



משרד החינוך

מערכת שידורים לאומית

מקורות המים בעולם ובישראל

מדעי הסביבה, כיתות י'-י"ב

יצחק רובס

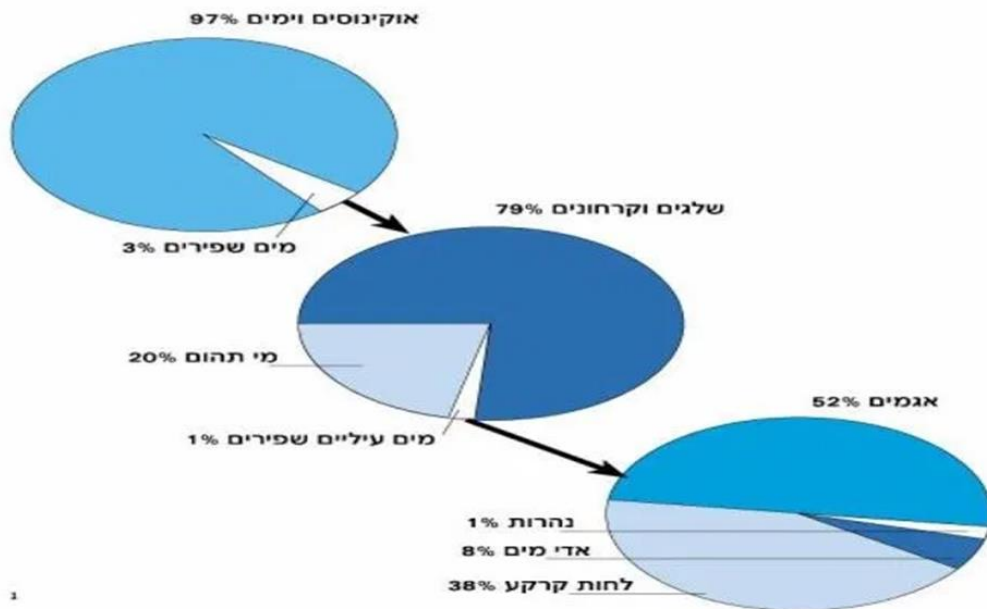
נושאי השיעור

- המים בכדור הארץ
- התפלגות המים המתוקים בעולם
- זמינות המים בעולם
- חלוקת מקורות המים בישראל
- צריכת המים בישראל
- מקורות המים בישראל
- הכנרת
- הקוים האדומים בכנרת

