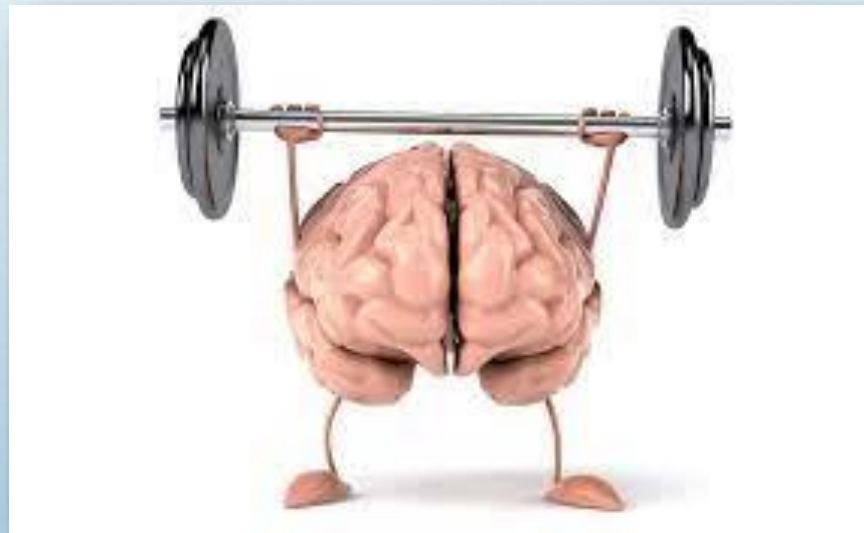


# אוריינית בכימיה



**מצגת מלווה מפגש זום**  
**5.2.23 - השתלמות מורי מוט"ל**  
**מנחה: אילת כ"ץ**

# אפשרויות לפתיחת הנושא טריגרים



אל תרשמו על הלוח, אל תאמרו לתלמיד איזו אוריינית הם הולכים ללמוד,  
תנו להם לנחש בעזרת כתב סתרים. (כתבו בגוגל כתב סתרים יו יו  
ותוכלו גם אתם ליצור כתב סתרים בדקה)

כתב סתרים

מה נושא האוריינית?  
גלו מה כתוב כאן?



טבלה לפענוח הכתב

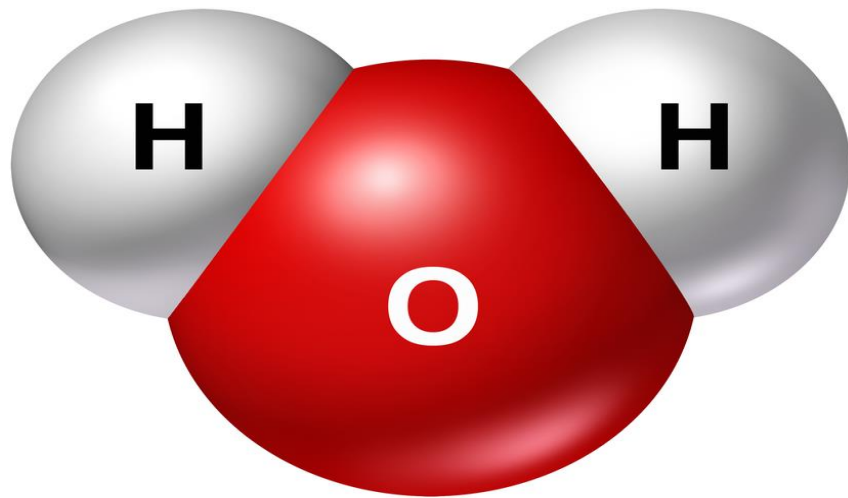
= א	= ב	= ג	= ד	= ה	= ו	= ז	= ח	= ט
= י	= כ	= ל	= מ	= נ	= ס	= ע	= פ	= צ
= ק	= ר	= ש	= ת	= ך	= ם	= ן	= ף	= ץ

# התפלת מים בישראל



## מהם מים?

מים הם הבסיס להתפתחות החיים בעולמנו.  
מים מורכבים משני אטומים של מימן ואטום אחד של חמצן המעניקים למים מבנה המאפשר תגובות רבות כמו המסה וקשרים עם גזים וחומרים שונים.



**WATER  
MOLECULE**



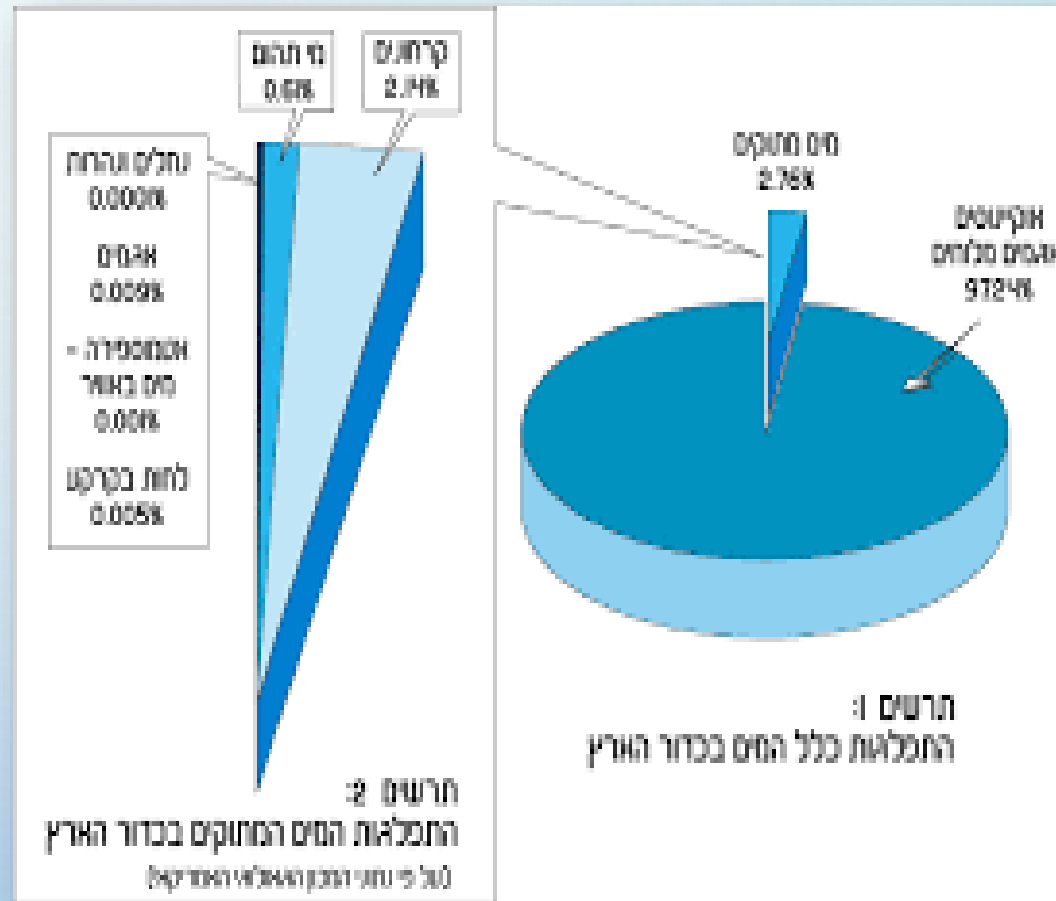
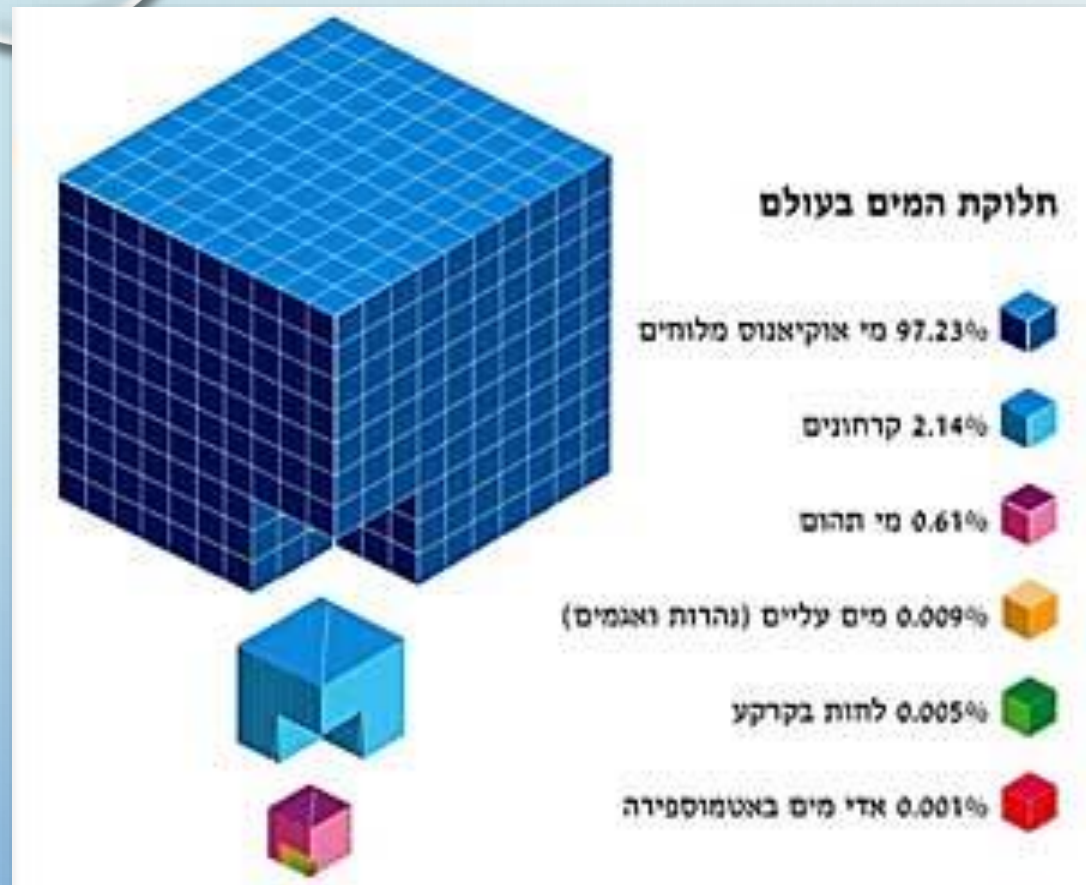
מה אתם רואים בתצלום ה"גולה הכחולה"?



