

4XBulletin

גיליון מס' (22) דצמבר 2021



פעמי השלום, אמיר בזק 4X6TT משדר מארץ ערבית

מה בגיליון:

חדשות חובבי רדיו מהארץ והעולם.
ישראלי משדר מ- EXPO-2020 באמירויות.
תלמידי מועדון משדרים בלוויין.
מקלט הרדיו העממי של היטלר.
על חלוקת ג'אנק אלקטרוני ביגור.
תחרות חובבי רדיו בסוכות 2021.
איך מודדים הספק במשדרים חדישים?
תומאס יאנג - האדם האחרון שידע הכל.

תוכן העניינים

- 3 - דבר העורך 1/12/2021
- 5 - אמיר בזק 4X6TT ביריד באמירויות
- 7 - מקלט "הרדיו העממי" VE301
- 9 - תחרות סוכות 2021 מנקודת מבטי
- 11 - חובב על אופניים
- 12 - הג'אנק וקווים לדמותו של התורם האלמוני
- 14 - מועדון 4X4HQ והלוויין QO-100
- 18 - מדידות ביצועים של מגבר הספק בת"ג
- 23 - תומאס יאנג, מניסויי האופטיקה הפיזיקלית

משתתפים בגיליון זה:

פרופ' עלי לוין	
דניאל רוזן	4X1SK
צביקה סגל	4Z1ZV
ד"ר איל רסקין	4X1RE
אמיר בזק	4X6TT
דורון אביב	4X1ZX
אלי שחרף	4Z1NB
אברהם אמיר	4X4FW

בברכת 73, וקריאה נעימה! נפתלי בלבן-אברהנד 4Z1RM, מו"ל ועורך הגיליון.
סיוע לעריכה: אבנר דרורי 4X1GE, דורון טל 4X4XM, תודה לעדו רוזמן 4X6UB
על עזרתו המקצועית.

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

כתובת המערכת לתגובות בקשות או משלוח מאמרים: 4xbulletin@gmail.com

עיתון זה נכתב ונערך בהתנדבות עבור חובבי רדיו שלא למטרות רווח, יש אפשרות לפרסם קטעים ממנו במקומות אחרים וזאת בתיאום עם המערכת. מסת"ב 978-965-765-705-8 ISBN
כתובת המערכת: "הוצאת אחוזה-חיפה", ת.ד. 3773, חיפה 3103701 פקס: 15348256064
הערה: המאמרים המופיעים בגיליון זה הם באחריות הכותבים בלבד.



דבר העורך 1/12/2021

מאת: נפתלי בלבן-אוברהנד, 4Z1RM

1. העיתון מגיע לשנתו השלישית. עד כה יצאו לאור 22 גיליונות. אופן הפעולה – ללא תמורה. זוהי חובבות רדיו אמיתית! בפגישות הפרלמנט המתקיימות בימי שלישי בבוקר בכל שבוע בקיבוץ יגור, ניתן להבחין באחוזה בין החובבים, ידידות בין המשתתפים, תרומת ציוד, תיקונים בחינם וייעוץ מצוין. הדוגמא המובאת כאן המתארת שיש צוותי חובבים הבונים ומרכיבים ציוד ממסרים, ומשקיעים זמן רב מבלי לעשות חשבון, מוכיחה שניתן לעשות פעולות רבות ללא תשלום, למטרה של קידום חובבי הרדיו. כאמור, הבולטין שלנו יכנס לשנתו השלישית בגיליון הבא. התחלנו עם שלושה אנשים, וכיום משתתפים בו למעלה מ-20 חובבים הכותבים מאמרים, והיד עוד נטויה.
2. על אף שנהגתי שלא להתייחס לוועד האגודה, הרי מתוך עיון בפייסבוק ופרסומים במייל הבחנתי כי מבוצעות על ידו פעולות רבות למען החובבים בארץ, כגון: ארגון ימי שדה, הרצאות, קורסים, תחרויות, תמיכה במשלחות DX, וכן תאום עם משרד התקשורת וגופים נוספים. שוב, כל העבודה הזאת נעשית בהתנדבות ובהשקעה אישית מרובה. בהתכתבות עם יושב ראש ועדת הביקורת, עמוס ברק 4X1AB, הוא העיר לי כי איני מפרגן לאגודה במידה מספקת. אני עושה זאת כעת מכל הלב, ומצטרף לקריאתה של האגודה לחברים שישלמו את מיסייהם לשנת 2022. ואם בפרגון עסקינן, נשאלת השאלה עד כמה הוועד מפרגן לנו, כותבי העיתון? שלחתי הודעות רבות למזכירות הוועד והצעתי לפרסם הודעות ומסרים של האגודה בבולטין זה, ונעניתי בנימוס בשלילה. לא – אז לא. בכל מקרה, הבולטין שלנו יוצא לאור על-ידי כותבים, שחובבות הרדיו יקרה ללבם, כמו ללב כולנו.
3. הודעה מאת צורי רינשטיין 4Z1RZ: אגודת חובבי הרדיו בישראל (<https://www.iarc.org/iarc>) פותחת קורס למעבר בחינות משרד התקשורת לדרגות ג' וכן ב' לקבלת רישיון חובב רדיו עם אות קריאה בינלאומי. הקורס יכלול פרקים בתקשורת רדיו ואלקטרוניקה, תקשורת לוויינים, תקשורת דיגיטלית ונהלים. הקורס יינתן חניס אין כסף לחברי האגודה לשנת 2022 כולל חברים חדשים. הקורס יכלול כ-15 מפגשים בני שלוש שעות כ"א. הקורס יפתח באם יירשמו מספיק תלמידים, צורי ידריך בקורס הראשון. מי שמעוניין להצטרף לקורס מוזמן ליצור קשר עם דני קצמן 4Z5SL בדוא"ל: dankatzman1954@gmail.com כל הכבוד, ושיהיה בהצלחה רבה!

4. תקשורת חירום לחובבים על אופניים: בעקבות מאמרו של אלי שחף 4Z1NB, דורון טל 4X4XM שלח לנו סרטון על קשר חירום שנעשה בעת מרוץ מרתון על ידי חובבי רדיו בארה"ב. ראוי לצפייה.

<https://www.youtube.com/watch?v=Egq-qBhnLig>

5. משלחת החובבים הישראלים שפעלה ברואנדה שבאפריקה סיימה את פעילותה, ולפי התמונות אותן שלחו, נראה לי שהם נהנו מאוד. ובעצם, מי מאתנו, חובבי הרדיו, אינו חולם לצאת למשלחת למרחקים?
מצ"ב תמונה שנשלחה אלינו על-ידי חנן צבר 4Z1DZ.

קריאה מהנה, ברכות 73, מאת 4Z1RM נפתלי בלבן - אוברהנד



חברי המשלחת לרואנדה 9X4X בדרכם לישראל - ברוכים הבאים לישראל!



אמיר בזק 4X6TT ביריד באמירויות

בעריכת נפתלי בלבן-אברהם 4Z1RM

חובבים רבים מכירים את אמיר בזק 4X6TT אשר פעיל בארץ ובעולם ואשר משקיע הרבה מזמנו וכספו בחובבות רדיו. אמיר רצה תמיד להיות בין החלוצים שישדרו ממדינות המזרח התיכון, אך המצב הפוליטי לא אפשר זאת במשך עשרות שנים, והנה נפתחה האפשרות לכך מיד לאחר "הסכמי אברהם".

מאחר שאמיר היה בקשר כמה שנים בעיקר עם אבו-מוסא A61Q והוא אשר הציג את אמיר בפני חברי אגודת חובבי רדיו של האמירויות EARS באבו דאבי. שם נפגש ב-11/11/2021 עם מזכיר האגודה המקומית נאדר A65A, חובב רדיו ממוצא מצרי.

בהמשך אמיר נסע עם ידידיו החובבים המקומיים למועדון A62A בסארג'ה שהיא האמירות השלישית בגודלה באזור, ושם הם הפעילו את תחנת חובבי הרדיו של היריד הבינלאומי EXPO-2020 באות הקריאה: A60EXPO אשר התקיימה כמובן השנה ב-2021.

תחנת הרדיו המשוכללת נבנתה במתחם גדול בו גם נמצא מעונו של שליט סארג'ה אשר תרם כספים לחובבי הרדיו המקומיים ואלה בנו את התחנה.

אמיר גם הורשה להפעיל באות הקריאה שלו 4X6TT/A60, והציג עצמו כישראלי. חובבי רדיו מהעולם שהשתתפו בחגיגת הקשרים הזאת כינו זאת בשם אירוע היסטורי – ישראלי מפעיל מארץ ערבית מוסלמית.

חווייה מיוחדת עברה עליו כאשר נפגש עם פול A65DR אשר הוכרז כנערד ברעידת האדמה בנפאל ב-2015 ואמיר היה זה שהודיע לתקשורת שפול נמצא בין החיים.

כמה חובבים מהאמירויות מעוניינים להגיע לביקור בישראל, ואמיר מקווה שאכן בקרוב יתקיים מפגש ביניהם לבין חובבים ישראלים בארץ.

לקראת סיום הביקור נערכה לארוחה חגיגית בנוכחות חברי המועדון והמזכיר.



תמונה קבוצתית במועדון הרדיו A62A



אמיר עם פול A65DR



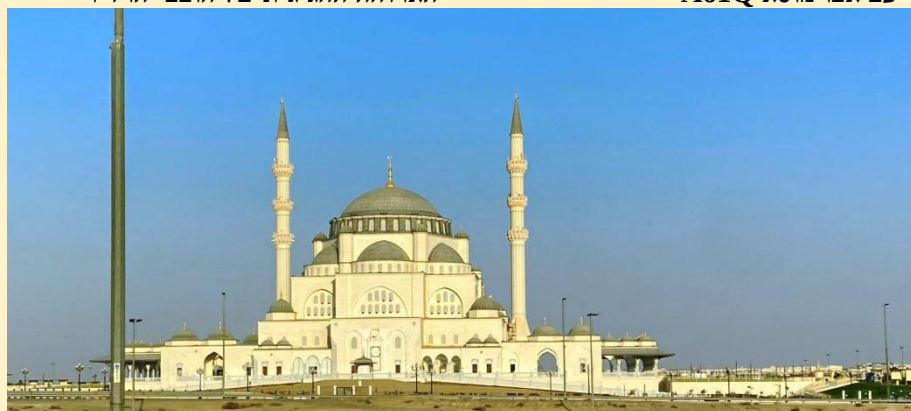
אמיר עם נאדר A65A



הארוחה החגיגית של חובבי הרדיו



אמיר עם אבו מוסא A61Q



המסגד הגדול והמפואר בסארג'ה



מקלט "הרדיו העממי" VE301

אברהם אמיר – 4X4FW

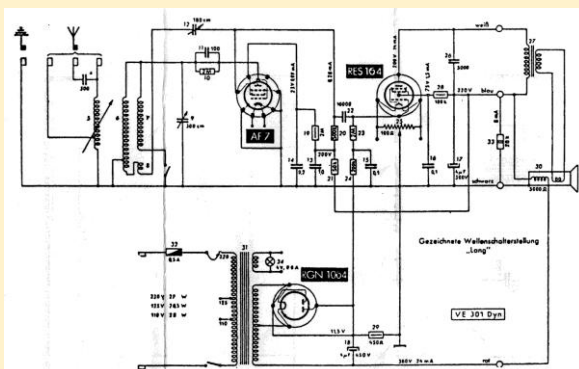
עם עליית המפלגה הנאצית לשלטון בגרמניה ב-1933, הוחלט כי האמצעי היעיל ביותר להפצת התעמולה הנאצית הוא שידורי רדיו בתחנות שנשלטו ע"י הנאצים. בתקופה זו, מספר מקלטי הרדיו בגרמניה היה מועט, והיה ברשותם של משפחות עשירות בלבד.

