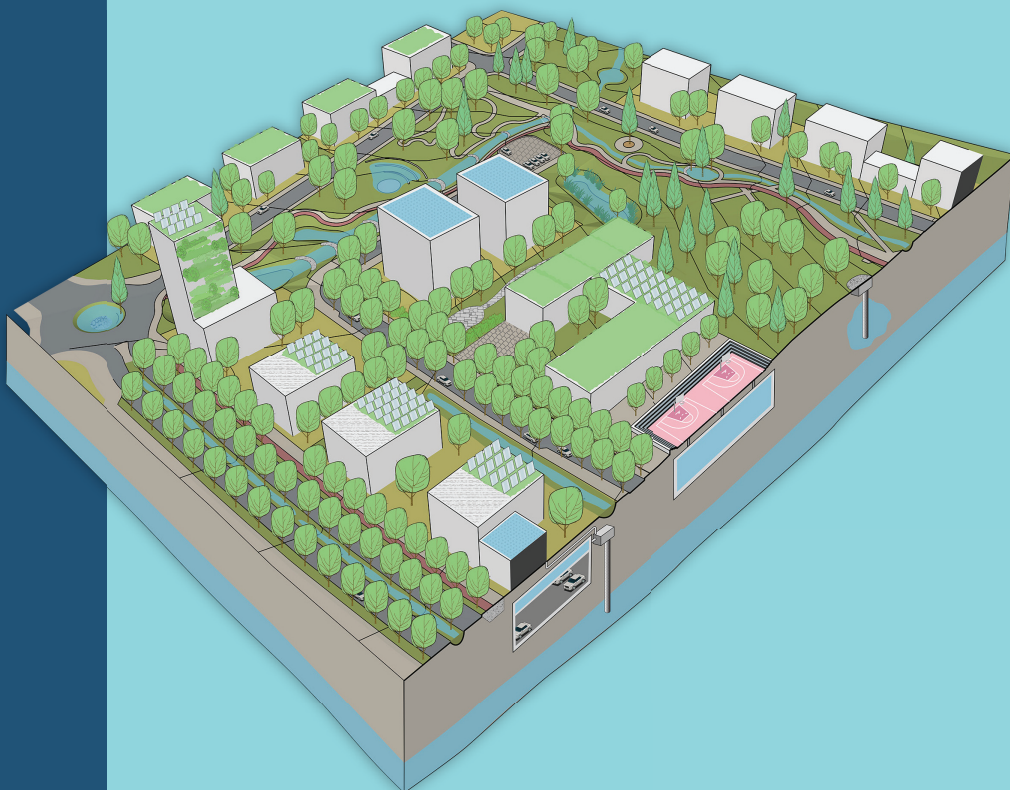


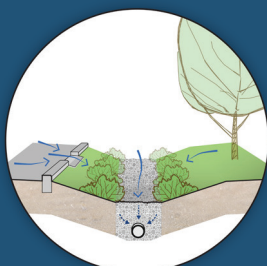
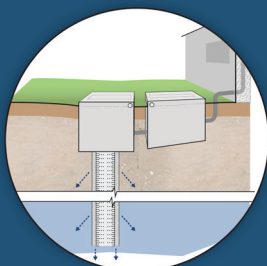
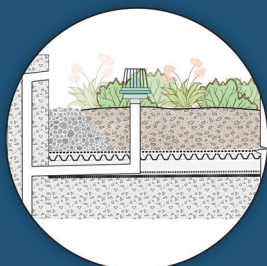
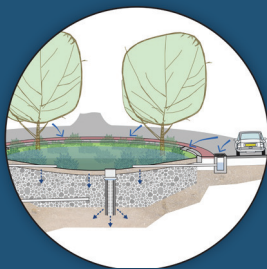


מסמך מדיניות ניהול נגר עירוני

גרסא 2.0

אפריל 2024 | ניסן, תשפ"ד

(לאחר אישור תיקון 8)



צוות העבודה:

רחלי קולסקי - מנהלת אגף מים, קרקע ומסדות ציבור לאומיים, מינהל התכנון
פיאנה קרנץ - אגף מים, קרקע ומסדות ציבור לאומיים, מינהל התכנון
עידית בן בסט - מתכנתת ערים, יועצת למנהל התכנון
ירון גלר - הידרולוג, 'ירון גלר, הנדסה וניהול משאבי מים בע"מ'
גלעד ספיר - הידרולוג, חברת DHV MED
טלי וקסלר - אדריכלית נוף, 'נחלת הכלל'*
מיכל גרוסמן - כלכלנית, חברת AVIV AMCG
עו"ד ליטל הילמן - יועצת משפטית, מינהל התכנון
ד"ר בן בלק - עמית ממשק, מנהל התכנון

השתתפו וסייעו:

משרד החקלאות ופיתוח הכפר, מטה מינהל התכנון, לשכת תכנון תל אביב, רשות המים, אגמא - המרכז
לאגני היקוות ונחלים, משרד הבינוי והשיכון, השירות המטאורולוגי, עיריית תל אביב, עיריית בת ים, עיריית
חולון, האוניברסיטה העברית, קרן קיימת לישראל, החברה להגנת הטבע.

* התרשמים וחזגמאות בפרקים 714 גערכו ע"י צוות המשרד, אדרי נוף טלי דניור, אדרי נוף אור אריאב וארז וינק

תוכן עניינים

8	תקציר מנהלים.....
12	EXECUTIVE SUMMARY.....
17	1. מבוא.....
18	1.1 הקדמה.....
20	1.2 שינוי אקלים בישראל.....
21	1.3 למי מיועד המסמך.....
21	1.4 צוות עבודה, תהליך ומשתתפים.....
23	2. מדיניות ניהול גגר ומטרות המסמך.....
24	2.1 רקע.....
26	2.2 מדיניות ניהול גגר מוצעת.....
27	2.3 מטרות מסמך המדיניות.....
29	3. ניהול גגר בישראל - תיאור מצב קיים.....
30	3.1 רקע כללי.....
30	3.2 גשם וגגר בישראל.....
31	3.3 שחקנים ראשיים בניהול גגר בישראל.....
31	3.3.1 רשות המים.....
31	3.3.2 משרד החקלאות ופיתוח הכפר.....
31	3.3.3 רשויות הניקוז ורשויות נחל.....
32	3.3.4 רשויות מקומיות.....
32	3.3.5 תאגיד מים וביוב.....
32	3.3.6 גופים לא ממשלתיים.....
33	3.4 חקיקה ומדיניות לניהול משאב המים והניקוז בישראל.....
33	3.4.1 חקיקה ראשית ומשנית.....
35	3.4.2 מדיניות, עבודות וכלי מדידה בתחום ניהול הגגר.....
39	3.5 ניהול גגר בתכנון בישראל.....
39	3.5.1 תכניות מתאר ארציות.....
41	3.5.2 תכניות מתאר מחוזיות.....

43	4. מדיניות תכנון מוצעת לניהול גגר בישראל.....
44	4.1 כללי.....
44	4.2 מסגרת כוללת לקידום המדיניות.....
44	4.2.1 מסגרת תכנונית - סטטוטוריקה.....
45	4.2.2 מסמך מדיניות.....
39	4.2.3 הפצה והטמעה.....
47	4.3 ניהול גגר מאגן הניקוז ועד למגרש הבודד.....
47	4.3.1 מסגרת כוללת.....
47	4.3.2 ניהול גגר בהליכי התכנון.....
48	4.3.3 היררכיית תכניות ותפישת כוללת לניהול גגר.....
58	4.3.4 מערכות היחסים בין התכניות השונות.....
59	4.4 הצעות לסעיפי הוראות ניהול גגר לשילוב בתכנית.....
59	4.4.1 פרק 6, סעיף 6.1, 'הוראות תכנוניות'.....
63	4.4.2 פרק 6, סעיף 6.1, סעיף 6.2, 'תנאים בהליך הרישוי והביצוע'.....
65	4.4.3 פרק 6, סעיף 6.4, 'הוראות אחרות'.....
65	4.4.4 פרק 4, 'הוראות ליעודי קרקע ולמגרשים ספציפיים'.....
66	4.4.5 תכניות כלל עירוניות להתחדשות עירונית.....
69	4.5 השינוי המוצע והשפעתו על הליך התכנון.....
73	4.6 שילוב היבטי ניהול גגר בהליכי התכנון.....
75	4.7 מתווה לקבלת החלטות לבחירת תמהיל אמצעי ניהול גגר בתכנית.....
79	4.8 תחזוקת אמצעי ניהול גגר.....
84	4.9 מדיניות תכנון מוצאים חדשים.....
87	5. בחינה כלכלית.....
88	5.1 תקציר.....
90	5.2 מבנה הפרק.....
90	5.3 אומדן נזקי שטפונות בישראל.....
90	5.3.1 אומדן נזקי שטפונות על בסיס נזקים מבוססים.....
93	5.3.2 תיקוני עלויות עקיפות - דוגמת מנהריה.....
94	5.3.3 הערכת המגמה בתחום נזקי שטפונות.....
96	5.3.4 הקושי לאמוד תוחלת נזק במיקום ספציפי.....
97	5.3.5 תגובת שוק הביטוח.....

164	7.1.1.3. הולכת גבר בחובות
167	7.1.2. תעלת חלחול
169	7.1.3. אפיקי נחלים וערוצי זרימה
175	7.1.4. מתקן שיקור אנרגיה
176	7.2. השתייה ואגום (Detention - Retention)
176	7.2.1. מדרכות צפות
180	7.2.2. כיכרות מים
182	7.2.3. בריכת חורף (Vernal Pond)
185	7.2.4. גג כחול
190	7.2.5. קיר ירוק (Green Wall)
191	7.2.6. מאגר ויסות והשתייה
194	7.2.7. השתייה במעלה
198	7.2.8. מאגר צד
201	7.2.9. פשט הצפה
204	7.3. תלחול לתוור הבלתי רווי
204	7.3.1. תעלות וערוגות עצים
205	7.3.2. מעגלי תנועה
208	7.3.3. ריצוף מנקד
211	7.3.4. גן גשם (Rain Garden)
213	7.3.5. בריכת בקלאש
214	7.3.6. קידוח החדרה לתוור הבלתי רווי
216	7.4. החדרה לתוור הרווי
217	7.4.1. קידוחי החדרה
219	7.5. טיוב איכות הנגר (Treatment)
219	7.5.1. שוחת שיקוע
221	7.5.2. שוחת סינון ושוחת שיקוע
224	7.6. השואות עלויות אמצעי ניהול הנגר
233	8. אמצעים משלימים לקידום ניהול גבר בישראל
237	9. מילון מונחים
243	10. נספחים
244	10.1. בסיס נתוני עוצמות גשם לתכנון בישראל
261	11. ביבליוגרפיה

99	5.4. השואות עלויות אמצעי ניהול גבר לניקוז - סקירת ספרות
104	5.5. עלות פתרונות מוצעים בתחום ניהול הנגר
109	5.6. תועלות נוספות
112	5.7. היבטי מימן
113	5.8. סיכום ומסקנות
117	6. כלים ובסיסי נתונים הידרולוגיים לתכנון
118	6.1. ריכוז הנחיות לחישובים הידרולוגיים
118	6.2. עוצמות גשם לתכנון
118	6.2.1. מקדם הפחתה מרחבית
119	6.2.2. אירוע גשם
121	6.3. זמן ריכוז
123	6.3.1. זרימה משטחית
124	6.3.2. זרימה דוהדה עד קולטן
125	6.3.3. זרימה עורקית
126	6.3.4. זמן ריכוז מערי
126	6.3.5. זמן ריכוז באגמים בהם עיקר תרומת הנגר נוצרת רק בחלק מהחשט
127	6.3.6. זמן פיגור
127	6.3.7. שיטות לא מומלצות לחישוב זמן ריכוז
128	6.4. חישוב ספיקת השיא של הנגר
129	6.4.1. השיטה הרציונאלית הערכית
131	6.4.2. הידרוגרף יחידה
132	6.4.3. הידרוגרף יחידה סינטטי בשיטה אמפירית
136	6.4.4. מודל גשם-נגר רצוף
141	6.5. חישוב נפח הנגר
142	6.6. תכנון נפחי של ניהול הנגר בשיטת "מעטפת הנפחים"
152	6.7. בקבוביות נפח אגום פיזי
153	6.8. פשטי ורומי הצפה
155	7. סל אמצעי ניהול גבר
159	7.1. הולכת גבר (Flow Control)
159	7.1.1. עיצוב טופוגרפיה ושפועים
162	7.1.1.1. לימנים
163	7.1.1.2. סרסות (קירות גבר)

המסמך נפתח בשני פרקי מבוא, **שאחריהם, בפרק 3 ישנה סקירה וניתוח של המצב הקיים בישראל בתחום הניקוז וניהול גג**, תוך הצגת השתקפים הראשיים, הרגולציה והתכנון הארצי והמחוזי. הסקירה מבהירה את החפיפות והפערים בתחום. לדוגמה, הפרדה מרחבית באחריות לניקוז ומניעת הצפות, כך שהרשויות המקומיות הן האחראיות בתחום השיפוט שלהן, ורשויות הניקוז, אחראיות בתחום השטחים שמעבר לשטחי הרשויות. בנוסף, ישנה הפרדה באחריות על היבטים שונים הנוגעים לניקוז וניהול הגג, לדוגמה, כבוד שרשויות הניקוז אחריות על ניקוז המרחב שמחוץ לשטחי הערים, המשרד להגנת הסביבה אחראי על ההיבטים הסביבתיים של הנחלים ועל איכות המים, שעל האחרון אחראיות גם משרד הבריאות ורשות המים. מהסקירה עולה הצורך בגיבוש מדיניות כוללת ועדכנית בנושא הניקוז וניהול הגג.

בפרק 4 מוצגת בהרחבה תפיסת המדיניות הכוללת, תוך פירוט אופן יישומה בתכניות השונות ובתכנון ייעודי לניקוז וניהול גג (תכנית אב אגנית ותכנית אב מקומית), וכן מוצעים כלים להטמעת השינויים בפרק מפורטים סוגי תכניות לניהול גג, מטרותיהן ותכולתן, ונקודות הממשק אחת עם השנייה, כמכלול קוהרנטי, מרחב האגן, דרך תכניות לניהול גג, מטרותיהן ותכולתן, ונקודות הממשק אחת עם השנייה, כמכלול התייחסות ליישום המדיניות בתכניות מפורטות ובתכניות מתאר/ כלכליות, תוך הדגשת החשיבות לשילוב היבטי ניהול מי הגג כבר בראשית הליר התכנון, על מנת להניח תשתית טובה לניהול מי הגג וכן, מוצעות הוראות להטמעה בתקנון התכנית. בנוסף, ישנם הסברים והרחבה על השינוי הסטטוטורי, והצעות לאופן הטמעת המדיניות בהליכי התכנון ובמסמכי התכנית. וכן, על מנת לסייע לצוותי תכנון ולמוסדות תכנון, מוצעת גם התייחסות לאופן קבלת החלטות בבחירת תמהיל אמצעי ניהול גג בתכניות.

בהמשך, **בפרק 5, סוקר היבטים כלליים בניהול גג ממספר זוויות**, תחילה מציג אומדן לנזקי שיטפונות שנתיים ממוצעים בישראל על בסיס אקסטרפולציה מנתוני חברות הביטוח. התוצאות מראות כי מבחינת היקף הנזקים מאירועי הצפות, ניתן לומר כי הנזקים מאירוע קיצוני (1 ל-100 שנה) שהתרחש לפני שלושה עשורים, דומים לנזקים הממוצעים באירועים בשנים האחרונות.

כן מוצגת סקירת עבודות ומחקרים מישראל ומחוצות המשוות פתרונות ניהול גג משולב ניקוז, לניקוז ותיעול סטנדרטי, ומציג פוטנציאל לחסכון, הן בהשקעה והן בתפעול באמצעות שילוב של אמצעי ניהול גג יחד עם תיעול מותאם.

עוד במסגרת הפרק בוצע ניתוח של חמש תכניות להתחדשות עירונית בהם הוטמעה מדיניות ניהול הגג החדשה במסגרת התכנון, זאת במטרה לאמוד את היעילות הכלכלית של אמצעי ניהול הגג, כמו גם את השפעתם על מחירי דירות. הניתוח מצא כי ההשפעה הצפויה על עלות הבנייה נמוכה מ-0.5%, והממוצע עומד על 0.3% תוספת לעלות הקמת בניין יחידת דיור. סוגי הפתרונות שיושמו השפיעו על העלות, כאשר במתחמים בהם ניתן היה להתבסס על אמצעים "טבעיים" יותר ופחות הנדסיים (כגון: הגמכת קרקע), התוספת לעלויות ההקמה הייתה קטנה יותר. גם בנייתם של העלות ביחס לגפס מים ("ש לקוב מים פיזי במתקן") נמצא כי האמצעים המבוססים על שטחים פתוחים/ גיזון מונמר, הם היעילים ביותר. במטרה

תקציר מנהלים:

בשנים האחרונות, ערים, יישובים ואף שטחים פתוחים בישראל סובלים בתדירות הולכת וגדלה מהצפות המלוות בגזקים הולכים ומחמירים. מגבלות ניקוז מרחביות מצטברות לחסמי פיתוח משמעותיים באזורי ביקוש ובפרט בהליכי התחדשות במרקמים ותיקים. בעבר, תשתיות תיעול שהותאמו לתכנית, היו המענה הכמעט בלעדי לטיפול בגג, אולם הן אינן יכולות עוד לשאת בגטל לבדן. ההתייחסות המוגבלת בהליכי התכנון לתפקיד הקרקע הטבעי לחלחול וניקוז, בשילוב הצופף, תוספת הבינוי וצמצום השטחים הפתוחים בערים, גבה וגובה מחירים רבים. המחירים מתבטאים בפגיעה באיכות המרחב העירוני הסובל מהישנות הצפות וצמצום שטחים פתוחים איכותיים, כמו גם לפגיעה באקוויפרים¹, זיהום ים ונחלים ונזקי הצפות וסחף במורד.

שינוי האקלים בישראל, המתבטאים גם בשינוי בדפוסי הגשם, מצביעים על מעבר לאירועי גשם קצרים ואינטנסיביים² בשילוב עם מגמות גידול האוכלוסייה והעיוור, שמשמעותן כיסוי שטחים פתוחים נוספים בבניה וצמצום שטחי החלחול, כמות הגג הנוצרת עתידה לגדול. ההשפעות העתידיות הצפויות הן עליות חדירות ועוצמת אירועי ההצפות והנזקים המנויים. זאת בנוסף, לאי מציוי התועלות הפוטנציאליות מהשימוש בגג לאיכות המרחב המתוכנן, להעצמת הסבב העירוני, להשקיה, להעשרת מי התהום ועוד. בהתאם לכך, הוביל מינהל התכנון רפורמה רחבה בנושא ניהול גג בהליכי תכנון. מעבר למסמך זה, קודמו גם **תיקון מס' 8 לפרק המים בתמ"א 1 ולנספח הנחיות ניהול גג (כ"4)**³ שעיקריהם לקיות אחריות של כל תכנית על הגג שמוסיפה בתחומה, דרך חובה לעמידה ביעד ניהול גג, יעד ספיקה יוצאת מוסחת ויעדי מניעת הצפות, זאת בנוסף לגיבוש בסיס נחונים הידרו-גיאולוגי מקצועי לעריכת התכנית, דרך מסמך ניהול גג.

מסמך זה נערך על מנת לתת מעטפת מקצועית רחבה להטמעת הרפורמה ותיקון מס' 8 לתמ"א 1 בקרב בעלי המקצוע הרלוונטיים בהליכי התכנון, ובכלל זאת, מתכננים, אדריכלים ואדריכלי נוף, הידרולוגים, מהנדסי ניקוז, אקולוגים ועוד. המדיניות המוצגת במסמך קוראת להטמעת היבטי ניהול גג כבר מתחילת הליר התכנון, בין היתר, בהנגשה והתחשבות במידע הידרו-גיאולוגי של השטח, לטובת שילוב מושכל של מערך אמצעי ניהול גג טבעיים והנדסיים. מסמך המדיניות בנוי כך שהוא נותן יריעה כללית על ניהול משק המים ומערך הניקוז בישראל ועל המדיניות המוצעת, בנוסף, לפרקים אופרטיביים לבעלי המקצוע השונים הלוקחים חלק בהליר התכנון.

¹ צמצום תחלול והחדרה טבעיים של גגר למי תהום, מבאים לירידת מפלסי מי התהום, שמשמעותה ירידה באוגר התפעולי ובאיכות מי האקוויפרים. לעיתים עד כדי פגיעה חריפה באקוויפר, ששקומה עלול להימשך שנים רבות.

² (השירות המטאורולוגי, נוב, 2019). לתחזית זו אין מובהקות סטטיסטית, לאור התנהגות החזקה משנה לשנה, שיעור/עוצמת השינוי ואורך הסדרה.

³ התיקון אושר ביום 6.9.2023.

כמותיים של ניהול גגר וספיקה יוצאת מוסחת, ובמצאות ניתן לבצע זאת, דרך תמהיל אמצעי ניהול גגר המשמעות היא שלראשונה, גם השטחים הפרטיים יישאו באחריות לניקוז המרחב.

מסמך המדיניות הינו חלק מעשייה תכנונית רחבה יותר שעניינה, בין היתר, העלאת איכות התכנון במרחב העירוני והיערכות לשוניו אקלים, והוא חלק מרפורמה פורצת דרך בתחום ניהול הגגר בהליכי התכנון. אנו מקווים שהצלחנו לעמוד במשימותינו במסמך זה, והוא אכן יתמוך בהטמעת השינוי בחוראות פרק המים בתמ"א 1 ובמדיניות הכוללת, ויהיה בשימוש מוסדות התכנון וצוותי התכנון בהליכי העבודה השוטפים.

לסייע בהליך בחירת אמצעי ניהול גגר בתכנית, מוצעת בפרק גם טבלה המתייחסת לעלויות הקמה של אמצעי ניהול גגר שונים לפי עלות לקוב מים, וכן לעלויות התחזוקה לאמצעים אלה ולתועלות הצפויות מהם.

לבסוף, הפרק מתייחס להיבטי מימון במרחב הציבורי, תוך הצעת השימוש בהיסל הניקוז והתאמתו לצרכי ומאפייני אמצעי ניהול גגר.

פרק 6 מציג פרק כלים ובסיסי נתונים הידרולוגיים לתכנון. שימשו את צוות התכנון בעריכת מסמך ניהול הגגר לתכניות. הפרק נועד לסייע לאנשי המקצוע למלא באופן מטיבי את הנחיות הנספח והמדיניות החדשה, וכן לייצר סטנדרט מקצועי חדש וגבוה בשימוש בשיטות חישוב ומודלים בהליכי העבודה. הפרק כולל הסברים והפניות לאופן חישוב זמן הריכוז, ספיקת שיא הגגר, נפח הגגר, מעטפת הנפחים, ופשטי הצפה ועוד. בנוסף, הפרק מציג את בסיסי הנתונים החדשים שגובשו במסגרת העבודה, ואת המתודולוגיה ואופן גיבושם, ובמקומות הרלוונטיים, מפנה למקורות ובסיסי נתונים נוספים.

פרק 7 מציג סל אמצעים לניהול גגר. המספק יריעה רחבה ומקיפה על מגוון אמצעי ניהול גגר שניתן להשתמש בהם בקני מידה משתנים, החל מרמת המגרש, דרך המבנה והשכונה ועד השטחים העירוניים הפתוחים. הפרק מתחיל בהתייחסות להליך התכנון, ומציג תפישה ועקרונות לניהול גגר משלבי התכנון הראשוניים, לטובת קידום תכניות הממצות את פוטנציאל ניהול הגגר במרחב התכנית, ומאפשרות הטמעה יעילה של אמצעי ניהול גגר. הפרק מציע מגוון רחב של אמצעי ניהול גגר בחלוקה לאופני הפעולה העיקריים של כל אמצעי (הולכה, השהייה ואגום, החדרה לתוך הרון והבלתי רווי וטיוב איכות הגגר). וכן, לגבי כל אמצעי מפורטים אופן השילוב בתכנית, יתרונותיו, חסרונותיו, דוגמאות, פרטים אופייניים ותמונות להמחשה. מטרת פרק זה היא להציג את מגעד האפשרויות הזמינות כיום, לעודד חיפוש אמצעים נוספים, לסייע לבעלי מקצוע בתרגום המדיניות והתפישה המוצעות במסמך לפרקטיקה, וכן, להוות מקור ידע עבור צוותי התכנון ומוסדות התכנון, בהליכי תכנון ואישור התכניות.

פרק 8 מציג סט אמצעים משלימים לטובת הטמעה מיטבית של השינויים הרגולטוריים והמדיניות החדשה. בכלל זה מוצעים מהלכים להשלמת התכנון האגני והעירוני לניקוז וניהול גגר ואימוץ תכניות אלו ע"י מוסדות התכנון; קידום תמ"א משלימה לניהול סיכוני שיטפונות בשטחים הפתוחים; וקידום תיקון תקנות קיימות בנושאים רלוונטיים.

הטמעת המדיניות תלויה ברתימה ומחויבות של כלל השחקנים הלקחים חלק בהליכי התכנון והבניה. בלטה במיוחד המחויבות הנדרשת מהרשויות המקומיות, האחריות על המרחב העירוני, כיום שאחרי אישור ומימוש התכנית המפורטת. **שכן, התחזוקה השוטפת קריטית לתפקוד אמצעי ניהול הגגר.** אם היום, האחריות לניקוז המרחב היא של הרשויות המקומיות, והיא מתבצעת בעיקר דרך בניית מערכות תיעול או תשתיות ניקוז ציבוריות שונות. שנוי 8 בתמ"א 1 מחייב כל תכנית מפורטת בעמידה ביעדים

EXECUTIVE SUMMARY

During the past few years, cities, towns, and open spaces in Israel have been suffering frequently from increasing damages caused by floods. Regional drainage limitations combine to form significant hurdles in development of high-demand areas, as well as urban renewal areas.

Previously, adjusted infrastructure conduits were essentially the drainage sole solution for management; however, they can no longer provide this solution on their own. The limited attention to soil's natural function of percolation and drainage, during the planning phases, in addition to the ever-growing density, construction and the reduction in open spaces in cities, has taken a significant toll. These circumstances result in a deterioration of the urban landscape, which gets flooded often, along with a limited quality of open areas. In addition, the aquifers are being hurt⁴, seawater and rivers are being polluted, and overflow and sediment damages are taking place in the law areas.

Climate Changes in Israel, manifested in changes of rainfall patterns among other things, point to a move towards short and intensive rain events⁵. In combination with the population growth and urbanization, which means more impervious areas and less percolation due to construction, the amount of runoff is set to grow in the future. The anticipated effects are estimated to include rising frequency and intensity of flooding events, following the damages mentioned above. Furthermore, the potential use of runoff water, for decent planned landscape, urban naturalization, irrigation, and ground water enriching, will be lost.

Due to these reasons, the Planning Administration has led a wide reform regarding runoff management within planning procedures. In conjunction with this document, **Amendment number 8 of the Water section in the National Outline Plan 1 (TAMA 1) and Runoff Management Appendix (B-4)**⁶ are moving forward in which the main objectives are taking responsibility of each plan for the additional runoff added within its scope, by the mandatory of meeting the runoff management goal, the regulated outflow goal and flood prevention goals, this is in addition to the information of a professional hydro-geological database for the compilation of the plan, through a runoff management document.

⁴ Reduction of natural percolation and infiltration runoff to ground water, leads to decrease of ground water level, which means reduction of the storage accumulation and quality of aquifer water, that might cause severe damage of the aquifer, that his rehabilitation can take many years.

⁵ 'Climate Changes in Israel, past and predicted trends in Temperature and Precipitation rules', Israel Meteorological Service, November 19. This forecast has no statistical significance, in light of strong fluctuations from year to year; the rate/intensity of change and the length of the series.

⁶ The Amendment approved ak 6.9.2023 in the national committee, and it was decided to forward it to the government approval.

This document was created in order to provide a wide, professional framework for the implementation of the reform among the workflow of professionals involved in the planning process, included planners, architects and landscape architects, hydrologists, drainage engineers, ecologists and more. The policy provided in this document calls for the implementation of runoff management aspects in the initial phases of the planning process. This will be accomplished by providing and involving local hydro-geological information, thus allowing smart implementation of a range of natural and technical runoff management solutions. This policy document is meant to provide a general overview about the water management status in Israel, and proposed policy, including implementation instructions for professionals during the entire planning phase.

The document begins with two introductory chapters, **followed by chapter three which includes an overview of the status of water management in Israel, regarding drainage and runoff management** and an introduction to the key players in regulation and national and regional planning. The overview describes the overlap and gaps in the field. For example, the region-based separation of responsibility for flood management, which places responsibility on local authorities for regions beyond their defined area. In addition, the overview shows a separation of responsibilities of different aspects regarding drainage and runoff management. For example, while the drainage authorities are responsible for drainage outside urban areas, The Ministry of Environmental Protection is in charge of the environmental aspects of rivers and water quality, in which they share the latter responsibility with The Ministry of Health and the Water Authority. This review shows the need of creating an overall, up-to-date policy regarding drainage management and runoff management.

In chapter four the comprehensive policy is presented, including its implications in different plans and in specific plans for drainage and runoff management (basin and local Master plans), and tools for implementing the new policy are being suggested. The chapter introduces the various plans for runoff management, their purpose, content, and their interconnectedness as one coherent complex from the basin level, through localities, all the way to the neighborhood or even the single lot.

In addition, the fourth chapter discusses policy implementation in comprehensive and master plans, and emphasizes the importance of integrating runoff aspects from the very beginning of the planning process, in order to provide an appropriate infrastructure of water runoff management. There is also a suggested list of optional instructions for Plan Regulations, and expanding on the statutory changes, including suggestions to the method of policy implementation in the planning process and the plan documents. To further assist planning teams and institutions, there is also a suggestion with regards to the decision-making method for choosing runoff management components for the plan.

Chapter five analyzes the economic impact of the new policy from different perspectives. First, estimate annual floods damages value in recent years by using Extrapolation of insured damages. The results show that the cost of damages caused by floods events in an extreme event from 3 decades ago (in recurrence of 1:100 years), is similar to the cost of average annual damages in the past years.

Also presented is a review of papers and studies from Israel and the world that compare runoff management combined with channeling solutions (SuDs – Sustainable Drainage), to standard drainage based on channeling, and shows potential for savings in investment and maintenance costs by using Sustainable Drainage methods.

Also the chapter present an analysis of five urban renewal plans, in which the new runoff management policy was implemented, with the aim of estimating the economic efficiency of the runoff management measures, as well as their effect on a residential unit' prices. The analysis found that the expected effect on the construction cost is less than 0.5%, and the average is 0.3% additional cost to building a residential unit. The types of solutions that were implemented affected the cost, when in sites where it was possible to rely on "natural" and less engineering measures (such as: lowering the ground), they were cheaper to build. In addition, the analysis of the cost in relation to the volume of water ("NIS per cubic meter of water in the facility") it was found that the measures based on open areas/low-level landscaping are the most effective. In order to assist in the process of selecting runoff management measures in the plan, the chapter also offers a table referring to the construction costs of different runoff management measures according to the cost per cubic meter of water, their maintenance scheme and potential benefits.

Lastly, the chapter referred to financing aspects of runoff management schemes in the public space, and it was suggested to use the drainage levy, while adjusting it to the needs and characters of the runoff management measures.

Chapter six reviews hydrological tools and databases for planning, which were used by the planning teams in the preparation of the runoff management document. This chapter aims to assist professionals in optimizing compliance with the Appendix instructions and the new policy, as well as creating a new professional, high standard in using calculation modules in their workflow. The chapter includes explanations and references to relevant methods of calculating like Time of Concentration, Peak Discharge Runoff, Runoff volumes, Floodplain, etc. Furthermore, the chapter introduces new databases created during the working process, their methodology and the way they were created, pointing to additional sources and databases where relevant.

Chapter seven introduces various tools for runoff management, presented in a broad datasheet of available tools for use in different scales - starting from the single lot, through the block and the neighborhood, and ending with urban open spaces.

The chapter starts with concept and principals for runoff management applicable in the beginning of the planning process, in order to promote plans that utilize the potential for runoff management in the plans' scope, allowing an efficient implementation of runoff management tools. The chapter offers a wide variety of runoff management tools divided into the different operation type of each method: Flow Control, Detention and Retention, Percolation and Penetration to the saturated and unsaturated medium, betterment the water quality. For each method, information is provided about its implementation in plans, its advantages and disadvantages, examples, typical details and demonstrations. The purpose of this chapter is to introduce the variety of accessible possibilities at hand, and to encourage the exploration

of new tools. It is also intended to help professionals in translation of policy and concepts into practice, and serve as an index for planning teams and institutions, in both planning and statutory phases.

Chapter eight offers a set of complementary tools for efficient implementation of the regulatory changes and new policy. Among others, this chapter offers steps for completing the phase of basin and localities planning for drainage and runoff management, and for their adoption in the planning institutions; promote the supplemental National outline Plan for flood risk management in open areas; and promote updating current regulations in relevant subjects.

The policy implementation is dependent on the commitment of all actors taking part in the planning and construction fields. Especially notable is the commitment required from the local authorities, which are in charge of the urban landscape, after the approval and implementation of the detailed plan, **since constant maintenance is critical to the function of the runoff management tools.**

Currently, the responsibility for regional drainage infrastructure lies within the local authorities and is executed mainly through the construction of drainage conduits or other public drainage infrastructure. The eighth amendment of TAMA 1 requires every plan to achieve quantitative destinations of runoff and regulated outflow. This can be practically done using a combination of drainage and runoff management solutions. Which means that for the first time, private properties will also be held accountable for their region's drainage.

This policy document is part of a comprehensive planning document. Its wide scope determines goals for the improvement of the planning quality of urban areas and preparations towards climate change, and it is part of a breakthrough reform in the field of runoff management in planning processes. We hope that we were successful in meeting our goals in this document, and that it will indeed support implementing the changes required to TAMA 1 water section, as well as to the overall policy, and will be in use by the planning institutions and teams in their daily workflow.

תודה לדניאל טורלב ל"ל שתרם את הטקסט

פרק 1

מבוא

18	1.1. הקדמה.....
20	1.2. שינויי אקלים בישראל.....
21	1.3. למי מיועד המסמך.....
21	1.4. צוות עבודה, תהליך ומשתתפים.....

1. מבוא

1.1 הקדמה

מטרתה העיקרית של מלאכת התכנון היא לספק לאוכלוסייה סביבה בטוחה וראויה למחיה, לשגשוג ולצמיח העתידי. בהקשר ההידרולוגי, בן עוסקת עבודה זו, בתכנון ובחירת מקום להתקנת אנושית, נשקלו גם הקרבה למקורות מים וההגנה מפני מזג האוויר ובפרט גשמים והצפות. פיתוח מערכות הניקוז וההיעול בתת הקרקע, אפשר לתכנון, במובנים מסוימים, להתחשב פחות בשיקולים אלו, מה שהביא לשינוי בתפקיד הסביבה של הקרקע במערך הניקוז, לאגום, חלחול או אידיוי של גג.

מגמות גידול האוכלוסייה והדדקנותה, העיור ושנוי האקלים, מייצרות לחץ הולך וגובר על המערכות הסביביות, ואיתן, התהוותה קשת חדשה של אתגרים גם לעולם התכנון. המערכת העירונית, בה מרוכזת רוב אוכלוסיית העולם, עומדת בליבת הקונפליקטים, ולכן גם מהווה את ליבת הפתרונות.

בהקשר ההידרולוגי, ציפוי הבניי העירוני, גידול השטח הבנוי ושנוי משטר הגשמים, בשילוב התחשבות מובלטת של התכנון בהיבטי ההידרולוגיה וניקוז סביעי, והסתמכות על מערכות ההיעול, הביאו לכך שהעיר הפכה ליצרנית גרר מאסיבית, בעוד שמערכות ההיעול מתקשות לתת מענה לצרכים ההולכים וגדלים. הקרקע העירונית ומערכות הניקוז אינן מסוגלות עוד לקלוט את הגשם בתחומן. כך קורה, שהגג הבוצר בעיר, זורם על פני השטח המבונה, ולבסוף מתנקז, באופן סביעי או דרך מוצא ניקוז, לאזורים הנמוכים, הבנויים או הפתוחים.

פגיעות הגג, נובעות מהצטברות גרר בשטח נמוך, הן ההצפות, וכן, מנדקים הנובעים מנפת, עוצמה ותאוצה אדירים שהגג צובר בדרכו לנקודה גבוהה, בנוסף לסחף ומזהמים שאוסף הגג מהמרחב העירוני ומאזורי תעשייה.

גדקי הגג שחווה ישראל אשתקד, שהיו בגנפ, היו כואבים ויקרים, והבהירו את עוצמת הבעיה. גדקי הגג השכיחים יותר הם פגיעות ברכוש, בתשתיות ובפעילות העירונית השוטפת, ולכשעצמם, מוערים במאות מיליונים עד מיליארדי שקלים. בנוסף, ישנו גדק רב גם לשטחים הפתוחים: פארקים, יערות, שדות, חופים וים, הנפגעים מבחינה סביבתית, נופית ובטיחותית, בזיהום והתחרות קרקע, בצמיחה, בשטחי המחיה של בעלי חיים, במצוקי החוף ועוד.

עודפי הגג ההולכים וגדלים הביאו לכך שהגג הוא אחד מחסמי הפיתוח המרכזיים בישראל. מאות אלפי יחידות דירות ותשתיות תחבורה בעלי חשיבות לאומית, אינן מקודמות או מיושמות בשל חסמי ניקוז.

יעדי הדיר האסטרטגיים והתשתיות הנדרשות לשרת את יחיד הנוספות, מעצימים את הצורך בקידום הנושא בראייה לאומית ארוכת טווח.

הפתרון שמסמך זה מציע לבעיה הוא ניהול הגג. ניהול הגג נמצא בעשור האחרון במרכז העשייה בעולם התכנון המערכי ובמחקר האקדמי. משמעות ניהול גג היא איסוף ושימוש בגג כמה שיותר קרוב למקור היווצרותו. ע"י שימוש ושילוב מגוון כלים נופיים והנדסיים להולכה, השרייה, אגום, חלחול והחדרה.

הסמעה מסיבית של ניהול גג בהליך התכנון, תלויה בשיתוף פעולה של צוות התכנון ובחזמת ההסמעה. הכוונה היא שהתכנון, כבר מראשית, יתבסס, בין היתר, על מגוון סדר של נתוני רקע הידרולוגיים וגיאולוגיים, על מנת להתאים עצמו לתנאי הסביבה ולמאפייני הקרקע. בקביעת שלד התכנון ומערך "עודי" הקרקע, באופן זה, תתאפשר הסמעה מושכלת ויעילה של אמצעים נופיים והנדסיים לניהול גג בשטח התכנית, המשתלבים ומבצלים את פוטנציאל המרחב הפתוח והבנוי לניהול גג. ניתוח כלכלי שהתבצע במסגרת עבודה זו, הראה כי בהינתן תכנון מושכל ומתחשב לניהול גג, עלות אמצעי ניהול הגג שולית לעלות הבניה, ואף מתקדזת עם צמצום מערכת ההיעול המתאפשר בזכות ניהול הגג.

מסמך זה מהווה חלק מעבודה רחבה יותר שקודמה במינהל התכנון בנושא ניהול הגג. העבודה מורכבת מחלק סטטוטורי, שעניינו הסמעת המדיניות בהוראות התכנון הארצי, והוא כולל את תיקון מס' 8 לתמ"א 1, בין היתר, לגבי חובת הגשה של נספח ניהול גג (ב'4'), ועמידה ביעד ניהול גג וביעד ספיקה יוצאת מוסחת, וכן, תיקון הנחיות הנספח הקיים (ב'4'). מסמך זה, מהווה מהלך משלים לתיקון תמ"א 1, והוא גובש במטרה לפתוח צוהר לנושא ניהול גג בהקשר מקומי, תוך הצעת מסגרת וכלים "שומיים" להסמעה מיידית בעבודת התכנון השוטפת.

מסמך המדיניות מורכב מהסבר כללי על ניהול משק המים והגג בישראל; הצגת תפישה המדיניות ופירוט אופן יישומה בכלי התכנון השונים; הצגה והסבר על השינוי הסטטוטורי והשלכותיו על הליך התכנון, לרבות הצעת כלים למסודות תכנון ולמתכננים ליישום המדיניות; הצעת סט כלים ושיטות עבודה לאדריכלים, אדריכלי נוף ומתכננים; ניתוח כלכלי של השלכות המדיניות ובפרט על עלויות הבניה ליה"ד; פרק הידרולוגי המציע חישובים ומודלים לעבודה הנדרשים לעריכת נספח ניהול הגג בתמ"א 1; ודוגמאות לנספחי ניהול גג החדשים.

1.2 שינויי אקלים בישראל

בעשורים האחרונים חוקרי האקלים מזיהים שינויים ממשיים בתבניות האקלים העולמיות, והתחזית היא כי שינויים אלו ילכו ויקצינו, והם עתידים להשפיע באופן גלובלי ומקומי על התברה, המשק והכלכלה ומערך היחסים הבינלאומיים. את תופעות שינויי האקלים ניתן להכליל בעיקר כתוצאה של הפעילות האנושית שצברה פגיעה מצטברת ומתמשכת במערכת האקולוגיות, אשר הולכת ומצמצמת, בין היתר, לאור מגמת גידול האוכלוסייה והעלייה ברמת החיים והצריכה האנושית. ערים ומדינות בעולם נערכות ומתמודדות עם שינויי האקלים בדרכים שונות, בהתאם לאתגרים הנוכחיים והצפויים להן, וביחס לתרבותן וליכולותיהן. דרכי ההתמודדות משלבות בין הפחתת פליטות (Mitigation), על מנת למתן את תופעות שינויי האקלים, והיערכות לבניית יכולת הסתגלות או התמודדות של החברה עם העתיד לבוא (Adaptation).

השפעת שינויי האקלים על המערכת הגלובלית ואופן הביטוי המקומי, הינה קשה ומאתגרת לחיזוי, שכן, מערכת האקלים היא מערכת מורכבת, הנתונה לתנודות טבעיות, ועליית ריכוז גזי החממה הגמדת לרוב בהקשר זה, היא רק אחת מההשפעות. על מנת לספק תחזית מקומית מהימנה, נדרש לעבוד עם מודלים אקלימיים המשקלים תהליכים פיזיקליים ואסמספריים, וכאלו עדיין אין בישראל.

עיקר השינוי החזוי באקלים בישראל⁷ הוא בעליית הטמפרטורה ועלייה בכמות הימים והלילות החמים, מול צמצום הימים והלילות הקרים. השינוי הצפוי במשטר הגשמים בישראל הוא בהפחתה כללית של מספר ימי הגשם וכמות המשקעים. מספר ימי הגשם צפוי לפחות, ואילו כמות המשקעים (עוצמת הגשם) היחסית לאירוע גשם, צפויה דווקא לגדול⁸ כמו כן, התחזית מראות שונות בין אזורים בארץ, כאשר באזורים מסוימים נצפתה מגמת ירידה במשקעים, (גליל מזרחי, גליל עליון, רמת הגולן), ובאזורים אחרים נצפתה מגמת עלייה, (צפון הנגב, מישור החוף הדרומי, דרום מזרח רכס הכרמל ושפלת יהודה ושומרון).

ההיערכות לשינויי אקלים היא מגוונת, ומבוססת על קשת היבטים שמטרתם לספק לחושבי ישראל, שמדיניות מתגוררים בערים, שמירה והגנה מפני אסונות ואירועי אקלים, במקביל להיערכות והסתגלות לשגרת שינויי האקלים המתמשכת. היערכות זו נכללת גם תחת ההגדרה 'חוסן עירוני', המתייחסת למכלול היבטים פיזיים וחברתיים רחבים, הנדרשים לבנייה ולשימור מרקם עירוני וחברתי איכותי, עמיד ומקיים.

⁷ על שינויי האקלים החזויים בישראל ניתן ללמוד ממסמכים אלו:

א. 'היערכות ישראל להסתגלות לשינויי אקלים: המלצות לממשלה לאסטרטגיה ותכנית פעולה לאומית', המשרד להגנת הסביבה, דצמבר 2017, העבודה מתבססת על ניתוח נתונים Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) משנת 2013.

ב. 'שינויי אקלים בישראל מגמות עבר ומגמות חזויות במשטר הטמפרטורות והמשקעים', השירות המטאורולוגי, נובמבר 2019, העבודה מתבססת על נתוני תחנות הידרולוגיות וניתוח תחזיות לפי מודלים אקלימיים אזוריים לעשורים הקרובים.

⁸ לחזויות זו אין מובהקות סטטיסטית, לאור התנודתיות החזקה משנה לשנה, שיעור/עוצמת השינוי יוארך הסדרה.

היבט ניהול הנגר הינו חלק מהיערכות זו, כאשר דחיותו ואופן הסמעתו, משתנים ביחס לאתגרי ואופי המקום. בישראל, ישנו חוסר וודאות לגבי השפעת שינויי האקלים על משטר הגשמים. אירועי ההצפות על תומרתם הגוברת, בשילוב עם יעדי הדיור וההתחדשות העירונית ותכנון התשתיות הרחב, שביאו תוספת הבינוי ואיטום הקרקע, מחייבים לכשעצמם פעולה רחבה וקוהרנטית, על מנת לשנות את האופן בו מתייחסים לניהול נגר בתכנון בישראל.

1.3 למי מיועד המסמך

מטרת המסמך היא לחשוף את קשת העוסקים במלאכת התכנון בישראל לנושא ניהול הנגר, על מנת לקדם תכנון איכותי יותר בישראל. בהתאם לכך, בראש ובראשונה, המסמך מיועד למתכננים ואנשי צוות התכנון: אדריכלים ואדריכלי נוף, מתכננים, הידרולוגים, מהנדסי ניקוז ועוד. מהצד השני, המסמך מיועד למוסדות תכנון, המתווים מדיניות תכנון ארצית, מחוזית או מקומית, ומלווים ומאשרים תכניות. כמו כן, מעצם יריעת המידע הרחבה שמציע המסמך, הוא עשוי לעניין ולתרום גם לבעלי עניין נוספים.

1.4 צוות עבודה, תהליך ומשתתפים

כטיבו של נושא ניהול הנגר, המחייב ראייה אינטגרטיבית ושיתוף פעולה מקצועי ומרחבי, גם צוות העבודה הורכב ממגוון בעלי מקצוע מומחים בתחומי התכנון, ההידרולוגיה והניקוז, אדריכלות הנוף והכלכלה, במטרה להקיף את הנושא באופן מהימן ויסודי, במקביל להצעת פתרונות וישיומים לטובת קידום שינוי אמיתי.

בנוסף, הליך עריכת המסמך כלל שיתוף פעולה רחב בין משרדי הממשלה והשלטון המקומי. הגופים שלקחו חלק בתהליך הם: מטה ומחוזות מינהל התכנון, רשות המים, משרד החקלאות ורשויות הניקוז, השירות המטאורולוגי, משרד הבינוי והשיכון, רשות מקרקעי ישראל, רשויות מקומיות, האוניברסיטה העברית, החברה להגנת הטבע, קק"ל, אנשי מקצוע ואקדמיה מתחום התכנון, ההידרולוגיה והניקוז, אדריכלות הנוף, הקרקע, הסביבה ועוד.

פסק 2

מדיניות ניהול נגר ומטרות המסמך

24	2.1. רקע.....
26	2.2. מדיניות ניהול נגר מוצעת.....
27	2.3. מטרות מסמך המדיניות.....

2. מדיניות ניהול גגר ומטרות המסמך

2.1 רקע

ניהול גגר הוא חלק מתפישת תכנון מקיף, שעניינה תשתיות מושכלות ומבוקרות של הפיתוח האנושי בסביבה ובמסגרת האקולוגית, במטרה למעורר את הפגיעה בה, במקביל למיזויי תרונות כלכליים, חברתיים וסביבתיים. הביטוי לתפישת המקימת בניהול גגר הוא בחיזוק מחזור המים הטבעי, דרך החזרת מי הגשמים לאטמוספירה ובעיקר לקרקע, כמה שיותר קרוב למקום היווצרותם והימנעות משנועם. היתרונות הנלווים לכך הם בצמצום בניית תשתיות הנדסיות בתת הקרקע; צמצום הסעת גגר, על הגפת, העצמה, הסחף והזיהום שאובר הגגר בדרכו, וע"כ, להביא לצמצום תופעת ההצפות והפגיעה בים, בשטחים הבנויים והפתוחים, אליהם מתגנז הגגר; להפחתת שיאי הזרימה (עוצמת ההזרימה) באירוע גשם; זאת בנוסף, ליתרונות חלחול והחדרת גגר לאקוויפרים, לטובת העשרה ותמיכה במשק המים בישראל.

ניהול גגר מהווה גם שכבה נוספת ומשלימה ליצירת חוסן עירוני, המתמייחסת להיבט ההצפות העירוניות, זאת ע"י צמצום אירועי הצפה בערים, והפחתת הנזקים והפגיעה בפעילות העירונית, ברכוש ואף בגפש. ניהול הגגר משתלב, תומך ומחזק היבטים שונים התורמים לחוסן העירוני ולאיוות החיים העירונית, בהתייחס להיבטים סביבתיים, חברתיים, בריאותיים וכלכליים.

בשנים האחרונות ישנן מספר גישות מובילות לניהול גגר, שפותחו במדינות המתמודדות עם אתגרי שינוי האקלים והעירור. הגישה המובילה היום בתחום נקראת 'פיתוח עירוני רגיש מים' (Water Sensitive Urban Design / 'ערי ספוג' (Sponge Cities) / ערים רגישות מים ועוד. גישה זו התפתחה מתוך ההבנה, שבמרחב העירוני האוטנסטי, תשתיות היעיל לבדן, אינן מסוגלות להתמודד עם כמויות הגגר ההולכות וגדלות. גישה זו קוראת לכך שכל חכנית חיה אחראית לטפל במי הגגר הנוצרים בתחומה, באמצעים של אגום, השחיה, חלחול והחדרה, במטרה להימנע מהסעת גגר והצפה וזיהום שטחים נמוכים סמוכים.

משלימה לגישות ניהול הגגר, היא גישת התכנון בתפישת אגנית. גישה זו עוסקת בפיתוח מושכל של הקרקע המתבסס על זיקה למקורות המים ולהיבטי הניקוז הטבעי, תוך שימוש משאבי טבע. עקרונות הפיתוח בגישה זו, יהיו לאור ראייה מערכתית כוללת של מרחב אגן הניקוז, תוך קיום שיוח אינטגרטיבי שוטף של בעלי עניין מרכזיים, על מנת להגדיר את כללי הפיתוח, אזורי השימוש ופתרונות ניהול הגגר, לרבות אגום משאבים לתכנון ולביצוע.

גישות אלו, עודדו פיתוח שיטות וכלים חדשים ומתקדמים לניהול הגגר, המשלבים בין הליך התכנון מושכל והטמעת אמצעים נופיים והנדסיים לניהול גגר במרחב הפתוח והבנוי. כלי ניהול הגגר החדשים, מגדילים

את ההגנה מפני נזקי גגר והצפות במרחב, במקביל להפחתת הצורך בשדרוג והרחבת תשתיות תיעול והוספת מוצאים. אמצעי ניהול גגר נופיים הם פתרונות המאפשרים לשלב בשימוש הקרקע גם ניהול גגר, דוגמה לכך, היא גינה ציבורית שבנויה בשיפוע. כך שבעת אירוע גשם, היא משמשת כמרחב לאגום, השחיה וחלחול גגר. אותה גינה יכולה גם לשלב תשתיות ניקוז הנדסיות בתת הקרקע, ובכך להציע נפח נוסף לאגום גגר, ולהחזיר למי התהום. בדומה, גם גג מבנה, מעבר לתפקידו לקירוי ואטום המבנה וכבסים לדודי שמש / פאנלים סולריים, יכול לשמש גם להשחיה גגר. המחקר והפרקטיקה מוכיחים שלמרחב הבנוי יש את היכולת לתת מענה לגגר שנוצר בתחומנו. כיו היתר, ע"י פתרונות מבוססי טבע. ככוחן של אותן תשתיות נופיות 'רכות', היכולות להיות משולבות עם תשתיות הנדסיות, לשדרג את המרחב הבנוי, תוך העלאת איכות החיים העירונית, חיזוק המערכות האקולוגיות, וזאת בעלות נמוכה יחסית.

בהליך התכנון בישראל היום, קורה לא פעם, שההתייחסות והטיפול בהיבטי הניקוז בכלל ובניהול גגר בפרט, מתקיימים רק בשלב התכנון המאוחרים, כשהמטרה היא להתאים לתכנית מערכת ניקוז שתספק הגנה מפני הצפות. כמו כן, מבחן המציאות הוכיח כי ההוראה המחייבת השארה של 15% שטח פתוח בתכנית לטובת ניהול גגר, מבלי שתהיה התייחסות לתפקיד השטח בהיבט סוג הקרקע והגובה היחסי במגרש, אינה ערובה לניהול גגר בתכנית, לא כל שכן כאשר אין יעד כמותי.

לסיכום, לפריסת "עודד הקרקע במרחב השפעה ישירה על סיכוני הצפות ובפרט לפונציאלי ניהול גגר בתכנית, לעיתים אף יותר מתשתיות הניקוז ואמצעי ניהול גגר עצמם. "עודד קרקע שימוקמו, ללא התחשבות בסיכוני הצפות בתחומם או בהיבטי ניהול גגר, מראש יגבילו את יעילות תשתיות הניקוז וניהול הגגר, והביטוי יהיה בהשקעות ותחזוקה גבוהים ופחות יעילים. בהתאם לכך, שילוב שיקולי ניהול גגר כבר משלב התכנון הראשוני, הינו עקרון מהותי ומרכזי בהטמעת נכונה של היבטי ניהול גגר בתכנון.

2.3 מטרות מסמך המדיניות

המסמך מהווה מהלך משלים לתקנון סעיף 71 בפרק המים בתמ"א 1, לרבות עדכון נספח הנחיות לניהול נגר (ב'4), לטובת הטמעה כוללת של מדיניות ניהול הנגר בישראל, כחלק אינטגרלי מהליך התכנון. מטרת המהלך הכולל היא קודם כל, לשפר את איכות התכנון בישראל ולהיעדר לשינויי אקלים. בין היתר, ע"י קידום תפיסת תכנון מקיימת, ובפרט, קידום חוסן עירוני בהיבט הנגר.

בשנים האחרונות ישנה עשייה ערה בתחום ניהול הנגר בישראל, המתבטאת בעבודות ומסמכים רבים ואיכותיים העוסקים בניהול נגר בפרט או כחלק מתפישה רחבה יותר של תכנון איכותי ומקיים. המדיניות שמוביל מינהל התכנון מעדכנת את תפיסת ניהול הנגר לצד ולרוח השעה, תוך המרתה למדיניות תכנון קוהרנטית ואחידה, והתאמתה והטמעתה בפרקטיקת התכנון המקומית בישראל.

להלן מטרות המסמך:

- צמצום תופעת ההצפות במרחב העירוני;
- הקטנת העומס על מערכת הניקוז העירונית, צמצום הצורך בהוספה ושדרוג מערכות קיימות, והימנעות משימוש במערכות אלו לצרכי איסוף שפכים;
- העצמת פוטנציאל הפיתוח בשטח הבנוי והמתוכנן ע"י הפחתת מגבלות שמקורן בניקוז;
- העשרת מי תהום ושמירה על מקורות המים;
- שמירה על הים, השטחים פתוחים והנהלים מפני זיהום ומפגעי נגר וסחף לא מבוקרים;
- צמצום הוספת מוצאי ניקוז חדשים לים, לחופים ולשטחים הפתוחים;
- שמירה על הקרקע ומניעת סחף קרקעות.

2.2 מדיניות ניהול נגר מוצעת

המדיניות המוצעת בעבודה זו מבקשת להטמיע גישות מתקדמות לניהול הנגר, כפי שצוינו לעיל, בהתאם למרחב ולמאפיינים המקומיים בישראל. המדיניות תומכת בניהול וטיפול בבפח משמעותי מההגר הנוצר בשטח התכנית ובתחום גבולותיה, ובכך להפחית ולהימנע מהוצאת הגר מחוץ לשטח התכנית.

את ניהול הנגר, מוצע לעשות ראשית, בהליך התכנון, דרך קביעת מערך "עודף" הקרקע ושלב השטחים הפתוחים, ושנית, בהטמעה ושילוב אמצעים וכלים נופיים והנדסיים לניהול נגר. לדוגמה, תכנון מבוסס ניהול נגר, ימקם את השטחים הפתוחים (פארקים, גינות, צדי הדרכים, כיכרות ועוד), באזורים בעלי פוטנציאל לניהול נגר, וכן, יאפשר בהם בנוסף, שימושם לטובת ניהול נגר. שימוש בשצ"פים לטובת ניהול נגר, מחזק את פעילות המערכות האקולוגיות במרחב, בין היתר, ע"י הוספת שטחים פתוחים, מגוונים ומתחללים במרחב העירוני האינטנסיבי.

משמעות המדיניות החדשה היא שהשארית שטח פתוח בתכנית לא תהווה תנאי ומענה לנושא ניהול נגר, אלא שבתחום מגוון השטחים הפתוחים שתציע התכנית, ניתן יהיה גם לנהל חלק מיעד ניהול הנגר של התכנית, במקביל ליתרונות של שטחים אלו לאיכות התכנון והמרחב.

לחוספוט אלו, תרומה גדולה למבנה הבווד ולמרחב העירוני, מבחינה בריאותית, סביבתית, חברתית וכלכלית. הביטוי לכך הוא בוויסות הטמפרטורה, שיפור איכות האוויר, הקרקע, המגוון הביולוגי, חיזוק הטבע עירוני, זאת בנוסף, לחוספת שטחים פתוחים איכותיים למפגש חברתי ובניית קהילה, ועליות ערך הקרקע והנכסים, הנלווים לשפור איכות החיים. כמו כן, ניהול נגר יכול להיעשות בעוד דרכים מגוונות, בגגות ובקירות מבנים, בבורות תלחול, קידוחי החדרה ועוד, כאשר יש לשאוף לבחירת תמהיל מגוון המתאים לתנאי וליכולות השטח, מבחינת מימוש האמצעים ומבחינת תחזוקתם השוטפת. לפירוט והרחבה על אמצעי ניהול הנגר, ראו **פנק"ז**.

באופן מובהק, אחד הנושאים שעלה לאורך כל העבודה, לרבות הבחינה הכלכלית, הינו שעל מנת למצות את פוטנציאל המרחב לניהול נגר, ולאפשר בחירת תמהיל אמצעי ניהול נגר באופן מיטבי, יש להטמיע את שיקולי ניהול הנגר כבר מתחילת הליך התכנון. בדרך זו, מערך "עודף" הקרקע יקבע, בין היתר, בהתייחס לפוטנציאל ניהול הנגר בהם, שאחרת מגוון האמצעים שניתן יהיה להטמיע מוגבל, עלותם מתייקרת ויעילותם פוחתת.

פרק 3

ניהול נגר בישראל - תיאור מצב קיים

30	3.1. רקע כללי.....
30	3.2. גשם ונגר בישראל.....
31	3.3. שחקנים ראשיים בניהול נגר בישראל.....
31	3.3.1. רשות המים.....
31	3.3.2. משרד החקלאות ופיתוח הכפר.....
31	3.3.3. רשויות הניקוז ורשויות נחל.....
32	3.3.4. רשויות מקומיות.....
32	3.3.5. תאגידי מים וכיוב.....
32	3.3.6. גופים לא ממשלתיים.....
33	3.4. חקיקה ומדיניות לניהול משאב המים והניקוז בישראל.....
33	3.4.1. חקיקה ראשית ומשנית.....
35	3.4.2. מדריכים, עבודות וכלי מדידה בתחום ניהול הנגר.....
39	3.5. ניהול נגר בתכנון בישראל.....
39	3.5.1. תכניות מתאר ארציות.....
41	3.5.2. תכניות מתאר מחוזיות.....

3. ניהול נגר בישראל - תיאור מצב קיים

3.1. רקע כללי

הניהול הכולל של משאב המים בישראל מורכב, שכן הוא כולל מספר גופים המחלקים בניהם סמכויות ואחריות על היבטים שונים, שרובם לא באמת ניתנים להפרדה. הספקת מים לכלל צרכי המדינה, נמצאת באחריות רשות המים; איכות המים, לעומת זאת, נמצאת באחריות משרות המים, משרד הבריאות והמשרד להגנת הסביבה; משרד החקלאות אחראי על חוק הניקוז, ורשויות הניקוז בישראל אחראיות על צמצום נזקי הצפות. בשטחים הפתוחים, באזורים עירוניים, מניעת ההצפות היא בסמכות הרשות המקומית, לעיתים רחוקות פועלת דרך תאגידים עירוניים; עוד, המשרד להגנת הסביבה אחראי על היבטים סביבתיים של נחלים, אלא אם הנחל עובר בשטח עירוני, ושוב, הרשות המקומית היא האחראית.

3.2. גשם ונגר בישראל

נפח הגשם הממוצע בישראל מסתכם בכ-7.9 מיליארד קוב בשנה. אמנם פריסת הגשמים אינה אחידה, כאשר אזור הדרום, המהווה כ-50% משטח המדינה, מקבל כ-14% בלבד מנפח הגשם הממוצע. כמו כן, מרבית מהגשם שכבר יורד בישראל, מתאדה חזרה לאטמוספירה (כ-70%), ומנפח הגשם הנותר (30%), כ-25% מחלחל למאגרי מים התהווה וכ-5% זורמים כנגר עליו בנחלים. באזורים העירוניים, התנהגות הגשם משתנה באופן ניכר, כך שמקדם הנגר גדל משמעותית, במקביל לצמצום היקף החלחול הטבעי, במיוחד בעת אירוע גשם. ההידרולוגיה באזורים עירוניים שונה בהיבטים נוספים מזו שבשטחים הפתוחים, זמן הריכוז⁹, של הנגר העירוני קצר יותר וכן זמני החזרה בין אירועי שיא קטנים יותר, עקב היעדר קרקע מחלחלת.¹¹

על פי המדידות,¹² מסתכם נפח הנגר בתחום הניקוז המערבי (הנחלים אשר מתנקזים לים התיכון, מנחל בצת בצפון ועד הבשור בדרום), בכ-200 מיליון קוב בממוצע בשנה. מתוך נפח זה, כ-20% בממוצע נתרמים מהאזור העירוני (כ-40 מל"ק). מגמת העירוניות וגידול האוכלוסייה בישראל מרחיבות את היקף השטח הבנוי במקביל לצמצום השטחים הפתוחים והחקלאיים, ובכך משפיעות באופן ישיר על נפחי הנגר, זמני הריכוז וזמני החזרה להצפות.

⁹ אחוז הגשם שהופך לנגר.

¹⁰ משרד המים, מחלקת הגשם להגעה לספיקת השיא.

¹¹ (גבירצמן, 2002).

¹² השרות ההידרולוגי ברשות המים מודד את נפחי הנגר העילי בנחלי ישראל העיקריים.

3.3. שחקנים ראשיים בניהול נגר בישראל

להלן השחקנים המשמעותיים ובעלי הסמכות, העוסקים באופן ישיר בניהול הנגר ובניקוז בישראל:

3.3.1. רשות המים

רשות המים הינו הגוף הממשלתי האמון לניהול של משאב המים במדינה, הנדרש להבטיח ברמה האסטרטגית והמעשית את הספקת המים לאוכלוסייה, לתעשייה ולחקלאות. רשות המים מרכיזה את הסמכויות בתחומי המים והביוב, ואחראית לניהול, תפעול, שימור, שיקום מקורות המים הטבעיים והסדרת משק המים, בהתאם למדיניות הממשלה ולהחלטות מועצת הרשות. בהקשר של ניהול הנגר, רשות המים מתמקדת בהיבט העשרת מי תהום, ע"י פתרונות החדרה, ובהתאם, בימים אלו, עורכת הרשות הנחיות ארציות לעידוד החדרת נגר למי תהום, שהינן משלימות לעבודה זו. הרשות קמה ופועלת מכוח סמכויות שהעניק לה חוק המים, 1959.

3.3.2. משרד החקלאות ופיתוח הכפר

שר החקלאות הוא השר האחראי על חוק הניקוז וההגנה מפני שיטפונות, 1957, מכוחו הוקמו רשויות הניקוז. המשרד פועל, בין היתר, בתחומי שימור ערכי הקרקע החקלאית בישראל וצמצום נזקי הצפות, ומכוח אילו, אחראי לקביעת מדיניות ארצית כוללת בתחום הניקוז. האגף לשימור קרקע וניקוז, הוא גוף המטה של המשרד, האמון לנושאים אלו, לרבות ניהול ונציגות ברשויות הניקוז. המהות את זריעות הביצוע האזוריות. בימים אלו מקדם האגף, עבודה בנושא גישה אגבית משלבת בניהול אגבי הניקוז, שכוללת גם הנחיות לגיבוש תכניות אגביות לניהול סיכונים שיטפונות. מטרת ההנחיות החדשות לתת מענה כלל אגבי לנושא שיטפונות והצפות, בניתוח מקומי של עלות תועלת, ובגישה 'win win', הכוללת תועלת נוספת, לדוגמה בתחומי האקולוגיה והקהילה. בנוסף, המשרד מוביל את מהלך לגיבוש מדיניות אגבית בישראל, באמצעות ועדת היגוי רחבה.

3.3.3. רשויות הניקוז ורשויות נחל

בישראל פועלות 11 רשויות ניקוז החולשות על כל שטח המדינה. גבולות הרשויות נקבעו לפי גבולות אגבי ההיקוות, והרכב הרשות כולל נציגים של הרשויות מקומיות בתחומה וכן נציגים של משרד הממשלה. "תפקידי רשות הניקוז הם לדאוג לניקוז הסדיר של התחום שנקבע לה, ולשם כך להקים, לשנות ולהחזיק ולפתח מפעלי ניקוז באותו תחום" (חוק הניקוז וההגנה מפני שיטפונות, 1957). בתחומה, הרשות היא הגורם בעל הסמכות לניהול, שליטה, בקרה ותחזוקה על מערכת הניקוז, ובכלל זה, הסדרת אפיקי וערוצי ניקוז למניעת שיטפונות והצפות, וכן שימור, תפיסת מי שיטפונות ועוד. רשויות הניקוז מקדמות תכנון

בארץ קיימים "תקן ישראלי 5281 - בניה בת קיימא - בניה ירוקה" המודד קריטריונים בתחום המגרש עצמו, ומדריך - "שכונה 360 - מדדים לתכנון ופיתוח סביבת מגורים". שניהם כוללים התייחסות לנושא הגגר העילי, תור גמישות ברמת הפתחויות. [בסעיף 3.4.2](#) - 'מדריכים, עבודות וכלי מדידה בתחום ניהול הגגר', ניתן לקרוא על התקן והמדריך לעיל.

3.4 חקיקה ומדיניות לניהול משאב המים והניקוז בישראל

ניהול הגגר, מקורו בניהול משאב המים, ולכן הגדרות הסטטוטוריות העיקריות שלו הן מתחום ניהול המים, כאשר קיימות השקעות טבעיות גם לעולם התכנון והבניה. להלן נציג סקירה קצרה שמפרטת חקיקה, מסמכי מדיניות ותכניות אב הרלוונטיות לניהול הגגר, על מנת להראות תמונת מצב עדכנית בנושא, ואת ההשפעה על התכנון. בפרק הבא 'ניהול גגר בתכנון בישראל', נפרט על התכנון המתארי הסטטוטורי שמכתיב את אופן ניהול הגגר בתכנון בישראל. מטרת ההפרדה היא להבחין בין החקיקה והמדיניות הייעודים לניהול הגגר לבין מדיניות התכנון לניהול גגר, כפי שמוכתבת ע"י תכניות המתאר הארציות, המחוזיות והמקומיות.

3.4.1 חקיקה ראשית ומשנית

3.4.1.1 חוק המים, 1959

חוק המים קובע כי מקורות המים, (ובכללם הגגר העילי), הם קניין ציבורי, ותפקידה של המדינה, לנהלם. החוק מסמך את רשות המים כאחריות ראשית לניהול ושימוש במשאב המים. הוראת החוק עוסקת בעיקר בשמירה כוללת על מקורות המים, לרבות העשרת מי תהום, מניעת זיהום וניהול מלאי משקי. היבט ניהול הגגר רלוונטי כמקור מים להעשרת מי תהום, אף שבישראל מקור המים משמעותי הוא מתקני התפלה, ומי שטפונות מהווים מקור משלים ותומך באספקת המים בישראל.

3.4.1.2 חוק הניקוז, 1957

שר החקלאות אחראי על חוק הניקוז, ובהתאם לחוק חוקמו רשויות הניקוז. החוק מסמך את הרשות 'לדאוג לניקוז הסדיר של התחום שנקבע לה... ולשם כך, להקים, לשנות ולהחזיק ולפתח מפעלי ניקוז באותו תחום'. ולמניעת מפגעי בריאות. ראו [בסעיף 3.3.3](#) את ההסבר על רשויות הניקוז להרחבה. לחוק מגוון כלים על מנת לתמרץ השקעות במערכות ניהול גגר והחדרה. לפני מספר שנים יזם משרד החקלאות תיקון מקיף לחוק הניקוז שכלל ריכוז סמכויות, עדכון מבנה הארגונים שפועלים לפי החוק, הסדרת המודל התקציבי, הסמכת רשויות הניקוז בסמכויות פיקוח ועוד. הליכי החקיקה לא הושלמו, בעיקר בשל מחלוקות על ענייני תקציב בין הממשלה לבין השלטון המקומי.

ובצוע של פרויקטים במרחב הרשות, לרבות שיקומי נחלים, מפעלי ניקוז וכד'. בתחומי העיריות והמועצות המקומיות, רשות הניקוז אינה בעלת הסמכות לנושא הניקוז, אלא הרשות המקומית. רשויות הניקוז פועלות מכוח חוק הניקוז וההגנה מפני שיטפונות, תשי"ח-1957.

על 11 רשויות הניקוז הטיל השר להגנת הסביבה חלק מתפקידי רשות נהל, וכן, מכוח צווים, חוקמו 3 רשויות נהל, (קישון, ירקון, באר שבע), בהחומם, נקבעו תפקידי וסמכויות רשות נהל ורשות הניקוז ומסגרת הזמנים לכך. כך שלמעשה, כל רשויות הניקוז, לרבות אלו שבמקביל אליהן פועלות רשויות נחלים, הן רשויות ניקוז ונחלים, אולם מידת מימוש תפקידי רשות נהל ע"י רשות הניקוז, משתנה, בעיקר לאור תקצוב.

3.3.4 רשויות מקומיות

עיריות ומועצות מקומיות הן בעלות האחריות והסמכות לעניין הניקוז בתחומן. עפ"י פקודת העיריות (1925), חובה העירייה לדאוג '... לתיקון, ניקון, הזלפת, תאורת וניקוז של רחוב שאנו רכוש הפרט'. ברוב הרשויות המקומיות בישראל חוקמו תאגידים מים וביוב שאליו הועברו הסמכויות בעניין אספקת מים וביוב. ישנן רשויות מקומיות שערכו תכניות אב לניקוז וניהול גגר או קידמו נספחי ניקוז וניהול גגר במסגרת תכנית כוללת ו/או מפורטת, וכן מתייחסות להיבט ניהול הגגר בהליכי התכנון והרישוי.

3.3.5 תאגידים מים וביוב

בשנת 2001 נכנס לתוקף 'חוק תאגידים המים והביוב' מכוחו חוקמו תאגידים המים העירוניים. מטרת החוק הייתה ליצור מסגרת עירונית להסדרה ולניהול כלכלי של שירותי ומערכות המים והביוב, ע"י הסמכת חברות עירוניות 'יעודיות'. 'ניקוז ותיעול מי גשמים ושיטפונות' נכלל בחוק תחת הגדרת 'פעילות נוספת', המשמעות שפעילות זאת אינה מחייבת, אלא אם הוגדר כך. בערים ספורות, הוסמכו תאגידים המים והביוב לטפל גם בניקוז העירוני. ראשון לציון הייתה הראשונה בה, ועשתה זאת במסגרת תאגיד המג"ב.

3.3.6 גופים לא ממשלתיים

מחקר אקדמי ופעילות ארגונים ועמותות סביבתיות ומקצועיות, הגישו וקידמו תפישת תכנון חדשנית בתחומי הבניה וניהול הגגר, שבחלקן אף נתמכו והשתלבו בעבודת משרדי הממשלה והרשויות המקומיות. פעילות זו כללה יצירת תקנים וולנטריים חדשים ואלטרנטיביים לחכנו מקיים, שמהמכריס בהם: - LEED GREEN STAR, ENVISION ועוד.

ככל שתכנית ו/או פרויקט מעוניינים לעמוד בתקן, הם נדרשים לעמוד בניקוז המתקבל ע"פ מדג מסוכם שמתכלל אלמנטים שונים בפרויקט. כך שכלל שמוצע אלמנט או פתרון 'מחמיר' יותר, הניקוז עולה. בתחום המים וניהול הגגר, הדרישות מתייחסות למניעת בניה בתחום פשטי הצפה או טיפול כמותי בגר דרך אמצעי ניהול גגר.

