



חוק התיכנון והבניה התשכ"ה-1965

תוכנית מתאר מקומית מס' 207-0351742



ג/22526

טבריה – המושבה

נספח הידרולוגיה וניקוז

חוברת 38 עמודים



מחוז: הצפון

מרחב תיכנון מקומי: טבריה

רשות מקומית: טבריה

ישוב: טבריה

תאריך: 23.11.2016

שלב: לתוקף



חתימות:

שמות:

עורך הניספח: אריה פלנר, הנדסה אזרחית בע"מ

גורם מאשר:



עמוד 2 מתוך 38



תוכן העניינים

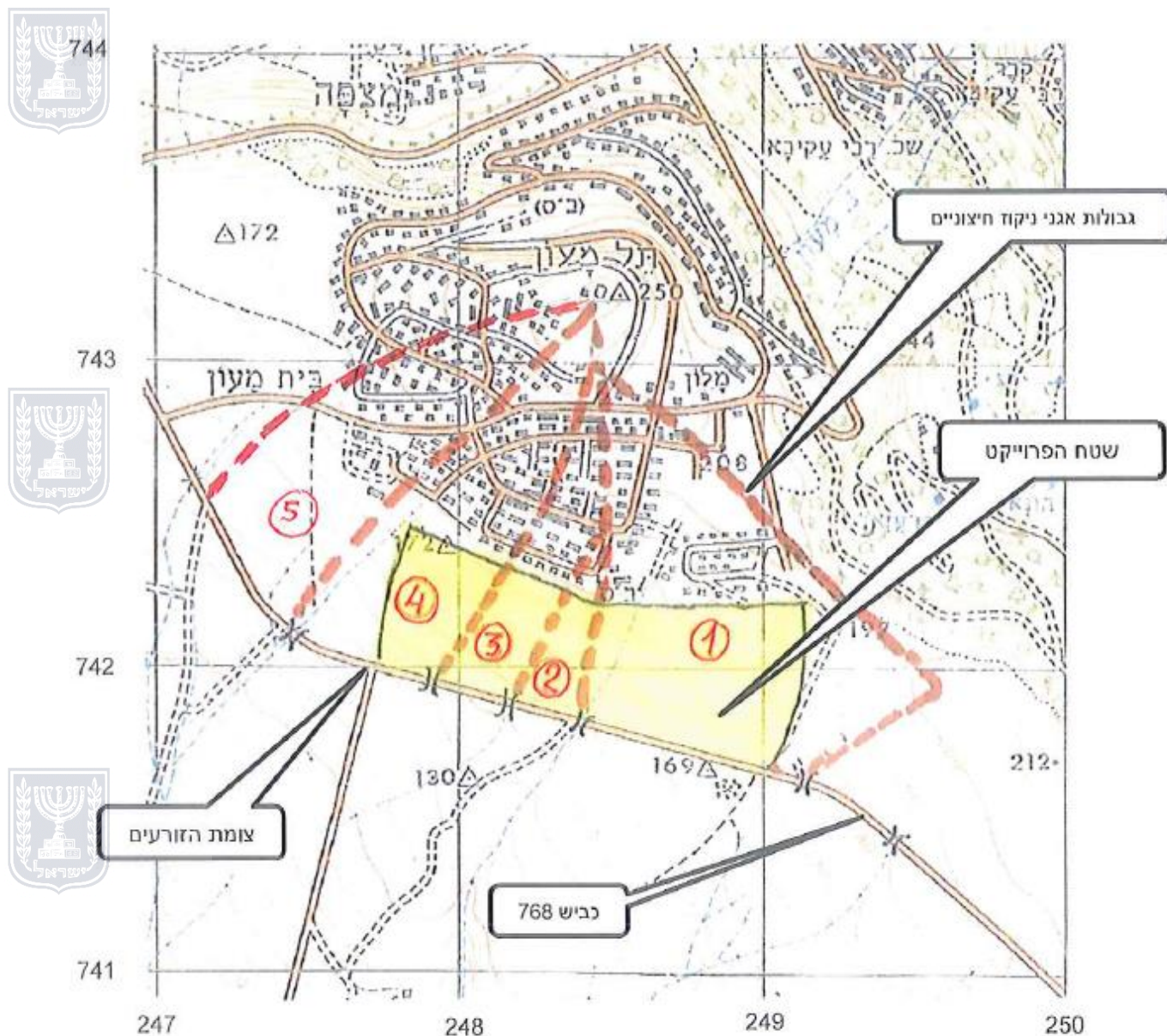
1	מבוא.....	2
1.1	מיקום הפרוייקט וגבולותיו.....	2
1.2	מטרת הדו"ח.....	3
1.3	מאפייני שטח הפרוייקט.....	3
2	אופן חישוב ספיקות הנגר העילי	5
2.1	נוסחת חישוב הספיקות.....	5
2.2	שטח אגני הניקוז.....	5
2.3	מאפייני הגשם הסופתי.....	6
2.4	מקדמי הנגר C ו-C _f	7
2.5	זמן הריכוז של נקודות החישוב.....	9
2.6	הסתברות התכן של מרכיבי מערכת הניקוז המוצעת.....	10
3	מערכת הניקוז המוצעת.....	11
3.1	הצגת מערכת הניקוז המוצעת.....	11
3.2	קליטת נגר עילי סופתי מהשטחים שמצפון לפרוייקט.....	12
3.3	קביעת מאפייני מובלי מערכת הניקוז.....	12
3.4	מערכת התיעול.....	14
3.5	תעלות הניקוז ומתקניהן.....	20
3.6	השהיית הנגר.....	25
4	מסקנות והמלצות.....	27
	נספח א': תמונות משטח הפרוייקט.....	28
	נספח ב': אופן חישוב נפחי אגירת השהייה.....	31
	נספח ג': מקדמי הנגר בנקודות חישוב הספיקות.....	36



1 מבוא

1.1 מיקום הפרויקט וגבולותיו

כפי שניתן לראות באיור המצורף, השטח המיועד לפיתוח עירוני נמצא במרגלות הדרומיים של תל מעון, לאורך צדו הצפוני של כביש 768 (הכביש שבין צומת אלומות בדרום לצומת פוריה בצפון), בקטע שבין ק"מ 7 וק"מ 8.4.



בהתאם לכך, גבולות המתחם המיועד לעיור בפרויקט זה הם בקירוב:

- גבול דרומי: כביש 768
- גבול צפוני: רח' לוי אשכול (טבריה), המכונה כביש מס' 4 של הפרויקט.

עמוד 4 מתוך 38

- גבול מערבי קו ניצב לכביש 768 היוצא מצומת הזורעים לכיוון רח' לוי אשכול.
- גבול מזרחי: קו ניצב לכביש 768 היוצא ממנו לכיוון צפון כ-1360 מ' מזרחית לצומת הזורעים.

המתחם המיועד לפיתוח עירוני משתרע על שטח של כ-0.65 קמ"ר אך, כפי שניתן לראות בתרשים שלעיל, מבחינת מערכת הניקוז יש לקחת בחשבון נגר עילי שמקורו בשטחים חיצוניים כך שסה"כ השטח התורם נגר הוא כ-2.0 קמ"ר.

**1.2 מטרת הדו"ח**

מטרת מסמך זה לבחון באופן כללי את נושא הניקוז של הנגר העילי הסופתי בשכונת השתיים להציג את עקרונות התכנון אשר ינחו את המתכנן בשלבים המתקדמים יותר של התכנון ולהצביע על הפתרונות האפשריים שיש לאמץ,

בהתאם לכך, הנושאים אשר יטופלו/יתוארו בדו"ח זה הן:

- שיטות חישוב של הנגר העילי הסופתי
- חישובים הידראוליים למיניהם.
- התווית קווי הזרימה של מערכת הניקוז
- בחינת מאפייני מובלי הנגר העילי הסופתי שמומלץ לאמץ בפרוייקט זה.
- בחינת האפשרויות לאגירת נגר עילי סופתי לצורכי השהיה (detention).
- התייחסות להשפעת תהליך העיור על הסביבה ובמיוחד זו שבמורד הפרוייקט מבחינת הניקוז.

**1.3 מאפייני שטח הפרוייקט****(א) טופוגרפיה, גיאולוגיה וקרקע**

המתחם נמצא למרגלות תל מעון. פני השטח מהווים מישור היורד לכיוון דרום-מערב. השיפוע הממוצע של השטח, בניצב נע בין 6% ל-9%. מדובר על שיפועים יחסית חזקים אשר, לצורכי פיתוח עירוני, ידרשו מידה לא מבוטלת של יישור שטח במגרשים.

הנקודה הגבוהה ביותר של המתחם, בפינתו הצפון-מזרחית, היא ברום של כ-197+ מ' והנקודה הנמוכה ביותר, בפינתו הדרום-מערבית היא ברום 127+ מ'.

לסיכום: הכבישים יורדים ממזרח למערב ומצפון לדרום (לעבר כביש 768).





הקרקע הנה חרסיתית גרומוסולית ו/או פרוטוגרומוסולית שמקורה בסלע הבזלתית שמתחתיה. מבחינה הידרולוגית, לקרקע זו יכולת חדירות נמוכה עד נמוכה מאד כלומר בעלת פוטנציאל גבוה להיווצרות נגר עילי סופתי. כתוצאה מכך, וכפי שיתואר בהמשך, בסוג זה של קרקע מעשית לא מתאפשרת החדרת מים עיליים לצורכי הקטנת נגר ו/או להעשרת מי התהום.

(ב) תכנית (שימושי קרקע)



כפי שניתן לראות בתמונות שבנספח א', במצבו העכשווי, שטח הפרוייקט מאופיין על ידי קרקע חשופה המשמשת או היכולה לשמש, אם בכלל, לצרכי חקלאות (גידולי שדה, חיטה, כותנה וכו'). במסגרת הפרוייקט, השטח יפותח לבנייה בעיקר לצורכי מגורים: יהיו מגרשים למגורים חד-משפחתיים ודו-משפחתיים לצד מגרשים עם בנייה לגובה בצפיפות של בין 10 ל-20 יח"ד לדונם. מלבד רשת הכבישים יחסית צפופה, תתווסף הבנייה לשירותים האופייניים הנלווים לאזורי מגורים: מוסדות חינוך (בתי ספר בכל הרמות, גני ילדים ומעונות יום), מוסדות דת (בתי כנסת ומקוואות), שטחי מסחר וכו' וגם לא מעט שטחים פתוחים.



מבחינה הידרולוגית כל הפיתוח הנ"ל יתבטא בהגדלה משמעותית של כמות הנגר העילי הסופתי (נפחים וספיקות) שעל מערכת הניקוז לקלוט ולסלק תוך מזעור המטרדים והסכנות לרכוש ולנפש הנובעים מהצפות, שלוליות וכו'.

(ג) מערכת הניקוז הקיימת



כפי שתואר לעיל, פני הקרקע בשטח הפרוייקט יורדים לכיוון כביש 768. בתוך השטח נוצרו מספר ערוצי ניקוז שראשם בצדו הדרומי של רח' לוי אשכל (אשר במסגרת הפרוייקט מכונה כביש מס' 4). ערוצי ניקוז אלה, בגלל שיפועם הגדול, אינם יציבים בגלל החתירה המתרחשת במקרים של מעבר זרימה משמעותית בהם. לאורך צדו הצפוני של כביש 768 ישנה תעלת ניקוז הקולטת את הנגר המגיעה מצפון ומזרימה אותו לכיוון צפון-מערב (ראה תמונות בנספח א'). תעלה זו, לרוב בעלת חתך רוחבי טרפזי, נראית יציבה בגלל היותה מרוצפת בחלקה על ידי בטון מותז, בחלקה על ידי אבנים שטוחות מונחות על מצע בטון ובקטע קצר אף מורכבת ממובלים טרומיים בעלי חתך מלבני, עשויים מבטון מזוין. סדרה של מעבירי מים (ראה האיור שבסעיף 1.2), העשויים מצינורות בטון בקוטר של 0.80 מ', מעבירים לצדו השני של הכביש את הזרימה מתעלת הניקוז הנ"ל ו/או מערוצי הניקוז המגיעים אליה מכיוון צפון. שניים מערוצי הניקוז הנ"ל שמצדו הדרומי





של הכביש, היורדים לעבר נחל יבנאל, למרות היותם לא יותר מערוצוני חתירה (Gullies), מקבלים כבר שמות: נחל הזורעים, נחל סרגונה וכ'.

2 אופן חישוב ספיקות הנגר העילי

2.1 שיטת חישוב הספיקות



מפאת הגודל המצומצם של אגני הניקוז הכלולים בפרוייקט (סה"כ שטחם לא עולה על כ-1.6 קמ"ר), ניתן להשתמש בנוסחה הרציונלית לחישוב ספיקות השיא של הנגר הסופתי. הנוסחה הרציונלית הנה האופן המקובל ביותר בעולם לחישוב ספיקות נגר עילי סופתי בסביבה העירונית באגני ניקוז ששטחם אינו עולה על 2 קמ"ר. הנוסחה הרציונלית היא :

$$Q = \frac{C_f \times C \times I \times A}{3600}$$

כאשר:

Q: הספיקה (מ"ק לשנייה)

I: עוצמת הגשם הסופתי שמשכו שווה לזמן הריכוז של נקודת החישוב (מ"מ לשעה)

A: שטח אגן הניקוז (דונמים).

C: מקדם הנגר הבסיסי שערכו תלוי בתכונות ההידרולוגיות של אגן הניקוז.

C_f: מקדם הסתברותי שערכו תלוי בתקופת החזרה של הגשם הסופתי.

בסעיפים הבאים מובא תיאור של הפרמטרים השונים הכלולים בנוסחה הרציונלית.



2.2 שטחי אגני הניקוז

שטחי אגני הניקוז נקבעו בעזרת המפות הטופוגרפיות הבאות:

- מפות ממשלתיות 1:50,000 אשר שימשו בעיקר לקביעת אגני הניקוז החיצוניים הרלוונטיים
- מפות טופוגרפיות של שטח הפרוייקט בקנה מידה 1:2,000 עם סימון הכבישים ואזורי הבנייה השונים, כולל אפיונם.