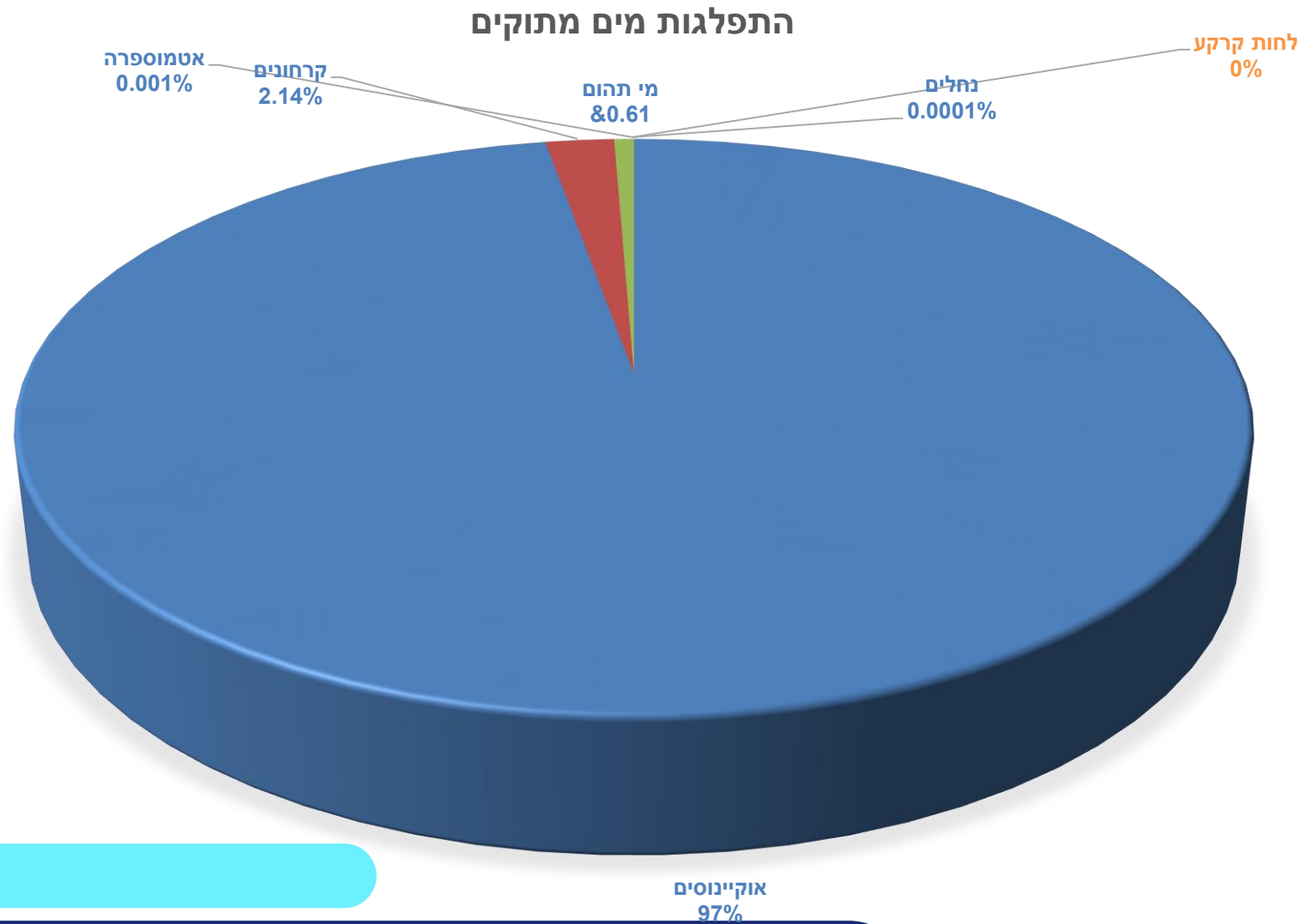
המים בכדור הארץ

התפלגות המים בעולם

מערכת המים העולמית – היכן הם מי כדור הארץ?



התפלגות המים המתוקים



זמינות המים בעולם דגשים

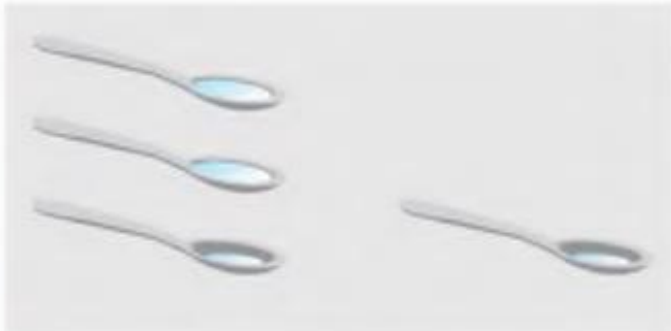
- כל היצורים החיים (צמחים ובעלי חיים) זקוקים למים על מנת לקיים את כל תהליכי החיים, רובם זקוקים למים מתוקים.
- כאמור כ – 97.5% מהמים בעולם הם מלוחים, וכ – 2.5 הם מתוקים, אך גם הם אינם זמינים לשימוש, חלק גדול מהם נמצא בקרחונים וחלק כגז באוויר, בקרקע ובמי התהום העמוקים שעלות הפקתם גבוהה.

