

מים קשים-מים רכים:

מעבדה מקורית בנושא כימיה של הסביבה

רחל אידלמן*

כאשר מנסים לחמם מים מסוג זה בקומקום המלא באבנית, שכבה מבודדת זו מצריכה מאתנו להשקיע הרבה יותר אנרגיה בחימום. יוני הסידן אחראים להיווצרות האבנית הנוצרת כאשר מחממים מים. נוצר חומר קשה-תמס: סידן פחמתי (גיר), CaCO_3 . האבנית הנוצרת שוקעת וסותמת צינורות ופוגעת ביעילות התהליכים המסתמכים על המים החמים הזורמים בהם. כאשר המים מגיבים עם מולקולות סבון - נוצרות תרכובות קשות-תמס גם כן, ודבר זה יוצר בעיה דומה.

ניקיון ושטיפה הופכים למסובכים יותר כאשר המים קשים. כאשר המים קשים, יש צורך להשתמש בכמות גדולה של חומרי ניקוי כדי להשיג את אותה התוצאה.

יתרונותיהם של המים הקשים

ארגון הבריאות העולמי קבע: "אין כל ראיות משכנעות המצביעות על כך ששתיית מים קשים פוגעת בבריאות האדם". מחסור בסידן עלול להוביל לרככת עצמות ואף למחלת דלדול עצם (אוסטאופורוזיס). בנוסף סידן משתתף בתהליכים חיוניים אחרים בגוף, ביניהם קרישת דם.

למגנזיום יש תכונות חיוביות רבות: תרומה לשמירה על השיניים, עיכוב זיהומים שונים, סיוע לתפקוד מערכת העצבים ומערכת השרירים, סיוע בהפיכת סוכר לאנרגיה והפחתת הכולסטרול בדם.

מים קשים מקטינים את הסיכוי לחלות בהתקפי לב, ובאופן אירוני - גם את הצטברות האבנים בכליות.

מים רכים הם מים המכילים כמות מינרלים מומסים קטנה (ראה טבלה 1). הדבר ממזער את הסיכויים להיווצרות אבנית. יכולת ההקצפה של מים רכים בנוכחות סבון משתפרת, המשקעים המאפיינים את המים הקשים (כגון הטבעת הנשארת מסביב לאביק האמבטיה לאחר הרחצה

במהלך 3 השנים האחרונות אני מגישה את תלמידי ליחידת המעבדה. ניסיתי כמות גדולה מאוד של מעבדות מתוך המאגר ומתוך מעבדות שאחרים תרמו לי. כעת הגיע תורי לתרום מעבדה מקורית למגוון המעבדות הקיים.

המעבדה המתוארת בכתבה זו היא ברמת חקר מלא, אך ניתנת להתאמה לרמת בסיס או חקר חלקי.

שם המעבדה: "מים קשים-מים רכים"

נושאי המעבדה: המעבדה מתקשרת לנושא 'הכימיה של הסביבה' ולהבנת המושגים 'מים קשים' ו'מים רכים'. ניתן לשלב את המעבדה גם בכיתה י' או בתחילת כיתה י"א כחלק מהוראת מבנה וקישור, כאשר מלמדים על תכונות המים.

רקע מדעי: מים קשים הם מים המכילים יוני סידן או יוני מגנזיום (לעתים גם יוני ברזל תלת-ערכיים או יוני מנגן). כלומר, כמות המינרלים המומסים במים קשים גבוהה (ראה טבלה 1). מקור המים הקשים בישראל הוא בקידוחים השואבים מים מאקוות (אקוויפר) ההר העשיר בסלעי סידן ודולומיט. בשל המסת המינרלים שבסלעים אלו מתקבלים מים בעלי ריכוז גבוה יחסית של סידן ומגנזיום - מים קשים. חלק מהמים שמספקת 'מקורות', חברת המים הלאומית, הם מים קשים. עם זאת במקורות מים רבים אחרים בארץ קשיות המים אינה יוצאת דופן, כמו למשל במי הכנרת ובמים שמקורם במתקני התפלה. דרגת הקשיות של המים היוצאים מברז הצרכנים נקבעת על פי התמהיל הסופי של אחוזי המים שמקורם באקוות ההר ובמתקני התפלה.

