**רופין סמסטר קיץ קורס industry 4.0 תשפ"ג - תרגיל מסכם**

1. התארגנות
   1. **תתחלקו לקבוצות** שתבחרו בכל קבוצה יהיו: **מנכ"ל ותחתיו מנהלים: תפעול, ייצור ואחזקה, שיווק ומכירות, QA ו IT.**

**(רק המנכ"ל פונה אלי להבהרות – בצורה מרוכזת ביום ושעה שנקבע).**

* 1. כל אחד מבעלי התפקידים – יגדיר את תפקידו ואחריותו בקצרה.
  2. שרטטו מבנה ארגוני.

1. ייצור/מוצר חכם
2. **תגדירו: מוצר / מפעל / קו ייצור / מקום במפעל** שהיו רוצים להעביר אותו לייצור/מוצר חכם.

זה יכול להיות:

* מוצר / בעיה / כאב (ממה שאתם מכירים, למדתם)
* להשתמש בדוגמאות שהוצגו / גם מקורסים אחרים / ידע אישי
* דמיון / אינטרנט

**🏭 תיאור המפעל – SmartCaps  
  
תרשים אירגוני/הגדרת בעלי תפקידים  
מנכל:   
תפעול: לי  
ייצור ואחזקה:  
שיווק ומכירות:  
QA:  
 IT:**

**הגדרת תחומי אחריות**

**תפעול:**ניהול התפעול כולל אחריות כוללת על רצפת הייצור, המחסנים והמערכות התפעוליות, תוך פיקוח שוטף על תהליכי הייצור, זרימת החומרים, מדדי ביצוע וזמני תקלה. התפקיד כולל אחריות על תיאום בין מערכות ה־ERP, MES ו־WMS, וכן על הקשר ביניהן לבין המערכות המעבירות אליהן נתונים – לרבות חיישנים, מצלמות ומערכות אוטומטיות. במסגרת זה נדרש ניטור בזמן אמת, זיהוי חריגות, וניתוח מגמות לשם קבלת החלטות מושכלות, ביצוע תחזוקה מונעת, ושיפור מתמיד. שימוש בתקשורת תקנית ואחידה (OPC-UA) מאפשר סנכרון מלא בין המכונות, מערכות המידע ושרשרת האספקה.  
בנוסף, במפעל חכם מבוסס תעשייה 4.0, תהליכים רבים נשענים על אוטומציה, רובוטיקה, דיווחים מחיישנים שונים ואלגוריתמים של בינה מלאכותית. לאור זאת, מחלקת התפעול נדרשת לביצוע אנליטיקות תפעוליות שוטפות, לצורך בקרת ביצועים, אבחון תקלות מוקדם, ואימות תקינות המערכות לאורך זמן.

**🚀 מי אנחנו?**

SmartCaps הוא מפעל חכם לייצור **קפסולות קפה בלבד**, באיכות גבוהה ודיוק תעשייתי, תוך שימוש בטכנולוגיות מתקדמות של Industry 4.0.  
הייצור מבוצע תוך התאמה למגוון מכונות קפה בשוק, עם יכולת לספק קפסולות במרקמים, עוצמות וטעמים שונים – כולל התאמה אישית ללקוח.

**✨ מה מיוחד במפעל שלנו?**

1. **כל הקווים מתמקדים בקפה בלבד** – התמחות מעמיקה שמאפשרת שליטה באיכות וחוזק הטעם.
2. **קווי ייצור חצי־אוטומטיים שמשודרגים עם קובוטים** – לשיפור הדיוק והאריזה.
3. **בקרת איכות ב־100% מהמוצרים באמצעות מצלמות חכמות** – ללא צורך בבדיקה ידנית.
4. **תמיכה ב־AR לטכנאים והדרכת עובדים** – זמינות גבוהה, פחות השבתות.
5. **קו ייחודי לייצור בהתאמה אישית – CustomCaps** – מותאם לצרכים ספציפיים של לקוחות עסקיים או מיתוג פרטי.

**⚙️ קווי הייצור במפעל**

| **קו** | **שם** | **סוג ייצור** | **מאפיינים עיקריים** |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | **Espresso Line** | קו סטנדרטי לאספרסו חזק | עוצמה גבוהה, מילוי מדויק, איטום בלחץ גבוה |
| 2 | **Mild Line** | קו קפה רך ונעים | תערובות עדינות, מיועד לקהל שמעדיף קפה קל |
| 3 | **Decaf Line** | קו נטול קפאין | תהליך ייצור מותאם לשימור טעם עם רמות קפאין אפסיות |
| 4 | **CustomCaps** | קו מותאם אישית ללקוח | בחירה של עוצמה, טעם, צבע מכסה, לוגו ועוד |

**🧠 קו ייצור ייחודי – CustomCaps**

קו זה מיועד ללקוחות שמעוניינים בקפסולות מותאמות אישית:

* אפשרות לבחירת עוצמת הקפה (4 רמות), סוג הקלייה, סוג התערובת (ערביקה/רובוסטה).
* התאמה לעיצוב הקפסולה – כולל הדפסה על המכסה.
* הקו כולל מכונות מודולריות, חיישנים מתכווננים, וקובוטים לאריזה מותאמת לפי מפרט הזמנה.
* משולבת מערכת הזמנות אונליין – הלקוח קובע, המפעל מבצע אוטומטית.

1. **שרטטו סקיצה** (מלבנית או איקונים -לבחירתכם) הכוללת את: קו הייצור / מוצר / מפעל או קבוצת מפעלים (בונוס) - **בארץ ובעולם**.
2. **רשמו מאפיינים** של המפעל / הקו / המוצר: מה זה, כמות לחודש, מס' מכונות, מס' עובדים, כמה משמרות, עלות ליחידה, כמות פגומים ב % , מאפייני אחזקה, תשתיות תקשורת, מערכות המידע והאוטומציה הקיימות.
3. ה **FLOW של התהליך** במצב הקיים:

יש פחות אוטומציה, פחות קישוריות דיגיטלית, והסתמכות רבה יותר על עבודה ידנית, בקרת איכות מדגמית, ותחזוקה מונעת או מגיבה.

