

ניטור פנולוגיה של צמחייה בעזרת טכניקות חישה מרחוק מולטי ספקטרליות

אלכסנדרה שטיין

ארנון קרניאלי

תוכן ההרצאה

- I. חשיבות הניטור הפנולוגי והשימוש בחישה מרחוק
- II. מהי חישה מרחוק? רקע כללי והגדרות
- III. הצגת פרויקט ניטור הפנולוגיה ברמת הנדיב
- IV. הצגת לווין הונוס





פנולוגיה

- ❖ פנולוגיה היא חזרה עונתית של תופעות טבע המושפעות מהגנטיקה של המינים השונים ומתנאי הסביבה.
- ❖ מחזור החיים של צמחים רבים מורכב מ: נביטה, צמיחה, לבלוב, פריחה ושלכת, המכוונים לעונות מסוימות על-ידי: טמפרטורה, מים, ואור.





פנולוגיה ושינוי אקלים

לשינויי האקלים הגלובלי יש השפעה מכרעת על הפנולוגיה של מינים רבים, צמחים ובעלי חיים, במערכות אקולוגיות וכתוצאה מכך גם על ההרכב, התפקוד והשירותים אותם מספקות מערכות אלה לאדם.





חשיבות ניטור פנולוגי בישראל

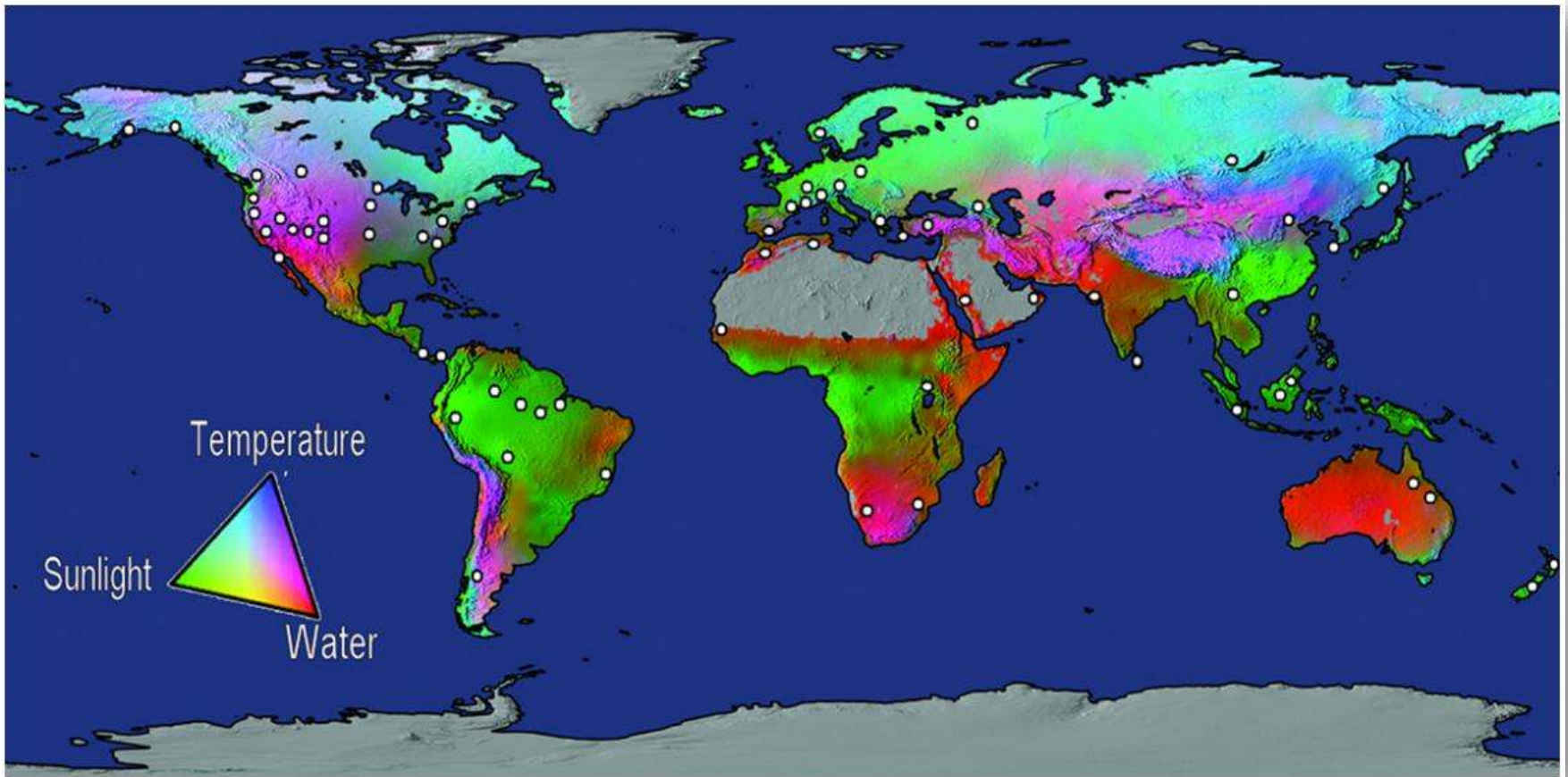
❖ בעשור האחרון בישראל נצפו התייבשות ותמותה של אלונים, אורנים טבעיים ונטועים ומינים מדבריים רב-שנתיים, שאולי קשורים לשינויי האקלים. הצמחים הם קבועי מקום ולכן השנויים המרחביים בתפוצתם, כתגובה לשינויי האקלים, איטיים.

❖ לעומת זאת, השנויים בהתנהגות הפנולוגית של צמחים הם מהירים ומהווים כנראה את התגובה הראשונה של הצמחים לשינויי האקלים הגלובלי.





תמותת יערות והגורמים האקלימיים המגבילים



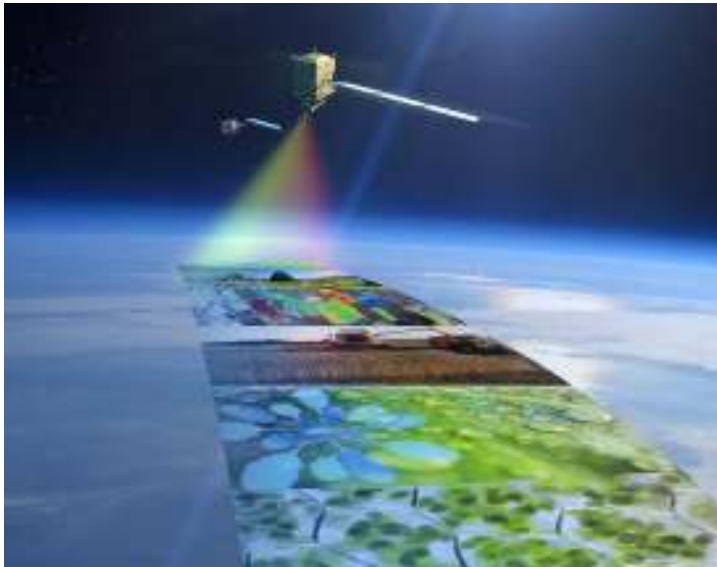
הנקודות הלבנות מעידות על מיקומים בהם תועדה תמותת יערות הקשורה בסטרס אקלימי הנגרם מבצורות וטמפרטורות גבוהות. מפת הרקע מציגה מגבלות סביבתיות פוטנציאליות ליצרנות של צמחייה (Boisvenue and Running, 2006).



חישה מרחוק וניטור מצב הצמחייה

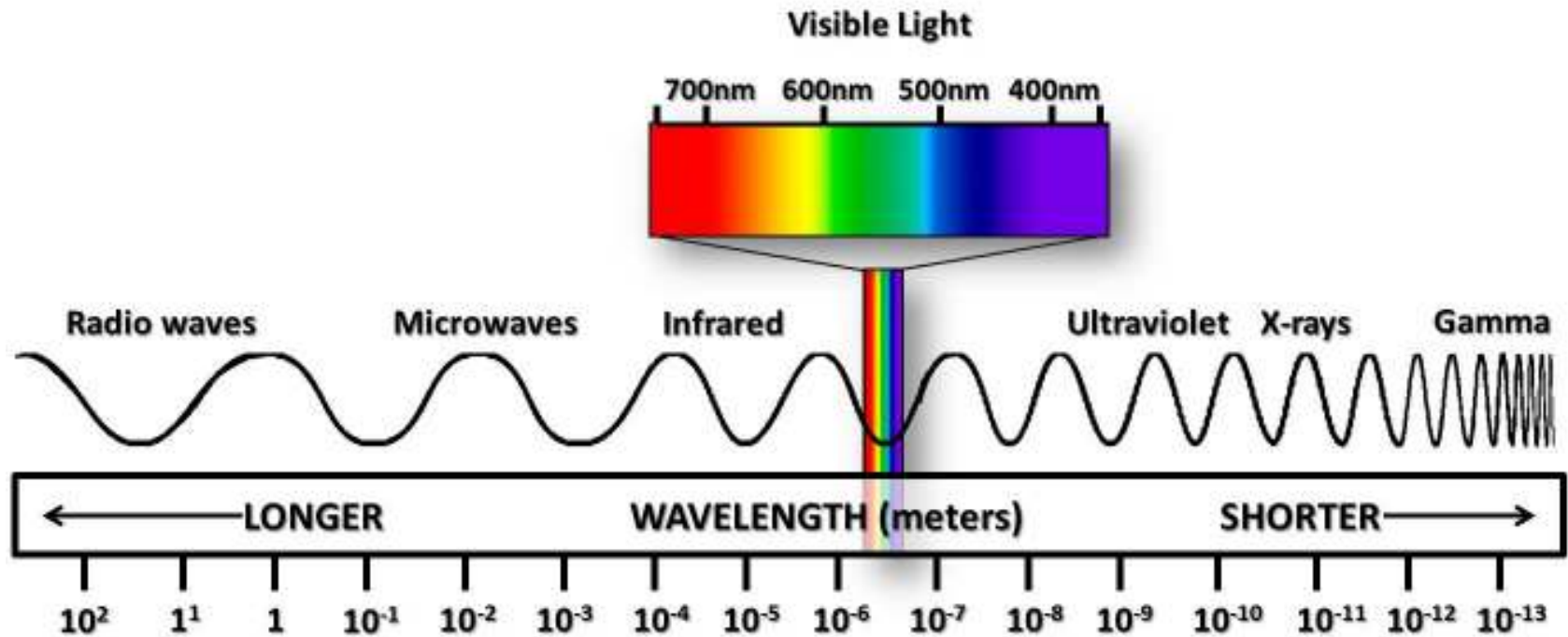
❖ ניטור צמחייה באמצעות סקרים ומדידות ישירות דורשת זמן רב, יחסית יקרה ומוגבלת בכיסוי המרחבי והעיתי שלה.

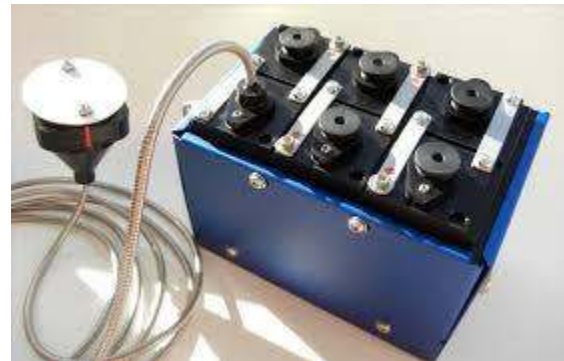
❖ אמצעי חישה מרחוק מאפשרים קבלת מדידות רציפות ברזולוציה עיתית ומרחבית גבוהה, ולכן מהווים כלי יעיל וחשוב לניטור מצב הצמחייה (למשל השפעות של סטרס ושינויים אקלימיים).



חישה מרחוק

חישה מרחוק (remote sensing) מוגדרת כרכישת מידע על מטרה (חומר, עצם, תופעה) ממרחק וניתוח של יחסי הגומלין בין המטרה והקרינה האלקטרומגנטית המוחזרת או הנפלטת מפני כדור הארץ או מהאטמוספירה.



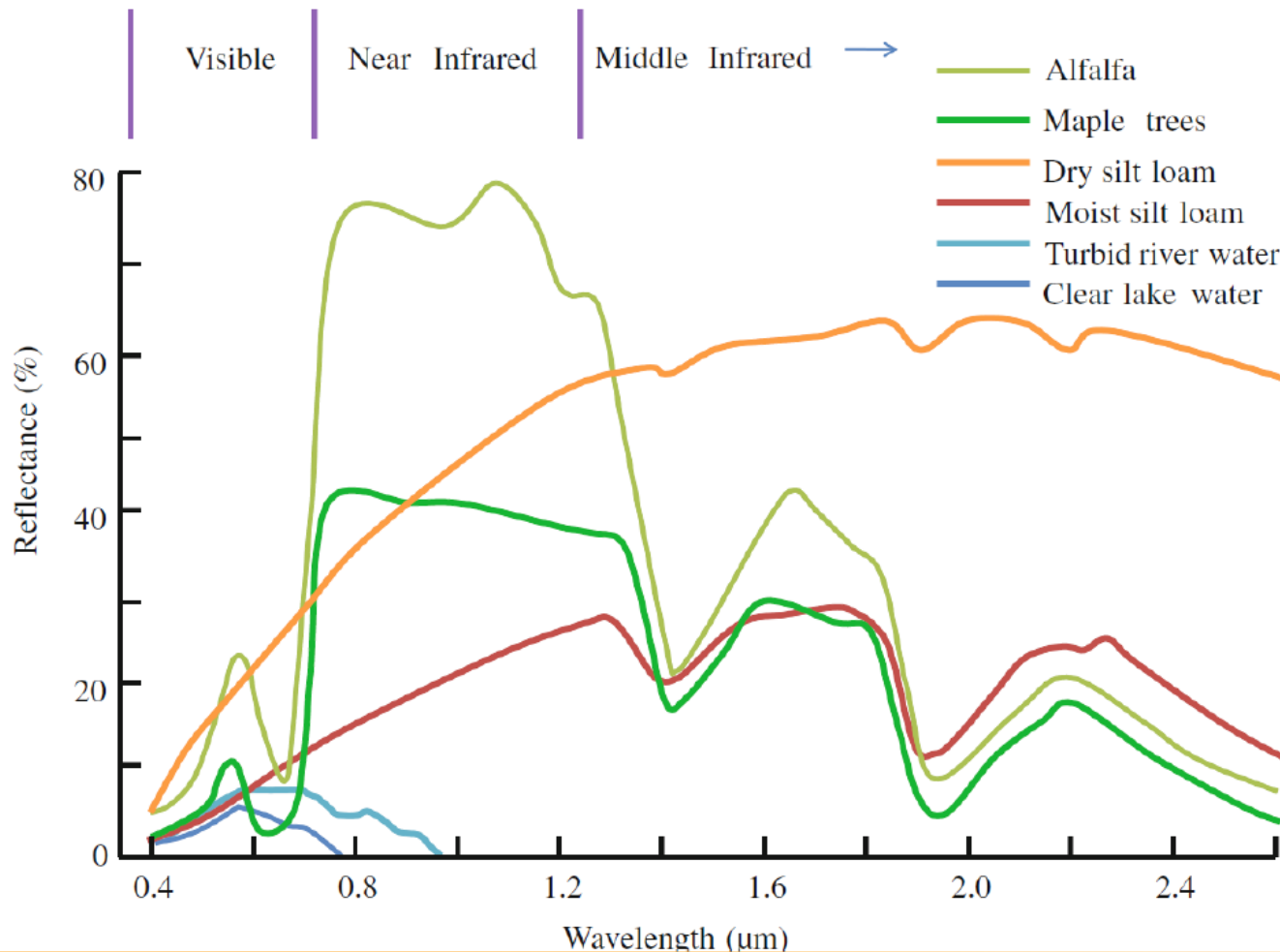


פלטפורמות של חישה מרחוק

- מבוססות קרקע
 - חיישנים מוטסים (Airborne)
 - לוויינים (Spaceborne)
- הפלטפורמה תלויה ביישום המבוקש, במידע אותו אנו מחפשים, בכמות הפרטים, ובתדירות שבה אנו רוצים לקבל נתונים.



בחירת ערוצים של פלטפורמות חישה מחזק



הערוצים הספקטראליים
 נבחרים על בסיס היכרות
 עם מאפייני ייחודיים של
 האלמנטים אותם נרצה
 לחקור. מאפיינים אלו
 באים לידי ביטוי בחתימה
הספקטרלית של
 האלמנט.



רזולוציה (כושר הפרדה)

כושר הפרדה הוא ההבדל הקטן ביותר הניתן לצפייה (או למדידה).

כושרי הפרדה:

- מרחבי (Spatial)
- רדיומטרי (Radiometric)
- ספקטרלי (Spectral)
- עיתי (זמני-temporal)

רזולוציה מרחבית

❖ כושר הפרדה מרחבית היא ההפרדה הזוויתית או הקווית בין שני אובייקטים הניתנת לצפייה (או למדידה) על ידי החיישן.

❖ כושר הפרדה היא היכולת להבחין בין שני אובייקטים צמודים.

❖ כושר ההפרדה תלוי ב:

גודל, מרחק, צורה, צבע, ניגודיות,

ומאפייני החיישן

1 meter resolution

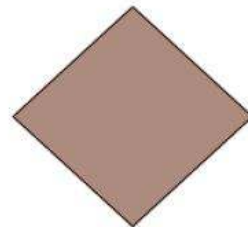


View from the Ground



View from the Satellite

3 meter resolution





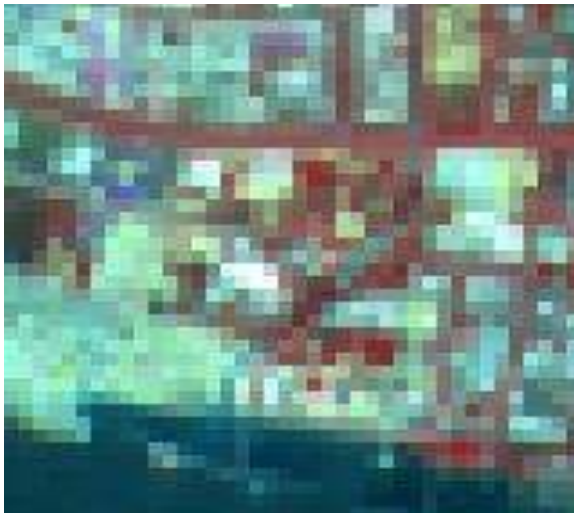
10 m



20 m



40 m

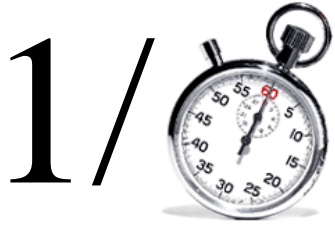


80 m





רזולוציה עיתית



- כושר הפרדה עיתי הוא התדירות בה חוזר החיישן לסרוק שטח מסוים.

- נקרא גם זמן חזרה (revisit time)

- כושר הפרדה עיתי תלוי ב:

- ✓ מאפייני המסלול של הלווין

- ✓ קו הרוחב של המטרה

- ✓ רוחב המפתח של החיישן

- ✓ יכולת ההטיה של הסורק



אינדקסים ספקטרליים

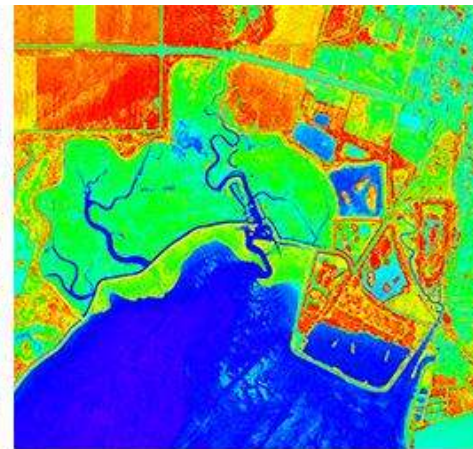
אינדקס צמחייה הוא התמרה ספקטרלית של שני (או יותר) ערוצים אשר נועדו להגביר את האות הספקטרלי של הצמחייה. האינדקס מאפשר השוואה מרחבית ועיתית של פעילות פוטו-סינתטית ושינויים במבנה הצמחייה.



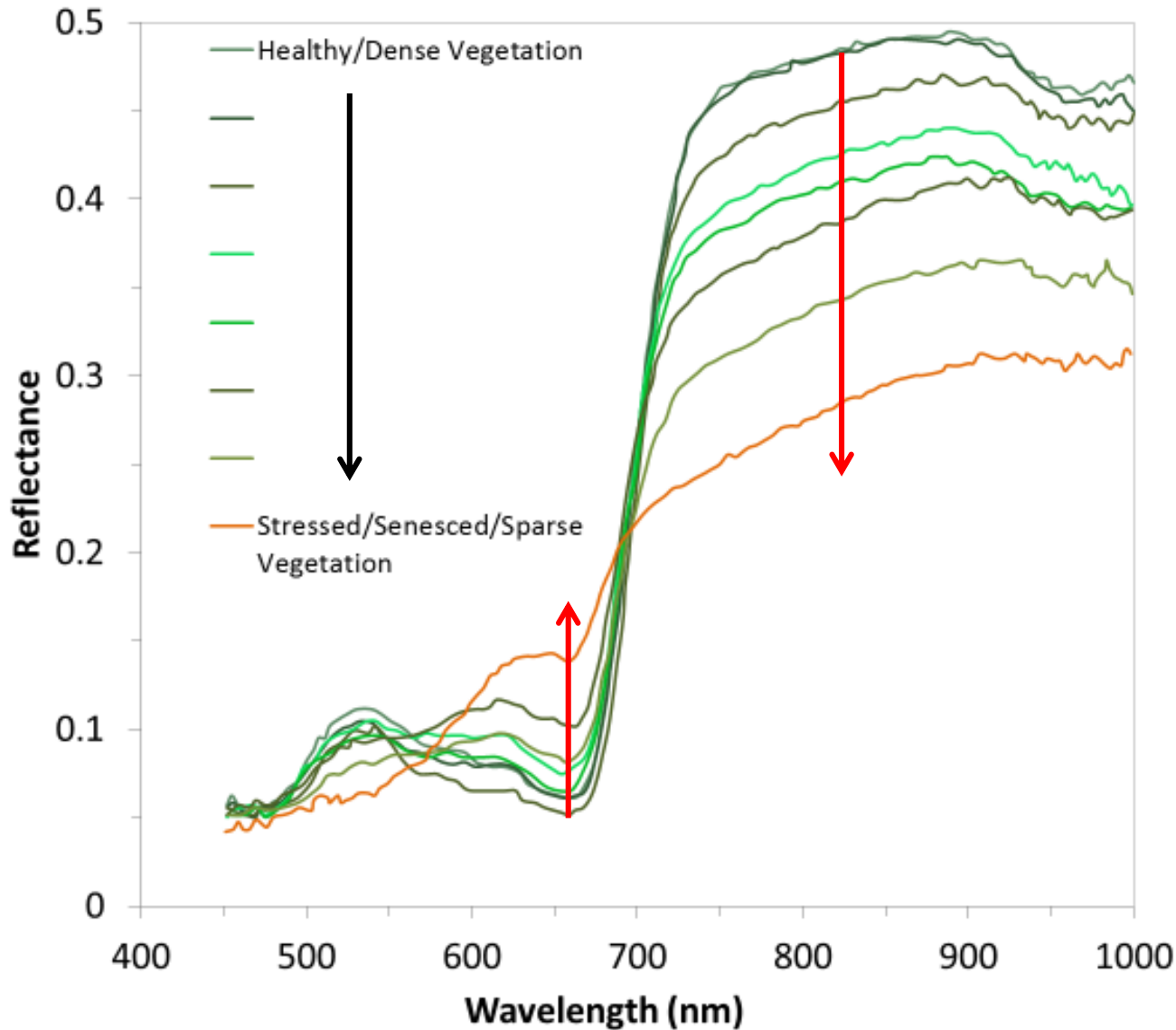
Original Image



Spectral Index Applied



Index with Color Ramp Applied



NDVI- Normalized Difference Vegetation Index

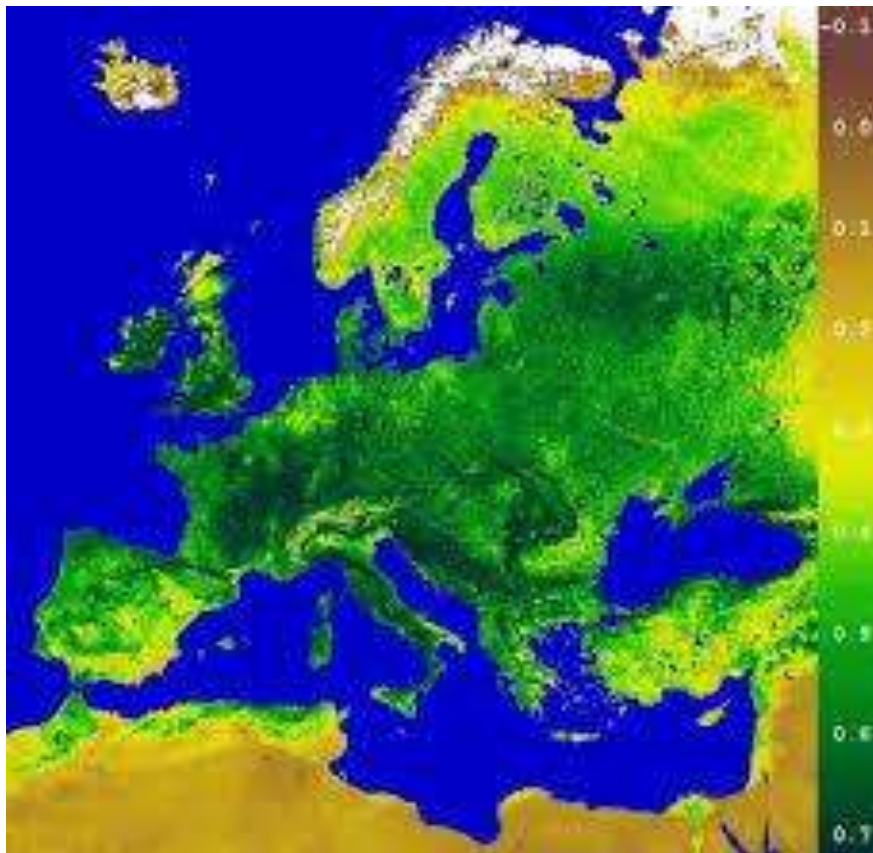
$$\text{NDVI} = \frac{\rho_{850} - \rho_{670}}{\rho_{850} + \rho_{670}}$$



אינדקסים ספקטראליים - NDVI



NDVI- Normalized Difference Vegetation Index



ערכי NDVI גבוהים מציינים צמחיה צפופה ו/או בריאה.

ערכי NDVI נמוכים מציינים צמחיה דלילה ו/או פגועה.

