

'עיריית רמת גן'

בית ספר בן גוריון, רמת גן הקמת מבנה ציבור



חוות דעת הידרולוגית לניהול מי נגר עילי

ינואר 2023

דו"ח מספר: 10003107

א.ג.נ,

חברת 'ורידיס קרקעות מזוהמות בע"מ' (להלן: "ורידיס") מתכבדת להגיש חוות דעת הידרולוגית לניהול מי נגר עילי במסגרת פרויקט בניה חדשה בבית ספר בן גוריון, הנמצא ברח' משה שרת, ר"ג, ע"פ בקשת עיריית רמת גן (להלן: "היזם"). המסמך הוכן בהתאם להנחיות עיריית רמת גן, רשות המים, מנהל התכנון ותמ"א 1 - שימור וניהול מי נגר עילי.

מסמך זה הינו חוות דעת הידרולוגית ואינו מהווה תוכנית הנדסית, האמורה להתבצע על ידי מהנדסי הבניין, האינסטלציה ויועץ הביסוס בפרויקט.

בברכה,

זיו וייץ



יועץ סביבתי

ורידיס קרקעות מזוהמות בע"מ

טלפון: 054-4478528

מייל: Ziv_w@groupve.co.il

בקרת איכות: ניצן מזרחי, 'ורידיס קרקעות מזוהמות בע"מ'

תוכן העניינים

1.....	1. רקע
1.....	2. תיאור התוכנית והסביבה
1.....	2.1. מיקום התוכנית
1.....	2.2. תיאור התוכנית
2.....	3. הידרו-גיאולוגיה
2.....	3.1. כללי
3.....	3.2. חתך הקרקע
4.....	3.3. מפלס מי תהום
5.....	3.4. קרקע והידרולוגיה
6.....	3.5. קידוחי הפקה
6.....	4. ספיקות התכן
6.....	4.1. בסיס הנתונים לחישוב ספיקות התכן
9.....	4.2. חישוב ספיקות התכן
12.....	5. תוכנית הניקוז המוצעת
12.....	5.1. השהיית מי נגר משטחי הפיתוח- 'Permavoid'
15.....	5.2. קידוחי החדרה
16.....	5.3. נפח השהיה
17.....	6. סיכום
23.....	7. בניה ירוקה

רשימת איורים

- איור 1- גבול התוכנית ע"ג תצ"א 2
- איור 2- חתך גיאולוגי 132 (אתר 'רשות המים') 4
- איור 3- מפת מפלסי מי תהום ותמ"א 1 באזור התוכנית 5
- איור 4- חבורות קרקע באזור התוכנית 6
- איור 5- פלט מחשבון ניהול מי נגר לשטח התוכנית, פוליגון השפלה 8
- איור 6- עקום עוצמה- משך- הסתברות, תחנת שדה דב 8
- איור 7- תכנית הבניה במבט על, קומפילציה 10
- איור 8- מידע כללי מערכת אגירת מים מדגם Permavoid ('פלג פתרונות למי גשם בע"מ') 13
- איור 9- מפרט תא אגירה רדוד מדגם Permavoid 85 ('פלג פתרונות למי גשם בע"מ') 13
- איור 10- מיקום מוצע למאגר השהיה 14
- איור 11- אופן התקנת תאי אגירה מתחת לתכסיות שונות 14
- איור 12- פרט טכני לקידוח ההחדרה המוצע (לא בקנ"מ) 22

נספחים

- תוכניות הפרויקט (אליקים אדריכלים)

1. רקע

במסגרת פרויקט הריסה ובניה חדשה מתכוון היזם הריסת מבנה קיים והקמת מבנה ציבור חדש ברחוב משה שרת בעיר ר"ג. המסמך שלהלן מהווה חוות דעת הידרולוגית בנושא בניה משמרת נגר עילי בהתאם להנחיות עיריית ר"ג, רשות המים ותמ"א 1, שמטרתו חישוב ספיקות התכן ומתן המלצות לניהול מי נגר עילי בשטח הפרויקט.

2. תיאור התוכנית והסביבה

2.1. מיקום התוכנית

שטח התוכנית ממוקם ברחוב משה שרת 27, שכונת 'בן-גוריון' בעיר רמת גן, גוש 6125, חלקה 381 (חלקי), נ"צ מקורבת למרכז התוכנית- 183020/665970. איור 1 מציג את גבול התוכנית וסביבתה הקרובה ע"ג תצ"א.

2.2. תיאור התוכנית

הפרויקט מתוכנן על מגרש שגודלו 979 מ"ר וכולל הריסת מבנה קיים והקמת מבנה חדש בן 4 קומות: 3 קומות כיתות לימוד וקומת קרקע. מפלס ה- 0.0 מ' בקומת הקרקע הינו +59.7 מ', אין מרתף במבנה זה. תכנית השטח הבנוי בקומת הקרקע עומדת על כ- 494 מ"ר, השטחים הנותרים במפלס הקרקע מיועדים לשטחי גינון (כ- 26 מ"ר), מרפסות ושטח פנוי שאינו מיועד לבניה- דרכי גישה וכו' (כ- 460 מ"ר). ממערב לשטח התוכנית ובצמוד אליה קיימת מערכת קירות תמך בין מפלס הפרויקט למפלס הרחוב התחתון בגובה של כ- 15.0 מ'. תוכניות הפרויקט מצורפות בנספח.

עומקו הרדוד יחסית של האקוויפר הופך אותו לזמין ונוח לניצול, אך רגיש מאוד לזיהומים מפני השטח- כך שהאקוויפר הזמין ביותר בארץ נמצא תחת האזור המתועש והמיושב ביותר. רגישות יתר זו מתבטאת בזיהומים ישירות מפני השטח עקב הפיתוח המואץ במישור החוף, ובהמלחת מי האקוויפר עקב שאיבת יתר ותזוזה של הפן הביני מזרחה וחדירת מי ים אל האקוויפר.

3.2. חתך הקרקע

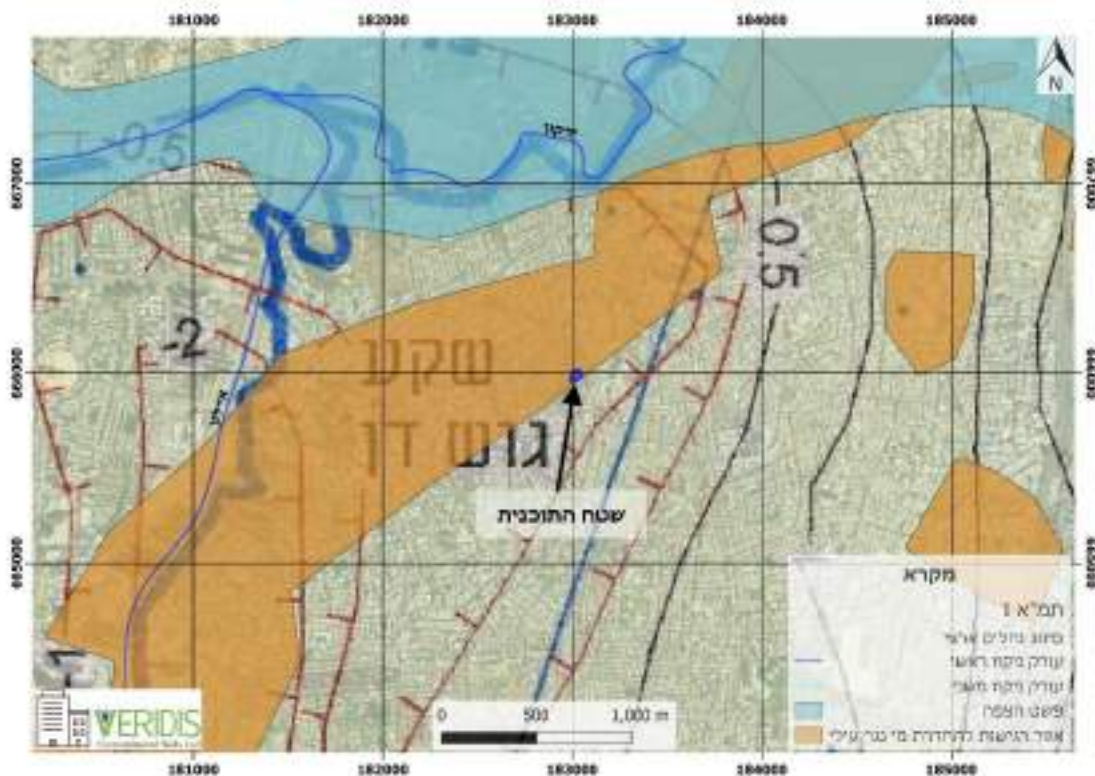
חתך הקרקע בשטח התוכנית נבחן על ידי 'ישי דוד', יהודה בנישתי – ביסוס מבנים ותשתיות בע"מ' על ידי קידוח ניסיון יחיד שבוצע במגרש לעומק של 16.0 מ'. מתוך דו"ח הקרקע וייעוץ לביסוס נמצא חתך הקרקע להלן:

- מילוי- עד לעומק 8.0 מ'. בבדיקות החדרה תקנית שבוצעו בשכבה, התקבלו תוצאות המצביעות על **צפיפות חומר בינונית**, אולם יש לקחת בחשבון שקיימים אזורים בהם חומר המילוי לא מהודק וצפיפותו נמוכה.
- חול כורכרי- מעומק 8.0 מ' ועד לסוף הקידוחים, שכבה זו הינה בעלת צפיפות בינונית-גבוהה.

לא נמצאו מי תהום בקידוחים.

לצורך תיקוף חוות דעת זו, נדרש לבצע קידוחי ניסיון לעומק 21.0 לפחות.

מידע מרחבי על חתך הקרקע באזור התוכנית התקבל מאטלס החתכים הגיאולוגיים של אקוויפר החוף המסופקים על ידי רשות המים. **נתונים אלה הינם מרחביים ואינם מייצגים בוודאות תנאים מקומיים בשטח התוכנית.** חתך גיאולוגי רצועה 132 המוצג באיור 2 (מתוך אתר 'רשות המים') מראה את החתך הגיאולוגי באזור התוכנית בחתך מז' מע'. חתך הקרקע, כפי שמופיע ברצועה 132, מאופיין בשכבת חול חרסיתי בעומק כ-10.0 מ', ולאחריה שכבות חול וחול חרסיתי לסירוגין עד מפלס מי התהום.

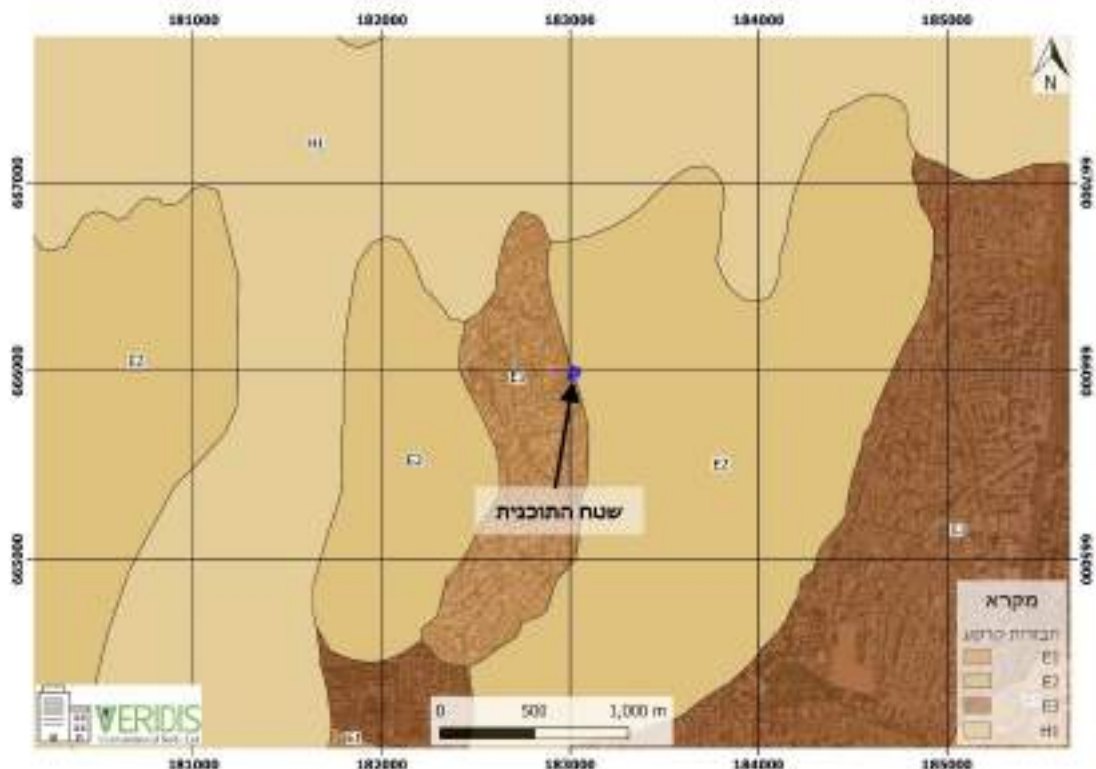


איור 3- מפת מפלסי מי תהום ותמ"א 1 באזור התוכנית

3.4. קרקע והידרולוגיה

ע"פ תמ"א 1, שטח התוכנית נמצא באזור 'בעל חשיבות גבוהה להחדרה והעשרה של מי תהום' ומוגדר כ'שטח רגיש להחדרת נגר עילי'. איור 3 מציג את האזורים הרגישים להחדרת מי נגר ואת סיווג הנחלים באזור הפרוייקט ע"פ תמ"א 1. מבחינת סוג הקרקע (איור 4) השטח חופף לשני סוגי קרקעות:

- **קרקע מסוג 'קרקעות אלוביות חמריות וגלי' (E1):** קרקע חולית בעלת תכולת חרסית מסוימת, המתפתחת בתהליכי פירוק ובליה על אזורי כורכר. קרקע מסוג זה הינה קרקע בעלת מוליכות הידראולית גבוהה.
- **קרקע מסוג 'פרה-רנדזינה' (E2):** קרקע חולית-סיינית המכילה גיר, המתפתחת בתהליכי פירוק ובליה על אזורי כורכר. קרקע מסוג זה הינה קרקע בעלת מוליכות הידראולית גבוהה.



איור 4- חבורות קרקע באזור התוכנית

3.5. קידוחי הפקה

ע"פ מידע שהתקבל ממשרד הבריאות, מחוז מרכז, בסביבתו הקרובה של שטח התוכנית (רדיוס 1 ק"מ) ישנם 7 קידוחי הפקה. הקידוח הקרוב ביותר ממוקם ברחוב הרצל ('באר 9 הרצל'), כ- 450 מ' דרום-מערבית לגבול התוכנית.

שטח התוכנית אינו נמצא בתחום רדיוס מגן כלשהוא.

4. ספיקות התכן

4.1. בסיס הנתונים לחישוב ספיקות התכן

חישוב הספיקות לניקוז הנגר העילי במגרש נעשה על פי השיטה הרציונלית. בשיטה זו נעשה שימוש בטבלאות גשם הסתברותיות המסופקות ע"י השירות המטאורולוגי. במקרה שלהלן, עוצמת הגשם שעל פיה נערך חישוב הספיקות היא סופה בהסתברות של 2% למשך 60 דקות (כלומר, עוצמת גשם ממוצעת על פני 60 דקות שמתרחשת אחת לחמישים שנים)- בהתאם להנחיות רשות המים. עוצמות גשם הסתברותיות (עקומת משך-עוצמה-הסתברות) לאזור התוכנית (תחנה

מטאורולוגית שדה (דב) מוצגת להלן בטבלה 1. ניתן לראות בטבלה זו כי עוצמת הגשם בהסתברות של אחת לחמישים שנה למשך שעה הינה כ- 47.6 מ"מ/שעה.

ע"פ הנחיות מנהל התכנון (מסמך מדיניות ניהול נגר עירוני, אוגוסט 2021), יש לתת פתרון למי הנגר העילי בהיקף של 50% (מתוך מחשבון לניהול נגר עירוני, איור 5) באירוע גשם יממתי בהסתברות 2% (1:50).

