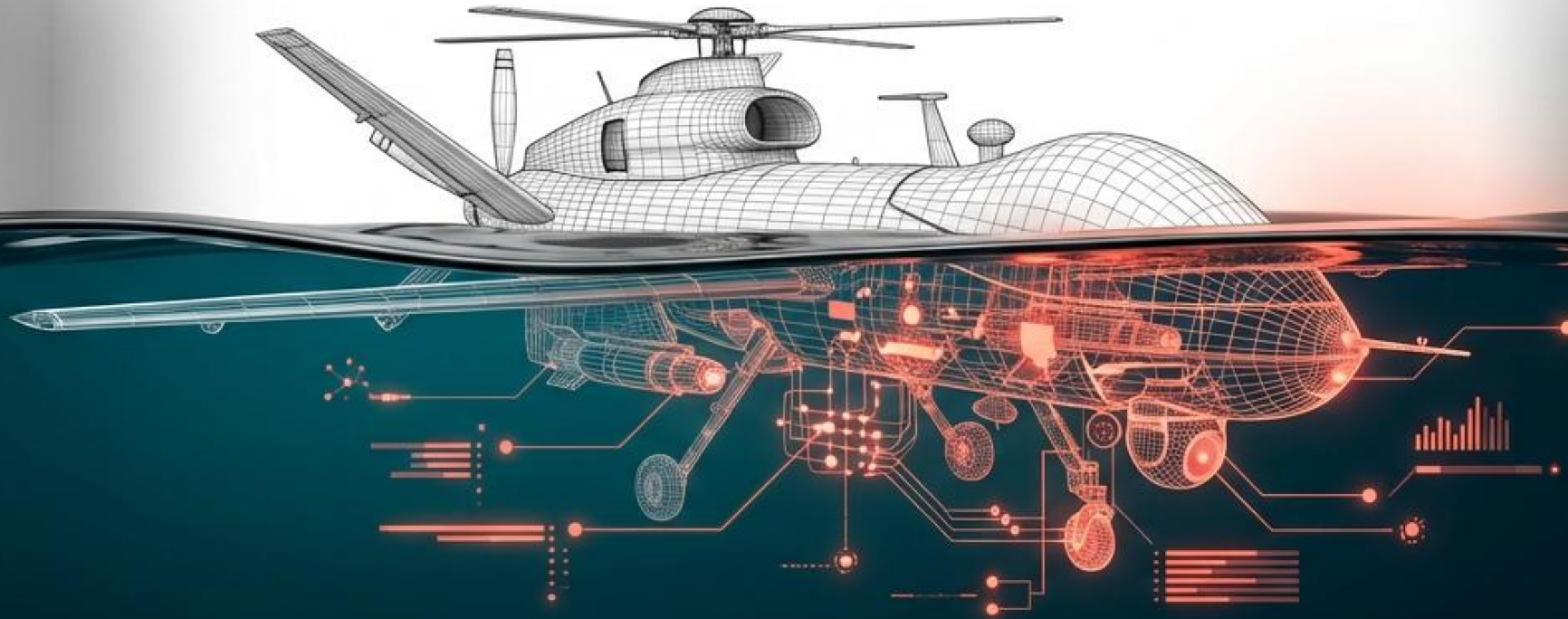


# תכנן למחזור חיים (DTLC)

הנדסת מערכת לאופטימיזציה של עלות בעלות



קניין של חיים נוטי – הנדסת מערכת וניהול פרויקטים

# מה זה DTLC?

תכן למחזור חיים (Design To Lifecycle Cost) הינו  
**תהליך תכן ופיתוח מערכתי שבו הדרישה המרכזית הינה:  
מינימום בעלות מחזור חיי המוצר.**



