



The CLEAN PAPER

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

Η εξόρυξη αποψιλώνει πολύ περισσότερο από το ίδιο το ορυχείο — η κρυφή απώλεια δάσους γύρω από την εκμετάλλευση

Μελέτη στο Nature για 16.627 συμπλέγματα ορυχείων στην υποσαχάρια Αφρική βρίσκει ότι η εξόρυξη σε πυκνά δάση προκάλεσε περίπου 187.000 εκτάρια άμεσης αποψίλωσης από το 2001 έως το 2020, αλλά η μεγαλύτερη ιστορία βρίσκεται έξω από το ορυχείο. Σε σύγκριση με μη εξορυγμένες περιοχές, η αποψίλωση ήταν 8 μονάδες υψηλότερη σε κλίμακα 0–100 εντός 1 km από ορυχείο μετά από δέκα χρόνια, με επιδράσεις έως 20 km. Κατά μέσο όρο, κάθε εκτάριο που καθαριζόταν άμεσα από ορυχείο συσχετιζόταν με 33.9 επιπλέον εκτάρια δασικής απώλειας εκτός της εγκατάστασης μέσα σε πέντε χρόνια. Αυτό δεν σημαίνει ότι η ενεργειακή μετάβαση είναι κακή. Σημαίνει ότι οι αλυσίδες εφοδιασμού ορυκτών έχουν γεωγραφία και το δασικό τους κόστος είναι συχνά μεγαλύτερο από τον ίδιο τον λάκκο.

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

Το αποτύπωμα δεν είναι μόνο η τρύπα μέσα στο δάσος

Ένα ορυχείο έχει προφανές σχήμα. Ένα όρυγμα, μια λίμνη τελμάτων, ένας σωρός στείρων, ένας δρόμος κομμένος μέσα στο δάσος. Αυτά είναι σημάδια που βλέπει ένας δορυφόρος και γύρω από τα οποία ένας ρυθμιστής μπορεί να χαράξει γραμμή.

Αλλά η εξόρυξη αλλάζει και τη γη γύρω της. Έρχονται άνθρωποι. Οι δρόμοι κάνουν το δάσος ευκολότερα προσβάσιμο. Οι οικισμοί μεγαλώνουν. Η γεωργία επεκτείνεται. Ένα ορυχείο δεν είναι μόνο ουλή σε χάρτη· μπορεί να γίνει νέο κέντρο βαρύτητας.

Μια εργασία στο Nature βάζει αριθμούς σε αυτή τη διαφορά σε όλη την υποσαχάρια Αφρική. Οι συγγραφείς εκτιμούν την άμεση αποψίλωση πυκνών δασών από εξόρυξη μεταξύ 2001 και 2020 και έπειτα ρωτούν πόση επιπλέον απώλεια δάσους εμφανίζεται γύρω από ορυχεία σε σύγκριση με παρόμοια μέρη που δεν είχαν ακόμη εξορυχθεί. Το συμπέρασμα είναι απλό και άβολο: το άμεσο αποτύπωμα του ορυχείου είναι μόνο το ορατό μέρος.



Εικόνα Landsat φυσικών χρωμάτων δείχνει ουλές μεγάλης κλίμακας και βιοτεχνικής εξόρυξης χρυσού στη ζώνη χρυσού Ashanti της Γκάνας. Η μελέτη εδώ ρωτά πόσο μακριά εκτείνεται η απώλεια δάσους που σχετίζεται με εξόρυξη πέρα από το ίδιο το αποτύπωμα του ορυχείου.

NASA Earth Observatory / Lauren Dauphin Public domain

Αυτό είναι χρήσιμο αποτέλεσμα για την πολιτική κλίματος και βιοποικιλότητας, επειδή κρατά δύο σκέψεις στο ίδιο κάδρο. Οι σύγχρονες υποδομές και η ενεργειακή μετάβαση χρειάζονται ορυκτά. Αλλά τα ορυκτά δεν προέρχονται από το πουθενά. Το καθαρό ερώτημα δεν είναι αν η εξόρυξη είναι «καλή» ή «κακή» ως σύνθημα. Είναι αν μετράμε έντιμα ολόκληρο το δασικό κόστος.

Τι έκαναν οι συγγραφείς

Η μελέτη συνδυάζει δεδομένα δασών και χρήσεων γης σε ηπειρωτική κλίμακα με σχεδιασμό αιτιώδους συμπερασματολογίας. Οι συγγραφείς χαρτογράφησαν **16.627 συμπλέγματα ορυχείων** σε δασικές περιοχές της υποσαχάριας Αφρικής μεταξύ 2001 και 2020. Διαχώρισαν δύο είδη απώλειας δάσους.