לצורך חישוב כמות הגשם היממתי, הוצבו בגרף (איור 6) עוצמות הגשם בטווח של 5-240 דקות עבור הסתברות 2% ונבחר קו מגמה 'חזקה' (בקו מגמה 'חזקה' התקבלה התאמה של $R^2 > 0.98$, לעומת קו מגמה 'מעריכי' בו נמצאה התאמה נמוכה יותר של $R^2 > 0.83$), התוצאה שהתקבלה במשוואת הקו הוכפלה בפקטור גשם יממתי של 1.2.

מתוך החישוב הנ"ל התקבלה עוצמת הגשם לחישוב באירוע גשם יממתי בהסתברות של אחת ל-50 שנים (2%) - 11.43 מ"מ/שעה.

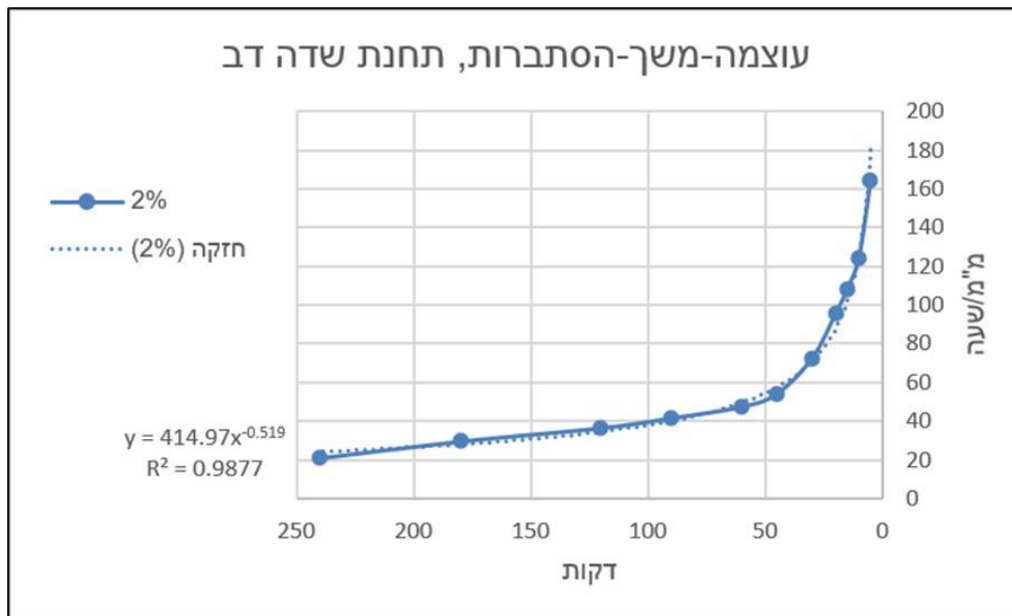
אולם, ע"פ מחשבון ניהול מי נגר אירוע הגשם לחישוב הינו 179.0 מ"מ/יום. זאת נחלק ב- 24 ונקבל את עוצמת הגשם השעתית הממוצעת באירוע 2%/יממה - 7.46 מ"מ/שעה.

טבלה 1- טבלת עוצמה-משך-הסתברות (השירות המטאורולוגי)

1440	פרק זמן (דק')					הסתברות (%)	תקופת חזרה (שנים)
	120	60	30	10	5		
עוצמת גשם (מ"מ/שעה)							
	44.9	53.6	81.8	138.1	179.8	1	100
7.46	36.6	47.6	72.6	124.5	164.0	2	50
	27.1	39.7	61.1	107.1	143.5	5	20
	21.0	33.8	52.4	93.8	127.4	10	10
	15.6	27.7	43.5	80.1	110.5	20	5
	9.3	18.7	30.7	59.9	84.7	50	2



איור 5- פלט מחשבון ניהול מי נגר לשטח התוכנית, פוליגון השפלה



איור 6- עקום עוצמה-משך-הסתברות, תחנת שדה דב

4.2. חישוב ספיקות התכן

השיטה הרציונלית, שבאמצעותה חושבו הספיקות, הינה שיטה אמפירית לחישוב ספיקות שיא של נגר עילי המותאמת במיוחד לאגני ניקוז קטנים. השיטה מבוססת על הנוסחה:

$$Q_i = C_i * A_i * I$$

כאשר:

Q - הינו ספיקת הנגר העילי בתא שטח i (מ"ק/שעה)

C - הוא מקדם הנגר

A - הוא גודל תא השטח (מ"ר)

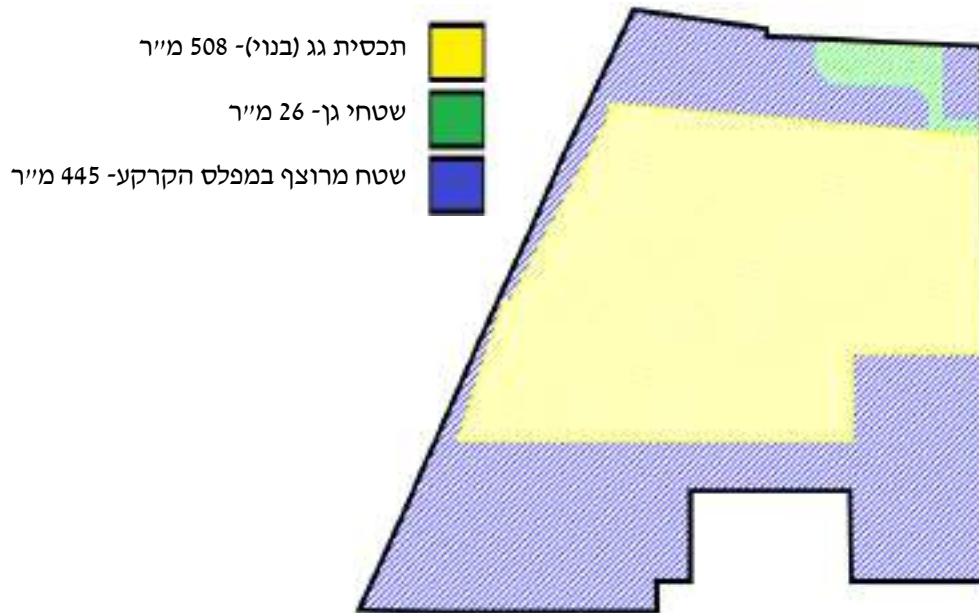
I - עוצמת הגשם (מ"מ/שעה)

מבחינת תכסית הבניה החשופה למי גשם, חלוקת השטח היא:

תכסית	גודל (מ"ר)	מקדם נגר C
תכסית גג בנוי	508	0.9
שטחים מרוצפים/דרכי גישה במפלס הקרקע	445	0.8
שטחי גן	26	0.35

חדירות הקרקע הוערכה לפי המוליכות ההידראולית.

אופן חלוקת השטח מפורט באיור 7.



תכסית גג (בנוי) - 508 מ"ר

שטחי גן - 26 מ"ר

שטח מרוצף במפלס הקרקע - 445 מ"ר

איור 7- תכסית הבניה במבט על, קומפילציה

ע"פ החלוקה לעיל תחושב ספיקת התכן לניקוז המגרש:

1. לפי עוצמת גשם בהסתברות של 2% ל-60 דק' (47.6 מ"מ/שעה), בהתאם להנחיות רשות המים:

$$Q = \frac{47.6 \text{ mm}}{\text{hr}} * (508\text{m}^2 * 0.9 + 445\text{m}^2 * 0.8 + 26\text{m}^2 * 0.35) = \frac{39.1\text{m}^3}{\text{hr}}$$

סך- כל ספיקת התכן לניקוז המגרש הינה 39.1 מ"ק/שעה.

2. לפי אירוע גשם יממתי בהסתברות של 2% (7.46 מ"מ/שעה), בהתאם להנחיות מנהל התכנון:

$$Q = \frac{7.46 \text{ mm}}{\text{hr}} * (508\text{m}^2 * 0.9 + 445\text{m}^2 * 0.8 + 26\text{m}^2 * 0.35) = \frac{6.1\text{m}^3}{\text{hr}}$$

את התוצאה נכפיל ב- 24 ונקבל כמות הנגר העילי היממתי לטיפול- 147.2 מ"ק/24 שעות.

