



אנרגיה וסביבה

אנרגיה בעיר חכמה

סיכום והמלצות דיון פורום אנרגיה 48

פרופ' גרשון גרוסמן
נעמה שפירא



ENERGY IN SMART CITY

תכנון
ארוך טווח

תעשייה
וחדשנות

תשתיות
פיזיות

בריאות

הון
אנושי

השכלה
גבוהה

חברה

חינוך

כלכלה

מדע
וטכנולוגיה



אנרגיה בעיר חכמה

סיכום והמלצות דיון
פורום האנרגיה של מוסד שמואל נאמן
מיום 04/02/2020

נערך על ידי:
פרופ' גרשון גרוסמן
נעמה שפירא

יוני, 2020

אין לשכפל כל חלק מפרסום זה ללא רשות מראש ובכתב ממוסד שמואל נאמן, מלבד לצורך ציטוט של קטעים קצרים במאמרי סקירה ופרסומים דומים תוך ציון מפורש של המקור.

הדעות והמסקנות המובאות בפרסום זה הן על דעת המחבר/ים ואינן משקפות בהכרח את דעת מוסד שמואל נאמן.

רשימת משתתפי הפורום

פרופ' אבינרי אראל – מכללת אפקה

מר אילן נעם – סמנכ"ל פיתוח עסקי, פתרונות תחבורה חשמלית לערים חכמות

מר בית-הזבדי אדי – סיגמא סמארט

פרופ' בקר רחל – הפקולטה להנדסה אזרחית, הטכניון

ד"ר גל-צור אילת – המכון לחקר התחבורה, הטכניון, והפקולטה להנדסה, המרכז האקדמי רופין

פרופ' גרוסמן גרשון – ראש פורום אנרגיה, מוסד שמואל נאמן

גב' וורטמן פנינה – IBM Research Laboratory

ד"ר ולד שלמה – המדען הראשי לשעבר, משרד התשתיות, האנרגיה והמים

מר יונסי איציק – מנהל תחום הנדסה, משרד האנרגיה

מר כהן אבנר – גרינלט

מר ליבס עידן – מוסד שמואל נאמן

מר מולכו איתי – מנהל תחום חשמל ותקשורת, מינהל הנדסה וביצוע, משרד השיכון

מר נעים קובי – מהנדס ראשי, עיריית יבנה

מר שביב אלעד – מנכ"ל האיגוד הישראלי לאנרגיה חכמה

מר שדה יריב – מנהל קהילת ערים חכמות בישראל

גב' שפירא נעמה – עוזרת מחקר, מוסד שמואל נאמן

הבעת תודה

המחברים מודים למרצים על המידע שהציגו ולכלל משתתפי הפורום על תרומתם לדין הפתוח.

3.....	רשימת משתתפי הפורום
4	תוכן העניינים.....
5	תקציר מנהלים.....
7	1. הקדמה.....
8	2. רקע.....
9	3. מידע בנושא: אנרגיה בעיר חכמה.....
17	4. דיון.....
28.....	5. סיכום והמלצות.....
29	נספח 1: תוכנית פורום האנרגיה.....

מרבית אוכלוסיית העולם כיום מתגוררת בערים. עד שנת 2030, צפויה האוכלוסייה בערי העולם לגדול מ-3.3 מיליארד לכ-5 מיליארד בני אדם. בישראל חיים כ-6 מיליון תושבים ביישובים עירוניים.

בשל מגבלות המשאבים, תהיה בעתיד בעיה לספק לתושבים את כל השירותים. על מנת להמשיך לשרת ולשפר את רמת החיים של האוכלוסייה ההולכת וגדלה יש צורך בפיתוח ערים חכמות. עיר חכמה שואפת לניצול אופטימלי ובר-קיימא של כלל המשאבים, תוך שמירת איזון הולם בין עלויות חברתיות, סביבתיות וכלכליות. בעיר החכמה נעשה שימוש מרבי בטכנולוגיות מידע ותקשורת לשיפור התפקוד, הניהול והפיקוח על מגוון מערכות ושירותים בדגש על חיסכון באנרגיה, מים, קרקע ומשאבי טבע אחרים.

אין עדיין הגדרה בין-לאומית ברורה, אחידה ומחייבת ל"עיר חכמה". מהם הפרמטרים הספציפיים המאפיינים עיר חכמה ומה הרלוונטיות היחסית של כל פרמטר לנושא? אילו פרמטרים מדידים כמותית ואילו לא? ההבחנה בין פרמטרים שנחשבים לכלי מדיניות לבין פרמטרים שנחשבים למדדי תוצאות, לא תמיד ברורה.

הקטגוריות המרכזיות להגדרת ערים חכמות הן: אנרגיה, איכות סביבה, מים ושפכים, תחבורה ותעבורה, מערכות מידע ותקשורת, איכות חיים, ממשל, כלכלה, משאבי אנוש, דיור ושימושי קרקע, ביטחון פנים, והיערכות לשעת חירום. יש כמובן לקחת בחשבון גם מידת מוכנות של העיר במצב של קריסת המערכות העירוניות, בין אם היא נובעת ממצב ביטחוני או מאסונות טבע.

משרד האנרגיה בישראל התחיל לעסוק בנושא של ערים חכמות לאחר שהבינו כי התרומה של התייעלות אנרגטית בלבד, ללא מסגרת קונספטואלית רחבה יותר, היא מוגבלת. במטרה לנהל ולקדם את הנושא בישראל, הוקמה בשנת 2000, ביוזמת משרד האנרגיה, המינהלת לערים חכמות. המינהלת כללה נציג מכל משרד ממשלתי, ובכל אחד מהמשרדים - צוות שיעבוד על הנושא. המינהלת הייתה אמורה לקבוע איפה יושקעו המשאבים ואילו פרויקטים יקודמו. ואולם, לאחר כשנתיים, החליטו במשרד האנרגיה לסגור את המינהלת מבלי שהספיקה להשיג תוצאות מעבודתה בתחום חשוב ומבטיח זה.

ישנם יתרונות רבים מבחינת התועלת הלאומית בקידום ערים חכמות: יצירת תחרותיות, קידום המגזר העסקי, שיפור רמת החיים, ניצול נכון של משאבים וכדומה. קיימות דוגמאות לערים חכמות בעולם, וניתן ללמוד רבות מניסיון ומהישגיהן. בישראל קיימים תנאים ייחודיים, הכוללים: אוכלוסייה משכילה, שימוש נרחב במערכות מידע וערים שאינן גדולות מאוד. עם זאת, בישראל ישנם גם אתגרים לא פשוטים, כגון מחסור חמור בקרקע, מצב ביטחוני בעייתי וריכוזיות יתר.

רוב משתתפי הפורום תמימי דעים כי במצב הידע והטכנולוגיה של היום – כל עיר צריכה להיות עיר חכמה. כמעט ואין פעילות בעיר שאינה צורכת אנרגיה. ייצור האנרגיה וצריכת האנרגיה הם תהליכים בזבזניים, והתפיסה כיום בעולם היא שאכן אפשר לטפל בנושא האנרגיה בעיר טוב יותר.

כיום, רוב הערים מנהלות כל אלמנט של פעילות בעיר בנפרד (תרבות, כלכלה, אנרגיה וכדומה) ומשמעות המעבר לערים חכמות היא למעשה מעבר לניהול אינטגרטיבי. בעיר חכמה כל האלמנטים משפיעים אחד על השני ואנרגיה היא אחד האלמנטים והיא גם קשורה לכל ההיבטים האחרים.

האם ניתן לייצר בעיר עצמה 100% מהאנרגיה הנצרכת? האם ניתן לייצר 100% מהאנרגיה באמצעות מקורות מתחדשים? יש מספר ערים בעולם שהולכות בכיוון הזה. לכן, ראשית נדרש לקרב את ייצור האנרגיה למקום בו

היא נצרכת. בישראל אנחנו כבר נמצאים שם מבחינת אנרגיה מבוזרת – גגות סולאריים, תחנות רוח ויצרנים פרטיים. בערים רבות בעולם נוקטים צעדים בכיוון, בדרך כלל לא באופן גורף אלא כפרויקטים, שכונות חדשות, אזורי תעשייה. לכן, אם אפשר להגיע ל-100% אנרגיה מתחדשת, בוודאי אפשר להגיע לזה באמצעות תמהיל דלקים נכון. ניהול אנרגיה שיעשה בתוך העיר יהיה הרבה יותר יעיל מן השיטה המרכזית/ארצית המקובלת כיום.

המלצות:

1. **ניהול אינטגרטיבי** - יש להקים צוות חשיבה לצורך עיבוד מתודולוגיה של מחשבה הוליסטית, הבאה לשרת את פיתוח העיר החכמה. פתרון נכון הוא טיפול בנושא העיר החכמה באמצעות צוות אינטגרטיבי, וכן צריך להגדיר מתודולוגיית פעולה שתוביל לעבודה אינטגרטיבית.
2. **ניסיון עולמי לצד מאפיינים מקומיים** - יש ללמוד מניסיון רב שהצטבר בעולם בנושא ערים חכמות, ויחד עם זאת להתייחס גם למאפיינים הייחודיים של הערים בישראל, כמו שינויים דמוגרפיים דרסטיים.
3. **בחינת יישום באמצעות פיילוט** - מוצע ליישם עיר חכמה, בשלב ראשון, בקנה מידה קטן. ניסיון זה יהווה פיילוט. אולי רצוי להתחיל מקמפוס אוניברסיטאי חכם במסגרת "מחקר פעולה" או בעיר קטנה המוכנה להתחייב לנושא. מנגד, יש הטוענים כי בעולם עשו זאת בערים גדולות. היכולות המקצועיות והאמצעים הכספיים נמצאים בערים הגדולות.
4. **בחינת יישום גם במרחבים לא-עירוניים** - חשוב לבחון את ההתייחסות למינוח ערים חכמות ולמתודולוגיות העומדות מאחוריו בהקשר של מרחבים יישוביים שונים כגון: ערי לוויין, מועצות אזוריות, מושבים וכדומה.
5. **ביזור במשק החשמל** - דרושה רגולציה במשק החשמל התומכת בביזור. משרד האנרגיה התחיל את הרפורמה והוציא את ניהול המערכת מחברת החשמל אבל רק בנוגע לרשת ההולכה; הניהול של רשת החלוקה נותר בידי חברת החשמל והיא זו שבסופו של דבר שולטת על הצרכן הסופי. למשל, צריך לאפשר ליצרן סולארי ביתי, ולכל היצרנים של אנרגיה מתחדשת, קודם כל לצרוך מקומית את האנרגיה, ואף לאגור אותה אם יש אמצעי אגירה, ורק לאחר מכן, את העודפים, למכור חזרה לרשת. זה מאפשר עצמאות של מבנים ויכול גם לאפשר לשחקנים שונים להיות גורמים פעילים בייצוב התדר הכללי ובתועלות נוספות.

מוסד שמואל נאמן למחקר מדיניות לאומית, במסגרת פעילותו בתחום האנרגיה, מקיים מפגשי "פורום אנרגיה" המוקדשים לדיון בנושאים בעלי חשיבות לאומית בתחום. בפורום האנרגיה מתקיים דיון ממוקד בנושאים מוגדרים, בהשתתפות צוות מומחים המוזמנים לפי הנושא. המטרה היא להתרכז בשאלות רלוונטיות ומוגדרות, לתאם בין הגורמים ולהגיע להמלצות על דרכי פעולה לקידום הנושא, שניתן להציגן בפני מקבלי החלטות.

המפגש הדין בנושא: "אנרגיה בעיר חכמה", התקיים ב-4 לפברואר 2020 בטכניון. השתתפו בו מומחים בתחום מהיבטיו השונים, וכן נציגים של הממסד הציבורי. המשתתפים בפורום, שנבחרו בקפידה הודות למומחיותם, מהווים, ללא ספק, קבוצה ייחודית ובעלת ידע מקצועי ראשון במעלה בתחום.

בחלקו הראשון של המפגש הציגו חלק מהמשתתפים מצגות בנושא הדיון על היבטיו השונים. מצגות המשתתפים אשר אושרו על ידם לפרסום נמצאות באתר מוסד שמואל נאמן: <http://www.neaman.org.il/> (לשונית 'אנרגיה'). בחלק השני התקיים דיון פתוח על המידע שהוצג ועל המסקנות האופרטיביות שיש להפיק ממנו. בפני משתתפי הדיון עמדו מספר שאלות, שהוכנו מראש, כמפורט בתוכנית הפורום (נספח 1).

תמצית הדיונים מסוכמת בדו"ח להלן, וכמו בדיונים הקודמים, הוא יוגש למקבלי ההחלטות במטרה להביא אל סדר היום את מכלול השיקולים והפעולות הנדרשות על מנת לבחון את האפשרויות השונות ליישום הנושא של אנרגיה בעיר חכמה.

מרבית אוכלוסיית העולם כיום מתגוררת בערים. עד שנת 2030, צפויה האוכלוסייה בערי העולם לגדול מ-3.3 מיליארד לכ-5 מיליארד בני אדם. בישראל חיים כ-6 מיליון תושבים ביישובים עירוניים.

בשל מגבלות המשאבים, תהיה בעתיד בעיה לספק לתושבים את כל השירותים. על מנת להמשיך לשרת ולשפר את רמת החיים של האוכלוסייה ההולכת וגדלה יש צורך בפיתוח ערים חכמות. **עיר חכמה שואפת לניצול אופטימלי ובר-קיימא של כלל המשאבים, תוך שמירת איזון הולם בין עלויות חברתיות, סביבתיות וכלכליות.** בעיר החכמה נעשה שימוש מרבי בטכנולוגיות מידע ותקשורת לשיפור התפקוד, הניהול והפיקוח על מגוון מערכות ושירותים בדגש על חיסכון באנרגיה, מים, קרקע ומשאבי טבע אחרים.

