The Clean Paper

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

Madencilik yalnızca maden alanını temizlemiyor — çıkarımın çevresindeki gizli orman kaybı

Sahra-altı Afrika'daki 16.627 maden kümesini inceleyen bir Nature çalışması, yoğun ormanlarda madenciliğin 2001–2020 arasında yaklaşık 187.000 hektar doğrudan ormansızlaşmaya yol açtığını buluyor; fakat daha büyük hikâye saha dışında. Madencilik yapılmamış alanlarla karşılaştırıldığında, on yıl sonra madenin 1 km çevresindeki ormansızlaşma 0–100 ölçeğinde 8 puan daha yüksek ve etkiler 20 km'ye kadar sürüyor. Ortalama olarak madenin doğrudan temizlediği her hektar, beş yıl içinde 33,9 hektar ilave offsite orman kaybıyla ilişkilendirildi. Bu enerji dönüşümünün kötü olduğu anlamına gelmez. Mineral tedarik zincirlerinin coğrafyası ve çukurdan daha büyük orman maliyetleri olduğu anlamına gelir.

Written by Laura Nesso · Cross-checked by Lucio Vaglio · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *Mining triggers extensive additional deforestation in sub-Saharan Africa*, Oscar Morton, Christopher G. Bousfield, Prince Dégny Valé, Ieuan Lamb, Victor Maus, Robert G. Bryant, and David P. Edwards, Nature (2026) · DOI: 10.1038/s41586-026-10551-2

İz yalnızca ormandaki çukur değil

Bir madenin belirgin bir şekli vardır. Açık ocak, atık havuzu, pasa yığını, ormanın içine kesilmiş bir yol. Bunlar uydunun görebildiği ve düzenleyicinin çevresine sınır çizebildiği izlerdir.

Fakat madencilik çevresindeki araziyi de değiştirir. İnsanlar gelir. Yollar ormana ulaşmayı kolaylaştırır. Yerleşimler büyür. Tarım genişler. Bir maden haritadaki bir yaradan ibaret değildir; yeni bir çekim merkezine dönüşebilir.

Bir *Nature* makalesi Sahra-altı Afrika genelinde bu farkı sayılara döküyor. Yazarlar 2001–2020 arasında yoğun ormanlarda doğrudan madencilik kaynaklı ormansızlaşmayı tahmin ediyor, ardından madenlerin çevresinde, henüz madencilik yapılmamış benzer yerlere kıyasla ne kadar ilave orman kaybı görüldüğünü soruyor. Sonuç basit ve rahatsız edici: doğrudan maden ayak izi yalnızca görünen bölüm.

Doğal renkli Landsat görüntüsü, Gana'nın Ashanti altın kuşağındaki büyük ölçekli ve zanaatkâr altın madenciliğinin yaralarını gösteriyor. Burada ele alınan çalışma, madencilikle bağlantılı orman kaybının maden ayak izinin ne kadar ötesine uzandığını soruyor.

NASA Earth Observatory / Lauren Dauphin Public domain

Bu, iklim ve biyolojik çeşitlilik siyaseti için yararlı bir sonuç; çünkü iki düşünceyi aynı çerçevede tutuyor. Modern altyapı ve enerji dönüşümü minerallere ihtiyaç duyuyor. Ama mineraller yoktan gelmiyor. Temiz soru slogan olarak madenciliğin iyi mi kötü mü olduğu değil; orman maliyetinin tamamının dürüstçe ölçülüp ölçülmediği.

Yazarlar ne yaptı?

Çalışma kıta ölçekli orman ve arazi-kullanım verilerini nedensel çıkarım tasarımıyla birleştiriyor. Yazarlar 2001–2020 arasında Sahra-altı Afrika'nın ormanlık alanlarında **16.627 maden kümesini** haritaladı. İki tür orman kaybını ayırdılar.

Birincisi **doğrudan madencilik kaynaklı ormansızlaşma**: açık ocaklar, atık havuzları, pasa yığınları, şaftlar ve doğrudan madencilik operasyonuna bağlı diğer öğeler dâhil, maden ayak izinin içindeki temizleme.

