

והרי התחזית – שינויים צפויים בטמפרטורת האוויר בארבע ערים בישראל עד שנת 2060

הנחיות למורה + תשובון

עיבוד למאמר מאת חופית יצחק בן שלום, רנה סמואלס ז"ל, עודד פוצ'טר ופנחס אלפרט. פורסם בכתב העת אקולוגיה וסביבה, ספטמבר 2019, גליון 3 (עמ' 38-43). המאמר עובד ע"ד נירית לביא אלון מהפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה בטכניון. תודות לד"ר מאשה צ'אושו על ההערות והתיקונים לעיבוד.

הערה כללית: במאמר מופיעים מושגים שונים המסומנים בספרות עליונות, למשל: נוחות אקלימית¹. מושגים אלה מוסברים בסוף כל פרק.

תמצית המאמר

המחקר המתואר במאמר בחן את השינוי באקלים בארבע ערים ישראליות הממוקמות באזורי אקלים שונים: אקלים ים תיכוני (גוש דן/תל-אביב), אקלים ים תיכוני הררי (ירושלים), אקלים צחיח למחצה (באר שבע) ואקלים צחיח (אילת). במקביל לכל תחנה עירונית נבחרה גם תחנה כפרית באותו אזור. בעזרת מודל אקלימי נערך חישוב של טמפרטורות האוויר הצפויות עד שנת 2060 בשלושה תרחישים: במידה והעיר תשמור על גודל אוכלוסייתה, במידה ואוכלוסיית העיר תמשיך לגדול בקצב אחיד, ובמידה ואוכלוסיית העיר תגדל במהירות. מודל אקלימי נבנה על סמך נתונים שנמדדו בעבר, ומאפשר ליצור תחזיות אקלימיות לעתיד.

נושא מתוך תוכנית הלימודים: מאמר זה קשור לנושאים:

- מערכות אקולוגיות ויחסי אדם-סביבה (התמחות והעמקה) תת-נושא תכנים מושגים כוכב הלכת 'ארץ' וקיום החיים על פניו האטמוספירה של כדור הארץ האקלים בישראל ותהליכים באטמוספירה המשפיעים על האקלים
- משאב האוויר: לפרק הבעיה הסביבתית נזקים לאדם ולסביבה – שינויי אקלים, אפקט החממה.
- נושא תכנון וניהול סביבתי, לפרק העיר כמערכת אקולוגית אנושית.

מונחים מתוך תוכנית הלימודים: שינויי אקלים, אפקט החממה, עיר, אינברסיה עירונית, שטחים פתוחים.

ידע קודם נדרש: מומלץ כי למידת המאמר תתקיים במסגרת לימוד מערכות אקולוגיות ויחסי אדם-סביבה, נושא משאב האוויר או תכנון וניהול סביבתי או לאחר לימוד המונחים שלעיל.

מטרות הפעילות:

- התלמיד יתנסה בקריאת מאמר מדעי וניתוחו
- התלמיד יתנסה במיומנויות מדעיות כקריאת גרפים והמרתם לטבלה, ניתוח נתונים, בניית מערך ניסוי, הסקת מסקנות, תכנון שאלת חקר והעלאת השערות
- התלמיד יכיר את ההשפעות של ההתחממות הגלובלית
- התלמיד יבין מהו מודל אקלימי וכיצד נעשה בו שימוש לצורך חיזוי טמפרטורה בעתיד

כלי הערכה: ניתן להעריך את הלמידה ביחידה זו בעזרת השאלות בגוף המאמר ואמצעים נוספים:

- לוח שיתופי (למשל Padlet) או מצגת שיתופית שבו כל קבוצה תציג אחד מחלקי המאמר: מבוא, שאלת המחקר, שיטות, תוצאות ומסקנות.