על מנת להגיע לטיפול ב- 50% ממי הנגר העילי (ע"פ הנחיות מנהל התכנון), מי הנגר משטחי הפיתוח יטופלו באמצעות השהיה ומי הנגר מהגגות יטופלו באמצעות החדרה אל תת-הקרקע:

- תכסית גג (בנוי) - 508 מ"ר.

- שטחי ריצוף- 300 מ"ר.

- שטחי גן- 26 מ"ר.

כעת תחושב ספיקת מי הנגר משטח הגגות, להחדרה לתת הקרקע:

1. באירוע של 2% למשך 60 דק' (47.6 מ"מ/שעה):

$$Q = \frac{47.6 \text{ mm}}{\text{hr}} * (508\text{m}^2 * 0.9) = \frac{21.76\text{m}^3}{\text{hr}}$$

סך כל ספיקת מי הנגר העילי להחדרה – 21.76 מ"ק/שעה.

2. באירוע גשם יממתי בהסתברות של 2% (7.46 מ"מ/שעה):

$$Q = \frac{7.46\text{mm}}{\text{hr}} * (508\text{m}^2 * 0.9) = \frac{3.41\text{m}^3}{\text{hr}}$$

את התוצאה נכפיל ב- 24 ונקבל את ספיקת מי הנגר להחדרה – 81.9 מ"ק/24 שעות.

כעת תחושב ספיקת מי הנגר משטחי הפיתוח, להשהיה:

1. באירוע של 2% למשך 60 דק' (47.6 מ"מ/שעה):

$$Q = \frac{47.6 \text{ mm}}{\text{hr}} * (300\text{m}^2 * 0.8 + 26\text{m}^2 * 0.35) = \frac{11.85\text{m}^3}{\text{hr}}$$

סך כל ספיקת מי הנגר העילי להשהיה – 11.85 מ"ק/שעה.

2. באירוע גשם יממתי בהסתברות של 2% (7.46 מ"מ/שעה):

$$Q = \frac{7.46\text{mm}}{\text{hr}} * (300\text{m}^2 * 0.8 + 26\text{m}^2 * 0.35) = \frac{1.86\text{m}^3}{\text{hr}}$$

את התוצאה נכפיל ב- 24 ונקבל את ספיקת מי הנגר העילי להשהיה – 44.6 מ"ק/24 שעות.

טבלה 2- סיכום ספיקות התכן הנוצרות והמטופלות

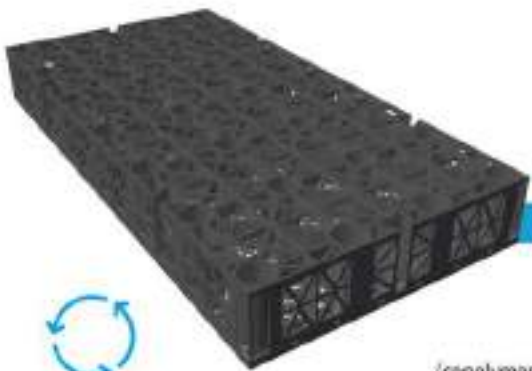
אירוע גשם	2%/שעה	2%/יממה
סך-כל ספיקת מי הנגר במגרש	39.1 מ"ק/שעה	147.2 מ"ק/יממה
ספיקת מי הנגר להחדרה- מי גגות	21.76 מ"ק/שעה	81.9 מ"ק/יממה
ספיקת מי הנגר להשהיה- מי פיתוח	11.85 מ"ק/שעה	44.6 מ"ק/יממה
סך-כל ספיקת מי הנגר לטיפול	33.61 מ"ק/שעה	126.4 מ"ק/יממה

5. תוכנית הניקוז המוצעת

בשטח הפרויקט קיימת תכסית פנויה לחלחול של 15% כפי שנדרש על ידי תמ"א 1 אולם שטחי החלחול (שטחי גן) מהווים רק כ- 3% משטח המגרש (כ- 26 מ"ר). בנוסף לדרישות התמ"א, ע"פ הנחיות רשות המים יש להחדיר אל תת-הקרקע מי נגר עילי מכל שטחי הגגות, הבנוי והמרפסות (לא קיימות מרפסות בתוכנית זו). ע"פ הנחיות מנהל התכנון, יש לטפל ב- 50% לפחות ממי הנגר הנוצרים במגרש ביישום התוכנית. הפתרון המוצע הינו השהיית מי נגר משטחי הפיתוח באמצעות מערכת תאי אגירה רדודים והחדרה של מי הגגות אל תת הקרקע באמצעות שלושה קידוחי החדרה במפלס הקרקע (+59.7 מ') לעומק גדול מהקירות התומכים הנמצאים ממערב למגרש (בעומק 15.0 מ'), החודרים לקרקע החולית.

5.1. השהיית מי נגר משטחי הפיתוח - 'Permavoid'

לצורך אחיזה והשהיה ראשונית של מי הגשם משטחי הפיתוח במפלס הקרקע (שטחי ריצוף ושטחי גן), ושחרורם בצורה מבוקרת לצמ"גים, בהתאם לשיפועים במפלס הפיתוח, מומלץ להתקין בחלקו המערבי של המגרש מערכת תאי אגירה רדודים מסוג 'Permavoid' בשטח של כ- 150 מ"ר. למערכת זו יכולת אחיזת מים של כ- 80 ליטר ל- 1.0 מ"ר כך שבהתקנת המערכת על שטח של כ- 150 מ"ר בפיתוח מתקבל נפח השהיה ראשוני של 12.0 מ"ק*. יש להתקין תחת תאי האגירה יריעה אוטמת למניעת חלחול מים אל תת- הקרקע. מי הנגר העילי ינותבו באמצעות שיפועי המגרש, ובמידת הצורך גם תעלות ניקוז, לכיוון מערכת תאי האגירה וכניסתם לתאים תהא דרך שבכות הניקוז. איור 8 מציג פרט ומידע כללי אודות מע' ה- 'Permavoid', מפרט המערכת מוצג באיור 9, מיקום מוצע למאגר ההשהיה מוצג באיור 10, וחתך עקרוני של המאגר מוצג באיור 11. * החישוב לאחוז הטיפול במי הנגר העילי נעשה ע"פ נתון זה, 80 ל"מ"ר. במידה ותותקן בשטח מערכת שונה להשהיית מי הנגר, יש לחשב שוב את אחוז הטיפול.



מידע כללי

Permavoid	מותג
Permavoid 85	שם מוצר
שחור	צבע
פוליפרופילן (קופולימר - copolymer)	חומר
עמיד בחום וכפוף, הידרופובי, אינרטי, עמיד לחומצה ופחמימנים, לא סאפטר צמיחה של פטריות וחידקים.	תיאור החומר
סכסכוני	חומר ממוחזר/ראשוני
מינימום 50 שנה	אורך חיים צפוי בקרקע

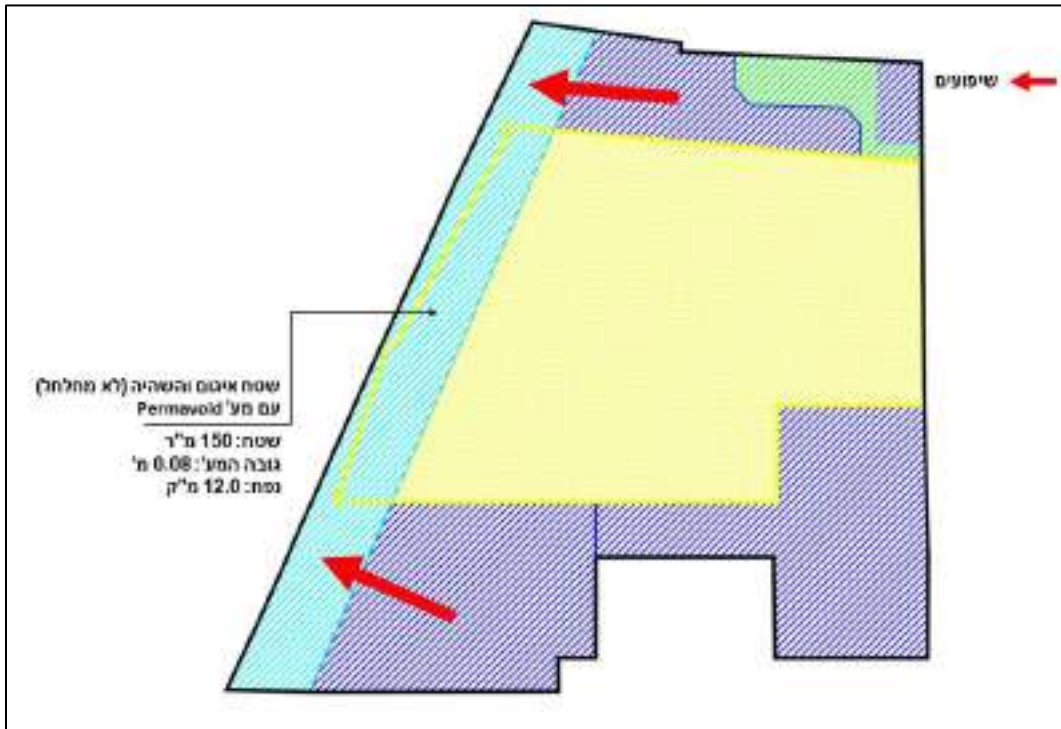
עבר השקיה קפילרית יספו למערכת גלילים קפילריים

