



# הסיפור המוטעה על תנועה מכוח לכוח

און ברק

בניגוד לתפיסה הרווחת, למעבר חד וחלק למקורות אנרגיה חדשים אין כל תקדים היסטורי. אימוצם של מקורות אנרגיה חדשים אמנם הגדיל את הסל הכולל של מקורות האנרגיה ויצר מצג של שינוי, אבל בדרך כלל הוא דווקא הגביר את התלות במקורות הישנים במקום להפחיתה. קיים חשש של ממש שאנו מספרים לעצמנו סיפור מוטעה לחלוטין, שמחזק את הדחיינות המונעת מאיתנו לפעול מייד למיגור פליטות הפחמן

אפריל 2023

הקשר בין שרפת דלקי מאובנים ובין ההתחממות הגלובלית ושינוי האקלים מוכר עוד מהמאה התשע-עשרה. ב-1896 הצביע עליו המדען השוודי סְוֹנְטֶה ארניוס, שפעילת האקלים גרטה תונברג היא קרובה רחוקה שלו. פחות משני עשורים אחר כך, גם קוראי עיתונים בערבית ברחבי אזורנו כבר הכירו את המונח "שינוי האקלים" (תבאדל אלמנאח') ואת הקשר בין שרפת פחם לאפקט החממה. [1]

לאורך רוב המאה העשרים היה אפשר להתעלם מהסכנות הכרוכות בשרפת פחם, נפט וגז טבעי או להניח שהן יתגשמו רק בעתיד הרחוק, אבל בשנות השבעים החלו להישמע בקהילה המדעית עוד ועוד קולות שהסבירו שהסכנה קרובה הרבה יותר. אלא שהידיעה הזאת לא הובילה לפעולה. ההפך הוא הנכון: מאז 1970 גדל היקף השרפה של דלקי מאובנים בכ-90%. מחצית מכמות גזי החממה הנמצאים כיום באטמוספירה נפלטו אליה רק ב-25 השנים האחרונות, שבהן כבר שרר קונסנזוס מדעי גורף ונחרץ בדבר הצורך בהפחתת פליטות גזי החממה וסילוק הפחמן ממערכת האנרגיה העולמית.

את ההתעלמות של הציבור ומקבלי ההחלטות מהסכנה הברורה והמיידית שעליה הצביעו המדענים אפשר לזקוף, במידה רבה, לחובת קמפיין מתוחכם ועתיר משאבים של הכחשה מכוונת שמימנו וניהלו חברות הנפט ובעלי עניין נוספים. כיום, כשכבר אי-אפשר להתעלם ממשבר האקלים, גם ההכחשה משנה

את פניה. חברות הנפט, שהכירו היטב את הסכנות הגלומות במוצר שלהן מאז שנות השבעים, מציעות לנו כעת להשתמש במחשבוני טביעת רגל פחמנית אינדווידואלית, במטרה להסיט את האחריות למשבר אל רמת הפרט ולמנוע את הרגולציה הממשלתית הדרושה. ההתמקדות בבחירות אישיות, בדפוסי תזונה או בדפוסי תנועה פוטרות מאחריות את האחראים האמיתיים ואת המזהמים הכבדים. חלק מהחברות אף מותגו לאחרונה מחדש כ"חברות אנרגיה" - לצד הנפט הממשיך לזרום בשצף מהבארות הן מושקעות גם באנרגיות מתחדשות ובטכנולוגיות ירוקות, ומאמצות אותן בהדרגה, עקב בצד אגודל.

פרנסי חברות הדלקים הפוסיליים, ורבים אחרים המעוניינים לשמר את צורת החיים הקיימת - אף שזו בעליל אינה בת קיימא - טוענים שהדרך הטובה ביותר למתן את המשבר (על היחלצות מלאה ממנו איש אינו מדבר עוד) היא קידום "מעברי אנרגיה", כלומר החלפה של הדלקים המזהמים במקורות אנרגיה מתחדשים. אם החלפנו מקורות אנרגיה בעבר, מדוע לא נעשה זאת שוב? אולם למעבר חד וחלק למקורות אנרגיה חדשים אין כל תקדים היסטורי. למעשה, ההפך הוא הנכון. עד כה, אימוץ מקורות אנרגיה חדשים אמנם הגדיל את הסל הכולל של מקורות האנרגיה ויצר מצג של שינוי, אך בדרך כלל הוא דווקא הגביר את התלות בכוחות הישנים במקום להפחית. קיים אפוא חשש של ממש שאנו מספרים לעצמנו סיפור מוטעה לחלוטין על תנועה מכוח מניע אחד למשנהו במתווה של שיפור תמידי והחלפה מלאה; שנפלנו שבי במקסם שווא, הנוטע בנו תחושת ביטחון מזויפת ומחזק את הדחינות המונעת מאיתנו לפעול מייד ובנחישות מתוך ההכרה שמה שלא נעשה היום יהיה קשה כפליים מחר.

בדברים הבאים אתאר כיצד "מעברי אנרגיה" היסטוריים היו בפועל מתכון להגברת פליטות גזי חממה ולא להפחתתן. אראה מדוע אנו כה מתקשים להכיר בכך, ואתעכב גם על כמה מהצעדים הקשים אך המתבקשים הנזירים מתמונת מצב היסטורית מציאותית יותר.

