



א. רוזן הנדסה בע"מ
A. Rozen Engineering Ltd.



תכנית מתאר מקומית

מספר 101-0113738

מנהרה לקווי ביוב מורדות הר הצופים"

מהדורה : 02

עדכון : ינואר 2013

- 1. מבוא.
- 2. תקנים לתכנון והמפרט הכללי.
- 3. רקע גיאוהנדסי.
- 4. מיון מסת הסלע.
- 5. שיקולים בקביעת החתך.
- 6. שיטות תימוך.
- 7. שיטות כרייה
- 7.1 כרייה באמצעות פטיש שבירה
- 7.2 קידוח ופצוץ מבוקר.
- 7.3 מכונות חיתוך.
- 8. הפורטלים
- 9. השפעה על איכות הסביבה.
- 10. שיקולי התארגנות בתחום התבייע.
- 11. אומדן עלות.
- 12. סכום

מקורות.

חוק התכנון והבניה, התשכ"ה - 1965
משרד הפנים - מחוז ירושלים
הוועדה המחוזית החליטה ביום:

לאשר את התכנית

התכנית לא נקבעה טעונה אישור השר
 התכנית נקבעה טעונה אישור השר

יו"ר הוועדה המחוזית

תאריך

לא מיל
לא מיל פנ 303
21/5/14





א. רוזן הנדסה בע"מ
A. Rozen Engineering Ltd.



תכנית מתאר מקומית

מספר 101-0113738

מנהרה לקווי ביוב מורדות הר הצופים"

מהדורה : 02

עדכון : ינואר 2013

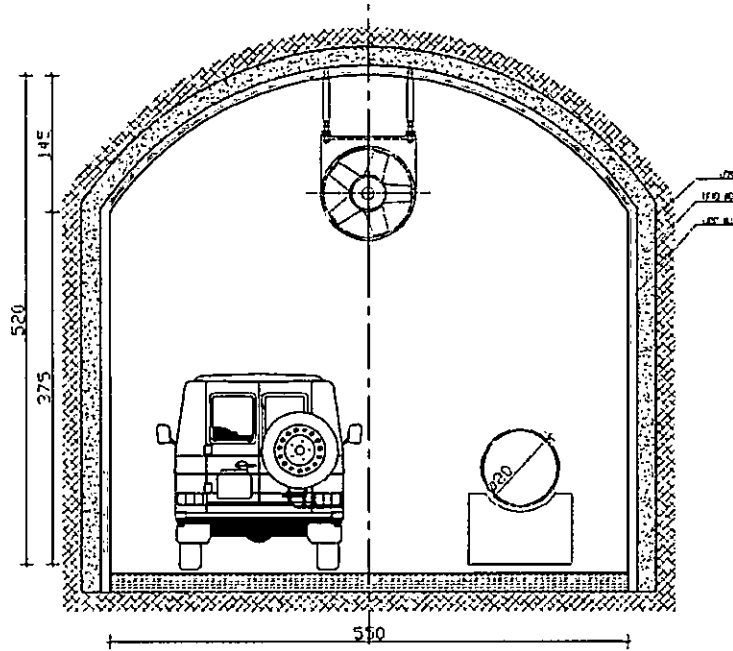
רשימת תרשימים.

- | | |
|-----------|---|
| תרשים 1 : | מפת האתר. |
| תרשים 2 : | חתך לאורך. |
| תרשים 3 : | חתך לרוחב. |
| תרשים 4 : | חתך גיאולוגי-עמודי |
| תרשים 5 : | סוג מסת הסלע עפ"י הגלעינים המוצאים מהקדוח. |
| תרשים 6 : | סוג מסת הסלע עפ"י ברטון והשלכתה על סוגי התימוך. |
| תרשים 7 : | מחזור עבודה בקדוח ופיצוץ. |
| תרשים 8 : | מכונת חיתוך טיפוסית. |





המנהרה מיועדת להעביר קו ביוב בקוטר כ-80 ס"מ, לאפשר הנחתו באמצעות צמ"ה מקובל בזמן הביצוע ולאפשר תנועת רכב בקרה ואחזקה בזמן התפעול. חתך רוחב טיפוסי מומלץ מוצג בתרשים מס' 3.



2. התקנים לתכנון והמפרט הכללי.

