

# משבר בתפיסת שימור הטבע

אירוס ברורמן

מדעני הסביבה חלוקים כיום בשאלה כיצד להתמודד עם הפגיעה המתמשכת במערכות האקולוגיות ברחבי העולם, המואצת בשל שינויי האקלים. אנשי השימור המסורתי קוראים להמשיך ולהגן עליהן באמצעות פארקים ושמורות טבע. לעומתם, יותר ויותר חוקרים מעריכים שמאמצי השימור של חלקות טבע "טהורות" נכשלו, וקוראים דווקא להעמיק את ההתערבות האנושית כדי למנוע התדרדרות נוספת. על רקע פולמוס זה, עיני המדענים נשואות אל שוניות האלמוגים הגוססות, שהפכו למקרה בוחן של שימור בחזית האסון האקולוגי

דצמבר 2018

מ אז שנות השמונים של המאה הקודמת, שוניות אלמוגים ברחבי העולם סובלות מתופעה הולכת וגוברת של הלבנה – תופעה שמובילה לתמותה מסיבית של אלמוגים. עד לשנים האחרונות קיוו עדיין חוקרי האלמוגים כי השוניות יתאוששו באופן טבעי, אך התחזית הרווחת כיום קודרת ביותר: ההערכה היא, שהאלמוגים עלולים להימצא על סף הכחדה בתוך פחות מארבעים שנה. בשלוש השנים שבין 2014 ל-2017 מערכת שוניות האלמוגים הגדולה בעולם, שונית המחסום הגדולה באוסטרליה, עברה תהליך הלבנה חסר תקדים שהוביל לתמותה מסיבית. בשנת 2016 נסקרו ברחבי אוסטרליה מאות שוניות ונמצא כי 95 אחוזים מתוכן סובלות מהלבנה חמורה. רק ארבע שוניות נמצאו בריאות. כיום ברור כי בתקופה זו, הקצרה יחסית, מתו יותר ממחצית מתוך שני מיליארד האלמוגים שחיו בשונית.

האלמוגים הם יצורים סימביוטיים – שילוב של בעל חיים ואצה. אלמוגים מלבינים בגלל תנאי לחץ סביבתיים הפוגעים בחיי השיתוף שהם מקיימים עם האצות הנמצאות ברקמתם. הגורם העיקרי להלבנה הוא התחממות מי האוקיינוס, והלבנת האלמוגים מובילה במרבית המקרים למותם. בשנים האחרונות איבדו שטחים עצומים של שוניות אלמוגים את האצות שלהם, הלבינו ומתו. "הדבר שינה

לתמיד את שוניית המחסום הגדולה", הסביר המדען הממונה על הסקרים שנערכו באוסטרליה, טרי יוז (Hughes), וכעבור זמן קצר צייץ בטוויטר: "הראיתי לתלמידיי את תוצאות הסקירות האוויריות של תהליך ההלבנה בשוניית המחסום הגדולה, ובכינור".

ההלבנה והתמותה רחבות ההיקף של שוניות האלמוגים הן תופעות טרגיות בפני עצמן, אך נוסף על כך הן מעידות על אסון חמור שצפוי בעתיד הקרוב לכל המערכות האקולוגיות הימיות. מדענים טוענים שהאלמוגים משמשים מערכת התראה מוקדמת: מצבם המטריד משקף את בריאותם המידרדרת של האוקיינוסים, וההתדרדרות במצב האוקיינוסים מסמנת פגיעה קשה במכלול האקולוגי העולמי. רגישותם של האלמוגים לטמפרטורת מי הים, ובמיוחד תגובת ההלבנה הבולטת של כמעט כל אוכלוסיות האלמוגים בוני השוניות, הופכים אותם לדוגמה טובה למה שטומנים בחובם שינויי האקלים גם עבורנו. יש מדענים המשווים את האלמוגים לקנריות במכרה פחם: אם ייעלמו האלמוגים בוני השוניות – כלומר, אם תמות הקנרית שבמכרה – ילכו אחריהם גם שאר החיים בים, והחיים על פני היבשה לא יאחרו להיפגע גם כן.

מבחינה זו, אסון האלמוגים הפך לסמלו של עידן שנהוג לכנותו בשם מעורר המחלוקת "אנתרופוקן". האנתרופוקן, כלומר עידן האדם, הוא מונח גאולוגי המתאר את התקופה שבה סך פעולותיהם של בני האדם משנה באופן ניכר את פניו של כדור הארץ – את האטמוספירה, את האוקיינוסים ואת מעגלי התזונה. האלמוגים הם נושאי הבשורה של העידן החדש הזה, ומהאופן שבו ננהל את משבר האלמוגים הנוכחי נוכל אולי ללמוד על יכולתה של האנושות להתמודד עם המשברים שלבטח צפויים להתרחש בעתיד הלא רחוק.

