The CLEAN PAPER

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

ማዕድን ሥራ ከራሱ ጉድጓድ በላይ ጫካን ያጠፋል — በማውጣት አካባቢ ያለው የተደበቀ የጫካ መጥፋት

በsub-Saharan Africa 16,627 የማዕድን ክላስተሮችን የተመለከተ የNature ጥናት፣ ከ2001 እስከ 2020 በጥቅጥቅ ጫካዎች ውስጥ ማዕድን ሥራ ወደ 187,000 hectares ቀጥተኛ የጫካ መጥፋት እንዳስከተለ ይገምታል፣ ግን ትልቁ ታሪክ ከአሻራው ውጭ ነው። ከማዕድን ያልነበሩ አካባቢዎች ጋር ሲነጻጸር፣ ከአስር ዓመታት በኋላ በማዕድን 1 km ውስጥ የደን መጥፋት በ0-to-100 scale 8 ነጥቦች ከፍ ያለ ነበር፣ ውጤቱም እስከ20 km ድረስ ታየ። በአማካይ፣ በማዕድን ሥራ በቀጥታ ለጠፋ እያንዳንዱ hectare፣ በአምስት ዓመታት ውስጥ ተጨማሪ 33.9 hectares offsite forest loss ጋር ተያይዟል። ይህ የኃይል ሽግግሩ መጥፎ ነው ማለት አይደለም። የማዕድን አቅርቦት ሰንሰለቶች ጂኦግራፊ እንዳላቸው፣ የጫካ ወጪያቸውም ብዙውን ጊዜ ከራሱ ጉድጓድ እንደሚበልጥ ነው።

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

የማዕድን ቦታው አሻራ በጫካ ውስጥ ያለው ጉድጓድ ብቻ አይደለም

አንድ ማዕድን ቦታ ግልጽ ቅርጽ አለው። ጉድጓድ፣ tailings pond፣ የተቆፈረ አፈር ክምር፣ ጫካን ቆርጦ የሚያልፍ መንገድ። ሳተላይት ሊያያቸው እና ተቆጣጣሪ ባለሥልጣን ዙሪያቸውን ወሰን ሊያስቀምጥ የሚችለው እነዚህን ምልክቶች ነው።

ነገር ግን ማዕድን ማውጣት በዙሪያው ያለውን መሬትም ይቀይራል። ሰዎች ይመጣሉ። መንገዶች ጫካውን ለመድረስ ያቀላሉ። ሰፈሮች ያድጋሉ። ግብርና ይስፋፋል። ማዕድን በካርታ ላይ ያለ ጠባሳ ብቻ አይደለም፤ አዲስ የእንቅስቃሴ ማዕከል ሊሆን ይችላል።

አንድ የNature ጽሑፍ በsub-Saharan Africa ውስጥ ይህን ልዩነት በቁጥር ያስቀምጣል። ደራሲዎቹ ከ2001 እስከ 2020 በጥቅጥቅ ጫካዎች ውስጥ በማዕድን ሥራ በቀጥታ የተከሰተውን የደን መጥፋት ይገምታሉ፣ ከዚያም ገና ማዕድን ያልተጀመረባቸው ተመሳሳይ ቦታዎች ጋር ሲነጻጸር በማዕድን አካባቢ ምን ያህል ተጨማሪ ጫካ እንደጠፋ ይጠይቃሉ። መደምደሚያቸው ቀላል እና የማያስደስት ነው፡- በቀጥታ የሚታየው የማዕድን አሻራ የታሪኩ የሚታየው ክፍል ብቻ ነው።

በተፈጥሯዊ ቀለም የተቀረጸ የLandsat ምስል በጋና Ashanti የወርቅ ቀበቶ ውስጥ የትልቅ ደረጃና የእጅ የወርቅ ማዕድን ሥራ ያስከተላቸውን ጠባሳዎች ያሳያል። እዚህ የምንወያየው ጥናት ከማዕድን ሥራ ጋር የተያያዘ የደን መጥፋት ከራሱ የማዕድን አሻራ ምን ያህል ወደ ውጭ እንደሚዘረጋ ይጠይቃል።

NASA Earth Observatory / Lauren Dauphin Public domain

ይህ ለአየር ንብረትና ለብዝሃ ሕይወት ፖለቲካ ጠቃሚ ውጤት ነው፣ ሁለት እውነታዎችን በአንድ እይታ ውስጥ ስለሚያቆይ። ዘመናዊ መሠረተ ልማትና የኃይል ሽግግር ማዕድናትን ይፈልጋሉ። ግን ማዕድናት ከምንም አይመጡም። ንጹህ ጥያቄው በአንድ slogan **ማዕድን ሥራ ጥሩ ነው ወይስ መጥፎ የሚለው አይደለም። ሙሉ የጫካ ወጪው በትክክል እየተለካ ነውን የሚለው ነው።**

ደራሲዎቹ ምን አደረጉ?

