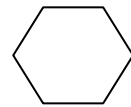


ניווט DME/VOR (טווח כיוון גלובלי VHF)



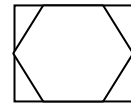
קיימים ארבעה סוגים של עזרי ניווט רדיו VOR - (VHF OmniDirectional Range):

1. VOR – מתקן הניווט הבסיסי. ל-VOR יש רק חיישנים רוחביים ללא היתרון של קליטת מרחק.



סימן רשום VOR

2. VOR/DME – מספק מידע VOR רוחבי בתוספת קליטת מרחק (באמצעות מכשור מדידת מרחק (DME) המציין מרחק בקו ישר מהתחנה).



סימן רשום VOR/DME

3. TACNA – ניווט אווירי טקטי בשימוש צבאי בלבד. נדרשת יחידת קליטה מוטסת מיוחדת, אשר אינה מצויה בדרך כלל בטיסות אזרחיות.



סימן רשום ניווט אווירי טקטי (TACAN)

4. VORTAC – שילוב של VOR, DME, TACAN.



סימן רשום VORTAC

במדריך זה נתייחס אך ורק לעזרי הניווט VOR ו-VOR/DME. קיימים שני מרכיבים עיקריים למערכת ה-VOR/DME.

תחנות VOR ומסרים הממוקמים על הקרקע, וצידוד קשר המותקן במטוס. המסרים ממוקמים בכל רחבי הארץ ומאפשרים לטייסים לנווט מנקודה לנקודה. תחנות VOR משדרות אותות רדיו, אשר נקלטות ע"י צידוד הקשר והניווט במטוס, ועוזרות לטייס לחשב את מיקומו. על הטייס כמובן לכוון את מכשירי הקשר לניווט כדי להשתמש בהם.

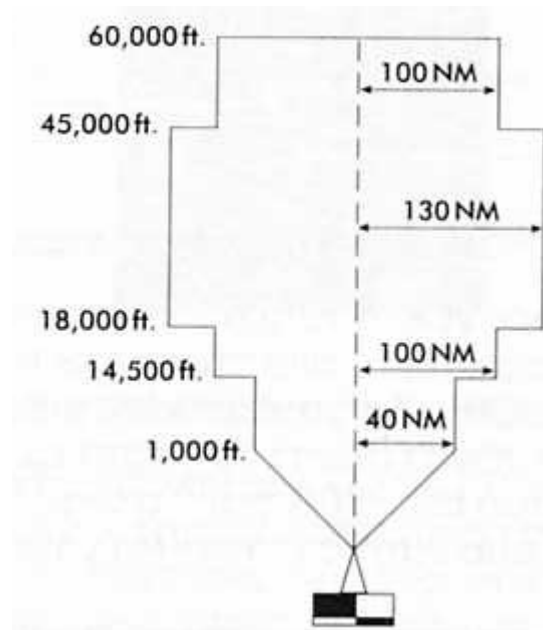
לפני שנתחיל, מעט רקע...

VOR משדר אותות במעגל של 360° , כאשר המשדר הוא מרכז העיגול. דמיינו גלגל עם 360 חיצים היוצאים ממרכזו. כל חץ כזה הוא אות רדיו או רדיאלים המתיישרים אל הכיוון המגנטי מהתחנה. הרדיאלים נקראים על פי המעלה אליה הם נמשכים. הרדיאל היוצא מה-VOR לכיוון מערב הוא רדיאל 270. חשוב לזכור, שהרדיאלים נמשכים מהמשדר ולא אליו. לכל רדיאל יש שם אחד, לדוגמא, רדיאל 360 הוא לא גם רדיאל 180, אלו הם שני רדיאלים, אותות, נפרדים. ה-VOR פועל בטווח תדרים של 108-117.95 מגה הרץ. תדרים אלה משתמשים בנקודה עשרונית, וקוראים את התדרים בספרות בודדות. לדוגמא 113.5 ייקרא: אחד, אחד, שלוש, נקודה, חמש. ישנם מספר סוגי VOR.

VOR של שדה תעופה - פועל בגבהים של עד 12,000 רגל מעפ"ש במרחק של עד 25 מייל.

