

# קובץ הדרכת טייסים / פקחים

נערך ונכתב ע"י יוני לומר עבור VATIL



קובץ זה מכיל חומר שנאסף תורגם ונערך ממקורות רבים העוסקים בעולם התעופה האזרחית. הקובץ מכיל מידע בנושאי תעופה כלליים כמו עקרונות התעופה והאווירודינמיקה וחומר בנושאי הפיקוח התעופתי והעקרונות החלים עליו. הקובץ הינו לשימוש חופשי. © אין להעתיק או לשנות כל חומר מקובץ זה כולו או מקצתו לצורך העברתו למסמכים אחרים ללא אישור. להערות, הארות ופרטים ניתן לפנות במייל [yonilum@012.net.il](mailto:yonilum@012.net.il).

2/7/2004

תוכן החוברת

	א. כללי
3	1. <u>הארגון הבינלאומי לתעופה אזרחית I.C.A.O</u>
3	2. <u>פרסומי מידע תעופתי A.I.P</u>
5	ב. <u>חומר עיון כללי</u>
5	1. <u>מונחים</u>
6	2. <u>אווירודינמיקה</u>
7	3. <u>כדור הארץ - מושגי יסוד</u>
8	4. <u>מגנטיות - מושגי יסוד</u>
9	5. <u>זמן - מושגי יסוד</u>
10	6. <u>מטאורולוגיה</u>
10	א. <u>מבנה האטמוספירה</u>
10	ב. <u>לחץ האוויר</u>
10	ג. <u>לחות</u>
11	ד. <u>עננים</u>
12	ה. <u>הגבלות ראות</u>
13	ו. <u>הרוח במערכות לחץ בסיסיות</u>
15	7. <u>קריאת דיווחי METAR</u>
18	ג. <u>בעיית ניצול המרחב האווירי</u>
19	ד. <u>עקרונות הפיקוח על התנועה האווירית</u>
19	1. <u>שירות פיקוח על תנועה אווירית</u>
19	2. <u>הגדרת חלקי המרחב האווירי בהם יסופקו שרותי תעבורה אווירית</u>
20	3. <u>סוגי אזורים מיסה - Airspace Classifications</u>
21	4. <u>כללי מיסה</u>
21	א. <u>כללי</u>
21	ב. <u>כללי מיסת ראייה מבוקרת (כמ"מ - CFVR)</u>
22	ג. <u>כללי מיסת כמ"ר מיוחד ( SFVR )</u>
22	ד. <u>כללי מיסת מכשירים ( IFR )</u>
24	ה. <u>הפרדות מיסות IFR אזרחיות</u>
24	1. <u>הפרדה אנכית</u>
24	2. <u>הפרדה רוחבית</u>
24	3. <u>הפרדה אורכית</u>
25	4. <u>הפרדת מכ"מ</u>
26	5. <u>הפרדת מיסות IFR באזור שדה מבוקר</u>
27	6. <u>מעבולות קצה כנף</u>
27	ו. <u>מיסות IFR בתנאי VMC</u>
28	5. <u>ריחוק - HOLDING</u>
29	ה. <u>נתוני ממוסים - Boeing</u>

## א. כללי

### 1. הארגון הבינלאומי לתעופה אזרחית I.C.A.O

בשנת 1944 החל לפעול הארגון והניח את היסודות בקביעת "האמנה הבינלאומית לתעופה אזרחית", באמנה ישנה הכרה בעקרון שלכל מדינה ריבונות בתחומה האווירי, וכמו-כן הגדרה של כל זכויותיהן ויתרוניתיהן של המדינות החתומות על האמנה.

ב I.C.A.O פועלים שני גופים מרכזיים :

1. ה - ASSEMBLY - עצרת שמתכנסת לפחות אחת ל-3 שנים כאשר לכל מדינה חברה קול אחד, בהצבעות העצרת ההחלטות מתקבלות ברוב פשוט.
2. ה - COUNCIL - המועצה הנו גוף שאחת ממשימותיו העיקריות הנה קבלתם ואימוצם של תקנים בינלאומיים ונהלים מומלצים, אשר משולבים לאחר מכן בנספחים ANNEXES לאמנה.

משרד התחבורה הוא הגוף שמטפל בכל ענייני התעבורה האווירית ובכל מה שנוגע בדבר, משרד התחבורה מנחה את מנהל התעופה האזרחית לפעול בהתאם למדיניותו. מנהל התעופה קובע את חוקי התעבורה במדינת ישראל. לשם קביעת החוקים המנהל נעזר בהמלצות שמפורסמות ע"י ה - I.C.A.O, האמנה ובנספחים. כיום ישנם 17 נספחים לאמנה המטפלים במגוון רחב של נושאים, מתוכם הרלוונטיים לנו הם :

- ANNEX 2 - Rules of the air - חוקת אוויר
- ANNEX 10 - Communication - תקשורת
- ANNEX 11 - Air traffic services - שירותי תעבורה אווירית
- ANNEX 14 - Aerodromes - שדות תעופה.

שירותי מידע תעופתי - תפקידו לאסוף ולהפיץ מידע תעופתי והוראות בדבר בטיחות, סדירות ויעילות התעבורה האווירית. ההפצה מתבצעת בשתי דרכים :

1. פרסומי מידע תעופתי ( פמ"ת - AIP ) - פרסומים הכוללים מידע תעופתי בעל תוקף של קבע החיוני לתעבורה האווירית.
2. הודעות לאנשי צוות אוויר נוטאם - NOTAM - פרסומים הכוללים מידע תעופתי שהוא בעל תוקף זמני ו / או שלא ניתן לפרסם אותו במהירות הנחוצה בפמ"ת.

### 2. פרסומי מידע תעופתי A.I.P .

נמצא כי רוב ההמלצות וההנחיות של ה - I.C.A.O מיושמות בקבצי החוקים והתקנות המקומיים של המדינה החברה בארגון. המידע התעופתי של מדינה מסוימת מרוכז במסגרת ה - A.I.P - Aeronautical Information Publication

ה A.I.P (הבינלאומי) כלל מספר פרקים חשובים :

- א. GEN (General) - כללי - בפרק זה נקבע מי האחראי על נושא התעופה האזרחית וכיצד מאורגנים שירותי המידע התעופתי כגון ה NOTAM. הפרק כולל סיכום של כל ההוראות הבינלאומיות של I.C.A.O.
- ב. AGA (Aerodromes and Ground Aids) - שדות תעופה ועזרים קרקעיים - רשימת שדות התעופה, השירותים הניתנים בהם ומגבלות תפעול השדה. כמו-כן הוא כולל סקירה של כל שדה בפרוטרוט.
- ג. COM (Communication) - תקשורת - כולל את כל סוגי עזרי הניווט והרדיו הנמצאים בשימוש במדינה הנדונה.
- ד. RAC (Rules of Air & traffic Control) - חוקי התעבורה והבקרה האווירית - בפרק מודגשים ההבדלים בין I.C.A.O לחוקי המדינה הנדונה. כמו כן נסקרים שירותי התעבורה האווירית הניתנים במסגרת המרחב האווירי הלאומי. הפרק ממשיך בנהלי פיקוח טיסה, עובר לנושאי טיסת מכשירים, הגדרת תת מרחבים וחלוקת האחריות בין יחידות הפיקוח והבקרה.
- ה. ה A.I.P כולל פרקים נוספים כגון מטאורולוגיה, חיפוש והצלה, מפות ומתקנים מסייעים לתעופה.

מבנה ה A.I.P בארץ ( DOMESTIC ) :

- א. פרק כללי - כולל בתוכו מידע על חלוקת מרחב הפיקוח התעופתי של ישראל. נהלי כטי"ר , כטי"ר מיוחד , כטי"מ, מידע על תכנית טיסה ואישורה וכיו"ב
- ב. פרק טיסות – נהלי טיסה בנתיבים בראייה, במכשירים ונהלי מעבר מנתיב לנתיב, ריתוק, דאייה וטיסות חקלאיות.
- ג. פרק חירום – נהלי אובדן קשר אלחוט דיבור, והודעה על תאונה ותקרית טיס.
- ד. פרק שדות תעופה – כולל נתונים על כל אחד מהשדות הבאים – אילת, בן-גוריון, הרצליה, חיפה , ירושלים (עטרות), ראש פינה (מחניים) ושדה דב.
- ה. פרק מנחתים – כולל נתונים על מנחתים בארץ.

בנוסף לקובץ ה AIP המעודכן מדי פעם, מתפרסם מידע תעופתי גם ב NOTAMS. ה – NOTAMS הם עדכונים תעופתיים המופצים לגורמים השונים בהתאם לקטגוריית נושא העדכון. כלולה בהם אינפורמציה תעופתית החיונית לבטיחות התפעול המבצעי של מטוסים. ה NOTAMS מתפרסמים בצורות שונות :

1. NOTAMS CLASS 2 המופצים בסדרה A. אלו למעשה מברקים בהם מידע על מתקנים, שירותים ונהלים אשר נכנסו לשימוש או שחל בהם חידוש או שינוי. מאחר שמידע זה מטפל בנושאים המתוכננים זמן רב (יחסית) מראש, ניתן להעבירו באמצעי דואר רגילים ברמת דחיפות נמוכה לכל המנויים ברשת התפוצה הבינלאומית.
2. NOTAM CLASS 1 המועברים באמצעי הקשר הם אלה המטפלים בשינויים בעלי משמעות זמנית, שמחייבים הפצה מיידי. לדוגמא: סגירת מרחב אווירי מסוים לצורך תרגיל של חיל האוויר, אי שמישות של עזרי ניווט וכד'. קבוצה 1 סדרה B הם נוטמים כנ"ל המופצים באמצעות משדר ה NOTAM למנויים בינלאומיים. קבוצה 1 סדרה C כוללת מידע מבצעי בעלי משמעות זמנית, לתפוצה פנים ארצית בלבד.

## ב. חומר עיון כללי

### 1. מונחים

#### מהירויות:

KIAS – Knots Indicated Air Speed - מהירות מכשירית מצוינת  
 KCAS – Ccalibrated – מכוילת – שגיאת מצב מטוס וטעות מכשיר  
 KTAS – True – מהירות אמיתית  
 G.S – מהירות קרקעית  
 Va – מהירות תמרון (מגבלות מבנה).  
 Vfe – Flaps Extended – מהירות מרבית למדפים.  
 Vno – Normal Operation – מהירות מבנה.  
 Vne – Never Exceed – מהירות מרבית לתפעול.  
 Vs – Stall – מהירות ההזדקרות בתצורה חלקה.  
 Vso – מהירות ההזדקרות בתצורת נחיתה.  
 Vx – מהירות לזווית טיפוס מקסימלית.  
 Vy – מהירות לשיעור טיפוס מקסימלי.

#### מטאורולוגיה:

ISA – International Standard Atmosphere – אטמוספירה בינ"ל סטנדרטית:  
 15c+ בגובה פני הים  
 29.92in / 1013mb  
 ירידה של 2 מעלות על כל 1000 רגל.  
 OAT – Outside Air Temperature – טמפי האוויר

#### מנוע:

BHP – Brake Horsepower – כוחות סוס שהמטוס מפתח  
 RPM – Revolutions per Minute - מספר סיבובי המנוע בדקה  
 Static RPM – מספר סיבובי המנוע כשהמטוס על הקרקע ועומד (הרצות)

#### ביצועים:

DCV – Demonstrated Crosswind Velocity – מהירות הרוח הצולבת שנדגמה בה יכול המטוס להמריא או לנחות. נתון זה יכול להשתנות ואינו סופי.  
 USF – Usable Fuel – כמות הדלק הזמינה לצרכי הטיסה  
 UNF – Unusable Fuel – כמות הדלק שאי אפשר להשתמש בה לטיסה.  
 GPH – Gallons per Hour – כמות הדלק הנצרכת בשעה  
 NMPG – Nautical Miles Per Gallon – המרחק שהמטוס עובר במיילים לגלון דלק אחד.  
 g – האצה ביחס לכוח המשיכה.

#### משקלים ושיווי משקל:

Reference Datum – נקודת ייחוס משקלי המטוס.  
 Station – מרחק של תחנה מסוימת בגוף המטוס (נוסעים או ציוד ומטען) ממרכז הצירים.  
 Arm – המרחק האופקי ממרכז הצירים למרכז הכובד של העצם.  
 Moment – הכוח הדרוש להנעת עצם מסוים כתלות במרחקו ממרכז הכובד.  
 C.G – Center of Gravity – מרכז הכובד של עצם מסוים שאם "ייתלה" מנקודה זו יישאר יציב בכל הצירים.  
 Standard Empty Weight – משקלו הסטנדרטי של מטוס כולל דלק מלא.  
 Basic Empty Weight – משקל מטוס ריק ללא דלק.  
 Useful Load – ההפרש בין משקל RAMP (ע"ע) לבין משקל מטוס ריק ללא דלק  
 Maximum Ramp Weight – המשקל המקסימאלי המאושר לתנועה על הקרקע  
 Maximum Takeoff weight – המשקל המקסימאלי המאושר לתחילת ריצת ההמראה.  
 Maximum Landing weight – המשקל המקסימאלי המאושר לנחיתה.

## 2. אווירודינמיקה

כדי שמטוס יוכל להתנתק מהקרע ולטוס טיסה יציבה וישרה באוויר יש צורך להתייחס לארבעה גורמים יסודיים:

- א. המשקל – כולל את המטוס הדלק והמטען
- ב. העילוי – הוא הכוח אשר בעזרתו מתגבר המטוס על כוח משכת האדמה.
- ג. הגרר – הוא הסחב הבולם את זרמי האוויר מסוגים שונים
- ד. הדחף – הוא הכוח, אשר בהתגברו על הגרר, הוא הודף את המטוס בתוך האוויר.

### העילוי -

העילוי במטוס נצבר בעיקר על ידי זרימת האוויר מעל לכנפיים, באמצעות כמות קטנה של סיוע הבא ממשטחי הגוף והזנב. את זרימת האוויר ההכרחית לעילוי ניתן להפיק ע"י "דחיפת" המטוס דרך האוויר במהירות גבוהה מספיק להשגת עילוי. "עילוי" – העלאת מטוס לאוויר, בעיקר ע"י התנהגות הרוח הנעה במהירות ועוברת על פני כנפיו. תצורת הכנפיים היא כזאת, שמהירות הרוח גורמת לאי איזון, הלחץ על גבי המשטח העליון של הכנף קטן מל הלחץ על משטח התחתית. בכך נדחפת הכנף כלפי מעלה ונושאת איתה את המטוס כולו.

קיימים מספר גורמים המשפיעים על כמות העילוי:

1. מידת שטח פני הכנף – ככל ששטח הפנים הבא במגע עם האוויר גדול יותר, גדל גם כוח העילוי.
2. המהירות – ככל שגדלה מהירות האוויר הזורם על פני המשטח העליון, גדל הפרש הלחצים.
3. זווית ההתקפה – נטיית הכנף כלפי מעלה או מטה ביחס לכיוון זרימת האוויר הפוגעת בה. בגבולות מסוימים ככל שהכנף נוטה יותר לכיוון מעלה (זווית ההתקפה גדולה יותר) גדול יותר גם הפרש הלחצים על שני משטחי הכנף. מכיוון שבכנף הנטויה כלפי מעלה, צריך האוויר הזורם על משטח הכנף העליון לעבור דרך ארוכה יותר ולכן הוא זורם במהירות גדולה יותר. ככל שגדול יותר הפרש הלחץ – גדול יותר כוח העילוי.

העילוי הנוסף הנוצר ע"י הגדלת זווית ההתקפה הכרחי במיוחד בעת הנחיתה. מאחר והטייס רוצה לנחות במהירות המותרת הנמוכה ביותר, הוא מקטין יותר ויותר את מהירותו בהתקרבו אל נקודת הנגיעה בקרקע. עם האטת התקדמות המטוס, אובד כוח העילוי, ועל הטייס לתקן זאת באמצעות הגדלת זווית ההתקפה של המטוס. בנוסף לזה הוא גם מפעיל את המדפים והדשים. חלק מתוספת העילוי נובע מהגדלת שטח הכנף על ידי הדשים. הארכת הדשים כלפי מטה מגדילה גם את זווית ההתקפה, כי מתקבלת שפת זרימה חדשה, נמוכה יותר.