ጥናቱ በአህጉር ደረጃ ያለ የጫካና የመሬት አጠቃቀም ውሂብን ከcausal-መደምደሚያ ንድፍ ጋር ያዋህዳል። ደራሲዎቹ ከ2001 እስከ 2020 በsub-Saharan Africa የጫካ አካባቢዎች ውስጥ **16,627 የማዕድን ክላስተሮችን** ካርታ ላይ አስቀመጡ። ከዚያም ሁለት ዓይነት የደን መጥፋት ለዩ።

የመጀመሪያው **በማዕድን ሥራ በቀጥታ የተከሰተ የደን መጥፋት** ነው፡- በራሱ የማዕድን አሻራ ውስጥ ያለ መሬት ማጽዳት፣ ጉድጓዶች፣ tailings ponds፣ የተቆፈረ አፈር ክምር፣ ማዕድን ጉድጓዶች እና ከማዕድን አሠራር ጋር በቀጥታ የተያያዙ ሌሎች ባህሪያት።

ሁለተኛው **ከቦታው ውጭ የደን መጥፋት** ነው፡- ራሱ ጉድጓዱ ያልሆነ፣ ግን ማዕድን ሥራ በመጀመሩ ከሚመጡ ተጨማሪ እንቅስቃሴዎች — ግብርና፣ ሰፈር፣ መንገድ እና ሌሎች የመዳረሻ መንገዶች — ሊነሳ የሚችል በማዕድን አካባቢ ያለ የጫካ መጥፋት።

ሁለተኛውን ክፍል ለመገመት ደራሲዎቹ difference-in-differences ማዕቀፍ ተጠቀሙ። በቀላሉ፣ ማዕድን ሥራ ከመጀመሩ በፊትና በኋላ በማዕድን አካባቢ የሚከሰተውን የጫካ መጥፋት፣ ተመሳሳይ ግን ገና ያልተቆፈሩ ቦታዎች ጋር አነጻጸሩ። ከዚያም ከማዕድኑ ማዕከል በተለያዩ ክብ ርቀቶች ተመለከቱ፡- በ1 km ውስጥ፣ 1–5 km፣ 5–10 km እና 10–20 km።

ይህ ንድፍ አስፈላጊ ነው፣ ምክንያቱም ጽሑፉ በማዕድን አቅራቢያ ያለውን የጫካ መጥፋት ብቻ አይቆጥርም። ከማዕድን ሥራ መጀመር ጋር ተያይዞ ከማዕድን ያልነበረ አካባቢ ከሚኖረው የተቃራኒ-እውነታዊ አቅጣጫ በላይ የተከሰተውን ተጨማሪ መጥፋት ለመገመት ይሞክራል።

ምን አገኙ?

በቀጥታ የማዕድን ሥራ ያስከተለው መጥፋት ትልቅ ነበር። በsub-Saharan Africa ያሉ ጥቅጥቅ ጫካዎች ውስጥ ደራሲዎቹ ከ2001 እስከ 2020 በማዕድን ሥራ በቀጥታ የተከሰተ **187,070 ሄክታሮች** የደን መጥፋት እንዳለ ይገምታሉ። Democratic Republic of the Congo፣ Ghana እና Côte d'Ivoire በአንድ ላይ ከዚህ ቀጥተኛ መጥፋት **45%** ድርሻ ነበራቸው።