## האוטופיה של "מעברי אנרגיה"

מקורותיו של הסיפור המוכר על המעבר מכוח לכוח נמצאים בכתביהם של היסטוריונים בריטיים בני המאה התשע-עשרה כארנולד טוינבי, כאלה שחוו את המהפכה התעשייתית על בשרם. זהו נרטיב שנדבכים חשובים שלו ממשיכים להתקיים עד היום. לפי נרטיב זה, לפני העת החדשה התבססה החברה האגררית על כוחות המים והרוח, ובעיקר על כוחות שריריהם של בעלי חיים ובני אדם שעסקו בעבודה פיזית מאומצת. אולם עם המהפכה התעשייתית, במהלך פלאי של דאוס אקס מכינה, הוחלף משטר האנרגיה הטרומודרני הזה בכלכלת הפחם, שהעלתה את האנושות על מסלול חדש לחלוטין כשהומצא מנוע הקיטור; הטכנולוגיה החדשה ייתרה לחלוטין את הצורך בכוחות סוס או אדם וחסכה עמל וזיע. בגרסאות הביקורתיות יותר של הסיפור, עולם הפחם לא היה גן של ורדים והוא זוהה לעיתים קרובות עם עבודת ילדים נצלנית במכרות ובפסי ייצור מנוכרים. כך או כך, העידן התעשייתי המפוחם שטף בסערה כל זכר לעולם האתמול המנומנם.

העלילה מסתבכת במאה העשרים, שבה חלה לכאורה תפנית חדה נוספת במסילת ההיסטוריה, כאשר הכלכלה העולמית עברה באחת להתבסס על נפט ועל מנועי בעירה פנימית במקום על פחם ומנועי קיטור. ברגע זה, כך מספרים לנו, נטשה האנושות את הפחם ואימצה אל ליבה בחום את הנפט, והוא היה לכוח

המניע העיקרי של הדהרה המסחררת של המאה העשרים. גם הקדמה המתודלקת בנפט לא הייתה בהכרח דבר טוב, אפילו לפי הסיפור המוכר: טנקים, מטוסים ומשחתות, למשל, היו אמצעי תחבורה חדשים מבוססי נפט, והם מילאו תפקיד מכריע בשתי מלחמות העולם. אך בין שהקדמה טובה ובין שהיא רעה, לפי הנרטיב הזה היא הותירה את עולם הפחם הרחוק מאחור, אי שם בין דפי הספרים של צ'רלס דיקנס ובעולם האתמול המפויח של מנקי הארובות היתומים שלו.

כעת, ממשיך הסיפור, אנו צועדים לעידן הפוסט-נפט, שיתאפשר בזכות הישענות הולכת וגוברת על גז טבעי, שבתורו ישמש "דלק מעבר" לאנרגיות מתחדשות. בכל יום שחולף רותמת האנושות עוד אנרגיית שמש בפאנלים סולריים ולוכדת את כוח הרוח בחוות שבשבות. את הנהרות אנו כבר סוכרים ואף רותמים את כוח המים בתחנות הידרואלקטריות, וגם את כוח הגלים אפשר להתמיר לאנרגיה שימושית. אם זהו הרקורד ההיסטורי של השימוש האנושי באנרגיה, כך מסופר, אזי אין ספק שהתושייה האנושית והמסלול ההיסטורי הזה יביאו אותנו לבסוף לחוף מבטחים של עולם דל פחמן שמאורגן בעזרת טכנולוגיות ירוקות כדבעי.

הבעיה היא שכמעט שום דבר ממה שנכתב כאן לא התרחש במציאות ההיסטורית המוכרת כפי שהיסטוריונים מבינים אותה כיום. למעשה, עידן הפחם ממשיך לתוך ההווה, ואנו עדיין תקועים עמוק בארובותיו. אמנם, אם מתבוננים על מקורות האנרגיה השונים כעל "עוגה" סטטיסטית אפשר לשמוח בכך שחלקם של מקורות אנרגיה מתחדשים בתמהיל הכללי עולה בהתמדה, בעוד חלקו היחסי של הפחם יורד קמעה במקומות מסוימים, בעיקר במערב אירופה ובצפון אמריקה. אבל אם בוחנים את הסוגיה לא באופן יחסי אלא באופן מוחלט, רואים שהאנושות דווקא שורפת יותר ויותר פחם, ובשנים האחרונות חלה עלייה אבסולוטית בזיהום פחמי, בעיקר בענקיות כהודו וסין ובשאר מזרח אסיה. למעשה, אף שהאנושות מפיקה יותר אנרגיות ממקורות מתחדשים בכל שנה שחולפת, הדלקים הפוסיליים - פחם, נפט וגז "טבעי" (כאילו פחם ונפט הם טבעיים פחות) - עדיין שולטים ביד רמה בשוק האנרגיה וחולשים על כ-84% מתמהיל האנרגיה הכללי. בעשור האחרון סך כל האנרגיה מדלקים מזהמים שכאלה גדל משמעותית ועלה מ-116,214 טרה-ואט-שעה ל-136,761 טרה-ואט-שעה. גם בתוך סל הדלקים הפוסיליים עצמו, חלקו של הפחם - שהוא הדלק המחצבי המזהם ביותר - רק גדל. למעשה, 2021 הייתה שנת שיא עולמי בכרייה ובשרפה של פחם. כך שהדיבור על גמילה מפחם נראה תמוה: לא זו בלבד שאיננו צועדים לקראת עידן הפוסט-נפט, אלא נותרנו שבויים בכבלי הפחם, וכפי שנראה - גם בכבלי צורות חשיבה אחרות שנולדו במאה התשע-עשרה.

