The Clean Paper

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

खनन सिर्फ mine की जगह नहीं साफ़ करता — extraction के आसपास छिपी forest loss कहीं बड़ी हो सकती है

Nature में sub-Saharan Africa के 16,627 mine clusters के अध्ययन में 2001–2020 के बीच dense forest में mining से लगभग 187,000 hectares direct deforestation मिला। लेकिन बड़ी कहानी mine footprint के बाहर है। Unmined areas की तुलना में mine से 1 km के भीतर दस साल बाद 0–100 scale पर deforestation 8 points अधिक था और effect 20 km तक दिखा। औसतन mine द्वारा सीधे साफ़ किए गए प्रत्येक hectare के साथ पाँच वर्षों के भीतर 33.9 अतिरिक्त hectares offsite forest loss जुड़ी थी। इसका अर्थ यह नहीं कि energy transition "बुरी" है। इसका अर्थ है कि mineral supply chains की geography होती है, और उनके forest costs अक्सर pit से कहीं बाहर तक जाते हैं।

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

असर केवल जंगल में बने गड्ढे तक सीमित नहीं है

खदान का आकार साफ़ दिखाई देता है। एक pit, tailings pond, spoil heap, जंगल को काटती सड़क। ये वे निशान हैं जिन्हें satellite देख सकता है और regulator नक्शे पर घेर सकता है।

लेकिन खनन अपने आसपास की जमीन भी बदलता है। लोग आते हैं। सड़कें जंगल तक पहुँचना आसान बनाती हैं। बस्तियाँ बढ़ती हैं। खेती फैलती है। खदान केवल नक्शे पर बना घाव नहीं, वह आकर्षण का केंद्र बन सकती है।

एक Nature शोधपत्र sub-Saharan Africa में इस अंतर को संख्याओं में रखता है। लेखक 2001 से 2020 तक घने जंगलों में mining-driven प्रत्यक्ष वनों की कटाई का अनुमान लगाते हैं, फिर पूछते हैं कि ऐसी ही उन जगहों की तुलना में, जहाँ अभी खनन शुरू नहीं हुआ था, खदानों के आसपास कितना अतिरिक्त जंगल हानि दिखाई देता है। निष्कर्ष सरल और असहज है: खदान का सीधा संकेत-पैटर्न केवल दिखाई देने वाला हिस्सा है।

Natural-color Landsat छवि Ghana के Ashanti gold belt में बड़े पैमाने और artisanal gold खनन से बने नशिान दखिातीहै। यहाँ चर्चाकयिागयाअध्ययन पूछताहै कि खनन से जुड़ाजंगल हानि स्वयं खदान संकेत-पैटर्न से कितनीदूर तक फैलताहै।

NASA Earth Observatory / Lauren Dauphin Public domain

यह climate और biodiversity कीराजनीति के लिए उपयोगीपरिणाम है क्योंकि यह दोबतोकोएक हीframe में रखताहै। आधुनिक infrastructure और ऊर्जासंक्रमण कोखनिज चाहिए। लेकिन खनिज कहींसे शून्य में पैदानहींहोते। साफ़ सवाल नामें “खनन अच्छीहै याबुरी” नहींहै। सवाल यह है कि जंगल कीपूरीकीमत ईमानदारीसे मापीजारहीहै यानहीं।

लेखकोंने क्याकिया

अध्ययन continent-scale जंगल और land-use डेटाकोcausal-अनुमान डिज़ाइन के साथ जोड़ताहै। लेखकोंने 2001 से 2020 के बीच sub-Saharan Africa के forested areas में **16,627 खदान clusters** मानचित्रित किए। उन्होंने जंगल हानि के दोप्रकार अलग किए।

पहलाहै **प्रत्यक्ष mining-driven वनोंकीकटाई**: स्वयं खदान संकेत-पैटर्न के भीतर सफ़ाई, जिसमें pits, tailings ponds, spoil heaps, shafts और खनन क्रियाएँ से सीधे जुड़ीअन्य संरचनाएँ शामिल हैं।

दूसराहै **खदान-क्षेत्र से बहर वनोंकीकटाई**: खदान के आसपास होने वालाजंगल हानि जोpit खुद नहींहै, लेकिन खदान स्थापित होने से सहायक गतिविधियों— agriculture, settlements, roads और अन्य पहुँच — के जरिए उत्पन्न करनाहोसकताहै।

दूसरे हिस्से काअनुमान लगाने के लिए लेखकोंने difference-in-differences फ्रेमवर्क इस्तेमाल किया। सरल शब्दोंमें, उन्होंने खनन शुरू होने से पहले और बाद में खदानोंके आसपास जंगल हानि कीतुलनाउन समान जगहोंसे कीजहाँखनन अभी शुरू नहींहुई थी। फिर उन्होंने खदान center से concentric distances देखीं 1 km के भीतर, 1-5 km, 5-10 km और 10-20 km।