הוא משאב ולא מסד: הכנת תכנית אב אגביות, בהן תהיה אינטגרציה בין ניהול הגגר האגבי לניהול הגגר העירוני; תישקל העברת האחריות לניהול גגר וניקוז ביישובים העירוניים לידי התאגידים למים וביוב; ותקודם בנייה משמרת מים. התייחסות לניהול גגר במסמך אסטרטגי למשק המים, מעיד על חשיבות ומקומו בניהול משק המים בישראל.

3.4.2. מדריכים, עבודות וכלי מדידה בתחום ניהול הגגר

ישנן עבודות רבות שנעשו בתחום העשורים האחרונים, שכל אחת בזמנה הצגה את הגישה העדכנית. ככלל התפישה והעקרונות של העבודות דומים. להלן נציג את העבודות עיקריות העוסקות בגגר, המתייחסות גם להליך התכנון.

3.4.2.1. מדריך לתכנון ובניה משמרת גגר עילי¹³

מדובר בחוברת ראשונה וחדשנית באיכותה ובהיקפה, אשר יועדה לאנשי תכנון, אדריכלות, אדריכלות נוף והידרולוגיה, והנחתה לשילוב היבטי ניהול גגר בהליכי התכנון השונים. המדריך כולל הנחיות לתכנון מתארי ומפורט, פרטי ניהול גגר טיפוסיים, התייחסות להיבטים נלווים בהליך התכנון המציע מבחינה סביבתית, כלכלית ותחזוקתית, וכן, מפנה למקורות נתונים שונים (הידרולוגים, גיאולוגים), ומציע שיטות חישוב, מודלים לעבודה ועוד. עבודה זו מקיימת חפיפות מסוימות עם המדריך, תוך הצעת זוויות ומיקודים שונים, הרחבות ועדכונים. התפישה והעקרונות המדריך דומות לאלו של מסמך זה, שהרעיון הוא טיפול בגגר כמה שיותר קרוב למקום היווצרותו באמצעים נופיים והנדסיים, ע"י שיתוף פעולה של המתכנן, אדריכל הנוף, מהנדס הניקוז/הידרולוג, תוך התייחסות ושילוב היבטים הידרולוגים, גיאולוגיים וסביבתיים בהליך התכנון, החל מראשיתו.

3.4.2.2. תר"מ - תכנון רגיש למים, שילוב שיקולי מים בתכנון עירוני ואזורי¹⁴

הספר מציע גישה המשלבת בין תחום התכנון העירוני לתחום ניהול המים כחלק מעקרונות של פיתוח מקיים. הספר מכונן למיניה במקור, לטובת צמצום נזקי הצפות ושיפור איכות השטח הבנוי והשטח הפתוח. הספר קורא לקידום הנושא דרך תפישה עבודה כוללת ואינטגרטיבית של כלל אנשי צוות התכנון, החל מראשית הליך התכנון. זאת בנוסף, לתפישה מרחבית כוללת ואינטגרציה מרחבית, בהתייחסות כוללת וקוהרנטית לנושא המים והגגר ברמה הארצית והמחוזית, דרך המקומית וכלה בשכונה ובמגרש. הספר נכתב על בסיס עבודה מחקרית אקדמית ותובנות מהעולם המערכי, והוא נחלק להבנת היתרונות והרציונל של הגישה, היישום המקצועי בשדה מדיניות כוללת להסמעת הגישה ומימוש החזון.

¹³ (משרד הבינוי והשיכון, 2004).
¹⁴ (שמיר, 2007).

3.4.1.3. חוק רשויות נחלים ומעיטיות, 1965

השר להגנת הסביבה הוא האחראי על החוק. תפקיד הרשות הוא לנהל ולהסדיר את תפקודו השוטף של הנחל לטובת הציבור, ובכלל זאת, להסדיר את זרימת המים באפיק ולדאוג לניקוז המרחב. לשמור על סביבת הנחל, להסיר מפגעים ולהסדיר את החלוקה והשימוש במי הנחל. בסמכות השר להגנת הסביבה להקים רשות נחל, בתחום נחל או חלקים ממנו, או להטיל על רשות ניקוז את תפקיד רשות הנחל, כולם או חלקם. למעשה, על מנת להקים רשות נחל, יש להכריז שאין הצדקה להטיל סמכויות אלו על רשות הניקוז. כיום פועלות בישראל 3 רשויות נחל (קישון, ירקון ובאר שבע), שהוקמו מתוקף צו, כאשר בשאר הנחלים, את חלק מתפקידי רשות הנחל קבלה רשות הניקוז במרחב.

3.4.1.4. תקנות המים (מניעת זיהום מים) (מערכת להולכת שפכים), התשע"ב-2011

תקנות שמטרתן למנוע דליפה ממערכת הולכת שפכים כדי להגן על מקורות המים, מערכות אקולוגיות, המגוון הביולוגי ומשאבי טבע אחרים ולמנוע מפגעים סביבתיים. באמצעות הטלת חובים, בעיקר על רשויות מקומיות. התקנות קובעות כי על רשויות מקומיות להחזיק נתונים מעודכנים של מערכת השפכים שבתחומן באופן ממוחשב על גבי מערכת מידע גאוגרפית. בנוסף, על רשות מקומית להכין ולבצע תכנית של שדרוג מערכת השפכים שבתחומה. התכנית יתייחסו גם לניתוק מערכת הולכת השפכים ממערכת הניקוז, כאשר הוגדר לכך פרק זמן לביצוע, של שנתיים מיום תחילת התקנות. כן כוללות התקנות מנגנון תחזוקה, בקרה ופיקוח על מערכת הולכת השפכים העירונית ונוהל טיפול בדליפות.

3.4.1.5. תקנות התכנון והבנייה (תכנון הבנייה) (הברואה), התש"ף, 2019

התקנות קוראות לניקוז מי הגגר הנצברים בגגות ובמרפסות אל מערכת ניקוז מי הגשם במגרש. ישנה החרגה של גגות ומרפסות ששטחם קטן מ-40 מ', שהראשונים יכולים להתחבר למערכת הביוב, והשניים, להוצאה חופשית למגרש, ללא נקז. כמו כן, מוצא הנקז של הגגות והמרפסות יהיו בשפיה חופשית לאזורי הגינון או לאזור ריצוף מתחלחל. הוצאת יתרת הגגר מחוץ למגרש תהיה בשפיה חופשית למדרכה והכביש, או בתת הקרקע, כך שתמנע הפרעה לציבור. על מנת לתאם בין מהלך תיקון תמ"א 1 ובספח ניהול הגגר לבין תקנות הברואה לתפישה קוהרנטית, מוצע לתקן את התקנות ברוח מדיניות ניהול הגגר החדשה.

3.4.1.6. תכנית אב ארצית ארוכת טווח למשק המים, מהדורה 4, אוגוסט, 2012

תכנית האב היא תכנית אסטרטגית משמעותית ופורצת דרך שהוציאה רשות המים בשנת 2012, וגיבשה והיערכות הלאומית הכוללת למשק המים בישראל. התכנית הגדירה מטרה על: "להבטיח אספקת מים, מתן שירותי ביוב וייקוד קולחים וניהול גגר וניקוז - באיכות, בכמות ובאמינות נאותים ובעלויות כלכליות לפיתוח המדינה ומימוש יעדיה הלאומיים, להשאת הרווחה בת הקיימא של כלל הצרכנים" (ההדגשה לא במקור). אחד מעיקרי המלצות התכנית היה 'ניהול גגר וניקוז', והוגדרו בה קווי מדיניות הבאים: הגגר

3.4.2.8. שכונה 360°, מדדים לתכנון ופיתוח שכונות מגורים²¹

כלי מדידה שמטרתו לקדם את התכנון, הפיתוח והבנייה של שכונות איכותיות, בריאות ומשגשוג לאורך זמן, דרך הטמעת עקרונות פיתוח מקיפים. בהתייחס לגגר, עקרונות העבודה תואמים את מדיניות ניהול הגגר המוצעת במסמך זה, ועניינם בהכפפת מירב התועלת מהגגר, לטובת צמצום השימוש במערכות הניקוז וצמצום הפגיעה במערכות המים הטבעיות. הכלי מציע ניקוז בגיבוש ובניית אסטרטגיה תכנונית לניהול גגר, ע"י אנשי המקצוע הרלוונטיים, תוך פירוס ההליך והבחינות שיש לקיים. בנוסף, מוגדר שמערכת הניקוז ומניעת הצפות בתכנית החוכנו לתקופת חזרה של 1:100 שנים, בהתאם לנתוני הגשם מפרסומי השירות המטאורולוגי וניתוח יועץ מוסמך לעניין התחשבות בשינוי אקלים. כמו כן, ישנה העדפה להחדרה למי התהום, כך שהניקוז עולה עם גידול שיעור ההחדרה

3.4.2.9. תקן בנייה ירוקה, תקן מס' 5281²²

תקן שעד לאחרונה היה וולטר, ולאחרונה הפך מחייב, במסגרת הזמנים שנקבעה בתקנות התכנון והבניה (תכן הבניה) (בניה בח-קיימה), תש"פ-2020. המתייחס לרוב סוגי המבנים בישראל, ומציע קטגוריות לבחניה ומדדים להגדרת מבנה ירוק (מקיים), בהתאם לניקוז על עמידה בתנאים שקובע. התקן הושק לראשונה בשנת 2005, וב-2011 גבסה חדשה ומורחבת. התקן מתייחס לנושאים: אנרגיה, קרקע, מים, חומרים, בריאות ורוחה, פסולת, תחבורה, ניהול אתר הבניה. פרק 3 הוא פרק המים, כולל תת פרק העוסק בניהול מי גגר על ידי ניקוז, שעניינו עידוד ניהול ושימוש מי גגר. היקף הניקוז הוא לפי הטיפול הכמותי בגגר במגרש, וכן, הפיתוח נבחן לפי שיפור מערכות הניקוז הטבעיות הקיימות או חלופת הניקוז. בנוסף, יש להציג אסטרטגיית ניהול הגגר בתכנון ונתוני רקע הידרולוגיים וגיאולוגיים, וכן להבטיח את הטמעת אמצעי ניהול הגגר בבניה בפועל. התקן קובע התייחסות לתקופת חזרה של 1:5 שנים, לפי פרסומי השירות המטאורולוגי. התקן האמריקאי והבינלאומי המקביל נקרא (LEED Leadership in Energy and Environmental Design).

¹⁹ (עמיעו, 2018).

²⁰ בימים אלו פועלת ועדה מס' 592318 במכון התקנים, העוסקת במערכת להחדרת גגר עילי ומי עיבי מזגנים לתוך הלא רוי והרווי (מי תהום).

²¹ שכונה 360° מדדים לתכנון ופיתוח שכונות מגורים, יצא בשיתוף פעולה של המועצה לישראל ירוקה ומשרד הבינוי והשיכון, גרסת 1.2 פורסמה בדצמבר 2021.

²² תקן בנייה ירוקה, 5281, בניה בת קיימה (בניה ירוקה): דרישות לבניין מגורים, מכון התקנים הישראלי, יולי 2011.

3.4.2.3. מדריך לתכנון סביבתי, הטמעת היבטים סביבתיים בהליכי התכנון¹⁵

המדריך ומסמך זה דומים בתפישתו. המדריך קורא להתייחסות מרחבית כוללת לניקוז וניהול הגגר, ולהתבססות על נתוני הסביבה הטבעיים, על מנת לתכנן את מערך השטחים הפתוחים לניהול גגר בדרכים של קליטה, החדרה והשהייה, כך שתמנע, ככל האפשר, הוצאת גגר מתחום התכנית.

3.4.2.4. ניהול אגני היקוות בגישה אינטגרטיבית - לקראת גיבוש מדיניות¹⁶

סקירה מושהית של נושא הניהול האגני האינטגרטיבי כפי שמשתקף בעולם ובמקרי בוחר בישראל. העבודה כוללת השוואת המדיניות האגנית האינטגרטיבית בין האיחוד האירופי, ארה"ב תוך שימת דגש על הכלים הרגולטוריים, הכלכליים והמשפטיים. סיקרה מקיפה של חקר מקרים, תוך דגש של ייחודיות מאפייני האגן, צרכים ואינטרסים.

3.4.2.5. גישה אגנית משלבת לניהול אגני היקוות - נייר מדיניות ומפת דרכים להטמעת עקרונות הגישה בישראל¹⁷

הצעת מדיניות ותכנית פעולה משותפת לכלל הגופים שלוקחים חלק בתהליך. משימות הליכה ה: גיבוש מתודולוגיה לניהול סיכוני שיטפונות, גיבוש מתודולוגיה לניהול סיכוני זיהום, הקמה של מאגר מידע בנושאים אגניים, קידום מסמך מדיניות זה על ידי מנהל התכנון, מעבר מרשויות ניקוז לרשויות אגניות ועוד.

3.4.2.6. מסמך עקרונות ניהול ושימור גגר¹⁸

על רקע הפיתוח האינטגרטיבי שמביא לצמצום בשטחי החוזר של האקוויפרים, ובהתאמה להקטנת נפחי המים הנקלטים בהם, המסמך מפרט את העקרונות לשימור גגר בהתייחס לסוג האקוויפר וסוג התכנית (רמת השכונה/ רמת המבנה).

3.4.2.7. מסמך הנחיות להחדרת מים במסגרת בניה משמרת מים¹⁹

מסמך המציג הנחיות לתכנון מערכות החדרה בשלב היתר הבניה או הביצוע, וכן הצעה לתקינה לקידוחי החדרה למי גגות הכוללת מפרט טכני להקמה ולתחזוקה של הקידוחים.²⁰

¹⁵ (עמיר, 2015).

¹⁶ (גוסמן, 2018).

¹⁷ (גוסמן, 2019).

¹⁸ (לבושי, 2018).

3.5. ניהול גגר בתכנון בישראל

היררכיית התכנון בישראל, מחקיקה ראשית ומשנית, דרך התכנון הארצי והמחוזי וכלה בתכנית המקומית ו/או המתארית. מייצגות יחד את המסגרת הסטטוטורית להכנה ולאישור תכניות מפורטות. מכוחן יוצא היתר בניה. להלן נסקור תכניות מתאר ארציות ומחוזיות, ואת אופן התייחסותן להיבט ניהול הגגר:

3.5.1. תכניות מתאר ארציות

3.5.1.1. תמ"א 35/1 - תכנית מתאר ארצית משולבת לבנייה, לפיתוח ולשימור, 2016

תמ"א 35 מתווספת לגר בעיקר בהיבט של שימור משאב המים והגנה על מי התהום. התמ"א מסמנת אזור לשימור משאבי מים, ובתחומו קובעת (ס' 10.2) כי מוסד תכנון הדן בתכנית בשטח, ישקול את הצורך בקביעת הוראות בדבר חלחול והשייית מי גגר, וכן, בתכנית עם סיכון לזיהום מי תהום, מחייבת הגשת חוות דעת הידרולוגית וקביעת הוראות למניעת הזיהום.

3.5.1.2. תמ"א 1

פרקי המים והנהלים בתמ"א 1, מאגדים ומחליפים את התמ"אות שהסדירו את מערכת המים הארצית בעניינים הבאים: איגום, החדרה, העשרה והגנה על מי תהום, הפקה והולכה של מים, ניקוז, ביוב והתפלה וכן, הבטחת התפקוד האקולוגי וההידרולוגי והחברתי של הנחלים בראייה אגנית. בהתאם לכך, עם אישורה של תמ"א 1 ע"י ממשלת ישראל, בוטלו למעשה, בין היתר, תמ"א 34/3 ו-34/4 ותמ"א 34/4 ב'.

לעניין הניקוז והטיפול בגגר, התמ"א מחייבת כל תכנית מקומית ומפורטת המוסיפה שטח לבינוי, לכלול הנחיות לבניה משמרת מים וניצול מיטבי של הגגר. בתכנית בשטח נרחב²³ או תכנית שעתידיה להשפיע בהיבט הגגר מחוץ לגבולותיה, יש להגיש נספח ניהול הגגר. מוסד תכנון מוסמך לפטור מהגשת הנספח, בתנאי להשאר שטח פנוי לחלחול בהיקף של 15%; או כאשר מדובר בתכנית גקודתית ללא השפעה בהיבט הגגר; או במידה ומדובר בתכנית הסמוכה לשטח פתוח שיכול לקלוט את הגגר. במסגרת העבודה על מסמך זה, קודם שינוי להוראות התמ"א ולהנחיות של נספח ניהול הגגר, על מנת להתאים לרוח המסמך.

פרק הנהלים, הנמצא בחטיבת השטחים הפתוחים, עוסק בהבטחת קיומם ותפקודם ההידרולוגי, אקולוגי, חברתי ומבני (מרחב חיץ פתוח החוצץ בין שטחים בנויים), של הנחלים וסביבתם. בראייה אגנית. בהתייחס לניהול גגר, הפרק מבקש להבטיח את תפקיד הנחל כציר ניקוז והולכת מים בקיבולת מתאימה, על מנת

²³ שטח נרחב. הוא הגדרה מתמ"א 1. פרשנותה תלויה לשיקול הדעת של מוסד התכנון, לפי מאפייני היישוב המקומיים.

3.4.2.10. תקנות התכנון והבניה (תכנון הבניה) (בניה בת-קיימה), תש"ף-2020

ביום 3.3.2020, אישרה המועצה הארצית לתכנון ובניה את תקנות בניה בת קיימה, שעניינן חיוב הדרגתי של תקן 5281. בין היתר, התקנות קובעות את מועד תחולת חובת עמידה בתקן לפי שימוש הקרקע. כך למשל, החל מחודש מרס 2022, רבי קומות, מבני מסחר ומשרדים²³, בתי חולים²⁴ ועוד, יחויבו בעמידה בתקן.

11.2.4.3. LID (Low Impact Development)

הפישת אקולוגית חכונות לניהול גגר, המתעדפת שימוש באמצעים רכים ונפיים לניהול גגר במגרש, ומנעת הוצאה של גגר עודף. הגישה תומכת בשימוש ושימור במערכת ההידרולוגית הטבעית של השטח, על מנת לטפל בגגר בגבולות המגרש, באמצעים נפיים רכים מגוונים, ולהימנע, כמה שניתן, משימוש במערכות תיעול.

²³ מעל שטח של 5,000 מ"ר.

²⁴ מעל שטח של 5,000 מ"ר.

3.5.1.4 תמ"א 34/ב-3 - תכנית מתאר ארצית משולבת למשק המים - נחלים וניקוז, 2006

מטרת התמ"א היא להבטיח את התפקוד התקין של נחלים וסביבתם מבחינה אקולוגית, תרבותית וכעורקי ניקוז ופשטי הצפה, להולכת מים וצמצום סחף והצפות. אלו גובעים, בין היתר, לאור הבנת חשיבותו של תפקוד הנחל במערך הניקוז האבני. התמ"א כוללת הוראות לתכנון בחום עורק, רצועות מגן ופשטי הצפה; הוראות לתכנון מפעלי ניקוז לפי חוק הניקוז; והוראות להבטחת שמירה ושיקום ערכי הטבע והסביבה לאורך הנחלים.

3.5.2 תכניות מתאר מחוזיות

תכניות המתאר המחוזיות נבדלות בהוראות שקבעו לנושא ניהול הנגר. להלן סקירה קצרה המציגה את ההתייחסות לנושא הנגר בתכניות המתאר המחוזיות:

- **תמ"מ 1/30 מחוז ירושלים, 2013:** קובעת כי תכנית מפורטת תתחמה תכלול הוראות המבטיחות פיתוח בר קיימא לרבות טיפול במי הנגר העילי, ככל האפשר, במטרה להעשיר את מי התהום. בכל הנוגע למערכות מים וניקוז מפנה לתמ"א 34/ב-4.
- **תמ"מ 21/3 מחוז מרכז, 2003:** מנחה שמי הנגר יטופלו, ככל האפשר, בחום המגרשים, באמצעים טכנולוגיים והנדסיים המגבירים את העשרת מי התהום וכוללים אמצעי השתייה נגר, כגון חיבור מרכזי גגות למתקני החדרה, חומרי סליה חדירים, מניעת רצף שטחים אטומים, אגנים, רצועות גינון וכו', תוך תיאום עם רשות הניקוז. כן קובעת התמ"מ שתכנית בחתום "עוודי הקרקע הכוללים בינו, תכלול הנחיות להסדרת הנגר העילי".
- **תמ"מ 14/4 מחוז דרום, 1999:** קובעת כי בתכניות מפורטות בחתום התכנית תוכן, לפי דרישת משרד הבריאות, חו"ד הידרולוגית שתבדוק את השפעת התכנית על מי התהום.
- **תמ"מ 5 מחוז תל אביב, 2010:** קובעת כי תכנית מקומית תבטיח הותרת שטחים חדירים למים בהיקף שלא פחת מ-15, ומפנה את הטיפול במי הנגר להוראות תמ"א 34/ב-4. בנוסף, קבעה כי הוועדה המחוזית תערוך מסמך עקרונות לאישור חניה בתת הקרקע מתחת לגנים, שבין היתר, יתייחס לנושא טיפול והסדרת הנגר העילי. מסמך זה נערך ואומץ בוועדה המחוזית.²⁸
- **תמ"מ 2/5, נחל הירקון, מסמנת, בין היתר, פשט הצפה לנחל, וכוללת גם את רומי ההצפה, ולעניין זה הינה תקדימית.**
- **תמ"מ 6 מחוז חיפה, 2013:** קובעת כי על איוגום מים עיליים, החדרה, העשרה והגנה על מי התהום יחולו הוראות תמ"א 34/ב-4.

²⁸ (מינהל התכנון, 2012).

לצמצם נזק סחף והצפות. סעיף 8 בפרק, עוסק ב'הנחיות לתכניות המשנות את משטר הזרימה העילי, ומוסיף על האמור בפרק המים, בכך שמחייב כל תכנית שצפויה לשנות את משטר הזרימה העילי של הנחל, להגיש גם היא, נספח ניהול נגר. גם בפרק זה, יש אפשרות לפטור מחצור בהגשת המסמך.

לענין שמירה על מי התהום, פרק המים מגדיר שטחים בעלי חשיבות להחדרה והעשרה של מי התהום, (גבוהה מאוד, גבוהה, בינונית, נמוכה). כשטחים בעלי חשיבות גבוהה מאד, אוסרת התמ"א על אישור תכניות בעלות פוטנציאל לזיהום מי תהום, אלא במקרים חריגים, ובהתאם להוראות התמ"א. כמו כן, מסומנים בתמ"א אזורים רגועים להחדרת מי נגר עילי, שהינם חשודים בזיהום קרקע ו/או מי תהום. בהם נדרשת חו"ד של רשות המים, לעניין החדרת נגר למי התהום

3.5.1.3 תמ"א 34/ב-4 - תכנית מתאר ארצית משולבת למשק המים - איוגום מים עיליים, החדרה, העשרה והגנה על מי התהום, 2007

לתמ"א שתי מטרות עיקריות בתחום הנגר - יצירת מסגרת תכנונית להקמת מאגרים לאיוגום מים, מפעלים ואזורים להחדרת מים למי תהום ומסגרת תכנונית לשימור וניצול מיטבים של מי נגר עילי, הקטנת נזקי סחף והצפות והעשרת ושמירה על מי התהום.

החלק הראשון עוסק בשמירת קרקע לאתרי החדרה והנחיות הנחיות להקמתם ולהליך אישורם. החלק השני, עוסק בהטמעת היבט ניהול הנגר בתכנון השוטף, תוך הבחנה בין תכנית להרחבה ניכרת²⁷ ותכנית שאינה להרחבה ניכרת. לגבי הראשונה, נקבע שיש לערוך נספח לשימור וניצול מיטבים שיכלול הנחיות ופירוט לניצול הנגר לטובת העשרת מי תהום, השקיה, אגירה לצרכי גופש ופנאי, הפניה לנחלים ועוד. וכן, להפנות לשימוש בשטחים ציבוריים פתוחים לקליטה והשתייה נגר ולעידוד החדרה למי התהום.

לגבי תכנית מפורטת שאינה להרחבה ניכרת, התמ"א קובעת כי באזורי החר (אקוויפר החר), במקרה של שינוי יעוד משטח פתוח לבינוי, יש לכלול הוראות בדבר שימור וניצול מי נגר עילי, השהייתו והחדרתו למי התהום. ההוראות כאמור, יתחשבו בתנאי השטח הגיאולוגיים וההידרולוגיים, בבינוי המוצע ובשיקולי העשרת מי תהום ומניעת הצפות. באזור מישור חוף (אקוויפר החוף), מחייבת התמ"א השארה של לפחות 15% שטחים חדירים למים, לטובת הלחול למי התהום, תוך אפשרות להקלות אם מיושמים מתקני החדרה. באזור אקוויפר החר, נדרש לקבוע הוראות להעברת מי הנגר מהאזור הבנוי לשטח פתוח או למתקני החדרה סמוכים לטובת השתייה והעשרת מי תהום.

למסד התכנון יש אפשרות למתן פטור מהדרישות המפורטות.

²⁶ כאמור בהסדר על תמ"א 1 בסעיף 3.5.1.2, תמ"אות 34 אינן תקפות עוד, אמנם מצאנו לנכון לציין את המצב התכנוני שהיה תקף זמן רב. עד לאישורה של תמ"א 1.

²⁷ תכנית להרחבה ניכרת מוגדרת בתמ"א 35 - תכנית הכוללת תוספת שטח לבנין בהיקף של 50 אלף מ"ר ויותר, או 100 יח"ד ויותר, או כזו שנחשבת ע"י מוסד תכנון להרחבה ניכרת לנוכח אופי, גודל או סביבתה של הישבה.

פרק 4

מדיניות תכנון מוצעת לניהול נגר בישראל

44	4.1. כללי
44	4.2. מסגרת כוללת לקידום המדיניות
44	4.2.1. מסגרת חכנונית - סטטוטוריקה
45	4.2.2. מסמך מדיניות
39	4.2.3. הפצה והטמעה
47	4.3. ניהול נגר מאגן הניקוז ועד למגרש הבודד
47	4.3.1. מסגרת כוללת
47	4.3.2. ניהול נגר בהליכי התכנון
48	4.3.3. היררכיית תכניות ותפישה כוללת לניהול נגר
58	4.3.4. מערכות היחסים בין התכניות השונות
59	4.4. הצעות לסעיפי הוראות ניהול נגר לשילוב בתכנית
59	4.4.1. פרק 6, סעיף 6.1, 'הוראות תכנוניות'
63	4.4.2. פרק 6, סעיף 6.1, סעיף 6.2 'תנאים בהליך הרישוי והביצוע'
65	4.4.3. פרק 6, סעיף 6.4, 'הוראות אחרות'
65	4.4.4. פרק 4, 'הוראות ליעודי קרקע ולמגרשים ספציפיים'
66	4.4.5. חכנויות כלל עירוניות להתחדשות עירונית
69	4.5. השינוי המוצע והשפעתו על הליך התכנון
73	4.6. שילוב היבטי ניהול נגר בהליכי התכנון
75	4.7. מתווה לקבלת החלטות לבחירת תמהיל אמצעי ניהול נגר בתכנית
79	4.8. תחזוקת אמצעי ניהול נגר
84	4.9. מדיניות תכנון מוצאים חדשים

4. מדיניות תכנון מוצעת לניהול גגר בישראל

4.1. כללי

בפרקים הקודמים נחשפו האתגרים הקיימים והעתידים בתחום ניהול הגגר בישראל, מהם עולה בבחינת הצורך בגיבוש תפישה וחזון עדכני. קוהרנטי ויישומי. יוזמי ועורכי תכניות נתקלים היום בקשיים בקידום ובאישור תכניות המבקשות לנהל את הגגר בתחומן. לאור ריבוי כלי המדידה והמדריכים, היעדר שיטות חישוב ומקורות מידע אחידים, וברקע ההבדלים בתפישה וביישום המדיניות במסודות התכנון. מגד, מסודות התכנון, המלווים ומאשרים את התכניות, מוגבלים גם הם בכלי ביקורת ופיקוח על ניהול הגגר בתכנית ובנספחים.

תפישת המדיניות המקודמת במסמך זה מתמקדת מצד אחד, בלקיחת אחריות של התכנית לניהול הגגר הנוצר בתחומה, ומאידך השני, קוראת לאופן ביצוע ניהול הגגר, בתכנון מושכל ובשילוב אמצעי ניהול גגר נופיים והנדסיים.

החזון הוא שמדיניות ניהול גגר תותווה מרמת אגן הניקוז, דרך מרחב הרשות המקומית ומשם לתכנית המפורטת ולמגרש. כך שכל מוסד תכנון ומתכנן יכיר, או יהיו זמינים לתכניות, למדיניות ולמידע הרלוונטיים להם. בהתאם, כל תכנית ומגרש יוגשו ויבחנו מתוך הקשר מרחבי, תוך שימוש בכלים ובבסיסי מידע אחידים ועדכניים, כך שהם ממלאים את חובותיהם המרחביים הקונקרטיים לניהול הגגר.

4.2. מסגרת כוללת לקידום המדיניות

על מנת להגשים את החזון ולהטמיע את המדיניות באופן מיטבי ומהיר, מקודמים במינהל התכנון מספר מהלכים מקבילים, שיחד יצרו מהלך קוהרנטי כולל. המהלכים כוללים חלקים סטטוטוריים ואמצעי מעטפת ומדיניות, ומסמך זה הינו אחד מאמצעי המעטפת. להלן פירוט המהלך המלא המקודם במינהל התכנון:

4.2.1. מסגרת תכנונית - סטטוטוריקה

- א. תיקון סעיף 7.1 בפרק המים בתמ"א¹, העוסק בניהול וניצול מיטבי של מי גגר עילי והעשרת מי תהום, בנוסף לשניונים המתייחסים, בין היתר, לחובת הגשה של נספח ניהול גגר, לקביעת יעד לניהול גגר, עד ספיקה יוצאת מווסתת ועוד.
- ב. עדכון הנחיות נספח ניהול גגר (ב"מ² א"1).

4.2.2. מסמך מדיניות

המסמך עוסק, בין היתר, בנושאים הבאים:

א. היכרות עם השינוי הסטטוטורי

הצגה והסבר של שינוי הוראות תמ"א¹ והנחיות נספח ניהול הגגר החדשות ואופן הטמעתם בהליכי התכנון

ב. תפישה תכנונית כוללת לניהול גגר

גיבוש והתווית תפישה כוללת לניהול גגר מאגן הניקוז ועד המגרש הבודד, דרך הצגת רמות התכנון והתכניות השונות ומערכות היחסים ביניהן

ג. שילוב היבטי ניהול גגר בהליכי התכנון ועקרונות לקבלת החלטות

- תיאור והסבר על שינוי המדיניות המוצע והשפעתו על שלבי התכנון
- קווים, עקרונות וכלים לקבלת החלטות לקידום תכניות מנהלות גגר ונספחי ניהול גגר

ד. ארגז כלי ניהול גגר

מדריך יישומי לאגשי המקצוע להיכרות ולבחירה מושכלת של אמצעים לניהול גגר בתכנית ו/או בהיתר הבניה

ה. בחינה כלכלית

ניתוח עלויות זקן שיטפונות בישראל, השוואת פתרונות משולבים לניהול גגר ותיעול מול תיעול סטנדרטי וניתוח יעילות כלכלית של פתרונות ניהול גגר משולבים בתכנון תוך התייחסות להיבטי מימון האמצעים

ו. פרוק הידרולוגי

- הנחיות לביצוע החישובים ההידרולוגיים, לרבות שיטות החישוב, שימוש במודלים ובסיסי נתונים הנדרשים להגשת נספח ניהול גגר

ז. דוגמאות לנספחי ניהול גגר

ז. כלים ובסיסי נתונים

- גיבוש והנגשת בסיסי מידע אחידים בתחום ההידרולוגיה והקרקע
- יצירת מחשבון גיבש לחישוב גגר בתכנית

4.3. ניהול נגר מאגן הניקוז ועד למגרש הבודד

4.3.1. מסגרת כוללת

טרם ההסבר על ניהול הנגר בכל אחת משלוש הרמות (אגן הניקוז, רשות מקומית, שכונה / מתחם/ מגרש), חשוב להבין את התמונה הכוללת. שלוש הרמות, כל אחת בהתאם למאפייניה, תפקידה וסמכויותיה, מתוות וקובעות את תפישת ניהול הנגר, כך שנשמר משק והדדיות, וכל תכנית לפי מיקומה, ניזונה ומתבססת על התכנית ברמה מעליה. תכנון ניהול נגר חייב להתחיל מלמעלה, באגן הניקוז, לאורו יש לתכנן את ניהול הנגר במרחב העירוני המקומי, כאשר התכניות משלימות ומתכתבות ביניהן. לאחר השלמת התכנית האגבית והעירונית, וכנגדורת שלהן, בכו לגבש את התפישה ופרקטיקת ניהול נגר בתכנון מפורט ו/או בהיתר הבניה,³⁰ וכך לתכנן באופן המתחשב והמדויק ביותר מבחינת היבטי ניהול נגר, בהתאם למרחב בו נמצאת התכנית. בהתאם לכך, ועל מנת לחזק את הקשר בין מוסדות התכנון ורשויות הניקוז/ אגפי הניקוז המקומיים, ראוי שגורמי התכנון המקומיים והמחוזיים, ייקחו חלק בהליך גבוש התכניות האגביות והמקומיות לניקוז וניהול נגר. כמו כן, לכשיגובשו תכניות אלו, על מוסדות התכנון לאמץ אותן, על מנת להסמימן בעבודה השוטפת בעיצוב מדיניות תכנון ובאישור תכניות והיתרי בניה.

מאחר שברוב שטח המדינה אין עדיין תכנון אגני ו/או תכנון אב עירוני עדכני לניקוז וניהול נגר, או שהוא לא מוכר למוסדות ההתכנון, אנו פועלים בתקופת מעבר. בה חלק מהמדיע, שאמור היה להיות בידי הרשויות הרלוונטיות, אינו קיים עדיין. לפיכך, בשנים הקרובות, מוטלת על התכנון, דרך נספח ניהול הנגר, עבודה משמעותית יותר, שבאה לכסות על היעדר המידע והנתונים. ככל שיעבור זמן, יתגבשו התכנון האגני והעירוני, ובכך תתאפשר הטמעה מיטבית של תפישת ניהול הנגר ברמה ארצית, אזורית ומקומית.

4.3.2. ניהול נגר בהליכי התכנון

על מנת להסמימן את מדיניות ניהול הנגר בהליך התכנון ובפרט בתכנון המפורט, יש לתת את הדעת לחיבת ניהול הנגר כבר משלבי התכנון הראשונים. בהליך אינטגרטיבי של צוות התכנון, תוך דינמיקה וחזנה חדדית. המטרה במסגרת עבודה זו היא ליצור תכנון מותאם לתנאי השטח ולטיפול ביעד נגר כמותי. בהליך המוצע, ייקבע השלד התכנוני ומערך ייעודי הקרקע והשטחים הפתוחים, בין היתר, על בסיס המאפיינים ההידרולוגיים והניקוזיים של השטח. זאת מתוך תפישה של מיצוי פוטנציאל ניהול הנגר בחחום התכנית, דרך ניהול עיקר הנגר, ככל האפשר, באמצעים גופיים רכים, בשילוב עם אמצעים הנדסיים.

³⁰ חשוב להבחין בין תכניות, לפי חוק התכנון והבניה, שהן סטטוטוריות, וענייני שינוי ייעודים, שימוש הקרקע או הוראות התכנון וזכויות הבניה, (בתכניות כולליות, תכנית מפורטת), לבין תכנון אב מנהל, שאינו סטטוטורי, והוא מתמקד בביתחן השטח.

³¹ תכנית כוללנית או מתאר, יכולה גם הם להיות כוללת נגר בתכנון מפורט או בהיתר שיצאו מכוחה, בכפוף לאופן

התייחסותה להיבט ניהול הנגר. ישנה עדיפות לעריכת התכנית והנספח לאור תכנון אגני מנהל, ככל שיקיים.

4.2.3. הפצה והטמעה

מתוך הבנה בחשיבותו של הליך הטמעה שלם ויסודי לקידום ויישום מהיר ואכותי של השינוי הסטטוטורי והמדיניות המוצעת, נדרש מהלך מוסדר של לימוד, ליווי ובקרה בקרב המוסדות ואנשי המקצוע. בהתאם לכך, אנו מציעים מערך הטמעה כולל המתייחס לנושאים הבאים:

היכרות, התנסות ושיתוף פעולה רוחבי: נושא הניקוז המרחבי, ובפרט ניהול הנגר מחייב שיתופי פעולה מקצועיים ומרחביים, בהתאם, הליך העבודה לווה בשיתוף קשת רחבה של גורמים מקצועיים שכללי, בין השאר, את מוסדות התכנון המחוזיים, רשויות מקומיות ורשויות הניקוז. הגורמים המשתתפים השפיעו על התהליך ותרמו לעיצוב המדיניות והתוצרים. חלקם אף החליטו באופן וולנטרי, ליישם את המדיניות, אם דרך פילוסופיה או ממש בשגרת העבודה השוטפת. ברוח תפישה זו, המשך שיתופי הפעולה הכרחיים ליישום מדיניות.

א. היכרות, התנסות ושיתוף פעולה רוחבי: נושא הניקוז המרחבי, ובפרט ניהול הנגר מחייב שיתופי פעולה מקצועיים ומרחביים, בהתאם, הליך העבודה לווה בשיתוף קשת רחבה של גורמים מקצועיים שכללי, בין היתר, את מוסדות התכנון המחוזיים, רשויות מקומיות ורשויות הניקוז. הגורמים המשתתפים השפיעו על התהליך ותרמו לעיצוב המדיניות והתוצרים. חלקם אף החליטו באופן וולנטרי, ליישם את המדיניות, אם דרך פילוסופיה או ממש בשגרת העבודה השוטפת. ברוח תפישה זו, המשך שיתופי הפעולה הכרחיים ליישום מדיניות.

ב. הדרכות: גיבוש סדנאות, ימי עיון, קורסים במוסדות אקדמיים והדרכות למוסדות תכנון, גופי ממשלה, רשויות מקומיות, אנשי מקצוע העוסקים בתכנון, אדריכלות, הידורולוגיה ועוד.

בשנתיים האחרונות פועלת 'אגמא' – המרכז לאגני היקוות, גגר ונחלים³², בשיתוף פעולה עם מינהל התכנון ומשרד החקלאות להטמעה של מדיניות ניהול הנגר החדשה, דרך אתר אינטרנט ייעודי שהוקם, קידום הדרכות, סדנאות, ימי עיון, סרטונים, ויבגרים ועוד.

³² לאתר אגמא והכרזה עם מגוון הפעילות.

ניהול גגר בתכנית האגנית יתייחס לכלל השטח הפתוח, ע"י הגדרת זיקתו עם שטחי היישוב הבנויים והמתוכננים באגן. התכנית תכלול מיפוי נרחב על מנת להציג תמונת מצב תכנונית עדכנית ורחבה, ככל הניתן. הצגת המצב התכנוני תיעשה, בין היתר, באמצעות סקירת אירועי עבר וניתוח פיתוח עתידי בפשטי הצפה וברחבי האגן, שעשוי להשפיע על הספקיות במרד וגיבוש שכבת פשטי ההצפה הצפויה. בנוסף, יש לערוך סקר סיכונים שיתמקד בזיהוי אזורים מועדים להצפות, תוך דירוג חשיבותם באמצעות "תג מחיר" כלכלי לכל אזור שנמצא בסיכון להצפה.

לבסוף, התכנית תציע חלופות תכנון אגניות להתמודדות עם הסיכונים, כגון שימור רצועת נחל כתשתית טבע הידרולוגית, שמירה על שטחי הסמכים לאזורי פיתוח, שיכולים לקלוט גגר כגון מאגרי יסות, אזורי השהייה, מוצאי ניקוז וכד'.

מעבר לעדכון גבולות פשטי ההצפה, לכל מקטע נחל תיקבע ספיקת התכן שהאפיק יכול להוביל ללא גרימת הצפה. מקטעי הנחל יכולים להיות מוגדרים לפי מאפיינים כגון כניסות ויבלים או נקזים משמעותיים, שינוי מורפולוגי בערוץ, בטופוגרפיה או בסוג הקרקע, או לפי גורמים מלאכותיים כגון מאגר, תחנת שאבה על הנחל וכד'. בנוסף, התכנית תמפה את תתי האגנים ומוצאי הניקוז העירוניים במרחב האגן. המיפוי יכלול את שטח תת האגן ואחוז השטח האטום/ בנוי, ואת המידות והאזוורט³⁴ של המוצא, לרבות התייחסות לתכנון מאושר ו/או מקודם שעמיד להספי חסית ו/או נקזים חדשים.

בהתאם לספיקת התכן שנקבעה למקטע הערוץ אליו מתבק מוצא הניקוז, ויחס לגודל תת האגן והשטח הבנוי, תיקבע לכל מוצא ניקוז ספיקת התכן אותה הוא רשאי לחזרים לערוץ הרלוונטי. הגדרת ספיקות התכן, פשטי ורומי ההצפה כאמור, יצרו את החיבור בין ניהול הנגר באגן הניקוז, לניהול הנגר במרחב העירוני ויהיו את הבסיס להכנת תכנית האב העירונית.

4.3.3.2 תכנית אב עירונית לניקוז ולניהול גגר

מטרת תכנית האב העירונית היא להתוות תפישת ומדיניות כוללת לניהול גגר ברשות המקומית, והיא נגזרת, משלימה ומפרטת את התכנון האגני. התכנית תכלול עריכה והנגשת נתונים: יצירת כלי עבודה חכמים: קביעת הנחיות תהליכיות וכמותיות לעריכת תכניות והיתרי בניה ולגיבוש תכנית עבודה לרשות. להלן הצעה עקרונית להכנת תכנית אב עירונית, לפי שלבי עבודה:

- מיפוי - יצירת בסיס מידע גאוגרפי (ממ"ג)** בגיש, שיכלול את הנתונים הבאים:
 - נתוני השטח:** טופוגרפיה, תתי אגני ניקוז, ערוצי זרימה קיימים והיסטוריים, מוצאי ניקוז, שקעים אבסולוטיים, אזורי הצפה ואזורים בעלי היסטוריות הצפות, שכבת קרקע עליונה (Top Soil), חתר, קרקע אזורי, קידוחי מי שתייה ורדיוס מגן, מפלס מי תהום, קרקע מזוהמת או חשודה כמזוהמת, מקווי מים ובתי גידול לחים ואזורים רגישים להצפות.

³⁴ גובה בסיס המוצא.

כאמור בסעיף הקודם, העדיפות היא לעריכת תכנית מפורטת ונספח ניהול גגר לאור תכנית אגנית/עירונית/ נספח בתכנית כוללת. מאחר שאלו עדיין חסרים במקרים רבים, ועל מנת לקדם שינוי ממש, הוחלט לפעול כבר עכשיו במתן הנחיות ארציות מחייבות לניהול גגר בתכניות. כאשר יקודם התכניות האגניות והעירוניות וידון במסודות התכנון, וישמשו כמסמכים מנחים ומלוים לתכנון המפורט.

מעבר לתכנון המפורט, היתר הבניה הינו מהותי ביותר למימוש המדיניות, שכן, הוא מגדיר את הצורה ואופן פיתוח המרחב והבניה בשטח. ההיתר נגזר בעיקרו מהתכנית המפורטת, ומכאן החשיבות בעריכת מסמכי התכנית: הוראות, תשריט ונספחים, באופן ברור ומחייב. בתכנית שלא חלה עליה חובת הגשת נספח ניהול גגר (עד 5 דונם), אמצעי ניהול הנגר יוצגו במסגרת היתר הבניה, או במסגרת תכנית בינוי ופיתוח שתהווה תנאי להיתר הבניה.

4.3.3 היררכיית תכניות ותפישת כוללת לניהול גגר

להלן פירוט והנחיות להכנת תכניות לניהול גגר ברמה האגנית והעירונית, שיכלול את תפקיד ומטרת כל תכנית, היקוות שמקימת עם התכניות השונות ומתווה עקרוני לעריכת התכנית.

4.3.3.1 תכנון אב אגני

אגן הניקוז הינו מרחב גאוגרפי הנקבע באמצעות קו פרשת המים, והוא גבול טבעי. חוק הניקוז הגדיר בישראל גבולות של 11 רשויות ניקוז. האגף לשימור קרקע וניקוז במשרד החקלאות מקדם בשנים האחרונות עבודה רחבה שעניינה הסמעת גישה אגנית משלבת בניהול אגני הניקוז, ומפעיל במסגרת זו ועדת היגוי רחבה.³² העבודה כללה, בין היתר, סקירת תכניות אב אגניות לנושא ניקוז ולימוד שלהן לטובת גיבוש מתודולוגיה אגנית לניהול סיכוני שיטפונות, בראי הדירקטיבה האירופית (2007).³³

כן פועל המשרד מתוקף עבודה זו, לגיבוש מסגרת כוללת לקידום ועריכת תכניות אב אגניות לניהול סיכוני שיטפונות בפריסה ארצית, שיכללו גם את תכנון האב האגני. הליך גיבוש תכניות האב האגניות כאמור, תשוב שיעשה בשיתוף מוסדות התכנון המחוזיים והמקומיים. על מנת להבטיח היכרות ותיאום של התכנית במסודות התכנון. לאחר הגיבוש, תשוב שהתכנית תידון ותאומוץ במסודות התכנון הרלוונטיים.

מבנה תכנית האב האגנית ייקבע בהליך בינומשרדי בהובלת משרד החקלאות, כאשר רשויות הניקוז יהיו האחראיות לייזום וקידום התכניות. אחת ממטרות התכנית הינה הסדרת היבטי הניקוז וניהול הנגר באגן, תוך התייחסות להסדרת היבטי אקולוגיה, מקורות זיהום, שימור קרקע, נוף, קהילה ותרבות ופנאי.

³² (גוטמן, 2019).

³³ שם.

- ♦ **תשתיות:** מיפוי מערכות ותשתיות ניקוז ותיעול וניהול גגר קיימות, ³⁵ שכלול את הבתונים הרלוונטיים לגבי האלמנטים השונים, לרבות צינורות, שוחות וקולטנים.
 - ♦ **תכנון קיום ומאפשר:** מיפוי ייעודי קרקע וסוגי תכניות קיימות ומתוכננות.
2. **זיקות מרחביות עם אגן הניקוז** – השתלבות עם אגן הניקוז והגדרת ספיקות תכן בעורקי הניקוז המקומיים, לפי ספיקות התכן של המצאים, כפי שהוגדרו בתכנית האב האגנית. ככל שלא נעשתה תכנית אב אגנית או שאינה עדכנית, יש לחשב את ספיקות התכן של עורקי הניקוז לפי כושר ההולכה הקיים של מוצא הניקוז. ככל שספיקת התכן שנקבעה גבוהה מיכולת המוצא הקיים, יש לתאם זאת עם רשות הניקוז, על מנת להבטיח את יכולת הקליטה של הערץ באגן.
 1. **קביעת אירועי תכן של גשם:** אירועי הגשם הם הבסיס לתכנון ניהול הגגר העירוני ולתכנון המפורט. אירוע תכן סינתטי אחד קיים בבסיס הבתונים של עוצמות הגשם המפורסם (**נספח מס' 1: בסיס נתוני עוצמות גשם לתכנון בישראל**) אירועים נוספים יש לבנות מתוך אירועים היסטוריים ידועים, שנמדדו בתחנות רציפות ברחבי העיר.
 2. **בניית מודל:** בניית מודל ממוחשב של מערכת ניהול הגגר העירונית שכלול את נתוני המיפוי הרלוונטיים.³⁶
 3. **הרצת מודל:** לפי אירועי גשם בהסתברויות שונות ותרשישים שונים, סינטיים ומדדיים.
 4. **מיפוי אזורי סיכון:** לפי תוצאות המודל, יש ליצור שכבת ממ"ג של אזורי הסיכון להצפות וכלול, בין היתר, את המרכיבים הבאים:
 - א. שקעים האבסולוטיים
 - ב. אזורי בעלי היסטוריות הצפות – ממקורות דיווחי מוקד עירוני, ככל שהמידע הקיים חלקי ולא מאפשר את בניית השכבה, יש להמליץ בפני הרשות המקומית להסדיר זאת פשטי הצפה בנחלים מתוך תכניות האב האגניות
 - ג. פשטי הצפה בנחלים מתוך תכניות האב האגניות
 - ד. סימון פשטי הצפה עירוניים לפי תוצאות המודל, בחוספת מרכיב דז מומדי לרימה על פני השטח, וקביעת רום ההצפה
 - ה. איחוד המידע לעיל לשכבת אזורי סיכון
 - ו. מיפוי חניונים תח קרקעיים וחניונים בסיכון, לרבות רום מפתן הכניסה לחניון
 - ז. ניתן לסווג את שטחי הסיכון להצפות, ³⁷ ככלי לתעדוף השקעות ולבקר על תכניות פיתוח עתידיות

³⁵ ברשויות רבות ישנו חסר במידע כולל על מערכות התיעול, ולכן משמח זו יכולה להיות מריכת. במצבים של פערי מידע, מומלץ להוציא צוותי מדידה לשטח לחלמת הבתונים.

³⁶ יש להשתמש בחוכמה שמקבילה חיושנית למודל EPA SWMM. שימוש בגישה הרצונית אינו מומלץ לתכנית אב מקומית.

7. **קביעת ספיקות תכן במערכת התיעול העירונית:** בהתאם לספיקות שנקבעו למוצא הניקוז העירוניים בתכנית האגנית, יש לגזור ספיקות תכן לעורקי הניקוז בעיר, על פי גודל האגן הרלוונטי והשטח הבנוי בו. ניתן ומומלץ להשתמש במודל שבנה לצורך זה.
8. **אתור שטחים לניהול גגר:** על בסיס המודל ולאור הבתונים שנאספו, זיהוי השטחים הפוטנציאליים לניהול גגר ברמה מרחבית, כגון שצ"פ, צידי דרכים, כיכרות עירוניות, מבני ציבור וכד'.
9. **בחינת חלופות:** עריכת תכנון עקרוני לחלופות ניהול גגר במרחב ובחינתו במודל
10. **בחירה ותכנון חלופה נבחרת:** תכנון כללי של החלופה הנבחרת שתכלול תשתיות ואמצעים מרחביים לניקוז ולניהול גגר, לרבות אומדן כלכלי, פרטי פרויקט ותיעודף משולכל של פרויקטים כך שיהוו בסיס להכנת תכנית עבודה לרשות המקומית
11. **מדיניות והנחיות לתכנון מפורט ורישוי:** הגדרת מדיניות מקומית לניהול גגר בתכנון, לרבות המלצות לאמצעים מותאמים למאפיינים המקומיים ושימוש משכל בשטחים קיימים, פתחים ובנויים, לטובת ניהול גגר. בנוסף, קביעת יעדים כמותיים לניהול גגר ולספיקות יוצאות והנחיות לניהול גגר בתתי האגנים (אוכל חלוקה לתת שטח שתמצא לנכון). על בסיס הגדרת ספיקות התכן במערכת העירונית, וביחס למאפייני האגן הבינוני ושימוש הקרקע. יעדי ניהול הגגר והספיקה היוצאת יהיו בהתאמה ליעדים ולחוראות תמ"א 1, ובסמכותם לעדכן אותם, ככל הנדרש, בהתאם לחוראות התמ"א.

4.3.3.3 תכנית כוללנית / מתאר

התכנית הכוללנית, מתוקף הגדרת חזון ומטרות, מייצרת מסגרת תכנונית כוללת ליישוב, ומתווה הנחיות וחוראות לתכניות מקומיות ומפורטות שיצאו מכוחה. הליך התכנון הכוללי מורכב מניתוחים מגוונים ולימוד מקיף של היישוב, על האתגרים וההזדמנויות הצפונים לו. בהתאם לכך, תכנית זו היא הזדמנות לקביעת מסגרת תכנונית מקצועית ועדכנית גם לנושא ניהול הגגר. תכנית אב עירונית לניהול גגר נוספת ניהול גגר בתכנית כוללנית, מקיימים חפיפה מסוימת, שכן הם מתייחסים לניהול גגר ברמה העירונית. השוני הוא, שהתכנית האב היא מסמך ייעודי לניהול גגר שמנחה תכניות ופרויקטים, היא אינה סטטוטורית וקיימות מעטות ממנה בישראל. ואילו נספח ניהול גגר של תכנית כוללנית, נערך במקביל לעריכת התכנית ומתווה חלק אינטגרלי ממנה, והשפעתו מתבטאת במסמכי התכנית ובהנחיה לעריכת תכניות מפורטות.

³⁷ ניתן לסווג את סיכוני ההצפה על פי קטגוריות של חומרת ההצפה (מהירות זרימה, עומק הצפה), שנקבעו בתקן האוסטרלי, Management Guideline For Disaster Resilience.

2. שילוב שטחים פתוחים לאורך ערוצי זרימה קיימים (איור 3)

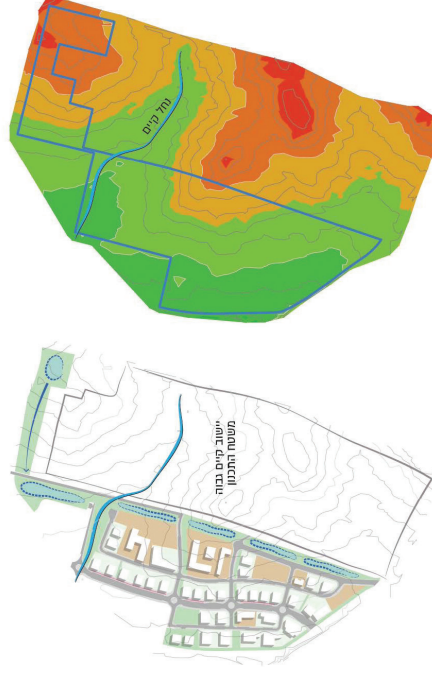


בדוגמא שימור נחל יתיר וערוצי הזרימה המשניים כשטחים פתוחים מאפשר ניהול גגר של זרימה שטפונית ומונע הצפות. (תכנית מס' 625-07/1564, שכונת אלמטלה, תל שבע)

4.3.3.5 עקרונות לניהול גגר בהליך התכנון המפורט³⁸

לחכנו מערך השטחים הפתוחים בתכנית משקל משמעותי בקידום פוטנציאל ניהול גגר באמצעות פתרונות גופיים מבוססי טבע. להלן העקרונות שמומלץ לשקול בשלב התכנון הנופי וקביעת מערך השטחים הפתוחים ותפישת מדיניות ניהול הנגר.

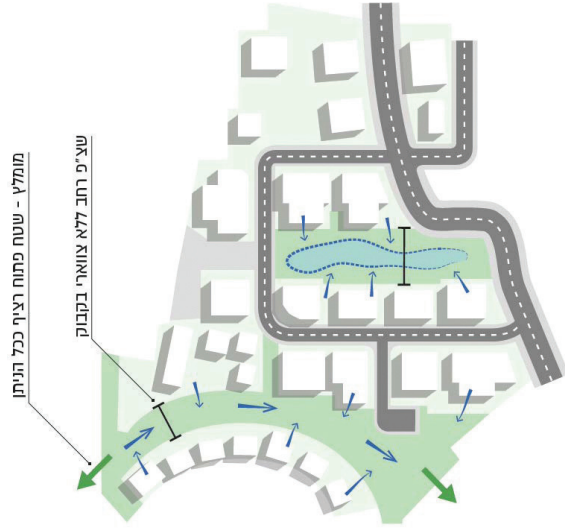
1. מיקום שטחים פתוחים באזורים הנמוכים בתכנית (איור 2)



בדוגמא שילוב שטח פתוח לאורך הדופן המזרחית של השכונה המתוכננת. מאפשרת יסות של מי הנגר מהשטח הבנוי הגבוה יותר ממזרח (תמ"ל 1038 - גני א"ר, רמת גן)

³⁸ לרחבה על עקרונות התכנון ראו פרק 7.

4. רצף והמשכיות (איור 5)



בדוגמא, מיקום שטח פתוח אורכי גדול במרכז התכנית והרחבת השטח הפתוח במערכת, וזאת בהתאמה לטופוגרפי במתחם, מאפשר ניהול מי נגר בשטחים הפתוחים, בנוסף לצמצום עבודות עפר וקירות תמר. (תכנית מס' 507-0523845, מתחם אר"י דקר, תל-אביב)

3. שילוב שטח פתוח בכל מבנו (איור 4)



בדוגמא שילוב שטח פתוח (ציבורי או פרטי) נמוך מסביבתו בכל בלוק, מאפשר השרייה של מי הנגר במבנו, לפני הפניה שלהם למערכת העירונית. (תכנית מס' 415-0838573, מתחם יוספטל, רמלה)

4.4. הצעות לסעיפי הוראות ניהול גגר לשילוב בתכניות

על מנת לממש את תפיסת ניהול הגגר בתכנית, יש להביאה לידי ביטוי במסמכי התכנית המהייתיים, בין היתר, בהוראות. מטרת פרק זה היא להציע לצוות התכנון ולמוסדות התכנון מגוון אפשרויות להוראות העוסקות בהיבטי ניהול הגגר, שניתן לשלב בתכנית. סעיפי ההוראות שלהלן מצביעים על כיוונים ואפשרויות, חלקם מנוסחים באופן כללי וחלק ממוקדים יותר. צוות התכנון, בבואו להמיר את תפישת ניהול הגגר למסמכי התכנית המהייתיים, יבחר, יתאים ויוסיף סעיפי הוראות, לפי צרכיו, על מנת להתאימם לתכנית ולתפישת ניהול הגגר שגובשה לה. הפרק נערך לאור מסמך 'עקרונות לעריכת הוראות תכנית' של מינהל התכנון³⁹, וניתן לשלב את הסעיפים המוצעים בפרק 6, סעיף 6.1 או 6.2, או בפרק 4 סעיף 'יעודי' קרקע ושימושים, לפי עניין.

אמצעי ניהול גגר בהליך הרישוי: במקרים בהם העבודות למימוש התכנית טעונות היתר ניתן לכלול את אמצעי ניהול הגגר בהיתר הבניה עצמו או ככל שהתכנית דורשת תכנית בינוי ופיתוח כתנאי להוצאת ההיתר, ניתן לכלול את אמצעי ניהול הגגר בתכנית הבינוי והפיתוח.

סימון מיקום אמצעי ניהול יוצג במסגרת היתר הבניה או תכנית הבינוי והפיתוח, בהתאם למאפייני האמצעי. במקרים בהם העבודות למימוש התכנית לא טעונות היתר והוראות התכנית אינן מחייבות הכנת תכנית בינוי ופיתוח (בהיתר היה לסמן את האמצעים), יש להבטיח בהוראות התכנית כי אמצעי ניהול הגגר יכלול כתנאי למימוש התכנית.

להלן סעיפי ההוראות המוצעים:

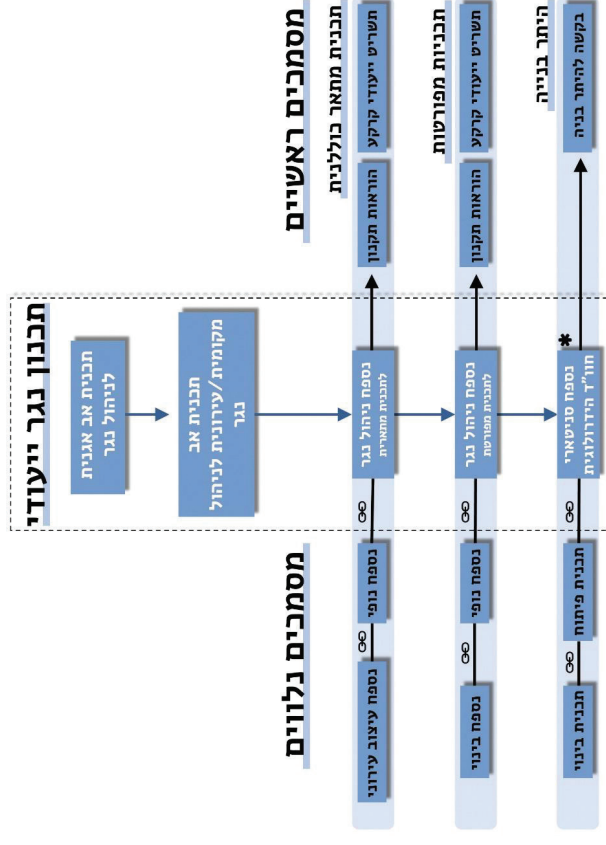
4.4.1. פרק 6, סעיף 6.1, 'הוראות תכנוניות'

4.4.1.1. סעיפי הוראות מוצעים תחת סעיף 'תשתיות' - 'ניהול גגר'

א. פירוט יעדי ניהול הגגר ונפחי גגר מנהלים באמצעים ופתרונות:

דברי הסבר: מטרת הסעיפים הבאים היא להבטיח את הנושאים הבאים: יעד ניהול הגגר, יעד ספיקה יוצאת מווסתת ונפחים לאיגום פיזי בהוראות התכנית. בנוסף, הדוגמאות מציעות סעיפים עבור פתרונות ספציפיים לניהול גגר כגון שצ"פ, כיכר, קידוח, מאגר בתת הקרקע וכל, ונפח הגגר שניתן לנהל בתחומם.

4.3.4. מערכות היחסים בין התכניות השונות



* ככל שנספח מי הגגר של התכנית המפורטת נותר ללא שינוי, אין צורך בנספח בשלב ההיתר.

³⁹ נוהל מבא"ת 2023 / עקרונות לעריכת הוראות תכנית.

- לפחות 30% משטחי הגגות ייבנו כגגות כחולים/ ירוקים/ משולבים, היכולים להכיל 2 מ"ק גגר עודפי הגגר יופנו לש"פ המרכזי בכל בלוק.
- ככל הניתן, יש להשתמש בשטחי הגגות שטחי הפיתוח מעל המרתפים, לטובת ניהול גגר, תוך התאמת פני הקרקע (גבהים/ מצע) לצורכי ניקוז הגגר.

4.4.1.3. סעיפי הוראות מוצעים תחת סעיף 'תנועה וחניה'

דברי הסבר: בתכנון הרחובות קיים פוטנציאל לניהול גגר, אם בתכנון שפועים: הטמעת אלמנטים קולטי גגר כגון שוחות שתילה במוכות; שתילת עצים וחובלת גגר להשקיותם ולחלחול והחדרה לקרקע; חיפוי בריצופים מחלחלים ועוד.

הסעיפים שלהלן מציגים מספר אפשרויות לתכנון רחובות מנהלי גגר באופנים שונים, ויש לבחון את הטמעתם בכפוף למאפייני התכנית ולתפישת ניהול הגגר ואמצעי ניהול הגגר המוצעים בה. יש להבטיח כי הוראות אלו יהיו כתנאי להיתר או במסגרת תכנית הבינוי והפיתוח.

א. תכנון רחובות

- תכנון הרחובות ייעשה באופן שיאפשר ניהול הגגר בתחומם לפני הזרמת עודפי מים למערכת העירונית או לפתרון אחר, וזאת באמצעים של השהיית זרימה/ ויסות/ חלחול גגר, תוך היוועצות עם ההידרולוג, מתכנן הניקוז ומתכנן הכבישים, לפי עניין.
- הרחובות בתכנית ישמשו גם לחולכת גגר, לצורך כך חתר הכביש יבנה בשפוע לציר המרכזי; בתחומם גם יונחו הקולטנים.

ב. איי תנועה

- איי התנועה ברחובות יותכנו כתעלת שתילה, ויהיו נמוכים בכ-15 מ"מ ממפלס הכביש, לטובת קליטת גגר מהכביש. במקרה של אבני שפה המפרידות בין הכביש לתעלת השתילה, יש לוודא קיומם של מפתחים למעבר הגגר לתעלה.

ג. פתחי נטייה

- ככל הניתן, פתחי נטייה של עצים ברחובות יהיו בעומק מינימאלי של 1.5 מ' ושטחם לא יפתח מ-2 מ"ר, תוך שמירה על רציפות בית הגידול, כאשר שפועי הרחוב יופנו לפתחי הנטייה לטובת איסוף וחלחול של גגר.

סעיפי הוראות שלהלן יכולים לתת מענה למצבים תכנוניים שונים. אגב בחזרה את הסעיף/ים הרלוונטיים אליכם, תוך השלמת הנתונים ובחינת הצורך להתאים את הניסוח לתכנית שלכם, על מאפייניה וצרכיה השונים.

- יעד ניהול הגגר לתכנית הוא X מ"ק, מתוכו, Y מ"ק ינהלו בתחום מגרש Z המשמש כש"פ.
- יעד הספיקה יוצאת מוסתת לתכנית הוא Y מ"ק/ש.
- נפח האיגום הפיזי בתכנית הוא X מ"ק.
- יעד ניהול הגגר לתכנית הינו יעד מינימלי, וככל הניתן, בהתאם לאפשרויות ולאמצעים הקיימים בעת הצאת ההיתר, ניתן להגדיל את כמות הגגר המנוהלת בתכנית, ובכך לצמצם את כמות הגגר שתוזרם למערכת הניקוז.
- שטחי פיתוח גופי המחופים בחומרים אסומים (כגון ריצופים שלא מאפשרים חלחול) לא יחשבו כשטח מחלחל לניהול הגגר.

ב. הפנייה לד"ח קרקע לטובת מיקום אמצעי לחלחול והחדרה:

דברי הסבר: סעיף זה מתייחס לסעיף 2.5 בגספח ב'4, לעניין הצורך בעריכת ד"ח קרקע. תשומת הלב שלא לייצר בהוראות דרישה חדשה לעריכת ד"ח, אלא אם כן התכנית מצאה זאת לנכון, ולהפנות לנתונים מתוך ד"ח קרקע בהתאם לס' 2.5 כאמור.

- אמצעי החדרה בהיתר הבניה יקבעו לאור ד"ח קרקע* המצורף כנספח לתכנית זו, בהתייחס, בין היתר, לפוטנציאל החלחול וההחדרה למי התהום.
- * ככל שד"ח זה נערך במסגרת התכנית או ככל שקיים ד"ח מייצג מאתר סמוך

ג. יציבות מבנים - ת"י 940:

דברי הסבר: סעיף 4.ג בגספח ב'4, מתייחס להשפעה של אמצעי ניהול גגר הכוללים החדרה / לחלחול הממוקמים בסמוך ליסודות מבנים (בהתאם לח' 940), על מנת להבטיח את יציבות המבנים.

- מיקום אמצעי ניהול גגר הכוללים מנגנוני חלחול והחדרה ייבחנו, בין היתר, בהתחשב במרחק מיסודות המבנים, על מנת להבטיח את בטיחות המבנה.

4.4.1.2. סעיפי הוראות מוצעים תחת סעיף 'בינוי'

דברי הסבר: להלן אפשרויות לסעיפי הוראות שניתן לשלב במצבים שונים בתכניות, תוך התאמתם מבחינה כמותית מספרית או מהותית לעניין האמצעי עצמו. יש לבחור/ להתאים / לנסח את הסעיף מחדש בהתאם למאפייני התכנית.

4.4.2. פרק 6, סעיף 6.1, סעיף 6.2 'תנאים בהליך הרישוי והביצוע'

4.4.2.1. סעיפי הוראות מוצעים תחת תת סעיף 'תנאים בהליך הרישוי'

במקרים בהם העבודות למומש התכנית טענות היתר ניתן לכלול את אמצעי ניהול הגגר בהיתר הבניה עצמו או ככל שהתכנית דורשת חכנית בינוי והפיתוח כתנאי להוצאת ההיתר, ניתן לכלול את אמצעי ניהול הגגר בתכנית הבינוי והפיתוח.

סימון מקום אמצעי ניהול יוצג במסגרת היתר הבניה או תכנית הבינוי והפיתוח. בהתאם למאפייני האמצעי; במקרים בהם העבודות למומש התכנית לא טענות היתר והוראות התכנית אינן מחייבות הכנת תכנית בינוי ופיתוח (בה ניתן היה לסמן את האמצעים), יש להבטיח בהוראות התכנית כי אמצעי ניהול הגגר יכלול כתנאי למומש התכנית.

א. במגרשים בהם נדרש על פי דין להוציא היתר בניה:

- בקשה להיתר בניה, תציג באופן מפורט את אמצעי ניהול הגגר במרחב הציבורי והפרטי, בהתאם ליעד ניהול הגגר וליעד ספיקה יוצאת מווסתת שנקבעו לתכנית.

ב. בחירת אמצעי ניהול נגר בשלב היתר הבניה:

- בעת עריכת היתר הבניה, לצורך עמידה ביעד ניהול הגגר ויעד ספיקה יוצאת מווסתת שנקבעו לתכנית, תהיה העדפה לשימוש בפתרונות מבוססי טבע, דוגמת עיצוב שיפועים וטופוגרפיה, אגני ויסות, תעלות לחלול, וכן, שימור בתי גידול לעצים בוגרים בקרקע טבעית.
- במסגרת היתר הבניה יש להבטיח כי הצמ"גים יופנו לאזורים / אמצעים, שניתן יהיה לנהל בהם את מי הגגר.

4.4.2.2. סעיפי הוראות מוצעים תחת תת סעיף 'תכניות בינוי ופיתוח'

סעיפי הוראות שלהלן יכולים לתת מענה למצבים תכנוניים שונים. אנא בחרו את הסעיף/ים הרלוונטי/ים אליכם, תוך השלמת הנתונים ובהתאם לצורך להתאים את הניסוח לתכנית שלכם, על מאפייניה וצרכיה השונים.

1. סעיפים כלליים:

- בקשה להיתר בניה / תכנית בינוי ופיתוח / נספח נפץ: יציגו באופן מפורט את מכלול אמצעי ניהול הגגר ואת פוטנציאל נפחי ניהול הגגר בהם, במטרה להוכיח עמידה ביעד ניהול הגגר ויעד ספיקה יוצאת מווסתת שנקבעו לתכנית. הצגת אמצעי ניהול הגגר תכלול את המרחב הציבורי והפרטי;

4.4.1.4. סעיפי הוראות מוצעים תחת תת סעיף 'פיתוח נוף'

דברי הסבר: הפיתוח הנופי משמעותי לניהול הגגר מעצם הפוטנציאל שלו ליצירת ערוצי ניקוז להולכה וייסות נגר, למשחקי גבהים לטובת יצירת אזורי אגום, ולקירוי / ריצוף בחומרים המאפשרים לחלול נגר לקרקע.

הסעיפים שלהלן מציעים על מספר אפשרויות המתחייבות לפיתוח הנופי לטובת ניהול נגר באופנים שונים, ויש לבחון את הטמעתם בכפוף למאפייני התכנית ולתפישת ניהול הגגר ואמצעי ניהול הגגר המוצעים בתכנית. יש להבטיח כי הוראות אלו יהיו כתנאי להיתר או במסגרת תכנית הבינוי והפיתוח.

א. הימנעות מחיפויים אטומים

- ככל הניתן, יש להשתמש בשטחי הפיתוח הנופי לניהול נגר, ולהימנע מחיפוי בחומרים אטומים (כגון ריצופים שאינם מחלחלים).

ב. פיתוח שצ"פים בתכנית הפיתוח

- השטח הציבורי הפתוח יתוכנן, יעוצב ויוחפז, ככל הניתן על מנת שניתן יהיה להשתנות נגר בתחומי לפני הדרמת עודפי מים למערכת התיעול. תכנית הפיתוח תתייחס גם לגבהים, שיפועים ולכיווני השיפוע, על מנת למקסם את ניהול הגגר בשטח.
- בפיתוח השטח הפתוח יש להקפיד לשמר את תוואי הניקוז הטבעיים ואת תפקודם, בין היתר, בהתייחס לטופוגרפיה הטבעית, וכן, לכלול בהם מנגנוני ויסות, אגום, לחלול והחדרה.

4.4.3 פרק 6, סעיף 6.4, 'הוראות אחרות'

4.4.3.1 סעיפי הוראות מוצעים תחת סעיף 'הוראות מתאריכות' (תכניות

כוללניות - תחת 'הוראות להכנת תכניות מפורטות' סעיף 'ניהול נגר' / 'שטחי ציבור')

- בתכנית מפורטת תהיה עדיפות לשמירה על ערוצי ניקוז קיימים או מתוכננים, לטובת המשך תפקודם כערוקי ניקוז, מהמעלה למורד, בין היתר, שישמשו לטובת ניהול נגר.
- תכנית מפורטת תמקם את השטחים הציבוריים הפתוחים, ככל הניתן, באזורים הנמוכים והמחלחלים, על מנת להשתמש בהם לטובת ניהול נגר.
- תכנית מפורטת תכניח עמידה ביעד ניהול הנגר שנקבע לתכנית / מתחם, ע"י שילוב והצגת אמצעי ניהול נגר, ובנוסף, תוכיח עמידה ביעד ספיקה יוצאת מווסתת בכל המוצאים משטח התכנית לסביבתה.

4.4.4 פרק 4 - 'הוראות ליעודי קרקע ולמגרשים ספציפיים'

4.4.4.1 סעיפי הוראות מוצעים תחת סעיף 'הוראות נוספות'

א. ביעוד מגורים:

דברי הסבר: במקרים בהם שקע אבסולוטי בתחום מגרש מגורים, יש להבטיח שגובה הכניסה הקובעת וגובה מפתן הכניסה לחניה התת קרקעית (במידה וישנה), יהיו גבוהים ממפלס ההצפה של אירוע בהסתברות של 1%. במקרים בהם אין לשקע האבסולוטי מוצא נמוך יותר מרום ההצפה, יש לקבוע את גובה המפלסים כאמור, למינימום 50 ס"מ מעל רום ההצפה. במקרים בהם יש לשקע מוצא נמוך מרום ההצפה, יש לקבוע, בהתאם לנתוני השטח והחישובים ההידרולוגיים, את גובה הכניסה הקובעת ומפתן הכניסה בסווח שבין 30-50 ס"מ.

