



The CLEAN PAPER

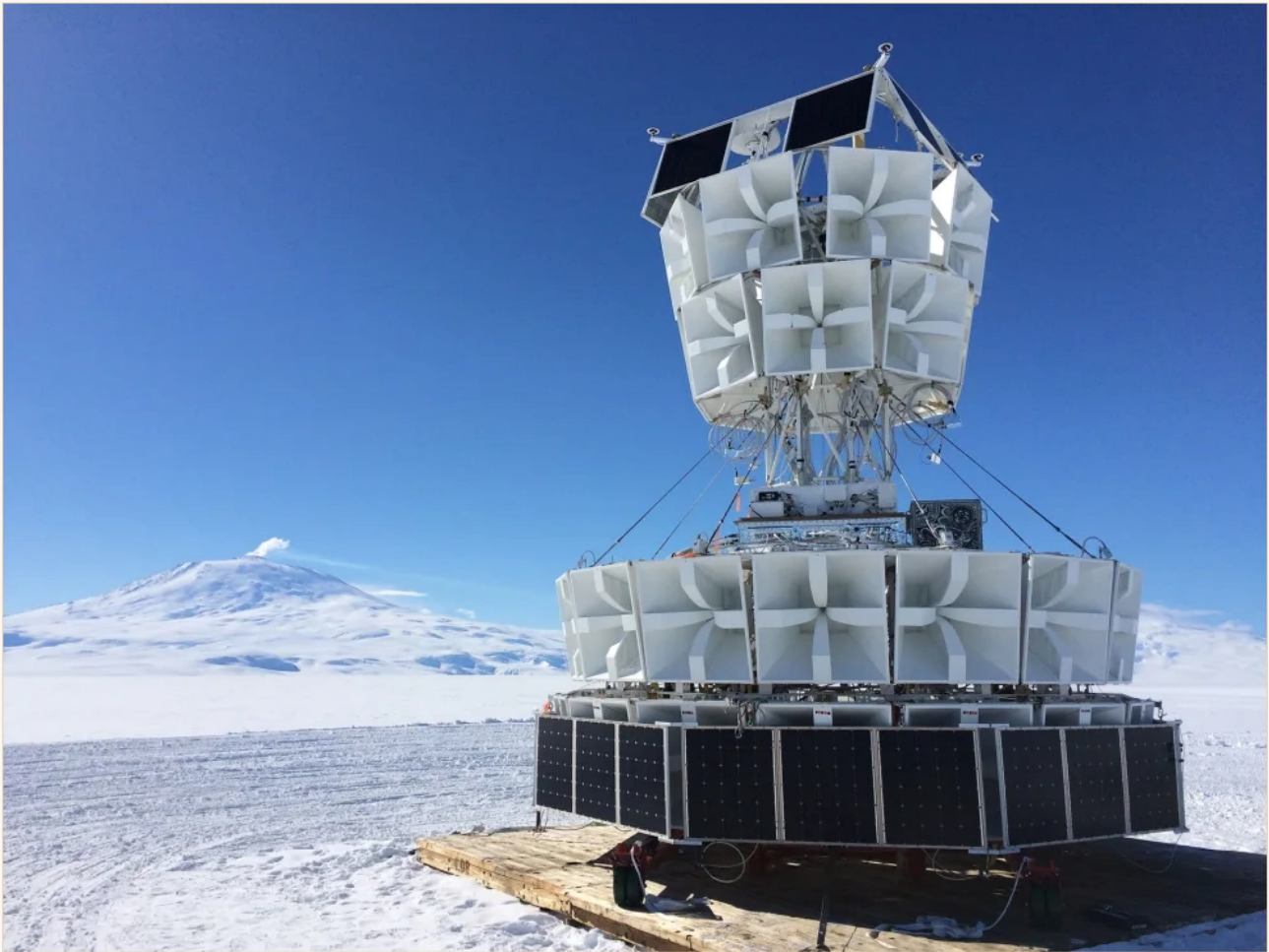
WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

Tveir óvenjulegir útvarpspúlsar yfir Suðurskautslandinu eru enn óútskýrðir — og skýringin með „nýrri ögn“ á undir högg að sækja

Tveir óvenjulegir útvarpspúlsar, sem loftbelgstilraun á Suðurskautslandinu skráði fyrir mörgum árum, hafa enn ekki fengið viðurkennda skýringu. Sérstök leit Pierre Auger fann engin merki um skúra sem búast mætti við að þeir myndu valda, sem gerir framandi túlkun á „nýrri ögn“ mun ólíklegri en skilur anomalíuna eftir óleysta.