यह डिज़ाइन इसलिए महत्वपूर्ण है क्योंकि शोधपत्र केवल खदानोंके पास पेड़ोंकीकटाई नहींगिन रहा। वह unmined areas कीcounterfactual trend कीतुलनामें खदान establishment के कारण होने वाले *अतिरिक्त* हानि काअनुमान लगाने कीकोशिश कर रहाहै।

उन्हें क्यामिला

सीधाखनन हानि बड़ाथा। sub-Saharan Africa के सघन forests में लेखकोंने 2001 से 2020 के बीच **187,070 hectares** प्रत्यक्ष mining-induced वनोंकीकटाई काअनुमान लगाया। Democratic Republic of Congo, Ghana और Côte d’Ivoire ने मिलकर इस प्रत्यक्ष हानि का**45%** हिस्साबनाया।

आसपास काहानि संकेत-पैटर्न से बड़ाथा। खदान स्थापित होने के बाद, unmined areas कीतुलनामें दस वर्ष बाद 1 km के भीतर cumulative वनोंकीकटाई **0-to-100 पैमानापर 8 बिंदु ज्यादाथा**। यह वनोंकीकटाई दर में पूर्ण अंतर है, 8% सापेक्ष वृद्धि नहीं। दूरीके साथ प्रभाव कम हुआ, लेकिन गायब नहींहुआ: दस वर्षोंके बाद अध्ययन 1-5 km पर 3.6 बिंदु, 5-10 km पर 1.9 बिंदु और 10-20 km पर 1.1 बिंदु के अतिरिक्त gaps काअनुमान लगातीहै।

ये संख्याएँ समय-विशिष्ट हैं। ये दस-वर्षीय प्रभाव हैं, तुरंत होने वालाहानि नहीं।

खदान-क्षेत्र से बहर/प्रत्यक्ष अनुपात चौंकाने वालाथा। अलग calculation में लेखकोंकाअनुमान है कि खदान संकेत-पैटर्न

द्वारासीधे साफ़ कए गए हर hectare के लए पाँच वर्षोके भीतर अतरिक्त **33.9 hectares** सघन जंगल खदान-क्षेत्र से बहर खोया। इस अतरिक्त खदान-क्षेत्र से बहर हानि काअधकांश हिस्साखदान establishment के बाद बढ़ीagriculture से जुड़ाथा, settlement विस्तार भीमहत्वपूर्ण थाऔर उनकीbreakdown में roads काहिस्साछोटाथा।

यह संख्याभीसमय-विशिष्ट है: यह पाँच-वर्षीय खदान-क्षेत्र से बहर/प्रत्यक्ष अनुपात है। इसे दस-वर्षीय 0-to-100-पैमानाप्रभाव के साथ नहींमलिानाचहए।

प्रभाव हर जगह समान नहीथा। अध्ययन Democratic Republic of Congo कोखास चतिावलाक्षेत्र बतातेहै, क्योंकि वहाँखनन से सीधे साफ़ हुआ बड़ाक्षेत्र और खदान कीसीमासे बहर अतरिक्त वन-हानि — दोनोंअधकि थे। कुछ दूसरे देशोंमें सीमासे बहर कासाफ़े क्ष प्रभाव ऊँचाथा, लेकनि सीधे खनन वाले footprints छोटे थे। खनजि के स्तर पर cobalt और copper नकिालने वालीखदानों— batteries, electrical infrastructure और ऊर्जासंक्रमण में महत्वपूर्ण दोनोंपदार्थ — से अध्ययन में सबसे अधकि कुल अतरिक्त वनोंकीकटाई जुड़ीमलिी।

खदान-क्षेत्र से बहर हिस्साक्योंमायने रखताहै

Environmental आकलन अक्सर project कीप्रत्यक्ष सीमासे शुरू होताहै। यह समझ में आताहै। pit दखितीहै, permit कीperimeter होतीहै और कंपनीplanned infrastructure कावर्णन कर सकतीहै।

लेकनि जंगल केवल कानूनीboundaries पर प्रतक्रियिानहींकरते। वे पहुँच और incentives पर भीप्रतक्रियिादेते हैं। खदान roads, कामगार, पैसा, settlements और food demand लासकतीहै। इससे पास काजंगल ऐसीजमीन में बदल सकताहै जसिे साफ़ करनाआसान, अधकि लाभदायक याअधकि जरूरीहो।

इसीलएि शोधपत्र कासबसे मजबूत वचिार कोई एक संख्यानहींहै। वह **प्रत्यक्ष** और **triggered** हानि के बीच काफ़र्क है।

