



משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
האגף לתכנון ולפיתוח
תכניות לימודים



מינהלת מל"מ
המרכז הישראלי
לחינוך מדעי וטכנולוגי
ע"ש עמוס דה שליט



הטכניון –
מכון טכנולוגי לישראל
המחלקה להוראת
הטכנולוגיה והמדעים

חושבים מוט"ב: פעילויות להקניית מיומנויות חשיבה

הקטנת ריכוז תחמוצות הגופרית במפרץ חיפה

שם משימה:

השוואה

מיומנות:

איכות האוויר סביבנו

מבניות:

סטייה מתקנות המערכות בגוף מצביעה על חולי. גורמים סביבתיים
(כמו קרינה, זיהום אוויר ומים, חומרי הדברה) פוגעים במערכות
הגוף.

רעיונות מדעיים:

כתיבה

תובל ברנדון
ד"ר רקפת דנאי
מיכל שוורצון

ייעוץ פדגוגי

ד"ר יעל שהרבני
רונית פרץ

ראש הפרויקט

פרופ' טלי טל

עריכה לשונית

אבשלום גינוסר

© כל הזכויות שמורות למשרד החינוך

הקטנת ריכוז תחמוצות הגופרית במפרץ חיפה

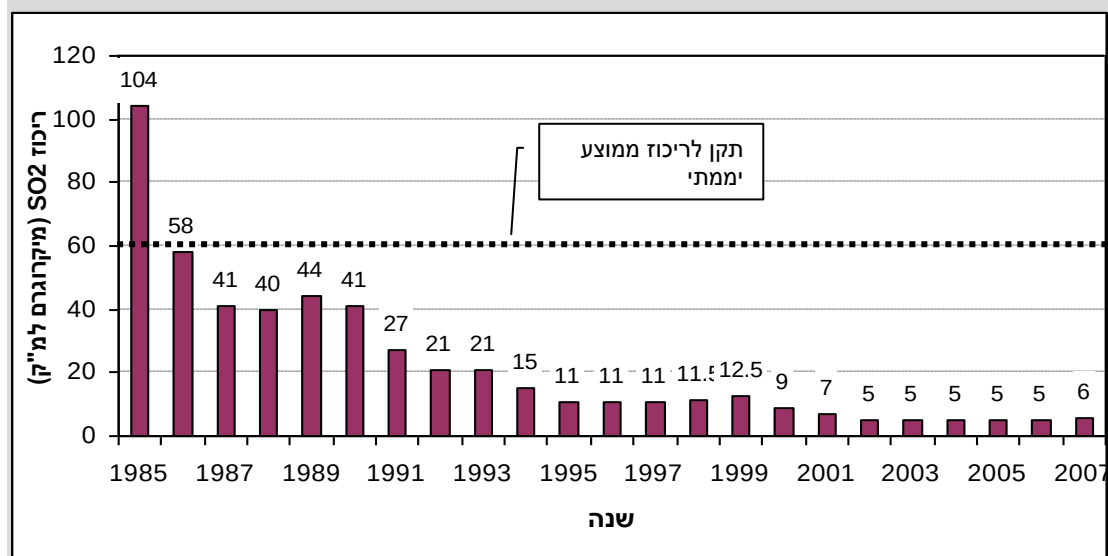
הקטע הבא מציג את השיטה שבה נוקט המשרד להגנת הסביבה כדי להתמודד עם זיהום האוויר התעשייתי באזור חיפה. קראו את הקטע וענו על השאלות.

צמצום פליטות הגופרית הדו-חמצנית

מפרץ חיפה הוא אחד האזורים המזהמים בארץ. במפרץ יש ריכוז גדול של מפעלי תעשייה ותחנות כוח. תהליכי הייצור במפעלים אלו צורכים כמות גדולה של אנרגיה המושגת על-ידי שריפה של דלקים. בנוסף, המפעלים המזהמים ממוקמים בעמק בין הרים (רכס הכרמל) וגבעות (אזור טבעון).

בתנאי מזג אוויר בעייתיים, המזהמים יכולים להצטבר בעמק וריכוזם עלול לעלות לדרגות מסוכנות. כדי למנוע מצב זה, פירסם המשרד להגנת הסביבה תקנות שמגבילות את ריכוז הגופרית בדלק. בנוסף, הופעלה מערכת בקרה לסירוגין (מב"ס). כאשר ריכוז הגופרית הדו-חמצנית (SO_2) גבוה, או כשנוצרים תנאים מטאורולוגיים בהם אין פיזור יעיל של המזהם, המערכת מתריעה והמפעלים חייבים לעבור לשימוש בדלק דל-גופרית. במקרים חמורים ניתן אף לחייב את המפעלים להשתמש בדלק בעל ריכוז גופרית נמוך במיוחד.