ערכי NDVI אופייניים:

קרקע חשופה: 0.1 – 0.08;

צמחיה מדברית: 0.3 – 0.1;

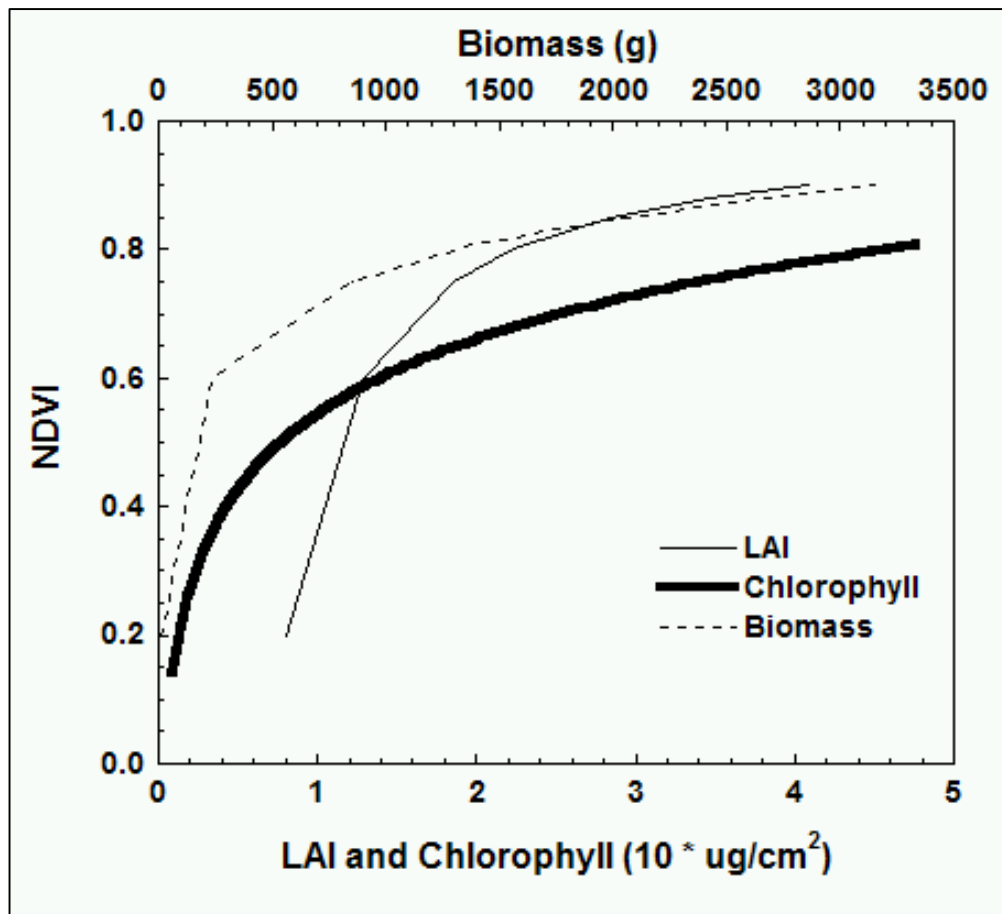
צמחיה טרופית: 0.6 – 0.4;

מים, שלג, עננים: $0 >$

An example of NDVI over Europe, derived by [German Remote Sensing Data Center](#).



אינדקסים ספקטראליים - NDVI

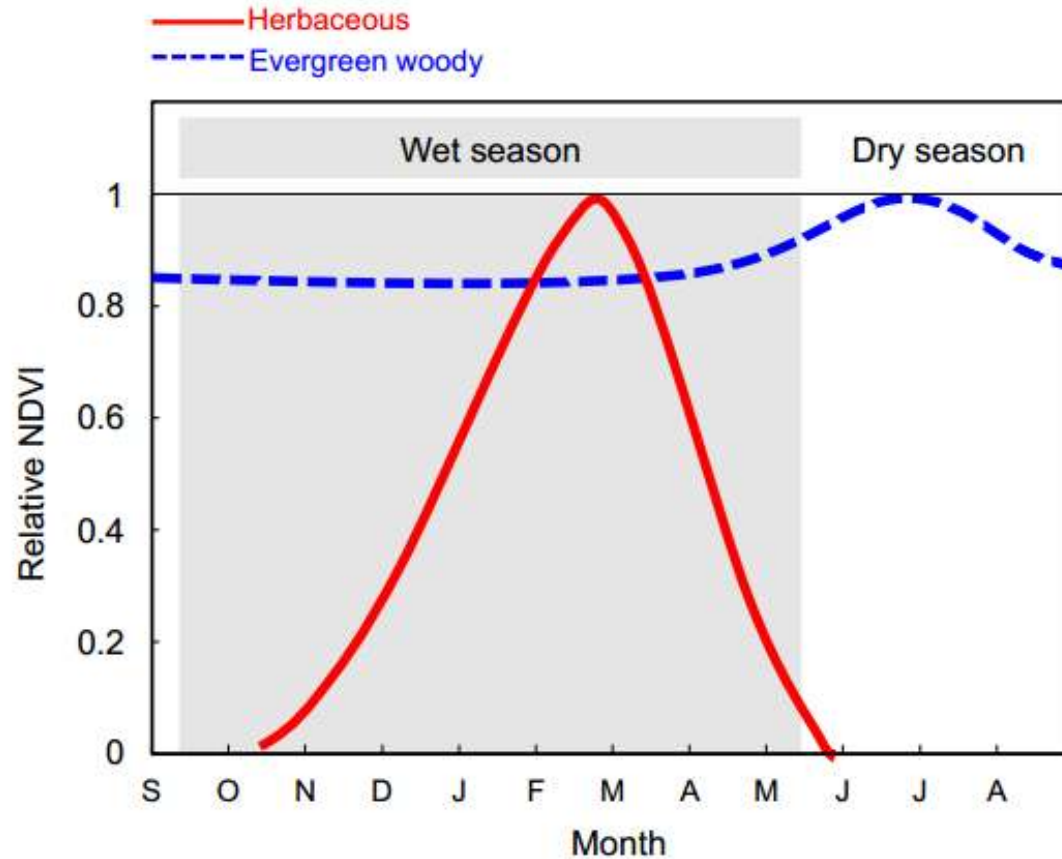


ל-NDVI התאמה טובה עם:

- פעילות פוטוסינתטית
- כיסוי צמחיה
- אינקס כיסוי שטח עלים, Leaf Area Index
- ביומסה
- עקה ונזקים
- תכולת כלורופיל

NDVI שימושי גם עבור:

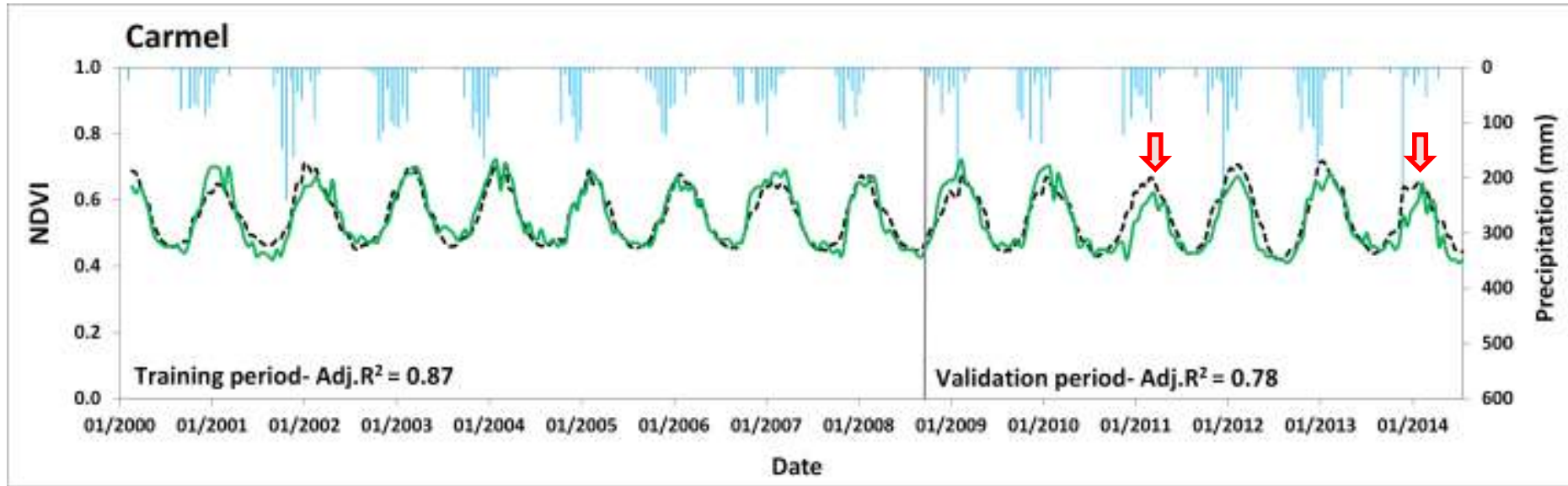
- מיון סוגי צמחיה (classification)
- איפיון מחזור הגידולים (phenology)
- ניטור השינויים בזמן (change detection)



איור סכמתי שלה תקופות הגדילה וההזדקנות בצמחייה ירוקת עד מעוצה (קו כחול מקווקו) וצמחים עשבוניים חד שנתיים (קו אדום) ביערות ים תיכוניים (Helman et al., 2015).

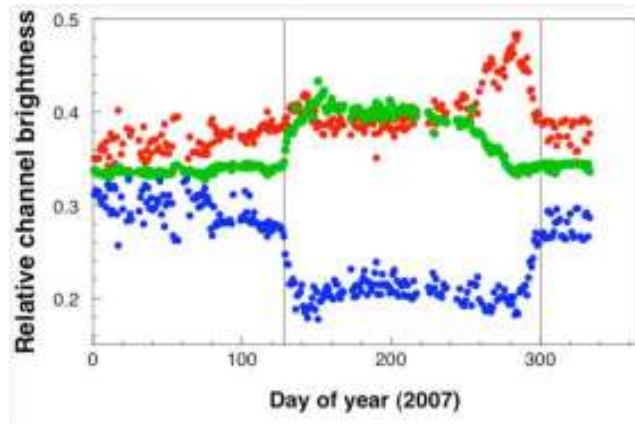


מה ניתן ללמוד מסדרות זמן של NDVI?



טכניקות של חישה מרחוק - מהקרקע

בשנים האחרונות לצד השימוש בסנסורים על גבי לוויינים לניטור פנולוגיה של צומח, החל שימוש גם באמצעי חישה מרחוק מקורבת לפני השטח בעזרת מצלמות RGB (RED, BLUE, GREEN) פשוטות.



תמונה ממצלמה דיגיטלית המוצבת ב Bartlett Experimental Forest, ושינויים במשך השנה בקרינה האדומה הירוקה והכחולה. הקו האנכי הראשון מציין את הלבול באביב והשני את השרת העלים בסתיו (מתוך אתר האינטרנט של רשת phenocam).



למרות השימוש הנרחב שנעשה במצלמות, למיטב ידיעתנו אף אחד מהמחקרים שצוינו לעיל

עשה שימוש במצלמות VIS-NIR מולטי-ספקטרליות לניטור פנולוגי.

היתרונות הטמונים בניטור מסוג זה:

(1) רזולוציה מרחבית ועיתית משופרת

(2) מדידת נתונים מנורמלים- שימוש בנתוני החזרה



מטרות ארוכות טווח של פרוייקט הניטור הפנולוגי בישראל:

1. לעקוב לטווח ארוך אחרי השנויים הפנולוגיים של מיני מפתח בצמחית ישראל וביערות הנטועים לאורך מפל הגשם בישראל.
2. לגלות דגמים ומגמות בשנויים הנ"ל ולנסות לייחס אותם לשינויי אקלים מקבילים, או לאיומים אחרים.
3. קבלת אינדיקציה מוקדמת על השפעות קריטיות של שינויי האקלים על צמחי המפתח כמו התייבשות ומוות.



מטרות ספציפיות של פרוייקט הניטור הפנולוגי ברמת הנדיב:

1. לבחון את יכולת המצלמה לנטר מחזור פנולוגי שנתי של צמחיית חורש ים תיכוני באתר רמת הנדיב.
2. לקשר ולהסביר את המחזור הפנולוגי הנצפה על ידי מדידות פיזיולוגיות שונות של מיני העצים והשיחים הדומיננטיים באתר המחקר.



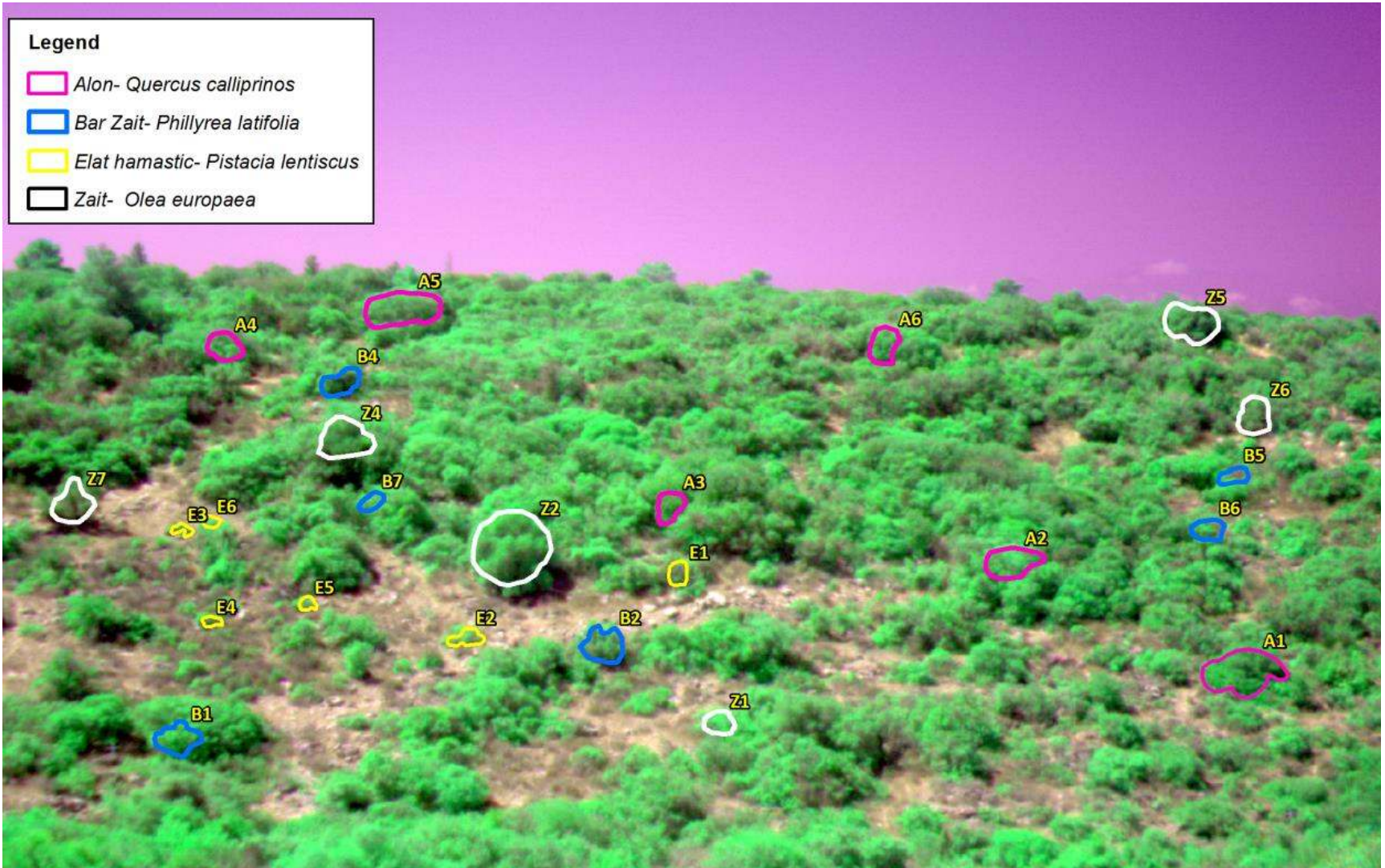
אתר רמת הנדיב



מגדל הניטור

מפנה צפוני







אזור המחקר – אפיון מינים דומיננטיים



1. זית אירופי- *Olea europaea*

עלי הזית



צולם על ידי: ג'וזה גרינזוויץ, מרץ 2014



אזור המחקר – אפיון מינים דומיננטיים



2. בר זית בינוני- *Phillyrea latifoli*

עלי הבר זית



צולם על ידי: שרה גולד
אתר צמח השדה



צולם על ידי: ז'וזה גרינצוויג, מרץ 2014



אזור המחקר – אפיון מינים דומיננטיים



3. אלון מצוי - *Quercus calliprinos*





4. שיחי אלת המסטיק (*Pistacia lentiscus*)

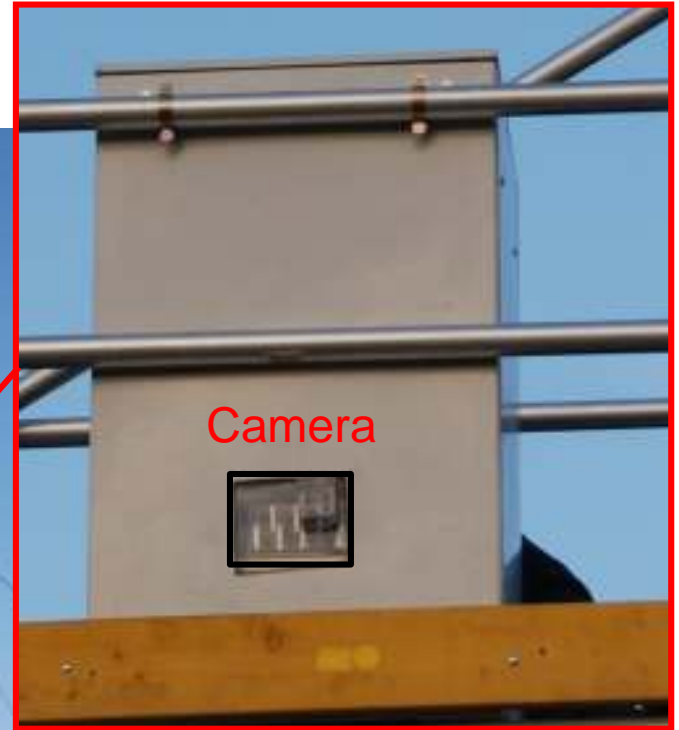
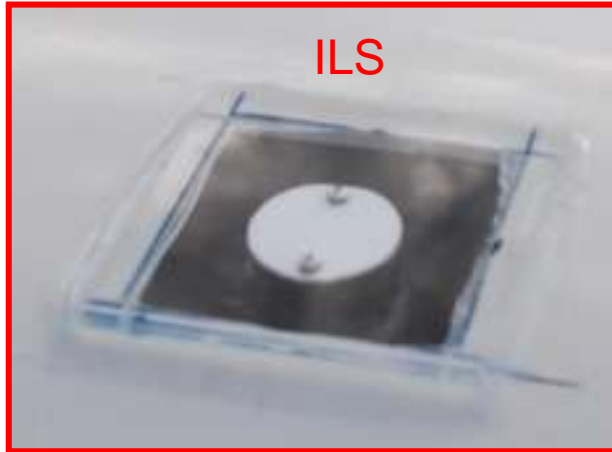


Photo by: Jose Gruenzweig, March 2014





שיטות – מדידות מולטי – ספקטרליות

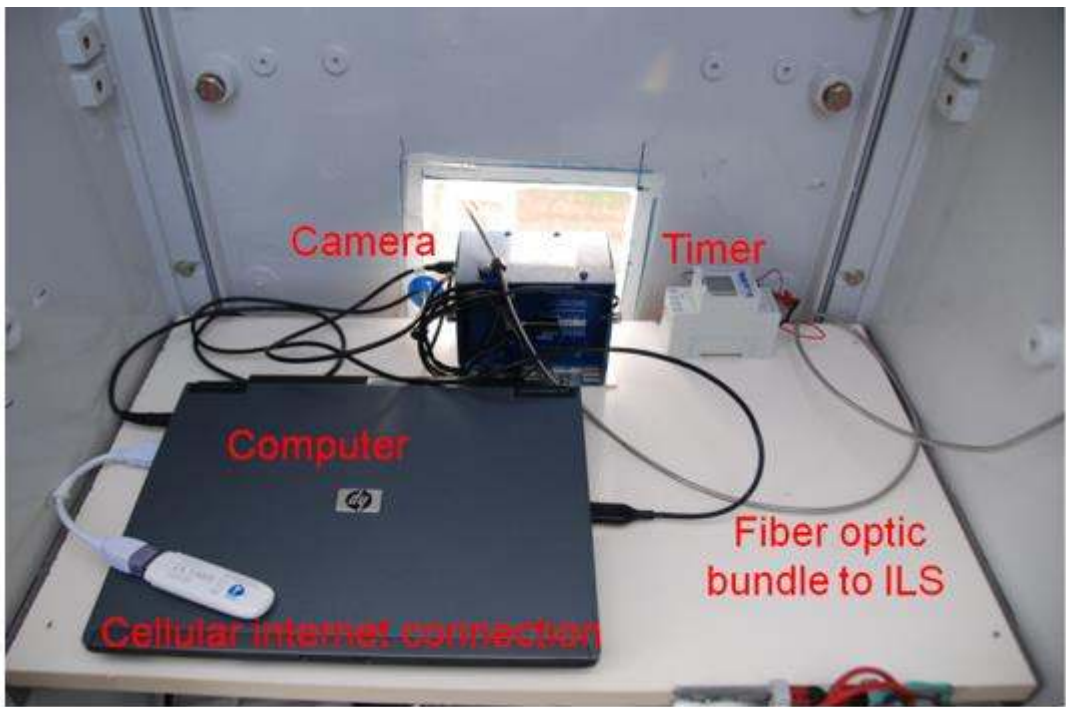




שיטות – מדידות מולטי – ספקטרליות



Tertracam mini MCA



- רוחב הערוצים: 10 ננומטר
- רזולוציה מרחבית: בין 6-16 ס"מ לפיקסל

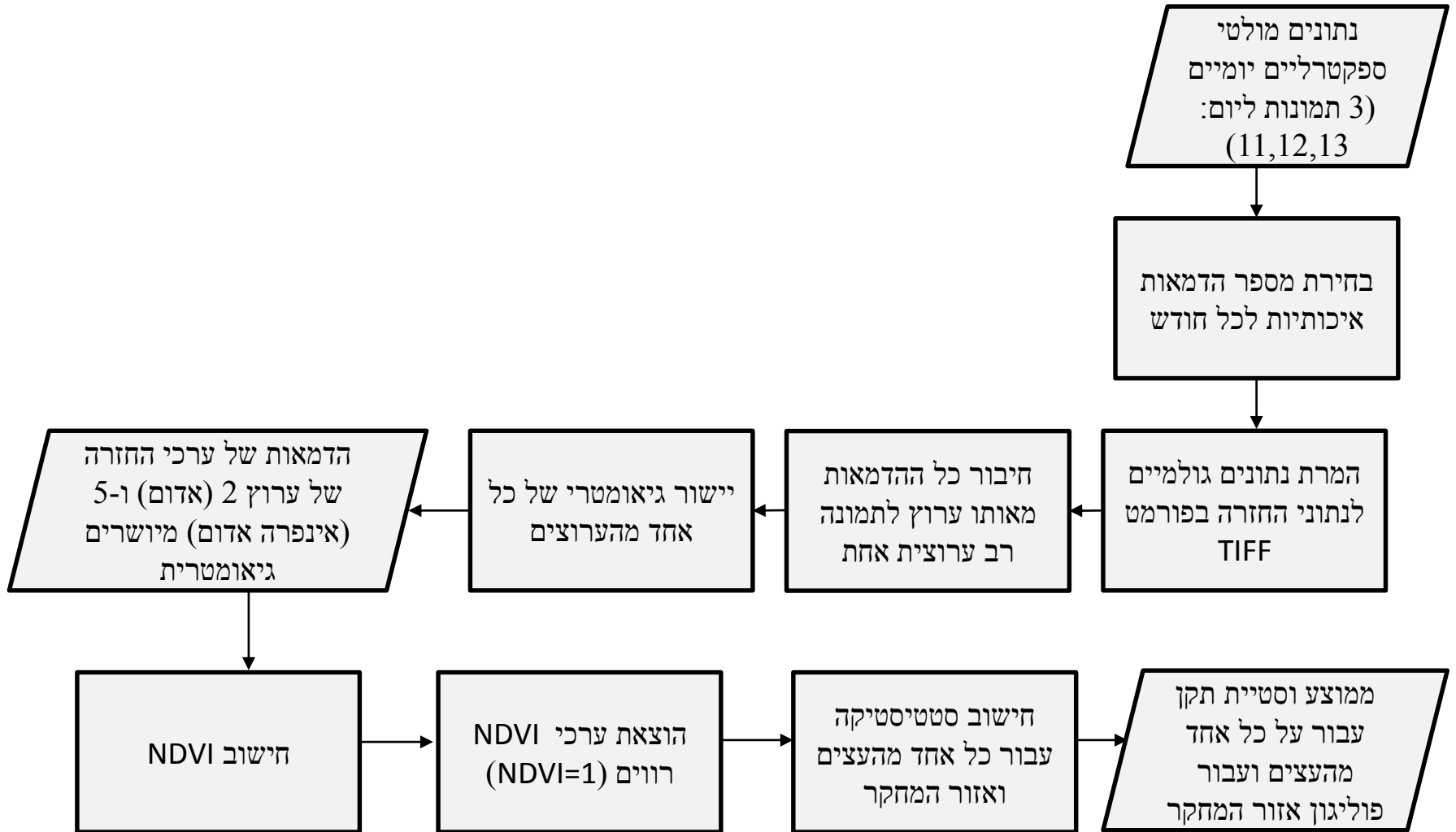
- ערוצים ספקטרליים**
- ערוץ ירוק (550 ננומטר)
 - ערוץ אדום (670 ננומטר)
 - ערוץ הקצה האדום (740 ננומטר)
 - ערוץ הקצה האדום (780 ננומטר)
 - ערוץ אינפרה אדום (860 ננומטר)



שיטות - תרשים זרימה של שלבי ניתוח הנתונים



יצירת סדרת זמן של NDVI ברזולוציית זמן חודשית

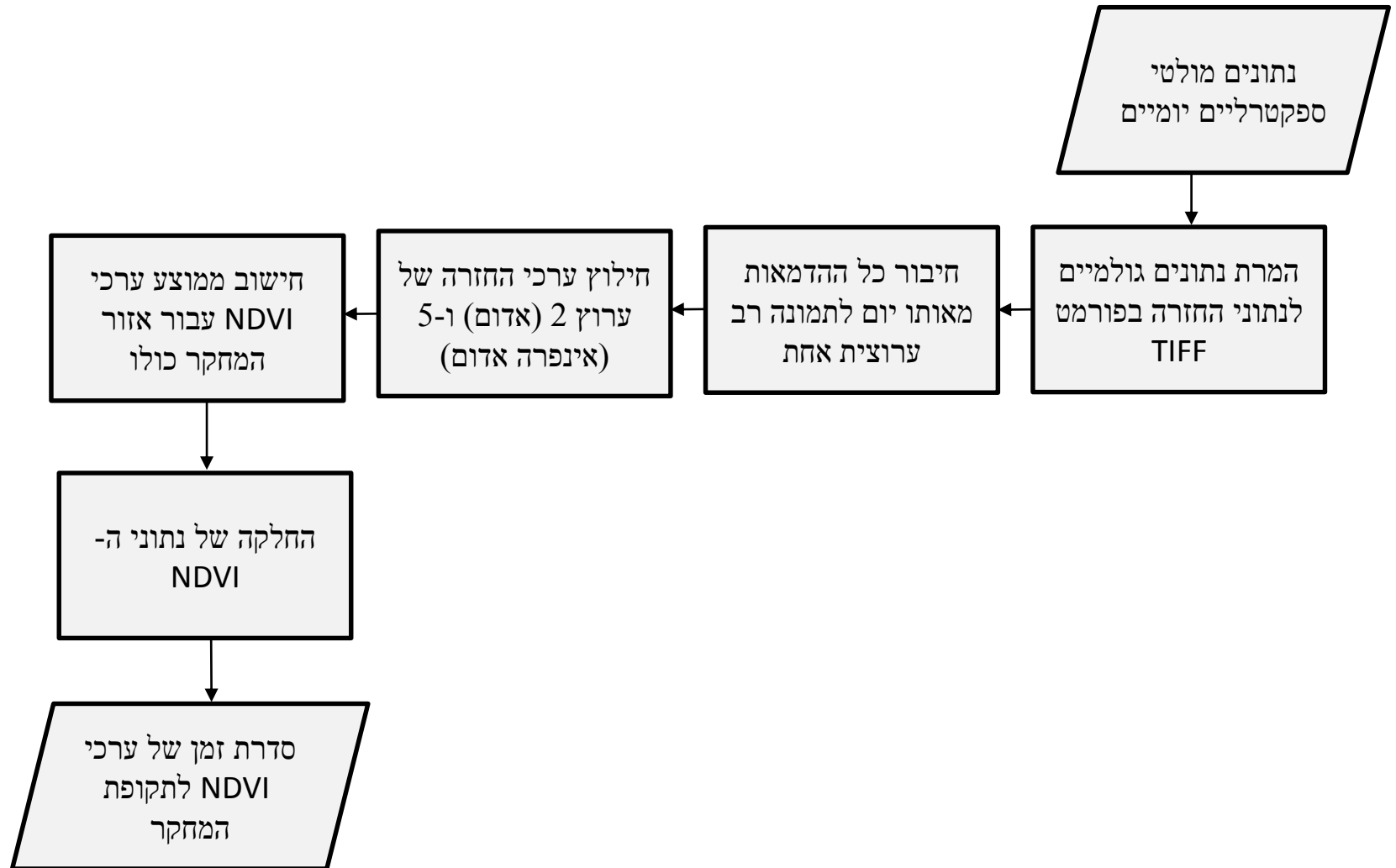




שיטות - ניתוח מדידות ספקטרליות



יצירת סדרת זמן של NDVI ברזולוציית זמן יומית





על מנת להבין את התהליכים המניעים את המחזור הפנולוגי הנצפה, בוצעו שלוש סוגים של מדידות פיזיולוגיות במועדים מייצגים לכל עונה, על 24 עצים באתר המחקר (6 פרטים עבור כל מין דומיננטי באתר). שלושה מדדים פיזיולוגיים נאספו:

(1) פוטנציאל המים בעלה (Ψ): המייצג את זמינות המים בקרקע)

(2) מוליכות פיוניות (gs): משקף את התגובה העיקרית של העצים למגבלת מים, על ידי שינויים בתפקוד הפיוניות)

(3) ריכוז הכלורופיל (המשקף את מידת "הירוקיות" של הצמחייה היכולת לבצע פוטוסינתזה)



שיטות – מדידת פוטנציאל המים בעלה



ערכי פוטנציאל המים (Ψ) נמדדו בעזרת מכשיר תא לחץ Scholander משלושה ענפים שנדגמו מכל עץ.

