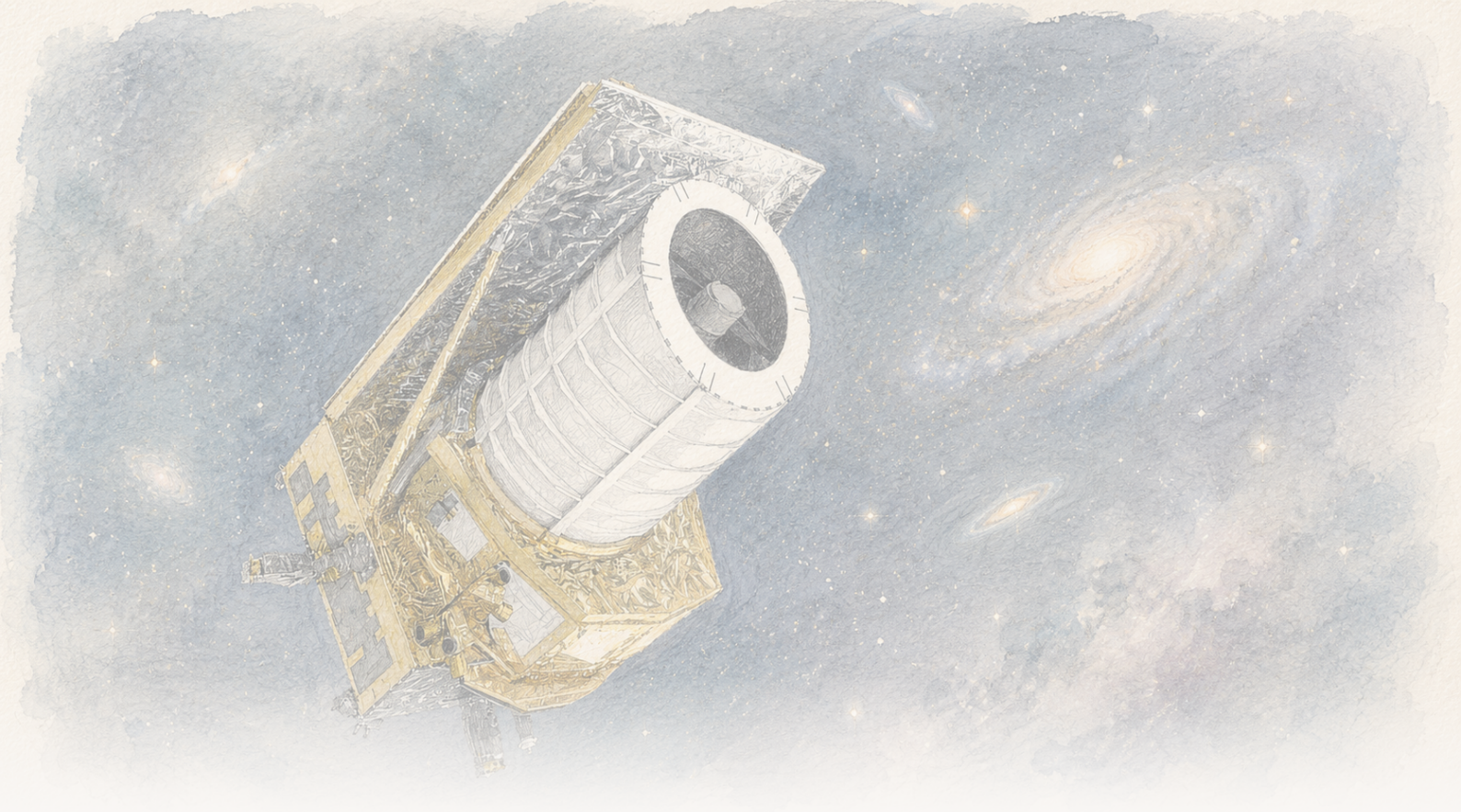


The Clean Paper

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

Könnun sem var byggð til að finna sjaldgæfa hluti fann allt í einu heilan hóp

Á fyrstu um einu og hálfu ári Euclid Wide Survey fundust 31 ný dulstirni við rauðvik 6,6–7,8; 12 þeirra eru við rauðvik 7 eða meira og tvöfalda meira en þekktan hóp þar. Dulstirni við z=7,77 setur lítið nýtt fjarlægðarmet, en raunverulega framfaraskrefið er að finna þessi sjaldgæfu fyrirbæri í magni. Heildartölfræði könnunarinnar og stór hluti litrófsstaðfestingarinnar er enn fram undan.