# כמה מים מתוקים זמינים יש בעולם?



“הגולה הכחולה” הוא תצלום מפורסם של כדור הארץ שצולם ב־7 בדצמבר 1972 על ידי the Blue Marble הצוות של חללית אפולו 17 שהיה בדרכו לירח וקל להבין מדוע היא נקראת כך: 70% מכוכב הלכת /מכוסים מים. הצילום נערך במרחק של 29,000 קילומטרים מכוכב הלכת ארץ – מכדור הארץ.



חלוקת המים בעולם – "עוגת פילוח": 97.23% מי אוקיינוסים; 2.14% קרחונים; 0.61% מי תהום; 0.009% מים עיליים; 0.005% לחות בקרקע; 0.001% מיים באטמוספירה



# כמה מים מתוקים זמינים יש בעולם?

1% = נהרות,  
נחלים, אגמים ומי  
תהום

רובם של המים המתוקים  
77% לכודים בקרחונים

כמות המים  
המתוקים – 3%

97% מכלל המים  
בעולם הם מים  
מלוחים

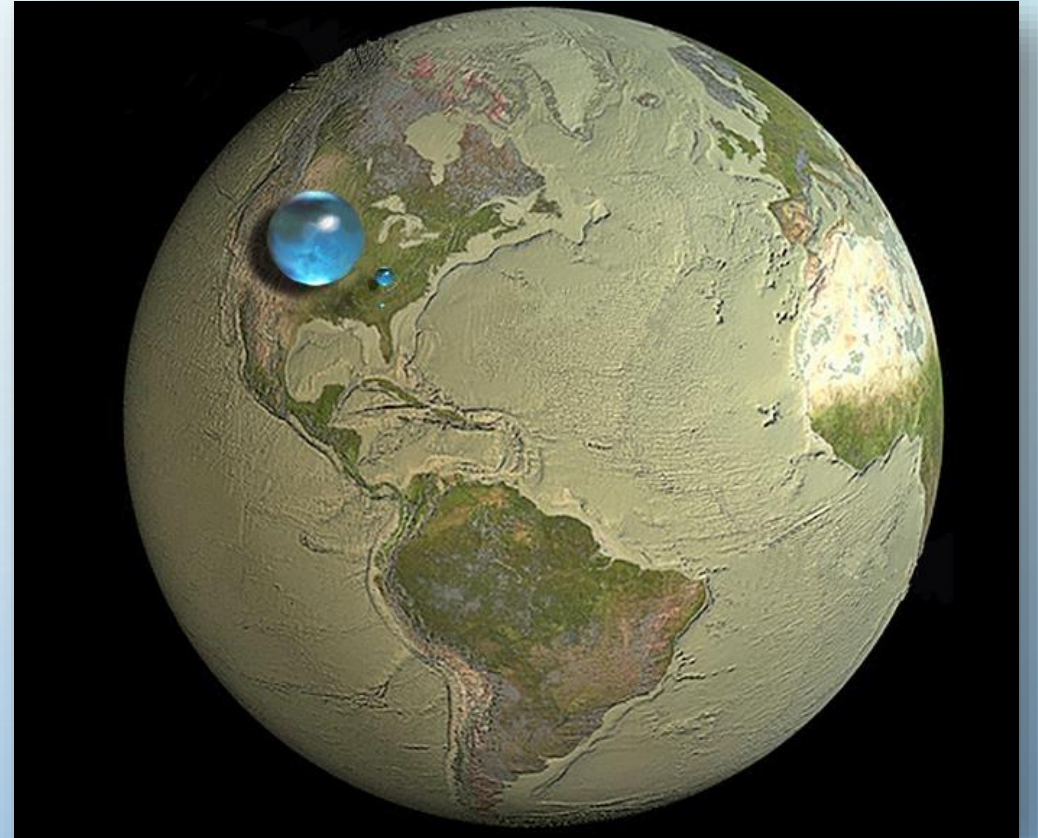
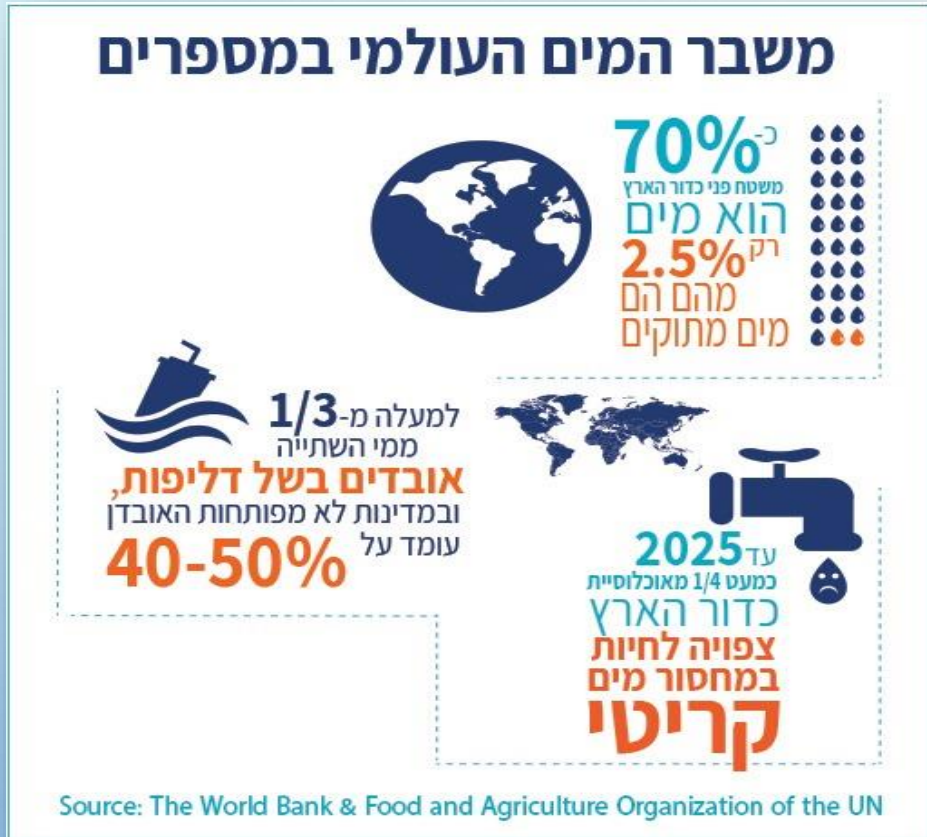
כמות המים המתוקים בעולם מועטה ואינה משתנה, אולם **אוכלוסיית העולם** גדלה בקצב מסחרר, ויחד איתה גוברת התחרות על מים נקיים.

**הגידול באוכלוסייה**, יחד עם **העלייה ברמת החיים** של חלק גדול ממנה, גורם לעלייה בצריכת האנרגיה ובצריכת המים.

לפי הערכת האו"ם, במאה השנים האחרונות גדל השימוש במים בקצב כפול מן הגידול באוכלוסיית העולם, ועד שנת 2025 כ-1.8 מיליארד בני אדם יחיו באזורים הסובלים ממצוקת מים חמורה, וכשני שלישים מבני האדם יחיו באזורים עם מחסור במים.

כמעט מחצית מהאוכלוסייה העולמית (כארבעה מיליארד בני אדם) חיה באזורים דלים במים, ויותר משני מיליארד אנשים עדיין חיים ללא גישה למי שתייה בטוחים

# משאב המים המתוקים בעולם - במחסור!!!



כמות המים המתוקים בעולם קטנה ככל שהשנים עוברות. ההתחממות הגלובאלית של כדור הארץ ושנות הבצורת הרבות כתוצאה מכך, הניצול המופרז של המאגרים הקיימים והגידול באוכלוסיית כדור הארץ מביא למחסור חמור במים באזורים נרחבים בעולם, ובצורך תמידי לשמר את המים הקיימים.