במקרים בהם, על סמך המפות הנ"ל, היה קשה לקבוע את גבולות אגני הניקוז ואת תכונותיהם ההידרולוגיות הרלוונטיות (בעיקר אגני הניקוז החיצוניים), נערכו סיורים בשטח הפרוייקט ובסביבתו.

2.3 מאפייני הגשם הסופתי

ישנה תחנה מטאורולוגית במושב הזורעים הנמצא כ-3 ק"מ מדרום לפרוייקט. בהעדר נתונים מתאימים יותר, הונח שנתוני תינה זו מבטאים את יחסי משך-עוצמה-תקופת חזרה של הגשם הסופתי האזור הפרוייקט. האבלה הבאה מציגה את הנתונים הנ"ל. נתונים אלה מוצגים גם באופן גרפי באיור שבהמשך.

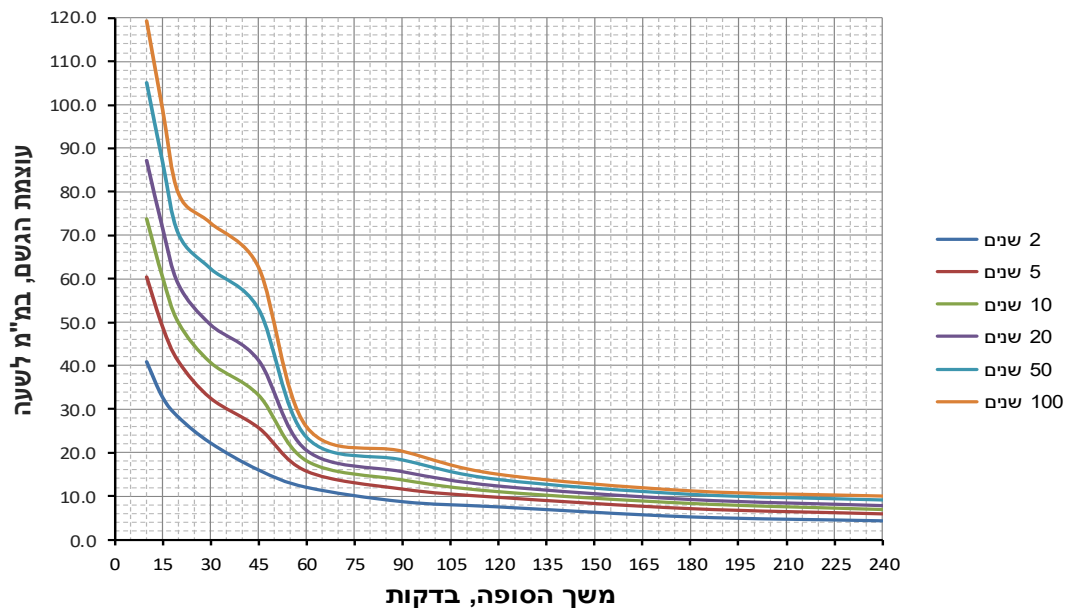


יחסי משך-עוצמה-תקופת חזרה של הגשם הסופתי באזור

הפרוייקט

משך הסופה (דקות)	עוצמת הגשם (במ"מ לשעה) עבור תקופת חזרה של					
	שנים 2	שנים 5	שנים 10	שנים 20	שנים 50	שנים 100
10	40.9	60.4	73.8	87.2	105.1	119.3
15	32.7	48.9	60.3	71.6	86.8	98.9
20	28.1	40.9	49.8	58.6	70.2	79.5
30	22.2	32.5	40.7	49.4	62.3	72.8
45	16.0	25.7	33.2	41.2	53.0	62.6
60	12.0	15.7	18.1	20.5	23.5	25.9
90	8.7	11.6	13.7	15.6	18.3	20.3
120	7.5	9.7	11.0	12.3	13.8	15.0
180	5.2	7.1	8.3	9.2	10.4	11.2
240	4.3	5.9	6.9	7.8	9.1	10.0



יחסי משך-עוצמה-תקופת חזרה לגשם הסופתי באזור הפרוייקט**2.4 מקדמי הנגר C ו-C_f**

בעקבות השימוש הרב בנוסחה הרציונלית, הצטבר בעולם ניסיון רב בהקשר למתן ערכים מספריים למקדמים השונים כדי שישקפו את השפעת תהליכי העיור על מאפייני השטח מהבחינה ההידרולוגית.

השטחים החיצוניים המצויים מצפון לשטח הפרוייקט ואשר, על פי התנאים הטופוגרפיים, הנגר העילי הסופתי המתהווה בהם מתנקז דרומה הנם בעלי אופי עירוני רב-משפחתי ותעשייתי. אם בהווה ישנם שם חלקים שטרם נבנה בהם יש להניח שבאופן הפרוייקט הבנייה שם תהיה קרובה לרוויה. בהתאם לכך, תרומת הנגר העילי שמקורו בהם יחושב עם מקדם נגר בסיסי בעל ערך מתאים. במציאות, רוב אגני הניקוז הם בעלי אופי מעורב מבחינת התכסית כך שמקדם הנגר הבסיסי שלהם מחושב כערך ממוצע משוקלל:

$$C_{AVE} = \frac{\sum_1^n C_i \times A_i}{\sum_1^n A_i}$$

כאשר A_i ו- C_i הם השטח ומקדם הנגר בסיסי של כל אחד מ- n החלקים האחדים ההידרולוגית המרכיבים את אגן הניקוז כולו.

הטבלאות הבאות מציגות את ערכי שני מקדמי הנגר על פי המלצות הספרות המקצועית הרלוונטית.



ערכי מקדם הנגר הבסיסי C

Type of Drainage Area	Runoff Coefficient, C*
Business:	
Downtown areas	0.70 - 0.95
Neighborhood areas	0.50 - 0.70
Residential:	
Single-family areas	0.30 - 0.50
Multi-units, detached	0.40 - 0.60
Multi-units, attached	0.60 - 0.75
Suburban	0.25 - 0.40
Apartment dwelling areas	0.50 - 0.70
Industrial:	
Light areas	0.50 - 0.80
Heavy areas	0.60 - 0.90
Parks, cemeteries	0.10 - 0.25
Playgrounds	0.20 - 0.40
Railroad yard areas	0.20 - 0.40
Unimproved areas	0.10 - 0.30
Lawns:	
Sandy soil, flat, 2%	0.05 - 0.10
Sandy soil, average, 2 - 7%	0.10 - 0.15
Sandy soil, steep, 7%	0.15 - 0.20
Heavy soil, flat, 2%	0.13 - 0.17
Heavy soil, average, 2 - 7%	0.18 - 0.22
Heavy soil, steep, 7%	0.25 - 0.35
Streets:	
Asphaltic	0.70 - 0.95
Concrete	0.80 - 0.95
Brick	0.70 - 0.85
Drives and walks	0.75 - 0.85
Roofs	0.75 - 0.95

בהתאם לערכים שבטלה הקודמת, להלן ערכי מקדם הנגר שאומצו במסגרת נספח ניקוז זה.





ערכי מקדם הנגר הבסיסי C_o שאומצו בנספח הניקוז

התכסית	מקדם הנגר הבסיסי
כבישים, מדרכות ושטחים בלתי חדירים	0.85
אזורי מגורים רב משפחתיים של כ-20 יח' דיור/דונם	0.65
מוסדות, שטחי מסחר	0.65
אזורי מגורים רב משפחתיים של כ-10 יח' דיור/דונם	0.60
מגרשי מגורים דו-משפחתיים	0.50
מגרשי מגורים חד משפחתיים	0.45
שטחי ציבור פתוחים, גינות, שצ"פים	0.20
שטחי בור בטרם תהליך העיור	0.25



ערכו של מקדם הנגר ההסתברותי C_f

תקופת חזרה	עד 10 שנים	20 שנים	50 שנים	100 שנים
ערכו של המקדם	1.00	1.10	1.20	1.25



2.5 זמן הריכוז של נקודות החישוב

זמן הריכוז של נקודת החישוב של ספיקת הנגר העילי הסופתי חושבו בעזרת נוסחת Kirpich:

$$t_c = 0.195 \times k \times \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

t_c : זמן הריכוז (בדקות)

L : אורך מסלול הזרימה מהנקודה הרחוקה ביותר מנקודת החיש מבחינה הידרולוגית (במטרים)

S : השיפוע הממוצע של מסלול הזרימה הנ"ל

k : מקדם תיקון שערכו תלוי במאפייני מסלול הזרימה¹:

- $k=2.0$ בזרימה על פני שטח מחוספס עם צמחיה, בתעלות מדושאות וכו'



¹ ראה:

Debo, T. N. & Reese, A. J., "Municipal Storm Water Management", Lewis Publishers, USA, 1995



- $k=1.0$ בזרימה על פני קרקע חשופה חלקה יחסית, בתעלות עפר נקיות מצמחיה, וכו'
- $k=0.4$ בזרימה על פני משטחים חלקים (בטון, אספלט וכו')
- $k=0.2$ בזרימה במובלים בעלי דופן חלקה כגון צנרת תיעול תעלות מרוצפות בטון, וכו'



במסלולי זרימה בעלי אופי מעורב, ערכו של למקדם k יינתן ערך ביניים בהתאם להשפעתו היחסית של כל אחד משלושת סוגי הזרימה.

בפרוייקטים של ניקוז עירוני, נהוג להגדיר ערך מינימלי של זמן הריכוז כך שאם החישוב נותן זמן ריכוז קצר יותר נלקח בחשבון את הזמן המינימלי. על פי הספרות המקצועית הרלוונטית זמן הריכוז המינימלי, על פי הנחית הגופים המוניציפליים השונים נע בין 10 ל-20 דקות². בפרוייקט זה נלקח ערך ביניים של 15 דקות כזמן הריכוז המינימלי לצורכי חישוב ספיקות התכן.



בפרוייקט הנוכחי זמן הריכוז בכל נקודה בשטח הפרוייקט, המחושב, בעזרת נוסחת Kirpich, לאורך מסלולי זרימה השונים, יימצא בין 10 ל-15 דקות. אי לכך, ברמת הדיוק הנדרשת בשלה זה של התכנון, נמצא לנכון, לצורכי פשטות, לחשה את ספיקות התכן כתוצאה מסופה בעלת משך קבוע של 15 דקות.

2.6 הסתברות התכן של מרכיבי מערכת הניקוז

בדרך כלל, מערכות הניקוז בסביבה העירונית מורכבות משתי מערכות משנה:



- המערכת המשנית שהיא מערכת הניקוז אשר תפקידה לקלוט ולסלק את הנגר העילי הסופתי הנגרם על ידי גשם סופתי המתרחש בתדירות גבוהה יחסית. הכוונה למערכת התיעול אשר בארץ מקובל לתכננה לסופה בעלת תקופות חזרה שלכ-5 שנים (הסתברות אירוע של 20%).
- המערכת הראשית באמצעותה ובשילוב עם המערכת המשנית, ייקלט ויסולק הנגר העילי הנגרם על ידי סופות נדירות בעלות תקופות חזרה ארוכות היכולות להגיע עד ל-50 ואף 100 שנים (הסתברויות אירוע של 2% ו-1% בהתאמה). מובלי



² ראה, למשל:

"Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems", American Society of Civil Engineers Manual of Practice No.77 (Water Environmental Federation Manual of Practice FD-20, USA, 1992).



הניקוז של המערכת הראשית הם, בדרך כלל, הכבישים עצמם בשילוב עם מערכת התיעול התת קרקעית והתעלות הפתוחות.

קשה להפריד לחלוטין בין שתי המערכות. אי לכך, בפרויקט זה מוצע לאמץ את תקופות החזרה הבאות לתכנון המרכיבים השונים של מערכת הניקוז:

- מערכות תיעול תת קרקעיות וקולטנים (שלא מנקזים בשקעים)..... 5 שנים
- תעלות פתוחות בתחום הבנוי..... 50 "
- אלמנטים של מערכת הניקוז המנקזים שקעים בכבישים..... 50 "
- מעבירי מים בכבישים פנימיים..... 50 "
- מעבירי מים בכביש 768..... 100 "
- מערכות אגירת השהיה במגרשים פרטיים ובמוסדות..... 10 "
- מערכות אגירת השהיה בשטחים ציבוריים..... 20 "



3 מערכת הניקוז המוצעת

3.1 הצגת מערכת הניקוז המוצעת

בתנוחה המצורפת מתוארת מערכת הניקוז המוצעת. באופן כללי המערכת כוללת את המרכיבים הבאים:

- מערכת תיעול הבנויה ממובלים תת קרקעיים, מונחים לאורך הכבישים או בשצ"פים, כולל המבנים הרלוונטיים (תאי ביקורת, קולטנים, מתקני תפיסה של נגר חיצוני וכו').
- מערכת של תעלות פתוחות על מבניהן (מעבירי מים, מפלים וכו').



על פי התנאים הטופוגרפיים הנגר זורם מצפון לדרום וממזרח למערב כלומר, הכבישים הפנימיים המקבילים לכביש 768 מזרימים את הנגר לכיוון מערב ואילו הכבישים הפנימיים הניצבים לכיש מס' 768 מזרימים את הנגר דרומה. בתנאים אלה, כפי שניתן לראות בתנוחה המצורפת, תעלת ניקוז העוברת בשצ"פ שבצדו המערבי של כביש מס' 6 מחלק את שטח הפרויקט לשני חלקים כמעט שווים בשטחם:

- אזור מערבי, ששטחו כ-330 דונמים
- אזור מזרחי ששטחו 315 דונמים.





3.2 קליטת נגר עילי מהשטחים שמצפון לפרוייקט

כפי שניתן לראות בתרשים שבסעיף 1.1 לעיל אל מתחם הפרוייקט חודר נגר עילי סופתי מהשטחים הסמוכים שמצפון לרח' לוי אשכול (שהנו כביש פנימי מס' 4). על מערכת הניקוז המתוכננת להיות מסוגלת לקלוט את הנגר החיצוני ולהעבירו באופן בטוח לכיוון כביש 768. אמנם בחלק מהשטחים אשר מצפון למתחם הפרוייקט קיימות מערכות ניקוז תת קרקעיות אך הן נראות מזנחות ובלתי מסוגלות לתפקד באופן תקין ולהשתלב בתוך מערכות הניקוז של מתחם הפרוייקט כך שסביר להניח שהנגר העילי שיגיע מכיוון צפון יהיה ברובו זרימה עילית ברחובות המתחברים לרח' לוי אשכול (שהנו כביש מס' 4 בפרוייקט זה) כגון הרחובות המגיעים מול חתך 1041, מול חתך 1063 וכן לקצה הצפוני של כביש פנימי מס' 1 (הנמצא בקרבת חתך מס' 137). הפתרון המומלץ לקליטת נגר זה הוא בניית קולטנים ניצבים לצירי הרחובות המגיעים מצפון לכל רוחב המיסעה. קולטנים אלה יחוברו למערכת הניקוז שלאורך כביש פנימי מס' 4 על ידי מובלים תת קרקעיים מתאימים.



