



ALEXANDER SCHNEIDER LTD

חדר המחשב הירוק

**כיצד מגיעים לחדר מחשב חסכוני
בחשמל בארבעה שלבים**

White Paper

נכתב ע"י יגאל שניידר

November 04, 2007



חדר מחשב "ירוק" בארבעה שלבים

פתרון משבר החום וההספק בחדרי המחשב, חיסכון בהוצאות החשמל ושילוב שיקולי איכות הסביבה

בימים אלו כשמרבית חדרי המחשב נמצאים במשבר של אספקת חשמל ומיזוג אוויר, וכשחשבון החשמל של חדרי המחשב מרקיע שחקים, חדר המחשב ה"ירוק" מביא אפשרות לפתרון המשבר ולחיסכון משמעותי בעלויות. הטוב בדבר הוא שניתן לבצע התייעלות זו, תוך תרומה משמעותית לאיכות הסביבה.

חדר המחשב ה"ירוק" המתואר במסמך זה מגלם בתוכו את ההזדמנויות הבאות:

- פתרון מצוקת החום בחדרי המחשב
- חיסכון משמעותי בהוצאות התפעול של חדרי המחשב
- גילוי אחריות לאיכות הסביבה

הקדמה:

מאז שנת 2000 צריכת החשמל בחדרי המחשב צמחה בטור גיאומטרי. באותה

תקופה חלו ההתפתחויות הבאות:

- מחיר חבית הנפט עלה מ \$24 למעל \$90
- המודעות הציבורית לסיבות לשינויי מזג אוויר והמסת הקרחונים עלתה
- נחתמה אמנת קיוטו, הופעלו חקיקות ROHS האירופאיות

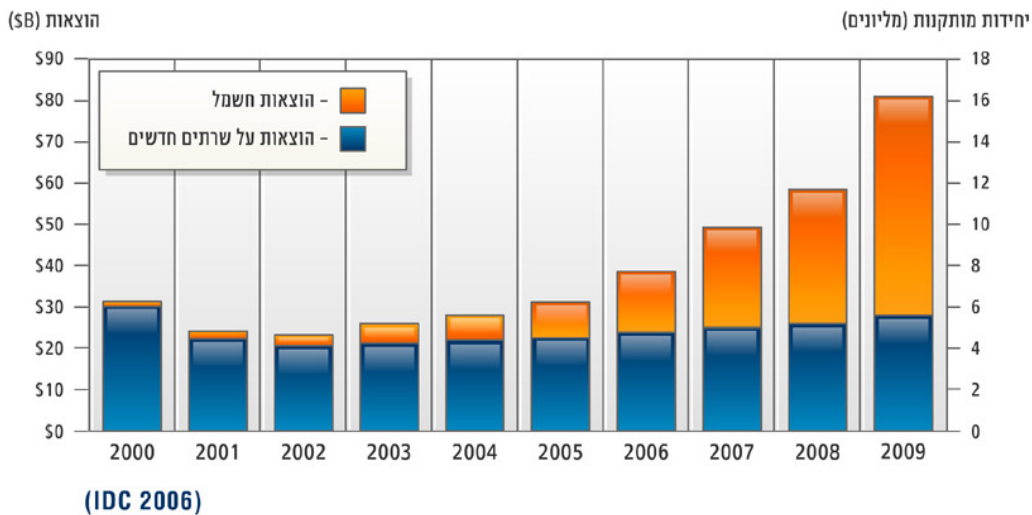
בתחום חדרי המחשב:

- למעלה ממחצית חדרי המחשב נקלעו למשבר של חום והספק
- צריכת החשמל נהפכה להוצאה התפעולית הגדולה ביותר של חדרי המחשב (מקור: IDC)
- הקונגרס הורה לסוכנות לשמירת הסביבה בארה"ב (EPA) לחקור את נושא צריכת החשמל של חדרי המחשב
- מגמת חדר המחשב הירוק צוברת תאוצה בארה"ב ובאירופה
- צריכת החשמל של ארון שרתים מלא עלתה מ 2 KW ל 20-30KW



