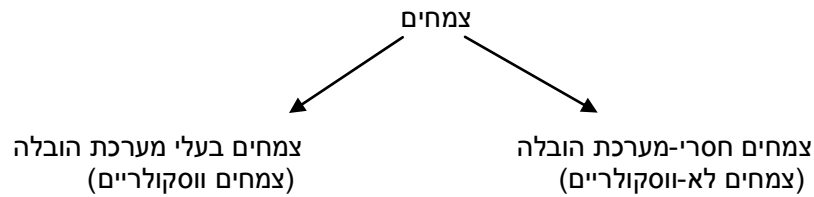
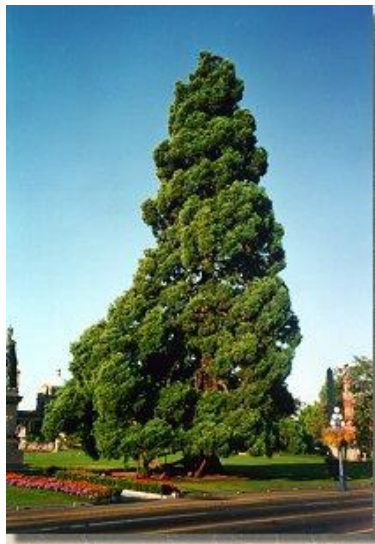


## הובלת מים בצמחים בעלי צינורות הובלה.

את ממלכת הצמחים ניתן למיין בצורות שונות, ואחת מהן היא חלוקה לשתי קבוצות על פי הקריטריון "הובלת חומרים":



מבחינה אבולוציונית הצמחים בעלי מערכת ההובלה נחשבים למפותחים יותר. בין הצמחים חסרי "מערכת הובלה" מצויים צמחים שגובהם אינו עולה על ס"מ אחדים, ואילו בקבוצת הצמחים האוסקולריים מוצאים צמחים, שגובהם מגיע לעשרות מטרים.



**צץ הסקויה – הצץ הגבוה בעולם**

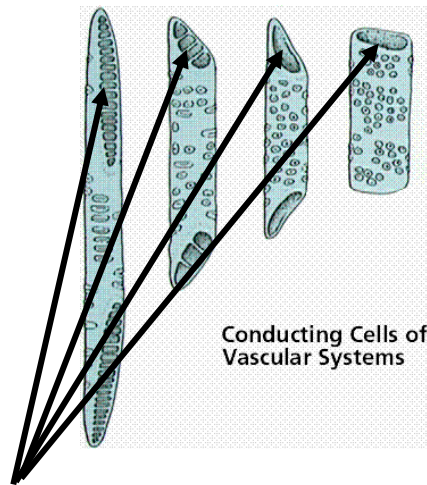
מתוך: <http://www.parl-bldgs.gov.bc.ca/galleries/points/redwood.htm>

מערכת ההובלה מאפשרת, אם כך, לצמחים להגיע לגבהים ולבצע את תהליך הפוטוסינתזה בצורה יעילה. מערכת ההובלה בצמח כוללת שני סוגים של צינורות הובלה:

**מערכת צינורות השיפה (FLUEM)** - בהם זורמים תוצרי תהליך הפוטוסינתזה מהעלים (ויתר האיברים הירוקים בצמח) אל כל חלקי הצמח. רוב המסלול נמשך מהחלקים העליונים של הצמח לחלקים התחתונים – עם כוח הכובד.

**מערכת צינורות העצה (XYLEM)** – מערכת צינורות, בהם זורמים מים ומינרלים. כיוון הזרימה הוא מהשורשים שבקרקע אל חלקי הצמח השונים. פעולה זו מצריכה, לכאורה, השקעת אנרגיה עצומה: מדובר במסלול ארוך, לעיתים בן עשרות מטרים, שכולו נעשה בצורה כמעט אנכית בניגוד לכוח הכובד. למרבה הפלא, הצמח כמעט ואינו משקיע אנרגיה בהובלת המים והמינרלים ממעבה האדמה ועד לעלה העליון ביותר שנמצא בצמרת העץ. כיצד נעשה הדבר? כיצד עולים המים במינימום אנרגיה?

