

משרד החינוך
מינהל חינוך טכנולוגי
הפיקוח על מגמת הנדסת חשמל, בקרה ואנרגיה

כ"ז באב, תשפ"ב
24 באוגוסט, 2022

אל:

רכזי מגמה ומורי מגמת
הנדסת חשמל, בקרה ואנרגיה

שלום רב,

ראשית ברצוני להודות לצוות הפיקוח, מנהלי בתי הספר, רכזי המגמות וסגל ההוראה על עשייה פורייה, פעילות נמרצת ועבודה מסורה שהובילו את המגמה לשגשוג ועמידה ביעדים ואת התלמידים להישגים והצלחה. ישר כוח!

הנדון: חוזר מפמ"ר מס' 1 שנה"ל תשפ"ג

חוזר מפמ"ר מהווה מסמך מנחה (תכנית העבודה) לשנה"ל תשפ"ג. המסמך מכיל את תכניות הלימוד בתיכונים ובמכללות, מערך ההיבחנות, קריטריונים לביצוע פרויקטים, מחוונים לבחינות בעל פה, פעילות ומדיניות במגמת הנדסת חשמל, בקרה ואנרגיה לשנת הלימודים תשפ"ג וביניהם:

- המשך פיתוח מיומנויות דמות הבוגר/ת במגמת הנדסת חשמל בקרה ואנרגיה במאה ה-21
- פיתוח למידה דיגיטלית, תיעוד דיגיטלי של פרויקט הגמר
- ביצוע פרויקטים מעשיים (בניית דגם)
- הטמעה של תכנית הלימודים החדשה בכיתות יג' ופיתוח השתלמויות בנושא למורי המגמה
- הטמעת התמחות אנרגיה מתחדשת בדגש על התייעלות אנרגטית
- פיתוח התמחות הגנת סייבר בתשתיות

משרד החינוך
מינהל חינוך טכנולוגי
הפיקוח על מגמת הנדסת חשמל, בקרה ואנרגיה

תוכן עניינים

1. כללי.....	4
1.1 מבנה כללי של מגמת הנדסת חשמל בקרה ואנרגיה.....	4
1.2 סיכום פעילות המגמה בשנה"ל תשפ"ב .	4
1.3 תוכנית עבודה לשנה"ל תשפ"ג.....	5
1.3.1 הטמעה של תוכנית הלימודים החדשה בכיתות יג'-יד'.	6
1.4 הוראות בטיחות.....	6
1.5 זכאות לקבלת רישוי חשמלאי.....	7
1.6 מסלול טו"ב במגמה.....	7
1.7 תנאי קבלה לכיתות י"ג-י"ד – בוגר המגמה.....	7
1.8 תנאי קבלה לכיתות י"ג-י"ד – ללא רצף לימודי פדגוגי.....	8
2. תיכון - מקצועות ההוראה ושיטות היבחנות:.....	8
2.1 מקצוע מוביל- מערכות חשמל- חלוקת שעות.....	8
2.1.1 חלוקת שעות ותכנית הלימודים בהתמחות מע' הספק פיקוד ובקרה.....	8
2.1.2 חלוקת שעות ותכנית הלימודים בהתמחות בקרת אקלים.....	9
2.2 שיטות היבחנות במקצוע המוביל.....	9
2.2.1 הרכב השאלונים.....	9
2.2.2 מרכיב ההערכה הבית ספרית שאלון 845283.....	10
2.2.3 מרכיב ההערכה החיצונית בכתב שאלון 845282.....	10
2.2.4 מרכיב ההערכה ע"י בוחן חיצוני שאלון 845387.....	10
2.2.5 הנחיות לבחינות מותאמות תיכון.....	11
3. מקצוע התמחות-מערכות הספק פיקוד ובקרה 3310.....	16
3.1 תכניות הלימודים.....	16

משרד החינוך
מינהל חינוך טכנולוגי
הפיקוח על מגמת הנדסת חשמל, בקרה ואנרגיה

- 3.2 הנחיות לביצוע עבודות גמר ופרויקטים בהתמחות מע' הספק פיוקד ובקרה. 12.....
- 3.2.1 תכנית ההיבחנות במקצוע ההתמחות-תיכון. 12.....
- 3.3 מפתח הערכה לעבודות גמר ופרויקטים בתיכון. 14.....
- 3.4 הנחיות לביצוע עבודות גמר ופרויקטים בהתמחות בקרת אקלים-תיכון. 14.....
- 3.5 תכנית ההיבחנות במקצוע התמחות בקרת אקלים-תיכון. 15.....
- 3.6 מפתח הערכה לעבודות גמר ופרויקטים בהתמחות בקרת אקלים. 15.....
4. מכללות יג'-יד'. 16.....
- 4.1 תכניות לימודים. 16.....
- 4.2 מערך הבחינות החיצוניות לתלמידי כיתות יג'-יד'. 16.....
- 4.3 מפתח הערכה לעבודות גמר ופרויקטים במכללה. 17.....
5. הצטיידות. 18.....
6. השתלמויות מורים. 18.....
7. צוות בקרה. 19.....
8. קריטריונים לבוחן/מעריך במגמת הנדסת חשמל בקרה ואנרגיה. 19.....

