



The CLEAN PAPER

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

”בית קברות” של לווייתנים בים העמוק הוא למעשה ארכיון בן חמישה מיליון שנה

מאמר ב-*Nature* מדווח על ריכוז עצום של נפילות לווייתנים ומאובנים באזור *Diamantina* בדרום-מזרח האוקיינוס ההודי. חמש קהילות מודרניות של נפילת לווייתן, מאות שרידי לווייתנאים מאובנים וגילים מאיזוטופי סטרונציום שמגיעים לכ-5.3 מיליון שנה. החלק המעניין אינו שלווייתנים בחרו מקום למות בו או שאסון יחיד יצר בית קברות. הראיות מצביעות על ארכיון עמוק וארוך-חיים שנבנה מתמותה רגילה, פגרים שוקעים, חיפוש מזון קשה של לווייתני מקור, טופוגרפיית הקרקעית ושימור יוצא דופן. זהו חלון נדיר למערכות אקולוגיות של נפילות לווייתנים — לא הוכחה שהים העמוק כבר ממופה או מובן.

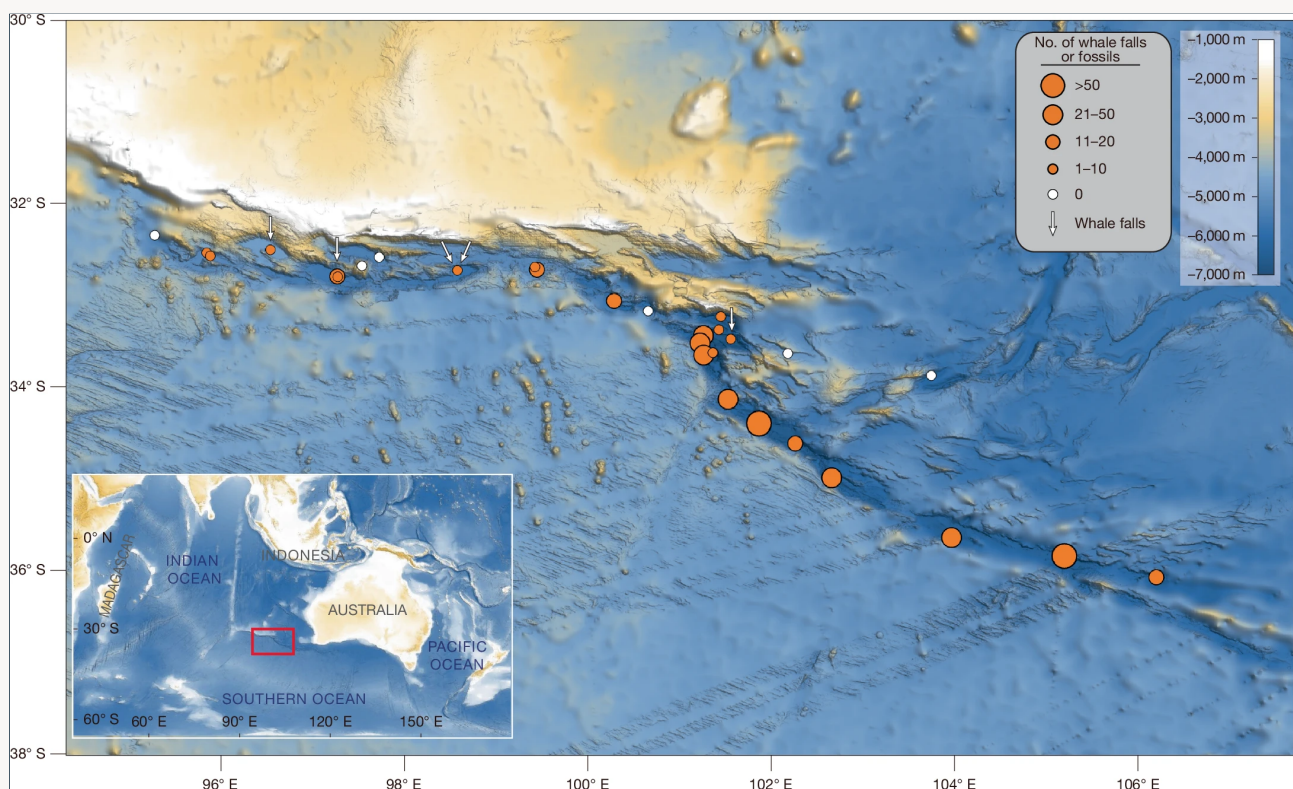
Written by Laura Nesso · Cross-checked by Vera Rubin · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: A 5.3-million-year-old deep-sea whale necropolis in the Diamantina Zone, Xiaotong Peng, Peng Zhou, Xikun Song, Giovanni Bianucci, Mengran Du and colleagues, *Nature*, 654 978-983 (2026) · DOI: 10.1038/s41586-026-10546-z

