

הגל החדש – 4XBulletin

גיליון מס' 79, ספטמבר 9/2026



Photo is an image of in-vehicle use. Installation for in-vehicle use must comply with applicable laws and regulations of each country.

HF/VHF/UHF ALL MODE TRANSCEIVER
IC-7110

חלומו של כל חובב רדיו – Icom IC-7110 החדש, (ראה כתבה בפינה האנגלית)

מה בגיליון:

האם מישוהו משדר אלינו מהחלל החיצוני?
חדשות ממועדון הרדיו בתל אביב.
מעגלים מודפסים מודרניים.
איך בונים אנטנה רחבת סרט?
המדור בשפה האנגלית English Corner
הודעות וחדשות מישראל ומהעולם ועוד...

תוכן עניינים

- 3 -	דבר העורך ספטמבר 2026
- 4 -	חדשות והודעות ה-IARC
- 7 -	חדשות בתמונות
- 9 -	פרויקט האנטנות של מועדון 4X4HQ,
- 14 -	כתמי השמש – דעיכת המחזור ה-25
- 15 -	אנטנה אנכית רחבת סרט
- 21 -	מעגל מודפס – מהו?
- 26 -	פרסומים היסטוריים
- 27 -	יום הדממת השידורים שנערך בארצות הברית
- 30 -	7 מציאים שנהרגו מהמצאותיהם
- 33 -	The English-language section for 09/2026
- 36 -	טייס ויזם ישראלי נהלחם על אוצרות הטבע בגליל
- 38 -	ריגול וביון באוקיינוס שמאיים לשחק את המערב

משתתפים בגיליון זה:

ד"ר יעקב רוב, דן ברכה, יעקב קיטרון	
דניאל רוזן	4X1SK
טים סקרימשואו	4X1ST
מאיר פילקוב	4X6KG
שמואל שכטר	4X5MF
אברי דותן	4X4YV
דורון אביב	4X1ZX
ויקטור קורן	4Z4ME
מרק שטרן	4Z4KX

בברכת 73, וקריאה נעימה! נפתלי בלבן-אברהם 4Z1RM, מו"ל ועורך הגיליון.

המאמרים אשר לא צוין שמו של המחבר, נכתבו ע"י העורך.

משתתפים קבועים: צביקה סגל 4Z1ZV וטים סקרימשואו 4X1ST. תודה על הגהה ליעל בלבן. תודה ולעדו רוזמן 4X6UB על תרומתו המקצועית.

לקריאת גיליון זה וגם את קודמיו ניתן להיכנס לאתר: <https://4xbulletin.org/>

כתובת המערכת לתגובות, בקשות ומשלוח מאמרים: 4xbulletin@gmail.com

אנו משתדלים למצוא קרדיטים – שמות שימוש בחומרים ותמונות לפי חוק זכויות יוצרים 27א'. עיתון זה נכתב ונערך בהתנדבות עבור חובבי רדיו שלא למטרות רווח, יש אפשרות לפרסם קטעים ממנו במקומות אחרים בתיאום עם המערכת.

הערה: המאמרים המופיעים בגיליון זה הם באחריות הכותבים בלבד.



דבר העורך ספטמבר 2026

מאת: נפתלי בלבן-אברהנד, 4Z1RM

שלום לקוראים היקרים,

1. השבוע התקבלה במערכת תגובה של חובב רדיו, למייל שנשלח לחברים בעניין השימוש באתר האינטרנט המחדש של ה-IARC. יש כאן חומר למחשבה! (שמו של הכותב שמור במערכת):

אם לא רבים משתמשים באתר — האם הבעיה היא אצל החברים?

לאחרונה קיבלתי מייל מהאגודה: "השקענו כסף רב ואלפי שעות התנדבות באתר החדש, אך רבים לא משתמשים בו. אנא היכנסו והכירו אותו". המקרה הזה מחדד את הפער העמוק בין הדרך שבה ארגוני חברים חושבים על אנשיהם, לבין הדרך שבה חברות עסקיות מנתחות התנהגות לקוחות. לו חברה עסקית הייתה משיקה תכונה חדשה ואיש לא היה משתמש בה, היא לא הייתה מבקשת מהלקוחות "להתחיל להשתמש בה". במקום זאת, היא הייתה שואלת שאלות נוקבות: האם המוצר פותר בעיה אמיתית? האם קל להשתמש בו? האם תקשרנו נכון את הערך שלו? אם התשובות שליליות — המוצר או האסטרטגיה השיווקית היו משתנים.

הפער הזה כולט גם בבקשות התקופתיות לחידוש חברות, המלוות לרוב בנימוק: "אנו זקוקים לתמיכתכם כדי לשמר את התחביב". זהו טיעון לגיטימי, אך הוא ממוקד במטרת הארגון ולא בצורכי החבר. עסק, לעומת זאת, היה שואל: "איזה ערך סיפקנו לך השנה, ומה נציע בשנה הבאה שיגרום לך לרצות להישאר?". חברים באגודה אינם עובדים שלה. אין להם חובה להשתמש באתר, להגיע לאירועים או לשלם דמי חבר רק משום שהארגון השקיע בכך משאבים. חוסר היענות אינו בעיה בהתנהגות החברים — הוא משוב קריטי.

כדי לצמוח, ארגונים צריכים לעבור מתפיסה של מחויבות ותחושת חובה לתפיסה של ערך. במקום לבקש מאנשים לתמוך בארגון, יש לבנות ארגון שאנשים רוצים לתמוך בו. הגישה הזו לא רק תשמר את החברים הקיימים, אלא גם תמשוך חברים חדשים. הדרך הטובה ביותר לשמר תחביב או קהילה אינה לשכנע אנשים שהם חייבים לעזור, אלא להפוך את הפעילות לכל כך מעניינת, מועילה ומספקת — שהם פשוט ישתוקקו להיות חלק ממנה.

2, לבטח שמתם לב שבעיתון מופיעים מאמרים כלליים אשר לא קשורים ישירות לתחביב שלנו, לכך יש כמה סיבות, ביניהן — כי העיתון נשלח גם לקוראים שאינם חובבי רדיו פעילים אך מתעניינים בחידושים טכניים והיסטוריה של הרדיו בארץ ובעולם.

סיבה נוספת — מזה כשנתיים אני חבר בקבוצה מאוד מיוחדת אשר עוסקת בחינוך טכנולוגי, בטיחות ובביטחון של מפרץ חיפה ובעצם גם בארץ כולה.

בקבוצה חברים אנשי מפתח מתחומי תכנון ערים, רפואה, אסונות טבע ומלחמות אזוריות. כמה מהכותבים הם חברי הקבוצה הנ"ל. (בין חברי הקבוצה נמצאים אמציה ברעם ויצחק בריק. ברצוני לציין את הטייס דן ברכה שפועל להקים אקדמיה למקצועות התעופה בגליל העליון (ראו מאמר). בחודש הבא אביא פרטים על הקבוצה הנ"ל וגם מאמרים בנושא שעת חירום.

בברכת שנת שלום טובה לכולנו וכן די-אקסים רבים ונדירים, 73 de 4Z1RM

חדשות והודעות ה-IARC

מאת אברי דותן 4X1YV מזכיר האגודה



**האוניברסיטה
המדוברת**

ביום חמישי 17/9 תתקיים הרצאתו של דני קצמן 4Z5SL בנושא
"ההולילוגר החדש"

ההרצאה תתקיים במרכז המדעים, הרצליה בשעה 18:00
ההרצאה חשובה לכל מי שמשמש בתוכנה, ובמיוחד
למשתתפי תחרות סוכות שתתקיים ב-2/10
כולם מוזמנים !

חודש	תאריך	פעילות
ספטמבר 26	17	אוניברסיטה מדוברת - ההולילוגר החדש
	19	אוניברסיטה מדוברת "מיני יום שדה" - הקמת תחנה בשטח (יער אילנות) (בדגש על חובבים חדשים)
אוקטובר 26	2	תחרות סוכות
	10	יום שדה מכון איילון רחובות (במקרה של גשם האירוע יידחה בשבוע)
	22	אוניברסיטה מדוברת הפעלת תחנה חלק ב' (בדגש על חובבים חדשים)
	24,25	SSB CQ WW CONTEST
	31	טיול שחף
נובמבר 26	7,14	הפעלת ערים תנכיות (אשדוד+עקרון)
	12	אוניברסיטה מדוברת הפעלה מרחוק יהוד (בדגש על חובבים חדשים)
	28,29	CW CQ WW CONTEST
דצמבר 26	4-12	הפעלת חנוכה
	שבוע אחרון של החודש	הפעלת XMAS

אגודת תקשורת הרדיו הישראלית
משתתפת בצערה של משפחת קרסנינסקי
עם פטירתו של יוסף 4Z5IX

שלא תדעו עוד צער



אגודת תקשורת הרדיו הישראלית
משתתפת בצערה של משפחת מצייבץ
עם פטירתו של וסבולוד 4Z5RT

שלא תדעו עוד צער





SAVE THE DATE!

היכוננו היכוננו – תחרות סוכות מתקרבת נא שריינו את היום

תחרות סוכות תתקיים השנה ביום שישי, 2 אוקטובר 26

בשעות 10:00-13:00

כולם מוזמנים

כמו בשנה שעברה, גם השנה הוחלט על קיום התחרות ביום שישי, וזאת כדי לעודד ולאפשר לציבור הדתי להשתתף בתחרות.

אנו מצפים לתחרות מוצלחת וערה, כולל הציבור הדתי שלמענו הוחלט על קיום התחרות ביום שישי.

בהצלחה לכולם – ועד אגודת תקשורת הרדיו הישראלית



לפרטים נוספים: <https://www.iarc.org/%d7%aa%d7%97%d7%a8%d7%95%d7%99%d7%95%d7%aa/>



אגודת תקשורת
הרדיו הישראלית

אין לך אפשרות להפעיל HF מהבית? יש לנו תחנה בשבילך!

תחנת הפעלה מרחוק – יהוד

תחנת חובבים
אמיתית – אצלנו.
אתה מפעיל מרחוק!

אינטרנט



אתה מפעיל
דרך האינטרנט
מחשב / אפליקציה ייעודית

תחנת הפעלה מרחוק
מכשיר ה-HF והאנטנה ביהוד

תחנה מקצועית, נגישות מלאה מכל מקום.



הפעלה מכל מקום
מחשב ואינטרנט –
ואתה באוויר!



ציוד איכותי
משדרים, אנטנות,
מגברים וציוד עוד
מתקדם נוסף



מאובטחת ואמינה
זיטח האובטחת
24/7, חיבור יציב
ובקרה מלאה



ללמוד. להתפתח.
שפר את המיומנויות שלך,
נסה קצבים חדשים,
השתתף בתחרויות



קהילה תומכת
חובבים שיעזרו,
יתרמו ויחלקו
ידע וניסיון



סרקו להצטרפות
ולהפעלת התחנה

<https://www.iarc.org/iarc-remote-radio-station/>

אגודת תקשורת הרדיו
הישראלית הקימה תחנה
המופעלת מרחוק לחובבי
הרדיו.
התחנה כוללת מקמ"ש
Icom IC7300 ואנטנה ל-
10, 15 וכך-20 מטר.
הרשמה להפעלת התחנה

ימי הולדת של חברים וותיקים בחודש ספטמבר 2026 – מאת מארק שטרן 4Z4KX

4X4NS	ורדי יוסף	02.09.1942
4X4FN	יובל זעירא	02.09.1935
4X6ST	רנאטו שטראוס	03.09.1951
4Z5MF	ולדימיר נוסיק	05.09.1956
4X4OE	יחיאל פולג	06.09.1940
4X6PL	ברון דליה	07.09.1945
4X6OE	איתן פורת	08.09.1954
4Z4MU	גדעון סרפיאן	09.09.1956
4X1YA	יחיאל אמיר	14.09.1954
4Z4ME	ויקטור קורן	14.09.1954
4X1PS	אבי ברוורמן	14.09.1955
4X1VL	ריבל דוד	14.09.1946
4X4PA	אלכסנדר אהרון	15.09.1942
4Z5NS	יואל נביאסקי	16.09.1953
4X4UE	עמית מיקי	17.09.1945
4X1NW	שעל דבורה	17.09.1937
4Z5OY	ערן עציון	18.09.1941
4X6DW	נעמי דור	22.09.1941
4X4ND	שרוני אריה	23.09.1944
4X5ZX	צביקה אלון	26.09.1954
4X1YM	רוט דן	26.09.1949
4X5NC	אהרון בן יוסף	28.09.1952
4Z4FV	איתן גל	30.09.1952

מי מהחובבים שמעוניין לברך את חבריו לימי ההולדת, יפנה למארק 4z4kxx@gmail.com



ברכות ליחיאל פולג 4X4OE (מימין) אשר מחלים מניתוח קשה ברגלו, ומגיע בימי ג' למפגש חובבי הרדיו ביגור, בנהיגה מביתו החדש בנתניה. חיליק תושב נהריה לשעבר נפגש עם אריה ריינהרץ 4X1VE הנהריני.

