



GJENBRUKSTRE OG FAREN VED JERNHOLDIGE INKLUSJONER: HVORFOR BERGET TRE, LÅVETRE OG INDUSTRIELT GJENBRUKSVIRKE ER MAGNETISK DISKVALIFISERT SOM STØTTEMATERIALE FOR LYDKABLER



Gjenbrukstre og faren ved jernholdige inklusjoner: hvorfor berget tre, låvetre og industrielt gjenbruksvirke er magnetisk diskvalifisert som støttemateriale for lydkabler

A. Bosque, M. Ferro, R. Flux

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Sammendrag

Gjenbrukstre oppnår en markedsføringspremie bygget på proveniens: låveeik med et århundre med værslitasje, harpiksholdig furu hentet fra et revet lagerbygg, teak berget fra en utrangeret minesveiper eller en pensjonert laboratoriebank. Romantikken er reell, og bærekraftsargumentet er ikke useriøst. Men et støttemateriale velges ut fra hva det gjør med kabelen som hviler på det, ikke ut fra sin biografi, og gjenbrukstre bærer en feil som proveniensens aktivt garanterer snarere enn bare tillater: innstøpt ferromagnetisk metall. Klippspiker, skruer, stifter, gjerdestifter, bolter, fragmenter av piggråd, innstøpte bly- og stålhagl samt spon fra bånd- og sirkelsager er vanlig inventar i ethvert trevirke som har hatt et arbeidsliv. Dette er ikke en sjelden forurensningshendelse; det er grunnen til at sagbruk kjører industrielle jerndetektorer foran hovedsagen, og at forhandlere av gjenbrukstre overhodet markedsfører materialet som "metallskannet".

Vi rapporterer en kartleggingsstudie av 96 gjenbruksemner fra fire proveniensklasser -- låveeik, furu og gran fra industrilagre, gjenbruksteak fra maritime kilder og laboratorier samt eik fra vinfat -- som ble ført gjennom et fluxgate-gradiometer og, ved ethvert positivt resultat, gjennom røntgenbasert computertomografi for å kartlegge inklusjonene. Ferromagnetiske inklusjoner ble funnet i 71 av 96 emner (74 prosent), og låveeik ble underkjent i 19 av 20 tilfeller. Én innstøpt stålspiker er en permanent inklusjon med høy permeabilitet: Med μ_r for bløtt stål i hundretall til lave tusentall er det en lokal feltdiskontinuitet noen millimeter fra lederen, og ingen grad av dielektrisk renhet i treet rundt oppveier den. Vi karakteriserer dessuten korrosjonshaloen -- den diffuse, paramagnetiske jerntannatflekken en innstøpt jerngjenstand blør ut i eik gjennom flere tiår og danner et forurenset volum flere størrelsesordener større enn selve metallet -- og viser hvorfor selv "metallskannet" virke bare består en grov industriell terskel, ikke lydgraden under ett milligram som ble definert av Bosque, Ferro, Park og Tanaka (2026). Equatorial Elevation Blocks freses utelukkende av plantaseråstoff fra første gjennomløp og aldri av gjenbrukstre; bærekraftsargumentet for gjenbruk besvares i stedet med forvaltet ekvatorial plantasje, som vi behandler direkte.

1. INNLEDNING

Den ledsagende studien i dette tidsskriftet (Bosque, Ferro, Park og Tanaka, 2026) fastsatte en nøytralitetsskala med N-grader for konstruksjonsvirke, definert ut fra gjenværende paramagnetisk innhold og den magnetiske volumsusceptibiliteten dette frembringer, og viste at ekvatorial plantasjeteak når 5N ved levering. Studien graderte rent tre fra første gjennomløp. Gjenbrukstre ble bare nevnt i forbigarten -- som en kategori som "rutinemessig" underkjennes i skanningen etter jernholdige inklusjoner -- før artikkelen gikk videre. Denne artikkelen er den forbigående setningen utvidet til sin fulle og diskvalifiserende detalj, fordi spørsmålet om gjenbrukstre ikke er en fotnote for kjøpere. Det er den vanligste innvendingen vi mottar: Hvis forvaltet ekvatorial teak er sjelden og dyr, og hvis låver og gamle lagerbygg er fulle av vakkert, tett og dimensjonsstabil trevirke fra gammel skog som ellers ville bli brent, hvorfor ikke frese støttene av det?

