

דו"ח תוצאות דיגום אקוסטי – מכתש רמון

מאפייני המרחב האקוסטי הטבעי והשפעת הפרעות רעש אנושיות – מקרה בוחן מחצבת הגבס

יעל לנרד¹ וזהבה סיגל²

2022

תקציר מנהלים:

בוצע דיגום אקוסטי ראשון מסוגו בשמורת טבע בישראל – בהובלת צוותי השטח של רט"ג תוך ליווי מקצועי פנימי וחיצוני. הדיגום התמקד באזור מצומצם של המכתש וכלל (1) דיגום קצר ונרחב (2) דיגום ממושך בנקודה אחת.

בניתוח המבוסס על האזנה ידנית וחישוב מדדי רעש שונים נמצא כי הגורמים המעצבים את המרחב האקוסטי באזור מחצבת הגבס כליליה כוללים גורמים טבעיים (רוח וחרקים) וגורמים אנושיים (תחבורה, מוזיקה, חשמל). גורמים אלו ניתנים לאפיון כמותי באמצעות מדדים אקוסטיים קלאסיים וכן באמצעות אינדקסים אקוסטיים חדשניים.

מבין כל הגורמים האקוסטיים שזוהו, מוזיקה גרמה להפרעה המשמעותית ביותר הן מבחינת עוצמות והן מבחינת טווח תדרים. הפרעה אקוסטית זו באה לידי ביטוי הן במדדים אקוסטיים קלאסיים והן באינדקסים האקוסטיים. בעתיד נכון יהיה לבחון השפעות מוזיקה על מדדים המאפיינים דפוסים בזמן.

בהסתכלות כמותית על נתוני הדיגום האקוסטי הממושך עולה כי כבר בניתוח ראשוני וכללי ניתן לזהות דפוסים אקולוגיים רלוונטיים ובעלי חשיבות לשימור המרחב האקוסטי הטבעי. ניתוח זה מאפשר זיהוי דפוסים עונתיים, שבועיים ויממתיים (או היעדרם). למשל, נראה כי לרוח השפעה מהותית על המרחב האקוסטי הטבעי במכתש. רצוי להשוות דפוסים אלו לעונות נוספות או אתרים נוספים באזור.

אנו ממליצות להמשיך ולבצע דיגום אקוסטי בשמורה זו ונוספות על מנת להרחיב את ההיכרות עם המרחב האקוסטי, ללמוד דרכו על המתרחש בשמורה ובעתיד לכוון מתוך כך ממשק לשמירה על תפקוד המרחב האקוסטי הטבעי.

רקע:

בעשורים האחרונים אנו עדים לכך שזיהום רעש (רעש ממקור אנושי) מתגבר בצורה דרמטית ברחבי העולם. עליה זו, והקצב המהיר בו הרעש ממשיך להתגבר, הופכת את בעיית זיהום הרעש לאחת מהבעיות המרכזיות בעולם בתחום שמירת טבע. ההשפעות המזיקות של רעש על בעלי חיים כוללות נזק פיזיולוגי, אובדן שטחי מחייה, הגדלת סיכויי הטריפה, ירידה בהצלחת רבייה ועוד. נזקי הרעש אינם מייחדים רק סביבות עירוניות, מחקר שפורסם בכתב העת Science ב-2017 מצא כי למעלה משני שלישים מהאזורים המוגנים בארה"ב חשופים לעוצמת רעש גדולה פי שתיים מעוצמת רעש הרקע הטבעי (Buxton et al. 2017). מחקר שאת כתיבתו הובלתי ופורסם אך לאחרונה מעלה כי השפעות זיהום רעש מכבישים על התנהגות בעלי חיים

בישראל הן נרחבות ביותר (כ-76% מהשטחים הפתוחים בכלל) ומדאיגות במיוחד בהקשר של שטחים שמורים החשופים לרעש עוצמתי בהיקפים משמעותיים (מעל 60% משטחי השמורות והגנים הלאומיים; לנרד ואחרים 2021).

בחינת ההשפעה של זיהום רעש על בעלי חיים היא מורכבת. מצד אחד, זיהום הרעש עצמו אינו פשוט למדידה ותיאור: מקורות רעש שונים יוצרים רעש בעוצמות שונות (אמפליטודה), בתדרים שונים (נמוכים, גבוהים או על פני טווח נרחב) ובתדירויות שונות בזמן (פרקי זמן קצרים עד רעש רציף) באופן שמקשה על השוואתם. מצד שני, בסביבות שונות השפעת זיהום רעש עשויה להיות שונה בחומרתה בשל מאפייני המרחב האקוסטי הקיים ונוכחות מינים שונים של בעלי חיים המגיבים בצורה שונה לנוכחות מקורות רעש. בשנים האחרונות, הודות לפיתוח אמצעי הקלטה מהימנים המופעלים באופן אוטומטי בתנאי שדה, התרחב משמעותית השימוש בדיגום אקוסטי אשר חושף בפנינו חלון לאופן בו תופסים בעלי חיים את סביבתם.

מקובל לתאר את המרחב האקוסטי מזה עשורים רבים באמצעות מספר מדדים פיזיקליים (sound pressure level, spl) המשמשים בעולם ההנדסה ופותחו בהתבסס בעיקר על מאפייני השמיעה האנושית (למשל, דציבלים מתוקנים לפי עקומת השמיעה האנושית dB(A) או דציבלים בחלוקה לרצועות תדרים (1/3 octave bands)). בבחינת השפעת רעש על בעלי חיים נהוג להסתכל על ערכים ממוצעים של מדידות רעש אולם ישנה גם חשיבות רבה לערך המינימום בכל מדידה משום שהוא מעיד על קיומם/היעדרם של פרקי זמן שקטים. במקורות רעש רציפים ומתמשכים אין חלונות זמן שקטים שהיו יכולים לשמש את חלק מבעלי החיים לקיום תקשורת. במקביל, עבור בעלי חיים שתגובתם לזיהום רעש נובעת מעקה פיזיולוגית (סטרוס) ישנה חשיבות גדולה לערך המקסימום הנמדד בכל דקה משום שהוא מייצג רמות שיא של הרעש (אשר באופן פוטנציאלי הגיעו/לא הגיעו לסף הגירוי הנדרש לקבלת תגובה שלילית לרעש).

כדי להתמודד עם המידע האקוסטי הרב אשר נאסף בדיגום אקוסטי אוטומטי, חוקרים פיתחו מגוון רחב של אינדקסים אקוסטיים חדשניים שמטרתם לתאר את הסביבה האקוסטית (הביו-פונית, גיאופונית או אנתרופו-פונית) תוך שימת דגש על הערכת המגוון הביולוגי, מידת השימוש בערוצי תקשורת של בעלי חיים שונים והפרעה לערוצי תקשורת אלו. שימוש באינדקסים אקוסטיים מאפשר ניטור ארוך טווח של המרחב האקוסטי באתרים קבועים וזיהוי שינויים במרחב זה אשר אינם ניתנים לזיהוי באופן יעיל בהיעדר ניטור אקוסטי. יתרון ברור שיש לאינדקסים האקוסטיים החדשים הוא בעיבוד ההקלטות האוטומטי והמהיר יחסית. מנגד, בהיעדר דיגום מקביל של חברות האורגניזמים בבית הגידול ישנה הגבלה מהותית על היכולת להסיק מסקנות לגבי המשמעות של ערכי אינדקסים אלו בהקשר של הבנת המשמעות של שינויים בערכים באתר נתון, השוואה בין אתרים שונים, השוואה בין בתי גידול שונים, וזיהוי סוגי הפרעה או מקורות רעש אנתרופוגנים. פתרון מקובל לכך הוא ביצוע דיגום והאזנה ידנית להקלטות נבחרות, לצורך זיהוי הגורמים הנשמעים בהקלטות אלו. ביצוע דיגום אקוסטי בארץ מהווה בסיס הכרחי לבחינת כלים אלו ופיתוח פרוטוקולים לשימוש בניטור אקוסטי לשמירה על המגוון הביולוגי בכלל ותפקוד מיטבי של שמורות טבע וגנים לאומיים בפרט.

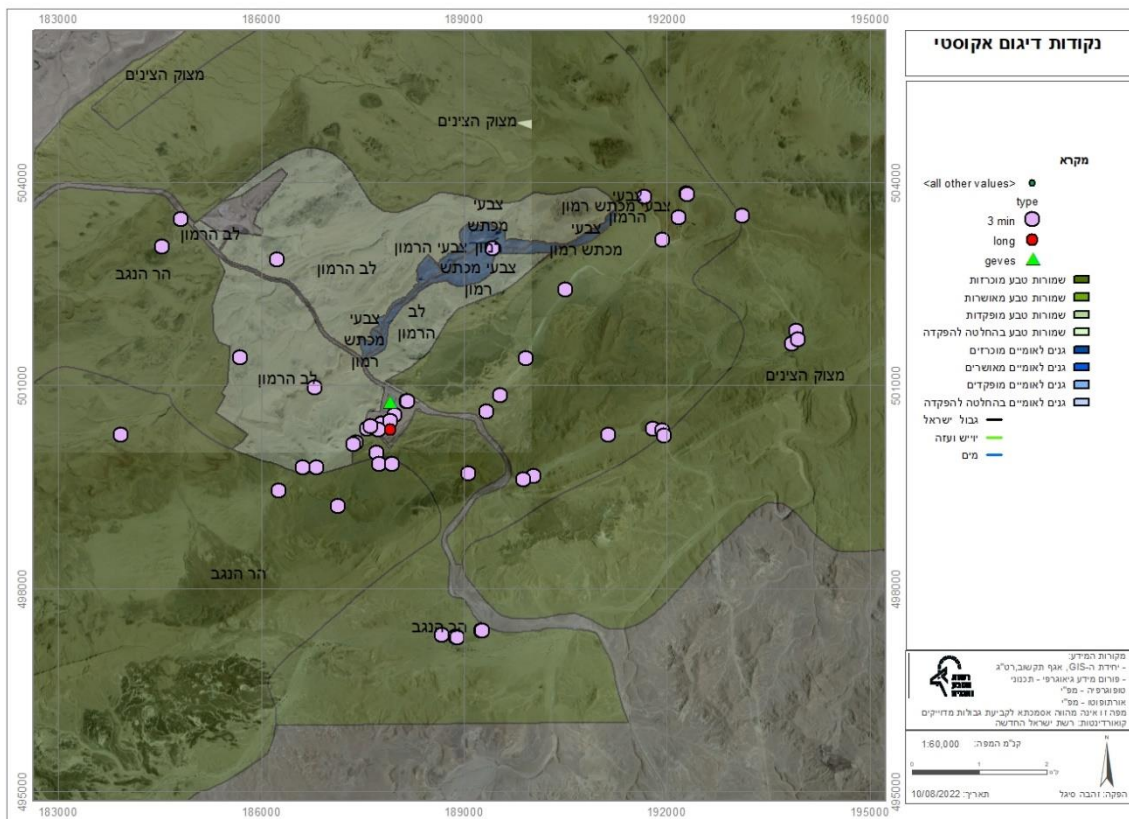
מכתש רמון הוא שמורת טבע בעלת מגוון בתי גידול מדבריים המבטאים את ייחודו הגיאולוגי והאקלימי. בשמורה מתקיימות מערכות אקולוגיות טבעיות ובלתי מופרות לצד תיירות וטיילות. פעילות אדם בשטחים טבעיים גורמת נזק ישיר ועקיף למערכות האקולוגיות הטבעיות, כאשר המפתח לצמצום השפעות האדם הוא על ידי ממשק וניהול פעילויות הקהל. שמורת רמון מוכרזת כשמורת אור כוכבים בינלאומית משנת

2017 (IDA). מדיניות מניעת זיהום הרעש של רט"ג חלה על כל שמורות הטבע ויש לה חשיבות מכרעת בהגנה על הנוכחות וההתנהגות הטבעית של בעלי חיים ממינים רבים. בחינת הסביבה הקולית במכתש רמון תעזור לדייק את ההנחיות שניתנו לתיירים ומטיילים בשמורה מדברית פתוחה ויחודית זו.

בשנת 2021 הוקם בשטח מחצבת הגבס הישנה שבמכתש רמון אתר גלאמפינג "סלינה" בו מתקיימים אירועים והופעות מוזיקליות. אמנם נכון למועד כתיבת דו"ח זה ירדה מן הפרק תוכנית נוספת להקמת אמפי לקיום הופעות ואירועים בשטח מכתש רמון אך עם זאת, התוכנית להקמת אמפי מהווה דוגמה אחת מני רבות לתוכניות ויזמות אשר מוצעות באופן תדיר ואשר כרוכות בהגברה משמעותית של זיהום הרעש בשטח המכתש. חשוב לבחון כיצד תוכניות פיתוח כאלו ואחרות משתלבות עם השמירה על ערכי הטבע היחודיים של שמורת מכתש רמון.

אזור הדיגום האקוסטי:

שמורת מכתש רמון: מחצבת הגבס, חניוני הלילה הסמוכים ושטח טבעי באזור הסמוך. פירוט מיקומי הדיגום בנספח 1 וכן בקובץ אקסל מצורף.



מפה 1 – מפת נקודות הדיגום האקוסטי במכתש רמון (שטח שמורה ו/או גן לאומי בצבעי ירוק עד כחול). מחצבת הגבס (משולש ירוק), דיגום אקוסטי קצר (עיגול סגול), נקודת דיגום אקוסטי ממושך (עיגול אדום). המפה הוכנה בסיוע שיר טריקי, רשות הטבע והגנים.

מטרות הדיגום האקוסטי:

- תיאור המרחב האקוסטי באזור הדיגום
- זיהוי רעש ממקורות אנושיים ואפיון הגורמים השונים מבחינה אקוסטית
- בחינת השימוש באינדקסים אקוסטיים לזיהוי הפרעות רעש אנושיות
- שיפור מערך הדיגום האקוסטי כפי שבוצע באופן ראשוני בפרויקט זה

חלקי הדו"ח:

- ✓ תיעוד שיטות העבודה בהן נעשה שימוש בדיגום האקוסטי.
- ✓ הצגת עיקרי הממצאים של הדיגום האקוסטי – בהתייחס הן למרחב האקוסטי הטבעי והן להפרעות הרעש האנושיות.
- ✓ לקחים ורעיונות לביצוע דיגום אקוסטי עתידי באזור זה בפרט ובשטחים טבעיים בכלל.

