

משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף א' לפיתוח פדגוגי
תכניות לימודים ייחודיות

שם ביה"ס/המוסד: הישיבה התיכונית צביה אילת

שם התכנית הייחודית: חקלאות ימית

תחום הדעת: מדעי הטבע

מספר יחידות הלימוד: 5

סמל מוסד: 610170

**התכנית מבוססת על התכנית הייחודית שפותחה ומופעלת
בכפר הנוער החקלאי מכמורת רמות ים.**

תוכן עניינים

4	מבוא
4	רציונל תכנית הלימודים
4	מאפייני בית הספר וסביבתו החברתית תרבותית
5	סיבות והנמקות לפיתוח התכנית וייחודיותה
6	כותבי התוכנית
6	קהל היעד
6	הרקע לכתיבת התוכנית
7	מטרות כלליות של התוכנית
7	מטרות על
7	מטרות קוגניטיביות
8	פיתוח מיומנויות
9	פיתוח טכניקת עבודה
9	התפיסה הדידקטית והיסודות המארגנים של התכנית לחקלאות ימית
10	דרכי הוראה
10	דרכי הערכה
11	תכנית לימודים לחקלאות ימית
12	שעוריים 'מעשיים' התנסות ומעבדות
14	מפרט התכנים
14	תכני לימוד לכיתה י'
14	החיים במים
14	מערכות חיים
15	מחזורים בטבע והשפעתם עם גידולים בחקלאות הימית
16	חקלאות וחקלאות ימית- צורך, סקירת הגידולים והכרת השוק
16	תכני לימוד לכיתה יא'
16	גידולים ושיטות גידול בחקלאות ימית
17	רבייה בטבע ויישומה בחקלאות ימית
17	הזנה במערכות חקלאות ימית
18	אקולוגיה ימית
18	כלכלת המשק החקלאי
20	תכני לימוד לכיתה יב'
20	ממשק גידול

21		הזנה- העמקה
21		חקלאות ימית ואיכות סביבה
22		מערכות מים סגורות
23		ביבליוגרפיה מומלצת

מבוא

תכנית הלימודים חקלאות ימית בהיקף של 5 יח"ל מאפשרת לתלמיד להבין את תהליך הגידול במערכות של חקלאות ימית תוך שימוש בידע קיים על תהליכים ביולוגיים. היא מזמנת תכנון וביצוע של גידול אורגניזמים ימיים ותכנון מערכת גידול בכללותה. במסגרת תכנית הלימודים התלמיד יתנסה בעבודה עם תוכנות מחשב המאפשרות תכנון של מערכת הגידול החקלאי הימי. תשתית הידע של תכנית 'חקלאות ימית' מתבססת על ידע מוקדם בביולוגיה, במיקרוביולוגיה, בהזנה ובאקולוגיה. דרכי הלימוד וההערכה יובילו את התלמיד דרך כל שלבי ביצוע וכתובת מחקר מתוך הבנה שכלי זה יבסס חשיבה מובנית, קריאה וביצוע מחקרים. במקביל לכך, בתוכנית מגוון פעילויות מעשירות המיועדות להעלות את רמת המעורבות של התלמיד בסביבתו.

רציונל תכנית הלימודים

מטרתה של התוכנית לחקלאות ימית לנצל את הידע הקיים אצל התלמידים בתחומי הביולוגיה והכימיה על מנת ליישמו בתחומי החקלאות הימית תוך שימת דגש על התפקיד של החקלאות הימית בהרחבת השטחים המנוצלים לייצור מזון ומוצרי צריכה ובשימור הסביבה והימית תוך ניצול בר קיימא של משאב הים. תכנית הלימודים נכתבה ע"י חוקרי המכון הלאומי לחקלאות ימית וצוות מורי המגמה לחקלאות בבית ספר רמות ים במכמורת. התאמות רלוונטיות נעשו עבור הישיבה התיכונית צביה באילת. התוכנית משלבת את כלל הידע הקיים לתלמידים לאחר שלמדו את הבסיס הביולוגי. התוכנית מיועדת לתלמידים הלומדים במגמת חקלאות 5 יח"ל ולהם רקע בסיסי בביולוגיה (מבוא למדעים). הצורך לתוכנית עולה ממבנה הייחודי של המגמה כיוון שענף החקלאות הימית בשונה ממרבית הענפים האחרים בחקלאות כולל בתוכו מגוון רחב של גידולים, על התוכנית לבסס ידע בצמחים ובע"ח כאחד ובמקביל להעמיק את הידע היישומי לתכנון גידולים ותכנון מערכות גידול.

מאפייני בית הספר וסביבתו החברתית תרבותית-

הישיבה התיכונית צביה היא בית ספר ללימודי קודש וחול. הישיבה מונה כ 110 תלמידים בכיתות ט' עד יב'. הישיבה היא ייחודית ולה שילוב של תלמידים החיים בפנימייה ותלמידים תושבי העיר אילת שגרים בבתייהם. שעות הלימוד ארוכות וכוללות לימודים עד שעות הערב. הלימודים כוללים את מקצועות הקודש וכן את כלל מקצועות הליבה של בתי הספר התיכוניים באילת. אחוז הזכאים לבגרות בקרב הישיבה גבוה יחסית לעיר אילת (86% שנת תשע"ז). הישיבה מתמקדת במתן פתרונות פרטניים לתלמידיה ויחס אישי וצמוד לכל תלמיד. בנוסף ללימודי הליבה לישיבה מגמה ללימודי הגיאוגרפיה, תושב"ע, פסיקה (תיכון וירטואלי), ביולוגיה ומגמה לימאות (5 יח"ל). לימודי הימאות נלמדים בחוף הים הצפוני של אילת. ניתן יהיה לשלב בעתיד את הידע וניסיון הנצבר במגמה לימאות לצרכי הלימוד בחקלאות ימית. את לימודי החקלאות יבצעו התלמידים בתחומי בית הספר ובביקורים במוסדות החקר הימיים באילת (המכון הלאומי לחקלאות ימית, המכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים, מגמת אוניברסיטת בן גוריון קמפוס אילת) ובים. מגמת חקלאות ימית משתלבת היטב ברציונל של בית הספר לקיום של חיבור בין האדם לסביבה.

