Հանքարդյունաբերությունը մաքրում է ոչ միայն հանքը՝ արդյունահանման շուրջ թաքնված անտառային կորուստը

Nature-ի ուսումնասիրությունը Սահարայից հարավ ընկած Աֆրիկայի 16,627 հանքային cluster-ների տվյալներով գտնում է, որ խիտ անտառներում հանքարդյունաբերությունը 2001–2020 թվականներին մոտ 187,000 hectare ուղիղ անտառահատում է առաջացրել, բայց ավելի մեծ պատմությունը footprint-ից դուրս է: Չհանքայնացված տարածքների համեմատ տասը տարի անց հանքի 1 km-ի ներսում անտառահատումը 0–100 սանդղակով 8 կետով ավելի բարձր էր, իսկ ազդեցությունը պահպանվում էր մինչև 20 km: Միջին հաշվով հանքի կողմից ուղղակիորեն մաքրված յուրաքանչյուր hectare-ի հետ հինգ տարվա ընթացքում կապվել է 33.9 լրացուցիչ hectare offsite անտառային կորուստ: Սա չի նշանակում, որ էներգետիկ անցումը վատ է: Դա նշանակում է, որ հանքանյութերի supply chain-ներն ունեն աշխարհագրություն, և դրանց անտառային արժեքը հաճախ շատ ավելի մեծ է, քան փոսը:

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

Հետքը միայն անտառի մեջ փորված փոսը չէ

Հանքը տեսանելի ձև ունի. փոս, tailings pond, թափոնների կույտ, անտառի միջով անցկացված ճանապարհ։ Սրանք այն հետքերն են, որոնք արբանյակը տեսնում է, իսկ կարգավորող մարմինը կարող է գծով սահմանել։

Բայց արդյունահանումը փոխում է նաև շրջակա հողը։ Մարդիկ են գալիս։ Ճանապարհները անտառը ավելի հասանելի են դարձնում։ Բնակավայրերը մեծանում են։ Գյուղատնտեսությունն ընդարձակվում է։ Հանքը քարտեզի վրա պարզապես սպի չէ. այն կարող է դառնալ նոր ձգողական կենտրոն։

Nature-ում հրապարակված մի հոդված թվերով չափում է այս տարբերությունը Սահարայից հարավ ընկած Աֆրիկայի մասշտաբով։ Հեղինակները գնահատում են 2001–2020 թվականներին խիտ անտառներում հանքարդյունաբերությամբ անմիջականորեն պայմանավորված անտառահատումը, ապա հարցնում՝ հանքերի շուրջ որքան լրացուցիչ անտառ է կորչում համեմատելի այն վայրերի հետ, որտեղ հանքարդյունաբերությունը դեռ չէր սկսվել։ Եզրակացությունը պարզ է և անհարմար. հանքի ուղիղ footprint-ը միայն տեսանելի մասն է։

Բնական գույներով Landsat պատկերը ցույց է տալիս լայնածավալ և artisanal ոսկու արդյունահանման հետքերը Գանայի Ashanti gold belt-ում: Այստեղ քննարկվող ուսումնասիրությունը հարցնում է՝ հանքարդյունաբերության հետ կապված անտառային կորուստը որքան հեռու է տարածվում հենց հանքի footprint-ից դուրս:

NASA Earth Observatory / Lauren Dauphin Public domain

Սա օգտակար արդյունք է կլիմայական և կենսաբազմազանության քաղաքականության համար, որովհետև նույն շրջանակում պահում է երկու միտք: Ժամանակակից ենթակառուցվածքն ու էներգետիկ անցումը հանքանյութեր են պահանջում: Բայց հանքանյութերը ոչնչից չեն առաջանում: Մաքուր հարցը «հանքարդյունաբերությունը լավ է, թե վատ» կարգախոսը չէ: Հարցն այն է՝ անտառային ամբողջ արժեքը արդյո՞ք ազնվորեն չափվում է:

Ինչ արեցին հեղինակները

Ուսումնասիրությունը միավորում է մայրցամաքային մասշտաբի անտառային և հողօգտագործման տվյալները պատճառական եզրակացությունի դիզայնի հետ: Հեղինակները 2001–2020 թվականներին Սահարայից հարավ ընկած Աֆրիկայի անտառապատ տարածքներում քարտեզագրել են **16,627 հանքային կլաստեր**: Նրանք առանձնացրել են անտառային կորստի երկու տեսակ:

Առաջինը **հանքարդյունաբերությամբ անմիջականորեն պայմանավորված անտառահատումն** է՝ մաքրումը հենց հանքի footprint-ի ներսում, ներառյալ փոսերը, tailings pond-երը, թափոնների կույտերը, հորանները և հանքային գործունեության հետ ուղիղ կապված այլ կառույցներ:

Երկրորդը **հանքից դուրս անտառահատումն** է՝ հանքի շուրջ անտառային կորուստը, որը ինքնին հանքային փոս չէ, բայց կարող է հրահրվել հանքի ստեղծմամբ՝ գյուղատնտեսության, բնակավայրերի, ճանապարհների և այլ հասանելիության աճի միջոցով:

Երկրորդ մասը գնահատելու համար հեղինակներն օգտագործել են difference-in-differences շրջանակ: Պարզ ասած՝ նրանք համեմատել են հանքի շուրջ անտառային կորուստը հանքարդյունաբերության մեկնարկից առաջ և հետո՝ նման, բայց դեռ չհանքայնացված տարածքների միտումների հետ: Այնուհետև դիտել են հանքի կենտրոնից համակենտրոն հեռավորություններ՝ 1 km-ի ներսում, 1–5 km, 5–10 km և 10–20 km:

Այս դիզայնը կարևոր է, որովհետև հոդվածը պարզապես չի հաշվում հանքերի մոտ կորած անտառը: Այն փորձում է գնահատել **լրացուցիչ** կորուստը, որը կարող է վերագրվել հանքի ստեղծմանը՝ համեմատած չհանքայնացված տարածքների counterfactual միտման հետ:

Ինչ գտան

Ուղիղ հանքային կորուստը մեծ էր: Սահարայից հարավ ընկած Աֆրիկայի խիտ անտառներում հեղինակները 2001–2020 թվականներին գնահատում են **187,070 hectare** հանքարդյունաբերությամբ ուղղակիորեն պայմանավորված անտառահատում: Կոնգոյի Դեմոկրատական Հանրապետությունը, Գանան և Կոտ դ’Իվուարը միասին կազմել են այդ ուղիղ կորստի **45%-ը**:

Ճրջակա կորուստը ավելի մեծ էր, քան footprint-ը: Հանքի ստեղծումից տասը տարի անց 1 km-ի ներսում կուտակային անտառահատումը չհանքայնացված տարածքների համեմատ **0-ից 100 սանդղակով 8 կետով ավելի բարձր** էր: Սա անտառահատման մակարդակի բացարձակ տարբերություն է, ոչ 8% հարաբերական աճ: Ազդեցությունը հեռավորության հետ թուլացել է, բայց չի վերացել. տասը տարի անց ուսումնասիրությունը գնահատում է լրացուցիչ 3.6 կետ՝ 1–5 km-ում, 1.9 կետ՝

5–10 km-ում և 1.1 կետ՝ 10–20 km-ում:

Այս թվերը ժամանակային են. դրանք **տասը տարվա ազդեցություններ** են, ոչ անմիջական կորուստներ:

Offsite/ուղղակի հարաբերակցությունը շատ մեծ էր: Առանձին հաշվարկում հեղինակները գնահատել են, որ հանքի footprint-ով ուղղակիորեն մաքրված յուրաքանչյուր մեկ hectare-ի դիմաց հինգ տարվա ընթացքում հանքից դուրս կորել է լրացուցիչ **33.9 hectare** խիտ անտառ: Այդ լրացուցիչ offsite կորստի մեծ մասը կապվել է հանքի ստեղծմամբ հրահրված գյուղատնտեսական ընդլայնման հետ, բնակավայրերի աճը նույնպես կարևոր է եղել, իսկ ճանապարհները՝ համեմատաբար փոքր բաժին:

Այս թիվն էլ ժամանակային է. դա **հինգ տարվա offsite/ուղղակի հարաբերակցություն** է: Այն չպետք է խառնել տասը տարվա 0–100 սանդղակի ազդեցությունների հետ:

Ազդեցությունը ամենուր նույնը չէր: Հոդվածը հատկապես մտահոգիչ պատկեր է նկարագրում Կոնգոյի Դեմոկրատական Հանրապետության համար, քանի որ այնտեղ համադրվել են մեծ ուղիղ հանքային footprint-ը և մեծ լրացուցիչ offsite կորուստը: Մյուս երկրներում հարաբերական offsite ազդեցությունը բարձր է եղել, բայց ուղիղ footprint-ները ավելի փոքր: Հանքանյութերի մակարդակում կոբալտ և պղինձ արդյունահանող հանքերը՝ մարտկոցների, էլեկտրական ենթակառուցվածքի և էներգետիկ անցման համար առանցքային հանքանյութեր, ուսումնասիրության գնահատականներում առաջացրել են ամենամեծ ընդհանուր լրացուցիչ անտառահատումը:

Ինչու է հանքից դուրս մասը կարևոր

Բնապահպանական գնահատումը հաճախ սկսվում է ծրագրի ուղիղ սահմաններից: Դա հասկանալի է: Փոսը տեսանելի է, թույլտվությունն ունի perimeter, իսկ ընկերությունը կարող է նկարագրել իր կառուցելիք ենթակառուցվածքը:

Բայց անտառները իրավական սահմաններին չեն արձագանքում: Դրանք արձագանքում են հասանելիությանը և խթաններին: Հանքը կարող է բերել ճանապարհներ, աշխատողներ, փող, բնակավայրեր և սննդի պահանջարկ: Այդ ամենը կարող է շրջակա անտառը դարձնել ավելի հեշտ, ավելի շահավետ կամ ավելի անհրաժեշտ մաքրելու համար:

Հենց դրա համար հոդվածի ամենաուժեղ գաղափարը ոչ թե մեկ թիվ է, այլ **ուղիղ** և **հրահրված** կորստի տարբերակումը:

Եթե մատակարարման շղթան հաշվում է միայն հանքի footprint-ը, կարող է թերագնահատել արդյունահանմամբ պայմանավորված հողօգտագործման փոփոխությունը: Եթե environmental հարված assessment-ը կանգ է առնում lease-ի սահմանին, կարող է բաց թողնել այն անտառային կորուստը, որը ծրագիրը ավելի հավանական է դարձնում: Եվ եթե որևէ արտադրանք «մաքուր» է ներկայացվում, որովհետև այն ծառայում է renewable էներգիային, դա ինքնաբերաբար չի դարձնում դրա նյութական մատակարարման շղթան մաքուր:

Ինչ սա *չի* ապացուցում

- Սա **չի ցույց տալիս, որ էներգետիկ անցումը վատ է**: Այն ցույց է տալիս, որ ժամանակակից ենթակառուցվածքում, ներառյալ էներգետիկ անցման մեջ, օգտագործվող հանքանյութերը կարող են մեծ հողօգտագործման արժեք ունենալ:
- Սա **չի նշանակում, որ յուրաքանչյուր հանք ուղիղ մաքրված մեկ hectare-ի դիմաց ճիշտ 33.9 hectare offsite կորուստ է առաջացնում**: Դա հանքային կլաստերների մեծ հավաքածուի միջին գնահատական է, ոչ մեկ կոնկրետ ծրագրի կանխատեսում:
- Սա **չի ապացուցում, որ հանքի մոտ կորած յուրաքանչյուր ծառ հենց այդ հանքի պատճառով է կտրվել**: Ուսումնասիրությունը quasi-փորձարարական դիզայնով գնահատում է լրացուցիչ կորուստը պոպուլյացիա սանդղակում:
- Սա **պատասխանատվություն չի վերագրում առանձին ընկերություններին, թույլտվություններին կամ գնորդներին**: Դրա համար պետք կլիներ project-մակարդակ tracing, որը այս հոդվածի շրջանակից դուրս է:
- Սա **չի ընդգրկում հանքարդյունաբերության բոլոր ազդեցությունները**: Ջրի աղտոտումը, աշխատանքային պայմանները, կենսաբազմազանության fragmentation-ը, իրավունքների հակամարտությունները և սոցիալական տեղահանումը այստեղի հիմնական անտառային չափումների շրջանակից դուրս են:
- Սա **ամբողջ աշխարհը չի ընդգրկում**: Վերլուծությունը կենտրոնացած է Սահարայից հարավ ընկած Աֆրիկայի խիտ անտառների վրա:

Որքանո՞վ է ուժեղ ապացույցը

Ուղիղ անտառահատման գնահատականի համար ապացույցը մայրցամաքային մասշտաբով ուժեղ է: Ուսումնասիրությունն օգտագործում է հրապարակված ցամաքօգտագործել և անտառ-cover տվյալների հավաքածուներ՝ հանքային հատկանիշների հետ ուղղակիորեն կապված անտառային կորուստը նույնականացնելու համար:

Լրացուցիչ offsite կորստի համար ապացույցը նույնպես ծանրակշիռ է, բայց մոդելի վրա հիմնված: Difference-in-differences-ը նախատեսված է դիտողական տվյալներից պատճառական ազդեցություններ գնահատելու համար, հատկապես երբ պատահականացված experiment անհնար է: Հեղինակներն օգտագործում են heterogeneity-կայուն նոր մեթոդներ և կայունությունը ստուգում այլ estimator-ներով: Սա լավ մեթոդական պրակտիկա է:

Այնուամենայնիվ արդյունքը պետք է կարդալ ճիշտ մասշտաբով: Հոդվածը ուժեղ ապացույց է, որ ուսումնասիրության համակարգում հանքի ստեղծումը պոպուլյացիա սանդղակում կապված է footprint-ից դուրս լրացուցիչ անտառահատման հետ: Այն յուրաքանչյուր առանձին ծառից ստացված «արբանյակային խոստովանություն» չէ:

Ուստի հանրային ամենաօգտակար ընթերցումը ոչ խուճապն է, ոչ անտեսումը: Դա չափման կարգապահությունն է. եթե հանքարդյունաբերությունը բացում է

լանդշաֆտը, ազդեցության գնահատումը պետք է նայի նաև ցանկապատից դուրս։

Ինչու է սա կարևոր

«Մաքուր էներգիա» արտահայտությունը կարող է թաքցնել նյութական աշխարհը։ Արևային վահանակները, մարտկոցները, փոխանցման գծերը, էլեկտրական մեքենաները և տվյալներ center-ները բոլորն էլ արդյունահանվող նյութեր են պահանջում։ Այդ նյութերի մի մասը գալիս է գլոբալ կարևոր անտառներով և կենսաբազմազանությամբ վայրերից։

Սա չի նշանակում, որ decarbonization-ը սխալ է։ Այլընտրանքը՝ բրածո fuel-ներից շարունակական կախվածությունը, ունի իր հսկայական հողային, օդային, ջրային և կլիմայական արժեքները։ Բայց սա նշանակում է, որ անցումը կարող է բրածո համակարգից ավելի մաքուր լինել և միևնույն ժամանակ ինքնաբերաբար «մաքուր» չլինել։

Այս հոդվածի արժեքն այն է, որ թաքնված աշխարհագրությունը ավելի դժվար է դարձնում անտեսելը։ Այն ասում է՝ միայն փոսը մի հաշվեք։ Հաշվեք նաև փոսի շուրջ անտառային փոփոխությունները։ Հաշվեք ճանապարհները, գյուղատնտեսական տարածքները և բնակավայրերը, որոնք հետևում են արդյունահանմանը։ Offsite անտառահատումը ներառեք environmental հարված assessment-ներում, no-net-կորուստ պնդումներում և zero-deforestation մատակարարում շղթաներում։

Սա ավելի հասուն պատմություն է, քան «կանաչ հանքանյութերը լավ են» կամ «կանաչ հանքանյութերը վատ են»։ Ավելի ճիշտ ձևակերպումն է՝ անցման նյութական հիմքը հետևանքներ ունի, և այդ հետևանքները պետք է տեսանելի լինեն մինչև մատակարարման շղթան իրեն «մաքուր» անվանի։