- במגרש X הממוקם בתחום שקע אבסולוטי, יש לקבוע את גובה הכניסה הקובעת לבניין וגובה מפתני הכניסה לחניונים תחת הקרקע, בגובה מינימלי של 30-50 ס"מ* מעל למפלס רום פשט ההצפה (בהסתברות של 1%).
- על כל מגרש בחלקה X לנהל Y מ"ק של נגר. לשם כך יש להקים קיזוח החדרה משותף לכלל בניינים.
- בתא שטח X / במגרש X ימוקם אוגום בנפח Z מ"ק שיקלוט אליו את הנגר ממגרשים 1,2,3.

ב. ייעודי קרקע שונים:

- בתחום מגרש X הספיקה היוצאת המווסתת מהשטח* פ' למערכת התיעול תהיה B מ"ק*ש.

- במסגרת תכנית הבינוי והפיתוח ייקבע כי השטחים המיועדים לחלחול נגר יהיו נמוכים מסביבתם, ככל הניתן, ויחופו, ככל הנדרש, בחומר חדיר למים, כגון אדמה/ חומר גרנדולארי, על מנת לאפשר את תחלחול הנגר.
- במסגרת תכנית הבינוי והפיתוח ייקבע, ככל הניתן, כי הנגר יופנה אל השטחים החדירים והמחלחלים, כאשר השטחים הנמוכים וקפלי הקרקע, ישמשו ווסת זמני לזרימות העיליות.
- במסגרת תכנית הבינוי והפיתוח ייקבע כי השטחים מיועדים לחלחול לא יהיו תחומים בחומרים בלתי חדירים (כגון אבני שפה או קירות), ככל הניתן, על מנת לאפשר זרימת מי נגר מאזורים גבוהים יותר אליהם.

2. סעיפים פרטניים

- במסגרת תכנית הבינוי והפיתוח ייקבע כי בתחום מגרש X, יעוצבו פני הקרקע בשיפוע, לטובת יצירת ערוצי זרימה ואזור הצפה בעומק מרבי של Z ס"מ, על מנת לעמוד בנפח נגר לניהול של Y מ"ק. תכנית הבינוי והפיתוח תציג את השפועים הנדרשים בשטח* פ' בתא שטח X, על מנת לנהל בתחומה Y מ"ק נגר, ע"י הפניית הנגר והשהייתו בשטח הנמוך בשטח* פ'.

3. תחזוקת אמצעי ניהול נגר:

- במסגרת היתר הבנייה, יערך פרוטוקול תפעול ותחזוקה לאמצעי ניהול הנגר הכלולים בהיתר, על מנת להבטיח את פעילותם המיטבית ולשמור על משך מקסימלי של תפקודם. הפרוטוקול יפרט, בין היתר:
 - פעולות התחזוקה הנדרשות, תדירותן ומועדן ביחס לעונות השנה
 - הגדרת גורם אחראי לביצוע הפעולה (דוגמת רשות ניקוז, רשות מקומית, בעל הקרקע, בעל הבכס, חברת ניהול וכד')
 - מפרט הגנה על אמצעי ניהול הנגר בעת ביצוע עבודות פיתוח השטח, להבטחת תפקודם התקיין בעת סיום העבודות.

4. שלביות פיתוח:

- היתר הבנייה יתייחס להיבטים של שלביות הפיתוח, במטרה למנוע פגיעה באמצעי ניהול הנגר בעת ביצוע עבודות הפיתוח, להבטיח את תפקודם בסיום העבודות, וכן, להבטיח את ניהול הנגר בשטח בשלבי הפיתוח השונים. בכלל זה תהיה התייחסות ל:
 - פתרון ביניים לניהול הנגר בשלבי הפיתוח, לפי חלוקה למתחמים
 - מפרט הגנה על אמצעי ניהול הנגר בביצוע העבודות, להבטחת תפקודם התקיין בסיום העבודות

גם בעניין זה, לאור מאפייני התכנית המפורטים לעיל, וכן, בריקע חוסר הוודאות לעניין מימוש התכנית, שמייצר קושי בהבנת השפעתה על המרחב בהיבטי הגגר והניקוז. לאור האמור, מוצע, בדומה לסעיף הקודם, כי גם במקרה זה, מוסד התכנון ישתמש בסמכות שניתנה לו מכוח ס' 71.5.1 לפטור את התכנית מעריכת נספח ב' 4, תוך הבטחה כי ניהול הגגר יקבל מענה בשלב הרישוי.

4.4.5.3. ניסוח הוראות לניהול גגר וניקוז בשלב הרישוי

קבלת פטור מהצורך בחישוב ועמידה ביעדי ניהול גגר ומהגשת נספח ב' 4, אינם פוטרים מטופול בהיבטי הניקוז והגגר בתכנית, שיעשו בדרך של הנחיות להליך הרישוי.

ככל וקיימת או מקודמת תכנית מתארית ליישוב הנותנת מענה לניהול הגגר והניקוז, (מסמך ניהול גגר בתכנית כוללנית / תכנית אב לניהול גגר וניקוז), יש להשתמש בממצאי, מסקנות והמלצות התכנית / מסמך, לטובת ניסוח הוראות לתכנית.

ככל ואין תכנית או מסמך כאמור, מוצע לאסוף נתונים מתקורות שונים, בדגש על הרשות המקומית ורשות הניקוז, על מנת לגבש תמונת מצב מסוימת (גם עם חלקיות), של היישוב מבחינת מיקום, עוצמה ותדירות הצפות וזיקום שמקורם בהצפות, וכן, השפעת היישוב על הצפות במורד.

בהתאם לתמונת המצב לעיל, יש לנסח הוראות לשלב הרישוי שיתייחסו לאותם אזורים וצפות או (במצבים בהם חסר מידע על המצב הקיים) יאפשרו לזהות את אזורי הסיכון, ולדרוש בהם תכנון מתאם מבחינת גבהי פיתוח, כניסוח למרחפים והכללת אמצעי ניהול גגר.

4.4.5.4. סעיפי הוראות מוצעים לניהול גגר וניקוז בשלב הרישוי

סעיפי הוראות שלהלן מצביעים על כיוונים ואפשרויות, חלקם מנוסחים באופן כללי וחלק ממוקדים יותר. צוות התכנון, יבחר, יתאים ויוסיף סעיפי הוראות, לפי צרכיו, על מנת להתאימם לסיטואציה התכנונית, להגשת מסמך ניהול גגר לתכנית ולתפישת ניהול הגגר שגובשה לה ולמאפייני וצרכי המקום.

- היחר הבניה יכלול אמצעים לניהול גגר על מנת לצמצם, כמה שניתן, את כמות הגגר היוצאת משטח המגרש.
- בקשה להיתר בניה תציג באופן מפורט את מכלול אמצעי ניהול הגגר ואת פוטנציאל נפחי ניהול הגגר בהם. במטרה לצמצם כמה שניתן את הגגר היוצא משטח המגרש.
- יש להשתמש בשטחי הגגות לטובת ניהול גגר, תוך תכנון והתאמת המצעים לצורכי ניקוז הגגר.
- מעל תקרת מרתף יישמר עומק קרקע מינימלי של 1.5 מ', על מנת להשתמש בקרקע לניהול גגר באמצעים שונים.

4.4.5. תכניות כלל עירוניות להתחדשות עירונית:

תכניות כלל עירוניות להתחדשות, שעניינה מתן הוראות למיגון מבנים מפני רעידות אדמה, בדרך של תוספת זכויות בניה, (דוגמת תכנית לפי סעיף 23 לתמ"א 38), בעלת מאפיינים ייחודיים, בניהם: הוא חלה על כל תחום מרחב התכנון המקומי או על חלקים נרחבים ממנו; עוסקת בעיקר במגרשי מגורים⁴⁰; אינה משנה את פריסת ייעודי הקרקע; אינה משנה באופן משמעותי את תכנית הבניה הקיימת; ומימושה נעשה באופן ספורדי ולאורך זמן. מאפיינים אלו מעלים שאלות לעניין יכולת ואופן עמידה בתיקון 8, להלן שלוש שאלות עיקריות שעולות בהקשר זה:

- **הצורך בעמידה ביעדי ניהול גגר**
- **הצורך בעריכת מסמך ניהול גגר (ב' 4)**
- **גיבוש הוראות לקביעת המסגרת ואופן ההתייחסות לנושא ניהול הגגר בהליך הרישוי**

4.4.5.1. הצורך בעמידה ביעדי ניהול גגר

מאפייני תכנית כלל עירונית להתחדשות המפורטים לעיל, מעלים קושי בחישוב ובעמידה ביעד לניהול גגר ויעד ספיקה יוצאת מווסתת. הסיבות לכך הן, בין היתר, כי שטח התכנית, שהינו הכרחי לחישוב יעדים אלו, אינו מוגדר, שכן הקו הכחול כולל את שטח העיר, אולם בפועל, התכנית חלה רק על מגרשי המגורים העומדים בתנאים שקבעה. בנוסף, התכנית אינה כוללת שטחים ציבוריים פתוחים, אשר נמצאים בעדיפות למתן מענה להסתמעת אמצעי ניהול גגר. כל אלו נאמרים ברקע הקושי והאתגרים הידועים במימוש תכניות אלו בצד חשיבותן. בהתאם לכך, מוצע שמסד התכנון ישתמש בסמכות שנתנה לו בס' 71.2.4 ובס' 71.3.5, פטור את התכנית מעמידה ביעדים אלו,⁴¹ תוך הבטחה כי ניהול הגגר יקבל מענה בשלב הרישוי.

4.4.5.2. הצורך בעריכת מסמך ניהול גגר (ב' 4)

ס' 71.4, לתמ"א 1 קובע כי חובת הכנת מסמך ניהול גגר (ב' 4) חלה על תכניות מעל 5 דונם. ס' 71.5.1 מסמך את מוסד התכנון לפטור מהצורך בהגשת המסמך "באופן מלא או חלקי, לאחר התייעצות עם רשות הניקוז, בתנאי שהשחכנע כי בהתייחס לגודל התכנית, תכנית הבינוי המוצעת בה, נפח הגגר שהיא עתידה ליצר ומאפייני הסביבה, ההשפעה הצפויה ממנה הינה שולית למערך הניקוז בסביבתה ולא צפויות הצפות בשטח התכנית."

⁴⁰ פועמים גם מבני ציבור.
⁴¹ לעניין זה צוין כי בכון ליצאת מסמך המדיניות נוסח ס' 71.2.4 מתייחס לשני יעדי ניהול גגר בתכנית, ואילו הכוונה כאן היא בבטולם. הנושא יקבל מענה בתיקון תמ"א בחודשים הקרובים.

4.5. השינוי המוצע והשפעתו על הליך התכנון

שינוי מס' 8 להוראות פרק המים בתמ"א 1 ובספח הנחיות ניהול הנגר בתמ"א (ב4)⁴². מהווים את השלד הסטטוטורי עליו נשענת המדיניות. לחלו נפרט ובבהיר את עיקרי תיקון 8 לתמ"א 1. במטרה להגשים לצוותי התכנון ולמוסדות התכנון, על מנת לסייע להטמעתם.

4.5.1. חישוב יעד ניהול נגר בתכנית

התיקון המוצע לתמ"א מחייב שכל תכנית מפורטת תחשב את נפח הנגר שנוצר בתחומה. נפח הנגר מחושב לפי שטח התכנית, סוג הקרקע, עובי הגשם היממתי בהסתברות של 1:50 ותכנית הבינוי המוצעת. לפי נפח הנגר שחושב לתכנית, יקבע יעד נפח הנגר אותו התכנית מחויבת לנהל. יעד ניהול הנגר יקבע באופן הבא:

- ♦ תכנית מחת ל 5 דונם, נדרשת לנהל 50% מנפח הנגר שנוצר בתחומה
 - ♦ תכנית מעל ל 5 דונם, נדרשת לנהל 75% מנפח הנגר שנוצר בתחומה
- ההבדל נובע מהשטח הציבורי הפתוח בתכנית, שכן, ככל שהתכנית גדולה יותר, היא כוללת שטחים נרחבים יותר, שיכולים לשמש כאמצעים משמעותיים לניהול נגר, שכן, ישנה עדיפות והיכנות גבוהה יותר לניהול נגר בשטח⁴³, מבחינת יעילות והיבטי חחזוקה.
- חישוב יעד ניהול נגר:** על מנת להקל על הליך חישוב היעד והיכולת לבקר אותו, נבנה מחשבון ייעודי, שנדרש להזין בו 4 נתונים:
- ♦ שטח התכנית בדונם;⁴³
 - ♦ אחוז התכנית המוצעת;⁴⁴
 - ♦ אזור הגשם בו ממוקמת התכנית, ממנו נגזר עובי הגשם היממתי;
 - ♦ סוג הקרקע ממנו נגזר מקדם הנגר.⁴⁵

⁴² השינוי השינוי אושר ביום 6.9.2023.

⁴³ [המחשבון זמין באתר מינהל התכנון](#).

⁴⁴ ככל שהתכנית המדויקת אינה ידועה בשלב התכנון הראשוני, ניתן להעריכה תחילה על בסיס הפרוגרמה התכנונית, ולדייק אותה בשלבי התכנון המתקדמים. שיוויה ממוינת מקומי מסקר קרקע, וככל שלא קיים, יהיה מתוך מפת חבורת קרקע של משרד החקלאות.

⁴⁵ מקור הנתונים לסוג הקרקע עדיף שיהיה ממידע מקומי מסקר קרקע, וכל שלא קיים, [ינתב מתוך מפת חבורת קרקע של משרד החקלאות](#).

- ♦ ככל הניתן, פתחי נסיעה של עצים, ככל שישנם במגרש, יהיו בעומק מינימלי של 1.5 מ' ושטחם לא יפחת מ-2 מ"ר. תוך שמירה על רציפות בית הגידול, כאשר שיפועי השטח הפתוח יופנו לפתחי הנסיעה לטובת איסוף וחלחול של נגר.
 - ♦ אמצעי החדרה בהיתר הבניה ייקבעו לאור דו"ח קרקע, ככל שנוערך במסגרת היתר הבניה, בהתייחס, בין היתר, לפוטנציאל החלחול וההחדרה למי התהום.
 - ♦ ככל הניתן, יש להשתמש בשטחי הפיתוח הנופי לניהול נגר, ולהימנע מחיפוי בחומרים אטומים (כגון ריצופים שאינם מתחילים).
 - ♦ במסגרת היתר הבניה יש להבטיח כי הצמ"גים יופנו לאזורים / אמצעים לניהול נגר, שניתן יהיה לנהל בהם את מי הנגר.
 - ♦ את שטחי החלחול במגרש יש למקם באזורים הנמוכים על מנת למקסם את פוטנציאל ניהול הנגר בהם.
 - ♦ ככל שהיתר הבניה חל בתחום מגרש הממוקם בשטח שקע אבסולוטי, יש לקבוע את גובה הכניסה הקובעת לבניין וגובה מפתחי הכניסה לחניונים בתחת הקרקע, בגובה מינימלי של 30-50 ס"מ מעל למפלס רום פשט ההצפה (בהסתברות של 1%).
- (דברי הסבר: במקרים בהם קיים שקע אבסולוטי בתחום מגרש מגורים, יש להבטיח שגובה הכניסה הקובעת וגובה מפתח הכניסה לחניה החדה קרקעית (במידה וישנה), יהיו גבוהים ממפלס ההצפה של אירוע בהסתברות של 1%. במקרים בהם אין לשקע האבסולוטי מוצא נמוך יותר מרום ההצפה, יש לקבוע את גובה המפלסים כאמור, למינימום 50 ס"מ מעל רום ההצפה. במקרים בהם יש לשקע מוצא נמוך נמוך מרום ההצפה, יש לקבוע, בהתאם לנתוני השטח והחישובים ההידרולוגיים, את גובה הכניסה הקובעת ומפתח הכניסה בטווח שבין 30-50 ס"מ).

4.5.3. גמישות בקביעת יעד ניהול הנגר בתכנית

מסד תכנון רשאי לשנות את יעד ניהול הנגר בתכנית, לאחר שבחן את מאפייני הניקוז והיסטורית ההצפות בשטח התכנית, בכפוף לתוספת הנגר הצפויה; תוספת הפיתוח המקודמת והמתוכננת באזור; הנחיות תכנית האב האגנית או תכנית אב עירונית ככל שישנה ואומצה ע"י הועדה המחוזית; ישימות פתרונות ניהול הנגר בשטח התכנית בשל אילוצים הנובעים כתוצאה ממאפיינים גאולוגיים, זיהום קרקע ומים, וכו'; יכולת מערכת הניקוז העירונית לקלוט את עודפי הנגר מהתכנית. (סעיף 7.1.2 בפרק המים בתמ"א¹).

4.5.4. פתרונות ניהול נגר מחוץ לשטח התכנית

קביעת מיקום אמצעי ניהול הנגר בתכנית תהיה על פי המדרג הבא:

- תחילה בשטחים ציבוריים, בדגש על שטחים ציבוריים פתוחים ו/או ביעוד פארק/גן ציבור
- ביעודי קרקע פרטיים, בדגש על אמצעים דלי תחזוקה

מסד תכנון רשאי לקבוע פתרונות שלא לפי המדרג, לאחר שבחן את ישימות האמצעים בשטחים הציבוריים ולאור מאפייני ואילוצי התכנית.

4.5.5. מיקום אמצעי ניהול הנגר

קביעת מיקום אמצעי ניהול הנגר בתכנית תהיה על פי המדרג הבא:

- תחילה בשטחים ציבוריים, בדגש על שטחים ציבוריים פתוחים ו/או ביעוד פארק/גן ציבור
- ביעודי קרקע פרטיים, בדגש על אמצעים דלי תחזוקה

מסד תכנון רשאי לקבוע פתרונות שלא לפי המדרג, לאחר שבחן את ישימות האמצעים בשטחים הציבוריים ולאור מאפייני ואילוצי התכנית.

4.5.6. יעד ספיקה יוצאת מווסתת

באמצעי ניהול נגר בשטח המנהל, יש לחשב את הספיקה המירבית שניתן לחצוא משרשרת אמצעים, ולוודא כי היא אינה עולה על הספיקה שמקורה בגשם שעתי בתקופת חזרה של 1:50. מסד תכנון מוסמך לשנות את יעד הספיקה המווסתת, לאחר שבחן היבטים כגון: מאפייני ניקוז המקום, תוספות בינוי, הנחיות מתכניות אב ויכולת מערכת הניקוז העירונית לקלוט את עודפי הנגר.

4.5.7. עמידה ביעד מניעת הצפות לפי שימושי הקרקע

התיקון המוצע העמיד יעד נוסף בפני תכנית מפורטת, הוא יעד מניעת הצפות לפי תקופות חזרה,

על מנת שכבר בתחילת הליך התכנון יעמוד בפני צוות התכנון יעד נגר ראשוני שהם נדרשים לתת לו מענה בתכנית, רצוי לבצע את חישוב יעד נפח הנגר פעמים. פעם ראשונה, כאשר נתון תכנית השטח הבנוי הינו הערכה המבוססת על פרוגרמת התכנית, ופעם שנייה, כאשר מסמכי התכנית כבר גובשו, ואז חישוב יעד הנגר יהיה מדויק יותר.

4.5.2. חובת הגשת נספח ניהול נגר בתכנית ויישום אמצעי ניהול הנגר בהיתר

התיקון המוצע יצר הבחנה בין שלוש קטגוריות של תכניות, לעניין חובת הגשת נספח ניהול הנגר (ב'4), והטמעת אמצעי ניהול הנגר בהיתר הבניה שיצא מכוח התכנית, להלן:

1. תכנית קטנה (עד 1 דונם): אינה נדרשת בהגשת נספח ניהול נגר, ומחויבת בניהול יעד הנגר תמהיל אמצעי ניהול הנגר ויקבע ויוצג במסגרת היתר הבניה, ויהיה בהתייעצות עם מהנדס הוועדה המקומית. בוועדה מרחבית, אישור התמהיל יהיה לאחר התייעצות עם מהנדס הרשות המקומית

2. תכנית בינונית (עד 1-5 דונם): אינה נדרשת בהגשת נספח ניהול נגר, ומחויבת בניהול יעד הנגר תמהיל אמצעי ניהול הנגר ויקבע תוך התחשבות בהיבטים הידרולוגיים, גאולוגיים, סופגריפיים, מאפיינים מקומיים וכו' של התכנית וסביבתה. הצגה ופירוט האמצעים יעשה באחד האופנים הבאים:

- א. באמצעות היתר בניה,** יהיה בהתייעצות עם מהנדס הוועדה המקומית. בוועדה מרחבית לאחר התייעצות עם מהנדס הרשות המקומית.
- ב. בהוראות התכנית,** יקבע שתנאי למתן היתר בניה יהיה הגשת תכנית בינוי ופיתוח בקנה מידה של 1:500 או בקב"מ אחר שיקבע ע"י מוסד התכנון. בתכנית הבינוי יוצגו ויפורטו אמצעי ניהול הנגר, בחלוקה למתחמים או מגרשים. תכנית הבינוי תאושר על ידי הוועדה המקומית, ובוועדה מרחבית, לאחר התייעצות עם מהנדס הרשות המקומית.
- 3. תכניות גדולות (מעל 5 דונם):** מחויבת בהגשת נספח ניהול נגר. אמצעי ניהול הנגר ויקבעו בהתאם להמלצות הנספח ויוטמעו במסמכי התכנית. הצגה ופירוט האמצעים יעשו בדומה לתכנית בינונית.

- א. באמצעות היתר בניה,** בכפוף לאישור מהנדס הוועדה המקומית. בוועדה מרחבית לאחר התייעצות עם מהנדס הרשות המקומית.
- ב. בהוראות התכנית,** יקבע שתנאי למתן היתר בניה יהיה הגשת תכנית בינוי ופיתוח בקנה מידה של 1:500 או בקב"מ אחר שיקבע ע"י מוסד התכנון. בתכנית הבינוי יוצגו ויפורטו אמצעי ניהול הנגר, בחלוקה למתחמים או מגרשים. תכנית הבינוי תאושר על ידי הוועדה המקומית, ובוועדה מרחבית, לאחר התייעצות עם מהנדס הרשות המקומית.

4.6. שילוב היבטי ניהול גגר בהליכי התכנון

על מנת להבטיח את הסמעת מדיניות ניהול הגגר, התחננו אחר אופן הביטוי של ניהול גגר בשרשרת התכנון, החל מהליך התכנון, דרך ההליך הסטטוטורי לאישור התכנית, ומשם להליך הרישוי ועד לבנייה והתחזוקה השוטפת. להלן יוצגו השלבים השונים בתהליך, וכל שלב יפורט האופן בו מוצע להתייחס להיבט ניהול הגגר, לאור המדיניות החדשה והשני הסטטוטורי, תור ניתוח חסמים עיקריים והמלצות להתמודדות. ניתוח זה נערך במקודמת מבט של צוות התכנון, העורך את התכנית, ושל מוסד התכנון, שבודק ומלווה את התכנית לאישור. להלן:

4.6.1. תכנון ראשוני

כפי שנכתב לאור המסמך, ישנה חשיבות לעיתוי הסמעת היבטי ניהול גגר כבר מתחילת הליך התכנון, על מנת לאפשר פתרונות ניהול גגר מיטביים בתכנית.

הצעת יישום:
לשנות את השיח - לעלות את נושא ניהול הגגר ואת ההתייחסות אנשי המקצוע הרלוונטיים (הידרולוג, אדריכל נוף) במפגשי טרום התכנון (פדרי רולינג). על מוסד התכנון להתוות שאלות לגבי בניית שלד התכנית, מערך הניקוז הטבעי, ותבנית ייעודי ושימושי הקרקע, בהתייחס להיבטי ניהול הגגר, וכן, לאופן השילוב של בסיסי הנתונים והמסקנות של נספח ניהול הגגר ויעד ניהול הגגר במסמכי התכנית המחייבים.

4.6.2. הליך תכנון סטטוטורי

לאחר גיבוש מסמכי התכנית ולאור קידום התכנית להפקדה ולאישור, יש לבחון את המענה ליעד ניהול הגגר ואת אופן הסמעת נספח ניהול הגגר, ככל שיידרש, על הנתונים והמסקנות שלו, לרבות הצעת אמצעי ניהול גגר במסמכי התכנית. חשוב לשמור לאור ההליך, שיישמר ממשיק שוטף בין השינויים הנדרשים בתכנית, וההתאמות להיבטי ניהול הגגר ולנספח ניהול הגגר. שכן, נספח ניהול גגר, איכותי ומלא ככל שיהיה, לא ימלא את תפקידו אלא אם יבוא לידי ביטוי במסמכי התכנית.

הצעת יישום:
בדומה להליך הראשוני, גם כאן, נדרש לבחון את אופן ההתייחסות התכנון ואנשי הצוות המעורבים, לנספח ניהול הגגר ולהיבטי ניהול הגגר, כחלק ממערך השקולים הנלקחים בחשבון בהליך התכנון. זאת, בדגש על שלד התכנית, מערך ייעודי הקרקע, אמצעי ניהול הגגר שהתכנית מחייבת, בהתאם ליעד שנקבע לה. במסגרת בחינת חלופות התכנון, ככל שיוצגו, יש לבחון את גם את ההתייחסות להיבטי הניקוז וניהול הגגר בכל חלופה. בנוסף, יש להטמיע את המלצות נספח ניהול הגגר במסמכי התכנית, על מנת להבטיח את יישום המדיניות ואת העמידה ביעד ניהול הגגר בהליך הרישוי. במקרים בהם לא נדרש להגיש נספח ניהול גגר, יש לוודא שתהיה חובה לקביעת אמצעי ניהול הגגר כתנאי לקבלת להיתר.

- (טבלה 1 בנספח 4). אופן יישום יעד מניעת ההצפות נחלק לשניים:
- רחובות וכבישים עירוניים, לגביהם נדרש לתכנן את מערכת התיעול בהתאם.
 - בשאר ייעודי הקרקע (רובם לתקופת חזרה 1:100). ניתן להסתמך על מידע קיים ולרוב לא נדרש לבצע חישוב.

מערכת התיעול חופפת במקרים רבים את תוואי הרחובות, ועליה להיות מתוכננת למניעת הצפות מאורעי גשם בתדירות של 1:5 שנים. ללא התחשבות בהקטנת הספיקות כתוצאה מיישום מערכות ניהול גגר. כלומר, יש לחשב את ספיקות השיא הגולמיות הנוצרות בתחום התכנית באירוע של 1:5 ולתכנן את מערכת התיעול בהתאם.

ברחובות קטנים בהם לא מתוכנן תיעול יש לתכנן בצורה מתאימה להולכת גגר. במקומות בהם השיעור מתאם, ניתן ואף מומלץ לתכנן רחובות להולכת גגר גם כחיזוק למערכת התיעול. (ראו הרחבה על הנושא בסעיף 7.1.1.3).

בשאר ייעודי הקרקע, חשוב עמידה ביעדים ותבסס על נתונים של פשטי ורומי הצפה מתכנית ניקוז וניהול גגר אגנוז ועירוניות. באזורים גדולים בארץ קיימים חישובים של פשטי הצפה וסיכון שקיעים אבסולוטיים, אמנם חסרים חישובים של רומי הצפה. ככלל, ניתן לחשבם בקירוב בשיטות המתוארות בסעיף 6.7, למטט במצבים מסכני חיים, בהם מוצעת בניה בתת הקרקע בתחום שקע אבסולוטי / פשט הצפה / אזור בו התרחשו הצפות, אז יש לחשב פשטי ורומי הצפה, ככל שהמידע אינו קיים.

4.5.8. גמישות בחובת הגשת נספח ניהול גגר

מוסד תכנון ראשי לחייב הגשת נספח תכנית כשאונה מחויבה בתמ"א, או לפטור באופן חלקי או מלא מהגשת הנספח, לאחר שבחן את מאפייני הניקוז והיסטורית ההצפות בשטח התכנית והשתכנע כי ביחס לגודל התכנית, לנפח הגגר שמיצרת, ליעד ניהול הגגר שנקבע לה, למאפייני הסביבה ולשני המוצע בתכנית, ולנזקי הצפות וסחף הצפויים בשטח התכנית ובמורד באגן בו נמצאת התכנית יש /אין חשיבות בהגשת הנספח או חלקים ממנו. במקרה בו נקבע שאין צורך בהגשת הנספח, אמצעי ניהול הגגר יקבעו בשלב היתר הבניה או במסגרת תכנית הבינוי והפיתוח. (סעיף 7.1.4 בפרק המים).

4.5.9. עידוד והעדפת שימוש באמצעי ניהול גגר הכוללים תלחול והחדרה למי תהום

התמ"א מעודדת הסמעת אמצעים הכוללים גם תלחול והחדרה למי תהום. בשל החשיבות בהעשרת אקוויפרים ומניעת זיהומם. דרישה זו מתחזקת באזורים המוגדרים כיבעלי עדיפות להעשרת מי תהום, אלא אם לא ניתן להטמיע אמצעים ופתרונות להעשרת מי תהום מטעמים של סוג המסלע, מרחק ממי תהום, זיהום קרקע, איכות מי תהום וגור וכו'. החלטה של מוסד תכנון בעניין אי הכללת פתרונות תלחול והחדרה בתכנית מפורטת תחלה באזור עדיפות להעשרת מי תהום, תדרש להיווצרות עם רשות המים, ככל ששטח התכנית גדול מ 5 דונם.

4.7. מתווה לקבלת החלטות לבחירת תמהיל אמצעי ניהול נגר בתכנית

קבלת החלטות. הן של צוות התכנון והן של מוסד התכנון, לענין אמצעי ניהול הנגר שישולבו בתכנית/ או בהיתר, היא מורכבת, שכן כוללת משתנים רבים וצריכה לאפשר גמישות בקבלת ההחלטות המתאימה ביותר לעת הביצוע. מטרת פרק זה, בשילוב עם ארגון הכלים בפנק"ז היא לסייע ולקדם קבלת החלטות מושכלות והסמעת ניהול נגר ואמצעי ניהול נגר בתכנית ובהליך התכנון. השונות בין התכניות גדולה, ולעיתים מאפיינים פיזיים, מקומיים, ואילוצים שונים מכתיבים או מצמצמים את חרחב האפשרות בהחלטות תכנוניות בכלל, ובפרט, בבחירת אמצעי ניהול הנגר. לפיכך, הפרק בנוי מעקרונות שיש לשקול בעת קבלת ההחלטות, כאשר בכל מקרה, לפי תנאיו הייחודיים, ישכילו הגורמים הרלוונטיים איך לשלב ולהתייחס לעיקרון.

4.7.1. התחדשות עירונית

בניגוד לתכנון שטח חדש, בהתחדשות עירונית ישנן מגבלות תכנוניות הנובעות מהצורך להשתלב במרקם הקיים שהינו בעל גמישות מוגבלת בכל הקשור למיקום ייעודי הקרקע ובפרט שצ"פים. בהתאם לכך, אופן תכנון ניהול הנגר בתכנית זו שונה, ויכול להיות מורכב יותר, ובשל כך מצריך יצירתיות וחשיבה מחוץ לקופסא. יחד עם זאת, ניהול הנגר יכול להיות משמעותי יותר, שכן יש לו פוטנציאל ואפשרות לשיפור מצב השטח הקיים, שלעיתים יכול לסבול מהצפות ונזקי נגר חמורים. כמו כן, לאורך השנים, עדיי הדיור הולכים ומרחיבים את היקף יחיד" התחדשות עירונית, במיוחד במחוזות העירוניים, מה שמדגיש את החשיבות והצורך לניהול נגר בתכניות אלו. להלן עקרונות מנחים לתכנון ניהול נגר בהליכי התחדשות עירונית:

- 1. מאפייני הצפות וניקוז בשטח הבנוי:** בהתחדשות עירונית ישנה חשיבות גדולה לבחינת היסטוריית ההצפות ומאפייני הניקוז של השטח הקיים, על מנת להשתמש בתכנית כדי לשפר את המצב הקיים ולמצער, למנוע את החמרתו.
- 2. שיפור התכנון הקיים:** תכנון ומיקום ייעודי הקרקע בהתאם לגמישות התכנונית, ולאור מאפייני השטח ההידרו-גיאולוגיים, על מנת למצוא את פוטנציאל ניהול הנגר של התכנית.

4.7.2. תחזוקה ופעילות - הבטחת תחזוקה ויעילות שוטפת

תחזוקת אמצעי ניהול הנגר מהותית לתפקוד ויעילות האמצעים לאורך השנים. בדומה למערכות התיעול וההנדסיות, שם נדרשת תחזוקה בניהול הקולטנים או בשדרוג ושיפור תקופתי של התשתית. כאשר מדובר באמצעים ניהול נגר רכים, המשתלבים באופנים ובגדלים שונים במרחב הבנוי, הכוללים מערכות גופיות ותנדסיות, הם חשופים ורגישים יותר לפגעי הזמן, לסתירות או תקלות. מאחר וחלק מהאמצעים עתיד להיות בתחום האחוריות של התושב הפרטי, עולה חשש לתחזוקתם, ובהתאם גם לתפקודם.

4.6.3. הליך הרישוי - עריכת ומתן היתר בניה, בדיקת תכנון, בקרת ביצוע וגמר ביצוע

מטרת שלב זה, היא להבטיח את יישום המדיניות והוראות התכנית, על נספח ניהול הנגר שלה, באופן מיטבי בהיתר הבניה. בהתאם למאפייני התכנית, ככל שתידרש עריכת תכנית בינוי ופיתוח, היא תתייחס גם להבטיח ניהול הנגר בתכנית ותכלול אמצעים לכך, כפי שיפורט להלן.

הצעת יישום:

בתכנית שהופקדה לאחר אישור תיקון 8, תכלול הוראות לניהול נגר ועל היתר הבניה לעמוד בהן. בתכנית שהופקדה לפני תיקון 8, יש לבחון איך ניתן למקסם את פוטנציאל ניהול הנגר באמצעים רכיים ודלי תחזוקה.

בדיקת תכנון, בקרת ביצוע וגמר ביצוע

בכל השלבים נדרשת התייחסות והבנה למדיניות והוראות התכנית והיתר הבניה, ביחס לניהול הנגר. לגבי כלל האמצעים, יש לפקח ולבקר את הקמתם בשלבי בדיקת התכנון, בקרת הביצוע וגמר הביצוע. בעניין זה, ישנה בעייתיות מסוימת, שכן, חלק מאמצעי ניהול הנגר אמורים להשתלב במרחב, לא בדרך של בינוי, אלא דרך הבדלי גבהים, קרקע, צמחייה, הוראות לשטחי גינון, גגות, צידי דרכים ועוד. שלבי בקרת הביצוע מכוונים לבינוי ולהנדסה, ולכן הפיקוח על ביצוע אלמנטים אלו בשלב הבניה ולאחריה, ייתכן ויבוצע באופן חלקי אם בכלל. כמו כן, לעניין הקמת אמצעי ניהול הנגר, על מנת להבטיח את תפקודם היעיל, נדרש להחחשב בשלבי פיתוח השטח, אמצעי ניהול נגר, הכוללים מסגרים לדוגמא, יכולים להיסתם מעבודות העפר, ככל שלא יגו עליהם בשלבי הפיתוח של השטח.

הצעת יישום

לטובת הבטחת יישום כלל אמצעי ניהול הנגר ובפרט הנפיים, יש לכלול אותם בתכנית הבינוי והפיתוח ובנספח נופי, כתנאי להיתר בניה, על מנת להבטיח את ההתייחסות המרחבית להיבטים אלו, ואת הפיקוח על ביצועם בפועל. בנוסף, היתר הבניה ו/או תכנית הפיתוח, יפרטו את שלביות הקמת אמצעי ניהול הנגר ביחס לפיתוח והבניה בשטח, על מנת להגן על האמצעים הרגישים יותר, ולהקים אותם בשלבי הפיתוח הסופיים או לדאוג להגנות מתאימות תוך כדי עבודות.

בנוסף, אמצעי ניהול הנגר המוצעים בתכנית יכללו פרוטוקול תחזוקה, (טרם קבלת תעודת גמר בניה). שכלול את נהלי התחזוקה השוטפת ומועד, לרבות הגדרת גורם אחראי. ככלל, נכון לתת העדפה לאמצעי ניהול נגר הדורשים תחזוקה מינימלית

ד. חישוב נפח קיבולת עודף: על מנת להבטיח את תפקוד פעילות ניהול הנגר בתכנית, מוצע ליצר מרכיב עם היחידות לפעילות עודפת, שיכולה לספוג גם גריעה תפקודית. הרעיון הוא לתכנן את האמצעים לקיבולת גבוהה, תוך חישוב נפח הניהול בחסר, כאילו המערכת בתפקוד חלקי. במצב זה, תחילה המערכת מאפשרת מבנית הצפות בתקופות חזרה נדירות יותר, אם וכלל שיעילותה פוחתת, עדיון מובטחים יעדי מניעת ההצפות לפי תקופה מינימלית שקבועה בבסס ב'4 בתמ"א¹. אמצעי ניהול הנגר הרלוונטי לכך הוא קידוח ההחדרה, ודרך קביעת מקדם הדעיכה, תחושב קיבולת עודפת.

ה. אחריות וטיפול שוטף: על מנת שניתן יהיה להבטיח את אחזקת האמצעים, נדרש בשלב הרישוי, בו נקבעים באופן מפורט האמצעים ומיקומם, לכלול פרוטוקול התחזוקה של אמצעי ניהול הנגר כאשר במסגרתו יפורטו פעולות תחזוקה נדרשות, תדירותן ומועדן ביחס לעונת השנה, וכן יוגדר הגורם האחראי על ביצוע הפעולה.

ו. שיח מול הרשויות המקומיות: במסגרת העבודה השוטפת של מוסד התכנון עם הרשויות המקומיות, ניתן להעלות את הנושא לטובת יצירת שיח, מחויבות והצעת פתרונות חדשים.

4.7.3. העדפת פתרונות מבוססי טבע

תפישת המסמך מבוססת על תפישה מקיימת, והיא רלוונטית גם לבחירת האמצעים. ככלל, פתרונות נופיים הינם זולים יותר לביצוע, וכן, עדיפים בהיבט התפקודי, שכן דורשים תחזוקה מצומצמת יחסית. מעבר לכך, לפתרונות תומכי טבע, יתרונות בחיזוק מערכות טבעיות ותרומה למרחב העירוני בהיבטים נוספים.

4.7.4. ניצול משאב הקרקע

שילוב אמצעי ניהול נגר במרחב הקיים, מהווה מיצוי מיטבי של פוטנציאל השטח המתוכנן. מעבר לכך שבישראל, משאב הקרקע במצא במחסור, עקרונות העירוניות הטובה מושתתים, בין היתר, על קומפקטיות ואינטגרציות. לפיכך, תכנון חכם וצופה פני עתיד הוא כזה שימקסם את פוטנציאל השימוש בייחידת שטח, בהתאם לשינויים לאורך היממה, עונות השנה, אירועים חריגים ועוד. לפיכך, יש להעדיף שילוב והטמעת אמצעי ניהול נגר במרחב הקיים, שבשגרה ישמשו, (לדוגמה), כשטח ציבורי או שטח פרטי פתוח ובאירוע גשם, כמאגר השהייה ותלחול.

פרק 4.8. יעסוק בהרחבה בהיבט התחזוקה ובחשיבותו להטמעת מדיניות ניהול הנגר, מבחינת מומן, ביצוע התחזוקה ופיקוח ובקרה על ביצועה. בסעיף זה נציע איך בקבלת החלטות על קביעת תמהיל אמצעי ניהול הנגר בתכנית, ניתן להתייחס להיבט התחזוקה, ולשפר את ישימותה. להלן קריטריונים שאנו מציעים לשקול בעת קבלת החלטות על קביעת תמהיל אמצעי ניהול הנגר בתכנית:

א. העדפת מיקום האמצעים בשטחי ציבורי: הטלת עיקר אמצעי ניהול נגר במרחב הציבורי, הפתוח והגבוי המנוהל על ידי הרשות המקומית, כגון, פארקים, שצ"פים לסוגיהם, צידי דרכים, מוסדות ציבור וכד'. היתרון הוא שאחריות תחזוקת האמצעים של הרשות המקומית, היא בעלת היתכנות ביצוע גבוהה יותר, לפחות בשלב הראשון להטמעת המדיניות.

ב. התייחסות להיבטי תחזוקה בבחירת האמצעים ושאיפה לבחירת אמצעים דלי תחזוקה:⁴⁶ את האמצעים שלא ניתן לשלב במרחב הציבורי, יש לתת עדיפות לאמצעים שהם דלי תחזוקה, במטרה למקסם את משך ועילות תפקודם. באופן טבעי, ככל שתנאי התחזוקה מורכבים ויקרים יותר, וכן נדרשים בתדירות גבוהה יותר, הסבירות להבטחת התחזוקה מתערערת, על אחת כמה וכמה כאשר מדובר באחריות של גורם פרטי. בהתאם לכך, על מוסד התכנון לבחון, בין היתר, גם את היבטי תחזוקת האמצעי, תוך שהוא מתעדף ושוואף לבחור אמצעים עם צרכים ודרישות תחזוקה מינימליים. בכלל זה, נציין את היתרון של אמצעים מבוססי טבע, הכוללים כמה שפוחות מנגנונים טכנולוגיים ואמצעי שאיבה. היבטי תחזוקת האמצעים מפורטים בפרק 7 במסמך זה.

ג. שמירה של אמצעי ניהול הנגר בהליך פיתוח השטח והבטחת ניהול הנגר בשלבי הביניים: הליך פיתוח שטח כולל עבודות חפירה, פילוס קרקע ובהמשך גם עבודות בנייה. אלו, מעמידים בסיכון את מערכות ניהול הנגר, הכוללות מנגנוני סינון ורכיבים עדינים שיכולים להיחסם. בנוסף, בעוד שתכנית יכולה לתת מענה הוליסטי לניהול נגר בשטחה, לעיתים קורה שהתכנית עצמה מפוחת בשלבים, כך שיכול ששטח שפותח, אינו כולל פתרונות ניהול הנגר, או כולל פתרונות חלקיים, ועל כן, הסיכון להצפות בתחומי גדל. בהתאם לכך, מומלץ לשלב בהוראות התכנית התייחסות להיבטי שלביות הפיתוח, ובכלל זה, מפרט הגנה לשמירה על אמצעי ניהול הנגר, ושילובו בתזמון ביצוע העבודות להבטחת תפקודם בסיים העבודות. בנוסף, יש לבחון מתן פתרון זמניים לניהול הנגר, בשלבי הביניים של פיתוח השטח.

⁴⁶ בהקשר זה, חשוב לציין, כי מאחר שמדובר בתהליך חדשה, החשש לגורם התחזוקה גדל ככל שהנושא יתקבע, ינתן מענה גם להיבטים אלו.

4.8. תחזוקת אמצעי ניהול נגר

4.8.1. רקע

על מנת להטמיע את מדיניות ניהול הנגר באופן אפקטיבי ולמצב את ניהול הנגר כשחקן לגיטימי במערך הניקוז המרחבי, נדרשת וודאות לגבי יעילות התפקוד השוטף של אמצעי ניהול הנגר לאורך שנים. בכדי שזה יקרה, מחד, נדרש לבצע תחזוקה שוטפת של האמצעים, ומנגד, נדרש שיהיה גורם אחראי ומפקח ל כך. ככל שזה לא יקרה, ייקח זמן רב עד שיקרו השינויים המיוחלים של מדיניות ניהול הנגר, בצמצום הצפות ובשיפור איכות המרחב העירוני, בצמצום נפח וכמות תשתיות התייעול, ובהפחתת נזקים לשטחים הפתוחים וליים.

כמו בכל שינוי, סביר שיידרש זמן הסתגלות של מערכות התכנון והרישוי ושל המערכות המוניציפליות, הן בהטמעת האמצעים בתכניות ובחיתרי הבניה, והן בביצוע ובתחזוקה השוטפת שלהם. מרגע שזוהתה החשיבות של נושא התחזוקה במערך ההטמעה, מצאנו לנכון לבחון ולהציע אפשרויות שונות להתמודדות עם הסוגיה. סעיף 4.7.2 ד' בצמצום התחזוקה ע"י בחירה משוכללת של תחמיל אמצעי ניהול הנגר. סעיף זה מתייחס ליום שאחרי הקמת האמצעים, ובוחן את היבטי המימון והפיקוח והבקרה אחר תחזוקתם.

השאלות שעלו בהקשר זה הן (1) מה יהיו מקורות המימון לפעולות התחזוקה הנדרשות? (2) כיצד ניתן לוודא שפעולות התחזוקה אכן מתבצעות במועד ובאופן ראוי? (3) מי יישא באחריות לתפקודו התקין של המערכת לאורך זמן?

התחזוקה בפועל

פעולות התחזוקה הנדרשות לאמצעי ניהול נגר הינן פשוטות וזולות במהותן. עיקר פעולות התחזוקה עניין בביקון מסננים וריקון סחף ומשקעים, הנעשים באופן שוטף, וכן, פעולות ניקוי יסודיות יותר, הנדרשות אחת למספר שנים או לאחר אירוע גשם משמעותי. העובדה שמדובר בפעולות זולות שאינן דורשות הסמכה וידע מורכבים, מקלה מאוד על החשש מהטמעת האמצעים.

מנגד, עלותה של תחזוקה לקויה היא גבוהה מאוד, שכן, לאורך זמן, תפגע יעילות האמצעים, לעיתים עד כדי הוצאה משמש וגרימת נזק בלתי הפיך לאמצעי. קידוח החדרה שלא יתוחזק עלול להיחסם באופן שיקשה מאוד את החדרתו לשימוש, ולמעשה יצריך קדיחה מחדש. לתחזוקה נאותה השפעה מכרעת, לא רק על יעילות תפקוד האמצעי, אלא גם על משר תקופת חייו. בנוסף, ישנם אמצעים רגישים פחות, כגון שוחת שיקוע שעלולה להיחסם ולגרם להצפה, אך לא באופן בלתי הפיך, וניקיונה תמיד יהיה פעולה פשוטה יחסית.

4.7.5. גמישות בבחירת אמצעי ניהול נגר

על מנת שבשלב היתר הבניה, ניתן יהיה לקבל החלטות לבחירת אמצעי ניהול, שיהיו נכונות ומדויקות לזמן ולמקום, נדרשת מידת גמישות בהוראות התכנית. בהתאם, מומלץ בתכנית לקבוע מגוון רחב של אמצעים, אשר תלקם מחייבים, (בעיקר אלו המשתלבים עם התכנון הנופי או משתמעותיים בהיקף ניהול הנגר שמנהלים), וחלקם, נתונים לבחירה בשלב היתר הבניה, שבמסגרתו או במסגרת תכנית הפיתוח, יקבע סופית הרכב האמצעים ופריסתם בשטח.

4.7.6. גיוון ופריסת אמצעים

ככלל, ישנה העדפה לקביעת מגוון אמצעים לניהול נגר במרחב, לטובת ניהול סיכונים והבטחת היתכנות תפקודית וניהול סיכונים בפעילות האמצעים. לכן, מומלץ לשלב תמהיל רחב ומגוון של אמצעי ניהול, כך שכשל נקודתי לא יימנע את תפקוד המערכת.

4.7.7. העדפת פתרונות לחלול והחדרה בשטחים בעלי חשיבות להעשרת מי תהום

באזורים בהם ישנה חשיבות להחדרה והעשרת מי התהום, יש להעדיף ולחזק, כמה שניתן, אמצעי ניהול הנגר שכוללים לחלול והחדרה. לבחינת מיקום התכנית ביחס לפוטנציאל העשרת מי התהום שלה, יש לפנות למפת אזורי העדפה להחדרת נגר.⁴⁷

4.7.8. טיפול במי הגגות והמרפסות

שטח הגג, מייצר נפח גדול יותר מחלקו היחסי בשטח המגרש. הסיבה לכך היא, שבשונה מהמגרש, כל הגשם שורד על הגג הופך לנגר. בנוסף, איכות הנגר מהגגות והמרפסות גבוהה מאד, מהסיבה שאנו מתעברבת עם הלכלך והזיהום בקרקע, אלו, הופכים את נגר הגגות והמרפסות לפוטנציאל גדול, מהבחינה הכמותית - לטיפול בנפח נגר גדול, ומהבחינה האיכותית - לחלול והחדרה להעשרת מי תהום.

⁴⁷ המפת מפורסמת על ידי רשות המים באתר data.gov.

- על מנת להבין את מעטפת התחזוקה הנדרשת, יש להבחין בין סוגי התחזוקה:
- א. תחזוקה שוטפת** (ניקיון, גינון וכו');
 - ב. תחזוקה לטווח הבינוני והארוך** (תחזוקה תקופתית מונעת);
 - ג. תחזוקת שבר** (פעולות הגנעשות בדיעבד, לאחר שהתקלה התרחשה);
 - ד. חידוש המערכות** בסוף תקופת חייהן.

נכון להיום, רוב תקציב התחזוקה של בתים משותפים, (שמקורו בדמי ועד הבית), מוקדש לעבודת התחזוקה השוטפת לבניין. פירוש הדברים הוא שבפועל לא מתקיימת תחזוקה מונעת, מה שמביא לרמת תחזוקה ירודה בבתים משותפים רבים, העשויה לגרום עומס סכנות בטיחותיות, כלכליות וחברתיות. מעבר לסכנות אלו, נוצר מצב בו כאשר נדרש תיקון שבר או החלפת מערכת בסוף תקופת חייה, הדיירים נדרשים לשלם סכום חד-פעמי גבוה, בו לא כולם יכולים לעמוד. זאת ועוד, לדיירים שבכוונתם לעזוב את הבית המשותף בעתיד הקרוב יש תמריץ שלילי להשתתף בעלות הפעולה, והם מעדיפים "לגלגל" את העלות על הדיירים הבאים. מסיבות אלו ואחרות, חיוני להתמקד בסוגיות אחרות ביצוע ומימון פעולות התחזוקה ובהקמתם של מנגנונים רגולטוריים שבכוחם לאכוף ולפקח אחר ביצוע הפעולות במועדן. להלן מוצעים כיווני פעולה להתמודדות עם הסוגיות לעיל:

4.8.2.1. מקורות מימון אפשריים לתחזוקה ארוכת טווח במבנים פרטיים

- ♦ הקמת קרן הונית לתחזוקה ע"י היום, והעברתה לרשות הדיירים עם אכלוס המבנה (מתקיים היום בפרייקטים של התחדשות עירונית)
- ♦ הקמת קרן הונית לתחזוקה ע"י הדיירים ומימונה באמצעות תשלומים חודשיים
- ♦ גביית תשלומים ע"י הרשות המקומית (לדוג' היטל תיעול, היטל שצ"פ ועוד)
- ♦ יצירת שטחים מגבים בשטח התכנית שישמשו לצורך מימון פעולות התחזוקה
- ♦ חיוב התקשרות עם חברות ניהול ותחזוקה תוך הסדרת פעילותן
- ♦ הקמת גוף ציבורי שניהל את גביית תשלומי התחזוקה ואיכוף את ביצועה
- ♦ הסלת אחריות גבייה, בקרה ו/או איכופה על הרשויות המקומיות

4.8.2.2. מנגנונים רגולטוריים לבקרת ביצוע פעולות התחזוקה

להלן דוגמה להמחשת הכוונה בתחזוקה שוטפת של אמצעי ניהול נגר. מערכת ניהול נגר אפקטיבית במבנה עשויה לכלול השהיית מי נגר על 'גג כחול', הזרמת המים דרך המרזבים אל שוחת סינון ומשם החדרתם בקידוח אל מי התהום. במערכת כזו תידרש תחזוקה וניקוי תקופתי של מסננים ומשקעים בכל אחד מהמרזבים: 'גג הכחול', המרזבים, שוחות הסינון וקידוח ההחדרה. למעשה, רוב אמצעי ניהול הנגר דורשים פעולות ניקוי תקופתיות, דוגמת בסיס קידוחי החדרה, מסננים, מצעי סינון, שוחות שיקוע ועוד.

ייעודי קרקע

ייעוד הקרקע מהותי להיבט התחזוקה, שכן, ככל שמדובר בשטחים ציבוריים ובמבני ציבור, הרי שאין מניעה מהרשויות המקומיות לקחת חלק בביצוע התחזוקה. זאת ועוד, ככל שמדובר במבני תעשייה ומסחר, בכוחן של הרשויות המקומיות לערוך בקור של תחזוקת המערכות לניהול נגר במעמד חידוש רישון העסק. בנוסף, ככל שמדובר בבסיסים המנהלים על ידי חברות תחזוקה וניהול, פרטיים או ציבוריים, ניתן לשלב את תחזוקת אמצעי ניהול הנגר במסגרת פעולות התחזוקה המתבצעות דרך קבע על ידי חברות התחזוקה. מכאן שהאתגר המרכזי הוא זה הנוגע למבני מגורים משותפים ללא חברת ניהול. אולם, הפתרונות המפורטים לעיל עדיין מותירים ללא מענה שאלות הנוגעות למימון פעולות התחזוקה, ולסמכויות פיקוח ואכיפה במקרה של תחזוקה לקויה.

4.8.2. תחזוקה במגרש הפרטי

סוגית התחזוקתיות (maintainability) של אמצעי ניהול מי נגר במגרשים פרטיים איננה סוגיה עצמאית, כי אם סעיף אחד מתוך שאלת מדיניות רחבה הנוגעת לבקרה ולאכיפה של תחזוקה ארוכת הטווח במגרשים פרטיים. מערכות הנדסיות מורכבות, המותקנות דרך קבע בבנינים, לרבות מעליות, חניונים תת-קרקעיים, אמצעי בטיחות אש, מאגרי מים ועוד, מחייבות מערך תחזוקה מורכב. על אלו, יש להוסיף מערכות שניתן לחזות שיותקנו בקרוב גם במבנים פרטיים, דוגמת גגות סולאריים, מערכות פינוי אשפה מתקדמות ועוד.

נכון לכתבת שורות אלה, האחריות לנושאי תחזוקה במבנים אלו בישראל נחלקת בין מספר משרדים ויחידות ממשלתיות: משרד הכלכלה והתעשייה (בעיקר בכל הנוגע למעליות, אך גם בנושאי תקינה, הסמכת בעלי מקצוע, הגבלים עסקיים ועוד), המשרד לביטחון פנים (בכל הנוגע לבטיחות אש), מינהל התכנון (בכל הנוגע להסדרת הנושא בחוק התכנון והבניה, בתקנות ובאישור תוכניות), וכן משרד הבינוי והשיכון (בכל הנוגע להיבטי מדיניות התכנון ורגולציה הבניה בישראל). בנוסף, עוסקות בנושא גם הרשויות המקומיות (בין היתר באמצעות אגפי הרישוי העירוניים), כאשר ניתן לזהות שונות גדולה במידת המעורבות של רשויות שונות בסוגיית התחזוקה.

4.8.4. סיכום

תחזוקה אפקטיבית של אמצעים לניהול נגר מצריכה הקצאה מסוימת של משאבים ותשומות ניהוליות, אולם אין בה כדי להיות חסם משמעותי. אכן, ישנם היבטים הנוגעים לסוגיית התחזוקה שטרם זכו למענה מספק, לרבות אלו הנוגעים למימון פעולות התחזוקה ולבקרתן. אולם, כפי שצוין, הפעולות הנדרשות פשוטות ודומות באופיין, ומתבססות על ניקוי מסגנים ואיסוף משקעים וסחף, כך שאינן דורשות ממחיות מיוחדת או לוגיסטיקה מורכבת; ככל שצטבר ידע וניסיון בתחום הניהול הנגר, ניתן יהיה אף לברור בצורה מושכלת בין האמצעים השונים, ולהתאים את תמהיל האמצעים לאפשרויות המימון ולמנגנוני הבקרה. בנוסף, יש לזכור כי סוגיית תחזוקת אמצעי ניהול נגר במגרשים פרטיים אינה סוגייה עצמאית, כי אם סעיף אחד מתוך שאלת מדיניות רחבה הנוגעת לבקרה ואכיפת תחזוקה שוטפת העולה בעיקר כאשר מדובר במבני מגורים משותפים.

בהתאם לכך, משרד המשפטים בוחן מענה לסוגיית המדיניות הרחבה יותר, בדבר ניהול ותחזוקת בתים משותפים, בשיתוף עם המשרדים הרלוונטיים, זאת במטרה להציע מענה רגולטורי שיסדיר את מכלול היבטי התחזוקה הנדרשים בבתים משותפים. ככל שבחינה זו תתקדם ותגובש למענה רגולטורי, ניתן לצפות כי גם היבטי תחזוקת אמצעי ניהול הנגר יידונו במסגרת זו.

4.8.3. סקירת מדיניות תחזוקת נכסים פרטיים במדינות העולם

- **אנגליה (תחזוקת אמצעי ניהול נגר):** החלטות ממשלה קובעות כי מנגנון התחזוקה של אמצעי ניהול נגר בשטח המבנה חייב להילקח בחשבון בשלב הכנת התכנית, ולהוות שיקול מרכזי בבחירה בחומרים / אמצעים כאלה או אחרים. עוד קובעת ההחלטה כי יש למזער את השימוש במשאבות, ובכך להפחית את תדירות ועלויות התחזוקה.
- **וולס (תחזוקת אמצעי ניהול נגר):** ב- 2019 נכנסו לתוקף סטטוטורי הנחיות לפיתוח על כל תכנית בנייה העולה על 100 מ"ר להתקין בשטחה אמצעים לניהול מי נגר בר-קיימא (SuDS). על פי ההנחיות, יש להבטיח כי תחזוקת האמצעים תהיה פשוטה, בטיחותית, תדירה, כלכלית, וחסכונית בארגייה ובמשאבים. עוד קובעות ההנחיות כי תכנית התחזוקה של האמצעים בטווח הארוך, לרבות מנגנון המימון שלה, יידונו בטרם אישור התכנית במסדיות התכנון על ידי גוף ציבורי שהוקם לשם כך ברשויות המקומיות (SuDS Approval Body - SAB). גוף זה אף יהיה אחראי על אכיפת תכנית התחזוקה לאחר האכלוס.
- **אירלנד (תחזוקה כללית):** חקיקה מ- 2011 מחייבת יזם המקום בית משותף (מעל 5 יח"ר) לרקום חברת ניהול ואחזקה על חשבון עוד בטרם האכלוס. בעלי זכות ההצבעה בחברת הניהול והאחזקה הם בעלי הדירות בפריקט. חברת הניהול מחויבת לחוציא דו"ח שנתי על ניהולו והתנהלותה הכספית. זאת ועוד, בתוך 3 שנים מיום הקמתה, מחובתה של חברת הניהול לייצג "קרן פחת" לצורך ביצוע עבודות תחזוקה ארוכות טווח. כל דייר חייב לשלם תשלומים עתיים לצורך תקצוב קרן הפחת.
- **פלורידה, ארה"ב (תחזוקה כללית):** חקיקה ייעודית מסדירה את נושא התחזוקה בבתים מרובי דירות באמצעות חוב הדירים להתארגן במסגרת תאגיד לצורך ניהול המבנה. התאגיד נדרש להכין תכנית עבודה שנתי, ובה לצפות עלויות תחזוקה שוטפות וארוכות טווח כאחד ובהתאם לנהל את הגביה מהדירים. בנוסף, במדינת פלורידה קיים גוף סטטוטורי שתפקידו לפקח על פעולת תאגיד הניהול וללאשר את הדו"ח השנתי שלהם.
- **אוסטרליה וניו זילנד (תחזוקה כללית):** בבניינים מרובי דירות, בעלי הדירות מנהלים את הרכוש המשותף באמצעות תאגיד. בניו זילנד - וכן בחלק ממדינות אוסטרליה - מחויב התאגיד להכין תכנית ל- 10 שנים אשר תמנה את הפעולות שיידרשו על פני תקופה זו, והתקבולים שעל כל בעל דירה לשלם כדי לממן.
- **קנדה (תחזוקה כללית):** חקיקה מ- 2015 קובעת כי יוקם בבתים משותפים תאגיד דיירים אשר יחויב להכין תכנית תחזוקה ארוכת טווח למבנה ואף להקים קרן למטרה זו. במחוז אונטריו אף הוקמה רשות בתים משותפים שתפקידה לרכז נושאים אלו, לספק מידע, להציע הכשרות, לנהל מרשם של תאגידים הבתים המשותפים וכן להציע שירותי ייעוץ סכסוכים.

4.9. מדיניות תכנון מוצאים חדשים

מוצאים הם נקודות הקצה הסופיות של מערכות התיעול. דרכם יוצא הנגר הנאסף במערכת. ככל שהיקף ניהול הנגר בשטח קטן, עולה הצורך במערכת התיעול, ובהתאם, גדלים הקטרים ומספר המוצאים של מערכות התיעול. מוצאי הניקוז מובילים את הנגר ממערכת התיעול לשטח נמוך פחות, שאמור להיות מסוגל לקלוט את נפח הנגר ואגרזיות השיא הגבוהה בשיא האירוע. אולם, לא פעם קורה שהשטח הפתוח, (סביבה חופית / שמורות טבע / פארק / יער...), אינו מתוכנן וערוץ לקלוט הנגר מהמוצא, ואז הנגר היוצא פוגע ומזיק לשטח הפתוח. הפגיעה נגרמת מעוצמת זרימת הנגר שמתחתן בקרקע; ההצפות שנוצרות במקום; הסחף והפסולת שאוסף הנגר בדרכו; והזרמת מזהמים הנאספים בנגר. זאת, מבלי להתייחס לפגיעה בשטח מעצם הקמת המוצא עצמו - מבחינה גופית, וכן, הצורך בתכנון מושכל ומתחשב של הפתוח ועוד. לאור היבטים אלו, מודגשת עוד חשיבות ניהול הנגר, וכן, הצורך בתכנון מושכל ומתחשב של מוצאים חדשים. להלן עקרונות מנחים, לקבלת החלטות תכנוניות בעניין מוצאי ניקוז חדשים:⁴⁸

- ♦ **צמצום הצורך:** עדיפות לניהול מידי של נגר בשטח התכנית ולצמצום הנגר המובל במערכת התיעול.
- ♦ **מיצוי הקיים:** שימוש מיטבי במוצאים הקיימים וקבלת החלטה מושכלת בתכנון מוצאים חדשים. ההחלטה תתקבל תוך בחינת הפגיעה העתידית בשטח הפתוח בתוספת מוצא חדש, אל מול הנזק הפוטנציאלי בהגדלת הספיקה במוצא הקיים. כמו כן, ככל שמוצא יוצא משימוש, יש לקבוע הוראות פינוי ושיקום השטח.
- ♦ **פגיעה מינימלית:** מיקום מוצא ניקוז חדש בתחום שטח ציבורי פתוח, יהיה בסביבות מופרות וככל האפשר, בצמידות לתשתית קיימת, תוך התערבות גופית וסביבתית מינימלית וצמצום ההפרעה לתפקוד השטח הציבורי. בסביבה חופית יש להימנע, ככל הניתן, ממיקום המוצא מול סלעי חוף, אזור המצוק ובחופים צרים. בנוסף, יש לבחון מנגנונים לטיוב איכות הנגר היוצא, כך שתתמנע פגיעה בשטח הפתוח שמקורה בזהום, פסולת וסחף. הוספת מוצא או הגדלה של ספיקת מוצא קיים בשטחים פתוחים, יהיו בהוויעצות עם הגורם הרלוונטי, לדוגמה, קק"ל בשטחי יערות, רט"ג בשמורות טבע, משרד החקלאות והחקלאי בשטחים חקלאיים, זאת במטרה לאפשר העירכות מיטבית של השטח ולמזער את הנזק הפוטנציאלי. ככלל, מומלץ שתכנון המוצא החדש ילווה בחו"ד אקולוגית.

⁴⁸ להרחבה בעניין מוצאי ניקוז עירוניים עם מוצא חופי, יש לפנות למסמך [העמדה](#) של היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית במשרד להגנת הסביבה, אפריל 2018.

- ♦ **שיכור אנרגיה:** על המוצא עצמו לכלול אמצעים לשבירת אנרגיית הזרימה, על מנת לצמצם נזקי סחף והתחתרות במורד. במיוחד כאשר מדובר במוצאים בשטחים הרריים ובאזורים חופיים / חוליים. אמצעי שיכור יכולים להיות הצבת בולדרים או קירות אלכסוניים לאחר הצינור, כחלק מתשתית המוצא.⁴⁹
- ♦ **פתרונות ניהול נגר לשטח הקולט:** על מנת לצמצם את הפגיעה בשטח הקולט ולהמשיך את תפקודו כשטח פתוח לשימוש הציבורי / שטח חקלאי / שטח לתשתית ועוד, בנוסף לאמצעי שיכור בתוך המוצא, יש לתכנן אדריכלית גופית לקליטת עוצמת נפח הנגר. במסגרת זו, יש לכלול אמצעים לשיכור עוצמת הזרימה היוצאת, לטובת מניעה של נזקי סחף והתחתרות קרקע. ראו את הסרסה (סעיף 7.1.1.2), כדוגמה לאמצעי ניהול נגר הכולל שיכור עוצמת זרימה. בנוסף לשיכור האנרגיה במוצא, כמו כן, יש להתאים את האמצעים לעוצמת הזרימה הצפויה, וכן, לאמצעים המשלימים להשהייה ולהובלת הנגר ליעדו הסופי. ככל שמדובר בשטח בעל רגישות וערכיות סביבתית גבוהה, דוגמת הסביבה החופית, יש לכלול את אמצעי השיכור וההשהייה במסגרת תשתית התיעול ו/או הנזק, או בשילוב האמצעים בשטחים סמוכים בעלי ערכיות נמוכה יותר.
- ♦ **פתרון למי קיץ:** שילוב פתרונות למי קיץ, דוגמת קיר חוסם עונתי למניעת זרימה, שוחות שאיבה וחיבור לקו ביוב.
- ♦ **סינון פסולת:** התאמה ותחזוקה של רשתות סינון פסולת בפתח הנזק. ראשית, יש לבחור רשת בצפיפות שתותאם לאחר הצינור. על מנת שמתקן תפיסת הפסולת לא יגרם לסתימת הנזק באירוע גשם. אם ניתן, במגבלות הגובה והמקום, עדיף להתקין את הרשתות במורד המוצא. כך שהפסולת לא תפריע לזרימה.⁵⁰ בנוסף, יש לוודא ביצוע תחזוקה שוטפת של אמצעי סינון הפסולת בפתח הנזק, (רשתות, סורגים וכד'), על מנת למנוע הוצאה של פסולת הנסחפת למערכת הניקוז העירונית עם הנגר. כן רצוי שניקוי ותחזוקת מערכת התיעול יעשו בתדירות גבוהה יותר לפני החורף או באזורים מעדיים.
- ♦ **צמצום שימוש בחומרים קשיחים:** יש להתאים את חומרי הבניה לסביבתם ולספיקת התכן במוצא, על מנת לצמצם ולבקר את הפגיעה בשטח. לדוגמה, בסביבה חופית, המאופיינת בקרקע חולית, יש לצמצם את השימוש בחומרים קשיחים (בטון, ריפראפ). במטרה להימנע מסחיפה והתחתרות של חול, ובמקום, להשתמש בחומרים הגמישים לשוניים במפלס החול, כגון כלונסאות.

⁴⁹ ראו דוגמאות לאמצעי שיכור בתוך המוצאים במסמך [של ה-IEA](#).

⁵⁰ דוגמאות ניתן לראות באתר של Storm water system.

פרק 5

בחינה כלכלית

88	5.1. תקציר.....
90	5.2. מבנה הפרק.....
90	5.3. אומדן נזקי שטפונות בישראל.....
90	5.3.1. אומדן נזקי שטפונות על בסיס נזקים מבוטחים.....
93	5.3.2. חיקוף עלויות עקיפות - דוגמא מנהריה.....
94	5.3.3. הערכת המגמה בתחום נזקי שטפונות.....
96	5.3.4. הקושי לאמוד תוחלת נזק במקום ספציפי.....
97	5.3.5. תגובת שוק הביטוח.....
99	5.4. השוואת עלויות אמצעי ניהול נגר לניקוז - סקירת ספרות.....
104	5.5. עלות פתרונות מוצעים בתחום ניהול הנגר.....
109	5.6. תועלות נוספות.....
112	5.7. היבטי מימון.....
113	5.8. סיכום ומסקנות.....

5. בחינה כלכלית

5.1. תקציר

אין כיום מסד נתונים מסודר המאגד נתונים לגבי נזקי שיטפונות בישראל, בתחום העירוני או החוץ עירוני. משרד התקלאות ופיתוח הכפר אסף בתחילת 2020, דרך רשות שוק חוץ ביטוח וחסכון, מידע לגבי נזקים מבוססים בלבד בתחום זה. נזקי טבע (ברובם המכריע נזקי שיטפונות), מבוססים בין 2010-2018 נעים בין עשרות מיליוני ₪ לכמעט מיליארד ₪ לשנה, ומסתכמים ב-3.1 מיליארד ₪, כלומר, 350 מיליון ₪ בממוצע לשנה בשנים אלה. רובם נזקים לדירות ורכוש.

אין הפרדה בנתונים אלה, בין נזקי שיטפונות שנגרמו ונאלו עירוני ונאלו שנגרמו מהצפות מנחלים. הדבר נובע ממחסור בתיעוד הנתונים, כמפורט לעיל, אולם גם מה"כלים השלובים" בין מערכות הניקוז ההנדסיות והטבעיות הפנים והחוץ עירוניות. מערכות הניקוז העירוניות מתנקזות לנחלים, לאורך תוואי הנחל, ולכן עליות המים בנחל משפיעה באופן ישיר על יכולת התפקוד של המערכות העירוניות, ויכולה להחמיר את סיכוני ההצפה במרחב העירוני, ולהפך, לכן, יש להתייחס לבעיה באופן הוליסטי.

ביצענו אקסטרפולציה לנזקים המבוססים, על סמך השיעור המבוסס לכל סקטור, וכן על סמך הערכת העלויות העקיפות של נזקים פוטנציאליים לתשתיות ושירותי חירום. השונו את העלות השנתית להערכת הנזקים של חורף 92-91, שנחשב לאירוע של 1:100 שנה בישראל, כולל עדכון למדד. מן ההשוואה עלה כי הנזקים הממוצעים בין שנת 2010-2018 היו 94% מהנזקים באירועי הקיצון של שנת 1992, שנחשבים לאירוע בתדירות של 1:100 שנה ברוב הארץ. כלומר, ניתן לטעון כי מבחינת היקף הנזקים מאירועי הצפות, הקיצוני הופך לשכיח.

חברות הביטוח בעולם וגם בישראל מגיבות לכך, ומעלות פרמיות בנושא הצפות לרשויות מקומיות, רשויות ניקוז ונחלים, וכן מהירות מעלייה חדה בפרמיות לביטוח דירה מפני נזקי טבע.

נסקרו מספר עבודות מחקרים משרדל ומתעולם המשוות פתרונות ניהול גר משולב ניקוז וחיפול סטנדרטי. מן העבודות עולה פוטנציאל משמעותי לחסכון באמצעות שילוב של אמצעי ניהול גר, במידה ומאפשרים הקטנת היקף הניקוז בהתאם. הדבר תלוי גם באמינות התפקוד של אמצעי ניהול הנגר, ולכן סביר כי יידרש זמן להיכרות עם מערכות ניהול הנגר, שתאפשר ליהנות מן החסכון הפוטנציאלי.

על מנת לאמוד את היעילות הכלכלית של הפתרונות השונים, כמו גם את השפעתם על מחירי דירות, בוצע ניתוח של 5 מקרי מבחן, בהם יושמה המדיניות, ונקבע סל אמצעי ניהול גר. הניתוח מתבסס על תכנון בפועל של תוכניות שנמצאות בשלבים שונים של הליכי תכנון. מקרי המבחן שנבחרו הם בחמישה מתחמי התחדשות עירונית בינוניים ברחבי הארץ, הכוללים הקמת מאות יחידות דיור. בחרנו להתמקד

במקרים של התחדשות עירונית, ולא של בנייה חדשה, דווקא כי במקרים אלה הגמישות התכנונית מועטה יותר, ויש פחות גמישות בבחירה מתוך סל אמצעי ניהול הנגר. ההנחה היא שבבנייה חדשה, ניתן יהיה לעמוד בבפח הנגר לניהול באמצעים יעילים יותר, המתבססים קודם כל מיקום נכון של השפ"פ. כן, שריו מרובי שמושים, ויכולו לסייע גם בניהול גר. נמצא כי ההשפעה הצפויה על עלות הבנייה נמוכה מ-0.5% בכלל המקרים שנבחנו, והממוצע עומד על 0.3% תוספת לעלות בבית יחידת דיור (המשקף תוספת נמוכה יותר ביחס למחיר יח"ד). המשפט מרכיבים עלות נוספים, מעבר לעלות הבנייה נטו). סוגי הפתרונות שיושמו השפיעו על העלות, וכפי שצוין לעיל מתחמים שבהם ניתן היה להתבסס על אמצעים "טבעיים" יותר והנדסיים פחות (כגון: הנמכת קרקע). היו זולים יותר להקמה.