מצב העניינים האמור נכון גם לגבי הכוחות שהפחם עצמו החליף כביכול במהפכה התעשייתית, ושלמעשה רק הלכו והתחזקו. ניקח למשל את המנוע העיקרי של התקופה הקדם-תעשייתית - חיות משא, תעבורה ומשק: סוסים ופרדות במערב אירופה, וגמלים, חמורים ותאואי מים באזורנו. לאורך המאה התשע-עשרה הלך וגדל מספרן של החיות המבויתות הגדולות, ובשנת 1900 הוא הגיע ל-1.3 מיליארד. מאה שנה מאוחר יותר כבר הגיע מספרן ל-4.3 מיליארד. נסיקה זו חפפה לשינוי בתפקידן של החיות ולהפיכתן ממנוע (כבהמות עבודה) לדלק (כמזון). גם תמורה זו תודלקה על ידי פחם: ספינות קירור, שהיו בה בשעה בתי מטבחים ניידים, שינעו פרות, כבשים וחיות מאכל אחרות מארגנטינה או מאוסטרליה לאירופה או למזרח התיכון. מעבר לשינוע הבשר, במשלוחים חיים או מתים, טכנולוגיות

מוסקות פחם כמו מכוונות קרח ומקררים שאפשרו שימור בשר חוללו שינוי גורף בתזונה העולמית ואפילו בפיזיולוגיה של בעלי חיים, בקנה מידה שייצג קפיצה כמו־אבולוציונית. שריר של חזיר או פרה שממנו מופקת כיום אומצה "משוישת", משורגת רקמות שומן, לא היה קיים בתחילת המאה התשע־עשרה, והדבר נכון גם לתצורת חזה התרנגולת שממנו אנו מפיקים את השניצל. אם בעוף עסקינן, לצד הפלסטיק והאיזוטופים הרדיואקטיביים שאנו מותירים אחרינו בשכבת הסלע ואפילו במעמקי הים, אחת מטביעות הרגל הסביבתיות המוחשיות ביותר שימצאו הגיאולוגים שיחקרו מאובנים בעתיד (אם בכלל יהיו חוקרים כאלה) היא שרידי טריליונים רבים של עצמות עוף שאנו משאירים אחרינו - זוהי אחת המורשות הברורות ביותר של האנושות על כדור הארץ. מבעד לעדשה זו, ישראל, המחזיקה בשיא הצריכה העולמי המפוקפק של יותר משבעים קילוגרם עוף לנפש בשנה, תצטייר אולי כמעצמה חשובה.

כך או אחרת, בעיניים סביבתניות, המתעניינות יותר בכמויות של גזי חממה באטמוספירה ופחות בהישגים סטטיסטיים, מתברר שלמרות ההתפתחות המרשימה בניצול אנרגיות לא מזהמות, לא זו בלבד שנותרנו עמוק בעידן הפחם אלא עודנו אחוזים בעידנים שקדמו לו, מבוססי אנרגיית השריר. המסקנה המתבקשת היא שאי־אפשר לתחום את עידן הפחם בזמן למאה התשע־עשרה. כלכלת הפחמן שקנתה לה אחיזה בתקופה ההיא הניחה למעשה את התשתית ל"עידן הנפט" שלכאורה החליף את הפחם, אך למעשה זרם בטביעות לנעליו השחורות. בקיצור, בראייה סביבתית אפשר לטעון שהקיטור והפחם, והנפט שבא בעקבותיהם, לא ייתרו את ההתבססות על כוחות של בעלי חיים ושל בני אדם ועל מקורות אנרגיה קיימים, אלא להפך - הם גרמו להתרחבות ולהעשרה של סל הדלקים שלנו ולהתעצמות אנרגטית, במקום להתניע תמורות או מעברים בין משטרי אנרגיה.

## זרועה הארוכה של המאה התשע־עשרה

אם כן, מדוע וכיצד שכנענו את עצמנו שהאנושות נמצאת על המסלול הנכון של "מעברי אנרגיה", שיובילו לבסוף אל האופק הנכסף של כלכלה נטולת פחמן? כמו את שורשיו של תמהיל מקורות האנרגיה הנוכחי, גם את התשובה לשאלה זו יש לחפש במאה התשע־עשרה. מתברר שלא רק נותרנו תלויים במקור האנרגיה של אותה תקופה, אלא עודנו גם שבויים בקסמן של כמה מהתפיסות התרבותיות, המדעיות והגיאופוליטיות הפשטניות שלה. תפיסות העולם ההיסטוריות הללו ממשיכות לשבש את בוחן המציאות שלנו גם כיום. חוסר יכולתנו להכיר בכך קשור בתפיסה מודרנית של זמן ובאתוס של קדמה, שלפיהם ההיסטוריה האנושית אינה תנועה מעגלית, כפי שהאמינו מחשבי קיצין שהמתינו לשיבת המשיח, אלא חץ שלוח אל העתיד. שורשיו המוקדמים של אתוס הקדמה שלנו נעוצים קודם למאה התשע־עשרה, אבל במאה זו הוא קנה לו אחיזה איתנה ורחבה, בין היתר בשל מורשות המהפכה התעשייתית.

