Havacılık talaşı yağ alma, asit temizleme ve hidrometalurji | $1.800.000 |

| Yatırım Kalemi / Ekipman | Açıklama / Kapasite | Tedarik & Kurulum (USD) |
|---|---|---|
| **Karakterizasyon & Kalite Lab** | SEM-EDS, ICP-OES, $O_2$/$N_2$/H analizörleri, X-Ray, ASTM testleri | $2.200.000 |
| **Sertifikasyon & İlk Envanter** | AS9100, NADCAP hazırlık, 3 yıllık lisanslama, ham girdi stoğu | $1.500.000 |
| **İşletme Sermayesi (Working Capital)** | İlk 6 aylık operasyonel emniyet fonu | $2.800.000 |
| **TOPLAM CAPEX** | **Tesis Kurulum ve Devreye Alma Toplamı** | **$28.500.000** |

## 3. Yıllık İşletme Giderleri (OPEX) Analizi

Tesisin tam kapasite (3 vardiya, 330 gün/yıl) işletme maliyetleri aşağıdaki kırılımla planlanmıştır:

| İşletme Gider Kalemi | Kapsam ve Detay | Yıllık Tutar (USD) |
|---|---|---|
| **Hammadde ve Girdi Tedariki** | Scrap, Master Alloys, Ar, He, Asitler | $6.200.000 |
| **Enerji ve Yardımcı Tesisler** | 10 MVA Trafo, Vakum Pompa Enerjisi, Gaz | $3.100.000 |
| **Nitelikli İşgücü (112 Personel)** | Metalurji Müh., Operatör, Kalite, Ar-Ge | $2.400.000 |
| **Bakım, Onarım ve Sarf Malzemeleri** | Refrakterler, Potalar, Katotlar | $1.800.000 |
| **Sertifikasyon, Denetim ve ÇED** | NADCAP, AS9100, Atık Yönetimi | $600.000 |
| **Pazarlama, Lojistik ve Genel İdari** | Sevkiyat, sigorta, kurumsal yönetim giderleri | $1.300.000 |
| **TOPLAM YILLIK OPEX** | **Tam Kapasite (3 Vardiya / 330 Gün) Toplamı** | **$15.400.000** |

### 3.1. Personel Yapısı (İşgücü Modeli)

- **Yönetim & İdari:** 8 kişi
- **Metalurji & Malzeme Mühendisleri:** 18 kişi (4 PhD Kıdemli Araştırmacı, ESTÜ/İTÜ/ODTÜ ortaklı)
- **Teknisyen ve Fırın/Atomizasyon Operatörleri:** 54 kişi (3 vardiya)
- **Kalite Kontrol, NDT ve Laboratuvar:** 16 kişi
- **İSG, Çevre ve Tesis Bakım:** 16 kişi
- **Toplam:** 112 Personel

## 4. Gelir Modeli ve Nakit Akışı Projeksiyonu (Yıllık)

Tesisin yıllık üretim kapasitesi **~1.200 Ton** revert metal/külçe ve **~350 Ton** küresel metal tozudur.

| Ürün / Hizmet Kalemi | Yıllık Satış Miktarı | Birim Fiyat (USD) | Yıllık Gelir (USD) |
|---|---|---|---|
| **Havacılık Revert Alaşım Külçe** (Inconel/Ti) | 850 Ton | $18.000 / Ton | $15.300.000 |
| **Katmanlı İmalat (3D) Metal Tozları** | 220 Ton | $35.000 / Ton | $7.700.000 |
| **TBC Kaplama & Türbin Yenileme Hizmeti** | 120 Set (Kanat/Nozul) | $25.000 / Set | $3.000.000 |
| **Özel Alaşımlar & Master Alloy Satışı** | 40 Ton | $45.000 / Ton | $1.800.000 |
| **Uzay / Savunma Ar-Ge Kontratları** (%20 Kapasite) | SSB, TUSAŞ, Roketsan hibe/kontrat | Sabit Bütçe | $2.500.000 |
| **TOPLAM YILLIK GELİR** | | | **$30.300.000** |

