

Who LEEDs the Data Center?



שמעון כץ, מנהל ההסמכה - HIT Cx, פברואר 2021

מתקני מחשבים מהווים צרכן אנרגיה משמעותי. הגידול העקבי בצריכת האנרגיה של מתקני מחשב הביא גופי ממשל לעודד הפחתה בצריכת האנרגיה הכוללת של מתקני המחשב. השאיפה לחסכון באנרגיה במתקני מחשב נובעת משני היבטים: האחד, כאמור, מתוך ראייה סביבתית כוללת והשני נובע מכך שעלויות האנרגיה הישירות והעקיפות מהוות מרכיב הוצאה משמעותי בכל מתקן מחשב.

ארגון ה LEED הגדיר מדדים ייחודיים למתקני מחשב. דירוג גבוה נחשב בין 60 נקודות (SILVER) ל 80 נקודות (PLATINUM) מתוך 110 אפשריות. אופטימיזציה של ביצועים אנרגטיים מקנה עד 18 נקודות, חדשנות 5 נקודות והסמכה 6 נקודות. כלומר, ניתן להשיג 29 נקודות באמצעות ראייה אנרגטית, אינטגרטיבית וחדשנית, לרבות אימוץ של אסטרטגיות IT המפחיתות את הצריכה ומקנות ניקוד.

מטרת מאמר זה אינה להציע שיטות להתייעלות אנרגטית, אלא לעורר את השאלה מי וכיצד צריך להוביל את התהליך? ובמקביל מהם הכלים לשיתוף פעולה ארגוני שיביאו לתהליך בו כל המעורבים ירוויחו, תרתי משמע, מניהול אסטרטגי של משאבי המחשוב?

בעבר, בעולם בו שלט ה Mainframe, השילוב בין דרישות ה IT ותשתיות התשתית היו ברורות. קירור ישיר של ציוד היה תשתית בסיסית בכל מתקן מחשבים. ציוד ה IT היה בנוי ממכונות ענק שצרכו עשרות או מאות KW. ה Mainframe (של IBM למשל) היה בקירור מים, המערכת הזרימה מים קרים שסילקו את החום מגוף הקירור שהיה צמוד למעבדים. חברות אחרות (CRAY למשל) השתמשו בקירור באמצעות התקנת הכרטיסים בתוך נוזל קירור דיאלקטרי או קירור במערכות DX שביצעו החלפת חום עם המים הקרים שהיו זמינים במתקן.

ככל שעולם ה IT עבר למערכות פתוחות והפך להיות מורכב משרתים בדידים, המגמה השתנתה, וכיום רוב החום מסולק מהציוד באמצעות קירור אויר במגוון שיטות: סגירת מסדרונות, ארובות, וכד'. זאת ועוד, אם בעבר ציוד המחשבים היה מגיע בארונות או מארזים שהיו חלק מהציוד, כיום ברוב המקרים ספקי ציוד ה IT אינם מספקים את המסדים והציוד מותקן במסדים שהינם חלק מהתשתית של אולם המחשב. היעילות של סילוק חום ישיר על ידי מים גבוהה עשרות מונים מסילוק החום באמצעות אוויר. לאחרונה פורסם מאמר בנושא קירור מים של ציוד IT! המאמר סוקר אסטרטגיות אנרגטיות לקירור ישיר של הציוד. מאמר זה מעורר שאלות האם וכיצד מגיעים לתכנון של מתקן מחשב מקורר מים בסביבה מרובת "שחקנים".



MISSION CRITICAL
ENGINEERING



השחקנים העיקריים במרחב של אפיון, תכנון, הקמה ותפעול של מתקני מחשב הם:

- **אנשי ה IT** – מאפיינים את הציוד, מגדירים תצורה ומפעילים את היישומים.
- **ספקי ציוד ה IT** – יצרני המערכות.
- **אנשי התשתיות** – מתכננים ומקימים את מתקן המחשבים.
- **גורמי התפעול** – מפעילים את המתקן ואת תשתיות ה IT המותקנות בו.
- גורמים נוספים כגון **הרכש והתקציבים**.

ממד הזמן גם הוא אינו משחק לטובת התהליך. הקמה של מתקן מחשבים הוא אירוע מכונן. בעולם התשתיות זמן ההקמה (בישראל) עומד על 4-5 שנים מייזום ועד תחילת השימוש. המתקן אמור להיות פלטפורמה תשתיתית לפרק זמן של 20 שנה לפחות. בעולם ה IT זמן המחזור של ציוד ה IT נע בין 3-5 שנים, כלומר לעיתים הציוד שאופיין בעת תכנון המתקן, לא יהיה זהה לציוד שיונתן בו במועד ההפעלה.



ההבדלים במחזורי החיים משנים את נקודת המבט של כל אחד מהשחקנים. מתכנני התשתיות, למשל, צריכים לתכנן תשתית לטווח ארוך, אך ההכרות שלהם עם עולם ה IT ועם התחזיות להתפתחותו אינם הדוקים. למעשה לאף אחד אין יכולת לחזות את ההתפתחות הטכנולוגית וצרכי התשתית שלה לטווח ארוך. הגורמים בעלי הידע הרב ביותר הם יצרני הציוד אך לרוב הם אינם שותפים לתכנון המתקנים.

