



The CLEAN PAPER

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

תמנוני ענק מן הקרטיקון אולי היו טורפי-על — אבל הראיות מתחילות בלסתות, לא במפלצות ים

מאמר ב-*Science* בוחן מחדש לסתות עצומות של צפלופודים מן הקרטיקון וטוען ששני מיני *Nanaimoteuthis* היו תמנונים מוקדמים בעלי סנפירים, עם אומדני גודל גוף של כמה מטרים ואולי עד 18.6 מ'. שחיקה כבדה בלסתות מצביעה על ריסוק טרף קשה, שחיקה א-סימטרית עשויה לרמוז על לטרליזציה התנהגותית. זה סיפור מאובנים מרהיב, אבל הגרסה הנקייה אינה "הקראקן היה אמית'": זהו שחזור מלסתות, דפוסי שחיקה, טקסונומיה ו-*scaling*.

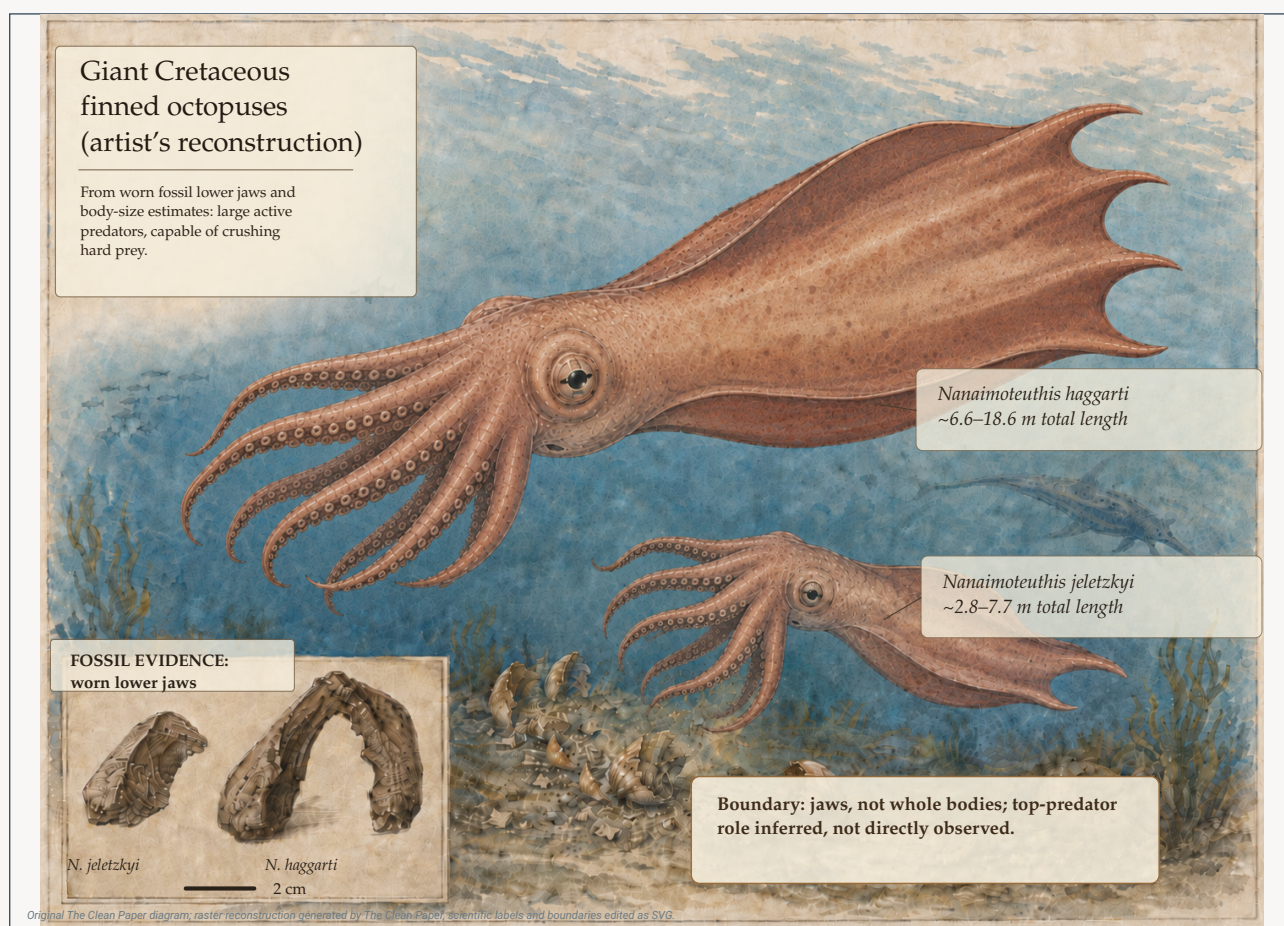
Written by Laura Nesso · Cross-checked by Lucio Vaglio · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *Earliest octopuses were giant top predators in Cretaceous oceans*, Shin Ikegami, Jörg Mutterlose, Kanta Sugiura, Yusuke Takeda, Mehmet Oguz Derin, Aya Kubota, Kazuki Tainaka, Takahiro Harada, Harufumi Nishida, and Yasuhiro Iba, *Science*, 392, 410–406 (2026) · DOI: 10.1126/science.aea6285