המדידות בוצעו פעמיים ביום, פעם אחת לפני עלות השחר (שעה לפני הזריחה, כדי לקחת בחשבון את זמינות

המים בקרקע) ופעם אחת סביב זמן ה-solar noon על מנת להעריך את מאזן המים במהלך מקסימום הסטרם

ובזמן הצילומים הספקטראליים. הענפים שנחתכו אוחסנו מידית בשקיות אטומות ובקירור עד למדידת הלחץ

(סביבות חצי שעה).





ערכי מוליכות פיוניות נמדדו גם כן פעמיים ביום בשעות הבוקר (בין 8 ל- 9:30 בבוקר) ובצהריים בעזרת מכשיר porometer. בכל פרט נמדדו ארבעה עלים (youngest fully-matured).

Porometer device (Decagon Devices, Inc., Washington, USA)



שיטות – מדידת תכולת כלורופיל בעלה



מכל עץ נבחר ענף מייצג ואוחסן בקרח עד ההגעה למעבדה. מדידות תכולת הכלורופיל בוצעו בשיטת המיצוי. האנליזה בוצעה ביום למחרת לפי השלבים הבאים:

(1) נבחרו 3-4 עלים מייצגים עבור כל פרט.

(2) 20 מ"ג של דגימה נשקלו מכל עלה ואוחסנו במבחנת 2 מ"ל.

(3) המבחנות עם הדגימות הוקפאו בחנקן נוזלי והדגימות רוסקו בעזרת כדוריות מתכת בשייקר למשך 5 דקות.

(4) 1.5 מ"ל של אתאנול 95% הוספו למבחנות ועורבלו למשך 3-5 שעות עד למיצוי מלא של הדגימה.

(5) המבחנות הוכנסו לצנטריפוגה למשך 5 דקות בעוצמה של 14,000 rpm.

(6) הדגימות דוללו ביחס של 2.5 והועברו לקיוטות

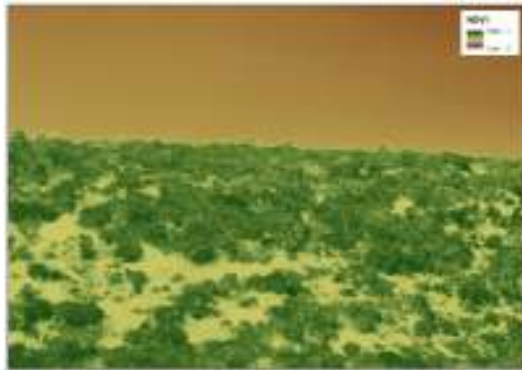
(7) ספקטרום הבליעה נמדד בעזרת ספקטרופוטומר (Evolution 220, Thermo Scientific)

(8) ריכוז הכלורופיל חושב על ידי הצבת תוצאות הבליעה במשוואת הריכוז (Lichtenthaler and

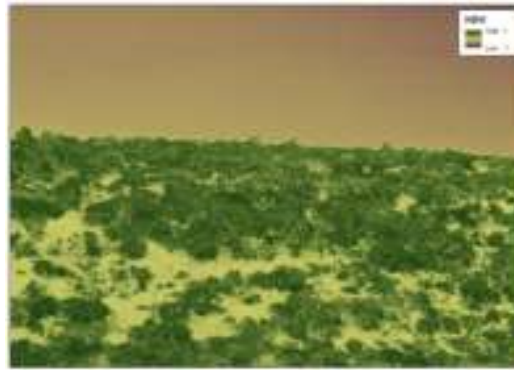
(Buschmann, 2001).



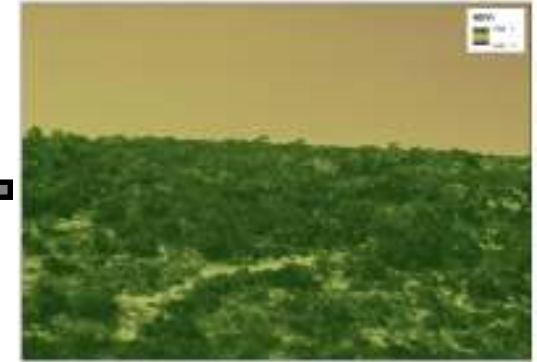
אוגוסט 14



יוני 14



אפריל 14



פברואר 14



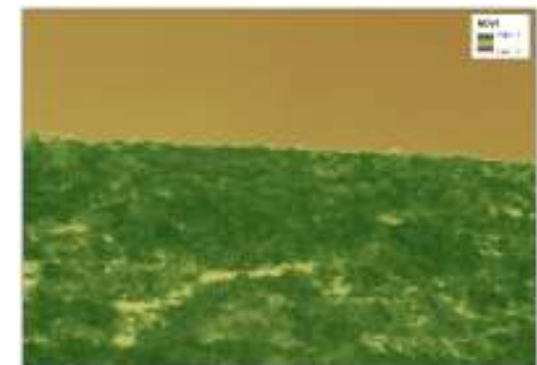
דצמבר 14



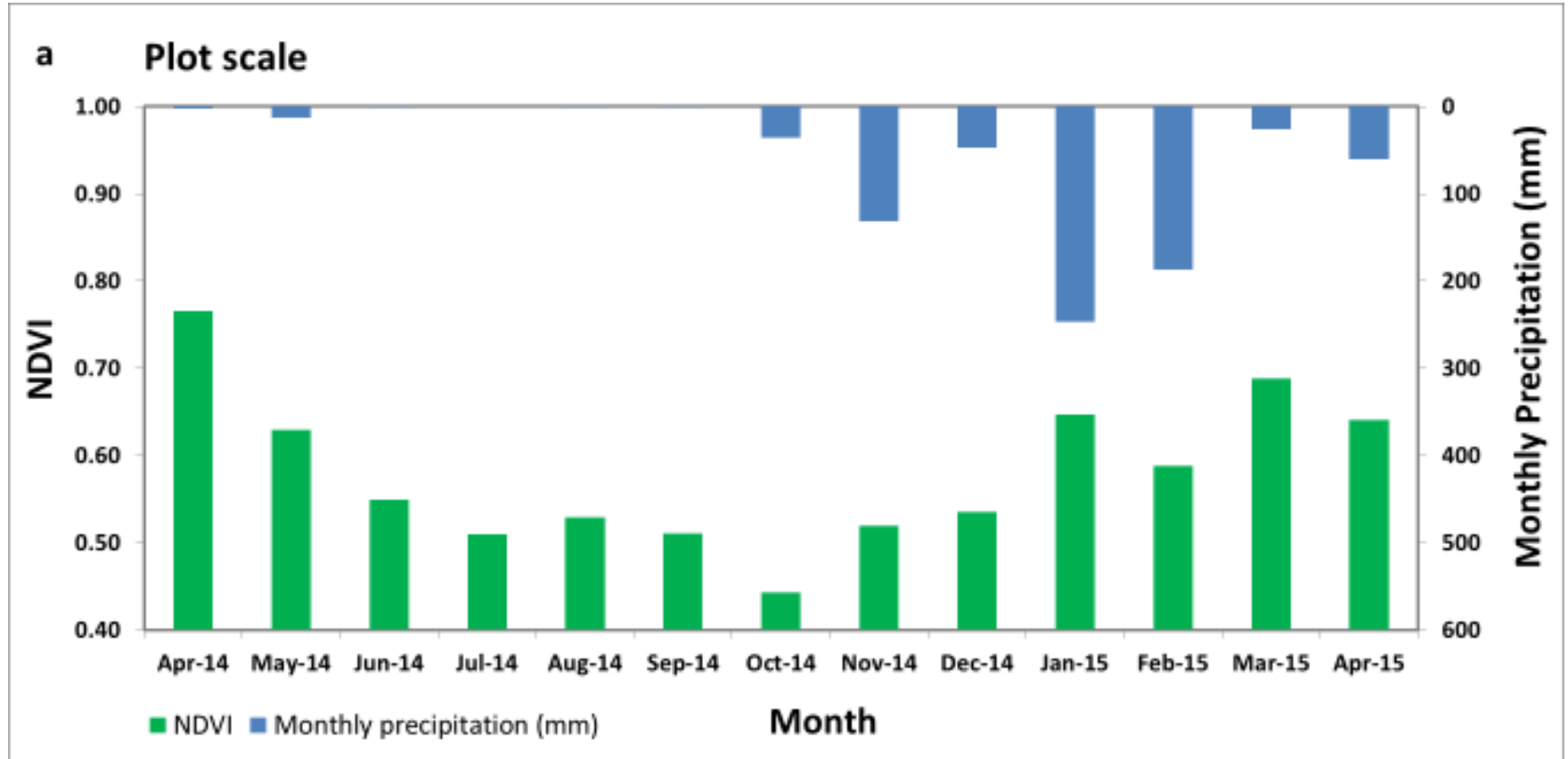
אוקטובר 14



אפריל 15

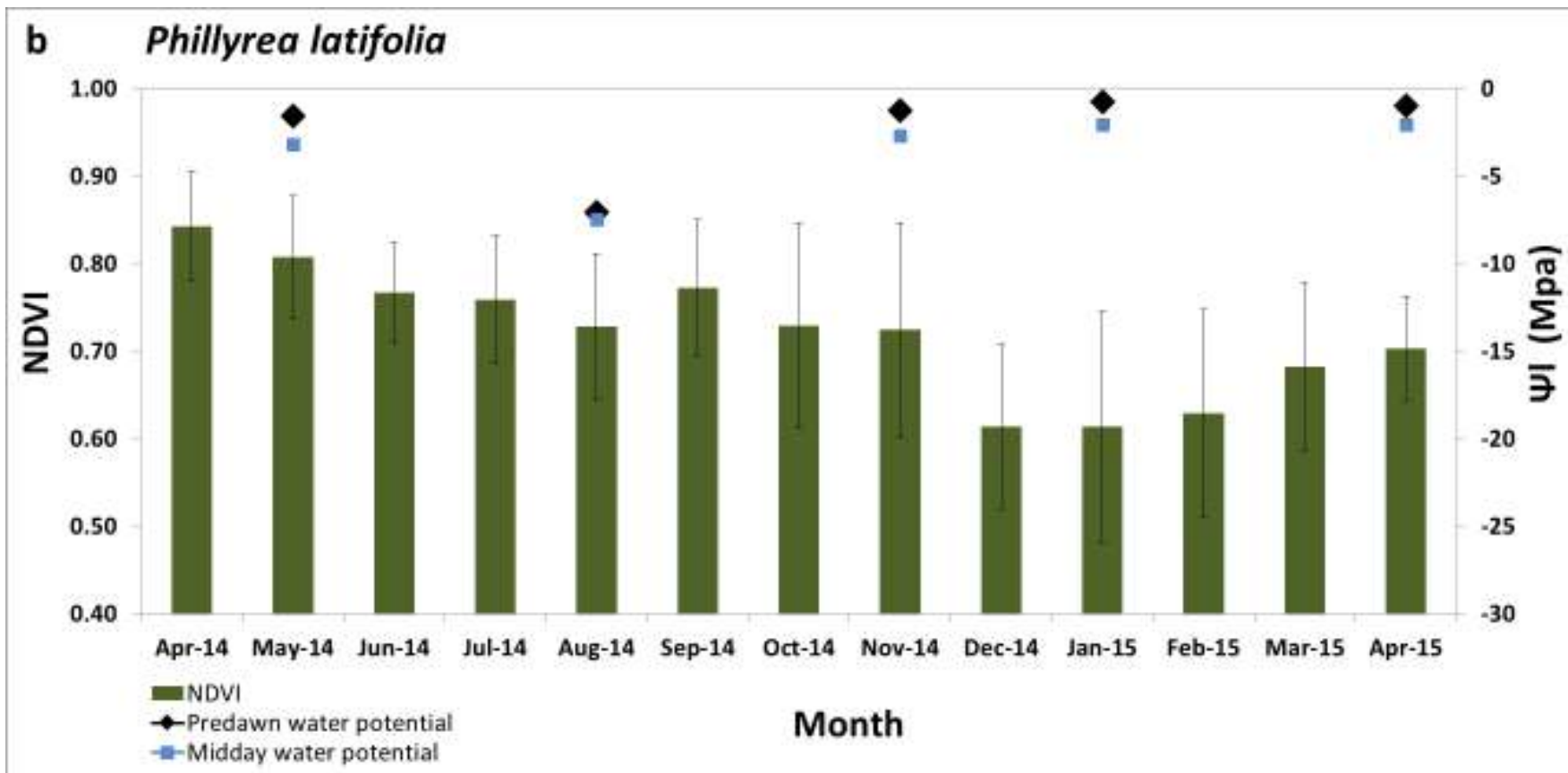


מחזור פנולוגי שנתי של אזור המחקר ברמת הנדיב



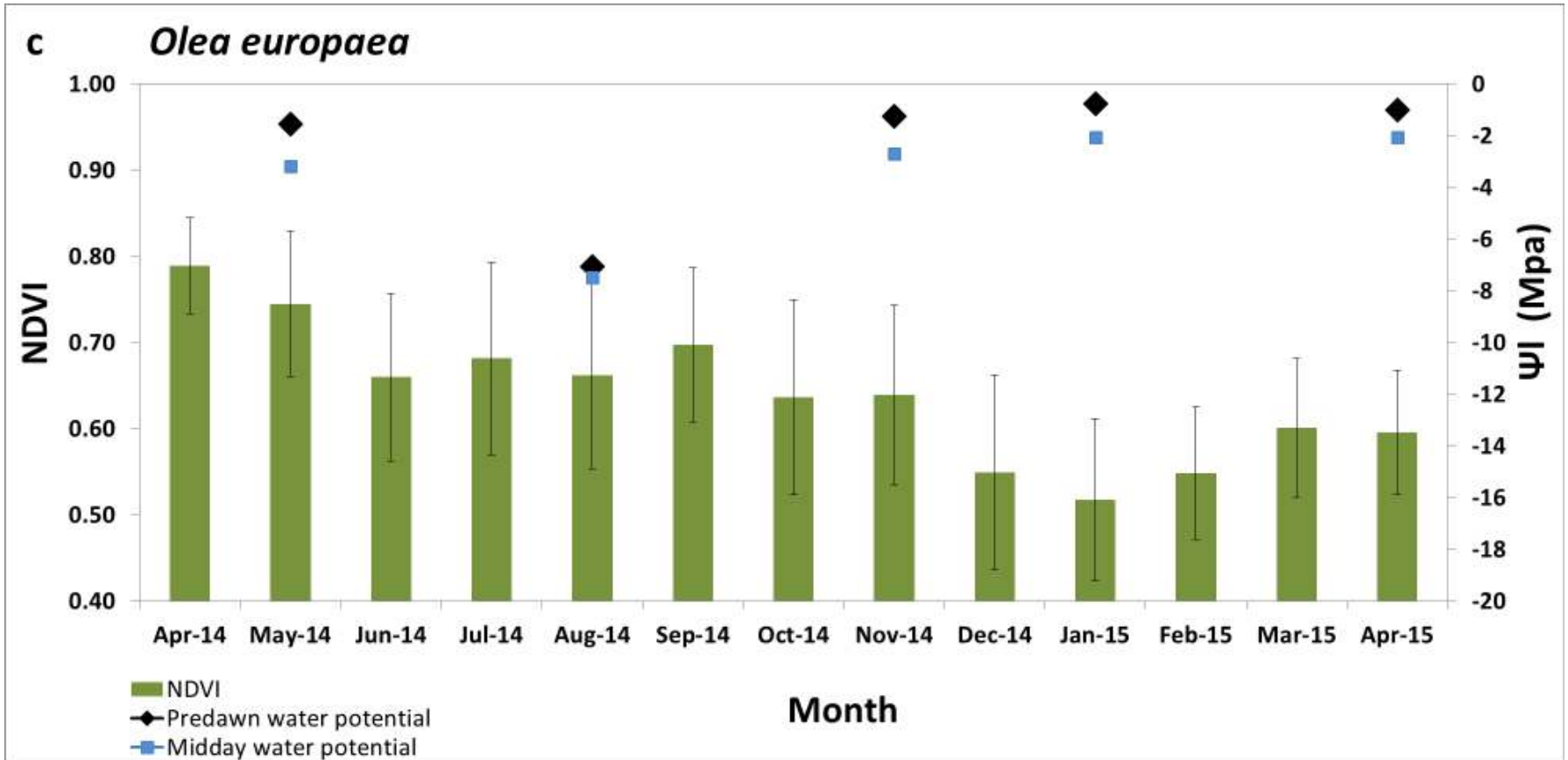
NDVI חודשי ממוצע עבור כל אזור המחקר וכמות משקעים חודשית לאורך השנה.

מחזור פנולוגי שנתי של עצי הבר זית ברמת הנדיב



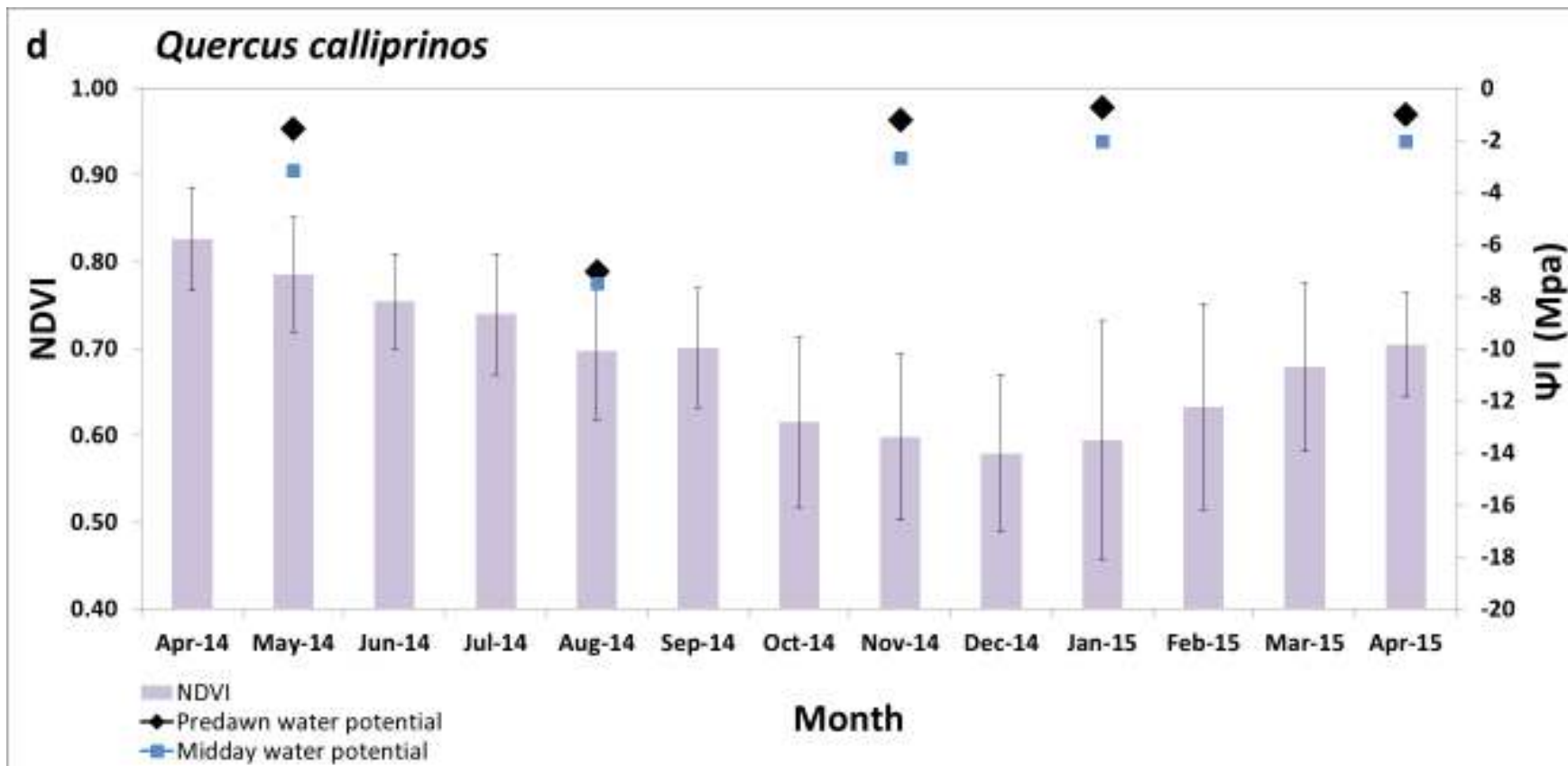
NDVI חודשי ממוצע עבור עצי הבר זית (*Phillyrea latifolia*) וכמות משקעים חודשית לאורך השנה.

מחזור פנולוגי שנתי של עצי הזית ברמת הנדיב



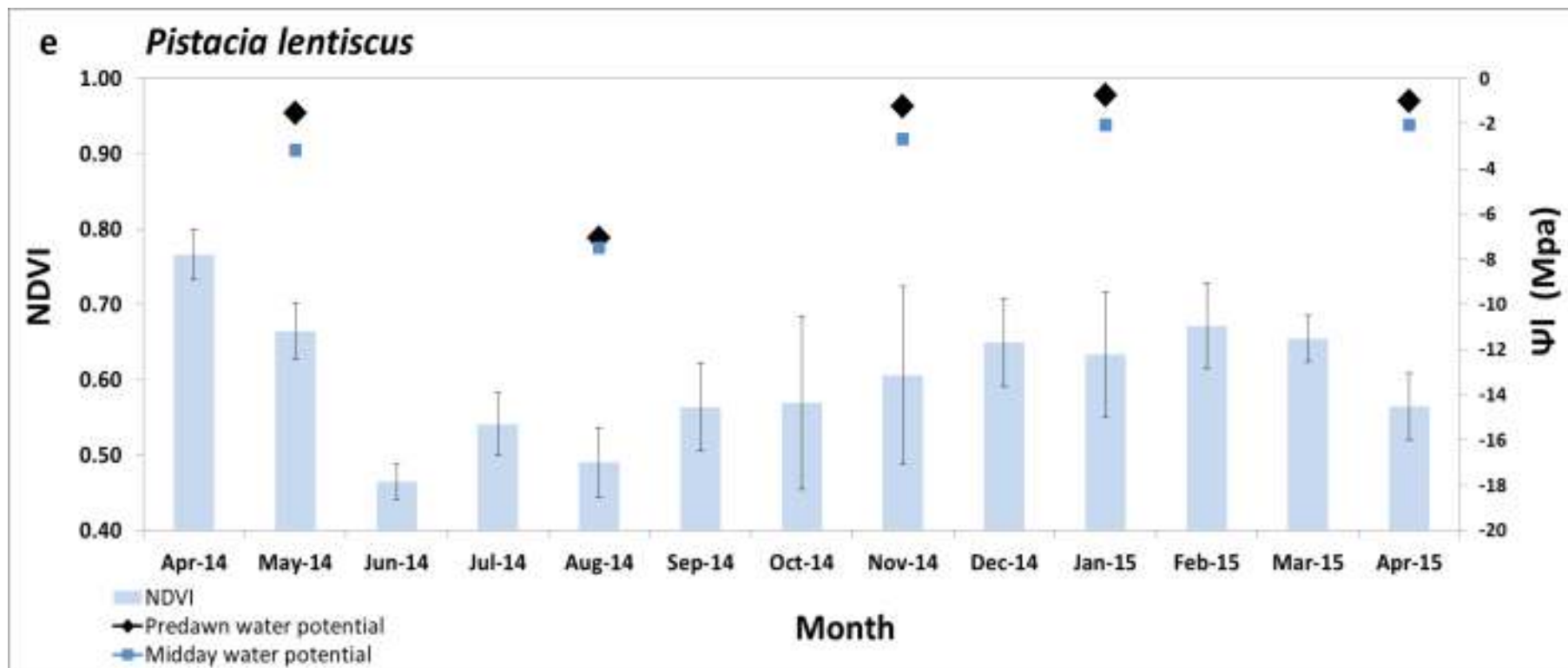
NDVI חודשי ממוצע עבור עצי הזית האירופי (*Olea europaea*) וערכי פוטנציאל המים בעונות השונות.