**פס ייצור קפסולות קפה - מצב לפני תעשייה 4.0**

1. **קליטת חומרי גלם (פולי קפה)**

* **אזור:** רציף פריקה ומחסן קליטה.
* **פעולה:**
  + משאיות פורקות שקי פולי קפה (לרוב באופן ידני או באמצעות מלגזות סטנדרטיות).
  + **שקילה ידנית/חצי-אוטומטית:** שקי הקפה נשקלים על מאזניים, והנתונים נרשמים באופן ידני ביומני קבלה או מוזנים למערכת מחשב בסיסית.
  + **בדיקת איכות מדגמית:** דגימות פולים נלקחות באופן ידני לבדיקה ויזואלית וריח. איכות כלל המטען מוערכת על בסיס דגימה זו.
  + **שינוע לסילו:** פולי הקפה מועברים למחסני סילו או למשטחים באחסון, לרוב באמצעות מלגזות או עבודה ידנית.
* **מאפיינים:** עבודה ידנית, שקילה בסיסית, בדיקה ויזואלית נקודתית, רישום ידני/ממוחשב בסיסי.

1. **אחסון פולי קפה**

* **אזור:** מחסן.
* **פעולה:**
  + פולי הקפה מאוחסנים בסילואים או במכלים גדולים.
  + **בקרת אקלים בסיסית:** תיתכן בקרת טמפרטורה ולחות כללית של המחסן, אך ללא ניטור מדויק בתוך כל סילו.
  + **ניטור מפלס ידני/בסיסי:** כמות הפולים מוערכת לפי נפח או על ידי בדיקה ידנית תקופתית.
  + **ניהול מלאי בסיסי:** מעקב אחר מלאי (FIFO) נעשה לרוב על בסיס רישום ידני או מערכת ממוחשבת שאינה מקושרת בזמן אמת לכל הסילואים.
* **מאפיינים:** ניטור כללי, הערכה גסה של מלאי, היעדר חיישנים פנימיים.

1. **קלייה**

* **אזור:** מחלקת קלייה.
* **פעולה:**
  + פולי קפה מועברים למכונות קלייה (לרוב באמצעות כוח אדם או מערכת שינוע פשוטה).
  + **מכונות קלייה ידניות/חצי-אוטומטיות:** תהליך הקלייה מנוהל לרוב על ידי מפעיל מנוסה, המסתמך על ניסיון ושיפוט אישי. ישנה שליטה על טמפרטורה וזמן, אך ללא פרופילים ממוחשבים מדויקים.
  + **בדיקת איכות ידנית:** המפעיל בודק את צבע הפולים הקלויים באופן ויזואלי ומדגמי.
  + **קירור:** הפולים מועברים ידנית או באמצעות מסוע לקירור.
* **מאפיינים:** הסתמכות על ניסיון מפעיל, בקרת איכות ויזואלית, פחות דיוק וחזרתיות.

1. **אחסון זמני לאחר קלייה ודיגום איכות**

* **אזור:** מיכלי אחסון זמניים ומעבדה.
* **פעולה:**
  + פולי הקפה הקלויים מאוחסנים זמנית במיכלים קטנים.
  + **דיגום ידני ובדיקת איכות:** דגימות נלקחות ידנית ונשלחות למעבדת איכות.
  + **בדיקות מעבדה:** במעבדה, טכנאים מבצעים בדיקות איכות (לחות, צבע, טעימה - קאפינג) באופן ידני או באמצעות מכשירים בסיסיים. ההחלטה על מעבר לשלב הבא מתקבלת על בסיס דגימות אלו, לעיתים עם זמן השהיה משמעותי.
* **מאפיינים:** תהליך ידני, תוצאות בדיקה אינן בזמן אמת, צוואר בקבוק פוטנציאלי.

1. **טחינה**

* **אזור:** מחלקת טחינה.
* **פעולה:**
  + פולי קפה קלויים מוזנים למטחנות.
  + **מטחנות סטנדרטיות:** המטחנות מוגדרות לדרגת טחינה ספציפית, אך ללא בקרת גודל חלקיקים בזמן אמת.
  + **בדיקת איכות ידנית:** דגימות של קפה טחון נלקחות מעת לעת לבדיקת עקביות גודל החלקיקים (לרוב באמצעות נפות או בדיקה ויזואלית).
  + **שינוע:** הקפה הטחון מועבר למיכלי אחסון זמניים באמצעות מסועים או מערכות פנאומטיות פשוטות.
* **מאפיינים:** פחות דיוק, בדיקות מדגמיות, היעדר התאמות אוטומטיות.

1. **מילוי קפסולות**

* **אזור:** קו מילוי קפסולות.
* **פעולה:**
  + קפסולות ריקות מוזנות למכונת המילוי (לרוב על ידי מפעיל או באמצעות מערכת הזנה בסיסית).
  + **מכונות מילוי:** ממלאות את הקפסולות, לרוב בנפח קבוע, ועם בקרת משקל נקודתית.
  + **בדיקת משקל מדגמית:** עובד לוקח קפסולות מהקו באופן ידני ובודק את משקלן במאזניים. קפסולות חריגות נפסלות ידנית.
  + **היעדר הזרקת חנקן:** רוב המפעלים לפני תעשייה 4.0 לא השתמשו בהזרקת חנקן.
* **מאפיינים:** בדיקות מדגמיות, הסתמכות על התערבות אנושית לפסילה, פחות עקביות.

1. **איטום קפסולות**

* **אזור:** חלק ממכונת המילוי או תחנה נפרדת.
* **פעולה:**
  + רדידי איטום מוזנים למכונה.
  + **מכונות איטום:** אוטמות את הקפסולות.
  + **בדיקת איכות איטום ידנית/מדגמית:** עובד בודק ויזואלית קפסולות באופן מדגמי לאיתור פגמים גלויים באיטום. לעיתים מבוצעות בדיקות לחץ פשוטות.
  + **הדפסת נתונים:** הדפסה בסיסית של תאריך ייצור/תפוגה.
* **מאפיינים:** בדיקות ויזואליות, פחות אמינות בזיהוי פגמים נסתרים.

