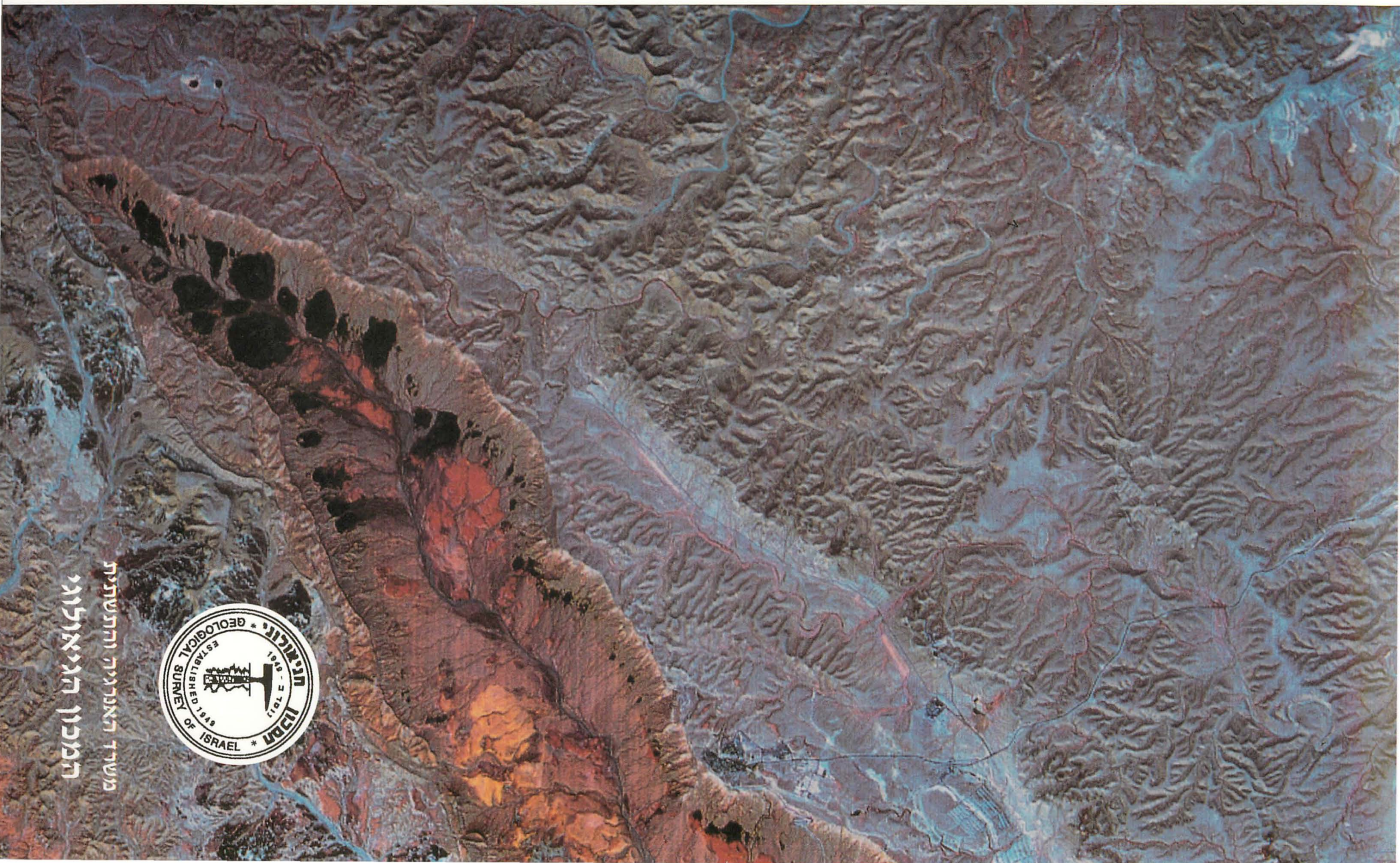


אוצרות הטבע במכתשי הנגב • מחצבים

דו"ח מס' GSI/22/94

ד"ר עמית שגב • ד"ר משה שירב



משרד האנרגיה והתשתית
המכון הגאולוגי

אוצרות הטבע במכתשי הנגב

מחצבים

ד"ר עמית שגב ד"ר משה שירב

**מוגש לועדת מנכ"לים
של משרדי ממשלת ישראל
לנושא
ארץ המכתשים**

**דו"ח המכון הגיאולוגי
מס' GSI/22/94
ירושלים, אוגוסט 1994**

תוכן העניינים

תמצית מנהלים	2
מבוא	4
הקדמה	4
מטרות הדו"ח	4
תכניות המתאר לכריה וחציבה	5
רשימת מושגים	5
המכתש הקטן (חצרה)	7
מבוא	7
מים	7
מחצבים	8
הקצאת שטחים לכריה	8
המכתש הגדול (חתירה)	9
מבוא	9
מחצבים	9
הקצאת שטחים לכריה	11
מכתש רמון	12
מבוא	12
מים	12
מחצבים	13
הקצאת שטחים לכריה	18
יחסי גומלין בין תעשיית המחצבים לבין הסביבה	20
דוגמאות לשיקום אתרי כרייה	20
סיכום	22
סיכום	23
רשימת ספרות	24

רשימת ציורים

- ציור 1.** מפה גיאולוגית של אזור המכתשים
- ציור 2.** מפת פוטנציאל המחצבים בנגב.
- ציור 3.** מפת המכתש הקטן - אזורי כרייה הפוספאטים.
- ציור 4.** חתך סטרטיגרפי של אזור המכתש הגדול והמכתש הקטן.
- ציור 5.** מפת המכתש הגדול - פריסת המחצבים, אזורי הכרייה ושטחים לכריה וחציבה בתכניות המתאר השונות.
- ציור 6.** מפת מכתש רמון - פריסת המחצבים, אזורי הכרייה ושטחים לכריה וחציבה בתכניות המתאר השונות.
- ציור 7.** חתך סטרטיגרפי של אזור מכתש רמון.

תמצית מנהלים

- ♦ ביום ה- 19/7/94 התכנסה ועדת המנכ"לים לנושא "ארץ המכתשים" והחליטה להטיל על המכון הגיאולוגי, בסיוע כלכלנים ממוסד התעשייה והמסחר, להכין סקירה בנושא המחצבים המנוצלים והפוטנציאליים במכתשים.
- ♦ הדו"ח הנוכחי סוקר את פוטנציאל המחצבים במכתשים ומביא גם את תמונת הקצאת השטחים לכרייה בתכניות המתאר השונות. קיים פער הולך וגדל בין צרכי הפיתוח של ענף המחצבים והתעשיות הנלוות אליו לבין השטחים שהוקצו לכך ע"י המתכנן. אין עדיין הקצאה לאומית, עדכנית, של שטחים עבור כרייה וחציבה של אוצרות טבע מוכרים ולא מוקצים משאבים כדי לקדם תהליך זה.
- ♦ מכתשי הר עריף מצויים במצבם הטבעי ומן המידע הקיים אין בהם אוצרות טבע יחודיים.
- ♦ בתוך המכתש הקטן לא נעשו עד כה פעולות חציבה. מצויות בו אבני חול לבניה בלבד ולכן מומלץ להשאירו במצבו הטבעי. מחוץ וסמוך למכתש מצוי שדה פוספאטים בו נכרו מרבית העתודות. מומלץ לאפשר את סיום הכרייה, המלווה כיום עם עבודות שיקום. בתוך המכתש ובשוליו מצויים קידוחים המפיקים מים. אין ספק שהפקת המים חייבת להמשך ללא הפרעה.
- ♦ בתוך המכתש הגדול נכרה חול קוורץ זך, המהווה את הבסיס לתעשיית הזכוכית בישראל, והוא מצוי אך ורק במכתש זה. להפסקת כריית חול זה השפעה מיידית על תעשיית הזכוכית בארץ, על כל המשתמע מכך. לשאר המחצבים המצויים בתוך המכתש הגדול (אבן גיר ופצלים לתעשיית צמנט פורטלנד, חול לבניה וחרסיות) יש חלופות מחוץ למכתש. מדרום וסמוך למצלעות המכתש מצוי שדה הפוספאטים של אורון ומרבץ גדול של פצלי שמן. מומלץ להוציא אזור זה מתחום השטחים המוגנים.
- ♦ במכתש רמון כורים היום חרסיות קאולין מסוגים אחדים, חרסית דמויית צור, גבס ופורצלניט, ולכל המחצבים האלה יש עדיין עתודות רבות. כל החרסיות ייחודיות לאזור הרמון והן מהוות מרכיב עיקרי בתעשיית הקרמיקה (בייחוד מפעל נגב קרמיקה בירוחם), ומרכיב חשוב בתעשיית החומצה הזרחתית. לגבס קיימת חלופה באזור גשר, המאויימת על ידי ההחלטה להקים על שטח המרבץ אתר ארצי לסילוק פסולת. הפורצלניט איננו ייחודי לאזור (נחל נקרות), אך שכבה כה עבה (כ- 12 מ') המכילה פורצלניט נקי במיוחד יש רק באזור הרמון. למחצבים אחרים המצויים במכתש רמון - חומרי גלם לאגרגטים, פלדספר ושיש, ישנן חלופות אחרות באזור. להפסקת כריית חרסיות קאולין תהיה השפעה מיידית (סגירה) על מפעל נגב קרמיקה ופגיעה קשה בתעשיית החומצה הזרחתית.
- ♦ הדו"ח המוגש בזה מציג גישה מאוזנת הבוחנת ניצול אוצרות טבע מינרליים החיוניים לפיתוח המדינה תוך התייחסות להשפעה על אוצרות הטבע התיירותיים. פעולות כרייה המבוצעות אחרי תכנון פרטני יכולות להתנהל תוך פגיעה מזערית בערכי טבע אחרים.

הליכי שיקום מושכלים, תוך כדי פעולות הכרייה ולאחריהן, עשויים אף להעלות את ערכו של השטח לצרכים תיירותיים.

♦ סיכום של סוגי המחצבים באזורי המכתשים, הכמויות שלהם וחלופות אפשריות מובא בטבלא שלהלן:

טבלא 1: מצאי המחצבים באזור המכתשים בנגב, כמויות וחלופות אפשריות.

אזור	חומר הגלם	כמויות	אתרים חלופיים
המכתש הקטן	חול לבנייה	כ- 80 מליון מ"ק	אזור דימונה, מישור רותם
המכתש הגדול	חול קוורץ וזלתעשיית הזכוכית	כ- 9.5 מליון טון	אין
	חול לבנייה	כ- 50 מליון מ"ק	אזור דימונה, מישור רותם
	אבן גיר ופצלים לצמנט פורטלנד חרסיות לקרמיקה	כ- 500 מליון מ"ק מוערכות במליוני טונות בודדים	חרי חתירה ונגב מרכזי מכתש רמון
	פוספאט	85 מליון טון	בגלל ערכם הכלכלי של מחצבים
	פצלי שמן	500 מליון טון	אלו ומציאותם מחוץ לגבולות המכתש מומלץ לא לכלול אותם בתחום "ארץ המכתשים"
מכתש רמון	חרסית קאולין לקרמיקה וחומצה זרחתית	מוכחות: 1,200,000 טון אפשריות: 10,000,000 טון	אין
	חרסית דמויית צור ו-קאולין מטיפוס 6/ס	מוכחות: 270,000 טון אפשריות: כ- 700,000 טון	אין
	חרסית בנטוניט (כרייה בתת הקרקע) פורצלניט	כ- 2,600,000 טון משוערות: 1,500,000 טון	אין
	גבס	אפשריות: 5,000,000 טון מוכחות: 7,500,000 טון	חלופת חלקית בלבד באזור שדות המוספאטים
	בזלת לאגרגטים	כ- 50 מליון מ"ק	חלופת חלקית בלבד באזור גשר
	חומר ואדי לאגרגטים בשולי המכתש	אזור מצפה רמון - 3 מליון טון נחל נקרות - 10 מליון טון	אתרים בצפון הארץ ואזור אילת מצפון ומדרום למכתש רמון
	סלעים למוזאיקה ושיש פלדספר (פצלת השדה)	מוערכות במליוני מ"ק כ- 500,000 טון	מישור הרוחות, צפון הארץ מחצבות הגרניט באילת
	מתכות ועפרות נדירות	עד כה לא נתגלה בצר כלכלי	אין

מבוא

הקדמה

המכתשים שנוצרו בתהליכי ארוזיה וסחיפה אשר פעלו על קמרים במרכז הנגב מהווים חלונות לרבדים גיאולוגיים קדומים ויוצרים "חורים" בנוף (ציור 1). חמשת המכתשים (הקטן, הגדול, הרמון ותאומי הר עריף) מהווים אוצר טבע של תופעות גיאולוגיות, מחצבים ונוף. התופעות הגיאולוגיות נחקרו ונסקרו ע"י גיאולוגים רבים (ראה רשימה ביבליוגרפית), ערכי הנוף ותרומתם הכלכלית נסקרו במספר דו"חות (מזור ובקר, 1994; המנהלה לפיתוח הנגב, 1993; ואחרים) ואוצרות הטבע המינרליים - המחצבים, נסקרים בעבודה זו. המידע המובא כאן מבוסס על מספר רב של מחקרים אשר בוצעו במשך למעלה משלושים השנים האחרונות, רובם על ידי האגף למחצבים ומקורות אנרגיה במכון הגיאולוגי וחלקם על ידי החברות שלהן זכויות כרייה באזורים אלו. הסקרים לחומרי גלם פוטנציאליים שבוצעו במהלך תקופה זו כללו את כל שטח הארץ, ובציור 2 מובא סיכום פוטנציאל המחצבים באזור הנגב המרכזי.