VOR לגובה נמוך - פועל בגבהים של עד 18,000 רגל מעפ"ש במרחק של עד 40 מייל.

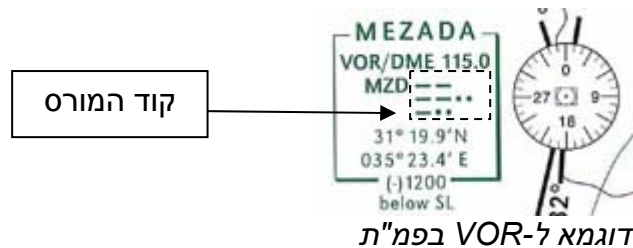
VOR לגובה רב - פועל בגבהים של עד 14,500 רגל מעפ"ש במרחק של 40 מייל, מגובה 14,500 עד 60,000 במרחק של 100 מייל, ומעל גובה 18,000 רגל מגיע לטווח של 130 מייל.



תרשים VOR לגובה רב

במדריך המתקנים של נמלי התעופה מסומנים מתקני ה-VOR בראשי תיבות לפי רמתם. VOR – TVOR בשדה תעופה, HVORTAC – VORTAC ברמה גבוהה. מידע זה חשוב על מנת לקבוע את המרחק מהמשדר ממנו תקלוט או תאבד את האות.

ציוד קליטה טיפוסי של VOR במטוס יכול להתבסס על לוח שמע, מקלט ניווט, ציוד מדידת מרחק (DME) מכשיר קשר ותצוגת ניווט. כל תחנת קרקע של VOR מבוססת על זיהוי בן שלוש אותיות המיוצגות ע"י קוד מורס המשודר באופן רצוף בתדר ה-VOR. מטרת קוד המורס היא לאימות זיהוי ה-VOR. קוד זה מיוצג על גבי המפה האווירונאוטית כך:



דוגמא ל-VOR בפמ"ת

סדר הפעולות הוא כך שמכוונים את תדר ה-VOR ברדיו הניווט. לאחר מכן מאזינים לקוד המורס ע"י לוח השמע ומאמתים שהתדר תואם ל-VOR שאליו כיוונו.



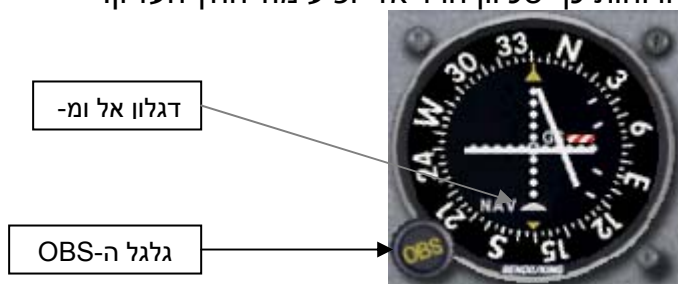
לוח השמע – נוכל להאזין לקוד המורס ע"י לחיצה על כפתור ה-NAV המתאים לרדיו שבו כיוונו את תדר ה-VOR – NAV1 או NAV2.

ציוד מדידת המרחק (DME) מוסר לטייס את המרחק מה-VOR בקו ישיר. כלומר, אם אתה טס בגובה 1 מייל מהתחנה, מד המרחק לעולם לא יראה פחות מ-1 מייל. ישנו לוח המציג את המרחק במייל אל המשדר. ישנם גם סוגים של מכשירים שמראים גם את מספר הדקות מהתחנה ומהירות הקרקע של המטוס. נתונים אלו נכונים אך ורק במידה והמטוס טס אל או מהתחנה.