חדשות בתמונות



ארקדי גרבוים 4X1GA במגדלור עכו



אורחים במיגדלור רידינג 4X05LH, למעלה מימין לשמאל:
רון 4X1IG, דורון 4X1TY, יהודה 4X5YH, שורה תחתונה:
מוניקה 4X5LM, עומר 4X1XP ואיל 4X1RE



מפעילי מגדלור תל אביב



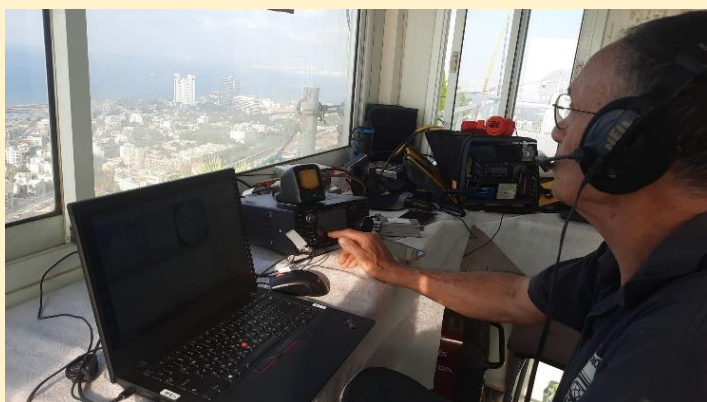
מוניקה 4X5LM (חובבת חדשה)



אורחים במיגדלור רידינג 4X05LH, חברי מועדון 4X4HQ



משה 4X6BX, אילן 4X5HF ותומר

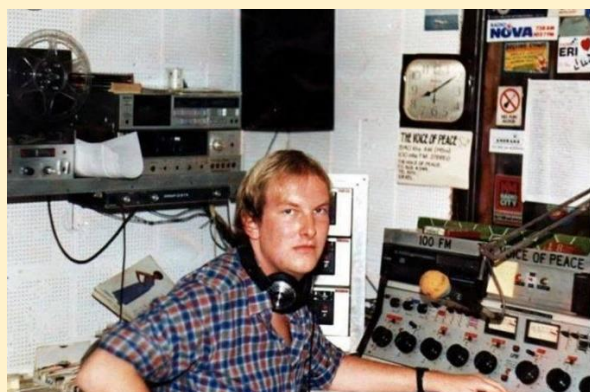


דני קצמן 4Z5SL במגדלור סטלה מאריס 4X02LH



צוותי מגדלור סטלה מאריס בחיפה בפעולה

קצת היסטוריה של החברים שלנו



טים סקרישאן 4X1ST חוגג 40 שנה לעלייתו לישראל



מארק 4Z4KX וחברו Ted לפני כ-50 שנה



פרויקט האנטנות של מועדון 4X4HQ

בעירוני ד', ת"א - חנוכת התרנים והמפגש השנתי

דורון אביב, 4X1ZX

עם פרישתי לגמלאות משירות המדינה, בגיל צעיר יחסית, הפכתי למורה לפיזיקה ולמתמטיקה בחטיבה הצעירה של ביה"ס עירוני ד' בת"א.

לאחר כעשרים שנה שבהן המועדון לא היה פעיל, הקמתי אותו מחדש בבית הספר. את דרכנו התחלנו ללא ציוד, ללא חדר קבוע ועם כשמונה תלמידים בלבד. כיום אנו פועלים בחדר מרווח שבו ציוד מן השורה הראשונה, ולמעלה מארבעים תלמידים ובוגרים מגיעים מרצונם לפעילות המועדון. במסגרת הפעילות לומדים התלמידים נהלי קשר, חשמל ואלקטרוניקה ומתכוננים לבחינות הרישוי לחובבי רדיו. לצד הלימודים הם מפעילים את התחנה כמעט מדי יום, בהדרכת תלמידים ותיקים ומנוסים.

אנו זוכים לאהדה ולגיבוי מלא מצד הנהלת בית הספר וגם מצד מינהל החינוך של עיריית תל אביב. את הפרויקט התחלנו באופטימיות רבה, אבל כמעט ללא משאבים כספיים, והשלמנו אותו הודות לתמיכה הכספית המשמעותית שהעניק לנו מינהל החינוך.

פרויקט האנטנות של המועדון עבר מספר גלגולים. בשלב הראשון, לפני כשבע שנים, תכננו להקים תורן אחד בקמפוס התיכון של בית הספר, אולם מסיבות שונות התוכנית לא יצאה אל הפועל. כעבור מספר שנים הורחבה התוכנית להקמת שני תרנים, בגובה תשעה מטרים כל אחד, על גג בניין החטיבה הצעירה. הכוונה הייתה להציב אותם על גבי חדרי היציאה לגג, המתנשאים לגובה של כארבעה מטרים מעל פני הגג.

לצורך קבלת ההיתר להקמת התרנים פעלנו "לפי הספר", ולכן התהליך ארך זמן רב. לאחר שעברנו את המשוכה וקיבלנו את היתר הבנייה המיוחל, יכולנו לגשת להקמת התרנים ולהרכבת האנטנות. לצורך ביצוע המשימה התגבש צוות מתנדבים מקרב חובבי רדיו וותיקים ומנוסים, בראשות זיו גלעד, 4X1UK, שתרומתו לפעילות המועדון בעירוני ד' לאורך השנים הייתה ועודנה רבה.

בצוות השתתפו אודי קדם, 4X6ZM, מוני שפיר, 4X6ZK, עדי דורון, 4Z4VG, יוסי שרון, 4X1BQ וחיליק עמיר, 4X1YA. נמרוד שוורץ, 4X1BG, ליווה את העבודה מרחוק וייעץ לצוות. מהנדס הקונסטרוקציה של הפרויקט היה דניאל כהן אור ומנהלת הפרויקט מטעם העירייה הייתה דורית רחמני. לצורך הקמת התרנים והתקנת האנטנות נשכרו שירותיו של מישקה סולימנוב מחברת "נוף מגדלים".

חימם את הלב לראות את תלמידי המועדון הצעירים עובדים כתף אל כתף עם חובבי הרדיו הוותיקים בהרכבת האנטנות. הייתה זו משימה מורכבת, שדרשה שעות עבודה רבות ובוצעה בהתלהבות ובמסירות רבה, לעיתים תחת השמש הקופחת.

האנטנות שנבחרו לצורך הפרויקט היו מתוצרת חברת OptiBeam. על התורן הצפוני הותקנו אנטנת OB5-6 לתחום 50 מה"ץ, ואנטנת OB11-3 לתחומי 14, 21 ו-28 מה"ץ. על התורן הדרומי הותקנו אנטנת OB1-40 לתחום 7 מה"ץ ואנטנת OB7-2WARC לתחומי 18 ו-24 מה"ץ. מסובבי האנטנות נשלטים באמצעות שני בקרי ARCO מתוצרת חברת microHAM.



התורן הדרומי



התורן הצפוני



סרטון המציג את תהליך התקנת האנטנות



בקר מסובב האנטנה ARCO-microHAM

ביוני 2026 ערכנו בבית הספר את המפגש השנתי של המועדון, שבמרכזו עמדה חנוכת התרנים. התרנים הוקדשו לזכרם של שני חובבי רדיו צעירים שלמדו אצלי במועדון לפני כארבעים שנה, ונקראו על שמם: הדר שביט (שביטלובסקי), 4X6OB SK ויואב טמיר, 4X4BV SK. השניים הכירו בילדותם במועדון וחלקו אהבה לתחום התעופה. בשנת 2009 נספו יחד בתאונת מסוק מול חופי נתניה. בני משפחותיהם הוזמנו לאירוע, ובמעמד מרגש הסירו את הלוט מעל לוחות הזיכרון שהוצבו בסמוך לתרנים.

טקס הסרת הלוט מלוחות הזיכרון



יואב טמיר ז"ל 4X4BV SK



אמו ואחיו של יואב טמיר, בעת הסרת הלוט



הדר שביט ז"ל 4X6OB SK



הוריו של הדר שביט (שביטלובסקי), בהסרת הלוט

בהמשך הערב הוענקו תעודות הוקרה לחובבי הרדיו שנרתמו לפרויקט ולמדריכים הצעירים במועדון. חברנו ותלמידי לשעבר, חיים לוי, 4Z1HL, שלח סרטון ממקום מושבו בגאנה, וסיפר על היכרותו עם הדר ועל דרכו כחובב רדיו. חיים גם תרם למועדון שני מקמ"שים שיוכלו לשמש את בוגרי המועדון בתחילת דרכם.



סרטון: צעדים ראשונים במועדון



סרטון: בניית האנטנה הראשונה



משתתפי המפגש באודיטוריום החטיבה הצעירה, עירוני ד'

חלוקת תעודות ההוקרה והקרנת הסרטונים



חלק מצוות ההקמה, מימין לשמאל: אודי קדם, 4X6ZM, דניאל כהן אור, מהנדס הקונסטרוקציה, דורית רחמני, מנהלת הפרויקט מטעם העירייה, מוני שפיר, 4X6ZK, עדי דורון, 4Z4VG, יוסי שרון, 4X1BQ, ודורון אביב, 4X1ZX (נעדרו – זיו גלעד, 4X1UK, חיליק עמיר, 4X1YA ומישקה סולימנוב).



המדריכים הצעירים במועדון, מימין לשמאל: אביב סאיר, 4X1CD, רונה אלדור, 4X5RE, אורי בוימן, 4X5DX, מאיה ריכטר, 4X5XS, זהר פרידמן, 4X1SD ודורון אביב, 4X1ZX

החלק השני של המפגש הוקדש להרצאתו של צביקה סגל, 4Z1ZV, על המשלחת הישראלית לגאנה. צביקה תמיד נכון לסייע למועדון, הן בהרצאות ובימי שדה והן בעבודה פיזית, כפי שעשה בעת התקנת תחנת הלוויינים שלנו.



צביקה סגל, 4Z1ZV, מדריך את בני הנוער באחד מימי השדה של המועדון.