1. **אריזה ראשונית**

* **אזור:** קו אריזה.
* **פעולה:**
  + קפסולות אטומות מועברות למכונות אריזה.
  + **מכונות אריזה בסיסיות:** אורזות מספר קפסולות יחד (לדוגמה, שרוולים או מארזים קטנים).
  + **בקרת כמות ידנית:** עובד בודק ויזואלית או סופר מדגמית את מספר הקפסולות במארז.
  + **בקרת איכות ויזואלית:** בודק את תקינות האריזה (קיפול, סגירה, הדפסה).
* **מאפיינים:** הסתמכות על עין אנושית, פחות דיוק בכמות.

1. **אריזה משנית ושינוע למחסן**

* **אזור:** אזור אריזה וסידור משטחים.
* **פעולה:**
  + מארזים קטנים נאספים ונארזים לקרטונים גדולים יותר (לרוב על ידי עובדים).
  + **הדבקה ותיוג:** תוויות מודבקות באופן ידני או באמצעות מדפסות בסיסיות.
  + **סידור משטחים ידני:** עובדים מסדרים את הקרטונים על משטחים.
  + **שינוע למחסן:** מלגזות סטנדרטיות מעבירות את המשטחים המוכנים למחסן התוצרת הגמורה.
* **מאפיינים:** עבודה פיזית אינטנסיבית, פחות דיוק ומהירות בסידור משטחים, חוסר יכולת מעקב אוטומטי אחר מיקום.

1. **מחסן תוצרת גמורה**

* **אזור:** מחסן.
* **פעולה:**
  + משטחי קפסולות מאוחסנים.
  + **בקרת מלאי ידנית/ממוחשבת בסיסית:** מעקב אחר מלאי מתבצע באמצעות רישומים ידניים או מערכת ממוחשבת בסיסית, ללא נתונים בזמן אמת מפס הייצור.
  + **ליקוט ידני:** עובדים מלקטים הזמנות באמצעות מלגזות ובדיקה ידנית של תאריכי תפוגה ומיקומים.
* **מאפיינים:** יעילות נמוכה יותר, שגיאות אנוש פוטנציאליות, היעדר אופטימיזציה של שטח.

**פס ייצור קפסולות קפה – לאחר יישום תעשייה 4.0**

התהליך מתאר זרימה דיגיטלית ואוטומטית, שבה כל שלב מחובר, מנוטר ונשלט באמצעות טכנולוגיות מתקדמות.