İkincisi **saha-dışı (offsite) ormansızlaşma**: doğrudan çukurun kendisi olmayan, ancak madenin kurulmasının tetiklediği yardımcı faaliyetler — tarım, yerleşimler, yollar ve diğer erişim — nedeniyle ortaya çıkabilecek çevre orman kaybı.

İkinci kısmı tahmin etmek için yazarlar difference-in-differences çerçevesi kullandı. Sade dille, madencilik başlamadan önce ve başladıktan sonra madenlerin çevresindeki orman kaybını, benzer fakat henüz madencilik yapılmamış yerlerdeki kayıpla karşılaştırdılar. Ardından maden merkezinden eşmerkezli mesafeleri incelediler: 1 km içinde, 1–5 km, 5–10 km ve 10–20 km.

Bu tasarım önemli, çünkü makale yalnızca maden yakınındaki ağaç kaybını saymıyor. Madencilik yapılmamış alanlardaki karşı-olgusal eğilime göre, maden kurulmasına atfedilebilecek *ilave* kaybı tahmin etmeye çalışıyor.

Ne buldular?

Doğrudan madencilik kaybı büyüktü. Sahra-altı Afrika'nın yoğun ormanlarında yazarlar 2001–2020 arasında **187.070 hektar** doğrudan madencilik kaynaklı ormansızlaşma tahmin ediyor. Demokratik Kongo Cumhuriyeti, Gana ve Fildişi Sahili birlikte bu doğrudan kaybın **%45'ini** oluşturdu.

Çevredeki kayıp ayak izinden daha büyüktü. Bir maden kurulduktan sonra, 1 km içindeki kümülatif ormansızlaşma on yıl sonra madencilik yapılmamış alanlara kıyasla **0–100 ölçeğinde 8 puan daha yüksekti**. Bu, göreli %8 artış değil; ormansızlaşma oranında mutlak fark. Etki mesafeyle zayıfladı ama kaybolmadı: çalışma on yıl sonra 1–5 km'de 3,6 puan, 5–10 km'de 1,9 puan ve 10–20 km'de 1,1 puan ilave fark tahmin ediyor.

Bu sayılar zamana özgü. On yıllık etkiler; ani kayıplar değil.

Offsite/doğrudan oranı çarpıcıydı. Ayrı bir hesaplamada yazarlar, maden ayak izi içinde doğrudan temizlenen her bir hektara karşılık, beş yıl içinde saha dışında **33,9 hektar** ilave yoğun orman kaybı olduğunu tahmin ediyor. Bu ilave offsite kaybın çoğu maden kurulmasının tetiklediği tarımsal genişlemeyle bağlantılı; yerleşim büyümesi de önemli, yollar ise ayrıştırmalarında daha küçük pay.

Bu sayı da zamana özgü: beş-yıllık offsite/doğrudan oran. On yıllık 0–100 ölçekli etkilerle karıştırılmamalı.

Etki her yerde aynı değildi. Çalışma Demokratik Kongo Cumhuriyeti için ciddi endişe bildiriyor;

çünkü hem büyük doğrudan maden ayak izi hem de büyük ek offsite kayıp bir arada. Başka ülkelerde göreli offsite etkiler yüksek ama doğrudan ayak izleri daha küçük. Emtia düzeyinde kobalt ve bakır çıkaran madenler — bataryalar, elektrik altyapısı ve enerji dönüşümü için kritik mineraller — çalışmanın tahminlerinde en yüksek toplam ilave ormansızlaşmayı oluşturdu.

Offsite bölüm neden önemli?

Çevresel değerlendirme çoğunlukla doğrudan proje sınırından başlar. Bu anlaşılır. Açık ocak görünürdür, iznin bir çevresi vardır ve şirket yapmayı planladığı altyapıyı tarif edebilir.

Fakat ormanlar yalnızca hukuki sınırlara tepki vermez. Erişime ve teşviklere tepki verir. Bir maden yollar, işçiler, para, yerleşimler ve gıda talebi getirebilir. Bu da yakın ormanı temizlenmesi daha kolay, daha kârlı veya daha gerekli araziye çevirebilir.

Bu yüzden makalenin en güçlü fikri tek bir sayı değil. **Doğrudan** kayıp ile **tetiklenen** kayıp arasındaki ayrım.

