

## תיבה ח'-2: הטמעת חדשנות בענף הבנייה

- רמתו הנמוכה של מלאי ההון לעובד בענף הבנייה בישראל בהשוואה בינלאומית היא אינדיקציה לפיגור ברמת התיעוש והחדשנות בענף. חסמים בולטים בהטמעת חדשנות הם מידה מוגבלת של ידע בתחום, צורך בתיאום בין גורמים רבים ורגולציה לא מתאימה.
- זמינות של עובדים לא-ישראלים בעלות נמוכה מקטינה את התמריץ של חברות להטמיע חדשנות אך חושפת אותן לתעסוקה לא יציבה.
- בתיעוש הבנייה ובחדשנות טמונות השפעות חיכוניות חיוביות, כגון צמצום נזקי רעש וזיהום בקרבת האתרים, מה שעשוי להצדיק תמיכה ממשלתית בהטמעת תהליכים אלה.

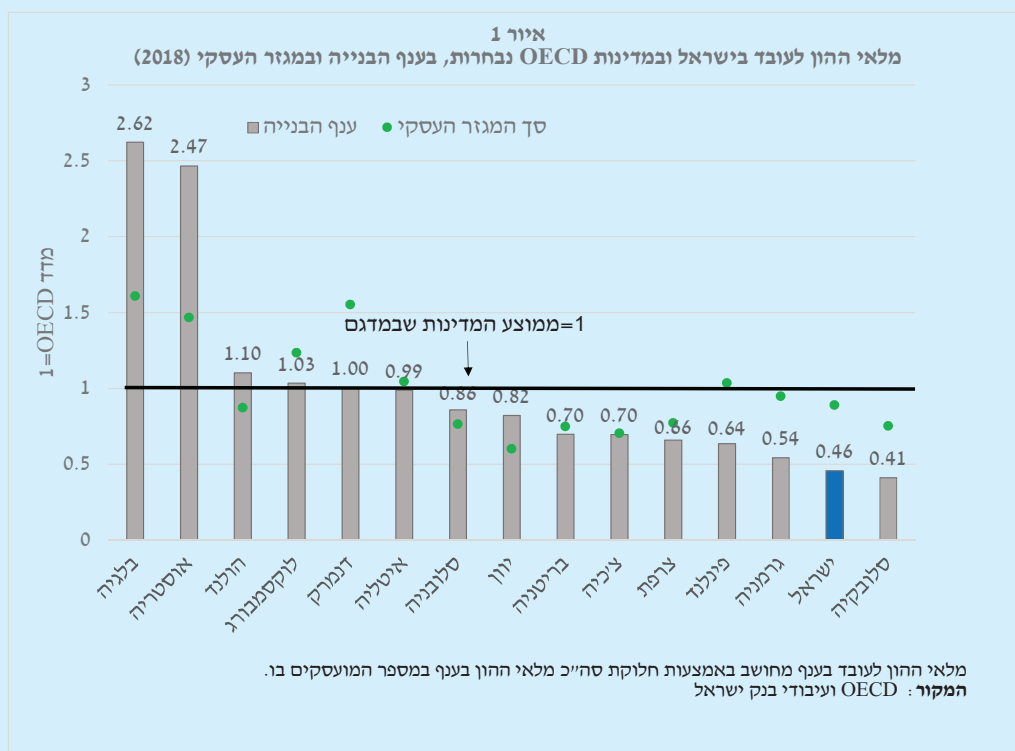
### רקע ומוטיבציה

הטמעת חדשנות בענף הבנייה עשויה לייצר ערך מוסף באמצעות שימוש במערכות תכנון, בשיטות בנייה ובמכונות וציוד יעילים מאלה שהיו בשימוש בעבר. **חדשנות בתכנון וניהול** כוללת שימוש במידול מידע באמצעות BIM<sup>1</sup> לאורך כל חיי הפרויקט, מערכות המשלבות בינה מלאכותית, מערכות תוכנה וחומרה לניהול לוגיסטי, Internet of Things באתרי הבנייה ועוד. שימוש בכלים חדשניים בתכנון הוא לרוב תנאי ליכולת להשתמש בטכנולוגיות בנייה מתקדמות גם בשלבי הביצוע. את ה**חדשנות בביצוע** ניתן לסווג לשני סוגים עיקריים: (1) הגברת השימוש בתבניות או חלקי בניין המיוצרים מראש במפעל תעשייתי; ו-(2) שימוש בציוד וטכנולוגיות מתקדמים: רחפנים, חיישנים, הדפסה בתלת-מימד ועוד. החשיבות של הטמעת חדשנות בבנייה בישראל מתחדדת לנוכח מדדים המלמדים שהפריון בענף הבנייה הישראלי נמוך יחסית: נכון ל-2018 התוצר לעובד בענף היה נמוך, בממוצע, בכ-15% מאשר בענפים המקבילים במדינות ה-OECD (בנק ישראל, 2023); זאת מעל ומעבר לפיגור בסך המגזר העסקי. השוואה בין-לאומית של רמות התוצר לעובד בבנייה עלולה להניב תוצאות מוטות בשל בעיות מדידה, ובפרט בגלל שוני בין מדינות במדידת מחירי הקרקע. אינדיקציה חלופית וישירה יותר לרמת המיכון בענף הבנייה מתקבלת מהשוואת מלאי ההון לעובד בענף בישראל לרמתו במדינות OECD (איור 1). מההשוואה עולה שמלאי ההון לעובד בענף הבנייה בישראל נמוך ב-54% מרמתו הממוצעת במדינות שבמדגם, בעוד שהנחיתות של סך המגזר העסקי היא 11% בלבד.

