



03

# חומרים ותהליכים 'העבר את זה הלאה'

**בישראל נזרקים מיליוני טונות של חומר כפסולת!**

\$\$\$\$ בכל פריט פסולת הושקעו חומר, אנרגיה וכסף \$\$\$\$





# אין אובדן חומר! אבל...



- חומר יכול לשנות מצב צבירה או להפוך לחומר אחר
- שינוי מצב החומר יכול להיות תורם או מזיק
- חומר יכול להפוך לאנרגיה
- אנרגיה יכולה להיות שימושית או ליצור שינוי מזיק
- החומרים המסוכנים העלולים להימצא בפסולת בנייה הם:
  - דבקים
  - אסבסט
  - פריאונים והלונים
  - תוספים לבטון ולבלוקים
  - עץ שעבר טיפול לחיסום נגד מזיקים
  - חומרי איטום, צבעים, מדללים חומרי אטימה
  - אריזות של חומרים, המכילות שאריות של חומרים מסוכנים

# פסולת מוצקה

## בעיה קיומית לבני אדם



- נזקים ישירים לבריאות בני אדם:

- זיהום מקורות מים

- גזים רעילים

- נזק אסטטי = נזק נפשי

- פליטת גזי חממה

- בזבוז חומר גלם

- בזבוז אנרגיה שגלומה במוצרים

- בזבוז שטח הטמנה

# פסולת בניין מורשת של רעל



סיפורו העצוב של האסבסט:  
טבעי הוא לא תמיד בריא!

אסבסט: מינרל טבעי אך לאחר שנים של שימוש  
נרחב כחומר בניה זול, עמיד וחזק הסתבר  
שחשיפה לסיבים שלו מסרטנת מאוד.

הייצור הופסק...

הפסולת איתנו לשנים  
מי אחראי לטפל בזה??



# פסולת בניין

## אובדן חומרי גלם במחסור



לפי הערכת המשרד להגנת הסביבה  
מיוצרים בישראל כ- 4.5 מליון טון פסולת  
בניין בשנה.

רק כ - 12% מפסולת זו ממוחזרת.  
מצד שני... קיים מחסור חמור בחומרי בנייה  
כדוגמת חול לבניה, אבן וכו'



# Life Cycle Design

תכנון מחזור החיים של מוצר / מבנה

# Life Cycle Analysis

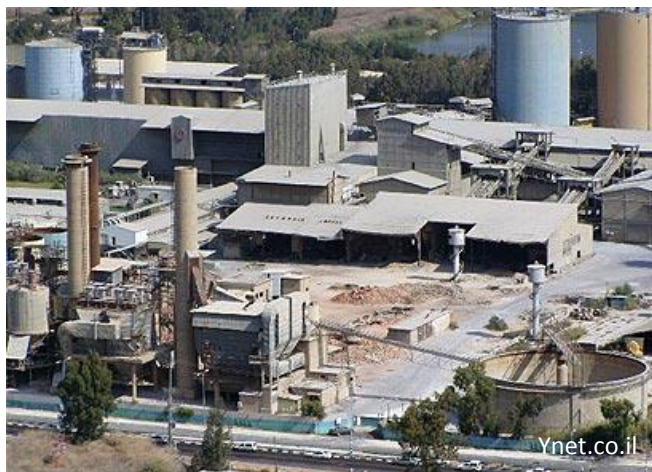


חישוב ה'מחיר הסביבתי'  
בכל מחזור החיים של  
מוצר / תהליך



# טביעת רגל/מחיר סביבתי לאורך מחזור חיים

ייצור חומרי גלם – דוגמא: צמנט





# תהליך הבניה



themarket.com

מקור – meshi-kablan.co.il



צילום : נעם אוסטריליץ

## הפחתה במקור – ניהול פסולת

חובת המתכנן ומנהל הפרוייקט:

- לדרוש הפרדה באתר של מה שניתן למחזר
- לדרוש במכרזים הטמנה באתר מאושר ולפקח על הביצוע