בעת נחיתה תוספת זו של דשים וזווית התקפה מוגדלת מספקת תוספת ניכרת של עילוי. ללא תוספת זו, לא היה קיים מספיק כוח עילוי כדי להבטיח טיסה במהירויות נמוכות = המטוס היה מזדקר (ע"ע) ואף מתרסק.

ההזדקרות **STALL** = היא חוסר עילוי, כלומר כאשר טייס מגדיל את זווית ההתקפה, נוצר כתוצאה מכך כוח עילוי. דבר זה נכון עד לזווית התקפה מסוימת, ברוב המטוסים כאשר מגיעה זווית ההתקפה ל 14 מעלות בערך, מתחילה זרימת האוויר מעל המשטח העליון של הכנף להינתק מהכנף ונוצר ערבול גדול בהרבה מזה הקיים כרגיל סמוך לשפת הזרימה של הכנף. כאשר זווית ההתקפה ממשיכה לגדול, הזרימה המערבלת מתפשטת על פני שטח גדול יותר של הכנף.

באם ממשיך הטייס להגדיל את זווית ההתקפה, מכסה ניתוק הזרימה והערבול הנובע ממנו את כל המשטח העליון של הכנף, כמות העילוי נעשית אפסית והמטוס מזדקר.

### הגרר -

הגרר הוא דחף של כוחות שונים הפועלים לעצירת התקדמותו של המטוס, במיוחד לאורך הכנפיים. סוגי הגרר מוסיפים את חלקם להיווצרות כל משיעה לאחור.

### הדחף -

הדחף חייב להיות בכוח שיהיה בו כדי לדחוף את המטוס במהירות כזו שתפיק אוויר הדרושה לעילוי. יחד עם זאת על הדחף להתגבר על הגרר, אשר אף הוא נוצר ע"י האוויר הנע. בטיסה אופקית כוח הדחף שווה בדיוק לכוח הגרר.

### 3. כדור הארץ

כדור הארץ מסתובב בו זמנית סביב השמש וכן סביב עצמו בציר דמיוני העובר דרך הקוטב הצפוני והדרומי. הציר נטוי בזווית של  $23^{\circ} 27'$  (23 מעלות ו-27 דקות המעלה) כלפי מישור הסיבוב סביב השמש. צורת כדור הארץ איננה כדור איננה כדור מושלם ולמעשה כדור הארץ קצת פחוס בקטבים, אך פחיסותו כה מעטה עד כי בנווטות מעשית מתעלמים מעיוות קל זה ומתייחסים אל כדור הארץ כאל כדור גיאומטרי מושלם. קוטר כדור הארץ מקוטב לקוטב הינו 7900 מייל ימי (Nautical Mile = NM) ואילו קוטרו על קו המשווה הינו 7927 מייל ימי. כדור הארץ מסתובב סביב עצמו ממערב למזרח.

#### מושגי יסוד :

1. ציר כדור הארץ – קו דמיוני העובר דרך מרכז הכדור וסביבו סובבת הארץ סביב עצמה ממערב למזרח.
  2. קוטב – מקום חיתוך ציר כדור הארץ עם מעטפת הכדור.
  3. מעגל גדול – מעגל על פני כדור הארץ שמישורו עובר דרך מרכז הכדור. או מעגל אשר מרכזו – מרכז כדור הארץ ורדיוסו – כדור הארץ, מישורו מחלק את כדור הארץ לשני חלקים שווים.
  4. מעגל קטן – מעגל על פני כדור הארץ שמישורו אינו עובר דרך מרכז הכדור, מרכזו אינו מרכז הכדור ורדיוסו קטן מרדיוס כדור הארץ.
  5. קו אורך – הוא קו (חצי מעגל) המחבר את הקוטב הצפוני והדרומי
  6. קו רוחב – הינו קשת מעגל שבמרכזו ציר כדור הארץ.
  7. קו המשווה – הינו קשת של מעגל שמישורו עובר דרך מרכז כדור הארץ ואשר ציר כדור הארץ ניצב לו, הקו מחלק את כדור הארץ לשניים – חצי צפוני וחצי דרומי.
  8. קו מתמיד – קו החוצה את קווי האורך בזווית קבועה, קו מתמיד יכול להיות קו ישר או עקום. דוגמא לקו מתמיד ישר הוא קו המשווה אשר חוצה את כל קווי האורך בזווית של 90 מעלות. למרחקים קצרים עד 600 מייל כדאי לטוס לפי קו מתמיד כי כך אין צורך לשנות מדי פעם בפעם את כיוון הטיסה. אולם למרחקים ארוכים כדאי לקצר את הדרך ולטוס עפ"י מעגל גדול. למעשה אם נטוס עפ"י המצפן ונשמור כיוון קבוע נטוס על קו מתמיד. הערה: ליד קו המשווה ובקרבתו יש לטוס לפי קו רוחב, אולם קרוב לקטבים אם נטוס לפי קו רוחב נבצע דרך כפולה ולכן כדאי באזורים אלו לטוס לפי מעגל גדול.
  9. טיסה לאורך נתיב משולב – בטיסה בין שתי נקודות רחוקות גדול בהרבה המרחק לאורך קו מתמיד מאשר לאורך מעגל גדול. על מנת לבצע נתיב קצר חלק את המעגל הגדול למספר קטעים כאשר בכל אחד מהם נטוס לפי קו מתמיד. בדרך זו גם נבצע דרך קצרה וגם לא נצטרך לשנות את כיוון הטיסה ללא הרף, אלא רק במעבר מקטע לקטע.
  10. רוחב גיאוגרפי – הזווית שקודקודה במרכז כדור הארץ, צלע אחת של הזווית נשענת על קו המשווה וצלע שנייה על קו הרוחב המדובר. קו המשווה הוא קו רוחב 0 מעלות וממנו מתחילה ספירת קווי הרוחב עד 90 מעלות צפונה או דרומה. מעלת רוחב אחת מחולקת ל 60 דקות רוחב, ודקת רוחב אחת מחולקת ל 60 שניות רוחב.
  11. רוחב גיאוגרפי של נקודה – קשת על פני קו אורך הכלואה בין קו המשווה לבין קו רוחב העובר דרך הנקודה.
  12. אורך גיאוגרפי – זו הזווית שקודקודה במרכז כדור הארץ, צלע אחת של הזווית נשענת על קו אורך 0 מעלות וצלע שנייה על קו האורך המדובר
  13. אורך גיאוגרפי של נקודה – קשת על פני קו המשווה בכלואה בין קו אורך 0 מעלות לקו האורך העובר דרך הנקודה. קו האורך העובר דרך גריניץ' נקרא קו אורך 0 מעלות. ממנו מתחילה המדידה של קווי האורך עד 180 מעלות מערבה ומזרחה. מעלת אורך אחת מתחלקת ל 60 דקות אורך, ודקת אורך מתחלקת ל 60 שניות אורך.
    - לכל קו אורך יש קו אורך נגדי לו מעברו השני של כדור הארץ, ושניהם יחד מהווים מעגל גדול.
    - כל קווי האורך חותכים את קווי הרוחב ב 90 מעלות.
    - כאשר מציינים מיקומה של נקודה על פני כדור הארץ, כותבים וקוראים את נקודת הציון משמאל לימין כאשר תחילה נמצא הרוחב הגיאוגרפי ולאחריו האורך הגיאוגרפי.
- לדוגמא : N 160°57'21" E S 15°48'20"
- כלומר – 15 מעלות 48 דקות ו 21 שניות לדרום, 160 מעלות 57 דקות ו 21 שניות למזרח.

14. הרשת הגיאוגרפית – מערכת קואורדינטות על פני כדור הארץ מורכבת מקווי אורך ומקווי רוחב המאפשרים הגדרה מדויקת של כל נקודה על פני הכדור. קו האורך העובר דרך העיירה גריניץ' שממזרח לונדון הוגדר כקו אורך 0 מעלות (קו גריניץ') וקו המשווה כאפס מבחינת קווי הרוחב.

#### 4. מגנטיות

שדה מגנטי הוא תחום השפעתו של מגנט על גוף עשוי ברזל. כדור הארץ הינו גוף מתכתי וסלעי ענק אשר המתכות והסלעים מותכים בו בטמפי' גבוהות מסיבב לליבת הכדור. עקב קיומם של מתכות אלו, מהווה כדור הארץ גוף עשוי ברזל ענק. לכל מגנט יש שני קטבים, האחד פונה לצפון מסומן באדום ונקרא קוטב צפוני, והשני פונה לדרום, הוא מסומן בכחול ונקרא קוטב דרומי.

סביב כל מגנט רגיל קיים שדה מגנטי הנוצר מקווי כוח היוצאים מהקוטב הצפוני ונכנסים לקוטב הדרומי, אבל בכדור הארץ המצב הפוך, קווי הכוח יוצאים מהקוטב הדרומי ונכנסים לקוטב הצפוני וזו הסיבה שמבחינה מגנטית נמצא הקוטב המגנטי הצפוני בדרום הגיאוגרפי של כדור הארץ, ואילו הקוטב המגנטי הדרומי נמצא בצפון הגיאוגרפי של הכדור. מאחר שקטבים זהים דוחים זה את זה מבחינה מגנטית ואילו קטבים שונים נמשכים זה לזה, הרי אם ניקח מצפן רגיל נראה שהמחט המגנטית שלו תמשיך לכיוון צפון של כדור הארץ שם נמצא הקוטב "הדרומי" של הכדור.

#### מושגי יסוד

1. מגנטיות בכדור הארץ – כדור הארץ נמצא בשדה מגנטי הנוצר ע"י שני הקטבים המגנטיים שלו, האחד קוטב מגנטי צפוני והשני קוטב מגנטי דרומי. הקטבים המגנטיים של כדור הארץ אינם חופפים לקטבים הגיאוגרפיים שלו. זו הסיבה שהקווים המגנטיים אינם חופפים עם קווי האורך הגיאוגרפיים, ברור שהצפון המגנטי הוא הכיוון אליו יופנה הקצה ה"אדום" של המגנט המושפע רק על ידי השדה המגנטי הארצי, זו גם הסיבה שקיים הבדל בין הצפון המגנטי לצפון האמיתי הגיאוגרפי.
2. קו אורך מגנטי – זהו קו המקביל לכיוון המחט המגנטית.
3. שינוי מיקום של הקוטב המגנטי – הקוטב המגנטי הצפוני והדרומי משנים את מיקומם הגיאוגרפי עם הזמן. פעם באלף שנים לערך הם עושים סיבוב שלם סביב הקוטב האמיתי הגיאוגרפי. הקוטב המגנטי מסתובב ממערב למזרח וכיוון ששיעור השינוי של הנטייה הוא קטן, אין מתחשבים בו במשך שנים מספר.
4. כיוון – כיוון הוא הזווית הנוצרת בין קו המחבר שתי נקודות לבין קו נתון. על פני כדור הארץ הקו הנתון שלגביו מודדים כיוון הוא קו האורך הגיאוגרפי (האמיתי)
  - כיוון נמדד מהצפון מזרחה ומסומן בשלוש ספרות – לדוגמא:
    - כיוון מזרח – 090
    - כיוון מערב – 270
    - כיוון דרום – 180
    - כיוון צפון – 360 או 000
5. צפון אמיתי – זהו כיוון אל נקודה הזוהר לקוטב הצפוני הגיאוגרפי.
6. צפון מגנטי – זהו כיוון אל נקודה אשר בה נמצא הקוטב המגנטי הצפוני.
7. נטייה – הזווית בין הצפון האמיתי (הגיאוגרפי) ובין הצפון המגנטי.
8. כיוון אמיתי – זווית הנמדדת בין הצפון האמיתי וציר האורך של המטוס עם כיוון השעון.
9. כיוון מגנטי – זווית הנמדדת בין הצפון המגנטי וציר האורך של המטוס עם כיוון השעון. אפשר להפוך כיוון אמיתי לכיוון מגנטי ולהפך אם ידועה הנטייה.
  - אם הצפון המגנטי הוא מזרחה מהצפון האמיתי, הרי הנטייה היא מזרחית, ואם הצפון המגנטי הוא מערבה מהצפון האמיתי אז הנטייה היא מערבית. נטייה מזרחית מסומנת ב- E (+) ונטייה מערבית מסומנת ב- W (-): כלומר נטייה נמדדת מערבה או מזרחה מהצפון האמיתי.
  - דוגמא: כיוון מגנטי 187 מעלות
    - נטייה (-) W 8 מעלות
    - כיוון אמיתי 179 = 187 - 8.
10. סטייה מצפנית – אם ניקח מצפן חדש, נכניס אותו למטוס ונעמיד את ציר האורך של המטוס מקביל לקווי הכוח המגנטיים של כדור הארץ, המצפן לא בהכרח יראה לנו כיוון צפון מדויק 360. הסיבה לסטייה מצפנית זו היא השדה המגנטי הפנימי אשר נמצא במטוס והנוצר ע"י גוף המטוס, המנועים ומערכות חשמל שונות אשר יוצרים כוחות אלקטרומגנטיים (משרים שדות מגנטיים) ומשפיעים על המצפן. ניתן אמנם באמצעים שונים להקטין סטייה זו אך לא ניתן לבטלה כליל ולכן בחישובי ניווט יש לקחת סטייה זו בחשבון.
11. צפון מגנטי – הצפון אותו מראה המצפן בהתחשב בטעויות שהוזכרו.
12. כיוון מצפני – זווית הנמדדת בין הצפון המצפני וציר האורך של המטוס עם כיוון השעון. (הכיוון אותו מראה המצפן).
13. סטייה - הזווית שבין הצפון המגנטי והצפון המצפני נקרא סטייה מצפנית. הסטייה נקראת מערבית או מזרחית מהצפון המגנטי אם הצפון המצפני הוא מזרחה מהצפון המגנטי הרי שהסטייה היא מזרחית. הסטייה משתנה עם כיוון הטיסה היות והיא תלויה ביכולת הכיול של המצפן. כאשר נתונה לנו הסטייה המגנטית הרי שאפשר לחשב את הכיוון המגנטי מתוך הכיוון המצפני, ואם גם הנטייה ידועה הרי שניתן לחשב את הכיוון האמיתי של המטוס.

## 5. זמן

כיפת השמיים סביב כדור הארץ מכונה בשם הכדור השמימי. לכדור השמימי יש קו משווה משלו המקביל לקו המשווה של כדור הארץ. הצפון והדרום השמימיים נמצאים באין סוף בהמשך לציר הסיבוב של כדור הארץ. בצפון נמצא כוכב הצפון, או בשמו השני כוכב הציר, אשר נע ביחס לציר הצפוני בקשת של מעלה אחת לערך. הגופים השמימיים מתחלקים ל-3 קבוצות:

- א. כוכבי שבת – גופים שמימיים אשר נמצאים במרחק רב מכדור הארץ ונחשבים כקבועים ביחס לכדור הארץ והאחד ביחס למשנהו.
  - ב. כוכבי לכת – גופים שמימיים הסובבים סביב השמש ואשר נעים ביחס לכדור הארץ.
  - ג. לוויינים – גופים שמימיים הסובבים סביב כוכבי הלכת.
- הגורם להיווצרות היום והלילה – השמש היא כוכב השבת הקרוב ביותר לכדור הארץ, סביב שמש סובבים תשעה כוכבי לכת. כוכבי הלכת סובבים סביב השמש וסביב עצמם. כדור הארץ מסתובב סביב צירו ממערב למזרח כאשר מישור קו המשווה הארצי נטוי למישור מסילת הארץ בזווית של  $27^{\circ} 23'$ . כתוצאה מסיבוב כדור הארץ סביב עצמו, רואה הצופה על הארץ כאילו השמש סובבת את כדור הארץ ממזרח למערב וסיבוב זה גורם להיווצרות היום והלילה. תנועת כדור הארץ סביב צירו וסביב השמש מהווה בסיס למדידת זמן.
- שנה – משך הזמן בו משלים כדור הארץ סיבוב מלא סביב השמש. שנה רגילה מתחלקת ל 365 ימים ו 6 שעות. השנה מתחלקת גם ל 12 חודשים ובכל חודש יש בין 28 ל 31 ליום. עקב העובדה שקיימת יתרה של 6 שעות בזמן שלוקח לכדור הארץ להשלים סיבוב מלא כל שנה נוסף כל 4 שנים יום אחד לחודש פברואר (ה 29- לפברואר) על מנת לקזז יתרת זמן זו. במידה ולא היו מוסיפים את אותו היום כל 4 שנים, היה נוצר מצב שבו כל 182.5 יום בערך היו מתחלפות עונות השנה.
- יממה – זהו משך הזמן, שבו משלים כדור הארץ סיבוב שלם סביב צירו יחסית לשמש. מאחר וזמן היממה אינו גדול קבוע אלא משתנה בהתאם לעונות השנה, ומאחר וההשתנות של אורך היממה היא רצופה נקבעו 2 סוגי יממות:
- יממה שמשית אמיתית – הינה היממה האמיתית שנמדדת יום יום ומשתנה בהתאם למיקום כדור הארץ ביחס לשמש, יוצא שהיממה האמיתית אינה יכולה להיות בסיס למדידת זמן, ולכן קבעו את המושג יממה שמשית ממוצעת.
  - יממה שמשית ממוצעת – הינה הממוצע של יממות שמשיות אמיתיות שנמדדו במשך סיבוב שלם של כדור הארץ סביב השמש. את זמן היממה מתחילים לספור בחצות כאשר השמש חוצה את קו האורך הנגדי לצופה. את היממה חילקו שרירותית ל 24 שעות ואת השעה חילקו ל 60 דקות וכל דקה ל 60 שניות.
- צורת רישום זמן – את הזמן רושמים ע"י קבוצה של 4 ספרות למשל:
- שעה אחת בצהריים – 13:00  
שעה 7.5 בבוקר – 07:30

### מושגי יסוד:

1. זמן מקומי ממוצע (Local Mean Time) L.M.T – הזמן בכל מקום ומקום בלי להתחשב באזור הזמן. פירושה של הגדרה זו הינה שבאותה ארץ בקווי אורך שונים תהיינה שעות שונות, ברור גם שישנה הבדלה בין זמן (בשעות) ובין זווית (במעלות). מאחר וכדור הארץ סובב סביב צירו ומשלים יממה שלמה – סיבוב של 360 מעלות ב 24 שעות, יש באפשרותנו למצוא זמן בזווית ולהפך.