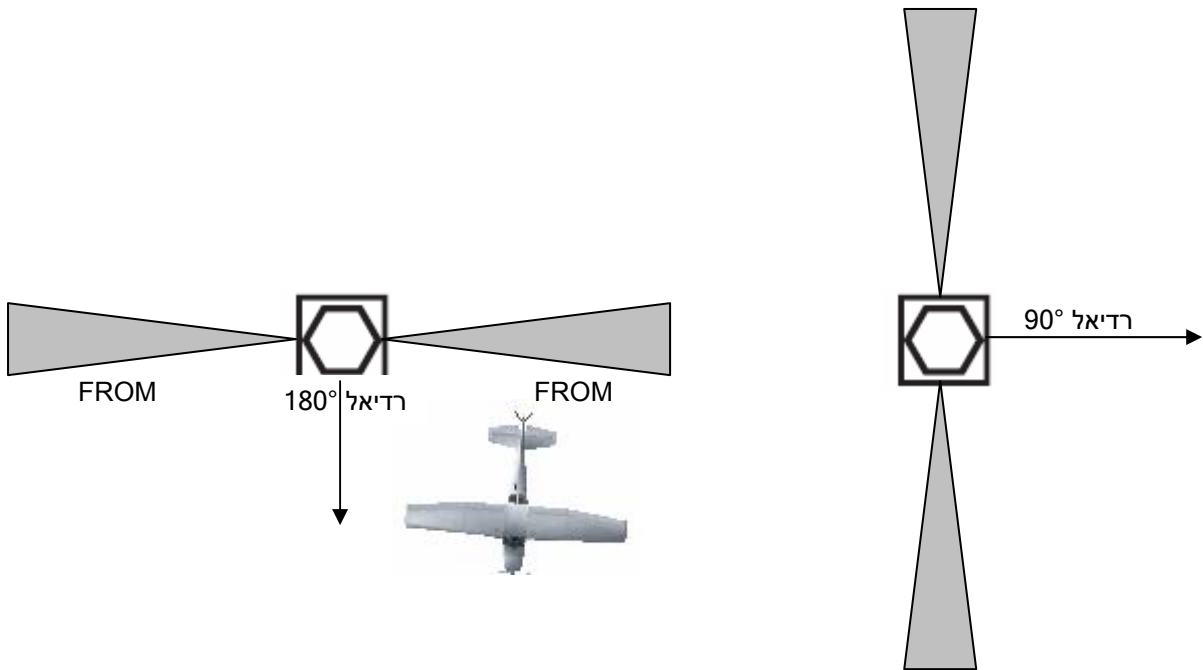
פנל רדיו ה-DME

קיימים כמה מתגים עבור שני קביעות: קביעת R1 מראה שה-DME קבוע כעת לרדיו NAV1, וקביעת R2 קובע את ה-DME לרדיו NAV2. מכשיר ה-NAV אומר לך היכן נמצא המטוס ביחס ל-VOR הנבחר. גלגל ה-OBS שעל ה-NAV משמש לכייל לרדיאל המיוחס על ה-VOR. נבחר את הרדיאל הרצוי ע"י כיוון שושנת הרוחות כך שכיוון הרדיאל יופיע מול החץ העליון.



תצוגת הניווט

מכשיר הניווט מציג דגלים של ▲ כשאנחנו טסים אל התחנה, ודגל של ▼ כשאנו טסים מהתחנה. דגלון ה-OFF מסמל שאין קליטה (קורה גם כאשר המטוס נמצא מעל התחנה).

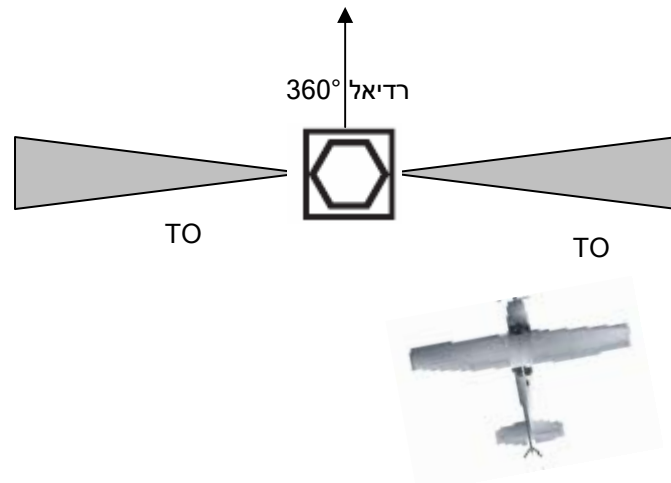


אזור העמימות (השטח שבו הופך אות ה-VOR לבלתי אמין)

כאשר המטוס נמצא באזור זה, דגל ה-OFF מוצג ואי אפשר להשתמש במכשיר הניווט לבניוט.

