

הגל' החדש – 4XBulletin

גיליון מס' 68, אוקטובר 10/2025



נשיא מדינת ישראל יצחק הרצוג עם דוד בן כסט 4X1WH נשיא ה-IARC

מה בגיליון:

טכני: אנטנות סיבי פחמן מכשור לבנייה עצמית.

אנרגיה: האם איראן זקוקה לתחנות כוח גרעיניות.

המדור בשפה האנגלית English Corner, חדשות האגודה, תחרויות ועוד...

תוכן עניינים

- 3 - דבר העורך אוקטובר 2025
- 5 - הודעות אגודת תקשורת הרדיו הישראלית
- 6 - תחרות VHF/UHF סוכות 2025
- 8 - הסיור בנמל המפרץ
- 13 - אנטנות סיבי פחמן
- 19 - מקלט זעיר
- 24 - משחת קירור לציד אלקטרוני
- 28 - סיפורו של מקלט SDR – עדכון
- 32 - The English-language section Oct. 2025
- 34 - האם איראן זקוקה לתחנות כוח גרעיניות

משתתפים בגיליון זה:

מהנדס אברהם סט	
4X1SK	דניאל רוזן
4Z1ZV	צביקה סגל
4X1ST	טים סקרימשואו
4X1RE	דר' איל רסקין
4X1WD	דניאל לוי
4Z1PF	אינגר משה
4Z4KX	מרק שטרן

בברכת 73, וקריאה נעימה! נפתלי בלבן-אוברהנד 4Z1RM, מו"ל ועורך הגיליון. המאמרים אשר לא צוין שמו של המחבר, נכתבו ע"י העורך. משתתפים קבועים: דר' איל רסקין 4X1RE וטים סקרימשואו 4X1ST. תודה על הגהה ליעל בלבן. תודה לצביקה סגל 4Z1ZV ועדו רוזמן 4X6UB על תרומתם 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 אוקטובר 2025

מאת: נפתלי בלבן-אברהם, 4Z1RM

שלום לקוראים היקרים,

* השנתיים האחרונות שעברנו היו קשות מאוד, ולפתע מודיעים לנו על תום המלחמה? מאז שהגעתי לארץ בתור ילד לאחר קום המדינה, הייתי עד לאינספור מלחמות ולאינספור "ועידות שלום" שהתבדו, והובילו בכל פעם למלחמות יותר קשות. האם הגענו עכשיו למצב שהעולם כולו נגדנו? נגד היהודים שהמציאו את האלוהים ככוח עליון ויחיד? ... האם המצאנו כוח עליון שלא ממש מגן עלינו?

קל להיות ימני וקשה להיות איש מרכז שמאל... מדוע? כי לאנשים המאמינים ללא כל ספק ב"מנהיג" יחיד, חזק ומורס מעם – קל להם יותר, כי הם אוהבים להיות מונהגים וטוב להם שמישהו מוביל אותם. האם גם אצלנו נמצא החלילן מהמליץ?

מה בגליון:

* מדור טכני נרחב על בניית ציוד קליטה/שידור וגם אנטנות העשויות מחומרים מורכבים. סיפור על טיול לנמל הכרמל המשוכלל ביותר בארץ – תראו איזה אנשים יש לנו באגודה... חברנו יצחק הרשקו שהוא חבר בעמותה לתולדות חיפה הביא לנו הצעה וגם קשר להנהלת הנמל החדש ותוך זמן קצר פעילי האגודה שלנו ארגנו אוטובוס מיוחד וכ-50 חובבים ביקרו בנמל... כל הכבוד לפעילי האגודה שמצליחים לארגן לנו כל כך הרבה פעילויות נפלאות בכל חודש! חבל שיש בינינו כאלה שהחליטו לא להשתתף במאמץ לקידום האגודה והם סרבני שלום מסי חבר.

* כיוון שאני משמש כחבר ועדת ביקורת, ואני עוקב בצורה רצופה אחר פעילות הוועד – אני חייב לומר שבשנים האחרונות יש לנו ועד ממש נפלא שלא היה כמותו – ואני חבר באגודה מזה 50 שנה. לכן קיבלתי בצער את התפטרותו של דובר האגודה ד"ר איל רסקין 4X1RE שעשה ימים כלילות כדי לקדם את האגודה. סיבת ההתפטרות המדויקת אינה ידועה לי, אך בתגובה כתבתי מכתב אישי לאיל ואני מפרסם אותו כאן:

איל חבר יקר, קשה לקבל את התפטרותך. בתור יו"ר ועדת ביקורת ברצוני לציין:

1, עד כה עשית עבודה נהדרת ויוצאת דופן.

2, המצאת מחדש את תפקיד הדובר והצלחת בו.

3, בזמנך אירועי האגודה הפכו לחגיגה איכותית.

4, רק אתמול נודע לי כי היו לך חילוקי דברים עם היו"ר. דבר שמצער אותי מאוד, כי שניכם אנשים נהדרים ומוכשרים.

5, מבקש ממך להמשיך בתפקידך כיוון שאין לך מחליף, ואתה כנאמן לאגודה, רצוי שתעזור לנו.

גמר חתימה טובה, שלך, נפתלי 4Z1RM

* ברכות לדוד בן בסט 4X1WH על ספרו החדש "סוגר מעגלים" בו הוא מתאר איך התקדם בחיים וממורה לאלקטרוניקה הפך לאחד מאנשי התקשורת המוערכים בישראל. בספרו הוא כותב כיצד חובבות הרדיו קידמה אותו, כדאי לקרוא... בעמוד הפתיחה של הגיליון יש צילום של נשיא המדינה אשר מקבל מדוד את ספרו החדש! כבוד לדוד, כבוד לאגודה וכבוד לתחביב המאוד מקצועי שלנו!

בברכת 73, שלכם העורך, נפתלי בלבן-אברהנד 4Z1RM

ימי הולדת של חברים וותיקים בחודש אוקטובר 2025 – מאת מארק שטרן 4Z4KX

4X6AS	אהרון סולימה	05.10.1952
4Z4RB	ברוך זילברשץ	06.10.1951
4X1CB	גרצק שבתאי	09.10.1950
4X4FP	אלי רוזנברג	10.10.1950
4X5EH	נחום דקל	12.10.1955
4X1FG	אורי נדיר	12.10.1938
4Z4BS	ברק שלום	14.10.1932
4X4KR	בזק בצלאל	14.10.1935
4X1IM	ספונב סרגי	14.10.1946
4X1ME	מנחם קאופמן	16.10.1937
4X1VF	מסשצ'נסקי משגב גיאן	17.10.1946
4Z5JO	שלמה פרידמן	18.10.1945
4X6DL	אליעזר קובליו	20.10.1954
4Z5GV	דמיטרי גילמן	23.10.1946
4Z4FU	קטן יחזקאל	25.10.1952
4Z1BQ	אירית שרון	26.10.
4Z5KZ	מרקוב ויטלי	26.10.1937
4X4ZT	אנדי יוסף	29.10.1945
4X4PG	בן-יצחק משה	30.10.1944
4Z1DZ	דה-בר צבר חנן	30.10.1948

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



הודעות אגודת תקשורת הרדיו הישראלית

מאת דובר האגודה, ד"ר איל רסקין 4Z1RE



חברות וחברים יקרים!

שנה חדשה מביאה ניחוח של התחדשות והתקדמות.

אגודת תקשורת הרדיו הישראלית מברכת את נשיא האגודה, מר דוד בן בסט 4X1WH עם צאת ספרו האוטוביוגרפי "סוגר מעגלים" בו מסופרת גם ההיסטוריה של חובבות הרדיו בישראל, הספר מוצע לחברים במחיר מיוחד לרכישה: <https://did.li/Y5wOf>

ועד אגודת תקשורת הרדיו הישראלית שמח להודיע כי קבוצת הפייסבוק של האגודה עברה לכתובת חדשה וקבועה. המעבר הינו חלק מתהליך כולל בכפוף להחלטה גורפת של הוועד המכהן של החזרת נכסי/משאבי האגודה לבעלותה הבלעדית של האגודה. מטרת התהליך לאפשר עבודה תקינה חופשית ובלתי תלויה של הוועד- תנאי הכרחי לניהול תקין!!

עד כה בוצע:

1. איסוף ציוד קשר (מקמ"שים) שהיה מושאל לחברים ומכירתו באופן מרוכז במכירה פומבית כחוק (תהליך שהחל עוד בתקופת הוועד הקודם).
 2. אחר שנים רבות דומיין אתר האגודה חזר לבעלות האגודה
 3. קבוצת וואטסאפ רשמית של האגודה חזרה לבעלות ולניהול בלעדי של ועד האגודה.
 4. כעת קבוצת הפייסבוק עוברת לבעלות האגודה ולניהול הוועד .
 5. עדכון: באתר האגודה הועלה לוח פעילויות אגודה מעודכן לחודשים **אוקטובר-דצמבר 2025**.
 6. מצ"ב לינק להגשת בקשת הצטרפות לקבוצת הפייסבוק הרשמית והבלעדית של אגודת תקשורת הרדיו הישראלית. החל מיום א' 5/10/2025 כל הודעות דוברות האגודה יפורסמו רק במיקום הקבוצה החדש. <https://www.facebook.com/groups/4x.iarc>
- כולם מוזמנים להצטרף, לענות על שלושת השאלות ולהצטרף אלינו לאחר אישור האדמין. עקב מעבר צפוי של מספר אנשים רב יתכנו עיכובים קלים בקבלת אישורי החברות בקבוצה.

חודש	תאריך	פעילות
אוקטובר 25	7	אויברסיטה משודרת
	10	תחרות סוכות
	23	אויברסיטה מדוברת/הרצאה מס' 8-התפשטות גלים, חלק 3 – יוסי פנחסי
	25,26	SSB CQ WW CONTEST
	30	ישיבת ועד
	1/11 , 31/10	אנז"ק צמח
נובמבר 25	4	אויברסיטה משודרת
	7,8	אנז"ק גן שורק
	10,11	אנז"ק תל חליף
	15	יום שדה
	29,30	CW CQ WW CONTEST
דצמבר 25	2	אויברסיטה משודרת
	14-25	הפעלת חנוכה
	25	הפעלת XMAS



תחרות VHF/UHF סוכות 2025



חברות וחברים יקרים,
מצ"ב כללים לתחרות סוכות אשר תערך השנה ב- 10/10/2025 משעה 10:00 עד 13:00.
ביום שישי על מנת לאפשר גם לשומרי שבת להשתתף בתחרות.

[תקנון התחרות](#), ומספר דגשים חשובים:

1. קיימות רק 3 קטגוריות VHF, UHF, VHF+UHF: וזהו!!!!

כולם מתחרים בכולם (ניידים, ניידים, ומיטלטלים)
אין קטגוריה נפרדת לתחנות בבית או לתחנות בשטח.

2. אנו מודעים לעובדה שיש יתרון מובנה לתחנות שטח או תחנות רחוקות (המרחק מאד קובע)
אז צאו אל השטח- זאת אחת ממטרות התחרות.
שוב, יש להיות קשובים להנחיות הביטחוניות של פיקוד העורף.

3. תחנה ניידת הינה תחנת Multi Locators כלומר תחנה שמפעילה מכמה לוקייטורים, ולא
משנה על איזו פלטפורמה היא מתניידת) אוטו/ אופנוע/ ג'יפ/ טנדר/ עגלה עם סוס/ חמור/ רחפן/
כתפיים של ה-(XYL), תחנה כזאת תזדהה עם לוכסן ומספר רץ לכל לוקייטור שמפעילים, וזאת
לאחר אות הקריאה הקבוע.

4. תחנה מיטלטלת הינה תחנה שמפעילה מהשטח בלוקיטור שאינו הלוקייטור הקבוע בבית תזדהה עם לוכסן P/ לאחר אות הקריאה הקבוע.
5. חשוב מאוד להקפיד על אות קריאה נכון ברישומים ובקריאות באוויר, (במיוחד אותות קריאה עם לוכסן) לדוגמא: אם אני אזדהה 4X1RE/P והחובב השני ירשום רק 4X1RE הקשר לא יספר על ידי הרובוט שמחשב את הניקוד (ראו הוזהרתם ! !).

6. מומלץ מאד (כמעט נדרש) להשתמש בהולילוגר שתוכנן במיוחד עבור תחרות זאת. שימוש בלוג אחר עלול לגרום לקשיים בחישוב הנקודות היות והחישוב יתבצע ידנית. (מערכת החישוב הרובוטית בנויה על ההולילוגר)

7. הקפידו לדווח מספר ריבוע לוקייטור ולא ריבוע הולילנד. לא ריבוע הולילנד!!!!

8. רשאים להשתתף גם חובבי רדיו שאינם חברי אגודה אולם לגביעים, מגינים או פרסים יהיו זכאים רק חברי אגודה בשנת 2025.

9. את קטגוריית ההשתתפות יש לבחור לפני שבוצע הקשר הראשון בתחרות. אין לשנות קטגוריה לאחר שכבר בוצעו קשרים בתחרות- מקרה כזה יפסל מיידית!!!

10. פרס יינתן למקום ראשון בכל קטגוריה, גביע יינתן לשלושת המקומות הראשונים בכל קטגוריה, מגן לציון הישג יינתן למנצח מבין כל תחנות הבית, למנצח מכל תחנות השטח, למנצח מבין כל החובבים החדשים ולמנצח מבין כל החובבים הצעירים.

11. יש להשתמש רק בתדרים המופיעים בנספח ולא בתדרים אחרים

12. חובה להקפיד על כללי הרישיון (הספקי שיא, נדבר וכו') כל חריגה מכללי הרישיון מאד לא ספורטיבית לצורך התחרות אך גם לא חוקית (זכרו: בסוף הכל מתגלה ויוצא החוצה- הימנעו מיצירת אי נעימויות).

בהצלחה לכולם!!!