በዙሪያው ያለው መጥፋት ከራሱ አሻራ የበለጠ ነበር። ማዕድን ከተቋቋመ በኋላ፣ ከማዕድን ያልነበሩ አካባቢዎች ጋር ሲነጻጸር ከአስር ዓመታት በኋላ በ1 km ውስጥ ያለው cumulative የደን መጥፋት **በ0-to-100 መለኪያ 8 ነጥቦች ከፍ ያለ** ነበር። ይህ በደን መጥፋት መጠን ያለ ፍጹም ልዩነት ነው፣ 8% relative increase አይደለም። ውጤቱ ከርቀት ጋር ደከመ፣ ግን አልጠፋም፡- ከአስር ዓመታት በኋላ ጥናቱ 1–5 km ላይ 3.6 ነጥብ፣ 5–10 km ላይ 1.9 ነጥብ፣ 10–20 km ላይ 1.1 ነጥብ ተጨማሪ ልዩነት ይገምታል።

እነዚህ ቁጥሮች ከጊዜ ጋር የተያያዙ ናቸው። የአስር ዓመት ውጤቶች ናቸው፣ ወዲያውኑ የተከሰተ መጥፋት አይደሉም።

የከቦታው ውጭ/direct ሬሾ አስደናቂ ነበር። በተለየ ስሌት፣ ማዕድኑ በቀጥታ ለጠረገው እያንዳንዱ ሄክታር፣ በአምስት ዓመታት ውስጥ ተጨማሪ **33.9 ሄክታሮች** ጥቅጥቅ ጫካ ከማዕድኑ አሻራ ውጭ እንደጠፋ ደራሲዎቹ ይገምታሉ። ከዚህ ተጨማሪ ከቦታው ውጭ መጥፋት አብዛኛው ማዕድን በመቋቋሙ ከተነሳ የግብርና መስፋፋት ጋር ተያይዟል። የሰፈር መስፋፋትም አስፈላጊ ነበር፣ መንገዶች ግን በእነሱ ክፍፍል ትንሽ ድርሻ ነበራቸው።

ይህ ቁጥርም ከጊዜ ጋር የተያያዘ ነው፡- የአምስት ዓመት ከቦታው ውጭ/direct ratio ነው። ከአስር ዓመቱ 0-to-100-ሚዛን ተፅዕኖዎች ጋር መቀላቀል የለበትም።

ውጤቱ በሁሉም ቦታ ተመሳሳይ አልነበረም። ጥናቱ Democratic Republic of the Congo ትልቅ ቀጥተኛ የማዕድን አሻራ እና ትልቅ ተጨማሪ ከቦታው ውጭ መጥፋት አንድ ላይ ስለነበሩት ከባድ ስጋት እንዳለ ይዘግባል። ሌሎች አገሮች በrelative መጠን ከፍተኛ ከቦታው ውጭ ተፅዕኖ አሳይተዋል፣ ግን ቀጥተኛ አሻራቸው ትንሽ ነበር። በማዕድን ዓይነት ደረጃ፣ cobalt እና copper የሚያወጡ ማዕድኖች — ለባትሪ፣ ለኤሌክትሪክ መሠረተ ልማት እና ለኃይል ሽግግር ዋና የሆኑ ማዕድናት — በጥናቱ ግምቶች ውስጥ ከፍተኛውን ጠቅላላ ተጨማሪ የደን መጥፋት አስከትለዋል።

ከቦታው ውጭ ክፍሉ ለምን አስፈላጊ ነው?

የአካባቢ ተፅዕኖ ግምገማ ብዙውን ጊዜ ከፕሮጀክቱ ቀጥተኛ ወሰን ይጀምራል። ይህ ምክንያታዊ ነው። ጉድጓዱ ይታያል፣ permit ወሰን አለው፣ ኩባንያውም ሊገነባው ያቀደውን መሠረተ ልማት ሊገልጽ ይችላል።

ግን ጫካዎች ሕጋዊ ወሰኖችን ብቻ አይከተሉም። መዳረሻንና ኢኮኖሚያዊ ማበረታቻን ይከተላሉ። አንድ ማዕድን መንገዶችን፣ ሠራተኞችን፣ ገንዘብን፣ ሰፈሮችን እና የምግብ ፍላጎትን ሊያመጣ ይችላል። ይህም አቅራቢያ ያለውን ጫካ ለማጽዳት የበለጠ ቀላል፣ የበለጠ ትርፋማ ወይም የበለጠ አስፈላጊ የሆነ መሬት ሊያደርገው ይችላል።

ስለዚህ የጽሑፉ ጠንካራው ሐሳብ አንድ ቁጥር አይደለም። በ**ቀጥታ** እና በ**ተነሳሳ** የደን መጥፋት መካከል ያለው ልዩነት ነው።