הוצאות על צריכת החשמל גבוהות יותר מרכש חומרה

הוצאות הספק וקירור עולות על הוצאות שרתים

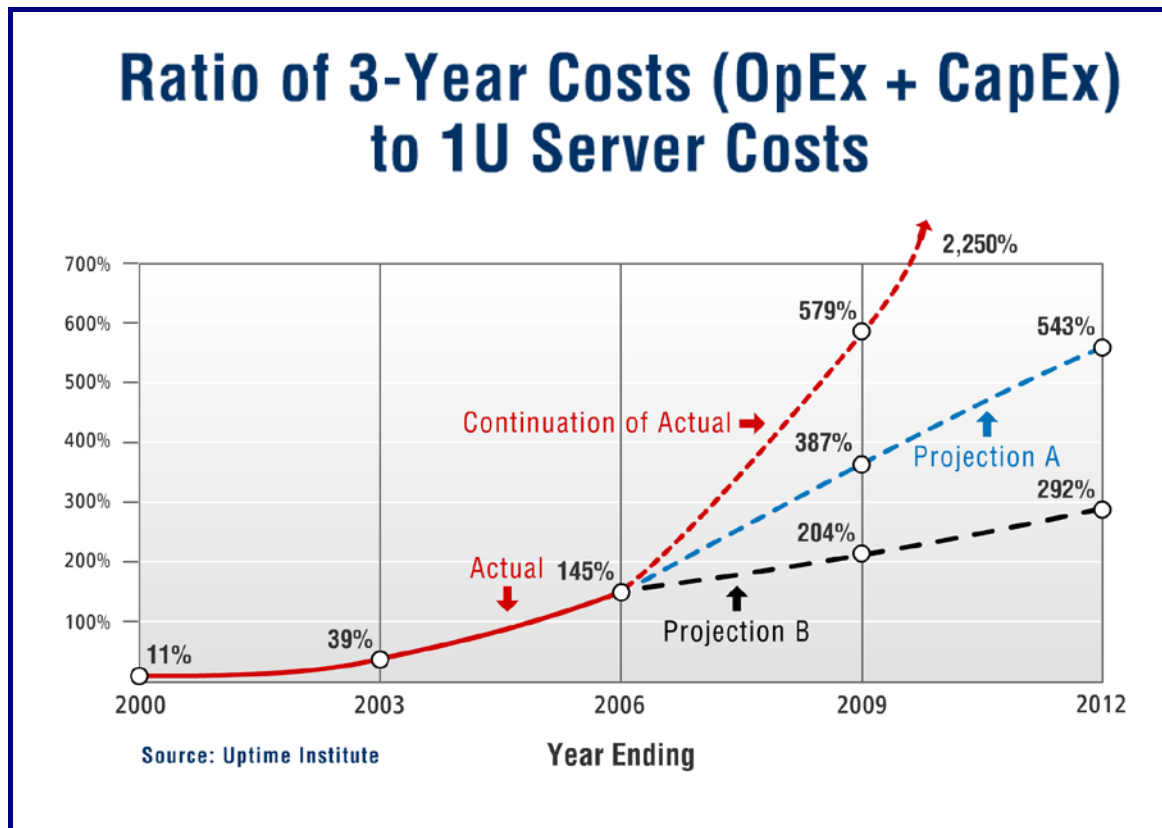


מה יקרה בחדרי המחשב בעתיד הנראה לעין?

- צריכת החשמל בחדרי המחשב תכפיל עצמה לפחות ב 5 שנים הקרובות (מקור: EPA)
- ארון שרתים יגיע ל 52KW לארון שרתים עד 2011 (מקור: גארטנר)
- חשבון החשמל של אותו ארון שרתים יעלה יותר מ \$40K לשנה
- 90% מחדרי המחשב יאלצו לעבור שדרוג משמעותי או לבצע מעבר לחדר חדש עד 2010 (מקור: גארטנר)
- חדר מחשב של מגה-וואט אחד יצרוך חשמל בשווי של 15 עד 20 מיליון דולר בעשר שנים (מקור: APC)

ברור אם כך שתמהיל העלויות של חדר המחשב משתנה בקצב דרמטי, ועלויות צריכת החשמל הן מרכיב מכריע בעלות הכוללת.