תרומתם הבריאותית של

# מים



מחזקים חיסונית  
מרעננים וממריצים  
תורמים להרזיה בריאה  
מאיטים תהליכי הזדקנות  
שומרים על בריאות הלב  
מסייעים למצבי עצירות  
משפרים מצב רוח  
מפחיתים כאבי ראש  
תורמים לאיזון לחץ דם  
מורידים התכווציות בשרירים  
מסייעים לבריאות הכליות  
משפרים את מראה עור הפנים  
מסייעים לפינוי פסולת מהגוף

פרסום זה נועד לספק מידע בלבד והוא אינו בגדר עיצה רפואית או תחליף לתחשיבות עם מומחה.

האתר הישראלי לצמחי מרפא ונטורופתיה  
[www.naturemed.co.il](http://www.naturemed.co.il) 1-700-700-329

טבע הריפוי



# התפלת מים בישראל

## אוריניית - התפלת מים

"חלק מהמים הדרושים יימצא לנו על ידי אגירת מי הגשמים בסכרים... חלק מהמים יימצא לנו על ידי זיקוק המים המלוחים הנמצאים בפינות שונות של הנגב..."  
משפט זה נאמר בשעתו על ידי דוד בן-גוריון ראש הממשלה הראשון של מדינת ישראל, שהציע התפלת מים כפתרון אפשרי לבעיית המים בנגב [מתוך המבוא לשנתון הממשלה, תשכ"ז, (1967)].

**התפלת מים** היא הפרדת מלחים ממים מלוחים, כדי להופכם לראויים לשתיה. האפשרות של התפלת מים מלוחים **בשיטת הזיקוק** ידועה כבר למעלה מאלפיים שנה. יורדי הים ייצרו לעצמם בהפלגות ארוכות מי שתייה: הם העמידו בשמש סירים ובהם מי ים ואת אדי המים שהתקבלו בתהליך ההתאדות אספו לתוך כלי קר שבו הם התעבו.

דרך שונה להפריד את המלחים מן המים **היא בשיטת ההקפאה**. בשיטה זו מקררים מים מלוחים, עד שהמים קופאים והמלחים מופרדים מגבישי הקרח. את שיטת ההתפלה באמצעות הקפאה גילו לראשונה חוקרי הקוטב הצפוני, כשבדקו את הקרחונים הצפים בים הצפוני ונוכחו, לתדהמתם, שהמים המתקבלים מהפשרת הקרחונים ראויים לשתיה.

אבי השיטה של התפלת מים מלוחים באמצעות הקפאה היה המהנדס הישראלי אלכסנדר זרחין. בשיטה זו הזרימו מי-ים מקוררים לתוך מיכל, שבו שורר לחץ נמוך מאוד. בתנאים אלה נוצרת שכבת קרח על פני המים. אוספים את גבישי הקרח, ומתיכים אותם למים נוזליים.

## הרחבה

### על התפלת מי ים

התפלת מי ים היא תהליך שבו מוצאים המלחים והמינרלים מהמים, כך שהם הופכים ל**מים מתוקים** וניתנים לשתייה על ידי האדם. במילים אחרות, כמות המלחים שבמים קטנה באופן משמעותי לאורך התהליך (מכ-40,000 מ"ג לליטר ל-10,000 מ"ג לליטר) והמים הופכים למעשה לתפלים. בנקודה הזו צריך להבהיר כי המונח "תפלים" הוא יחסי בהחלט. הוא מתייחס להיותם של המים חסרי מלחים ולא דווקא חסרי טעם כלל. כל האנשים אשר טעמו בחייהם **מים מותפלים** יוכלו לציין כי מדובר במים בעלי טעם עשיר ואיכותי.

## מהי התפלה?

התפלה היא תהליך הפרדה בין מים לחומרים המומסים בהם, כאשר לרוב מדובר בטכנולוגיה המרחיקה מלחים ממי ים - והופכת מים מלוחים למתוקים.

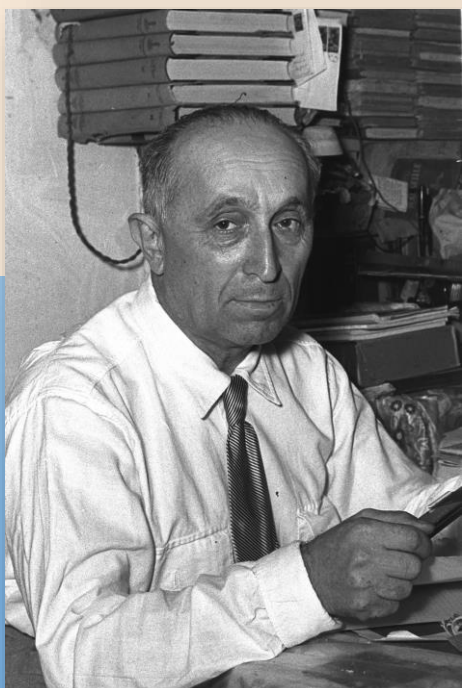
מטרת ההתפלה היא לספק מים הראויים לשתייה במקומות בהם יש מחסור במים מתוקים ממקור טבעי.

מקור המילה התפלה הוא במילה **תפל**, חסר מלחים.

**שיטת ההקפאה** מבוססת על תהליך הפוך משיטת הזיקוק: במקום לאדות את המים - מקפיאים אותם. כשם שמלחים נפרדים מאדי המים, כך הם מופרדים מגבישי הקרח, שנוצרים בקפיאת המים- מכניסים מי-ים מקוררים לתוך מכל, שלחץ נמוך שורר בו, ומורידים את טמפרטורת המים עד שהם הופכים לגבישי קרח; במכל אחר גבישי הקרח נשטפים, מובאים במגע עם אדים והופכים לנוזל

שיטה זו התגלתה לראשונה על ידי חוקרי הקוטב הצפוני שגילו לתדהמתם שהקרחונים השטים בים הצפוני בנויים ממים מתוקים. מכאן למדו שהקפאה של מים גורמת להפרשת המלחים מהם ועל העיקרון הזה מבוססת השיטה להתפלה:

מכניסים מים מלוחים מקוררים לתוך מיכל, שלחץ נמוך שורר בו, ומורידים את טמפ' המים עד שהם הופכים לגבישי קרח. במיכל אחר גבישי הקרח נשטפים, מובאים במגע עם אדים והופכים חזרה לנוזל – מים מתוקים.



אלכסנדר זרחין עלה לארץ ישראל מרוסיה בשנת 1947.  
הוא היה מחלוצי התפלת מי הים בישראל בשיטת ההקפאה

## זיקוק מים

### טכנולוגיה של אידוי ועיבוי:

המים מועברים דרך תאים בעלי תנאי לחץ וטמפרטורה שונים.

בכל אחד מהתאים מתאדה כמות מסוימת של מים, ואילו המלחים נותרים במים שלא מתאדים.

המים עם המלחים (כמחצית מהמים) מסולקים בחזרה לים או לשימוש בתעשייה.

אדי המים עוברים תהליך עיבוי, בו נאספות טיפות המים, כאשר בסוף התהליך מתקבלים מים נטולי מלחים, שהם המים המותפלים.

טכנולוגיה זו קיימת בשימוש שנים רבות.



### שיטת זיקוק מים

שיטת הזיקוק מתבססת על ההבדלים בנקודת הרתיחה בין המים לבין המלחים המומסים בתוכם: מחממים את תמיסת המים והמלחים עד לרתיחת המים; המים הרותחים מתאדים, ואילו המלחים נשארים; את אדי המים מצננים והם מתעבים למים מתוקים - ללא מלחים.



## שאלה 1

**מי מלח הם (סמנו את התשובה הנכונה):**

א- תערובת אחידה (הומוגנית)

ב- תערובת לא אחידה (הטרוגנית)

ג- תרכובת

ד- יסוד

# תשובה שאלה 1

מספר התרכובות הידועות למדע הוא עצום. מעל ל-30 מיליון תרכובות שונות

מי מלח הם (סמנו את התשובה הנכונה):

**א- תערובת אחידה (הומוגנית)**

**ב- תערובת לא אחידה (הטרוגנית)**

ג- תרכובת

ד- יסוד

**תרכובת**, היא חומר הבנוי משני סוגי יסודות או יותר, הקשורים ביניהם בקשר כימי כלשהו וביחס קבוע של כמויותיהם. לתרכובת הרכב קבוע ומוגדר של אטומים

**תערובת**, מכילה מספר אטומים או תרכובות יחדיו, אך ללא קשר כימי ביניהם, כך שכל חומר שומר על תכונותיו הכימיות והיחס בין מרכיביה אינו בהכרח קבוע.