תכנון המנהרה בכל חלופות הביצוע יבוצע לפי ת"י 5826 - מנהור על חלקי המפורטים להלן, המפרט הכללי הבינמשרדי פרק 54 במהדורתו המעודכנת (2009)

שם התקן	מס' ת"י
חלק 4.1: מסמור קרקע וברוג סלע	940
הוראות והנחיות לבטיחות בעבודות מנהור בתעשיית הבנייה	5567
מיפוי גיא-הנדסי של מנהרות במהלך הכרייה.	5620
חלק 1: מנהור – מונחים והגדרות	5826
חלק 3: מנהור-שיטות תימוך.	5826
חלק 4: מנהור – גיאולוגיה וגיאוטכניקה	5826
חלק 5: מנהור-איטום.	5826
חלק 8: מנהור - ניהול סיכונים בעבודות מנהור.	5826



א. רוזן הנדסה בע"מ
A. Rozen Engineering Ltd.



מס' ת"י שם התקן

5826	חלק 10 : מנהור – בדיקה ובקרה של מבנה המנהרה
5826	חלק 11 : מנהור - תחזוקה

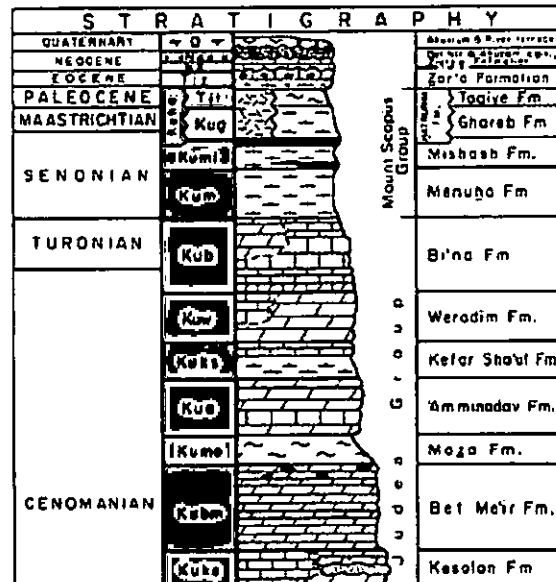
וכן תקנים ישראליים המאזכרים בתקנים דלעיל ובפרק 54 למפרט הכללי לעבודות מנהור שבהוצאת הועדה הבינ-משרדית.

3. רקע גיאו-הנדסי.

התוואי הנדון צפוי לעבור בשלוש יחידות גיאוהנדסיות המרכיבות את חבורת יהודה וחבורת הר הצופים.

שלוש היחידות הגיאוהנדסיות הן:

- א. סלעי גיר, גיר דולומיטי בעלי חוזק גבוה עד בינוני ולעיתים עם רובדים דקים של חוואר. הסלעים משוכבים עד משוכבים עבה, ולעיתים עם סימני בליה והמסה.
 - ב. סלעי קרטון גיר, גיר קרטוני ואף גיר בעלי חוזק בינוני, משוכבים עד משוכבים עבה.
 - ג. סלעי קירטון, קרטון חווארי וחואר בעלי חוזק נמוך עד בינוני, בעלי רגישות למים המתבטאת באובדן החוזק מחד-גיסא ונטייה לתפיחה מאידך-גיסא. הסלעים משוכבים עבה עד מסיביים.
- טור הסלעים המוכר באזור ירושלים מוצג בתרשים 4.





היחידות הגיאוהנדסיות שייכות בעיקר לשלש תצורות גיאולוגיות הצפויות לאורך תתברר רק לאחר השלמת סקר גיאולוגי האמור לכלול גם קידוחי סקר להוצאת גלעינים וכן בדיקות מעבדה העל אותם גלעינים.

התצורות העיקריות הן:

תצורת בינה המורכבת מסלעי גיר, דולומיט גירי ודולומיט.

