



ד"ר יאיר פולקמן
שמואל בדולח M.Sc

ח.ג.מ מהנדסים יועצים ומתכננים (1980) בע"מ
הנדסה אזרחית, מים וסביבה



מאומת
סמכות מקומית

מתחם הארד

נספח הידרולוגיה וניקוז

נספח מס' 4

מאי 2024

מנהל אגף הנדסה
אלי לוי

הועדה המקומית לתכנון ולבניה תל-אביב - יפו			
שם התכנית 507-0987735 תא/מק/4987 מרחב הארד רמת החייל			
אושרה למתן תוקף (סאחד דיון בהתנגדויות):			
תאריך 16/08/2023	פרוטוקול 223-0015	החלטה 8	תאריך 04/12/2024
תאריך 04/12/2024	פרוטוקול 224-0023	החלטה 7	
מנהל האגף	מנהל העיר	ליאור שפירא עו"ד	יו"ר הועדה/יו"ר ועדת המשנה
אורלי אראל	אהוד כהן אדרי	ליאור שפירא עו"ד	תאריך

בעריכת:

שמואל בדולח M.Sc

חגית ברב טל B.Sc

מרים לכטר B.Sc

רעות כהן B.Sc

ליאור שפירא עו"ד
יו"ר הועדה המקומית
לתכנון ובניה

10-09-2025

תוכן עניינים:

3	מבוא	1.
3	נתוני רקע	2.
3	תיאור הסביבה	2.1
3	טופוגרפיה	2.2
4	סוג הקרקע	2.3
5	נתוני משקעים	2.4
5	כושר חדירות הקרקע	2.5
6	תמ"א 1	3.
6	תשריט ראשי	3.1
6	תשריט משלים	3.2
7	נחלים ופשט הצפה	4.
7	תמ"א 1- נספח נחלים ופשט הצפה	4.1
7	תמ"א 5/2 – תשריט מגבלות בנייה ופשט הצפה	4.2
8	תוכנית האב של רשות ניקוז ירקון	4.3
8	תכנית האב לניקוז	5.
9	מערכת הניקוז הקיימת	6.
10	תיאור עקרונות מערכת הניקוז המוצעת	7.
11	חישוב ספיקות התכן	8.
11	עוצמות הגשם	8.1
12	זמן הריכוז	8.2
12	מקדמי נגר עילי	8.3
13	חישוב ספיקות התכן הצפויות בתדירויות סופה שונות	8.4
14	יעד נפח נגר לניהול	9.
14	מחשבון היעד לניהול נגר	9.1
14	עמידה ביעד לניהול	9.2
15	שטחי השהייה וויסות	10.
17	אמצעים מוצעים לניהול הנגר	11.
17	גג ירוק	11.1
18	אזורים ירוקים מונמכים	11.2
18	מדרכות צפות מסוג אדמת מבנה	11.3
19	בור חלחול	11.4
20	הנחיות להוראות התכנית (ניקוז ושימור מי הנגר)	12.

רשימת תוכניות מצורפות

שם הקובץ	נושא
05057-03	נספח ניקוז



1. מבוא

במסגרת פיתוח תב"ע בנחל הפרדס, שכונת רמת החייל בתל אביב, אשר כוללת מבנים ציבוריים, מסחר מגורים ותעסוקה.

במסגרת הוראות התכנית הוכן ומוגש נספח הידרולוגי זה, על פי הנחיות המופיעות בתמ"א 1.

מטרת דוח זה הינה הכנת תכנית מוקדמת, מתן פתרונות להידרולוגיה עילית ומתן הנחיות לתכנון מפורט של מערכת הניקוז, המכוונות את המתכננים להתחשב בשימור מי נגר עילי וניהול המיטבי, תוך שילוב עקרונות התכנון הנופי בשכונה.



2. נתוני רקע

2.1 תיאור הסביבה

שטח התכנית, כ-63 דונם, מצוי צפונית ליישוב בני ברק, ממערב לכביש 4, ממזרח לכביש 20 ומדרום לכביש 5. שטח התכנון נמצא במחוז תל אביב. שטח התכנית נמצא מצפון לקו הכחול של תוכניות הרכבת במתחם בני ברק צפון.

מזרחית לשטח התוכנית עובר נחל הפרדס ודרומית לתוכנית נחל הירקון.