בניח שנקודה 180 הוכנסה כאשר המטוס פונה דרומה וטס לכיוון ההפוך מה-VOR, הדגלון משתנה לדגלון FROM, מציין שהמטוס נמצא מחלק FROM של ה-VOR יחסית לנתון שהוכנס. שימו לב שכיוון הפניה אינו משפיע על דגלוני FROM-TO. אם המטוס בכיוון פניה צפון, אבל עדיין ממוקם דרומית ל-VOR הוא עדיין נמצא בחלק של ה-FROM משום שנקודה 180 עדיין מוצבת.

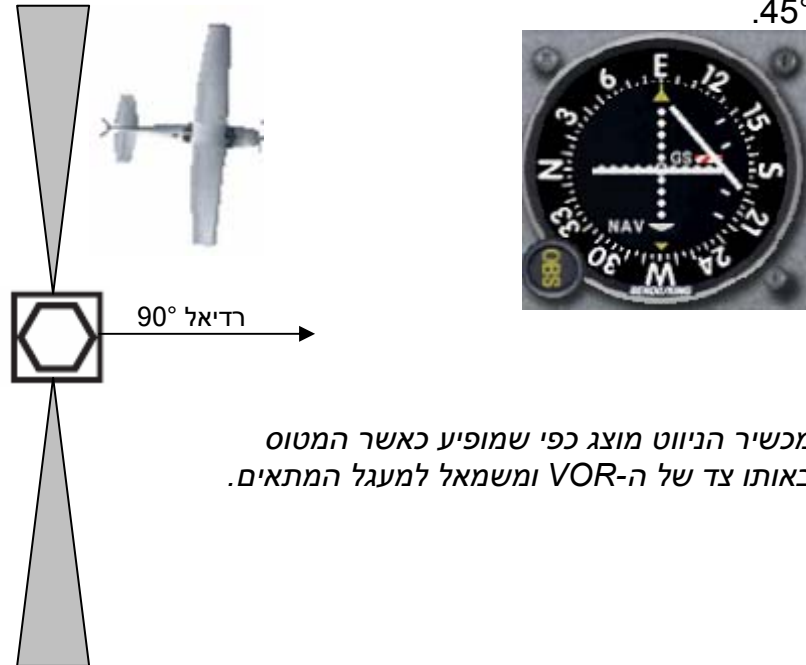
מצד שני, אם נבחר את רדיאל 360° והמטוס נמצא מדרום ל-VOR, המטוס יהיה בכיוון אל ודגלון TO יוצג במכשיר הניווט. שוב, בדוגמא זו, כיוון המטוס יכול להיות בכל אחד מכיווני 360° . אבל מכיוון שנבחר רדיאל 360° , המטוס נמצא בחלק ה-TO של הרדיאל. חלק TO יהיה תמיד בצד הנגדי של הרדיאל המיוחס.



מכשיר הניווט מציג דגלות TO כאשר המטוס נמצא בצד הנגדי של ה-VOR.

הפס האנכי (מחט) במרכז שושנת המצפן נקרא מחט ה-CDI, מכונה גם בשם ה"מחט". מחט זו מראה היכן המטוס נמצא ביחס לרדיאל הנבחר. היא גם זזה כאשר מיקום המטוס משתנה

ביחס למיקום המעגל. אם המחט במרכז, המטוס נמצא על הרדיאל המתאים. אבל, מחט ה- CDI תופיע משמאל או מימין למרכז, אם המטוס אינו על הרדיאל המתאים. נקח לדוגמה את רדיאל 90, נשים את המטוס צפון-מזרחית ל-VOR בכיוון אף למזרח (דגלון FROM יופיע). זה ממקם את המטוס צפונית לרדיאל 90 ומכשיר הניווט יראה כמודגם באיור למטה. עליך לטוס ימינה על מנת להתיישר עם המטוס על הרדיאל. זווית ירוט של 5° לכיוון ה-VOR תחזיר אותך לנתיב. מרחקים דגולים יותר יחייבו זווית ירוט של עד 45° .



