

קרח בוער – הידרטים של גז

Jess I. T. Hillman*

המכון למדעי הניאולוגיה והגרעין (GNS Science), וולינגטון, ניו-זילנד

בכל רחבי העולם, מתחת לקרקעית הים, ישנם חללים אדירים של גז טבעי. אולם, אלה אינם המאגרים הרגילים של גז שאנו משתמשים בו לבישול, חימום הבתים שלנו והפקת חשמל בתחנות כוח. הגז הזה כלוא במה שאנחנו מכנים הידרטים של גז. הידרטים של גז הם צורה מוצקה של מים, יותר כמו קרח, שמכילים מולקולות גז שכלואות בתוך "כלוב" של מולקולות מים. הידרטים של גז נמצאים על מדפים יבשתיים ברחבי העולם ובכפור-עד (permafrost) באוקיינוס הקרח הצפוני. אנו מתעניינים בהידרטים של גז מאחר שאפשר להשתמש בהם כמקורות עתידיים של גז טבעי. הם גם חשובים מאחר שהם יכולים לגרום למפולות אדמה גדולות על קרקעית הים, מה שעלול להזיק למערכות של צינורות וכבלים שנמצאים קרוב לחוף ולתרום להיווצרות של גלי צונאמי.

מהם הידרטים של גז?

הידרטים של גז הם צורה נוזלית של מים, דומה לקרח, שמכילים מולקולות גז אשר כלואות ב"כלוב" של מולקולות מים (ראו איורים 1a,b [1]). **מתאן** הוא הגז השכיח ביותר שנמצא בהידרטים, והוא גם הגז הטבעי שאנו משתמשים בו כמקור דלק. אנו משתמשים בגז טבעי לחימום הבתים שלנו, לבישול על כיריים ולהפקת חשמל בתחנות כוח. הידרטים של גז

סוקרים צעירים

SAINT JOHN'S SCHOOL
(SCIENCE CLUB)
גיל: 12-13



הידרט של גז (Gas Hydrate)

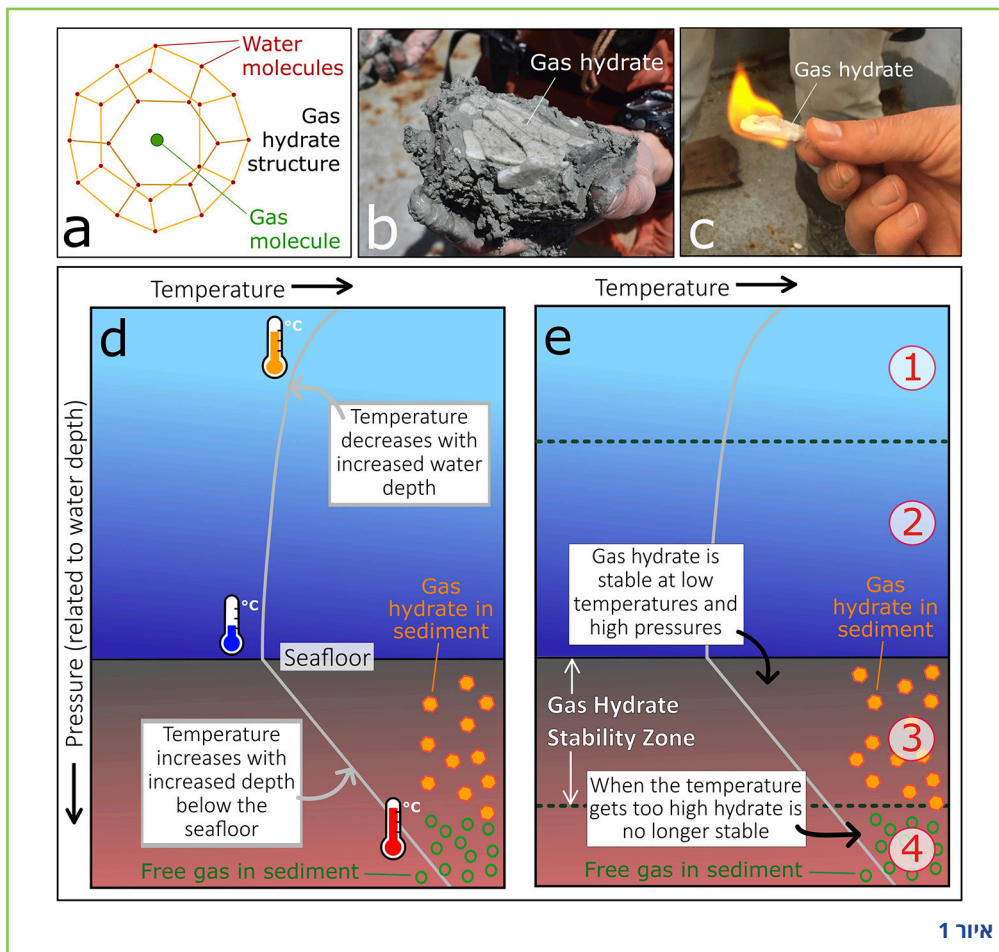
צורה מוצקה של מים, דומה לקרח, אשר מכילים מולקולות גז שלכודות בתוך "כלוב" של מולקולות מים.