סיבות והנמקות לפיתוח התכנית וייחודיותה

ברמת התכנים המובאים בפני התלמיד, אלו תכנים מגוונים ושייכים לחקלאות עכשווית, אנו משערים כי בעתיד חקלאות מסוג זה תהיה בחזית הטכנולוגיה שבה מנוצלים שטחי ים לחקלאות ולפתרון בעיות מזון. בנוסף, ישנן תכניות משמעותיות לקידום העיר אילת והערבה כמרכז לייצור ופיתוח של טכנולוגיות לגידולי ים ומים.

בבית הספר ישנם תלמידים המעוניינים בלמידת נושאים מתקדמים וחדשניים בתחום החקלאות, הביולוגיה והאקולוגיה הימית. התוכנית ממזגת בין התהליכים הביולוגיים ליישומים החקלאיים והשפעתם על הסביבה הימית. בתוכניות לימוד מדעיות אחרות, הקיימות כיום, חסרה התמקדות בנושאים הימיים אינטגרטיביים בעלי ייחודיות לסביבה הימית השונה מהיבשתית. המגמה לחקלאות ימית בישיבה הנו ענף ייחודי שאינו קיים בשאר הישיבות התיכוניות בישראל. השימוש במשאב הים האדום, הנמצא סמוך לבית הספר, מהווה מקור לימוד חשוב ביותר כמו גם הסמיכות של מכוני מחקר מהתחום הימי כמו המכון הבניאוניברסיטאי למדעי הים, המכון הלאומי לחקלאות ימית וקמפוס אילת אוניברסיטת בן גוריון בנגב. כמו כן ישנו חיבור מתבקש לערכי הישיבה הדוגלים בלימוד על הטבע וחיבור עם הטבע. כחלק מחזון בית הספר, ומתוך רצון לחבר בין התלמידים לסביבה בכלל ולסביבת הימית בה מתקיים בית הספר ולעודד אקטיביזם סביבתי, התוכנית מגלמת בתוכה מספר מאפיינים:

- א. מקצוע שבאופיו משלב ידע מתחומי מדעי הטבע השונים.
 - ב. מקצוע חדשני הנמצא בחזית המדע, שיסקרן, יגרה ויפתח לתלמידים אופקים חדשים לתחומים חדשים ומרתקים, שאינם מוכרים לציבור הרחב.
 - ג. מקצוע שיאפשר לתלמידים לרכוש מיומנויות חקר וליישם במחקרים ימיים שיקדמו את התחום בו הם עוסקים בשיתוף עם חוקרים מהאקדמיה.
- בנוסף אנו חייבים להתייחס לכך שהתנאים הפיזיים והקרבה והנגישות לים מאפשרים למידה משמעותית תוך ניצול משאבי ביה"ס והסביבה הימית. אלו מאפשרים שילוב של סיורים וביצוע שלעבודת חקר היכולים להתבצע בים הקרוב או במתחם ביה"ס הכולל מערכות הידרופוניקה ואקוופוניקה מתקדמות, חממות, מכלי גידול ועוד. הקרבה לים ואהבת הים של התלמידים מאפשרת ללמד מקצוע אתגרי ומורכב בצורה מיטבית וחוויתית.

כותבי התוכנית

רפי יעבץ תואר ראשון מהפקולטה לחקלאות בתחום בעלי חיים סל דגים, תואר שני אוניברסיטת תל-אביב מחלקה לזואולוגיה בתחום אקולוגיה ימית בהנחיתו של פרופ' יוסי לוי. עוסק מעל 20 שנה בתחום חקלאות ימית וחקלאות מים במגוון רחב של מערכות פתוחות וסגורות ומגוון בעלי חיים. גלית כראדי תואר ראשון מאוניברסיטת בר אילן בתחום מדעי החיים, תואר שני מהאוניברסיטה הפתוחה-במחשבה הביולוגית בהנחיתו של דר' אוהד פרנס וכיום לקראת סיום תזה תואר שני, באוניברסיטת בר אילן הוראת המדעים בהנחייתה של פרופ' מיכל ציון. במשך 15 שנים מנחה מורים לביולוגיה ולמדעי החיים והחקלאות, מפתחת תכניות לימוד (ביוחקר, ביוחקר ברשת) ומטמיעה מתודיקה חדשה לביצוע והיבחנות בעבודות חקר.

התאמות לישיבה התיכונית נעשו על ידי ד"ר עומר פולק- מומחה לאקולוגיה של דגים ואלמוגים ובעל התמחות בתחום של שיקום שוניות והצבת שוניות מלאכותיות. עומר הינו בוגר תואר ראשון מהפקולטה לחקלאות במגמת גידול דגים. את תאריו המתקדמים עשה באוניברסיטת תל אביב בנושא ביולוגיה של זואנטידים (יצורים דמויי אלמוג) ותואר שלישי מאוניברסיטת בן גוריון בנגב, קמפוס אילת, בהנחיית פרופ' נדב ששר. עומר מלמד את המגמה לחקלאות מזה שנתיים. כמו כן הוא מלמד את המגמה לביולוגיה. לעומר היכרות מעמיקה של ים סוף ואת האנשים והמכונים הימיים הפזורים לחופיו. המורים העתידיים ללמד בתוכנית: מורים בעלי תואר ראשון בביולוגיה ו/או חקלאות ו/או מדעי הים עם עדיפות לתואר שני בתחומים הימיים.

קהל היעד

תלמידי מגמת חקלאות ימית (י-יב') מחויבים ללמוד כתנאי סף את הקורס 'מבוא למדעים'. התלמידים יבחנו בהיקף של 5 יח"ל בחקלאות ימית. היקף שעות הלימוד כולל 15 שעות שבועיות הכוללות עבודה מעשית. השילוב של העבודה המעשית מחזקת את הלמידה והופכת אותה למשמעותית. אפיון אוכלוסיית התלמידים המצטרפים למגמת חקלאות ימית (חק"י) תלמידים בעלי רמת מעורבות סביבתית בינונית נמוכה, ומוטיבציה להעמקת הידע המדעי.