מבנה יחידת הלימוד:

לפני שמתחילים – הכרת התופעה של איי חום בערים, הכרת המושג נוחות אקלימית, הבנת ההבדל בין מזג אוויר לאקלים, פעילות עם אטלס אקלימי,

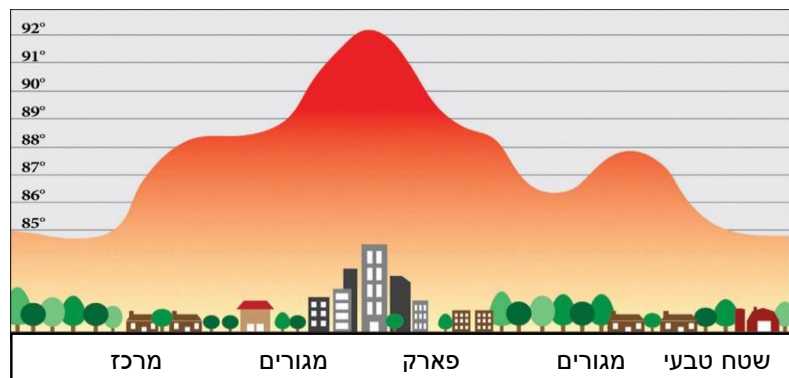
מבוא - הכרת תופעת העיור, אי נוחות אקלימית בערים

מחקר – זיהוי גורמים קבועים, שיטות איסוף נתונים, המרת גרף לטבלה, ניתוח נתונים והסקת מסקנות

סיכום ודיון - ניסוח שאלות מחקר, כולל משתנים תלויים ובלתי תלויים, ניסוח השערות

תשובות לשאלות:

תשובות לשאלות לפרק לפני שמתחילים



איור 1 מקור: [PUBLIC HEALTH NOTES](#)

1. התבוננו באיור 1 בגרף המתאר את הטמפרטורה (במעלות פרנהייט) אחר הצהריים בסביבות שונות.

א. מה מאפיין את האזורים שבהם הטמפרטורות גבוהות, לעומת האזורים שבהם הטמפרטורות נמוכות?

ב. מה הסיבות לטמפרטורות הנמוכות באזורים שתיארת בסעיף א?

א. הטמפרטורות גבוהות באזורים ללא צמחיה ונמוכות באזורים שיש בהם צמחיה.

ב. הסיבות לטמפרטורות הנמוכות באזורים ללא צמחיה הן:

- אין דיות - המים שנפלטים מהצמחים בתהליך הדיות גורמים להתקררות האוויר.
- אין קליטה של חלק מקרינת השמש על ידי הצמחים.

2. צפו [בסרטון המציג את תופעת אי החום העירוני](#) וענו על השאלות:

א. מהם הגורמים שמשפיעים על טמפרטורת פני הקרקע?

הגורמים הם:

- עננות
- רוח
- סוג תשתית שעל פני הקרקע – משפיע על מידת ההחזרה של הקרינה (אלבידו).
- עונת השנה – משפיע על הזווית של השמש ביחס לכדור הארץ

ב. מה הסיבות לכך שהטמפרטורה בערים גבוהה יותר?

- במשך היום, משטחים כמו כבישים ובנינים (בטון ואספלט) סופגים את קרינת השמש, ובלילה הם פולטים את החום אל האוויר.
- מכוניות וגם מכשירי החשמל שלנו – מיזוג אוויר, מחשבים, מכונות כביסה וכו' פולטים חום.
- מבנה העיר משפיע על זרימת האוויר בין הבניינים, ובתים גבוהים מונעים את הרוח ואת קירור האוויר החם.
- רוב הפיתוח של הערים נעשה על חשבון השטחים הטבעיים, וזה גורם לכך שבערים יש פחות צמחיה.

ג. מה ניתן לעשות על מנת למנוע או להפחית את תופעת אי החום?

- להשתמש בגגות ירוקים ובגגות אטומים שאינם קולטים את הקרינה.
- להשתמש בציפוי קריר, כלומר אספלט בהיר או צבע לבן לכבישים וגגות, שפולט את אנרגיית השמש אל מחוץ לעיר.
- להרבות בנטיעת עצים וצמחים אחרים בערים.
- להשתמש במים – בריכות, מזרקות, ממטרות ומתזי טיפות כדי לצנן סביבה חיצונית.

- ליצור הצללה – שימוש במתקנים להצללת חלונות הבתים והרחובות, כולל מתקנים דינמיים המותאמים לכיוון השמש.
- לבצע תכנון מותאם – להימנע מבנייה של רחובות בצורת שתי וערב באיזורים חמים (כי חלונות של בית אחד מחזירים קרינה לבית שממול), ולהשאיר מסדרונות אוויר לנתיבי רוח טבעיים.