כדי לאפשר לכל משפחה גרמנית רכישת מקלט רדיו במחיר נמוך מאוד, הוחלט על תכנון וייצור "מקלט רדיו עממי". המקלט סומן כדגם VE301 והאותיות VE הן קיצור של VolksEmfanger שפירושו מקלט רדיו עממי. המספר 301 מסמן את תאריך עלייתו של היטלר לשלטון 30/01/1933 רעיון דומה הוביל לייצורה ההמוני של מכונת ה"עממית" פולקסווגן, שסומנה כ- (VolksVagen) VW.

למרות שב-1933 רוב מקלטי הרדיו היו מסוג "סופר-הטרודין", הוחלט לתכנן מקלט מסוג TRF עם 3 שפופרות בלבד. המקלט כלל שפופרת יישור לספק הכוח, שפופרת הגברה לתדר רדיו ושפופרת הגברה לשמע. יש סברה שהסיבה הנוספת לתכנון מקלט פשוט עם כושר קליטה ירוד, הוא הגבלת טווח הקליטה לתחנות הגרמניות והקטנת כושר הקליטה של תחנות רדיו מארצות זרות.

מחירו של המקלט היה 75 מרק, הנמוך מאוד בהשוואה למחיר מקלט סופר-הטרודין רגיל בשנות השלושים.

תחום הגלים הוגבל לגלים ארוכים (350-150 קה"ץ) וגלים בינוניים (1700-550 קה"ץ). קליטת תחנות רדיו בגלים קצרים הייתה אסורה בגרמניה הנאצית ומי שנתפס נענש באופן חמור.



המעגל החשמלי של דגם VE301Dyn



מקלט דגם VE301W

מקלטי VE301 יוצרו משנת 1933 עד 1944 בכמויות עצומות ע"י יצרנים רבים בגרמניה, בהתאם לתכנון שהוכתב ע"י המשטר. במשך הזמן נוצרו גרסאות שונות שכללו את הדגם הנפוץ VE301W אשר פעל ברשת החשמל ודגמים שפעלו עם סוללות.

המתח הגבוה לשפופרת מגבר השמע, הוזן דרך סליל הרמקול בעל עכבת גבוהה. זאת כדי לחסוך את שנאי השמע במוצא המגבר. האיכות של הצליל עם הרמקול הזה הייתה ירודה ובשנות הארבעים איכות הצליל שופרה עם יצור גרסאות VE301Dyn עם רמקול דינמי ושנאי צימוד.

מקלט עממי זול נוסף הופץ ע"י המשטר הנאצי שכונה DKE – Deutcher Kleinempfänger (רדיו גרמני קטן). מחירו היה נמוך ביותר - 38 מרק בלבד.

מקלט VE301 יוצר בעיה אצל אספני הרדיו בעולם. הרגישות לנושא מונעת חלק מהאספנים לכלול אותו באוסף. מצד שני, אספני רדיו בעלי תודעה להיסטוריה הכללית ובמיוחד להיסטוריה של הרדיו, הוסיפו את המקלט לאוסף שלהם. מספר אספנים תיעדו את ההיסטוריה שלו באתר הבית שלהם.

הכותב הינו עורך האתר - www.telecom-milestones.com

492d PALESTINE & NEAR EAST ECONOMIC MAGAZINE No. 20-22

RCA VICTOR
RADIO-HEADQUARTERS
The Standard of Musical Quality
for 30 Years and Now
BETTER than EVER

THE NEW
1933 **RCA Victor**

RADIOS

With the

- Automatic Volume Control
- Micro Tone Control
- Triple-Grid Super-Control
- High Efficiency Triode Radiotrons
- Full Size Dynamic Speaker
- Push-Pull Output
- Extended Musical Range
- Chassis Rubber Mounted

DISTRIBUTORS:
PALESTINE RADIO CO.
23 Allenby Str. Tel-Aviv

THE CONSTRUCTORS OF THE FIRST PALESTINE
BROADCASTING STATION AT LEVANT FAIR 1932

ובאותן שנים, בארץ ישראל המנדטורית... (התמונה באדיבות 4X1SK)



תחרות סוכות 2021 מנקודת מבטי

מאת ד"ר איל רסקין 4X1RE

לאחר ביטול תחרות סוכות 2020 בגלל סגרי הקורונה הכמיהה לצאת אל השטח בתחרות 2021 גאתה בקרב חובבים רבים ואכן ככל שהתקרבה התחרות הבנתי משיחותיי עם חובבים רבים שהשנה זה יהיה קצת אחרת, וקבוצת מפעילי השטח בתחרות תגדל מאד.

לאור ניסיון אישי מוצלח מאד עם גל UHF בתחרות 2019 (התפשטות יפה, גל שקט מהפרעות ותחום תדרים רחב יותר) החלטתי להתמודד בקטגוריית UHF ONLY.

במיוחד בתחרויות קצרות כאלו בהן יש לבצע "בליץ" קשרים בזמן קצר רצוי להסתייע בעמית נוסף אשר יפקד על הניהול הלוגיסטי והטכני אם וכאשר יתפתחו שהרי הזמן קצר והמלאכה מרובה וכל דקה נחשבת.

ישנם חובבים רבים אשר עולים על הגל רק למספר דקות רק בכדי לרשום השתתפות ולתת נקודות למשתתפים הרציניים יותר ופספוס של אחד מהם עקב תקלה לוגיסטית או טכנית עלול לעלות בנקודות רבות.

פניתי אל חברי הוותיק תמיר 4Z1VJ חבר עוד מימי HQ העליזים, שתוך מספר שניות נעתר בשמחה.

כבר לפני כשנה וחצי, עת הפעלתי במסגרת WWFF מגן לאומי תל גזר, 4XFF-0170 התאהבתי בתל, וכבר אז הבנתי שלשם אני חוזר בתחרות הקרובה.

תל גזר, מקום יפהפה בין לטרון לרמלה כ-250 מטר מעל לפני הים, מספיק רחוק מגוש דן (לצורך ניקוד) אולם לא רחוק מדי כדי שסיגנלים חלשים גם ישמעו, חולש היטב על כל אזור השפלה, פרוזדור ירושלים, גוש דן ועד העיר קריית גת בדרום.

בערב התחרות העמסתי על רכבי את התורן הפניאומאטי שלי עם אנטנה דואלית 5/8 ואנטנת בים קטנה שרכשתי מאשר, גנראטור, מקמ"ש איקום- IC-7100 ומקמ"ש רזרבי - ANYTONE 578, כיסאות שולחן וגזיבו.

ביום שישי 24/9/2021 בשעה 6:00 בבוקר תמיר התייצב בביתי ויצאנו אל הדרך, לאחר עצירה קצרה לקפה ומאפה הגענו אל התל. תוך כ-40 דקות הקמנו את התחנה ולאחר שוידאנו קלטת סימפלס טובה עם חובבים באזורים שונים בארץ עברנו ל-STBY ושלפנו את ערכת הקפה.

בין יתר הסקרנים באתר שניגשו ושאלו לפשר מעשינו בלטה בחורה צעירה וחיננית שניגשה ואמרה " אני יודעת שאתם חובבי רדיו, גם סבא שלי עליו השלום היה חובב רדיו", מייד התברר שמדובר בנכדתו של אהרון קירשנר 4X1AT, הפתעה נעימה.



ב-10:00 התחלתי להפעיל בתחום ה UHF, מהר מאד הבנתי שעקב מיעוט התחנות שהצהירו שמתמודדות בקטגוריית UHF Only סיכוי סביר שקטגוריה זאת כלל לא תפתח ועל כן עברתי גם לתחום VHF. התרשמתי מכמות מתמודדים מכובדת כאר בערך מחציתם הפעילו מהשטח מתלים והרים שונים בארץ.

מזג האוויר היה נפלא ותנאי התקשורת מהאתר נהדרים.

מאפי בבאר שבע בדרום ועד אילן ליד צפת בצפון עם סיגנלים נהדרים כל הארץ על כף היד.

ב-13:00 בצהריים ניתן האות והתחרות פסקה בין רגע ואני נשמנו לרווחה לאחר פעילות קצרה ואינטנסיבית. לאחר ארוחת שטח קצרה פרקנו את "המאחז" ושכנו מאושרים לביתנו לאחר כחודש וחצי שמחתי לגלות שההימור על תל גזר כאתר פריסה בתחרות סוכות היה נכון ואכן סיימנו במקום הראשון.

הכי חשוב שמאד נהנינו מההפעלה ומהחברה! 73, שלכם, איל רסקין.

הערת העורך: התחרות אורגנה ע"י אגודת חובבי הרדיו בישראל.



חובב על אופניים

נכתב ע"י אלי שחף 4Z1NB

אחרי הרבה שנים של רכיבת שטח על אופנים החלטתי לשלב את התחביב של רכיבה עם חובבות רדיו. בעקבות הסגרים הארוכים בתקופת הקורונה יצאתי לרכיבה באזור השרון ולקחתי איתי מכשיר נייד שהתקנתי, על כידון האופניים, בעריסה של טלפון נייד. בהמשך התקנתי זרוע על הכידון ועליה הרכבתי אנטנה לשני מטר שבניתי בצורת J-POOL. השלב הבא היה הרכבת בסיס לאנטנת HF על הכידון והרכבתי את האנטנה הוורטיקאלית של OUTBACKER. לפעמים היה צורך להוסיף כמה חוטים לרדיאלים בצדדים בכדי להגיע לתאום מדויק. השדרוג הבא היה אנטנת JPC מולטי בנד שמאפשרת הפעלה בצורות שונות: ורטיקאלית, דיפול, צורת V או בצורת L שהורכבה על מוט גננים טלסקופי באורך של 4 מטר שנקשר לאופניים. בהפעלה האחרונה השתמשתי באותו מוט טלסקופי אליו חיברתי אנטנת חוטים דיפול ל-20, 40 ו-60 מטר. את הציוד סחבתי בשני תיקי צד שהורכבו על הסבל של האופנים. אני עובד עם מקמ"ש YAESU 857 עם מתאם אנטנה קטן 100ATU. לצורך הפעלת המכשיר השתמשתי בשתי סוללות 12 וולט 7 אמפר-שעה או בסוללה יותר גדולה בקיבולת של 17 אמפר-שעה. לטעינת הסוללות חיברתי פנל סולרי של 100W עם בקר לטעינה של 13.8 וולט. עד היום לא היה צורך בטעינה בשטח ויכול להיות שבהפעלה ממושכת יהיה צורך להטעין מראש את הסוללות. בזמן האחרון עשיתי ניסוי לשלב שתי אנטנות כשהבסיס הוא של JPC 12 ובהמשך סליל של 7JPC ביחד עם ויפ טלסקופי של 5 מטרים וזה עובד יפה לכל הגלים. היתרון של הפעלה מהאופנים זה שאני יכול להגיע לכל מקום, שאי אפשר להגיע לשם, עם רכב ולהפעיל ממקומות וריבועים נדירים.





