

עקות חמצן מתמשכות באסטואר של נחל אלכסנדר

הנחיות למורה + תשובון

המאמר "עקות חמצן מתמשכות באסטואר של נחל אלכסנדר". נכתב ע"י סוארי, י., שיש ל., גפני ש., עמית ט., גלבע מ., ברוקוביץ' ע. ויהל ג. ופורסם בכתב העת אקולוגיה וסביבה, 2017, 8 (3) : 44-52

המאמר עובד ע"י לירן יעקובוביץ מהפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה בטכניון, שכתבה גם את הפעילויות.

נושא מתוך תוכנית הלימודים: מאמר זה קשור לנושא מערכות אקולוגיות (יחסי אדם-סביבה), ולפרק משאב המים (הבעיה הסביבתית – גורמים, מדידה ודרכי התמודדות) בתוכנית הלימודים. מונחים מתוך תוכנית הלימודים: מערכת אקולוגית, נחלי החוף, אסטואר, זיהום מים, עקה, מיעוט חמצן, חוסר בחמצן, ניטור, שיטות לבדיקת מים: צריכת חמצן ביולוגית, מליחות מים, ריכוז חמצן מומס המים, זרחות, חנקות, רמת PH, שפכים, מים מושבים, מי קולחין, העתרה אורגנית ידע קודם נדרש: מומלץ כי למידת המאמר תתקיים במסגרת לימוד נושא משאב המים לאחר לימוד המונחים שלעיל

מטרות הפעילות:

- התלמיד יתנסה בקריאת מאמר מדעי וניתוחו
- התלמיד יתנסה במיומנויות מדעיות כניסוח שאלות מחקר והשערות, ניתוח גרפים
- התלמיד יכיר את נחלי החוף בישראל ואת סוגיית זיהום הנחלים והשלכותיה
- התלמיד יסביר את הקשר בין הזרמת שפכים למצבי עקה בנחל

כלי הערכה: ניתן להעריך את הלמידה ביחידה זו בעזרת השאלות בגוף המאמר וכן ע"י:

- לוח שיתופי (למשל Padlet) או מצגת שיתופית שבו כל קבוצה תציג אחד מחלקי המאמר: מבוא, שאלת המחקר, שיטות, תוצאות ומסקנות.
- כתיבת חיבור בנושא בעד ונגד הזרמת שפכים לנחלים
- הכנת דוח מסכם לסדנה סביבתית בנושא נחלים

מבנה יחידת הלימוד:

מבוא - הכרת נחלי החוף ותופעת זיהום נחלים
מחקר – עקת חמצן בשפך נחל אלכסנדר

תשובון לשאלות

תשובות לפרק לפני שמתחילים

1. נכיר את נחלי החוף

התחלקו לקבוצות. כל קבוצה תבחר נחל אחד מתוך נחלי החוף שברשימה, תחפש עליו מידע באינטרנט (למשל באתר המשרד להגנת הסביבה) שיקום נחלים) ותציג לשאר הקבוצות במצגת שיתופית. ניתן להיעזר בשאלות המוצעות.

הנחלים: נחל נעמן, נחל קישון, נחל תנינים, נחל חדרה, נחל אלכסנדר, נחל פולג, נחל ירקון, נחל שורק, נחל לכיש, נחל שקמה, נחל הבשור.

א. אודות הנחל - היכן ראשיתו? מה אורכו? מה מסלולו? מה שטח אגן הניקוז שלו?

ב. סמנו על גבי המפה שבצד את מסלול הנחל עד השפך שלו לים. כמה יובלים (נחלים הזורמים לתוכו) מסומנים במפה ומי הם היובלים המרכזיים של הנחל?

ב. האם הנחל מזוהם? מהו מקור הזיהום? ניתן להיעזר [במפת מקורות זיהום נחלים באתר המשרד להגנת הסביבה](#)

ג. אם הנחל מזוהם - כיצד טיפלו בזיהום? האם הנחל עבר שיקום?



