



משבר עולמי, מבט מקומי

סקירת התייבשות ותמותה של עצים

ד"ר שילי דור – חיים, ד"ר שני רוהטין בליץ



אגף הייעור



שוויץ 2017



צפון מזרח ספרד, אראגון 2012



מרכז אירופה

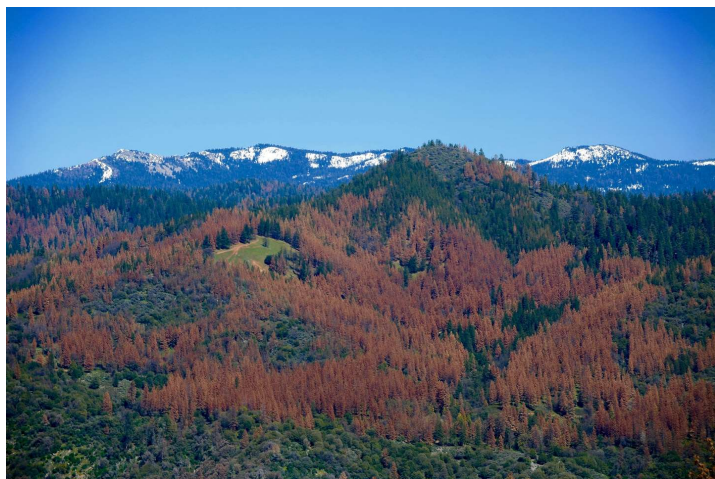
התייבשות עצים באירופה

פארק לאומי Harz, גרמניה 2018





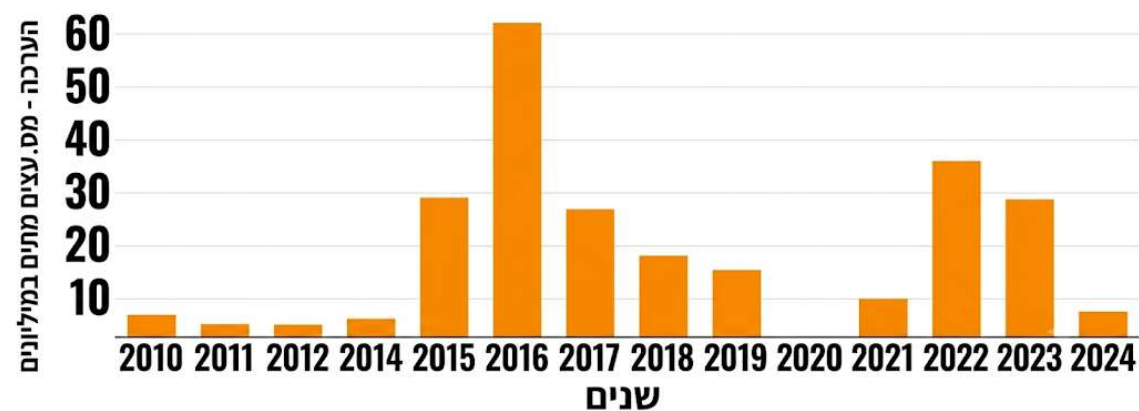
קליפורניה, Yuba pass, 2022 (USFS)



קליפורניה, סיירה נאבדה, 2016 (USFS)



התייבשות עצים בארה"ב



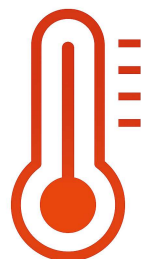
* מבוסס על סקרי חישה מרחוק

~243 million
trees died
between
2010-2024

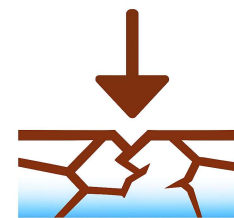




עלייה בגרעון לחץ אדים
(VPD) – יובש קיצוני



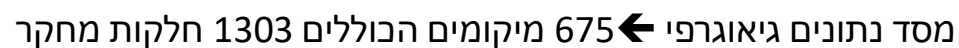
עליית טמפרטורה



ירידה בלחות הקרקע

משטר אקלימי חדש בעידן האנתרופוקן Hotter-drought





ירוק כהה ← יער גבוה

קוסטה ריקה,
פנמה
וקולומביה

אוסטרליה

Hammond et al. (2022). Global field observations of tree die-off reveal hotter-drought fingerprint for Earth's forests. *Nature communications*, 13(1), 1761.