בין המורשות האמורות אפשר למנות את ההנחה שהמערב תמיד בראש. תסביכי העליונות המערבית גם הם לא נולדו במאה התשע־עשרה, אולם עד שנת 1800 לערך מדדים כגון תוחלת החיים, קדמה טכנולוגית או גיוון התזונה של האוכלוסייה במקומות שונים בעולם, ובוודאי מדדים אובייקטיביים פחות כגון תחכום תרבותי ואמנותי, הקשו על נוצרים ממערב אירופה להתנאות בעליונות טוטלית על פני תרבויות אחרות, ועל פי רוב הם הסתפקו בטיעון שדתם ותרבותם הן שהופכות אותם למוסריים יותר ולפיכך

למוצלחים יותר. אבל במאה התשע-עשרה, כאשר החל שימוש נרחב בטכנולוגיות כמנוע הקיטור, רכבות וספינות קיטור - מכשירים שאף שימשו יותר ויותר בשירות האימפריאליזם - שינה הדבר את שיח העליונות האירופי ושיווה לו צביון טכנולוגי. מכונות הפכו לא רק למכשיר של עוצמה והתפשטות טריטוריאלית, אלא גם לאבן הבוחן שהדגימה את יתרונם הברור של האירופים על פני שאר התרבויות. הטכנולוגיות החדשות אפשרו לאירופים לתרגם את היתרון המוסרי שייחסו לעצמם גם לזירות אחרות, חילוניות ואובייקטיביות יותר. מנועי הקיטור, למשל, נתפסו כ"עבדי אנרגיה" שיחליפו את ההתבססות המשפילה על שעבוד של בני אדם, המכתים מוסרית את בעלי העבדים. חשוב לציין שגם לא-אירופים רבים - באימפריה העותמאנית, בתת-היבשת ההודית או בסין - היו שותפים לדעה לגבי היתרון הטכנולוגי של המערב ולגבי השלכותיו החברתיות הרחבות יותר. אלה גם אלה הניחו שמדינות מערב אירופה וצפון אמריקה נמצאות בחזית ההיסטוריה, בחוד של חץ הקדמה, ושכל המקומות האחרים ילכו במוקדם או במאוחר בעקבות אנגליה, צרפת או גרמניה.

אם המערב מסמן את הכיוון שאליו צועדת ההיסטוריה האוניברסלית, בעיקר מבחינה טכנולוגית, אזי בעיני רבים ההפחתה העקבית שחלה בשנים האחרונות בהתבססות מדינות האיחוד האירופי וארצות הברית על פחם היא הכיוון שאליו יצעדו בהכרח גם מדינות אחרות. אך המציאות, כאמור, שונה בתכלית: הודו, סין ומדינות אחרות שאוכלוסייתן גדולה או רמת התיעוש בהן גבוהה, ואשר משמשות בתפקיד הקטרים החדשים המושכים כיום את הכלכלה העולמית, רחוקות משיטוח של עקומת השימוש בפחם ובוודאי מצמצום התלות במחצב המזהם הזה. אבל אנחנו לא נותנים לעובדות כאלה לבלבל אותנו ולשבש את האמונה שהמערב הוא עמוד האש שמראה תמיד את הדרך קדימה.

התקוות שמעורר הצמצום היחסי של השימוש בפחם במערב הן סימפטום של הטיה רחבה יותר, שאפשר להגדירה כריאליזם סטטיסטי. מדע הסטטיסטיקה נולד עוד קודם לכן, אבל המאה התשע-עשרה הייתה הרגע המכריע שבו אנשים התחילו לתת אמון במספרים ובמאגרי נתונים במקום בחוויות אישיות, ואלה בתורן הלכו ונתפסו כסובייקטיביות ולפיכך כבלתי תקפות. אובייקטיביות מכניסטית חדשה שלטה עכשיו בכיפה ודחקה הצידה צורות חלופיות של הכרת העולם. בניית בנק נתונים גדול של דפוסי רוח, שבוסס על יומני קברניטים, עזרה למשל לקדם את הטכנולוגיה החדשה של ספינת הקיטור - כלי שיט שלעולם אינו נתקע בלב ים כשהרוח שוככת. ההגמוניה של הנתונים ניכרה בתחומים רבים, החל בתחזית מזג האוויר וכלה בדרכים לכתיבת ספרות יפה. אבל גם אם החוויה האנושית הייתה ועודנה מושא מובהק למניפולציות שונות ומשונות, הדבר נכון גם לגבי מאגרי נתונים; כך, שינויים בשיעור יחסי הפכו חשובים יותר מאשר גידול אבסולוטי.