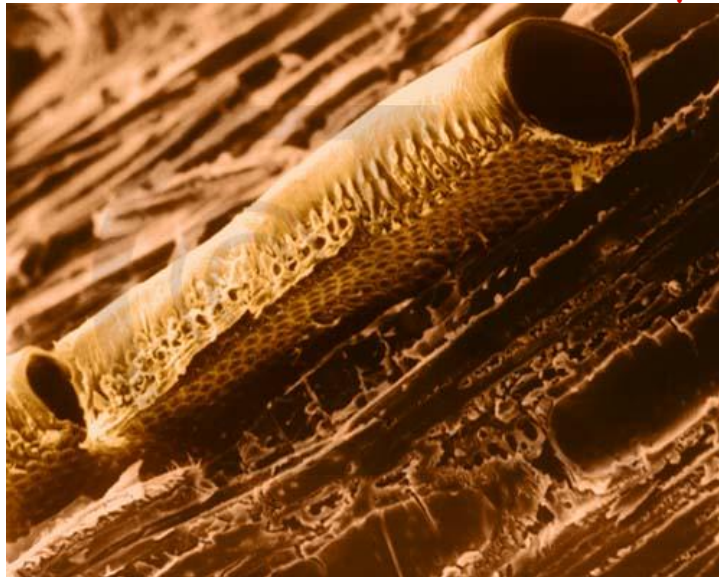
מערכת העצה מורכבת מצינורות נימיים הבנויים משורה ארוכה של דפנות תאים מתים, המחוברים זה לזה. באזורי המגע בין תא לתא מצויים חורים המאפשרים מעבר מתא לתא.



*תאים המרכיבים את צינורות העצה (סימ-לב לאזורי המגע בין תאים שכנים)  
מתוך:*

<http://gened.emc.maricopa.edu/bio/bio181/BIOBK/BioBookPLANTANAT.html#Xylem>

*קטע מצינור עצה בעץ מהטוני (הגדלה 750 X)*



מתוך: <http://www.pbrc.hawaii.edu/kunkel/gallery>

מכיוון שהתא כבר מת, ונשאר רק הדופן - נוצר חלל בתוך הצינור. קוטר החלל הפנימי של הצינורות הוא מיקרונים בודדים (מיקרון = אלפית המ"מ = מלינית המטר). נימיות זו מאפשרת באמצעות כוחות קוהזיה ואדהזיה לעלות במעלה הצינור. מחקרים הראו שבדרך זו ניתן להסביר עלייה לאורך כ-10 מ', אך לא יותר, ובכל זאת אנו מוצאים צמחים רבים שגובהם עולה על 10 מ', אך גם בהם לא מוצאים אף משאבה שתעלה את המים בשארית המסלול.

מחקרים שנערכו, הראו כי העלאת המים קשורה בשלושה כוחות ותהליכים: כוחות הקוהזיה, כוחות האדהזיה ובנוסף – תהליך הטרנספירציה. התאוריה המסבירה תופעה זו נקראת משום כך "תיאוריית קוהזיה-אדהזיה-טרנספירציה"

מהו תהליך הטרנספירציה (=דיות)?

תהליך הטרנספירציה (דיות) הוא תהליך בו מתאדים מים מהצמח, בעיקר דרך הפיוניות. הפיוניות הן מבנים מיוחדים בעלים דרכן מבוצעים חילופי הגזים בין הצמח לאטמוספירה. כשפתח הפיונית פתוח לצורך חילופי גזים, מתאדים מים בשל הפרשי לחצים בין פנים הצמח לסביבה. התאדות המים ההתנדפות יוצרת לחץ שלילי של אדי המים בתאי העלה ההיקפיים וכתוצאה מכך מולקולות מים נמשכות לכוון העלה מרקמת ההובלה של העצה ו"מחליפים את מקומם" של המים שהתנדפו. בשל כוחות הקוהזיה והאדהזיה ממשיך תהליך המשיכה בין מולקולות המים כלפי מעלה, והמים עולים בצינור כמחרוזת של מולקולות האחוזות זו בזו בכוחות הקוהזיה המלכדים. בצורה כזו – הלחץ השלילי שנוצר באזור העלה, גרם לעליית מים בצינור העצה מאזור תמיסת הקרקע.