אין עדיין הגדרה בין-לאומית ברורה, אחידה ומחייבת ל"עיר חכמה". מהם הפרמטרים הספציפיים המאפיינים עיר חכמה ומה הרלוונטיות היחסית של כל פרמטר לנושא? אילו פרמטרים מדידים כמותית ואילו לא? ההבחנה בין פרמטרים שנחשבים לכלי מדיניות לבין פרמטרים שנחשבים למדדי תוצאות, לא תמיד ברורה.

הקטגוריות המרכזיות להגדרת ערים חכמות הן: אנרגיה, איכות סביבה, מים ושפכים, תחבורה ותעבורה, מערכות מידע ותקשורת, איכות חיים, ממשל, כלכלה, משאבי אנוש, דיור ושימושי קרקע, ביטחון פנים, והיערכות לשעת חירום. יש כמובן לקחת בחשבון גם מידת מוכנות של העיר במצב של קריסת המערכות העירוניות, בין אם היא נובעת ממצב ביטחוני או מאסונות טבע.

משרד האנרגיה בישראל התחיל לעסוק בנושא של ערים חכמות לאחר שהבינו כי התרומה של התייעלות אנרגטית בלבד, ללא מסגרת קונספטואלית רחבה יותר, היא מוגבלת. במטרה לנהל ולקדם את הנושא בישראל, הוקמה בשנת 2000, ביוזמת משרד האנרגיה, המינהלת לערים חכמות. המינהלת כללה נציג מכל משרד ממשלתי, ובכל אחד מהמשרדים - צוות שיעבוד על הנושא. המינהלת הייתה אמורה לקבוע איפה יושקעו המשאבים ואילו פרויקטים יקודמו. ואולם, לאחר כשנתיים, החליטו במשרד האנרגיה לסגור את המינהלת מבלי שהספיקה להשיג תוצאות מעבודתה בתחום חשוב ומבטיח זה.

ישנם יתרונות רבים מבחינת התועלת הלאומית בקידום ערים חכמות: יצירת תחרותיות, קידום המגזר העסקי, שיפור רמת החיים, ניצול נכון של משאבים וכדומה. קיימות דוגמאות לערים חכמות בעולם, וניתן ללמוד רבות מניסיון ומהישגיהן. בישראל קיימים תנאים ייחודיים, הכוללים: אוכלוסייה משכילה, שימוש נרחב במערכות מידע וערים שאינן גדולות מאוד. עם זאת, בישראל ישנם גם אתגרים לא פשוטים, כגון מחסור חמור בקרקע, מצב ביטחוני בעייתי וריכוזיות יתר.

3. מידע בנושא: אנרגיה בעיר חכמה

בחלק זה של הדו"ח ניתנת תמצית המידע שהוצג על ידי חלק מן המשתתפים, כל אחד לפי בחירתו ומומחיותו. קבצי המצגות שהוכנו על ידי הדוברים מוצגים, כאמור, באתר מוסד שמואל נאמן (<http://www.neaman.org.il/>). מטבע הדברים, קיימת חפיפה מסוימת בין הדוברים השונים, אולם עורכי הדו"ח החליטו להביאם כאן כפי שהוצגו ובאותו הסדר (ראה תוכנית הפורום בנספח 1). מידע זה חשוב ומהווה בחלקו בסיס לדין הפתוח שהתקיים לאחר מכן, כפי שמובא בפרק 4.

אדי בית הזבדי - סיגמא סמארט אנרגיה בעיר חכמה

משרד האנרגיה בישראל התחיל לעסוק בנושא של ערים חכמות לאחר שהבנו שהתרומה של התייעלות אנרגטית בלבד, ללא מסגרת קונספטואלית רחבה יותר, היא מוגבלת. כאשר מדברים על ערים חכמות בולטת מאוד העובדה שכמעט ואין פעילות בעיר שלא צורכת אנרגיה. ייצור האנרגיה וצריכת האנרגיה הם תהליכים בזבזניים, והשאלה היא האם אנחנו יכולים לעשות את זה טוב יותר? והתפיסה כיום בעולם היא שאכן אפשר לעשות את זה טוב יותר.

האם ניתן לייצר בעיר עצמה 100% מהאנרגיה הנצרכת? האם ניתן לייצר 100% מהאנרגיה באמצעות מקורות מתחדשים? יש כמה ערים בעולם שהולכות בכיוון הזה. לכן, ראשית נדרש לקרב את ייצור האנרגיה למקום בו היא נצרכת, ובישראל אנחנו כבר נמצאים שם מבחינת אנרגיה מבוזרת – גגות סולאריים, תחנות רוח ויצרנים פרטיים.

לפי דו"ח של האו"ם מ-2014¹, 54% מאוכלוסיית העולם מתגוררת במרחבים עירוניים, והמספר הזה צפוי לגדול ל-66% ב-2050 (תוספת של 2.5 מיליארד אנשים). בישראל כבר היום מדובר על מעל 90%. כתוצאה מכך כ-80% מהאנרגיה המיוצרת בעולם נצרכת בערים – בבניינים, תעשייה ועוד, כאשר כיום מרבית מהאנרגיה מיוצרת במקומות מרוחקים, אך שוק האנרגיה העולמי כבר משנה את פניו והמגמות הן:

- **שוק אנרגיה מבוזר** – עד כמה מבוזר? בגרמניה, שבה כמעט כל בית מייצר את כמות החשמל שהוא צורך, עלות ייצור חשמל סולארי למשק הגרמני היא פי עשר מעלותו באמצעים קונבנציונליים. אני לא חושב שאנחנו צריכים להיות שם.
- **מגוון מקורות אנרגיה** – החל משריפת אשפה (שבעצם נותנת מענה גם להיבט האנרגיה וגם להיבט הסביבתי), אנרגיה מתחדשת, קוגנרציה, חום שיורי ועוד. כל הנושאים האלה קיימים בתוך העיר וניתן להשתמש בהם.

אנחנו צריכים לחשוב על אנרגיה ברמת העיר והתושבים, וכיוון שאנרגיה זה כסף - רצוי שגם התושבים ייהנו מזה, ויקחו בזה חלק, בין אם באמצעות הקמת קונצורסיום לנושא של אנרגיה ואם בדרכים אחרות. גם בארץ יש מספר ערים שחושבות בכיוון הזה, לדוגמא, אילת.

¹ <https://www.un.org/en/development/desa/publications/2014-revision-world-urbanization-prospects.html>

אם נתייחס למונחים שקשורים לנושא נוכל לגזור מהם מה אנחנו רוצים לעשות – למשל, הסקה וקירור ברמת העיר או השכונה, קוגנרציה וטריגנרציה, אגירת אנרגיה (תרמית וחשמלית בטכנולוגיות קיימות שונות), ניהול אנרגיה, ענן אנרגיה, רשת חכמה, אנרגיה מתחדשת ובת-קיימא, מנייה חכמה (מה שלא מודדים לא ניתן לנהל, ובארץ, גם כיום, חלק מהמדידות נעשות בצורה ידנית) – **לא מדובר על מושגים חדשים אלא על הסתכלות מתכללת לנושאים מגוונים**. לצורך יישום הנושא הזה נדרשת מדיניות, יש להתייחס ולקדם את הנושאים הבאים:

- המודל של ענן אנרגיה הוא מודל רב כיווני – רבים מהשחקנים הם גם יצרנים וגם צרכנים של סוגי אנרגיה שונים, לעיתים בשעות שונות של היום ולעיתים בו-זמנית, וזאת לעומת המודל שעדיין קיים במרבית העולם שהוא חד כיווני (מיצרן מרכזי לעבר צרכנים שונים דרך רשת ההולכה והחלוקה). לאיתור צרכי האנרגיה בעיר דרוש סקר אנרגיה לצרכים עירוניים; משרד האנרגיה התחיל בזמנו לבצע סקרים על ערים קיימות – איזו אנרגיה נכנסת לעיר, מי הצרכנים, כמה הם צורכים ואיך ניתן להתייעל. סקר הוא דבר בסיסי לערים קיימות, ובבנייה חדשה אפשר לתכנן את זה מראש ואז זה גם יהיה זול יותר ליישום מאשר לשדרג בדיעבד. אם לא יודעים מה הצרכים היום ובעתיד הקרוב והרחוק – לא ניתן לתכנן שום דבר. התכנון צריך להתייחס לצרכים והוא צריך להיות מודולרי ואינקרמנטלי – צריך להוסיף את אמצעי הייצור עם הרחבת הבנייה ולא להקים אמצעים נרחבים לצריכה בעתיד הרחוק.
- מודעות עירונית – צריכת האנרגיה של העירייה עצמה מהווה 4-5% מסך האנרגיה הנצרכת בעיר כך שגם אם העירייה תושבת לא נצליח להתייעל ביותר מ-5%; אך העירייה, צריכה לנהל את כל נושא האנרגיה בתחומה – היא צריכה לחפש מקורות, לגייס כספים ולתת מענקים להשקעה בתחום. נוסף למימון פרויקטים נדרשת השקעה בפרסום והדרכות. בארה"ב, אדם ששוכר דירה מקבל יועצי אנרגיה מהעירייה שמגיעים ומסבירים איך ומתי להשתמש באנרגיה. חשוב להשתמש באנרגיה לאורך כל היום ולא רק בשעות השיא.
- בנייה חדשה – נדרש תכנון לבנייה משמרת אנרגיה. 60% מהאנרגיה בעיר נצרכת במבנים (לאקלום ומערכות) ותכנון נכון יכול להבטיח את ההתייעלות הנדרשת ולהפחית את צריכת האנרגיה למינימום. יש לתכנן לקראת בניין מאופס אנרגיה עתידי.
- גם בנושא של תחבורה עירונית צריך לתכנן כמה, איפה ואיך, צריך לקחת בחשבון גם את הערך הכלכלי הגבוה של מקומות החניה כאשר מקבלים החלטות לגבי תשתיות טעינה של רכבים חשמליים, צריך גם לחייב הכנת תשתית לטעינה בבנייה חדשה.
- הפחתה של גזי חממה באה יד ביד עם התייעלות אנרגטית.
- הנושא של גז טבעי – בזמנו, עיריית תל אביב רצתה לחבר איזו שכונה לרשת החלוקה של הגז הטבעי במקום הגפ"מ שמשמש כיום לבישול. אני חושב שתשתית כזאת לא מוצדקת. עדיף לבחור בפתרונות חשמליים לבישול, כמו אינדוקציה, ואפשר אפילו לתת את זה במתנה כיוון שתשתית של גז טבעי תעלה הרבה יותר.
- חשיבה על מיקרוגנרציה בשכונות חדשות היא החשיבה הנכונה ביותר שיכולה להיות; באמצעות מיקרוגנרציה אפשר לספק חשמל ופתרונות אקלום זולים יותר ביחס למקובל היום.
- ההיצע והביקוש לאנרגיה קשורים זה בזה ולכן נדרשת חשיבה על צד הביקוש לאנרגיה כמו גם על צד ההיצע וניהול של שניהם ביחד. ניהול נכון של היצע וביקוש יקטין בצורה משמעותית את ייצור האנרגיה ומאידך את זיהום הסביבה והעלויות על אנרגיה.

בהרבה ערים בעולם נוקטים צעדים בכיוון, בדרך כלל לא באופן גורף אלא כפרויקטים, שכונות חדשות, אזורי תעשייה; לדוגמא, עשרות ערים ברחבי בריטניה וארה"ב התחייבו לעבור ל-100% אנרגיה נקייה עד 2050.² לכן, אם אפשר להגיע ל-100% אנרגיה מתחדשת, בוודאי אפשר להגיע לזה באמצעות תמהיל דלקים ומקורות אנרגיה. ניהול אנרגיה שיעשה בתוך העיר יהיה הרבה יותר יעיל.

דוגמאות מהעולם – הקמפוס של סטנפורד, קליפורניה (כ-30,000 איש) פועל כולו על אנרגיה המיוצרת במקום. בגטבורג שוודיה נפרשה צנרת של הסקה מחוזית באורך של כ-1,300 ק"מ והיא מכסה כ-90% מכלל הדירות בעיר, כאשר מרבית החום מגיע משריפת פסולת ומתהליכים תעשייתיים.³ אילת התחילה תהליך וכיום כ-80% מהאנרגיה שהיא צורכת היא אנרגיה מתחדשת, ואם תהיה אגירה יגיעו גם ל-100%. עצמאות אנרגטית כוללת התייעלות אנרגטית, מקורות מתחדשים, ניהול אנרגיה, שיתוף אזרחים ועוד. עצמאות אנרגטית בשיתוף התושבים - זה העתיד.

אלעד שביב - מנכ"ל האיגוד הישראלי לאנרגיה חכמה

הקשר בין אנרגיה, תחבורה חכמה ושירותים עירוניים בעיר חכמה

כשמדברים על אנרגיה ועל ערים צריך להבין מה השתנה ולמה אנחנו צריכים לחשוב קצת אחרת. כאשר מדברים על אסטרטגיות אנרגיה ל-2040 אי אפשר לדבר על נושאים כמו 'האם יהיה קו מתח עליון או מוטמן' כנושא אסטרטגי או עיקרי. זה נכון לעוד שנה-שנתיים אך זה לא נכון לעוד חמש שנים ובוודאי לא לעוד עשרים שנה.

היום רוב הערים מנהלות כל אלמנט בנפרד (תרבות, כלכלה, אנרגיה וכדומה) ומשמעות המעבר לערים חכמות היא למעשה מעבר לניהול אינטגרטיבי. זה אמנם הרבה יותר מסובך אך הכוונה היא להגיע לתוצאה יותר טובה. בעיר חכמה כל האלמנטים משפיעים אחד על השני ואנרגיה היא אחד האלמנטים והיא גם קשורה לכל ההיבטים האחרים, ולכן נדרשת מחשבה שונה.