בתאריך ה- 3/7/94 הוגשה לממשלה הצעת החלטה "ארץ המכתשים", ע"י משרדי התיירות ואיכות הסביבה. הצעה זו נשענת על תזכירים של מזור ובקר (1994) והמנהלה לפיתוח התיירות בנגב (1993). יישום ההחלטה הוטל על ועדת מנכ"לים של המשרדים: תיירות (יו"ר), איכות הסביבה, אוצר, חקלאות, פנים, תעשייה ומסחר ואנרגיה ותשתית. ביום ה- 19/7/94 התכנסה הוועדה והחליטה להטיל על המכון הגיאולוגי, בסיוע כלכלנים ממשרד התעשייה והמסחר, להכין מסמך לגבי המחצבים המנוצלים והפוטנציאליים במכתשים, תוך התייחסות לכמויות ולחלופות באתרים בארץ. הדו"ח המוגש בזה עוסק בשלשת המכתשים - הקטן, הגדול ורמון. מכתשי העריף אינם נכללים עקב הפוטנציאל המצומצם הגלום בהם מפאת גדלם, מציאותם בתוך שטחי אש והנגישות הקשה אליהם.

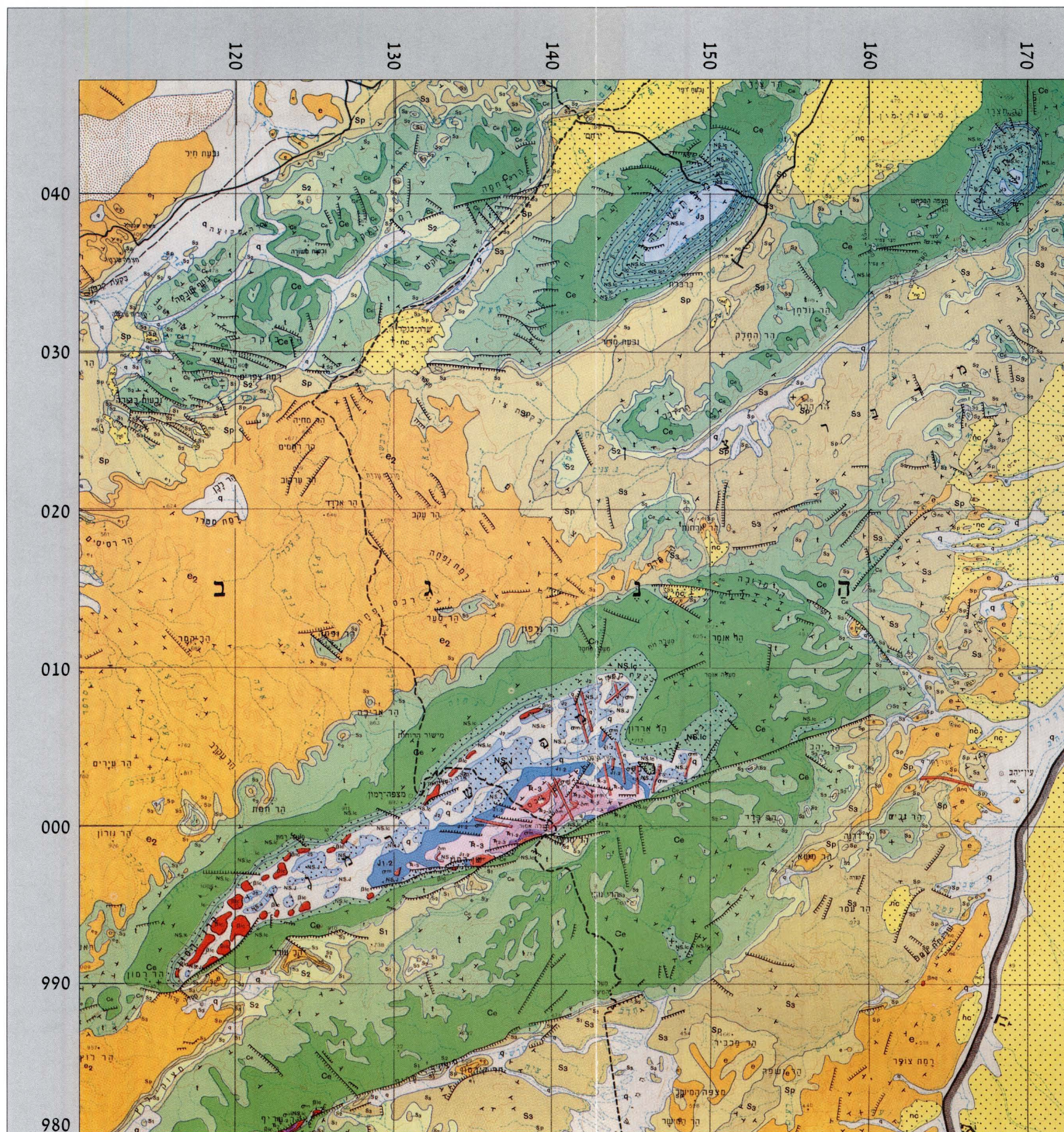
מטרות הדו"ח

1. בחינת מצאי אוצרות הטבע המינרליים במכתשי הנגב ושוליהם, והערכת הפוטנציאל הכמותי שלהם.
2. הצגת השטחים שיועדו לניצול מחצבים ע"י רשויות התכנון.
3. בחינת אתרים חלופיים לחומרי הגלם השונים.

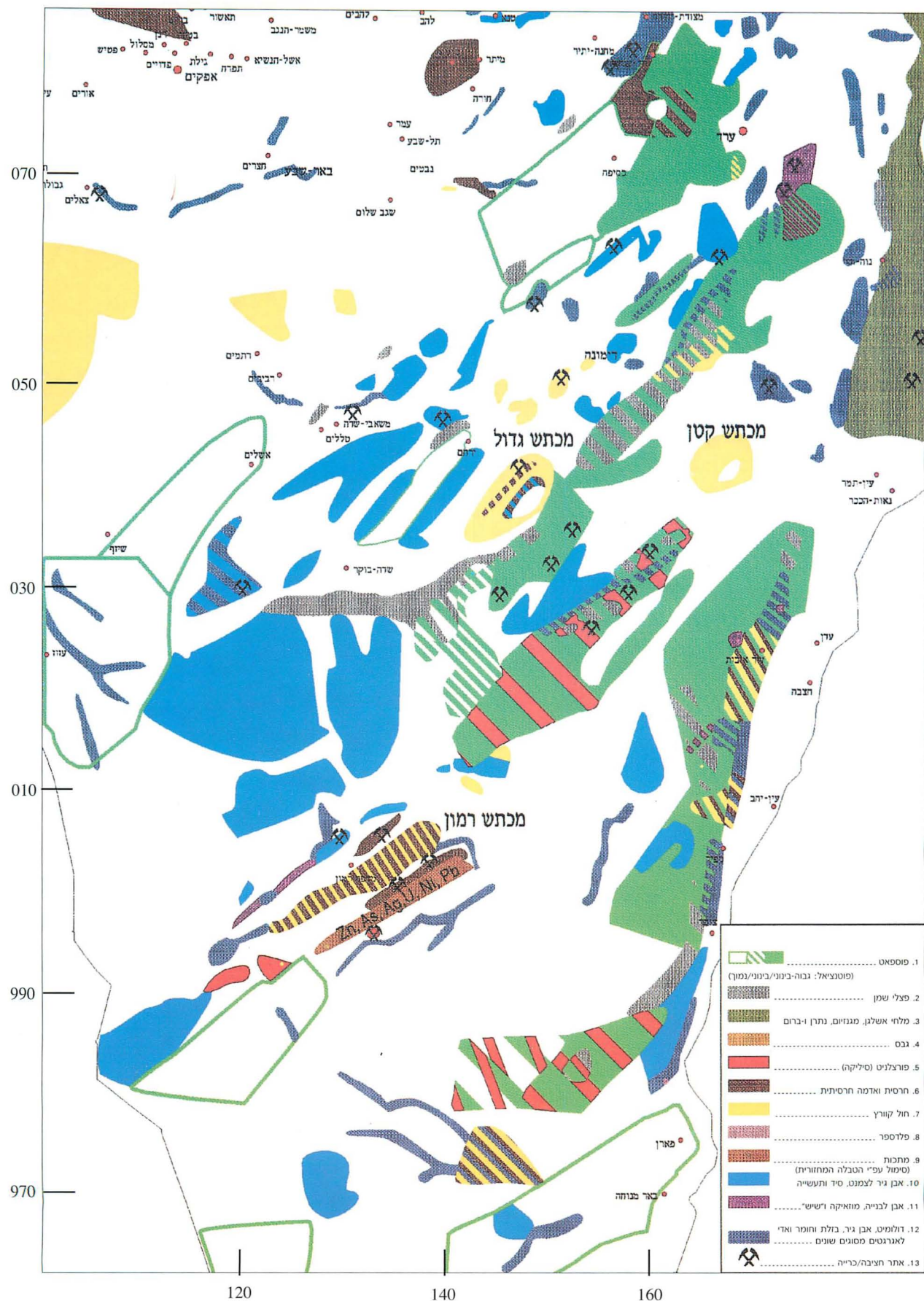
מקרא

q
nc
e
Sp
S3
S2
t
Ce
NS.lc
J3
J2
NS.J
J1-2
R3
R2-3
R1-2
βlc
σm

אלוביום (קוורטר)
תצורת חצבה
חבורת עבדת
תצורות עירב וטקיה
תצורת מישאש
תצורת מנוחה
תצורות דרורים, שיבטה ונצר
תצורת חצרה
תצורת חתירה
תצורות זהר, כידוד ובאר שבע
תצורת מחמל
תצורת אינמר
תצורות משחור וארדון
תצורת מוחילה
תצורת סהרונים
תצורת גוונים
בזלת
קוורץ - סיאניט



ציור 1. מפה גיאולוגית של אזור המכתשים (על פי בן תור וחבריו, 1965)



ציור 2. מפת פוטנציאל המחצבים בנגב

(שגב וחבריו, 1994; מתוך קטלוג תיחום תאי השטח בישראל)

תכניות המתאר לכריה וחציבה

הסקירה הנוכחית לא תדון בבעיות הסבוכות הקשורות בהקצאת שטחים לכריה וחציבה בתכניות המתאר: הארצית, המחוזית והמקומית. במפות המלוות את הדו"ח יוצגו התיחומים השונים של תכניות המתאר. יש להדגיש כי מפות אלו אינן יכולות לשמש בכל הליך חוקי הנוגע לחוקי התכנון והבנייה.

עד כה הוכנה תכנית מתאר ארצית לכריה וחציבה - ת/מ/א- 14 חלק א' - חומרי גלם לבניה ולסלילה והיא הונחה לדיון בראשית שנות השמונים. בחודשים האחרונים הושלם סבב הדיונים על האזורים המוצעים, בועדת המשנה לנושאים תכנוניים עקרוניים של המועצה הארצית לתכנון ולבניה.

ההליכים הנוגעים לכל המחצבים התעשייתיים האחרים (כמו: פוספאטים, אשלג, חרסיות לקרמיקה, פורצלניט ועוד) אשר אמורים להיכלל בחלק ב' של התכנית הארצית עדיין לא החלו. ברור שהזמן הרב שעבר מעת הגשת התכנית ועד לאישורה גרם להיותה בלתי מעודכנת. קיים אם כן פער הולך וגדל בין צרכי הפיתוח של ענף המחצבים והתעשיות הנלוות אליו לבין השטחים שהוקצו לכך ע"י המתכנן. אין עדיין הקצאה לאומית, עדכנית, של שטחים עבור כריה וחציבה של אוצרות טבע מוכרים ולא מוקצים המשאבים הנדרשים כדי לקדם תהליך זה. ראוי לזכור שצרכי המשק מחד גיסא וממצאים גיאולוגיים חדשים מאידך גיסא עשויים בעתיד להוסיף מחצבים נוספים.

רשימת מושגים

מחצב (עפרה, בצר, Mineral Resource) - מינרל טבעי בעל שימוש וערך כלכלי (משתנה עם הצרכים, התקדמות הטכנולוגיה ועלויות ההפקה).

מרבץ (Ore deposit) - גוף סלע (תלת-ממדי) המכיל מחצב אחד או יותר שיש לו שימוש כלכלי.

פרוספקציה - פעולות חיפוש ואיתור של מחצבים ע"י הפעלת שיטות מדעיות וטכנולוגיות שונות כמו: גיאוכימיה, גיאופיסיקה, חפירת תעלות, קידוחים ועוד.

סקר גיאולוגי - לימוד ההרכב והתפוצה של מחצב תוך הפעלת שיטות רבות ומגוונות, בד"כ במספר שלבים. בסקר נבדקת האפשרות לקיומו של מרבץ, מידת רציפותו במרחב, הגיאומטריה של הגוף והשינויים בהרכבו. בשלב מתקדם יותר ממפים את המרבץ ומחשבים את כמויות הבצר.

עתודות (רזרבות, Ore Reserves) - כמויות חומר גלם או בצר, באתר כריה/חציבה ידוע, שיופקו בעתיד. על פי הסוג ואופי המרבץ, ובהתחשב בצפיפות המידע, מסווגות העתודות ל- 3 קטגוריות כלהלן:

1. אפשריות (פוטנציאליות) - בצר שהוגדר במחשופים טבעיים ובמרחק רב בין נקודות המידע. נפיצות הבצר ופיזורו במרחב ידועים באופן חלקי בלבד.
2. משוערות - בצר מוכר שנסקר באופן שיטתי, אך נקודות המידע (מחשופים וקידוחים) אינן בצפיפות גבוהה.
3. מוכחות - בצר מוכר שנסקר באופן שיטתי ונקודות המידע צפופות ומאפשרות לקבוע בודאות את כמות הבצר ואיכותו.

ספציפיקציות נדרשות - ההרכב הנדרש ממחצב בכדי שיתאים לתהליך הטכנולוגי הכרוך בהפקתו ועיבודו.