אם כן, כיצד עלינו להתמודד עם אסון בקנה מידה בלתי נתפס שכזה, הפוקד מערכת אקולוגית שהתקיימה במשך 250 מיליון שנה? כיצד חוקרי האלמוגים, שלומדים את היצורים התת-ימיים הייחודיים הללו ומתגייסים למשימת הצלתם, מתמודדים עם התמורות מרחיקות הלכת האלה?

## **המחלוקת הגדולה בין מדעני השימור**

קהילת חוקרי האלמוגים מפולגת כיום לשני מחנות מקוטבים, האחד של ייאוש והשני של תקווה.

בצד האחד ניצבים הפסימיסטים, המנבאים כי רוב שוניות האלמוגים ייכחדו עד שנת 2055 בגלל התחממות כדור הארץ, בגלל עלייה במידת החומציות של מי האוקיינוסים (המתרחשת בשל ספיחת יתר של פחמן דו-חמצני), ובגלל לחצים סביבתיים אחרים מעשה ידי אדם. על פי התסריט המדכדך הזה, גורלן של שוניות האלמוגים כבר נחרץ, ושום דבר לא יצליח להציל אותן פרט לשינוי פתאומי – ויש שיאמרו בלתי סביר – באופן שבו אנו משתמשים בדלקים מאובנים ומתמודדים עם משברי הענק במערכות האקולוגיות. אחד מאנשיה הבולטים של אסכולה זו, המדען האוסטרלי אובה הו-גולדברג (Hoegh-Guldberg), אמר לי בריאיון עימו כי "הטיטניק שוקעת ואנחנו רק מסדרים מחדש את הכיסאות כדי לראות טוב יותר".

על העובדות עצמן אין חולק: כל חוקרי האלמוגים מסכימים שהאלמוגים נתונים כיום לשלל לחצים הולכים וגוברים. עד לאחרונה התרחשו אירועי הלבנה המוניים, כלומר כאלה שפוגעים באלמוגים על פני אזורים ששטחם עולה על 100 קילומטרים רבועים, בתדירות של פעמיים בעשור בערך, ובתדירות כזאת היה לאלמוגים די זמן להתאושש. אך בעשור האחרון הטמפרטורות הגלובליות שברו שיאים, וכתוצאה מכך נעשו אירועי הלבנת האלמוגים תכופים יותר ויותר. יש מדענים הטוענים שאם קצב פליטת גזי החממה יישמר, מדי שנה עלולים לעבור הלבנה חמורה 90 אחוזים מאלמוגי השוניות. בקצב כזה סביר להניח ששוניות האלמוגים הקיימות לא יצליחו להתאושש כל צורכן, והן צפויות להיעלם בסביבות שנת 2055.

אף שאירוע הלבנה בשונית המחסום הגדולה נחזה די במדויק, עוצמת האסון הפגיעה חוקרי אלמוגים רבים. "התחושה היא כאילו אדם מיוחד מאוד שרק לאחרונה זכית להכיר הלך לפתע לעולמו", אמרה לי האקולוגית הימית ג'ואני קלייפאס (Kleypas) כשסיפרה על מושבות האלמוגים בקוסטה ריקה, שבהן היא עובדת. "אני מרגישה כל כך חסרת אונים", הוסיפה.

לעומת האסכולה הזאת, חוקרים אחרים מתארים תרחישים שיש בהם תקווה לעתידם של האלמוגים, אם גם בשוניות שונות משוניות העבר. יותר ויותר חוקרי ימים זונחים את השיח האפוקליפטי ונוקטים גישה אקטיבית יותר לשימור אלמוגים, הכוללת שיתוף פעולה ושיקום.

"תנו לי את האלמוגים הגוססים שכבר ויתרתם עליהם ואני אשקם אותם", הפצירה חוקרת שיקום אלמוגים בפני קהל גדול וספקן בכנס הבינלאומי לשוניות אלמוגים שנערך בהוואי ביוני 2016. החוקרת, שרה פריאס-טורס (Frías-Torres), משתייכת למחנה האופטימי יותר של מדעני האלמוגים. מחנה זה טבע כמה מונחים קליטים, כמו "נקודות חמות" (hot spots), מונח שפירושו מקומות שבהם הצליחו בני האדם לחזק את עמידותם של האלמוגים ולעצור את מגמת התמותה שלהם, ו"אבולוציה מסועפת" (assisted evolution), קרי השבחה של מושבות אלמוגים עמידות שאפשר יהיה לשתול בשוניות שהולכות ומידלדלות כדי לחזק אותן. מונחים אלו מתארים פעולות שניתן לעשות לנוכח האיומים ההולכים וגדלים על חיי האלמוגים – "מייאוש לחידוש", כהגדרתו של האקולוג הימי ג'רמי ג'קסון.