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

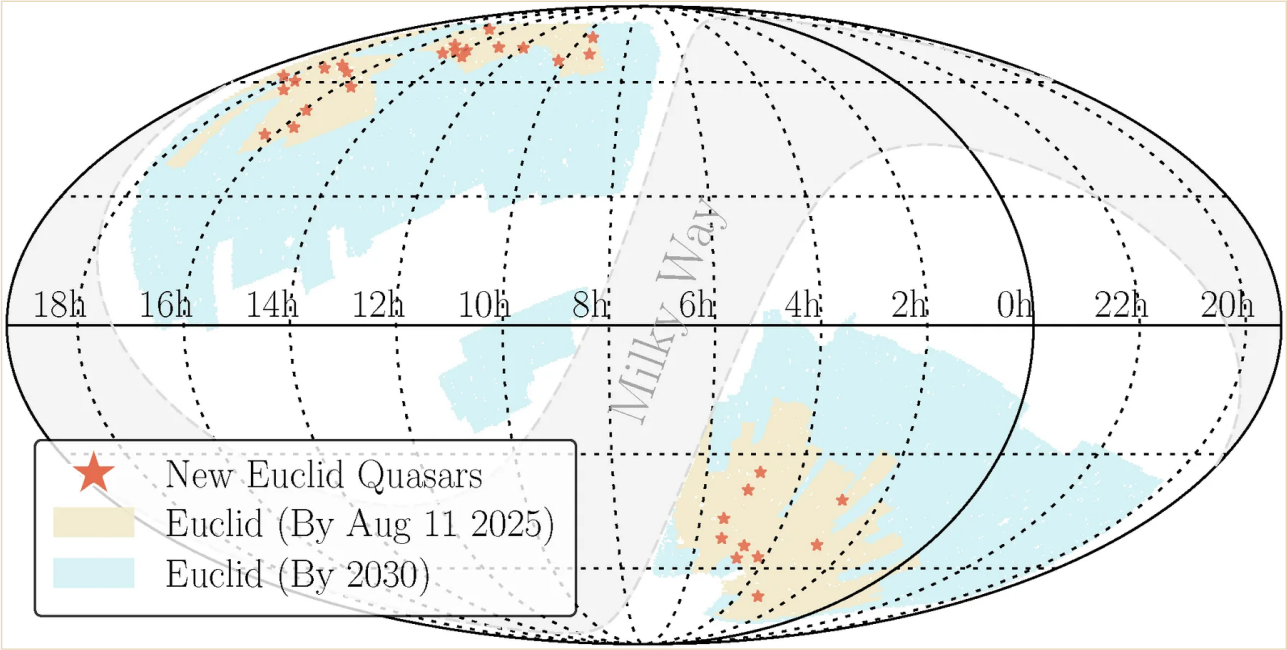
Paper: *Euclid: Discovery of 31 new quasars at 6.6 < z < 7.8*, D. Yang, J. F. Hennawi, F. Guarneri et al. (Euclid Collaboration), Astronomy & Astrophysics · DOI: 10.1051/0004-6361/202658883

Könnun sem var byggð til að finna sjaldgæfa hluti fann allt í einu heilan hóp

Dulstirni er risasvarthol sem er gripið við að nærast. Þegar það gleypir gas getur það skinið svo skært að það yfirgnæfir alla móðurvetrarbrautina. Þar sem dulstirni eru meðal björtustu stöðugu ljósgjafa alheimsins virka þau eins og vitarnir: finnst eitt nógu langt í burtu verður ljós þess eins og lampi sem lýsir í gegnum milljarða ára af efni milli okkar og þess.

Fjarlægustu dulstirnin — þau sem sendu ljósið frá sér þegar alheimurinn var yngri en einn milljarður ára — eru líka þau sjaldgæfustu. Áður en Euclid-geimsjónaukinn hóf aðalkönnun sína höfðu aðeins um **níu** dulstirni verið staðfest handan rauðviks 7, tala sem hafði vaxið hægt síðan fyrsta slíka fyrirbærið fannst árið 2011.