איור 8- מידע כללי מערכת אגירת מים מדגם Permavoid ('פלג פתרונות למי גשם בע"מ')

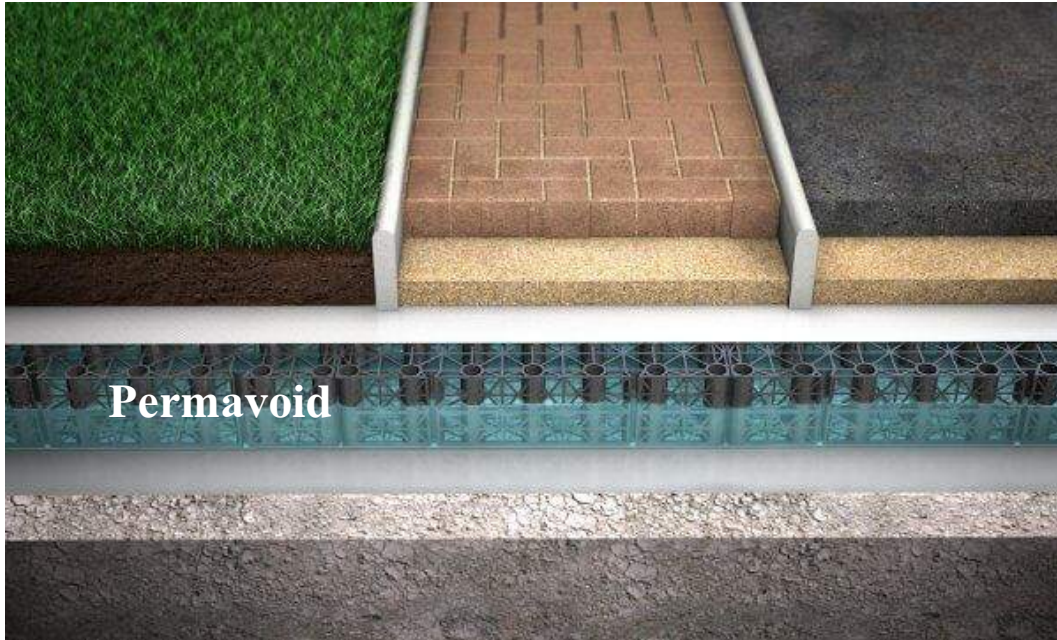
תא אגירה רדוד דגם PERMAVOID 85

מידוח	
708 X 354 X 85 מ"מ (אורך X רוחב X גובה)	גודל
0.25 מ"ד +/- 1%	שטח
2.25 ק"ג	משקל
0.0004-0.0008 m/mK	התרחבות תרמלית לינארית
92%	נפח חללים
52%	פני שטח זמניים לחלחול
71.5 טון למ"ר	חוזק לחיצה
126 kN/m2/mm	עיות אנכי קצר טווח
קליפסיים כלי יחידה מחברת באמצעות 6 קליפסים ליחידה אחרת בכדי ליצור רפסודה יציבה. ניתנים להסרה ולשימוש חוזר.	אביזרים ניליים הכרויים (כלולים)
גלילים קפילריים (Capillary Cylinders)	אביזרים ניליים אופציונאליים

איור 9- מפרט תא אגירה רדוד מדגם Permavoid 85 ('פלג פתרונות למי גשם בע"מ')



איור 10- מיקום מוצע למאגר השהיה



איור 11- אופן התקנת מערכת תאי האגירה מתחת לסוג תכסית שונה

5.2. קידוחי החדרה

מי הנגר העילי משטח הגגות (508 מ"ר), יטופלו ע"י החדרה ישירה לתת הקרקע באמצעות 3 קידוחי החדרה בקוטר 80 ס"מ (קוטר הקידוח – ה'אנולוס') ובעומק 21.0 מ' כ"א:

- בראש הקידוח תותקן שוחת קדם בנפח 1.0 מ"ק, עד עומק 1.0 מ'.
- בתחתית השוחה יותקן צינור החדרה בקוטר 60 ס"מ ובאורך 20.0 מ'.
- 15.0 מ' העליונים של צינור ההחדרה יהיו אטומים (עד עומק 16.0 מ', כ- 1.0 מ' תחת מערכת קירות התמך בין מפלס הפרויקט לרחוב ממערב).
- תחת המקטע האטום יותקן מקטע מחורץ באורך 4.0 מ' דרכו מחלחלים המים אל הקרקע החולית (עד עומק 20.0 מ').

- בתחתית צינור ההחדרה שוב מקטע אטום באורך 1.0 מ' למטרת ניקוי ותחזוקה (עד עומק 21.0 מ'). בתחתית מקטע זה, תחתית הקידוח, יותקן פקק ייעודי.

לפני כל קידוח החדרה יש להתקין מכל השהיה ושיקוע בנפח של 1.0 מ"ק, שמטרתו סינון מוצקים מרחפים לפני החדרת מי הנגר אל הקרקע והאטת זרימת המים. לחילופין, במידה ומשרשרים קידוחים אחד לשני, ניתן להתקין מכל השהיה משותף שנפחו יהא כמספר הקידוחים המשורשרים אליו.

הקידוחים ינקזו מי נגר עילי ממקורות נקיים בלבד – גגות ומרפסות.

קצב החלחול של הקידוח חושב בעזרת המשוואה שלהלן, המבוססת על משוואת דרסי:

$$Q = \frac{2\pi K L w L_i}{\left(\ln\left(\frac{2Lw}{r_w}\right) - 1\right)}$$

כאשר:

K – המוליכות ההידראולית (הוערכה 100 מ"מ/שעה לקרקע חולית).

L_w – אורך צינור ההחדרה בקידוח: 20.0 מ'.

L_i – אורך הקטע המחורץ בצינור ההחדרה: 4.0 מ'.

r_w – רדיוס צינור ההחדרה בקידוח ההחדרה: 0.3 מ'.

Q – כושר ההחדרה המרבי.

מתוך החישוב הנ"ל נמצא כי כושר החלחול של הקידוח המוצע מוערך ב- 10.3 מ"ק/שעה, ולשלושה קידוחים 30.9 מ"ק/שעה.

את התוצאה נכפיל ב- 6 (פרק זמן החלחול האפקטיבי של הקידוחים) ונקבל את כושר החלחול היממתי המשוער – 185.2 מ"ק/24 שעות.

לתיקוף חוות דעת זו, יש לבצע קידוחי ניסיון נוספים לעומק 21.0 מ' לפחות.

5.3. נפח השהיה

ע"פ הנחיות רשות המים, יש לתכנן את מערכת החדרת מי הנגר העילי (מכלי השהיה + שוחות קדם + צינורות החדרה בקידוחים) כך שהיא תקלוט את נפח המים המתקבל משטח הגגות באירוע גשם של 10 דק' בהסתברות 20% ותשמש כמאגר השהיה. מתוך טבלה 1 לעיל, עוצמת הגשם לחישוב היא 80.1 מ"מ/שעה:

$$Q = \frac{80.1mm}{hr} * (508m^2 * 0.9) = \frac{36.6m^3}{hr}$$

את התוצאה נחלק ב-6 ונקבל את נפח מי הנגר העילי המתקבל משטח הגגות באירוע גשם של 10 דק' בהסתברות 20% - 6.1 מ"ק.

