

27/05/2019



להפקיד את התכנית

03/12/2019 יעוץ, תכנון, ניהול פרויקטים



הנדסת סביבה והידרולוגיה

תאריך יו"ר הוועדה המחוזית

תאריך

## נספח לניהול הטיפול במי נגר עילי וניקוז

עפ"י תמ"א 34 ב/3

לתכנית מספר 608-0405506

קיבוץ לוטן, הסדרה והרחבה

נספח מס' 2

הוכן עבור:

משרד הבינוי והשיכון

אוקטובר 2018

מהדורה 3-1



## תוכן עניינים



|         |                                                   |    |
|---------|---------------------------------------------------|----|
| 4       | מבוא                                              | 4  |
| 1       | 1. נתוני הרקע                                     | 4  |
| 1.1     | 1.1 כללי                                          | 4  |
| 1.2     | 1.2 אקלים ומשקעים                                 | 4  |
| 1.3     | 1.3 עורקי ניקוז בקרבת התכנית                      | 6  |
| 1.3.1   | 1.3.1 עורקי ניקוז מסומנים בתמ"א 34 ב' 3           | 6  |
| 1.3.2   | 1.3.2 מתקני ניקוז ואגנים משניים בקרבת התכנית      | 8  |
| 2       | 2. שיטות הידרולוגיות וחישוב ספיקות                | 13 |
| 2.1     | 2.1 תקופת החזרה לחישוב ספיקות השיא                | 13 |
| 2.2     | 2.2 ספיקות מדודות באזור                           | 14 |
| 2.3     | 2.3 ספיקות תכן וחישובים הידרולוגיים               | 15 |
| 2.3.1   | 2.3.1 מודלים לחישוב ספיקות באגנים בינוניים/גדולים | 15 |
| 2.3.1.1 | 2.3.1.1 מודל הידרולוגי – סטטיסטי ("פולגטי")       | 15 |
| 2.3.1.2 | 2.3.1.2 מודל אזורי של השירות ההידרולוגי           | 15 |
| 2.3.1.3 | 2.3.1.3 קו קשר של התחנה לחקר הסחף                 | 16 |
| 2.3.1.4 | 2.3.1.4 קו מעטפת של תחנה לחקר הסחף                | 17 |
| 2.3.1.5 | 2.3.1.5 ספיקות שיא מחושבות בקרבת התכנית           | 17 |
| 2.3.2   | 2.3.2 מודלים לחישוב ספיקות באגנים קטנים           | 18 |
| 2.3.2.1 | 2.3.2.1 נוסחה רציונלית                            | 18 |
| 2.3.2.2 | 2.3.2.2 קו קשר של התחנה לחקר הסחף                 | 19 |
| 2.3.2.3 | 2.3.2.3 ספיקה סגולית                              | 19 |
| 2.3.2.4 | 2.3.2.4 ספיקה מומלצת עבור אגנים קטנים             | 20 |
| 2.4     | 2.4 חישוב חתך רוחב של תעלה                        | 21 |
| 2.5     | 2.5 חישוב פשט הצפה                                | 21 |
| 3       | 3. תכנית הניקוז                                   | 22 |
| 3.1     | 3.1 עקרונות התכנון                                | 22 |
| 3.2     | 3.2 מערכות ניקוז בהיקף התכנית                     | 22 |
| 3.2.1   | 3.2.1 סוללה מערבית                                | 22 |
| 3.2.2   | 3.2.2 נחל גרופית                                  | 25 |
| 3.2.3   | 3.2.3 נחל קטורה                                   | 25 |
| 3.3     | 3.3 אגנים מקומיים בגבולות התכנית                  | 26 |
| 3.4     | 3.4 ניקוז פנימי של השכונה המתוכננת                | 27 |
| 4       | 4. סיכום והמלצות                                  | 28 |
| 4.1     | 4.1 סיכום                                         | 28 |
| 4.2     | 4.2 המלצות                                        | 29 |
| 4.3     | 4.3 תנאי להיתרי בניה                              | 30 |
| 5       | 5. מקורות                                         | 30 |

## רשימת תרשימים

- תרשים 1- תרשים סביבה ..... 5
- תרשים 2- מיקום התכנית על רקע תמ"א 34 ב' 3 ..... 7
- תרשים 3- מתקני ניקוז בקרבת התכנית ..... 10
- תרשים 4.1- סוללת הגנה מערבית – מצב קיים ..... 23
- תרשים 4.2- חתך אופייני של סוללה מערבית ..... 24
- תרשים 5- תוכנית הניקוז כללית ..... 31
- תרשים 6- תוכנית הניקוז של השכונה המתוכננת ..... 32

## רשימת התמונות

- תמונה מס' 1- נחל גרופית – מעביר מים בכביש 90 (מ.מ. 1 בתרשים מס' 3) ..... 8
- תמונה מס' 2- נחל גרופית- מעביר מים בכביש כניסה לקיבוץ לוטן (מ.מ. 4 בתרשים מס' 3) ..... 8
- תמונה מס' 3 – נחל גרופית - תוואי נחל לאורך כביש 90 ..... 9
- תמונה מס' 4- מעביר מים מ.מ. 2, מנקז אגן של כ – 0.3 קמ"ר ..... 11
- תמונה מס' 5- מעביר מים מ.מ. 3, שמנקז את האגן בגודל כ- 0.5 קמ"ר ..... 11
- תמונה מס' 6- סוללת הגנה סביב קיבוץ לוטן (סוללה 2, סוללה 3 בתרשים מס' 3) ..... 12
- תמונה מס' 7 - מודל אזורי, אזור נחלי אילת ..... 16
- תמונה מס' 8- קו קשר בין ספיקות שיא באזור חיון – אילת וגודל אגן הניקוז ..... 16
- תמונה מס' 9- עקום מעטפת של ספיקות שיא בצפון הנגב, ערבה, ים המלח ובקעת הירדן ..... 17
- תמונה מס' 10 - קו קשר ספיקות שיא עבור אגנים קטנים באזור אילת ..... 19

## רשימת טבלאות

- טבלה 1 - עוצמות גשם לפי תחנה מטאורולוגית אילת ..... 4
- טבלה 2 - הסתברות תכנונית לפי תמ"א 34 ב' 3 ..... 13
- טבלה 3 - תוצאות חישוב של ספיקות שיא בהסתבות 1% בקרבת התכנית ..... 13
- טבלה 4 - ספיקות שיא לאגן אגנולוגי באזור נגב וערבה לפי מודל הידרולוגי- סטטיסטי ..... 19
- טבלה 5 - תוצאות חישוב ספיקות שיא בנקודות הריכוז לפי שיטות שונות לחישוב אגנים קטנים ..... 20
- טבלה 6 - מקדמי מעבר לספיקות שיא להסתברויות שונות ..... 20
- טבלה 7 - ספיקות שיא בהסתברויות שונות מומלצות בתכנית מס' 608-0405506 ..... 20
- טבלה 8 - מידות אפשריות לתעלות הגנה בגבולות התכנית ..... 26



## מבוא

נספח הניקוז הוכן עבור תכנית מספר 608-0405506 להסדרה והרחבה של קיבוץ לוטן. לוטן הוא קיבוץ הנמצא בערבה הדרומית, בסמוך לכביש 90, כ- 60 ק"מ צפונית לאילת. מטרת התכנית הינה הסדרת השימושים הקיימים לצד הסדרה תכנונית של הרחבת הקיבוץ ל 258 יח"ד בשטח של כ- 377 דונם. מטרות נספח הניקוז:



- א. בדיקת מיקום התוכנית ביחס לעורקי ניקוז המסומנים בתמ"א 34 ב/3 בסביבת התכנית.
- ב. בדיקת מיקום התוכנית ביחס לעורקי ניקוז קיימים בקרבת התכנית בפועל.
- ג. בחינת מתקני הניקוז הקיימים בקרבת התכנית.
- ד. המלצת פתרונות ניהול נגר שמקורו מחוץ לשטח התוכנית.
- ה. מתן פתרונות ניקוז הנדרשים בשלבי תכנון מפורט, על בסיס עקרונות ניקוז מקובלים.

## 1. נתוני הרקע

### 1.1 כללי



מיקום התכנית הוא לאורך כביש 90, מזרחית לכביש, כ- 60 ק"מ צפונית לאילת, בין נחלים גרופית (בדרום) וקטורה בצפון (ראה תרשים מס' 1). במערב, שטח התכנית מוגבל על ידי נחל שלעב ומזרח התכנית גובלת בכביש 90. נחל גרופית יוצא מהקטע הקניוני שלו באזור צומת קטורה, כאשר קודקוד מניפת הסחף נמצא כ- 500 מ' במעלה מצומת קטורה. כך, שטח הקיבוץ למעשה ממוקם על מניפת הסחף של נחל גרופית. הרום הטופוגרפי בשטח התכנית משתנה בין 140+ לבין 100+ מטר מעל פני הים, והשיפועים הממוצעים של פני השטח הינם 1% לכיוון דרום-מזרח. הקרקעות בשטח התכנית הן קרקעות אלוביאליות מדבריים (Z, Y).



### 1.2 אקלים ומשקעים

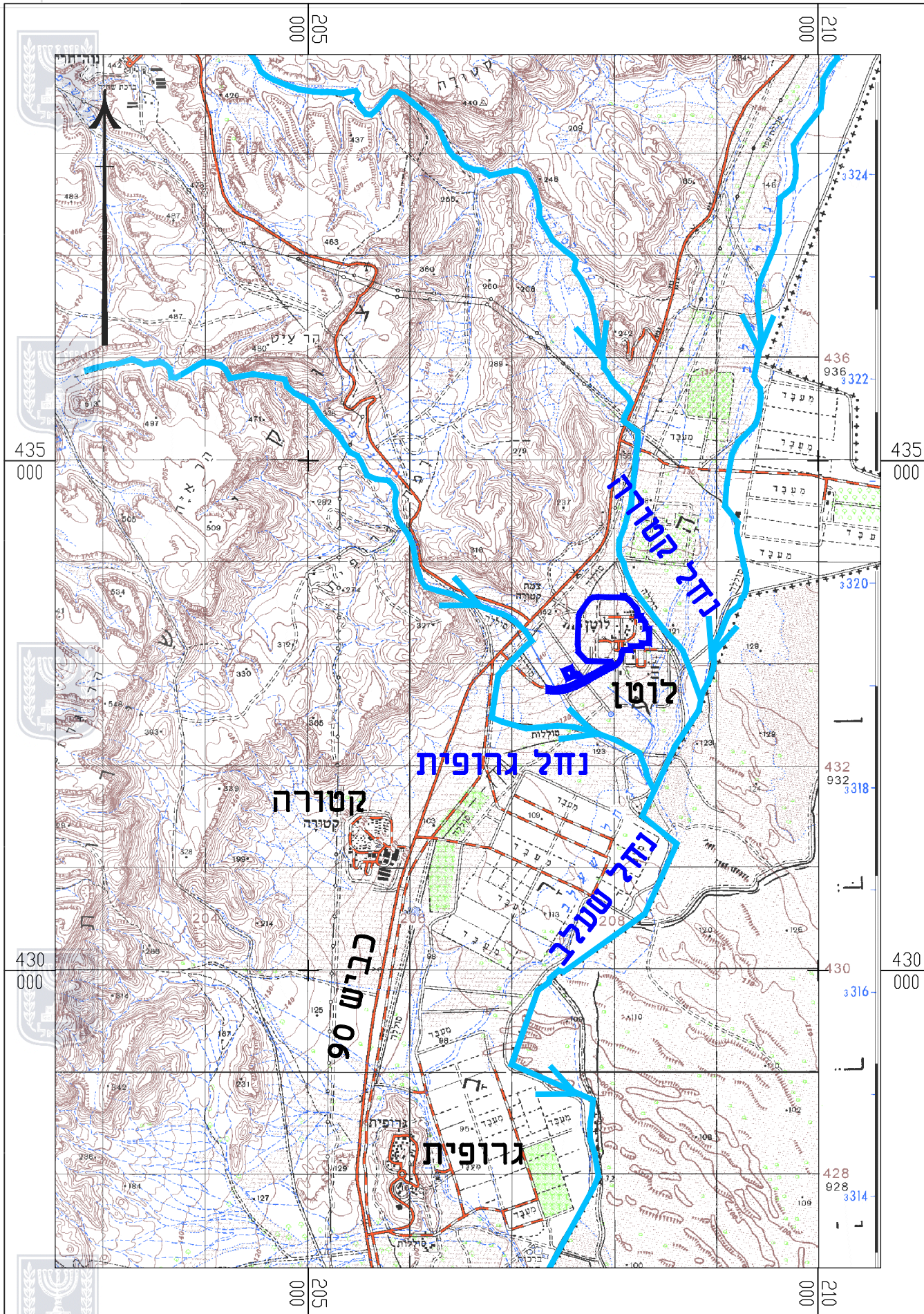
האקלים באזור עמק ערבה הינו צחיח קיצון, עם עובי משקעים שנתי ממוצע של כ- 25 מ"מ. להלן מפורטות עוצמות הגשם המחושבות לפי התחנה המטאורולוגית באילת להסתברויות שונות (טבלה 1).

