

שער שני - מחצבים

מתכות

אַךְ אֶת-הַזָּהָב, וְאֶת-הַכֶּסֶף; אֶת-הַנְּחֹשֶׁת, אֶת-הַבְּרָזֶל, אֶת-הַבַּדִּיל, וְאֶת-הָעֹפֶרֶת

(במדבר לא 22)

הקורא מקרא מוצא במקומות שונים אזכור של מחצבים הקיימים בכדור הארץ. גדולתו של האדם היא היכולת להכיר את תכונות המחצב ולהפיק ממנו תועלת. הכרת תכונות המחצבים והיכולת לנצלם ליוותה את המין האנושי לאורך ההיסטוריה והייתה דומיננטית מאוד. מוכרת לכול הכרונולוגיה המתבססת על יכולת ייצור הכלים מחומרי גלם שונים – תקופת האבן, תקופת הנחושת, תקופת הברונזה ולאחריה תקופת הברזל. היכרות זו הביאה גם לתיאור מקומות לפי חומרי הגלם הנמצאים בהם וכבר בתיאור גן-עדן אנו קוראים: "פִּישׁוֹן-הוּא הַסִּבְבָּ, אֶת כָּל-אֶרֶץ הַחַוִּילָה, אֲשֶׁר-שָׁם, הַזָּהָב. וְזֶהב הָאֶרֶץ הַהוּא, טוֹב; שָׁם הַבְּדִילָח, וְאֶבֶן הַשֵּׁהָם" (בראשית ב 11-12). יכולת זאת מלמדת על כך שכבר בתקופות קדומות "שרטט" האדם "מפה גאולוגית של משאבי טבע". במפה זו נעשה שימוש בינלאומי ולכן בעת בניית מקדש שלמה אנו קוראים: "וַיָּבֵאוּ אוֹפִירָה וַיִּקְחוּ מִשָּׁם זָהָב אֲרְבַּע-מֵאוֹת וָעֶשְׂרִים כֶּפֶר וַיָּבֵאוּ אֶל-הַמֶּלֶךְ שְׁלֹמֹה (מל"א ט 28).

מושגי יסוד

פְּצָר – כל חומר טבעי הניתן לניצול כלכלי. הניצול הכלכלי משתנה עם הזמן ועם שינויי הטכנולוגיה.

מֵרֶבֶץ – ריכוז מוגבר של מינרלים או של יסוד מסוים שיכול להופיע מעל שיעור התפוצה הרגיל בקרום כדור הארץ.

טֶפֶל – שכבות סלעים המכסות את המחצב או משולבות בתוכו, שכיום אין להן ערך כלכלי.

גוֹרֵם הַעֲשָׂרָה – פי כמה גדול יותר ריכוז במחצב מהריכוז הרגיל בקרום כדור הארץ.

הפקת המתכות נעשית בדרך כלל על ידי ריסוק הסלע וחימום הרסק בטמפרטורה גבוהה. המתכת מתנזלת ושוקעת לתחתית התנור, אם כי חייבים לציין שמרבית המתכות אינן מצויות בטבע כמתכת אלא כמינרל המכיל אותן, וכאלה הם כמעט כל המינרלים. תהליך ההפקה כולל לא רק התכה ומיצוק אלא גם שינוי כימי. התכה של מינרלים לא בהכרח תיצור מוצק של המתכת הטהורה, אלא על-פי רוב יוצרת מינרל אחר. לייצוב מתכת כיסוד טהור נדרש תהליך מורכב בהרבה יותר וכן

שער שני - מחצבים

שליטה בסובב האוויר (בדרך כלל העדר חמצן ומציאות של יונים שיקשרו חלק מתוצרי ההתכה). ככל שהחומר יקר יותר הוא ינוצל גם בריכוזים נמוכים. זהב לדוגמה ינוצל גם בריכוזים של 1 PPM (חלקים למיליון) זאת אומרת, כדי לקבל אחד ק"ג של זהב יכרו 1,000,000 ק"ג של סלע.

נקודות ההתכה של המתכות המוזכרות במקרא הן (מעלות צלסיוס, מעוגל למעלה שלמה):

זהב – 1064° , כסף – 961° , נחושת – 1084° , ברזל – 1538° , בדיל – 231° , עופרת – 327° .