בכימיה, **יסוד כימי** (או יסוד) הוא קבוצת כל האטומים, שמספר הפרוטונים בהם זהה: מספר הפרוטונים נקרא המספר האטומי והוא קובע את שמו של האטום ואת עיקר תכונותיו הכימיות. אטומים מורכבים מפרוטונים, נייטרונים ואלקטרונים, לדוגמה, המספר האטומי של חמצן הוא 8, כלומר בכל אטום חמצן ישנם בדיוק 8 פרוטונים; מספר הנייטרונים בגרעין החמצן משתנה בין איזוטופים שונים של חמצן, אך בצורה הנפוצה ביותר מצויים בו 8 נייטרונים.

## שאלה 2

במי ים מומסים בין השאר יוני אשלגן, יוני ברום, יוני כלור, יוני נתרן, ויוני סידן .

שם היסוד	סמל האטום	מספר אטומי	מספר אלקטרוני ערכיות	מטען היון הנפוץ	הערכות אלקטרוניים ברמות האנרגיה של היון
אשלגן	K				
כלור		17			
סידן		20			

א- רשמו נוסחה אמפירית של החומר אשלגן כלורי ושל סידן כלורי.

## תשובה לשאלה 2

שם היסוד	סמל היסוד	מספר אטומי	מספר אלקטרוני ערכיות	מטען היון הנפוץ	הערכות אלקטרוניים ברמות האנרגיה של היון
אשלגן	K	19	1	1+	2,8,8
כלור	Cl	17	7	1-	2,8,8
סידן	Ca	20	2	2+	2,8,8

ב.  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{KCl}$



נוסחה אמפירית של תרכובת היא ביטוי פשוט של המספר היחסי של כל סוג אטום (יסוד כימי) בתוכה. נוסחה אמפירית אינה מתייחסת לאיזומרים, למבנה או למספר האבסולוטי של האטומים. נוסחה  $\text{CaCl}_2$  אמפירית היא התקן של תרכובות יוניות, כגון  $\text{SiO}_2$  מקרומולקולות כמו

קשר יוני הוא סוג של קשר כימי חזק בין יונים בעלי מטען חשמלי חיובי (קטיונים) ובעלי מטען שלילי (אניונים). הקשר נוצר כתוצאה ממשיכה אלקטרו-סטטית בין שני המטענים, על פי חוק קולון. בדרך כלל, הקשרים היונים מובילים ליצירת סריג יוני מסודר. דוגמה מוכרת לסריג יוני הוא מלח השולחן, נתרן כלוריד, המורכב מקטיונים של נתרן היוצרים קשרים יונים עם אניונים של כלור.

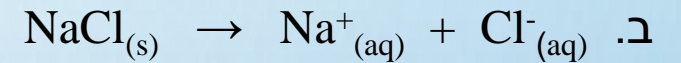
### שאלה 3

החומר נתון כלורי, NaCl מומס במי ים.

- א- תארו ברמה המיקרוסקופית את מבנה החומר. התייחסו למרחקים בין החלקיקים, כוחות משיכה, סדר ואופני תנועה.
- ב- תארו ברמת הסמל את תהליך ההמסה במים של החומר נתון כלורי, NaCl<sup>(s)</sup>.
- ג- תארו ברמה מקרוסקופית את המתרחש בעת המסת נתון כלורי במים.
- ד- האם תמיסה זו מוליכה חשמל? הסבירו ברמה מיקרוסקופית.

### שאלה 3

א. חומר יוני המורכב מיונים. קטיונים מוקפים אניונים ולהיפך. בין היונים פועלים כוחות משיכה חשמליים חזקים. היונים קרובים זה לזה. תנועת היונים מוגבלת, תנועת תנודה.



ג. במגיבים: קטיונים מוקפים אניונים ולהיפך. בין היונים פועלים כוחות משיכה חשמליים חזקים. היונים קרובים זה לזה. תנועת היונים מוגבלת, תנועת תנודה. בתוצרים: קטיונים ואניונים מוקפים מעטפת של מולקולות מים (ממוימים). היונים אינם צמודים זה לזה, נעים בתנועת סיבוב.

ד. כן. בתמיסה יש יונים ניידים.

#### שאלה 4

לפניכם איור המתאר מערכת זיקוק. בהנחה שהחומר אותו מזקקים הוא תמיסת מי מלח, התאימו את המספרים בציור לחומרים הבאים:

מים טהורים ( )

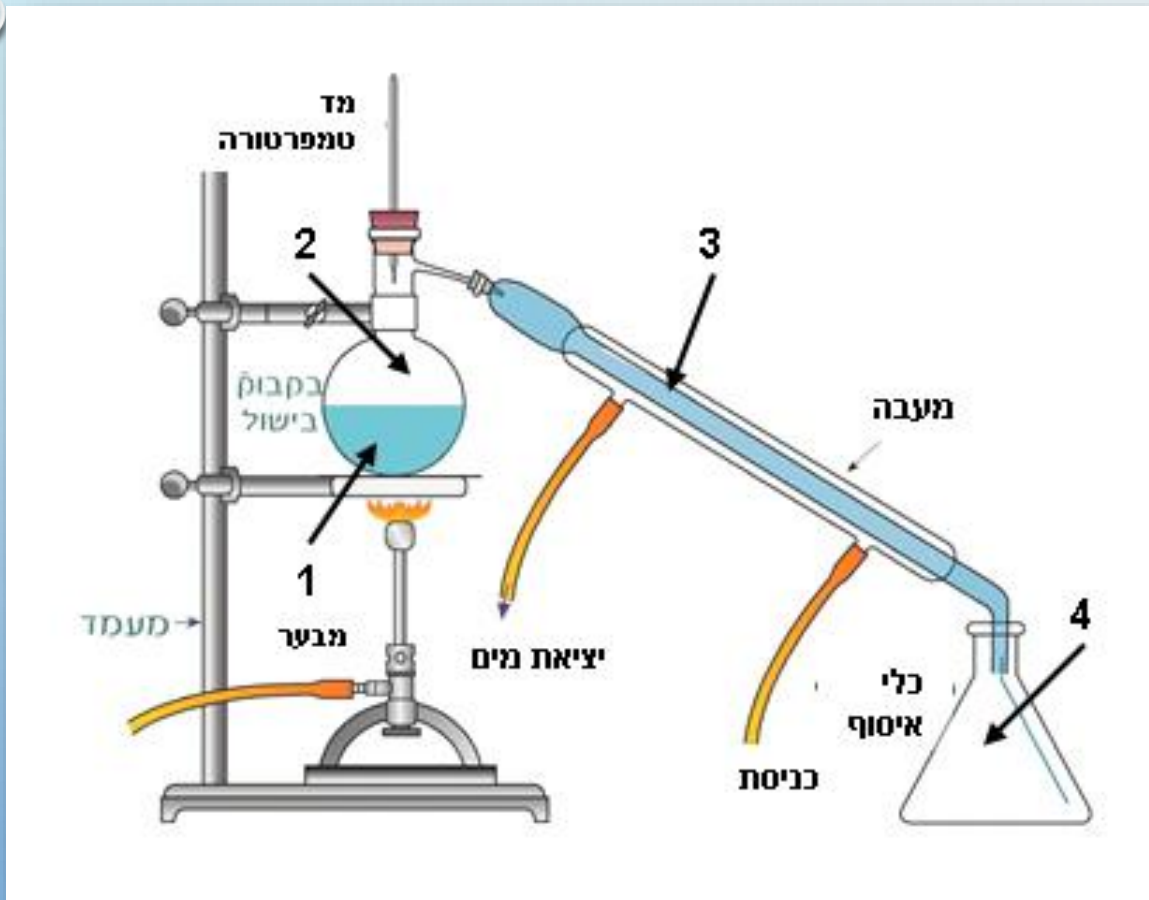
תערובת מים ואדי מים ( )

תמיסת מי מלח ( )

אדי מים ( )

#### שאלה 5

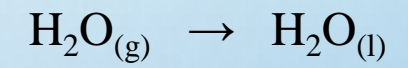
נסחו את התהליך המתרחש במעבה.



#### שאלה 4

מים טהורים ( 4 ) , תערובת מים ואדי מים ( 3 ) , תמיסת מי מלח ( 1 )  
( 2 ) , אדי מים (

#### שאלה 5





## שאלה 6

איזו תופעה בטבע הייתה השראה לפיתוח שיטת ההתפלה בהקפאה? הסבירו.

## שאלה 7

לפניכם טבלה המשווה בין התפלת מים על ידי זיקוק לבין התפלה על ידי הקפאה.

סמנו את האפשרות המתאימה:

מאפיינים בתהליך ההתפלה	על ידי זיקוק	על ידי הקפאה
שינוי טמפרטורה נגרם על ידי פעולת	חימום/קירור	חימום/קירור
מצב צבירה של המים הנאספים בשלב ההפרדה מן המלחים	מוצק/נוזל/גז	מוצק/נוזל/גז
מליחות המים הנאספים בסוף התהליך	גבוהה / נמוכה	גבוהה / נמוכה
צורך בהשקעת אנרגיה לשינוי מצב הצבירה	יש צורך / אין צורך	יש צורך / אין צורך

## תשובה לשאלה 6

התופעה של קרחוני הקוטב שבנויים ממים מתוקים, למרות היותם בתוך מי-ים מלוחים, היא היוותה השראה לפיתוח שיטת ההתפלה בהקפאה. מי הים הם תערובת של מים ומלחים. כאשר המים קופאים, נוצרת שכבת קרח ללא מלחים – קרחונים, והמלחים נותרים במי הים, ולכן הקרחונים אינם מלוחים.