תפוצה גלובלית - תמותת עצים עקב בצורת

✓ מפת צחיחות

✓ נקודה גדולה יותר = בצורת

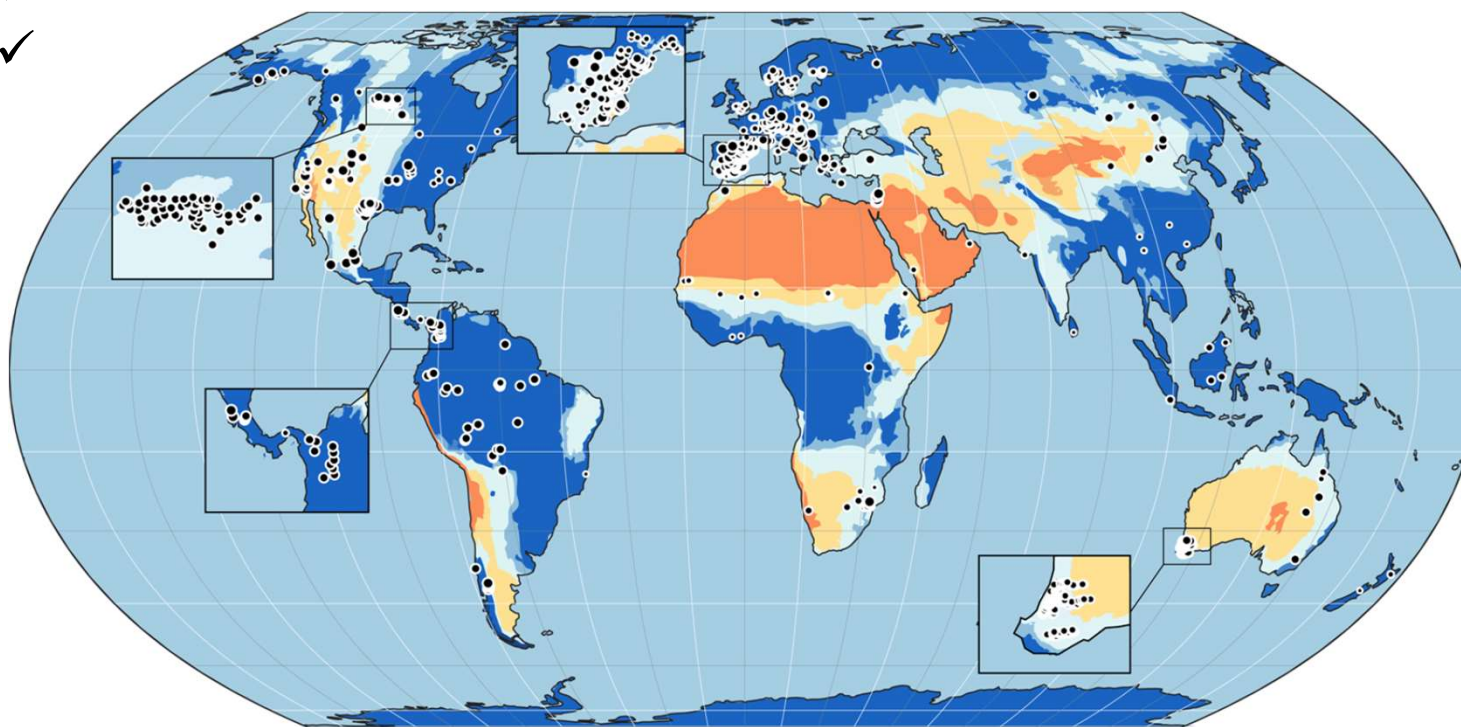
ארוכה יותר (בחודשים)

Aridity Index

- < 0.05 (Hyper-arid)
- 0.05 - 0.20 (Arid)
- 0.20 - 0.50 (Semi-arid)
- 0.50 - 0.65 (Dry sub-humid)
- > 0.65 (Humid)

Mortality begin

- 1970 - 1980
- 1980 - 1990
- 1990 - 2000
- 2000 - 2010
- 2010 - 2018



Gazol, A., et al (2025). Droughts preceding tree mortality events have increased in duration and intensity, especially in dry biomes. *Nature Communications*, 16(1), 5779.