בעולם, כריית מחצבים יכולה להתבצע במכרה פתוח או במכרה תת-קרקעי. המכרה הפתוח הגדול ביותר בעולם הוא מכרה הנחושת בקניון בינגהם אשר ביטסה ארצות הברית. עומק המכרה כיום כאחד ק"מ ורוחבו ארבעה ק"מ (איור 35). מהמכרה כורים בעיקר נחושת אך גם זהב, כסף ומולבדן.



איור 35: מכרה בינגהם יטסה ארצות הברית
(Els, 2014)

המכרה התת-קרקעי העמוק ביותר בעולם הוא מכרה הזהב מפוננג (Mponeng) שבדרום אפריקה שעומקו כיום כארבעה ק"מ. שמונה מתוך עשרת המכרות העמוקים ביותר בעולם נמצאים בדרום אפריקה, כל השמונה הם מכרות זהב, השניים האחרים בקנדה.

(דרך נוספת לכריית מחצבים היא על ידי גריפת התשתית של נהרות במקומות שבהם באגן הניקוז נחשפו מרבצים וחלק מהחומר הבלוי נסחף במורד הנהר, והכבד יותר שוקע בסחף placer deposits).

בפרק נכיר את המחצבים הנזכרים במקרא ואת מקום הימצאותם בסביבה הגאוגרפית של ארץ ישראל.

זהב - Au (מספר אטומי - 79, Gold)

זהב אינו נוטה להיקשר כימית ליסודות אחרים, ולכן אפשר למצוא אותו בטבע בצורתו הטהורה. הוא משמש כחומר גלם ליצירת תכשיטים, אך מוכר גם לשימושים בתעשייה.

לזהב יש אזכורים רבים במקרא, הראשון, כפי שכבר אוזכר, "וַיִּזְהַב הָאָרֶץ הַהִוא, טוֹב" (מל"א כט 8). המקום של ארץ מקור הזהב המופיע במקרא הוא ארץ אופיר. לפי התיאור המקראי נראה כי ארץ אופיר היא לדרומה של ישראל. גם בימי יהושפט אנו קוראים "וַיְהוֹשֻׁפֵּט עֶשֶׂר (עֶשְׂרֵה) אָנִיּוֹת תְּרִשִׁישׁ לְלֶקֶת אֹפִירָה לְזָהָב וְלֹא הָלַךְ פִּי-נִשְׁבְּרָה (נִשְׁבְּרוּ) אָנִיּוֹת בְּעֶצִיּוֹן גָּבֵר" (מל"א כב 49). מקומות שונים הובאו כאפשרות לארץ אופיר המקראית, והמקובל ביותר הוא מקום בחצי האי ערב. בספר היובלים (מהספרים החיצוניים) נכתב שארץ זו היא בחצי האי ערב: "וירד משם נגבה מול אשדות הים הגדול, ומחה על כתף המים, ועבר מול ארץ ערב אופירה" (ספר יובלים ח, כד). רבים מזהים את המכרה מהאד-דהאב (Mahd adh Dhahab) אשר בערב הסעודית כמכרות המלך שלמה, המכרה ידוע בכינויו "ערס הזהב". קיימות עדויות לכרייה במכרה זה כבר לפני 5,000 שנה (ראו איור 18). במכרה זה נמצאו כמויות עצומות של חומר טפל שנשאר לאחרי הכרייה.

הזהב מכונה בכמה שמות נרדפים במקרא: כתם – "בְּנוֹת מְלָכִים בְּיִקְרוֹתֶיהָ נִצְבָּה וְשָׁגַל לִימִינָהּ בְּקֶתֶם אֹפִיר" (תהילים מה 10); פז – "פִּי תִקְדָּמְנִי, בְּרִכּוֹת טוֹב, תְּשִׁית לְרֵאשׁוֹ, עֲטָרַת פָּז" (תהילים כא 4); חרוץ – "אִם-תִּשְׁכַּבְנוּ, בֵּין שְׁפֵתַיִם; פִּנְפִּי יוֹנֵה, נִחְפָּה בְּכֶסֶף, וְאֶלְתוֹמִיָּהּ, בִּירְקַק חֲרוּץ" (תהילים סח 14). ייתכן כי שמות אלה הם לאיכויות זהב שונות (אולי ריכוזים מגוונים, כפי שידוע בימינו: זהב טהור הוא 24 קרט, אך בתכשיטים הריכוז נמוך יותר ולכן גם המחיר). יש לציין, כי אי אפשר ליצור תכשיטים מזהב טהור כיוון שהמתכת רכה ולא עמידה.

