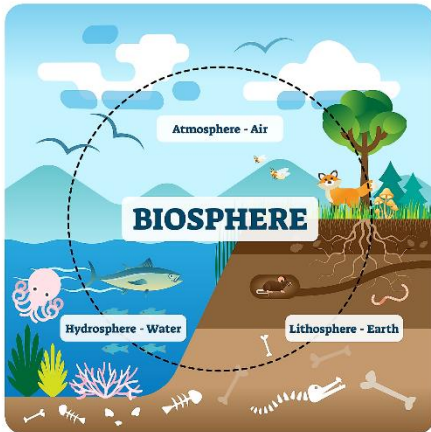


יחידה 1 – מבנה האטמוספירה**מטאורולוגיה – תורת גרמי השמים****4 ספירות של כדור הארץ:**

- ליתוספירה – הקרום הקשיח של כדור הארץ
- הידרוספירה – רכיבי המים על פני כדור הארץ
 - 97% באוקיינוסים
 - 2% בקרחונים
- ביוספירה – עולם החי והצומח
- אטמוספירה – מעטפת האוויר 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
 - תחמוצת 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: $P(z) = P_0 \times e^{-\frac{z}{H}}$

צפיפות האוויר – יחס בין נפח האוויר למסתו.

ניתן לחלק את האטמוספירה לפי מפל הטמפרטורה:

- טרופוספירה – הקרקע מתחממת ומחממת את שכבת האוויר, בשכבה זו קיימות מערכות מזג האוויר.
- סטרטוספירה – בליעת קרינה אולטרה סגולה ויצירת אוזון, ערבוב קטן.
- מזוספירה (יונוספירה) – תהליכי יוניזציה, זוהר הקוטב.

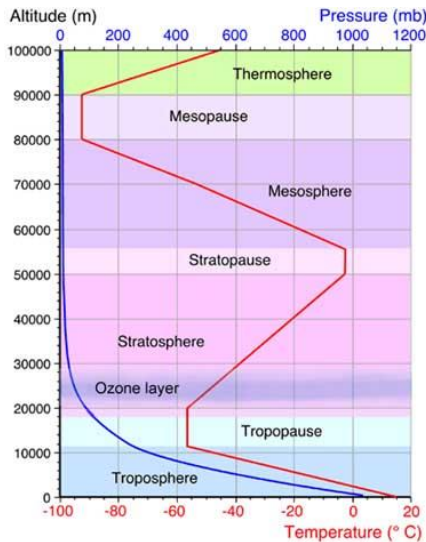
*אדי מים משנים את ריכוזם
במקומות שונים על פני כדור הארץ
ומייצרים מזג אוויר

$$P = \text{לחץ}$$

$$P_0 = \text{לחץ בגובה פני המים}$$

$$z = \text{גובה}$$

$$H = \frac{RT}{Mg}$$



*שימו לב גם ללחץ בכחול

- טרמוספירה – עלייה בטמפרטורה בשל דלילות החלקיקים ומהירותם הגבוהה.
- אקסוספירה – דלילות האוויר והטמפרטורה הגבוהה מאפשרת "בריחה".

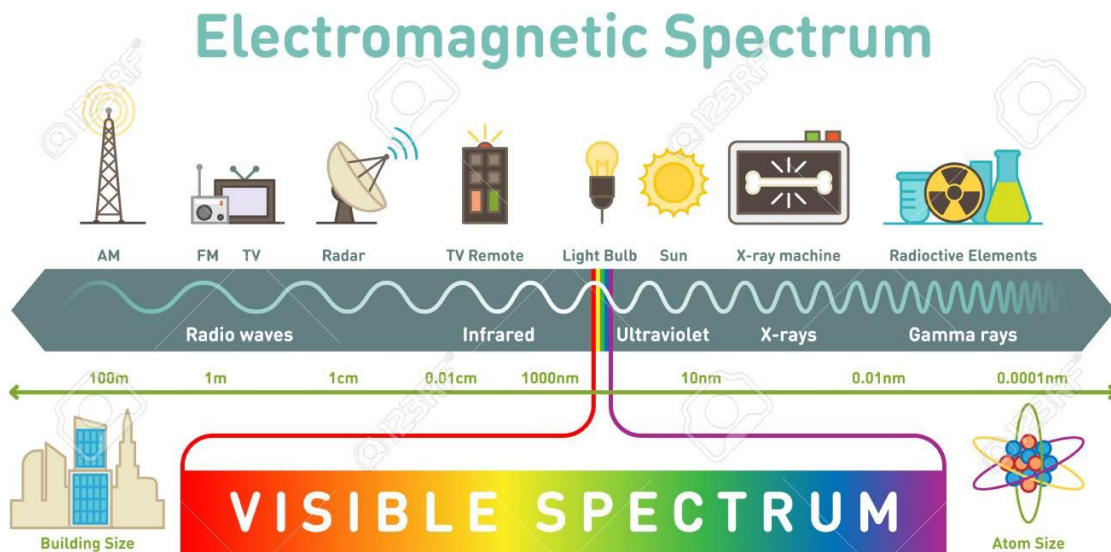
בין השכבות יש את שכבת ה"פאזזה". למשל, מעל הטרופוספירה יש את שכבת הביניים "טרופופאזזה".

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 נושא אנרגיה

גל – הפרעה המתקדמת במרחב, לגל יש אורך ותדירות



קרינת השמש היא קצרת גל, כדור הארץ קולט את קרינת השמש, מתחמם ופולט קרינה ארוכת גל (אינפרה אדומה). האטמוספירה בולעת את הקרינה שכדור הארץ פולט ומתחממת, חלק מקרינה זו חוזרת חזרה לכדור הארץ, זהו אפקט החממה.

*האטמוספירה "שקופה" לקרינה קצרת הגל של השמש אך לא לקרינה ארוכת הגל של כדור הארץ

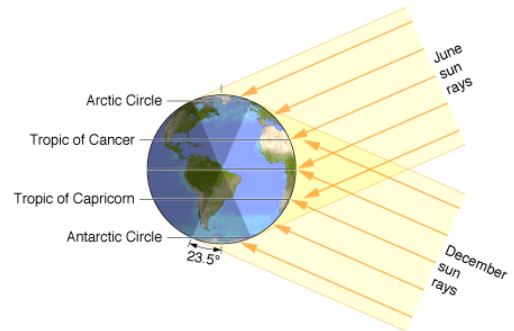
הגורם לתופעה הן גזי החממה באטמוספירה: אדי מים, פחמן דו חמצני, מתאן, נתרן דו חמצני ועוד.

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:

- בקווי רוחב שונים המרחק אותו עוברת הקרינה בתוך האטמוספירה שונה וזווית 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, בדיוק למעלה בשמיים) לקווי רוחב שונים במהלך השנה.



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

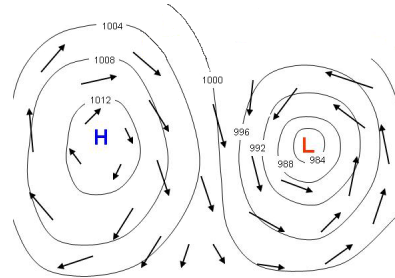
יחידה 2 – האוויר בתנועה

מפת לחץ – מפה גיאוגרפית שבה מוצגים ערכי הלחץ.

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

שקע – אזור בו לחץ האוויר נמוך ביחס לסביבתו.

רמה – אזור בו לחץ האוויר גבוה ביחס לסביבתו.



מיפוי מערכות לחץ דומה למפה טופוגרפית:

מפה טופוגרפית	מפה סינופטית
מכתש	שקע
כיפה	רמה
נחל	אפיק
שלוחה	רכס
קווים שווי גובה	קווים שווי לחץ (איזוברים)

מפות רום – מפה סינופטית המציגה נתונים שנאספו ממדידות בלוני רדיוסונדה. על גבי המפה נהוג לצייר קווים שווי גובה (איזוהיפסות), וקווים שווי טמפרטורה (איזותרמות). כך ניתן לזהות מערכות של אפיקים ורכסים הנעים באטמוספירה ומאפשרים התפתחות של מזג אוויר.

כוח גרדיאנט הלחץ – כוח הנובע מהפרש הלחצים בין שתי נקודות במרחב.

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

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

כוח צנטריפוגלי – יפעל תמיד החוצה מכיוון הסיבוב.