מתזור פנולוגי שנתי של עצי האלון ברמת הנדיב

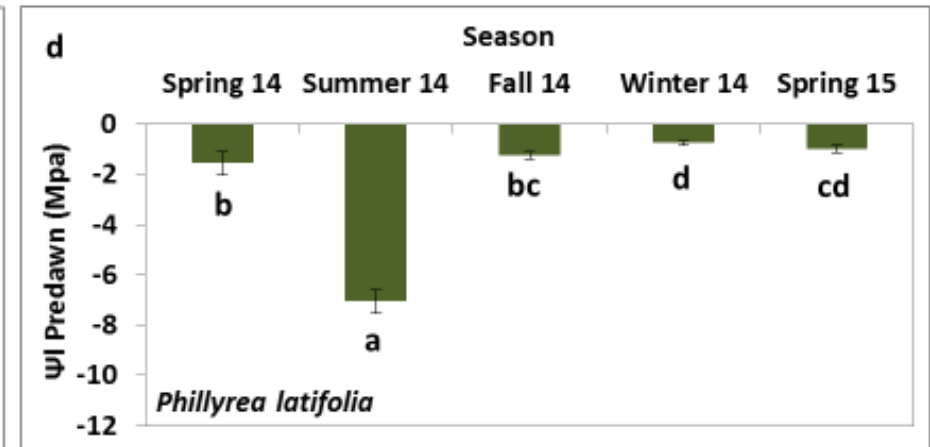
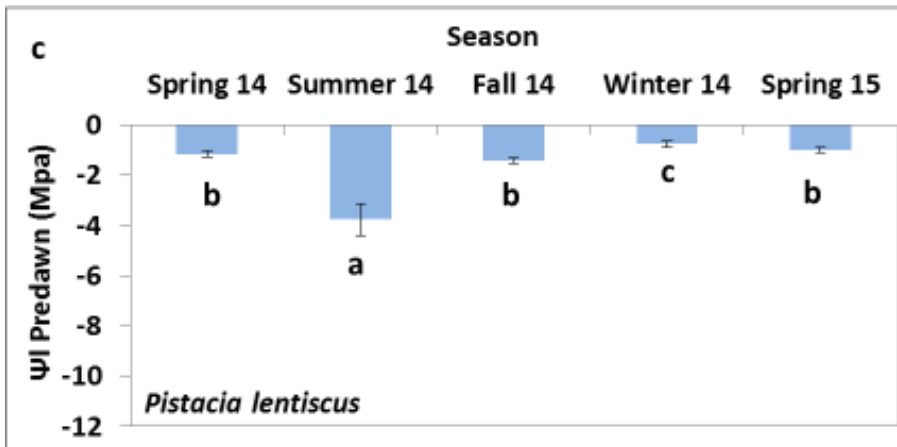
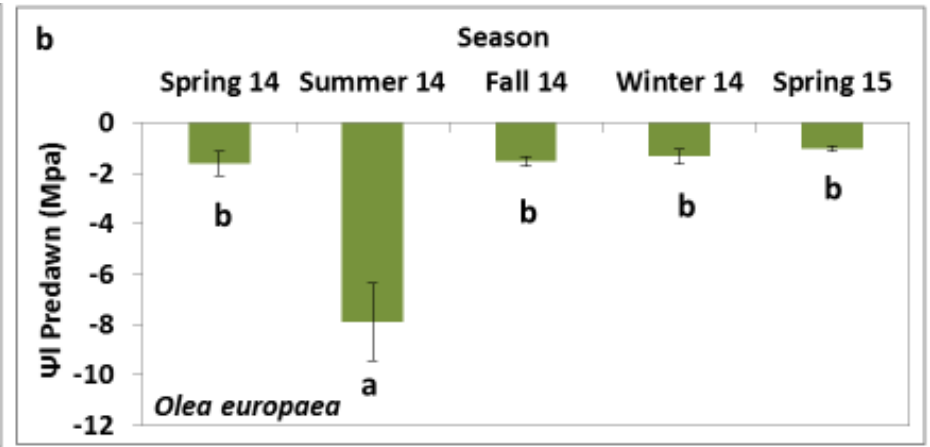
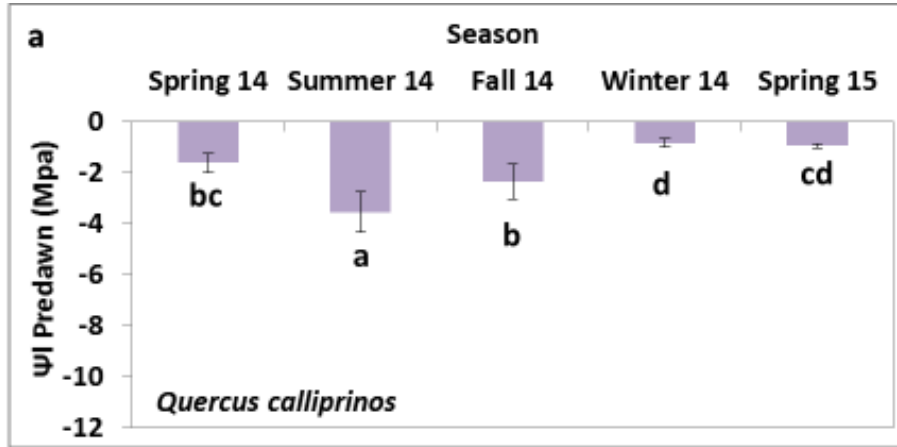


NDVI חודשי ממוצע עבור האלון המצוי (*Quercus calliprinos*) וערכי פוטנציאל המים בעונות השונות.

מחזור פנולוגי שנתי של שיחי אלת המסטיק ברמת הנדיב



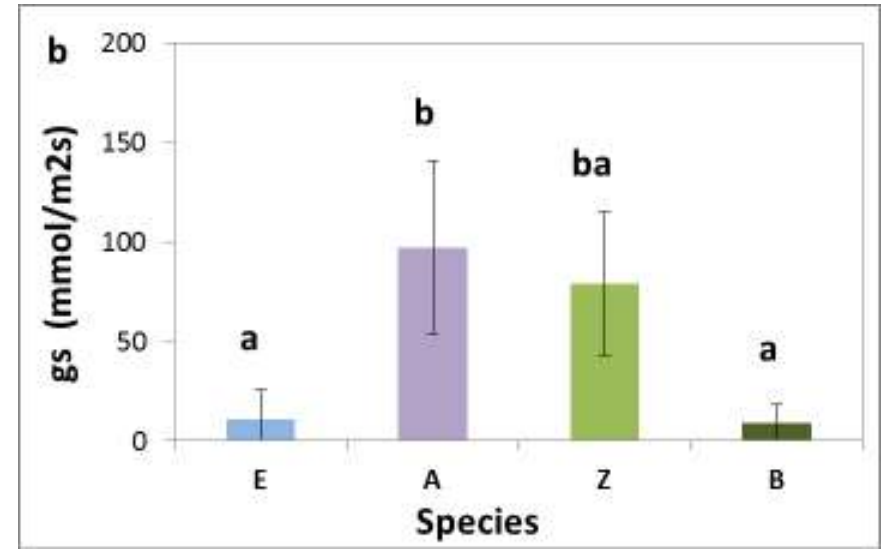
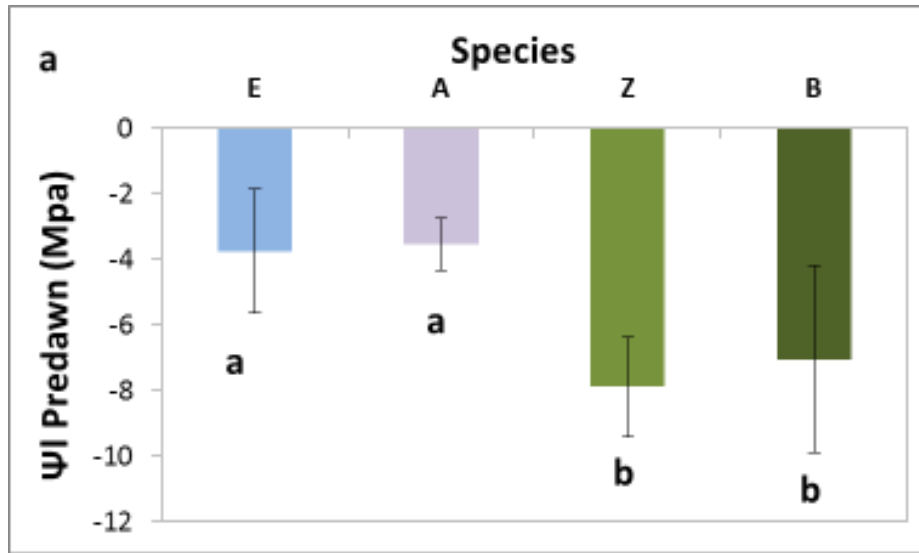
NDVI חודשי ממוצע עבור שיחי אלת המסטיק (*P. lentiscus*) וערכי פוטנציאל המים בעונות השונות.



פוטנציאל המים לפנות שחר בעלה עבור ארבעת מיני העצים לאורך העונות

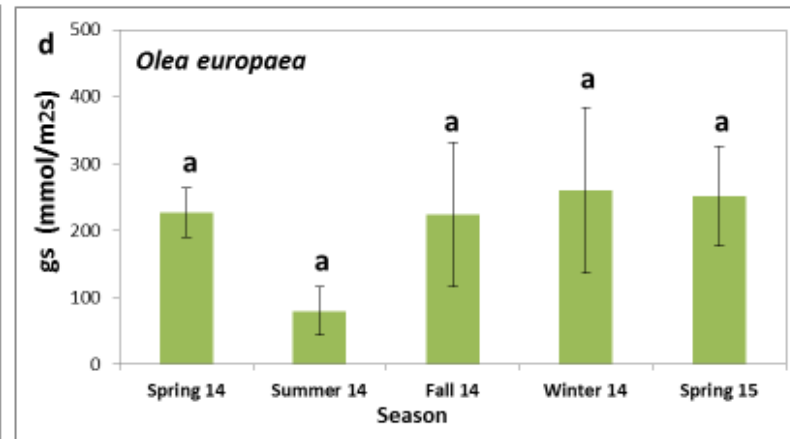
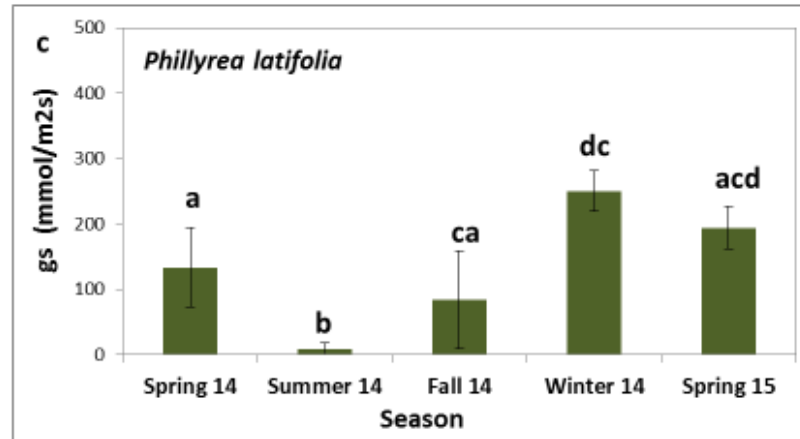
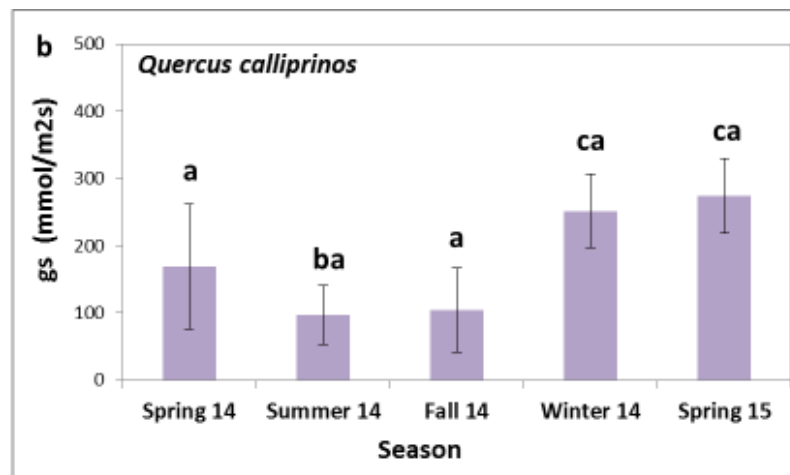
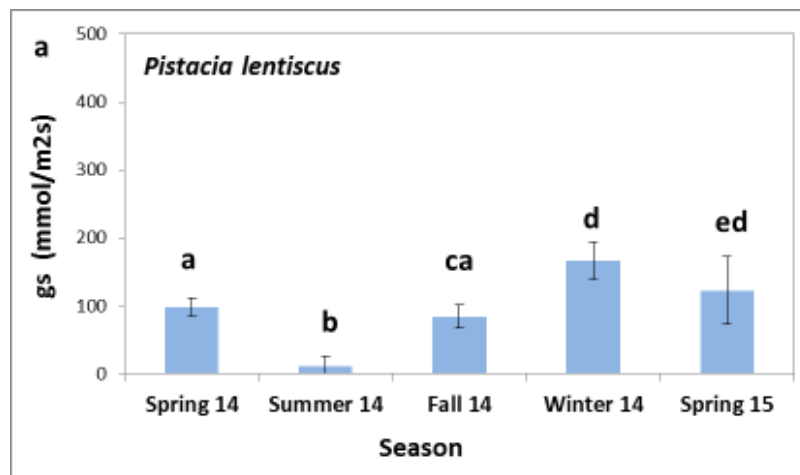


פוטנציאל המים בעלה לפנות שחר ומוליכות פיוניות בקיץ - הבדלים בין המינים



(א) פוטנציאל מים בעלה לפנות שחר (ב) מוליכות פיוניות ביום עבור ארבעת המינים המנוטרים.

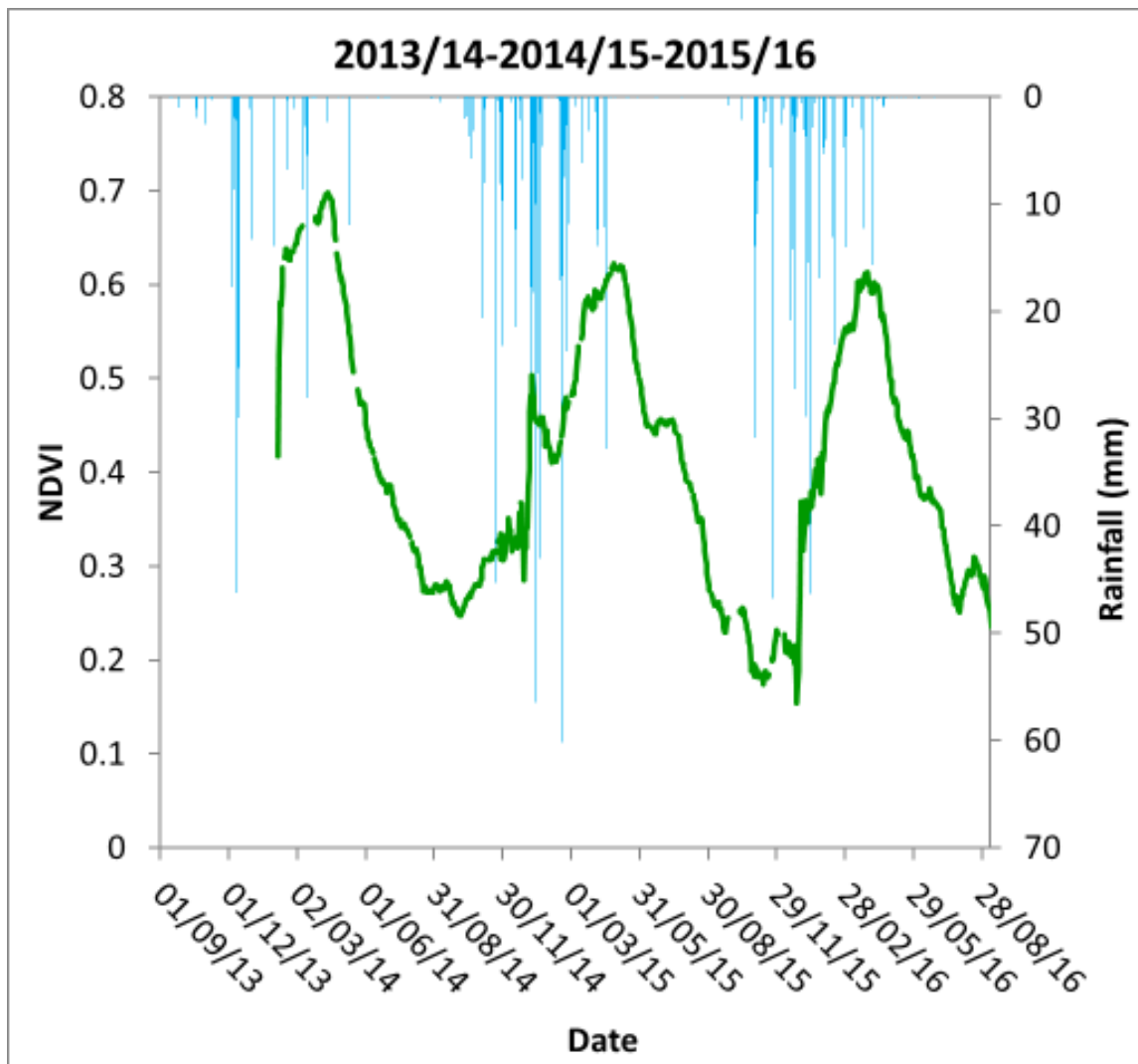
קיצורים: E - אלת המסטיק, B - בר זית, O - זית אירופי, A - אלון מצוי.



מוליכות פיוניות בצהרי היום בארבעת המינים המנוטרים לאורך העונות.

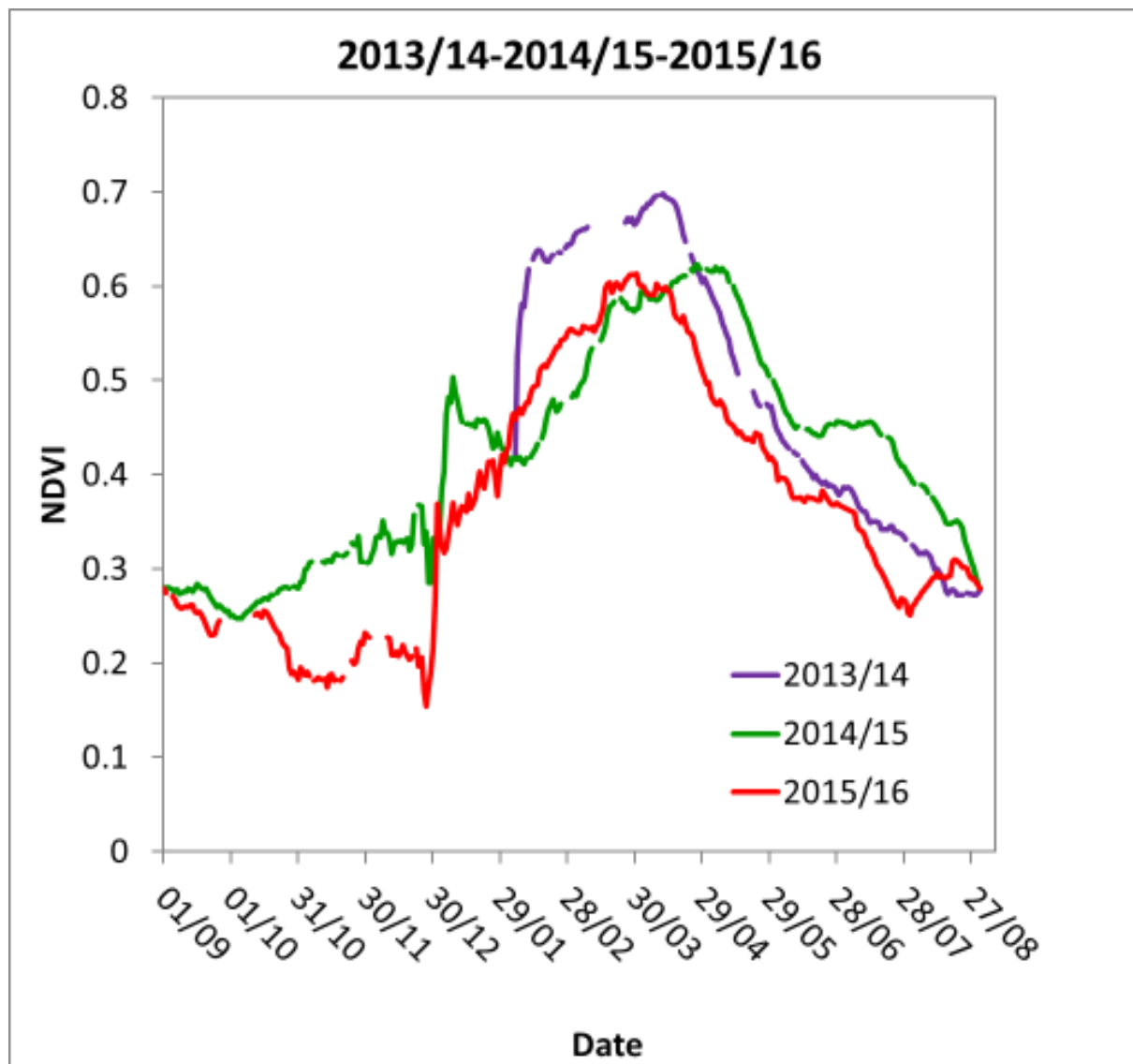


תוצאות - סדרת זמן של NDVI לתקופה של 2014-2016



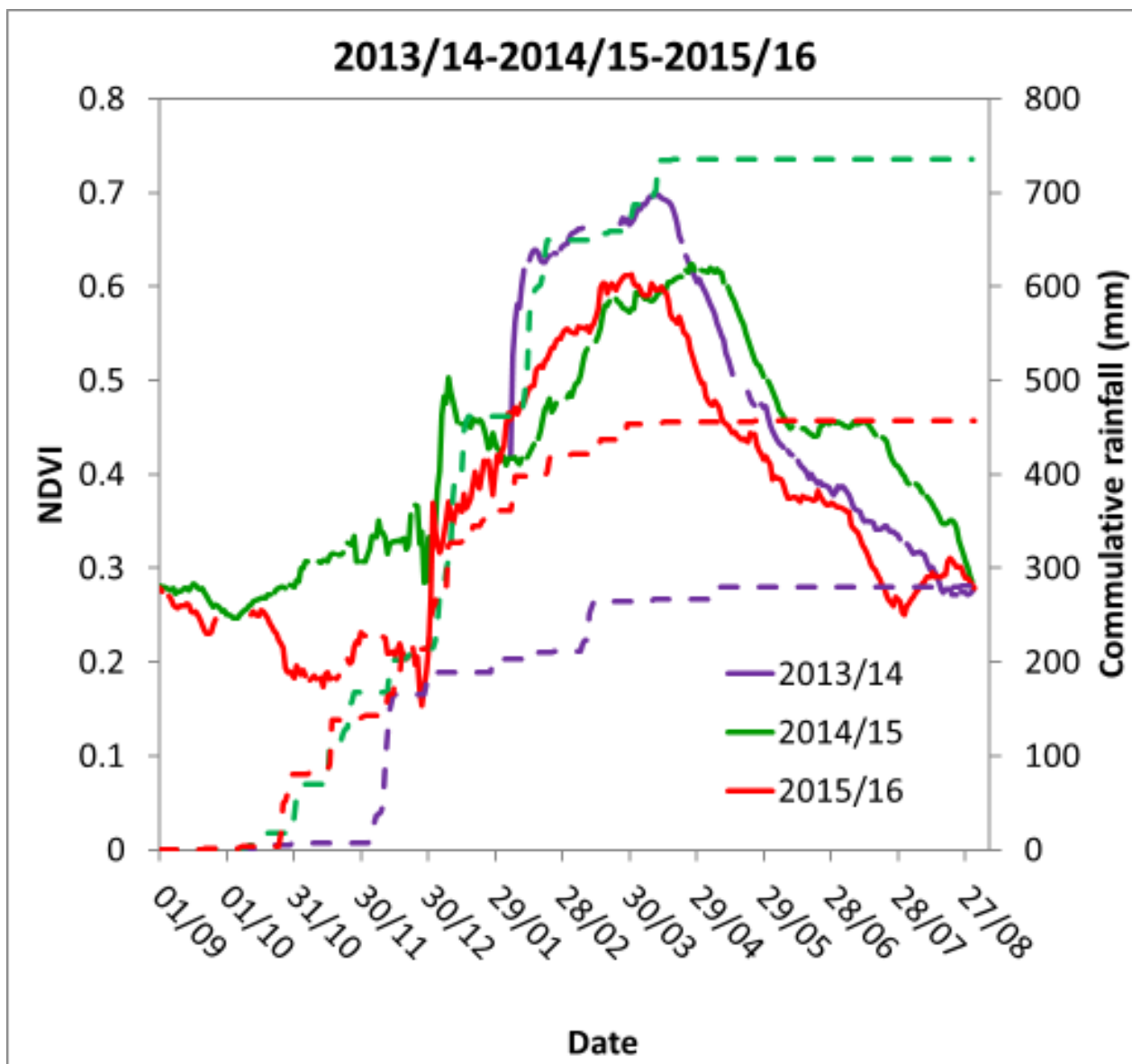


תוצאות - סדרת זמן של NDVI לתקופה של 2014-2016





תוצאות - סדרת זמן של NDVI לתקופה של 2014-2016





1. שנה אחת של ניטור סדרות זמן של NDVI הציגה מחזור פנולוגי שנתי מובחן הן עבור השטח כולו והן ברמה של מיני עצים ושיחים ספציפיים.
2. ממצאים משלושת השנים האחרונות ברמת האזורית, הציגו מחזוריות של ערכי ה-NDVI המושפעת במידה רבה מכיסויי החד-שנתיים.
3. הפנולוגיה של הצמחייה בשטח המחקר מוכתבת על ידי זמינות המים באזור זה; העלייה בערכי ה-NDVI נצפתה לאחר העלייה בערכי פוטנציאל המים בעלה ולאחר תקופה מסוימת מתחילת ירידת המשקעים.