Το πρώτο είναι η **άμεση αποψίλωση από εξόρυξη**: καθαρισμός μέσα στο ίδιο το αποτύπωμα του ορυχείου, συμπεριλαμβανομένων ορυγμάτων, λιμνών τελμάτων, σωρών στείρων, φρεάτων και άλλων στοιχείων που συνδέονται άμεσα με τη λειτουργία του.

Το δεύτερο είναι η **αποψίλωση εκτός εγκατάστασης**: απώλεια δάσους γύρω από το ορυχείο που δεν είναι ο ίδιος ο λάκκος, αλλά μπορεί να πυροδοτείται από την εγκατάσταση του ορυχείου μέσω συνοδευτικής δραστηριότητας — γεωργίας, οικισμών, δρόμων και άλλης πρόσβασης.

Για να εκτιμήσουν το δεύτερο μέρος, οι συγγραφείς χρησιμοποίησαν πλαίσιο difference-in-differences. Με απλά λόγια, συνέκριναν την απώλεια δάσους γύρω από ορυχεία πριν και μετά την έναρξη εξόρυξης με την απώλεια γύρω από παρόμοια μέρη που δεν είχαν ακόμη εξορυχθεί. Έπειτα εξέτασαν ομόκεντρες ζώνες από το κέντρο του ορυχείου: εντός 1 km, 1–5 km, 5–10 km και 10–20 km.

Αυτός ο σχεδιασμός έχει σημασία επειδή η εργασία δεν μετρά απλώς πόσο δάσος χάθηκε κοντά σε ορυχεία. Προσπαθεί να εκτιμήσει την επιπλέον απώλεια που αποδίδεται στην εγκατάσταση της εξόρυξης, σε σχέση με την υποθετική τάση σε περιοχές χωρίς ορυχείο.

Τι βρήκαν

Η άμεση απώλεια από εξόρυξη ήταν μεγάλη. Σε πυκνά δάση της υποσαχάριας Αφρικής, οι συγγραφείς εκτιμούν **187.070 εκτάρια** άμεσης αποψίλωσης που προκλήθηκε από εξόρυξη μεταξύ 2001 και 2020. Η Λαϊκή Δημοκρατία του Κονγκό, η Γκάνα και η Ακτή Ελεφαντοστού μαζί αντιστοιχούσαν στο **45%** αυτής της άμεσης απώλειας.

Η γύρω απώλεια ήταν μεγαλύτερη από το αποτύπωμα. Μετά την εγκατάσταση ενός ορυχείου, η σωρευτική αποψίλωση εντός 1 km ήταν **8 μονάδες υψηλότερη σε κλίμακα 0–100** μετά από δέκα χρόνια σε σύγκριση με μη εξορυγμένες περιοχές. Πρόκειται για απόλυτη διαφορά στον ρυθμό αποψίλωσης, όχι για σχετική αύξηση 8%. Η επίδραση μειωνόταν με την απόσταση αλλά δεν εξαφανιζόταν: μετά από δέκα χρόνια, η μελέτη εκτιμά επιπλέον διαφορές 3.6 μονάδων στα 1–5 km, 1.9 στα 5–10 km και 1.1 στα 10–20 km.

Αυτοί οι αριθμοί είναι χρονικά συγκεκριμένοι. Είναι επιδράσεις δεκαετίας, όχι άμεσες απώλειες.

Ο λόγος offsite/direct ήταν εντυπωσιακός. Σε ξεχωριστό υπολογισμό, οι συγγραφείς εκτιμούν ότι για κάθε εκτάριο που καθαριζόταν άμεσα από το αποτύπωμα ενός ορυχείου,

χάνονται επιπλέον **33.9 εκτάρια** πυκνού δάσους εκτός εγκατάστασης μέσα σε πέντε χρόνια. Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της επιπλέον απώλειας συνδέθηκε με γεωργική επέκταση που πυροδοτείται από την εγκατάσταση ορυχείου, με σημαντική και την επέκταση οικισμών και μικρότερο μερίδιο των δρόμων στην ανάλυση.

Και αυτός ο αριθμός είναι χρονικά συγκεκριμένος: είναι πενταετής λόγος offsite/direct. Δεν πρέπει να αναμειγνύεται με τις δεκαετείς επιδράσεις στην κλίμακα 0–100.