חסרונותיהם של המים הקשים

יש הסבורים ששתיית מים קשים פוגעת בגוף האדם וגורמת לבעיות שונות כדוגמת בעיות עור ופגיעה במראה הגוף והשיער. הימצאות מים קשים מהווה נטל כלכלי לא פשוט. למשל,

* רחל אידלמן, מורה לכימיה בעירוני ב' ע"ש רבין- מודיעין



הצטברות אבנית באמבטיה



הצטברות אבנית על גוף החימום של מכונת הכביסה

טבלה 1: ערכי קשיות מים

דרגת הקשיות	CaCO ₃ מ"ג/ליטר (ppm)
מים רכים	עד 20
רכים במקצת (Moderately soft)	בין 20 ל-40
מים קשים במקצת (Slightly hard)	בין 40 ל-60
מים קשים במידה בינונית (Moderately hard)	בין 60 ל-80
מים קשים	בין 80 ל-120
מים קשים מאוד	מעל 120

מים קשים-מים רכים: ניסוי חקר רמה 2 מלא

הוראות כלליות

- קראו היטב את כל ההנחיות לפני תחילת ביצוע הניסוי.
- בדקו שנמצאים ברשותכם כל הציוד והחומרים הנחוצים לביצוע הניסוי.

ציוד וחומרים

- 2 בקבוקים בנפח 0.5 ליטר + פקק מתאים
- 2 כפיות מלח אפסום (Epsom salt)
- מספר טיפות סבון כלים
- מי ברז.

או כתמים שחורים על בגדים שיצאו ממכונת הכביסה) נעלמים, פעולת הסבון משתפרת ככל שהמים נקיים יותר. מיונים, ויכולת הניקוי של המים הופכת לפשוטה יותר.

ניתן להפוך מים 'קשים' למים 'רכים' על ידי פעולות לריכוך מים. ניתן להשתמש במרכז מים (מחליף יונים), הגורם ליוני הסידן והמגנזיום להתחלף ביוני נתרן. אלה האחרונים נמסים היטב במים ואינם יוצרים משקעים קשי-תמס. שיטה נוספת היא חימום המים ליצירת המשקעים ולאחר מכן סינון המים והוצאת החומרים היוניים קשי-התמס מהמים.

פיתוח קבוצת חומרים חדשה בשם "דטרגנטים" שיפורה אף היא את איכות פעולת הניקוי. דטרגנטים אינם מגיבים עם יוני סידן ומגנזיום, ולפיכך אינם יוצרים משקעים. אולם בעיה חדשה נוצרה עם פיתוח הדטרגנטים, שכן הם מהווים מפגע סביבתי מזהם.

מים רכים נעימים יותר לרחצה, טעמם משופר, ויש להם יתרון כלכלי: מכיוון שאינם גורמים סתימות ונזק לצנרת, נחסכת השקעת אנרגיה רבה בחימום המים. הורדת 1 מ"מ אבנית מורידה את צריכת האנרגיה בכ-10% אחוזים.

להלן פירוט הדרגות של קשיות המים (מ"ג סידן¹ לליטר מים):

1. קשיות המים נקבעת לפי יוני הסידן בשל נוכחותם הגבוהה לאין שיעור מזו של יוני המגנזיום



שלב א' - מהלך הניסוי

הקפידו על ביצוע ההנחיות האלה:

- מילוי מדויק אחר ההנחיות לביצוע שלב א'
- איסוף תצפיות רבות ככל האפשר
- דיווח ברור ומאורגן על התצפיות
- שיתוף כל חברי הקבוצה בביצוע המשימות השונות
- שימוש בשפה מדעית נכונה ומדויקת לכל אורך התהליך.

1. סמנו את הבקבוקים במספרים '1' ו-'2'.
2. מלאו את שני הבקבוקים במים עד לשני שלישי מגובהם.
3. הכניסו לתוך בקבוק '1' שתי כפיות מלח אפסום.
4. פקקו את שני הבקבוקים ונערו אותם בחוזקה למשך כמה שניות.
5. הסירו את הפקקים והוסיפו לכל בקבוק מספר טיפות סבון כלים.
6. פקקו את שני הבקבוקים ונערו אותם בחוזקה למשך כמה שניות.