מפת נחלי החוף. מקור האיור: מט"ח, הספרייה החינוכית

להלן טבלה עם מידע חלקי על נחלי החוף

2. זיהום נחלים. ברצונכם לבחון אם נחל מזוהם ומתן השפעות הזיהום.

א. מהם המדדים אותם הייתם בודקים על מנת לזהות זיהום?

מדדים א-ביוטיים שכדאי לבדוק על מנת לזהות זיהום נחל: ריכוז חומר אורגני במים כמו תרכובות זרחן וחנקן, ריכוז מתכות ומזהמים אחרים, ריכוז חמצן במים, כמות אור במים וכו'. מדדים ביוטיים – שפע ומיני צמחים ובעלי חיים בנחל.

ב. תכננו ניסוי הבחון השפעת זיהום הנחל. מהו הגורם הבלתי תלוי בניסוי ומהו הגורם התלוי? כיצד תמדדו אותם?

ניתן לתכנן ניסוי מעבדה שיבחן השפעת איכות מים על גידול אורגניזמים. הגורם הבלתי תלוי הוא איכות המים. נערוך השוואה בין מי הנחל למי ברז ונמדוד את מדדי איכות המים – ריכוז חומר אורגני, ריכוז חמצן מומס ועוד. הגורם התלוי בניסוי יהיו אורגניזמים כמו אצות או בעלי חיים (למשל חלזונות וסרטנים). נמדוד את האורגניזמים לפי מדדים כמו קצב גידולם והתרבותם, קצב ייצור החמצן של האצות, כמות הכלורופיל באצות.

3. מחקר אסטוארים בנחלים

צפו בסרטון הבא על המחקר https://youtu.be/A4OuA_6MrDc וענו על השאלות:

א. מהו אסטואר?

אסטואר הוא שפך הנחל בו מתרחש המפגש בין מי הנחל המתוקים למי הים המלוחים.

ב. אלו מדדים בודקים במחקר המתואר בסרטון?

במחקר המתואר בסרטון משתמשים במכשור לדיגום מים, ובודקים ריכוז חמצן במים, מליחות, טמפרטורה, חדירות אור וכן כלורופיל במים וחומר אורגני במים.

ג. מהי מטרת המחקר? מה ניתן ללמוד ממנו?

מטרת המחקר ללמוד ידע חדש על מאפייני הנחלים וממנו ליצר מודלים שעשויים להשפיע על קבלת החלטות הנוגעת לניהול עתידי של נחלים, וזאת מתוך מטרה להביא לשיקום הנחלים למען הדורות הבאים. כך למשל ליצור מודל שיחזה מהי ההשפעה של ניהול שונה (ממשק) של הנחל - האם להזרים הרבה מים באיכות בינונית או מעט מים באיכות גבוהה?

מידע על נחלי החוף (דוגמאות חלקיות)