1. כללי

1.1 מבנה כללי של מגמת הנדסת חשמל בקרה ואנרגיה

מגמת הנדסת, חשמל בקרה ואנרגיה מכילה שתי התמחויות:

- מערכות הספק פיקוד ובקרה (3310)

- בקרת אקלים (3320)

במסגרת התמחות מערכות הספק פיקוד ובקרה ישנן ארבע חלופות:

- מערכות הספק פיקוד ובקרה

- אנרגיה מתחדשת

- בית חכם

- סייבר בתשתיות

1.2 סיכום פעילות המגמה בשנה"ל תשפ"ב

במהלך שנה"ל תשפ"ב מגפת ה-"קורונה" עדיין ליוותה אותנו, לצד האתגרים שפקדו אותנו, צלחנו ללמד את תכניות הלימודים העיוניות וההתנסויות כסדרן, לבצע פרויקטים ולהכין את תלמידנו בשכבות י' עד יד' באופן מיטבי לבחינות הבגרות ובחינות הסמכה בכתב ובעל פה.

קיימנו השתלמויות מקצועיות למורים (סה"כ 400 שעות) בתחומים הבאים:

- טיוב פרויקטים (ביצוע פרויקטים מעשיים) – המרצה אלי טרבלסי

- אנרגיה מתחדשת – המרצה דר' אשר וטורי

- בקרים מתוכנתים – המרצה עמי דרורי

- מכונות חשמל והינע חשמלי – המרצה יואב אפודי

- מערכות הספק לכיתה יג – המרצה מרגריטה מרקוזן

- בקרת אקלים – המרצה אנטולי מירלס

קיימנו סדרת הרצאות המתקיימות בזום במסגרת פרויקט "חשמל כנעלי בית", פרויקט שזכה להצלחה רבה בקרב מורי המגמה ואנו נמשיך לשמר ולהשקיע בו גם בשנה"ל תשפ"ג. מורים המעוניינים להעביר הרצאה במסגרת זאת יפנו לראובן סופר.

משרד החינוך
מינהל חינוך טכנולוגי
הפיקוח על מגמת הנדסת חשמל, בקרה ואנרגיה

קיימנו הרצאות מקצועיות בנושאים הבאים:

שם המרצה	נושא השיעור
ד"ר מריו ברמן	יציבות מערכת החשמל
יואב אפודי	בלימה ובקרת מהירות במנוע לזרם ישר
איה פלמן	תכנון תאורה
אריאל סגל	קשת חשמלית במתקני ולוחות חשמל
ישי גבאי	בטיחות בחשמל
אמיר ברושי	איכות החשמל במשק החשמל
נפתלי אבן חיים	תיעוד דיגיטלי של פרויקט גמר
ראובן סופר	תכנון מערכת חשמל על פי חוק החשמל

ברצוני להודות לכל המרצים שלימדו בהשתלמויות והרצו במהלך השנה. ישר כוח!

בשל חשיבותה וייחודה של מגמת הנדסת חשמל בקרה ואנרגיה, החל משנה"ל תשפ"ב נקבע כי הציון המינימלי בכל אחת מהבחינות החיצוניות בתיכון יהיה 40, בהתאם לזאת יהיה זכאי הבוגר עם סיום הלימודים לרישיון ביצוע עבודות חשמל. במהלך השנה עודכנו תכניות הלימודים בחלופות בית חכם ואנרגיה מתחדשת ונכתבו תכניות לימודים חדשות לכיתות יג'-יד' בהתמחות מערכות הספק פיקוד ובקרה, ובהתמחות בקרת אקלים.

התקיים יום עיון בבית הספר הולץ (תל אביב) שהוקדש כולו לנושא פיתוח מיומנויות בקרב התלמידים לקראת 2030 וביצוע פרויקטים מעשיים. ביום העיון הוצגו דוגמאות של דגמי פרויקטים מעשיים.

1.3 תכנית עבודה לשנה"ל תשפ"ג

- הטמעת תכנית הלימודים החדשה בכיתות יג'.
- הטמעת תכנית הלימודים בהתמחויות : אנרגיה מתחדשת ובית חכם.
- הטמעת ביצוע פרויקטים מעשיים באמצעות דגמים.
- המשך הטמעת תיעוד דיגיטלי (אתר) ופרזנטציה (באמצעות מצגת) לפרויקט גמר.
- המשך תכנית חשיפת מורים ותלמידים לתעשייה.
- פיתוח יחידות הוראה דיגיטליות.
- פיתוח תכנית לימודים להתמחות סייבר בתשתיות.

משרד החינוך
מינהל חינוך טכנולוגי
הפיקוח על מגמת הנדסת חשמל, בקרה ואנרגיה

- הכשרת מורים בתחומי דעת מתקדמים באמצעות השתלמויות וסדרת הרצאות במסגרת " שיעורי חשמל בנעלי בית".

1.3.1 תכניות לימודים חדשות לכיתות יג'-יד'

שנה"ל תשפ"ג – פיילוט טכנאים: מכללות רשאיות לבחור האם ללמד על פי תכנית הלימודים החדשה או הישנה בכיתות יג. כיתות יד ממשיכות ללמוד על פי תכנית הלימודים הישנה.

בשנה"ל תשפ"ד – פיילוט הנדסאים: כול המכללות מלמדות בכיתות יג' על פי תכנית הלימודים החדשה. כיתות יד' עדיין ניתן לבחור בין תכנית הלימודים החדשה או הישנה. מכללה שבחרה בתשפ"ג ללמד בכיתה יג' על פי תכנית הלימודים החדשה מחויבת להמשיך וללמד בשנה"ל תשפ"ד בכיתה יד' את תכנית הלימודים החדשה.

בשנה"ל תשפ"ה – **תכניות הלימודים החדשות נכנסות לתוקף:** כל המכללות נכנסות לרפורמה ומלמדות על פי תכנית הלימודים החדשה בכיתות יג'-יד'.