כיסוי טפל (Overburden) - כלל הסלעים או הקרקע שיש לכרות יחד עם המחצב ואין להם שימוש בתהליך ניצולו (במקרה של סלעי משקע משוכבים הכוונה לשכבות המכסות את המחצב).

מוצר לוואי (By-Product) - חומר נילווח למוצר הראשי, המופק מבצר בשלבי עיבודו השונים, שאין הצדקה כלכלית להפקתו הבלעדית.

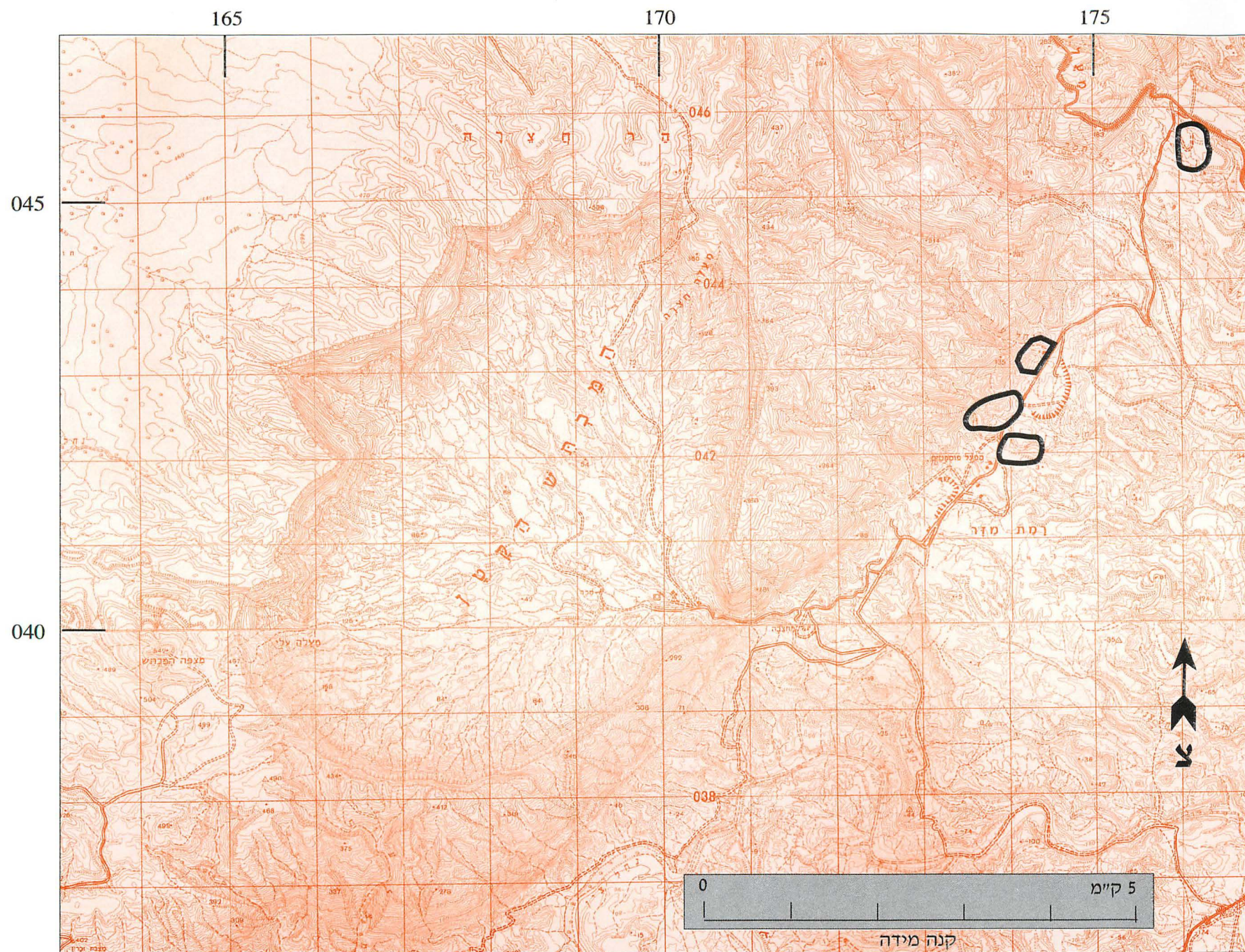
המכתש הקטן (חצרה)

מבוא

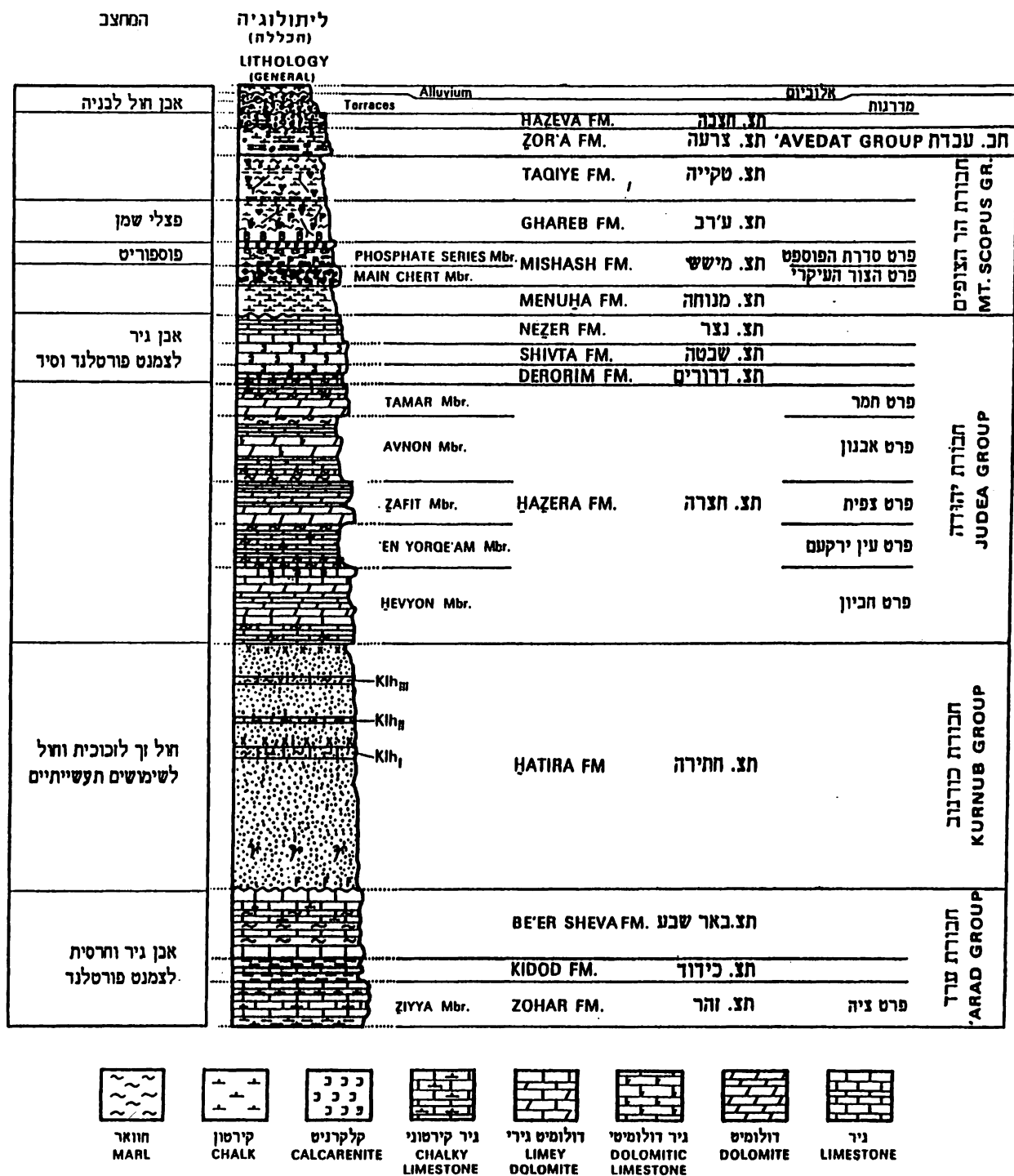
המכתש הקטן (מכתש חצרה) מצוי דרומית מכביש דימונה - סדום, נ.צ.מ. 168/041 (ציור 3). צורתו אליפטית שציר האורך שלה כ-7 ק"מ וציר הרוחב כ-3.5 ק"מ. שטח המכתש כ-15 קמ"ר והוא מוקף במצוקים מכל צדדיו (פנים המכתש כולו ניצפה היטב מכל תצפית הממוקמת על שוליו). למכתש פתח אחד, בו הוא מתנקז לדרום ע"י נחל חצרה הנשפך לנחל צין. פנים המכתש בנוי רובו מאבני החול הצבעוניות של תצורת חתירה מגיל קרתיקון תחתון (ציורים 1, 4) והמצוקים המקיפים אותו בנויים בעיקר אבני גיר ודולומיט של תצורת חצרה מגיל קנומן. דרומית-מזרחית למכתש נחשפות שכבות מתצורת מישאש הכוללות את שדה הפוספאטים של מכתש קטן.

מים

באזור המכתש הקטן מצויים שני אקויפרים: (א) אקויפר עליון בשכבות חוליות מגיל קרתיקון תחתון; (ב) אקויפר תחתון בשכבות מגיל יורא. האקויפר העליון משתרע על שטח ניכר מהנגב הצפוני (Issar et al., 1972; קרויטור, 1980; נתיב, 1984) ומפלס מי התהום במכתש נמצא, בשנת 1987, בעומק של 60 - 50 מ' וברום של 63 - עד 74 מ' מעל פני הים (כץ ונאור, 1987). בתחום המכתש (קידוחי מים 1, 2, 5) מי התהום פריאטיים ומחוצה לו (קידוחים 3, 4) הם כלואים. על פי כץ ונאור (1987) כיוון הזרימה הכללי והמדיד הוא מציר האנטיקלינה, במרכז המכתש, לכיוון דרום-מזרח, לצפון-מזרח ולמזרח, ובמשך 28 שנות שאיבת מים ירדו המפלסים בכ- 30 מ' (כ- 1 מ' בשנה). חמשת קידוחי ההפקה שנקדחו בשנים 1962 - 1985, שאינם עובדים ברציפות, הפיקו עד 1987 כ- 11 מליון מ"ק. תכולת הכלורידים במי הקידוחים שמחוץ למכתש 700 - 800 מג"ל ואלה שבתוך המכתש 300 - 500 מג"ל, האחרונים ניזונים כנראה גם מחלחול של זרימות שטפוניות, מקומיות. אקויפר היורא פחות מוכר ופחות מנוצל, אך גם לו יש פוטנציאל מים זמינים להפקה, בתכולה של 600 - 1000 מג"ל (כץ ונאור, 1987). בבדיקות הידרולוגיות באמצעות מודל זרימה של אקויפר אבן החול הנובית מראים גוטמן וחבריו (1993) כי תוספת שאיבה של 30 מלמ"ק\שנה באזור המכתש הקטן תגרום לירידת מפלסים של כ- 140 - 130 מ' לאחר 25 שנים ותגרום גם לירידת מפלסים גדולה בקידוחי תמר שבמורד הזרימה. פיזור אותה כמות שאיבה כוללת על שלושה אזורים (מכתש קטן, יורקעם ועין יהב) תביא לירידות מפלסים מתונות של כ- 2 מ' בשנה בממוצע.



ציור 3. מפת המכתש הקטן - אזורי כריית הפוספאטים



ציור 4. חתך סטרטיגרפי של אזור המכתש הגדול והמכתש הקטן (סטרטיגרפיה על פי רוזד, 1983).

מחצבים

חול לבניה

בחלקו הפנימי של המכתש רבדות אבני חול לבנות עד אדומות וסגולות, בד"כ מלוכדות ובעלות קושי בינוני (ניתן לפורר אותן בשרשראות של טרקטור). במכתש מצויות כמויות גדולות ("עתודות אפשריות") הנאמדות במליוני טונות שמעולם לא נסקרו בפירוט. עד כה לא בוצעו באזור זה פעולות כריה וחציבה. מחצב זה איננו ייחודי למכתש והוא נפוץ באזורים אחרים (ציור 2). אזור חלופי סמוך, בו נכרה חול לבניה מתצורות גיאולוגיות אחרות, מצוי כ- 10 ק"מ מצפון למכתש, דרומית-מערבית לדימונה. האתר החלופי עדיף וקרוב יותר לאזורי הצריכה.

פוספאט

מדרום וסמוך למצלעות הדרום-מזרחיות של המכתש קיים שדה פוספאטים עשיר המנוצל מזה עשרות שנים. חלק מהאתרים בהם הסתיימה הכרייה שוקמו (ראה פירוט בפרק קודם), אך באזור זה מצויות עדיין עתודות פוספוריט ברות ניצול (ציור 3) של כ- 200,000 טון ועוד מספר מליוני טון בתחומי שמורות טבע שאינן ברות ניצול (מידע מחב' רותם דשנים בע"מ).

הקצאת שטחים לכריה

בתוך המכתש הקטן לא הוגדר שטח לכריה בתכנית מתאר ארצית (ת/מ/א- 14) לחומרי בניה וסלילה. בתכניות המתאר המחוזיות (מסוכס בת.מ.מ.- 4) הוקצו שטחים לכריית פוספאטים והפעילות העכשווית נעשית באזורים שסומנו בציור 3 (המידע מחב' רותם דשנים בע"מ).