שלב ב' - ענו על השאלות הבאות:

- i. מהם מים קשים? (הגדרה).
 - ii. מהן ההשלכות של שימוש במים קשים בחיי היום יום? פרטו תשובתכם.
 - iii. מהם מים רכים? (הגדרה).
 - iv. כיצד מייצרים מים רכים? תנו 2 דוגמאות והסבירו אותן.
- ב. i. כיצד מחשבים את קשיות המים?
- ii. חפשו בספר הלימוד ומצאו את הערכים הממיינים את המים לרכים וקשים. העתיקו את הטבלה לדו"ח.
- ג. i. מהו מלח אפסום? הביאו את הנוסחה הכימית של המרכיב העיקרי במלח.
- ii. תנו דוגמאות לשימוש במלח זה.
- ד. i. איזה שינוי נגרם למים כשמוסיפים להם מלח אפסום?
- ii. לפי תצפיותיכם, האם הייתה השפעה לתוספת המלח למים? פרטו את מהות השינוי.
- ה. i. מהו סבון? הסבירו את המבנה הכימי שלו.
- ii. הסבירו את אופן פעולת הסבון (בחי היום יום) והתייחסו למבנה הכימי.

iii. מה תפקיד הסבון בניסוי? פרטו תשובתכם.

ו. איזו תופעה ביתית מוכרת קשורה לסבון ולמים קשים?

שלב ג': מהלך החקר

1. נסחו 5 שאלות רלוונטיות ומגוונות שמתעוררות בעקבות התצפיות שנערכו.
 - בחרו שאלה אחת מהשאלות שהעליתם.
 - נסחו שאלה זאת כשאלת חקר, בצורה בהירה ובמידת האפשר כקשר בין שני משתנים.
 - נסחו בצורה בהירה ועניינית השערה המתייחסת לשאלה שבחרתם לחקור.
 - נמקו את השערתכם על בסיס ידע מדעי, רלוונטי ונכון.
2. תכננו ניסוי שיבדוק את השערתכם.
 - פרטו את כל שלבי הניסוי, כולל שלב הבקרה.
 - פרטו את בקשתכם לציוד וחומרים על גבי טופס בקשת הציוד.
 - התייעצו במורה ושנו במידת הצורך.
 - העבירו ללבורנט/ית את רשימת הציוד והחומרים.
3. קבלו את אישור המורה למהלך הניסוי שהצעתם.
 - בצעו את הניסוי שהצעתם כפי שאושר על ידי המורה.
 - הציגו את התצפיות ואת התוצאות בצורה מאורגנת (טבלה, תרשים, גרף וכו').
 - פרשו ונתחו את התוצאות.
 - הסיקו מסקנות רבות ככל האפשר על הבסיס של כל תוצאות הניסויים ונמקו.
 - בדקו את הקשר בין שאלת החקר לבין המסקנות.
4. בדיון הקבוצתי המסכם
 - חוו את דעתכם על כל שלבי החקר (מגבלות, דיוק וכו').
 - במידת הצורך הצביעו על השינויים הרצויים בתהליך החקר.
 - רשמו שאלות נוספות שהתעוררו בעקבות התהליך כולו.
 - הכינו את הסיכום לניסוי החקר של קבוצתכם להצגה בפני הכיתה.
5. בדיון הכיתתי המסכם
 - התייחסו לניסוי לאור הדיווחים של כל קבוצות העבודה.
6. הקפידו על דוח מאורגן, אסתטי וקריא.
 - עבודה נעימה

תשובות לשאלות המופיעות בהוראות העבודה של התלמידים

א. i. הגדירו מהם מים קשים.

מים קשים הם מים המכילים יוני סידן או יוני מגנזיום. לשון אחרת: כמות המינרלים המומסים במים קשים גבוהה מהרגיל.

ii. מהן ההשלכות של שימוש במים קשים בחיי היום יום? פרטו תשובתכם.