לתכניות הלימודים החדשות במכללות לחץ [כאן](#)

היבחנות בכיתה יג' – החל משנת הלימודים תשפ"ג תתקיים היבחנות חיצונית בשאלונים: 733911, 733001, 733915. למסיימי מסלול טכנאי תתקיים היבחנות גם בשאלון 733917.

היבחנות בכיתה יד' – ללא שינוי.

1.4 הוראות בטיחות

בשנה"ל תשפ"ג חובה ללמד ולבחון את התלמידים בכללי התנהגות והבטיחות במעבדות. להלן הקישורים להוראות בטיחות:

[הוראות הבטיחות לתלמידים, התמחות מערכות הספק פיקוד ובקרה \(3310\) – עברית](#)

[הוראות הבטיחות לתלמידים, התמחות מערכות הספק פיקוד ובקרה \(3310\) – ערבית](#)

[הוראות הבטיחות לתלמידים, התמחות בקרת אקלים \(3320\) – עברית](#)

רכזי המגמה חייבים לתלות פלקט במעבדה עם תמצית כללי הבטיחות. גודל מומלץ של פלקט 30X42 ס"מ (A3) מינימום, או במידות 60X90 ס"מ. הלן קישורים לפלקטים:

[תמצית הוראות הבטיחות לתלמידים, התמחות מערכות הספק פיקוד ובקרה \(3310\) – עברית](#)

[תמצית הוראות הבטיחות לתלמידים, התמחות מערכות הספק פיקוד ובקרה \(3310\) – ערבית](#)

[תמצית הוראות הבטיחות לתלמידים, התמחות בקרת אקלים \(3320\) – עברית](#)

משרד החינוך
מינהל חינוך טכנולוגי
הפיקוח על מגמת הנדסת חשמל, בקרה ואנרגיה

עם תחילת שנה"ל, טרם לימוד שיעורי המעבדה, חובה לקיים בחינת "כללי התנהגות ובטיחות במעבדה" לכלל תלמידי המגמה מכיתה י' ועד כיתה יד'. על כל מוסד להעביר למטמיע הרלוונטי מסמך הכולל את פרטי התלמידים: שם מלא, ת.ז והציון, חתום ע"י מנהל ביה"ס כי עברו את בחינת "כללי התנהגות ובטיחות במעבדה".

1.5 זכאות לקבלת רישוי חשמלאי

בוגרי מגמת הנדסת חשמל זכאים לקבלת רישוי של משרד הכלכלה – חשמלאי עוזר, חשמלאי מעשי, חשמלאי מוסמך, חשמלאי-טכנאי או חשמלאי-הנדסאי - בהתאם לתנאים המופיעים בחוק החשמל.

בוגרי כיתה יב' שעברו בהצלחה את בחינת הבגרות במקצוע המוביל, לפחות 3 יח"ל ובמקצוע ההתמחות ברמה של 3 יח"ל, זכאים לרישוי חשמלאי מעשי בהדרגה (על פי חוק חשמל).

בוגרי כיתה יב' שעברו בהצלחה את בחינת הבגרות במקצוע המוביל, לפחות 3 יח"ל ובמקצוע ההתמחות ברמה של 5 יח"ל, זכאים לרישוי חשמלאי מוסמך בהדרגה (על פי חוק החשמל).

במכללה – ישנה אפשרות להגשת בקשה לרישיון חשמלאי, זו תינתן רק לאחר עמידה בכל דרישות הלימודים וקבלת זכאות דיפלומת טכנאי / הנדסאי. ההתקדמות בין דרגות הרישוי – בכפוף להנחיות המופיעות בחוק החשמל.

בוגרי המגמה, שעמדו בהצלחה בבחינות הבגרות (תלמידי תיכון) או בבחינות הסמכה (תלמידי מכללות) רשאים לקבל רישוי טרם גיוסם לצה"ל. על פי סיכום מול נציגי משרד הכלכלה ואגף הבחינות, על הבוגרים להגיש בקשה לקבלת רישיון לעסוק בביצוע עבודות חשמל בטופס מקוון של משרד הכלכלה, לטופס מקוון לחץ כאן.

רכזי ומורי המגמה מתבקשים לעודד את התלמידים להגיש בקשה לקבלת רישיון לעסוק בביצוע עבודות חשמל.

1.6 מסלול טו"ב

הקריטריונים ותנאי הקבלה למסלול טו"ב מפורטים באתר של משרד החינוך:

<https://edu.gov.il/tech/Technical-colleges/tov/Pages/opening-tov.aspx>

במהלך שנה"ל תתבצע בקרה ובדיקת העמידה בדרישות הסף בקבלה למסלול. אי עמידה בקריטריונים עשוי לגרור סגירת המסלול.

1.7 תנאי קבלה לכיתות י"ג-י"ד – בוגרי המגמה

דרישת הסף של תנאי הקבלה ללימודים, על-פי חוקת הזכאות החדשה (ראו חוזר מנכ"ל תשעו/4(א) 3.1-51 סעיף 4 - תעודות הסמכה בחינוך טכנולוגי מקצועי) הינה זכאות לתעודת הסמכה טכנולוגית 2.1 לפחות, במגמת הנדסת חשמל בלבד.

משרד החינוך
מינהל חינוך טכנולוגי
הפיקוח על מגמת הנדסת חשמל, בקרה ואנרגיה

להלן פירוט תנאי קבלה לכיתה יג' :

א. ציון סף של 55 במקצועות:

- מבוא מדעי/מדע וטכנולוגיה לכל הערכה בית ספרית (90 ש')
- 3 יח"ל במקצוע מוביל
- 3 יח"ל במקצוע התמחות

ב. תעודת בגרות מלאה או חלקית (במסלולים ייחודיים), הכוללת ציון סף של 55 במקצועות:

- 3 יח"ל מתמטיקה
- 3 יח"ל אנגלית
- עברית / ערבית, הערכה פנימית בהיקף של 90 שעות או 1 יח"ל

1.8 תנאי קבלה לכיתות י"ג- י"ד – ללא רצף לימודי פדגוגי

לפי חוזר של אסף מנוחין (מנהל מחלקה על תיכונות).