איור 1 גבול התוכנית על רקע תצ"א

2.2 טופוגרפיה

גובה שטח התכנית נע בין 12.5-19.5 מ' מעל פני הים, כאשר תחום התוכנית משופע בשיפועים מתונים לכיוון דרום-מזרח.

אל שטח התכנית מתנקזים שטחים מצפון לתכנית.



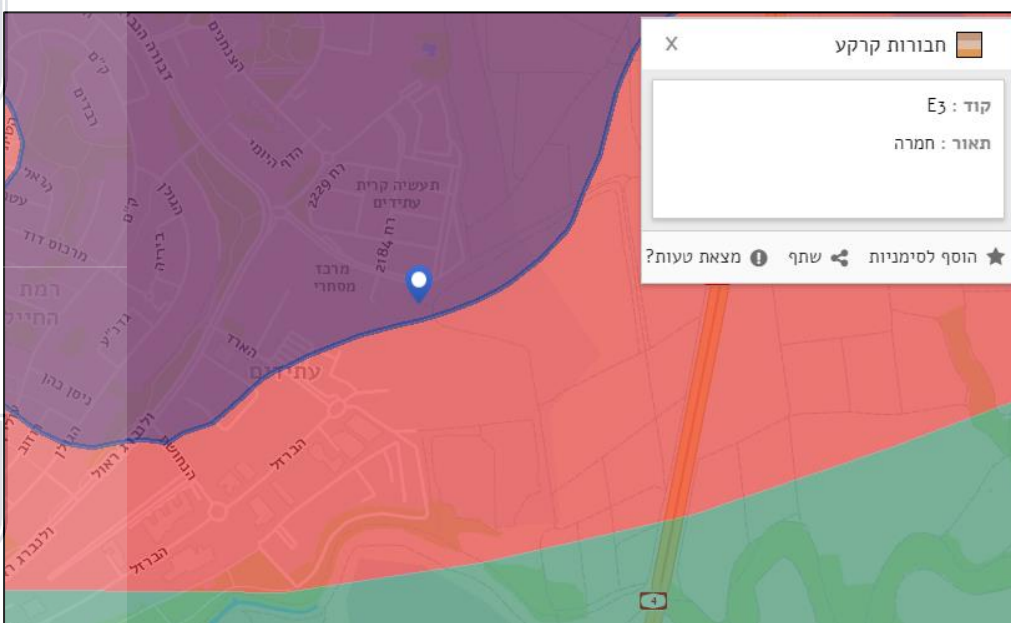


השטח מנוקז כיום על ידי ערוץ אחד, נחל הירקון אשר זורם ממזרח למערב עד למפגש עם נחל איילון.

2.3 סוג הקרקע

על פי מפת חבורות קרקע באתר govmap, הקרקע בשטח התכנית הינה מסוג חמרה (E) בה המוליכות ההידראולית הינה 29.97 מ"מ לשעה.

תוצאות סקר קרקעות שבוצע בתחום בו נמצאת התוכנית : [RCN1] מרקם הקרקע קל, סחיפה בינונית, מדרון נע בין 2%-6%, ערכיות 1, אין אבנים או כמות שאינה מפריעה לעבוד, הקרקע עמוקה מאוד (מעל 100 ס"מ) ומתאפיינת בצבע חום בהיר.