גם בניתוח של העלות ביחס לנפח מים ("ש" לקוב מים פיזי במתקן") נמצא כי האמצעים המבוססים על שטחים פתוחים/גינות מונמך הם היעילים ביותר.

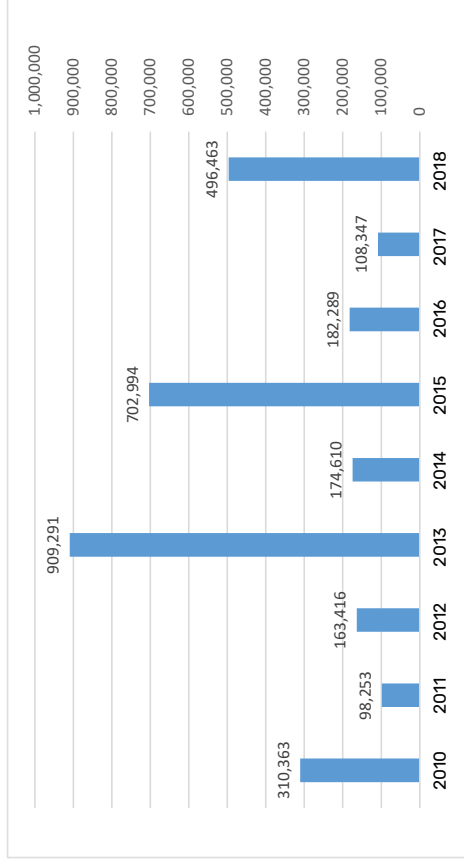
על מנת לממש את הידרון הכלכלי לניהול גר בתחום השפ"פ, חשוב להשתלב מוקדם בהליך התכנון, ולמקם את מערך השפ"פ בצורה מתאימה.

טווח העלויות נע בין עשרות ₪ לקוב לאמצעים אלה, ועד אלפי ₪ לקוב לאמצעים היקרים ביותר. ניתן להשתמש בניתוח המופיע בטבלה זו לעיל, על מנת לתעדף את האמצעים לפי העלות, ותוך התחשבות באופן התחזוקה ובתועלות הנוספות המוצגות בטבלה, שכל אמצעי מאפשר. סוגי התועלות שניתן לקבל מהתקנת האמצעים תלויים באמצעי, ויכולים לכלול תועלות מגוונות מפיתוח שטחים ירוקים במרחב העירוני, כולל עלייה לערך הנכס, חסכון בעלויות אקלים (מיזוג אוויר), שימור מים, הפחתת סיכון לזיהום נחלים וים מפסולת במערכות ניקוז ועוד.

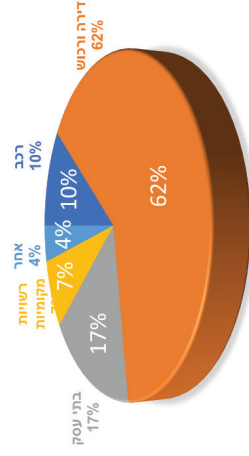
שילוב מערכות ניהול גר יחד עם מערכת החיפול גם מאפשר ניהול סיכונים טוב יותר. זאת, כיוון שמערכת ניקוז המבוססת על מגוון אמצעים (מערכות ניהול גר יחד עם תשתית חיפול), מקטינה את הסיכון מכשל נקודתי, הן בהקמה והן בתחזוקה.

על מנת לממן את אמצעי ניהול הנגר במרחב הציבורי ניתן להשתמש בהיסל הניקוז ולהתאימו. משרד הפנים פועל על מנת לעדכן את ההיסל כך שיוכל לשמש רשויות מקומיות לנושא זה, ואולי אף יאפשר חיוב מחזורי בגין התקנת אמצעים, ויכלול עלויות תחזוקה.

גרף 1 | נזקי טבע (בעיקר שיטפונות, וכן ברד וקרה) 2010-2018 (אלפי ש"ח לשנה)



גרף 2 | התפלגות נזקי טבע (בעיקר שיטפונות, וכן ברד וקרה) בשנים 2010-2018 בין ניזוקים



ניתן לראות כי הנזקים השנתיים געים בין עשרות מיליוני ש"ח לכמעט מיליארד ש"ח. רובם נזקים לדירות ורכוש. סך הנזק המבוטח בלבד מנזקי שיטפונות בשנים אלה היה 3.1 מיליארד ש"ח, כלומר, 350 מיליון ש"ח במוצע לשנה בשנים אלה.

5.2. מבנה הפרק

בפרק זה נתייחס לאספקטים כלכליים שונים הנוגעים לניהול נגר, ובפרט לתיקון המוצע:

- **היקף הבעיה – אומדן נזקי שיטפונות מהשנים האחרונות בישראל והמגמה בעולם.** נתייחס לקושי להפריד בין נזקים שנגרמו בשל שיטפונות בשל נגר מהמרחב העירוני ובשל הצפות מנחלים, והממשק ביניהם. ניגע גם בקושי לאמוד תוחלת נזק במיקום ספציפי במקרה של נגר עירוני.
- **השוואת עלויות אמצעי ניהול נגר לניקוז –** סקירת ספרות מישראל ומהעולם.
- **עלות פתרונות מוצעים בתחום ניהול הנגר –** אומדן עלות ל"ח" של אמצעי ניהול נגר שונים, על בסיס 5 מקרי מבחן של "שום אמצעים בהתאם למחשבון ניהול הנגר".
- **תועלות נוספות שניתן להפיק מאמצעי ניהול נגר –** משמעות כלכלית לתועלות שונות שחלק מאמצעי ניהול הנגר מאפשרים.
- **היבטי מימון לאמצעי ניהול נגר –** ובפרט, השינויים המתוכננים בהיסט הניקוז.
- **סיכום ומסקנות.**

5.3. אומדן נזקי שיטפונות בישראל

5.3.1. אומדן נזקי שיטפונות על בסיס נזקים מבוטחים

אין כיום מסד נתונים מסודר המאגד נתונים לגבי נזקי שיטפונות בישראל, בתחום העירוני או החצי עירוני. ראייה לכך היא המלצת הצוות לגיבוש תכנית לאומית לניהול סיכוני שיטפונות, להנחות את משרד הפנים בשיתוף משרד החקלאות, להקים תשתית אסוף נתונים שתעודכן באופן שוטף על ידי הרשויות המקומיות ורשויות הניקוז ותאגד את עלויות נזקי השיטפונות וההוצאות לרבות עלויות הערכות, הגנה, תיקון, תביעות, חירום והצלה.

צוות זה אף ערך סקר בקרב רשויות מקומיות, והעלה כי 32 מתוך 46 רשויות מקומיות (70% מהנענות על הסקר) נתבעו בגין הצפות. ואכן, תביעות בגין שיטפונות יכולות לשמש כאנדיקטור להיקף הנזקים. נתונים כאלו נאספו לטובת משרד החקלאות ופיתוח הכפר בתחילת 2020 ע"י רשות שוק הון ביטוח וחיסכון, לגבי 9 שנים, בין 2010-2018. לחלן בגרף עלות תביעות ששולמו בפועל בגין נזקי טבע, שהם ברובם המכריע שיטפונות, ומיעוטם נזקי ברד וקרה. וכן, התפלגות נזקים אלה בין ניזוקים. הנתונים הם על בסיס שנת נזק כלומר כל חשלוש וכל אירוע משוך לשנה הרלוונטית לאירוע.

♦ **הערכת עלויות עקיפות** – מעבר לנזקים לנכסים פרטיים, שיטפונות גורמים נזק משמעותי לתשתיות ציבוריות, וגוררים עלויות של ניהול אירוע חירום. על מנת להעריך את היקף תוספת העלות להיבטים אלה, התבססנו על מסמך מנחה של תכנית ניהול סיכוני השיטפונות הארצית⁵¹, שכלל הנחות עבודה מבוססות להערכת העלויות העקיפות הללו ביחס לעלויות הישירות:

טבלה 2 | הערכת עלויות עקיפות

סוגי עלויות עקיפות	כאחוז הנזקים הישירים (דירות ורכוש עסק ורכב)
נזקים פוטנציאליים לתשתיות (אנרגיה, תקשורת וכו')	8%
שירותי חירום (פינוי, הצלה וכו')	20%

הנחות מתבססות על מסמך של ממשלת אירלנד בנושא זה, מטעם 2016 Office of Public Works

הוספת הנזקים העקיפים הללו מביאה את האומדן ל-5.5 מיליארד ₪ ל-9 שנים, כלומר 613 מלש"ח בממוצע לשנה.

5.3.2. תיקוף עלויות עקיפות – דוגמא מנהריה

ד"ר ברמן ועמיתו ממשיך ערכו בשנת 2022 הערכה מקיפה של נזקי השיטפונות שמהם סבלה העיר נהריה בעקבות 2 אירועי השטפון של חורף 2020 (בין 4-9/20)⁵². לפי תביעה של העירייה ממרץ 2020, שצוטטה בדו"ח מבקר המדינה בנושא מאותה שנה, עיריית נהריה אמדה את נזקי שטפון 2020 ב-69 מלש"ח. אולם, העבודה המפורטת שערכו ד"ר ברמן ועמיתו ממשיך, דיוקו הערכה זו והוסיפו אליה עלויות עקיפות של הפסד ימי עסקים, ימי עבודה עקב ביטול לימודים, נזקי בריאות, וכן עלויות פרטיות הביטוח של הרשות בשנים שלאחר השטפון (הפרמיה השנתית של הרשות עלתה מ-2.8 מלש"ח ל-5.2 מלש"ח, כלומר תוספת של 85%).

⁵¹ Office of Public Works (2016) NATIONAL 'CFRAM' PROGRAMME - Technical Methodology Note - Cost-Benefit Analysis (CBA).

⁵² ברמן ועמיתו ממשיך, 2022.

אין הפרדה בתחומים אלה בין נזקי שיטפונות שנגרמו מנגר עירוני וכזה שנגרם מהצפות מנהלים. הדבר גובע ממחסור בתיעוד הנתונים, כמפורס לעיל. אולם גם מה"כלים השלובים" בין מערכות הניקוז ההנדסיות והטבעיות הפנים והחוץ עירוניות. מערכות הניקוז העירוניות מתנקזות לנחלים. לאורך תוואי הנחל, ולכן עלויות המים בנחל משפיעה באופן ישיר על יכולת התפקוד של המערכות העירוניות, ויכולה להתחמיר את סיכוני ההצפה במרחב העירוני. כך גם ניקוז של עיר במעלה אל תוך הנחל מגביל את התפקוד של מערכות הניקוז בערים במורד, ואף יכול להביא להצפות בשטחים במורד. לכן, יש להתייחס לבעיה באופן הוליסטי, ולהתייחס לפתרונות חו' בנחלים (בהם מטפל תיקון 7 לתמ"א 1) וח' בתחום העירוני באמצעות ניהול גגר עירוני (תיקון 8 שהוא מושאו של מסמך זה).

נחוני חברות הביטוח, המוצגים לעיל, מאפשרים לקבל סדרי גודל של היקף הבעיה הארצית, ואף להשוות לנזקי שיטפונות בעבר, ולהעריך את המגמה, כמפורט להלן.

כיוון שמדובר בחלק המבוטח בלבד, על מנת לאמוד את הנזקים הארציים במלואם יש לבצע 2 מהלכים:

- ♦ **אקסטרפולציה לנכסים שאינם מבוטחים** – בטבלה שלהלן הנחות לגבי השיעור המבוטח של נכסים בקטגוריות שונות:

טבלה 1 | הערכת שיעור מבוטח בסוגי נכסים שונים

קטגוריה ביטוחית	שיעור מבוטח
רכוש	66%
בחי עסק	75%
דירות	66%
כלי רכב	83%

הנחות מתבססות על עבודת צוות התכנון למובל הניקוז באיילון, 2022

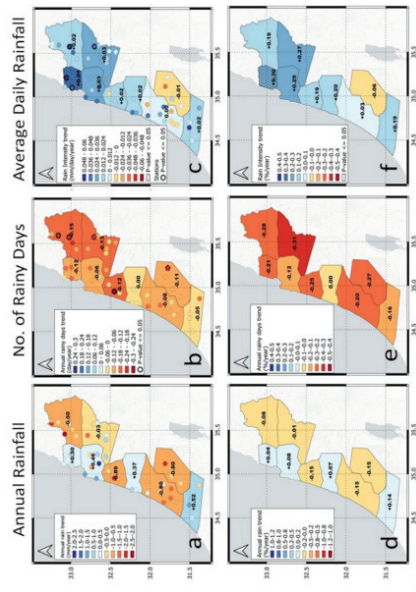
על מנת לאמוד את תמונת הנזקים המלאה, הכוללת את הנזקים בנכסים שאינם מבוטחים, נחלק כל קטגוריה ביטוחית בהערכת השיעור המבוטח. אקסטרפולציה זו מגדילה את הערכת נזקים לכדי 4.4 מיליארד ₪ בין השנים 2018-2010. אליה נוסף עלויות עקיפות.

מכאן, נובעת מסקנה משמעותית – הנזקים הממוצעים בין שנת 2010-2018 היו 94% מהנזקים באירועי הקיצון של שנת 1992, שנחשבים לאירוע בתדירות של 1:100 שנה ברוב אגני הארץ. כלומר, מבחינת היקף הנזקים מאירועי הצפות, הקיצוני הופך לשכיח.

העוצמה הגדלה של הנזקים עם הזמן נובעת מכמה סיבות במקביל:

- ♦ **פיתוח מואץ** של המדינה גורם ליותר תכסית קרקע אטומה לחלוטין – הגורמת ליותר נגר, שעלול להביא ליותר נזק. תהליך זה ימשיך בעתיד ביתר שאת, על מנת לעמוד ביעדי הפיתוח (למשל, יעדי תכנית אסטרטגית 2040).
- ♦ **הפיתוח מגדיל גם את הפגיעות** – כלומר, יותר רכוש פרטי באזורים פגיעים להצפות, ולכן כל הצפה גורמת ליותר עלויות למשק.
- ♦ **משטר הגשמים משתנה** בעקבות שינויי אקלים (Drori et al. 2021), ניתוח את משטר הגשמים בישראל בשנים 1975-2020. באזור שלהלן, מתוך המאמר, ניתן לראות כי בעוד שכמות הגשם השנתית נותרה כמעט ללא שינוי, מספר ימי הגשם קטן. לכן, כמות הגשם בכל אירוע בממוצע גדולה יותר. הכותבים מסכמים כי המגמה היא חורף קצר יותר עם כמות משקעים ימחית (ושעתית) גדולה יותר.

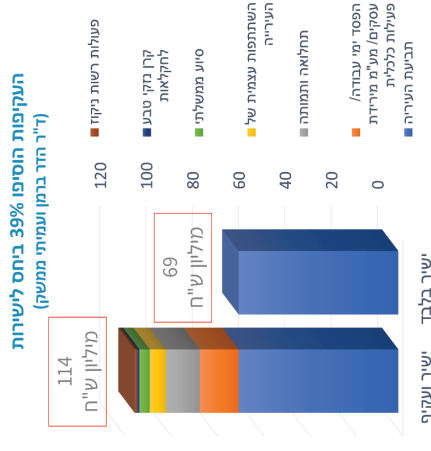
אור 1 | ניתוח נתוני משטר הגשמים בישראל בשנים 1975-2020⁵³



⁵³ rori et al. (2021) Recent changes in the rain regime over the Mediterranean climate region of Israel. Environmental Science.

להלן סיכום בגרף של הממצאים:

גרף 3 | עלויות נזקים ישירים ועקיפים משטפונות 2020 בעיר נהריה



מן הגרף עולה כי העלויות העקיפות הסיפוי 39% ביחס לישרות. נתון זה מחזק את החשיבות של הכללת העלויות העקיפות, שהן משמעותיות מאוד ברמה משקית. לעת עתה, ניצמד להערכה הארית המפורטת לעיל, שהיא שמרנית יותר.

5.3.3. הערכת המגמה בתחום נזקי שיטפונות

ההערכה הכוללת של הנזקים הישירים והעקיפים הינה כאמור 613 מיליון ש"ח בשנה. כדי להבין את המגמה, נשווה לגרף שנת 1992. שנה זו נחשבת לשנת קיצון מבחינת נזקי שיטפונות, ובעקבותיה חל שינוי משמעותי בחלוקה הגיאוגרפית של רשויות הניקוז. לפי ד"ח מבקר המדינה משנת 1993 בנושא "תשתיות הניקוז במדינה", הוערכו נזקי השיטפונות ב"היקף הנזקים הישירים נאמד ביותר מ-200 מיליון ש"ח. נוסף על כך נגרמו נזקים עקיפים בשל חסימת כבישים, אבדן ימי עבודה ואבדן הכנסות, שנאמדים בעשרות מיליוני ש"ח."

נביח בהתאם כי מדובר בנזקים ישירים ועקיפים של כ-250 מלש"ח (במחירי 1993). לאחר עדכון בהתאם לעלויות מדד המחירים (אומד לאונפלציה בישראל), עלות זו נאמדת היום ב-650 מלש"ח.

5.3.5. תגובת שוק הביטוח

חברות הביטוח מזוהות גם הן את העלייה בנזק שיטפונות בישראל בפרט, ובעולם בכלל.

לפי כלכליסט⁵⁴ "על רקע ההצפות בחודשי החורף ונוכח התממהותה בטופול בתשתיות, מזוהיה אגודת האקטוארים בישראל מעלייה חדה במחירי הפרמיות לביטוח דירה מפני נזקי טבע". על פי נתונים שהגיעו לכלכליסט ב-2020 גובה התביעה הממוצעת של הנפגעים מהצפות זינק ב-50% בתוך שנתיים, מכ-23 אלף שקל ב-2018 לכ-35 אלף שקל, ועל רקע זאת צפויה העלייה במחיר הפרמיות. נכון להיום, ביטוח מפני נזקי טבע עולה בין 400-600 שקל, בהתאם לסוג המבנה ואופי הכיסוי, ובענף מעריכים כי הפוליסה של דירות בקומת קרקע ובתים פרטיים עלולה להתייקר בכ-20%."

במקרים שבהם חברות הביטוח משפות את המבוטחים בגין נזקי שיטפונות, הן חובעות את האחראים לנזקים, בד"כ רשויות הניקוז, הרשויות המקומיות ולעיתים הממשלה. כך, הן משבבות את הנזק, כלומר, חובעות את האחראי, על מנת לנסות לקבל חזרו בעבור הפיצויים שהם העבירו למבוטחים. במקרים שבהם הן מוכיחות כי הנזק הוא בשכיחות שבה מחויבת הגנה לפי החוק (בהתאם לסוג השימוש בקרקע), הן זכאיות להחזר מגורמים ציבוריים, כלומר "מהכיס הציבורי".

גם רשויות הניקוז והבתלים מבטוחות ע"י חברות הביטוח. אולם, עקב העלייה בכמות והיקף התביעות כנגד רשויות הניקוז והבתלים בגין נזקי הצפות, חברות הביטוח מעלות את הפרמיות גם מולן. העלאת הפרמיות הופכת את הביטוח ללא כדאי במקרים מסוימים, ונכון לשנת 2021, 3 רשויות ניקוז ונחלים בחרו שלא לבטח את עצמן, ולשאת עצמאית בסיכון בשל עליית הפרמיות השנתיות.⁵⁵

חברות ביטוח בעולם משקיעות באיגום וניתוח המידע בנוגע לסיכונים שיטפונות. חברת הביטוח Swiss RE מצאת **באתר** מפות שערכה על בסיס ניתוח מידע לווני. הניתוח מצא פשטי הצפה ורמת סיכון על בסיס מודלים שונים שבנתה החברה, תוך שימוש ב מדידע שאספה מכ-400,000 מקרי הצפה. הניתוחים הללו מוצעים על מנת לנח את הסיכון, ולחמחר בצורה מדויקת ואפקטיבית יותר את הפרמיות שלה בנושא זה.

⁵⁴ מממשלה בדברת ביטוח והצפות יתיקרב ב-20% - כניסה מ-2/1/23.
⁵⁵ דה מרקר - נזקי ההצפות גדלים, המדינה מתגברת מרשויות הניקוז - והן לקראת שיתוק - כניסה מ-2/1/23.

5.3.4. הקושי לאמוד תוחלת נזק במיקום ספציפי

מקובל לבחון מדיניות בעלת השפעה כלכלית באמצעות בחינת עלות תועלת (Cost Benefit Analysis). כאשר ניתן להשוות את העלויות לתועלות (ככל האפשר, כולל עלויות ותועלות חיצוניות לשוק), ניתן לוודא כי מתקבלת תועלת נטו.

במסגרת **המתודולוגיה לניהול סיכונים שיטפונות והצפות מנהלים**, שפותחה ביוזמת משרד החקלאות ופיתוח הכפר, נידונה בהרחבה המתודולוגיה לניתוח כלכלי, המתבססת על הערכת פוטנציאל הנזק עם וללא חכנית המענה, ומאפשר ניתוח עלות תועלת. במקרה של הצפות מנהלים, הסטטיסטיקה לגבי תדירות והיקפי הצפה בהתאם למשטר גשמים מאפשרת (על אף מגבלות המידע), הערכה של מניעת הנזקים לשימושי קרקע שונים המתאפשרת בזכות הקטנת הסיכון הנובע מאמצעי הגנה שונים.

במסגרת העבודה על נזקי שיטפונות מנהלים, על מנת לשייך תג מחיר כלכלי לנזקים פוטנציאליים לשימושי קרקע שונים, בוצע סקר שמאים שבחו את גובה נזקי שיטפונות סטנדרטיים בשימושי קרקע שונים. ניתן ללמוד ממנו שהנזקים עומדים על אלפי ש"ח למ"ר לשימושי מגורים ותעשיות, ועשרות אלפי ש"ח לדונם לשימושים חקלאיים שונים. מובן כי ככל שעומק ההצפה גדול יותר ושימוש אינטנסיבי/ צפוף ורגיש יותר, (בחקלאות, גם כתלות במשך ההצפה) ערך הנזק עולה.

לצערנו, לא ניתן לאמץ מתודולוגיה זו לשימוש במרחב העירוני, כיוון שבמרחב העירוני אין מתאם סטטיסטי ברור בין עוצמת אירוע הגשם לבין הנזק ממנו. זאת, עקב מחסור בנתונים ומורכבות הניתוח בשטח עירוני צפוף, שמקשה על יצירת מתאם בין עוצמה ושכיחות אירוע הגשם ושטח עומק ההצפה לבין הנזק עצמו. לכן, לא ניתן לחשב את תוחלת הנזק הנמנעת בצורה סטטיסטית במרחב העירוני.

נוסף כי ככל שישנו מידע לגבי נזק מאירוע הצפה, לרוב הוא אינו מלא. בפרט, חסרים נתונים לגבי אירוע הגשם ותמנהל הכלשים השונים שהובילו להיווצרות ההצפה. כלומר, קשה להעריך מה השפעת מרכיבי הנגר העירוני לעומת הצפה מהעורק ניקוז ראשי, והשפעות הגומלין ביניהם. מנגד האפשרויות לכשלים המביאים להצפה במרחב העירוני רחב, וכולל: אירוע גשם מקומי קיצוני (המכונה "שבר ענן"); כשל מקומי של מערכת הניקוז (למשל, כתוצאה מתחזוקה לקויה); כשל מערכת ניקוז שכונתית/מרחבית (לדוגמה: הצפות באשדוד כתוצאה מהערמות מים בגחל לכיש); כשלים אחרים במערכת הניקוז (פריצה של מעביר מים ביושוב בת חפר בחורף 2015-16 שהביא להצפות משמעותיות ביושוב); וחוסר התאמה ו/או יכולת של מערכת התיעול, לנקות את הנגר העודף בתחומה.

5.4. השוואת עלויות אמצעי ניהול גגר לניקוז – סקירת ספרות

עבודות ומחקרים שונים השוה פתרונות ניהול גגר משולב ניקוז לניקוז ותיעול סטנדרטי. נסקור להלן תוצאות מסכמות של מספר עבודות כאלו, משראלי, ולאחר מכן מהעולמי:

• ניהול מי גגר בערך עבור עיריית ת"א יפו (Green-eye 2014).

הכנית אב לניקוז חל אביב - נספח הערכה כלכלית סביבתית לנספח

הכנית זו הושגה שדרוג מערכת הניקוז בשכונה בצפון ת"א, בשכונת רמת אביב הירוקה.

להתקנת פתרונות ניהול גגר המתבססים על אגום תת קרקעי . מקרה מבחן זה הצביע על

פוטנציאל לחסכון של 8-22 מלש"ח (כתלות בהנחות העבודה, על בסיס 2 ניתוחים הנדסיים

שונים). באגן ניקוז רמת אביב ביחס לתכנית התייעול. כמו כן, הוצג חסכון עקף פוטנציאלי של -7.5

10 מלש"ח. הכולל חסכון בעלות מימון ההשקעות שלעיל, וכן מניעת מפגעים הקשורים בתקופת

השיפוץ (רעש, זיהום אויר וכו'). צוינו גם תועלות מורכבות לכימות. כגון: השימוש וההנאה מהגן

ששופץ לטובת פתרונות ניהול גגר מקומיים.הניתוח התופי-הנדסי גם הצביע על אפשרות לבצע

אקסטרפולציה מתוצאת הניתוח לאגני ניקוז נוספים בעיר, והסיק מכך על פוטנציאל חסכון של

כ-25% ביישום פתרונות ניהול הגגר ביחס לעלות ההשקעה הנדרשת בתכנית האב העירונית

לתייעול. פוטנציאל זה מסתכם בכ-239 מלש"ח של חסכון לתקציב ההשקעה העירוני.

מסכמים זאת הוצג מודל כלכלי לניתוח עלות-תועלת בתחום ניהול גגר עירוני. בצד העלות הוצגו

החוזר הון שבתי בגין ההשקעה והתחזוקה השנתית. לעומתם, בצד התועלת הוצגו היחסיון

מהקטנת עומס על מערכות הניקוז, וכן ערך המים שניתן היה לחלחל לאקוויפר (לפי עלות התחלת

מים בקיבוז עלות שאיבה).

• אנוש (2004) מדריך לתכנון ובנייה משמרת גגר, עבור משרד הבינוי והשיכון

במסמך זה הוצג מודל כלכלי לניתוח עלות-תועלת בתחום ניהול גגר עירוני. בצד העלות הוצגו

החוזר הון שבתי בגין ההשקעה והתחזוקה השנתית. לעומתם, בצד התועלת הוצגו היחסיון

מהקטנת עומס על מערכות הניקוז, וכן ערך המים שניתן היה לחלחל לאקוויפר (לפי עלות התחלת

מים בקיבוז עלות שאיבה).

כחלק מהדוגמאות שנסקרו, הוצג חישוב גם של אפשרות הקטנת קוטר צנרת התייעול, כחלות

באחוז הגגר העילי שניתן לנהל במקור. מהתחשיב לדוגמא עולה כי ניתן תיאורטית לחסוך עד

84% מעלות צנרת המוצא באמצעות ניהול גגר (כ-180 אלף \$ חיסכון בעלות מערכת התייעול

ל-100 דונם, במקרה 80% גגר מנהל. בעוצמת גשם של 40 מ"מ לשעה). חסכון זה מושג כנגד

עלות אמצעי ניהול גגר שונים, בקיבוז הכנסות מהחדרת מים באמצעים הרלוונטיים. התחשיב הוא

תלוי תכנון מפורט. הודגש כי נדרש תמריץ בגין החדרת מים על מנת להפנים את התועלות ממנו

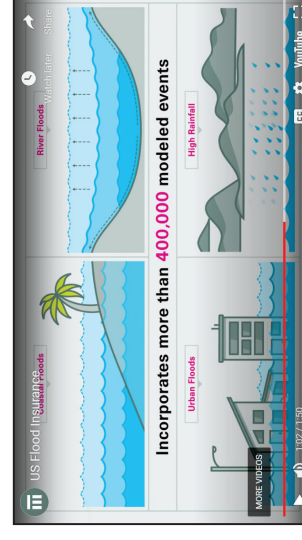
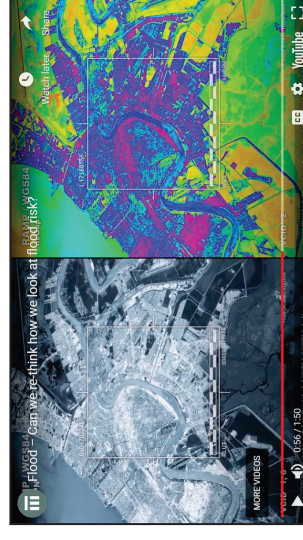
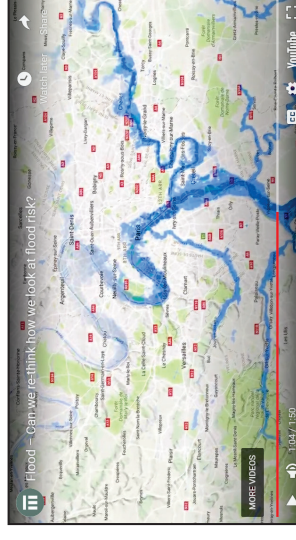
ברמת הרשות המקומית או הפרט הבודד.

• דב יעקובוביץ (2013), פיתוח באימפקט נמוך כמענה לבעיית מי הגגר והשלכותיה, סמינר

למרכז הבינתחומי הרצליה

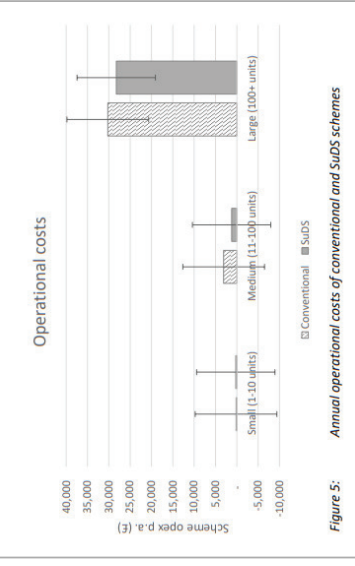
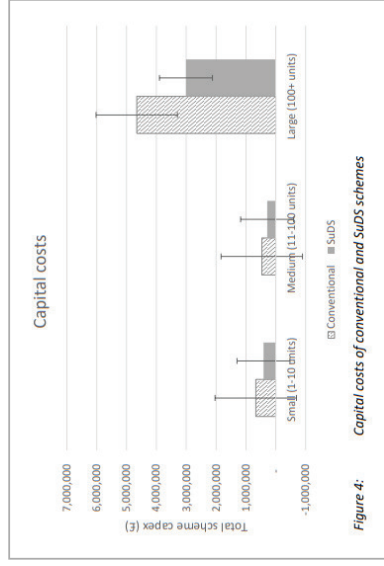
במסגרת עבודה זו בוצעה סקירת ספרות בה נסקרו 15 מקרי בוחן מארה"ב וקנדה. רוב המקרים

איור 2 | פשטי הצפה, מפות סיכון מבוססות מידע לווייני וניתוח מקרי הצפה של חברת Swiss RE⁵⁶



ההבדלים ניכרים יותר בפרויקטים הגדולים (מעל 100 יח"ד). המעידים על יתרון לגודל⁵⁷. התועלות שנמדדו גוגעות לאיכות מים ולהפחתת סיכוני שיטפונות (לא כומתו תועלות נוספות לבריאות למשל). וגם לגביון ההבדלים בולטים יותר ככל שהפרויקטים גדולים יותר. בנוסף, בהשוואה של עלויות ההשקעה באמצעי תיעול לעומת ניהול נגר, בפאנל לקוב, נמצא חסכון פוטנציאלי בכלל אמצעי ניהול הנגר, למעט אספלט מחלחל. התוצאות מוצגות בגרפים שלהלן.

אזור 3 | השוואת עלויות השקעה, עלויות תחזוקה ותועלות שניתיות מניהול נגר לעומת תיעול



⁵⁹ הכותבים מעיינים גם שנאסף מידע רב יותר לגבי האחרים הגדולים.

שנסקרו נמצא חסכוניות משמעותיים בזמן שלבי פיתוח הפרויקטים, בשל הפחתת העלויות במספר רכיבים: הכנת השטח ויישור הקרקע, מערכות ניקוז ריצוף, סלילה ועיצוב הגוף. החסכון שנמצא בהשקעה הדרדרת בפרויקטים אלה ביחס לפרויקטים ללא ניהול מי נגר, נעו בין 15%-80% אולם נמצא גם מקרים יוצאים מן הכלל. בהם יישום פרויקטיות עדכניות לניהול מי נגר העלה את עלות הפרויקט לעומת הגישה השמרנית לניקוז ותיעול.

סקירת מקרי מבחן מארה"ב - Economic Benefits of Low Impact Development (LID) - Highlights from Recent Literature Projects for Stormwater Management

מסמך זה בוצע ב-2015 ע"י Local Council of the River Watershed Council⁵⁷, והוא כולל סקירה וניתוח כלכלי של אוסף מקרי מבחן שבוצעו ע"י ה-EPA. השוואה לפתרונות מבוססי גינון מונמך (bio-retention), שוחות שתילה (דומיהן) אוגום וחלחול, הראו חסכון פוטנציאלי בהשקעות ביחס לתיעול סטנדרטי שנע בין 15-80% בהשקעות.

תועלות נוספות משתנות בהתאם לאמצעים, וכוללות, למשל, שטח פתוח/מגוון/נופי גדול ומשופר, שלעיתים התבטא בהעלאת ערך הנכסם שלצידו, שיפור במדדי נגר במרחב הבני (כלומר, תפקוד המערכות באירועי גשם) ועוד. אספלט מחלחל היה לעיתים זול ב-6% ביחס לאספלט גריל, ולעיתים יקר יותר בהשקעה, אבל הוכיח עמידות רבה יותר ופחות צורך בתחזוקה. שחורגש ע"י העוריה מהשנה ה-15. גנות ירוקים הראו תועלות ציבוריות רבות שחלקן לא כמותיות (לקהילה, איכות אויר, מגוון ביולוגי וכו'), ולכן מחזירות את עצמן מנקודת המבט של בעלי הבית רק אחרי 20 שנה.

ממצאים מויילס - Analysis of evidence including costs and benefits of SuDS - construction and adoption (2017) Report for the Welsh Government

מסמך זה מנתח עבור ממשלת ויילס 35 מקרי מבחן שבהם השווא ניהול נגר מבוסס תיעול (Suds Conventional) לתיעול סטנדרטי (Conventional). הפרויקטים מחולקים לפי מספר יח"ד - עד 10 יח"ד, בין 10-100 יח"ד ומעל 100 יח"ד, ומנותחים לפי השקעה, תחזוקה ותועלות. נמצא כי בכל סדרי הגודל, בממוצע בין הפרויקטים, ההשקעות והתחזוקה⁵⁸ נמוכים יותר בניהול נגר לעומת תיעול בלבד, והתועלות גבוהות יותר בהתאמה.

⁵⁷ קישור למסמך.

⁵⁸ הכותבים מעיינים כי רוב המידע לגבי תחזוקה נאסף בפרויקטים מבוססי גינון, וניתן לראות כי החיסכון הפוטנציאלי בתחזוקה משמעותי, וגדל ככל שהפרויקט גדול יותר.

♦ אנגליה - COMPARATIVE COSTINGS FOR SURFACE WATER SEWERS & SuDS, Caledonian Road Housing, Islington, London. (2011) DEFRA

מאמר זה סוקר מקרי מבחן שונים ומשווה בין אמצעי ניקוז לניהול גגר. מקרה מבחן רלוונטי במיוחד הוא ביחנה רחוב בלונדון בצפיפות 25 יח"ד לדונם (הדומה לצפיפות בישראל). לחלן טבלה המשווה חלופת ניקוז סטנדרטי (Traditional Drainage) לחיפול משולב ניהול גגר (SuDS) בכמה תרחישי ספיקה יוצאת (מ-150 ליטר להקטר לשעה ועד 8 ליטר להקטר לשעה, המחייב מערכות גדולות יותר). ניתן לראות כי בכל תרחיש יש חיסכון בזכות ניהול גגר, הנע בין 50-70% חסכון בהשקעה.

השוואת תיעול סטנדרטי לחיפול משולב ניהול גגר במקרה מבחן של רחוב בלונדון בצפיפות 25 יח"ד לדונם

	150 l/s/ha		50 l/s/ha		8 l/s/ha	
	Traditional Drainage	SuDS	Traditional Drainage	SuDS	Traditional Drainage	SuDS
Cost	39,300	19,700	65,300	19,700	167,300	41,300
Preliminaries	3,900	2,000	6,500	2,000	10,700	4,100
Contingency	2,000	1,000	3,300	1,000	5,400	2,100
Estimated Construction Total	45,200	22,700	75,100	22,700	183,400	47,500

* COMPARATIVE COSTINGS FOR SURFACE WATER SEWERS & SuDS, Caledonian Road Housing, Islington, London. (2011) DEFRA

אותו מאמר גם מציין הוכחות לחסכון פוטנציאלי בזכות ניהול גגר בעלויות תחזוקה שנתיות. בפרט, באמצעים שתחזוקתם יכולה להשתלב בגשרת התחזוקה העירונית (טאטו רחובות, כיסוח צמחיה וכו').⁶⁰

⁶⁰ מסקנות דומות עולות ממאמר נוסף של DEFRA משנת 2014 -
Delivering Sustainable Drainage Systems, September 2014, Defra.

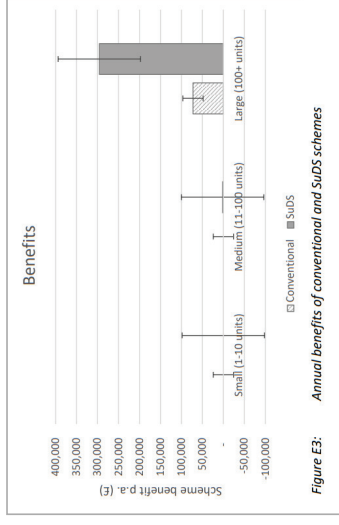


Figure E3: Annual benefits of conventional and SuDS schemes

* Analysis of evidence including costs and benefits of SuDS construction and adoption (2017) Report for the Welsh Government GovernmentWelsh Government

השוואת עלויות השקעה באמצעי ניהול גגר לעומת תיעול בנפרד לקוב

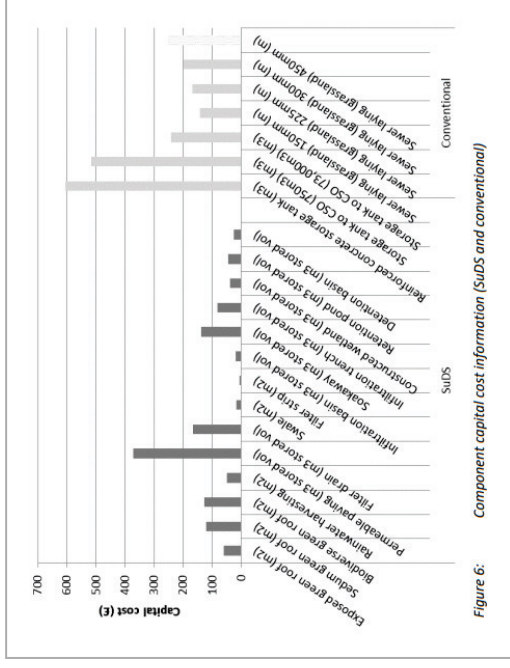


Figure 6: Component capital cost information (SuDS and conventional)

* Analysis of evidence including costs and benefits of SuDS construction and adoption (2017) Report for the Welsh Government.

טבלה 3 | עלות התקנת אמצעי ניהול נגר במספר מקרי מבחן, ביחס לעלות הקמת יח"ד

אמצעי ניהול נגר	סוגי הפתרונות שיושמו	עלות כוללת של אמצעי ניהול (ש"ח למתחם)	כמות נגר כוללת (קוב)	מספר יח"ד	עלות אמצעי ניהול נגר ליח"ד (ש"ח ליח"ד)	עלות ניהול עלות ביחס לעלות הבנייה של יח"ד (%)
אשדוד - מתחם גפאנב	הנמכת קרקע	71,568	3,037	756	95	0.0%
ב"ש - מתחם אורות	דרייבבוקס ולימנים	947,600	1,245	777	1,220	0.2%
אילת - מתחם התמרים	הנמכת קרקע ודרייבבוקס	671,392	756	420	1,599	0.3%
ת"א - אח"י דקר	שוחות שתילה, גג סופח, geocell	2,318,080	3,797	1,159	2,000	0.4%
נתניה - נורוק טון	שוחות שתילה, הנמכת קרקע, דרייבבוקס, בריכות בקלש	1,297,992	2,771	514	2,525	0.5%
מוצע					1,488	0.3%

ניתן לראות כי ההשפעה הצפויה על עלות הבנייה היא נמוכה מ-0.5% בכלל המקרים שנבחנו, והמוצע עומד על 0.3% תוספת לעלות בבית יחידת דיוור.

סוגי הפתרונות שיושמו השפיעו על העלות, וכפי שצוין לעיל מתחמים שבהם ניתן היה להתבסס על אמצעים "טבעיים" וחר והנדסיים פחות (כגון: הנמכת קרקע), היו זולים יותר להקמה.

בטבלה שלהלן ניתוח עלות ההשקעה הנדרשת לקוב מים של האמצעים שנבחנו במקרי המבחן שלעיל, ומספר אמצעים נוספים לגביהם נאספו נתונים⁶². הטבלה מאפשרת להשוות יעילות של פתרונות שונים. בטבלה מצוין גם אופן התחזוקה לכל אמצעי, ומסומנים בירוק אמצעים שלא נדרשת בהם תחזוקה או שאין בהם תוספת תחזוקה ביחס לניקוז.

⁶² תוספות מידע לגבי קידוחי תחזוקה מחברת "אקורדירולוגיה", לגבי ריצוף מחלת מחברת "אקורדירולוגיה", לגבי טוף, אדמת מבנה, אריח, מדרסים, גג ירוק וארגון מבנה מתבסס על ניתוח שהכירה חברת סוטוסקי, עתירות אדריכלות עבור משרד הבינוי והשיכון ב-2022.

5.5. עלות פתרונות מוצעים בתחום ניהול הנגר

על מנת לאמוד את היעילות הכלכלית של הפתרונות השונים, כמו גם את השפעתם על מחירי דירות, בוצע ניתוח של 5 מקרי מבחן, בהם יושמה המדיניות, ונקבע סל אמצעי ניהול נגר. הניתוח מתבסס על תכנון בפועל של תוכניות שנמצאות בשלבים שונים בהליך התכנון. מקרי המבחן שנבחרו הם בחמישה מתחמי התחדשות עירונית בינוניים ברחבי הארץ, הכוללים הקמת מאות יחידות דיוור. בחרנו להתמקד במקרים של התחדשות עירונית, ולא של בנייה חדשה, דווקא כי במקרים אלה הגמישות התכנונית מועטה יותר, ומתבטאת בבחירה מוגבלת מתוך סל אמצעי ניהול הנגר. ההנחה היא שבבנייה חדשה, ניתן יהיה לעמוד בגנתי הנגר לניהול באמצעים יעילים יותר, המתבססים קודם כל מיקום נכון של השצ"פים, כך שיהיו מרובי שימושים, ויוכלו לסייע גם בניהול נגר.

על מנת להשוות את עלות האמצעים לעלות הבנייה הישירה, ולהעריך את ההשפעה על עלות הקמת יח"ד, התבססנו על מחקר של משרד הבינוי והשיכון מ-2015 בנושא "רכיבי עלויות הבניה למגורים ומשקלם במחיר הדירה". לפי מחקר זה, עלות הבנייה הישירה (עיל) בממוצע ארצי היא 4,156 ש"ח למ"ר, ועדכנו מחיר זה לפי עלויות מדד תשומות הבנייה של 18% מאז המחקר ועד סוף 2022, ל-4,912 ש"ח למ"ר. הגחנו כי גודל דירה ממוצע עומד על 100 מ"ר⁶¹. חשוב לציין כי לפי אותו מחקר, עלות הבנייה משפיעה על פחות ממחצית המחיר של אותה יחידת דיוור. המחיר מושפע מרכיבים נוספים שלא יושפע מהרעולציה החדשה (מחיר הקרקע, רווח יזמי וכד.), ולכן ההשפעה הצפויה של הרעולציה על מחירי דירות נמוכה משמעותית. בטבלה שלהלן התערכות לעלות סלי האמצעים במקרי המבחן.

⁶¹ על בסיס ניתוח של ירחון הלמ"ס למחירים ממוצעים של דירות, לפי קבוצות גודל דירה (חדרים) 4/2021.

הערות	סוגי תועלות נוספות	אופן תחזוקה	אומדן עלות למ"ק מים (ש לקוב פיזי במתקן)	מתקנים לניהול גבר	אמצעים לדוגמא
בהתאם לתכנון, לרוב דרוש להוסיף שוחות סינון ושקוע לכל אגד קולטנים		ניקוי בלחץ גבוה של תאי האגירה ושוחות הסינון (שירות דומה לביובית). כהכנה לחורף ולאחר אירועי גשם עזים	2,000	ויסות	תאי אגירה (drainbox)
		לא נדרשת תחזוקה	2,000	ויסות/ חלחול	סוף - לחלחול או מעל קומת מרתף (1.2- 1.5 מ"מ גובה)
	בידוד גג המבנה, והפחתת הצורך באקלום באמצעות מערכות מיזוג אוויר. שמירה על איכות המים, במקרה ומשולב עם אמצעי החדרה	ניקוי מרזבים, בדומה למרזב סטנדרטי	1100-2500	השתייה ואגום	גג סופס (כחול)
בהתאם לתכנון, לרוב דרוש להוסיף שוחות סינון ושקוע לכל אגד קולטנים		בשנה הראשונה 4 בדיקות, לוודא שבנוי כהלכה והחול לא סותם את החלחול למתקן. לאחר מכן, אחת לשנה. ⁶³	3000-4000	ויסות	ארגזי אגירה רדודים (Geocell)

⁶³ לחל | תבנית לדוגמא של חברת גאופלסט, כולל פירוט אופני הקמה ותחזוקה. ישנם מוצרים דומים בחברות מתחרות.

הטבלה כוללת מבחר מוגבל של אמצעים, לגביהם מוצג טווח עלות לקוב. ניתן להיעזר גם בטבלה משלימה - "השוואת עלויות אמצעי ניהול גבר" בסעיף 7.6, הכוללת מגוון רחב יותר של אמצעים, ומסווגת אותם לקטגוריות של עלות השקעה במוכה/ בינונית / גבוהה. טבלאות אלה מאפשרות למעשה מדרג יעילות של אמצעים, שניתן לבחור מהם. ביחס למגבלות בשטח. כלומר, המדרג מאפשר לתת העדפה לאמצעים זולים להקמה ותחזוקה. כמו כן, בעמודת "סוגי תועלות נוספות" מפורטות תועלות פוטנציאליות מהאמצעים, מעבר להפחתת סיכויי הצפות. חשוב להדגיש כי מבחר אמצעי ניהול הגבר מתפתח בישראל, ולכן סביר כי עלויות ישתנו עם הזמן, וכי אמצעים נוספים ייכנסו לסל האפשרויות.

טבלה 4 | עלות הקמת אמצעי ניהול גבר שונים לקוב מים

הערות	סוגי תועלות נוספות	אופן תחזוקה	אומדן עלות למ"ק מים (ש לקוב פיזי במתקן)	מתקנים לניהול גבר	אמצעים לדוגמא
	גיבון עורני ומגוון בזילוגי בעיר	לא נדרשת תחזוקה	20-500	אגום	שוחות שתילה/ לימן
			20-250	אגום	הנמכת מגרש
		נדרשת שטיפה בלחץ כהכנה לחורף, וריענון אחת לכ-5-10 שנים	200-800	אגום	בריכות בקלש
כולל שוחות סינון ושקוע	העשרת האקוויפר	תחזוקה שנתית באמצעות ניקוי שוחות סינון ושקוע, מבחן החדרה ובמידת הצורך ניקוי בשטיפה. ריענון קידוח אחת לכ-5 שנים	350-500	החדרה	קידוחי החדרה
	העשרת האקוויפר	שטיפה בלחץ. דומה לריצוף סטנדרטי.	800-1500	חלחול	ריצוף מחלחל

5.6. תועלות נוספות

המטרה העיקרית של אמצעי ניהול גגר היא שניתן שיתפנות והצפות במרחב העירוני. שילוב מערכות ניהול גגר יחד עם מערכת התייעול גם מאפשר ניהול סיכונים טוב יותר. זאת, כיוון שמערכת ניקוז המבוססת על מנוון אמצעים (מערכות ניהול גגר יחד עם תשתית תיעול), מקטינה את הסיכון מכשל נקודתי, הן בהקמה והן בתחזוקה.

עם זאת, חלק מהאמצעים מספקים/ מהווים תשתית לאספקת תועלות נוספות. ניתן לראות התייחסות קצרה לכך ביחס לכל אמצעי בטבלה שלעיל, וכן בהרחבה ב**פרק 7.2** 'סל אמצעים'. להלן סקירה איכותנית של תועלות רוחביות נוספות:

• מיצוי פוטנציאל ציפוף עירוני בהליכי התחדשות עירונית: הגדלת פוטנציאל הפיתוח העירוני

מהווה תועלת כלכלית משמעותית נוספת. שכן, ישנן רשויות בהן מערכות התיעול העירוניות רוויות, כך שתוספות הבינוי, מותנות בהגדלת קיבולת הניקוז של המערכת. אולם, שדרוג מערכת התיעול מתאפיין בעלות גבוהה, בין היתר, עקב מגבלות השטח הבנוי, ובשל כך, מהווה חסם לתוספות בניה במסגרת הליכי התחדשות עירונית. במצבים אלו, ניהול גגר לקדם את ההתחדשות, ובכך, מביא לניצול יעיל יותר של הקרקע. מצבים כאלה קיימים בערים שונות בגוש דן למשל, בהן ביצוע הרחבות ושדרוגים למערכות התיעול מוגבל בגלל תנאי השטח.

• עליית ערך הנכסים: בישראל, גוף ירוק מעלה את ערכי הנכסים הצופים אליו, בשיעור הנע בין

5-25% מערכו טרם הפיתוח הנפוץ הסביבתי⁶⁴ נושא זה בולט באמצעי ניהול גגר המבוססים על מרחב ירוק משמעותי, כגון פארק/ בריכת חורף/ גינה משמעותית. עליית הערך מהווה את העלות שתושבים מוכנים לשלם עבור פיתוח נופי והקמת פארקים ולאמנטיס הכוללים מים לצד ביתם. באופן דומה, סקירת מחקרים שפורסמה ע"י אוניברסיטת מונאש באוסטרליה ב-⁶⁵ 2019 מציגה עשרות מחקרים הדוברים המצביעים שפיתוח נופי מעלה את ערך הנכסים.

• צמצום תופעת איי חום עירוניים: מרחבים ירוקים ומוצלים במרחק העירוני תורמים לוויסות

הטמפרטורה המקומית, ובכך מסייעים להקטין את תופעת איי החום העירוני.

⁶⁴ (בתניהו, 2008). נתון דומה נמצא במחקר של השמאי הממשלתי (פישמן, ל. י. 2006). בו נמצא כי גוף הנשקף מהדירות בשכונת בבלי לרצועת פארק הירקון מוסיף לשווי כ-5%. כך עולה גם ממחקריו לוי יצחק לשנת 2021 המזהה עלייה של 10-15% לנכסים הפונים לפארק או שטח ירוק. (לקישור לכתבה בנושא **למצא כאן**).

⁶⁵ (Gunawardena, 2019).

הערות	סוגי תועלות נוספות	אופן תחזוקה	אומדן עלות למ"ק מים (שם לקוב פיזי במתקן)	מתקנים לניהול גגר	אמצעים לדוגמא
	מאפשרות שיתול עצי מחתת לתשתיות הדורשות מעצ יציב	לא נדרשת תחזוקה	3,400	ויסות/ הלחול	אדמת מבנה (בשטח לחלחול או מעל קומת מרתף)
מתאים כפתרון משלים לריצוף מחלחל		שטיפת לחץ אחת לתקופה לריענון סתומות	4,000	הלחול	אריחי מדרסים
	ניצול הגג לגינון ומגוון ביולוגי בעיר	ניקוי מרזבים, בדומה למרזב סטנדרטי	5,000	השרייה ואגום	גג מגוון (ירוק)
נדרש להוסיף שוחות סינון ושיקוע	מאפשרים בתי גידול לשחליל עצים	ניקוי המשטח בלבד (כחלק מניקיון הרחוב)	7,000	ויסות	ארגזי מבנה

עולה מן הטבלה כי האמצעים היעילים ביותר במדד של "שם לקוב מים פיזי במתקן" הם האמצעים המבוססים על שטחים פתוחים/ גינון מונמך. טווח העלויות נע בין עשרות שם לקוב לאמצעים אלה, ועד אלפי שם לאמצעים היקרים ביותר. ניתן להשתמש בטבלה זו על מנת לתעדף את האמצעים לפי העלות, ותוך התחשבות באופן התחזוקה ותועלות הנוספות שכל אמצעי מאפשר, המוצגות בטבלה. כאמור, כאשר מחלקים עלות זו על פני כלל יחיד" במתחמים, התוספת שנמצאה לעלות הקמת יחידת הדיוור נמוכה מ-0.5%.

על מנת לממש את היתרון הכלכלי לניהול גגר בתחום הש"פ"ים, חשוב להשתלב מוקדם בהליך התכנון, ולמקם את מערך הש"פ"ים בצורה מתאימה.

- **מניעת זיהום נחלים, ים ושטחים פתוחים ממוציא ניקוז:** מערכות ניהול גר עירוני מאפשרות הפחתת נפח ועומס מזחמים בגופי המים ושטחים פתוחים, הקולטים את הגר ממוציא הניקוז. המחזמים גורפים ומתנקזים מהמרחב העירוני (מדרכות, כבישים וכו'), למוצאים או מתנקזים למרד. לכן, ניהול הגר במקור, התופס את המים במעלה, מצמצם את כמות הגר ואת משך הולכתו במרחב העירוני, ולכן, עשוי להיות משמעותי למצב הנחלים. הים והשטחים הפתוחים הקולטים את הגר, בנוסף, ניהול גר מאפשר הפחתה בתדירות ובחומרה של הצפות מערכות ביוב ועומס על המס"שים, כתוצאה מאירועי גשם (חו באופן ישיר, וחו כתוצאה מחיבור לא חוקי של צנרת הניקוז למערכת הביוב). נושא זה נדון בין השאר ב (נתניהו, 2008), וניתן ללמוד על סדרי הגודל של העלות למשל מתובענה "צוגית כנגד תאגיד המים מ' כרמל" מ 2014, בנושא הורדת ביוב לים, שעמדה על 43 מלש"ח.⁶⁹
- **הפחתת עלויות תיעול:** ניהול גר אינו מחליף את הניקוז הסטנדרטי, אלא משתלב עימו. כיוון שניהול הגר מטפל כחלק מנפח הגר, הוא מאפשר להקטין קטרים לנקדים ראשיים, ולדחות החלפה ושדרוג של מערכות תיעול קיימות. תועלת זו לא בהכרח מתממשת בכל המקרים, והיא תלויה בין השאר באמינות אמצעי ניהול הגר. אולם, הפוטנציאל הכספי בה גבוה מאוד. למשל, בת"א הוערך פוטנציאל חסכון של 25% מההשקעה בביקוז, באמצעות שלוב אמצעי ניהול גר, כמפורט לעיל, על בסיס ניתוח של שכונת רמת אביב הירוקה, כמפורט לעיל.⁷⁰
- **הפחתת עלויות ביטוח:** כמפורט לעיל, חברות הביטוח בישראל ובעולם מגיבות לעליית סיכוני השיטפונות, בהעלאת תעריפיהם. הדבר משפיע על רשויות מקומיות, רשויות ניקוז ונחלים וכן יישום חוכניות עירוניות לניהול גר, חברות הביטוח יגיבו גם לכך, וסביר כי עליית פרמיות ביטוח תתמתן או תיעצר.

לסיכום, ישנן תועלות משמעותיות לניהול גר, שאת מרביתן קשה לכמת אותן בשלב זה. בעתיד, ראוי לגסות לכמת תועלות אלו, באמצעות מחקרים עתידיים. הן בשיטות הדונות (כלומר, על בסיס ניתוח אקונומטרי של ערכי נדל"ן ביחס לפתרונות אלה), בהערכות מותנות (כלומר, שאלונים מותאמים המאפשר לציבור לספק הערכות לתועלות מנקודת מבט), ועל בסיס איסוף נתונים מקומי אחיד, ששתי מקיף, עד אז, חשוב להצביע על תועלות אלה ברמה עקרונית, במסגרת ניתוח תועלות ניהול גר.

⁶⁹ [צנול, 2016].
⁷⁰ (2014) Green-eye, חכנית את לניקוז תל אביב - בספח הערכה כלכלית סביבתית לגספת ניהול מי גר, גער עבר עיריית ת"א 19'.

- **שירותי מערכת אקולוגית:** תוספת השטחים הירוקים במרקם העירוני, מגדלים את שירותי המערכת האקולוגית והטבע העירוני, ומספקים מגוון שירותים לאדם כגון: שירותי נופש ופנאי, הגנה אסתטית, תועלות לבריאות הציבור, שירותי ויסות מים וכו'.⁶⁶ לפי מטא-אנליזה של פרופ' ניר בקר (2014), "בתי גידול לחים פנים יבשתיים" מספקים 22 סוגי שירותים, שיכולים להגיע לכ-20 אש"ח לדונם לשנה.
- בבגוע לתרומה לבריאות הציבור, מגוון מחקרים קושרים בין חשיפה לשטחים ירוקים בעיר לבין בריאות, כולל תמותה מופחתת, פחות מחלות נשמה ומחלות לב, רוחה נפשית ובריאות נפשית טובה יותר (שדה ודנקנר, 2016, אקולוגיה וסביבה). וזאת, בין השאר בזכות להפחתת תופעת "אי החום העירוני", לשימוש כאתרי ספורט ועוד.
- **הוספה ופיתוח שטחים ירוקים במרחב העירוני:** חלק מהאמצעים מאפשרים הוספת שטח/ חזית ירוקה ו/או מחלחלת במרחב העירוני. לדוגמה גגות ירוקים או כחולים, אגום בשצ"פים ואלמנטים נוספים המאפיינים ריבוי תועלות. בפרט, אמצעי משמעותי כמו פארק מנהל גר הינו פוטנציאל לפיתוח שימוש קרקע מגוונים:
- שימוש מסחרי, המתבסס על התועלות מן הפארק, וממוקם בד"כ בשוליו (לדוגמה: פארק הוד השרון)
- פוטנציאל להקמת מוקד לפעילות קהילתית (לדוגמה: "קהילה למען הטבע" בפארק הרצליה)
- מוקד לחינוך סביבתי "גן יער" (לדוגמה: עמק הצבאים, המאכלס כיום 4 גני יער וביט ספר יער ראשון בישראל)
- **שימור מים:** ערכי רשות המים לשיפוי בגין החדרת נגר לשכבה הרוויה, עומד כיום על 2 ש"ח לקוב. אולם מותנה במדידה, ולכן בפועל כמעט ואינו מיושם ע"י רשויות מקומיות.⁶⁷ עם זאת, הוא מעיד על החשיבות שרואה רשות המים בהחדרה, המועילה גם לבריאות האקונומית, המשמש כמאגר חירום חשוב למשק המים. ככל שהפרויקט כולל אגום, רשות מקומית יכולה גם לצלל את המים לאחר מכן להשקיע. במקרה כזה, הרשות המקומית יכולה להשתמש במים לגינון עירוני ולחסוך את עלות המים להשקיה.⁶⁸

⁶⁶ להרחבה, ראה פרויקט המארג - **בנקשוב**, התכנית הלאומית להערכת מצב הטבע.

⁶⁷ לפי "כללי המים - תעריפי מים המסופקים מאת מקורות" - תיקון 2018, נכון להיום, תעריף זה חל על חברת מקורות בלבד. להקפיס העולים על 125 אלקמ"ש.

⁶⁸ עלות קוב להשקיה, לפי ספר התעריפים של רשות המים לשנת 2020 הוא 6-5.3 ש"ח לקוב כולל מע"מ (עמ' 26 **בנקשוב**). שימוש כזה מחייב יצירת אגום מתאים בחורף, שאופשר שימוש במים בקיץ. לדוגמה, לפי מחקר שערכו תה"ל, סיניה נתניהו, שמון ערבה - ליאור אסף, אמפרינו - עמית טל (2007-2008), בנושא "כדאיות כלכלית של שימוש נגר בדגמים עירוניים ברצועות החוף", עבור נציבות המים, אגף המחקרים, השימוש במים לגינון עירוני הינו כ-1 מלמק"ש בהרצליה וכ-1.9 מלמק"ש בראש"צ. לפי תעריף מים לגינון צבורי בעת המחקר - 7.6 ש"ח למ"ק, מדובר בלמעלה מ-14 מלש"ח הוצאה שנתית.

זו גם עלות ההשקעה הנדרשת במערכת האגום לטובת פרויקט ההשקיה שבוצע בראש"צ, ומכאן שהחזר ההשקעה היה כבר בשנה הראשונה לפרויקט.

5.8. סיכום ומסקנות

אין כיום מסד נתונים מסודר המאגד נתונים לגבי נזקי שיטפונות בישראל, בתחום העירוני או החצי עירוני. משרד ההקלאות ופיתוח הכפר אסף בתחילת 2020 ע"י רשות שוק הון ביטוח וחיסון מידע לגבי נזקים מבוססים בלבד בתחום זה. נזקי טבע (ברובם המכריע נזקי שיטפונות) מבוססים בין 2010-2018 בעים בין עשרות מיליוני ₪ לכמעט מיליארד ₪ לשנה, ומסתכמים ב-3.1 מיליארד ₪, כלומר, 350 מיליון ₪ בממוצע לשנה בשנים אלה. רובם נזקים לדירות ורכוש.

אין הפרדה בנתונים אלה בין נזקי שיטפונות שנגרמו מעירייה וכאלו שנגרמו מהצפות מנחלים. הדבר גובע ממחסור בתיעוד הנתונים, כמפורט לעיל, אולם גם מה"כלים השלובים" בין מערכות הניקוז ההנדסיות והטבעיות הפנים והחץ עירוניות. מערכות הניקוז העירוניות מתבקזות לנחלים, לאורך תוואי הנחל, ולכן עליית המים בנחל משפיעה באופן ישיר על יכולת התפקוד של המערכות העירוניות, ויכולה להחמיר את סיכוני ההצפה במרחב העירוני, ולהפך. לכן, יש להתייחס לבעיה באופן הוליסטי.

ביצענו אקסטרפולציה לנזקים המבוססים על סמר השיעור המבוסס לכל סקטור, וכן על סמר הערכת העלויות העקיפות של נזקים פוטנציאליים לתשתיות ושירותי חירום. השונו את העלות השנתית להערכת הנזקים של חורף 91-92, שנחשב לאירוע של 1:100 שנה בישראל, כולל עדכון למדד. מן ההשוואה עלה כי הנזקים הממוצעים בין שנת 2010-2018 היו 94% מהנזקים באירועי הקיצון של שנת 1992, שנחשבים לאירוע בתדירות של 1:100 שנה ברוב אגני הארץ. כלומר, ניתן לטעון כי מבחינת היקף הנזקים מאירועי הצפות, הקיצוני הופך לשכיח.

חברות הביטוח בעולם וגם בישראל מגיבות לכך, ומעלות פרמיות בנושא הצפות לרשויות מקומיות, רשויות ניקוז ונחלים, וכן מזהירות מעלייה חדה בפרמיות לביטוח דירה מפני נזקי טבע.

נסקרו מספר עבודות ומחקרים משרדל ומהעולם המשותף פתרונות ניהול גר משולב ניקוז לניקוז ותועול סטנדרטי. מן העבודות עולה פוטנציאל משמעותי לחסכון באמצעות שילוב של אמצעי ניהול גר, במידה ומאפשרים הקטנת היקף הניקוז בהתאם. הדבר חלוי גם באמצעות התפקוד של אמצעי ניהול הנגר, ולכן סביר כי יידרש זמן להיכרות עם מערכות ניהול הנגר, שתאפשר ליהנות מן החסכון הפוטנציאלי.

על מנת לאמוד את היעילות הכלכלית של הפתרונות השונים, כמו גם את השפעתם על מחירי דירות, בוצע ניתוח של 5 מקרי מבחן. בהם יושמה המדיניות, ונקבע סל אמצעי ניהול גר. הניתוח מתבסס על תכנון בפועל של תוכניות שנמצאות בשלבים שונים של הליכי תכנון. מקרי המבחן שנבחרו הם בחמישה מתחמי בנייה בינוניים ברחבי הארץ של התחדשות עירונית הכוללת הקמת מאות יחידות דיור. בחרנו להתמקד במקרים של התחדשות עירונית, ולא של בנייה חדשה, דווקא כי במקרים אלה הגמישות התכנונית מועטה יותר, ויש פחות גמישות בבחירה מתוך סל אמצעי ניהול הנגר. ההנחה היא שבבנייה חדשה, ניתן יהיה לעמוד בנפחי הנגר לניהול באמצעים יעילים יותר, המתבססים קודם כל מיקום נכון של השל"פים, כך

5.7. היבטי מימון

לנושא מימון האמצעים ניהול הנגר חשיבות רבה בהצלחת המדיניות החדשה. לאמצעי ניהול הנגר במרחב הפרטי, בפרט בשלב התחזוקה והחיזוק, ראו לעיל בסעיף "תחזוקה במגרש הפרטי". לנושא מימון הקמה תחזוקה וחיזוק האמצעים במרחב הציבורי, קודם מהלך חשיבה משותף של צוות מנכ"לים לניהול סיכוני שיטפונות. בשת"פ עם משרד הפנים והגופים המוניציפליים, במטרה לפתח כלי מימון משלימים. בין השאר נבחנים מספר כלים יישומיים:

- ייעוד היסל ניקוז גם לנושא שילוב מערכות ניהול גר, ובאופן שיאפשר הכללת סל גמיש של אמצעי ניהול גר, כך שיתאפשר אימוץ של טכנולוגיות חדשות. כיוון שניהול גר משרת את אותה מטרה כמו הניקוז, משרד הפנים העריך כי לא נראה שיש קושי משפטי בעדכון זה.
- שינוי היסל הניקוז כך שיאפשר גבייה מחזורית (לטובת חיזוק עם סיום חיי מתקן הניקוז/ ניהול גר), וכן גביית דמי תחזוקה (כאחוז מהרכיב ההוני).
- יצירת מסגרות מענקים / הלוואות לטובת עדכון ותכנון חכניות אב עירוניות לניהול גר וניקוז. היסל הניקוז מאפשר גבייה מבנייה חדשה גם לטובת התכנון וגם לטובת הביצוע של מערכות ניקוז. לכן, ניתן יהיה להחזיר את ההלוואות לתכנון באמצעות גביית היסל העתידי.
- עדכון חוקי עזר לניקוז לטובת גביית היסל ניהול גר וניקוז המבוסס על תכנית עירונית נכנית מחייב אשור של משרד הפנים. לכן, הוצע במקביל ליצור סמפלטיום של חוקי עזר, ועקרונות ברורים לגיבוש תחשיב, וזאת על מנת להקל על הרשויות המקומיות.

שיהיו מרובי שימושים, ויכללו לסייע גם בניהול גגר. נמצא כי ההשפעה הצפויה על עלות הבנייה היא במובהק מ-0.5% בכלל המקרים שנבחנו, והממצע עומד על 0.3% תוספת לעלות בבית יחידת דיור (המשקף תוספת גבוהה יותר ביחס למחיר יח"ד, המשקע מרכיבים עלות נוספים, מעבר לעלות הבנייה נטו). סוגי הפתרונות שיושמו השפיעו על העלות, וכפי שצוין לעיל מתחמים שבהם ניתן היה להתבסס על אמצעים "טבעיים" יותר והנדסים פחות (כגון: הנמכת קרקע), היו זולים יותר להקמה.

גם בביתוח של העלות ביחס לגפח מים ("ש לקוב מים פיזי במתקן") נמצא כי האמצעים המבוססים על שטחים פתוחים/ גיבון מונמר הם היעילים ביותר.

על מנת לממש את היתרון הכלכלי לניהול גגר בתחום השצ"פים, חשוב להשתלב מוקדם בהליך התכנון, ולמקם את מערך השצ"פים בצורה מתאימה.

טווח העלויות נע בין עשרות ש לקוב לאמצעים אלה, ועד אלפי ש לקוב לאמצעים היקרים ביותר. ניתן להשתמש בביתוח המופיע בטבלה זו לעיל, על מנת לתעדף את האמצעים לפי העלות, ותוך התחשבות באופן התחזוקה ובתועלות הנוספות שכל אמצעי מאפשר, המוצגות בטבלה. סוגי התועלות שניתן לקבל מהתקנת האמצעים חלוי באמצעי ויכול לכלול תועלות מגוונות מפיתוח שטחים ירוקים במרחב העירוני, כולל עלייה לערך הנכס, חסכון בעלויות אקלים (מיזוג אוויר), שימור מים, הפחתת סיכון לזיהום נחלים וים מפסולת במערכות ניקוז ועוד.

שילוב מערכות ניהול גגר יחד עם מערכת התיעול גם מאפשר ניהול סיכונים טוב יותר. זאת, כיוון שמערכת ניקוז המבוססת על מגוון אמצעים (מערכות ניהול גגר יחד עם תשתית תיעול), מקטינה את הסיכון מכשל נקודתי, הן בהקמה והן בתחזוקה.

על מנת לממן את אמצעי ניהול הגגר במרחב הציבורי ניתן להשתמש בהיטל הניקוז ולהתאימו. משרד הפנים פועל על מנת לעדכן את ההיטל כך שיוכל לשמש רשויות מקומיות לנושא זה, ואולי אף יאפשר חיוב מחזורי בגין התקנת אמצעים, ויכלול עלויות תחזוקה.

פרק 6

כלים ובסיסי נתונים הידרולוגיים לתכנון

118	6.1. ריכוז הנחיות לחישובים הידרולוגיים.....
118	6.2. עוצמות גשם לתכנון.....
118	6.2.1. מקדם הפחתה מרחבית.....
119	6.2.2. אירוע גשם.....
121	6.3. זמן ריכוז.....
123	6.3.1. זרימה משטחית.....
124	6.3.2. זרימה רדודה עד קולטן.....
125	6.3.3. זרימה עורקית.....
126	6.3.4. זמן ריכוז מזערי.....
126	6.3.5. זמן ריכוז באגנים בהם עיקר תרומת הנגר נוצרת רק בחלק מהשטח.....
127	6.3.6. זמן פיגור.....
127	6.3.7. שיטות לא מומלצות לחישוב זמן ריכוז.....
128	6.4. חישוב ספיקת השיא של הנגר.....
129	6.4.1. השיטה הרציונלית העדכנית.....
131	6.4.2. הידרוגרף יחידה.....
132	6.4.3. הידרוגרף יחידה סינטטי בשיטה אמפירית.....
136	6.4.4. מודל גשם-נגר רציף.....
141	6.5. חישוב נפח הנגר.....
142	6.6. תכנון ניפחי של ניהול הנגר בשיטת "מעטפת הנפחים".....
152	6.7. נקבוביות ונפח איגום פיד'.....
153	6.8. פשטי ורומי הצפה.....

6. כלים ובסיסי נתונים הידרולוגיים לתכנון

מטרת פרק זה היא לחוות בסיס מקצועי להטמעת מדיניות ניהול הנגר בכלל, ובפרט למילוי נספח הנחיות לניהול נגר (ב-4). בקרב הידרולוגים ויועצי ניקוז, בפרק הסברים על אופן מילוי סעיפי הנספח השונים, לרבות רקע מקצועי, שיטות חישוב והמלצות לשימוש במודלים.

6.1. ריכוז הנחיות לחישובים הידרולוגיים

פרק זה מרכז הנחיות לביצוע החישובים הידרולוגיים, העומדים בבסיס תכנית הנדרשת להגיש נספח ניהול הנגר. להלן אופן עריכת החישובים שיוצגו בפרק:

- עוצמות גשם לתכנון
- זמן ריכוז
- ספיקת השיא של הנגר - יוצגו 3 שיטות וכן הנחיות מתי להשתמש בכל שיטה
- נפח הנגר
- ספיקת הנגר העודף
- פשטי ורומי הצפה
- מעטפת נפחים
- ספיקה יוצאת מווסתת

6.2. עוצמות גשם לתכנון

בכדי להשתמש בעוצמות הגשם המחושבות,⁷¹ יש לשייך את התכנית הנדונה לאזור הגשם בו היא נמצאת, בהתאם למפה שבאור 13. לאחר מכן, יש לאחר את עוצמת הגשם הרלוונטית לשטח התכנית, בהתאם לתקופת החזרה הנדרשת ולזמן הריכוז (ראה [סעיף 6.3](#)) של האגן הנדון.⁷²

6.2.1. מקדם הפחתה מרחבית

עוצמות הגשם חושבו מתוך נתונים שהתקבלו מתחנות הידרולוגיות המודדות את הגשם בנקודה אחת. באגנים שגודלם עולה על 1 קמ"ר, שוקל, אלמנט נוסף, הנקרא הפחתה מרחבית. תאי גשם הינם מוגבלים בגודלם וככל שעוצמת הגשם גדולה יותר, כך גודלו של תא הגשם קטן. לכן, ככל שהשטח הנדון גדול יותר,

⁷¹ המחזוריות לחישוב עוצמות הגשם מפורטת בספח מס' 1: בסיס נתוני עוצמות גשם לתכנון בישראלי.
⁷² את 'בסיס נתוני עוצמות גשם לתכנון בישראלי' ניתן למצוא באחד מינהל התכנון.