אם מסתכלים על עיר או שכונה בעיר טיפוסית בישראל כיום, רואים מבנה אנרגטי מאוד פשוט – קונים וצורכים חשמל מחברת החשמל או מיצרנים פרטיים ויש גנרטורים לגיבוי הפועלים על סולר; מאוד פשוט לנהל את זה. אם מסתכלים קדימה התמונה הרבה יותר מורכבת – קונים חשמל אך גם מוכרים, משתמשים בגז אך יש גם מגוון מקורות אנרגיה מתחדשים הדורשים מערכות ניהול יותר מתוחכמות - קוגנרציה, אגירת אנרגיה, מנייה חכמה, מערכות קריטיות, רכבים חשמליים, וחברות החשמל משנות את צורת ההתחשבות שלהן, כלומר, מתקיים מערך הרבה יותר יעיל, ירוק, וכלכלי, אך גם יותר מתוחכם ודורש ניהול נכון. זה דבר שאנחנו צפויים לראות בכל שכונה ובכל עיר ובסופו של דבר העיר (הרשות המקומית) צריכה לחשוב מי הולך לנהל את הדבר הזה. יש מקומות, דווקא בעולם השלישי, שיזמים פרטיים נכנסים ומתחילים לנהל את מערכי האנרגיה החדשים, ואם זה לא יקרה מטעם העיר, זה יקרה באופן עצמאי בצורה כזאת או אחרת. גם שחקנים חדשים נכנסים למשחק:

- אם בעבר הסתכלנו על חברת החשמל כשחקן המרכזי, כיום נכנסים שחקנים נוספים. אם נתייחס למשל לפאנלים סולאריים על גגות נמצא שחקני תחנות כוח וירטואליות (virtual power plant). אלו הם

² <https://www.weforum.org/agenda/2018/03/clean-energy-can-provide-100-of-a-city-s-electricity-here-s-how/>

³ <https://www.sustaineurope.com/gothenburg-sustainable-city-open-to-the-world-20191024.html>

שחקנים שלא מחזיקים נכסים ממשיים אלא קונים ומוכרים חשמל, לא רק מחברות החשמל אלא גם באמצעות אלמנטים כמו חשמל מסוללות קטנות או היכולת לשלוט על צריכת חשמל של צרכנים.

- המעבר לרכבים חשמליים מחבר גם שחקני תחבורה לעולם האנרגיה. עולם התחבורה יהפוך לשחקן גדול במשק החשמל – דוגמה מצוינת ניתן לראות מהתייחסות של מנכ"ל אחת מיצרניות הרכב הגדולות בעולם שהגדיר את החברה שלו כ-"mobile energy storage devices" – זה מראה על שינוי תפיסתי.
- בתחום הבניינים – יש יותר ויותר בניינים גדולים, ובכל בניין כזה יש פוטנציאל למגוון רחב של פתרונות, לא רק בתחום האנרגיה. בניינים הם גם יצרנים, גם צרכנים וגם מנהלים, ותחום הנדל"ן מתחיל להסתכל על אנרגיה כמקור הכנסה נוסף. גם חברות הניהול יכולות לקחת בזה חלק וגם העירייה, אולי כשירות לצרכנים.
- מיקרוגרید – אם באזורי תעשייה ואם בשכונות מגורים, ואז הרשות המקומית היא גם שחקן רציני, כמו גם האינטגרטור ומנהל המערכת. כיום, בשכונות או קמפוסים הרגולציה די חוסמת את היכולת של שחקנים שונים למכור חשמל באותם מקומות, אבל הדבר הזה הולך ונפתח.

מכאן שהעיר צריכה לגבש אסטרטגיה – מי הולך להוביל את הדברים האלה? בישראל, מעט מאוד ערים מסתכלות על זה ברמה האסטרטגית. הבחינה הרווחת כיום היא בחינת אלמנטים שונים של אנרגיה, כל אחד בפני עצמו, אך חסרה בחינה מערכתית ותפיסה אחודה של העניין. מפת האנרגיה העתידית כוללת מחד כניסה של מקורות אנרגיה מבוזזים, ומאידך כל הרשת (הגרید), הארצית והמקומית, הופכת למאוד דינמית והיא יכולה לשמש כחיישן להמון אלמנטים פיזיים וסביבתיים. שני השינויים האלה יוצרים מערך יותר מודולרי שמאפשר לכולם להשתמש, לקנות, למכור ולנצל את האנרגיה ובעצם יוצר בורסה דינמית. ברוב המקומות בעולם יש כבר כיום בורסות חשמל ובהמשך - הפיכת החשמל ל-commodity. כל הדבר הזה מתחבר לערים חכמות, לא משנה אם העיריות לוקחות אחריות על זה או נותנות למישהו אחר לקחת אחריות על זה, ואכן רואים יותר ויותר דוגמאות של העצמה של קמפוסים או שכונות. זה גם מתחבר לשני עולמות גדולים נוספים: תחבורה-רשת (transportation to grid) ובניינים-רשת (building to grid). הערים, שנמצאות במרכז הדבר הזה, צריכות להחליט איזה תפקיד הן רוצות לקחת בזה, איזו אסטרטגיה הן מאמצות, ולראות מי מכל השחקנים הולך לקחת חלק במשחק הזה. בארץ ההסתכלות הזאת קצת מוחמצת כיום.

פרופ' רחל בקר - הפקולטה להנדסה אזרחית, הטכניון

אנרגיה בבניינים בערים חכמות – על פי הפרויקט האירופאי EIP-SCC

כל עיר צריכה להיות עיר חכמה, ואני אדבר על משקל ותפקיד התכנון של בניינים בעיר חכמה.

בעולם, המגזר הביתי והמגזר המסחרי-משרדי מהווים ביחד פחות מ-50% מצריכת החשמל⁴ ואילו בישראל מגזרים אלה מהווים מעל 60%⁵. אם נתייחס גם לתעשייה הישראלית, שהיא ברובה תעשייה קלה, הרי גם תחת הקטגוריה הזאת מרבית הצריכה היא במבני משרדים ולא לצורך התהליך התעשייתי עצמו, ומכאן נגיע לכך שכ-70% מצריכת החשמל במדינת ישראל היא בבניינים. בניינים כמעט ולא עושים שימוש באנרגיה מסוג אחר, אלא בעיקר צורכים חשמל ולכן אנחנו מתמקדים בכך.

⁴ <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>

⁵ <https://www.iec.co.il/investors/DocLib1/meshulav1217.pdf>

מה ההבדל בין ייצור וניהול אנרגיה ברמת העיר לבין רמת הבניין? הבניין אינו מתוכנן על ידי העיר אלא על ידי יזמים בודדים, לעיתים אותו יזם מתכנן שניים-שלושה בניינים ובמקרים חריגים אולי הוא יתכנן עשרה בניינים. התכנון עצמו נעשה על ידי צוות גדול של אנשי מקצוע שנשכרים על ידי היזם – אדריכל, מהנדסים ומספר יועצים וביניהם ניתן למצוא כיום גם יועץ אנרגיה. אין שליטה ישירה של העיר, והממסד בכלל, על תהליך התכנון שנעשה לפני שמגיעים לקבלת היתרים. מאידך יש שליטה דרך מערכת תשתיתית של מסמכים שמחייבים את היזם (חקיקה, תקינה) והיא למעשה מסדירה את תחום הבנייה ואמורה להסדיר גם את הנושא האנרגטי כדי שאחר כך, כאשר יגיעו אל הרגולטור כדי לקבל היתר, יקיימו את הדרישות שלו.

כעיקרון, אנחנו רוצים לראות את הבניינים כחלק מהמאזן האנרגטי של העיר. ולצורך כך פיתחו חזון בעולם העכשווי ששואף לכך שהבניין יהיה נייטרלי מבחינת המאזן האנרגטי שלו, כלומר, כמות האנרגיה שהבניין צורך צריכה להיות תואמת (קרי, כמעט שווה) לכמות האנרגיה שהוא מייצר, או מסוגל לייצר, וטבעו את המושג "בנייה (כמעט) מאופסת אנרגיה" (Nearly Zero Energy Building). המושג הזה הופך היום להיות מחייב באירופה במסגרת הנושא של שימור אנרגיה ונקשר בצורה די אינטגרלית לנושא של ערים חכמות.

כדי להגיע למצב של בנייה מאופסת אנרגיה צריך ליישם מכלול של אמצעים שהעוסקים בתחום (אדריכלים, מהנדסים) מכירים אותם כבר מאה שנה, ובישראל עוסקים במחקר בתחום לפחות משנות ה-50 של המאה הקודמת, כלומר, אין כאן חידוש מבחינה מקצועית, אך כן יש יותר יישום כיום, והסיכוי ליישום נרחב הוא בקונטקסט הרחב יותר של ערים חכמות. היישום כולל מספר דברים – צמצום צריכת האנרגיה בבניין על ידי אמצעים שיפורטו בהמשך, וייצור אנרגיה, לפעמים גם באמצעות הבניין, כאשר בישראל האמצעי הרלוונטי היחיד כמעט הוא שילוב של אנרגיה פוטו-וולטאית על גבי הבניין עצמו (Building Integrated Photo-Voltaics). הבנייה בערים בישראל מאופיינת בבנייה לגובה, ואין מנוס מזה בעיקר בערים, ומכאן שגג הבניין כמעט שאינו אמצעי, כיוון שכמות האנרגיה שניתן לייצר עליו היא מזערית (לעומת הצריכה בכל הבניין) ולא רלוונטית; לעומת זאת, חזיתות דרומיות – דרום-מזרחיות ודרום-מערביות של בניינים הן כן אמצעי, אלא שזה מהווה התערבות בחזית הבניין, והאדריכל, שהוא הדומיננטי בתכנון הבניין, צריך לא רק להסכים לכך אלא גם להיות הגורם המוביל בכך. אבל לחנך אדריכלים לשלב בחזית הבניין אלמנטים שיש להם מטרה, כמו שימור אנרגיה, זה מאוד קשה, לחייב אותם זה כמעט בלתי אפשרי, וזאת כיוון שעיצוב הבניין נובע מתפיסות אחרות לגמרי. לכן יש כאן עבודה מול גורמים שהאינטרס שלהם הוא שונה לחלוטין. גם היזם לא תמיד יהיה מעוניין בכך כיוון שהרווח הכלכלי הוא בסופו של דבר כמעט אפסי וכרגע זה לא מהווה תמריץ ליישום. מכאן שהפלטפורמה של הבניין כיצדן אנרגיה לא נראית לי הכרחית כאשר מדברים על בניינים ואנרגיה, אם כי זאת אפשרות טובה באותם בניינים בהם זה יקרה. בישראל אני לא רואה את זה קורה, ויש גם קשר בין צפיפות הבנייה ליעילות ייצור האנרגיה, כיוון שחזית מוצללת לא תוכל לנצל את מלוא הפוטנציאל של שטחה וגם את זה צריך לקחת בחשבון.

לעיריות, בקביעת תוכניות בינוי ערים (תב"ע), יש הרבה מאוד שיקולים מעבר לנושא האנרגטי ובמיוחד כאשר באים לבנות את הבניין הבא בעיר קיימת; כאשר הדברים לא נלקחו בחשבון מראש, זה כמעט בלתי אפשרי. רק בערים חדשות יכול להיות שניתן לכלול את הנושא הזה כנושא מחייב בהכנת תב"עות.

קובי נעים: אני מהנדס העיר יבנה, ומה שאת אומרת הוא מאוד חדשני – אנחנו חייבנו עמידה בתקן בנייה ירוקה, ובבניינים מעל גובה מסוים הוספנו גם דירוג של כוכבים על ייצור אנרגיה, אבל אני לא מכיר תב"עות שמחייבות

את היזם לבנות קירות מסך מייצרי אנרגיה. בייחוד בעידן הותמ"לים⁶ ההוראות הן מינימליות, אולי ניתן יהיה לחייב במקומות בהם ערכי הקרקע מאוד גבוהים ויש ועדת תכנון מאוד חזקה, אך ברוב הערים בישראל המצב הוא לא כזה. ביבנה הולכות לקום 12 אלף יחידות דיור ואנחנו מחפשים את הכלים ליישם את הנושא הזה, אבל לא בטוח שהתב"ע יכולה לעשות זאת.

פרופ' רחל בקר: בהקשר של בניינים יש שתי חוכמות שאפשר להשתמש בהן:

- **חוכמה פסיבית** – תכנון הבניין וחומריו (הקירות, הרצפות, החלונות). יש נושאים שונים שנלקחים בחשבון בתכנון, קודם כל הנושא של בטיחות מבנית (קונסטרוקציה) ובטיחות אש ועוד היבטים תפקודיים שונים ובהם ההיבט האנרגטי. כל אחד מהאלמנטים בבניין תורם לנושא האנרגטי וצריך לדעת לטפל בזה נכון, צריך להבטיח שמבצעים את התכנון האופטימלי מבחינה אנרגטית. הדרך להבטיח את היישום של הנושא, בארץ ובעולם, הוא באמצעות תקינה. יש בישראל מספר תקנים, חלקם מיושמים וחלקם בטיפול ויש הרבה ויכוחים בוועדות שעוסקות בכך ואנחנו מנסים ליצור את התשתית המינימלית המחייבת כדי שיובטח שלפחות כל הבניינים יהיו מעל רמה מסוימת. כמובן שכל יישום מעבר למינימום הוא יותר טוב ובגינו מקבלים כוכבים.
- **חוכמה אקטיבית** – בקרה חכמה של אמצעים דינמיים. אלו הם דברים ששייכים לתפעול הבניין. כאן יש קושי כיוון שחלק מהמערכות האקטיביות הקיימות כיום מתפעלות על ידי האנשים עצמם והם לא יודעים לתפעל אותן בצורה אופטימלית. לכן, אם רוצים להגיע לחיסכון מרבי באנרגיה מן הראוי להתקין בקרה חכמה והיא צריכה להיות אוטומטית; יש כיום מערכות שיועדות לעשות את זה. הבעיה היא בהשקעה הראשונית הנדרשת והעובדה שצריך לשכנע את היזם לעשות זאת.