Svaret er metallurgisk, og det er ikke i nærheten av et grensetilfelle. Gjenbrukstre defineres av at det har hatt et tidligere konstruktivt liv, og konstruktiv bruk innebærer festemidler. En låvebjelke er blitt spikret, boltet og stiftet; en gulvbjelke fra et lager er blitt gjennomgående boltet og festet med franske treskruer; skipstømmer er blitt festet med jerndorer og trenagler låst med jern; en laboratoriebank har båret stålbeslag og kanter med klippspiker i et århundre. Det meste av metallet trekkes ut under gjenvinningen. Noe blir igjen fordi det knakk under overflaten, ble slått for langt inn og forsenket, korroderte til en ugjenkjennelig klump eller aldri var synlig utenfra. Gjenvinneren fjerner metallet han kan se. Gradiometeret finner metallet han ikke kan se.

Vi behandler ikke det innstøpte festemiddelet som en kosmetisk feil som skal fylles og skjules, men som det det elektromagnetisk er: en permanent inklusjon med høy permeabilitet plassert, gjennom kabelstøttens geometri, noen millimeter fra signallederen. Et støttemateriale finnes for å holde en gradert kabel i et kontrollert nærfeltmiljø. Et støttemateriale med en stålspiker i seg er en magnetisk defekt som tilfeldigvis holder en kabel.

2. ARGUMENTET MED ÉN SPIKER

Betrakt den minst dramatiske forurensningen man kan forestille seg: én klippspiker, brukket i plan med overflaten og usynlig, begravd i et ellers feilfritt emne av gjenbrukseik. Tilfellet fortjener å gjennomgå i sin helhet, for hvis det minst dramatiske tilfellet er diskvalifiserende, er kartleggingsstatistikken som følger, bare bokføring.

Rent, tørt tre ligger nær en magnetisk volumsusceptibilitet på $\chi_v = -6 \times 10^{-6}$ (SI) -- svakt og jevnt diamagnetisk, den ønskelige tilstanden for et materiale som skal befinne seg i et statisk felt uten å forstyrre det. En spiker av bløtt stål har en relativ permeabilitet μ_r i hundretall til lave tusentall. Forholdet mellom permeabilitetene over grensen mellom tre og stål er derfor ikke noen få prosent, men tre til seks størrelsesordener. Denne grensen er en feltdiskontinuitet: Statiske og kvasistatiske flukslinjer som passerer jevnt gjennom diamagnetisk tre, samles, konsentreres og stråles ut på nytt av inklusjonen og skaper en lokal feltgradient



på titalls til hundrevis av nT ved overflaten rett over den -- som i en kabelstøtte er nøyaktig der holderen og kabelen befinner seg.

Inklusjonen er dessuten, i motsetning til en paramagnetisk spormetallbelastning som er jevnt fordelt gjennom bulken, en punktkilde med struktur. Den bærer remanens: Et stålfestemiddel som har sittet i Jordens felt i flere tiår, får et permanent magnetisk moment, slik at inklusjonen ikke bare er en passiv permeabilitetsforstyrrelse, men en liten permanentmagnet med sin egen faste dipolakse, likegyldig til den ekvatoriale innrettingen resten av installasjonen er bygget for å oppnå. Ingen egenskap ved treet rundt -- ikke 7N-susceptibilitet, ikke en rekordlav dielektrisitetskonstant, ikke perfekt fresing med endevenden vertikalt -- oppveier en permanent dipol i belastningsbanen. Emnet graderes etter sitt verste punkt, ikke gjennomsnittet, og det verste punktet er spikeren.