## ניתוח מוקדם:

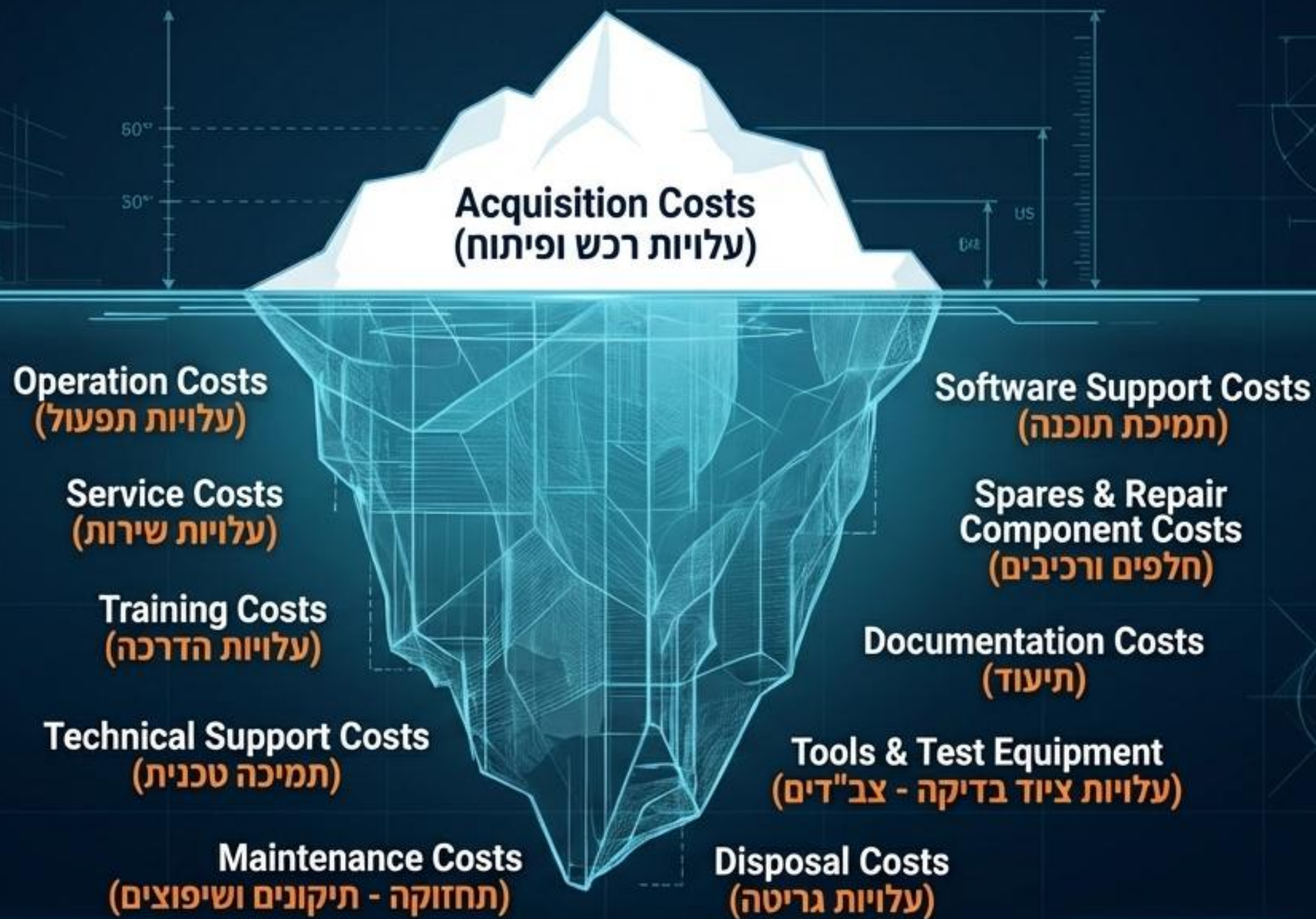
בחינת השלכות התכן ונקודת העבודה (Working Point) כבר בשלבים המוקדמים ביותר של הפרויקט.