ע"פ הנחיות עיריית רמת-גן, במקרה ותכנס השטח הבנוי גדולה מ- 80%, יש לתכנן את מערכת החדרת מי הנגר העילי (נפח מכלי השהיה + שוחות קידוח + צינורות ההחדרה בקידוחים) כמאגר השהיה המסוגל לקלוט את נפח מי הנגר העילי מהשטחים המיועדים להחדרה, ע"פ הנוסחה הבאה:

$$V[m^3]_{\text{נפח מאגר}} = 0.025 \left[\frac{m}{h} \right]_{\text{עוצמת גשם}} \times A[m^2]_{\text{שטח}} \times S[\%]_{\text{אחוז שטח}}$$

כאשר:

\underline{A} – השטח ממנו מופנים מי הנגר להחדרה- שטח גג בנוי: 508 מ"ר.

\underline{S} – האחוז של שטח A מכלל שטח המגרש: 51.9%

קעת יחושב נפח המאגר הרצוי, ע"פ הנוסחה שלעיל:

$$V = 0.025 \left(\frac{m}{hr} \right) \times 508(m^2) \times 0.519 = 6.6(m^3)$$

יש לתכנן את מע' החדרת מי הנגר כמאגר השהיה המסוגל לקלוט 6.6 מ"ק.

כעת יחושב נפח צינור ההחדרה בקידוח ע"פ נוסחת נפח גליל כאשר הרדיוס (r) הינו 0.3 מ' והאורך (h) הוא 20.0 מ':

$$V = \pi r^2 h = 3.14 * 0.3m^2 * 20.0m * 3 = 16.96m^3$$

נפח צינורות ההחדרה בקידוחים הינו 16.96 מ"ק לפחות. לזה נוסיף את נפח שוחות הקידוחים ומכלי ההשהיה (6.0 מ"ק סה"כ) ונקבל נפח השהיה של 22.96 מ"ק - כך שביכולתה של מערכת החדרת מי הנגר העילי לשמש כמאגר השהיה ל-6.1 מ"ק (ע"פ הנחיות רשות המים) ול-6.6 מ"ק (ע"פ הנחיות עיריית ר"ג).

6. סיכום

במסגרת פרויקט הריסה ובניה חדשה מתכוון היזם הריסת מבנה קיים והקמת מבנה ציבור חדש ברחוב משה שרת בעיר ר"ג.

שטח התוכנית ממוקם ברחוב משה שרת 27, שכונת 'בן-גוריון' בעיר רמת גן, גוש 6125, חלקה 381 (חלקי), נ"צ מקורבת למרכז התוכנית- 183020/665970.

הפרויקט מתוכנן על מגרש שגודלו 979 מ"ר וכולל הריסת מבנה קיים והקמת מבנה חדש בן 4 קומות: 3 קומות כיתות לימוד וקומת קרקע. מפלס ה- 0.0 מ' בקומת הקרקע הינו +59.7 מ'. ממערב לשטח התוכנית ובצמוד אליה קיימת מערכת קירות תמך בין מפלס הפרויקט למפלס הרחוב התחתון בגובה של כ- 15.0 מ'.

חתך הקרקע מאופיין בשכבת חול חרסיתי מפני השטח בעובי מספר מטרים ותחתיה חתך חולי עד מפלס מי התהום. לצורך תיקוף חוות דעת זו, נדרש לבצע קידוחי נסיון לעומק 21.0 לפחות.

על פי מפת מפלס מי תהום (רשות המים, סתיו 2016) וגובהו הטופוגרפי של האתר, עובי התוון הלא רווי (עומק מי התהום בקירוב) הינו כ- 57.0 מ'.

ע"פ תמ"א 1, שטח התוכנית נמצא באזור 'בעל חשיבות גבוהה' להחדרה והעשרה של מי תהום' ומוגדר כ'שטח רגיש להחדרת נגר עילי'.

ספיקות מי הנגר העילי הנוצרות במגרש ביישום התוכנית הינן:

- 39.1 מ"ק/שעה באירוע 2%/שעה.

- 147.2 מ"ק/יממה באירוע 2%/יממה.

מי הנגר מהשטחים הבאים יטופלו בתוך תחומי המגרש ע"י השהיה והחדרה ישירה:

- תכסית גג בנוי- 508 מ"ר

- שטחי ריצוף- 300 מ"ר.

- שטחי גן- 26 מ"ר.

מי הנגר העילי משטח הגגות יופנו להחדרה ישירה אל תת-הקרקע. ספיקת מי הנגר העילי להחדרה הינה 21.76 מ"ק/שעה (2%/שעה) ו-81.9 מ"ק/24 שעות (2%/יממה).

מי הנגר העילי משטחי הפיתוח יופנו אל מערכת תאי אגירה רדודים בנפח 12.0 מ"ק שתותקן בחלקו המערבי של המגרש. ספיקת מי הנגר העילי משטחי הפיתוח הינה 11.85 מ"ק/שעה (2%/שעה) ו-44.6 מ"ק/24 שעות (2%/יממה).

ביישום הפתרונות המוצעים מתקבל טיפול להלן:

- 2%/שעה: 21.76 מ"ק/שעה באמצעות החדרה ו- 11.85 מ"ק בהשהיה- **33.61 מ"ק/שעה**.

- 2%/יממה: 81.9 מ"ק/יממה באמצעות החדרה ו- 12.0 מ"ק בהשהיה- **93.9 מ"ק/יממה**.

ספיקות אלו לטיפול מהוות כ- 86% מסך כל ספיקת מי הנגר העילי באירוע 2%/שעה וב-64% ממי הנגר באירוע 2%/יממה.

טבלה 3- סיכום הספיקות הנוצרות והמטופלות

אירוע גשם	2%/שעה (מ"ק/שעה)	2%/יממה (מ"ק/24 שעות)
סה"כ ספיקה	39.1	147.2
ספיקה לטיפול	33.6	93.9
אחוז טיפול	86%	64%

טבלה 4- סיכום האמצעים והספיקות לניהול מי הנגר העילי

שטח לטיפול	גודל (מ"ר)	ספיקה 2%/שעה (מ"ק/שעה)	ספיקה 2%/יממה (מ"ק/יממה)	אלמנט לטיפול	נפח/ספיקה מטופלת, 2%/שעה (מ"ק/שעה)	נפח/ספיקה מטופלת, 2%/יממה (מ"ק/יממה)
גגות ומרפסות	508	21.8	81.9	3 קידוחי החדרה	21.8	81.9
פיתוח-צפון ודרום המגרש	326	11.8	44.6	150 מ"ר תאי אגירה רדודים	12.0	12.0
סה"כ		33.6	126.4		33.8	93.9

קידוחי החדרה

מי הנגר העילי משטח הגגות יוחדרו אל תת הקרקע ע"י שלושה קידוחי החדרה לעומק 21.0 מ', בעלי כושר החדרה משותף המוערך ב- 30.9 מ"ק/שעה וב- 185.2 מ"ק/24 שעות. מומלץ להתקין את הקידוחים במפלס הקרקע בשטחי הגן.

לפני כל קידוח ההחדרה יש להתקין מכל השהיה ושיקוע בנפח של 1.0 מ"ק, שמטרתו סינון מוצקים מרחפים לפני החדרת מי הנגר אל הקרקע והאטת זרימת המים. לחילופין, במידה והקידוחים משורשים יחדיו ניתן להתקין מכל מרכזי שנפחו יהא כמספר הקידוחים המשורשים ממנו.

הנפח הכולל של מערכת החדרת הנגר (שוחות קדם + מכלי ההשהיה + צינורות ההחדרה) הינו 22.96 מ"ק, כך שביכולתה של מערכת החדרת מי הנגר לשמש כמאגר השהיה למי הגגות באירוע גשם בהסתברות 20% למשך 10 דקות (6.1 מ"ק - ע"פ הנחיות רשות המים, ו-6.6 מ"ק - ע"פ הנחיות עיריית ר"ג).

מי הנגר מהגגות ינוקזו דרך המרזבים ופתחי הניקוז ומשם ייאספו אל מכלי ההשהיה וקידוחי ההחדרה שמיקומם יקבע בתיאום עם מהנדס הבניין (הקונסטרוקטור).