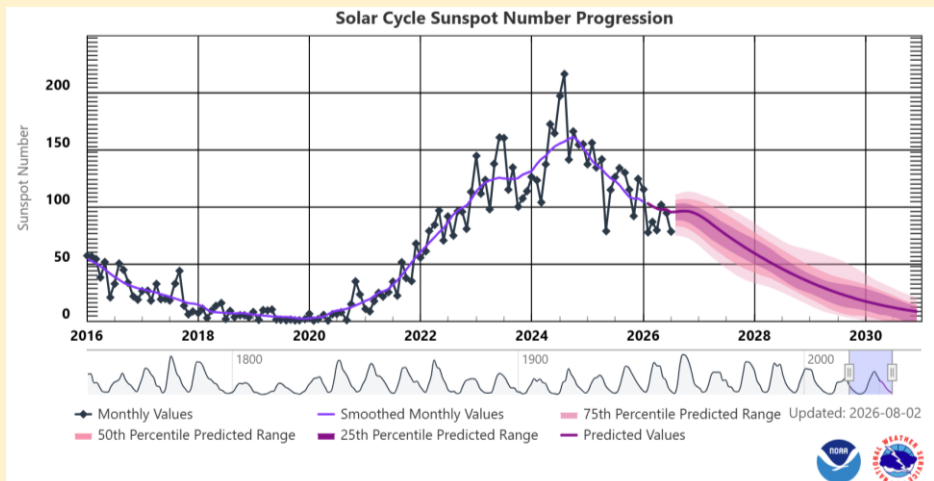
עם השלמת הפרויקט עומד לרשות תלמידי המועדון מערך אנטנות המאפשר פעילות מיטבית במגוון תחומי תדר. במקביל, אנו נערכים לשדרוג תחנת הלוויינים באמצעות מקמ"ש IC-9700 ויחידת DXPATROL QO-100 צילום הטקס והמפגש השנתי: עדי פוזנר, עירוני ד'

כתמי השמש – דעיכת המחזור ה-25

דניאל רוזן, 4X1SK

המחזור הסולרי ה-25, מחזור בן 11 שנים שהחל בדצמבר 2019 והגיע לשיא באוקטובר 2024, נמצא בשנה האחרונה ביציבות יחסית, שתמשך וודאי עד תחילת שנת 2027.¹

הגרף להלן מראה את מספר כתמי השמש (Sunspot Number) בעשור האחרון. מהגרף ניתן לראות בבירור את שיא המחזור, את הפעילות הנוכחית ואת התחזית לעתיד, שהיא עם אי ודאות המוצגת באזורים המוצלים – קיים סיכוי של 25% שבעתיד מספר כתמי השמש ייפול באזור המוצל הכהה ביותר, סיכוי של 50% שמספר כתמי השמש ייפול באזור המוצל הבינוני וסיכוי של 75% שייפול באזור המוצל הבהיר יותר.



מספר כתמי השמש (Sunspot Number): התפתחות המחזור ה-25 ותחזית לעתיד

מקור: NOAA, <https://www.spaceweather.gov/products/solar-cycle-progression>

המשמעות של מספר כתמי שמש בסביבות ה-90, כצפוי בחודשים הקרובים, היא כי הגלים הנמוכים (80 ו-40 מ') יפגינו ביצועים אמינים וסבירים בשעות הלילה, הגלים של 30 ו-20 מ' יפגינו ביצועים טובים ביום ובלילה, והגלים הגבוהים (17 עד 10 מ') יפגינו ביצועים טובים בשעות היום. המחזור הסולרי ה-26 יתחיל בשנת 2030, ושיאו יהיה בשנים 2034 – 2035. יש למה לצפות...

¹ למאמרים קודמים בנושא, ראה:

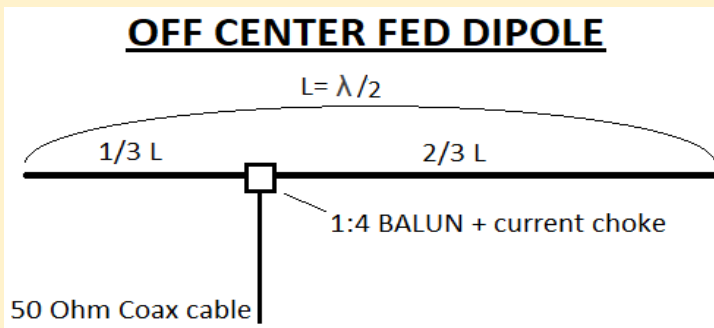
- המחזור הסולרי ה-25: מספר דגשים, גיליון 16, יוני 2021, עמ' 8 – 10.
- האם שיא מחזור כתמי השמש יקדים בשנה? גיליון 19, ספטמבר 2021, עמ' 8.
- המחזור הסולרי ה-25, ערכון, גיליון 39, מאי 2023, עמ' 15 עד 17.
- התקרבות מחזור כתמי השמש ה-25: למה לצפות?, גיליון 56, אוקטובר 2024, עמ' 21 – 22.

אנטנה אנכית רחבת סרט

מאת: ויקטור קורן, 4Z4ME

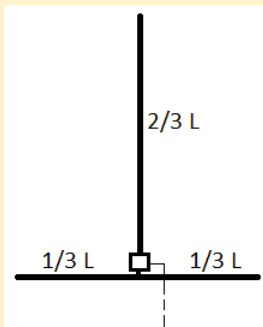
היתרון של האנטנה המוצגת הוא שיש לה שטח קרקע קטן, ללא רדיאלים חוטיים ארוכים והיא רבת גלים, מפס 10 מטר ועד פס 20 מטר ועם תוספת רדיאל בודד היא מתפקדת גם על פס 40 מטר.

החיסרון שלה הוא שהיג"ע שהיא מציגה נע בין 1:1 ועד יג"ע של 1:3, כך שהוא מצריכה שימוש במתאם אנטנה שלרוב נמצא בתוך מכשירי הקשר הנפוצים. הרעיון הבסיסי היה להתחיל את הפיתוח מאנטנה off-center fed dipole, אנטנה שתוהדת בתדר הבסיס וההרמוניות הזוגיות. אימפדנס הכניסה שלה בתדרי התהודה הוא 200 אוהם, התאום לקואקס 50 אוהם נעשה בעזרת שנאי 1:4.

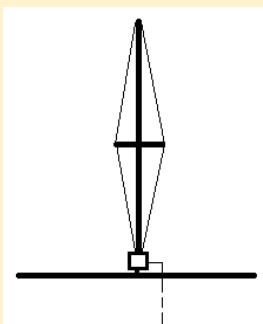


סיבוב האנטנה ב 90 מעלות הופכת את האנטנה לאנטנה אנכית, כאשר החלק הקצר של הדיפול הוא החלק התחתון של האנטנה.

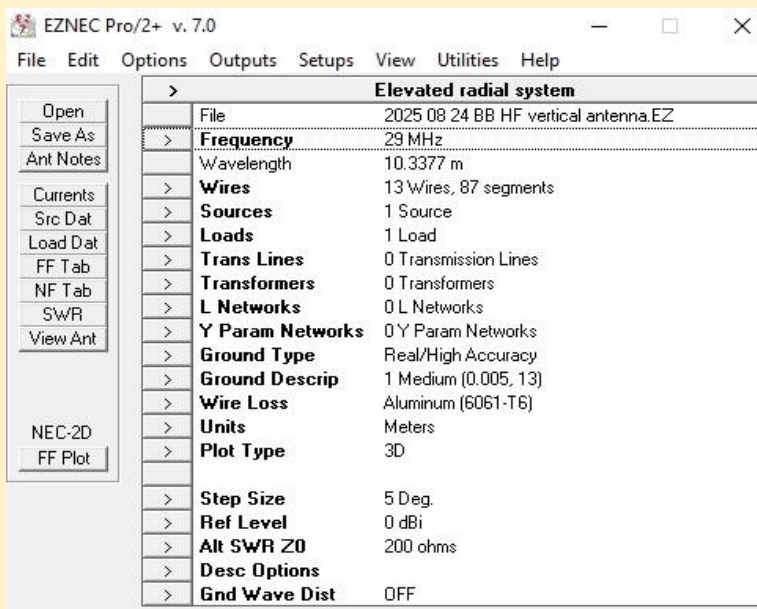
כעת מפצלים את החלק התחתון לשני מוליכים אופקיים שאורך כל אחד מהם הוא שליש L :



מטרת פיתוח האנטנה היא לגרום לה להיות רחבת סרט כך שהיא תתאים לא רק לתדר הבסיסי וההרמוניות הזוגיות, אלא שיהיה לה יג"ע סביר גם בתדרים נוספים. הרחבת רוחב הסרט הושג על ידי "עייבוי" החלק האנכי של האנטנה. זה נעשה על ידי הוספת מוט מוצלב באמצע החלק האנכי של האנטנה והוספת מוליכי חוט חשמל כך שהמוט האנכי נהפך למעוין:



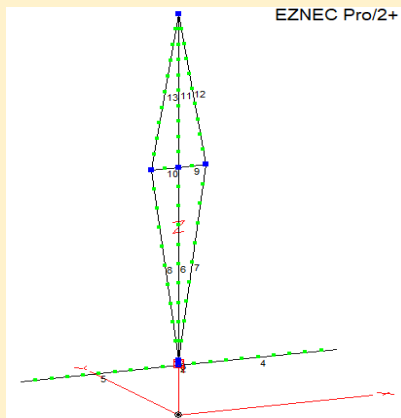
השלב הסופי של הפיתוח הוא להשתמש בתוכנת סימולציית אנטנות, במקרה זה EZNEC, ואז לשחק עם הממדים השונים של האנטנה עד להגעה לעקומת יג"ע מספקת. פנל הראשי של התוכנה:



לפי הטבלה באנטנה מוגדרים 13 מוליכים, האדמה מוגדרת כאדמה ממוצעת, חומר המוליכים הוא אלומיניום, המידות במטרים, ניתן לקבל עקומת קרינה בשרטוט תלת ממדי, החישובים נעשים ברזולוציית זווית של 5 מעלות ואימפדנס המקור היא 200 אוהם. כשלוחצים על שורת ה-Wires מקבלים את הטבלה בה ממלאים את פרטי המוליכים: נקודות התחלה, סוף ועובי המוליך. כמו כן צריך להגדיר לכמה קטעים התוכנה מחלקת כל מוליך כדי לשפר את דיוק הסימולציה.

Wires											
Wire Create Edit Other											
☐ Coord Entry Mode ☐ Preserve Connections ☐ Show Wire Insulation ☐ Show Loss											
Wires											
No.	End 1				End 2				Diameter	Segs	
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Conn	X (m)	Y (m)	Z (m)	Conn			
1	0	0	1	W4E1	0	0	1.03	W2E1	10	1	
2	0	0	1.03	W1E2	0	0	1.06	W3E1	10	1	
3	0	0	1.06	W2E2	0	0	1.1	W6E1	10	1	
4	0	0	1	W5E1	2.9	0	1		15	10	
5	0	0	1	W1E1	-2.9	0	1		15	10	
6	0	0	1.1	W7E1	0	0	5	W9E1	20	10	
7	0	0	1.1	W8E1	0.5	0	5	W9E2	1	10	
8	0	0	1.1	W3E2	-0.5	0	5	W10E2	1	10	
9	0	0	5	W10E1	0.5	0	5	W12E2	10	2	
10	0	0	5	W11E2	-0.5	0	5	W13E2	10	2	
11	0	0	8.1	W12E1	0	0	5	W6E2	17	10	
12	0	0	8.1	W13E1	0.5	0	5	W7E2	1	10	
13	0	0	8.1	W11E1	-0.5	0	5	W8E2	1	10	