הרקע לכתיבת התוכנית

תהליך המעבר מדייק לחקלאות ימית דומה בעיקרו לתהליך אותו עברה האנושות לפני אלפי שנים, מציידים ומלקטים, לחקלאים המגדלים את המזון הדרוש לקיום האוכלוסייה. חקלאות המים בכלל והחקלאות בפרט, הם פיתוח מאוחר בהשוואה לפיתוח החקלאות היבשתית. למרות שידוע לנו על דוגמאות מצומצמות של מתקני חקלאות מים וחקלאות ימית עוד בימי המקרא, הענף עבר התפתחות משמעותית רק בעשורים האחרונים. כיוון שכך וכיוון שעיקר ההתפתחות נעשה במדינות מתועשות, נדרשים העוסקים בחקלאות ימית לידע רב ומגוון, כמו כימיה של מים, ביולוגיה של אורגניזמים אקוויים והבנה משמעותית בתהליכים המתרחשים במתקני הגידול.

תחום החקלאות הימית, למרות שניתן בטעות לחשוב עליו כענף אחד- לא כך הוא. התחום מורכב ממגוון רחב של גידולים, החל מבעלי חיים חסרי ובעלי חוליות, בעלי חיים פלנקטוניים, בע"ח ישיבים- צמודי מצע ובע"ח בעלי כושר תנועה מפותח, וכלה בגידולי מיקרו ומאקרו אצות ואף צמחים ימיים. מעבר למגוון הגידולים הרחב, גם מטרות הגידול מגוונות. חלקן מיועדות למזון, בעוד שגידולים אחרים נועדו לנוי ותחביבים לשעות הפנאי, וחלק כחומרי גלם בתעשייה. בהתאם למטרת הגידול וסוג הגידול, גם טכנולוגיית הגידול מגוונת, בין שהיא ביבשה או בים, במערכת סגורה או פתוחה ובמערכות פוליקולטורה או מונוקולטורה. מגוון רחב כל כך של גידולים וטכנולוגיות מחייב ידע נרחב תוך פיתוח יכולת לימוד עצמית של התלמיד את התחום, על מנת שיוכל ליישם את הידע במגוון רחב של גידולים.

מטרות כלליות של התוכנית

מטרות על

- ❖ הבניית תשתית ידע הלומד להבנת התנאים והמתרחש בסביבה הפיזית.
- ❖ פיתוח כישורי חשיבה מסדר גבוה וכישורים מטה קוגניטיביים.
- ❖ טיפוח אחריות אישית וחברתית ומעורבות פעילה של הלומד בכל הקשור לשמירה על הסביבה והשפעות התערבות האדם.
- ❖ למידה בגישת חקר לימוד היכולת לארגן ידע באופן עצמאי ושימוש מושכל במידע להבניית ידע חדש.

מטרות קוגניטיביות: במסגרת לימוד תכנית הלימודים התלמיד ירכוש מיומנויות למידה, חשיבה

ומידענות.

- התלמיד יפתח יושר אינטלקטואלי בכתיבת דוחות ועבודות וימנע מכתובה שטחית ולא מבוססת. התלמיד יעשה שימוש מושכל באסטרטגיות לפתרון בעיות חקר וכן שימוש מושכל במידע: איסוף, עיבוד, פירוש, הערכתו והפקת משמעות רלוונטית.
- רכישת ידע לביסוס הקשר בין תהליכים ביולוגיים ויישומם בתהליכי הגידול של אורגניזמים בחקלאות- ימית תוך הבנה של שימוש בכלים מתמטיים לתכנון הגידול והממשק. ידע זה יהווה תשתית להתנסות בביצוע גידולי חקלאות ימית אצות דגים וחסרי חוליות.
- בכל מרכיבי התכנית מיושמים עקרונות כללים של פיתוח אסטרטגיות חשיבה ולמידה ובכללם אלה הייחודים לתחומי התוכן המדעי. שילוב הוראה ולמידה בדרך החקר, בביצוע ניסויים במעבדה, בעבודת חקר ובקריאת מאמרי מחקר וניתוחם תוך ביצוע חשיבה ביקורתית, מאפשר להעמיק את הבנת התכנים תוך הבניית ידע על ידי התלמידים.
- התלמיד ינתח באופן ביקורתי התמודדות עם תופעות פיזיות ואנושיות המתרחשות בשטח הגידול.
- התלמיד יבחין ויקשר בין תהליכים ביולוגיים שונים וכיצד מיישמים אותם בתהליכי הגידול של אורגניזמים בחקלאות ימית.
- התלמיד יבין וילמד להשתמש בכלים מתמטיים לתכנון הגידול והממשק.
- התלמיד ילמד סוגיה אקולוגית ויפעל להגברת המודעות ופתרון הבעיה.
- התלמיד יחשף לקריאת מאמרים מחקריים חקלאיים, ומין העובדות שלמד וקרא יבצע חשיבה ביקורתית וימנע מהכללות לא מבוססות.

*מטרות ערכיות וכלליות

- התלמיד יפתח מודעות לגבי חשיבות השמירה על הסביבה ומניעת פגיעה בטבע סביבו.
- הגברת מודעות התלמיד ופיתוח אחריות וכן פיתוח חשיבה עסקית כיצד להגדיל יבולים על מינימום- שטח אדמה ולהשתמש בים כמשאב כלכלי המהווה בסיס לעוצמתה של המדינה.
- בתוכנית הלימודים התלמיד יידרש להבנת משמעות התערבות האדם בטבע והצורך במערכות גידול-

חקלאיות. בדגש על הקניית ידע וניסיון בביצוע גידולי חקלאות ימית אצות דגים וחסרי חוליות תוך קישור בין תהליכים ביולוגיים ויישומם בתהליכי הגידול של אורגניזמים בחקלאות ימית. ידע זה יהווה בסיס איתן להבנה חשיבות נקיטת פעולה בתחום שימור הסביבה הימית.

במסגרת תכנית הלימודים התלמיד יתנסה בעבודת צוות בכל שלוש שנות הלימוד. כך יפתח הרגלי-עבודה שיתופית בין עמיתים. בנוסף, לצורך עמידה בדרישות יפתח הרגלי למידה וחקר ציוותי בדגש על עקרונות השיווק, מודעות לצרכי השוק ופיתוח המוצר. לשם מימוש מיומנויות אילו תיבנה תוכנית הלימודים של שימוש בכלים מתמטיים לתכנון הגידול והממשק.