המכתש הגדול (חתירה)

מבוא

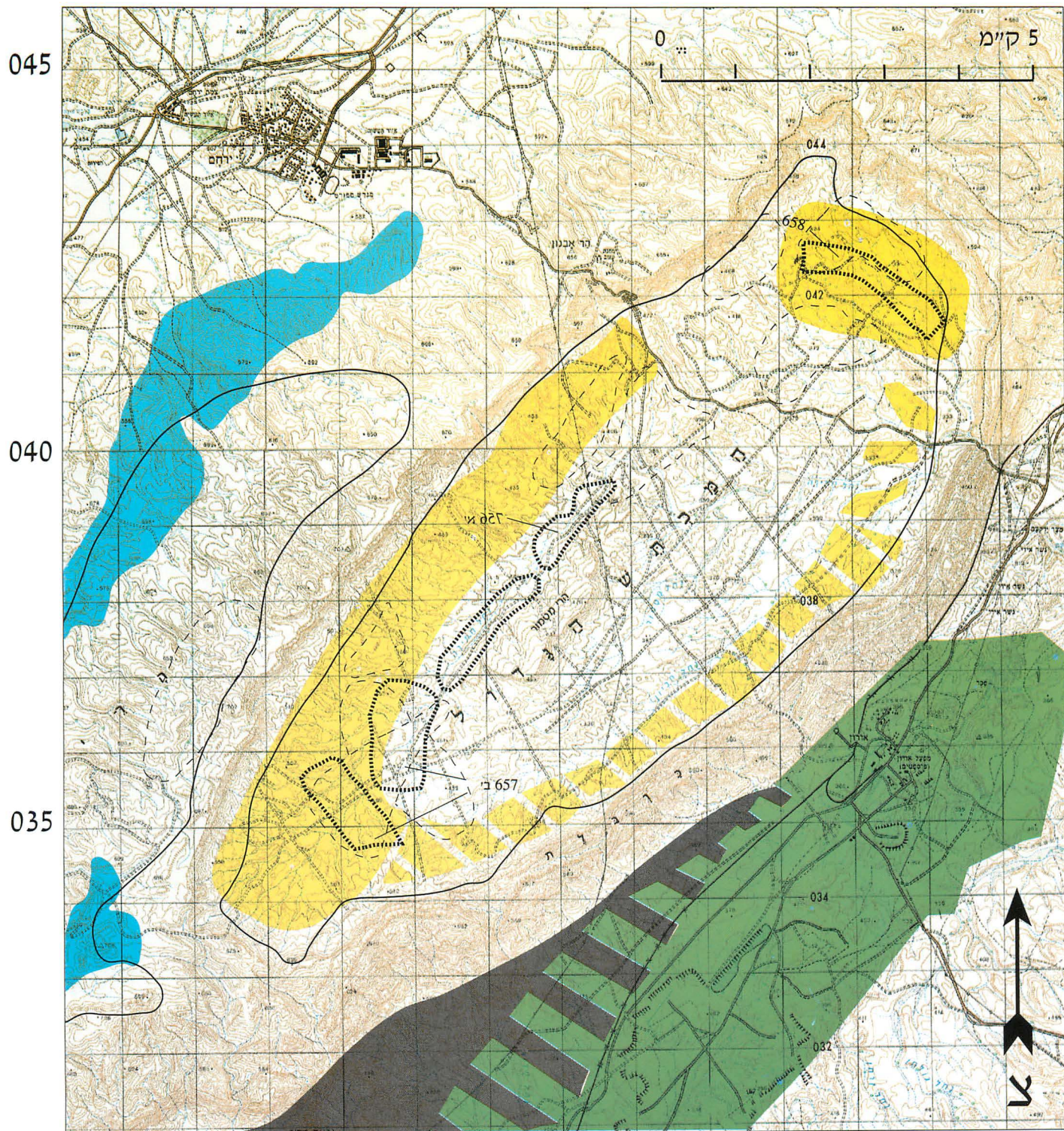
המכתש הגדול (מכתש חתירה) מצוי כ- 4 ק"מ דרומית-מזרחית מירוחם (ציורים 1,5), נ.צ.מ 148/038, וצורתו אליפטית שציר האורך שלה כ- 14 ק"מ וציר הרוחב כ- 5 ק"מ. שטח המכתש כ- 50 קמ"ר והוא מוקף במצוקים מכל צדדיו. למכתש פתח אחד, בו הוא מתנקז לדרום ע"י נחל חתירה החוצה אחר יציאתו את רכס חצרה ונשפך לנחל צין סמוך לעין עקרבית. את המכתש חוצה כביש ירוחם - אורון המתחבר ביציאה מהמכתש לכביש דימונה - אורון. מרכז המכתש בנוי מאבני גיר ופצלים מתצורות זוהר, כידוד ובאר שבע מגיל יורא (ציור 4), ומעליהן תצורת חתירה מגיל קרתיקון תחתון, הבנויה רובה מחילופין של אבני חול וחרסיות. המצוקים המקיפים את המכתש בנויים בעיקר מאבני גיר, דולומיט ומעט חואר השייכים לתצורת חצרה מגיל קנומן. מדרום למצלעות, התוחמות את המכתש מדרום-מזרח, נחשפות שכבות מתצורת מישאש העשירה בפוספאטים. אזור זה תחום בשדה הפוספאטים של אורון המכיל גם את מתקני מפעל הפוספאטים.

מחצבים

חול לזכוכית

חול קוורץ זך, ייחודי (חול נקי ממינרלים מזהמים) לתעשיית הזכוכית בישראל מצוי אך ורק במכתש זה, בחתך של אבני החול מתצורת חתירה. סלעי התצורה הינם בעיקר אבני חול מגוונות ובעלות גודל גרגר משתנה. בתוך חתך אבני החול מצויות שלוש שכבות המורכבות מגיר, חרסית וחואר והן מציינות תקופות של השקעה ימית. החולות במכתש חתירה הנכרים מזה מספר עשרות שנים מהווים את הבסיס לתעשיית הזכוכית בארץ. מן הראוי לציין שבירדן יש ככל הנראה עתודות של אבני חול דומות הזמינות ליצוא (מידע בעל פה).

החולות המנוצלים באזור זה נחלקים לפי טיבם לשני סוגים: סוג א' - חול בינוני גרגר, לבן עד צהבהב בהיר. חול זה נקי יחסית ממהמים (בעיקר תחמוצות ברזל) והוא משווק לתעשיית הזכוכית; סוג ב' - חול דק גרגר בצבע ורדרד עד צהבהב המשווק לבתי יציקה. על אף העובדה כי החולות של תצורת חתירה נחשפים סביב כל המכתש על פני שטחים גדולים, האזורים בהם ניתן לאתר חולות נקיים המתאימים לתעשיית הזכוכית הינם מוגבלים ולא רציפים. ההטרוגניות הרבה של החולות נובעת משינויים קיצוניים בתכולת המזהמים, פילוג גודלי הגרגר, תכולת מינרלים ניליים (בעיקר חרסיות) וכן מן הפריסה המרחבית של שכבות החול, נטייתן ועובי הכיסוי הטפל שמעליהן.



מקרא

פוספאט

פצלי שמן

חול זך (קוורץ)

חול זך - אזורים בהם צפוי כסוי טפל גבוה

אבן גיר לצמנט, סיד ותעשייה

שטח לכרייה וחציבה (ת/מ/א - 14)

שטח לכרייה וחציבה (ת.מ.מ. - 4 החדשה)

שטח לכרייה וחציבה (ת.מ.מ. מקומית, רמת הנגב)

ציור 5. המכתש הגדול - פריסת המחצבים ושטחים לכרייה וחציבה בתכניות המתאר השונות.

בציור 5 סומנו השטחים שבהם קיים פוטנציאל של חולות לתעשייה באזורים הבאים :
מצפון לכביש המכתש, באתר המנוצל כיום על ידי חב' "חרסית וחול זך"; שלשה אתרים בחלקו המזרחי של המכתש, משני צידי הכביש; לאורך הקיר הצפוני-מערבי של המכתש עד לפינה הדרום מערבית; הסימון המקווקו לאורך הקיר הדרום - מזרחי של המכתש מציין קיומן של רזרבות חול ואולם השכבות באזור זה נטויות בצורה חריפה, עובדה העשויה להקשות על ניצול כלכלי. רק בחלק קטן משטחם של אתרים אלו נעשו סקרים גיאולוגיים מפורטים והרזרבות (כפי שחושבו ע"י חב' "חרסית וחול זך") הינן :
רזרבות מוכחות (בצפון ובדרום-מזרח המכתש) - 1,400,000 טון.
רזרבות אפשריות - 8,000,000 טון. כיום מופקים כ- 200,000 טון חול בשנה. הלקוחות העיקריים הם מפעלי "פניציה" בירוחם ובציפורי וכן בתי יציקה.
בימים אלה מתבצע באזור סקר מפורט שבסימונו ניתן יהיה לקבוע בצורה מוסמכת יותר את עתודות חול הקוורץ הזך.

אבן גיר ופצלים לתעשיית צמנט פורטלנד

החלק העליון (כ- 45 מ') של תצורת זוהר, במרכז המכתש, בנוי מחילופין של אבני גיר ופצלים, מעליהן רבודים כ- 30 מ' של פצלים מתצורת כידוד וכ- 100 מ' אבני גיר ומעט פצלים מתצורת באר שבע. אזור זה כלול בשטח י"ז בסקר של פוטנציאל חומרי גלם לבניה בנגב (אילני וחבריו, 1977) בו הוערכו עתודות אפשריות (של כ- 560 מליון מ"ק ברוטו) של חומר גיר מאיכות בינונית לתעשיית צמנט פורטלנד. איכות החרסיות מתצורת כידוד נמצאה מתאימה לתעשיית צמנט פורטלנד מבלי להעריך את כמותן.

מחצבים אלה אינם ייחודיים למכתש והם מצויים באזורים סמוכים ורחוקים (ציור 2). במרחק של פחות מ- 5 ק"מ משולי המכתש אותרו (אילני וחבריו, 1977) אזורים אחרים בהם נמצאו עתודות של אבני גיר מאיכות גבוהה יותר, כלהלן: באזור י"ד (ממשית) כ- 140 מליון מ"ק ברוטו; באזור י"ג (הרי חתירה) כ- 140 מליון מ"ק ברוטו ובאזור ט"ו (הרי חתירה) כ- 35 מליון מ"ק ברוטו. שני האתרים האחרונים מופיעים בציור 5. אזורים חלופיים בהם יש חרסיות לתעשיית צמנט פורטלנד מצויים בדרום-מזרח אזור עין יהב ובצפון בקעות ערד ובאר שבע (אילני וחבריו, 1977).

חול לבניה

בטבעת המקיפה את חלקו הפנימי של המכתש רבודות אבני חול לבנות עד אדומות וסגולות, בד"כ מלוכדות ובעלות קושי בינוני (ניתן לפורר אותן בשרשראות של טרקטור) העשויות לשמש לצרכי בניה. במכתש חתירה מצויים עשרות מליוני מ"ק (עתודות אפשריות) שלא נסקרו עדיין בפירוט.

חומר זה איננו ייחודי למכתש (ציור 2). אזורים חלופיים סמוכים מצויים כ- 5 ק"מ מצפון למכתש, בין ירוחם לדימונה (מישור ירוחם), בהם רבודות אבני חול ניאוגניות, פריכות, שכמותן לא הוערכה עד כה. במרחק רב יותר רבד חול דיונות באזור חלוצה. האתרים החלופיים

עדיפים וקרובים יותר לאזורי הצריכה אך נדרשת עבודת פרוספקציה להערכת כמויות החול לפני שניתן יהיה לקבוע כי אתרים אלו הם אכן חלופה מלאה לחולות במכתש.

פוספאט

מדרום וסמוך למצלעות הדרום-מזרחיות של המכתש קיים שדה פוספאטים עשיר (מרבץ אורון, ציורים 2,5) המנוצל מזה עשרות שנים במפעל הממוקם באזור. עתודות הפוספוריט שנותרו באזור נקבעו ע"י הגיאולוגים של חב' רותם דשנים בע"מ לכ- 85 מליון טון.

פצלי שמן

מדרום ומדרום-מזרח למכתש חתירה מצויות עתודות גדולות של פצלי שמן (ציור 5). חלק ממרבץ פצלי השמן חופף לשדה הפוספאטים של אורון כאשר חלק מן הסלעים המצויים בין שכבות הפוספאט הינם עשירים מאד בחומר אורגני. רוב עתודות השדה הינם סלעים קירטוניים-חואריים המצויים מעל שכבת הפוספאט ומהווים, למעשה, כיסוי טפל בעל ערך אנרגטי בלתי מבוטל. הרזרבות המשוערות של פצלי שמן באתר זה הן 500 מליון טון (מינסטר, 1984).

חרסיות לתעשיית הקרמיקה

חרסיות המתאימות בחלקן לתעשייה הקרמית מצויות במכתש הגדול כחלק מן החתך של תצורת כידוד וכן של תצורת חתירה (כשכבות ביניים דקות או עדשות בתוך החתך החולי העבה). עד כה בוצעו רק בדיקות ספורות של תכונותיהן הכימיות של החרסיות (אילני וחבריו, 1977).

הקצאת שטחים לכריה

באזור המכתש הגדול הוקצו בת/מ/א - 14 מספר אזורים לכריית חול (ציור 5): אזור מס' 658 חופף באופן חלקי לאזור כריית החול בהווה; האזורים המסומנים 657א' אושרו לניצול זמני בשלב ב' והם כוללים שטחי חולות המהווים את חלקה התחתון של תצורת חתירה שבו קטן הסיכוי לאיתור חול זך לתעשיית הזכוכית. האזורים המסומנים 657ב' מצויים בחלקו הדרום מערבי של המכתש (לניצול זמני, שלב ב') והם כוללים שטחים בהם אותרו רזרבות מוכחות של חול זכוכית. בתכנית המתאר המקומית של רמת נגב סומנו שטחי כרייה אשר בחלקם חופפים את אלו שסומנו בת/מ/א- 14 (ציור 5). באזור המכתש וסביבתו לא הוקצו בת/מ/א- 14 אזורים לכריית אבן גיר וחרסיות.