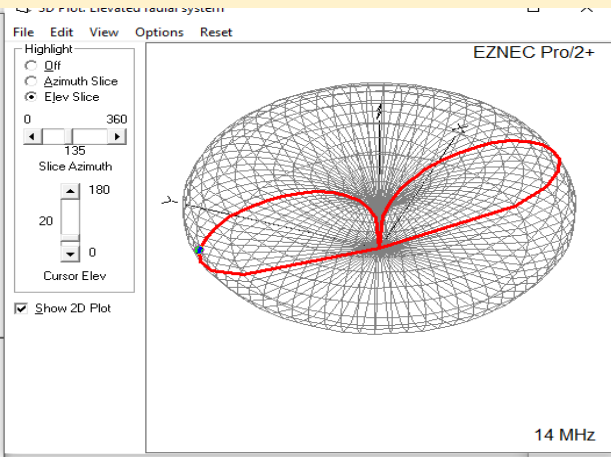
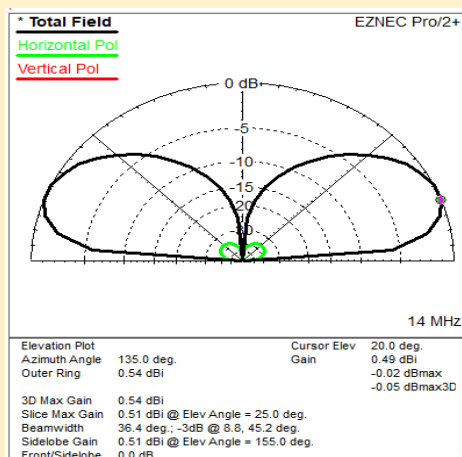
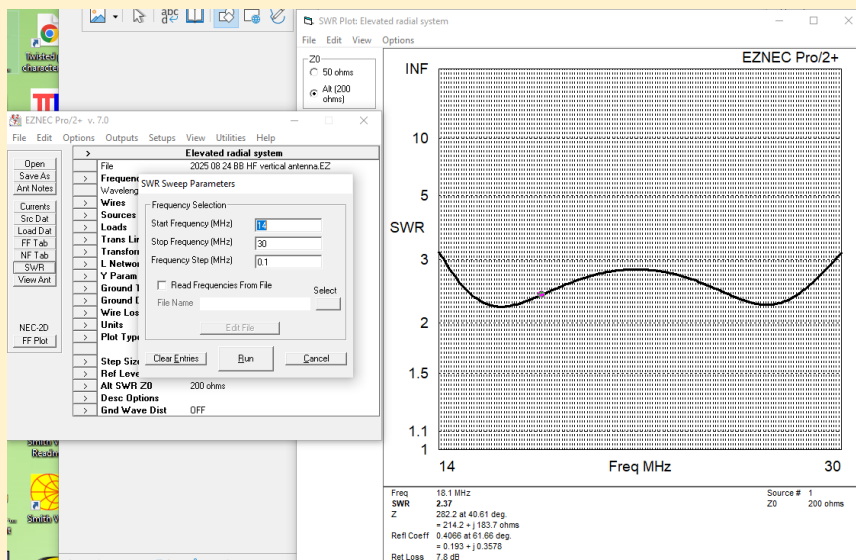
לחיצה על View Ant בטבלה הראשית נותן ציור שמתאר את האנטנה לפי טבלת המוליכים:



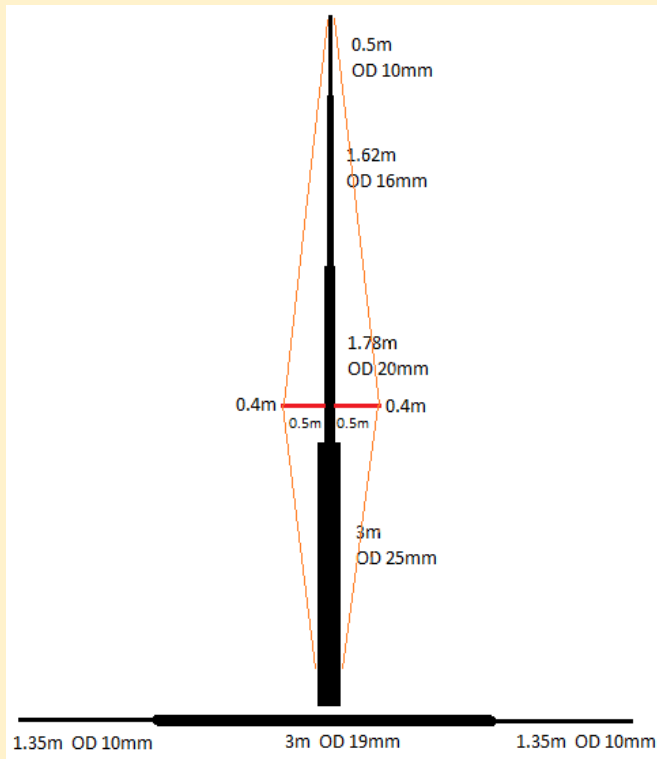
לשים לב שהאנטנה הוגדרה כך שהבסיס שלה בגובה 1 מטר מעל לאדמה.
לחיצה על SWR בטבלה הראשית מאפשר לבצע סימולציית יג"ע בתחום תדרים:

בלחיצה על FF Plot בטבלה הראשית מתבצעת סימולציית קרינה של האנטנה עבור 14 מה"ץ:
זוית הקרינה נמוכה, ההגבר של האנטנה של 0.5 DBi ניתן

כהגבר יחסית למקורן איזוטרופי. הגבר של דיפול בחלל חופשי הוא 2.15 DBi והוא יכול להיות גם גבוה יותר אם הדיפול ממוקם בגובה אופטימלי, כך שהגבר האנטנה האנכית נמוך מעט יחסית לדיפול אבל זוית הקרינה הנמוכה שלו מפצה במידה מסוימת.

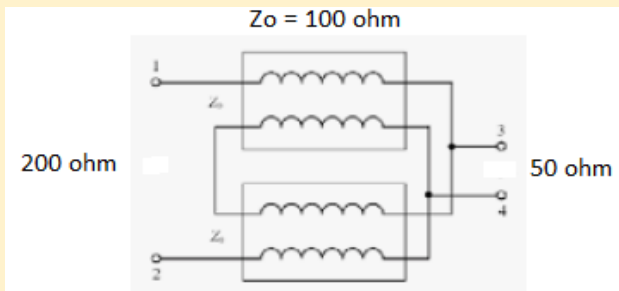


עקום הקרינה ל-14 מה"ץ – בשאר הפסים גרף הקרינה דומה מאוד



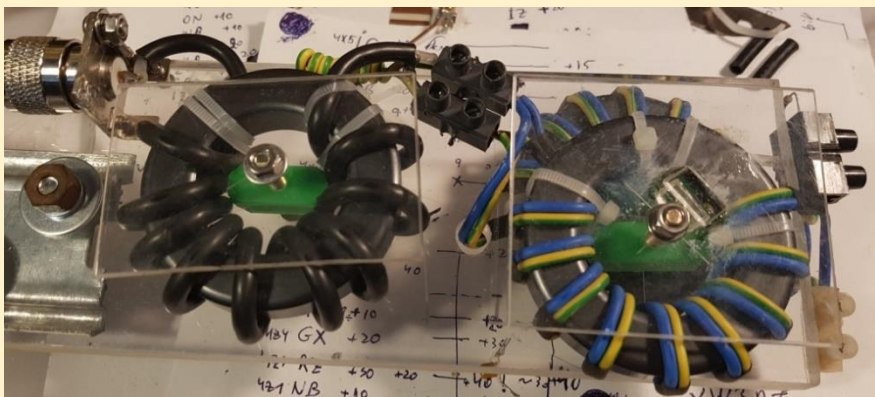
האנטנה נבנתה עם המימדים הבאים:

השנאי 1:4 מומש על ידי 2 שנאי קו תמסורת כל אחד על גרעין FT-240-43 עם 9 ליפופים של שני חוטי חשמל מצופי PVC רגילים של 1.5 מ"ר צמודים. שני חוטי חשמל כאלו צמודים יוצרים קו תמסורת עם אימפדנס אופייני שקרוב ל 100 אוהם שזה בדיוק מה שצריך כדי לתאם בין 200 אוהם ל 50 אוהם. השנאים מחוברים בקצה אחד בטור כדי להשיג 200 אוהם ומחוברים במקביל בקצה השני כדי להשיג 50 אוהם:



שני השנאים הורכבו אחד מעל השני בהזזה כדי להקטין צימוד לא רצוי ביניהם:

משנק זרם בעל 9 ליפופים של RG58 על גרעין FT240-43 חובר בטור ליציאת ה 50 אוהם:





האנטנה הורכבה בגובה של מטר אחד מעל הגג:
מעגל התאום מוגן מהגשם בעזרת בקבוק שתיה עם פיה חתוכה
שמורכב הפוך על המעגל. ההזנות שלו מחוברות מלמטה כך
שהתחתית פתוחה:

האנטנה מוזנת בקואקס LMR400 באורך של 15 מטר.

ניחות של קואקס LMR400 מתואם באורך של 15 מטר בתדר 30
מה"ץ הוא 0.33 DB. בספר Antenna Handbook של ARRL יש
גרף שמראה כמה ניחות מתווסף כאשר יש יג"ע שהוא גבוה מ-1.

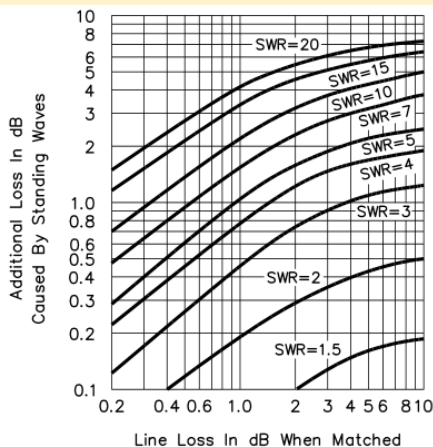


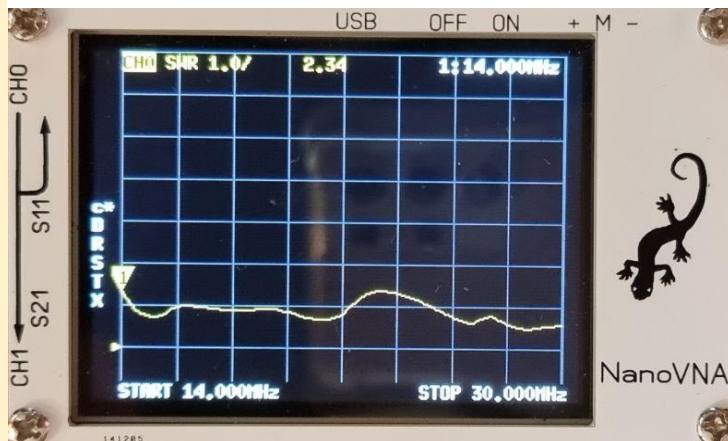
Fig 14—Additional line loss due to standing waves (SWR, measured at the load). See Fig 23 for matched-line loss. To determine the total loss in dB, add the matched-line loss to the value from this graph.

הניחות הנוסף בגלל יג"ע של 1:3 הוא פחות מ- 0.2 DB כך שסך הכל הניחות בין המשרד לאנטנה הוא בסך הכל כחצי DB, שהוא זניח. היג"ע נמדד בקצה הקואקס בתחנה:

היג"ע לאורך תחום התדרים נע בתחום של 1:1.5 עד 1:2.4 מעט שונה מהסימולציה, כנראה בגלל השפעות הסביבה, גג במקום אדמה ממוצעת.

מעשית האנטנה מתפקדת היטב כמצופה מאנטנה אנכית עם הפסדים נמוכים. לאחר שימוש לזמן-מה התעורר הצורך להוסיף שימוש בפס 40 מטר. מצד שני יש רצון לא להשפיע על ביצועי האנטנה בתדרים הגבוהים.

מה שבוצע זה הוספת רדיאל יחיד באורך של כ-13 מטר שמחובר עם מעגל תהודה טורי עם תדר תהודה 7.1 מה"ץ של קבל 75 PF וסליל 6.7 uHY, מחובר לנקודת ההזנה הנמוכה של האנטנה:



התוספת הזאת



האנטנה מתפקדת על פס 40 מטר כ center fed dipole שהתהפכה, כשהחלק הארוך זה הרדיאל והחלק האנכי של האנטנה מתפקד כחלק הקצר. כיון שיש רק רדיאל אחד אזי יש גם קרינה בזווית גבוהה שנחוצה לקשרים על

40 מטר בתוך הארץ ואמנם היא מתפקדת היטב גם בתפקיד הזה. לסיכום, הוצגה אנטנה אנכית פשוטה שפותרת שימוש במספר רב של פסים עם יעילות גבוהה.