1. שיטות:

1.1 איסוף נתונים אקוסטיים

איסוף הנתונים האקוסטיים בוצע באמצעות מקליט SM4 של חברת Wildlife Acoustics. זהו מקליט יחודי אשר פותח לצורך ביצוע מדידות אקוסטיות בסביבה הטבעית ומשמש במאות פרויקטים מסוג זה ברחבי העולם. יתרון בולט של מקליט זה הוא בערכי הרעש הנמוכים אותם הוא מסוגל למדוד. כמו כן, הוא מתאפיין ביכולתו למדוד טווח תדרים רחב המכסה את כל תחום השמיעה האנושי (20 הרץ עד 22 קילו הרץ) תוך שמירה על תגובת תדרים ישרה יחסית (כלומר, מדידה אחידה בתדרים שונים; flat frequency response). המקליט כוייל באמצעות מכויל סטנדרטי של חברת Extech העומד בתקן המחמיר IEC standard 60942 1997-11 לפני ואחרי ביצוע הדיגום בשטח (ללא הבדל). לפיכך, המדידות שהתקבלו הן מדידות עוצמת רעש רקע אבסולוטיות בדיוק גבוה.

1.1.1 מדידות אקוסטיות קצרות

בקיץ 2021 בוצעו מדידות אקוסטיות קצרות ברחבי אזור הדיגום. המדידות בוצעו בין שעות הערב והלילה לשעות שלפנות בוקר. המדידות בוצעו הן בימים בהם התקיימו אירועים והופעות במתחם הסלינה והן בימים בהם לא התקיימו אירועים (ביקורת). מדידות אלו ארכו כ-3 דקות ומתוכן נבחרה דקה אחת במהלכה היו מינימום הפרעות מדידה. כדי למנוע הטייה בבחירה, נלקחה הדקה הראשונה המלאה מכל הקלטה אלא אם היו בה הפרעות ברורות שנגרמו על ידי המודדים; אז נלקחה הדקה הבאה אחריה. מדידות בהן היו הפרעות שנגרמו על ידי המודדים בכל הדקות נפסלו לשימוש (9 מתוך 59 מדידות).

1.1.2 מדידה אקוסטית ממושכת

בחודשים מאי ויוני 2022 הוצב מקליט למדידה ארוכת טווח בקרבת חניון הגבס. המדידה התבצעה למשך עשר דקות בתחילת כל שעה עגולה, זוהי צורת מדידה מקובלת בדיגום אקוסטי ממושך. לפיכך, יתכנו הפרעות רעש שלא נמדדו (כגון מעבר כלי טייס) אולם מאפיינים טבעיים ממושכים (כגון רוח או חיזור בטריטוריה קבועה) והפרעות אנושיות ממושכות ורציפות מיוצגות בצורה זו (כגון הופעות, אירועים או תנועה משמעותית בכביש).

1.2 ניתוח נתונים אקוסטיים

1.2.1 מדידות אקוסטיות קצרות

ניתוח המדידות האקוסטיות הקצרות נועד לבחון כיצד גורמים טבעיים ואנושיים כאחד מעצבים את המרחב האקוסטי באזור הנדגם ברמת הדיוק והפירוט הגבוהה ביותר. השיטות לכך נגזרות בבסיסן משיטות ניתוח הנתונים המשמשות את היחידה העוסקת במדידת רעש ברשות הפארקים האמריקאית, בתוספת שיטות חדשניות יותר למדידת רעש במגוון רחב של מדדים אקוסטיים אוטומטיים.

הנתונים נאספו בשטח בנוכחות צוות המקליטים שביצע את הדגימות האקוסטיות ולפיכך הצוות יכול היה לציין מקורות רעש חריגים, הפרעות במהלך ההקלטות או נוכחות של בני אדם בסביבה. נתונים אלו נשארו חסויים עד לסיום שלב ההאזנות.

ראשית, בוצעה האזנה לכל מקטע הקלטה שעבר את סינון האיכות (סעיף 1.1.1). וכן סריקה ויזואלית של הספקטרוגרמה המתאימה (יצוג גרפי של זמן, טווח התדרים ועוצמת הצלילים שהוקלטו). זאת באמצעות תוכנת RavenPro גרסה 1.6.4 אשר פותחה באופן יעודי באוניברסיטת קורנל לצורך בחינה אקוסטית ויזואלית של הקלטות. עבור כל דקה זוהו ונרשמו מקורות הרעש הטבעיים שנשמעו בה (רוח, קולות חרקים וקולות ציפורים) וכן מקורות הרעש האנושיים שנשמעו בה (מוזיקה, רעש ממכונות חולפות בכביש (בציון מספר המכונות) ו"אחר" (רעש זמזום מכבל מתח ודיבור אנושי)). יש לציין כי שלב זה בוצע בצורה "עיוורת" כדי להבטיח ניתוח נייטרלי – ללא חשיפה למיקום בו נאספו הנתונים, ללא הערות שנרשמו בשטח על ידי צוות הדיגום לגבי מקורות רעש אפשריים וללא הסתכלות על הערכים המחושבים של עוצמת הרעש או האינדקסים האקוסטיים.

שנית, באמצעות תוכנת KaleidoscopePro של חברת Wildlife Acoustics בוצע חישוב של מספר רב של מדדים אקוסטיים (עוצמת הרעש ברצועות תדרים בעלות עניין (24, 49, 125, 250, 500, 1K, 2K, 4K, 8K, 16K, 20K הרץ) וכן עוצמת הרעש ב-4 נגזרות שונות של דציבלים (dB(A), dB(C), dB(Z-10Hz-)) וחישוב של אינדקסים אקוסטיים אוטומטיים עבור כל דקה (BI, ACI, NDSI,) (10KHz, dB(Z-10Hz-22KHz)). לפירוט מאפייני ההרצה, ראו נספח 2.

שלישית, בוצע סינון הקלטות בהן נשמעת רוח. ההשפעה של האטמוספירה בכלל ורוח בפרט על המרחב האקוסטי היא נרחבת ומורכבת. בקצרה, ניתן לומר שרוח יוצרת רעש משמעותי (כתלות במהירות הרוח) אך גם מסיעה צלילים ממקורות שונים לכיוונים ומרחקים משתנים. הדיגום האקוסטי בנוכחות רוח הוא בעייתי ביותר משום שבמהירות רוח של מעל ל-5 מטר/שניה הרוח המכה במיקרופון גורמת לארטיפקט

(טעות מדידה הנובעת ממגבלות טכניות; הרוח דוחפת באופן פיזי את הממברנה במיקרופון וכתוצאה מכך מתקבלים ערכים גבוהים של עוצמת רעש בטווח תדרים נרחב מכפי שישנם בפועל בסביבה האקוסטית הטבעית). במדידות המתבצעות במסגרת ניטור אקוסטי של רשות הפארקים האמריקאית מבוצעת מדידת רוח במקביל למדידה האקוסטית. מדידות אקוסטיות שנאספות במהירות רוח גבוהה מ-5 מטר/שנייה מסוננות מתוך הנתונים. בפרויקט ראשון זה לא נאספו מדידות רוח ולפיכך, פרט לחלק בו נידונה השפעת הרוח (2.1.1), כל הנתונים מדקות בהן נשבה רוח לא נכללו בניתוח. זוהי גישה שמרנית המאפשרת לוודא שאין כלל השפעות אפשריות של מדידות שגויות אלו על ניתוח הנתונים והסקת המסקנות לאורם.

את הנתונים שהתקבלו סידרתי ליצירת גרפים וטבלאות מסכמות באמצעות תוכנת R (R Core Team) (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

1.2.2 מדידה אקוסטית ממושכת

ניתוח המדידה האקוסטית הממושכת נועד לבחון כיצד באים לידי ביטוי מאפייני המרחב האקוסטי באוזר הנדגם באופן גס תוך שימוש באמצעים אוטומטיים לניתוח ההקלטות. השיטות לכך נגזרות בבסיסן משיטות ניתוח הנתונים המשמשות את היחידה העוסקת במדידת רעש ברשות הפארקים האמריקאית, בתוספת שיטות חדשניות יותר למדידת רעש במגוון רחב של מדדים אקוסטיים אוטומטיים.

הנתונים נאספו בשטח באופן רציף ללא נוכחות אדם (נגזר מכך – ללא הפרעות הנגרמות על ידי פעילות צוות המדידה). המכשיר כוון כך שיקליט מדי שעה, במשך עשר הדקות הראשונות לכל שעה, בין התאריכים 26.5.2022 ועד 19.6.2022.

באמצעות תוכנת KaleidoscopePro של חברת Wildlife Acoustics בוצע חישוב של מספר רב של מדדים אקוסטיים (עוצמת הרעש ברצועות תדרים בעלות עניין (24, 49, 125, 250, 500, 1K, 2K, 4K, 8K, 16K, 20K הרץ) וכן עוצמת הרעש ב-4 נגזרות שונות של דציבלים dB(Z-), dB(Z-10Hz-10KHz), dB(C), dB(A), dB(Z-10Hz-22KHz)) וחישוב של אינדקסים אקוסטיים אוטומטיים עבור כל דקה (BI, ACI, NDSI, ADI, AEI). לפירוט מאפייני ההרצה, ראו נספח 2.

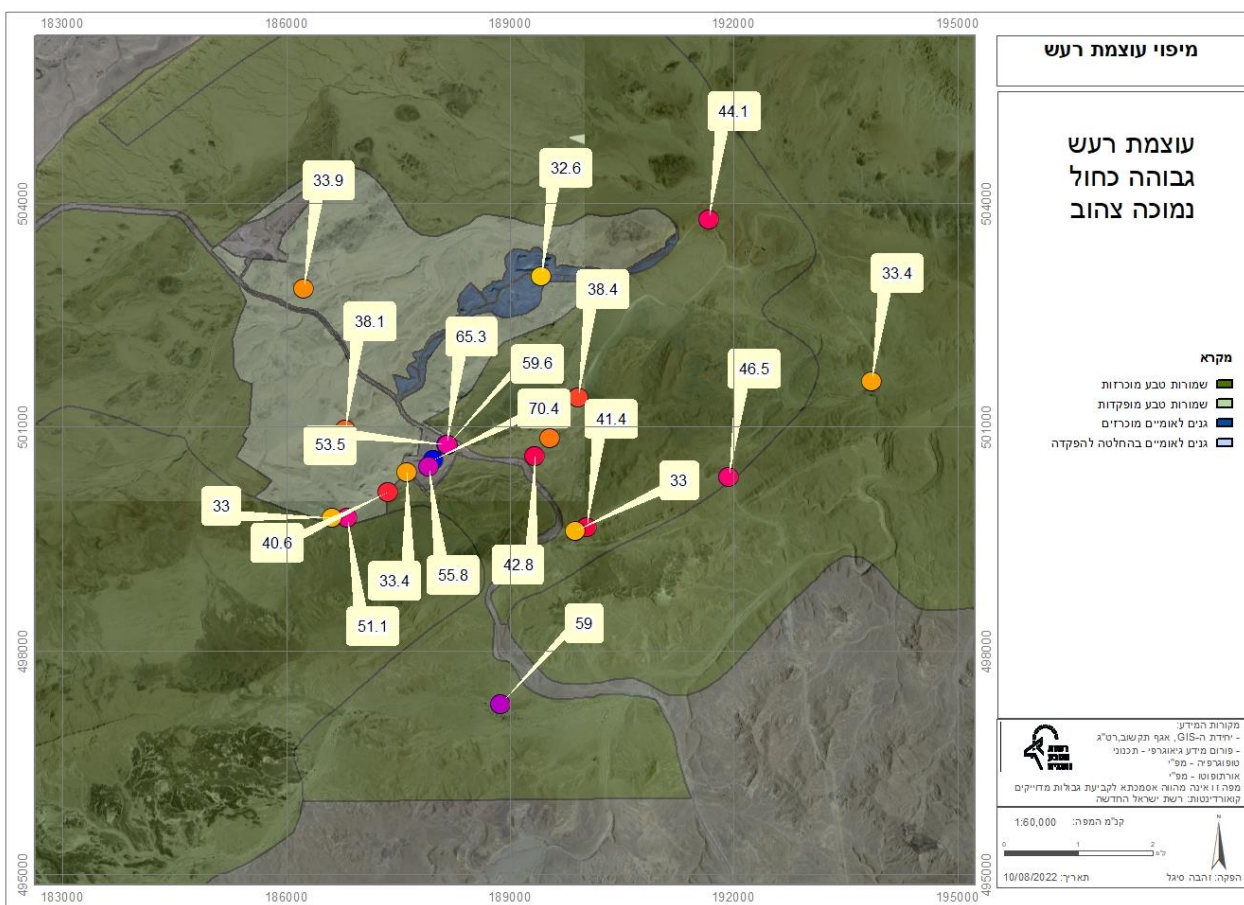
את הנתונים שהתקבלו סידרתי ליצירת גרפים וטבלאות מסכמות באמצעות תוכנת R (R Core Team) (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

2. תוצאות ודין:

2.1 מדידות אקוסטיות קצרות

סך הכל התקבלו 50 מקטעים בני דקה מאתרים שונים ותאריכים שונים עבורם בוצע ניתוח הנתונים המלא (נספח 1; ראו קובץ אקסל לפירוט תוצאות).

פיזור מרחבי של נקודות המדידה השונות עם תוצאות המדידה בדציבלים (dB(A)) ניתן לראות במפה (מפה 2). עוצמות רעש הרקע בסמוך למחצבת הגבס גבוהות באופן ניכר בהשוואה לאלו המרוחקות. מקובל לזהות תוספת של 10 דציבלים כהכפלה של עוצמת רעש הרקע כפי שהיא נתפסת בשמיעה האנושית (ועוד יותר מכך במינים בעלי שמיעה רגישה יותר) כאשר הפרשים שנמדדו כאן הם בטווח של 30 דציבל מהנקודות השקטות ביותר (כ-30 דציבלים; צהוב וכתום) לרועשת ביותר (70 דציבלים; כחול).