קרקעית האוקיינוס שמרה את העצמות

רוב נפילות הלווייתנים נעלמות בתוך בעיית תיעוד אפלה. לוויתן מת, שוקע, מזין התפרצות של חיים בים העמוק, ואז הרשומה מתפזרת, נקברת או נאכלת. מדענים יודעים שנפילות לוויתנים הן נאות מדבר אקולוגיות, אבל הארכיון דל: רוב האתרים הידועים מבודדים, רדודים יחסית לתעלות העמוקות ביותר, או צעירים מכדי לספר הרבה על העבר הרחוק.

אזור Diamantina משנה את קנה המידה של הבעיה. ב-מאמר חדש ב-Nature, Xikun Zhou, Peng Peng, Xiaotong, Du Mengran Bianucci, Giovanni Song, ו-לווייתנים בדרום-מזרח האוקיינוס ההודי. האתר משתרע כ-1,200 קילומטרים לאורך קרקעית הים ובעומק של כ-7,000–4,600 מטרים. לאורך 32 צלילות בצוללת המאווישת *Fendouzhe*, הצוות תיעד 485 אתרי מאובני לוויתנים ונפילות פעילות; בתקציר הם מסכמים את הממצא כחמש קהילות טבעיות מודרניות של נפילת לוויתן ועוד 476 לוויתנאים מאובנים. אלה שני מניינים שונים במאמר, לא חיבור פשוט: 485 הוא מספר האתרים שתועדו, ואילו 476 הוא מניין הלווייתנאים המאובנים המשמש בתקציר.



איור 1 של Nature ממפה את התצפיות באזור Diamantina: עיגולים כתומים מסמנים צלילות שבהן נצפו מאובני לוויתנים או נפילות לוויתנים, גודל העיגול משקף כמה שרידים תועדו בכל צלילה, חצים לבנים מסמנים נפילות פעילות בשלב הסולפופילי, ועיגולים לבנים מסמנים צלילות שבהן לא נצפו שרידי לוויתנים. האיור משוכפל בשלמותו וללא שינוי: ללא חיתוך, שכבה נוספת, תיוג מחדש, שינוי צבע או ציור מחדש.

Peng et al. / Nature, 654 978-983, (2026) DOI 10.1038/s41586-026-10546-z · CC BY-NC-ND ;4.0 base map: GMRT — Ryan et al., Geochem. Geophys. Geosyst., 10 Q03014 (2009) · CC BY 4.0 CC BY-NC-ND 4.0



לווייתני מקור מסוג True's whale beaked הם קרובים חיים של לווייתני המקור הצוללים לעומק הנדונים במאמר. התמונה היא להקשר, לא אחד ממאובני Diamantina הנקודה היא שלווייתני מקור הם בעלי חיים חמקמקים שמחפשים מזון בעומק, ולכן ארכיון עצמות על קרקעית הים יכול לשמר ראיות שתצפיות מן השטח מפספסות.

Roland Edler / PeerJ / Wikimedia Commons CC BY 4.0

החומר המתוארך העתיק ביותר מגיע ל-5.26 מיליון שנה, ולכן המאמר מכנה את המקום "נקרופוליס לווייתנים בן 5.3 מיליון שנה". הביטוי חי מאוד. והוא גם הביטוי שדורש את מירב הזהירות.

אין כאן ראיה לכך שלווייתנים בחרו להגיע לשם כדי למות. זה אינו אירוע מוות המוני יחיד. זה אינו בית קברות במובן האנושי. זה מקום שבו פגרים ועצמות הצטברו, נשארו חשופים, עברו מינרליזציה והפכו לרשומה שאפשר לקרוא.

מה עשו המחקרים

- סקרו את אזור Diamantina ב-32 צלילות של הצוללת *Fendouzhe* מן הספינה *Tansuoyihao R/V*.
- תיעדו מאובני לווייתנים וקהילות נפילת לווייתן פעילות לאורך כ-1,200 קילומטרים של קרקעית ים.
- השתמשו בוידאו במקום ואספו דגימות כדי לזהות את הקהילות שחיות על נפילות מודרניות.
- ניתחו 43 דגימות מאובנים שנאספו, וזיהו חמישה מינים של לווייתני מקור ומין אחד של לווייתן מזיפות.
- תיארכו 33 דגימות עצם מאובנות באמצעות יחסי איזוטופים של סטרונציום, שיטה המשווה את החתימה הכימית הדמוית-מי-ים שנשמרה במאובן להיסטוריה הידועה של מי הים.
- קישרו את התצפיות לנתוני מקור ציבוריים: התמונות המקוריות במקום והרכבות הגנום המיקרוביאליות הופקדו ב-Bank, Data Science ותמונות של מיני נפילת הלווייתן שנבדקו נמצאות ב-MorphoBank.