בקבוק מים של 500 מיליטר מייצג את כל כמות המים בעולם



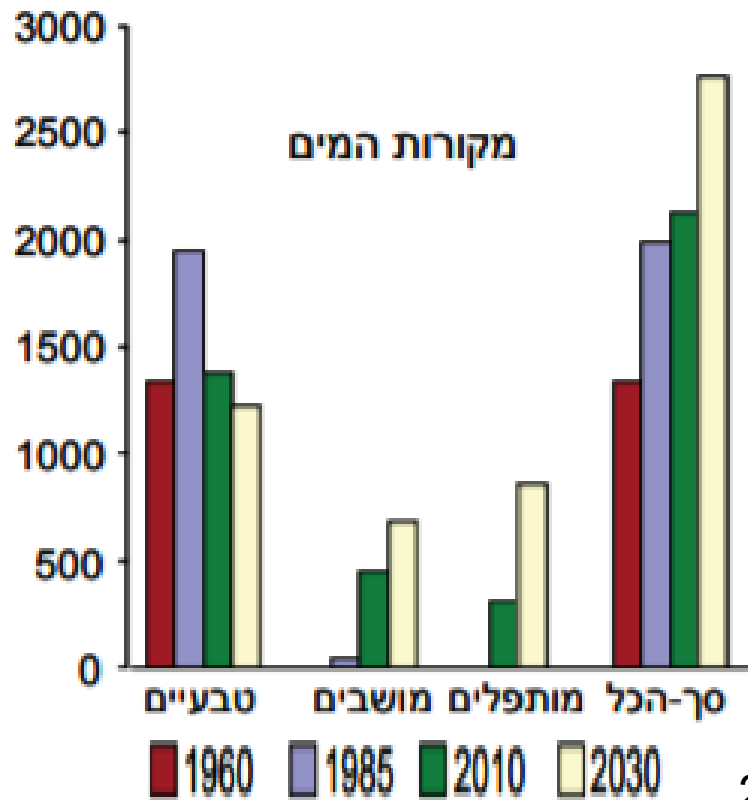
2.5 כפיות מייצגות את כמות המים המתוקים

0.5 כפית מייצגת את כמות המים המתוקים הניתנים לשימוש



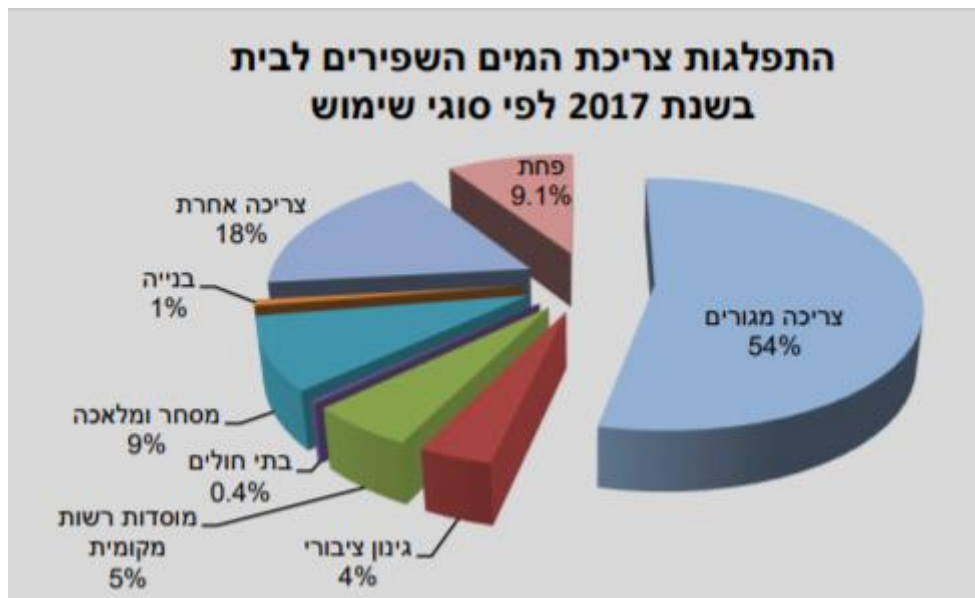
חלוקת מקורות המים בישראל ממ"ק

מקורות המים בישראל מחולקים:
למים טבעיים: נהרות, אגמים, מי תהום,
מלאכותיים: מים מותפלים, מים מושבים (מחזור מים).
ניתן לראות שבשנים 1985-2010 מקורות המים בישראל היו
מים מושבים ובעיקר מים מותפלים.
התחזית לשנת 2030, רוב המים המסופקים יהיו מותפלים
וחלקם הקטן טבעיים ולמגזר החקלאי מים מושבים כאשר
השקיה במים אלה מותרים



צריכת המים בישראל

- שימוש ביתי כולל את כל השימושים שאנחנו עושים עם מים בבית: רחצה, ניקוי, הדחת אסלה, השקיית גינות, בישול וכמובן שתייה.
- כ - 35% מהמים שאנחנו משתמשים בבית יורדים באסלה.
- כ - 40% משמשים לרחצה, כביסה וניקיון
- כ - 5% להשקיה וגינון
- כ - 20% לשתיה ובישול.



מקור: רשות המ

מקורות המים בישראל

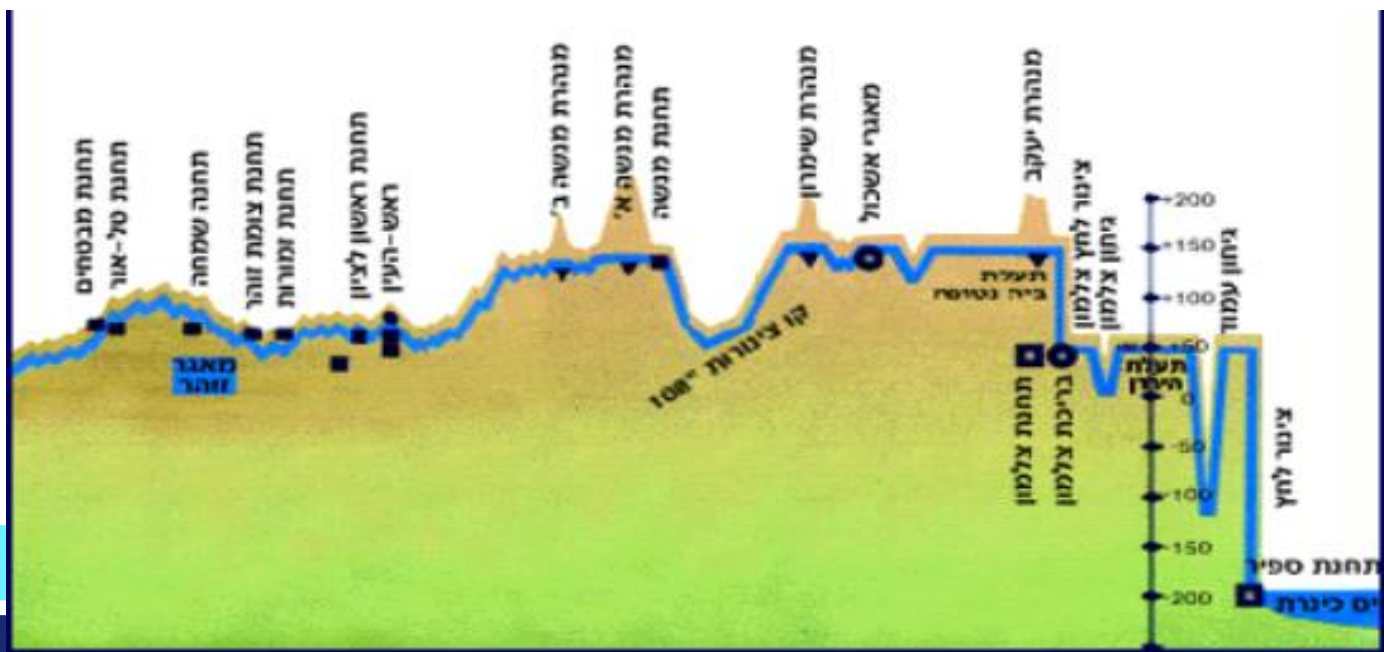
- אגן הכנרת:
- אגן החוף:
- אגני ההר המזרחי
- אגן גליל מערבי
- אגן הכרמל
- אגני הנגב והערבה
- התפלה:
- קולחין