מעגל מודפס – מהו? מאת שמואל שכטר, 4X5MF



מעגל מודפס - PCB

הידעת? הלוח עליו מורכבים כל הרכיבים נקרא מעגל מודפס (PCB) והוא בעצם רכיב מכאני המעגל המודפס עשוי לרוב מסיבי זכוכית ודבק אפוקסי. ישנם גם מעגלים גמישים המשמשים בעיקר כגשר מקשר בין מעגלים קשיחים. מעגל זה מכיל מוליכים ומשטחים של נחושת דקה שבעצם מחליפים חיבורי חוטים ומייצרים רשת חיבורים בין רכיבים שמאפשרת בעברת סיגנלים החיוניים להפעלת ומימוש הפונקציונאליות של המוצר.

מעגל מודפס יכול להיות מרובה שכבות (פנימיות בנוסף לשתי החיצוניות) או רק שכבות חיצוניות. ניתן לבנות מעגל עם עשרות שכבות פנימיות. הקשר בין השכבות ובין רגלי הרכיבים נעשה על ידי מוליכי נחושת וחורי מעבר שגם הם מצופים בנחושת. מקובל לקרוא לחורי חיבור בשם VIA. הרכיבים השונים מולחמים על פני המעגל. ישנם שני סוגים עיקריים של רכיבים: רכיב עם רגליים החודרות דרך המעגל המודפס. חורי הרכיב נקראים חורי Through Hole – TH רכיבים משטחיים שנקודות ההלחמה או רגלי ההלחמה נמצאים מצד או מתחת לרכיב. רכיבים אלו מכונים באנגלית SMT/SMD Surface Mount Device

נקודת ההלחמה נקראת פד (PAD) והיא המקום שהבדיל – אותו חומר מקשר בין הרכיב למעגל המודפס – נמצא בו ומייצר את הקשר החשמלי.



קצת היסטוריה – תולדות ה-PCB

שיטת החיבור המקובלת לפני עידן ה-PCB נעשתה בחיווט נקודה לנקודה כשלרוב היו עוגנים על חומר מבודד ששימשו נקודות חיבור.

ב-1903 ממציא גרמני הגיש פטנט על מוליכים שטוחים המודבקים על לוח מבודד. ב-1925-7 נרשם פטנט על שיטה להדפסת מוליכים ישירות על משטח מבודד באמצעות דיו מוליך.

פריצת הדרך להמצאת ה-PCB, כפי שאנו מכירים היום, נעשתה על ידי יהודי אוסטרי בשם פאול אייזלר שנמלט לאנגליה מהנאצים וב-1936 פיתח קונספט של הדבקת רדיד נחושת דק על מבודד ויצירת מוליכים על ידי צריבה כימית – שיטת ה- EATCHING ממשי כמו היום.

חומרי הבידוד בהם השתמשו היו עץ קרטון דחוס ומזונויט עד שנות ה-30 של המאה הקודמת. אז החלו להשתמש בבקליט או בהגה המקצועית FR-2. הם היו זולים וקלים מאוד לקידוח בתהליך ניקוב, אך עמידותם לחום היתה נמוכה ביותר. אגב ניקובים – היו מייצרים מיטת סיכות ובמכה אחת מנקבים את כל חורי המעגל.

בשנות ה-50 עברו לפיברגלס שמוכר לרובינו כ- FR4. זהו סריג סיבי זכוכית מודבק בשרף אפוקסי והוא עמיד בטמפרטורות וחזק מכאנית ובעל תכונות בידוד מעולות.

בשנות ה-60 החלו לעבוד עם פוליאמיד וקפטון כפתרון למעגלים גמישים וגם חומר זה עמיד ביותר לטמפרטורות קיצון.

אגב, רוב הפיתוחים נעשו עקב צרכי החלל.

עם מעבר לתדרים גבוהים מאוד, בעיקר במאה הנוכחית, החלו לעבוד עם טפלון ועם חומרים קרמיים שמאופיינים בהפסדים נמוכים ביחס לקיים וכן ביכולות פיזור חום בצורה יעילה יותר מפלסטיק או פיברגלס.



מעגלים אלקטרוניים מלפני כ-90 שנה, רכיבים מחוברים זה לזה באמצעות תגי הלחמה

תכנון מעגל מודפס

מעגל מודפס מתוכנן עם כלים ממוחשבים. ישנם כלים חינוכיים כגון KiCAD המאפשרים תכנון עצמאי.

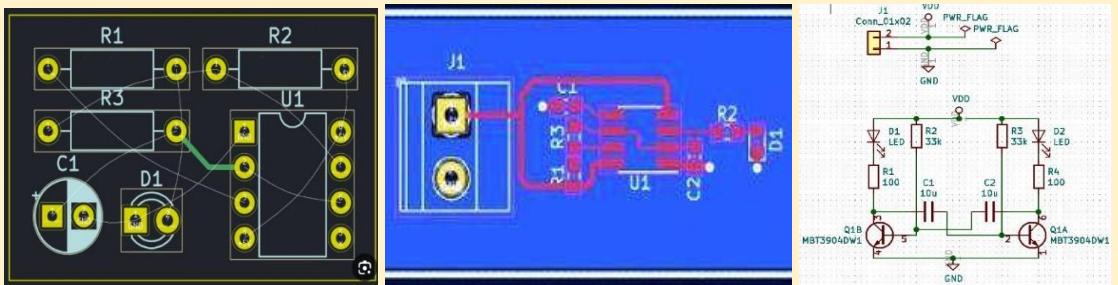
כלים אלו הם בעצם תוכנות גרפיות המאפשרות לצייר מוליכים ורכיבים אך הן גם מכילות מנגנוני בקרה שמונעות טעויות ומכילות גם ספריות של רכיבים המתאימים לגודל הרכיב האמיתי כך שלא תעשנה טעויות.

ההתחלה של תהליך התכנון למעגל חשמלי מתחילה בשרטוט חשמלי של המעגל שעבורו אנו מעוניינים לתכנן מעגל מודפס. כל רכיב כמו קבל או נגד או רכיב לוגי, המוכנסים לשרטוט ומחוברים ביניהם עם קווי חיבור, מכילים הגדרות של סוג הרכיב וגודלו הפיזי ואת סוג הפדים (משטחי או רכיב חודר).

השלב הבא משלב את השרטוט לתוכנה הגרפית ובעצם מציג את הרכיבים הפיזיים – המיוצגים כסכמה – על מסך התוכנה הגרפית כאשר כל חיבור שאמור להיות מוליך מיוצג כקו דק. כעת נותר רק לחבר את המוליך – כמובן לא לייצר קצרים – ולהשלים את כל החיבורים.

התוכנה בודקת שכל החיבורים נמצאים ואין קצרים. מכאן יש תהליך של ייצור קבצים לייצור – קבצים אלו נקראים גרברים (אין קשר למזון התינוקות...) והם נשלחים ליצרני המעגלים המודפסים ומהם מיוצר המעגל הסופי.

ראוי לציין שפעם תהליך זה היה יקר ולקח כשבועיים. אך גם תחום זה הפך באמצעות כלי התכנון ובעיקר הכלים החינוכיים לתחום נגיש המאפשר יצוא קבצי הייצור ישירות ליצרנים גדולים בסין באמצעות ממשק יחסית קל ופשוט הכולל את כמות ההזמנה ובמחירים מאוד אטרקטיביים.



מעגל אלקטרוני – משרטוט לתכנון כמעגל מודפס

איך מייצרים

תהליך הייצור של מעגל מודפס הוא תהליך מכאני וכימי. התהליך הקיים לא השתנה הרבה במשך השנים רק שהדיוק השתפר עם התקדמות הטכנולוגיה ובעיקר בשל הצורך במימוש מוצרים זעירים בגודלם. מזעור דורש מוליכים דקים ביותר עד כדי 2 אלפיות האינטש, או בהגה המקצועית – 2 מיל (2mil). לשם ההבנה – 39 מאיות האינטש (39 mil) הם 1 מ"מ. הצורך במזעור דרש אף קידוחים ממוזערים עד כדי 2 מיל (2 mil). ולכן, מעבר לקידוח באמצעות קידוחים מכאניים של מכונות CNC, משתמשים היום באופן נרחב בקידוחי לייזר. מקדח מכאני יכול לקדוח קדח קטן עד 4 מיל (לרוב היצרנים מינימום הקידוח הוא 6 מיל). ייצור מעגל רב שכבתי נעשה באופן של ייצור שכבות פנימיות כבודדות או כזוג (שני צדדים של מעגל מכילות נחושת ומוליכים) והדבקתם באמצעות סוג של משטח אפוקסי המותך בחום, תוך שימוש באמצעים למיקום מדויק של שכבה מעל שכבה וכבישתם במכונה המסוגלת לשאוב את האוויר ובמקביל לחמם את המסה לשם התכת האפוקסי להדבקת השכבות. הכנת השכבות הפנימיות דומה לתהליך המפורט להלן – איך מיוצר מעגל דו צדדי:

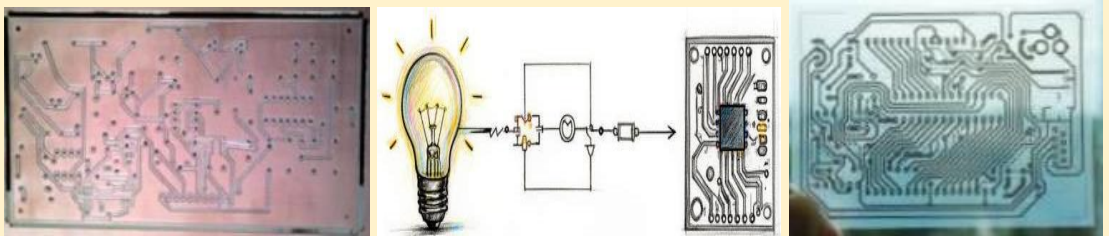
חומר הגלם למעגל דו צדדי (משני צדדיו יש מוליכים) מגיע מוכן וזה חומר מבודד עשוי סיבי זכוכית ואפוקסי ומשטח מלא של נחושת משני צדדיו. המעגל נקדח על פי התכנון של המעגל המודפס (אם יש קידוחי מעבר בתכנון) ואז באמצעים כימיים מצפים את החורים בנחושת כדי ליצור חיבור חשמלי בין שני הצדדים. בשלב הבא "מציירים" על פני השכבות את המוליכים הנדרשים על פי התכנון, באמצעות ציפוי המעגל בחומר רגיש אור והקרנה על המשטח של המוליכים. כאן נכנס מיכון מדויק המבצע את תהליך זה באמצעות מכונות המשתמשות בלייזר וזאת בשל הצורך לדייק בעובי המוליכים הדקים. שלב הבא הוא עיקול הנחושת באזורים בהם לא הקרנו את המוליכים וזה נעשה בטבילה בחומצה שמעכלת את הנחושת.

בשלב הבא מוסיפים כיתובים על המעגל ממש כמו הדפסה על חולצות בתהליך הדפסת משי (Silk Screen) – כך נקרא התהליך ואז, מצפים המעגל בשכבה לא מוליכה במקומות בהם הנחושת ואזורים בלי נחושת לא נדרשים להיות חשופים. שכבה זו בדרך כלל בצבע ירוק וזה צבע אפוקסי. שכבה זו נקראת Solder Mask והיא ממסכת אזורים ומגינה על הנחושת.

בשלב הזה מצפים את האזורים החשופים בחומר מוליך כמו זהב או כסף או בדיל ואלו המקומות שההלחמה תעשה – אלו הפדים.

כל יצרן מבצע בדיקה חשמלית שבודקת רציפות המוליכים על פי התכנון הנדרש כמו גם לראות שאין קצרים.

בסיום חותכים המעגל לגודל הנדרש...סיימנו.