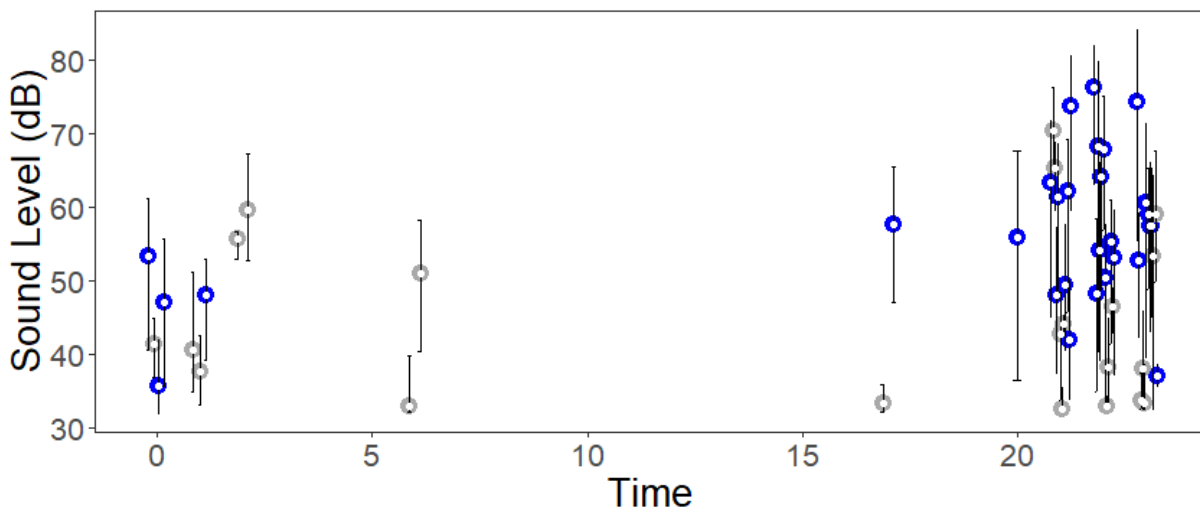
מפה 2 – עוצמת רעש הרקע באזור מחצבת הגבס, מכתש רמון. ערך עוצמת רעש רקע לדקה בדציבלים כפי שנמדד בשעות הערב והלילה ומייצג את המרחב האקוסטי הטבעי יחד עם הפרעות זיהום רעש ממקור אנושי (dB(A); עוצמות רעש נמוכות בגווי צהוב וכתום, עוצמת רעש בינונית ורוד עד סגול, עוצמת רעש גבוהה ביותר בכחול). ראו הצגה גרפית של ערכים אלו לפי מרחק ממחצבת הגבס באיור הראשון בעמוד 11.

2.1.1 השפעת צלילים ממקור טבעי על המרחב האקוסטי

שני מקורות טבעיים נשמעו בהקלטות האקוסטיות הקצרות: רוח וחרקים.

רוח

ב-29 מתוך 50 הקלטות נשמעה רוח בעוצמות שונות. על פי הספרות המדעית לרוח השפעה ניכרת על עוצמת רעש הרקע הטבעית, אולם בשל חוסר היכולת להפריד בניתוח זה בין השפעות אמיתיות של הרוח לבין השפעות של ארטיפקט הנגרם מהרוח בחרנו לא להתעמק בחלק זה (ראו פסקה בנושא הרוח בפרק השיטות חלק 1.2.1). נציין רק כי לפי האיורים המצורפים, השפעת הרוח בשילוב הארטיפקט אינה מסביר בצורה חד משמעית או עקבית את הערכים שנמדדו (אין הפרדה מהותית בין ערכי נקודות אפורות (ללא רוח) וכחולות (עם רוח) לקבוצות נפרדות). לפיכך, ניתן לקבוע כי ישנם גורמים משמעותיים נוספים המעצבים את המרחב האקוסטי שנמדד.

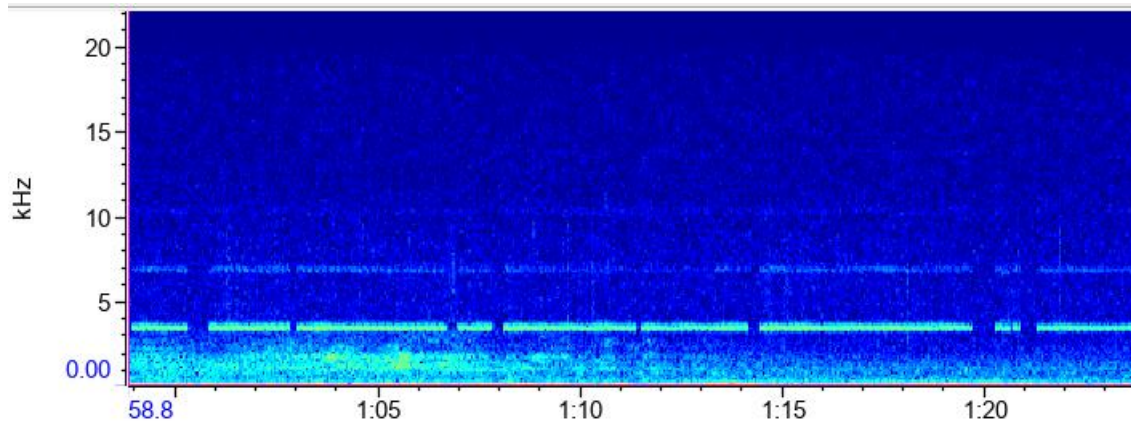


איור: השפעת רוח על עוצמת רעש הרקע (dB(A)). ניכר כי רוח (עיגול כחול) אינה משפיעה בצורה עקבית על עוצמת רעש הרקע הטבעית (dB(A); ציר Y) בשעות השונות שנמדדו (ציר X; 0 = חצות). העיגול מסמן את הערך הממוצע בכל דקה שנמדדה, הקווים האופקיים מתחת ומעל לנקודה מסמנים את ערך המינימום וערך המקסימום כפי שנמדדו באותה דקה, בהתאמה. חשוב להדגיש כי במדידות אלו עוצמת הרעש מוטית על ידי הכללת מדידות בהן ישנו ארטיפקט הנוצר מרוח המהירה מ-5 מטר/שנייה ואין להסתמך על מדידות אלו כמדידות עוצמת רעש רקע אבסולוטיות אלא לקבלת הרושם הכללי. בנוסף, במדידות אלו נכללים גורמי רעש נוספים שנמצאו משפיעים על עוצמת רעש הרקע (ובהם מוזיקה, מעבר רכבים וכדומה).

חרקים

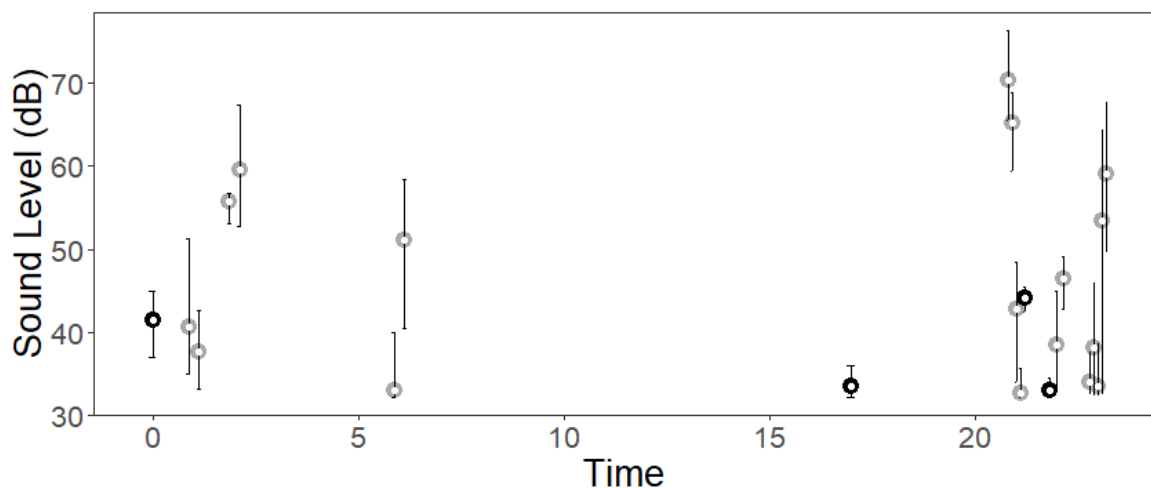
ב-4 מתוך 50 הקלטות (4 מתוך 21 הקלטות בניכוי הקלטות עם רוח) נשמעו חרקים. בהקלטה אחת (לפנות ערב) נשמעים שני זבובים ואילו ביתר ההקלטות נשמעים חרקים ליליים (ככל הנראה צרצרים).

הפעילות של חרקים ליליים מבוססת במידה רבה על תקשורת קולית חזקה (בודאי ביחס לגודל גופם) ובהתאמה היא מאוד דומיננטית במרחב האקוסטי (לפי טווח השמיעה האנושית).



ספקטרוגרמה: קריאות חרק בהקלטה מה-23.7.2021 בשעה 00:32. ניתן לראות שבצורה אופיינית הקריאות הן כמעט רציפות בזמן (ציר X) ובטווח תדרים מצומצם וקבוע (בין 3 ל-4 kHz; ציר Y). החזרות של קריאות החרק בתדרים גבוהים יותר נובעות מהדהוד (רבררציה).

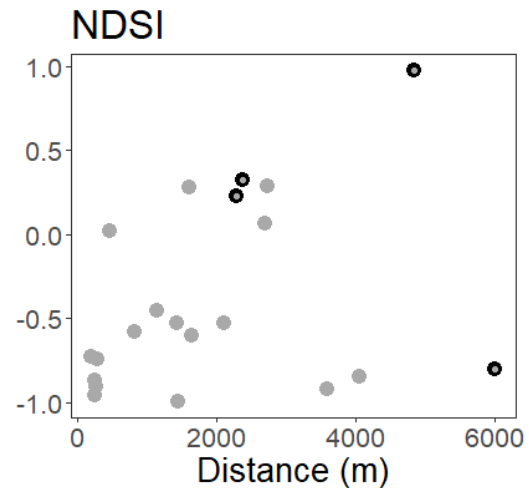
בסך הכל, לקריאות חרקים אין השפעה מהותית על עוצמת רעש הרקע הכללית הנמדדת הן בהסתכלות על כל טווח התדרים והן בחלוקה לרצועות תדרים (מוצג גרף בודד לדוגמה אך נבחנו כלל הערכים שחושבו – כפי שמפורטים בפרק השיטות 1.2.1). גודל מדגם גדול יותר יאפשר בחינה מקיפה יותר של מאפיין גורם אקוסטי זה, אשר ככל הידוע לנו טרם נבחן בסביבה המדברית ברמה עולמית.



איור: השפעת קריאות חרקים על עוצמת רעש הרקע (dB(A)). ניכר כי קריאות חרקים (עיגול שחור) אינן משפיעות בצורה מהותית על עוצמת רעש הרקע הטבעית (dB(A); ציר Y) בשעות השונות שנמדדו (ציר X).

בבחינה של אינדקסים אקוסטיים נראתה מובחנות של קריאות החרקים הליליים ב-NDSI. מדד שעיקרו הבחנה בין צלילים טבעיים לצלילים ממקור אנושי, לפי טווח התדרים. ניכר כי קריאות חרקים (עיגול שחור) משפיעות בצורה מהותית על ערך האינדקס האקוסטי NDSI (ציר Y) במרחקים השונים ממחצבת

הגבס (ציר X). עם זאת, זמזום של זבובים, בשל מאפייניו האקוסטיים והתדרים הנמוכים שנכללים בו, אינו מזהה בצורה טובה על ידי מדד אקוסטי זה.



איור: השפעת קריאות חרקים באינדקס האקוסטי NDSI. קריאות חרקים (עיגול שחור) כפי שהן מתבטאות בערך האינדקס האקוסטי NDSI (ציר Y) במרחקים השונים ממחצבת הגבס (ציר X). באופן תיאורטי, ככל שהערך קרוב יותר ל-1 ההקלטה כוללת יותר צלילים של בע"ח ואילו ככל שהערך קרוב יותר ל-1- ההקלטה כוללת יותר צלילים ממקורות אנושיים. יש לציין כי ההקלטה שבוצעה במרחק הגדול ביותר מהמחצבה (קצה ימין של ציר X) כוללת זמזומים של שני זבובים (הכוללים מנעד תדרים רחב המתחיל בתדרים נמוכים יחסית) ולא צרצורים של חרקים ליליים ובכך היא נבדלת מהדגימות האחרות שכוללות חרקים.