Bir tedarik zinciri yalnızca maden ayak izini sayarsa çıkarımın neden olduğu arazi-kullanım değişikliğini eksik sayabilir. Çevresel etki değerlendirmesi kira/ruhsat sınırında durursa projenin daha olası hâle getirdiği orman kaybını kaçırabilir. Bir ürün yenilenebilir enerjiyi desteklediği için "temiz" pazarlanıyorsa bu, malzeme zincirini otomatik olarak temiz yapmaz.

Bu neyi *kanıtlamıyor*?

- Enerji dönüşümünün kötü olduğunu **göstermiyor**. Modern altyapıda, enerji-dönüşümü mineralleri dâhil kullanılan minerallerin büyük arazi-kullanım maliyetleri taşıyabileceğini gösteriyor.
- Her madenin doğrudan temizlenen hektar başına tam 33,9 hektar offsite kayıp yarattığı anlamına **gelmiyor**. Bu büyük bir maden kümesi üzerinde ortalama tahmin; tek proje için öngörü değil.
- Bir madenin yakınında kaybolan her ağacın o maden yüzünden kesildiğini **kanıtlamıyor**. Çalışma popülasyon ölçeğinde ilave kaybı tahmin etmek için quasi-experimental tasarım kullanıyor.
- Tek tek şirketlere, izinlere veya alıcılara sorumluluk **atamıyor**. Bunun için bu makalenin ötesinde proje-düzeyi izleme gerekir.
- Madenciliğin bütün etkilerini **kapsamıyor**. Su kirliliği, çalışma koşulları, habitat parçalanması, hak çatışmaları ve sosyal yerinden edilme burada ölçülen temel orman-kaybının dışında.
- Tüm dünyayı **kapsamıyor**. Analiz Sahra-altı Afrika'daki yoğun ormanlara odaklanıyor.

Kanıt ne kadar güçlü?

Doğrudan ormansızlaşma tahmini için kıta ölçeğinde kanıt güçlü. Çalışma, madencilik özellikleriyle doğrudan ilişkili orman kaybını belirlemek için yayımlanmış arazi-kullanım ve orman örtüsü veri

setlerini kullanıyor.

İlave offsite kayıp için kanıt da ciddi, fakat modele dayalı. Difference-in-differences, özellikle randomize deneylerin imkânsız olduğu yerde gözlemsel veriden nedensel etki tahmin etmeye yönelik bir yöntem. Yazarlar güncel heterojenliğe dayanıklı yöntemleri kullanıyor ve alternatif tahmin edicilerle sağlamlık testleri yapıyor. Bu iyi uygulama.

Yine de sonuç doğru ölçekte okunmalı. Makale, çalışma sistemi genelinde maden kurulmasının maden ayak izinin ötesinde ilave ormansızlaşmayla bağlantılı olduğuna güçlü kanıt. Her tekil ağacın uydudan gelen itirafı değil.

Dolayısıyla en yararlı kamusal okuma ne panik ne küçümseme. Ölçüm disiplini: madencilik bir manzarayı erişime açıyorsa etki değerlendirmesi çitin ötesine bakmalı.

Neden önemli?

"Temiz enerji" ifadesi maddesel bir dünyayı gizleyebilir. Güneş panelleri, bataryalar, iletim hatları, elektrikli araçlar ve veri merkezlerinin tümü çıkarılmış malzemeler gerektirir. Bu malzemelerin bazıları küresel açıdan önemli orman ve biyolojik çeşitlilik bölgelerinden gelir.

Bu, karbonsuzlaşmayı hata yapmaz. Alternatif — fosil yakıta bağımlılığı sürdürmek — kendi devasa arazi, hava, su ve iklim maliyetlerine sahip. Fakat bir dönüşüm fosil sistemden daha temiz olabilir ve yine de varsayılan olarak "temiz" olmayabilir.

Bu makalenin değeri, gizli coğrafyayı görmezden gelmeyi zorlaştırması. Şunu söylüyor: yalnızca çukuru sayma. Çukur çevresindeki orman değişimini de say. Çıkarımın ardından gelen yolları, tarlaları ve yerleşimleri say. Offsite ormansızlaşmayı çevresel etki değerlendirmelerine, no-net-loss iddialarına ve zero-deforestation tedarik zincirlerine dâhil et.