# פסולת בניין

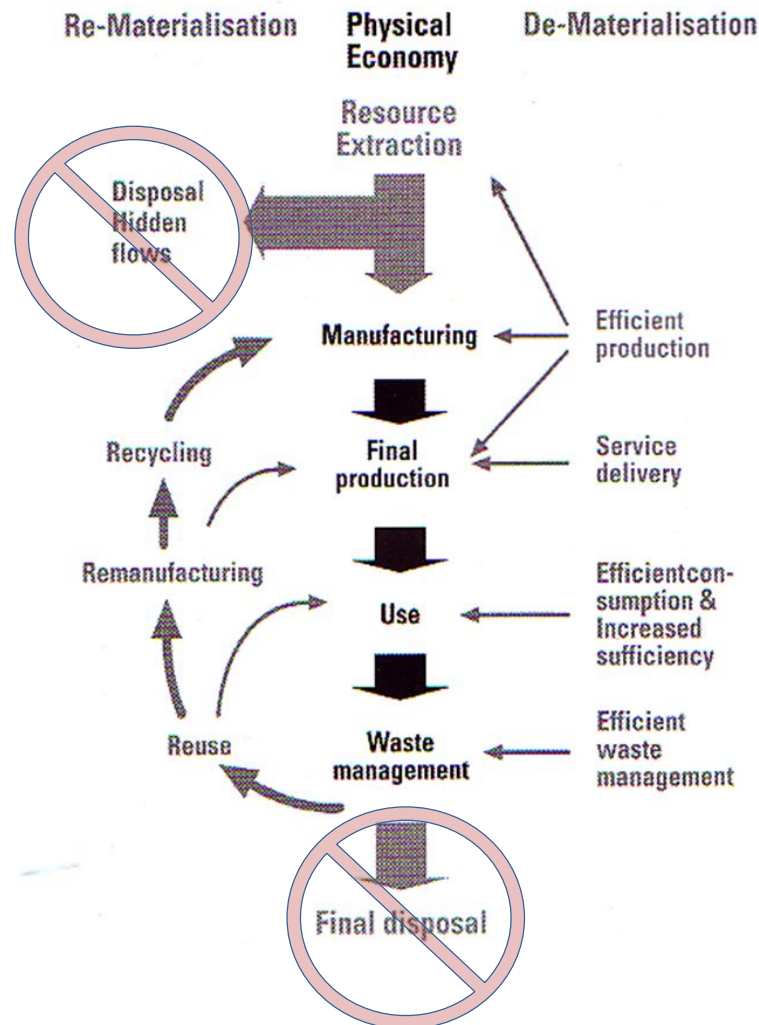
## פתרונות התייעלות ומיחזור



- גריסה באתר וצמצום נפח
- הפרדה ומיחזור
- שימוש חוזר של מה שניתן
- הטמנה מבוקרת של מה שלא ניתן לשימוש

# מטבוליזם חדש של הכלכלה הפיזית: התייעלות חומרית בכל שלבי החיים

*Construction ecology and metabolism*



רה-מאטריאליזם:  
אמצעים לשימוש חוזר  
בחומר

דה-מאטריאליזם:  
אמצעים להפחתת שימוש  
בחומר



## פסולת

## פתרונות הפחתה במקור



## שיטות נקיות יותר:

- תיעוש
- יחידות מוכנות במפעל
- חיבורים יבשים

דוגמא: לוחות איטונג-טק לבניה יבשה

# שיטות בניה אלטרנטיביות

## מבנה מתוכנן מראש לפירוק – מינימום טביעת רגל בשטח



Designed by Miller | Hull

מקור – [saptainc.blogspot.com](http://saptainc.blogspot.com)

# שיטות בניה אלטרנטיביות

## יחידות מתועשות להרכבה, אפס פסולת



flavinfoarquitectura.blogspot.com



osterlund-ark.fi



Beijing2008.cn



en.beijing2008.cn – מקור

**Water Cube** Beijing, China  
Architects: [PTW Architects](#), [CSCEC](#),  
[CCDI](#), and [Arup](#)



# מיחזור פסולת כלפי מעלה



Reduce

Recycle

ReUSE

Reclaim

# יותר מיחזור = פחות חומר גלם חדש



popularmechanics.com



- פחות חומר חדש
- פחות תהליכים בייצור
- פחות אנרגיה לייצור
- פחות שינוע חומרים



## מיחזור = דרוש תכנון מחזור חיים





## גישות שונות למיחזור

מחסום רכב  
'גומיקס'חומרים ממוחזרים  
לשיפור תכונות מוצרלמשל:  
רסק צמיגים משומשיםאספלט משופר  
עם אבקת צמיגים

## שימוש בחומרים ממוחזרים בפיתוח סביבתי

קיר תמך

משברי יציקות בטון

<http://www.peterbennie.co.uk>

מחסום רכב מפסולת גומי



# OSB : לוח מתועש משבבי עץ

## יתרונות:

- עשוי שבבי עץ – פסולת תעשיית העץ
- רכיבים אורגניים שניתנים להטמנה וחזרה לטבע
- במידה ומודבק בדבקים ירוקים – בריא לשימוש
- זול!