כיוונים להמשך המחקר



❖ אימות הממצאים ע"י הוספת תצפיות פנולוגיות למחקר

❖ בחינת האמינות של תוצאות ההחזרה בימים מעוננים

❖ תהליך יישור גיאומטרי אוטומטי

❖ קלסיפיקציה של הפיקסלים כשלב עיבוד ראשוני

❖ שימוש באינדקסים ספקטרליים נוספים (Red- edge ,SAVI)

❖ השוואת סדרות הזמן מהאינדקסים הספקטרליים מבוססי ערוצי ה-VIS-NIR לאלו המתקבלות מנתוני

ערוצי ה-RBG בלבד.

❖ שילוב ניטור מהקרקע ומלווין הונס



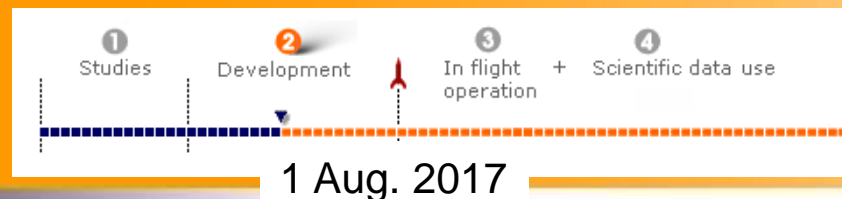
Vegetation and Environmental New Micro Spacecraft (VENμS)

Arnon Karnieli



Mission Characteristics

- **Orbit**: near polar, sun-synchronous (constant view angle)
- **Altitude**: 720 km
- **Inclination**: 98.27°
- **Revisit time**: two days ←
- **Swath**: 27.56 km ←
- **Spatial resolution**: 5.3 m ←
- **Number of spectral bands**: 12 (VIS-NIR) ←
- **Tilting capability**: +/-30° across and along track ←
- **Radiometric resolution**: 10 bits
- **Equator crossing time**: 10:30 AM, descending mode
- **Mission start/duration**: 2017, ≥ 4.25 years ←



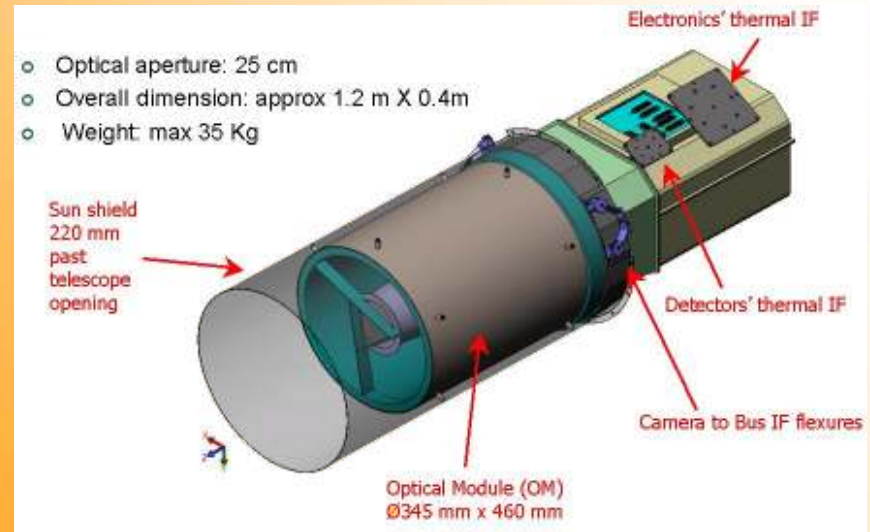
Objectives of Missions

The VEN μ S program consists of two missions:

1. Scientific mission;
2. Technological mission

The overall aim of the scientific mission is to acquire frequent, high spatial resolution, multi-spectral images of 110 sites all around the world.

- 12 spectral bands in the visible and near infrared region;
- 2-days revisit time in a constant view angle;
- 5.3 m spatial resolution;



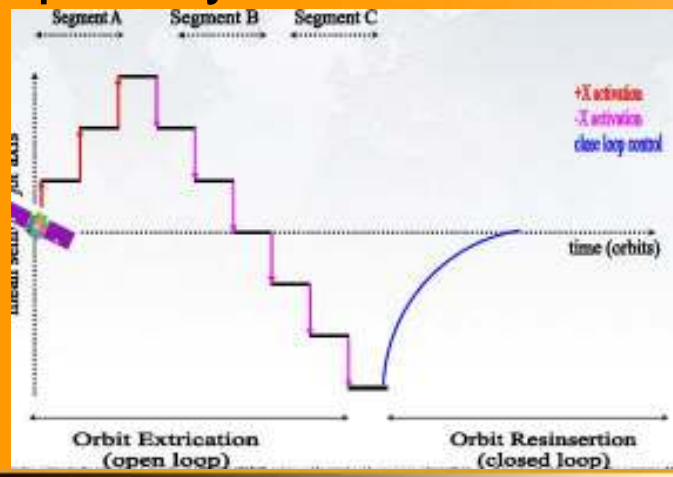
Technological Mission

Technological Mission is aimed at qualifying an Israeli electric propulsion technology (IHET) and demonstrating its mission enhancement capabilities.



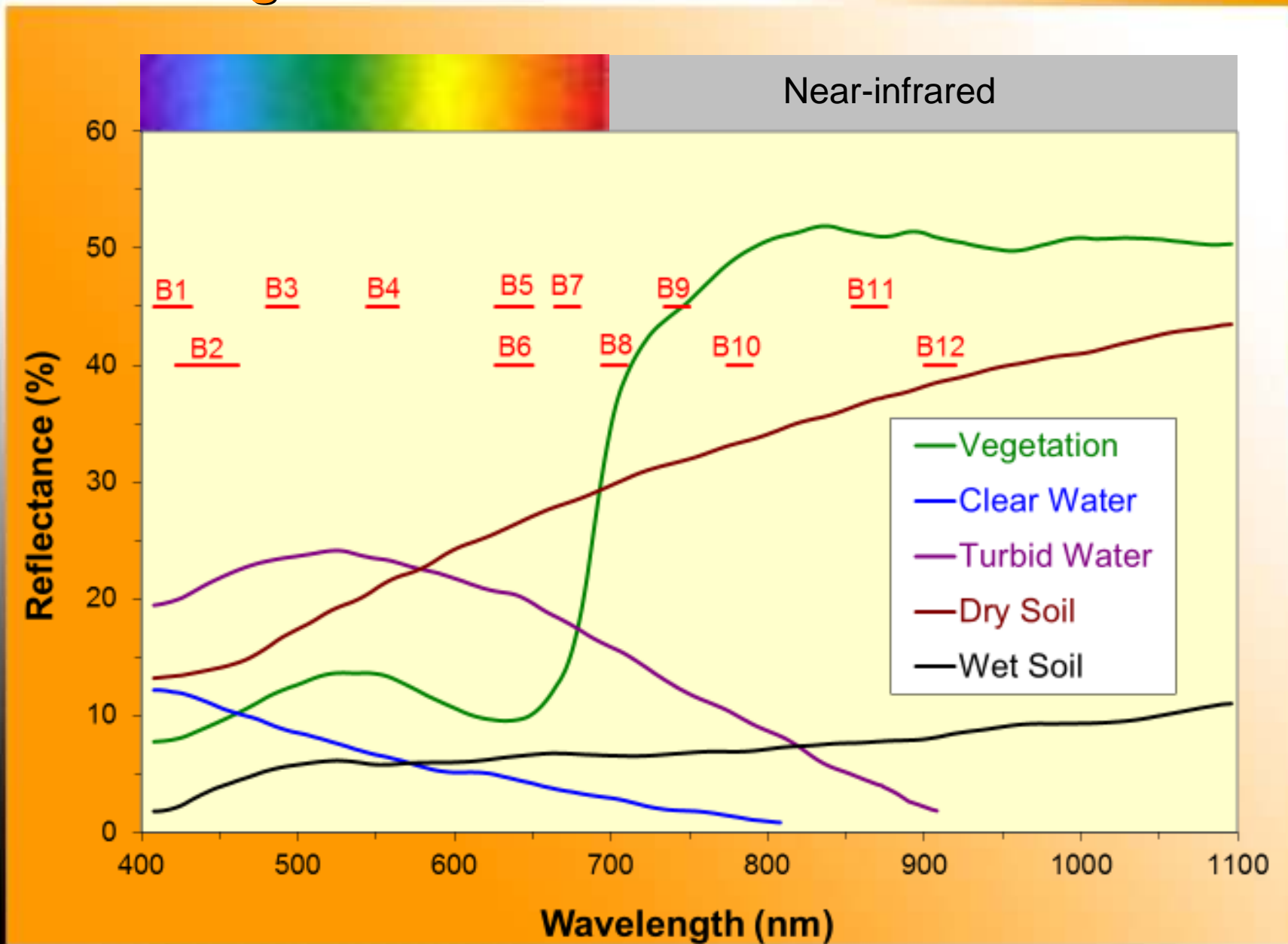
First, the technological mission will be embedded within the scientific mission to examine maneuver capability of the satellite.

During the 2nd phase, the altitude of the spacecraft will be lowered from 720 to 410 km and the system will demonstrate the ability to acquire images in high drag environment.

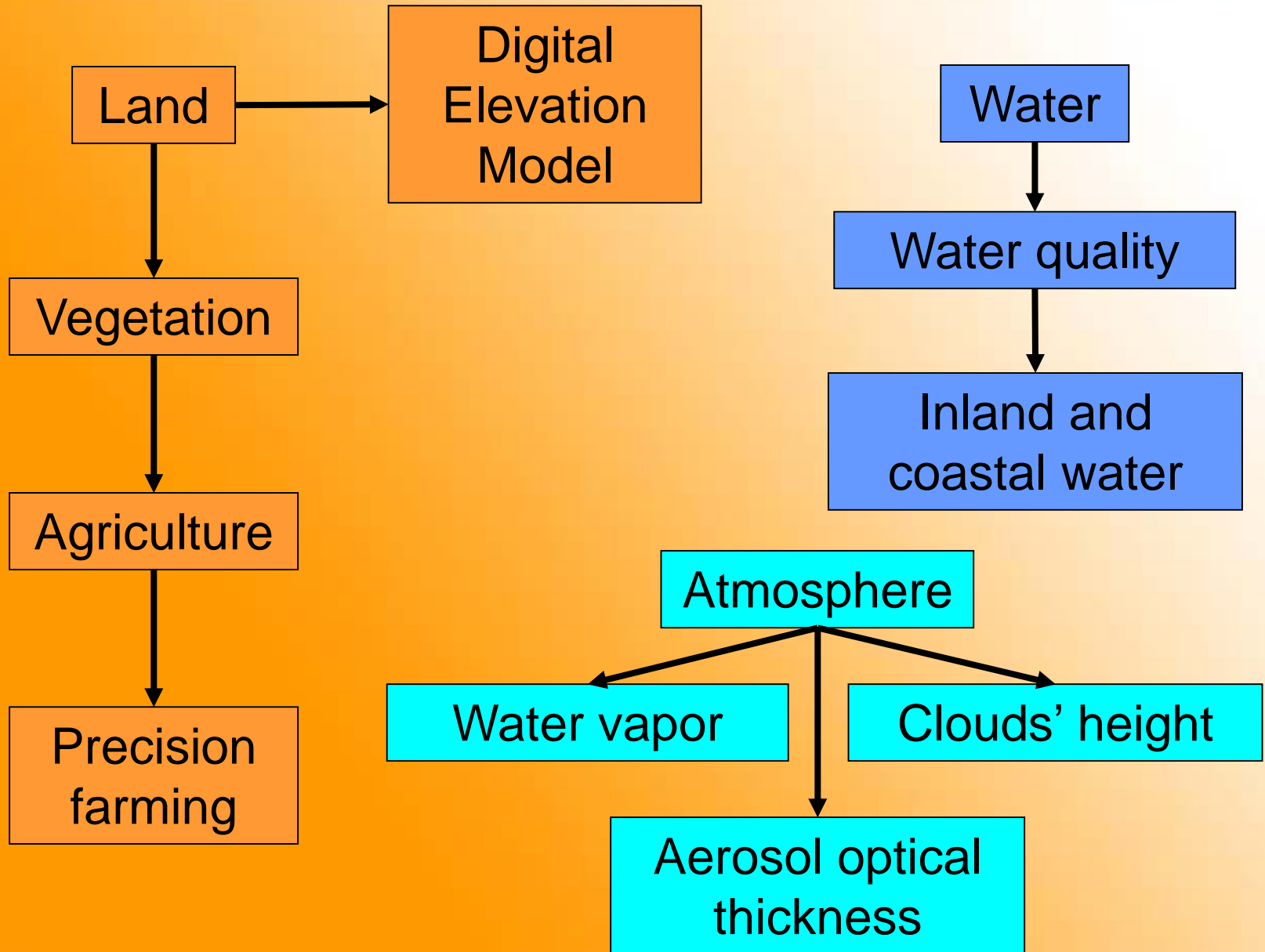


720 km → 410 km

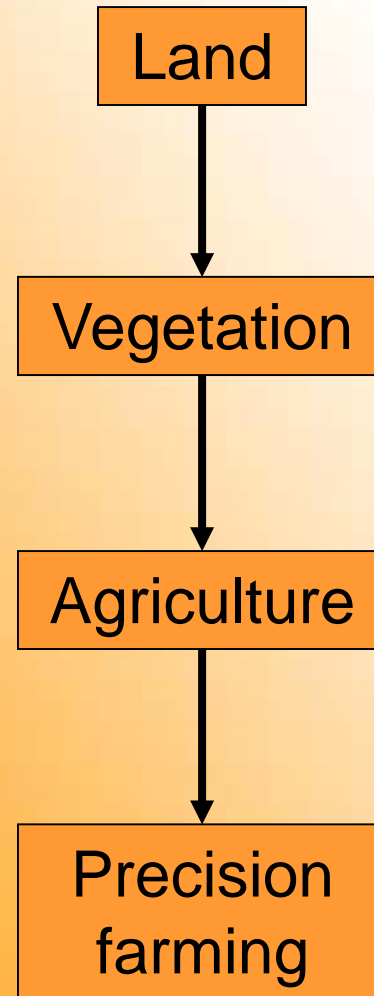
Band Setting



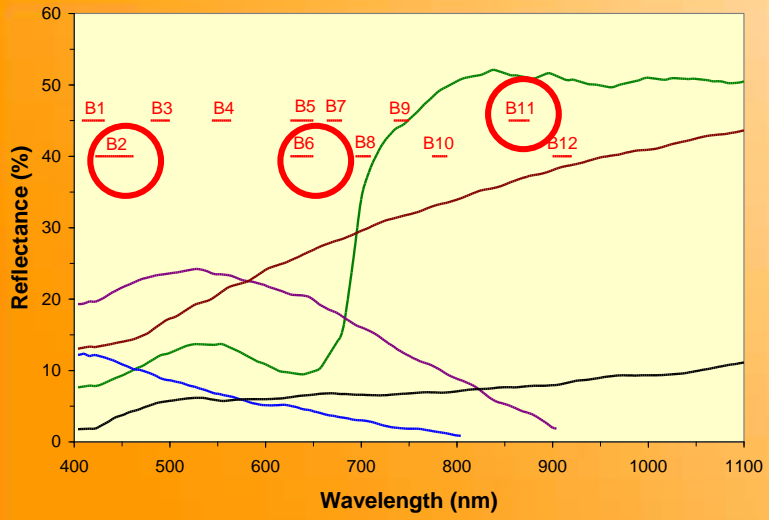
Scientific Applications



Land Applications

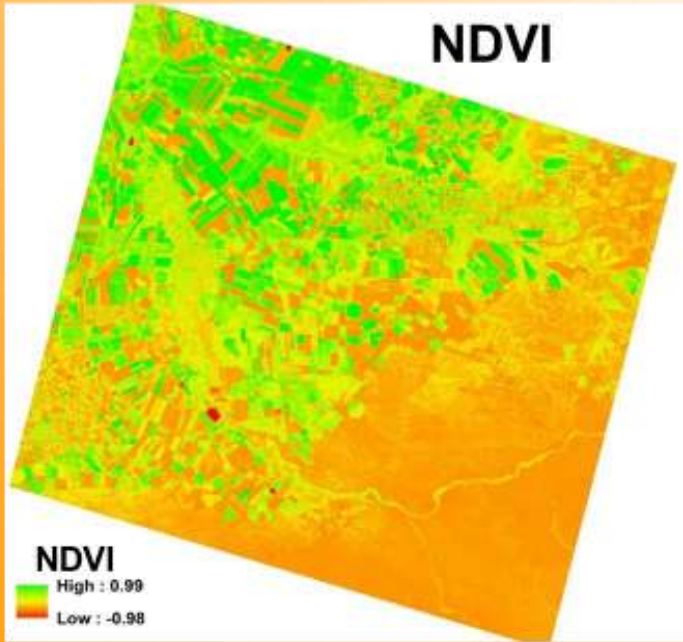
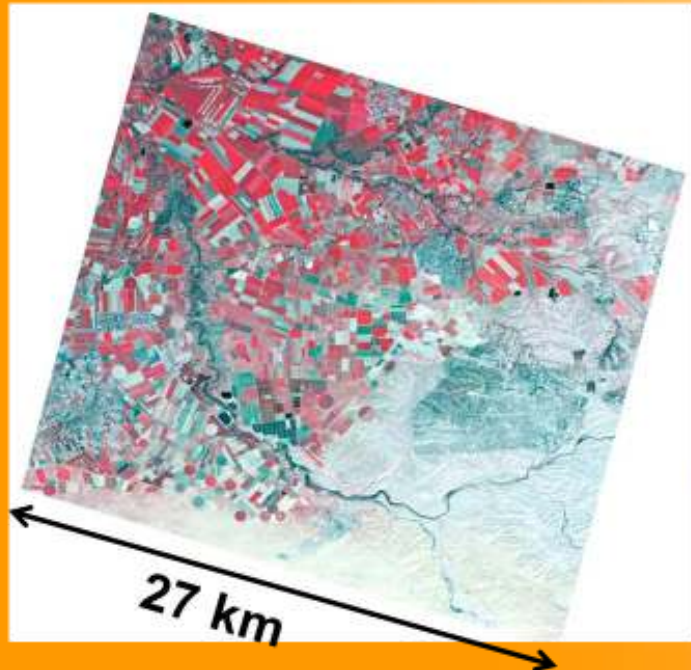


Main Application - Vegetation Indices

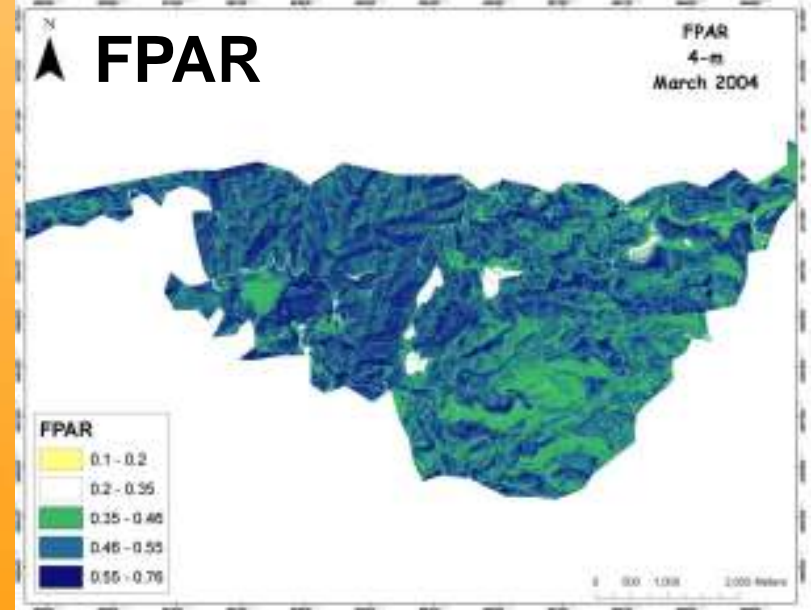
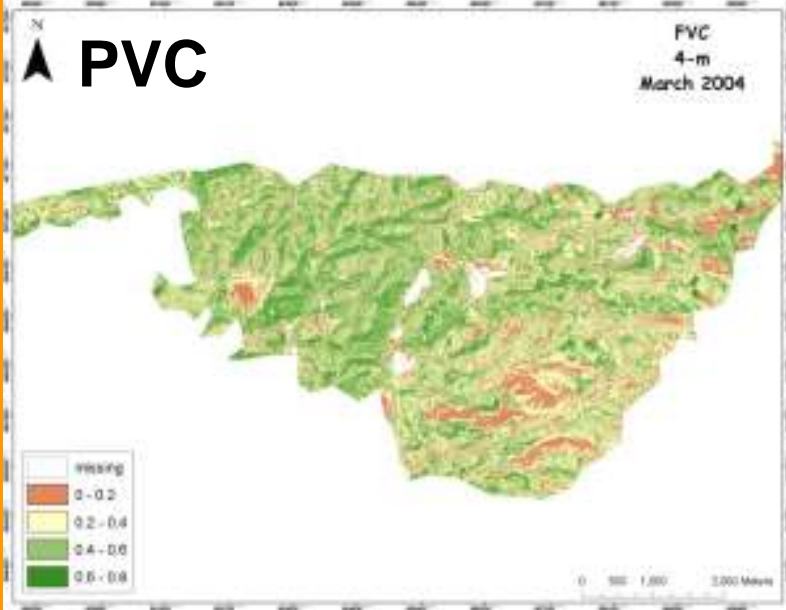
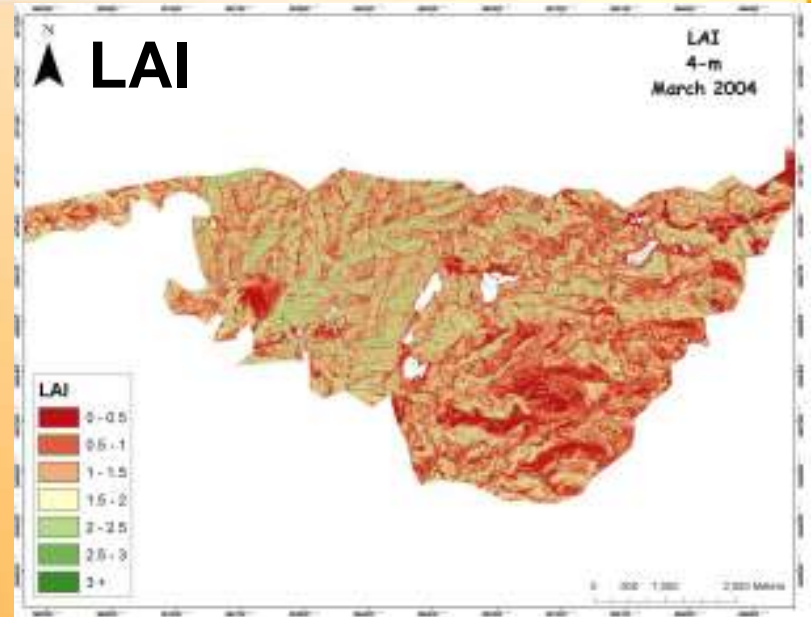
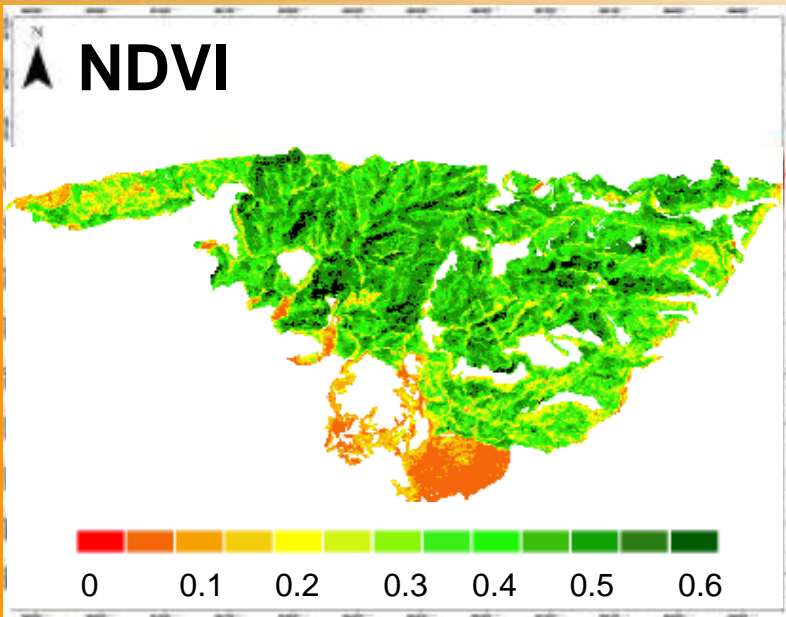


$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + \rho_{red}}$$

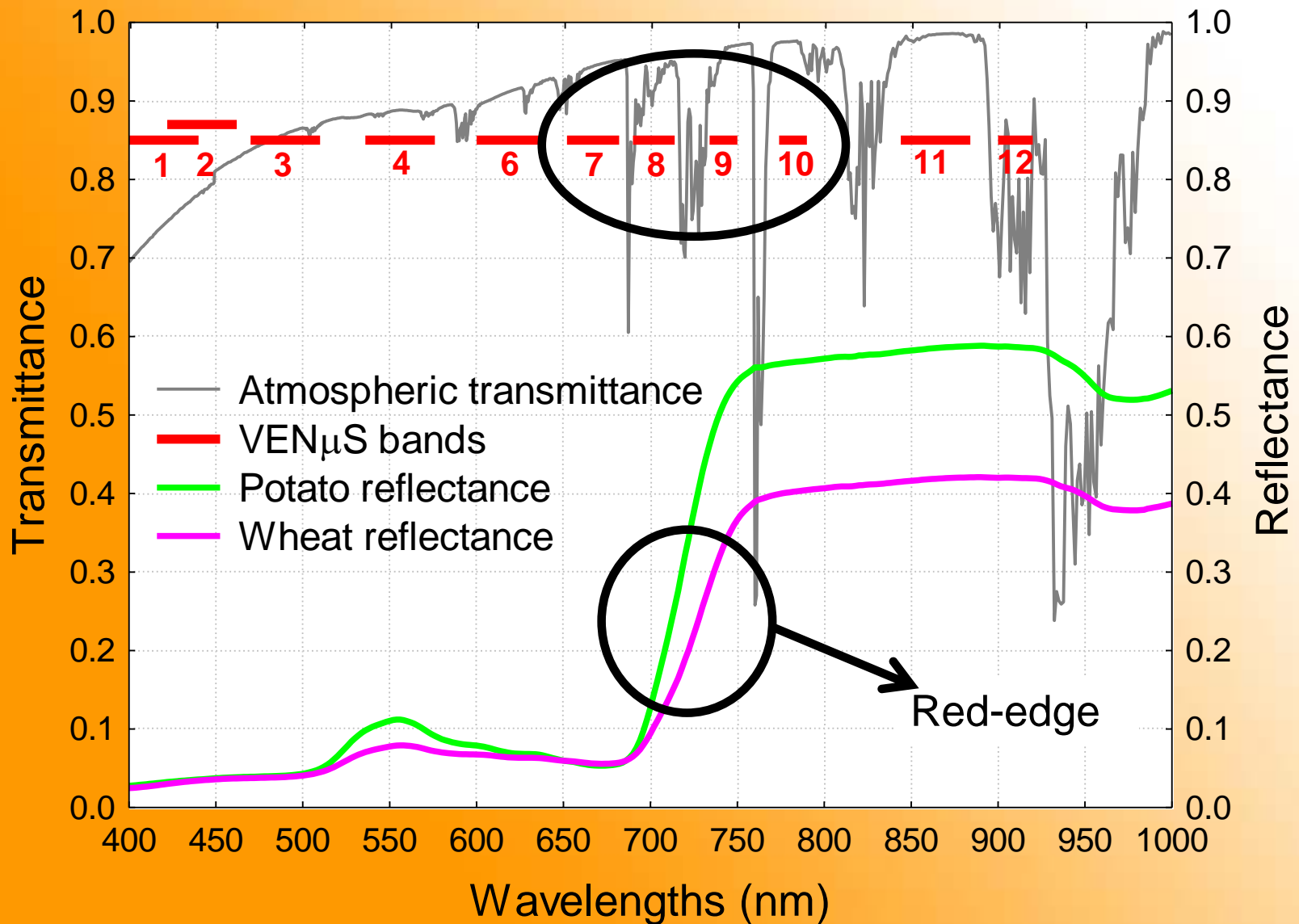
$$EVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + C1\rho_{red} + C2\rho_{blue} + L} \times G$$



