

# עבודת הגמר בביולוגיה

מעודכן י"ח באלול התשפ"ב

14.9.22

המידע על עבודת הגמר בביולוגיה נועד לסייע לעוסקים בהכנת עבודות גמר בביולוגיה, התלמידים, מנחי העבודות, רכזי עבודות הגמר, מנהלי בתי הספר וכמובן גם למורי הביולוגיה שתלמידיהם מכינים עבודות גמר. מידע זה מתמקד בהיבטים הפדגוגיים המיוחדים לעבודת הגמר בביולוגיה, אך המידע בו אינו מהווה תחליף לכללים המנהלתיים של משרד החינוך לגבי עבודות הגמר בכלל מקצועות הלימוד, כפי שהם באים לידי ביטוי באתר "הפיקוח על עבודות הגמר".

מסמך זה מחייב מבחינה פדגוגית את כותבי ההצעות (והעבודות גמר) החל משנת תשפ"ב.

קישור לדף עבודות גמר בפורטל עובדי הוראה:

[/https://pop.education.gov.il/final-projects](https://pop.education.gov.il/final-projects)

## תוכן העניינים של המידע על עבודת גמר בביולוגיה

3	על עבודת הגמר
3	מבוא
4	ייחודה של עבודת הגמר בביולוגיה
5	בחירת הנושא לעבודה
6	הנחיית העבודה
8	הצעה לעבודת הגמר
11	מבנה עבודת הגמר
14	עיצוב העבודה
14	הערכת העבודה
16	מחווין
17	מעמד עבודת הגמר
18	סייגים בהכנת ההצעה והעבודה, בכתיבתן ובהנחייתן
19	דוגמה להצעה של עבודת גמר בביולוגיה

## על עבודת הגמר

### מבוא

במדור זה מוצגים מאפייניה של עבודת הגמר בבילוגיה על רקע ייחודו של מקצוע הבילוגיה כאחד מענפי המדע המרכזיים, העוסק בתחומים שונים ומגוונים. הכללים וההנחיות להכנת עבודת גמר בבילוגיה, על שלביה השונים, משלב בחירת הנושא והכנת הצעת המחקר ועד השלמת העבודה והערכתה מוצגים לשימושם של העוסקים בהכנת העבודה, מנחים, תלמידים, רכזי עבודות גמר ומורים לבילוגיה, כמו כן מוסברת החשיבות של התאמת הנושא לתלמיד, בחירת התלמידים המתאימים, בחירת המנחים, ההנחיה ומערכת הכללים והסייגים העומדים ביסוד התהליך.

הבילוגיה היא מדע העוסק בתחומי משנה רבים כגון פיזיולוגיה, בוטניקה, מיקרוביולוגיה, אקולוגיה, תורשה, אימונולוגיה ביוכימיה ועוד. הבילוגיה נותנת הסבר לתחומים מדעיים רבים, כמו ביולוגיה מולקולרית והנדסה גנטית, ומספקת כלים לחקר תופעות רפואיות כגון מחלות גנטיות וסרטן. מחקרים בתחום הבילוגיה הובילו לחקר המוח, לפיענוח הגנום האנושי, לשימוש עתידי בתאי גזע בטיפול במחלות מסוימות ולפיתוח תרופות ושיטות חדשניות לטיפול במחלות שונות.

מקצוע הבילוגיה מאפשר לחקור נושאים רבים ומגוונים, בדרכי מחקר שונות, וביניהם מחקרים מתקדמים המשלבים שימוש במחשב ועבודת מעבדה לדוגמה, בתחום הביואינפורמטיקה, ננוטכנולוגיה ושימוש בהדמיות בחקר פעילות המוח.

הדרך המומלצת להגשת עבודת גמר בבילוגיה היא "עבודה לא צמודה". עבודה זו יכולה לכתוב כל תלמיד/ה, הן תלמיד/ה שלא לומד/ת במגמת ביולוגיה והן תלמיד/ה מגמת ביולוגיה **בנוסף** ללימודי הבילוגיה שלו/שלה ולהיבחנות בכל מרכיביה.

התייחסות לעבודת גמר "צמודה" בעמוד 19.

הכנת עבודת גמר בבילוגיה מחייבת ידע רחב ומעמיק בתחום, ולפיכך היא מתאימה ללומדים את המקצוע. תלמידות ותלמידים שאינם מתמחים במקצוע זה ומעוניינים בכל זאת בכתיבת עבודת גמר, **חייבים להרחיב את ידיעותיהם בבילוגיה ולהכיר בצורה מעמיקה את מושגי היסוד, תכני הליבה והתכנים הרלוונטיים לתחום בו עוסקת העבודה וכן את כל מיומנויות החקר ומושגי החקר בתכנית הלימודים בבילוגיה, מאחר ושליטה בנושא העבודה ותכניה בלבד אינה מספקת כדי להגיע להבנה מעמיקה והישגים הולמים.**

כתיבת עבודה לא-צמודה היא דרך המחקר המומלצת על ידי הפיקוח לתלמידי הבילוגיה, וזאת כהזדמנות לחקור לעומק היבטים בבילוגיה, כהשלמה ללמידת המקצוע ולא כתחליף להיבחנות בו.

ההנחיות המלאות נמצאות באתר הפיקוח על עבודת הגמר:

[/https://pop.education.gov.il/final-projects](https://pop.education.gov.il/final-projects)

תלמיד/ה יוכל/תוכל לכלול בהרכב ההיבחנות הגשת עבודת גמר אחת-בלבד.

משך הכתיבה של עבודת גמר הינה שנת לימודים אחת בלבד. תלמיד/ה המתחילה בכיתה י' חייב/ת לסיים ביא', תלמיד/ה המתחילה בכיתה י"א חייב/ת לסיים בכיתה י"ב. לחריגה מהלוח"ז חובה לבקש אישור מהפיקוח על עבודות הגמר.

בוגרים ונבחני משנה אינם יכולים לכתוב עבודת גמר.

## ייחודה של עבודת הגמר בביולוגיה

עבודת הגמר בביולוגיה היא עבודה **מחקרית** בבחירה, אותה מכינים תלמידים המבקשים להרחיב ולהעמיק את ידיעותיהם בתחום מדעי זה ומעוניינים להתנסות בתהליכי המחקר האופייניים לתחום. העבודה מסתמכת על רקע מדעי מורכב, ידע והבנה של מושגי יסוד ושימוש מושכל ומעמיק בהם, ספרות מקצועית עדכנית ומעמיקה ופרסומים מדעיים בעברית ובשפות זרות. תלמידים החסרים רקע מתאים (שאינם לומדים את המקצוע) עלולים להתקשות בהבנת הרציונל של המחקר בעת ביצוע העבודה ובסיכומה, היבט שעלול לבוא לידי ביטוי בהערכה הסופית של העבודה.

עבודת הגמר בביולוגיה על-פי טיבה היא בעלת דרישות לימודיות גבוהות בהשוואה לנדרש בתוכנית הלימודים הרגילה הנלמדת בבית-הספר, ועל כן, הכנת העבודה מתאימה לתלמידים בעלי יכולת לימודית גבוהה ובעלי עניין מיוחד בתחום דעת זה, היכולים להתמודד בכוחות עצמם עם חומר חדש ולהבין את הבעיה הנחקרת במשמעותה המקצועית הרחבה.

כעבודה מחקרית, חייבת עבודת הגמר בביולוגיה לכלול מרכיב ניסויי או תצפיתי, במעבדה או בשדה וכן שאלות מחקר ולא השערות מחקר. החל משנת הלימודים תשע"ב ניתן להגיש עבודה בתחום הביואינפורמטיקה. פרטים לגבי עבודות גמר בתחום זה בעמוד 6.

סיכום של מקורות שונים (ספרים, מאמרים), עיבוד נתונים ממחקרים אחרים או ביצוע סקרים וניתוח שאלונים לא יתקבלו כנושאים לעבודת גמר בביולוגיה אלא באישור מיוחד של הפיקוח.