מכתש רמון

מבוא

מכתש רמון נמצא באזור הר הנגב המרכזי, מדרום לרמת עבדת ולישוב מצפה רמון, והוא הגדול ביותר ממכתשי הנגב (ציור 1). צורתו כמשולש מאורך (ציור 6) שקדקודו הדרום - מערבי באזור מעלה ערוד (נ.צ.מ. 116/990), הצפון - מזרחי בבקעת מחמל (נ.צ.מ. 146/010), והדרום - מזרחי בבקעת ארדון (נ.צ.מ. 153/007). ציר האורך המרבי (מבקעת ארדון ועד למעלה ערוד) הוא כ- 40 ק"מ ורוחבו המרבי (מערבית להר ארדון) כ- 9 ק"מ. השטח הפנימי של המכתש הוא כ- 176 קמ"ר. מצדיו הצפוני והמזרחי המכתש מוקף במצוקים זקופים המגיעים לגובה של 250 - 150 מ', בדומה למכתש הקטן והגדול, אך בצידו הדרומי מצויות מספר פרצות בקיר פחות מצוקי. מכתש רמון מתנקז ע"י מספר נחלים שהעיקרי בהם הוא נחל רמון. כלל מערכת הניקוז מתלכדת ומזינה את נחל נקרות הזורם במקביל, וסמוך, לדופן הדרומית של המכתש ומתנקז אח"כ לערבה, סמוך לעין יהב. כביש מצפה רמון - צומת ציחור ואילת חוצה את מרכז המכתש מצפון לדרום.

חלקו הדרומי של מכתש רמון תחום ע"י קו שבר הרמון המהווה אלמנט טקטוני בולט בפני השטח. שבר זה נמשך מסיני לתחום ישראל וחלקים ממנו (בתחום הרמון) נחקרו בפירוט ע"י גיאולוגים רבים (זק, 1957; Zak, 1968; גרפונקל 1964; ברטוב, 1974 ו-בר, 1989). הסלעים הקדומים ביותר (אבני חול, פצלים, גיר וגבס) חשופים בחלק הדרומי של הרמון (סמוך לכביש) והם שייכים לתצורות גווניס, סהרונים ומוחילה מגיל טריאס (ציור 7; דרוקמן, 1976). מעל יחידות אלה רבדות תצורות מגיל יורא הכוללות את: ארדון (חרסיות, פצלים, גיר ודולומיט), אינמר (אבני חול וחרסיות) ומחמל (פצלים ודולומיט). את מרבית היחידות שצוינו גודע מישור אי-ההתאמה שבבסיס היחידות מהקרתיקון התחתון, החל מתצורת ערוד (קונגלומרט; בן-דוד, 1992) שמעליו רבדה תצורת חתירה (אבני חול וחרסיות) הכוללת בתוכה את השפכים הבזלתיים, הנפוצים בחלקים נרחבים של המכתש (Lang & Steinitz, 1989). בתקופה גיאולוגית זו הוצבו באזור הרמון מחדרים מגמתיים בהרכבים שונים ובגופים בעלי צורה וגודל שונים: דייקים, סילים, לקוליט ופלוטונים בהרכב מקוורץ-סיאניט ועד גברו (Bentor, 1952; Bentor, 1963; מזור [פוזנר], 1955; אייל וחבריו, 1990; זק, 1957; בון, 1980; איתמר וחבריו, 1990; Itamar & Baer, 1986). חלק מהמחדרים מלווים במינרליזציות רב-מתכתיות (איתמר, 1988; 1993; Itamar & Baer). מדרום לשבר הרמון, התוחם את המכתש מדרום-מזרח, נחשפות שכבות מתצורת מישאש העשירה בפוספאטים ובפורצלניט.

מים

בתוך המכתש מצוי מעיין טבעי, עין סהרונים, וכן מקווי מים בתוך חלק מהמכרות העמוקים של חרסית דמויית צור (חד"צ). המפעל של חב' חרסית וחול זך בע"מ הממוקם סמוך למכרות פועל בתהליכים יבשים ואין לו שפכים תעשייתיים. לפיכך הפעילות של מפעל זה (ובדומה לכך גם מחצבת הגבס) איננה משפיעה על מי התהום.

לדעת איסר (1991) פעילות באזור שתי מערכות אקופרים: א) מערכת אזורית בתוך מערכת סדקים בעלי מוליכות נמוכה מדרום לנחל רמון. ב) מערכת מקומית בתוך חלוקים, ואולי גם באבני חול של תצורת אינמר, בעלת מוליכות גבוהה יותר. הקשר בין שני האקופרים הוא של דליפה ושל העברת לחצים וזרימה משמעותית ממערכת אחת לשניה יכולה להיווצר רק בתנאים של הורדת או הרמת מפלס גדולה באחד האקופרים. לדעת איסר, המים של עין סהרונים ובורות הכרייה ניזונים דרך מחדר משותף ולכן מי המעיין אינם נביעה של מי שיטפונות שחלחלו בנחל רמון, אלא מים עתיקים יותר (גיל של כ- 8,000 שנה) שמקורם איננו ברור עדיין.

מחצבים

עקב הרגישות של אזור הרמון סומנו אזורים פוטנציאליים של מחצבים ייחודיים לאזור כולו, ובמקרים אחדים, מחצבים היחודיים לכלל שטח מדינת ישראל.

אבן גיר לתעשיית צמנט פורטלנד

האזורים בהם מצויה אבן גיר ראווה לניצול (ציור 6) מצויים מחוץ למכתש רמון והם נסקרו ע"י אילני וחבריו (1977). באזורים אלה מצויים מאות מליוני טון ואחדים מהם מופיעים רק באופן חלקי במפה.

סלעים מסוגים שונים לתעשיות מוזאיקה ושיש

צפונית ממצפה רמון, במרחק של כ- 2-3 ק"מ משפת המכתש, מצויים שטחי כריה של אבני גיר לתעשיית אבן לבניה ושיש (ציורים 6 ו- 2) על פני שטח של כ- 1500 דונם. אזור זה מהווה דוגמא לניצול פרוע של מחצבים עקב כריה ללא פיקוח והעדר פעולות שיקום. בתוך המכתש, באזור הר גוונים וסמוך אליו מצויים סלעי גיר, דולומיט וקוורץ סיאניט, בצבעים שונים, המשתרעים על פני מאות דונמים. אבן גיר מתצורת סהרונים נחצבה באזור זה בעבר.

אגרגטים - בזלת וחומר ואדי

סלעי בזלת, מגיל קרתיקון תחתון, המתאימים בטיבם לתעשיית האגרגטים (ובמיוחד לבטונים) מצויים באזורי גבעת מצח וקרני רמון (ראה ציור 6). הבזלות מופיעות בזרמים שעוביים מטרים ספורים וסה"כ כמויות חומר הגלם מטיב גבוה, לתעשיית הבנייה, המוערכות באתרים אלו הן כ- 50 מליון מ"ק.

חומר ואדי משמש, כיישום ישיר, כחומר מילוי ותשתית, וכיישום לאחר ניפוי לתעשיית האגרגטים ושימושים תעשייתיים נוספים. עתודות גדולות של חומר ואדי מצויות בנחל רמון (ציור 2), אך עקב רגישותו הנופית של האזור הוא לא נכלל בציור 6 כשטח פוטנציאלי.

מחוץ למכתש רמון, בנחל נקרות שמדרום וסמוך למכתש חומר הואדי מורכב מחלוקי גיר, מעט צור ומרכיבים מגמתיים והעתודות האפשריות (אילני וחבריו, 1977) הוערכו בכ- 10 מליון מ"ק ברוטו על שטח של כ- 5,000 דונם. בנחל עודד הרכב החלוקים הוא גיר, דולומיט ומעט צור והעתודות המוערכות הן כמליון טון ברוטו. בערוצי ואדיות מצפון למכתש, במישור הרוחות, מצויות עתודות אפשריות של חומר ואדי, המורכב מחלוקי גיר, בכמות של כ- 2.3 מליון מ"ק ברוטו. צפונה יותר מצויות עתודות ניכרות ביחוד בנחל ניצנה.

חרסית קאולין לתעשיית הקרמיקה וחומצה זרחתית (טיפוס 5/ס או 73/א)

התצורות היבשתיות מגיל יורא (משחור, ארדון ואינמר; ציור 7) מכילות שכבות רבות של חרסיות קאוליניטיות (מינרלים מקבוצת הקאולין, $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot H_2O$) בדרגות שונות של ניקיון ממינרלים נלווים כמו: גרגרי קוורץ, תחמוצות ברזל, חומר אורגני וכו'. שכבות החרסית בתצורת אינמר רבודות במחזוריות יחד עם שכבות אבן חול, פריכה למדי, ואופקים ברזיליים דקים. לשכבות בד"כ מבנה עדשתי בעובי של 10 - 0 מ' ובאורך של כמה מאות מטרים. קאולין באיכות כה גבוהה לא מצוי במקומות אחרים בישראל וכרייתו נעשית במשך שנים רבות במכרה שנקרא 5/ס או 73/א.

העתודות המוכחות באזור הכרייה הן כ- 800,000 טון (מידע מתב' חרסית וחול זך בע"מ) ועתודות אפשריות, מזרחה מאזור הכרייה, עשויות להיות כ- 40,000 טון לדונם (בהסתמך על חישוב עובי מצטבר של 20 מ' חרסית באיכות נאותה). כמויות דומות ניתן לאתר גם באזורים מערביים יותר במכתש (ציור 6) שלא נסקרו עדיין.

הצרכנית הגדולה ביותר, היום, לחרסית זו היא תעשיית החומצה הזרחתית מהפוספוריט הישראלי, הן בישראל והן מחוצה לה. צרכן חשוב נוסף לחרסית זו הם מפעלי קרמיקה ובייחוד המפעל של נגב קרמיקה בירוחם. כיום מסופקים ללקוחות אלו מעל 60,000 טון בשנה. יש להניח כי הצריכה הצפויה לחרסית זו תגדל בעתיד.

חרסית דומה מתצורת ארדון (ציור 7) נקראת "חרסית שוקולד" עקב צבעה (חום-בורדו) והיא מצויה כשכבה רציפה למדי. העתודות המשוערות של חרסית זו נקבעו בסקרים גיאולוגיים והן נמצאות משני צידי הכביש החוצה את המכתש. ממזרח לכביש נמצאו עתודות משוערות של כ- 122,000 טון וממערב לכביש כ- 186,000 טון. קרוב לודאי שיש עתודות אפשריות גם מעבר לאזורים שנסקרו. הלקוח העיקרי לחרסית זו הוא מפעל "חסין אש" בבאר שבע שאליו מסופקים 25,000 טון/שנה.

לחרסיות הקאולין במכתש רמון אין תחליפים באזורים אחרים בישראל.

חרסית דמויית צור (חד"צ)

בשם זה מכונה סלע חרסיתי לבן ועשיר בתחמוצות אלומיניום, קשה, צפוף ומסיבי אשר שבירתו הקונכואידלית דומה לזו של אבן צור. חרסית זו נכללת בתצורת משחור, מגיל יורא, המאפיינת את אזור אי-ההתאמה בינה לבין תצורת מוחילה מגיל טריאס (ציור 7). החרסית בעיקרה קאוליניטית והיא מכילה כמות משתנה של תרכיזים (פיזוליטים) עשירים במינרלי

הידרוקסיד של אלומיניום (בוהמיט ודיאספור) המעלים את אחוז האלומינה בסלעים אלה לערכים של 40% עד 65%.

חרסית זו מופיעה בשתי צורות (ויסברוד, 1962): 1) כשכבה רציפה או עדשתית בבסיס תצורת משחור, בעובי של כ- 5 - 12 מ' המלווה במקומות בתחמוצות ברזל. בתוך חתך זה יש בד"כ שכבת חרסית לבנה בעובי משתנה של כ- 0.5 עד 2.0 מ'. 2) בכיסים קרסטיים בתוך שכבת הגיר הלגונרי. גודל הכיסים מעשרות ועד מאות מ"ר ועומקם משתנה בין 4 ל- 18 מ'. החד"צ הלבנה מצויה בד"כ במרכז הכיס והיא מוקפת בחרסית ברזלית אדומה. טיפוס החרסית האדומה מכונה היום 6/ס והוא נכרה בהווה עבור חב' רותם דשנים.

החד"צ הלבנה (בתכולת תחמוצות ברזל נמוכה מכ- 1.5%) משמשת בעיקר בתעשייה הרפרקטורית ליצור חומרים חסיני אש. החומר המיוצר במכתש רמון מיוצא כיום כולו לחו"ל. חרסית 6/ס, עשירת הברזל, נכרית מכיסים שבעבר נכרתה בהם החד"צ הלבנה בלבד (זו דוגמה לחרסית שבעבר היוותה כיסוי טפל ועתה היא מחצב, כתוצאה מצרכים חדשים של התעשייה הכימית בארץ).

לפי נתוני חב' חרסית וחול זך עתודות החד"צ הלבנה (לא כולל כיסים) הן: **מוכחות** כ- 170,000 טון; **אפשריות** כ- 580,000 טון וצריכתה כ- 40,000 טון בשנה. עתודות חרסית 6/ס: **מוכחות** כ- 100,000 טון ו**אפשריות** כ- 150,000 טון. צריכת חרסית זו היא כ- 10,000 טון בשנה.

לחרסית דמויית צור ולחרסית 6/ס במכתש רמון אין תחליפים באזורים אחרים בישראל.