דוגמאות של מעגלים מודפסים פשוטים

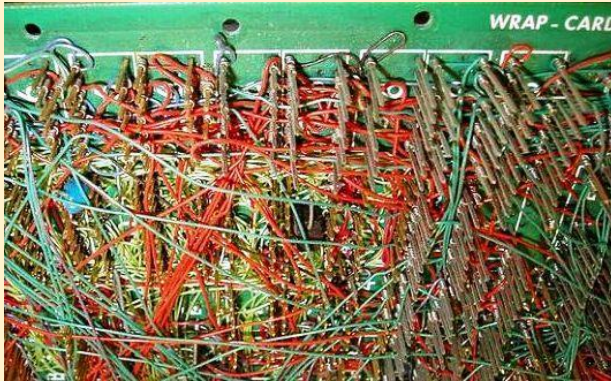
אם כך...

המעגל המודפס הוא פריט עליו יושבים ומורכבים כל הרכיבים. הוא מחליף חיבורי חוטים באמצעות מוליכי נחושת. תכנונו באופן נכון יאפשר פעילות פונקציונאלית של המוצר באופן מושלם ניתן להתחבר לקישור הבא לאתר המפרט את תהליך הייצור קצת יותר ממאמר מופשט זה https://www.pcbasic.com/iw/blog/how_are_circuit_boards_made.html ולפני סיום....כמה השוואות ברמת התקדמות הטכנולוגיה של "פעם" להיום:

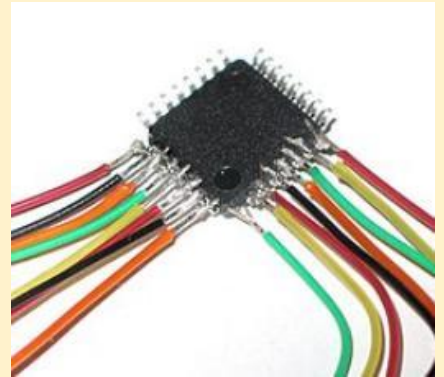
- פעם השתמשו ברכיבים עם רגליים חודרות כמו נגדים וקבלים
- היום אותם רכיבים מולחמים על פני המעגל
- פעם המרחק בין רגלי הרכיב היו 0.1 אינץש (2.54 מ"מ)
- היום המרחק הוא 0.5 מ"מ
- בשנות ה-90 רכיב משטחי כמו נגד או קבל הקטן ביותר היה באורך של 2 מ"מ על 1.3 מ"מ
- היום אנחנו מדברים על 0.5 מ"מ על 0.25 מ"מ

- עד לפני 15 שנה, קדח מינימלי במעגל מודפס היה 8 אלפיות האינטש
- היום קדח מינימלי מגיע ל 2 אלפיות האינטש
- לפני 25 שנה מעגל גדול וצפוף היה עם מאות רכיבים
- היום מעגל קטן יכול מאות ואלפי רכיבים

ועדיין לא הסברנו איך מרכיבים ומלחימים את הרכיבים – על כך במאמר נוסף שיובא בהמשך.



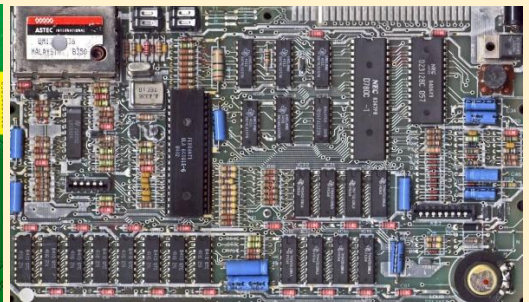
חיבור Wire Wrap (ליפוף חוטים דקים ביצור אב טיפוס)



הלחמות חוטים ישירות לרכיב



מעגל מודפס רב-שכבתי עם רכיבי SMD



מעגל מודפס דו-שכבתי משנות השבעים



פרסומים היסטוריים

מאת דניאל רוזן, 4X1SK

מבקש להפנות תשומת לב לפרסומים חדשים באתר העמותה להנצחת חילי חיל הקשר והתקשוב:



אלחוטאי חיל הקשר הבריטי בשנות ה-40

מתנדבי היישוב היהודי בחל הקשר המלכותי הבריטי במלחמת העולם השנייה

קטע מ'ספר ההתנדבות, שכתב זאב שפר ויצא לאור בשנת 1949, באדיבות מוסד ביאליק –

https://www.amutakesher.org.il/_Uploads/dbsAttachedFiles/Shefer_RCSG_Palestinians.pdf



שלט רחוב ע"ש חיל הקשר בירושלים

רחובות חיל הקשר

סקירה על רחובות ביישובי בארץ, על שם חיל הקשר ואנשיו –

https://www.amutakesher.org.il/_Uploads/dbsAttachedFiles/Signal_Corps_Streets_1.0.pdf

אנא הפיצו לחברים המעוניינים בנושאים אלה.

קריאה מהנה.



יום הדממת השידורים שנערך בארצות הברית

במסגרת הניסיון להאזין לאותות אפשריים מ־מאדים.

מאיר פיאלקוב 4X6KG

האירוע התקיים ב־ 21 באוגוסט 1924 לבקשת צי ארצות הברית, כאשר מאדים היה בקרבה יחסית לכדור הארץ במרחק 56 מיליון ק"מ. תחנות רדיו רבות בארצות הברית התבקשו להפסיק לשדר למשך פרקי זמן קצרים בכל שעה.

- מפעילי רדיו האזינו בתדרים שונים בניסיון לקלוט אותות חריגים שאולי מקורם מחוץ לכדור הארץ.

- ההשערה הייתה שאם קיימת תרבות טכנולוגית על מאדים, ייתכן שתנסה לנצל את הקרבה היחסית כדי לשדר לכדור הארץ.

בסופו של דבר לא נקלטו אותות שניתן היה לייחס למקור חוץ־ארצי. האירוע נחשב כיום לאחד הניסויים הראשונים בהיסטוריה של חיפוש אחר תקשורת מחוץ לכדור הארץ, עשרות שנים לפני תחילת פרויקטים מודרניים כמו :

SETI Institute. (2)

הרקע

בשנת 1924 התקרב מאדים לכדור הארץ למרחק של כ-56 מיליון ק"מ. באותה תקופה רבים האמינו שייתכן שעל מאדים קיימת ציוויליזציה, בעקבות התיאורים המפורסמים של "התעלות" שדווחו על ידי פרסיבל לואל. (1)

לכן עלה הרעיון: אם קיימים שם יצורים תבוניים, אולי הם ינסו לשדר אותות רדיו.

כיצד נערך הניסוי שנמשך מספר ימים סביב 21 באוגוסט 1924? :

- תחנות רדיו חזקות התבקשו להפסיק לשדר למשך כ־5 דקות בכל שעה.
- המטרה הייתה להקטין את ההפרעות האלקטרומגנטיות.
- מאות חובבי רדיו ואנשי מקצוע האזינו במקלטים שלהם ורשמו כל אות חריג.

באילו תדרים האזינו?

באותם ימים השתמשו בעיקר בתחום הגלים הקצרים, (HF) בערך בין 3 ל־30 מגההרץ, וגם בתחומי שידור נמוכים יותר שהיו מקובלים באותה תקופה. לא היה תדר "מיוחד" לחיפוש. הרעיון היה לסרוק כמה שיותר תחומים שבהם היו קיימים מקלטים.

איזה ציוד היה?

לא היו טלסקופי רדיו.

השתמשו במקלטי:

- שפופרות ריק (Vacuum Tubes).
 - אנטנות תיל ארוכות, לעיתים באורך עשרות ואף מאות מטרים.
 - מקלטי CW ר-AM בסיסיים.
- הרגישות הייתה נמוכה מאוד ביחס לציוד מודרני של היום.

האם נקלט משהו?

כמה מפעילים דיווחו על אותות חריגים, אך:

- לא ניתן היה לאמת אותם.
 - רובם כנראה היו הפרעות אטמוספיריות, ברקים או שידורי רדיו ארציים חלשים.
- לכן לא נמצאה שום עדות לאות ממקור חוץ-ארצי.

איך זה היה נראה היום?

כיום משתמשים במערכות כמו של Allen Telescope Array, הכוללות:

- עשרות אנטנות פרבוליות.
- מגברים מקוררי לטמפרטורות של 100 C- צלסיוס להשגת ספרת רעש נמוכה
- מחשבים הסורקים מיליארדי ערוצי תדר ברזמנית.
- רגישות הגבוהה פי מיליונים מזו שהייתה בשנת 1924.

מעניין לציין שה"שקט הרדיואי" שנוצר אז היה קטן מאוד לעומת רמת הרעש שאנו יוצרים כיום. כיום יש סביב כדור הארץ מאות אלפים של משדרים FM /AM, מערכות דיגיטליות לבקרה מרחוק, שידורי טלוויזיה, לווייני תקשורת, רשתות סלולאריות, גופי תאורה led עם ספקי כוח מרעישים ומערכות נוספות, ולכן אסטרונומים מקימים טלסקופי רדיו באזורים מבודדים במיוחד כדי לצמצם הפרעות.

"יום הדממת הרדיו" היה רעיון יפה היסטורית, אבל מבחינה הנדסית הסיכוי לקלוט משדר חלש ממאדים היה כמעט אפס.

(2) ה- SETI Institute הוא מכון מחקר אמריקאי ללא מטרות רווח, שנוסד ב-1984 ראשי התיבות SETI הם: Search for Extraterrestrial Intelligence (החיפוש אחר תבונה מחוץ לכדור הארץ). מטרתו העיקרית היא לחפש עדויות לקיומן של ציוויליזציות טכנולוגיות ביקום. כיצד הם מחפשים? הדרך העיקרית היא באמצעות טלסקופי רדיו:

- סריקת מיליוני כוכבים.
 - האזנה למיליארדי תדרים בו-זמנית.
 - חיפוש אחר אותות שאינם נראים טבעיים, למשל:
 - גל רציף צר מאוד.
 - רצף פולסים מחזורי.
 - אותות בעלי מבנה מתמטי או דיגיטלי.
- רוב מקורות הרדיו ביקום (כוכבים, גלקסיות, פולסרים ועוד) פולטים רעש רחב-סרט. לעומת זאת, משדר מלאכותי נוטה ליצור אות צר מאוד בתדר, שקל יותר להבחין בו.



Allen Telescope Array

באיזה ציוד הם משתמשים?
 אחד המכשירים החשובים
 Allen Telescope Array:
 עשרות אנטנות בקוטר 6.1
 מטר כל אחת.
 * ניתן לכוון אותן לעצמים
 שונים בו-זמנית.
 * מחשבי-על מנתחים
 כמויות עצומות של נתונים
 בזמן אמת.

האם מצאו משהו עד היום

- נקלטו אלפי אותות מעניינים.
 - כל אות שנבדק לעומק התברר כהפרעה ארצית, לוויין, מטוס או תופעה טבעית.
 - לא התקבלה עד היום הוכחה מקובלת לקיומה של ציוויליזציה חוץ-ארצית.
- אחד האותות המפורסמים ביותר הוא אות, Wow!, שנקלט בשנת 1977. הוא היה חזק וחריג מאוד, אך לא חזר שוב מעולם ולכן לא ניתן היה לאמת את מקורו.
- האם הם רק מאזינים? לא. המכון עוסק גם ב:
- מחקר של כוכבי לכת מחוץ למערכת השמש.
 - חקר היווצרות חיים.
 - אסטרוביולוגיה.
 - משימות חלל ומדעי הפלנטות.

שאלה מעניינת

חוקרי SETI אינם יודעים מאיפה, באיזה תדר, באיזה רוחב סרט או באיזה זמן ציוויליזציה אחרת עשויה לשדר. לכן הם חייבים לסרוק אזורים עצומים בשמים ומיליארדי ערוצי תדר בו-זמנית. זו אחת הסיבות שהחיפוש אחר אותות חוץ-ארציים הוא אתגר הנדסי ומדעי מורכב במיוחד.

