

**מניפות סחף באיזור יבש:**

דוגמא להבדל בין סביבה יבשתית לסביבה מימית. מניפת הנילוס – כאשר נחל מגיע לים גרגרים גדולים נשארים מאחור, שוקעים מהר ואילו הקטנים שוקעים לאט יותר.

שיכוב מדורג באבן החול – הגרגרים הגדולים בתחתית השכבה והקטנים למעלה. ניתן לזהות כך אירועי שטפון לפי גדלי הגרגרים בשכבות

**ביצה עשירה בחומר אורגני:**

זרימת נחלים דינאמית, חייב להיות הבדל גבהים. באזורים הטרופים הסביבות שקטות, אזורים מרובי צמחייה. על הקרקעית יש הצטברות מתמדת של חומר אורגני, ואם נקבר טרם התחמצנותו הוא הופך לפחם – ומהווה מחצב אנרגיה. דוגמא במצגת: מכרה פחם במונגוליה, אזור שכיום אין שם כלל עצים, אך בעבר סביבה זו היתה טרופית – ומרבצי הפחם הם עדות לכך.

**שונית אלמוגים – סביבה טרופית בים:**

גם בים נית לזהות אזורים טרופים – למשל שוניות אלמוגים. כיום ידוע ששוניות אלמוגים גדלות במים טרופים כיוון שהאלמוגים משקיעים את שלדם מתוך המים ואינם מסוגלים לעשות זאת עצמאית אלא בסימביוזה עם אצות חד תאיות, הנכנסות לתאי האלמוג ועוזרות לו לסנתז את השלד מתוך המים (הוצאת יוני סידן ו- $CO_3$  – קלציום כרבוט). האצות זקוקות לאור, ולפיכך האלמוגים יגדלו שלד בצורה סביבה רק אם נמצאים באיזור ה פוטו (מלשון פוטונים, אור חודר למים), ולכן במים עכורים לא נמצא אלמוגים, וכמו כן לא באיזור בו יש פוריות במים ובע"ח רבים הבולעים את האור הנכנס למים – גדלים במים צלולים. תכונה נוספת לאלמוגים: חיים בסביבה של 18 מעלות צלסיוס כל השנה. תכונות ספציפיות אלו מאפשרות לגיאולוגים לדעת אילו תנאים היו. למשל, בע"ח המסוגלים להסתדר בכל טמפ', מציאת מאובן שלה אינה מסייע לאפיין את הסביבה – אקלים במקום בתקופה ממנה בה המאובן (למשל ציפור הדרור). לעומת זאת, בע"ח עם דרישות ספציפיות מהווים אינדיקציה לתנאים שהיו בסביבה בה היו

**שונית רודיסטים:**

מלבד אפיון הסביבה למדים על השתנות של בע"ח עצמם – אבולוציה עולם החי. עולם החי של היום אינו כולל חלק גדול מעולם החי הנמצא מאובן בסלעים. במצגת: דוגמא לבע"ח בצורה של שופרות ארוכים – צדפות שחיו לפני כ-100 מיליון שנה, ונכחדו (נקראות רודיסטים). הרודיסטים הם אלו שיצרו בעבר את השוניות, למשל בארץ בכרמל. ניתן לראות מאובני רודיסטים בחזית הכרמל.

**שונית אלמוגים באילת:**

באזור המופרד מהמים העמוקים קרוי לגונה, שם תנאים שונים לעומת העמוקים – פחות תחלופת מים, חימום אינטנסיבי יותר (מהקרינה החוזרת מהקרקעית), מליחות גבוהה יותר בשל אידוי רב יותר. נוצרים שם סלעים שונים. גם בחיבור המים עם היבשה נוצרים *beach rock* – סלע מיוחד לקו תפר זה. בים גם כן יש סוגים שונים של סלעים למשל סלעים מחוזרים לא מחומצנים באזורים בהם הקרקע עמוקה מאוד.

**פענוח ושחזור סביבות השקעה:**

קונגלומרט – חלוקים בזרימת נחל, לאחרים אבן חול, חרסיות, אבן גיר. ניתן לשחזר את תנאי הסביבה לפי מבנה זה של אזור, חתך הסלעים.