Í nýrri grein í *Astronomy & Astrophysics* greinir Euclid Collaboration frá **31 nýju dulstirni á rauðvikinu 6,6–7,8**, fundnum á aðeins fyrstu um einu og hálfu ári könnunarinnar. **Tólf** þeirra eru á rauðviki 7 eða hærra. Þessi eina snemmbúna lota meira en tvöfaldaði þekktan fjölda á þessum rauðvikum. Þetta er saga um afl stórrar könnunar — og mikilvægt er að segja nákvæmlega hvað sú staðreynd þýðir og hvað hún þýðir ekki.



Svæðið sem Euclid Wide Survey hefur þegar náð yfir (beige) borið saman við allt svæðið sem á að kortleggja fyrir 2030 (blágrænt). Rauðu punktarnir eru 31 nýju hárauðviksdulstirnin. Þau koma úr aðeins fyrstu sneið könnunar sem á endanum á að ná yfir um 14.000 fergráður — könnunaraflið í einni mynd.

D. Yang et al. / Euclid Collaboration / Astronomy & Astrophysics CC BY 4.0

Fyrir Euclid voru um níu dulstirni þekkt handan rauðviks 7, fundin 2011–2024. Þessi eina snemmkeyrsla bætti tólf við — „tvöföldunin“ sett í raunverulegar tölur, þó úrtakið sé enn lítið.

Original diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

Af hverju dulstirni svona langt í burtu eru erfiðisins virði

Rauðvik mælir hversu mikið útþensla alheimsins hefur teygt ljós uppsprettu á leið þess til okkar. Hærra rauðvik þýðir eldra ljós og því fyrri alheim. Við rauðvik 7 horfum við aftur til tíma innan við einum milljarði ára eftir Miklahvell, undir lok endurjónunarskeiðsins, þegar fyrstu björtu fyrirbærin voru að jóna hlutlausa vetnið sem fyllti unga alheiminn.

> **Hvað rauðvik er — og af hverju sama talan er bæði fjarlægðarmælir og klukka**
>
> Ef hugtakið er nýtt: *rauðvik* segir hversu mikið ljós frá uppsprettu hefur teygst yfir í lengri, rauðari bylgjulengdir áður en það nær okkur. Sama talan er gagnleg af tveimur ástæðum. Í fyrsta lagi ferðast ljós á föstum hraða, þannig að allt sem er mjög langt í burtu sést líka mjög langt aftur í tímann. Að horfa djúpt út í geim er að horfa aftur í tímann. Í öðru lagi hefur alheimurinn þanist út alla ferð ljóssins; því lengri sem ferðin er, þeim mun meira teygist ljósið. Hærra rauðvik merkir því ljós sem lagði fyrr af stað, frá fjarlægari stað, þegar alheimurinn var yngri. Rauðvik 7 hér er ljós frá tíma innan við milljarði ára eftir Miklahvell — vel innan við tíunda hluta núverandi aldurs alheimsins.

Dulstirni frá þessu tímabili eru gagnleg af tveimur ólíkum ástæðum. Fyrst: hvert þeirra hýsir þegar