קישורים:

תקנון התחרות Sukot 2025 VHF/UHF Contest Rules

HolySquare אפליקציה למציאת המיקום (לוקייטור) ורצוע ארץ הקודש

HolyLogger On the Air דף המציג את המשתמשים בהולילוגר ומחוברים לרשת האינטרנט

HolyLogger Download קישור להורדת ההולילוגר



הסיור בנמל המפרץ

תאם, סייר וסיכם – צביקה סגל 4Z1ZV

כמו הרבה דברים טובים בחובבות הרדיו, גם זה התחיל בפרלמנט הצפוני ביגור. ידידנו איציק הרשקו 4Z1WB העונה להגדרה "רומנית זו לא שפה, רומנית זה מקצוע", קיטר כהרגלו שיש לו יזמות מצוינות ואף אחד לא מאזין לו (על הגלים?).

למרות הידע המועט שלי ברומנית, השתדלתי להאזין לו, ואיציק טען שיש לו קשר עם סמנכ"ל "הנמל הסיני" וכי שווה לארגן סיור לחובבים.

החלפתי כמה מילים עם דני קצמן יו"ר האגודה 4Z5SL וסיכמנו שאקח על עצמי את ארגון הסיור במידה ויש התכנות, בתאום עם מזכיר האגודה – אברי דותן 4Z1YV.

הרמתי טלפון ליואב צוקרמן, סמנכ"ל הנמל. ענה לי איש נמרץ וחביב שהתנצל שהוא בסיור בקורפו ונמשיך את הדיאלוג בוואטסאפ. לימים למדתי שהוא בעצם היה באי היווני קורפו... מה שלא מנע ממנו להיות זמין 24/7 בוואטסאפ לרבות תוך כדי פגישות והרצאות כפי שנכחנו בהמשך, ולכן יקרא שמו בישראל "יואב וואטסאפ".

לשאלתי "ספר קצת עליך" הפנה אותי יואב ל-AI... חיפוש קצר העלה שמדובר באיש רב פעלים שהתחיל דרכו ברשות הנמלים, לאחר מכן כסמנכ"ל פתוח עסקי בחברת נמלי ישראל והיה בין אלו שבזכותם נעשתה המהפכה בנושא נמלי ישראל כפי שלמדנו בסיור.

על הדרך נתקלתי בסרטון של הרצאה רהוטה של יואב בנושא בה הבנתי שמדובר בסיור פוקח עיניים לכל מי שטרם נחשף לנושא החשוב והמרתק.

סגרנו תאריך ובהרשמה הראשונית נרשמו קצת יותר מ-30 איש. כשהתקרב התאריך הסתבר שיש שילוב קטלני של גל חום עז וכי יואב לא יהיה זמין בתאריך המקורי. כמו כן "המליץ" יואב שנגיע באוטובוס מה שהסתבר בהמשך כהמלצה קריטית לסיור אפקטיבי.

סגרנו מועד חדש, מה שאפשר לטפל בשכירת אוטובוס ובכך לפרוץ את תקרת המשתתפים למעל 50 חברים.

בהתייעצות עם מזכיר האגודה, אברי המליץ לדבר עם אלי שחף 4Z1NB, מארגן "טיולי שחף" לחברי האגודה ובעברו חבר אגד. אלי חיזק את הצורך באוטובוס לצורך חוויה משתפת ובתוך כמה ימים גייס לאירוע "חבר לרכב" עם אוטובוס תיירים בעלות סבירה בהחלט לתקציב האגודה. נפתחה קבוצת וואטסאפ ייעודית לנרשמים לצורך עדכונים. ביום ה-X התכנסנו בפרלמנט יגור, בית קפה יוניקו קרוב ל-50 חברים ובאופן מרוכז עשינו פעמינו לנמל המפרץ שהוא השם המדויק של האתר.

בסמוך לאירוע חיבר אותי יואב לאסיל, עובד מסור בנמל אשר תקתק עבורנו את כל הנושא המנהלתי (לנמל דרישות בטחון מחמירות, לרבות העברה מראש של רשימה שמית כולל פרטי ת.ז. של המשתתפים) והוא קבל את פנינו מיד לאחר הבדיקה הביטחונית.

אסיל "הרביץ" בנו תורה בנסיעה לאורך הרציפים ואזורי המנופים והאחסון ואחר כך מעל גג מבנה ההנהלה. ניתן היה להתרשם מרצף הדבור, הידע ושפת הגוף כאילו הוא היה חלק מהקמת הנמל. מה שהסתבר לי מאוחר יותר שאסיל עובד כחודש וחצי בלבד... אכן גיוס מוצלח. משם ירדנו לאולם ההרצאות ושם יואב "וואטסאפ" הצדיק ללא ספק את דחיית ה"מופע" וכך זכינו להרצאה מרתקת מיד ראשונה על כל נושא הספנות העולמי, המכולות ותהליך ההפרטה של נמלי ישראל שיואב היה בין המשוגעים שגרמו לנושא הקריטי הזה לקרות.



יואב מרביץ תורה

רקע בסחר ושינוע ימי

מסתבר שכ-99% מכלכלת ישראל בדמות סחורות, חומרי גלם ומוצרים משונעים בספינות וזאת בשל עלויות נמוכות בהרבה מהטסה שמתאימה יותר למוצרים דלי משקל כמו ההזמנות שלנו בעלי הזריז.

המהפכה האמיתית בתחום השינוע הימי הייתה המצאת תקן למכולה שהוא אחיד בכל העולם. שלא בדומה לסטנדרטים שונים למידות, משקלות וכו', תבריגים, שיטות תקשורת ועוד – הרי שתקן המכולה די מזכיר כיום את USB-C שנכפה דה פקטו על ידי האחד האירופי אפילו על אייפון.

יש כמה מידות תקניות למכולה וכל אחת מעשרות מיליוני המכולות "מהודו ועד כוש" שלעולם יפגשו את התקני החיבור של מכולה אחרת, את המשאית ואת המנופים.

המכולה התקנית אפשרה לבנות ספינות ייעודיות למכולות שכיום יש כאלו עם קיבולות של כ-25,000 מכולות באורך של כ-400 מטר לעומת "גיגיות" של פעם עם קיבולות מרשימה של כ-1,500 מכולות.

מעבר לשינוי במכולות יש את השינוע הכללי שאינו ניתן לשינוע במכולה כדוגמת מוטות ברזל, רכבים (למרות שכבר היום מעבירים רכבים גם במכולות) אבקות כמו מלט, חיטה, בהמות ו... בני אדם למשל בספינות תענוגות.

זמן המתנה של ספינה כרוך בעלויות של מאות אלפי דולרים ביום, ולכן מרכיב כבד בבחירת נמל לטעינה/פריקה הוא לא רק עלות השרות אלא גם זמן הביצוע.

כיום מפעיל הספינה בודק בכל רגע נתון מה מסלול השינוע היעיל ביותר בהעברת המטען ליעד הסופי וזה כולל את העלות הישירה לרבות שינוע קרקעי ליעד ואת זמני המתנה ומוניטין הנמל בעמידה בלוח.

כך למשל מפעיל הספינה יכול לבחור בין מפעילים בנמל חיפה ו/או אשדוד (כפי שנלמד בהמשך) או בכלל לפרוק בנמל פורט סעיד ומשם בהובלה אלטרנטיבית זולה יותר בחישוב כולל. **נמלים בישראל**

מאז נמל יפו תל אביב שכיום הם יותר אזורי מרינות ובלויים היו בישראל 3 נמלים עיקריים: חיפה אשדוד ואילת אשר לא עלינו הסגר בעקבות העיצומים החוטיים. עשרות שנים תופעלו הנמלים על ידי ארגוני עובדים שבסך הכל עשו עבודה מסורה, אבל החזיקו כוח אדיר עם "היד על השלטר" לדלת הכניסה הכמעט יחידה למטענים. ההסדרים הקיבוציים אפשרו רמות שכר נדיבות לעובדים המסורים מחד על ידי שתופם ברווחים, אך מאידך לא אפשרו התייעלות תחרותית מול המקובל בנמלי העולם.

השינוי החל בהקמת חברת נמלי ישראל – חנ"י, אשר שינתה את הקונספט. בעלות המדינה דרך חנ"י היא בשטח הנמל והסובב אותו, אבל את הרציפים משכירים במכרזים בדומה להשכרת שטחי מסחר ותפעול בקניון, לחברות אשר מקבלות זכיון הפעלה לטווח של קרוב ל-25 שנה (מסיבות משפטיות) והם מתקינים את כל הנדרש ברציפים לרבות מנופים, רכבים, ציוד, בקרה ועוד, מפעילים עם גרעין הנהלה ועובדים מומחים את הנמל (השאר זה עובדים מקומיים), עושים כמיטב יכולתם להחזיר את ההשקעה על ידי תפעול יעיל ואחרי תקופת ההפעלה – הרציף והציוד עוברים לבעלות חנ"י (מדינת ישראל).

בנמל חיפה מזה כ-4 שנים פועלים מספר נמלים החל ממספנות ישראל, נמל חיל הים, נמל חיפה ההיסטורי שהופרט, ונמל המפרץ.

אחד מהם, בהם בקרנו הוא נמל המפרץ הידוע גם "כנמל הסיני" כפי שנפרט בהמשך. **נמל המפרץ**

נמל המפרץ תוכנן לאפשר עגינה של 2 ספינות מכולות ענקיות ואורך הרציף הראשי הוא 800 מטר.

שטח הנמל הוכשר על ידי יבוש של שטחי ים של מעל 800 דונם שהתאפשרו בזכות עומק סביר של קרקעית הים במפרץ חיפה.

במכרז זכתה החברה הסינית SIPG המפעילה של נמל הענק בשנחאי ומתמחה בתפעול יעיל ביותר של טעינה ופריקה של ספינות מכולות.

בנמל שני סוגי מנופים:

מנופי ענק ברציפים המסוגלים לטפל גם בספינות הענק הפורקים (או טוענים) את המכולות על ידי תפעול מרחוק בחדר בקרה עם פחות מ-10 עובדים במשמרת הנמצאים מול מסך מחשב וג'וי-סטיק ויכולים לשלוט במספר מנופים בו"ז.

מנופים אלו פורקים את הספינות על גבי משאיות חשמליות המשנעות את המכולות לאזור אכסון זמני (בדומה ל-BUFFER במחשבים) וזאת על מנת לסיים את התהליך מהר ככל שניתן ולשחרר את הספינה.

סט שני של מנופים קטנים יותר נמצאים באזורי האחסון ומיועדים לפריקה/טעינה של המשאיות החשמליות מחד ומשם למשאיות שמשנעות את המטענים בכבישי ישראל.



לסבר את האוון, בנמל עובדים ס"ה כ-150 עובדים, מתוכם מנכ"ל סיני וצוות של כ-20 עובדים סיניים האחראים על התמיכה הטכנולוגית והקשר מול החברות בסין לכל הקשור בתחזוקת הציוד באופן יעיל. לצורכי השוואה בנמל חיפה "הרגיל" עובדים כ-800 עובדים ובנמל המסורתי עבדו מעל 1,500 עובדים עם תפוקה נמוכה בהרבה.



אולם הבקרה המתופעל על ידי קומץ מפעילים מיומנים

לסכום

הפרטת הנמלים מעבר להתייעלות עצמה נותנת למדינת ישראל יתירות החשובה מבחינה כלכלית וביטחונית, יוצרת תחרות בריאה ומאפשרת לכל חברת ספנות לבחור את האלטרנטיבה המתאימה לה.

הקף השטח המושכר למפעילים מבוצע באופן שתשמר התחרות ולא ייווצר מצב שנמל מסוים יפגע בנמל אחר וכך תשמר התחרות והיתירות.
אגב, החלטת הנבונה על הפרטת הנמלים התקבלה בשנת 2004 על ידי ליברמן כשר התחבורה וביבי כשר אוצר, ללמד שאנשים מסוימים יכולים להיות יעילים ותורמים בתפקידים הולמים ובתזמון שונה...

תודה, תודה ליואב ואסל על ארגון יוצא דופן ומרתק של הסיור בנמל המפרץ ואני קורא לכל חבר אגודה להגיע מידי חודש עם יזמה ברוכה דומה ואני בטוח שהאגודה תשמח לממן את העלות לפעילויות העשרה דומות.



תמונת מחזור חלקית של המשתתפים המאושרים

להלן קישורים לסרטוני חובה לצפייה למי שלא היה בסיור ולריענון למי שהשתתף.

[קישור להרצאה של יואב צוקרמן](#)

[קישור לסרטון הסיור](#)

[קישור לגלריית תמונות מהסיור](#)

קרדיט ליוצרי התמונות המשתתפים בטיול לרבות אך גם נוספים - יוסי קינן, אלי שחק, טל אחיטוב, משפחת רוטברג המורחבת והמקצועית וכל מי ששכחתי בתום לב...