כוח קוריליוס – כוח מדומה הפועל על גופים בתוך מערכות מסתובבות



סרטון הסבר – ניתן ללחוץ או לסרוק

תדירות סיבוב
כדור הארץ

מהירות הרוח

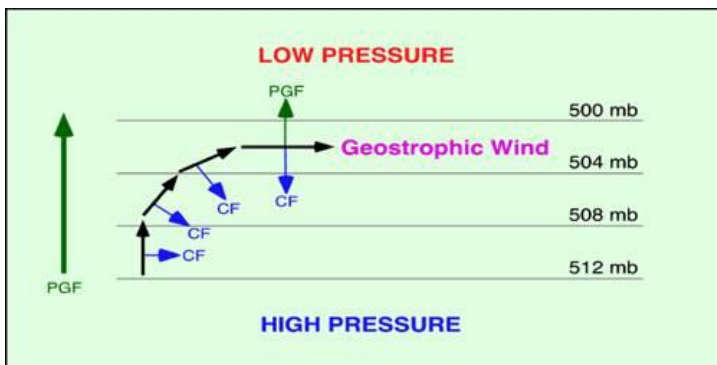
זווית קו
הרוחב

צפיפות
האוויר

נוסחה

$$C = 2\Omega \times \sin \varphi \times V \times \rho$$

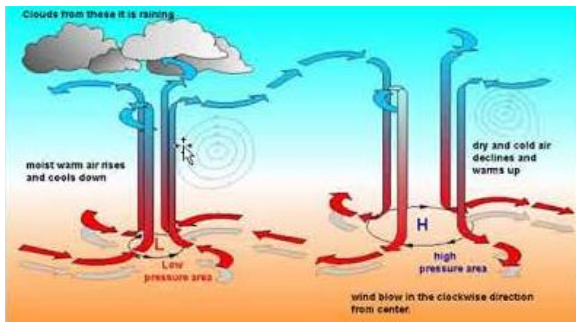
- בחצי הכדור הצפוני, הכוח יפעל תמיד ימינה ובניצב לכיוון המהירות.
- בחצי הכדור הדרומי, הכוח יפעל תמיד שמאלה ובניצב לכיוון המהירות.
- בקו המשווה הכוח לא פועל ולמעשה שווה ל-0.
- בקטבים הכוח מגיע למקסימום.



ירוק – Pressure Gradient Force – כוח גרדיאנט הלחץ
כחול – Coriolis Force – כוח קוריליוס, תמיד מאונך למהירות

רוח גיאוסטרופית - האוויר יתחיל
לנוע אל האזור בעל הלחץ הנמוך, ואז מצטרף למערכת כוח קוריליוס שגורם לאוויר לנוע ימינה (בחצי הכדור הצפוני). כתוצאה מכך האוויר בסופו של דבר יגיע לאיזון (מאזן גיאוסטרופי) בו הוא נע מקביל לאיזורים עם (או נגד, בחצי הכדור הדרומי) כיוון השעון.

בשכבת הגבול כוח החיכוך פועל כנגד המהירות וגורם לנטייה לעבר הלחץ הנמוך בשקעים (התכנסות) והחוצה מהלחץ הגבוה ברמות (התבדרות).



מימין – התבדרות ברמה
משמאל – התכנסות בשקע

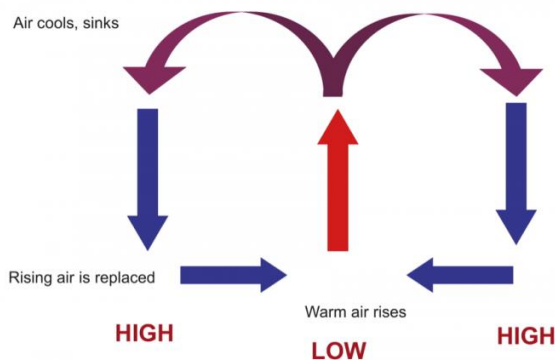
התכנסות – מצב בו כמות האוויר הנכנסת
לאזור מסוים עולה על כמות האוויר היוצאת. בשקע, האוויר זורם למרכז ומתכנס שם ואז מתחילה זרימת אוויר כלפי מעלה.

התבדרות – מצב בו כמות האוויר היוצאת
מאזור מסוים גדולה מזו הנכנסת. ברמה, האוויר זורם כלפי חוץ מהמרכז ומתרחשת ירידת אוויר.

אפיק ברומטרי – שלוחה של לחץ נמוך
המשתרעת משקע. תכונותיו (התכנסות אוויר ועלייתו, ריבוי עננים), הן כשל שקע ולכן יש להתייחס אליו כאל שקע מוארך.

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

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



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

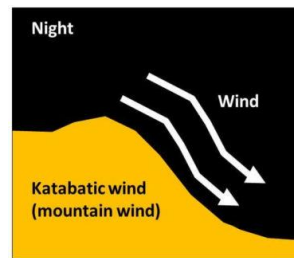
בריזה היא דוגמה לתא צירקולציה: במהלך היום האדמה מתחממת וטמפרטורת הים קבועה, אוויר מהים מגיע "למלא" את השקע שנוצר ונקרא בריזה ימית. בלילה התהליך בדיוק הפוך ונוצרת בריזה יבשתית.

חוק בויס בלוט: כשהרוח בגבך הלחץ הגבוה משמאלך (על חצי הכדור הצפוני)

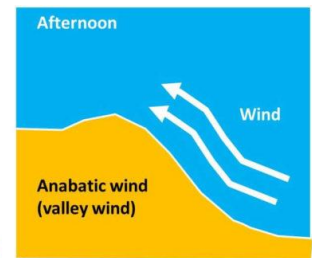
רוח אנבטית – רוח הנושבת במעלה ההר, עליית אוויר והיווצרות עננים.

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

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



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



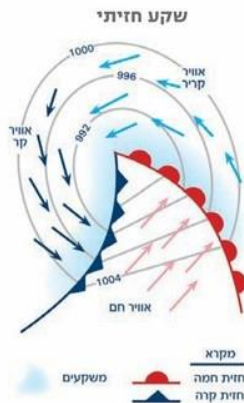
The sun warms the mountain, the air is lighter and ascends

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

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

- **חזית נייחת –** אין תנועה יחסית בין גושי האוויר.
- **חזית קרה –** האוויר הקר נע לעבר האוויר החם ותופס את מקומו, האוויר החם והקל יותר נדחף במהירות לרום, מה שמוביל 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 מעליו, חזית יותר רציפה וארוכה (מאות ק"מ). החזית החמה יוצרת אינברסיה המדכאת עננים ערמתיים וענני סערה. נוצרת עננות שכבתית.

שקע תרמלי – נוצר באזור החם מסביבתו, כאשר אוויר הנמצא באזור של לחץ וטמפרטורה אחידים מתחמם, הוא מתחיל לעלות, יוצר זרימת אוויר שמשנה את הלחץ ואת גודל גרדיינט הלחץ וגורם להיווצרות של שקע.



שקע חזיתי – מפגש בין גוש אוויר קר וחם. גושי האוויר מסתחררים, האוויר החם עולה מעלה והקר יורד מטה, דבר שגורם לירידה באנרגיה פוטנציאלית ויוצר עננות, משקעים, וסופות רעמים.

שקע טופוגרפי – שקע הנוצר כאשר גוש אוויר נע מאזור גבוה לאזור נמוך (מורד הר).

אינברסיה – מצב שבו הטמפרטורה עולה עם הגבוה (אוויר חם למעלה וקר למטה).

קונבקציה – מצב של עליית אוויר

התמוככות – מצב של ירידת אוויר

יחידה 3 – עננים ומשקעים**מושגי יסוד:**

- מעברי פאזה – מעבר חומר ממצב צבירה אחד לאחר.
- חום כמוס – כאשר מולקולה בודדת עוברת ממצב צבירה אחד לשני הטמפרטורה שלה אינה משתנה. החום מנוצל לשינוי פאזה, וחלק מהאנרגיה "כלוא". בחזרה למצב צבירה הראשון המולקולה משחררת את האנרגיה כחום.
- לחות סגולית – היחס בין מסת המים לבין כל מסת האוויר בחבילת האוויר.
- יחסי עירוב – היחס בין מסת המים למסת האוויר היבש בחבילת 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 נוסיף אדי מים לגוש האוויר עד לרוויה.
- טמפרטורת נקודת הטל – הטמפרטורה שי/ש לקרר 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 מתהליכים פנימיים. בדרך כלל יקרה משינוי בגובה של חבילת אוויר.

