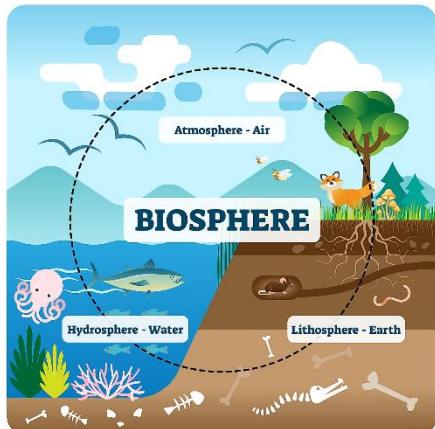


חידה 1 – מבנה האטמוספירה**מטאורולוגיה – תורת גرمי השמיים****4 ספירות של כדור הארץ:**

- **ליתוספירה** – הקром הקשיח של כדור הארץ
- **הידروسפירה** – רכיבי המים על פני כדור הארץ
 - 97% באוקיינוסים
 - 2% בקרחונים
- **ביוספירה** – עולם החי והצומח
- **אטמוספירה** – מעתפת האוויר האויר המקיפה את כדור הארץ

האטמוספירה מורכבת מתערובת של גזים:

- **מרכיבים קבועים**
 - 78% חנקן
 - 21% חמצן
 - 1% ארגון
- **מרכיבי עקבה**
 - אדי מים
 - פחמן דו חמצני
 - אוזון
 - ניאון
 - מתאן
 - פחמן חד חמצני
 - תחמצצת חנקן וגופרית
 - ועוד...

אוויר לח – אוויר עם אדי מים

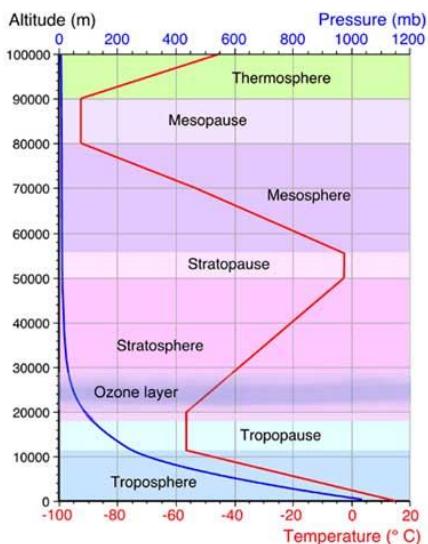
אוויר יבש – אוויר ללא נוכחות אדי מים

לחץ אטמוספרי – כוח המופעל על יחידת שטח על ידי עמודת אוויר, קטן עם הגובה עפ"י הנוסחה: $P(z) = P_0 \cdot e^{-\frac{z}{H}}$.

צפיפות האוויר –יחס בין נפח האוויר למסתו.

ניתן לחלק את האטמוספירה לפי מפל הטמפרטורה:

- **טרופוספירה** – הקרקע מתחממת ומחממת את שכבות האוויר, בשכבה זו קיימות מערכות מגז האוויר.
- **סטרטוספירה** – בליעת קרינה אולטרה סגולת יצירת אוזון, ערבות קטן.
- **מוזוספירה (יונוספירה)** – תהליכי יונייזציה, זוהר הקוטב.



* שימושו ללב גם לחץ בכחול

- טרמוספרה – עליה בטמפרטורה בשל דليلות החלקיקים ומהירותם הגבוהה.

- אקסוספרה – דليلות האוויר והטמפרטורה הגבוהה מאפשרת "בריחה".

בין השכבות יש את שכבת ה"פאוזה". למשל, **על הטרופוספרה יש את שכבת הביניים "טרופופאוזה".**

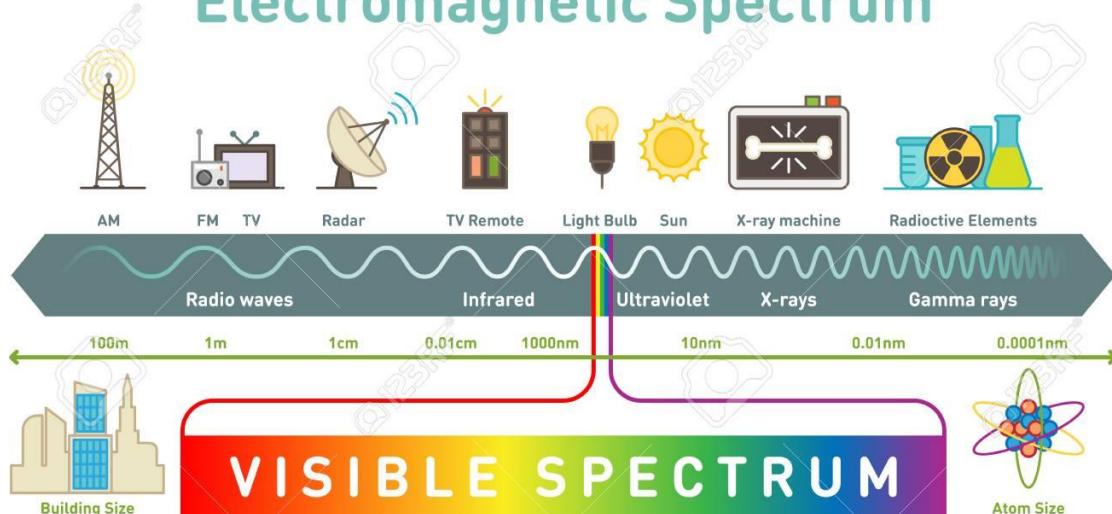
זמן שהות – פרק הזמן בו שווה חלקיק או מולקולה באטמוספירה לפני שיחזור אל אחד המאגרים.

אינברסיה – מפל טמפרטורה שלילי, בו עולה הטמפרטורה עם הגובה.

קרינה – אוסף גלים של חומר נשא אנרגיה

גל – הפרעה המתקדמת למרחב, לגיל יש אורך ותדירות

Electromagnetic Spectrum



קרינת השמש היא קצרת גל, כדור הארץ קולט את קרינת השמש, מתחמם ופולט קרינה ארוכת גל (אינפרא אדומת). האטמוספירה בולעת את הקרינה

שכדור הארץ פולט ומתחממת, חלק מקרינה זו חוזרת

^{*האטמוספירה "שקופה"} חוזרת לכדור הארץ, זהו אפקט החממה.

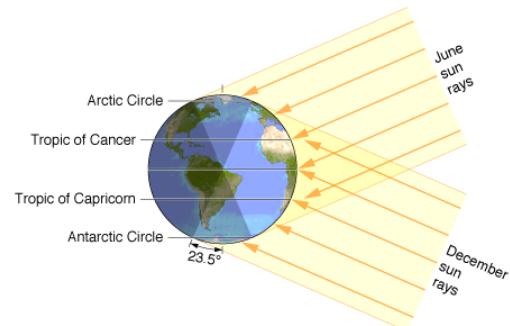
הגורם לתופעה הן גזי החממה באטמוספירה: אדי מים, פחמן דו חמצני, מתאן, נתרן דו חמצני ועוד.

מישור המילקה – המישור עליו כדור הארץ סובב את השמש.

עונתיות – נוצרת משום שהקרינה על פני כדור הארץ אינה אחידה ומשתנה כתלות במקום ובזמן (עונה).

הסיבות לכך:

- בקוווי רוחב שונים המרחק אותו עברת הקירינה ב托וך האטמוספירה שונה וזוית הפגיעה שונה גם כן. לכן הקטבים קפואים.
- ישנה נטייה של 23.5° בין ציר סיבוב כדור הארץ לבין מישור המילקה מה שגורם לכך שהשמש זנית (נמצאת בזווית 90 מעלות, בדיקן למעלה בשםיהם) בקוווי רוחב שונים במהלך השנה.



אלבדו – גודל חסר מימדים שמתאר את היחס בין כמות הקירינה הפוגעת בגוף לחזון המוחזרת ממנו, תלוי בפני השטח של הגוף. שני השטחים שמחזירים את כמות הקירינה המשמעותית ביותרxcdor הארץ הם עננים ושלג (בעיקר בקטבים).

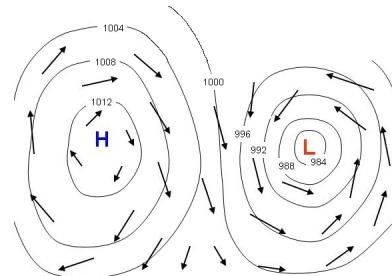
חידה 2 – האויר בתנועה

מפת לחץ – מפה גיאוגרפית שבה מוצגים ערכי הלחץ.

מפה סינופטית – מפה גיאוגרפית שעלה גבה מוצגים, בעזרת קווים שווים ערך (איזופלטים) משתנים מטאורולוגיים שנמדדו בו בזמןית במקומות שונים. לרוב מתייחס מושג זה למפת הלחץ בגובה פני הים.

SKU – איזור בו לחץ האויר נמוך ביחס לסביבתו.

רמה – איזור בו לחץ האויר גבוה ביחס לסביבתו.



מייפוי מערכות לחץ דומה למפה טופוגרפית:

מפה סינופטית	מפה טופוגרפית
SKU	מכתש
רמה	כיפה
אפיק	נהר
רכס	שלוחה
קווים שווים לחץ (אייזוברים)	קווים שווים גובה

מפות רום – מפה סינופטית המציגת נתוניים שנאספו ממידידות בלוני רדיוסונדה. על גבי המפה נהוג לצויר קווים שווים גובה (אייזוהיפסוט), וקווים שווים טמפרטורה (אייזותרמות). כך ניתן לזהות מערכות של אפיקים ורכסים הנעים באטמוספירה ומאפשרים התפתחות של מזג אוויר.

כוח גראדיאנט הלחץ – כוח הנובע מהפרש הלחץ בין שתי נקודות למרחב.

$$\text{יעיל תמיד מכיוון הלחץ הגבוה אל הלחץ הנמוך} \frac{\Delta P}{\Delta x} = \nabla P.$$

כוח החיכוך – פועל נגד כיוון התנועה וגורם להאטטה. משפיע על שכבות הגבול של האטמוספירה, זו שבין הקרקע לאטמוספירה החופשית.

כוח צנטריפוגלי – יפעל תמיד החוצה מכיוון הסיבוב.