שתי הגישות העיקריות בנוגע לעתיד חיי האלמוגים על פני כדור הארץ – הגישה המייצגת ייאוש והגישה האופטימית והאקטיבית יותר – מסמלות את הקרע המתמשך, ויש שיאמרו המתרחב, בין אנשי השימור המסורתיים, כפי שאני קוראת להם, ובין אנשי ההתערבות. אנשי השימור המסורתי שואפים לשמור על מערכות אקולוגיות בדמות העבר שלהן, ואילו אנשי ההתערבות רואים בטבע מצג משתנה שאפשר וצריך לערוך בו שינויים ולנהל אותו ישירות ובאופן אקטיבי. במקום לחשוב שכל שימוש שבני אדם עושים בטבע פוגע בו, כפי שיגידו ודאי אנשי השימור המסורתי, רבים משוחרי הסביבה החדשים רואים תקווה בהתערבויות פעילות, בשימוש בטכנולוגיות חדשות ובמהלכים אקטיביים פרי יוזמת האדם.

ההבחנות האידאולוגיות האלה מיתרגמות לדרכים שונות של ניהול סביבתי. המחנה הראשון מדגיש את החשיבות שבהגנה על בתי הגידול הקיימים מפני נוכחות אנושית, למשל באמצעות ייסודם של "אזורים ימיים מוגנים" (MPAs) כמו השמורה הימית של שונית המחסום הגדולה, ואכיפה של שימוש

בררני באזורים ימיים שונים, למשל הגדרה של אזורים סגורים בפני בני אדם או אזורים ללא דייג. המחנה השני, לעומת זאת, מצביע על חוסר התחלת של גישה זו בעידן שבו העלייה בטמפרטורות ותהליכי חמצון האוקיינוסים פוגעים גם במקומות השמורים ביותר. כחלופה לכך, או נוסף על גישת השימור המסורתית, המחנה הדוגל בהתערבות מדגיש את האפשרויות הגלומות בהתפתחויות טכנולוגיות כגון אבולוציה מסויעת וברירה מלאכותית, ואת יכולתן לסגל מינים ואורגניזמים לטבע המשתנה.

הדיון בשאלה כיצד יש לטפל באלמוגים רלוונטי לא רק לחוקרים בתחום זה. מניסיונם של חוקרי האלמוגים אפשר ללמוד רבות על האופן שבו תתמודד קהילת המחקר עם אתגר השימור הסביבתי ועל הדיונים שיתעוררו בקרוב באשר למינים רבים ולמערכות אקולוגיות אחרות.

## חזון האלמוגים המשודרגים

אנשי השימור המסורתי ואנשי ההתערבות חלוקים בסוגיית הלגיטימיות של התערבות המדענים במבנה הגנטי של האלמוגים. אחת התומכות בהתערבויות גנטיות, רות גייטס (Gates), שניהלה את המכון לביולוגיה ימית של הוואי (עד מותה בטרם עת באוקטובר 2018), ניסחה זאת כך: "או שתהיה לנו שונות בעתיד או שלא. אבל אם נמשיך ללכת באותו הנהיג ולא נעשה דבר כדי לסייע למערכת, סביר להניח שנישאר בלי כלום".

כשגייטס אמרה שצריך "לסייע למערכת" היא התכוונה לרעיון הרדיקלי שפיתחה עם הביולוגית הימית מדלן ון אופן (van Oppen): להשביח בתנאי מעבדה אלמוגים עמידים ובעלי סבילות רבה יותר לשינויי אקלים. לפי הגדרתן של השתיים, אלה הם "האלמוגים המשודרגים" של העתיד – אלמוגים שיוכנסו לאזורים פגועים בשוניות האלמוגים כדי לחזק אותן ולסייע להתמודדותן עם הקצב המסחרר של שינויי האקלים ועם שינויים מזיקים אחרים שמחולל האדם.