תצורת מנוחה המכילה שלושה פרטים שונים:

- פרט תחתון המכונה "קעקולה" המונח על סלעי הבינה ומורכב מגיר-קרטוני עד קרטון גירי.
 - פרט המכיל חוואר רך ורגיש למים.
 - פרט עליון המורכב מקירטון, קרטון חווארי ולעיתים קירטון גירי. פרט זה עשוי להכיל גם שכבות צור דקות.
- מעל שתי תצורות אלו תיתכן הופעת תצורת מישאש המורכבת מחילופין של שכבות צור, צור ברקציוזי ורובדי קירטון

יחידות גיאוהנדסיות אלו מוכרות היטב הודות לקבוצת המנהרות שבוצעה באזור ירושלים בשנים האחרונות לרבות הנסיון ההנדסי והמיפוי הגיאולוגי אשר בוצע בתוך המנהרות תוך כדי הביצוע. כמו כן נאסף ידע רב מקידוחי-הסקר אשר בוצעו עבור אותן מנהרות. מידע רב ערך ניתן לקבל גם מצמד מנהרות הר הצופים אשר תוכננה ע"י החתום מטה עבור מוריה – חב' לפיתוח ירושלים.

בנסיבות הקיימות סביר להניח כי יידרשו רק קידוחי-סקר מועטים להשלמת מידע גיאולוגי ו/או גיאוטכני לצורך תכנון ובצוע המנהרה, אם וכאשר תאושר.

4. מיון מסת הסלע

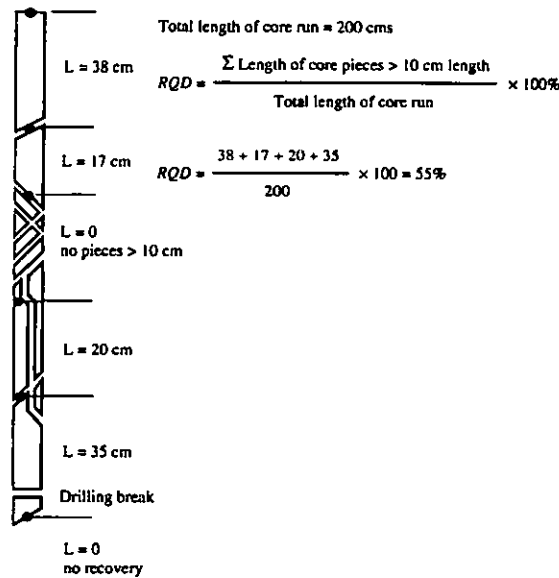
הגישה הגיאו-הנדסית לתכנון המנהרות מבוססת על שילוב של מיון מסת הסלע (Rock Mass Classification) מחד-גיסא ובקרה באמצעות אנליזת "אלמנטים סופיים" (Finite Elements) מאידך-גיסא.

בבסיס השיטה למיון מסת הסלע עומד נתון אמפירי הנקבע על בסיס גלעיני-הסלע המוצאים מקידוחי-הסקר. ה-RQD או "דרוג איכות הסלע" (Rock Quality Designation) מבוסס על בחינת כל הגלעינים שאורכם גדול מ-10 ס"מ לעומת

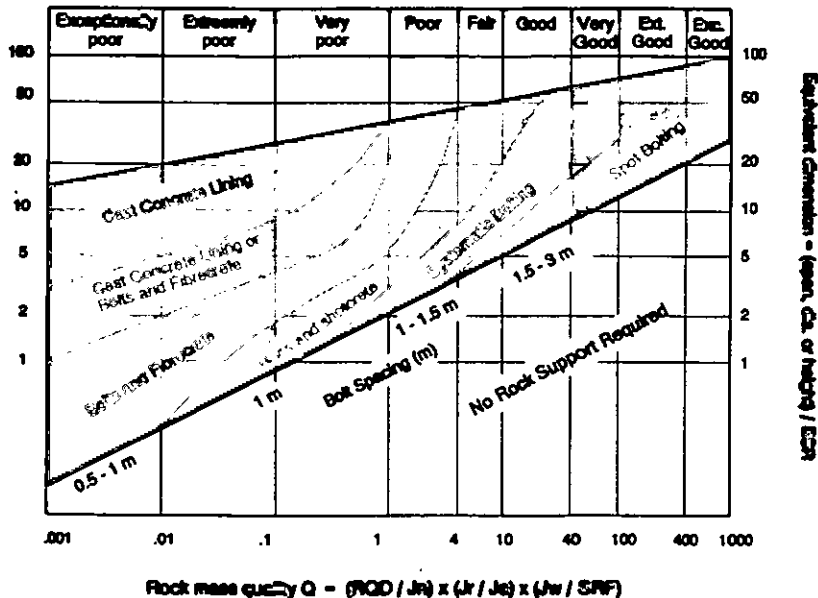




האורך התיאורטי של הגלעינים ומתן ציון בהתאם. תרשים 5 מציג הפרמטר כפי שנקבע ע"י דון דיר (Don Deere). השיטות המקובלות כיום בארץ למיון מסת הסלע הן ברטון (Q) ובייניאבסקי (RMR) המוצגות ברשימת המקורות. ותרשים 6 מציג דוגמה להערכת התימוך הראשוני עפ"י ברטון.