2. תיכון - מקצועות הוראה ושיטות היבחנות:

2.1 מקצוע מוביל – מערכות חשמל – חלוקת שעות

2.1.1 חלוקת שעות ותוכנית הלימודים בהתמחות מערכות הספק פיקוד ובקרה:

מקצוע בחינה	שם מקצוע	י		יא		סה"כ	
		ע	ה	ע	ה	ע	ה
מקצוע מוביל מערכות חשמל	<u>תורת החשמל</u>	2	2	5	4	7	6
	<u>יסודות התכנות בסביבת מערכת משובצת מחשב</u>	2	2	0	0	2	4
	<u>מערכות ספרתיות</u>	2	1	1	0	3	1
	סה"כ	6	5	6	4	12	9
						סה"כ	
						כללי	
						13	

משרד החינוך
מינהל חינוך טכנולוגי
הפיקוח על מגמת הנדסת חשמל, בקרה ואנרגיה

2.1.2 חלוקת שעות ותוכנית הלימודים בהתמחות בקרת אקלים:

מקצוע בחינה	שם מקצוע	י		יא		סה"כ	
		ע	ה	ע	ה	ע	ה
מקצוע מוביל מערכות חשמל	תורת החשמל	2	2	4	2	6	4
	יסודות התכנות בסביבת מערכת משובצת מחשב	2	2	0	0	2	2
	תרמודינמיקה ותורת הקירור	2	1	1	0	3	1
	סה"כ	6	5	5	2	11	7
							18

2.2 שיטות ההיבחנות במקצוע מוביל

5 יח"ל על פי השאלונים הבאים:

70% (3 יח"ל) יינתנו באמצעות הערכה חיצונית – שאלון 845381
 30% (השלמה ל-5 יח"ל) יינתנו באמצעות הערכה בית ספרית – שאלון 845283 או הערכה חיצונית – שאלון 845282.

3 יח"ל לפי שאלונים הבאים:

שאלון 845381 - 70% (3 יח"ל) יינתנו באמצעות הערכה חיצונית .
 שאלון 845387 – השאלון מיועד למספר מצומצם של בתי-ספר, באישור מפמ"ר בלבד. את הבקשות לקבלת אישור ההיבחנות בשאלון 845387 יש להגיש באתר מוקד מקצוע.

2.2.1 הרכב השאלונים:

מרכיב ההערכה החיצונית בכתב – שאלון 845381 שמשקלו 70%

תכניו של מרכיב זה, הינם כל הנושאים המופיעים בתכניות הלימודים, למעט אלו הכלולים במרכיב ההערכה הבית ספרית.

הרכב הבחינה החיצונית:

פרק ראשון: תורת החשמל זרם ישר, קבלים – ארבע שאלות.

פרק שני: תורת החשמל זרם חילופין, רשת תלת מופעית – ארבע שאלות.

פרק שלישי : ההתמחות מערכות הספק פיקוד ובקרה: מערכות ספרתיות - שתי שאלות.

פרק שלישי ההתמחות בקרת אקלים: תרמו דינמיקה ותורת הקירור - שתי שאלות.

משרד החינוך
מינהל חינוך טכנולוגי
הפיקוח על מגמת הנדסת חשמל, בקרה ואנרגיה

יש לשים לב: הבחינה בכתב תכלול גם את נושאי הלימוד ההתנסותי.

רשימת ניסויי המעבדה במערכות חשמל אחידה ואיננה מאפשרת בחירה.

יש לענות על חמש שאלות בסה"כ:

שתי שאלות מפרק 1, שתי שאלות מפרק 2 ושאלה אחת מפרק 3.

משך הבחינה – 3 שעות.

חומר עזר מותר לשימוש: מחשבון, וכן כל חומר עזר הכתוב בכתב יד או מודפס על נייר.

2.2.2 מרכיב ההערכה הבית-ספרית - שאלון 845283 שמשקלו 30%

יסודות התכנות בסביבת מערכות משובצות מחשב

- המלצת צוות הפיקוח לקיים את הבחינה במתכונת בחינת פרויקטון.

2.2.3 מרכיב ההערכה החיצונית בכתב - שאלון 845282 שמשקלו 30%.

שאלון זה, מערכות חשמל – מוגבר, מיועד לנבחנים אקסטרנים המעוניינים לבצע השלמה ל- 5 יח"ל.

מבנה השאלון:

פרק ראשון: תורת החשמל: זרם ישר, זרם חילופין ורשת תלת מופעית – **שלוש שאלות.**

פרק שני: מערכות ספרתיות/ תרמו דינמיקה ותורת הקירור - **שתי שאלות.**

פרק שלישי: יסודות התכנות בסביבת מערכות משובצות מחשב – **שתי שאלות.**

יש לענות סה"כ על ארבע שאלות: לפחות שאלה אחת מכל פרק.

משך הבחינה –שעתיים.

חומר עזר מותר לשימוש: מחשבון, וכן כל חומר עזר כתוב בכתב יד או מודפס על נייר.

2.2.4 מרכיב ההערכה על ידי בוחן חיצוני - שאלון 845387 שמשקלו 70%

למען הסר ספק, בתי ספר המעוניינים להמיר את הבחינה החיצונית 845381 בבחינה זו , **חייבים לקבל את אישור**

המפמ"ר.