הג'אנק וקווים לדמותו של התורם האלמוני - אורן חגי

סופר כרגיל על ידי צביקה סגל 4Z1ZV

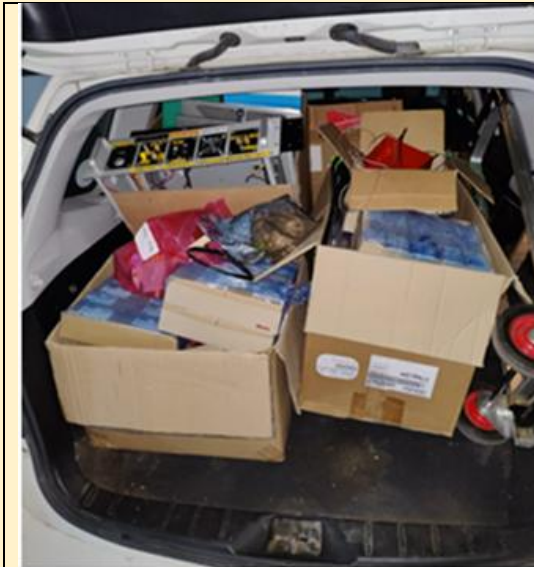
על חברת אינטרליגנט הממוקמת בקומה 11 בבית הטכסטיל בתל אביב שמעתי לפני כ-5 שנים בתקופה שהייתי מגיע לשיבות הוועד.

אחת מהן התקיימה בחדר הישיבות של החברה והסתבר שבעל החברה, אורן חגי 4X6VI שהינו חובב רדיו מציע להקים תחנת מועדון עבור חובבי הרדיו. היזמה הברוכה הזאת לא נשאה פרי ואני מניח שפרנסי האגודה ויועציהם מצאו סיבה טובה למה לא...

שנים עברו ואיש יקר - דורון אביב 4X1ZX - מורה בתיכון עירוני ד' בתל אביב העושה מלאכת קודש בגיוס תלמידים מחוננים והכשרתם כחובבי רדיו במועדון 4X4HQ, סיפר לי כי אורן מציע לממן הקמת תחנת לקליטת הלוויין הקטארי בבית הספר. הספור המלא על הקמת התחנה מסופר (בהמשך) על ידי דורון.

במסגרת ההתארגנות להקמת התחנה במועדון HQ ביקרנו חנן 4Z1DZ ואחר כך גם נמרוד 4X1BG בחברה, ובתהליך הזה למדתי בין היתר שאורן ואני שירתנו באותה יחידה... עולם קטן. חברת אינטרליגנט עוסקת בהדרכות בנושאי RF ומדידות וכן בהשכרת מעבדות משוכללות עם כל הציוד הנדרש לפתוח מוצרי RF.

לפני כשבוע שלח לי אורן כמה תמונות המזכירות מחסן ג'אנק מצוי ושאל אותי אם אני מעוניין. תשובת הרפלקס שלי הייתה "יש מצב" ושכחתי מהסיפור.



ביום שישי אני מקבל טלפון מאורן והוא שואל "מתי אתה מגיע?" כמובן כחובב ג'אנק מצוי לא יכולתי לעמוד בפיתוי והגעתי לבית הטכסטיל מצויד בעגלת סבלים אשר הסתבר שהיא קטנה מלהכיל את כל התקרובת. אורן בנדיבותו כי רבה, צייד אותי בעגלה בריזנית יותר, ופרויקט הסבלות קרם עור וגידים, ליתר דיוק אני הסבל... למזלי ביום שישי החניון בבניין פנוי ויכולתי להחנות בסמוך לכניסה למעליות. אחרי הנגלה הרביעית, הבנתי - אורן משתמש בשירותי הסבלות שלי לפנות את הקומה, זה הרבה יותר זול מסבל מקצועי [2].

הציוד הובל לביתי ברעננה שם התחיל מבצע המיון בין ציוד לסיבים אופטיים, כבלי RF בשלל אורכים, מתאמים לחצובות ומצלמות, מפרקים, חלקי פרויקטים שנזנחו, קופסאות ומה לא. זוגתי שתחיה, כרגיל שאלה למה מיועד כל ה"זבאלה" והיכן אני מתכוון לאכסן. לאחר פרסום ראשוני, הגיעו עדת המקורבים והעמיסו חלק מהארגזים לרווחת זוגתי שתחיה.

את היתרה הבאתי בבוקר (9/11/2021) לפרלמנט החיפאי "המקורי", זאת כמובן לאחר התראה בקבוצות החברתיות.

כשהגעתי, זה נראה היה כמו מרוץ סוסים קווקזי. עם השמע הגונג, פתחתי את הבגאז' של האוטו ונחיל חובבים קשישים בזריזות שלא מביישת ילדים ונוער התנפלו על תכולת הרכב אשר בשניות נשדרה.



נשאר לבדוק כי נשאר הגלגל הרזרבי... חשוב לציין כי העליתי בפני אורן שוב את נושא אופציית הקמת המועדון, והוא בנדיבותו הרבה אשרר שוב גם את האופציה של הקצאת מקום וגם מימון עלות כל הציוד הנדרש לרבות תורן ואנטנת יאגי מרובת אלמנטים, TH11. בהנחה כי נמצאה הפיגורה שתנהל את המועדון, יש מצב כי במהירה בימינו נראה אולי הפעם את היזמה הזאת קורמת עור וגידים לרווחתנו.



מועדון 4X4HQ והלוויין QO-100, תחילתה של ידידות מופלאה?

נכתב על ידי דורון אביב, 4X1ZX

עם פרישתי לגמלאות, לפני כעשר שנים, זכרתי את התקופה הנהדרת בה לימדתי במועדון 4X4HQ אשר שכן באותה העת בבית 'ביכורי העיתים' בת"א ולכן בחרתי להיות מורה לפיזיקה ומתמטיקה וכבר כעשר שנים אני מלמד בביה"ס 'עירוני ד' בת"א.

רעיון הקמתה לתחייה של תחנת המועדון הוותיקה קרם עור וגידים דווקא בשל תקלה טכנית. מקרן שלא פעל במהלך השיעור גרם לי לשנות את התוכניות, כך שבמקום ללמד את החוק השני של ניוטון, סיפרתי לילדים על חובבות הרדיו. בסוף השיעור ניגשו אלי כמה תלמידים ושאלו, "למה שלא נפתח חוג בביה"ס"? ! ?"

מפה הרעיון התחיל להתגלגל. ההתחלה לא הייתה קלה. מהנהלת בית הספר נשמעו ספקות (שהרי להשיג חדר פנוי זה לא דבר של מה בכך) – "יש היום אינטרנט וסלולר", נאמר לי מי יתעניין בחובבות רדיו ויתרה מכך, גם ירצה להגיע מיוזמתו אחרי שעות הלימודים כדי ללמוד חשמל ואלקטרוניקה.

התברר שזה לא כך. התחלנו מאפס...

אגודת חובבי הרדיו השאילה לנו ציוד קשר וזיו 4Z1UK נרתם לעזור לנו להקים את האנטנה הראשונה כשצביקה 4X4CQ מצטרף אליו (לבניית האנטנות הבאות הצטרף גם חברנו, אודי, 4X6ZM). עם הזמן קיבלנו תרומות של ציוד מחובבים נוספים שהבולטות ביניהן היו תרומה של מקמ"ש IC7600 ומגבר 1.3K - SPE EXPERT - מחובב רדיו ישראלי המתגורר בחו"ל המבקש לשמור על אנונימיות, לזכרו של יענקלה 4X1AH, ותרומת מקמ"ש IC7300 מידי דניאל רוזן, 4X1SK.

את המחזור הראשון סיימו שני חובבים, במחזור השני היו כבר ארבעה, במחזור השלישי שבעה, ברביעי עברו את בחינות דרגה ג' תשעה תלמידים (ממשיכים כעת לטכני ב') ובקבוצת המחזור החמישית לומדים כעת לטכני ג', אחד עשר משתתפים נוספים.

לטובת כל מי שחושב להקים תחנת מועדון ולהדריך ילדים, אני יכול לספק שתי תובנות שגיבשתי עם הזמן:

1. התחביב שלנו מעניין רק את תלמידי כיתות המחוננים והעתודה המדעית הטכנולוגית. כל השאר מסתפקים באינטרנט, בסלולר ובוואטסאפ.
 2. הזמן המתאים ביותר להתחיל ללמוד בו חובבות רדיו עבור בני הנוער זה כיתה ז' או ח'.
- בגילאים בוגרים יותר, סדר היום של התלמידים הוא כל כך עמוס (מחוננים, אמרנו) שפשוט אין להם זמן פנוי לזה.

התנאים הגרועים על גלי הת"ג והתסכול בחוסר היכולת של הילדים לתקשר עם חובבי רדיו הביאו אותנו לחשוב על כניסה לעולם הלוויינים ופעילות גם על גבי **הלוויין הקטארי**.

פניתי לתלמידי משכבר הימים אורן חגי 4X6VI, וביקשתי ממנו לקחת על עצמו את המשימה. את אורן לימדתי בביכורי העיתים את **חוק אוהם**, עוד כשהוא היה ילד ומאז הוא עשה כבוד דרך ארוכה ומפוארת בתחום האלקטרוניקה והתקשורת ואף הקים את **חב' אינטרליג'נט** העוסקת בשיווק ציוד תקשורת, **צב"ד** ולימוד של קורסים מקצועיים.

אורן נענה ברצון לבקשה. המשימה הוטלה על מהנדס ת"ר שעובד בחברה. המהנדס היה מלא כוונות טובות, אבל חוסר ידע מספיק בתחום ושאיפה, מתוך כוונה טובה כמוכן, לעבודה מקצועית 'על פי הספר' וכשבמקביל משתוללת מגפת הקורונה, הביאו לעיכוב גדול ביישום הפרויקט. כאן נכנס לתמונה צביקה סגל 4X1ZV שהציע לקחת על עצמו את ההובלה. הוא הרכיב וביצע אינטגרציה לכל חלקי המערכת שנתרמו ע"י אורן יחד עם מקמ"ש SSB מדגם FT897 שנתרם לנו בעבר ע"י **W6MT**.



