

## לא לאבד את הצפון רן ברש

המצפן מוכר לנו כיום כמכשיר עזר למציאת כיוון הצפון. השם העברי "מצפן" הוצע על ידי **דוד ילין**, וכך נקלט בשפתנו. שורשי המונח האנגלי compass נובעים מתוך צרפתית עתיקה, שבה המילה compas משמעה מעגל או רדיוס, וכן compasser – למדוד. קשר נוסף הוא למונח הלטיני com-passus, צעידה יחדיו.

העדויות הראשונות לשימוש במצפן הן מסין מהמאה השלישית לפני הספירה, אם כי סביר להניח כי שמכשיר היה מוכר שם עוד קודם לכן. השימוש במצפן אצל הסינים לא נועד לצרכי ניווט או התמצאות כפי שמקובל בימינו, אלא לטובת בניית בתים בכיוונים מסוימים. הכוונה הייתה להציב את המבנים בזוויות הרמוניות אשר יביאו מזל טוב, בריאות ושגשוג לשוכניהם (מה שהיום נקרא "פאנג שואי").



המצפנים הסיניים היו עשויים מהמינרל מגנטיט.



מצפן סיני בצורת כפית ...



... המצביע לכיוון דרום.

שימוש אחר במצפן בעת העתיקה בסין היה לטובת חיזוי עתידות ברמה העממית. אם מישהו רצה לדעת היכן כדאי להתחתן, או להבדיל - להיקבר, היה עליו להקשיב לעצותיו של חוזה העתידות המקומי, אשר השתמש לשם כך במצפן.

המצפנים הסיניים העתיקים היו עשויים מעפרת הברזל (מגנטיט) - חומר בעל תכונות מגנטיות. צורתם של המצפנים הללו הייתה שונה מאשר מקובל כיום - הם עוצבו בצורת כף, אשר הונחה על גבי משטח ארד. על גבי המשטח נחרטו שמות הכיוונים וכן סמלים שונים, להם נודעת משמעות בתרבות הסינית העתיקה. כשהוזז משטח הארד, הכפית הסתובבה עד שהתייצבה על ציר צפון / דרום. ראוי לציין, כי הסינים השתמשו במצפן כדי לדעת דווקא היכן נמצא כיוון דרום, אליו הצביעה ידית הכף, ולא היכן נמצא הצפון כמקובל כיום.

עדויות מאוחרות יותר לשימוש הסינים במצפן ככלי ניווט מצביעות על המאה העשירית לספירה ואילך. הם הניחו מחט ברזל ממוגנטת על גבי חתיכת עץ אשר הונחה בקערת מים. המחט צפה והסתובבה יחד עם חתיכת העץ שמתחתיה, עד שהצביעה על כיוון דרום/צפון.

יורדי הים ראו במצפן מכשיר ניווט עצמאי, אשר אינו תלוי בתנאי מזג אוויר. עננים וערפל אשר

הסתירו את השמיים לא היוו עוד מחסום לניווט הימי, וניתן היה, טכנית, לנווט למרחקים בין יבשתיים עצומים. באופן זה ניהלו הסינים קשרי מסחר ענפים עם יעדים רחוקים, כגון אוסטרליה ומזרח אפריקה. סוחרים ערביים למדו את רזי השימוש במצפן מהסינים. המצפן הגיע אל המזרח התיכון, ככל הנראה, במאה ה-12, ומשם עבר במהירות אל אירופה וסקנדינביה. בשנת 1302 **פלביו ג'ויה**, ממציא איטלקי מאמאלפי, המציא את המצפן הימי הראשון, אשר התבסס על דיסק מסתובב על ציר מעל משטח ממוגנט. גרסאות שונות של אותו מצפן שימשו ימאים במשך מאות השנים הבאות. על גבי משטח הדיסק העגול היו מסומנים הכיוונים ("שושנת הרוחות") ברמות פירוט שונות.



המצפן הימי: משטח ועליו מצוירת שושנת הרוחות

השימוש הימי במצפן לא היה טריוויאלי, שכן תנודות כלי השיט, ובמיוחד בתנאים של ים סוער, הקשו עד מאד לייצב את המצפן ולקרוא ממנו את הכיוון בצורה מהימנה. רק בשנת 1537 – כמעט 250 שנה לאחר שהמצפן הפך לכלי ניווט רב חשיבות - פיתח הפילוסוף המתמטיקאי האיטלקי, **ג'ורולמו קרדאנו**, מערכת ייצוב תלת צירית עבורו. בצורה אותה פיתח קרדאנו המצפן הוכנס ועוגן בתוך מיכל ובו מערך טבעות עצמאיות



ייצוב המגנט של המצפן בשיטת קרדאנו

עם מרכז משותף, ולמעשה ריחף בתוכן ולא הושפע מתנודות הסביבה. צורה אחרת להתמודד עם בעיית הייצוב פותחה בשנת 1860, ולפיה דיסק המצפן המגנטי הוכנס למיכל, שבתוכו הייתה תערובת של מים ואלכוהול. גם כאן, הדיסק ריחף בתוך סביבה נוזלית, אשר בלמה את השפעת תנודות כלי השייט. בשנים מאוחרות יותר נעשה שימוש בנוזלים אחרים, בעיקר שמנים, עבור המצפן הרטוב הזה.