यदि आपूर्ति शृंखलाकेवल खदान संकेत-पैटर्न गनितीहै तोextraction के कारण land-use बदलाव कोकम आँकाजासकता है। यदि environmental प्रभाव आकलन lease सीमापर रुक जाताहै, तोवह उस जंगल हानि कोचूक सकताहै जसिकीसंभावना project बढ़ाताहै। और यदि कोई product renewable ऊर्जाकोसमर्थन करने के कारण “साफ़” के रूप में market कयिाजाता है, तोइससे उसकीपदार्थ शृंखलाअपने आप साफ़ नहींहोजाती।

यह क्यासाबित नहींकरता

- यह **नहीं**दखिताकि ऊर्जासंक्रमण खराब है। यह दखिताहै कि आधुनकि infrastructure में इस्तेमाल होने वाले खनजि, जनिमें energy-transition खनजि भीशामलि हैं, बड़े land-use लागत लासकते हैं।
- इसकामतलब यह **नहीं**कि हर खदान हर प्रत्यक्ष hectare के बदले ठीक 33.9 hectares खदान-क्षेत्र से बहर हानि करतीहै। यह बहुत सारे खदान clusters काऔसत अनुमान है, किसीएक project कीपूर्वानुमान नहीं।
- यह **साबित नहीं**करताकि खदान के पास खोयाहर पेड़ उसीखदान कीवजह से कटागया। अध्ययन आबादीपैमानापर अतरिक्त हानि अनुमान करने के लए quasi-प्रयोगोंकि डज़िाइन इस्तेमाल करतीहै।
- यह व्यक्ति companies, permits याbuyers कोजम्मेदारी**नहीं**सौंपता। उसके लए इस लेख से आगे project-level tracing चाहए।
- यह खनन के सभीप्रभाव शामलि करना**नहीं**करता। पानीpollution, labor स्थतियाँ, biodiversity fragmentation, rights हति-संघर्ष और सामाजकि displacement यहाँमुख्य forest-loss मापन से बहर हैं।
- यह पूरीदुनियाशामलि करना**नहीं**करता। वश्लिेषण sub-Saharan Africa के सघन forests पर केंद्रति है।

सबूत कितने मजबूत हैं?

Direct-deforestation अनुमान के लिए महाद्वीपीय पैमानापर साक्ष्य मजबूत है। अध्ययन प्रकाशित land-use और forest-cover डेटासेट से खनन विशेषताएँ से सीधे जुड़े जंगल हानि कीपहचान करतीहै।

अतिरिक्त खदान-क्षेत्र से बाहर हानि के लिए साक्ष्य भीकाफीहै, लेकिन मॉडल-based है। Difference-in-differences observational डेटासे causal प्रभाव काअनुमान लगाने के लिए बनायागयाहै, खासकर जब रैंडमाइज़्ड प्रयोग संभव न हो। लेखक हाल कीheterogeneity-robust विधियाँइस्तेमाल करते हैं और वैकल्पिक estimators से मज़बूतीपरीक्षण करते हैं। यह अच्छीpractice है।

फिर भीपरिणाम कोसहीपैमानापर पढ़नाचाहिए। शोधपत्र मजबूत साक्ष्य देताहै कि अध्ययन प्रणालीमें खदान establish-ment, खदान संकेत-पैटर्न से बाहर अतिरिक्त वनोकीकटाई के साथ जुड़ाहै। यह हर अलग पेड़ कीsatellite confession नहीं है।

इसलिए सबसे उपयोगीसावधानिक पढ़ानान panic है, न dismissal। वह मापन discipline है: यदि खनन किसीlandscape कोखोलतीहै, तोप्रभाव आकलन कोfence के पार भीदेखनाचाहिए।

यह क्योंमायने रखताहै

“साफ़ ऊर्जा” वाक्य एक पदार्थ दुनियाकोछुपिासकताहै। सौर panels, batteries, संचरण रेखाएँ, electric vehicles और डेटा centers सभीकोmined पदार्थ चाहिए। इनमें से कुछ पदार्थ दुनियाके महत्वपूर्ण forests और biodiversity वाले स्थानोंसे आते हैं।

इससे decarbonization गलतीनहींबन जाती। विकल्प — fossil-fuel dependence जारीरखना— अपने विशाल land, वायु, पानीऔर climate लागत रखताहै। लेकिन इसकामतलब है कि संक्रमण जीवाश्म प्रणालीसे cleaner होसकतीहै और फिर भीअपने आप साफ़ नहींहोती।

इस शोधपत्र कामूल्य यह है कि वह छिपि हुए भूगोल कोअनदेखाकरनाकठिन बनाताहै। उसकासंदेश सीधाहै: केवल खदान कागड्ढामत गिनिए। उसके आसपास बदलताजंगल भीगिनिए। खनन के बाद आने वालीसड़कें, खेत और बस्तियाँ भीगिनिए। खदान कीसीमासे बाहर होने वालीवनोकीकटाई कोenvironmental impact assessments, no-net-loss दावोंऔर zero-deforestation supply chains में भीशामिल कीजाए।