בתאריך 29/10/2021, הגיע אלינו למועדון צביקה עם כל הציוד ואחרי הרצאה קצרה שלו לילדים על הלוויין ועל מרכיבי המערכת, יצאנו לדרך. ההתקנה ארכה כשעתיים ועברה באופן חלק. היה מאוד נחמד לשמוע תחנות על הגל. לא עבר זמן ולקריאת ה CQ הראשונה ענה לנו חובב רדיו מפולין שברך את המפעיל הצעיר, יוראי בן ה-13.



יוראי שהוא בעל אוריינטציה לתחום המחשבים, אף קיבל הסבר מפורט מצביקה לגבי אופן התקנת התוכנות וההגדרות השונות.



תהליך ההתקנה אומנם הסתיים, אבל ייקח בוודאי עוד זמן עד שנלמד ונבין איך הכול פועל לפרטי פרטים. אני מאמין שבזכות כל זה, התלמידים ואני הרחבנו את ידיעותינו הטכניות ושגם חויית הפעלת התחנה וביצוע הקשרים ע"י התלמידים תהיה כעת טובה יותר.

אני רוצה להודות בשמי ובשם הנוער לצביקה על הנכונות ועל השעות הרבות שהוא השקיע בהתקנה ובהכנות שלפניה, לחנן 4Z1DZ, לנמרוד 4X1BG שהשתתפו גם הם בסיוור המקדים על גג בית הספר (חנן הגדיל לעשות ואף תרם את אנטנת ה"פוטי") ולאלי 4Z1NB על תרומת זרוע האנטנה. תודה גדולה לאורן חגי 4X6VI, התלמיד ש"עלה על רבו", על התמיכה במועדון ועל הרצון שלו, כפי שזה בא לביטוי גם בהזדמנויות אחרות, לנסות ולחבב את נושא הרדיו והתקשורת האלחוטית על ילדי המועדון.

להתראות על גלי הלוויין.

דורון אביב, 4X1ZX

אתר המועדון: <https://4x4hqradio.wixsite.com/4x4hq>
הקשר הראשון דרך הלוויין: https://youtu.be/du_fSFGuKjQ



מדידות ביצועים ספקטראליים של מגבר הספק במשדר ת"ג של חובבי רדיו דניאל רוזן, 4X1SK

מבוא

במאמר קודם (4X Bulletin, גיליון 21, נוב' 2021, עמ' 20–28) תיארתי את המבנה ואופן הפעולה של מגברי הספק לינאריים לת"ר (תדר רדיו) בתחום הת"ג (High Frequency), 160 עד 6 מטר (1.8 עד 54 מה"ץ), המבוססים על טרנזיסטורים להספק גבוה, בטכנולוגיה של תופעת שדה (MOSFET). במאמר זה אתאר דרכים מקובלות לבדיקת הביצועים הספקטראליים של מגברים אלה.¹

בהפעלת מגברי הספק לת"ר חשוב להפעילם בהספק הנקוב, ולהימנע מעירור יתר (Over Drive), אות ת"ר בעוצמה חזקה מדי במבוא המגבר, שבדרך כלל יביא ליותר הספק במוצא, אך יביא לתוצאה הבלתי רצויה של הגברת עוצמת שידורי השווא (Spurious) ו'התזת אנרגיה' (Splatter) לערוצים סמוכים.² כמובן שיש להקפיד על כך גם בעת בדיקות המגבר.

ציוד חובבי רדיו נדרש בדרך כלל לעמוד בכללי רשות התקשורת הפדרלית בארה"ב (FCC),³ המגבילים הגבר של מגבר הספק חיצוני בשימוש חובבי רדיו ל-15 ד"ב.

מדידת שידורי שווא

מדידת שידור שווא נעשית כאשר מוצא המגבר מחובר לעומס דִּמָּה (Dummy Load) של 50 אוהם. מודדים את האות במוצא באמצעות נתח תדר (Spectrum Analyzer).⁴ לצורך המדידה מחברים את מוצא המגבר למבוא נתח התדר באמצעות מנחת המסוגל לשאת בהספק הנדרש, או שמחברים את מבוא נתח התדר לעומס הדמה באמצעות פָּחוֹן (Probe) עם עכבת גבוהה. חשוב לוודא שהאות במבוא לנתח התדר איננו בעוצמה חזקה מדי (עיוותים בנתח התדר יעוותו את תוצאות המדידה), וכי רוחב הסרט של נתח התדר יהיה צר (כדי שהאותות הנמדדים לא י'בלעו' ברעש).

להלן דוגמה של מדידת מגבר הספק מבנייה עצמית, מגבר דחסף עם ארבעה טרנזיסטורים LDMOS (שני זוגות, כל זוג – שני טרנזיסטורים במקביל) בהספק מוצא (הספק מעטפת שיאי – Peak Envelope Power) של 50 וואט, שנעשתה באות רציף (CW – Continuous Wave) בתדר 24.9 מה"ץ. המדידה נעשתה בתחום התדרים 22 עד 252 מה"ץ, ברוחב סרט של 3 קה"ץ, בסריקה איטית (5 שניות). המדידה מראה כי בהשוואה לאות הרצוי, ההרמוניה השנייה מונחת ב-54 ד"ב, ההרמוניה השלישית מונחת ב-56 ד"ב, ההרמוניה הרביעית מונחת ב-60 ד"ב וההרמוניה החמישית מונחת ב-63 ד"ב.

כללי איגוד הבזק הבינלאומי ITU, שאומצו גם בידי ה-FCC בארה"ב, קובעים כי עוצמת שידורי השווא תהיה נמוכה לפחות ב-43 ד"ב מעוצמת השידור המירבית.⁵ מגבר זה עומד בדרישות אלה.

¹ המאמר לא עוסק בפרמטרים חשובים נוספים, כמו נצילות.

² דניאל רוזן, **מדריך לבחינות חובבי רדיו (דרגה ג' ודרגה ב')**, אגודת חובבי הרדיו בישראל, תל אביב, התש"ף – 2020 (להלן: רוזן, **מדריך לבחינות**), עמ' 86–90.

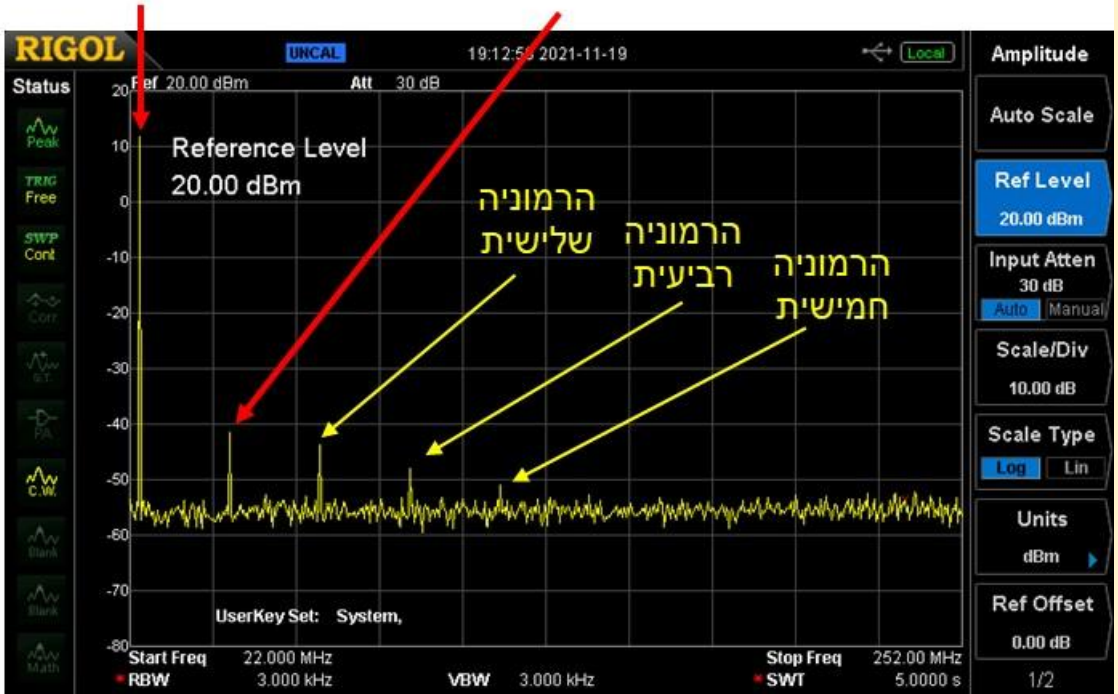
³ כללי 47 CFR § 97.317 - Standards for certification of external RF power amplifiers : FCC

⁴ רוזן, **מדריך לבחינות**, עמ' 152.

⁵ המלצת איגוד הבזק הבינלאומי : ITU-R SM.329-12, Table 2 ; כללי 47 CFR § 97.307 - Emission standards : FCC

האות הרצוי:

הרמוניה שנייה (49.6 מה"ץ) אות CW בתדר 24.9 מה"ץ
 בעוצמה של -42 דב"ם בעוצמה של +12 דב"ם



המחשה: מדידות שידורי שווא במוצא מגבר לינארי בתחום 12 מ'

מדידת עיוותי המגבר

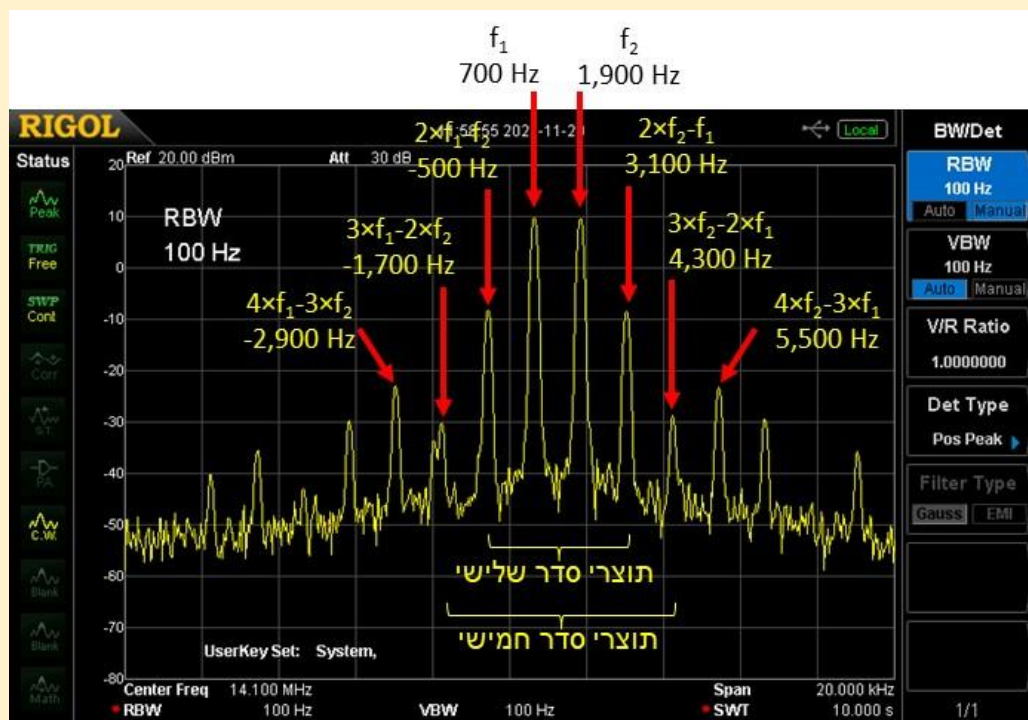
מגבר אמור להיות לינארי, אך הלינאריות שלו איננה מושלמת, ולכן הוא מעוות את האות העובר דרכו. חשוב שהמגבר יהיה לינארי ככל האפשר, ושהעיוותים יהיו קטנים.⁶ שיטת המדידה המקובלת למידת הלינאריות של המגבר היא מדידת עיוותי אפנון הדדי (IMD – Intermodulation Distortion). מדידה זו נעשית באמצעות אפנון המשדר בשני אותות שמע (Two Tone),⁷ כאשר האותות המקובלים הם בתדרים 700 הרץ (f_1) ו-1,900 הרץ (f_2). היות והמגבר איננו לינארי באופן מושלם, נוצרים במגבר רכיבי אפנון הדדי, שהם חיבור או חיסור של אותות שמע אלה וההרמוניות שלהם. ככל שהלינאריות רחוקה משלמות, רכיבי אותות האפנון ההדדי הם בעוצמה גבוהה יותר.