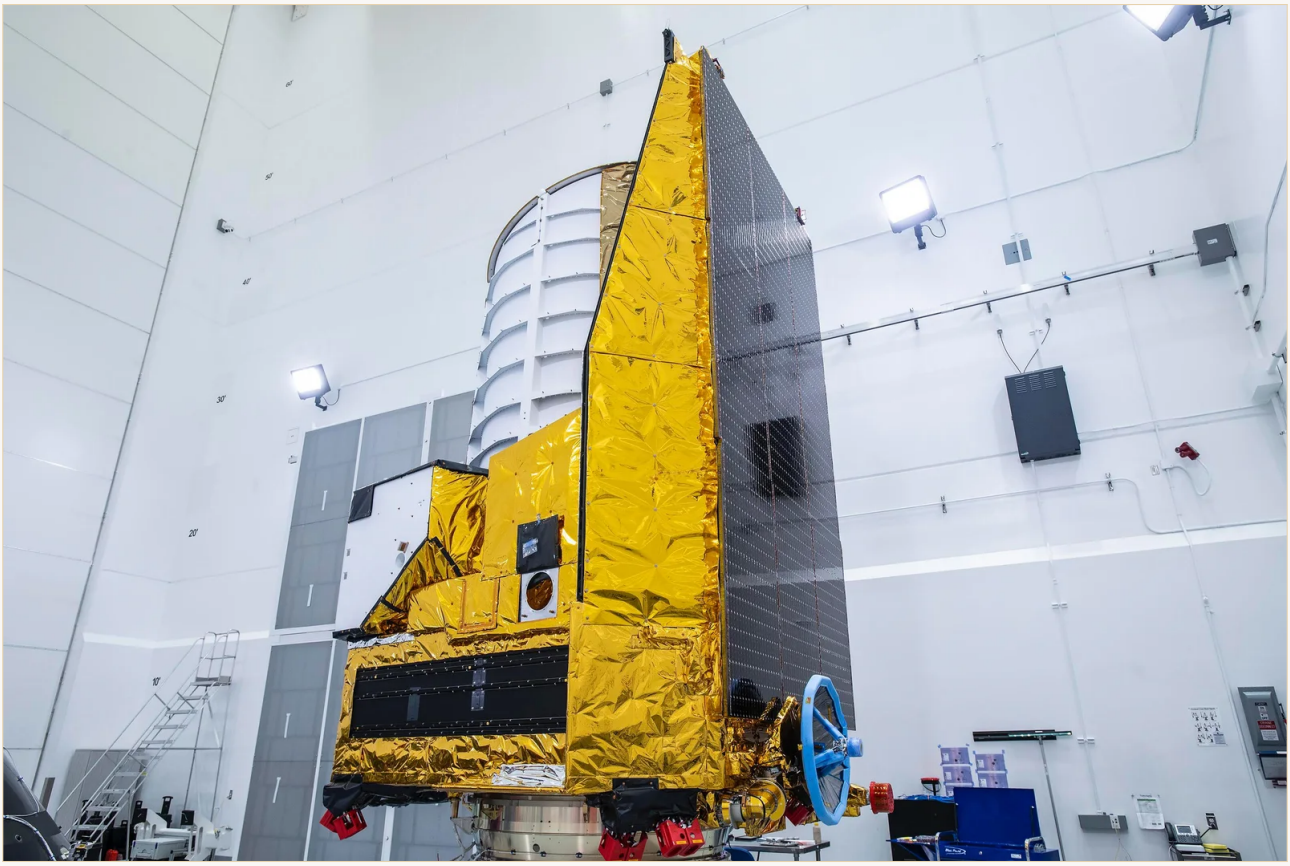
svarthol með hundruð milljóna til milljarða sólmassa. Það er erfitt að byggja svona þungt svarthol svona snemma. Undir venjulegum mörkum á því hversu hratt svarthol getur safnað efni hafa aðeins nokkuð stór upphafsfræ tíma til að ná þessum massa á þeim fáu hundruðum milljóna ára sem voru í boði. Tilvist og fjöldi dulstirnanna setur því mörk á hvernig fyrstu risasvartholin urðu til og uxu.

Í öðru lagi ber ljós dulstirnisins, þegar það fer í gegnum millivetrarbrautaefnið í kring, með sér merki um hversu hlutlaust gasið var. Hvert dulstirni verður því mælitæki fyrir endurjónunina sjálfa.

Vandinn er að þau eru **afskaplega sjaldgæf og erfið að finna**. Á þessum rauðvikum hefur sterkasta kennimerki dulstirnisins, Lyman-alfa-brotið, færst úr sýnilegu ljósi yfir í nærinnrauða. Til að finna þau þarf því djúpa nærinnrauða myndgreiningu yfir gríðarstórt svæði — í grófum dráttum eitt dulstirni á hverjar hundrað fergráður við þá birtu sem skiptir máli. Að vera bæði djúp og víð í nærinnrauðu frá jörðu hefur verið mjög erfitt. Þetta er nákvæmlega bilið sem Euclid var hannað til að fylla.

Hvað Euclid gerði í raun

Euclid er **1,2 metra geimsjónauki** sem keyrir sex ára könnun sem á að kortleggja um **14.000 fergráður** í bæði sýnilegu og nærinnrauðu ljósi. Fyrir ofan lofthjúp jarðar getur hann náð mikilli dýpt yfir breitt sjónsvið sem jarðbundnar nærinnrauðar kannanir ná ekki. Þessi grein notar gögn frá fyrstu um **einu og hálfu ári** aðalkönnunarinnar — um **3.000 fergráður** sem voru myndaðar frá febrúar 2024 til ágúst 2025.