בנוסף למב"ס, המפעלים מחויבים להשתמש בדלקים דלי-גופרית גם בעונות המעבר (סתיו ואביב), שבהן יש סיכוי גדול יותר לתנאים מטאורולוגיים שיכולים לגרום להצטברות זיהום. בשנים האחרונות, המפעלים משתמשים יותר ויותר בדלקים דלי-גופרית, גם כשאינם מחויבים לעשות כך, מתוך הבנה עם המשרד להגנת הסביבה. לפי המשרד לאיכות הסביבה, השילוב של המב"ס והגברת השימוש בדלקים דלי-גופרית הביא לשיפור משמעותי באיכות האוויר באזור חיפה (ראו גרף למטה).



ציר 1: ממוצע שנתי של ריכוז הגופרית הדו-חמצנית (SO_2) בשכונת נווה שאנן בחיפה

מבוסס על חומר מתוך אתר "איגוד ערים אזור חיפה – איכות הסביבה" (<http://www.envihaifa.org.il>)

1. מדוע המערכת נקראת "מערכת בקרה לסירוגין"? מה תפקידה?
2. המערכת מופעלת "בתנאים מטאורולוגיים בעייתיים". למה הכוונה? הביאו דוגמאות למצב בו תנאים מטאורולוגיים גרמו לעליה חריגה בזיהום האוויר. השתמשו בחומר שאותו למדתם.
3. כיצד המב"ס (מערכת הבקרה לסירוגין) מונעת היווצרות של זיהום אוויר גבוה בצורה חריגה?
4. א. האם הפעלת המב"ס משפיעה על הריכוז של חלקיקי פיח (שמקורם בשריפת הדלקים) ומזהמים אחרים? נמקו.
 ב. האם להפעלת המב"ס יש השפעה על בעיות הבריאות שגורמים החלקיקים? נמקו. הדרכה: חישובו על ההרכב של החלקיקים.
5. קראו את הכתבה "חשש לפגיעה בחולי ריאות ולב עקב זיהום האוויר החריג בחיפה" בעמ' 41 בחוברת "איכות האוויר סביבנו" והשלימו את הטבלה שלמטה. אם חוברת המבנית אינה ברשותכם, המורים יחלקו לכם עותק.

טבלה 1: שיטות לטיפול בריכוזים גבוהים של גופרית-דו-חמצנית באוויר באזור חיפה

שנה	1989	2007
קריטריון		
ריכוז גופרית מקסימלי בתחנת נווה שאנן בחיפה (מיקרוגרם לקוב אוויר)		*416
ממוצע שנתי של ריכוז גופרית דו-חמצנית בתחנת נווה שאנן בחיפה (מיקרוגרם לקוב אוויר)		
נהלים למצבים שבהם ריכוז הגופרית הדו-חמצנית באוויר עולה על המותר		
הנוהל למקרים שבהם מזג אוויר שעלול להחמיר זיהום		
מקרים או אירועים שבהם נעשה שימוש בדלק דל גופרית		

*ממוצע חצי שעותי, מתוך הדו"ח השנתי שמפורסם באתר.

6. האם התקנות של המשרד לאיכות הסביבה הועילו לצמצום הזיהום? התייחסו גם לריכוז המקסימלי וגם לריכוז השנתי. הביאו עדויות מהגרף ומהטבלה.
7. מדוע לדעתכם בתי הזיקוק וחברת החשמל לא השתמשו בדלק דל גופרית כל השנה? (חישבו מהן הסיבות לכך שלא ישתמשו בדלק למרות יתרונותיו).
8. בקרוב תושלם צנרת שתוביל למפעלים במפרץ חיפה גז טבעי שיחליף את המזוט, הדלק שבו משתמשים היום. כיצד המעבר צפוי להשפיע על זיהום האוויר בחיפה? (עיינו בטבלה 1 בעמ' 46 בחוברת. לידיעתכם - ריכוז הגופרית בגז הטבעי דומה לזה של גז הבישול).
9. א. האם יש לכם אמון ברשויות שאחראיות על איכות הסביבה (המשרד להגנת הסביבה, איגוד ערים)? רשמו את תשובתכם בצורת טיעון (טיעון = טענה + נימוקים והסברים או דוגמאות אם צריך).
- ב. האם, או באיזו מידה, שינה המידע על המב"ס את מידת האמון שלכם ברשויות שאמורות לשמור על איכות הסביבה? נמקו.