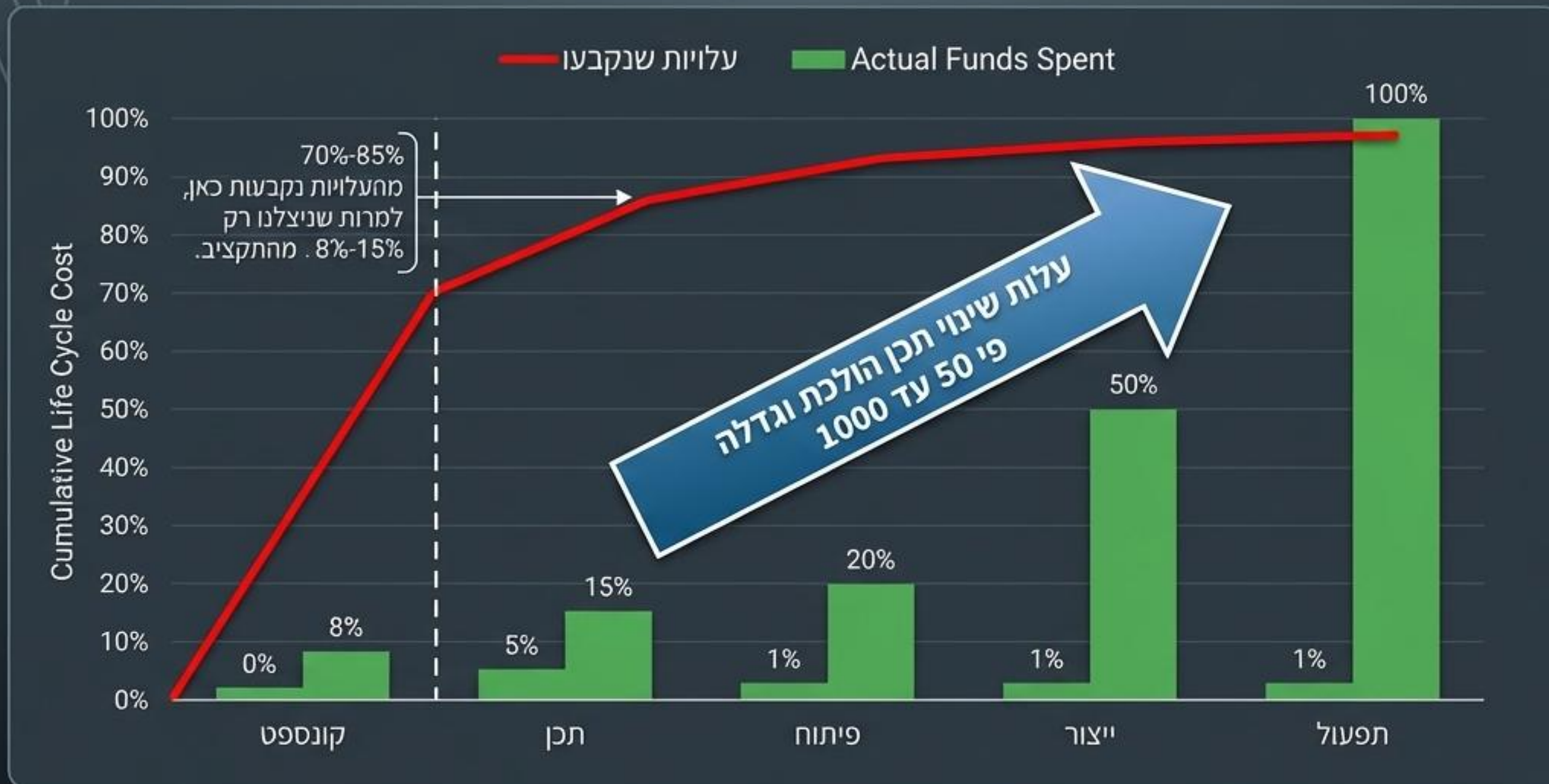
## הערכה כוללת:

חישוב והערכה של עלות מחזור החיים המלא של המוצר, משלב הקונספט ועד לגריטה.

# הפיתוח והרכש הם רק קצה הקרחון



# דילמת ה-DTLC: מלכודת הזמן



**המחיר נקבע בשלבים ההתחלתיים של הפרויקט.**  
מטרתנו היא להשפיע בדיוק בנקודה שבה עלות השינוי עדיין נמוכה.

# מטרות ה-DTLC: מיתרון תחרותי לדרישת סף



## ערך פנימי (Internal Value)

הקטנת עלות מחזור החיים של המוצר (LCC).

שיפורים מערכתיים ב"נקודת העבודה"  
החל משלב ההתנעה.

חיזוי תקציבי מדויק וניהול סיכונים  
לאורך חיי הפרויקט.