Η επίδραση δεν ήταν ίδια παντού. Η μελέτη αναφέρει σοβαρή ανησυχία για τη Λαϊκή Δημοκρατία του Κονγκό επειδή συνδυάζει μεγάλο άμεσο αποτύπωμα εξόρυξης με μεγάλη πρόσθετη απώλεια εκτός εγκατάστασης. Άλλες χώρες έδειξαν υψηλές σχετικές offsite επιδράσεις αλλά μικρότερα άμεσα αποτυπώματα. Σε επίπεδο εμπορεύματος, ορυχεία κοβαλτίου και χαλκού — ορυκτά κεντρικά για μπαταρίες, ηλεκτρικές υποδομές και ενεργειακή μετάβαση — προκάλεσαν τη μεγαλύτερη συνολική πρόσθετη αποψίλωση στις εκτιμήσεις της μελέτης.

Γιατί έχει σημασία το κομμάτι εκτός εγκατάστασης

Η περιβαλλοντική αξιολόγηση συχνά ξεκινά από τα άμεσα όρια ενός έργου. Είναι κατανοητό. Ο λάκκος είναι ορατός, η άδεια έχει περίμετρο και μια εταιρεία μπορεί να περιγράψει την υποδομή που σκοπεύει να χτίσει.

Τα δάση όμως δεν αντιδρούν μόνο σε νομικά όρια. Αντιδρούν στην πρόσβαση και στα κίνητρα. Ένα ορυχείο μπορεί να φέρει δρόμους, εργαζόμενους, χρήματα, οικισμούς και ζήτηση για τρόφιμα. Αυτό μπορεί να μετατρέψει κοντινό δάσος σε γη που είναι ευκολότερο, πιο κερδοφόρο ή πιο αναγκαίο να καθαριστεί.

Γι' αυτό η ισχυρότερη ιδέα της εργασίας δεν είναι ένας αριθμός. Είναι η διάκριση ανάμεσα σε **άμεση** και **πυροδοτούμενη** απώλεια.

Αν μια αλυσίδα εφοδιασμού μετρά μόνο το αποτύπωμα του ορυχείου, μπορεί να υπομετρά την αλλαγή χρήσης γης που προκαλεί η εξόρυξη. Αν μια εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων σταματά στα όρια της μίσθωσης, μπορεί να χάσει τη δασική απώλεια που το έργο κάνει πιθανότερη. Και αν ένα προϊόν διαφημίζεται ως καθαρό επειδή υποστηρίζει ανανεώσιμη ενέργεια, αυτό δεν κάνει αυτόματα καθαρή και την υλική του αλυσίδα.

Τι δεν αποδεικνύει

- **Δεν** δείχνει ότι η ενεργειακή μετάβαση είναι κακή. Δείχνει ότι τα ορυκτά που χρησιμοποιούνται σε σύγχρονες υποδομές, συμπεριλαμβανομένων των ορυκτών της ενεργειακής μετάβασης, μπορούν να έχουν μεγάλο κόστος χρήσης γης.
- **Δεν** σημαίνει ότι κάθε ορυχείο προκαλεί ακριβώς 33.9 εκτάρια offsite απώλειας ανά άμεσο εκτάριο. Είναι μέση εκτίμηση σε μεγάλο σύνολο ορυχείων, όχι πρόβλεψη για συγκεκριμένο έργο.

- **Δεν** αποδεικνύει ότι κάθε δέντρο που χάθηκε κοντά σε ορυχείο κόπηκε εξαιτίας του. Η μελέτη χρησιμοποιεί ημιπειραματικό σχεδιασμό για να εκτιμήσει πρόσθετη απώλεια σε πληθυσμιακή κλίμακα.
- **Δεν** αποδίδει ευθύνη σε μεμονωμένες εταιρείες, άδειες ή αγοραστές. Αυτό θα απαιτούσε ιζηλάτηση σε επίπεδο έργου πέρα από το άρθρο.
- **Δεν** καλύπτει όλες τις επιπτώσεις της εξόρυξης. Ρύπανση νερού, συνθήκες εργασίας, κατακερματισμός βιοποικιλότητας, συγκρούσεις δικαιωμάτων και κοινωνική εκτόπιση βρίσκονται έξω από την κύρια μέτρηση δασικής απώλειας.
- **Δεν** καλύπτει ολόκληρο τον κόσμο. Η ανάλυση εστιάζει στα πυκνά δάση της υποσαχάριας Αφρικής.