* + 1. **קליטת חומרי גלם (פולי קפה)**
* **אזור:** רציף פריקה אוטומטי ומחסן קליטה.
* **פעולה:**
  + **פריקה אוטומטית:** משאיות מתחברות לרציף פריקה אוטומטי. **רובוטים תעשייתיים** פורקים את המטענים (שקים/מכולות) ומניחים אותם על **רכבים מונחים אוטונומית (AGVs)**.
  + **שקילה ואימות:** ה-AGVs עוברים דרך תחנת שקילה אוטומטית עם **חיישני משקל** מתקדמים, המשדרים נתונים בזמן אמת למערכת ה-**ERP**. **מערכת ראייה ממוחשבת** סורקת את הברקודים/תגי ה-**RFID** על המטענים לאימות מהיר.
  + **בקרת איכות מוקדמת (AI-Powered):** ה-AGVs עוברים דרך תחנה עם **מערכת ראייה ממוחשבת** משולבת ב-**AI** ו**חיישנים ספקטרליים** המבצעים בדיקה אוטומטית ומקיפה של איכות הפולים (צבע, גודל, לחות, זיהוי פגמים זרים או חרקים). נתונים אלו מנותחים על ידי **אלגוריתמי AI** ומועברים למערכת בקרת האיכות ול-ERP.
  + **שינוע לסילו חכם:** **AGVs** או **מסועים אוטונומיים** מעבירים את הפולים שאושרו לסילו המתאים במחסן חומרי הגלם.
* **בקרת איכות:** אימות אוטומטי של כמות ואיכות על בסיס חיישנים ו-AI. כל חריגה מדווחת באופן מיידי.
* **לוח בקרה:** **לוח בקרה מרכזי (Dashboard)** מציג סטטוס קליטה, נתוני איכות, התראות על חריגות וניהול תורי פריקה.
  + 1. **אחסון פולי קפה (מחסן חכם)**
* **אזור:** סילואים חכמים במחסן מבוקר אקלים.
* **פעולה:**
  + **מילוי סילואים אוטומטי:** הפולים מוזנים אוטומטית לסילואים ייעודיים.
  + **ניטור תנאים רציף:** **חיישני טמפרטורה ולחות** רבים בתוך כל סילו מנטרים את התנאים באופן קבוע. **מערכת בקרת אקלים אוטומטית (AI-driven)** מותאמת בזמן אמת לשמירה על טווחים אופטימליים למניעת קלקול ופגיעה באיכות.
  + **ניטור מלאי מדויק:** **חיישני מפלס (משקל/קוליים/רדאר)** עוקבים אחר כמות הפולים בסילו ומעדכנים את מערכת ה-**WMS** ואת ה-**ERP** באופן רציף. המערכת מנהלת את המלאי בשיטת **FIFO** (ראשון נכנס, ראשון יוצא) באופן אוטומטי.
  + **תחזוקה חזויה למבנה:** חיישנים במבנה הסילואים מזהים עייפות חומר או סיכוני קריסה פוטנציאליים.
* **בקרת איכות:** שמירה אופטימלית על איכות הפולים לאורך זמן באמצעות בקרת סביבה מדויקת.
* **לוח בקרה:** מציג מצב מלאי בכל סילו, טמפרטורות, לחות, התראות על סף מלאי, וניתוח צריכה.
  + 1. **קלייה חכמה**
* **אזור:** מחלקת קלייה אוטומטית.
* **פעולה:**
  + **שינוע אוטומטי לפרופיל:** פולי קפה מהסילו המתאים (בהתאם לדרישת פרופיל הקלייה וסדר FIFO) מועברים אוטומטית למכונות הקלייה.
  + **קלייה מבוקרת AI:** **מכונות קלייה ממוחשבות** עם **אלגוריתמי AI** לומדים את פרופילי הקלייה האופטימליים עבור כל סוג פול ותוצר סופי. **חיישנים מתקדמים** (טמפרטורה, לחות, גזים נפלטים, צבע אופטי) מנטרים את התהליך בזמן אמת ומספקים פידבק ל-AI, שמבצע התאמות עדינות אוטומטית.
  + **ניטור אנרגיה חכם:** **מערכת ניטור אנרגיה** עוקבת אחר צריכת החשמל/גז של כל קולה ומבצעת אופטימיזציה של התהליך לחיסכון באנרגיה.
  + **שינוע אוטומטי לקירור:** לאחר הקלייה, הפולים מועברים אוטומטית לפלטפורמות קירור מהירות.
* **בקרת איכות:** קלייה אחידה ומדויקת על בסיס נתונים בזמן אמת ובינה מלאכותית, המבטיחה עקביות בטעם ובארומה.
* **לוח בקרה:** תצוגה גרפית של פרופילי קלייה, סטטוס כל קולה, נתוני צריכת אנרגיה והתראות.
  + 1. **אחסון זמני לאחר קלייה ודיגום ובדיקת איכות מתקדמת**
* **אזור:** מיכלים/סילואים קטנים עם בקרת אקלים ומעבדת דיגום וניתוח אוטומטית.
* **פעולה:**
  + **אחסון ביניים מבוקר:** פולי הקפה הקלויים מאוחסנים זמנית במיכלים עם בקרת טמפרטורה ואפשרות להזרקת גז אינרטי (חנקן) לשמירה על טריות.
  + **דיגום רובוטי:** **רובוט דיגום אוטומטי** לוקח דגימות מכל אצווה שנקלתה ושולח אותן למעבדת ניתוח מתקדמת.
  + **מעבדה אוטומטית (AI-Powered):** מבצעת בדיקות עמוקות: ניתוח פרופיל ארומטי (באמצעות ספקטרומטר), בדיקות כימיות (pH, חומציות, סוכרים), וייתכן שאף "טעימת קאפינג" אוטומטית באמצעות חיישני טעם מתקדמים ו-AI.
  + **החלטת AI:** ה-**AI** מנתח את כל תוצאות הבדיקה ומקבל החלטה אוטומטית אם האצווה עומדת בסטנדרטים ומוכנה לשלב הבא. אצוות שלא עומדות נדחות או מופנות לטיפול נוסף.
  + **שינוע לטחינה:** פולים שאושרו מועברים אוטומטית למחלקת הטחינה.
* **בקרת איכות:** בדיקה מקיפה ואוטומטית של איכות הטעם והארומה של הקפה הקלוי לפני המעבר לשלב הבא.
* **לוח בקרה:** מציג תוצאות בדיקות אצווה, סטטוס אישור/דחייה, וניתוח ביצועי הקלייה.
  + 1. **טחינה חכמה**
* **אזור:** מחלקת טחינה אוטומטית.
* **פעולה:**
  + **הזנה אוטומטית:** פולי קפה קלויים מוזנים למטחנות.
  + **בקרת גודל חלקיקים בזמן אמת (AI-Driven):** **מטחנות אוטומטיות** בעלות יכולת התאמה מדויקת של דרגת הטחינה. **חיישנים אופטיים** ו**לייזרים** מנטרים את גודל החלקיקים בזמן אמת. **אלגוריתמי AI** מבצעים התאמות אוטומטיות עדינות כדי להבטיח את גודל החלקיקים האופטימלי לסוג הקפסולה הספציפי.
  + **מערכת פנאומטית חכמה:** מעבירה את הקפה הטחון באופן מהיר ויעיל למיכלי אחסון זמניים לפני המילוי, תוך ניטור לחץ וטמפרטורת הקפה.
  + **בקרת משקל רציפה:** **חיישני משקל** בקו ההעברה בודקים את משקל הקפה המועבר לוודא עקביות.
* **בקרת איכות:** דיוק אבסולוטי בגודל החלקיקים, המבטיח מיצוי אופטימלי של הקפה בקפסולה.
* **לוח בקרה:** תצוגה גרפית של גודל החלקיקים, התראות על חריגות וסטטוס המטחנות.
  + 1. **מילוי קפסולות מדויק**