הניסוי ליצירתם של אלמוגים משודרגים, כך הסבירה לי גייטס, נחלק לשלושה שלבים. תחילה יזהו החוקרות את אותם אלמוגים שכבר הוכח כי הם חזקים מהיתר – למשל כאלה שלא מתו באירוע הלבנה שהרג את שאר האלמוגים. בשלב השני הן יעודדו את האלמוגים החזקים להתחזק עוד יותר באמצעות חשיפתם לתנאי קיצון. לפי גייטס, בשלב הזה "נריץ את האלמוגים שלנו על 'הליכוני כושר' סביבתיים, מתוך הנחה שמה שלא הורג – מחשל". בשלב השלישי והאחרון ביצירתם של אלמוגים משודרגים "ישדכו" אותם לזן של אצה שיתופית שהסבילות שלה גבוהה יותר מסבילותה של האצה השיתופית המקורית שלהם.

השאלה המרכזית שעליה הניסוי של גייטס וון אופן מבקש לענות היא האם אפשר להכין כבר עכשיו את מושבות האלמוגים לתנאי האוקיינוס של העתיד. כדי לספק תשובה טובה לשאלה זו, החוקרות החלו לערוך ניסויים מורכבים המשווים בין קבוצות אלמוגים ובוחנים את יכולתן לשגשג בתנאי חומציות שונים ובשלוש טמפרטורות מים – בטמפרטורת האוקיינוס הנוכחית ובטמפרטורות הצפויות בשנים 2050 ו-2100.

הניסויים הללו מתבססים על רעיון האבולוציה המסויעת ועל שינויים "אפיגנטיים". על פי התאוריה האבולוציונית המסורתית, שינוי באורגניזם עובר בתורשה לצאצאי האורגניזם רק אם הוא מתרחש בתוך רצף הדנ"א שלו, בתהליך שנפרש על פני מיליוני שנים ועם הצטברותן של מוטציות גנטיות רבות בדנ"א. האפיגנטיקה, לעומת זאת, חוקרת את הדרכים שבהן הסביבה יכולה לשנות אורגניזמים שלא באמצעות שינוי ברצף הדנ"א, ובתוך זמן קצר בהרבה. לפי גישת האפיגנטיקה, אפשר להביא לאבולוציה מואצת של אורגניזמים מדור לדור. הניסוי של גייטס וון אופן, המבוסס על גישת האפיגנטיקה, בוחן את יכולתם של האלמוגים לעבור אבולוציה מואצת במים בטמפרטורות שונות וברמות חומציות שונות.

קהילת חוקרי האלמוגים, הספקנית בדרך כלל, העלתה שאלות מדעיות ופרגמטיות באשר לרעיונות של ון אופן וגייטס, אולם השתיים הסבירו לי כי עיקר ההתנגדות בקהילה לפרויקט האבולוציה המסויעת נובע מהדמיון-כביכול בינה ובין ההנדסה הגנטית – החדרה של מוטציות גנטיות מלאכותיות לדנ"א של בעלי חיים וצמחים. השתיים היו מודעות להתנגדות שחשים רבים כלפי ההנדסה הגנטית, ולכן הדגישו כי בשלב זה הן בסך הכול מבצעות השבחה גנטית מהסוג הישן והטוב, כמו זו המתבצעת דרך שגרה בדגנים ובירקות שאנו אוכלים – זיהוי הזנים המוצלחים ביותר מתוך היבול הקיים, השבחתם, זיהוי מיטב הזנים מהיבול החדש וכן הלאה. עם זאת, הן הודו בפניי כי הן עשויות לשקול שימוש בהנדסה גנטית בעתיד.

חוקרי אלמוגים רבים מוטרדים מן המיזמים הללו. הגנטיקאי מיכאיל מאץ (Matz) מאוניברסיטת טקסס, למשל, איננו מאמין שבני האדם אמורים לסייע לתהליך הברירה. "יש לי כל כך הרבה ספקות בעניין הזה, עד שאני כמעט כועס", אמר לי בהתייחסו לאבולוציה מסויעת. על כף המאזניים מונח המגוון הגנטי של האלמוגים, אשר עלול להיפגע בעקבות הכנסתם של אלמוגים משודרגים, מושבחים גנטית, לטבע. כשמדובר במגוון גנטי, אומר מאץ, "חייבים לשמור עליו וחייבים לעצב אותו, אך בשום פנים ואופן אסור לאבד אותו". לדבריו, "אסור לקדם את האבולוציה שלהם בעצמנו, [כי] אנחנו לא יודעים מה לברור! כל העניין של האלמוגים המשודרגים מהלך קסם על הציבור, אך אין לו כל הצדקה ביולוגית".