השפעות ארוכות טווח לאור תנאי האקלים המשתנים

אפקט ה"מורשת" (Legacy Effect): אירועי בצורת קיצוניים מותירים "זיכרון" של עקה, מתבטא בירידה בקצבי הצמיחה.



גבול התפוצה (Rear Edge): יערות הגדלים בגבול התפוצה הצחיח, רגישים במיוחד להשפעות המצטברות של בצורות חוזרות ← מה שמוביל לדעיכה בלתי הפיכה בחיוניות העץ.



בצורות גורמות לירידה מיידית בצמיחת העצים ללא קשר לחיוניותם ההתחלתית, החוסן מבדיל בין עצים ששורדים לאלו שדועכים.



חשופי זרע (כמו אורנים) נוטים להשפעות מורשת ממושכות וקשות יותר מאשר רחבי עלים, בשל פגיעה במערכת הובלת המים וזמן התאוששות ארוך יותר.



אורנים בתנאי אקלים משתנה

מזוהים כאחד מסוגי העצים הפגיעים ביותר לשינויי האקלים בעידן האנתרופוקן. 

למעלה מ-40% ממיני האורן מוגדרים כיום כקרובים לאיום או בסכנת הכחדה. 

יערות האורן נפגעים באופן לא פרופורציונלי מאירועי "**בצורת חמה**", יובש קיצוני 

בשילוב עם טמפרטורות גבוהות ← מוביל לאירועי תמותה נרחבים שתועדו בלמעלה מ-

26 מינים שונים מאז 1970.

נסיגת מינים: מינים מחטניים חווים תמותה רחבה בשל התפוצה הדרומית שלהם 

ומוחלפים בהדרגה בחורש רחב-עלים עמיד.

בישראל, האורנים (בעיקר אורן ירושלים) מהווים כ-34% משטח היערות. 



דרכי טיפול ברמה עולמית

אין טיפול אחיד המתאים לכל היערות. 

הספרות מצביעה על **ניהול אדפטיבי** כגישה היעילה ביותר 

מבוסס על:

היקף הפגיעה, רמת הסיכון ומטרות השימור.