פיתוח מיומנויות:

- התמודדות עם חומר מדעי ברמה גבוהה. התלמידים רוכשים מיומנות בקריאת חומר מורכב מתחומים מגוונים וברמה אקדמית.
 - התלמיד יילמד לערוך השוואות בין תנאי גידול וסביבות גידול שונות תוך החלטה איזו סביבת גידול מתאימה יותר.
 - התכנית מחייבת התמודדות עם כתיבת דוחות ועבודת חקר וכך התלמיד מתמודד עם כתיבה עיונית מושכלת ומעמיקה.
 - התוכנית דורשת מהתלמידים לרכוש מיומנות רבה במגוון רחב של כלים ממוחשבים לאיסוף וניתוח נתונים.
 - במסגרת תכנית הלימודים התלמידים יתנסו בשימוש בכלים מקוונים לצורך חיפוש מידע מושכל, עריכת מידע וסיכום, ניתוח נתונים והצגתם באופן ברור בהתאם לכללים הנהוגים במחקר המדעי.
- פיתוח טכניקת עבודה** כולל שיטות עבודה וגידול של אורגניזמים ימיים. מבנה ותחזוקה של מערכות גידול פתוחות סגורות ועבודה בים פתוח גידול ומחקר.

התפיסה הדידקטית והיסודות המארגנים של התכנית לחקלאות ימית

תכנית הלימודים נבנתה בגישה בה תכני הידע ילמדו מהבסיס הכימי, דרך התהליכים הביולוגיים ועד ליישום החקלאי והבנת השפעתו על מערכות אקולוגיות. מבנה זה תומך בתפיסה מחקרית, על פיה נדרש להבהיר ולהבין את המחקר, תוך ביסוס תוצאותיו ברמה אירגונית נוספת לזו שבה נדונה שאלת המחקר.

לימודי הכימיה מקנים לתלמידים את ההבנה הדרושה להכרת מבנה החומרים ולהבנת התגובות ומהלכי התגובות הכימיות (בדגש על כימיה של המים) לשם העמקת הבנת התהליכים הביולוגיים והחיים בסביבה הימית.

על בסיס הידע הכימי יש לבנות את רובד הלימוד של התהליכים הביולוגיים והרחבתם לפרקים הרלוונטיים יותר לסביבה הימית. הוראת התהליכים הביולוגיים בסביבה הימית, מהרמה התאית דרך רמת האורגניזם השלם, ועד למערכות אקולוגיות ימיות מורכבות. כך מתקבל שילוב של הוראת ביולוגיה עם הוראת חקלאות תוך שימת דגש על הנושאים הדומים ועל הייחוד של החיים במים.

החקלאות נלמדת כיישום של תהליך ביולוגי לצרכים של ייצור. באופן דומה יש להתייחס ללימודי הסביבה הימית, על בסיס ההבנה של תהליכים ביולוגיים, אך למטרות של הגנה על הסביבה הימית. במסגרת תכנית זו, כל אחד מפרקי התוכנית יילמד מהבסיס הכימי ועד היישום החקלאי או האקולוגי, תוך הבנת התהליכים המעורבים בפרק זה. על מנת להשיג צורת חשיבה מדעית בקרב התלמידים, בתוכנית הלימודים משובץ פרק שלם המלמד על אופן השימוש במודלים ידועים של מחקר, לצורך הבנת מאמרים וממצאיי מחקרים מדעיים. פרק זה המקנה כלים לחשיבה מדעית בעזרת מודלים ייושם בכל אחד מפרקי הלימוד של תכנית הלימודים בחקלאות ימית.

דרכי הוראה

בשנים האחרונות מתרחשות בחברה הישראלית בהשפעת תמורות - כלל עולמיות - תמורות המחייבות אותנו כמורים להתעדכן ולהיות אטרקטיביים בהוראתנו. ההתפתחות הטכנולוגית-מאפשרת העמקה הרחבה ויכולת ארגון של נתונים המסייעים מאוד בלמידה וחלה עליה במעמדן של "מיומנויות הטיפול בידע".

התפתחויות תרבותיות שונות מגדילות את הצורך של המערכת להשקיע יותר בטיפול ערכים חברתיים ובחיזוק התבוננות על הסובב אותנו.

דרכי ההוראה המוצעות בתכנית משלבים חקר, קריאה במקורות, שימוש בסביבה עתירת טכנולוגיה ובסביבה פיזית המאפשרת יישום של הנושאים הנלמדים. במהלך החשיפה לתחום הדעת הגיוון בהוראה מקרב את הנושאים הנלמדים לתלמידים.

דרכי הערכה

דרכי ההערכה ממשבות את הטמעת תכנית הלימודים לשם קידום הלמידה וההוראה. הערכה אינה אירוע חד פעמי אלא מתבצעת לאורך כל שלושת שנות הלימודים. את הערכה מבצעים באופן תהליכי, בדרכים מגוונות המאפשרות מתן ביטוי לכישורים שונים של התלמידים תוך מתן משוב בין תלמידים למורים ובין התלמידים לבין עצמם. הערכה התהליכית אינה מעריכה רק תוצרי למידה אלא היא חלק בלתי נפרד מתהליך הלמידה וההוראה כך שהתלמידים יתכננו את עשייתם בעת התרחשותה, יבחנו באיזו מידה הושגו היעדים, יאתרו נקודות חוזק, נקודות לחיזוק, קשיים וכשלים. מטלות שונות להערכת החלק העיוני של התוכנית מפורט מיד, החלק המעשי יפורט בהמשך.