זמן	זווית
24 שעות	360 מעלות
1 שעה	15 מעלות
4 דקות	1 מעלה
4 שניות	15 שניות
1/15 שנייה	1 שנייה

2. זמן אזורי ממוצע (Zone Time) Z.T - לו קבע כל אדם את השעה בשעונו בהתאם לחציית השמש את קו האורך הנגדי למקום הימצאו היה שעונו של כל אדם, אפילו באותה עיר שונה משל חברו. כדי להתגבר על תופעה זו חילקו את כדור הארץ ל 24 אזורי זמן הנבדלים זה מזה בשעה אחת. כל אזור רוחבו כ 15 קווי אורך, וזמנו נקבע לפי רגע חציית השמש את קו האורך הנגדי למרכז האזור.

3. זמן מתואם עולמי (Universal Time Coordinate) – U.T.C, או (זמן גריניץ' ממוצע (G.M.T) – ידוע גם בשם Z.T = זמן זולו Zulu Time, זמן גריניץ' ממוצע הוא הזמן הנמדד מקו אורך של העיירה גריניץ' שבאנגליה (מזרחית ללונדון). זמן זה משמש כזמן בין לאומי – קו האורך 00 מעלות העובר בגריניץ' נמצא למעשה במרכז אזור 0 ולכן חישובי U.T.C זהים לחישובי Z.T – M.T. כאשר ההתייחסות לגריניץ' היא כאל קו אורך 00 מעלות. לדוגמה – ירושלים נמצאת 2 אזורי זמן מזרחית לגריניץ' ולכן אזור הזמן של ירושלים הוא GMT +2, כלומר אם השעה בגריניץ' היא 13:13 השעה בירושלים תהיה (2+ שעות) = 15:13.

4. זמן סטנדרטי S.T - לשם נוחיות התושבים אשר מתגוררים במדינות בעלות אורך גיאוגרפי גדול הוחלט להכניס תיקון לזמן האזורי. לפי זה מדינה שיש בה שניים או יותר אזורי זמן יהיה בה רק אזור זמן אחד, כך נמנע מצב בו לשתי ערים באותה מדינה יש זמן שונה, הזמן המתוקן נקרא סטנדרטי. לדוגמה ארצות הברית מחולקת ל 4 אזורי זמן שונים, Eastern Time, Central Time, Mountain Time, Pacific Time אך כשמתייחסים לארה"ב כחטיבה כוללת מתייחסים ל Central Time כזמן הסטנדרטי.

5. קו התאריך (Date Line) - כאשר מציינים זמן מסוים, כולל הציון של השעה והתאריך, התאריך מתחלף בכל מקום בחצות כאשר השמש חוצה את קו האורך הנגדי לצופה. לכן על פני כדור הארץ יש בכל עת שני תאריכים. המוקדם יותר יהיה בכל המקומות בהם השמש עוד לא חצתה את קו האורך הנגדי והמאוחר יותר במקומות בהם השמש חצתה אותו. רק בזמן שהשמש נמצאת על קו גריניץ' (קו אורך 0 מעלות) קיים אותו תאריך בעולם כולו: עם תנועת השמש מערבה מגריניץ' מתחיל תאריך חדש בקו אורך 180 מעלות. אדם החוצה את קו התאריך הבינלאומי הוא קו אורך 180 מעלות – בכיוון מזרח מוריד יום מן התאריך, והחוצה את קו התאריך בכיוון מערב מוסיף יום לתאריך.

## 6. מטאורולוגיה

### א. מבנה האטמוספירה

#### הרכב האוויר -

האטמוספירה הינה מעטפת גזית העוטפת את כדור הארץ. מעטפת זו היא תערובת של גזים שהרכבה: חנקן 78%, חמצן 21% וגזים נוספים.

#### מבנה האטמוספירה -

אף שהרכבו של האוויר נשאר קבוע, תכונותיו הפיזיקליות משתנות. נהוג לחלק את האטמוספירה למספר שכבות (המצוינות במילה "ספירה") בהתאם לתכונות. בין השכבות הראשיות מצויות שכבות מפרידות דקות (המצוינות במילה "פאוזה").

1. הטרופוספירה – השכבה הנמוכה של האטמוספירה. שבה מרוכזים כ-70% מהאוויר האטמוספרי ובה מתרחשות כמעט כל תופעות מז"א. שכבה זו מאופיינת בירידת הטמפרטורה עם הגובה, בקצב של כ-6 מעלות לק"מ. גובהה של הטרופוספירה נע עד גובה של 16 ק"מ.
2. הטרופופאוזה – זוהי קליפת הגבול העליון של הטרופוספירה. בשכבה זו מפסיקה הטמפרטורה לרדת עם הגובה ונשארת קבועה. באזור הטרופופאוזה נושבות רוחות חזקות במיוחד המכונות זרמי סילון.
3. הסטרטוספירה – שכבה זו מאופיינת בעליית טמ"פ עם הגובה. האוויר בשכבה זו יציב, ולכן אין בסטרטוספירה תופעות מז"א חריגות.
4. הסטרטופאוזה – שכבה דקה המציינת את סיום הסטרטוספירה. בסטרטופאוזה הטמפרטורה קבועה.

### ב. לחץ האוויר

לשם הגדרת המושג לחץ, נבהיר כמה עובדות: האוויר הוא גז שנמצא בהשפעתו של כוח הכובד של כדור – הארץ, על כן לגו יש משקל. האוויר בגלל היותו גז, הוא בעל צפיפות משתנה לפי התנאים שהגז נמצא בהם.

הלחץ האטמוספרי – הלחץ הוא הכוח שמפעילה האטמוספירה על יחידת שטח שעל פני כדור הארץ. מאחר שהכוח היחיד הוא כוח הכובד הלחץ הוא משקל האוויר חלקי השטח שמעליו הוא נמצא.

#### שינויים בלחץ האטמוספרי -

1. הלחץ קטן עם הגובה מעל פני הים. ככל שמקום היחידה גבוה יותר (מעל פני הים), יש מעליו פחות אוויר. לכן משקל האוויר הלוחץ על המכשיר המודד נמוך יותר, והלחץ נמוך יותר.
2. אוויר חם מתפשט. אם מסתו קבועה, אז צפיפותו יורדת: מכאן נובע שמשקל עמוד אטמוספרי של אוויר חם קטן יותר מאשר משקל של עמוד אוויר קר העל אותה מסה. לכן הלחץ באזור קר גבוה מהלחץ באזור חם.

קודי Q:

מוגדרים ארבעה סוגי לחצי כיוול עיקריים, המכונים קודי Q:

- א. QFE – זהו הלחץ בגובה פני השטח. מד גובה במטוס (אלטימטר) מכויל לפי QFE יראה גובה מעל פני השטח (מעפ"ש).
- ב. QFF – הלחץ בגובה פני הים. במטוס הטס לפי QFF מד הגובה יראה את גובה המטוס מעל פני הים. אם ידוע גובה פני השטח, הטייס ידע את גובהו מעל פני השטח ע"י חישוב.
- ג. QNH אזורי - זהו הלחץ בגובה פני הים בתחנה מסוימת המוסכמת על כל הטיסים באזור. איפוס האלטימטר עפ"י לחץ זה יגרום שכל מטוס ימדוד בקירוב את גובהו מעל פני הים. ללחץ זה מוסיפים מקדם ביטחון למניעת תאונות.
- ד. QNE (1013.25 מיליבר) – הלחץ וגובה פני הים באטמוספירה התקנית. כל המטוסים הטסים מעל האוקיינוס או ים גדול מכיילים את מדי הגובה לפי QNE.

### ג. לחות

#### 1. מים באטמוספירה:

מחזור המים בטבע דואג לכך, שכל העת תהיה כמות כלשהי של מים (או קרח או אדים) באוויר. על אף שהמים מהווים מרכיב קטן של האטמוספירה, חשיבותם המטאורולוגית גדולה ביותר, שכן הם מעורבים ברוב תהליכי מזג האוויר החשובים.

#### 2. רוויה:

ברגע שבו יכיל האוויר את הכמות המרבית של אדים שאותה הוא יכול להכיל בטמפרטורה נתונה ובלחץ נתון, הוא ייקרא אוויר רווי. ככל שהלחץ יורד – עולה במידה זהה כמות האדים שהאוויר יכול לקלוט. אוויר רווי מאופיין בכך, שאין הוא יכול לקלוט יותר לחות ולפיכך – שינוי כשלהוא באוויר אשר יגרום למצב של עודף לחות יביא לידי התעבות עודפי אדי המים והפרשתם כטיפות.

#### 3. התנהגות המים באטמוספירה:

האוקיינוסים מהווים את מאגר המים של כדור הארץ. מים אלה מתאדים וגורמים להתחלחות האטמוספירה, כלומר העשרת האוויר באדי מים. הלחות עולה למעלה ומתקררת יחד עם האוויר העולה. התקררות האוויר מקטינה את כמות האדים שהאוויר מסוגל להכיל, וגורמת בשלב מסוים לרוויה. ברוויה האדים מתעבים לטיפות ויוצרים עננים. אם האוויר ממשיך להתקרר, צפויה קפיאה של הטיפות לגבישי קרח.

#### 4. מדדים ללחות:

- לחות מוחלטת – היא כמות אדי המים שמכיל האוויר
- לחות יחסית – הלחות היחסית מוגדרת כחלק היחסי מכמות האדים ברוויה המוכלת באופן ממשי על ידי כמות מסוימת של אוויר.

#### 5. התפלגות הלחות והשתנותה בזמן:

מקומות הקרובים מאוד לים, או המושפעים מרוח הבאה מן הים, יהיו בעלי לחות גבוהה. אזורים הרחוקים מהים, או המוסתרים ממנו, למשל ע"י הרים, יהיו בעלי לחות נמוכה. בדרך כלל במשך היום, הלחות המוחלטת עולה, שכן מגיעה לחות מן הים, אך כיוון שהאוויר מתחמם יותר, יורדת הלחות היחסית. בלילה יורדת הלחות המוחלטת בדרך-כלל, או נשארת קבועה, אך הלחות היחסית עולה כתוצאה מהתקררות האוויר.

#### ד. עננים

##### 1. כללי:

הענן הוא צבר של טיפות מים זעירות, או גבישי קרח המרחפים באוויר, החלקיקים הללו קטנים וזה מאפשר את שהותם באוויר. כדי שיופיעו עננים באטמוספירה, האוויר צריך להיות ברוויה. יש צורך בתהליך שיביא את האוויר למצב כזה שהלחות תהיה מקסימלית (לחות יחסית של 100%). התקררות יכולה להיות תהליך כזה. התקררות היא בד"כ תוצאה של תנועת האוויר כלפי מעלה. לכן באזורי לחץ נמוך הסבירות להופעת עננים גבוהה יותר מאשר באזור לחץ גבוה.

הגובה שבו מגיע האוויר העולה לרוויה נקרא – "רום התעבות" כאשר האוויר עובר אותו הוא מוסיף להתקרר מהתעבות טיפות מים ונוצר ענן.

##### 2. מיון העננים:

##### א. מיון לפי גובה בסיס ענן:

1. עננים נמוכים – גובה בסיס ענן מ-0 עד 8000 רגל מעפ"ש
2. עננים בינוניים – גובה הבסיס בין 8000 עד 18000 רגל מעפ"ש
3. עננים גבוהים – גובה הבסיס מעל 18000 רגל מעפ"ש

##### ב. מיון לפי צורת ענן:

1. עננים ערמתיים או קומולוס – אלה עננים בצורת ערימות, היכולים להגיע בגבהים שונים בהתאם לאופי מזג האוויר. בעלי מימד אנכי גדול.
2. עננים שכבתיים או סטראטוס – עננים שטוחים – בעלי מימד אופקי.
3. ענני נוצה או צירוס – אלה ענני קרח המופיעים בגובה רב, בצורת חוטים או נוצות.

##### 3. פרוט סוגי עננים:

##### א. עננים נמוכים

- קומולוס – ענן ערמתי נמוך, קטן או מפותח (עד כדי גשם) בסיסו בין 2000 ל-5000 רגל.
- קומולונימבוס – ענן ערמתי מפותח מאוד, מוריד גשמים חזקים, (גשם וברד) וקשור בסופות רעמים וברוחות חזקות.
- סטראטוס – ענן שכבתי דק ונמוך מאוד (בד"כ נמוך מ-2000 רגל) מאפיין מז"א יציב ולח מאוד ומסוכן לתעופה בשל הגבלת שדה הראייה (בעיקר בנחיתה ובהמראה).
- סטרטוקומולוס – ענן שכבתי שבו ערבול מסוים ההופך אותו ערמתי מעט. עוביו 1000-2000 רגל והוא עשוי להוריד גשם קל, אם היה קודם לכן ענן קומולוס שהשתטח.

##### ב. עננים גבוהים

- צירוס – ענן גבוה, דק, בעל צורה סיבית, בסיסו מעל 20000 רגל
- צירוסטרטוס – מסך ענן המכסה את כל השמים, יוצר הילה מסביב לירח או לשמש.
- צירוקומולוס – קומולוסים בגובה רב מאוד.

4. נספח מיוחד בנושא עננים : קומולונימבוס

זהו ענן נמוך שבסיסו ב – 2000 בד"כ. מתחתיו יש קרעי ענן נמוכים מאוד. לענן זה התפתחות אנכית רבה מאוד ופסגתו גבוהה מאוד. גובה הפסגה משתנה לפי גיל הענן : הענן מתפתח לגובהו המקסימאלי במשך כ-10 דקות ודועך במשך 15 דקות. תוך 25 דקות אלו מתרחשים בענן מספר תהליכים משמעותיים, ואלו הם :

- א. זרימות עולות ויורדות – מהירות הרוח האנכית מגיעה עד 20 מטר בשנייה כלפי מעלה וגם כלפי מטה.
- ב. התעבות אדי מים - בתחילת היווצרות הענן ובשכבות הנמוכות נוצרות טיפות מים. בשכבות מעל נוצרים גבישי קרח בנוסף למים הנוזליים המצויים בשלב של "קירור יתר", כדורי הקרח – הברד, נע עם הזרמים העולים והיורדים. בתקופת דעיכת הענן יורד גשם / ברד.
- ג. הפרדת המטען החשמלי – בענן שורר מתח חשמלי גבוה, בין בסיס הענן לפסגתו וכן בין הענן עצמו ועננים אחרים על פני הקרקע. לפעמים, כאשר המתח גבוה מאוד, נוצרת התפרקות חשמלית – ניצוץ המלווה ברעם, ונוצרת סופת ברקים. תהליך זה חל בתקופת דעיכת הענן, לאחר שמן הענן מתחילים לרדת המשקעים.
- ד. דעיכת הענן – החלק העליון אינו מסוגל כבר לעלות, כיוון שהאוויר הגיע לאזור הטרופופאוזה, שהיא שכבה יציבה. הענן נעשה סיבי ומתחיל להתפשט בכיוון הרוח. החלק העליון הזה נקרא סדן. כעת מתגברים הזרמים היורדים והענן מתפרק עקב ירידת רוב המים שבו כגשם. הזרמים היורדים מתחת לענן נחשמים ע"י הקרקע ולכן מתפשטים לכל הכיוונים כמשבים של רוח חזקה המשתנה מדי רגע.