מדידת האות במוצא המשדר באמצעות נתח תדר מציגה את תוצרי האפנון ההדדי, ומאפשרת לקבוע את הרמה של כל תוצר. חשוב למדוד ברחב סרט צר (כ-100 הרץ) ובסריקה איטית, כדי להבחין בין האותות השונים.

⁶ בשנים האחרונות התפתחה טכנולוגיית קדם-עיוות ספרתית (Digital Predistortion) לשיפור הלינאריות של מגברי הספק. הטכנולוגיה מתחילה להופיע בצידו של חובבי רדיו, ומשפרת את ביצועיו ביותר מ-25 ד"ב.

⁷ רוזן, **מדריך לבחינות**, עמ' 142–143.

במדידה זו, נתח התדר מראה אות מורכב, עם מספר רב של תוצרי אפנון הדדי, כמוצג בצילום:

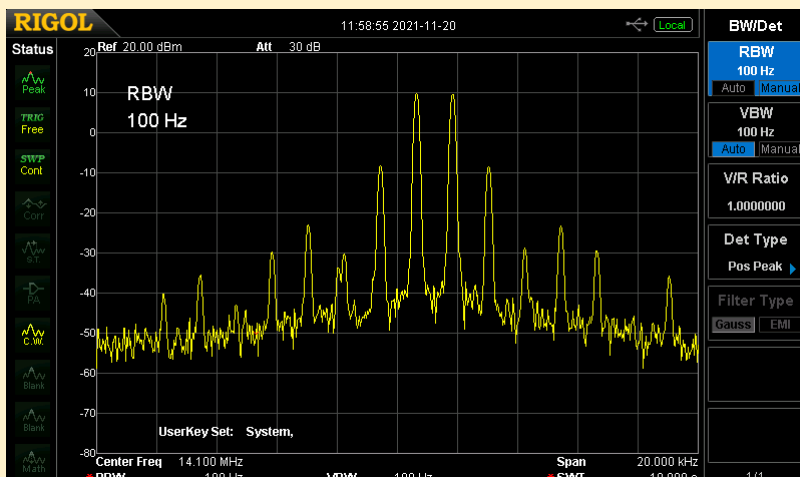


אות במוצא מגבר, שמבואו מוזן באות חד-פס מאופנן בשני אותות שמע (Two Tone)
רמת האות המירבית, לצורך ייחוס, היא 6 ד"ב מעל האותות f_1 ו- f_2 .

f_1, f_2	אות בסיסי (Fundamental)
$2 \times f_1, 2 \times f_2, f_1 + f_2, f_1 - f_2$	סדר שני (Second order)
$3 \times f_1, 3 \times f_2, 2 \times f_1 \pm f_2, 2 \times f_2 \pm f_1$	סדר שלישי (Third order)
$4 \times f_1, 4 \times f_2, 2 \times f_2 \pm f_1$	סדר רביעי (Fourth order)
$5 \times f_1, 5 \times f_2, 3 \times f_1 \pm 2 \times f_2, 3 \times f_2 \pm 2 \times f_1$	סדר חמישי (Fifth order)

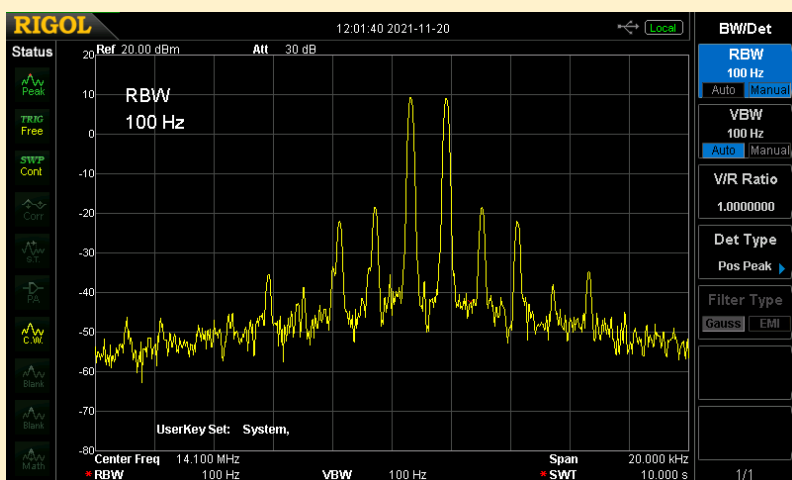
תוצרי אפנון הדדי במוצא מגבר

הקטנת עירור המגבר תקטין את ההספק במוצאו, אך תקטין פי כמה את תוצרי האפנון ההדדי. האיור הבא הוא המחשה פשוטה: האיור העליון מציג את תוצרי האפנון ההדדי במוצא המגבר כאשר הספק המוצא של המגבר הוא 50 וואט. האיור האמצעי מציג את תוצרי האפנון ההדדי במוצא המגבר כאשר הספק המוצא של המגבר הוקטן ל-40 וואט – ירידה של כ-1 ד"ב בהספק. המדידה ממחישה כי ירידה של 1 ד"ב בהספק המוצא של המגבר מורידה את תוצרי האפנון ההדדי בכ-10 ד"ב!



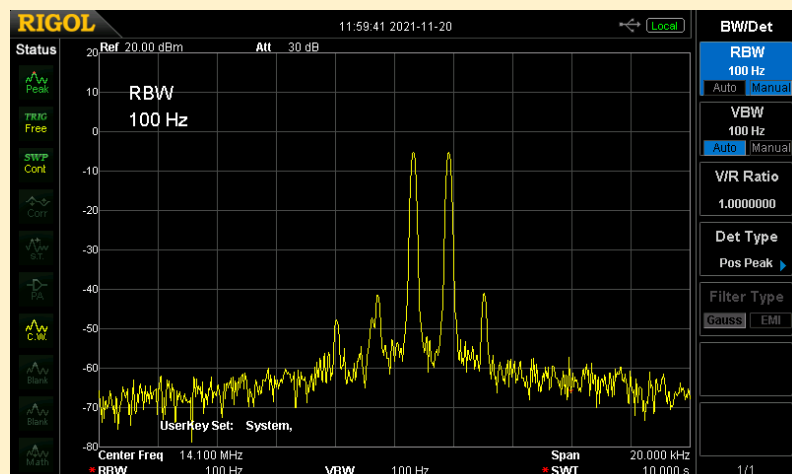
שידור בהספק 50 וואט PEP :

תוצרי אפנון הדדי ברמה
של 24 ד"ב מתחת עוצמת
השידור המירבית (18 ד"ב)
מתחת לאותות השמע
(הבסיסיים)



שידור בהספק 40 וואט PEP :

תוצרי אפנון הדדי ברמה
של 33 ד"ב מתחת עוצמת
השידור המירבית (27 ד"ב)
מתחת לאותות השמע
(הבסיסיים)
המשמעות : ירידה של כ-1
ד"ב בהספק המוצא
שיפרה את תוצרי האפנון
ההדדי בכ-10 ד"ב!



האות המזין את המגבר :
תוצרי אפנון הדדי ברמה
של 42 ד"ב מתחת עוצמת
השידור המירבית (36 ד"ב)
מתחת לאותות השמע
(הבסיסיים)

תוצרי אפנון הדדי (IMD) במוצא מגבר ת"ג לינארי

המלצות איגוד הבזק הבין-לאומי ITU הם כי רמת תוצרי האפנון ההדדי תהיה נמוכה ביותר מ-25 ד"ב מעוצמת השידור המירבית (הספק מעטפת שיאי – PEP)⁸, דהיינו: במסכי נתח התדר המוצגים יש להוסיף 6 ד"ב לרמת האותות הבסיסיים, 700 ו-1,900 הרץ.⁹ רוב יצרני ציוד חובבי רדיו לא מציגים במפרט הציוד פרמטר של תוצרי אפנון הדדי.

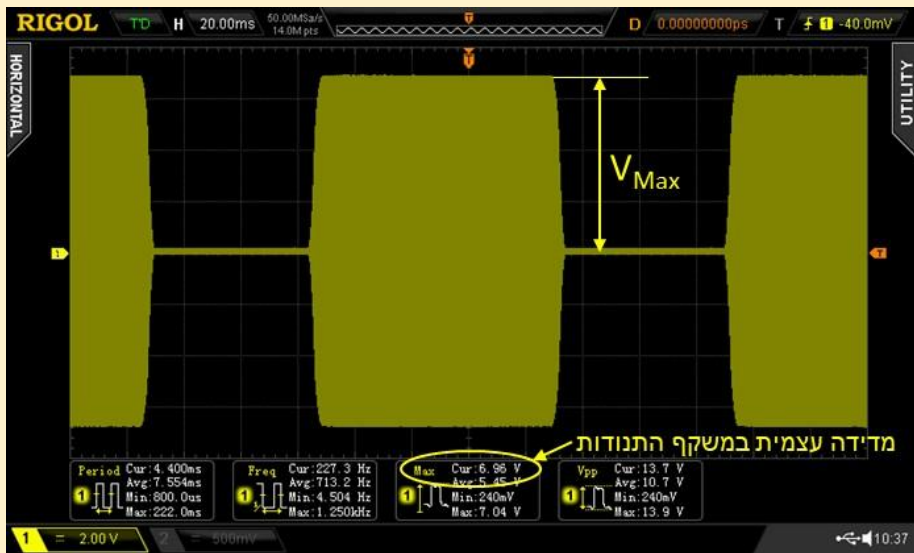
כיוול מד הספק ת"ר

אחד מהאתגרים העומדים בפני חובבי רדיו הוא כיוול מד הספק ת"ר המשמש למדידות, ובמיוחד מדי הספק 'פנימיים' במגבר ההספק. ניתן לכייל מד הספק בצורה פשוטה באמצעות מִשְׁקָף תְּנוּדוֹת (Oscilloscope).