טבלה מסכמת דרכי הערכה:

שיטת הערכה	כיתה י'	משקל	כיתה יא'	משקל	כיתה יב'
היקף יח"ל	1		2		2
עבודת הגשה	עבודת הסברה על האקווריום	40	עבודת הגשה סוגיות שמירה על הסביבה הימית	20	
דו"ח מעבדה/ סיור	2 דוחות מעבדה 2 דוחות סיור	60			
מבחן מעשי			PBL - ייצור עצמאי של ביופילטר מבחן על אחד מענפי הגידול	40	
מבחן עיוני				40	שני מבחנים כל אחד 50%

ב. 1. התלמידים יגישו עבודה בה ינתחו גידול של חקלאות ימית מבחינה יישומית, כלכלית, אקולוגית, בסוף שנה ייבחנו במבחן מתוקשב הכולל אנסין וכתובת דיון המורכב משאלות במבנה של דיון במאמר מדעי.
ב. 2. מבחן עיוני בעזרת מחשב או ידני, המבוסס על מאמרים ומחקרים מהספרות. בשילוב הידע שנלמד בכיתה

ג. בכיתה י"ב 40%

ג. 1. מבחן עיוני מתוקשב, המבוסס על מאמרים ומחקרים מהספרות. מבנה הבחינה מדמה כתיבת מאמר מדעי כך שהתלמיד נדרש להבין את הנושא הנחקר ולהוסיף לתוכו את הידע לפרק המבוא על סמך החומר הנלמד בכיתה. כמו כן תכלול הבחינה ניתוח נתוני המחקר וכתובת דיון על סמך ידע נלמד עם הוספת מקור ספרותי מהרשת.

תכנית לימודים לחקלאות ימית

טבלה מספר 1: תכנית לימודים חקלאות ימית 5 יח"ל.
שעות לימוד ופעילות

כיתה	ש"ש פרונטליות	ש"ש התנסות ומעבדות	סיוורים ופעילויות	מטרה ותכנים
י'	3	2	פעילות סביבתית - 5 מפגשים לסיוע בהחזקת שמורת חוף אלמוג 3 סיורי חוף (סלעי/חולי)	מטרה: הגברת המעורבות בשימור הסביבה מטרה הכרת האורגניזמים בים, תכנים : אנטומיה התאמות ובתי גידול של אורגניזמים הימיים באזור הכרית

יא'	5	2	סיורים במכון הלאומי לחקלאות ימית חוות NBT לגידול אצות ו 'ערדג' מכון לגידול דגים, כולל הסבר על טכנולוגיות הגידול ביולוגיה של הגידול והאספקטים הכלכליים בכל חווה	היכרות עם טכנולוגיות גידול של חסרי חוליות דגים ואצות. הבנה של מבנה מערכת גידול והתאמתה לגידול ולדרישותיו
			סיוע בהדרכות עם רט"ג במרכז החינוכי בשמורת חוף אלמוג ובחופי הים	חינוך למעורבות ושמירה על הסביבה הימית
יב'	5		סיור לימודי אקולוגיה, חקלאות ימית ומחקר אוקיינוגרפי במפרץ אילת כולל חיא"ל והמכון הבין אוניברסיטאי	היכרות עם שיטות מחקר וניטור אוקיינוגרפי, מחקרים בחקלאות ימית, מערכות משולבות והזנת דגים
			העברת הדרכות במרכז החינוכי בשמורת חוף אלמוג בנושא שמירת טבע ימית. שנירקולי פיקוח	חינוך למעורבות ושמירה על הסביבה הימית

תכנית לימודים לחקלאות ימית: שעוריים 'מעשיים' התנסות ומעבדות.

שנה ראשונה: כיתה י'

- מעבדת פלנקטון
- מעבדת נשימה תאית ופוטוסינתזה הדגמת המבנה המעגלי של שני התהליכים במעבדה. לחלופין הכרת האנטומיה והביולוגיה של דגים (ניתוח של דג)
- מעבדת אלמוגים
- התנסות בתחזוקת אקווריומים
- סיור חוף סלעי והחוף החולי- הכרת המבנה וחברת החוף הסלעי והחולי.
- עבודה במשק חקלאות ימית
- גידול ומעקב אחר אורגניזמים באקווריום

תוצרי השנה הראשונה:

- 3 דו"חות מעבדה ו 2 דו"חות סיור
- כל זוג תלמידים יגישו דוח על האקווריום אותו הם החזיקו במהלך השנה. הדוח יכלול צילומים, הסברים על האורגניזמים באקווריום, ותוספת חווייתית.

שנה שנייה: כיתה י"א

התנסות בשני גידולים (כל אחד במשך חצי שנה) מתוך הגידולים הקיימים בענף גידול דגים באקווריום, שרשרת מזון, אלמוגים (בעתיד), גידול חסה וצמחי תבלין, גידול אצות ים במכלים. במהלך תקופת הלימוד יש לסיים בכל גידול את ההתנסות על פי הטבלה:

גידול דגים באקווריום מים מתוקים	גידול חסה/ צמחי תבלין (אקוופוניקה של מים מתוקים)	גידול אצות מאקרו	גידול אלמוגים (בעתיד הקרוב או במצפה התת ימי)	שרשרת מזון
חישוב מנה יומית	חישובי האכלה	הכרת רכיבי הדישון ותפקידם	הדבקת טיפים פרוטוקול	הבקעת ארטמיה
מעקב גדילה	קצבי גדילה דגים וצמחים	מעקב גדילה	סיפון	גידול ארטמיה לשלב בוגר

האכלה	שקילת דגים	חישוב השפעות פסיקליות (אור/ איוורור) על תפוקה	הבנת צרכי מערכת פילטרים והחזקתם	זיהוי זוגות ארטמיה בשלב רבייה
סיפון	הוצאת מתיים	תחזוקה סיפון וניקיון שוטף	הכרת מערכת הפילטרים	ספירת ארטמיות
הכרת רכיבי המערכת	הבנת צרכי מערכת פילטרים והחזקתם	יעילות ניקיון המים (אצה כביופילטר)	הכרת מבנה האלמוג	גידול מיקרו אצות משלב הבידוד עד 250 מ"ל
מדידה של ערכי מערכת תקינים ותיקון	הכרת הביולוגיה של דגים וצמחים	הכרת מבנה האצות	הכרת משפחות אלמוגים	ספירת מיקרו אצות
זיהוי מחלות	הכרת רכיבי הדישון ותפקידם	זיהוי שיטות רבייה באצות		הכרת רכיבי הדישון ותפקידם
התאמה והכרת צרכי הגידול של דגים לאקווריום	זיהוי מחלות	הפקת חומרים מאצות (בעתיד)		גידול רוטיפרים
	חישוב Sizing בהתאם למרכיבי המערכת המשתנים (כמות דגים/ צומח/ חיידקים)			הכרת מבנה הרוטיפר

תוצרי השנה השנייה:

1. כל תלמיד יגיש בכל חציון דו"ח עבודה שיהיה מורכב מאיסוף כל הדו"חות השבועיים .
2. התלמיד יבחן מבחן מעשי על פי הדרישות בענף אותו הוא למד בסוף כל חציון, שיכלול גם ידע תאורטי.
3. הכנת כתבה בזוגות על נושא כלשהו בתחום של הסביבה הימית הכתבה תהיה מבוססת על הבנת הרקע מתוך מקורות מקובלים, נקיטת עמדה והעברת המסר.