באירופה מקדמים את הנושאים האלה מתוך מחויבות לנושא הסביבתי, יותר מכל מקום אחר בעולם, באמצעות היוזמה - Smart Cities and Communities Initiative. כיום מנסים לכלול תחת הפרויקט 100 בנייני מגורים, 100 בנייני משרדים ו-50 בניינים לשיפוץ ברחבי אירופה. זאת יוזמה ראשונית שאמורה להוות דוגמה להמשך. בסופו של דבר זה קיבל ביטוי במסגרת פרויקט שנקרא Positive Energy Blocks⁷ שהרחיב את היעד ל-100 בלוקים עם שלושה בניינים כל אחד. הפרויקט הראשון שיצא לדרך מתרחש באמסטרדם ובילבאו⁸ במקביל, ויש רשימה נוספת של ערים שאמורות לאחר מכן לחקות את הפרויקט וליישמו בתחומן. הנחת הבסיס היא שפרויקטים אלו יוכיחו שזה ניתן לביצוע, כלומר שזה מעשי, שכן גם דברים שהכריזו עליהם בעבר לא הודגמו באופן מלא וכאן יש ניסיון כן לעשות את זה בצורה משוכללת ומסודרת. כל זה נעשה תחת ה-European Innovation Partnership⁹ on Smart Cities and Communities. בדקתי בדו"חות שלהם מה חדש שהם עושים בנושא של אנרגיה בבניינים ומאוד "שמחתי" לגלות שהם לא עושים שום דבר חדש. הדבר היחיד שהם עושים זה להפנות לדרקטיבה האירופית בנושא (ה-¹⁰Energy performance of buildings directive), ואומרים שפשוט חייבים להצמד אליה, לעבוד לפי הכללים והתקנים, לפי כל הידע שישנו וליישם אותו. זאת אחת הבעיות בישראל – יש לנו מערכת של

⁶ ותמ"ל - הוועדה הארצית לתכנון ולבנייה של מתחמים מועדפים לדיור

⁷ <https://eu-smartcities.eu/initiatives/71/description>

⁸ <https://eu-smartcities.eu/news/atelier-smart-city-project-turn-amsterdam-and-bilbao-citizen-driven-positive-energy-districts>

⁹ <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/technology-and-innovation/energy-and-smart-cities>

¹⁰ <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-performance-of-buildings/energy-performance-buildings-directive>

תקינה אך היא לא מיושמת. היום מרבית העריות לא מיישמות שום תקן – לא תקני רעידות אדמה, לא תקני אש ולא תקני אנרגיה, הן לא רואות את עצמן כאחריות לנושאים האלה. הדקטיבה האירופית מונה מה נדרש מהמערכת הציבורית להדגיש, כולל כאשר באים לטפל בבניין הבודד, ואיך לטפל מול אותם יזמים באמצעות יוזמות שכוללות, בין היתר, תגמולים כלכליים שיהוו מוטיבציה בעבור היזם, כי ברור גם באירופה, שלזים הפרטי שבונה את הבניין הבודד אין את המוטיבציה לחסוך באנרגיה ולהשקיע באמצעים הדרושים לכך כל עוד לא מחייבים אותו וגם נותנים לו תמריץ כלשהו עבור מאמצים מוגברים.

אבנר כהן - גרינלט

העריות כמאגדי אנרגיה - הקונספט ולקחים מפיילוט בישראל

הערים משתנות, עיר חכמה כוללת מספר אשכולות:

- אנרגיה ירוקה - שימור אנרגיה, סביבה, אנרגיה מתחדשת
- הבית החכם והבניין החכם
- תחבורה - כולל תשתיות ומכונות חכמות יותר וכן אלמנטים של ניהול חכם ובטיחות
- מסחר - שטחי מסחר שמתפנים ומאפשרים שימושים חדשים וגם מסחר דיגיטלי

אני נמצא בתחום הזה למעלה מעשר שנים ועוסק בנושאים האלה באמצעות חברות שונות, אך אם בתחומי התחבורה והמסחר החברות מצליחות לגייס השקעות גדולות הרי שבתחומים של אנרגיה ירוקה ובנייה (בהם עוסקת חברת גרינלט) לא היינו מצליחים לשרוד ללא תמיכה של משרד האנרגיה. זה עולם מאוד קשה לתעשיית ההייטק, מאוד קשה להביא יזמים ועובדים לתחום הזה, לכן אם רוצים שתהיה התקדמות יותר מהירה בתחום צריך יותר תמיכה של המדינה (רשות החשמל, למשל) וגם הירתמות של עיריות, ואז ניתן יהיה לעשות משהו דומה למה שמתרחש בעולמות אחרים.

גרינלט מטפלת בשלושה נושאים:

- הורדת הצריכה בשעות השיא (peak shaving) לצורך הפחתה של הפסקות חשמל והפחתת זיהום האוויר כתוצאה משימוש בגנרטורים המופעלים באמצעות סולר
- חיסכון שוטף גם באמצעות מוצרים יותר יעילים וגם שימוש יעיל יותר במכשירים וכן ניהול אנרגיה סולארית וניהול משאבי הרכב החשמלי
- בתים ובניינים חכמים

אנחנו מנהלים מערכת ששייכת לחברת החשמל, העירייה או המאגד וכוללת שלושה אלמנטים - מערכת ניהול מרכזית שרואה עשרות אלפי מכשירים, גם כאלה שמייצרים וגם כאלה שצורכים, בין אם זה מכשירים חשמליים קטנים ובין אם זה יצרני אנרגיה מתחדשת ורכבים חשמליים, ובנוסף מטפלת בנושא של מעורבות הלקוח (customer engagement) – איך יוצרים קשר רגשי ומלמדים אותו גם לשלוט בדברים ולא רק לראות אותם.

עשינו פרויקט פיילוט עם עיריית כפר סבא¹¹ בעלות של 70 אלף ש"ח וזה דרש מהם מאמץ גדול להוציא את זה אל הפועל, כולל המון בירוקרטיה של בטיחות וביטוחים, והשקעה אדירה מצידנו, אבל בסוף היה פרויקט נהדר.

¹¹ סרטון המתאר את הפרויקט: <https://www.youtube.com/watch?v=FbxcfbYBh20&list=PLBT--5k2LKHCI5UrrF3bmx2oXhKijYIvP&index=5>

לעירייה חשוב מאוד להוביל בתחום הירוק והפרויקט התחיל מיוזמה של קבוצת תושבים שמקדמת אג'נדות ירוקות. עשרים משפחות קיבלו ערכות שמתחברות באמצעות שקע סטנדרטי לחמישה מוצרי חשמל ביתיים שנחשבים כזוללי אנרגיה, אפליקציה ייעודית מאפשרת לראות את צריכת החשמל של כל מכשיר, ובנוסף, בעת ביקושי שיא, התבקשו משתתפי הניסוי להימנע או להפחית את השימוש במכשירים החשמליים, והכוונה היא לאפשר תגמול למשתמשים אשר הסיטו ביקושים.

במשק החשמל חברת החשמל יכולה לעבוד ישירות מול התושבים, זה במנדט שלה וזה מה שמצפים ממנה והמודל הזה קיים למשל בארה"ב – תושבים נותנים מידע על המכשירים שלהם וחברת החשמל שולטת במכשירים, מפחיתה צריכה בשעות שיא ומזכה את הלקוח. אך חברות חשמל הגיעו למסקנה שעדיף להן שישב גוף באמצע, גוף אשר יאגד את הצרכנים, ישכנע אותם להצטרף, יצהיר על הפחתה באופן מרוכז, יקבל תגמול ויחלק אותו בין הלקוחות, ולשם כך קיים הפתרון של מאגדים. השלב הבא היה למנף את הנושא – ההזדהות של התושבים עם העירייה היא גדולה יותר מההזדהות שלהם עם חברת החשמל, ולכן חברת החשמל ורשות החשמל באו לעיריית כפר סבא והציעו להם להיות שותפים, לתת מטרייה לנושא, להיות מאגד שיווקי ולעזור לאגד את הצרכנים ולקבל את תמיכתם למהלך כזה. לעירייה בישראל אין מנדט להיות גוף בתחום החשמל אבל היא כן יכולה לשמש כמאגד שיווקי וזה היה הרעיון בבסיס הפיילוט – השגנו לקוחות, ניהלנו הפחתה, נרשמנו מול חברת חשמל ובנוסף לעירייה היה חשוב לנצל את התשתית הזאת לצורך הקשר שלה עם התושבים – כל המשתתפים, בנוסף לאפליקציה, קיבלו גם מייל שבועי שתיאר את הצריכה השבועית שלהם, על המייל נוסף הלוגו של העירייה וכן נוספו תכנים שהעירייה רצתה לשווק לתושבים, כמו למשל, מחזור.

אם רוצים לעשות שינוי בהרגלי הצריכה צריך לשמור את הלקוח מעורב כל הזמן. מדובר כנראה בחיסכון של מאות שקלים אולי אלפי שקלים בודדים בשנה וצריך קשר טוב עם הלקוח כדי שאנשים יסכימו לעשות את זה.

קידום של פיילוטים הוא קריטי, בלי פיילוטים קשה להניע מהלכים, קשה לשכנע, שילוב הצרכנים גם הוא מאוד חשוב והכי חשובה היא מעורבות של רשות החשמל. אם רשות החשמל היתה משקיעה בתחום הזה רבע ממה שהשקיעו בתמרוץ של אנרגיה סולארית כנראה שהיה פה שינוי. רשות החשמל צריכה לאמץ לא רק את הקונספט אלא גם להסיט משאבים לנושא. לעיריות יש את המשאבים של בתי ספר ואיצטדיונים שאפשר לחבר לתוכניות כאלה, ובתי ספר הם כמובן גם אמצעי לחינוך הדור הבא. דור הילדים של היום זה דור שאכפת לו מנושאים סביבתיים, לכן אפשר ללכת דרכם גם אם נקצור את הפירות רק בעוד 5-10 שנים. מפרויקטים בחו"ל ניתן לראות שחשוב הקשר של העיריות עם הרגולטור, או לחילופין – אפשר להשתמש בחברות כלכליות של העיריות או גוף אחר שיכול להשפיע על תושבים. גם התחום של בתי אבות יכול להוות כר פורה להטמעת נושא החיסכון.

לאחר מצגות המשתתפים התקיים דיון פתוח על המידע שהוצג, ועל המסקנות האופרטיביות שיש להפיק ממנו. הדיון התמקד בשאלות:

- מהו הקשר בין אנרגיה לעיר חכמה?
- מהן התועלות המרכזיות של עיר חכמה?
- מהם סיכויי הסייבר אליהם חשופות מערכות האנרגיה והתחבורה בעיר החכמה?
- אילו ניסויים כדאי לעודד בערים או ברשויות כדי להפוך אותן לחכמות יותר?
- מה ניתן ללמוד בתחום זה ממדינות אחרות בעולם?
- מה יכולה לעשות ממשלת ישראל לקידום הנושא?
- כיצד מעמיקים את הקשר המשולש אקדמיה – תעשייה - קהילה, שהוא חשוב ביותר בפיתוח עיר חכמה?

דברי המשתתפים מובאים כאן בסדר בו נשמעו וללא עריכה, לאחר שעברו ביקורת על ידי אומריהם.

קובי נעים: ביבנה יש 4,400 יחידות דיור ואנחנו בונים עוד 2,700 יחידות וכולן מקבלות ויקבלו שירות ממערכת פניאומטית לשיגור אשפה. בכל בניין יש פירים לאשפה רטובה ויבשה, והאשפה נשאבת במהירות של 70 קמ"ש לתוך מרכז קליטה ומיון וממנו היא נכנסת לפחים אטומים ונשלחת למחזור או הטמנה, לפי התכולה. יש גם מתקן לאיסוף נזל מן האשפה וגם אותו אנחנו משנעים לאתר ייעודי, לא מטפלים בו במקום. ההפרדה ליבש ורטוב היא באחריות הלקוח. יש אצלנו מעט פחים כתומים אבל אני לא כל כך מאמין בהפרדה הזאת, אני חושב שזה לא הצליח כיוון שאין פתרונות קצה. המרכז חוסך למעשה את מערך הפינוי – את השינוע בתוך העיר, הרעש והזיהום הנלווים, וכן את מרבית כלי האצירה ברחבי העיר. ישנם גם פחים אזוריים שמחברים למערכת הפניאומטית, ליד מוסדות ציבור וגם כאלה שהציבור הרחב יכול להשתמש בהם.

בימים אלו סיימנו הכנת תב"ע לעיר לעוד 12,500 יחידות דיור ואנחנו נמצאים בהתחלה של תכנון מפורט ומעוניינים להטמיע התייחסויות להיבטים חשובים כמו אנרגיה, תחבורה ועוד, ונשמח ללמוד גם על הצד הטכנולוגי וגם על ההיבטים הסביבתיים. הייתי חלק מוועדת תקינה של ערים חכמות ואנחנו רוצים להרחיב את הידע שלנו בתחום וגם לדעת אם יש יועצים שיוכלו לסייע לנו בכל הנושא של עיר חכמה.

ד"ר שלמה ולד: נושא הפורום הוא 'אנרגיה בעיר חכמה' אך זוהי גישה שאני מסתייג ממנה, זאת גישה שנקראת "סילו" – התייחסות לסקטורים שונים, כגון מים, מזון, אשפה או אנרגיה בצורה נפרדת, גם בחשיבה וגם בתכנון, ללא זיקה הדדית אמיתית; התייחסות לסקטורים האחרים היא רק דרך תנאי סף או פרמטרים חיצוניים אחרים, וזה, לטעמי, מרחיק אותנו מאוד מפתרונות אופטימליים. פתרון נכון הוא טיפול בנושא העיר החכמה באמצעות צוות אינטגרטיבי, וכן צריך להגדיר מתודולוגיית פעולה שתוביל לעבודה אינטגרטיבית. בתכנון כיום, כל בעלי המקצוע פועלים בנפרד ואין כמעט אינטראקציה ביניהם, ורק בסוף מישהו אוסף את כל התוכניות ביחד. התחומים בהם צריכה לטפל העיר החכמה, באמצעות הצוות האינטגרטיבי, כוללים: אנרגיה, מים, מזון ואשפה, תחבורה וכן היבטים של בטיחות וביטחון.