**שונית אלמוגים מאובנת:**

האלמוג שנראה מחוץ למים ניתן להסבר בשני אופנים: או שמפלט הים ירד או שהחוף עלה. כיצד מבדילים בין שני אלו וכיצד זה יתכן? בתקופות קרח, הקיץ מספיק קר עד שהשלג שירד בחורף אינו מומס וחוזר לים – וכך מחזור המים בטבע נבלם בתקופות קרות ומפלט הים יורד לאורך זמן ממושך. בתום תקופת הקרח הטמפ' עולה והקרחונים נמסים ומפלט הים עולה חזרה. ההפרש בין תקופת קרח לתקופה בין קרחונית הוא 100-120 מ'. חוף תל אביב למשל היה רחוק 10 ק"מ מהיכן שנמצא כיום.

כיצד מבדילים בין שתי התופעות: אם היתה ירידת מפלט, אותה ירידה באותה תקופה צריכה להראות בכל העולם. אם השינוי נראה בכל העולם – זוהי תופעת שינוי מפלט הים. אם לא, סימן שזו תופעה מקומית של אזור זה – תנועה של היבשה.

**פליאנטולוגיה:**

חקר התפתחות על פי מאובנים. מואבן – כל שריד המעיד על חי כלשהו בעבר. נראית דוגמא לחיה שנלכדה שלמה בשרף של עץ שהתאבן והפך לענבר. לפעמים נראים רק עקבות חיה. לעתים רואים קונכיות טביעת עליהם.

מאובנים מעידים על נתונים רבים: יכול לסייע בחיפושי מחצבים שונים, כגון נפט. כדי לדעת היכן ראש מקדח נמצא בכל רגע, בודקים חתיכות סלע מהנקודה בה נמצא ראש הקידוח. פירווי הסלע מהקידוח מעידים לגיאולוג על אופי השכבה אליה הגיע המקדח. מאובנים מיקרוסקופים שסביר שימצאו גם בחתיכות קטנות יכולות לסייע.

ככל שבע"ח קטנים יותר כך הם נפוצים יותר והאבולוציה שלהם יחסית מהירה. זה לא כלל גורף, למשל הסוסים והפילים עברו אבולוציה מהירה, אך אלו חריגים. דוגמא לבע"ח מתצפיות בסיסיות במאובנים במצגת.

**תוצרי המחקרים הפליאנטולוגים:**

הגדרת שכבות (סטרטיגרפיה – תיאור שכבות הסלעים) והגדרת זמן יחסי – כאשר נמצא מאובן כלשהו אז עולה מכך שסלע זה נוצר לפני שהמאובן נכחד.

מאובני אבקנים – אבקני הצמחים ספציפיים לכל מין, ולכן מסייע בשחזור סביבה – למשל הבדלה בין סביבה עזית לעשבונית (סוואנה או יער). האקנים עשויים מחומר מאוד עמיד שנשמר גם כשהסלע עובר שינוי PH. תכונה נוספת לאבקנים (pollen) – משנה צבעו בהתאם לטמפרטורה. גיאולוג יכול להיעזר בכך כדי לדעת באיזה טמפ' הסלע הגיע – חשוב לדרך היוצרות נפט. במהלך האבולוציה היו אירועים קטסטרופליים, כגון היעלמות הדינוזאורים. דווקא זו הכחדה לא הכי גדולה מבין אלו שהיו בעבר. הכחדה – בערך ¼ מהמינים על כדה"א נכחדו. לסיכום: משתמשים בסלעי משקע כדי להבין את עולם החי ולהיפך, משתמשים בעולם החי בעבר כדי להבין סביבות בעבר.

### מבוא לטקטוניקה:

#### עיקרי טקטוניקת הלוחות:

טקטוניקה – התורה המטפלת בתנועות בקנה מידה גדול של כדה"א. במצגת נראית חלוקה של כדה"א לחלקים. תורה זו אומרת שהליטוספירה (ליטו – סלע), השכבה החיצונית של כדה"א אינה מקשה אחת אלא עשויה לוחות. הלוחות יכולים להכיל גם אוקיינוסים וגם יבשות, מעורב או בנפרד, וללא קשר לחלוקת הלוחות.