מתאן (Methane)

גז שנמצא בכמויות קטנות באטמוספירה של כדור הארץ. מתאן הוא דליק ומשמש כדלק בכל העולם.

איור 1

(a) המבנה של מולקולת הידרט גז. (b) שכבה דקה של הידרט גז לבן שנאסף מליבת משקעים מתחת לקרקעית הים. (c) מדען מחזיק פיסה קטנה של הידרט גז שבוערת באש. (d) טמפרטורת המים (הקו האפור) יורדת כשמי האוקיינוס נעשים עמוקים יותר, ואז עולה שוב מתחת לקרקעית הים. (e) הידרטים של גז יציבים רק בלחצים גבוהים ובטמפרטורות נמוכות, כך שהיציבות נשלטת על-ידי הטמפרטורה (קו אפור) והעומק מתחת לקרקעית הים. באזור 1 הלחץ הוא נמוך מדי כך שהידרטים אינם יציבים; באזור 2 ישנם יותר מדי מים ולא מספיק גז כדי ליצור הידרט; באזור 3 התנאים מושלמים להיווצרות הידרט, כך שהם יציבים; באזור 4, כשנעשה חם מדי, ההידרטים לא יכולים להיווצר.



איור 1

מכונים "קרח בוער" (fiery ice) מאחר שאתם יכולים להדליק אותם והגז שכלוא בתוכם יבער (איור 1c).

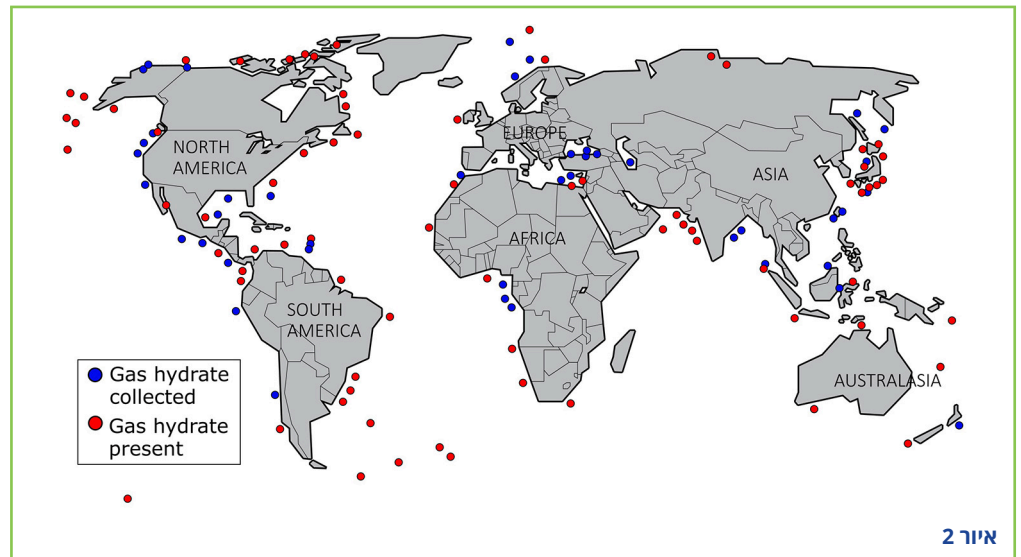
היכן וכיצד אנו מוצאים הידרטים של גז?