החשוב ביותר בשימושי הזהב במקרא הוא כלי המשכן – המנורה, הכרובים ומזבח הזהב. אם כי חשוב לזכור שמזבח זה נבנה מעצי שיטים ורק צופה זהב. (באשר למבנה המנורה יש שאלה קשה, כיצד החזיקו הזרועות את משקלן במבנה המקובל של המנורה? במכון המקדש בירושלים נבנתה המנורה כך, שדגם המנורה ממתכת הוטבל בתוך זהב ולפיכך נחשב כאילו מקשה אחת. בנוסף לכך יש לציין כי גם המבנה "המקובל" הוא במחלוקת: הרוב אוהזים בשיטה של זרועות מעוגלות אך בכל "מנורות חב"ד" בעולם הזרועות הן ישרות.) לזהב כחומר גלם יקר לתעשיית התכשיטים יש אזכור ידוע בתלמוד, והוא הכתר שעשה רבי עקיבא לאשתו ונקרא בתלמוד "ירושלים דדהבא" – "ירושלים של זהב" (בדרים נ, א). הגמרא (חולין צ, ב) אומרת: "גפן של זהב הייתה עומדת על

שער שני - מחצבים

פתחו של היכל ומודלה על גבי כלונסות וכל מי שהיה מתנדב גרגיר או אשכול מביא ותולה". גם כיום בעולם הגדול יש מקומות שבהם המנדבים לקודש מביאים גרגיר זהב ו"תולים" אותו, במקרה זה על גבי סלע (איור 36).



איור 36: סלע הזהב בבורמה (צילום: מ' קליין)
"גפן של זהב היתה עומדת על פתחו של היכל ומודלה על גבי כלונסות וכל מי שהיה מתנדב גרגיר או אשכול מביא ותולה" (חולין צ ב)

תהליכי הכנת הכור היו שונים ממתכת למתכת. בספר תוספתא כפשוטה (ליברמן, תשכ"ב, עמ' 119) אנו קוראים: "ובניגוד לכור של צורפי זהב שהיו משתמשים בו בסובין, היו צורפי ברזל ונחושת משתמשים בפחמים של עץ".

כסף - Ag (מספר אטומי - 47, Silver)

הכסף מוזכר לראשונה בעניין יחסי אברהם ואלימלך, שם כתוב "הנה נתתי אֶלְךָ כֶּסֶף לְאַחֶיךָ" (בראשית כ 16). השימוש הנפוץ ביותר לכסף הוא לייצור תכשיטים. הכסף כמתכת היה מקובל כאמצעי תשלום.

כריית הכסף בעולם מוכרת זה מכבר כ-5,000 שנה. המכרות העתיקים ביותר הם באנטליה (טורקיה) והם שימשו מקור המתכת למזרח התיכון ויוון. לפני כ-3,200 שנה עבר מרכז הפקת הכסף למכרה לאוריום (Laurium) אשר ביוון, ומשם סופק הכסף לכל המזרח התיכון. השימוש הנפוץ במטבעות של כסף החל גם הוא ביוון לאחר גילוי מכרות הכסף.

האזכור המקראי של הכסף כביטוי לדבר יקר ערך הוא בדברי יוסף "אֶת-גְּבִיעֵי גְבִיעַ הַכֶּסֶף" (בראשית מד 2). בכסף השתמשו לכלים לבית המלכות. כמו כן "טוב-לִי תוֹרַת-פִּיךָ – מֵאֲלֹפִי, זָהָב וְכֶסֶף" (תהילים קיט 72).

נחושת - Cu (מספר אטומי - 29, Cuprum)

בדור השביעי לאחר האדם הראשון מופיע הפסוק "תוֹבֵל קֶזֶן לְטֵשׁ כָּל חֹרֵשׁ נְחֹשֶׁת וּבְרָזָל" (בראשית ד 22). מחצבי הנחושת הראשונים נתגלו בקפריסין. שמה המקורי של המתכת מעיד על מקום הימצאותה Cyprium (מתכת קפריסין) לפני כ-5,000 שנה ויותר, אך שם זה שונה במהלך הדורות ל-Cuprum. השימוש בנחושת קדם לשימוש במתכות האחרות. מרכזי הפקה נוספים של נחושת בתקופות קדומות היו גם ברמה האיראנית, הרי אדום ואזור הערבה וסיני בארץ ישראל. במערת המטמון בנחל משמר נמצא ב-1961 מטמון ובו 429 כלי נחושת ברמת גימור גבוהה שנוצרו לפני כ-6,000 שנים. זה האוסף הגדול ביותר של חפצים עתיקים מנחושת שנתגלה במזרח התיכון (איור 37).