ישנן עדויות נוספות לפיגור של ענף הבנייה מבחינת רמת המיכון והחדשנות מחד גיסא, וההסתמכות על כוח עבודה זול מאידך: בנק ישראל (2016) הראה שהמיומנויות הבסיסיות של עובדים ישראלים בענף הבנייה נמוכות במיוחד בהשוואה למקביליהם במדינות OECD, ושהתלות בעובדים הלא מיומנים גבוהה מאוד. משרד הכלכלה והתעשייה (2021) הראה כי רמת השימוש בטכנולוגיות דיגיטליות בענף הבנייה בישראל נמוכה משמעותית מאשר במדינות הייחוס.<sup>2</sup> עבודות שנעשו בתחום ובחינה של טכנולוגיות בנייה מקובלות מצביעות על קשר הפוך בין רמת התיעוש לבין משך הבנייה (משרד השיכון, 2016). בבניית רבי קומות בישראל רמת התיעוש באתרי בנייה גבוהה ביחס לבנייה של בניינים של עד 9 קומות. הפוטנציאל להתייעלות ברבי קומות טמון בהחדרת טכנולוגיות מתקדמות לאתרים והגברת השימוש בייצור חלקי בניין במפעלים, ואילו בבנייה נמוכה ניתן להתייעל הן באמצעות העלאת רמת התיעוש בהתבסס על שיטות תיעוש הנפוצות בישראל בבניית רבי קומות והן באמצעות השקעה בציוד באתרי בנייה קונבנציונאליים. שיעור התחלות הבנייה של יחידות הדיור בבניינים עד 9 קומות בסך ההתחלות אמנם ירד בעשור הקודם בכ-10 נקודות אחוז, אך גם לאחר מכן, בשנים 2020–2023, הוא היה משמעותי – כ-65%.

<sup>1</sup> מידול מידע הבניין (Building Information Modeling) - שיטת שיתוף, חלוקת והפצת המידע בין כל הגורמים הקשורים לפרויקט בנייה או תשתיות.

<sup>2</sup> עיבודי אגף אסטרטגיה ותכנון מדיניות במשרד הכלכלה והתעשייה לנתוני סקר ICT בלמ"ס ומקבילו האירופי ב-Eurostat; הניתוח מבוסס על המתודולוגיה וההגדרות של גלעד בארי ועילי אספרנסה, "הפער הדיגיטלי של המגזר העסקי", משרד הכלכלה והתעשייה (2021)



### חסמים להטמעת חדשנות בענף הבנייה והתמודדות עם ישראל ובמדינות אחרות

העבודות שבחנו את הכדאיות של קידום תיעוש ואימוץ טכנולוגיות מתקדמות בענף הבנייה בישראל הגיעו למסקנה שהדבר יחסוך לחברות עלויות ייצור (בעיקר הודות להפחתת תשומת העבודה) וישפר את איכות הבנייה.<sup>3</sup> ההטמעה האיטית של טכנולוגיות חדשות בענף הבנייה בישראל למרות יתרונות אלה משקפת ככל הנראה את קיומם של חסמים שונים להטמעת חדשנות בבנייה בישראל, בדומה לחסמים במדינות OECD (Demirkesen ואחרים, 2022).