כוח קוריוליס – כוח מודמה הפועל על גופים בתוך מערכות מסתובבות

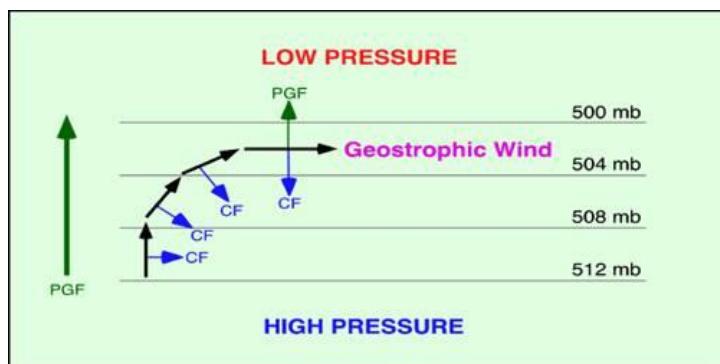


סרטון הסבר – ניתן להחוץ או לסרוק

$$C = 2\Omega \times \sin \varphi \times V \times \rho - \text{נוסחה}$$

מדיות סיבוב ↓
 כדור הארץ ↓
 מהירות הרוח ↑
 האור ↑
 צפיפות ↑
 הרוחב ↓
 זווית קן ↑

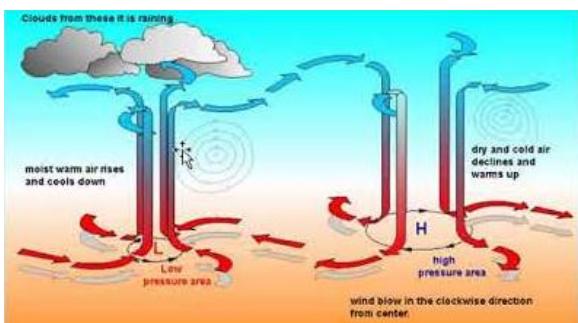
- בחצי הצדור הצפוני, הכוח יפעל תמיד ימינה ובניצב לכיוון המהירות.
 - בחצי הצדור הדרומי, הכוח יפעל תמיד שמאלה ובניצב לכיוון המהירות.
 - בקו המשווה הכוח לא פועל ולמעשה שווה ל-0.
 - בקטבים הכוח מגע למקסימום.



ירוק – Pressure Gradient Force – כוח גרדיאנט לחץ
כחול – Coriolis Force – כוח קורייליס, תמיד מאונך ל מהירות

רוח גיאו-סטרופית - האויר יתחיל
לנوع אל האזור בעל הלחץ הנמוך,
ואז מצטרף למערכת כוח קוריליווי
שגורם לאויר לנوع ימינה (בחצי
הצדור הצפוני). כתוצאה מכך האויר
בבסופו של דבר יגיע לאיזון (מאזן
גיאו-סטרופי) בו הוא נע מקביל
לאיזוברים עם (או נגד, בחצי הצדור
הדרומי) כיוון השעון.

בשבbet הגבול כוח החיכוך פועל כלפי המהירות וגורם לנטייה לעבר הלחץ הנמלהחץ הגבוה ברמות (התבדות).



**מימין – התבדרות ברמה
משמאלי – התכונות בשעה**

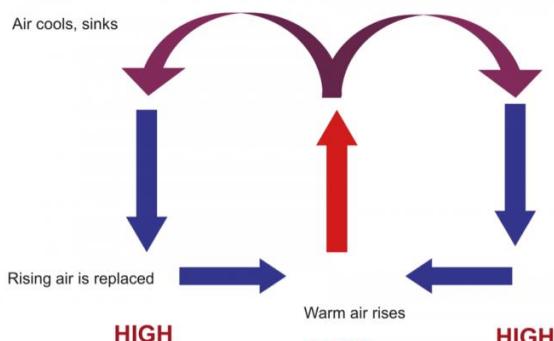
התכנסות – מצב בו כמות האויר הנכנסת לאזרור מסוים עולה על כמות האויר היוצא. בשקע, האויר זורם למרכז ומתקנס שם ואז מתחילה זרימת אויר לפני מעלה.

התבדדות – מצב בו כמות האויר היוצאת מאזור מסוים גדולה מזו הנכנסת. ברמה, האויר זורם כלפי חוץ מהמרכז ומתרחשת ירידת אויר.

אפיק ברומטרי – שלוחה של לחץ נמוך המשתרעת משקע. תוכנותיו (התכנסות אויר ועליתו, ריבוי עננים), הן כשל שקע ולכן יש להתייחס אליו כל שקע מוארכ.

רכס ברומטרי – שלוחה של לחץ גבוה המשתרעת מרמה. תכונותיו דומות לשכבת רמה.

אוכף – אזור הנמצא בין שני שקעים ושתי רמות. גרדינט הלחץ באזור זה הוא קטן ולכן הרוח חלשה. חיזוי מזג האוויר באזור זה קשה.



תא צירקולציה – נוצר כאשר ישנו ניגוד טמפרטורה חריף. צירגולציה פועלת להשוות את הטמפרטורות כל עוד ישנו מקור חום פעיל.

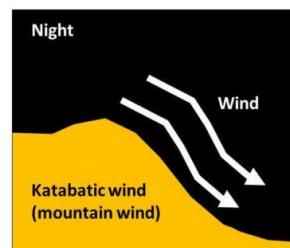
בריזה היא דוגמה לתא צירולציה: במהלך היום האדמה מתחממת וטמפרטורת הים קבועה, אוויר מהים מגיע "למלא" את השקע שנוצר ונקרא בריזה ימית. בלילה המתהיל בדיק הפור ונוצרת בריזה יבשתית.

חוק בויס בלוט: כשהרוח בגבר הלחץגובה משמאלו (על חצי הצד הצפוני)

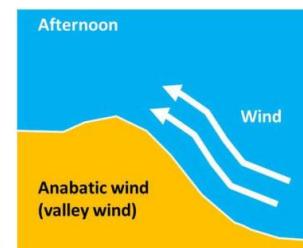
רוח אנכטית – רוח הנושבת במעלה ההר, עליית אוויר והיווצרות עננות.

רוח קטבטית – רוח הנושבת במודר ההר, ירידת אוויר ודיכוי עננות.

אפקט העמק / הוואדי – רוח הנכנסת לתוך עמק, משנה את כיוונתה עם כיוון העמק ומהירותה גדלה.



The mountain cools down, the air becomes heavier so it descends.



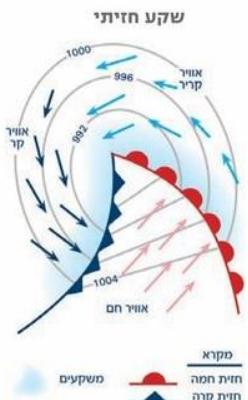
The sun warms the mountain, the air is lighter and ascends

גלי הרים – אוויר הנדחף למעלה על ידי אילוץ טופוגרפי (למשל הר), מתקרר ומתעבה. אם אין שקע שייגרום לו המשיך לעלות, האוויר יורד חזרה למטה. בירידה האוויר מתחמם שוב, עולה למעלה וחוזר חלילה. נוצרת זרימה (ולעתים גם עננות) בצורה של גלים.

חזית – אזור מפגש בין שני גושים אוויר מנוגדים בטמפרטורתם. גוש אוויר קר וגוש אוויר חם.

- **חזית נייחת** – אין תנוצה יחסית בין גושים האוויר.
- **חזית קרה** – האוויר הקר נע לעבר האוויר החם וטופס את מקומו, האוויר החם והקל יותר נדחף במעלהות לרים, מה שMOVIL לרוב לענני סערה ולירידה בטמפרטורות.
- **חזית חמה** – האוויר החם נע לעבר האוויר הקר. האוויר הקר נסוג ומפנה את מקומו לחבילת אוויר חמה אשר מטפסת במתינות מעליין, חזית יותר רציפה וארוכה (מאות ק"מ). החזית החמה יוצרת אינברסיה המדכאת עננים ערמות וענני סערה. נוצרת עננות שכבותית.

שְׁקָעַ תֶּרֶמְלִי – נוצר באזורי החם מסביבתו, כאשר אויר הנמצא באזורי של לחץ וטמפרטורה אחידים מתחום, הוא מתחילה לעלות, יוצר זרימת אויר שמשנה את הלחץ ואת גודל גרדינט הלחץ וגורם להיווצרות של שְׁקָע.



שְׁקָעַ חֲזִיתִי – מפגש בין גוש אויר קר וחם. גושי האויר מסתחררים, האויר החם עולה מעלה והקר יורד מטה, דבר שגורם לירידה באנרגיה פוטנציאלית ויוצר עננות, משקעים, וסופות רעמים.

שְׁקָעַ טּוֹפּוֹגְרַפִּי – שְׁקָעַ הנוצר כאשר גוש אויר נע מאזור גבוה לאזור נמוך (מורד הר).

אִינְבְּרָסִיה – מצב שבו הטמפרטורה עולה עם הגובה (אויר חם לעלה וקר למטה).

קָונְבָקְצִיה – מצב של עליית אויר

הַתְּמוּכָכוֹת – מצב של ירידת אויר

חידה 3 – עננים ומשקעים**מושגי יסוד:**

- מעברי פaza – מעבר חומר מ מצב צבירה אחד לאחרר.
- חום כמוי – כאשר מולקולה בודדת עברת מצב צבירה אחד לשני הטמפרטורה שלה אינה משתנה. החום מנוצל לשינוי פaza, וחלק מהאנרגיה "כלוא". בחזרה למצב צבירה הראשונית המולקולה משחררת את האנרגיה חום.
- לחות סגולית – היחס בין מסת המים לבין כל מסת האוויר בחビルת האוויר.
- יחס עירוב – היחס בין מסת המים למסת האוויר היבש בחビルת האוויר.
- לחות יחסית – כמות אדי המים ביחס לכמות אדי המים המקסימלית אותה האוויר יכול להכיל באותה טמפרטורה.
- רוויה – שיווי משקל בין קצב התאדות המים להתעבות המים. ברוויה הלחות היחסית היא 100%.
- טמפרטורה לחה – הטמפרטורה אליה נגיע אם נוספים אדי מים לגוש האוויר עד לרוויה.
- טמפרטורת נקודת הטל – הטמפרטורה שי/ש לקරר אליה את גוש האוויר בתהליך איזוברי על מנת שתתרחש רוויה.
- לחות יחסית – כמות אדי המים ביחס לכמות אדי המים המקסימלית אותה האוויר יכול להכיל בטמפרטורה נתונה.