המוביל הארצי

- מפעל המוביל הארצי מעביר מי אגם = הכינרת מצפון המדינה ומרכזה העשירים יותר במים אל דרום המדינה העני במים.
- המפעל יוצר מערכת מים ארצית אחת המחברת את שלושת מקורות המים הגדולים של ישראל: הכנרת ואקוויפר ההר והחוף.



- המוביל הארצי מעביר בממוצע כ- 300 מלמ"ק מים מהכנרת אל הנגב. יחודו של המוביל שהוא גם מאפשר לווסת את כמות המים הזמינה לשימוש בן שנים גשומות לשנים שחונות ובעונות השנה השונות. כך אפשר לשאוב מהכנרת מים בחורף ולהחדירם אל אקוויפר החוף. או לשאוב מאקוויפר ההר ולהחדיר לאקוויפר החוף.



- הקמת המוביל הארצי נמשכה כ- 8 שנים מ- 1956 עד 1964.
- במהלך הבנייה היה צריך להתמודד עם קשיים שנובעים מהבדלי הגובה מעל פני הים באזורים שונים שבהם עבר תוואי המוביל.
- הכנרת נמצאת מתחת לפני הים בגובה של 210- מ' ועל מנת להגיע לנקודה הגבוהה ביותר צריך להעלות את המים לגובה של 152+ מ'. צורך בהשקעת אנרגיה להעלות את המים ב-362 מ'. לצורך זה הוקמו שתי תחנות שאיבה גדולות אחת ספיר והשנייה צלמון.



הכנרת

- הכְּנֶרֶת היא ימה בצפון מזרחה של ישראל. זהו אגם המים המתוקים הגדול בארץ ישראל. בעבר סיפקה הכנרת כרבע מצריכת המים בישראל, אך בעקבות ירידת מפלס המים כתוצאה משנות בצורת שפקדו את ישראל, פחתה שאיבת המים מהאגם ומתקני ההתפלה היו לספק המים העיקרי.
- אגן ההיקוות שלה 2730 קמ"ר מתוכם 2000 קמ"ר בתוך ישראל.
- שטח האגם הוא 168 קמ"ר, אורכו 21 קמ"ר, רוחבו המירבי 12 קמ"ר
- עומקה המירבי 43 מ'



כנרת-כללי

kinneret.ocean.org.il

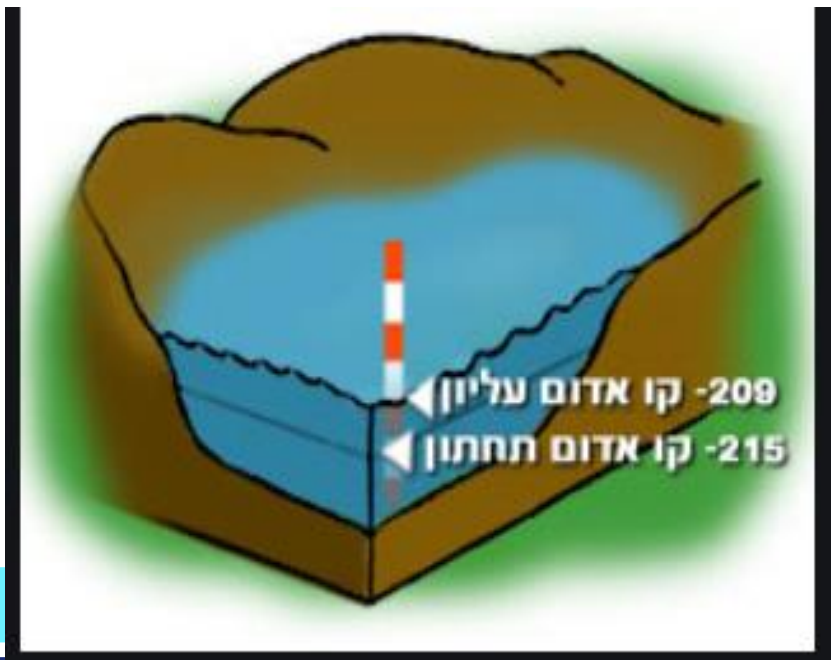
הכנרת המשך

- כיום מספקת הכנרת בין 2 אחוזים מסך הצריכה [ל-13 אחוזים. מפלס מי הכנרת משתנה תכופות על פי עונות השנה ובהתאם לשנים גשומות או שחונות
- מפלס הכנרת ואיכות המים שבה, מעוררים עניין רב בציבור בישראל. (מדד מצב הרוח הלאומי).
- מקורות הכנרת היו מקור לעימות צבאי בין ישראל לסוריה שכונה "המלחמה על המים".
- ישראל מספקת לירדן 50 מלמ"ק מים בכל שנה בכפוף להסכם השלום איתה.