הידרטים של גז דומים לקרח מאחר שהם יציבים בטמפרטורות ובלחצים מסוימים (איור 1d,e). אם תיקחו קרח מהמקפיא הוא יימס ויהפוך למים מאחר שהוא יציב רק בטמפרטורות נמוכות מאוד. הידרטים של גז הם יציבים בטמפרטורות נמוכות (2-20 מעלות צלזיוס) ולחצים גבוהים. משמעות הדבר היא שאנו מוצאים אותם מתחת למים במדפים ושיפועים יבשתיים ובכפור-עד על האדמה. מדפים ושיפועים יבשתיים הם אזורים רדודים מתחת למים שמקיפים את מרבית המסה של אדמת כדור הארץ. עומק המים באזורים האלה הוא בסביבות 100-2,000 מטרים (איור 2). אזורי כפור-עד הם מקומות שבהם שכבות עבות של אדמה נשארות מתחת לטמפרטורת הקיפאון כל השנה, והם נמצאים באזור הארקטי שבו טמפרטורת האדמה נמוכה מאוד.

ישנן כמה דרכים שונות שבהן אנו יכולים למצוא הידרטים של גז במשקעים מתחת לאוקיינוס. הטכניקה שנמצאת בשימוש השכיח ביותר למציאת הידרטים של גז היא איסוף נתונים סיסמיים. נתונים סיסמיים מבוססים על גלי קול, ויוצרים תמונה של משקעים מתחת לאדמה

איור 2

מיקומים שבהם זיהינו הידרטים של גז באמצעות נתונים סיסמיים או נתוני בָּאָר (עיגולים אדומים), ואזורים שבהם אספנו הידרטים של גז מדגימות (עיגולים כחולים) [1, 2].



איור 2

(איור 3a) [3]. אפשר להשתמש בהם על היבשה ובים, אולם כאן אנו נדבר על איסוף נתונים סיסמיים בים. כדי לאסוף נתונים סיסמיים בים, ספינה מטיילת סביב בעודה גוררת מקור קול (כמו רמקול גדול) וסדרה של הידרופונים שמקשיבים ומקליטים את גלי הקול שמוחזרים מקרקעית הים ואת שכבות המשקעים שמתחת לקרקעית הים. גלי הים מוחזרים, או חוזרים חזרה, כמו הד כשאתם צועקים בחדר ריק גדול. אנו יכולים להשתמש בגלי הקול המוחזרים כדי לבנות תמונה של שכבות המשקעים שמתחת לקרקעית הים באמצעות מדידת הזמן שבו לוקח לגל הקול "לטייל" למטה, להיות מוחזר ו"לטייל" חזרה להידרופונים. כתלות בסוג המשקעים שסורקים, אנו יכולים לאסוף מידע מעומק של עד כמה קילומטרים מתחת לקרקעית הים [3]. גלי הקול יוחזרו מכל משטח שבו ישנם שינויים בצפיפות של המשקעים. לכן, אם יש לכם שכבה בוצית שיושבת על גבי שכבה חולית, גלי הקול יוחזרו מאזור המגע שבין שתי השכבות. אנו יכולים להשתמש בנתונים סיסמיים כדי למצוא הידרטים של גז מאחר שהם משנים מעט את הצפיפות של המשקעים שבתוכם הם נמצאים. הם גם נמצאים לעיתים קרובות עם בועות גז שכלואות מתחת לשכבת ההידרט במשקע. בועות גז משנות את צפיפות המשקע די הרבה, כך שקל לראות אותן בנתונים סיסמיים. בנתונים אנו רואים את השינוי הזה מהידרט לבועות גז במשקע כקו, שנקרא סימולצית החזר קרקעית (BSR - bottom simulating reflection); (איור 3a). זה נקרא "סימולצית קרקעית" מאחר שהיא עוקבת באופן גס אחרי עומק קרקעית הים שמעליה. הסיבה לכך היא שעומק המים שולט על הלחץ והטמפרטורה, ולכן שולט על המיקום שבו ההידרטים יציבים [1] (איור 1e).