חימום/קירור אדיאבטי – תהליך שבו אין חילופי חום עם הסביבה ושינוי הטמפרטורה נובע אך ורק מתחיליכים פנימיים. בדרך כלל יקרה ממשינוי בגובה של חビルת אוויר.

מפל אדיאבטי יבש – קצב התקరרות של אוויר לא רוויה:

$$\Gamma_d = -\frac{9.8^\circ C}{1000m}$$

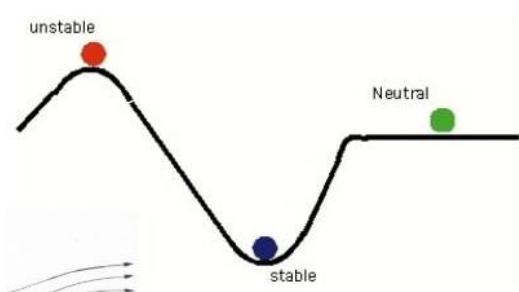
מפל אדיאבטי לח – קצב התקקרות של אוויר רוויה, נובע מהתעבותו לען:

$$\Gamma_s = -\frac{6^\circ C}{1000m}$$

יציבות – היכולת של אוויר להישאר במקום הנוכחי.

מצב יציב – גוש האוויר הוא קר מסביבתו ולכן ישאף לרדת עד שישתוו לטמפרטורת הסביבה.

מצב ניטרלי – גוש האוויר הוא בטמפרטורת הסביבה ולכן ישאר במקום.



מצב בלתי יציב – גוש האויר חם מסביבתו ולכן ישאף לעלות עד שישתוו לטמפרטורת הסביבה.

האם יציב?

טמפרטורה הימנית (°C)	טמפרטורה הסביבה (°C)	המפל (m)	אוויר יבש	אוויר לח
גדול מ-9.8°C	9.8°C ל-0°C	בלתי יציב בהחלטת 1000m	X	X
X	~	אדיאבטי יבש	X	~
X	✓	בלתי יציב על תנאי	✓	בין -9.8°C ל-6°C
~	✓	אדיאבטי לח	~	1000m ל-6°C
✓	✓	יציב בהחלטת 1000m	✓	קטן מ-6°C
✓	✓	אייזותרמה	✓	לא שינוי עם הגובה
✓	✓	איןורוסיה	✓	שינוי חיובי עם הגובה

דוגמה: נניח מצב בו יש מפל בלתי יציב על תנאי שבגובה התחלה הטמפרטורה היא 10°C ו-1000 מטר מעל אותו גובה הטמפרטורה היא 6°C (מפל של $\frac{7^{\circ}\text{C}}{1000\text{m}}$).

חbillת אוויר לח נמצאת בגובה התחלה בטמפרטורה של 10°C ונדחפת 500 מטר למעלה, על פי המפל האדיאבטי הלח, הטמפרטורה של החbillת תרד ל- 7°C בעוד שטמפרטורת הסביבה תהיה 6.5°C , האוויר חם מסביבתו ולכן ימשיך לעלות כתוצאה מהדחיפת הקטנה, זהו מצב בלתי יציב.

חbillת אוויר יבש באותו גובה, גם בטמפרטורה של 10°C נדחפת גם היא 500 מטר למעלה. על פי המפל האדיאבטי היבש, הטמפרטורה של החbillת תרד ל- 5.1°C בעוד שטמפרטורת הסביבה תהיה 6.5°C , האוויר קר מסביבתו ולכן ירד חזרה עד שיגיע למקוםו המקורי, זהו מצב יציב.

התפתחות עננים

כאשר חbillת אוויר עולה היא מתקררת. אם היא מתקררת עד לנקודת הטל, אדי המים יתעבו. על מנת שאדי מים יתעבו הם צריים גרעין להתעבות עליון (CCN), יכול להיות אבק, פיח, חידקים ועוד (נקראים אירוסולים). לאחר ההתעבות נוצרת טיפת ענן.

טיפות הענן גדולות על ידי ספיקת אדי מים ועל ידי התנגשות. כאשר הן מספיקן כבדות כדי ליפול הן הופכות לגשם. תהליך זה נקרא "גשם חם".

"גשם קר" – טיפות ענן הקופאות לפני יצירת הגוף. על מנת לקפוא טיפה צריכה "לגעת" בגרעין שיקפיא אותה. גרעין זה נראה IN (Icing Nuclei). טיפה זו מקפיאה טיפות ענן אחרות ונוצר תהליך שרשרת. הקרח בענן גדול על ידי ספיקת אדי מים מהר יותר ממים.

כאשר חלקיקי הקרח מתחילה ליפול הם יכולים:

- להפוך ולהפוך לגשם
- המשיך לספור אדי מים ולהישאר קפואים (שלג/גראופל)
- אם יש זרמים חזקים בענן, ישארו בענן, יספחו מים וקרח ויהפכו למטרות גשם וברד

גשם – חלקיקי מים לא קפואים שיודדים מהענן

שלג – חלקיקי מים שספחו אדי מים

ברד – חלקיקי קרח שלא מצליחים לצאת מהמענן, מפשירים וקופאים מחדש דחוסים יותר.

טל – התוצאות אדי מים על משטחים המשמשים כגרעין התוצאות

השפעת ריכוז CCN על תהליכי הענן - ריכוז CCN גבוהה יגרום לרכיב גודל של טיפות ענן. בשל ריכוזן הגבוהה הן לא יأدלו והענן יפתח רק משקעים קרים. הסיכוי לברד יגדל.

מנגנונים לייצור עננים:

- קונבנצייה – אויר בלתי יציב עולה ומתקרר, מתחילה תהלייר התוצאות לייצור ענן.
- אורוגרפיה – אויר עולה על מכשול טופוגרפי, מתקרר ומתחילה תהלייר התוצאות. עם הירידה מהצד השני התוצאות תיפסק. יוצר ענן באז אחד של המכשול.
- חזיות
 - חזית קרה – גוש אויר קר חודר מתחת לאויר חם וגורם לעליה מהירה של האויר החם, נוצרים עננים ערמות.
 - חזית חמה – גוש אויר חם מטפס דרך גוש אויר קר וגורם לעליה הדרגתית של אויר יציב, נוצרים עננים שכבותיים

סוגי עננים:

- ערמותי (קומולוס) – צורתו נבנית על ידי זרימות ארכיות עולות ואי יציבות אטמוספרית
- שכבותי (סטרטוס) – נוצר מהסעה של לחות במילוי האופק ויציבות אטמוספרית

גובה העננים:

בסיס הענן – הגובה בו אדי המים מתחברים

פסגת הענן – הגובה המירבי אליו הענן התפתח



סוגי עננים:

- עננים נמכים – $0ft - 6,500ft$
- עננים בינוניים – $6,500ft - 23,000ft$
- עננים גבוהים – $16,000ft - 43,000ft$
- **עננים מוריד גשם**

כמות העננים – נהוג לחלק את השמיים לשמיניות, מתארים מהי כמות השמיניות המכוסות בעננים

עננים נמכים:

- **סטרטוס (St)** – ענן שכבותי נמוך מאוד (מאות מטרים לפחות), גבולותיו אינם חדים, מופיע בלילות לחים ויציבים (עלול להפוך לערפל) או בקרעים מתחת לענני גשם. מלאויה ראות לקויה.
- **קומולוס (Cu)** – ענן ערימתי שבטיסו אופקי וכאה, ופסגותיו מעוגלות ומחזיקות בלובן (נראות כמו ראש כרוב). מצוי בגודלים שבין מאות מטרים לבין קילומטר. הגודלים שבהם עשויים להוריד גשם.
- **סטרטוקומולוס (Sc)** – ענן שכבותי בעל התפתחות ערכמתית מעטה. אפור עם גוונים המשתנים בסדיות מסוימת. עשוי להוריד רסס או גשם.
 - יכול להיווצר בעקבות התפשטות של פסגות Cu שנתקלו בשכבה יציבה.
 - יכול להיווצר בעקבות ערבול עקב גזירת רוח בשכבה לחה.
- **קומולוניימבו (Cb)** – הענן הערכמתי המפותח בטבע, ענן הסערה. פסגותיו מגיונות לטרוופאוזה (מעל $10km$), נתקלות בה וمتפשטות בצורה סדן לבן עשוי גבישי קרח. נוצר בשקעים עמוקים, בדרך כלל בחזית הקרה. תופעות של ברד, ברקים, רעם ופרצץ רוח.
- **ニימבוסטרטוס (Ns)** – ענן שכבותי נרחב (עשרות ק"מ). מכסה בגאון אחד את השמיים, מוריד גשם או רסס רצוף וממושך. בסיסו לרוב בגובה בינוני. נוצר בשקעים חזיתיים, לאחר מעבר החזית נוצר גם מאילוץ אורוגרפי.