**אי-וודאות לגבי הביקוש לבנייה חדשנית:** אי-וודאות בביקוש מהווה חסם להתפתחות שוק בוגר של בנייה חדשנית. ענף הבנייה מבוזר וכולל חברות רבות וקבלני משנה לאורך שרשרת הערך, שצריכים לסנכרן ביניהן את אימוץ השיטות החדשות. בפרט, בגלל יתרונות לגודל בבנייה חדשנית, חברות קטנות ובינוניות נמנעות מאימוץ שיטות חדשות (Demirkesen ואחרים, 2022). סיבה נוספת היא חששות של צרכנים מבנייה תעשייתית (על אף שבפועל מדובר בבנייה איכותית יותר). כל אלה עלולים לתרום לחוסר יציבות של הביקושים.

כדי להתמודד עם חסם זה הוקם בדנמרק ארגון צרכנים, המנגיש מידע על הענף ומסייע, בין השאר, להתגבר על החסם הצרכני. כמו כן מדינות פועלות להבטחת ביקושים לבניה בשיטות חדשניות ברמה שתהפוך את חדירת החדשנות לכדאית. כך, למשל, בבריטניה (Farmer 2016) ובדנמרק הממשלה משפיעה על הביקושים באמצעות דרישות לרמת

<sup>3</sup> משרד הבינוי (2016).

תיעוש מסוימת בענף הבנייה למגורים בפרויקטים ציבוריים. נמצא שמדיניות זו יעילה בקידום דיגיטציה בענף.<sup>4</sup> ניתן ליצור תמריצים דומים גם בישראל.<sup>5</sup>

**זמינות כוח עבודה זול וחוסר כוח אדם מיומן:** בדוח של Farmer משנת 2016, הבוחן את ענף הבנייה בבריטניה, נטען שזמינות כוח עבודה זול מייצרת הטמעת טכנולוגיות חדשות בהווה, אך עלולה לגרום לאי יציבות בענף בטווח הארוך. סוגיה זו רלוונטית במיוחד בישראל, שבה הענף תלוי מאד בעובדים לא-ישראלים, אשר תעסוקתם אינה יציבה (ראו תיבה ה'-1). מחסור בכוח אדם מיומן בענף הבינוי קיים ברוב המדינות המתקדמות. הוא מקשה על הטמעת טכנולוגיות חדשות, שלרוב מושתתות על דיגיטציה של תהליכי תכנון ובנייה. ממשלות בעולם מקדמות הכשרת כוח אדם מיומן כדי להסיר חסם זה: בבריטניה הופעלו תוכניות הכשרה מקיפות, בהולנד תוכניות להכשרת מהגרים ובסינגפור מתקיים שיתוף פעולה עם חברות זרות בהכשרת כוח האדם המקומי.

**רגולציה ותקינה:** תהליכי התקינה בישראל ארוכים וקשים בכל הקשור לחומרי בנייה ושיטות בנייה חדשות.<sup>6</sup> התאמת הרגולציה יכולה לסייע בהטמעת טכנולוגיות חדשות בענף. הרגולציה יכולה לסייע גם ביצירת אחידות בסטנדרטים כדי להתגבר על חוסר סנכרון בשוק.

במספר מדינות מקדמים התאמות ברגולציה, כגון החלת חובת תכנון באמצעות BIM, בעיקר בפרויקטים ציבוריים בארה"ב, בבריטניה, בדנמרק, בשבדיה ובמדינות נוספות (Panteli et al. 2020) ושילוב התקנים והרגולציה המקומית עם התקנים האירופיים בגרמניה. בדנמרק ובשוודיה מקדמים רגולציה שנועדה לצמצם את כמות הפסולת ופליטות הפחמן בענף הבנייה, ובעקיפין תזרז מעבר לטכנולוגיות מתקדמות יותר.