הכנת העבודה מאפשרת לתלמידים לבצע מחקר, בהנחייתם של מנחים אקדמיים שהם חוקרים מומחים לנושא ולתחום, תוך קיום קשר וזיקה למחקר האקדמי המתקדם: קיום קשר הדוק עם החוקר/ת ו/או צוות חוקרים, הכרת דרכי עבודתם, התוודעות אל העולם המדעי - מחקרי והליכי הלימוד והעבודה המקובלים בו, תוך כדי רכישת מיומנויות חשיבה ומיומנויות אחרות הנדרשות בעבודה מחקרית - כל זאת מתוך התנסות עצמית. הכנת העבודה תהייה במוסד אקדמי ו/או מוסד מחקרי (אוניברסיטה, מכוני מחקר, מעבדות בבתי חולים) המאפשרים תנאים מתאימים לביצוע המחקר.

ניתן לבצע עבודת גמר בחממה של בית הספר, או במעבדת בית הספר, לאחר קבלת אישור מיוחד של הפיקוח, אישור המותנה בקיומו של ציוד המתאים לעבודת הגמר המוצעת.

נושא העבודה יכול להיות מכל תחומי הביולוגיה או תחומים המשיקים למקצוע. בחירת הנושא והכנת העבודה חייבים להתבסס על ידע מעמיק במקצוע ועל בסיס לימודי הליבה בביולוגיה העומדים ביסודה של תכנית הלימודים המורחבת במקצוע זה. הכנת העבודה מחייבת ידע והבנה של מושגי היסוד ותהליכים בביולוגיה ושימוש מושכל ומעמיק בהם.

את ההצעות לעבודות הגמר וכן את העבודות יש להכין ולהגיש על-פי הכללים וההנחיות של הפיקוח על עבודות הגמר ושל אגף הבחינות, החלים על עבודות גמר בכל תחומי הדעת.

### **בהכנת עבודת הגמר שלבים אחדים:**

1. **בחירת נושא והכנת הצעה לעבודה.**

2. **הגשת הצעה לאישור הפיקוח** במשרד החינוך על פי הדרישות המקצועיות, ובמידת הצורך הגשת תיקון להצעה.

קבלת אישור הפיקוח על ההצעה וטיבה היא תנאי להגשת העבודה להערכה. ללא התיקון והתייחסות לכל ההערות לא תאושר ההצעה. אין להתחיל את ביצוע החקר ללא אישור ההצעה.

3. **ביצוע המחקר.**

4. **עיבוד ממצאי העבודה וכתביבטה,** בהנחיית המנחה-החוקר.

5. **הגשת העבודה להערכה** לאגף הבחינות, במשרד החינוך.

הכנת ההצעה והעבודה יהיו על פי הכללים וההנחיות שקבע הפיקוח על עבודות הגמר ובהתאם לדרישות המקצועיות וההנחיות שקבע הפיקוח המקצועי על הוראת הביולוגיה.

6. **הערכת העבודה על ידי מעריך/כה חיצוני/ת שימונו על ידי הפיקוח על הביולוגיה.**

## **בחירת הנושא לעבודה**

הנושאים המתאימים לעבודות גמר הם נושאים מכל תחומי הביולוגיה ויישומיה. הנושאים הנחקרים בעבודת גמר בביולוגיה יהיו נושאי מחקר שניתן לבצע במעבדה, בשדה, בבתי חולים וכיוב'. הנושאים והמחקר הכרוך בהם יהיו כאלה ששיטות המחקר המקובלות בהם יהלמו את רמת ידיעותיו של התלמיד ורמת יכולתו של התלמיד, הן מבחינת תוכן והן מבחינת מורכבותן ודרכי הביצוע שלהם.

בעבודות שעוקבות אחר צילומים על התלמיד/ה להכיר ולשהות באזור הנחקר ולהבין את מיקום המצלמות, דרך פעולתן תנאי השטח וכו'.

בבחירת **נושא בין תחומי** יודגשו ההיבט הביולוגי של הנושא והבעיה הנחקרת. בעבודה מסוג זה השאלות המרכזיות שיוצגו יהיו מתחום הביולוגיה ותהייה התייחסות לתהליכים ביולוגיים.

בחירת הנושא תיעשה לאחר איתור המנחה המתאים/מה ומוסד המחקר - תוך תיאום עם התלמיד/ה, המורה לביולוגיה ורכז/ת עבודות הגמר בבית - הספר.

### **בבחירת הנושאים יש להימנע מנושאים הכרוכים ב:**

- שימוש בחומרים רדיואקטיביים.
- שימוש במיקרואורגניזמים פתוגניים (חיידקים, נגיפים ואחרים).
- ביצוע ניסויים עם תאי סרטן אנימליים או הומניים.
- מעורבות רגשית שאינה מתאימה לתלמיד בגיל זה (למשל: טיפול בבעיות חולי, קשר עם לוקים במחלות נפש וכיו"ב).
- בעיות אישיות ובעיות של אתיקה רפואית.

ככלל, יש להימנע מעבודות שבהן יש פגיעה ברווחת בעלי חיים או המתה שלהם. במקרים בהם בכל זאת יש פגיעה/המתה של בעלי חיים, יש להוסיף להצעת המחקר את המסמכים הבאים:

- \* מכתב מהורי התלמיד/ה שהם מכירים ומאשרים את נושא העבודה והקשר לבעלי החיים.
- \* מכתב ממנהל/ת בית הספר המאשר שהתלמיד/ה יחקור/תחקור את הנושא הנבחר.
- \* אישור מנחה/ועדה במוסד המחקר שהניסוי מתקיים בהתאם לנהלי המועצה לניסויים בבעלי חיים ורווחת בעלי החיים באותו מוסד.

החל משנת הלימודים תשע"ב ניתן להגיש עבודות גמר בתחום הביואינפורמטיקה. הכללים להגשה עבודה בתחום זה הם:

- א. הבסיס התיאורטי של העבודה יהיה קשור למדעי החיים והעבודה תעסוק בשאלה ביולוגית שניתן לענות עליה באמצעות ניתוח הנתונים,
- ב. בהצעת המחקר תופיע המתודולוגיה של המחקר ומה תהיה תוכנית העבודה של התלמיד/ה.
- ג. במהלך המחקר התלמיד/ה ייחשף/תחשף לכל מרכיבי הניסוי וכיר/תכיר את הדרך שבעזרתה הגיעו אל הממצאים (דרך ביקור במעבדה, צפייה בדרכי המדידה). בהצעת המחקר תפורט הדרך שבה יבוצע מרכיב זה.
- ד. בפרק הדין בעבודה הסופית תהיה התייחסות להבנה של עקרונות ומנגנונים ביולוגיים. הדגש בעבודה יהיה על התרומה של הממצאים לתהליך או לתופעה הביולוגית/ת שנבדק/ה.
- ה. לעבודה הסופית יצורף נספח ובו יומן ניסוי ופירוט העשייה של התלמיד/ה (סעיף ג), תוך תיעוד ההיכרות עם מרכיבי הניסוי. ללא הנספח לא תיבדק העבודה.

## **הנחיית העבודה**

מנחים בהכנת עבודת גמר בביולוגיה יהיו בעלי השכלה אקדמית (בעלי תואר שני או שלישי) במקצוע זה, מומחים בתחומם ובנושא העבודה, העובדים במוסד מחקרי ובעלי ניסיון במחקר.

עבודת מחקר בביולוגיה כרוכה בקיום תנאים מתאימים ובמכשור מתקדם; לכן יש לאתר מקום מתאים לביצוע העבודה (אוניברסיטה, מוסד מחקרי), צוות מחקרי ומנחה מתאים/ה ובסיועם לבחור ולגבש את הנושא על - פי נטיותיו והעדפותיו של התלמיד.

איתור מנחה אקדמי/ת, ייעשה על-ידי בית-הספר, (על-ידי מרכזי עבודות הגמר ובסיועם של המורים לביולוגיה), זאת באמצעות יצירת קשר עם מוסדות מחקר הנגישים לתלמיד.

בית-הספר יביא לידיעתם של המנחים המקצועיים את כל הנדרש בעבודת גמר ויעדכן אותם בכל כללי ההכנה, הנהלים ולוח-הזמנים, כמפורט כאן, באתר עבודות הגמר של משרד החינוך ובחוזר הפיקוח על עבודות הגמר.

עבודת הגמר לא תונחה על-ידי המורה לביולוגיה של התלמיד/ה, אלא באישור מיוחד של הפיקוח על המקצוע.