אמנם מרבית אוכלוסיית העולם גרה בערים, אך ערים אלו משתרעות על כ-4% בלבד מהשטח, ועם זאת, כל המתודולוגיות שדנות בשיפור הסביבה (environment) שואפות לא להגדיל את האחוז הזה ולהשאר בסביבות 4-5% שטח מופרע; זוהי מגבלה שלמעשה מכתובה בנייה לגובה. אני תוהה למה לא מיישמים את מבנה הבנייה האירופית (בלוק הבנוי סביב חצר פנימית) גם בעניין הזה, שכן, מבנה כזה גם יותר חסכוני לאקלים, גם העמידות הפיזית והמכנית של הבניין טובה יותר, וזה גם מאפשר יצירת קהילה. בנוסף, בנייה על היקף שטח הבלוק (בצמוד לקו הבניין) בעצם מנצלת טוב יותר את השטח. האם יש חשיבה כזאת בתכנון, שבעצם מתייחסת לניצול שטחים וניצול אנרגטי טובים יותר?

נקודה בעייתית נוספת היא התפיסה הדיכוטומית של המערכת הרגולטיבית בישראל. למשל, רוצים אנרגיה מבוזרת, אבל אם מסתכלים על התקנות של חברת החשמל (שנובעות בעצם מכוחה המונופוליסטי של החברה), רואים שיצרן סולארי ביתי, למעשה מוכר את החשמל לרשת ואחר כך מקזזים לו את זה מהחשבון, אבל אם יש הפסקת חשמל הוא לא יכול ליהנות מהייצור המקומי. היה צריך לאפשר ליצרן כזה, ולכל היצרנים של אנרגיה מתחדשת, קודם כל לצרוך מקומית את האנרגיה, ואף לאגור אותה אם יש אמצעי אגירה, ורק לאחר מכן, את העודפים, למכור חזרה לרשת. זה מאפשר עצמאות של מבנים ויכול גם לאפשר לשחקנים שונים להיות גורמים פעילים בייצוב התדר הכללי ובתועלות נוספות. רשת כללית תמיד צריך, בשביל גיבוי הדדי וכדי שהמערכת עצמה תוכל לתפקד בלי הפסקה ולא רק בית בודד, אך הגישה הרגולטיבית מכבידה מאוד על היכולת להפעיל אגרגטורים ומכבידה מאוד על התכנון של האנרגיה בבתיים עצמם. נדרשת רגולציה שתומכת בביזור. ניתן לראות את זה בחברת החשמל – משרד האנרגיה התחיל את הרפורמה והוציא את ניהול המערכת מחברת החשמל אבל רק בנוגע לרשת ההולכה; הניהול של רשת החלוקה נותר בידי חברת החשמל והיא זאת שבסופו של דבר שולטת על הצרכן הסופי. השליטה היא בידי מונופול מרכזי, וזאת על אף שיש כמה יצרנים פרטיים. זה בניגוד לכל התפיסה של רשת מבוזרת, בניגוד לכל תפיסה של תחרות חופשית במשק החשמל.

אדי בית-הזבדי: הקונספט של ערים חכמות כולל את הנושא של חוסן (resilience) וראינו אילו אסונות קרו בתל אביב בגשמי החורף האחרון.

קובי נעים: אני חלוק עליך, אני לא חושב שזה קשור לעיר חכמה אלא להנדסה אזרחית – אנחנו מתכננים לתקופה מסוימת, כלומר, מוכנים לכך שאחת לכמה זמן, נגיד פעם בעשרים שנה, יהיו הצפות.

אדי בית-הזבדי: הנושא של עיר חכמה כולל הרבה מאוד נושאים, ונושא משפיע על נושא, ואם אנחנו לא מתייחסים לאינטראקציה ולאינטגרציה ביניהם אנחנו בהחלט יכולים לעשות פרויקטים יפים אבל לא חכמים. אלה פרויקטים אד-הוק. בזמנו רצינו לבנות את עיר הבה"דים כעיר חכמה, כולל תכנון, כולל תפעול (אנרגיה, פסולת ועוד) ואפילו גינון, אך זה לא קרה. התכנון התבצע על ידי מומחים נפרדים (חשמל, אינסטלציה, קונסטרוקציה), וכיום, אם רוצים לעשות קוגנרציה בעיר הבה"דים צריך לחפור מחדש את כל העיר. עיר חכמה זאת ראייה הוליסטית, זה לא משהו נקודתי אלא אינקרמנטלי ומודולרי. אנחנו עוסקים במפגש הזה באנרגיה, כדי לאפשר להתמקד, אך ברור שלא ניתן להפריד את הטיפול באנרגיה מטיפול בנושאים אחרים. חסרים פה אנשים ממינהל התכנון ומהשלטון המקומי (שאישרו השתתפותם אך לא הגיעו), וזה חבל כי הם מאוד חשובים לצורך קידום הנושא הזה. עיר חכמה לא עוסקת רק בפרויקטים אלא גם באנשים ובצרכים שלהם, ולכן בנושא של תשתיות אנחנו צריכים להתמקד בתכנון עיר חכמה.

התייעלות אנרגטית ורגולציה – מהרגולציה של המקררים חסך המשק הישראלי כ-2.5 מיליארד קוט"ש בשנה. ניתן לעשות הרבה גם בצד הייצור וגם בצד הצריכה. נכון להיום הביזור מתרחב ואף אחד לא יוכל לעצור זאת. צריך להפיץ את הנושא ככל האפשר.

ברוב אירופה האשפה נשרפת ובאמצעות זאת מקטינים את הנפח ל-10% ולכ-2 ק"ג לכל טון. בהרבה מדינות המערכת משולבת עם ייצור אנרגיה והסקה מחוזית. המתקנים נמצאים במרכז העיר או קרוב מאוד, ובמקומות שהנושא מופעל נכון - לא ניתן אפילו להריח זאת.

אבנר כהן: אני חושב שרגולציה זה המפתח פה. איפה ישראל ביחס לאירופה?

אדי בית-הזבדי: גם באיחוד האירופי ההסתכלות היא על נושאים שונים ואין ראייה מתכללת של תחום האנרגיה. בנוסף, יש שונות גבוהה; פרויקט שיושם בצפון מזרח אירופה לא ניתן ליישם באופן זהה בספרד. הם לא יותר מתקדמים מאיתנו ברגולציה. לא שאין רגולציה, אלא שהרבה פעמים המציאות מקדימה את הרגולציה. קבלת ההחלטות לוקחת זמן.

פרופ' אראל אבינרי: אני מבקש להתייחס לשלוש נקודות נוספות:

בין הגורמים שאיתם אני בקשר, בין אם אלה גורמי ממשל, שוק פרטי או הציבור הרחב, יש החושבים שהפתרון הטכנולוגי החדשני שנמצא מעבר לפינה הוא זה שיפתור את בעיות גזי החממה, זיהום האוויר, גודש התנועה ועוד. אולי אנחנו צריכים לזכור שמעבר לפתרונות שאנחנו מקטלגים כ'עיר חכמה' יש מגוון פתרונות שמטפלים באותן בעיות, שהם לא בהכרח מאוד טכנולוגיים או מאוד חדשניים, אבל הם נותנים מענה ואף עומדים במבחן העלות-תועלת מול פתרונות חדשניים למיניהם. נדרשת, לטעמי, זהירות בשימוש בפרדיגמה של העיר החכמה, על מנת שהיא לא תהפוך לגורם שמסיח את דעתנו, או אף מהווה חסם, באופן כזה שערים שרוצות למתג את עצמן כערים חכמות, ישללו על הסף פתרונות טובים שאינם חדשניים מספיק - אך הם לגמרי רלוונטיים. למשל, פיתוח פתרונות תחבורתיים המבוססים על רכב חשמלי, שיתופי ואוטונומי אינם מיייתרים את הצורך בתכנון ויישום של תחבורה ציבורית טובה ומתן מענה לצרכי ההתניידות של הולכי רגל ורוכבי אופניים – גם הם חלק מהעיר. עלינו להתרגל לחשיבה שיש אוסף של פתרונות, שאינם בהכרח נופלים בקטגוריה של עיר חכמה, אך אסור לזנוח אותם. אפשר להתווכח בעניין ההגדרה של פתרונות לעיר חכמה, אך במבחן המציאות יש מקבלי החלטות שצריכים לבחור מבין רשימה של פתרונות וחלקם עלולים לא להיחשב עבורם מספיק חדשניים או טכנולוגיים. זה לא קשור בכלל להגדרה האובייקטיבית, זה קשור לשיווק, יחסי ציבור ומיתוג עצמי וזה מה שלפעמים קובע איזה פתרונות ייושמו או לא.

אבנר כהן: בעיר, הנושא של אופניים וקורקינטים - זאת אחת המהפכות הכי טכנולוגיות ועסקיות שיש.

פרופ' אראל אבינרי: עירייה יכולה להתפאר שאופניים שיתופיים זה פתרון של עיר חכמה, ולאט לאט הוא יסחוף גם את כל הערים מסביב, אבל יכול להיות שגם ההפך יקרה ושזה לא פתרון כל כך טוב, למרות שזה נשמע מאוד יפה וסקסי. יכול להיות שעירייה צריכה לקדם פתרונות של אופניים "רגילים", ולא בהכרח שיתופיים או מתוחכמים.

אדי בית-הזבדי: זה אחד הדברים שנובעים מזה שיש חוסר תכנון ואין אינטגרציה בין ערים שונות באותה סביבה.

פרופ' אראל אבינרי: הנקודה השנייה אליה אני מתייחס, היא שאנחנו חושבים בדרך כלל על פתרונות עיר חכמה מצד ההיצע, תוך כדי זה שאנחנו מדמיינים את הביקוש ממשיך להתנהל כסדרו, כלומר, מסתכלים על הביקוש כקשיח באופיו וגדל באופן דמוגרפי או כלכלי בהתאם לאיזו עקומה; אבל יש השפעות הדדיות בין ההיצע והביקוש. מערכות טכנולוגיות מתקדמות עשויות לשנות לחלוטין את דפוסי הביקוש שלנו. למשל, לפני המצאת המקרר היו פתרונות אחרים לגמרי לשימור מזון, ועם המצאת המקרר הגענו למקום אחר לגמרי, יותר טוב או פחות טוב - על זה אפשר להתווכח, אבל צריכת האנרגיה השתנתה. השינויים שאנחנו עושים במערכות האנרגיה ישפיעו על שיווי המשקל שנוצר בין ביקוש והיצע; כאשר הביקוש איננו יציב ויכול להתרחש גם אפקט הריבאונד - הבאת פתרון יותר יעיל הנדסית ואנרגטית מביא לעתים דווקא לגידול בצריכה ולא לקיטון בצריכה, כיוון שהאנרגיה יותר זולה, יותר זמינה ויותר נפוצה.

הנקודה השלישית הינה שבמקביל לאפקט של ביקושים והיצעים עלינו להתייחס גם לאפקט של גידול האוכלוסייה - ישראל מאוד מעניינת מהבחינה הזאת כיוון שיש בה גידול אוכלוסין מאוד גבוה, בוודאי ביחס למדינות ה-OECD, ואין ספק שזה ישפיע על מידת החכמה של הערים שלנו, ומידת היעילות האנרגטית שלהן. יכול להיות שברמה מסוימת יש בזה בשורות טובות, אולי נגיע למסה קריטית, אבל יש בזה גם בשורות רעות של עד כמה אנחנו יכולים לקיים את עצמנו, גם מבחינה אנרגטית וגם מבחינת העלויות החיצוניות שקשורות לייצור וצריכת אנרגיה בתוך המרחב העירוני; זה נושא שחייבים להתייחס אליו - ואין לנו יותר מידי דוגמאות לסוגיה הזאת מהעולם המערבי שאליו אנחנו נושאים את עינינו.

ד"ר אילת גל-צור: אני מסכימה עם זה שלעיתים ההיצע דווקא מעלה את הביקוש, אבל ישנן גם דוגמאות חיוביות. למשל, היצע של תשתיות טעינה יכול להשפיע על הביקושים לרכב חשמלי.

אנחנו רואים שיש הרבה ידע גם בסקטור הפרטי וגם באקדמיה, אך היישום שלו ברשויות המקומיות הוא מאוד מורכב. במכון לחקר התחבורה יש לנו שיתוף פעולה רב שנים בעיקר עם עיריות חיפה ותל אביב, ואנחנו רואים את הקונפליקט בין שלושת הסקטורים. מובן שהמטרות שונות - באקדמיה מעניין אותנו בעיקר לפרסם, הסקטור העסקי מתעניין בהיבט הכלכלי, והרשויות המקומיות צריכות לתת שירות לאזרח (תוך עמידה במסגרת תקציבית), אבל זה רק קצה הקרחון של הקונפליקטים. הרשויות המקומיות הן ארגונים מאוד בירוקרטיים, ולוקח המון זמן להניע תהליכים. יש היום מסגרות שעושות את המשולש הזה (לדוגמא, מגנט), ואז התהליך הוא פיתוח אלגוריתם באקדמיה, בניית מוצר בתעשייה ויישום בעירייה בפרויקט פיילוט, ובזה בדרך כלל זה מסתיים. מכאן שצריך לחשוב על מודלים אחרים לשיתוף הזה, ואני רוצה לציין כיוון חשוב - בניית חוזי מסגרת ארוכי טווח בין הרשויות לאקדמיה, כלומר, העירייה משתפת פעולה עם צוות חוקרים באקדמיה שצריך להיות מגויס לעניין וזה גורם לכך שהידע המקומי, שלא יסולא מפז, שקיים בעירייה מוטמע לאט לאט באקדמיה, ואז אנחנו יכולים לפתח פתרונות מתאימים יותר; ובנוסף, הידע שלנו והכלים שבהם אנחנו משתמשים (לדוגמא, כלי סימולציה) נשארים לאורך זמן (ולא נעלמים לאחר סיום מחקר של סטודנט בודד); גם הם מתפתחים והרשויות יכולות ליהנות מהם, ולא פחות חשוב - אפשר להשקיע זמן בהטמעת הפתרונות ברשויות, שכן לא תמיד כוח האדם שם הוא מקצועי ונדרשים זמן וסבלנות כדי לעשות את התהליך. החוזים האלה מאוד חשובים, ובו בזמן האקדמיה צריכה לתת את הגיבוי, את מימון הביניים לכל מיני מקרים שבהם החוזים טרם חודשו, כדי לא לאבד את הידע ואת החוקרים. כמובן שבתוך המודל הזה התעשייה נכנסת בהרבה מאוד מקומות.