3.3 קביעת מאפייני מובלי מערכת הניקוז

מאפייני מובלי הניקוז, הן במערכת התיעול התת קרקעית והן בתעלות הפתוחות, ייחשבו בהנחה שהזרימה בהם היא קצובה ותמידית. לגבי היותה הזימה תמידית, הדבר מהווה קירוב של המצב הממשי אך זו השיטה המקובלת בסוג זה של פרוייקטים. כושר ההולכה של המובלים הארוכים (מובלים תת קרקעיים ותעלות פתוחות) ייחשב באמצעות נוסחת Manning בהנחה ששיפוע קו העומד לאורכם שווה לשיפוע האורכי של התחתית שלהם:

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R \times \sqrt{S_o}$$

כאשר:

Q: היא הספיקה (מ"ק לשנייה)

A: שטח החתך המורטב (מ"ר)

R: הוא הרדיוס ההידראולי (מטרים)

S₀: הוא שיפועו האורכי של המובל (מטר למטר).

n: הוא מקדם החספוס של Manning.

בפרוייקט זה, מומלץ לאמץ את הערכים הבאים עבור מקדם החספוס:





- מובלים ותעלות מבטון מזויין. n=0.014.....
- תעלות מרוצפות על ידי בטון מותז, כוורות עם מילוי בטון. n=0.018.....
- תעלות פתוחות מדושאות. n=0.030.....
- תעלות פתוחות ללא אחזקה (בהן גדלה צמחיה לא מבוקרת) n=0.035.....

במקרים מסוימים, אם הדבר נחוץ לדעת המתכנן, החישוב יבוצע תוך כדי הנחה שהזרימה איננה תקינה אלא מודרגת (gradually varied flow) אם כי עדיין תמידית.



שאלה פתוחה היא האם המובלים התת קרקעיים יתוכננו כך שבספיקות התכן הזרימה תהיה בחתך מלא או חלקי. הדבר חשוב כי אם המובלים הנ"ל מתוכננים לזרום בחתך מלא, אין כל חרבה של כודר ההולכה הידראולית למקרה שספיקת הנגר העילי במציאות תהיה גבוהה במקצת מזו שחושבה לצורך התכנון (למשל אם יעוד הקרקע במציאות חורג במקצת מהיעוד התכנוני). לכן, מוסדות מוניציפליים רבים ממליצים על תכנון המובלים לזרימה בחתך לא מלא, דבר אשר משאיר חרבה מסוימת של כושר ההולכה ההידאולית. אי לכך, בפרויקט הנוכחי מובלי התיעול מתוכננים לדרגת מילוי של 75%, דבר המשאיר חרבה תכנונית של כושר ההולכה ההידאולית בשיעור של כ-10%.



לגבי התעלות הפתוחות המצויות בשטחים הציבוריים המיועדים לגינון, טיול וכו', היות ורוב הזמן הם תהיינה ריקות, רצוי שצורתן תאפשר את השימוש בשטחן בזמנים שהן יבשות. לשם כך יש לתכנן אותן עם חתך רוחבי מדושא בעל שיפועי צד מאד מתונים (1:5 או אף מתון יותר). לגבי התעלות שמאחורי שורת מגרשים, או לאורך שצ"פים המיועדים לשירות, יש להתאים את החתך בהתאם למקום הפנוי. בשצ"פים, בהם ייתכנו אילוצי מקום, יש שידרש להשתמש בתעלות מדופנות התופסות פחות מקום מתעלות חשופות או אף להניח מובל תת קרקעי.



תכנון מעבירי המים ומבנים הידראוליים השונים יעשה על פי ההמלצות של הספרות המקצועית הרלוונטית.

בשלבים מתקדמים יותר של התכנון יהיה צורך להתחשב גם בהפסדי עומד מקומיים התאי הביקורת.



3.4 מערכת התיעול המשנית



מערכת התיעול התת קרקעית מורכבת ממובלים (לרוב צינורות) מונחים מתחת לכבישים והמתקנים הרלוונטיים (תאי ביקורת, קולטנים וכו'). מערכת זו מוצגת בתנוחה המצורפת.

להלן נקודות מיוחדות אשר יש לשים לב בשלבים הבאים, המתקדמים יותר של התכנון:

א. ניקוז מגרשים בעייתיים

באופן כללי, הנגר העילי הסופתי שיתהווה במגרשים שבשכונה יזרם לעבר הרחובות הסמוכים. על מתכנני המגרשים להסדיר את פני השטח כך שכיוון ההתנקזות של הנגר יהיה, לעבר הרחוב הסמוך או השטח הציבורי הסמוך. בעיה מיוחדת מהווים המגרשים שלאורך הצד הדרומי של הכבישים הפנימיים המקבילים לכביש 768 והמגרשים שלאורך הצד המערבי של מספר כבישים שכיוונם ניצב לכביש 768. במגרשים אלה, על פי התנאים הטופוגרפיים, הנגר העילי המתהווה בהם זורם דרומה או מערבה בהתאמה כלומר, מתרחק מהכביש הסמוך וחודר אל תוך המגרשים הסמוכים, הנמוכים יותר, הפונים לכביש המקביל הנמצא דרומה יותר או מערבה יותר. כדי למנוע חדירת נגר ממגרש גבוה למגרש נמוך יותר ובגלל הקושי להתפטר מהנגר העילי הסופתי על ידי החדרה לתוך הקרקע (בגלל הסיבות שצוינו לעיל), במקומות בהם בגלל התנאים הטופוגרפיים המקומיים, הפיכת כיוון הניקוז ע"י ביצוע עבודות עפר מתאימות הנו יקר, מומלץ לשקול האפשרות למקם רצועת שצ"פ בין שתי שורות המגרשים כדי לאפשר הנחת מאסף ניקוז אשר יקלוט את הנגר מהמגרש הגבוה יותר וימנע את המשכו למגרש הנמוך יותר. באם לא ניתן לשנות את חלוקת המגרשים כדי ליצור רצועת שצ"פ ביניהם יש לשקול הנחת קו תיעול לאורך קו הגבול שבין המגרשים תוך מודעות לקשיים שזה מציב בהקשר לנגישות לצורכי תחזוקה. אגב נושא יצירת שצ"פ במקומות הנ"ל רלוונטי גם בהקשר להנחת קו הביוב המיועד לקלוט את השפכים של המגרש העליון.



ב. קביעת מיקום הקצה המעלי של קווי התיעול בכבישים

קביעת הקצה העליון של קווי התיעול כרוכה בניתוח הזרימה על פני הכביש במעלה קו התיעול. בשטחים עירוניים, הזרימה על פני הכביש מוגבל למסעה זאת בתנאי שבכל רחוב או כביש ישאר תמיד פס בלתי מוצף ברוחב של נתיב כדי לאפשר מעבר נוח של רכב חירום³. בהקשר לכך ראוי לציין שבמקומות בהם החנייה נעשית במקביל למדרכה, כדאי לעצב את החתך הרוחבי של הכבישים כך שהנקודה הנמוכה ביותר תימצא ליד אבן השפה ולא לאורך קו המפגש בין המיסעה ורצועת החנייה. הדבר מאפשר להזרים



³ לתיאור של השיקולים בקביעת רוחב פס ההצפה בסביבה העירונית ראה:

"Design and Construction of Sanitary and Storm Sewers", American Society of Civil Engineers & Water Pollution Control Federation, USA, 1986



את הנגר העילי ביתר יעילות תוך שמירה על רצועת מסעה יבשה לצורכי מעבר רכב חרום בכל התרחישים של מזג אוויר.

בהנחה של זרימה תקינה על פני הכביש, בסמוך לאבן השפה, נוצר חתך רוחבי משולשי . נוסחת Manning בתעלות בעלות חתך רוחבי משולשי עם שיפוע צד מתון ביותר היא, כפי במוצגת בכל מדריך ניקוז עירוני ו/או של הידראוליקה של תעלות:

$$Q = \frac{k}{n} \times S_X^{1.67} \times T^{2.67} \times \sqrt{S_o}$$

או גם:

$$Q = \frac{k}{n \times S_x} h^{2.67} \times \sqrt{S_o}$$

כאשר הזרימה היא בחתך משולשי כפול, הנוצר על ידי שיפוע הצדי של המיסעה ושיפוע הצדי הנגדי של משטח חניה הנוסחות תהיינה:

$$Q = \frac{k}{n} \times \left(\frac{1}{S_x} + \frac{1}{S_{x1}} \right) \times h^{2.67} \times \sqrt{S_o}$$

או גם:

$$Q = \frac{k}{n} \times \frac{T^{2.67}}{\left(\frac{1}{S_x} + \frac{1}{S_{x1}} \right)^{1.67}} \times \sqrt{S_o}$$

כאשר בשתי הנוסחות:

S_o : השיפוע האורכי של הכביש (מטרים למטר)

S_x : השיפוע הצדי של מיסעת הכביש (מטרים למטר)

S_{x1} : השיפוע הצדי של משטח החניה (מטרים למטר)

T : רוחב פס ההצפה (מטרים)

h : עומק הזרימה הצמוד לאבן השפה (מטרים)

n : מקדם החספוס (בכבישי אספלט $n=0.016$ ובסלילה עם אבן משולבת $n=0.017$)

k : מקדם מספרי שערכו, בזרימה ללא הפרעה הוא 0.375

Q : הספיקה (מ"ק לשנייה)

הערך 0.375 של המקדם k חושב בהנחה שאין כל הפרעות לזרימה. למעשה, רכב חונה מהווה הפרעה כך שמומלץ להקטין את המקדם בשיעור שבין 10% ל-20% ולאמץ ערך מספרי בין 0.34 ו-0.30.





לסיכום, בשלב מוקדם זה, ללא מידע אודות השיפועים הצדיים של הרחובות, לא ניתן לקבוע במדויק את מקום הקצה המעלי של קווי התיעול והדבר יידחה לשלב מתקדם יותר של התכנון.

ג. בעית סוג הקולטנים הנמצאים בשימוש בארץ



חשוב להעיר שכאשר השיפוע האורכי של הכביש גדול, מהירות הזרימה אף היא גבוהה דבר המקטין באופן ניכר את יכולת הקליטה של הקולטן (חלק משמעותי של הזרימה המגיעה לקולטו מדלגת מעליו וממשיכה למורד). דבר נוסף התורם לאי היעילות של סוגי הקולטנים השונים הנהוגים בארץ נובע מכך שהם העתק של קולטנים שפותחו באנגליה שם אמנם כמות הגשם השנתי גדולה מזו שבישראל אך העוצמות הרגעיות של הגשם הסופתי בארץ, לפיהן יש לתכנן את הקולטנים, גדולות בהרבה מאלה שבאיים הבריטיים. הגיע הזמן שהרשויות הרלוונטיות בארץ יקדישו משאבים לביצוע מחקר לשם אימוץ סוג של קולטנים המותאמים לתנאים המקומיים על ידי פיתוח עצמי או על ידי העתקת דגם מוצלח הנמצא בשימוש במקום אחר בחו"ל בעל תנאים מטאורולוגיים דומים לאלה השוררים בישראל). כדי לסכם, נראה שאת כושר ההולכה של הקולטנים יש לקבוע על ידי יישום עקרונות הידראוליים מוכחים ולא על ידי שימוש בכללי אצבע שברוב המקרים הם תוצאה של הנחת תנאי זרימה בלתי נכונים.



ד. ספיקות שיא צפויות במערכת התיעול

הטבלאות הבאות מציגות את תוצאת חישוב ספיקות השיא של הנגר העילי הסופתי הצפויות במערכת התיעול בתקופות חזרה שונות. הטבלה הראשונה מתייחסת לחלקו של שטח הפרוייקט הנמצא מצדו המזרחי של כביש מס' 6 (כולל אותו) והטבלה השנייה את חלקה הנותר של מערכת התיעול. ספיקות התכן המומלצות לחישוב קוטר צנרת התיעול, המתאימות לתקופת תזרה של 5 שנים מודגשות במיוחד. לחישוב מקדמי הנגר הבסיסי הממוצע בנקודות החישוב, ראה נספח ג'.