### **המנחים המקצועיים (האקדמיים)**

תפקידם העיקרי הוא להנחות את התלמידים בכל הנוגע להיבטים המקצועיים-מדעיים של הנושא: הפניה לספרות מקצועית מתאימה, הדרכה באיסוף החומר, תכנון המחקר, סיוע בכתיבת ההצעה לעבודה, הכרת שיטות עבודה, ביצוע המחקר, עיבוד הממצאים וסיכומם.

המנחים יסייעו לתלמידים בקריאת מאמרים מדעיים הרלוונטיים לנושא העבודה ולבעיה הנחקרת, בהתאם ליכולותיהם של התלמידים (בשפת אמם ובאנגלית, על-פי הצורך). כמו כן המנחים ילוו את התלמידים לאורך כל המחקר המעשי ובכתיבת העבודה.

המנחים יעיינו בעבודה עם השלמתה יעירו עליה ויכוננו את תיקונה, על-פי הצורך.

המנחים יצרפו לעבודה המוכנה מכתב הערכה אישי המתאר את דרך העבודה של התלמידים ויצרפו להערכה המילולית את ציון ההגשה.

המנחים נדרשים להכין את התלמידים לשיחת הערכה על עבודתם.

### **קריטריונים לבחירת מנחים עבודות גמר:**

א. תואר שני או שלישי בביולוגיה, או בתחומי דעת קרובים.

ב. ניסיון מחקרי עדכני של 3 שנים לפחות, או עבודה במוסד מחקרי.

**המנחים לא ידריכו יותר מ 2-3 תלמידים בעת ובעונה אחת.**

**נאסר על הורה או בן משפחה קרוב לשמש מדריך מקצועי, אף אם נושא העבודה הוא בתחום מומחיותם.**

### **רכזי עבודות גמר**

בית-הספר ימנה מורה מטעמו – מרכז/ת עבודות גמר - אשר ילוו את עבודת התלמידים לכל אורך תהליך הכנת העבודה ויעמדו בקשר רצוף עם המנחים המקצועיים ועם הפיקוח במשרד החינוך (הפיקוח על עבודות הגמר והפיקוח המקצועי). הרכזים יעמדו בקשרי התייעצות עם המורה לביולוגיה. הם יעקבו אחר התקדמות התלמידים בעבודתם, יסייעו להם בקריאת חומר מדעי, בהנחיה בכתיבת העבודה וההצעה לעבודה, בעריכה, בניסוח העבודה ובפתרון של בעיות שונות העולות במהלך העבודה.

הרכזים יקראו את העבודה לפני השלמתה והגשתה להערכה ויעירו את הערותיהם (מוצע, שגם המורים לביולוגיה יעיינו בהצעה ובעבודה לפני השלמתן והגשתן).

בבית-ספר שקיימת בו קבוצה של תלמידים המכינים עבודות גמר, מוצע לקיים סדנת הדרכה וליווי אשר תונחה בידי מרכזי עבודות הגמר.

**מודגש כי אחריות בית הספר היא לעבוד לפי ההנחיות דרך מערכת עבודות הגמר ולפי לוח הזמנים הנדרש על ידי הפיקוח ושאושר בהצעה לעבודת הגמר.**

### **התלמידים**

עבודת הגמר בביולוגיה על פי טיבה היא בעלת דרישות לימודיות גבוהות לכן הכנת העבודה מתאימה לתלמידים בעלי עניין מיוחד בתחום דעת זה, בעלי יכולות לימודיות גבוהות ויכולת ביטוי טובה בכתב. על התלמידים להכין את ההצעה לעבודה **באופן עצמאי ולכתוב אותה בעצמם ובשפתם**. התלמידים יכולים להיעזר במנחה לצורך כתיבת ההצעה אולם הכתיבה הסופית תהיה על ידי התלמידים.

תלמידים שאינם לומדים את מקצוע הביולוגיה יכירו במהלך כתיבת העבודה את מושגי היסוד והתכנים הרלוונטיים לתחום בו עוסקת העבודה, מאחר שהשליטה בנושא העבודה ותכניה בלבד אינה מספיקה כדי להגיע להבנה מעמיקה והישגים הולמים.

## הצעה לעבודת הגמר

### ההצעה לעבודת הגמר והנדרש בה

ההצעה לעבודת הגמר היא המתווה והתשתית לעבודה כולה. לכן יש חשיבות להכנתה היסודית ולביסוסה על ספרות מקצועית מתאימה (אותה קרא התלמיד), להבנה כוללת של הבעיה הנחקרת ולהכרת התהליך המחקרי כולו.

תלמיד/ה המעוניין/נת בכתיבת עבודת גמר יכין/תכין הצעה לעבודה אשר תוגש לאישור במשרד החינוך - הפיקוח על עבודת הגמר והפיקוח על הוראת הביולוגיה.

ההצעה לעבודה (בקובץ **Word**) תוגש באמצעות "**מערכת עבודות הגמר**" (המערכת האינטרנטית להגשת הצעות) **בחודשים כסלו-שבט** (חודשים דצמבר-ינואר), ולא יאוחר מ- 31 בינואר בכל שנה, לשם קבלת חוות דעת ולאישור הפיקוח על עבודות-הגמר.

הכנת ההצעה תהיה לאחר שהתלמיד/ה בחר/ה בנושא המעניין אותו/ה ועיבד/ה אותו בהדרכת מנחה מקצועית/ת מתאים (ראה לעיל). הגשת ההצעה ואישורה (כולל תיקונה על פי ההנחיות) על-ידי הפיקוח במשרד החינוך, הם תנאי להכנת העבודה ולהגשתה להערכה.

הכנת ההצעה תהייה על-פי המפורט בהמשך, והיא תתייחס גם לחוזר הפיקוח על עבודות הגמר היוצא לאור בראשית כל שנת לימודים ( באחד בספטמבר) והנדרש בו.

הכנת ההצעה וכתבייתה ייעשו בידי התלמיד/ה (בלשונו/ה), בהדרכה ובהכוונה של המנחה המקצועית/ת.

אין להגיש הצעות ללא אישור המנחה.

הכנת ההצעה תהייה על-פי ההנחיות להכנת הצעות שהוציא הפיקוח על עבודות הגמר והדוגמה שבאתר זה.

### הכנת ההצעה לעבודה

ההצעה לעבודה והצגת הדברים בה יהיו מנוסחים כמקובל בעבודות מחקר בביולוגיה.

**ההצעה תנוסח באופן קצר ותמציתי והיא תוכן על-פי הנקודות הבאות (יצוינו בה):**

**1. דף פותח - את ההצעה (כדף פותח) ילווה דף עם הפרטים הבאים**

#### **א. פרטים על התלמיד/ה**

שם המקצוע, נושא העבודה, שם התלמיד/ה, מס' זהות, שם בית-הספר, מספר הטלפון וכתובת ודואר אלקטרוני

סמל בית-הספר. יש לציין אם התלמיד/ה לומד ביולוגיה בהיקף של 5 יחידות לימוד.

#### **ב. פרטים על המנחה**

שם המנחה, תואר אקדמי, תחום הדעת, שם מוסד המחקר שבו תתבצע העבודה, עיסוק/ה של המנחה האקדמי/ת, כתובת/ה, מס' טלפון וכתובת דואר אלקטרוני שבה ניתן להשיג/ה.

#### **2. נושא העבודה**



### 3. מטרות העבודה

### 4. שאלות המחקר

### 5. הרקע העיוני לעבודה.

ממנו עולות שאלות המחקר ועליו מבוססים תהליכי הבדיקה (והמחקר) המוצעים. בסופו של הרקע העיוני יש להתייחס לחשיבות העבודה – מה עשויה להיות תרומתה בהיבטים מחקריים או מעשיים.

### 6. מערך המחקר

פירוט הדרכים והניסיונות לבדיקת שאלות המחקר. כל שאלת מחקר תלווה בתיאור קצר של מערך הניסוי המתאים לבדיקתה (להלן תכנית העבודה).

### 7. תכנית העבודה המעשית

התכנית תכלול שיטות עבודה וכלי מחקר, פירוט חומרים, גודל המדגם, חזרות ולוח זמנים משוער. על התלמיד/ה להיות שותף בתהליך המחקר, וליטול חלק בתכנון המחקר ובביצועו.