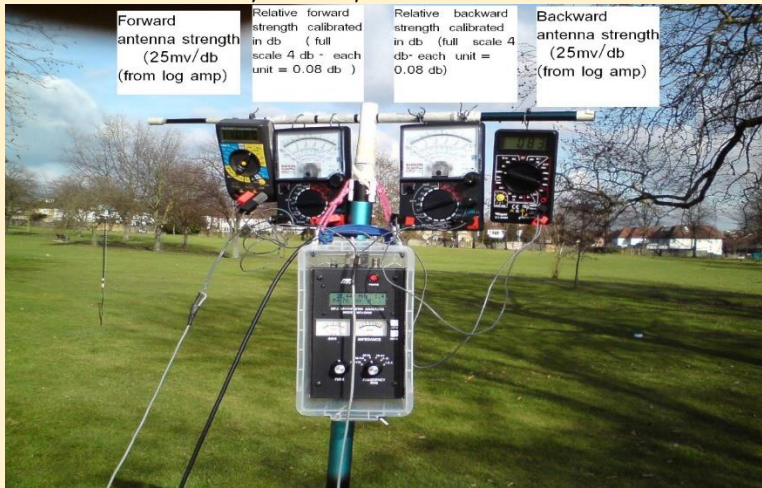
אנטנות סיבי פחמן

מאת: דניאל לוי – KD4CZI, M0HWD, 4X1WD

א. קצת היסטוריה, ב-2010 התרחשה רעידת אדמה חזקה בהאיטי שהיו בה מעל 250 אלף קורבנות. רשתות התקשורת קרסו כולן, וכימים הראשונים לא הייתה שום תקשורת. אמיר בזק 4X6TT הקים אז רשת חובבי רדיו לסיוע חירום עולמית. בחיפה נפגשנו החובבים המקומיים ושוחחנו על הקמת רשת חירום לעת צורך. השתתפו בין השאר: נפתלי בלבן-אברהם 4Z1RM, שלמה פלדהמר 4X6FS, אני 4X1WD וחובבים שהלכו לעולמם: אליהו פרידמן 4X4BR, דוד סטר 4X1IO ויורם קיזלר 4X6DI. נפתלי היה אז חבר בוועדת תקשורת החירום של ה-IARC אשר יצרה קשר עם "פיקוד העורף" והתנהלו כמה ישיבות וסיכומים בין הצדדים. נושא תקשורת החירום הלהיב אותי והחלטתי לפעול ולנסות לייצר ציוד עזר לתחום זה. חזרתי ללונדון, ועלו לי כל מיני רעיונות לגבי אנטנות קומפקטיות ניידות. לא היה לי מושג מה אני מחפש. לימים מצאתי חנות דייגים, בה רכשתי את החכה הראשונה מפברגלס, 60 ס"מ – 5 מטר. חשבתי שמנקודה זאת אפשר להתחיל, משם המשכתי לסוכן מוצרי דייג ונהייתי לקוח קבוע. האנטנה הראשונה הייתה מרכבת מ ש ש חכות מפברגלס עם חוטים. גם הבום והתורן היו חכות. המשקל היה כ 5 ק"ג. אחרי מספר ביקורים בחנות הבחנתי בחכה (עם שלט "חדש") מסיבי פחם ורכשתי אותה. בדרך חזרה התלוצצתי עם יורם קיזלר ז"ל על סקיפ ב-HF ואמרנו שפחם זה חומר מוליך... צריך הייתי להיות אידיוט או תימהוני לחשוב שחכה זו שלא שהראתה בתחילה שום מוליכות תהיה טובה למשהו מלבד לדוג דגים... שהרי החכה הייתה מצופה בלכה והראתה שהיא מתנהגת כמבודד מצוין. (כמו היהלום שעשוי מאותם אטומים) אלא שלא.



ניסיונות וכיוונים בפארק בלונדון 2012



החלטתי לבדוק את תכונותיה. ולתדהמתי היא הוליכה גלי רדיו בין 1 – 450 מה"ץ למרות שהראתה מוליכות אומית בת עשרות אומים, (לאחר הסרת הלכה).

לא אשכח את צביקה פרסמן 4X4BL ז"ל מרמת דוד שבזמנו אמר בשולחן עגול בשבת על 40 מטר ליצחק הרשקו "ידעתי שהחכות האלה מוליכות רק לא ידעתי איך עושים את זה..." השווייתי בינה לבין אנטנה מאלומיניום או נחושת ולא האמנתי למראה עיני – לא היה כול הבדל! בעשרות רבות, אם לא מאות של ניסיונות בעזרת מדי גלי רדיו במרחקים קצרים, בינוניים וארוכים הראו רמות קרינה דומות להפליא בהבדלים של פחות מדציבל אחד לכאן ולכאן. רוב הנסיינות נעשו בפארקים השונים באזור לונדון. באחד מהם נתבקשתי לעזוב את המקום ע"י "משמרות" האבטחה.

בפארק אחר בזמן שיחה עם יורם קיזלר ז"ל הגיע מסוק שחג מעלי דקות ארוכות... עם חלוף הזמן הייתה קפיצת מדרגה כשהתחילו להופיע מוטות סיבי פחמן בקטרים הרבה יותר קטנים מהחכות. בתחילת הדרך לא היו הקטרים הדרושים להרכבת אלמנט בו 11 מטרים ו"נאלצתי" ללמוד את מלאכת הייצור, וכך השלמתי את החסר. גם מדפסות התלת ממד לייצור החלקים המחברים לא היו משוכללות בתחילת הדרך, וגם הן הלכו והשתפרו עם הזמן.



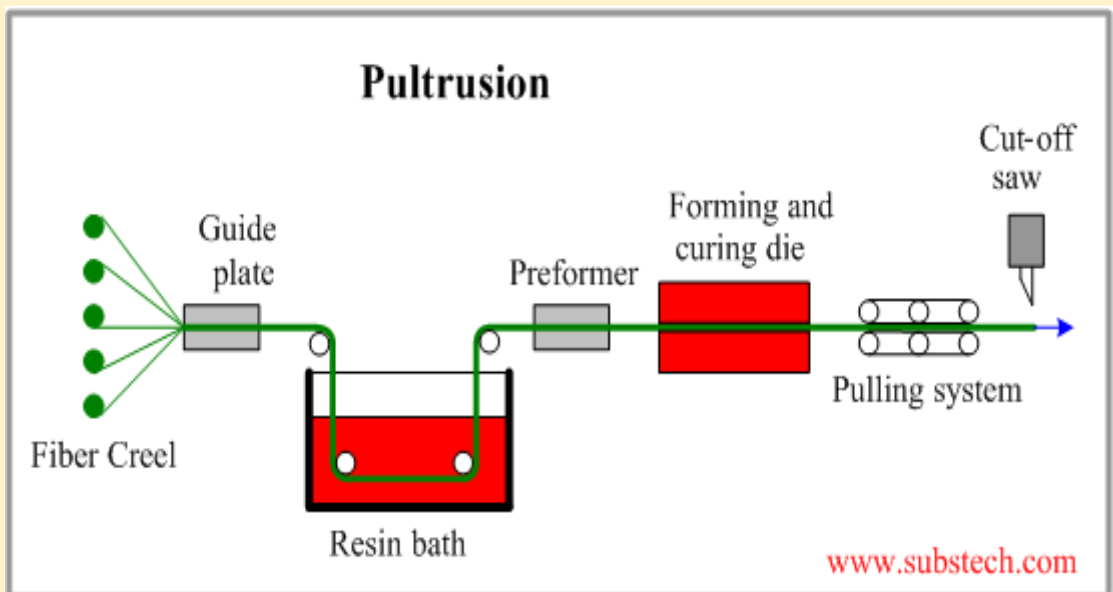
הצגת האנטנה בכנס פרידריכסהפן, ע"י נפתלי 4Z1RM ודני 4X1WD (גרמניה 2010)



אנטנה 3 אלמנטים ל 28 מה"ץ על סירה בתמזה בלונדון (לפני הרמה) 2012

ייצור חוטי הפחמן:

קוטר סיב הפחם הוא מיקרונים בודדים. סיב הפחם מורכב בעיקר מאטומי פחמן. ארגון האטומים בצורה מסוימת נותן לסיב את חוזקו. אלפי סיבים מסודרים יחדיו ויוצרים חוטים שניתנים לשימוש בתור חוטים, או לשזירת בדים המשמשים לייצור המוטות.



שיטות הייצור:

קיימות שתי שיטות ייצור והן דומות לשיטות הייצור של סיבי הזכוכית: שיטת הליפוף ושיטת המתיחה.

בשיטת הליפוף מלפפים את החוטים או הברדים (הטבולים בד"כ באפוקסי נוזלי) מסביב לתבניות, מכווצים ומכניסים לתנור. בשיטת המתיחה מכניסים את כמות הסלילים הדרושה לתמיסת אפוקסי, משם לתבנית עם תנור, ומשם במתיחה אל מחוץ לתנור.

כמות הסיבים:

רוב המוטות מורכבים מ-3000 – 5000 סיבים ל"חוט". (כמות החוטים או סלילים נע בין 1 למאות, תלוי בקוטר המוט. כך יוצא שמוט בין 2–10 מ"מ קוטר מכיל מאות אלפי סיבים.

צורת השזירה:

קיימים שלשה סוגי שזירה ווריאציות שלהם: אורכית, ליפופית, וליפוף בזווית.

סוגי המוטות:

המוטות נבדלים אחד מהשני בקוטר, עובי הקיר, כמות הסיבים, צורת השזירה וצורת הייצור. הקטרים הקיימים היום נעים בין 0.1 – 100 מ"מ ויותר. לענייננו 2–23 מ"מ רלוונטי יותר. לא כל הקטרים קיימים, ולא לכל יצרן יש את הקטרים הדרושים. קטרים חסרים יש לייצר בייצור עצמי.

עובי הקיר של המוטות:

עובי הקיר נע בין 0.5 ל 3 מ"מ ויותר. לענייננו עובי הקיר הוא 0.5 מ"מ.

מאפייני המוטות: מחיר, משקל, נראות לרוח ולאנשים :

משקלם של המוטות שקוטרם בין 2 ל-14 מ"מ נע בין 3 ל-30 גרם למטר. לדוגמא משקלה של אנטנה 3 אלמנטים ל 15 מטר כולל ה"בום" הוא כ 300 גרם! "עומס הרוח" קטן פי כמה מהקטרים המקובלים במוטות אלומיניום. הנגזרת המיידית של המשקל ועומס הרוח הקטנים הם שה"בום" והתורן ניתנים להיבנות מחומרים יותר קלים וקטנים.

את ה"בום" ניתן להרכיב ממוטות פחם מרובעים (8 מ"מ) והתורן יכול להיות מוט טלסקופי או חכה, בדומה לאלה הנמכרים ע"י החברה הגרמנית – Wire DX.

תוצאה נוספת מהמשקל והגודל היא כי ניתן בקלות להשתמש באנטנות הנ"ל לשימוש נייד או בחרום. עובדה נוספת היא כי המוטות מספיק חזקים ומספיק גמישים לעמוד במזג אויר קיצוני. (שמש, רוח, וקרינה אולטרה סגולית) מחיר המוטות בממוצע הוא כ 15 ₪ למטר.

המשקל כל כך קטן שניתן ללכת עם האנטנה והתורן ביחד, וכל כך דקה עד שצריך לשים נייר בקצה כדי לראותה.



2015 McMichael Radio Rally - לוינדון ב' מנוע עם האנטנה

שאלת מיליון הדולר.

משנת 2007 אני עורך ניסיונות במוטות גליליים, העשויים מסיסי פחם, כתחליף למוטות האלומיניום המקובלים.

השאלה הראשונה הייתה מה תהייה היעילות בהשוואה לאלומיניום, והאם הסיבים יעמדו בהספק העובר דרכם. הניסיונות שביצעתי היו השוואה מדויקת בין דיפול אלומיניום ודיפול מוטות סיבי פחם. המקור היה 100 ואט ישירות לתוך שני הדיפולים שתואמו בקפידה. התוצאה הייתה מפתיעה ביותר: עוצמת השדה שנמדדה מחוץ "לשדה הקרוב" הייתה זהה וזאת במדידות עד דיוק של 0.25 ד"ב.

ערכתי מספר רב של ניסיונות בזמנים שונים ובתדרים שונים - התוצאות חזרו על עצמן. מבדיקת טמפרטורה באזור מחבר האנטנה לכבל המזין עלה כי אם היה שינוי בטמפרטורה כעבור 5 דקות רצופות של שידור הוא היה קטן מ 0.1 מעלות צלזיוס (דיוק המודד) המסקנה היא כי אין אבוד אנרגיה, כתוצאה מהתנגדות האומית של המוט.

ניסיון נוסף שערכתי היה שימוש במוט פחמו לקו תמסורת של מטר אחד. השוואה של אלומיניום ומוט מסיבי פחמן הראה אותו הספר בדיוק במוצא. כמובן שהעכבה של המוליך (סולם) חושבו ונבדקו ל 50 אום. יש לציין כי המוט מכיל כ 100.000 סיבים אורכיים הנמצאים במקביל אחד לשני. חלקם נוגעים זה בזה וחלקם לא, והם מאוגדים בסופו של דבר בתמיסת אפוקסי שאיננה מוליכה. תופעה מוזרה עוד יותר התרחשה כאשר חיברתי את רוב קצוות הסיבים באמצעות אלקטרוליזה או תמיסת כסף - ואז התנגדות האומית ירדה כמעט לאפס – ובהשוואה - לא השתנה כלום! למותר לציין שהשוואות שתי האנטנות בזמן ביצוע קשרים לא העלתה שום שינוי. (בדיקה זאת אינה מעלה ואינה מורידה דבר מהשוואה המקצועית הדרושה, ונעשתה רק לוודא ש"העסק" באמת עובד).

מה שהיה צריך לומר בהתחלה :

מסיבות שאינן ברורות במידה מספקת עדיין, אין שום ספק כי סיבי הפחם מתנהגים כמוליך גלי רדיו מעולה, בדיוק כמו מוליך חשמלי (מתכת או חוט), וזאת בניגוד ולמרות התיאוריה הרווחת והנוסחאות המתמטיות.

אחד ההסברים אולי נובע מהימצאותם של כל כך הרבה סיבים במקביל (מאות אלפים) ובמרחק של מיקרונים בודדים אחד מהשני, ויתכן שגורם קיבולי מתערבב במרכיב המוט ותכונותיו.

4X1WD

08/04/2020 LONDON



מקלט זעיר דניאל רוזן, 4X1SK

תמצית

מקלט זעיר ופשוט, במחיר נמוך במיוחד, הוא בהחלט 'משב רוח מרענן' בעולם המודרני, ה'מוצף' במקלטים מבוקרי תוכנה (SDR), עתירי תכונות, עשירים בביצועים, אך מורכבים להפעלה.

המקלט הזעיר מבוסס על מעגל משולב SI-4732 תוצרת Skyworks Solutions, Inc. (שרכשה ב-2021 את חטיבת Infrastructure & Automotive של Silicon Laboratories Inc.), מעגל משולב בודד בטכנולוגית CMOS המספק את כל הפונקציות של מקלט, מהדק האנטנה עד מוצא השמע, בביצועים סבירים, במישק משתמש אינטואיטיבי ופשוט. בכמות מעל 1,000 יחידות, מחיר מעגל משולב זה הוא 2.73 דולר.