Written by Lucio Vaglio · Cross-checked by Laura Nesso · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *Search for the Anomalous Events Detected by ANITA Using the Pierre Auger Observatory*, Pierre Auger Collaboration, Physical Review Letters 134, 121003 (2025) · DOI: [10.1103/PhysRevLett.134.121003](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.134.121003)



48 loftnet ANITA beinast niður að ísum á Suðurskautslandinu úr 25 feta hárrí loftbelgskörfu.

Christian Miki / University of Hawai'i at Mānoa fair-use assertion

Loftbelgurinn, ísinn og tveir púlsar neðan frá

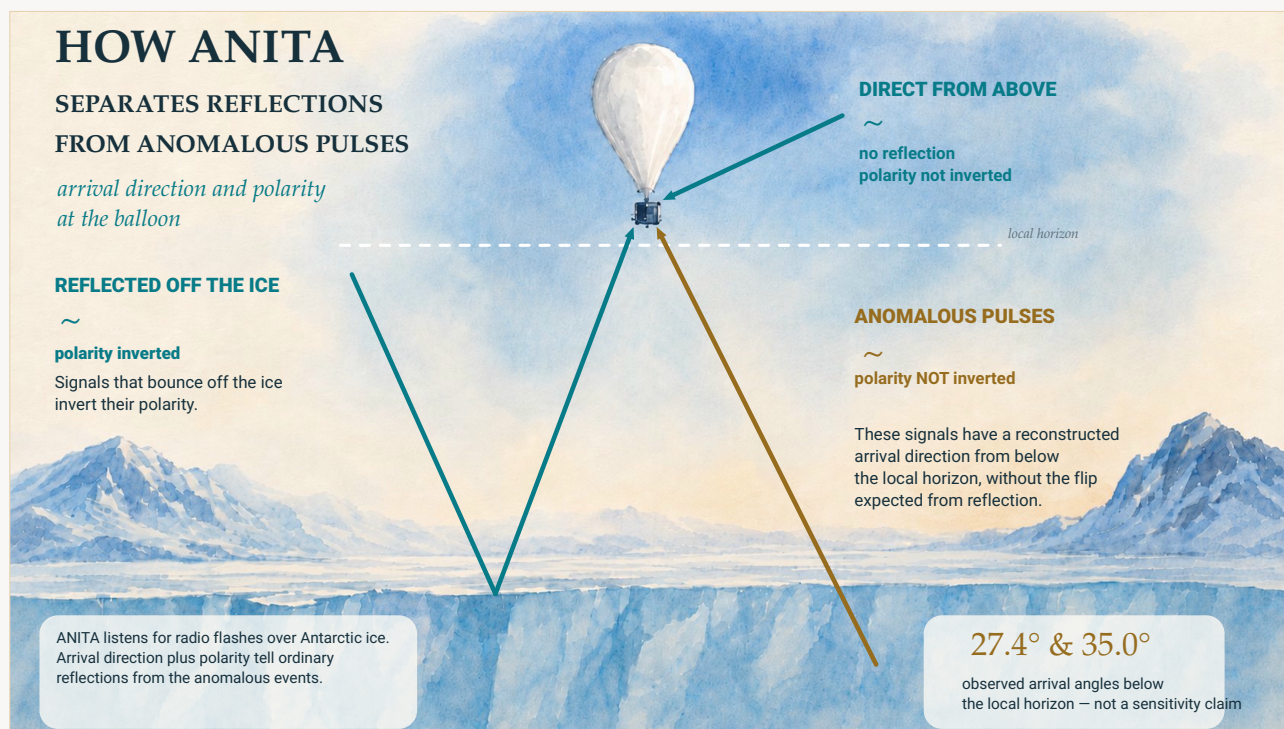
Stærstan hluta starfsævi sinnar hangir Antarctic Impulsive Transient Antenna — ANITA — undir loftbelg NASA, rúmlega þrjátíu kílómetra uppi, og berst vikum saman yfir fáförnasta stað jarðar á meðan hún hlustar.