איור 37: כלי נחושת ממתמון נחל משמר – בני 6,000 שנה (Zayith, 2010)

לאחר תקופה שבה השתמשו בנחושת עבר האדם לשימוש בארד (סגסוגת של נחושת ובדיל הקרויה גם ברונזה). נמצא שהוספת כמות קטנה של בדיל לנחושת מקלה על מלאכת החישול. השימוש בארד התפשט בין התרבויות במהירות רבה והוא המקור למעבר מ"תקופת הנחושת" ל"תקופת הברונזה".

בעבודת המשכן מופיע השם מזבח הנחושת לאחר מכן משתנה שמו למזבח העולה. אזכור תלמודי לנחושת: מצרף נחושת, מחתך נחושת (בבלי כתובות עז א, ירושלמי כתובות מז א).



איור 39: הופעת נחושת בסלע, תצורת תמנע, הר תמנע
(בייט וקלבו, 2014, עמ' 14)

הדעה הרווחת הייתה שמכרות תמנע החלו לפעול בזמן הממלכה המצרית שקדמה לממלכת שלמה. בעבודת שדה שנעשתה לאחרונה על ידי ד"ר ארז בן יוסף מאוניברסיטת תל-אביב בוצע תיארוך בפחמן 14 של ממצאים חדשים שהמשלחת חפרה בבקעת תמנע. התיארוך מוכיח שהפעילות במכרות הנחושת הגיעה לשיאה במאה העשירית לפני הספירה, כלומר בימי ממלכת ישראל המאוחדת של דוד ושלמה.

על מקום העיבוד ויצירת הכלים נכתב במל"א ז 46: "בכפר הירדן יצקם המלך, במעבה האדמה, בין סכות, ובין צרדמה".

מצודת דוד: "במעבה האדמה – בעובי האדמה חפר צורת הכלים ההם, ושפך בהם את הנחושת לאחר ההתכה".

רלב"ג (רבי לוי בן גרשום): רוצה לומר שחפר בעובי האדמה צורת הדפוסים להתיך את כל הכלים האלה, כי לא היה נכון לגודלם לעשות להם דפוסים יותכו בהם, זולת זו הדרך.

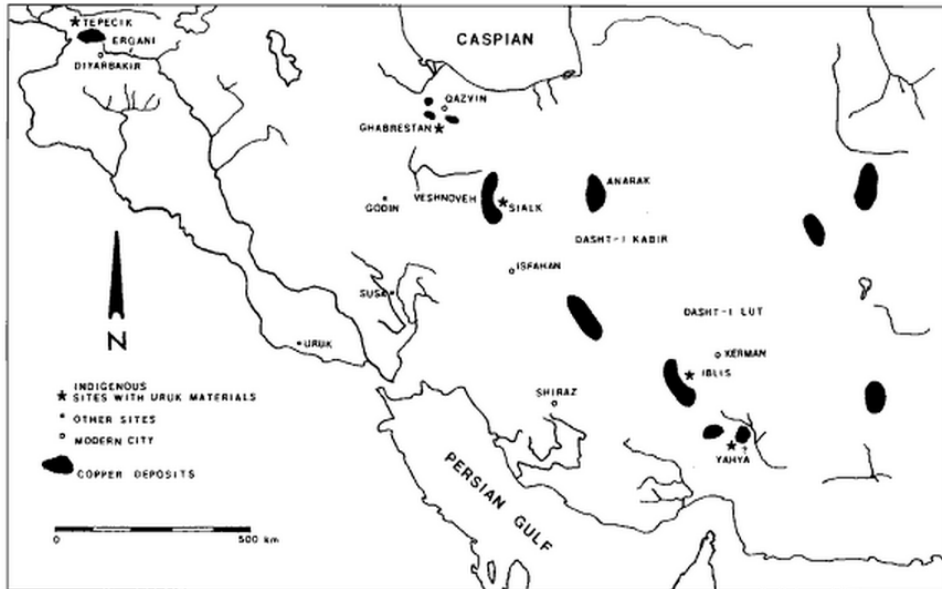
גמרא ביבמות קו ב: אמר רבא אכלה תומא (שום) ורקתה אכלה גרגישתא (עפר) ורקתה לא עשתה ולא כלום.