לעיתים אנו אוספים דגימות משקעים כדי לראות אם הן מכילות הידרטים של גז, אולם זה לא כל כך קל כשהמשקעים שאנו רוצים לדגום נמצאים במים עמוקים מאוד. כדי לעשות זאת אנו צריכים להשתמש בספינה עם ציוד מיוחד שיכול להיות מורד אל קרקעית הים, ולאסוף את מה שמכונה ליבת משקעים (איורים 1c, 3b). זה כמו לקחת קש חלול ולדחוף אותו לתוך עוגת שכבות. כשאתם מושכים את הקש החוצה אתם מקבלים "דגימה" של העוגה שנתקעה בו, ואתם יכולים לומר ממה מורכבות השכבות השונות אם אתם מסתכלים על הדגימה הזאת. איסוף ליבת משקעים לוקח זמן רב והוא אומר לנו רק אם ישנם הידרטים של גז באזור קטן מאוד, מאחר שאורך הליבות הוא בדרך כלל כ-10 סנטימטרים בלבד ורוחבן מטרים ספורים.

צפיפות

(Density)

צפיפותם של חומרים היא היחס שבין מסת החומר למידה שבה הוא תופס מקום במרחב (נפח).

החזרה

(Reflection)

שינוי בכיוון של גל (גלי קול, אור ומים הם הגלים השכיחים ביותר) בגבול שבין שני חומרים שונים, כך שהגל נע חזרה בכיוון שממנו הוא בא. הד הוא דוגמה לגל קול שמוחזר ממשטח.

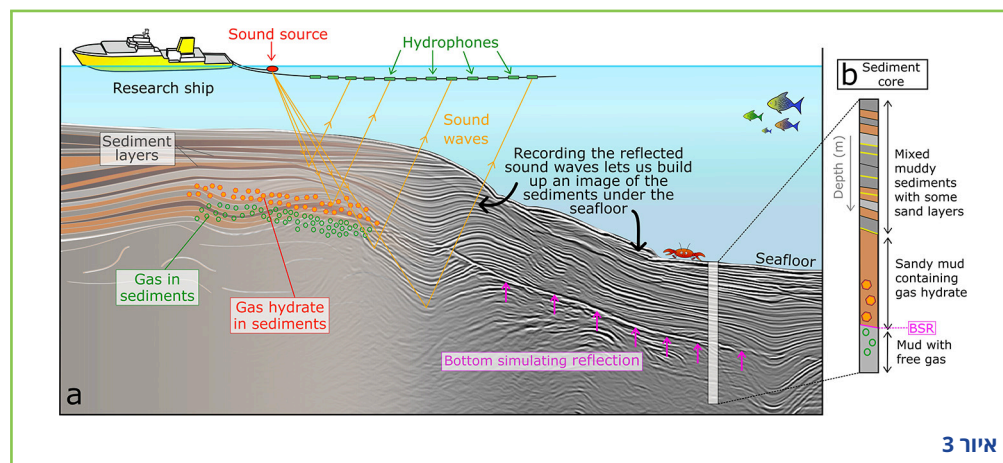
ליבת משקעים

(Sediment Core)

דגימה גלילית של משקע שנאספת מתחת לפני השטח של הרצפה או של קרקעית הים.

איור 3

(a) ספינת מחקר שרוכשת נתונים סיסמיים באמצעות שימוש במקור קול ובהידרופונים שנגררים מאחורי הספינה. גלי הקול מוחזרים מקרקעית הים ומשכבות המשקעים שמתחת לקרקעית הים, מה שמייצר תמונה של שכבות המשקע. (b) ליבות משקעים מסייעות לנו לראות מה מרכיב את השכבות שמתחת לקרקעית הים.



איור 3

אנו גם יכולים לזהות הידרטים של גז באמצעות שיטה של **תיעוד של קידוח הבאר**. כאשר באר נחפרת בתוך קרקעית הים, אפשר להוריד כלי מדידה לתוך החור כדי למדוד ולרשום את התכונות השונות של המשקעים והאבנים מתחת לקרקעית הים. אחד מכלי המדידה השכיחים ביותר מוזד את **ההתנגדות** של המשקעים. המדידה הזו אומרת לנו אם המשקעים יכולים להוליך חשמל או לא, מה שאומר לנו מה נמצא בחללים הזעירים שבין גרגרי המשקעים. אם ישנו הידרט גז בחללים האלה, מדידת ההתנגדות תהיה גבוהה מאוד מאחר שהידרטים של גז לא מוליכים חשמל בצורה טובה. אם ישנם מים בחללים הנקבוביים, מדידת ההתנגדות תהיה נמוכה מאחר שמים מוליכים חשמל די טוב. השיטה הזו שימושית אולם יכולה לשמש אותנו רק במקומות שבהם יש באר, וכמו בדגימת הליבה היא מספקת לנו מידע רק על האזור הקטן שסביב לבאר.