### 8. חלקו/ה של התלמיד/ה במחקר

יש לפרט במדויק מה יבוצע על ידי התלמיד/ה במהלך הכנת העבודה. התלמידים אינם יכולים לשמש עוזרים טכניים או משקיפים על עבודתם של אחרים. העבודה המעשית המחקרית היא ליבת העבודה ולכן על התלמיד/ה להקדיש לה זמן בהתאם. יש לציין בהצעה הערכה של מספר השעות שיקדישו התלמידים לחלק זה בעבודתם.

**תלמידי המינהל לחינוך התיישבותי יצינו באם רצונם להוסיף רכיב דיגיטלי לעבודתם (ראו עמוד 14 בקובץ זה).**

### 9. רשימת מקורות ראשונית

הרשימה תהיה כתובה במדויק, כמקובל בעבודות מדעיות. היא תכלול פריטים רלוונטיים לנושא העבודה והמחקר.

בהצעה יכללו **לפחות** שלושה מקורות מחקריים רלוונטיים מחמש השנים האחרונות, אחד מהם לפחות מאמר שפורסם בכתב עת בינלאומי.

הרשימה תכלול רק פריטים שהתלמיד/ה קרא/ה והבין/נה. אם הפריטים הם בשפה זרה אנגלית, למשל יש לבדוק את יכולתו/ה של התלמיד/ה להתמודד עם קריאה בשפה זו.

פרקים מספרי לימוד, ערכים מאנציקלופדיות ומקורות בלתי-מזוהים מהאינטרנט, אינם יכולים להוות ספרות מקצועית מתאימה להכנת עבודת-גמר.

יש לצרף קישור למקורות מידע מתוקשבים שאינם בשפה העברית או האנגלית.

**נושא שאין לגביו סקירת ספרות רחבה ועדכנית, אינו יכול להיות נושא למחקר בעבודת גמר.**

### 10. לו"ז להכנת ההצעה לעבודה

בלו"ז תהיה התייחסות לאיסוף המידע הראשוני על נושא המחקר, הגשת ההצעה, ביצוע המחקר, אירגון הנתונים, הכתיבה וההגשה של העבודה בהתאם לכללים להגשת עבודת גמר.

משך הזמן לכתיבת עבודת גמר הוא שנה אחת בלבד.

## 11. עיצוב ההצעה

יש להקפיד על העיצוב של ההצעה, על פי ההנחיות, כך שתהיה בהירה ונוחה לקריאה. יש להקפיד שגופן הטקסט יהיה בגודל 11 או 12, שגודל הגופן של הכותרת לא יעלה על 16 ושהמרווחים בין השורות יהיו 1.5. כמו כן יש להקפיד על שוליים כמקובל ומיספור ברור של העמודים בכותרת התחתונה.

אם תלמידים אחדים מכינים עבודות גמר באותה מעבדת מחקר, יש להבטיח שתישמר עצמאות בעבודה ואי-תלות ביניהם, וזאת בכל שלבי העבודה: בהכנת ההצעה, בביצוע הניסויים ובכתיבת העבודה.

הצעות לעבודות גמר האמורות להתבצע באותו מוסד מחקר, אשר חלקים מהן יהיו זהים בתוכם, ללא קבלת אישור מראש ממנחי עבודות הגמר מטעם הפיקוח על הוראת הביולוגיה, תיפסלנה.

### תהליך הטיפול בהצעה:

ההצעה תיקרא ותיבדק על ידי המנחה ורכזי עבודות הגמר.

רכזי עבודות הגמר יעלו את ההצעה לאתר עבודות הגמר של משרד החינוך. בעת העלאת ההצעה למערכת יש להקפיד על סימון העבודה כצמודה/לא צמודה וסימון מתאים לתלמידי אלפא.

### חוות-דעת ואישור משרד החינוך:

ההצעה תיבדק על-יד הפיקוח על עבודות הגמר והפיקוח על הוראת הביולוגיה. על בסיס חוות-דעתם יינתן האישור להצעה ולהגשת העבודה להערכה. גרסת ההצעה, על-פיה ניתן האישור לעבודה, תעמוד בבסיס ההערכה שלה ותבוא לידיעת המעריך.

בדיקת ההצעה ומתן חוות-הדעת ייעשו על-פי דף הקריטריונים וחוות הדעת שדוגמתו מופיעה במסמך זה (חשוב שבטרם הגשת ההצעה היא תיבדק על-ידי מורי הביולוגיה, על-פי קריטריונים אלה, גם אם המורה לביולוגיה לא בהכרח מעורב/ת בהגשת הצעת המחקר).

בתהליך אישור ההצעה נדרשים לעתים תיקונים, הכנסת שינויים בהצעה, או הבהרות.

כשנדרשים תיקון, שינוי או הבהרה, יש לבצעם בסיועו של המנחה המקצועי בתוך זמן קצר (כחודש ימים מהבקשה לתיקון) ולהגיש את ההצעה פעם נוספת לחוות-דעת הפיקוח דרך המערכת האינטרנטית.

ללא תיקון העומד בדרישות, לא תאושר ההצעה.

**אין להתחיל לבצע עבודה שההצעה שלה לא אושרה!**

**אין להגיש להערכה עבודה שההצעה שלה לא אושרה. עבודה שההצעה שלה לא אושרה לא תיבדק והתלמיד לא יקבל עליה ציון.**

## מבנה עבודת הגמר

מובאת כאן הצעה למבנה עבודת הגמר בביולוגיה. העבודה תכלול את החלקים הבאים: מבוא וסקירת ספרות, מהלך המחקר, תוצאות, דיון ורשימת מקורות (ביבליוגרפיה).

### 1. שער הכולל את:

שם העבודה

שם התלמיד ופרטים עליו: מספר תעודת הזהות, מספר הטלפון, שם בית הספר וסמל המוסד.

שם המנחה ותוארו/ה, המקום בו נערך המחקר ושנת הלימודים.

### 2. תוכן העניינים

#### 3. מבוא

- הצגת הבעיה הנחקרת והרקע התיאורטי שממנו עולות שאלות המחקר.
- ניסוח שאלת המחקר
- ניסוח מטרות העבודה והמחקר
- סיכום קצר של הרקע התאורטי הנדרש להבנת המחקר.

### 2. סקירת ספרות

סקירת הגישות התיאורטיות והממצאים המחקריים המתייחסים לבעיה הנחקרת. בחלק זה תהיה התייחסות למחקרים שבוצעו בנושאים קרובים לנושא הנחקר, או דומים לו. גם אם שאלת המחקר היא חלוצית, יש להתייחס בסקירת הספרות למחקרים שבהם נבדקו שאלות דומות, תוך הפניה לרשימת מקורות.

סקירת הספרות מאפשרת לתלמיד/ה ללמוד על הידע הקיים בשטח שבו יבוצע המחקר ועל ידי-כך לבחון כיצד משתלב מחקר/ה החדש בידע זה.

את סקירת הספרות יש לכתוב "כמשפך" מהמידע הכללי הנוגע לתחום הנחקר אל התחום הייחודי בו יתמקד המחקר. התלמיד/ה צריך/כה לכתוב את סקירת הספרות בשפתו/ה ואין להעתיק קטעים שלמים מאתרי אינטרנט או מכל מקור אחר.

בסוף סקירת הספרות יש לכתוב פסקה המקשרת בין סקירת הספרות למחקר של התלמיד/ה המתייחסת לתרומתה של העבודה בתחומים מחקריים או מעשיים.

במהלך הכתיבה יש לאזכר את מקורות המידע כמקובל בכתיבה מדעית, בנוסף על כתיבתם בפרק הביבליוגרפיה בסוף העבודה.

### 3. שאלות המחקר וההשערות הנגזרות מהן

שאלות המחקר צריכות להתוות את הקו המנחה לתכנון המחקר.

חובה לנסח לאחר שאלות המחקר ואת ההשערות הנגזרות מהן.

ההשערות הן הסברים אפשריים לבעיה הנחקרת וכוללות משתנה תלוי ובלתי תלוי, כסיבתיות, ואם אפשרי גם עם כיווניות (כגון: ככל ש...).

## **חלק ב' - מהלך המחקר**

### **1. מערך המחקר**

על בסיס המטרות והשאלות שהוצגו ושמהן נגזרו ההשערות, יוצג בחלק זה מערך הניסויים שנערכו לבדקן. תיאור מדויק של מערך הניסויים יכלול פרוט של הדרכים והכלים להשגת המטרות.