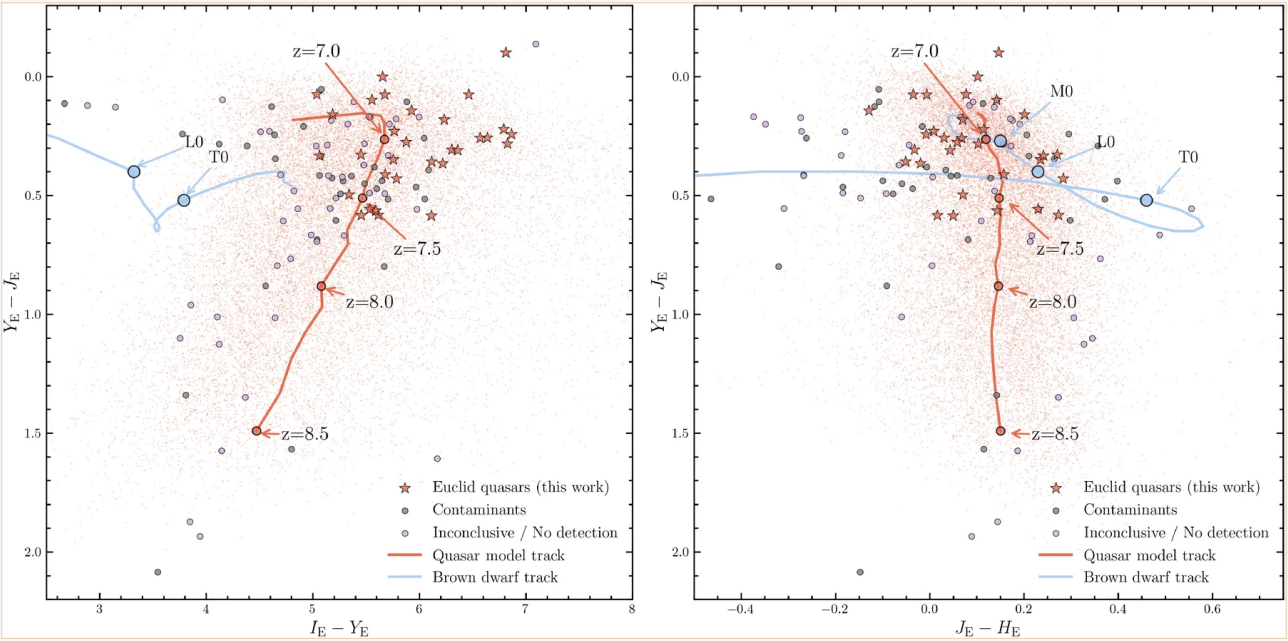
Euclid-geimfarið í hreinherbergi fyrir skot. 1,2 metra sjónaukinn horfir út um efri hluta hvíta strokksins; fyrir ofan lofthjúpinn getur breiðsviðs-nærinnrauða myndavélin farið dýpra yfir stórt svæði en jarðbundnar leitir.

ESA / NASA Science fair-use

Að finna 31 nál í þessum heystakki var ekki einfalt sjónrænt leit. Teymið byggði sérsniðna ljósmælingu og keyrði síðan nokkur vélanáms- og líkindaflokkunarkerfi yfir gögnin — extreme-deconvolution þéttleikalíkan, gradient-boosted flokkari og aðlögun að sniðmátum — til að meta fyrir hverja daufa punktuppsprettu líkurnar á að hún væri hárauðviksdulstirni en ekki ein af miklu algengari truflununum, fyrst og fremst köldum brúnstjörnum sem hafa liti svipaða fjarlægum dulstirnum.

Frambjóðendur voru bornir saman milli aðferða, skoðaðir með augum og forgangsraðaðir fyrir eftirfylgni. **Euclid velur frambjóðendurna með myndunum sínum; staðfestingin kemur frá litrófum stórra jarðsjónauka**, meðal annars Magellan og Large Binocular Telescope, sem sundra ljósinu nógu fínt til að sjá kennibrotið og útgeislunarlínurnar.