על פי ה Uptime Institute, העלות הכוללת (OpEx + CapEx) של תחזוקת שרת 1U במשך שלוש שנים, הייתה בסה"כ 11% ממחיר הקניה של השרת בשנת 2000 (ראה גרף).
בשנת 2006, עלות זו כבר הייתה 145% ממחיר הקניה של השרת.



המכון מציג שלושה תרחישים עתידיים. בכלם נצפה המשך עליה בעלות הכוללת בשל עלויות האנרגיה. עם זאת, ניכרים הבדלים משמעותיים בין התרחישים. המסקנה ברורה: חברות שישכילו לאמץ חשיבה חדשה (לטעמנו: ירוקה) בתשתית חדר המחשב יחסכו ממון רב (ראה projection B).



ההשפעה על איכות הסביבה בישראל:

בישראל בה רוב ייצור החשמל נעשה על ידי שריפת דלקים שונים כגון פחם, צריכת החשמל הגבוהה של חדרי המחשב היא מקור לדאגה לשוחרי איכות הסביבה. על פי הערכות שונות, חדרי המחשב בישראל צורכים כ-250 מגה-וואט שהם כ-2.5% מצריכת החשמל הכללית. ניתן להניח אם כך שתוך חמש-שש שנים יצרכו חדרי המחשב קרוב ל-500 מגה-וואט, שהם שקולים לתפוקה של תחנת כוח בגודל בינוני.

יותר ויותר חברות מראות רגישות גוברת לרגשות ציבור הלקוחות שלהם ומחויבות לפעול להקטנת שריפת הדלקים כתוצאה מפעילותן. חדר המחשב הוא "זולל החשמל" העיקרי של חברות היי-טק, מוסדות פיננסיים, ספקי שרותי תקשורת ומשרדי ממשלה. המסקנה המתבקשת היא שחדר המחשב מהווה הזדמנות לאותן חברות לפעול למען איכות הסביבה.

קריאה של "תמונת הקרב" מעמידה בפני המנמ"ר שלושה אתגרים:

- לפתור את מצוקת החום בחדר המחשב
- לחסוך בעלויות האנרגיה
- לגלות אחריות לאיכות הסביבה

ברחבי העולם, מחלקות ה-IT נערכות:

- לעצור את העלייה בחשבון החשמל
- לרכוש ציוד חסכוני (ירוק)
- להחליף דיסקט בכל הקשור להחלטות תקציביות
- להפוך את חדר המחשב לחדר מחשב "ירוק"



כיצד להפוך את חדר המחשב שלך ל"חדר מחשב ירוק" ב 4 שלבים?

שלב 1: דע היכן אתה עומד

קשה לקבוע יעדים ולמדוד שיפור אם אין אנו יודעים מה מצבנו היום. ולכן, בשלב הראשון, נמדוד את יחס יעילות צריכת החשמל בחדר המחשב.

$$\text{יחס יעילות החשמל בחדר המחשב} = \frac{\text{סה"כ החשמל לחדר המחשב}}{\text{סה"כ החשמל ציוד ה IT בלבד}}$$

קצת רקע: על פי מחקר של חברת APC, סה"כ החשמל הנצרך ע"י חדר המחשב בדרך כלל מתחלק באופן הבא:

- 40% לשרתים ולציוד ה IT
- 40% למיזוג האוויר
- 20% לתשתית החשמל (אל פסק, גנרציה, לחות, תאורה וכו')

כמובן שהנתונים עצמם משתנים מארגון לארגון בהתאם לתכנון חדר המחשב ורמות היתירות. אך העיקרון דומה. יחס יעילות החשמל הוא היחס בין צריכת החשמל הכללית של חדר המחשב לצריכת החשמל של ציוד ה IT .

ה Uptime Institute שבין 75 חבריו נמצאות כמה מהחברות הגדולות בעולם כולל המוסדות הפיננסיים הגדולים בעולם, מצא שיחס יעילות צריכת החשמל של חבריו הוא 2.5 . כלומר, על כל דולר המושקע בשרתים יש עוד תקורה (בזבז) של עוד \$1.5 של חשמל על תשתיות. היעד האידיאלי על פי המכון הוא יחס יעילות של 1.6 כלומר תקורה של \$0.60 בלבד.