הקו האדום העליון בכנרת

- הקו האדום העליון (-208.80) הוא רום מפלס הכנרת המרבי. אם הכנרת תעלה מעל למפלס זה, ייגרמו הצפות לאורך חופי הכנרת, כולל בטבריה וביישובים האחרים. לכן, כאשר מפלס הכנרת מתקרב לקו העליון, פותחים את סכר דגניה ומשחררים מים מהכנרת לכיוון ים המלח.



הקו האדום התחתון

- הקו האדום התחתון (-213.00) הוא מפלס הכנרת המינימלי. הקו האדום התחתון של הכנרת נקבע משיקולים אקולוגיים, קיים חשש שירידת מפלס הכנרת נמוך יותר מהקו האדום התחתון עלולה לגרום לשינויים במערכת האקולוגית של הכנרת, שייפגעו באיכות המים (המשרד לאיכות הסביבה).



mako

הקו השחור

- הקו השחור בעקבות רצף של שנות בצורת נאלץ מנהל רשות המים במשך השנים להוריד את מפלס הכנרת מתחת לקו האדום התחתון (-213.00). בחודש דצמבר 2001 הגיע מפלס הכנרת ל-(-214.87), המפלס הנמוך ביותר שנמדד אי פעם בכנרת, והוא כונה "הקו השחור".



אקו ויקי

• סרט על הכנרת

שפל חסר תקדים במקורות המים ובכנרת



משרד החינוך

מערכת שידורים לאומית

נושאי השיעור

- אקוויפרים הגדרות
- אקוויפרים מי התהום בישראל
- סוגי אקוויפרים
- אקוויפר ההר
- אקוויפר החוף
- מאפייני אקוויפר החוף
- הפן הביני
- מי קולחין
- מים מושבים
- טיפולים שונים במים מושבים
- מתקני התפלה
- סוגי התפלה
- התפלה בעולם

אקוויפרים, מי התהום (מושגים).

- אקוויפר הוא שכבה תת-קרקעית נקבובית, מוליכת מים, המאפשרת יצירת מאגר מים תת-קרקעי טבעי (מי תהום). המים המגיעים אל האקוויפר באים מחלחול של מי-גשם ועודפי השקיה.

- **אקוויפר** = שכבה חדירה/ מחזיקה מים

- **אקוויקלוד** = שכבה לא חדירה.



אקוויפרים, מי התהום בישראל

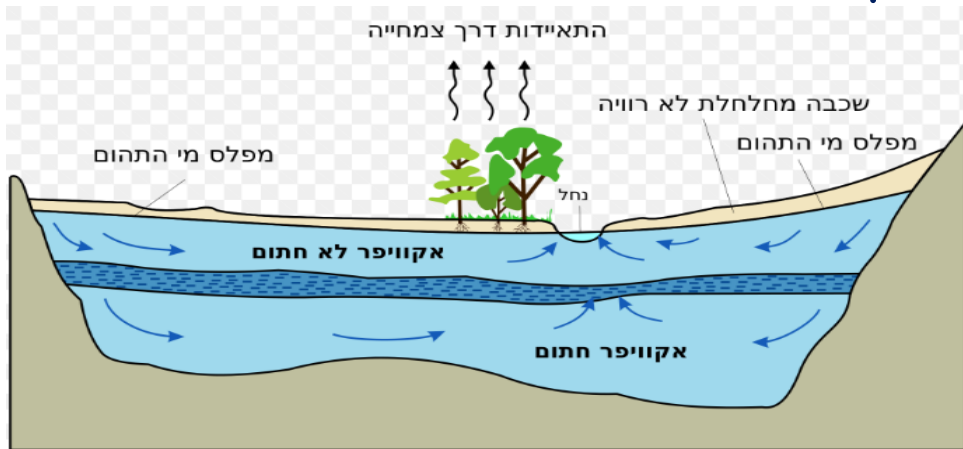
- האקוויפרים העקריים בישראל הם:

החוף, ההר, ירקון תנינים, הגליל המערבי. הדרומי

- המים באקוויפרים נמצאים בתוך חללים וסדקים קטנטנים, מיקרוסקופיים ברובם,

שבתוך הסלעים, כמו מים המרווים ספוג. השלד המוצק של הסלע שבתוכו החללים

המתמלאים במי התהום נקרא "תווך נקבובי".



שכבה חדירה למים ברמה גבוהה



שכבה חדירה למים ברמה נמוכה



שכבת סלע מצע עוצרת מים, אקוויקלוד



כיוון זרימת נגר תת-קרקעי



המשך אקוויקלוד

- בתחתית האקוויפר נמצאת שכבת [האקוויקלוד](#), שכבת סלע או קרקע אטימה למים, המונעת ממי התהום לחלחל כלפי מטה.