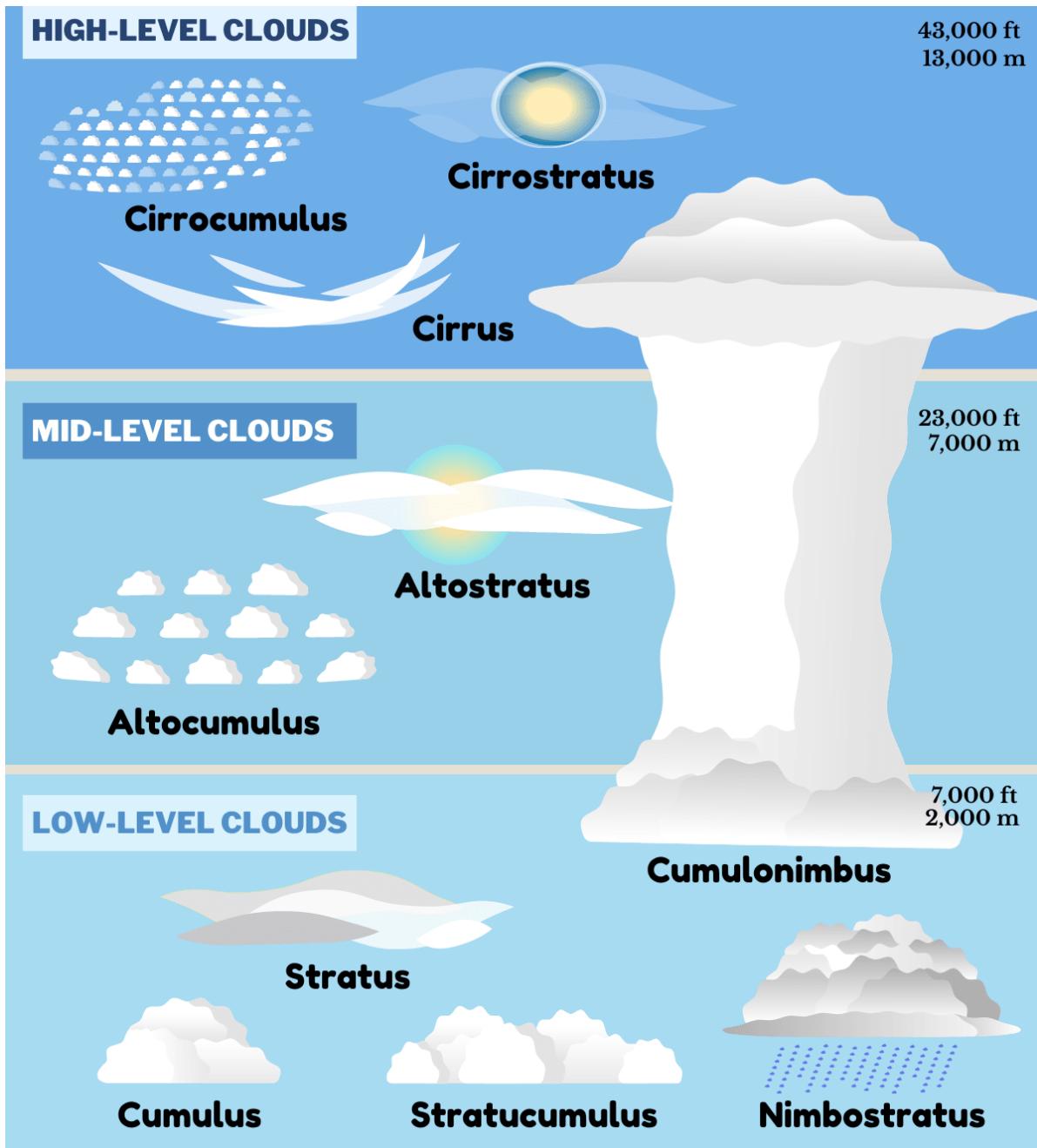
עננים בינוניים:

- **אלטוסטרוס (As)** – שכבותי. רצועות רכות אפורות או משטח אחיד מבהיק במקצת. המשמש נראית דרכו כמו דרך זכוכית מפוחת. עשוי להוריד גשם קל.
- **אלטוקומולוס (Ac)** – שם למכוון צורות ערימתיות בגובה בינוני.
 - ענני כבשים – גזירת רוח, בהתעבותו עשוי להוריד גשם.
 - מגדלים – שורות של ענני קומולוס בעלי בסיס משותף.
 - עדשות – ניסיון לקומולוס ששווטה ברוח עזה מעליו.

- **אלטוקומולונייםבו – Cb** שביסו בגובה בינוני, עוצמתו פחתת במקצת.
- **דדים (ממיטו)** – תוצר "קונוקציה הפוכה" מבסיס ענן מפוזנת שמתחתיו אויר יבש.
- **כיפה** – נוצרת מעל פסגת הר.

עננים גבוהים:

- **צירוס (Ci)** – דמי סיבים או שערות, לרוב שקוף לשימוש ולירוח.
- **צירוסטרטו (Cs)** – שכבות, סיבי או בעל מראה חלבני, מכסה ברציפות את השמיים. שקוף למחצה, יוצר הילה סביב השימוש או הירוח.
- **צירוקומולוא (Cc)** – ענן גלי דמי כבשים, לבן ועדין.



ערפל

ענן בגובה הקרקע, אוויר המתקרר מתחת לנקודת הטל ומታעה בגובה נמוך, לרוב מדובר בענן סטרטוס (שכתי).

הערפל נוצר על ידי קירור אוויר בשכבה קרובה לקרקע באמצעות שלוש דרכי:

1. התאדות לאויר – הוספת אדי מים בהתאדות, במצב זה החום הכספי המשמש בתהליכי האידי יקרר את האויר.

2. הולכה – הולכת חום מהקרקע ולהלאה גורמת לשכבות האויר הקרובות לקרקע להתקרר.

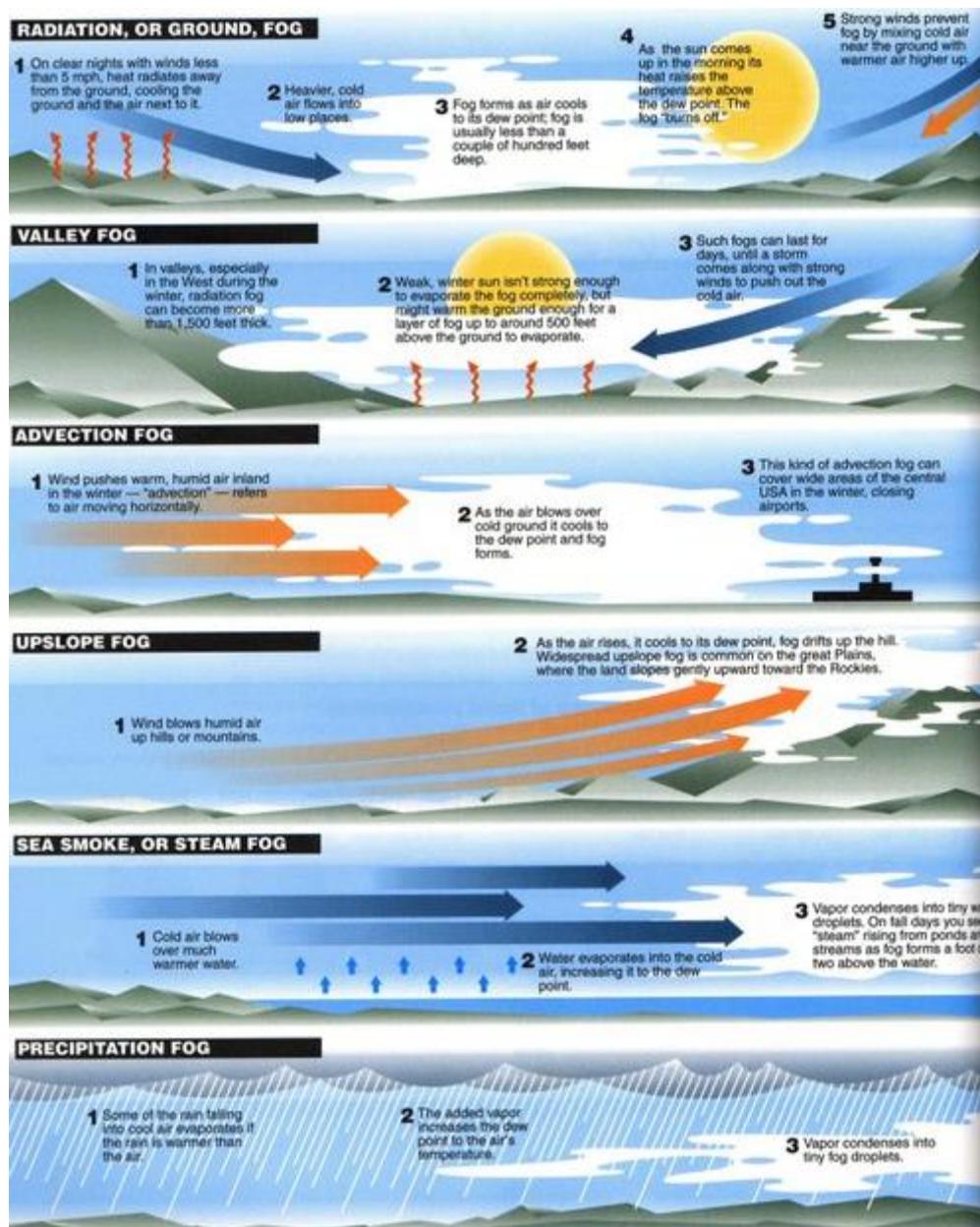
3. אדיאבטי – קירור אדיאבטי, תהליך של קירור על ידי עליית אוור, אחד מתהליכי יצירת העננים העיקריים.

סוגי ערפל:

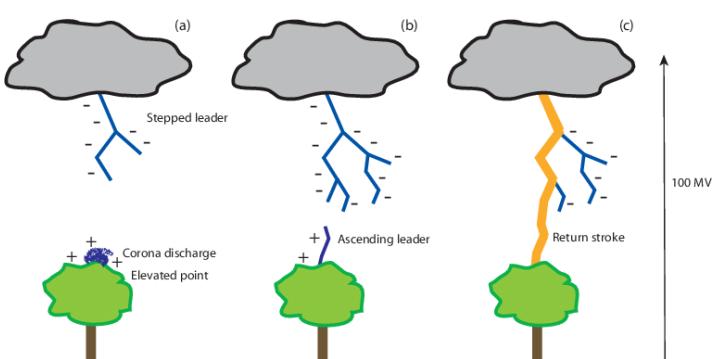
- ערפל קרים – נוצר במצב יציב, עקב ההתקరרות הקרניתית של הקרקע.
 - נפוץ בעיקר בעמקים. בעיקר בשעות הלילה ולפנות בוקר.
 - ערפל ברכיים – ערפל קרים בסביבה רדודה במיוחד.
 - ערפל חזיתי – במצב של פעילות חזיתית ומשקעים. נוצר על ידי התעבות מחדשת של טיפות גשם שהתאדו. אופייני לחזית חמה – נדיר מאוד בישראל.
 - ערפל קיטור – נוצר על ידי מים שמתחאים לאוויר ומתעבים מחדש. הערפל היחיד מעלה משטח חם.
 - ערפל הרים – יכול להיות כל סוג ענן. זהו ענן ש"התישב" על הר. נגרם על ידי זרמי האויר במורדות ההרים או על ידי תנועות עננים בגובה ההר.
 - ערפל מושע – ערפל ממוקם אחד עובר למקום אחר. נע עם גושי אויר ממוקם למקום.
 - ערפל הסעה – נוצר על ידי קירור האויר עד למצב של התעבות. במגע עם משטח קרה.