קשה לחשוב על דוגמה מובהקת ורלוונטית יותר לענייננו מאשר ענף חישובי הפליטות. בשנים האחרונות, כשכבר אי-אפשר להכחיש את משבר האקלים או את הצורך בדה-קרבוניזציה, חברות וגופים רבים אימצו את המונח net zero, שפירושו אפס פליטות נטו. ההנחה המובלעת במונח זה היא שכל עוד בתחשיב הכללי סך גזי החממה שנפלטים לאטמוספירה אינו עולה על סך הגזים שנספחים ממנה, אין צורך לחתור לאפס פליטות במונחים אבסולוטיים. לפי ההיגיון הזה, מכיוון שהאטמוספירה היא סל גלובלי אחד, מפעל יכול להמשיך לפלוט גזי חממה כל עוד הוא משקיע בנטיעת עצים שיספחו כמות שווה של גזי חממה, אפילו בצד השני של כדור הארץ. כך, בעידוד יוזמות של סחר בזכויות זיהום שראשיתן עוד

באמנת קיוטו ב-1997, הלכה האטמוספירה והפכה לבורסה ענקית שכפופה להיגיון חשבונאי קפיטליסטי. אבל בהיעדר גופים בינלאומיים מפקחים, איש אינו יכול להבטיח שעץ שניטע כדי לקזז את פליטות הפחמן הדר-חמצני של מפעל כלשהו אינו נמכר שוב ושוב לקיזוז פליטות נוספות, ואינו נכרת זמן קצר אחרי שנרשם ככופר פחמן. יתרה מזו, ייעור דורש כמות אדירה של קרקע פנויה; לפי הערכות, גודל השטח הדרוש לספיחת גזי החממה הקיימים נע בין 25% ל-80% מכלל הקרקע החקלאית בעולם. עתודות קרקע דרושות גם לפרישת פאנלים סולריים ושבשבות רוח. מחקר של אוניברסיטת פרינסטון שנערך ב-2020 העריך כי בארצות הברית לבדה, השטח הדרוש לצרכים אלו שווה בגודלו לשטחן המשולב של ארקנסו, אייווה, קנזס, מיזורי, נברסקה, אוקלהומה ומערב וירג'יניה, וכן כל השטח הימי המשיק לחופי האוקיינוס האטלנטי. האם אפשר לדמיין עולם שממשיך לפלוט גזי חממה בקצב הנוכחי ובה בשעה מבטיח תזונה לאוכלוסייה הגדלה? מתברר שכן: הסטטיסטיקה מזינה את הפנטזיה הזאת ומספקת שלל תעלולים חשבונאיים שמאפשרים להתעלם מהמציאות הפשוטה - מן ההכרח לצמצם פליטות, ולא לטפח תקוות שווא לגבי האפשרות לקזז את הפליטות בעזרת ייעור או טכנולוגיות חדשניות של ספיחת פחמן מהאוויר. אמנם קיימים אבות טיפוס של מכשירים סופחי פחמן, אבל הפעלתם בקנה המידה הדרוש ובטווחי הזמן הרלוונטיים היא בגדר מדע בדיוני.

משום מה, את הגידול התמידי בפליטות גזי החממה, המשקף גם את ההנחה הקפיטליסטית הבסיסית שלפיה יש צורך בצמיחה כלכלית בלתי פוסקת, אנו מקבלים כנתון במקום לראותו כמשהו שיש לשנותו מייד. זה כמה שנים שאנו יודעים לזהות את מאה החברות האחראיות ליותר מ-70% מפליטות גזי החממה הגלובליות. בפילוח אחר, ידוע שהאחוזון העשיר ביותר של אוכלוסיית כדור הארץ אחראי לבדו לפי שניים יותר פליטות גזי חממה מאשר 3.1 מיליארד האנשים המהווים את מחצית האנושות הענייה ביותר. מדיניות של הפחתת פליטות חייבת להתמקד במזהמים הגדולים הללו.

סיבה חשובה נוספת לתעתוע התודעתי המשכנע אותנו בהיתכנותם של מעברי אנרגיה חדים וחלקים היא סדרת מוסכמות שגויות לגבי ההיסטוריה של הטכנולוגיה, וההנחה שבחלוף הזמן הולך ומשתפר המכשור שברשותנו ומחליף מכשירים ישנים וטובים פחות. אולם גם ההנחה שטכנולוגיות חדשות מחליפות טכנולוגיות ישנות אינה עומדת במבחן המציאות ההיסטורית, לפחות לא במובן המקובל של "להחליף". גם כאן המהפכה התעשייתית מספקת כמה דוגמאות מוצלחות. לפי התפיסה הרווחת לגבי מיכון בכלל ולגבי מנוע הקיטור בפרט, "מכשירים חוסכי עבודה" אלו ייתרו את הצורך להתבסס על שריריהן של חיות ועל כוח אדם אנושי (רעיון דומה לזה של הרובוטיזציה בענפי תעשייה רבים במאה העשרים ואחת). כלומר, הרכבת, ואחריה המכונית הפרטית, הן כרכרות ללא סוסים, וספינת הקיטור היא כלי שיט ללא חותרים. יש בכך כמובן לא מעט אמת, אך חשוב לזכור שכאשר מפרשיות החליפו סירות משוטים, החותרים אמנם נעלמו בסופו של דבר, אולם חלה עליה תלולה במספר המלחים שגויסו בכפייה לאייש ולתפעל מערכת מסתעפת של תרנים ומפרשים בספינות שהלכו וגדלו וגם התרבו. במאה השמונה-עשרה היה מספרם של יורדי ים אלו גדול הרבה יותר מסך כל החותרים שאיישו כלי שיט בעבר; למעשה, הם היו קבוצת עובדי הכפייה השנייה בגודלה במערב, ורק אוכלוסיית העבדים האפריקנים עלתה עליה במספר. תובנה זו נכונה גם לעידן הקיטור: מספר המלחים שעבדו על הסיפון או טיפסו על התרנים אמנם קטן אז, אבל בה בעת חל גידול תלול במספרם של מטעיני פחם מסיקי דוודים שאפשרו את