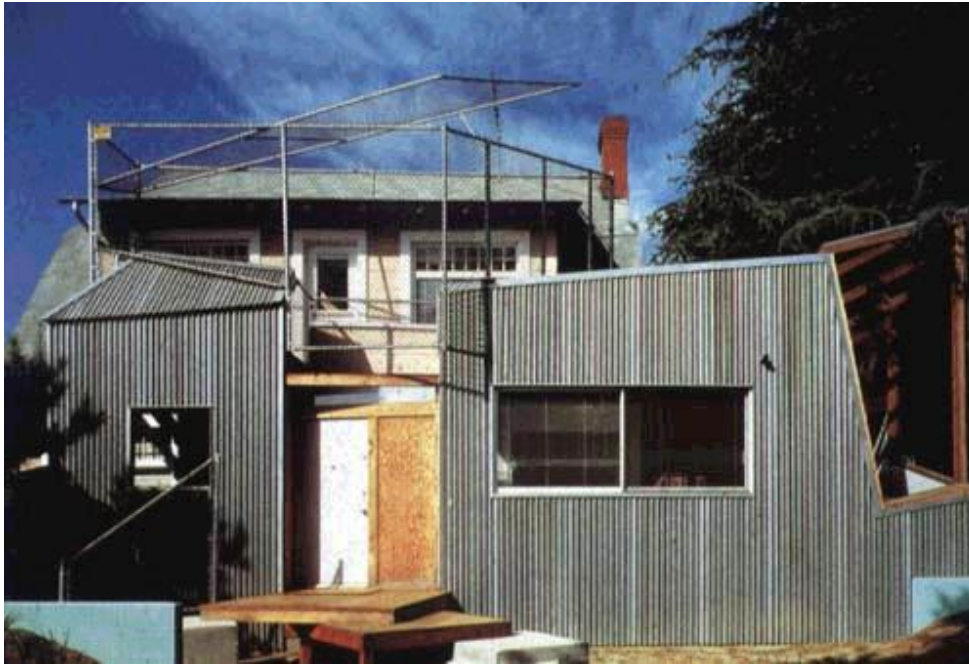
## שימוש מחדש בחומר בצורתו - Reclaime





# מהמזבלה לחומרי בניה

## Reclaim



netropolitan.org



panoramio.com



weburbanist.com

**Frank Gehry's house**  
Santa Monica, California



emeco.net – מקור

# שימוש חוזר בחלקי מבנה שלמים

Reclaim



SSD architects + urbanism  
Lexington, Massachusetts



# שימוש במכולות משומשות כיחידות מבנה שלמות



**Container City**  
Trinity Buoy Wharf, London, E14

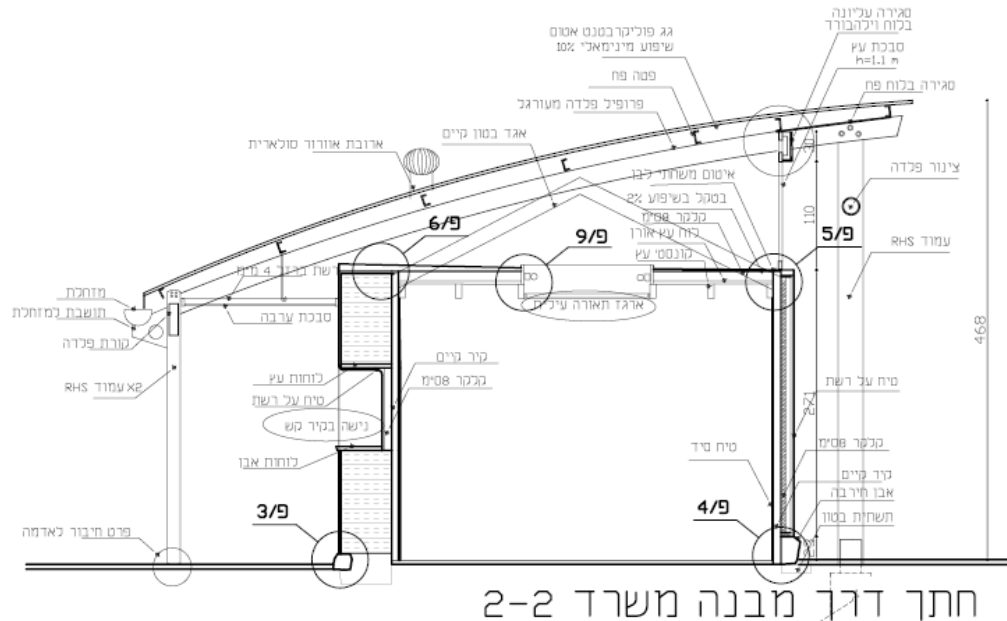
# סיכום: בחינת תהליכי מיחזור פסולת



- כמה חומר ממוחזר? –  
[באחוזים מתוך סך חומר הגלם]
- מקור החומר?
- האם התוצר בריא?
- כמה אנרגיה מושקעת בתהליך?
- כלכליות – כולל מחיר הנזק הסביבתי שנמנע?



# פרוייקט מישן לחדש מיחזור מבנה שלם ופיתוח סביבה



## הגן האקולוגי בטכניון – כיתה ומשרד

## תכנון וביצוע: נעם אוסטרליץ, דוד רנוב, דינה יוגב

## תכנון לאפס פסולת ומינימום צריכת חומר חדש



## עקרונות בתכנון:

- שימוש בחלקי המבנה כשלד למבנה החדש
- אפס פסולת יוצאת מהאתר
- הפחתת חומר חדש ממקור מתועש
- אפשרות עתידית לפירוק חומר והתמחזרות





## מחזור שימוש בפסולת חומרים ממקור מתחדש



הגן האקולוגי בטכניון  
מתכננים: נעם אוסטרליץ, דוד רנוב, דינה יוגב

## מיחזור בקנה מידה עירוני



cwmags.com



מזרח לונדון 2007: אתר האולימפיאדה



# מיחזור בקנה מידה עירוני



גריסה -- הוצאת חומרים למיחזור --  
והחזרה לשימוש של קרקע מטוהרת