איור 2 סימון אזור התכנית על רקע מפת חבורות קרקע



2.4 נתוני משקעים

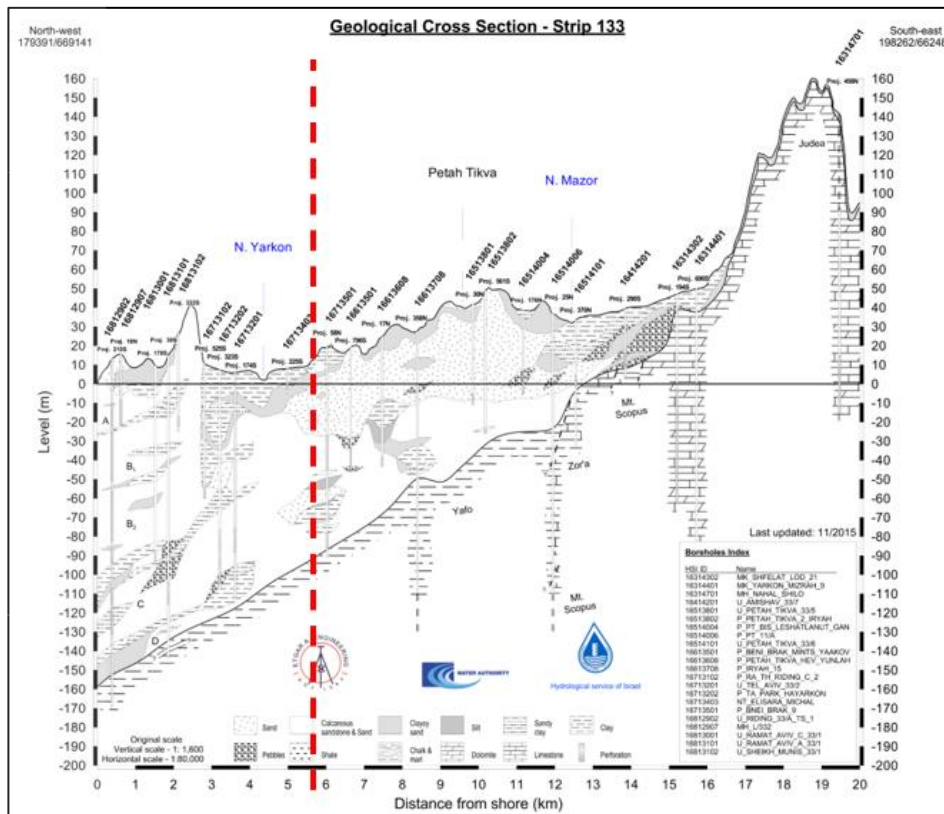
להלן כמויות המשקעים הרב שנתיים כפי שנמדדו בתל אביב:

טבלה 1 ממוצע רב שנתי במ"מ של כמות הגשם החודשית
(עבור שנת 2020 בתחנת הגשם תל אביב חוף, שרות המטראולוגי)

חודש	כמות משקעים חודשית (מ"מ)	כמות משקעים מצטברת (מ"מ)
ינואר	102.6	102.6
פברואר	21.2	123.8
מרץ	31.9	155.7
אפריל	4.5	160.2
מאי	4.3	164.5
יוני	0	164.5
יולי	0	164.5
אוגוסט	0	164.5
ספטמבר	0	164.5
אוקטובר	0	164.5
נובמבר	55.9	220.4
דצמבר	58.2	278.6

2.5 כושר חדירות הקרקע

בהתבסס על חתך גאולוגי ברצועה 133 של חתכי חוף-תל אביב מתוך אטלס החתכים ההידרוגאולוגי, חתך הקרקעות בתחום התכנית הינו חמרה, חרסית וחול.



3. תמ"א 1

3.1 תשריט ראשי

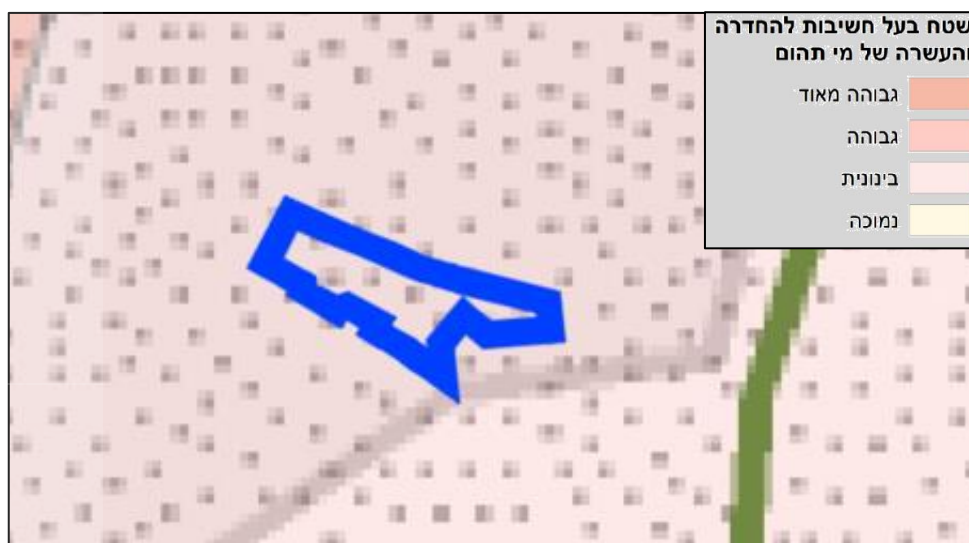
על פי התשריט הראשי של תמ"א 1 ניתן לראות כי שטח התוכנית נמצא באזור תחום בינוי ובאזור המוגדר כרגיש להחדרת נגר עילי. **אזורים אלו הינם חשודים בזיהום קרקע ומי תהום ולכן יש להימנע ככל הניתן מהחדרת מי נגר באזורים אלו.** [RCN2]