טבלה 1 - עוצמות גשם לפי תחנה מטאורולוגית אילת (לפי נתונים של חברת נתיבי ישראל)

| הסתברות (%) | עוצמת גשם מקסימלית במ"מ לשעה, בפרקי הזמן הבאים: | 5 דקות | 10 דקות | 15 דקות | 20 דקות | 30 דקות | 45 דקות | 60 דקות |
|-------------|-------------------------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1%          | *146.3                                          | *158.6 | 118.2   | 82.1    | 64.9    | 47.5    | 33.2    |         |
| 2%          | *123.9                                          | *124.5 | 91.9    | 65.3    | 49.5    | 36.7    | 24.6    |         |
| 5%          | 95.2                                            | 86.7   | 62.7    | 46.2    | 32.9    | 24.8    | 15.6    |         |
| 10%         | 75.2                                            | 62.6   | 44.7    | 33.8    | 23.0    | 17.3    | 10.3    |         |
| 20%         | 55.4                                            | 41.8   | 29.8    | 23.2    | 15.0    | 10.8    | 5.8     |         |

\* - כך בנתוני מקור, כנראה עקב מחסור במדידות מדויקות לפרקי זמן קצרים.







### 1.3 עורקי ניקוז בקרבת התכנית

תוואי הנחלים שמסומנים בתמ"א 34 ב' 3 ותוואי הנחלים בפועל בשטח (מסומן על ידי רשות ניקוז ונחלים ערבה) הינו שונה, וזאת כנראה עקב טעות "סופר" שנעשתה על ידי מחברי תמ"א 34 ב' 3 (תרשים מס' 2).

#### 1.3.1 עורקי ניקוז מסומנים בתמ"א 34 ב' 3

תוואי נחל קטורה (בתמ"א נחל שחורת) מסומן צפונית בהרבה מגבול התכנית לעומת המיקום של אפיק נחל קטורה בפועל. למעשה, נחל קטורה מופרד משטח קיבוץ לוטן על ידי סוללת הגנה. נחל קטורה הוא עורק משני, והוא בעל רצועת השפעה של 50 מ' לכל צד מגדת הנחל. לפי הגדרה זו, כל החלק הצפון-מזרחי של קיבוץ לוטן נמצא בתוך תחום ההשפעה של נחל קטורה. שטח אגן הניקוז של נחל קטורה הוא 25.4 קמ"ר בגבול הצפוני של הקיבוץ.

נחל שעלב מוגדר בתמ"א 34 ב' 3 כעורק ראשי, והתוואי שלו, לפי הסימון בתמ"א, גובל לשטח התכנית ממזרח. המרחק בין נחל שעלב וגבול התכנית מהווה, בהתבסס על הסימון של רשות הניקוז, כ-250 מ'. לאורך הגבול המזרחי של התכנית אפיק הנחל מופרד משטח הקיבוץ על ידי נחל קטורה ובכך זרימות בנחל שעלב אינן משפיעות על שטח הקיבוץ. מפגש של נחל קטורה ונחל שעלב מתרחש במרחק של כ-600 מ' מגבול התכנית. כפי שניתן לראות, שטח התכנית נמצא מחוץ לרצועת ההשפעה של נחל שעלב (100 מ' לכל צד מגדת הנחל לפי תמ"א 34 ב' 3, ראה תרשים מס' 2).

נחל גרופית, לפני הקמת קיבוץ לוטן, חצה את החלק הדרומי של הקיבוץ ממערב למזרח. לאחר הקמת הקיבוץ וביצוע מערכות ההגנה, תוואי נחל גרופית שונה - אחרי חציית כביש 90 הנחל זורם דרומה ורק לאחר כ-1,000 מ' פונה מזרחה אל נחל שעלב. נחל גרופית מוגדר כעורק ניקוז משני בתמ"א 34 ב' 3 בעל רצועת השפעה ברוחב 50 מ' לכל צד מגדת הנחל. בהתאם לסימון בתמ"א 34 ב' 3, בית קברות המתוכנן נמצא בתוך רצועת ההשפעה של נחל גרופית, כאשר לפי הסימון על ידי רשות הניקוז, כל שטח התכנית נמצא מחוץ לרצועת ההשפעה של נחל גרופית. שטח אגן הניקוז של נחל גרופית בחציית כביש הכניסה לקיבוץ לוטן הוא 11.6 קמ"ר.

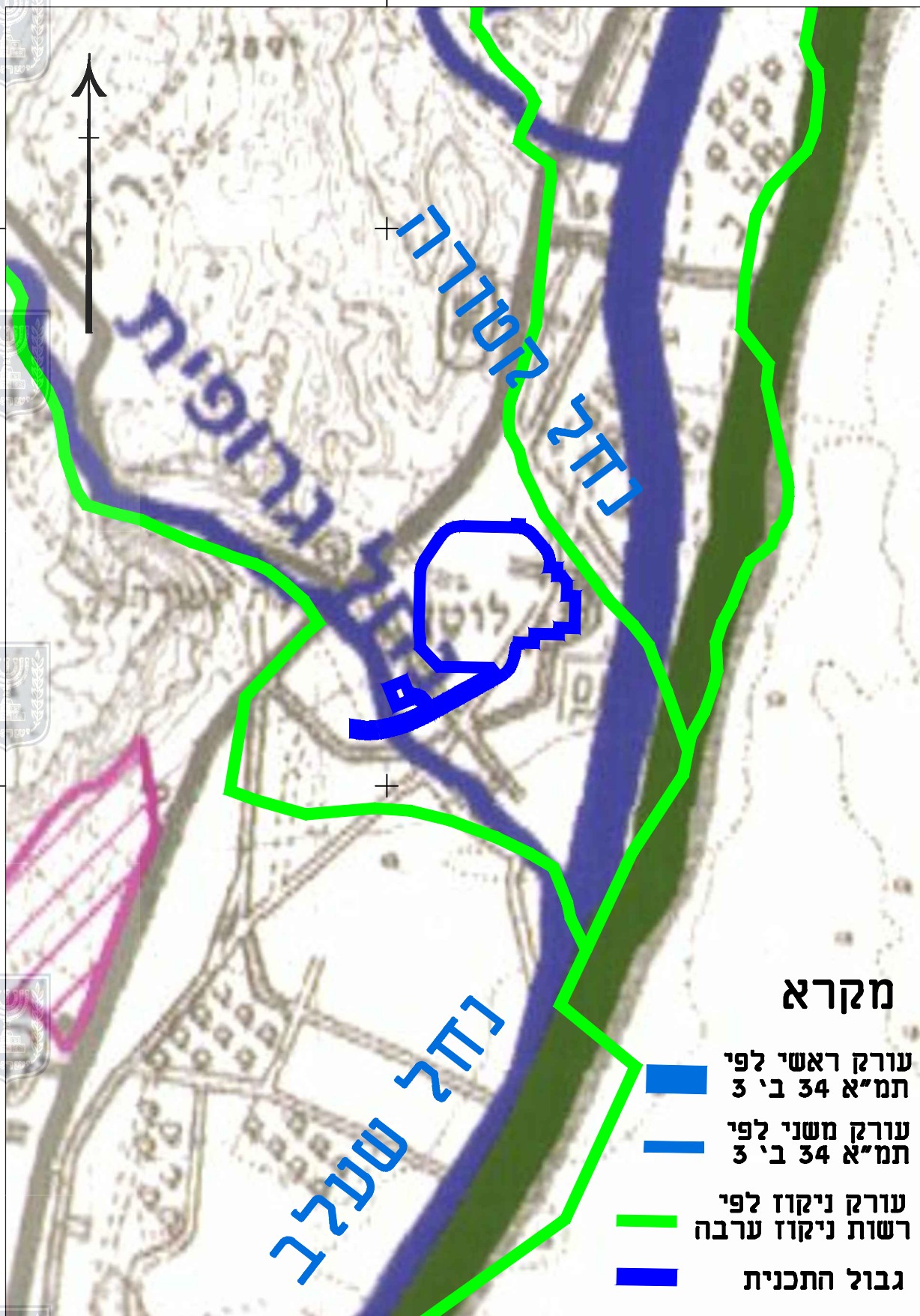
207  
500



435  
000



432  
500



435  
000

432  
500

207  
500

## מקרא

- עורק ראשי לפי תמ"א 34 ב' 3
- עורק משני לפי תמ"א 34 ב' 3
- עורק ניקוז לפי רשות ניקוז ערבה
- גבול התכנית



### 1.3.2 מתקני ניקוז ואגנים משניים בקרבת התכנית

מתקני ניקוז בקרבת התכנית כוללים: מעבירי מים בכביש 90, סוללת הגנה בהיקף הקיבוץ ותעלות ניקוז/אפיקי זרימה. כמו כן, קיימים גשרים איריים בכביש כניסה לקיבוץ (ראה תרשים מס' 3).

#### מערכת הניקוז של נחל גרופית

נחל גרופית חוצה את מעביר המים בכביש 90 (מ.מ.1, תמונה מס' 1) בגודל 2 תאים ברוחב קרקעית 2.6 מ' וגובה 1.3 מ' ולאחר מכן פונה דרומה, לאורך כביש 90 על ידי סוללת הטיה (סוללה 1). על פי סקר הידרולוגי (מס' 1010) שהוכן עבור פרויקט שידרוג כביש 90 (אנג' סטניסלב טליסמן, מאי 2011), מעביר המים מתוכנן בחציית נחל גרופית הוא בגודל 4 תאים כל אחד ברוחב 3.0 מ' וגובה 2.5 מ' – מתאים להעברת הספיקה של כ – 70-80 מ"ק/שניה.

נחל גרופית חוצה את כביש הגישה לקיבוץ לוטן במעביר מים שגודלו 3 תאים כל אחד בעל רוחב 2.5 מ' וגובה 1.5 מ' (מ.מ.4, ראה תמונה מס' 2). לאחר מכן תואי נחל גרופית ממשיך דרומה ופונה מזרחה ומתחבר בהמשך לנחל שעלב.