מהספרות לשטח: התייבשות ותמותת עצים ביערות ישראל 2025-26

המטרה: לעבור מתצפיות נקודתיות לשכבת עבודה מרחבית, מתעדכנת, שמאפשרת תיעדוף וניטור

אירוע דינמי ולא נקודתי

פער בין התרשמות בשטח
לבין תמונה מרחבית

צורך בתיעדוף: בטיחות,
אש, שיקום, ניטור



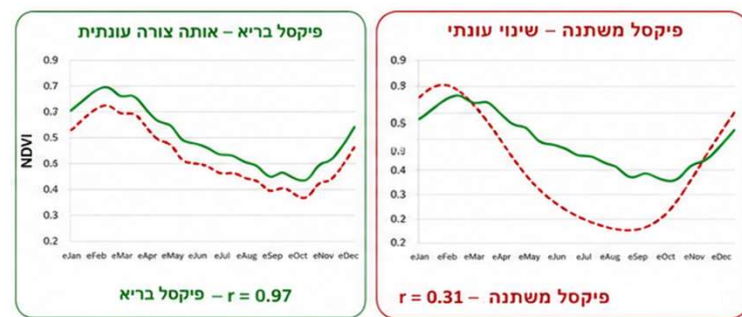
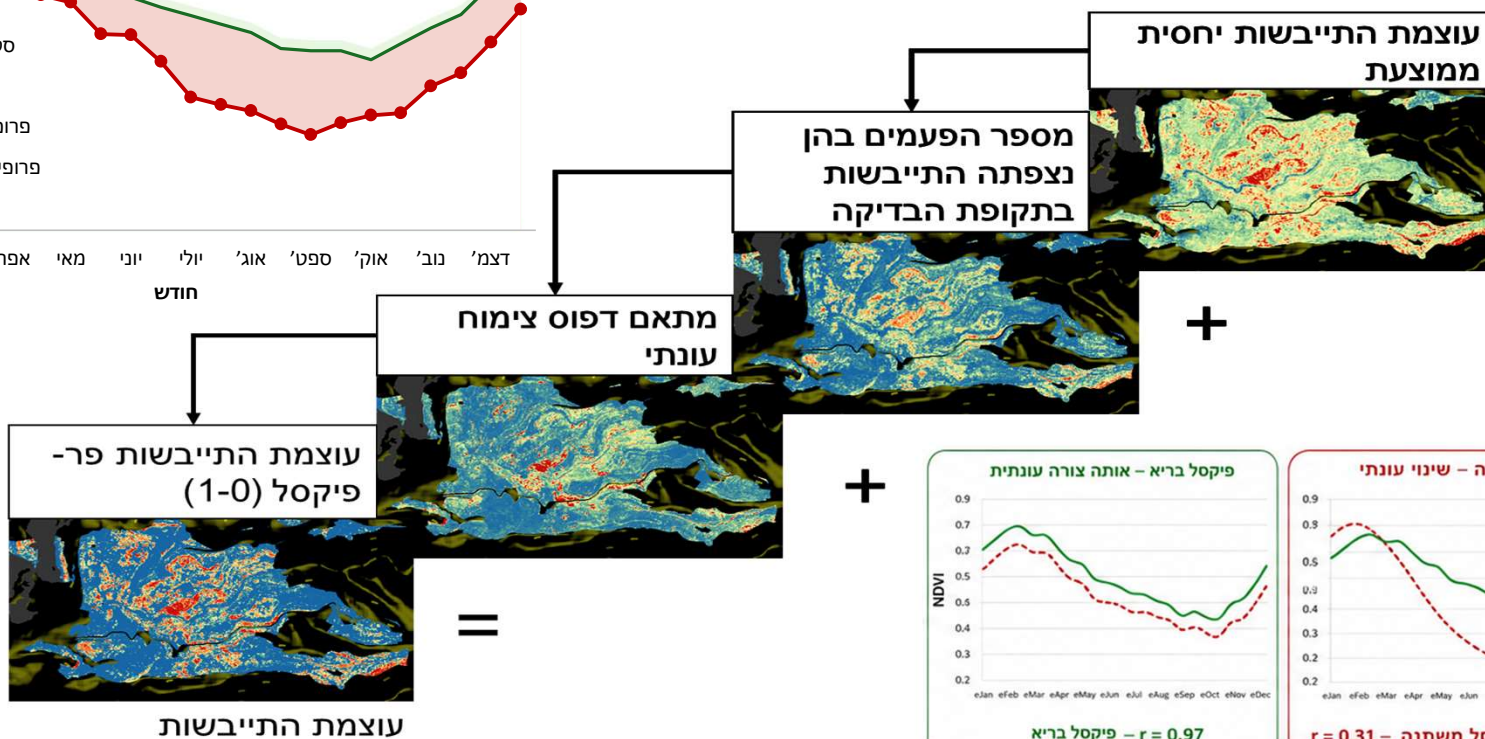
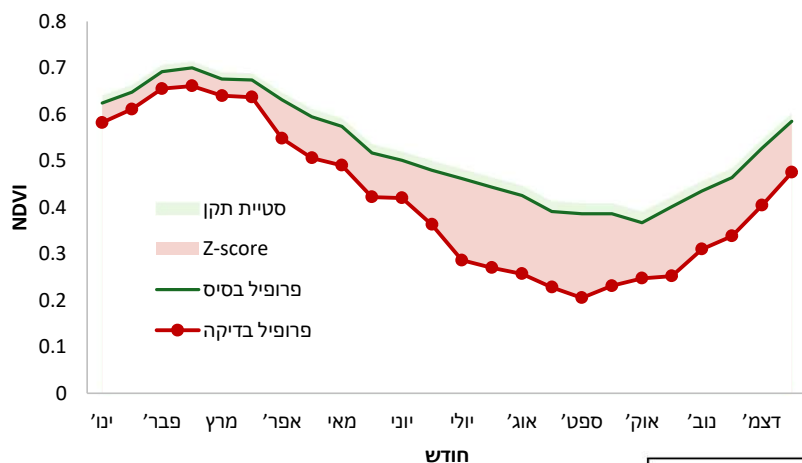
תהליך המיפוי – מבט כולל