Þessi staðfestingarvinna er enn í gangi. Höfundarnir segja skýrt að litrófseftirfylgnin sé ekki enn fullkomin, sérstaklega á suðurhimni. Af frambjóðendum sem fengu eftirfylgni en urðu ekki hluti af 31 staðfestu dulstirnunum voru margir truflanir, stór hluti líklega brúnstjörnur, sumir óákveðnir og sumir án nægilegs merkis. Fyrirsögnin er hópur staðfestra dulstirna; heildarúttekt á því hvað valaðferðin finnur og missir bíður seinni greina.



Lit-lita-mynd: hvernig Euclid aðgreinir fjarlægt dulstirni frá nálægri brúnstjörnu. Hvor ás sýnir mun á birtu í tveimur Euclid-síum og þar með lit ljóssins fremur en heildarbirtu. Rauða ferillinn sýnir hvar hárauðviksdulstirni eiga að liggja (merkingar frá rauðviki 7,0 til 8,5); ljósblái ferillinn sýnir kaldar brúnstjörnur, helstu eftirlíkingarnar. Nýju dulstirnin 31 (rauðar stjörnur) fylgja dulstirnisferlinum; staðfestar truflanir (gráar) og óákveðnir/ógreindir frambjóðendur (fjólubláir) liggja frá honum. Þar sem ferlarnir nálgast hvorn annan nægir litur ekki einn og sér — þess vegna þarf hvert dulstirni litrófsstaðfestingu.

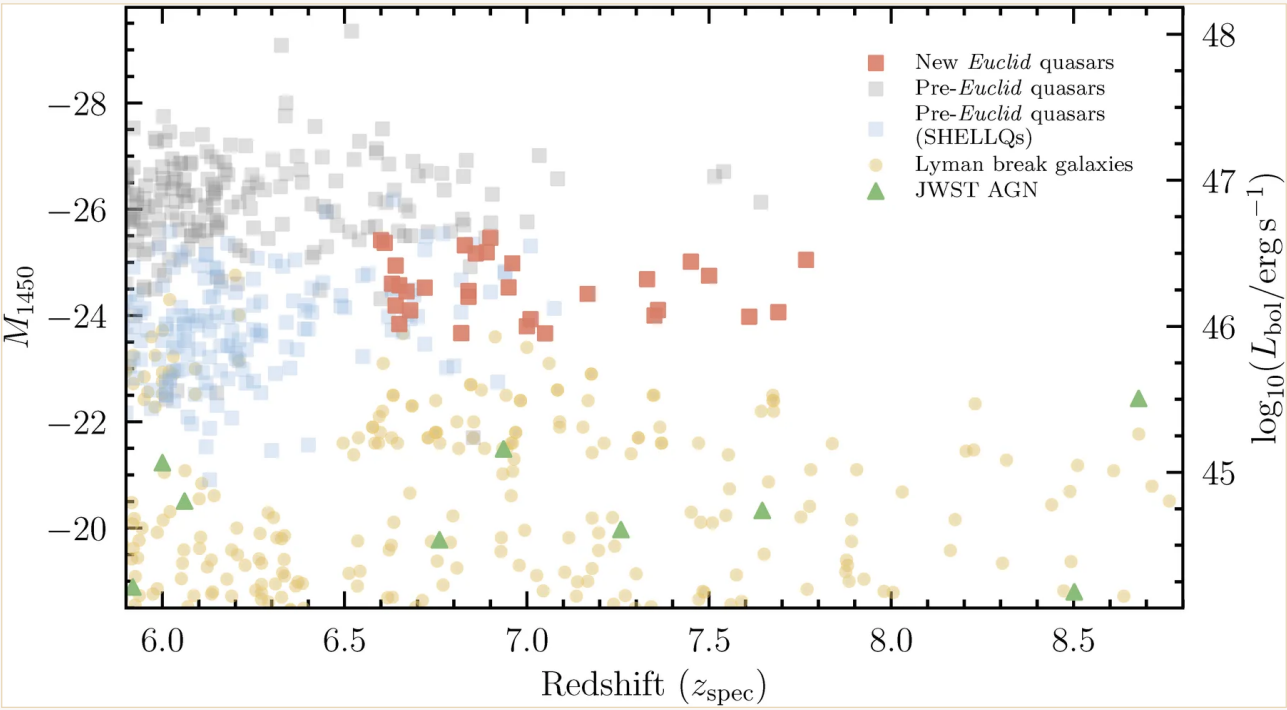
D. Yang et al. / Euclid Collaboration / Astronomy & Astrophysics CC BY 4.0

Metið, sett í rétt hlutfall

Eitt af 31 fyrirbærunum, **EUCL J1729+6410**, er á rauðviki um **7,77** og er nú fjarlægasta þekkta dulstirnið. Þetta er raunverulegt met, en rétt er að segja hversu stórt skrefið er. Yfir tvo áratugi hafði mörkin færst að rauðviki um 7,5 og fyrri methafi var um **7,64**. Að færa metið í 7,77 er framfaraskref, en lítið — um **0,13 í rauðviki**, eða gróflega fimmtán milljón ár í alheimstíma. Smá ýting, ekki stökk.