תרשים 5 : סווג הסלע עפ"י איכות הגלעינים מהקדוח, עפ"י דון דיר.



תרשים 6 : סווג מסת הסלע עפ"י ברטון והשלכתה על סוגי התימוך.



הבדלי הגישה בין שיטות הסווג השונות אינן צריכות להטעות. כולן מתבססות על העובדה שמערכת הסידוק ומאפייני הסידוק הינה זו שמשפיעה על התנהגות מסת הסלע לרבות כמות התימוך הנדרשת ועיתוייה לאחר פעולת החציבה.

קדוחי הסקר יאפשרו לגיאולוג לאתר חילופין בין סלעי דולומיט, גיר, גיר קרטוני, קרטון וחואר ולהעריך הן איכות מסת הסלע ומכאן מאפייני החציבה והתימוך.

5. שיקולים בקביעת החתך.

חתך המנהרה מאופיין כחתך המיועד לצנור מאסף בקוטר 0.8 מ' מונח בחלקו על הקרקע ובחלקו מוגבה כפי שיקבע לאור שיפועי הצנור והמנהרה בהתאמה.

המידות המומלצות של המנהרה הן בתחום כ-4.5 מ' עד 5.5 מ' רוחב וגובה מקורב של כ-5 מ', מותנה גם בנתוני הציוד הקיים בידי הקבלן הזוכה. כתוצאה מכך, עפ"י מאפייני מסת הסלע ולאור אופי השמוש במנהרה, כמקובל בשיטותיהם של ברטון (Q system) ובייניאבסקי (RMR), ניתן היה לחסוך בתימוך.

השיקולים העיקריים הם:

רוחב מינימלי משיקולי התקנת הצנור.

רוחב מינימלי משיקולי תנועה ועבודת תחזוקה.

רוחב מינימלי משיקולי חילוץ, או עקיפה, במקרה של תאונה.

הרחבות ליד המפלים לצורך גישה במקרה של בעיות תחזוקה.

גובה משיקולי הנחת הצנור.

גובה משיקולי תנועת רכב תחזוקה.

6. שיטות תימוך.

שיטת התימוך הטובה, יעילה וזולה ביותר במגוון הסלעים הנדון הינה באמצעות שילוב של בורגי סלע ובטון מותז. שיטה זו ניתנת לישום בכל אחת משיטות התכנון המקובלות כיום למנהור בסלע קשה. בטון מותז שימש ומשמש בהצלחה הן כתימוך זמני והן כתימוך קבוע, מותנה במאפייני איכות הסלע ואיכות הבטון המותז.



בורגי הסלע יהיו מדוייסיים למלוא אורכם עם דייס צמנטי או שרף ("רזין"). המפרטים המתאימים יאפשרו לקבלן גמישות בבחירת הבירוג הנוח לו יותר מבחינת בצוע, תוך הבטחת ביקורתו של המפקח ע"י בדיקות שליפה באחוז מסויים מהברגים.

הבטון המותז יהיה קרוב לוודאי רגיל (קרי ללא סיבי פלדה) או עם סיבי פלדה מאחר ואיכות הגבוהה יחסית של הסלע אינה מצדיקה השימוש ברשתות פלדה. יתר על כן, תליית רשתות פלדה בתנאים הקיימים, כלומר מעל ומעבר לצנור ביוב חשוף, קשה, מסורבלת ומחייבת הוספת ברגי סלע רבים, גם אם קצרים, לצורך תליית הרשתות. לכן, עדיף להימנע מרשתות.

תימוך כבד יותר יידרש רק בקטעים החוצים שברים או אזורי גזירה וסידוק מוגבר. תימוך זה יהיה מבטון מותז עבה יותר, עובי משוער של כ-15 עד 25 ס"מ, וברגי סלע. אופי השברים שנחצו לאורך המנהרה אינו מחייב שימוש בקשתות פלדה או תימוך כבד אחר. השברים שנחצו במנהרה היו פשוטים מהבחינה ההנדסית ולא נתגלו שום סימנים של לחצי סלע שונים מהרגיל.