גרגישתא – ארזיל"א (חומר, טיין) במעבה האדמה (מל"א ז 46) מתרגמינן בגרגישתא דארעא: מסלע 'חור-הלשון' של עמק הירדן יפה ליצירת כלי אדמה וצורות דפוס ליציקת כלי המקדש.

שער שני - מחצבים

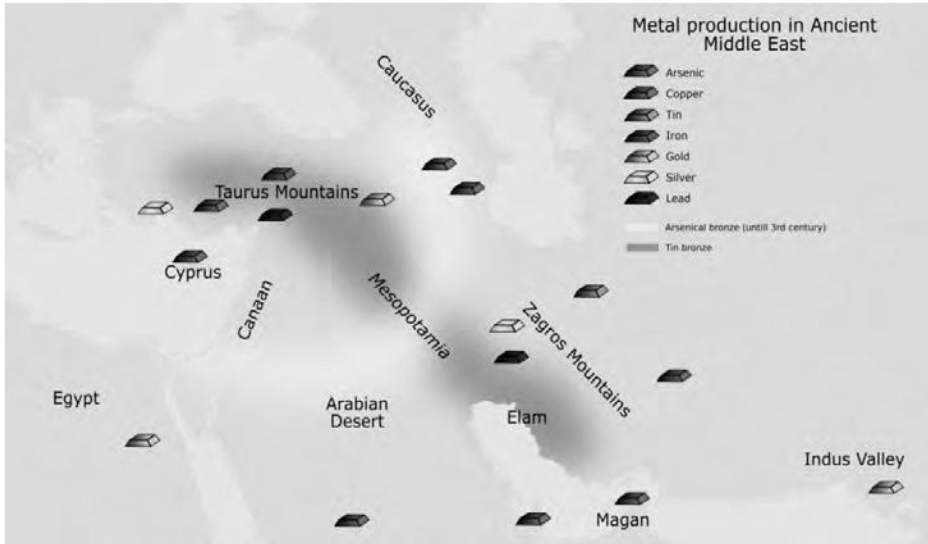
בבקעת הירדן, בתל דיר עלא שמצפון לנחל יבוק התגלו סיגי נחושת רבים, ואפשר לשייך אותם לציציקת כלי הנחושת למקדש הראשון בידי המלך שלמה (כוכבי, תשכ"ח).

השאלה הנשאלת היא על הסובב הבללי. הנחושת הייתה חומר גלם מוכר בבבל אך בתחומי מסופוטמיה לא מוכרים אתרים שנמצאת בהם הנחושת באתרה. המפות (איורים 40 ו-41) מראות את המקומות שיש בהם מחצבי נחושת ידועים. אפשר להבחין כי מקומות אלה רחוקים מאות קילומטרים מאזור העיר בבל וסביבתה.



איור 40: מפת מקורות הנחושת בפרס
(Algaze, 1993, pp. 71)

עיבוד הנחושת היה אפשר לעשות באזורי הסהף של מסופוטמיה. סהף זה, כמו חוור הלשון בבקעת הירדן, הוא חומר שקל לעצב בו את צורות הכלים. אך מניין הכירו בבל את תהליך הכרייה, מחתך הנחושת מעיקרו?



איור 41: מפת מקור המתכות במזרח התיכון בתקופות היסטוריות (המפה היא של כלל המזרח התיכון ואינה מציינת את מקורות הנחושת בדרום הערבה) (Reqs productoras de metales en la Edad Antigua en Oriente Medio, 2010)

חרשי הנחושת

במל"א ז 13 כתוב:

וַיִּשְׁלַח הַמֶּלֶךְ שְׁלֹמֹה, וַיִּקַּח אֶת-חִירָם מִצֹּר בֶּן-אִשָּׁה אַלְמָנָה הוּא מִמַּטֵּה נַפְתָּלִי, וְאָבִיו אִישׁ-צֹרִי חֹרֵשׁ נְחוֹשֶׁת.