לוח 1: צעדים של הממשלה בישראל לקידום חדשנות בענף הבנייה

הצעד	מועד היישום	מטרת המדיניות
קידום של מתחמי "תכנון ובנה"	החל מ-2016	צמצום אי-הוודאות באמצעות הבטחת ביקושים <sup>1</sup>
תמיכה ביזמים ובקבלנים <sup>2</sup> בבנייה מרקמית רוויה (3 עד 9 קומות)	2017-2019	הפחתת עלות התיעוש וחדשנות <sup>3</sup>
מימון חלקי של הכשרת כוח אדם מיומן והכשרות לטכנולוגיות מתקדמות	2017-2019	הכשרת כוח אדם מיומן
תוכניות תמריצים שונות לקידום חדשנות ותיעוש בענף <sup>4</sup>	2019-2023	הוזלה של שילוב טכנולוגיות חדשניות בבניה
הקמת צוות בין-משרדי לקידום הטמעת BIM	2022	קידום הטמעת BIM לטובת קידום דיגיטציה
הקמת קהילת ConTech בשיתוף עם הקבלנים	2017	לחבר בין סטרטאפים לבין תעשיות הבנייה והגדלת סנכרון
מענקים להכשרה ותעסוקה של ישראלים בבנייה.	2024	הכשרת כוח אדם מיומן
סבסוד הטמעת טכנולוגיות חדשניות בענף הבנייה <sup>5</sup>	2024	הוזלה של שילוב טכנולוגיות חדשניות בענף

<sup>1</sup> שיטת "תכנון ובנה" מסתמכת על מנגנון שבו משווקים פרויקטים של לפחות 1,000 יח"ד, עבודות הפיתוח והבנייה של מתחמי מגורים מתוכננות ומבוצעות בידי אותו גורם, תוך ייעול וקיצור של הליך התכנון והבינוי ותוך דרישות לקידום תיעוש והטמעת טכנולוגיות חדשניות בבנייה. עד כה יצאו 3 מתחמים למכרז בשיטה זו תוך מעקב היישום במתחם בחריש והפקת לקחים.  
<sup>2</sup> התקציב בפועל הסתכם בכ-70 מיליון ש"ח, וכ-50 קבלנים קיבלו סבסוד.  
<sup>3</sup> במסגרת בחינת השפעתם של מענקי התיעוש שניתנו בענף הבנייה בשנים 2017-2019 נמצא שבשנת 2021 רמת התיעוש בקרב מקבלי המענקים הייתה גבוהה יותר מאשר בחברות המקבילות בענף ("בחינת השפעת מענקי התיעוש", פז כלכלה והנדסה, 2021. הסקר נעשה בהזמנת משרד הבינוי).  
<sup>4</sup> משרד הבינוי והשיכון בשיתוף עם הרשות לחדשנות, משרד הכלכלה ומשרדים אחרים.  
<sup>5</sup> הסכום שהוקצה לסבסוד החדשנות בבנייה הוא 19 מיליון ש"ח.

<sup>4</sup> European Construction Sector Observatory, Digitalization in the construction sector 2021

<sup>5</sup> ישנם פרויקטים של מעונות סטודנטים, דיור ציבורי ודיור מוגן המוקמים בבניה מודולרית, וניתן להרחיב את היקף השימוש בשיטה זו לפרויקטים ותחומים נוספים.

<sup>6</sup> זיצ'ק ואחרים (2022).

## המדיניות בישראל

החל מ-2016 ננקטו בישראל מספר מהלכים לקידום חדשנות ותיעוש בענף הבנייה.<sup>7</sup> במסגרת החלטת הממשלה 1383 מפברואר 2024 נקבעו צעדים נוספים בתחום הכשרת כוח האדם וסבסוד החדשנות. לוח 1 מפרט את מרבית המהלכים שנקטו בשנים אלו.

## סיכום ומסקנות

האם דרושה מדיניות פעילה יותר לקידום אימוץ טכנולוגיות ותיעוש בענף הבנייה, או שמא ההעדפה הנגלית של חברות הבנייה משקפת את האופטימום הרצוי לשוק? נדון בשאלה זו מארבעה היבטים:

**התעסוקה:** ייתכן שהזמינות של עובדים לא-ישראלים זולים ומחסור בעובדים מיומנים מסבירים את המוטיבציה הנמוכה של חברות לקדם השקעה בהון פיזי ובחדשנות. ואולם התלות בעובדים לא-ישראלים היא מקור לחוסר יציבות בענף, שאותה יש להביא בחשבון במדיניות התעסוקה בו (להרחבה ראה תיבה ה'-1). לממשלה יש תפקיד חשוב בהכשרת כוח אדם מיומן לענף, שאותה יש לתאם עם הפעלת כלי מדיניות אחרים בנושא.

**החסמים:** הממשלה יכולה להסיר חסמים הפוגעים ביעילות באמצעות ביטול רגולציה עודפת, שמגבילה אימוץ חדשנות, או באמצעות נקיטת רגולציה חדשה במקרים שבהם זו עשויה להגדיל את התיאום הן בין החברות בשוק והן בין החברות לבין גורמים נוספים כגון רשויות מקומיות (למשל סטנדרטיזציה של תהליכי התכנון). הממשלה יכולה לסייע גם בהפגת חששות של הצרכנים באמצעות הנגשת מידע על שיטות בנייה חדשניות. יצירת ביקושים של הממשלה לבנייה חדשנית, לפחות לזמן מוגבל, עשויה גם היא לתרום לפיתוח שוק "בוגר" של בנייה חדשנית, כפי שנעשה במדינות אחרות.