* **אזור:** קו מילוי קפסולות אוטומטי לחלוטין.
* **פעולה:**
  + **הזנת קפסולות אוטומטית:** קפסולות ריקות מוזנות למכונת המילוי ממחסן חומרי האריזה באמצעות AGVs או מערכת הזנה אוטומטית.
  + **מילוי מדויק עם משוב (Feedback Loop):** **מכונות מילוי מדויקות** ממלאות כל קפסולה בכמות מדויקת של קפה טחון. **חיישני משקל אינטגרליים** בודקים את משקל הקפה בכל קפסולה באופן פרטני, ושולחים משוב מיידי למכונה כדי לבצע תיקונים (Feedback Loop).
  + **דחייה אוטומטית:** קפסולות עם משקל חריג **נדחות אוטומטית** מהקו ומועברות למיחזור/פסילה.
  + **הזרקת חנקן מדויקת:** **מערכת הזרקת חנקן** מדויקת מבצעת שטיפה בגז אינרטי לפני האיטום, עם **חיישני חמצן** המוודאים שהריכוז בתוך הקפסולה נמצא בטווחים המותרים.
  + **בקרת איכות ויזואלית (AI-Powered):** **מערכת ראייה ממוחשבת** משולבת **AI** סורקת כל קפסולה לפני האיטום לבדיקת מילוי תקין, היעדר חלקיקים לא רצויים, ומיקום נכון של הקפה.
* **בקרת איכות:** דיוק מקסימלי בכמות הקפה ואיכות המילוי, עם דחייה אוטומטית של מוצרים לא תקינים.
* **לוח בקרה:** מציג סטטיסטיקות משקל, אחוזי דחייה, נתוני חמצן והתראות.
  + 1. **איטום קפסולות הרמטי**
* **אזור:** חלק ממכונת המילוי-איטום המשולבת או תחנה נפרדת.
* **פעולה:**
  + **הזנת רדידים אוטומטית:** רדידי איטום (או חומר איטום אחר) מוזנים אוטומטית.
  + **איטום מהיר ומבוקר:** **מכונות איטום מהירות** אוטמות את הקפסולות בצורה הרמטית.
  + **בדיקת איכות איטום מקיפה (AI-Driven):** **חיישני לחץ** ו**מערכת ראייה ממוחשבת** משולבת **AI** בודקים את איכות האיטום של כל קפסולה: איתור קמטים, בועות, סדקים מיקרוסקופיים, עקביות ההדבקה. ה-AI לומד לזהות דפוסים של פגמים ומספק פידבק למכונה לתיקון אוטומטי.
  + **דחייה אוטומטית:** קפסולות עם איטום פגום **נדחות באופן מיידי** מהפס.
  + **הדפסת נתונים מאומתת:** הדפסה אוטומטית של תאריך ייצור/תפוגה/מספר אצווה. **מערכת ראייה ממוחשבת** מאמתת את קריאות הנתונים.
* **בקרת איכות:** הבטחה של איטום מושלם לשימור מקסימלי של טריות וטעם.
* **לוח בקרה:** תצוגה של אחוזי כשל באיטום, סיבות כשל נפוצות, וסטטוס הדפסה.
  + 1. **אריזה ראשונית אוטומטית**
* **אזור:** קו אריזה אוטומטי לחלוטין.
* **פעולה:**
  + **שינוע קפסולות:** קפסולות אטומות מועברות למכונות אריזה.
  + **מכונות אריזה רובוטיות:** **רובוטים** או מכונות אריזה אוטומטיות (לשרוולים/מארזים קטנים) אורזות מספר קפסולות יחד במהירות גבוהה.
  + **בקרת משקל המארז:** **חיישני משקל** מוודאים את מספר הקפסולות המדויק בכל מארז.
  + **בקרת איכות ויזואלית (AI-Powered):** **מערכת ראייה ממוחשבת** משולבת **AI** בודקת את תקינות המארז (קיפול נכון, סגירה, הדפסה נכונה של לוגו/עיצוב).
  + **זיהוי ברקוד/QR:** המערכת קוראת אוטומטית את הברקודים/קודי ה-QR על המארזים ומעדכנת את מערכת ה-**WMS**.
* **בקרת איכות:** אריזה מדויקת, אסתטית ונכונה מבחינת כמות.
* **לוח בקרה:** מציג תפוקת אריזה, אחוזי דחייה, וסטטוס מכונות האריזה.
  + 1. **אריזה משנית חכמה ושינוע למחסן**
* **אזור:** רובוטים לאריזה, קונביירים חכמים.
* **פעולה:**
  + **שינוע רובוטי:** מארזים קטנים מועברים ל**רובוטים תעשייתיים** באמצעות **קונביירים חכמים** (עם חיישני זיהוי וניתוב).
  + **אריזה רובוטית:** **רובוטים לאריזה** מקפלים קרטונים, מכניסים את המארזים לקרטונים, סוגרים ואוטמים אותם.
  + **מערכות הדבקה ותיוג אוטומטיות (AI-Enabled):** מדביקות תוויות עם ברקודים/תגי **RFID** על הקרטונים. **סורקי ברקוד/RFID** מוודאים את תכולת הקרטון ומשדרים נתונים בזמן אמת ל-**ERP**. ה-AI מוודא את קריאות התוויות.
  + **סידור משטחים רובוטי:** **רובוטים לסידור משטחים (Palletizing Robots)** מסדרים את הקרטונים על משטחים בצורה אופטימלית לחיסכון במקום והבטחת יציבות.
  + **עטיפת משטחים אוטומטית:** מכונות עטיפת משטחים אוטומטיות עוטפות את המשטחים בניילון נצמד.
  + **שינוע אוטונומי למחסן:** **AGVs** או **מלגזות אוטונומיות** מעבירות את המשטחים המוכנים למחסן התוצרת הגמורה, תוך תיאום עם מערכת ה-WMS.
* **בקרת איכות:** אריזה נכונה, זיהוי מדויק של כל יחידה, ושינוע יעיל.
* **לוח בקרה:** מציג תפוקת אריזה משנית, ניצול רובוטים, מצב משלוחים פנימיים.
  + 1. **מחסן תוצרת גמורה (ASRS - Automated Storage and Retrieval System)**
* **אזור:** מחסן אוטומטי, מבוקר אקלים.
* **פעולה:**
  + **אחסון ואחזור אוטומטי:** **מערכות ASRS (Automated Storage and Retrieval System)** מאחסנות ואוחזרות משטחי קפסולות באופן אוטומטי ויעיל, תוך אופטימיזציה של שטח האחסון.
  + **ניטור סביבתי:** **חיישני טמפרטורה ולחות** מנטרים את תנאי האחסון במחסן, ומערכת בקרה אוטומטית מבטיחה את הטמפרטורה והלחות המתאימות.
  + **ניהול מלאי מדויק:** מערכת ה-**WMS** מנהלת את המלאי בדיוק גבוה, עוקבת אחר מיקום, כמות ותאריך תפוגה של כל יחידת מלאי, ומבצעת הזמנות ליקוט אוטומטיות.
  + **ליקוט הזמנות רובוטי:** **רובוטים לליקוט הזמנות** מלקטים הזמנות מגוונות של מוצרים שונים.
  + **אינטגרציה עם מערכות הפצה:** המחסן מחובר באופן רציף למערכות לוגיסטיקה והפצה חיצוניות, מה שמאפשר תיאום אוטומטי של משלוחים, תכנון מסלולים יעיל ומעקב אחר המוצר עד ללקוח הסופי.
* **בקרת איכות:** שימור אופטימלי של המוצר הסופי, דיוק בניהול מלאי ומשלוחים.
* **לוח בקרה:** מציג מצב מלאי בזמן אמת, הזמנות פתוחות, ביצועי ליקוט, ותחזית משלוחים.