תיעוד של קידוח הבאר (Well Log)

תיעוד מפורט של ההתרחשות הגיאולוגית במהלך קדיחה של באר. תיעוד זה מתבצע בדרך כלל או על-ידי לקיחת דגימות או באמצעות שימוש במכשירי מדידה שמורדים לתוך הבאר כדי לרשום שינויים בתכונות של המשקעים, כמו למשל ההתנגדות.

התנגדות (Resistivity)

מדד של עד כמה החומר מתנגד או עוצר את זרימת החשמל דרכו. יחידת מידת ההתנגדות היא אוהם מטרי (mΩ).

מאגר (Reservoir)

מקום שמספק או מאחסן כמות גדולה של משהו (בדרך כלל מדובר במשאב טבעי).

מדוע אנו מתעניינים בהידרטים של גז?

הידרטים של גז מעניינים מאחר שהם עשויים להיות מקור שימושי מאוד לגז טבעי בעתיד, אולם אנו גם יכולים לחקור אותם מאחר שהם עלולים להיות מסוכנים. ישנם הרבה יותר הידרטים של גז ברחבי העולם מאשר **מאגרים** רגילים של שמן וגז [1]. אולם לא קל להוציא את הגז מההידרטים של גז באותה המידה שקל להוציא גז ממאגרים רגילים. כדי להוציא את הגז ממאגר ההידרט אנו צריכים או לחמם את המשקעים או להפחית את הלחץ. זו משימה די קשה, וכיום איננו מפיקים כמויות גדולות של גז מהידרטים של גז, אף על פי שחלק מהמדינות, כמו יפן, בחנו את הרעיון הזה [4].

הידרטים של גז גם מהווים איום פוטנציאלי מאחר שהם יכולים לגרום למפולות בקרקעית הים. הסיבה לכך היא שהידרטים משנים את האופן שבו משקעים מתנהגים, ויכולים לגרום למשקעים להיות בלתי יציבים [5]. הידרטים של גז יכולים להתנהג כמו בטון ולהחזיק את גרגרי המשקעים יחד, מה שיכול לגרום להם להיות חזקים יותר. אולם אם ההידרטים של הגז נעשים בלתי יציבים מאחר שקרקעית הים משתנה או שהטמפרטורה עולה, המשקעים יאבדו את הבטון שלהם ויהיו חלשים ומועדים יותר לנוע, מה שיגרום למפולת. אם הידרט הגז נעשה בלתי יציב, כמויות גדולות של גז ישתחררו לתוך המשקעים, מה שיגרום להם להיות אפילו יותר בלתי יציבים בזמן שהגז יתפשט וידחוף את המשקעים שסביבו. כתלות באם המפולות האלה מתרחשות וכמה הן גדולות, הן עשויות לגרום לצונאמים. צונאמים הם גלים גדולים

מאוד שיכולים להגיע למרחקים גדולים מאוד ולגרום להרבה נזק ולהצפות כשהם פוגעים באדמה. אפילו מפולות קטנות יכולות להוות בעיה, מאחר שהן עשויות להזיק לכל מה שנמצא על קרקעית הים בקרבת מקום, כמו למשל צינורות או כבלים.

מה עוד אנו צריכים לדעת?