אנו למדים כי בישראל גופא לא הייתה אומנות זו מפותחת באותה תקופה, אם כי כפי שראינו לעיל, הגמרא מציינת קיומו של בית כנסת של צורפי נחושת בירושלים. דבר זה אנו למדים גם מהתוספתא בערכין:

צלצל שבמקדש של נחושת היה ומימות משה היה, נפגם, שלחו חכמים והביאו אומנין מאלכסנדריא שתקנוהו ולא היה קולו ערב כמו שהיה. מכתשת שבמקדש של נחושת היתה ומימות משה היתה, נפגמה, ושלחו חכמים והביאו אומנין מאלכסנדריא ותקנוהו ולא היתה מפטמת כראשונה נטלו את פגימתה חזרה לתחלתה.

רואים כי היה צריך להביא אומן מאלכסנדריה. בדומה לכך גם בתוספתא יומא ב, בנוגע לשערי ניקנור, עבודת הנחושת מגיעה מאלכסנדריה:

אָמְרוּ: כְּשֶׁהָיָה נִיקְנוֹר מְבִיאֵם מֵאֶלְכְּסַנְדְּרִיָּה שְׁלֹמֹצְרִים, עָמַד עֲלֵיהֶן נְחוֹשׁוֹל שְׁבִיִּים לְטַבְּעָן וְנָטְלוּ אַחַד מֵהֶן וְהִטְלוּהוּ לַיָּם, וּבְקִשׁוֹ לְהִטִּיל אֶת הַשָּׂנִי, וְלֹא הִנִּיחַ נִיקְנוֹר.

סיכום נושא הנחושת

הריח הרע המלווה את תעשיית הנחושת מקורו בגז מימן גופריתי המתנדף בזמן תהליך העיבוד. בארץ ישראל מקור הנחושת הוא בדרום הארץ ועיבודה היה קרוב יותר למקום המטרה, בעמק הירדן. בבבל לא מוכרים מקורות הקרובים אליה אלא רק בהרי הזגרוס במרחק של כ-500 ק"מ ממנה, ולכן בבבל נעשתה רק עבודת העיבוד.

בימי המקרא לא היו אומנים העוסקים בנחושת בישראל. רק בימי התלמוד במאה השלישית עד החמישית לספירה מוזכר בית כנסת של צורפי נחושת בירושלים.

את "החוסר" באנשי מקצוע יהודיים אפשר גם ללמוד ממה שכותב אבנר (2014):

אחד מאותם שבטי מדבר שהיה קשור לעם בישראל בתקופת המקרא היה שבט המכונה קיני - קבוצה המוזכרת בספר בראשית ובספר דברי הימים כמומחית בתעשיית הנחושת. השם "קיני" אף מופיע בכתובת מצרית עתיקה באזור מכרות הנחושת והטורכיז של דרום מערב סיני. מאוחר יותר מופיע השם "קיני" גם ב-68 כתובות נבטיות באותו האזור. בתקופה מאוחרת מתקופת המקרא, תקופה אשר קדמה במעט להופעת האסלאם בחצי האי ערב, התקיים בחיג'אז, אזור בצפון ערב הסעודית בו ממוקמת כיום העיר מכה, שבט יהודי של חרשי מתכת המכונה "קינוקע". מלבד המוצא המדברי המשותף לכל העוסקים בחרושת הנחושת, המשותף לכל השמות הוא השרש "ק.ג.ה" שפירושו יצר, ברא, והחרש הקדום נחשב כפי הנראה באותם זמנים כמי שבורא חומר חדש - המתכת.

עופרת Pb (מספר אטומי - 82, Lead)

העופרת היא מהמתכות הידועות לאדם מימי קדם. ידוע שהאדם השתמש בה כבר בשנת 4000 (ויותר) לפני הספירה, ובשל היותה רכה וקלה לעיבוד (נקודת התכה נמוכה יחסית) נודעו לה שימושים רבים. המצרים השתמשו במשקולות עופרת לרשתות דייגים כבר באלף השני לפני הספירה. בדרך כלל היא נמצאת בטבע בסמיכות ליסודות אחרים, ובעיקר לנחושת. משקלה הסגולי כבד (11.3 גרם/סמ"ק) ולכן היא מופיעה בשירת הים כדוגמה לשקיעה מהירה בנוזל: "צָלְלוּ פְּעוֹפֶרֶת בְּמִים אֲדִירִים".