מתמונת לוויין רב שנתית לשכבת עבודה ארצית



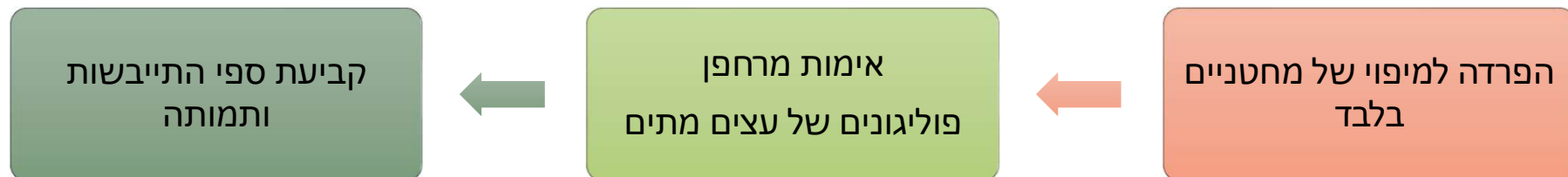


ממפת שינויים פנולוגיים למפת עקה



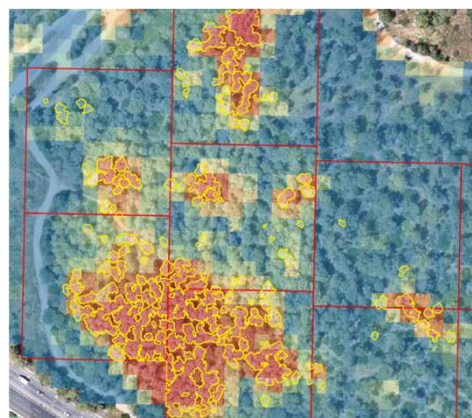
פרופיל בדיקה (יבש) - פרופיל בסיס (בריא)

אימות מול תצלומי רחפן



ספי התייבשות:

0 – אין התייבשות
 0-0.25 – עקה מתונה
 0.25-0.65 – התייבשות חלקית
 < 0.65 – תמותה מלאה



DynamicSense

אימות רחפן מצביע על התאמה גבוהה:

94% מהפיקסלים בערך 0.65 ומעלה נמצאו סמוך לעץ מת.
 86% מהעצים המתים שסומנו ויזואלית נמצאו סמוך לפיקסל בערך 0.65 ומעלה.