סיפור הקראקון, אחרי שמקלפים ממנו את המפלצת ומשאירים את המאובנים

לסת מאובנת איננה בעל חיים. היא שריד קשה מגוף רך, שבר שממנו פליאונטולוגים צריכים לשחזר אנטומיה, התנהגות ואקולוגיה — בלי להעמיד פנים שראו את היצור בחיים. לכן המאמר הזה גם מפתה מאוד וגם קל לפשט אותו יתר על המידה. גרסת הכותרת קורצת: תמונני ענק דמויי קראקון שלטו באוקיינוסים של הקרטיקון. הגרסה הזוירה טובה יותר: לסתות מאובנות שהשתמרו באופן יוצא דופן מרמזות שכמה מהתמוננים בעלי הסנפירים הקדומים ביותר הידועים היו טורפים גדולים מאוד, שריסקו שוב ושוב טרף קשה ואולי הגיעו לרמה העליונה של מארגי המזון הימיים בקרטיקון המאוחר.

גם כך זה מרהיב. צריך לקרוא את זה לא כסיפור על מפלצת ים, אלא כשחזור המבוסס על לסתות, דפוסי שחיקה, טקסונומיה וקנה מידה של גודל גוף.



שחזור אמנותי של שני מיני *Nanaimoteuthis* הנדונים במאמר, עם הלסתות התחתונות המאובנות המוצגות כראיה הישירה שמאחורי שחזור גודל הגוף. התמונה היא שחזור, לא צילום של מאובן: הראיות שהשתמרו הן הלסתות, בעוד שאורך הגוף ותפקיד של טורף-על מוסקים באמצעות scaling, דפוסי שחיקה ואקולוגיה.

Original hybrid diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

מה עשו המחקרים

המחקרים בחנו מחדש לסתות מאובנות של צפולופודים אוקטובריים מן הקרטיקון — הקבוצה הרחבה הכוללת תמנונים וקרוביהם. חמש-עשרה לסתות גדולות דווחו בעבר מיפן ומאי ונקובר. הצוות מצא גם שתיים-עשרה לסתות נוספות בתוך חמש קונקרציות קרבונטיות מיפן באמצעות כריית מאובנים דיגיטלית.

השיטה שילבה טומוגרפיה לייזר ברזולוציה גבוהה ובצבע מלא עם מודל AI ללמידת zero-shot, כלומר מודל שלא אומן במיוחד על המאובנים האלה. החוקרים ליטשו כל קונקרציה במרווחים של 50 מיקרומטר, וצילמו כל משטח חדש שנחשף כדי לבנות רצף גדול של תמונות צבעוניות. מודל סגמנטציה בשם DEVA יצר מתאר דיגיטלי, או מסכה, של הלסת בכל תמונה. החוקרים בדקו את המתארים מול התמונות המקוריות, ואז ערמו וחיברו אותם למודלים תלת-ממדיים בצבע המקורי ועם החלקה מינימלית. כך הם יכלו לזהות לסתות חבויות בתוך הסלע ולבחון שבבים עדינים, שריטות וסימני שחיקה אחרים על פני השטח. טומוגרפיה לייזר הרסה את חמש דגימות הסלע, אבל נתוני התמונות, המסכות והמודלים התלת-ממדיים שנוצרו נשמרו בארכיון.