שם הנחל	אודות הנחל – היכן ראשיתו ומה אורכו? מה מסלולו? מה שטח אגן הניקוז שלו?	כמה יובלים מסומנים במפה? מיהם היובלים המרכזיים של הנחל?	האם הנחל מזוהם? מהו מקור הזיהום?	כיצד מטפלים/טיפלו בזיהום? האם הנחל עבר שיקום?	מקורות נוספים ברשת
נעמן	אורכו כ-11 ק"מ. זורם מכיוון אזור גליל תחתון ומשמורת אפק צפונה ונשפך לים התיכון בדרום מפרץ עכו. שטח האגן כ-70 קמ"ר.	במפה מסומנים 2 יובלים. היובלים המרכזיים הם נחל אבליים ונחל חילזון.	במהלך השנים הזרמת מי קולחין ברמת טיהור נמוכה גרמה לזיהום אורגני כבד בנחל. המערכת האקולוגית נפגעה קשות.	רשות ניקוז מטפלת בשמונה מקטעים להחזרת הנחל לתפקודו הטבעי על ידי טיפול במקורות הזיהום והזרמת מים באיכות ובכמות שיאפשרו שיקום אקולוגי ונופי; הסדרת ניקוז וויסות שיטפונות; יצירת ציר ירוק, פתוח ורציף לאורך הנחל לצרכי תפקוד אקולוגי ונופי; יצירת מערך שטחים פתוחים ומגוונים ברמות שונות של שימור/ פיתוח עבור פעילויות פנאי נופש ותיירות.	רשות ניקוז גליל מערבי
קישון	כ-70 ק"מ מהרי השומרון ועד לשפך הנחל בנמל חיפה שטח האגן: כ-1,100 קמ"ר	באגן הניקוז מתנקזים מספר רב של יובלים אשר החשוב שבהם הינו נחל ציפורי הכולל את נחל יפתחאל. יובלים נוספים הם: עדשים, מזרע, צבי, נהלל, בית לחם, גדורה, תענך, קיני, מדרך, משמר, השופט, קרת, יקנעם, יגור, נשר וסעדיה	נחשב בעבר לנחל המזוהם ביותר בישראל. בגדות הנחל שישה מפעלים: גדות ביוכימיה, בתי זיקוק חיפה, חיפה כימיקלים, כרמל אולפינים, מט"ש חיפה ודשנים וחומרים כימיים. בעבר הוזרמו שפכי המפעלים לנחל ללא טיפול קדם, ויצרו זיהום קשה. כיום חמישה מפעלים מזרימים קולחים לנחל, תחת היתר.	המשרד להגנת הסביבה, רשות נחל הקישון ורשות ניקוז ונחלים קישון פועלים לשיקום נחל הקישון: א. שיפור איכות מי הנחל ב. הוצאת המזהמים מהנחל – שיקום הקרקעית ג. שיקום המערכת האקולוגית של הנחל וגדותיו	רשות ניקוז קישון
תנינים	25 ק"מ מהרי מנשה עד לים התיכון על יד מעגן מיכאל שטח האגן: 185 קמ"ר	במפה מסומנים 2 יובלים. יובלים עיקריים: נחל עדה, נחל ברקן, נחל משמרות, נחל סנונית, נחל נילי ונחל אלונה	נחל תנינים נחשב כנחל נקי ללא זיהום והוא נשמר כנחל נקי לאורך השנים.	רשות ניקוז כרמל, מגבשת תכנית לשיקום אקו-הידרולוגי של נחל תנינים. מטרת השיקום לייצר את התנאים הנדרשים להתפתחות מערכת אקו-הידרולוגית יציבה, בעלת מורכבות מבנית מגוונת בכל אחד ממקטעי הנחל, שתהווה את הבסיס לייצור שירותים ותועלות לתושבי האגן.	השותפות לקיימות אזורית
חדרה					
אלכסנדר					
פולג					
ירקון					
שורק					
לכיש					
שקמה					
הבשור					

תשובות לשאלות לפרק המבוא

4. שער – מדוע התמקדו מאמצי השיקום במעלה הנחלים ולא בשפך שלהם?

שיקום הנחלים במעלה הנחל הוא בעל תחום השפעה גדול יותר משיקום השפך – הוצאת מזהמים והשבת מערכת אקולוגית במעלה, עשויים להשפיע על כל אפיק הנחל עד השפך ולכן יעיל יותר וחשוב לטפל במעלה.

5. מדוע המחסור בחמצן גורם לתמותה?

החמצן נדרש בקרב כל האורגניזמים, צמחים ובעלי חיים, לנשימה. מחסור בחמצן יגרום לתמותה.

6. מדוע מחסור בחמצן צפוי יותר במים העמוקים של הנחל בהשוואה לפני השטח של הנחל?

בפני השטח של הנחל יש כניסה מתמדת של חמצן מן האוויר באמצעות הרוח והגלים. חדירת האור טובה יחסית ולכן יש ייצור של חמצן ע"י אצות וצמחים.

לעומת זאת, במים העמוקים של נחל שיש בו זיהום של חומר אורגני, מתפתחים חיידקים צורכי חמצן שמשתמשים בחמצן לנשימה. בתנאים של עושר בחומרים אורגניים מתפתחות מיקרואצות שמונעות חדירת אור וצורות גם הן חמצן רב לנשימה. האצות מעלות את העומס האורגני במים העמוקים ואיתו את קצב צריכת החמצן.