Það sem hún hlustar eftir eru útvarpsmerki úr geimnum. Þegar orkumikil ögn — geimgeisli eða fiseind — rekst á loftið eða ísinn sundrast hún í skúr smærri agna, og sá skúr gefur frá sér stutt útvarpsblik. Suðurskautslandið er nærri kjörið til að nema þetta: kílómetrar af hreinum, köldum ís sem útvarpsbylgjur fara um næstum eins og hann væri gler, og ekkert í hundruð kílómetra fjarlægð sem truflar merkið. Hlutverk ANITA er að nema þessi blik og lesa úr lögun þeirra og tímasetningu hvað olli þeim.

Flest af því sem hún heyrir hegðar sér eðlilega. Sum blik berast beint ofan frá. Mörg fleiri skella á ísinn og endurkastast upp að loftnetinu — og þau bera skýrt einkenni: endurkastið snýr bylgjunni á hvolf (viðsnúningur á *pólun* merkisins), einkenni sem eðlisfræðingar geta lesið í fljótu bragði. Þannig

greinir maður endurkast frá raunverulegu merki.

Tvisvar kom eitthvað sem braut mynstrið.



Við loftbelginn berst púls beint ofan frá óviðsnúinn, en endurvarpaður púls berst með viðsnúna pólun — hið venjulega merki um endurkast af ísnum. Anomalísku púlsarnir tveir berast hins vegar úr *endurreiknaðri* stefnu langt neðan við staðbundið sjóndeildarhring — en án slíks viðsnúnings, þar sem endurkast hefði snúið þeim við. „Neðan frá“ lýsir komustefnunni — ekki ögn sem klifrar upp úr jörðinni.

Original hybrid diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

Í einni flugferð árið 2006 og annarri árið 2014 nam ANITA púls langt *neðan* við sjóndeildarhring — 27.4° og 35.0° fyrir neðan hann, í sömu röð — eins og hann hefði komið upp úr meginlandinu, með *engan* viðsnúning. Þá var þetta ekki endurkast. Eitthvað hafði í raun ferðast upp úr ísnum í átt að loftbelgnum.

Hér er ástæðan fyrir því að þetta er næstum hneykslanlegt. Til að ná loftnetinu undir svo bröttu upp á við horninu hlýtur það sem olli púlsinum að hafa komist upp í gegnum meginhluta reikistjörnnunnar — sex eða sjö þúsund kílómetra af föstu bergi. Nánast ekkert getur það. Eina þekkta ögnin sem fer í gegnum venjulegt efni eins og hún sé varla til staðar er fiseindin, sem smýgur í gegnum alla jörðina án þess að verða vör við hana — svo eðlilega hugmyndin er að fiseind hafi ferðast upp í gegnum bergið, rekist á atóm rétt undir ísnum og myndað skúr agna sem þustu upp á við og mynduðu útvarpsblik sem ANITA nam. Vandinn er þó sá að fiseind sem er nógu orkumikil til að mynda *þetta* merki er í raun of auðvelt að stöðva. Yfir svo mikla berglengd ætti hún að frásogast margfalt. Og straumur fiseinda sem væri nógu öflugur til að tvær kæmust samt í gegn ætti að hafa komið fram í risaskynjurunum sem byggðir voru sérstaklega til að nema slíkt. Engin af einföldu skýringunum lokaði málinu fyllilega.

Þannig sátu púlsarnir tveir þarna og neituðu að hegða sér. Ekki uppgötvun — tveir atburðir eru aldrei uppgötvun — en heldur ekki algjört ekkert. Raunverulegt frávik: þess konar frávik sem er

einmitt áhugavert vegna þess að enginn gat enn sagt hvort um væri að ræða sprungu í staðallíkani eðlisfræðinnar eða einfaldlega sérkenni íssins, loftnetsins eða útreikninganna.

Þetta er punkturinn þar sem ákveðin tegund umfjöllunar grípur til orðsins *dularfullt*, dempar ljósin og spyr hvað kunni að búa undir Suðurskautslandinu. Standist það. Raunverulega spurningin var aldrei *hvaða skrímsli er í ísnum*. Hún var þolinmóða og óglamúrlega spurningin sem færir vísindin í raun áfram: **hvernig myndirðu komast að því?**

Hvað höfundarnir gerðu

Til er hrein leið til að prófa spennandi skýringarnar. Ef púlsar ANITA koma frá raunverulegum, endurteknum straumi skúra sem fara upp á við — hvort sem þeir koma frá venjulegum tau-fiseindum eða einhverri fyrirhugaðri nýrri ögn — þá ætti nægilega stór skynjari sem fylgdist nákvæmlega með slíkum atburðum að nema hluta þeirra.