יריב שדה: האיחוד האירופי (Horizon 2020, Horizon Europe) בדיוק נוגע במשולש הזה – מממן את המחקר מצד אחד, מביא את החדשנות לעיריות ומביא את הסטארטאפים לעשות שם את הוכחת ההיתכנות (POC).

ד"ר אילת גל-צור: אחד הדברים שאנחנו עושים כיום, זה באמת פרויקטים של האיחוד בשיתוף עם עיריות חיפה ותל אביב. ברגע שיש כבר את שיתוף הפעולה הן מגיעות יחד איתנו לפרויקט. זה מצב של win-win.

פנינה וורטמן: במיוחד בהקמה של ערים חדשות ושכונות חדשות יש פוטנציאל אדיר לעשות דברים נכון. זאת הזדמנות אדירה והשאלה הראשונה שצריך לשאול היא איפה רוצים להתחיל? האם להתחיל במבני ציבור (ממשלה, עירייה, בתי חולים) או בבתים פרטיים? אם רוצים לעשות דברים חכמים יהיה קשה מאוד להתחיל הכל ביחד; צריך להחליט ואפשר לעשות הרבה ולחסוך הרבה. במקביל, אני חושבת שצריך להתחיל גם עם נושא של קמפוסים - באוניברסיטאות בארה"ב זה די מפותח ובישראל אין שום פרויקט לדוגמא של קמפוס חכם. הטכניון לדוגמא הוא קלאסי לעניין הזה, צריך לנצל את כל האינטגרציה בין אלמנטים של מים, חשמל, חינוך ועוד.

לעניין התחבורה – יש לי מצגות מלפני 15 שנה בנושא של ערים חכמות ומבחינת הרעיונות והיישומים הן אקטואליות ומתקדמות גם כיום. אז מה כן השתנה? הטכנולוגיה התשתיתית – הדור הבא של תקנים לתקשורת סולרית (5G) שהוא קריטי לצורך העברת המידע וכן סנסורים הרבה יותר משוכללים. אלה שני דברים שמאוד השתנו, וכתוצאה מההבדל הזה אולי העיריות או מוסדות אחרים יכולים ליישם בצורה יותר קלה.

בזמנו, IBM היתה מעורבת בפרויקט של בניית עיר חדשה באבו דאבי, ואחד הרעיונות היה למשל מוניות חשמליות שנוסעות במסלולים קבועים, עם תחנות במרחקים של לא יותר מ-200 מטר. יכול להיות שזה רלוונטי ליישום בשכונות חדשות, בקמפוסים.

לגבי חשמל - אני מסכימה עם שלמה ולד, אין סיבה שלא יהיה ייצור ואחסון בבית ושהבית יוכל להשתמש בחשמל שהוא מייצר. לדעתי זה נושא מאוד חשוב.

פרופ' גרשון גרוסמן: אם מישהו רוצה לעשות את זה בביתו, מי מפריע לו?

ד"ר שלמה ולד: אם רוצים להיות מנותקים מהרשת זה פחות בעייתי, אבל אם גם רוצים להתחבר לרשת וגם לצרוך באופן מקומי זאת בעיה. כיום אין לזה רגולציה.

איציק יונסי: נאמרו פה הרבה דברים מעניינים ואת חלקם בהחלט נבחן אם ניתן לאמץ ובאיזו צורה, וחלקם מוכרים וידועים במשך שנים ארוכות. אנחנו לא מסתכלים רק על החדשנות, צריך להסתכל גם על תכנון חכם ונכון של מרחב עירוני, בדומה למה שהציגה רחל בקר. אני חושב שצריך לחשוב על אמצעים פסיביים ואקטיביים גם בתכנון עירוני. כאשר יש אתגר של תכנון שכונה חדשה עם 12 אלף יחידות דיור צריך לבדוק מה הן צרכים לעיתים יש עיריות שחוטאות ומתכננות שכונות מגורים שנעדרות תשתיות תומכות. מטבע הלשון שמשתמשים בו בעולם הזה הוא "עירוב שימושים" אבל היישום שלו עדיין רחוק מאוד מלהיות מונח על המדף. מדובר על פתרון שאינו טכנולוגי, אבל כאמצעי לחיסכון של הרבה מאוד אנרגיה הוא מתחייב. בתכנון שכונה נדרשת אינטגרציה של כלל הצרכים של האזרח – חינוך, רווחה, בריאות, מסחר, בתי מלון, משרדים ואולי אף תעשייה קלה, שהוא יכול להגיע אליהם ברגל. אם אין אפשרות ברגל, אז צריך ליישם סל פתרונות תחבורתיים (אופניים,

קורקינטים, רכבים אוטונומיים, רכבים חשמליים, רכבי מנוע בעירה פנימית ועוד) שהם תולדה של מצוקת האזרח שגר בדירה שמסביבה אין שום שירותים שהוא נזקק אליהם ביום-יום. מכאן שהמפתח לפתרון הוא קודם כל עירוב שימושים ותכנון נכון בהתאם לצרכי האזרח, כדי שלא ידרש לפתרונות תחבורתיים. בנוסף, הפתרונות התחבורתיים צריכים לכלול עירוב של שתי טכנולוגיות – מערכת הסעת המונים חכמה ויעילה (לא רכבת מונעת בסולר) אלא מערך רכבות ואוטובוסים חשמליים בשילוב עם פתרונות הקצה הנדרשים לקילומטר האחרון (last mile). כמובן שזה אתגר מאוד קשה במרחב עירוני בנוי ועמוס בתשתיות, אבל בראייה ארוכת טווח זאת צריכה להיות ההסתכלות המוטמעת בתכנון – חיבור כל בניין לשביל אופניים, העמדת תשתיות מינימליות שהאזרח זקוק להן והסתכלות הוליסטית של עירוב שימושים שימנע את הצורך בבזבז האנרגיה העתידי.

קובי נעים: בערים קיימות קורים לפעמים מצבים אבסורדיים שבהם תחנת הרכבת רחוקה מהעיר, אך בתכנון ערים חדשות תחנת הרכבת תמוקם בסמיכות למרכז תחבורה ממנו יוצאים אוטובוסים. עושים את זה במסגרת התב"ע, מייצרים זכות דרך כדי לשמור מקום גם לשבילי אופניים ומדרכות. הנושא של עירוב שימושים אמור לקרות באותו בניין (למטה מסחר ומשרדים ומעל מגורים) ולזה הרבה ראשי ערים מתנגדים – הם אומרים שזה יוצר קונפליקט בין השימושים האחרים לבין איכות החיים של התושבים העתידיים. בנוסף, הנושא של תעסוקה ממוקם בדרך כלל בשולי העיר כיוון שזה דורש שטחים גדולים (משרדי החברות וכל השירותים הנלווים), ואם תמקם שם גם מגורים לא תוכל לתת לתושב שירות ציבורי כמו שצריך, כך שתעסוקה בתוך העיר עצמה היא רק בסדר גודל מצומצם.

באיטליה ראיתי מודל יפה שבו הרכבת מחוברת לעיר באמצעות מיני-מטרו שהוא גם חשמלי וגם ללא נהג, עוצר בכל תחנה, וזכות הדרך שהוא תופס היא מינימלית, של כ-10 מטר. זה פתרון מאוד טוב בעיני לשדרה אורכית של עיר.

איציק יונסי: האם לא נכון לדעתך לשלב מסחר, תעסוקה ומגורים?

קובי נעים: לגבי מגורים זה יוצר המון בעיות.

פרופ' אראל אבינרי: כאשר אתם מדברים על עירוב שימושים נראה לי שכל אחד מדבר על משהו קצת שונה וזאת חלק מהסיבה שאין הסכמות. עירוב שימושים יכול להיות בכל מיני רזולוציות; בסופו של דבר זה עניין של הסכמות, לא כדאי לשלול את הקונספט או ליישמו בצורה קיצונית, אלא צריך להחליט מה כן ומה לא.

ד"ר שלמה ולד: בתל אביב יש את הפרויקט הנפלא של באבל (bubble) - זה שירות הסעות מתחנת אוטובוס אחת לשנייה, שמגיע תוך כמה דקות. בעתיד אולי זה גם יהיה עם רכבים אוטונומיים.

פרופ' אראל אבינרי: יש גם טענות מאוד כבדות כנגד פתרונות של תחבורה שיתופית, על חוסר יעילות, עם קיבולת גדולה אך חוסר ביקוש.

אבנר כהן: איך אפשר להאיץ את התהליכים הקשורים בעיר חכמה? האם ניתן ללמוד מסין בה ההתפתחות העירונית מאוד מואצת? תוך עשרים שנה התפתחה שם אוכלוסייה של מעמד ביניים מאוד גדולה. אמנם הם יכולים ל"מחוק" מקומות ולהתחיל לבנות מאפס, מה שאנחנו לא יכולים לעשות, אבל עדיין יש שם הרבה מאוד חדשנות בתחום העירוני שאולי ניתן לאמץ אותה.

אדי בית-הזבדי: בסין, הממשלה מחליטה ואף אחד לא מתנגד. ביקרתי בעיר של 2 מיליון תושבים שהממשלה החליטה שתוך 4 שנים תגדל ל-4 מיליון, וכך קרה, כולל הטיית תוואי נהר בשביל לתת תחושה של טבע עירוני, גבעות מלאכותיות ובנייה לפי תורת הפנג שואי. אנחנו יכולים להתקנא אבל אנחנו לא יכולים ליישם את זה כאן.

אבנר כהן: בין שני הקצוות - שלהם אין כלל מגבלות ולנו יש כמעט אינסוף מגבלות, השאלה מה ניתן ללמוד מהם? הם עושים דברים מהר.

אדי בית-הזבדי: בניגוד לפנינה וורטמן, אני לא חושב שאי אפשר לעשות דברים במקביל. לא צריך כל פעם לחכות לדבר הבא, אפשר לעשות במקביל, ויכול להיות שבמקום אחד נושא תופס מקום עיקרי ובמקום אחר אותו נושא יהיה דווקא משני, וצריך להתאים את הפתרון לכל מקום על פי מאפייניו. עם זאת, בארץ מתקשים לקבל פתרונות הוליסטיים שבהכרח זמן התכנון שלהם יהיה ארוך יותר, וזאת בעיה, כי לרשויות המקומיות אין הסתכלות לטווח ארוך – אי אפשר לסמוך על זה שיהיה תזרים מזומנים והכל יעבוד. בעיה נוספת היא עניין המכרזים – בעמותה לערים חכמות יש כ-40 מומחים בתחומים שונים – הנדסה, מדעי החברה, מדעי הרוח - כל אחד נותן את נקודת המבט שלו וכך מייצרים תמונה שלמה, אך הצעת המחיר היא גבוהה ממה שיועץ בודד לערים חכמות נותן, ולכן - לא ניתן לזכות איתה במכרז; קשה להתחרות באדם אחד שטוען שהוא מומחה לערים חכמות על כל ההיבטים השונים, אני אישית לא מאמין שיש אדם כזה.

אלעד שביב: עלו פה כמה רעיונות איך מקדמים את הנושא ואיך הממשלה יכולה לתמוך בזה, וחלק גדול מהבעיות שאני רואה בכל העולם, לא רק בישראל, זה מחסור בפילוסופיה של מערכות כאלה. מי שיכול לבדוק פתרונות של ערים חכמות אלו הן הערים היותר גדולות והן בדרך כלל לא מוכנות לתת את התשתיות שלהן לדברים נסיוניים. לנסות לעשות משהו הוליסטי בערים כמו תל אביב או חיפה ואף בערים בינוניות כמו הרצליה או רעננה, זה כמעט לא ישים. לכן, יתכן שיש פה הזדמנות דווקא לניסיון בערים קטנות בפריפריה. לממשלה יש תוכניות של תמיכה, בדרך כלל תוכניות נקודתיות – למשל, בנושא התייעלות אנרגטית, אך באופן הזה אנחנו מאבדים את ההיבט ההוליסטי. הייתי ממליץ על יציאה למרכז לרשות מקומית שמוכנה להכנס ולהתחייב לתכנון ולביצוע של תוכנית הוליסטית לעיר חכמה. מעבר לסיוע הנקודתי שזה מעניק לאותה עיר, הדבר הזה ייצור הרבה מאוד דינמיקה לחברות סטארטאפ או לחברות אחרות שמפתחות מוצרים כאלה, ויכול גם לייצר הרבה עניין בעולם. יש כמה פרויקטים כאלה בעולם – העיר הכי ידועה היא טורונטו שבה מתקיים פרויקט כזה במימון בעלי הבית של גוגל¹². אבל אפשר גם לעשות דברים הרבה יותר קטנים, ולמקום קטן יש גם יתרון של גמישות, וניתן לשנות את הדברים בצורה מהירה, ואז הערים הגדולות יוכלו לבוא וללמוד מהפרויקטים האלה - איך הם קורים בפועל ואיך הם עובדים, ולא רק לדבר על האפשרויות. אני חושב שפרויקט כזה לא צריך לעלות הרבה ומנגד יכול להביא הרבה תועלות ברמה המשקית.