הקידוחים ינקזו את מי נגר העילי ממקורות נקיים בלבד – גגות, אך לא חניות, דרכי גישה ושטחי גן אשר יופנו למערכת התיעול העירונית.

מכלי ההשהיה וקידוחי ההחדרה יחוברו אל מערכת הניקוז העירונית לסילוק ספיקות עודפות (Overflow) במקרים של עוצמות גשם קיצוניות בהסתברות נמוכה, בין אם בחיבור ישיר או ע"י שפיכה חופשית לרחוב.

מערכת תאי אגירה רדודים 'Permavoid':

מי הנגר משטחי הפיתוח יושהו באמצעות מערכת תאי אגירה רדודים מסוג 'Permavoid' שתותקן מתחת לריצוף בשטח של כ- 150 מ"ר. למערכות אלו יכולת אגירת מים של כ- 80 ליטר ל- 1.0 מ"ר כך שמתקבל נפח השהיה ראשוני של 12.0 מ"ק.

יש להתקין תחת תאי האגירה יריעה אוטמת למניעת חלחול מים אל תת- הקרקע. מי הנגר העילי ינותבו באמצעות שיפועי המגרש, ובמידת הצורך גם תעלות ניקוז, לכיוון מערכת תאי האגירה וכניסתם לתאים תהא דרך שבכות ניקוז.

להלן הנחיות ופרטי האלמנטים המוצעים לטיפול:

- מספר קידוחים נדרשים -3.
- קוטר הקידוח ('האנולוס') - 80 ס"מ.
- קוטר צינור ההחדרה בקידוח - 60 ס"מ.
- שוחת אדם הכוללת צינור הבולט 40 ס"מ מתחתית השוחה, עטוף שרוול גאוטכסטיל, שמטרתו סינון מוצקים מרחפים לפני החדרה אל צינור ההחדרה בקידוח. המסננות בראש צינור ההחדרה יתחילו מגובה 10 ס"מ מתחתית השוחה. עומק תחתית השוחה - 1.0 מ'.
- בתחתית השוחה - צינור שרשורי אטום מחוזק קוטר 60 ס"מ, שההיקף בין דופן הצינור לדופן הקידוח (האנולוס) ימולא ביציקת בטון, מתחתית השוחה ועד עומק 16.0 מ' (15.0 מ' מקטע אטום).
- צינור שרשורי מחורץ מחוזק קוטר 60 ס"מ, שההיקף בין דופן הצינור לדופן הקידוח (האנולוס) ימולא בחלקיקים גסי גרגר (Gravel pack 2-4 mm), מעומק 16.0 מ' ועד עומק 20.0 מ' (4.0 מ' מקטע מחורץ). גובה החריצים במקטע - 1.0 מ"מ.
- מעל מילוי החצץ – פקק בנטונייט של 1.0 מ'.
- צינור שרשורי אטום מחוזק קוטר 60 ס"מ, מעומק 20.0 מ' ועד עומק 21.0 מ' (1.0 מ' מקטע אטום). בתחתית מקטע זה, תחתית הקידוח, יש להתקין פקק ייעודי.
- לפני כל קידוח החדרה יש להתקין מכל השהיה ושיקוע בנפח 1.0 מ"ק שמטרתו סינון מוצקים מרחפים והאטת זרימת המים. לחילופין, ניתן להתקין מאגר מרכזי שנפחו יהא כמספר הקידוחים המשורשרים אליו.
- מכלי ההשהיה והקידוחים יחוברו אל מערכת הניקוז העירונית לסילוק ספיקות עודפות (Overflow) במקרים של עוצמות גשם קיצוניות בהסתברות נמוכה, בין אם בחיבור ישיר או ע"י שפיכה חופשית לרחוב.
- יש להתקין במכלי השיקוע ושוחות הקידוח פתחי ניקוז למניעת מים עומדים.
- מיקום קידוחי ההחדרה יהיה רחוק ככל הניתן ממגרש שכן ו/או מיסודות המבנה ו/או מקירות דיפון ויקבע בתיאום עם מהנדס הבניין ומהנדס הביסוס.
- יש לקבל את אישור מהנדס הבניין (קונסטרוקטור) ואישור מהנדס ביסוס הקרקע לתוכנית.
- תכנון מערכת הניקוז יתבצע על ידי מהנדס האינסטלציה של הפרויקט כולל ניקוז שטחי הגן.
- הקידוחים ינקזו מי גשם ממקור נקי בלבד – גגות ומרפסות, אך לא דרכי גישה וחניות.

- לאחר התקנת קידוחי ההחדרה יש לדאוג לתחזוקה וניקיון תקופתי של מכלי השיקוע, שוחות הקליטה של הנגר העילי וצינורות ההחדרה (אחת לשנה לפחות, לפני תחילת החורף).
- יש להתקין בשטחי הפיתוח מערכת תאי אגירה רדודים מסוג 'Permavoid' או ש"ע בשטח של 150 מ"ר לפחות. יש להתקשר עם ספק מוכח המתקין, מתכנן ומתחזק מערכות מסוג זה.
- המאגר יוקם מתחת לשטחי הריצוף אשר נמצאים במערב המגרש.
- מי הנגר העילי ינותבו באמצעות שיפועי המגרש, ובמידת הצורך גם תעלות ניקוז, לכיוון מערכת תאי האגירה, וכניסתם לתאים תהא דרך שבכות הניקוז.
- יש לוודא שבמקרים של אירועי גשם קיצוניים, מי העודפים (Overflow) מהמאגר ינוקזו אל המערכת העירונית, בין אם בחיבור ישיר או ע"י גלישה ושפיכה חופשית.
- יש לקבל את אישור מהנדס הבניין (קונסטרוקטור) ואישור מהנדס ביסוס הקרקע לתוכנית.
- תכנון מערכת הניקוז יתבצע על ידי מהנדס האינסטלציה של הפרויקט כולל ניקוז מאגר ההשהיה.

7. בניה ירוקה

על פי הנחיות תקן 5281-2 (בנייה בת קיימא – מגורים), סעיף 3.4, מתקבל ניקוד בהתאם לחלק היחסי של מי גשם המטופלים מתוך כלל מי הנגר הנוצרים בתחום המגרש. ע"פ התקן, החישוב נעשה לפי אירוע גשם בתקופת חזרה של 5 שנים (20%) וזמן ריכוז של 10 דק'. מתוך טבלה 1, עוצמת הגשם לחישוב הינה 80.1 מ"מ/שעה. ספיקת מי הנגר העילי במגרש בהסתברות 20% למשך 10 דק':

$$Q = \frac{80.1mm}{hr} * (508m^2 * 0.9 + 445m^2 * 0.8 + 26m^2 * 0.35) = \frac{65.9 m^3}{hr}$$

את התוצאה נחלק ב-6 ונקבל את ספיקת הנגר העילי לניקוז המגרש - 11.0 מ"ק/10 דקות.

בפרויקט מומלץ לבצע טיפול במי הנגר העילי באמצעות מספר אמצעים אשר תוארו לעיל:

1. החדרה ישירה של מי הגגות.

2. הפניית מי הנגר משטחי הריצוף ושטחי הגן להשהיה.

מי הנגר העילי מכל שטחי הגגות (508 מ"ר) יוחדרו אל תת- הקרקע באמצעות שלושה קידוחי ההחדרה לעומק 21.0 מ' כ"א להם כושר החדרה משותף המוערך ב- 30.9 מ"ק/שעה, כפי שפורט בסעיף 5. ספיקת מי הנגר העילי משטח הגגות הינה 6.1 מ"ק/10 דקות. בנוסף, מערכת החדרת הנגר העילי משמשת כמאגר השהיה בנפח של 22.96 מ"ק לפחות (נפח כולל של צינורות ההחדרה בקידוחים, מכלי ההשהיה ושוחות הקדם).

בנוסף להחדרת מי הגגות, מי הנגר העילי משטחי הפיתוח (שטחי ריצוף- 300 מ"ר, שטחי גן- 26 מ"ר) יופנו אל מערכת תאי אגירה רדודים מסוג 'Permavoid' בשטח של כ-150 מ"ר. ספיקת מי הנגר משטחי הפיתוח הינה 3.3 מ"ק/10 דקות.