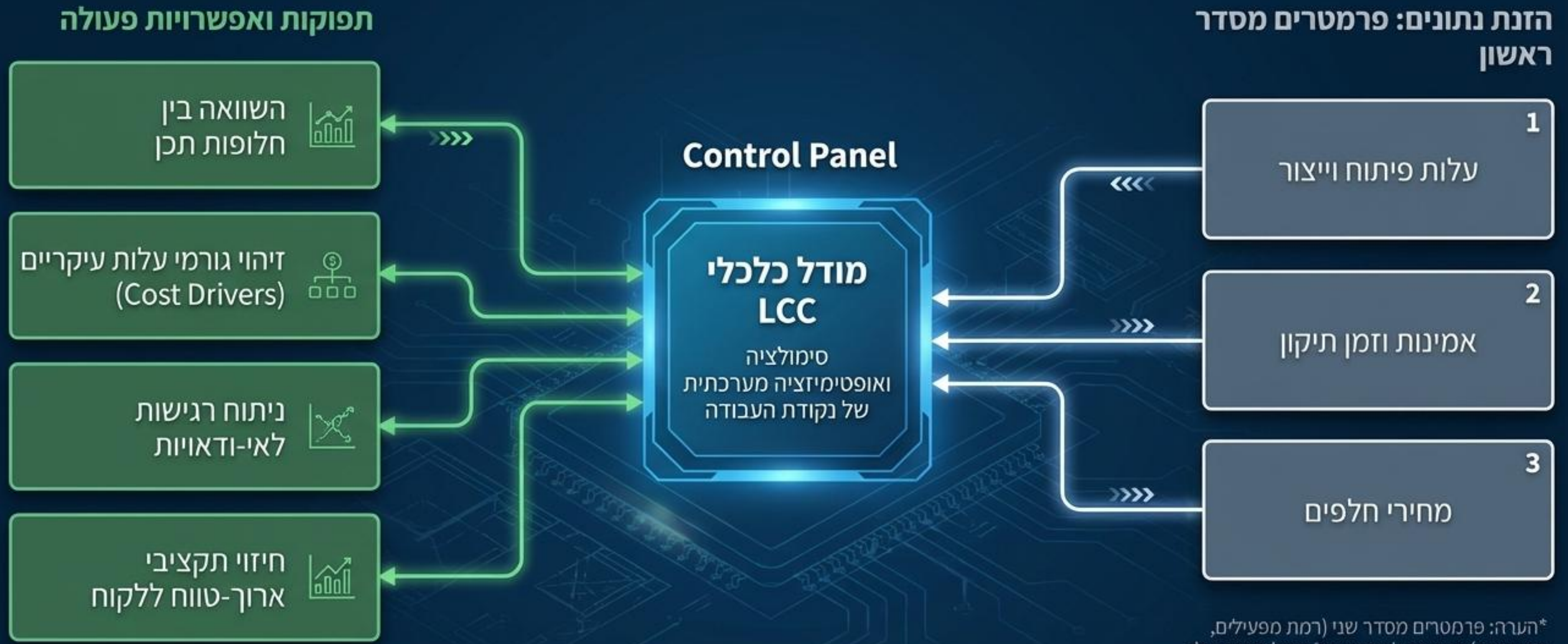
## הכרח חיצוני (External Necessity)

מתן מענה מיטבי ללקוח וזכייה בתחרויות  
ומכרזים.

תקנות האיחוד האירופי (Directive 2014/24/EU):  
הערכת המכרז המשתלם ביותר כלכלית (MEAT)  
מבוססת כיום על מתודולוגיית LCC.

הגדרת מחזור חיים מלא על פי האיחוד:  
ממחקר ופיתוח, ייצור, שימוש ותחזוקה, ועד  
לגריטה וסילוק חומרים.

# המודל הכלכלי: סימולטור של מציאות



\*הערה: פרמטרים מסדר שני (רמת מפעילים, תתיישובות) חושסנו לשמירה על מודל פונקציונלי.

# עמודי התווך של האופטימיזציה המערכתית



**מערכת תלויה:** כל פרמטר משפיע על משנהו. למשל, שינוי באמינות ישפיע מידית על תמחור רכיבי התחזוקה.

# מאזן הפשרות: דוגמאות לתלות בין פרמטרים

## השקעה מוקדמת (פיתוח/חומרה)



## חיסכון ארוך טווח (תחזוקה/זמן)

תכן עמיד ונוח לתחזוקה מייקר את המוצר הראשוני.

vs

הוזלת התחזוקה השוטפת.  
(אינו כדאי למוצר קצר-חיים).