סכנות למטוסים העוברים דרך ענן CB –

- א. חתחות חריף – בשל הזרמים העולים והיורדים ומשבי הרוח מתחת לענן
- ב. ברד – העשוי לפגוע במטוס בכוח רב ולגרום לו נזק
- ג. ראות אפס בתוך הענן.
- ד. התקררות – כאשר המטוס נכנס לאזור שבו טיפות מים בקירור יתר הן קופאות מסביב לו, מכבידות עליו ומעוותות את צורתו האווירודינמית.
- ה. חשמל סטטי באזור המטוס עלול לשבש מערכות אלקטרוניות.
- ו. ברקים – יכולים לפגוע בגוף המטוס.

ה. הגבלות ראות

הראות מוגבלת בגלל שני גורמים :

- א. ערפילים
- ב. אובך כבד

ערפילים –

כדי שיווצר ערפל באזור מסוים צריכים להתקיים שני התנאים הבאים :

1. לחות 100% (כדי שיווצר הענן)
2. מנגנון שימנע מן הטיפות הזעירות (ערפל), שנוצרו מהתעבות אדי מים להתפזר או להתרומם מעל הקרקע – מצב יציב.

שני סוגים של ערפל –

א. ערפל קרינתי – בימים מסוימים, מביאה הרוח אוויר לח לתוך אזור נתון. בשעות היום עדיין חם ולכן בלחות יחסית נמוכה. עם רדת החשכה הטמפרטורה מתחילה לרדת, כיוון שהקרקע מתקררת (קירור קרינתי). היות והטמפרטורה יורדת וכמות אדי המים היא פחות או יותר קבועה, הלחות היחסית עולה. במידה וההתקררות תימשך, הלחות היחסית תעלה עד לרוויה. מתחילות להיווצר טיפות מים זעירות. הערפל יכול להיווצר רק בתנאים מסוימים –

1. אם תהיה רוח קלה בלבד – כלומר במידה ותהיה רוח חזקה, הטיפות שזה עתה נוצרו, תתפזרנה ולא יהיה ערפל.
2. אוויר יציב – במידה והאוויר יהיה יציב – כלומר הקרקע קרה יותר מאשר האוויר – ייווצרו טיפות מים באוויר והוא יישאר על הקרקע, במידה והאדמה תהיה חמה יותר מהאוויר, היא תגרום לאוויר לעלות ולערפל להתפזר.

לסיכום :

ערפל קרינה עשוי להיווצר כאשר :

- א. במשך היום מגיעה לחות לאזור
- ב. בערב ובלילה יש התקררות
- ג. קיימת יציבות שמונעת פיזור הטיפות
- ד. נושבת רוח קלה

העננים מאטים היווצרות ערפל : אם יש בערב או בלילה עננים, הם מחזירים את החום המוקרן מן הקרקע בחזרה כלפי מטה. כך הם גורמים לכך שהאוויר לא יתקרר מספיק : אז הלחות היחסית לא תעלה עד לרוויה והערפל לא יופיע.

ב. ערפל הסעה – אוויר חם, טעון כמות רבה של אדי מים. עובר מעל אזור קר יותר. כתוצאה מכך הוא מתקרר, הלחות היחסית שלו עולה (עד 100%) ונוצרות טיפות מים קטנות. אם יש מצב של יציבות, הטיפות נשארות קרובות לקרקע ונוצר ערפל.

בד"כ תהליך זה מתרחש באזורים הקרובים לחוף. בלילה נושבת רוח מן הים החם אל היבשה הקרה יותר. ברור אם כן שרוב הערפילים יתרחשו בשעות הלילה.  
קיים גם ערפל הקרוי "ערפל מוסע" – זהו ערפל שנוצר במקום אחד (בד"כ מעל הים) ומוסע אל היבשה.

ג. ערפל הרים – כאשר עננים מכסים פסגת הר, נהוג לומר שעל ההרים יש ערפל הרים.

סופות חול / אבק –

מכלול של שתי התופעות הבאות יכולה סופות חול:

- א. רוח כה חזקה שמעיפה חלקיקי חול יבשים מפני הקרקע
- ב. הגבלת ראות בגלל גרגירי החול. אותם הרוח נושאת באוויר.

להיווצרותן של סופות חול/ אבק יש צורך ברוח חזקה ובאי יציבות שתאפשר לגרגירים להתפזר ברוח ביושב רב, שכן כאשר האוויר לח הגרגירים נדבקים זה לזה ונעשים כבדים יותר ואז נופלים לקרקע.  
בסופות חול / אבק הראות יורדת אפילו ל – 0 ק"מ.

### ו. הרוח במערכות לחץ בסיסיות

שקע (ציקלון)

זוהי מערכת לחץ המורכבת מאיזוברים סגורים. הלחץ הנמוך בתוך השקע והלחץ הגבוה בחוץ. הרוח תסתדר כך שהלחץ הגבוה מימינה והלחץ הנמוך משמאלה. על כן כיוון הרוח בשקע הוא נגד כיוון השעון. נוסף על כך, עקב כוח החיכוך הרוח פונה מעט פנימה וחוצה את האיזוברים. זרימה כזאת מכונה "התכנסות" כי האוויר מתכנס לעבר מרכז השקע.

האוויר מוכרח לצאת ממרכז השקע למקום כלשהו, כדי שהצפיפות של האוויר בפנים לא תעלה עד אין סוף. המקום היחיד שהאוויר יכול לצאת אליו הוא כלפי מעלה.  
מסקנה: בשקע או באזור לחץ נמוך עולה האוויר למעלה, כלומר קיימת רוח אנכית כלפי מעלה.

אפיק:

זוהי שלוחה של שקע בה האיזוברים אינם סגורים. כאן המצב דומה לזה שבשקע: האוויר זורם נגד כיוון השעון ומעט פנימה. בדומה לשקע, גם באפיק עולה האוויר כלפי מעלה.

רמה – אנטיציקלון:

מערכת לחץ סגורה. בתוך הרמה הלחץ גבוה ומחוצה לה הלחץ נמוך יותר. היות והלחץ הגבוה חייב להיות מצידה הימני של הרוח, הרוח תנשב עם כיוון השעון. בגלל כוח החיכוך הרוח יוצאת ממרכז הרמה אל שוליה. זרימה כזאת מכונה "התבדרות".  
האוויר הזורם ממרכז הרמה החוצה: ללא אספקה ממקום אחר, היה נוצר בתוך הרמה ריק. המקום היחיד שממנו עשוי לבוא אוויר שימלא את החלל שנוצר הוא מלמעלה.

**ברמה או ברכס (אזור לחץ גבוה) יורד האוויר למטה, קיימת רוח אנכית כלפי מטה.**

רכס:

מצב דומה לזה שברמה: הרוח חייבת לנשוב עם כיוון השעון ומעט אל מחוץ לרמה.

שקע קפריסאי

- א. שקע חזיתי מתמקם באזור קפריסין הוא מזרים לעברנו אוויר קר ולח, בעל פוטנציאל להתפתחות עננים ומשקעים.
- ב. בצפון הארץ האוויר מעונן וגשום, ערפילי הרים וענני CB.
- ג. בדרום הארץ ישנם פחות עננים, באזור זה נפוצות סופות חול לפני החזית הקרה. לאחר מעבר החזית, כאשר הרוח הופכת לצפון מערבית מתרבים העננים ויש סיכוי למשקעים.

מערכות חורף אחרות

בין השקעים הקפריסאים מופיעים באזורנו רמות.  
רמות אילו נוצרות בשני גופי אוויר –

- א. באוויר קר נוצרת רמה סיבירית. ברמה זו הרוחות מזרחיות והטמפי נמוכות.
- ב. באוויר חמים יבש נוצרת רמה סובטרופית הגורמת למזג אוויר חם נאה ונעים.

אפיקים סוף

זוהי מערכת לחץ- נמוך דרומית, הנוצרת מעל ים סוף ומופיעה באזורנו בעיקר בעונות המעבר.

תופעות הקשורות ברוח :

בריזה :

במשך היום, היבשה מתחממת יותר מהם מאשר הים (בגלל הבדלי קיבול חום). האוויר מעל היבשה חם יותר. לכן צפיפות האוויר מעל היבשה קטנה יותר מהצפיפות מעל הים, ששם קר יותר. מעל היבשה מתפתח אזור לחץ נמוך יותר מאשר מעל הים, והאוויר מתחיל לזרום מן הים אל היבשה. רוח זו נקראת "בריזה ימית" או "בריזה יומית". בישראל רוח זו היא מערבית – מהים אל היבשה.

לעומת זאת בלילות היבשה מתקררת מהר יותר מאשר הים וכבר אחרי חצות, הים הוא חם יותר מן היבשה. כתוצאה מזאת מתפתח מעל הים לחץ נמוך ומעל היבשה לחץ גבוה ומתפתחת זרימה לכיוון הים. רוח זו היא "הבריזה הלילית" או "הבריזה היבשתית" בישראל רוח זו היא מזרחית – מן היבשה אל הים.

חתחות :

באזור מוגבל יחסית מתעוררות רוחות אנכיות עולות ויורדות. לכך יכולות להיות שתי סיבות עקרוניות :

- א. חימום וקרור לא הומוגני של האזור ולכן היווצרות אזורים סמוכים של לחץ נמוך וגבוה.
- ב. מכשולים טופוגרפיים – שטחים סמוכים בעלי גובה יחסי שונה מאוד, הרוח מוכרחה לעלות ולרדת באזורים סמוכים זה לזה.

זרמים כאלה גורמים לטלטולו של מטוס העובר דרכם והם נקראים "חתחות". צורה אחרת לחתחות היא שינוי משמעותי בכיוון ובעוצמת הרוח על פני מרחקים קטנים - בכיוון אופקי או אנכי. שינוי כזה נקרא "גזירת רוח".

## 7. קריאת דיווחי METAR

פירוש המונח METAR הוא : Meteorological Actual Report. זהו דיווח הנמסר ע"י רשויות מטאורולוגיות שונות בעולם לתחנות הפיקוח השונות ולמטוסים.

דוגמא לדיווח METAR :

041750Z EGBB 25032G53KT 210V280 0800 R15/0800 R33/P1500 +TSRA SCT009 BKN015CB 05/M01 Q0975  
BECMG 9999 NSW SCT015

דיווח ה METAR מורכב מכמה חלקים שונים ופרק זה בא להסביר כל חלק ומשמעותיו בדיווח. לצורך זה אשתמש בדיווח המוזכר לעיל.

### • חלק 1 041750Z.

חלק זה מציין את התאריך והזמן. בדוגמא שלפנינו – הרביעי לחודש והשעה 1750 זמן זולו או GMT. בדיווחי METAR לא ניתן התאריך המלא אלא רק היום בחודש.

### • חלק 2 EGBB

חלק זה מציין את שדה התעופה אליו מתייחס הדיווח עפ"י אותיות ICAO, במקרה שלנו, שדה התעופה של ברמינגהם בריטניה.

### • חלק 3 25032G53KT.

חלק זה מציין את מצב הרוחות בשדה.

3 הספרות הראשונות מציינות את כיוון הרוח במעלות, לכן 250 משמעו כיוון הרוח 250 מעלות.

במידה ומופיע 000 משמע שהרוח זניחה או אפסית. **שימו לב רוח בכיוון צפון תצוין 360 ולא 000.**

במידה ומופיע VRB משמע הרוח משתנה תמידית ולא ניתן להעריך את כיוונה העיקרי.

2 הספרות הבאות מציינות את עוצמת הרוח. בדוגמא : 32.

הצירוף הבא מציין את עוצמת המשבים (אם קיימים), בדוגמא : משבים בעוצמה של 53.

בסוף החלק מצוינת המידה בה ניתן הדיווח. KT לקשרים ו MPS למטרים בשנייה. **בד"כ הדיווח יינתן בקשרים אך ייתכנו שדות בהם יינתן הדיווח ב מ"ש'.**

לסיכום : עפ"י הדוגמא – רוחות בכיוון 250 בעוצמה של 32 עם משבים בעוצמה של 53 קשרים.

### • חלק 4 210V280.

חלק זה הינו אופציונאלי וניתן במידה והרוח נושבת בתחום מסוים. בדוגמא – הרוח נושבת בין 210 ל 280 מעלות.

### • חלק 5 0800.

חלק זה מציין את הראות במטרים.

9999 משמעו ראות של יותר מ 10 ק"מ, 3000 = 3000 מטרים, 0800 = 800 מטרים, 0000 = פחות מ 50 מטרים.

ישנם שדות בהם דיווח זה יינתן במיילים יבשתיים, במקרים אלו יתווספו לדיווח האותיות SM. לדוגמא : 5SM משמעו ראות של 5 מיילים יבשתיים.

### • חלק 6 R15/0800 R33/P1500.

חלק זה מציין את טווח הראות למסלולים מסוימים ( RVR ) ויינתן רק במידה והראות למסלול מסוים קטנה מ 2000 מטרים.

בדוגמא : R15 מציין את מסלול 15 בשונה מ R27R שזהו מסלול 27 ימין, והראות למסלול זה היא 800 מטרים – מצוין ב 0800.

במידה והראות גדולה מערך מסוים תתווסף האות P לפני ערך הראות. בדוגמא : הראות למסלול 33 גדולה מ1500 מטרים.

במידה ומצוינת האות D כלומר הראות פוחתת.

במידה ומצוינת האות N כלומר הראות לא משתנה

במידה ומצוינת האות U כלומר הראות גדלה.

במידה והראות למסלול מסוים משתנה בטווח זמן של פחות מחצי שעה, תצוין הראות בצורה 0800V1200, כלומר הראות משתנה בין 800 מטרים ל 1200 מטרים.

### • חלק 7 +TSRA.

חלק זה מציין את מצב מזג האוויר בזמן נתינת הדוח עפ"י הקודים הבאים :

DRIZZLE = DZ = גשם קל

RAIN = RA = גשם

שלג = SNOW = SN  
 ברד קל או רך = SMALL OR SOFT HAIL = GS  
 ברד = HAIL = GR  
 שלג רך = ICE PELLETS = PE  
 גבישי שלג = ICE CRYSTALS = IC  
 סופות רעמים = THUNDERSTORM = TS  
 אובך = HAZE = HZ  
 ערפל דליל = MIST = BR  
 ערפל סמיך = FOG = FG  
 עשן = SMOKE = FU  
 סופת חול = SANDSTORM = SS  
 סופת אבק = DUSTSTORM = DS  
 משבי אבק = DUST DEVILS = PO  
 אבק = DUST = DU  
 חול = SAND = SA  
 סופת פתע (גשם או שלג פתאומי) = SQUALL = SQ  
 עמוד מים או טורנדו או כל ענן היורד בצורת עמוד לקרקע = FUNNEL CLOUD = FC  
 כמות משקעים לא ידועה = UNKNOWN PRECIPITATION = UP

הקודים הבאים אינם יכולים להופיע לבד והם מופיעים רק בנוסף לקודים הנתונים לעיל:

חלש = LIGHT = -  
 חזק = HEAVY = +  
 (ללא סימן) = MODERATE = מתון  
 לאחרונה = RECENT = RE  
 מקפיא, קפוא = FREEZING = FZ  
 מנשבים, נושב = BLOWING = BL  
 סוחף, סחיפה = DRIFTING = DR

דוגמאות לשילובים של מצבי מזג אוויר  
 גשמים ושלגים מעורבים = RASN  
 סופות רעמים עם ברד = TSGR  
 מנשבי שלגים = BLSN  
 גשם קל קפוא = -FZRA  
 גשם שהחל לאחרונה = RERA

בדוגמא שלנו - סופות רעמים וגשמים חזקים.