לאיזה כיוון מצביע המצפן? לכאורה, התשובה פשוטה: צפונה. אולם האמת היא מורכבת יותר, משום שהמושג "צפון" אינו כה חד משמעי. למעשה קיימים שלושה סוגי צפון שונים:

א. **הצפון הגיאוגרפי**: זהו הכיוון ביחס לנקודה הצפונית ביותר על פני כדור הארץ, בה נמצא הקוטב הצפוני, בקו הרוחב 90 צפון. אדם הנמצא בקוטב הצפוני יפנה לכיוון דרום בכל כיוון אליו ילך. במבט מבחוץ, הצפון הגיאוגרפי הוא הנקודה בה קווי האורך של כדור הארץ מתלכדים.

ב. **הצפון המגנטי של כדור הארץ**: הכיוון אליו מצביע המצפן בהיעדר כוחות מגנטיים אחרים המשפיעים עליו. הצפון המגנטי של כדור הארץ אינו מתלכד עם הצפון הגיאוגרפי, אלא מרוחק ממנו בלמעלה מ-1,000 קילומטר. מיקומו אינו קבוע ומשתנה

ממקום למקום ולאורך הזמן עקב שינויים במבנה ובשדה המגנטי של כדור הארץ. קצב השינוי הוא כ-15 עד 40 קילומטר לשנה, ובתוך כ-50 שנה הוא אמור להגיע לסיביר. אגב, אחת לתקופה (בין עשרות אלפים למיליוני שנים) מתרחש היפוך של כיוון השדה המגנטי של כדור הארץ. הפעם האחרונה בה התרחש היפוך כזה הייתה לפני כ-780,000 שנים.



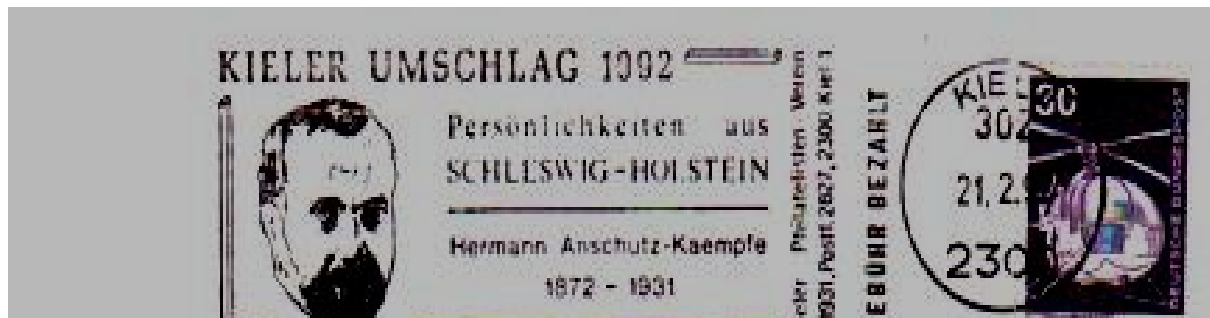
הצפון הגיאוגרפי נראה על גבי שובר תגובה בינלאומי זה

ג. **צפון המצפן:** כאשר המצפן מוצב ליד מגנט, מתכת או מכשירי חשמל מושפעת המחט שלו משדות מגנטיים מקומיים וסוטה ממקומה. באוניות הבנויות ברזל, השפעת גוף האוניה על המצפן הינה רבה ביותר, ומושפעת מכיוון הפלגת האוניה. לצורך תיקון תופעה זו עורכים לכל אוניה טבלת חישוב פרטנית עבור כל כיוון חרטום, או לחילופין מציבים כדורי ברזל בסמוך למצפן במטרה לפצות על שגיאת ההצבעה.

השימוש במצפן המגנטי הוא בעייתי כאשר נדרשת רמת דיוק גבוהה. הבעיה קשה במיוחד כאשר מתקרבים לקוטב, או כשנמצאים בגוף עמוס מתכות כמו צוללת. ואמנם, אנשי צי הצוללות הגרמני נתקלו בבעיה זו במלוא חומרתה בראשית המאה העשרים. את המצב הציל בשנת 1905 מדען בשם **הרמן אנשוץ-קמפפה**.

כחמישים שנה קודם לכן, בשנת 1851, הוכיח הפיסיקאי הצרפתי **לאון פוקו** כי כדור הארץ מסתובב סביב צירו בעזרת המטוטלת המפורסמת הנושאת את שמו. אנשוץ-קמפפה השכיל לנצל את האפקט הזה ובנה את המצפן הגירוסקופי הראשון.

המצפן הגירוסקופי אינו תלוי כלל בתכונות מגנטיות אלא מתבסס על סיבוב כדור הארץ בלבד, ולפיכך הוא מצביע על הצפון הגיאוגרפי. לאחר שנתיים של בדיקות ומבחנים הפך המצפן הגירוסקופי להיות מצפן תיקני בצי הגרמני.



חותמת תעמולה לזכרו של הרמן אנשוך-קמפפה

המצאת המצפן הגירוסקופי לא הפכה את המצפן המגנטי למיותר: המצפן המגנטי זול, זמין מאד וקל לתפעול. מצפנים מגנטיים משמשים כיום בניווטים ספורטיביים, צבאיים ואזרחיים, והם נמכרים במגוון רחב של מארזים ומתקנים בהתאם לצרכים השונים ולאופי הפעלתם. חלקם פשוטים ובסיסיים מאד, אחרים מתוחכמים יותר ומציגים את הכיוון על ידי גלגלת שנתות המוארת גם בתנאי חשיכה. בכל מקרה, עקרון פעולתו הבסיסי של המצפן המגנטי נשמר כפי שהיה מתחילתו, לפני למעלה מ-2,000 שנה.

רן ברש שוקד על בניית אוסף תימאטי העוסק בשיטות ניווט ובמפות תחת הכותרת '?Where am I'. כתובתו למשלוח תגובות: [rbarash@elta.co.il](mailto:rbarash@elta.co.il)