1. **לבחור 2 קריטריונים (KPI)** מהשרטוט למטה, בהם תתרכזו ואותם תעבירו מהמצב שלהם כיום - ל 4.0

Diagram

Description automatically generated

**✅ שני KPIs נבחרים:**

* + - **Machine Downtime (השבתת מכונות) – שיפור עד 50%**
    - **Quality (איכות) – הפחתת עלויות באיכות ב־10%–20%**

**🎯 KPI 1: הפחתת השבתות מכונה (Machine Downtime)**

**למה זה קל להבנה?**

* כל תקלה = זמן מבוזבז = פחות ייצור.
* אם המכונה מושבתת 5 שעות בשבוע, זה מיד משפיע על כמות הקפסולות שאתה יכול לייצר.

**איך Industry 4.0 פותר את זה?**

* הכנסת **חיישני PdM** (Predictive Maintenance) על גבי מכונות.
* החיישנים מזהים רעידות, חום או שחיקה *לפני* שהתקלות קורות.
* העובדים מקבלים התראה בטאבלט או משקפי AR ומבצעים תיקון מתוזמן.

**חישוב דוגמה:**

נניח שהיום יש **20 שעות השבתה בחודש**.  
אם נצליח להפחית 50% → יישארו רק **10 שעות השבתה**.

**תוצאה:** תוכל לייצר עוד כ־10,000 קפסולות בחודש (בהנחה של 1,000 קפסולות לשעה).  
זה גם שווה **4200 ₪ בחודש** (0.42 ₪ לקפסולה).

**🎯 KPI 2: איכות (Quality) – ירידה בעלויות פגומים**

**למה זה קל להבנה?**

* פחות קפסולות פגומות = פחות בזבוז, יותר רווח.
* פגם אחד בקפסולה = קפסולה לפח + אריזה לפח + בזבוז זמן.

**איך Industry 4.0 פותר את זה?**

* הכנסת **מצלמות ראייה ממוחשבת** בעמדת בקרת האיכות.
* המצלמות מזהות בזמן אמת קפסולה לא תקינה ומסמנות אותה.
* אין יותר תלות בעין אנושית בלבד.

**חישוב דוגמה:**

נניח שהיום שיעור הפגומים הוא **4% מתוך 500,000 קפסולות** → 20,000 פגומים.  
אם נוריד ל־2% בלבד → רק 10,000 פגומים.

חיסכון של **10,000 קפסולות = 4,200 ₪**.

**🧠 הסבר כללי:**

בחרנו דווקא ב־Machine Downtime וב־Quality כי אלו שני מדדים שקל להסביר גם לאנשים שאינם טכניים – והם נוגעים **בלב הפעולה של המפעל**: קצב ייצור ואיכות. בנוסף, הם גם **קלים יחסית לשיפור טכנולוגי** – בלי מהפכה כוללת – אלא בעזרת שני צעדים פשוטים: מצלמות חכמות וחיישני תחזוקה. ההשפעה שלהם ישירה, מדידה ומהירה גם ברמה הכלכלית.

1. מהבחירה הזו תצטרכו להראות איך ע"י החדרת העקרונות של industry 4.0 תפתרו את הבעיות/קריטריונים שהעלתם בסעיף 6 :
   1. **לבחור** מפת הדרכים ליישום (timeline + millstones) לפי אחת השיטות: כוכב הצפון (המכון לייצור מתקדם), IMAM (מוסד שמואל נאמן ) - תאריכים ואבני דרך ליישום
   2. סכמה +תיאור של טכנולוגיות מניעות 4.0 רלוונטיות לפתרון, קישוריות + הגנת סייבר + תובנות אנליטיקה : מח"ג, דרך ייצור/מפעל, לקוח סופי (שרשרת אספקה) + רצפת ייצור – עד ההנהלה.

**🚀 שיטה 1: "כוכב הצפון" – המכון לייצור מתקדם**

| **שלב** | **חודש** | **אבן דרך מרכזית** | **הסבר** |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | יולי 2025 | מיפוי מצב קיים והגדרת בעיות | איסוף נתוני פגומים, זמני השבתה, ביצועים |
| 2 | אוגוסט 2025 | בחירת KPI, הגדרת יעדים ובחירת טכנולוגיות | בוחרים OEE ואיכות; מכינים תכנית שילוב טכנולוגיות |
| 3 | ספטמבר 2025 | הטמעת PdM וחיישני ניטור | מתבצע חיבור למכונות והגדרת פרמטרים לתחזוקה חזויה |
| 4 | אוקטובר 2025 | שילוב קובוטים וראייה ממוחשבת | תפעול ניסיוני של הקובוטים ובקרת איכות אוטומטית |
| 5 | נובמבר 2025 | חיבור MES ו־ERP + AR לטכנאים | אינטגרציה בין מערכות המידע והדרכות אינטראקטיביות |
| 6 | דצמבר 2025 | מדידה מחדש של KPI והפקת לקחים | הערכה כמותית של השיפור (פגומים, OEE וכו') |

מתודולוגיה הדרגתית, ברורה ומתמקדת בתהליך מתמשך של **למידה, הטמעה ושיפור**.

**🧭 שיטה 2: IMAM – מכון שמואל נאמן**

בגישה זו השלב הראשון הוא *הבנה אסטרטגית ותכנון טכנולוגי רב-שכבתי*.

| **שלב** | **מימד** | **מה נעשה בפועל** |
| --- | --- | --- |
| 1 | **אסטרטגיה** | הגדרת מטרת השינוי: הפחתת פגומים, ייעול תחזוקה |
| 2 | **אנשים** | מיפוי מיומנויות, תכנון הדרכות וקורסים לעובדים (כולל AR) |
| 3 | **תהליך** | ניתוח תהליך ייצור קיים, והוספת אוטומציה בנקודות מפתח |
| 4 | **טכנולוגיה** | התאמת טכנולוגיות: קובוטים, PdM, MES, ראייה ממוחשבת |
| 5 | **מדידה** | מעקב רציף אחר KPIs והפקת לקחים – איכות, זמני תקלה, OEE |

מתאים לפרויקטים שרוצים להסתכל על התמונה הרחבה: גם עובדים, גם מערכות, גם תרבות ארגונית.