יש להציג את כל מרכיבי המחקר, כגון משתנים תלויים ומשתנים בלתי תלויים, דרכי מדידה, טיפולים, מספר המדגמים, מספר הבדיקות החוזרות, דרכי בקרה. יש להתייחס למהימנות המדידה וגבולות השגיאה (סטיית התקן).

### **2. מהלך המחקר**

בפרק זה יוצג תיאור מדויק של הניסויים, לפי סדר ביצועם, לרבות חזרות, אירועים בלתי צפויים (אם היו) ושינויים שנעשו בעקבותיהם במהלך המחקר.

## **חלק ג' - התוצאות**

### **1. התוצאות ועיבודן**

בפרק זה יוצגו הממצאים וירוכזו תוצאות המדידה באופן מילולי ובאמצעות טבלאות גרפים וצילומים.

כל טבלה וגרף יקבלו מספר וכותרת. ההפניה לתוצאות בגוף העבודה תהיה על-ידי אזכור מספר הגרף וכיו"ב (ראה – ארגון רישום ואזכור).

עיבוד התוצאות ייעשה בהתאם לטיבם של הנתונים שנאספו במחקר. יש לפרט מהו העיבוד שנעשה בנתונים ומהם השיקולים לשימוש בדרך עיבוד שנבחרה. עיבוד התוצאות יאפשר להעריך את תוקף ההשערות שהוצגו במבוא לעבודה.

### **2. הניתוח הסטטיסטי**

הניתוח הסטטיסטי של התוצאות ייעשה בהתאם לאופי הנתונים שנאספו במחקר. יש לפרט מהו העיבוד הסטטיסטי שנעשה בנתונים, ומהם השיקולים לשימוש בדרך עיבוד זו. פירוט החישובים הסטטיסטיים יצורפו כנספח לעבודה.

## **חלק ד' - דיון ומסקנות**

### **1. דיון**

הדיון הוא חלק משמעותי בעבודה והוא מעיד על הבנת התלמיד/ה את כל רכיבי המחקר ומשמעותיותיהם. פרק זה יכלול:

#### **א. תמצית התוצאות**

תמצית התוצאות שהושגו בהתייחסות לשאלות המחקר וההשערות שהוצגו.

#### **ב. התייחסות לרקע התיאורטי**

התייחסות לרקע התאורטי ולסקירת הספרות שבמבוא והסבר הממצאים לאורם.

### ג. הסבר התוצאות

יש להשוות את התוצאות שהתקבלו במחקר למאמרים שנסקרו בסקירת הספרות, תוך אזכור מקורות המידע כמקובל. אם התוצאות שונות מהצפוי או מן הדיווחים בספרות, יש לנסות ולהסביר את מקור ההבדל.

כל תוצאה היא חשובה משום שאין תוצאות נכונות או לא נכונות; ההסבר הוא החלק החשוב בדיון.

בתום הדיון יש להתייחס למגבלות המחקר ולהציג כיווני מחקר המשכיים.

### 3. סיכום

חלק זה יכתב בסיום כתיבת העבודה. הוא יתאר באופן תמציתי את שאלת המחקר מטרות העבודה ומסקנותיה. כמו כן תיכתב בו רפלקציה קצרה על ידי התלמיד/ה.

#### חלק ה' - רשימת מקורות (ביבליוגרפיה)

רשימת המקורות, שתוצג בסופה של העבודה, תכלול את כל המקורות שהוזכרו בגוף העבודה, בחלקיה השונים. עליה להיות רשומה באופן אחיד ומדויק כמקובל בעבודות מדעיות. בעבודה ייכללו **לפחות** שלושה מאמרים מחקרניים רלוונטיים ועדכניים (מחמש השנים האחרונות) שפורסמו בכתב עת בינלאומי.

את הרשימה הביבליוגרפית יש לחלק למקורות אינטרנט, מקורות בעברית (שיש לרשום בעברית), ומקורות באנגלית (יש לרשום באנגלית) או בשפות אחרות.

יש לארגן את מקורות המידע לפי רצף א"ב של שם המשפחה של המחבר הראשון.

לגבי כל מקור מידע יש לציין את שם המחבר/ים, שנת הפרסום, כותרת המאמר או הספר, מספרי עמודים, שם ההוצאה לאור.

אזכור מקורות בתוך החיבור יהיה כמקובל בעבודות מדעיות:

אין לרשום מקורות שלא הוזכרו בעבודה, ברשימה ייכללו רק פריטים המוזכרים בגוף העבודה ולא פריטים אחרים, גם אם הם רלוונטיים לתחום העבודה והתלמיד קרא אותם כחומר רקע שסייע בידו להבין את הנושא.

#### דוגמאות לרישום מקורות ברשימת מקורות מידע (ביבליוגרפיה)

##### דוגמא לרישום מאמר בכתב עת בעברית:

מאמר: שם משפחה של המחבר שם פרטי (שנת הוצאה), **שם המאמר** (בהדגשה או בקו תחתון), שם העיתון, כרך, מספר חוברת, מספרי עמודים.

ברקוביץ גלי, 2012, תרומת אמצעי העשרה לקידום רווחת בעלי חיים בשבי. חיות וחברה, גיליון 45 עמ' 42-45

##### דוגמה לרישום מאמר בכתב עת באנגלית:

Vaisman A., Woodgate R. (2017). Translation DNA polymerases in eukaryotes: what makes them tick? *Crit. Rev. Biochem. Mol. Biol.* ;52:274–303.

## רישום מקור אינטרנטי:

בכל מידע מהאינטרנט יש לציין את שם הכותב, את שם המאמר, את שם האתר ואת תאריך הורדת המידע ואת כתובת המאמר.

באם אפשרי, חשוב להוסיף גם מידע על העורך/הבעלים של האתר ועל הכותבים, וכן תאריך עדכון האתר.

דוגמא לציין מקור אינטרנטי:

גולד שרה (2019). תפוח האדמה, לא רק מה שחשבתם. צמח השדה. הורד בתאריך 5/8/19

<https://www.wildflowers.co.il/hebrew/ReadMore.asp?ID=737>

## חלק ו' - נספחים

נספחים יכולים להיות נתונים גולמיים, חישובים סטטיסטיים ועוד.

על הנספחים להיות ממוספרים באופן שיטתי ואחיד. אין לכלול נספחים שלא קיימת התייחסות ישירה אליהם במהלך העבודה. במידת הצורך, יש ללוות את הנספח בהסבר.

החל משנת תשפ"ג תלמידים במנהל לחינוך התיישבותי רשאים להגיש עבודת גמר עם רכיב דיגיטלי על פי המפורט באתר עבודות הגמר של המנהל בקישור הבא: [https://7003441b-c488-4bef-a3b7-049468f21031.filesusr.com/ugd/89d8ae\\_c0a34f29d27c4e2da205691b083870df.pdf](https://7003441b-c488-4bef-a3b7-049468f21031.filesusr.com/ugd/89d8ae_c0a34f29d27c4e2da205691b083870df.pdf)

על התלמיד לכתוב בהצעת המחקר אם הוא מתכוון להוסיף רכיב דיגיטלי לעבודתו.

## עיצוב העבודה

יש להקפיד על העיצוב של העבודה, על פי ההנחיות שבאתר עבודות הגמר, כך שתהיה בהירה ונוחה לקריאה. יש להקפיד שגופן הטקסט יהיה בגודל 11 או 12, בכתב Arial או David. גודל הגופן של הכותרת לא יעלה על 16 ושהמרווחים בין השורות יהיו 1.5. כמו כן יש להקפיד על שוליים כמקובל ומיספור ברור של העמודים בכותרת התחתונה.

רצוי שהעבודה הסופית תעבור עריכה לשונית לתקינות השפה בה נכתבה העבודה.

## הערכת העבודה

עם השלמתה תיבדק העבודה על ידי המנחה המקצועית ומרכז/ת עבודות הגמר (מוצע, שגם המורים לביולוגיה יעיינו בה) והיא תועבר להערכה לאגף הבחינות במשרד החינוך. המשרד יעבירה להערכת מומחה בתחום.

הגשת העבודה להערכה תלווה במכתב מלווה מטעם מנחה העבודה ובציון הגשה.