עוצמת הגשם המתמצעת על פני כל השטח, קטנה.⁷³ יש לציין כי ההשפעה של מקדם ההפחתה המרחבית קטנה ככל שמשך אירוע הגשם הנדון גדול.⁷⁴

באגנים שזמן הריכוז שלהם (ראה סעיף 6.3) קטן משעה וגודלם נע בין 1-6 קמ"ר, יש להכפיל את עוצמת הגשם במקדם לפי משוואה 1. באגן שגודלו שני קמ"ר לדוגמה, יש להכפיל את עוצמת הגשם במקדם של 0.9. יצוין כי העבודה שבוצעה בישראל בנושא הינה ראשונית בלבד ומחייבת מחקר נוסף.⁷⁵ חלק מהמחקרים בעולם העלו ממצאים דומים, אך רובם התמקדו באגנים גדולים בהרבה מקמ"ר בודדים.⁷⁶

משוואה 1 | מקדם הפחתה מרחבית לאגנים שגודלם 1-6 קמ"ר ולאירועי גשם שמשכם קטן משעה⁷⁷

$$d_0 = 1.0005 \times A^{-0.157}$$

כאשר:

- d_0 - מקדם הפחתה מרחבי
- A - שטח האגן בקמ"ר

6.2.2. אירוע גשם

במידה ונדרש אירוע גשם לתהליך התכנון,⁷⁸ נתוני עוצמות הגשם מספקים גם אירועי גשם מלאכותי, המייצג סוג אחד של תרחיש. לצרכי תכנון, מומלץ לבנות אירועי גשם נוספים על בסיס מדידות גשם רציפות של אירוע קיצון מתחתנת הגשם הרלוונטיות. בכדי לקבל את תקופת החזרה הרצויה ניתן להכפיל את האירועים המדוברים בפקטור, בהתאם לעובי הגשם המצוי בקובץ בסיס הנתונים.

באגנים שגודלם עולה על 2 קמ"ר בהם נדרש להציב מודל גשם-נגר רציף, לא מומלץ להניח שהגשם יורד באופן אחיד על פני כל האגן. לכן ראוי לבנות את פירוס הגשם במרחב באמצעות צירוף של כמה תחנות גשם וחיבורן באמצעות כלי הניתוח המרחביים Inverse Distance, או כל שיטת אינטרפולציה מקובלת אחרת.

⁷³ (הלוי ר' א', 2016).

⁷⁴ (EPFL, 2006).

⁷⁵ (הלוי ר' א', 2016).

⁷⁶ (EPFL, 2006).

⁷⁷ (הלוי ר' א', 2016).

⁷⁸ למשל, כקלט למודל גשם-נגר, כמתאר בסעיף 6.4.4.

6.3. זמן ריכוז

זמן ריכוז מוגדר כמשך הזמן הנדרש לגג עילי לזרום מהנקודה המרוחקת ביותר באגן עד למצא האגן. זמן הריכוז משמש לקביעת משכי הגשם לתכנון. כלומר, זמן הריכוז הוא משתנה בקביעת עוצמת הגשם ו/או אירוע הגשם לתכנון.

יש לחשב זמן ריכוז ע"י סימון חוואי הרימה הארוך ביותר באגן וחלוקתו ל-3 מקטעים. לאחר מכן יש לחשב את משר הורימה בכל מקטע ולסכמו בהתאם למשוואה 2. מדובר במודל שפוחת ב-NRCS מבוסס על מאות מחקרים ומדידות, ומקובל לשימוש בארה"ב.⁸⁰ ובמקומות אחרים בעולם.⁸¹

משוואה 2 | חישוב זמן ריכוז

$$T_c = t_1 + t_s + t_t$$

כאשר:

- T_c - זמן הריכוז הכולל בדקות
- t_1 - זרימה משטחית⁸² (Overland/sheet flow)
- t_s - זרימה רדודה⁸³ (Gutter flow)
- t_t - זרימה עורקית (Channelized flow)

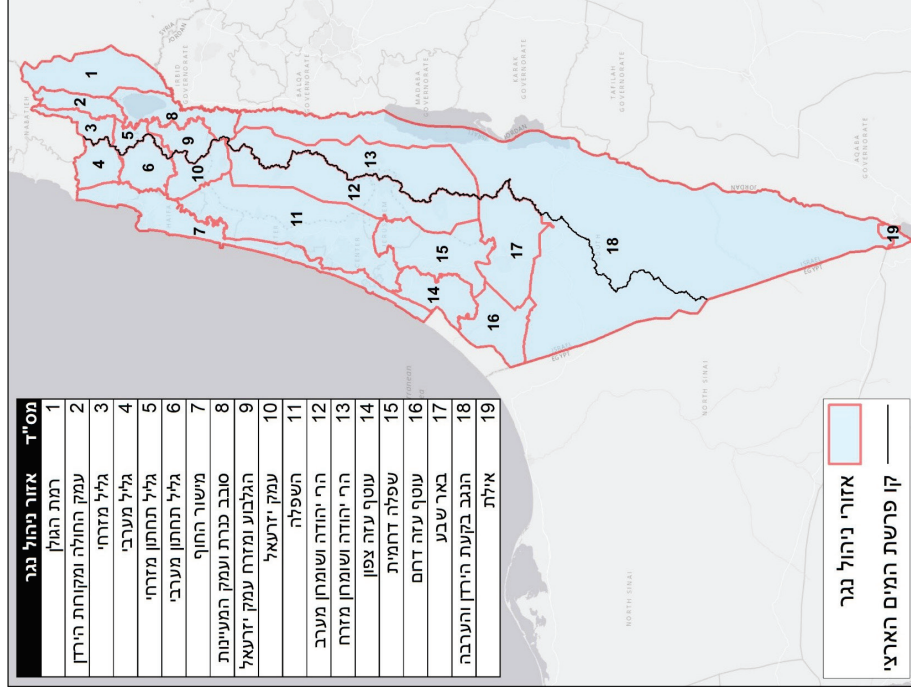
אור 14 מציג סכמה של שכונת מגורים עירונית, עם דוגמא טיפוסית להבחנה בין שלושת סוגי זרימה, להלן: **א. זרימה משטחית** (Overland flow או Sheet flow) היא זרימה על פני שטח פתוח ומתאפיינת בעומק של 3 ס"מ או פחות. באזורים עירוניים מדובר לרוב בזרימה בשטח המגורשים עצמם.

⁸⁰ (NRCS, 2010).

⁸¹ (Queensland Government, 2013).

⁸² ישנם אגנים בהם המגורשים אינם מחוברים ישירות למערכת החיפול העירונית והגג מהם מגיע במובהק אחרי הגג משאר האגן. במקרים אלו, הכללת הזרימה המשטחית תאריך את זמן הריכוז ותוריד תוצאתית את ספיקת השיא (ראה הרחבה בסעיף 6.3.5). במצב זה, ניתן להשמיט מהחישוב את מרכיב הזרימה המשטחית, ולהשאיר עם זרימה רדודה ועורקית בלבד, בהתאם לשיקול דעת המתכנן.

⁸³ ישנם אגנים בהם החיפול מכסה את גגות הזרימה הארוך ואין מקטע רחוב ארוך בו מתרחשת זרימה. במקרים כאלה ניתן להשמיט את מרכיב הזרימה הרדודה ולהישאר עם זרימה משטחית ועורקית בלבד. בהתאם לשיקול דעת המתכנן.



⁷⁹ שכתב ממ"צ של אזורי הגשם ניתנת לצפייה באזור מינהל התכנון (מתכנית האסטרטגית / שכבת 'שטחים לשימור משאב מים').

6.3.1. זרימה משטחית

ניתן לקבוע את משך הזרימה המשטחית בהתאם לסבלה 15. לחלופין, ניתן להשתמש לקביעת משך הזרימה המשטחית בשיטת קירפיר (Kirpich) המוצגת במסמך.⁸⁵

טבלה 15 | משך הזרימה המשטחית בדקות⁸⁶

דקות	תוואי הזרימה המשטחית
5	כביש בלבד
5	גג עם צמ"ג המחובר לניקוז
5	שטח עירוני בשיפוע גדול מ-15%
8	שטח עירוני בשיפוע של 10-15%
10	שטח עירוני בשיפוע של 6-10%
13	שטח עירוני בשיפוע של 3-6%
15	שטח עירוני בשיפוע קטן מ-3%

⁸⁵ (טל-ברזילי, מברגר, & פולק, 2018, עמ' 8).

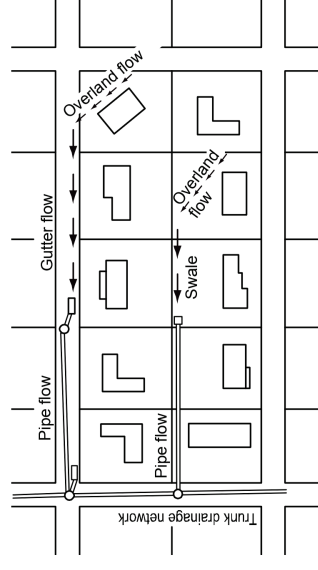
⁸⁶ (4.6.3.4.6.2, טבלאות 4.6.2, עמ' 86, טבלאות 4.6.3).

ב. **זרימה רדודה** (shallow concentrated flow או Gutter flow) נוצרת לאחר כמה עשרות מטרים של זרימה משטחית והיא מוגדרת כזרימה בעומק של 3-15 ס"מ. מדובר בזרימה שיכולה להיווצר על פני השטח או לאורך מדרכות, פלגים וערוצים קטנים. באזורים עירוניים לרוב מדובר בזרימה שבכבישים עד לכניסה לקולטן.

ג. **זרימה עורקית** (Pipe flow או Channelized flow) מתרחשת בעורקי ההולכה שהם מבלי הניקוז או תעלות.

לחלן פירוט דרך חישוב זמן הריכוז לכל אחד משלושת סוגי הזרימה:

אזור 14 | הבחנה בין שלושת סוגי הזרימה בשכונת מגורים עירונית⁸⁴



משוואה 5 | חישוב משר זרימה רדודה מרוכזת

$$t_s = \frac{L_t}{V_s * 60}$$

כאשר:

- ♦ t_s - משר הזרימה הרדודה המרוכזת בדקות
- ♦ L_t - אורך מקטע הזרימה במטרים
- ♦ V_s - מהירות ממוצעת של הזרימה הרדודה המרוכזת במטר לשנייה

6.3.3. זרימה עורקית

זרימה עורקית מתרחשת בתוך ערוץ זרימה מובנה, כגון מובל ניקוז או תעלה פתוחה. חישוב מהירות הזרימה בעורקים נעשה באמצעות נוסחת מאנינג (Manning equation) המוצגת במשוואה 6. יש להבחין שהתיעול מלא ב-85%. לאחר מכן ניתן לחשב את משר הזרימה ע"י משוואה 5.

משוואה 6 | משוואת מאנינג לחישוב מהירות זרימת בתעלות⁸⁹

$$V_t = \frac{R^{2/3} * \sqrt{S_0}}{n}$$

כאשר:

- ♦ V_t - מהירות הזרימה העורקית במטר לשנייה
- ♦ R - רדיוס הידראולי⁹⁰
- ♦ S - השיפוע הארצי של העורק במטר למטר
- ♦ n - מקדם החיכוך של מאנינג⁹¹

⁸⁹ (CFRC, 2006).
⁹⁰ (Szyk, 2021).
⁹¹ (CFRC, 2006).

6.3.2. זרימה רדודה עד קולטן

זרימה רדודה מרוכזת, גם אם היא נוצרת על פני השטח, מאופיינת בתוואי זרימה מוגדר (למשל, בתוך מיסעת הכביש סמוך לשפת המדרכה). משר הזרימה הרדודה המרוכזת מחושב על ידי חלוקת אורך תוואי הזרימה במהירות הזרימה הממוצעת. מהירות הזרימה מחושבת באמצעות משוואה 4, לאחר מכן ניתן לחשב את משר הזרימה ע"י משוואה 5. זרימה רדודה יכולה להתקיים באזורים בטולי תשתיות ניקוז גם לאורכים של עד 400 מטר.

משוואה 4 | חישוב מהירות זרימה רדודה מרוכזת⁸⁷

$$V_s = K * \sqrt{S_0}$$

כאשר:

- ♦ V_s - מהירות ממוצעת של הזרימה הרדודה המרוכזת במטר לשנייה
- ♦ K - מקדם זרימה מתוך טבלה 15
- ♦ S_0 - שיפוע השטח או ערוץ הזרימה במטר למטר

טבלה 16 | פקטור K לזרימה רדודה מרוכזת⁸⁸

סיווג פני שטח	מקדם זרימה K למשוואה 4
צמחייה עשבונית מפותחת	0.77
שדה או שטח חרוש	1.53
מדשאות	2.12
קרקע חשופה או כמעט חשופה	3.04
תעלה עם צמחייה (כגון תעלת שחילה)	4.92
מיסעה סלולה או מבוסנת	6.2

⁸⁷ עמ' 8-15 טבלה 3-15).
⁸⁸ שם.

6.3.6. זמן פיגור

זמן הפיגור (Lag time) הוא משר הזמן שעובר ממרכז אירוע הגשם ועד להיווצרות ספיקת השיא במזא האגן. ישנם מודלים, כגון SCS UH (נאה סעיף 6.4.3 להלן), שדורשים זמן פיגור כקלט. במקרים אלה יחושב זמן הפיגור באמצעות משוואה 7.

משוואה 7 | חישוב זמן פיגור⁹³

$$L = 0.6 * T_c$$

כאשר:

- ♦ L - זמן הפיגור
- ♦ T_c - זמן הריכוז

6.3.7. שיטות לא מומלצות לחישוב זמן ריכוז באגנים עירוניים מתועלים

במחצית הראשונה של המאה ה-20 פותחו מספר שיטות אמפיריות לחישוב זמן ריכוז על סמך מספר מוגבל של תצפיות. שיטות אלה היו מקובלות בעבר, ככל הנראה מכיוון שהיו היחידות בזמן. כיום שיטות אלו נתפשות כלא מדויקות בספרות המקצועית.⁹⁴ לכן שיטות אמפיריות כבר לא מופיעות במסמכי התכנון והרגולציה מהמאה ה-21.

דוגמה בולטת לשיטה ישנה, היא שיטת קירפיר (Kirpich) הנזכרת לעיל. שיטת קירפיר פורסמה ב-1940 על ידי ה- Soil Conservation Survey של ארה"ב, (שהפך ל-NRCS ברבות השנים). על בסיס מדידות משבעה אגני הקוות חקלאיים בסנס, בהיקף שטחים של 450-5 דונם, עם שפועים הנעים בין 3-8%⁹⁵ כלומר, מראש שיטת קירפיר לא יועדה לשימוש באגנים עירוניים. עם השנים פותחו אמנם מקדמי התאמה לאגנים עירוניים, אך השיטה מניחה מהירות זרימה אחידה בכל האגן ואינה מתחשבת בכך שבתעול העירוני המהירות גבוהות מאשר על פני השטח. לכן השיטה נוטה להערכת יתר באגנים עירוניים ממשוריי, שבהם מרכיב התיעול הוא משמעותי. שיטה זו אינה מומלצת כיום אפילו ע"י ה-NRCS שפרסם אותה לראשונה.⁹⁶ כן ניתן להשתמש בשיטת קירפיר ודומותיה לחישוב זמן ריכוז בשטחים פתוחים או לחישוב מרכיב הזרימה המשטחית באגן עירוני, אך מומלץ שלא להשתמש בשיטות אמפיריות ישנות המתבססות לאן כאל מקשה אחת באגנים עירוניים מתועלים.

⁹³ עמ' 15-3, משוואה 15-3.

⁹⁴ (Grimaldi, Petroselli, Tauro, & Porfiri, 2012).

⁹⁵ (Chow, Maidment & Mays, 1988).

⁹⁶ (NRCS, 2010).

6.3.4. זמן ריכוז מזער

בעת עבודה על אגנים קטנים, יתכן ויתקבלו זמני ריכוז של מספר דקות בלבד. זמן הריכוז המינימלי יהיה 10 דקות. באגנים ששטחם קטן מ-5 דונם, ניתן להניח שזמן הריכוז הוא 10 דקות. ללא צורך בחישוב.

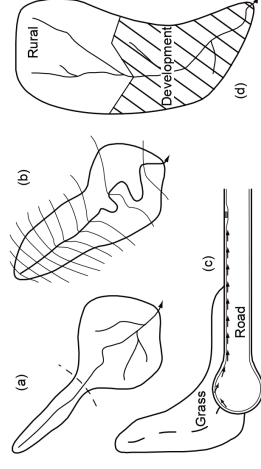
6.3.5. זמן ריכוז באגנים בהם עיקר תרומת הגגר נוצרת רק בחלק מהשטח

כפי שתואר לעיל, בספרות העולמית מומלץ לחלק את האגן העירוני לשלושה חלקים על מנת לייצג כהלכה את השינויים במהירויות הזרימה לאורך הנתיב הארוך ביותר. ישנם מקרים בהם עיקר תרומת הגגר מתקבלת רק מחלק מהאגן ובמהם זמן הריכוז צריך להיות מחושב מתוואי זרימה חלקי. במקרה של ספק עדיף להשמיט מרכיב אחד מחישוב זמן הריכוז, גם אם התוצאה עלולה להיות הערכת חסר של זמן הריכוז. הערכת חסר היא שמרנית ולכל היותר תוצאתה תהיה צינור מעט גדול מהדרוש, אולם הערכת יתר של זמן ריכוז משמעותה בחירת עוצמות גשם נמוכות ותכנון ניקוז שעלול להוביל להצפות תדירות.

אורך 15 מציג מספר דוגמאות למקרים כאלה. לרוב מדובר באגנים בעלי צורה מאורכת ושימושי קרקע מעורבים, שהחלק הבנוי נמצא במורד והחלק הפתוח במעלה, או במקרים בהם המגרשים אינם מחוברים ישירות למערכת התיעול.

על המחנכו להיות ער לאפשרות זו ולבדוק שבאגן הנדון לא נוצרת עיקר התרומה ביותר רק בחלק מהשטח. במידה וכן, יש לחשב זמן ריכוז רק לפי החלק הרלוונטי של האגן תוך השמטת הזרימה המשטחית. לחלופין, ניתן לחלק את האגן לשניים ולחשב את ספיקת השיא בנפרד לכל אחד מהחלקים. במקרה של חלוקת האגן מומלץ לחשב את ספיקת השיא בשיטה המאפשרת חישוב הילוך גאות.

איור 15 | דוגמאות לאגנים שבהם אפשר וספיקת השיא נוצרת רק בחלק מהשטח⁹²



⁹² (Quweensland Government, 2013).

להלן פירוט לגבי השיטות השונות:

6.4.1 השיטה הרציונאלית העדכנית

השיטה הרציונאלית המעודכנת⁹⁸, המכונה באנגלית (MODRAT Modified rational method), הינה פיתוח של השיטה הרציונאלית המחושבת במשוואה 8.

משוואה 8 | חישוב ספיקת שיא בשיטה הרציונאלית

$$Q \left[\frac{m^3}{s} \right] = \frac{C \times I \left[\frac{mm}{h} \right] \times A [km^2]}{3.6}$$

כאשר:

- ♦ A - הוא שטח האגן בקמ"ר
- ♦ I - הוא עצמת הגשם לפי זמן הריכוז במ"מ לשעה.
- ♦ C - הוא מקדם הנגר

מקדם הנגר מחושב באמצעות משוואה 9 חישוב מקדם הנגר בשיטה הרציונאלית המעודכנת:

$$C = (0.9 * IMP) + (1 - IMP) * Cu$$

כאשר:

- ♦ C - הוא מקדם הנגר
- ♦ IMP - הוא אחוז השטח האטום
- ♦ Cu - הוא מקדם הנגר בשטח הפתוח (באגנים עירוניים בהם מרכיב השטח האטום הוא הדומיננטי, ניתן להשתמש את מרכיב השטח הפתוח אם תרומתו זניחה, או שבאופן מובהק הנגר ממנו מגיע מאוחר יותר מאשר זה של השטח האטום (ראו הרחבה בסעיף 6.3.5. הדבר נתון לשיקול דעת המתכנן).

⁹⁸ (LA County, 2006, pp. 59-62).

6.4 חישוב ספיקת השיא של הנגר

ספיקת השיא תחושב באחת מהשיטות המפורטות בטבלה 16. העמדה האמצעית בטבלה מציבה מגבלה של גודל שטח האגן הנדון, בעוד העמדה השמאלית מסבירה מילולית את המקרים בהם שיטת החישוב מתאימה לצרכי תכנון

טבלה 17 | שיטות מקובלות לחישוב נגר

שיטה	שטח האגן בדונם	הערות/ מגבלות נוספות
השיטה הרציונאלית המעודכנת	0-200	לחישוב המצב הקיים, ניתן להשתמש בשיטה הרציונאלית גם בשטחים גדולים יותר עד 5 קמ"ר ובלבד שאין במצב הקיים ניהול נגר. לחישוב במצב המוצע, מתאים מרמת המגרש עד רמת הרוחב, כל עוד אין בתכנית אמצעי המיועד להשיהיית נגר
הידרוגרף יחידה	ללא מגבלה	כאשר משולבים בתכנון אמצעי ניהול נגר, יש לבנות שני הידרוגרפי יחידה עבור כל אמצעי, אחד לפני האמצעי ושני אחרי, עם חישוב ניהול הנגר
מודל גשם-נגר רצף ⁹⁹	ללא מגבלה	תכנון ניהול נגר מרמת השכונה/אגן עירוני ומעלה ובוודאי שתכניות אב עירוניות, צריכות להיעשות במודל ממוחשב ולא בשיטה אחרת

⁹⁹ המודל הנפוץ בעולם הוא EPA SWMM, שהוא חינמי. ישנם מודלים מסחריים אחרים, שניתן להשתמש בהם ובלבד שהם שווי ערך ל- EPA SWMM.

היתרון הגדול של השיטה הרציונאלית היא בפשטותה. אך השימוש בה באגנים עירוניים מוגבל לגודל של עד 200 דונם.¹⁰² באזורים שאינם עירוניים, ניתן להשתמש בשיטה באגנים שגודלם עד 800 דונם,¹⁰³ תלוי במורכבות האגן ועל המתכנן להעריך ולהסביר את תקפות השיטה במקרה בו נעשה בה שימוש באגנים גדולים.

עבור הצאת ספיקת הנגר במצב הקיימים, כפי שנדרש בסעיף 2.3.4 בנספח ניהול הנגר בתמ"א 1(ב'4), ניתן להשתמש בשיטה הרציונאלית גם באגנים שגודלם עד 5 קמ"ר.¹⁰⁴ מאחר שאין בכך השפעה על התכנון. השיטה הרציונלית אינה מומלצת במקרים בהם קיימים / מתוכננים בשטח אמצעי ניהול נגר, כיוון שלא ניתן להתחשב בריסון והפחתות נגר בשיטה זו.

6.4.2. הידרוגרף יחידה

המושג של 'הידרוגרף היחידה', שהוצע לראשונה על ידי Sherman בשנת 1932, גורס שלכל אגן היקוות יש 'פונקציית חרוגים' אופיינית המשקללת את חכונות האגן, וממנה ניתן לחשב יחסי גשם-נגר, בהנחה שהגשם יורד באופן אחיד על כל האגן.

הידרוגרף יחידה ממיר עובי גשם אפקטיבי¹⁰⁵ להידרוגרף במוצא האגן, באמצעות מודל ליניארי פשוט של אגן הניקוז. היתרון בהשוואה לשיטה הרציונאלית הוא שהידרוגרף יחידה מתאר את כל מהלך הנגר הסופתי ובכך הוא מאפשר תכנון של אזור להשהיית נגר, לעומת השיטה הרציונאלית שנותנת ספיקת שיא בלבד. כמו כן, להידרוגרף יחידה אין מגבלת גודל. עם זאת, הידרוגרף יחידה מחייב חישובים מורכבים יותר ביחס לשיטה הרציונאלית.

יתרון של הידרוגרף יחידה מול מודל גשם-נגר הוא שהוא פשוט יותר להצבה. יתרון זה עקול להפוך לחיסרון כאשר מעורב בתכנון אמצעי לניהול נגר. עבור כל אמצעי ניהול נגר, יש לבנות שני הידרוגרפי יחידה, אחד לפני האמצעי והשני לאחר האמצעי עם התחשבות בניהול הנגר. כאשר באגן משולבים מספר אמצעים לניהול נגר, המערכת הופכת ללא ליניארית.¹⁰⁶ תכנון בשיטת הידרוגרף יחידה ידרוש התייחסות ליחסי גומלין בין אמצעי ניהול הנגר, שעלולים להשתנות בהתאם לחרושי התכנון ולתקופות החזרה. במקרים כאלה סביר להניח שיהיה יותר פשוט להציב מודל גשם-נגר.

¹⁰²(NRCS, 1988, p. 15).

¹⁰³(Thompson, 2006).

¹⁰⁴(טל-ברזילי, במברגר, & פולק, 2018).

¹⁰⁵ גשם אפקטיבי הוא סך כל הגשם בגיבוי אובדינים של חלחול ואזיז, כלומר החלק בגשם שיוצא נגר.

¹⁰⁶ מערכת שלא ניתן להגדירה כסכום מרכיביה.

כלומר, בשיטה זו השטח תורם הנגר באגן נחלק לשניים: השטח האטום (גגות, כבישים, תחנות וכד') והשטח הפתוח (שטח לא מפותח, גינות וכד'). מקדם הנגר של השטח האטום הוא תמיד 0.9. מקדם הנגר של השטח הפתוח (Cu) הינו תלוי בחבורת הקרקע ובעוצמת הגשם הרלוונטית. כמפורט בטבלה 17.

טבלה 18 | מקדמי נגר לקרקעות בישראל כתלות בעובי הנגר היומי⁹⁹

סוג כללי	היאר כללי	מקדם לפי עובי גשם במ"מ ליום									
		0-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	>100
A	טרה רוסה	0.01	0.04	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4
B	רנדזינה	0.01	0.04	0.05	0.10	0.12	0.17	0.20	0.25	0.30	0.35
E	חמרה	0.01	0.03	0.04	0.08	0.09	0.13	0.15	0.19	0.23	0.26
H	גרומסול	0.06	0.09	0.13	0.15	0.23	0.30	0.33	0.38	0.43	0.48
V	חול	0.01	0.02	0.03	0.05	0.06	0.09	0.10	0.13	0.15	0.18
(-)	לסלס ¹⁰⁰	-	-	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
אדמה גבנית ¹⁰¹		0.01	0.04	0.05	0.10	0.12	0.17	0.20	0.25	0.30	0.35

במידה ויש יותר מסוג קרקע אחד, ניתן להשתמש בסוג הקרקע הדומיננטי באגן. במידה ואין סוג קרקע אחד דומיננטי במובהק, נדרש לחלק את השטח ע"פ סוגי הקרקע השונים ולחשב לכל אחד מהם את מקדם ה-Cu שלו ואז לחשב את מקדם ה-Cu הכללי לפי שטחן היחסי של הקרקעות. במידה והקרקע הדומיננטית באגן אינה מופיעה בטבלה 17, המתכנן ישתמש במקדמים ממקורות אחרים תוך ציון המקור ממנו נלקח המקדם.

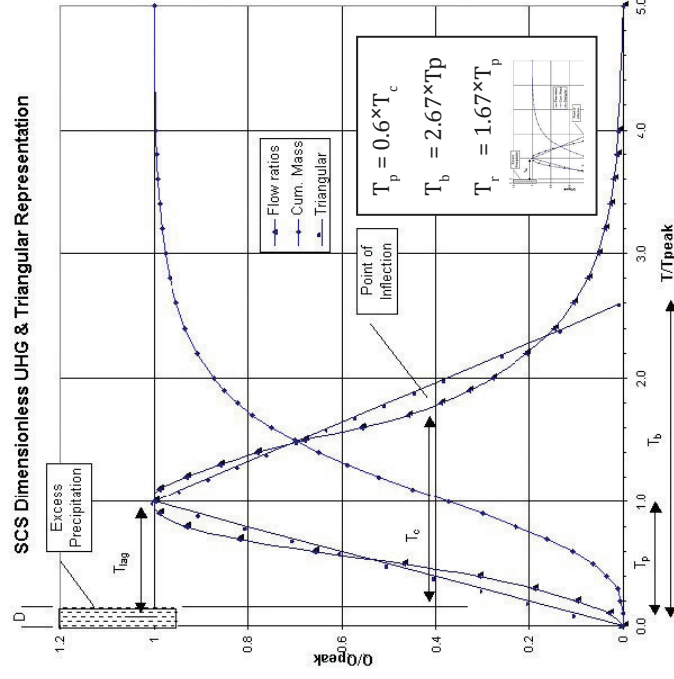
יש לשים לב שמקדם הנגר בשיטה זו אינו תלוי בתכסית. כלומר, לא משנה אם השטח האטום הוא גג או אפסלט ואם השטח הפתוח מכוסה בצמחיה או לא. הסיבה היא שבאירועי תכן בעלי תקופת חזרה של עשרות שנים ויותר, הגנת העבודה היא שהתכסית רוויה ואינה משפיעה על ספיקת השיא.

⁹⁹ הנתונים בטבלה 17 נערכו בעבודה משותפת של צוות התכנון עם רשות המים, על בסיס "מודל לחישוב נגר בתחום הניקוז המערבי" שנבש ברשות המים. פרט למקדמי הנגר באדמה חלה, המבוססים על הערכה.

¹⁰⁰ קרקעות לס מופיעות במספר סיווגים, לרבות N, R, S, M ועוד מיני קרקעות מעורבות.

¹⁰¹ המקדם לאדמה גבנית הונח לפי ערך 'רנדזינה', יש לברר, בכל מקרה לגופו, את תקפות ההנחה.

אזור 16 | הידרוגרף יחידה מסוג SCS UH (NOAA, 2005)



פירוק זה מספק מבוא ומספר דגשים לשתי משפחות של הידרוגרף יחידה, אך אינו מהווה מדרך מלא. ככל שנעשה שימוש בשטות אלו, יש להסתמך על ספרות מקצועית בנושא. הפניות לספרות מקצועית יוצעו בהמשך.

6.4.3. הידרוגרף יחידה סינטטי בשיטה אמפירית

העדיפות היא לפתח הידרוגרף יחידה מתוך מדידות של גשם ונגר בשטח, אולם ברוב המוחלט של המקרים אין בנמצא מדידות כאלה ולכן פותחו מספר שיטות לחישוב הידרוגרף יחידה סינטטי. השיטות נסמכות על התנהגות שהתגובה ההידרולוגית של אגן הניקוז ליחידת גשם היא פרופורציונאלית לעובי הגשם וניתן לפשטה לצורת משולש, תוך הערכת מספר מועט יחסית של פרמטרים. אזור 16 להלן מציג הידרוגרף יחידה סינטטי בשיטת SCS UH, שהוא אחת השיטות הנפוצות. הפרמטרים לקביעת צורת המשולש של ההידרוגרף הם:

- זמן הפיגור (Lag time או T_p) - משר הזמן שעובר בין מרכז הגשם לבין ספיקת השיא במצא האגן
- זמן הבסיס (T_b) - משר בסיס ההידרוגרף
- ספיקת השיא (q_p)

שני הפרמטרים הראשונים הם פונקציה של זמן הריכוז, אותו ניתן לחשב כמתואר בסעיף 6.3. לפרמטר האחרון, ספיקת השיא, ישנה נוסחה, שהיא פונקציה של צורת המשולש ונפח הגגר. חישוב נפח הגגר מתואר בסעיף 6.5 להלן. ממלך לבדוק את ספיקת השיא מול חישוב מקביל בשיטה הרציונאלית.

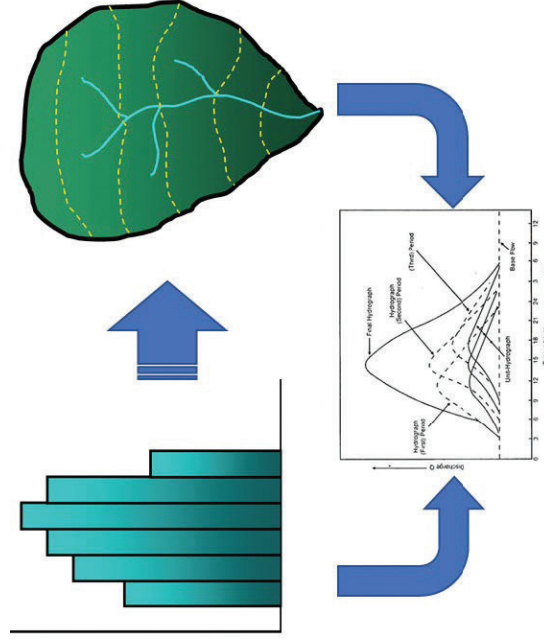
הסבר מלא על שיטת SCS UH נמצא ב- (NRCS, 2007), עמ' 16A. הסבר תמציתי ניתן למצוא ב- (NOAA, 2005). מחשבו אקסל, ביחידות אמפיראליות, ניתן להורדה ב- (NRCS, 2019).

6.4.3.1 הידרוגרף יחידה בשיטת Clark

ב-1945 פיתח Clark¹⁰⁷ הידרוגרף יחידה הנקרא IUH (Instantaneous Unit Hydrograph). שנוקט בשיטה אחרת, בה מחלקים את האגן למספר אזורי משנה (אין להתבלבל עם אגני משנה). החלוקה תיעשה לפי קווי הילוך גאות (איזוכרונות) בעלי משך זהה לאירוע הגשם, כלומר לפי משך הזמן שלוקח לגור להגיע למוצא האגן. לכל אורדינטת גשם בכל אזור, תחושב הספיקה הנוצרת מהגשם האפקטיבי ובמוצא האגן יצורפו ספיקות השיא בתזמון המתאים להילוכי הגאות של האזורים (איור 18).

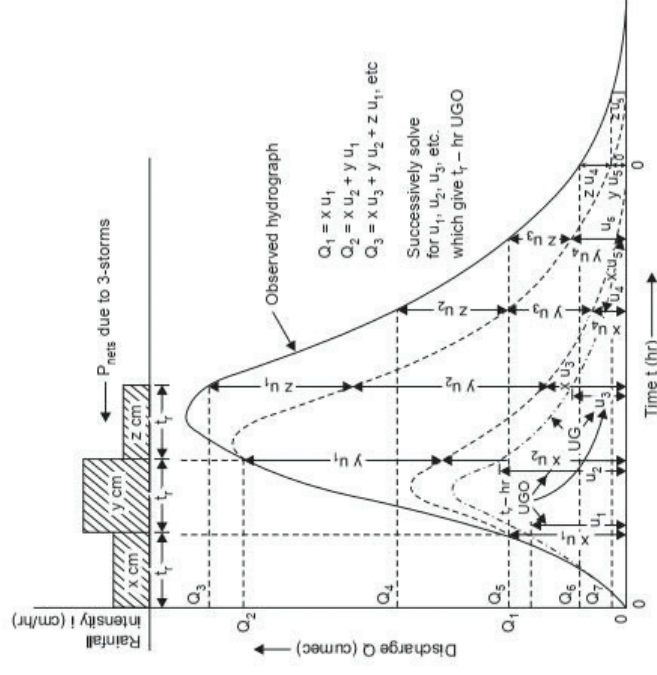
היתרון בשיטת IUH לעומת השיטות האמפיריות הוא, שאין צורך בהנחה של גשם אחיד על פני האגן והיא תקפה לכל סוג של אגן ללא תלות במידיות אמפיריות. עם זאת, בכדי להידרוגרף יהיה משמעות, יש צורך בלפחות שתי איזוכרונות (שלושה אזורים). בהנחה שרוזולוציית הגשם היא 5 דקות, נדרש אגן בעל זמן ריכוז של 15 דקות לכל הפחות על מנת שיהיה טעם בשיטת IUH.

איור 14 | הידרוגרף יחידה IUH בשיטת Clark



¹⁰⁷(Clark, 1945).

איור 17 | הידרוגרף יחידה מורכב למספר אורדינטות של גשם (Raghunath, 2006). עמ' 132 פרק 5.5)



6.4.4.1. בניית מודל SWMM

הליך העבודה לבניית המודל כולל את חלוקת אזור העבודה לאגני משנה, כאשר חלוקת האגנים וגודלם, נתונה לשיקולו של המתכנן, תחת מספר עקרונות:

- החלוקה לאגנים צריכה להיעשות למול מערכת ההולכה הקיימת, (טבעית או מערכת תיעול), כך שלכל אגן משנה יהיה מוצא אחד אל מערכת ההולכה. לא יכול להיות אגן עם יותר מעורק אחד.
- מוצאי אגני המשנה הם צמתים ושוחות ניקוז במערכת ההולכה.
- החלוקה צריכה להיעשות כך שיתקבלו אגנים אחידים בתכונותיהם. בעיקר הדברים אמורים לגבי שיפוע, סוג קרקע ותכסית. במידה ומתקבל אגן שאינו אחיד (למשל, שיפוע תלול שהופך למתון, או יותר מסוג קרקע אחד), יש לפצליו כך שיתקבלו אגני משנה אחידים.

6.4.4.2. אפיון תכונות אגני המשנה

לאחר שאזור העבודה חולק לאגני משנה, יש לאפיין את תכונותיהם של האגנים. להלן הנחיות לתכונות העיקריות אותן יש לאפיין:

- שיפוע (Slope) - השיפוע הממוצע של פני השטח באגן הניקוז. חשוב להבדיל בין שיפוע פני השטח לשיפוע מערכת ההולכה, ואין להכניס ערך של שיפוע מובילי הניקוז. ישנם כלים אוטומטיים במערכת GIS - לחישוב השיפוע מתוך Digital Terrain Model (DTM).
- אחוז השטח האטום (Imperv %) - יש לסכום את השטחים האטומים בפועל (גגות, כבישים, תניות וכו') ולחלק בשטח אגן המשנה. בעבר היה נהוג להעריך את השטח האטום מתוך מקדמים התלויים ביעוד הקרקע, אולם כיום עדיף לחשב את השטח האטום באמצעות כלי Image classification בממ"ג.
- מקדם חיכוך מאנינג - את מקדם החיכוך יש להעריך בנפרד עבור השטח האטום והשטח החדיר, ע"פ התכסית ובהתאם לטבלאות מקובלות בספרות. יש לשים לב שלוקחים את המקדם מטבלה המתארת זרימה על פני השטח ולא מטבלה המיועדת לתעלה או צינור.
- לחול - החלחול רלוונטי רק לשטח החדיר ומתעלם מהשטח האטום. המודל מאפשר לבחור בין כמה שיטות לחלחול ויש לבחור בשיטה Green & Ampt. הערכים נקבעים לפי סוג הקרקע ויש לקחתם מטבלה 18 שלהלן.

6.4.3.2. שלבי העבודה לבניית הידרוגרף יחידה בשיטת IUH:

- א. בניית אירוע גשם - ראה סעיף 6.2.2.
 - ב. שרטוט ערוצי הזרימה העיקריים באגן וחישוב משך הזרימה בהם. ניתן לעשות זאת במשוואת מאנינג, ראו סעיף 6.3.3.
 - ג. שרטוט איזוכרונות ברזולוציה 5 דקות (בהתאם לרזולוציית אירועי הגשם בישראל).
 - ד. חלוקת האגן לאזורי משנה לפי האיזוכרונות וחישוב גודל האזורים ומקדם הגר שלהם (ניתן להשתמש במקדמי הגר בסעיף 6.4.1).
 - ה. חישוב הגשם האפקטיבי וספיקות השיא של הגר הנוצרות בכל אזור ובכל צעד זמן.
 - ו. צירוף כלל הספיקות להידרוגרף אחד במוצא.
- פירוט מלא על השיטה וצורת החישוב ניתן למצוא ב- (Raghunath, 2006). פרק 393, עמ' 393. הסבר תמציתי ניתן למצוא ב- (Ponce & Nuccitelli, 2013).

6.4.4. מודל גשם-נגר רציף

מודל גשם-נגר ממוחשב מקבל כקלט אירוע גשם ומחשב את הגר הנוצר.

המודל הנפוץ בעולם לתכנון מערכות ניהול גר עירוניות פותח ע"י הסוכנות הסביבתית של ארה"ב (US EPA) ונקרא (Storm Water Management Model). ניתן להשתמש במודל זה עבור כל אגן ניקוז, וחובה להשתמש בו (או במודל שווה ערך) באגנים שגודלם עולה על 200 דונם, או בתכניות הכוללות אזור שתכליתו להשרות נגר.⁸⁸

לצורך שימוש במודל, יש להציב מודל פיזי של אזור העבודה הכולל את חלוקתו לאגני משנה, וכן את מערכת הניקוז המוליכה את הגר עד למוצא. יש לאפיין את אזור העבודה בשלבים הבאים:

- א. חלוקת אזור העבודה לאגני משנה;
- ב. אפיון תכונות אגני המשנה;
- ג. הצבת מערכת הניקוז הקיימת;
- ד. בניית אירועי חכן של גשם;
- ה. כיוול המודל.

⁸⁸ המודל הוא חנימי וניתן להורדה כאן.

6.4.4.3. הצבת מערכת הניקוז הקיימת

מערכת הניקוז מתוארת באמצעות אלמנטים משלושה סוגים: צמתים, עורקים ואמצעים לריסון גגות. הצמתים במערכת עירונית הם לרוב שוחות ניקוז, שמחברות במודל (נגם במציאות) בין צינורות. שתי התכונות החשובות ביותר בשוחות הן:

- אינורט - רום תחתית השוחה, הוא הקובע את שיפוע המובלים שבין השוחות.
 - עומק - המרחק בין האינורט לרום הקרקע.
- העורקים יכולים להיות תעלות פתוחות או מובלים סגורים בשל צורת ויש להציב במודל את המערכת בצורה שתתייצג את המציאות נאמנה. ארבעת התכונות החשובות ביותר בתיאור העורקים הן:

- האורך - ניתן למדוד ב-CAD או GIS
- מקדם החיכוך - יש לשים לב לקחת מטבלה מתאימה בספרות למובל סגור או תעלה פתוחה, בהתאם להקשר. במודל של המצב הקיים מקדם החיכוך מהווה לרוב פרמטר עיקרי לכיוול (ראה סעיף 6.4.4.5 להלן). במודל של המצב המתוכנן יש להעלות את מקדם החיכוך ב-25% מול המצב הקיים. במובלים חדשים יש לקחת את הטווח העליון שמופיע בטבלה (למשל, אם מקדם החיכוך המקובל לצנורות בטון הוא $0.011-0.015$, אז יש לקחת מקדם $n=0.015$ לצורך תכנון).
- חתך רוחב - יש במודל אפשרויות בחירה רבות לסוגים שונים של מובלים ותעלות.
- היסט כניסה או יציאה - ישנם מקרים בהם מובלי הניקוז מחוברים לשוחות מעל האינורט (כלומר, לא בתחתית השוחה). חשוב למפות מקרים כאלה במערכת ול"יצגם נאמנה במודל, שכן הם משפיעים על שיפועי האורך של העורקים.

בנוסף לצמתים ולמובלים, מודל SWMM דורש מאפשרים ייצוג של אלמנטים לריסון גג, במספר רב של מתארים שונים.

6.4.4.4. בניית אירועי תכנ של גשם

יש להכניס למודל אירועי גשם בהסתברות המתאימה בהתאם ליעד נפח ניוחול הגר הנדרש בתכנון. אירוע הגשם יבנה בהתאם לרשום בסעיף 6.2 לעיל.

¹⁰⁹ ישנם אלמנטים נוספים, כמו קולטנים, שהצבתם במודל נתונה לשיקולו של המתכנן.

טבלה 19 | סיווג קרקעות ותכונותיהן הפיזיקליות¹⁰⁹

סוג קרקע באנגלית	מוליכות הידראולית ברוויה (מ"מ לשעה)	ניקה (מ"מ)	נקבוביות Porosity	סוג קרקע ע"פ סיווג יואל דו
Sand	120.34	49.02	44%	חולות נודדים
Loamy Sand	29.97	60.96	44%	חמרה
Sandy Loam	10.92	109.98	45%	סיון חולי
Loam	3.3	88.9	46%	רנדזינה חומות ובהירות
Silt Loam	6.6	169.93	50%	קרקעות חומות בהירות לסיות
Sandy Clay Loam	1.52	219.96	40%	טרה רוסה
Clay Loam	1.02	210.06	46%	קרקעות חומות ים היכוניות. קרקעות אלוביות מדבריות דקות גרגר
Silty Clay Loam	1.02	270	47%	ליתוסולים חומים וסירזוזימים לסיים
Sandy Clay	0.51	240.03	43%	קרקעות חומות כהות
Silty Clay	0.51	290.07	48%	ליתוסולים חומים וקרקעות חומות בהירות לסיות. סירזוזים גירניים
Clay	0.25	320.04	47.5%	גרמסולים, פרטוגרמסולים בזלתיים, קרקעות חומות בהירות ולסיות

¹⁰⁹ טבלה זו טובה לקביעת התכונות הפיזיקליות של הקרקע לחישוב ולחולש בשטח Green & Ampt. לשיטות חישוב אחרות, ניתן לקחת ממנה את המוליכות ההידראולית ברוויה, בהיעדר סקר קרקע מקומי, או לקחת ממנה פרמטרים אחרים לחישוב בשיטות אחרות.

6.5 חישוב נפח הנגר

בכל אגן בו מתוכנן אגום, השהייה, או החדרת נגר; חובה לחשב גם את נפח הנגר השעתי והיומי. באגנים שזמן הריכוז שלהם קטן משעה אחת, נפח הנגר יכול להיות מחושב לפי הנוסחה הבאה:

$$V_{[m^3]} = C \times I_{[mm]} \times A_{[Dunam]}$$

כאשר:

- ♦ A - הוא שטח האגן בדונם
- ♦ I - הוא עובי הגשם השעתי או היומי במ"מ
- ♦ C - הוא מקדם הנגר

מקדם הנגר C יחושב בדומה למוצג בסעיף 6.4.1 בכל אגן שזמן הריכוז שלו קטן משעה אחת. הנפח השעתי יחושב עם עובי גשם שעתי והנפח היומי יחושב עם עובי גשם יומי. במידה וזמן הריכוז גדול משעה אחת או במידה ובנה מודל גשם-נגר, נפח הנגר יחושב באמצעות המודל.

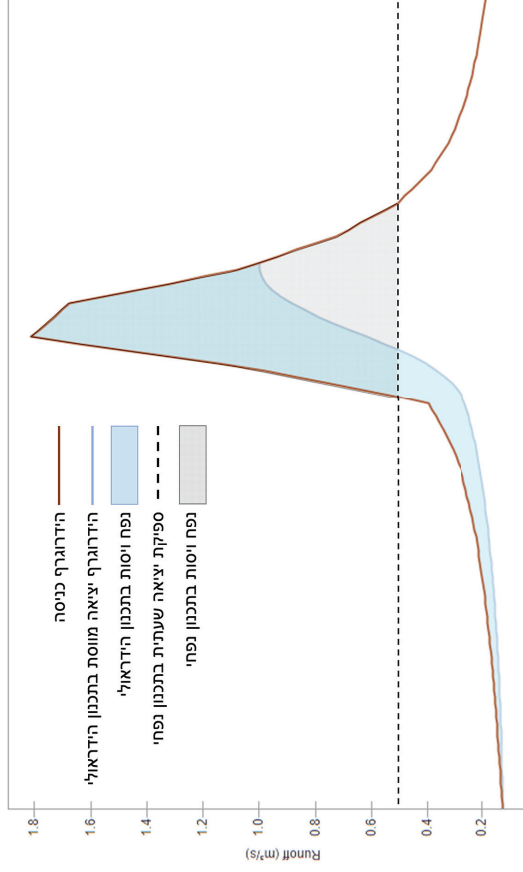
6.4.4.5 כיוול המודל

סעיף זה רלוונטי במיוחד לתכניות אב עירוניות. המודל צריך להיות מכיל מול מדידות, על מנת לשקף את המציאות כמה שניתן. על הכיוול להיעשות מול מספר אירועי גשם שונים באופיים, כאשר שומרים כמה אירועים כקבוצת ביקורת לוודא שהכיוול צלח. תנאי הכרחי לכיוול הוא קיום תחנת גשם רציפה ואמינה באזור העבודה.

ניתן לכייל את המודל מול 3 סוגי נתונים וכדאי לשלב ביניהם:

- א. מדידות מפלס או ספיקה במערכת הניקוז - השיטה הטובה והמדויקת ביותר לכייל היא מול מדידות מפלס. לשם כך יש להציב מדי זרימה/מפלס במספר שוחות ברחבי האגן הרלוונטי במשך חורף אחד לפחות. לאחר מכן מצבים במודל את אירועי הגשם המדוד ומכילים אל מול מפלסי הזרימה המחוברים במודל. שיטה זו היא הטובה ביותר, שכן היא מאפשרת כיוול של מפלס השאי, משך האירוע, צורת ההידרוגרף והילוך הגאות במערכת.
- ב. סימני מים - במידה ולא ניתן להציב מדי מפלס, האופציה השנייה בטיבה היא למדוד סימני מים לאחר אירועי נגר. לשם כך יש צורך לפתוח שוחות מיד לאחר אירועי זרימה ולמדוד את סימני המים שנשארו לאחר האירוע. בניגוד למדידות מפלס רציפות, סימני מים נותנים רק את מפלס השאי ולא את כל ההידרוגרף ולכן ניתן לכייל רק את ספיקת השיא.
- ג. דיווחי הצפה - אפשרות שלישית היא למפות את דיווחי ההצפה שהתקבלו בשנים האחרונות במוקד העירייה, להריץ את אירועי הגשם הרלוונטיים במודל ולוודא שמתקבלות הצפות בדומה למציאות. חשוב לסנן הצפות עקב סתימה בקולטנים או במובלים ולא לנסות לכייל מולן.

אזור 1 | נפח יסוסות בתכנון נפחי ע"פ ספיקה שעתית מול תכנון הידראולי בספיקה רגעית



הנקודה האחרונה של ספיקה שעתית מול ספיקה רגעית ותכנון נפחי מול הידראולי מודגמת באזור 1. הידרוגרף הכניסה מסומן בקו חום. התכנון ההידראולי המסומן בכחול, מכון לספיקת יציאה רגעית (כ-1-1 מקש"נ בדוגמא לעיל) באמצעות תכנון הוויסות על כל תכונותיו הפיזיות לרבות עקום רום-נפח ותכונות מתקן היציאה. בתכנון הנפחי תכונות המתקן אינן ידועות, למעט נפחו. לכן ספיקת היציאה המסומנת בקו שחור מקווקו היא קבועה (0.5 מקש"נ בדוגמא לעיל, שהם 1,800 מק"ש).
הנפח המתוכנן בשני המקרים הוא השטח הכלוא מעל לקו של הידרוגרף היציאה ומתחת לקו של הידרוגרף הכניסה (מסומן בכחול לתכנון ההידראולי ובריבועים שחורים לתכנון הנפחי). ניתן לראות שהשטח הכלוא דומה בשתי השיטות ולכן התכנון הנפחי הוא קרוב טוב של המציאות. אולם אם התכנון הנפחי היה נעשה לפי ספיקה רגעית (1 מקש"נ), אזי הנפח הנדרש היה מתגלה כקטן מדי, בעת התכנון ההידראולי.

6.6. תכנון נפחי של ניהול הנגר בשיטת "מעטפת הנפחים"

תכניות בינוי מחויבות לעמוד בשני יעדים בכל הנוגע לניהול נגר: האחד הוא יעד נפחי של נגר שצריך להיות מנוהל המבוסס במטר קוב (מ"ק) והשני הוא יעד של ספיקת יציאה מווסתת, המבוסס במ"ק לשעה (מק"ש). זאת בהתאם לסעיפים 7.1.2-7.1.3 בפרק המים של תמ"א 1. חשוב להבין שהמונח "נגר מנוהל" אינו שווה בהכרח לנפח אגירה. נפח הנגר המנוהל מורכב מנפח האגירה הפיזי ונפח הנגר העובר במהלך אירוע הגשם דרך האמצעים לניהול נגר. מכאן שהנפח הפיזי באמצעים לניהול נגר, לרוב הינו קטן מנפח הנגר לניהול.¹⁰⁰ פרק זה מציג את שיטת "מעטפת הנפחים" לתכנון נפחי של ניהול הנגר על מנת לעמוד ביעדי תמ"א 1.

מספר דגשים טרם הצגת דרך החישוב:

- מטרת החישוב ב-"מעטפת הנפחים" היא לוודא שהתכנית עומדת ביעדים בכל משך זמן במהלך אירוע הגשם. כלומר, תכנית ספציפית אמורה לעמוד בהסתברות מסוימת וייתכן שהתכנית עומדת באירוע של 10 דקות ושל שעה, אך לא תעמוד באירוע של חצי שעה. הדבר חלוי בקצב היווצרות הנגר, תכנון מערכת החיפול וניהול הנגר.
- בהתאם, שיטת "מעטפת הנפחים" מתחשבת בכל משכי הזמן להם יש עוצמות גשם מחושבות (נכון למועד ערכת המסמך, מדובר בטווח שבין 10 דקות לארבע שעות) וכן בגשם היממה.
- התכנון בשיטת "מעטפת הנפחים" הינו נפחי ולא הידראולי. זו גם רמת התכנון הנדרשת לרוב בשלב התכנית המפורטת (תב"ע).
- החישוב מתייחס לספיקות שעתיות (מק"ש) ולא לספיקות רגעיות (מקש"נ). חישוב לפי ספיקות שעתיות הינו שמרני ויש לשכך שלוש סיבות:
- ניהול הנגר לא חייב להתבצע בכל שטח התכנית ולא עבור 100% מהנגר. לכן הספיקה העודפת היוצאת משטח התכנית, תהיה לרוב גדולה מספיקת היציאה המווסתת.
- החישוב הינו נפחי ולא הידראולי, כאמור לעיל. בפועל, כאשר יגיעו להידראוליקה, ספיקות השיא ביציאה לרוב יהיו גבוהות יותר מאשר בתכנון הנפחי.
- הנחת העבודה בחישוב היא שספיקת היציאה היא קבועה במשך כל האירוע ושווה לספיקת המטרה. בפועל, ספיקות היציאה בתחילת האירוע, כאשר האמצעי עדיין ריק ברובו, יהיו נמוכות יותר.

¹⁰⁰ כאשר מדובר במתקן אגירה שאינו מחולל ואינו מוציא נגר החוצה במהלך אירוע גשם, אזי הנפח הפיזי של המתקן יהיה שווה לנפח הנגר המנוהל, אולם זה אינו המקרה הנפוץ בנגר עירוני.

6.6.1 שיטת מעטפת הנפחים

החישוב בשיטת מעטפת הנפחים מוצג בטבלה 1 והנוסחאות בפורמט של גיליון נתונים (Microsoft Excel) מוצגות בטבלה 2. כאשר התאים הירוקים הם תאי קלט שאינם תלויים בנוסחאות.

טבלה 1 טבלת חישוב מעטפת הנפחים									
דקות	שעות	עוצמת גשם (מ"מ לשעה)	עובי גשם (מ"מ)	נפח גג (ק"מ ³)	נפח גג (ק"מ ³)	נפח גג (ק"מ ³)	נפח גג (ק"מ ³)	נפח גג (ק"מ ³)	נפח גג (ק"מ ³)
10	0.17								
15	0.25								
20	0.33								
30	0.5								
45	0.75								
60	1								
90	1.5								
120	2								
180	3								
240	4								
1440	24								

טבלה 2 | הנוסחאות בגיליון נתונים לחישוב מעטפת הנפחים

זמן (דקות)	זמן (שעות)	עוצמת גשם (מ"מ לשעה)	עובי גשם (מ"מ)	נפח גג (ק"מ ³)	נפח גג (ק"מ ³)	נפח גג (ק"מ ³)	נפח גג (ק"מ ³)	נפח גג (ק"מ ³)	נפח גג (ק"מ ³)
=A2/60	=A2/60	=C2*B2	=C2*B2	=D2	=D2	=D2	=D2	=D2	=D2
=A3/60	=A3/60	=C3*B3	=C3*B3	=D3	=D3	=D3	=D3	=D3	=D3
=A4/60	=A4/60	=C4*B4	=C4*B4	=D4	=D4	=D4	=D4	=D4	=D4
=A5/60	=A5/60	=C5*B5	=C5*B5	=D5	=D5	=D5	=D5	=D5	=D5
=A6/60	=A6/60	=C6*B6	=C6*B6	=D6	=D6	=D6	=D6	=D6	=D6
=A7/60	=A7/60	=C7*B7	=C7*B7	=D7	=D7	=D7	=D7	=D7	=D7
=A8/60	=A8/60	=C8*B8	=C8*B8	=D8	=D8	=D8	=D8	=D8	=D8
=A9/60	=A9/60	=C9*B9	=C9*B9	=D9	=D9	=D9	=D9	=D9	=D9
=A10/60	=A10/60	=C10*B10	=C10*B10	=D10	=D10	=D10	=D10	=D10	=D10
=A11/60	=A11/60	=C11*B11	=C11*B11	=D11	=D11	=D11	=D11	=D11	=D11
=A12/60	=A12/60	=C12*B12	=C12*B12	=D12	=D12	=D12	=D12	=D12	=D12

1. **דקות:** משך הזמן בדקות, כאשר השורה הראשונה היא משך הזמן והשורה האחרונה היא משך הזמן הארוך.
2. **שעות:** משך הזמן בשעות, שהוא משך הזמן בדקות מעומדה 1 חלקי 60. מכיוון שהחישוב מתבסס על נפחים שעתיים, הנוסחאות בשאר העמודות מתייחסות לעומדה זו ולא לעומדה של הדקות.
3. **עוצמת גשם:** עוצמת הגשם מעומדה 3 כפול משך הזמן בשעות מעומדה 2. שאר החישובים בטבלה מתבססים על עובי הגשם ולא על העוצמה. יחידת המידה היא מ"מ.
4. **נפח גג נוצר:** עובי הגשם מעומדה 4 כפול השטח המתבקז לאמצעי לניהול גג כפול מקדם הגג. שני הנתונים האחרונים הם היציגים לטבלה ויש לחשבם בנפרד.
5. **נפח גג לניהול:** נפח הגג הנוצר מעומדה 5 כפול אחוז הגג הנדרש לניהול. הנתון האחרון הוא היציג לטבלה ונלקח ממחשבוני ניהול הגג של תמ"א 1, או מתכנית אב עירונית שאושרה בוועדה המחוזית.
6. **נפח יציאות:** ספיקת היציאה המושתתת כפול משך הזמן בשעות מעומדה 2. הנתון הראשון הינו היציג לטבלה ומייצג את ספיקת השיא השעתית (מק"ש) המתוכננת לצאת מהאמצעי לניהול.
7. **נפח אגירה:** נפח הגג לניהול מעומדה 6 פחות נפח היציאות מעומדה 7. המקסימום בעמודה זו הוא הנפח הפיזי הנדרש באמצעי הגג על מנת לנהל את הגג הדרוש וגם לעמוד בספיקת היציאה המתוכננת.

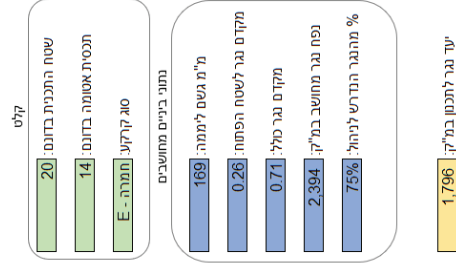
דגשים לחישוב המוצג לעיל:

- משכי הזמן המוצגים בטבלה הם בהתאם לעוצמות הגשם המחושבות בישראל. ככל ובעתיד יחושבו עוצמות גשם למשכי זמן אחרים, ניתן יהיה להוסיפים לטבלה.
- השורה האחרונה של 1,440 דקות מייצגת גשם יומתי והיא משמשת לסכמת נפח הגג הכולל שמנוהל באמצעי הנדון.
- משך הזמן השני הארוך ביותר הוא 240 דקות וזה מספיק לרובם המוחלט של מקרי ניהול הגג העירוני בישראל (לנחלים נדרש לעיתים משך זמן ארוך יותר). במקרה נדיר בו נפח האגירה המרבי מתקבל בשתי השורות האחרונות (4 שעות או יומה), ניתן להאריך את הטבלה ע"י אינטרפולציה של עובי הגשם בין 4 שעות ליממה (או להגדיל את ספיקת היציאה המתוכננת. כל עוד היא עומדת בדרישה מהתכנית).
- אם בעמודה של נפח האגירה מתקבלים ערכים שליליים, המשמעות היא שהאמצעי התרוקן ממים וזה בסדר גמור.
- הטבלאות המוצגות לעיל הן הצורה הבסיסית של החישוב וניתן להתאים למקרה הנדון. למשל, במידה ואמצעי מתרחש תלחול לתת הקרקע, ניתן להוסיף עמודה של נפח תלחול ואז נפח האגירה יהיה שווה לנפח גג לניהול פחות נפח יציאות פחות נפח תלחול.

טבלה 3 | שטחים יעודי הקרקע והתכנסות האטומה בתכנית

שטח אטום בדונם	שטח בדונם	תכנסות אטומה	יעוד קרקע
10.2	12	85%	מגורים ד
2.4	6	40%	שצ"פ
0.4	1	40%	שב"צ
1	1	100%	דרכים
14	20	סה"כ:	

איור 3 | צילום מסך מהמחשבון לחישוב נפח הנגר לניהול

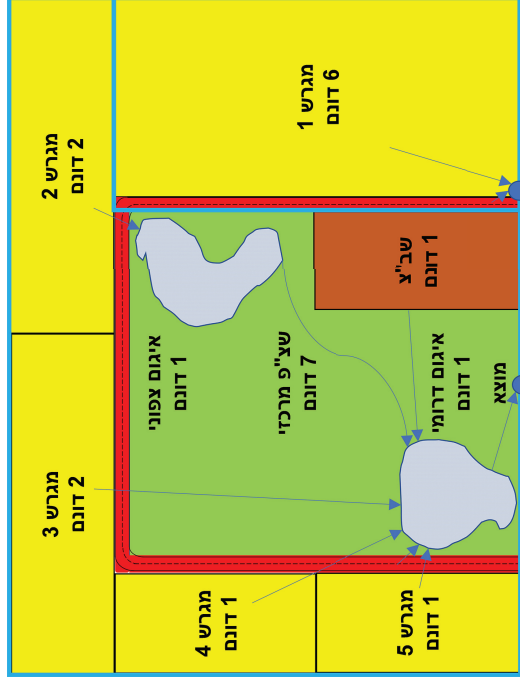


6.6.2. דוגמא להליך התכנון

איור 1 להלן מצג תשריט של תכנית, עבורה מוצגת דוגמא לתכנון ניהול גר בשטח מעטפת הנפחים. המגרשים צבועים לפי יעודי קרקע בהתאם למבא"ת וכיווני הזרימה הסכמתיים מוצגים בחצים כחולים. טבלה 3 מסכמת את שטחי המגרשים והתכנסות האטומה. איור 3 מציג את חישוב היעד לניהול גר לתכנית כולה. בהנחה שמדובר באזור החוף וקרקע מסוג חמרה, נפח הנגר לניהול עומד על 1,796 מ"ק = 1,800 מ"ק.

הצעד הראשון הוא אמידת נפח האגום הפיזי הנדרש בתכנית. לשם כך יש לחשב תחילה את ספיקת היציאה המרבית. בהנחה שמדובר בספיקה הגולמית 1:5, אזי במישור החוף מדובר על כ-28 מ"מ לשעה. לפיכך ספיקת היציאה המוסתת לכל התכנית היא 28 מ"מ * 20 דונם * 0.71 מקדם נגר = 400 מ"ק/ש.

איור 2 | תשריט תכנית לדוגמא



טבלה 4 | חישוב מעטפת הנפחים עבור כל שטח התכנית

נפח אגירה (מ"ק)	נפח חלחול (מ"ק)	נפח נגר (מ"ק)	נפח נגר לניהול	נפח נגר (מ"ק)	נפח נגר (מ"ק)	עומת גשם (מ"מ לשעה)	זמן (שעות)	זמן (דקות)
193	67	260	346	24	146	0.17	10	10
225	100	325	433	30	122	0.25	15	15
249	133	383	510	36	108	0.33	20	20
252	200	452	602	42	85	0.50	30	30
220	300	520	693	49	65	0.75	45	45
143	400	543	724	51	51	1.00	60	60
-20	600	580	773	54	36	1.50	90	90
-174	800	626	835	59	29	2.00	120	120
-628	1200	572	763	54	18	3.00	180	180
-914	1600	686	914	64	16	4.00	240	240
-7800	9600	1800	2400	169		24.00	1440	1440

6.6.2.1 תכנון תת האגן הגדול

נתחיל עם האגן הגדול יותר שכולל את כל שטח התכנית למעט מגרש מס' 1 וכשליש משטח הכבישים. שטחו של תת האגן הוא כ-14.3 דונם ובדיונים עם הזים ואדריכלית התכנית הוחלט על הגחיות התכנון הבאות:

- ניהול הנגר ייעשה באמצעות הנמכת שצ"פ והפניית הנגר אליו היות וזו הדרך הולכה ביותר.
- המוליכות ההידראולית ברזיה (kSat) של הקרקע באזור היא 30 מ"מ בשעה.
- ההנמכה הממוצעת בשצ"פ תהיה 20 ס"מ.
- בתוך השצ"פ הוקצבו 2 דונם לכל היותר לניהול נגר, בשני מחתמים המסומנים באזור.
- בקטע נוספת של האדריכלית היתה לצמצם ככל הניתן את שטח ניהול הנגר ובמיוחד באזור הדרום.

מכיוון שיש שני שטחי אגום, יש לתכנן כל אגום בנפרד ואז לחבר את הנפח שלהם. גם כאן, הצעד הראשון הוא לחשב את ספיקת היציאה לתת האגן. 28 מ"מ * 13.7 דונם * 0.66 מקדם נגר (יש לחשב שוב את מקדם הנגר לתת האגן) = 250 מ"מ³/ש.

ההנחיה היא לנצל קודם כל את האגום הצפוני ולכן נתחיל שם. אמנם הוקצב לאגום דונם שלם, אך מתבקשים אליו 3 דונם בלבד (2 דונם ממגרש מס' 2 ועוד 1 דונם של שטח האגום עצמו) ולכן לא בהכרח נדרש כל השטח.

טבלה 5 מציגה את חישוב מעטפת הנפחים לאגום הצפוני. ניתן לראות שעמודת הנפח לניהול אגנה קיימת, מכיוון שהשאיפה היא לנהל את כל הנגר הנוצר ולחלחלו, ללא ספיקה יוצאת. לפיכך עמודת נפח הוויסות הוחלפה בעמודת נפח חלחול, שהוא המכפלה של שטח האגום בקצב החלחול (30 מ"מ בשעה). המספרים מייצגים שטח אגום של 0.5 דונם, שאילו הגענו בחישוב איטרטיבי של השטח האופטימלי. ניתן לראות בעמודה האחרונה שנפח האגירה הנדרש הוא 95 מ"ק. אגום בשטח של חצי דונם ובעומק 20 ס"מ, נפחו 100 מ"ק. נפח כזה גדול דיו בכדי לקלוט את כל הנגר של שלושת הדונמים ולחלחלם. כלומר, מדובר באגום סופי ולא בוויסות. כמובן שיש לתכנן מגלש עודפים לעבר האגום הדרומי, אולם באירועים של עד 1:50 שנה, לא אמורה לצאת אף טיפה מהאגום הצפוני.

טבלה 5 | חישוב מעטפת הנפחים לאגום הצפוני, בהנחה ששטח האגום הוא חצי דונם

נפח אגירה (מ"ק)	נפח חלחול (מ"ק)	נפח נגר (מ"ק)	נפח נגר (מ"ק)	נפח נגר (מ"ק)	עומת גשם (מ"מ לשעה)	זמן (שעות)	זמן (דקות)
49	3	52	24	146	0.17	10	10
61	4	65	30	122	0.25	15	15
72	5	77	36	108	0.33	20	20
83	8	90	42	85	0.50	30	30
93	11	104	49	65	0.75	45	45
94	15	109	51	51	1.00	60	60
93	23	116	54	36	1.50	90	90
95	30	125	59	29	2.00	120	120
69	45	114	54	18	3.00	180	180
77	60	137	64	16	4.00	240	240
0	360	360	169		24.00	1440	1440

6.6.2.2. חישוב נפח הגגר המנוהל בשטח התכנית וההשלכות לתת האגן הקטן

ע"פ המחשוב (אורך 3) יש לנהל כ-1,800 מ"ק בשטח התכנית כולה. לפיכך ברצוננו לחשב כמה ניהולנו עד עתה. באיגום הצפוני מנוהל כל הגגר שנוצר - 360 מ"ק ובאיגום הדרומי מנוהלים 788 מ"ק. סה"כ 1,148 מ"ק. כלומר, בחת האגן הקטן, שכולל את מגרש מס' 1 וכשליש משטח הדרכים בתכנית נדרש לנהל כ-650 מ"ק.

בהנחה שבאגן הקטן הגגר מהכביש לא ניהול (להבדיל מתת האגן הגדול, שם גם הגגר מהכבישים הופנה לשצ"פ), אדי ניהול הגגר כולו ייעשה בשטח מגרש המגורים. ספיקת היציאה המווסתת מהשטח המנוהל לפיכך תהיה 28 מ"מ * 0.8 דונם * 135 = 3.8 מ"ש. הגגר מהכביש אינו מנוהל ולכן הספיקה ממנו תתווסף לספיקה יוצאת המווסתת, על מנת לקבל את הספיקה העודפת לתת אגן זה.

מכיוון שאין עדיין תכנית בינוי, ניתן להשאיר את הפרמטרים הג'ל' (ניהול 650 מ"ק עם ספיקת יציאה 135 מ"ק"ש) בהוראות התכנית לשלב היתר הבניה של מגרש 1. אפשר גם לקבוע כללים נוספים כגון שכל גגר בגגות יוחדר לתת הקרקע בקידוחים, הכל בהתאם לדרישות ולצורך. שאר המגרשים בתכנית, למעט מגרש מס' 1, הינם פטורים מניהול גגר מכיוון שהגגר שלהם מנוהל בשצ"פ.

6.6.2.3. חלוקת הגגר המנוהל לאיגום, העשרת מי תהום ויסות

החישוב במעטפת הנפחים נותן תשובה גם לכמות הגגר המנוהל בוויסות ובחלחול. הנתון נדרש בטבלה 1.2 בתקציר נספח ניהול הגגר והניקוז. הסכמה נעשית ראשית לאיגום הפיזי, לאחר מכן להעשרת מי התהום ולבסוף הוויסות. במקרה דנן חלוקת ניהול הגגר בתת האגן הגדול היא כדלקמן:

- נפח האיגום הפיזי הוא 180 מ"ק. 100 באיגום הצפוני + 80 באיגום הדרומי.
- נפח החלחול 269 מ"ק. באיגום הצפוני, כל הגגר מחלחל לבסוף (360 מ"ק), אך בכדי לא להצחיר על יותר גגר מנוהל ממה שמתקבל בפועל, יש להפחית את הנפח הפיזי. כלומר באיגום הצפוני נפח העשרת מי התהום הוא 260 מ"ק. האיגום הדרומי מחרוקן לאחר 45 דקות (נקבע לפי התא החיובי האחרון בעמודת נפח האגירה) ומכיוון שבמחקן זה ישנו מוצא תחת, ההנחה היא שרובו ככולו של שאר הגגר מתגקז החוצה דרך המוצא. לכן נפח החלחול באיגום הדרומי הוא 9 מ"ק בלבד (בפועל כנראה שווה יותר).
- נפח הוויסות הוא 699 מ"ק. ויסות מתקיים רק באיגום הדרומי. נפח הוויסות = נפח הגגר המנוהל פחות הנפח הפיזי פחות נפח החלחול: $788 - 80 - 9 = 699$. יודגש כי גם אם האיגום הצפוני היה בבנה כמתקן ויסות, לצורך חישוב נפח הגגר המנוהל בנספח, יש להתחשב בספיקת היציאה של האמצעי האחרון בשרשרת בלבד, זאת על מנת שלא לספור פעמיים את הגגר העובר דרך המתקנים.