פנינה וורטמן: אני הצעתי את הקמפוס.

אלעד שביב: אני חושב שקמפוס זה רעיון מצוין, אבל דיברתי עם הרבה מאוד אוניברסיטאות ואני לא רואה את זה קורה. יישום בשכונה אחת הוא לטעמי החמצה של העניין ההוליסטי, ניתן ליישם בה אלמנט אחד או שניים

¹² <https://www.sidewalktoronto.ca/>

של העיר החכמה אבל לא לשנות את ההתייחסות של העיר עצמה לאותה שכונה, ועדיין בעירייה כל היבט מנהל בנפרד. אני יודע שבעיר ירוחם, למשל, מוכנים לעשות היום את הדבר הזה אבל נדרשת גם תמיכה ממשלתית.

איתי מולכו: בעיריית ירושלים עשו משהו בעירייה עצמה (שהיא דומה לקמפוס).

עידן ליבס: 'עיר חכמה' זאת סיסמא יפה אבל צריך לזכור שזה אמצעי ולא מטרה, ולמעשה זה צריך לשרת את המטרות של הרשות המקומית. הנושא של סנכרון אינטרסים בין השחקנים השונים בתחום הוא תמיד מאתגר, כי לא תמיד זה שמקים הוא זה שאחר כך נהנה מהתפוקות של המערכות החסכוניות. בנוסף, זה לא טריוואלי שעיר היא שחקנית במשק האנרגיה. היום, מבחינת העיר, 'אנרגיה' זה אולי חשבון החשמל שהיא משלמת על מאור ברחובות, ואם כך ניתן להתקין נורות LED ושם זה נגמר. לבוא ולהכניס את הערים לתוך המשחק של אנרגיה זה לא פשוט. אני עוסק בנושא של תשתיות טעינה לרכבים חשמליים, זה נושא שהוא game changer מבחינתם, אך הם לא מכירים את העולם הזה, הם לא מבינים אותו ולא יודעים לתרגם אותו לתועלות שזה יכול להביא להם ולתרומה לתושבי העיר. לכן מאוד חשוב להציף את הדברים בצורה מאוד פשוטה – מה זה נותן לעיר שהיא תהיה עיר חכמה. הנושא הזה לא יתרומם כל עוד לא יודעים לתת מענה לדבר הזה גם באופן כמותני וגם באופן איכותני, כך שאפשר לשווק אותו, אך בו בזמן גם לתקצב אותו. הדברים האלה הם קריטיים כי בסופו של דבר אנחנו במוסד נאמן רוצים לראות מהלכים של מדיניות לאומית, שמגיעים מלמעלה ומיושמים ברשויות המקומיות, אבל כשמביאים את זה למקבלי החלטות הם קודם כל צריכים להבין מה זה נותן להם, מה זה נותן לעיר, איך התושבים יהנו מזה ואיך זה מקדם אותם הלאה. זאת לא אקסיומה שבניין צריך להיות מאופס אנרגיה, צריך לשאול 'למה בניין צריך להיות מאופס אנרגיה?' צריך להבין שיש לזה ערך שמזין חזרה את התושבים – הפחתה של זיהום אוויר, עצמאות אנרגטית ועוד, אבל חייבים להוריד את זה לרמה שבה כל מקבל החלטות יכול להבין איך הצעד הזה משרת אותו חזרה וגם את שאר בעלי העניין – יזמים, תושבים. יש המון רעיונות יפים שרואים בעולם ברמה האקדמית, ולפעמים זה אכן הפתרון האופטימלי ברמה ההנדסית-מערכתית, אבל בסופו של דבר עומד גורם אחד שצריך לקבל את החלטה, זה יוצא מהכיס שלו והוא צריך לדעת איך זה משרת אותו חזרה.

אדי בית-הזבדי: הנושא של שיתוף ציבור הוא חשוב גם בהיבט הכלכלי וגם בהיבט הערכי – מומלץ שהתושבים יהיו שותפים עסקיים בייצור החשמל, והעירייה יכולה לקנות עודפי אנרגיה מהתושבים במקום לקנות מחברת החשמל. יש בעיה תרבותית במדינת ישראל שאני לא יודע איך ניתן להתגבר עליה – לא תמיד כל מה שעושים צריך לקבל תמורה כספית בגינו, וזאת למרות שאני טוען שאפשר מאנרגיה לעשות כסף, אנרגיה זה commodity. למשל, המלצתי באשדוד להקים תחנת כוח קטנה עם קוגנרציה, לרכוש את החשמל לעירייה ולהעביר או למכור את האנרגיה התרמית לבית החולים אסותא שנבנה אז; אלו הם דברים פשוטים מאוד, צינור הגז עובר ממש בסמוך. כשדיברתי איתם הנושא הזה חולק לכמה מחלקות – תשתיות, פיתוח תעשייה, חשמל וכל אחת או שרצתה למשוך לכיוון שלה או שלא רצתה לעשות כלום. בנוסף, אין הכוונה לנושא מלמעלה, הממשלה לא משתפת פעולה – את המינהלת שהיתה לנושא, שאיחדה את כל משרדי הממשלה, את האקדמיה, את מכון התקנים בניסיון לגבש פתרונות הוליסטיים ושאל משרד לא יכנס לתחום של משרד אחר, ביטלו ב-2016 כי המנכ"ל דאז אמר שהנושא לא מעניין אותו. אז אם זה לא מעניין למעלה למה שזה יעניין למטה?

עידן ליבס: צריך להבין שהנושא של אנרגיה זה נושא אחד מתוך שורה של נושאים שצריך לתת להם מענה, כמו שירות לתושבים, תחבורה ועוד.

אדי בית-הזבדי: הרשויות בעצם לא עצמאיות לעשות כלום. יש ריכוזיות יתר, בכל מגזרי החיים, של השלטון המרכזי בשלטון המקומי, ועל אחת כמה וכמה בישובים קטנים. אני בטוח שתל אביב תהיה בסופו של דבר עיר חכמה; ערים גדולות כמו תל אביב או יבנה עוד יכולות לקבל החלטות בעצמן, אך ישובים קטנים, שרחוקים מהמרכז ושאינן להם אמצעים כלכליים לא יכולים להתקדם לשם, והבעיה בסוף תהיה שם. למעשה, אין הגדרה לעיר חכמה, אין יעד מסוים אלא השאיפה להיות "בדרך" לעיר חכמה. באילת יש רצון ועניין. בקריית שמונה אני לא רואה את זה קורה.

פנינה וורטמן: קריית שמונה היתה יכולה להוות דוגמא, אם היו נותנים תמיכה. אילת עשתה את זה כפרויקט אירופי.

אדי בית-הזבדי: אנחנו היינו שם עוד לפני כן, עשינו סקרים, נתנו מענקים וקרו שם דברים מאוד מעניינים, והיום הם מגדירים את עצמם כעיר הירוקה בישראל. הם משתמשים בחשמל מקומי.

ד"ר שלמה ולד: בזמנו הצענו לעשות שם פרויקט בבית ספר – מיזוג אוויר סולארי ועוד, ויצאנו עם זה למכרז יותר מפעם אחת אבל זה לא קרה בסוף.

אבנר כהן: אני רוצה דווקא להתנגד, אני כתושב שמשלם ארנונה, כן חושב שזאת צריכה להיות מטרה שהעיר תהיה חכמה, גם שהשירותים שאני מקבל יהיו חכמים, גם התשתיות. למה לא? המצב הפוך הוא שהעיר מפגרת אחרי שאר הדברים.

פנינה וורטמן: השאלה היא אם אתה תושב טיפוסי?

אבנר כהן: התושבים צריכים לזכות בשירות הכי טוב שיכול להיות.

פרופ' גרשון גרוסמן: נותנים לאזרח אפשרות לבחור את הנהלת העיר כל חמש שנים.

אבנר כהן: אני בחרתי משהו אבל אני חושב שאנחנו צריכים להגדיר לרשות מטרה שכל מה שהיא תעשה ייעשה בצורה הכי חכמה; זה הכי לגטימי בעולם, ואם היא לא עשתה את המאמצים להיות חכמה אז בעיני היא לא עשתה את עבודתה כראוי. אני רוצה שכל מי שיבחר, גם מי שהצבעתי בעבורו וגם מי שלא, יהיה לו יעד להיות לא פחות חדשני מגופים אחרים שנותנים לי שירות.

עידן ליבס: היעד הוא השירות, ולא החכמה.

איתי מולכו: הטענות שאנחנו מביאים הן חשובות כי הן מעלות את הצורך בפתרונות, אבל אני רוצה לדבר דווקא על דברים שכן מקדמים. מינהל הנדסה וביצוע במשרד הבינוי והשיכון נמצא בישורת אחרונה להשלמת מסמך הערכת השפעות רגולציה (Regulatory Impact Assessment - RIA) – אנחנו בוחנים שם את הצורך והיכולת להטמעת תשתיות לרכבים חשמליים במבני מגורים באמצעות תקנות תכנון ובנייה, ביחס של תשתית לכל עמדה. בקרוב העבודה הזאת תופץ לגורמים הרלוונטיים. זה מן הסתם ומטבע הדברים ילך בדרך המלך של שינוי חקיקה, וזה תהליך לא קצר, אך בערוץ מקביל מנסים לקדם דרך כל הגורמים האפשריים ברשויות המקומיות, באמצעות חוקי עזר וכיוצ"ב, לאמץ את הדברים האלה, כי אנחנו חושבים שהתועלות הן מאוד גבוהות וההשקעה היא יחסית אפסית במעמד הבנייה. זה דבר מאוד משמעותי – שכן אנחנו מבינים שבגלל אופי המגורים בישראל

מרבית הטעינה תהיה בבית, וזה כמובן במקביל לפעילות שעידן ליבס עושה עם משרד האנרגיה שמנסה לתת מענה ל-20% טעינה שתהיה במרחב הציבורי¹³.

ד"ר שלמה ולד: האם בבנייה חדשה יש חניה צמודה לכל דירה? אני חושב שזה לא נכון.

איתי מולכו: במסגרת חוק התכנון והבנייה קיימת תקנת חניה שמחייבת מינימום חניות לכל דירה.

עידן ליבס: עכשיו המגמה היא הפוכה, לעבור מדרישת מינימום לקביעת מקסימום מקומות חניה לכל מטר.

איתי מולכו: כל עוד תקנת החניה קיימת ומחייבת, אני לא רואה שום סיבה לא להכין את ה'הכנות היבשות'.

עידן ליבס: אני חושב שצריך לחזק את המהלך של משרד הבינוי והשיכון, כיוון שכל מה שבונים היום הולך להשאר איתנו לעוד עשרות שנים ולכן הנושא של הכנות הוא קריטי. העלויות של זה הן ממש בשוליים, אך זה ישרת את העיר קדימה וגם את כל מגזר האנרגיה ורשת החשמל, כי נושאים, שנדונו בפורום האנרגיה בעבר¹⁴, של אגירה והזנה חזרה של הרשת מרכיבים חשמליים, הופכים את משאב החניה, שהוא אחד משטחי הנדל"ן הכי לא מנוהלים ולא מנוצלים בכל עיר בעולם (ואשר מהווים עשרות אחוזים משטח העיר), לשחקן אקטיבי בתוך המרקם של העיר החכמה, במשק האנרגיה ובמשק התחבורה ובהתלכדות שלהם. הנושא, הטריטוריאלי לכאורה, של בניית תעלות שמובילות לחניה, הוא בעל משמעויות נרחבות קדימה.

ד"ר שלמה ולד: התפיסה שעמדת החניה מקושרת למונה של בעל הדירה היא תפיסה לא נכונה, צריך לחבר את כולן למונה אחד ולשלב גם מערכת שידועת לזהות את הצרכן.

אדי בית-הזבדי: במרבית הבתים בהם יש מערכת טעינה היא מחוברת לחשמל המשותף.

יריב שדה: המדינה כן תקצבה ועודדה רשויות להתקין עמדות טעינה. עוד 5-10 שנים לא יהיה יותר ייצור מכוניות שאינן חשמליות, ולכן גם אם ירצו וגם אם לא, לא תהיה לרשויות ברירה.

פנינה וורטמן: 2050 זה רק עוד 30 שנה. האם יש איזה צוות שחושב על העיר ב-2050?

ד"ר אילת גל-צור: ישנו פורום ישראל 100¹⁵ שעסק בישראל בשנת המאה שלה (2048). זה היה שיתוף של אוניברסיטאות, כולל הטכניון, כאשר כל מוסד לקח על עצמו תחום חיים אחר ועלו הרבה תרחישים עם שונות גדולה. זאת עבודה מאוד מעניינת.

לעניין חניה – כאשר אנחנו מדברים על רכב אוטונומי הוא לא יחנה ליד הבית; אף רכב לא יחנה ליד הבית, אבל אנחנו לא יודעים מתי זה יקרה. לפני חמש שנים חשבנו שזה תיקף קורה, היום אנחנו מבינים שזה יקח עוד קצת זמן, אבל זה יקרה ואנחנו לא יודעים למה להתכונן לעוד עשר שנים או שלושים שנה.

¹³ <https://www.neaman.org.il/Private-electric-transportation-readiness-guide-for-municipalities>

¹⁴ <https://www.neaman.org.il/Energy-Forum-47-Combined-Photovoltaic-and-Storage-Systems-to-Produce-Electricity-From-Solar-Energy>

¹⁵ <https://israel100.org/>

אדי בית-הזבדי: במשרד השיכון התחילו עבודה בנושא תשתיות לעיר חכמה – מים, ביוב, חשמל ועוד. לדעתי הכינו להם תוכנית אבל זה לא אושר בשום פורום. לא הצלחתי להשיג את התוכנית הזאת.