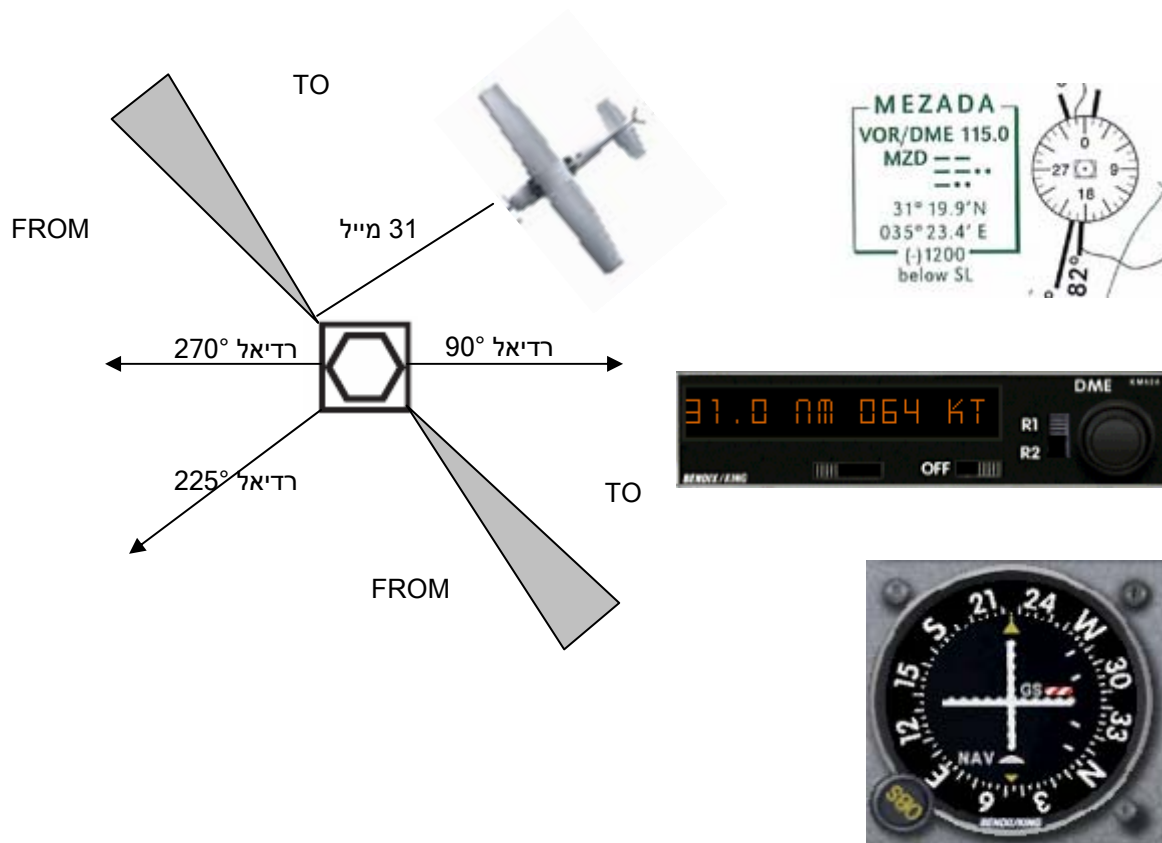
אם המטוס נמצא דרומית לרדיאל, מחט ה- CDI תופיע משמאל למרכז. אם המטוס פונה למזרח, הטייס חייב לטוס לשמאל כדי ליישר את המטוס עם הרדיאל. לאיתור מהיר של מקומך מה-VOR, מרכז את ה-OBS עם סמן ה-FROM. פנה לכיוון המגנטי ותמצא את עצמך טס היישר בכיוון המנוגד ל-VOR של אותו רדיאל. פנה לכיוון 180° וטוס היישר אל התחנה. כדי לטוס פנימה לתחנה, שנה את ה-OBS ב- 180° ועקוב פנימה אחר הנתיב הנגדי אל התחנה. אם המטוס פונה למערב, מחט ה- CDI לא משתנה. הטייס, יחד עם זאת, יאלץ לפנות ימינה כדי להתיישר עם הרדיאל.