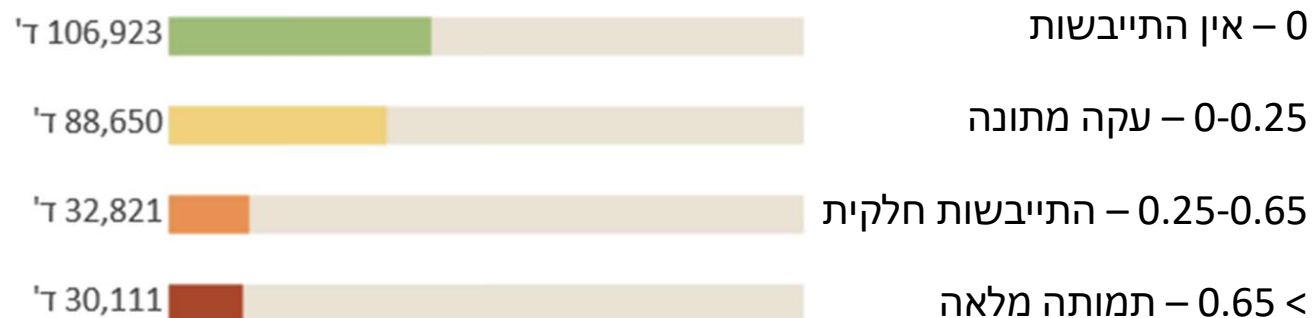


תמונת מצב על בסיס אינדקס ההתייבשות היחסי, לפי השטח המחטני הממופה

קטגוריית תמותה מלאה

סימן לעקה, התייבשות, או תמותה

בדרום ובמרכז



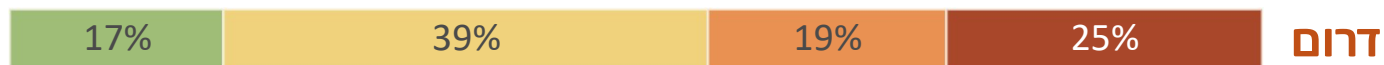
סיכום במספרים – מרחבים דרום ומרכז

שונוות בפגיעה בין המרחבים – בדרום פגיעה רחבה וחזקה יותר, במרכז פגיעה משמעותית אך כתמית יותר