סביר להניח שהתוצאה בחדר מחשב ישראלי תהיה יחס יעילות בסביבות 3. היעד הסביר הוא להגיע ליחס יעילות מתחת ל 2.



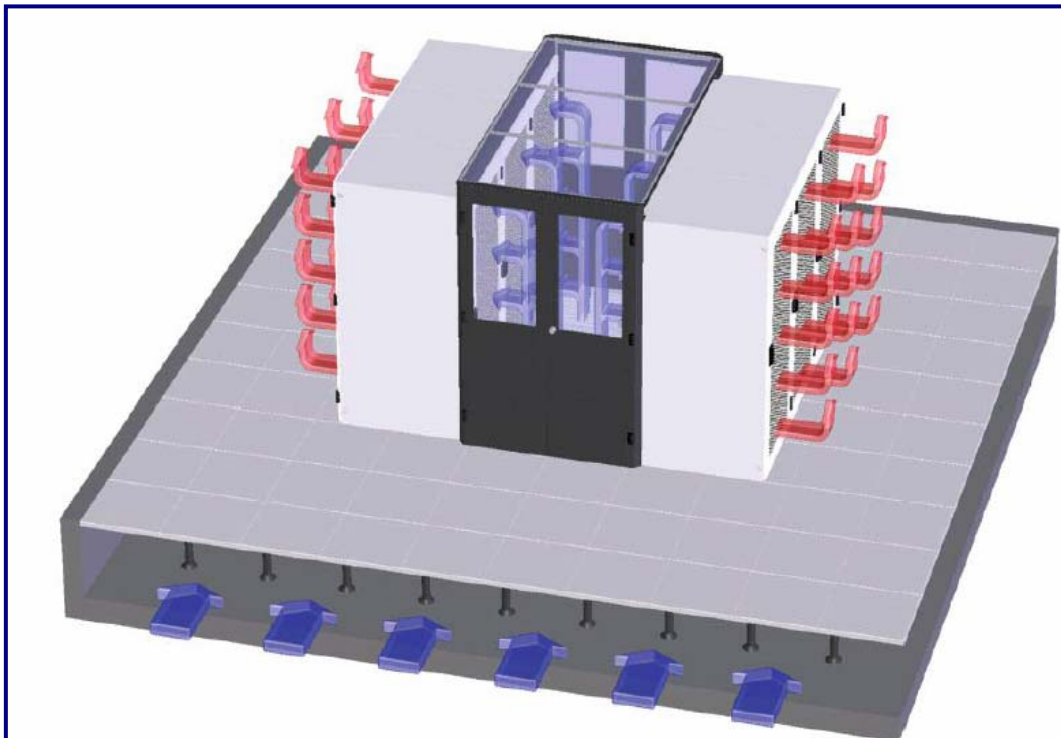
כמו כן נמדוד את הצריכה בפועל של כל שרת וכל ארון שרתים במספר נקודות זמן. נמפה את החדר עפ"י צריכת החשמל.