תנועתן של הספינות בעבודתם הסמויה מתחת לסיפון, וכמובן במספרם של כורי הפחם, שאפשרו תנועה זו בעמלם מתחת לאדמה. אולם רחוק מהעין רחוק מהלב: הפיצול בין העבודה המושקעת בכרייתם ובין זו המושקעת בשרפתם, פיצול שהוא אינהרנטי לדלקים פוסיליים, אפשר להתעלם מעמלם של יותר ויותר בני אדם.

אבל עידן הפחם לא הביא עימו רק גידול במקצועות חדשים כמטעיני פחם ומסיקי דוודים. ככל שגדל מספרן של ספינות הקיטור כך גדל גם מספר הטכנולוגיות הישנות שספינת הקיטור החליפה לכאורה, אך דרבנה והעצימה למעשה. הדבר נכון לגבי המפרשיות ששטו בעבר לציידן של ספינות קיטור ושינעו סחורה ונוסעים מנמלים מרכזיים ועמוקים לנמלים פריפריאליים ורדודים יותר - באזורנו הם נקראו "בִּנְאָדֶר", או "בִּנְדֶר" ביחיד - שאליהם לא הפליגו ספינות הקיטור, מטעמים כלכליים או בשל גודלן. אך גם במקרים שבהם טכנולוגיות קיימות ננטשו לבסוף, אך התהליך זמן רב, ובתחילתו ההתבססות על הטכנולוגיות הישנות דווקא גדלה לפני שדעכה. לדוגמה, מספרן של סירות החותרים גדל מאוד בעשורים הראשונים של עידן הקיטור, כפי שיודע כל מי שמכיר את ההיסטוריה של נמל יפו. סירות כאלה שינעו פרי הדר מפרדסי מישור החוף אל ספינות שעגנו במים עמוקים יותר, ובדרך חזרה הובילו מהגרים יהודים מסיפונייהן הצפופים אל חופי ארץ הקודש. הדפוס הזה נכון גם לגבי היחס בין רכבות לשיירות גמלים: האחרונות לא נעלמו, אלא דווקא התרבו מאוד והחלו לנוע לאורך מסילת הברזל. מספר כרכרות הסוסים בלונדון גדל כמה מונים אחרי הופעת החשמלית והמכונית הפרטית, והדבר נכון גם לגבי קהיר ומספר החמורים בה ומספר הנערים שנהגו בהם. אמנם במהלך המאה העשרים נעלמו בהדרגה חיות רבות מהנוף העירוני (במרחבים כפריים הדבר נכון פחות, ותאואי מים מתחרים בטרקטורים בהצלחה רבה במרחבי הדרום הגלובלי גם כיום), אולם התהליך נמשך כמה עשורים, כך שקשה לאפיינו כמעבר אנרגיה חד, חלק ומהיר - ובוודאי לא כמהלך מהיר דיו, אם נקיש להקשר העכשווי.

עד סוף המאה העשרים, חקר ההיסטוריה של הטכנולוגיה תרם רבות ליצירת הרושם השגוי שלפיו ההיסטוריה היא רצף של דילוגים מהירים בין תחנות. היסטוריוגרפיה זו התמקדה בהמצאות ובממציאים, ובתמורות החברתיות, הכלכליות והפוליטיות הדרמטיות שהביאו עימם מכשירים ותשתיות חדשים. אולם למרות קווי פרשת המים של ההמצאות החדשות, התהליך שהביא אותן לשליטה הגמונית ומוחלטת בשוק מסוים ארך לעיתים עשורים רבים, כפי שמראים כיום היסטוריונים של טכנולוגיה המתמקדים דווקא בדפוסי המשכיות של טכנולוגיות קיימות גם אחרי שהופיעו כאלה שיחליפו אותן בסופו של דבר. המכונית החשמלית, אחת הטכנולוגיות שנתפסות כיום כפתרון אפשרי למשבר האקלים, היא דוגמה מובהקת לכך. מכוניות חשמליות הומצאו כבר במחצית הראשונה של המאה התשע-עשרה והפכו שמישות לקראת סופה, אבל במהלך המאה העשרים הצליחו חברות נפט ויצרניות רכב קונבנציונלי לתקוע שוב ושוב מקלות בגלגלי המכונית החשמלית ולסכל את הצלחתה. אפשר לטעון, ובצדק, כי בעשור האחרון נמכרים יותר ויותר רכבים חשמליים, וכי הסקטור הזה הוא אחד הדינמיים והמבטיחים במאה העשרים ואחת: בשנת 2012 נמכרו ברחבי העולם 120 אלף מכוניות חשמליות, ואילו בשנה שעברה נמכר מספר כזה של מכוניות מדי שבוע. עשרה אחוזים מכלל כלי הרכב שנמכרו בעולם בשנה זו היו חשמליים, פי ארבעה מגודלו של שוק המכוניות החשמליות ב־2019. אולם גם לאחר יותר ממאה שנות מאבק במנוע הבערה הפנימית, ואחרי הנסיקה המטאורית של הרכב החשמלי