עדיין יש הרבה דברים שאיננו מבינים לחלוטין על הידרטים של גז. אחת השאלות הגדולות היא כמה גז בדיוק נמצא במאגרי ההידרטים של גז ברחבי העולם. נכון להיום קשה למדוד זאת במדויק – אנו יכולים רק להעריך. מדענים מנסים לענות על השאלה הזו באמצעות טכנולוגיות חדשות ודרכים שונות להסתכל על נתונים. כמו כן איננו יודעים כיצד הידרטים של גז יגיבו אם טמפרטורת האוקיינוס תמשיך לעלות, או אם מפלס הים ישתנה בעתיד. ייתכן שאם כמויות גדולות של הידרטים של גז מתחת לקרקעית הים יעשו בלתי יציבות, הן יוכלו לשחרר הרבה מתאן לאוקיינוסים. זה יחריף את הבעיות הקיימות, כמו למשל החמצה של האוקיינוס וחלק מהמתאן יוכל להגיע לאטמוספירה, מה שיתרום להתחממות הגלובלית. מדענים מנסים לגלות עוד על התופעה הזו באמצעות בחינת משקעים ישנים יותר כדי לראות מה עשוי היה לקרות בעבר כשהאקלים היה קר או חם יותר, וכאשר מפלס הים היה גבוה או נמוך יותר. אנו גם יכולים להשתמש בסימולציות מחשב כדי לנסות לגלות מה עשוי לקרות אם התנאים האלה ישתנו וההידרטים של הגז יעשו בלתי יציבים. דרך חקירת האופן שבו הידרטים של גז נוצרים, אנו יכולים להבין טוב יותר כיצד הם עשויים לשמש אותנו ומה עשוי לקרות למאגרי ההידרטים האלה אם התנאים באוקיינוס ישתנו.

מקורות

1. Collett, T., Bahk, J.-J., Baker, R., Boswell, R., Divins, D., Frye, M., et al. 2015. Methane hydrates in nature—current knowledge and challenges. *J. Chem. Eng. Data* 60:319–29. doi: 10.1021/je500604h
2. Kvenvolden, K. A., Ginsburg, G. D., and Soloviev, V. A. 1993. Worldwide distribution of subaquatic gas hydrates. *Geo-Mar. Lett.* 13:32–40. doi: 10.1007/BF01204390
3. Petroleum Exploration and Production Association of New Zealand. 2019. *Seismic Surveys: Exploring What Lies Beneath*. Available online at: <http://www.seismicsurvey.co.nz/>
4. Ruppel, C. 2007. Tapping methane hydrates for unconventional natural gas. *Elements* 3:193–9. doi: 10.2113/gselements.3.3.193
5. Crutchley, G. J., Mountjoy, J. J., Pecher, I. A., Gorman, A. R., and Henrys, S. A. 2016. "Submarine slope instabilities coincident with shallow gas hydrate systems: insights from New Zealand examples," in *Submarine Mass Movements and their Consequences*, eds G. Lamarche, J. J. Mountjoy, S. Bull, T. Hubble, S. Krastel, E. Lane, et al. (Cham: Springer International). p. 401–9. doi: 10.1007/978-3-319-20979-1_40

פורסם אונליין: 09 בנובמבר 2021

נערך על ידי: Mark A. Brandon, The Open University, United Kingdom

ציטוט: Hillman JIT (2021) קרח בוער – הידרטים של גז. Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2019.00096-he

תורגם והותאם: Hillman JIT (2019) Fiery Ice—Gas Hydrates. Front. Young Minds 7:96. doi: 10.3389/frym.2019.00096

הצהרת ניגוד אינטרסים: המחברים מצהירים כי המחקר נערך בהעדר כל קשר מסחרי או פיננסי שיכול להתפרש כניגוד אינטרסים פוטנציאלי.

COPYRIGHT © 2019 © Hillman 2021. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון Creative Commons Attribution License (CC BY). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחבר(ים) המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה. השימוש, ההפצה או ההעתקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

סוקרים צעירים

13-12, SAINT JOHN'S SCHOOL (SCIENCE CLUB) גיל:

קבוצה דינמית מאוד, עליזה ופרועה של חוקרים שממשיכים לנסות לנלות דברים חדשים בעודם מנסים את מירב הניסויים שהם מצליחים למצוא באינטרנט. כתוצאה מהדמיון המפותח שלהם, רעיונות נולדים על בסיס יומי אשר מאפשרים להם להשתמש במתודה המדעית כדי לתקשר עם הסביבה שמקיפה אותם.

הכותבת

JESS I. T. HILLMAN

Jess היא גיאולוגית וגיאופיזיקאית ימית. העבודה הנוכחית שלה מתמקדת בחקר הגיאולוגיה מתחת לקרקעית הים ליד החוף המזרחי של האי הצפוני של ניו-זילנד. *j.hillman@gns.cri.nz



Hebrew version
provided by

מזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים (נ.ר.)
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس
Bloomfield Science Museum Jerusalem