Mikilvægari talan er hin: **að tvöfalda úrtakið handan rauðviks 7 í einni snemmkeyrslu**. Methafi er eitt fyrirbæri, eitt gagnastak. Stækkandi stofn er það sem gerir tölfræði mögulega — að mæla hversu algeng þessi svarthol voru, hversu björt og hvernig þau dreifðust — og tölfræðin er þar sem vísindin um unga alheiminn raunverulega búa.

Flest nýju dulstirnin eru líka tiltölulega dauf, um **einni til tveimur birtustigum daufari** en hin klassísku björtu dulstirni sem fundust fyrir Euclid. Daufi endinn er erfiðari að ná og verðmætari fyrir rannsóknir á endurjónun: daufari dulstirni búa til minni jónað loftbólusvæði í kringum sig, þannig að ljós þeirra fer í gegnum meira af enn-hlutlausu gasi.



Staða nýju dulstirnanna: eiginbirta á móti alheimstíma/fjarlægð. Lárétti ásinn er rauðvik — lengra til hægri merkir fyrr í alheimssögunni. Lóðrétti ásinn sýnir innri útfjólublá birtu, M1450; vegna hefðbundins stjarnfræðilegs birtustigskvarða fer talan „aftur á bak“, þannig að ofar þýðir bjartara. Þannig lesin er myndin manntal. Gömlu björtu dulstirnin (grá) safnast við lægri rauðvik; dýpri SHELLQs-könnunin (ljósblá) hafði náð daufari fyrirbærum en ekki jafn langt aftur í tímann. Nýju Euclid-dulstirnin (rauð) teygja bjarta stofninn að hæstu rauðvikum og sitja samt um einu til tveimur birtustigum neðar en klassísku björtu dulstirnin. Euclid bætir þannig við sérstökum hópi — tiltölulega björtum dulstirnum, mjög snemma, yfir stórt svæði — sem tengir eldri bjarta úrtakið við daufari stofna sem þrengri djúptæki eins og JWST finna.

D. Yang et al. / Euclid Collaboration / Astronomy & Astrophysics CC BY 4.0

Hvað er enn óvíst?

Þrír fyrirvarar fylgja niðurstöðunni og greinin nefnir þá sjálf.

Í fyrsta lagi er þetta **fyrsta niðurstaða, ekki lokamæling**. Höfundarnir geyma heildstæða tölfræðigreiningu á valaðferðinni og dulstirnastofninum fyrir komandi greinar. Takmarkanir á birtufallinu hér eru fyrsta sýn, ekki síðasta orðið.

Í öðru lagi er ekki tryggt að hvert mjög dauft „dulstirni“ reynist vera dulstirni. Við daufan enda geta sum fyrirbæri verið þéttar frumvetrarbrautir, sérstaklega ef þær vantar mjög breikkaða Lyman-alfa-línu. Teymið sýnir bráðabirgðapróf sem bendir til að fyrirbærin séu punktlaga fremur en útbreiddar vetrarbrautir, en kallar það sjálft bráðabirgða. Djúp nærinnrauð litróf, meðal annars frá JWST, þurfa að skera úr um eðli daufustu hlutanna.

Í þriðja lagi eru fyrirbærin sjálf dauf og nálægt mörkum þess sem jarðbundin litróf geta einkennt. Að mæla svartaholsmassa, umhverfi þeirra og hlutverk í endurjónun mun krefjast JWST, ALMA og NOEMA. Euclid er einstaklega gott í að **finna** þessi fyrirbæri; önnur tæki þurfa oft að **rannsaka** þau í smáatriðum.

Af hverju skiptir þetta máli?