שימוש מעניין לעופרת מביא מצודת דוד בפירושו לפסוק:

נָחַר מִפֶּחַח, מֵאִשְׁתָּם (מֵאֵשׁ תָּם) עֹפֶרֶת לְשׂוֹא צָרַף צָרוּף, וְרַעִים לֹא נִתְקוּ. פֶּסֶף נִמְאָס, קָרָאוּ לָהֶם: כִּי-נִמְאָס ה', בָּהֶם (ירמיהו ו 29).

הוא כותב: "דרך צורף כסף להסיר הסיג מניח הכסף בכור ועמו עופרת ומעמיד על האש ונופח במפוח עד יותך הכסף והעופרת ונשרף העופרת ונשאר הכסף נקי מבלי סיג". השימוש המקובל ביותר לעופרת היה כחומר גלם לצנרת. שימוש מקובל היה לתיקון כלים שניקבו, והגמרא אוסרת תיקון כלי מקדש באבר (עופרת). בזבחים פה, א נאמר:

ת"ר: הכלי קודש שניקבו, אין מתיכין אותן, ואין מתיכין לתוכן אבר (עפרת). הסיבה מופיעה בגמרא "שאין עשירות במקום עניות".

שימוש נוסף לעופרת מופיע בתלמוד, סוטה מח, ב:

ת"ר: "שמיר זה - ברייתו כשעורה, ומששת ימי בראשית נברא, ואין כל דבר קשה יכול לעמוד בפניו. במה משמרין אותו? כורכין אותו בספוגין של צמר ומניחין אותו באיטני של אבר (כלי של עופרת) מליאה סובי שעורין".

גם כיום משתמשים ב"מגני עופרת" נגד קרינה.

שימוש נוסף לעופרת הוא בתור חומר הגלם להכנת צבע הכחל. המינרל הנפוץ גלנה (PbS) (איור 42) מורכב מעופרת (כ-86%) וגופרית (כ-14%). בישראל אפשר למצוא עורקים שלו לרגלי החרמון באזור הכפר מג'דל שמס. בעבר הרחוק והקרוב היו מפיקים מהגלנה את הכחל המוזכר פעם אחת במקרא, ביחזקאל כג 40: "כְּחֶלֶת עֵינַיִךָ וְעֵדִית עָדִי". אזכורים נוספים במקורות היהודיים הם למשל: יששכר (אבנו) ספיר ומפה שלו צבוע שחור דומה לכחול ומצויר עליו שמש וירח (במדבר רבה ב, ז). את הגלנה היו כותשים, מערבבים ומבשלים במים עם חומרים טבעיים, כמו שמן, שרף וחלמון של ביצה, ואת התוצר שהתקבל היו מורחים סביב לעין.



איור 42: המינרל גלנה
(Lavinsky, 2010)

ברזל - Fe (מספר אטומי - 26 Ferrum)

הברזל מוזכר לראשונה עם הנחושת "תובל קין לטש כל חרש נחשת ובקזל" (בראשית ד 22). הוא היסוד המתכתי הנפוץ ביותר הבונה חלק חשוב (כ-32%) ממסת כדור הארץ. גילוי הברזל הביא "למעבר זמן" בכרונולוגיה מתקופת הברונזה לתקופת הברזל לפני כ-3,200 שנה. אף-על-פי שהברזל הוא יסוד נפוץ ונמצא כמעט בכל סביבה גאולוגית, ניצולו מורכב כי להפרדתו ממינרל האם נדרשים תנאים מיוחדים. נקודת ההתכה הגבוהה של הברזל מחייבת ליצור תנאים של סביבה מחזרת בטמפרטורות גבוהות, והיכולת של האדם ליצור תנאים כאלה היא השלב החשוב בהתפתחות התרבות האנושית.

"אָרץ אֶשֶׁר אֶבְנֶיהָ בְּרִזָּל" (דברים ח 9) – קיימים בארץ ריכוזים מעטים של עפרות ברזל, למשל, בגליל בחלק התחתון של צוק מנרה. בשנות החמישים הראשונות של המאה העשרים נחפר מכרה ניסיוני להפקת הברזל, אך הוא היה מתחת לנקודת הכדאיות. המכרה אינו מנוצל אך החפירה, המסילה והקרונות עדיין "עדים" לניסיון זה (איור 43).



איור 43: מכרה הברזל הנטוש בצוק מנרה (קווה, 2007)

בדיל - Sn (מספר אטומי- 50, Stannum)

נוסף למקור שמופיע בפתיח פרק זה, מוזכר הבדיל במקרא גם בספר יחזקאל (כב 8-20, וכן כז 12).