הבוחן ירכיב את השאלון העיוני מתוך מאגר השאלות המופיע בקישור, שאלון זה מחייב את קבלת אישור הפיקוח.

רכז המגמה יוודא מול הבוחן שהשאלון העיוני קיבל את **אישור הפיקוח**.

הרכב הבחינה:

מרכיב 1 – ניסוי חובה בחשמל ומערכות ספרתיות/ תרמו דינמיקה ותורת הקירור – 50%

מרכיב 2 – שאלון בכתב – 50%, לפרטים נוספים על הרכב הבחינה לחץ כאן .

משרד החינוך
מינהל חינוך טכנולוגי
הפיקוח על מגמת הנדסת חשמל, בקרה ואנרגיה

2.2.5 הנחיות לבחינות מותאמות – תיכון

להלן קישור להנחיות לבחינות מותאמות

התאמות בדרכי היבחנות לתלמידים עם לקויות למידה והפרעת קשב במגמת הנדסת חשמל בקרה ואנרגיה

3 מקצוע התמחות - מערכות הספק פיקוד ובקרה - 3310:

מקצוע ההתמחות מכיל ארבע חלופות הבאות כאשר כל בית הספר רשאי לבחור אחת מהן:

- מערכות הספק פיקוד ובקרה
- אנרגיה מתחדשת
- בית חכם
- סייבר בתשתיות

3.1 תכניות הלימודים

להלן תכניות הלימודים וחלוקת שעות במקצוע התמחות מערכות הספק פיקוד ובקרה:

סה"כ	מס' שעות לימוד	עמס' שעות לימוד	שם מקצוע	שם החלופה
	בכיתה י"ב'	בכיתה י"א'		
4	2 - ש"ש עיוני	---	מתקני חשמל ומערכות הספק	מקצועות משותפים לכל החלופות
	2 - ש"ש התנסותי			
4	3 - ש"ש עיוני	---	המרת אנרגיה	
	1 - ש"ש התנסותי			
6	1 - ש"ש עיוני	---	בטיחות בחשמל	
	1 - ש"ש עיוני	2 - ש"ש עיוני	הנחיית פרויקטים	
	2 - ש"ש התנסותי			
4	3 - ש"ש עיוני 1- ש"ש התנסותי	---	בקרים ומערכות ממוחשבות	מערכות הספק פיקוד ובקרה
			בית חכם	בית חכם
			סייבר בתשתיות	סייבר בתשתיות
			אנרגיה מתחדשת	אנרגיה מתחדשת
18	10 - ש"ש עיוני	2 - ש"ש עיוני	סה"כ שעות	
	6 - ש"ש התנסותי			

משרד החינוך
מינהל חינוך טכנולוגי
הפיקוח על מגמת הנדסת חשמל, בקרה ואנרגיה

להלן תכניות הלימודים וחלוקת שעות במקצוע התמחות בקרת אקלים:

שם מקצוע	מס' שעות לימוד בכיתה י"א'	מס' שעות לימוד בכיתה י"ב'	סה"כ ש"ש
מערכות פיקוד ובקרה, מתקנים ומכונות חשמל	2 – ש"ש עיוני	4 - ש"ש עיוני	6
קירור ומיזוג אוויר	2 – ש"ש עיוני 2 – ש"ש התנסותי	4 - ש"ש עיוני 2 - ש"ש התנסותי	10
בטיחות	---	1 - ש"ש עיוני	1
פרויקטים		4 - ש"ש התנסותי	4
סה"כ שעות	4 - ש"ש עיוני 2 – ש"ש התנסותי	9 - ש"ש עיוני 6 - ש"ש התנסותי	21

[קישור לתוכניות הלימודים בהתמחות מערכות הספק](#)

[קישור לתוכניות הלימודים בהתמחות בקרת אקלים](#)

3.2 הנחיות לביצוע עבודות גמר ופרויקטים בהתמחות מערכות הספק פיקוד ובקרה – תיכון:

3.2.1 תכנית ההיבחנות במקצוע ההתמחות – תיכון

הגשת הצעות פרויקט באתר מוקד מקצוע חובה לכל הסוגים של פרויקטים עד התאריך 29.09.2022.

פרויקטים בנושא תכנון מתקני חשמל - הצעות פרויקט ברמה של 3 יח"ל (848387) או ברמה של 5 יח"ל (848589), **יאושרו ע"י רכזי המגמות ומכיוון שכך**, האחריות על רמת הפרויקט והתאמתו לקריטריונים מוטלת על רכז המגמה.

פרויקטים בנושא בניית דגם - הצעות פרויקט בהיקף של 3 יח"ל או 5 יח"ל יוגשו לאתר מוקד מקצוע לאישור צוות הפיקוח.

רמת הפרויקט מהווה חלק מציון הבחינה ותוערך ע"י הבוחן.

מצ"ב קישור עבור דוגמת הצעת פרויקט תכנון מתקן חשמלי ברמה של 3 יח"ל וברמה של 5 יח"ל בהמשך תהליך טיוב איכות הפרויקטים ועבודות הגמר והגברת הבקרה על תהליך הביצוע של הפרויקט, גם השנה, יבוצעו שתי פעימות להערכת העבודה על הפרויקט.

למסמך מלא "הנחיות לביצוע עבודות גמר ופרויקטים בהתמחות מערכות הספק פיקוד ובקרה" לחץ [כאן](#)

משרד החינוך
מינהל חינוך טכנולוגי
הפיקוח על מגמת הנדסת חשמל, בקרה ואנרגיה

פעמימה ראשונה:

א. שיוך התלמידים במנב"סנט: כלל בתי הספר נדרשים לשייך את התלמידים לשאלונים הרלוונטיים באמצעות המנב"סנט. יש לבצע את השיוכים עד לתאריך 15/12/2022.