חישוב ספיקות בנקודות שונות בחלק המזרחי של שטח הפרוייקט

כביש מס'	נקודה	שטח סכומי (דונמים)		ספיקה (במ"ק לשניה) עבור תקופת חזרה של:					
		שטח	C _{AVE}	2 שנים	5 שנים	10 שנים	20 שנים	50 שנים	100 שנים
1 דרום	בסביבת חתך 137	13.80	0.54	0.07	0.10	0.12	0.16	0.22	0.26
	בסביבת חתך 107	28.30	0.64	0.16	0.24	0.30	0.39	0.52	0.62
	בסביבת חתך 102	32.00	0.64	0.19	0.28	0.34	0.45	0.59	0.70
1 צפון (לכיוון כביש 768)	בסביבת חתך 137	17.00	0.60	0.09	0.14	0.17	0.22	0.30	0.35
	בסביבת חתך 135	18.00	0.61	0.10	0.15	0.18	0.24	0.32	0.38
	בסביבת חתך 132	19.00	0.63	0.11	0.16	0.20	0.26	0.35	0.41
4 (לכיוון כביש 6)	בסביבת חתך 10100	22.25	0.60	0.12	0.18	0.22	0.29	0.39	0.46
	בסביבת חתך 1096	29.42	0.61	0.16	0.24	0.30	0.39	0.52	0.61
	בין חתכים 1093 ו-1094	36.17	0.61	0.20	0.30	0.37	0.48	0.64	0.76
	בסביבת חתך 1091	42.37	0.61	0.23	0.35	0.43	0.56	0.75	0.89
	בסביבת חתך 1088	48.07	0.61	0.27	0.40	0.49	0.64	0.85	1.01
	בסביבת חתך 1085	53.27	0.61	0.30	0.44	0.54	0.71	0.94	1.12
	בין חתכים 1082 ו-1083	58.52	0.61	0.32	0.49	0.60	0.78	1.03	1.23
	בסביבת חתך 1080	63.42	0.61	0.35	0.53	0.65	0.85	1.12	1.33
	בסביבת חתך 1077	117.87	0.61	0.65	0.97	1.20	1.56	2.07	2.46
	בין חתכים 1074 ו-1075	121.32	0.61	0.67	1.00	1.23	1.61	2.13	2.53
5 (לכיוון כביש 6)	בין חתכים 1072 ו-1071	136.72	0.61	0.75	1.12	1.39	1.81	2.39	2.84
	במורד הצומת עם כביש 10	34.80	0.63	0.20	0.30	0.37	0.48	0.63	0.75
	במורד הצומת עם כביש 11	65.65	0.57	0.34	0.51	0.63	0.82	1.08	1.29
	במורד הצומת עם כביש 12	74.85	0.58	0.39	0.59	0.72	0.94	1.25	1.48
	במורד הצומת עם כביש 13	83.05	0.58	0.44	0.65	0.80	1.05	1.39	1.65
	במורד הצומת עם כביש 14	90.25	0.58	0.47	0.71	0.88	1.14	1.51	1.79
	במורד הצומת עם כביש 15	113.60	0.57	0.59	0.88	1.09	1.42	1.88	2.23
	בסביבת חתך 540	114.80	0.58	0.60	0.90	1.11	1.45	1.92	2.28
	בסביבת חתך 10021	8.90	0.53	0.04	0.06	0.08	0.10	0.14	0.16
	בסביבת חתך 10024	14.80	0.56	0.07	0.11	0.14	SFgf	0.24	0.28
10 (לכיוון כביש 6)	בסביבת חתך 10027	19.70	0.56	0.10	0.15	0.19	0.24	0.32	0.38
	בסביבת חתך 10030	24.20	0.57	0.13	0.19	0.23	0.30	0.40	0.47
	בסביבת חתך 10035	33.20	0.57	0.17	0.26	0.32	0.42	0.55	0.65
	בסביבת חתך 10035	35.90	0.58	0.19	0.28	0.35	0.45	0.60	0.71
	בסביבת חתך 10014	16.00	0.58	0.08	0.13	0.16	0.20	0.27	0.32
	בסביבת חתך 10010	22.80	0.61	0.13	0.19	0.23	0.30	0.40	0.47
10 (לכיוון כביש 5)	בסביבת חתך 10004	31.05	0.62	0.18	0.26	0.32	0.42	0.56	0.66
	בסביבת חתך 10001	34.80	0.63	0.20	0.30	0.37	0.48	0.63	0.75
	בסביבת חתך 12	8.70	0.61	0.05	0.07	0.09	0.12	0.15	0.18
	בין חתכים 9 ו-10	18.05	0.59	0.10	0.15	0.18	0.23	0.31	0.37
	בסביבת חתך 6	27.65	0.59	0.15	0.22	0.28	0.36	0.48	0.56
	בין חתכים 1 ו-2	38.25	0.60	0.21	0.31	0.38	0.50	0.66	0.78
11 (לכיוון כביש 6)	בסביבת חתך 27 של כביש 6	42.80	0.61	0.24	0.35	0.44	0.57	0.75	0.89
	בסביבת חתך 20	16.00	0.42	0.06	0.09	0.11	0.15	0.20	0.23
	בסביבת חתך 22	23.15	0.45	0.10	0.14	0.18	0.23	0.30	0.36
	בסביבת חתך 27	29.35	0.48	0.13	0.19	0.24	0.31	0.41	0.49
	בין חתכים 7 ו-8 של כביש 16	9.00	0.55	0.04	0.07	0.08	0.11	0.14	0.17
	בסביבת חתך 4 של כביש 16	13.05	0.50	0.06	0.09	0.11	0.14	0.19	0.22
15 + 16 (לכיוון כביש 5)	בסביבת חתך 4 של כביש 16	16.40	0.51	0.08	0.11	0.14	0.18	0.24	0.29
	בין חתכים 4 ו-5 של כביש 15	17.75	0.53	0.09	0.13	0.16	0.20	0.27	0.32
	בין חתכים 2 ו-3 של כביש 15	19.65	0.53	0.09	0.14	0.17	0.23	0.30	0.36
	בסביבת חתך 1 של כביש 16	21.00	0.53	0.10	0.15	0.19	0.25	0.32	0.38
	בסביבת חתך 1 של כביש 16	21.00	0.53	0.10	0.15	0.19	0.25	0.32	0.38
	בסביבת חתך 1 של כביש 16	21.00	0.53	0.10	0.15	0.19	0.25	0.32	0.38

עמוד 19 מתוך 38

חישוב ספיקות בנקודות שונות בחלק המערבי של שטח הפרוייקט

כביש מס'	נקודה	שטח סכומי (דונמים)		ספיקה (במ"ק לשניה) עבור תקופת חזרה של:					
		שטח	C _{AVE}	2 שנים	5 שנים	10 שנים	20 שנים	50 שנים	100 שנים
2 (לכיוון כביש 768)	במורד הצומת עם עביש 4	129.00	0.62	0.72	1.08	1.33	1.74	2.30	2.74
	בסביבת חתך 205	137.40	0.61	0.77	1.15	1.42	1.85	2.44	2.90
	בסביבת חתך 208	147.35	0.61	0.82	1.23	1.51	1.97	2.61	3.10
	בסביבת חתך 212	154.80	0.61	0.86	1.29	1.59	2.08	2.75	3.26
	במורד הצומת עם כביש 5	161.05	0.62	0.90	1.35	1.66	2.17	2.87	3.41
	במורד חתך 30 של כביש 27	164.70	0.62	0.92	1.38	1.70	2.22	2.93	3.48
3 (לכיוון כביש 8)	בין חתכים 321 ו-322	13.50	0.66	0.08	0.12	0.15	0.19	0.26	0.31
	בסביבת חתך 319	16.65	0.66	0.10	0.15	0.18	0.24	0.32	0.38
	במורד הצומת עם כביש 8	20.67	0.66	0.12	0.19	0.23	0.30	0.40	0.47
3 (לכיוון כביש 9)	בסביבת חתך 312	6.10	0.53	0.03	0.04	0.05	0.07	0.09	0.11
	בסביבת חתך 308	12.50	0.53	0.06	0.09	0.11	0.15	0.19	0.23
	בסביבת חתך 304	18.90	0.53	0.09	0.14	0.17	0.22	0.29	0.34
4 (לכיוון כביש 9)	במעלה הצומת עם רח' הרצוג	28.50	0.62	0.19	0.28	0.34	0.45	0.59	0.71
	במורד הצומת עם רח' הרצוג	149.00	0.60	0.84	1.26	1.56	2.03	2.69	3.19
	בסביבת חתך 1033	167.00	0.61	0.92	1.37	1.69	2.21	2.93	3.47
	בסביבת חתך 1028	221.00	0.61	1.22	1.82	2.24	2.93	3.87	4.60
	בבכניסה לתעלת הניקוז	224.10	0.60	1.22	1.83	2.26	2.95	3.90	4.63
5 (לכיוון כביש 8)	בסביבת חתך 527	15.10	0.59	0.08	0.12	0.15	0.19	0.26	0.30
	בסביבת חתך 524	20.90	0.62	0.12	0.18	0.22	0.28	0.37	0.44
	בסביבת חתך 521	30.15	0.59	0.16	0.24	0.30	0.39	0.52	0.61
	בסביבת חתך 218	36.10	0.60	0.20	0.30	0.36	0.48	0.63	0.75
	בצומת עם כביש 8	40.30	0.60	0.22	0.33	0.40	0.53	0.70	0.83
5 (לכיוון כביש 9)	במורד הצומת עם כביש 23	6.22	0.66	0.04	0.06	0.07	0.09	0.12	0.14
	במורד הצומת עם כביש 24	16.22	0.62	0.09	0.14	0.17	0.22	0.29	0.35
	במורד הצומת עם כביש 25	26.22	0.61	0.15	0.22	0.27	0.35	0.47	0.55
	במורד הצומת עם כביש 26	32.62	0.61	0.18	0.27	0.33	0.43	0.57	0.68
8 ו-8 א' (לכיוון כביש 768)	במורד הצומת עם כביש 3	20.67	0.66	0.12	0.19	0.23	0.30	0.40	0.47
	במורד הצומת עם כביש 22	31.47	0.65	0.19	0.28	0.34	0.45	0.59	0.70
	בסביבת חתך 805	36.12	0.64	0.21	0.31	0.38	0.50	0.66	0.79
	בין חתכים 802 ו-803	39.32	0.64	0.23	0.34	0.42	0.55	0.72	0.86
	במורד הצומת עם כביש 5	81.37	0.62	0.46	0.68	0.84	1.10	1.46	1.73
	במורד הצומת עם כביש 27	87.07	0.62	0.49	0.73	0.90	1.17	1.55	1.84
9 (לכיוון כביש 768)	במורד הצומת עם כביש 3	24.90	0.56	0.13	0.19	0.24	0.31	0.41	0.48
	בסביבת חתך 909	31.95	0.59	0.17	0.25	0.31	0.41	0.54	0.64
	בסביבת חתך 913	37.55	0.60	0.21	0.31	0.38	0.49	0.65	0.78
	בין חתכים 915 ו-916	40.45	0.61	0.22	0.34	0.41	0.54	0.71	0.85
	במורד הצומת עם כביש 5	94.60	0.60	0.52	0.77	0.95	1.25	1.65	1.96
	בסביבת חתך 921	98.00	0.61	0.54	0.81	1.00	1.30	1.72	2.04
22 (לכיוון כביש 8)	בסביבת חתך 225	8.55	0.56	0.04	0.07	0.08	0.11	0.14	0.17
	בצומת עם כביש 8	12.60	0.57	0.07	0.10	0.12	0.16	0.21	0.25
22 ו-26 (לכיוון כביש 5)	במורד הצומת עם כביש 23	3.50	0.58	0.02	0.03	0.03	0.04	0.06	0.07
	במורד הצומת עם כביש 24	7.15	0.56	0.04	0.05	0.07	0.09	0.12	0.14
	במורד הצומת עם כביש 25	10.55	0.57	0.05	0.08	0.10	0.13	0.17	0.21
	במורד הקרן בין כבישם 22 ו-6	13.62	0.56	0.07	0.10	0.13	0.17	0.22	0.26
	בין חתכים 5 ו-6 של כביש 26	18.47	0.56	0.09	0.14	0.17	0.23	0.30	0.35



ה. קוטר צנרת מערכת הטיעול

קוטר צנרת מערכת שהזרימה הנה תקינה כשהיחס בין עומק הזרימה לקוטר לא עולה על 0.75. שבלב זה של התכנון הנחה זו סבירה ומקובלת. בהנחה זאת, נוסחת מנינג היא:

$$Q \leq \frac{0.284}{n} D^{2.67} \sqrt{S_0}$$

ואז קוטרו של הצינור צריך לקיים את התנאי:



$$D \geq 1.60 \times \left(\frac{Q \times n}{\sqrt{S_0}} \right)^{0.375}$$

כאשר בשני הביטויים הנ"ל:

Q: היא ספיקת התכן (מ"ק לשניה)

n: מקדם החספוס של מנינג במקרה הנוכחי הונח במקרה הנוכחי הונח n=0.013



D: קוטרו הפנימי של הצינור (מ')

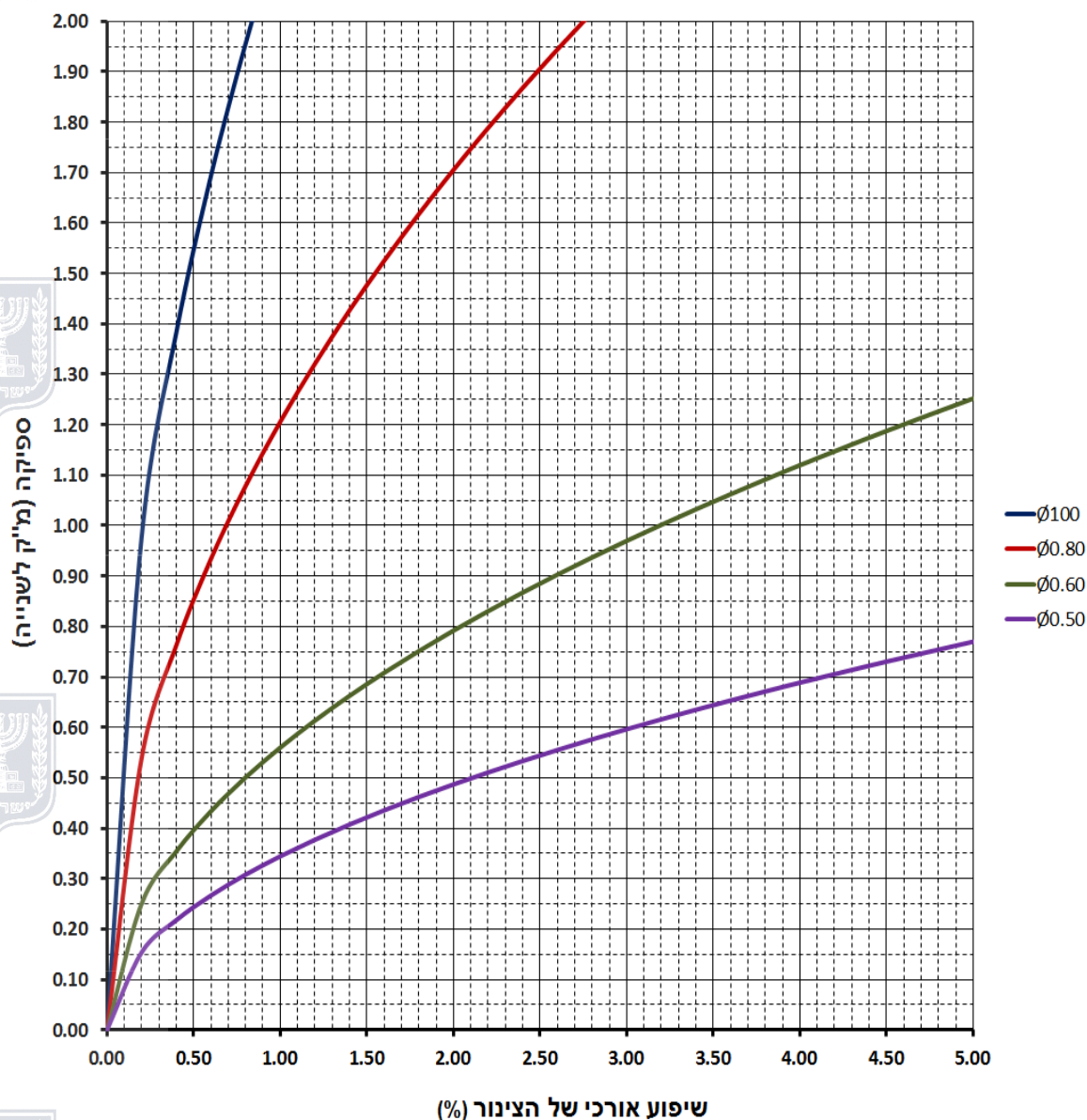
S₀: השיפוע האורכי של הצינור (מ' למ').