מאפייני המתקן ויעילותו האנרגטית נגזרים מהספק המתקן. **אנשי ה IT** אחראים על אפיון הצרכים. הצורך באפיון לטווח ארוך והחשש מהקמת מתקן קטן מהנדרש מביא, לעיתים רבות, לדרישה להקמת מתקנים מוגזמים בגודלם, מתקנים אלה עובדים בצורה בלתי יעילה בתת-הספק. יחד עם זאת היות והקמת מתקן מחשבים היא תשתית לא סביר להקים מתקן שלא ייתן מענה גם לגידול בטווח הארוך.

לאנשי ה IT, כגורמים המאפיינים את הציוד תפקיד גם בבחירת ציוד שיהיה יעיל אנרגטית. שיקול זה אינו מהווה כיום שיקול מרכזי, למרות שקיימים כלים לשקלול מרכיב זה, כדוגמת SPECⁱⁱ לשרתים וכלים כדוגמת ENERGY STAR לאגירה ולתקשורתⁱⁱⁱ.

גם לאחר בחירת הציוד והתקנתו יש לאנשי ה IT אפשרויות להפעלתו בתצורות חסכוניות באנרגיה. לא תמיד נוח להפעיל בתצורות אלה אך הן מאפשרות חסכון משמעותי.

ככל שציוד ה IT צורך יותר אנרגיה, ובוודאי בתחום ה HPC^{iv}, לא ניתן להסתפק בהקמת מתקן מחשב כפלטפורמה גנרית ויש צורך לבחון לעומק את השילוב בין התשתיות לציוד ה IT. מתקן "ממוצע" מכיל ציוד IT בהספק נמוך ובינוני המותקן במסדים שהספקם נע בין 5-10 KW למסד. במקרים אלה התשתיות כוללות מסדים וקירור מבוזר. ככל שצפיפות האנרגיה עולה יש צורך בבחינה מעמיקה כיצד נכון לסלק את החום. כאן נכנסים ל"משחק" גם **יצרני הציוד**. חלקם מאפשרים לרכוש את הציוד יחד עם המסדים המקוריים ישירות וחלקם אפילו מאפשרים קירור ישיר של המעבדים. ככל שבמתקן מתוכננים מסדים בודדים מסוג זה לרוב התשתיות הגנריות מסוגלות לתת להם מענה או מאפשרות למצוא פתרונות נקודתיים. אם המתקן מכיל



MISSION CRITICAL
ENGINEERING

כמות רבה של ציוד מסוג זה יש צורך בתכנון של פתרון מובנה, גם אם הוא יתאים רק לדור אחד או שניים של ציוד. על **אנשי ה IT** להיות מודעים להיבטים של צפיפות ההספק ולהתריע בפני **מתכנני התשתית** על הצורך הייחודי. האחריות ל"שרתי רפאים" מתחלקת בין **גורמי ה IT לגורמי התפעול**. שרתים אלה מותקנים באולם וגוזלים נדל"ן יקר אך במקרים רבים הם פועלים וצורכים אנרגיה למרות שאינם פעילים מבחינה מחשובית. יש לעקוב אחרי ציוד מסוג זה ולפעול בצורה אקטיבית להשבתתו, למרות החשש המקנן שמא השרת עדיין פעיל או שיש בו צורך סמוי.

מתכנני התשתיות מתבססים על האפיון שקיבלו **מגורמי ה IT**. על מנת לתכנן מתקן אפקטיבי הוא צריך להיות גמיש לשינויים מחד ובעל זמינות מרבית. ככל שנוסיף גם ממד של חסכון באנרגיה האתגר הופך מורכב. חלק מהבזבוז האנרגטי הוא בלתי נמנע בשל הצורך במערכות יתירות. התכנון מתייחס לרוב למדרגת עומס מוגדרת במועד ההפעלה. גם אם למתקן מוגדרות מדרגות נוספות של גידול עתידי, בחלק גדול מהמתקנים ההספק המוגדר למועד ההפעלה הוא בפועל ההספק אליו יגיע המתקן רק לאחר עשור. הפעלה של מתקן בנקודת עבודה כזו היא בזבזנית ועל המתכננים לנסות ולתכנן מודולריות במתקן, שתאפשר פעולה אופטימלית. אתגר זה מורכב היות והיכולת לגדול חייבת להיות ללא השפעה על המשתמשים. כאשר נדרש לתכנן קירור ישיר לציוד, נדרשים **מתכנני התשתית** ללמוד לעומק את הדרישות של **יצרני ציוד** המחשבים ומאפייני הפעולה של המערכת ולתת להן מענה, מורכב ככל שיהיה בתכנון, נושא שלא תמיד בא לידי ביטוי בתכנון.