לרוב הערפל מוגבל לאובה נמוך בשל אינברטיה:

- הקרוּעַ מִקְרָתָה רַק אֶת הַאוֹיֵר הַקָּרוּב אֲלֵיה שְׁמַתְעָבָה.
 - הַאוֹיֵר בָּגּוֹבָה מַעַט גְּבוֹהָ יֹתֶר חָפֶץ יוֹתֶר וּנוֹאֶרֶת אַיְגָּבָרְסִיָּה.

**ערפל קרינה****ערפל הסעה****ערפל הרים****ערפל קיטור****ערפל חייתי****תופעות חשמליות בעננים**

הዮנוזפירה מכילה ריכוז גבואה של יוניים והיא טעונה במטען חיובי גבואה. באטמוספירה פועל זרם חשמלי קטן כל הזמן. ענן סערה הוא כמו סוללה חשמלית גדולה, בעלת קטבים מנוגדים (חיובי ושלילי). תכונות הענן והרכבו (טיפות מים וגבישי קרח בגודלים שונים) גורמות להפרדת המטענים בענן. בעצם, בהתרפרקות חשמלית (ברקיהם) אנו רואים את המכה החשמלית שחוזרת מהברקע לענן.

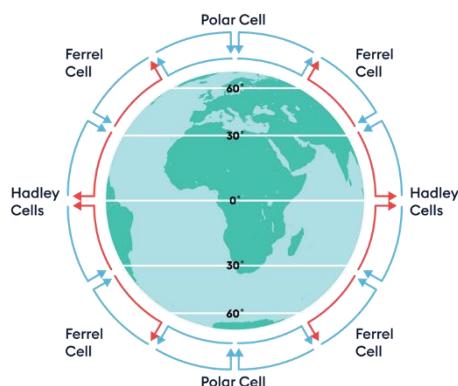


חידה 4 – מערכות אקלימיות ומערכות מזג אוויר

סירקולציה גלובלית – הקרוינה המגיעה ל쿄 הרוחב השונים אינה אחידה. "עודף" קריינה בקוו המשווה, "חוסר" קריינה בקוו הרוחב הגבוהים. כתוצאה מהסת�性 של כדור הארץ במישור המילקה ושינוי הזווית המשמש לאורך השנה, מערכות הלוחץ ידרימו כלן בחורף ויצפינו בקיץ.

תא הדלי – המודל הבסיסי: תא סירקולציה אחד על פני כל אחד מחצאי כדור הארץ, על מנת לקשר על הפער הtermal בין המשווה לקטבים. בפועל, תנועת כדור הארץ מונעת מהאוויר לנوع ישירות מצפון לדרום (כח קורייליס מסיט את האויר).

תא פרל – ב쿄 הרוחב הבינוניים (30-60°) מתפתחות "מערבולות". שקעים רומיות הנעים לסירוגין באיזור זה. מהווים מנגנון להסעת אויר חם צפונה ואוויר קר דרומה.



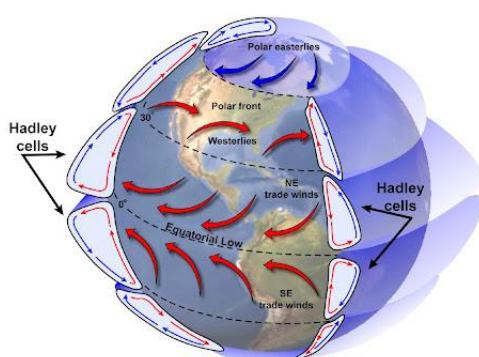
נווכחות המערבולות ב쿄 הרוחב הבינוניים משנה את הזרימה. בפועל נוצרים שלושה תאים נפרדים. תא הדלי וההתא ה поляרי זהים במבנה, בעוד תא פרל הפוך להם.

בפועל ישן גם השפעות בעלות משקל ממשמעות של תפיסת היבשות, ההרים והימים.

מערכות הלוחץ העולמיות

חגורות אקלים (נגזרות מטור הסירקולציה הגלובלית):

- איזור ההתקנסות הבין טרופי (ITCZ) – חגורת לחץ נמוך המקיפה את כדור הארץ סביב קוו המשווה (ולא בדיק עליו). האויר שם לח ובלתי יציב. מזג אוויר טרופי.
- הרמות הסובטרופיות – אויר העולה מאזור קוו המשווה ויוצר רצועת לחץ גבוה בין 25° – 30° (쿄 רוחב ולא טמפרטורה). האויר במקומות אלה מתחכם ומתייבש ונוצרות רצועות מדבריות.
- השקעים של קיו הרוחב הבינוניים – בין קוים 30° – 70°. איזורים עשירים במזג אוויר בגלל תנואה של שקעים ויצירת חזיות רבות.
- הרמות ה поляריות – נוצרות כיפות של אויר קר ורמות מעל הקטבים. עקב השפעת הרמה מועטים המשקעים באיזור זה.



רוחות אופייניות:

- קווי הרוחב הפולאריים – האויר השוקע בקוטב צורם דרומה ומוסת ימינה = רוחות מזרחיות.
- קווי הרוחב הבינוניים – האויר שוקע ברמה הסובטרופית ומצפין, מוסט ימינה = רוחות מערביות, הווסטראליות.
- קו המשווה – אויר ששוקע ברמה הסובטרופית ומדרים, מוסת ימינה = רוחות מזרחיות. אלו הן רוחות הסחר, הפאסאטיים.

טיפוסי אקלימים לפי המין האקלימי של קפן

סימול	שם	מאפיינים	אזורים	הטיפוס
A	טרופי	חם וgasום	סביב קו המשווה	טרופי
B	מדברי	חם ויבש	קווי רוחב סובטרופיים	מדברי
C	ממוזג מישון	gasום עם קיץ חמימים או חם	קווי הרוחב הבינוניים	ממוזג מישון
D	ממוזג קר	gasום עם חורף קשה	קווי רוחב 70° – 60°	ממוזג קר
E	קוטבי	קר, קרקע מכוסה בקרח	בין קו רוחב 70° לקוטב ברוב או כל ימות השנה	קוטבי
H	הררי	קר וgasום	הרים	הררי

הזרימה ברום – גלי רוסבי וזרמי סילון

אזור התכנסות בקו המשווה יוצר רמה ברום מעלי. מעל הרמות הפלוריות יש שקע ברום. הזרימה ברום היא מהלץ הגבואה ללחץ הנמוך, בחצי הצד הצפוני מוסת ימינה, ומתקבלות רוחות מערביות ברום. רוחות אלו מתרכזות בקווי רוחב אופייניים (סובטרופיים ופולריים). הרוחות זורמות בצורה גלית.

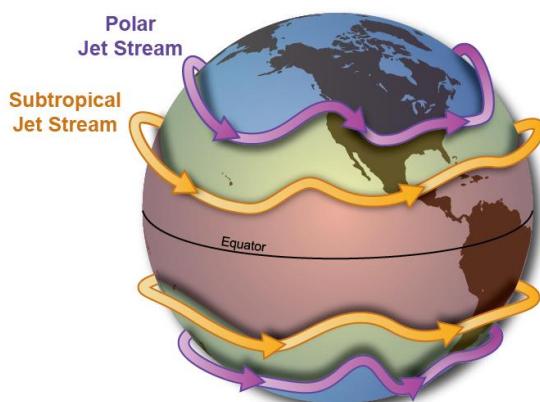
גלי רוסבי – הזרימה המערבית ברום היא גלית. גלים אלו נקראים גלי רוסבי ומפרידים בין מסות אויר שונות. יש להם השפעה רבה על העברת אנרגיה אל הקטבים, זרמי סילון ומערכות מג האויר.

בזרימה הגלית האויר עובר מ מצב שבו הוא צורם סביב שקע למצב בו הוא צורם סביב רמה. ראיינו בעבר כי זרימת האויר סביב רמה מהירה יותר, כלומר האויר מאיצ' ומאט ונוצרות התבדרויות והתקנסיות של אויר ברום. האויר המאיצ' גורם להתבדרות ולשאית אויר מפני הקרקע אל הרום, מעודד היוצרים שקעים ורמות. לשקעים בקרקע יש נתיחה להיווצר בקרבת אפיק רום.

זרם סילון – רצועת רוחות שעוצמתן עולה על 75 קשרים. מדרים ומצפינים במהלך השנה.

ציר סילון – הקו לאורך עוצמת הרוח המירבית.

מידי הסילון – לסלון יש אורך ורוחב, אורך בכיוון הזרימה, רוחב מאונך לו. עובי הסילון הוא במימד האנכי, "גובה" הסילון.



זרם סילון סובטרופי – נוצר בין הרמה הסובטרופית לשקעים של קווי הרוחב הבינוניים.

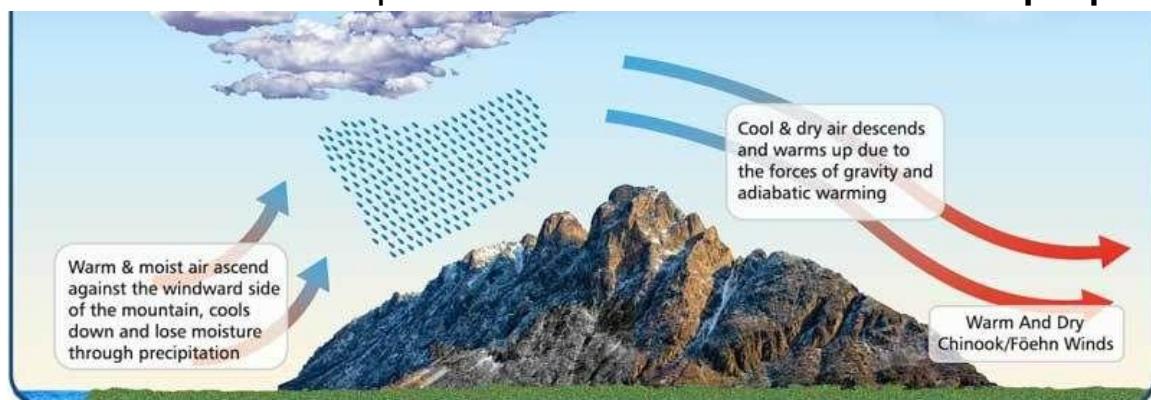
זרם סילון פולרי – נוצר בין השקעים של קווי הרוחב הבינוניים והרמה הפולרית. מהיר יותר מהסילון הסובטרופי בשל גרדיאנט הטמפרטורה החריף יותר בין הקווים הבינוניים לקטבים. כל שהוא גלי יותר, יותר מערכות מגז אויר יתפתחו. יגרום לאספקת אויר קר יותר באיזורנו.