תוואי מסילת רכבת "באר-שבע – אילת" מתוכננת מזרחית לכביש 90 ומערבית לשטח קיבוץ לוטן. בקטע זה מסילת רכבת מתוכננת להיות בחפירה. חצייה של נחל גרופית מתוכננת להיות באמה מעל המסילה דרומית לקיבוץ. הסתברות תכן לגודל האמה היא 0.5%, כך שלא מתוכננת השהיית הנגר בכניסה לאמה בהסתברויות יותר גבוהות (לביא-נטיף, 2015). לאחר יציאה מהאמה נחל חוצה דרך כניסה לקיבוץ במעביר מים. גודל מעביר מים בתכנון ראשוני של הרכבת הוא ברוחב 6 מ' וגובה 2.5 מ' – מעביר זה גדול יותר ממעביר שקיים היום בכביש זה, כך שהסדרת ניקוז בתוואי הרכבת נראה כ – תשפר את המצב הניקוזי של האזור.



תמונה מס' 1 - נחל גרופית – מעביר מים בכביש 90 (מ.מ.1 בתרשים מס' 3).





ב. מבט ממורד למעלה (תמונות מ-2015). ניתן לראות התחתרות משמעותית במורד המעביר.

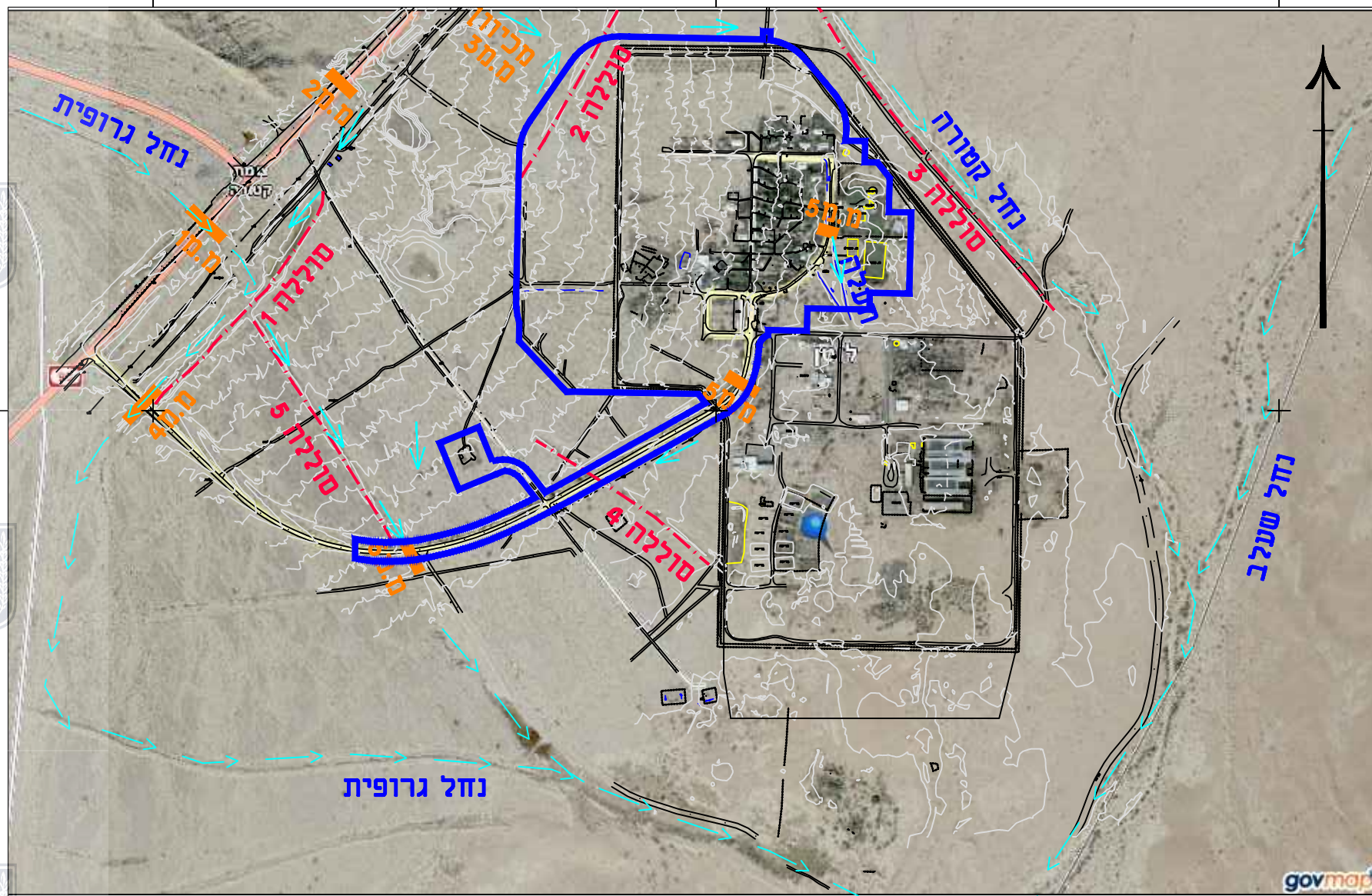
א. מבט ממעלה למורד (מצפון לדרום)

תמונה מס' 2 - נחל גרופית- מעביר מים בכביש הכניסה לקיבוץ לוטן (מ.מ. 4 בתרשים מס' 3).



תמונה מס' 3 - נחל גרופית - תוואי הנחל לאורך כביש 90. את תוואי כביש 90 ניתן לראות בצד שמאל של התמונה.





אוקטובר 2018

קני"ח 1:10000

\\Stor7\7440\dwg\7440-02.dwg

נספח לניהול הטיפול במי נגר עילי וניקוז  
תכנית מס' 608-0405506 קיבוץ לוטן  
תרשים מס' 3 : מערכת ניקוז קיימת על רקע תצ"א

אפיק

חנדסת סביבה וחידרולוגיה



## מערכת ניקוז צפונית צומת קטורה

צפונית לצומת קטורה קיימים בכביש 90 שני מעבירי מים (מ.מ. 2 ומ.מ. 3), שניהם בצורה של קשת. מ.מ. 2 מנקז אגן ניקוז בגודל 0.3 קמ"ר ומ.מ. 3 מנקז אגן ניקוז שגודלו כ- 0.5 קמ"ר.



תמונה מס' 4 - מעביר מים מ.מ. 2, מנקז אגן של כ- 0.3 קמ"ר. מבט אל היציאה מהמעביר (ממזרח למערב). ניתן לראות סוללת עפר שמונעת מהנגר לזרום צפונה.



תמונה מס' 5 - מעביר מים מ.מ. 3, שמנקז אגן בגודל כ- 0.5 קמ"ר. מבט אל היציאה מהמעביר (ממזרח למערב). ממעביר זה הזרימה ממשיכה צפונה ומזרחה, עד המפגש עם נחל קטורה (תרשים מס' 3).





סוללת הגנה מגינה על שטח הקיבוץ מכניסות נגר מכיוון כביש 90 (סוללה 2, תרשים מס 3). הסוללה בגובה של כ- 1 מ' ומהווה גם דרך עפר (תמונה מס' 6).



תמונה מס' 6 - סוללת הגנה סביב קיבוץ לוטן (סוללה 2, סוללה 3 בתרשים מס' 3).



#### נחל קטורה ונחל שעלב

נחל קטורה מופרד משטח הקיבוץ על ידי סוללת הגנה (תרשים מס' 3 ותמונה מס' 6) בקטע בו המרחק בין אפיק הנחל וגבול התכנית הינו כ- 50 מ' (אפיק נחל קטורה). בקטע של מפגש נחל קטורה עם נחל שעלב, המרחק בין שטח התכנית ואפיק הנחל גדל עד כ- 200 מ' ובקטע זה סוללת ההגנה אינה קיימת. בפינה הדרום-מזרחית של התכנית המרחק בין גבול התכנית ונחל שעלב שוב יורד עד לכ- 100 מ'.

רכבת מתוכננת "באר שבע – אילת" חוצה את תוואי נחל קטורה במעביר מים גדול (רוחב 28 מ' וגובה 4 מ', מתוך סקר הידרולוגי שהוכן על ידי לביא – נטיף, 2015) כך של נראה כי חציית הרכבת המתוכננת תשפיעה על זרימות בנחל קטורה בהסתברויות גבוהות יותר מהסתברות תכן של הרכבת (0.5%).





## 2. שיטות הידרולוגיות וחישוב ספיקות

### 2.1 תקופת החזרה לחישוב ספיקות השיא

שימושי הקרקע בשטח התכנית כיום כוללים מגורים, מבני ציבור, שטחים פתוחים וכבישים. עבור כל השימושים האלה נקבעו בתמ"א 34/ב"3 הסתברויות תכן שונות לחישוב ספיקות (ראה טבלה מס' 2).

טבלה 2 – הסתברות תכנונית לפי תמ"א 34 ב/3

| השימוש בשטח                                         | תקופת חזרה בשנים | הסתברות מירבית לאירוע בשנה מסוימת |
|-----------------------------------------------------|------------------|-----------------------------------|
| חקלאות: גידולי שדה ומטעים, פארקים                   | 10               | 10%                               |
| בתי צמיחה ומבנים בשטחים פתוחים                      | 25               | 4%                                |
| כבישים ומסילות ברזל *                               | לפחות 50         | 2% לכל היותר                      |
| סוללות מאגרים וסכרים **                             | 100              | 1%                                |
| שטחים מבונים מעורקי ניקוז ראשיים **                 | 100              | 1%                                |
| שטחים מבונים (רחובות, מגרשי חניה חצרות בתים וכיו"ב) | 5 עד 50          | 20% עד 2%                         |
| הצפה פנימית של בתים מכל מערכת ניקוז.                | 100              | 1%                                |

\* הצפת מיסעות וגשרים לפי תקני מע"צ ורכבת ישראל

\*\* בכל מקרה שיש סיכון של ממש לחיי אדם, הסתברות התכנון תהיה 1% ומטה בהתאם לדרגת הסיכון וחומרת הנזק

בהתאם להמלצות התמ"א, הסתברויות התכן המומלצות לתכנון מערכות הניקוז בתחום התכנית הן:

- תיעול עילי – 2%, בתנאי אי-הצפה של הבתים בהסתברות 1% ;
- כבישים 5% - 10% בתנאי אי-הצפה של הבתים בהסתברות 1% ;
- חישוב פשטי הצפה – 1%, 5%.





## 2.2 ספיקות מדודות באזור

אירוע גשם 18/11/2012

קיימות מספר מדידות של ספיקות בנחלים באזור, כולל סדרות של מדידות בתחנות הידרומטריות ומדידות אקראיות באזור אילת. המדידות כוללות את התחנה בנחל יעל, מדידת ספיקות שיא בנחל רווד, נחל גרופ וצפונית לנחל גרופ.



הספיקה המרבית בנחל שחורת נמדדה (תחנה לחקר הסחף) בחורף 2012-2013, באירוע הגשם ביום 18/11/2012 על ידי התחנה לחקר הסחף במקום בו הנחל יוצא מהקניון, שם נמדדה ספיקה של 90 מ"ק/שניה. זמן החזרה של ספיקה זו הוא 1:50 שנה. בעקבות זרימה זו התמלא מאגר ההשהייה ונצפתה גם זרימה בתעלת הגלישה לכיוון מעביר המים בכביש 90 (התחנה לחקר הסחף, 2012). באירוע זה נמדדה ספיקה סגולית של 20 מ"ק/שניה/קמ"ר בנחל עמרם, ולפי חישוב של השירות ההידרולוגי זו הספיקה שמתרחשת בזמן חזרה של פעם ב- 100 שנה (דו"ח של עמיר גבעתי, 09.12.12).