• חלק 8 SCT009 BKN015CB

חלק זה מציין את מצב העננות וגובהה.  
 שלושת האותיות הראשונות מציינות את כיסוי שכבת העננים של השמים.  
 CLR או SKC או NSC מציינים שמיים נקיים מעננים.  
 FEW מציין עננים בודדים בערכים של 1/8 או 2/8 מהשמיים.  
 SCT מציין עננים מפוזרים בערכים של 3/8 או 4/8 מהשמיים.  
 BKN מציין עננים שבורים בערכים של 5/8 או 6/8 או 7/8 מהשמיים.  
 OVC מציין שכבת עננים מלאה המכסה 8/8 מהשמיים.  
 VV מציין את הראות האנכית.  
 /// - לא ניתן למדוד את הראות האנכית  
 001 - 100 רגל ראות אנכית, 002 - 200 רגל ראות אנכית וכד'  
 שלושת הספרות מציינות את גובה בסיס העננים במאות רגל - 000 מתחת ל 100 רגל, 001 = 100 רגל, 002 = 200 רגל וכו'.  
 אם מופיעות האותיות CB לאחר ריכוז העננים וגובהם כלומר העננים הם מסוג קומולונימבוס.  
 אם מופיעות האותיות TCU לאחר ריכוז העננים וגובהם כלומר העננים הם מסוג קומולוסים גבוהים.  
 במידה ויש כמה שכבות של עננים הם יופיעו אחת אחרי השנייה בשורה.

בדוגמא שלנו - עננים מפוזרים (3/8 או 4/8) בגובה 900 רגל וענני קומולונימבוס שבורים (5/8 או 6/8 או 7/8) בגובה 1500 רגל.

• חלק 9 05/M01

מציין את הטמפרטורה באוויר ואת הטמפרטורה שבה יופיע טל בהתאם ללחות העכשווית (dew point) במעלות צלזיוס.  
 הטמפרטורה מצוינת ע"י שתי הספרות הראשונות, בדוגמא שלנו 05 כלומר 5 מעלות צלזיוס.

שתי הספרות האחרונות ( אחרי ה / ) מציינות את הטמפרטורה שבה יופיע טל באוויר, כלומר הלחות תעלה ויפיעו אדי מים עומדים באוויר.  
M מציינ טמפרטורה שלילית.

בדוגמא : טמפי של 5 מעלות צלזיוס ונקודת לחות של 1- מעלות צלזיוס.

• חלק 10 Q0975.

מציינ את לחץ האוויר בגובה פני הים במיליבר ( QNH ).  
הלחץ הסטנדרטי הוא 1013 מיליבר.

בדוגמא : Q0975 = 975 מיליבר.

• חלק 11 BECMG 9999 NSW.

חלק זה מציינ את התחזית לשעתיים הקרובות.

BECMG = הופך ל...

TEMPO = זמני.

NOSIG = ללא שינוי משמעותי.

NSW = ללא מזג אוויר שונה.

בדוגמא שלנו – מזג האוויר ישתנה לראות של מעל 10 ק"מ ללא שינוי נוסף .

• לפעמים יצוין השינוי בזמנים בהם יתקיים. מצב כזה יתוכם באותיות FM (מ..) ו TIL (עד...) בנוסף לשעות השינוי המיועד.

לסיכום :

הדוגמא שניתנה היא :

041750Z EGBB 25032G53KT 210V280 0800 R15/0800 R33/P1500 +TSRA SCT009 BKN015CB 05/M01  
Q0975 BECMG 9999 NSW SCT015

ופרושה הוא :

דיווח METAR לתאריך ה 4 לחודש שעה 1750 זמן זולו לשדה התעופה EGBB (ברמינגהם בריטניה).  
רוחות בכיוון 250 בעוצמה של 32 עם משבים של 53 קשרים,  
רוח משנה את כיוונה בין 210 ל 280,  
ראות של 800 מטרים.

הראות למסלול 15 היא של 800 מטרים ולמסלול 33 היא גדולה מ 1500 מטרים  
סופות רעמים וגשמים חזקים.

עננות פזורה בגובה 900 רגל וענני קומולונימבוס שבורים בגובה 1500 רגל.

הטמפרטורה היא 5 מעלות צלזיוס, נקודת הלחות בטמפי של 1- מעלות צלזיוס  
הלחץ 0975 מיליבר

מזג האוויר ישתנה בשעתיים הקרובות לראות של מעל 10 ק"מ עם עננים פזורים בגובה 1500 רגל ללא שינויים נוספים.

עכשיו כשלמדנו לפענח את דיווח ה METAR הנה דיווח נוסף מאתגר :

010000Z EHAM VRB02KT 0000 R19R/0050V0250D R01R/0050N R27/0200D R06/0000U +SN +BLSN FZFG  
.VV001 M01/M01 Q0999 BECMG FM0100 03015G25KT 5000 SHSN BKN005CB

והתרגום :

דיווח לתאריך ה 1 לחודש לשדה התעופה EHAM (אמסטרדם) לשעה 0000 זולו.  
רוחות משתנות בעוצמה של 2 קשרים,  
ראות פחות מ 50 מטרים.

ראות למסלול 19 ימין משתנה בין 50 ל 250 מטרים ויורדת

ראות למסלול 01 ימין 50 מטרים ללא שינוי

ראות למסלול 27 200 מטרים ויורדת

ראות למסלול 06 פחות מ 50 מטרים ועולה.

שלגים חזקים, משבי שלג חזקים, ערפל קפוא.

שמים מכוסים עם ראות אנכית של 100 רגל

טמפי 1- מעלות צלזיוס ו DEW POINT של 1- מעלות צלזיוס

לחץ אוויר 999 מיליבר

מזג האוויר ישתנה החל מהשעה 0100 ל :

רוחות בכיוון 030 מעלות בעוצמה של 15 קשרים עד מקסימום של 25 קשרים.

ראות ל 5 ק"מ

שלג כבד

ענני קומולונימבוס שבורים בגובה של 500 רגל

### ג. בעיית ניצול המרחב האווירי

1. שירותי התנועה האווירית באים למלא שתי מטרות עיקריות :
  - א. בקרת התנועה האווירית תוך ניצול יעיל ככל האפשר של המרחב האווירי.
  - ב. לקיים רמת בטיחות מקסימלית.
2. בטיחות בתפעול המרחב האווירי הינה כמובן המטרה העיקרית שלשמה הוקמו שרותי בקרת התעבורה האווירית. שירותי הבקרה מנסים לפעול ברמת הבטיחות המקסימלית הניתנת להשגה, כאשר במרחב הנתון להנחיותיהם קיים מספר נתון של פעילויות אוויריות. כלומר, בעיית שרותי בקרת התנועה האווירית הינה שליטה על נפחים משתנים של פעילות אווירית במרחב נתון מחד, ובקרת כמות המטוסים בכל נקודת זמן לפי תקני בטיחות מקסימאליים אפשריים מאידך.
3. כמות גדלה והולכת של מטוסים במרחב אוויר בעל מימדים נתונים מעלה את ההסתברות לקרבת יתר בין מטוסים. הגידול ב"צפיפות" האווירית מעלה גם את העומס המוטל על שירותי הבקרה האווירית.
4. העומס כולל גם פעילויות תיאום עם בקרת המרחבים הסמוכים, דרכם עוברים המטוסים בטיסתם אל המרחב הנתון וממנו
5. המרחב האווירי הלאומי נתפס כיום כנכס לאומי, ככל נכס טבעי אחר יש לנצלו בצורה הטובה ביותר. במרחב האווירי ניתן להשתמש לצרכים של התעופה הצבאית – לשם הביטחון הלאומי, וכמו כן ניתן להשתמש בו לצרכי התעבורה האזרחית – תורם לרווחה הכלכלית.
6. לכל מרחב אוויר מבוקר בעל מימדים יש "קיבולת" מקסימלית אשר אליה הוא עשוי להגיע. מטרת שירותי הבקרה האווירית, היא להפעיל את המערכת קרוב ככל שניתן ל"קיבולת המקסימלית" אשר נשארת בחזקת נתון תיאורטי. זאת עקב מגבלות בתאום ובתקשורת בין מרכיבי מערכת הבקרה ומגבלות אנושיות של כוח האדם המתפעל את המערכת.

## 7. עקרונות הפיקוח על התנועה האווירית

### 1. שירות פיקוח על תנועה אווירית.

מטרתו של שירות פיקוח על תנועה אווירית הן: (נלקח מ – ANNEX 11 2.2).

1. מניעת התנגשות –
  - א. בין כלי טיס
  - ב. בין כלי טיס לבין מכשולים על פני הקרקע באזור תמרון השדה.
2. הסדרת זרימה שוטפת ותקינה של תעבורה אווירית
3. לתת ייעוץ ומידע שימושי המאפשר את בטיחותם וניהולם היעיל של הטיסות.
4. הזעקת שירותי חילוץ והצלה בעת הצורך

מבנה שירותי התעבורה האווירית :

כדי להשיג את המטרות שפורטו בסעיף הקודם, חולקו שירותי התעבורה האווירית לקטגוריות הבאות:

1. שירותי בקרת תעבורה אווירית – ATCS – Air Traffic Control Service – להשגת מטרות 1,2,3.
2. שירותי מידע תעופתי – FIS – Flight Information Service, להשגת מטרות 3
3. שירותי הזנקת צוותי חילוץ והצלה – Alerting Service – להשגת מטרות 4.

סוגי יחידות התעבורה האווירית ותפקידיהם:

- א. בקרה מרחבית – ACC – Area Control Center – יחידת הבקרה המרחבית מספקת שירותי בקרה מרחבי – Area Control Service – לכל הטיסות במרחב המוגדר כ AREA, ובעיקר הכוונה כאן לשירות הפרדה בין מטוסים.
- ב. יחידת פיקוח גישה Approach Control Unit – היא יחידה המספקת את שירות בקרת הגישה – Approach Control Service. יחידה זו ניתנת הפרדות בין טיסות IFR המגיעות לגישה ונחיתה ולאלו שעוזבות את אזור השדה.
- ג. יחידת פיקוח שדה – Aerodrome Control Unit, תפקידה לספק את שירותי בקרת תנועות השדה. זאת באמצעות ייעוץ ומתן הוראות למטוסים מסיעים, נוחתים, ממריאים ולאלו שנמצאים באזור תנועת השדה. כדי למנוע התנגשויות בין מטוסים ובין מכשולים בשטח השדה תקבל יחידת פיקוח השדה, המגדל, את השליטה גם בתנועת כלי רכב ועובדים בשטח המבצעי של השדה.

### 2. הגדרת חלקי המרחב האווירי בהם יסופקו שירותי תעבורה אווירית

#### 1. אזור מידע טיסה FIR – Flight Information Region

אותם חלקים של מרחב האוויר שהוחלט כי בהם יינתנו שירותי מידע תעופתי ושירותי אזעקה יהיו את ה FIR. ה FIR הוא מעין "חבילה" תעופתית, בהיותו כולל את מגוון השירותים התעופתיים. במקרים רבים חופפים תחומי ה FIR את תחומי המרחב האווירי הלאומי של מדינה מסוימת – כזה הוא המצב בישראל.

#### 2. מרחבי בקרה ואזורי בקרה Control Zones & Control Areas

אותם חלקים של מרחב האוויר שהוחלט כי בהם יינתנו שירותי בקרה לתנועה אווירית.

א. מרחבי בקרה – מרחבי בקרה כוללים בתוכם נתיבי אוויר (AIRWAYS) ומרחבים טרמינליים – Terminal Control Area (TMA). תחומם נקבע כך שמרחב האוויר יהיה מספיק להכיל את נתיבי ה IFR בהם רוצים לתת את שירותי הבקרה.

תחומי המרחב נקבעים בהתחשבות בנתוני מערכות העזר לניווט המוצבות באותו אזור:

1. מרחב אוויר מבוקר (Controlled Area – CTA) מוגדר כך: מרחב אוויר מבוקר המשתרע מגובה מסוים מעל פני הקרקע עד אינסוף אלא אם כן מצוין אחרת.
2. מרחב טרמינלי – TMA נמצא בדרך כלל בסמיכות למספר שדות תעופה או אזור בו מתכנסים נתיבי טיסה רבים. ה – TMA במרכזה של ישראל נקרא TMA בן גוריון. במרחבו נמצאים מספר שדות תעופה ונתיבי אוויר המתכנסים לתוכו. התנועה האווירית במרחב זה מנוהלת ממגדל הפיקוח בשדה בן-גוריון מעמדת פיקוח ה TMA.

#### ב. אזור בקרה CTR – Control Zone

אזור בקרה כולל את חלקי המרחב האווירי שאינם חלק ממרחבי הבקרה. בתוכו כלולים נתיבי הגישה והעזיבה לטיסות IFR ונקודות דיווח ל VFR, בדרך כלל ל – CTR רדיוס של 5 מייל ימי סביב נקודת ההתייחסות של השדה, והוא משתרע מגובה פני הקרקע עד לגובה מסוים.

חלוקת אזורים –

אזור אסור לטיסה – אזור המוגדר בשטח ובגובה בפמ"ת (פרסום מידע תעופתי פנים ארצי – AIP) שהטיסה בו אסורה אלא אם כן ניתן אישור מיוחד מראש, מאת מי שנקבע לכך בפמ"ת  
אזור מוגבל לטיסה – אזור שהטיסה בו מוגבלת בשטח, בגובה, בזמן או במגבלות אחרות, אלא אם כן ניתן אישור מראש לחרוג מהמגבלות.  
אזור מסוכן לטיסה – אזור שבו עלולות להתקיים פעילויות או תופעות מסוכנות לטיסה. לא יפעיל אדם כלי טיס באזור מסוכן לטיסה אלא אם הטיס המפקד של כלי הטיס שקל את המידע ומשוכנע כי לא נשקפת סכנה לבטיחות טיסתו באותו אזור.  
אזור אימונים – מרחב אוויר מבוקר התחום בגובה, בשטח ובזמן ב AIP ושבו מתבצעים אימוני טיסה.

פרוזדור אוויר – (AIRWAY) מרחב אווירי מבוקר או חלק ממנו התחום בין גבהים מוגדרים, משני צידיו של ציר מרכזי. הציר המרכזי של כל קטע בפרוזדור האוויר הינו קו ישר המחבר נקודות ציון גיאוגרפיות (נ"צ, יישוב, צומת וכד') המבטאות ע"י עזרי ניווט. רוחבו 10 מייל ימי והטיסה מתבצעת בציר המרכזי של הנתב.  
ATS ROUTS – נתיב טיסה המוגדר ברוחב של 6 מייל ימי, בו הטיסה מתבצעת מעזר ניווט אחד לעזר הניווט המוגדר אחריו ונתיב, and טיסת מכשירים.

### 3. סוגי אזורי טיסה – Airspace Classifications

המרחב האווירי מחולק ל-7 סוגים של בקרה. בישראל קיימים רק שני סוגים A ו C.

- א. CLASS A - מרחב אווירי בו יטוסו טיסות IFR בלבד, הפקח-בקר יבצע הפרדות בין כל המטוסים (כולם טסים IFR), אין מגבלות מז"א לביצוע הטיסה, אין הגבלות מהירות לביצוע הטיסה ובמהלך כל זמן הטיסה הטייס מחויב בקיום קשר דו כיווני מול הגורם המבקר.
- ב. CLASS B - מרחב אווירי בו יטוסו טיסות IFR וטיסות VFR, הגורם המבקר יבצע הפרדות בין כל המטוסים, אין הגבלות מהירות לאף אחד מהמטוסים, כל המטוסים (הטסים IFR ו VFR) ישמרו על קשר דו כיווני מול הגורם המבקר. מגבלות מז"א : ב IFR אין מגבלות, ב VFR ההגבלות הן : השמיים נקיים מעננות, ראות של 8 ק"מ מעל 10000 רגל, ראות של 5 ק"מ מתחת ל 10000 רגל.
- ג. CLASS C - במרחב אווירי זה יטוסו טיסות IFR וטיסות VFR, הגורם המבקר יבצע את ההפרדות הבאות : יפריד IFR מ, IFR מ IFR, ו VFR מ – IFR. לא תתבצע הפרדה בין טיסות VFR ל VFR רק תינתן התראה והמלצה לביצוע הפרדה. לטיסות IFR לא תהייה הגבלת מהירות או מז"א. הגבלות מז"א לטיסות VFR : ראות של 8 ק"מ מעל גובה 10000 רגל, ראות של 5 ק"מ מתחת לגובה 10000 רגל, שמירת מהירות אנכית של 1000 רגל מהעננים ומרחק אופקי של 1500 מטר מהעננים. הגבלת מהירות לטיסות IFR - 250 קשר מתחת לגובה של 10000 רגל.
- ד. CLASS D-G - מרחבים אוויריים בהן לא מתבצעות הפרדות בין מטוסים שטסים VFR למטוסים אחרים. בחלק מהמרחבים אף אין הפרדה בין טיסות IFR למטוסים אחרים, בכל המקרים שירות הבקרה שניתן הוא שירות מידע תעופתי בלבד.