Gildi rannsóknarinnar er lýðfræðilegt. Í áratug hafði fyrsta milljarð ára alheimssögunnar aðeins boðið stjörnufræðingum örfá dulstirni til að draga ályktanir af. Euclid bætti í einni snemm-sneið nægilega mörgum við til að breyta lista í **úrtak**, og er samkvæmt forspám fyrir skot á réttri leið til að halda áfram að stækka það.

Það skiptir máli vegna þess að opnu spurningarnar eru spurningar um **stofna**. Hvernig urðu svarthol svona stór svona hratt? Hversu blettótt og hlutlaust var millivetrarbrautagasið á mismunandi tímum? Eitt glæsilegt fyrirbæri svarar því ekki. Það þarf að telja, bera saman og kortleggja mörg.

Það sem Euclid hefur sýnt er getan til að byggja slíkt manntal — líka við daufan enda, sem tengist dularfullum stofni vaxandi svarthola sem JWST hefur verið að finna á sama tímabili. Greinin leysir ekki hvernig fyrstu risasvartholin mynduðust og mælir ekki sjálf endurjónunina. Hún afhendir **hráefnið í stórum skammti** sem slíkar mælingar þurfa og setur skýran vettvang fyrir eftirfylgniverkefnin sem þegar eru hafin.

Í stuttu máli

Með fyrstu um **3.000 fergráðum** Euclid Wide Survey fann Euclid Collaboration **31 nýtt dulstirni** á rauðviki 6,6–7,8, þar af tólf á rauðviki 7 eða hærra — meira en tvöfalt þekktan fjölda þar. Eitt þeirra, á rauðviki **7,77**, er nú fjarlægasta þekkta dulstirnið. Megin mikilvægið er þó ekki lítið rauðviksmet heldur að Euclid hefur sýnt að það getur fundið þessi sjaldgæfu og að mestu daufa fyrirbæri **í fjölda**.

Þetta eru fyrstu niðurstöður: full tölfræðigreining, stór hluti litrófsstaðfestingarinnar og nákvæm einkenning einstakra fyrirbæra er enn eftir.

Raunhæf yfirferð

Hvað sýnir greinin? Að Euclid Wide Survey geti, á fyrstu um 1,5 árum og ~3.000 fergráðum, fundið hárauðviksdulstirni í fjölda sem fyrri kannanir náðu ekki: 31 staðfest á rauðviki 6,6–7,8, tólf á 7 eða hærra, um tvöföldun á þekktum fjölda þar og fjarlægasti methafi á ~7,77.

Hvað er trúverðugt en ekki aðalatriðið? Rauðviksmetið sjálft. Það er raunverulegt, en færir mörkin aðeins um ~0,13 í rauðviki — frá fyrra meti um 7,64 í 7,77, eða um fimmtán milljón ár. Fyrirsögnin sem eldist betur er stækkandi, tvöfaldað og óvenju dauft úrtak, ekki einn methafi.

Hvað sýnir greinin ekki? Hún útskýrir ekki hvernig fyrstu risasvartholin mynduðust og mælir ekki endurjónunina. Dulstirnin eru tækin fyrir þær spurningar, ekki svörin. Hún er heldur ekki lokamanntal stofnsins; full tölfræðigreining er vísvitandi skilin eftir fyrir seinni greinar.

Helstu takmarkanir fyrir almennan lesanda: Litrófseftirfylgni er ófullkomin, sérstaklega á suðurhimni; fyrstu birtufallsniðurstöður eru bráðabirgða; og daufustu fyrirbærin sem kölluð eru dulstirni gætu í sumum tilvikum reynst vera frumvetrarbrautir þar til litróf á JWST-stigi skera úr um það.

Hversu mikið traust ætti almennur lesandi að leggja á niðurstöðuna? Mikið traust á að Euclid hafi breytt því hvað er hægt að finna á þessum rauðvikum og á ritrýndar staðfestingar bjartari fyrirbæranna. Minna traust, samkvæmt eigin ramma höfundanna, á nákvæmar tölur fyrir daufasta hluta stofnsins og eðli allra daufustu frambjóðendanna. Þetta eru fyrstu niðurstöður, ekki lokaðar niðurstöður.

Heimildir

D. Yang, J. F. Hennawi, F. Guarneri et al. (Euclid Collaboration), Astronomy & Astrophysics 711, A104 (2026), DOI 10.1051/0004-6361/202658883
https://doi.org/10.1051/0004-6361/202658883