מציאת מיקום

קיימות שתי שיטות למציאת מיקום: VOR אחד ו-DME ושתי תחנות VOR.

VOR אחד ו-DME

לשם דוגמא זו נשתמש ב-VOR מצדה (MZD) הנמצא בתדר 115.0 ונניח שאנו בנתיב המוצג באיור למטה. נניח שמכשיר קשר הניווט מכון לתדר 115.0, קוד המורס זוהה כדי לוודא שה-VOR פועל כראוי.



בדוגמא זו, המטוס נמצא הפוך לרדיאל 225°. שים לב לדגלון ה-TO המציין שהמטוס נמצא בכיוון המנוגד של ה-VOR כמו לרדיאל הנבחר. מכשיר מדידת המרחק (DME) מציין מרחק של 31 מייל. מהירות קרקע של 64 קשרים.

שתי תחנות VOR

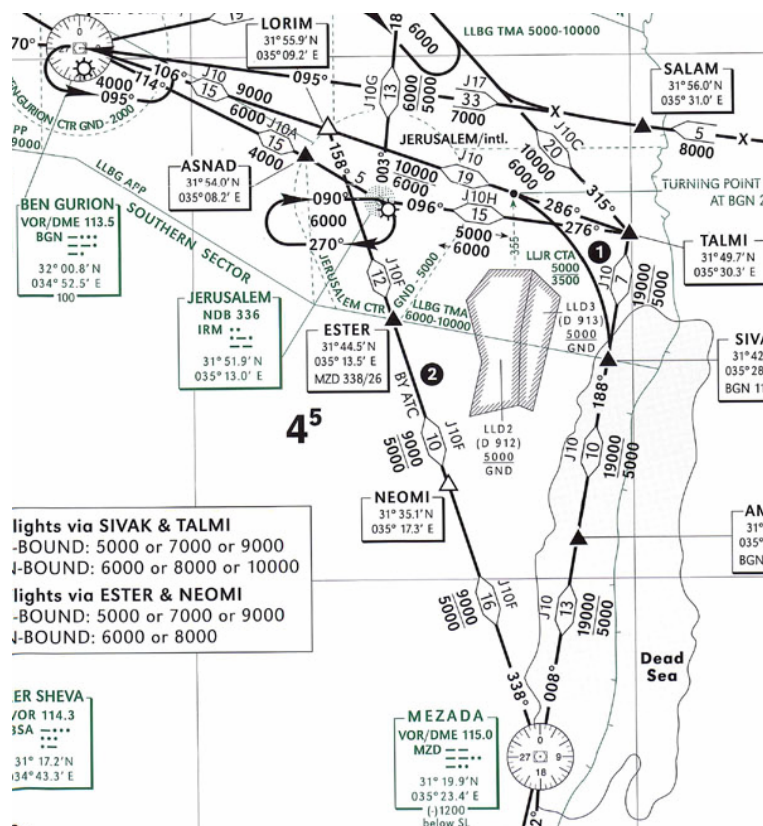
ניווט באמצעות שתי תחנות VOR דורש שתי מערכות של מכשירי ניווט וקשר או מעבר במכשיר אחד בין שני תדרים של VOR. שיטה זו של מציאת מיקום נקראת גם מדידה טריגונומטרית. היא שימושית כאשר מכשיר מדידת המרחק (DME) יצא מכלל שימוש או אינו נמצא. לשם דוגמא זו, נתייחס לאיור הבא המציג את תחנות מצדה ובן-גוריון, והתדרים שלהם.