## תשובה לשאלה 7

מאפיינים בתהליך ההתפלה	על ידי זיקוק	על ידי הקפאה
שינוי טמפרטורה נגרם על ידי	חימום	קירור
מצב צבירה של המים הנאספים בשלב ההפרדה מן המלחים	גז	מוצק
מליחות המים בסוף התהליך	נמוכה	נמוכה
צורך בהשקעת אנרגיה לשינוי מצב הצבירה	יש צורך	יש צורך

## שאלה 8

בשנים האחרונות מתקיימים בעולם דיונים לגבי הצורך להשקיע כספים במחקר ובפיתוח מתקני התפלת מים. המים המותפלים יקרים יותר ממי השתייה המתקבלים משאיבת מי תהום או נהרות ואגמים מתוקים. כתבו מכתב קצר לוועדה שצריכה להחליט על ההשקעה בפיתוח מתקנים להתפלת מים. במכתב תציגו את עמדתכם לגבי פיתוח מתקנים כאלה בעולם. הביאו שני נימוקים לפחות לביסוס עמדתכם.

## שאלה 8

נימוקים בעד פיתוח מתקני התפלה: הצורך במים מתוקים, מים מתוקים כמשאב מתכלה, מי ים כמשאב זמין ובכמות גדולה, שיקולי סביבה, שיקולים לטווח ארוך.  
נימוקים נגד פיתוח מתקני התפלה: שיקולים כלכליים, שיקולי סביבה.

## יתרונות של התפלה

- פתרון למחסור במים - לא יהיה יותר מחסור במים בארץ.
- לא נפגע יותר במקורות המים של המדינה - הנחלים, מעיינות, הכנרת - יחזרו להיות מלאים ושופעים.
- היצע גדול של מים שיאפשר גינון ציבורי, מדשאות ושטחים ירוקים במרכזי ערים.
- איכות המים – יש הטוענים שתהליך ההתפלה מביא לשיפור מסוים באיכות המים: הפחתת אבנית וכלורידים.
- מתקני ההתפלה מספקים תעסוקה.

## חסרונות של התפלה

- ברמה ערכית-תרבותית: מייצר "שפע מדומה" - שבו הציבור יחוש כי אין מחסור במים ויחזור לבזבז מים!
- מדיניות סביבתית: יגרום למדינה לא להשקיע בפתרונות אחרים לפתרון משבר המים: הגברת חלחול המים בערים, איסוף מי גשם, חסכון במים וכדומה.
- ברמה המדינית: יכול להוות מקור למפגעים ולהשפיע על חלוקת המים עם ארצות ערב שכנות.

החסרון המרכזי - השפעות ההתפלה על הסביבה



## חסרון מרכזי - השפעות סביבתיות רחבות

- **פגיעה בחוף הים:** רצועות חוף הופכות למרכז תעשייתי ונגזלות מציבור הנופשים בים.
- **שימוש מוגבר באנרגיה:** כדי להפעיל מתקן התפלה דרושה אנרגיה רבה. כדי לייצר אנרגיה - שורפים דלקים, הגורמים לזיהום אוויר, ומגבירים את פליטות גזי החממה שתורמים להאצת שינויי האקלים על פני כדור הארץ.
- **פגיעה אפשרית במי התהום:** כאשר מקימים את מתקן ההתפלה רחוק מהים צריך להניח צינורות ארוכים שמובילים כמויות אדירות של מי-ים. פיצוץ בצינור כזה כתוצאה מתקלה או מחבלה עלול לזהם את מי התהום שנמצאים מתחת לאדמה עליה מונח הצינור.
- **מפגעי רעש:** מפעל להתפלת מי ים הוא מתקן רועש, בגלל משאבות הלחץ שדוחסות את מי הים אל הממברנות. במדינת ישראל בעלת רצועת חוף צפופה מאד קשה לאתר אתרים להקמת מתקני התפלה שלא יהוו מפגעי רעש.

## פגיעה בסביבה הימית

- הצינור השואב מזרים כמויות מים גדולות ומסנן והורג את כל הפלנקטון הנשאב עם מי הים.
- באזור הצינור שמחזיר את רכז המלחים ישנה עליה מתמדת בריכוז המלחים במי הים, הפוגע באצות ובעלי החיים שבסביבה הימית.
- בתהליך ההתפלה מוסף ברזל למי הים, אשר מוזרם גם הוא עם רכז המלחים. ריכוז גבוה של ברזל בים גורם לפגיעה בצמחים ובעלי חיים.
- לצורך שאיבת מי הים והזרמת רכז המלחים מניחים מערכת צינורות ענק. הנחת הצינורות גורמת להרס בית הגידול בסביבה הימית במקום.

### המצגת נכתבה על ידי צוות הרשת הירוקה

נעזרנו בחומרים ותמונות מתוך כתבה של ד"ר רחלי עינב, עיתון טבע הדברים; מאמו של אורי להב ורפי סמיט, עלון אקולוגיה וסביבה וכתבה מאת ד"ר יוסי דרייזין.  
תודה רבה!

## שאלה 9

תהליך התפלה מקובל מאוד בישראל ובעולם הוא **התפלה באמצעות אוסמוזה הפוכה**. השיטה מבוססת על מעבר חומרים דרך קרומים בררניים שמעבירים חומרים בצורה בררנית, המבוססת על גודל החלקיקים.

בתהליך ההתפלה בשיטת האוסמוזה ההפוכה גורמים למים לעבור מתמיסה מרוכזת (מי ים) אל תמיסה מהולה. לשם כך מפעילים לחץ רב (כ- 50 אטמוספירות) על מי-ים הנמצאים בכלי בצידו האחד של קרום בררני. בעיקר המים עוברים דרך הקרום הבררני לצידו השני של הכלי שמכיל מים מתוקים. ככל שריכוז המלחים במים גבוה יותר, נדרש לתהליך לחץ גדול יותר, שלהשגתו דרושה אנרגיה רבה יותר לתהליך ההתפלה.

א. איזה סוג של מים כדאי, לדעתכם, להתפיל בתהליך של אוסמוזה הפוכה – מים מליחים (מים שכמות המלחים בהם קטנה יחסית למי-ים) או מי-ים? נמקו.

ב. מהו עקרון הפעולה של קרום חדיר למחצה?

## שאלה 9

- א- במים מליחים ריכוז המלחים נמוך מזה שבמי-ים, ולכן תידרש פחות אנרגיה לתהליך ההתפלה ממים מליחים, והתהליך יהיה זול וכדאי יותר מהתפלת מי-ים.
- ב- קרום חצי חדיר הוא כמו מסננת – יש בו חללים המאפשרים מעבר של מולקולות בגודל מתאים, והוא אינו מאפשר מעבר מולקולות גדולות יותר.



שיטות להתפלת מי ים

**אוסמוזה הפוכה**, במהלכו דוחסים **מים מליחים** לתוך ממברנה באמצעות הפעלת לחץ אדיר עליהם, כך שמתבצע סינון יסודי שלהם מהחומרים הלא רצויים.

## אוסמוזה הפוכה/ פעפוע הפוך

בתהליך זה דוחסים את המים המלוחים דרך ממברנה (קרום מסנן) המאפשרת מעבר מים בלבד ומונעת מעבר מלחים. המים שעברו דרך הממברנה הם מים טהורים מותפלים, ואילו המים שנשארים בתמיסה הם רכז מלוח המוזרם חזרה לים או לשימוש בתעשייה.

שיטה זו מיושמת במתקנים באשקלון, אשדוד וחדרה ובאלו שצפויים להבנות.

זוהי טכנולוגיה חדשנית, שאינה בשימוש זמן רב.



העברת מים בדחיסה דרך ממברנה המאפשרת מעבר מים ודוחה מעבר מלחים

# התפלת מים



## שתי שיטות עיקריות להתפלת מים:



אוסמוזה הפוכה -  
פעפוע הפוך



זיקוק או  
אידוי של מים

## מהי התפלה?

התפלה היא תהליך הפרדה בין מים לחומרים המומסים בהם, כאשר לרוב מדובר בטכנולוגיה המרחיקה מלחים ממי ים - והופכת מים מלוחים למתוקים.

מטרת ההתפלה היא לספק מים הראויים לשתייה במקומות בהם יש מחסור במים מתוקים ממקור טבעי.

מקור המילה התפלה הוא במילה תפל, חסר מלחים.

## זיקוק מים

### טכנולוגיה של אידוי ועיבוי:

המים מועברים דרך תאים בעלי תנאי לחץ וטמפרטורה שונים.

בכל אחד מהתאים מתאדה כמות מסוימת של מים, ואילו המלחים נותרים במים שלא מתאדים.