מפל אדיאבטי יבש – קצב התקררות של אוויר לא רווי:

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

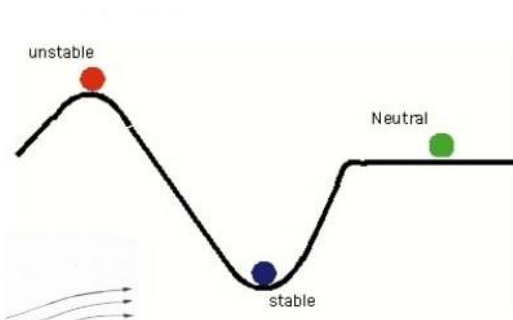
מפל אדיבטי לח – קצב התקררות של אוויר רווי, נובע מהתעבותו לענן:

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

יציבות – היכולת של אוויר להישאר במקומו הנוכחי.

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

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



מצב בלתי יציב – גוש האוויר חם מסביבתו ולכן ישאף לעלות עד שישתווה לטמפרטורת הסביבה.

האם יציב?			
המפל	שם	אוויר יבש	אוויר לח
גדול מ 9.8°C ל 1000m	בלתי יציב בהחלט	X	X
9.8°C ל 1000m	אדיאבטי יבש	~	X
בין 9.8°C – 6°C ל 1000m	בלתי יציב על תנאי	✓	X
6°C ל 1000m	אדיאבטי לח	✓	~
קטן מ 6°C ל 1000m	יציב בהחלט	✓	✓
ללא שינוי עם הגובה	איזותרמה	✓	✓
שינוי חיובי עם הגובה	אינוורסיה	✓	✓

דוגמה: נניח מצב בו יש מפל בלתי יציב על תנאי שבגובה התחלתי הטמפרטורה היא 10°C ו 1000 מטר מעל אותו גובה הטמפרטורה היא 3°C (מפל של $\frac{7^{\circ}\text{C}}{1000\text{m}}$).

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

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

התפתחות עננים

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

טיפות הענן גדלות על ידי ספיחת אדי מים ועל ידי התנגשויות. כאשר הן מספיק כבדות כדי ליפול הן הופכות לגשם. תהליך זה נקרא "גשם חם".

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

כאשר חלקיקי הקרח מתחילים ליפול הם יכולים:

- להפשיר ולהפוך לגשם
- להמשיך לספוח 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 שיורדים מהענן

שלג – חלקיקי מים שספחו אדי מים

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

טל – התעבות אדי מים על משטחים המשמשים כגרעין התעבות

השפעת ריכוז CCN על תהליכים בענן – ריכוז CCN גבוה יגרום לריכוז גדול של טיפות ענן. בשל ריכוזן הגבוה הן לא יגדלו והענן יפתח רק משקעים קרים. הסיכוי לברד יגדל.

מנגנונים ליצירת עננים:

- קונבקציה – אוויר בלתי יציב עולה ומתקרר, מתחיל תהליך התעבות ליצירת ענן.
- אורוגרפיה – אוויר עולה על מכשול טופוגרפי, מתקרר ומתחיל תהליך התעבות. עם הירידה מהצד השני ההתעבות תיפסק. יוצר ענן בצד אחד של המכשול.
- חזיתות
 - חזית קרה – גוש אוויר קר חודר מתחת לאוויר חם וגורם לעלייה מהירה של האוויר החם, נוצרים עננים ערמתיים.
 - חזית חמה – גוש אוויר חם מטפס דרך גוש אוויר קר וגורם לעלייה הדרגתית של אוויר יציב, נוצרים עננים שכבתיים

סוגי עננים:

- ערמתי (קומולוס) – צורתו נבנית על ידי זרימות אנכיות עולות ואי יציבות אטמוספירית
- שכבתי (סטרטוס) – נוצר מהסעה של לחות במימד האופקי ויציבות אטמוספירית

גובה העננים:

בסיס הענן – הגובה בו אדי המים מתעבים

פסגת הענן – הגובה המירבי אליו הענן התפתח

סוגי עננים:

- עננים נמוכים – $0ft - 6,500ft$
- 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 נמוכים:

- סטרטוס (St) – ענן שכבתי נמוך מאוד (מאות מטרים לפחות), גבולותיו אינם חדים, מופיע בלילות לחים ויציבים (עלול להפוך לערפל) או בקרעים מתחת לענני גשם. מלווה ראות לקויה.
- קומולוס (Cu) – ענן ערימתי שבסיסו אופקי וכהה, ופסגותיו מעוגלות ומבהיקות בלובן (נראות כמו ראשי כרוב). מצוי בגדלים שבין מאות מטרים לבין קילומטר. הגדולים שבהם עשויים להוריד גשם.
- סטרטוקומולוס (Sc) – ענן שכבתי בעל התפתחות ערמתית מעטה. אפור עם גוונים המשתנים בסדירות 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.
- קומולונימבוס (Cb) – הענן הערמתי המפותח בטבע, ענן הסערה. פסגותיו מגיעות לטרופופאוזה (מעל $10km$), נתקלות בה ומתפשטות בצורת סדן לבן עשוי גבישי קרח. נוצר בשקעים עמוקים, בדרך כלל בחזית הקרה. תופעות של ברד, ברקים, רעמים ופרצי רוח.
- נימבוסטרטוס (Ns) – ענן שכבתי נרחב (עשרות ק"מ). מכסה בגוון אחיד את השמיים, מוריד גשם או רסס רצוף וממושך. בסיסו לרוב בגובה בינוני. נוצר בשקעים חזיתיים, לאחר מעבר החזית נוצר גם מאילוף אורוגרפי.

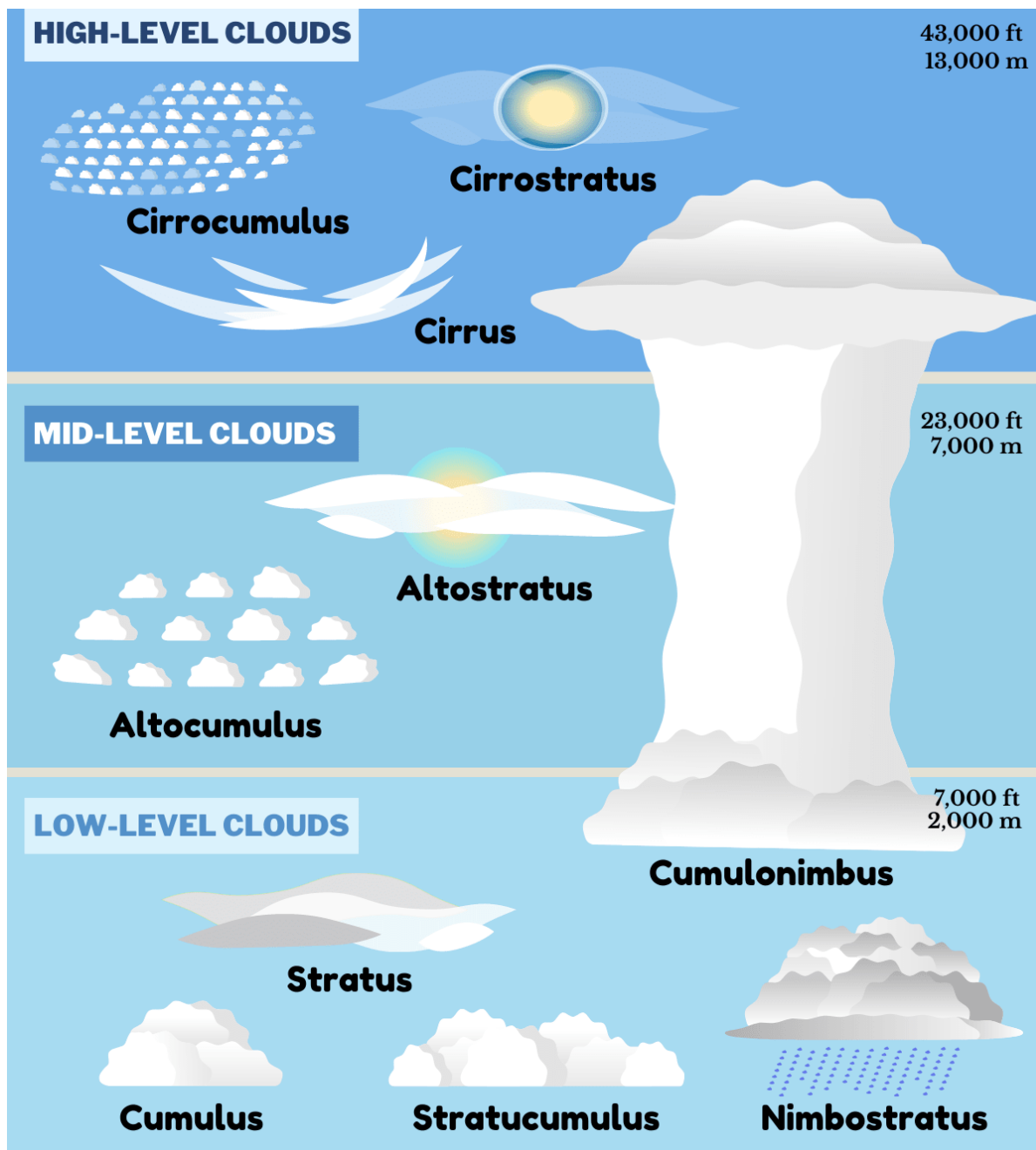
עננים בינוניים:

- אלטוסטרס (As) – שכבתי. רצועות רכות אפורות או משטח אחיד מבהיק במקצת. השמש נראית דרכו כמו דרך זכוכית מפויחת. 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 ששוטח ברוח עזה מעליו.