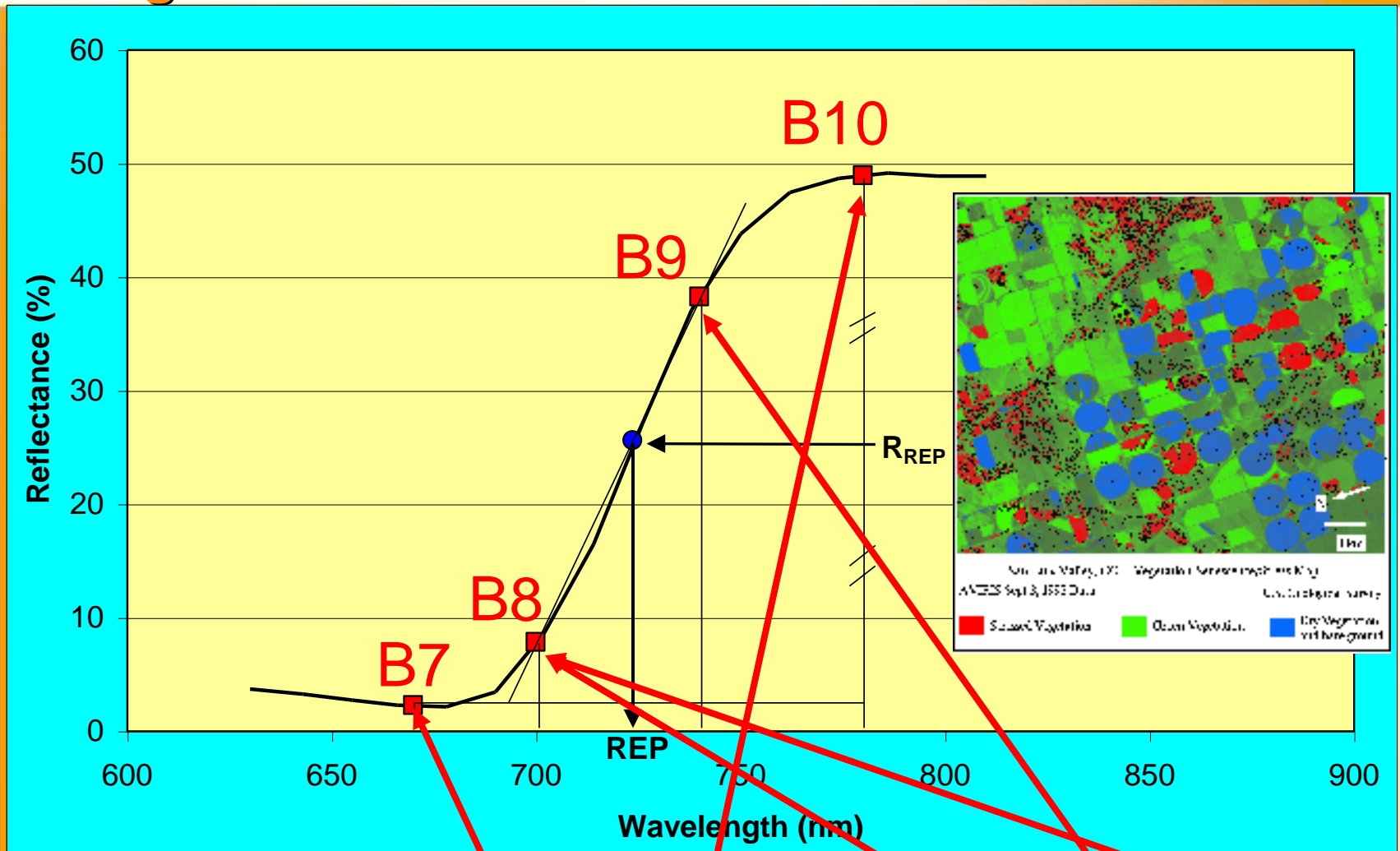
Level 3 Products



Red-Edge Bands Setting



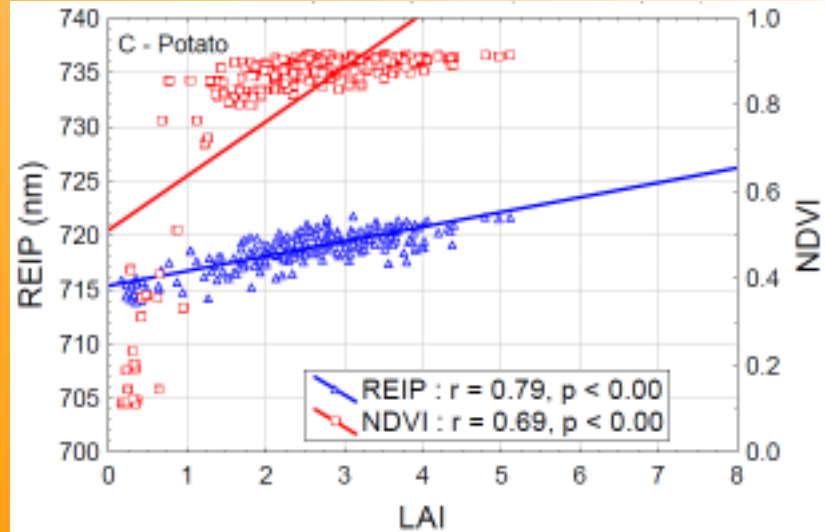
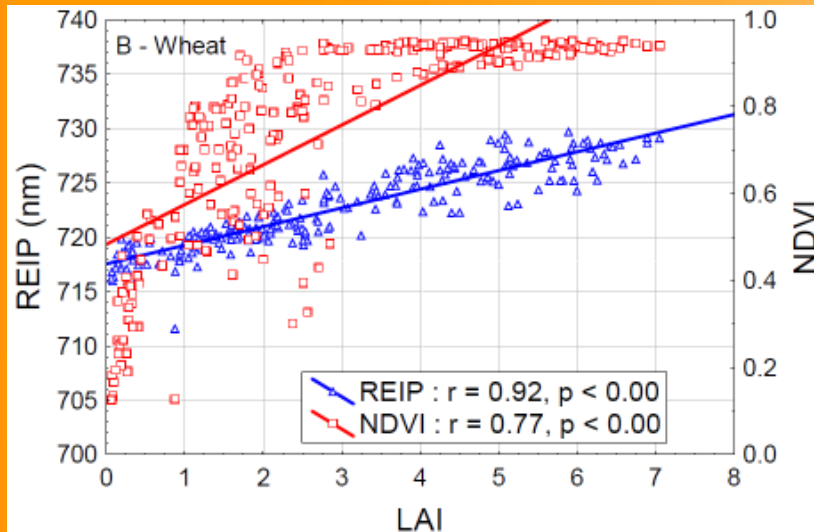
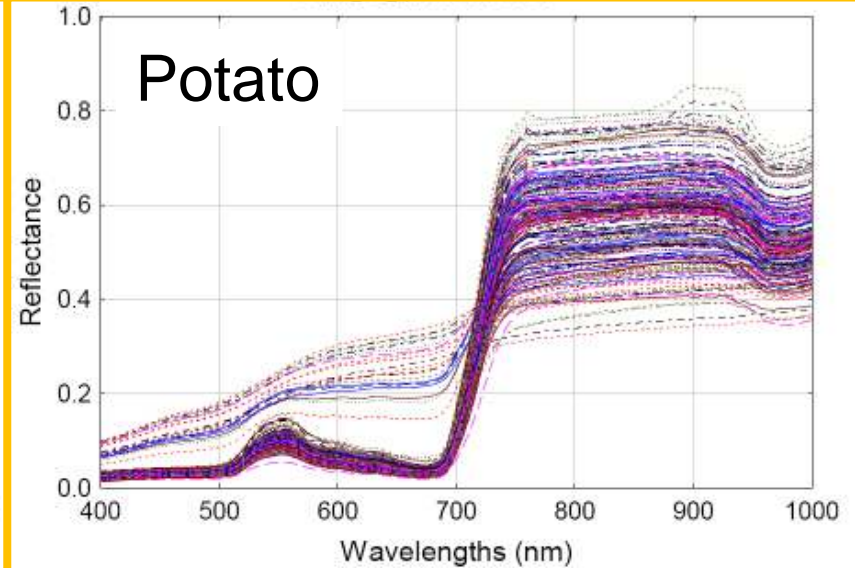
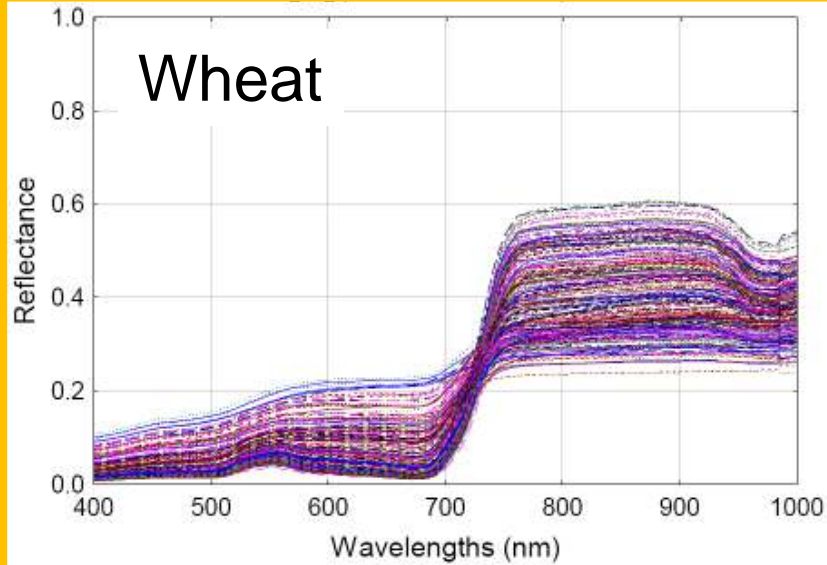
Red Edge Position



$$\lambda_{rep} = 700 + 40 \left(\frac{(\rho_{670} + \rho_{780}) / 2 - \rho_{700}}{\rho_{740} - \rho_{700}} \right)$$

After Guyot and Baret, 1988

REIP for LAI Assessment



Nitrogen in Wheat and Maize

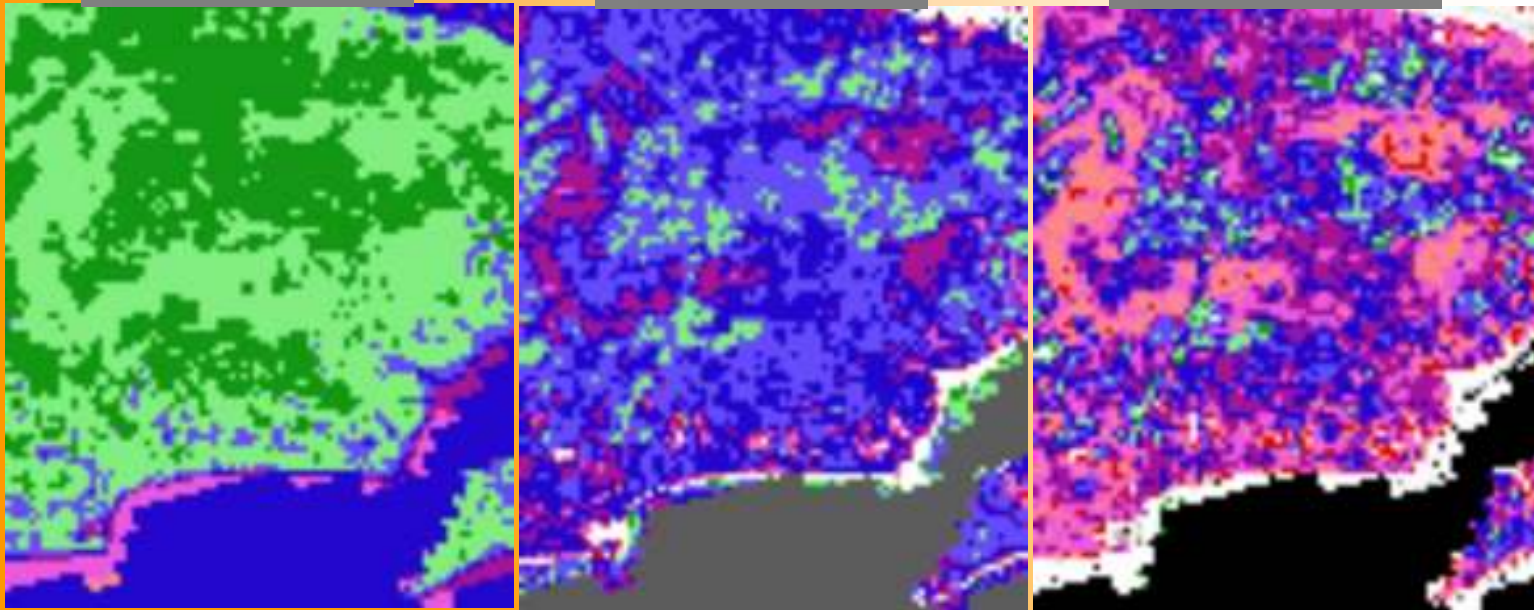
Common Nitrogen Spectral Indices		Correlation VI vs. Nitrogen		
Index	Equation	Maize (2003)	Wheat (2003)	Wheat (2004)
NDVI	$(865-667)/(865+667)$	0.43	0.5	0.22
MCARI	$[(702-667)-0.2(702-550)](702/667)$	0.29	0.38	0.0004
TCARI	$3[(702-667)-0.2(702-550)(700/667)]$	0.19	0.4	0.17
TCARI/ OSAVI	$3[(702-667)-0.2(702-550)(700/667)]/[(1+L)(865-667)/(865+667+L)]$	0.09	0.02	0.41
NDRE	$(782-742)/(782+742)$	0.59	0.61	0.62
CCCI	$(NDRE-NDRE_{min})/(NDRE_{max}-NDRE_{min})$	0.59	0.61	0.7

Chlorophyll Index

NDVI

REP

MTCI

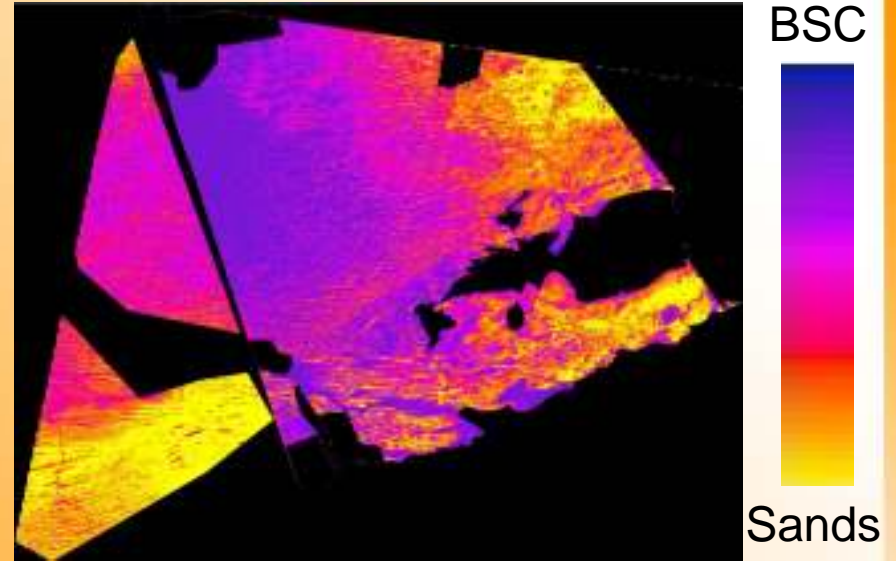
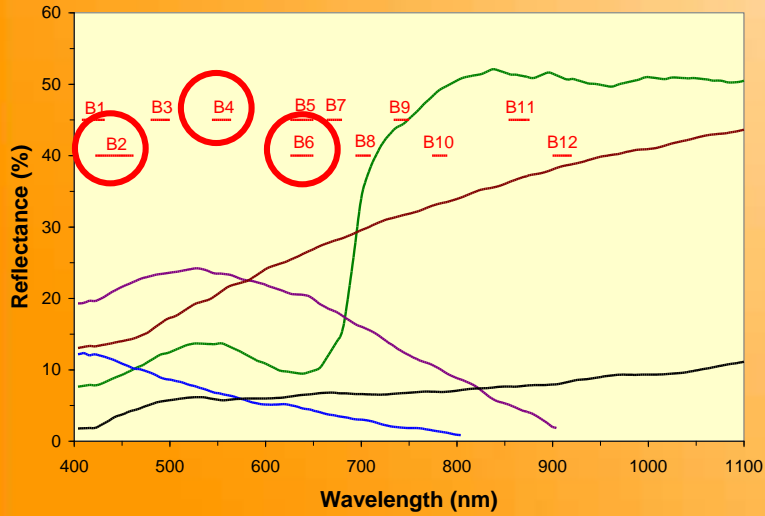


$$\text{ChI} = \frac{\rho_{B10} - \rho_{B9}}{\rho_{B9} - \rho_{B8}}$$



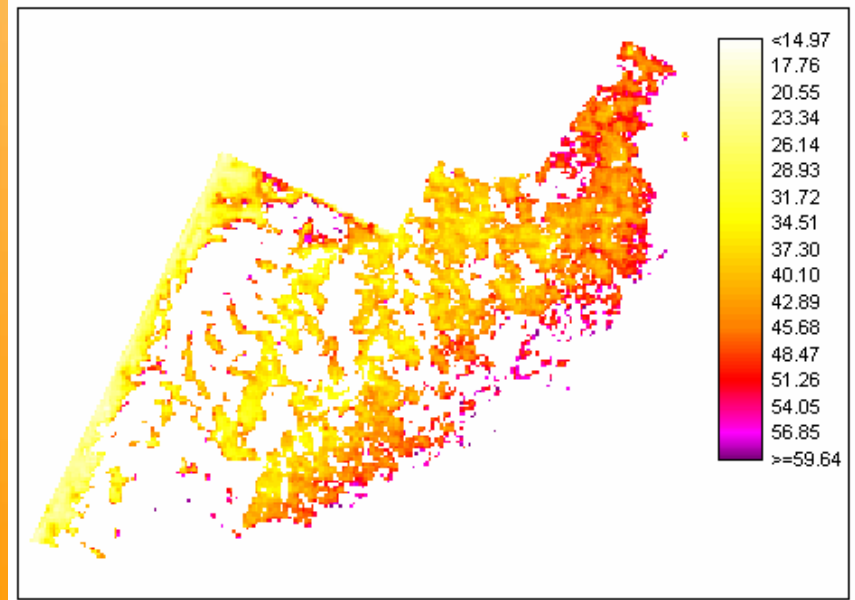
ChI adapted from the “MERIS Terrestrial Chlorophyll index” (MTCI) after Dash and Curran, 2004

Soil Indices

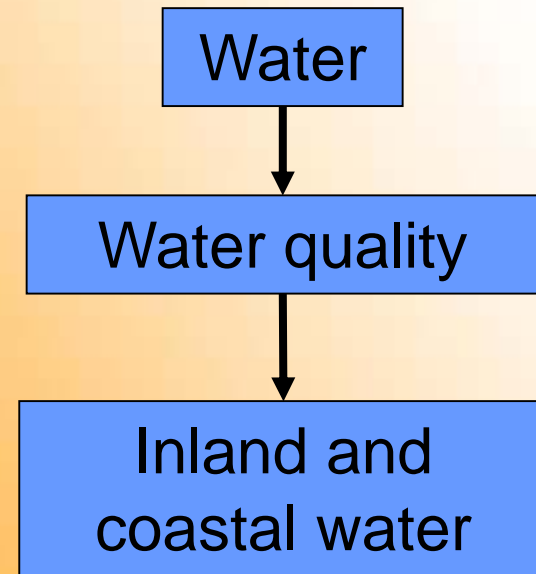


$$CI = 1 - \frac{\rho_{red} - \rho_{blue}}{\rho_{red} + \rho_{blue}}$$

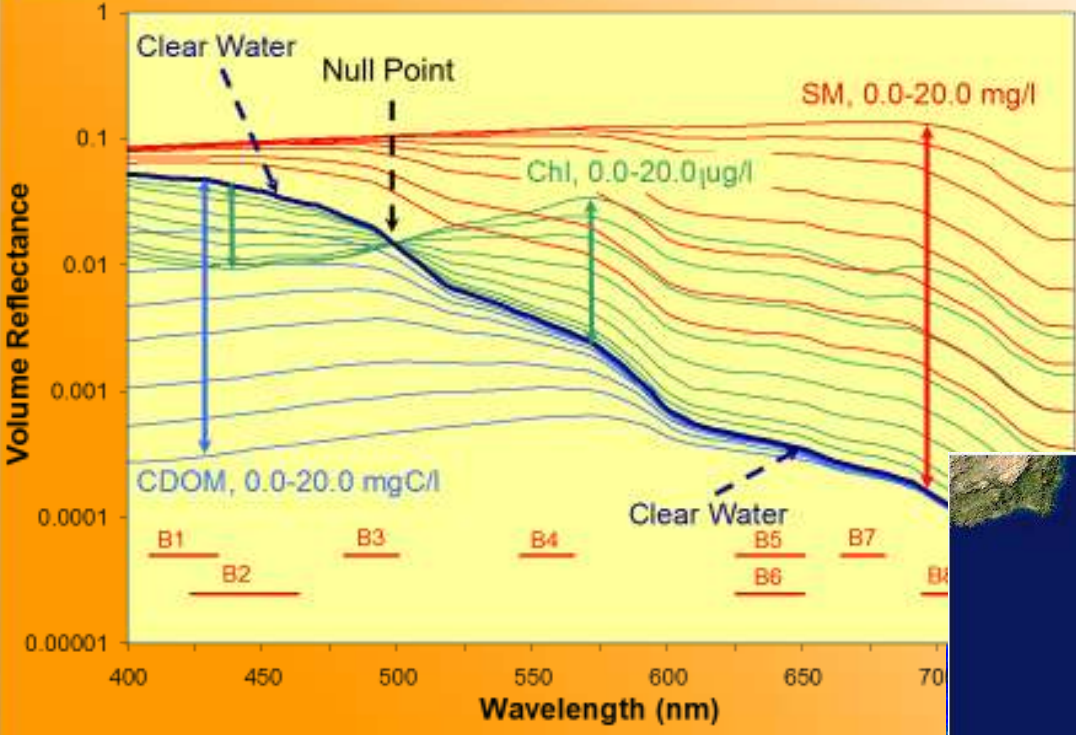
$$HeI = \frac{10^4 \rho_{red}^2}{\rho_{blue} + \rho_{green}^3}$$



Water Applications

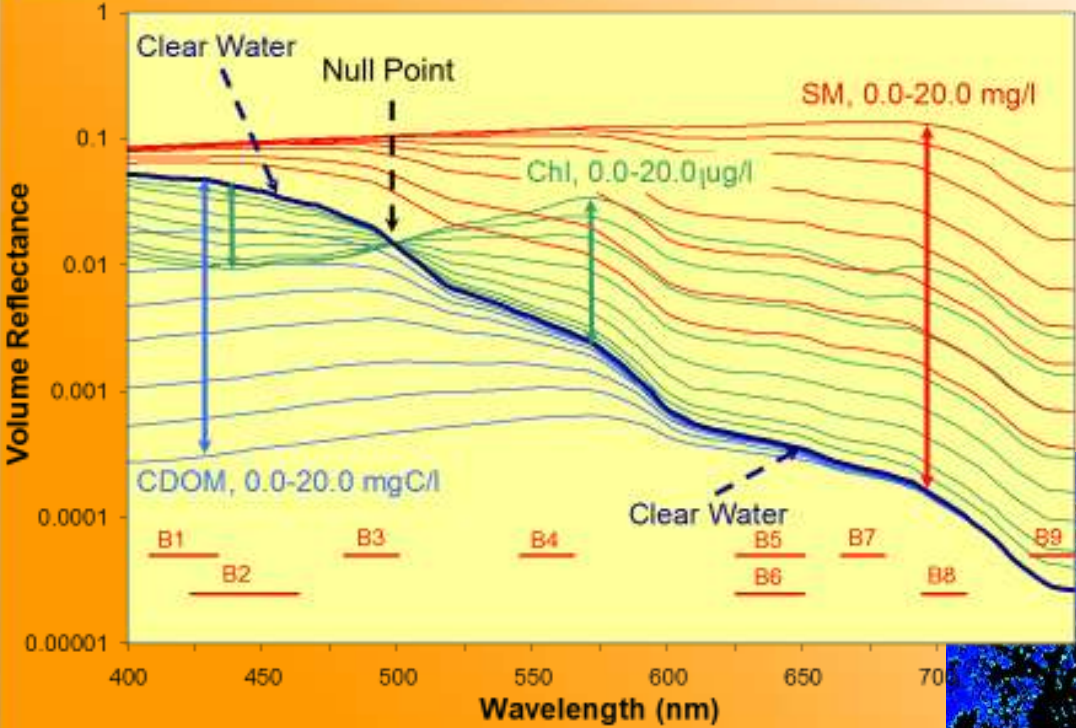


Coastal and Inland Water Applications

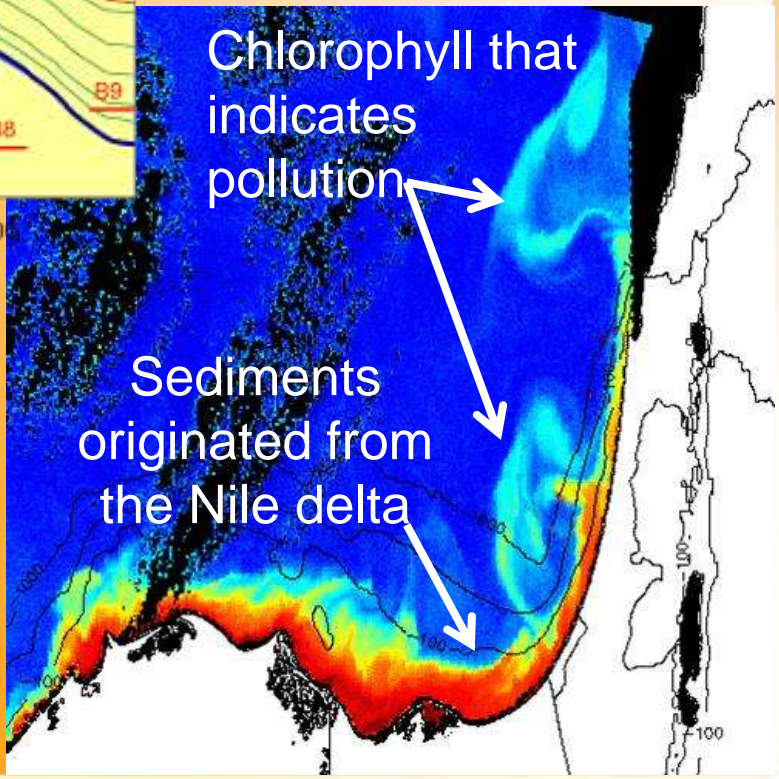


Monitoring chlorophyll that indicates pollution or sediments transport.