השיפוע האורכי של מערכת הטיעול נלקח מתוך השיפוע האורכי של פני הכביש בהפחתת הפסדי העומד המקומיים בשוחות הביקורת. הצנרת המחברת את הקולטנים עם מאספי הטיעול תהיה בקוטר פנימי אחיד של 0.40 מ'.

בתנוחה המצורפת מסומנים קוטרי צינורות הטיעול הדרושים להוביל את ספיקות התכן המוצגות בסעיף ד לעיל. קביעת הקטרים נעשה באמצעות הגרף הבא המתאר את כושר ההולכה של צינורות הטיעול בקטרים המסחריים המקובלים בארץ עבור דרגת מילוי של 75% ו-n=0.013.



כושר הולכה של מובלי מערכת התיעול התת קרקעית



3.5 מובלים ותעלות ניקוז ראשיים

כפי שתואר לעיל, מערכת הנניקוז המוצעת כוללת גם מספר מובלים ותעלות פתוחות אליהם תתנקז מערכת התיעול התת-קרקעית המונחל מתחת למסעת הכבישים. המובלים והתעלות הראשיות בפרויקט זה הם:

- מובל הניקוז בשצ"פ שבצדו המערבי של כביש מס' 6
- מובל הניקוז בשצ"פ בין כביש 27 וכביש ארצי 768
- ערוץ הניקוז שבמצדו המערבי של כביש מס' 9



- התעלה שבצדו הצפוני של כביש ארצי 768

א. מובל הניקוז הראשי שבשצ"פ בצדו המערבי של כביש מס' 6

מובל ניקוז זה, העובר בשטח הציבורי הפתוח שמצדו המערבי של כביש פנימי מס' 6 והמנקז את מרבית שטחה המזרחי של השכונה, הנה למעשה ערוץ ניקוז טבעי קיים שהנו אחד מהיובלים העיקריים של נחל סרגונה. בטבלה הבאה מוצגות ספיקות השיא הצפויות בתקופות חזרה שונות לאורך המובל. מומלץ לתכנן את הסדרת התעלה עם הספיקות בעלות תקופות חזרה של 50 שנים.



חישוב ספיקות במובל התת קרקעי שמצדו המערבי של כביש מס' 6

נקודה	A דונם	C _o	ספיקה ((מ"ק לשניה) צפויה בתקופת חזרה של				
			5 שנים	10 שנים	20 שנים	50 שנים	100 שנים
בראש התעלה (סמוך לכביש 4)	140.0	0.61	1.16	1.43	1.87	2.47	2.93
במעלה כניסת קו התיעול מכביש 10	144.0	0.25	1.17	1.44	1.89	2.49	2.96
במעלה כניסת קו התיעול מכביש 11	186.7	0.58	1.47	1.82	2.37	3.14	3.72
במעלה חציית כביש 5	248.2	0.56	1.88	2.32	3.02	4.00	4.75
בחיבור למובל שבצדו הדרומי של כביש 27	368.0	0.56	2.80	3.45	4.50	5.95	7.07



בעקבות הפיתוח העירוני הצפוי יהיה צורך בהסדרת ערוץ זה כי השיפוע האורכי שלו הוא כ-5.5% דבר המהווה סכנה ליציבותו. כדי שייצוב הערוץ ישתלב בנוף, תוך הימנעות ממפלים ומתעלות פתוחות מבטון, מוצע להניח לאורך תוואי הערוץ צינור תת קרקעי כשמעליו תעלה פתוחה רדודה מאד בעלת שיפוע צד מתון (1:5 או אף מתון יותר), מיוצבת על ידי צמחיה מתאימה. במרווחים של בין 50 ל-70 מ' התעלה תתנקז לתוך המובל התת קרקעי שמתחתיה. בצורה זאת, הספיקה בתעלה הפתוחה תהיה נמוכה, דבר אשר יבטיח את עמידות הצמחיה המקנה יציבות לתעלה ותאפשר את רדידותה. כל צורה אחרת של ייצוב הערוץ יהיה יקר יותר ופחות אסתטי. המובל התת המוצע קרקעי יהיה בנוי מצינורות בטון בקוטר פנימי של 0.80, 1.00 ו-1.25 מ', כפי שמסומן בתכנית המצורפת.



ב. מובל הניקוז בשצ"פ שבים כביש פנימי 27 והכביש הארצי 768

בשצ"פ שבין כביש פנימי 27 וכביש הארצי מס' 768, בצמוד לקצה הדרומי של כביש 26, יונח מובל תת קרקעי אשר תחילתו במובל הניקוז היורד מכיוון צפון בשצ"פ שבין הכבישים מס' 6 ו-2 ובצהו המורדי בכניסה למעביר המים מס' 4 החוצה את כביש 768.



עמוד 23 מתוך 38



מובל זה, מיועד לקלוט, בנוסף לזרימה של המובל המגיע מצפון בתוף השצ"פ שבין כבישים 6 ו-2 את כל נגר העילי גם את כל הנגר העילי המתהווה בשטח שמצידו המערבי של השצ"פ הנ"ל כך שלמעה הוא קולט את כל הנגר מהפרוייקט חוץ מהנגר המגיע לתעלת כביש 768 באמצעות מערכת הניקוז של כביש מס' 1 וזה המתהווה בחלק מהשצ"פ שבין כביש 27 וכביש 768. הטבלה הבאה מציגה את הספיקות התפוויות לאורך המובל בתקופות חזרה שונות.

חישוב ספיקות במובל התת קרקעי שמצדו הדרומי של כביש מס' 27



נקודה	A דונם	C _o	ספיקה ((מ"ק לשניה) צפויה בתקופת חזרה של					
			2 שנים	5 שנים	10 שנים	20 שנים	50 שנים	100 שנים
במעלה המובל המגיע מכביש מס' 2	398.0	0.56	2.01	3.01	3.71	4.85	6.41	7.61
במעלה המובל המגיעה מכביש 8	566.0	0.58	2.96	4.42	5.46	7.13	9.42	11.18
במעלה כניסת קו התיעול מכביש 9	672.5	0.58	3.54	5.29	6.53	8.53	11.28	13.39
במעלה החיבור למעביר מים מס' 4	807.0	0.58	4.23	6.32	7.80	10.19	13.47	15.99

כדי להוביל את ספיקות התכן (שהן הספיקות בצפוויות בתקופת חזרה של 50 שנים כל המובל יכול להיות בנוי מצנורות בטון מזויין בקוטר פנימי 1.50 מ' כשמעליה תעלה רדודה מיוצבת על ידי צמחיה. התעלה תתנקז למובל שמתחתיה במקומות בהם ימוקמו תאי הביקורת (מרווחים של 100 מ' או יותר).



ג. תעלת הניקוז שמצדו המערבי של כביש מס' 9

שטח הפרוייקט אינו תורם נגר עילי לערוץ ניקוז זה העובר מחוץ לשטח הפרוייקט כך שאין הסדרתו נכלל בתוכנית זו. כל הנגר העילי המתנקז לתעלה מקורו בשטחים חקלאיים



חישוב ספיקות בתעלה שמצדו המערבי של כביש מס' 9

נקודה	A דונם	C _o	ספיקה ((מ"ק לשניה) צפויה בתקופת חזרה של				
			5 שנים	10 שנים	20 שנים	50 שנים	100 שנים
בראש התעלה (סמוך לכביש 4)	224.0	0.60	1.83	2.25	2.94	3.89	4.62
במעלה חצייצ כביש 5	274.0	0.58	2.15	2.65	3.47	4.58	5.44
במעלה חציית כביש 768	280.8	0.57	2.18	2.68	3.50	4.63	5.50

סמועכים ובשטחים הבנויים או המיועדים לבנייה השייכים לעיר טבריה. הטבלה הבאה מציגה את הספיקות הצפויות לאורך התעלה בתקופות חזרה שונות.





אם בכל זאת יוחלט לייצב את הערוץ, אשר שיפועו האורכי מגיע לכ-11%, הדרך המומלצת היא, בדומה למתואר בסעיף הקודם, להניח מובל תת קרקעי מתחת לאפיק הקיים ותעלה רדודה מאד מעליו, מיוצבת על ידי צמחיה או ריצוף אבן. במקרה זה מומלץ על צינור בקוטר פנימי 1.25 מ' מונח בשיפוע אורכי של לא יותר מ-5%, דבר אשר מצריך מפלים של כ-2.5 מ' במרווחים של כ-50 מ'. כאמור, אין הסדרת הערוץ נלקח בחשבון הפרוייקט זה.



ג. תעלת הניקוז שלאורך צדו הצפוני של כביש ארצי 768

במצב הקיים, כל הנגר המגיע לצדו הצפוני של כביש 768 אמור להיקלט על ידי תעלת הניקוז שלאורך צד זה של הכביש ולהיות מועבר לצד השני באמצעות סדרה של מעבירי מים עשויים מצינורות בקוטר פנימי 0.80 מ' או 1.00 מ'. ביצוע מערכת הניקוז של שכונת המושבה על פי התכנון המוצג כאן יקטין באופן משמעותי את כמויות הנגר העילי המגיע לתעלה משטח פרויקט: לתעלה יגיע רק הנגר העילי שיתנקז דרך כביש מס' 1 והנגר העילי שיתהווה בשצ"פ שלאורך צידו הצפוני של כביש 768. בתקופת חזרה של 50 שנים, דרך כביש מס' 1 יגיעו 0.35 מ"ק/שניה ואילו תרומת השצ"פ שלאורך צידו הצפוני של הכביש כולל תרומת ממחציתו הצפונית של הכביש לנגר העילי המגיע לתעלה מוערכת בכ-0.040 מ"ק/שנייה לכל 100 מטר כביש. אורכו של הכביש בקטע שמול שכונת המושבה המשתרע מהצומת עם כביש 1 לצומת עם כביש 9 (צומת הזורעים) הוא כ-1360 מ' כך שלאורך כל בקטע הנ"ל שטח הפרוייקט + מחציתו הצפונית של כביש 768 יתרמו בסך הכל 0.55 מ"ק/שניה לתעלת הכביש. במעלה (מזרחית) לצומת עם כביש 1, השטח התורם לתעלה (שטח חיצוני לשכונת המושבה) הוא, על פי המפות הממשלתיות 1:50,000 כ-200 דונם ואילו הכביש לא תורם כמעט כי בגלל העקומה השיפוע הרחובי של פני הכביש יורד ללצדו השני (הדרומי). בהנחה שהשטח הנ"ל יישאר במצבו הקיים, תרומתו לתעלת הכביש, בתקופת חזרה של 50 שנים לא יעלה על 1.45 מ"ק/שניה. נובע מכך שבמורד הצומת עם כביש מס' 1, הספיקה בתעלת כביש 768 בתקופת חזרה שך 50 שנים תהיה 1.80 מ"ק/שניה. ספיקה זו תגדל לכיוון המורד (מערבה) בקצב של 0.040 מ"ק/שנייה לכל 100 מ' כביש. בהנחה ששלושת מעבירי המים בכביש 768 בקטע שבין הצומת עם כביש 1 והצומת עם כביש 9 (צומת הזורחים) יבוטלו בגלל הקמת מרכז הספורט, בנקודה הקרובה לצומת עם כביש מס' 9 (צומת הזורעים) הספיקה בתעלה תהיה כ-2.34 מ"ק/שניה. שם לתעלה שיפוע אורכי של כ-4% כך שהיא מסוגלת להעביר את הספיקה הנ"ל מבלי להציף את הכביש. אם חלק ממעבירי המים שבין שני הצמתים הנ"ל לא יבוטלו, הספיקה בתעלת הכביש תקטן בהתאם.





לסיכום, הטיפול בתעלת כביש 768, בתרחישים הידראוליים שונים בעקבות ביטולם של כל או של חלק משלושת מעבירי המים היא דאגתו הבלעתי של חברת נטיבי ישראל בע"מ (מה עוד שכפי שצוין קודם, ביצוע מערכת הניקוז של שכונת המושבה מקטינה משמעותית את כמויות הנגר העילי המגיעים לתעלה).

ד. מעבירי המים בכביש 768



כפי שניתן לראות במפה המוצגת בסעיף 1.1 לעיל, בקטע הרלוונטי כביש מס' 768 נחצה על ידי 4 מעבירי המים. כל מעבירי המים הנ"ל עשויים מצינורות בקוטר פנימי של 0.80 מ' (ייתכן שחלק ממעבירי המים עשויים מצינורות בקוטר 1.00 מ'). עבור צינור בקוטר 0.80 מ', בהנחה שהזרימה בהן תהיה סופרקריטית עם חתך בקרה בכניסה, ושהעומד המניע בכניסה הוא, לפחות, 1.80 מעל לתחתית הצינור, כושר ההולכה שלהם, עד לנקודה בה הכביש מתחיל להיות מוצף מוערך בכ-1.45 מ"ק/שנייה.

המסקנה לגבי מעבירי מים מס' 1, 2 ו-3 הן שבפעולה משולבת, הם יכולים להעביר מעל 4-4 מ"ק/שנייה שזה הרבה מעל לסה"כ הספיקה המגיעה לתעלת הכביש.