Pierre Auger-stjörnustöðin í Argentínu — stærsti geimgeislaskynjari sem byggður hefur verið — er vel til þess fallinn að leita. Samstarfið notaði flúrljómunarskynjarann sinn til að leita að loftskúrum sem fara upp á við (koma neðan frá, með hvirfilhorn yfir 110° og orku yfir 0.1 EeV) í gögnum sem ná yfir 2004 til 2018. Mikilvægt er að öll valviðmið voru fest *áður* en allt gagnasafnið var skoðað — „blind“ greining, svo ekki væri hægt að laga svarið að væntri niðurstöðu.

Hvað þeir fundu

Eftir að greiningin var opnuð stóð **eitt atvik** eftir sem kom til greina — fullkomlega í samræmi við 0.27 ± 0.12 atburði sem búast má við þegar venjulegir geimgeislar eru stundum ranglega endurmetnir sem atburðir á uppleið. Ekkert raunverulegt merki á uppleið, með öðrum orðum; aðeins sá bakgrunnur sem búast mætti við.

Kraftur niðurstöðunnar felst í samanburðinum. Ef púlsar ANITA kæmu frá stöðugum straumi skúra á uppleið ætti Auger að hafa skráð **mörg** slík atvik — um það bil 34 til 69 fyrir eitt líklegt orkuróf og að minnsta kosti um 8 jafnvel samkvæmt vísitandi íhaldssömum forsendum. Hann fann eitt, í samræmi við bakgrunn. Höfundarnir lýsa þessu sem „miklu ósamræmi“ við túlkunina um skúr á uppleið.

Hvað þetta þýðir líklega

Neikvæð niðurstaða af þessari stærðargráðu veitir upplýsingar. Ef atburðir ANITA stöfuðu frá raunverulegum stofni agna sem kæmu úr þessum áttum — venjulegum tau-fiseindum eða ímynduðum nýjum ögnum sem lagðar hafa verið til sem skýring — ætti langur mælitími Auger að hafa numið umtalsverðan fjölda þeirra. Það gerði hann ekki. Þetta útilokar í raun skýringuna „dreifður straumur

skúra á uppleið“ — flokkinn sem flestar hugmyndir handan staðallíkans falla í — nema við mjög tilbúna sérstakar aðstæður.

Það sem stendur eftir eru skýringar sem fela *ekki* í sér straum agna sem mynda skúra: helst endurkast eða útbreiðsluáhrif sem eru sérkennileg fyrir ísinn og rúmfræðina nærri sjóndeildarhringnum, eða tækja- eða greiningarvilla. Engin þessara skýringa hefur verið staðfest. Heiðarlegasta samantektin er því: spennandi túlkunin fékk alvarlegt högg og orsökina er enn óþekkt.

Hvað þetta sannar *ekki*

- Þetta greinir **ekki** hvað púlsarnir tveir eru. „Hrekur nýja eðlisfræði eindregið“ er ekki það sama og „málið er leyst.“
- Þetta staðfestir **ekki** hversdagslega orsök. Leiðandi frambjóðandi — endurkast undir yfirborði Suðurskautslandsins — er enn tilgáta, ekki niðurstaða.
- Þetta nemur **ekki** neitt „úr undir ísnum“ í bókstaflegum skilningi. Loftnet ANITA hanga úr loftbelg yfir Suðurskautslandinu; „neðan frá“ lýsir endurreiknaðri komustefnu útvarpspúls — ekki hljóði, rödd eða neinu sem á upptök sín inni í ísnum.
- Þetta styður **ekki** fullyrðingar um staðfesta nýja ögn. Útbreiddasta útgáfa þessarar sögu bendir í gagnstæða átt við gögnin.

Hversu sterk eru gögnin?

Hófleg, og þannig er þeim lýst.

- Áhugi á eðlisfræði handan staðallíkans byggist í meginatriðum á **tveimur** atburðum úr tveimur flugferðum ANITA.
- Þessi grein er **neikvæð niðurstaða**: hún er öflug til að útiloka möguleika, en getur ekki sagt hvað atburðirnir eru.
- Útilokunin er meginindleg og sterk (búast mátti við tugum atburða, en aðeins einn atburður sem líktist bakgrunni sást) — en hún beinist að túlkuninni um „straum skúra á uppleið“, ekki öllum hugsanlegum orsökum.
- Leiðandi hversdagsleg skýring (endurkast frá yfirborði) er trúverðug en ósönnuð; aðrir kostir (tiltekin líkön um umskipunarútgeislun) hafa verið veiktir af öðrum rannsóknum.
- Engin tilraun hefur endurtekið upphaflegu anomalíuna sjálfstætt.