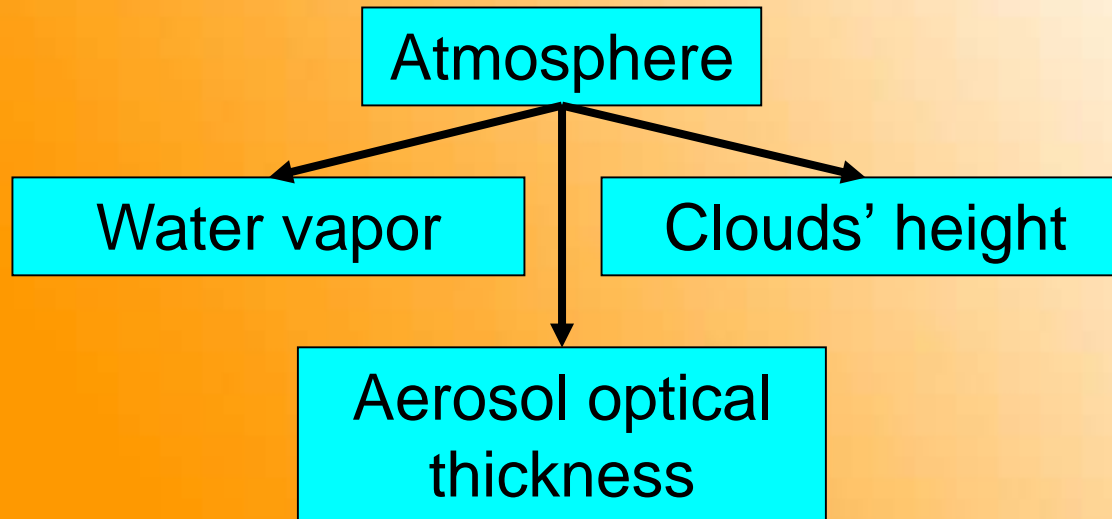
Coastal and Inland Water Applications



Monitoring chlorophyll that indicates pollution or sediments transport.



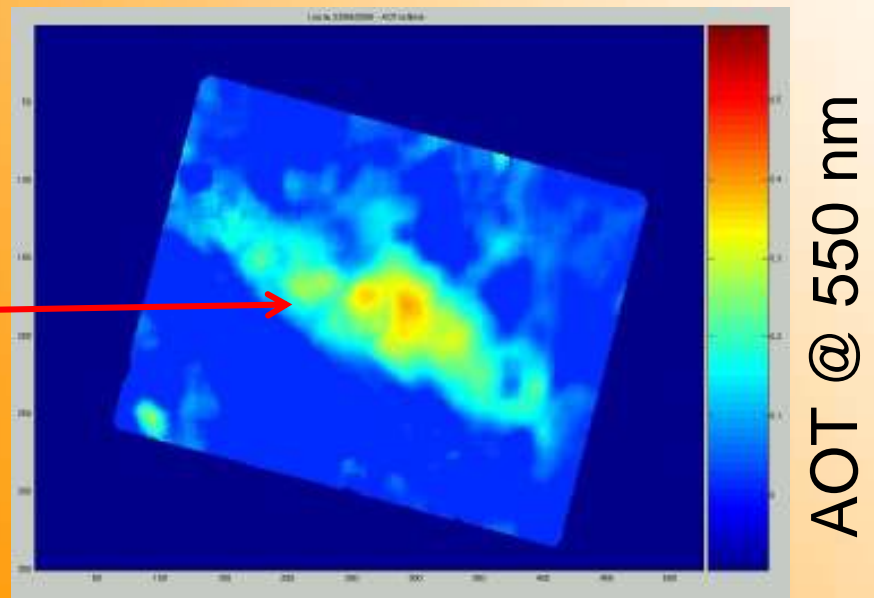
Atmospheric Applications



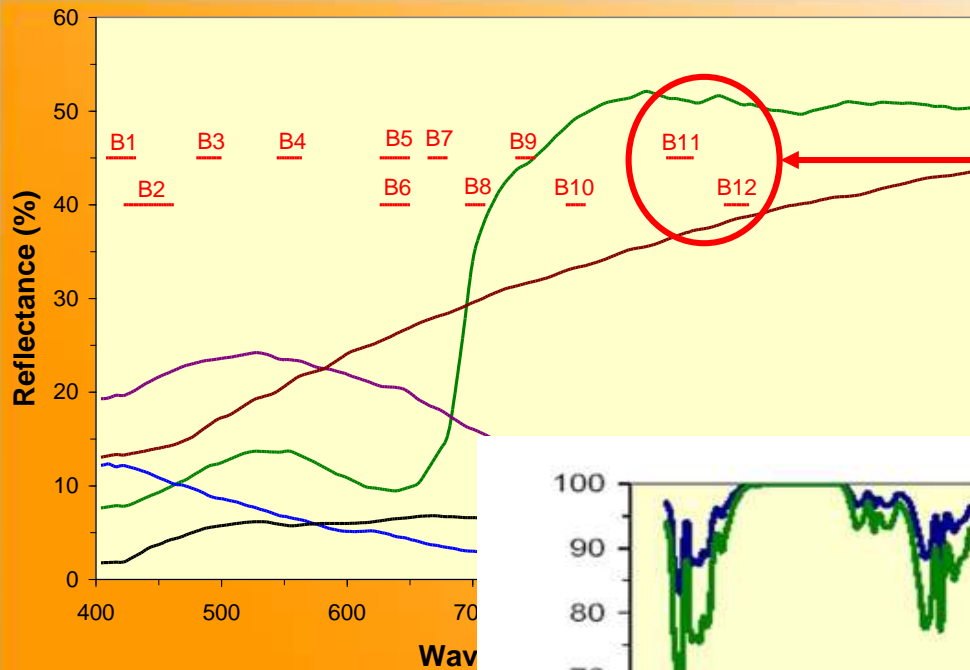
Aerosol Optical Depth @550 nm



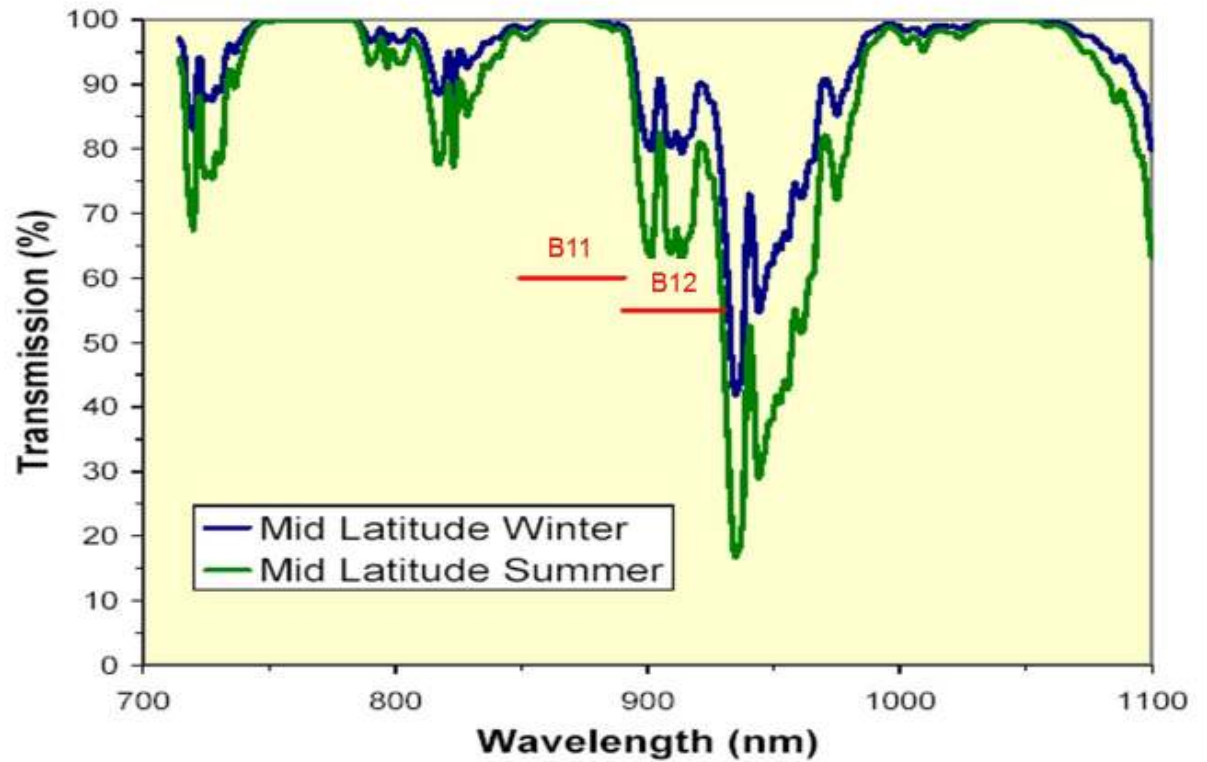
Monitoring aerosols such as dust, biomass burning smoke, volcanic ash, or anthropogenic air pollution.



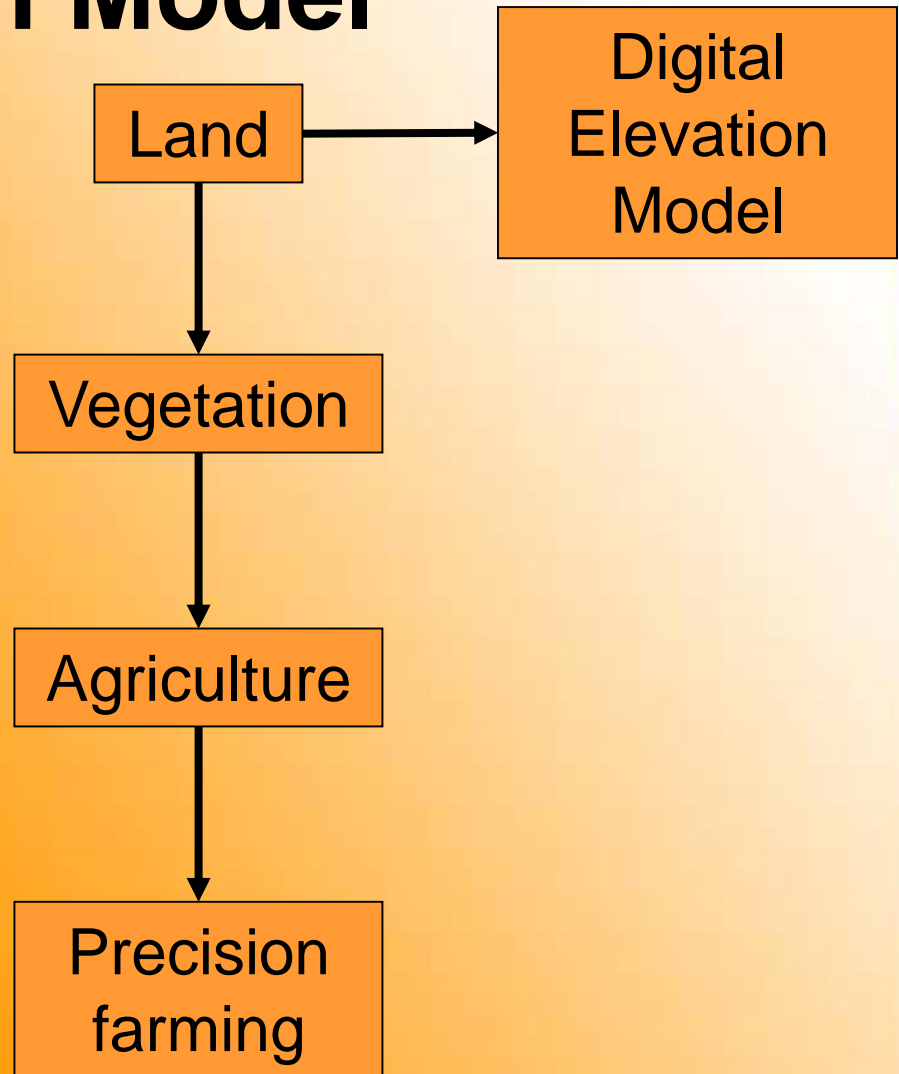
Water Vapor Bands



Water Vapor Bands



Digital Elevation Model

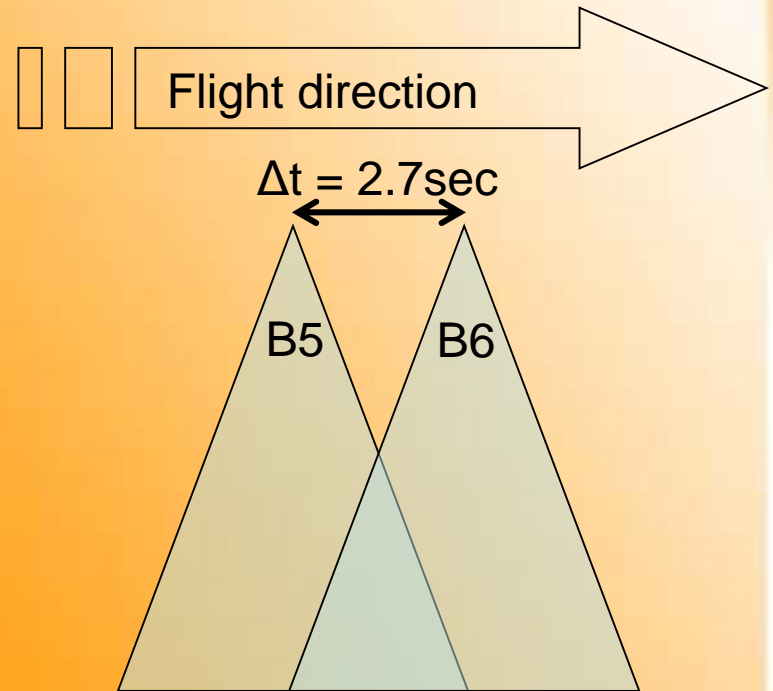
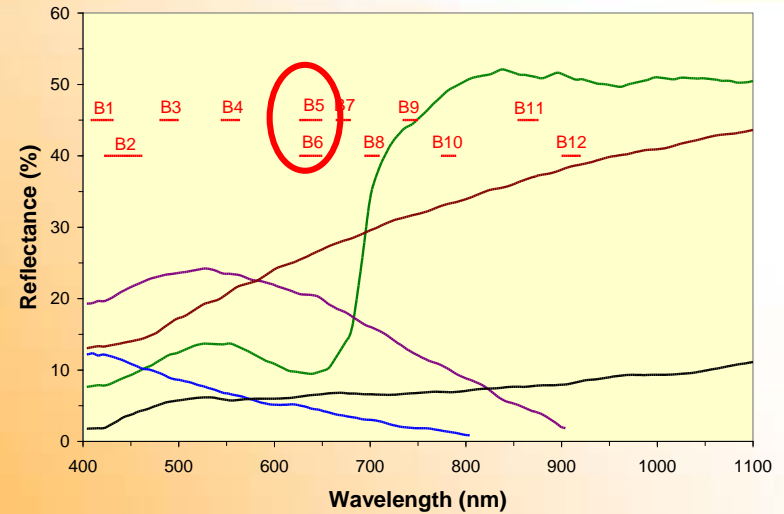


Venus DEM

Duplication of 638 nm band,
Two similar red bands are located in different detectors but looking on the same point on the ground with angles of 1.45 degree ($\Delta t = 2.7$ sec) apart.

From this small stereoscopic effect it will be possible:

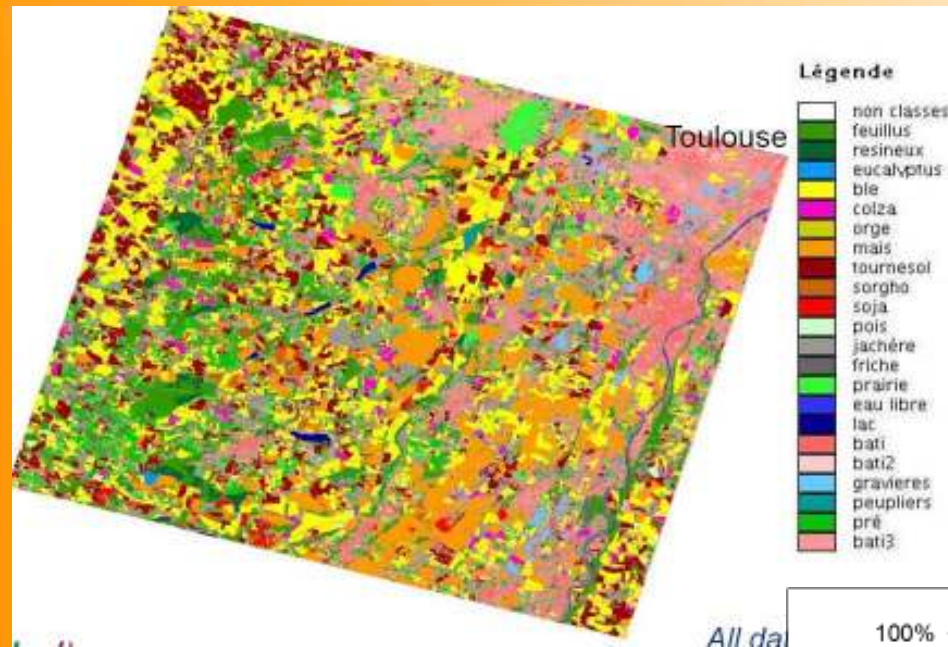
- to generate DEM;
- to classify clouds by their altitudes.



Revisit Time Advantages



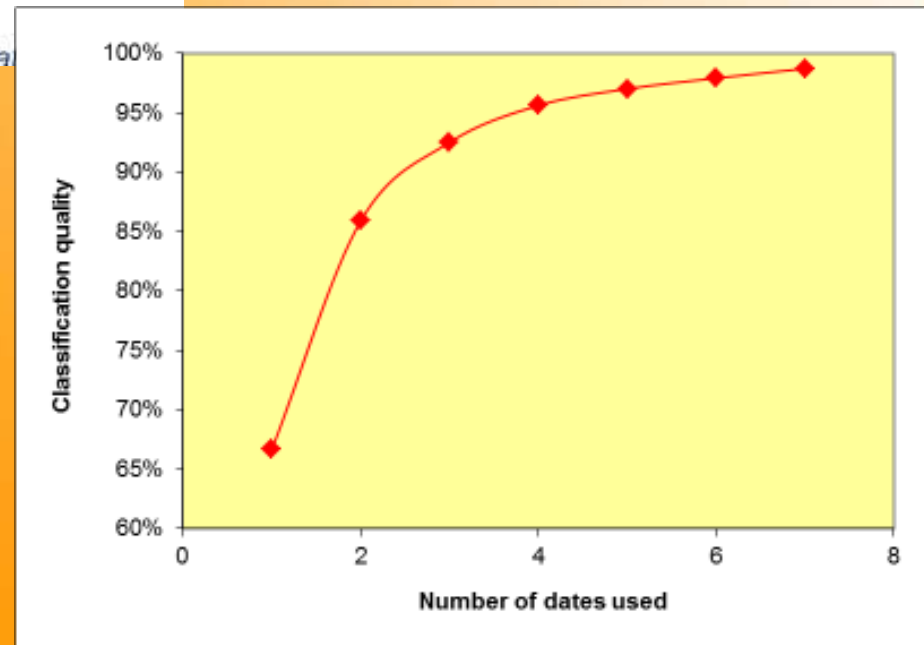
Land-use & Land-cover Classification



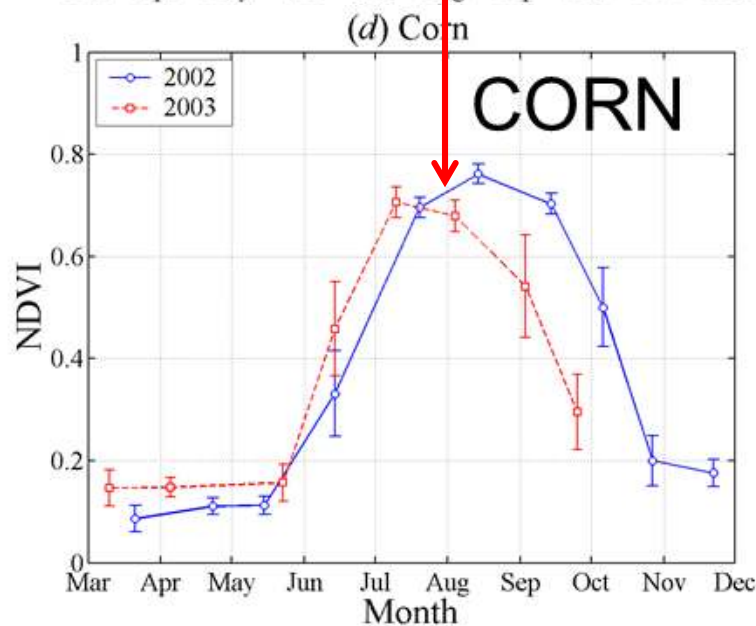
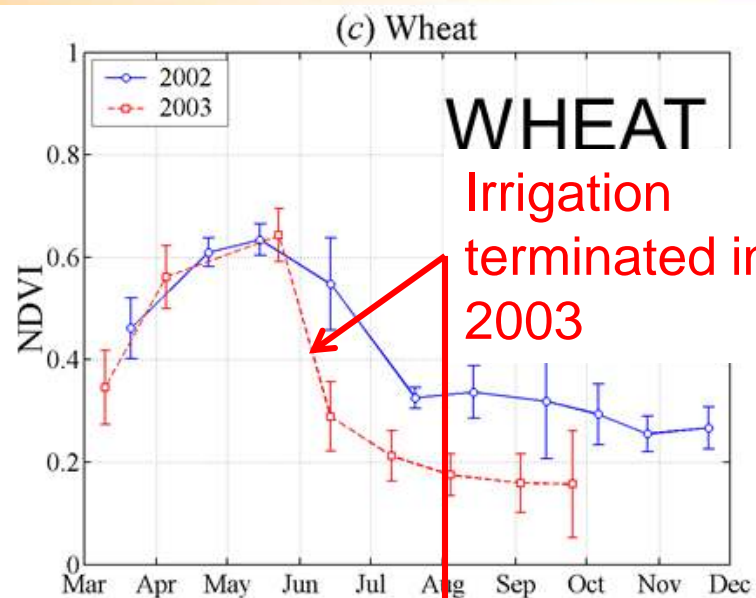
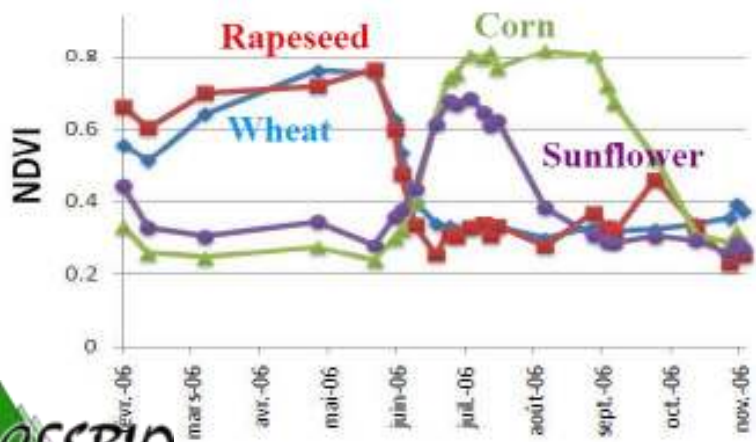
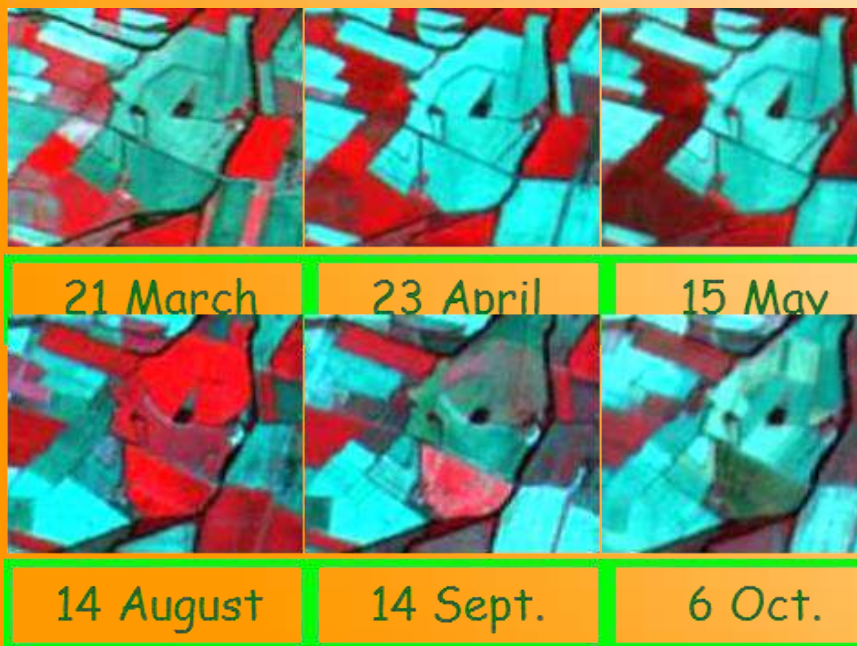
Classes are separated by using their spectral and temporal profiles.