የአቅርቦት ሰንሰለት የማዕድን አሻራውን ብቻ ከቆጠረ፣ ማዕድን ማውጣት ያስከተለውን የመሬት አጠቃቀም ለውጥ ሊያነስ ይችላል። የአካባቢ ተፅዕኖ ግምገማ በlease ወሰን ላይ ካቆመ፣ ፕሮጀክቱ የመከሰቱን ዕድል ያሳደገውን የጫካ መጥፋት ሊያመልጠው ይችላል። አንድ ምርት renewable ኢነርጂውን ስለሚደግፍ “clean” ተብሎ ቢሸጥ፣ ያ ብቻ የቁሳቁስ ሰንሰለቱን clean አያደርገውም።

ይህ ምን አያረጋግጥም?

- የኃይል ሽግግሩ መጥፎ ነው ብሎ **አያሳይም**። ዘመናዊ መሠረተ ልማት የሚጠቀማቸው ማዕድናት፣ የኃይል ሽግግር ማዕድናትን ጨምሮ፣ ትልቅ የመሬት አጠቃቀም ወጪ ሊኖራቸው እንደሚችል ያሳያል።
- እያንዳንዱ ማዕድን ለእያንዳንዱ ቀጥተኛ ሄክታር በትክክል 33.9 ሄክታሮች ከቦታው ውጭ መጥፋት ያስከትላል ማለት **አይደለም**። ይህ በትልቅ የማዕድን ክላስተሮች ስብስብ ላይ የተገመተ አማካይ ነው፣ ለአንድ ልዩ ፕሮጀክት ትንበያ አይደለም።
- በማዕድን አቅራቢያ የጠፋ እያንዳንዱ ዛፍ በዚያ ማዕድን ምክንያት እንደተቆረጠ **አያረጋግጥም**። ጥናቱ በሕዝብ ደረጃ ተጨማሪ መጥፋትን ለመገመት quasi-experimental ንድፍ ይጠቀማል።
- ለግለሰብ ኩባንያዎች፣ permits ወይም ገዢዎች ኃላፊነት **አይመድብም**። ይህ ከዚህ ጽሑፍ የበለጠ project-level tracing ይፈልጋል።
- ሁሉንም የማዕድን ተፅዕኖ **አይሸፍንም**። የውሃ ብክለት፣ የሥራ ሁኔታ፣ የብዝሃ ሕይወት መከፋፈል፣ የመብት ግጭቶች እና ማህበራዊ መፈናቀል እዚህ ከተለካው ዋና የጫካ መጥፋት ውጭ ናቸው።
- መላውን ዓለም **አይሸፍንም**። ትንተናው በsub-Saharan Africa ጥቅጥቅ ጫካዎች ላይ ያተኩራል።

ማስረጃው ምን ያህል ጠንካራ ነው?

በቀጥታ የደን መጥፋት ግምት ላይ ማስረጃው በአህጉር ደረጃ ጠንካራ ነው። ጥናቱ ከማዕድን ባህሪያት ጋር በቀጥታ የተያያዘውን የጫካ መጥፋት ለመለየት የታተሙ የመሬት አጠቃቀምና የጫካ ሽፋን ውሂቦችን ይጠቀማል።

ለተጨማሪ ከቦታው ውጭ መጥፋት ማስረጃውም ጠንካራ ነው፣ ግን በሞዴል ላይ ይመሰረታል። Difference-in-differences ከobservational መረጃ የcausal ተፅዕኖዎች ለመገመት ተነድፏል፣ በተለይም በዘፈቀደ የተመደበ ሙከራዎች ማድረግ በማይቻልበት ጊዜ። ደራሲዎቹ ከቅርብ ጊዜ heterogeneity-robust methods ይጠቀማሉ፣ እና በአማራጭ estimators ጠንካራነቱን ይፈትናሉ። ይህ ጥሩ አሠራር ነው።

ነገር ግን ውጤቱ በትክክለኛው ደረጃ መነበብ አለበት። ጽሑፉ በምርምሩ ስርዓት ውስጥ ማዕድን መቋቋም ከራሱ የማዕድን አሻራ ውጭ ከተጨማሪ የጫካ መጥፋት ጋር እንደሚያያዝ ጠንካራ ማስረጃ ነው። ግን እያንዳንዱ ዛፍ ከሳተላይት ሆኖ "ይህ ማዕድን አስቆረጠኝ" ብሎ የሚመሰክር አይደለም።

ስለዚህ በሕዝብ ውይይት ውስጥ ጠቃሚው ንባብ ፍርሃትም ሆነ መካድ አይደለም። የመለኪያ ጥንቃቄ ነው፡- ማዕድን አንድን መልክዓ ምድር ከፈተ፣ የተፅዕኖ ግምገማው ከአጥሩ በላይ ማየት አለበት።

ለምን ይጠቅማል?