## מיחזור בקנה מידה עירוני





# הצעה לסיום - חירייה

## נושאים בסיור

- מרכז המיחזור: הדגמה והדרכה על הנושא
  - לימוד מערכת מיחזור מי ביוב למים שפירים
  - התרשמות מהשיקום והמיחזור בקנה מידה גדול של הר הזבל.
- שימוש בחומרים ממוחזרים בפיתוח נופי ועוד...



# מקרה מבחן חירייה

## מיחזור אתר פסולת



- נפח: כ 16,000,000 מ"ק
- גובה: 60 מטר מעל הסביבה
- שטח: 450 דונם
- מדרונות תלולים: 1 : 1.5
- נחל איילון ונחל שפירים מקיפים את האתר
- אין כל תשתיות למניעת זיהום לסביבה



## מפגעים סביבתיים



יציבות מדרונות



תשטיפים

ביו גז  
שריפות  
אפקט החממה



ציפורים  
ומכרסמים



# תהליך מכאני-ביולוגי לטיפול באשפה ביתית

## לא ממוינת - ArrowBio





# מתקן חלוץ – מכאני-ביולוגי לטיפול בפסולת ביתית מעורבת



- 200 טון אשפה ביום
- הפרדה מכאנית של המרכיבים שאינם ניתנים לפירוק ביולוגי (זכוכית, פלסטיק ומתכות) - למיחזור
- החומר האורגני (שאריות מזון, נייר, קרטון, עץ) עובר התססה ותוצרי הפירוק הם בוצה מיוצבת, מים, וביו-גז
- כ-90% מיחזור

# מערך מיחזור גזם



פסולת גזם מופנית למשטח ייעודי למיון, הפרדה וקיצוץ  
הגזם למיחזור

שימושים:

- קומפוסט
- רפד לבעלי חיים
- חיפוי קרקע לחקלאות וגינון
- חיסכון במים
- הפחתת עשבייה
- הפחתת שימוש בחומרי הדברה
- מניעת סחף



## מערך למיחזור פסולת בניין



- טיפול ב-2000 טון ליום
- מיון, הפרדה וגריסה של פסולת בניין
- אגרגטים לשימוש חוזר:
- תשתיות לכבישים
- חומרי מילוי
- שימוש לשיקום הר הפסולת
- מיחזור מתכות ועץ

ניתן למחזר מעל ל-80% מפסולת הבניין