Πόσο ισχυρά είναι τα στοιχεία;

Για την εκτίμηση άμεσης αποψίλωσης, τα στοιχεία είναι ισχυρά σε ηπειρωτική κλίμακα. Η μελέτη χρησιμοποιεί δημοσιευμένα datasets χρήσης γης και δασικής κάλυψης για να εντοπίσει απώλεια δάσους που συνδέεται άμεσα με μεταλλευτικά χαρακτηριστικά.

Για την πρόσθετη απώλεια εκτός εγκατάστασης, τα στοιχεία είναι επίσης ουσιαστικά, αλλά βασίζονται σε μοντέλο. Το difference-in-differences έχει σχεδιαστεί για να εκτιμά αιτιώδεις επιδράσεις από παρατηρησιακά δεδομένα, ιδιαίτερα όταν τυχαιοποιημένα πειράματα είναι αδύνατα. Οι συγγραφείς χρησιμοποιούν σύγχρονες μεθόδους ανθεκτικές στην ετερογένεια και ελέγχουν την ευρωστία με εναλλακτικούς εκτιμητές. Αυτό είναι καλή πρακτική.

Παρόλα αυτά, το αποτέλεσμα πρέπει να διαβαστεί στη σωστή κλίμακα. Η εργασία είναι ισχυρό στοιχείο ότι η εγκατάσταση ορυχείων συνδέεται με πρόσθετη αποψίλωση πέρα από το αποτύπωμα του ορυχείου σε όλο το σύστημα που μελετήθηκε. Δεν είναι δορυφορική «ομολογία» για κάθε μεμονωμένο δέντρο.

Η πιο χρήσιμη δημόσια ανάγνωση δεν είναι ούτε πανικός ούτε απόρριψη. Είναι πειθαρχία μέτρησης: αν ένα ορυχείο ανοίγει ένα τοπίο, η αξιολόγηση επιπτώσεων πρέπει να κοιτάζει πέρα από τον φράχτη.

Γιατί έχει σημασία

Η φράση «καθαρή ενέργεια» μπορεί να κρύβει έναν υλικό κόσμο. Φωτοβολταϊκά, μπαταρίες, γραμμές μεταφοράς, ηλεκτρικά οχήματα και data centers χρειάζονται όλα εξορυγμένα υλικά. Μερικά προέρχονται από μέρη με δάση και βιοποικιλότητα παγκόσμιας σημασίας.

Αυτό δεν κάνει την απανθρακοποίηση λάθος. Η εναλλακτική — συνέχιση της εξάρτησης από ορυκτά καύσιμα — έχει τα δικά της τεράστια κόστη για γη, αέρα, νερό και κλίμα. Σημαίνει όμως ότι μια μετάβαση μπορεί να είναι καθαρότερη από το σύστημα ορυκτών καυσίμων χωρίς να είναι αυτόματα «καθαρή».

Η αξία της εργασίας είναι ότι κάνει δυσκολότερο να αγνοήσουμε αυτή την κρυφή γεωγραφία. Λέει: μη μετράτε μόνο τον λάκκο. Μετρήστε τις αλλαγές δάσους γύρω από τον λάκκο. Μετρήστε τους δρόμους, τα αγροκτήματα και τους οικισμούς που ακολουθούν την εξόρυξη. Ενσωματώστε την offsite αποψίλωση στις εκτιμήσεις περιβαλλοντικών επιπτώσεων, στους ισχυρισμούς no-net-loss και στις αλυσίδες εφοδιασμού μηδενικής αποψίλωσης.

Αυτή είναι πιο ώριμη ιστορία από το «τα πράσινα ορυκτά είναι καλά» ή «τα πράσινα ορυκτά είναι κακά». Είναι: η υλική βάση της μετάβασης έχει συνέπειες και αυτές πρέπει να γίνονται ορατές πριν μια αλυσίδα εφοδιασμού αυτοαποκαλεστεί καθαρή.