ד. אילו ההשפעות בריאותיות, סביבתיות וחברתיות יכולות להיות לעליית הטמפרטורה בערים?

השלכות בריאותיות – עומס חום, שבץ שעלולים לגרום למוות. התפשטות מחלות, מזיקים וזיהומים.

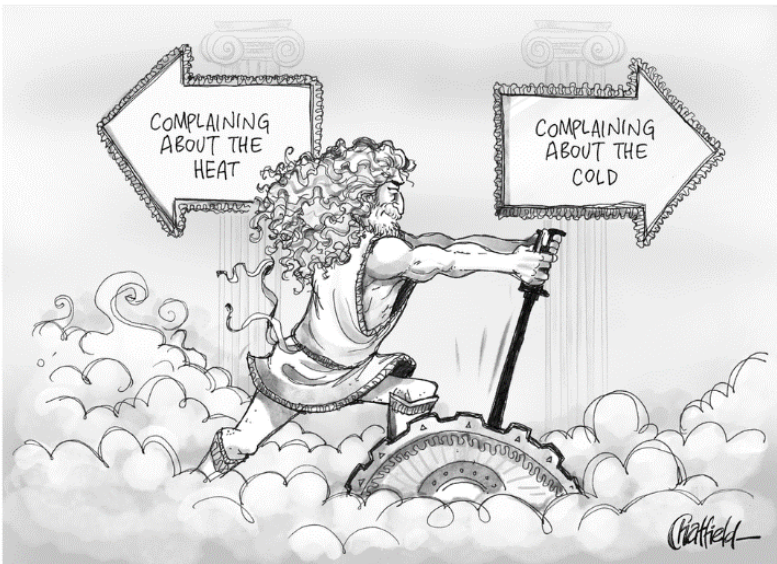
השפעות סביבתיות – שימוש באנרגיה לקירור עלול לפגוע במשאבים מתכלים ולייצר זיהום, עשויה לחול עלייה בצריכת המים, הפסקות חשמל.

השפעות חברתיות – פגיעה באוכלוסיות חלשות, עומס בבתי חולים, פגיעה בתיירות.

3. פעילות קבוצתית: חפשו מידע ברשת אודות המושג "נוחות אקלימית". בחרו דרך יצירתית (למשל שיר, סרטון, קריקטורה, ציור וכו') להציג את המושג לשאר הקבוצות.

THE
NEW YORKER

Culture Books Business & Tech Humor Cartoons Magazine Video



By Jason Chatfield and Scott Dooley

מידע למורה: נוחות אקלימית של האדם מתייחסת לתחושה גופנית שאינה מופרעת מתנאי חום או קור. כאשר כמות החום הנפלטת לסביבה זהה לכמות החום הנוצרת בתהליכי חילוף החומרים, ווויסות טמפרטורת הגוף נעשה בטווח הרגיל של $36-37.5^{\circ}\text{C}$, בלי הפעלה של תהליכים מיוחדים להעלאה של טמפרטורת הגוף או הורדתה, כמו צמרמורת או הזעה.

תחושת הנוחות האקלימית מותנית בגורמי סביבה ובהם טמפרטורת הסביבה, רמת הלחות, זרימת הרוח וקרינת השמש, וכן בגורמים אישיים כמו סוג הלבוש ורמת הפעילות.

יש מדדים שונים לחישוב נוחות אקלימית. למשל מדד Physiological Equivalent Temperature - PET המשקלל את תנאי מזג האוויר המשולבים של טמפרטורת הקרינה, טמפרטורת האויר, הלחות היחסית ומהירות הרוח כפי שהם נמדדים בסביבה הפתוחה, ומשווה אותם לטמפרטורה שחש אדם הנמצא בחדר מוצל.

4. צפו בסרטון המתאר את **ההבדל בין אקלים למזג האוויר** (באנגלית). מה ההבדל בין אקלים למזג אוויר? האם מודל אקלימי דומה לתחזית מזג האוויר?

האקלים הוא תיאור של תנאים מטאורולוגיים ואטמוספריים ממוצעים (כגון טמפרטורות ומשקעים) השוררים באזור מסוים במשך זמן ממושך. ישנם אזורי אקלים שונים המאופיינים בתנאים השוררים בהם: למשל אקלים צחיח ויבש במדבריות, אקלים ים תיכוני, אקלים טרופי. האקלים במקום מסוים הוא קבוע. לעומתו, מזג האוויר משתנה מדי יום ולעיתים כל שעה.