בעשור האחרון, שיעור המכוניות החשמליות בכלל צי הרכב העולמי עומד על כאחוז אחד. התמקדות בפריצתה הגדולה של המכונית החשמלית עלולה ליצור את הרושם שכלי הרכב הזה מחליף רכבים בעלי מנוע בערה פנימית, אבל במבט ריאליסטי יותר רואים שהאופק שבו ההחלפה תהיה מלאה עודנו רחוק מאוד, רחוק מדי. יתר על כן, אם מנוע הבערה הפנימית שורף בנזין, כל עוד חלק ניכר מהחשמל המניע את המכונית החשמלית שאמורה להחליף אותו מקורו בתחנות כוח פחמיות, טביעת הרגל האקולוגית של כלי הרכב הללו תיוותר גדולה למדי, ובינתיים הם מספקים ראייה נוספת לכך שאנחנו עדיין בעידן הפחם.

## לקחים

מהן המסקנות המתבקשות מהתיאור ההיסטורי שלעיל? ראשית, ההיסטוריה אינה מרוץ דילוגים בין תחנות מבודדות זו מזו. כמו גזי החממה באטמוספירה, גם מורשות היסטוריות מצטברות ונותנות את אותותיהן בהווה, שנים רבות אחרי שנראה היה שהתקדמנו מהן הלאה. המלחמה הנוכחית בין רוסיה לאוקראינה, למשל, ממחישה כיצד אירוע בהווה יכול להיות בעת ובעונה אחת גם המשך של דפוסי התפשטות אימפריאליסטיים של רוסיה מהמאה התשע-עשרה, גם שידור חוזר של מלחמת העולם השנייה (כשהפעם כל אחד מהצדדים מציג את אויבו כהיטלר) וגם המשך של המלחמה הקרה. בינתיים המלחמה העניקה זריקת מרץ לתחנות הכוח הפחמיות הישנות של אירופה, דחפה מעלה את מחירי הנפט וחידדה את הפער בין מצאי האנרגיות המתחדשות ובין צורכי האנרגיה של היבשת. אם יש כאן חצי כוס מלאה, זוהי העובדה שהמלחמה והעתיד המתקדר של משבר האקלים מדרבנים התפכחות מהירה מהאידיאליים התמימים של הקדמה. העמדות שלנו, בכל סוגיה ובכל רמה - מהגיאופוליטית לאינדיווידואלית - צריכות להיות מכוילות בהתאם.

שנית, במקום מקסמי השווא של מעברי אנרגיה או התפעלות אוטומטית מחידושים טכנולוגיים, שבפועל אינם מחלישים את מעמדם של דלקי המאובנים, העיקרון המארגן החשוב ביותר במיתון משבר האקלים צריך להיות צמצום פליטות מהיר, ולא "החלפה" או "מעבר". ניקח למשל את תעשיית הרכב: מלבד המקור הפוסילי של החשמל המניע כיום את המכוניות החשמליות, גם לעצם הייצור של כלי רכב כאלה יש טביעת רגל פחמנית גדולה. זו אמנם אמורה להתקזז בהדרגה עם הצמצום בפליטות משך דלק לאורך חיי הרכב, אולם חלון הזמנים המצטמצם - פחות מעשר שנים למיתון ההתחממות הגלובלית מתחת ל-1.5 או 2 מעלות צלזיוס - אינו מותיר לנו די זמן להחליף את כל צי הרכב הפרטי שורף הבנזין בצי רכב פרטי חדש מבוסס חשמל. החלופה הריאלית צריכה להיות פיתוח מהיר של תחבורה ציבורית חשמלית, שינוי משק החשמל במתווה של אימוץ אנרגיות מתחדשות בלי להתעכב על דלקי מעבר כגון גז טבעי (שבפועל רק יתווספו לסל הדלקים שלנו ואחר כך לא ייעלמו ממנו במשך עשורים), ובה בעת צמצום מרחב האפשרויות לרכב פרטי באמצעות הקצאת נתיבי תחבורה ציבורית על חשבון נתיבים אחרים, החלפת התמריצים הכלכליים להחזקת רכב פרטי בתמריצים לשימוש בתחבורה ציבורית, מיסי דלק גבוהים ואיסור על שימוש ברכבי שטח. עבור מקבלי ההחלטות (ומי שבוחר בהם לתפקיד ציבורי), "צמצום" צריך להיתרגם בהמשך גם להימנעות מאישור הפקה או שינוע של דלקי מאובנים חדשים (בהקשר המקומי כוונתי לאסדות הגז הטבעי בים התיכון ולקו צינור הנפט בין אילת לאשקלון). סוגיה



נוספת היא העובדה שבמגזר התעבורה ובסקטורים נוספים הפליטות אינן מתפלגות באופן שוויוני; קומץ של עשירים שמתניידים במטוסים פרטיים, למשל, גורמים בשנה אחת לנזק השקול לאלפי שנות שימוש במכונית פרטית של אדם מן השורה. פעולה פוליטית אפקטיבית תתמקד בחברות, ובאינדיווידואלים המחזיקים בהן או מנהלים אותן, שגורמים את הנזק הגדול ביותר לנחלת הכלל.