(1) (1855–1916) Percival Lowell : אסטרונום אמריקאי, סופר ומייסד **Lowell Observatory**. הוא נודע בעיקר בזכות מחקריו על כוכב מאדים Mars ובזכות קידום הרעיון שלפיו קיימות על פניו "תעלות", וכן בזכות היוזמה לחיפוש אחר "כוכבי הלכת", שהובילה בסופו של דבר שנים לאחר מותו לגילוי כוכב **Pluto** הרחוק ביותר בכוכבי הלכת המקיפים את השמש.

לואל הושפע מתצפיותיו של **Giovanni Schiaparelli** (1835–1910) שדיווח על קווים על פני מאדים. הוא פירש אותם כרשת של תעלות מלאכותיות שנבנו בידי תרבות תבונית כדי להוביל מים מכיפות הקרח אל אזורי הכוכב היבשים. רעיון זה זכה לפרסום רב בציבור, אך תצפיות מתקדמות יותר במאה ה-20 הראו כי התעלות לא היו קיימות כפי שתוארו, ונחשבות כיום לאשליה אופטית ולפרשנות שגויה של תצפיות טלסקופיות מוגבלות.



מהמכוננית המעופפת ועד למצנח הלביש:

7 ממציאים שנהרגו מהמצאותיהם

יעקב קיטרון

מאז ומתמיד הובילו המצאות מוצלחות לעלייה בצמיחה הכלכלית וברמת החיים. הממציאים הגדולים שעומדים מאחוריהן זוכים בדרך כלל לתהילת עולם, ויכולים להביט לאחור בסיפוק בידיעה ששינוי לטובה את חייהם של מיליונים. עם זאת, עבור חלקם ההמצאה הופכת לחלק כה מרכזי בחייהם – עד שהיא הופכת גם לסיבת מותם. ממארי קירי ועד למתכנן הטיטאניק, להלן סיפוריהם של שבעה ממציאים ויזמים ששילמו בחייהם על מפעלם.

1. פרנסיס אדגר סטנלי (1849–1918) – מכוננית הקיטור

פרנסיס אדגר סטנלי ואחיו התאום, פרילן אוסקר, היו אנשי עסקים ויזמים אמריקאים רב-פעלתנים. בצעירותם למדו לגלף כינורות, ובהמשך פתחו סטודיו מצליח לצילום ואף רשמו פטנט על מכונה לציפוי המוני של לוחות צילום יבשות – עסק שאותו מכרו לג'ורג' איסטמן (מייסד קודאק) תמורת חצי מיליון דולר.

את ההון שצברו השקיעו האחים באהבתם החדשה: פיתוח כלי רכב. בשנת 1896 הם המציאו את "סטנלי סטימר" (Stanley Steamer) – מכוננית המונעת בקיטור. עשר שנים מאוחר יותר, שברה המכוננית שלהם את שיא העולם כאשר חצתה מרחק של מייל אחד ב-28.2 שניות בלבד (מהירות של כ-205 קמ"ש). בשנת 1918 מכרו האחים את החברה. חודשים ספורים לאחר מכן, בעת שנהג ב"סטמר" שלו, סטה פרנסיס בחדות כדי להימנע ממכשול בכביש. המכוננית התהפכה לתוך ערימת עצים, וסטנלי נהרג במקום.

2. מארי קירי (1867–1934) – רדיואקטיביות

הפיזיקאית והכימאית הנודעת מארי קירי טבעה את המונח "רדיואקטיביות" וגילתה את היסודות הקורנים רדיום ופולוניום. עבודתה פורצת הדרך הניחה את היסודות לפיתוח מכשירי הרנטגן והקנתה לה תהילת עולם: קירי הייתה האישה הראשונה שזכתה בפרס נובל, והאדם היחיד בהיסטוריה שזכה בפרס בשני תחומים מדעיים שונים (פיזיקה וכימיה). אולם למחקר החדשני היה מחיר כבד. באותה תקופה השפעותיה ההרסניות של הקרינה על גוף האדם עדיין לא היו ידועות, וקירי נחשפה במהלך עבודתה למינונים עצומים של חומרים רדיואקטיביים ללא כל הגנה. היא הלכה לעולמה בשנת 1934 כתוצאה מאנמיה אפלסטית, שנגרמה ישירות מחשיפת היתר לקרינה.

3. תומאס אנדרוז (1873–1912) – הטיטאניק

תומאס אנדרוז היה בונה ספינות ואיש עסקים אירי, ששימש כארכיטקט הראשי של ספינת הפאר המפורסמת "טיטאניק". בתכנונו המקורי של אנדרוז אמורה הייתה הספינה לשאת 46 סירות הצלה, אך משיקולי עיצוב ותקציב הופחת מספרן ל-20 בלבד – החלטה שהתבררה כטרגית.

בליל ה-14 באפריל 1912, כאשר פגעה הספינה בקרחון באוקיינוס האטלנטי, אנדרוז היה בין הראשונים להבין את גודל האסון וקבע כי נותרו לה שעות ספורות בלבד עד לטביעה מלאה. לפי עדויות הניצולים, אנדרוז פעל בגבורה עד הרגע האחרון, עבר בין הנוסעים, האיץ בהם ללבוש חגורות הצלה וסייע לנשים וילדים לעלות לסירות. דקות אחדות לפני שהספינה ירדה למצולות, נראה אנדרוז בחדר העישון של המחלקה הראשונה, כשהוא מביט פנימה בציור "הגישה לעולם החדש". גופתו מעולם לא נמצאה, והוא נספה יחד עם עוד כ-500,1 נוסעים ואנשי צוות.

4. אוטו ליליינטל (1848–1896) – גלשן האוויר

המהנדס הגרמני קארל וילהלם אוטו ליליינטל נחשב לאחד מחלוצי התעופה החשובים בהיסטוריה והיה האדם הראשון שביצע טיסות בטוחות וחוזרות ברחפת (גלשן אוויר) שבנה בעצמו. ליליינטל חקר לעומק את מעוף הציפורים, גילה את היתרון האווירודינמי של כנף קמורה על פני כנף שטוחה, ואף פרסם ספר מקיף בנושא ששימש מאוחר יותר את האחים רייט בבניית המטוס הראשון.

במהלך השנים בנה ליליינטל 18 דגמים שונים של גלשנים וביצע למעלה מ-2,500 טיסות מוצלחות מגבעה מלאכותית שהקים בברלין. אולם ב-9 באוגוסט 1896, משב רוח פתאומי ובלתי צפוי גרם לו לאבד שליטה על הדאון. הוא צנח ארצה מגובה רב ושבר את עמוד השדרה שלו. הוא נפטר למחרת בבית החולים, כאשר לפי השמועה מילותיו האחרונות היו: "חייבים לעשות הקרבות!"



האנדרטה לזכרו של חלוץ התעופה אוטו ליליינטל, על ראש הגבעה אותה בנה לצורך ניסיונותיו בברלין

5. פרנץ רייכרט (1879–1912) – המצנח הלביש

פרנץ רייכרט, חייט צרפתי יליד אוסטריה, הקדיש את חייו לפיתוח חליפת-מצנח המיועדת לטייסים, שתאפשר להם להימלט בבטחה ממטוסים פגועים. לאחר שביצע מספר ניסויים מוצלחים באמצעות בובות שרקח, היה רייכרט נחוש להוכיח את יעילות ההמצאה על גופו שלו.

בפברואר 1912 קיבל אישור ממשטרת פריז לקפוץ מהמפלס הראשון של מגדל אייפל, תחת הרושם שבכוונתו להשתמש שוב בבובה. להפתעתם המוחלטת של העיתונאים והסקרנים שהתאספו במקום, הודיע רייכרט ברגע האחרון כי יקפוץ בעצמו כדי להוכיח את שווי המצאתו "בלי תכסיסים". הוא קפץ מגובה של כ-57 מטרים, אך המצנח הלביש לא נפתח כלל, והוא נהרג מעוצמת החבטה בקרקע.

6. ויליאם בולוק (1867–1813) – דפוס הצילינדר (הרוטציה)
הממציא האמריקאי ויליאם בולוק הביא למהפכה אדירה בעולם העיתונות והדפוס בזכות המצאתו משנת 1863 – מכבש דפוס הצילינדר הסיבובי. המכונה החדשנית אפשרה להדפיס על גלילי נייר רציפים וגדולים משני הצדדים בו-זמנית, מה שקיצר דרמטית את זמני ההפקה של עיתוני התקופה. בשנת 1867, במהלך התקנת מכבש דפוס חדש עבור מערכת העיתון *פילדלפיה פאבליק לדג'ר*, ניסה בולוק לבעוט ברצועת מנוע כדי להכניסה לתוך הגלגלת. רגלו נתפסה בתוך המכונה הכבדה והתרסקה לחלוטין. בתוך ימים ספורים התפתח ברגלו נמק, והוא מת על שולחן הניתוחים במהלך הניסיון לכוות את האיבר הפגוע.

7. אלכסנדר בוגדנוב (1928–1873) – עירוני דם להצערה
אלכסנדר בוגדנוב (שם העט של אלכסנדר מלינובסקי) היה איש אשכולות רוסי-בלארוסי: רופא פסיכיאטר, פילוסוף מרקסיסטי, כלכלן, סופר מדע בדיוני ומהפכן בולשביקי, שהיה בעבר שני במעמדו רק לוולדימיר לנין. מעבר לפעילותו הפוליטית הענפה, בוגדנוב הגה תיאוריות מערכתיות מתקדמות שקדמו לעולם הקיברנטיקה. בשנות ה-20 לחייו החל בוגדנוב להתעניין במחקר רפואי יוצא דופן: השגת "נעורים נצחיים" והצעת הגוף באמצעות עירוני דם הדדיים. הוא אף ייסד את המכון הסובייטי להמטולוגיה וביצע בעצמו 11 עירוני דם, שבעקבותיהם דיווח בסיפוק על שיפור בראייה ועל האטת ההתקרחות. באביב 1928 ערך בוגדנוב ניסוי גורלי והערה לעצמו דם של סטודנט שחלה במלריה ובשחפת (בתמורה קיבל הסטודנט את דמו של בוגדנוב). הניסוי הסתיים באסון: בוגדנוב חלה קשות ונפטר כעבור זמן קצר. בעוד שחלק מהחוקרים העריכו כי מדובר בהתאבדות מוסוות, הסברה הרפואית המקובלת היא שהמוות נגרם כתוצאה מאי-התאמה חריפה בסוג הדם – תחום שלא היה מובן דיו באותם ימים.



בנוס מיתוס: ממציא הסגווי (הרכינוע)
בניגוד לאמונה הרווחת, הממציא והיזם האמריקאי דין קיימן – שהציג לעולם את ה"סגווי" בשנת 2001 – חי וקיים. הטעות נובעת מסיפורו הטרגי של ג'ימי הסלדן, מולטי-מיליונר בריטי שרכש את חברת סגווי ב-2010. חודשים ספורים לאחר הרכישה, איבד הסלדן שליטה על הסגווי שלו במהלך רכיבה באחוותו, נפל מצוק בגובה 25 מטרים אל נהר הוורף, ומוותו נקבע במקום.

Welcome to the English-language section for 09/2026

Tim Scrimshaw 4X1ST



ICOM showcases a replacement for the IC7100

ICOM's IC-7100 radio has been around since 2013. It's a reliable all-rounder, covering HF through to 6m, 4m, 2m and 70cm. The unusual wedge-shaped remote head unit raised a few eyebrows, but many hams loved the versatility of the radio. But the 7100 had its limitations - the monochrome display was clunky compared to the color screens on newer radios. The receiver performance wasn't amazing.

ICOM have been teasing a "mystery rig" codenamed X-026 for the last few months. At the Tokyo Ham Fair last month they finally took the wraps off and presented the new IC-7110 to the world.

Functionally, it's an updated 7100. It covers the same bands from HF through to UHF, 100W, with all the traditional modes, plus D-Star. The radio is packaged as a base unit with a remote head, which is now a sensible rectangular shape. It has no built-in antenna matching unit.