מזג אוויר הוא תיאור של התנאים המטאורולוגיים והאטמוספריים במקום נתון ובזמן נתון. מזג האוויר מתייחס לתנאים יומיומיים של טמפרטורה, משקעים, כיוון הרוח ועוצמתה וכדומה.

מודל אקלימי שונה מתחזית – בתחזית מזג האוויר אנו חוזים את מזג האוויר הצפוי בטווח הקרוב (כשבוע – שבועיים קדימה). במודל אקלימי אנו חוזים את השינויים הצפויים באקלים לאורך זמן, למשל טמפרטורה ממוצעת, כמות משקעים צפויים וכו'.

5. החוקרים בחנו את שינוי הטמפרטורה (לאורך השנים ובעתיד) בארבע ערים באזורי אקלים שונים: גוש דן כמייצג את תל-אביב (אקלים ים תיכוני), ירושלים (אקלים ים תיכוני הררי), באר שבע (אקלים צחיח למחצה) ואילת (אקלים צחיח).

א. היעזרו באטלס האקלימי שבקישור <https://ims.gov.il/he/climateAtlas> ומלאו את הטבלה.

הנחיות שימוש האטלס: בחרו את העיר (תחנה), בחרו את הגורם (טמפרטורת מקסימום/ מינימום, משקעים) ומצאו את הנתון בטבלה. השלימו את נתוני הלחות הממוצעת ב**חודש יולי** מתוך המידע שבאתר <https://www.israelweather.co.il/> **בקישור**

*בהעדר נתוני משקעים מתחנת תל אביב, רשמו את נתוני המשקעים מהתחנה הקרובה ביותר – קריית שאול

גוש דן (תל אביב, שדה אקלים ים תיכוני דב*)	ירושלים (מרכז) אקלים ים תיכוני הררי	באר שבע אקלים צחיח למחצה	אילת אקלים צחיח	
30.6	29.9	34.7	40	טמפרטורת מקסימום יומית ממוצעת באוגוסט (במעלות)
10.2	6.9	7.1	10.4	טמפרטורת מינימום יומית ממוצעת בינואר (במעלות)
582.6	536.7	195.3	22.5	כמות גשם שנתית ממוצעת (מ"מ)
62-83	34-79	31-88	13-44	לחות ממוצעת בחודש יולי (ב%): מקסימום בלילה – מינימום ביום

*בהעדר נתוני משקעים מתחנת תל אביב, רשמו את נתוני המשקעים מהתחנה הקרובה ביותר – קריית שאול

ב. מהי טמפרטורת מינימום ומהי טמפרטורת מקסימום?

ג. מדוע טמפרטורת מינימום נמדדת בדרך כלל בינואר וטמפרטורת מקסימום באוגוסט?

ב. טמפרטורת מינימום מתארת את הטמפרטורה הנמוכה ביותר שנבדקה לאורך היום (בממוצע רב שנתי), ומתארת על פי רוב טמפרטורה לפנות בוקר. טמפרטורת מקסימום מתארת את הטמפרטורה הגבוהה ביותר שנבדקה לאורך היום (בממוצע רב שנתי), ומתארת על פי רוב טמפרטורה בשיא הצהריים.

ג. חודש ינואר הוא בדרך כלל הקר ביותר בשנה. חודש אוגוסט הוא בדרך כלל החם ביותר בשנה.

הרחבה למורה: טמפרטורות אלה מייצגות את אי הנוחות האקלימית הקרה ביותר והחמה ביותר בהתאמה.