Կարճ ամփոփում

Nature-ի ուսումնասիրությունը 2001–2020 թվականներին վերլուծել է Սահարայից հարավ ընկած Աֆրիկայի խիտ անտառներում գտնվող 16,627 հանքային կլաստեր։ Այն գնահատում է **187,070 hectare** հանքարդյունաբերությամբ ուղղակիորեն պայմանավորված անտառահատում՝ փոսերից, tailings pond-երից, թափոնների կույտերից և այլ հանքային կառույցներից։ Difference-in-differences շրջանակով հեղինակները նաև գնահատել են հանքերի շուրջ լրացուցիչ անտառահատումը՝ չհանքայնացված տարածքների համեմատ. տասը տարի անց 1 km-ի ներսում կուտակային անտառահատումը **0–100 սանդղակով 8 կետով ավելի բարձր** էր և բարձր մնաց մինչև 20 km։ Առանձին հինգ տարվա հաշվարկում ուղիղ հանքային անտառահատման յուրաքանչյուր hectare-ի դիմաց միջինում կապվել է լրացուցիչ **33.9 hectare** offsite խիտ անտառային կորուստ՝ հիմնականում գյուղատնտեսական և բնակավայրային ընդլայնման միջոցով։ Կոբալտ և պղինձ արդյունահանող

հանքերը ուսումնասիրությունում տվել են ամենամեծ ընդհանուր լրացուցիչ կորուստը։ Արդյունքը չի ասում, որ էներգետիկ անցումը վատ է։ Այն ասում է, որ հանքանյութերի մատակարարում շղթաները հողօգտագործման արժեք ունեն, որը հաճախ շատ ավելի հեռու է տարածվում, քան հանքի փոսը։

Առանց չափազանցության

Ինչ է ցույց տալիս հոդվածը. Սահարայից հարավ ընկած Աֆրիկայի խիտ անտառներում հանքարդյունաբերությունը 2001–2020 թվականներին առաջացրել է զգալի ուղիղ անտառային կորուստ, հանքի ստեղծմանը հետևել է լրացուցիչ անտառահատում շրջակա տարածքներում՝ չհանքայնացված տարածքների համեմատ, offsite կորուստը կարող է շատ անգամ գերազանցել ուղիղ footprint-ը, իսկ որոշ էներգետիկ անցման հանքանյութեր այս տվյալների հավաքածուում կապված են մեծ ընդհանուր լրացուցիչ անտառահատման հետ։

Ինչն է հավանական, բայց ապացուցված չէ. որ բազմաթիվ առանձին հանքեր իրենց permit footprint-ից ավելի մեծ offsite ազդեցություն ունեն, որ խստացված ազդեցության գնահատումներն ու մատակարարումշղթա կանոնները կարող են նվազեցնել այդ կորստի մի մասը, և որ նման թաքնված offsite ազդեցություններ կան նաև այլ արևադարձային հանքային տարածաշրջաններում։

Ինչ սա չի ցույց տալիս. որ բոլոր հանքերը հավասարապես վնասակար են, որ հանքի մոտ յուրաքանչյուր անտառային կորուստ առաջացել է հենց կոնկրետ հանքից, որ էներգետիկ անցումը վատ է, որ առանց project-մակարդակ tracing-ի կարելի է կոնկրետ կորուստը վերագրել առանձին ընկերության կամ գնորդի, կամ որ անտառային կորուստը միակ բնապահպանական ու սոցիալական արժեքն է։

Հիմնական սահմանափակումները. պատահականացված ապացույցների փոխարեն observational պատճառական եզրակացություն, մայրցամաքային գնահատականներ՝ ոչ project-մակարդակ attribution, կենտրոնացում Սահարայից հարավ ընկած Աֆրիկայի խիտ անտառների վրա, իսկ ուղիղ և offsite ազդեցությունները կախված են տվյալների որակից, հանքերի հայտնաբերումից և մոդելային ենթադրություններից։

Որքա՞ն վստահություն պետք է ունենա ընդհանուր ընթերցողը։ Բարձր՝ որ ուսումնասիրության տարածաշրջանում հանքարդյունաբերությամբ ուղիղ անտառահատումը զգալի է։ Լավ՝ որ հանքի ստեղծումը պոպուլյացիա սանդղակում կապված է լրացուցիչ offsite անտառահատման հետ։ Ավելի ցածր՝ 33.9:1 միջին հարաբերակցությունը որևէ մեկ հանքի վրա կիրառելու համար։ Ճիշտ դիրքորոշումը սա է. հանքանյութերի մատակարարում շղթաները կարող են անհրաժեշտ լինել և միաժամանակ պահանջել ազնիվ հաշվառում հանքային փոսից շատ ավելի հեռու։

Աղբյուրներ

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