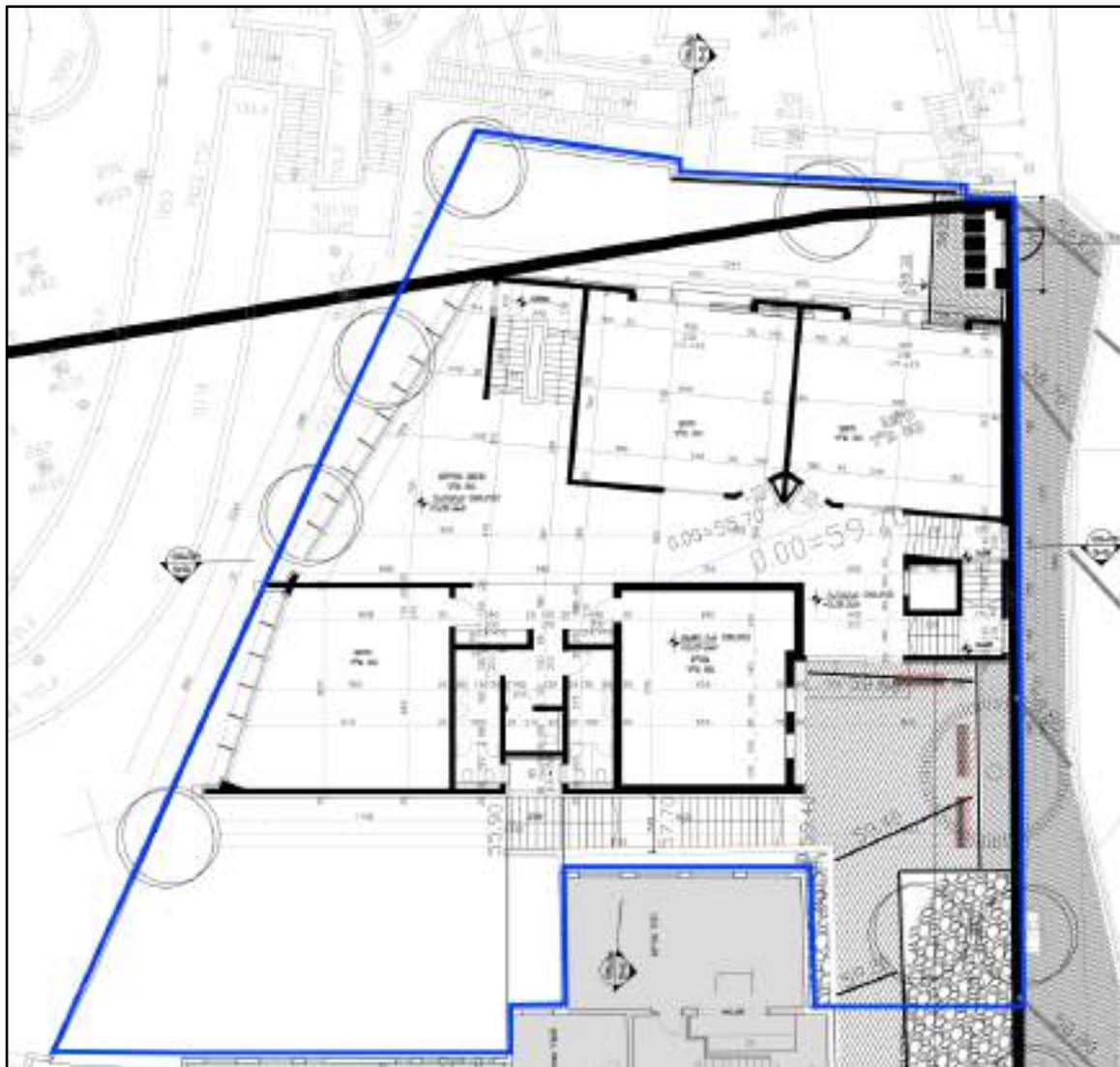
סה"כ ספיקת מי הנגר העילי משטחי הגגות ושטחי הפיתוח לטיפול הינה 9.4 מ"ק/10 דקות, המהווים כ-86% מספיקת מי הנגר העילי במגרש באירוע גשם בהסתברות 20% למשך 10 דקות.

- סוף -

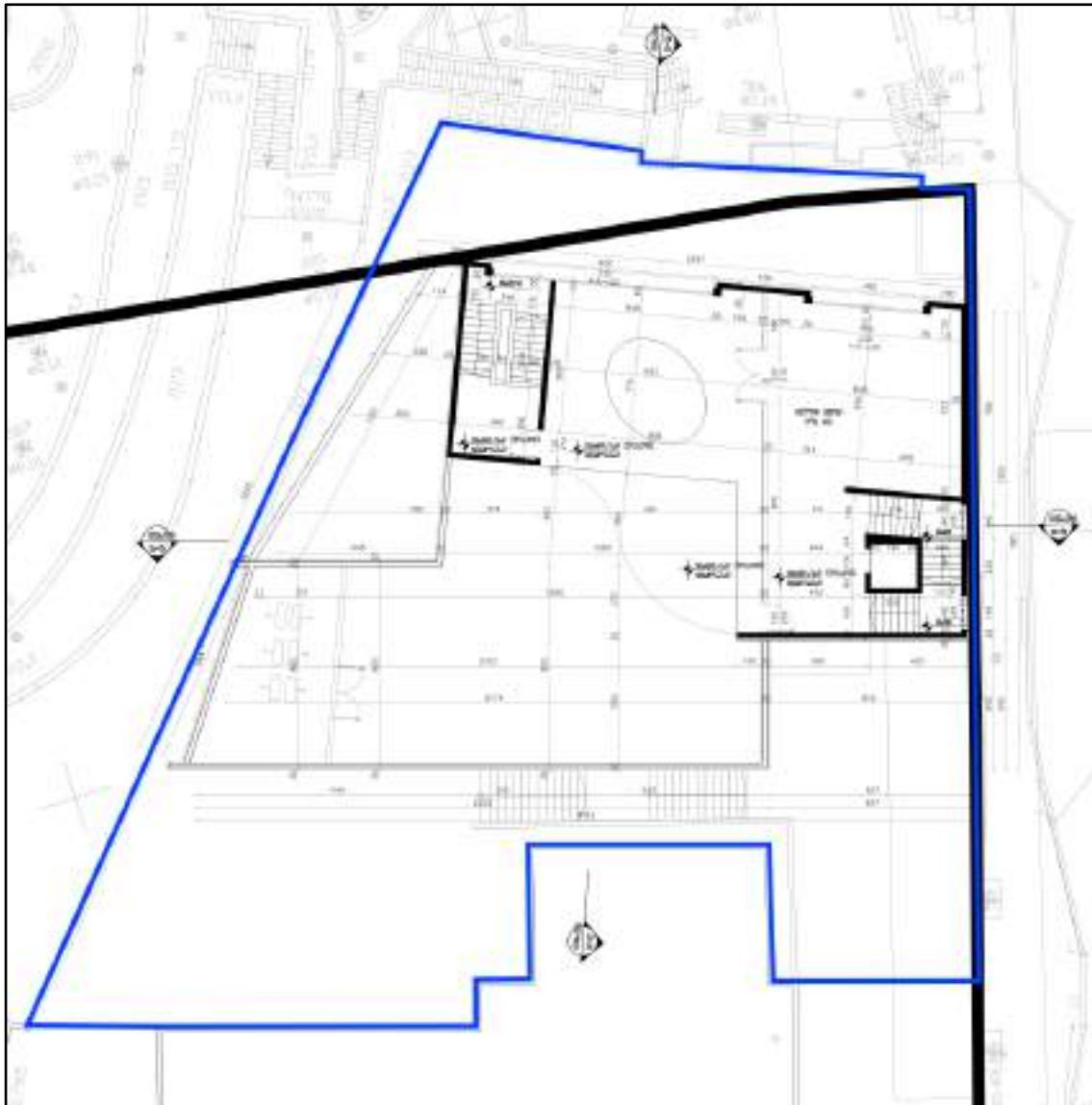
נספחים - תוכניות הפרויקט



תוכנית קומה 0-חצר תחתונה (אליקים אדריכלים)



תוכנית קומה 1-קרקע (אליקים אדריכלים)



תוכנית קומת גג (אליקים אדריכלים)