यह “green खनिज अच्छे हैं” या“green खनिज बुरे हैं” से अधिक परिपक्व कहानीहै। बात यह है: संक्रमण कापदार्थ आधार परिणाम पैदाकरताहै, और आपूर्ति शृंखलाखुद कोसाफ़ कहे उससे पहले वे परिणाम दिखाई देने चाहिए।

साफ़ सारांश

Nature अध्ययन ने 2001 से 2020 तक sub-Saharan Africa के सघन forests में **16,627 खदान clusters** कावश्लिेषण कियाा उसकाअनुमान है कि pits, tailings ponds और spoil heaps जैसे खदान विशेषताएँ से **187,070 hectares** प्रत्यक्ष mining-driven वनोकीकटाई हुआ। Difference-in-differences फ्रेमवर्क से लेखकोंने unmined areas कीतुलनामें mines के आसपास अतिरिक्त वनोकीकटाई भीअनुमान कियाा दस वर्षोंबाद 1 km के भीतर cumulative वनोकीकटाई **0-to-100 पैमानापर 8 बिंदु ज्यादाथा**और प्रभाव 20 km तक elevated रहाा अलग पाँच-वर्षीय calculation में प्रत्यक्ष खनन वनोकी

कटाई के हर hectare के साथ औसत 33.9 hectares अतिरिक्त खदान-क्षेत्र से बाहर सघन-forest हानि जुड़ा था, ज्यादातर agricultural विस्तार और settlements के जरिए। Cobalt और copper निकालने वाली mines ने अध्ययन में सबसे अधिक कुल अतिरिक्त वनोकी कटाई में योगदान दिया। परिणाम यह नहीं दिखाता कि ऊर्जा संक्रमण खराब है। वह दिखाता है कि mineral आपूर्ति श्रृंखलाएँ की land-use लागत खदान संकेत-पैटर्न से बाहर तक जाती हैं।

बिना बढ़ा-चढ़ाकर जाँच

शोधपत्र क्या दिखाता है: sub-Saharan Africa के सघन forests में खनन ने 2001 से 2020 तक काफी प्रत्यक्ष जंगल हानि किया। खदान establishment के बाद unmined areas की तुलना में आसपास अतिरिक्त वनोकी कटाई हुआ; खदान-क्षेत्र से बाहर हानि प्रत्यक्ष खदान संकेत-पैटर्न से बहुत बड़ा हो सकता है; और इस डेटासेट में कुछ energy-transition खनिज उच्च कुल अतिरिक्त वनोकी कटाई से जुड़े हैं।

क्या संभावित है लेकिन सिद्ध नहीं कई व्यक्ति mines के खदान-क्षेत्र से बाहर प्रभाव उनके permit footprints से बड़े हो सकते हैं; stricter environmental प्रभाव assessments और supply-chain नियम इस हानि का कुछ हिस्सा घटा सकते हैं; दूसरे tropical खनन regions में भी ऐसे छिपा खदान-क्षेत्र से बाहर प्रभाव महत्वपूर्ण हो सकते हैं।

यह क्या नहीं दिखाता कि हर तरह की खनन समान नुकसान करती है; कि पास का हर forest-loss घटना किसी विशिष्ट खदान की वजह से है; कि ऊर्जा संक्रमण खराब है; कि project-level tracing के बिना व्यक्ति companies या buyers किसी खास हानि के जिम्मेदार हैं; या कि जंगल हानि ही अकेला environmental या सामाजिक लागत है।

मुख्य सीमाएँ: रैंडमाइज्ड साक्ष्य की बजाय observational causal अनुमान; project-level attribution की बजाय continent-scale अनुमान; sub-Saharan Africa के सघन forests पर focus; प्रत्यक्ष और खदान-क्षेत्र से बाहर प्रभाव डेटा गुणवत्ता, खदान पहचान और मॉडल मान्यताएँ पर निर्भर हैं।

सामान्य पाठक को कितना विश्वास रखना चाहिए? यह मानने के लिए उच्च कि अध्ययन क्षेत्र में प्रत्यक्ष खनन वनोकी कटाई का है। आबादी पैमाने पर खदान establishment के अतिरिक्त खदान-क्षेत्र से बाहर वनोकी कटाई से जुड़े होने के लिए अच्छा। किसी एक खदान पर औसत 33.9:1 अनुपात लागू करने के लिए नाजुक। उच्च रुख: mineral आपूर्ति श्रृंखलाएँ जरूरी हो सकती हैं और फिर भी pit के बाहर तक ईमानदार accounting की जरूरत रखती हैं।

स्रोत

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