איור 4 גבול התוכנית על רקע תשריט ראשי תמ"א 1

3.2 תשריט משלים

על פי התשריט המשלים של תמ"א 1 ניתן לראות כי שטח התכנית נמצא בשטח בעל חשיבות בינונית להחדרה והעשרה של מי תהום.



איור 5 גבול התוכנית על רקע תשריט משלים תמ"א 1



4. נחלים ופשט הצפה

4.1 תמ"א 1- נספח נחלים ופשט הצפה

ע"פ נספח נחלים ופשט הצפה של תמ"א 1 ניתן לראות כי שטח התוכנית לא מצוי בתוך פשט ההצפה של נחל הירקון.

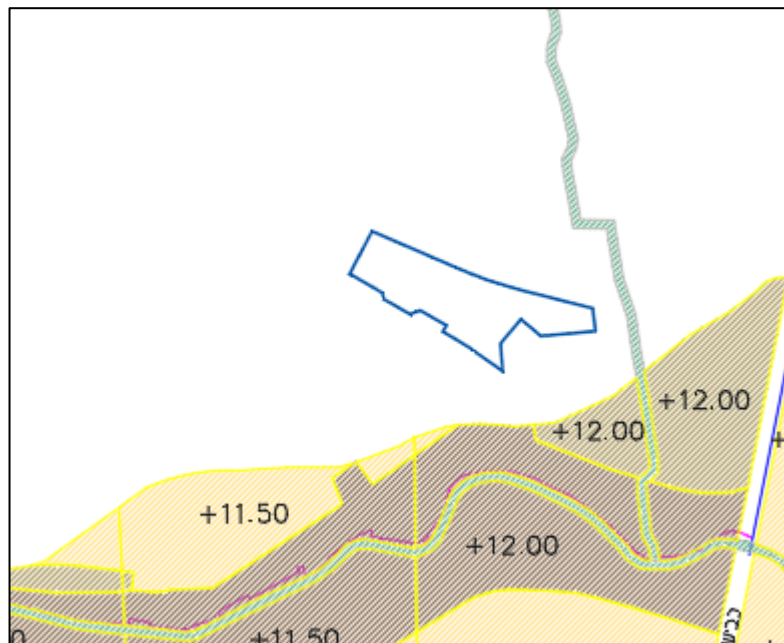


איור 6 גבול התוכנית על רקע נספח נחלים ופשט הצפה של תמ"א 1



4.2 תממ 5/2 – תשריט מגבלות בנייה ופשט הצפה

ע"פ תמ"מ 5/2 ניתן לראות כי שטח התוכנית לא מצוי בתוך פשט ההצפה של נחל הירקון ולא חלות עליו מגבלות בנייה.



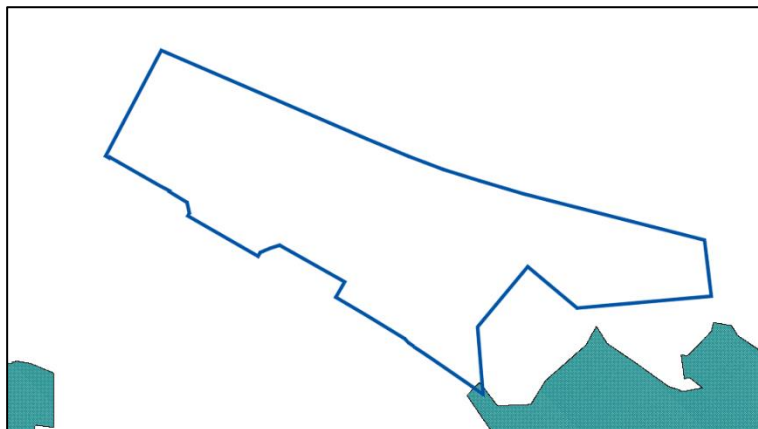
איור 7 גבול התוכנית על רקע תשריט מגבול בנייה ופשט הצפה של תמ"מ 5/2





4.3 תוכנית האב של רשות ניקוז ירקון

מפשט ההצפה של רשות ניקוז להסתברות של 1:100 שנה, אשר תוכנן ע"י משרד פלגי מים, ניתן לראות כי פשט ההצפה חודר לשטח התוכנית בקצה הדרום מזרחי בצורה זניחה שאינה משפיעה על התוכנית.