- אלטוקומולונימבוס – Cb שבסיסו בגובה בינוני, עוצמתו פחות במקצת.
- דדים (ממטוס) – תוצר "קונווקציה הפוכה" מבסיס ענן מפותח שמתחתיו אוויר יבש.
- כיפה – נוצרת מעל פסגת הר.

עננים גבוהים:

- צירוס (Ci) – דמוי סיבים או שערות, לרוב שקוף לשמש ולירח.
- צירוסטרטוס (Cs) – שכבתי, סיבי או בעל מראה חלבי, מכסה ברציפות את השמיים. שקוף למחצה, יוצר הילה סביב השמש או הירח.
- צירוקומולוס (Cc) – ענן גלי דמוי כבשים, לבן ועדין.



ערפל

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

הערפל נוצר על ידי קירור אוויר בשכבה קרובה לקרקע באחת משלוש דרכים:

1. התאדות לאוויר – הוספת אדי מים בהתאדות, במצב זה החום הכמוס המשמש בתהליך האידוי יקרר את האוויר.

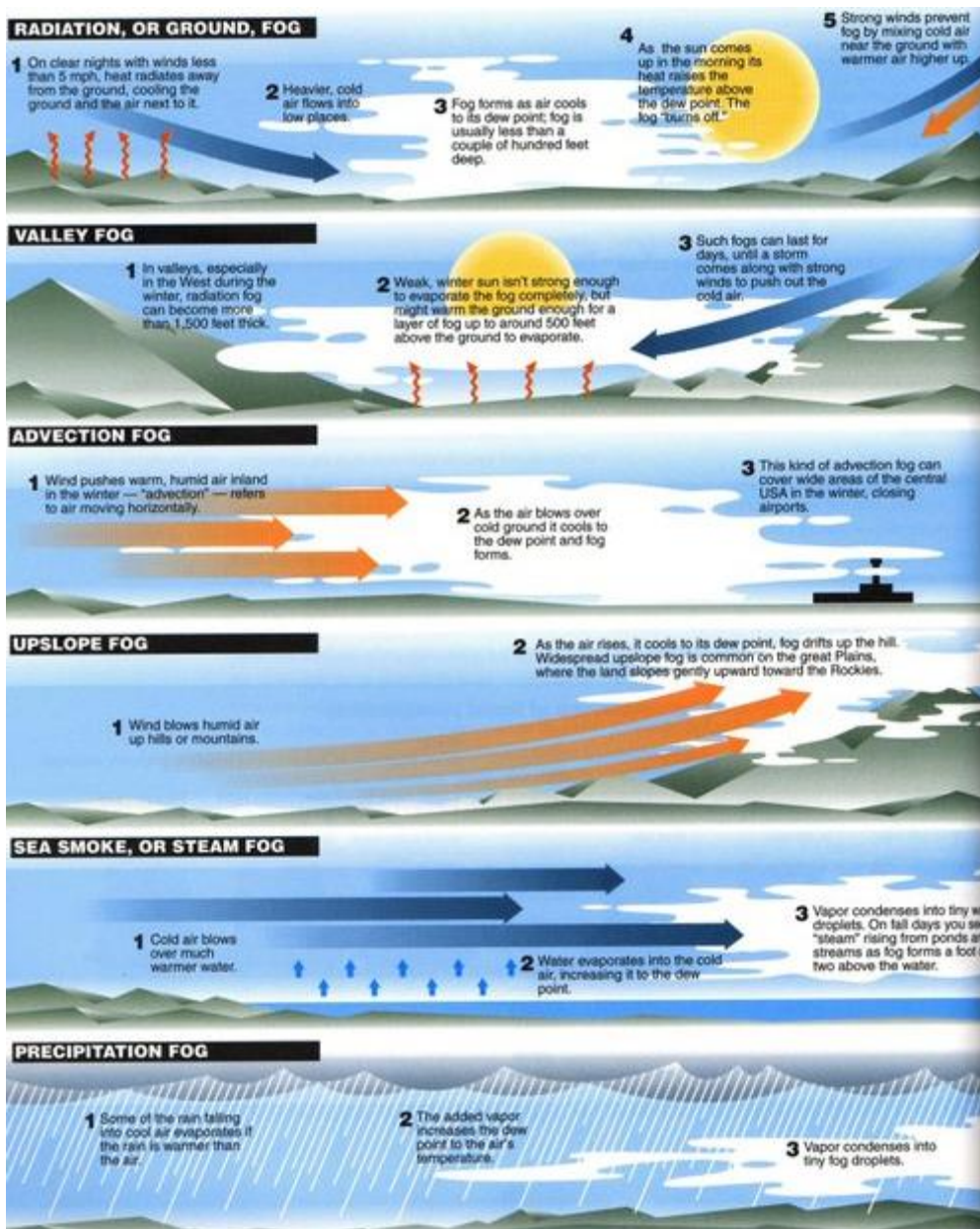
2. הולכה – הולכת חום מהקרקע והלאה גורמת לשכבת האוויר הקרובה לקרקע להתקרר.
3. אדיאבטי – קירור אדיאבטי, תהליך של קירור על ידי עליית אוויר, אחד מתהליכי יצירת העננים העיקרי.

סוגי ערפל:

- ערפל קרינה – נוצר במצב יציב, עקב ההתקררות הקרנית של הקרקע. נפוץ בעיקר בעמקים. בעיקר בשעות הלילה ולפנות בוקר.
- ערפל ברכיים – ערפל קרינה בשכבה רדודה במיוחד.
- ערפל חזיתי – במצב של פעילות חזיתית ומשקעים. נוצר על ידי התעבות מחודשת של טיפות גשם שהתאדו. אופייני לחזית חמה – נדיר מאוד בישראל.
- ערפל קיטור – נוצר על ידי מים שמתאדים לאוויר ומתעבים מחדש. הערפל היחיד מעל משטח חם.
- ערפל הרים – יכול להיות כל סוג ענן. זהו ענן ש"התיישב" על הר. נגרם על ידי זרמי האוויר במורדות ההרים או על ידי תנועת עננים בגובה ההר.
- ערפל מוסע – ערפל ממקום אחד עובר למקום אחר. נע עם גושי אוויר ממקום למקום.
- ערפל הסעה – נוצר על ידי קירור האוויר עד למצב של התעבות. במגע עם משטח קר.

לרוב הערפל מוגבל לגובה נמוך בשל אינברסיה:

- הקרקע מקררת רק את האוויר הקרוב אליה שמתעבה.
- האוויר בגובה מעט גבוה יותר חם יותר ונוצרת אינברסיה.