השיטה היא מדידת המתח על עומס דמה, שהתנגדותו ידועה ויציבה, באמצעות משקף תנודות, תוך שימוש בִּפְחֹן עם עכבת גבוהה (בחון כזה מנחית בדרך כלל את המתח הנמדד לעשירית מעוצמתו, ומסומן $\times 10$).

את הספק המעטפת השיאי (PEP - Peak Envelope Power) מחשבים לפי שיא מתח המעטפת (V_{Max}) והתנגדות עומס הדמה (R) לפי הנוסחה:

$$PEP [Watts] = \frac{V_{Max}^2 [Volts]}{2 \times R [Ohm]}$$



דוגמה למדידת מתח שיאי של אות מורס במשקף תנודות

בדוגמה שבאיור, המדידה נעשתה באמצעות בחון $\times 10$, כך שהמתח השיאי V_{Max} היה 69.6 וולט. התנגדות עומס הדמה הייתה 50 אוהם, והספק המעטפת השיאי הוא 48.4 ואט.¹⁰

⁸ בדרך כלל מציינים על הערכים הנמדדים: Below PEP.

⁹ המלצת ITU-R SM.326-7, Para 1.2.3.

¹⁰ רישיונות חובבי רדיו קובעים את ההספק המירבי המותר במונחים של הספק מעטפת שיאי, אך רוב מדי ההספק שבשימוש חובבי רדיו מודדים הספק ממוצע (Mean Power) ולא הספק מעטפת שיאי.

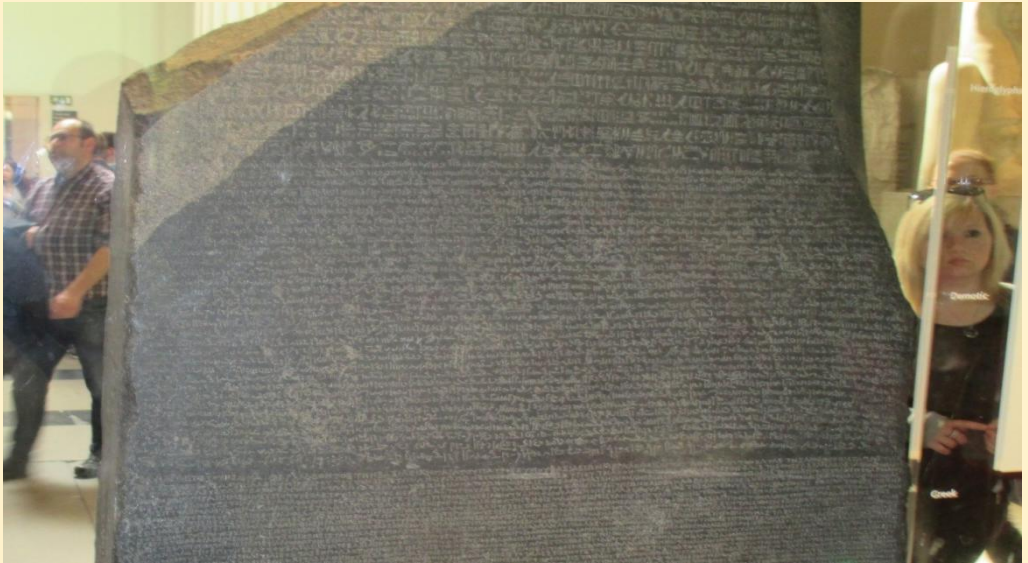


תומאס יאנג – מניסויי האופטיקה הפיזיקלית ופענוח כתב החרטומים

עד לנחיתת חללית המחקר "רוזטה" על כוכב השביט P67

פרופ' עלי לוי, מכללת אפקה להנדסה ElyL@afeka.ac.il

המדען הבריטי תומאס יאנג ביצע את ניסויי האופטיקה הפיזיקלית המכריעים אשר הוכיחו את האופי הגלי של הקרינה האלקטרומגנטית (התאבכות משני סדקים ועקיפה מסדק רחב). ניסויי יאנג מהווים עד היום את ההסבר לאופן הפעולה של אנטנות המפתח ומערכי אנטנות. תומאס יאנג היה מדען רב גוני ורחב אופקים במיוחד ועסק בפיסיקה של מוצקים, באופטיקה, ברפואה, במוסיקה וגם בבלשנות. תרומתו החשובה לפענוח "אבן הרוזטה", ממצא ארכיאולוגי מפורסם המוצג במוזיאון הבריטי בלונדון, הביאה לפענוח כתב החרטומים המצרי העתיק. חללית המחקר "רוזטה" אשר נחתה לאחרונה על השביט P67 העבירה תמונות מרהיבות של אתר הנחיתה באמצעות אנטנת מפתח גדולה. תומאס יאנג הוא הקשר בין "אבן הרוזטה" לבין חקר החלל.



אבן הרוזטה, המוזיאון הבריטי, לונדון

קורות חייו של תומאס יאנג

תומאס יאנג Thomas Young נולד בתאריך 13 ביוני 1773 בעיר מילברטון, סומרסט, אנגליה ונפטר בתאריך 10 במאי 1829 בלונדון. תומאס יאנג היה פיסיקאי, רופא ובלשן אשר ביסס את תורת האופטיקה הפיזיקלית (התפשטות הקרינה האלקטרומגנטית כתופעות גלים של התאבכות

ועקיפה). הוא עסק בהרחבה גם בפיסיקה של מוצקים וניסח את "מודול יאנג", עסק בתורת הצבעים וניסח עם הולמהולץ את עקרון משולש צבעי היסוד שמהם ניתן להרכיב כל צבע אחר. יאנג חקר את אופן פעולת העין האנושית ואת תופעת האסטיגמטיזם, אך זכה לעיקר תהילתו כבלשן גאוני שתרגם תרומה מכרעת לפענוח כתב ההירוגליפים המצרי הקדום בעזרת "אבן הרוזטה" – ממצא ארכיאולוגי יחיד במינו המוצג מאז שנת 1802 במוזיאון הבריטי בלונדון. תומאס יאנג נחשב למדען יוצא דופן בהיקף עיסוקיו וברוחב היריעה של המצאותיו וכונה "האדם האחרון שידע הכל".



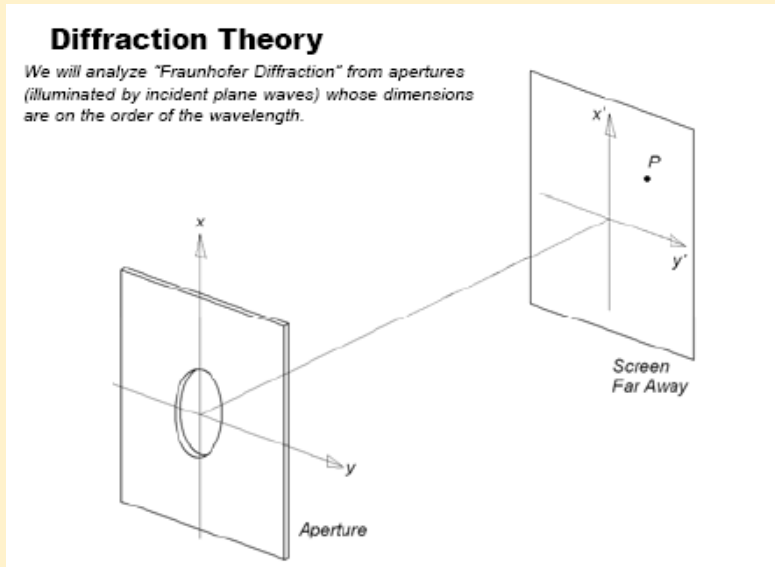
תומאס יאנג 1773-1829

בגיל שש עשרה כבר שלט בשפות רבות וביניהן: אנגלית, צרפתית, איטלקית, יוונית, לטינית, עברית, ערבית, טורקית, פרסית ואמהרית. בגיל 19 החל ללמוד רפואה בלונדון אך תוך זמן מה עבר לגטינג ושם קיבל תואר דוקטור לפיזיקה. בשנת 1797 התקבל לעמנואל קולג' באוניברסיטת קיימברידג' ובשנת 1797 החל לעבוד כפיזיקאי עצמאי בלונדון. בשנת 1801 התמנה למרצה לפיזיקה במכון המלכותי בלונדון ופירסם את הרצאותיו בשנת 1807 תחת השם *Course of Lectures on Natural Philosophy and Mechanical Arts*. הניסויים המכריעים שערך בשנת 1801 בהתפשטות אור משני סדקים צרים ומסדק אחד רחב ביססו את תורת האור כתופעה גלית-קוהרנטית. בשנת 1802 התמנה למזכיר לענייני חוץ של החברה המלכותית הבריטית. משנת 1811 ואילך עבד כרופא בבית החולים סנט ג'ורג' בלונדון ועסק בחקירת אופן הפעולה של עין האדם, יכולתה להבחין בצבעים באמצעות שלושה סוגי עצבים. בשנת 1814 החל לעסוק בפענוח "אבן הרוזטה" ותרם תרומה מכרעת להבנת כתב החרטומים ככתב הברות (ולא ככתב סמלים לעצמים מוחשיים) פרט למילים המוקפות בעיגול ("קרטושים") המבטאות שמות מלכים ואנשי מעלה. יאנג גם טבע את המונח הקולקטיבי של שפות הודו-אירופאיות.

התורה הגלית של האור

כאמור, תומאס יאנג מדד את התפשטות האור משני סדקים צרים ומסדק אחד רחב וניסח את תבנית ההתפשטות כתופעה גלית של התאבכות ועקיפה. הקרינה המתקבלת בשדה הרחוק ("במרחק פראונהופר") היא סכום מקומי של כל תרומות המפתח, כלומר הגזרה שממול לסדקים מוארת באופן קוהרנטי כהתאבכויות בונות והורסות לסירוגין. תורה זאת מוכיחה כי האור (וכן גלי רדיו) אינם מתפשטים בקו ישר אלא בתצורות מורכבות Patterns. גישה זו מהווה עד היום את ההסבר המקובל לאופן פעולת העדשות והאנטנות, על אף שמבחינות אחרות ניתן לראות בקרינה אלקטרומגנטית גם תופעה של חלקיקים (פוטונים) ושתי הגישות משלימות זו את זו. לניסויי יאנג היו השלכות מאחרות גם בפיסיקה קוונטית של התאבכות בין שני מקורות ובחקירת תנועת חלקיקים במסלולי התפשטות מרובים.