שלב 2: עושים סדר

- נפטרים משרתים מיותרים: ה Uptime Institute מצא שלפחות 10% מהשרתים בחדרי המחשב אינם תורמים דבר. בשלב זה נבדוק אילו שרתים מיותרים ועל איזה ציוד IT ניתן לוותר. כל שרת שנוותר עליו, יחסוך לנו לפחות \$500 בשנה. את הציוד לא נזרוק אלא נתרום לארגון כלשהו כגון בית ספר.
- ניפטר מכבלים מיותרים שממלאים את הרצפה הצפה ומקשים על מערכת מיזוג האוויר לפעול ביעילות. את הכבלים הישנים נמכור לקבלן שאוסף נחושת ובכסף נשתמש ליום כיף הבא של המחלקה.
- נתקין פנלים "עיוורים" בין השרתים בקדמת הארון. לא נשאיר פתחים שיאפשרו לאוויר החם לחזור לקדמת הארון (תופעה זו נקראת "קצר תרמי"). תיקון פשוט זה עולה שקלים ספורים ועשוי להוריד את צריכת החשמל למיזוג ב 2%-3% (מקור: APC).
- נסגור את דפנות הצד של ארונות השרתים מאותה סיבה. תיקון זה עשוי גם הוא להוריד את צריכת החשמל למיזוג ב 2%-3% נוספים.
- נסגור את כל הפתחים ברצפה הצפה שאינם ממוקמים בקדמת ארון השרתים
- ניפרד בנימוס מנותני עצות שמציעים לנו למקם מאווררים במקומות שונים בחדר, בארון השרתים או במרצפות הצפות. זה לא עוזר, להיפך.
- נוודא שיחידות בקרת הלחות אינן "נלחמות" אחת בשנייה. נכייל חיישנים.
- משום מה אנשים סבורים שחדר המחשב צריך להיות קר מאוד. זה לא מדויק. התחום המותר על פי המלצות ASHRAE לחדרי מחשב הוא 15°C עד 30°C מעלות והתחום המומלץ הוא בין 20°C ל 25°C . נכוון את המערכות כך שהשרתים יקבלו אוויר של 24°C מעלות. אין צורך לקרר ליותר מזה.



- נסדר את ארונות השרתים לפי מסדרון קר ומסדרון חם.
- סגירת המסדרון הקר: שיטה חדשנית זו פשוטה ליישום בחדרים בהם הארונות מחולקים למסדרונות "קרים" ומסדרונות "חמים" ומיזוג האוויר מסתמך על הולכת אוויר קר מתחת לרצפה צפה. שיטה זו יושמה בארונות קנור בבנקים בשוויצריה בהצלחה רבה.



על ידי סגירת המסדרון הקר מלמעלה, מושגת הפרדה מליאה של אוויר קר ואוויר חם, נמנעת "בריחת" אוויר קר ונמנעת חזרה של אוויר חם אל קדמת השרתים. עכב כך יעילות יחידות המיזוג עולה. בחדר המחשב הנראה בתמונה הבאה, עלתה יכולת הקירור מ 4 KW לארון ל 6 KW לארון, עליה של 50%. במקביל נרשם חיסכון של למעלה מ 30% בצריכת החשמל למיזוג.



דוגמא ליישום: סגירת המסדרון הקר: עליה ביכולת הקירור למסד וחיסכון בחשמל למיזוג

- נתקין יחידת בקרה שתתריע על עליית הטמפרטורות במסדרון הקר ובקרבת ארונות קריטיים. את ההתרעות נקבל ב SMS, אי מייל או SNMP.

למרות שרוב הצעדים הנזכרים בפרק זה פשוטים ליישום, קשה לבצעם ללא תמיכת ההנהלה ומחויבות ארגונית להתייעלות. לדוגמא, ההצעה הראשונה שלנו הייתה להיפטר משרתים מיותרים. רוב מנהלי חדרי המחשב יסכימו עימנו בודאי שאף מנהל IT לא קודם או צוין לשבח כתוצאה מכך שניתק שרתים. אם כבר, יש בפעולה זו סיכון. מטבע הדברים, מנהלים ייקחו סיכונים רק עם גיבוי של מנהליהם.

שלב 3: עולים כיתה – Best Practices

- בניגוד מוחלט למה שלמדנו בעבר, מרכזים את כל שרתי הלהב והשרתים המתקדמים (והצפופים) באזור שנקרא לו HOT ZONE. באזור זה נציב מס' יחידות קירור הקרובות למקור החום (closely coupled cooling) כגון קירור שורה של APC או ארונות מקוררי מים של קנור. ארונות אלו מסוגלים לקרר ציוד עד 30 KW לארון לעומת 4 KW בארון רגיל. צריכת החשמל לקירור תרד בין 25% ל 60% עבור היחידות שבאזור זה. קירור מסוג זה חוסך בהוצאות החשמל במידה כזו שההשקעה מוחזרת תוך שלוש עד חמש שנים. ניתן ליישם פתרון כזה תוך ימים מעטים ללא השבתת החדר.



Hot-Zone בחדר מחשב בארץ. שבעה ארונות שרתים עם קירור אינטגרלי. בכל ארון 6 מארזי BladeCenter מלאים. סה"כ 84 שרתי להב, 22 KW, בכל ארון שרתים.