Καθαρή σύνοψη

Μελέτη στο Nature ανέλυσε 16.627 συμπλέγματα ορυχείων σε πυκνά δάση της υποσαχάριας Αφρικής από το 2001 έως το 2020. Εκτιμά **187.070 εκτάρια** άμεσης αποψίλωσης από μεταλλευτικά χαρακτηριστικά όπως ορύγματα, λίμνες τελμάτων και σωροί στείρων. Με πλαίσιο difference-in-differences, οι συγγραφείς εκτιμούν επίσης πρόσθετη αποψίλωση γύρω από ορυχεία σε σχέση με μη εξορυγμένες περιοχές: μετά από δέκα χρόνια, η σωρευτική αποψίλωση ήταν **8 μονάδες υψηλότερη σε κλίμακα 0–100** εντός 1 km και παρέμενε αυξημένη έως 20 km. Σε ξεχωριστό πενταετή υπολογισμό, κάθε εκτάριο άμεσης αποψίλωσης από εξόρυξη συνδεόταν κατά μέσο όρο με **33.9 εκτάρια** πρόσθετης απώλειας πυκνού δάσους εκτός εγκατάστασης, κυρίως μέσω γεωργικής επέκτασης και οικισμών. Ορυχεία κοβαλτίου και χαλκού συνέβαλαν στη μεγαλύτερη συνολική πρόσθετη αποψίλωση στη μελέτη. Το αποτέλεσμα δεν δείχνει ότι η ενεργειακή μετάβαση είναι κακή. Δείχνει ότι οι αλυσίδες εφοδιασμού ορυκτών έχουν κόστος χρήσης γης που εκτείνεται πέρα από το αποτύπωμα του ορυχείου.

Έλεγχος χωρίς υπερβολές

Τι δείχνει η εργασία: Η εξόρυξη σε πυκνά δάση της υποσαχάριας Αφρικής προκάλεσε σημαντική άμεση απώλεια δάσους από το 2001 έως το 2020· η εγκατάσταση ορυχείων ακολουθήθηκε από πρόσθετη αποψίλωση γύρω τους σε σύγκριση με μη εξορυγμένες περιοχές· η offsite απώλεια μπορεί να υπερβαίνει πολύ το άμεσο αποτύπωμα· και ορισμένα ορυκτά της ενεργειακής μετάβασης συνδέονται με υψηλή συνολική πρόσθετη αποψίλωση σε αυτά τα δεδομένα.

Τι είναι εύλογο αλλά δεν έχει αποδειχθεί: Ότι πολλά μεμονωμένα ορυχεία έχουν μεγαλύτερες offsite επιπτώσεις από όσο δείχνουν τα αδειοδοτημένα όριά τους· ότι αυστηρότερες περιβαλλοντικές εκτιμήσεις και κανόνες αλυσίδας εφοδιασμού θα μπορούσαν να μειώσουν μέρος αυτής της απώλειας· ότι παρόμοιες κρυφές επιδράσεις μπορεί να έχουν σημασία και σε άλλες τροπικές περιοχές εξόρυξης.

Τι δεν δείχνει: Ότι όλη η εξόρυξη είναι εξίσου καταστροφική· ότι κάθε κοντινό γεγονός

αποψίλωσης προκαλείται από συγκεκριμένο ορυχείο· ότι η ενεργειακή μετάβαση είναι κακή· ότι μεμονωμένες εταιρείες ή αγοραστές ευθύνονται για συγκεκριμένες απώλειες χωρίς project-level tracing· ή ότι η αποψίλωση είναι το μόνο περιβαλλοντικό ή κοινωνικό κόστος που έχει σημασία.

Κύριοι περιορισμοί: Παρατηρησιακή αιτιώδης συμπερασματολογία αντί τυχαιοποιημένων στοιχείων· εκτιμήσεις ηπειρωτικής κλίμακας αντί απόδοσης σε μεμονωμένα έργα· εστίαση σε πυκνά δάση της υποσαχάριας Αφρικής· οι άμεσες και offsite επιδράσεις εξαρτώνται από την ποιότητα δεδομένων, την ανίχνευση ορυχείων και υποθέσεις μοντέλων.

Πόση εμπιστοσύνη πρέπει να έχει ένας γενικός αναγνώστης; Υψηλή ότι η άμεση μεταλλευτική αποψίλωση στην περιοχή της μελέτης είναι σημαντική. Καλή ότι η εγκατάσταση ορυχείων συνδέεται με πρόσθετη offsite αποψίλωση σε πληθυσμιακή κλίμακα. Χαμηλότερη για εφαρμογή του μέσου λόγου 33.9:1 σε οποιοδήποτε συγκεκριμένο ορυχείο. Η σωστή στάση: οι αλυσίδες ορυκτών μπορεί να είναι αναγκαίες και παρ' όλα αυτά να χρειάζονται έντιμη λογιστική πέρα από τον λάκκο.

Πηγές

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>