ב. הגשת תיעוד התקדמות: על בתי הספר להעלות תיעוד דיגיטלי או מסמך המתעד את ההתקדמות בפרויקט, לא יאוחר מה- 15/1/2023.

להלן פירוט התיעוד המינימלי הנדרש עבור פרויקט תכנון מתקן חשמלי (מתכונת ישנה):

- הצעת פרויקט מפורטת.
- שרטוט אדריכלי הכולל את מיקום הצרכנים.
- טבלת צרכנים מפורטת.
- פרק התאורה או פרק אחר.
- להלן פירוט התיעוד המינימלי הנדרש עבור פרויקט מעשי - דגם (מתכונת חדשה):
- הצעת פרויקט מפורטת
- שרטוט תרשים מלבנים של המערכת
- תיאור לפחות שני מרכיבים של הפרויקט כגון, מנוע תלת פאזי, תפקידו של מיקרו בקר/בקר מתוכנת במערכת, מבנה של לוח ראשי.
- תיעוד דיגיטלי של הדגם בבניה
- הפרקים שיוגשו במערכת השילובית, בפעמימה הראשונה, יוערכו ע"י הבוחן עד לתאריך 28/2/2023, והציון שיינתן עבור מרכיב זה, יהווה 10% מהציון סופי של הפרויקט.

פעמימה שנייה:

א. עדכון פרטי התלמידים במערכת השילובית במידה וחלו שינויים במהלך החודשים מסיום הפעמימה הראשונה ועד ה- 15/3/2023.

ב. קביעת מועד לבחינה מול הבוחן ששובץ לביה"ס.

ג. העלאת תיעוד הפרויקט, לפחות שבועיים לפני מועד הבחינה שנקבע, והערכתו על ידי הבוחן.

ד. קיום הבחינה הפרונטאלית, במועד שנקבע, על ידי הבוחן החיצוני ששובץ לבית הספר.

להלן ריכוז לוחות הזמנים (תקציר)

עד לתאריך 15/12/2022 – ביצוע שיוך התלמידים במערכת השילובית.

עד לתאריך 15/1/2023 – פתיחת הזמנת בוחנים במערכת השילובית והעלאת תיעוד התקדמות בפרויקט.

עד לתאריך 28/2/2023 – מועד אחרון להערכת בוחן על הפעמימה הראשונה של הפרויקט.

עד 15/3/2023 – עדכון פרטי התלמידים והדרישות לשיבוץ בוחן עבור הפעמימה השנייה.

משרד החינוך
מינהל חינוך טכנולוגי
הפיקוח על מגמת הנדסת חשמל, בקרה ואנרגיה

3.3 מפתח הערכה לעבודות גמר ופרויקטים - תיכון:

מספר נקודות לכל מרכיב	פירוט		מרכיב ראשי
	עבודת גמר (5 יח"ל)	פרויקט גמר (3 יח"ל)	
10	10	הצעת פרויקט מפורטת + פרקים ראשונים שהועלו לשילובית	פעימה ראשונה 10%
10	10	איכות ואסתטיקת התיעוד, סרטונים, כיתוב, נוסחאות הסברים, יומן עבודה, רפלקציה ופרזנטציה.	תיעוד פרויקט ופרזנטציה 10%
20	20	בקיאות בתכנון מתקן חשמלי / בקיאות בדגם	תכנון מתקן חשמלי וניסויים / דגם וביצוע מדידות 50%
30	30	ביצוע ניסויים / מדידות ותפעול הדגם.	
15	15	המרת אנרגיה .	מרכיב עיוני 30%
15	15	בטיחות בחשמל.	
100	100	סה"כ:	

3.4 הנחיות לביצוע עבודות גמר ופרויקטים בהתמחות בקרת אקלים - תיכון:

השנה, הצעות פרויקט ברמה של 3 יח"ל (874387) והצעות פרויקט ברמה של 5 יח"ל (874589), יאושרו ע"י רכזי המגמות ומכיוון שכך, האחריות על רמת הפרויקט והתאמתו לקריטריונים מוטלת על רכז המגמה.

פרויקט 3 יח"ל מהווה בניה של דגם לימודי המכיל מערכת קירור או מיזוג אוויר (או חלק ממנה) לצורך הסבר או לימוד של תהליכים המתרחשים במערכת. פרויקט של 5 יח"ל כולל בניית מערכת קירור או מיזוג עובדת עם שיפורים או תוספות של תלמיד. רמת הפרויקט מהווה חלק מציון הבחינה ותוערך ע"י הבוחן.

בהמשך לתהליך טיוב הפרויקטים בשנה"ל תשפ"ג, כמו גם בשנה הקודמת, יבוצעו הפעולות הבאות:

א. בוחני פרויקטים ישובצו החל מתחילת שנת הלימודים במטרה לבצע בקרה על תהליך ביצוע הפרויקטים, וכן על התוצר הסופי.

ב. תיעוד דיגיטלי של פרויקטים באמצעות בניית אתר, מצגת או כלי דיגיטלי אחר, בדגש על יומן פעולות, רפלקציה, תיעוד בעיות ושיטות פתרונם.

ג. עד לתאריך 1/1/2023, יוגשו מספר פרקים בחוברת הפרויקט באתר מרב"ד של אגף הבחינות.