בן-אדם, היו-לי בית-ישראל לטוג (לסיג): כלם נחשת ובדיל וברזל ועופרת, בתוך כור--סגים כסף, היו. לכן, כה אמר אדני יהוה, יען היות כלכם, לסיגים; לכן הנני קבץ אתכם, אל-תוך ירושלם. קבצת כסף ונחשת וברזל ועופרת ובדיל, אל-תוך כור, לפחת-עליו אש, להנתיך; כן אקבץ באפי ובחמתי, והנחתי והתכתי אתכם.

תְּרִישֵׁי סוּחָרְתָךְ, מֵרֵב כָּל-הוֹן; בְּכֶסֶף בְּרָזֶל בְּדִיל וְעוֹפֶרֶת, נָתַנּוּ עֲזָבוֹנֶיךָ.

יחזקאל מכיר את תהליך הזיקוק ומתאר את תהליך ההתכה שמפרידים בו את המתכות הזולות מהיקרות, כך "יזקק" ה' את עמו. בפרק כז אנו קוראים על המסחר אל מקומות רחוקים במערב שבהם מקור הבדיל. מקור הבדיל בעת העתיקה היה, כנראה, בבריטניה ומשם יובא למזרח התיכון.

הערת סיכום לפרק המתכות

התורה אומרת: "אֶרֶץ אֲשֶׁר אֶבְנֶיהָ בְּרָזֶל, וּמַהֲרֶיהָ תַּחְצֵב נְחֹשֶׁת" (דברים ח 9) וזאת לפני הכניסה לארץ. לאחר כ-900 שנה נאמר בדב"א כב 3: "וּבְרָזֶל לָרֵב לְמַסְמְרִים לְדַלְתוֹת הַשְּׁעָרִים, וְלְמַחְבְּרוֹת--הַכֵּין דָּוִד; וְנַחֲשֶׁת לָרֵב, אֵין מִשְׁקָל". גם היום כ-3,300 שנה לאחר מתן תורה ולאחר שנות מחקר רבות המתכות המוכרות בסלעי הארץ הן נחושת וברזל.

מקורות

אבנר, ע', גינת, ח', שם טוב, ר', לנגפורד, ב', פרומקין, ע', שליו, ש', . . . שמיר, ע' (2014). מכרות הנחושת הקדומים בנחל עמרם, מחקר מחודש. **מחקרי הנגב, ים המלח והערבה, 6(4)**

<http://www.adssc.org> מתוך 112-99

בייט, מ' וקלבו, ר' (2014). **בקעת תמנע כפארק גאולוגי** (דוח מס' GSI/09/2014). ירושלים: המכון

הגאולוגי. אוהזר מתוך [http://www.gsi.gov.il/_uploads/ftp/GsiReport/2014/Beyth-\(Michael\)-GSI-09-2014.pdf](http://www.gsi.gov.il/_uploads/ftp/GsiReport/2014/Beyth-(Michael)-GSI-09-2014.pdf)

כוכבי, מ' (תשכ"ח). סכות. בתוך **אנציקלופדיה מקראית** (כרך ה, עמ' 1035-1036). ירושלים: מוסד ביאליק.

עשרות מכרות נחושת קדומה התגלו סמוך לאילת (2014). **משרד המדע, הטכנולוגיה והחלל**. אוהזר מתוך

<http://most.gov.il/Information/PostsSpokenman/Pages/AncietcopperMines.aspx>

קווה, י' (2007). **אל צוק מנרה – לכל מכונית**. אוהזר מתוך <http://shvilim.co.il/Tracks/> אל-צוק-מנרה

Algaze, G. (1993). *The Uruk world system: The dynamics of expansion of early Mesopotamian civilization*. Chicago: University of Chicago Press.

שער שני - מחצבים

Els, F. (2014). *PHOTOS: Bingham Canyon rebuilds after landslide*. Retrieved from <http://www.mining.com/ingham-47835/>

Lavinsky, R. (2010). *Calcite, Galena* [Image]. Retrieved from <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Calcite-Galena-elm56b.jpg>

Regs productoras de metales en la Edad Antigua en Oriente Medio (2010). *Metal production in Ancient Middle East* [Image]. Retrieved from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Metal_production_in_Ancient_Middle_East.svg

Zayith, E. (2010). *Mishmar-Some Items* [Image]. Retrieved from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mishmar-Some_Items.png