מה הם מצאו

- ריכוז גדול ועמוק. המחקרים מדווחים על 485 אתרי מאובנים ונפילות פעילות באזור Diamantina, עם תצפיות בעומקים של כ-4,600–7,000 מטרים לפי הטבלה המשלימה.
- חמש נפילות פעילות. חמשת האתרים הפעילים נמצאים בשלב הסולפופילי: עצמות מכוסות במחצלות מיקרוביאליות ובתולעים שקודחות בעצם, כאשר אנרגיה כימית מהפירוק תומכת בקהילה מיוחדת.
- קהילה חיה צפופה. הפאונה הנלווית כוללת 35 טקסונים מאקרופונליים מוכרים, בעיקר טבעיות, סרטנים ורכיכות. תולעים אוכלות-עצם, חלזונות, צדפות vesicomysid וכוכבי-נחש שולטים בבעלי החיים הגדולים יותר, עם צפיפויות מקומיות של עד 2,840 פרטים למטר רבוע.
- ארכיון מאובנים של לווייתני מקור. 43 המאובנים שנאספו כוללים מיני לווייתני מקור חיים המוכרים מהאזור, צורות נכחדות כמו *Pterocetus* ו-*Izikozihius*, וגם שרידי לווייתני מזיפות. דגימה אחת מתוארת כמין חדש, *diamantinae Pterocetus*.
- טווח זמן ארוך. מתוך 33 עצמות שנבדקו לאיזוטופי סטרונציום, 25 הניבו גילאים בין 0.12 ל-5.26 מיליון שנה. התאריכים העתיקים ביותר מרמזים על אירועי נפילת לווייתנים באזור הזה לפחות מאז הפליוקן המוקדם.

למה כל כך הרבה לווייתנים שם?

התשובה של המאמר אינה גורם פשוט אחד. זו ערימה של מסננים סבירים.

חלק מהפגרים עשויים להגיע מלווייתני מזיפות העוברים במסדרון נדידה רחב. לווייתני מינקי וס"י ניזונים סמוך לפני הים, לא בעומק 6 או 7 קילומטרים, ולכן העצמות שלהם בעומקים האלה מובנות בצורה הטובה ביותר כפגרים ששקעו לאחר המוות.

לווייתני המקור שונים. הם מומחי צלילה עמוקה, ניזונים מדיונונים ודגים בסביבות תלולות ועמוקות. אזור Diamantina הוא בדיוק נוף כזה: עומקים קיצוניים, טופוגרפיה מורכבת בצורת V וטרף שנצפה במהלך הצלילות. המחקרים טוענים שתמותה רגילה, הסיכונים הפיזיולוגיים של חיפוש מזון בעומק, ואולי תשישות קטלנית או דחק דקומפרסיה, יכולים כולם להוסיף שרידים לקרקעית.

ואז קרקעית הים שומרת אותם. הטופוגרפיה של האזור יכולה לתעל פגרים שוקעים. שקיעת משקעים נמוכה מאפשרת לעצמות להישאר חשופות זמן רב. החרטומים הצפופים של לווייתני מקור עמידים במיוחד להרס. תחמוצות ברזל-מנגן ושקיעת קרבוט יכולות לעזור לשמר חומר שלדי. כאשר מחברים את כל אלה, "בית הקברות" נעשה פחות מסתורי: לא מקום שהלווייתנים בוחרים בו, אלא מקום שבו מקרי מוות נוטים יותר להישמר ברשומה.

מה זה לא מוכיח

- זה לא מראה בית קברות מכון של לווייתנים. "נקרפוליס" הוא מטפורה להצטברות, לא ראיה להתנהגות.
- זה לא מראה אירוע קטסטרופלי יחיד. התאריכים משתרעים על מיליוני שנים, והמחקרים מתארים ארכיון-חיים שנבנה מאירועים חוזרים.
- זה לא אומר שהים העמוק ממופה כעת היטב. האתר נמצא באמצעות עבודה נדירה ויקרה בצוללת באזור גאולוגי אחד; חשיבות המאמר היא בדיוק בכך שרשומות כאלה בדרך כלל דלות.
- זה לא הופך כל מין בקהילה למין חדש. המחקרים אומרים שרבים מהטקסונים שנאספו עשויים להיות חדשים,

אבל רובם מזוהים רק עד סוג או משפחה; רק צדפת vesicomys אחת משויכת בביטחון לרמת המין באמצעות barcoding.