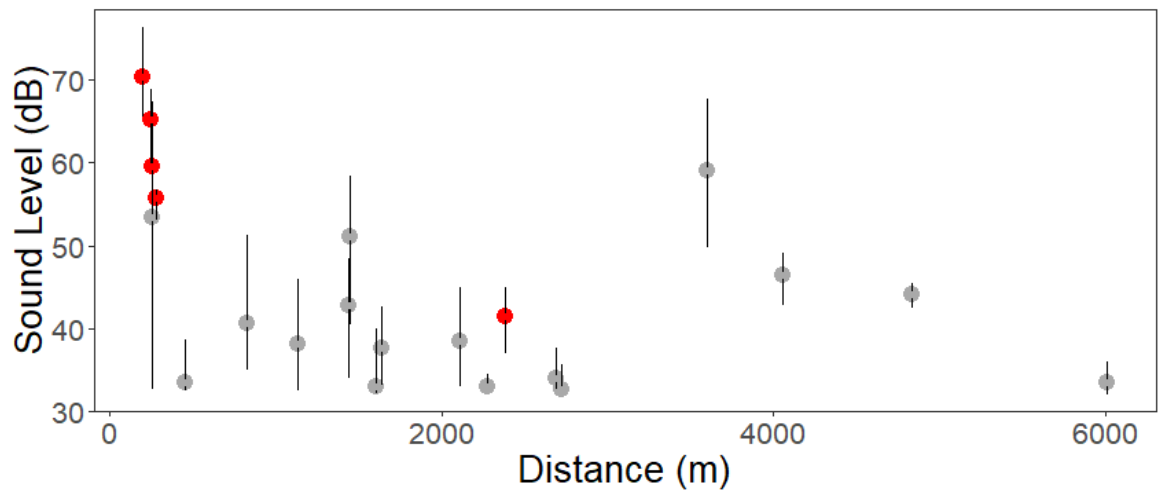
2.1.2 השפעת צלילים ממקור אנושי על המרחב האקוסטי

מוזיקה

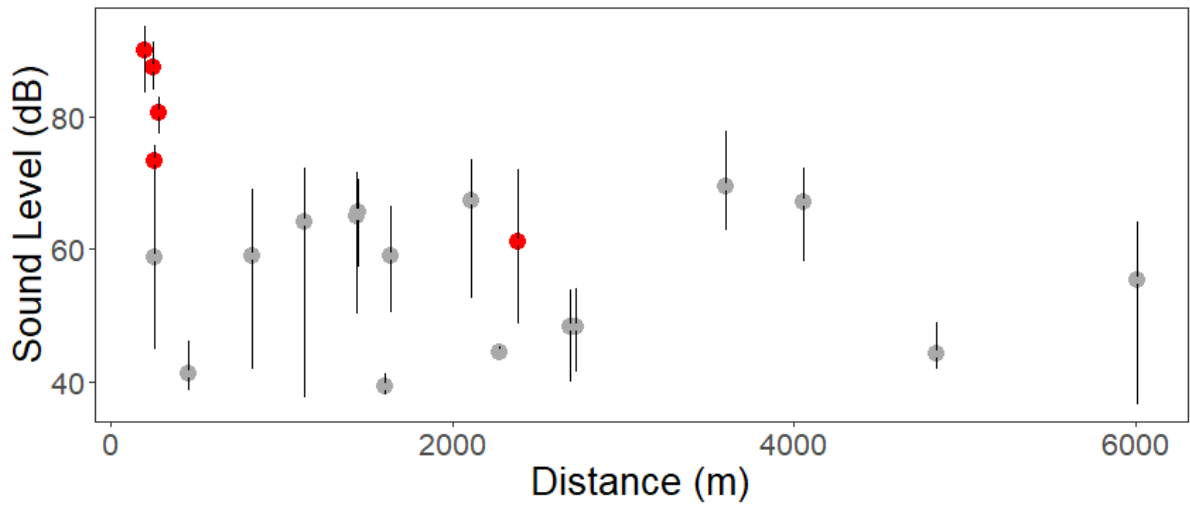
ב-12 מתוך 50 הקלטות (5 מתוך 21 הקלטות ללא רוח) נשמעה מוזיקה. במרבית ההקלטות המוזיקה הושמעה במתחם הסלינה, רק בהקלטה אחת ישנה מוזיקה שהושמעה ממערכות הגברה ניידות בסמוך למודד בחניון גוונים. הקלטה זו בוצעה בנוכחות רוח ולכן אינה מופיעה במרבית החישובים והגרפים.

ערכי הרעש הגבוהים של המוזיקה (נקודות אדומות) באים לידי ביטוי הן בשכלול מלוא טווח התדרים (dB(A) או (dB(C) והן בהסתכלות על רצועות תדרים נמוכות או גבוהות. השפעה זו ניכרת במרחב לטווח של מאות מטרים (עד כ-2 קילומטרים; אולם לא בהכרח נבדקו נקודות במרחק גדול יותר בעת שהושמעה מוזיקה ולפיכך יתכן טווח השפעה גדול יותר) ובזמן (הערכים שנמדדו בנוכחות מוזיקה גבוהים מאלו שנמדדו בשעות דומות ללא מוזיקה).

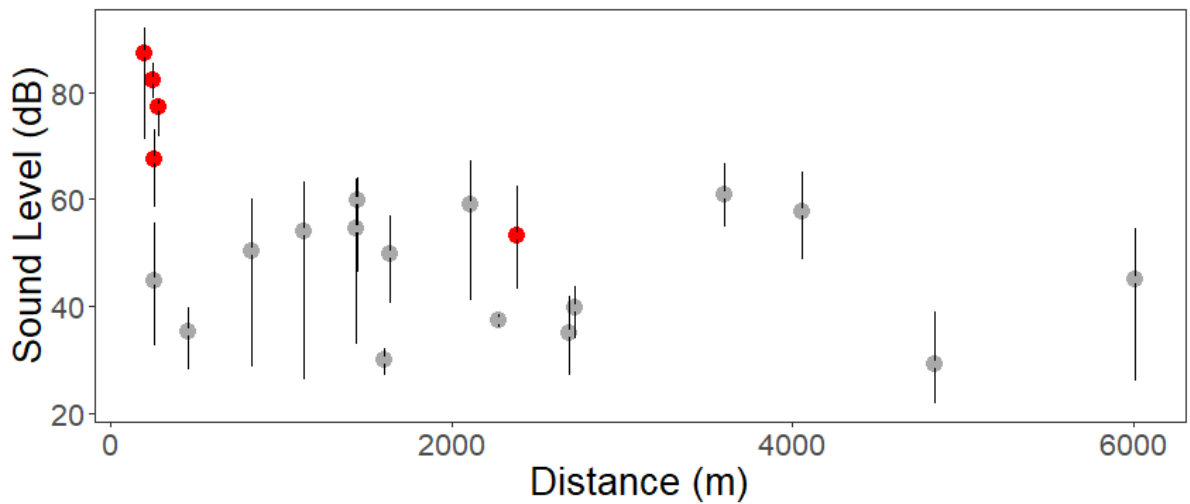
dB(A)



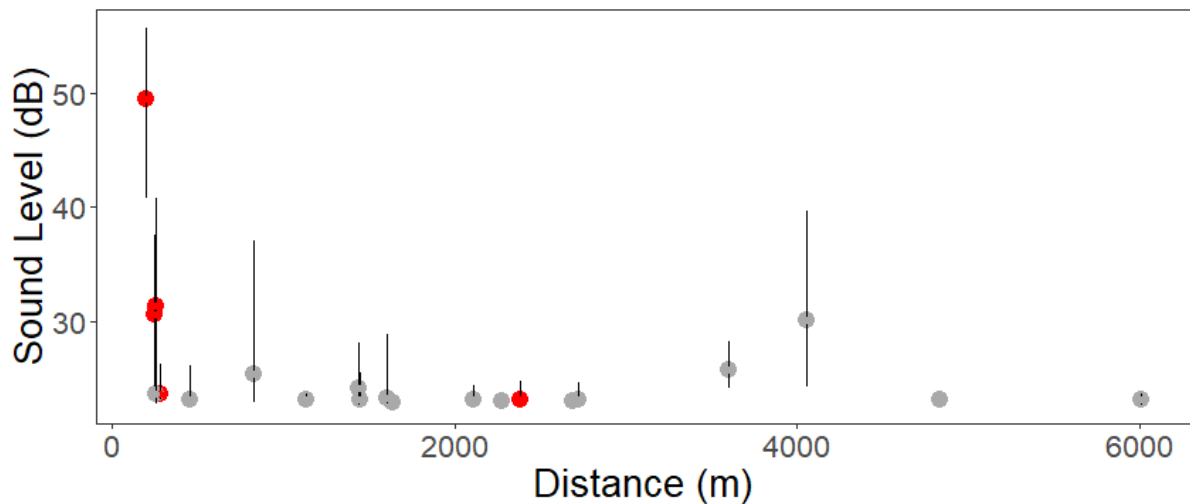
dB(C)



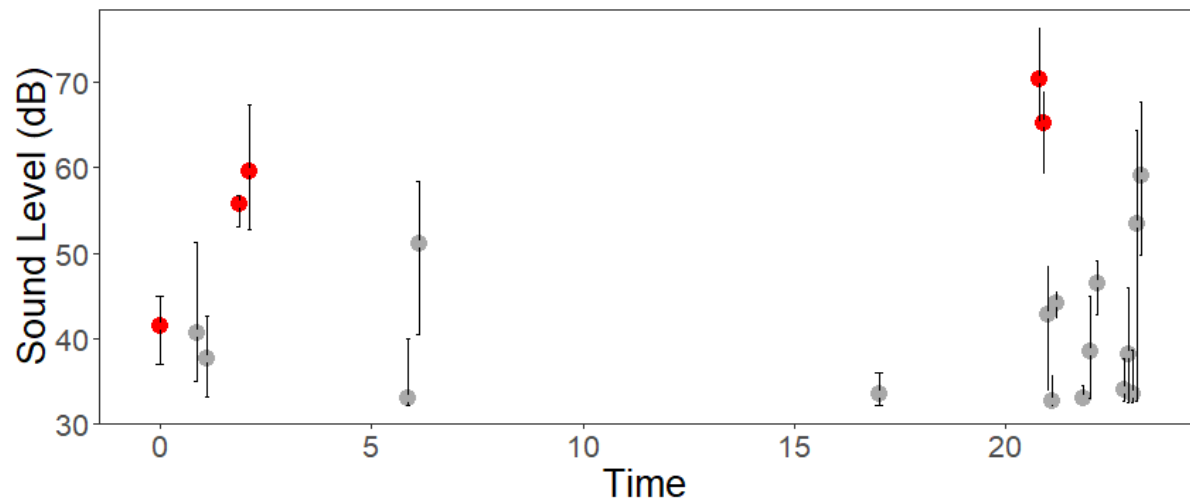
49.6 Hz



8000 Hz



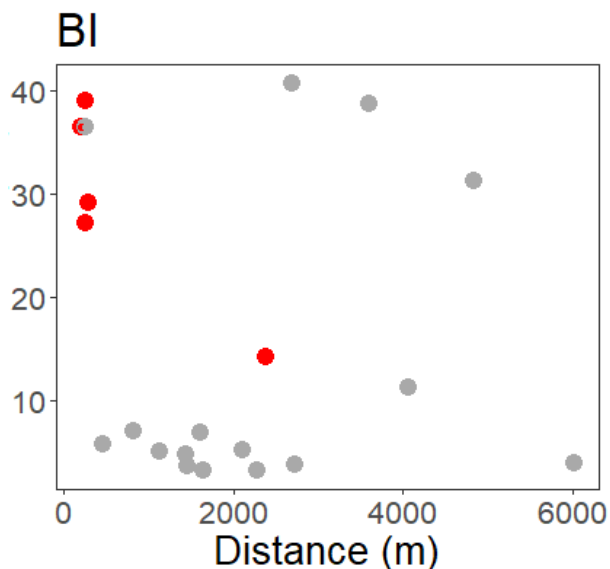
Time (Hr)



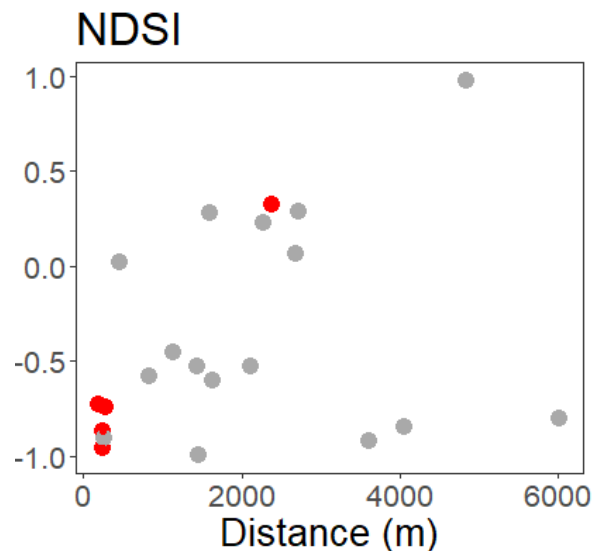
איור: השפעת מוזיקה (עיגול אדום) על עוצמת רעש הרקע א. לפי מרחק ממחצבת הגבס (dB(A)). ב. לפי מרחק בהתאמה לשמיעה של מיני יונקים רבים (dB(C)). ג. לפי מרחק בתדרים נמוכים - ברצועה (1/3 octave band) של 49 הרץ. ד. לפי מרחק בתדרים גבוהים - ברצועה (1/3 octave band) של 8000 הרץ (8 קילוהרץ). ה. לפי שעה ביממה. העיגול מסמן את הערך הממוצע בכל דקה שנמדדה, הקווים האופקיים מתחת ומעל לנקודה מסמנים את ערך המינימום וערך המקסימום כפי שנמדדו באותה דקה, בהתאמה. יש לציין כי בין צביר הדגימות עם מוזיקה בסמוך למחצבת הגבס לבין הנקודה האדומה הבודדת במרחק מעל לשני קילומטרים מופיעות יחדיו הן נקודות שנדגמו בימים ללא אירועים והופעות והן נקודות שנדגמו בימים בהם התקיימו אירועים והופעות. לפיכך, אין להסיק באופן מיידי שבטווחים אלו ואחרים ניתן או לא ניתן לשמוע זיהום רעש ממקור אנושי.

בחינת המדידות השונות תוך שימוש באינדקסים אקוסטיים מעלה כי ישנה אפשרות לזהות באופן טוב למדי נוכחות של מוזיקה בהקלטה נתונה משעות הלילה, לאחר סינון הקלטות בהן יש רוח. חשוב להדגיש שישנן מעט מדידות הכוללות מוזיקה וזאת בטווחים שונים ממקור המוזיקה, יתכן שמדגם גדול יותר יאפשר בעתיד לזהות בצורה טובה עוד יותר נוכחות של מוזיקה או גורמים דומים בהקלטות באופן אוטומטי או אוטומטי במידה מסויימת. נציין כי מרבית האינדקסים שנבחנו יועדו לזיהוי של קולות בעלי חיים ולא לזיהוי של זיהום רעש ממקור אנושי (יוצא הדופן הוא NDSI). לפיכך, באזורים בהם ישנה פעילות אקוסטית ענפה של בעלי חיים (שיש להניח שתתועד רק בהקלטות ממושכות יותר ולא בהקלטות בנות דקה אחת) יתכן שמדדים אלו לא יתאימו להבחנה בין הגורמים. יצויין כי אין להסיק מכך בשום צורה שמוזיקה אינה נבדלת מתקשורת קולית טבעית של בעלי חיים, הכוונה היא רק להצביע על מגבלות טכניות בהפרדה בין גורמים אקוסטיים כאלו ואחרים בהתבסס על מספר מועט וחלקי של מאפיינים אקוסטיים.