Bu, "yeşil mineraller iyi" veya "yeşil mineraller kötü"den daha yetişkin bir hikâye. Şu: dönüşümün maddesel temeli sonuçlar doğurur ve tedarik zinciri kendisine temiz demeden önce bu sonuçların görünür olması gerekir.

Kısa özet

Bir *Nature* çalışması 2001–2020 arasında Sahra-altı Afrika'nın yoğun ormanlarında **16.627 maden kümesini** analiz etti. Açık ocak, atık havuzu ve pasa yığını gibi maden özelliklerinden **187.070 hektar** doğrudan madencilik kaynaklı ormansızlaşma tahmin ediyor. Difference-in-differences çerçevesiyle yazarlar madenlerin çevresinde, madencilik yapılmamış alanlara kıyasla ilave ormansızlaşma da tahmin ediyor: on yıl sonra 1 km içinde kümülatif ormansızlaşma **0–100 ölçeğinde 8 puan daha yüksek** ve etki 20 km'ye kadar sürüyor. Ayrı bir beş-yıllık hesaplamada, her bir hektar doğrudan maden ormansızlaşması ortalama **33,9 hektar** ilave offsite yoğun-orman kaybıyla ilişkilendirildi; çoğu tarım ve yerleşim genişlemesi üzerinden. Kobalt ve bakır madenleri çalışmada en yüksek toplam ilave

ormansızlaşmaya katkıda bulundu. Sonuç enerji dönüşümünün kötü olduğunu göstermiyor. Mineral tedarik zincirlerinin, maden çukurunun ötesine uzanan arazi-kullanım maliyetleri olduğunu gösteriyor.

Abartısız değerlendirme

Makalenin gösterdiği: Sahra-altı Afrika'nın yoğun ormanlarındaki madencilik 2001–2020 arasında önemli doğrudan orman kaybı oluşturdu; maden kurulmasını, madencilik yapılmamış alanlara kıyasla çevrede ilave ormansızlaşma izledi; offsite kayıp doğrudan maden ayak izini çok aşabilir; bazı enerji-dönüşümü mineralleri bu veri setinde yüksek toplam ilave ormansızlaşmayla ilişkili.

Makul ama kanıtlanmamış olan: Birçok tekil madenin offsite etkilerinin izin sınırlarının önerdiğinden daha büyük olduğu; daha sıkı etki değerlendirmesi ve tedarik-zinciri kurallarının kaybın bir bölümünü azaltabileceği; benzer gizli offsite etkilerin başka tropikal madencilik bölgelerinde de önemli olduğu.

Göstermediği: Tüm madenciliğin eşit derecede zarar verici olduğu; yakındaki her orman-kaybı olayının belirli bir madenden kaynaklandığı; enerji dönüşümünün kötü olduğu; proje-düzeyi izleme olmadan belirli şirket veya alıcıların belirli kayıplardan sorumlu olduğu; orman kaybının önemli tek çevresel/sosyal maliyet olduğu.

Başlıca sınırlamalar: Randomize kanıt değil gözlemsel nedensel çıkarım; proje-düzeyi atıf değil kıta-ölçekli tahminler; Sahra-altı Afrika yoğun ormanlarına odak; doğrudan ve offsite etkiler veri kalitesi, maden tespiti ve model varsayımlarına bağlı.

Genel bir okur ne kadar güven duymalı? Çalışma bölgesindeki doğrudan madencilik ormansızlaşmasının ciddi olduğuna yüksek güven. Maden kurulmasının popülasyon ölçeğinde ilave offsite ormansızlaşmayla bağlantılı olduğuna iyi güven. Ortalama 33,9:1 oranını tek bir madene uygulamaya daha düşük güven. Uygun tutum: mineral tedarik zincirleri gerekli olabilir ve yine de çukurun ötesinde dürüst muhasebe gerektirir.

Kaynaklar

Nature (2026)
https://doi.org/10.1038/s41586-026-10551-2

White Rose Research Online — published version
https://eprints.whiterose.ac.uk/id/eprint/241799/

Processed outputs and analysis code — GitHub
https://github.com/OMorton/AFR_MiningForestLoss

Post-deforestation land-use dataset — Zenodo
https://doi.org/10.5281/zenodo.11065705