But that's where the similarities end. The 7110 uses direct-sampling SDR for improved receive performance, and is much better equipped to handle intermod and overloading. The receiver is also dual-watch/dual-receive, meaning you can listen on HF/6m or VHF/UHF at the same time. A RTTY and CW decoder is included, rather like the IC7300 Mk 2.

From what we know so far, this radio is a very worthy successor to the IC-7100, and a serious competitor to Yaesu's shack-in-the-box models, the FT991a and the FT-X1 (Optima).

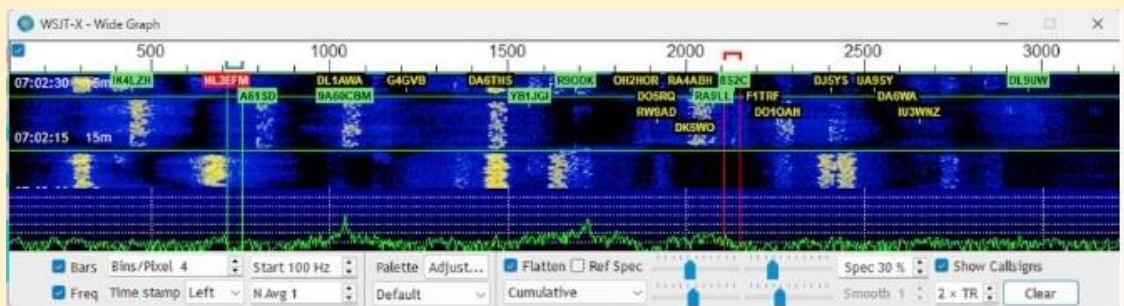
The price of the IC-7110 hasn't been announced yet, but the estimates I've seen average out at around \$2000 US. You can already pre-order the radio from WiMo, HRO and GigaParts, and check out ICOM's official pre-release info [here](#)..

WSJT-X Update

Dr. Uwe Risse DG2YCB was a core member of Joe Taylor's (K1JT) development team until earlier this year.

Independent of his work on the core team, Uwe Risse is known for creating and maintaining [wsjt-x_improved](#). This is a widely used, enhanced alternative version of the standard WSJT-X for FT modes that includes experimental features, frequent bug fixes, and customized user interface layouts

The most recent [release](#) added the ability to show callsigns on the waterfall.



To turn on callsigns, check/tick the box under the heading at top left, then check Show Callsigns at the bottom right. You can click on a callsign to select it, or double-click to call that station.

DX Marathon Sprint

We've mentioned the DX Marathon before. The goal is to work as many DXCC entities and CQ Zones as possible during a year. Right at the start of the following year you upload your ADIF log and see where you come out in the league table.

Now there is a DX Marathon Sprint too. Work as many DXCCs and CQ Zones as you can, starting October 17th and continuing for 10 days. To enter, all you need to do is generate an ADIF file of your log, and [upload](#) it by November 1st. Your contacts count towards your 2026 goal too.

More details at the DX Marathon website.

Contest Update

Here's a selection of this month's larger events. If you're new to contesting, why not try the All Asia Phone (SSB) contest. As we're in Asia, the DX stations will be looking to us for multipliers. The exchange is very simple: just 59 and your age. Use a logger like N1MM+, Holylogger or Log4OM to record the contacts and exchanges.

All Asia SSB	0000Z, Sep 5 to 2400, Sep 6
RSGB & IARU R1 FD	1300Z Sep 5 to 1259Z Sep 6
Worked All Europe WAE SSB	0000Z, Sep 12 to 2359Z, Sep 13
CQ WW DX RTTY	0000Z, Sep 26 to 2359Z, Sep 27
YU DX	1200Z, Sep 26 to 1159Z, Sep 27
TRC Thracia Rose DX	0600Z, Oct 3 to 1800Z, Oct 4

For more details, check out to the WA7BNM Contest Calendar at <https://contestcalendar.com/weeklycont.php>

Represent Israel on air by taking part (even if only for a short time) and sending your logs to the contest organizer.

For more details, check out to the WA7BNM Contest Calendar at <https://contestcalendar.com/weeklycont.php>

Represent Israel on air by taking part (even if only for a short time) and sending your logs to the contest organizer.

דן ברכה: העולם נלחם על אוצרות הטבע וישראל יוצאת מתרדמת חורף



בעוד שמדינות ברחבי העולם משקיעות עשרות מיליארדי דולרים באיתור אוצרות טבע, באפריקה, אפגניסטן, גרינלנד וכן בקרקעית הים מחפשים מינרלים והחל פיתוח תעשיית סיבי בזלת גדולה בעולם, אחד ממשאבי הטבע המבטיחים ביותר של המאה ה-21, בישראל נדמה כי הנושא מתעורר ונכנס לסדר היום הלאומי.

סיבי בזלת, המיוצרים מסלע בזלת טבעי, נחשבים לחומר מרוכב, בעל שילוב נדיר של חוזק, משקל נמוך, עמידות גבוהה לקורוזיה, עמידות לרעידות אדמה ויכולת להחליף פלדה בתעשיית הבניה, ולהחליף חלק מסוגי סיבי קרבון, סיבי קוולר וסיבי זכוכית. השימושים שלהם מתרחבים במהירות לתחומי התעופה, החלל, הביטחון, הרכב, האנרגיה המתחדשת, הים, הבנייה והתשתיות.

בעולם בונים בימים אלה כמיליון כלי טיס בחודש וחומרי הגלם חסרים, ובנוסף ישראל סובלת בקשיים בשרשרת האספקה.

דן ברכה, יזם ישראלי השומר על פרופיל תקשורתי נמוך, טייס קרב, פועל עם צוות מהנדסים לקידום תעשיית החדשנות התעופתית בישראל, מוביל את המיזם ומבהיר כי העולם מבין את הפוטנציאל: "סין, רוסיה, ארצות הברית ומדינות נוספות משקיעות בפיתוח תעשיות בזלת מתקדמות ובונות כלי טיס, גשרים ובניינים. בישראל יש מרבצי בזלת עצומים, ובמקום לצפות מהצד, אנו נכנסים להובלת התחום".

מדובר במשאב טבע שעשוי להניב למשק הישראלי ערך כלכלי מצטבר של מאות מיליארדי דולרים ואף להגיע בעתיד להיקפים של למעלה מטריליון דולר, באמצעות שרשרת שלמה של ייצור וייצוא מוצרים מתקדמים לשוק העולמי, בסדרי גודל הגדולים בהרבה מתעשיית הגז הטבעי המאפשר עצמאות אנרגטית לישראל.

בניגוד למשאבי טבע מתכלים, תעשיית סיבי בזלת מבוססת על יצירת ערך תעשייתי מתמשך. כל מפעל, פטנט, מרכז מחקר ומוצר חדש מגדילים את הערך הכלכלי ואת מספר מקומות העבודה האיכותיים בישראל.

בצפון הארץ מקודמת יוזמה להקמת מרכז מצוינות בתחום התעופה, החומרים המתקדמים והחדשנות התעשייתית, מתוך תפיסה שסיבי הבזלת יכולים להפוך לבסיס לתעשייה ישראלית חדשה.

המיזם כבר חתם על מזכרי הבנות עם חברות מובילות בתעשיית התעופה, טורבינות רוח ועוד ומנהל מגעים לשילוב משקיעים אסטרטגיים.

השאלה הגדולה היא האם המשקיעים יזהו את ההזדמנות בזמן וישתלבו, בעוד מדינות אחרות נאבקות על הובלה בתחום המינרלים.

ישראל, המחזיקה באחד ממקורות הבזלת המשמעותיים באזור והאיכותיים בעולם, עדיין "ישנה בעמידה". ממשלת ישראל מודעת לפעילות ואף תומכת.

אם התחזיות יתממשו בעבודה קשה, הרי שבעתיד הקרוב יתברר כי האוצר הכלכלי הגדול ביותר של ישראל לא נמצא בים - אלא דווקא בסלעים השחורים של הגליל.

המיזם אימץ כהמנון את שירתה של רחל המשוררת שנכתב בשנת 1927, על הכנרת, תוך שינוי מילת ההמנון מ"כנרת" לסלעים המקיפים את האגם של ישראל: "הוי בזלת שלי, סיבי בזלת שלי. ההייתם או חלמנו חלום?"



Dan Bracha, CEO

- *Graduate of the Israeli Air Force Flight Academy, Fighter Pilot Track (Course No. 101).
- *Graduated with honors from Bar-Ilan University with a Bachelor's degree in Economics and Management.
- *Holds an M.B.A. earned through a joint executive program of four leading universities: WHARTON, YORK, INSEAD, and TEL AVIV University.
- *Admitted to Ph.D. studies at Stanford University in California.
- *Flew both single-seat and two-seat F-16 fighter aircraft.
- *Chief Executive Officer of the First Fighter Squadron Association (Squadron 101).
- *Recipient of the Israeli Air Force Outstanding Flight Instructor Award.
- *Twice recognized as one of Israel's leading professionals in information technology for excellence in knowledge management and information sharing.
- *Dan was born and raised on the Tel Nof Air Force Base and served in the Israeli Air Force.
- *Originally from Ramat HaSharon, he chose to relocate to Rosh Pinna in northern Israel to establish the Fly Me To The North initiative, focused on advancing aerospace innovation and developing a strategic national manufacturing enterprise.

ריגול וביון באוקיינוס שמאיים לשתק את המערב

מאת ד"ר יעקב רוב



בזמן שכולנו מסתכלים למעלה אל השמיים ומאמינים ב"ענן", האיום הגיאופוליטי הכי קריטי והכי מפחיד על אורח החיים המודרני שלכם מונח בשקט גמור, בחושך המוחלט של קרקעית הים.

תדמיינו שאתם פותחים את הטלפון, קונים משהו באשראי או שולחים הודעה. נשמע טבעי לגמרי, נכון? עכשיו תדמיינו שחיתוך של כבל אחד קטן במעמקי הים יכול לנתק מדינה שלמה מהבנקים, מהאינטרנט ומהחשמל. ברוכים הבאים למלחמה הקרה והשקטה של המאה ה-21. כולנו בטוחים שהאינטרנט שלנו נמצא "בענן" או באוויר דרך לוויינים. זו אשליה נוחה. האמת היא ש-99% מהמידע בעולם – כולל העברות כספים במיליארדים, הודעות וסודות צבאיים – עוברים דרך כבלים תת-ימיים דקים, בערך בעובי של צינור גינה, שמונחים פשוט על קרקעית האוקיינוס.

מתחת למים מתנהל קרב מודיעיני מטורף. צוללות של מעצמות כמו ארצות הברית, רוסיה וסין מסתובבות שם בחושך מוחלט. המטרה שלהן? למצוא את הכבלים האלה, להתחבר אליהם בסתר כדי לגנוב מידע, או לשים עליהם מטעני נפץ שיופעלו בלחיצת כפתור אחת במלחמה.

והנה החלק המטורף: כדי שלא נשים לב, המעצמות משתמשות בדברים הזויים לגמרי – כמו רובוטים בצורת כרישים או צוללנים מיוחדים שמלבישים מכשירי ציתות זעירים על הכבלים האלה, ממש מתחת לאף של כולם. בזמן שאנחנו גולשים בטיקטוק בבית, משהו במעמקים יכול לשאוב את כל המידע שלנו.

אם משהו יחליט לחתוך כמה כבלים כאלה באוקיינוס או בים התיכון, זה לא רק יפיל את האינסטגרם. זה ישתק את הבורסות בעולם בשניות, יעצור טיסות, יתקע את המסחר וינתק צבאות. בזמן שכולנו מסתכלים למעלה אל השמיים ומאמינים ב"ענן", הסכנה האמתית לעולם המודרני מונחת בשקט גמור, בחושך המוחלט של קרקעית הים.

לקריאה נוספת: החבלה בצנרת הגז נורד סטריים