ערפל קרינה

ערפל הסעה

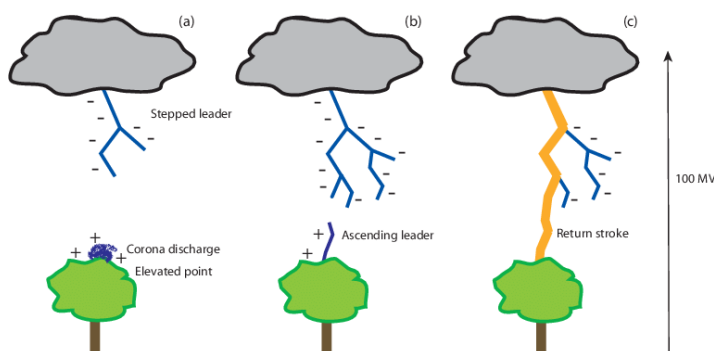
ערפל הרים

ערפל קיטור

ערפל חזיתי

תופעות חשמליות בעננים

היונוספירה מכילה ריכוז גבוה של יונים והיא טעונה במטען חיובי גבוה. באטמוספירה פועל זרם חשמלי קטן כל הזמן. ענן סערה הוא כמו סוללה



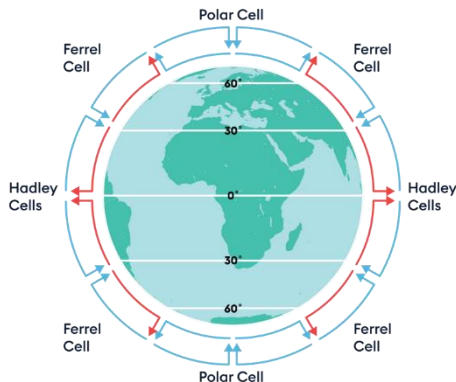
חשמלית גדולה, בעלת קטבים מנוגדים (חיובי ושלילי). תכונות הענן והרכבו (טיפות מים וגבישי קרח בגדלים שונים) גורמות להפרדת המטענים בענן. בעצם, בהתפרקות חשמלית (ברקים) אנו רואים את המכה החשמלית שחוזרת מהקרקע לענן.

יחידה 4 – מערכות אקלימיות ומערכות מזג אוויר

סירקולציה גלובלית – הקרינה המגיעה לקווי הרוחב השונים אינה אחידה. "עודף" קרינה בקו המשווה, "חסר" קרינה בקווי הרוחב הגבוהים. כתוצאה מהסטייה של כדור הארץ במישור המילקה ושינוי הזווית מהשמש לאורך השנה, מערכות הלחץ ידרימו כולן בחורף ויצפינו בקיץ.

תא הדלי – המודל הבסיסי: תא סירקולציה אחד על פני כל אחד מחצאי כדור הארץ, על מנת לגשר על הפער התרמלי בין המשווה לקטבים. בפועל, תנועת כדור הארץ מונעת מהאוויר לנוע ישירות מצפון לדרום (כוח קוריליוס מסיט את האוויר).

תא פרל – בקווי הרוחב הבינוניים (30-60) מתפתחות "מערבולות". שקעים רומות הנעים לסירוגין באיזור זה. מהווים מנגנון להסעת אוויר חם צפונה ואוויר קר דרומה.



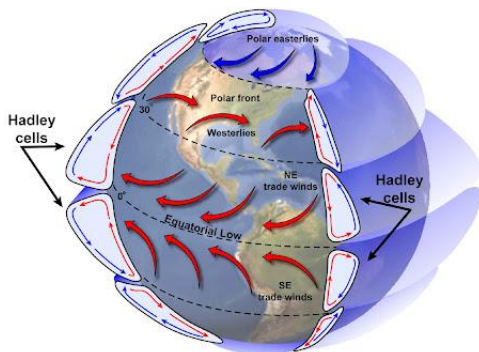
נוכחות המערבולות בקווי הרוחב הבינוניים משנה את הזרימה. בפועל נוצרים שלושה תאים נפרדים. תא הדלי והתא הפולרי זהים במבנה, בעוד תא פרל הפוך להם.

בפועל ישנן גם השפעות בעלות משקל משמעותי של תפרוסת היבשות, ההרים והימים.

מערכות הלחץ העולמיות

חגורות אקלים (נגזרות מתוך הסירקולציה הגלובלית):

- איזור ההתכנסות הבין טרופי (ITCZ) – חגורת לחץ נמוך המקיפה את כדור הארץ סביב קו המשווה (ולא בדיוק עליו). האוויר שם לח ובלתי יציב. מזג אוויר טרופי.
- הרמות הסובטרופיות – אוויר העולה מאזור קו המשווה ויוצר רצועת לחץ גבוה בין 25° – 30° (קווי רוחב ולא טמפרטורה). האוויר במקומות אלה מתחמם ומתייבש ונוצרות רצועות מדבריות.
- השקעים של קווי הרוחב הבינוניים – בין קווי 30° – 70° . איזורים עשירים במזג אוויר בגלל תנועה של שקעים ויצירת חזיתות רבות.
- הרמות הפולריות – נוצרות כיפות של אוויר קר ורמות מעל הקטבים. עקב השפעת הרמה מועטים המשקעים באיזור זה.



רוחות אופייניות:

- קווי הרוחב הפולאריים – האוויר השוקע בקוטב זורם דרומה ומוסת ימינה = רוחות מזרחיות.
- קווי הרוחב הבינוניים – האוויר שוקע הרמה הסובטרופית ומצפין, מוסט ימינה = רוחות מערביות, הווסטרליס.
- קו המשווה – אוויר ששוקע ברמה הסובטרופית ומדרים, מוסת ימינה = רוחות מזרחיות. אלו הן רוחות הסחר, הפאסאטים.

טיפוסי אקלים לפי המיון האקלימי של קפן

סימול	שם הטיפוס	מאפיינים	אזורים
A	טרופי	חם וגשום	סביב קו המשווה
B	מדברי	חם ויבש	קווי רוחב סובטרופיים
C	ממוזג מתון	גשום עם קיץ חמים או חם	קווי הרוחב הבינוניים
D	ממוזג קר	גשום עם חורף קשה	קווי רוחב $60^\circ - 70^\circ$
E	קוטבי	קר, קרקע מכוסה בקרח ברוב או כל ימות השנה	בין קו רוחב 70° לקוטב
H	הררי	קר וגשום	הרים

הזרימה ברום – גלי רוסבי וזרמי סילון

אזור ההתכנסות בקו המשווה יוצר רמה ברום מעליו. מעל הרמות הפולריות יש שקע ברום. הזרימה ברום היא מהלחץ הגבוה ללחץ הנמוך, בחצי הכדור 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 אוויר שונות. יש להם השפעה רבה על העברת אנרגיה אל הקטבים, זרמי סילון ומערכות מזג האוויר.

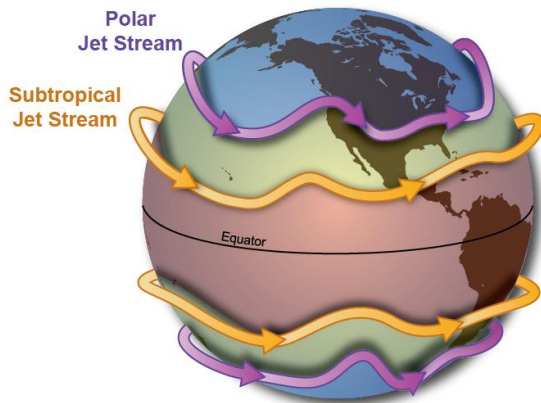
בזרימה הגלית האוויר עובר ממצב שבו הוא זורם סביב שקע למצב בו הוא זורם סביב רמה. ראינו בעבר כי זרימת האוויר סביב רמה מהירה יותר, כלומר האוויר מאיץ ומאט ונוצרות התבדרויות והתכנסויות של אוויר ברום. האוויר המאיץ גורם להתבדרות ולשאיבת אוויר מפני הקרקע אל הרום, מעודד היווצרות שקעים ורמות. לשקעים בקרקע יש נטייה להיווצר בקרבת אפיק רום.

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

ציר סילון – הקו לאורך עוצמת הרוח המירבית.

מימדי הסילון – לסילון יש אורך ורוחב, אורך בכיוון הזרימה, ורוחב מאונך לו. עובי הסילון הוא במימד האנכי, "גובה" הסילון.