אחוז השטח הממופה עם ערך גדול מאפס
עקה מתונה עד תמותה מלאה

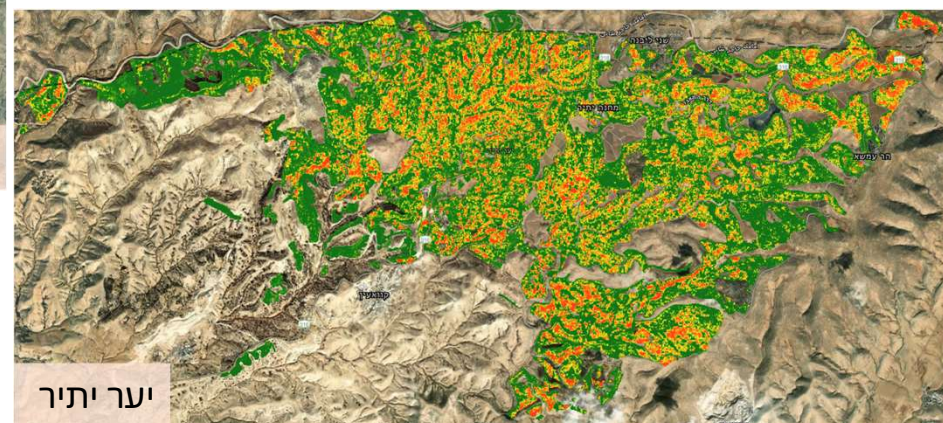
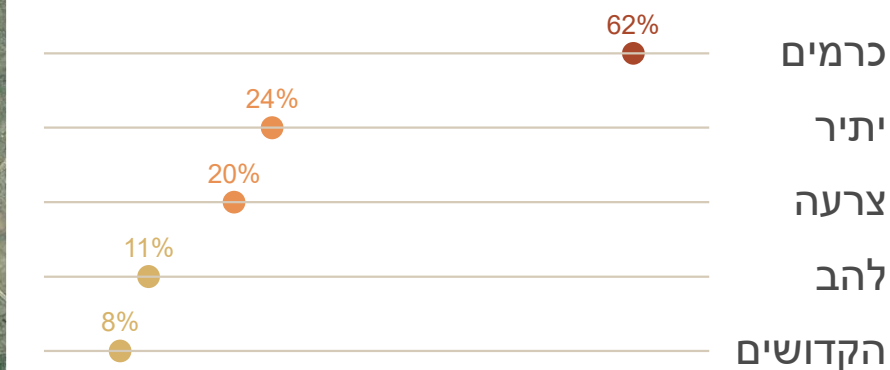
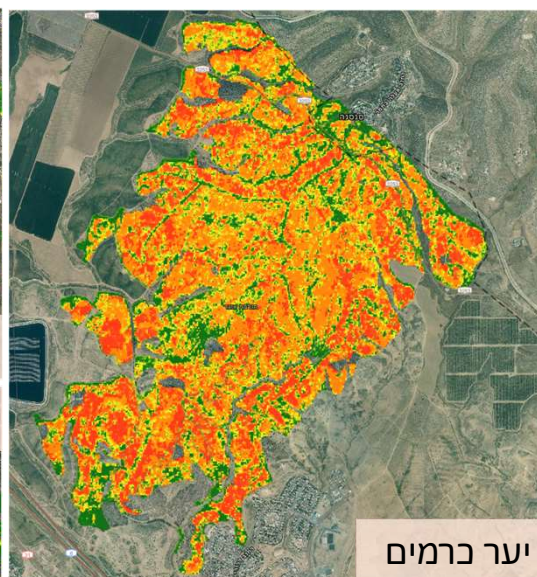
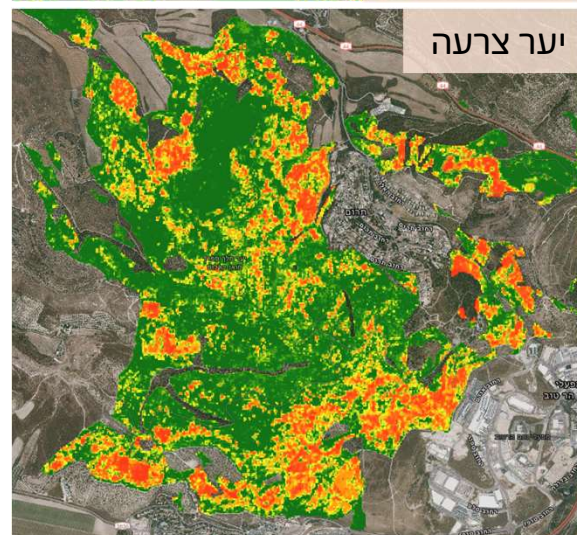
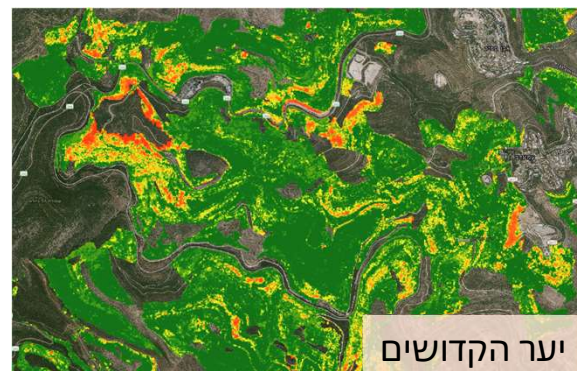
46%
במרכז

83%
בדרום



כתמיות: מאפיין המרכזי של התופעה

אותה שנת יובש יכולה להוביל לתגובה שונה בין יערות ובתוך אותו יער



המשמעות: החלטות ממשק צריכות לרדת לרמת עומד וכתם – גם בתוך יער שנפגע מאוד יש אזורים שיישארו ללא התערבות או יטופלו אחרת.

סיכום ומבט לעתיד

תמונת מצב דינמית – נדרש המשך ניטור לבחינת התרחבות, התאוששות או החמרה

התופעה כתמית – אין להסתפק בממוצע ליער שלם: נדרשת עבודה באמת העומד או הכתם

שונות בין המרחבים – בדרום הפגיעה רחבה וחזקה, במרכז מוקדים משמעותיים ומפוזרים,

בצפון התייבשויות נקודתיות והמיפוי עוד בתהליכי בדיקה

מהמיפוי לשאלות מחקר – נדרשת בחינה מעמיקה של הגורמים והאינטרקציה ביניהם

חישה מרחוק נותנת לנו את התמונה הרחבה – השטח, המחקר, והממשק יאפשרו להבין א

המנגנונים וכיצד נכון לפעול



תודות לעידו לבנה ולשותפים בצוות הניטור – שילי, מור, נועם, מיכאל, מאור וגל

שאלות?