המים עם המלחים (כמחצית מהמים) מסולקים בחזרה לים או לשימוש בתעשייה.

אדי המים עוברים תהליך עיבוי, בו נאספות טיפות המים, כאשר בסוף התהליך מתקבלים מים נטולי מלחים, שהם המים המותפלים.

טכנולוגיה זו קיימת בשימוש שנים רבות.



## אוסמוזה הפוכה/ פעפוע הפוך

בתהליך זה דוחסים את המים המלוחים דרך ממברנה (קרום מסנן) המאפשרת מעבר מים בלבד ומונעת מעבר מלחים.

המים שעברו דרך הממברנה הם מים טהורים מותפלים, ואילו המים שנשארים בתמיסה הם רכז מלוח המוזרם חזרה לים או לשימוש בתעשייה.

שיטה זו מיושמת במתקנים באשקלון, אשדוד וחדרה ובאלו שצפויים להבנות.

זוהי טכנולוגיה חדשנית, שאינה בשימוש זמן רב.



העברת מים בדחיסה דרך ממברנה המאפשרת מעבר מים ודוחה מעבר מלחים

# איך נראה מתקן התפלה?

## הקמת מתקן התפלה

- הקמת מתקן התפלה עולה כמיליארד שקל.
- לרוב מתקן התפלה נבנה על ידי חברה שזוכה במכרז ובונה את המפעל.
- היות ולמדינה אין כסף לשלם מראש לחברה הזכיינית על הבניה, החברה עצמה משקיעה מכספה לבנות את המתקן. המדינה מחזירה את ההשקעה לאורך שנים, בדרכים שונות, אך בסופו של דבר - מכיסו של האזרח.
- הקמה של מתקן התפלה אורכת למעלה משלוש שנים וכוללת הגשה למכרז, חיפוש מימון להקמת המתקן, רישוי תכנית המתקן על ידי המדינה, בניית המתקן.



3. בסוף מקבלים מי שתיה



2. הלב הפועם: צינורות לחץ שבתוכם ממברנות



1. צינורות, משאבות, מסננים, טורבינות. עסק לא פשוט

מתקן ההתפלה באשדוד.  
נבנה בעלות של 1.5 מיליארד שקל



במדינת ישראל פועלים כיום חמישה מתקני התפלת מי ים: באשקלון, פלמחים, חדרה, שורק ואשדוד. מתקנים אלו פועלים בשיטת אוסמוזה הפוכה ומספקים מים באיכות מעולה למערכת המים הארצית. כמות המים המופקת ממתקני ההתפלה מהווה כ-50% מכמות המים השפירים המסופקת לכל הצרכים וכ-80% מכמות המים המסופקת לצרכים הביתיים והתעשייתיים.

כמות מי הים המותפלים הדרושים עד 2050 להערכת מקורות היא כ-2,200 מיליון מטר מעוקב (מלמ"ק), כאשר נכון לשנת 2021 אנחנו מתפילים כ-600 מלמ"ק בלבד. במקורות מציעים להוסיף התפלה בכמות של 200 מלמ"ק לשנה לקראת שנת 2030, זאת בנוסף לתוספת של 300 מלמ"ק שכבר אושרה.



**מתקן ההתפלה בחדרה**

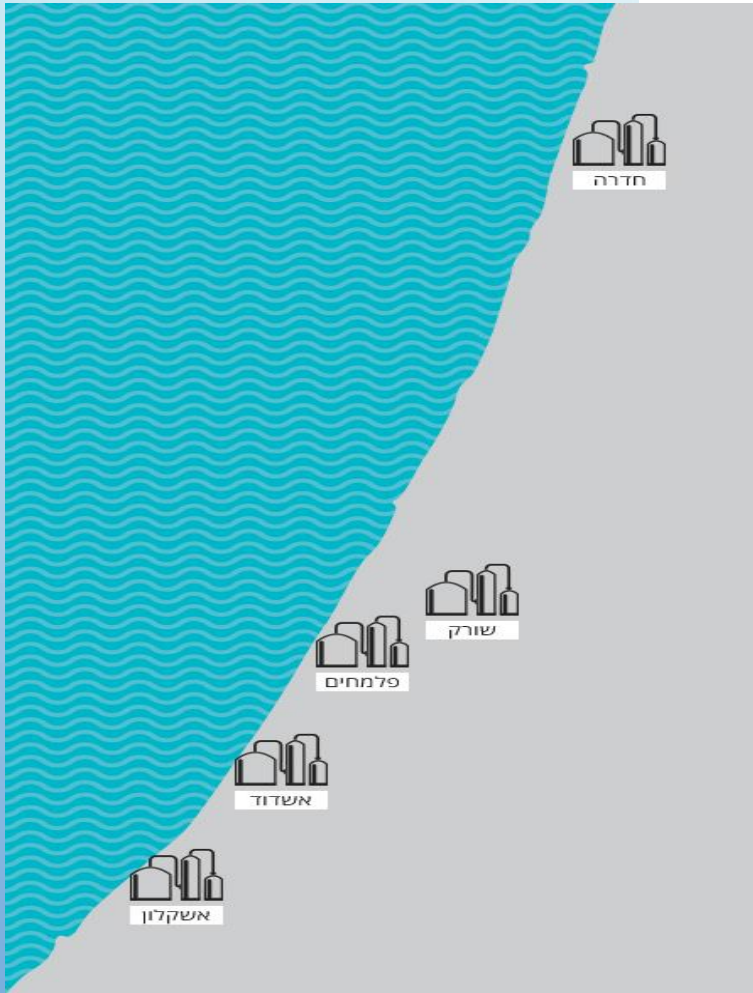


**מתקן ההתפלה באשקלון**



**מתקן ההתפלה בפלמח"ים**

## מתקני התפלה בישראל



**גליל מערבי**  
טרם נקבע מיקום ומועד סופי  
**היקף התפלה: 200 מיליון**  
מטרים מעוקבים בשנה  
**בעלות פרטית**



**חדרה**  
נפתח ב-2010  
**היקף התפלה: 100 מיליון מטרים**  
מעוקבים בשנה  
**בעלות פרטית (IDE ושיכון ובינוי)**



**שורק**  
נפתח ב-2013  
**היקף התפלה: 150 מיליון**  
מטרים מעוקבים בשנה  
**בעלות פרטית (IDE והאצ'יסון)**



**פלמחים**  
נפתח ב-2007  
**היקף התפלה: 90 מיליון**  
מטרים מעוקבים בשנה  
**בעלות פרטית (גרנית ותהל)**



**אשדוד**  
נפתח ב-2016  
**היקף התפלה: 100 מיליון**  
מטרים מעוקבים בשנה  
**הוקם על ידי חברה ממשלתית (מקורות)**



**אשקלון**  
נפתח ב-2005  
**היקף התפלה: 115 מיליון**  
מטרים מעוקבים בשנה  
**בעלות פרטית (IDE ואוליה)**



שם המתקן	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2050
אילת	3	3	3	3	3	3	3	3	3
אשקלון	120	120	120	120	120	120	120	120	120
פלמחים	75	90	90	90	90	90	90	90	90
חדרה	145	127	127	127	127	127	127	127	127
אשדוד		80	100	100	100	100	100	100	100
שורק	85	150	150	150	150	150	150	150	150
גליל מערבי						50	50	50	50
מתקן חדש/הרחבות							50	100	1110
סה"כ	428	570	590	590	590	640	690	740	1750



## עלות המים

עלויות של הפקת מים מותפלים הם כ - 2.5 שקלים למ"ק והמחיר הולך ויורד, עד שכמעט ואין הבדל בין שאיבת מ"ק אחד מהכנרת להפקת מ"ק אחד של מים מותפלים.

**הערה:** חישובים אלו לא לוקחים בחשבון את העלות הסביבתית - השימוש הרב באנרגיה להפקת המים, הגורמים לזיהום הסביבה.

## מתקני התפלה בישראל

סה"כ כמות המים המותפלים בישראל עומדת כיום על כ - 300 מלמק"ש

**מלמק"ש = מיליון מטר קוב בשנה**  
(1 קוב = 1000 ליטר  
מיליון מטר קוב = מילארד ליטרים!)

### לשם השוואה:

- כמות המים הנשאבת מהכנרת בשנה = מעל 400 מלמק"ש
- צריכת המים בישראל ב 2012 = קרוב ל 2,000 מלמק"ש