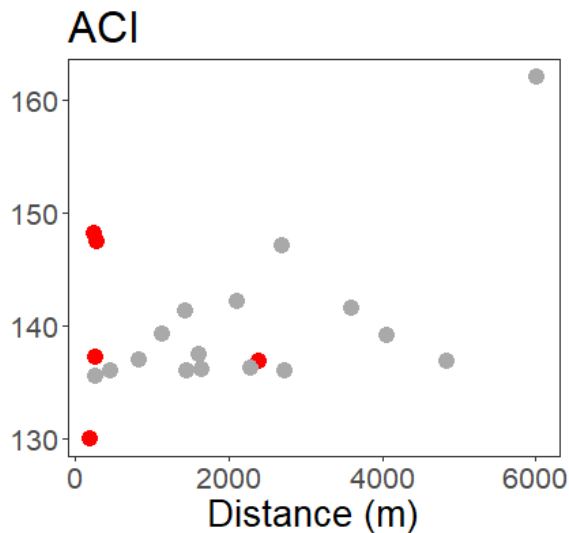
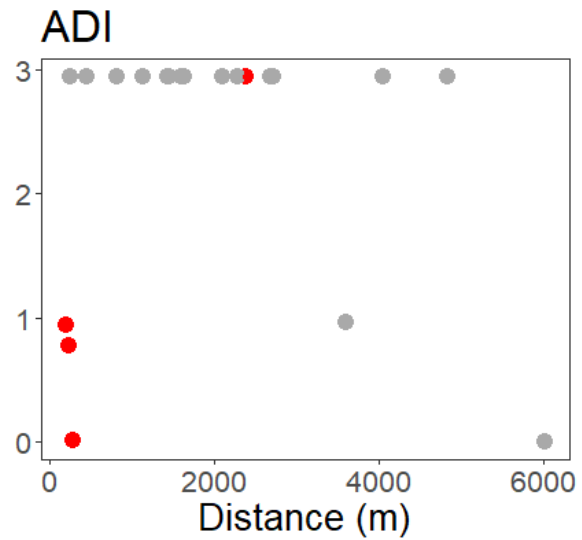
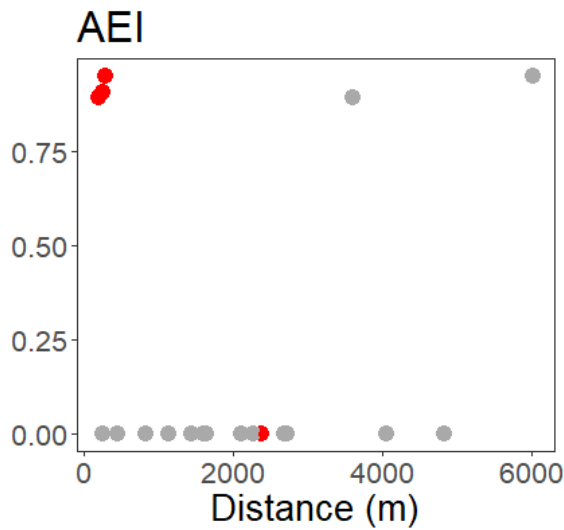
מסקנה מיידית העולה מניתוח זה היא שהמוזיקה מאיימת על פעילות אקוסטית תקינה של בעלי חיים יותר מאשר מקורות רעש אנושיים אחרים. החפיפה של המוזיקה עם טווח התדרים המשמש בעלי חיים לתקשורת קולית ולחישה אקוסטית של סביבתם היא מדאיגה וצפויה לגרום למיסוך וצמצום היכולת של בעלי חיים להעביר מידע שהוא חיוני להתמצאות במרחב, איתור בני ובנות זוג פוטנציאליים, זיהוי טורפים, טיפול בצאצאים וכדומה.



ערך סף לצלילים ביופוניים - 3000 הרץ



ערך סף לרעש אנושי - 1500 הרץ



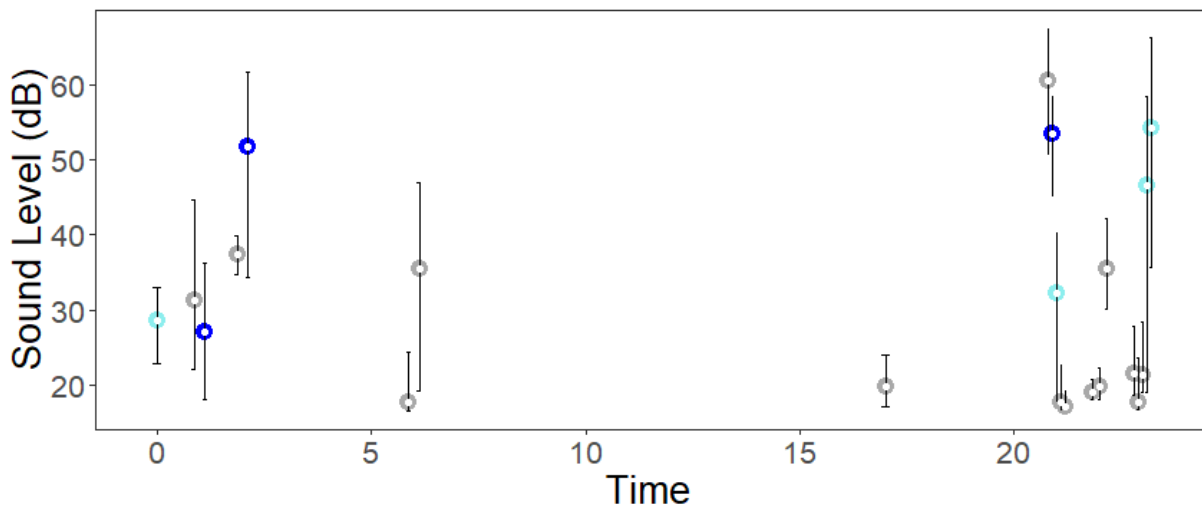
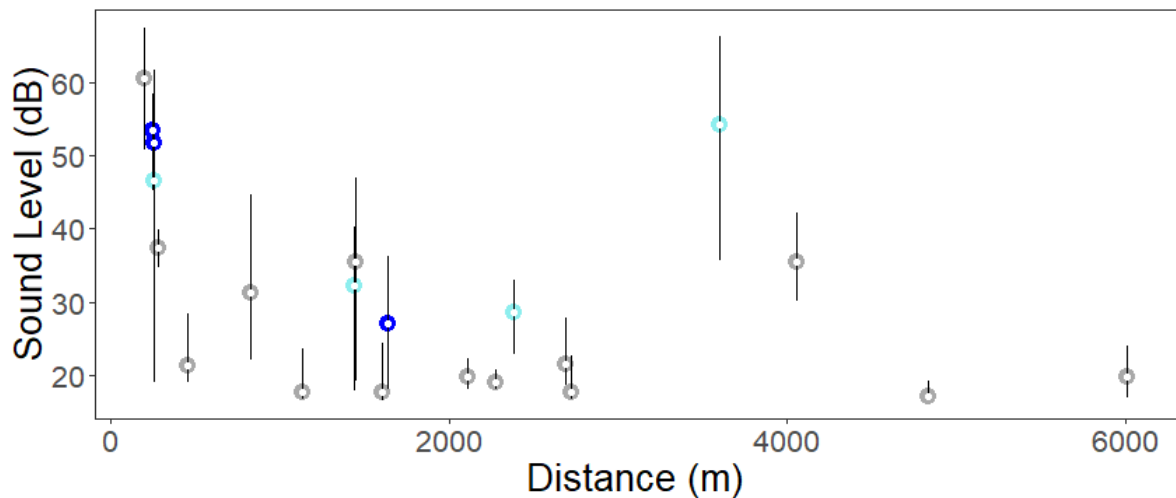
איור: השפעת מוזיקה על ערכי אינדקסים אקוסטיים. ניכר כי בכלל האינדקסים, למעט ACI, מוזיקה (עיגול אדום) משפיעה בצורה מהותית על ערך האינדקס האקוסטי (ציר Y) במרחקים השונים ממחצבת הגבס (ציר X). BI - ערך הסף לצלילים ביופוניים (קריאות בעלי חיים) הוגדר ב-3000 הרץ לפי קריאות חרקים שתועדו. NDSI - ערך הסף לצלילים אנתרופוגניים (זיהום רעש ממקורות אנושיים) הוגדר עד 1500 הרץ. באופן תיאורטי, ככל שהערך קרוב יותר ל-1 ההקלטה כוללת יותר צלילים של בע"ח ואילו ככל שהערך קרוב יותר ל-

1- ההקלטה כוללת יותר צלילים ממקורות אנושיים. בנקודה החריגה מעל לאפס ישנן גם קריאות חרקים וגם מוזיקה. האינדקסים AEI ו-ADI מהווים הפכים בדגש שלהם (שונות לעומת דמיון) ועל אף הבדלים קלים ביניהם, עולה כי בשניהם ניתן לזהות היטב דפוס של מוזיקה כאשר היא קרובה (כך נקלט כל טווח התדרים המקורי הקיים בה, ללא אובדן של התדרים הגבוהים עם המרחק).

רכבים

ב-7 מתוך 21 הקלטות ללא רוח נשמעו מעברי רכבים (ב-4 הקלטות נשמע מעבר רכב אחד, ב-3 הקלטות נשמע מעבר שני רכבים; רק בהקלטה אחת נשמע מעבר רכב על דרך עפר ולכן לא הופרדה הקלטה זו מן היתר). מעבר הרכבים השפיע על עוצמת הרעש הנמדדת, במיוחד בלב טווח התדרים בו ידועה השפעת רכב מכוניות על המרחב האקוסטי (רצועות תדרים 1 ו-2 קילוהרץ; דוגמה בגרף המצורף). יש לשער כי נסיעת

רכבים על דרכי עפר צפויה להשפיע על טווח תדרים רחב יותר (בשל תנועת אבנים וחצץ) אולם בדיגום זה לא נאספו די נתונים לצורך ניתוח פרטני של גורם זה.



איור: השפעת מעבר רכבים על עוצמת רעש הרקע ברצועה (1/3 octave band) של 1 קילוהרץ. א. לפי מרחק. ב. לפי שעה ביממה. מרבית הערכים מעל 40 דציבל הם כאשר רכב חלף במהלך המדידה. חשוב להדגיש כי מעבר הרכבים הוא במרחקים מגוונים מהמודד וכי לא נעשו מדידות במרחקי סדורים מכביש 40 או דרכי העפר בשטח. היצוג של גורם הפרעה זה מאפשר לבחון גורם השפעה אשר נחשב למרכזי ביותר בסאונדסקייפ העולמי בהקשר המקומי.

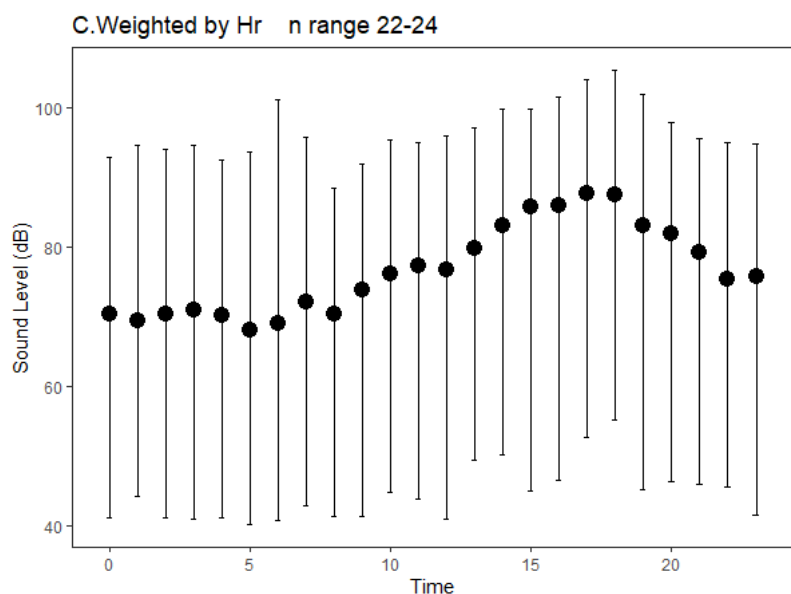
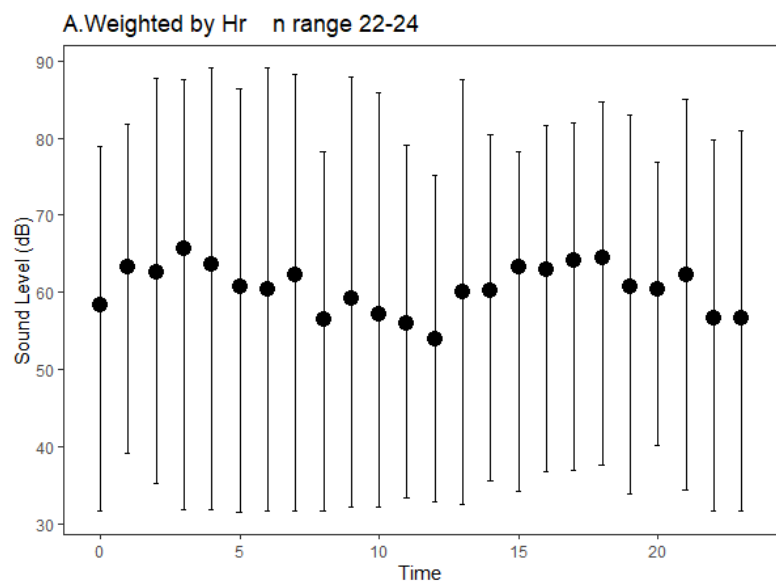
אחר

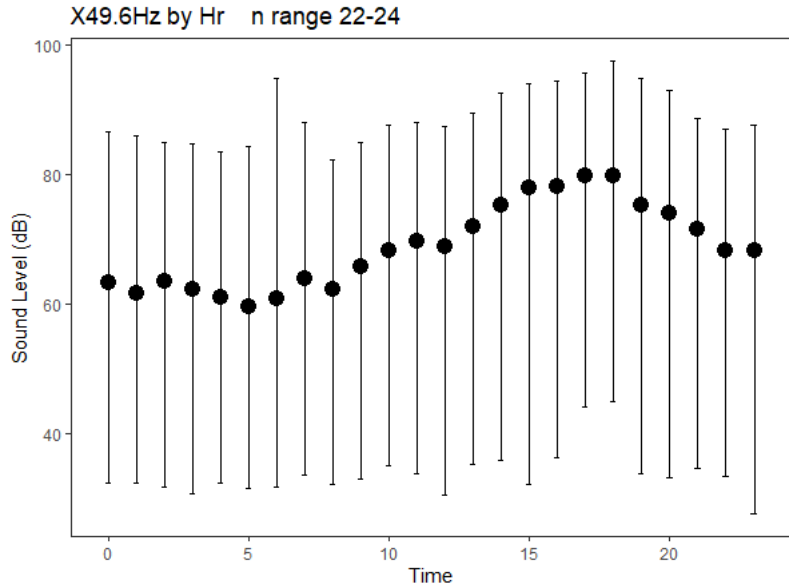
רעשים ממקורות אנושיים נוספים שזוהו בהקלטות כללו זמזום חשמלי מכבל מתח גבוה (1), מעבר של מסוק (1) ודיבור (2). בשל גודל המדגם הנמוך (בסוגריים – המספר של ההקלטות מתוך 21 הקלטות ללא רוח), לא בוצע ניתוח נוסף של נתונים מסוג זה.