רדיו NAV1 במכשיר הניווט מכויל ל- 115.0 (MZD), ורדיו NAV2 מכויל ל-113.5 (BGN). קוד המורס עבור שתי התחנות זוהה. בתחילה, מראה מכשיר הניווט את מיקומו של המטוס ביחס לשתי התחנות. אך כדי להכניס הגיון בדבר, ה-OBS משמש כדי למרכז את מחט ה- CDI ברדיו NAV1. כשהמחט במרכז, יש לנו אינדיקציה על איזה רדיאל נמצא המטוס מתחנת מצדה. בדוגמא זו, המטוס נמצא היכן שהוא לאורך רדיאל 008° . על המפה משורטט קו המייצג את רדיאל 008° היוצא מ-VOR מצדה.



הצעד הבא הוא להחליט באיזו נקודה לאורך הרדיאל 008° ממוקם המטוס. אם תחזרו על אותו תהליך כמו במכשיר NAV1, תראו את המחט של NAV2 ממוקמת במרכז עם ציון הדגלון FROM. נעשה זאת ונראה כי המטוס נמצא על רדיאל 106° של VOR בן-גוריון. שוב, הקו המשוך על גבי התרשים מייצג את רדיאל 106° של VOR בן-גוריון. נקודת המפגש של רדיאל 008° של VOR מצדה ושל רדיאל 106° של VOR בן-גוריון היא מקום הימצאו של המטוס.



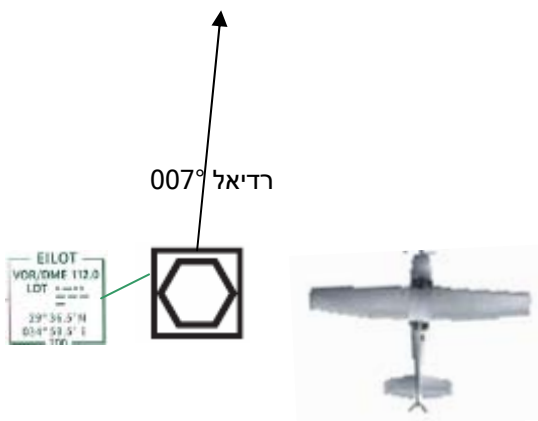
כפי שרואים באיור למעלה, הנקודה המתקבלת מהחיתוך של הרדיאלים היא הנקודה .TALMI

ניווט דרך ממסרים

שימוש בתחנות ה-VOR למעבר מנקודה א' לנקודה ב' מביא לידי ביטוי את מהותו של הניווט. זה די פשוט: היצמד בטיסה פנימה אל רדיאל מסוים כשפניך לכיוון התחנה. כשתשיג את ה-VOR, היצמד לרדיאל אחר החוצה. כשתגיע לטווח VOR אחר, היצמד לרדיאל פנימה.

בדוגמא באיור מימין, ניקח את נתיב ה-J10, ונראה שמה-VOR באילות (LOT VOR) ניקח את רדיאל 007° צפונה, ושנקבל אות מה-VOR של צופר (ZFR VOR) ניקח את רדיאל 187° אליו, ואחרי שנעבור מעליו ניקח את רדיאל 012° שלו, עד שנקבל אות מה-VOR במצדה, ואז נעקוב אחרי רדיאל 192° למצדה, וכשנעבור מעל מצדה נעקוב אחרי רדיאל 008° של VOR MZD וכך הלאה.

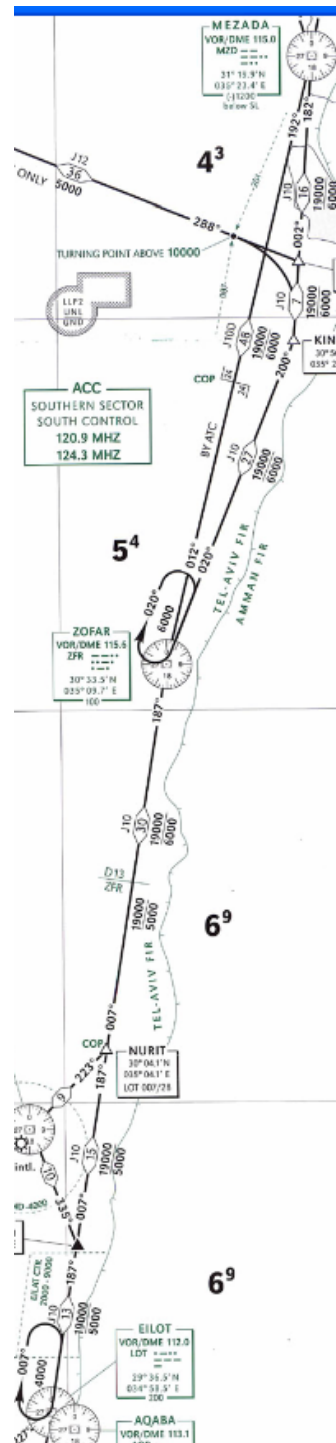
בדוגמא הבאה נראה איך ליירט את נתיב ה-J10. מטוסינו ממוקם מזרחית ל-LOT VOR כמו בתמונה.