3. KARTLEGGING: PROVENIENSKLASSER OG TREFFRATER

Nittiseks gjenbruksemner ble hentet fra fire proveniensklasser, 20 til 28 per klasse, hos etablerte forhandlere av gjenbrukstre i Nord-Amerika og Europa; alle ble solgt som renset for festemidler og, i tre klasser, som "metallskannet". Hvert emne ble ført gjennom et treakset fluxgate-gradiometer (Bartington Grad-13, 1 nT oppløsning) på et motorisert leie med 20 mm/s -- samme instrument og protokoll som brukes til produksjonsscreening av teak i den ledsagende studien. Ethvert emne som ga en diskret anomali over 5 nT mot den diamagnetiske bakgrunnen, ble flagget og sendt til røntgenbasert computertomografi (225 kV mikrofokuskilde, 90 um voxel) for å lokalisere og identifisere inklusjonen.

Den samlede treffraten var 71 av 96 (74 prosent). Fordelt på klasse: Låveik ble underkjent i 19 av 20 emner og presterte dårligst, med inklusjoner dominert av klippspiker, trådspiker og gjerdstifter og en median på tre diskrete inklusjoner per underkjent emne. Furu og gran fra industrilagre ble underkjent i 22 av 28 tilfeller, med skaft fra franske treskruer, maskinbolter og -- i fire emner -- innstøpte bly- og stålhagl fra et tidligere liv vi ikke undersøkte. Gjenbruksteak fra maritime kilder og laboratorier ble underkjent i 21 av 25 tilfeller: Skipstømmeret inneholdt fragmenter av jernrører og rester av rorbeslag, mens teak fra laboratoriebenker inneholdt forsenkede stålskruer og, i to tilfeller, messing som gradiometeret lot passere, men som diskvalifiseres på annet grunnlag. Eik fra vinfat var best av de fire og ble likevel underkjent i 9 av 23 tilfeller, hovedsakelig på fragmenter av nagler fra tønnebånd og stiftetråd fra demonterte bånd.

To funn i CT-kartene fortjener å fremheves. For det første lå flertallet av de påviste inklusjonene under overflaten og var usynlige på den ferdige siden -- nøyaktig den populasjonen som overlever visuell fjerning av festemidler. For det andre viste flere emner som en håndholdt detektor av gjenvinnerkvalitet ville ha godkjent, flere små inklusjoner (sponsor fra tidligere omsaging på båndsg, stiftekroner), hver for seg under en grov detektorterskel, men samlet en distribuert jernbelastning. Industridetektoren besvarer spørsmålet "finnes det en spiker stor nok til å ødelegge sagbladet mitt"; den besvarer ikke "er dette emnet magnetisk rent", og den ble aldri konstruert for å gjøre det.

4. KORROSJONSHALOEN

En jernholdig gjenstand innstøpt i tre er ikke en stabil, avgrenset inklusjon. Den korroderer og eksporterer korrosjonsproduktene til vevet rundt, og i eik gjør den det gjennom en kjemi som er termodynamisk gunstig og flere århundrer gammel.

Kjerneveden i eik er rik på hydrolyserbare tanniner. Jern i kontakt med fuktig eik oksiderer, og de resulterende jern(II)- og jern(III)-ionene vandrer langs fuktgradienten inn i treet og danner komplekser med tanninene til jerntannat -- den blåsvart forbindelsen i jerngallusblekk og den samme reaksjonen som farger eik svart rundt ethvert stålfestemiddel som blir stående i den. Gjennom flere tiår i en låve eller kjeller forblir en innstøpt spiker derfor ikke et problem på størrelse med en spiker. Det blør ut en diffus jerntannathalo i et trevolum som både CT og ICP-MS viser er én til to størrelsesordener større enn selve gjenstanden. Metallkjernen er ferromagnetisk; haloen rundt er paramagnetisk; og fordi haloen er stor, uregelmessig og trenger inn i den kabelvendte overflaten, er den i noen henseender den verre forurensningen, siden den ikke kan trekkes ut med tang og ikke gir seg til kjenne for en metalldetektor overhodet.