2.2 מדידה אקוסטית ממושכת

בסך הכל, נאספו 571 דגימות בנות עשר דקות המייצגות 571 שעות, על פני 25 ימים באביב 2022, בין התאריכים 26.5.2022 ועד 19.6.2022.

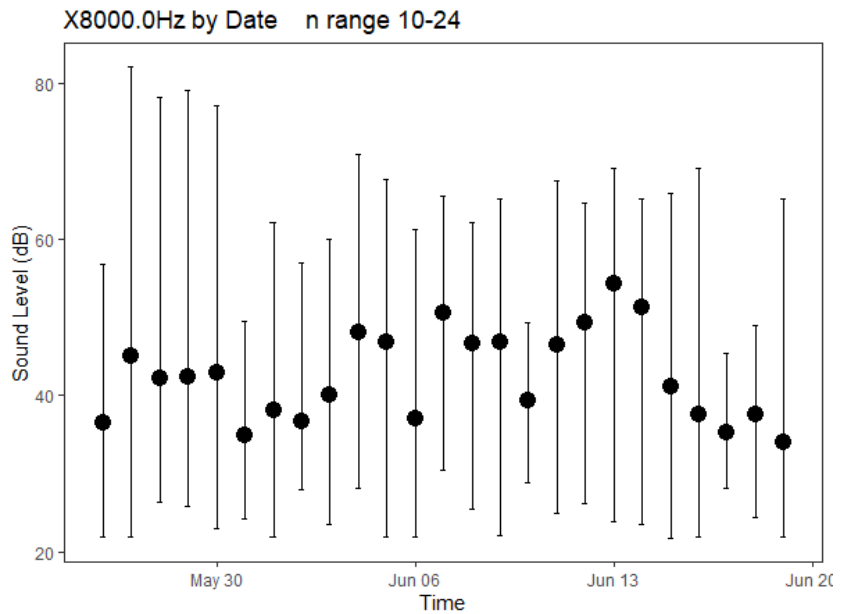
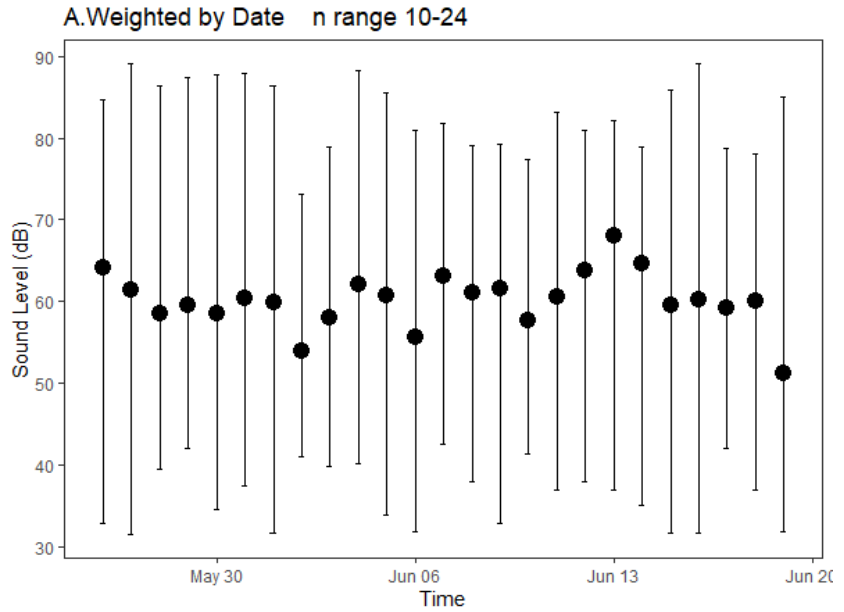
נראה כי אין שונות מהותית בעוצמות רעש הרקע הממוצעות על פני שעות היממה בהסתכלות המקובלת, במדד dB(A), אולם הסתכלות בטווח התדרים הנמוך (125 הרץ) או ב-dB(C) המשכלל גם תדרים נמוכים מציעה כי ישנה שונות יומית הקשורה לפרופיל הרוח ועוצמתה לאורך היממה. ככל הנראה התיאור המהימן יותר של המרחב האקוסטי מתקבל בהסתכלות על התדרים הנמוכים אשר כוללים את צילי הרוח החלשה והחזקה כאחד (לעומת צלילים גבוהים אותם מייצרת רק רוח חזקה בזוויות מסויימות ביחס למיקרופון).





איור: א. עוצמת רעש הרקע השעתית בנקודת הדיגום הממושכת ($0 = \text{dB(A)}$; חצות). ב. בהתאמה לשמיעה של מיני יונקים רבים (dB(C)). ג. בתדרים נמוכים - ברצועה ($1/3 \text{ octave band}$) של 49 הרץ. ד. בתדרים גבוהים - ברצועה ($1/3 \text{ octave band}$) של 8000 הרץ (8 קילוהרץ). העיגול מסמן את הערך הממוצע בכל שעה שנמדדה, הקווים האופקיים מתחת ומעל לנקודה מסמנים את ערך המינימום וערך המקסימום כפי שנמדדו באותה שעה, בהתאמה. כל המדידות ללא ניקוי הארטיפקט הנגרם מרוח ולכן יש לקחת את הערכים הסופיים בערבון מוגבל.

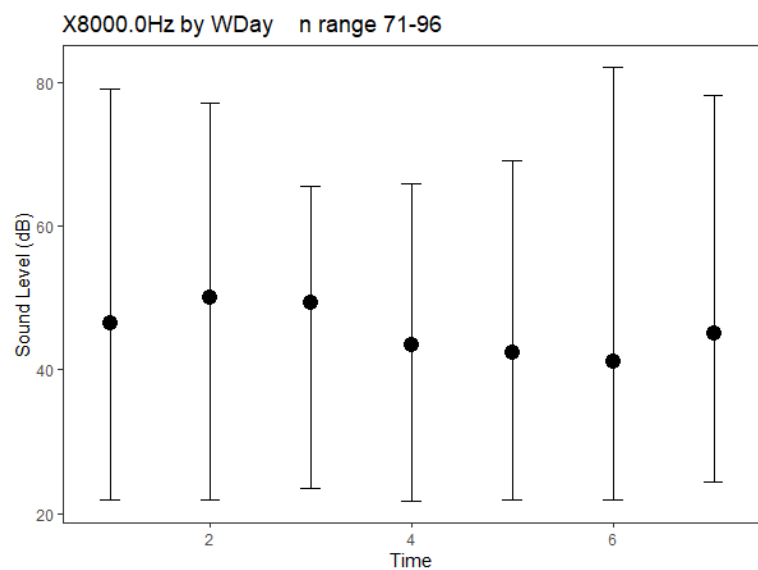
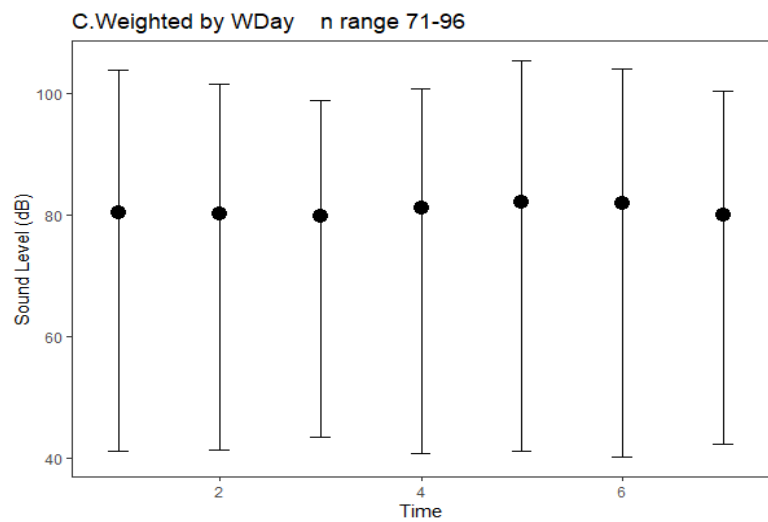
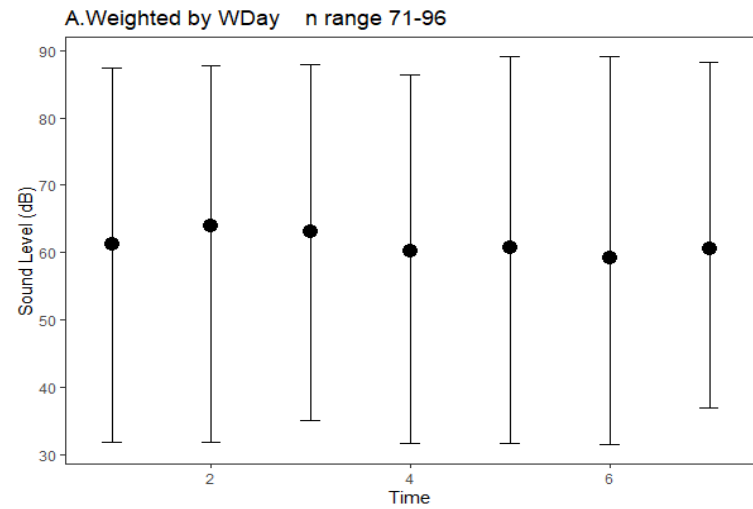
בהסתכלות על עוצמת הרעש היומית הממוצעת נראה שאין שונות בין יומית מאוד גבוהה בין ימים עוקבים, על אף שישנם הבדלים משמעותיים בין היום השקט ביותר לרועש ביותר (כ-15 דציבלים, בהסתכלות על מדד dB(A)). כמו כן, לא נראית מגמה עונתית ברורה שיכולה הייתה להצביע על ירידה/עלייה בתקשורת אקוסטית עונתית, יתכן שהדבר נובע מכך שהמדידות כולן בוצעו בחודשים מאי-יוני שהם לאחר הקיץ והרבייה של מרבית המינים המדבריים ולא בשיא עונת הטיילות באזור. מנגד, יתכן שישנה מגמה כזו אך היא ממוסכת על ידי השפעת רוח על המדידות בהסתכלות על כלל טווח התדרים. מעניין לראות שדווקא בטווח התדרים הגבוה יותר, ניכרת שונות בין יומית גבוהה (איור ב).



איור: א. עוצמת רעש הרקע היומית בנקודת הדיגום הממושכת (dB(A)). ב. בתדרים גבוהים - ברצועה (1/3 octave band) של 8000 הרץ (8 קילוהרץ). שונות בין יומית קטנה (בדומה לאיור א) נראתה עבור רצועות תדרים נמוכות או בשקלול כלל טווח התדרים dB(C) ולכן איורים אלו אינם מוצגים. העיגול מסמן את הערך הממוצע בכל שעה שנמדדה, הקווים האופקיים מתחת ומעל לנקודה מסמנים את ערך המינימום וערך המקסימום כפי שנמדדו באותה שעה, בהתאמה. כל המדידות ללא ניקוי הארטיפקט הנגרם מרוח ולכן יש לקחת את הערכים הסופיים בערבון מוגבל.

על פניו, אין הבדל משמעותי בעוצמת רעש הרקע היומית (בהתבסס על ממוצע שעתי לכלל השעות שנמדדו באותו יום) בין ימים שונים בשבוע. יתכן שהיעדר הבדלים בין ימים שונים בשבוע נובע מהעונה בה בוצעו

המדידות – לאחר שמסתיימת עונת הטיילות של החורף והאביב, בעיצומה של העונה החמה. יתכן שבאזורים אחרים במכתש בהם מדידה אקוסטית כוללת את טווח השמיעות של כביש 40 ואתרי טיול יום כן תיראה שונות בין סוף השבוע לימי חול גם בעונה זו.