נתאר חלון עגול אשר אלומת גלים מישוריים פוגעת בו משמאל ומקרינה לעבר מסך רחוק הנמצא במרחק R מן החלון, כמתואר באיור הבא:

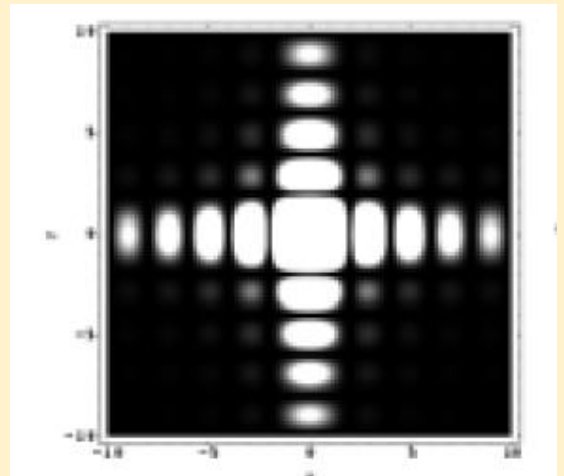


תיאור ניסוי עקיפה מסדק יחיד

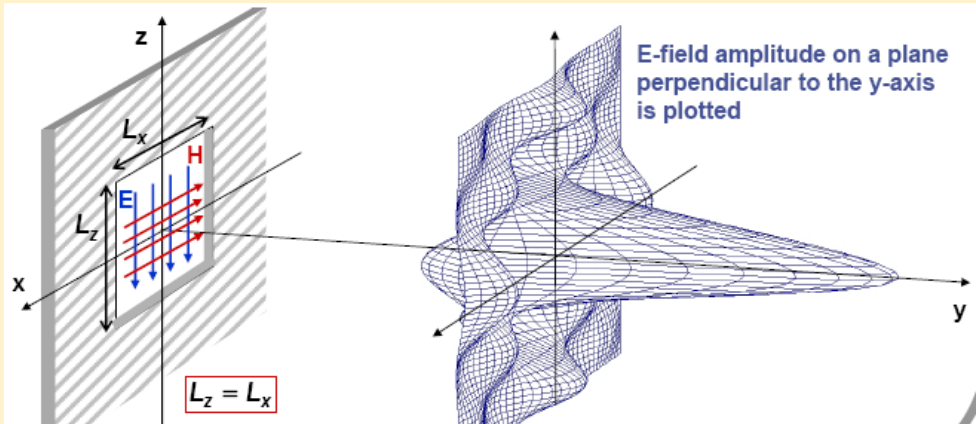
תבנית ההתאבכות על פני המסך תכלול אזורים מוארים וחשוכים לסירוגין, כאשר מרכז התבנית היא האלומה הראשית וההתאבכויות הצדדיות הן אונות צד. אם נתייחס לסדק הרחב כאל אנטנה עם מיפתח דו ממדי כלשהו (מלבני או עגול או אחר) הרי עקום הקרינה של האנטנה יתקבל על ידי תבנית ההתאבכות בשדה הרחוק, או בשפה מתימטית על ידי טרנספורם פורייה של הארת המיפתח. האיור הבא מדגים את עקום הקרינה של מפתח ריבועי המוסבר לפרטיו בכל ספר יסוד באנטנות.



תוצאה מעשית באור אדום



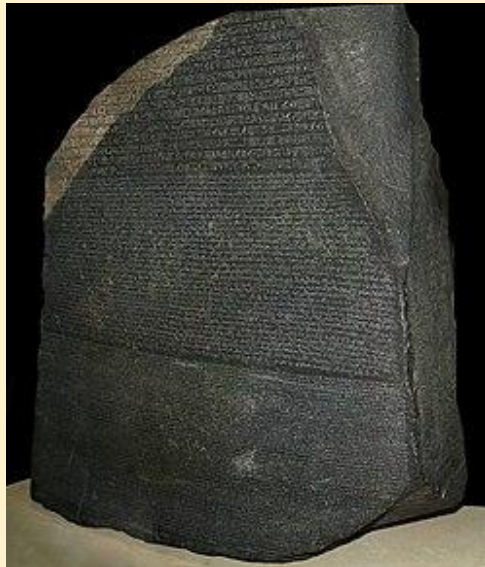
תבנית ההתאבכות מסדק רחב בשדה הרחוק



דיאגרמת קרינה כתבנית העקיפה המתקבלת ממיפתח ריבועי בגודל L
 בהינתן שאורך הגל הוא λ , הרי האונה הראשית מוגבלת לתחום זוויתי $\Theta \cong \lambda/L$ [rad]

פענוח אבן הרוזטה

אבן הרוזטה היא אבן שחם (גרנדיווריט) שחורה אשר נתגלתה במצרים על ידי חיילים צרפתיים בפיקודו של קפטן פייר בושאר Pierre Bouchard בעיר רוזטה (כיום ראשיד) ביולי 1799. האבן הוכרה מיד כממצא ארכיאולוגי נדיר והועברה למשמורת בקהיר אך מצרים נכבשה במהרה על ידי הצבא הבריטי והאבן הועברה למוזיאון הבריטי בלונדון (ולא ללובר בפאריס), שם היא מוצגת עד היום. האבן עוררה התענינות עצומה בעולם המדעי, בין היתר בשל העובדה שהיא מחולקת לשלושה חלקים שעליהם חקוקים שלושה סוגי כתב שונים: הכתב הדמוטי, ששימש לצרכי יום יום במצרים, כתב חרטומים קדום, ששימש לצרכים דתיים ולא היה מובן לציבור הרחב (מעין כתב סתרים), וכתב יווני. היתה זו אפוא הזדמנות פז חד פעמית לפענח את כתב החרטומים (הירוגליפים) באמצעות הקבלות של טקסט זהה בשפות שונות.



אבן הרוזטה המורכבת משלושה סוגי כתב

הפענוח השיטתי העיקרי מיוחס לז'אן פרנסואה שמפוליון Jean Francois Champollion (1790-1832) מורה ומלומד צרפתי שהקדיש את חייו לפענוח כתב החרטומים ופרסם מאמרים רבים בנושא. משימת הפענוח העסיקה מומחים רבים אך התקדמה באיטיות רבה, בעיקר בגלל הגישה המוטעית שהסימנים הם מסוג סמגרים, דהיינו סמלים שמסמנים חפצים או רעיונות ולא סמלים פונטיים המבטאים הברות. הכתב הפונטי נחשב מתקדם מדי ביחס לתרבות המצרית הקדומה (אבן הרוזטה מיוחסת לשנת 196 לפני הספירה). הטקסט עצמו הוא צו מלכותי של המלך תלמי החמישי המפאר את מעשיו. תרגום קלאסי של בוון משנת 1927 מציג את השורות הראשונות כדלקמן:

"הכוהנים הגדולים והנביאים ואלה אשר נכנסים למקדש הפנימי לצורך הלבשת האלים ונושאי הנוצה והסופרים הקדושים, וכל הכוהנים האחרים, שבאו יחד אל המלך מהמקדשים ברחבי הארץ לממפיס עבור חגיגת קבלת הריבונות של תלמי, בעל חיי הנצח, אהוב פתח האל אפיפנס אאוכריסטוס, אותה ירש מאביו, בהתכנסם במקדש כממפיס ביום זה הצהירו: הואיל והמלך תלמי, בעל חיי הנצח, אהוב פתח, האל אפיפנס אאוכריסטוס, בנם של המלך תלמי והמלכה ארסינואי האלים פילופטורס, היטיב מאוד הן עם המקדשים והן עם היושבים בהם, כמו גם עם כל נתיניו, בהיותו אל הנוול לאל ואלה (כמו הורוס בנם של איזיס ואוזיריס שנקם באביו אוזיריס), ובנטייתו הנדיבה כלפי האלים, העניק למקדשים הכנסות כסף ותירס, ונקט הוצאות רבות על מנת להביא שגשוג למצרים ולכנות את מקדשיה, והיה נדיב בכל אמצעיו ומההכנסות והמסים שהוא קיבל ממצרים נתן פטור לחלק ולאחרים הקל את נטלם, במטרה שהאנשים וכל השאר יוכלו לשגשג בתקופת שלטונו".

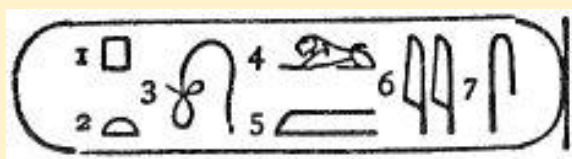
יותר מאשר תוכן האבן, החשיבות ההיסטורית שלה היתה אפוא בפוטנציאל שהיא פתחה לפענוח כתב החרטומים הקדום. אכן לאחר גילויה, נפוצו העתקים ליתוגרפיים ויציקות גבס של האבן ברחבי אירופה בקרב חוקרים רבים. אגודת חוקרי העתיקות של לונדון יצרה בשנת 1802 ארבעה העתקי גבס של אבן הרוזטה ושלחה אותם לאוניברסיטאות אוקספורד, קיימברידג', אדינבורג ודבלין. בעת גילוי האבן, עבד הדיפלומט והמלומד השבדי, יוהאן דויד אקרבאלד, על כתב לא מוכר אשר דוגמאות שלו נמצאו זמן קצר לפני כן במצרים. כתב זה נודע בשם "הכתב הדמוטי". לכתב היה דמיון מסוים לכתב הקופטי, ואקרבאלד היה משוכנע שגם הכתב הדמוטי קשור לשפה זו. ב-1801 העביר ז'אן אנטואן שפטל, שר הפנים של צרפת, את אחד הליתוגרפים של אבן הרוזטה לידידו של האוריינטליסט הצרפתי סילבסטר דה סאסי. דה סאסי, שהיה בקיא בעבודתו של אקרבאלד, הבין שהטקסט האמצעי שעל האבן חקוק בכתב הדמוטי שאותו חקר אקרבאלד. הוא העביר מידע זה לאקרבאלד והשניים פתחו במאמצים משותפים לפענח את הטקסט הדמוטי, תוך שהם יוצאים מנקודת הנחה שהכתב הוא אלפביתי. השניים ניסו להשוות בין הטקסט הדמוטי לטקסט היווני, על מנת למצוא את המקומות בטקסט הדמוטי שבהם מוזכרים שמות יווניים. מאמציהם נשאו פרי כאשר ב-1802 גילה סאסי לשפטל שהוא הצליח לזהות חמישה שמות ("אלכסנדורס", "אלגסנדריה", "תלמיס", "ארסינואי" ותוארו של תלמי "אפיפנס"), בעוד אקרבאלד פרסם זמן קצר לאחר מכן אלפבית של 29 אותיות דמוטיות (שלפחות מחציתן היו נכונות כפי שהתברר מאוחר יותר). אף על פי כן, השניים לא הצליחו לפענח את שאר סימני השפה. כיום ידוע שהשפה הדמוטית כוללת לא רק סימנים פונטיים כפי שחשבו סאסי ואקרבאלד, אלא גם אידאוגרמות וסימנים מסוגים אחרים.

דה סאסי נטש לבסוף את עבודתו על האבן, אך לפני כן תרם תרומה נוספת להבנתה. בשנת 1811, בהשראת דיון עם סטודנט סיני על מערכת הכתב הסינית, החליט דה סאסי לבחון סברה של גאורג סואנה מ-1797, לפיה השמות הזרים נכתבו בכתב החרטומים בצורה פונטית. כמו כן, זכר את הסברה שהציע ז'אן ז'ק ברתלמי כבר ב-1761, לפיה הטקסט המוקף בתיבות קרטוש ("תרמילים") מייצג שמות פרטיים. כך, כאשר כתב אליו בשנת 1814 תומאס יאנג שכיהן כמזכיר החברה המלכותית של לונדון, בעניין האבן, הציע לו דה סאסי בתשובה כי בנסותו לקרוא את כתב החרטומים, כדאי שיחפש אחר תיבות קרטוש (cartouches), שאמורות להכיל שמות יווניים, וינסה לזהות ביניהן תווים פונטיים.

