

ראיון: **שחר בוקמן**  
עורך אקולוגיה וסביבה

ציטוט מומלץ

בוקמן ש. 2019. פרופ' אילן קורן – ראשו בעננים ורגליו על הקרקע. אקולוגיה וסביבה **10**(4).



פרופ' אילן קורן. "אני מאמץ את ההמלצות של IPCC בשתי ידיים!" | באדיבות מכון ויצמן למדע

פרופ' אילן קורן. "אני מאמץ את ההמלצות של IPCC בשתי ידיים!" | באדיבות מכון ויצמן למדע

## פרופ' אילן קורן – ראשו בעננים ורגליו על הקרקע

5 בינואר, 2020

גיליון חורף 2019 / כרך 10(4) / היערכות למשבר

[הפנים של המדע](#)

אחד התחומים המדעיים

האקלים

החשובים ביותר בעידן משבר האקלים הוא פיזיקת עננים. לעננים תפקיד מפתח במערכת האקלים, ולכן יכולת הבנת המערכת ואיכות תחזיות האקלים תלויות במידה רבה ביכולת ההבנה שלנו את העננים. פרופ' אילן קורן מהמחלקה למדעי כדור הארץ וחקר כוכבי הלכת במכון ויצמן למדע הוא מומחה בעל בשם עולמי בפיזיקה של עננים וגשם. נפגשנו במכון ויצמן והבנו ממנו עד כמה באמת מצבנו חמור בעקבות התחממות כדור הארץ.

### ש: איך הגעת לתחום העננים?

סיימתי את התיכון בשן ועין ואיכשהו הצלחתי לעשות בגרויות. בסיום בחינת הבגרות האחרונה עליתי על המדרגות ואמרתי להורים שלי ושל חבריי שהתאספו שזוהי הפעם האחרונה שבה הם יראו אותי במוסד אקדמי. כולם מחאו כפיים. אחרי הצבא הדרכתי במשך שנתיים בבית ספר שדה חצבה, שם בלב המדבר הבנתי שאני חייב ללמוד לעומק על מערכת כדור הארץ. הוקסמתי מתבניות שנוצרות בטבע בגדלים ובזמנים שונים. עוד לא הכרתי את המושג פרקטל, אבל ראיתי בעננים את תמצית האסתטיקה בטבע, בייחוד בעננים הנוצרים במדבר. הדרך באקדמיה הייתה ארוכה, וכללה הרבה שינויים בתחומי המחקר, אבל כשהגעתי לשלב שהמחקר שלי התמקד בעננים ובגשם, הרגשתי שהגעתי הביתה. אני מרגיש בר מזל שאני יכול לעסוק בתחום למחייתי.

### ש: מהי פיזיקת עננים ומהי חשיבותה לחקר האקלים?

פיזיקת עננים עוסקת בתהליכים פיזיקליים היוצרים עננים וגשם. זוהי פיזיקה עשירה ומורכבת, שכוללת תחומי מחקר שההבנה שלנו אותם מוגבלת, כגון טורבולנציה (ערבוליות), דינמיקה לא ליניארית ואינטראקציה בין קרינה וחלקיקים. בקבוצה שלי אנחנו תוקפים את הבעיה מכמה כיוונים, ומשתמשים בגישות ובכלים שונים – גישות

תאורטיות וגם שימוש במודלים נומריים של שדות עננים, פיתוח שיטות חישה מרחוק, תצפיות מלוויינים ומדידות בענן. בעבר הייתה הפרדה בין תצפיות, עבודות מעבדה ומודלים נומריים, אבל כיום הנטייה היא להתרחב, ורצוי שחוקרים בתחום יכירו את כל הגישות. כשתוקפים בעיה מורכבת מכמה כיוונים, עולה הסיכוי להתכנסות לתוצאה הנכונה.