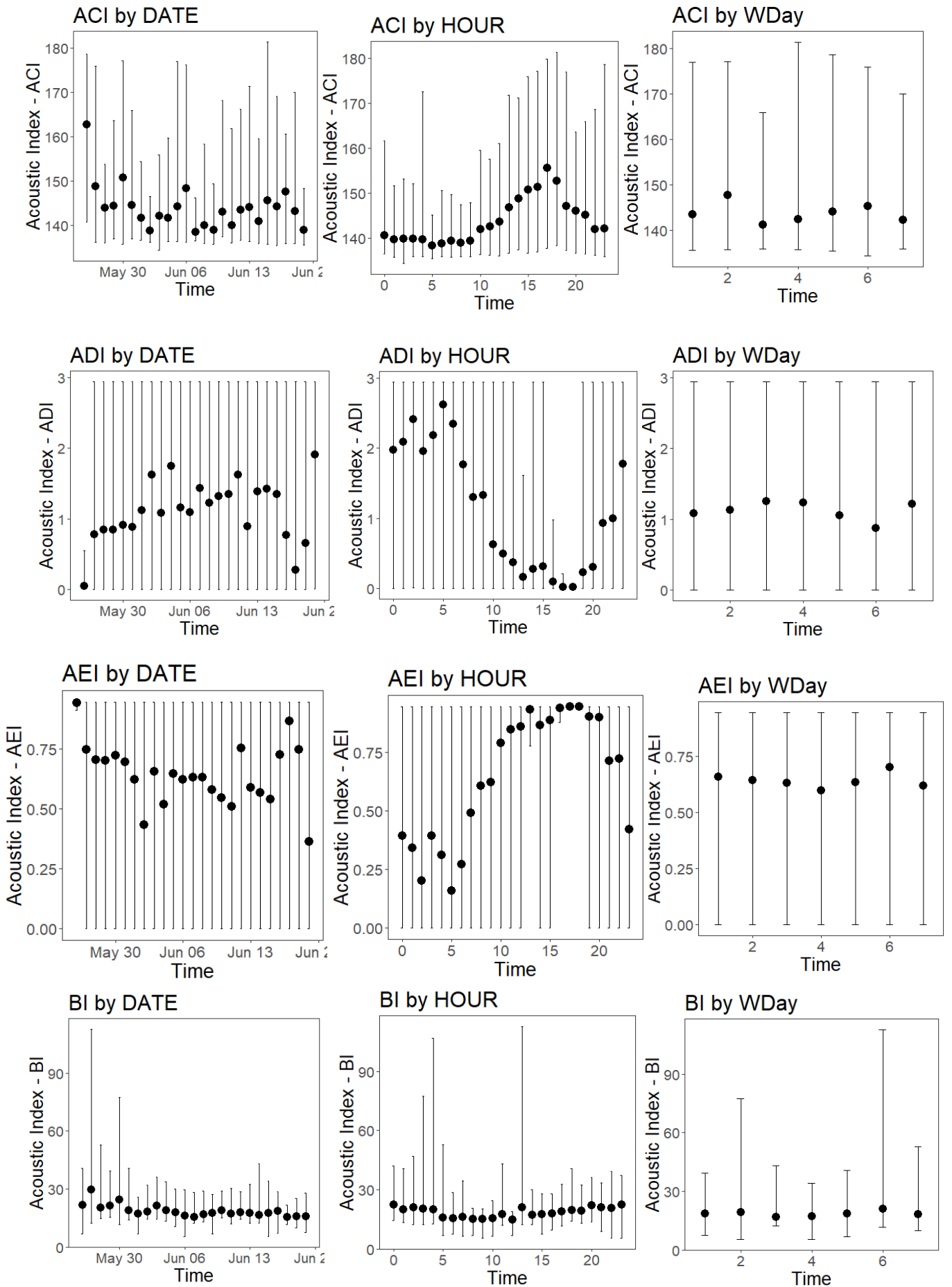


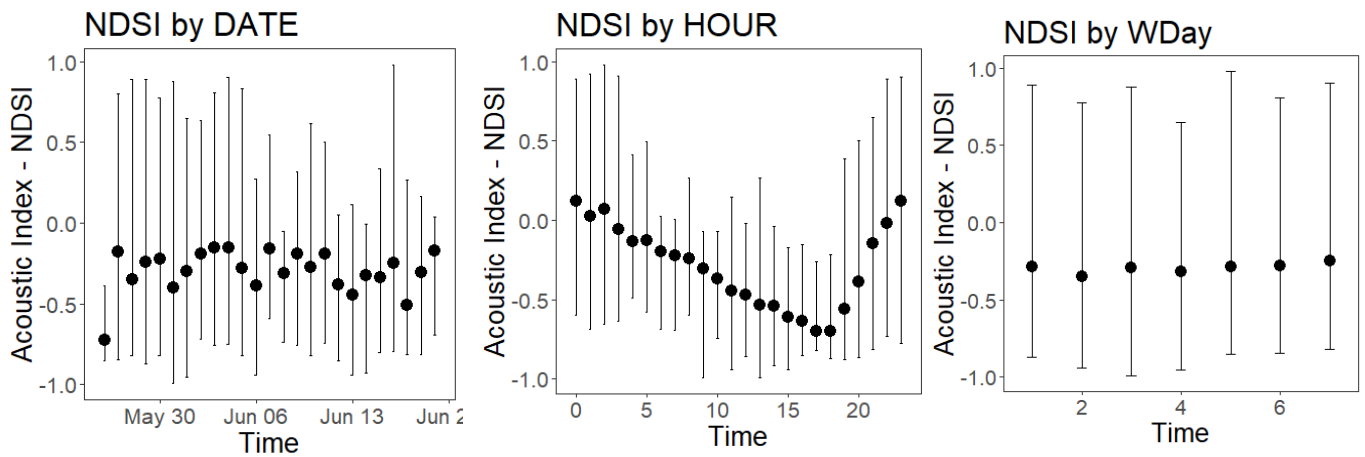
איור: א. עוצמת רעש הרקע השעתית הממוצעת (ציר Y; dB(A) בנקודת הדיגום הממושכת לפי ימות השבוע (ציר X; 1 = ראשון, 7 = שבת). ב. בהתאמה לשמיעה של מיני יונקים רבים (dB(C)). ג. בתדרים גבוהים - ברצועה (1/3 octave band) של 8000 הרץ (8 קילוהרץ). העיגול מסמן את הערך הממוצע בכל יום, הקווים האופקיים מתחת ומעל לנקודה מסמנים את ערך המינימום וערך המקסימום כפי שנמדדו באותו יום, בהתאמה. כל המדידות ללא ניקוי הארטיפקט הנגרם מרוח ולכן יש לקחת את הערכים הסופיים בערבון מוגבל.

התבוננות על ערכי האינדקסים האקוסטיים אינה מאפשרת לזהות בצורה מיטבית את מקורות הצלילים הטבעיים או את מקורות הרעש האנושיים אשר מכתיבים את הערך המתקבל. עם זאת, היא מאפשרת ללמוד בצורה מהירה יחסית דפוסים אקוסטיים בעלי עניין ויכולה לכוון המשך עבודה וניתוח נתונים. למשל, בחינת ערכי האינדקסים האקוסטיים בפרקי זמן שונים יכולה ללמד על מגמות רחבות או פרקי זמן בעלי מאפיינים יוצאי דופן שכדאי לבחון מה התרחש בהם. בנוסף, השוואה של ערכים אלו לאורך פרקי זמן ארוכים במיוחד (שנים) יכולה לחשוף דפוסי השתנות אקולוגיים אשר אולי מתפספסים או דורשים השקעת משאבים ניכרת בכלים אחרים.

מדיגום זה לא נראה שישנה מגמה עונתית ניכרת של שינוי במרחב האקוסטי (ראו עמודה שמאלית של האיור, לפי תאריך, עבור כל אחד מהאינדקסים האקוסטיים). בכל זאת, נראה שישנם ימים יוצאי דופן. חשוב לציין כי ימים חלקיים (הראשון והאחרון) מייצרים מצג שווא של נבדלות אקוסטית; מכאן שכדאי בדיגומים עתידיים לתכנן כך שיום ההצבה ויום איסוף המקליט לא יכללו בניתוח. בהסתכלות על הדפוס היומי ניכר שלרוח השפעה מהותית על המרחב האקוסטי הטבעי במכתש רמון עם שיא בשעות הערב הקרובות לשקיעה (ראו עמודה אמצעית של האיור, לפי שעה, עבור כל אחד מהאינדקסים האקוסטיים למעט BI). על פניו לא ניתן לראות שיא בתקשורת בעלי חיים בשעות הבוקר המוקדמות (למשל, שירת ציפורים) או שיא בפעילות אנושית בשעות הבוקר (תופעה המוכרת ממקומות אחרים בארץ ובעולם ונובעת בעיקר מיציאת אנשים למקומות עבודה) אבל כן יש שינוי אקוסטי משמעותי כלשהו סביב הזריחה (סביב 6 בבוקר) המתבטא בשניים מתוך האינדקסים האקוסטיים (AEI, ADI). בהסתכלות שבועית מפתיע לראות שאין הבדל מהותי בין הימים השונים.

בניתוחים עתידיים כדאי לבצע דיגום ידני לפחות של חלק מן ההקלטות (כפי שבוצע בניתוח הנוכחי עבור ההקלטות מהדיגום האקוסטי הקצר). זאת על מנת שאפשר יהיה לבחור ערכי סף מתאימים לאתר הנתון (ערך סף לקריאות בעלי חיים או למקורות זיהום רעש אנושי, למשל), להבין טוב יותר מהן המגמות המתקבלות בחישוב הכמותי של האינדקסים האקוסטיים ולהסיק מסקנות בעלות משמעות ותוקף רחבים.





איור: ניטור אקוסטי ממושך כפי שמתבטא בערכי אינדקסים אקוסטיים. א. *Acoustic Complexity Index – ACI*. ב. *Acoustic Diversity Index – ADI*. ג. *Acoustic Evenness Index – AEI*. ד. *Bioacoustic Index – BI*, ערך הסף לצלילים ביופוניים (קריאות בעלי חיים) הוגדר ב-2000 הרץ כמקובל בספרות. ה. *Normalized – NDSI*. ערך הסף לצלילים אנתרופוגניים (זיהום רעש ממקורות אנושיים) הוגדר עד 2000 הרץ כמקובל בספרות. באופן תיאורטי, ככל שהערך קרוב יותר ל-1 ההקלטה כוללת יותר צלילים של בע"ח ואילו ככל שהערך קרוב יותר ל-1- ההקלטה כוללת יותר צלילים ממקורות אנושיים. בחלוקה (משמאל לימין) לפי תאריכי המדידה, שעות היממה (0 = חצות) וימים שונים בשבוע (1 = ראשון, 7 = שבת). העיגול מסמן את הערך הממוצע בכל פרק זמן, הקווים האופקיים מתחת ומעל לנקודה מסמנים את ערך המינימום וערך המקסימום כפי שנמדדו באותו פרק זמן, בהתאמה.

הערות כלליות, סיכום ומסקנות:

א. שיטות עבודה

בוצע דיגום אקוסטי ראשון מסוגו, לאפיון הגורמים המעצבים את המרחב האקוסטי הטבעי והפרעות אנושיות ברחבי שמורת מכתש רמון. דיגום זה דרש יציאה לשטח של צוות שהוכשר לצורך כך עם ציוד מתאים והתאפשר הודות למחויבותם הגבוהה והקפדתם על פרוטוקול איסוף הנתונים. הדבר אינו מובן מאליו אולם מדגים כי ניתן לבצע ניטור מסוג זה בהתבסס על צוותי השטח הקיימים בצורה טובה תוך מתן הכשרה מתאימה וציוד נדרש.

רוח גרמה להפרעות מדידה בשל נטייתה לייצר ארטיפקט במהירות הגבוהה מ-5 מטר/שניה (ראו שיטות 1.2.1). לפיכך, חשוב לכוון ימי מדידה עתידיים תוך התחשבות בגורם זה. ניתן: א. למדוד מהירות רוח בעת המדידה ולפסול מדידות שבוצעו במהירות רוח גבוהה (מדידה בשדה או בהתבסס על תחנה מטאורולוגית קיימת), ב. לבצע מדידות רק בימים בהם אין רוח משמעותית, ג. למקד את המדידות בעיקר בשעות הערב המאוחרות בהן לרוב דועכת הרוח, ד. לבצע סינון ידני של מדידות בהן ישנה רוח (השקעת זמן ותקציב משמעותית), ה. לסנן נתונים בהם יש רוח באמצעות אינדקסים אקוסטיים (יש לציין כי טרם הבשילו לכך הכלים במלואם). לכל אחת מן האפשרויות המוצעות ישנן השלכות על טיב הנתונים שיאספו ומידת הייצוג שלהם את המערכת האקוסטית אשר חשוב לשקול בטרם ביצוע מדידות נוספות ולאור הגדרת שאלות לבחינה.

הדיגום האקוסטי הקצר התאפיין בכיסוי מרחבי משמעותי (מפה 1). מדידות בוצעו הן בתאריכים עם אירועים והופעות והן בתאריכים ללא אירועים והופעות. כתוצאה מכך, גודל המדגם (מספר החזרות מכל נקודה במרחב) הוא נמוך יחסית. יתר על כן, סך כל הזמן שנדגם בצורה זו הוא קצר ביותר ואיננו מאפשר איתור פעילות אקוסטית של בעלי חיים רבים. מנגד, הניטור האקוסטי הממושך בוצע מנקודה אחת בלבד (רק בעונה אחת של השנה). בניטור אקוסטי עתידי מומלץ לאזן בין הגורמים ולשלב מספר מצומצם יותר של נקודות למשך זמן ממושך יותר בסך הכל, על מנת שאפשר יהיה לתאר בצורה מבוססת יותר הן את המרחב האקוסטי הטבעי והן את ההפרעות. רצוי לבצע חזרות הן בימים עם הפרעות רעש והן בימים ללא, מאותן נקודות בדיוק במרחב. כמובן כל תכנון דיגום אקוסטי יעשה כתלות בשאלות עליהן בא הניטור לענות.

הדיגום האקוסטי הממושך התאפיין בכיסוי פרק זמן משמעותי התואם את המלצות NPS, NSNSD (היחידה ברשות הפארקים האמריקאית העוסקת בניטור רעש; מעל 21 יום). עם זאת, חשוב לציין כי מדובר במדידות שבוצעו בעונה אחת של השנה (קיץ) שאיננה עונת הקינון/חיזור ואיננה כוללת שיא עונת הטיולים. לפיכך, מדידות אלו מייצגות בצורה טובה את המתרחש בחודשי הקיץ ויכולות להוות ביקורת טובה מדידות שיאספו בעתיד בעונות אחרות של השנה. רצוי לבצע דיגום בעונות נוספות להכרת המאפיינים האקוסטיים של מכתש רמון בצורה מלאה.

מיקום המקליט לניטור האקוסטי הממושך נעשה בסמוך לחניון לילה ושביל לרכב. כתוצאה מכך, היה צורך למקם את המקליט בצורה שלא תמשוך תשומת לב וכדי למנוע גניבות. על אף ניסיון להמנע מרוחות ישירות חזקות, ניכר מתוצאות המדידות שהאזור בכללו חשוף לרוח גם אם המכשיר היה מוסתר במידת האפשר מרוח ישירה. רצוי גם בדיגום אקוסטי עתידי לבחור מקומות אשר מצד אחד מייצגים נאמנה את המרחב האקוסטי באזור ומצד שני עומדים בתנאים אלו (חשיפה מועטה לאנשים, מינימום חשיפה לרוח).