#### 4. כללי טיסה

##### א. כללי

כללי זכות קדימה – מטוס שהינו בעל זכות קדימה ע"פ מטוס אחר ימשיך בגובה ובכיוון המקורי של טיסתו, אך עיקרון זה אינו גורע מאחריותו של הטייס לבצע פעולות התחמקות מפני התנגשות. כל אדם הקשור בהטסת כלי טיס יקיים הסתכלות והשגחה מתמדת להמצאות כלי טיס אחרים, על מנת למנוע התקרבות שיש בה משום סכנה. מצב מצוקה – DISTRESS - לכלי טיס במצב מצוקה זכות קדימה על פני כל יתר כלי הטיס. נתיב התנגשות חזיתי – HEAD ON - כאשר שני מטוסים מתקרבים חזיתית זה מול זה בנתיב התנגשות, חייב כל אחד מהם לפנות ימינה. נתיבים מצטלבים – Aircraft on Crossing Tracks – טייס הטס בנתיב מתנגש למטוס שני המגיה מימינו יפנה לו דרך.

עדיפויות לכלי טיס :

- בלון
- דאון
- ספינת אוויר
- מטוס גורר
- מטוס
- מסוק

מטוס משיג – כמטוס משיג ייחשב מטוס המתקרב למטוס שני מאחור במהירות סגירה. למטוס הנמצא קדימה יותר זכות קדימה, בין אם הוא בטיסה אופקית ישרה, נסיקה או הנמכה. המטוס המשיג חייב להימנע מלהפריע וזאת ע"י שינוי כיוון ימינה, עד אשר הוא עובר את המטוס הנמצא לפניו ואינו מפריע לו עוד. נחיתה – מטוס בטיסה או על הקרקע יפנה דרך למטוס בנחיתה או בגישה סופית לנחיתה. כששני כלי טיס או יותר באים לנחיתה, המטוס הנמצא גבוה יותר יפנה דרך למטוס הנמוך, אבל המטוס הנמוך לא ינצל חוק זה על מנת "לחתוך" מטוס אחר הנמצא בגישה ולא ישיגו.

מהירות טיסת כלי טיס מרבית –

- מתחת לגובה 10000 רגל – 250 קשר
- בנתיבי תובלה 180 קשר
- בתחומי פיקוח של שדות תעופה
- 1. כלי טיס ממונע בוכנה – 156 קשר
- 2. כלי טייס ממונע טורבינה 200.

##### ב. כללי טיסת ראייה מבוקרת (כטר"מ CVFR).

כללי טיסת ראייה (VFR) רגילים החלים על מרחבי אוויר בלתי מבוקרים אינם ישימים במדינת ישראל. טיסת ראייה במדינת ישראל היא טיסה מבוקרת ונקראת טיסת ראייה מבוקרת. Visual Meteorological Conditions – VMC – תנאים מטאורולוגיים המאפשרים ניווט, דיווח והפרדה – תוך התייחסות חזותית. כללי טיסת ראייה מבוקרת –

1. טיסה לפי כטר"מ תבצע בשעות היום בלבד, פרט לטיסה באזורי פיקוח בשה תעופה.
  2. הטיסה בשעות הלילה תבצע בתנאים הבאים :
    - א. הטיסה מבוצעת בתחום אזור הפיקוח של שדה תעופה.
    - ב. הטיסה מבוצעת באזור או בנתיב טיסה המפורסמים בפמ"ת (בתנאי שלא צוין שאסור לטוס בו בלילה)
    - ג. הטייס קיבל הסמכה לטוס בו בלילה.
  3. מפעיל כלי הטיס יודא במשך כל זמן טיסתו את הדברים הבאים :
    - א. קיום קשר עין רצוף עם הקרקע.
    - ב. קיום ראות אופקית של 5 ק"מ לפחות – בטיסה מתחת ל 10000 רגל (8 ק"מ ראות מעל 10000 רגל).
    - ג. שמירת מרחק אופקי של 1500 מטר לפחות מהעננים.
    - ד. שמירת מרחק אנכי של 1000 רגל מהעננים.
    - ה. כאשר כמות העננים עולה על 4/8 מפני השמיים :
      - שמירת מרחק אנכי של 1000 רגל לפחות מתחת לגובה בסיס העננים.
      - אין להמריא או לנחות בשדה אם בסיס הענן נמוך מגובה 1500 רגל מעפ"ש.
- ו. כאשר הטיסה מבוצעת ב – CTR הימנעות מוחלטת מטיסה מעל עננים, בכל כמות שהיא.  
ז. הימנעות מכניסה לעננים

4. גובה טיסה מזערי בכטר"מ (למעט בהמראה ובנחיתה) יהיה :

ביום :

- א. מעל אזורים מאוכלסים 1000 רגל מעל העצם הגבוה ביותר ברדיוס של 600 מטר מכלי הטיס (בכל מקרה לא נמוך מגובה כזה שיאפשר נחיתה במקרה חרום ללא פגיעה בבני אדם וללא גרימת נזק לרכוש על פני הקרקע).
- ב. מעל אזורים ושטחים אחרים – 500 רגל מעל העצם הגבוה ביותר ברדיוס של 600 מטר מכלי הטיס.

בלילה :

- א. באזור שבו פני הקרקע נמוכים מ 5000 רגל מעל פני הים – לפחות 1000 רגל מעל העצם הגבוה ביותר ברדיוס של 3 ק"מ מכלי הטיס.
- ב. באזור שבו פני השטח הם מעל 5000 רגל מעל פני הים – לפחות 2000 רגל מעל העצם הגבוה ביותר ברדיוס של 3 ק"מ מכלי הטיס.

5. גובה מרבי לטיסה לפי כטר"מ הינו 20000 רגל מעל פני הקרקע או רום טיסה FL200 מעל הים.

6. מהירות טיסה תהיה מתחת למהירות הקול.

**בטיסת כט"ר האחוריות להפרת המטוס ממטוסים אחרים בסביבתו הקרובה נופלת על הטייס עצמו.**

ג. כללי טיסת כט"ר מיוחד (SVFR).

כאשר תנאי מזג האוויר הם מתחת לרמה הנדרשת לטיסות עפ"י כט"ר מבוקר (CVFR) יכולה הטיסה להתבצע עפ"י כט"ר מיוחד (Special VFR) בתנאים אלו :

1. הטיסה היא באזור פיקוח שדה וביום בלבד. (אין טיסות ראייה בלילה)
2. הטייס המפקד הוא בעל ניסיון של לפחות 150 שעות טיסה.
3. מפעיל כלי הטייס יודא משך כל זמן הטיסה את כל אלה :
  - א. קיום קשר מתמיד עם הקרקע ועם מסלול הנחיתה.
  - ב. ראות אופקית של 1500 מטר לפחות.
  - ג. שמירת מרחק אופקי של 1500 מטר מהעננים והימנעות מטיסה בתוך ענן
  - ד. הימנעות מטיסה מעל עננים בכל כמות שהיא.
  - ה. כאשר יש יותר מ- 4/8 עננים – שמירת מרחק אנכי של לפחות 200 רגל מתחת לבסיס הענן.
  - ו. למטוס קשר רדיו דו כיווני אמין אוויר קרקע.
4. לא ימריא מפעיל כלי טיס לטיסה לפי כטר"מ אלא אם :
  - תנאי מזג האוויר מאפשרים ביצוע הטיסה כולה בהתאם להגבלות שפורטו לעיל.
  - קיבל אישור לכך מראש ממגדל הפיקוח.

בין טיסות SVFR יתקיימו הפרדות IFR, זאת מלבד למקרה שלפחות יש קשר עין עם כל המטוסים, או כאשר למטוסים הנוגעים בדבר יש קשר עין אחד עם כל המטוסים, או כאשר למטוסים הנוגעים בדבר יש קשר עין אחד עם רעהו והם יכולים לשמור על הפרדה ביניהם. כאשר הראות פחות מ 1.5 ק"מ רק מטוס אחד יורשה לתרגל ב- CTR – כשהוא שומר על האזנה מתמדת.

ד. כללי טיסת מכשירים (IFR).

טיסת מכשירים (Instrument Flight Rules) הנה טיסה המבוצעת תוך הסתמכות על הטייס בניווט המטוס על פי נתונים הנקלטים במטוס מעזרי ניווט אלקטרוניים קרקעיים ועל נתוני הטיסה של מכשירי מצב הטיסה העצמאיים של המטוס. ניתן לטוס טיסת מכשירים גם כאשר שוררים תנאי מזג אוויר לטיסה בראייה.

Instrument Flight Rules – IMC – תנאים מטאורולוגיים המחייבים טיסה תוך התייחסות למכשירים.

תנאים לטיסת כט"מ :

1. המטוס מצויד במכשור המתאים לנתיב אותו הוא רוצה לבצע.
2. בכלי הטיס מצויים תרשימים ומפות המפרטים את נתיבי הטיסה ואת תהליכי הגישה והנמכת המכשירים, בנוסף מצויים נהלי חרום למקרה של אובדן קשר אלחוט בין המטוס ליחידת הבקרה.
3. לאנשי הצוות רישיונות והגדרי טיסה מתאימים
4. לאורך נתיב הטיסה המתוכנן ובשדה התעופה המתוכנן לנחיתה מצויים עזרי ניווט שמישים ומופעלים.
5. אם לא כל הטיסה יכולה להתבצע בכללי טיסת מכשירים (אין תהליך גישת מכשירים בשדה היעד, קטע מנתיב הטיסה מוגדר לטיסת ראייה בלבד) לא יגיש מפעיל כלי הטיס את תכנית הטיסה לפי כט"מ ולא יפעיל את כלי הטיס.

גובה מזערי לפי כט"מ :

גובה מזערי בנתיב- Minimum Enroute Altitude – MEA – הגובה שפורסם לנתיב בהתחשב בהפרדה הנדרשת מעל מכשולים קרקעיים ומנתיבי טיסה או אזורי טיסה אחרים הנמצאים מתחתיו.

גובה בטחון גורתי – Minimum Sector Altitude – MSA – זהו הגובה המזערי המפורסם בדפיות מכשירים המשמש כגובה מזערי לטיסה כל זמן שהמטוס בתהליך לא הגיע / איבד את נתוני הטיסה הדרושים לאחד מקטעי התהליך.  
גובה חצייה מזערי – Minimum Crossing Altitude – MCA - מפעיל כלי הטיס יתחיל בטיפוס לגובה המזערי החדש מיד עם מעבר הנקודה בה מתחיל הגובה המזערי החדש, אולם אם בנתיב הטיסה קיימים מכשולי טיסה שמחייבים טיפוס מוקדם, תצוין נקודת המעבר בגובה מזערי לחצייה (MCA) ואז תבוצע חציית הנקודה בגובה MCA ומעליו.

אם לא נקבעו גבהים מינימאליים כאמור יהיה הגובה המזערי :

1. 1000 רגל מעל העצם הגבוה ביותר ברדיוס של 8 ק"מ מכלי הטיס – כשפני השטח נמוכים מ- 5000 מעפ"י
2. 2000 רגל מעל העצם הגבוה ביותר ברדיוס של 8 ק"מ – כשפני השטח כבוהים מ- 5000 רגל מעפ"י

גובה מרבי לטיסה לפי כטי"מ

הגובה המרבי לטיסה הנו 100,000 רגל או גובה שיוט FL1000.

מינימא להמראה :

לא ימריא מטוס לטיסה משדה תעופה אזרחי אלא אם תנאי מזג האוויר שווים או גבוהים מהמינימא להמראה שנקבעה לאותו שדה. אם לא פורסמה מינימא להמראה בשדה מסוים, תחול המינימא להמראה הזו :

1. כלי טיס חד או דו מנועי – ראות מזערית של 1500 מטר.
2. כלי טיס בעל יותר מ-2 מנועים – ראות מזערית של 800 מטר.

מינימא לנחיתה :

א. מפעיל כלי טיס לא ינמיך מתחת לגובה ההנמכה המזערי ( Minimum Descent Altitude – MDA ) ולא ימשיך בביצוע גישת מכשירים מתחת לגובה ההחלטה ( Decision Height – DH ) אלא אם

1. מפתן הנחיתה של המסלול המיועד לנחיתה או אורות הגישה וסימונים אחרים המזוהים עם אותו מפתן/ מסלול נראים בברור לטייס.
2. כלי הטיס נמצא במקום שממנו ניתן לבצע גישה רגילה למסלול המיועד לנחיתה.

ב. אם בהגעת כלי הטיס לנקודת החטאת הגישה ( Missed Approach Point – MAP ) או לנקודת גובה ההחלטה ( DH ) או בכל עת אחרת לאחר מכן לא מתקיימת אחת מהדרישות המצוינות לעיל, יבצע הטייס מיידית את תהליך החטאת הגישה – הליכה סביב.

שינוי מ- IFR ל- VFR (תוך טיסה) :

1. טייס המבקש לשנות את המשך טיסתו מ- IFR ל- VFR יודיע לרשויות הבקרה על השינוי המבוקש ועל הסטיות מהתכנית המקורית שיתרחשו עקב השינוי.
2. מטוס בטיסת IFR הנכנס לתחום אווירי בו שוררים תנאי VMC לא יבקש לבטל את טיסתו לפי מרשה IFR לפני שיוודא כי יוכל להמשיך ב- VMC פרק זמן משמעותי.

נתיבי טיסה בכטי"מ – ATS

- טיסה בנתיב ATS מותרת :

- א. עפ"י כללי טיסת מכשירים IFR בכל מזג אוויר.
- ב. מפקדי מטוסים בעלי הגדר מכשירים בתוקף.

- הפרדה אנכית תקנית בנתיב ATS הינה 1000 רגל.
- נתיבי טיסת מכשירים המפורסמים במפת נתיבי ATS מבוססים על עזרי ניווט VOR. הטיסה מתבצעת בקו האמצע של הנתיב או פרוזודור ברובם (בישראל) 3 מייל מכל צד של מרכז הנתיב.
- אין לתכנן טיסה בנתיב ATS בהתאם לכללי כטי"מ (CVFR).

מעבר מנתיב ATS לנתיב CVFR – יעשה בתנאים הבאים :

1. חובת הטייס לשאת עימו מפת ATS ומפת נתיבי CVFR.
2. בשכבת המעבר בין הנתיבים שוררים תנאי ראייה ולטייס קשר עין עם הקרקע.
3. הטייס הודיע על ביטול תכנית טיסה לפי מכשירים IFR.
4. המעבר מבוצע במקום בו שני הנתיבים חופפים / קרובים אנכית.
5. יחידת הבקרה אישרה בזמן אמת את ביצוע המעבר.
6. הטיסה בנתיב CVFR עומדת בתנאים של טיסה בראייה בנתיב CVFR.

מעבר מנתיב CVFR לנתיב ATS – מותנה בקיום התנאים האלו :

1. המעבר צוין בתכנית הטיסה שאושרה ע"י מודיעין טיס.
2. בשכבת המעבר בין הנתיבים שוררים תנאי ראייה VMC.
3. המעבר מבוצע במקום בו שני הנתיבים חופפים / קרובים אנכית.
4. יחידת הפת"א אישרה בזמן אמת את ביצוע המעבר, כולל גובה הצטרפות בנתיב ה-ATS.

העברת פיקוח – בחלק ממרחבי הטיסה נעשית בקרת הנתיבים ע"י שני בקרים שונים, העברת הערוצים תבצע כך :  
 - במעבר מנתיב ATS ל CVFR - העברת הפיקוח תבצע 500 רגל מעל לגובה הטיסה הגבוה ביותר המצוין בקטע נתיב ה CVFR אליו מצטרף המטוס.  
 - במעבר מנתיב CVFR לנתיב ATS - העברת הפיקוח על המטוס תבצע 1000 רגל מתחת לגובה הטיסה המזערי של קטע נתיב ה - ATS אליו מצטרף המטוס.