## ש: מהי הסיבה העיקרית שבעטיה איננו יודעים לחזות אקלים במדויק?

אחת מהסיבות העיקריות לאי-ודאות בחיזוי היא עננים. לעננים ולגשם יש תפקיד מפתח בכל מאזני האנרגיה של מערכת האקלים. נדבר על האלבדו של כדור הארץ כדוגמה להבהרת חשיבות העננים. האלבדו מוגדר כחלק היחסי מקרינת השמש המוחזר לחלל. שטף האנרגיה מהשמש שנשאר במערכת האקלים הוא 1 פחות האלבדו. אפשר להגיד שזה המספר החשוב ביותר במערכת, שכן הוא מגדיר את שטף האנרגיה החיצונית המגיעה למערכת. עננים שולטים בכ-70-60 מהאלבדו. בהקשר הזה ניתן לחשוב על עננים כעל הצמצם של מערכת האקלים. כמו צמצם במצלמה השולט בכמות האור הנכנסת, סגירת הצמצם או תוספת כיסוי עננים יורידו את שטף האנרגיה הנכנס, והמשמעות תהיה קירור. ירידה בכיסוי העננים משמעותה חימום. כיום ייצוג העננים במודלי חיזוי אקלים הוא פשוטי ולא מדויק, ולכן יכולות החיזוי מוגבלות. הבעיה נעשית חמורה יותר כאשר מריצים תחזית למאה השנים הבאות כדי לנסות להבין מגמות של שינוי אקלים. בהקשר הזה "משוב העננים" יהיה גורם מרכזי בקביעת עתיד המערכת. משוב שלילי משמעותו שעקב חימום גלובלי הצמצם נסגר, וכך פחות אנרגיה תגיע למערכת, ומערכת האקלים נשמרת יציבה. משוב חיובי לעמת זאת, משמעותו שנוסף על חימום בגלל גזי חממה, גם כיסוי העננים יורד, והאפקט הזה יכול להעלות את אי-יציבות המערכת.

## ש: מה שהוזכר מיידית "יצא מהמשחק", ומה שנבלע מעניין אותנו בשל אפקט החממה?

הקרינה המגיעה מהשמש היא קצרת גל, ועננים קובעים את גודל הצמצם, כלומר איזה חלק ממנה יישאר במערכת. הקרינה הנפלטת מכדור הארץ היא ארוכת גל, ולגזי החממה יש תפקיד חשוב בקביעת יכולת המעבר שלה. עם זאת, שם המשחק הוא המאזן בין האנרגיה הנכנסת באורכי הגל הקצרים לאנרגיה היוצאת בארוכים. מערכת מאוזנת משמעותה איזון מושלם בין שני התחומים. אנחנו נמצאים במערכת מתחממת, כלומר יותר אנרגיה נכנסת מאשר יוצאת.

## ש: האם אתה עומד מאחורי ההמלצות של IPCC ביחס לצפי לשינוי אקלים?

אני מאמץ את ההמלצות של IPCC בשתי ידיים! דרגת התנדויות והכאוטיות של מערכת האקלים היא מהגבוהות שיש. יש מגבלה מובנית בתוך מערכת האקלים, ולעולם לא נוכל לתאר אותה בצורה מושלמת. אפשר להוכיח שלעולם לא נגיע לדרגת ודאות מוחלטת. למרות זאת, לתפיסת עולמי, איננו פטורים מהפעלת היגיון בריא. אנחנו יודעים בדרגת ודאות גבוהה שהמערכת נמצאת במצב של חימום, ושהגורם האנושי ממלא תפקיד משמעותי. לכן, היגיון בריא משמעותו הורדת ההכבדה האנושית בכל דרך אפשרית. צמצום פליטת גזי חממה זו התחלה טריוויאלית.

## ש: מבחינה מחקרית, האם מדידת המרכיב האנושי בשינוי האקלים קלה יותר ממדידת המרכיב הטבעי?

לא. הבעיה היא בהפרדה בין הגורם האנושי לטבעי. במערכת מרובת משובים התהליכים מצומדים. אפקט אנושי ישנה תהליכים שלכאורה נראים כלא קשורים, כלומר טבעיים, וההפך.

כדי להפריד בצורה מושלמת בין הרכיבים, אנחנו צריכים להבין את מערכת מאזן האנרגיה של כדור הארץ ברזולוציה גבוהה (סדר גודל של 0.1 ואט למ"ר). אנחנו רחוקים מהשגת ההבנה הדרושה. עם זאת, ממצאים מדעיים מבוססים מראים שיש לנו השפעה חזקה מאוד על מצב מערכת האקלים. לכן, יהיה טיפשי ומסוכן לחכות לוודאות מוחלטת. ובאשר לדיון העולמי בעניין, כדאי להבין שחברות ותאגידים בעלי עניין משחקים תפקיד בדיון ובעיצוב דעת הקהל, כמו בעניין השפעת הסיגריות על בריאות האדם. היגיון בריא הראה לפני יותר מ-50 שנה שעישון סיגריות מזיק לבריאות, אבל חברות הטבק מימנו מחקרים שתכליתם הייתה הטלת ספק בממצאים. הטיעון היה שאי אפשר לדעת ב-100% שהקשרים הם של גורם ותוצאה, אבל במערכת מסובכת רבת תהליכים ומשובים אין 100%. חברות אנרגיה ובעלי עניין מפעילים את אותה טכניקה לגבי מידת הוודאות של הגורם האנושי ביצירת שינוי האקלים – איך אתה יודע ב-100% שזו השפעה אנושית? אני לא יודע, אבל אני יודע מספיק טוב כדי שאפעיל היגיון בריא. בואו נפחית פליטה של גזי חממה כבר מאתמול, נשקיע באנרגיה חלופית ונצמצם את החתימה האקלימית שלנו. לא צריך יותר מזה.