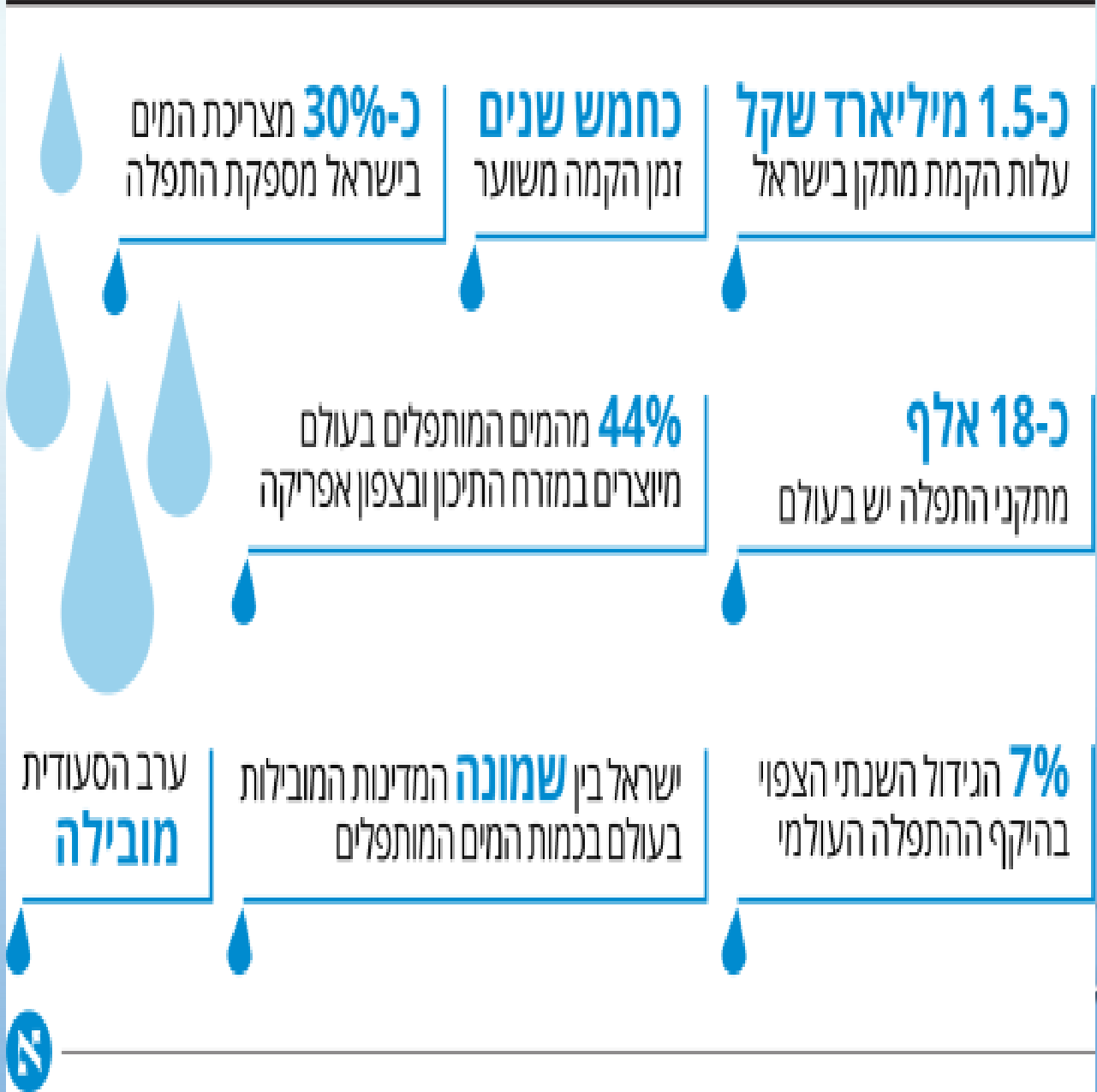
אילת - קיים מ 1995.

אשקלון - קיים מ 2005.

פלמ"חים - קיים מ 2007.

חדרה - קיים מ 2010.

מתוכננים לקום עוד 2 מתקנים בשורק ובאשדוד ויש דיונים על הקמת מתקן בגליל המערבי. יעד ההתפלה בהתאם להחלטת ממשלת ישראל הוא 750 מלמק"ש עד שנת 2020.



חמשת המתקנים מספקים כ־80% ממי השתייה בישראל. עד 2025 צפויים להיבנות בישראל שני מתקני התפלה נוספים (גליל מערבי ושורק 2), שיהיו בידיים פרטיות, ואז צפוי היקף התפלת המים בישראל לעמוד על כמות של כמיליארד קוב מים בשנה. הביקוש למים בישראל צומח בקצב מהיר. לפני קצת יותר משלוש שנים, ביוני 2018, אישרה הממשלה תוכנית חירום להשקעות במשק המים, במטרה להקים מתקני התפלה ולהכפיל את כמות המים המותפלים בישראל. יחד עם זאת כיום אין בישראל בעיית מים.

## יתרונות של התפלה

- פתרון למחסור במים - לא יהיה יותר מחסור במים בארץ.
- לא נפגע יותר במקורות המים של המדינה - הנחלים, מעיינות, הכנרת - יחזרו להיות מלאים ושופעים.
- היצע גדול של מים שיאפשר גינון ציבורי, מדשאות ושטחים ירוקים במרכזי ערים.
- איכות המים – יש הטוענים שתהליך ההתפלה מביא לשיפור מסוים באיכות המים: הפחתת אבנית וכלורידים.
- מתקני ההתפלה מספקים תעסוקה.

## חסרונות של התפלה

- ברמה ערכית-תרבותית: מייצר "שפע מדומה" - שבו הציבור יחוש כי אין מחסור במים ויחזור לבזבז מים!
- מדיניות סביבתית: יגרום למדינה לא להשקיע בפתרונות אחרים לפתרון משבר המים: הגברת חלחול המים בערים, איסוף מי גשם, חסכון במים וכדומה.
- ברמה המדינית: יכול להוות מקור למפגעים ולהשפיע על חלוקת המים עם ארצות ערב שכנות.

החסרון המרכזי - השפעות ההתפלה על הסביבה



## חסרון מרכזי - השפעות סביבתיות רחבות

- **פגיעה בחוף הים:** רצועות חוף הופכות למרכז תעשייתי ונגזלות מציבור הנופשים בים.
- **שימוש מוגבר באנרגיה:** כדי להפעיל מתקן התפלה דרושה אנרגיה רבה. כדי לייצר אנרגיה - שורפים דלקים, הגורמים לזיהום אוויר, ומגבירים את פליטות גזי החממה שתורמים להאצת שינויי האקלים על פני כדור הארץ.
- **פגיעה אפשרית במי התהום:** כאשר מקימים את מתקן ההתפלה רחוק מהים צריך להניח צינורות ארוכים שמובילים כמויות אדירות של מי-ים. פיצוץ בצינור כזה כתוצאה מתקלה או מחבלה עלול לזהם את מי התהום שנמצאים מתחת לאדמה עליה מונח הצינור.
- **מפגעי רעש:** מפעל להתפלת מי ים הוא מתקן רועש, בגלל משאבות הלחץ שדוחסות את מי הים אל הממברנות. במדינת ישראל בעלת רצועת חוף צפופה מאד קשה לאתר אתרים להקמת מתקני התפלה שלא יהוו מפגעי רעש.

## פגיעה בסביבה הימית

- הצינור השואב מזרים כמויות מים גדולות ומסנן והורג את כל הפלנקטון הנשאב עם מי הים.
- באזור הצינור שמחזיר את רכז המלחים ישנה עליה מתמדת בריכוז המלחים במי הים, הפוגע באצות ובעלי החיים שבסביבה הימית.
- בתהליך ההתפלה מוסף ברזל למי הים, אשר מוזרם גם הוא עם רכז המלחים. ריכוז גבוה של ברזל בים גורם לפגיעה בצמחים ובעלי חיים.
- לצורך שאיבת מי הים והזרמת רכז המלחים מניחים מערכת צינורות ענק. הנחת הצינורות גורמת להרס בית הגידול בסביבה הימית במקום.

### המצגת נכתבה על ידי צוות הרשת הירוקה

נעזרנו בחומרים ותמונות מתוך כתבה של ד"ר רחלי עינב, עיתון טבע הדברים; מאמו של אורי להב ורפי סמיט, עלון אקולוגיה וסביבה וכתבה מאת ד"ר יוסי דרייזין.  
תודה רבה!