הציון הסופי של העבודה ייקבע על בסיס הערכת העבודה הכתובה ושיחה בין המעריך/כה לתלמיד/ה. הקריטריונים שנקבעו ודרכי ההערכה, יובאו לידיעת התלמידים עם כניסתם לתהליך ההכנה של עבודת הגמר.

לאחר קריאת העבודה המעריך/ה ייפגש/תיפגש עם התלמיד/ה לשיחה על העבודה על סמך שאלות שהמעריך/כה הכין/נה תוך קריאת העבודה.

הפגישה בין המעריך/כה לתלמיד/ה תיערך, לאחר תיאום, במבנה ציבורי, כגון: בית-ספר, אוניברסיטה, מכון מחקר, מעבדה או מרכז פדגוגי. פגישה כזו לא תיערך בבית פרטי, בבית קפה וכיו"ב. החל משנת תשע"א, ובכפוף להוראת הפיקוח על עבודות הגמר, הפגישה תוכל להתבצע גם בזום.

השיחה עם התלמיד/ה תהיה בשפה שבה נכתבה העבודה.

### **בקריטריונים להערכה תהיה התייחסות למרכיבים הבאים:**

1. **בעקבות קריאת העבודה** - תהיה התייחסות לאיכות ההגשה, סקירת הספרות, שימוש במקורות מידע והגדרת מונחים, הצגת שאלות המחקר, תכנית העבודה ומערך המחקר, אופן הצגת התוצאות ודרך הטיפול בהן, דיון, היבטים יישומיים והצעת שאלות להמשך מחקר. בהערכת העבודה תהייה גם התייחסות לצורה האסתטית של העבודה ואיכות הגשתה.

חלק זה מהווה 80% מהערכת העבודה.

2. **בעקבות הפגישה עם התלמיד/ה** - תהיה התייחסות למידת השליטה של התלמיד/ה בתוכן העבודה ובנושא הנחקר, וכן להכרת העקרונות הביולוגיים הקשורים בה. כמו כן תיבדק יכולת התלמיד/ה להסביר את הממצאים, להתייחס לשיטות עבודה והתאמתן לבעיה הנחקרת, למידת המקוריות (במידת האפשר, לא הכרחי) ולמידת עצמאותו/ה בעבודה.

חלק זה מהווה 20% מהערכת העבודה.

### **הערכת העבודה הכתובה – 80% מהציון הכללי**

תוכן – 32 נקודות

תוצאות – 16 נקודות

דיון ומסקנות – 16 נקודות

אופן הצגת המחקר והתוצר הסופי – 16 נקודות.

סיכום מילולי להערכת העבודה הכתובה.

הערכת שיחת מעריך עם התלמיד/ה 20 נקודות.

מחווה להערכת עבודת הגמר בעמוד הבא

להלן המחונן להערכת עבודת גמר בבילוגיה:

ניקוד	מחונן להערכת עבודת גמר במדעים – כולל שיחת הערכה
12	תוכן – 32 נקודות
	מבוא ורקע תיאורטי: עד כמה המבוא רלוונטי לעבודה? עד כמה הוא רחב ומקיף? האם הסקירה הספרותית מקיפה ומהימנה?
4	יכולת להסביר כיצד השערות המחקר נגזרות משאלות המחקר.
4	בקיאות התלמיד כפי שבאה לידי ביטוי בשיטת המחקר, באופן ביצועה וברלוונטיות שלה למחקר. מה היתרונות שלה על פני שיטות קיימות אחרות?
12	היקף המחקר, (במדעים מדויקים- היקף ותרומת התלמיד לעבודה במעבדה) שימוש מיטבי ומושכל במגוון חומרים ביבליוגרפיים ומחקריים, הצמדות לשאלות המחקר תוך שימת דגש על חשיבה וניתוח מחקר.
	תוצאות – 16 נקודות
16	התוצאות כתובות בצורה מנוסחת ובהירה, מנומקות ומבוססות מחקרית. ניכרת יכולת התלמיד להסביר את תוצאות המחקר.
	דין ומסקנות – 16 נקודות
8	האם ניתנה תשובה לשאלת המחקר?
4	התייחסות למגבלות המחקר.
4	הצעת כיווני מחקר חדשים להמשך
	הצגת המחקר והתוצר הסופי – 16 נקודות
16	העבודה הוגשה בצורה מכובדת, מסודרת ומוגהת היטב, כתיבה קוהרנטית וקולחת, חלוקה מיטבית לראשי פרקים, נכתבה תוך שימוש מושכל בביבליוגרפיה והערות שוליים
	סה"כ מחונן הערכת עבודה כתובה – 80%
	מחונן הערכת שיחת מעריך עם התלמיד/ה 20% מכלל הציון
20	התרשמות מהתלמיד/ה התלמיד/ה מראה בקיאות ושליטה בחומר, יכולת לענות על שאלות, יכולת להרחיב ולתאר מקורות ביבליוגרפיים. יכולת להתבטא באופן חופשי בשפת המחקר של תחום הדעת, אי הצמדות לטקסט, שימוש נכון ומתאים במושגים מתחום הדעת
	קישור למושגי יסוד מתחום הדעת יכולת להצביע על מושגי יסוד הקשורים לתחום הדעת בו נכתב העבודה



## מעמד עבודת הגמר

**עבודת הגמר** דורשת השקעת זמן בהיקף דומה לזה הנדרש בלימוד נושא בהיקף של 5 יחידות-לימוד (כ - 450 שעות).

### **עבודה "לא-צמודה"**

הציון בתעודת הבגרות יהיה שיקלול בין 30% מציון המנחה ו-70% מציון המעריך. ציון זה יהיה ציון נוסף בתעודת הבגרות ולא חלק מהציון במקצוע הביולוגיה.

כתיבת עבודה לא-צמודה היא דרך המחקר המומלצת על ידי הפיקוח לתלמידי הביולוגיה, וזאת כהזדמנות לחקור לעומק היבטים בביולוגיה, כהשלמה ללמידת המקצוע ולא כתחליף להיבחנות בו.

### **עבודה "צמודה"**

**הכנת עבודה "צמודה" בביולוגיה מחליפה את בחינת הבגרות ולכן מותנית בלמידה סדירה ובעמידה במלוא החובות המוטלות על הכיתה, עד לסיום לימודי המקצוע בכיתה י"ב.**

נוהל להגשת עבודות גמר צמודות בביולוגיה – משנה"ל תשפ"ב:

1. תלמידים רשאים להגיש עבודת גמר צמודה בביולוגיה **בתנאי שהם לומדים ונבחנו במקצוע מדעי נוסף בהיקף של 5 יח"ל** (כימיה, פיזיקה או מדעי המחשב) במסגרת לימודיהם בחט"ע. (ראו נספח בדף האחרון).

2. הגשת עבודת גמר צמודה מאפשרת לתלמידים להתעמק ולהרחיב בסוגיה מיוחדת בתחום הדעת וזאת בנוסף ללימודי המקצוע עם הכיתה באופן מסודר, **לכן על התלמידים להשתתף בכל השיעורים ולעמוד בכל המשימות לרבות הגשת עבודות ומבחנים.**

3. על בית הספר לצרף להצעת המחקר לעבודה צמודה בביולוגיה את המסמכים הבאים:  
א. מכתב מהתלמיד/ה שבו מוסבר מדוע הוא/היא מעוניין/ת דווקא בהגשת עבודת גמר צמודה.  
ב. מכתב ממנהל/ת בית הספר שמסביר מדוע התלמיד/ה מגישה/ת עבודת גמר במקום להיבחן בבחינת הבגרות או ביצוע עבודת גמר לא צמודה.  
ג. נספח המצורף בהמשך עמוד זה.\*  
ד. תלקיט הכולל מבחנים ודוחות מעבדה שהגיש התלמיד במהלך לימודיו בשיעורי ביולוגיה. את התלקיט יש לשלוח כקבצים או מידע סרוק לכתובת המייל - [reuenyo@education.gov.il](mailto:reuenyo@education.gov.il).

4. עם הגשת העבודה ישלח בית הספר תלקיט חדש שיקלול מבחנים ודוחות מעבדה נוספים שעשה התלמיד, וכן את עבודת הביוחקר שלו. נושא עבודת הביוחקר צריך להיות שונה מנושא עבודת הגמר. את התלקיט יש לשלוח כקבצים או מידע סרוק לכתובת המייל - [reuenyo@education.gov.il](mailto:reuenyo@education.gov.il)

הציון שיירשם בתעודת הבגרות יהיה ציון משוקלל של הרכיבים הבאים: 50% הציון של מעריך העבודה, 30% ציון המנחה ו - 20% הציון השנתי.