ד. ציינו דוגמאות להבדלים אקלימיים בין הערים

גורם אקלימי נמדד	דוגמה להבדל בין הערים שנבדקו*
טמפרטורה	טמפרטורת מקסימום באילת גבוהה מטמפרטורת מקסימום בירושלים
לחות	הלחות באילת נמוכה מאוד בהשוואה לשאר הערים.
משקעים	כמויות המשקעים בירושלים ובתל אביב גבוהות מכמויות המשקעים בבאר שבע ובאילת

*כל דוגמה מתאימה מתקבלת

מידע למורה: על פי הטבלה, ניכרים הבדלים גדולים בטמפרטורות, בלחות ובמשקעים בין ארבע הערים. כך למשל טמפרטורת מקסימום באילת גבוהה בצורה משמעותית מטמפרטורת מקסימום בירושלים. כמות המשקעים בירושלים ובתל אביב גבוהות מכמות המשקעים בבאר שבע ובאילת. אחוזי הלחות באילת נמוכים מאוד בהשוואה לשאר הערים. לפיכך, ייתכן והשינוי העתידי שצפוי בטמפרטורה של הערים לא יהיה מושפע רק מגידול האוכלוסייה (כפי שמשערים החוקרים), אלא גם מהבדלי האקלים בין הערים.

תשובות לשאלות לפרק המבוא

6. א. מדוע, לפי דעתכם, מרבית האוכלוסייה בעולם ובישראל מتركזת בערים?

ב. מהם היתרונות והחסרונות של תופעת העיור?

א. הגירה של אוכלוסייה מיישובים כפריים לערים היא תופעה שהתגברה מאד בעולם בשנים האחרונות וגרמה להתפתחות של הישובים העירוניים. הסיבות להגירה הן בדרך כלל כלכליות וחברתיות.

ב. יתרונות של העיור:

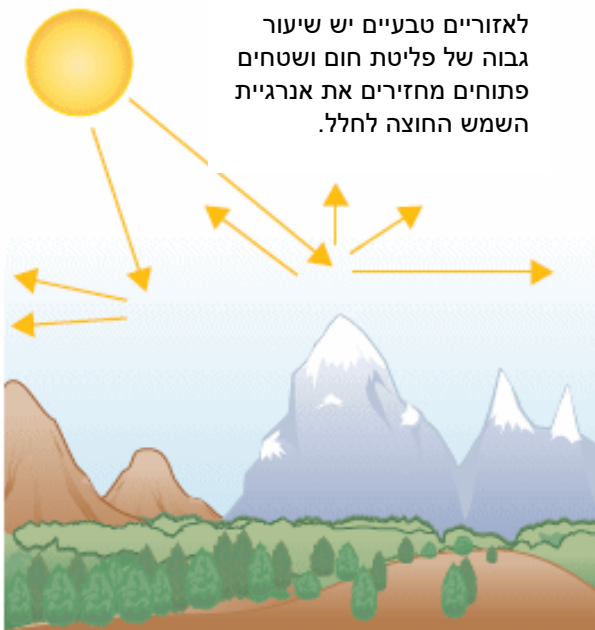
- בערים ניתן למצוא תעסוקה ופרנסה ושירותים רבים שלא ניתן לקבל ביישובים קטנים.
- הקרבה למקומות עבודה ולמוסדות חינוך יוצרת נוחות ומתבטאת גם בחיסכון בתחבורה ובזמן נסיעה.
- בעיר יש יותר תחבורה ציבורית ולכן יחסית לפרברים פחות פליטות מתחבורה.
- בעיר יש פעילות עשירה יחסית של תרבות ופנאי.

- הצטופפות של תושבים בערים מאפשרת לשמור על שטחים פתוחים מחוץ לערים.

חסרונות של העיור:

- הערים בדרך כלל צפופות ועמוסות, עומס תחבורתי.
- זיהום אוויר.
- זיהום רעש.
- זיהום אור.
- לעיתים נוצר לחץ כלכלי בלתי סביר על משאבי העיר שגורם לעוני ולירידה בביטחון האישי של התושבים (בגלל פשיעה).

7. מהן הסיבות לכך שדווקא במרכזי הערים חשים יותר אי נוחות אקלימית, בהשוואה לשוליים של העיר? היעזרו באיור להסבר התופעה



לאזורים טבעיים יש שיעור גבוה של פליטת חום ושטחים פתוחים מחזירים את אנרגיית השמש החוצה לחלל.



לערים יש פחות פליטת חום והבניינים כולאים קרינת שמש.

האוויר פחות טובה בהשוואה לשולי העיר.

- במרכזי העיר יש לרוב בנייה של מגדלים עם חלונות זכוכית שמחזירים את קרני השמש ומחממים את הבניינים. מרכז העיר רחוק יותר מהשטחים הפתוחים הטבעיים שמחזירים את הקרינה לאטמוספירה וכך מקררים את הטמפרטורה ומורידים את עומס החום.