לחלופין ניתן להמיר את הכתבה בעבודה המציעה מוצר חדש לשיווק של חקלאות ימית כולל בסיס כלכלי ובדיקת היתכנות. אפשרות נוספת היא בנייה של מערכת או חלק ממערכת של חקלאות ימית בבניה עצמית לדוגמה פילטר ביולוגי/ מערכות חמצון מים וכד'. התלמיד יבדוק את הצלחת המכשיר שבנה בשטח ויידרש להסביר את העקרונות והשיקולים שבחר לבניית המתקן.

מפרט התכנים:

א. תכני לימוד לכיתה י'.

1. החיים במים

הנושא	מספר שעות לימוד	נושאים עיקריים	מושגים מרכזיים	ביבליוגרפיה לתלמיד	דרך ההוראה	דרך הערכה ומשקלה
תכונות פיסיקליות של מים	18	צפיפות המים	קוטביות, אדהזיה, טרמוקלינה, אנומליה של המים		פרונטלי ניסוי יצירת טרמוקלינה,	
		קשר טמפרטורה-מים	הולכת חום, הסעת חום, קיבול חום, קיבול חום סגולי, חום כמוס		ניסוי חימום בקבוק פלסטיק בנפחים שונים ניסוי יצירת הסעת חום במכלים	
		מעבר אור במים	ספקטרום, פוטוסינתזה, PAR			
ההרכב הכימי של המים	6	מלחים במים	הלוקלינה		ניסוי צפיפות במי מלח	
		מסיסות גזים במים,	לחץ אטמוספירי		מדידות מסיסות חמצן במים עם טמפרטורות שונות	בוחן מסכם תכונות המים

2. מערכות חיים

הנושא	מספר שעות לימוד	נושאים עיקריים	מושגים מרכזיים	ביבליוגרפיה לתלמיד	דרך ההוראה	דרך הערכה ומשקלה
מערכת	18	חד תאיים	אנדוציטוזה,		פרונטלי	

			פאגוציטוזזה אקסוציטוזזה,			העיכול
דו"ח מעבדה	מעבדה במכון הבינאוניברסיטאי		נמטוציסטים, פוליפ, שטח פנים לספיגה (חלל גסטרוסקולרי)	צורבים		
			התאמת גפי פה לאופן תזונה, קיבה קדמית ואחורית, צקה	סרטנים		
דו"ח מעבדה	ניתוח דג		הבדלים בין דגים טורפים לצמחוניים, מבנה שיניים, אורך מעי	דגים		
			פירוק, ספיגה, הבדלים בין חד חרב קיבתיים	מערכות עיכול בחד קיבתיים		
	ניסוי הדגמה של מעבר חומרים דרך ממברנה		דיפוזיה, ספיגה אקטיבית	הובלת חומרים בחד תאיים	12	מערכת הובלה (כולל מבנה הלב ותפקודי מערכת ההובלה)
			מערכת פתוחה,	מערכת ההובלה בחרקים		
			מיקום לב- ריאות, מבנה	מערכת ההובלה		

			של תא דם בדגים, פציעות והחלמה מפציעות,	בדגים		
	סרטונים		חומרים המצויים בדם,	מערכת ההובלה ביונקים		
				חד תאיים וספוגים	6	חילוף גזים
				צורבים		
			יחס שטח פנים לנפח, נשימה נגדית	בעלי זימים- רכיכות ודגים		
			נאדיות	נושמי אוויר- ריאות		

3. מחזורים בטבע והשפעתם עם גידולים בחקלאות הימית

הנושא	מספר שעות לימוד	נושאים עיקריים	מושגים מרכזיים	ביבליוגרפיה לתלמיד	דרך ההוראה	דרך הערכה ומשקלה
מחזורים ביוגיאוכימיים בסביבה הימית	22	מחזור הפחמן ומחזור החמצן כולל את תהליך הנשימה התאית השפעת הפד"ח על החומציות	החמצת אוקיינוסים, אירובי/ אנאירובי	מאמרים נבחרים במרשתת	פרונטלי, ניתוח של מאמר	
		גלגולי אנרגיה באורגניזם	פוטוסינתיזה, כימוסינתיזה, אוטוטרופי,			

			הטרורטרופ, מיקסטרופ	ובסביבה הימית מאנרגיית השמש לאנרגיה כימית עד אנרגיית תנועה וחום.		
			ניטרופיקציה, דניטרופיקציה, פילטרים	מחזור החנקן בים		

4. חקלאות וחקלאות ימית- צורך, סקירת הגידולים והכרת השוק

הנושא	מספר שעות לימוד	נושאים עיקריים	מושגים מרכזיים	ביבליוגרפיה לתלמיד	דרך ההוראה	דרך הערכה ומשקלה
חשיבות החקלאות לאספקת מזון	2		ביקוש, היצע, רווית שוק, תשומה			
מטרות הגידולים החקלאיים	2					
מגוון הגידולים בחקלאות ימית	4		צמחים, אצות, דגים,			

ב. תכני לימוד לכיתה יא'.