## מסגרת הכללים וההנחיות

בבסיס הכנתה של עבודת-הגמר יעמדו מסגרת הכללים וההנחיות הבסיסיות שנקבעו על-ידי הפיקוח על עבודות-הגמר המופיעים באתר עבודות הגמר.

<https://cms.education.gov.il/educationcms/units/avodotgemer/default.htm>

### **סייגים בהכנת ההצעה והעבודה, בכתיבתן ובהנחייתן**

- \* עבודת-הגמר (וההצעה לה) תוגש על-ידי תלמיד/ה יחיד/ה בלבד.
- \* שני תלמידים (או יותר), אינם רשאים להגיש הצעה זהה, או הצעה בנושא זהה; קיימת אפשרות לשני תלמידים לבחור נושא באותו התחום, בתנאי שכל תלמיד/ה עוסק בתת-נושא בעל יכולת עמידה עצמאית.
- \* בעבודת-גמר מודגש ההיבט של בחינת יכולותיהם האישיים של התלמידים והישגיהם; לפיכך לא תיכתב עבודה משותפת.
- \* עבודות-הגמר יעסקו בנושאים שהם מעבר לנושאים הנלמדים (באורח שוטף במסגרת תוכנית הלימודים הרגילה) ושלא טופלו בעבר ע"י תלמיד מבית הספר.
- \* עבודת גמר לא תעשה במעבדת בית ספר, אלא אם כן התקבל לכך אישור מיוחד מהפיקוח על הוראת הביולוגיה, אישור המותנה בכך שבמעבדה קיים ציוד מחקר ברמה אקדמית.
- \* במחקרים העוסקים בבני אדם יש להקפיד על אישור של ועדת הלסינקי לניסויים, אשר בבסיסם העיקרון כי בריאותו של החולה תהא השיקול הראשון של הרופא עורך המחקר.
- \* במחקרים בהם נערכים ניסויים על בעלי חיים – יש לפעול על פי הכתוב בעמוד 6.
- \* בטיחות מעבדה – על תלמיד/ה שכותב/ת עבודת גמר חלות כל ההנחיות שבחוזר מנכ"ל ובאתר המפמ"ר. הנחיות אלה עשויות להתעדכן מעת לעת לכן יש להכיר אותן לפני כל כתיבת הצעה של תלמיד/ה.
- \* לאחר אישור הצעת המחקר, כל שינוי מחייב הגשת הצעה מתוקנת לאישור מחדש. אין להגיש עבודת גמר שיש בה שינוי מהותי בשיטות המחקר, או באורגניזם הנבדק, מהצויין בהצעת המחקר.

# דוגמה להצעה של עבודת גמר בביולוגיה

## טופס הצעת חקר לעבודת גמר בביולוגיה

### עבודה בהיקף של 5 יח"ל

שם המוסד:	בית ספר:
שם המנחה:	שם התלמיד:
תואר אקדמי:	מספר ת.ז.:
מספר ת.ז.:	תאריך לידה:
טלפון:	מספר טלפון:
דוא"ל:	דוא"ל:

### מס' שאלון: 435008

### תחום העבודה: ביולוגיה

### נושא העבודה:

תנאים אביזטיים שונים המשפיעים על קצב פירוק נפט גולמי על ידי חברת חיידקי קרקע משפך הנפט של שנת 1975 בעין עברונה.

### הבעיה המועלית לדיון וחקירה:

שפכי נפט יבשתיים גורמים לנזק סביבתי לא פחות חמור משפכי נפט ימיים. במקרה של שפך נפט יבשתי, כאשר נבחר טיפול ביולוגי (bioremediation), חיידקי קרקע הם המפרקים הפוטנציאליים של הנפט. במקרים רבים נעשה שימוש בחברה (consortium) של חיידקים ולא רק במין אחד על מנת לפרק את הנפט. בשנת 1975 התרחש שפך נפט מקו קצא"א הסמוך לשמורת עין עברונה ובזמן שעבר מאז, התפתחה על שפך הנפט חברת חיידקים ספציפית הניזונה מהנפט הגולמי. חברת חיידקים זו יכולה לשמש כלי לטיפול בשפכי נפט עתידיים באזורים מדבריים. העובדה שחלק לא קטן משפך הנפט של 1975 לא פורק עדיין, מעידה על כך שהתנאים המקומיים לא אופטימליים לפירוק הנפט. נשאלת לכן השאלה, מהם התנאים הא-ביזטיים-טמפרטורה, תכולת מים וריכוז חומרי הזנה- המביאים לקצב פירוק מכסימאלי של הנפט הגולמי על ידי חברת חיידקי הקרקע שבודדה משפך הנפט של 1975 בעין עברונה.

### הבסיס התיאורטי לעבודה:

ביום רביעי ה-3 בדצמבר 2014, התפוצץ צינור הנפט הגולמי של חברת קצא"א (קו צינור אילת-אשקלון) סמוך לישוב באר אורה שבדרום הערבה ומשם זרמו 5,000 קוב נפט גולמי לעבר שמורת עברונה הסמוכה. דליפת הנפט אירעה במהלך עבודות להעתקת צינור הנפט, שנדרשו בעקבות הקמת שדה התעופה החדש של אילת באזור תמנע (רינת, 2015). תוך כדי הטיפול בדליפת הנפט, נתגלתה כ-2 ק"מ דרומה משם דליפת נפט ישנה שלאחר מס' בירורים, הסתבר שאירעה בשנת 1975. באירוע הישן התפוצץ אותו צינור וכתוצאה מכך נשפך נפט גולמי בכמות של 8,000 עד 10,000 מטרים מעוקבים, כמעט פי 2 יותר מהזיהום שהתרחש ב-2014. גם ב-1975 זרם הנפט אל מעבר לכביש הערבה, בערוצים שונים על פני השטח לכיוון הקצה הדרומי של שמורת עברונה. ב-2014, אנשי חברת קצא"א חפרו, בעזרת דחפורים, בורות ליד הכביש הראשי והחלו בניקוז הנוזל בעזרת משאבות ניידות. עד כמה שידוע, לא נעשו כל פעולות ניקוז של הנפט בשפך של 1975. בניגוד לאירוע ב-2014, הדליפה בשנת 1975 עברה בשקט תקשורתית כמעט מוחלט ולא בוצעה כל פעולת ניקוי או שיקום של השמורה (שחר ובנט, 2016).

הנפט הגולמי הוא תערובת של עשרות מינים של פחמימנים ובשביל לפרק אותו בקרקע יש להשתמש בסוגי חיידקים שונים, כאשר כל מין של חיידקים מתמחה בפירוק של תרכובת ספציפית. הדבר עוד יותר נכון כאשר נדרש לנקות את הנפט המזהם לחלוטין, עד לקבלת מים ופחמן דו חמצוני (מינרליזציה). במקרה של מינרליזציה מלאה, מין אחד של חיידקים מפרק תרכובת מסוימת לתרכובת אחרת קטנה ממנה ואז מין אחר של חיידקים יכול לפרק את התרכובת שהתקבלה לתרכובת עוד יותר קטנה ממנה וכך הלאה. ובאמת, כאשר נבדקה חברת החיידקים שהתפתחה על קרקע או מים מזוהמים בנפט גולמי, נמצא שהיא מורכבת ממנים רבים של חיידקים. חיזוק נוסף לעובדה שבתהליך פירוק הנפט הגולמי משתתפים מיני חיידקים רבים, נמצא במחקר שהראה שמבנה אוכלוסיית החיידקים הגדלים על הנפט משתנה עם הזמן (Ghazali et al., 2004). יותר מזה, בשביל לפרק את הנפט בצורה יעילה, צריך תווך של דטרגנט, המפגיש בין הנפט ההידרופובי ובין החיידקים שפועלים בסביבה הידרופילית. (Cahan et al, 2013) גילו שבחברת החיידקים שמפרקים את הנפט ישנם חיידקים שכל פעילותם מסתכמת בהפרשת ביודטרגנטים ובאספקת תנאי סביבה מתאימים לפירוק הנפט הגולמי. בעבודות שנעשו בשנתיים האחרונות (שחר ובנט, 2016; Leikakh & Banet, 2016; Landesman & Banet, 2017), אופיינה באופן ראשוני חברת החיידקים שהתפתחה על שפך הנפט של 1975 ויכולתה לפרק נפט גולמי.