"Clean ኢነርጂ" የሚለው አገላለጽ ከጀርባው ያለውን የቁሳቁስ ዓለም ሊደብቅ ይችላል። Solar panels፣ batteries፣ transmission lines፣ electric vehicles እና መረጃ centers ሁሉ ከመሬት የሚወጡ ቁሳቁሶችን ይፈልጋሉ። ከእነዚህ አንዳንዶቹ በዓለም አቀፍ ደረጃ አስፈላጊ ጫካና ብዝሃ ሕይወት ካላቸው ቦታዎች ይመጣሉ።

ይህ decarbonization ስህተት ነው ማለት አይደለም። አማራጩ — በfossil fuels ላይ ተደጋጋሚ ጥገኝነት — የራሱ ግዙፍ የመሬት፣ የአየር፣ የውሃ እና የአየር ንብረት ወጪዎች አሉት። ግን የኃይል ሽግግር ከfossil ሥርዓት የበለጠ ንጹህ ሊሆን እና አሁንም በራሱ "clean" ላይሆን ይችላል።

የዚህ ጽሑፍ ዋጋ የተደበቀውን ጂኦግራፊ ለመዘንጋት የበለጠ ከባድ ማድረጉ ነው። ይላል፡- ጉድጓዱን ብቻ አትቁጠሩ። በዙሪያው ያለውን የጫካ ለውጥ ቁጠሩ። ማዕድንን ተከትለው የሚመጡ መንገዶችን፣ እርሻዎችንና ሰፈሮችን ቁጠሩ። ከቦታው ውጭ የደን መጥፋትን በየአካባቢ ተፅዕኖ ግምገማዎች፣ no-net-መጥፋት አባባሎች እና zero-የደን መጥፋት supply chains ውስጥ አካትቱ።

ይህ "አረንጓዴ ማዕድናት ጥሩ ናቸው" ወይም "አረንጓዴ ማዕድናት መጥፎ ናቸው" ከሚል የበለጠ የበሰለ ታሪክ ነው። ትርጉሙ፡- የሽግግሩ የቁሳቁስ መሠረት ውጤቶች አሉት፣ እና የአቅርቦት ሰንሰለቱ ራሱን clean ከማለቱ በፊት እነዚህ ውጤቶች መታየት አለባቸው።

ንጹህ ማጠቃለያ

አንድ የNature ጥናት ከ2001 እስከ 2020 በsub-Saharan Africa ጥቅጥቅ ጫካዎች ውስጥ 16,627 የማዕድን ክላስተሮችን ተንትኗል። እንደ ጉድጓዶች፣ tailings ponds እና spoil heaps ባሉ የማዕድን ባህሪያት በቀጥታ **187,070 ሄክታሮች** የደን መጥፋት እንደተከሰተ ይገምታል። Difference-in-differences ማዕቀፍ በመጠቀም፣ ደራሲዎቹ ከማዕድን ያልነበሩ አካባቢዎች ጋር ሲነጻጸር በማዕድን አካባቢ ተጨማሪ የጫካ መጥፋት እንዳለ ይገምታሉ፡- ከአስር

ዓመታት በኋላ cumulative የደን መጥፋት በ1 km ውስጥ በ0-to-100 ሚዛን 8 ነጥቦች ከፍ ያለ ነበር፣ እና ውጤቱ እስከ20 km ድረስ ታየ። በተለየ የአምስት ዓመት ስሌት፣ በማዕድን ሥራ በቀጥታ ለጠፋ እያንዳንዱ ሄክታር፣ በአማካይ 33.9 ሄክታሮች ተጨማሪ ከቦታው ውጭ ጥቅጥቅ ጫካ ከመጥፋት ጋር ተያይዟል፣ በአብዛኛው በግብርና እና በሰፈር መስፋፋት። Cobalt እና copper የሚያወጡ ማዕድኖች በጥናቱ ውስጥ ከፍተኛውን ጠቅላላ ተጨማሪ የደን መጥፋት አስከትለዋል። ውጤቱ የኃይል ሽግግሩ መጥፎ ነው አይልም። የማዕድን አቅርቦት ሰንሰለቶች ከራሱ ጉድጓድ ውጭ የሚዘረጋ የመሬት አጠቃቀም ወጪ እንዳላቸው ያሳያል።