המקלט זמין ממספר יצרנים. המקלט הספציפי שברשותי, עם קושחה בגרסה 2.28 (יולי 2025), נרכש באמצעות AliExpress, הגיע עם שתי אנטנות (אנטנת עניבה פסיבית רחבת סרט ואנטנה טלסקופית) וכבל USB-C (לטעינת המצבר), ועלה 82.32 ₪ (המשלוח כלול). ההזמנה נעשתה ב-12 בספטמבר, והמקלט הגיע לתחנת חלוקה Parcel Home סמוך לביתי לאחר 16 יום, ב-28 בספטמבר.



ערכת המקלט



מילואת
המקל
ט

המקלט הזעיר

המקלט הזעיר, שמשקלו 55 גרם ומידותיו $20 \times 35 \times 80$ מ"מ, קולט את"ן (אפנון תנופה) בגלים ארוכים (150 עד 279 קה"ץ) וגלים בינוניים (520 עד 1,710 קה"ץ), את"ן וחד-פס (פס עליון או פס תחתון) בגלים קצרים (1.7 עד 30 מה"ץ) ואת"ד (אפנון תדר, 64 עד 108 מה"ץ). יש בו מתג הפעל/הפסק, פקד בודד (Single push rotary encoder), מסך צבעוני 1.9 אינץ', ומצבר ליתיום 3.7 וולט בקיבולת 0.8 אמפר-שעה (מספיק לכ-10 שעות פעולה). נורית Led זעירה בתחתית המקלט מאירה בעת טעינת המצבר.

גרסת הקושחה 2.28 מאפשרת לשלוט על רוחב הסרט (מ-500 עד 4,000 הרץ בחד-פס, מ-40 עד 110 קה"ץ באת"ד), לשלוט על ויסות העוצמה האוטומטי, לשלוט על צעדי שינוי התדר (הצעד הקטן ביותר בחד פס הוא 10 הרץ), לכייל את תדר מתנד הפעמה בקליטת חד-פס ולחבר את המקלט הזעיר לרשת WiFi בתדר 2.4 גה"ץ. החיבור ל-WiFi מאפשר גישה באינטרנט לבסיס נתונים על שידורים לציבור בת"ג EIBi.¹

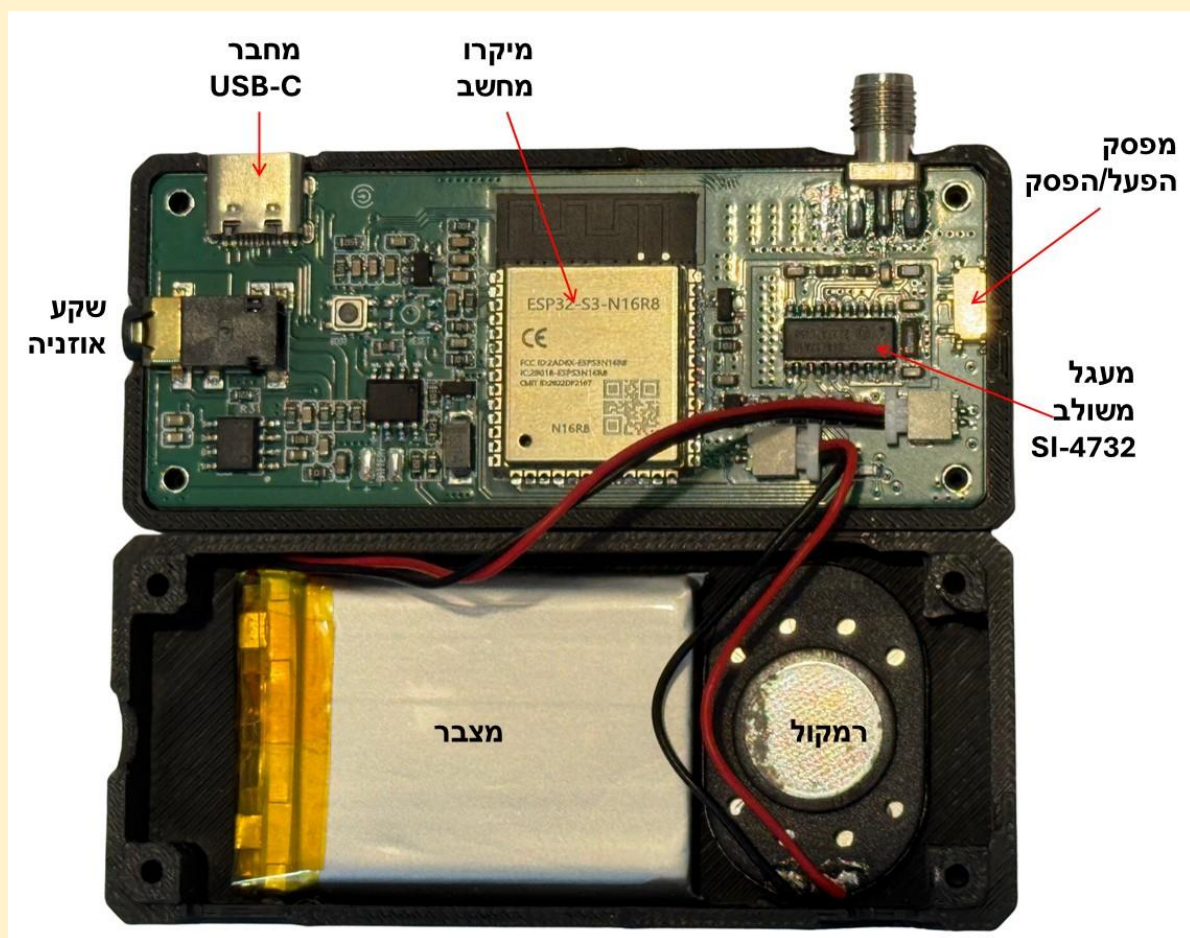
המקלט בנוי על בסיס מעגל מודפס קטן (ארבע שכבות) עליו מורכבים מספר מעגלים משולבים – המקלט, מיקרו-מחשב דליהספק ESP32-S3,² מייצבי מתח, מטען למצבר הליתיום, מגבר שמע 5 ואט NS4160, מסך התצוגה (מסך צבעוני מרהיב), 25 נגדים, 24 קבלים, שישה סלילים, שתי דיודות וחמישה טרנזיסטורים. תיבת המקלט מודפסת במדפסת תלת מימד.

¹ ראו : <http://eibispace.de/dx/eibi.txt>

² מיקרו-מחשב זה הוא מוצר פופולרי המשמש במספר התקנים של חובבי רדיו. לדוגמה : דניאל רוזן, M5Stack עם ציוד פופולרי תוצרת ICOM – IC-7300 ו-IC-705, הגל החדש – 4XBulletin, גיליון מס' 46, דצמבר 2023, עמ' 26 – 28.

הקושחה מבוססת על 'קוד פתוח' (Open Source). המקלט זמין בגרסאות קושחה שונות – והפיתוח נמשך. הגרסה העדכנית, בעת כתיבת מאמר זה, היא 2.33 – וקיימת גם גרסה 3, עם קושחה המשפרת את מישק המשתמש;³ ניתן לרכוש ישירות מקלט עם גרסה 3 (המחיר ב־Ali Express הוא 105.85 ₪).

ניתן לחבר את המקלט למחשב עם כבל USB ולהתקין קושחה חדשה באמצעות שימוש בדפדפן או בכלי תוכנה מתאים, לפי הוראות זמינות באתר GitHub – לא ניסיתי זאת, שכן גרסה 2.28 התאימה לצרכי.⁴

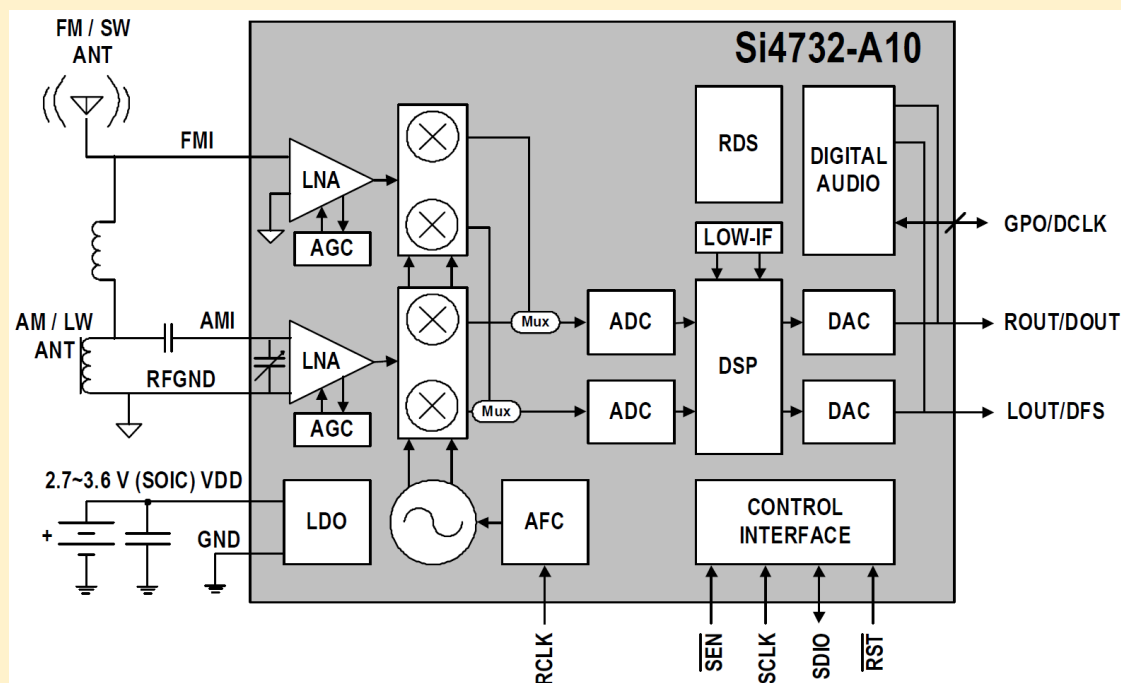


³ ראו: <https://youtu.be/BzrOE9BFpyU>

⁴ לגרסה קודמת/אחרת, ראו: <https://www.youtube.com/watch?v=9fHoeWlMaCk> כן מוצע להוסיף מגבר עם JFET במבוא האנטנה, לשיפור התאום ורגישות המקלט. מגבר זה מיותר, שכן רגישות המקלט גבוהה למדי.

ראו: <https://esp32-si4732.github.io/ats-mini/flash.html>

המקלט מבוסס על מעגל משולב זה, שיצא לשוק בשנת 2009 ונמצא בשימוש נרחב במוצרי צריכה ביתיים. המעגל המשולב הוא מקלט מלא: מגבר מבוא, ערבל הממיר את האות הנקלט לתדר נמוך, שם הוא עובר המרה לאות ספרתי; עיבוד ספרתי מבצע הגברה וגילוי, ולאחר מכן נעשית המרה מאות ספרתי לאות אנלוגי. ניתן לשלוט בכמות סיביות הדגימה (8, 16, 30 או 24 סיביות) ובקצב הדגימה (32, 40, 44.1 או 48 קה"ץ). המקלט כולל מגוון תכונות, כמו גלאים לאת"ד, את"ן וחד"פס, בקרת עוצמה (AGC), נעילת תדר (AFC), מעבד RDS, שליטה ברוחב הסרט, ועוד.



מרשם מלבנים פונקציונלי – מעגל משולב SI4732 – מקלט שלם במעגל משולב זעיר

ביצועי המקלט

ההתרשמות מהפעלת המקלט – מעורבת. המקלט קולט היטב שידורי רדיו את"ד. הרמקול הפנימי הזעיר מפתיע לטובה (אם כי איכות השמע בקליטה עם אוזניות טובה לאין שיעור). המקלט רגיש ויש לו תחום דינמי סביר, אך בעזרת האנטנות הפשוטות שסופקו עם המקלט קשה לשמוע שידורי חובבים בת"ג. כאשר מחברים אנטנה חיצונית, רמת הרעש גבוהה (שכן דרגת הכניסה רחבת סרט, ללא מסנני ת"ר או מעגלים מוכוונים כלשהם), אך ניתן לקלוט שידורי חובבים במורס, חד"פס ובתקשורת ספרתית (טלפרינטר, FT8) – אם כי לא ברמה של מקלט חובבים ייעודי.

להלן ביצועי המקלט, כפי שמדדתי במעבדתי:⁵

פרמטר	ביצועים שנמדדו	
רצפת הרעש MDS [מיקרוולט/דב"ם]	80 מ'	-130/0.070
	20 מ'	-132/0.056
	15 מ'	-140/0.022
רגישות לאות את"ן [מיקרוולט/דב"ם]	1 מה"ץ	-113/0.500
	80 מ'	-114/0.446
	10 מ'	-109/0.793
רגישות לאות את"ד [מיקרוולט/דב"ם]	100 מה"ץ	-117/0.316
תחום דינמי [ד"ב]	2 קה"ץ	80 מ' 76
		20 מ' 76
	20 קה"ץ	80 מ' 76
		20 מ' 76
תחום דינמי לתוצרי אפנון הדדי סדר שני [ד"ב] ⁶	20 מ'	82
	15 מ'	88
תחום דינמי לתוצרי אפנון הדדי סדר שלישי [ד"ב]	20 קה"ץ	80 מ' 96
		20 מ' 92
רגישות מד עוצמה, S9 [מיקרוולט/דב"ם]	1 מה"ץ	-72/56.17
	20 מ'	-75/39.76
	100 מה"ץ	-98/2.509

⁵ ראו: דניאל רוזן, **מדידות ביצועי מקלטי ת"ג**, הגל החדש – 4XBulletin, גיליון מס' 67, ספטמבר 2025, עמ' 17 – 23. כל המדידות נעשו בברירת המחדל של ההגבר (AVC = 48 dB).