למאץ יש הצעה חלופית: "קחו אלמוגים שיש להם פוטנציאל טוב לשגשג ותנו להם להתרבות עם אוכלוסיות אחרות כדי להפיץ את הטוב. קל הרבה יותר לתפוס את האלמוג שעמיד לקור ולתת לו להתרבות באופן טבעי בכל מקום שרוצים להכניס אליו את התכונה הזאת. לא צריך לעשות כלום, לא צריך שום טכנולוגיה חדשה".

## הדרך השלישית

מה מלמד הדיון בשימור האלמוגים לגבי המשברים האקולוגיים הגדולים יותר שעומדים בפנינו בעתיד? הפילוסוף הסביבתי רונלד סנדלר מאוניברסיטת נורת'אייסטרן בארצות הברית מספק נקודת מבט חשובה בפולמוס על השימור בעידן האנתרופוקן.

סנדלר מתייחס ברצינות רבה לאתגרים הניצבים לפתחם של אנשי השימור המסורתי ומכיר בכך שמערכות אקולוגיות רבות עוברות שינויים דרסטיים בשל שינויי האקלים. לאור זאת, הוא טוען, אסור לצמצם את השימור הסביבתי לכדי הגנה על הקיים. במקום קרב מאסף נואש לשימור חלקות טבע "טהורות" מפני השפעת האדם, סנדלר מאמין שהגיע הזמן להתערב באופן אינטנסיבי יותר בשימור הסביבה.

עם זאת, גישתו זהירה ומוגבלת. סנדלר מוכן ליישם גישות התערבותיות והתנסותיות בקרב מינים ספציפיים ובמצבים ספציפיים, כאלה המעמידים אותם בסכנה מסיבות אקלימיות, אך לדעתו אין לאמץ גישות כאלה באופן גורף. הוא מצביע במיוחד על העובדה שמרבית אסטרטגיות ההתערבות מתמקדות ממילא רק במין אחד ואינן יכולות להתמודד עם ההכחדה ההמונית המתרחשת כיום בקנה מידה רחב בהרבה. סנדלר מדגיש גם כי רוב אסטרטגיות השימור ההתערבותיות תגובתיות בעיקרן, ואינן מטפלות בגורמים להיכחדות של מינים, כמו שינויי אקלים, הרס בתי גידול, זיהום וכריית יתר. לעומת כוחן והיקפן המוגבל של הגישות ההתערבותיות, סנדלר מדגיש כי אסטרטגיות שימור של בתי גידול יכולות לחול על מינים רבים, כפי שקורה בפארקים ובשמורות. ואף שהוא מכיר בכך שיעילותם של פארקים ושמורות פוחתת בגלל שינויי האקלים, הוא טוען כי אלה עדיין עדיפים בהרבה על פני הזנחת השימור המרחבי לטובת שימור מינים ספציפיים.

במילים אחרות, סנדלר מציע סינתזה בין שתי הגישות, שאפשר אולי לראות בה גישה שלישית משלו: "יש גישה נוספת, [...] כזו שאיננה נגועה בנוסטלגיה יתרה לעבר שכבר אי אפשר לשחזרו אבל גם אינה טוענת לשליטה ולאחריות מלאה של האדם על עולם הטבע. גישה כזאת מקבלת במידה מסוימת אסטרטגיות התערבותיות לצורך שימור מינים מסוימים ורבי ערך בתנאים מסוימים, אך איננה מאמצת אותן ככלי שימור גורף".

פרויקט שימור האלמוגים יכול לשמש דוגמה טובה למנגנוני האיזון שמציעים סנדלר ואחרים. אסטרטגיות משולבות כגון אלה, על הדילמות שהן מנסות לפתור, אכן הולכות והופכות למרכיב חיוני בפרויקט השימור באנתרופוקן.

בסופו של דבר יהיה עלינו לאזן לא רק את פעולות הניהול שלנו אלא גם את תגובותינו הרגשיות, כלומר לזנוח את שתי נקודות הקיצון – התקווה והייאוש – לטובת תגובה אקטיבית יותר, שרואה את המציאות נכוחה. כדי שנוכל לעמוד בדרישות העתיד, טוב נעשה אם נכיר בכך שבתהליך שימורו של העולם הזה, גם העולם וגם אנחנו לא נשוב עוד להיות כשהיינו.

---

אירוס ברורמן היא פרופסור למשפטים ומרצה לגאוגרפיה באוניברסיטת באפלו, SUNY. היא מלמדת דיני סביבה ושינויי אקלים, מגוון ביולוגי ומשפט, משפט וגנטיקה ועוד. ספרה *Coral Whisperers: Scientists on the Brink* ראה אור בשנת 2018 בהוצאת University of California Press. ד"ר ברוך רינקביץ' סייע בעריכת המאמר אך אינו אחראי על תוכנו.