אירוע גשם 07-08/05/2014



אירוע גשם זה היה חריג בצורה קיצונית (הגדול ביותר ב- 100 השנים האחרונות בחודשי מאי על פי רישום השירות המטאורולוגי). חריגותו נובעת מכמויות המשקעים אשר ירדו במהלכו וגם בפריסה הכלל ארצית הרחבה – מנחלי אילת ועד לחרמון. כמויות המשקעים באזור אילת: ביטבתה ירדו 29 מ"מ/בסמ"ר 20 מ"מ. בחוף ים סוף, באזור טאבה – ירדו 20 מ"מ. בהרי אילת בין 40 ל-50 מ"מ גשם ובעיר אילת נרשמו 10 מ"מ גשם (עמיר גבעתי וחב', 2014).

באירוע זה נרשמו זרימות בכל הנחלים סביב אילת על ידי תחנות הידרומטריות של השירות ההידרולוגי.

ספיקת השיא המדודה בנחל רחם (אגן התנקזות 48 קמ"ר) היתה 89 מ"ק/שניה, הספיקה בנחל עמרם (4 קמ"ר) היתה 1.4 מ"ק/שניה, הספיקה בנחל נטפים (39 קמ"ר) היתה 18 מ"ק/שניה והספיקה בנחל שלמה (15 קמ"ר) היתה 6 מ"ק/שניה (עמיר גבעתי וחב', 2014).



ספיקות אלו הן בעלות הסתברות גבוהה, וזאת כנראה עקב תפרוסת הגשם הנקודתית מאוד, בתאים שהיו קטנים משמעותית בשטחם בהשוואה לשטח ההתנקזות של הנחלים.





## **2.3 ספיקות תכן וחישובים הידרולוגיים**

גודל אגני הניקוז בקרבה לקיבוץ לוטן משתנה בין 0.001 (בתחום הקיבוץ) ועד כ- 800 קמ"ר. מדובר באגנים קטנים (קטנים מ- 2 קמ"ר) ובינוניים (גדולים עד כ- 20 קמ"ר) וגדולים מזה. לחישוב ספיקות השיא באגנים בינוניים/גדולים וקטנים קיימות מספר שיטות מקובלות, כמתואר בהמשך.

### **2.3.1 מודלים לחישוב ספיקות באגנים בינוניים/גדולים**

#### **2.3.1.1 מודל הידרולוגי – סטטיסטי ("פולגט")**

אחד מהמודלים המקובלים כיום בארץ לחישוב ספיקות באגנים הגדולים מ- 1 קמ"ר הינו המודל ההידרולוגי-סטטיסטי (פולגט). מודל זה, לחישוב ספיקות שיא של גאוויות, מבוסס על מדידות הידרומטריות הקיימות בארץ בשילוב עם סוגי קרקעות באגן הניקוז. המודל בנוי כסדרת עקומי קשר בין ספיקות שיא בהסתברויות 5%, 50%, 95% ושטח אגן ניקוז עבור קבוצות קרקע מובילות באזורים הידרולוגיים שונים.

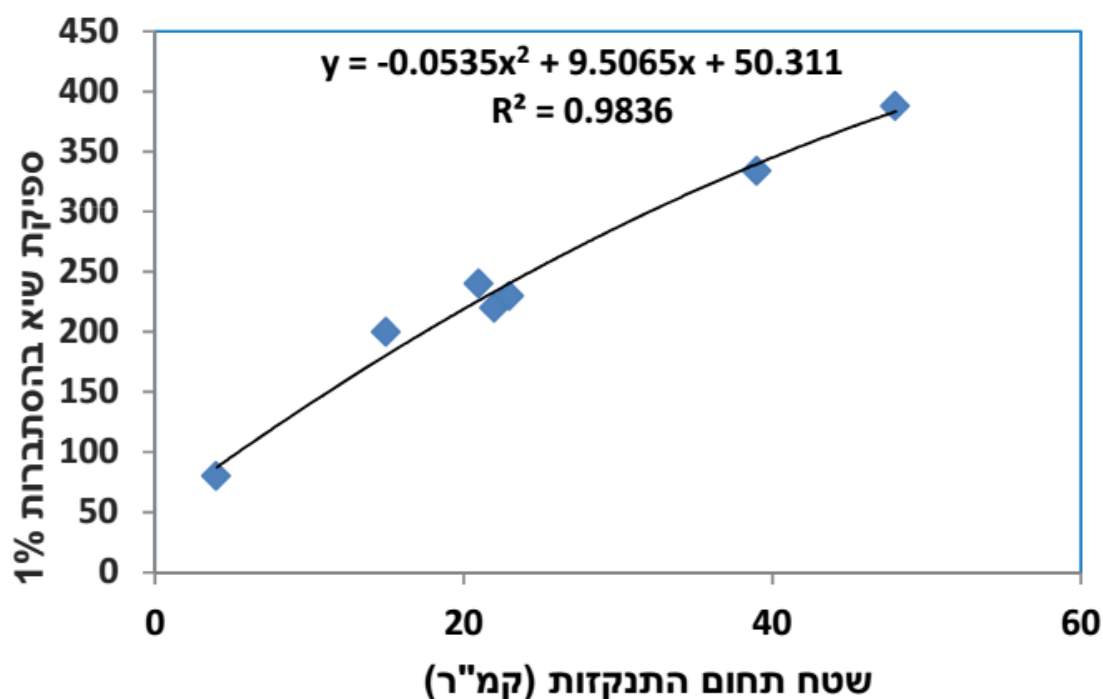
עבור אזור הערבה נתוני המודל הם: אזור הידרולוגי 5 (נגב וערבה, אגנים קטנים) וכמות גשם שנתית של 25 מ"מ.

#### **2.3.1.2 מודל אזורי של השירות ההידרולוגי**

השירות ההידרולוגי (עמיר גבעתי ובנימין עצמון, 2015) פיתח מודל אזורי חדש לחישוב ספיקות שיא בהסתברות 1% עבור נחלים בעלי גודל אגן בינוני (60.0 – 2.0 קמ"ר). קו קשר של מודל זה מוצג בתמונה 7. קו קשר זה חושב על בסיס נתונים הידרולוגיים של נחלי הרי אילת וניתן לשימוש באזור הנסקר לאגנים בגודל של יותר מ- 4 קמ"ר.



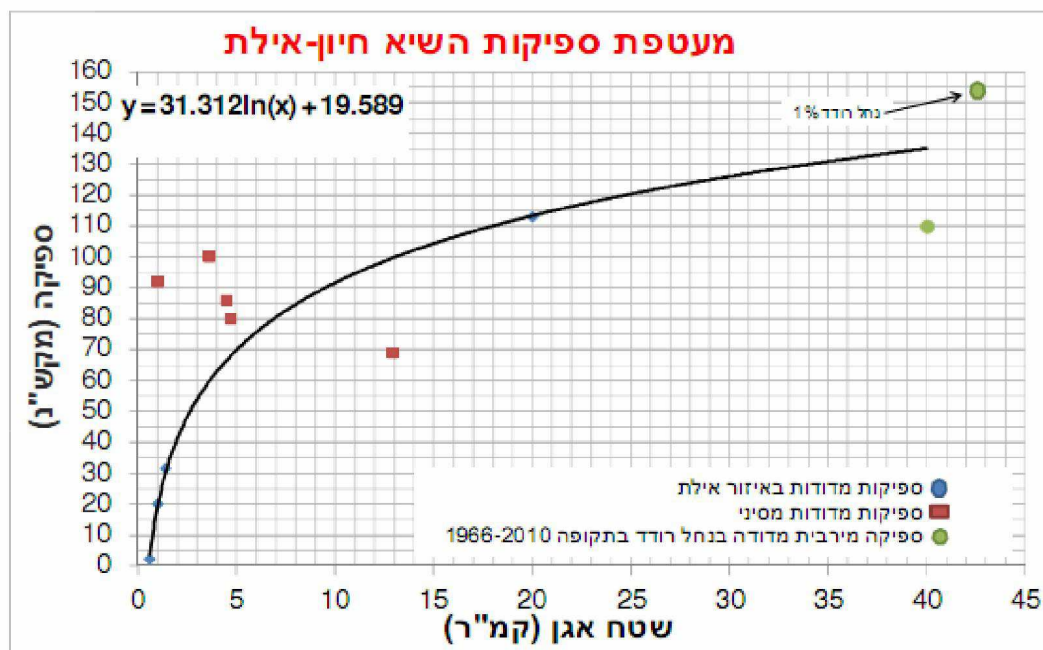
תמונה מס' 7- מודל אזורי, אזור נחלי אילת (ספיקות בהסתברות 1% - השירות ההידרולוגי, 2015)



### 2.3.1.3 קו קשר של התחנה לחקר הסחף

קו קשר תחל"ס הינו קו מעטפת של ספיקות שיא ופונקציה מגודל אגן הניקוז היא השיטה המקובלת בהידרולוגיה לחישוב הספיקות המירביות. המודל עבור אזור דרום הערבה ואילת (תמונה מס' 8) פותח על ידי התחנה לחקר הסחף ומתבסס על ספיקות שנמדדו באזור אילת ובסיני.

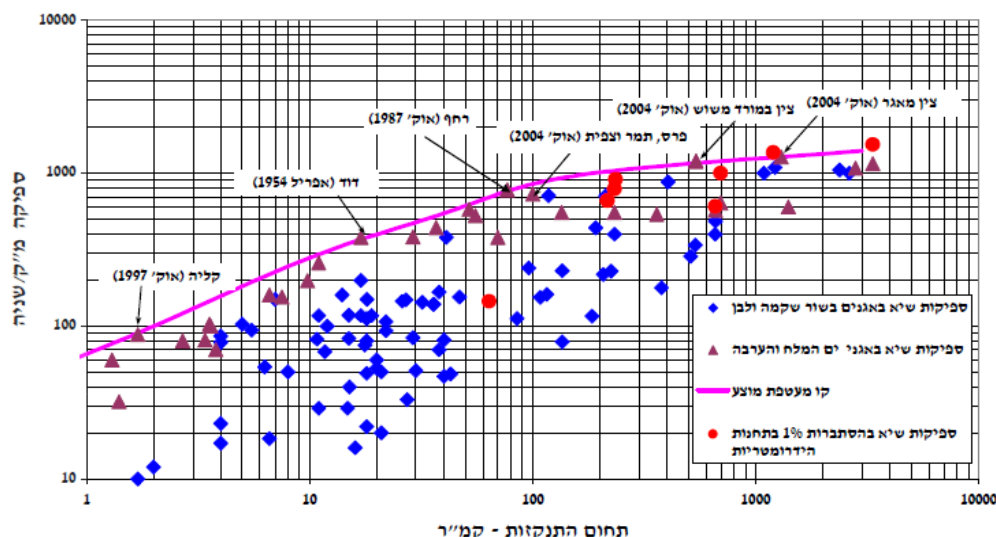
תמונה מס' 8- קו קשר בין ספיקות שיא באזור חיון – אילת וגודל אגן הניקוז (הסתברות 1% - תחנה לחקר הסחף, 2011)





#### 2.3.1.4 קו מעטפת של תחנה לחקר הסחף

קו מעטפת מייצג את הספיקה המקסימאלי שהתרחשה באגן ניקוז בעל גודל מסוים לפי אזורים פיזיוגרפים – אקלימים. קו מעטפת מסוג זה נבנה על ידי השירות ההידרולוגי, אולם קו זה לא כולל את הספיקות שנמדדו לאחרונה באגנים קטנים ובינוניים באזור אילת וערבה. קו המעטפת של התחנה לחקר הסחף כולל גם את האירועים המיוחדים האחרונים שהתרחשו בערבה הדרומית (תמונה מס' 9) ואזור ים המלח (משולשים).



תמונה מס' 9 - עקום מעטפת של ספיקות שיא הידועות בצפון הנגב, ערבה, ים המלח ובקעת הירדן (מעודכן לאירועים של שנת 2007). (ע"פ דו"ח אירועים מיוחדים 2004-2005, תחנה לחקר הסחף)

#### 2.3.1.5 ספיקות שיא מחושבות בקרבת התכנית

בטבלה 3 מוצגות הספיקות המחושבות לפי השיטות המתוארות לעיל.