⁶ מדידת התחום הדינמי של תוצרי אפנון הדדי, לסדר שני ולסדר שלישי, נעשתה ברמת רצפת הרעש (MDS).



משחת קירור לציוד אלקטרוני

אינגר משה 4Z1PF

משחת קירור (Thermal Paste) היא חומר חיוני להעברת חום בין רכיבים אלקטרוניים לגופי קירור. היא ממלאת את הפערים המיקרוסקופיים בין פני השטח של הרכיב האלקטרוני לבין גוף הקירור, ובכך משפרת את יעילות פיזור החום ומונעת התחממות יתר. תכונות עיקריות של משחת קירור שיש לקחת בחשבון בעת בחירת משחה:

- **מוליכות תרמית: (Thermal Conductivity)**
 - נמדדת ב- $W/m \cdot K$
 - ככל שהערך גבוה יותר, כך המשחה מעבירה חום בצורה יעילה יותר.
 - משחות איכותיות נעות בין 5 ל-20 $W/m \cdot K$ ואף יותר.
- **התנגדות תרמית: (Thermal Resistance)**
 - ערך נמוך מצביע על יעילות גבוהה.
 - נמדד ב- $^{\circ}C \cdot cm^2/W$
- **מוליכות חשמלית:**
 - רוב המשחות אינן מוליכות חשמלית, מה שמונע סיכון לקצר במקרה של זליגה.
- **צמיגות ומרקם:**
 - משפיעים על קלות המריחה והיכולת למלא רווחים.
 - משחה סמיכה מדי עלולה להיות קשה לשימוש, ודלילה מדי עלולה לא להישאר יציבה.
- **טווח טמפרטורות עבודה:**
 - רוב המשחות פועלות בטווח של $-50^{\circ}C$ עד $+200^{\circ}C$
 - חשוב להתאים את המשחה לסביבת העבודה של הרכיב.
- **עמידות לאורך זמן:** משחות איכותיות שומרות על ביצועים לאורך שנים ואינן מתייבשות או מתפוררות במהירות.

שימושים נפוצים

- מעבדי מחשב (CPU, GPU)
- רכיבי חשמל בתעשייה
- מערכות קירור פסיביות ואקטיביות
- ספקי כוח, טרנזיסטורים, ומערכות בקרה

יחידת המידה של מוליכות תרמית היא **ואט למטר למעלות קלווין** – כלומר: $W/(m \cdot K)$

- **ואט (W)** – מציין את כמות האנרגיה (חום) שעוברת.
- **מטר (m)** – מתייחס לאורך החומר שדרכו החום עובר.
- **קלווין (K)** – מציין את הפרש הטמפרטורות בין שני קצוות החומר.

המשמעות: מוליכות תרמית של חומר היא כמות החום (בוואט) שעוברת דרך מטר אחד של חומר, כאשר יש הפרש של קלווין אחד בין שני צדדיו.

לדוגמה: אם לחומר מוליכות תרמית של $400 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ זה אומר שהוא מוליך חום בצורה מאוד יעילה – כמו נחושת. לעומת זאת, חומרים מבודדים כמו עץ או קלקר יהיו בעלי מוליכות תרמית נמוכה מאוד.

דוגמה לערכים מוליכות תרמית לחומרים נפוצים בטמפרטורת חדר 25°C :

חומר	מוליכות תרמית W/(m·K)	הערות
כסף (Silver)	406	המתכת עם המוליכות התרמית הגבוהה ביותר ¹
נחושת (Copper)	401	נפוץ בשימוש להולכת חום וחשמל ¹
זהב (Gold)	315	מוליך טוב אך יקר מאוד ¹
אלומיניום (Aluminum)	237	קל וזול יחסית לנחושת ¹
ברזל (Iron)	80	מוליך בינוני ¹
זכוכית	1.0 – 0.8	תלוי בהרכב הספציפי ¹
מים	0.59	נזל עם מוליכות בינונית ¹
עץ (למשל בולסה)	0.048	חומר מבודד יחסית ²
אוויר	0.026	מבודד טבעי ²
קלקר (פוליסטירן מוקצף)	0.046 – 0.033	חומר בידוד נפוץ ¹
סיליקה איירוג'ל	0.02	אחד החומרים המבודדים ביותר ¹

מוצרים זמינים בישראל עלותם וכמות באריזה

מוצר	מוליכות תרמית	תכולה	מחיר משוער	תכונות מיוחדות
Arctic MX-4	8.5 W/m·K	4–8 גרם	24–38 ₪	לא מוליכה חשמלית, עמידה
Thermal Grizzly Kryonaut	12.5 W/m·K	1 גרם	34 ₪	ביצועים גבוהים במיוחד
Noctua NT-H1	~8.9 W/m·K	3.5–10 גרם	29–46 ₪	קל לניקוי, יציב לאורך זמן
WPS 25GRAM	>3.2 W/m·K	25 גרם	29 ₪	מתאימה לשימושים כלליים
WPS 1GRAM	~2.5 W/m·K	1 גרם	9 ₪	פתרון זול לשימוש מזדמן

הדרך לשימוש נכון

- נקה את הרכיב והקירור לפני המריחה.
- מרח שכבה דקה ואחידה – אין צורך בכמות גדולה.
- החלף את המשחה כל 2–3 שנים או במקרה של התחממות חריגה.
- השתמש בכפפה או כלי ייעודי למריחה.

אם מתכננים להרכיב מערכת חדשה או שדרוג קירור קיים, בחירת המשחה הנכונה תעשה הבדל משמעותי בביצועים ובאורך החיים של הרכיבים.

דוגמה למפרט מוצר

		HY510	
	Color	Grey	No
	Thermal Conductivity	>1.93	W/m-K
	Thermal Impedance	<0.225	°C-in ² /W
	Specific Gravity	>2.0	No
	Viscosity	1000	No
	Thixotropic Index	380±10	1/10 mm
	Moment Beared Temperature	-50~300°C	°C
	Operation Temperture	-30~280°C	°C
Silicone Compounds		25%	
Carbon Compounds		50%	
Metal Oxide Compounds		25%	
		TU	
		30g	



מצורפות מספר דוגמאות מפרסומי ספקים. לא תמיד מצוינים כל הפרמטרים הנחוצים לבחירה מושכלת. יש להתייחס גם למחיר ולנפח המוצר.



12.8 W/mk

Model	MT8
Color	Gray
Coefficient	12.8 w/mk
Density	2.8g/ml
Temperature	- 50 °C~250 °C
Net weight	1g 2g 4g
Service life	>5 years

D-9

RAPID COOLING

18.8W/M-K

Powerful Cooling

18.2W/M-K Thermal Conductivity

Easy to apply Nonconductive Long life

Free applicator

COXBYTE TG-50 Thermal Solutions

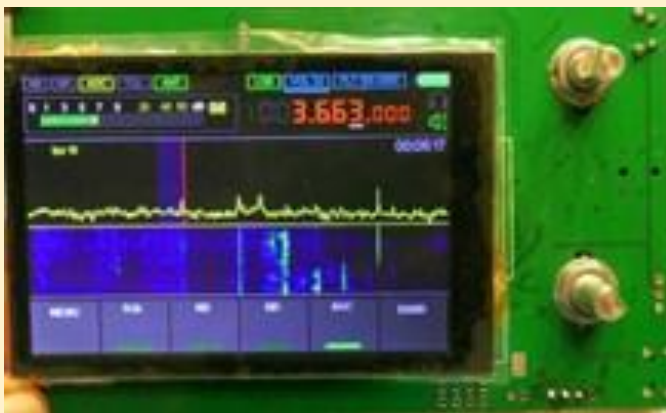


סיפורו של מקלט SDR – עדכון

קנה שידרג ועדכן – צביקה סגל 4Z1ZV

בגיליון 65 חודש יולי 2025 פורסם המאמר המקורי. מאז פנה אלי ידידי החובב עול ימים חנן אלון 4X4MB הרוכש ומשדרג כל דבר שזז... בניסיון השדרוג על פי הנחיות המאמר הקודם, המקלט הפך ללבנה חסרת ערך. כמובן שהלבנה שודרגה כהלכה והעדכון למאמר זה הצבוע בצבע התכול מתאר את התהליך והשנויים במאמר המקורי.

בסוף העשור הקודם, קבוצה של חובבים רוסים פתחה והתחילה למכור מקלט SDR נייד תחת המותג Malahite הכולל צג עם תצוגה ספקטראלית ומפל מים. ניתן היה לרכוש אותו בכמה צורות, מורכב, קיט ו/או רישיון תוכנה למי שבנה לבד או רכש את החומרה מסוחרים זריזים שהציעו אותה בשוק החופשי.



בכך יצרו כמה מודלים עסקיים ובמקום להילחם בהעתקות – דווקא עודדו על מנת למכור רישיונות. בעלי הזריז ניתן היה לרכוש את המוצר מרושין – Registered, או חומרה בלבד.

[קישור לפרסום על ההכרזה](#)
מאז יצאו לשוק שורה של גרסאות, חלקם גרסאות מתקדמות וחלקן כל מיני העתקות לרבות המותג Malachite, בתוספת האות "C".

[קישור לאתר Malahit "המקורי"](#) שכיום הוא די שומם ונבין בהמשך למה...
המחיר של רוב הגרסאות היה במאות דולרים, הרבה מעל רף המכס והאחרונות כסו את רוב הספקטרום מ-HF עד 2 גיגה הרץ.

עם הזמן חובבים סינים "קבלו השראה" מהמוצר המקורי ובמיטב המסורת הסינים במקום להעתיק אותו, עשו לו סוג Reverse Engineering ותכננו ויצרו מכשיר עם כמה פשרות לגבי תחום התדר (עד 149 מגה"צ) אבל במחיר נמוך בהרבה, אך עדיין מעל רף המכס. המוצר נמכר תחת המותג DeepSDR 101.

קישור לאתר היצרן – שאגב מיצר גם את חלק מסדרות ה- NanoVNA.

משלב זה התיאבון של היצרנים הסיניים לא נתן להם מנוח והתחילו לצאת לשוק שלל של מוצרים שהם העתק כמעט מלא של החומרה והתוכנה שניתן להוריד מאתר המפתח.

הפעם המחיר היה מתחת לרף המכס ובשנת 2023 החברה הוציאה את גרסת הקושחה האחרונה – 1.0.1 כדי לפתור שורה של באגים ושיפורים, וכחלק מהלוחמה במעתיקים

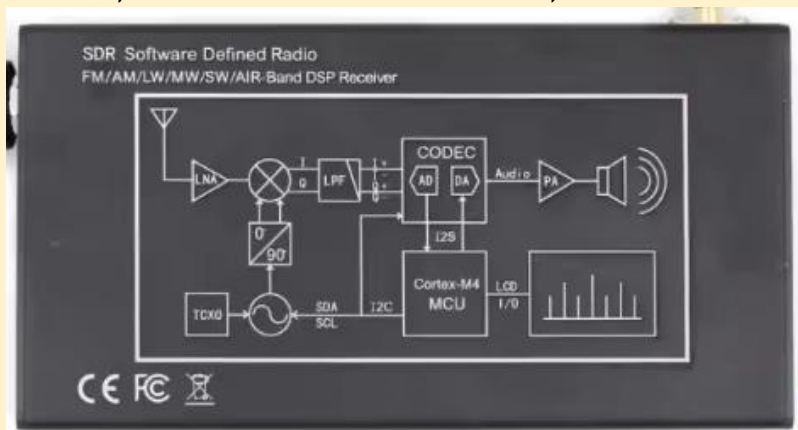
הכריזו על הפסקת הייצור ותחילת פתוח של גרסה חדשה אשר עד עצם היום הזה לא יצאה...

לאחרונה נתקלתי באחד ההעתקים האלו אשר ביחד עם קופון של 4 דולר נדחק באופן מרשים מתחת לרף המכס (קצת יותר מ-50 דולרים אמריקאיים). בין כתב"מ לטיל במקלט הוצאתי הזמנה בעלי הזריז ואתמול כבר נחתה בביתי.

ההבדל העיקרי ביחס לגרסת ה-DeepSDR הוא מחבר SMA בצד שמאל למעלה במקום מחבר BNC מצד שמאל ולכאורה לא ניתן לשדרוג גרסאות כמו המקורי.



כמה מילים על הארכיטקטורה שלו כמו שמשורטטת על הדופן האחורית:



מדובר במקלט סופרהטרודיין "קלאסי" הממומש בעזרת צ"פ אשר יציאות I/Q מוזנות לדוגם, עבודת אות ספרתי עם מעבד CORTEX ומשם ממיר לאות אנלוגי ולתצוגה. המקלט עם גירסה 1.0 אמנם עובד אבל עם לא מעט חריקות, לעיתים מטרטור בהדלקה התנהגות תמוהה של מעגל ה-AGC ועוד. גירסה 1.01 ("המקורית") פותרת חלק מהבעיות ולטעמי היה חשוב לשדרג ככל שניתן.

קישור הסבר מלא לגירסה 1.01

בעיקרון העידכון היה אמור ליהיות פשוט – חיבור למחשב בכבל C USB לחיצה על כפתור האנקודר (יש רק אחד..) והדלקה ואז מופיעה במסך הודעת BOOTLOADER, ובמחשב אמור להפתח כונן USB נוסף אליו מעתיקים את קובץ הקושחה החדש. בסיום ההעתקה, נתוק הכבל, כבוי, הדלקה ותהיך השדרוג מתבצע.

אממה – בגירסאות של "הבזול" המחשב לא מזהה את הדיסק הנוסף ☹ משיטות במרשתת מסתבר שממש לאחרונה חובב רוסי חקר את הנושא ומצא כי יש טעות בכמה נגדים שהורכבו בערכים שגויים...

זה דורש לפתוח 4 ברגים בשני צידי המקלט, לשחרר את כפתור ואום האנקודר, לנתק מחבר קואקסיאלי זעיר ועדין, ואז ניתן למשוך את "הסנדביץ'" הכולל מעגל, תצוגה ולוח רוכב עם סוללה ענקית של 5,000 מא"ש.