תשובות לשאלות לפרק שיטת המחקר

8. במחקר אספו נתונים משתי תחנות מטאורולוגיות (עירונית וכפרית) באותו אזור.
- א. מה ניתן להסיק מהשוואת הטמפרטורות שנמדדו בתחנה מטאורולוגית עירונית לטמפרטורות שנמדדו בתחנה כפרית באותו איזור?

ב. ציינו שלושה גורמים קבועים שיש לשמור במחקר זה.

א. ההפרש בטמפרטורה בין שתי תחנות מטאורולוגיות באותו אזור, כשאת מייצגת את העיר והשנייה אזור כפרי, ילמד על השפעת אי החום העירוני על הטמפרטורה.

ב. גורמים קבועים:

- התחנות מאותו אזור אקלימי וגיאוגרפי.
- התחנות נמצאות באותו גובה מעל פני האדמה.
- המדידה נעשתה באותה שעת מדידה ביום.

9. א. מדוע היה חשוב לאסוף נתונים מ-30 שנים?

א. היה חשוב לאסוף נתונים מ-30 שנים כי על מנת לחזות שינוי עתידי בעזרת מודל RegCM יש להזין ולבחון את השתנות הטמפרטורה לאורך זמן בעבר.

10. האם לדעתכם כדאי להשקיע כסף בבדיקת יותר משתי תחנות באזור אקלימי אחד? נמקו.

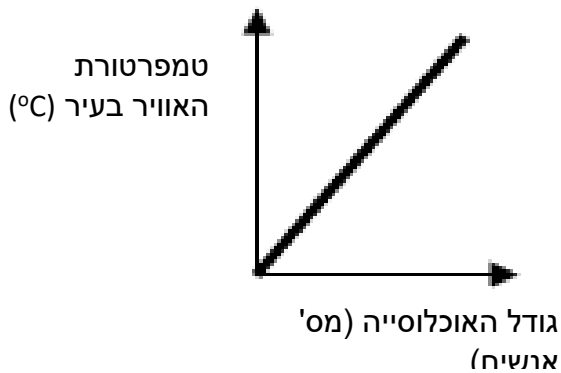
כדאי להשקיע כסף בבדיקת יותר משתי תחנות באזור אקלימי אחד. ככל שהמדגם גדול יותר הנתונים מייצגים טוב יותר את האקלים באזור.

11. א. כיצד לדעתכם גידול באוכלוסיית העיר צפוי להשפיע על טמפרטורת האוויר?

יש לשער שככל שאוכלוסיית העיר גדולה יותר, טמפרטורת האוויר בעיר תהיה גבוהה יותר.

ב. שרטטו גרף המתאר השפעה זו. אל תשכחו את מרכיבי הגרף: כותרת, שמות לצירי ויחידות.

השפעת/הקשר בין גודל האוכלוסייה בעיר על טמפרטורת האוויר



תשובות לשאלות לפרק תוצאות

12. א. כיצד השתנה גודל האוכלוסייה בכל עיר בין 1964 ל 2014 ? מלאו את הטבלה.

ב. איזו העיר היא הגדולה ביותר?

ג. באיזו עיר חל העלייה הרבה ביותר בגודל האוכלוסייה?

ד. איזו העיר היא בעלת שיעור הגידול הגבוה ביותר?

אילת	באר שבע	ירושלים	תל אביב	
10	50	200	1180	גודל האוכלוסייה ב1964 (באלפים)
50	200	800	1350	גודל האוכלוסייה ב2014 (באלפים)
40,000	150,000	600,000	170,000	הגידול באוכלוסייה
5	4	4	1.144	שיעור הגידול (פי כמה גדלה)

ב. העיר הגדולה ביותר היא תל אביב.

ג. העיר שבה חלה העלייה הרבה ביותר בגודל האוכלוסייה היא ירושלים.

ד. העיר בעלת שיעור הגידול הגבוה ביותר היא אילת.

13. נוסחת הישר היא $y=ax+b$, כאשר המקדם a מייצג את השיפוע של הישר. בגרפים מופיעות נוסחאות אלה לגבי כל עיר. ככל שהשיפוע גדול יותר השינוי שחל בטמפרטורה גדול יותר.