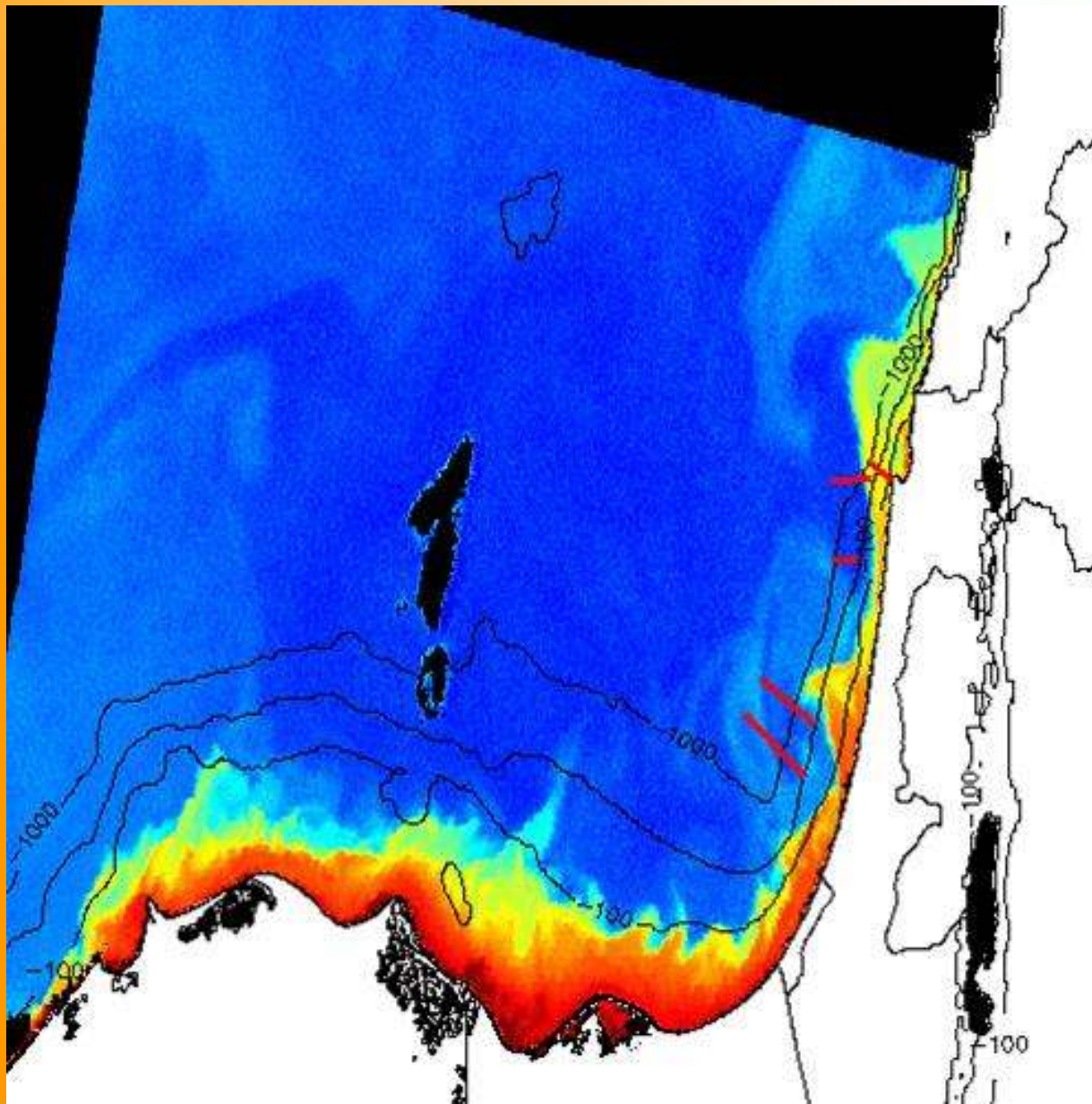
Time series of images increases the classification accuracy.



Phenology Assessment



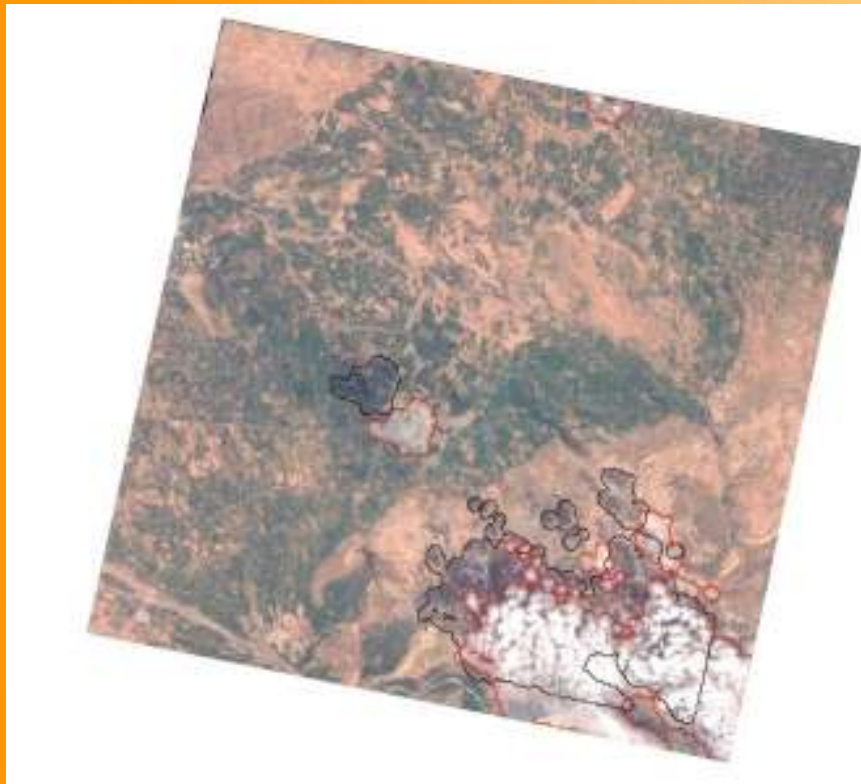
Pollution Dispersion – 11 – 25, June 2001



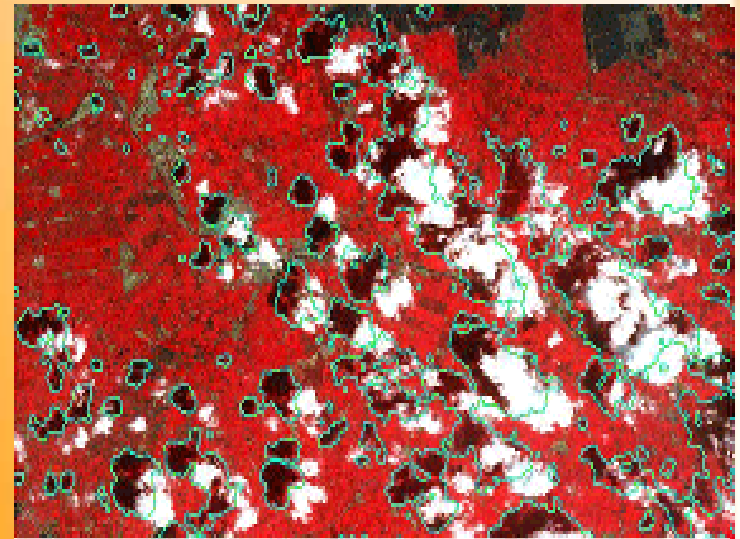
Cloud Mask

VEN μ S combines 2 methods for clouds detection

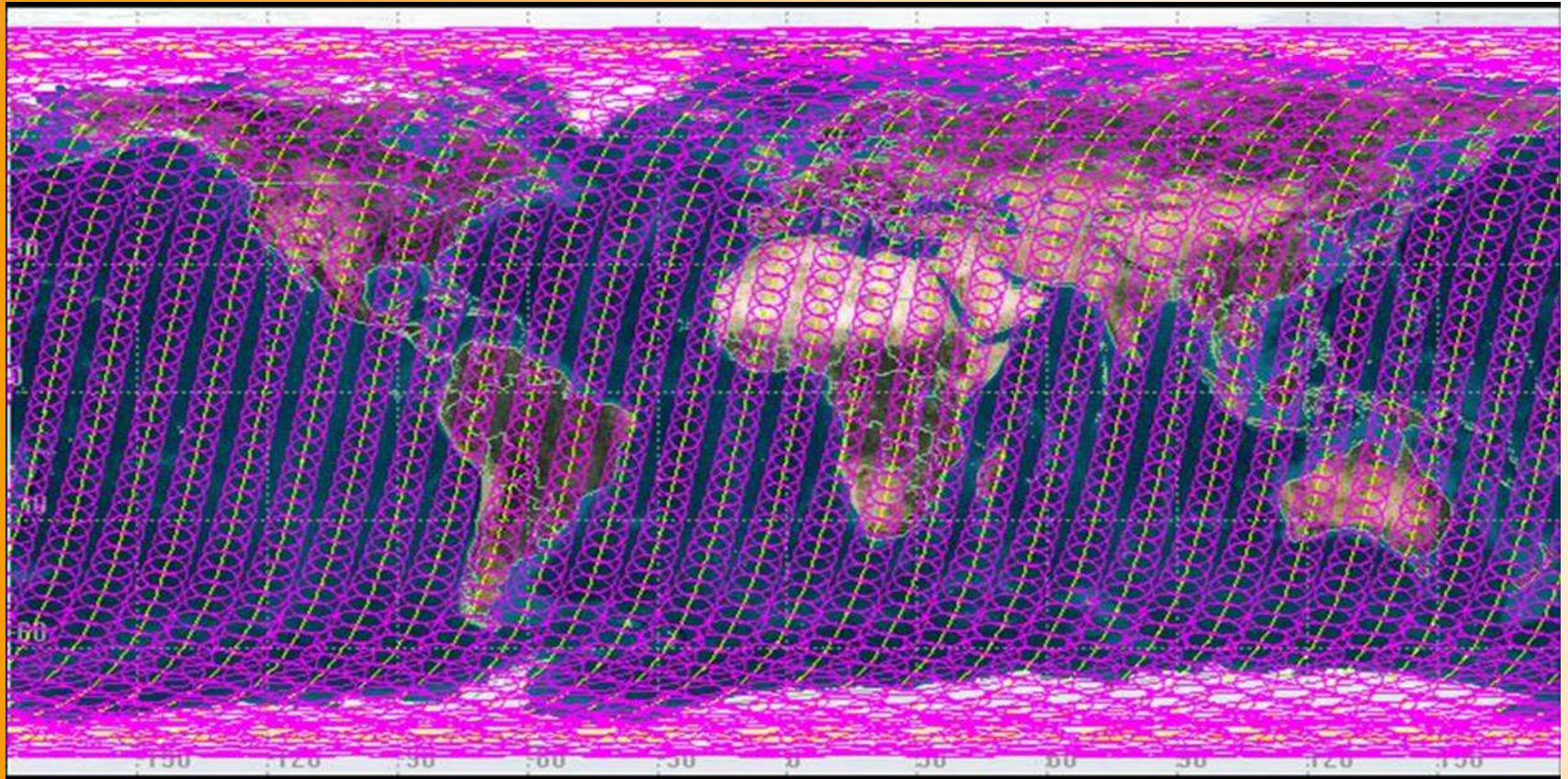
Multi-temporal analysis of the surface reflectances



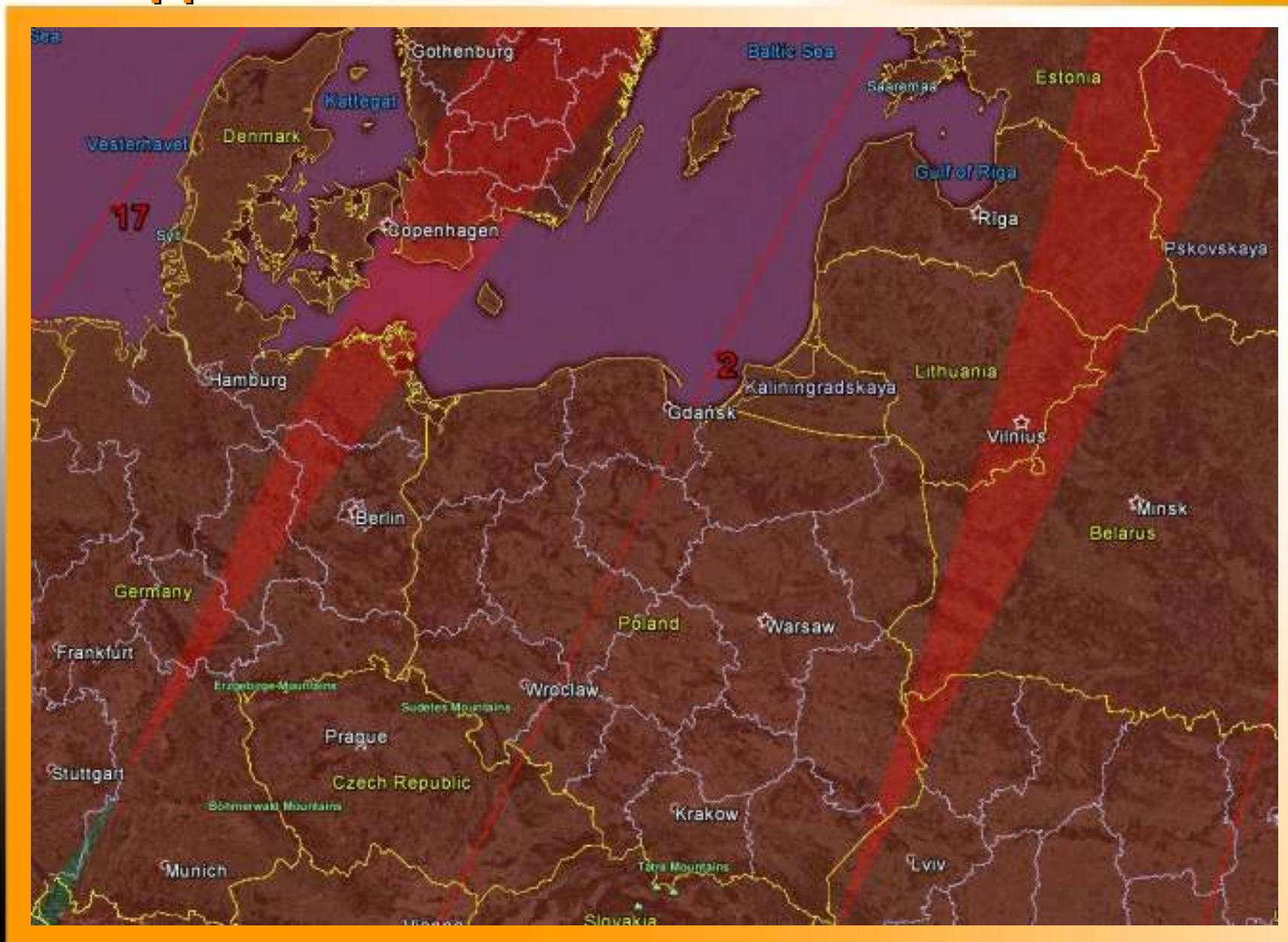
Clouds altitude detection by stereoscopy, computation of the location of clouds shadows



VM1 Global Orbits



BRDF opportunities



Product Levels

Level 0



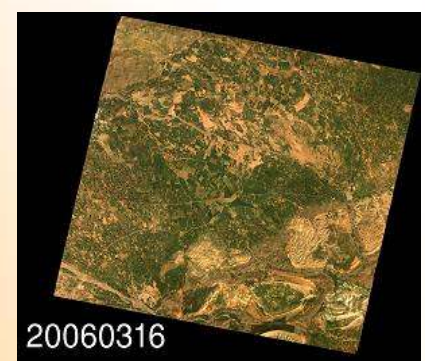
Level 1



Level 2



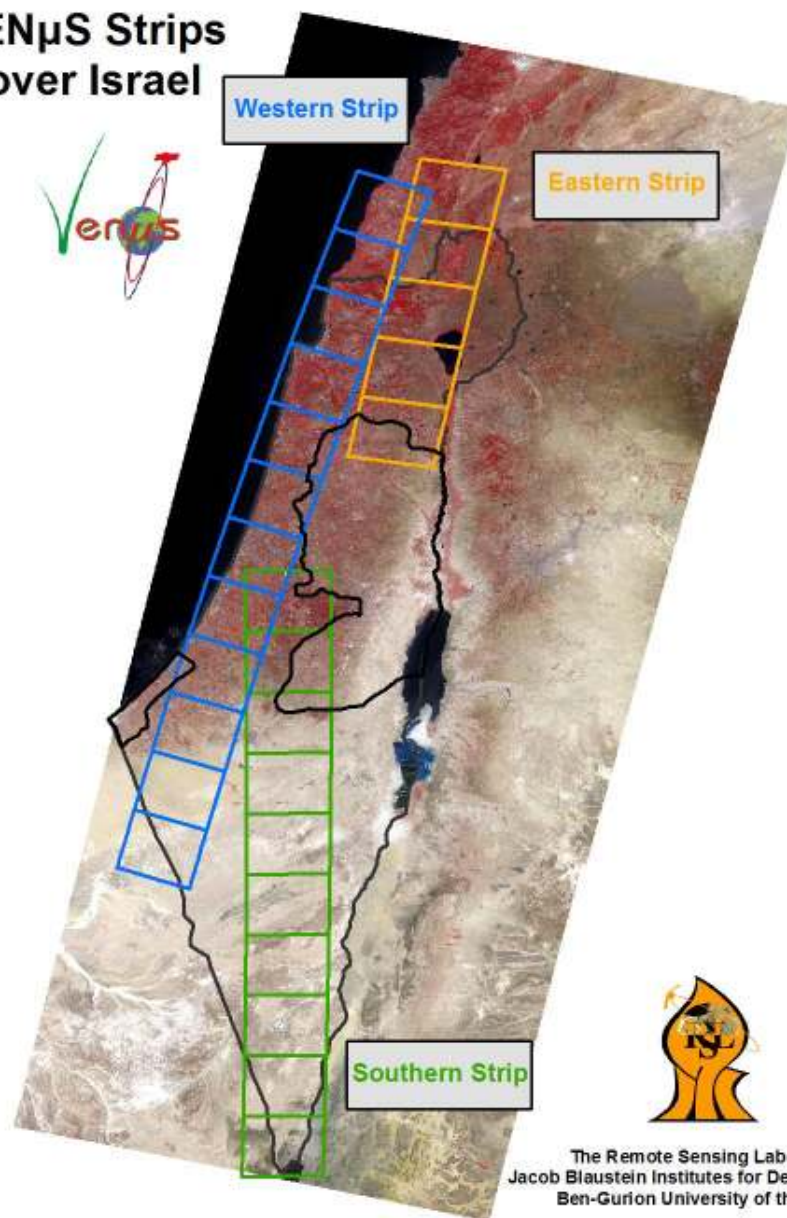
Level 3



Product Level	Temporal characteristics	Content	Ground resolution
Level 0	Single date and single angle acquisition	Basic archived product	5.3 m
Level 1	Single date and single angle acquisition	Top of the atmosphere reflectances, map projection	5.3 m
Level 2	Single date and single angle acquisition	Surface reflectances, map projected.	10 m
Level 3	10 days time composite of a single date and single angle acquisition	Surface reflectances, map projected, NDVI, LAI, Chlorophyll, fAPAR, etc.	10 m

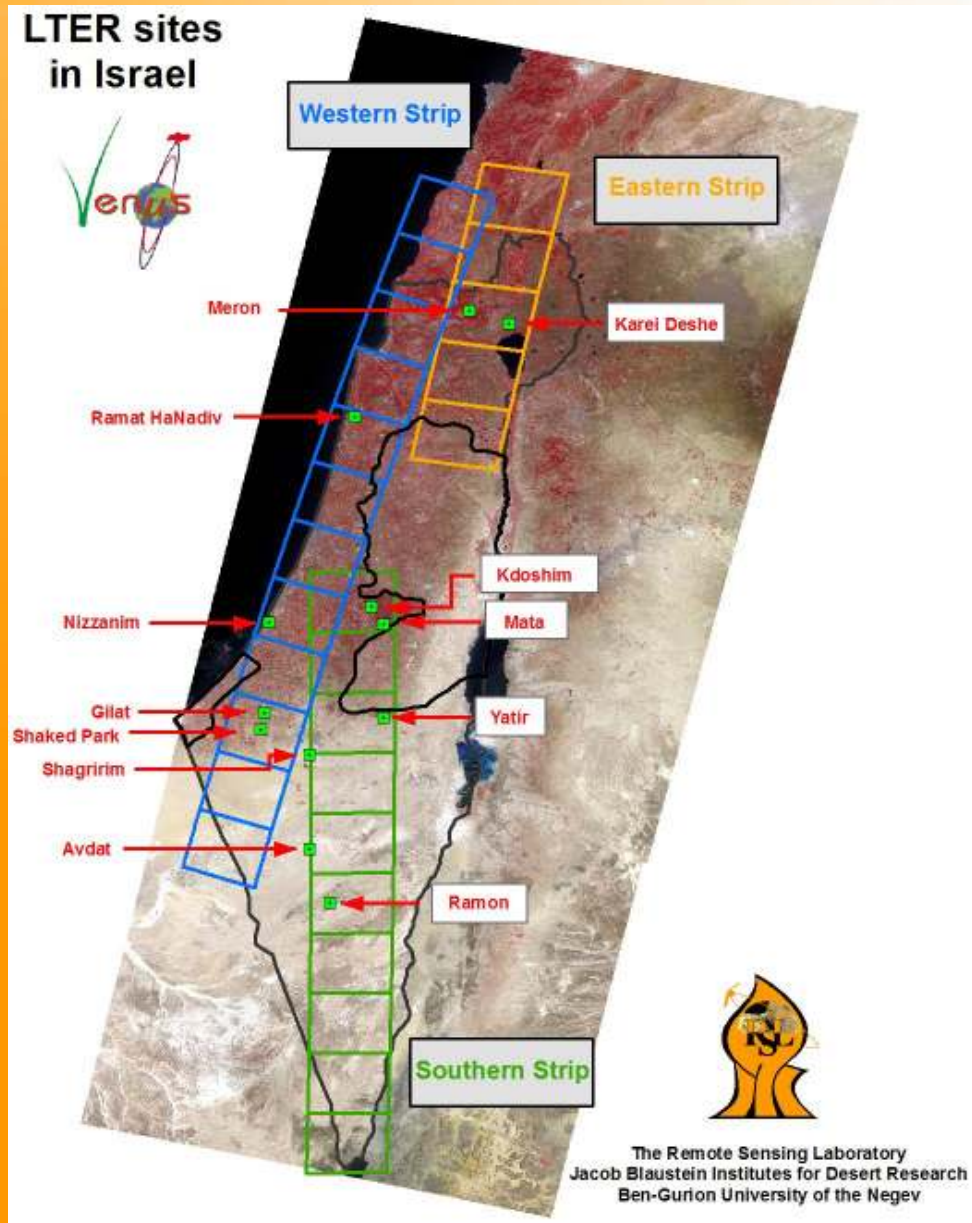
Tracks over Israel

VEN μ S Strips over Israel



The Remote Sensing Laboratory
Jacob Blaustein Institutes for Desert Research
Ben-Gurion University of the Negev

Overpass tracks and LTER Sites in Israel



Animation

VENuS_movie-v3

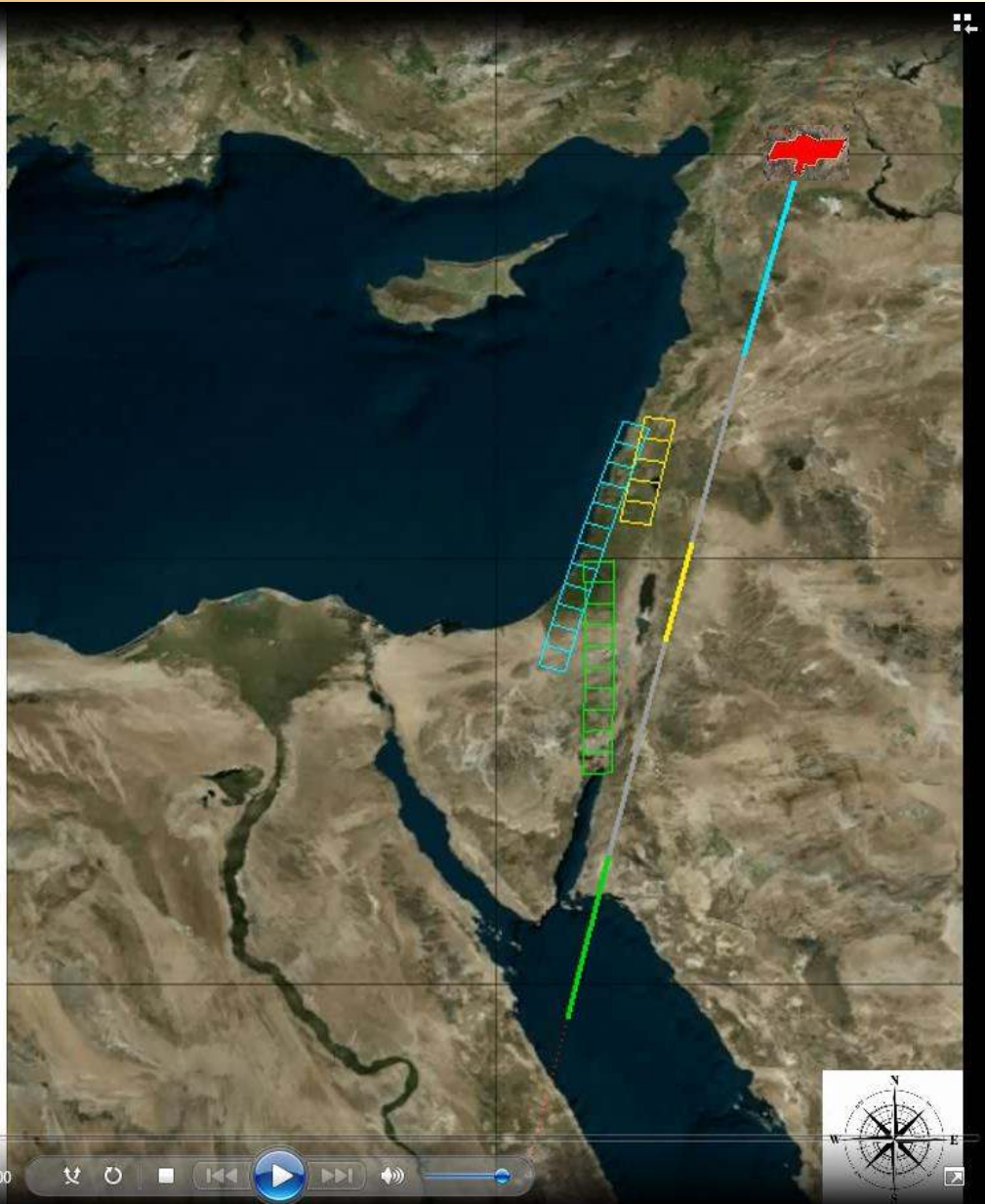


Animation



Produced by:
BGU/BIDR/RSL

00:00



Summary

Uniqueness of the VEN μ S system:

1. Combination of high spatial, spectral, and temporal resolutions;
2. Technological payload.
3. High spatial resolution for monitoring individual fields and provide information for precision farming.
4. Several bands, including the ones along the red edge for assessing the state of vegetation;
5. Several bands for assessing water quality.
6. High revisit time to acquire rapid changes of vegetation and water quality, as well as for cloud mask.
7. Duplication of the red band to produce DEM;

Thanks for your attention!

Thanks

Professor Arnon Karnieli

All of our deer lab members

Sasha Goldberg

Dr. Natalya Panov

Paivi Yuval

Dr. Jose Gruenzweig

Dr. Yagil Osem

Ramat Hanadiv team:

Dr. Liat Hadar, Hasan, Albert and Dudu