מחווין

	קריטריונים	רמת ביצוע		
		רמת ביצוע גבוהה	רמת ביצוע בינונית	רמת ביצוע נמוכה
1	זיהוי הקשר בין שם המערכת לפעילותה, ופירוט תפקידה	הסבר מדויק	זיהוי הקשר אך ההסבר אינו ברור או שחסר חלק מהתשובה	לא זוהה הקשר בין שם המערכת לפעילותה
	הבנה			
2	הסבר ודוגמה (לפחות אחת) של תנאי מזג אוויר היוצרים את הבעיה המוצגת	הסבר מדויק מבחינה מדעית ודוגמה נכונה	הסבר לא מדויק של התופעה האטמוספרית, או דוגמה לא מתאימה	אין הסבר על התופעה האטמוספרית (או הסבר לא נכון). אין דוגמה או שהדוגמה שניתנה אינה נכונה
	ידע מדעי			
3	הסבר על פעולת המערכת והשפעתה על הסביבה	תשובה נכונה ומדויקת מבחינה מדעית	תשובה חסרה או לא מדויקת	תשובה לא מדויקת או לא נכונה
	ניתוח			
4	א. תשובה + נימוק: השפעת המב"ס (או לא) על הפיח ועל המזהמים האחרים. ב. תשובה + נימוק: התייחסות לשינוי ההרכב של חלקיקי הפיח ולהשפעה אפשרית של ההרכב על הבריאות	תשובות נכונות ומדויקות מבחינה מדעית	תשובות לא מדויקות או נימוקים לא מדויקים	תשובות חסרות או לא מדויקות
	ידע מדעי, ניתוח			
5	מילוי הטבלה	8 או יותר מהתאים מולאו נכון	4-7 מהתאים מולאו נכון	0-3 מהתאים מולאו נכון
	השוואה + ניתוח גרפים			
6	שימוש בנתוני הטבלה כדי לנתח את ההשפעה של תקנות איכות האוויר על הזיהום	תשובה נכונה ומלאה הכוללת	תיאור ההשפעה של התקנות על איכות האוויר אך הדוגמאות המספריות חלקיות או חסרות	תשובה לא נכונה או חסרה
	ניתוח נתונים מתוך טבלה			
7	זיהוי הסיבה לאי השימוש בדלק דל גופרית לאורך כל השנה	תשובה נכונה ומלאה המבוססת ידע מדעי	תשובה לא מלאה או לא ברורה	לא זוהתה הסיבה
	ניתוח			
8	ניתוח של ההשפעה הצפויה של הגז הטבעי על ריכוז תחמוצות הגופרית באוויר באזור חיפה	תשובה נכונה ומלאה המבוססת על ידע מדעי ויכולת ניתוח	תשובה חלקית – זוהו התכונות הרלוונטיות של הגז אך השפעתן האפשרית לא תוארה או הוצגה בצורה חלקית	לא זוהו התכונות הרלוונטיות של הגז הטבעי וממילא לא ניתן לתאר את השפעתו
9	רפלקציה: התייחסות למידת האמון שהתלמיד/ה רוכש/ת לרשויות השמירה על איכות הסביבה והשפעת הפעילות על דעה זו	תשובות מפורטות ומנומקות (בין אם התשובה חיובית או שלילית)	תשובות חלקיות או לא מפורטות מספיק או לא ברורות, אך בכיוון הנכון	לא ניתנו תשובות או שניתנה תשובה רק על סעיף אחד

מדריך למורה

כללי:

1. המשימה מבוססת על משימת הרשות בעמ' 48 במבנית איכות האוויר סביבנו, אבל מדגישה את ההשוואה בין המצב ב-1989 לבין המצב היום. התלמיד נדרש למצוא את ההבדלים בין דרכים שונות לטיפול באירועי זיהום חריגים ולהעריך את ההשפעה של הגישה חדשה תוך יישום של הידע שצבר.
2. ניתן להרחיב ולהוסיף מידע מתוך האתר "איגוד ערים אזור חיפה – איכות הסביבה" (<http://www.envihaifa.org.il>) או ממקורות אחרים.
3. ניתן לתת את המשימה כאשר לומדים על תחמוצות גופרית וחלקיקים (אבל אם זה בשיטת ה"גייקסו", אז רק קבוצה אחת נחשפת אליה) או בשלב סיכום החומר.