איור 8 גבול התוכנית על רקע פשט ההצפה שחושב עבור רשות הניקוז

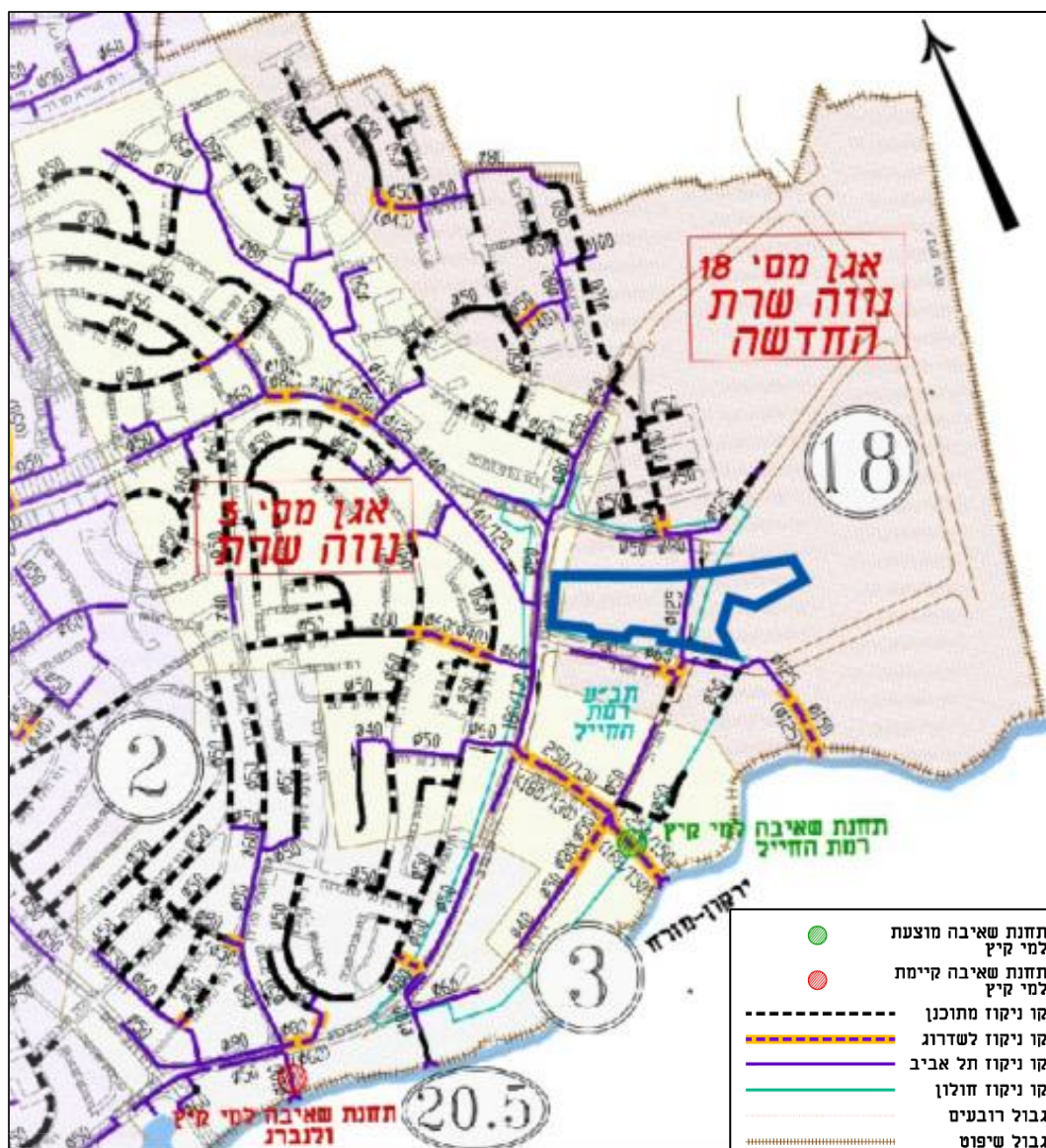
5. תכנית האב לניקוז

בתוכנית האב לניקוז לעיר תל אביב משנת 2013 לא קיימת התייחסות לתכנון פיתוח תחום התכנית. בהמשך מוצג מקטע מתכנית האב שנעשתה על ידי משרד ה.מ.ד.י הנדסה בסביבת התכנית הנדונה.