7. מה הקשר בין מליחות המים באסטואר לריכוז החמצן בו?

במים העמוקים של האסטואר, מתרכזים המים המלוחים שהם צפופים ודחוסים יותר והם מונעים ערבול עם מים מפני השטח ולכן מגבירים את חוסר החמצן בקרקעית

תשובות לשאלות לפרק נחל אלכסנדר

8. שפכים ומי קולחין הם מים שמכילים ריכוזים גבוהים של חומר אורגני. מה תהיה ההשפעה של הוספתם לנחל?

ריכוז גבוה של חומר אורגני יגרום לפריחה של אצות ולעלייה בכמות החיידקים צורכי החמצן וכתוצאה מכך למיעוט ו/או מחסור בחמצן. פריחת אצות עשויה להוביל להגברת כמות החומר האורגני כלומר לתהליך העתרה.

9. שער – מה לדעתכם היה מצב הנחל בין השנים 2013-14 לעומת שנת 2015?

בשנים 2013-14 הגיעו מעט מי קולחין לנחל משום שמרביתם הועברו לחקלאות. לעומת זאת בשנת 2015 הועברו הרבה מי קולחין לנחל בשל עודפים ממתקן חדרה. יש לשער שריכוז החומר האורגני בשנת 2015 היה גבוה ונוצר מצב של זיהום נחל ומחסור בחמצן. אולם, לביסוס השערה זו יש לבחון מה הייתה איכות המים המטופלים שהוזרמו לנחל.

10. מה יכולה להיות השפעת שרטון החול על מדדי המים באסטואר בנחל?

שרטון חול עשוי להגביל את קצב תחלופת המים בין האסטואר לים ולפיכך להשפיע על כמות החמצן המומס במים ועל ריכוז המליחות שלהם.

תשובות לשאלות לפרק שיטות המחקר

11. במחקר נבדקו מליחות וחמצן בשני סוגי דגימות - בדגימות רציפות ובדגימות חודשיות. מהם עשויים להיות היתרונות והחסרונות של כל צורת דגימה?

דגימות רציפות – יתרונות: חיישנים נמצאים קבוע במים ומאפשרים מידע עקבי שוטף. לא דורשים כוח אדם לביצוע המדידות. חסרונות: עלות יקרה לתחזוקת מכשירים וטיפול בכמות מצטברת גדולה של נתונים.

דגימות חודשיות – יתרונות: כמות מוגבלת של נתונים, נוחה לטיפול. חסרונות – הבדיקות מבוצעות ע"י גורם אנושי. כמות הנתונים מוגבלת ולא רציפה.

12. מדוע מדדו את ריכוז הכלורופיל במי הנחל?

ריכוז הכלורופיל מעיד על כמות האצות והצומח במים ועל תקינות המערכת האקולוגית. עלייה חדה בכמות הכלורופיל תעיד על פריחה של אצות שככל הנראה נובעת מכמות גדולה של זרחות וחנקות במים, ולכן זהו מדד לאיכות המים.

תשובות לשאלות לפרק תוצאות המדידות הרציפות - ריכוז החמצן במים

13. התבוננו באיור 2 –

א. מה ניתן להסיק ממנו על השתנות ריכוזי החמצן המומס לאורך עונות השנה? שער - מהם הגורמים המשפיעים על השתנות זו?

בחורף, ניכר ריכוז חמצן גבוה יחסית. באביב חלה ירידה בריכוז החמצן, בקיץ ניכר מחסור חמור בחמצן ובסתיו נוסף חמצן למים אך עדיין הנחל במצב של מיעוט חמצן. הגורמים המשפיעים על השתנות זו הם ככל הנראה כניסת גלים של מי הים וכניסת מי גשם בסתיו

ובחורף אשר מוסיפים חמצן למים, לעומת תנודה נמוכה של מי הנחל באביב ובקיץ. ייתכן ובאביב ובקיץ יש יותר פריחה של אצות בהשוואה לסתיו ולחורף, ולכן פחות חמצן מומס במים.