משרד החינוך
מינהל חינוך טכנולוגי
הפיקוח על מגמת הנדסת חשמל, בקרה ואנרגיה

3.5 תכנית ההיבחנות במקצוע התמחות בקרת אקלים – תיכון

הצעות פרויקט ברמה של 3 יח"ל (874387) והצעות פרויקט ברמה של 5 יח"ל (874589), יוגשו באתר מוקד מקצוע לאישור של צוות הפיקוח עד תאריך 1/11/2022.
 רמת הפרויקט מהווה חלק מציון הבחינה ותוערך ע"י הבוחן.

3.6 מפתח הערכה לעבודות גמר ופרויקטים בהתמחות בקרת אקלים - תיכון:

מספר נקודות לכל מרכיב	פירוט		מרכיב ראשי
	עבודות גמר (5 יח"ל)	פרויקט גמר (3 יח"ל)	
20	20	תכנון מתקן קירור או מיזוג אוויר לפי הנחיות שיוגדרו במסמך נפרד . בקיאות בנושא הפרויקט.	חוברת העבודה, המערכת ופעולתה, תכנון, בקיאות בנושא הפרויקט
10	10	איכות ואסתטיקת התיעוד, סרטטים, כיתוב, נוסחאות הסברים, יומן עבודה, רפלקציה ופרזנטציה.	
15	15	דגם בנוי עובד	דגם, בקיאות בנושא
15	15	בקיאות בעקרון פעולת הדגם	
20	20	ביצוע עבודות צנרת לפי שרטוט של בוחן, חיבורי חשמל, פעולות גז או איתור תקלות במתקן הנבנה ע"י התלמיד או באחד ממתקנים בסדנה לימודית.	ביצוע עבודות צנרת
20	20	שאלות עיוניות במקצוע תורת קירור ומיזוג אוויר	מרכיב עיוני
100	100	סה"כ:	20%

4. מכללות י"ג - י"ד:

4.1. תכניות לימודים

להלן קישורים לתוכניות הלימודים במגמת מערכות בקרה ואנרגיה:

מגמת הנדסת חשמל בהתמחות מערכות הספק - טכנאים

מגמת הנדסת חשמל בהתמחות מערכות הספק - הנדסאים

4.2 מערך הבחינות החיצוניות לתלמידי כיתות י"ג - י"ד.

הערכה חיצונית לסטודנטים המסיימים מסלול לימודים בכיתה י"ג - טכנאי:

- בחינה במקצוע הגרעין - שאלון 733001.
- בחינה במקצוע ההתמחות - שאלון 733911.
- בחינה בהתנסות ובמעבדה, הערכה ע"י מעריך חיצוני - שאלון 733915.
- בחינת הגנה על פרויקט גמר, הערכה ע"י מעריך חיצוני - שאלון 733917.

הערכה חיצונית לסטודנטים המסיימים מסלול לימודים בכיתה י"ד - הנדסאי:

כיתה י"ג

- בחינה במקצוע הגרעין - שאלון 733001.
- בחינה במקצוע ההתמחות - שאלון 733911.
- בחינה בהתנסות ובמעבדה, הערכה ע"י מעריך חיצוני - שאלון 733915.

כיתה י"ד

- בחינה במקצוע הגרעין - שאלון 733003.
- בחינה במקצוע ההתמחות - שאלון 733913.
- בחינה בהתנסות ובמעבדה, הערכה ע"י מעריך חיצוני - שאלון 733916.
- הגנה על פרויקט גמר להנדסאי, הערכה ע"י שני מעריכים חיצוניים - שאלון 733918.

המקצועות לבחינות החיצוניות יפורסמו לקראת 15.01.2023.

חומר עזר לבחינות חיצוניות עבור השאלונים: 733001, 733003, 733911, 733913 :

שלושה דפי עזר מודפסים או רשומים בכתב יד .

משרד החינוך
מינהל חינוך טכנולוגי
הפיקוח על מגמת הנדסת חשמל, בקרה ואנרגיה

קישור להנחיות פדגוגיות לביצוע עבודות גמר ופרויקטים במכללה:

הנחיות לביצוע עבודות גמר ופרויקטים במגמת הנדסת חשמל

4.3. מפתח הערכה לעבודות גמר ופרויקטים במכללה:

מרכיב ראשי	פירוט	ניקוד
חוברת העבודה, 25%	<u>הצעת פרויקט, אסתטיקה ומבנה כללי</u> דף שער, הצהרת הסטודנט, הצעת פרויקט מאושרת ומותאמת לספר הפרויקט, רשימת טבלאות ואיורים, ביבליוגרפיה, נספחים, עימוד, גודל פונט אחיד, שוליים	5
	<u>גוף החוברת ואיכות התיעוד</u> שרטוט אדריכלי בקנה מידה, נוסחאות, חישובים והסברים. <u>החוברת כוללת את פרקי החובה:</u> בחירת הגנות ושטחי חתך, בחירת הגנות ראשיות וציוד מתאים, שיפור מקדם ההספק, שרטוטי לוחות עפ"י חוק החשמל, חישוב זרמי קצר ומפלי מתח, בחירת פסי צבירה ובדיקתם, תכנון תאורה, בדיקת סלקטיביות, הגנות בפני התחשמלות, פריסת כבלים על-פני התכנית האדריכלית. תכנון פיקוד ברמה של טכנאי / הנדסאי	20
שיקולי תכנון המערכת 35%	יכולת להסביר את שיקולי התכנון החשמלי במתקן בכל אחד מהפרקים: בחירת שיטת התקנה, בחירת ציוד: מתנעים, בקר, שנאי, מכשור מדידה, גנרטור, הגנות, פסי צבירה ותכנון לוחות חשמל.	35
בקיאות בנושא העבודה/פרויקט 40%	פרזנטציה באמצעות מצגת, אתר או פלקט. יכולת להסביר את החישובים, תוצאות וסרטוטים המופיעים בספר הפרויקט.	40
סה"כ:		100