#### ה. הפרדת טיסות IFR אזרחיות

**למרות שהאחריות להפרדת טיסות IFR מוטלת על שירותי בקרת התנועה האווירית, ינקוט טיס הרואה בטיסת IFR מטוסים אחרים בקרבה שאינה עולה בקנה מידה אחד עם קריטריוני ההפרדה – פעולות התחמקות.**

#### 1. הפרדה אנכית – RVSM ו CVSM

א. ההפרדה האנכית המקובלת בתעופה אזרחית היא 1000 רגל, מעל 29000 רגל ההפרדה האנכית היא 2000 רגל. זוהי ההפרדה למטוסים הטסים בכיוונים מנוגדים שנכנסה לתוקפה בשנת 2002 ונקראת Reduced Vertical Separation Minimum. שיטת ה RVSM קובעת שמטוסים הטסים בכיוונים מגנטיים של בין 000 ל 179 מעלות יטוסו בגבהים אי זוגיים לדוגמא FL 50 / 110 / 290 בכל הגבהים עד FL410 ומעל FL410 יטוסו במרווחים של 4000 רגל כלומר: 490 / 450 / FL410 וכן הלאה. בכיוונים מגנטיים של 180-359 מעלות יטוסו המטוסים בגבהים זוגיים עד FL400 ומשם ימשיכו שוב הפרשים של 4000 – FL 430 / 470 וכן הלאה.

ב. השיטה השנייה נקראת Conventional Vertical Separation Minimum = CVSM = ובשיטה זו טסים בהפרשים של 2000 רגל בין הגבהים באותה צורה (000 – 179 אי זוגיים ו 180 – 359 זוגיים) עד גובה של FL290. לאחר גובה זה ההפרשים בין הגבהים נהיים בהפרשים של 4000 בכל מקרה כלומר : אי זוגי = FL 290 / 330 / 370 וכן הלאה, וזוגי = FL280 / 310 / 350 / 390. יש לשים לב שהגבהים שהיו זוגיים בשיטת RVSM השתנו לאי זוגיים ב CFMS בגבהים שמעל FL290 וזאת על מנת לשמור על הפרדה של 2000 רגל בין מטוסים בכיוונים מנוגדים.

ג. השיטות השונות מופעלות במקומות שונים בעולם. בישראל השיטה היא RVSM כמו גם באירופה ובכל תחום האוקיינוס האטלנטי הצפוני והדרומי, אמריקה כולה והאוקיינוס השקט. מעל גובה FL410 השיטה המקובלת היא שוב CVSM. באסיה ובאפריקה עוד לא נכנסו שינויי ה RVSM ועדיין משתמשים ב CVSM.

ד. הבקר – פקח יפריד גבהים בין טיסות רק לאחר שיוודא כי 2 המטוסים המופרדים זה מזה מתייחסים לאותה מערכת לחץ ברומטרי. אם אין הקפדה על נקודה זו, עלול להיפגע הקריטריון של מרחק אבסולוטי מינימאלי להפרדה.

#### 2. הפרדה רוחבית –

כאשר מטוסים טסים בנתיבים נחצים וברצוננו להעביר אחד מהם דרך גובהו של השני ייתכנו 3 אפשרויות :

- א. הפרדה רוחבית כאשר נקודת החצייה מוגדרת באמצעות VOR, מושגת כאשר שני המטוסים במרחק של לפחות 15 מייל ימי מה VOR וזווית הפתיחה בין שני הנתיבים היא בת לפחות 15 מעלות.
- ב. אם במקום ה VOR הייתה מוצבת משואת HF (Radio Compass) הייתה מתקבלת הפרדה רוחבית של 15 מייל, אך בזווית פתיחה של 30 מעלות.
- ג. כאשר מטוסים משייטים בנתיבים נחצים המבוצעים לפי "נווטות טיס" (מתבססת על מצפן שעות ומד מהירות), נקבל הפרדה רוחבית מספקת, כאשר המטוסים נמצאים במרחק של לפחות 15 מייל מנקודת החצייה המשוערת (מאחר ואינה מוגדרת במדויק ע"י אמצעי עזר לניווט) וזווית הפתיחה בין הנתיבים היא לפחות 45 מעלות. נקודת החצייה יכולה להיות מוגדרת כהצטלבות קרני רדיו, אך גם במקרה מעין זה דרגת הדיוק בדיווח נמוכה ביחס לטיסה בנתיב ממוכשר.

#### 3. הפרדה אורכית

הפרדות אורכיות לפי זמן :

- א. כאשר שני המטוסים טסים באותו גובה ובאותו נתיב ייתכנו 2 מצבים :
  1. הנתיב בו טסים המטוסים אינו מצויד בעזרי ניווט – ההפרדה האורכית לפי זמן היא 15 דקות.
  2. הנתיב מצויד בעזרי ניווט – וההפרדה האורכית לפי זמן תהיה 10 דקות.
- ב. כאשר שני המטוסים ממריאים מאותו שדה לאותו גובה ולאותו נתיב והמטוס הראשון מהיר מזה שאחריו ב-20 קשר לפחות, תהיה ההפרדה האורכית המבוססת על זמן – 5 דקות.
- ג. אם מהירות המטוס הראשון גדולה ב-40 קשר ממהירות המטוס השני ההפרדה האורכית לפי זמן תהיה 3 דקות.

ד. כאשר שני מטוסים טסים באותו נתיב בכיוונים הפוכים והנתיב אינו ממוכשר, תשמר הפרדה אורכית בת 10 דקות לפחות לפני זמן החליפה המשוער או אחרי, ורק לאחר מכן יורשה מטוס אחד להמשיך בהנמכה והשני לטפס.

הפרדות אורכיות לפי מרחק:

- א. כאשר נתיבי המטוסים ממוכשרים, ולאורכם מוצבים מכשירי VOR יחד עם מכשירי DME – Distance Measurement Equipment, תהיה ההפרדה האורכית מבוססת על מרחק, 20 מייל. תנאי לביצוע ההפרדות המבוססות על מרחק הוא קשר רדיו אמין דו כיווני המאפשר ליחידת הבקרה הקרקעיות לקבל קריאות מרחק תוך הסתייעות ב-DME מהטייסים שמטוסיהם מופרדים, קריאות המרחק ייעשו ברווחי זמן, כך שיחידות הבקרה יוכלו לוודא כי נשמרת ההפרדה המינימאלית הנדרשת.
- ב. כאשר המטוס הראשון בנתיב מהיר ב- 20 קשר לפחות, אפשר לצמצם את ההפרדה האורכית המתבססת על מרחק ו DME ל- 10 מייל.
- ג. כאשר מטוסים טסים בנתיבים המתכנסים לאותו עזר ניווט DME +, תהיה ההפרדה בת 20 מייל בין המטוס הראשון שמגיע לתחנה לבין זה שאחריו.
- ד. בנתיבים מתכנסים כשהראשון מהיר ב- 20 קשר לפחות ההפרדה תהיה 10 מייל.

#### 4. הפרדת מכ"מ –

- א. בקרת המכ"מ הניתנת במרחב פיקוח צפון ודרום ובמרחב TMA נתב"ג כוללת את השירותים הבאים:
  1. מתן הפרדות בין מטוסים הטסים לפי כללי טיסת מכשירי IFR
  2. השגחה על תעבורה אווירית המתנהלת בנתיבי CVFR קבועים.
  3. ויסות תנועת מטוסים אל שדות תעופה ומהם, תוך ביצוע הפרדה בין מטוסים הנתונים בבקרת המכ"מ.
  4. מתן מידע לטייסים על מוקדי סערת מזג אוויר – אם נראה במכ"מ – שירות זה ניתן במרחב TMA נתב"ג בלבד.
  5. ריתוק מטוסים בנקודות שלאורך נתיבי הטיסה בעת הצורך.
  6. מתן עזרה למטוס במצב חרום או לפי בקשת הטיס.
  7. סיוע למטוסים המבצעים גישת מכשירים עצמאית במתן הכוונה לנקודת תחילת התהליך.
  8. הכוונת מטוסים מחוץ לנתיבי ATS קבועים, על פי הצורך, לזירוז התעבורה האווירית במרחב אחריות היחידה.
- הפרדת מכ"מ משלבת למעשה אינפורמציה תלת-ממדית הבאה ישירות ממכ"מ שניוני (Secondary Radar) או משילוב PPI עם מכ"מ גובה (Plain Position Indicator – PPI).
- מאחר והבקר – פקח "רואה" את המטרות, כך שפענוח מיקומם היחסי במרחב לוקח פחות זמן, הרי אפשר לקבוע הפרדה קטנה יותר.
- ההפרדה המישורית בין מטרות מזהות הנעות על לוח התצוגה היא 5 מייל – למטוסים המבוקרים ע"י בן גוריון. מרחק זה נמדד בין מרכזי ההדים הראשוניים (Primary Radar Echoes) במכ"מ דיוק.
- תשמר הפרדה של מישורית של 10 מייל בין מטוסים המבוקרים ע"י פיקוח דרום ופיקוח תל אביב. בחירום מסופקת הפרדה של 10 מייל.
- בטיסה מחוץ לנתיבי טיסה קבועים ישמור הטייס את נתוני הטיסה כפי שנמסרו לו ע"י הפקח- בקר במרשה האחרון, עד קבלת נתונים חדשים ו/או עד התייצבותו בנתיב טיסה קבוע, או בקטע של תהליך גישת מכשירים.
- בקרת מכ"מ יכולה להינתן הן למטוס הטס בתנאי IMC והן למטוס הטס בתנאי VMC.
- למטוס הטס בנתיבי התובלה הנמוכים (CVFR) יינתן שירות בקרת מכ"מ לייעוץ בלבד.

ב. שימוש במכ"מ בשירותי פיקוח טיסה-

השימוש במכ"מ למתן שירותי תעבורה אווירית מוגבל לשטח נתון הנמצא בתחום כיסוי המכ"מ. בנוסף למגבלה זו קיימות מגבלות אחרות שיפורסמו ע"י רשויות ה-ATS.

1. אינפורמציה של SSR (טרנספונדר) בלי הופעת ההד של המטוס על המכשיר לא תינתן בדרך כלל לצורך ביצוע הפרדה בין מטוסים.
2. מספר מטוסים שיקבלו שירותי מכ"מ במקביל לא יעלה על מספר המאפשר בקרת מטוסים בטוחה בתנאים הקיימים ותוך התחשבות בגורמים הבאים:
  - א. דרגת האמינות של מכשירי המכ"מ והקשר במערכת
  - ב. הכישורים והיכולת של בקר המכ"מ.
  - ג. מספר ה"בליפים" על המסך המופיעים בקטע מרחב האוויר שבאחריות הבקר המפעיל.
  - ד. ההסתברות של תקלה במכשיר או סכנה אחרת אשר תגרום לצורך בהפעלה נוהלית.
3. הבקר העובד עם המכ"מ יהיה אחראי לכיוון המכשיר ולביצוע בדיקות למידת דיוקו. זאת באמצעות הוראות טכניות המפורסמות ע"י רשות מתאימה.
4. הבקר יודא שהאינפורמציה המתקבלת על המשך מתאימה לפונקציות אותן עליו לבצע. יש לשים לב שהאינפורמציה של הזע"ט (טרנספונדר) לא תופיע לבד, חיוני שהד המכ"מ עצמו יופיע לשם ביצוע שירותי הפיקוח.
5. ה-ATS יפרסמו את הנוהל לגבי הקוד של הטרנספונדר. הליך זה יהיה מבוסס על העקרונות הבאים:
  - א. כלי הטיס מורשה לטוס במרחב האווירי של מדינת ישראל רק בתנאי שמותקן ומופעל בו טרנספונדר תקין.
  - ב. מספר הקודים שעל המטוס לשנות יהיה המינימום הדרוש לצורך ATC.
  - ג. כאשר נחוץ לבצע זיהוי פרטי למטוס מסוים יעבור כל מטוס לקוד שונה.

- ד. כאשר קוד מסוים נמסר למטוס, יודא הבקר בהזדמנות הראשונה אם המטוס אכן כיוון לקוד המתאים.  
ה. כאשר מטוס חייב לכוון את הקוד מבלי לכוון הוראות ספציפיות של שירותי הבקרה האווירית וזאת לפני היכנסו לאזור הפיקוח, הוא ישים את הקוד על 20 (2000).  
ו. משך כל זמן טיסתו יפעיל הטייס את מכשירי הזע"ט בקוד מקבוצת הקודים הבאים:

- 31 (3100) – בטיסות אימונים המבוצעות בתחום TMA נתב"ג  
32 (3200-3277) – בטיסות בינלאומיות במרחב האווירי של ישראל.  
42 (4200-4277) – בטיסות בינלאומיות הנכנסות למרחב האווירי של ישראל.  
50 (5000) – בטיסות פנים ארציות המבוצעות בנתיבי ATS.  
51 – בטיסות CVFR / בטיסות מסוקי משטרת ישראל.  
64 (6400-6477) – בטיסות בינלאומיות היוצאות מישראל.  
75 (7500) – במקרה של חטיפת מטוס.  
76 (7600) – בעת תקלת קשר במטוס.  
77 (7700) – בעת מצוקה או מצב חרום במטוס.

6. לפני שנותנים שירות מכ"מ למטוס, יש לוודא את זיהויו.

ג. זיהוי מכ"מ ייעשה באחת מהשיטות הבאות:

1. ע"י יחוס "בלפי" מכ"מ מסוים עם מטוס שדיווח על מקום הימצאו, או שהמטוס מדווח על כיוון ומרחק מתחנה מסוימת הנמצאת בתחום המופיע על מסך התצוגה.  
2. על ידי מתן הוראות לבצע שינוי כיוון בשיעור של 30 מעלות או יותר ועל ידי יחוס תנועת ה"בלפי" על מסך התצוגה למטוס אשר נתבקש לבצע את הפניות.  
3. כאשר נעשה שימוש בזע"ט, ניתן לזהות את המטוס ע"י שינוי הקוד.  
4. **ASRC - FLIGHT SIMULATOR - ניתן לבקש מהטייס לבצע IDENT ואז יתבהב המטוס על מסך התצוגה.**

ד. העברת זיהוי מטוסים על מסך תצוגה מבקר לבקר.

1. העברת זיהוי של הד מטוס, יבוצע כאשר ברור כי הזיהוי המועבר, נמצא גם בתחום כיסוי המכ"מ של הבקר המקביל.  
2. כאשר שני הבקרים יושבים בסמוך זה לזה תבוצע ההעברה ע"י כך שהבקר המעביר יצביע על ההד של המטוס המועבר לסמכות הבקר המקביל.

ה. מטוס הנמצא תחת פיקוח מכ"מ יקבל דיווח על מיקומו בתנאים הבאים:

1. בזיהוי הראשון של המטוס ( מלבד כאשר הזיהוי נעשה ע"י דיווח מקום של הטייס), או כאשר הזיהוי מתבצע מיד לאחר ההמראה.  
2. כאשר טייס מבקש אינפורמציה זו  
3. כאשר הטייס מבקש זמן משוער לנקודה בנתיב, השונה באופן משמעותי מהחישוב של הבקר, וזאת עפ"י תצוגת המכ"מ.  
4. כאשר מטוס חוזר לניווט הרגיל לאחר שקיבל כיווני מכ"מ.

5. הפרדת טיסות IFR באזור שדה מבוקר:

- א. כאשר שני מטוסים בטיסת IFR הפועלים מאותו מסלול יפנו כ"א לכיוון שונה מיד לאחר ההמראה, תהיה הפרדה האורכית בזמן ביניהם בת דקה אחת. כלומר: לאחר ניתוק המטוס הראשון מן הקרקע יורשה המטוס השני לפתוח בריצת המראה על אותו מסלול: הפנייה לכיוונים שונים מיד לאחר ההמראה תהיה כזו שתאפשר מעבר להפרדה רוחבית מיידית כנדרש.  
ב. כאשר שני המטוסים ממריאים מאותו מסלול ולאותו כיוון, אך המטוס הראשון מהיר מהשני ב-40 קשר, תהיה הפרדה האורכית בזמן "על המסלול" בת 2 דקות.  
ג. כאשר מטוס בגישת IFR נמצא במרחק של 5 מייל בגישה ישירה לנקודת הנגיעה במסלול מכשירים, לא יורשו המראות מטוסים מאותו השדה בכיוון הנגדי למסלול המכשירים שבשימוש או בכל מסלול אחר שכיוונו 45 מעלות מכל צד לכיוון ההפוך לגישת המכשירים.  
ד. המראות בשאר הכיוונים (270 מעלות) יורשו עד להימצאות המטוס בגישת מכשירים, בנקודה המרוחקת 3 דקות מנקודת הנגיעה.  
ה. כאשר שני מטוסים ממריאים לאותו כיוון והאחורי רוצה לטפס לגובה גבוה יותר מהקדמי – הפרדה של 5 דקות בין המראות.  
ו. בכל שאר המקרים ההפרדה שתישמר בהמראה היא של 5 דקות.