לאחר מכן הם ביצעו ארבעה צעדים מקושרים.

ראשית, הם תיקנו את הטקסונומיה. לסתות מאובנות שיוחסו בעבר לחמישה מינים אורגנו מחדש לשני מינים: *jeletzkyi Nanaimoteuthis* ו-*haggarti Nanaimoteuthis*. הסוג, שבעבר נחשב לקרוב של דיונון הערפד, ממוקם כן בתוך *Cirrata*, התמנונים בעלי הסנפירים.

שנית, הם האריכו את ציר הזמן. החומר החדש דוחף את *jeletzkyi N.* אחורה עד לצנומן המוקדם ביותר, לפני כ-100 מיליון שנה, ומאריך את העדות הידועה לתמנונים בעלי סנפירים בכ-15 מיליון שנה ואת תיעוד התמנונים בכלל בכ-5 מיליון שנה.

שלישית, הם העריכו את גודל הגוף מגודל הלסת. באמצעות יחסי אלומטריה מתמנונים מודרניים ארוכי-גוף ובעלי סנפירים, הם העריכו את אורך הגלימה ואז את האורך הכולל. הטווחים רחבים: *jeletzkyi N.* הגיע לפי ההערכה לכ-2.8 עד 7.7 מטרים באורך כולל, ו-*haggarti N.* לכ-6.6 עד 18.6 מטרים. הקצה העליון הזה הוא מקור שפת ה"קראקן".

השיטות המשלימות מפרטות את שרשרת ה-scaling. החוקרים שיחזרו במידת הצורך מתארים של לסתות שחוקות או בלויות, ואז השתמשו ב-12 יחסים ייחודיים למינים בין אורך ה-hood של הלסת התחתונה לבין אורך הגלימה. הם תיקנו לפי התכווצות ממוצעת של 39% עקב קיבוע בדגימות המודרניות הרלוונטיות, והמירו אורך גלימה לאורך כולל באמצעות יחס של 4.2 שנגזר מתמנונים חיים בעלי סנפירים וארוכי גוף. הבחירות האלה מייצרות טווח, לא מדידה ישירה של גוף מאובן.

רביעית, הם בחנו את השחיקה. בלסתות הגדולות ביותר, אזורים שבצעירים היו חדים היו קהים ומעוגלים. נראו שבבים, שריטות, משטחים מלוטשים, סדקים ואובדן א-סימטרי של שולי הלסת. המחקרים מפרשים זאת כעדות לריסוק חוזר של טרף קשה, ואולי גם להתנהגות לטרלית — העדפה של צד אחד.

מה הם מצאו

כנראה שמדובר בתמנונים מוקדמים בעלי סנפירים, לא בדיונוני ערפד. הטקסונומיה המשלימה מפרידה בין שני צעדים מקושרים. כל *bridge* הוא רצועת חומר בלסת שמחברת את ה-hood לדופן צדדית. אצל *Nanaimoteuthis*, ה-bridges האלה מוסתרים לחלוטין על ידי לוחות הלסת הפנימי והחיצוני, דפוס התומך בשיך הסוג ל-*Cirrata*. כנפי הלסת הרחבות שלו תומכות לאחר מכן בשיוכו לקבוצת התמנונים בעלי הסנפירים וארוכי הגוף. זה חשוב, משום

שהמאמר אינו אומר רק "צפלוּפוד גדול"; הוא משנה את מיקומם של המאובנים האלה בהיסטוריה של התמנונים.

הם היו עתיקים. הדגימות החדשות מציבות תמנונים בעלי סנפירים לפני כ-100 מיליון שנה, בקרטיקון המאוחר. זה הופך אותם לכמה מבעלי החיים הקדומים ביותר הידועים בקו האבולוציוני של התמנונים.

ייתכן שהם היו עצומים. אומדני גודל הגוף אינם מדידות יחידות של גופים שהשתמרו; הם חישובים מן הלסתות. אבל גם בניסוח זהיר המספרים גדולים. המין הקטן יותר, jeletzkyi, N. מוערך באורך כולל של כמה מטרים. הגדול יותר, N. haggarti, מוערך עד לכ-18.6 מטרים, קנה מידה הדומה לטורפים הימיים הגדולים ביותר של התקופה ולצפלוּפודים החיים הגדולים ביותר.