על מנת להגיע לקצב פירוק מהיר של שפך נפט קרקעי, יש לספק לחיידקי הקרקע את תנאי הגידול המיטביים. תנאים אלא כוללים תכולת מים בקרקע, תנאים איירוביים/אנאירוביים מתאימים, טמפרטורה מתאימה וריכוז חומרי הזנה מתאימים. כך למשל, עבור חיידקי קרקע מסוימים, טמפ' של 50 מעלות צלסיוס גורמת למוות, אולם, (Sorkhoh et al., 1993) בודדו חיידקי קרקע מפרקי נפט ממדבר כוויית, שטמפ' השטח שלו בקיץ מגיעה ל-70 מעלות צלסיוס. בנוסף, למרות שתנאים איירוביים נחשבים לתנאים המועדפים לפעילות פירוק הנפט על ידי חיידקים, נמצא שלא מעט מיני חיידקים מפרקים נפט בתנאים אנאירוביים (Rueter et al., 1994). כך גם נמצא שריכוז חומרי ההזנה ותכולת המים בקרקע, האופטימאליים לפעילות פירוק הנפט על ידי החיידקים משתנה בין חיידק לחיידק (Leahy & Colwel, 1990).

### מטרת העבודה:

- בחינת קצב פירוק נפט גולמי במערכות in-vitro, במגוון תנאים א-ביוטיים של טמפרטורה, תכולת מים וריכוז חומרי הזנה (נוטריאנטים).
- למצוא את התנאים המיטביים לפירוק שפכי נפט יבשתיים במידבר על ידי חברת חיידקי קרקע מקומית.

### השערת החקר:

- ימצאו התנאים הא-ביוטיים המיטביים לפעילות פרוק הנפט על ידי חברת חיידקי הקרקע שבודדה משפך הנפט של 1975 בעיון עברונה.
- יהיה ניתן להשתמש בחברת חיידקים זאת לטיפול בשפכי נפט עתידיים.

### פירוט ההיבט המחקרי/מעשי של העבודה:

א. תיאור המשתנים הבלתי תלויים והתלויים בניסוי.

#### המשתנים הבלתי תלויים בניסוי הם:

- תכולת המים במצע הגידול.
- ריכוז חומרי ההזנה במצע הגידול.
- טמפרטורת הגידול.
- נוכחות/העדר חמצן.

#### המשתנים התלויים בניסוי הם:

- קצב פירוק הנפט.

#### ב. אופן העמדת הניסוי:

1. בשלב הראשון יתבצע דיגום בתנאי אספטיים מאזורים שונים משפך הנפט מ-1975.
2. בשלב הבא ימוצו החיידקים מדגימות הקרקע באמצעות מים סטריליים (בתוך מבחנת 50 מ"ל סטרילית, 5 גרם קרקע בתוספת 40 מ"ל מים סטריליים, טלטול למשך חצי שעה ושיקוע הקרקע במשך חצי שעה).
3. בשלב הבא יוכנו צלחות פטרי המכילות מצעי גידול שונים- מצע גידל מלא, מצע גידל ללא מקור חנקן, מצע גידל ללא מקור זרחן, מצע גידל ללא מקור ברזל, מצע גידל ללא מקור מגנזיום וגופרית ומצע גידל ללא חומרי הזנה אנאורגניים כלל.
4. עוד יוכנו צלחות פטרי בעלות פוטנציאל מים שונה (באמצעות ריכוזי PEG שונים).
5. בשלב הבא יימרח כתם נפט גולמי במידות של 5x1 ס"מ במרכז של כל צלחת, הצלחת תיאטם באמצעות נייר פרפילם ותונח באינקובטור בטמפרטורה קבועה (20, 30 ו-40 מעלות צלסיוס. כדי למנוע את התייבשות הצלחות, יונך בתוך האינקובטור כלי מים שימולא אחת לשבוע.
6. כתם הנפט יצולם בתחילת הניסוי ולאחר חודש, חודשיים ושלושה חדשים ובכל נקודת זמן יחושב גודלו ביחס לגודלו ההתחלתי.

ג. חלק התלמיד בעבודה: תכנון הניסוי, ביצוע הניסוי ומעקב אחריו בחממת בית הספר. איסוף הנתונים, ניתוחם וסיכומם.

#### ד. לוח זמנים משוער להכנת העבודה:

תחילת הניסוי: תחילת פברואר 2017

סיום הניסוי: ספטמבר 2017

הגשת העבודה: דצמבר 2017

#### ראשי פרקים של עבודת הגמר:

##### פרק א: מבוא

1. נפט גולמי- מרכיבים.
2. זיהומי נפט-ימיים ויבשתיים- היסטוריה.
3. שפך הנפט בעין עברונה.
4. שיטות לטיפול בשפכים: פיזי, כימי וביולוגי.
5. חיידקים ספציפים ומנגנוני פירוק נפט ספציפים.
6. תנאים האביוטים המשפיעים על פרוק הנפט על ידי חיידקי הקרקע.

##### פרק ב: שיטות הניסוי וחומרים

1. תיאור המערכת הניסויית.
2. תיאור שיטות הדגימה.
3. תיאור האנליזות.

פרק ג: תוצאות.

פרק ד: דיון ומסקנות.

1. הצגת התוצאות.

2. התדיינות עם המידע הקיים בספרות.

3. הצעות שונות לפתרון הבעיות.

פרק ה: סיכום.

### הרשימה הביבליוגרפית עליה תתבסס העבודה:

1. רינת, צ. (2015). בעקבות דליפות הנפט: הנזק לעצי השיטה מאיים להרוס את המאזן האקולוגי בשמורת עברונה. עיתון הארץ. <http://www.haaretz.co.il/news/science/.premium-1.2781654>
2. שחר, ר. ובנט, ג. (2016). בידוד חיידקים מפרקי נפט משפך נפט שהתרחש בשמורת עין עברונה ב-1975. עבודת גמר צמודת מקצוע, בית ספר "מעלה שחרות".
3. Cahan R., Stein M., Anker Y., Langzam Y., and Nitzan Y. (2013) Innovative utilization of coal bottom ash for bioremediation of toxic organic pollutants. Accepted for publication. International Biodeterioration & Biodegradation. 85: 421-428
4. Ghazali, F. M., Rahman, R. N. Z. A., Salleh, A. B., & Basri, M. (2004). Biodegradation of hydrocarbons in soil by microbial consortium. International Biodeterioration & Biodegradation, 54(1), 61-67.
5. Landesman, Y & Banet, G. (2017). Crude Oil Degradation by Soil Bacteria Isolated from 1975 & 2014 Ein Evrona Oil Spills: The Effects of Abiotic Factors on Breakdown Activity. Personal project submitted to "Independent study" course.
6. Leahy, J. G. & Colwel, R. R. (1990). Microbial degradation of hydrocarbons in the environment. Microbiology Review, 54:305-315.
7. Lekakh, V. & Banet, G. (2016). Isolating and studying microorganisms from the 1975 Evrona Oilspill. Personal project submitted to "Independent study" course.
8. Rueter, P., Rabus, R., Wilkes, H., Aeckersberg, F., Rainey, F. A., Jannasch, H. W., & Widdel, F. (1994). Anaerobic oxidation of hydrocarbons in crude oil by new types of sulphate-reducing bacteria. Nature, 372:455-458.

\* נספח להצעה לעבודת גמר צמודה בביולוגיה:

שם בית הספר \_\_\_\_\_

סמל מוסד \_\_\_\_\_

התלמיד/ה \_\_\_\_\_ ת.ז. \_\_\_\_\_ לומד בשנה"ל תשפ"ב לקראת בגרות במקצוע

\_\_\_\_\_ (פיסיקה, כימיה, מדעי המחשב) בהיקף של 5 יח"ל בנוסף ללימודי הביולוגיה.

תאריך: \_\_\_\_\_ חתימת מנהל: \_\_\_\_\_ חותמת בית הספר: \_\_\_\_\_

**יש לצרף נספח זה להצעה.**