א. רשמו בטבלה את גודל השיפוע לכל עיר:

אילת	באר שבע	ירושלים	תל אביב	
0.0661	0.0235	אין נתונים	0.0028	שיפוע בטמפרטורת מינימום (גרף א)
0.0384	0.0185	0.0043	-0.0013	שיפוע בטמפרטורת מקסימום (גרף ב)

ב. האם יש הבדל בין מידת השינוי בטמפרטורת המינימום, לבין מידת השינוי בטמפרטורת המקסימום במהלך השנים 1964-2014? בתשובתכם התבססו על הנתונים המוצגים בגרפים.

יש הבדל. השינוי גבוה יותר בטמפרטורת המינימום. בשעות הבוקר המוקדמות יש עליה גדולה יותר בטמפרטורה במהלך השנים בהשוואה לעליה בטמפרטורת המקסימום.

ג. סדרו את הערים לפי שיעור השינוי בטמפרטורה, מהשינוי הגדול ביותר לשינוי הקטן ביותר.

אילת (העלייה הגדולה ביותר) – באר שבע – ירושלים – תל אביב (העלייה הקטנה ביותר).

14. א. האם יש התאמה בין גודל אוכלוסיות הערים לבין השינוי בטמפרטורות האוויר שלהן במהלך השנים 1964-2014? בסיו את תשובתכם על הנתונים בגרף.

אין התאמה בין גודל אוכלוסיית העיר לבין השינוי בטמפרטורות שלהן: העיר תל אביב היא הגדולה ביותר מבחינת אוכלוסייה, אך העלייה בטמפרטורה ביחס לגודל האוכלוסייה הוא הקטן ביותר, לעומת זאת באילת, העיר עם האוכלוסייה הקטנה ביותר, העלייה בטמפרטורה היא הגדולה ביותר.

ב. מה ההסבר לכך?

כנראה שגודל האוכלוסייה לא היה הגורם המשמעותי ביותר שהשפיע על שינוי הטמפרטורות במהלך השנים 1964-2014, אלא האקלים המקומי.

תשובות לשאלות לפרק טמפרטורת האוויר: עבר, הווה, עתיד

15. בעיון באיור 1 ניכר שהשינויים המשמעותיים בטמפרטורות ביחס לגודל האוכלוסייה בעיר הם בטמפרטורת המינימום. מדוע לדעתכם בחרו החוקרים להציג את השינוי העתידי הצפוי דווקא של טמפרטורת המקסימום?

החוקרים בחרו להציג את השינוי העתידי הצפוי דווקא של טמפרטורת המקסימום כי למרות ששינוי המשמעותי ביותר בטמפרטורת האוויר מתרחש בשעות שהטמפרטורה היא הנמוכה ביותר, טמפרטורת המקסימום משפיעה יותר על עומס החום שעשוי להיות מעיק.

16. עיינו שוב באיור 2 וציינו לפחות שלושה ממצאים מעניינים או מסקנות שאפשר להסיק ממנו.

דוגמאות לממצאים/מסקנות מעניינים מהגרף:

- הטמפרטורה שנמדדה בתחנות בערים גבוהה מהטמפרטורה שנמדדה בתחנות הכפריות המקבילות.
- הטמפרטורה בישובים הכפריים צפויה בעתיד לעלות בדומה לטמפרטורה בערים.
- ככל שאוכלוסיית העיר גדולה יותר קצב ההתחממות גדול יותר.
- העלייה הצפויה בטמפרטורה באיזור הכפרי שליד אילת נמוכה בהרבה מהעלייה הצפויה באיזור הכפרי שליד באר שבע או ירושלים.

תשובות לשאלות לפרק מסקנות ודיון, סיכום

17. כותבי המאמר התמקדו בגידול האוכלוסייה שחל בעיר כגורם שמשפיע על הטמפרטורה הצפויה במרכז העיר.

א. אלו גורמים נוספים עשויים להשפיע על הטמפרטורה העירונית לאורך השנים?

ב. מדוע לדעתכם החוקרים התמקדו בגידול האוכלוסייה שחל בעיר לצורך חיזוי האקלים, ולא בגורמים אחרים כמו הגורמים שצינתם בסעיף א?