סרטון אקוויפרים

סוגי אקוויפרים

- אקוויפר חופשי – הוא אקוויפר שיש מעליו שעבות סלע חדירות המאפשרות למים לחלחל ולחדש את כמות המים האגורה בו בתהליך המילוי החוזר (האזור שבו המים המחלחלים ומגיעים אל האקוויפר).
- אקוויפר כלוא – נמצא בן שתי שכבות של אקוויקלוד (סלע שאינו מאפשר מעבר של מים), המילוי החוזר שלו נעשה ממרחק כמו בהזנה מצינור.
- אקוויפר פוסילי (מאובן) – זהו אקוויפר כלוא שנעשה לפני שנים רבות, נותק מאיזור המילוי החוזר שלו ואינו מתחדש, בד"כ באקוויפרים אלה אגורה כמות גדולה של מים אך לרוב מים אלה מליחים או מלוחים בגלל שהייתם הארוכה בקרקע.

אקוויפר ההר



מפת השתרעות של האגנים המזרחיים

- אקוויפר ההר משתרע מתחת לאזור ההר המרכזי מעמק יזרעאל בצפון ועד בקעת באר שבע בדרום, מבקע הירדן במזרח עד משור החוף מאפייניו: מעל אקוויפר זה אין ריכוז אוכלוסייה רב.
- יש הבדל גדול במפלסי המים בקידוחים שונים לאורך האקוויפר.
- כמו כן הבדל בריכוז המליחות בן הקידוחים, בגלל התמלחת הנמצאת בסלעיכ
- * המים מחלחלים דרך חורים וסדקים בסלעים, החילחול יחסית מהיר אך אינו מונע סינון/זיהום של המים.

אקוויפר ההר

- אקוויפר החוף הינו מאגר מי תהום המשתרע בתת הקרקע של מישור החוף בישראל. האקוויפר משתרע בתווך של סלעי חול וכורכר על פני שטח של כ-1800 קמ"ר, מהכרמל בצפון ועד חבל עזה בדרום ולרוחב רצועה הנמשכת מקו החוף במערב ועד 7-20 ק"מ מזרחה.

אקוויפר החוף

- אקוויפר החוף הוא מאגר מי תהום המשתרע מתחת לקרקע מישור החוף בישראל.
- האקוויפר משתרע בתווך של סלעי חול וכורכר על פני שטח של כ-1800 ה"ר.



מהכרמל בצפון ועד חבל עזה בדרום ולרוחב רצועה הנמשכת מקו החוף במערב ועד 7-20 ק"מ מזרחה.

מאפייני אקוויפר החוף

- נמצא מתחת לרוב ריכוז אוכלוסיית מדינת ישראל.
- חשוף לזיהום רב כיוון שמעליו נמצאים אזורי תעשייה, מפעלים, תחנות דלק.
- המים מחלחלים איליו באיטיות בגלל תווך החול, אך החול גם מסנן חלק מהמזהמים.
- חלק מהמים המושבים מוזרמים איליו, היתרון הוא בסינון המים המגיעים לשכבת האקוויקלוד.



- **הפן הביני** - מי התהום המתוקים קלים יותר ממי התהום המלוחים, ולכן הם צפים על פני המים המלוחים. אזור המגע בין שכבת המים המתוקים לשכבת המים המלוחים נקרא "הפן הביני". בזמן שאיבה באקוויפר החוף יורד מפלס המים המתוקים, הלחץ שלהם על גוף המים המלוחים קטן, ומי הים יכולים לחדור ולכבוש שטחים בתוך האקוויפר.
- שאיבת יתר גורמת להמלחת מי הבארות עד שהן יוצאות מכלל שימוש

• סרטון אקוויפר החוף

אקוויפר החוף

מי קולחין (הגדרות)

- מי קולחין הם מי שפכים (ביוב ביתי, פסולת תעשייתית וכו') אשר עברו תהליכי טיהור וסינון על מנת לבצע בהם שימוש חוזר.
- מים אפורים הם מי מטבח, מקלחות, כביסה (עלולים להכיל פתוגנים).
- מים שחורים הם מי שירותים (מים אלה מכילים פתוגנים).



מט"ש חדרה - ט.ה.נ.א מערכות בע"מ

- הקולחין הם מקור מים חשוב ומרכזי במדינת ישראל בה קיים מחסור תמידי במים טבעיים.
- שיעור השבת הקולחין בישראל עומד על כ- 75%, מרביתם לשימוש חקלאי. מדובר בשיעור ההשבה הגבוה בעולם. ההשבה מתבצעת באמצעות כ - 135 מפעלים המספקים כ - 355 מליון מ"ק בשנה. כמות זו מהווה כ - 31% מסך המים המסופקים.



מים מושבים

- מים מושבים הם מים שעברו לפחות טיפול אחד בטיהור המים
- במדינת ישראל מיוצרים מדי שנה כ- 530 מלמ"ק שפכים. מרבית השפכים עוברים טיהור בשלבים שונים ומשמשים, לאחר מכן, להשקיה חקלאית. טיהור השפכים מתבצע באמצעות טכנולוגיה מתקדמת, במתקן מיוחד הממוקם בדרך כלל בסמוך לכל עיר או למספר ערים ביחד.