**סכמה של טכנולוגיות ותיאור שרשרת האספקה המלאה**

**💡 טכנולוגיות נבחרות:**

* **PdM** – תחזוקה חזויה למניעת השבתות.
* **AR** – תמיכה חזותית לטכנאים.
* **קובוטים** – שיתוף פעולה עם עובדים בעמדות אריזה.
* **ראייה ממוחשבת** – בקרת איכות בזמן אמת.
* **MES + OPC-UA** – תקשורת בזמן אמת בין ERP, רצפת ייצור ותחזוקה.
* **Cyber Security** – הגנה על חיבורים בין מערכות.

**🔗 חיבור בשרשרת הערך (מה"ח"ג עד הנהלה):**

**שרשרת אספקה חכמה:**

1. **מחסן חומרי גלם** – מתעדכן בזמן אמת לפי ייצור בפועל.
2. **קו ייצור** – אוטומציה, בקרה, ניתוח ביצועים.
3. **בדיקת איכות בזמן אמת** – מצלמות.
4. **ERP ← MES ← הנהלה** – ניתוח נתונים, קבלת החלטות.
5. **לקוח קצה** – אפשרות למעקב אחר איכות וסטטוס משלוח.
6. האם קיים **מודל עיסקי** לפתרון, מהו ואיך נרוויח מזה יותר כסף?

**1. 🧾 חיסכון תפעולי ישיר (Operational Cost Saving)**

השדרוגים במפעל (ראייה ממוחשבת, PdM, קובוטים וכו’) מפחיתים בזבוזים ומעלים דיוק, למשל:

* **פחות פגומים = פחות פסולים**  
  ירידה מ־4% ל־1.5% פגומים = 10,000 קפסולות נוספות ניתנות למכירה.  
  ↪ בשווי 0.42 ₪ ליחידה → חסכון של 4,200 ₪ בכל חודש.
* **תחזוקה מניעתית במקום תגובתית**  
  פחות תקלות חירום → לא צריך לקרוא לטכנאי באמצע משמרת, אין אובדן תפוקה או השבתת קווים.
* **עובדים משתחררים ממשימות פיזיות פשוטות (בזכות קובוטים)**  
  המשמעות: תפוקת העובד עולה, או שאותו עובד יכול להפעיל כמה קווים במקביל.

**2. ⚙️ שיפור בניצולת ציוד (OEE – Overall Equipment Effectiveness)**

ה-OEE משלב זמינות, יעילות ואיכות. לדוגמה:

* לפני: זמינות 70%, ביצועים 80%, איכות 96% → OEE כולל ≈ **53.7%**
* אחרי: זמינות 90%, ביצועים 85%, איכות 98.5% → OEE כולל ≈ **75.4%**

⬆️ עלייה של כ־22%.  
↪ המשמעות: ייצור יותר קפסולות באותו זמן, בלי השקעה נוספת בתשתיות או עובדים.

**3.🏷️ הצעת ערך חדשה ללקוח – מוצר איכותי יותר = מחיר גבוה יותר**

* לקוח סופי (בית קפה, משרד, צרכן פרטי) מוכן לשלם **יותר על קפסולה יציבה ואחידה**.
* בזכות המצלמות והמכונות המדויקות – הקפסולה לא נסתמת, לא נוזלת, והיא בעלת טעם אחיד.
* אפשר לגבות עוד 0.10 ₪ לקפסולה על “איכות פרימיום”.

↪ על 500,000 קפסולות בחודש → **תוספת הכנסה של 50,000 ₪** בחודש.

**4. 🌍 Scalability – איך מרחיבים את המודל ומרוויחים ממנו עוד**

* המודל של ייצור חכם בקנה מידה קטן–בינוני ניתן **לשכפול ולהטמעה במפעלים נוספים**:
  + מותגים פרטיים (Private Labels) שרוצים קווי ייצור אוטומטיים.
  + חברות שצריכות פתרונות OEM חכמים.
* אפשר להציע את הטכנולוגיה שפיתחתם כמוצר שירות (כמו: "קו קפסולות חכם להשכרה").
* בעתיד אפשר להרחיב לייצור מוצרים נוספים עם אותו קו (כמו קפסולות תה או מרק).

1. פרטו את **התועלות החזויות** למפעל וללקוח בטווח הבינוני והארוך

| **גוף מקבל** | **תועלות בטווח קצר (עד שנה)** | **תועלות בטווח ארוך (2+ שנים)** |
| --- | --- | --- |
| **המפעל** | ✔️ פחות תקלות✔️ ירידה בפגומים✔️ חיסכון בכוח אדם | ✔️ עלייה ברווחיות✔️ שימור עובדים✔️ ייעול מלאי ואחזקה |
| **הלקוח** | ✔️ איכות קפסולה אחידה✔️ אספקה מדויקת יותר | ✔️ אמון במותג✔️ נכונות לשלם יותר על מוצר איכותי |

### KPI – הפחתת השבתות מכונה

אחד היעדים המרכזיים של מחלקת התפעול הוא הפחתת זמני השבתה באמצעות תחזוקה חזויה (PdM). שילוב חיישנים מתקדמים לניטור רעידות, טמפרטורה ושחיקה, מאפשר זיהוי מוקדם של תקלות פוטנציאליות וביצוע תיקונים יזומים במקום תגובתיים. המידע עובר בזמן אמת למערכת MES, וההתראות מוצגות לצוות התחזוקה באמצעות מערכות AR. התוצאה היא זמינות גבוהה יותר של קווים, שיפור במדדי OEE והגדלת תפוקת המפעל ללא צורך בהשקעות תשתית נוספות.