## ש: מהי עמדתך בנושא מלחמה בשינוי האקלים באמצעים של הנדסת אקלים?

זו שאלה עמוקה ומורכבת, שהקרינה המדעית חלוקה לגביה. זרם מרכזי בחקר הנדסת אקלים מתמקד בהקטנת

הצמצם על-ידי העלאת שטח כיסוי העננים, דבר שמביא להעלאת האלבדו של כדור הארץ, וכך מקטין את שטף האנרגיה המגיעה לפני כדור הארץ ומפצה על השפעת גזי החממה. לפיכך, הרבה תוכניות של הנדסת אקלים מבוססות על מניפולציה של תכונות הענן (יצירת עננים או שינוי תכונותיהם של עננים קיימים). אנחנו יודעים איך לעשות זאת ברמה המקומית. כלומר, קיים ידע תאורטי המאפשר הארכת זמן חיים של ענן והעלאת הבהירות שלו. הבעיה, שוב, היא במשובים. אנחנו לא יודעים מה תהיה תגובת המערכת למניפולציה המקומית שנפעיל על עננים בסקלות מרחב וזמן גדולות יותר.

התחום של הנדסת אקלים מסוכן. יכול להיות שלא תהיה לנו ברירה וכבר עברנו את נקודת האל-חזור, ויכול להיות שאם לא ננקוט פעולות דרסטיות המערכת תצא מאיזון. זה מפחיד מאוד, מכיוון שכאשר מנסים להתערב במערכות טבעיות יודעים איך זה מתחיל, אבל אף פעם לא יודעים איך זה נגמר, במיוחד במערכות מרובות משובים כמו עננים. אין לנו עדיין כלים חישוביים להבין תגובות ומשובים בצורה אחראית. אנחנו נמצאים בכפר גלובלי קטן סגור והמשובים האלה מסוכנים.

## ש: חוקרי אקלים נמצאים כיום בחוד החנית של מה שנתפס כסוגיה במחלוקת.

תחום האקלים נמצא כיום על התפר בין מדע לפוליטיקה. זהו מקום לא נוח למדען להיות בו. נוח יותר להישאר במגדל השן ולכתוב מאמרים שיקראו אותם רק מומחים בתחום, וכך לקדם את ההבנה המדעית. אבל כיום בשל הדחיפות אני מרגיש שאין לי פריווילגיה לשתוק. אני רוצה לנסות ולקדם את גישת ההיגיון הבריאה. לא נוכל להמשיך בגישת "עסקים כרגיל" ולזהם עוד 20 שנה עד שנפתח מודל תחזית אקלימי מדויק יותר. היגיון בריא מחייב להתגייס היום בכל חזית אפשרית לטובת צמצום פליטות והקטנת העקה.

## ש: איך מגיב הקהל הרחב להרצאות שלך בנושא הסכנות שנובעות משינוי האקלים?

שינוי האקלים הוא תחום שמעורר הרבה מאוד רגשות. כשאני מדבר בהרצאות שלי על השפעת בני האדם על שינוי האקלים ואומר שצריך להשתמש בפחות דלקי מחצבים, למשל, אני יודע שיש הרבה אנשים שזה מרתיע אותם או שהם רגישים לנושא. יש גם מי שצעקו לי שאני צריך לעשות את המדע שלי בשקט, או כאלה שאמרו שהכול קונספירציה של השמאל. אנשים רבים גם מפתחים דעה, כמו בפוליטיקה. הם לא יפתחו דיון בסלון על חקר הסרטן או על משוואות דיפרנציאליות, אבל הם כן יפתחו דעה עמוקה על שינוי האקלים.