המפעל	מקור המים (המט"שים)	היקף שנתי (מיליוני מ"ק)
מפעל הקו השלישי	שפד"ן	140
תשלובת הקישון	מט"שים חיפה ועפולה	28
עמק חפר	מט"ש נתניה וקידוחי הפקה מקומיים	18
אילון-לטרון	מט"ש אילון (לוד-רמלה)	5.5
חדרה	מט"ש חדרה	4
בקעת הירדן	מט"ש נחל אוג (שפכי מזרח ירושלים)	2.5
כרמיאל	מט"ש כרמיאל	1.5
צפת	מט"ש צפת	0.9
גוש עציון	מט"ש אזורי גוש עציון	0.2
סה"כ		205.6

- המתקן נקרא מט"ש (מתקן לטיהור שפכים). השפכים המטוהרים המשמשים להשקיה נקראים מי קולחין.
- הטיפול השונים במי ביוב:
- טיפול ראשוני: טיפול מכני הכולל סינון גס של השפכים, שיקוע של עצמים כבדים מוצקים, ושיקוע ראשוני הכולל הרחקת חלק מהמוצקים ה"מרחפים" שאינם מסיסים במים.
- טיפול שניוני: טיפול ביולוגי בו מתבצע תהליך של פירוק החומר האורגני בשפכים, הרחקת המוצקים המרחפים, שיקוע של ה**בוצה** (המכילה בעיקר את החיידקים המפרקים) וחיטוי הקולחין לצורך סילוק מיקרואורגניזמים **פתוגנים** (מעבירי מחלות).

- **טיפול שלישוני:** טיפול שלישוני הוא טיפול נוסף לקולחין המעלה את איכות הקולחין לכזו אשר ניתן להשתמש בקולחין להשקיה בלתי מוגבלת-גידולים חקלאיים למאכל אדם ו/או השקיה מעל [אקוויפרים](#) וזאת בלי חשש לבריאות הציבור או זיהום האקוויפר. טיפול שלישוני יכול לכלול אחד או יותר מהתהליכים הבאים:
 - סילוק חנקן בתהליך ביולוגי.
 - סילוק זרחן בתהליך ביולוגי ו/או על ידי [כימיקלים](#).
 - סינון נוסף של מוצקים מרחפים.

המשך

- בישראל שיעור השבת הקולחין הגבוה בעולם
שיעור השבת הקולחין בישראל עומד על כ- 75%, מרביתם לשימוש חקלאי. מדובר בשיעור ההשבה הגבוה בעולם. ההשבה מתבצעת באמצעות כ - 135 מפעלים המספקים כ - 355 מליון מ"ק בשנה. כמות זו מהווה כ - 31% מסך המים המסופקים לחקלאות וכ - 18% מסך המים המסופקים במדינה לכל השימושים. בהתאם לתוכניות משק המים, בתוך כ - 5 שנים ננצל 95% ממי הקולחין לשימושים השונים, דבר שיאפשר הפניית מים שפירים נוספים לשימוש ביתי.

התפלה

- התפלה הוא תהליך שבו מפרידים בין למלחים המומסים בהם כדי לקבל מים הראויים לשתייה או לחקלאות.
- המילה "התפלה" מקורה במונח "תפל" = חסר טעם, בהתפלה מפחיתים את טעמם המלוח של מי הים או המים המליחים ע"י הפרדתם מהמלחים המומסים בהם.



מתקני התפלה בישראל

• התפלת מי ים

• במדינת ישראל פועלים 5 מתקני התפלת מי ים: באשקלון, פלמחים, חדרה, שורק ואשדוד.

מתקנים אלו פועלים בשיטת אוסמוזה הפוכה ומספקים מים באיכות מעולה למערכת המים הארצית. מתקן ההתפלה הקטן, יחסית, באילת משלב התפלה ממי ים ומי קידוחים מליחים

ריכוז המתקנים להתפלת מי ים

מקום המתקן	שם הזכיון	שלב הביצוע	כמות מים שנתית (מלמק"ש)	מועד תחילת אספקת המים
אשקלון	VID	תפעול	115	אוגוסט 2005
פלמחים	Via Maris	תפעול	90	מאי 2007 (30 מלמ"ש) ינואר 2010 (45 מלמ"ש) אוגוסט 2013 (90 מלמ"ש)
חדרה	H2ID	תפעול	127	דצמבר 2009
שורק	SDL	תפעול	150	נובמבר 2013
אשדוד	מקורות ייזום	הקמה	100	אוקטובר 2015

סוגי התפלה

- האוסמוזה ההפוכה: זו ההתפלה הנהוגה היום בישראל. בכדי להסביר מהי אוסמוזה הפוכה, יש להסביר תחילה מהו התהליך הטבעי של אוסמוזה המתרחש בלי השקעת אנרגיה. אוסמוזה טבעית מתרחשת בין שתי תמיסות בעלות ריכוזי מלחים שונים הנמצאות משני צדיה של הממברנה (קרום בררני). בתהליך זה עוברות מולקולות מים מהתמיסה המהולה אל התמיסה המרוכזת, וככל שעובר הזמן קטן הפרש הריכוזים.