איתי מולכו: העבודה הזאת היא למעשה רעיון שעבר גלגול, כאשר בסופו של דבר היא נועדה בראש ובראשונה למשרד השיכון כזם, כדי שיתייחסו לכל מה שקשור בתת הקרקע ולא יצטרכו בהמשך לפתוח כבישים ומדרכות. מהעבודה הזאת, בעקבות חקר צרכים ובעלי עניין, הבנו שהבעיות הן יותר גדולות, כמו, למשל, איך נראה צוות פרויקט. מודל העבודה הוא ישן וצריך לעבור שינוי ולכן העבודה הזאת לא פורסמה.

אדי בית-הזבדי: לא דיברנו איך קורה פינוי-בינוי בארץ. מקימים בניינים חדשים ברחובות ישנים עם תשתיות מיושנות ולא מדברים על זה בכלל, מעמיסים בתשתיות תחבורה, מים וביוב. אני מכיר פרויקטים בדרום קוריאנה ובסינגפור שבהם "גילחו" רחובות שלמים והתחילו מטיפול בנושא של ניקוז. זאת צריכה להיות החשיבה, לא להקים בניין פה ובניין שם ולצופף בנייה ואחר כך לחכות שזאת תהיה עיר חכמה.

פרופ' אופירה אילון, ראש תחום סביבה ואנרגיה במוסד נאמן, שלא השתתפה במפגש הפורום, ביקשה להוסיף את הדברים הבאים:

מעבר לסוגיות ישירות של ניהול מערכת חשמל בעיר חכמה, התייעלות אנרגטית וכדומה, יש נושא שחייבים לזכור ולקחת בחשבון – **צריכת האנרגיה הגבוהה מאוד לאיסוף אשפה בעיר.** הנתונים המקובלים הם שרכב פינוי אשפה נוסע לכל היותר 2-3 ק"מ לכל ליטר של סולר. המשמעות, מעבר לצריכת הדלק הגבוהה, היא זיהום אוויר כבד בעיר וכמובן, עומסי תנועה, רעש וכדומה.

ישנם כיום פיתוחים שונים על מנת להפוך את מהלך איסוף הפסולת לחכם יותר ויעיל יותר.

1. מערכות פניאומטיות לאיסוף אשפה – מערכות המייתרות את מעבר משאית האשפה בעיר¹⁶.
2. פינוי פחים לא במסלול קבוע (כפי שנעשה כיום) אלא הוספת צ'פים אלקטרוניים אשר שולחים הודעה כאשר הפח או המכולה מלאים ואפליקציה מחשבת את מסלול הפינוי היעיל.
3. הפעלת מערכת חכמה (כרטיס אשראי ייעודי) אשר גם מאפשרת פתיחת הפח לבעל הכרטיס בלבד, גם מאפשרת חיוב יצרן הפסולת על פי כמות האשפה שייצר וגם מעקב אחר קצב מילוי הפח ופינוי יעיל שלו. מחקרים מצביעים על כך כי כאשר מערכות כאלה מופעלות, כמות הפסולת המיוצרת קטנה, אבל, כמובן, יש לוודא שהפסולת לא מושלכת במקומות אחרים.

כמובן, שלאחר האיסוף יש מגוון גדול מאוד של אפשרויות חכמות למיין ולטיפול בפסולת.

¹⁶ ראו למשל עבודה שעשינו בנושא במוסד נאמן, כאן: <https://www.neaman.org.il/Files/6-427.pdf>

רוב משתתפי הפורום תמימי דעים כי במצב הידע והטכנולוגיה של היום – כל עיר צריכה להיות עיר חכמה. התרומה של התייעלות אנרגטית בלבד, ללא מסגרת קונספטואלית רחבה יותר, היא מוגבלת. כמעט ואין פעילות בעיר שאינה צורכת אנרגיה. ייצור האנרגיה וצריכת האנרגיה הם תהליכים בזבזניים, והתפיסה כיום בעולם היא שאכן אפשר לטפל בנושא האנרגיה בעיר טוב יותר.

כיום, רוב הערים מנהלות כל אלמנט של פעילות בעיר בנפרד (תרבות, כלכלה, אנרגיה וכדומה) ומשמעות המעבר לערים חכמות היא למעשה מעבר לניהול אינטגרטיבי. בעיר חכמה כל האלמנטים משפיעים אחד על השני ואנרגיה היא אחד מהאלמנטים והיא גם קשורה לכל ההיבטים האחרים.

האם ניתן לייצר בעיר עצמה 100% מהאנרגיה הנצרכת? האם ניתן לייצר 100% מהאנרגיה באמצעות מקורות מתחדשים? יש מספר ערים בעולם שהולכות בכיוון הזה. לכן, ראשית נדרש לקרב את ייצור האנרגיה למקום בו היא נצרכת. בישראל אנחנו כבר נמצאים שם מבחינת אנרגיה מבוזרת – גגות סולאריים, תחנות רוח ויצרנים פרטיים. בערים רבות בעולם נוקטים צעדים בכיוון, בדרך כלל לא באופן גורף אלא כפרויקטים, שכונות חדשות, אזורי תעשייה. לכן, אם אפשר להגיע ל-100% אנרגיה מתחדשת, בוודאי אפשר להגיע לזה באמצעות תמהיל דלקים נכון. ניהול אנרגיה שיעשה בתוך העיר יהיה הרבה יותר יעיל מן השיטה המרכזית/ארצית המקובלת כיום.

המלצות:

1. **ניהול אינטגרטיבי** - יש להקים צוות חשיבה לצורך עיבוד מתודולוגיה של מחשבה הוליסטית, הבאה לשרת את פיתוח העיר החכמה. פתרון נכון הוא טיפול בנושא העיר החכמה באמצעות צוות אינטגרטיבי, וכן צריך להגדיר מתודולוגיית פעולה שתוביל לעבודה אינטגרטיבית.
2. **ניסיון עולמי לצד מאפיינים מקומיים** - יש ללמוד מניסיון רב שהצטבר בעולם בנושא ערים חכמות, ויחד עם זאת להתייחס גם למאפיינים הייחודיים של הערים בישראל, כמו שינויים דמוגרפיים דרסטיים.
3. **בחינת יישום באמצעות פיילוטים** - מוצע ליישם עיר חכמה, בשלב ראשון, בקנה מידה קטן. ניסיון זה יהווה פיילוט. אולי רצוי להתחיל מקמפוס אוניברסיטאי חכם במסגרת "מחקר פעולה" או בעיר קטנה המוכנה להתחייב לנושא. מנגד, יש הטוענים כי בעולם עשו זאת בערים גדולות. היכולות המקצועיות והאמצעים הכספיים נמצאים בערים הגדולות.
4. **בחינת יישום גם במרחבים לא-עירוניים** - חשוב לבחון את ההתייחסות למינוח ערים חכמות ולמתודולוגיות העומדות מאחוריו בהקשר של מרחבים יישוביים שונים כגון: ערי לוויין, מועצות אזוריות, מושבים וכדומה.
5. **ביזור במשק החשמל** - דרושה רגולציה במשק החשמל התומכת בביזור. משרד האנרגיה התחיל את הרפורמה והוציא את ניהול המערכת מחברת החשמל אבל רק בנוגע לרשת ההולכה; הניהול של רשת החלוקה נותר בידי חברת החשמל והיא זו שבסופו של דבר שולטת על הצרכן הסופי. למשל, צריך לאפשר ליצרן סולארי ביתי, ולכל היצרנים של אנרגיה מתחדשת, קודם כל לצרוך מקומית את האנרגיה, ואף לאגור אותה אם יש אמצעי אגירה, ורק לאחר מכן, את העודפים, למכור חזרה לרשת. זה מאפשר עצמאות של מבנים ויכול גם לאפשר לשחקנים שונים להיות גורמים פעילים בייצוב התדר הכללי ובתועלות נוספות.

נספח 1: תוכנית פורום האנרגיה

13:00 פתיחה

13:10 **אדי בית הזבדי** - סיגמא סמארט:

אנרגיה בעיר חכמה

13:30 **אלעד שביב** - מנכ"ל האיגוד הישראלי לאנרגיה חכמה:

הקשר בין אנרגיה, תחבורה חכמה ושירותים עירוניים בעיר חכמה

13:40 **פרופ' רחל בקר** - הפקולטה להנדסה אזרחית, הטכניון:

אנרגיה בבניינים בערים חכמות - על פי הפרויקט האירופאי EIP-SCC

13:50 **אבנר כהן** - גרינלט:

העיריות כמאגדי אנרגיה - הקונספט ולקחים מפיילוט בישראל

14:00 הפסקה

14:20 דיון פתוח, תוך התמקדות בשאלות:

- מהו הקשר בין אנרגיה לעיר חכמה?
- מהן התועלות המרכזיות של עיר חכמה?
- מהם סיכוני הסייבר אליהם חשופות מערכות האנרגיה והתחבורה בעיר החכמה?
- אילו ניסויים כדאי לעודד בערים או ברשויות כדי להפוך אותן לחכמות יותר?
- מה ניתן ללמוד בתחום זה ממדינות אחרות בעולם?
- מה יכולה לעשות ממשלת ישראל לקידום הנושא?
- כיצד מעמיקים את הקשר המשולש אקדמיה - תעשייה - קהילה, שהוא חשוב ביותר בפיתוח עיר חכמה?

17:00 סיום

מפגשי פורום האנרגיה של מוסד נאמן (www.neaman.org.il)

- 2019** פורום האנרגיה ה-47: מערכות פוטו-וולטאיות משולבות אגירה לייצור חשמל מאנרגיית השמש
פורום האנרגיה ה-46: הפקת אנרגיה מפסולת
- 2018** פורום האנרגיה ה-45: חסמים וזרזים להקמת מתקני ייצור חשמל פרטיים בישראל
פורום האנרגיה ה-44: שיקולים סביבתיים, כלכליים וביטחוניים במיקום אסדת הטיפול בגז ממאגר לויתן
פורום האנרגיה ה-43: הסרת הבידוד האנרגטי מעל ישראל
פורום האנרגיה ה-42: היבטים פסיכולוגיים והתנהגותיים של חיסכון באנרגיה
- 2017** פורום האנרגיה ה-41: רכב היברידי וחשמלי
פורום האנרגיה ה-40: גז טבעי לתחבורה בישראל
פורום האנרגיה ה-39: מיקרוגרید ורשת חשמל חכמה בעידן של ייצור מבזר ואנרגיות מתחדשות
- 2016** פורום האנרגיה ה-38: צעדים ליישום לאחר אישור מתווה הגז בישראל
פורום האנרגיה ה-37: ביטחון באספקת אנרגיה בישראל
פורום האנרגיה ה-36: התייעלות אנרגטית בישראל: שדרוג מערכות
- 2015** פורום האנרגיה ה-35: אגירת אנרגיה בייצור חשמל
פורום האנרגיה ה-34: ייצור משולב של חום וחשמל
פורום האנרגיה ה-33: הרפורמה במשק החשמל בישראל
- 2014** פורום האנרגיה ה-32: ניצול מיטבי של הגז הטבעי המקומי, לרבות סוגיית הייצוא
פורום האנרגיה ה-31: ביומסה לאנרגיה בישראל
- 2013** פורום האנרגיה ה-30: חשמל מאנרגיה סולארית בישראל
פורום האנרגיה ה-29: עיר חכמה
פורום האנרגיה ה-28: תחבורה יבשתית בת קיימא: היבטי אנרגיה וסביבה
פורום האנרגיה ה-27: רשת חשמל חכמה כמנוע צמיחה לתעשייה בישראל
- 2012** פורום האנרגיה ה-26: ניצול פצלי שמן בישראל
פורום האנרגיה ה-25: משק האנרגיה בישראל - חזון 2028
פורום האנרגיה ה-24: אנרגית שמש לבנייני מגורים בישראל
- 2011** פורום האנרגיה ה-23: ניצול אנרגיית הרוח בישראל
פורום האנרגיה ה-22: תחנת כוח גרעינית בישראל
פורום האנרגיה ה-21: שיפוץ אנרגטי של בניינים
- 2010** פורום האנרגיה ה-20: מערכות פוטו-וולטאיות מחוברות-רשת למגזר הביתי והמסחרי
פורום האנרגיה ה-19: חיסכון באנרגיה במערכות תאורה
פורום האנרגיה ה-18: מיזוג אוויר סולארי בישראל
פורום האנרגיה ה-17: השלכות חדירת גז טבעי למשק האנרגיה של ישראל
פורום האנרגיה ה-16: רשת חשמל חכמה
- 2009** פורום האנרגיה ה-15: התייעלות אנרגטית ברשויות המקומיות בישראל
פורום האנרגיה ה-14: רכב חשמלי והיברידי
פורום האנרגיה ה-13: תחנות כוח סולאריות בישראל
- 2008** פורום האנרגיה ה-12: אנרגיה במשק המים
פורום האנרגיה ה-11: בנייה חסכונית באנרגיה
פורום האנרגיה ה-10: השפעות בריאותיות וסביבתיות של השימוש בגז טבעי בישראל
- 2007** פורום האנרגיה ה-9: מקומה של ישראל בשוק הביואתנול העולמי
פורום האנרגיה ה-8: ניהול ביקושים ואספקה
פורום האנרגיה ה-7: בידולקים להפקת אנרגיה
פורום האנרגיה ה-6: חיסכון במערכות מיזוג אוויר
פורום האנרגיה ה-5: צורכי המחקר באנרגיה חלופית בישראל
פורום האנרגיה ה-4: אנרגיית השמש להפקת חום
- 2006** פורום האנרגיה ה-3: הפקת אנרגיה מפסולת
פורום האנרגיה ה-2: מערכות משולבות ליצירת חום וחשמל (קוגנרציה)
פורום האנרגיה ה-1: חשמל ממערכות פוטו-וולטאיות

אנרגיה וסביבה



מוסד שמואל נאמן
למחקר מדיניות לאומית

טל. 04-8292329 | פקס. 04-8231889
קרית הטכניון, חיפה 320003
www.neaman.org.il