פולרי	סובטרופי	מאפיין
7km – 12km	10km – 15km	גובה אופיני
40° – 60°	23.5° – 40°	קווי רוחב
בעל אופי גלי	אינו גלי	צורה
קטן יותר	גדול יותר	גודל

זרמי הסילון משפיעים על תעופה. מערבולות בכניסה וביציאה מהזרם הסילוני.

אפקטים טרמליים:

- **אפקט פן** – התחומות המלוה יבש של רוח היורדת מן ההר.



- **קרה** – מצב בו הטמפרטורה ליד הקרקע מגיעה לנקודת הקיפאון ומטה.
 - **קרה הסעתית** – נוצרת יישור מזרימת אויר קרה, מלאה רוח ומורגשת בעיקר במקומות גבוריים.
 - **קרה קריניתית** – נוצרת בלילות שקטים לאחר חDIRת אויר קר לאיזור, מוגשת בעיקר בעקבות ותמכת על ידי רוח קטבטית.

סופות חול ואבק – הראות בעת סופות חול ואבק יורדות למטרים בודדים. ענן האבק או החול מלאה בהרחות עדות וערבול. כדי ליצור סופת חול ישן כמה

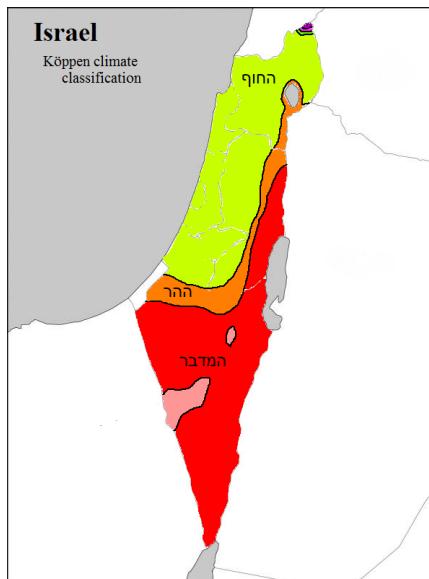
דרישות: רוח חזקה (עבור חול מדברי – 20 ק"ש), חול יבש ואויר יבש (כדי שהחול לא יספג לחות) ואי יציבות עד גובה 2 ק"מ (לאפשר זרמים שיילו את החול).

סופות נספנות: עלעל, נד מים, טורנדו, הוריקן.

חידה 5 – מזג האוויר בישראל

משטר עונתי – ישראל שוכנת בין קווי רוחב 33.4° – 29.5° . האקלים מושפע מהגורמים הבאים:

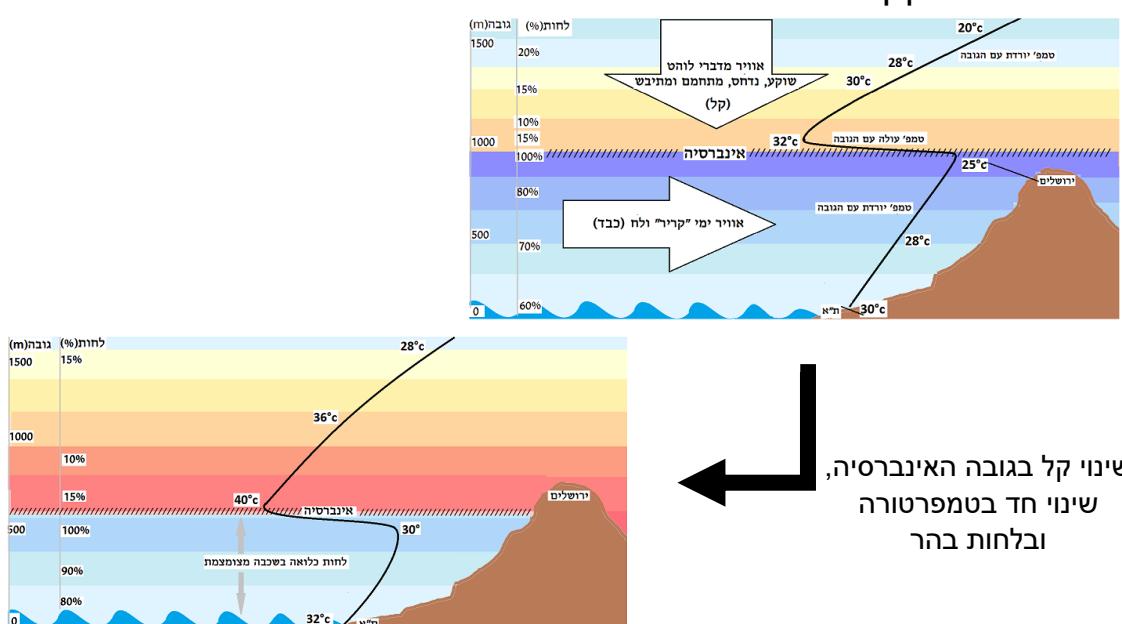
- הרמה הסובטרופית (רצועת המדבריות)
- בחורף, השקעים של הרחבים הבינויים (במרכז ובצפון)
- הים התיכון ממערב (מרכז הארץ וצפון)
- רכס הריים מקומיים ('יהודה, שומרון, גולן, חרמון)



גורם אחד מבאים לאקלים ים תיכוני, גשמי חורף, עונות מעבר קצרות ואקלים מדברי בדרום. בחורף מערכות מזג האוויר נעות דרומה וישראל מושפעת מהרחבים הבינויים. בכך עם נדידת המערכות צפונה ישראל תושפע מהרמה הסובטרופית.

מזג אוויר בישראל – חלוקה נפוצה היא לפי כמות משקעים سنوية: ההר, החוף והמדבר.

האינברסיה המארנית – השילוב בין התמוככות ברום והסעת האוויר הקרי בגובה נמוך יוצר את האינברסיה המארנית העונתית. האינברסיה גורמת ללחחות ולזיהום להצבר מתחתיה. שינויים מיום ליום בגובה האינברסיה גורמים שינויים חדים בלחות ובטמפרטורה באזורי ההר. האינברסיה המארנית מאפיינת את הקץ בישראל.



מזג אוויר ברצעת החוף – בחורף, טווח טמפרטורה יומי קטן בשל הקרבה לים. ממוצע משקעים בין 400 מ"מ בדרום ל600 מ"מ בצפון מישור החוף.

עננות פעילה יחד עם הים החם יחסית גורמת לעוצמת משקעים גדולה (בעיקר בתחילת החורף). **בקיץ**, טמפרטורות מתונות, לחות גבוהה בשל הקרבה לים והאינברסיה המארינית.

מזג האוויר בהר – בחורף, טמפרטורות נמוכות (ככל שבוהה יותר) – שלג. ממוצע משקעים בין 550 מ"מ בהרי יהודה ל-1000 מ"מ בחרמון. עננות אורוגרפית עם פרקי גשם ארוכים יותר מאשר בקן החוף. **בקיץ**, יחסית נעים. תלות בגובה האינברסיה: אם נמוכה, יבש וחם – שרב. אם גבוהה, קריר ולח.

מזג האוויר באזורי מדבריים – בחורף, טמפרטורות נמוכות בעיקר בהרי הנגב ובעיקר בלילה. יבש מפני שאין מקום אספקת לחות. השפעת הרמה הסובטרופית. מדבר יהודה – מדבר בצל הר, מוביל לשטפונות מדי פעם.

גורם המשפיע על מזג האוויר בקיז'

SKU מונסוני – SKU המתפתח בקיז' עקב התchangמות היבשת מעלה מרכז אסיה ודרומה. המצב הסינופטי אינו משתנה באופן ממשוני ממחצית יוני ועד אמצע ספטמבר, כך שהמפה הממוצעת מבטא את המצב היום-יומי.

האפיק הפרטוי – אפיק לחץ נמוך המשתרע מהמפרץ הפרטוי לעבר החופים הדרומיים של טורקיה והוא שלוחה של SKU מונסוני באזור הודה. ברום מעלה האפיק הפרטוי ניתן למצוא בקיז' את הרמה הסובטרופית שיצרה התמוככות שגורמת לעצרת משקעים.

הרמה האזוריית – רמה השיכת לחגורות הרמות הסובטרופיות. מכתיבה רוח צפונית במצרים התיכון.

באזוריינו מתקבלת זרימה צפונית מערבית בין SKU המונסוני ממזרח והרמה האזוריית ממערב.

התמוככות והאפיק הפרטוי גורמים לשינוי תהליכי: חום ויובש ברום והסעת אוויר קריר ולח מהים בגובה נמוך (רוח אטיית). האוויר הקריר מהים גורם לטמפרטורות נמוכות יחסית לסביבה (עיראק או סוריה)

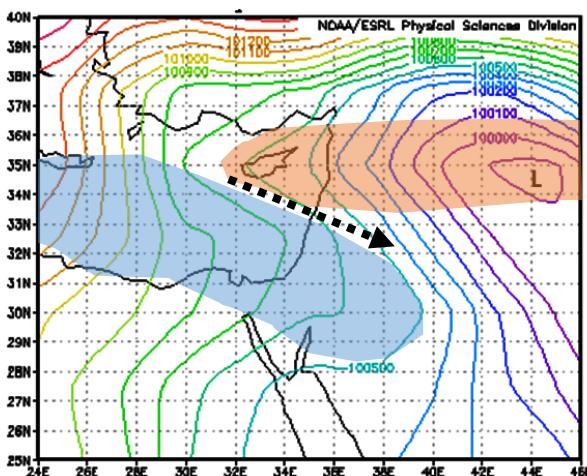
גובה האינברסיה משפיע על מזג האוויר במקומות שונים.