לגורמי **הרכש והתקציבים** תפקיד חיוני בתמונה הכוללת. תהליך פשטני יביא לרכש של הציוד והתשתיות ה"זולים" ביותר. במבט על מחזור החיים של ציוד IT, עלויות האנרגיה הכוללות (צריכה ישירה של ציוד ה IT ועקיפה בשל הפסדים וקירור) מתקרבות לעלות הישירה של הציוד. היעילות האנרגטית של המתקן יכולה גם היא להשפיע באחוזים משמעותיים על עלויות התפעול וגם בה גלום פוטנציאל חסכון משמעותי. השקלול צריך לכלול את מרכיבי העלות הישירה, את פרופיל ההפעלה של הציוד ואת ההשקעות והשילוב בתשתית שיכולות ליעל את השימוש בו.

בראיה ארוכת טווח נכון לבצע השקעות נוספות שיחזירו את עצמן בצורה מובהקת: שרתים ומערכי אחסון יעילים אנרגטית, מערכות אלקטרומכניות יעילות ובמקרים מסוימים בחינה של שיטות קירור ייחודיות. כמובן שקיים קושי מובנה בתהליכים אלה שכן ברוב הארגונים קיימת אבחנה ברורה בין השקעות להוצאות התפעול ובין בעלי העניין המשלמים עבור כל אחד ממרכיבי ההוצאה.

מדד ה PUE¹ משקלל את היעילות האנרגטית של מתקני מחשב. כמובן שבמשוואת ה PUE נכון ורצוי להתייעל ולשאוף לערך קרוב ככל הניתן ל 1, אבל השאיפה צריכה בראש ובראשונה להפחית את המכנה ולהקטין בו בעת גם את צריכת ה IT.

$$PUE = \frac{\text{צריכת אנרגיה כוללת}}{\text{צריכת אנרגיה של ציוד IT}}$$

המאמר נכתב מנקודת מבט ישראלית. חלק מהאתגרים משותפים כמובן גם למתקני מחשב בכל העולם. תנאי הסביבה החמים יחסית בארץ ודרישות למיגון מגבילים אותנו, למשל, בניצולם לצרכי קירור.

בעולם הקמת מתקן מחשב מתחשבת פעמים רבות ביכולת לנצל את משאבי הטבע באופן ישיר, לקירור, או באופן עקיף בבחירת אתר בו עלויות האנרגיה זולות יותר. מגמה מתפתחת בעולם היא להקים מתקני מחשב בעלי פליטה פחמנית אפסית בטווח של עשור. הדבר אפשרי ככל הנראה גם בארץ באמצעות שילוב מתקני מחשב בקמפוסים בהם יש אפשרות לנצל את החום השיורי או בשילוב עם מקורות ייצור אנרגיה מתחדשים. שוב, פתרונות כאלה מחייבים חשיבה "מחוץ לקופסה" מתוך ראייה שלמה ושיתוף פעולה בין כל בעלי העניין.

הקמת מתקן מחשבים היא אתגר טכנולוגי ותשתיתי המחייב שילוב מאמצים בין כלל השותפים. שיתוף פעולה כזה ובחינה משולבת של כלל המשתתפים יכול לשפר את היעילות האנרגטית. עושה רושם כי בתחום זה, הספקים של שירותי הענן נראים קרובים ליעד, שכן חלק מהם מייצרים עבור עצמם את ציוד ה IT, מקימים את התשתיות ומפעילים אותן בהתאמה מרבית

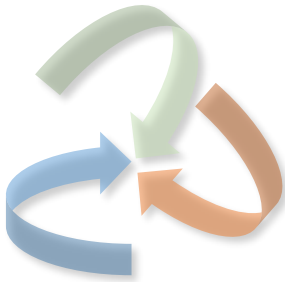


MISSION CRITICAL
ENGINEERING

לצידו, מתוך ראייה אנרגטית וחסכונית ככל הניתן. סגירת מעגל זו היא ככל הנראה מתכון מנצח לאופטימיזציה אליה אנו שואפים.

ונסיים במשל מאת קרילוב, שכבר במאה ה-19, טרם המצאת המחשב המודרני, הבין את הסוגייה בה אנו מתחבטים כיום.

vi ברבור, סרטן וזאב-המים



אין המשא כל-קף מכביד –
אף הברבור מושך שמימה,
זאב-המים אץ הממה
והסרטן – אחורנית.

לא לי לדון, במי אשמה זאת –
אף המטען משם לא זו עוד.

אם אין בין שתפים אחדות במפעלם,
הם לא יצליחו לעולם
וישבעו כלם מרור-מרוותים.

ברבור, סרטן וזאב-המים
אמרו למשורר עגלת-מטען.
טורחים, מושכים הם כל הזמן,
כבר הרתמה כמעט פוקעת –
ומשאם לא זו אף צעד.

מקורות וסימוכין

ⁱ Mark Fenton, Making liquid cooling a more predictable investment.

ⁱⁱ SERT Suite (spec.org)

ⁱⁱⁱ Energy Efficient Data Center Storage | ENERGY STAR

^{iv} High Performance Computing

^v ראה מאמר בנושא: <https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:6763036234982936576>

^{vi} תרגום מרוסית: חנניה רייכמן