## ארבע המדינות המובילות בהתפלה (וישראל)

סעודיה | **3,358 מיליון קוב** | כ־100 מ"ק לנפש בשנה



איחוד האמירויות | **3,066 מיליון קוב** | כ־325 מ"ק לנפש בשנה



ספרד | **1,387 מיליון קוב** | כ־30 מ"ק לנפש בשנה



כוויית | **949 מיליון קוב** | כ־230 מ"ק לנפש בשנה



ישראל | **590 מיליון קוב** | כ־67 מ"ק לנפש בשנה



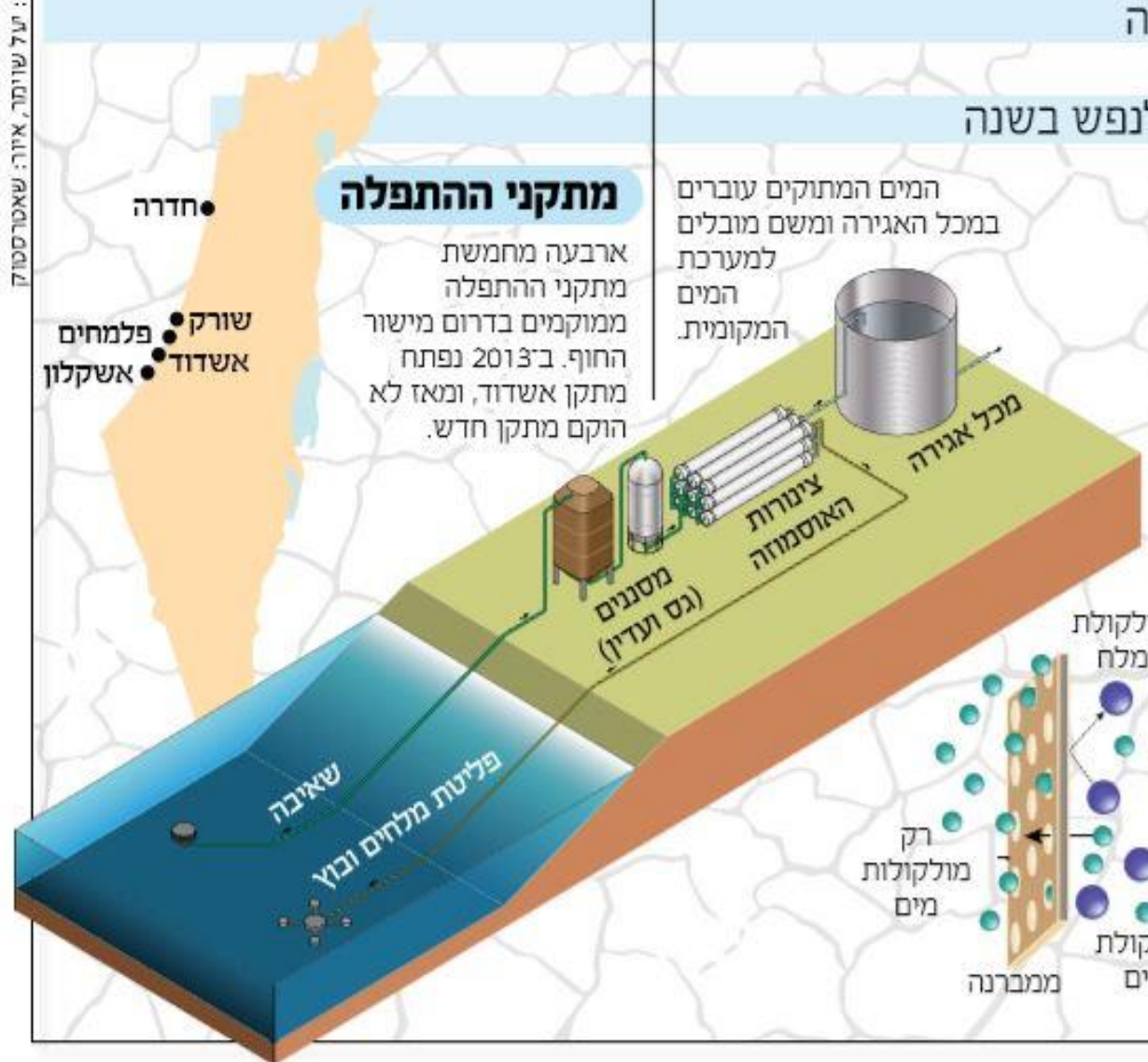
### כמה אתם שותים?

צריכת המים הביתית לנפש בישראל היא **95 קוב בשנה**. המחיר: 8.9 שקל לקוב, או **845 שקל בשנה** לכל תושב ותושב, בממוצע,

### איך עובדת התפלה?

בכל מתקני ההתפלה בישראל פועלת שיטת האוסמוזה ההפוכה, שבה המים נדחפים דרך מעין מסננת שאינה נותנת למלח לעבור דרכה.

המים המתוקים עוברים במכל האגירה ומשם מובלים למערכת המים המקומית.



### מתקני ההתפלה

ארבעה מחמשת מתקני ההתפלה ממוקמים בדרום מישור החוף. ב־2013 נפתח מתקן אשדוד, ומאז לא הוקם מתקן חדש.

- שורק
- פלמחים
- אשדוד
- אשקלון

● חדרה

# כמויות המים בישראל בחישוב שנתי



ישראל במקום הראשון בעולם  
**במחזור שפכים**  
למעלה מ-**85%**  
בעיקר לצרכי חקלאות  
במקום השני ספרד עם כ-30% בלבד



מתקני ההתפלה בישראל  
מייצרים כ-**600**  
מיליון מ"ק בשנה  
שהם כ-**40%**  
מהצריכה השנתית



מקור: אתר רשות המים של ישראל (נכון לישנת 2015)

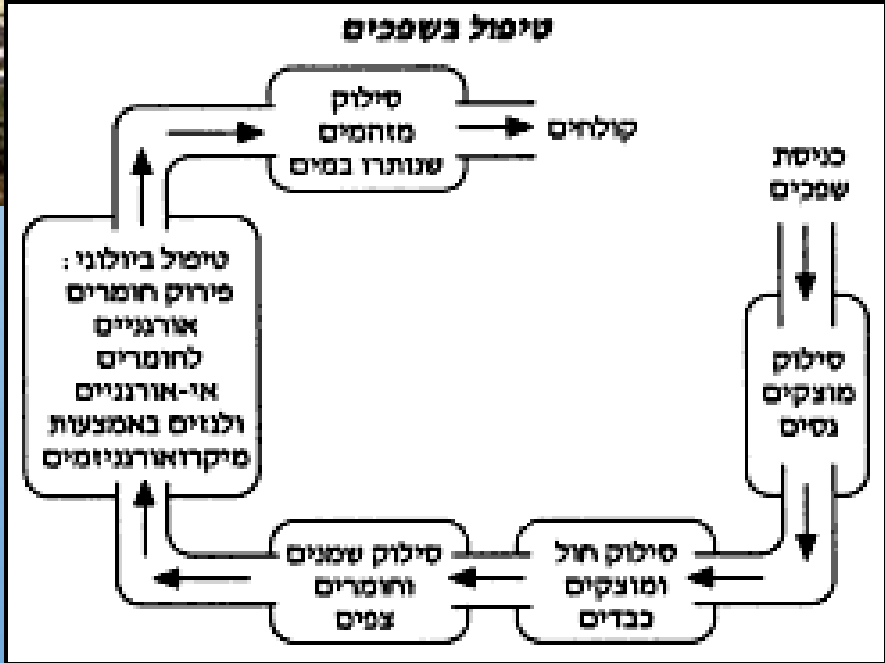
מים  
בנתונים



איור 1. תחזית מקורות המים של ישראל, 2010-2040  
 עד שנת 2040 נפח הקולחים יכפיל את עצמו, ובסך הכול כ-70%  
 מהמים יגיעו ממקורות חלופיים <sup>[1]</sup>.



# טיהור מי שפכים



מכון השפד"ן



# מקורות המים בישראל

## מקורות מים חלופיים



## התפלה



## מקורות מים טבעיים



מאגרים עיליים:  
כנרת וסכרים  
30%



מי תהום  
55%

\* מקורות המים באחוזים, מתוך צריכת המים השנתית בישראל

דא"ז

## מקורות אספקת מים בישראל במיליוני מטרים מעוקבים לשנה





**החל מ-1996, ועל פי הסכמי השלום בין המדינות, ישראל מחוייבת להעביר לירדן כ-50 מיליון מטרים מעוקבים של מים בשנה.**

**כמו כן, בהתאם להסכמים שנחתמו בין ישראל לרשות הפלסטינית, ישראל מעבירה לרשות מאז 1996 כמות מים שאינה יורדת מ-30 מיליוני מטרים מעוקבים בשנה. כמות המים שישראל מעבירה גדלה משנה לשנה, בין היתר בעקבות הגידול באוכלוסייה הפלסטינית, ובשנת 2017 כמות המים הגיעה לשיא של 87 מיליוני מטרים מעוקבים.**

בירדן יש מצוקת מים קשה, ובבירה עמאן מסופקים מים במשך יום-יומיים בלבד בכל שבוע. ישראל מספקת לירדן 100 מלמ"ק מהכנרת. לפי התחזיות, ישראל תספק לירדן 150 מלמ"ק ב-2040, וב-2050 הכמות תעלה ל-250 מלמ"ק. ברצועת עזה, עקב קצב גידול האוכלוסייה הגבוה והמחסור במקורות מים, גדל הביקוש למים והחלו לשאוב מהאקוויפר בקצב שהוביל לחדירת מי ים והמלחת המים. נכון לשנת 2015, 96% מהמים המופקים מהאקוויפר אינם ראויים לשימוש בני אדם. כמות אספקת המים של ישראל לרצועת עזה צפויה לגדול מ-40 מלמ"ק ב-2025 ל-100 מלמ"ק ב-2050. באזור יהודה ושומרון המספרים צפויים לגדול מ-90 מלמ"ק ב-2025 ל-307 מלמ"ק ב-2050.



# תודה!

מצמיחה כנפיים

אמונה • אהוות • אגרות משמעות



אילת כ"ל

052-643-7937



eilat52@gmail.com