מעביר מים מס' 4, אליו תופנה רוב רובו של הנגר העילי משטח שכונת המושבה אינו מסוגל להעביר את ספיקת התכן ויש צורך להחליפו במעביר מים בעל כושר הולכה מתאים.

- סה"כ, בתנאים המתוכננים, שטח אגן הניקוז של מעביר המים הוא: 2.75 קמ"ר
- אורך מסלול הזרימה המירבי הוא כ-2500 מ'
- השיפוע האורכי הממוצע לאורך מסלול הזרימה הוא כ-4%
- זמן הריכוז על פי נוסחת Kirpich, בהנחה שברוב מסלול הזרימה תתרחש בתעלות מדופנות אינו עולה על 15 דקות כך שמשך סופת התכן הוא 15 דקות.
- בהנחה שבמצב-2/3 מאגן הניקוז יהיה בנוי (שכונת המושבה + העיר טבריה + איזור התעשייה של טבריה) וה-1/3 הנותרים ישטח בלתי מפותח, מקדם הנגר הממוצע הצפוי הוא $C=0.45$
- בהנחות אלה, הספיקות הצופיה במעביר המים מס' 4 בתקופות חזרה של 20, 50 ו-100 שנים תהיינה 27.0, 35.8 ו-42.5 מ"ק/שנייה בהתאמה.
- בהנחה שתקופת החזרה של ספיקת התכן היא 50 שנים, גודל מעביר המים הדרוש הוא שני תאים מלבניים כל אחד ברוחב פנימי 2.5 מ' וגובה פנימי 2.00 מ'





3.6 השהיית הנגר

מטרת ההשהיית (detention) של הנגר העילי הסופתי היא להקטין את ספיקות השיא בחלקים של מערכת הניקוז שבמורד מקום ההשהייה. הקטנת הספיקות יכולה להיעשות על ידי הקטנת נפח הנגר בעקבות החדרתו לקרקע ו/או על ידי איחסונו הזמני במאגרים ושחרורו האיטי בקצב הדרוש (תהליך של הילוך גיאווית). ההשהייה הנ"ל יכולה להיעשות בתוך המגרשים הפרטיים ו/או בשטחים הציבוריים.



א. השהיית בתוך המגרשים הפרטיים

כפי שתואר לעיל, הקרקע בשטח הפרויקט היא חרסיתית בעלת יכולת חלחול נמוכה ביותר דבר ההופך האפשרות להקטין את הנגר העילי הסופתי על ידי החדרתו לתת הקרקע לבלתי יעילה ביותר (תהליך אשר בספרות המקצועית מוגדר כ- Retention). בהעדר תנאי נאותים לביצוע החדרה בשטח הפרויקט, ניתן לבחון את האפשרות לבצע השהייה (Detention) של הנגר העילי בתוך המגרשים כדי שספיקות השיא, לאחר תהליך העיור, לא יחרגו מספיקות השיא בתנאים הקיימים לפני העיור. בנספח ב' מתואר אופן חישוב אוגר ההשהייה ליחידת שטח תורם במגרש עבור הסתברויות אירוע שונות של הגשם הסופתי וכן דרגות עיור שונות המבוטאות באמצעות מקדם הנגר הבסיסי של המגרש.



על פי המלצות הספרות המקצועית הרלוונטית, ניתן להעריך שמקדם הנגר הבסיסי של השטח במצבו הקיים הוא 0.25. בהנחה שזמן הריכוז בתוך המגרשים הפרטיים שווה לזמן הריכוז המינימלי (10 דקות), נובע שהספיקות הסגוליות (שפיקות ליחידת שטח תורם) של הנגר העילי הסופתי הנן כפי במוצג בטבלה הבאה המסכמת את תוצאות החישוב המפורט שבנספח ב':

נפחי אגירת השהייה מינימליים במגרשים הפרטיים/מוסדות

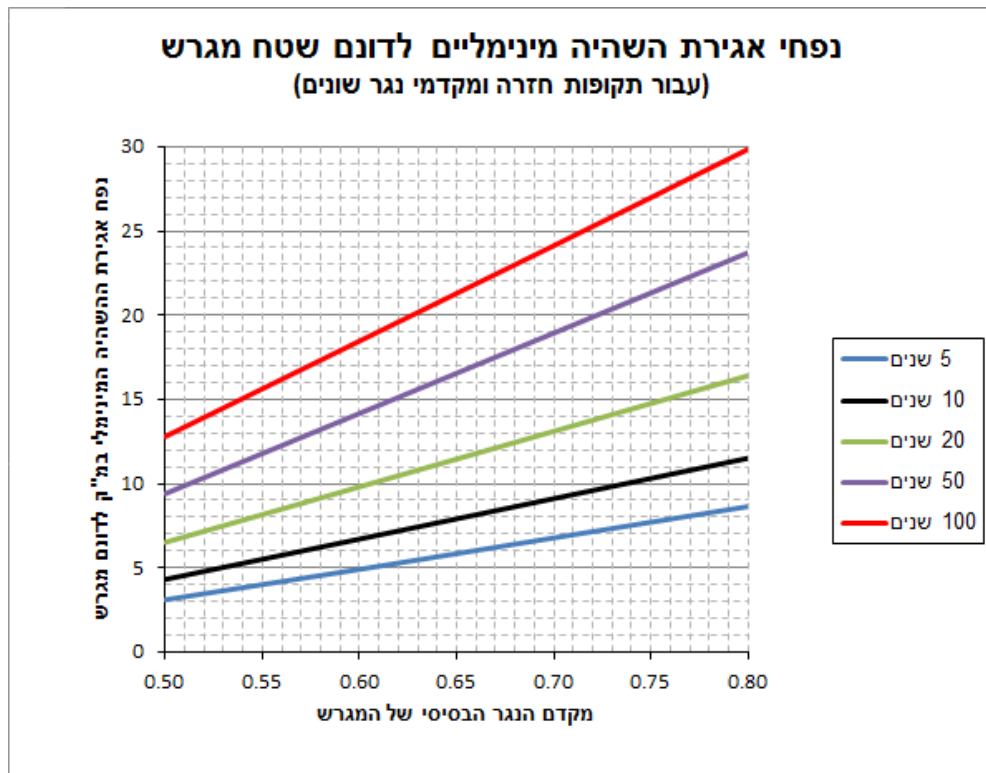
מקדם הנגר הבסיסי של המגרש C_0	נפח אגירת השהייה מינימלי (במ"ק לדונם מגרש) עבור סופות בעלות תקופת חזרה של:				
	5 שנים	10 שנים	20 שנים	50 שנים	100 שנים
0.50	3.10	4.31	6.51	9.40	12.80
0.60	4.91	6.71	9.81	14.17	18.47
0.70	6.78	9.11	13.11	18.94	24.13
0.80	8.64	11.51	16.41	23.71	29.86



תוצאות החישוב המוצגות בטבלה מתוארות גרפית באיור המצורף. יש לציין שהנפחים המוצגים בטבלה וגרף הנן המינימליים. לצורכי יישום מעשי של ההמלצות, מומלץ



להגדיל את הנפחים בשיעור של בין 20% ל-50% כדי לכסות על של אי-הודאות הכרוכה בחישוב כגון שינויים עתידיים בתכנית המגרש, שיקוע סחף במאגר ההשהיה, אירוע של סופות קרובות מאד בזמן כך שאין למאגר ההשהיה מספיק זמן להתרוקן לקראת הסופה הבאה וכו'



כשבאים ליישם את האפשרות של השהית הנגר העילי הסופתי בתוך המגרשים הפרטיים יש לקחת בחשבון מספר גורמים:

- מערכות ההשהיה דורשות תכנון על ידי מהנדס מומחה בניקוז כדי שמאפיינים הגיאומטריים והפונקציונליים של המאגר ומתקניו (בעיקר המגלש) יהיו הדרושים להשגת המטרה הרצויה.
- פעולתו התקינה של מתקן ההשהיה דורשת החזקה נאותה. אחרת אין לסמוך על כך שפעולת ההשהיה תושג לאורך זמן.
- אם ריקון מאגר ההשהיה צריך להתבצע הגרביטציה, סביר להניח שאגירת המים תיעשה על פני השטח כלומר על חשבון השטח הפרטי ו/או תוך כדי יצירת מטרד למשתכנים כך שסביר להניח שאלה יפעלו כדי לנקז את המים המושהים מהר ככל האפשר כלומר תוך כדי פגיעה בתפקיד שעל מאגר ההשהיה למלא.

ניתן לסכם שאגירת מים לצורכי השהיה בתוך המגרשים הפרטיים דורשת תחזוקה נאותה אשר יכולה להתבצע רק על ידי גוף מקצועי בעל יכולת, ידע וניסיון בתפעול סוג זה של מתקנים. כמו כן, סביר להניח שהטלת תפקיד התחזוקה על המשתכנים, כשהם מעוניינים



להתפטר כמה שיותר מהר ממטרד האגירה בתוך החצר שלהם נידון לכישלון. לכן בנספח זה לא מומלץ להסתמך על יצירת מאגרי השהיה במגרשים הפרטיים ולבדוק את כדאיות ביצועם הרשות הרבים שם ניתן יהיה להטיל את אחריות התפעול והתחזוקה על י גוף מקצועי מתאים.

ב. השהית הנגר בשטחים הציבוריים



בפרוייקט הנוכחי, קשה, אם לא בלתי אפשרי מבחינה מעשית, למצוא מקומות מתאימים בשטחים הציבוריים שבתוך שטח הפרוייקט בהם ניתן למקם את מאגרי השהיה ושתהיה להם השפעה ממשית על גודל מרכיבי מערכת הניקוז.

4 מסקנות והמלצות

להלן המסקנות העיקריות שיש להסיק בשלב זה של התכנון וההמלצות לשלבים המתקדמים יותר של התכנון.



- א. יש לבצע את מערכת הניקוז בתוך שטח השכונה על פי התרשים המצורף.
- ב. השטחים הבנויים החיצוניים, הנמצאים מצפון לשכונה (מצפון לכביש 4), תורמים כמות משמעותית של נגר עילי סופתי. אי לכך, יש לדוג למניעת כניסה בלתי מסודרת של נגר עילי זה על ידי ביצוע מתקני תפיסה רוחביים ברחובות היוורדים אל השכונה מכיוון צפון.
- ג. ישנם מגרשים לא מעטים אשר, בגלל המאפיינים הטופוגרפיים של שטח השכונה, הנם הבעייתיים מבחינת ניקוז כי הם מתנקזים לכיוון פנים, בהעדף אפשרות להוסיף שצ"פ להנחת קו ניקוז בגב המגרשים יש לבצע עבודות עפר על מנת להפוך את כיוון ההתנקזות של המגרש כלומר יש לתת לפני הקרקע במגרש שיפוע היוורד כלפי הרחוב הצמוד או, חלופית, יש לאפשר הנחת קו ניקוז ללא שצ"פ לאורך גבול בין המגרשים.
- ד. ביצוע מערכת הניקוז של השכונה כרוך בהחלפת מעבירי מים מס' 4 שנעדר כושר הולכה מספיק במבנה גדול יותר אי לכך יש לפנות לחברת נתיבי ישראל כדי לתאם את ביצוע העבודה הנ"ל.
- ה. בגלל תנאי הקרקע, הקטנת כמויות הנגר העילי הסופתי על ידי החדרה אפילו חלקית בתחום המגרשים הפרטיים אינה יעילה.
- ו. השהיית נגר בתוך השטחים הציבוריים שבמצפון לכביש 768 נראית כבלתי אפשרית.





ז. תכנון עבודות הסדרה של נחל זורעים בקטע שבין כביש מס' 768 ונחל יבנאל, כדי להתאימו לתנאי הזרימה הצפויים, אינו כלול בדו"ח זה.

נספח א': תמונות משטח הפרויקט



תמונה מס' 1 : מראה על תעלת כביש 768 (מראה לכיוון ההמעלה)



תמונה מס' 2: תעלת כביש 768 (מראה לכיוון המורד)





תמונה מס' 3: עוד מראה על תעלת כביש 768 (עם סוג אחר של דיפון)



תמונה מס' 4: מתקן כניסה למעביר מים בכביש 768



תמונה מס' 5: מראה על שטח הפרוייקט מכיוון צפון-מערב



נספח ב': אופן חישוב נפחי אגירת השהיה

בהתייחס למתואר באיור הבא, נפח ההשהיה לדונם אגן היקוות נתון על ידי:

$$V_{ST} = \int_0^{t_{Qmax}} [Q_{IN}(t) - Q_{OUT}(t)] dt$$

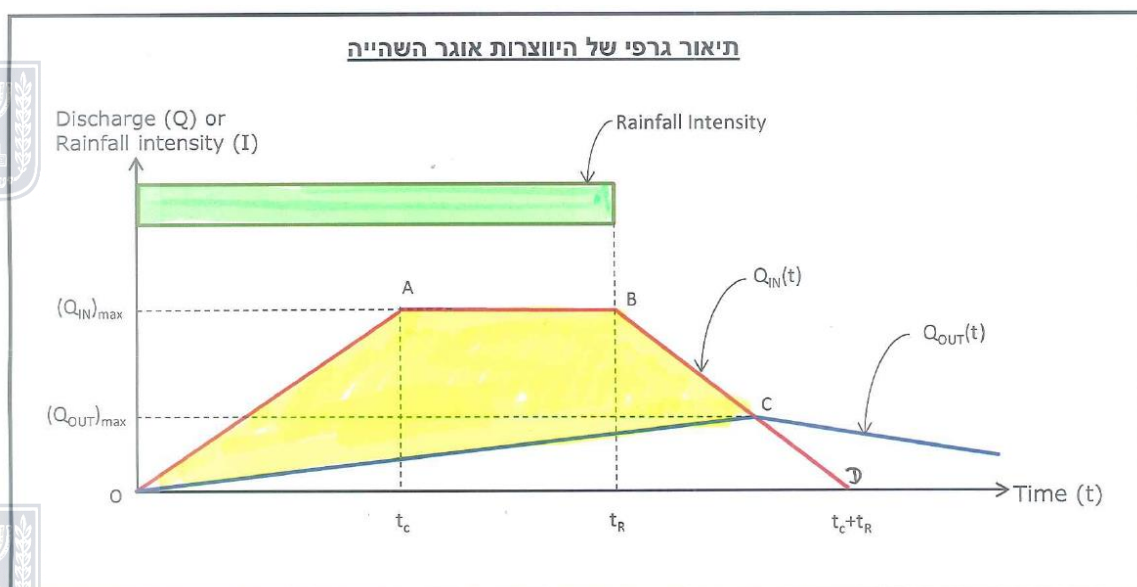
כאשר:

t הוא הזמן מתחילת הסופה (בדקות),

$Q_{IN}(t)$ ו- $Q_{OUT}(t)$ הן הספיקות הנכנסות והיוצאות בהתאמה (במ"ק לשניה לדונם),

t_{Qmax} הוא הזמן בו $Q_{IN}(t) = Q_{OUT}(t)$

V_{ST} : הוא נפח ההשהיה (במ"ק לדונם).