כדי ליירט את רדיאל 007° נצטרך לשים ב-NAV1 את התדר של LOT VOR, לאמת את ה-VOR, ולכייל בשושנת המצפן ב-NAV1 לכיוון 007° .



תדר VOR LOT מכויל על NAV1 (112.00)





ה-OBS של NAV1 מכויל על רדיאל 007°

לאחר שכיוונו את מכשירי הניווט, נשים לב שאנחנו נמצאים מימין לנתיב הרדיאל לפי מיקום מחט ה-CDI משמאלנו. כדי לעלות על הרדיאל, נפנה לכיוון 340° , כדי ליירט את רדיאל 007° בזווית של כ- 30° . לאחר שהמחט ה-CDI תתחיל לזוז נתחיל בפניה קלה לכיוון 007° , נשאף להיות מיושרים בכיוון 007° כשמחט ה-CDI תהיה במרכז. כשנגיע למצב זה, אנחנו נמצאים על רדיאל 007° מ-LOT VOR, כלומר על נתיב ה-J10. אומנם מטוסינו נמצא על הנתיב, אך האם הוא יישאר עליו?

סביר להניח שלא, אלא אם כן העולם היה מושלם, והרוח הייתה תמיד רוח גב. מאחר ולא תמיד זה המקרה, מחט ה-CDI תסחף ימינה ושמאלה במשך זמן שנותר כיוון האף קבוע. ניקח דוגמא שהמטוס נסחף ימינה (מזרחה) מנתיב ה-J10 עקב רוח מערבית. המשמעות היא, שעלינו להסיט את המטוס חזרה שמאלה (מערבה) כדי לחזור לנתיב. מספר התיקונים תלוי במהירות הרוח וכיוונה, כמו גם במרחק המטוס מהתחנה. ככל שהמטוס קרוב יותר לתחנה, כך רגישות מחט ה-CDI גוברת. כלומר, ידרשו תיקונים קטנים יותר ככל שהמטוס קרוב יותר לתחנה.

עם חזרת המטוס לנתיב הרצוי, עליך להתאים בקביעות את כיוון האף על מנת לשמור על הנתיב תוך התחשבות במרכיב הרוח. ברוחות חזקות נדרשת זווית תיקון גדולה יותר לתוך הרוח כדי לשמור על הנתיב.

כפי שהזכרנו קודם לכן, ככל שאנחנו יותר קרובים לתחנת ה-VOR, כך רגישות מחט ה-CDI גדולה יותר. כאשר מתקרבים ל-VOR מחט ה-CDI מתחילה לקפוץ, כאשר זה קורה, נמשיך בכיוון שקבענו לפני כן. הדבר נכון כאשר דגלון OFF מופיע על מכשיר הניווט כדי לציין את הימצאותך באזור העמימות. כאשר עובר המטוס את תחנת ה-VOR, יתחלף דגלון ה-OFF בדגלון FROM. קפיצות המחט יימשכו עד שיווצר מספיק מרחק מהתחנה במעבר מצידה האחד אל צידה האחר. כאשר נצבור מספיק מרחק מה-VOR המחט תתייצב, ונוכל לחזור לנתיב המדויק.

עד כאן על ה-VOR.

כול הזכויות שמורות ל-VFS. בית הספר לטיסה וירטואלית.