איןברסיה נמוכה

האוויר (וזריהם) כלואים בין האינברסיה להרי המרכז. חם והבלם במישור החוף

איןברסיה גבוהה

לאויר הלח יש יותר נפח להתרפש אליו הלחות בחוף מועט יורדת



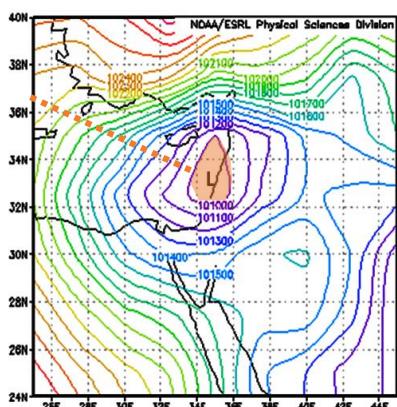
כל שהאפיק משתרע ליותר מרחק הוא נחשי יותר "עמוק" ולא "רדוד"

**חול ויבש בהרים
ירדת בהשפעת האויר הימי**

זרימת האויר בקיז' הינה מערבית. הבריאה בכיוון הזרימה המערבית ביום ונגד הזרימה המערבית בלילה.

תופעות:

- התחזקות הרוחות במהלך היום בקיז', הבריאה תומכת בזרימת הרוח.
- עננות בוקר במישור החוף: בגלל התנוגשות של הזרימה המזרחית עם זרימה המערבית: עלית אויר מעל הים. מעל הים האויר לח ונוצרת עננות.
- אינברסיה מרינית המונעת מהעננות להתפתח.



גורם המשפיעים על מג האויר בחורף:

שיקע חורפי (קפריסאי) – נוצר ביום התקיכון באיזור איטליה ונוו מזרחה לעבר קפריסן. שיקע חזיתי (אויר קר מצפון, אויר חם מהים ומאפריקה). נוצר בקדמת אפיק ברום. בשלב החזיות החמה הרוחות דרום מזרחיות ישותות ولكن אין עננות.

מהלך השיקע (ראה שיקע חזיתי ביחידה 2):

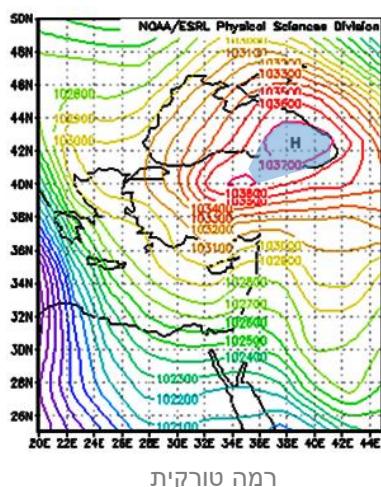
חזית חמה	סקטור קר	חזית קריה	סקטור חם	חזית חמה
רווח מזרחיות / רווח מערביות / צפון מערביות	רווחות מערביות מערביות / דרוםיות	רווחות דרום מערביות / דרוםיות	רווחות דרום מערביות / דרוםיות	רווח מזרחיות
אויר יבש	אויר קר ולח	אויר קר ולח	טמפרטורה גבוהה מהים	אויר יבש
לא עננות	עננות שכבותית, جسم מתפשט דרומה	עננות פעילה (Cb)	ירידה בטמפרטורה	רווח מזרחיות
אובך וחול מצרים	אובך וחול מצרים	סופות חול מדרום	אובך וחול מדרום	אובך וחול מצרים

תפרושת הגשמיים – הגשם מתחילה בצפון, יכול להגיע לאחר יממה, יכול לדרום לאחר יממה אם בכלל.

ישנן סטיות:

- שיקע במסלול דרומי יותר – הכל דרומי יותר
- שיקע במסלול צפוני יותר – הגשם לא יכול לדרום
- שיקע מהיר / איטי

לאחר מעבר השקע מושפעת ישראל מרמה:



הרמה האזוריית – שייכת לחגורת הרמות הסובטרופיות. מרכזה באים האזוריים, מזג אוויר נאה. רוחות צפון מערביות קלות. הקרקע הרטובה מהגשמיים מהויה מקור לחות להיווצרות ערפלים בעומק היבשה.

הרמה הטורקית – הרמה ממשיכה מזרחה, רוחות מזרחיות יבשות. טמפרטורה גבוהה.

הרמה הסיבירית – נוצרת עקב קירור קרינתי של יבשת אסיה. הטמפרטורות הנמוכות יוצרות לחץ גבוה. בישראל, טמפרטורות נמוכות מאוד, שמיים בהירים, עלול להימשך כשבועיים. מدد טוב להתחממות הגלובלית.

לעתים יופיע גם אפיק ים סוף של עונת החורף.

שלג בהרים – מתאפשר רק כאשר השקע החורפי עמוק, מרכזו מזרחית ומלואה אפיק רום עמוק. השקע צהה סוחף אליו מרחוקים אויר קר החוצה את הים במסלול קצר ומהיר וכן שומר על תכונותיו המקוריות.

גורם המשפיעים על מזג האוויר בעונת המעבר

בישראל עונות המעבר חסרות תזמון ואופי מובהק. לכן גם מערכות מזג האוויר הוצאות בעונות אלו גם כן אינן מובהקות.

מערכות עיקריות:

- אביב – אפיק ים סוף, השקע שרבי
- סתיו – אפיק ים סוף (יכול לוץ גם בקייז בחורף)

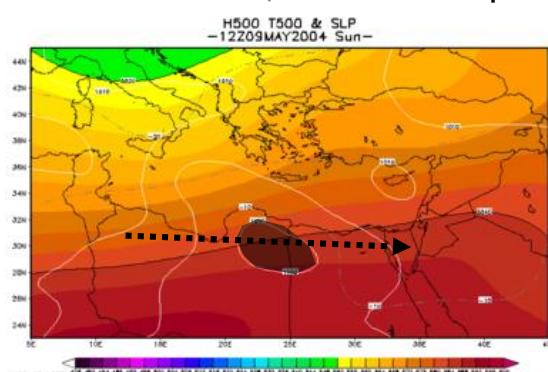
שרב – מזג אוויר חמוץ מהים מוצע לעונה, בנווסף יבש.

שלושה סוגים של:

1. שרב הסעה הנגרם מהסעת אויר מאזוריים חמימים ויבשים.
2. שרב שמקורו באפקט פן

3. שרב התמככות הנגרם בהשפעת רמה חזקה

硕雨在以色列的路径



硕雨 – ייחודי לאזור הים התיכון. באביב מסווגים מסלולי השקעים לכיוון צפון, כמעט מסלול ייחודי לאורך החוף האפריקאי. הקרקע לכך הוא הפרש הטמפרטורות בין הים לבין מדבר סהרה, המגיע לשיאו באביב ובתחילת הקיץ. גורם זה פועל כנגד הרמה הסובטרופית.

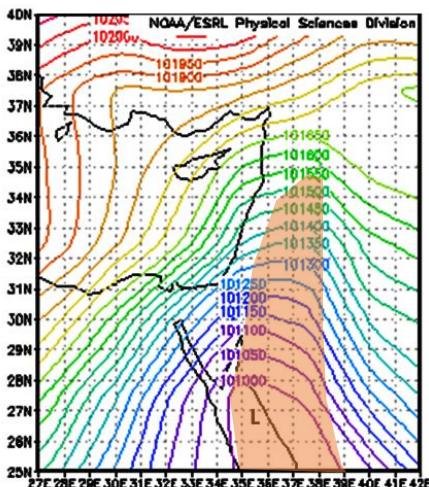
באביב מתפתחים שקעים אלו אף בתחילת הקיץ משלטת הרמה באופן מוחלט. עם תנועתו המהירה של השקע החזית החמה עוברת לאזור החיבור של סיני ומצרים (דלתא הנילוס) ושם החזית הקרה מצליחה לעبور את החזית החמה וחוצה את ישראל. תופעה זו גורמת לאויר קר להגיע לבת אחת, אוויר זה מסוגל להוריד את הטמפרטורה ב- 15°C בשעה אחת. מעבר החזית הקרה שובר את השרב. האויר הקרים פוגש אדמה לחה מאוד ולכן מלאה בגלים של קרען סטרטואים שבמהלך יתפתחו לסטרטוקומולואים.

אפיק ים סוף – אפיק משקע סודי שמשתרע צפונה לאורך ים סוף. לעיתים מתפשט עד לישראל ולעתים אף צפונה. מיקומו ותצורתו קבועים את כיוון הרוח.

ציר מערבי – רוחות דרום מזרחיות שרביות, אובך בכל הארץ.

ציר מזרחי – רוחות צפוניות. בהשפעת הברייה הרוחות מתחזקות ביום ומתקבלות רכיב מערבי. כניסה לחות לאזור מישור החוף הדרומי ושפלת הנגב הגורמת לערפלים ועננות שכבותית בלילה.

אפיק ים סוף פעיל – ישראל נמצאת בהשפעת אפיק ים סוף בקרקע ומתוחת **לקדמת אפיק ברום**, האפיק יתעמק, זרימת האויר ברום הבינוני (3-5 ק"מ) תביא אספקת לחות לייצור ענני סערה. לרוב הגשמיים במערב ובדרום הארץ בקרקע, אויר טרופי מדרום, מאבד את הלחות אך נשאר בלתי יציב וכל שינוי בלחות יגרום לאויר יציבות וייצור עננים.



אפיק ים סוף, ציר מזרחי

חידה 6 – מטאורולוגיה בעידן המודרני

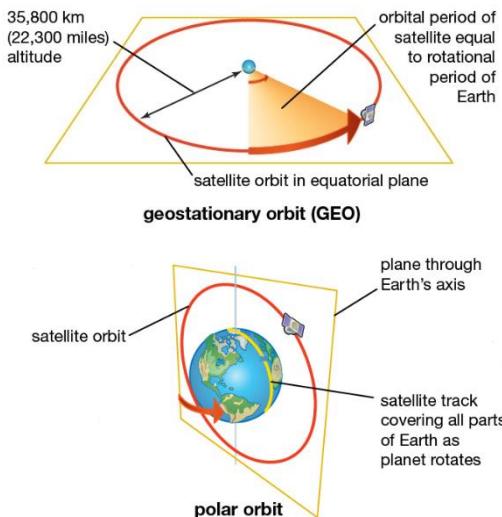
חיזוי סובייקטיבי – מרגע בו המצב הסינופטי מוגדר, החזאי יודע לעיר בכללות למה לצפות (למשל: גשם, נאה). עכשו נותר לו רק להבין מתי בדיקן, איפה, באיזו עצמה וכו'.