מתוך האיור ניתן לראות שהאינטגרל מתארת את השטח בין ההידרוגרמה של הספיקה הנכנסת $Q_{IN}(t)$ וההידרוגרמה של הספיקה היוצאת $Q_{OUT}(t)$.

$$V_{ST} = AREA(OABCD) - AREA(OCD) = AREA(OABC) \dots \dots \dots [b - 2]$$

כלומר, תוך כדי התחשבות שהזמנים נמדדים בדקות, הספיקות במ"ק לשנייה לדונם ונפח האגירה מחושב במ"ק לדונם מקבלים:





$$V_{ST} = 60 \times \left[(Q_{IN})_{max} \times t_R - \frac{1}{2} \times (Q_{OUT})_{max} \times (t_C + t_R) \right] \dots \dots \dots [b - 3]$$

כאן: t_R הוא משך הסופה ו- t_C זמן הריכוז של אגן ההיקוות (שניהם בדקות).

בעזרת הנוסחה הרציונלית ניתן לחשב את הספיקות $(Q_{IN})_{max}$ ו- $(Q_{OUT})_{max}$

$$(Q_{IN})_{max} = \frac{C_f \times C_{OI} \times I(t_R)}{3600} \dots \dots \dots [b - 4]$$



היעד המבוקש על ידי השהיית הנגר הסופתי הוא שבעקבות תהליך העיור, הספיקה המרבית של הנגר הסופתי לא תעלה על זו שבמצב הקיים לפני תהליך העיור. ספיקה זו היא:

$$(Q_{OUT})_{max} = \frac{C_f \times C_{OI} \times I(t_C)}{3600} \dots \dots \dots [b - 5]$$

כאשר:

$I(t_R)$ ו- $I(t_C)$ הן עוצמות הגשם הסופתי שמשכו הוא t_R

$I(t_C)$ היא עוצמת הגשם הסופתי (במ"מ לשעה) שמשכו שווה לזמן הריכוז t_C

C_{OU} הוא מקדם הנגר הבסיסי של השטח לאחר העיור

C_{OI} הוא מקדם הנגר הבסיסי של השטח בטרם תהליך העיור

C_f הוא מקדם תיקון הסתברותי שערכו מבטא את השתנות מקדם הנגר עם הסתברות אירוע הסופה.

ערכו של מקדם ההסתברות C_f שאומצו מתוך המלצות הספרות המקצועית הרלוונטית הן:



- לסופה בהסתברות אירוע של 10% או יותר. $C_f=1.00$
- לסופה בעלת הסתברות של 5%. $C_f=1.10$
- לסופה בעלת הסתברות של 2%. $C_f=1.20$
- לסופה בעלת הסתברות של 1%. $C_f=1.25$

חישוב נפח האגירה הדרוש לצורכי השהייה (detention) חושבו כדלהלן:

א. עבור אגן ניקוז נתון חושב זמן הריכוז t_C והוערך ערכו של מקדם הנגר הבסיסי של

השטח במצבו העכשווי (שלפני העיור) C_{OI}



עמוד 34 מתוך 38



- ב. עבור הסתברות אירוע נתונה של סופת הגשם חושבה, בעזרת נוסחה [b-5], ספיקת השיא (ליחידת שטח של אגן היקוות) שמותר להוציא לאחר השלמת תהליך העיון (ספיקה השווה לספיקת השיא של אגן הניקוז לפי מצבו העכשווי)..
- ג. עבור משכים שונים t_R של הגשם הסופתי חושבה, בעזרת נוסחה [b-4], ספיקת השיא ליחידת שטח של אגן ניקוז הנכנסת למאגר ההשהיה $(Q_{IN})_{max}$.
- ד. נפח ההשהיה V_{ST} למצב הנ"ל חושב באמצעות נוסחה [b-3].
- ה. חזרה על שלבים, ג ו-ד' עם זמנים שונים t_R נתן סדרה של נפחי השהיה V_{ST} .
- ו. הערך המרבי של סדרת ה- V_{ST} מייצג את נפח האגירה המינימלי הדרוש עבור השהייה מול סופה בעלת הסתברות האירוע הנתונה בשלב ב'.
- ז. חזרה על שלבים ב', ג', ד', ה' ו-ו' עם הסתברויות אירוע שונות נותנת סדרת של נפחי אגירה מינימליים עבור הסתברויות שונות.



לצורך חישוב נפחי האגירה הדרושים להשהיית הנגר בתוך המגרשים הפרטיים הונח זמן ריכוז אחד t_c של 10 דקות. הטבלאות הבאות מראות את החישוב הנ"ל עבור דרגות שונות של עיור (המאופיינות על ידי ערכים שונים של מקדם הנגר C_{ou} ועבור סופות בעלות הסתברות אירוע שונות. הנפחים הם ליחידת שטח של מגרש או של אגן הניקוז התורם למגרש. הנפחים הנם המינימליים כך שמומלץ להגדילם כדי לכסות אי דיוקים, שינויים עתידיים בתכסית המגרש וכו'.



חישוב נפח אגירת ההשהיה לדונם לסופות בעלות תקופת חזרה של 5 שנים

Q_{OUT}/A (מ"ק לשניה לדונם)	$I(t_c)$ (מ"מ לשעה)	t_c (דקות)	C_f	C_o
0.004	60.4	10	1.00	0.25

$C_u = 0.80$		$C_u = 0.70$		$C_u = 0.60$		$C_u = 0.50$		$I(t_R)$	t_R
V_{ST}/A	Q_{IN}/A	V_{ST}/A	Q_{IN}/A	V_{ST}/A	Q_{IN}/A	V_{ST}/A	Q_{IN}/A	(מ"מ/שעה)	(דקות)
(מ"ק/דונם)	(מ"ק/שניה/דונם)	(מ"ק/דונם)	(מ"ק/שניה/דונם)	(מ"ק/דונם)	(מ"ק/שניה/דונם)	(מ"ק/דונם)	(מ"ק/שניה/דונם)		
5.54	0.013	4.53	0.012	3.52	0.010	2.52	0.008	60.4	10.0
6.25	0.012	5.12	0.011	3.98	0.009	2.85	0.008	54.5	12.5
6.63	0.011	5.41	0.010	4.19	0.008	2.97	0.007	48.9	15.0
6.81	0.010	5.52	0.009	4.24	0.007	2.96	0.006	44.0	17.5
7.13	0.009	5.77	0.008	4.41	0.007	3.04	0.006	40.9	20.0
7.60	0.008	6.10	0.007	4.60	0.006	3.10	0.005	36.0	25.0
7.97	0.007	6.34	0.006	4.72	0.005	3.09	0.005	32.5	30.0
8.34	0.007	6.59	0.006	4.84	0.005	3.09	0.004	30.0	35.0
8.64	0.006	6.78	0.005	4.91	0.005			28.0	40.0
8.50	0.006	6.57	0.005	4.64	0.004			25.7	45.0
7.12	0.005	5.28	0.004					22.0	50.0
5.02	0.004							18.0	55.0
8.64		6.78		4.91		3.10		מקסימום V_{ST}/A	



עמוד 35 מתוך 38

חישוב נפח אגירת ההשהיה לדונם לסופות בעלות תקופת חזרה של 10 שנים

Q_{OUT}/A (מ"ק לשניה לדונם)	$I(t_c)$ (מ"מ לשעה)	t_c (דקות)	C_f	C_o
0.005	73.8	10	1.00	0.25

$C_U = 0.80$		$C_U = 0.70$		$C_U = 0.60$		$C_U = 0.50$		$I(t_R)$	t_R
V_{ST}/A	Q_{IN}/A	V_{ST}/A	Q_{IN}/A	V_{ST}/A	Q_{IN}/A	V_{ST}/A	Q_{IN}/A	(מ"מ/שעה)	(דקות)
(מ"ק/דונם)	(מ"ק/שניה/דונם)	(מ"ק/דונם)	(מ"ק/שניה/דונם)	(מ"ק/דונם)	(מ"ק/שניה/דונם)	(מ"ק/דונם)	(מ"ק/שניה/דונם)		
6.77	0.016	5.54	0.014	4.31	0.012	3.08	0.010	73.8	10.0
7.59	0.015	6.21	0.013	4.83	0.011	3.45	0.009	66.3	12.5
8.22	0.013	6.71	0.012	5.20	0.010	3.69	0.008	60.3	15.0
8.37	0.012	6.80	0.011	5.22	0.009	3.65	0.008	54.0	17.5
8.67	0.011	7.01	0.010	5.35	0.008	3.69	0.007	49.8	20.0
9.62	0.010	7.74	0.009	5.87	0.008	3.99	0.006	45.0	25.0
10.13	0.009	8.10	0.008	6.06	0.007	4.03	0.006	40.7	30.0
10.81	0.008	8.60	0.007	6.38	0.006	4.16	0.005	38.0	35.0
11.51	0.008	9.11	0.007	6.71	0.006	4.31	0.005	36.0	40.0
11.46	0.007	8.97	0.006	6.48	0.006	3.99	0.005	33.2	45.0
9.44	0.006	7.11	0.005	4.78	0.005			28.0	50.0
5.63	0.005							21.3	55.0
11.51		9.11		6.71		4.31		מקסימום V_{ST}/A	

חישוב נפח אגירת ההשהיה לדונם לסופות בעלות תקופת חזרה של 20 שנים

Q_{OUT}/A (מ"ק לשניה לדונם)	$I(t_c)$ (מ"מ לשעה)	t_c (דקות)	C_f	C_o
0.007	87.2	10	1.10	0.25

$C_U = 0.80$		$C_U = 0.70$		$C_U = 0.60$		$C_U = 0.50$		$I(t_R)$	t_R
V_{ST}/A	Q_{IN}/A	V_{ST}/A	Q_{IN}/A	V_{ST}/A	Q_{IN}/A	V_{ST}/A	Q_{IN}/A	(מ"מ/שעה)	(דקות)
(מ"ק/דונם)	(מ"ק/שניה/דונם)	(מ"ק/דונם)	(מ"ק/שניה/דונם)	(מ"ק/דונם)	(מ"ק/שניה/דונם)	(מ"ק/דונם)	(מ"ק/שניה/דונם)		
8.79	0.021	7.19	0.019	5.60	0.016	4.00	0.013	87.2	10.0
9.99	0.019	8.18	0.017	6.37	0.014	4.56	0.012	79.0	12.5
10.76	0.018	8.79	0.015	6.82	0.013	4.85	0.011	71.6	15.0
10.93	0.016	8.88	0.014	6.82	0.012	4.77	0.010	64.0	17.5
11.19	0.014	9.05	0.013	6.90	0.011	4.75	0.009	58.6	20.0
12.44	0.013	10.01	0.011	7.58	0.010	5.15	0.008	53.0	25.0
13.74	0.012	11.03	0.011	8.31	0.009	5.59	0.008	49.4	30.0
15.13	0.011	12.12	0.010	9.10	0.009	6.09	0.007	47.0	35.0
16.41	0.011	13.11	0.010	9.81	0.008			45.0	40.0
16.20	0.010	12.80	0.009	9.40	0.008			41.2	45.0
12.58	0.008	9.51	0.007					33.5	50.0
16.41		13.11		9.81		6.51		מקסימום V_{ST}/A	

עמוד 36 מתוך 38

טבריה – המושבה נספח ניקוז



חישוב נפח אגירת ההשהיה לדונם לסופות בעלות תקופת חזרה של 50 שנים

Q_{OUT}/A (מ"ק לשניה לדונם)	$I(t_c)$ (מ"מ לשעה)	t_c (דקות)	C_f	C_o
0.009	105.1	10	1.20	0.25

$C_U = 0.80$		$C_U = 0.70$		$C_U = 0.60$		$C_U = 0.50$		$I(t_R)$	t_R
V_{ST}/A	Q_{IN}/A	V_{ST}/A	Q_{IN}/A	V_{ST}/A	Q_{IN}/A	V_{ST}/A	Q_{IN}/A	(מ"מ/שעה)	(דקות)
11.56	0.028	9.46	0.025	7.36	0.021	5.26	0.018	105.1	10.0
13.19	0.025	10.80	0.022	8.41	0.019	6.03	0.016	95.5	12.5
14.26	0.023	11.66	0.020	9.06	0.017	6.45	0.014	86.8	15.0
14.33	0.021	11.64	0.018	8.94	0.015	6.25	0.013	77.0	17.5
14.58	0.019	11.77	0.016	8.97	0.014	6.16	0.012	70.2	20.0
17.00	0.017	13.73	0.015	10.45	0.013	7.18	0.011	65.5	25.0
19.39	0.017	15.66	0.015	11.92	0.012	8.18	0.010	62.3	30.0
21.78	0.016	17.58	0.014	13.38	0.012	9.18	0.010	60.0	35.0
17.26	0.013	13.46	0.011	9.66	0.010	5.86	0.008	47.5	40.0
23.71	0.014	18.94	0.012	14.17	0.011	9.40	0.009	53.0	45.0
18.24	0.011	13.99	0.010	9.74	0.009			42.5	50.0
23.71		18.94		14.17		9.40		מקסימום V_{ST}/A	

חישוב נפח אגירת ההשהיה לדונם לסופות בעלות תקופת חזרה של 100 שנים

Q_{OUT}/A (מ"ק לשניה לדונם)	$I(t_c)$ (מ"מ לשעה)	t_c (דקות)	C_f	C_o
0.010	119.3	10	1.25	0.25

$C_U = 0.80$		$C_U = 0.70$		$C_U = 0.60$		$C_U = 0.50$		$I(t_R)$	t_R
V_{ST}/A	Q_{IN}/A	V_{ST}/A	Q_{IN}/A	V_{ST}/A	Q_{IN}/A	V_{ST}/A	Q_{IN}/A	(מ"מ/שעה)	(דקות)
13.67	0.033	11.18	0.029	8.70	0.025	6.21	0.021	119.3	10.0
15.72	0.030	12.88	0.026	10.04	0.023	7.20	0.019	109.0	12.5
16.96	0.027	13.87	0.024	10.78	0.021	7.69	0.017	98.9	15.0
16.83	0.024	13.66	0.021	10.49	0.018	7.32	0.015	87.0	17.5
17.18	0.022	13.87	0.019	10.55	0.017	7.24	0.014	79.5	20.0
20.38	0.021	16.47	0.018	12.56	0.016	8.66	0.013	75.0	25.0
23.97	0.020	19.42	0.018	14.87	0.015	10.32	0.013	72.8	30.0
27.44	0.020	22.26	0.017	17.08	0.015	11.90	0.012	71.0	35.0
29.80	0.019	24.13	0.017	18.47	0.014	12.80	0.012	68.0	40.0
29.86	0.017	23.99	0.015	18.13	0.013	12.26	0.011	62.6	45.0
22.61	0.014	17.45	0.012	12.30	0.010			49.5	50.0
29.86		24.13		18.47		12.80		מקסימום V_{ST}/A	



נספח ג' מקדמי הנגר בנקודות חישוב הספיקה

הטבלאות הבאות מציגות את חישוב בקדמי הנגר הבסיסי של נקודות חישוב הספיקות.