בהתאם לתכנית האב לניקוז של תל אביב משנת 2013 ולמערכת התיעול הקיימת כיום, שטח התכנית משתייך לאגן מס' 18 נווה שרת החדשה המתנקז לנחל הירקון. מערכת הניקוז באגן זה נבדקה לתדירות סופה של 1:5 שנים, למעט קו הניקוז במורד האגן אשר נבדק לתדירות סופה של 1:10 שנים.

את תחום התכנית חוצה קו ניקוז קיים מצפון לדרום בקוטר 125 ס"מ, קו זה ממשיך בקוטר 125 ס"מ עד השפך לנחל הירקון. לפי תכנית האב לניקוז יש לשדרג את קו הניקוז הנ"ל במורד האגן, בסמוך למוצא לנחל הירקון, מקוטר 125 ס"מ הקיים לקוטר 150 ס"מ מוצע.

מדרום לתחום התכנית, ברח' הארד, קיים קו ניקוז בקוטר 50 ס"מ המיועד בחלקו לשדרוג לקוטר 60 ס"מ.



איור 9 גבול התכנית על רקע תכנית האב לניקוז

6. מערכת הניקוז הקיימת

- את תחום התכנית חוצה קו ניקוז קיים מצפון לדרום בקוטר 125 ס"מ, קו זה מגיע מרח' דבורה הנביאה, ממשיך דרומה בחציית התכנית ובהמשך מזרחה ודרומה מחוץ לתחום התכנית עד השפך לנחל הירקון.
- דרומה מחוץ לתחום התכנית, ברח' הארד, קיים קו ניקוז בקוטר 50 ס"מ המתחבר לקו הניקוז הראשי 125 ס"מ.
- צפונה מחוץ לשטח התכנית, ברח' דבורה הנביאה, קיים קו ניקוז בקטרים 50-80 ס"מ המתחבר לקו הניקוז הראשי 125 ס"מ.
- מערבית מחוץ לשטח התכנית, ברח' ראול ולנברג, קיים קו ניקוז בקוטר 80 ס"מ הממשיך דרומה במובל 120x140 ואינו מהווה חלק מאגן הניקוז של תחום התכנית.





7. תיאור עקרונות מערכת הניקוז המוצעת

חוצה את תחום התכנית קו ניקוז קיים בקוטר 125 ס"מ, קו זה יועתק בהתאמה לחלוקת המגרשים החדשה במסגרת התכנית. הנגר הזורם בשטחים מצפון לתכנית יושהה בשצ"פים האורכיים בגבול הצפוני של התכנית ועודפים ינוקזו למערכת הניקוז בכבישים ולא ינותבו לעבר מגרשים סמוכים בתחום התכנית.

מערכת הניקוז המוצעת כוללת אמצעים לניהול נגר בשטח התוכנית, כאשר ניהול הנגר יבוצע החל מתחומי המגרשים ועד להזרמתו אל תשתית התיעול העירונית.



בשטחי המגרשים יבוצעו השהיות מקומיות באמצעות גגות ירוקים בשטח שלא יפחת מ-80% מסך שטח הגגות, וככל שיתאפשר ישולב במפלס הקרקע מעל גגות החניונים. כמו כן, בשטחי המגרשים מים ממרזבי הגגות והמרפסות וכן מעבי מזגנים יופנו ישירות למתקן חלחול בתחום המגרש.

שטח הפיתוח במגרש וכן עודפים ממתקן החלחול ינוקזו לשטח המחלחל בתחום המגרש אשר יתוכנן ככל הניתן כשטח הנמוך ביותר במגרש. בשטחי הפיתוח הפנויים מתכסית תת קרקעית בתחום המגרש ישולב כיסוי בחומרים חדירים למים בעלי יכולת ספיגה וקליטה של מים, החומרים הנ"ל כוללים שימוש באדמה פוריזיבית כדוגמת חצץ, טוף, אבן דשא ושטחי גינון, במטרה למתן את ספיקות הנגר המועברות למרחב הציבורי.