טבלה 3- תוצאות חישוב של ספיקות שיא בהסתבות 1% בקרבת התכנית

| מס' אגן                                      | שטח אגן (קמ"ר) | ספיקת שיא מחושבת בהסתבות 1% לפי שיטות שונות (מ"ק/שנייה) |              |                              |       | הספיקה המומלצת |
|----------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------|--------------|------------------------------|-------|----------------|
|                                              |                | קו מעטפת                                                | קו קשר תחל"ס | מודל אזורי השירות ההידרולוגי | פולגט |                |
| נחל גרופית (מ.מ. 4)                          | 11.6           | 200                                                     | 96.3         | 153                          | 127   | 150            |
| נחל קטורה (מעלה התכנית)                      | 25.4           | 250                                                     | 121          | 257                          | 200   | 250            |
| נחל שעלב אחרי מפגש עם קטורה – אגן משטח ישראל | 96.6           | 800                                                     | 163          | 473                          | 570   | 470            |
| נחל שעלב* – אגן מממלכת ירדן                  | 700~           |                                                         |              |                              |       |                |





### 2.3.2 מודלים לחישוב ספיקות באגנים קטנים

אגנים קטנים הם אגנים ששטחם קטן מ- 2 קמ"ר. בנספח זה, עבור אגנים בגודל זה, ספיקות השיא חושבו בשיטות הבאות: (1) נוסחה רציונלית. (2) קו קשר בין ספיקת שיא וגודל אגן הניקוז.

#### 2.3.2.1 נוסחה רציונלית



השיטה המקובלת לחישוב ספיקות השיא לאגנים בעלי שטח קטן (קטן מ- 2 קמ"ר) הינה באמצעות הנוסחה הרציונלית (משוואה 1 להלן), המקובלת לחישוב ספיקת שיא עבור אגנים בסדר גודל זה:

$$Q_p = C * I_p * A / 3.6 \quad (\text{משוואה 1})$$

כאשר –

$Q_p$  - ספיקת השיא בהסתברות  $p$  [מ"ק/שניה].

$C$  - מקדם הנגר [חסר יחידות]; מקדם הנגר מוערך בכ- 0.8.

$I_p$  - עוצמת הגשם בהסתברות  $p$  [מ"מ/שעה].

$A$  - שטח האגן [קמ"ר].



זמן הריכוז חושב באמצעות נוסחת KIRPICH (משוואה 2 להלן):

$$t_c = M * 0.0195 L^{0.77} S^{-0.385} \quad (\text{משוואה 2})$$

כאשר –

$t_c$  - זמן ריכוז [דקה].

$L$  - אורך זרימה (אפיק) [מטר].

$S$  - שיפוע אגן הניקוז [מ"/מ].

$M$  - מקדם התאמה לתנאים צחיחים [חסר יחידות]; מוערך על ידי התחנה לחקר הסחף בכ- 0.4.



מכיוון שרוב האגנים המתנקזים אל גבול התוכנית הינם בעלי מאפיינים דומים – אורך זרימה קצר ושיפוע גבוה – התוצאות המתקבלות בחישוב זמן הריכוז אינן עולות על 10 דקות.

לפיכך, נקבע זמן ריכוז של 10 דקות עבור האגנים המתנקזים אל מ.מ. 2 ו- 5, לאגן 6-20 דקות ולאגן מ.מ. 5 – 15 דקות. שגיאה! ארגומנט בורר לא ידוע. עוצמות הגשם לפי הסתברויות שונות נלקחו מתוך

טבלה 1.

ספיקות השיא המחושבות לאגנים המתנקזים אל גבול התוכנית באמצעות שימוש בנוסחה הרציונלית מפורטות בטבלה מס' 5.

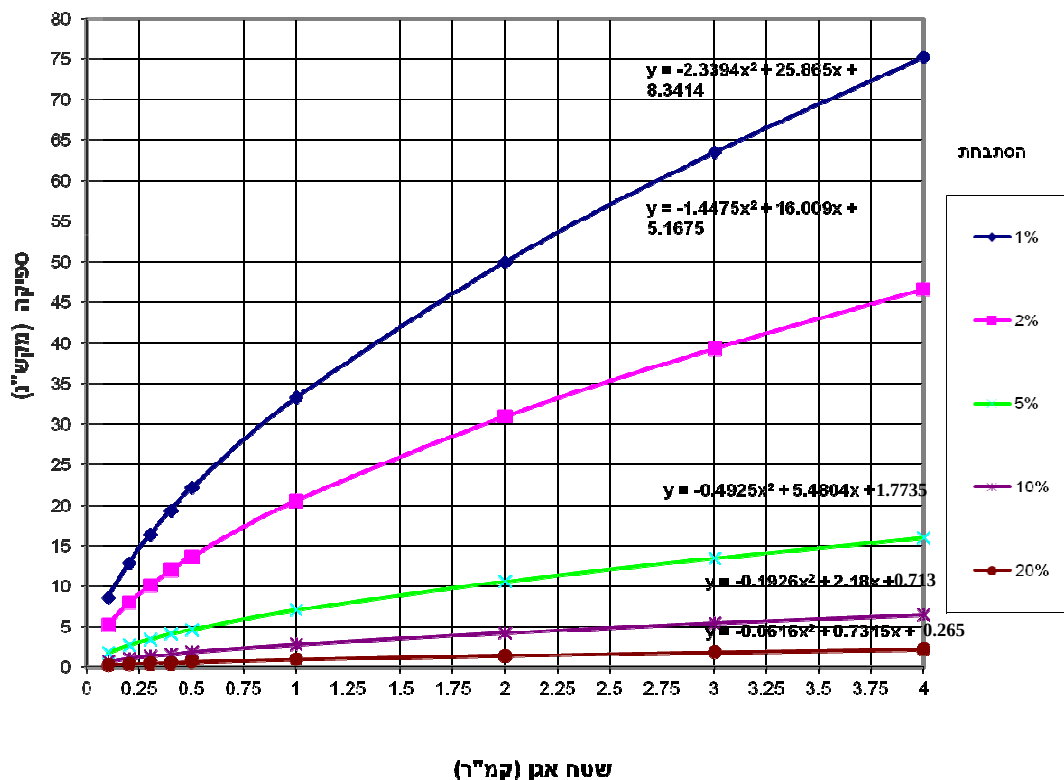




### 2.3.2.2 קו קשר של התחנה לחקר הסחף

קו קשר בין גודל אגן הניקוז וספיקת השיא פותח ע"י התחנה לחקר הסחף, מבוסס על חישובי מודל תחלסו"ן 2 ועודכן אחרי האירועים של חורף 2012-2013. ספיקות השיא שנמדדו באזור הערבה ואילת, נותחו על ידי ד"ר משה גטקר ושמואל ארבל (התחנה לחקר הסחף). העדכון האחרון לקווי הקשר נעשה אחרי חורף 2012-2013, בו נמדדו ספיקות בעלות הסתברות נמוכה באזור אילת. תוצאות הניתוח מוצגות בתמונה מס' 10.

תמונה 10 - קו קשר ספיקות שיא עבור אגנים קטנים באזור אילת (תחנה לחקר הסחף, 2013)



### 2.3.2.3 ספיקה סגולית

על בסיס נתונים מדודים באזור, מוצג במודל הידרולוגי-סטטיסטי ונבדק אמפירית החישוב של הספיקה הסגולית להסתברויות שונות. חישוב זה מתאים לאגנים קטנים, עד גודל של מספר קמ"ר (טבלה מס' 4).

טבלה מס' 4 - ספיקות שיא לאגנולוגי באזור נגב וערבה לפי מודל הידרולוגי-סטטיסטי

| ספיקות תכן בהסתברויות שונות, מ"ק/שנייה |      |     |     |     | שטח אגן, קמ"ר | שם הנחל, מס' אגן                                      |
|----------------------------------------|------|-----|-----|-----|---------------|-------------------------------------------------------|
| 1%                                     | 2%   | 5%  | 10% | 20% |               |                                                       |
| 30.7                                   | 17.7 | 7.6 | 3.3 | 1.2 | 1.0           | אגן אנלוגי באזור נגב וערבה לפי מודל הידרולוגי-סטטיסטי |





#### 2.3.2.4 ספיקה מומלצת עבור אגנים קטנים

בטבלה מס' 5 מרוכזות תוצאות חישוב ספיקות השיא לפי השיטות המתוארות לעיל לחישוב אגנים קטנים (שטח קטן מ- 2 קמ"ר).

הספיקה המומלצת היא הספיקה המחושבת לפי ספיקה סגולית, וזאת גם מכיוון שספיקה זו לוקחת בחשבון את הסחף שריכוזו עלול להגיע עד 20-30% במי נגר.

טבלה 5 – תוצאות חישוב ספיקות שיא בנקודות הריכוז לפי שיטות שונות לחישוב אגנים קטנים

| אגן ניקוז      | שטח אגן הניקוז (קמ"ר) | ספיקת שיא מחושבת בהסתברות 1% לפי שיטות שונות (מ"ק/שניה) |              |              |                |
|----------------|-----------------------|---------------------------------------------------------|--------------|--------------|----------------|
|                |                       | נוסחה רציונלית                                          | ספיקה סגולית | קו קשר תחל"ס | הספיקה המומלצת |
| מ.מ. 2         | 0.30                  | 10.7                                                    | 9.2          | 17           | 9.2            |
| מ.מ. 3         | 0.50                  | 13.3                                                    | 15.4         | 22           | 15.4           |
| מ.מ. 5         | 0.30                  | 10.7                                                    | 9.2          | 17           | 9.2            |
| מ.מ. 6         | 0.69                  | 12.6                                                    | 21.2         | 27           | 21.2           |
| מ.מ. 7         | 0.23                  | 8.1                                                     | 7.0          | 13           | 7.0            |
| מ.מ. 8 – אגן 8 | 0.06                  | 2.2                                                     | 1.8          | 3.0          | 2.2            |

טבלה מס' 6 - מקדמי מעבר לספיקות שיא להסתברויות שונות

| שם נחל                                                | מקדמי מעבר מספיקת שיא 1% לספיקת שיא 2% | מקדמי מעבר מספיקת שיא 1% לספיקת שיא 5% | מקדמי מעבר מספיקת שיא 1% לספיקת שיא 10% | מקדמי מעבר מספיקת שיא 1% לספיקת שיא 20% |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| אגן אנלוגי באזור נגב וערבה לפי מודל ההידרולוגי-טטיסטי | 0.577                                  | 0.248                                  | 0.107                                   | 0.039                                   |

טבלה מס' 7 - ספיקות שיא בהסתברויות שונות מומלצות בתכנית מס' 608-0405506

| אגן ניקוז                   | שטח אגן הניקוז (קמ"ר) | ספיקת שיא מחושבת בהסתברויות שונות (מ"ק/שניה) |     |     |     |
|-----------------------------|-----------------------|----------------------------------------------|-----|-----|-----|
|                             |                       | 1%                                           | 2%  | 5%  | 10% |
| נחל גרופית (מ.מ. 4)         | 11.6                  | 150                                          | 90  | 40  | 15  |
| נחל קטורה (מעלה התכנית)     | 25.4                  | 250                                          | 145 | 63  | 25  |
| נחל שעלב אחרי מפגש עם קטורה | 96.6                  | 470                                          | 270 | 120 | 50  |
| מ.מ. 2                      | 0.30                  | 9.2                                          | 5.4 | 2.3 | 1.0 |
| מ.מ. 3                      | 0.50                  | 15.4                                         | 9.0 | 3.4 | 1.5 |
| מ.מ. 5                      | 0.30                  | 9.2                                          | 5.4 | 2.3 | 1.0 |
| מ.מ. 6                      | 0.69                  | 21.2                                         | 12  | 5.3 | 2.0 |
| מ.מ. 7                      | 0.23                  | 7.0                                          | 4.1 | 1.8 | 0.7 |
| תעלה מזרחית                 | 0.23                  | 7.0                                          | 4.1 | 1.8 | 0.7 |
| מ.מ. 8 – אגן 8              | 0.06                  | 2.2                                          | 1.3 | 0.6 | 0.3 |





## 2.4 חישוב חתך רוחב של תעלה

החתך האופייני ורוחב הזרימה באפיק החוצה את שטח התכנית חושבו במשוואה 3 בעזרת נוסחת מאנינג להלן:

$$Q = \frac{AR^{\frac{2}{3}} \sqrt{i}}{n}$$

(משוואה 3)

כאשר -

Q - ספיקת שיא [מ"ק/שניה].