הלסתות היו שחוקות מאוד. בדגימות הגדולות ביותר, אובדן חומר הלסת הגיע לכ-10% מאורך הלסת הכולל. המאמר טוען שהשחיקה אינה נזק מהכנת המאובן או שחיקה בזמן הובלה: הדגימות הגיעו ממשקעים שקטים יחסית של מדף חיצוני, השבבים והשריטות השתמרו באופן שמתאים לשימוש, ולסתות מאובנות של דיונונים שנמצאו יחד אינן מראות את אותו דפוס. המחברים משווים את השחיקה לצפלוּפודים מודרניים דורפניים — בעלי חיים שאוכלים טרף קשה.

השחיקה הייתה א-סימטרית. שפת הלסת הימנית הייתה שחוקה יותר מהשמאלית בשני המינים. המחברים מפרשים זאת כאפשרות של לטרליזציה התנהגותית: העדפה להשתמש בצד אחד יותר מהאחר. מכיוון שלטרליזציה התנהגותית קשורה בבעלי חיים מודרניים למערכות עצבים מורכבות, הם מציעים שגם לתמנונים הקדומים האלה ייתכן שכבר הייתה אינטליגנציה מתקדמת.

מה זה כנראה אומר

הפרשנות האקולוגית החזקה ביותר היא שלא כל התמנונים בעלי הסנפירים בקרטיקון המאוחר היו חיות קטנות ברקע של מערכות אקולוגיות שנשלטו בידי חולייתנים גדולים. הטיעון של המחברים לתפקיד טורף-על משלב שני ממצאים: גודל גוף מוערך עצום וקרניבוריות דורפנית — עיבוד חוזר של טרף מן החי בעל חלקים קשים — המוסקת משחיקת הלסתות. יחד, הממצאים האלה תומכים באפשרות ששושלת של חסרי חוליות הצטרפה לרמה העליונה של מארג מזון שבדרך כלל מקושר למוזאזאורים, פלזיוזאורים, דגים גדולים וכרישים.

גם הסיפור האבולוציוני מעניין. טורפים ימיים חולייתנים וצפלוּפודים מקו התמנונים הגיעו לטריפה במסלולים שונים מאוד. חולייתנים פיתחו לסתות, גופים הידרודינמיים ולעיתים הפחיתו שריון חיצוני. קרובי התמנונים צמצמו או הפנימו את הקונכיות שלהם, נעשו רכי-גוף וניידים, ובמקביל שמרו על לסתות חזקות וזרועות גמישות. המאמר מציג זאת כמסלול מתכנס לעבר טורפים ימיים גדולים ואינטליגנטיים.

החלק הספקולטיבי יותר הוא ההתנהגות. שחיקה נרחבת תומכת בהזנה מטרף קשה. גודל גדול תומך בחשיבות אקולוגית. שחיקה א-סימטרית תומכת באפשרות של לטרליזציה התנהגותית. אבל "אינטליגנציה מתקדמת" היא הסקה, לא מדידה ישירה מן המאובן. זה סביר בהקשר של ביולוגיית התמנונים, אך אין להציג זאת כחזק יותר מן הראיות.

מה זה לא מוכיח

- הוא לא משמר גוף שלם של תמנון ענק. השחזור מבוסס בעיקר על לסתות, וגודל הגוף מוסק מ-scaling של תמנונים מודרניים בעלי סנפירים.

- הוא לא מציג תוכן קיבה או שרידי טרף ישירים. אכילת טרף קשה מוסקת משחיקת הלסת, לא מארוחה מאובנת.
- מאמר המחקר של המחברים לא מציע שהם אכלו מוזאזאורים, פלזיוזאורים או זוחלים ימיים גדולים אחרים. טקסט המחקר מזכיר בעלי חיים כאלה רק כהשוואה לגודל הגוף ולמיקום האקולוגי.
- הוא לא נותן אורך גוף מדויק. האומדנים הם טווחים, והטענה הגדולה ביותר היא אומדן עליון.
- הוא לא מודד אינטליגנציה ישירות. שחיקה א-סימטרית של הלסת מתפרשת כאפשרות ללטרליזציה התנהגותית, שעשויה לרמוז על התנהגות מורכבת; אלה כמה שלבי הסקה הרחק מן הידיעה מה בעל החיים היה מסוגל לעשות.
- הוא לא אומר שכל התמנונים הקדומים היו ענקיים. הטענה נוגעת למיני *Nanaimoteuthis* האלה, ובמיוחד ל-N-haggarti, לא לכל שושלות התמנונים הקדומות.