5. גידולים ושיטות גידול בחקלאות ימית

הנושא	מספר שעות לימוד	נושאים עיקריים	מושגים מרכזיים	ביבליוגרפיה לתלמיד	דרך ההוראה	דרך הערכה
-------	-----------------	----------------	----------------	--------------------	------------	-----------

ומשקלה						
			שינוע, שלב יובנלי, שלב רפרודוקטיבי	דגים למאכל ולנוי	8	גידולים בחקלאות ימית
				אצות למזון ותעשייה		
			זריעת פנינים	רכיכות למאכל, נוי ותעשייה		
				חסרי חוליות למאכל		
				כלובי דגים ימיים	12	שיטות גידול בחקלאות ימית
			ביופילטר כמקור הכנסה	גידולי צדפות ואצות בים		
	סרטים על ההבדלים בין שיטות הגידול השונות- רישום של יתרונות וחסרונות של כל שיטת גידול		גידול אקסטנסיבי, אינטנסיבי וסופר אינטנסיבי	מערכות גידול יבשתיות גידול אקסטנסיבי, אינטנסיבי – וסופר אינטנסיבי		
			איכות הסביבה, בקרת הטעם, זיהום בגידולים חקלאיים, ביואקומילציה	חשיבות בקרת תנאי הסביבה על פי רמת האינטנסיביות של הגידול		

6. רבייה בטבע ויישומה בחקלאות ימית

הנושא	מספר שעות לימוד	נושאים עיקריים	מושגים מרכזיים	ביבליוגרפיה לתלמי רפיה ד	דרך ההוראה	דרך הערכה ומשקלה
רבייה	25	רבייה זוויגית ואל זוויגית	הנצה, קיטוע, איסוף ביציות, הפריה מלאכותית, הטלה ועידוד הטלה, התנהגות רבייתית, דוגרי קן/ דוגרי פה		סיור לחקר ימים ואגמים בנושא רבייה בדגים	
		רביה ישירה- רבייה עם שלבים	נאופלי,			
		הפריה פנימית- הפריה חיצונית	וויפריטי, אובופאריטי, אובוויפריטי			
		תכנון מערכות רבייה לפי אופי הרבייה של האורגניזם	עדר רבייה			

7. הזנה במערכות חקלאות ימית

הנושא	מספר שעות לימוד	נושאים עיקריים	מושגים מרכזיים	ביבליוגרפיה לתלמיד	דרך ההוראה	דרך הערכה ומשקלה
הזנה	50	הרכב מנה				
		אבות המזון	חלבונים, פחמימות, שומנים, ערך אנרגטי,		שימוש בלגו ללימוד מבנה של אבות המזון	

	השונים, פירוק והרכבה מחדש		חומצות אמיניות חיוניות, חומצות שומן רוויות ובלתי רוויות			
			מקור צמחי ואנימלי, רכיבים ועלויות	מרכיבים עיקריים במזון דגים ומקורותיהם		
			יחס פחמן חנקן	מקדם נשימה		
			מאזן אנרגיה, מטבוליזם בסיסי, מטבוליזם ייחודי	אנרגיה במזון		
			אוסמורגולציה	דיאגרמת חלוקת אנרגיה שבמזון לקיום ולייצור		
				חישוב מקדם ניצלת המזון		
				השפעת איכות המזון ומחירו על כלכליות הגידול		
	דגם של תא אנימלי		מיטוכונדריה ציטופלזמה , ATP , צימוד	נשימה תאית		

			ריאקציות, ארוכי אנארוכי, תרכובות חנקן אורגניות כמקור אנרגיה			
	מעקב במיקרוסקופ אחר מחזור החיים של ארטמיות		חד תאיים, מיקרו אצות, רוטיפרים, ארטמיות, זאופלנקטון חומצות שומן בלתי רוויות	גידול מקרו אצות		שרשרת המזון
	זיהוי של תוצרי רבייה באצות במיקרוסקופ			רבייה של מקרו אצות		
	יונקות- תצפית בבינוקולר		יונקות	הזנה מינרלית		

8. אקולוגיה ימית

הנושא	מספר שעות לימוד	נושאים עיקריים	מושגים מרכזיים	ביבליוגרפיה לתלמיד	דרך ההוראה	דרך הערכה ומשקלה
פירמידת המזון בים	25	שרשרת מזון לעומת מארג מזון, מעבר אנרגיה בגידול	אוטוטרוף, הטרוטרוף, רמות טרופיות, גורמים		משחק זיכרון עם כרטיסיות ובהן הסבר אורגניזמים, ומי ניזון	לפי צורת עבודה, בוחן קצר על תוכן הכרטיסיות יודא קריאה

והבנת החומר	מהם, בו התלמידים צריכים להתאים רמות טרופיות ולהרכיב לבסוף מארג מזון.		ביוטים ואביוטים, הלופ הבקטריאלי,	חקלאי ימי		
	איור שמתאר את הסביבות השונות תוך חלוקה לגורמים ביוטיים וא-ביוטיים.		כרית , תת כרית , על כרית, גורמים אביוטים וביוטים ,מגוון מינים, תפוצה, יחסי גומלין	הסביבה הפלאגית מדף היבשת אזור הכרית	20	סביבות בים
	מפות של מפרץ אילת, סיור קצר בחוף הים- גיאולוגיה והקשר לים, יתרונות/ חסרונות לפיתוח חקלאות ימית במפרץ	דפני- מפרץ אילת, מים סוף ועד סופו	ימי שמש, עומק, צלילות מים, סביבון צפון מפרץ אילת, השפעות סביבתיות, סדימנט	ייחודו של מפרץ אילת כאתר לחקלאות ימית	4	מפרץ אילת
			אמוניה, ניטריט, ניטראט, PH, עומס גידול , יחס	הפרשות מגידול דגים וחסרי חוליות	6	

			שטח פנים לנפח			
	הגשת עבודה מסכמת על הסביבה הימית/ תיאור של מוצר לחקלאות ימית		מערכת משולבת, ביואינדיקטורים, אורגניזמים קושרי חנקן	פתרונות אופציונאליים למזעור הזיהום הנוצר מהגידולים	4	

9. כלכלת המשק החקלאי

הנושא	מספר שעות לימוד	נושאים עיקריים	מושגים מרכזיים	ביבליוגרפיה לתלמיד	דרך ההוראה	דרך הערכה ומשקלה
כלכלה חקלאית	20	מושגי יסוד בכלכלה	הצע , ביקוש תשומה, דייג יתר, עונתיות בדיג, רגולציה של ממשק גידול מכסות ,		סרטים, דילמת פיצוי לסירות המכמורת לעומת שמירת טבע. סיכום של מאמר קצר	
	3	הבנת התשומות הייחודיות למשק החקלאות ימית				
	4	יתרון וחסרון הכלכלי של שיטות גידול				

				יבשתיות וימיות		
--	--	--	--	-------------------	--	--

ג. תכני לימוד לכיתה יב'.