6. מערבולות קצה כנף :

כל המטוסים מחולקים ל-3 קטגוריות בהתאם לגודלם, ולעוצמת המנועים/מדחפים שלהם. לאחר שמטוב נוחת/ממריא נוצרות מערבולות באוויר שמסוכנות למטוסים השניים הבאים להמראה / נחיתה.

הקטגוריות : קל, בינוני וכבד.  
בנחיתה :

- קל אחרי כבד – 3 דקות הפרדה.
- קל אחרי בינוני – 2 דקות הפרדה.
- בינוני אחרי כבד – 2 דקות הפרדה.

בהמראה – כשני מטוסים ממריאים מתחילת מסלול או מאותה נקודה – 2 דקות הפרדה.

ו. טיסות IFR בתנאי VMC.

טיסות IFR רבות מתבצעות בתנאי VMC ולא רק לצרכי אימונים, אלא במהלך פעילות מבצעית – מסחרית רגילה. לכך ארבע סיבות :

1. הטסת מטוס נוסעים הינה פעילות מורכבת ומצריכה התייחסות למספר ניכר של מערכות טיסה.
2. נהלי טיסה מורכבים, בעיקר באזורים צפופי תנועה אווירית, מצריכים התייחסות רבה למערכות הניווט של המטוס.
3. זווית הראייה מחלון תא הטייס מוגבלת
4. מהירויות הטיסה הגבוהות, גם של מטוסי תובלה שבשימוש נפוץ, מותירות זמן קצר ביותר, בסדר גודל של שניות ספורות ואף פחות, לביצוע פעולות התחמקות ממטוס הטס בנתיב התנגשות חזיתית. מן האמור לעיל ברור כי לטייס נוח ורצוי להסיר את עומס "ההסתכלות סביב" בחיפוש מטוסים בקרבתו, ולהטיל את האחריות להפרדתו על שירותי הפיקוח – בקרה.

## 5. ריתוק – HOLDING.

כאשר המרחק בין מטוסים במערכת מבוקרת קטן מכדי ליישם את ההפרדות, יש צורך "להרוויח" זמן, עד שייפתח מרווח מתאים אשר יאפשר את המשך זרימת התנועה.  
השיטה הנפוצה היא בדרך כלל הכנסת מטוס לריתוק. בטיסות כט"ר לסוגיהן, הריתוק הוויזואלי מתבטא בביצוע מעגל או מספר מעגלים סביב נקודה גיאוגרפית בולטת (כצומת, גשר וכו').

בכט"מ מתבצע הריתוק מעל עזר ניווט, או בנקודה המוגדרת היטב ע"י עזרי ניווט קרובים. ריתוק יבוצע במקרים הבאים: לפי הוראות הרשות המבקרת או לפי בקשת הטייס.

נתוני הריתוק קבועים:

- א. מטוסים ירותקו בנקודות שנקבעו לכך ואשר מספקות הפרדה מינימאלית מנתיבים אחרים.
- ב. מטוסים בריתוק יופרדו 1000 רגל אנכית זה מזה תוך התייחסות לאותו משטח לחץ במד הגובה. הפרדה כזו תישמר גם ביחס למטוסים בנתיב שיוט (ENROUTE) המרוחק עד 5 מייל מנתיב הטיסה של המטוס בריתוק.
- ג. הריתוק יבוצע בהתאם לנהלים שפורטו ב AIP.
- ד. כל הפניות בריתוק יבוצעו בשיעור 1 – 1 RATE, 3 מעלות בשנייה, 180 מעלות בדקה.
- ה. משך כל צלע בריתוק – מתחת לגובה 14,000 רגל – דקת טיסה אחת.
- ו. משך כל צלע בריתוק – מעל לגובה 14,000 רגל – דקה וחצי.
- ז. מהירות טיסה מרבית בריתוק:
  - מטוס בוכנה וטורבינה – 175 קשר
  - מטוס סילון – מתחת 14,000 רגל – 230 קשר
  - מטוס סילון – מעל 14,000 רגל – 265 קשר.

**ה.ג.תוני מטוסים - Boeing.**

דגם	אורך	גובה	מוטת כנפיים	הנעה	ביצועים :								תכולה**
					מהירות	מהירות	גובה	טווח	טווח	ריק	מקסימלי להמראה	מקסימלי	דלק :
					לטווח מקסי' 794 Km/h 429Kt	מקסימלית 908 Km/h 491 Kt	מקסימלי* 36,000 ft	סטנדרטי 3362 Km 1815 NM	מקסימלי 4973 Km 2685 NM	32,881 Kg 72,490 Lb	56,740 Kg 124,500 Lb	23,035 L	עם מחלקה ראשונה 128 נוסעים
													לא מחלקה ראשונה 141 נוסעים
737-400	36.4 מ'	11.1 מ'	28.9 מ'	2 מנועי CFM563B2 22,000 Lb	912 Km/h 492 Kt	813 Km/h 439 Kt	36,000 ft	3630 Km 1960 NM	4005 Km 2160 NM	34,564 Kg 76,200 Lb	62,820 Kg 138,500 Lb		עם מחלקה ראשונה 146 נוסעים
													לא מחלקה ראשונה 159-188 נוסעים
737-500	31.0 מ'	11.1 מ'	28.9 מ'	2 מנועי CFM563B1 18,500 Lb	912 Km/h 492 Kt	795 Km/h 430 Kt	35,000 ft	2815 Km 1520 Nm		31,983 Kg 70,510 Lb	52,390 Kg 115,500 Lb		עם מחלקה ראשונה 108 נוסעים
													לא מחלקה ראשונה 132 נוסעים
737-600 NG	31.2 מ'	12.6 מ'	34.3 מ'	2 מנועי CFM567B18 19,500 Lb	980 Km/h 530 Kt	0.785 Mach	41,000 ft	2480 Km 1340 Nm	5649 Km 3510 Nm	37,410 Kg 81,800 Lb	65,090 Kg 143,500 Lb	26,035 L 6,875 Gal	עם מחלקה ראשונה 110 נוסעים
													לא מחלקה ראשונה 132 נוסעים
737-700 NG	33.6 מ'	12.55 מ'	34.3 מ'	2 מנועי CFM567B20 20,600 Lb	980 Km/h 530 Kt	0.785 Mach	41,000 ft	2852 Km 1540 Nm	6038 Km 3752 Nm	38,147 Kg 84,100 Lb	70,143 Kg 154,500 Lb	26,035 L 6,875 Gal	עם מחלקה ראשונה 126 נוסעים
													לא מחלקה ראשונה 149 נוסעים
737-800 NG	39.47 מ'	12.55 מ'	34.31 מ'	שני מנועי CFM567B24 24,200 Lb	980 Km/h 530 Kt	0.785 Mach	41,000 ft	3585 Km 1990 Nm	5449 Km 3833 Nm	41,154 Kg 90,710 Lb	78,240 Kg 174,200 Lb	26,035 L 6,875 Gal	עם מחלקה ראשונה 162 נוסעים
													לא מחלקה ראשונה 189 נוסעים

קובץ הדרכת טייסים פקחים

דגם	אורך	גובה	מוטת כנפיים	הנעה	ביצועים :	מהירות לטווח מקסימלי	מהירות טווח	גובה מקסימלי*	טווח סטנדרטי	טווח מקסימלי	ריק	מקסימלי להמראה	מקסימלי	דלק :	תכולה**
737-900 NG	42.1 מ'	12.55 מ'	34.31 מ'	שני מנועי CFM567B26 26,300 Lb	0.785 Mach 980 Km/h 530 Kt	מהירות טווח מקסימלי	מהירות טווח סטנדרטי	41,000 ft	3815 Km 2060 Nm	5084 Km 3159 Nm	42,493 Kg 93,680 Lb	78,240 Kg 174,200 Lb	26,035 L 6,875 Gal	עם מחלקה ראשונה 177 נוסעים	
				CFM567B27 27,300 Lb										ללא מחלקה ראשונה 189 נוסעים	
747-100	70.66 מ'	19.33 מ'	59.64 מ'	ארבעה מנועי P&W-JT9D7F 48,000 Lb	967 Km/h 522 Kt	מהירות טווח מקסימלי	מהירות טווח סטנדרטי	45,000 ft	9045 Km 4880 Nm		162,386 Kg 358,000 Lb	340,195 Kg 750,000 Lb	180,370 L 46,607 Gal	ב-3 מחלקות 397 נוסעים	
				GE-CF645A2 46,500 Lb										במחלקה אחת 447 נוסעים	
747-200	70.66 מ'	19.33 מ'	59.64 מ'	ארבעה מנועי P&W-CF650E2 52,500 Lb		מהירות טווח מקסימלי	מהירות טווח סטנדרטי	45,000 ft	9075 Km 4900 Nm	12,778 Km 6900 Nm	155,000 Kg 342,200 Lb	377,840 Kg 833,000 Lb	NO INFO	ב-3 מחלקות 397 נוסעים	
				Rolls Royce-RB211524D4 53,110 Lb	981 Km/h 530 Kt	מהירות טווח מקסימלי	מהירות טווח סטנדרטי				174,000 Kg 383,600 Lb	377,840 Kg 883,000 Lb	NO INFO	במחלקה אחת 447 נוסעים	
747-300	70.66 מ'	19.33 מ'	59.64 מ'	ארבעה מנועי P&W-JT9D7R4G2 54,750 Lb	996 Km/h 538 Kt	מהירות טווח מקסימלי	מהירות טווח סטנדרטי	45,000 ft	11,675 Km 6300 Nm		174,134 Kg 383,900 Lb	351,353 Kg 775,000 Lb		מחלקה ראשונה במפלט עליון – 470 נוסעים	
				Rolls Royce-RB211524D4 53,110 Lb							178,171 Kg 392,800 Lb	371,945 Kg 820,000 Lb			
				GE-CF680C2B1 56,700 Lb							176,901 Kg 390,000 Lb	362,875 Kg 800,000 Lb			
747-400	70.67 מ'	19.41 מ'	64.66 מ'	ארבעה מנועי P&W-4062 63,000 Lb	0.855 Mach 912 Km/h 567 Kt	מהירות טווח מקסימלי	מהירות טווח סטנדרטי	45,000	13,491 Km 7284 Nm	14,205 Km 7670 Nm	180,985 Kg 399,000 Lb	396,900 Kg 875,000 Lb	216,840 L 57,285 Gal	ב-3 מחלקות 416 נוסעים	
				Rolls Royce-RB211524H2T 59,200 Lb							181,755 Kg 400,700 Lb			2 מחלקות – ראשונה בעליון- 524 נוסעים	

קובץ הדרכת טייסים פקחים

דגם	אורך	גובה	מוטת כנפיים	הנעה	ביצועים :	מהירות מקסימלית	מהירות לטווח מקסי' מהירות	גובה מקסימלי*	טווח סטנדרטי	טווח מקסימלי	ריק	מקסימלי להמראה	מקסימלי	תכולה**
757-200	47.32 מ'	13.56 מ'	38.05 מ'	שני מנועי Rolls Royce-RB211535E4 40,200 Lb	0.80 Mach 914 Km/h 493 Kt	NO INFO		40,000 ft	4758 Km 2569 Nm	6888 Km 3719 Nm	57,975 Kg 127,810 Lb	115,895 Kg 255,550 Lb	48,490 L 11,489 Gal	עם מחלקה ראשונה – 200 נוסעים
				Rolls Royce-RB211535E4B 43,500 Lb										ללא מחלקה ראשונה – 228 נוסעים
				PW-2037 36,600 Lb					5053 Km 2728 Nm	7277 Km 3929 Nm	57,840 Kg 127,520 Lb	115,665 Kg 255,500 Lb		
				PW-2040 40,100 Lb										
757-300	54.5 מ'	11.3 מ'	38.0 מ'	שני מנועי Rolls Royce – RB211535E4B 43,500 Lb	0.80 Mach 914 Km/h 493 Kt		40,000 ft	6055 Km 3270 Nm			64,590 Kg 142,400 Lb	123,600 Kg 272,500 Lb	43,400 L 11,466 Gal	עם מחלקה ראשונה – 243 נוסעים
				P&W – 2043 42,600 Lb					6455 Km 3485 Nm		64,460 Kg 142,110 Lb			ללא מחלקה ראשונה – 280 נוסעים
767-200	48.51 מ'	15.85 מ'	47.57 מ'	שני מנועי P&W-4050 50,000 Lb	0.80 Mach 914 Km/h 493 Kt	854 Km/h 461 Kt	42,000 ft	5855 Km 3160 Nm			74,752 Kg 164,800 Lb	136,078 Kg 300,000 Lb		עם מחלקה ראשונה – 216 נוסעים
				GE-CF680C2B2 52,500 Lb					7135 Km 3850 Nm		80,510 Kg 177,500 Lb			ללא מחלקה ראשונה – 290 נוסעים
767-300	54.94 מ'	15.85 מ'	47.57 מ'	שני מנועי P&W – 4050 50,000 Lb	900 Km/h 486 Kt		42,000 ft	7835 Km 4230 Nm			79,560 Kg 175,400 Lb	159,210 Kg 351,000 Kg		3 מחלקות -210 2 מחלקות – 269
				GE-CF680C2B2 57,000 Lb					7890 Km 4260 Nm		79,379 Kg 175,000 Lb			מחלקה אחת – עד 350 נוסעים.

קובץ הדרכת טייסים פקחים

דגם	אורך	גובה	מוטת כנפיים	הנעה	ביצועים :	מהירות לטווח מקסי' מהירות	מהירות לטווח סטנדרטי	טווח טווח מקסימלי	ריק	משקלים :	דלק :	תכולה**
767-300 ER	54.94 מ'	15.85 מ'	47.57 מ'	שני מנועי P&W-4060 60,000 Lb	900 Km/h 486 Kt			10,880 Km 5875 Nm	81,374 Kg 179,400 Lb	מקסימלי להמראה	מקסימלי	אותה כמות כמו לשאר ה 767-300
767-400 /ER	61.37 מ'	16.87 מ'	51.92 מ'	שני מנועי P&W-4062 63,300 Lb	0.80 Mach 850 Km/h 530 Kt			10,343 Km 5580 Nm	103,145 Kg 227,400 Lb		90,770 L 23,980 Gal	3 מחלקות – 245 2 מחלקות – 304
				GE-CF680C2B8F 63,500 Lb				10,418 Km 5625 Nm	103,100 Kg 227,300 Lb			מחלקה אחת – עד 375 נוסעים
777-200	63.73 מ'	18.51 מ'	60.93 מ'	שני מנועי P&W-4074 74,000 Lb	905 Km/h 490 Kt			9537 Km 5150 Nm	139,025 Kg 306,500 Lb		171,060 L 45,220 Gal	3 מחלקות – 305 נוסעים
				GE-9075B 75,000 Lb								מחלקה אחת – 440 נוסעים
				Rolls Royce-875S 75,000 Lb								
777-300	73.86 מ'	18.51 מ'	60.93 מ'	שני מנועי P&W-4098 98,000 Lb	0.84 Mach 893 Km/h 492 Kt			11,029 Km 5955 Nm	160,120 Kg 353,600 Lb		171,160 L 45,220 Gal	3 מחלקות – 368 נוסעים
				GE-9094B 93,700 Lb								2 מחלקות – 451 נוסעים
				Rolls Royce-TRENT892 90,000 Lb								מחלקה אחת – עד 550 נוסעים

קובץ הדרכת טייסים פקחים

תכולה**	דלק:	משקלים:					ביצועים:	הנעה	מוטת כנפיים	גובה	אורך	דגם	
	מקסימלי	מקסימלי להמראה	ריק	טווח מקסימלי	טווח סטנדרטי	גובה מקסימלי*	מהירות לטווח מקסימלי	מהירות מקסימלית					
אותה תכולה כמו ל 777-300		299,380 Kg 660,000 Lb	160,120 Kg 353,600 Lb	13,427 Km 7250 Nm		45,000 ft		0.84 Mach 893 Km/h 492 Kt	שני מנועי GE-90115B 115,300 Lb	60.93 מ'	18.51 מ'	73.86 מ'	777-300 ER