חיזוי סטטיסטי – שימוש בנוסחה הקובעת את ההסתברות להתרחשויות תופעה על פי נתוניים מדודים. ה"נוסחה" יכולה להיות מספרית, גרפית או כלל אכבע.

חיזוי נומירי – מודלים איזוריים ומודלים גלובליים. חיזוי הלחץ, הרוח, הטמפרטורה והלחות על ידי סימולציות באמצעות "מודלים" – פתרון משוואות מתמטיות עבור כל "נקודה" במרחב. השימוש מודלים אמינים ייעל ושיפר את עבודת החיזוי, אך עדין דורש תרגום ל"לשון מגז האוויר".

הבעיה: "כאו", בגלל שינויים זעירים בתנאי התחלה יכולים לגרום לשינויים ברריים משמעותם בגובהה בחיזוי, טווח החיזוי האפקטיבי מוגבל ל-4 ימים.

מדידות מטאורולוגיות



- **תצפיות קרקע** – מדידות קרקעיות של רוח, טמפרטורה, לחות וכו' על ידי תחנות תצפית.

רדיאוסונדה – מכשיר מטאורולוגי המשמש לtcpיפות ברום

- **לוויינים מטאורולוגיים** משני סוגים:

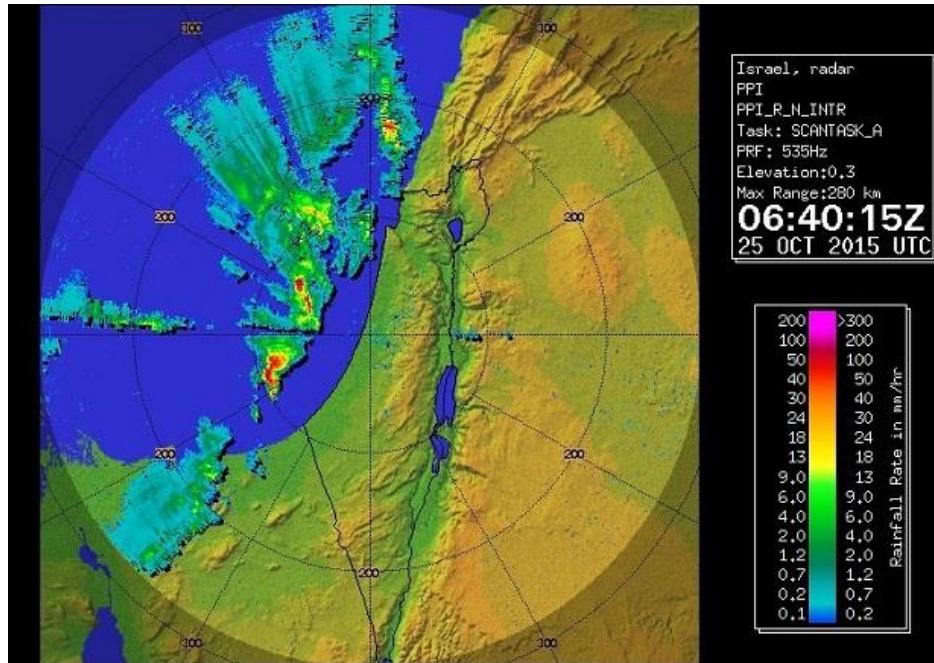
- **גאוסטציוני** – מסתובב סביב קוטר המשווה
- **פולרי** – מסתובב בין הקטבים

***הלשון** רואה רק מלמעלה ולא את מה שמוסתר כדוגמת בסיס ענן, אובל. את המידע יש להשלים בעזרת **tcpיפות קרקע**

ישנם שני סוגי תלונות לוין: אור נראה ואינפרא אדום.

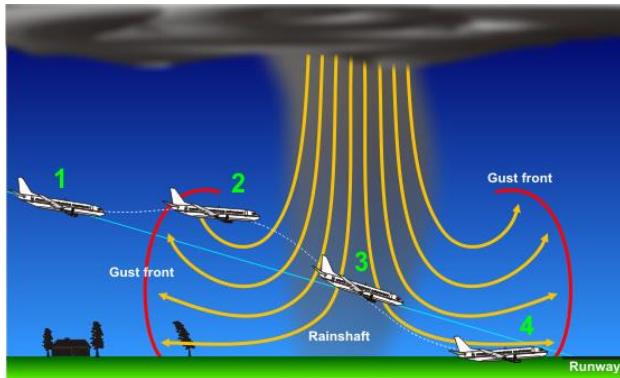
- אור נראה משמש טוב מאוד לראיית עננות, שקעים ורמתם ומידת CISOI השמיים. لكن קל לזהות מערכות מגז אויר בקלות. החיסרון שלו הוא שהוא ניתן לשימוש בשעות היום בלבד ולא אין אפשרות לקבוע את סוג הענן, עובי או פסגתנו.
- אינפרא אדום ניתן לשימוש בכל שעות היממה ומספק מיפוי גובה. חסרונו הוא שהוא מראה פחות פרטים מאשר אור נראה.

מכ"ם מטאורולוגי – משמש לחיזוי על פי מודלים. התפתחות המכ"ם מקלה מאוד ומדויקת חיזוי מזג אוויר בעיקר לטווח הקרוב. מציג כמות משקעים על המפה.



חידה 7 – מטאורולוגיה לתעופה

השפעת הרוח



המראה ונחיתה – כלי טיס ישאף להמריא ולנחות עם רוח א. רוחות צד מקשאות על שליטה במטוס. משבי רוח מקשימים על שמירת מהירות קרקעית יציבה. גשם חזק וענני *Cb* יוצרם רוחות אנכיות קרוב לקרקע (באיור: downdraft).

במהלך טיסה – חיתוחים, מערבולות בעוצמות שונות היוצרות קפיצות במהלך הטיסה. בנוסף, שמירת נתיבים דורשת התייחסות לרוח. ההשפעה תלויות בכל טיס ומהירותו.

עננות ומשקעים

גשם – סכנת החלקה על המסלול, מרחק הבלימה עולה. ראות לקויה, קושי בזיהוי המסלול והنمכת בסיס העוגנים. downdraft.

הגבלת ראות:

- **עננות –** קושי בהזדהות קרקעית, התלכדות עננים עם הקrkע, קושי בהבחנה במסלול.
- **ערפל –** כיסוי פני הקrkע, יכול לגרום לחוסר יכולת נחיתה. מושפע מגובה האינברסיה (ערפל רגיל – אינברסיה מארינית / ערפל קרינה – אינברסיה הקrkע)
- **אובר –** אבק מהדרום מתפשט צפונה עם הרוח, אם אין אינברסיה האובר יעלם לגובה.

ברקים – בענני *Cb* נוצרים ברקים שעולמים להימשר לאוף המטוס. אין חשש לפגיעה האנושים במטוסים בכלל שהמתכת פורקת ומובדדת את החשמל אך יש סבירות לפגיעה במערכות החשמל ואף פגיעות מבניות. ברקים הם סיבה לא לטוס בענני *Cb*.

ברד – נוצר בענני *Cb*, גורם לפגיעה מבנית (לעתים חמורה) במבנה וגוף המטוס.

התקרחות – טיפות מים מקוררות ביותר (מתחת ל 0°) הנמצאות בענן. המטוס משתמש משטח שהן יכולות לקפוא עליו. קיפאון שלתן עלול לפגוע ביכולת הניווט של המטוס ובזרימת האוויר למנוע. ניתן לפתור זאת על ידי חימום החלקים הרלוונטיים במטוס. סכנת התקקרחות קיימת בעיקר בעננים בהם כמות המים גדולות והען מתפתח לגבהים בהם מספיק קר (למשל בענני *Cb*)

סוגי התקרכות:

- כפור – בטמפרטורות נמוכות אדי מים מתגבשים לקרח על גבי המטוס ונוצרת שכבה דקה הפוגעת בתכונות האוירודינמיות של המטוס. יכול גם לקרות כאשר בגובה גובה גופו המטוס מתקדר, אז הוא מנמיך לאוויר שיש בו לחות שתקפא על המטוס.
- קרח כפורי – טיפות ענן הנמצאות בקירור יתר קופאות על המטוס תוך ירידת אויר בתוכן. מתקבל קרח פריר. בעיקר על שפת התקפה, אנטנות וכונס האוויר.
- קרח זגוגי – טיפות גשם ש קופאות תוך כדי החלקה ויוצרות שכבת קרח חלקה, שקופה וקשה להסרה. משנה את משקל המטוס ותכונותיו האוירודינמיות. היא קשה להסרה ויש חשש להישברות חלקיקי קרח גדולים ולפגיעה בגוף המטוס. יכול להיווצר גם בהנמכתה מגובה רם לתוך גשם.

סוג התקרכות מושפע מהתווך בו טסים ואופי המים בהם המטוס פוגע.

טמפרטורה חייבת להיות מתחת ל 0°C . כדי להתמודד עם התקרכות ניתן להשתמש במניעה (לא לטוס ב C_b), חימום גופו המטוס והמשטחים המועדים להתקרכות (*Anti-Icing*) וטיסה פחות מהירה בתוך ענן.



פסי התעבות – אדי המים הנפלטים מטהלים הבוערה במנוע. אדים אלו קופאים גם ללא גרעיני. קיפאון כאשר הטמפרטורה החיצונית מספיק קרה.

סיבות לא לטוס בענני C_b :

1. הגבלת ראות
2. גזירות רוח (*downdraft*)
3. ברקים
4. ברד
5. התקרכות

תנאים סינופטיים והשפעתם על טיסה:

- שקע קפריסאי
 - בסקטור החם – רוחות חזקות אם השקע עמוק, סופות חול בdroom
 - בחזית הקרה – רוחות חזקות, ענני C_b , גשמי חזקים, ברד, ברקים
 - בסקטור הקר – אפשרות ל C_b , עננות נמוכה
- מצבים רכסיים
 - ערפילים בעמקי הצפון
 - שקע שרבי

- בחזית החמה – לעיתים רוחות חזקות, סופות חול
- שבירת השרב – רוחות חזקות וסופות חול, לחות מהים גורמת לאובך ותנאי ראות קשים.
- אפיק ים סוף לא פעיל עם ציר מזרחי
 - רוחות צפוניות, ערפילים
- אפיק ים סוף לא פעיל עם ציר מערבי
 - סופות חול, ערפילים
- אפיק ים סוף פעיל
 - ענני *Cb*