ያለ ማጋነን ማረጋገጫ

ጽሑፉ የሚያሳየው፡- ከ2001 እስከ 2020 በsub-Saharan Africa ጥቅጥቅ ጫካዎች ውስጥ የማዕድን ሥራ ከፍተኛ ቀጥተኛ የጫካ መጥፋት አስከትሏል፤ ማዕድን ከተቋቋመ በኋላ ከማዕድን ያልነበሩ አካባቢዎች ጋር ሲነጻጸር በዙሪያው ተጨማሪ የጫካ መጥፋት ተከስቷል፤ ከቦታው ውጭ መጥፋት ከቀጥተኛው የማዕድን አሻራ እጅግ ሊበልጥ ይችላል፤ እና በዚህ ውሂብ ውስጥ አንዳንድ የኃይል-ሽግግር ማዕድናት ከፍተኛ ጠቅላላ ተጨማሪ የደን መጥፋት ጋር ተያይዘዋል።

ምክንያታዊ ግን ያልተረጋገጠው፡- ብዙ ግለሰብ ማዕድኖች ከpermit አሻራቸው የበለጠ ከቦታው ውጭ ተፅዕኖ ሊኖራቸው እንደሚችል፤ ጠንካራ የአካባቢ ተፅዕኖ ግምገማዎች እና supply-chain rules አንዳንድ መጥፋትን ሊቀንሱ እንደሚችሉ፤ ተመሳሳይ የተደበቀ ከቦታው ውጭ ተፅዕኖ በሌሎች የትሮፒካል ማዕድን ክልሎችም ጠቃሚ ሊሆን እንደሚችል።

የማያሳየው፡- ሁሉም ማዕድን እኩል ጎጂ እንደሆነ፤ በአቅራቢያ ያለ እያንዳንዱ የጫካ መጥፋት በአንድ ልዩ ማዕድን ምክንያት እንደተከሰተ፤ የኃይል ሽግግሩ መጥፎ እንደሆነ፤ project-level tracing ሳይኖር ግለሰብ ኩባንያዎች ወይም ገዢዎች ለተወሰኑ መጥፋቶች ኃላፊ እንደሆኑ፤ ወይም የጫካ መጥፋት ብቻ አስፈላጊ የአካባቢና ማህበራዊ ወጪ እንደሆነ።

ዋና ገደቦች፡- በዘፈቀደ የተመደበ ማስረጃ ሳይሆን observational causal መደምደሚያ፤ project-level attribution ሳይሆን በአህጉር ደረጃ የተደረጉ ግምቶች፤ በsub-Saharan Africa ጥቅጥቅ ጫካ ላይ ትኩረት፤ ቀጥተኛና ከቦታው ውጭ ተፅዕኖዎች በውሂብ ጥራት፣ በማዕድን መለየት እና በሞዴል ግምቶች ላይ ይመሰረታሉ።

አጠቃላይ አንባቢ ምን ያህል እምነት ሊኖረው ይገባል? በጥናቱ ክልል በቀጥታ የማዕድን ሥራ ያስከተለው የጫካ መጥፋት ከፍተኛ መሆኑ ላይ ከፍተኛ እምነት። ማዕድን መቋቋም በሕዝብ ደረጃ ከተጨማሪ ከቦታው ውጭ የደን መጥፋት ጋር እንደሚያያዝ ጥሩ እምነት። የአማካይ 33.9:1 ratioን በአንድ ልዩ ማዕድን ላይ ለመተግበር ዝቅተኛ እምነት። ትክክለኛው አቋም፡- የማዕድን አቅርቦት ሰንሰለቶች አስፈላጊ ሊሆኑ ይችላሉ፣ ግን ከጉድጓዱ ውጭ ያለውንም በቅንነት መቁጠር ይፈልጋሉ።

ምንጮች

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