- משדרגים את מערכת האל-פסק למערכת מודולארית שניתנת להרחבה בעת הצורך. זו הסיבה: למערכת אל פסק טיפוסית יש אובדן אנרגיה סטטי של 10%, ללא קשר לעומס האמיתי. אם נציב מערכת אל פסק של 200KVA ונעמיס עליה רק 25% עומס, הרי שהבזבוז באנרגיה חשמלית יהיה 40% ! (10% אובדן לעומת 25% עומס). מערכת מודולארית ניתנת להתאמה לעומס האמיתי וכך ניתן לחסוך בחשמל
- מורידים את מספר השרתים בחדר באמצעות וירטואליזציה .
- מאמצים שימוש במטריצת KVM המאפשרת לכל מנהלי המערכות שליטה ברמת ה BIOS על כל השרתים ללא צורך בכניסה לחדר. הכניסות התכופות לחדר המחשב מעלות את הטמפרטורה וגורמות לתקלות אנוש רבות. למערכת זו יתרונות רבים אחרים כגון מהירות תיקון תקלות (MTTR- mean time to repair) ועוד.



שלב רביעי: ניהול ירוק

על פי הגדרת ה Uptime Institute , ארבעה פרמטרים מגדירים

ניהול חדר מחשב ירוק:

- IT hardware productivity - מנהלי ה IT ישתדלו למקסם את ניצול החומרה שברשותם (לדוגמא: וירטואליזציה)
- ביצועים לוואט – מנהלי ה IT יבחרו פלטפורמות מחשוב ואחסון שמעניקות מקסימום ביצועים יחסית לצריכת החשמל
- יעילות ספקי הכוח – אחוז יעילות ספקי הכוח של ציוד ה IT יהיה פרמטר חשוב בבחירת הציוד
- יעילות תשתית חדר המחשב – צוות המשימה ישתדל באופן שוטף לשפר את יחס יעילות האנרגיה של התשתיות עבור חדר המחשב, כלומר את היחס בין החשמל המסופק לחדר כולו לעומת החשמל המסופק לציוד ה IT בלבד

הדיאלוג בין מומחי החשמל והמיזוג למומחי ה IT הוא לעיתים קרובות לוקה בחסר. יש להקים צוות משימה שכולל אנשי IT, בינוי והנדסת תשתיות שלוקח על עצמו לאמץ חשיבה מתקדמת ותקשורת תוך ארגונית ברורה.

כדי לתכנן פתרון מתקבל על הדעת, מתכנני המיזוג צריכים את המידע הבא:

- **כמה שרתים יתווספו לחדר המחשב בשנה?**
(בממוצע התשובה היא 15% עד 20% בשנה)
צמיחה היא דבר נפלא אך קשה לצפות אותה. ולכן, אם העתיד הוא לחלוטין לא ברור, דרוש ממתכנן המיזוג לתת פיתרון ל 20% צמיחה בשנה לחמש שנים הקרובות. אם הצמיחה תהיה מהירה יותר, יש לך 3 שנים להבין זאת ולהיערך. אם הצמיחה תהיה איטית יותר, הרי שבשל התכנון המודולארי, לא השקעת בתשתיות מיותרות.

- **כמה שרתים יוחלפו?**
לעיתים, נתון זה אינו נמסר למתכנן המיזוג משום שלדעת ה IT, החלפת שרתים ישנים בחדשים אינה עניין לתשתית. הנחה זו אינה מדויקת. לדוגמא, החלפת 20% מהשרתים בני 3 שנים תגרום בממוצע לעלייה של 20% בצריכת החשמל גם אם מס' השרתים נותר זהה. זאת בשל צריכת החשמל הגבוהה יותר של השרתים החדשים.



▪ איזה סוג שרתים יפעלו בחדר המחשב?

נתון חשוב: שרת להב צורך 105 CFM לכל קילוואט לעומת 160 CFM לשרת פיצה.
כלומר: ארון מלא בשרתי 1U יזדקק לכמות אוויר לקירור בערכים של מעל 4000 CFM.