תשובון והערות

1. המערכת נקראת "מערכת בקרה לסירוגין" משום שהיא מופעלת רק בתנאים מיוחדים: ריכוז SO_2 גבוה או צפי לתנאי מזג אוויר מיוחדים. למורה: יש תלמידים שאולי אינם מכירים את המילה לסירוגין (לפעמים).
2. הביטוי "תנאי מזג אוויר בעייתיים" מתייחס במקרה זה לאינוורסיה - מצב אטמוספרי שבו אוויר קר נכלא מתחת לאוויר חם בצורה יציבה ואז אין פיזור טוב של מזהמים. למורה: התלמידים מכירים את המושג מתוך "אירוע לונדון" בעמ' 36 בחוברת "איכות האוויר סביבנו", הרחבה בפרק "מטאורולוגיה של זיהום אוויר", עמ' 135-136.
3. המב"ס מונעת זיהום אוויר חריג ע"י העברת בתי הזיקוק וחברת חשמל לשימוש בדלק דל-גופרית, כך נפלטת פחות גופרית דו-חמצנית לאוויר. למורה: בדלק רגיל 2% גופרית, בדל-גופרית 1% כפי שצוין, ניתן גם לעבור לשימוש בדלק דל-דל גופרית שבו 0.5%.
4. א. ההרכב של חלקיקי הפיח ישתנה כתוצאה מהורדת אחוז הגופרית בדלק משום שתחמוצות הגופרית (גם SO_3 ו- $SO_4^{=}$) נוטות להסתפח על החלקיקים (ראו עמ' 43 בחוברת). למורה: הדבר יכול להשפיע גם על תכונות החלקיקים – חלקיקים שמצופים בפחות גופרית, יספחו מים לאט יותר ויהיו יותר קלים, כך שישדרו יותר זמן באטמוספירה (מסקנה זו אינה עולה ישירות מהחומר הכלול בחוברת אך ניתן להעבירה לכיתות טובות). לצערנו, למב"ס לא צפויה השפעה על הריכוז של מזהמים אחרים.
למורה: אם התלמידים כבר למדו על כל סוגי המזהמים, ניתן להרחיב את השאלה בצורה מפורשת: איך מערכת המב"ס תשפיע על תחמוצות החנקן ואיך יושפע ריכוז האוזון.
ב. לגבי ההשפעה הבריאותית: חלקיקים עם פחות גופרית פחות מזיקים.

2001	1989	
416*	1700 (מתוך הכתבה בעמ' 41)	ריכוז גופרית מקסימלי בתחנת נווה שאנן בחיפה (מיקרוגרם למ"ק אוויר)
6 (מתוך הגרף)	44 (מתוך הגרף)	ריכוז ממוצע שנתי (מיקרוגרם למ"ק אוויר)
נוהל של מעבר מידי לשימוש בדלק דל-גופרית	אין	נהלים למצבים שבהם ריכוז ה-SO ₂ באוויר עולה על המותר
כעת נוהל קבוע – המב"ס. למורה: למעשה מנהלי המפעלים משתמשים בדל-גופרית ב"התנדבות" גם כש"לא צריך" מבחינת המב"ס, כדי שלא יחייבו אותם בחוק להוריד את אחוז הגופרית	לא ברור מהכתבה (נאלצו להוריד תפוקות למרות שכתוב שעבדו עם דל-גופרית), אבל אנחנו יודעים שלא היה נוהל	פעילות כשצפוי מזג אוויר שיכול לגרום לעלייה בריכוז המזהמים
עוברים מראש לדל-גופרית. אם המצב חמור, עוברים לדלק עם פחות גופרית (דל-דל-גופרית)	אם נמדדים ריכוזים גבוהים, עוברים לדל-גופרית. אם זה לא עוזר – מורידים תפוקות	מקרים או אירועים שבהם נעשה שימוש בדלק דל גופרית

6. התקנות מועילות. יש ירידה קבועה בריכוז ה-SO₂ הממוצע וגם בריכוז המקסימלי מאז 1989. שאלות 7 ו-8 יכולות להיות קשות לחלק מהתלמידים. אפשר להשאיר אותן לדיון בכיתה.