A - שטח חתך [מ"ר]: שטח בצורת טרפז.

R - רדיוס הידראולי [מ].

i - שיפוע אורכי [מ"/מ]. נלקח 0.01 בשלב זה.

n - מקדם החספוס של מנינג [חסר יחידות]. נלקח 0.40 (מעט צמחיה ואבנים באפיק התעלה).

## 2.5 חישוב פשט הצפה

הנחלים בתכנית בעלי אופי זרימה של נחל פזרות - מאופיינים בזרימה רדודה ורחבה בעלת נתיבי זרימה היכולים להשתנות משטפון לשטפון. בנחל מסוג זה לא ניתן להגדיר בבירור את תחום הנחל בו מתרחש השטפון. חישוב הפשט התבסס מצד אחד על הסוללות הקיימות על מנת למנוע חדירת מי נגר אל שטח התכנית. הגבול הנגדי של הזרימה, איפה שניתן, נקבע בעזרת תוכנת HEC-RAS ושורטט על ידי RIVERCAD (תרשים מס' 5).





### 3. תכנית הניקוז

תכנית הניקוז להרחבת קיבוץ לוטן מתייחסת להיבטים הבאים:

- הגנות נגד כניסות נגר שמקורו מחוץ לשטח הקיבוץ,
- הגנות מפני כניסות נגר מכיוון הנחלים קטורה ושעלב,
- הגדרת רצועת ההשפעה של נחל קטורה,
- המלצות לניהול נגר בשטח התכנית,
- המלצות בנוגע לשימור נגר ושימור קרקע.



תכנית הניקוז אינה כוללת התייחסות לבעיות/ניהול נגר בחלק הקיים של הקיבוץ.

#### 3.1 עקרונות התכנון

תכנית הניקוז מבוססת על העקרונות הבאים:

1. שימור, שיקום ותחזוקה של ההגנות הקיימות על הישוב. במידה והרחבת הישוב יוצאת מהתחום המוגן מפני הצפות, יש להעתיק את אמצעי הגנה כך, שתמנע חדירה של מי נגר אל שטח ההרחבה.
2. הגנה על שטח התכנית מפני נגר עילי תיעשה על ידי סוללות הגנה, תעלות ניקוז והולכת הנגר אל עבר מוצאים מקובלים.
3. הולכה מוסדרת של הנגר העילי הנוצר בתחום התכנית תהיה לאורך הכבישים, תעלות ניקוז פתוחות, דרך שצ"פים וכדומה. שימוש באמצעים תת-קרקעיים יותר רק במקרים מיוחדים.
4. ניקוז מגרשים – פתרון מועדף הינו להזרים את הנגר משטח המגרש לכביש הסמוך לו. לא יהיה מעבר של נגר ממגרש כלשהו אל מגרש פרטי שכן, אלא אך ורק לכבישים או שטחים פתוחים/ציבוריים. רומי הפיתוח של המגרשים צריכים להיות כאלה שמאפשרים ניקוז של נגר עילי לכיוון הכביש.
5. כל מערכות הניקוז בשכונה יתוכננו כך שלא תתקיים הצפה של הבתים באירוע בהסתברות 1%.
6. שטחים פתוחים וציבוריים של התכנית, חניונים ובינוי ציבורי יתוכננו כך שיתאפשר שימור נגר.



#### 3.2 מערכות ניקוז בהיקף התכנית

##### 3.2.1 סוללה מערבית

הקיבוץ מוגן מהנגר המגיע מכיוון מערב, דרך מעבירי מים בכביש 90 ומהשטח הפתוח שבין כביש 90 והקיבוץ, באמצעות סוללת הגנה (סוללה 1 בתרשים מס' 3). במסגרת נספח ניקוז זה נערכה בדיקה של גובה הסוללה והתאמתה לספיקת השיא המחושבת – ונמצא (ראה תרשים מס' 4.1) שהסוללה במצבה הקיים מגנה על שטח הקיבוץ מכניסות מי נגר בהסתברות 1%. גובה הסוללה הקיימת הוא בערך 1.0 מ' עם בלט של כ- 0.2 מ'.

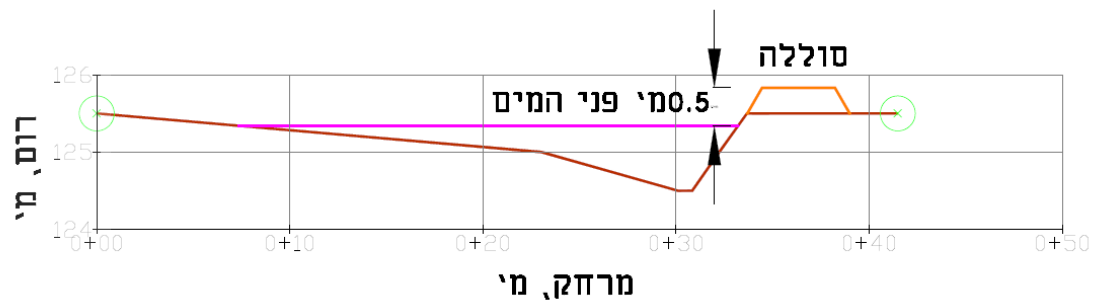


הרחבת הקיבוץ מתוכננת לכיוון הסוללה, כך שבקטע הדרומי יש צורך בהעתקת הסוללה. תואי מוצע חדש של הסוללה מוצג בתכנית הניקוז, תרשים מס' 5. הגובה המוצע של הסוללה מוגדר כגובה



הזרימה בתוספת 0.5 מ' בלט (ראה תרשים מס' 4.2), כך שגובה הסוללה המתוכננת מוצע להיות 1.3 מ' לפחות מעל הקרקעית לאורך כל תוואי הסוללה. בנוסף, ללא קשר לתכנית ההרחבה, יש לבצע בדיקה של יציבות הסוללות ע"י יועץ קרקע ולשקם סוללות קיימות, כדי למנוע פריצות נגר עתידיות, כולל – במידת הצורך תכנון של אמצעי הגנה ו/או חיזוק של הסוללה.

#### תרשים 4.2 – חתך אופייני של סוללה מערבית







### 3.2.2 נחל גרופית

נחל גרופית הוא עורק משני לפי תמ"א 34 ב/3, בעל רוחב רצועת השפעה של 50 מ' לכל צד מגדת הנחל. תוואי נחל גרופית בפועל חוצה את דרך הגישה לקיבוץ במעביר, שגודלו 3 תאים כל אחד ברוחב 2.5 מ' וגובה 1.5 מ'. כושר ההולכה של מעביר זה הוא כ- 18 מ"ק/שניה ללא הערמות. זאת אומרת, שמעביר מים זה מעביר ספיקה בהסתברות 10%. מעביר זה גדול בצורה משמעותית מהמעביר הקיים בכביש 90 במעלה הזרימה (מ.מ.1). לכן, באם קיימת בעיית הצפה, היא מתרחשת קודם במעלה לכביש 90 ורק לאחר מכן הנגר מגיע עד למעביר בכביש הכניסה ללוטן. לכן, השטח במעלה לכביש 90 מהווה מעין שטח השהיית נגר ובכך הספיקה שמגיעה אל המעביר בכביש הכניסה לקיבוץ היא הספיקה המווסתת. נראה, כי אין צורך בהחלפת/הגדלת מעביר זה. תוואי הנחל ורצועת השפעתו לאחר חציית כביש 90 וכביש הכניסה לקיבוץ נמצאים מחוץ לשטח הרחבה של הקיבוץ.

### 3.2.3 נחל קטורה

נחל קטורה הוא עורק משני, יובל של נחל שעלב שנפגש עם נחל שעלב מזרחית לגבול הקיבוץ. כיוון זרימת הנחל היא ממערב למזרח לאורך הגבול הצפון-מזרחי של התכנית. סוללת עפר מפרידה בין תחום הנחל ושטח הקיבוץ. המרחק בין הסוללה וגבול התכנית הוא כ- 50 מ' (ראה תרשים מס' 3). בתכנית הניקוז בוצעה בדיקה של פשט ההצפה על בסיס מדידה פוטוגרמטרית בקני"מ 1:2,500. נמצא, כי הסוללה מגינה על שטח הקיבוץ מכניסת מים בהסתברות 5%. ספיקה יותר גבוהה מזו עלולה לחדור אל הרצועה שבין שטח הקיבוץ וסוללת נחל קטורה וגם אל שטח הקיבוץ בהמשך. מוצע לשמור על הסוללה כאמצעי הגנה נגד הצפות מכיוון נחל קטורה, תוך שיקום של הסוללה והגבהתה בכ- 0.5 מ' על מנת להבטיח הגנה נגד ספיקה בהסתברות 1%. רום מוצע של הסוללה מוצג בטבלה מס' 8.

רוחב רצועת ההשפעה של נחל קטורה מוצע להיות לפחות 50 מ' מסוללת ההגנה, ולמעשה רצועת ההשפעה כוללת את כל השטח שבין סוללת ההגנה של נחל קטורה וגבול התכנית

### פשט ההצפה של נחל קטורה

חישוב רום פני המים בחתכים ומהירויות זרימה מוצגים בנספח א' ובתרשים מס' 5. גובה הסוללה המוצעת מחושב כרום פני המים בהסתברות  $1\% + 0.5$  מ' בלט. בלט של 0.5 מ' נובע כתוצאה מאי-הודאות בחישוב שטח ההצפה בנחל עקב מגבלות של מדידה.





### 3.3 אגנים מקומיים בגבולות התכנית

בנוסף לשלושת הנחלים הגובלים עם שטח התכנית מצפון ומזרח, ישנם מספר אגנים שמתנקזים אל הגבול המערבי של הקיבוץ הנוכחי והמתוכנן (ראה תרשים מס' 3 ו-5). במצב הקיים, שטח הקיבוץ מוגן מפני כניסות נגר משטחים אלו אל ידי מערכת תעלות וסוללות בגבולות ההתיישבות ובשטח של מניפת סחף.

באופן כללי מוצעות שתי תעלות היקפיות לקיבוץ (ראה שגיאה! מקור ההפניה לא נמצא):

- תעלה מערבית מס' 1 המנקזת את הנגר המגיע לחלק הצפוני של הקיבוץ. כיוון הזרימה ממערב למזרח ומוצאה מצפון לקיבוץ דרומה לאורך הגבול המזרחי של הקיבוץ עד למעביר מים 6. ממעביר מים זה הנגר זורם עד לאפיק נחל גרופית.

- תעלה מערבית מס' 2 המנקזת את הנגר המגיע מהשטח שבין כביש הכניסה לקיבוץ וגבול הקיבוץ ומהחלק המערבי של הקיבוץ בגבול המערבי של הקיבוץ. כיוון הזרימה ממערב למזרח ומדרום לצפון, לכיוון נחל גרופית בפינה הדרום-מערבית של הקיבוץ.