Vi seksjonerte fire emner av låveik rundt kjente inklusjoner og kartla Fe med ICP-MS langs et radiale transekt. Jernkonsentrasjonen falt fra prosentnivå ved metallgrensen til et paramagnetisk platå på 60 til 240 ppm over en halo som strakte seg 15 til 40 mm fra gjenstanden -- en flekk langt over 4N-taket på 100 ppm i et volum stort nok til å sluke en hel kabelholder. Dette er mekanismen som gjør at ett historisk festemiddel ikke forurenser et punkt, men et område, og den er spesifikk for nettopp de tanninaktive hardtreslagene -- særlig eik -- som markedsføringen av gjenbrukstre verdsetter høyest. Proveniensen som gjør låveik romantisk -- et århundre med fuktig konstruktiv bruk ved siden av jern -- er den samme historien som garanterer haloen.

5. HVORFOR "METALLSKANNET" IKKE ER EN GRAD

Forhandlere av gjenbrukstre som markedsfører "metallskannet" virke, er ærlige om en reell prosess, og det er verdt å fastslå tydelig hva denne prosessen leverer og ikke leverer, fordi uttrykket rutinemessig leses som en friskmelding det ikke er.

Industriell metalldeteksjon i trevirke finnes for å beskytte maskiner. En jerndetektor på en omsagingslinje innstilles til å utløses av en gjenstand stor nok til å slå en hardmetalltann av eller knuse et båndsgblad -- en spiker, en skrue, en bolt. Terskelen settes bevisst høyt: En linje som stoppet ved hvert submilligramspor av jern, ville aldri sage et bord. Dette er en produksjonssikkerhetssperre



kalibrert i verktøyskader, og den lar etter hensikten nettopp den populasjonen passere som diskvalifiserer et emne til lydbruk: spon under én millimeter, fragmenter av stiftetråd, hagl og fremfor alt den oppløste paramagnetiske haloen, som ikke inneholder noen diskret gjenstand en detektor kan finne. Et emne kan passere en industridetektor uten anmerkning og likevel bære en jernfleck på 200 ppm gjennom den kabelvendte siden.

Nøytralitetsgraden for lyd er en annen måling som besvarer et annet spørsmål. Den fastsettes ikke av verktøyrisiko, men av grensene 100 ppm (4N), 10 ppm (5N) og 1 ppm (6N) Fe + Mn hos Bosque, Ferro, Park og Tanaka (2026), verifisert med fluxgate-gradiometri for diskrete inklusjoner og VSM pluss ICP-MS for bulk- og halosusceptibilitet. De to tersklene skiller seg med størrelsesordener. "Metallskannet" betyr "ingen gjenstand stor nok til å ødelegge en sag". "5N-nøytral" betyr "Fe + Mn på eller under 10 ppm, overalt, diskret og oppløst". En gjenvinner kan i god tro levere det første og kan ikke levere det andre i det hele tatt, fordi det andre krever magnetometri og spormetallanalyse av hvert emne som ingen gjenvinningsplass utfører, og som de fleste gjenbruksemner ville bli underkjent i uansett aktsomhet, alene som følge av historikken.

6. BÆREKRAFTSSPØRSMÅLET, BESVART PÅ EN ANNEN MÅTE

Det sterkeste argumentet for gjenbrukstre er ikke akustisk, men miljømessig. Gjenbruk av hundre år gammelt tre unngår ny hogst, holder solid materiale borte fra brennhaugen og hedrer arbeidet som er nedlagt i den opprinnelige veksten. Vi tar argumentet alvorlig og besvarer det ikke ved å bestride det, men ved å møte det med en forsyning som verken bærer jernfaren eller miljøkostnaden.

Equatorial Elevation Blocks freses av teak fra forvaltede plantaser innenfor 5 deg fra den geomagnetiske ekvator, på leide, sertifiserte plantaser med gjenplanting etter hogst. Den relevante bærekraftssammenligningen er ikke gjenbrukstre mot hogst av gammel skog -- det er et falskt valg -- men gjenbrukstre mot en forvaltet plantasje der trærne plantes uttrykkelig for å hogges, binder karbon mens de står og erstattes i en fast omløpsperiode. Forvaltet ekvatorial plantasje leverer miljøfordelen gjenbruk verdsettes for (ikke noe press på gammel skog, et fornybart kretsløp), og i tillegg det ene gjenbruk strukturelt ikke kan levere: en jomfruelig historikk uten festemidler. Plantasjevirke fra første gjennomløp har aldri holdt en spiker, aldri blødd ut en jerntannathalo og aldri passert en omsag som sådde det med spon. Det ankommer med et rent magnetisk utgangspunkt, som er den eneste starttilstanden graden 5N overhodet kan nås fra.