ב. האם ניכר הבדל באחוז החמצן בין המים העמוקים (בכחול) למים הרדודים (באדום)? מהו ההבדל ובאלו חודשים הוא בולט במיוחד?

אחוז החמצן במים על פי רוב גבוה יותר במים הרדודים מאשר במים העמוקים. הבדל זה ניכר בעיקר בחודשים אפריל-יוני 2014 ובחודשים נובמבר-דצמבר 2014.

14. עיינו באיורים 2 ו 2ג - מהם ההבדלים הניכרים באחוז החמצן בין מאי 2014 למאי 2015?

באיור 2ג, במאי 2014 הייתה תנודתיות גדולה באחוז החמצן המומס במים לאורך החודש. במים הרדודים היה אחוז גבוה יחסית של חמצן לעומת המים העמוקים. באיור 2ב, במאי 2015, רוב ימי החודש היה אחוז חמצן נמוך במיוחד גם במים הרדודים וגם במים העמוקים.

15. שערו – מהם הגורמים להבדלים אלו בין מאי 2014 למאי 2015 ?

ייתכן וההבדל נובע מכמות הקולחין שהוזרמו בשנים אלו: בשנת 2014 הגיעו מעט מי קולחין לנחל לעומת 2015 בה הועברו הרבה מי קולחין לנחל - ייתכן וריכוז החומר האורגני שמקורו במי הקולחין שהוזרמו בשנת 2015 גרם לאחוז חמצן נמוך הנחל, כלומר לעקת חמצן.

תשובות לשאלות לפרק תוצאות המדידות החודשיות – פרמטרים של איכות מים:

16. מתוך הגרפים המוצגים באיור 4 – מה ניתן ללמוד על איכות המים בראש האסטואר לעומת המוצא (בהתאם למדדים המוצגים : כלורופיל , חמצן, זרחה, וחנקן אי-אורגני)? נסו לשער את הסיבות להבדלים אלו

נראה שמוצא האסטואר פחות מזוהם בהשוואה למעלה שלו - ריכוז הכלורופיל על פי רוב גבוה יותר במוצא השפך מאשר במעלה האסטואר – ייתכן ויש שם ריכוז צומח או אצות גבוה יותר. הערכים של החמצן בראש האסטואר גבוהים יותר משל הערכים במוצא לים. ריכוזי החנקות והזרחה גבוהים יותר בראש האסטואר מאשר במוצא שלו. יש להניח שמצב זה הוא משום שמעלה האסטואר קרוב יותר למקורות הקולחין ואילו בשפך האסטואר יש כניסה של מי ים המורידים את ריכוז הזרחות והחנקות.

17. במדדים של כלורופיל וחמצן ניכרים שינויים עונתיים. מה הם הגורמים המשפיעים על השינויים במדדים של זרחות וחנקות?

מדדים של זרחות וחנקות מושפעים מכמות מי קולחין שמוזרמים לנחל – באביב 2015 הוזרמו כמויות גדולות של קולחין שגרמו לעלייה ניכרת בריכוזי הזרחות והחנקות.

18. באביב 2015 הוזרמו כמויות גדולות של קולחין לנחל – מה היו ההשלכות של הזרמה זו?

כמויות גדולות של קולחין שהוזרמו באביב 2015 גרמו לעלייה ניכרת בריכוזי הזרחות והחנקות. ייתכן והזרמה זו גרמה לפריחת אצות וכתוצאה ממה לעליה בריכוז כלורופיל, בעיקר במוצא האסטואר. לא ניכרת מגמה של שינוי בריכוז החמצן באביב 2015 בהשוואה לחודשים שלפני ואחרי ההזרמה.

תשובות לשאלות לפרק דיון ומסקנות

19. מהן הדרכים לטיפול בעקת החמצן בנחל אלכסנדר?