7.1 שיטות כרייה

קיימות כיום שלוש שיטות כרייה מקובלות בכריית מנהרות בסלע (שיטות נוספות הישימות למקרים חריגים לא יידונו להלן):

- א. כרייה באמצעות פטיש שבירה – לא מומלצת בפרויקט זה.
- ב. כרייה באמצעות קידוח ופצוץ מבוק – לא מומלצת בפרויקט זה.
- ג. כרייה באמצעות מכונת חיתוך Boomcutter או Roadheader - השיטה המומלצת ביותר בפרויקט הנוכחי.

7.1 כרייה באמצעות פטיש שבירה

חציבה בפטישי שבירה הידראוליים, המוכרים בארץ מעבודות חציבה עיליות, ניתנת לבצוע תוך שימוש בפטישי שבירה התואמים את שלבי ואופי עבודת הכרייה. השיקול העיקרי בעבודה עם פטיש שבירה הינה קיומו של מלאי מגוון של פטישים בארץ ומכאן האפשרות להימנע מהבאת ציוד יקר מחו"ל. מאידך, איכות החיתוך

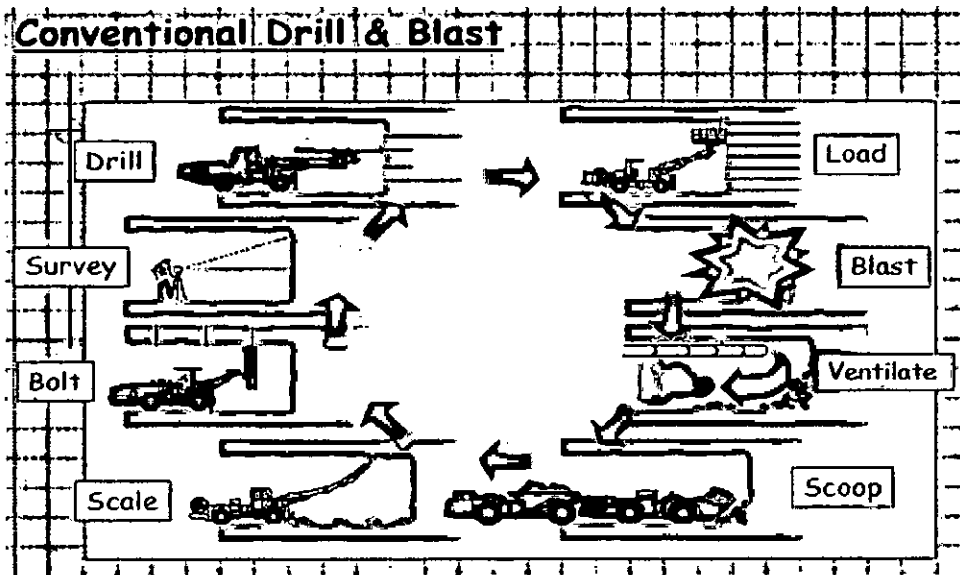




עם פטיש שבירה נמוכה יותר, כמות התימוך הנדרש (ובמיוחד בטון מותז) גבוהה יותר וקצב העבודה איטי יותר.

7.2 קידוח ופצוץ מבוקר.

בשיטת הקידוח והפצוץ המבוקר תיכרה המנהרה ע"י מקדח מתנייע אופני בעל מספר ראשי קידוח המכונה בשפה המקצועית "גימבו". המקדח עשוי להיות פניאומטי או הידראולי ויקדח מספר עשרות חורים (קדחים) בחזית הכרייה. פצוץ הקדחים, בקוטר כ-1 עד 1.75 אינץ' כ"א, יבוצע במספר שלבים המופרדים זה מזה ע"י השהיות. כמות החני"מ בכל קדח, מספר הקדחים בכל השהייה, מרווחי הזמן בין ההשהיות, מרחקים בין הקדחים וכיו"ב ייקבעו בעת הביצוע ע"י מומחה לפיצוצים מבוקרים של הקבלן. נתונים אלו יאפשרו חיתוך מדוייק באורח יחסי של הסלע ושליטה על כמות הרטט והרעש בסביבה.