חרסית בנטוניט

בנטוניט הוא שם טכני לסלע חרסיתי המורכב ברובו (85% - 75%) ממינרלי סמקטיט ומלווה במינרלים נוספים כמו: איליט, קאוליניט, קוורץ ופלדספר. ההרכב הכימי של בנטוניטים משתנה ממרבץ למרבץ ואפילו בתחומי מרבץ אחד. אחת התכונות החשובות של הבנטוניט היא ספיחת קטיונים ואניונים שונים והחזקתם במצב בר-החלפה. טיב הקטיון החליף משפיע על תכונות הבנטוניט ובהתאם לכך על אפשרות השימוש בו. מצויים בנטוניטים המכילים נתרן כקטיון חליף או כאלה המכילים סידן או מגנזיום. האחרונים הם אלה המצויים בבנטוניט שבין שכבות תצורת חצרה במצוק הצפוני של המכתש (ויסברוד, 1962; ציור 7). השיכבה אותה כרו, בכריה תת-קרקעית, במשך מספר שנים היא השכבה האמצעית שעוביה כ- 1.5-2 מ' והיא משתרעת לאורך קילומטרים רבים של המצוק הצפוני והמצוקים של הר ארדון. באזור הכניסה למכרה התת-קרקעי, המצוי ליד פיתולי כביש מעלה העצמאות, חושבו עתודות אפשריות של כ- 2,600,000 טון (ויסברוד, 1962) ובטווח רחוק יותר כ- 10,000,000 טון. כריית הבנטוניט במכתש רמון הופסקה משיקולים כלכליים.

פלדספר (פצלת השדה)

פלדספר הוא שם כללי לקבוצת מינרלים הכוללת, בין השאר, פלדספר אשלגני או נתרני ביחסים משתנים $[(K,Na)AlSi_3O_8]$, או פלדספר סידני $[CaAl_2Si_2O_8]$. הפלדספר האשלגני נפוץ בסלעי המחדר המגמתיים, מטיפוס קוורץ-סיאניט, של הר גווניס (גבנוניס) וכן רמון והוא מהווה חומר גלם טוב לתעשיית הקרמיקה. שן רמון הינו גוף מגמתי, הנחשף מצפון וסמוך לקו שבר הרמון (ציור 6) וממדיו 1600×600 מ', שחדר בתקופת הקרטיקון התחתון לסדרה הסדימנטרית ונחשף במרכז הגלעין של קמר הרמון. הר גווניס, המצוי צפונית-מזרחית לשן רמון, מורכב מכמה מחשופים של גופים מגמתיים הדומים בהרכבם ואופן הצבתם לשן רמון. הגופים הללו בונים גבעות, בד"כ משוננות, בגובה של כ- 80 עד 100 מ'. מחקר גיאופיסי של אזור המחדרים (שגב וחבריו, 1983) הציע מודל בו נמשכים ומתחברים הגופים הללו בתת-הקרקע. את גופי המחדר מלוות מינרליזציות מתכתיות, ייחודיות, שיתוארו בסעיף הבא.

גופי המחדר המגמתיים ברמון הם תופעה גיאולוגית ייחודית ובעלת עניין רב. חומר גלם חליפי מופק כיום, כמוצר לוואי, במחצבות הגרניט שבאזור אילת.

מתכות

בצר מתכתי מטיפוס עורקים נמצא בגג המחדרים בגבנוניס (תופעה דומה נמצאה גם במחדר קוורץ-סייניט במכתשי הר עריף), במגע עם חרסיות מגיל טריאס. בעורקים תת-אנכיים נמצאו ריכוזים גבוהים של אבץ, אורניום, ארסן, ברזל, כסף, נחושת, ניקל, עופרת, קדמיום וקובלט. מרבית התופעות התגלו בשנת 1982, במהלך פרוספקציה לאורניום שנעשתה באזור (איתמר, 1988; Itamar & Baer, 1993). נמצא שתכולת המתכות בעורקים הסמוכים לפני השטח פוחתת עם הירידה בעומק. באזור שן רמון נמצא מאסף מתכתי דומה וכן התעשרות (עד 1.2%) בעפרות נדירות (La, Ce, Eu, Nd), בסמוך למגע עם אבני הגיר. במספר דוגמאות מסלעי קונגלומרט ערוד נמצאו גם ריכוזים אנומליים, גבוהים, של זהב (איתמר, מידע בע"פ). מהממצאים עד כה ברור שבאזורי המחדרים הקוורץ-סייניטיים התקיימו תהליכים שהביאו לריכוז של מתכות רבות, הן בסמוך לגגם (באזור החשיפה שלהם) והן בחלק מסלעי הסביבה הסדימנטריים.

בסקרים לחיפוש מתכות שנעשו עד כה, במכון הגיאולוגי ובשיתוף פעולה עם המרכז למחקר גרעיני בנחל שורק, נעשתה פרוספקציה בפני השטח ובקידוחים רדודים עד לעומק של כ- 100 מ'. בסקרים עד עתה לא התגלה גוף בצר מתכתי בכמויות כלכליות, אך יש להדגיש כי עדיין קיים פוטנציאל למציאת בצרים מתכתיים בתת-הקרקע. המחקר הגיאופיסי שהסתיים בשנה האחרונה (שגב וחבריו, 1993) מצביע על שטחים רבים, נוספים, בתוך מכתש רמון ומדרום לו, בהם מצויים גופים גדולים של סלעים מטיפוס הקוורץ-סייניט שיתכן ובהם, או סמוך להם, יש גופים גדולים יותר של בצר מתכתי.

במסגרות שונות הוצע להמשיך את הסקרים והמחקרים בנושא זה ויש צורך להביא בחשבון אפשרות שבעתיד אף ימצאו גופי בצר מתכתיים יחודיים למכתש רמון וסביבתו.

גבס

גבס הוא סלע וגם מינרל שנוסחתו $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ וצבעו לבן או אפור. מרבץ הגבס במכתש רמון מצוי בתצורת מוחילה (מגיל טריאס). עובייה החשוף של התצורה מגיע עד לכ- 200 מ' ורק חלקה התיכון מכיל שכבות גבס, מעורבות עם דולומיט ופצלים. עוביו המרבי של החתך המכיל גבס הינו כ- 50 מ'. מתחת לגבס מופיעות שכבות דולומיטיות ומעליו - גירים. הגבס הראוי לניצול מכיל לפחות 75% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

בסקרים שבוצעו באזור חשיפת תצורת מוחילה הוגדרו רזרבות של כ- 7.5 מליון טון גבס. השטחים המכילים עתודות אלו סומנו בת/מ/א- 14 (ראה ציור 6). עתודות פוטנציאליות נוספות קיימות ממערב לשטחים אלו והן מסומנות על גבי ציור 6. מוערך כי בשטחים אלו ניתן לאתר לפחות כמות של כ- 10 מליון טון גבס.

הגבס משמש בעיקר בתעשיית הבנייה כחומר מוסף לצמנט פורטלנד (מלט), וכן ליצור קירות גבס וטיח. מחצבת הגבס במכתש רמון מצוייה בבעלות חברת "נשר" ועיקר תוצרתה משווקת למפעלי הצמנט. התפוקה של המחצבה ברמון היא 75,000 טון לשנה.

אזור נוסף בו יש עתודות גבס בישראל הוא אזור עמק הירדן, ממערבית לקיבוץ בית-זרע בצפון ועד לסביבות נחל יששכר בדרום. באזור מצויים מכרות גבס של קיבוץ גשר המשווקים חומר גלם למפעל "נשר" חיפה, למפעל מוצרי גבס של הקיבוץ, ובעתיד גם למפעל החדש של קירות גבס "אורבונד" שבאזור התעשייה של דברת. עתודות הגבס באזור גשר, באיכות גבוהה ביותר, מאויימות על ידי ההחלטה להקים אתר ארצי לסילוק פסולת על גבי מרבץ הגבס (אתר נחל חגל - "טליה"), מבלי לחייב את הגורם המתכנן ואח"כ המפעיל להפיק את הגבס לצריכת התעשייה.

פורצלניט

פורצלניט הוא סלע המורכב בעיקר מאופל (נוסחה כללית - $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), הוא בד"כ בעל הופעה של חרסינה בלתי מזוגגת.

באזור נחל נקרות עליון, בחלק התחתון של תצורת מישאש רבודה שכבה עבה (כ- 12 מ') של אופקי פורצלניט לבן ונקי בחילופין עם קירטון. באזור נמצאו מספר אתרים המכילים עתודות אפשריות של מליוני טון פורצלניט (מעלה ערוד, הר עודד, דרומית לשן רמון; ציור 6). במשך מספר שנים נכרה פורצלניט (כסלע בעל כשר ספיחה גבוה) בכמויות זעירות (כ- 1,500 טון לשנה) ע"י חבי חרסית וחול זך, דרומית מערבית לשן רמון.

לאחרונה פותח רעיון לניצול הפורצלניט לתעשייה של חומרים סיליקטיים (סודיום סיליקט, סיליקה ג'ל ועוד). הוגשה בקשה לכריה באתר הסמוך לחציבה העכשווית (אתר נקרות) שאושרה ע"י מינהל מקרקעי ישראל ורשות שמורות הטבע. באתר זה נמצאו עתודות משוערות של כ- 1.5 מליון טון ברוטו (בחלק הפנימי של הגבעה בלבד). העתודות האפשריות של שכבת הפורצלניט באזורים אחרים הן כ- 16,000 טון לדונם, לפי שכבה בעובי של 10 מ'

ובמשקל נפחי של 1.6 גר'סמ"ק. מכאן, העתודות במצב דומה לאתר נקרות, נאמדות בכ- 5 מליון טון.

בדו"חות של המנהלה לפיתוח הנגב נקבע "הפורצלניט ידוע כחומר מסרטן" (זהר, 1993). קביעה זו לא ציינה את המקור הרפואי למידע והיא נעשתה, כפי הנראה, כתוצאה מאי-הבנה של מידע כללי הדן בתעשייה של סלעים המכילים קוורץ (SiO_2). מזה שנים רבות מוכרת מחלת הסיליקוזיס כמחלת כורים, והגורם לה הוא קוורץ חופשי מסלע נשחק, במקטע הקטן מ- $7\mu\text{m}$, החודר לדרכי הנשימה וגורם לנזקים בראות. סובלים מהמחלה בד"כ פועלים העובדים בקידוחים או במכונות גריסה וטחינה של סלעים המכילים קוורץ. בסלע הפורצלניט המינרל השלט הוא אופל ולכן סיליקוזיס עלולה להוות בעיה בעיקר בעת טיפול בסלעי הצור, הנלווים לפורצלניט. ככלל, הסלעים המכילים קוורץ חופשי הם: אבני חול, צור, סלעים מגמתיים (כמו גרניט ודומיו) ועורקי קוורץ.

הפורצלניט מופיע גם בין שכבות הפוספוריט באזורים אחרים בנגב, אולם עוביו קטן והוא מכיל פוספאט, חומר אורגני ולעתים תחמוצות ברזל.

חול לבניה ותעשייה

במכתש רמון יש כמויות גדולות של חול, אך כיוון שחול לבניה מצוי גם מחוץ למכתש רצוי לאמץ גישה אשר תחייב ניצול משותף של חול, המצוי בין שכבות חרסית הקאולין בתצורת אינמר (ס/5 וא/73), וקאולין. בד"כ עובי שכבות החול דומה לעוביין של שכבות החרסית, ולכן במקומות בהם מנצלים כ- 20 מ' של חרסיות יכולים, ע"י כרייה סלקטיבית, להפיק כמויות ניכרות של חול לבניה אשר ישמשו את צרכי האזור. כריית כ- 125,000 טון חרסיות קאולין עשויה לאפשר הפקת כ- 100,000 טון חול לבניה ושימושים נוספים, לפי ההרכב ונקיון החול בשכבות אלה.

בנוסף, מצפון מזרח למכתש רמון, באזור נחל טרף, מצוי שטח בו רבדות אבני חול מתצורת חצבה מגיל ניאוגן (אילני וחבריו, 1977). אבן החול בינונית עד גסת גרגר, מגוונת ופריכה. החול רבוד בחילופין עם שכבות של פצלים שיש צורך להסירן לשם הפקת החול. עתודות אפשריות של החול באתר זה המשתרעות על פני כ- 2,000 דונם הן כ- 20 מליון טון ברוטו.

הקצאת שטחים לכרייה

בת/מ/א- 14 הוקצו מספר אזורים לכרייה וחציבה (ציור 6). מצפון למצפה רמון הוקצו שלושה אזורים: 666, 667ב' ו- 667ג', לחציבת אבן גיר לתעשיית השייש והבנייה. בתוך המכתש הוקצו: אזור 668 עבור חול לבניה; אזורים 669א' ו- 669ב' עבור גבס; ואזור 670 עבור שייש ומוזאיקה. מדרום למכתש, בקטע קטן מנחל נקרות, הוקצה אזור 671 לכריית חומר ואדי. כיוון שת/מ/א- 14 מתייחסת רק לחמרי גלם לבניה וסלילה אין בה התייחסות לנושאי: חרסיות קאולין, חרסית דמויית צור, פלדספר ופורצלניט.

בת.מ.מ.- 4 הוקצה שטח נרחב, מצפון מזרח לכביש, לכריה וחציבה המכיל אזורים בהם יש עתודות של חרסיות קאולין, חרסית דמויית צור וכן גבס, אך יחד עם זה הוקצה שטח נרחב לתעשייה הקשורה לחמרי גלם. מיקום מפעלי תעשייה בתוך המכתש הוא נושא לבדיקה יסודית ומומלץ להקצות שטחים מחוץ למכתש בהם יינתנו לייזמים אותם התנאים (תשתיות וסיוע ממשלתי).

בתכנית המתאר המקומית (דיוק לא ברור) סומנו שטחים לכריה וחציבה, בחלקם רק תואמים לתכנית המחוזית והארצית.

ההבדלים בין התכניות השונות ובינן לבין השתרעות המחצבים (ציור 6) מדגיש את הצורך ביד מכוונת ומתאמת את הצרכים מחד והקצאת השטחים מאידך.