משחררים 4 ברגים נוספים של לוח הסוללה ומנתקים אותה. בשלב הזה מחליפים את R7 ו-R8 בנגדים בערך בין 20 עד 30 אוהם וזה פותר את בעיית זיהוי הכונן במחשב.

בחלק מהלוחות אחד הנגדים כבר בערך הנכון ואין צורך להחליפו. מי שיחשוק בהשתקת המקלט בהדלקה יחליף גם את R28 בנגד בין 50K ל-100K.

בשלב הזה בודקים איזה מעבד יש על הלוח: אם הוא מסוג GD32F4xx אז ניתן להמשיך על פי הנחיות ההרכבה והצריבה.



במידה והמעבד הוא מסוג F407VGT6, עוצרים בחריקת בלמים. ניסיון צריבה יהפוך את המקלט ללבנתה... לעבור לסוף המאמר ולקבל החלטה אם לצרוב.

ההרכבה מחדש דורשת לשחרר קמעה את מחבר ה-SMA, חיבור המחבר הקואקסיאלי הזעיר למקומו מבלי לשבור אותו כמקובל אצל כמה מחברנו (ראו הוזהרתם..).

את גרסת הקשחה העדכנית מורידים מהאתר הרוסי בקישור הזה.

יש להוריד את **Firmware version 1.0.1: DeepSDR_101_CLONE_FW_v1.0.1**

לפתוח את קובץ ה-ZIP ולהעתיק את הקובץ update4.bin אל הכונן שיפתח בשלב BOOT. (מזכיר: לחיצה על האנקודר והדלקה)

לדברי הבחור – אין לטעון את הגרסה המקורית של היצרן כי היא בנויה לתקוע את המקלט.

שימו לב – בכונן שיפתח, נמצא גם קובץ channel.csv אותו ניתן לערוך או להחליף בקובץ עם עד 99 זיכרונות עם תדרים קבועים. שינוי הנגדים יאפשר להחליף את קובץ הערוצים גם אם לא תשדרגו את הקושחה.

כדאי לדעת שעיקר הנווט בין האופציות נעשה על ידי לחיצה על האנקודר, ואז הסיבוב שלו עובר בין האפשרויות השונות כולל שליטה ברזולוציה שנוי התדר. אגב שנוי תדר ניתן לבצע גם במגע במסך ואז קופץ לוח מקשים ספרתי כמו ב-NANOVNA.

יש כמה אופציות נחמדות כמו לשנות את אופי ותצוגת מפל המים והצג הספקטראלי, נגיעה בצד שמאל של התצוגה תעלה ותוריד את ה-VOLUME ובצד ימין של המסך תשנה את התדר.

במידה והמעבד הוא מסוג F407VGT6 ניסיון צריבה בשיטה לעיל יגרום להתחלת מחיקת תוכן המעבד ואחרי הבלוק השלישי הוא יתקע. בשלב הזה או נשארים עם הקושחה או ממשיכים על פי ההנחיות שבהמשך.

במקרה זה לצורך הצריבה או "שיקום" המקלט אחרי שנמחק...יש להתחבר ישירות למעבד עם התקן צריבה מסוג ST-LINK V2 אותו שואלים או רוכשים בכמה שקלים סיניים בעלי הזריז.

Welcome to the English-language section for October 2025

Tim Scrimshaw 4X1ST

Succoth Contest

The Succoth VHF/UHF contest takes place on Friday, October 10th this year. There will be just three categories: VHF (2m), UHF (70cm) and VHF/UHF. All hams are invited to take part. For more details, look out for updates on the IARC social channels.

[Sukot 2025 VHF/UHF Contest Rules](#)

[HolySquare](#)

Enable you to find your locator and holyland square

[HolyLogger On the Air](#)

Lists active operators using Holylogger and connected to the internet

[HolyLogger Download](#)

Link to Holylogger download and installation and operation instructions

IARC on Facebook

IARC has been a presence on Facebook for several years, with the group reaching over 3000 members. Unfortunately, many of those members had no connection or interest in amateur radio, leading to a lot of “noise” and some confusion.

As a result, the committee decided to open a new group, which you will find [here](#). To join, you must answer the new member questions. If you don't answer the questions fully, the admins will not accept you to the group. The idea is to have a group focused on ham radio, for radio hams and SWLs.

The previous group still continues under the name Hovevi Radio (Radio Hams), with a different admin team.

DX Marathon Sprint October 18-27

We introduced the DX Marathon Sprint in last month's edition.

It's a 10-day mini-marathon. Any DX worked during the Sprint counts toward both the Sprint and your full-year DX Marathon score. Just try to work as many CQ Zones and DXCC countries as possible during the marathon period and upload your ADIF log at the end.

For more details, see the September 2025 4X-Bulletin, or [click for rules](#).

Ham Radio at Carnegie Mellon University – CMU

Ham radio has an illustrious history at CMU. The Carnegie Tech Radio Club, W3VC, dates back over 110 years.

The university also runs an Introduction to Amateur Radio course, with students mainly from the electrical and communication fields. The idea is to expose the students to the technology that lies behind contemporary communications devices, such as our mobile phones. For the full story, see:

<https://www.ece.cmu.edu/news-and-events/story/2024/08/ham-radio.html>

Contest Update

October's main event is the immensely popular CQ Worldwide DX SSB contest. Here's a partial calendar of the main contests

Thracian Rose TRC DX Contest	0600Z, Oct 4 to 1800Z, Oct 5
Oceania DX Contest SSB	0600Z, Oct 4 to 0600Z, Oct 5
Oceania DX Contest CW	0600Z, Oct 11 to 0600Z, Oct 12
JARTS WW RTTY	0000Z, Oct 18 to 2400Z, Oct 19
CQ Worldwide DX Contest, SSB	0000Z, Oct 25 to 2400Z, Oct 26
YBDXPI FT8	0000Z, Nov 1 to 2359Z, Nov 2
UK/EI DX, SSB	1200Z, Nov 1 to 1200Z, Nov 2

For a full list of upcoming events, check out the WA7BNM Contest Calendar at <https://contestcalendar.com/weeklycont.php>



האם איראן זקוקה לתחנות כוח גרעיניות

ניתוח טכני/כלכלי על המחלוקת בין מעצמות המערב והמשטר האיראני בדבר הצורך בתחנות כוח גרעיניות באיראן

מאת אברהם סט

1. רקע לפעילות הגרעינית באיראן

הפעילות האיראנית בנושא הגרעיני החילה למעשה בשנת 1957 בחסות תכניתו של הנשיא אייזנהאואר "אטום למען השלום" וכללה מפגש בין הנשיא אייזנהאואר והשח הפרסי בטהרן ב-1959. במסגרת זאת קיבלה איראן כור גרעיני ניסיוני ומלגות עבור סטודנטים איראנים בפקולטה למדעי הגרעין שבאוניברסיטת M.I.T, מאוחר יותר קיבלה איראן מהועדה לאנרגיה גרעינית שמושבה בווינה את תוכנת המחשב WASP המיועדת לתכנון מערכת הייצור (תחנות הכוח) ובאמצעותה בודקים את כדאיות השילוב של תחנות כוח גרעיניות במערכת החשמל על בסיס טכני/כלכלי.

כמו גם היום השח הפרסי ראה בתחנת הכוח הגרעינית אמצעי לבניית נשק גרעיני למטרות הרתעה דבר שיסייע לאיראן להפוך למעצמה אזורית ובנוסף לבצר את שלטונו. השח לא הסתיר את שאיפתו ואף נעלב כאשר נמתחה בתקשורת בארה"ב בקורת על מהלך זה.

כחלק ממערכת החשמל האיראנית מופעלת יחידת ייצור אחת בהספק של 1000 מגוואט בתחנת הכוח הגרעינית בבשוהר, יחידה שניה באותו אתר נמצאת בשלבי שיפוץ והמשך בנייה. בנייתה של תחנת הכוח ע"י חברת סימנס הגרמנית החילה עוד בתקופת השח. נפילת משטרו של השח הביאה להפסקת הבניה עקב התנגדותו של חומייני שטען שפעילות גרעינית נוגדת את רוח האסלם ואף הטיל "צו הלכה" על כך. במלחמת איראן-עיראק הופצצה התחנה שכללה שתי יחידות ייצור במצב בנייה ונפגעה חלקית. חמינאי שירש את חומייני מאוחר יותר ביטל את צו ההלכה ואפשר את המשך הפעילות הגרעינית, חברת סימנס סירבה לשפץ את התחנה ולהמשיך בבנייתה ובהמשך הסכימו הרוסים לשפץ את התחנה ולהמשיך בבניית שתי יחידות בהספק של 1000 מגוואט כל אחת, אשר הראשונה מהן כאמור נמצאת בתפעול כבר כמה שנים

2. הבסיס לזכות בין איראן למערב

החשש לבניית תחנת כוח גרעינית ע"י מדינה בעלת משטר עוין או לא יציב נובע משלוש סיבות עיקריות:

- פעילות כזאת תעודד לימוד הנושא הגרעיני והכשרת מדענים שמאוחר יותר יוכלו לתרום גם לנושא הצבאי.
- ניתן לנצל פעילויות אלה כדי להסתיר פעילות בנושאים צבאיים כולל העברת חומרים ותהליכים שיכולים לשמש בסתר לפיתוחים צבאיים.
- ע"י תהליך של עיבוד חוזר (מחזור) של מוטות הדלק הגרעיני המשומשים לאחר שהוצאו מהכור ניתן באמצעים כימיים להפריד את הפלוטוניום הנחוץ ליצור פצצת פלוטוניום (כמו זו שהוטלה על נגסאקי במלחמת העולם השנייה), הליך שכזה מתאים במיוחד לתחנת כוח המשתמשת במים כבדים, קשה מאד וספק אם אפשרי בתחנה המשתמשת במים קלים (רגילים), כדי למנוע אפשרות שכזאת התחייבו האירנים להחזיר את מוטות הדלק המשומשים לרוסיה.

יש לציין שהאיראנים המשיכו בשיפוץ ובניה של תחנת הכוח דווקא בתקופה של הקפאת בנין תחנות גרעיניות בעולם עקב אפקט "אסון צ'רנוביל". בכל תקופת הבניה הפעילו מעצמות המערב לחץ על איראן להפסקת הבניה, תוך שהם מביאים גם נימוקים כלכליים, שכן, השאילה העיקרית היא לשם מה זקוקה מדינה עתירת משאבי נפט וגז טבעי לתחנת כוח גרעינית.

הטיעון האיראני כלפי הדרישה להפסקת הפתוח הגרעיני מתבסס על הצורך של איראן לבנית תחנות כוח גרעיניות עבור משק האנרגיה שלהם, כלומר למטרות שלום בלבד. במערב מתקשים לקבל טיעון זה כיוון שעתודות הנפט והגז הטבעי של איראן הן מהגבוהות בעולם, כך שאיראן היא המדינה האחרונה שיחסר לה דלק עבור תחנות הכוח שלה. אבל לאיראנים יש שני טיעונים כנגד כך :

1. בקצב המתגבר של שאיבת הדלק למדינה שאוכלוסייתה מתקרבת ל 100 מיליון בנוסף לייצוא, נתון זה עשוי להשתנות, כמו המקרה של אינדונזיה שהפכה מיצואנית נפט ליבואנית נפט.
2. החישוב עבור מערכת החשמל שלהם מצביע על כך שבהיבט הכלכלי כולל שיקולי איכות סביבה בניית תחנות כוח גרעיניות מביאות לפתרון המיטבי.

הטיעון השני הוא המשמעותי וכאן האיראנים מציגים דוחות וחישובים שעשו האמריקנים בשנות ה-70 עבור המשטר האיראני בראשות השח ובהם מוכח שבניית תחנות כוח גרעיניות אכן כדאית עבור משק החשמל האיראני והם שואלים "מדוע בתקופת השח טענתם שכדאי לבנות תחנות כוח ועכשיו אתם אומרים שלא". ויותר מכך גם כיום מדוע חברות אמריקניות ממליצות למדינות עתירות משאבי דלק (סעודיה, נסיכויות המפרץ, אבו דאבי, ...) לבנות תחנות כוח גרעיניות. נציגי המערב עונים שבשנות ה-70 התנאים היו שונים והמסקנות שהתקבלו אז אינן תואמות את המצב הנוכחי.

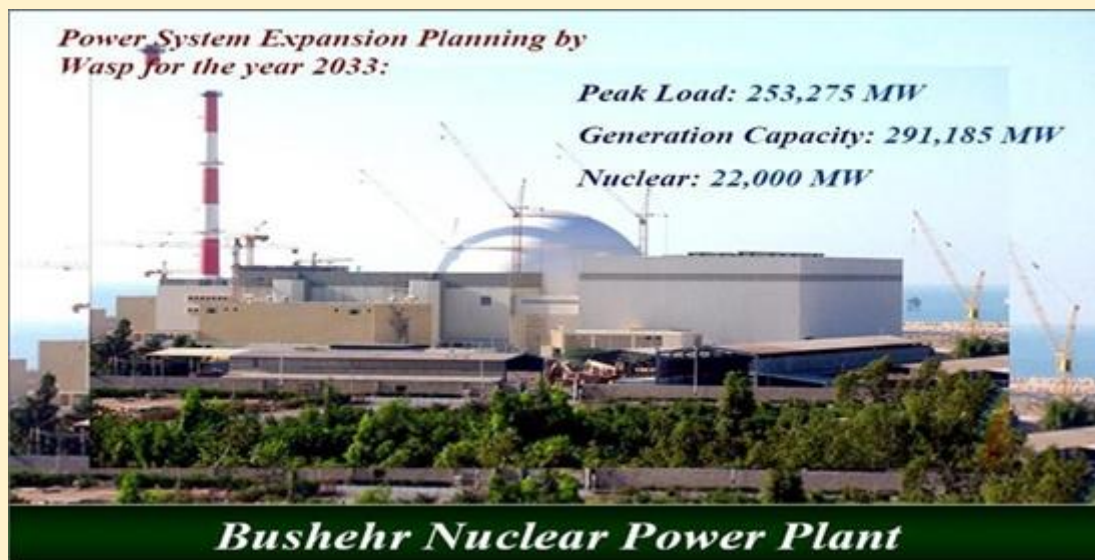
אבל, האיראנים בתקופת שלטון השח כמו מדינות רבות אחרות קיבלו מהוועדה לאנרגיה גרעינית שמושבה בווינה תוכנית מחשב (WASP) שבאמצעותה ניתן לתכנן את הרחבת מערכת הייצור ולהתרשם האם הוספת תחנת כוח גרעינית אכן מהווה פתרון מיטבי. אם ניקח בחשבון שבתקופת נשיאותו של אייזנהאור קיבלו האיראנים מלגות ללימודי הגרעין ב M.I.T הרי האיראנים יכולים להתהדר בכך שיש להם מהנדסי גרעין ברמה גבוהה שניתן לסמוך עליהם.