תרשים 7: מחזור עבודה בקדוח ופיצוץ.

הפיצוצים המבוקרים נתונים לבקרה עפ"י התקן הגרמני DIN 4150 שאומץ ע"י המשרד לאיכות הסביבה.

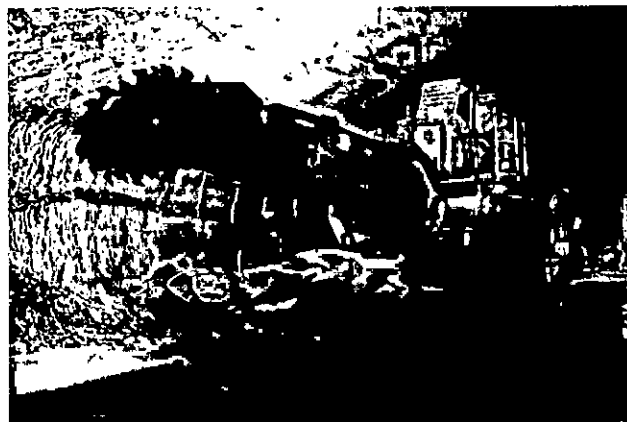
7.3 מכונות חיתוך.



א. רוזן הנדסה בע"מ
A. Rozen Engineering Ltd.



מכונות חיתוך = Boom Cutters הינן כלי צמיחה אשר תוכננו לעבודות כרייה על בסיס זרוע הידראולית ("בוס") המצוידת בשיני חיתוך/כרסום והחותכות את הסלע באורח רציף. מכונות חיתוך מאפשרות כיום עבודות חציבה המשכית, שקטה ובטוחה יותר. ההימנעות מפיצוץ יוצרת משטח סלע חלק יותר, מקטינה את הסידוק המלאכותי בסלע ומאפשרת חיסכון בתימוך.



תרשים 8 : מכונת חיתוך

מכונה מעין זו ביצעה בהצלחה מרובה, בקצב גבוה ובעלות נמוכה, את מנהרת הביוב בין נחל רפאים לנחל שורק. קצב הכרייה הממוצע היה כ-7.5 מ' ליום והגיע, בימי שיא, לכ-25 ואף 27 מ' ביום. תקלות שונות במנועים ההידראוליים והתלות בהספקת חלקי חילוף מחו"ל גרמו לירידה בקצב הממוצע.

8. הפורטלים

הפורטלים הם האלמנט הנופי הגורר את מירב תשומת הלב של גורמי איכות הסביבה. הקיר החזיתי יהיה בגובה משוער של 8 עד 10 מ' מותנה בהחלטה סופית על גובה המנהרה ואיכות מסת הסלע. ההערכה הנוכחית היא שגובה המנהרה יהיה בתחום 4.5 עד 5 מ' ובסלע טוב ניתן יהיה להסתפק בשכבת סלע של 3 עד 5 מ' בלבד.

באזור הפורטלים ייתכן ויידרש למצוא מקום למבנה הבקרה של מערכת הביוב. טיפול נופי יידרש בשני הפורטלים.





9. השפעה על איכות הסביבה.

הרעידות בבעת הכרייה מותנות בשיטת הכרייה. הן זניחות במקרה של שימוש במכונת חיתוך (כירסום או BOOM CUTTER) ומורגשות במקרה של פיצוץ מבוקר. מאחר ורק לקבלן אחד בארץ יש מכונות חיתוך, סביר להניח שהכרייה תהיה באמצעות קדוח ופיצוץ מבוקר ואזי הקבלן חייב לעמוד בדרישות התקן הגרמני 4150 אשר אומץ בארץ ע"י המשרד לאיכות הסביבה. בכל המנהרות בירושלים גם נדרשנו בעבר לא לפוצץ לפני 0600 ואחרי 2200 ואני מניח שזה מה שנכתיב לקבלן הפעם.

לא ברור למה הכוונה ב"כשלי". המנהרה מתוכננת לעמוד בכל עומסי הקרקע ורעידות אדמה ובכל איכויות הסלע הצפויות לאורכה עפ"י הסקר הגיאולוגי.

מידרוג הפתרונות כולל שלושה אמצעים עיקריים המשמשים בכל המנהרות האחרות בארץ:

- א. בורגי סלע מדוייסיים במלואם, אשר המרחקים ביניהם נקבעים לפי איכות הסלע.
- ב. בטון מותז מזויין עם סיבי פלדה או רשתות זיון.
- ג. קשתות פלדה או מיסבכוני פלדה.

