



# הנדסת קיימות ובניה ירוקה

דורי הרשגל, LEED-AP; M.Sc.Me  
דור-עד קיימות בע"מ

## הנדסת קיימות ובניה

הנדסת קיימות (Sustainability Engineering) מאחדת טכנולוגיות הנדסיות מתקדמות עם קיימות (Sustainability). המושג "הנדסת קיימות" (או הנדסה מקיימת) בא להמחיש למהנדסים של היום את מחויבותם למחר: להשתמש במשאבי הטבע בצורה יעילה יותר, ובה בעת להמשיך ולתת מענה הולם לגידול הבלתי פוסק של הצרכים והשירותים להם זקוק הציבור. לא צריך הנדסה כדי לדעת כי ניתן למנוע נזקים עם תכנון נכון ובמחשבה תחילה, והנדסת הקיימות גורסת כי מהנדס מחויב מהיום לתכנן את תוצריו תוך בחינת השפעתם על הסביבה ומתוך מטרה לשמור על כדור הארץ למען העתיד.

אנשי טכנולוגיה והנדסה שכבר הטמיעו "קיימות" במעשיהם מבינים שעבודתם היומיומית מצריכה הסתכלות מעבר לתחומם המקצועי המצומצם. עבורם, הקיימות היא ערך המיושם מרגע תחילת תכנון מוצר, דרך שלבי ייצורו, שיווקו, השימוש בו עד בלוחו והכשרתו לשימוש הבא.

דבר זה נכון אמנם להנדסה בכלל, אך הוא מוחשי במיוחד לתחום הבניה שהיא עתירת הנדסה וידועה כמזיקה לסביבה. פרויקט של בניה ירוקה הוא קודם כל פרויקט של בניה על כל מרכיביו ומורכבותו, אך כזה המתוכנן ונבנה ומתופעל כבנין החוסך במשאבים ומונע נזקים סביבתיים בכל משך מחזור חייו. בניה ירוקה אכן שייכת לתחום ההנדסה בת הקיימא (הנדסת קיימות, הנדסה מקיימת), הנדסה המשלבת טכנולוגיות מתקדמות ומרכיבים כלכליים יחד עם ראייה חברתית וסביבתית.

## הנדסת קיימות ואופטימיזציה

לא קיים תחום הנדסי שבו לא בוצע שיפור כלשהו לטובת הקיימות. פותחו חומרי בניה שבייצורם והתקנתם נחסכים משאבים וחומרי גלם, הם פחות מזהמים במחזור חייהם והם הופכים להיות חומרי גלם למוצרים אחרים לאחר התבלותם. פותחו מערכות מכאניות וחשמליות יעילות יותר, שיטות לבקרה ולתאורה, שיטות אקלום חדישות ושיחזור שיטות ישנות, מערכות לניצול אנרגיות חלופיות ושיטות למיחזור וחסכון במים, ועוד.

לכל המערכות הנ"ל המותקנות בבנין יש השפעות הדדיות בדרך להשגת ייעודן ולרוב אין להן נקודת מקסימום משותפת באיכותן וגם לא נקודת מינימום משותפת בעלותן. ולפיכך – על מהנדס הקיימות לבצע אופטימיזציה טכנו-כלכלית המשלבת שיקולים חברתיים וסביבתיים כאחד כדי לקבל את התוצאה הטובה ביותר. וכל זאת, ובו בזמן, בלי לפגוע בייעודן כמו חוזק, העברת אור, בידוד, איטום, אוורור ואקוסטיקה. על המהנדס המקיים לבחור את האלטרנטיבה בעלת התוצאה המשוקללת הטובה ביותר לשימוש המסוים ובשילוב ביצוע הערכת מחזור חיים – LCA, Life Cycle Assessment.

## הנדסת קיימות בבניה: אינטגרציה כוללת

הנדסת הקיימות יצרה אינטגרציה בין תהליכי ניהול בסיסיים של בניה קונוונציונאלית, לבין סימולציות ממוחשבות הנדסיות שפותחו בעבר לבין מערכות ובסיסי מידע סביבתיים שפותחו בשנים האחרונות. ניתן לראות זאת כשלושה מעגלים ששולבו יחדיו, ובעזרת הקידום הטכנולוגי הממוחשב והאינטרנט הביאו לפיתוח שיטות וכלים המאפשרים קבלת החלטות המבוססות על תחזיות מדויקות בשילוב איסוף וניהול יעיל של מידע שוטף.