שינוי חשיבה בתשתית מיזוג האוויר של חדרי מחשב

מתכנני מיזוג העובדים לפי חוקי התכנון הישנים מנסים לפתור בעיה של הולכת אוויר (Air Delivery) על ידי הוספת קיבול קירור (נמדדת בטון-קירור) לחדר והורדת הטמפרטורה. חוקי תכנון אלו מיושנים ואינם אפקטיביים בסביבת מחשב בצפיפות גבוהה.

הוספת יחידות קירור כגון CRAC (Computer Room Air Conditioners) המוצבות בדרך כלל בפינות החדר לא רק שאינה מועילה אלא גורמת לעיתים נזק. מעבר להשקעה הכספית ביחידות הקירור אילו צורכות חשמל רב. בעת שדרוג חדרי מחשב, האלטרנטיבה היעילה ביותר, טכנית וכלכלית היא ארונות עם קירור מים.



דוגמא: בחדר המחשב של פרויקט תהיל"ה במשרד האוצר (ראה תמונה) הוחלט על ארונות עם קירור מים כשיטה בלעדית בחדר. מתוך שטח של 90 מ"ר הוקצו כ 70 מ"ר לצורך הפעלת כ 1,000 שרתי "פיצה". בחדר אין רצפה צפה והוא מתוכנן ל 28 ארונות מקוררי מים. נכון לכתיבת שורות אלו זהו אחד מחדרי המחשב המתקדמים ביותר בארץ. החיסכון הגלום בשיטת קירור זה מניב החזר השקעה של כ 3 שנים.



OPEX vs. CAPEX

שינוי חשיבתי נוסף הוא שקלול ה OPEX (עלות התפעול) לעומת CAPEX (השקעה התחלתית). בישראל נהוגה חשיבה קצרת טווח שנותנת משקל רב להשקעה ההתחלתית ללא התחשבות בהוצאות התפעול. מאחר וחדר מחשב נבנה ל 10 שנים לפחות, יש להוצאות התפעול משקל רב. לדוגמא, השקעה התחלתית נוספת של חצי מיליון דולר בקירור מתקדם (closely coupled) של חדר מחשב של מגה-וואט אחד תביא לחיסכון של 3 מיליון דולר בהוצאות החשמל ב 10 שנים. הצעה זו לא תאושר ברוב המקרים בישראל. בדרך כלל, הנושא לא יבוא לכדי דיון משום שההחלטות התקציביות נעשות במנותק משיקולי ה OPEX.

וחשוב לזכור. המעבר לחדר מחשב ירוק אינו כרוך בטכנולוגיה חדשה ומהפכנית. מדובר בסה"כ בשינוי חשיבה.

"הקושי האמיתי הוא לא לפתח רעיונות חדשים אלא להשתחרר מהרעיונות הישנים" - ג'ון קיינס, כלכלן.

יגאל שניידר הוא מנכ"ל חברת אלכסנדר שניידר בישראל. יגאל כותב בלוג בנושאי חדרי מחשב וחוות שרתים www.datacenter.org.il והוא פעיל בתחום חדר המחשב הירוק ו Green IT



מקורות וקריאה מומלצת:

1. 2005 – 2010 Heat Density Trends in Data processing, Computer Processing and Telecom Equipment, Ken Brill, Uptime Institute
2. Energy Efficient Infrastructures for data centers - a joint white paper from Fujitsu Siemens and Knurr
3. Increasing Data Center Density while driving down Power and Cooling Costs - Intel Corp.
4. Implementing Energy efficient data centers, Neil Rasmussen, APC
5. Guidelines for energy efficient data centers - The Green Grid
6. Essential Cooling System considerations for next generation data centers - Neil Rasmussen, APC
7. EPA Report to Congress on Server and Data Center Energy Efficiency
8. High Density Computing, the Path forward 2006 - Ken Brill, Uptime Institute
9. Electrical Efficiency modeling of Data Centers, Neil Rasmussen, APC
10. The Green Data Center – energy efficient computing in the 21st century - Matt Stansberry
11. 3-Phase power in the data center - white paper STI-100-005, server technology
12. Data Center energy and productivity, Ken Brill, Uptime Institute
13. The Data Center Blog , www.datacenter.org.il