עודפי נגר מהשהיות בתחומי המגרש יזרמו אל שצ"פים סמוכים ככל הניתן או לרצועות מגוננות ברחובות, וזאת לצורך השהייה נוספת בטרם זרימת עודפים ואיסופם אל מערכת התיעול העירונית. בשולי הדרכים יבוצע שימוש באדמת מבנה בערוגות מגוננות.

במסגרת התכנית מוצעים שטחים להשהייה ולוויסות הנגר לספיקת כניסה בהסתברות של 2% וספיקת יציאה בהסתברות של 5%, כך שספיקת הנגר אשר תזורם אל תשתית הניקוז העירונית, בתיאום עם תוכנית המטרו, תתאים להסתברות של 5%. באגן 1 עודפי הנגר מהמגרשים ינותבו לשצ"פ מרכזי בו תתוכנן השהייה וויסות באמצעות פיתוח נופי.



באגן 3 עודפי הנגר מהמגרשים ינותבו לשצ"פ האורכי בדרום-מזרח התכנית, בו יושהה הנגר וינותב מערבה באמצעות פיתוח נופי. באגן 2 יושהה הנגר באמצעות שטחי גינון מונמכים בתחום שטח מבני הציבור וכן באמצעות רצועות מגוננות מונמכות לאורך הכביש החוצה את התכנית מצפון לדרום בתחום אגן ניקוז זה. עודפי נגר משטח מבני הציבור בתא שטח 5 שבתחום אגן 2 ינוקזו למרחב הציבורי ע"י קו ניקוז אשר יונח בתחום זיקת הנאה ויחצה את מגרש 2.

פתרון הקצה עבור עודפי הנגר מאגני הניקוז בשטח התוכנית הינו תשתית התיעול העירונית המובילה את הנגר אל נחל הירקון.

נדרש תיאום עם תכנון תשתית המטרו בסמוך לתוכנית.





8. חישוב ספיקות התכן

רשת התיעול העירונית מתוכננת להבטיח את העברת חלקו המתוכנן של הנגר העילי בעת סופת גשם, כאשר כל יתר המים יוזרמו בכבישים או בתעלות עד הגעתם אל השטחים הפתוחים.

בתכנית זו, ספיקת הנגר הצפויה לצאת מאגן הניקוז חושבה באמצעות הנוסחה הרציונאלית המבוססת על הקשר בין הנגר העילי, מאגן היקוות כלשהו, לשטחו, לתכונותיו הפיסיות ולעוצמת הגשם. הקשר בין גורמים אלה מבוטא בנוסחה:

$$Q_T = CIA$$

כאשר:

- I [מ"מ/שנייה] - עוצמת הגשם הממוצעת המתאימה לזמן t_c , ולתקופת חזרה T
- A [דונם] - גודל שטח אגן ההיקוות המתנקז אל נקודת הריכוז, בדונמים.
- C [-] - מקדם הנגר העילי מוגדר כיחס בין הנגר העילי לבין עובי הגשם היורד על פני אגן ההיקוות.

- Q [מ"מ/שנייה] - הספיקה המקסימאלית של הנגר העילי
- T [דקות] - זמן הריכוז

8.1 עוצמות הגשם

עקב הסמיכות לתכנית המטרו נלקחו בחשבון נתוני עוצמות גשם לפי שיטת נת"י למישור החוף.



טבלה 2 ההסתברות של עוצמות גשם מקסימליות (מ"מ/שעה) למשכי זמן נתונים לפי שיטת נת"י למישור החוף

תקופת חזרה (שנים)	5	10	20	50	100
הסתברות	20%	10%	5%	2%	1%
משך סופה (דקות)	עוצמת גשם (מ"מ/שעה)				
5	20%	10%	5%	2%	1%
10	195.1	237.9	256.3	290.5	315.9
15	121.9	148.6	165.9	194.2	215.8
20	92.5	112.8	128.7	153.5	172.6
30	76.1	92.8	107.4	129.8	147.4
45	57.8	70.5	83.3	102.6	117.9
60	43.9	53.5	64.6	81.1	94.3
90	36.1	44.0	54.0	68.6	80.5
120	27.4	33.4	41.8	54.2	64.4
180	22.5	27.5	34.9	45.8	55.0
240	17.1	20.9	27.1	36.2	44.0



8.2 זמן הריכוז

זמן הריכוז מוגדר כזמן הדרוש להתנקזות המים מכל שטח אגן ההיקוות לנקודת הריכוז. לפי השיטה הרציונאלית מניחים כי שיא זרימת הנגר קורה בזמן הריכוז, כלומר – סופת התכנון היא הסופה הנמשכת בזמן השווה לזמן הריכוז – t_c .