עלות ייצור ופיתוח גבוהה יותר לשיפור אמינות.

vs

ירידה דרסטית בעלויות התחזוקה וההשבתה.

פיתוח ציוד בדיקה משופר ואוטומטי מייקר עלויות פיתוח.

vs

הקטנת זמני ייצור, איתור תקלות ותיקון.

מנגנון בדיקה עצמית (BIT): תוספת חומרה מייקרת את המוצר.

vs

יכולת גילוי מוקדם, בידוד תקלות והקטנת תלות בציוד חיצוני.

אסטרטגיית בדיקה ברמת מכלול (דורש פיתוח יקר).

vs

בדיקה ברמת מערכת בלבד (זול לפיתוח אך זמן תיקון יקר בשטח).

# מימד הזמן: מתי שיפור תכן הופך לכדאי?



# השלכות התכנית העסקית על נקודת העבודה

אילוץ החוזה והמודל העסקי מתווים גבולות גזרה קשיחים למודל הכלכלי הטכני.



## תקופת הפרויקט (Duration)

**אפיון:** אורך חיי פרויקט קצר (כשנתיים) מול ארוך טווח (כ-20 שנה).

**השפעה הנדסית:** תכן אופטימלי משתנה מהותית; פתרון לטווח קצר לרוב לא יצדיק פיתוחי RE יקרים.



## פרופיל הלקוח (Market)

**אפיון:** קיום דרגי תחזוקה אצל הלקוח מול הסתמכות על קבלן משנה.

**השפעה הנדסית:** מכותיב את כל קונספט התחזוקה ורמת הבידוד לתקלות שתידרש בתכן.



## כמות האספקות (Volume)

**אפיון:** יחידות בודדות לעומת ייצור המוני.

**השפעה הנדסית:** כמות קטנה פוסלת השקעות כבדות באוטומציה וצב"דים ייעודיים.

# זרימת תהליך ה-DTLC



# המשלב: תפקידו של מהנדס המערכת בתהליך

**אדריכל המודל:**  
בניית המודל הכלכלי בשיתוף  
הדיסציפלינות, ויצירת הפלטפורמה  
לבחינת האלטרנטיבות.

**מתרגם לדרישות:**  
הפיכת התובנות הכלכליות-  
מערכתיות לדרישות מערכת  
(System Requirements)  
הנדסיות קשיחות ובחינות.



**ראייה מערכתית כוללת:**  
החזקת התמונה המלאה של חיי  
המוצר. שילוב כל הדיסציפלינות  
הרלוונטיות החל **מהיום הראשון**  
להגדרת נקודת העבודה.

**מנהל אי-הוודאות:**  
זיהוי אקטיבי של סיכונים  
הקשורים ל-LCC, מעקב הדוק  
באבני דרך (Milestones) וסקרים,  
ועדכון המודל בסטייה.

# מנוע האופטימיזציה: הדרך לנקודת העבודה האופטימלית

## Systemic Optimization Engine

**פרמטרים טכניים  
(Technical Parameters)**  
אמינות, בדיקות, תכן לייצור  
(DFM), אחזקתיות.

**אילוצים עסקיים  
(Business Constraints)**  
כמות אספקות, משך פרויקט,  
פרופיל הלקוח.

**מודל כלכלי  
(Economic Modeling)**  
היוון (NPV), ניתוח סיכונים,  
עלויות סדר שני.

**נקודת עבודה  
מערכתית  
אופטימלית**

**תכן נכון אינו נמדד רק בביצועים ביום האספקה, אלא בכדאיות הכלכלית וביכולת ההישרדות של המערכת לאורך כל מחזור חייה. ה-DTLC הופך את העתיד מנעלם נסתר - לפרמטר הנדסי שניתן לניהול.**

# לראות את התמונה המלאה.



DTLC אינו רק מודל כלכלי – הוא מבטיח שנקבל התדטנות החיות ו כעוותר בשלב הן עוזו  
הכי מעט, כדי לספק ללקוח את הערך המבצעי והכלכלי הגבוה ביותר לאורך זמן.