יש הסבורים שישנם מים קשים גורם להצטברות כולרס בעצמות עור וגזר. מנגד יש הטוענים שאין ממש הבדל ויש אפילו יתרונות בריאותיים כגון מניעת התקפי ריבה, מניעת צלצול העצמות וכדומה. כמו כן ישנם מים קשים בצירוף חימום ולא סבון יוצר משקעים קשי-תחם השקעים והחיים את האבנית הסתממת בצנרת. הדבר מולח את כמות האנרגיה הנדרשת לחימום המים וגורם להצטברות אבטיות ולכלוך.

iii. הגדירו מהם מים רכים.

מים רכים הם מים המכילים כמות נמוכה מאוד של מומסים יוניים

iv. כיצד מייצרים מים רכים? תנו 2 דוגמאות והסבירו אותן.

1. חימום המים וסיון המשקעים הנוצרים החוצה.

2. שימוש במחילף יונים אשר מחילף בין יוני הסידן ליוני נתרן, אשר אינם יוצרים משקעים במים.

ב. i. כיצד מחשבים את קשיות המים?

את קשיות המים מחשבים לפי מסת (במ"ג) יוני הסידן בליטר מים [יחידות ppm].

ii. חפשו בספר הלימוד ומצאו את הערכים הממיינים את

המים לרכים ולקשים. העתיקו את הטבלה לדו"ח.

דרגת הקשיות	CaCO ₃ מ"ג/ליטר (ppm)
רכים	קטנה מ-75
קשים מעט	75-150
קשים	150-300
קשים מאוד	גדולה מ-300

ג. i. מהו מלח אפסום? הביאו את הנוסחה הכימית של המרכיב העיקרי במלח.

מלח אפסום הוא חומר יוני שמרכיבו העיקרי הוא מגנזיום גופרתי, MgSO₄. נקבע כך בשל העובדה שהיו מפיקים אותו ממעיינות בעיירה אפסום שבמחוז סורי באנגליה. צורת הפעולה

היא בצדק כלל כהידראט MgSO₄·7H₂O.

ii. תנו דוגמאות לשימוש במלח זה.

* חומר מייבש (לאחר איזון המים מתוך מבנה ההידראט) בשל היכולת היזרסקופי מאוד.

* מלח אנהט, בעל צפיפות גבוהה. דבר זה גורם לגוף הקפוא בו להרשים פחות "כהצ".

* משמש לעיסוי שרירים כאאבים.

* משמש חומר אנטי דלקתי.

* מרכיב במוצרי טיפוח ויפוי; מונע (בשל תכולת היונים שבו) את התקמטות העור לאחר שהייה ארוכה במים.

* משמש בחקלאות כמספר גידולים (יון המגנזיום מהווה את מרכיב מולקולות הכלורופיל). הוא תורם לחקלאות תוצרת לכה שהוא כמעט נייטרלי ואינו משנה את רמת החומציות של האדמה.

ד. i. איזה שינוי נגרם למים כשמוסיפים להם מלח אפסום?

החומר מסיס מאוד וכתוצאה מכך נוצרת תמיסה בעלת צפיפות גבוהה של מלח.

ii. לפי תצפיותיכם, האם השפיעה תוספת המלח על המים?

פרטו את מהות השינוי.

מלבד עכירות קלה, לא היה ניתן להבחין בין 2 הכלים לפני הכנסת הסבון. לאחר הכנסת הסבון - כמות הקצף שנוצרה (ונשמרה לאורך זמן) הייתה גדולה יותר בכלי שהכיל את מלח האפסום.

ה. i. מהו סבון? הסבירו את המבנה הכימי שלו.

סבון נוצר בתהליך הקרוי ספונפיקציה, בין חומצות שומן לבין בסיס חזק.

ii. הסבירו את אופן פעולת הסבון (בחיי היום יום) והתייחסו למבנה הכימי.

iii. מה תפקיד הסבון בניסוי? פרטו תשובתכם.

בנוכחות מים קשים הסבון יוצר משקעים קשי-תחם ומנוע את הקצפת המים.

ו. איזו תופעה ביתית מוכרת קשורה לסבון ולמים קשים? (ניתן לצרף תמונה של התופעה).

כתמים שחורים על הכביסה (כביסה לא נקייה). טבעת סביב אביק האנהטיה כתוצאה ממשקעים קשי-תחם בתלונה בין הסבון לבין המים הקשים.