ב. תוצאות

נמצא כי מבין כל הגורמים האקוסטיים שזוהו בדיגום (רוח, חרקים, מכוניות ומוזיקה), השפעת המוזיקה היא העוצמתית ביותר והנרחבת ביותר בטווח התדרים. זאת בהתבסס על בחינת מדדים אקוסטיים מקובלים ומבוססים כגון dB(A), dB(C) (מדד המותאם לשמיעה של בעלי חיים בטווח תדרים נמוך יחסית לאדם), ורצועות תדרים בעלות עניין (3 octave bands). יתר על כן, ניתן לזהות נוכחות של מוזיקה בהקלטות שנאספו ללא הפרעות רוח, ביחוד בהקלטות שבוצעו בסמיכות למקור המוזיקה, באמצעות אינדקסים אקוסטיים (בעיקר NDSI המיועד לזיהוי זיהום רעש ממקור אנושי וכן AEI-ADI). הדבר מעיד על חותמת אקוסטית אופיינית למקור זה ועל מובחנותו ביחס לצלילים הטבעיים המאפיינים את שטח מכתש רמון בשעות הלילה.

נוסף על השפעת המוזיקה, נמצא כי מעברי רכבים השפיעו בצורה מהותית על המרחב האקוסטי בפרקי זמן קצרים (דקה). מספר רכבים גבוה יותר (2 לעומת 1) עיצב את מידת ההשפעה אך לא במידה שאפשר לכמת בצורה מבוססת בגודל המדגם הנוכחי. מנגד, קריאות חרקים, על אף מובחנותן האקוסטית הבולטת (בשמיעה אנושית) לא השפיעו בצורה מהותית על עוצמת רעש הרקע הכוללת (במדידות של מלוא הטווח או בחלוקה

לרצועות תדרים). יתכן שגודל המדגם הנמוך של קריאות חרקים הוביל לחוסר המובחנות של גורם זה כמו גם מרחק לא ידוע מנקודת המדידה.

חשוב במיוחד לשים לב לערכי המינימום של עוצמת רעש הרקע בעת שיש מוזיקה (מקור רעש אנושי מתמשך) לעומת בעת מעבר רכבים בודדים (מקור רעש אנושי קצר). בפרקי זמן בהם מושמעת מוזיקה, גם החלקים השקטים ביותר של כל דקת מדידה היו בעלי ערכי רעש רקע גבוהים יחסית, בהשוואה לדקות מדידה אחרות (גם כאלו בהן הערך הממוצע או המקסימאלי הוא גבוה יותר ודומה לערכים כאשר ישנה מוזיקה). זאת בשונה מערכי המינימום גם בדקות בהן נשמעו מעברי רכבים (אחד או שניים לדקה). מכך עולה כי בפרקי זמן בהם יש מוזיקה, אין לבעלי החיים חלונות זמן שקטים בהם ניתן לשמוע סמנים אקוסטיים אשר חיוניים לתפיסתם את המתרחש סביבם.

בהסתכלות רחבה, נראה שאין דפוסים אקוסטיים תוך יומיים (שעתיים) או בין יומיים חזקים. עם זאת, חשוב לסייג ולהזכיר כי המדידות בוצעו בטווח תאריכים רחב רק עבור עונה אחת (קיץ) והניתוחים לא כללו שלב של סינון ארטיפקט הנגרם מרוח (ראו שיטות 1.2.1) על אף שמדובר באזור בו רוח ניכרת.

נדרש המשך דיגום ואיסוף מידע על הסביבה האקוסטית הטבעית בשמורת מכתש רמון כדי להבטיח את השמירה עליה מפני גורמי זיהום רעש אנושיים, תוך הבטחת התפקוד הטבעי של האזור.

המלצות לדיגום אקוסטי עתידי:

באופן כללי, על אף שמדובר בדיגום ראשוני וחדשני ביותר ברמה ארצית, ניתן לסכם ולומר שהדיגום האקוסטי התבצע בצורה מקצועית וטובה תוך שילוב צוותי שטח בפרייקט בהצלחה מרובה. עם זאת, עולות מספר מסקנות והמלצות לקראת פרויקטים עתידיים:

- מומלץ לקבוע פרקי זמן מוגדרים לאיסוף הנתונים האקוסטיים כדי שניתן יהיה לתכנן את משך הפרוייקט כולו בהתאמה.
- מומלץ לבחור בצורה מוקפדת את נקודות הדיגום ולתכנן היטב התייחסות למקורות רעש ידועים במרחב (כגון כבישים, אתרים בהם מתקיימים אירועים וכו'). למשל, לחזור על מדידות בימים עם וללא הפרעות רעש או בעצימות משתנה.
- מומלץ לבצע את הדיגום באמצעות מכשירי הקלטה איכותיים ומכוילים שיאפשרו קבלת מסקנות מבוססת והשוואה בין פרויקטים שונים (בארץ ובעולם).
- מומלץ לפתח פרוטוקול עבודה קבוע בעת איסוף הנתונים ולהכשיר את הצוותים בשטח לעקוב אחר ההנחיות ולאסוף את הנתונים האקוסטיים בצורה מיטבית.
- מומלץ להתמקד במספר מצומצם של מדדים אקוסטיים קלאסיים ואינדקסים אקוסטיים שידווחו באופן שוטף להשוואה בין דיגומים אקוסטיים שונים תוך מתן חירות לבחירת מדדים ואינדקסים בהתאם לשאלות מפתח אקולוגיות.

נספח 1 – מידע על מיקומי הדיגום האקוסטי

מידע מפורט כולל תוצאות הניתוח האקוסטי הקצר ניתן למצוא בקובץ אקסל –

MeasurementsByLocations_Ramon_Final

דיגום אקוסטי קצר

גובה	y	x	תאור מיקום	תאריך
519	500765	188148	דרום לגבס פנימי	22/07/2021
521	500564	187973	דרום לגבס פנימי	22/07/2021
527	500436	187783	דרום לגבס פנימי	22/07/2021
531	500361	187558	דרום לגבס פנימי	22/07/2021
532	500156	187394	דרום לגבס פנימי	22/07/2021
548	499221	187135	דרום לגבס פנימי	22/07/2021
571	499440	186252	דרום לגבס פנימי	22/07/2021
529	500345	187728	מזרח חשמל גוונים	22/07/2021
532	500004	187708	מזרח חשמל גוונים	22/07/2021
564	499839	187735	מזרח חשמל גוונים	22/07/2021
576	499842	187929	מזרח חשמל גוונים	22/07/2021
540	499694	189063	מזרח חשמל גוונים	23/07/2021
501	499659	190019	מזרח חשמל גוונים	23/07/2021
459	500349	191955	מזרח חשמל גוונים	23/07/2021
450	500362	191791	נחל גוונים	24/08/2021
490	499663	190028	נחל גוונים	24/08/2021
468	502416	190493	נחל אפור	24/08/2021
490	500855	189536	נחל אפור	24/08/2021
498	500536	188967	נחל אפור	24/08/2021
529	500132	187354	דרום לגבס	24/08/2021
520	500466	187901	דרום לגבס	24/08/2021
512	500768	188154	דרום לגבס	24/08/2021
497	500613	189330	אפור	31/07/2021
487	501397	189908	אפור	31/07/2021
480	502025	190215	אפור	31/07/2021
521	499606	189872	גוונים	31/07/2021
497	499883	190692	גוונים	31/07/2021
534	499600	189111	גיא זוחלים מדרגה	31/07/2021
528	500393	187618	גבס	31/07/2021
512	500764	188160	צומת הגבס	31/07/2021
503	502861	186231	שבלול	31/07/2021
460	503832	192290	צ. פקחים	04/08/2021
451	503507	193113	צ. הסלע	04/08/2021
445	503152	191926	צ.אדום-כחול	04/08/2021
508	497378	188502	חניון נקרות פנימי	04/08/2021
505	497282	188869	חניון נקרות פנימי	04/08/2021
504	497370	189250	חניון נקרות חיצוני	04/08/2021

473	500265	191125	נחל גוונים	06/08/2021
412	501618	193851	עין סהרונים	10/08/2021
421	501799	193913	חניון עין סהרונים	10/08/2021
422	501673	193934	עין סהרונים	10/08/2021
458	503828	192294	צ. הפקחים	10/08/2021
455	503475	192166	ח.בארות	10/08/2021
507	497375	189262	ח.נקרות חיצוני	11/08/2021
504	497277	188898	ח. נקרות פנימי	11/08/2021
501	497315	188672	200 מטר מערבית לנקרות פנימי	11/08/2021
459	500332	191932	חניון גוונים	11/08/2021
461	503310	192202	ח. בארות	13/08/2021
451	503785	191665	צבעי הרמון	16/08/2021
501	503021	189410	צבעי הרמון	16/08/2021
531	503454	184804	כניסה למנסרה	18/08/2021
533	503050	184523	אתר המנסרה	18/08/2021
528	500965	186786	בין השוקולד לדי מארס	18/08/2021
521	501407	185682	ציר שחור, כניסה לשמורה	18/08/2021
539	499937	186994	חניון גבס פנימי	20/08/2021
561	499783	186820	חניון גבס פנימי	23/08/2021
561	499790	186613	200 מטר מערבית לחניון גבס	23/08/2021
459	500255	191956	חניון גוונים	23/08/2021
528	500274	183920	שיטה של שן רמון	23/08/2021

דיגום אקוסטי ממושך

גובה	y	x	תאור מיקום	תאריך הסרה	תאריך הצבה
530	1879900	500349	סלינה_גוונים_שמורה	19/06/2022	26/05/2022

נספח 2 –

מאפייני הדיגום האקוסטי – מכשיר SM4

מיקרופון שמאלי	מיקרופון ימני*	
0.0	37.9	רגישות המיקרופון sensitivity
10	0	Gain
0	26	Pre-amplification

*לא נעשה שימוש בנתוני המיקרופון הימני בשל חיתוך (clipping). מראש ההגדרות כיוונו לרגישות גבוהה

בערוץ זה כך שניתן יהיה להאזין במידת הצורך לקריאות מרוחקות בהקלטות שקטות מאוד.

נתונים אלו שוכללו בכיול המדידות האקוסטיות כפי שחושבו בתוכנת קליידוסקופ-פרו.

מאפייני הרצת ניתוח אקוסטי – תוכנת קליידוסקופ-פרו KaleidoscopePro

חישוב עוצמת רעש רקע

Select columns per band

Min SPL Mean SPL Max SPL SELcum

1 Sample period (minutes)

131.9 dB adjustment

12.0 SEL peak threshold above mean

3.0 SEL off threshold above mean

התיקון לחישוב עוצמת רעש הרקע משלב את מאפייני הדיגום כפי שהוגדרו במכשיר SM4 (ראו טבלה לעיל)

אינדקסים אקוסטיים

דיגום אקוסטי קצר

ערך הסף המינימאלי לתקשורת קולית בבע"ח נבחר להיות 3 קילוהרץ, לפי מאפייני קריאות החרקים. ערך זה גבוה מהערך המקובל בשעות היום (2 קילוהרץ). הרצה נוספת בוצעה כך שערך הסף היה 1500 הרץ (במדדים BI ו-NDSI) (ללא שינוי ערכי הסף הביופוניים)). בדו"ח עצמו מצויין ערך הסף בו מוצגות התוצאות.

Acoustic Complexity Index

This index is based on the work of Pieretti, N., A. Farina, and D. Morri (2011) compatible with the ACI function of the R seewave package by Laurent Lellouch et al.

ACI Enable

FFT Size: 512 ▾

50 frequency minimum (Hz)

20000 frequency maximum (Hz, 0 = nyquist)

0 J (s), or zero for continuous

0 threshold dB fs or 0 for none

Bioacoustic Index

This index is based on the work of Boelman NT, Asner GP, Hart PG, Martin RE (2007).

BI Enable

FFT Size: 512 ▾

3000 frequency minimum (Hz)

8000 frequency maximum (Hz, 0 = nyquist)

Normalized Difference Soundscape Index

This index is based on the work of Kasten, E.P., Gage, S.H., Fox, J. and Joo, W. (2012). compatible with the NDSI function of the R seewave package by Jerome Sueur

NDSI Enable

FFT Size: 512 ▾

500 Anthrophony frequency minimum (Hz)

3000 Anthrophony frequency maximum (Hz)

3000 Biophony frequency minimum (Hz)

8000 Biophony frequency maximum (Hz)

Acoustic Diversity/Evenness Indices

These indices are based on the work of Pijanowski, B.C., L.J. Villanueva-Rivera, S. Dumyahn, A. Farina, B. Krause, B.Napoletano, S. Gage, N. Pieretti (2011) compatible with the R soundecology package by L.J. Villanueva-Rivera.

ADI Enable AEI Enable

frequency minimum (Hz)

frequency maximum (Hz, 0 = nyquist)

frequency step (Hz)

threshold (dB fs)

דיגום אקוסטי ממושך

מאחר שלא נבחנו לעומק ההקלטות משעות היום (אשר נכללו בדיגום הממושך ואינן זמינות מהדיגום הקצר) נעשה שימוש בהגדרות המקובלות מן הספרות ולא בערכים המותאמים לצלילים ולרעשים שנמצאו לשעות הלילה (דיגום קצר). כלומר, ערך הסף להבחנה בין צלילים ממקור אנושי למקור טבעי הוא 2000 הרץ (עבור NDSI, BI). יתר האינדקסים זהים לאלו שחושבו בדיגום האקוסטי הקצר.

Bioacoustic Index

This index is based on the work of Boelman NT, Asner GP, Hart PG, Martin RE (2007).

BI Enable

FFT Size:

frequency minimum (Hz)

frequency maximum (Hz, 0 = nyquist)

Normalized Difference Soundscape Index

This index is based on the work of Kasten, E.P., Gage, S.H., Fox, J. and Joo, W. (2012). compatible with the NDSI function of the R seewave package by Jerome Sueur

NDSI Enable

FFT Size:

Anthrophony frequency minimum (Hz)

Anthrophony frequency maximum (Hz)

Biophony frequency minimum (Hz)

Biophony frequency maximum (Hz)