10. שיקולי התארגנות בתחום התב"ע.

אזור ההתארגנות כולל כמינימום:
אזור מינהלתי

- משרדי פיקוח, מנהל פרויקט וקבלן.
- שירותים.
- חדר אוכל!
- חניית רכב קל.
- אזור תיפעולי.

- מוסך לצמ"ה יעודי.
- חנייה לצמ"ה יעודי ומשאיות.
- מחסן לחומרי בנייה (כימיקלים).
- מסגריה.
- חשמליה.
- מכולת עזרה ראשונה.





אחסון חומר זמני – מותנה בהתניית המשרד לאיכות הסביבה בדבר סילוק החפורת.

מפעל בטון – לא סביב בעבודה כל כך קטנה.

בהנחה של מנהרה בשטח חתך 20 מ"ק למ"א, ובהנחה של התקדמות 5 מ' ליום, כמות החומר ליום ממוצע תהיה 100 מ"ק טבעי או 140 מ,ק תחוח על משאיות. בהנחה של משאית 12-14 מ"ק ממוצע, מדובר ב-12 עד 10 סבבי משאיות ליום.

11. אומדן עלות.

אומדן העלות הראשוני בשלב זה, ללא קידוחי סקר, מתבסס על חתך ממוצע של 28 עד 30 מ"ר או כ-30 מ"ק למ"א. בהנחה שאורך המנהרה כ-1,650 מ' מדובר בעבודת מנהור של כ-49,500 או כ-50,000 מ"ק.

עלות מ"ק מנהרה תמוכה (כולל כרייה, תימוך בבטון מותז ובורגי סלע, אך ללא דרך סלולה אם תידרש וללא עלות הצינור ומערכות איורור לסילוק גזים) עשויה לנוע בתחום 500 עד 700 ₪ למ"ק. הערכה טובה יותר ניתן יהיה לגבש רק לאחר סקר גיאולוגי-הנדסי המבוסס על קידוחי-סקר.

30,000,000	אומדן עבודות מנהור
2,000,000	אומדן פורטלים ללא דרישות אדריכליות מיוחדות.
32,000,000	סה"כ עבודה בשטח
5,000,000	בלתי נראה מראש – 15%
37,000,000	סה"כ לפני מע"מ
6,300,000	מע"מ לני"ל – 17%
₪ 43,300,000	סה"כ, כולל מע"מ

12. סכום

עבודת המנהור צפויה להתבצע בסלעים מוכרים ובמידה ולא תיתגלנה תופעות חריגות בסקר הגיאולוגי העבודה צפויה להיות פשוטה וללא בעיות. קיימים כיום בארץ הידע והציוד לביצוע קבלני של עבודה זו.





מקורות.

ישראלי ע., 1973, חקר תכונות גיאולוגיות-הנדסיות של התשתית הסלעית באזור ירושלים. אוניברסיטה עברית.

ישראלי ע., 1977, "מפה גיאוטכנית של ירושלים וסביבותיה" קני"מ 1:12,500, דו"ח מ.מ./77/12.

רוזן א., 1971, ציוד למנהור מכני, חיל ההנדסה ומרכז בנוי.

רוזן א., 1979, פיצוצים מבוקרים, חיל ההנדסה ומרכז בנוי.

רוזן א., 1980, ברגי סלע, חיל ההנדסה ומרכז בנוי.

רוזן א., 1981, בטון מותז, חיל ההנדסה ומרכז בנוי.

Bieniawski z.T., 1989, Engineering Rock Mass Classifications, John Wiley

Deere D.U. et al, 1969, Design of Tunnel Liners and Support Systems, Illinois University for OHSGT, DOT

Hoek E., Brown E.T., 1996, Underground Excavation in Rock, Institution of Mining and Metalurgy

Mahtab M.A. & Grasso P., 1992, Geomechanics Principles in the Design of Tunnels and caverns in Rock, Elsevier

Sinha R.S., 1989, Underground Structures (two volumes), Elsevier

Terzaghi K., 1946, 1988, Rock Defects and Loads on tunnel Supports in Proctor R.V. & White T.L., 1988, Rock Tunnelling with Steel Supports.