מיקום נקודות החישוב מתייחס למספר החתך של הכביש.

חישוב מקדמי הנגר הביסיים בחלק המזרחי של שטח הפרוייקט

שטח סכומי (דונמים)	שטח	שטח מתווסף (דונמים) לפי סוג שימוש הקרקע									נקודה	כביש מס'
		C _{AVE}	סה"כ שטח	שטח פתוח	כביש	מוסד	מגורים 4	מגורים 3	מגורים 2	מגורים 1		
0.54	13.80	0.54	13.80	5.80	6.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתך 120	1 דרום
0.64	28.30	0.73	14.50	2.00	10.50	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתך 107	
0.64	32.00	0.67	3.70	1.00	2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתך 102	
0.60	17.00	שטחים חיצוניים (מצפון לשכונה) התורמים נגר עילי לתוכה									בסביבת חתך 137	1 צפון כעי
0.61	18.00										בסביבת חתך 135	
0.63	19.00										בסביבת חתך 132	
0.60	22.25	0.45	3.25	2.00	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתך 10100	4 (לכיוון כביש 6)
0.61	29.42	0.62	7.17	1.12	2.25	0.00	3.80	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתך 1096	
0.61	36.17	0.61	6.75	0.80	1.65	0.00	4.30	0.00	0.00	0.00	בין חתכים 1093 ו-1094	
0.61	42.37	0.61	6.20	0.80	1.60	0.00	3.80	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתך 1091	
0.61	48.07	0.62	5.70	0.80	1.65	0.00	3.25	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתך 1088	
0.61	53.27	0.62	5.20	0.80	1.60	0.00	2.80	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתך 1085	
0.61	58.52	0.62	5.25	0.80	1.65	0.00	2.80	0.00	0.00	0.00	בין חתכים 1082 ו-1083	
0.61	63.42	0.62	4.90	0.80	1.60	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתך 1080	
0.61	117.87	0.60	54.45	0.80	1.65	0.00	52.00	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתך 1077	
0.61	121.32	0.63	3.45	0.80	1.65	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	בין חתכים 1074 ו-1075	
0.61	136.72	0.59	15.40	2.00	2.40	10.00	1.00	0.00	0.00	0.00	בין חתכים 1072 ו-1071	
0.50	30.85	0.50	30.85	7.50	4.80	3.15	0.00	6.55	8.85	0.00	במורד הצומת עם כביש 11	5 (לכיוון כביש 6)
0.53	40.05	0.62	9.20	0.60	3.65	0.00	0.00	0.00	4.95	0.00	במורד הצומת עם כביש 12	
0.54	48.25	0.59	8.20	0.60	2.70	0.00	0.00	0.00	4.90	0.00	במורד הצומת עם כביש 13	
0.55	55.45	0.59	7.20	0.60	2.45	0.00	0.00	0.00	4.15	0.00	במורד הצומת עם כביש 14	
0.55	78.80	0.55	23.35	2.95	5.80	0.00	0.00	0.00	14.60	0.00	במורד הצומת עם כביש 15	
0.55	80.00	1.00	1.20	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתך 540	
0.53	8.90	0.53	8.90	2.20	1.20	4.20	1.30	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתך 10021	10 (לכיוון כביש 6)
0.56	14.80	0.59	5.90	1.00	1.30	3.60	0.00	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתך 10024	
0.56	19.70	0.59	4.90	0.80	1.10	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתך 10027	
0.57	24.20	0.59	4.50	0.75	1.00	2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתך 10030	
0.57	33.20	0.59	9.00	1.50	2.00	5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתך 10035	
0.58	35.90	0.59	2.70	0.45	0.60	1.65	0.00	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתך 10037	
0.58	16.00	0.58	16.00	2.00	2.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתך 10014	10 (לכיוון כביש 768)
0.61	22.80	0.67	6.80	0.00	1.80	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתך 10010	
0.62	31.05	0.67	8.25	0.00	2.20	0.00	6.05	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתך 10004	
0.63	34.80	0.67	3.75	0.00	1.00	0.00	2.75	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתך 10001	
0.61	38.50	0.41	3.70	2.50	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתך 25 של כביש 17	
0.61	8.70	0.61	8.70	0.00	1.70	0.00	0.00	7.00	0.00	0.00	בסביבת חתך 12	
0.59	18.05	0.58	9.35	0.70	0.85	0.00	5.00	2.80	0.00	0.00	בין חתכים 9 ו-10	11 (לכיוון כביש 6)
0.59	27.65	0.60	9.60	0.70	1.30	0.00	6.05	1.55	0.00	0.00	בסביבת חתך 6	
0.60	38.25	0.61	10.60	0.00	1.55	0.00	2.75	6.30	0.00	0.00	בין חתכים 1 ו-2	
0.61	42.80	0.70	4.55	0.00	1.80	0.00	2.75	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתך 27 של כביש 6	
0.42	16.00	0.42	16.00	6.60	1.00	3.15	0.00	2.25	3.00	0.00	בסביבת חתך 20	
0.45	23.15	0.52	7.15	0.90	0.60	0.00	0.00	4.30	1.35	0.00	בסביבת חתך 22	
0.48	29.35	0.60	6.20	0.00	1.70	0.00	0.00	0.00	4.50	0.00	בסביבת חתך 27	11 (לכיוון כביש 5)
0.55	9.00	0.55	9.00	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	7.80	0.00	בין חתכים 7 ו-8 של כביש 16	15 + 16 (לכיוון כביש 5)
0.50	13.05	0.38	4.05	2.50	0.80	0.00	0.00	0.00	0.75	0.00	בסביבת חתך 4 של כביש 16	
0.51	16.40	0.58	3.35	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	2.55	0.00	בסביבת חתך 4 של כביש 16	
0.53	17.75	0.69	1.35	0.00	0.75	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	בין חתכים 4 ו-5 של כביש 15	
0.53	19.65	0.53	1.90	0.45	0.55	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	בין חתכים 2 ו-3 של כביש 15	
0.53	21.00	0.62	1.35	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	בסביבת חתך 1 של כביש 16	

עמוד 38 מתוך 38

טבריה – המושבה נספח ניקוז

חישוב מקדמי הנגר הביסיים בחלק המערבי של שטח הפרוייקט

שטח סכומי (דונמים)	שטח מתווסף (דונמים) לפי סוג שימוש הקרקע										נקודה	כביש מס'
	C _{AVE}	שטח	C _{AVE}	סה"כ שטח	שטח פתוח	כביש	מוסד	מגורים 4	מגורים 3	מגורים 2	מגורים 1	
2 (לכיוון כביש 768)	0.62	129.00	0.62	129.00	0.00	9.00	0.00	120.00	0.00	0.00	0.00	במורד הצומת עם עביש 4
	0.61	137.40	0.58	8.40	1.00	1.40	4.50	0.00	0.00	1.50	0.00	בסביבת חתר 205
	0.61	147.35	0.58	9.95	1.00	1.40	5.80	0.00	0.00	1.75	0.00	בסביבת חתר 208
	0.61	154.80	0.63	7.45	0.00	1.50	4.20	0.00	0.00	1.75	0.00	בסביבת חתר 212
	0.62	161.05	0.70	6.25	0.00	2.50	3.75	0.00	0.00	0.00	0.00	במורד הצומת עם כביש 5
	0.62	164.70	0.55	3.65	0.50	0.40	2.30	0.00	0.00	0.00	0.45	במורד חתר 30 של כביש 27
3 (לכיוון כביש 8)	0.66	13.50	0.66	13.50	0.50	4.00	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	בין חתכים 321 ו-322
	0.66	16.65	0.67	3.15	0.00	0.90	0.00	2.25	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתר 319
	0.66	20.67	0.66	4.02	0.12	1.20	0.00	2.70	0.00	0.00	0.00	במורד הצומת עם כביש 8
3 (לכיוון כביש 9)	0.53	6.10	0.53	6.10	1.10	1.50	0.00	0.00	0.00	3.50	0.00	בסביבת חתר 312
	0.53	12.50	0.53	6.40	1.20	1.60	0.00	0.00	0.00	3.60	0.00	בסביבת חתר 308
	0.53	18.90	0.53	6.40	1.20	1.60	0.00	0.00	0.00	3.60	0.00	בסביבת חתר 304
4 (לכיוון כביש 9)	0.61	33.50	0.61	33.50	4.50	9.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	במעלה הצומת עם רח' הרצוג
	0.60	154.00	0.60	120.50	0.00	0.50	0.00	120.00	0.00	0.00	0.00	במורד הצומת עם רח' הרצוג
	0.61	167.00	0.63	13.00	2.00	4.50	0.00	6.50	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתר 1033
	0.61	221.00	0.61	54.00	1.00	3.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתר 1028
	0.60	224.10	0.33	3.10	2.50	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	בבניסה לתעלת הניקוז
	0.59	15.10	0.59	15.10	0.20	3.90	0.00	0.00	0.00	11.00	0.00	בסביבת חתר 527
5 (לכיוון כביש 8)	0.62	20.90	0.69	5.80	0.20	3.40	0.00	0.00	0.00	2.20	0.00	בסביבת חתר 524
	0.59	30.15	0.53	9.25	2.25	2.80	0.00	0.00	0.00	4.20	0.00	בסביבת חתר 521
	0.60	36.10	0.66	5.95	0.20	2.90	0.00	0.00	0.00	2.85	0.00	בסביבת חתר 218
	0.60	40.30	0.57	4.20	0.40	1.20	0.00	0.00	0.00	2.60	0.00	בצומת עם כביש 8
	0.66	6.22	0.66	6.22	0.22	3.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	במורד הצומת עם כביש 23
5 (לכיוון כביש 9)	0.62	16.22	0.60	10.00	0.45	3.25	0.00	0.00	0.00	6.30	0.00	במורד הצומת עם כביש 24
	0.61	26.22	0.60	10.00	0.45	3.25	0.00	0.00	0.00	6.30	0.00	במורד הצומת עם כביש 25
	0.61	32.62	0.58	6.40	2.25	3.15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	במורד הצומת עם כביש 26
	0.66	20.67	0.66	20.67	0.62	6.10	0.00	13.95	0.00	0.00	0.00	במורד הצומת עם כביש 3
8 ו-8 א' (לכיוון כביש 768)	0.65	31.47	0.62	10.80	0.25	3.90	0.00	0.00	0.00	6.65	0.00	במורד הצומת עם כביש 22
	0.64	36.12	0.56	4.65	0.45	1.20	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	בסביבת חתר 805
	0.64	39.32	0.63	3.20	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	בין חתכים 802 ו-803
	0.62	81.37	0.60	42.05	3.25	15.20	0.00	0.00	0.00	23.60	0.00	במורד הצומת עם כביש 5
	0.62	87.07	0.58	5.70	0.00	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	במורד הצומת עם כביש 27
	0.56	24.90	0.56	24.90	4.20	7.50	0.00	2.50	0.00	10.70	0.00	במורד הצומת עם כביש 3
9 (לכיוון כביש 768)	0.59	31.95	0.66	7.05	0.50	2.50	0.00	4.05	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתר 909
	0.60	37.55	0.69	5.60	0.00	2.00	0.00	3.60	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתר 913
	0.61	40.45	0.73	2.90	0.00	1.50	0.00	1.40	0.00	0.00	0.00	בין חתכים 915 ו-916
	0.60	94.60	0.60	54.15	3.45	17.30	0.90	1.20	0.00	31.30	0.00	במורד הצומת עם כביש 5
	0.61	98.00	0.75	3.40	0.00	2.00	0.00	1.40	0.00	0.00	0.00	בסביבת חתר 921
	0.56	8.55	0.56	8.55	0.25	1.80	0.00	0.00	0.00	6.50	0.00	בסביבת חתר 225
22 (לכיוון כביש 8)	0.57	12.60	0.58	4.05	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	3.15	0.00	בצומת עם כביש 8
	0.58	3.50	0.58	3.50	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	2.70	0.00	במורד הצומת עם כביש 23
22 ו-26 (לכיוון כביש 5)	0.56	7.15	0.55	3.65	0.25	0.70	0.00	0.00	0.00	2.70	0.00	במורד הצומת עם כביש 24
	0.57	10.55	0.57	3.40	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	2.70	0.00	במורד הצומת עם כביש 25
	0.56	13.62	0.55	3.07	0.22	0.60	0.00	0.00	0.00	2.25	0.00	במורד הקרן בין כבישים 22 ו-26
	0.56	18.47	0.55	4.85	0.30	0.95	0.00	0.00	0.00	3.60	0.00	בין חתכים 5 ו-6 של כביש 26