### 4.1. Kârlılık Özet Tablosu (Yıl 2 ve Sonrası)

| Finansal Gösterge | Tutar (USD) | Oran / Marj |
|---|---|---|
| **Brüt Gelir** | $30.300.000 | %100,0 |
| **Toplam OPEX** | $15.400.000 | %50,8 |
| **EBITDA** | $14.900.000 | EBITDA Marjı: %49,1 |
| **Amortisman ve Vergi Sonrası Net Kâr** | **$11.800.000** | **Net Kâr Marjı: %38,9** |

## 5. Başabaş (BEP) ve Yatırım Geri Dönüş (ROI) Analizi

Yatırımın finansal geri dönüşü, Eskişehir OSB teşvikleri (Bölgesel Teşvik 4. Bölge / İleri Teknoloji Yatırımları) ve KDV muafiyeti hesaba katılarak hesaplanmıştır.

### 5.1. Finansal Metrikler

$$\textbf{Yatırımın Geri Dönüş Süresi (Payback Period)} = \frac{\text{CAPEX}}{\text{Yıllık Net Nakit Akışı}} = \frac{\$28.500.000}{\$11.800.000}$$

$$\approx \textbf{2,41 Yıl (29 Ay)}$$

- **Başabaş Noktası (BEP — Ay bazında):** Tesis 14. ayda tam kapasite üretime geçer; ilk satış gelirleriyle birlikte **18. ila 24. aylar arasında** operasyonel başabaş noktasına ulaşılır.
- **İç Verim Oranı (IRR — 5 Yıllık): %34,2**
- **Net Bugünkü Değer (NPV @ %12 İskonto): 38,6 Milyon USD**

## 6. Risk Analizi ve Azaltma Stratejileri

| Risk Faktörü | Azaltma / Risk Yönetimi Stratejisi |
|---|---|
| **Sertifikasyon Gecikmesi** (NADCAP / AS9100) | İlk 18 ay sadece endüstriyel/enerji pazarına üretim; TBC bakım kontratları ile kesintisiz nakit akışı sağlanması |
| **Hammadde Tedarik Dalgalanması** (Örn: Saf Ni, Ti, Re bulamama) | TUSAŞ, TEI ve THY Teknik ile 5 yıllık "Hurda Alım / Geri Dönüşüm" sözleşmesi imzalanması |
| **Enerji Maliyetleri** (Elektrik / Gaz) | Tesis çatısına 4 MWp GES kurulumu ve Eskişehir OSB indirimli tarife anlaşması yapılması |
| **Kalifiye Mühendis / Operatör Kaybı** | ESTÜ ve ODTÜ Metalurji ile "Yarı Zamanlı Araştırmacı" ve yüksek lisans burs programlarının yürütülmesi |

## 7. Sonuç: Finansal Sürdürülebilirlik Raporu

**NeoAnatolia 2126** finansal felsefesinde, metalurji bir bütçe kara deliği değil, ekosistemin en kârlı motorudur. Eskişehir merkezli bu pilot tesis:

1. **Atıkları Değere Dönüştürür:** Havacılık talaşını katma değeri 10 kat yüksek alaşım ve toza dönüştürür.
2. **Kendi Kendini Finanse Eder:** %80 ticari kapasitesiyle yıllık 11,8 Milyon USD kâr üreterek, Mars görevi için kritik olan %20'lik uzay Ar-Ge'sini dış desteğe ihtiyaç duymadan sürdürür.
3. **Eskişehir–İskenderun Köprüsünü Kurar:** Kısa vadede Eskişehir–Gebze–Kahramankazan üçgeninde nakit üreten bu model, uzun vadede İskenderun'daki ağır kriyojenik uzay metalurjisi yatırımlarının (Faz 3) özkaynak kaldıracı olacaktır.

## Kaynakça ve Atıflar


1. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, *Yatırım Teşvik İstatistikleri (İleri Teknoloji Sınıfı Yatırımlar)*.
2. TEI Alaşım A.Ş., *Havacılık Sınıfı Süperalaşım ve Metal Tozu Ekonomik Fizibilite Raporları*.
3. Eti Maden Kırka Bor İşletmesi & Eti Maden Lityum Yatırım Planlaması.
4. TÜBİTAK MAM Malzeme Enstitüsü, *Katmanlı İmalat Toz Metalurjisi ve TBC Kaplama Birim Maliyet Analizleri*.
5. 4691 Sayılı Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Kanunu Finansal Teşvik Maddeleri.