לבסוף, את עקרון צמצום הפליטות עלינו לאמץ באופן רחב יותר, לחתור להאטה כללית - לכיוון כלכלי (de-growth, בלשון הכלכלנים) במקום לצמיחה, למקומיות במקום לגלובליות - ולאמץ מודלים (לא בהכרח חדשים; אולי דווקא למחזר דפוסים ישנים) של חיים טובים וצנועים יותר מבחינה חומרית ושל מניעה אקטיבית. דפוסי חיים כאלה יכולים להתבסס על קיצור יום העבודה באמצעות אימוץ מנהגים כשנת צהריים (מנהג שרווח מאוד לפני מיזוג האוויר מבוסס דלקי המאובנים, במיוחד במקומות חמים, ולפיכך הוא מתאים לעתיד מתחמם), הליכה ברגל, תזונה מעובדת פחות, צמצום ילודה, ועידוד תחביבים כקריאה ושיחה שמרחיבים את הדעת בלי להותיר חותם מזהם בעולם. דפוסי המניעה האקטיביים כוללים שכלול כלים משפטיים המקנים לטבע או לדורות קודמים או עתידיים זכות עמידה ברוח תפיסות עולם היסטוריות שלפיהן אבות קדמונים, צאצאים שלא נולדו או העולם הלא־אנושי הם כולם חלק ממארג שלם ובעל זכויות. לבסוף, ההיסטוריה מלמדת אותנו שלעיתים שינוי מושג גם בדרכים שאינן מקבלות את החוק הקיים או אינן פועלות לשנותו אט אט. מנעד הדרכים האלה נע בין ההתנגדות הבלתי אלימה מבית מדרשו של גנדי, מי שהפך את הצמחונות לצורת מאבק פוליטי־קהילתי שיפה גם היום, ובין טרור ואלימות. נקווה שהדברים לא יגיעו לידי כך, אבל לנוכח הצורך הבהול בשינוי רדיקלי וגרירת הרגליים של האליטות השליטות, יותר ויותר פעילים והוגים מתחילים לצדד כיום בפעולה שכזאת. ההיסטוריון והאקטיביסט השוודי אנדריאס מאלם, למשל, פרסם לאחרונה ספר שכותרתו **איך לפוצץ צינור נפט**; הסופר קים סטנלי רובינסון, ביצירה ריאליסטית המתרחשת בעשור הנוכחי, בחן ארגון צללים שמתנקש בחייהם של מנכ"לים וטייקונים שאת תאוותם להחריב את כוכב הלכת בשם הרווח אי־אפשר לרסן באמצעים אחרים. הוגים אלו ואחרים טוענים שהאלימות המבנית והממסדית המאפשרת לאנשים כאלה להזיק לכלל האנושות חמורה יותר מהפעולות שנוקטים מי שמנסים לעצור אותם, ואת אלה יש להבין כהגנה עצמית.

המיתוס של "מעברי אנרגיה" הרגיל אותנו לתלות מבט אופטימי בעתיד ולשים מבטחנו בחידושים טכנולוגיים. כך למשל קרה מוקדם יותר השנה, עם הצלחת הניסוי להפקת אנרגיה באמצעות היתוך קר - ניסוי שהוגדר מייד כ"פריצת דרך בייצור אנרגיה ירוקה". אך גם במקרה זה הפיכתו של ההיתוך הקר למקור אנרגיה שמיש צפויה להיות תהליך ממושך מאוד, ולכן זהו פתרון לא רלוונטי בזמן שנותר לנו על מנת למנוע אסון. האופטימיות שנוסד בנו מיתוס "מעברי האנרגיה" היא לא יותר מאשר מרשם לדחיינות פוליטית ולנרפות אינטלקטואלית, ומנגנון הכחשה בפני עצמו. אין ספק שהמבט המפוכח יותר אחורה אל העבר אינו מפיח תקוות גדולות; אבל הוא מסייע להבין טוב יותר את גודל האתגר ואת דחיפותו של הרגע, ונותן גם כמה נקודות מוצא בדוקות לפעולה.

[1]<sup>↑</sup> הקרדיט המלא לדימוי הפותח:

יהודית סספורטס, השבת אבידה, 2020

view installation ,Aveda Hashavat 1/6, Sentences Clay

Nature & Sculpture . 3 Chapter ,project Desert Liquid,

Germany Oberkrämer ,Schwante Schlossgut, 2020

artist the of Courtesy © Copyright

---

פרופ' און ברק הוא פרופסור חבר בחוג להיסטוריה של המזרח התיכון ואפריקה באוניברסיטת תל אביב. הוא מתמחה בהיסטוריה של מדע וטכנולוגיה במרחבים לא־מערביים. המאמר מבוסס על ספר בכתובים שיראה אור בקרוב בהוצאת מכון ון ליר.

---