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

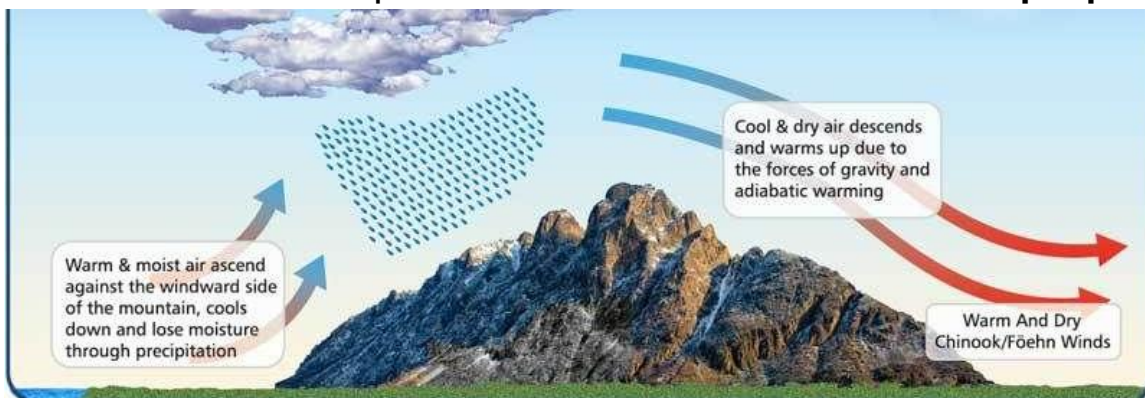


זרם סילון פולרי – נוצר בין השקעים של קווי הרוחב הבינוניים והרמה הפולרית. מהיר יותר מהסילון הסובטרופי בשל גרדיאנט הטמפרטורה החריף יותר בין הקווים הבינוניים לקטבים. ככל שהוא גלי יותר, יותר מערכות מזג אוויר יתפתחו. יגרום לאספקת אוויר קר יותר באיזורנו.

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

זרמי הסילון משפיעים על תעופה. מערבולות בכניסה וביציאה מהזרם הסילוני. אפקטים תרמליים:

- **אפקט פן – התחממות המלווה יובש של רוח היורדת מן ההר.**



- **קרה – מצב בו הטמפרטורה ליד הקרקע מגיעה לנקודת הקיפאון ומטה.**

○ **קרה הסעתית – נוצרת ישירות מזרימת אוויר קרה, מלווה רוח ומורגשת בעיקר במקומות גבוהים.**

○ **קרה קרינתית – נוצרת בלילות שקטים לאחר חדירת אוויר קר לאיזור, מורגשת בעיקר בבקעות ותמכת על ידי רוח קטבטית.**

סופות חול ואבק – הראות בעת סופות חול ואבק יורדות למטרים בודדים. ענן האבק או החול מלווה ברוחות עזות וערבול. כדי ליצור סופת חול ישנן כמה

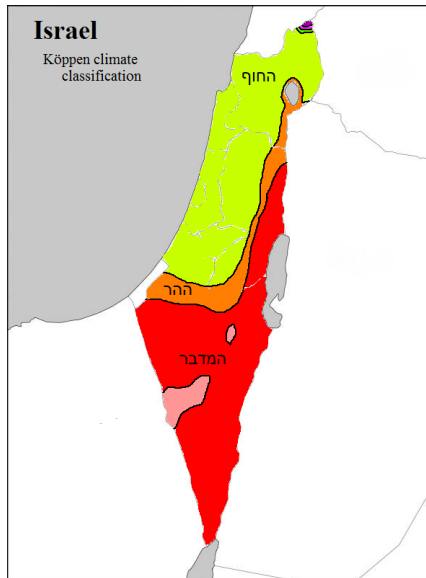
דרישות: רוח חזקה (עבור חול מדברי – 20 קשר), חול יבש ואוויר יבש (כדי שהחול לא יספוג לחות) ואי יציבות עד גובה 2 ק"מ (לאפשר זרמים שיעלו את החול).

סופות נוספות: עלעול, נד מים, טורנדו, הוריקן.

יחידה 5 – מזג האוויר בישראל

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

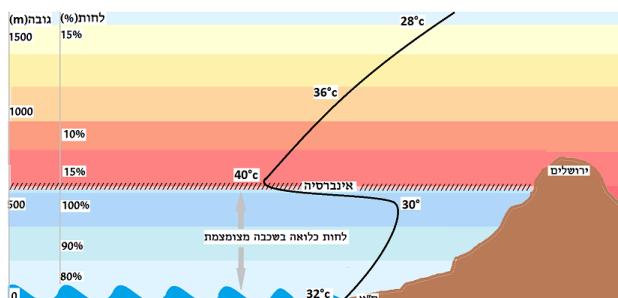
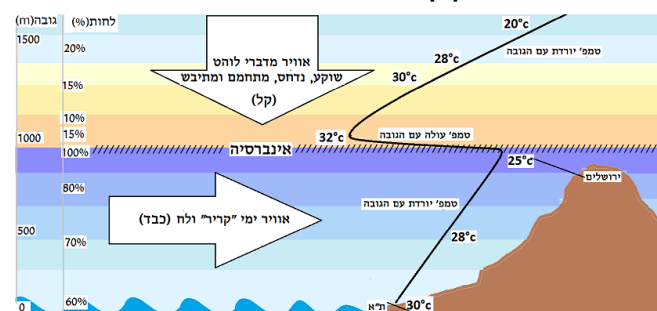
- הרמה הסובטרופית (רצועת המדבריות)
- בחורף, השקעים של הרחבים הבינוניים (במרכז ובצפון)
- הים התיכון ממערב (ממרכז הארץ וצפונה)
- רכסי הרים מקומיים (יהודה, שומרון, גולן, חרמון)



גורמים אלו מביאים לאקלים ים תיכוני, גשמי חורף, עונות מעבר קצרות ואקלים מדברי בדרום. בחורף מערכות מזג האוויר נעות דרומה וישראל מושפעת מהרחבים הבינוניים. בקיץ עם נדידת המערכות צפונה ישראל תושפע מהרמה הסובטרופית.

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

האינברסיה המארינית – השילוב בין התמוככות ברום והסעת האוויר הקריר בגובה נמוך יוצר את האינברסיה המארינית העונתית. האינברסיה גורמת ללחות ולזיהום להצטבר מתחתיה. שינויים מיום ליום בגובה האינברסיה גורמים שינויים חדים בלחות ובטמפרטורה באזור ההר. האינברסיה המארינית מאפיינת את הקיץ בישראל.



שינוי קל בגובה האינברסיה, שינוי חד בטמפרטורה ובלחות בהר

מזג אוויר ברצועת החוף – בחורף, טווח טמפרטורה יומי קטן בשל הקרבה לים. ממוצע משקעים בין 400 מ"מ בדרום ל-600 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.

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

מצג האוויר באזורים 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.

גורמים המשפיעים על מצג האוויר בקיץ

שקע מונסוני – שקע המתפתח בקיץ עקב התחממות היבשת מעל מרכז אסיה ודרומה. המצב הסינופטי אינו משתנה באופן משמעותי ממחצית יוני ועד אמצע ספטמבר, כך שהמפה הממוצעת מבטאת את המצב היום-יומי.

האפיק הפרסי – אפיק לחץ נמוך המשתרע מהמפרץ הפרסי לעבר החופים הדרומיים של טורקיה והוא שלוחה של שקע מונסוני באזור הודו. ברום מעל האפיק הפרסי ניתן למצוא בקיץ את הרמה הסובטרופית שיוצרת התמוככות שגורמת לעצירת משקעים.

הרמה האזורית – רמה השייכת לחגורת הרמות הסובטרופיות. מכתיבה רוח צפונית במזרח התיכון.

באזורינו מתקבלת זרימה **צפונית מערבית** בין השקע המונסוני ממזרח והרמה האזורית ממערב.

התמוככות והאפיק הפרסי גורמים לשני תהליכים: חום ויובש ברום והסעת אוויר קריר ולח מהים בגובה נמוך (רוח אטזית). האוויר הקריר מהים גורם לטמפרטורות נמוכות יחסית לסביבה (עיראק או סוריה)

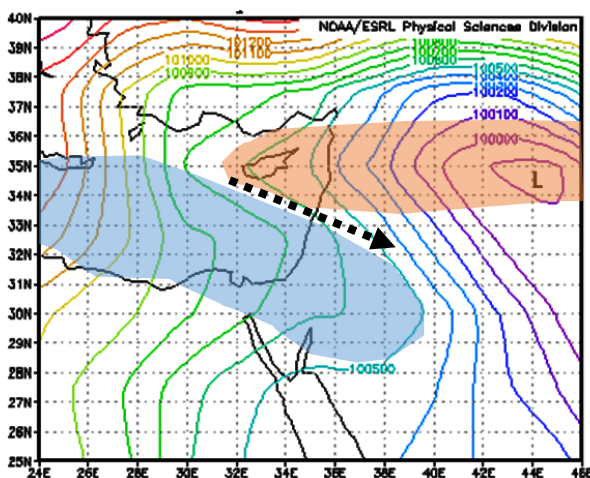
גובה האינברסיה משפיע על מצג האוויר במקומות שונים.