תצפית – כח הנימיות

כלים וחומרים: כוס כימית 250 מ"ל

כ-150 מ"ל תמיסת צבע מאכל

צינורית זכוכית נימית

מהלך העבודה: מזוג לכוס כימית מים והוסף תמיסת צבע מאכל או תרכיז ממותק. העמד בכוס צינורית זכוכית נימית והתבונן במתרחש. שים לב לגובה פני הנזול בצינורית לעומת גובה פני הנזול בכוס.



### ניסוי – טרנספירציה והובלה בצמחים

כלים וחומרים: עלי ירקה מפוספסת, דורנטה או כל צמח בעל איזורים חסרי כלורופיל בעלים

3 משורות (250 מ"ל)

תמיסת צבע מאכל (בצבע כהה)

3 מנורות

ניר אלומיניום

וזלין

שמן בישול

מהלך העבודה: העמד שלוש משורות, מזוג לתוכן כמויות זהות של תמיסת צבע מאכל. קח שלושה ענפים מהצמח שברשותך. מרח את עלי אחד הענפים בוזלין. הכנס כל אחד מהענפים למשורה. הוסף בזהירות לכל אחת מהמשורות שמן (עובי שכבת השמן כ-1 ס"מ). העמד את המשורות במרחק זו מזו. והאר על כל אחת מהן במנורה במרחק של כ-50 ס"מ. על אחד מהענפים שאינם מרוחים בוזלין קרב תנור, שיחמם את האזור אך לא ישרוף את הצמח.

עקוב בפרקי זמן של 10 דקות אחר גובה הופעת הצבע בעלים. מלא את הנתונים בטבלה:

טיפול מס'	הטיפול	גובה הצינור הצבוע לאחר 10 דק' (ס"מ)	גובה הצינור הצבוע לאחר 20 דק' (ס"מ)	גובה הצינור הצבוע לאחר 30 דק' (ס"מ)	גובה הצינור הצבוע לאחר 40 דק' (ס"מ)
1	עלים מרוחים וזלין				
2	בקרה				
3	חימום				

העזר בגיליון אלקטרוני, תכנן טבלה מסודרת ושרטט גרף על מערכת צירים אחת, שתתאר את תוצאות הניסוי.

## שאלות

1. מדוע עוסק הפרק בעיקר בצינורות העצה ולא בצינורות השיפה?
2. מדוע נוצרו במהלך האבולוציה צורות של צינורות הובלה ולא צרור בודד בעל שטח חתך השווה לסה"כ שטחי הצינורות?
3. קיימים מינים של כנימות, המחדירות חדקי-מציצה אל הגבעול ושואבות את הנזל הזורם בצינורות השיפה. צורות צינורות העצה מצויים באזורים הפנימיים של הגבעול, ואליהם הכנימות אינן מגיעות? מהי חשיבות תופעה זו?

## לקריאה נוספת:

- מרקוזה-הס ע, (1995), ביולגיה היום, הוצאת ספרי-ת"א, עמ' 78-86
- פיינשטיין ב. (עורך) מערכות הובלה באדם בעולם החי והצומח, הוצאת ת"ל, עמ' 33-68
- <http://www.sciam.com/askexpert/biology/biology21.html><http://www.sciam.com/askexpert/biology/biology21.html>
- <http://ucbio21.rvs.uc.edu/freshman/bio101/!CH.313.htm><http://ucbio21.rvs.uc.edu/freshman/bio101/!CH.313.htm>
- <http://www.zoo.ufl.edu/bsc2010/harmon/apr6-8.html>