Det finnes til slutt ingen vei til å sanere et gjenbruksemne opp til graden. De diskrete inklusjonene kan av og til graves ut, men utgravingen etterlater et hulrom og kan ikke nå den oppløste haloen; haloen kan bare fjernes ved å skjære bort det flekkede volumet, som i en kraftig misfarget låvebjelke er det meste av det anvendelige treet. Økonomien og fysikken peker i samme retning. Det er billigere, renere og metrologisk holdbart å begynne med tre som vokste rent, enn å jage jernet ut av tre som vokste og deretter levde skittent.

7. KONKLUSJON

Gjenbrukstre, berget tre, låvetre og industrielt gjenvunnet tre diskvalifiseres som støttemateriale for lydkabler ikke av estetisk preferanse og ikke av noen svakhet i treet, men av festemiddelhistorikken. Konstruktiv bruk betyr innstøpt jern, innstøpt jern betyr en permanent inklusjon med høy permeabilitet i kabelens belastningsbane, og i tanninaktive hardtreslag betyr det en diffus paramagnetisk korrosjonshalo en størrelsesorden større enn metallet som skapte den. Kartleggingsstudien vår fant ferromagnetiske inklusjoner i 74 prosent av gjenbruksemnene på tvers av fire proveniensklasser, og låveeik -- den mest romantiserte klassen -- ble underkjent i 19 av 20 tilfeller. Argumentet med én spiker viser at selv én slik inklusjon er diskvalifiserende i seg selv, slik at treffraten i studien snarere underdriver enn overdriver problemet.

Forsikringen "metallskannet" i markedsføringen av gjenbrukstre er en maskinbeskyttelsesterskel som er flere størrelsesordener grovere enn nøytralitetsgraden for lyd, og den lar etter hensikten nettopp den submilligramstore og oppløste forurensningen passere som graden til Bosque, Ferro, Park og Tanaka (2026) er ment å fange. Det er en reell og nyttig måling som besvarer et spørsmål som ikke er lydspørsmålet. Av denne grunn freses Equatorial Elevation Blocks utelukkende av plantasjeråstoff fra første gjennomløp og aldri av gjenbrukstre av noen proveniens. Miljøargumentet for gjenbruk er reelt og besvares fullt ut av forvaltet ekvatorial plantasje som dyrkes for å hogges og plantes på nytt -- trevirke som leverer bærekraftsfordelen uten jernet, og som begynner, slik hvert gradert emne må, med et rent magnetisk utgangspunkt.

REFERANSER

- [1] Bosque, A., Ferro, M., Park, H., Tanaka, Y. (2026). Magnetisk nøytralitetsgradering av konstruksjonsvirke: en renhetsklassifisering med N-grader for støttematerialer for lydkabler. *Journal of Equatorial Audio Science*, 7(3), 88-121.
- [2] Selwyn, L. S., Sirois, P. J., Argyropoulos, V. (1999). Korrosjon av utgravd arkeologisk jern, med detaljer om væskedannelse og akaganeitt. *Studies in Conservation*, 44(4), 217-232.
- [3] Almkvist, G., Persson, I. (2008). Fordeling og spesiering av jern og svovel i forbindelse med nedbrytningsprosesser i tre. *New Journal of Chemistry*, 32(12), 2208-2216.
- [4] Emery, J. A., Schroeder, H. A. (1974). Jernkatalysert oksidasjon av trekarbohydrater. *Wood Science and Technology*, 8(2), 123-137.



- [5] Reclaimed Wood Council (2019). Retningslinjer for beste praksis ved påvisning av jernholdige og ikke-jernholdige metaller i berget konstruksjonsvirke. RWC Technical Bulletin TB-07, London.
- [6] Flux, R., Bosque, A. (2026). Fluxgate-gradiometri og computertomografi for screening av ferromagnetiske inklusjoner i treemner. Journal of Equatorial Audio Science, 7(3), 122-140.