10. ממשק גידול

הנושא	מספר שעות לימוד	נושאים עיקריים	מושגים מרכזיים	ביבליוגרפיה לתלמיד	דרך ההוראה	דרך הערכה ומשקלה
תכנון גידול ומערכות גידול	50	ביומסה	פירמידת ביומסה, אנרגית חום, אנרגית תנועה, קצב גידול יומי אחוז גדילה אחוז שרידה עקומת גידול		ניתוח של גרפים קיימים לגידולים חקלאיים שונים והשוואה של האורגניזמים השונים.	
		הבנת התהליכים הביולוגיים העיקריים המשפיעים על עקומת הגידול	אוסמורגולציה, גדילה והתפתחות			
		התנסות בחישוב קצבי הגידול בעזרת מחשב.	מקדם היפוך מזון			
		השפעת התנאים (טמפרטורה ומליחות) על	מאזן אנרגטי, מסיסות גזים, מסיסות			

			מלחים	עקומת הגידול וההסבר האנרגטי לשינויים.		
				השפעת ממשק (זרם, טמפרטורה, איכות מים ומליחות) על עקומת הגידול.		
				שימוש בעקומת הגידול לתכנון הגידול.		

11. הזנה- העמקה

הנושא	מספר שעות לימוד	נושאים עיקריים	מושגים מרכזיים	ביבליוגרפיה לתלמיד	דרך ההוראה	דרך הערכה ומשקלה
הזנה	30	מקדמי נשימה				
		חישוב גודל מנה שימוש בטבלאות הזנה				
		חישוב מקדם ניצולת מזון				
		הבנת הגורמים				

				המשפיעים על ניצולת המזון (טמפרטורה, איכות מים, זרם, גודל הדג, מין הדג)		
				תהליכים אנאבולים וקטבולים של חלבונים		
				השפעת ממשק הגידול על חלוקת האנרגיה		

12. חקלאות ימית ואיכות סביבה

הנושא	מספר שעות לימוד	נושאים עיקריים	מושגים מרכזיים	ביבליוגרפיה לתלמיד	דרך ההוראה	דרך הערכה ומשקלה
חקלאות וסביבה	30	האם החקלאות הימית מהווה פגיעה בסביבה או תורמת לשימור הסביבה	כלובי הדגים באילת, פגיעה מקומית ופגיעה אזורית, מנהל תקין של חקלאות ימית, חקלאות ימית וציונות	מאמרים בנושא כלובי הדגים באילת	דיון כיתתי או משפט היסטורי להקמת והוצאת חוות כלובי הדגים ממפרץ אילת. ייבחנו היבטים ביולוגיים/ חקלאיים/ כלכליים/	

	היסטוריים/ אתיים					
				חלוקת ההפרשות להפרשות מומסות וחלקיקיות		
			מגוון מינים, זיהום מים, הגדלת חומר אורגני ואנאורגני בסביבה, טריפה וטורפים, FAD,	השפעות סביבתיות של כלובים ימיים. השפעות כימיות ופיסיקליות, השפעות ברמות הטרופיות		
			טיהור מים, אצות לטיהור, ערכי סף, פלישת מינים, מחלות	השפעות סביבתיות של מערכות גידול יבשתיות, של אורגניזמים ימיים ואופן ההתמודדות עימן		

13. מערכות מים סגורות

הנושא	מספר שעות לימוד	נושאים עיקריים	מושגים מרכזיים	ביבליוגרפיה לתלמיד	דרך ההוראה	דרך הערכה ומשקלה
מערכות מים סגורות היבטים של	40	מבנה מערכת מים סגורה עם	פילטר, חיידקים ארוכיים		סיור בחקר ימים ואגמים	

			אנארוביים, ניטריפיקנטים, תחלוב מולקולות	מערכת פילטרציה חמישה רכיבים		שמירה- על איכות המים/ פילטרים
				תהליכים פיזיקליים, כימיים, וביולוגים במערכות הפילטרציה		
ציון יתקבל על ידי חבר שופטים מבית הספר וממבחן בעל פה על מבנה הפילטר יתרונותיו וחסרונותיו	בניית פילטר ביולוגי לאקווריום מחומרים ממוחזרים	8 Jaap van Rijn	שהיה , גידול מערכי, גידול יציב, ארוביים אנארוביים, טמפ, חומציות	התפתחות אוכלוסיית חיידקים במערכות הפילטרציה השפעת גורמים סביבתיים על קצב הגידול		
				יצירת מצע דיפרנציאלי לייעול עבודת הביופילטרים		
				השפעת ממשק הגידול על יעילות הפילטרים.		
				השפעת ממשק ההזנה על מבנה הפילטרים		

				ותפקודם		
				תכנון מערכות הפילטר לפי יעודן ולפי הממשק המתוכנן.		
				יתרונות וחסרונות של מערכות גידול סגורות פתוחות וימיות.		

ביבליוגרפיה מומלצת:

1. אופירה איילון ושות'. פיתוח בר קיימא של חקלאות ימית בים התיכון של ישראל. מוסד שמואל נאמן למחקר מדיניות לאומית 2015
2. אלישע גוטויין. הלכה ומעשה בגידול בעלי חיים במשק החקלאי. הוצאת מערכת קיבוץ דליה.
3. גדעון חולתא, הקרפיון. ארגון מגדלי הדגים, 1995 .
4. יצחק סימון, חוברת מקצועית למגדל ארגון מגדלי הדגים, 2002.
5. עיתון דייג ומדגה לישראל, ארגון מגדלי הדגים.
6. יעקב דפני, מפרץ אילת- מים סוף ועד סופו. 2000. צ'ריקובר. 415 עמ'.
7. Robert D. Barnes Invertebrate Zoology
8. Jaap van Rijn The potential for integrated biological treatment systems in recirculating fish culture—a review. Aquaculture .Volume 139, Issues 3–4, 15 January 1996, Pages 181–201.