יאנג נרתם למשימת הפענוח והשיג שתי תוצאות חשובות שסללו את הדרך לפענוח הסופי. הוא גילה בטקסט את התווים הפונטיים "p t o l m e s", שבאמצעותם נכתבה המילה היוונית "Ptolemaios" (תלמיס). הוא גילה גם כי התווים הללו דמו למקביליהם הדמוטיים ובעקבות זאת המשיך וגילה עוד 80 נקודות דמיון בין כתב החרטומים לטקסט הדמוטי. הייתה זו תגלית חשובה, מאחר שקודם לכן נחשבו שתי מערכות הכתב שונות לחלוטין האחת מהשנייה. גילויים אלו הובילו אותו למסקנה הנכונה שמערכת הכתב הדמוטית היא פונטית רק בחלקה, וכוללת גם תווים אידאוגרפיים שמקורם בכתב החרטומים. יאנג הבליט חידושים אלה בערך הארוך שכתב על מצרים, באנציקלופדיה בריטניקה בשנת 1819.

בשנת 1814 התכתב יאנג לראשונה על אודות האבן עם ז'אן פרנסואה שמפוליון, מומחה חרטומים צרפתי מגרנובל שחקר במשך זמן רב את מצרים העתיקה. בשנת 1822 נתקל שמפוליון בהעתק של הטקסטים הקצרים, ביוונית ובכתב חרטומים, המופיעים על אובליסק פילה (Philae), שבהם סימן ויליאם ג'ון בנקס את השמות "תלמיס" ו"קלאופטרה" בשתי השפות. בעזרת המסמך זיהה שמפוליון את התווים הפונטיים "k l e o p a t r a" והצליח להכין טבלה מסכמת של התווים הפונטיים בכתב החרטומים מאבן הרוזטה ומאבן הפילה. הטבלה הופיעה בכתב ידו במכתב ששלח בשנת 1822 אל בון-ג'וזף דסייה (Bon-Joseph Dacier), מזכיר האקדמיה לכתובות ולספרות יפה של פריז שבאקדמיה הצרפתית..

PTOLEMY



CLEOPATRA



	<i>a</i>		<i>h</i>
	<i>ā</i>		<i>ḥ</i>
	<i>ā</i>		<i>ch (χ)</i>
	<i>i</i>		<i>s</i>
	<i>u</i>		<i>sh</i>
	<i>b</i>		<i>t</i>
	<i>p</i>		<i>th</i>
	<i>f</i>		<i>t</i>
	<i>m</i>		<i>t'</i>
	<i>n</i>		<i>k</i>
	<i>r or l</i>		<i>g</i>
			<i>k</i>

מפתח לכתב ההירוגליפים המצרי ורישום המילים CLEOPATRA ו-PTOLEMY

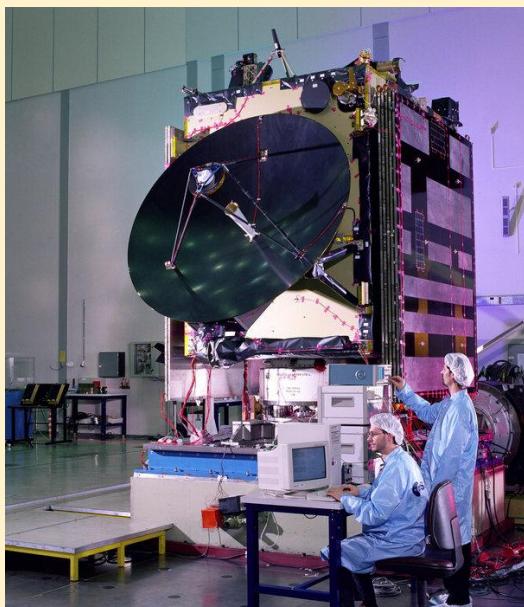
מאז גילויה הייתה האבן למוקד של יריבויות לאומיות מתמשכות. ראשית היה זה בהעברתה מידיים צרפתיות לבריטיות במהלך המלחמות הנפוליאוניות, ולאחר מכן הדבר התבטא במחלוקת ארוכת שנים בדבר תרומתם היחסית של תומאס יאנג האנגלית וז'אן פרנסואה שמפוליון הצרפתי (שהיו בקשרי עבודה משנת 1814) לפענוחה. מאז שנת 2001 התבטאה היריבות גם בדרישה המצרית להשבת האבן למצרים.

המונח "אבן רוזטה" משמש בהשאלה למפתח חשוב לשם פענוח מידע מוצפן, במיוחד כאשר חלק קטן מוכר וידוע מתגלה כמפתח להבנת השלם. לפי מילון אוקספורד, השימוש הראשון של המונח הופיע במהדורת 1902 של אנציקלופדיה בריטניקה בערך על אנליזה כימית של גלוקוז. השימוש הכמעט מילולי של המונח הופיע בספר המדע הבדיוני "The Shape of Things to Come" של הרברט ג'ורג' ולס. בספר זה, הפרוטגוניסט מוצא איגרת שכתובה בקצרנות, אשר מהווה מפתח להבנת חומרים נוספים הכתובים הן בכתב יד והן בדפוס. אחד השימושים הידועים והחשובים ביותר של הביטוי בספרות מדעית היה של חתן פרס נובל לפיזיקה, תיאודור הנש. במאמרו בנושא ספקטרוסקופיה בסיינטיפיק אמריקן (1979) כתב הנש: "הספקטרום של אטומי מימן הוא אבן הרוזטה של הפיזיקה המודרנית: לאחר שתבנית הקווים פוענחה, ניתן היה להבין גם דברים רבים אחרים".

מאז נמצא הביטוי בשימוש רחב במדע בהקשרים שונים. לדוגמה, פענוח מלא של הגנים העיקריים תואר כ"אבן רוזטה של האימונולוגיה", התפרצות קרני גמא שנמצאה בסופרנובה זכתה לשם "אבן רוזטה להבנת מקור התפרצויות גמא". טכניקת אקו-קרדיוגרפית דופלר נקראה בשם אבן רוזטה על ידי חוקרים שניסו להבין תהליך מורכב שבו החדר השמאלי של לב האדם מתמלא בזמן אי ספיקת-לב דיאסטולית. רוזטה הוא גם כלי תרגום מקוון שמיוצר ומתוחזק על ידי חברת "קנוניקל" שנועד לסייע בהפצת תוכנות בשפה מקומית. באופן דומה, "Rosetta@home" הוא פרויקט המשתמש בחישוב מבוזר קהילתי במטרה לפתור את בעיית חיזוי מבנה החלבון. "פרויקט רוזטה" נועד לקבץ יחד מומחים ודוברי שפות שונות כדי ליצור מסד נתונים וארכיון של 1,500 שפות שיחזיק מעמד משנת 2000 ועד שנת 12000. באופן אקטואלי במיוחד, חללית המחקר "רוזטה" הגיעה בנובמבר 2014 אל כוכב השביט צ'וריוםב-גרסימנקו ונעזרה בגשושית הקטנה "פילה", במטרה להכריע בשאלת מבנה השביט ולגלות את מקורותיה של מערכת השמש.

חללית המחקר רוזטה

חללית המחקר "רוזטה" שוגרה לחלל בתאריך 2 במרץ 2004 והגיעה לכוכב השביט P67 על שםם של Churyumov and Gerasimenko. הנחיתה של הגשושית הועירה Pilae על כוכב השביט בנובמבר 2014 והעברת תמונות הנחיתה באמצעות ערוץ רדיו בטווח כ-500 מיליון קילומטר היא אחד מההישגים הבולטים בחקר החלל מאז ומעולם. החללית נבנתה על ידי ESA, סוכנות החלל האירופאית, מתוך כוונה לנווט אותה אל כוכב השביט P67 ולחקור את מבנה החומר על פניו. המשימה תוכננה למשך כ-11 שנים (עד דצמבר 2015) ובוצעה עד כה ברמת דיוק יוצאת דופן. החללית עצמה היא בגודל $2.8 \times 2.1 \times 2.0$ מטרים ומשקלה כ-1200 קילוגרם. אך בחלל היא פתחה תאי שמש בגודל כ-32 מטר המספקים לה כ-850 וואט חשמל מן השמש. הנחיתה על השביט בוצעה באמצעות הגשושית פילה שמשקלה כ-100 קילוגרם.



חללית המחקר "רוזטה" בתהליך הרכבתה (התמונה לקוחה מאתר ESA)

מבין המכשירים הרבים שנושאת הרוזטה חשוב לציין את ערוץ הרדיו לכדור הארץ אשר קצב המידע שבו הוא 28 kbps המופעל באמצעות אנטנת צלחת מסוג קסגריין בקוטר 2.4 מטר הפועלת בתחום תדרי X כאשר המשדר השפופרתי מסוגל להפיק 24 וואט הספק ממוצע. הקורא חד-העין יוכל להעריך כי משך הזמן הדרוש להעברת תמונה ספרתית מעולה בקיבולת 200 Mbit (או 20 Mbyte) עשוי להגיע עד שעתיים וזמן תנועת גלי הרדיו עד כדור הארץ הוא כ-45 דקות. ערוץ הרדיו בין החללית אל הגשושית שלה פועל בתחום תדרי S וקצב המידע בו הוא 8 kbps. גלאים נוספים על הרוזטה כוללים נתחי ספקטרום בתחום האולטרה-סגול, האופטי והרדיו, ספקטרומטרי מסות שונים, גלאי אבק, פלזמה ויונים וציוד נוסף.



אנטנת התקשורת של הרוזטה
קוטר האנטנה 2.4 מטר והיא פועלת כמשדר בתחום תדרי X
הספק השידור 24 Watt וקצב השידור מגיע עד 28 kbps
(התמונה לקוחה מאתר ESA)

חללית הרוזטה נועדה לחקור את כוכב השביט כיצד הוא נוצר ומה הוא מכיל. בדרך אל כוכב השביט החללית חלפה בסמוך לגופים שמימיים נוספים כמו חגורת האסטרואידים הראשית. בהשאלה לאבן הרוזטה, החללית נועדה להיות מפתח לפתרון סודות מערכת השמש כולה. תומאס יאנג הוא הקשר מניסוח תורת הקרינה של גלים אלקטרומגנטיים ופתרון כתב החרטומים על אבן הרוזטה, עד שליחותה של חללית המחקר לפאתי מערכת השמש והעברת התמונות המרהיבות אל כדור הארץ באמצעות אנטנת מיפתח עגולה.



אחת התמונות הראשונות שהגיעו מהגשושית Philae אל הרוזטה ומשם לכדור הארץ (ESA)