**סבסוד הטמעת חדשנות:** סבסוד לזמן מוגבל של קידום תיעוש וחדשנות, בפרט עבור חברות קטנות ובינוניות, עשוי להועיל לקידום החדשנות. ואולם יש לשקול הרחבה של מדיניות הסבסוד הקיימת תוך הכרה בתמריץ העסקי של החברות לצמצם עלויות ולהגדיל את הפיריון באמצעות טכנולוגיה, ותוך תיאום התמריצים עם מדיניות ההעסקה של לא-ישראלים.

**השפעות חיצוניות:** בחדשנות בבנייה טמונות תועלות חיצוניות שחברות הבנייה אינן מביאות בחשבון: צמצום בכמות פסולת בניין ונזקי רעש, הפחתת זיהום בקרבת האתרים ושיפור הבטיחות באתרים. אלו מצדיקות סבסוד מסוים של חדשנות, לצד רגולציה שתביא להפנמת העלויות החיצוניות בפעילות חברות הבנייה.

## מקורות

בנק ישראל (2023). "התפתחות פיריון העבודה בישראל בעשור האחרון" בתוך: דוח בנק ישראל לשנת 2022 – פרק ה'.

בנק ישראל (2016). "מיומנויות היסוד של העובדים בישראל והפיריון בענפי המשק", הסקירה הפיסקלית התקופתית ולקט ניתוחים מחקריים מס' 141.

בקר, ר' יאשה (יעקב) גרובמן, גבי רביב, יחיאל רוזנפלד, ניר חן, גבי טרכטנברג, איתי לויתן, עתיר מעין ומיכאל תבור, (2019). "תיעוש הבניה למגורים באמצעות יחידות מודולריות תלת מימדיות-היבטים אדריכליים, הנדסיים וביצועיים", המכון לחקר הבנייה, הטכניון, חיפה.

זיצ'יק, ע., ר' זקס, א' בנטור וס' שמואלי (2022). צעדים לקידום חדשנות בענף הבנייה בישראל. המכון הלאומי לחקר הבנייה, הטכניון, חיפה.

<sup>7</sup> החל מהחלטת ממשלה 1320 מ-2016 "תיעוש והגדלת פיריון העבודה בענף הבנייה" שמאמצת את ממצאי המסמך שיצא ביוזמת משרד הבינוי והשיכון – אגף לתכנון אסטרטגי ומדיניות "תוכנית לתיעוש ענף הבנייה בישראל – מסמך מסכם" מרץ 2016.

משרד הבינוי והשיכון (2016). "תיעוש והגדלת פריון העבודה בענף הבנייה", ההחלטה מאמצת את ממצאי המסמך שיצא ביוזמת משרד הבינוי והשיכון – אגף לתכנון אסטרטגי ומדיניות "תוכנית לתיעוש ענף הבנייה בישראל – מסמך מסכם".

רוזנפלד, י., ח' בן-עוז ו. ברד-תורגמן (2021). אסטרטגיה למינוף תוכנית "תכנן ובנה" לקידום תיעוש הבנייה ואיכות החיים בישראל. המכון הלאומי לחקר הבנייה, הטכניון, חיפה. בהזמנת משרד הבינוי והשיכון.

Demirkesen, S. & A. Tezel (2022). "Investigating major challenges for industry 4.0 adoption among construction companies", *Eng. Construct. Architect. Manag.* 29 (3), 1470–1503.

Farmer, M. (2016). The Farmer Review of the UK Construction Labour Model - Modernise or Die Time to decide the industry's future. UK: Construction Leadership Council (CLC).

van der Heijden, J. (2023). Construction 4.0 in a narrow and broad sense: A systematic and comprehensive literature review, *Building and Environment*, 244.

Panteli, C., K. Polycarpou, F.Z. Morsink-Georgalli, L. Stasiuliene, Pupeikis, D. Jurelionis, A. & P.A. Fokaides (2020). Overview of BIM Integration into the Construction Sector in European Member States and European Union Acquis. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci., 410, 012073

Turk, Z. (2023). "Structured analysis of ICT adoption in the European construction industry", *International Journal of Construction Management* 23 (5) 756–762.