טבלה 6 | חישוב מעטפת הנפחים לאיגום הדרומי, בהנחה ששטח האיגום הוא 0.4 דונם

נפח אגירה (מ"ק)	נפח החלחול (מ"ק)	נפח ויסות (מ"ק)	נפח גגר לניהול (מ"ק)	נפח גגר נוצר (מ"ק)	נפח גשם עובי גשם (מ"מ)	עוצמת גשם (מ"מ לשעה)	זמן (שעות)	זמן (דקות)
193	67	42	260	346	24	146	0.17	10
225	100	63	325	433	30	122	0.25	15
249	133	83	383	510	36	108	0.33	20
252	200	125	452	602	42	85	0.50	30
220	300	188	520	693	49	65	0.75	45
143	400	250	543	724	51	51	1.00	60
-20	600	375	580	773	54	36	1.50	90
-174	800	500	626	835	59	29	2.00	120
-628	1200	750	572	763	54	18	3.00	180
-914	1600	1000	686	914	64	16	4.00	240
-7800	9600	6000	1800	2400	169		24.00	1440

מכיוון שהאיגום הצפוני הוריד לגמרי 3 דונם ממעלה האגן, שטח הניקוז של האיגום הדרומי קטן ל-10.7 דונם. יתר על כן, בחלק הצפוני נוהל 100% מהגגר ולכן בחלק הדרומי ניתן לנהל רק 67% במקום 75%. ספיקת היציאה, להזכיר, מוגבלת ל-250 מ"ק"ש, מכיוון שהיא מתייחסת לכל שטח תת האגן. טבלה 6 מצאה את חישוב מעטפת הנפחים ע"פ ההנחות לעיל. ניתן לראות שכאן כן מופיעה העמודה של נפח הגגר לניהול (67% מנפח הגגר הנוצר) כמו גם עמודת נפח הוויסות לצד עמודת נפח החלחול. נפח האגירה הינו נפח הגגר לניהול פחות הסכום של נפחי הוויסות והחלחול. התוצאה היא שנדרש נפח של 80 מ"ק, שהינו הנפח המתקבל מאיגום בשטח של 0.4 דונם בעומק 20 ס"מ. כאן, להבדיל מאיגום הצפוני, מדובר במחקן ויסות ולכן צריך להיות לו מוצא תחת שמאפשר יציאה של 250 מ"ק"ש.

6.8. פשטי ורומי הצפה

חישוב פשטי ורומי הצפה במרחב דורש הצבת מודל דרימה ד-ממדי, המתייחס לספיקות מכל אגן הניקוז. מדובר בחישוב מרחבי מורכב. הנידרש להיעשות במסגרת תכנית ניקוז עירונית ואגנית. עם זאת, במקרים בהם מוצעת בניית בתת הקרקע באזורים בעלי סיכויי הצפות (שקט אבסולוטי, פשט הצפה, אזור הידוע בהיסטוריה הצפות), נספח ניהול הגג מחייב הצגת פשטי ורומי הצפה, גם אם המידע הדרוש אינו גישי. לעניין זה ראו הסבר בסעיף 4.5.5.

ככל שגודל להציג את רומי ההצפה ואין בנמצא נתונים זמניים, יש לחשבם. לצורך כך, יש להשתמש בפשטי ההצפה המסומנים בתמ"א 1, תמ"א או תכנית עירונית, ולהעריך את רום ההצפה ע"י הצלבת גבול הפשט עם הטופוגרפיה, כך שהגובה בו הטופוגרפיה מצטלבת עם גבול פשט ההצפה, הוא רום ההצפה. החישוב יהיה לפי גובה פני הקרקע, שילקח מגבול פשט ההצפה. בנקודה הקרובה ביותר לאזור הרלוונטי, לשם כך, נתוני הטופוגרפיה צריכים להיות עדכניים וברזולוציה מתאימה. מומלץ לבדוק עוד מספר נקודות קרובות בגבול פשט ההצפה, בכדי להימנע מטעות הנובעת מכשל נקודתי בנתונים.

לגבי פשטי ורומי הצפה שאינם קשורים לנחל, ככל שנבנה מודל גשם-גג, הדרך הטובה ביותר לחשבם היא באמצעות הוספת שכבת 2D למודל שכבר נבנה. יכולת זו קיימת במספר חוכנות מסחריות. את תוצאות המודל יש לתקף, ככל האפשר, במידע מהשטח, כגון דיווחי הצפה, מידע על בתים שהוצפו, חיפוש ברשת של הצפות ברשות המקומית וסיוור בשטח, בכדי לוודא שאת מהימנות המידע, במידה ולא נבנה מודל או שאין ברשות המתכנן תוכנה מסחרית כאמור, יש להעריך את רום ופשט ההצפה בצורה מחמירה, בהתאם לטופוגרפיה כדלקמן:

- במקרה של שקע אבסולוטי, פשט ורום ההצפה המירבי ייקבעו לפי קו הגובה של גבול השקע האבסולוטי בתוספת 10 ס"מ.
- כאשר מדובר באזור בעל היסטוריה ידועה של הצפות, יש לבצע תחקיר ברשות המקומית וברשת על דיווחי הצפות, אותם יש להצליב עם סיוור שטח ותשאול התושבים לגבי הערכת גבולות ההצפה. כמו כן, יש להעריך את תקופות החזרה של אירועי הגשם שיצרו את ההצפות, ע"פ מדידות של תחנת גשם רציפה סמוכה. פשט ורום ההצפה יסומנו בהתאם להערכות שיימצאו, בתוספת 50 ס"מ.

6.7. נקבוביות ונפח איגום פיזי

חישוב נפח הוא פשוט: שטח * עומק = נפח. למשל, מתקן בעל שטח של 1 דונם ועומק של 1 מטר נפחו יהיה 1 דונם * 1,000 מ"מ = 1,000 מ"ק.

כאשר המתקן מלא במצע כלשהו, אז צריך לקחת בחשבון פרמטר נוסף והוא נקבוביות המצע, כך שהנפח שווה שטח * עומק * נקבוביות. למצעים שונים יש נקבוביות שונה. טבלה 26 מפרטת סוגי מצעים ומקדם הנקבוביות לשם חישוב נפח במתקנים

טבלה 26 | מצעים ומקדם הנקבוביות שלהם לצורך חישוב נפחים

מצע	נקבוביות
קרקע לא מחלחלת	0
קרקע מחלחלת	0.15
מצע פורוזיבי אינרטי (כגון חצץ/טוף/בקלש)	0.3
מתקן תת קרקעי (כגון Drainbox)	0.9

דגשים לטבלה 26:

- יש להבדיל בין נקבוביות הקרקע (Porosity) שזו תכונה פיזיקלית, לבין הנקבוביות המעשית לצורך חישוב נפח. לשם חישוב נפחים של אמצעים לניהול גג, אי אפשר להניח שהקרקע יבשה לחלוטין. הנחה סבירה יותר היא שהנפח הזמין למים הוא הנפח שמעל לנקודת קיבול השדה. לכן לקרקע שאינה מחלחלת, הנקבוביות המעשית היא אפס ולקרקע מחלחלת 0.15.
- לגבי המצע הפורוזיבי האינרטי, אם בעת התכנון ידוע בדיוק באיזה מצע ייעשה שימוש, אזי ניתן לקחת את הנקבוביות המוצהרת ע"י היצרן, ככל שישנה כזו.
- גם במתקן תת קרקעי ללא מצע, לא תמיד כל הנפח זמין למים. אפילו במתקני בטון יש קירות עבים ועמודים. לכן בעת תכנון נפחי יש לקחת בחשבון מקדם 0.9 למתקן תת קרקעי. אם ידוע בדיוק התכנון, או שידוע הספק של ארגז הפלסטיק, אזי ניתן לקחת את הנקבוביות המוצהרת ע"י היצרן.

פרק 7

סל אמצעי ניהול נגר

159	7.1. הולכת נגר (Flow Control).....
159	7.1.1. עיצוב טופוגרפיה ושיפועים.....
162	7.1.1.1. לימנים.....
163	7.1.1.2. טרסות (קירות נגר).....
164	7.1.1.3. הולכת נגר ברחובות.....
167	7.1.2. תעלת חלחול.....
169	7.1.3. אפיקי נחלים וערוצי זרימה.....
175	7.1.4. מתקן שיוך אנרגיה.....
176	7.2. השהייה ואיגום (Detention - Retention).....
176	7.2.1. מדרכות צפות.....
180	7.2.2. כיכרות מים.....
182	7.2.3. בריכת חורף (Vernal Pond).....
185	7.2.4. גג כחול.....
190	7.2.5. קיר ירוק (Green Wall).....
191	7.2.6. מאגר ויסות והשהייה.....
194	7.2.7. השהייה במעלה.....
198	7.2.8. מאגרי צד.....
201	7.2.9. פשט הצפה.....
204	7.3. חלחול לתונך הבלתי רווי.....
204	7.3.1. תעלות וערוגות עצים.....
205	7.3.2. מעגלי תנועה.....
208	7.3.3. ריצוף מנקז.....
211	7.3.4. גן גשם (Rain Garden).....
213	7.3.5. בריכת בקלאט.....
214	7.3.6. קידוח החדרה לתונך הבלתי רווי.....
216	7.4. החדרה לתונך הרווי.....
217	7.4.1. קידוחי החדרה.....
219	7.5. טיוב איכות הנגר (Treatment).....
219	7.5.1. שוחת שיקוע.....
221	7.5.2. שוחת סינון ושוחת שיקוע.....
224	7.6. השוואת עלויות אמצעי ניהול הנגר.....

7. סל אמצעי ניהול גגר

המדדיניות המוצעת קוראת לשלב ניהול גגר ולגבש תפישה לנושא, כבר בשלבי התכנון הראשוניים, שהבטיח העיקרי שלה הוא בפריסת השטחים הפתוחים, באופן שיאפשר הסמעה מושכלת ויעילה של אמצעי ניהול גגר נופים והנדסים, שילוב השניים, הבסיס התכנוני והטמעת האמצעים, יוצרים יחד חשיבה תכנונית שלמה בנושא ניהול הגגר.

האפשרויות לבחירת אמצעי ניהול בשלב קידום תכנית או טרם מתן היתר בניה הינן מגוונות, ומשתנות בהתאם לשטח התכנית, ההקשר המרחבי וההנאים המקומיים. בחירת אמצעי ניהול הגגר תעשה לאור עד ניהול הגגר שעל התכנית/ ההיתר לנהל ובהתאם לתשריט והוראות התכנית, מאפייני השטח והסביבה, וברקע בסיס התכנון והמידע של נספח ניהול הגגר. מומלץ, שבחירת אמצעי ניהול הגגר תעשה במשותף ע"י אדריכל הנחל וההנדס (יועץ הניקוז), בשיתוף עם צוות התכנון. כמו כן, אמצעי ניהול הגגר, יכולים להיות מפורטים ומוצגים, בפירוט שונה, בהוראות ותשריט התכנית, וכן בנספח ניהול מי הגגר, הנספח הנופי ונספח הפיתוח והבינוי.

מטרת פרק זה היא להציע למתכנן ולמסד התכנון סט מגוון של כלים לניהול גגר, לטובת בחירה ושילוב מושכלים שלהם בתכנית או בהיתר בניה. הפרק מתחיל מפירוט והסבר על אופני ניהול גגר השונים, כך שבכל אופן ניהול גגר, מוצעים מגוון אמצעים, מרמת התכנית עד לרמת המגרש, כל אמצעי מוצג ברקע הסבר והרחבה עליו, מאפייניו, שילובו בשטח, יתרונותיו, חסרונותיו ואזורים מלווים.

הקדמה

גיבוש תפישה לניהול מי גגר בתכנית מפורטת משלב עקרונות לפריסת השטחים הפתוחים, בשילוב עם אמצעי ניהול גגר היצרים יחדיו חשיבה תכנונית שלמה בנושא. לאחר שתורגמה התפישה התכנונית למסמכי התכנית (ראה סעיף 4.3.4 תכניות מפורטות), והוסמעה פריסת השטחים הפתוחים בתשריט ייעודי הקרקע, יש לפרט את אמצעי ניהול הגגר, (בהם עוסק פרק זה), במסמכים הבאים: נספח ניהול מי הגגר, הנספח הנופי, נספח הבינוי והוראות התכנון (ראה סעיף 4.4).

האמצעים לניהול מי גגר פועלים במספר מישורים ומשלימים זה את זה, כאשר ישנם אמצעים רבים אשר נותנים מענה ליותר מתפקיד אחד. נהוג לאפיין את אמצעי ניהול הגגר לפי התפקיד העיקרי של האמצעי, אולם למעשה, רוב האמצעים נותנים מענה ליותר מתפקיד אחד. כך לדוגמה, התפקיד העיקרי של אמצעי 'גן גשם' הינו 'תלחול', אך הוא נותן מענה גם לתפקיד 'איגום והשקיה' של גגר.

סל אמצעי ניהול הגגר מחולק לאמצעים שעיקר תפקידם הוא (1) הולכת גגר (2) השהייה ואיגום (3) הלחול לתוך הבלתי רווי (4) החדרה לתוך הרווי (5) טיוב איכות הגגר. להלן נציג כל תפקיד:

הולכת גגר עוסקת באמצעים להובלת הגגר, באופן המאפשר את פיזורו המסיבי באתר, עד להשתלבותו באמצעי ניהול גגר אחרים.

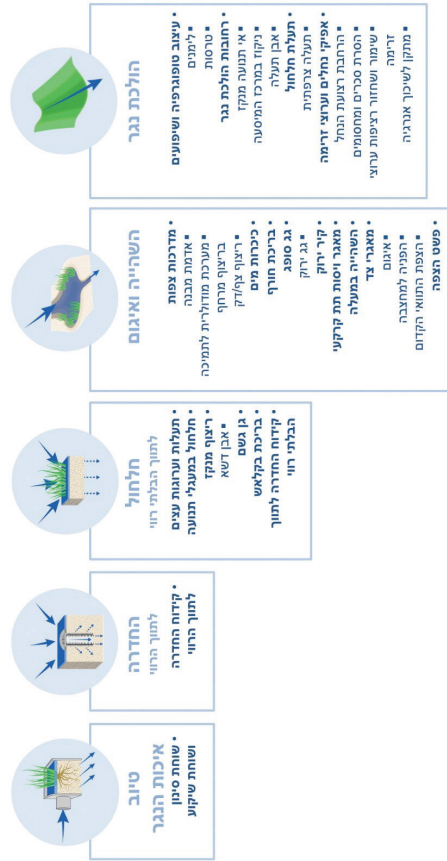
השהייה ואיגום הם אמצעים המאפשרים היקוות של הגגר. במקרה של איגום, מדובר במקום היקוות סופי, בעוד שהשהייה מאפשרת שחרור הדרגתי של הגגר, עד להשתלבותו באמצעי ניהול גגר אחרים.

תלחול לתוך הבלתי רווי¹⁵² הכוונה למנגנון התלחול הסבעי של הגגר לקרקע, שמאפשר תהליכי סינון טבעי לגגר. בהתאם לגובה מי התהום וסוג הקרקע, הגגר יכול גם להגיע ולהעשיר את שכבת מי התהום. שימוש במנגנוני תלחול מחייב בחינה של איכות הקרקע ורמת הזיהום בה, במטרה להימנע מהחדרה של מזרחים לקרקע ולמי התהום.

החדרה לתוך הרווי¹⁵³ הינה הזרמה מלאכותית של הגגר מפני הקרקע ישירות למי התהום באמצעות קידוח בקרקע. שימוש במנגנוני החדרה מחייב בחינה של איכות הגגר המוחדר, מחשש לסכנת זיהום מי תהום.

טיוב איכות הגגר הינו אמצעי משלים לאמצעי ניהול מי גגר אחרים, שתפקידו לפרק ולהרחיק מזרחים המצויים בגגר, טרם תלחול ו/או החדרה אל הקרקע ומי התהום.

איור 20 | חלוקה לאמצעי ניהול גגר לפי תפקיד עיקרי



¹⁵² התורן הבלתי רווי הוא האזור בתת הקרקע שנמצא בין פני הקרקע למי התהום ואינו רווי במים.

¹⁵³ התורן הרווי מתייחס לאותם אזורים בתת הקרקע שהינם רוויים במי תהום והגבול העליון שלהם הוא שפת מי התהום.

7.1. הולכת גגר (Flow Control)

האמצעי העיקרי להולכת גגר כיום הינו התיעול הקלאסי באמצעות צנרת. מובילים ותעלות. עם זאת, ניתן להוליך מי גגר במגוון אמצעים, באופן המאפשר פיזור מיטבי שלהם באתר, עד להגעתם לאמצעי ניהול גגר אחרים - אזורי איגום/השהייה/חלחול/החדרה/טוב איכות הגגר או להובלתו למערכת התיעול. התפישה המקימית של ניהול גגר, מתעדפת פתרונות נופיים, התשתית באופן רגיש ומושכל בסביבה ובמערכות האקולוגיות, ומקטינים את נפחי הגגר וספיקות השיא. בנוסף, לפתרונות הנפיים, יתרונות בהיבטי הסביבה, הכלכלה והחברה, והם מהווים ניצול מיטבי של הקרקע, שהינה משאב במחסור בישראל.

7.1.1. עיצוב טופוגרפיה ושיפועים

א. הסבר כללי

מי גגר הם מי הגשם המצטברים על פני הקרקע, לאחר שחלקם התאדו וחלקם חלחלו לקרקע, עד קצה גבול יכולת הספיגה של האדמה. ככל שהקרקע רוויה יותר, האדמה חדירה פחות למים, כלומר החלחול מועט ואין המים מספיקים להיספג באדמה. ככל שפני השטח משופעים יותר מצטבר מהר יותר גגר במורד, ובנפחים גדולים יותר. גגר עילי הוא מרכיב עיקרי במחזור המים, וגורם עיקרי לשחיקת אדמה כתוצאה ממים.

ככלל, העדיפות היא להתבסס על תנאי הטופוגרפיה הקיימים של הקרקע, עם התערבות מינימלית, ככל הניתן. תכנון נופי של טופוגרפיה, (הפרשי הגובה בין נקודות שונות בשטח), עם דגש על מיקום השטחים הפתוחים ויצירת שיפועי ניקוז עילי (תהליך בו גמים מים ממקום גבוה לנמוך), שמטרתו הובלת הגגר למקומות הגמורים, מהווה בסיס משלים להטמעת אמצעי ניהול גגר נוספים.

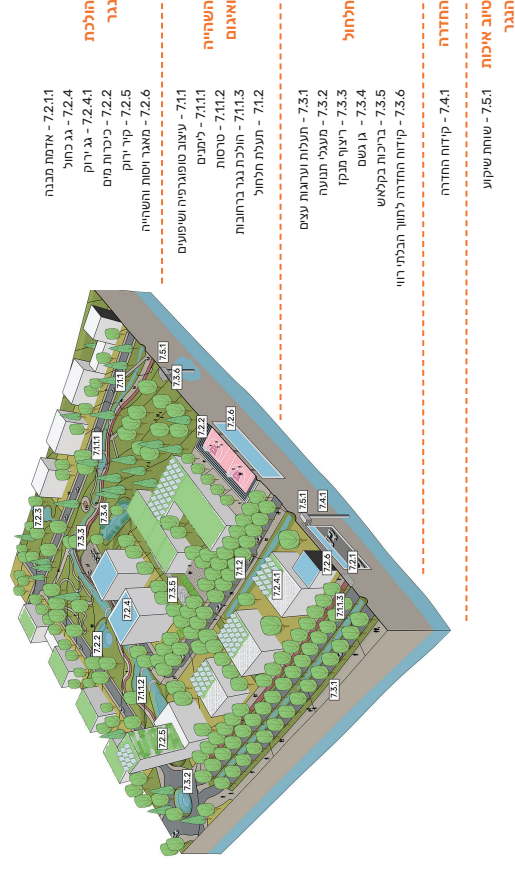
ב. שילוב בתכנית

בעיצוב הטופוגרפיה של שטח התכנית, השטחים הגמורים, ימוקמו באזורי הקרקע המתאימים לחלחול והחדרה. שבילים ומעברים יפותחו במפלס גבוה ממפלס הגיבון, עם הסדרת שיפועי ניקוז לגיבון. הפרשי הגבהים יתוכננו בשיפוע מינימאלי של 2% (2 ס"מ למטר אורך). ככל הניתן, הנדרש להבטחת ניקוז תקין. בנוסף, תשולב צמחייה בשטח, במטרה לאחוז את האדמה ולמנוע סחף קרקע.

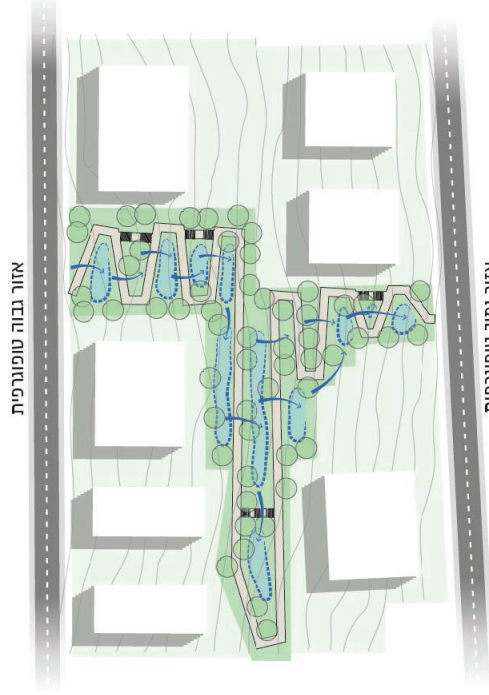
ג. יתרונות

עיצוב טופוגרפיה הינו כלי תכנוני נופי שיכול להשתלב בכל תכנית, ושימוש מיטבי בו, יאפשר ניהול גגר יעיל בתכנית, בעלויות נמוכות.

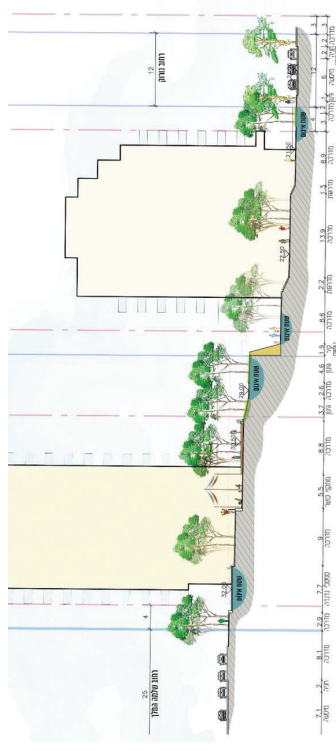
איור 22 | המחשת שילוב אמצעי ניהול גגר בתכנון עירוני



אזור 24 | הכונת מי הנגר באמצעות עיצוב טופוגרפיה



אזור 25 | הכונת מי הנגר באמצעות עיצוב טופוגרפיה



תכנון הטופוגרפיה בתחילת הליך התכנון ובאופן שמתייחס לערוצי הזרימה הטבעיים, תורם לניהול גגר יעיל, מונע סחף קרקע (תנועת חלקיקי הקרקע כתוצאה מתנועת מים מהירה על-פני הקרקע), ומצמצם עלויות עבודות עפר, מערכות הנדסיות, תחזוקה לאורך זמן וצורך בקירות תמר. תכנון שגיו של הטופוגרפיה עלול לצמצם ולייקר את מגוון אמצעי ניהול הגגר הרלוונטיים לתכנית, ולכן, לייצר בעיות ניקוז והצפות בשטח, שיהיה קשה לפתור בעתיד.

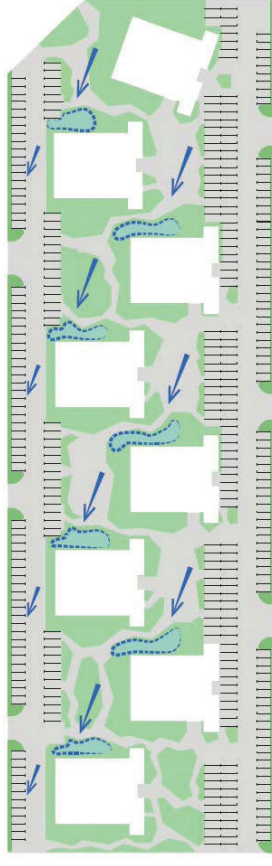
ד. חסרונות

תכנון ערוצי זרימה חדשים, השונים מתוואי ערוצי הזרימה הטבעיים, במהלך הזמן, יוצרים התחתרות של זרימת המים בקרקע, שמנסים לשוב ולזרום בנתיב המקורי.

האופן שבו נתפס כיום כלי זה הוא כאמצעי גופי, שאיננו אמצעי ניהול מי גגר, ועל כן, פעמים רבות אינו נכלל בחישוב הכולל של פתרונות מי גגר ומכאן נוצרת כפילות עם תכנון מערכות הנדסיות, שמסיפות עלויות תכנון, הקמה ותחזוקה.

בהקשר זה נציין כי בכל הנוגע לשילוב אמצעי ניהול גגר בשטחים הפתוחים, בצד תועלות ניהול הגגר יש לבחון גם את ההשלכות והנזק הצפוי לסיכיה הטבעית, על מנת לקבל החלטה מושכלת, ולמזער, כמה שניתן, נזקים עתידיים.

אזור 23 | יצירת נקודות נמוכות מגוננות לאיסוף והשהיית גגר



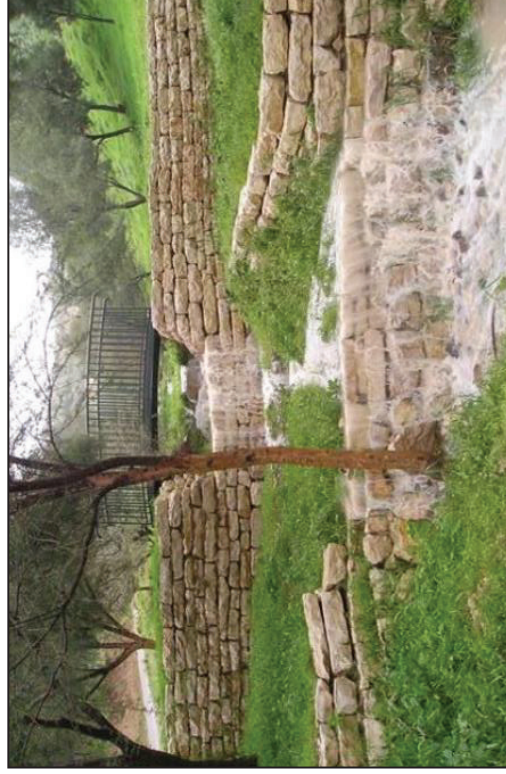
7.1.1.2 טרסות (קירות נגר)

טרסה היא 'מדרגה חקלאית', המשמשת אמצעי לויסות זרימה ולחלחול נגר, ומקורה בשיטות חקלאות מסורתיות. הטרסות ממקמות באזורים תלולים / משופעים, ובנויות כקירות תמך גמולים, הממוקמים בשפוע בגדי לכיוון זרימת המים. מיקום ומבנה הטרסה מאפשר את צמצום והאטת זרימת הנגר, השקיעה מי הנגר, מונע סחיף קרקע, הגברת החלחול, כתלות בסוג הקרקע. ניתן לשלב בביסס הטרסה גם קידוחי החדרה, וכן, ישנה עדיפות לבנות את הטרסה מאבן לקט מקומית. יש צורך לתכנן את העברת המים בין מפלסי הטרסות דרך פתחי ניקוז בקיר הטרסה (ללא פילטר בד גיאוטקס) או הגלשת עודפים דרך מגלשים מתוכננים למניעת קריסת הטרסות.

בתכנון והטמעת טרסות בשטחים פתוחים, ייבחנו יתרונות ניהול הנגר אל מול הפגיעה הפוטנציאלית היחסית בהתערבות בשטח הטבעי. מומלץ לשלב אמצעי זה בפרט בערוצים מופרים או שנפגעו מנגר עירוני.

הטרסה בנויה כך שראש הקיר מוגבה מינימום 40 ס"מ מעל פני הקרקע ובגב הקיר יונחו בקלאש (שברי אבן) בכדי למנוע סתימה בחומר דק גרגרי. אין להחליף את הבקלאש בחצץ, אשר עשוי לגרום לקריסת הטרסה.

איור 27 | טרסות לניהול נגר עירוני, בסמוך למעלה אחומים - קק"ל



7.1.1.1 לימנים

לימן היא מערכת טבעית לליכידת מי שטפונות, בהשראת שיטות השקיה בבסיות, המשמש לאגום מי גשם באזורים מדבריים. הלימן נוצר על ידי סוללת עפר מלאכותית / בולדריים / גביונים, הנבנים באפיק נחל אכזב. מדובר בסוללת עפר בצורת האות "ח" שבסיסה משוקע, ומפתח הסוללה פונה אל מעלה אפיק הנחל. בעת זרימה בנחל, הסוללה מאטה את הזרימה הנגרית, עוצרת סחיף, וכן מאפשרת אגום נגר להשקיע עצים, לפי גובה הסוללה ועומק הגומחה בבסיסה. הלימן נבנה מאדמה מקומית, ועבודת התחזוקה העיקרית שלו היא פינוי הסחיף, שיכול להיעשות אחת לחורף או למספר חורפים.

השילוב בין מיקום הלימן בערוץ הזרימה לקרקע האטומה, יוצר את התנאים המיטביים לתפקודו. בתכנון הלימן, יש לבחון גם את משכי הזמן הפוטנציאליים לאגירת הנגר, על מנת שלא ייווצרו 'מלכודות אקולוגיות' מקומיות, דוגמת משך זמן ארוך דיו על מנת למשוך דו חיים להטיל ביצים וגם להשלים גלגול חיים. שימוש בלימן מתאים בפרט בנחלי אכזב ובשטחים פתוחים נרחבים, עם זאת ניתן ליישם בכל חלקי הארץ בקני מידה מגוונים.

איור 26 | לימן בנגב



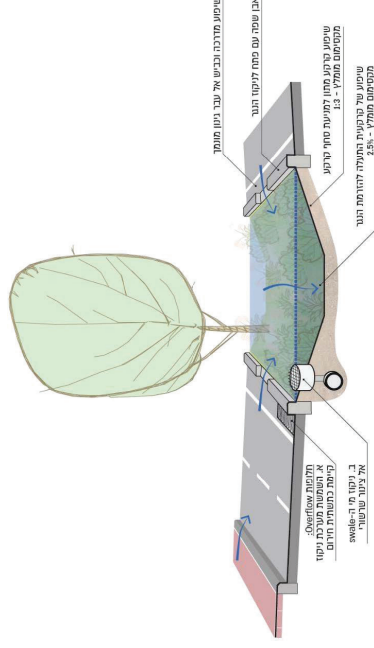
צילום: קק"ל

להלן אפשרויות להולכת גגר ברחובות:

1. אי תנועה מנקז

ברחובות רחבים, בהם משולב אי תנועה מרכזי, ניתן להפנות את שפוע המסעות למרכז הדרך, כך שאי התנועה יהיה שקוע ביחס אליהן ויקלוט את מי הגגר. אי התנועה יתוכנן כ"תעלת חלחול" (ראה פירוט לעיל), יאסוף, יוביל, ישהה ויתרום לחלחול מי הגגר, ובכך יפחית את ספיקות הגגר. במקרים בהם קיים חשש לפגיעה בשכבות מבנה הכביש, ניתן לשלב פתרונות מקובלים למניעת זרימת מים אופקית, כמקובל בתכנון רחובות (ערוגות ופתחי נטיעה).

איור 29 | הולכת גגר באמצעות אי תנועה מנקז

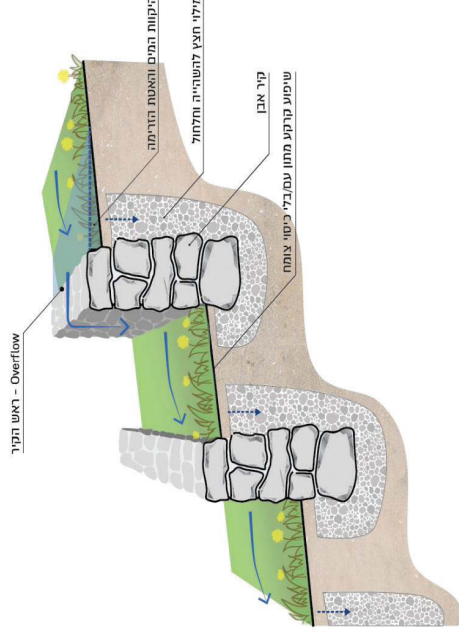


איור 30 | העלת חלחול לפני שתילת צמחיה, רחוב הגלעד בפרדס חנה



(תכנון הידרולוגי וצילום: אורי מור)

איור 28 | הולכת גגר באמצעות טרסות חקלאיות



הסבר כללי

מדיניות ניהול הגגר נולדה, בין היתר, מהעלויות והמורכבות בתכנון ובשרדוג של מערכות הניקוז (היעול) ברחובות, וכן, מהקושי שלהן לתת מענה למניעת הצפות באזורים עירוניים אינטנסיביים ומתחדשים. גם מערכות הניקוז העירוניות הטובות בעולם, באירועי קיצון, אינן מסוגלות לספק בכמויות הגגר בתחומן, והתוצאה היא הצפת רחובות וכבשים. תכנון רחובות נכון, הינו פתרון חכם ויעיל להולכת עודפי גגר למשכי זמן קצרים בעת אירוע קיצון, מבלי לגרום נזק לסביבתם. יתרה מכך, הספיקות הפוטנציאליות שרחוב יכול לחולך גדולות בהרבה מהספיקות בצינורות תיעול סגורים.

הולכת גגר ברחובות היא כלי לניהול גגר המתבסס על המרחב הקיים, ועל כן היא יעילה וחסכונית. אמצעי זה יכול לאצמם את הצורך בהקמה ושדרוג של מערכת תשתית התיעול העירונית וכן, ויכול לסייע במידה רבה בעמידה ביעדי מניעת ההצפות הקבועים בבספח הנהיגות⁴.

להלן התנאים ההכרחיים לאפשר הולכת גגר ברחובות:

- שפוע אורכי בכביש של 0.5% לכל הפחות, ללא שקעים אבסולוטיים (0.5 ס"מ ל100 מ')
- מפתני הכניסה לתחנות בתת הקרקע יהיו גבוהים בלפחות 25 ס"מ מציר הכביש

7.1.2. תעלת חלחול (תעלת עשב)

א. הסבר כללי

ערוץ זרימה מגונן ומחונן, קיים או מתוכנן, שתפקידו להשקות ולחלחל גגר, תוך כדי הובלתו לאזור איוגם, חלחול החדרה של גגר או למצא ניקוז. התעלות יכולות להיות מכוסות בדשא או עשבייה גבוהה, שיכולים גם לחפות על עומק התעלה.

ב. שילוב בתכנית

ניתן לתכנן את התעלה כחלק משטח ציבורי רחב יותר, שישמש גם כפשט הצפה בעת אירועי קיצון. התעלה יכולה להשתלב בצידד דרכים כשטח ירוק לגינון וגו'. שילוב התעלה יעשה בהתאם לטופוגרפיה של השטח, וביחס לצירי הניקוז ולסוג הקרקע ויכולת החלחול שלה, (אף שניתן להחליף קרקע). ניתן לשלב את התעלה בשטחים ציבוריים שיכולים להכיל רצועות לינאריות, כגון: צידד כבישים ודרכים, מגרשי חנייה ופארקים. במקרים מסוימים התעלה יכולה להחליף תיעול תת קרקעי. ככל שהתכנית או ההיתר כוללים תוואי ורצועות דרך, תכנונית, ישנה עדיפות למקם אותם בסמיכות ולאורך צירי הניקוז הטבעיים. בשנה הראשונה לחקמת התעלה, טרם התבססות השורשים, יש חשש לסחף קרקע בתעלה. לכן כדאי להקים את תעלות החלחול באבזי, ולשזרע ולהשקותן בקיץ הראשון.

ג. יתרונות

מוסדת את זרימת הנגר, משמש לחלחול והעשרת מי תהום ומונע סחף קרקע.

הנגר מהווה השקיה טבעית לצמחייה בתעלת החלחול, ובכך תומך בהתפתחותה. חיזוק בתי הגידול בשטח העירוני תורמים לאיכות האוויר והקרקע ומעודד יצירת בתי גידול טבעיים. מאחר שמדובר באמצעי נופי רך, ניתן להטמע את תעלות החלחול במרחבים בגוים הסובלים מהצפות, בהתאם לתנאי ומאפייני השטח, ובשיתוף אנשי מקצוע מתחום הניקוז והקרקע.

ד. חסרונות

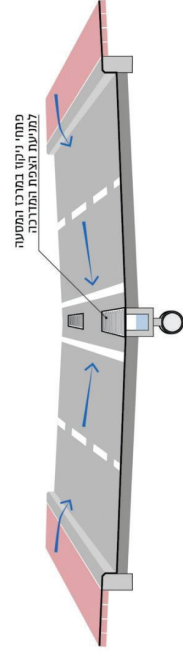
מאחר שמדובר באמצעי הכולל חלחול טבעי לקרקע, באזורים בהם ישנה קרקע מתנפחת, קיים חשש לפגיעה ביציבות בניני ותשתיות סמוכים לתעלה. נדרש ניקוי עונתי או לאחר אירוע גשם שרביעי עמו סחף וזיהום.

2. ניקוז במרכז המסעה

גם ברחובות בהם אין איי תנועה, ניתן להוביל גגר על ידי הפניית שפוע הרחוב והנמכת הציר המרכזי לאורך הכביש, והטמעת צנרת התיעול בבסיסו. בשגרה, הנגר מהכביש יצטרב במרכז הציר ויופנה למערכת התיעול. באירוע גשם חריגים, כשמערכת התיעול לא תעמוד בהולכת כמות הנגר שנוצרה, עודפי הנגר יזרמו לאורך מרכז הכביש, לפרק זמן קצר. ישנן מספר תועלות מתכנון הרחוב באופן זה:

- מניעת התחת מים על הולכי הרגל במדרכה
- הרחקת ערוץ זרימת המים מהמדרכות, החניות והבינוי
- צמצום ויזעול הקולטנים לאורך הכביש - דרוש קולטן אחד במרכז הכביש במקום שנים בצדדיו. בנוסף, ניתן לתכנן את הקולטן בצורת חריץ לאורך הכביש, שהינו פתח יעיל יותר מבחינה הידראולית ומועד פחות לסתירות.

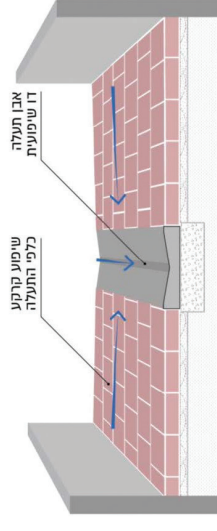
איור 31 | הולכת גגר באמצעות תעלת ניקוז במרכז הכביש



3. אבן תעלה

שילוב אבן תעלה בחתר הרחוב, מתאים לרחובות צרים או לשבילים. מטרת האמצעי להרחיק את המים מהמבנים והמגרשים הפרטיים. בנוסף, ע"י ריכוז זרימת הנגר לאורך התעלה, ניתן לשמר על רצועות הליכה מוגנות מההצפות. הפניית מי הנגר לתעלה תעשה באמצעות תכנון שפועים, שגובה התעלה יהיה נמוך מסביבתה.

איור 32 | הולכת גגר באמצעות אבן תעלה



7.1.3 אפיקי נחלים וערוצי זרימה

א. הסבר כללי

הנחל, יובליו וערוצי הזרימה המובילים אליו, משמשים להסעת מים הנקווים ברחבי אגן הניקוז, עד לשפך הנחל. אפיקי נחלים וערוצי זרימה, שאינם מוגדרים בתמ"א 1, עוברים בשטחים הפתוחים והבנויים, הן במרחב העירוני והן במרחב הכפרי. עוצמת המים והתפסותם במרחב הבנוי עלולה ליצור סכנה ממשית לחיי-אדם, לרכוש ולתשתיות.

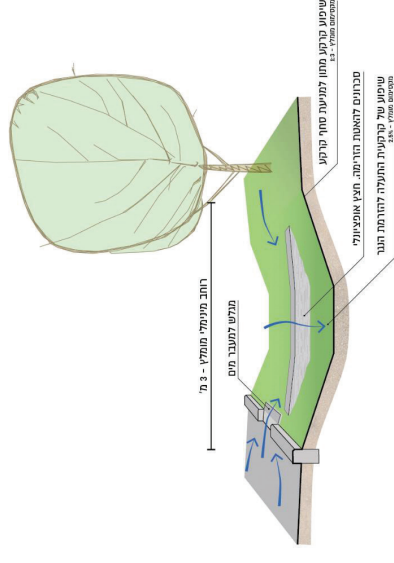
לאורך הערוץ זרימת המים מושפעת מהתוואי, חתך הנחל, השפוע האורכי ואופי כיסוי הגדות והקרקעית. מאפיינים אלו משפיעים על תפקודי הנחל השונים, ויכולים לתמוך ביצירת המערכת האקולוגית הניזונה ממנו ומקיימת אותו. ערוצי זרימה ונחלים רבים ברחבי הארץ תועלו באמצעים הנדסיים, שהשפיעו על צורתם הטבעית ופגעו בתפקודים אלו. בנוסף לניתוק הנחל מסביבתו, הקטין התיעול את חלחול המים בערוצים עצמם, (מרכיב חשוב בריסון גגר, במיוחד באזורי ההר, אך לא רק), והגביר את מהירות זרימת המים למורד האגן. בכך גדלו הזרימות בנחלים הן בספיקת השיא והן בגנף החכול של המים. שחזור מאפייניו הטבעיים של הנחל מסייע בהשבת תפקודיו האקולוגיים ורתימתם להאטת הזרימה ולוויסות ספיקות שיא באירועי קיצון.

ב. שילוב בתכנית

על מנת להשיב את תוואי הנחל וערוצי הזרימה למצבם הטבעי, ולהשתמש בהם כאמצעי להולכה ולוויסות גגר, יש להתחייס להיבטים הבאים:

- מצב קיים - מפיז האגנים במרחב התכנית וזיהוי הנחלים וערוצי הזרימה. בתהליך המיפוי ישולבו גם תעלות ומובלים חפורים המשותתפים בפעולות ניקוז השטח באירועי סופה משמעותיים.
- מצב היסטורי / טבעי - במידת האפשר, יש למפות את מצב הנחל טרם התערבות אנושית. תוואי הנחל ההיסטורי מופיע פעמים רבות במפות מנדטוריות בק"מ 1:20,000. ניתן גם ללמוד על מצב הערוץ מתצ"אות היסטוריות ומתכניות עדות של הביצוע, ככל שישנו.
- ספיקות תכן - חישוב זרימות התכן (ספיקות שיא, נפחים והידרוגרף) בערוצים עבור אירועים שטפוניים בהסתברויות שונות (1:50 שנים או יותר). יש לקחת בחשבון את השינויים (בעיקר הבינוי) שעבר אגן הניקוז הרלוונטי וכן את השינויים שהאגן עתיד לעבור (תכניות עתידיות). החישוב יתבצע ע"י הידרולוג ויכלול התאמה של האמצעים הבנויים לוויסותם.
- קביעת זרימות סביבתיות - זרימות סביבתיות הן אופייני זרימה (איכות מים, מהירות זרימה, מפלסים ושינויים בעונות השנה). המאפשרות קיום בית הגידול בערוץ. הזרימות הסביבתיות ייקבעו ע"י אקולוג אקוטי.

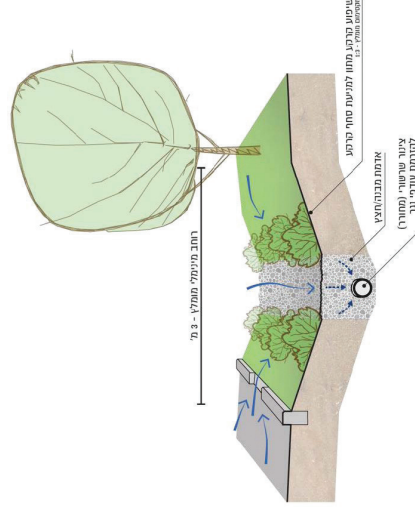
איור 33 | הולכת גגר באמצעות תעלת תלחול



7.1.2.1 תעלה צרפתית (Infiltration Trench)

תעלה צרפתית היא תעלת תלחול (ס' 6.2.4), שכוללת ערוץ עמוק יותר שנמצא בבסיסה, ומטרתו לשמש כמצע סופג נוסף לסינון וחלחול גגר, ללא שינוי פני הקרקע. כמו כן, ניתן להגדיל את כושר ההולכה של התעלה הצרפתית ע"י הנחת צינור שרשרתי (מחורר) בבסיסה, שינקז את הגגר שנצבר בתחומה.

איור 34 | הולכת גגר באמצעות תעלה צרפתית



7.1.3.1 דוגמאות להולכה באפיקי נחלים וערוצי זרימה

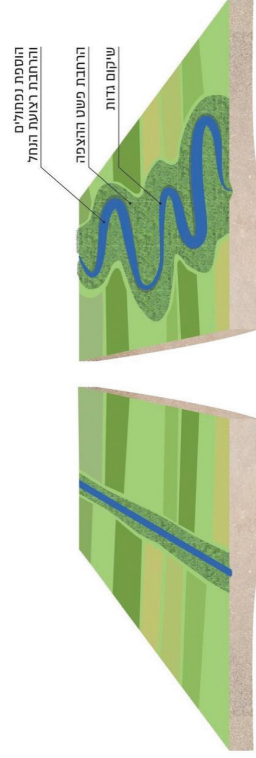
א. הרחבת רצועת הנחל

מיתון שיפועי הגדות על ידי הרחבת חתך הנחל ושמירה על שטח החתך. תורם לייצוב הקרקע ולהגדלת המגע בין המים הזורמים לקרקעית הנחל והגדות. עליית המפלס מגדילה את שטח המגע של המים עם הגדות ובכך מייצרת ויסות טבעי לספיקות חזקות באירועי קיצון. הגדלת המורכבות בחתך הנחל ולאורך יוצרת שטח מגע גדול יותר, שוברת את זרימת המים ומאיטה אותה. הרחבת הרצועה, בצורה שמגדילה את שטח החתך וכתוצאה מכך את נפח הערוץ, מגדילה את יכולת האגום שלו.

ב. שיקום תוואי הנחל והשבת נפתולים

לרוב ערוצי זרימה ונחלים שהוסטו מהתוואי הטבעי שלהם, הוסדרו מחדש כתעלות בסון ישירות. בסבע, פריצת תוואי ערוצי הזרימה ונחלים מהווה לאורך שנים, באופן המשפיע ומשפיע מתנאי השטח, כך שנוצרות הטיות ונפתולים לאורך. פיתוליות התוואי הטבעי מגדילה את אורך התוואי וכן מקטינה את מהירות הזרימה בכך מאריכה את מרחק זרימת המים בו מקטינה את עוצמת הזרימה. התנאים הגיאוגרפיים לאורך התוואי יכולים לסייע לתכנון וייצוב הגדות, לדוגמה, קרקעית הנחלים שבגבהה לאורך אלפי שנים על ידי סחף גם (קולוביאל), יציבה ועמידה יותר. בנוסף השבת הנחל לתוואי הטבעי שלו, מאפשרת גם למערכת האקולוגית המקומית, שהתפתחה לאורך במשך אלפי שנים, להשתקם ולהתחדש.

איור 35 | השבת נפתולים



אסוף המידע ואפשר את הבסיס לתכנון מחדש של מרחב הנחל ולשחזור ערוצי הזרימה הטבעיים. התכנון יכול את תוואי הזרימה, עומק הקרקעית, חתך התעלה, שיפועה, רוחב אפיק הנחל והגדות, וכן מילוי/ חפירה של מרחב הנחל, לפי הצורך. ככלל, פתרונות מרחבים במעלה ולאורך תוואי הנחל עדיפים על פתרונות קצה גדולים במורד.

שחזור ערוצי זרימה טבעיים ואפשרו לאורך זמן את שיקום המערכות האקולוגיות ויחדן ויגוננו את בתי הגידול הלחים באגן. חשוב לציין, שתהליכי השיקום הטבעיים אינם מיידיים ויש להכין תכנית הדרגתית המתחשבת בתקופות המעבר הנחוצה להשבת התפקוד ההידרולוגי המלא של הנחל.

ג. יתרונות

כיסוי הגדות בצמחיה, האטת הזרימה, הארכת התוואי והסרת חסמים לאורך הערוץ מקטינים את הספיקות במורד. מונעים הצטברות סחף וכן דורשים פעולות תחזוקה תקופתיות בלבד. שיקום הנחל יתמוך גם בתפקוד המערכת האקולוגית בסביבת הנחל ובאגן, ויביא ליצירת מרחבי נחל נעימים ומזמינים כבסיס לפעילות פנאי ונופש בחיק הטבע, פעילויות חינוכיות ועוד.

ד. חסרונות

השבת ערוצי זרימה טבעיים והרחבת הגדות עשויה להגביל בעודים ושימושים אחרים. הפרויקט מתחילתו ועד לשיקום הנחל עלול להימשך מספר שנים.

איור 36 | שיקום תוואי הנחל והשבת נפתולים, עין גמפית. תכנון: ליגם פריוקטיס סביבתיים



ג. מיתון גדות וייצוב באמצעות שיקום צמחי

שיפועים מתונים של חתר הערץ, מרחיבים את שטח הרצועה הלחה הנוצרת ע"י זרימות הבסיס בנחל. הצמחייה החיה והיבשה אוחות את הקרקע ועל ידי כך מאטה את הזרימה העוברת דרכה, ומהווה אמצעי משלים לווטוס ספיקות. והשקעה של סוף קרקע. שימוש במינים מקומיים של צומח טבול וצמחיית גדות, מהווה בסיס לשיקום בתי גידול לחים ברצועת הנחל ולחיזוק תפקודה כמסדרון אקולוגי החוצה את אגן ההיקוות.

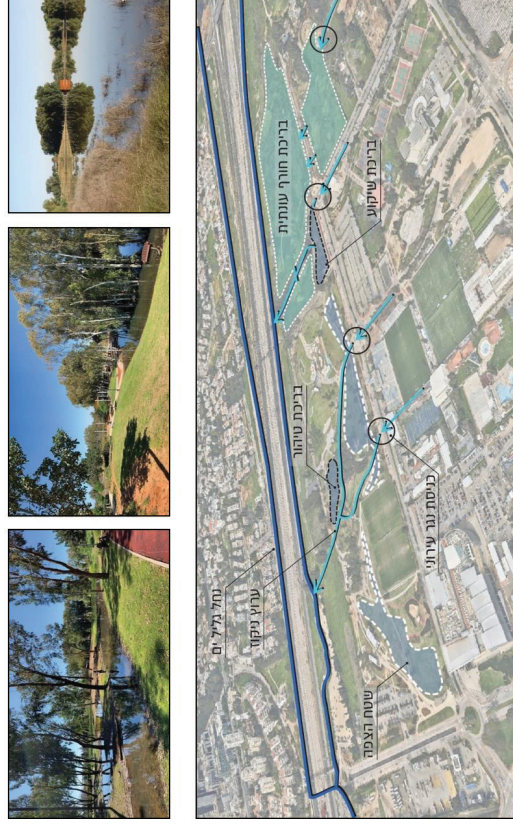
איור 37 | שיקום והרחבת חתר הנחל, נחל חביבה. צילום רשות ניקוז שרון



ד. שיחזור אגמים או ביצות

בעבר, מישורי החוף התאפיינו בביצות שתרמו לוויסות זרימות שטפניות ולשמירה על איכות המים במורדות הנחל. בית גידול ביצתי בתוואי הנחל הוא למעשה תוצר של גדות נחל רחבות בשפוע זניח. פעולות הניקוז של תחילת המאה ה-20 יישו וצמצמו את בתי הגידול הביצתיים מהגוף המקומי, עד כדי סכנת הכחדה. שיחזור מרחבים המשמשים כבריכות חורף יספק נפח איגירה לריסון גגר. כמו כן, השבת בתי גידול אלו והמגוון הביולוגי הרב המאפיין אותם, תתרום רבות להעשרת הגוף הסביבתי ולמערכת האקולוגית של מרחבי הנחלים בארץ. בערים, שיחזור מרחבים טבעיים אלו יתרום לפיתוח אתרי טבע עירוניים לפעילויות חינוך, פנאי ונופש. כמו כן, מרחבים המשמשים כבריכות חורף מספקים נפח איגירה לריסון גגר.

איור 38 | שיחזור אגמים או ביצות, פארק הרצליה. תכנון: שלמה אהורונסון אדריכלים



ה. מאגר גיא

"צירת סכר בערץ זרימה או נחל בשטח הררי ומחורץ, יכולה לשמש לחשייה של זרימות שטפניות בתוואי הערץ. באזורים הרריים גובה הגדות והשפוע שלחן גזורים ישירות מהטופוגרפיה הטבעית. בשל הצורך לשמור על רצף הידרולוגי קבוע לקיום המערכת האקולוגית בנחל, נדרש סכר עם פתח בתחתית (חריץ).

7.1.4 מתקן שיכור אנרגיה (השקטת אנרגיה)

א. הסבר כללי

בריכה או חפיר מלאים בבקלאש (אבנים בגדלים שונים), המשמשים לוויסות זרימה, לאגום ולהשקיית נגר והגברת החלחול. עוצמת הזרימה של המים נשברת במצע האבנים, ולאחר מכן, המים ממלאים את החללים בין האבנים, וכך לבריכה תפקיד משמעותי בריסון וויסות הנגר.

ב. שילוב בתכנית

ניתן למקם במקומות בהם יש התמודדות עם יציאת נגר בעוצמות גבוהות, לדוגמה, בממשקים בין מוצא ניקוז עירוני לשטח הפתוח (כדוגמת נחל, יער). בנוסף, הבריכה יכולה לשמש בקני מידה שונים, גם כאמצעי לשיכור זרימה, אגום והשהיה והגברת החלחול בשצ"פים עירוניים.

ג. יתרונות

נגינת ליצור חפירה עמוקה מבלי להידרש להיבטי הבטיחות הנלווים לבריכה במרחב הציבורי, מאחר והחפירה מלאה באבנים. מאפשר שימוש בחומרים מקומיים וממוחזרים והשתלבות בסביבה.

איור 40 | שילוב בריכות ותעלות שיכור בשטחים פתוחים ביער ירושלים.

תכנון וביצוע: קק"ל. צילום: רחלי קולסקי



שאנו מפריע לזרימות הבסיס. בצורה זו יתכן הסבר את ספיקות השיא בלבד, במהלכן המים יושרו בגיא הנחל. גובה הסכר, שיפוע הנחל וחתך הערוץ יקבעו את נפח האגום. ספיקות הבסיס של הנחל וגודל הפתח ישיפיעו על משך ריקון המאגר. פתיחת תחתית הסכר מונעת הצטברות סחף בקרקעית, ובכך מצמצמת מאוד את עלויות התחזוקה.

ו. הסרת סכרים ומחסומים של זרימות הבסיס

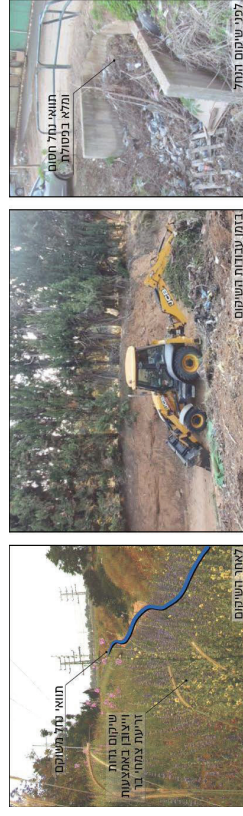
אגום והאטה של זרימת המים באמצעות סכרים ערוצים קוטעת את הרצף ההידרולוגי ולכן בעלת השפעות אקולוגיות שליליות. הקמת סכר עשויה לגרום לייבוש מורד הנחל ואף להביא להצפות במעלה. סוללת הסכר דורשת תחזוקה תקופתית, לרבות פינוי סחף. מסיבות אלו, וכן, מהסכנה הנשקפת במקרים של פריצת סכרים במהלך זרימות שטפונות, אמצעי זה אינו מומלץ כחלק ממערך ניהול הנגר באגן. השבת ערוצי הזרימה לתוואי הטבעי היא התשתית עליה נסמכת המערכת האקולוגית ושיקום רצועת הנחל.

ז. שיקום וחיבור מחדש של נחלי אכזב (עונתיים)

רשת הנחלים וערוצי הזרימה באגני הניקוז מורכבת בעיקרה מנחלי אכזב וערוצי זרימה מקומיים, שחלקם הגדול אינו מסומן בתמ"א 1. מופע הערוצים תלוי בעונה ובמשטר הגשמים השנתי, כך שבעונות שחונות מופע הערוצים עלול להיטשטש עד כדי כך שתאושר בניה על האפיק. משמעות הבניה היא חסימה / הססת תוואי הזרימה / סגירת הערוץ בתעלות ניקוז. שיקום נחלי האכזב והשבת מאפייניהם הטבעיים, חשוב ברישות וחיבור מחדש של המערכת האקולוגית ברחבי האגן, ובפרט של בתי הגידול הלחים. השבת תפקוד רשת הנחלים במעלה ובייחוד במרחב הבנוי המופר כאמצעי להשרייה וניהול הנגר יסייעו רבות בהפחתת העומס על תשתיות הניקוז במורד.

איור 39 | שיקום וחיבור מחדש של נחל פרדסים בסמור לשכונת נווה-שרת בתל-אביב.

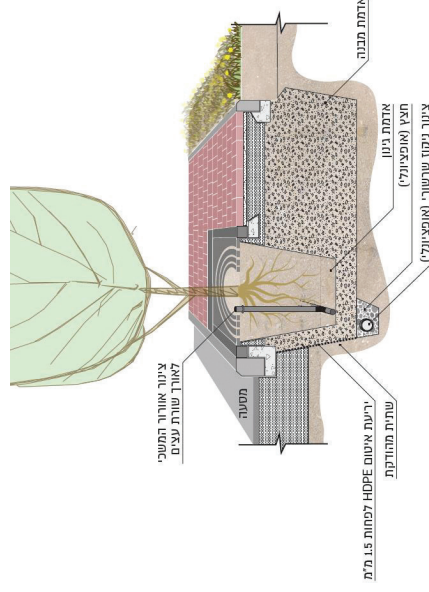
תכנון וצילום: ליאב שלם.



7.2.1.1 אדמת מבנה

מצע תשתית יציב למדרכות ולמיסעות, המבוסס על שכבות אגרגטים בגדלים שונים. האגרגטים נבעלים אחד עם השני בתהליך הכבישה, שנעשה ללא הידוק מלא, ויצרים מצע יציב בעל חללים בהם ניתן להשהות גגר ולאפשר תלחול הדרגתי לקרקע. אדמת המבנה מאפשרת שתיית עצים מתחת לתשתיות הדורשות מצע יציב, כגון כבישים, חניות ומדרכות, דבר שלא ניתן לעשות מעל בורות שתילה רגילים. פתרון זה מאפשר את צמצום ההפרעות של בתי השרושים על יציבות המדרכה. אדמת מבנה יכולה להיות הפתרון המתאים ביותר לניהול גגר ברחובות עירוניים צפופים, שאין בהם אפשרות לפתרונות אחרים.

איור 41 | השהיית מי גגר באמצעות מדרכות צפות



7.2. השהייה ואיגום (Detention-Retention)

מנגנוני השהייה או איגום גגר, מבוססים על אלמנטים המכילים את הגגר, ובכך מאפשרים את אגירתו, או לחילופין, שחרור הדרגתי של הגגר, לפני העברתו לפתרונות ניהול גגר משלימים. ההבדל בין השהייה לאיגום הוא שאיגום הוא מקום ההיקוות הסופי של הגגר, כך שנפח הגגר היוצא קטן, בעוד שהשהייה היא מיקום זמני לגגר, אשר אינה משנה את נפח הגגר (למעט אובדן), אלא משחררת את המים בקצב איטי יותר, ביחס לזרימה הטבעית.

7.2.1. מדרכות צפות

א. הסבר כללי

מדרכת להשהייה וחלחול גגר, הבנויה מתחת לריצוף חדיך. המנגנון הוא של קולטן דו כיווני, שראשית, מעביר את הגגר אל מתחת למדרכה, ואת הגגר העודף שנוצר (overflow), מוליך לפתרון קצה, קידוח, החדרה או למערכת החיעול.

ב. שילוב בתכנית

מדרכה צפה מסוגלת לאחוז מים בכל השטח עליו בנויה לרבות ברצועת התשתיות הסמוכה, וניתנת ליישום ברחובות, כיכרות, שטחי חניה וגגות ירוקים.

ג. יתרונות

ניצול יעיל של הקרקע העירונית האינטנסיבית, בשימוש רב שכבתי בשטחים המרוצפים, ללא הפרעה לתפקודם בשגרה ובארוע הגשם, בנוסף, לאפשרות ניהול נפח גגר משמעותי בשטחים אלו, ע"י השהייה והולכת נפח גגר תחתיהם. ניתן לשלב באופן מיטבי, בין אזורי ההשהייה לבתי גידול לעצים ושטח למעבר תשתיות.

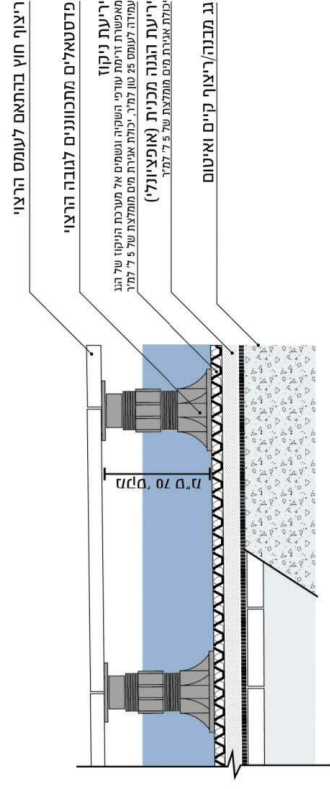
ד. חסרונות

עלויות הקמה גבוהות באופן יחסי.

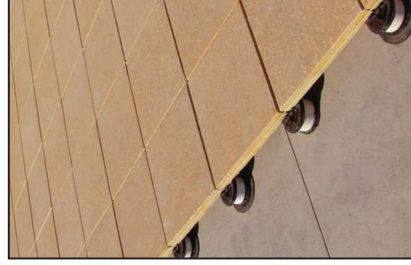
7.2.1.3. ריצוף צף / דק

ריצוף המותקן על גבי רגליות או קונסטרוקציה קלה אחרת, המאפשר מרווח בין תקרת מרתף לבין מישור הריצוף. המרווח מאפשר השהייה ואגום של מי גגר. פתרון זה מתאים לרחבות מרוצפות; מצריך עלויות הקמה ותחזוקה גבוהות יחסית; ותשומת לב מיוחדת לניקוז מיסבי של הגג / מישור הריצוף, למניעת מקרים של מים עומדים.

איור 43 | השהיית מי גגר באמצעות ריצוף צף



איור 44 | ריצוף צף על גבי פדסטלים

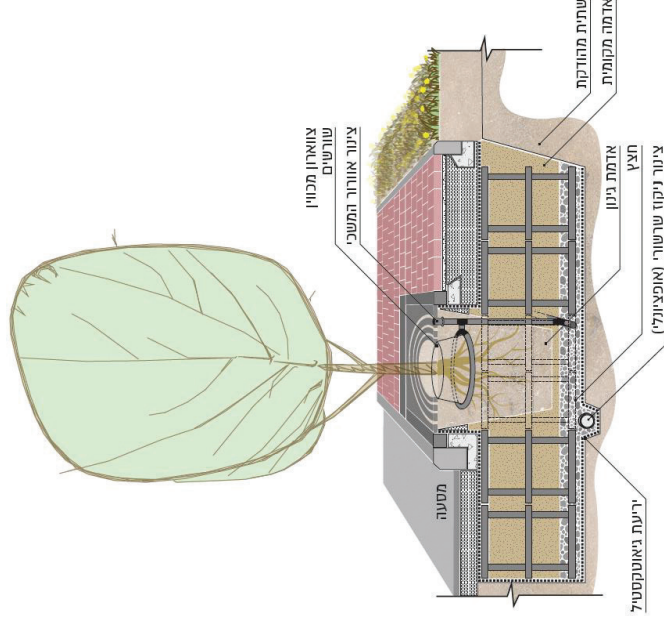


7.2.1.2. מערכת מודולרית לתמיכה בריצוף מרחף

מערכת להשהייה וחלחול גגר, המבוססת על שלד מודולרי קונסטרוקטיבי, שיושב בתת הקרקע, ועליו מונח ריצוף, כך שלא נדרש הידוק הקרקע. פתרון זה מאפשר השהיית מי גגר בתאים (חללים) שנוצרים ואת הלחול הנגר לקרקע. בנוסף, המערכת מאפשרת מעבר חופשי של תשתיות לאורך ולרוחב התאים, וכן, ניתן להשתמש בקרקע המקומית למילוי הקונסטרוקציה.

המערכת המודולרית מרחיבה את מרחב הגידול של עצי הרחוב. לנוף העץ ועלוותו יתרונות בתפיסת גגר והגדלת האידוי, בנוסף, שורשי העץ משפרים את המוליכות ההידראולית של הקרקע, ובכך קצב נפח החלחול גדלים. כמו כן, הפתרון מאפשר צמצום ההפרעות של בית השרשים על יציבות המדרכה.

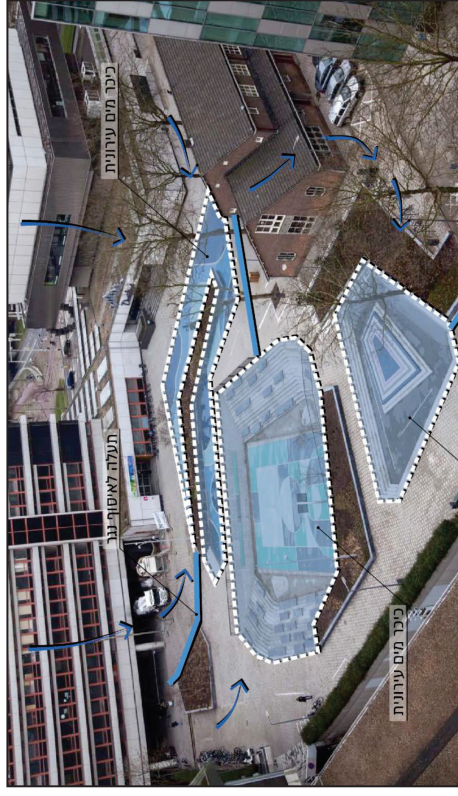
איור 42 | השהיית מי גגר באמצעות מערכת מודולרית לתמיכה בריצוף מרחף



אור 45 | O'shea + Willson Siteworks - וירג'יניה, ארה"ב - Manassas park elementary school



אור 46 | אגום מי גר בכיר עירונית, וטרדם. Water Square Benthemplein



7.2.2 כיכרות מים

א. הסבר כללי

שטח פתוח בסביבה העירונית הבנויה, שבשגרה מתפקד כרחבה ציבורית לשימושים שונים (כיכר עירונית, מגרש ספורט, אמפי וכו'), ובמהלך אירוע גשם, מוצף ומתמלא בגר. בהצפת השטח הוא מתפקד כאזור אגום והשהייה, עד להובלתו להמשך טיפול באזורי אגום/ השהייה/ חלחול/ החדרה/ סיווג, או במערכת הטיעול. כיכר מים משלבת אגני אגום והשהייה בעומקים ונפחים שונים, ונותנת מענה להשהייה גרר בשיא האירוע, ובכך מסייעת למערכת הטיעול העירונית להתמודד עם נפחי הגרר בשיא אירוע גשם.

ב. שילוב בתכנית

תכנון הגבהים של המרחבים העירוניים יפנה אליהם את מי הגרר, וימנע הזרמת גרר ישירות לכבישים ולמערכת הטיעול העירונית. חומרי הגמר שיבחרו לפיתוח מרחבים אלה צריכים להיות עמידים בפני הצטברות מים למספר שעות. חומרי הגמר שיבחרו לפיתוח מרחבים אלה, צריכים להיות עמידים בפני הצטברות מים למספר שעות.

ג. יתרונות

פתרון המאפשר שילוב מיטבי בין ניהול מי גרר ופרט הגנה מפני הצפות, יחד עם מרחב פתוח עירוני פעיל. בימים יבשים הכיכר מתפקדת כמרחב ציבורי רב תכליתי; בימים רטובים, המים נותרים בכיכר שמשנה את פניה וכך תורמת ליצירת נוף דינאמי וכחול בעיר.

ד. חסרונות

מאחר שמדובר באגום מים בשטח פתוח, יש לפעול לפי תקני בטיחות.

7.2.3 בריכת חורף (Vernal Pond)

א. הסבר כללי

בריכת חורף היא גוף מים עונתי, הניזון בעיקר ממי גגר, אך לעיתים גם ממי תחום רדודים. בריכות החורף עונתיות, ובקיש מתייבשות כחלק ממחזור טבעי. בריכת החורף אוגרת את המים למשך זמן רב, מה שהופך אותה לחלק ניכר ממשאבי הגוף והטבע העירוניים, ומאפשר לה לשמש בית גידול למיני צומח וחי ייחודיים במשך מרבית השנה.

ב. שילוב בתכנית

ניתן למקם בריכת חורף בשקעי קרקע, בהם יכולים להיקוות מי גגר. רצוי לאתר במקום בו הגגר נקווה באופן טבעי, פרק הזמן הדרוש לדחיסת חיים בבריכה להשלים את גלגול החיים הוא כ-4 חודשים ולכן יש להשוות את המים לפחות לתקופה. ניתן להאריך את משך האגום בבריכה, על ידי העמקת הבריכה וריבודה בקרקע חרסית/שאינה מחלחלת לצמצום איבוד המים. עם זאת יש להקפיד על ייבוש מוחלט של הבריכה עד לסוף הקיץ על מנת לשמור על הדינמיקה של בית הגידול.

שטח הבריכה יהיה לפחות חצי דונם, ויאסוף מי גגר מסביבתו. ניתן להוביל מים בתעלות ניקוז אל הבריכה, וכן יש לדאוג לאפשרות גלישה של עודפי מים (overflow).

ככל שצורת הבריכה מפותלת יותר ומעוצבת בעומקים משתנים, נוצרים תנאי גידול מגוונים יותר, שיכולים להתאים למינים שונים.

בריכות חורף יכולות לשמש כמוקדי פעילות פנאי בחיק הטבע וכאתרי טבע עירוני. ישנה חשיבות ליצירת מקבצים של בריכות חורף במרחק של עד כמה קילומטרים זו מזו, לצורך שמירה על חוסן בתי הגידול. באמצעי אגום הכוללים מים עומדים, עולה לעיתים חשש מפני הופעת יתושים, שלא בצדק. הרי מדובר בהשוואה זמנית של גגר, לכל היותר, למספר שעות בלבד, בעת אירועי גשם בחורף או בעונות המעבר, ואילו התרבות של יתושים מחקיימת בקיץ, ולכן אינה סכירה. בבריכות חורף, המצב שונה, כיוון שהמים יכולים לעמוד למשך מספר חודשים, אך מכיוון שמדובר במערכת אקולוגית חיה, הצמחייה ובעלי החיים מאזנים את המערכת, ולכן לא צפויה היווצרות יתושים.

ג. יתרונות

טיוב איכות המים, קיבוע פחמן מהאוויר ומיתון השפעות אקלים. הבריכה תומכת, מעודדת ומעשירה את המגוון הביולוגי, לרבות מיני בעלי חיים וצמחים נדירים. יצירת בתי גידול לחים תומכת במגוון ביולוגי ומשמרת את ערכי טבע של צמחייה, בע"ח או בתי גידול מקומיים וייחודיים לסביבתם. יתרון נוסף הינו יצירת פארקים התורמים לרווחה ולבריאות הציבור. מגע ישיר ובלתי אמצעי עם הטבע מביא עמו תועלות חברתיות, בריאותיות וחינוכיות.

ד. חסרונות

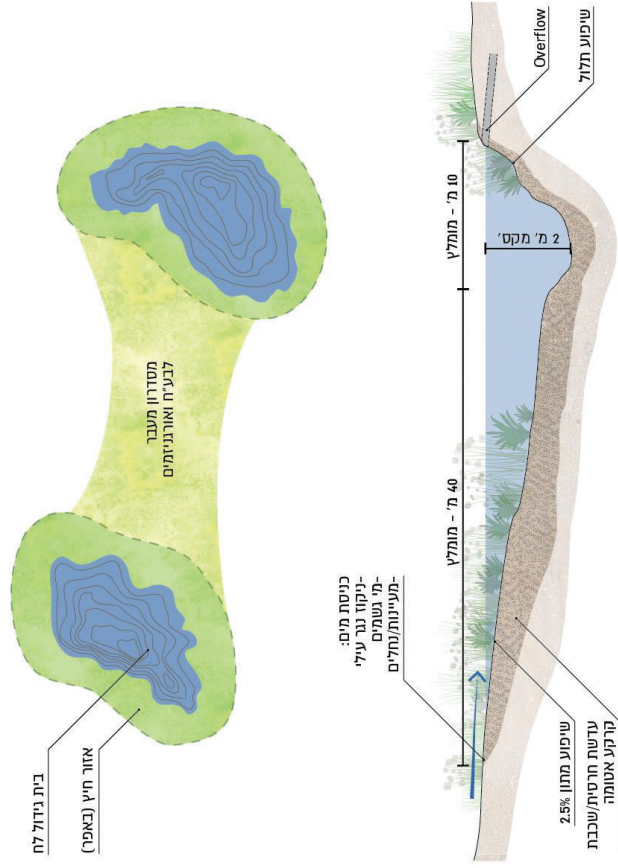
מאחר שמדובר בבריכה פתוחה בשטח ציבורי, יש לפעול לפי תקני בטיחות.

בשל הרגישות האקולוגית נדרשת איכות מים גבוהה ללא סכנה של גלישות ביוב וזיהומים אחרים.

על מנת שבריכת החורף תתפקד כסביבת מחיה, היא מתוכננת כך שמים יקוו בה ולא יחלחלו או יחדרו.