עד כמה הראיות חזקות?

לקיומן של לסתות גדולות מאוד של בעלי חיים מקו התמנונים בקרטיקון, הראיות חזקות: המאמר מציג דגימות מתוארות, מודלים דיגיטליים, הקשר סטרטיגרפי והשוואות ללסתות של צפלופודים מודרניים ומאובנים.

גם לגבי אכילת טרף קשה הראיות חזקות למדי. דפוסי השחיקה מפורטים — שבבים, שריטות, ליטוש, סדקים ואובדן א-סימטרי — והמחברים משקיעים מאמץ בשלילת נזק הכנה ושחיקה בזמן הובלה. ההשוואה לצפלופודים דורפגיים מודרניים היא גשר סביר.

לגבי גודל גוף מדויק ותפקיד של טורף-על, הביטחון צריך להיות מתון יותר. אומדני הגודל תלויים ב-scaling אלומטרי מתמנונים חיים ארוכי-גוף ובעלי סנפירים. התפקיד האקולוגי מוסק משילוב של גודל מוערך וקרניבוריות דורפגית, לא מתצפית ישירה. הטיעון קוהרנטי, אבל זה שחזור אקולוגי, לא מפקד ישיר של מארג המזון.

למה זה חשוב

זהו מקרה טוב לאופן שבו פליאונטולוגיה יכולה לטעון טענות חזקות מתוך ראיות חלקיות בלי קסם. הלסת היא העצם. השחיקה היא עקבת ההתנהגות. עקומת ה-scaling היא הגשר מן המאובן הקשה אל הגוף הרך. כל שלב מוסיף כוח, וכל שלב מוסיף אי-ודאות. זה הלקח שכדאי לשמר.

המאמר גם מתקן תמונה מוכרת. בדרך כלל מדמיינים את אוקיינוסי הקרטיקון כעולם של טורפים חולייתנים גדולים וטרף קטן יותר בעל קונכיות. המאובנים האלה מרמזים שכמה חסרי חוליות רכי-גוף לא רק הסתתרו מתחת למארג המזון הזה. ייתכן שהם התחרו ברמות העליונות שלו.

התוצאה ויזואלית להפליא, אבל הסיפור המדויק יותר אינו "הקראקן היה אמיתי". הוא שתמנונים גדולים ומוקדמים בעלי סנפירים השאירו לסתות, ומהן שיחזרו חוקרים גופים עצומים והזנה חוזרת מטרף קשה — שילוב שמבסס טיעון רציני, אך עדיין הסקתי, לקיומם של טורפי-על חסרי חוליות בעידן הזוחלים הימיים.

בקצרה

חוקרים בחנו מחדש לסתות מאובנות של צפלופודים מן הקרטיקון מיפן ומאי ונקובר, והשתמשו בטומוגרפיית ליטוש בצבע מלא יחד עם סגמנטציית AI ב-zero-shot כדי לשחזר דיגיטלית לסתות חבויות כמודלים תלת-ממדיים מפורטים

מתוך סלעים יפניים. הם ארגנו מחדש כמה טקסונים מאובנים לשני מיני *Nanaimoteuthis*, המתפרשים כאן כתמנונים מוקדמים בעלי סנפירים. המאובנים מארכים את התיעוד של תמנונים בעלי סנפירים עד לפני כ-100 מיליון שנה. באמצעות scaling מגודל הלסת, המחברים מעריכים אורכים כוללים של כ-2.8–7.7 מ' ל-*jeletzkyi N.* וכ-6.6–18.6 מ' ל-*haggarti N.* שחיקה כבדה של הלסת – שבבים, שריטות, ליטוש, סדקים ואובדן א-סימטרי של הקצה – מצביעה על ריסוק חוזר של טרף קשה ואולי על לטרליזציה התנהגותית. גודל מוערך עצום יחד עם קרניבוריות דורופגית תומכים בפרשנות שתמנונים אלה אולי תפסו מקום ברמה העליונה של מארגי המזון הימיים. הראיות אינן כוללות גופים שלמים, אורכים מדויקים, טרף מזוהה או מדידות ישירות של אינטליגנציה. מאמר המחקר עצמו אינו מציע טריפה של זוחלים ימיים גדולים.