7. דלקים דלים בגופרית יקרים יותר מדלקים עם תכולת גופרית גבוהה. שימוש ארוך טווח בדלק דל גופרית ייקר את התוצרים. מחירי הדלק והחשמל אומנם בפיקוח ממשלתי, אך אם כדאיות הייצור שלהם תרד, ידחקו המפעלים בממשלה להעלות את המחירים ואז אנחנו כצרכנים נרגיש את זה בחשבון החשמל ובמחירי הדלק. למרות זאת, בשנים האחרונות המפעלים משתמשים ב"התנדבות" בדלקים דלי גופרית כדי לא להגיע למצב שהמשרד להגנת הסביבה יעגן זאת בחוק.

8. **למורה:** הטבלה מופיעה בנספח בסוף המדריך למורה. בגז אין כמעט גופרית כך ששימוש בו יביא לירידה בריכוז תחמוצות הגופרית באזור חיפה. חשוב לציין, כי שימוש בגז יפחית גם את כמות הפיח הנוצרת אך לא את כמות תחמוצות החנקן.

למורה: כדאי להסביר לתלמידים, שעד היום לא נעשה שימוש בגז משום שגז טבעי בכמויות מסחריות נמצא רק בתחילת 2009 למרות שהיה הסכם לייבוא גז ממצרים. בזמן כתיבת הפעילות, עדיין לא היה ברור מתי תותקן צנרת שתוביל אותו לחיפה. לעומת זאת, הנפט הגולמי, שממנו מפיקים (בין היתר) את המזוט, ניתן לרכישה מארצות רבות ומובל לארץ באוניות מיכלים (מיכליות) ועבורו קיים מערך שלם של שינוע וטיפול.

9. **למורה:** שאלות רפלקציה. למרות שמדובר בשאלות כן/לא, יש לצפות לתשובה מפורטת ומנומקת, בין אם התשובה שלילית או חיובית.

נספח

1. הכתבה מעמ' 41 בחוברת המבנית "איכות האוויר סביבנו":

חשש לפגיעה בחולי ריאות ולב עקב זיהום האוויר החריג בחיפה

■ יאבב אביב, חניית מורגשקטון,
אוראל בן-עמי, קובי מנדל

מזג האוויר השרבי והיעדר רוחות באזור חיפה והקירות גרמו להיווצרות ענן כבד של זוהמה מעל העיר והמפרץ. כשנודע הדבר, פנה מנהל היחידה לאיכות הסביבה, צבי פורר, למנהלי המפעלים המזהמים ותבע מהם להקטין את הייצור או אף להפסיקו כליל עד שיתפוגג הענן הכבד. כל אותו זמן שרפו המפעלים דלק דל-גפרית בעל רמת זיהום נמוכה, אך למרות זאת, גדלה רמת הזיהום באזור. מנהל היחידה למחלות ותפקודי ריאה בבית החולים רמב"ם בחיפה, ד"ר עמי רובין, המליץ לפני חולי לב וריאה לא לצאת מן הבית ללא צורך מיוחד. לדבריו, הפגיעה מתבטאת רק כעבור זמן. כבר אמש התלוננו מספר הורים לילדים הסובלים ממחלות ריאה באזור נווה-שאנן, שילדיהם מתקשים בנשימה.

החריגה הגדולה מהתקן של זיהום האוויר, שהייתה בחיפה ביום ראשון, עלולה להשפיע בעתיד לרעה על חולים במחלות ריאה ולב, שכן שתי החריגות שנרשמו, מעל ל- 1700 מיקרוגרם לקוב תחמוצות הגפרית, הנן החמורות ביותר שנרשמו בשנים האחרונות – אמרו אתמול רופאים מבתי-חולים באזור חיפה.

2. טבלה 1 מע' 46 בחוברת המבנית "איכות האוויר סביבנו"

טבלה 1: תכולת גפרית בסוגים שונים של דלק

סוג הדלק	תכולת הגפרית ב- %
נפט גולמי	2.6-2.7 *
נפט לחימום	0.2
בנזין	0.2
סולר	0.4
דלק למכוניות דיזל**	0.9
מזוט קל	2.7
מזוט כבד	2.9
גז לבישול	0
פחם	0.2

* ריכוז הגפרית בנפט הגולמי שונה בהתאם למקור הנפט (הוא יכול להיות בין 0.3%-5.5%).