בנוסף, תעלה מזרחית מנקזת את הנגר המגיע משטח הקיבוץ אל הגבול המזרחי של הקיבוץ. כיוון הזרימה בתעלה הוא מדרום לצפון, ונקודת המוצא לנגר היא נחל שעלב במורד התכנית.

מידות אפשריות לתעלות מוצגות בטבלה מס' 8 בהמשך. כל המידות מחושבות עבור ספיקת שיא בהסתברות 1%.

טבלה 8 – מידות אפשריות לתעלות הגנה בגבולות התכנית

| נ.ר. / תעלה       | ספיקה המגיעה אל תעלה [מ"ק/שניה] | מקדם חספוס | שיפוע צד [1:M] | רוחב קרקעית [מ'] | שיפוע אורכי [מ"/מ'] | גובה זרימה מקסימאלי [מ'] | מהירות זרימה [מ"/שניה] | רוחב רצועת ניקוז [מ'] | כושר ההולכה של התעלה [מ"ק/שניה] |
|-------------------|---------------------------------|------------|----------------|------------------|---------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| תעלה מזרחית       | 7.0                             | 0.032      | 3              | 3.0              | 0.003               | 1.0                      | 1.3                    | 9.0                   | 7.7                             |
| תעלה מערבית מס' 1 | 21.2                            | 0.032      | 3              | 5.0              | 0.016               | 0.92                     | 3.0                    | 10.5                  | 21.4                            |
| תעלה מערבית מס' 2 | 9.2                             | 0.032      | 3              | 3.0              | 0.008               | 0.9                      | 2.0                    | 8.4                   | 10.1                            |

#### מעבירי מים

בנוסף לנחל גרופית, שתי תעלות חוצות את כביש הגישה לקיבוץ לוטן – מעביר מים 6 ומעביר מים 7 (תרשים מס' 5). בנקודות אלו מומלץ לתכנן מעבירי מים תת-קרקעים, לספיקה בהסתברות 10%. גודל מ.מ. 7 מומלץ להיות צינור בקוטר 1.0 מ' וגודל מ.מ. 7 מומלץ להיות תא ברוחב 2 מ' וגובה 1 מ'. מעביר מים לצורך ניקוז פנימי של שטח התכנית, מ.מ. 5, מומלץ להיות בגודל שלשני צינורות בקוטר 0.75 מ' או תא ברוחב 1.0 מ' וגובה 1.0 מ'.



### 3.4 ניקוז פנימי של השכונה המתוכננת

ניקוז פנימי של שטח קיבוץ לוטן מבוסס על ניקוז עילי גרוויטציוני כך, שנגר מהמגרשים מתנקז לכיוון הכביש או שבילים פנימיים ומכבישים ושבילים מחוץ לשטח התכנית דרך מגלשים ותעלות. לכבישים היקפיים בנוסף יש תפקיד של מניעת כניסת הנגר, שמקורו מחוץ לשטח התכנית, אל שטח הקיבוץ. במיוחד חשוב, שהכביש המערבי יהיה גבוה טופוגרפית מאשר פני הקרקע מערבה לכביש וזאת בנוסף לתעלת ניקוז (תעלה מערבית מס' 1, ראה תרשים מס' 6).



כיוון הזרימה הכללי של מי נגר בשטח הקיבוץ הוא ממערב למזרח וממרכז הקיבוץ צפונה ודרומה. החלק הצפוני של הקיבוץ מתנקז אל הפינה הצפון-מזרחית ומשם אל תעלה מזרחית, שעוברת בין סוללת נחל קטורה וגבול הקיבוץ.

הנגר מהחלק המערבי המתוכנן של הקיבוץ מתנקז דרומה, דרך הכבישים אל תעלה מערבית מס' 2 (לחישוב ספיקות ומימדי התעלות ראה טבלה 8).

הנגר מהחלק המרכזי הקיים של הקיבוץ מתנקז אל מעביר מים 8 במרכז הקיבוץ ומשם אל תעלה 8, תעלה פנימית (ראה תרשים 5, 6). תעלה זו מגיעה ומייצרת שטח השהיית נגר בגבול של אזור המשק הקיבוצי, שהוא אינו חלק מהתכנון החדש.



הספיקה בנקודה זו בהסתברות 1% מחושבת לכ- 2.2 מ"ק/שניה. ספיקה זו אינה גבוהה, וניתן לנקז את המים דרך תעלה (עפר או בטון) מינימלית לכיוון דרום עד ליציאה משטח התכנית או לכיוון נחל שעלב או לכיוון נחל קטורה. עבור תעלת עפר נדרשת רצועת ניקוז ברוחב של 6.0 מ'.





## 4. סיכום והמלצות

### 4.1 סיכום

1. נספח הניקוז הוכן עבור תכנית מספר 608-0405506 להסדרה והרחבה של קיבוץ לוטן. שכונת ההרחבה מתוכננת בצד המערבי של הקיבוץ. שטח התכנית – כ- 377 דונם.
2. מיקום התכנית הוא לאורך כביש 90, מזרחית לכביש, כ- 60 ק"מ צפונית לאילת, בין נחלים גרופית (בדרום) וקטורה בצפון.
3. נספח ניקוז זה איננו מטפל בנגר הנוצר בתוך שטח הישוב הקיים, אלא מתייחס לשטח ההרחבה והניקוז ההיקפי של הקיבוץ.
4. הסתברות תכן לתכנון מערכת הניקוז הינה 1%, בהתאם להנחיות תמ"א 34 ב/3 להגנה על שטחים מבונים. מעבירי מים בכביש הגישה לקיבוץ מומלץ שיתוכננו להסתברות 10%.
5. נחל קטורה, עורק ניקוז משני לפי תמ"א 34 ב' 3, מסומן במרחק רב לכיוון צפון מגבול התכנית. לעומת זאת, בפועל אפיק נחל קטורה עובר במרחק של כ- 50 מ' מהגבול הצפון-מזרחי של התכנית ומופרד משטח התכנית על ידי סוללת הגנה. רוחב רצועת ההשפעה של עורק משני, לפי תמ"א 34 ב' 3 הוא 50 מ' מגדת הנחל והמרחק בין סוללת ההגנה ועד גבול הקיבוץ הוא 50 מ', לכן שטח הקיבוץ אינו נמצא בתחום רצועת ההשפעה של נחל קטורה. סוללת ההגנה שמפרידה בין נחל קטורה ושטח הקיבוץ מגינה על שטח הקיבוץ נגד כניסות הנגר בהסתברות גבוהה מ-5%. ספיקות יותר גבוהות מאלה נראה כי חודרות אל שטח הקיבוץ.
6. נחל שעלב, עורק ניקוז ראשי לפי תמ"א 34 ב' 3, גובל לשטח התכנית ממזרח. לפי הסימון בתמ"א 34 ב' 3, תוואי הנחל חוצה את שטח הקיבוץ, כאשר לפי הסימון של רשות הניקוז תוואי הנחל נמצא במרחק של מי 250 מ' עד 100 מ' מגבול התכנית. אפיק נחל שעלב מופרד משטח התכנית על ידי אפיק נחל קטורה, והמפגש בין נחל קטורה ונחל שעלב נמצא במרחק של כ- 600 מ' מגבול התכנית. כך, לא נראה כי שטח התכנית ממוקמת בתוך רצועת ההשפעה של נחל שעלב (100 מ' לכל צד מגדת הנחל לפי תמ"א 34 ב' 3).
7. נחל גרופית, עורק ניקוז משני לפי תמ"א 34 ב' 3, מסומן בתמ"א כחוצה את שטח קיבוץ לוטן. לפי התוואי בפועל, שמסומן על ידי רשות ניקוז ערבה, תוואי נחל גרופית עובר במרחק רב מגבול התכנית, חוץ מחציית כביש הגישה לקיבוץ לוטן. רוחב רצועת ההשפעה של עורק משני לפי תמ"א 34 ב' 3 מהווה 50 מ' לכל צד מגדת הנחל, כך ששטח התכנית נמצא מחוץ לרצועת ההשפעה של נחל גרופית.
8. סוללה מערבית מגינה על שטח הקיבוץ מכניסות של מי נגר ממערב. סוללה זו מונעת כניסות של נגר בהסתברות 1%. סוללה זו נמצאת בשטח ההרחבה של הקיבוץ, כך שיהיה צורך בהעתקת סוללה זו.





## 4.2 המלצות

1. להעתיק את הסוללה המערבית מחוץ לשטח המיועד למגורים לפי תכנית הרחבת הקיבוץ. גובה הסוללה מומלץ שיהיה בכ-0.5 מ' גבוה מרום פני המים בהסתברות 1%.
2. לתכנן את הכביש ההיקפי (מכיוון מערב וצפון) של הקיבוץ עד כמה שניתן במילוי – על הסוללה בגובה של כ-0.5 מ', על מנת למנוע כניסות מי נגר שמקורם מחוץ לשטח התכנית אל תחום הקיבוץ.
3. לתכנן תעלת הגנה מערבית יחד עם הכביש ההיקפי על מנת לנקז דרומה את מי הנגר מכיוון מערב.
4. לתכנן שני מעבירי מים בכביש הכניסה לקיבוץ בהסתברות 10% על מנת לאפשר ניקוז של מי הנגר ממערב למזרח, לכיוון נחל גרופית.
5. לשקם את סוללת ההגנה של נחל קטורה כך, שתימנע כניסות של מי נגר בהסתברות 1%. רום של הסוללה מומלץ להיות כרום פני המים בהסתברות 1% בתוספת בלט של 0.5 מ'.
6. יש לבצע בדיקה של יציבות ושיקום הסוללות הקיימות ע"י יועץ קרקע, כדי למנוע פריצות נגר עתידיות, כולל – במידת הצורך תכנון של אמצעי הגנה ו/או חיזוק של הסוללה.
7. בתכנון כבישים מומלץ שיתאפשר ניקוז עילי גרוויטציוני של שטח הקיבוץ. בכל יציאה של מי נגר משטח התכנית יותקנו מגלשים מסודרים על מנת למנוע תופעות סחיפה וארוזיות הקרקע.
8. תכנון הכביש ההיקפי צריך להיות כזה, שלא ייצור אזור ללא ניקוז בחלק המרכזי של הקיבוץ. לצורך כך תוכננו מעבירי מים/מגלשים באזור מגרש 1008, ותעלת ניקוז בתא שטח 9 ו-1.
9. לא יהיה מעבר נגר ממגרש פרטי למגרש פרטי שכן, אלא אך ורק לכבישים או שטחים פתוחים/ציבוריים.
10. בשטחים פתוחים ציבוריים, מבנים ומוסדות ציבור יש לאפשר בתקנון ביצוע עבודות הנדסיות שמטרתן הסדרת ניקוז, כגון: תעלות, סוללות השהייה/הגנה, טרסות, שטחי השהייה, מעברי מים בסוגים שונים וכו'.
11. תכנון ופיתוח של מגרשים ציבוריים, חניונים ודרכים יעשה תוך נקיטת מירב האמצעים לשימור נגר ולשימוש במי נגר עילי להשקייתם.





### 4.3 תנאי להיתרי בניה

1. העתקה וביצוע בפועל של הסוללה המערבית היא תנאי לקבלת היתרי בניה לכל המגרשים בשכונת המגורים המתוכננת בקיבוץ לוטן.
2. ביצוע בפועל של הכביש ההיקפי ותעלת הניקוז החיצונית (תעלה מערבית מס' 1) הינו תנאי לקבלת היתרי בניה לכל המגרשים בשכונת המגורים המתוכננת.
3. הסדרת מעביר פנימי (מ.מ.8) בכביש היקפי של התכנית ותעלות כביש בשני צידי הדרך היא תנאי לקבל היתר בניה לכביש היקפי כולל חנייה בתא שטח 1008.
4. הסדרת מוצאי ניקוז בתאי שטח 2011 ו-2000 היא תנאי לקבלת היתרי בניה למגרשים מס' 240, 243, 244, 245, 277.