הלוחות נמצאים כל הזמן בתנועה. התנועה היא ביחס לשכנו – לוחות יכולים להתנגש, להיפרד או לנוע בכיוונים מנוגדים. סדרי הגודל הם סנטימטרים בודדים בשנה, בדומה לזרימת הקונבקציה (לברר מה זה). למעשה זרימה זו גורמת לתנועת הלוחות.

הלוחות קשיחים ונשארים קבועים לאורך זמן. תכונה זו מאפשרת לנו לשחזר את הרכב הלוחות לפני שהתפרק. פעילות געשית ורעידות אדמה קורים בגבולות בין הלוחות (לרוב). שחזור התנועה ב-200 מליון השנים האחרונות:

#### תשבץ הלוחות בהווה:

דוגמא: הלוח הפסיפי הכולל רק אוקיינוס. כיצד יודעים היכן הגבולות שבין הלוחות? תצפיות: תנועה בקנה מידה גדול, שולי היבשות מתאימים (ליטו – לשני, אינדיקטורים שונים לתנועה. למשל: כאשר נראה סלע שנולד כשכבה אופקית לקרקעית הים וכעת הוא מקומט – מעין מוזוג – מעיד על התכווצות של סלע שהיה פרוס על פני שטח גדול יותר. פעילות מגמתית גם כן – חומר יוצא מהעומק, ואת מקומו בעומק תפס חומר אחר, וזה מחייב זרימה בעומק. הטמפ' הגבוהה בעומק מאפשרת זרימה זו (זו הקונבקציה).

#### הטופוגרפיה של כדה"א:

חופי האמריקות דומים לחופי אפריקה ממש כמו פאזל. נתונים אלו ידועים כבר מהמאה ה-17. ההרים מסודרים ברצועות, כמו גם עמקים. פיזור פעילות כדוגמת הרי געש ורעידות אדמה – בשולי האנדים, יפן – כל אלו נמצאים באותם מקומות, כלומר קיים קשר בין התופעות. גם באמצע האוקיינוס מלא ברעידות אדמה (רצועה).

מתצפיות בסלעים נראים סלעים שיאנם נמצאים באזור אופייני להם. למשל, הימצאות סלע טרופי באזור הנגב. סלע טרופי – סלע עם מינרלים בלתי מסיסים (שכן אזור טרופי רווי מים). במכתש רמון נמצאו מאובני צפרדעים. כדי שיתקבלו צריכים סביבה שטופה, טרופית. תופעה זו מוסברת כך: האקלים היה אחר, ויתכן והשטח היה באזור עם אקלים אחר.

עדויות נוספות: שריטות של קרחונים באזורים שכיום אין בהם קרחונים. קרחון: מסה גדולה של קרח המחליקה למים ומשייפת את הסלעים בדרך. יש שריטות קרחונים במדברי הסהרה והקהרי – עדויות לסלעים שלא נמצאים באזור האקלים שלהם. דוגמא נוספת: שכבות מלח בעיר זלצבורג בגרמניה (מלח נוצר באזורים יבשים, ולכן שכבות אלו נוצרו כשהיבשת היתה במקום אחר).

#### קרקעות האוקיינוסים:

במרכז האוקיינוס נראה רכס הרים בנויים בזלת ועמק בשיא הרכס. תופעה זו אופיינית לכל האוקיינוסים – רכס גבוה עם עמק בראשו. נעשה מיפוי של השדה המגנטי (בתקופת מלחה"ע השנייה, כחלק מבניית מפת יחוס בשביל סריקה מגנטית לגילוי צוללות). נמצא כי השדה המגנטי בעל תכונה (חתימה מגנטית) המופיעה בצורה סימטרית בשני עברי הרכס האוקייני.

#### חזרה על השדה המגנטי של כדה"א והקשר לסלעים:

השדה המגנטי מתנהג כאילו יש בתוכו מוט מגנטי. הזרימה בגלעין יוצרת את השדה המגנטי, ובעל שני קטבים. כמו כן הוא גיאוצנטרי – ממורכו ומקביל בערך לציר הסיבוב: 11.5 מעלת מציר הסיבוב. השדה המגנטי דינמי, משתנה כל הזמן.