Þetta er skörp skorða fyrir lítið, þrjóskt ráðgátuefni — ekki uppgötvun.

Hvers vegna þetta skiptir máli

Fyrirhugaðar skýringar náðu allt til framandi nýrra agna. Í stað þess að elta þennan spennandi kost gerðu vísindamenn það sem var óglamúrlegt: prófuðu hugmyndina gegn óháðum og mun stærri skynjara — og gögnin sögðu nei. Stærri og næmari arftaki, PUEO, er í smíðum til að leita á ný.

Anomalían kann enn að reynast hversdagsleg. Það myndi ekki gera hana að mistökum. Að þrengja óútskýrða mælingu þar til hún annaðhvort leysist upp eða knýr fram raunverulega uppgötvun er starfið — og þess vegna er vert að fylgjast með þessu: heiðarlega svarið er enn „við vitum það ekki.“

Í stuttu máli

Tveir útvarpspúlsar úr loftbelgsferðum ANITA yfir Suðurskautslandinu árin 2006 og 2014 virðast koma úr bröttum hornum neðan við sjóndeildarhring sem staðallíkanið á erfitt með að skýra. Sérstök leit árið 2025 með Pierre Auger-stjörnustöðinni fann aðeins eitt atvik sem kom til greina, í samræmi við bakgrunn, þar sem búast hefði mátt við tugum ef púlsarnir kæmu frá straumi skúra á uppleið. Þetta veikir eindregið framandi túlkunina um „nýja ögn“ og bendir í átt að endurkasti, útbreiðsluáhrifum eða tækjaáhrifum sem séu sértæk fyrir ANITA — en orsökina er enn í raun óþekkt. Ekki staðfest ný ögn og ekki dularfullt merki innan úr ísnum.

Athugun án þvælu

Það sem greinin sýnir: Blind leit Pierre Auger (2004–2018) að loftskúrum á uppleið fann eitt atvik sem kom til greina, í samræmi við væntanlegan 0.27 atburða bakgrunn frá geimgeislum. Ef anomalíur ANITA kæmu frá straumi slíkra skúra hefði Auger átt að sjá um það bil 34–69 (eða að minnsta kosti ~8 samkvæmt varfærnnum forsendum). Þetta veikir eindregið túlkunina um skúr á uppleið, þar á meðal sviðsmyndir handan staðallíkans um „nýja ögn“.

Það sem er trúverðugt en ósannað: Endurkast eða útvarpsútbreiðsluáhrif nærri ísnum og sjóndeildarhringnum, eða tækja-/greiningarvilla sem er sértæk fyrir ANITA.

Það sem þetta sýnir ekki: Að atburðirnir stafi af nýrri ögn; að þeir séu merki úr undir ísnum; að eitthvað yfirnáttúrulegt, tilbúið eða heyrnlegt tengist þeim; eða að orsökina sé nú þekkt.

Helstu takmarkanir: Áhugi á eðlisfræði handan staðallíkans byggist á ~tveimur atburðum; þetta er neikvæð niðurstaða sem setur skorður en getur ekki greint orsökina; útilokunin beinist sérstaklega að túlkuninni um „skúrastraum“; engin sjálfstæð endurtekning á upphaflegu anomalíunni.

Hversu mikla vissu ætti almennur lesandi að hafa? Mikla vissu um að þetta sé *ekki* staðfest ný ögn og *ekki* merki innan úr ísnum, og að túlkunin um framandi straum sé nú sterklega veik. Litla vissu um hina raunverulegu orsök, sem er enn opin spurning. Viðeigandi afstaða: forvitni um óleysta anomalíu sem er líklegust til að reynast hversdagsleg.

Heimildir

Phys. Rev. Lett. 134, 121003 (2025)

<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.134.121003>

Original ANITA-I event (Gorham et al. 2016)

<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.117.071101>

Original ANITA-III event (Gorham et al. 2018)

<https://arxiv.org/abs/1803.05088>

Subsurface-reflection explanation (Shoemaker et al. 2020)

<https://arxiv.org/abs/1905.02846>

PUEO successor instrument — white paper (2021)

<https://arxiv.org/abs/2010.02892>