אינברסיה נמוכה

האוויר (והזיהום) כלואים בין האינברסיה להרי המרכז. חם והביל במישור החוף

אינברסיה גבוהה

לאוויר הלח יש יותר נפח להתפשט אליו
הלחות בחוף מעט יורדת



הלחות בהרים עולה והטמפרטורה חם ויבש בהרים יורדת בהשפעת האוויר הימי

זרימת האוויר בקיץ הינה מערבית. הבריזה בכיוון הזרימה המערבית ביום ונגד הזרימה המערבית בלילה.

תופעות:

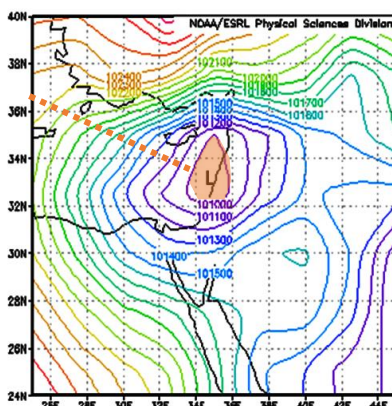
- התחזקות הרוחות במהלך היום בקיץ, הבריזה תומכת בזרימת הרוח.
- עננות בוקר במישור החוף: בגלל התנגשות של הזרימה המזרחית עם זרימה המערבית: עליית אוויר מעל הים. מעל הים האוויר לח ונוצרת עננות.

- אינברסיה מארינית המונעת מהעננות להתפתח.

גורמים המשפיעים על מזג האוויר בחורף:

שקע חורפי (קפריסאי) – נוצר בים התיכון באיזור איטליה ונע מזרחה לעבר קפריסין. שקע חזיתי (אוויר קר מצפון, אוויר חם מהים ומאפריקה). נוצר בקדמת אפיק ברום. בשלב החזית החמה הרוחות דרום מזרחיות יבשות ולכן אין עננות.

מהלך השקע (ראה שקע חזיתי ביחידה 2):



חזית חמה רוחו מזרחיות	סקטור חם רוחות דרום מערביות / דרומיות	חזית קרה רוחות מערביות	סקטור קר רוחו מערביות / צפון מערביות
אוויר יבש	טמפרטורה גבוהה	אוויר קר ולח מהים	ירידה בטמפרטורה
ללא עננות	עננות שכבתית	עננות פעילה (Cb)	עננות שכבתית, גשם מתפשט דרומה

אובך וחול ממצרים סופות חול מדרום

תפרושת הגשמים – הגשם מתחיל בצפון, יגיע למרכז לאחר יממה, יגיע לדרום לאחר יממה אם בכלל.

ישנן סטיות:

- שקע במסלול דרומי יותר – הכל דרומי יותר
- שקע במסלול צפוני יותר – הגשם לא יגיע לדרום
- שקע מהיר / איטי

לאחר מעבר השקע מושפעת ישראל מרמה:

הרמה האזורית – שייכת לחגורת הרמות הסובטרופיות. מרכזה באיים האזוריים, מזג אוויר נאה. רוחות צפון מערביות קלות. הקרקע הרטובה מהגשמים מהווה מקור לחות להיווצרות ערפילים בעמקי הצפון.

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

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

לעיתים יופיע גם אפיק ים סוף של עונת החורף.

שלג בהרים – מתאפשר רק כאשר השקע החורפי עמוק, מרכז מזרחית ומלווה אפיק רום עמוק. שקע כזה סוחף איתו ממרחקים אוויר קר החוצה את הים במסלול קצר ומהיר וכך שומר על תכונותיו המקוריות.

גורמים המשפיעים על מזג האוויר בעונות המעבר

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

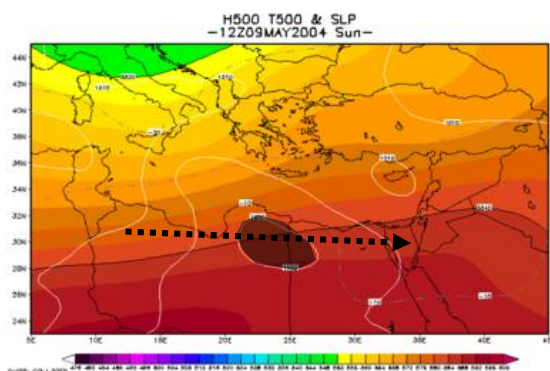
מערכות עיקריות:

- אביב – אפיק ים סוף, שקע שרבי
 - סתיו – אפיק ים סוף (יכול לצוץ גם בקיץ בחורף)
- שרב –** מזג אוויר חם החורג מהממוצע לעונה, בנוסף יבש.

שלושה סוגי שרב:

1. שרב הסעה הנגרם מהסעת אוויר מאזורים חמים ויבשים.
2. שרב שמקורו באפקט פן
3. שרב התמוככות הנגרם בהשפעת רמה חזקה

שקע שרבי בדרכו לישראל:



שקע שרבי – ייחודי לאזור הים התיכון. באביב נסוגים מסלולי השקעים לכיוון צפון, למעט מסלול ייחודי לאורך החוף האפריקאי. הרקע לכך הוא הפרש הטמפרטורות בין הים לבין מדבר סהרה, המגיע לשיאו באביב ובתחילת הקיץ. גורם זה פועל כנגד הרמה הסובטרופית.

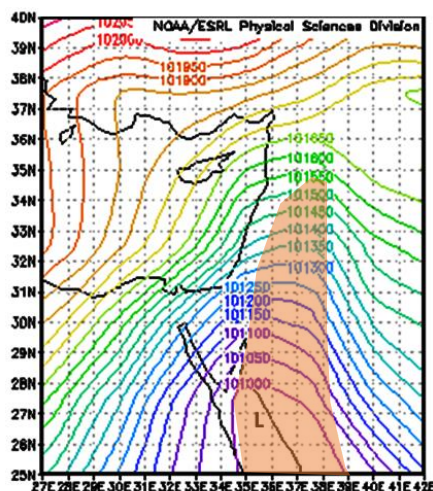
באביב מתפתחים שקעים אלו אך בתחילת הקיץ משתלטת הרמה באופן מוחלט. עם תנועתו המהירה של השקע החזית החמה עוברת לאזור החיבור של סיני ומצרים (דלתא הנילוס) ושם החזית הקרה מצליחה לעבור את החזית החמה וחוצה את ישראל. תופעה זו גורמת לאוויר קר להגיע בבת אחת, אוויר זה מסוגל להוריד את הטמפרטורה ב- 15°C בשעה אחת. מעבר החזית הקרה שובר את השרב. האוויר הקר פוגש אדמה לחה מאוד ולכן מלווה בגלים של קרעי סטרטוסים שבהמשך יתפתחו לסטרטוקומולוסים.

אפיק ים סוף – אפיק משקע סודני שמשתרע צפונה לאורך ים סוף. לעיתים מתפשט עד לישראל ולעיתים אף צפונה. מיקומו ותצורתו קובעים את כיוון הרוח.

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

ציר מזרחי – רוחות צפוניות. בהשפעת הבריזה הרוחות מתחזקות ביום ומקבלות רכיב מערבי. כניסת לחות לאזור מישור החוף הדרומי ושפלת הנגב הגרמת לערפילים ועננות שכבתית בלילה.

אפיק ים סוף פעיל – ישראל נמצאת בהשפעת אפיק ים סוף בקרקע ומתחת לקדמת אפיק ברום, האפיק יתעמק, זרימת האוויר ברום הבינוני (3-5 ק"מ) תביא אספקת לחות ליצירת ענני סערה. לרוב הגשמים במזרח ובדרום הארץ. בקרקע, אוויר טרופי מדרום, מאבד את הלחות אך נשאר בלתי יציב וכל שינוי בלחות יגרום לאי יציבות ויצירת עננים.