השדה הגיאומטרי – הקשר לסלעים: כל שנה השדה המגנטי זו בכמות מסוימת. זה קריטי לחישובים מדויקים למרחקים ארוכים. שינוי נוסף: היפוכים מגנטיים. הסלעים בקידוח נראו כרוכשים תכונות מגנטיות. ניתן לראות שכבה עם שדה מגנטי המצביע לצפון, תחתיה שכבה עם שדה מגנטי המצביע לדרום, וכן הלאה – קידוח זה נראה בכל העולם. מצביע על היפוכים בשדה המגנטי של כדה"א. הפעם האחרונה שהיה היפוך היה לפני 780 אלף שנה. לא יודע למה תופעה זו קורית או איך.

כיצד סלע מקליט את המגנט: בזלת, כל זמן שהיא מותכת, המינרלים שלה יכולים לנוע בכל כיוון, אך השמת שדה מגנטי יסדרו את המינרלים בתוך הסלע. ברגע קירור הבזל ישארו המינר לים במקומם ויקליטו את השדה המגנטי ברגע הקירור. כמו כן מחטים קטנים השוקעים על הקרקע שוקעים

בכיוון השדה המגנטי (חתיכות מתכתיות של בזלת). כשאלו שוקעים הם מכוונים, ונשאר חותם. השכבה מעליה תהיה כבר בכיוון אחר, של רגע השקיעה המאוחר.

אם כן, הבזלת הפורצת מרכס ובונה שכבות לשני כיווני הרכס גורמת לחותם מגנטי סימטרי משני צידי הרכס. תופעה זו קורית באזור רכסים, כיוון ששם המגמה גולשת לשני הצדדים. תופעה זו יכולה תיאורטית ליצור טבעות בעלות חותם מגנטי זהה סביב הרי געש, אך בפעול המגמה לא פורצת בצורה שווה סביב הרי הגעש.

עוצמת שדה נמוכה תואמת לתקופות פולריות הפוכות לתקופה הנוכחית

אוקיינוסים נוצרו באזור בו היבשה מתבקעת : המגמה דוחפת את היבשות משני הצדדים תוך סימטריה של שדות מגנטיים . בחיץ בין היבשות יוצר אוקיינוס.

בלת המתפרצת מתחת למים מתקררת מהר מאוד ויוצאת בצורת "כריות". החלק הפנימי של הבזלת היוצאת טרם התקררה – אז זולגת החוצה מהחלק שהתקרר ומתקררת וכן הלאה בצורה טלסקופית.

תופעה נוספת : מעיין מים שחור (*black smokers*) בטמפ' 350 מע' – המים נכנסים לסדקים, ממיסים חלק מהסלע ומתחממים – ונוצר מעיין שחור. בע"ח ניצלו סביבה חמה זו בקרקעית (בעומק רב) כדי ליצור סביבה אורגנית באמצעות כימוסינטזה – פירדמידה אקולוגית שלמה באסוציאציה עם הרכסים האוקייניים בעזרת המעיינות החמים התת קרקעיים.

גם שאלת הרכב האוקיינוסים קילבה תשובה – שכן עד כה השוו את תוכן האוקיינוסים עם מי גשמים , נחלים ונהרות. רק לאחר חיבור עם הרכב המלחים מהמעיינות הללו ידעו להסביר את הרכב האוקיינוסים

#### גיל קרקעית האוקיינוס האטלנטי:

אם התופעה שתוארה לעיל נוכנה , גיל השכבות השוות מבחינה מגנטית צריך להיות זהה , וככל שנרחיק מרכס השוליים נראה קרקעית יותר ויותר עתיקה. התמונה הכללית של כדה"א כיום מהווה אימות מושלם לאופן יצירת האוקיינוסים. כך ניתן ליצור תמונות של העולם בתקופות שונות. הרצועה הרחבה האדומה בפסיפי מייצגת אותו זמן כמו הרצועה האדומה באטלנטי – מכאן שהפסיפי נפתח מהר יותר.