- זה לא קובע את סבת המוות המלאה של כל לווייתן. המחברים מציעים הסבר מתכנס: נדידה, חיפוש מזון בעומק, טופוגרפיה, שימור ושקיעת משקעים. זה אינו זהה להוכחת מנגנון המוות של כל פרט.

עד כמה הראיות חזקות?

הראיות לקיומו של האתר חזקות: תצפיות ישירות מצוללת, מאות רשומות ממופות, דגימות פיזיות, זיהויים גנטיים לחלק מבעלי החיים ותיארוך איזוטופי של עצמות מאובנות. הטענות החזקות ביותר הן התצפיתיות: האתר קיים; הוא עמוק; הוא נרחב; קהילות נפילת לווייתן פעילות נמצאות בו; וחלק מהחומר המאובן בן מיליוני שנים.

הטענות המסבירות בהכרח רכות יותר. המאמר יכול להראות היכן נמצאים השרידים, מהו חלק מהם, בני כמה חלק מהם ומה חי על הנפילות הפעילות. הוא אינו יכול לשחזר את מקרי המוות. ההסבר למקור ההצטברות הוא שחזור מאקולוגיה, פיזיולוגיה, צורת קרקעית ותנאי שימור. כך עובדת פלאואקולוגיה: היא יכולה להיות חזקה, אבל בנויה מעקבות מתכנסים ולא מתצפית ישירה באירועים המקוריים.

למה זה חשוב

נפילות לווייתנים הן סעודות קצרות-חיים שיכולות להפוך לבתי גידול ארוכי-חיים. הן מחברות חיית פני-ים לקרקעית העמוקה, ומביאות פחמן, עצם ואנרגיה כימית לסביבה שבה מזון נדיר. הן גם פועלות כאיים לבעלי חיים מתמחים: תולעים שקודחות בעצם, צדפות עם סימביונטים מחמצני גופרית, כוכבי-נחש וחלזונות שמתקבצים סביב השרידים.

אזור Diamantina מוסיף זמן לתמונה. הוא מרמז שחלק מקרקעות הים העמוק יכולות לשמר מערכות אקולוגיות של נפילות לווייתנים לא רק כאירועים מפוזרים, אלא כארכיונים של אקולוגיית לווייתנים ואבולוציה. קשה במיוחד לחקור לווייתני מקור משום שהם חיים וניזונים הרחק מן העין; הצטברות עצמות שלהם על קרקעית הים יכולה לחשוף מינים, תפוצות והיסטוריה אבולוציונית שתצפיות בפני הים מפספסות.

הסיפור המדויק יותר אינו "מדענים מצאו את בית הקברות של לווייתני האוקיינוס". הוא מוזר ושימושי יותר: מסדרון גאולוגי עמוק שמר מספיק מקרי מוות של לווייתנים כדי להפוך מערכת אקולוגית שבדרך כלל חולפת מהר לרשומה.

בקצרה

חוקרים שסקרו את אזור Diamantina בדרום-מזרח האוקיינוס ההודי מדווחים על הצטברות עצומה בים העמוק של נפילות לווייתנים ומאובנים: 485 אתרים ונפילות פעילות מתועדים לאורך כ-1,200 קילומטרים, בעומקים עד כ-7,000 מטרים, עם מאובנים המתוארכים עד 5.26 מיליון שנה. האתר מארח קהילות מתמחות של נפילות לווייתנים ומשמר שושלות מודרניות ונכחדות, במיוחד של לווייתני מקור. זו רשומה נדירה של הים העמוק, לא בית קברות מילולי, לא אירוע מוות המוני יחיד ולא הוכחה שהים העמוק מובן כעת. הטענה החשובה צרה וחזקה יותר: בתנאי קרקעית מתאימים, מקרי מוות של לווייתנים יכולים להשאיר רשומה שנמשכת מיליוני שנים.

מקורות

(2026) 978-983 ,654 Nature Zone, Diamantina the in necropolis whale deep-sea 5.3-million-year-old A al., et Peng
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10546-z>

MAGs microbial and images situ in original the for dataset Bank Data Science
<https://doi.org/10.57760/sciencedb.28830>

species whale-fall investigated of images original — P6064 project MorphoBank
<https://morphobank.org/permalink/?P6064>