אוסמוזה הפוכה (המשך)

- לעומת זאת, אוסמוזה הפוכה היא תהליך שבו מולקולות מים עוברות בכיוון ההפוך, מהתמיסה המרוכזת אל המהולה, והפרש הריכוזים גדל עם הזמן. האוסמוזה הפוכה מתרחשת רק באמצעות השקעת אנרגיה חיצונית בצורת לחץ גבוה על המים המלוחים. הלחץ גורם למולקולות המים לצאת מהתמיסה המלוחה דרך ממברנה המסוגלת להעביר רק מולקולות מים, והתמיסה שנותרת בפנים הולכת ונעשית מרוכזת ככל שחולף הזמן.

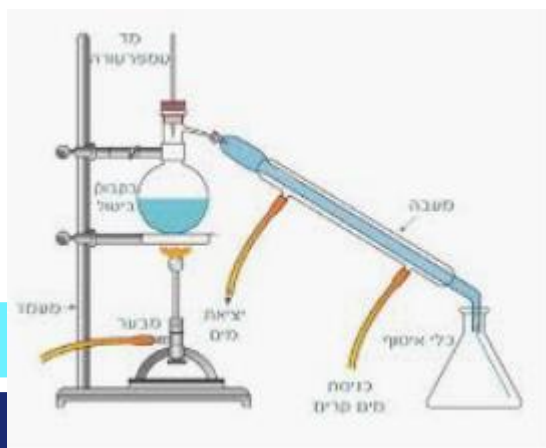
סרטון אוסמוזה הפוכה

חסרונות להתפלת מים באוסמוזה הפוכה

- צריכת אנרגיה רבה
- תפיסת שטחים גדולים למפעל התפלה קרוב לחוף הים.
- עלות הקמה גבוהה מאוד.
- משך הקמה ארוך
- המים המותפלים חסרים את המינרלים שיש במי גשמים לכן יש להוסיפם מלאכותית.
- המים המותפלים ברמת מליחות גבוהה יותר ממים טבעיים.
- יש צורך למצוא פתרון לתמלחת שנשארת בסוף ההתפלה.

שיטת האידוי בפריצה

שיטה זו נקראת גם שיטת הזיקוק שמתבססת 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.

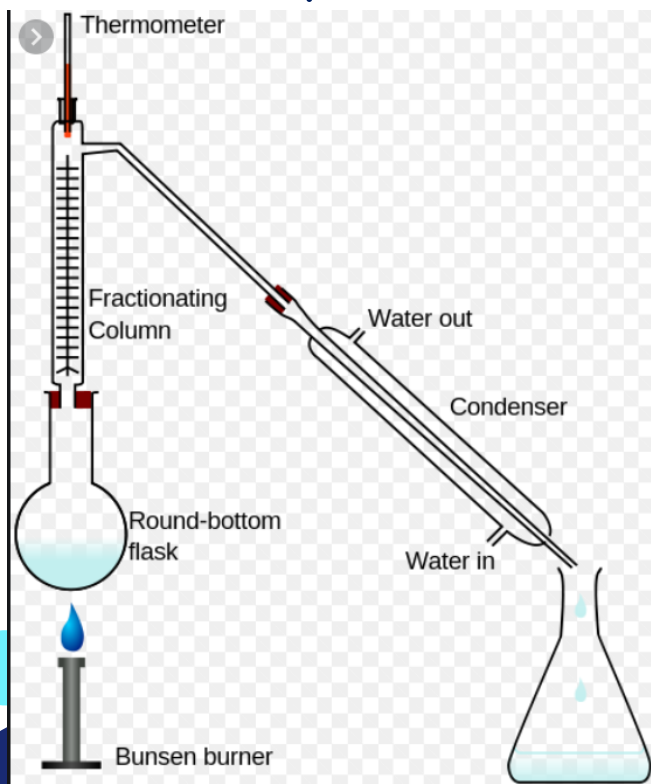


אידוי בפריצה מאפיינים

- המים בשיטה זו מכילים ריכוז נמוך פי עשרה ויותר מהמים המותפלים בשיטת האוסמוזה ההפוכה.

- שיטה זו מבוססת על נקודת הרתיחה של המים, שהיא נמוכה הרבה יותר מנקודת ההתכה של המלחים המומסים בהם.

- שיטה זו דורשת אנרגיה רבה להרתחת מים והפיכתם לאדים.



התפלה בעולם

- לפני כ – 10 שנים הותפלו בעולם כ- 50 מיליון מ"ק ביום, כיום קצב ההתפלה הכפיל את עצמו.
- היום בעולם קיימים למעלה מ 13000 מתקני התפלה כמחציתם במדינות המפרץ הפרסי ובערב הסעודית (מדינות מדבר).
- רוב המים המותפלים בעולם הם מי ים, בשיטת האוסמוזה ההפוכה.

מאגרי תמונות

לינקים לאתרי תמונות חינמיות

- <https://yazamnik.com/amazing-free-stock-photo-sites/> 14 אתרים
- <https://pixabay.com/>
- <https://www.cleanpng.com/>
- <https://www.publicdomainpictures.net/en/index.php>
- <https://www.avodamehabait.net/post/amazing-free-photos-images-for-download> 10 אתרים
- <https://www.pikiwiki.org.il/> אתר ישראלי