- הפחתת עומסים של זרחות וחנקות ושל חומר אורגני ע"י: א. הפחתת ריכוזי המזהמים המוזרמים לנחל באמצעות טיפול מתקדם יותר בקולחים המוזרמים לאסטוארים ב. הפחתת כמות המים המטופלים המוזרמים לנחל
- הזרמה גדולה יותר של מים עשירים בחמצן באיכות טובה לנחל
- טיפול בשרטון החול ויצירת קישור טוב יותר בין האסטואר לים על מנת שייכנסו מים עשירים בחמצן מהים

20. הציעו רעיונות נוספים לטיפול בעקת החמצן בנחל

- הוספה של מתקנים המעשירים את המים בחמצן בדומה לחמצניות בבריכות הדגים
- הוספה יזומה של צמחי גדה ונחל להעשרת ייצור החמצן
- הסרה של האצות הפורחות במים בעזרת רשתות
- טיפול בחיידקים צורכי חמצן

21. התמניתם ליועצים בוועדה לשיקום נחל, עליכם להציע פתרונות לבעיית הזיהום בנחל. האם תציעו הזרמה של מי קולחין מטוהרים ברמה גבוהה? תנו נימוק בעד ונימוק נגד. מה דעתכם האישית בנושא?

טיעון בעד הזרמת מי קולחין מטוהרים – לאורך השנים נוצלו מי הנחלים, המעיינות נשאבו והנחלים יובשו. על מנת להחזיר את המים לנחלים ניתן להזרים מים מטוהרים באיכות גבוהה שיחליפו את המים שנלקחו.

טיעון נגד הזרמת מי קולחין מטוהרים לנחל - על פי הממצאים בנחל אלכסנדר, הזרמה של מי קולחין גם אם באיכות סבירה, יוצרת עומס של זרחות וחנקות שיגרמו לרמות נמוכות של חמצן מומס במים.

הצעה לפעילות סדנה סביבתית

מוצע לקיים פעילות העשרה של למידה חוץ כיתתית: סיור כיתתי בנחל הקישון לשם התרשמות מהנחל ומתהליך השיקום שלו ו/או סיור כיתתי בנחל אלכסנדר. מוצע להיעזר בחוברת [סדנה סביבתית נחלים](#).

סיור בנחל הקישון:

א. הכנה לסיור: התלמידים יעיינו באתר רשות נחל קישון [/http://kishon.org.il](http://kishon.org.il) ויענו על השאלות הבאות:

- היכן זורם נחל קישון? מהן גבולותיו?
- מהו אירוע הזיהום הנקשר לנחל קישון? למה גרם זיהום זה?
- כיצד שוקם נחל קישון?

ב. פעילות בסיור: נדגום את מי הנחל בנקודות שונות לאורכו על מנת להבין את השוני באיכות המים; ניתן לדגום את המגוון הביולוגי מבחינת צומח ובעלי חיים בנקודות שונות לאורך הנחל ובשפך הנחל.

ג. סיכום בכיתה: ניתן לערוך השוואה בין נחל קישון לנחל אלכסנדר עבור פרמטרים שונים כגון: איכות מים, מגוון ביולוגי, מקורות הזיהום, שיטות הטיפול.

סיור בנחל אלכסנדר: מסלול חוף בית ינאי –גן לאומי נחל אלכסנדר

א. הכנה לסיור: התלמידים ייעזרו במקורות הבאים: [/https://www.parks.org.il](https://www.parks.org.il); www.rnsharon.org.il ויענו על השאלות הבאות:

- היכן זורם הנחל? מהו מוצאו ואורכו? להיכן הוא נשפך?
- מהו מקור הזיהום בנחל?
- האם וכיצד שוקם הנחל?
- אילו בעלי חיים נצפה לראות בנחל?

ב. פעילות בסיור: ניתן לדגום את מגוון מיני בעלי החיים והצומח לאורך נקודות שונות במסלול.

ג. סיכום בכיתה: ריכוז נתוני הדיגום שנאספו בסיור והסקת מסקנות מנתונים אלה.