יחסי גומלין כרייה / סביבה

יחסי הגומלין בין תעשיית המחצבים לבין הסביבה (כולל ענף התיירות)

פעילות כרייה של מחצבים נעשתה בעבר, במקומות רבים, ללא התחשבות ראויה בשימור הסביבה כתוצאה מכך נשתרשה הדעה שפעילות זו והרס הסביבה, אחד הם. לכן, בכל המסמכים שהוגשו בנושא המכתשים (סביבה ותיירות בנגב, 1993 ; זהר, 1993 ; מזור וחבריו, 1994 ; ואחרים) עוברת כחוט השני הגישה שכריית מחצבים גורמת נזק לתיירות ולכן יש להפסיקה - "הגיע הרגע לעצור את השוד במכתשים", "הם מותירים אחריהם ארץ חרוכה" (מזור וחבריו, 1994) וכד'.

במקומות רבים בעולם מקובל להתייחס לנושא זה בגישה מאוזנת המאפשרת, מחד גיסא, ניצול אוצרות טבע מינרליים החיוניים לפיתוח המדינה, ומאידך גיסא איננה מזיקה לאוצרות הטבע התיירותיים. יתרה מכך, פעילות הכרייה יוצרת, במקרים רבים, אטרקציות אשר לא עמדו לרשות הטיילים לפני פעולות הכרייה. העקרונות הבסיסיים לפיהם יש לפעול הינם:

- א. פיתוח מכרות חייב להתבסס על מידע גיאולוגי מפורט הן מפני השטח והן מתת-הקרקע. המידע הגיאולוגי המפורט הינו חיוני להליך קבלת ההחלטות בנושאי הכרייה, מאפשר בחינת חלופות קיימות ובחירת אתר כרייה שבו ניתן לבצע את פעולות הכרייה תוך פגיעה מזערית בנוף, במי התהום והנגר העילי וכד'.
- ב. פעילות הכרייה חייבת להתבצע על פי תכנון הנדסי מפורט, תזכיר השפעה על הסביבה ותכנית שיקום לגמר הכרייה. תכנון השיקום חייב להתבצע בעצה אחת עם הרשות שבתחומה נמצא אתר הכרייה והקרן לשיקום מחצבות, באופן שבו גם לאחר השיקום הפיזי תובטח אחזקתו השוטפת של האתר.
- ג. פעולות הכרייה והשיקום יהיו כפופים לחוקי התכנון והבנייה ולא יתבצעו ללא קבלת כל ההיתרים הדרושים.

דוגמאות לשיקום אתרי כרייה

אחת הדוגמאות המאלפות לשימוש לימודי-טיולי באתרי כרייה היא מכתש רמון. מזור (1978) בחיבור הראשון העוסק בתכנון פארק גיאולוגי לאומי ברמון, כולל במסלול הסיור הלימודי הנבחר את קירות החציבה של כביש מעלה העצמאות, מכרה הבנטוניט, חפירות הפרוספקציה (תעלות) לאלוניט, מחצבת הקאולין, מחפורות "חרסית השוקולד", מכרות חרסית דמויית צור ומחצבת הגבס. אתרים אלו נבחרו עקב החשיפה הייחודית והמעולה של שכבות גיאולוגיות. באתרים רבים ברחבי המכתש מצויים שלטי הכוונה והסברים לתופעות הנחשפות כתוצאה מפעולות הכרייה (צילום 1) והם משמשים הן מטיילים

והן סטודנטים למדעי כדור הארץ. אתרי כרייה רבים במכתש רמון מצויים כרגע בשלבים שונים של שיקום: הוגשה תכנית מפורטת לשיקום מחצבות לאורך כביש מצפה רמון - אילת (כולל חלק ממחצבת הגבס) שמטרתה שינוי יעד האתרים לשטח ציבורי פתוח. במהלך השיקום יוסדרו פני הקרקע, יסללו שבילים להולכי רגל, חנייה לכלי רכב, יינטע צומח מקומי ויוצב ריהוט גנני תחת סככות צל. הבנייה והשיקום יהיו משולבים בנוף וייעשה שימוש בחומרים טבעיים, מקומיים. דוגמא לשיקום מחצבה של חרסית דמויית צור מופיע בצילום 2: כאן שוקמה המחצבה והפכה לאמפיתאטרון טבעי המשמש לחניית מטיילים ומקום הדרכה אל מול מחשופי השכבות שנחצבו.

גישה דומה ננקטה באזור כרמיאל, שם שוקמה אחת ממחצבות השיש לאמפיתאטרון הבנוי מחומרים מקומיים - בעיקר גושי סלע אשר ננטשו על ידי החוצבים (צילום 3). דוגמא נוספת לשיקום מוצלח של מחצבה בצפון הארץ נראה בצילום 4: מחצבת אבן לבנייה במתלול שבין כרמיאל לתפן שוקמה לחניון ותצפית המשתלבים בנוף.

באזור הצפוני של מכרות הפוספאטים נחל צין מתבצע כיום שיקום נופי תוך כדי כרייה (צילום 5). אם בעבר הועתקו סלעי החומר הטפל ממקום למקום על פי שיקולים כלכליים גרידא, הרי שכיום מתכנן אדריכל נוף את מיקום סילוק החומר, עיצובו ושימורו. העקרון המנחה הוא לשוות לפני השטח אופי דומה, ככל שניתן, לזה שהיה לפני הכרייה, תוך שמירה על אפיקי הנחלים וסביבתם הקרובה ושימור קירות טבעיים בסמוך לנתיבי תנועת מטיילים.

על אף שתנופת הכרייה באזור נחל צין טרם הסתיימה, קיימות תכניות שונות לעיצוב השטח ולשיקומו. דוגמא לאחת מהן (גבירצמן, 1994) הינה הקמת נווה מדבר תעשייתי באזור, המשלב את חווית המדבר לצד חוויה טכנולוגית הנובעת מהבנה ומעקב אחר תהליכי הכרייה וההפקה של הפוספאט. על פי רעיון זה (צילום 6), הכסוי הטפל ופסולת המפעל ישמשו לעיצוב סוללות ואלמנטים טופוגרפיים שיהוו פסל סביבתי-אומנותי. סוללות אלו יוכשרו לנהיגת ג'יפים וטרקטורונים במסלולי אתגר ספורטיבי מבוקר. המבקרים בפארק יוכלו להנות מפעילויות מדבריות וצפייה על תהליך הכרייה והייצור מנקודות שונות. הליך שיקום מעין זה יכול להתבצע בהדרגה, תוך כדי פעילות הכרייה, עד לעיצובו הסופי של האזור עם תום הפעילות התעשייתית.

בשדה הפוספאטים שביציאה הדרומית של המכתש הקטן, ניכרו מרבית עתודות הפוספוריט ולאחר מכן שוקמו אתרי הכרייה על ידי חב' רותם דשנים, בעזרת קרן שיקום של החברה. דרך מטיילים המובילה למכתש מועתקת לתוואי עם ערכי נוף יפים יותר העובר בשטח כרייה לשעבר, בצמוד למצלעות המכתש. לאורך התוואי בוצע שיקום פרטני הכולל שטחים לאיגום מי שטפונות ושיקום צומח מדברי (צילום 7) וכן שיפור מפגעי נוף שנותרו מפעולות הכרייה. השיקום כולל גם את פירוק כל המתקנים, החלקה והסדרת שטחי כרייה, הקמת חניון לילה למטיילים ושילוט לצרכי הכוונה והסבר אודות התופעות הגיאולוגיות. מחצבת האגרגטים באזור הר יואש במעלה אילת שוקמה בעזרת הקרן לשיקום מחצבות באופן המשרת הן מטיילים (חניון לילה מוסדר) ואזור פריסה עבור צה"ל (צילום 8).

סיכום

הסקירה שלהלן כללה מבחר קטן של דוגמאות בהן נעשה שימוש מושכל בעובדות שיצרו פעולות הכרייה בשטח ושיקום במבחר דרכים המשרתות מטרות שונות. החזרת שטח שבו נעשו פעולות כרייה למצבו הטבעי איננו אפשרי, בדרך כלל, בקנה מידה של זמן אנוש. מטרתו של שיקום נכון הינו צמצום מרבי של המפגע הנופי ואופטימיזציה מרבית של המערכת החדשה שתיווצר בשטח, על פי ייעודו. האמצעים הכלכליים לביצוע פעולות שיקום במגוון אפשרויות קיימים במסגרת החוק, באמצעות הקרן לשיקום מחצבות האחראית על התכנון והסדרתו הבסיסית של השטח. הקפדה יתרה על סקרים גיאולוגיים מפורטים, בחינת חלופות ותכנון מקיף ומפורט לפני ביצוע הכרייה, תאפשר מיזעור הפגיעה בערכי נוף וטבע ושיקום מוצלח שלעתים אף יביא להגדלת "הערך המוסף" של האתר.



צילום 1 : שלט הדרכה באתר כרייה ישן של חרסית דמויית צור, מכתש רמון.



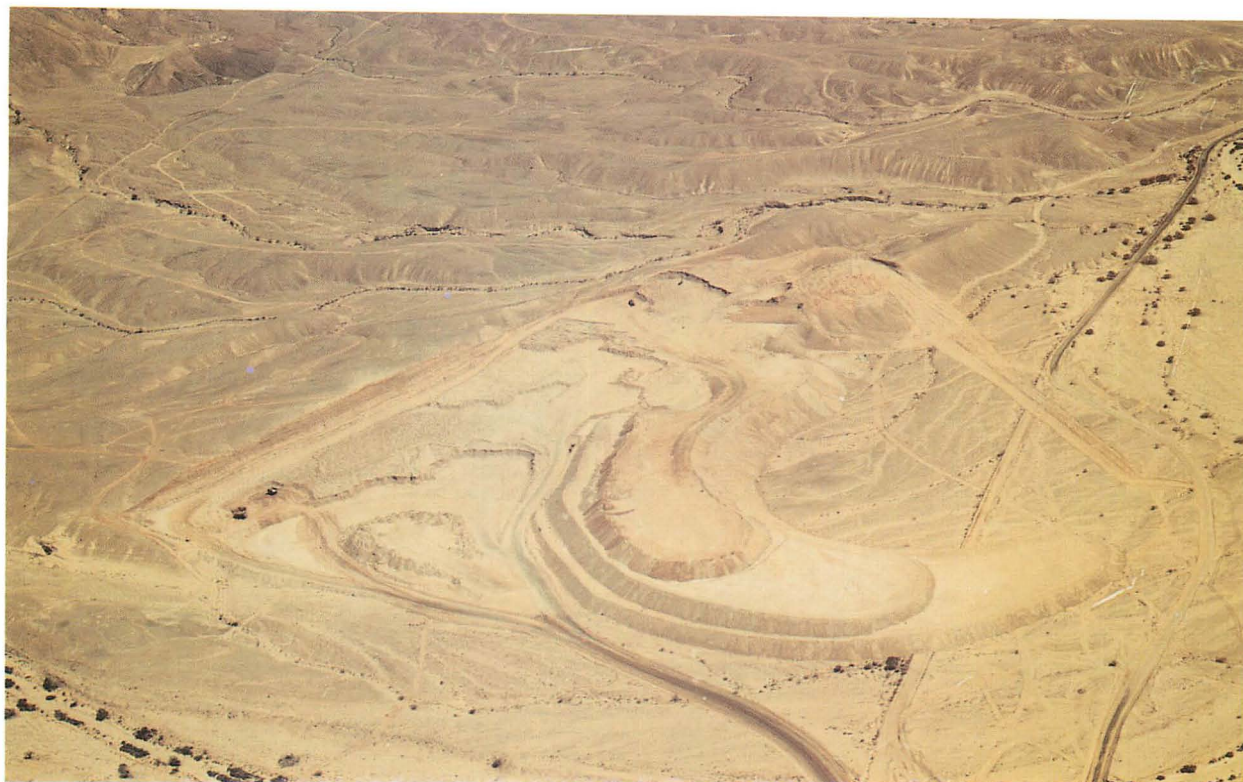
צילום 2 : שיקום מכרה חרסית, מכתש רמון. אמפיתאטרון "טבעי" מאפשר חניה ולימוד הגיאולוגיה אל מול השכבות שנחשפו בעת הכרייה.



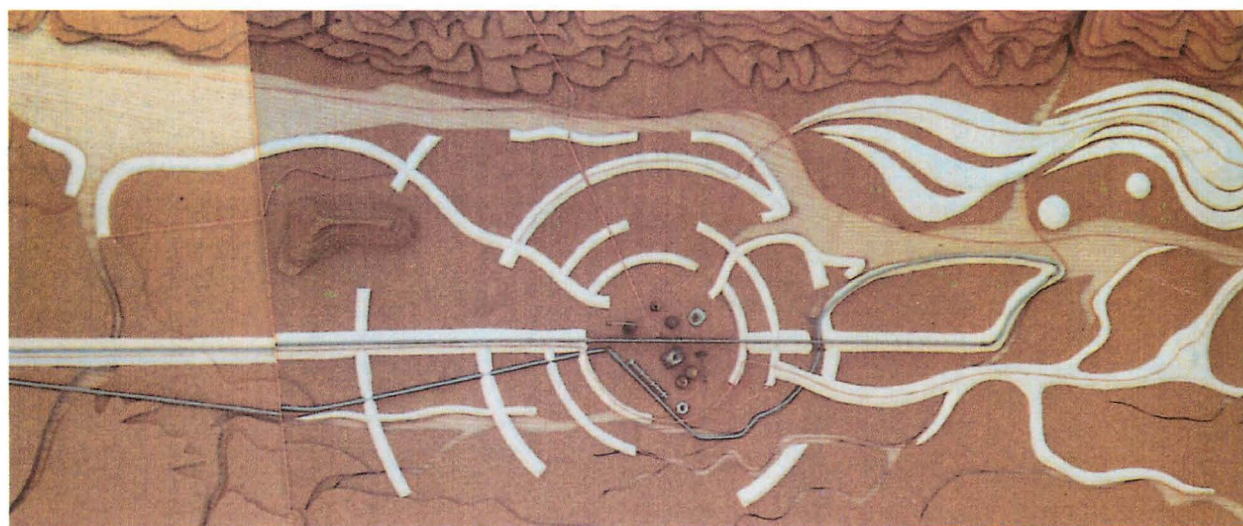
צילום 3 : שיקום מחצבות שיש, כרמיאל.