חלקם מתאדה, אך אחרי הגשמים הראשונים ומילוי הבריכה בתחילת החורף, מעט מים יוכלו להיאסף אליה במהלך המשך החורף.

איור 47 | השהייה ואגום באמצעות בריכת חורף



7.2.4 גג כחול (Blue Roof)

א. הסבר כללי

החזית התמישית ותקרות המרתפים של הבינוי הם יצרני הגגר המשמעותיים במגרש. בשל העובדה שהם אסומים לחלוטין, כך שמכמעט כל הגשם שירד עליהם מתהווה לגגר. בהתאם לכך, לגג ולתקרות המרתפים חשיבות ופוטנציאל גדולים בניהול הגגר במגרש.

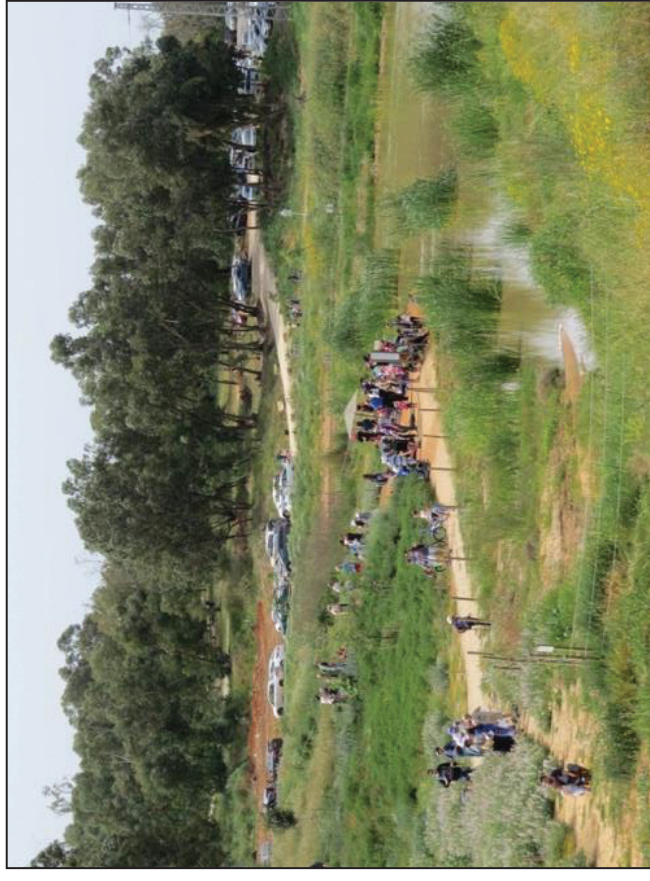
גג כחול (נקרא גם גג סופג או גג סופג), קולט ומשהה את הגגר לטובת הפחתת העומס בשאי האוויר, ולשחרור מבוקר של הגגר למגרש, לטיפול במילכ אגירה, בור לחלול, קידוח החדרה או מערכת תיעול עירונית. המערכת מורכבת משכבות שונות: מצעים סופחים, פתחים וסכרים שתופסים את הגגר הנקלט בגג, ומערכת ויסות שמשתחררת את הגגר הנאסף.

כאשר המערכת הנמצאת בחיפוי הגג מבוססת על תשתית להשריית גגר בלבד, היא תכונה גג כחול; מערכת הגג הכחול מסייעת בביקוז וייסות זרימת הגשם מהגג אל המרחבים, ובכך מסייעת במניעת הצפות. כל מערכת גג כחול תכלול שימוש בריעות הגנה על שכבת האיטום של הגג, ריעות לסיון אבק, ויישום שכבות ביקוז ותאחיזת מים מתאימות. בכל מקרה מערכת גג כחול יש לחפות באגרגט (מומלץ בהיר), כדוגמת חצץ פוליה שטוף לגגות בגודל מתאים (מערכת זו מאופיינת לעיתים בשכבות נוספות או שונות). ניתן לעשות שימוש משלים בקופסאות ביקורת מכניות או נקזים עם ווסת פיזי להאטה נוספת של הגגר באמצעות Overflow. קיימים היום גם פתרונות "חכמים" הניתנים לשליטה ובקרה מרחוק.

ב. שילוב בתכנית

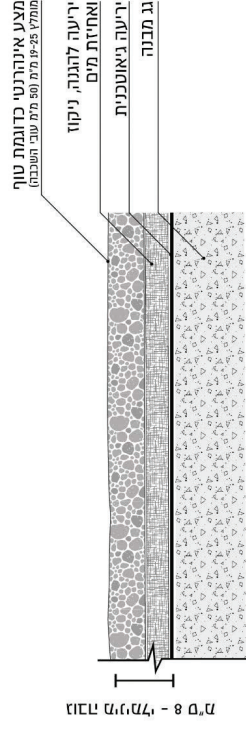
ניתן לשלב גגות כחולים על גבי גגות המבנים (קיימים או מתוכננים) או מעל חניונים, כאשר פתרון הקצה לגגר, ייקבע בהתאם לתנאי השטח והקרע ובהתאם לדרישות הרשות המקומית ותוך התחשבות בשיקולים הידרולוגיים, דרישות הנדסיות והעומס המרבי המותר לשימוש במבנה. אין מגיעה ואף מומלץ, לשלב את הגג הסופג עם מערכות הנדסיות נוספות, כגון, דודי שמש או פאנלים סולאריים¹⁴⁴, שניתן להניחם על גבי מצע הגג הסופג.

¹⁴⁴ מחקר שנערך באוני' חיפה, מצא שלא רק שרגיג הירוק יכול להשתלב עם פאנלים סולאריים, הם אף תורמים אחד לשני. הסיבה היא שהשפאנלים הופכים יעילים יותר, בכך שהם נשארים קרירים, ע"י אידוי המים מהצמחים. מחקרים בארה"ב הראו עלייה של 6% בייצור ההשמל במערכת סולארית על גבי ירוק בהשוואה לגג רגיל.



איור 48 | בריכת החורף לב שרון. תכנון וצילום: ליאב שלם

אזור 49 | השהיית מי גגר באמצעות מערכת מודולרית לגג כחול



אזור 50 | השהיית מי גגר באמצעות גג כחול



7.2.4.1 גג ירוק (Green Roof)

מערכת לגג ירוק מאפשרת יישום של מערכת צומח על גג המבנה במצע מנותק מהקרקע, מערכת הדומה בשכבות הבסיס לגג כחול ומאפשרת בכך לנהל גגר, בנוסף להשהיית הגגר במצעי הגידול. ישנו מגוון רב של מערכות לגג ירוק וצומח, בהן גם מערכות מודולריות, והגדרתן תלויה בעיקר בעומק מצע הגידול, משקל רווי כולל של המערכת, אופן התחזוקה, כמויות המים להשקיה, שימוש או אי שימוש בסוגי דשנים וסוגי הצמחייה.

ג. יתרונות

מי גגר המושהים בגג ועוברים סינון פיזי דרך המערכת אינם באים במגע עם שכבות האיסוס ויהיו נקיים ואיכותיים במיוחד, שכן אינם "אוספים" מזהמים הנפלטים מיריעות האיסוס. בשל כך ועל כן, ניתן להחזירם ישירות לחווך הרווי. הגגות הסופגים מהווים פתרון יעיל ולא יקר, במיוחד במגרשים ושכונות בהם אין שטח מספק להשקיה גגר. כמו כן, השימוש בהם מהווה ניצול של שטח עירוני (חזית חמישית ותקרות מדרגים), שלעיתים נמצא במצב מזוהז ובשימוש חלקי ביותר.

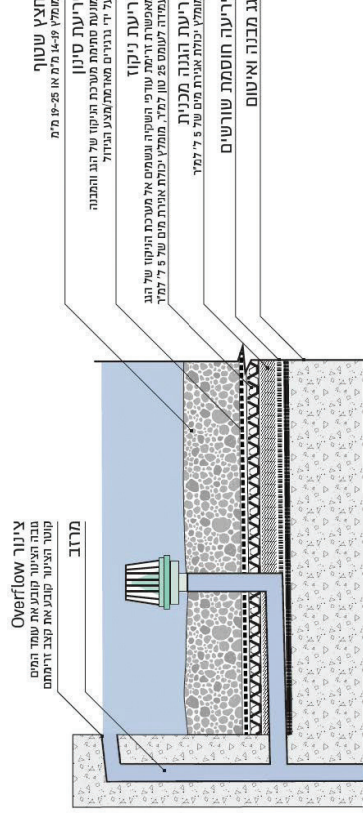
גג כחול דורש תחזוקה מינימלית, שעיקרה בבקורת עונתית של פתחי הניקוז.

גג כחול תורם להגנה על יריעות האיסוס של המבנה באמצעות ההגנה מפגיע סביבה ואור כגון קרינת שמש, ברד וכל. גג כחול תורם לשיפור ההתנהגות התרמית של הגג ומפחית את שטף החום של המבנה, מה שתורם לניסוח הטמפרטורה בקיץ, ובחורף בנוסף לערך אקוסטי משופר. חיפוי באגרגט בהיר תורם להפחתת א האיום העירוני. ויטות הטמפרטורה, מפחית את הדרישות לקירור וחימום המבנה, וע"כ כך מצמצם את צריכת האנרגיה שלו ואת היקף הפליטות, ובזאת, מסייע להפחתת תופעת אי החום העירוני.

ד. חסרונות

חוסר ניסיון בתחום הגגות הסופגים בישראל יוצר חששות לא מבוססים, ובכך מקשה על כניסה ומימוש האמצעי. ניתן לקלות שהיירות והיעילות של הגגות יזרוז את השימוש בהם. יש לוודא כי המערכת מותקנת על גבי איסוס תקין במבנים קיימים. בבניה קלה, דוגמת חלק מהמבנים התעשייתיים, יתכן ולא ניתן ליישם מערכת גג כחול עקב מגבלה הנדסית.

אזור 49 | השהיית מי גגר באמצעות מערכת מודולרית לגג כחול



7.2.6 מאגר יסות והשהייה

א. הסבר כללי

התפקיד העיקרי של מאגר יסות הוא להשהות גר בעת אירוע הגשם, ולשחררו באופן מבוקר, תוך הקטנת ספיקת השיא. בנוסף, חלוי במאפיני הגר והמקום, מאגר יכול לסייע בהעשרת מי תהום, אם ע"י השארת מקטע מחלחל בקרקעית המאגר או בשילוב קידוח החדרה.

יישומי המאגר מגוונים, ומשתנים לפי גודל המאגר ונפח ההשהייה, ובהתאם למיקום המאגר. אם מעל או מתחת לקרקע, ניתן לתכנן מאגר שהינו מיכל קטן, להשהיית גר מג מבנה בודד, שימוקם מעל / מתחת לקרקע, בחצר הבניין או בחנייה התת קרקעית. כמו כן, ניתן לתכנן מאגר למספר מבנים, לדוגמה, בשטח ציבורי פתוח – גינה או כיכר עירונית, שוב, מעל או מתחת לקרקע. בנוסף, ניתן לתכנן מאגרי איגום גדולים, ברמת השכונה או המרחב, מאגר כזה יכול גם להיות חנייה או מקלט תת קרקעיים, בתנאי לקיום מנגנון התראה לפינוי הרכבים או הציד במקום. בתכנון וביצוע המאגר יש לתת את הדעת לבטיחות יסודות המבנה.

על מנת שנפח מאגר הוויסות ייספר לטובת עמידה ביעד ניהול הגר, מומלץ לקבוע את שחרור המים המושהים בקצב של עד 25% מנפח המאגר בשעה, קרי, עד 4 שעות לשחרור המאגר כולו. שליטה בקצב שחרור המים יכולה להיעשות ע"י עיצוב חריץ היציאה או ע"י גודל המשאבה המנקזת. כמו כן, יש לתכנן את המאגר גם עבור אירועים חריגים, ע"י הוספת מוצא שני בצורת מגלש או משאבה גדולה יותר.

ב. שילוב בתכנית

ניתן לשלב מאגר על קרקעי פתוח באמצעות עיצוב טופוגרפיה ושיפועים בחחום מגרשי ספורט, גינות משחקים או כיכרות עירוניות, (ראו סעיף 7.1.1 'עיצוב טופוגרפיה ושיפועים', וסעיף 7.2.2 'כיכרות מים'). באופן זה ניתן ליצור השהייה בעומק של כמה עשרות סנטימטרים מגוונים או מרופפים, שיכולים לשמש כפסג הצפה באירועי קיצון. דרך נוספת לשילוב מאגר יסות על קרקעי הינה באמצעות חיבור צמ"גים (צינור מי גשם) מהגגות והמרפסות למיכל, והוא יכול להיות משולב בפיתוח הגופי של השטח, אם בתחום ספסל ישיבה או אלמנט פיתוח אחר, אשר יאפשר את הסמעת המערכת תוך צמצום הפגיעה הגופית.

לעיתים, בעיקר במרקמים בנויים, אין ברירה אלא לבנות מאגר תת קרקעי, בהתייחס לשיקולים של נפח המאגר מול שטח הקרקע שתופס. דרך אחת לכך היא שימוש במוצרים סטנדרטיים, בדרך כלל מפלסטיק, דוגמת Drainboxes, או שיטות נוספות, שיתרונן בביצוע מהיר ונקי. תפאת מגבלת הגובה (2.5 מ') והעומס של אמצעים אלו, הם לא מתאימים במקומות המוגבלים בשטחם, או כאשר רצים לבנות מעליהם. לטובת מאגרים גדולים יותר בתת הקרקע, ניתן להשתמש בבטון, שמגבלות הגובה אינן חלות עליו, ולכן ניתן לצמצם את שטחו. בנוסף, על מנת לצמצם את נפח ושטח המאגר, מומלץ להשתמש בו בחלק ממערך אמצעי ניהול גר במרחב, לדוגמה, ע"י תכנון והרטייה למתקן הכניסה בחיסט מקר קיעה התייעול.

7.2.5 קיר ירוק (Green Wall)

א. הסבר כללי

קירות ירוקים הם קירות בהם מגדלים צמחים על גבי משטחים אכיים הצמודים או סמוכים לקירות מבנים. פתרון זה מאפשר קציר מים, ע"י לכידת מי הגשם באמצעות צמחייה, וכן, איזון, השהייה והשקיה של הצמחייה.

קיימות מספר אפשרויות ליצירת קיר ירוק כגון צמחים מספסים ששורשיהם באדמה, לרוב, הקירות הירוקים משלבים מצעים מנותקים, המותקנים על הקיר, לעיתים, כגידולים הידרופוניים או על גבי פאנלים המכילים מצעי גידול בכיסים מבד לבד ובדרכים אחרות, תוך שימוש במגוון טכנולוגיות וחומרים.

ב. שילוב בתכנית

פתרון המתאים במקרים של בינוי גבוה ושטחי גגות מצומצמים, כך שחזיתות המבנה מאפשרות קליטת נפח גר משמעותי. ישנה עדיפות למיקום הקיר בחזית מערבית, לאור משטר הגשמים האופייני בארץ.

ג. יתרונות

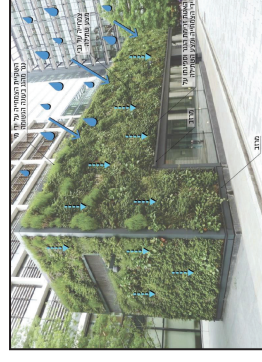
הקירות הירוקים תורמים ולמבנה עצמו ולסביבתו הקרובה. הקיר הירוק מגן מהשמש, מווסת את הטמפרטורה במבנה באמצעות שכבת הבידוד שיוצר. כך שצריכת האנרגיה במבנה פוחתת, ובהתאם גם היקף הפליטות. בנוסף, הקיר הירוק מפחית רעש וזיהום אוויר ומחווה אלמנט גופי ועיצובי.

הקירות הירוקים תורמים לחיסכון במים – מאחר והשתילים גדלים זה מעל זה, נעשה שימוש יעיל במים המחלחלים מהצמח העליון לאלו שחתתיו. קירות ירוקים יכולים גם לשמש לאורך גידולים חקלאיים.

ד. חסרונות

דורש תחזוקה גבוהה יחסית, השקיה ברוב השנה, ולרוב מחייב גם דישון.

איור 55 | קיר ירוק בלונדון, אנגליה. New Street Square, Holborn



תכנון: Biotechnology

ג. יתרונות

ומהתחזקה של המאגר פשוטים וזולים יחסית. נכון, יכול לחלות פתרו לרבעות הצפה של שכונה שלמה, וגם להיות יעיל ברמת הבניין הבודד. התפעול במיוחד, עושים את מאגר הוויסות לאמצעי אטרקטיבי לשילוב בתכנית. מאגר ויסות גדול דיו הממוקם ועוד. מגוון אפשרויות היישום הרחב, בשילוב עם פוטנציאל ניהול נפחי גר גדולים ואמצעות ועמדות גבוהים ושטח ציבורי פתוח, במיכל זעיר המשולב בחצר המבנה או שמא בחלל חפור בתחת הקרקע בפנפים שונים וחסרונותיו של המאגר משתנים בהתאם ליישום שלו, בין שמדובר בשימוש משני של השרהית גר בתחום

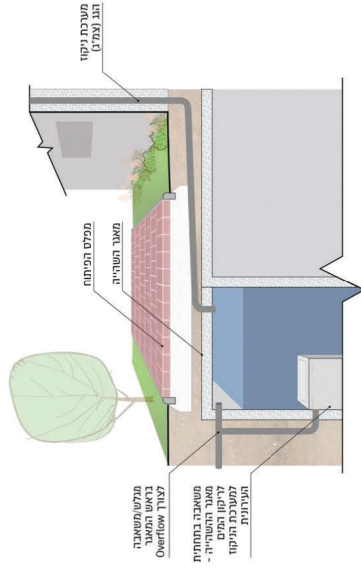
ד. חסרונות

כלל שמדובר באמצעי הנדסי חפור בתת הקרקע, דורש שטח זמין במיקום מתאים, ועלות ההקמה יכולה להיות גבוהה יחסית לאמצעי ניהול גג אחרים. כלל שמדובר במאגר על קרקעי, עלול לתפוס שטח גדול, ניתן לאמצע הסרוו זה ע"י עירוב שימושים ושילוב חכם בפיתוח, אך כלכלת אמת מדובר במגבלה

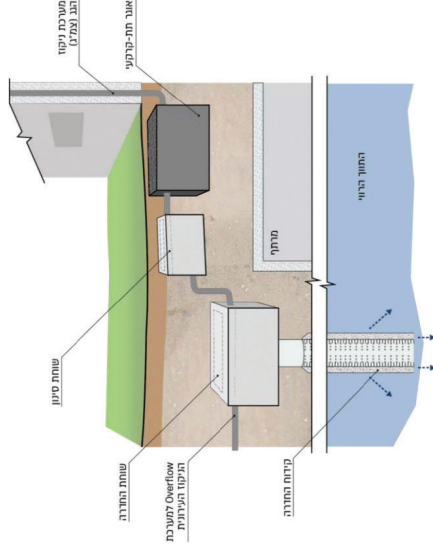
מאגר תת-קרקעי לוויות נגר מתחת לפארק בנסח של 54,000 מ"ק. | **איור 56**



מאגר יסות תת-קרקעי בין קומת המרתף ומפלס הרחוב



אור תת-קרקעי קטלוגי | **איור 58**



7.2.7. השויה במעלה

א. הסבר כללי

על הטיפול בגגר להתחיל במקום היווצרותו שלו, במעלה האגן באמצעות אזורי השהייה. הטיפול במעלה יצמצם את ספיקות הגגר במורד, בכך שימנע אנרגיות גבוהות של המים אשר גורמים להסעה, סחיפה, הצטברות ובבירת תאוצה של תנועת גגר למורד. שטחים פתוחים כגון פארקים, יערות ושדות חקלאיים מהווים חלק משמעותי מסך השטחים הפתוחים בכל אגן ההיקוות. בתכנון ותפעול מושכל של שטחים אלו, ניתן יהיה להשתמש בהם לטובת השהייה נפחי גגר משמעותיים, ועל ידי כך להביא לצמצום בזקי גגר במורד, במקביל להעשרת מי התהום. תכנית הצמחייה בשטחים הפתוחים משפיעה על כמות המים שיקלטו ואף על גובהי הזרימה שלהם מעל הקרקע. כגור עילי, בנוסף לתת-הקרקע, כיסוי קרקע מלא וחומר אורגני בשלבי פירוק שונים שומרים על מבנה קרום הקרקע ויכולתו לספוח כמות גדולה של מים, סביבת שורשים מפוזרת תורמת לחזירת מים לעומק הקרקע והגדלת אגרי המים. מלבד תכנית הקרקע תוואי השטח עשוי לשמש למיתון וניתוב זרימות ולהשהייה גגר קצרת וארוכת מעד.

ב. שילוב בתכנית

על מנת לשלב שטחי השהייה בתכנית, ראשית יש לזהות במעלה ויחידות משמעותיות של שטחים פתוחים רלוונטיים, כגון פארקים, יערות ושטחים חקלאיים. את השטחים שנמצאו יש לבחון מבחינת שפועים, סוג קרקע, אחוז כיסוי צמחי, אגני היקוות וערוצי זרימה ברמה המקומית. על בסיס הניתוח, ניתן לזהות ולצמצם אזורים תורמי גגר כגון משטחי סלע ובינוי, קרחות יער, עיבוד חקלאי, כרי מרעה, דרכים, תבניות וקווי חץ למניעת שריפות. בכדי שלא ליצור ערוצי זרימה מהמעלה, יש להימנע ממקום אזורי תורמי הגגר באופן רציף ובנויב לקווי הגובה. כמו כן, לטובת זיהוי שטחים מועדים לסחף קרקע, ניתן להיעזר [במפת סיכוני סחיפה של משרד התקלאות](#).

המערכת האקוידידולוגית בשטחי פארקים ויערות הינה מורכבת מאד ושונה מהסביבה העירונית או המרחב החקלאי. לגגר העירוני השפעה דרמטית על המערכת, הדורשת אמצעים לטיהור המים המזוהמים בתשטיפים עירוניים ותחבורתיים, לשם הבטחת פעילות המערכת ותורמתה למערכת האקולוגית בטווח הארוך, יש להתייעץ עם מומחים בחחומים הרלוונטיים.

לטובת שימוש בשטחים חקלאיים להשהייה גגר, יש לאפיין את הגידולים והממשק החקלאי (גד"ש, פלחה ומטעים), גודל השדות, טיפוס הקרקע, מקדם החלחול של הקרקע והממשקים המיושמים. בהתאם לאלו, וללאור המלצות יועץ חקלאי ובחינת זכאות לתמיכה כספית¹⁶⁵, יש לקבוע את הממשק המתאים בתכנית.

¹⁶⁵ תמיכות הניתנות ע"י משרד החקלאות במסגרת קול קורא לתמיכה בפעולות שימור קרקע ומים.

ג. יתרונות

השהייה גגר בתכנון מושלם וסביבתי באזורים המיועדים לפארקים ויערות מעשרה את המערכת האקולוגית והנופית של מרחב הפארק. קרקע לא ממוזקקת ושורשים עמוקים יוצרים מוליכות מים טובה וזאת לצד מערכת אקולוגית מפוזרת, המשמשת כפילטר ביולוגי, הופכת את היער לאזור השהייה והחדרה ולוויסות שיטפונות והצפות.

חקלאות המתוכננת באופן המשמר גגר, הינה, מעבר להיבטים של השהייה וחלחול מי הגגר, בעלת יתרונות רבים בהיבט החקלאי: שימוש נכון בממשקים חקלאיים משמרי גגר תורם לבריאות ופרייות הקרקע וכן, מצמצם את זיהום הנחלים בכימיקלים שמקורם בענף החקלאות והתחבורה. תפיסת מי הגגר העילי מגדילה את אגרי המים הדרוש עבור הגידולים החקלאיים ומקטינה סחף קרקע מהשדה. מניעת סחף ושימור קרום קרקע תורמים בטיוב סביבת השורש ושמירת חומרי ההזנה בשדה.

ד. חסרונות

באזורים בהם כמויות הגשם השנתיות אינן גבוהות יש להתייחס להשפעה של הפחתת הגגר במורד ולוודא כי לא עתיד להיגרם מכר נזק. וזאת בהתייחס לגודל השטח המטופל ביחס לשטח אגן ההיקוות.

על אף היתרונות המוסכמים של ממשקים משמרי גגר בחקלאות, בחינה של עלות תועלת ליישומם, שאינה מתייחסת לתועלות ניהול הגגר ומניעת הנזקים במורד, עשויה להצביע על שאינה משתלמת כלכלית. גם במקרים בהם קיימת כדאיות כלכלית, עלויות ההסבה לממשק עיבוד חדש עשויות להיות חסם נוסף.

7.2.7.2. דוגמאות להשתיית גגר בשטחים חקלאיים

א. עיבוד לאורך קווי הגובה בשדה
קווי חריש או חלמים המשקים לקווי הגובה שבורים את נתיבי המים ומפזרים אותם לאורך השדה. החסיפה המשטחית קיימת אך נמוכה, ותוצאתה נבלמת לאורך המדרון ע"י בליטות הקרקע שמייצר ממשק העיבוד. להבדיל, עובדי שדה החותכים את קווי הגובה מנקיזים את המים לערוצים מקומיים ומאפשרים להם לזרום במדרון ללא הפרעה. סחיפה ערוצית מסוג זה מייצרת סחף קרקע מקומי לאורך נתיב הזרימה וגורמת להעמקה שלו ולהגברת אנרגיית הזרימה והסחף בערוץ. בשיפועים גבוהים ניתן לדגדג את השטח באמצעים שונים כגון גדודיות, לימנים או טרסות לאורך קווי הגובה.

איור 60 | דירוג שטח חקלאי משופע באמצעות טרסות בבחל יונאי

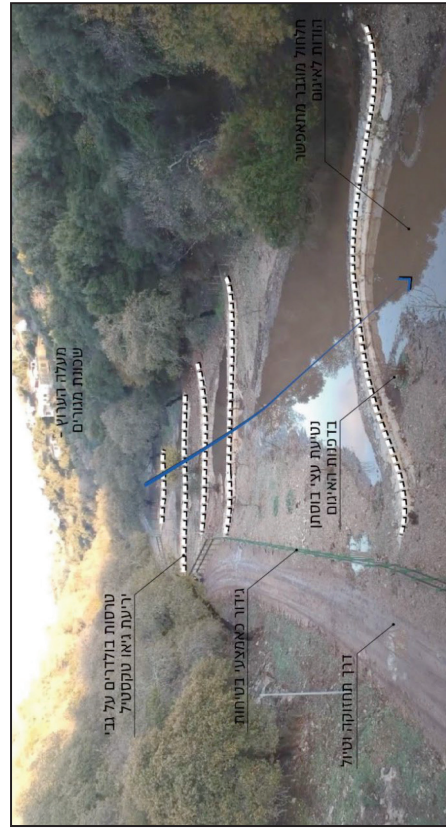


ב. חיפוי קרקע צמחי או יבש
טיפות הגשם המכות על קרקע חשופה אוטמות ומחדקות אותה. שיכור הנפילה ע"י כיסוי צומח שומר על מרקם הקרקע ויכולה לספוח מים. כיסוי צמחי יבש יסייע במיתון זרימות מקומיות העוברות מעליו. כיסוי חי של צמחיה בעלת שורשים, יתרום גם בהחדרת המים לעומק הקרקע.

7.2.7.1. דוגמאות להשתיית גגר ביערות ופארקים

א. השתיית גגר באמצעות נטיעות בשטחים חשופים
נטיעות וכיסוי צמחי במדרונות חשופים יצמצמו את כמות הגגר העילי בסדרי גודל, ישפרו את אחיזת הקרקע ויצבותה עם הזמן, קרקע זו תאפשר שגשוג של צומח רב-שנתי ועשבוני, כשכבות נוספות של כיסוי צמחי. שורשי עצים עמוקים ועשבייה מקומית, יגבירו את הולכת המים ואת האוגר בקרקע. פעולות אלו יקטינו את מקדם הגגר ויפחתו את עוצמת הזרימות במורד ויצמצמו סחף קרקע. שילוב הנטיעות עם פעולות נוספות של בניית מלכודות סחף וגגר ובניית טראסות יעצמו את השפעתן לצמצום הגגר העילי ובכך יצמצמו את השיטפונות וההצפות במורד האגן.
ככלל שטחי כיסוי יער כמעט ולא מייצרים גגר עילי.

איור 59 | השתיית באמצעות מדרגי סלע, יריעת בד גיא טכני ונטיעות בוסתן בשטחים המוצפים, בחל דושה



תכנון וביצוע: קק"ל

7.2.8 מאגרי צד

א. הסבר כללי

מאגרי צד הם גופי מים בעלי נפח משמעותי, המתמלאים על-ידי הפניה של זרימות שטפונות מאפיק הנחל. חזנת המאגרים מפחיתה את נפח המים שעובר באפיק הנחל באירועי קיצון ובכך מקטינה את ספיקות השיא במורד. אגום המים עשוי לשמש ישירות לחקלאות, או להעשרת מי התהום, וכן, ליצירת ערכים נופיים ובתי גידול לחים בסביבת המאגר והתעלות המזינות אותו. האגר האפקטיבי המסייע בוויסות הספיקות בבחל חלוי בשטח המאגר והפרש הגובה בין מפלס המים בתחילת אירוע הגשם ובין המפלס המקסימלי. עם מילוי המאגר, עומק המים וקצב החלחול של הקרקעית יקבעו את משך מופע המים. במידת הצורך, ניתן לחפור תעלת ניקוז החסומה בסכר שתאפשר לרוקן את המים אל הנחל שבמורד בתום האירוע, על מנת לפנות נפח אגירה לקראת אירוע הגשם הבא.

ב. שילוב בתכנית

לצורך שילוב מאגרי צד בתכנית, יש למפות את מרחב הנחל לטובת זיהוי שטחים המתאימים לאגום או השהייה זמנית של מים באירועים שטפוניים, דוגמת מחצבות, פארקים, שטחים חקלאיים ושטחים פתוחים נוספים שיפורטו בדוגמאות המשך. שטח וחתך המאגר ונפח האגירה הרצוי, ייקבעו בהתאם לחישוב נפחי הגאוויות.

המגלש ותעלת ההטיה למאגר יתוכננו בהתאם למפלס הירימה בנחל בספיקות התכנון הנדרשות, תוך התייחסות לפונקציית המטרה. תיתכנה למשל, דרישות להשארת זרימת בסיס במורד לשם קיום זרימות סביבתיות. שיקול נוסף הוא נפח האגירה הזמין ביחס לנפחי הגאוויות הצפויים. ככל שהנפח הזמין קטן מדי, ניתן יהיה לתכנן את ההטיה כך שתתפוס רק את שיא הזרימה, על מנת שלא לבזבז נפח בספיקות גמכות. אפשר ויהיו גם מגבלות מקומיות כגון אזורים עליהם יש לשמור מהצפה בהסתברויות שונות, (למשל, אזור פעיל מול אזור לא פעיל במחצבה). כל התערבות במשטרי הזרימה של הנחל תיעשה תוך בחינת השוניים הצפויים ברצועת ההשפעה של הנחל ושמירה על בתי הגידול הטבעיים שבה.

תכנון בתי הגידול והשימושים הרצויים במאגר יתחשב בהידרופורידה (משך האגום או ההשהיה של המים במהלך עונות השנה) ובשנויים ותקופות חזרה רב-שנתיים. הסטת מים מאפיק הנחל תתמקד בוויסות אירועי שיא ותמנע מפגיעה בזרימת הבסיס. כל התערבות במשטרי הזרימה של הנחל תיעשה תוך בחינת השוניים הצפויים ברצועת ההשפעה של הנחל ושמירה על בתי הגידול הטבעיים שבה.

ג. יתרונות

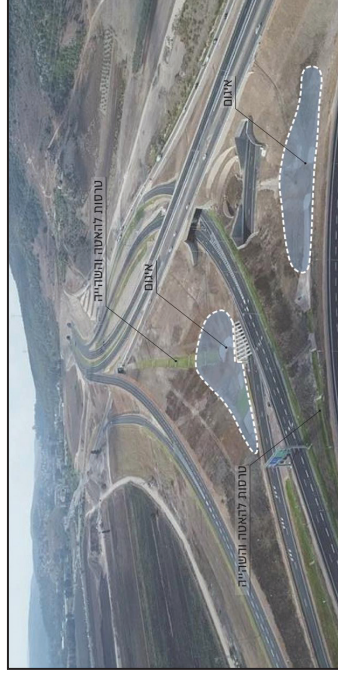
המאגר הפתוח וסביבתו תומכים ומעודדים יצירת ערכים נופיים ואקולוגיים במרחב. בדגש על תעלות ההזנה והניקוז המשמשים כמסדרון הידרולוגי ואקולוגי וכמסלולי טיול במרחב הנחל. מופע המים המשתנה לאורך השנה והמערכת האקולוגית של בית גידול לח מעשירים את הסביבה הטבעית של המאגר וכן את חווית הנופש והפנאי בשטחים אלו. מאגרי צד נוטים להתמלא בפחות סחף ועל כן דורשים תחזוקה נמוכה יותר בהשוואה למאגרים בערוץ הנחל.

7.2.8.1 דוגמאות לממשקים של מאגרי צדא. חפירת מאגר חדש

א. אתר ויסות

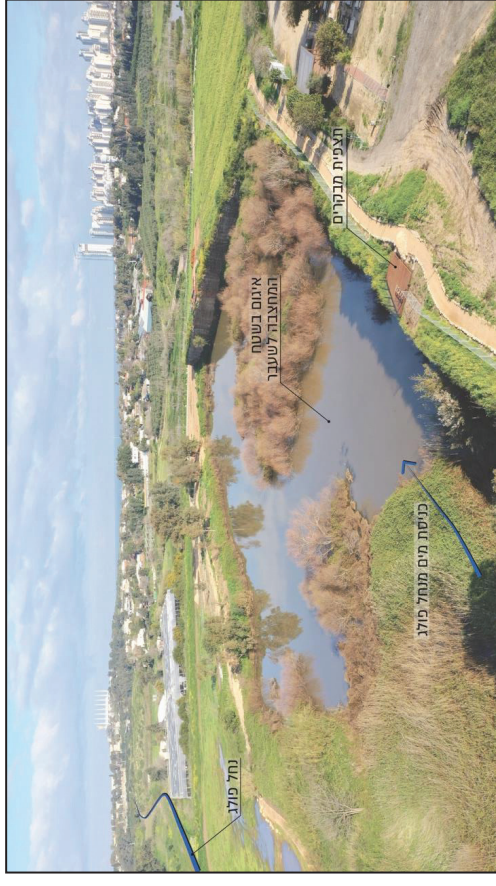
חפירת אתר ויסות מאפשרת לבחור את מיקומו, סוג הקרקעית (לאפשר חלחול או אגירה), נפח ותכנון החתכים הרצויים.

אור 61 | בריכות חורף בתחום מחלף תל קשיש, כביש 6, ניקוז שטחי המחלף ויצירת ערוץ אקולוגי



ב. מאגר מחצבה

מחצבות רבות נחפרו בערוצי נחלים או בקרבתם, ובתום תקופת פעילות האתר, ניתן להשתמש בבורות החציבה כמאגרים להשהייה וחלחול. השימוש במחצבה לטובת מאגרי מים צריך לכלול פעולות שיקום וייצוב על מנת להימנע מקריסת מדרונות וזיהום מי תהום.



תכנון: בריידיא-מעוז. צילום: מדבא מדידות והנדסה בע"מ

ג. הצפת התוואי ההיסטורי הטבעי

נחלים וערוצי זרימה רבים הוסדרו בתעלות עמוקות וישרות. ככלל, תנועת המים בערוץ תשאף לחזור לצורתה הטבעית. במקרים רבים תוואי הזרימה הטבעיים עדיין נוכחים בשטח, ועל ידי הסרת חסמים בנקודות החיכוך עם תעלת הנחל, ניתן לשלב חזרה לתוואי הנחל הטבעי. ככל שלא התבצעה הפרה משמעותית, התוואי ההיסטורי יהיה נמור ביחס לשטח ויכול לשמש כמאגר ליגארי זמני.

ד. תעלות הגנה

תעלות המוליכות את עודפי-המים (Overflow) מהאזור המוצף למורד הערוץ הראשי. התעלות חוצות בין השטח המוצף למרחבים הסובבים אותו, ומגניות עליהם במצב של עלייה קיצונית במפלס המים. תכנון מאפיינים טבעיים לתעלה (תוואי, חתך וכיסוי קרקעית וגדות), יאפשר יצירה של בית גידול חדש, התומך בתפקוד המערכת האקולוגית של מרחב הנחל. עם זאת, נדרשת התחשבות בצורך ההידרולוגי של הולכה יעילה של המים למורד גם באירועי קיצון.

7.2.9 פשט הצפה

א. הסבר כללי

לכל ערוץ נחל כושר הולכה מוגבל, הנקבע לפי מידות החתך והשיפוע האורכי הקבועים, והספיקה ומקדם החיכוך המשתנים. בעליית המפלס לגובה הגדות נפרצים ערוצי זרימה חדשים וזרימות רדודות מתחילות להציף שטחים נרחבים, הנקראים פשטי ההצפה של הנחל. מחזורי ההצפה של פשט הנחל תורמים ליצירת המערכת האקולוגית בסביבתו, והם חלק טבעי ורצוי בוויסות משטר הזרימה במורד. שטחים מישוריים בפשט ההצפה של הנחל משמשים להשקיה וחלחול של נפחי מים גדולים לפרקי זמן קצובים. משך ההצפה יכול לנוע בין דקות לימים ספורים, ומושפע בעיקר מנפח ההצפה, ממקדם החלחול של הקרקע, מגובה המים וכן מהאפשרות של המים להתנקז חזרה לערוץ הזרימה, עם ירידת המפלס בתעלה.

ב. שילוב בתכנית

נפח ההצפה האפקטיבי נגזר מגובה המפלס וגודל השטח המוצף, ובמידה פחותה, מקצב החלחול של הקרקע. למציאת רום ההצפה. על מנת לחשב את גובה ושטח ההצפה, יש להציב מודל הידראולי דו-מימדי של הנחל והשטח הרלוונטי לפשט ההצפה, לפי תקופות חזרה שונות. החישוב יתייחס גם לתוואי חלילה של המים מהערוץ הראשי, לאורך מקטעים שלמים או בתעלות.

לצורך איתור פשטי הצפה פוטנציאליים, יש למפות את שימושי הקרקע במרחב הנחל, ולבחון את השימושים שיוכלים להתקיים בסביבה מוצפת. שציפים עירוניים, שדות חקלאיים, פארקים וכו', שטחים פתוחים נוספים יכולים לשמש להצפה מלאה, מבלי שתפקודם העיקרי יפגע. עם זאת, נדרשת התאמה פרטנית לגבי הצרכים השונים של כל שטח, (שטח חקלאי מול שטח פתוח לדוגמה) ומשך ההצפה הצפוי. ניתן לראות הרחבה בסעיף 7.2.7 'השהייה במעלה'.

שילוב תשתיות בשטח פשט ההצפה, יבחן ביחס להבטחת עמידותן באירועי הצפה. בנוסף, יש להציב בשטח שילוט המזהיר מתנועה במקום. במהלך אירועי גשם והצפות. כמו כן, ניתן להשתמש באמצעים שונים, כגון תעלות/סוללות הגנה ועוד, לטובת תיווך והגבלת שטח ועוצמת ההצפה. ככל שמשתמשים בתעלות, סוללות וסכרים, יש לשקול בעת הליך התכנון גם היבטי תפעול, תחזוקה ובקרה לפני, בעת ואחרי אירועי הגשם.

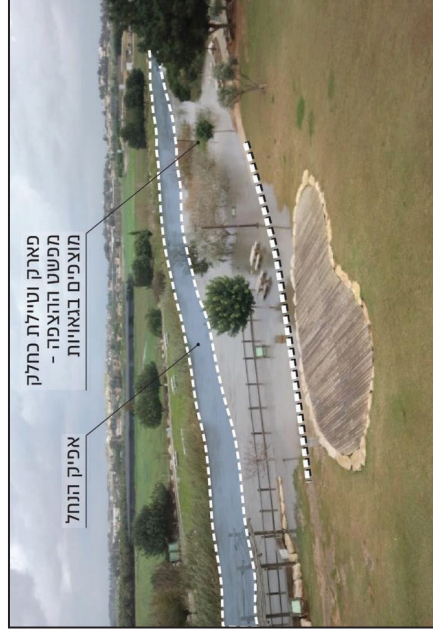
ג. יתרונות

שימוש משוכל בשטחים פתוחים גם לטובת השהייה וחלחול באירועי שיא, ללא פגיעה בתפקוד העיקרי שלהם. מהווה תכנון מתקדם וחכם, המאפשר ניצול מיטבי של משאב הקרקע. בהשוואה לתכנון מאגרים ושטחים לניהול גגר בכלל. בנוסף, תכנון זה מאפשר תפיסה של הגגר, באמצעות אגום וחלחול, ושימוש בגגר להחדרה או השקית שטחים חקלאיים וטבעיים. הרחבת הרצועה הלחה לצד אפיק הנחל מחזקת את התפקודים השונים של רצועת ההשפעה.

ב. פשט הצפה בשטחים פתוחים

שטחים פתוחים כמו יער, פארק, שצ"פ וכ' בקרבת אפיק הנחל, הינם בעלי פוטנציאל לתפקד גם כפשט הצפה. התפקוד כפשט הצפה יהיה בהתייחס לתכסית השטח, על מנת למנוע פגיעה מהצפה מתמשכת. תכנון השטח המוצף בשילוב יצירת בתי גידול חדשים ומופע מים משתנה, יוכלו להעשיר את סביבת השטח הפתוח מבחינה נופית ואקולוגית. תכנון שימושים עמידים להצפה ותכסית קרקע שאינה אטימה, אפשר לשטחים אלו דו-שימושיות, וחשיבות בניהול משטרי הזרימה ומרחב הנחל.

אזור 64 | הצפה של פארקים ותשתיות טיילות ונופש, נחל אלכסנדר



ד. חסרונות

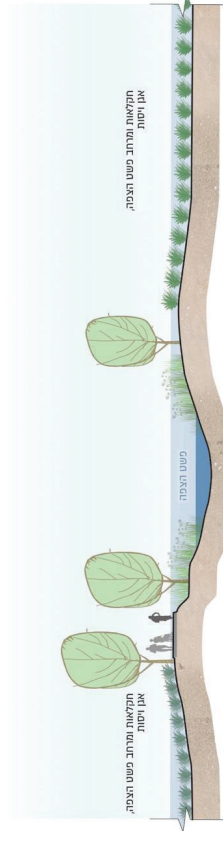
ההצפה דורשת שטחים רחבים למשכי זמן משתנים, ויש לבחון שאינה פוגעת בשימושים הנוספים המוכוונים של השטח.

7.2.9.1. דוגמאות ליישומים של פשטי הצפה

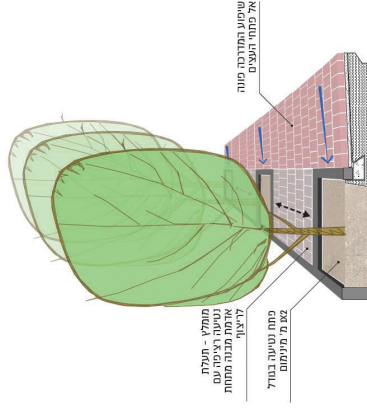
א. פשט הצפה בשטחי חקלאות

בעבר הפניית זרימות רדודות לשדות חקלאיים הייתה ממשיך חקלאי מקובל. הזרימה השטפוגית העשירה את הקרקע ושימשה להשקיה. בחקלאות המודרנית אין צורך בהצפת השטחים, ואף קיים חשש לנזק ליבולים, בהתאם לסוג הגידולים, עומק ומשך ההצפה. כיום, בשטחי חקלאות הנמצאים בתחום פשט ההצפה ומשמשים להשקיה גגר, נדרש תיאום ובקרה על מנת לשמור על תפקודם. בחירה של שטחים חקלאיים שישמשו כפשטי הצפה (ע"י הסטה מכוונת של גגר אליהם), תהיה בהתייחס להשפעה הצפויה לשטח, מבחינת הקרקע והתוצרת החקלאית, במטרה ומקסם את התרומה לקרקע ולצמצם את היקף הנזק. תכנון להצפת שטחים חקלאיים יעשה בתיאום מלא עם החקלאים, וכלל שמדובר בשטחים גרתיים, התיאום יהיה גם עם משרד החקלאות.

אזור 63 | פשט הצפה בשטחים חקלאיים



אור 65 | חלחול לתוור הבלתי רווי באמצעות תעלות וערוגות עצים



7.3.2 מעגלי תנועה

א. הסבר כללי

מעגל תנועה הוא אלמנט תחבורתי נפוץ לוויות תנועה. שטח הכיכר הפנימי ברוב המקרים אינו שימושי, להוציא תועלות חזותיות. ניתן להשתמש בשטח זה גם לניהול גגר, בשילוב אמצעי השהייה וחלחול.

ב. שילוב בתכנית

ברוב המקרים, מעגל תנועה מתוכנן לנהל גגר, יתוכנן במפלס נמוך מסביבתו וכך יקלוט את הגגר מהכביש המקיף אותו. המים יזרמו למעגל התנועה באמצעות קולטן ייעודי, או דרך הריצוף החוצץ בין הכביש למעגל, שעליו להיות במפלס מתאים.

בת הקרקע מתחת למעגל יש לבסס מצע מחלחל, שממנו תהיה יציאה למערכת היתעול או לאמצעי ניהול גגר אחר. ככל שהגגר יזרם למערכת היתעול, כושר ההולכה של המוצא יתחשב בגפס המים שניתן לאגור בכיכר, על מנת להבטיח מניעת הצפה בכביש.¹⁶ כמו כן, אין להתחשב בקצב החלחול בחישוב כושר ההולכה, מכיוון שהינו קטן בסדר גודל מקצב היווצרות הגר בעת אירוע שיא.

¹⁶ לפי ההסתברות הקובעת בתמ"א 1 - 1:20 שנה.

7.3 חלחול לתוור הבלתי רווי

מקור מי התהום בתת הקרקע (אקוויפרים), הוא מחלחול גשמים ומעינות. המים הנצברים, מרווים ונשמרים בין חללי הסלעים, בדומה לספוג הרווי במים. מעינת הזרמה טבעית לשכבת האקוויפר עלולה להביא לזיהומם ובכך להוציא מתפקוד כמקור מים.

חלחול לתוור הבלתי רווי הוא חלחול טבעי של הגגר עד לעומק של 3 מטר מעל מי התהום. החלחול מאפשר לגגר לעבור תהליכי טיהור טבעיים, ולכן, בשונה מהחדרה לתוור הרווי, בה ניתן להשתמש בגגר נקי בלבד, בחלחול ניתן לעשות שימוש בגגר שמקורו בדרכים ובגינות. מהתוור הלא רווי, בהתאם לגובה מי התהום, יחלחלו המים בהדרגה ויעשירו את מי התהום (התוור הרווי).

7.3.1 תעלות וערוגות עצים

א. הסבר כללי

הפניית מי גגר ממדרכות ומשטחים מרצפים לערוגות שתילה, ע"י מיקום הערוגות נמוך ממפלס הריצוף, לצורך השהייה וחלחול מי גגר, לעיתים דרש לשלב מגביל שורשים.

ב. שילוב בתכנית

חתך הרחובות הטיפוסי משלב רצועת תשתיות לאורך אבני השפה. רצועות אלו יכולות להיות משולבת בפנתי נטיעה ארוכים לעצים או ערוגות לינאריות, ברוחב מינימאלי של 1 מ'. (תור שמירה על רציפות בית גידול). אליהם יאספו מי הגגר. הפניית מי גגר מרחבות וכיכרות אל ערוגות צמחייה ונטיעות. מגרשי חנייה משולבים רצועות גיגון לינאריות אליהם נאספים מי הגגר, על מנת לשמור על נגישות, יש לאפשר מעברים ממקומות חנייה או חציה של הרחוב.

בפתרונות המשלבים בתי גידול לעצים, מומלץ להשאיר את סביבת העץ פנויה מריצוף אטום, על מנת להבטיח מרחב גידול מיטבי לעץ ובכך גם לשפר את יכולת ניהול הגגר וחלחול לקרקע.

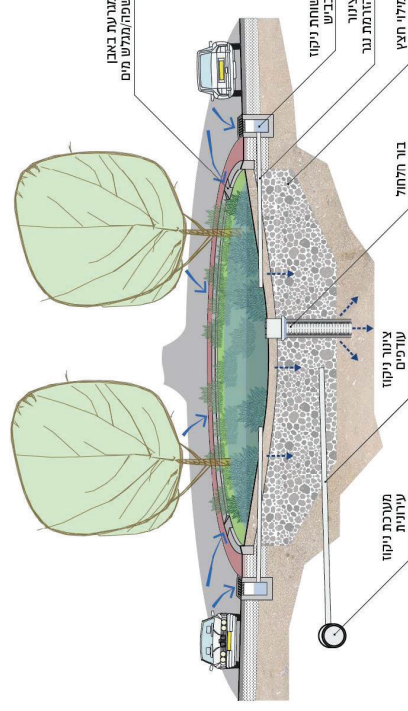
ג. יתרונות

מיחזור מי גגר להשקית צמחייה ונטיעות, וחסכון בהוצאות השקיה. העצמת השלד הירוק ברחובות, שיפור ושימור איכות הגגר והקרקע.

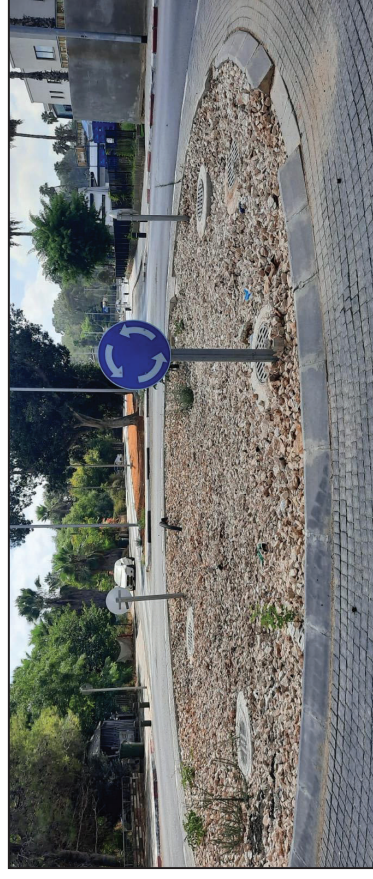
ד. חסרונות

קושי בתחזוקה שוטפת של רצועות מגוננות צרות ולא רציפות במרחב הציבורי

אזור 66 | חלחול לתווך הבלתי רווי במעגלי תנועה



אזור 67 | כיכר מחלחלת בפרס חנה (טרם שתילת הצמחייה).



תכנון הידרולוגי וצילום: אורי מורן

ממלץ לבנות את הכיכר עם אלמנט מחלחל הדומה לבריכת שיוך (ראו סעיף 6.3.2, 'ברכת שיוך'). במידה ושכבות הקרקע העליונות מתאימות לחלחול, ניתן לבסס מצע מחלחל.

ככל, שדרש לחדור שכבת חרסית בכדי להגיע לשכבת המסרה בחת הקרקע, או שרוצים להאיץ את קצב החלחול, ניתן לשלב גם מספר בורות חלחול בחתית. כמו כן, מאחר שמדובר בגגר כבישים שאסור בהחלטה, יש לשלב גם כי החלחול לא יעבור לתווך הרווי.

יש לוודא כי הגגר הנצבר בקי מסחופת על מנת שלא יסתום את הכיכר. אם הגגר נכנס לכיכר בזרימה עילית, הרי שהדבר פחות חשוב, כיוון שקל יהיה לנקות את הסחופת ולעיתים אף ניתן לתכנן את הכיכר בכוננה שתשמש כמלכודת לסחופת.

במידה והגגר מחלחל לקרקע, ניתן לצמצם את הסחופת באמצעות מלכודות בקולטנים. במידה ומפנים גגר ממערכת התיעול לכיכר, יש לעשות זאת לאחר בור שיקוע וכן בצינור שיתחיל בהיסט מקרקעית מערכת התיעול.

במידה והקרקע אינה מחלחלת בקצב מספק והמים יישארו במתקן. עלול להיווצר ביופילם (בוצה), שתשקע לקרקעית ותחסה אותה בשכבה אטומה שתעכב חלחול עתידי. במקרה כזה יהיה צורך בפעולות תחזוקה תכופות כגון תיחוח או הסרת הבוצה. על מנת למנוע זאת, יש לתכנן את המתקן כך שיתרוקן לאחר 24 שעות. לכל היותר, אם לא ניתן לעשות זאת באמצעות החלחול או צנור יציאה בקרקעית, יש לתמוך בריקון באמצעות משאבה.

במידה וישנו מעגל תנועה גדול במיוחד, או שמקומים תחתיו אגום תת קרקעי, ניתן להפנות אליו גגר מקו ניקוז סמוך ולפתרון אזורי לניהול גגר.

ג. יתרונות

ניצול יעיל של שטח נופי. ניתן לנהל בכיכר כמויות גגר משמעותיות, במקרה של הצפה, הכביש שמסביב למעגל יספק חוצץ בוסף בין ההצפה לבתים, ובכך יגדיל את ההגנה על הרחובות והבתים.

ד. חסרונות

גודל המתקן מוגבל לגודל המעגל התנועה. במקרה של אירוע גדול מאירוע התכן, או חכנו שגוי, או תחזוקה לקויה, עלול לגרום להצפה בכביש.

7.3.3 ריצוף מנקז

א. הסבר כללי

מאפשר תלחול גגר. והעברתו למערכת התיעול או לטיפול אחר. ריצוף מחלחל הינו ריצוף מנקז שאינו כולל יריעת איטום, ולכן מונח על שכבת חומר אנרגטי מדורי. (ארגזטים בגדלים שונים), שמתחתיה יריעת איטום לניקוז הנגר הניקוז. החלחול מתאפשר ע"י מעבר הנגר בין ארזי הריצוף, שמונחים במרווחים מתאימים. הריצוף עצמו ריצוף רחוב, תניהו או שביל, המשמש כשטח נוסף לקליטה והשהיית מי גגר, תלחול או הובלה למערכת

ב. שילוב בתכנית

ניתן לשימוש בחיפוי משטחים גדולים בהם ניתן להשתות מים לפרקי זמן קצרים, כגון מגרשי חנייה או ברצועות חנייה ברחובות.

תכלות ביכולת החלחול של הקרקע, ניתן להשתמש בריצוף מחלחל, על מנת להוביל את הנגר הנצבר ישירות לקרקע.

מומלץ לשימוש ברצוף משולב נטיעות, כל שיתרמו לכלידת אבק ובכך למנוע סתימת הפוגות ברצוף.

ג. יתרונות

ניצול שטחים עירוניים האטומים בד"כ, לטובת ניהול נגר.

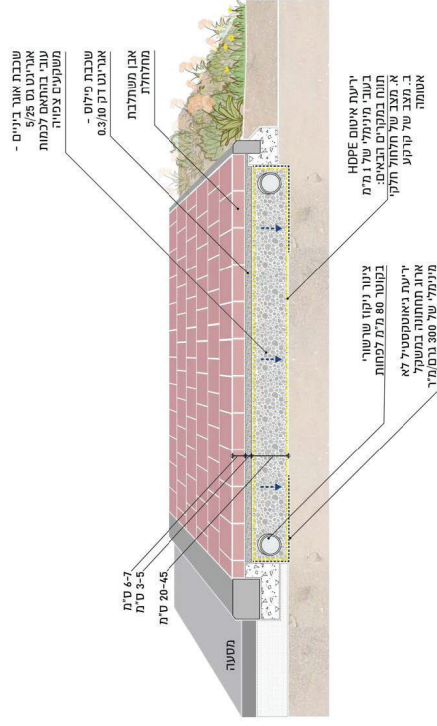
ד. חסרונות

כמות אבק ומיעוט גשמים בישראל מגדיל את הסיכון לסתימת המרווחים בין המרצפות.

תפקוד הריצוף המבוקר חלוי באופן הנחת שכבות המצעים (שכבת חומר אנרגטי), וכר שבייה לא נכונה מסכנת את תפקוד הריצוף, ועלולה להפוך אותו למפגע.

ישנה תפישה מוטעית לגבי הצורך בתדירות תחזוקה תכופה. הובעת מיישום שגוי של האמצעי, שנעשה בעבר בישראל, שמקורו בשימוש במצעים במקום אנרגטים, שאטמו את הקרקע.

חלחול לתוור הבלתי ריוי באמצעות ריצוף מנקז



7.3.4 ג. גשם (Rain Garden)

א. הסבר כללי

פיתוח נופי המשלב שקעים רדודים בקרקע טבעית, במקומות הנמוכים בגן, בהם שטולה צמחייה. אזורים אלה מווסתים את זרימת הנגר אומים את הנגר ומאפשרים חלחול לקרקע. הגן מתוכנן באופן הדומה לשטח פתוח טבעי, בכך שהיגו יבש בקיץ ואילו בעונות גשומות, מי הנגר משקים את הקרקע ותורמים להתפתחות הצמחייה.

ב. שילוב בתכנית

גן גשם יכול להיות משולב בנקודות הנמוכות בשטחים פתוחים מגוונים, כגון שטחים ציבוריים פתוחים, כיכר עירונית, גינות פרטיות.

ניתן לאזן בתכנון בין שילוב קרקע בעלת כושר חלחול נמוך, אשר תשהה את המים למשך זמן ארוך יותר, תיצור מופע מים בגן ותתרום להעשרת הצמחייה, לבין שילוב בור חלחול לשיפור החלחול לקרקע.

יש למקם פתח יציאה נוסף לנגר העודף (OVERFLOW), על מנת למנוע הצפה של אזורים סמוכים באירועי קיצון.

ג. יתרונות

מיחזור מי הנגר, באמצעות אספקת השקיה טבעית לצמחייה, מהווה ערך מוסף להחדרתם לקרקע. עלות הקמה נמוכה, יכול להכיל מגוון שימושים, משפר את איכות האוויר ותורם ליצירת בתי גידול לחי ולצומח התורמים למגוון הביולוגי.

ד. חסרונות

פיתוח אקסטנסבי לעיתים פחות מתאים לגינות עירוניות בשטחים מצומצמים. מצריך תחזוקה הכוללת הסרת עשבייה לא רצויה ואפשרות להשקיה בקיץ.

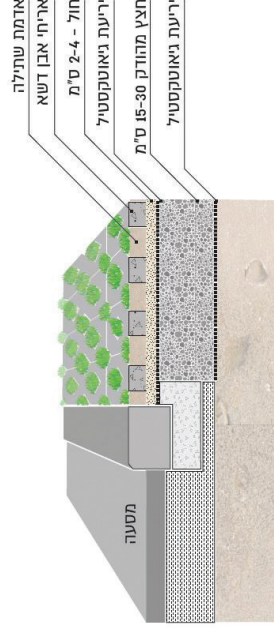
7.3.3.1 אבן דשא

אריחי דשא הינם אריחים מחוררים, הבנויים בצורת 'כוורת' או בצורה אחרת המאפשרת לשטח דשא בחריצים או למלאם בחיפוי קרקע גרגורי. פתרון זה מאפשר חלחול מים לקרקע. ניתן להשתמש באריחים לריצוף שבילים וחניות לרכב קל וכתשתית גישה יציבה בחרום למשאית כיבוי אש, (לכל אחד מהשימושים נדרש ביסוס שונה).

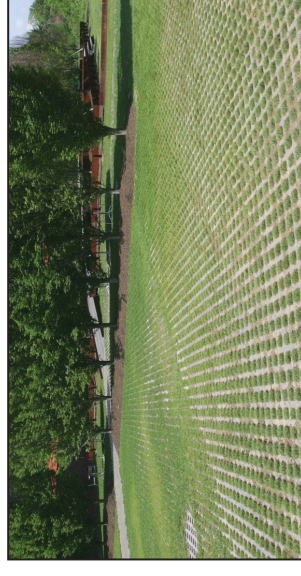
לאריחים יתרון בכך שהם פחות נוטים להיסתם מהריצוף המנקז.

החסרונות גובעים מהאקלים המקומי שעלול ליצור סתימות של החריצים באבק. כמו כן, האריחים אינם מתאימים לריצוף שבילים הדורשים נגישות לכיסאות גלגלים או עגלות, ובקיצ הם עלולים להיראות פחות טוב ללא השקיה.

איור 69 | חלחול לתוור הבלתי רוי באמצעות אבן דשא



איור 70 | דוגמה לאבן דשא המשמשת לחניה



7.3.5. בריכת בקלאש

א. הסבר כללי
אגן ראשוני המשמש לקליטה והשהיית גגר ולשיקוע סחף קרקע ופסולת. האגן מכוסה שברי אבן (בקלאש וחצץ), המאפשר השהיית גגר בין החללים, ומעבר הגגר לחלחול לקרקע, (כתלות בסוג הקרקע). האגן יכול להיות בנוי כצור או כמתחם דקורטיבי, ועודפי הגגר ממנו יכולים להיות מוזרמים לאמצעי ניהול גגר אחר.

ב. שילוב בתכנית
ניתן לשלב בגר רובעי, עירוני או בשטחים הפתוחים. יש לוודא את מקורות הגגר כולל אפשרויות של גלישת ביוב למניעת זיהום תת-הקרקע. בהתחשב באיכות המים ניתן לשלב קידוח, ובכך לאפשר גם החדרה לתוך הרון.

ג. יתרונות
עלות הקמה ותחזוקה נמוכים, בנוי מחומרים טבעיים שיכולים להיות גם מקומיים.

ספיגת הגגר בתת-הקרקע יכולה לשמש להשקיית עצים וצמחים מעמיקי שורש לאורך השנה.

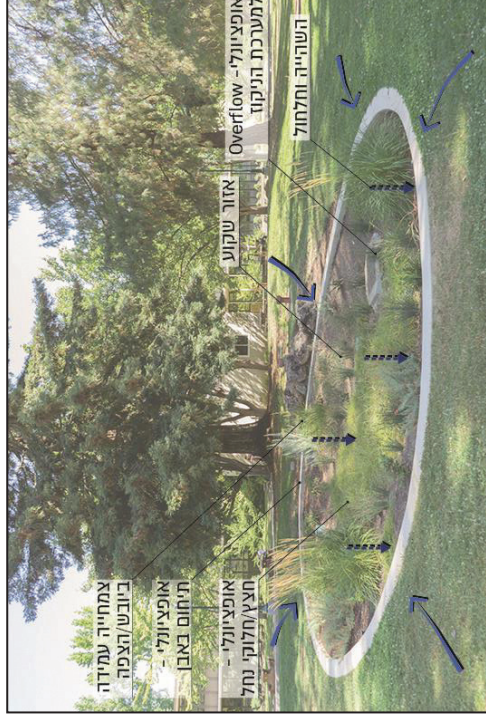
ד. חסרונות
מתאים כתלות באיכות מים טובה ונקיה מזיהומים.

אורך 72 | חורשת בוואר, תל אביב (טרם שתילת הצמחייה).



תכנון וצילום: ליאב שלם

אורך 71 | גושם ב-California State University, קליפורניה, ארה"ב



7.3.6 קידוח החדרה לתוך הבלתי רווי

א. הסבר כללי

מטרת המאפשרת לחול מי גשם או עודפי גגר אל התוך הבלתי רווי¹⁷ השימוש במערכת הוא למקרים בהם מי התהום עמוקים או שנמצאים באזור אקוויפר ההר, ולכן קידוח החדרה לתוך הרווי עלול להיות מורכב ויקר. וגם במקרים בהם הגר אינו נקי, לדוגמה גגר שמקורו בגינות, רחובות, מגרשי חנייה ועוד, (בשונה מגגות), ולא ניתן להחדירו ישירות למי תהום. ככל שמדובר בגגר נקי, ישנה עדיפות להחדירו ישירות למי תהום, (ראו הסבר בסעיף 7.4).

המערכת בנויה על איסוף גגר מפני הקרקע לנקודה נמוכה, בה ממוקם הקידוח, ומשם הובלת הגר באמצעות צינור שרשרתי (צינור מחורר). לתת הקרקע, לפני כניסת הגר לקידוח, יש לשלב מתקן ויסות, שתפקידו להוריד את ספיקת הגר, והוא חשוב במיוחד בהחדרה לתוך הבלתי רווי, כיוון שקצב ההחדרה בו נמוך ביחס לתוך הרווי. בנוסף, יש לשלב שוחת סינון / שקוע, לטובת שיפור איכות הגר המוחדר, והארכת חיי הקידוח, שתתאפשר ע"י מניעה של כניסת מוצקים, פסולת וסחופת לקידוח, הגורמים לסתימות ולבלאי. השוחת תיבנה בהתאם למתאר בסעיף 7.5.1 להלן.

ב. שילוב בתכנית

קידוח החדרה לתוך הבלתי רווי משמש כפתרון למצבים בהם החדרה ישירה לתוך הרווי אינה עדיפה מבחינת מרחק ממי התהום או מקור הגר ומצב הקרקע המשפיעים על איכות הגר. הקידוח הוא אמצעי נקודתי, הממוקם במקומות הנמוכים, ומתאים לסיטואציות מגוונות, דוגמת ניקוז גינות ציבוריות ופרטיות ומגרשי חניה. כמו כן, במקומות בהם קיימת שכבה מחלחלת הנמצאת מתחת לשכבת קרקע אטימה, קידוח החדרה משמש כאמצעי להעביר את המים לשכבה המחלחלת, ויכול להיות משולב בתחתית אמצעי אחר לניהול גגר, על מנת להגדיל את נפח ספיקת הגר המנוהל, ע"י הגדלת נפח וקצב התלחול.

הבחירה להתקין את הבור, צריכה להיות בהתאם לתנאי ומאפייני השטח - סוג הקרקע, מרחק ממי התהום, מרחק מיסודות המבנה וממערכת הניקול, לפיהם יקבע מיקום ועומק הבור.

יש לתת תשומת לב מיוחדת למניעת סתימה של הקידוח, ע"י תחזוקה שוטפת של שוחת השיקוע הצמודה לקידוח. כמו כן, בעת ביצוע עבודות הפיתוח, סתימה של הקידוח יכולה להיווצר מאדמת המגרשים שעוד לא מיוצבת, חומרי בנייה וכדומה. הגנה על הקידוח יכולה להיות באמצעות כיסוי זמני בשלב העבודות או בהתקנת הבור בסיומן.

¹⁷ האזורים בתת הקרקע שאינם רוויים במי תהום, ונמצאים במרחק של שני מטר מעל מפלס מי התהום בעונת האביב.

ג. יתרונות

קומפקטי, יכול להיטמע בשטחי גינון בצורה טובה.
מאפשר לחול גגר עילי ממקורות מגוונים.
מאפשר החדרת מי גגות במגרש הפרטי והציבורי מעל אקוויפר ההר ובאזורים באקוויפר החוף בהם התוון הרווי עמוק.

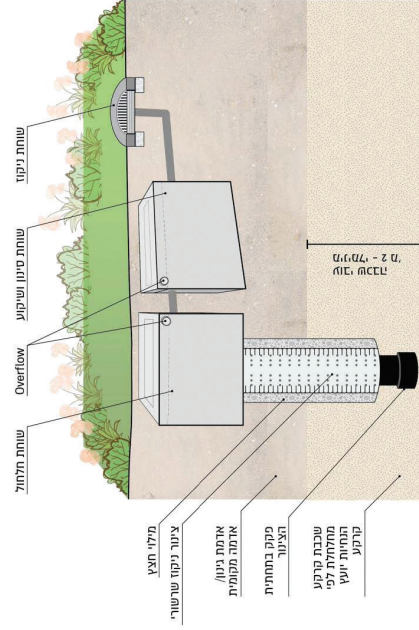
ד. חסרונות

החלטה על מיקום ועומק הקידוח צריכה להיעשות בשיתוף עם יועץ קרקע, בהתייחס להשפעה על יסודות המבנה.

מצריך ניקוי שוחת הסינון / השיקוע ברמה עונתית או אחרי אירוע גשם. בנוסף, אחת לשנה, לקראת הגשמים, נדרש ניקוי בשטיפה של הקידוח עצמו, לחילופין, ניתן לוודא את פעילות הקידוח ע"י מעקב רציף אחר קצב ההחדרה.

במצב של תחזוקה נמוכה, הקידוח וסביבתו עשויים להתמלא במים עומדים, בשל סתימת הקידוח ועלית המים על גדותיו.

אור 73 | לחלול לתוך הבלתי רווי באמצעות קידוח החדרה



7.4.1 קידוחי החדרה

א. הסבר כללי

קידוח החדרה הוא מתקן גלילי הממוקם בתת הקרקע, שמטרתו לקלוט גגר ולהעבירו ישירות לשכבת מי התהום.

ב. שילוב בתכנית

קידוח החדרה הוא פתרון יעיל לניהול גגר, חסכוני בשטח ותומך ומעשיר את מי התהום. במקומות ובביצוע נכונים, קידוח החדרה בודד, יכול לתת מענה ליעד ניהול גגר של מגרש שלם.

בהתאם לפרק המים בתמ"א¹²⁰, את קידוחי החדרה יש לשלב באזורי עדיפות להעשרת מי תהום, כפי שמופיעים במפת 'אזורים להעשרת מי תהום'¹²¹ בנוסף, קידוחי ההחדרה נותנים מענה לניהול נפחי גגר משמעותיים גם במקומות עירוניים צפופים החסרים בשטחים פתוחים.

מיקום קידוח ההחדרה יהיה בהתייחס לשכבות הקרקע, בין היתר, על מנת להימנע מהחדרת מים לשכבות קרקע אטומות. בנוסף, הקידוח ימוקם במרחק מקירות דיפון. קידוח ההחדרה הינו אמצעי רגיש, ועל מנת לשמר את פעילותו לאורך זמן, יש לדאוג שלא יוצרו סתימות. לצורך כך, נדרש להקצות לצד כל קידוח, שטח לשוחת סינון ושיקוע, לפתרון לעודפי הגגר.

ג. יתרונות

טיפול בכמויות גדולות של גגר בשטח קטן; מתן מענה לניהול גגר באזורים עירוניים אוניטנסיביים; העשרת מי התהום.

ד. חסרונות

עלויות הקמה גבוהות יחסית, בהתחשב בכך שקידוח אחד יכול לנהל גגר משטח של דומים ספורים לכל היותר. אמצעי רגיש שתפקודו תלוי בתחזוקה שוטפת.

לא ניתן לשלב קידוח החדרה בשטחים מבונים בתת הקרקע, בשל החשש מעלייה והצטברות של מים מהקידוח בחלל התת קרקעי, באופן שיסכן את משתמשים.

¹²⁰ ראו סעיף 7.1.8.

¹²¹ כפי שהוא מפורסם על ידי רשות המים באתר data.gov.

7.4 החדרה לתוך הרווי

חורמה מלאכותית של גגר מפני הקרקע ישירות אל התוך הרווי¹¹⁸ באמצעות קידוח. היתרון של החדרה לתוך הרווי על פני התוך הלא רווי, הוא שקצב ההחדרה גבוה יותר, (עקב מקדם החיכוך הנמוך), וכן, שהקידוחים לתוך הרווי נוטים פחות להיסתם. החיסרון הוא שהחדרה לתוך הרווי רגישה יותר לזיהומים, ולכן החדרת גגר ישירות למי התהום יכולה להתקיים רק במקרים בהם הגגר נקי, ונכון להיום המשמעות היא שמקור הגגר הוא מגגות בלבד.¹¹⁹

ככל שנמצאה סכנה לזיהום מי התהום, מסיבת איכות הגגר או זיהום בקרקע, יש להימנע משימוש בקידוחי החדרה, או לבחון פתרונות לטיהור המים, שיהיו בהתייעצות עם רשות המים והמשרד להגנת הסביבה. כמו כן, חוק המים, תשי"ט, 1959, קובע את הצורך בקבלת רישיון החדרה מרשות המים, לטובת ביצוע קידוחים.

בקידוחי החדרה באזורים בנויים, יש לבחון פתרון לעודפי הגגר (overflow), בעדיפות להפנייתם לשטח מחלכל או ישירות למערכת התיעול. גם בקידוחים לתוך הרווי יש צורך בוויסות ספיקה וסינון מקדים. כאשר מדובר במי גגות, מתקן הוויסות יכול להיות בצורת גג כחול (לא ירוק), או כשושה יעודית בעלת נפת.

¹¹⁸ התוך הרווי הם אותם אזורים בתת הקרקע שהנם רוויים במי תהום וגבולם העליון מהווה את שפת מי התהום. ¹¹⁹ לעניין זה, גגות ירוקים וכחולים, הכוללים מצע גינון המסופל בחומרי דישון אסורים.

7.5. טיוב איכות הגגר (Treatment)

גגר הזורם על פני השטח עלול לספוג אלוטומורים מזדהמים (מצוקים, גוטרייניטים, מתכות כבדות ופחמיגנים), המצויים בסביבה העירונית בכמויות ובריכוזים גבוהים, ובכך להביא לזיהום של הקרקע ומי התהום.

השימוש בקרקע ממנה מגיע הגגר, משפיע על סוג וריכוז המזהמים שנושא הגגר. טיהור הגגר הינו אמצעי משלים לפתרונות ניהול גגר, ומאפשר לפרק ולהרחיק את המזהמים טרם העברתם לאמצעי ניהול גגר אחרים.