א. גורמים אפשריים העשויים להשפיע על הטמפרטורה העירונית לאורך השנים:

- גודל השטח הבנוי.
- גודל השטח הסלול באספלט.
- גודל השטח המכוסה בחומר אטום המחזיר את קרני השמש.
- גודל השטחים המכוסים בצמחייה.
- היקף התחבורה בתוך העיר.
- היקף צריכת החשמל בתוך העיר.

ב. החוקרים השתמשו בגידול האוכלוסייה לצורך חיזוי האקלים מכמה סיבות:

- גידול האוכלוסין הוא נתון ייחודי שיש לו מבט היסטורי. כלומר נתוני העבר שנלקחו מהלשכה המרכזית לסטטיסטיקה מאפשרים לבנות מודל חיזוי עתידי. ללשכה המרכזית יש גם נתוני חיזוי של גידול האוכלוסייה הצפוי בכל עיר עד 2060 שבהם השתמשו החוקרים.
- חישוב טמפרטורה עתידית על פי גודל אוכלוסייה עתידי הוא מחקר בינלאומי מקובל בתחום, ומתוך כך ניתן להשוות את הנתונים שיתקבלו בישראל לנתונים מערים אחרות בעולם.

18. השערת החוקרים הייתה שיהיה שינוי טמפרטורה גדול יותר בשתי הערים הגדולות, תל-אביב וירושלים, מאשר בערים באר שבע ואילת.

א. האם תוצאות המחקר איששו את ההשערה? נמקו את קביעתכם.

ב. הציעו הסבר לכך.

א. תוצאות המחקר הפריכו את ההשערה. על פי התוצאות, השינוי בטמפרטורה גדול יותר בערים באר שבע ואילת שהן קטנות יותר מתל אביב וירושלים.

ב. תוצאות המחקר הפריכו את ההשערה משום שהגורם האקלימי משפיע על שינוי הטמפרטורה יותר מאשר גידול האוכלוסייה – הערים באר שבע ואילת מאופיינות באקלים יבש יותר ולכך כנראה, יש השפעה גדולה יותר על השינויים בטמפרטורת האוויר.

19. כתבי המחקר טוענים שהמחקר מסייע לחזות את השינוי שיחול בעתיד בטמפרטורה של ארבע הערים, ומציעים לקיים "מחקר נוסף שיסביר טוב יותר את משמעות השינוי כאשר מדובר במרחב עירוני שהולך וגדל" – כלומר לבחון את ההשלכות של העלייה בטמפרטורה.

א. נסחו שאלת מחקר אפשרית המתאימה להצעת החוקרים.

ב. ציינו מהו המשתנה הבלתי תלוי.

ג. ציינו מהו המשתנה התלוי.

ד. נסחו השערה למחקר.

ה. אילו תוצאות שיתקבלו במחקר יפריכו את השערתכם?

דוגמה 1 לשאלת מחקר:

א. שאלת מחקר: מה הקשר בין העלייה בטמפרטורת האוויר בעיר לעלייה בשיעור ההתייבשות בקרב תושבי העיר?

ב. המשתנה הבלתי תלוי: טמפרטורת העיר.

ג. המשתנה התלוי: שיעור ההתייבשות בקרב תושבי העיר.

ד. השערה: ככל שתעלה טמפרטורת האוויר בתוך העיר יעלה שיעור מקרי ההתייבשות בקרב התושבים.

ה. תוצאות שיפריכו את השערתנו: לא ימצא קשר בין העלייה בטמפרטורת האוויר בעיר לעלייה בשיעור ההתייבשות בקרב התושבים. כלומר: כשטמפרטורת האוויר תעלה מספר מקרי ההתייבשות פעם יעלה ופעם ירד ללא מגמה ברורה.

או הקשר שיימצא יהיה דווקא הפוך: כשטמפרטורת האוויר תעלה מספר מקרי ההתייבשות ירד.

דוגמאות נוספות לשאלות מחקר:

- מה הקשר בין העלייה בטמפרטורת האוויר בעיר לצריכת המים הביתית בקרב תושבי העיר ו/או העירונית?
- מה הקשר בין העלייה בטמפרטורת האוויר בעיר למספר התיירים המבקרים ו/או השוהים ללינה בעיר?
- מה הקשר בין העלייה בטמפרטורת האוויר בעיר לבין שיעור תאונות הדרכים בעיר?