5. הצטיידות

בקשת הצטיידות מוגשת לחברת טלדור על פי נוהל עבודה כדלקמן:

- בתי-הספר מגבשים רשימת ציוד לפי התקנים המאושרים שפורסמו באתר המנהל למדע וטכנולוגיה.
- לאחר גיבוש הרשימה ביה"ס ממלא טופס מס' 5 אותו יש לשלוח למוקד הבקרה לבדיקה ואישור לכתובת:
shanima@taldor.co.il
- מוקד הבקרה בודק את רשימת הציוד ומציין את ההערות הרלוונטיות לפריטים כגון: תקין, לא תקין, לא נמצא בתקנים וכו'.
- עם תום בדיקת הציוד ע"י מוקד הבקרה, תועבר הרשימה לאישור המפמ"ר.
- מוקד הבקרה שולח אישור רכישה לרשות / ביה"ס.
- ביה"ס / רשות רוכשים ושולחים למוקד הבקרה חשבונית לבדיקה.
- מוקד הבקרה שולח לרשות דוחות להחתמה בהתאם לחשבונית.
- מוקד הבקרה בודק את הדוחות ומעביר לחתימה סופית ושחרור הכספים ממשרד החינוך.

את תקני הצטיידות במערכות חשמל (33.00) ובמערכות הספק, פיקוד ובקרה (33.10) ניתן למצוא בטבלת תקני הציוד של המגמות הטכנולוגיות באתר המגמה או באתר המנהל למדע וטכנולוגיה (בשורה של מגמת מערכות בקרה ואנרגיה).

6. השתלמויות מורים:

במהלך השנה נקיים השתלמויות מקוונות ופרונטליות, פרטים נוספים יפורסמו באתר האינטרנט של המגמה בכתובת:

<https://edu.gov.il/tech/energy>

ובאתר מוקד מקצוע בכתובת: <http://moked.education.gov.il/>

המורים המשתתפים בהשתלמות מחויבים בביצוע עבודת גמר ועצם ההשתתפות בהשתלמות מהווה הסכמה לפרסום מאגר מידע שיכלול את העבודות בהשמטת שם כותב העבודה.

באחריותם של הרכזים לדאוג שמורי המגמה ישתלמו בנושאים חדשים.

7. צוות בקרה

בשנה"ל תשפ"ג ייבחרו מספר בתי ספר, על פי מספר מדדים, לביקור המפמ"ר וצוות בקרה, הודעה על כך תתקבל בבית הספר כשבועיים מראש.

במסגרת הביקור נשמח ללבן את הסוגיות הבאות:

- הטמעת תכנית הלימודים החדשה בבית הספר, בדגש על התהליכים הפדגוגיים.
- רמת הידע של התלמידים וההישגים הלימודיים בבחינות החיצוניות.
- השתתפות מורי בית הספר בהשתלמויות.
- כמות שעות הלימודים שלומד כל תלמיד במגמה.

8. קריטריונים לבוחן/מעריך במגמת הנדסת חשמל פיקוד ובקרה

הקריטריונים המוזכרים במסמך זה נוספים לכתוב בהוראת קבע מס' 0282- [צירוף מעריכים של בחינות בגרות הנערכות בכתב וכן בוחנים בבחינות בגרות הנערכות בעל-פה למאגר המומחים של אגף הבחינות](#)

8.1 קריטריונים לבוחני פרויקטים בתיכון:

1. בעל רישיון חשמלאי מוסמך לפחות.
2. בעל תואר הנדסאי חשמל- לפחות.
3. השתלם בתחום המקצוע בהשתלמויות המגמה לפחות פעם אחת בשנה.
4. השתתפות בהרצאות "חשמל בנעלי בית".
5. מתן עזרה במטלות לקידום מגמת חשמל כגון- כתיבת תכניות לימוד, פיתוח חלופות בנושא חשמל חכם, אנרגיה מתחדשת, מיזוג אוויר, השתתפות בתכנית "מנטורים בתעשייה", שימוש בכלים דיגיטליים וטכנולוגיים חדשניים תוך ביצוע פרויקטים, הבאת רעיונות חדשניים ויישומם.

משרד החינוך
מינהל חינוך טכנולוגי
הפיקוח על מגמת הנדסת חשמל, בקרה ואנרגיה

8.2 קריטריונים לבוחני פרויקטים במכללות:

1. בעל רישיון חשמלאי ראשי לפחות.
2. בעל תואר ראשון- לפחות.
3. השתלם בתחום המקצוע בהשתלמויות המגמה לפחות פעם אחת בשנה.
4. השתתפות בהרצאות "חשמל בנעלי בית".
5. מתן עזרה במטלות לקידום מגמת חשמל כגון- כתיבת תכניות לימוד, פיתוח חלופות בנושא חשמל חכם, אנרגיה מתחדשת, מיזוג אוויר, השתתפות בתכנית "מנטורים בתעשייה", שימוש בכלים דיגיטליים וטכנולוגיים חדשניים תוך ביצוע פרויקטים, הבאת רעיונות חדשניים ויישומם.

בברכת שנה"ל פורייה,

אירנה ליברמן
ממונה על מגמת
הנדסת חשמל, בקרה ואנרגיה
מנהל חינוך טכנולוגי, משרד החינוך

העתקים:

מר מוהנא פרס, מנהל מינהל טכנולוגיה
ד"ר אהרון שחר, מנהל אגף מגמות הנדסיות
מר דוד גל, מנהל אגף בחינות בכיר