עיקר המזהמים מגיעים בגל הראשון של הגגר (First Flush), שלאחריו מי הגגר לרוב נקיים יותר. במדינות בהן הגשם מתפרש על פני כל השנה, הגל הראשון של הגשם, קורה רק בתחילת עונת הגשמים ולפעמים גם זה לא. בישראל, בה גם באמצע החורף ישנם שבועות וחודשים ללא גשם, זיהום מהגל הראשון עלול להתרחש כמה פעמים בעונה.

7.5.1 שוחת שיקוע

א. הסבר כללי

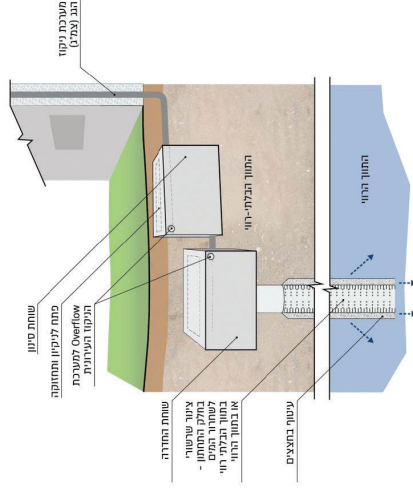
שוחת שיקוע הוא מתקן תת קרקעי קטן, שנפחו לרוב אינו עולה על מ"ק אחד, שתפקידו לשפר את איכות הגגר באמצעות שיקוע מוצקים, פסולת וסחופת, ולעיתים גם ע"י תפיסת פסולת צפה כגון שמנים, ופסטיק. פרט שוחת שיקוע סטנדרטי (ראו איור מס' 46), משקע את המזהמים בתא הראשון, לוכד שמנים ושומנים צפים בתא השני ומזרים הלאה מים נקיים יותר. ישנם גם מוצרים מסחריים המבוססים על הפרדת מזהמים באמצעות מערבולות (Vortex).

ב. שילוב בתכנית

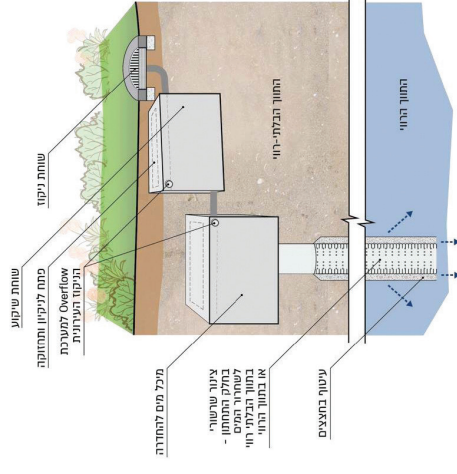
שוחות שיקוע משולבות לרוב כמתקן מקדים לאמצעי ניהול גגר, על מנת לשמור על איכות מי הגגר המחלחלים/מוחדרים אל הקרקע/מי התהום. שוחת השיקוע צוברת מזהמים בעת אירוע הגשם ולאחר האירוע, (או לאחר מספר אירועים או אף בתום החורף, תלוי במקרה), לכן חשוב לחכנ את המתקן כך שיתזיק את המזהמים גר בשוא האירוע. את המזהמים הנותרים יש לגבות ע"י שאובה למערכת הביוב, בריקון למתקן פסולת או באמצעי אחר.

שוחת שיקוע יכולה לספל בספיקה גבוהה יחסית ולכן מתאימה גם לשימוש בשטחים ציבוריים המנקזים שטח גדול.

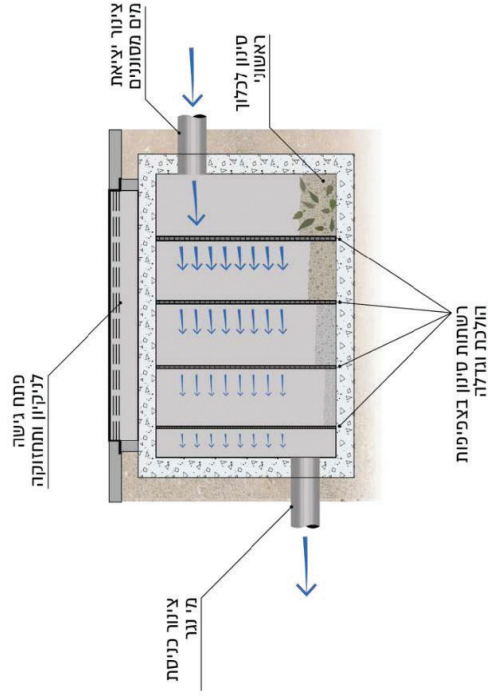
איור 74 | העשרת מי תהום באמצעות קידוח החדרה מצנ"גים



איור 75 | העשרת מי תהום באמצעות קידוח החדרה בשטחים הפתוחים



איור 78 | טיוב איכות מי הנגר מצמ"גים באמצעות שוחת סינון



איור 77 | שוחת שיקוע במכון הוולקני בבית דגן, מתוך מחקר של רשות המים.

סדרת מסננים בצפיפות הולכת וגדלה שלאחריהם הנגר מוזרם ישירות לקידוח ההחדרה

(אין כוונה לשילוב שוחה מעל לפני קרקע, אלא כפי שמופיע בפרט באיור הבא [78]).



7.6. השוואת עלויות אמצעי ניהול הנגר

הערכה מדויקת של עלויות אמצעי ניהול הנגר יכולה להעשות רק בהליך תכנון, תוך התאמה לתנאי השטח. עם זאת, על מנת להציע כלי עבודה ראשוני שיאפשר למפות את האמצעים מבחינה כלכלית, נערכה הטבלה הבאה. מטרת הטבלה היא לשקף אומדן יחסי של עלויות פיתוח אמצעי ניהול הנגר המוצגים בפרק זה. הערכת עלות הפיתוח של כל אמצעי נעשתה ביחס לעלות פיתוח סטנדרטית, שאינה כוללת את אמצעי ניהול הנגר ככל שהיה ניתן, כלומר, האמצעים אינם בהשוואה האחד לשני. לדוגמה: עלות התקנה של מ"ר ריצוף מנקז חוצה כחלון התקנה של מ"ר ריצוף סטנדרטי. החלוקה בטבלה נעשתה לפי סוגי פיתוח שונים, במטרה להבדיל בין הצרכים וסדרי הגודל המאפיינים אותם, ולכן יצא שאמצעים מסוימים מופיעים מספר פעמים בטבלה. חשוב לציין, כי בטבלה זו מתייחסת להיבט הכלכלי בלבד, ואין בה התייחסות ליעילות האמצעי ביחס לכמות המים שמנהל או לתועלות וערכים נוספים, כמו העשרת מי תהום, תמיכה בערכים אקולוגיים וכדומה. להרחבה על היבטים כלכליים של הסמעת אמצעי ניהול הנגר, ראו פרק 5.

רבות	ללא עלות נוספת (תכנון מיטבי) / עלות נמוכה	עלות בינונית	עלות גבוהה	רקע להערכת העלויות
רחובות חולכת נגר	ניקוז במרכז המיסעה	אי תנועה מנקז		בהשוואה לפיתוח אי תנועה סטנדרטי, העלות הנוספת נובעת מהנמכת הקרקע ומיצירת חשית מחלחלת מיקום פתחי הניקוז במרכז המיסעה במקום בסמוך לאבן השפה, אינו דורש עלות נוספת
	אבן תעלה			שילוב אבן תעלה בשביל או מדרחוב דומה לעלות ריצוף סטנדרטי
תעלת חלחול	תעלת חלחול			בהשוואה לערוגה מגוננת, העלות הנוספת נובעת מהנמכת הקרקע ומיצירת חשית מחלחלת
מדרכות צפות		אדמת מבנה		בהשוואה למדרכה סטנדרטית, העלות הנוספת נובעת מחפירה ומילוי באדמת מבנה
			מערכת מודולרית לתמיכה בריצוף מרחף	בהשוואה למדרכה סטנדרטית, העלות הנוספת נובעת מעלות המערכת ומההתקנה
תעלות וערוגות עצים	תעלות וערוגות עצים			בהשוואה למדרכה סטנדרטית עם מעט פתחי נטיעה, העלות הנוספת נובעת משילוב ערוגות מגוננות לינאריות
חלחול במעגלי תנועה		חלחול במעגלי תנועה		בהשוואה למעגל תנועה סטנדרטי, העלות הנוספת נובעת ביצירת פתחי ניקוז מכיוון המיסעה, הנמכת הקרקע ויצירת חשית מחלחלת
ריצוף מנקז	אבן דשא	ריצוף מנקז		בהשוואה לריצוף סטנדרטי עם חשית מצעים, העלות הנוספת נובעת מיצירת חשית מחלחלת

חולכת נגר	השהייה ואיגום	חלחול	החדרה	טיוב איכות הנגר
-----------	---------------	-------	-------	-----------------

שצי"פים / כיכרות עירוניות	ללא עלות נוספת (תכנון מיטב) / עלות נמוכה	עלות בינונית	עלות גבוהה	רקע להערכת העלויות
עיצוב טופוגרפיה ושיפועים	עבודות עפר בלבד	לימנים	טרסות	מבוסס תכנון ככול הכנסת שקול ניהול הגגר בשלב התכנון המוקדם, ועל כן אין עלויות פיתוח נוספות
רחובות הולכת גגר	אבן תעלה			העלות גבוהה מעבודות עפר נקודתיות ויצוב מדרגות מתונים באמצעים "זרזים", לעיתים במקומות שלא כלל פיתוח נופי, ולא הוגדרה בהם מסרת ניהול גגר
תעלת חלחול	תעלת חלחול	תעלת חלחול		התשובה להערכה מגוונת, העלות הנוספת גבוהה מההכנת הקרקע ויצירת תשתית מחלחלת
אפיקי נחלים וערוצי זרימה			הרחבת ערוצי זרימה	התשובה להערכה מגוונת, העלות הנוספת גבוהה לתעלת חלחול בתוספת צינור שרשרתי לניקוז
מדרכות צפות	אדמת מבנה		ריצוף צף/דק	העלות גבוהה מהקצאת שטחים להרחבת גדות הערוץ, עבודות עפר ושיקום צמחי לייצוב הגדות
כיכרות מים	מאגר ויסות קטלוגי (Drainbox)	כיכרות מים		העלות גבוהה מהקצאת שטחים לשחזור הערוץ המקורי, עבודות עפר ושיקום צמחי לייצוב הגדות
מאגר ויסות תת קרקעי	מאגר ויסות גבוי			העלות גבוהה מהקצאת שטח, חפירה ומילוי באגרגטים
השהייה במעלה	השהייה במעלה			התשובה למדרכה סטנדרטית, העלות הנוספת גבוהה מחפירה ומילוי באדמת מבנה
פשט הצפה	פשט הצפה			התשובה לריצוף באבן משתלבת, העלות הנוספת גבוהה מעלות החומר וההתקנה
ריצוף מנקז	ריצוף מנקז	אבן דשא		העלות הנוספת גבוהה מעלות תשתית המאגר כולל התקנה
גן גשם	גן גשם			העלות הנוספת גבוהה מעלויות תכנון ויצירת חלל מבטון וזאת בהתאם לסוג וגודל המאגרים
בריכת בקלאש	בריכת בקלאש			העלות גבוהה בין אמצעי השהייה שונים במעלה ויכולה להיות הנוספת חכנון גבוי ועד לאמצעי בעלויות גבוהות יותר
קידוח החדרה	קידוח החדרה			העלות גבוהה בין פשרה ומילוי באגרגטים בלבד, לפיתוח הכולל החלפת קרקע וקידוחי החדרה, וכן, האמצעי מצריך הסבה חלק משטח השצי"פ לצורך הברכה
שוות שיקוע	שוות שיקוע			העלות הנוספת גבוהה מקידוח קרקע (בעומק משתנה וקרקעות שונות), התשתית ומילוי באגרגטים
				העלות הנוספת גבוהה מחפירה והתקנה והשוני בעלויות חלוי בגודל השוואה ונפחה גגר המנוהל

הולכת גגר	השהייה ואיגום	חלחול	החדרה	טיוב איכות הגגר
-----------	---------------	-------	-------	-----------------

שטחים פתוחים ¹²²	ללא עלות נוספת (תכנון מיטבי) / עלות נמוכה	עלות בינונית	עלות גבוהה	רקע להערכת העלויות
עיצוב סופוגרפיה ושפופונים	עבודות עפר בלבד			מבוסס תכנון נכון הכולל הכנסת שיקולי ניהול הנגר בשלב התכנון המוקדם, ועל כן אין עלויות פיתוח נוספות
	לימינים			העלות נובעת מעבודות עפר נקודתיות וייצוב מדרונות מתונים באמצעים "רכים", לעיתים במקומות שלא כללו פיתוח גופי, ולא הוגדרה בהם מטרת ניהול גגר
			טרוסות	עבודות עפר נקודתיות ועלויות הקמה גבוהות ללא תלות בבחירה של טכניקת הבניה
אפיקי נחלים וערוצי זרימה			הרחבת רצועת הנחל	עבודות עפר ושיקום צמחי לייצוב הגדות, ייתכנו עלויות של הקצאת קרקעות להרחבת רצועת הנחל
			הסרת סכרים ומחסומים	עלויות עבודות הפירוק, עבודות עפר ושיקום צמחי לייצוב הגדות במורד
			שימור ושחזור ערוצי זרימה	הקצאת שטחים לשחזור הערוץ המקורי, עבודות עפר ושיקום צמחי לייצוב הגדות
		מתקן לשיכור אנרגיה		חפירה ומילוי באגרטים
ברכת חורף		ברכת חורף		עלויות תכנון ליצירת התפקוד האקו-הידרולוגי של הבריכה, עבודות עפר ושיקום צמחי
השהייה במעלה		השהייה במעלה		העלות משתנה בין אמצעי השהייה שונים במעלה ויכולה להיות מבוססת תכנון נכון ועד לאמצעי בעלויות גבוהות יותר
מאגרי צד			אגום	העלות נובעת מעלויות תכנון, חפירה וייצוב ושיקום המדרונות, כולל פיתוח ערוץ הזרימה המוביל אל המאגר והקצאת השטחים הנדרשת
		הפניה מחצבה		נובעת מעלויות תכנון, ייצוב ושיקום המדרונות, ייתכן צורך בעבודות עפר נקודתיות, כולל פיתוח ערוץ הזרימה המוביל אל המאגר והקצאת שטח הנדרש
		הצפת התוואי הקדום		נובעת מעלויות תכנון, ייצוב ושיקום המדרונות, ייתכן צורך בעבודות עפר נקודתיות, כולל פיתוח ערוץ הזרימה המוביל אל המאגר והקצאת שטח הנדרש
פשט הצפה	פשט הצפה			משתנה בין פשט הצפה במקומות שונים ויכולה להיות מבוססת תכנון נכון ועד עלויות גבוהות יותר באזורים בהם הפיתוח צריך להיות עמיד להצפה

חולכת גגר	השהייה ואגום	חלחול	החדרה	טיוב איכות הגגר
-----------	--------------	-------	-------	-----------------

¹²² הכוונה ב'שטחים פתוחים' היא לשטחים נרחבים בשטח העירוני של רשות מקומית, באופן טיפוסי לרוב בפאתי העיר, באזורי טבע עירוני, ולאורך ערוצי זרימה.

רמת המגרש ¹²³	ללא עלות נוספת (תכנון מיטבי) / עלות נמוכה	עלות בינונית	עלות גבוהה	רקע להערכת העלויות
עיצוב טופוגרפיה ושיפועים	עבודות עפר בלבד			מבוסס תכנון נכון הכולל הכנסת שיקולי ניהול הגגר בשלב התכנון המוקדם, ועל כן אין עלויות פיתוח נוספות
		טרסות		בהשוואה להסדרת טופוגרפיה באמצעות עבודות עפר וצמחייה בלבד, העלות הנוספת גובעת מבניית קירות תמך
		אדמת מבנה	מערכת מודולרית לתמיכה בריצוף מרחף	בהשוואה למדרכה סטנדרטית, העלות הנוספת גובעת מחפירה ומילוי באדמת מבנה
מדרכות צפות			ריצוף צף/דק	בהשוואה למדרכה סטנדרטית, העלות הנוספת גובעת מעלות המערכת וההתקנה
				בהשוואה לריצוף באבן משתלכלת, העלות הנוספת גובעת מעלות החומר וההתקנה
		גג כחול		בהשוואה לפיתוח גג ללא מערכת השהיית גגר, העלות הנוספת גובעת מהנחת תשתית סופגת ומאיטום
גג סופג		גג ירוק		בהשוואה לפיתוח גג ללא מערכת השהיית גגר, העלות הנוספת גובעת מהנחת תשתית סופגת, גיבון ואיטום
קיר ירוק		קיר ירוק		בהשוואה לבניית קיר סטנדרטי, העלות הנוספת גובעת מהנחת תשתית ורטיקלית לשתילה וצמחייה
מאגר ויסות תת קרקעי		מאגר ויסות קטלוגי (Drainbox)		העלות גובעת מעלות תשתית המאגר כולל התקנה
		מאגר ויסות בנוי		העלות גובעת מעלויות תכנון ויציקת חלל מבטון וזאת בהתאם לסוג וגודל המאגרים
ריצוף מנקז	ריצוף מנקז			בהשוואה לריצוף סטנדרטי עם תשתית מצעים, העלות הנוספת מוציאת תשתית מחלחלת
	אבן דשא			בהשוואה לריצוף סטנדרטי עם תשתית מצעים, העלות הנוספת מוציאת תשתית מחלחלת
גן גשם	גן גשם			בהשוואה לערוגה מגובנת, הכלות הנוספת העלויות הנמכת הקרקע, יצירת תשתית מחלחלת והתאמת הצומח
קידוח החדרה		קידוח החדרה		העלות גובעת מקידוח קרקע (בעומק משתנה וקרקעות שונה), התשתית ומילוי באגרנטים
שוחת סינון	שוחת סינון			העלות גובעת מחפירה והתקנה והשונו בעלות הינו כתלות בגודל השוחה וכמות המשקעים הדורשים טיפול

הולכת גגר	השהייה ואגום	חלחול	החדרה	טיוב איכות הגגר
-----------	--------------	-------	-------	-----------------

¹²³ הכוונה ב'רמת המגרש' היא למגרשים בשימוש מגורים, מסחר, תעסוקה, מבני ציבור וכדומה.

פרק 8

אמצעים משלימים לקידום ניהול נגר בישראל

8.4. חקיקה משלימה

השלב התכנוני האחרון והקרוב ביותר לשטח, הוא היתר הבניה. היתר הבניה הוא שיכתיב ובטוח את השילוב והביצוע של אמצעי ניהול הגגר. בהתאם לכך, יש לתת את הדעת על ביטוי תפישת ניהול הגגר והאמצעים שלבים הבאים: בתכנית, בהיתר הבניה, בבניה בפועל, בגמר הבניה ובתחזוקה השוטפת. לשם כך, במקביל לעבודה מוצע לקידום תיקונים לתקנות הבאות:

1. תיקון 'תקנות התכנון והבניה' (הקמת מכון בקרה ודרכי עבודתו), תשע"ח-2018¹²⁴, שעניינו בהנחיות להכנת נספח ניקוז בהיתר (סעיף 8, 'נספח ניקוז', התוספת הראשונה), ולפרק ט', 'תחומי הבקרה'; העוסק בתחומי בקרת התכן ובקרת ביצוע. בנוסף, יקודמו מפרטי עבודה לבקרת הבניה של אמצעי ניהול הגגר השונים.
2. תיקון 'תקנות התכנון והבניה' - תכן הבניה (תברואה) - 2019, הקובעות, בין היתר, את סילוק הגגר ממקור הגאות והמרפסות במגרש הפרטי לרחוב, והפניית העודפים לביוז. מטרת התיקון הוא לעודד את שימור הגגר ולמנוע הזרמתו למערכת השפכים.

8. אמצעים משלימים לקידום ניהול גגר בישראל¹²⁴

8.1. השלמת תכנון אגני ומקומי

ניהול גגר חייב להתחיל מלמעלה, ולכתיב את התפישת והמסגרת העקרונית והכמותית לתכנון המרחב, שממנה ייצור התכנון המקומי, התכנון המפורט והיתר הבניה. בהתאם לכך, על מנת לנהל גגר באופן מדויק ויעיל, נדרש לקדם ראשית את בסיס התכנון - **תכניות האב האגניות**¹²⁵ ע"י רשויות הניקוז. לאור התכנון האגני, יש לקדם את **תכניות האב המקומיות**¹²⁶ ע"י הרשויות המקומיות, בשיתוף ותיאום עם רשויות הניקוז. לאחר מכן, ומתוך המסגרת, המדיניות והכללים, יערכו התכניות המפורטות והיתר הבניה, שתפישת ניהול הגגר המקומית והאגנית תשולב בהם באופן קוהרנטי. לפיכך, האמצעים המשלימים המהותיים ביותר לקידום נושא ניהול גגר בישראל הוא קידום התכנון האגני והמקומי. וככל שאלו לא יקודמו בסדר זה, או לא ושלמו באופן אחיד מבחינה מרחבית, יש למצות באופן הטוב ביותר את ניהול הגגר, אם ברמה המקומית ואם ברמת התכנית מפורטת, דרך עריכת נספח ניהול הגגר.

8.2. אימוץ תכניות האב האגניות והמקומיות ע"י מוסדות התכנון

ככל שתכנית אב לניהול גגר, אגנית או מקומית לא תהיה מוכרת למוסד התכנון, המחוזי או המקומי, היא לא תבוא לידי ביטוי בקבלת החלטות בתכניות ובהיתרי בניה. כמו כן, ייתכן שתכניות האב אינן מתיישבות עם מדיניות התכנון המחוזית או המקומית או עם התכנון המאושר. על כן, כבר בשלב עריכת תכניות האב יש לערב את מוסדות התכנון, ועם ביבושה, יש לדון בה בוועדת התכנון לצורך אימוצה.

8.3. קידום תמ"א משלימה לניהול סיכוני שיטפונות בשטחים הפתוחים

כחלק ממערך תכנון ניהול גגר ברמה האגנית, נדרשים פתרונות לזווסון וריסון שיטפונות הנוצרים בנחלים בשטח הפתוח, על מנת לצמצם את ההשפעה על השטחים העירוניים. קודמה הצעה בשיתוף משרד החקלאות ורשויות הניקוז, לקידום תמ"א שמתרתה לתת מענה לניהול סיכוני שיטפונות ברמה האגנית, תוך התחשבות בצפי גידול האוכלוסייה, עדי התכנית האסטרטגית לדיור ושניוני האקלים. ניתנה הוראה לעריכת התמ"א כאמור, בישיבת המעצה ביום 1.12.2020, ובימים אלו (אפריל, 2024) מתקיימים דיונים בוועדות עורכים.

¹²⁴ אמצעים משלימים נוספים ניתן למצוא בפירק מס' 5 - בחינה כלכלית.
¹²⁵ כפי שמפורט בסעיף 4.3.3.1.
¹²⁶ שם.

פרק 9

מילון מונחים

9. מילון מונחים

המונח	הסבר
אגן ניקוז	אזור גיאוגרפי שהמשקעים היורדים בו מתנקטים למוצא משותף אחד.
אזור עדיפות להחרדת מי תהום	אזור עם עדיפות להחרדת גג, עקב גישות שכבות מי התהום, נקבע לפי המפה של רשות המים. (קישור לאתר)
אירוע גשם	רצף גשם בעל מאפיינים מסוימים.
איגום גג	מניעה מכוונת של זרימת גג בכלי המשתמש בנפח אגירה (עם או בלי מוצא) כגון מאגר, מיכל ייעודי ועוד.
אזור גשם	יחידת שטח בעלת מאפייני גשם ייחודיים, שלפיה נקבעות עוצמות הגשם לתכנון
אמצעי ניהול גג	אלמנט המאפשר איגום; ויסות; חלחול; החדרה, ובכלל זה השהיית הגג לפרק זמן קצוב, ועל ידי כך מקטין את ספיקת הגג היוצאת
אקוויפר	שכבת קרקע, המהווה מאגר מים תת קרקעי.
אקוויפר ההר	אקוויפר המתאפיין בקרקע סלעית וסדוקה (אקוויפר סדוק). ובמאגרי מים עמוקים, בשל כך יכולת החלחול והחדרת הגג למי התהום בתחומו מוגבלת, ותלויה באופי המסלע, גודל הסדקים שלו ועומק מי התהום.
אקוויפר החוף	אקוויפר המתאפיין בקרקע חולית (אקוויפר נקבובי) ובמאגרי מים גבוהים יותר ועל כן, לרוב, נגישים להחדרה.
גשם אפקטיבי	החלק בגשם שיוצר גג, שהינו פחות מכלל הגשם שיוצר עקב תהליכים של תפיסה, חלחול, התאדות וכו'.
החדרת גג	פעולה מלאכותית להחדרת גג לתת הקרקע לשכבות רוויות הנעשית בדרך"כ ע"י קידוח.
השהיית גג	איגום זמני של גג לטובת מיתון ודחיית ספיקת השיא, טיפול בו ו/או העברתו למקום אחר. ההשהיה מהווה מקרה פרטי של איגום זמני.
זמן הריכוז	משך הזמן הנדרש לגג עילי לזרום מהנקודה המרוחקת ביותר באגן עד למוצא האגן.
חלחול גג	פעולה טבעית של חלחול גג בקרקע חשופה לתווך הבלתי רווי. ניתן להאץ את החלחול באמצעים מלאכותיים לניהול גג.
יעד ניהול גג	יעד כמותי של נפח גג לניהול בתכנית, המחושב ע"י מחשבון ייעודי לפי פרמטרים של גודל תכנית, אזור תכנים, שטח הגשם, שטח אטום, סוג הקרקע/ מקדם הגג.
כושר חידור	חכונה פיזיקלית של הקרקע, המתארת את קצב החלחול של מים בקרקע.
מחשבון	כושר החידור משליך על כמות הגג שניתן לחלחל לקרקע ולמי התהום, ועל כמות הגג שנוצרת בשטח פתוח. מכונה גם מוליכות הידראולית, וממדד ביחידות של עובי לזמן, כגון מ"מ לשעה.
מוליכות הידראולית ברוויה	כלי לחישוב יעד ניהול הגג בתכנית מפורטת המתבסס על נתוני קרקע וגשם והמפורסם באתר מינהל התכנון. שינויים בנתונים אלו המצויים בבסיס המחשבון יהיו בסמכות המועצה הארצית.
מעלה / מורד	קצב החלחול כאשר הקרקע ברוויה. מבוסס ביחידות מידה של עובי למשך זמן, לרוב- מ"מ לשעה.
מעטפת נפחי הגשם	מיקום טופוגרפי - גבוה או נמוך, המכתיב את זרימת הגג. המורד הוא שבד"כ נפגע מהגג, ואילו במעלה ניתן למנוע את הפגיעה במורד. בין היתר, ע"י יישום אמצעי ניהול גג
מקדם גג	נפחי הגג הנוצרים בשטח כדון, עבור תקופת חזרת נדונה, בכל משכי הזמן (מ-10 דקות עד 24 שעות) עבור קיימות עוצמות גשם מחושבות בהתאם לפירוטמים של משרד, ממשלה, חברות ממשלתיות, או גופים אחרים בתאום עם השירות המטאורולוגי.
	יחס הגג הנוצר מתוך כלל הגשם היורד בשטח מסוים. מקדם הגג תלוי בעיקר בתכנית ובכושר החידור של הקרקע.

המונח	הסבר
נגר, נגר עולי	הצטרבות זריתים מים על פני השטח, עקב ירידת גשמים, לאחר האירוע לאסמספירה וחזור לקרקע.
נפח יציאה יממתי מבוהל	סך הנפח היוצא ביממה מכלל אמצעי ניהול הנגר בתכנית באופן ממוסד ו/או בחלחול/ החדרה לתת הקרקע. יחידת המידה היא מטר קוב.
נפח נגר	יחידת מידה כמותית לחישוב נגר, לרוב משתמשים במטר קוב.
נפח נגר לניהול	נפח הנגר מכלל הנגר שנגר בשטח תכנית, שנדרשים לגביו פתרונות לניהול נגר. יחידת המידה היא מטר קוב. אופן החישוב יעשה בעזרת המחשוב.
טופ סויל (Lios Pot)	שכבת הקרקע העליונה המכחיבה את יכולת חלחול הקרקע ואת מקדם הנגר.
עובי גשם יממתי	עובי הגשם היוצא בפרק זמן של 24 שעות. יחידת המידה היא מילימטר.
עוצמת גשם	עובי הגשם היוצא לתקופת זמן. יחידת המידה היא מ"מ לשעה. כך לדוגמה – עוצמת הגשם של 60 מ"מ לשעה למשך 10 דקות משמעה – עובי הגשם של 10 מ"מ.
עריו זרימה היסטורי במצב הטבעי	חומאי הזרימה במצב הטבעי של השטח, טרם התערבות אנושית. הסיבה להתייחסות זו היא נטיית המים, לחזור לזרימתם הטבעית. בישראל לרוב מדובר בתוואי הזרימה כפי שמופו בתקופת המנדט הבריטי
הפן הביני	אזור מגע בין מי תהום מתוקים למי הים החדרים לתת הקרקע, בסמוך לאזור החוף. מדובר בשכבה בעובי של מספר מטרים, בה הפרשי המליחות יורדים בהדרגה. באזור הפן הביני רצוי שלא להחדיר נגר על מנת שלא לדחוק את השכבה המלוחה מזרחה ולהמליח מי התהום מתוקים.
ספיקה	פח זרימה למשך זמן קבוע. יחידות המידה הן ליטר לשנייה, מטר קוב לשנייה (מק"ש"י) או מטר קוב לשעה (מק"ש"ש).
ספיקה יוצאת ממוסדת	הספיקה היוצאת באופן מוסדר מכלל אמצעי ניהול הנגר אל מחוץ לשטח התכנית (לא כולל אמצעי חלחול/החדרה). יחידת המידה היא מטר קוב לשנייה (מק"ש"י) או מטר קוב לשעה (מק"ש"ש).
ספיקה עוזפת	ספיקת השיא של הנגר היוצא מכל שטח התכנית. שכוללת את השטחים המנוהלים (ספיקה יוצאת ממוסדת) והלא מנוהלים בתחום התכנית. יחידת המידה היא מטר קוב לשנייה (מק"ש"י) או מטר קוב לשעה (מק"ש"ש).
ספיקת שיא	הספיקה הגבוהה ביותר באירוע גשם מסוים. מערכות תיעול מתוכננות על מנת להתמודד עם ספיקות שיא.
ספיקת תכן	למונח שתי משמעויות, והן תלויות בהקשר, להלן: א. מונח הידרולוגי/סטטיסטי המתאר את הספיקה האמורה להיווצר בנקודה מסוימת לתקופת חזרה נדונה ב. מונח הנדסי המתאר את הספיקה שתעלה/צינור מסוגלים להעביר (Capacity Design)
רום הצפה	הרום האבסולוטי מעל מפלס פני הים, אליו צפוי להגיע מפלס ההצפה לתקופת חזרה נתונה.
שקע אבסולוטי	אזור נמוך מסביבתו, אליו מתנקזים מים מכל הכיוונים ואין לו מוצא ניקוז טבעי.
התווך הריו	האזור בתת הקרקע שהינו ריווי במי תהום והגבול העליון שלו הוא שפת מי התהום.
התווך הבלתי ריו	האזור בתת הקרקע שנמצא בין פני הקרקע למי התהום ואינו ריווי במים.
תקופת חזרה	שכיחות סטטיסטית לחזרת אירוע מסוים (גשם, ספיקה או כל אירוע אחר). המשמעות של תק' חזרה של 1:50 שנים, לדוגמה: אירוע של 1:50 שנה יצוין כאירוע בעל הסתברות של 2%

פרק 10

נספחים

משנת 2006 ואילך התקבלו נתונים של מדי גשם דיגיטליים המיוצרים סדרת זמן לא סדירה ברזולוציה של דקה אחת. מדידות אלה תוקנו ע"פ הוראות היצרן של מדי הגשם *Lambrecht Meteo*, בהתאם לרשום בסבלה 53. בחלק מהתחנות בין השנים 2006-2011 התקבלו נתונים 10 דקות בלבד. נמצא כי לא ניתן לתקן נתונים אלה בהתאם לסבלה 54, וכי תוצאתם נמוכה באופן שיטתי מהנתונים הדקתיים ולכן הוחלט לא להשתמש בנתונים 10 דקותיים. לאחר בחירת הנתונים הדיגיטליים ותיקונם, נבנו סדרות שנתיות¹²⁷ למשכי זמן בין 10 ל-240 דקות (כמו הנתונים ההיסטוריים).

בנוסף לחלוקה בין נתונים היסטוריים ונתונים דיגיטליים, תחנות הגשם בישראל גוסות להתחלף מעת לעת ואף לזוז במקום. כך יצא שהתקבלו מספר סדרות לכל נקודה במרחב. לעיתים עם שנים חופפות בין הסדרות. לכן נדרש לזהות סדרות שמייצגות את אותה הנקודה ולייצר מהן סדרה אחת ארוכה ככל האפשר. הכלל לאיחוד סדרות היה שהמרחק לא יעלה על 1 ק"מ והרום של התחנה יהיה דומה. במקרים של סתירות בנתונים בין הסדרות בשנים חופפות, נבחרה העוצמה הגבוהה ביותר.

¹²⁷ כלומר, סדרות זמן בהן לכל שנה מצוין הערך המרבי שנמדד בשנה זו.

10. נספחים

10.1. נספח מס' 1: בסיס נתוני עוצמות גשם לתכנון בישראל

נספח זה מתאר את המתודולוגיה ששימשה לבניית בסיס הנתונים של עוצמות הגשם.

1. רקע

הנתונים עליהם מתבססת העבודה נלקחו ממאגר נתוני השירות המטאורולוגי (שמ"ט). יש לציין כי סדרות הזמן של רוב התחנות בישראל הן קצרות, וכן, ישנם אזורים בארץ בהם קיימות תחנות חדשות בלבד, שעדיין לא ניתן להשתמש באורך תקופת הנתונים שלהן לחישוב סטטיסטי. בהתאם לכך, ייתכן שעוצמות הגשם ואזורי הגשם יעודכנו בעתיד, לאור חישובים חדשים.

הפרק נחלק לפי שלבי העבודה. להלן:

- א. בניית סדרות זמן שנתיות
- ב. חישוב סטטיסטי של עוצמות גשם
- ג. חלוקת הארץ לאזורי ניהול נגר
- ד. חישוב עובי גשם יממתיים
- ה. פרישת עובי הגשם היממתיים לאירועי גשם

2. בניית סדרות זמן שנתיות של נתונים רציפים

נתוני הגשם התקבלו עבור אלפי תחנות. חלקן פעילות וחלקן אינן פעילות, המייצגות בפועל מספר מצומצם יותר של נקודות במרחב (בנקודה אחת יכולות להיות מספר תחנות לאורך השנים). לצורך חישוב סטטיסטי של נתוני גשם, יש תחילה לייצר סדרה שנתית אחת עבור כל נקודה במרחב.

צורת רישום הנתונים ההיסטוריים הכתיבה את צורת העבודה. עד שנת 2005 כולל, נתוני הגשם שהתקבלו רשומים כאירועי גשם. כאשר לכל אירוע שורה אחת בה מפורטים עוצמות הגשם המרביות לפרקי זמן של 5 עד 240 דקות (5, 10, 15, 20, 25, 30, 45, 60, 90, 120, 180-240 דקות). לשם שימוש בנתונים ההיסטוריים, טבלאות עוצמות הגשם נבנו בפורמט זהה. השלב הראשון היה בניית סדרת מקסימום שנתית לכל משך זמן מתוך סדרות האירועים. בבירור עם השמ"ט, הסתבר כי הנתונים ההיסטוריים ה-5 דקותיים הינם באמינות נמוכה ולכן הוחלט להשמיטם. מכאן שבסיס הנתונים של הגשם הרציף הוא בטווח של 10 עד 240 דקות.

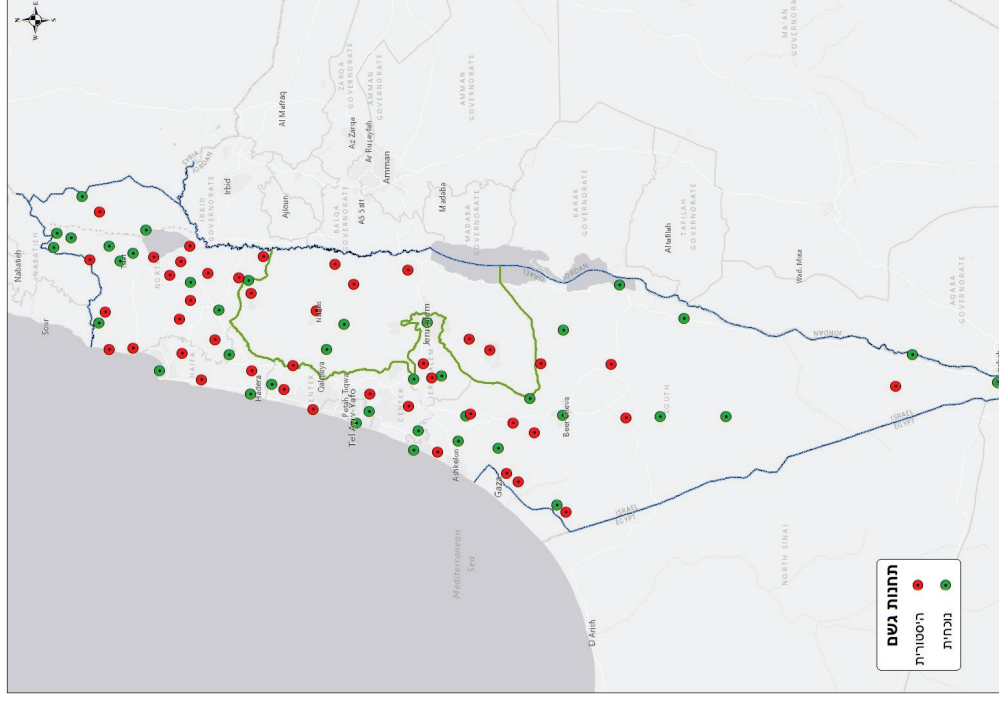
הוחלט שחישוב עוצמות הגשם יבוצע רק עבור תחנות שיש להן יותר מ-10 שנות נתונים. ציון כי בעולם מקובל להשתמש בסדרות נתונים של 30 שנה ומעלה, אך בישראל סדרות הנתונים הן קצרות יותר וסף של 30 שנים היה משאיר חורים גדולים מידי בכיסוי המרחבי של המדידות. גם הסף של 10 שנים הותיר תחתות פעילות רבות מחוץ למשחק. בכדי לקבל סדרות נתונים ארוכות ככל האפשר, הוחלט לאחד נתוני תחנות שונות, אשר הן סמוכות גיאוגרפית ונמצאות ברם דומה. התחנות שאוחדו הן:

- ♦ חוות בשור וניר יצחק
- ♦ עין כרמל וגבע כרמל
- ♦ גת ושדה משה
- ♦ גלגל ויריחו
- ♦ כפר נחום וגינסר
- ♦ נאות סמדר ושדה תעופה עובדה
- ♦ ניצן וניצנים
- ♦ שדה אליהו וסירת צבי
- ♦ צמח ודגניה א'
- ♦ צומת הנגב ומשאבי שדה
- ♦ חיפה נמל וחיפה בז"

טבלה 55: טבלת חיכוך עוצמות גשם לתחנות גשם רשומות - Lambrecht Meteo

הגשם בפועל (מ"מ/דקה)	דיווח עוצמות גשם (מ"מ/דקה)	הגשם בפועל (מ"מ/דקה)	דיווח עוצמות גשם (מ"מ/דקה)	הגשם בפועל (מ"מ/דקה)	דיווח עוצמות גשם (מ"מ/דקה)	דיווח עוצמות גשם (מ"מ/דקה)
6.3	4.8	2.73	2.4	0	0	0
6.46	4.9	2.86	2.5	0.1	0.1	0.1
6.63	5	2.99	2.6	0.2	0.2	0.2
6.79	5.1	3.13	2.7	0.3	0.3	0.3
6.96	5.2	3.26	2.8	0.4	0.4	0.4
7.13	5.3	3.4	2.9	0.5	0.5	0.5
7.3	5.4	3.54	3	0.6	0.6	0.6
7.48	5.5	3.68	3.1	0.71	0.71	0.7
7.65	5.6	3.82	3.2	0.81	0.81	0.8
7.82	5.7	3.97	3.3	0.92	0.92	0.9
8	5.8	4.11	3.4	1.03	1.03	1
8.18	5.9	4.26	3.5	1.14	1.14	1.1
8.35	6	4.41	3.6	1.26	1.26	1.2
8.53	6.1	4.56	3.7	1.37	1.37	1.3
8.71	6.2	4.71	3.8	1.49	1.49	1.4
8.89	6.3	4.86	3.9	1.6	1.6	1.5
9.07	6.4	5.02	4	1.72	1.72	1.6
9.25	6.5	5.17	4.1	1.84	1.84	1.7
9.43	6.6	5.33	4.2	1.96	1.96	1.8
9.61	6.7	5.49	4.3	2.09	2.09	1.9
9.8	6.8	5.65	4.4	2.21	2.21	2
9.98	6.9	5.81	4.5	2.34	2.34	2.1
10.08	7	5.97	4.6	2.47	2.47	2.2
		6.13	4.7	2.59	2.59	2.3

איור 75 | מיקום תחנות הגשם ההיסטוריות והעכשוויות שלהן חושבו עוצמות גשם



עיבוד הנתונים נעשה לרוב בכלים אוטומטיים שתוכנתו באקסל, אולם נעשתה גם עבודה ידנית, בעיקר בכדי לפסול שנים שנמדדו חלקיות, או לבחון ספציפית נתונים חריגים מאוד. כמו כן נפסלו תחנות שבחן מס' האירועים לשנה היה גמור נמוך מאוד בהשוואה לתחנות סמוכות, או שהתגלו הפסקות גדולות ופערים בין המדידות.

סה"כ התקבלו 81 סדרות נתונים שנתיים עם יותר מ-10 שנים, מחוץ 38 תחנות גשם פעילות ו-43 תחנות היסטוריות, איתן הוחלט להמשיך לחישוב עוצמות הגשם. תחנות אלה מוצגות במפה שבאיור 73. תחנות בירוק הן פעילות ובאדום הן היסטוריות.

3. חישוב סטטיסטי של עוצמות גשם

השלב הבא, לאחר יצירת סדרות שנתיים, הוא חישוב עוצמות קיצון באמצעות פונקציות פירוס סטטיסטיות. עוצמות הקיצון משמשות לבניית עקומי עוצמה-משך-הסתברות (IDF Curves). נבחנו פונקציות פירוס הנתונים הבאות:¹²⁸

- ◆ Log-Pearson III ¹²⁹(LP3)
- ◆ Log- Normal (LN)
- ◆ Generalized Extreme Value (GEV)

הפונקציות נבחנו בצורה גרפית אל מול התפלגות נורמלית עבור עשר תחנות שונות ברחבי הארץ (איילת השחר, אראל, אשדוד נמל, אילת, אילון, בית ג'ימל, בית דגן, באר שבע, תל אביב, צפת וגלעד) עבור משכי זמן של 5 ו-60 דקות. איור 74 מצג בחינה של 3 מהתחנות. המשולשים האדומים הם ערכי הסדרות פרוסים בהתפלגות נורמלית N/1 (כלומר, בסדרה בת 100 נתונים, הנתון הקיצוני ביותר יהיה על 0.01).

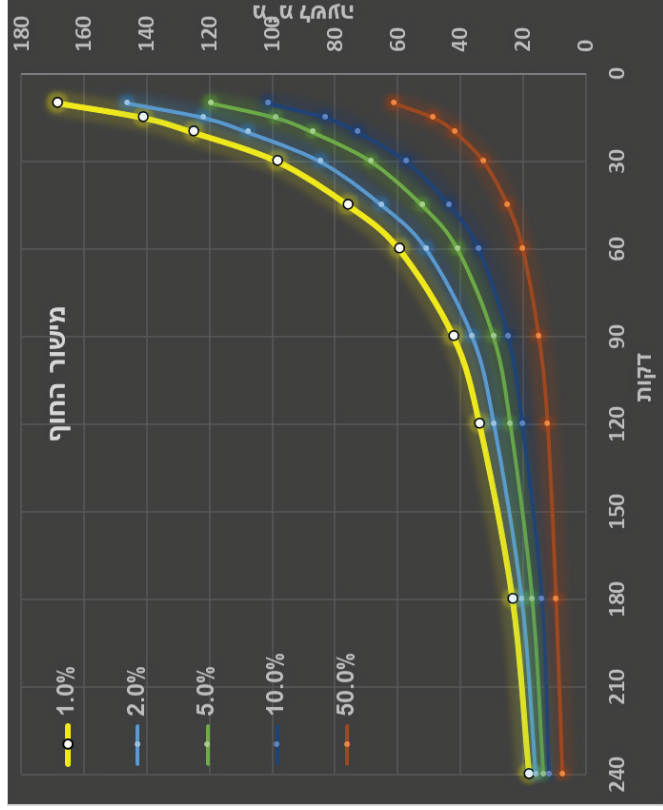
ל-LP3 יש שני קווים כיוון שבחנו מספר מקדמי הטיה MSE ¹³⁰הטיה לפונקציה. נמצא כי פונקצית LP3 בעלת מקדם הטיה $MSE=0.35$ היא המתאימה ביותר¹³⁰, גם כי לרוב היא הייתה הקרובה ביותר להתפלגות הנורמלית. אך בעיקר כיוון שבתחנות שבחנו היא כמעט לא פספסה כלפי מטה (אם כי פספסה לעיתים כלפי מעלה, כמו בעקום של תל-אביב ה-5 דקה). שאר הפונקציות כן פספסו לעיתים כלפי מטה.

¹²⁸ נבנתה גם פונקצית GP (General Pareto) העובדת על סדרות אירועים מלאות (להבדיל מסדרות שנתיים), אולם היא נפסלה כיוון שהתגלה שתיעוד האירועים ההיסטוריים אינו מלא¹²⁸. לפי 10%.

¹²⁹ מקדם ההטיה שתיעוד האירועים ההיסטוריים אינו מלא¹²⁸. לפי 10%.

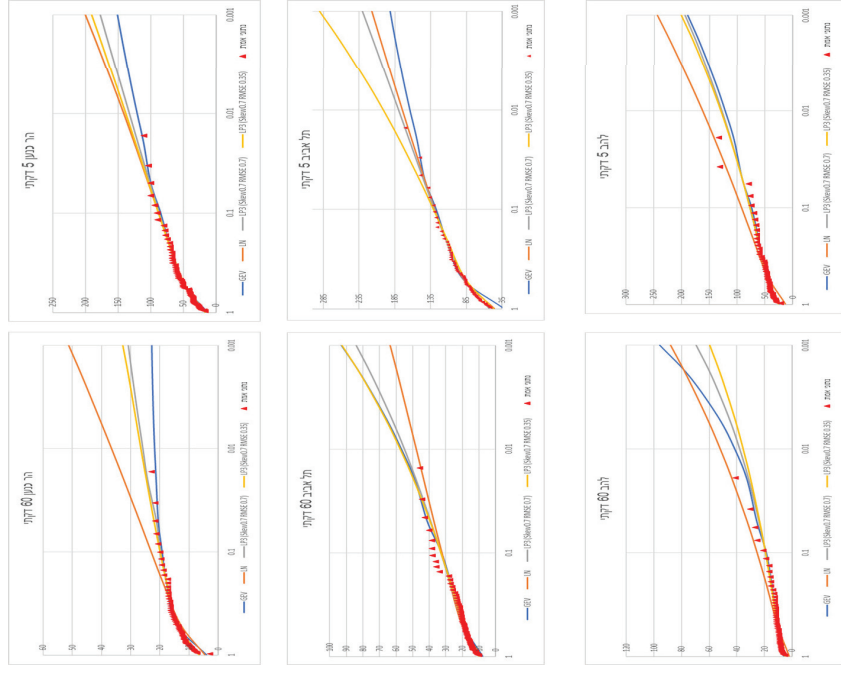
¹³⁰ עבודות קודמות שנעשו בישראל בנושא מצאו גם חן ש-LP3 היא הפונקציה המתאימה ביותר. דארה, הנחיות לחבנו ניקוד והידרולוגיה, נתבי ישראל, יולי 2015.

איור 77 | עקום IDF (עוצמה-משך-הסתברות) לתל אביב



לאחר בחירת הפונקציה, חושב עקום IDF לכל 81 התחנות שבבחרו. התוצר של פונקציית LP3 הינו סדרת נתונים ממנה ניתן לשרטט עקום IDF, כמודגם באיור 75. כל קו בעקום מייצג הסתברות שונה החל מ-50% (1:2) עד ל-0.1% (1:1,000). ציר ה-X הוא משך האירוע בדקות וציר ה-Y הוא עוצמת הגשם במ"מ לשעה. בנוסף, מוצג קו מגמה מעריכי להסתברות 1%.

איור 76 | ייוצג גרפי לעוצמות גשם חזויות בהסתברויות שונות על בסיס הפונקציות LP3, LN, ו-GEV



4. תיקון והחלקת החישובים הסטטיסטיים

עוצמות הגשם עומדות ביחס הפוך למשך האירוע. בעוד עובי הגשם עומד ביחס ישיר למשך. במילים אחרות, ככל שאירוע הגשם מתארך, עוצמות הגשם קטנות ועובי הגשם גדל. מכיוון שסדרות הזמן בישראל קצרות וחלקם של הנתונים ההיסטוריים הוא באמינות נמוכה, יצא בחלק קטן מהחישובים מצד הפוך שאינו ייתכן, בו העוצמות דווקא גדלו עם הזמן ו/או שהעובי קטן. עיקר הטעויות התרחשו בתקופות החזרה שנדירות מ-100:1.

התיקון של מקרים אלה נעשה בסדר פעולות כדלקמן:

1. כאשר עוצמת הגשם חושבה כקטנה מהעוצמה של משך הזמן ארוך יותר, אזי היא תוקנה לממוצע שבין משך הזמן הקצר ומשך הזמן הארוך. לדוגמה, בתחנת גוש חושב כי עוצמות הגשם לתקופת חזרה של 1:500 עבור 120, 180, 240 דקות הינן 24.9, 51.9, 73.4 מ"מ לשעה בהתאמה. הבעיה היא כי העוצמה ל-180 דקות הינה קטנה מהעוצמה ל-240 דקות. לכן עוצמת הגשם ל-180 דקות תוקנה ל-38.7 מ"מ לשעה (הממוצע בין 51.9 ו-25.4).
2. כאשר עובי הגשם חושב כקטן מהעובי של משך הזמן הקצר יותר, אזי הוא חוקן לממוצע שבין משך הזמן הקצר ומשך הזמן הארוך. לדוגמה, בתחנת לוד נתב"ג חושב כי עובי הגשם לתקופת חזרה של 1:200 עבור 60, 90, 120 דקות הם 62.3, 55.4, 73.4 מ"מ בהתאמה. הבעיה היא כי העובי ל-90 דקות קטן מהעובי ל-60 דקות. לכן עובי הגשם ל-90 דקות חוקן ל-67.9 מ"מ (הממוצע בין 62.3 ו-73.4).
3. במקרים בהם השגיאה בחישוב התפרסה על פני מספר משכי זמן עוקבים, אז לאחר התיקון לעיל עדיין נותרו עוביים הקטנים עם הזמן. במקרים כאלה, שהתרחשו בעיקר במשכי זמן של מעל לשעה ובהסתברויות הנדירות, עובי הגשם חוקן לעובי של משך הזמן הקצר + 1 מ"מ. לדוגמה, בתחנת מרום גולן חושב כי עובי הגשם לתקופת חזרה של 1:500 עבור 45, 60, 90, 120 דקות הם 36.7, 37.1, 37.7, 40.8 מ"מ בהתאמה. כלומר, עובי הגשם יורד עבור משך של 60 דקות ו-90 דקות ושם לעלות רק ב-120 דקות. תיקון לפי ממוצע כמתואר לעיל מניב עבור 60 דקות עובי של 36.4 מ"מ, שאינו פותר את הבעיה. לכן עובי הגשם ל-60 דקות חוקן ל-38.1 מ"מ (1 מ"מ יותר מ-37.1, שהוא העובי ל-45 דקות).

5. חלוקת הארץ לאזורי ניהול נגר

עוצמות הגשם שחושבו הן בקודדיות, אולם נחוץ לפרוס אותן ברחבי הארץ על מנת שיהיו שימושיות למתכננים. חלוקת הארץ לאזורי ניהול נגר נעשתה במספר שלבים. ראשית, חלוקת המדינה ל-81 אזורים לפי שיטת פוליגוני טיס (Theissen) על בסיס 81 תחנות הגשם להם הוכנו עקומי IDF.

השלב הבא היה לאחד פוליגונים של תחנות סמוכות המייצגים אזורים דומים מבחינה גיאוגרפית. לכל אזור נבחרה תחנה אחת המייצגת אותו, כאשר עדיפות ניתנה לתחנות פעילות בעלות סדרות זמן ארוכות ועוצמות גשם גבוהות יותר. בשלב הראשון חולקה הארץ ל-40 פוליגונים. אך לאחר דיונים עם משרד החקלאות והשט"ט הוחלט ליצור פוליגונים גדולים יותר. במהלך איחוד הפוליגונים, נבחרה התחנה שייצגה את עוצמות הגשם הגבוהות ביותר מכל התחנות שבתוך הפוליגון המאוחד. הקריטריון לאיחוד הפוליגונים התחשב בשני נתונים, שכאשר שניהם היו דומים, הוחלט לאחד את הפוליגונים והם:

- ♦ גשם יומתי 1:50 - על פי מחשוב היעד לניהול נגר
- ♦ גשם 10 דקות 1:5 - על פי, לרוב, מתוכנתת מערכת התיעול

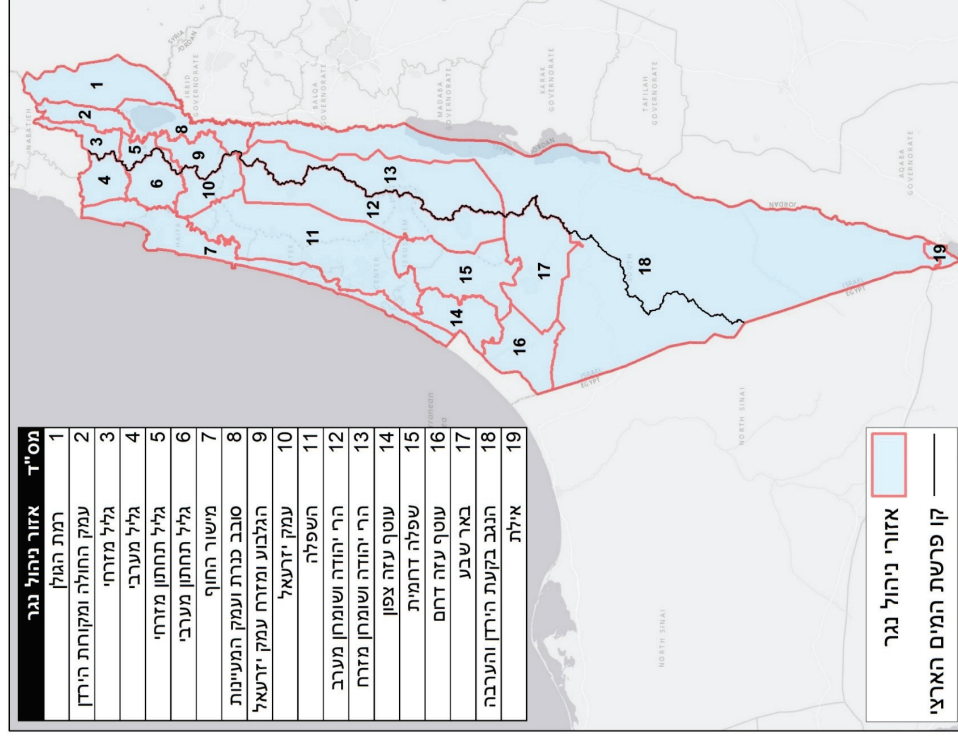
באזור 78 וסבלה 48 להלן מציגים את אזורי הגשם. כפי שניתן לראות, מדובר ב-15 אזורי ניהול נגר. הטור הראשון בסבלה הינו המספר המזהה שבמפת. הטור של מספר תחנה גשם מתייחס לתחנה האחרונה בסדרת הנתונים. הטור של מספר תחנה היסטורית מציג את מספרי התחנות הלא פעילות, שאוחדו לסדרת הנתונים המייצגת את הנקודה במרחב. הטורים של שנת התחלה, שנת סיום ושנות פעילות מתייחסים לסדרת הנתונים המאוחדת של כל התחנות. בחלק מהסדרות ישנם חורים בנתונים ולכן שנות הפעילות אינן תמיד ההפרש בין שנת ההתחלה לשנת הסיום. שכבה גיאוגרפית של 'אזורי גשם לתכנון' נמצאת באתר govmap.

רוב הגבולות של הפוליגונים חופפים לגבולות המוניציפאליים. אך היו מקומות בהם הדבר לא התאפשר. כך למשל, הגבול בין פוליגון מישור החוף לבין פוליגון השפלה באזור השרון נקבע לכביש 4. בתחומי ראשון לציון, הגבול חופף את כביש 20 ולאחר מכן ממשיך דרומה שוב לאורך כביש 4. ישנם גם מקומות בהם מתאר הפוליגונים עוקב בקוים גסים אחר הטופוגרפיה, דוגמת מצוק ההעתקים בבקעת ים המלח והערבה. כמו כן, הוחלט לקבוע את קו פרשת המים הארצי כגבול בין אזורי ניהול נגר, משום שיעד ניהול הנגר הינו שונה בין תחום הניקוז המערבי והמזרחי.

ישנם עדיין אזורים בארץ שאינם מכוסים היטב (למשל הגליל או צפון השומרון) ברשת תחנות הגשם. ישנן גם 37 תחנות גשם פעילות עם פחות מ-10 שנות נתונים שלא יוצגו בפרויקט זה. בחלק מהתחנות שכן מיוצגות, סדרת הנתונים היא קצרה מ-30 שנה. לזאת יש להוסיף את שינוי האקלים שייחבן ומשנה את עוצמות הגשם. לפיכך מומלץ לעדכן עבודה זו בעוד מספר שנים, על בסיס נתונים שיתווספו בתחנות המיוצגות והלא מיוצגות. כמו כן, ישנן 4 תחנות היסטוריות בעלות סדרות נתונים ארוכה שפעילותן הופסקה אך אין להן תחליף טוב בדמות תחנה פעילה. מומלץ לחדש פעילותן של התחנות הבאות:

- ♦ געש
- ♦ נתב"ג
- ♦ לביא
- ♦ חפציבה-גלבוע

אזור 78 | אזורי ניהול נגר



טבלה 56 | אזורי הגשם והתחנות המייצגות

שנת פעילות	שנת סיום	שנת התחלה	מס' התחנה היסטורית	תחנת גשם	מס' תחנת גשם	אזור ניהול נגר	מס' אזור
27	2016	1978		מרום גולן פייכמן	2496028	רמת הגולן	1
44	1990	1965	311204 311203	אילת שחר	311206	עמק החולה ומקורות הירדן	2
59	2016	1948		צפת הר כנען	211890	גליל מזרחי	3
42	2016	1974	210748	אילון	210753	גליל מערבי	4
38	2004	1965		ליבא	213600	גליל תחתון מזרחי	5
38	2004	1965		ליבא	213600	גליל תחתון מערבי	6
37	1997	1960		געש	133651	מישור החוף	7
60	2016	1944		דגניה א וצמח	320500	סובב כנרת ועמק המעינות	8
38	1999	1960	216101	גזית	216101	הגליל ומזרח עמק יזרעאל	9
38	1999	1960	216101	גזית	216101	עמק יזרעאל	10
55	2003	1938		לוד נמל תעופה	136900	השפלה	11
22	1999	1989	241412	אריאל	241414	הרי יהודה ושומון מערב	12
60	2016	1950	244730	ירושלים מרכז	244731	הרי יהודה ושומון מזרח	13
64	2016	1951		גבבה	141747	עוטף עזה צפון	14
52	2016	1959	246550	בית ג'מל	246551	שפלה דרומית	15
36	2016	1955	144900 144902	חות בשור וניר יצחק	144873	עוטף עזה דרום	16
60	2016	1943	251850 251690	באר שבע	251691	באר שבע	17
42	2016	1967		יריחו וגילגל	330170	הנגב בקעת הירדן והערבה	18
45	2016	1960	347700 347702	אילת	347704	אילת	19

יש לציין כי נתוני הגשם בישראל הם בעייתיים לצורך פריסה משלוש סיבות:

1. סדרות הזמן הקצרות גורמות לכך שלעיתים, במיוחד בהסתברויות הנדירות, עקום ה-IDF הינו קצת מעוות ולא עוקב אחר התצורה הקלאסית של עקום מעריכי חלקי.
2. עוצמות הגשם מחושבות מ-5 ועד ל-240 דקות ואז יש קפיצה גדולה ל-1,440 דקות (יממה) וזאת עקב מגבלת הנתונים ההיסטוריים עד שנת 2006 (ראה הסבר בסעיף לעיל).
3. עוצמות הגשם עד 240 דקות מחושבות מנתונים רציפים בעוד העובי היממתי מחושב מנתונים יממיים עם פקטור. מדובר בשני בסיסי נתונים שונים שעלולה להיות ביניהם אי התאמה.

הבעיות לעיל גורמות לכך שפריסת הנתונים מתוך עוצמות הגשם יוצרת לעיתים קפיצות לא הגיוניות וערכים שליליים ולכן לא ניתן להשתמש בעוצמות כמו שהן. לפיכך הוחלט להשתמש בקו המגמה המעריכי של עוצמות הגשם לצורך חישוב פרישת הגשם.

ההתאמה של קווי המגמה המעריכיים לעוצמות הגשם היא לרוב גבוהה מאוד ($R^2 > 0.99$), אך למרות זאת ישנן לפעמים סטיות קלות. לעיתים ישנה גם אי התאמה בין הנתונים הרציפים ליומיים. לכן פירוס הגשם על פני היממה לפי קו מגמה חיובי לפספס את העוצמות המחושבות, או בשאי או בעובי היממתי של האירוע המחושב. מסיבה זו העובי הכולל ועוצמות הגשם של האירוע המחושב עלולים להיות מעט שונים מטבלת עוצמות הגשם.

7. בסיס הנתונים של עוצמות הגשם בישראל

לאחר ביצוע החישובים נמצא כי הגשם בישראל הינו הסרגוני באופיו ולא ניתן לאפיין באמצעות מספר קטן של התפלגויות. יתרה מכך, ההתפלגויות משתנות בהתאם להסתברות עבור אותו פוליון. לכן במקום לציין התפלגות, נבנה בסיס נתונים של עוצמות הגשם בישראל בקובץ אקסל בעל שני גיליונות:¹³²

1. גיליון ראשון המציג את קטלוג התנות הגשם ואזורי הגשם בישראל.
2. גיליון שני בו ניתן לבחור אזור גיהול גגר ולקבל את טבלת עוצמות הגשם ועקום ה-IDF הרלוונטי וכן לבחור תקופת חזרה ולקבל אירוע גשם יממתי המחושב אוטומטית ב-Alternating Block Method.

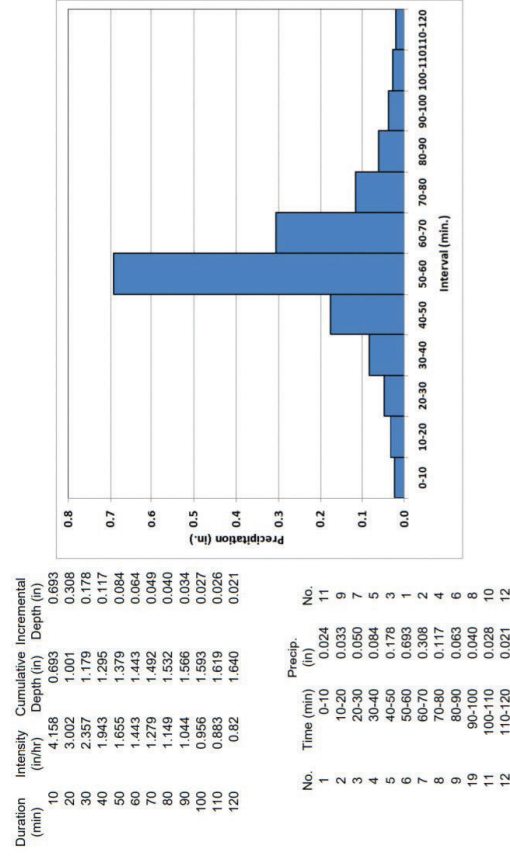
כמתואר לעיל.

¹³² CE 374 K – Hydrology, Hydrologic Design.

ל 39 מהתחנות הרלוונטיות חושבו 12 ההתפלגויות לתקופת חזרה של 1:100. התקווה הייתה למצוא התפלגות אחת שמתאימה לרוב התחנות, או לפחות למצוא מספר התפלגויות קטן המתאימות לאזורים שונים. בדיקת ההתאמה נעשתה לעוצמה המחושבת הגבוהה ביותר בהתפלגות אל מול העוצמה ה-5 דקתית שחושבה לתחנה, (למרות שלאחר מכן הנתונים ה-5 דקתיים הושמטו מבסיס הנתונים). נמצא כי אין התפלגות אחת שמתאימה לרוב הפוליונים בישראל ולא נמצאה חוקיות בהתאמה. יתרה מכך, עוצמות הגשם בחלקים מישראל, בעיקר בדרום, הינן גבוהות בהרבה מכל ההתפלגויות שנבדקו ואין אף התפלגות שמתאימה להן.

לכן הוחלט לפתח התפלגויות לפירוש גשם במיוחד לישראל, בשיטת Alternating Block Method¹³². בשיטה זו מחשבים את עוצמת הגשם לכל אינטרוול זמן (במקרה הנדון, כל 10 דקות) ע"פ עקום ה-IDF ולאחר מכן מסדרים את הבלוקים המחושבים כך שהעוצמה הגבוהה ביותר במרכז; ומסביבה בסדר יורד שאר הבלוקים, באורז שיתקבל שיי גשם אחד באירוע כמוצג באיור 78.

איור 80 | דוגמה ל-Alternating block method



פרק 11

ביבליוגרפיה

11. ביבילוגרפיה

- Raghunath, H' M': (2006). Hydrology: principles, analysis and design
- Rawls, W' J', Brakensiek, D' L' & Miller, N': (1983). Green-ampt Infiltration Parameters from Soils Data. Journal of Hydraulic Engineering.
- Snyder, F' F': (1938). 'Synthetic unit hydrographs. Trans., Am. Geophys. Union, 19, 447-454.
- Thompson, D' B': (2006). [The Rational Method. Texas Tech University, Civil Engineering Department](#)
- Vladimirescu, I': (1984). Engineering Hydrology (In Romanian). Bucurest
- גבירצמן, ח': (2002) משאבי המים בישראל. יד בן צבי
- גוסמן, ד' ג': (2018). ניהול אגני היקוות בגישה אוטוגרפית - לקראת גיבוש מדיניות סקירה מושגית | מאפייני הגישה | דוגמאות לארגז כלים | מקרי בוחן . האגף לשימור קרקע וניקוז, משרד החקלאות ופיתוח הכפר
- גוסמן, ד' ג': (2019). גישה אגנית משלבת לניהול אגני היקוות - נייר מדיניות ומפת דרכים להטמעת עקרונות הגישה בישראל. משרד החקלאות ופיתוח הכפר
- הלני, ר' א': (2016). עדכון בסיס נתוני עוצמות הגשם בישראל וקביעת עוצמת גשם תכן כפרמטר בסיס לתכנון ניקוז מערכות תחבורה
- הלני, ר' א' & ארבל, ש': (2016). עדכון בסיס נתוני עוצמות הגשם בישראל וקביעת עוצמת גשם תכן כפרמטר בסיס לתכנון ניקוז מערכות תחבורה. גתיבי ישראל.
- המשרד להגנת הסביבה. (דצמבר 2017). [היערכות ישראל להסתגלות לשינויי אקלים: המלצות לממשלה לאסטרטגיה ותכנית פעולה לאומית](#)
- השירות ההידרולוגי. מודל לספיקות שא. רשות המים
- השירות ההידרולוגי. ספיקות ונפחי זרימה בנחלים. נתונים ומידע מקצועי מתוך אתר רשות המים
- השירות ההטאוחולוגי. (נובמבר 2019). [שינוי האקלים בישראל מגמות עבר ומגמות חזונות במשמטר בטמפרטורות והמשקעים](#)
- טל-ברזילי, ר'. במברגר, א' & פולק, ש'. (2018). סקירת שיטות עדכניות לחישוב ספיקות בישראל ליבשין, י'. (2018). מסמר עקרונות ניהול ושימור נגר. השירות ההידרולוגי, רשות המים
- CFRC. (2006). [Hydraulic Reference – Manning's Equation](#). Corvallis Forestry Research Community
- Chow, V'. Maidment, D. R. & Mays, L. W. (1988). Applied Hydrology International Edition, McGraw-Hill
- Clark, C' O': (1945). Storage and the unit hydrograp
- Colorado. (August 2018). [Urban Storm Drainage Criteria Manual Volume 1](#). Mile High Flood District
- EPFL. (9 March 2006). [CHAPTER 10 – URBAN HYDROLOGY](#). (École Polytechnique Fédérale de Lausanne). Virtual campus in hydrology and water resources.
- Grimaldi, S'. Petroselli, A'. Tauro, F'. & Porfiri, M'. (2012). [Time of concentration: a paradox in modern hydrology](#). Hydrological Sciences Journal. 57(2). 217-228
- Gunawardena, A' Z': (2017). Review of non-market values of water sensitive systems and practices: An update. Melbourne, Australia: Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities
- LA County. (January 2006). (D. L. Wolfe, Los Angeles County Department of Public Works
- Lausanne. É P'. (9 march 2006). [Virtual campus in hydrology and water](#). CHAPTER 10 – URBAN HYDROLOGY. École Polytechnique Fédérale de Lausanne
- NRCS. (May 2010). [Part 630 Hydrology – National Engineering Handbook](#). Chapter 15 – Time of Concentration. United States Department of Agriculture
- NOAA. (12 Oct. 2005). [Unit Hydrograph \(UHG\) Technical Manual](#). (National Weather Service – Office of Hydrology – Hydrologic Research Laboratory & National Operational Hydrologic Remote Sensing Center.) National Weather Service
- NRCS. (1988). [Module 206D – Peak Discharge \(Other Methods\)](#). Hydrology Training Series
- NRCS. (May 2010). [Part 630 Hydrology – National Engineering Handbook](#). Chapter 16 – Hydrographs. United States Department of Agriculture
- NRCS. (Dec 2019). [Natural Resources Conservation Service. Unit Hydrograph Transformer](#)
- Ponce, V' M'. & Nuccitelli, N. R. (October 2013). [Comparison of two types of Clark unit hydrographs](#)
- Queensland Government, (2013). Queensland Urban Drainage Manual, Third edition, Brisbane: Department of Energy and Water Supply

מינהל התכנון. (2012). מדריך הנחיות לתכנון תחנית. מינהל התכנון - משרד הפנים.

משרד הבינוי והשיכון. (2004). מדריך לתכנון ובינה משמרת נגר עלילי. משרד הבינוי והשיכון.

משרד הבינוי והשיכון, המועצה לישראל ירוקה. (ינוי 2019). שכונה 360° מדדים לתכנון ופיתוח שכונות מגורים.

אודיש, י' פ'. (2006). השפעת הגוף על שוויון של דירות מגורים: בדיקה אמפירית של השפעת סוגי גופים שונים באחת עשרה ערים בארץ. משרד המשפטים, אגף שומת מקרקעין, מחלקת המחקר והמידע במקרקעין.

נומן, א' ד'. (2019). תכניות אב ברשויות ניקוז ונחלים, סקירה היסטורית בראי העקרונות של דירקטיבת השיטפונות האירופית. משרד החקלאות ופיתוח הכפר.

נתניהו, ס' א'. (2007). כדאיות כלכלית של שימור מי נגר בדגמים עירוניים ברצועת החוף של ישראל - דו"ח מס' 1. נציבות המים במשרד התש"ל, אגף המחקרים.

נתניהו, ס' א'. (2008). כדאיות כלכלית של שימור מי נגר בערים ראשון לציון והרצליה - דו"ח מס' 2. נציבות המים במשרד התש"ל, אגף המחקרים.

עמיע, י' ר'. (2018). הנחיות להחזרה מים במסגרת בנייה משמרת מים בשטחים עירוניים (ברמת המגרש) הנמצאים מעל האקוויפר בעל תור נקבובי, (אקוויפר החוף). רשות המים.

עמיר, ד' ש'. (2015). מדריך לתכנון סביבתי. הטמעת היבטים סביבתיים בהליכי התכנון. המשרד להגנת הסביבה.

צלול. (2016). דרכים למניעת נזקי הנגר העירוני לנחלים ולים - דוח מצב הים. צלול שמיר, א' כ'. (2007). תר"מ - תכנון רגיש למים. משרד הבינוי והשיכון.