אפיק ים סוף, ציר מזרחי

יחידה 6 – מטאורולוגיה בעידן המודרני

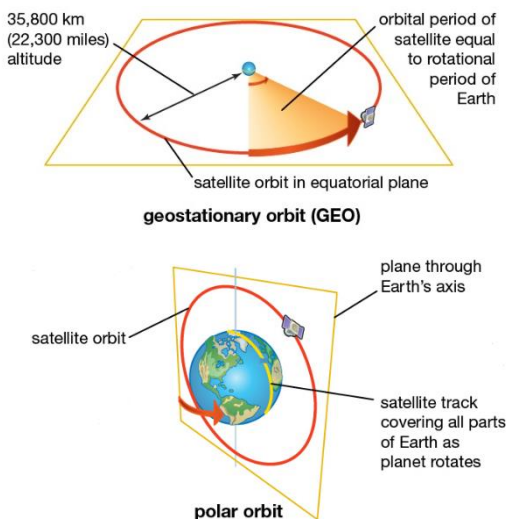
חיזוי סובייקטיבי – מרגע בו המצב הסינופטי מוגדר, החזאי יודע להעריך בכלליות למה לצפות (למשל: גשום, נאה). עכשיו נותר לו רק להבין מתי בדיוק, איפה, באיזו עוצמה וכו'.

חיזוי סטטיסטי – שימוש בנוסחה הקובעת את ההסתברות להתרחשות תופעה על פי נתונים מדודים. ה"נוסחה" יכולה להיות מספרית, גרפית או כלל אצבע.

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

הבעיה: "כאוס", בגלל ששינויים זעירים בתנאי ההתחלה יכולים לגרום לשינויים ברי משמעות גבוהה בחיזוי, טווח החיזוי האפקטיבי מוגבל ל-4 ימים.

מדידות מטאורולוגיות

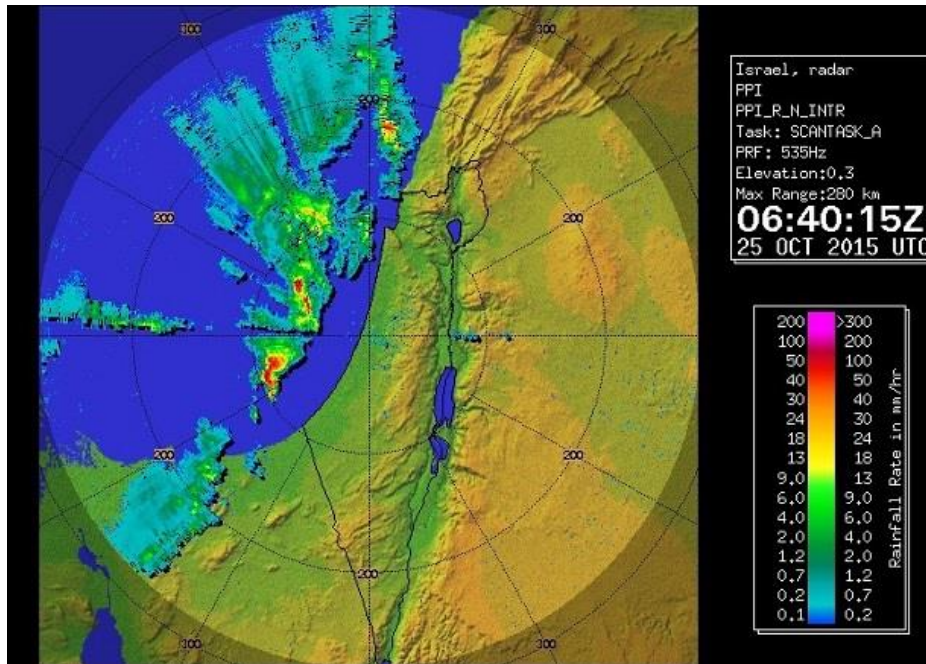


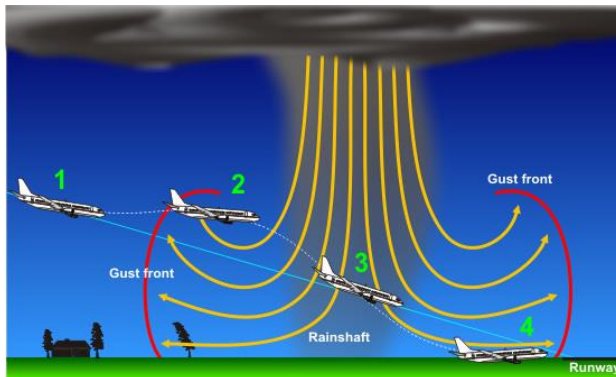
- תצפיות קרקע – מדידות קרקעיות של רוח, טמפרטורה, לחות וכו' על ידי תחנות תצפית.
 - רדיוסונדה – מכשיר מטאורולוגי המשמש לתצפיות ברום
 - לוויינים מטאורולוגיים משני סוגים:
 - גאוסטציונרי – מסתובב סביב קו המשווה
 - פולרי – מסתובב בין הקטבים
- *הלווין רואה רק מלמעלה ולא את מה שמוסתר כגון: בסיס ענן, אובך. את המידע יש להשלים בעזרת תצפיות קרקע**

ישנם שני סוגים של תמונות לוויין: אור נראה ואינפרא אדום.

- אור נראה משמש טוב מאוד לראיית עננות, שקעים ורמות ומידת כיסוי השמיים. לכן קל לזהות מערכות מזג אוויר בקלות. החיסרון שלו הוא שהוא ניתן לשימוש בשעות היום בלבד ושאינן אפשרות לקבוע את סוג הענן, עוביו או פסגתו.
- אינפרא אדום ניתן לשימוש בכל שעות היממה ומספק מיפוי גובה. חסרונו הוא שהוא מראה פחות פרטים מאור נראה.

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



יחידה 7 – מטאורולוגיה לתעופה**השפעת הרוח**

המראה ונחיתה – כלי טייס ישאף
להמריא ולנחות עם רוח אף. רוחות
צד מקשות על שליטה במטוס. משבי
רוח מקשים על שמירת מהירות
קרקעית יציבה. גשם חזק וענני Cb
יוצרים רוחות אנכיות קרוב לקרקע
(באיור: downdraft).

במהלך טיסה – חיתחותים, מערבולות בעוצמות שונות היוצרות קפיצות
במהלך הטיסה. בנוסף, שמירת נתיבים דורשת התייחסות לרוח. ההשפעה
תלויה בכלי הטייס ומהירותו.

עננות ומשקעים

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

הגבלת ראות:

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

ברקים – בענני Cb נוצרים ברקים שעלולים להימשך לגוף המטוס. אין חשש
לפגיעת האנשים במטוס בכלל שהמתכת פורקת ומבודדת 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 (לעיתים חמורה) במבנה וגוף
המטוס.

התקררות – טיפות מים מקוררות ביותר (מתחת ל $0^{\circ}C$) הנמצאות בענן.
המטוס משמש משטח שהן יכולות לקפוא עליו. קיפאון שלהן עלול לפגוע ביכולת
הניהוג של המטוס ובזרימת האוויר למנוע. ניתן לפתור זאת על ידי חימום
החלקים הרלוונטיים במטוס. סכנת התקררות קיימת בעיקר בעננים בהם כמויות
המים גדולות והענן מתפתח לגבהים בהם מספיק קר (למשל ענני Cb)

סוגי התקרחות:

- כפור – בטמפרטורות נמוכות אדי מים מתגבשים לקרח על גבי המטוס ונוצרת שכבה דקה הפוגעת בתכונות האווירודינמיות של המטוס. יכול גם לקרות כאשר בגובה גבוה גוף המטוס מתקרר, ואז הוא מנמיך לאוויר שיש בו לחות שתקפא על המטוס.
- קרח כפורי – טיפות ענן הנמצאות בקירור יתר קופאות על המטוס תוך ירידת אוויר בתוכן. מתקבל קרח פריך. בעיקר על שפת ההתקפה, אנטנות וכונס האוויר.
- קרח זגוגי – טיפות גשם שקופאות תוך כדי החלקה ויוצרות שכבת קרח חלקה, שקופה וקשה להסרה. משנה את משקל המטוס ותכונותיו האווירודינמיות. היא קשה להסרה ויש חשש להישברות חלקיקי קרח גדולים ולפגיעה בגוף המטוס. יכול להיווצר גם בהנמכה מגובה רם לתוך גשם.

סוג ההתקרחות מושפע מהתווך בו טסים ואופי המים בהם המטוס פוגע. טמפרטורה חייבת להיות מתחת ל- 0°C . כדי להתמודד עם ההתקרחות ניתן להשתמש במניעה (לא לטוס ב-Cb), חימום גוף המטוס והמשטחים המועדים להתקרחות (Anti-Icing) וטיסה פחות מהירה בתוך ענן.



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

סיבות לא לטוס בענני Cb:

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

תנאים סינופטיים והשפעתם על טיסה:

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

- בחזית החמה – לעתים 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