בדיקה מפוכחת

מה המאמר מראה: לסתות גדולות של בעלי חיים מקו התמנונים מן הקרטיקון, שתוקנו טקסונומית לשני מיני *Nanaimoteuthis* ומוקמו בתוך התמנונים בעלי הסנפירים; תיעוד קדום יותר ל-*Cirrata*; אומדני גודל גוף של כמה מטרים ואולי עד 18.6 מ'; שחיקה נרחבת בלסתות בוגרים שמתאימה לאכילת טרף קשה; ושחיקה א-סימטרית שמתאימה לאפשרות של לטרליזציה התנהגותית.

מה סביר אך לא הוכח: ש-*haggarti N.* היה בין חסרי החוליות הגדולים ביותר הידועים; שבעלי החיים האלה מילאו תפקיד אמיתי של טורפי-על; ששחיקה א-סימטרית משקפת לטרליזציה התנהגותית וקוגניציה מתקדמת.

מה הוא לא מראה: מאובני גוף שלם; טרף ישיר או תוכן קיבה; אורכי גוף מדויקים; טריפה של זוחלים ימיים גדולים; עדות ישירה לאינטליגנציה; או שכל התמנונים הקדומים היו ענקים.

המגבלות העיקריות: גודל הגוף מוסק באמצעות מודל רב-שלבי מלסת לאורך גלימה ואז לאורך כולל; תפקיד טורף-על מוסק מגודל מוערך יחד עם קרניבוריות דורופגית; התנהגות מוסקת משחיקה א-סימטרית; המאובנים משמרים לסתות ולא בעלי חיים שלמים או טרף ישיר.

כמה ביטחון צריך להיות לקורא כללי? גבוה בכך שהמאובנים כוללים לסתות גדולות מאוד של תמנונים מוקדמים בעלי סנפירים, עם ראיות חזקות לשחיקה. בינוני בכך שהפרטים הגדולים ביותר הגיעו לקצה העליון של טווח 6.6–18.6 מ'. בינוני בכך שהיו טורפי-על ממש ולא רק קרניבורים גדולים מאוד של טרף קשה. נמוך לגבי פרטים ספציפיים על האינטליגנציה שלהם. הגישה המתאימה: סיפור מאובנים מרהיב, אבל כזה שנבנה מלסתות ומהסקה – לא ממפלצת ים שלמה.

עדכונים לאחר הפרסום

• תיקון · 2026-07-26

לאחר משוב מהמחבר המתכתב Iba, Yasuhiro הבהרנו במפורש שמאמר המחקר עצמו מציג זוחלים ימיים גדולים כהשוואה ולא כטרף, וחידדנו את ההבחנה בין מאמר המחקר לבין Summary Editor's הנפרד של Science בנוגע לייחוס טרף. הרחבנו גם את תיאור שיטת כריית המאובנים הדיגיטלית ואת הראיות לתפקיד טורף-על, ובדקנו את כל החומר המשלים.

מקורות

(2026) 410–406 ,392 Science

<https://doi.org/10.1126/science.aea6285>

references and S1–S6, figures text, methods, Supplementary

https://www.science.org/doi/suppl/10.1126/science.aea6285/suppl_file/science.aea6285_sm.pdf

S1–S6 tables Supplementary

https://www.science.org/doi/suppl/10.1126/science.aea6285/suppl_file/science.aea6285_tables_s1_to_s6.zip

checklist reproducibility MDAR

https://www.science.org/doi/suppl/10.1126/science.aea6285/suppl_file/science.aea6285_mdar_reproducibility_checklist.pdf

Figshare — dataset jaws lower Fossil

<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.27933759>

Figshare — animations Tomographic

<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.27935904>

Zenodo — code segmentation AI CPU-enabled

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15176344>