האיראנים אכן הריצו תוכנית מחשב זאת שתוצאותיה לדעתם תואמות את טענתם שהפתרון המיטבי עבור הרחבת מערכת ייצור החשמל היא הוספת תחנות כוח גרעיניות, זאת, בניגוד לתוצאות שמסקנותיהן הפוכות שנתקבלו ע"י האמריקנים ומדעני הוועדה לאנרגיה גרעינית שבווינה שהריצו את אותה תוכנית מחשב.

מהטיעון האיראני ניתן להתרשם מאיור מס. 1 בתמונה המצורפת נראה צילום של תחנת הכוח הגרעינית בבושהר אשר פורסמה ע"י סוכנות הגרעין האיראנית. ברקע של התמונה יש התייחסות לתוכניות הפתוח האיראניות בעתיד לפיהן בשנת 2033 צפוי שיא הביקוש להגיע לכ 253 אלף מגוואט ותכנון מערכת ייצור החשמל שאמורה לענות על ביקוש זה תכלול גם תחנות כוח גרעיניות בהספק כולל של 22 אלף מגוואט. האיראנים מציינים בכיתוב הנלווה שהתכנון נעשה בעזרת התוכנה "WASP" והמסר של האיראנים כלפי הוועדה לאנרגיה גרעינית וארצות המערב כפי שמשקף בתמונה זו הוא "אנחנו בונים תחנות גרעיניות על בסיס עלות-תועלת בלבד, והראיה, אנו משתמשים לבצוע החישוב באותה תוכנה המשמשת גם אתכם, ותוכנה זו מצביעה ששיבוץ תחנות כוח גרעיניות היא הפתרון המיטבי עבורנו".

וכאשר משתמשים בביטוי "פתרון מיטבי" אין זה סותר את העובדה שאיראן יכולה להסתדר עוד עשרות שנים עם מקורות הנפט והגז הטבעי שלה, אלא, ששיבוץ תחנות כוח גרעיניות מהווה פתרון כלכלי מיטבי שיביא לחסכון כספי ובנוסף :

- את הנפט והגז שיחסך אפשר למכור למדינות אחרות הזקוקות לכך יותר, או, אפשר להשאירם בבטן האדמה שכן סביר שמחירן יעלה בעתיד.
- איכות הסביבה באיראן תשתפר עקב ההפחתה בפליטת מזהמים, דבר שישפיע על בריאות האוכלוסיה.
- כיוון שיש באדמה בנוסף לנפט ולגז גם אורניום, למה שלא ינוצל להפקת אנרגיה, הרי משאבי הנפט והגז לא יישארו לעד .



איור מס. 1: תחנת הכוח בבושהר

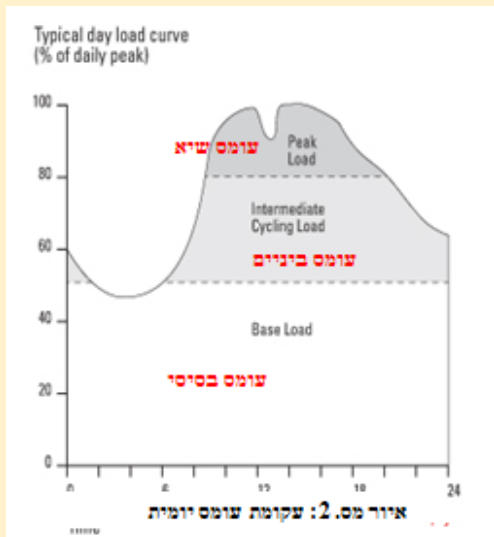
3. כיצד נבחרת תחנת כוח חדשה- תהליך הרחבת מערכת הייצור

המדד להשוואת כלכליות של תחנות כוח הוא עלות קווט"ש מיוצר והביטוי המקובל הוא (Cents/Kwh) . ערכים אלה שונים בשלב התכנון (הרחבה) המיטבי של מערכת ייצור החשמל שבה בוחרים את תחנת הכוח שתצורף למערכת החשמל הקיימת לבין תפעול יום יומי של מערכת החשמל בחדר הפיקוח של חברת החשמל. בחדר הפיקוח הערך של (Cents/Kwh) מוגדר כעלות שולית כלומר כתוספת העלות הנובעת מביקוש נוסף של 1 קילואט-שעה (קוט"ש). המפקח מפעיל את יחידת הייצור שבה העלות השולית תהייה הזולה ביותר ויש לזכור שגם ביחידות הייצור מספר זה משתנה כתלות ברמות ההעמסה שלהן. את המפקח לא מעניין כמה עלתה בניית תחנת הכוח ולא עלות הקרקע או הריבית בזמן ההקמה.

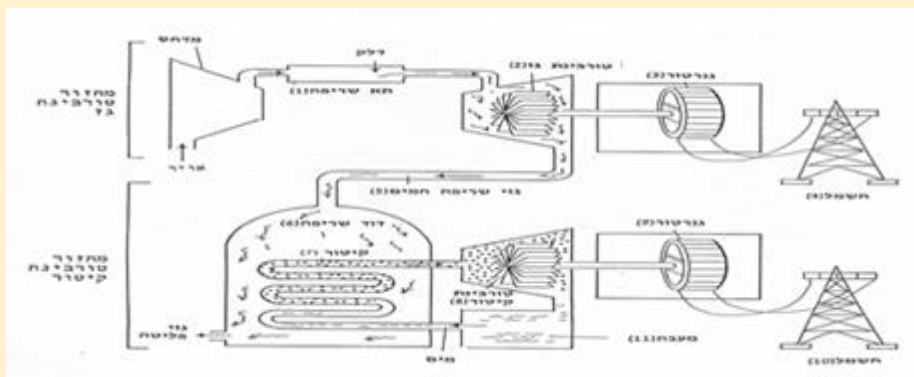
בשלב תכנון או הרחבת מערכת ייצור החשמל מתייחסים לעלות קווט"ש מיוצר, אולם למספר זה מוסיפים גם את ההוצאות הקבועות הקשורות בבניית תחנת הכוח. והדבר נעשה ע"י חישוב הוצאות בניית התחנה והוצאות הדלק לכל תקופת החיים של התחנה כולל עלויות תפעול ואחזקה. מעריכים את סך כל האנרגיה שתיוצר ע"י התחנה ומחלקים את סך כל העלויות לאנרגיה שתיוצר. התוצאה היא עלות ממוצעת של ייצור 1 קווט"ש.

אבל, בשלב בחירת תחנת הכוח בזמן הרחבת מערכת הייצור, יש לקחת בחשבון גורם נוסף. אם נתבונן באיור מס. 2 נראה גרף המתאר את התנהגות ההספק הנצרך או העומס נראה שהוא אינו אחיד הוא נמוך בשעות הלילה ומכיל שיאים בשעות שהצריכה גבוהה. כמו כן התנהגות העומס שונה בסופי שבוע, בימי חג וגם עקב אירועים מיוחדים המשפיעים על צריכת החשמל, חלקם ידועים מראש וחלקם בא בהפתעה..

הגרף המתואר באיור מס. 2 מתאר עקומת עומס יומית אופיינית המחולקת לשלושה תחומים: תחום העומס הבסיסי אותו מספקות תחנות הכוח שמאופיינות בדרך כלל ע"י עלות הפעלה נמוכה, ופועלות באפן רציף לאורך השנה פרט לתקופות האחזקה. בדרך כלל אלה תהיינה תחנות כוח קיטוריות המוזנות בפחם או בדלק גרעיני ויש לזכור שבתחנות אלה זמן הפעלה ממצב הדממה ממושך יחסית ולצורך הפעלתן מחדש יידרש פרק זמן של 16-2 שעות (תלוי אם הדוד הוחזק חם או שנעשתה הפסקה מליאה). גם יחידות הייצור במחזור משולב, המאופיינות ע"י גמישות הפעלה גדולה יותר, פועלות באפן רציף במערכות חשמל וכאשר מחירי הגז נמוכים יחסית הן מתחרות לאחרונה בתחנות כוח קיטוריות.



החלק העליון בעקומת משך העומס הוא שיא העומס אשר בניגוד לעומס הבסיסי הוא מורכב משיאי ביקוש הנוצרים בשעות שונות של היממה חלקם ניתנים לחיזוי וחלקם בלתי צפויים ומתרחשים מסיבות שונות. רצוי שתחנות הכוח המיועדות לעבוד בתחום זה תהיינה בעלות אפשרות התנעה מהירה, התחברות (סינכרוניזציה) מהירה לרשת ותגובה מהירה לשינויים בעומס. בדרך כלל תהיינה אלו טורבינות גז אשר משך התקנתן קצר ועלויות התקנתן נמוכות, אולם עלות תפעולן גבוהה, למעשה ניתן כיום להפעילן מחדר הפיקוד בלחיצת כפתור.



תחנת כוח מסוג מחזור משולב

בין שני תחומים אלה נמצא תחום עומס הביניים שטבעי שבו מופעלות יחידות הייצור בעלות תכונות טכניות המאפשרות הפעלתן והפסקתן לפרקי זמן רצויים ועלות הייצור נמוכה יחסית ליחידות המיועדות להספקת עומסי שיא. בקבוצה זו יש עדיפות ברורה ליחידות מסוג "מחזור משולב" המופעלות בגז טבעי, תחנות הידרואלקטריות מסוגים מסוימים וגם אמצעי ייצור המבוססים על מקורות אנרגיה מתחדשים.

תחנות כוח מסוג "מחזור משולב" מהוות שילוב של טורבינות גז ויחידות קיטוריות. בטורבינת הגז מוציאים לאוויר גזי שריפה בטמפרטורה של כ-550 מעלות צלסיוס, טמפרטורה זו מהווה בזבוז רב של אנרגיה,

בתחנת כוח מסוג "מחזור משולב" מנוצלת אנרגיה זאת של גזי השריפה הנפלטת מטרבינת הגז כ- "דלק" המשמש ליצירת הקיטור ביחידה הקיטורית. במצב זה אנו מנצלים את האנרגיה השיורית להפעלת טורבינה קיטורית וגרטור חשמלי ללא השקעה נוספת בדלק. בפועל בתחנה כזאת ההספק המיוצר ע"י טורבינת הגז יהיה כשני שלישי מהספק התחנה כולה וטורבינת הקיטור מוסיפה כשליש מהספק התחנה כולה. לתחנה מסוג מחזור משולב יש יתרון בעיקר במקומות צחיחים עקב כך שניתן לקררן בשיטת "קירור יבש" ללא צריכת כמויות מים גדולות. יתרונות נוספים הם שהן נוחות לביזור, צורכות שטח קרקע של פחות מ $1/4$ ביחס לתחנת כוח גרעינית, קלות ופשוטות לתפעול, מגיעות היום לנצילות של 60% ויותר ומסוגלות לעבוד 25,000 שעות ברציפות. לתחנות אלה עדיפות ברורה בעבודה בתחום הביניים, אולם, כיום, עקב השיפורים שהוזכרו יש להן גם עדיפות בתחום הבסיסי ובמערכות חשמל רבות הן מקבלות עדיפות על פני התחנות הקיטוריות המופעלות בפחם או באמצעות אנרגיה גרעינית, זאת, כמובן, בהינתן תכנון נכון ומחירי גז תחרותיים. תחנות כוח הידרואלקטריות בתלות בסוגן ובמצב המים העונתי יכולות לשמש את כל אחד מתחומי העומס.

בחירה מיטבית של תמהיל תחנות הכוח מבטיחה ניצול יעיל של ההשקעה בתחנות הכוח. בשעות השפל (בלילה) תועמסנה התחנות הזולות ובשעות השיא תופעלנה בנוסף טורבינות הגז או יחידות אחרות המיועדות להפעלה לפרקי זמן קצרים.

מערכת ייצור החשמל מכילה מגוון של תחנות כוח, אולם, לצורך הדיון בנושא זה נתמקד בעיקר בתחנות כוח קיטוריות המופעלות בדלק גרעיני ותחנות כוח מסוג "מחזור משולב", המופעלות בגז טבעי. שני סוגים אלה של תחנות כוח מופיעות באותם דינאים וויכוחים לגבי הצורך של איראן בתחנות כוח גרעיניות. את נחיצות תחנת הכוח הגרעינית מעלים האיראנים בעוד שמעצמות המערב טוענות שבנית תחנות כוח מסוג "מחזור משולב" המוזנות בגז טבעי כלכלי יותר.

החישוב הכרוך בבחירת תחנת הכוח להרחבת מערכת הייצור הוא מורכב שכן החישוב מתבסס על צורך תחנת הכוח המיועדת לתוך מערך תחנות הכוח הקיימות וביצוע סימולציה שבסופה מחושבות ההשלכות הכלכליות לטווח ארוך על כל משק החשמל משילוב תחנה מסוג זה או אחר ועל בסיס זה מתקבל הפתרון המיטבי עבור המשק הלאומי, כל זאת, כמובן, בהתחשב באילוצים טכנוניים שונים, כולל אילוצים טכניים, דרישות אמינות ואילוצי איכות סביבה.