### 5. מקורות

נתוני הרקע ששימשו לתכנון כוללים:

- מפה טופוגרפית בקנ"מ 1:50,000 (הוצאת המרכז למיפוי ישראל).
- מדידה בקנ"מ 1:1250 שנערכה בתאריך 01.02.2017 (אלון בן-נתן – מודד מוסמך 839).
- עמיר גבעתי, 2012. תיחום האזור בערבה הדרומית אשר נפגע משיטפונות בתאריך 18.11.2012. שירות ההידרולוגי, רשות המים.
- תחנה לחקר הסחף, 2012. דו"ח ראשוני אירוע גשם, שטפונות והצפות באזור אילת בתאריך 18.11.2012.
- עמיר גבעתי, אייל זיגל, אריק צוריאלי, אודי גלילי, לאו וולין, צחי שוורץ, יעקב ליבשיץ, 2014. שיטפונות בנחלי הדרום ב-07-08/05/2014: מים עיליים ותגובת מי התהום באקוויפר הערבה. רשות המים, השרות ההידרולוגי. דו"ח הידרו 2014/09.
- עמיר גבעתי, בנימין עצמון, 2015. מודל אזורי להערכת ספיקות שיא בהסתברות 1%. רשות המים, השרות ההידרולוגי. דו"ח הידרו 2015/03.





**נספח א' נתוני חתכי רוחב נחל קטורה וקביעת רום הסוללה**

| מס' חתך | זמן חזרה<br>שנים | ספיקת שיא<br>מ"ק/שניה | רום פני המים<br>מ' | מהירות המים<br>מ'/שניה | רום מוצע של סוללה<br>מ' |
|---------|------------------|-----------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|
| 2260    | 100 yr           | 250                   | 120.3              | 2.7                    | 120.8                   |
| 2260    | 20 yr            | 63                    | 119.5              | 1.4                    |                         |
| 2240    | 100 yr           | 250                   | 120.3              | 2.3                    | 120.8                   |
| 2240    | 20 yr            | 63                    | 119.4              | 1.4                    |                         |
| 2220    | 100 yr           | 250                   | 120.2              | 2.3                    | 120.7                   |
| 2220    | 20 yr            | 63                    | 119.3              | 1.4                    |                         |
| 2200    | 100 yr           | 250                   | 120.2              | 2.1                    | 120.7                   |
| 2200    | 20 yr            | 63                    | 119.2              | 1.5                    |                         |
| 2180    | 100 yr           | 250                   | 120.2              | 1.8                    | 120.7                   |
| 2180    | 20 yr            | 63                    | 119.2              | 1.4                    |                         |
| 2160    | 100 yr           | 250                   | 120.1              | 1.9                    | 120.6                   |
| 2160    | 20 yr            | 63                    | 119.1              | 1.4                    |                         |
| 2140    | 100 yr           | 250                   | 120.1              | 1.5                    | 120.6                   |
| 2140    | 20 yr            | 63                    | 119.1              | 1.2                    |                         |
| 2120    | 100 yr           | 250                   | 120.1              | 1.4                    | 120.6                   |
| 2120    | 20 yr            | 63                    | 119.0              | 1.0                    |                         |
| 2100    | 100 yr           | 250                   | 119.6              | 3.3                    | 120.1                   |
| 2100    | 20 yr            | 63                    | 118.9              | 1.7                    |                         |
| 2080    | 100 yr           | 250                   | 119.6              | 2.6                    | 120.1                   |
| 2080    | 20 yr            | 63                    | 118.8              | 1.3                    |                         |
| 2060    | 100 yr           | 250                   | 119.7              | 1.3                    | 120.2                   |
| 2060    | 20 yr            | 63                    | 118.9              | 0.8                    |                         |
| 2040    | 100 yr           | 250                   | 119.6              | 1.5                    | 120.1                   |
| 2040    | 20 yr            | 63                    | 118.7              | 1.7                    |                         |
| 2020    | 100 yr           | 250                   | 119.6              | 1.3                    | 120.1                   |
| 2020    | 20 yr            | 63                    | 118.7              | 0.9                    |                         |
| 2000    | 100 yr           | 250                   | 119.6              | 1.2                    | 120.1                   |
| 2000    | 20 yr            | 63                    | 118.7              | 0.9                    |                         |
| 1980    | 100 yr           | 250                   | 119.6              | 1.3                    | 120.1                   |
| 1980    | 20 yr            | 63                    | 118.6              | 0.9                    |                         |
| 1960    | 100 yr           | 250                   | 119.6              | 1.2                    | 120.1                   |
| 1960    | 20 yr            | 63                    | 118.6              | 1.0                    |                         |
| 1940    | 100 yr           | 250                   | 119.5              | 1.6                    | 120.0                   |
| 1940    | 20 yr            | 63                    | 118.4              | 1.5                    |                         |





|       |     |       |     |        |      |
|-------|-----|-------|-----|--------|------|
| 120.0 | 1.3 | 119.5 | 250 | 100 yr | 1920 |
|       | 1.0 | 118.4 | 63  | 20 yr  | 1920 |
|       |     |       |     |        |      |
| 119.9 | 1.6 | 119.4 | 250 | 100 yr | 1900 |
|       | 1.1 | 118.4 | 63  | 20 yr  | 1900 |
|       |     |       |     |        |      |
| 119.8 | 2.0 | 119.3 | 250 | 100 yr | 1880 |
|       | 1.3 | 118.3 | 63  | 20 yr  | 1880 |
|       |     |       |     |        |      |
| 119.6 | 2.5 | 119.1 | 250 | 100 yr | 1860 |
|       | 1.4 | 118.2 | 63  | 20 yr  | 1860 |
|       |     |       |     |        |      |
| 119.4 | 3.1 | 118.9 | 250 | 100 yr | 1840 |
|       | 1.8 | 118.1 | 63  | 20 yr  | 1840 |
|       |     |       |     |        |      |
| 119.5 | 1.9 | 119.0 | 250 | 100 yr | 1820 |
|       | 1.7 | 118.0 | 63  | 20 yr  | 1820 |
|       |     |       |     |        |      |
| 119.5 | 1.3 | 119.0 | 250 | 100 yr | 1800 |
|       | 0.9 | 118.0 | 63  | 20 yr  | 1800 |
|       |     |       |     |        |      |
| 119.5 | 1.1 | 119.0 | 250 | 100 yr | 1780 |
|       | 0.7 | 118.0 | 63  | 20 yr  | 1780 |
|       |     |       |     |        |      |
| 119.5 | 1.2 | 119.0 | 250 | 100 yr | 1760 |
|       | 0.9 | 117.9 | 63  | 20 yr  | 1760 |
|       |     |       |     |        |      |
| 119.5 | 1.1 | 119.0 | 250 | 100 yr | 1740 |
|       | 0.9 | 117.9 | 63  | 20 yr  | 1740 |
|       |     |       |     |        |      |
| 119.5 | 1.1 | 119.0 | 250 | 100 yr | 1720 |
|       | 1.1 | 117.8 | 63  | 20 yr  | 1720 |
|       |     |       |     |        |      |
| 119.5 | 1.0 | 119.0 | 250 | 100 yr | 1700 |
|       | 1.1 | 117.8 | 63  | 20 yr  | 1700 |
|       |     |       |     |        |      |
| 119.5 | 0.9 | 119.0 | 250 | 100 yr | 1680 |
|       | 0.7 | 117.8 | 63  | 20 yr  | 1680 |
|       |     |       |     |        |      |
| 119.5 | 0.9 | 119.0 | 250 | 100 yr | 1660 |
|       | 0.6 | 117.7 | 63  | 20 yr  | 1660 |
|       |     |       |     |        |      |
| 119.4 | 1.2 | 118.9 | 250 | 100 yr | 1640 |
|       | 1.0 | 117.7 | 63  | 20 yr  | 1640 |
|       |     |       |     |        |      |
| 119.4 | 1.3 | 118.9 | 250 | 100 yr | 1620 |
|       | 0.8 | 117.7 | 63  | 20 yr  | 1620 |
|       |     |       |     |        |      |
| 119.4 | 0.9 | 118.9 | 250 | 100 yr | 1600 |
|       | 0.5 | 117.7 | 63  | 20 yr  | 1600 |
|       |     |       |     |        |      |
| 119.4 | 1.0 | 118.9 | 250 | 100 yr | 1580 |
|       | 0.6 | 117.7 | 63  | 20 yr  | 1580 |



|       |     |       |     |        |      |
|-------|-----|-------|-----|--------|------|
| 119.4 | 1.0 | 118.9 | 250 | 100 yr | 1560 |
|       | 0.6 | 117.7 | 63  | 20 yr  | 1560 |
| 119.4 | 1.1 | 118.9 | 250 | 100 yr | 1540 |
|       | 0.7 | 117.7 | 63  | 20 yr  | 1540 |
| 119.3 | 1.1 | 118.8 | 250 | 100 yr | 1520 |
|       | 0.7 | 117.7 | 63  | 20 yr  | 1520 |
| 119.3 | 1.0 | 118.8 | 250 | 100 yr | 1500 |
|       | 0.7 | 117.6 | 63  | 20 yr  | 1500 |
| 119.3 | 1.1 | 118.8 | 250 | 100 yr | 1480 |
|       | 0.7 | 117.6 | 63  | 20 yr  | 1480 |
| 119.3 | 1.0 | 118.8 | 250 | 100 yr | 1460 |
|       | 0.8 | 117.6 | 63  | 20 yr  | 1460 |
| 119.3 | 1.0 | 118.8 | 250 | 100 yr | 1440 |
|       | 0.6 | 117.6 | 63  | 20 yr  | 1440 |
| 119.3 | 0.9 | 118.8 | 250 | 100 yr | 1420 |
|       | 0.6 | 117.6 | 63  | 20 yr  | 1420 |
| 119.3 | 0.9 | 118.8 | 250 | 100 yr | 1400 |
|       | 0.6 | 117.6 | 63  | 20 yr  | 1400 |
| 119.3 | 0.8 | 118.8 | 250 | 100 yr | 1380 |
|       | 0.5 | 117.6 | 63  | 20 yr  | 1380 |
| 119.3 | 0.9 | 118.8 | 250 | 100 yr | 1360 |
|       | 0.6 | 117.6 | 63  | 20 yr  | 1360 |
| 119.3 | 0.9 | 118.8 | 250 | 100 yr | 1340 |
|       | 0.6 | 117.6 | 63  | 20 yr  | 1340 |
| 119.3 | 1.1 | 118.8 | 250 | 100 yr | 1320 |
|       | 0.8 | 117.5 | 63  | 20 yr  | 1320 |
| 119.2 | 1.2 | 118.7 | 250 | 100 yr | 1300 |
|       | 0.9 | 117.5 | 63  | 20 yr  | 1300 |
| 119.2 | 1.2 | 118.7 | 250 | 100 yr | 1280 |
|       | 0.9 | 117.5 | 63  | 20 yr  | 1280 |
| 119.1 | 1.8 | 118.6 | 250 | 100 yr | 1260 |
|       | 1.0 | 117.4 | 63  | 20 yr  | 1260 |
| 118.8 | 2.7 | 118.3 | 250 | 100 yr | 1240 |
|       | 1.4 | 117.4 | 63  | 20 yr  | 1240 |
| 118.5 | 3.4 | 118.0 | 250 | 100 yr | 1220 |
|       | 2.9 | 116.9 | 63  | 20 yr  | 1220 |