צילום 4 : שיקום מחצבות אבן בין כרמיאל לתפן. האתר משמש כיום כחניון ונקודת תצפית אל עבר בקעת בית הכרם.



צילום 5 : כרייה וסילוק חומר טפל מבוקרים במכרות הפוספוריט בנחל צין.
שיקום האזור נעשה תוך מהלך הכרייה.



צילום 6 : הצעה לעיצוב פארק באזור נחל צין. סוללות החומר הטפל מופיעות בלבן.
המתקנים התעשייתיים במרכז.



צילום 7 : שיקום אזור כריית הפוספוריט במכתש הקטן :
אגירת מים ושיקום צמחייה מקומית.



צילום 8 : שיקום מחצבות האגרגטים בהר יואש, מעלה אילת.

סיכום ורשימת ציטוטים לספרות

סיכום

באזור "ארץ המכתשים" נכללו, מצפון לדרום: המכתש הקטן, המכתש הגדול, מכתש רמון ומכתשי הר עריף. מתוכם, במכתש הקטן ובמכתשי הר עריף לא נעשו עד כה פעולות כרייה וחציבה, הם שמורים במצבם הטבעי ומן המידע המצוי כיום אין בהם מחצבים יחודיים. כיוון שכך, אין מניעה מהשאתם במצב הנוכחי, אך יש לאפשר את המשך המחקר הגיאולוגי בהם, כולל ביצוע סקרים (פרוספקציה) למחצבים. באם יתגלו במכתשים אלה, בעתיד, מחצבים יחודיים יש לחזור ולהעריך שנית את מכלול אוצרות הטבע בכל אתר. הפקת המים במכתש הקטן היא חיונית וללא תחליף ולכן יש להבטיח את המשכה ללא הפרעה.

במכתש הגדול (חתירה) קיים מחצב ייחודי של חול קוורץ זך לזכוכית והעתודות שהוערכו באזור הן של כ- 9.5 מליון טון. מפעלי הזכוכית של "פניציה" צורכים כ- 150,000 טון/שנה ותעשיות אחרות כ- 50,000 טון נוספים. משמעות הפסקת הכרייה של חול זכוכית ומשמעותה עבור המפעלים נדונה ע"י אורנשטיין (1994) ועיקרה - פגיעה קשה בתעשיות הזכוכית בירוחם ובציפורי המעסיקות למעלה מ- 600 עובדים. מדרום למכתש הגדול מצוי מרבץ הפוספאטים של אורון ומרבץ גדול של פצלי שמן. עקב ערכם הכלכלי והסטרטגי של מרבצים אלו והעובדה שהם מצויים מחוץ לגבולות המכתש, אין לכלול שטחים אלה בתחום החלטת "ארץ המכתשים".

במכתש רמון ובשוליו מצויים מחצבים יחודיים אשר להם אין תחליפים מקומיים ועליהם מתבססת בעיקר תעשיית קרמיקה (ראה אורנשטיין, 1994) - חרסיות קאולין, חרסית דמוית צור ובנטוניט. מחצבים המצויים במכתש רמון אשר התחליפים המקומיים שלהם נחותים (באיכות או בכמות) הם: גבס, פורצלניט ופלדספר. מחצבים המצויים במכתש רמון ואשר יש להם תחליפים הם: אבן חול לבנייה ולתעשייה, בזלת וחומר ואדי לאגרגטים, אבן לבנייה ולשיש. משמעות הפסקת הכרייה של החרסיות השונות ומשמעותה עבור המפעלים נדונה ע"י אורנשטיין (1994) ועיקרה סגירת מפעלי נגב קרמיקה בירוחם וחסין אש בבאר-שבע ופגיעה קשה בתעשיית חומצה זרחתית.

ניצול מחצבים, גם אם הוא נעשה בשטחים בעלי ערכי נוף יחודיים, ניתן להתבצע תוך תכנון דקדקני אשר יבטיח פגיעה מינימלית בסביבה בעת הכרייה, ושיקום אשר יאפשר שימוש והנאה מן האתרים בתום פעולות החציבה. במקרים רבים ניתן לבצע פעולות שיקום תוך כדי התקדמות פעולות הכרייה ולהעמיד לרשות הציבור שטחים לשימוש בלא דחייה לתקופה ארוכה. בטבלא 1 (עמוד 3) מובא סיכום המצאי העיקרי של אוצרות הטבע באזורי המכתשים והחלופות האפשריות לחלק מן המחצבים.

רשימת ספרות

- אורנשטיין, א., 1994. הפעילות התעשייתית סביב המכתשים. חוות דעת לועדת המנכ"לים לנושא ארץ המכתשים. משרד התעשייה והמסחר.
- אייל, מ., וירצבורגר, א. וברטורא, י., 1956. מיפוי גיאולוגי במכתש עריף. דו"ח מחצבי ישראל, 8 ע'.
- אילני, ש., שגב, ע., איתמר, א., שירב (שורץ), מ. ומינסטר, צ., 1977. פוטנציאל חומרי הגלם לבניה בנגב. המכון הגיאולוגי, דו"ח מס' מ.פ. 571/77, 49 ע', טבלאות, חתכים ו- 12 מפות 1:100,000.
- איסר, א., 1991. מחקר עבור חב' חרסית וחול זך, דו"ח פנימי, 34 ע'.
- איתמר, א., 1988. מינרליזציה רב מתכתית במכתש רמון, דרכי היווצרותה ומקומה בגיאולוגיה של האזור. המכון הגיאולוגי, דו"ח GSI/33/88.
- איתמר, א., בר, ג., יופה, א. ושילוני, י., 1993. הגוף המגמתי בשן רמון: מבנה, מגע עם סדימנטים ואנומליות מתכתיות. המכון הגיאולוגי, דו"ח GSI/33, 93/7 ע'.
- בון, ד., 1980. הסלעים הבזלטים המזוזואים בארץ ישראל. עבודת דוקטור, האונ. העברית בירושלים, 158 ע'.
- בן דוד, ר., 1992. הגיאולוגיה של אזור בארות עודד ומערב מכתש רמון ושלבים בהתפתחות הנוף מסוף המיוקן ועד להווה. המכון הגיאולוגי, דו"ח GSI/115, 91/32 ע'.
- בן תור, י.ק., פרומן, ע. וזק, י., 1965. ישראל, מפה גיאולוגית 1:250,000.
- בר, ג., 1989. מחדרים מגמטיים במכתש רמון, ישראל. המכון הגיאולוגי, דו"ח GSI/48/89, צ.ד. 92169, 37 ע'.
- ברטוב, י., 1974. השברים ומבני הכיפות של מרכז סיני - בעיות סטרוקטורליות ופליאוגיאוגרפיות. עבודת דוקטור, האונ. העברית בירושלים, 143 ע'.
- גוטמן, י., גולני, ז., צוקרמן, ח. ואיסר, א., 1993. ניצול מים פוסיליים בנגב, דו"ח התקדמות מס' 2; בדיקות הידרולוגיות באמצעות מודל זרימה, אקופר אבן החול הנובית ואקופר חבורת יהודה. תל-אביב, תה"ל, דו"ח מס' 01/93/92, 38 ע'.
- גבירצמן, ע., 1994. נוה מדבר תעשייתי - פארק במכרות הפוספאטים. פרויקט גמר במסלול לאדריכלות נוף, הפקולטה לארכיטקטורה, הטכניון, חיפה.
- גרפונקל, צ., 1964. בעיות טקטוניות לאורך שברי הרמון. עבודת גמר, האונ. העברית בירושלים, 64 ע'.
- דרוקמן, י., 1976. הטריאס בדרום ישראל וסיני: מודל סדימנטולוגי לאזורי שולים של ימים אפיקונטיננטליים. עבודת דוקטור, האונ. העברית בירושלים, המכון הגיאולוגי, דו"ח OD/1/76 188 ע'.
- המנהלה לפיתוח התיירות בנגב, 1993. סביבה ותיירות בנגב. 41 ע'.

ויסברוד, ט., 1962. אוצרות הטבע בחבל רמון. המכון הגיאולוגי, דו"ח מס' מ.פ. 127/62, 60 ע'.
זהר, א., 1993. כריה וחציבה במכתש רמון - עמדת המנהלה לפיתוח התיירות בנגב. דו"ח המנהלה
לפיתוח התיירות בנגב, 9 ע'.

זק, י., 1957. הטריאס במכתש רמון. עבודת גמר, האונ. העברית בירושלים, 84 ע'.
כץ, ד. ונאור, ה., 1987. המכתש הקטן, סיכום ממצאים של קידוחי קרטיקון תחתון ובדיקת
האפשרות של ניצול מי תהום משכבות היורא. תל-אביב, תה"ל, דו"ח מס' 01/87/38,
20 ע'.

מזור, ע., 1955. התופעות המגמתיות במכתש רמון. עבודת גמר, האונ. העברית בירושלים, 30 ע'.
מזור, ע., 1978. גיאולוגיה בשדה - מכתש רמון. הקב' הגיאואיזוטופית מכון ויצמן למדע, 253 ע'.
מזור, ע. ובקר, א., 1994. מיכמני הרמון וארץ המכתשים, וסקר אתרים ברמון. דו"ח מוגש לנשיא
המדינה ושרי ממשלת ישראל, 32 ע'.

מינסטר, צ., 1984. סקר פצלי שמן ארצי - רזרבות פצלי השמן במרבץ אורון. המכון הגיאולוגי,
דו"ח GSI/55/84.

נתיב, ר., 1984. פוטנציאל המים באקוויפרים העמוקים מגיל יורה - פליאוזואיקום באזור הנגב,
ישראל. עבודת דוקטור, אונ. בן גוריון בנגב, 311 ע'.

קרויטורו, ל., 1980. ההידרוגיאולוגיה של אבן החול הנזבית בדרום ישראל (קרטיקון תחתון).
עבודת M.Sc., אונ. תל-אביב, 45 ע'.

רודד, ר., 1983. המפה הגיאולוגית של ישראל, 1: 50,000, גליון III - 19: אורון. המכון הגיאולוגי.
שגב, ע., 1982. מפה גיאולוגית (קומפילציה) 1: 50,000 של אזור מכתש רמון (עם דפי הסבר).
המכון הגיאולוגי, דו"ח ME 9/82.

שגב, ע., איתמר א., גולדשמידט, ו., ריבקוב, מ. וולקן, ע., 1993. המבנה התת-קרקעי של אזור
הרמון - מחקר מגנטי וגרווימטרי. המכון הגיאולוגי, דו"ח GSI/23/29, צ.ד. 3/9175.
שגב, ע., אילני, ש., סודרי, ד. ומינסטר, צ., 1994. מפת פוטנציאל המחצבים בישראל. מפה מס'
522 בקטלוג תיחום תאי השטח בישראל. המרכז לפיתוח המינהל בשלטון המקומי
(ממ"ש).

Bartov, Y., Arad, V., 1988. Bibliography of the geology of Makhtesh Ramon,
Israel. Isr. J. Earth Sci., 37, 147-170.

Bentor, Y.K., 1952. Magmatic intrusions and lava sheets in the Ramon area of the
Negev. Geol. Mag., 89, pp. 129-140.

Bentor, Y.K., 1963. The magmatic petrology of Makhtesh Ramon. Isr. J. Earth Sci.,
12, pp. 85.

Garfunkel, Z. and Katz, A., 1967. New magmatic features in Makhtesh Ramon,
southern Israel. Geol. Mag., 104, No. 6, pp. 608-629.

- Garfunkel, Z., Derin, B. 1985. Permian-early Mesozoic tectonism and continental margin formation in Israel and its implication for the history of the eastern Mediterranean. Geol. Soc. London, Spec. Publ. **17**, pp. 187-201.
- Garfunkel, Z., Derin, B. 1988. Reevaluation of Latest Jurassic-Early Cretaceous history of the Negev and the role of magmatic activity. Isr. J. Earth Sci., **37**, pp. 43-52.
- Issar, A., Bein, A. and Michaeli, A., 1972. On the ancient water of the upper Nubian sandstone aquifer in central Sinai and southern Israel. J. Hydrol., **17**, No. 4, pp. 353-374.
- Itamar, A., 1993. Hydrothermal alteration of quartz syenite in Shen Ramon, Israel: mineralogy, petrography and economic evaluation. 8th IAGOD Symposium.
- Itamar, A. and Baer, G., 1986. The implication hydrothermal alteration and contact metamorphism associated with quartz syenite magmatism, on mineralization in Makhtesh Ramon and Har Arif. Geol. Surv. Isr. Rep. GSI/20/86, Rep. Z.D. /117/86.
- Itamar, A. and Baer, G., 1993. Polymetallic mineralization related to magmatic and contact metasomatic features, southern Makhtesh Ramon, Israel. Isr. J. Earth Sci., **42**, pp.149-163.
- Lang, B., Steinitz, G. 1989. K-Ar dating of Mesozoic magmatic rocks in Israel: A review. Isr. J. Earth Sci., **38**, pp. 89-104.
- Weiner, D., Bartov, Y., Arad, V., 1989. Northern Negev - bibliography of geological research. Geol. Surv. Isr. Rep. GSI/36/89, 115 p.

תמונת השער : מבט מהחלל על מכתש רמון וסביבתו
נתוני חללית ארה"ב LANDSAT-5 מעובדים בידי הרמן קאופמן, גרמניה

עיצוב גרפיקה: אריה פאר ובת שבע כהן, המכון הגיאולוגי
הוצאה לאור : אור וצבע בע"מ, ירושלים