### מודל עסקי – תרומת מחלקת התפעול

מחלקת התפעול תורמת לרווחיות המפעל דרך ייעול מתמיד של תהליכים, הפחתת בזבוזים והגדלת ניצולת הציוד. השימוש בתחזוקה חזויה, שליטה מדוייקת ואוטומטית על בקרת אקלים וניהול מדויק של מלאי, מפחית עלויות תפעול, מונע פגומים ומאפשר ייצור יציב ואיכותי. בכך נוצר ערך מוסף שמאפשר לגבות מחיר גבוה יותר עבור מוצר איכותי, לשמר לקוחות ולהגדיל הכנסות – כל זאת תוך שיפור שולי הרווח והגברת התחרותיות של המפעל.

**הנחיות כלליות:**

1. תבחרו שם לקבוצה - SmartCaps
2. במבנה הארגוני: שם, תפקיד ותמונה כגון:
3. העבודה תוגש בקובץ וורד. את איורים והסכמות ניתן לצייר בפאורפוינט / צייר
4. יושם דגש על: OEE, PdM , OPCUA , אינטגרציה H&V, ההיבט האנושי – איך עוברים את השינוי
5. תאריך אחרון הגשה והגנה : סוף תקופת הבחינות

**✅ 1. OEE – Overall Equipment Effectiveness**

**מה זה?**

מדד שמודד את **ניצולת הציוד הכוללת** לפי שלושה מרכיבים:

* **זמינות** (Availability): כמה זמן המכונה עבדה לעומת כמה זמן הייתה אמורה לעבוד.
* **ביצועים** (Performance): האם המכונה פועלת בקצב האופטימלי.
* **איכות** (Quality): כמה מהמוצרים יצאו תקינים.

**איך זה בא לידי ביטוי בפרויקט שלנו?**

* אנחנו בוחרים את **OEE כאחד ה-KPIs המרכזיים**.
* ע"י PdM, קובוטים ובקרת איכות אוטומטית – נעלה את הזמינות והאיכות → שיפור משמעותי ב-OEE.

**דוגמה:**

לפני: OEE ≈ 53%  
אחרי שדרוג: OEE ≈ 75%  
↪ שיפור בתפוקה של אלפי קפסולות ללא תוספת משאבים.

**✅ 2. PdM – Predictive Maintenance**

**מה זה?**

תחזוקה חזויה שמבוססת על **נתונים בזמן אמת** כדי לחזות תקלות מראש (לפני שהן קורות).

**איך מיישמים במפעל הקפסולות?**

* מתקינים **חיישני רטט, טמפרטורה, זרימה** על המכונות.
* החיישנים שולחים נתונים למערכת בקרה.
* כשנרשמת חריגה, נשלחת התראה לאחראי התחזוקה (בטאבלט / משקפי AR).

**יתרונות:**

* פחות השבתות פתאומיות
* פחות צורך בתחזוקת חירום
* עלייה בזמינות מכונה → שיפור ישיר ב-OEE

**✅ 3. OPC-UA – תקשורת חכמה בין מערכות**

**מה זה?**

פרוטוקול תקשורת תעשייתי **מאובטח ואחיד** שמאפשר חיבור בין:

* מכונות (OT)
* מערכות מידע (IT)
* MES ↔ ERP ↔ PLC

**איך מיישמים אצלנו?**

* מחברים את קווי הייצור (בקרי מכונות) למערכת MES ולמערכת ERP.
* אפשר לקבל **מידע חי** מהקו (כמו כמה קפסולות יוצרו, כמה נדחו) ישירות לדשבורד ניהולי.

**תוצאה:**

* ניהול מבוסס נתונים
* אין יותר רישום ידני
* שליטה בזמן אמת

**✅ 4. אינטגרציה בין H (Human) ל־V (Virtual)**

**הכוונה:**

* **H** – עובדים, תפעול אנושי, ידע וניסיון.
* **V** – מערכות מידע, סימולציות, נתונים, אוטומציה.

**איך משלבים?**

* עובדים משתמשים ב־**AR** לתחזוקה/למידה (משקפי HoloLens).
* מפעילים לא מבצעים רק פעולה פיזית – אלא **מפקחים על מערכת דיגיטלית**.
* כל תחנה בקו מקבלת גם **תמיכה ויזואלית ומידע ב־זמן אמת**.

**דוגמה אצלנו:**

* עובד שעובד עם קובוט – מקבל נתוני ביצועים בזמן אמת על מסך.
* טכנאי לא נדרש לזכור מדריך, אלא רואה אותו בהולוגרמה.

**✅ 5. ההיבט האנושי – איך מתבצע השינוי**

**אתגר:**

* לא כל עובד מתלהב מהכנסת אוטומציה.
* יש חשש מ"החלפת עובדים" או "מורכבות טכנולוגית".

**מה עושים בפרויקט שלנו:**

1. **שלבי הטמעה הדרגתיים** – לא משנים הכול בבת אחת.
2. **הדרכות פרקטיות** – AR, סימולציות, ליווי של כל שינוי.
3. **שיתוף עובדים בהחלטות** – עובדים מביעים דעה ומשפיעים.
4. **הצגת יתרונות אישיים** – למשל:
   * פחות עומס פיזי
   * פחות תקלות שצריך להתמודד איתן
   * יותר מעורבות טכנית (עניין, גיוון)

**סיכום:**

יישמנו את כל מרכיבי סעיף IV כדי להבטיח שיפור טכנולוגי שהוא לא רק חכם – אלא גם אנושי. ה-OEE עלה, זמן השבתה ירד, אבל לא פחות חשוב – העובדים הפכו לחלק מהשינוי ולא נפגעו ממנו. כך תעשייה 4.0 לא רק מייעלת, אלא גם *מחזקת את הקשר בין אדם למכונה*.

תעבדו כצוות, תעברו על החומר שלמדתם, תשאלו אותי באופן מרוכז (על בחירה שלכם ואבני דרך שנקבע), בעיקר תפעילו את הראש ומה שהגיוני.