מעגל ראשון, כלים לניהול בניה: תכנון התחלתי של פרויקט הכולל הגדרת המטרות, הכנת תקציב והערכת הלו"ז מבוסס על תחזיות המסתמכות על ניסיון אישי קודם. כל מנהל פרויקט ויזם שואפים לבסס את תחזיותיהם על הערכות מדויקות ככל האפשר כדי למזער ככל האפשר את סיכוני אי - הוודאות שמשמעותן עלויות לפרויקט. מערכות ניהול וניתוח זמנים, מערכות ניהול וניתוח כספים, שיטות ניתוח וניהול סיכונים הן רק מספר דוגמאות לשיטות בקרה המקובלות בעולם ניהול הפרויקטים.

מעגל שני, כלים לתכנון וסימולציה: ההתקדמות הטכנולוגית יצרה צורך וכלים לביצוע תכנון בניה על פי חיזויים שיאפשרו מזעור נזקים כבר "על הנייר", ולפני היווצרותן של עלויות בניה בלתי הפיכות. וכך פותחו סימולציות ותוכנות מרחביות לתכנון מבנים והערכת עלויות, סימולציות להערכת משטר רוחות, לצריכות אנרגטיות, להדמיית הצללות ותאורה, חישובי חוזק, משקל וזרימה ועוד.

מעגל שלישי, מערכות מידע סביבתיות: המשבר האקולוגי הגלובאלי והבנת נזקי הבניה יצרו צורך להתחשב בסביבה, לחסוך באנרגיה ומים ולשמר משאבים וחומרי גלם. וכך רועננו שיטות בסיסיות להערכת עלויות של מחזור החיים עם שיטות תכנון בסיסיות של אדריכלות ואקלום והן שולבו עם כלי הסימולציה והחיזוי הקיימים ליצירת כלים חדשניים. נוצרו מאגרי מידע מפורטים הכוללים תכולת חומרים, האנרגיה הנדרשת לייצורם ולשינועם, מפרטים סביבתיים להפחתת זיהום, שיפור באיכות האוויר והסביבה, מדדי פליטות פחמן ועוד.

כיום פותחו ונמצאים בשימוש כלים הנדסיים אינטגרטיביים המשלבים הקמה עם תכנון עם סביבה עם תפעול. המערכות המתקדמות של היום כבר משלבות בקרת עלויות הקמה עם ניהול סביבה, נתוני חומרים, רכיבים ומיפרטים עם מידע סביבתי, ניהול זמני אספקה וכמות פליטות פחמן, תכנון תלת מימדי מרחבי ומעקב ביצוע, סימולציות שונות לתכנון אנרגטי המשולבות בדרישות התפעול, ניהול ובקרת זמנים, ניהול משאבים ועוד. כול זאת במטרה להשיג יעילות ביצועית, סביבתית ואינטגרטיבית המביאה לעלות כוללת מינימאלית ואופטימאלית של תכנון, הקמה ותפעול של בנין.

הדוגמא לעיל עוסקת אמנם בהנדסת קיימות בבניה, אך כאמור הנדסת קיימות מיושמת למעשה בכל תהליך טכנולוגי: אם זה בפיתוח כלי או מכונה, ביישום תהליך ייצור במפעל, בתהליכי תפעול ואחזקה של מערכות ותשתיות, בשיווק וכדומה.

## ולסיכום

ההתבוננות על השילוב בין האקולוגיה לטכנולוגיה דרך המשקפיים התלת ממדיות של "הנדסת הקיימות" מבטיחה ראייה כוללת, רחבה, אחראית ומקצועית, כלכלית, חברתית וסביבתית, ראייה החשובה כל כך להמשך קיומו של כדור הארץ.

הבנת מטרות הנדסת הקיימות יחד עם פיתוח גדל והולך של יישומים ושיטות הנדסיות/סביבתיות הן ערובה לשימוש נכון וניצול יעיל של כלים אלה.