לשם בחירת תחנת הכוח העדיפה למערכת הייצור יש להשתמש בתוכנת מחשב מורכבת, אבל, לגבי השוואה בין תחנות כוח מאותו סוג (תחנות קיטוריות, טורבינות קיטור או תחנות מסוג מחזור משולב) המשתמשות גם בסוגי דלק שונים ניתן לערוך הערכה מקורבת גם ללא הרצה בתוכנת מחשב, למשל ידוע שתחנת כוח קיטורית המוזנת בפחם עדיפה (כלכלית ואיכות סביבה) מזו המוזנת במזוט, כשם שידוע שהבחירה בין תחנת כוח קיטורית המוזנת בפחם או תחנת כוח גרעינית הבחירה היא די צמודה.

אם צריך לבחור בין תחנת כוח גרעינית לתחנת כוח המופעלת בפחם (שתיהן תחנות קיטוריות) ידוע שעלות בנית תחנת כוח מאותו סוג גרעינית גבוהה יותר אולם עלות הפחם (כלומר עלות ההפעלה) של תחנה המופעלת בפחם גבוהה פי 4-5. כך שבחשוב הנוגע לבחירת תחנת הכוח עבור הרחבת מערכת הייצור מתקבלות תוצאות דומות עבור עלות קווי"ש מיוצר, אבל, כאשר התחנות כבר מופעלות כחלק ממערך הייצור ברור שמרכז הפקוח ייתן עדיפות ראשונית להפעלת תחנת הכוח הגרעינית.

קיימות כמה תוכנות המיועדות לבצוע החישובים עבור הפתוח המיטבי של מערכת הייצור Generation (Expansion Optimization Program), אחת מהן היא "WASP". תוכנה זו פותחה ע"י חברות אמריקניות (ORNL, TVA) עבור הוועדה לאנרגיה גרעינית שמושבה בווינה (Wein Automatic)

System Planning), כאשר מטרת פתוח התוכנה והפצתה היא לסייע למדינות מתפתחות לבדוק את כדאיות בנית תחנת כוח גרעינית עבורן. התוכנה מחפשת את הפתרון המיטבי תוך כדי בדיקת האפשרויות של הוספת תחנות כוח חדשות כדי לענות על העומס הצפוי תוך כדי שמירת רמת אמינות דרושה של מערכת ייצור החשמל. התוכנה לוקחת בחשבון את כל העלויות הקשורות בתחנות כוח קיימות וחדשות, כולל עתודות הספק וחשמל שאינו מסופק. כיום קיימות תוכנות מחשב יותר משוכללות מה WASP, אבל נתייחס אליה כי היא שימשה את הוויכוח בין האיראנים למערב.

מצב מערכת החשמל האיראנית

בחודש מרץ 2017 עמד ההספק המותקן על 78,351 MW וזו עליה של 1,923 MW לעומת השנה הקודמת. האנרגיה שייצרו תחנות הכוח בשנה החולפת הסתכמה 291.822 Twh בתקופה זו יצאה איראן לשכנותיה 7.758 Twh וזו עליה של 21% לעומת השנה הקודמת, איראן יבאה משכנותיה 3.762 Twh שזו ירידה של 8% לעומת השנה הקודמת. בטבלה הבאה מסוכמת חלוקת ההספק המותקן לפי סוגי תחנות הכוח.

סוג התחנה	הספק MW	דלק	אחוז מההספק המותקן
טורבינות גז	27,532	גז טבעי	35.1
מחזור משולב	22.059	גז טבעי	28.2
ת"כ קיטוריות	15,829	מזוט	20.2
ת"כ הידרו אלקטריות	11.811	מים	15.1
ת"כ גרעינית	1,020	אורניום מועשר	1.3
אנרגיה מתחדשת	422		0.5

בהשוואה למערכות חשמל אחרות נראה אחוז טורבינות הגז גבוה מהמקובל ואחוז תחנות הכוח הקיטוריות נמוך יחסית.

בתוכניות הפתוח האיראניות מתוכננת תוספת של 1,241 MW מתוכם 632 MW של אנרגיה חילופית. בתקופה שבין 21.03.17 (ראש השנה האיראני) לבין 23.02.18 ייצרו תחנות הכוח באיראן אנרגיה חשמלית שהסתכמה 291.822 Twh ובתקופה זו ייצאה איראן 7.758 Twh לארצות השכנות (עליה של 23%) וייבאה 3.762 Twh (ירידה של 8%) מהארצות השכנות. תחנות הכוח התרמיות ייצרו בתקופה זו 277.1 Twh בעוד תחנות הכוח ההידרואלקטריות ייצרו 14,754 Twh.

חלוקת מקורות האנרגיה עבור ייצור החשמל באיראן, היא בקירוב :

גז טבעי	מזוט	אורניום	מים	אנרגיה מתחדשת
79%	14%	1.0%	5%	1%

הקיץ האחרון (2018) אופיין בטמפרטורות גבוהות ובבצורת קשה מאד שגרמה למחסור במים בצד אחד ומעלית הצריכה מהצד השני. המחסור במים פגע קשות בתחנות הכוח ההידרואלקטריות דבר שהביא גם לירידה של כמחצית מפוטנציאל הייצור שלהם, כתוצאה מאופיין הקיץ האחרון בהפסקות חשמל מרובות.

איראן סוחרת בחשמל עם מרבית שכנותיה וזה כולל את אפגניסטאן, ארמניה, אזרביג'אן, עיראק, פקיסטאן, סוריה, טורקמניסטאן ותורכיה כאשר מרבית האנרגיה המיוצאת היא לתורכיה ועיראק, בממוצע הייצוא מסתכם בכ 12 Twh לשנה והייבוא בכ 4 Twh לשנה. מערכת החשמל האיראנית מבחינת ההספק המותקן היא הגדולה ביותר במזה"ת ומדורגת כ 14 בעולם.

תחנת כוח פחמית חדשה לאחרונה נמצאת בהליכי בניה תחנת כוח קיטורית חדשה הראשונה באיראן שתופעל בפחם והספקה הצפוי יהיה 650 מגוואט. תחנה זו תיבנה כ 85 ק"מ מטבאס באזור חורסן ליד מכרות הפחם של מאזינו שבדרום המדינה, באזור זה נמצא פחם בכמות של כ 2 ביליון טון לפי הערכת האיראנים. האיראנים טוענים שתחנה זו תגוון את מקורות האנרגיה ותביא לחסכון, בניית תחנת כוח זאת מלווה בהתנגדות של ארגוני איכות סביבה באיראן.

למעט פגיעה באיכות הסביבה נראה שיש יתרונות כלכליים בבניית תחנה זו שעיקרם בניית תחנת כוח קרוב למכרה הפחם, דבר שיחסוך בהוצאות הובלת הפחם, יתכן שיש גם כוונה לשפר את התעסוקה באזור ולסייע לפיתוחו וכמובן הקטנת הוצאות ייצור החשמל, אפשר גם שקצב בניית תחנות הכוח הגרעיניות איטי יותר עקב בעיות רישוי ואתור אתרים מתאימים.

6, סכום ומסקנות

כפי שהוזכר הוויכוח בין איראן למדינות המערב על נחיצות תחנת כוח גרעינית הביא לידי כך ששני הצדדים הריצו את אותה תוכנת מחשב (WASP) וכל צד קיבל את התוצאות שציפה לקבל. כלומר הרצת התוכנה ע"י האיראנים הוכיחה שהמשך בנית תחנות גרעיניות הוא הפתרון המועדף טכנית וכלכלית בעוד שנציגי המערב קיבלו תוצאות המצביעות על בנית תחנות כוח מסוג "מחזור משולב" כפתרון העדיף. צריך לקחת בחשבון שיש נתונים טכניים או כלכליים המקובלים בעולם ובכל זאת יש נתונים שהמשתמש יוכל להטות לכיוון הפתרון הרצוי לו.

נציגי המערב שניסו לשכנע את האיראנים לא לשפץ ולהמשיך בבניית תחנת הכוח הגרעינית העלו את ההשגות הבאות:

- נתוני מחירי הדלקים השונים הוכפלו במקדמים המבטאים את ההשפעה על איכות הסביבה, ולדעתם האיראנים השתמשו בערכים מוגזמים שנועדו להטות את התוצאות לכיוון בחירה בתחנה גרעינית. מה עוד שחציבה והובלה של אורניום יפגעו גם הם באיכות הסביבה.
- התחנה על שתי יחידותיה הופצצה במהלך מלחמת איראן – עיראק, עלויות השיפוץ והמשך בנית תחנת הכוח הגרעינית הן גבוהות ממה שהאיראנים טוענים ובסכום נמוך יותר ניתן לבנות תחנת כוח מסוג "מחזור משולב" באותו ההספק.
- כמויות מחצבי האורניום באיראן קטנות בהרבה ממה שהאיראנים טוענים.
- לא נלקח בחשבון חסכון במי קירור בשימוש בתחנות כוח מסוג "מחזור משולב" בבדיקת החלופות לבנית תחנת כוח גרעינית.
- לתחנת כוח מסוג מחזור משולב יתרונות נוספים שלא נלקחו בחשבון כמו נוחות לביזור ודרישה קטנה יותר לקרקע עבור מתקני התחנה לעומת תחנה גרעינית באותו ההספק.

אבל האיראנים טוענים שההחלטה על בנית תחנת הכוח הגרעינית שלהם נתקבלה לראשונה בתקופת השח לאור חישובים שערכו חברות מערביות אשר היו מעוניינות אז לבנות תחנות כוח גרעיניות באיראן וגם כיום חישוביהם של האיראנים מובילים לאותה תוצאה.

האיראנים מדגישים שתחנות כוח גרעיניות אינן נחשבות למזהמות ותהיה לבנייתן השפעה חיובית לגבי איכות הסביבה ומכאן לבריאות האוכלוסייה, הם גם מזכירים שתחנות כוח גרעיניות נחשבות לבעלות פוטנציאל עתידי עקב כך שהדלקים הפוסיליים (פחם, נפט וגז טבעי) אמורים לאזול תוך כמה עשרות שנים. האיראנים מגייסים לטובת טיעוניהם את המקרה של איחוד האמירויות שהיא חמישית בעולם בגודל משאבי הנפט והגז הטבעי שלה, ובכל זאת חברה דרום קוריאנית בונה שם 4 תחנות כוח גרעיניות גדולות שמהן 2 כבר פעילות, לאחר שזכתה במכרז שלווה בתחרות עם עוד כמה חברות מערביות, סעודיה שוקלת גם היא לשלב אנרגיה גרעינית במשק החשמל.

בהרכב של תחנות הכוח כיום באיראן נראה שיש מחסור בתחנות כוח קיטוריות המתאימות לעבוד כתחנות בסיסיות לעומת המקובל בעולם, ועובדה זו אולי מסבירה את בניית תחנת הכוח הקיטורית החדשה המונת בפחם, גם תחנות כוח הידרואלקטריות יכולות כאמור לשמש כתחנות כוח בסיסיות וזה תלוי במצב זרימות המים בתקופה הנבדקת. מצד שני מספרים אלה קצת מטעים כיוון שכיום במדינות רבות תחנות כוח מסוג "מחזור משולב" (גם בישראל) מתחרות עם תחנות כוח קיטוריות (בעיקר פחמיות הפולטות מזהמים וגזי חממה), כך שהן כאמור משמשות גם כתחנות כוח בסיסיות ומגמה זו מתחזקת יותר ככל שמחירי הגז הטבעי נעשים זולים יותר.

כך שלגבי השאלה המרכזית האם מדינה עתירת משאבי נפט וגז זקוקה לתחנת כוח גרעינית, ברור שהיא יכולה להסתדר ללא ת"כ גרעיניות, אבל בהחלט **אפשרי וסביר** שחישוב טכני/כלכלי יכול להצביע על בנית תח"כ גרעינית **כפתרון מיטבי** כמובן שאמינות החישוב תלויה בנתוני הקלט שמוזנים לתוכנה. אמנם יש כיום תנופה בתכנון בניית תח"כ גרעיניות במזה"ת ובנוסף לאיחוד האמירויות גם סעודיה, מצרים, תורכיה וירדן מתכננות בנית תחנות כוח גרעיניות ועל כך מסתמכים חלק מהטיעונים האיראניים, אבל, לעומת זאת מקובלת יותר הדעה שתחנת כוח מסוג "מחזור משולב" שהיא קלה לתפעול, נצילותה מגיעה היום ל 60% ויכולה לעבוד ברציפות כ 25,000 שעות עדיפה כיום (לא היה כך בעבר) יותר על פני בניית תחנה גרעינית בעיקר במדינה כמו איראן היושבת על מאגרי גז גדולים, זאת מההיבט הכלכלי שהוא העיקרי בטיעונים האיראניים. יחד עם זאת מחירי הגז אינם יציבים וכלכליות התחנות מסוג מחזור משולב רגישה ביותר למחיר הגז. לעומת זאת מחירי הדלק הגרעיני יציבים ובכל מקרה אינם משפיעים בצורה ניכרת על כלכליות תחנת הכוח.

יש משהו גם בטיעון האיראני שהצריכה המקומית במדינה גדולה כמו איראן תשפיע על צמצום עודפי הגז הטבעי, כך שבהחלט יש שיקול נוסף בעד שילוב תחנת כוח גרעינית והוא גיוון מקורות האנרגיה דבר אשר מגביר את חוסן המערכת, אולם, גם אם נתחשב בנימוקים אלה הם אינם מסירים לחלוטין את החשד שלאיראן יש כוונות לשימושים נוספים באנרגיה גרעינית מעבר לייצור חשמל.

אברהם סט

בוגר הטכניון בהנדסת חשמל (1962), מהנדס מומחה באגף תפ"ט של חברת החשמל גמלאי משנת 2002. התמחויות עיקריות: יישומי מחשב בהנדסת חשמל, ניתוח מערכות הספק, הכרת מערכות החשמל של המזה"ת, חיבור מערכות חשמל ארציות. שרת במילואים בחטיבת המחקר של חיל המודיעין.

תודות למהנדסי חברת חשמל שמעון פרנט, ראובן רונן וברק טברון על הערות והארות.