זמן הריכוז חושב על פי נוסחת קירפיד: [RCN3]

$$t_c = 5.4 \left(\frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \right)$$

t_c = זמן ריכוז בדקות

L = אורך המסלול הארוך ביותר ב-ק"מ

S = שיפוע ממוצע של האגן (מ'/מ')

זמן הריכוז מבטא זמן שהיית הגשם מרגע נפילתו ועד הגיעו לתחנת קליטת המים והפניות אל צינורות תת קרקעיים.

השהיית המים לתקופה ממושכת יותר בסביבת צמחיה מגדילה את סיכוי שימור הנגר בתוך הקרקע ובכך מקטינה את הכמות העודפת של מים הניגרים אל צנרת הניקוז.

על פי הנוסחה הרציונלית, הספיקה נמצאת ביחס ישר לעוצמת הגשם שמתאימה לזמן ריכוז מסוים. ככל שזמן הריכוז יהיה ממושך יותר העצמה של הסופה בתקופת חזרה נתונה – תקטן.

8.3 מקדמי נגר עילי

מקדם הנגר העילי C , מייצג את החלק היחסי של הנגר העילי מעובי גשם, המתנקז משטח נתון. יש להביא בחשבון השתנות הערכים עם הזמן לאור פיתוח השטח. הערכים של המקדם יגדלו ככל שאחוז השטח הבנוי יגדל, ויקטנו ככל שאחוז השטחים החדירים למים יגדלו.

עבור שטחי התכסית ניתן מקדם נגר מחמיר: 0.9 ועבור שטח פתוח ניתן מקדם הנגר בהתאם לסוג הקרקע- חמרה: 0.26.

בטבלה להלן מרוכזים ייעודי הקרקע עם אחוז התכסית המתאים להם וכן מקדם הנגר המשוקלל המתקבל.



טבלה 3 פירוט תוצאות חישוב מקדם הנגר המשוקלל עבור כל אגן ניקוז

מספר אגן	ייעוד קרקע	שטח [מ"ר]	אחוז תכסית	שטח אטום	מקדם נגר משוקלל
1	מבנים ומוסדות ציבור	3,002	80%	2,402	0.74
	מגורים מסחר ותעסוקה	8,016	85%	6,814	
	שטח ציבורי פתוח	4,970	50%	2,485	
	דרך	2,445	90%	2,201	
	סה"כ	18,433		13,901	
2	מבנים ומוסדות ציבור	10,001	80%	8,001	0.79
	מגורים מסחר ותעסוקה	8,225	85%	6,991	
	שטח ציבורי פתוח	1,093	50%	547	
	מסחר ותעשייה קלה ומלאכה	7,208	85%	6,127	
	דרך	4,872	90%	4,385	
	סה"כ	31,399		26,050	
3	מסחר ותעשייה קלה ומלאכה	8,390	85%	7,132	0.73
	שטח ציבורי פתוח	4,552	50%	2,276	
	סה"כ	12,942		9,408	

8.4 חישוב ספיקות התכן הצפויות בתדירויות סופה שונות

בטבלה להלן מופיעות ספיקות התכן בהסתברויות סופה שונות במצב העתידי.

*עבור זמן ריכוז מינימלי של 10 דק'.



הנגר הזורם בשטחים מצפון לתכנית יושהה בשצ"פים האורכיים בגבול הצפוני של התכנית ועודפים ינוקזו למערכת הניקוז בכבישים ולא ינותבו לעבר מגרשים סמוכים בתחום התכנית, ועל כן שטחים מחוץ לגבול התכנית לא יילקחו בחשבון בספיקות הנגר המחושבות מתחום התכנית.

טבלה 4 ריכוז ספיקות עתידיות במספר הסתברויות סופה עבור כל אגן ניקוז בתחום התכנית

מצב מוצע												
מספר אגן	אורך (מטר)	רום מעלה	רום מורד	שיפוע	זמן ריכוז מחושב (דקות)	שטח האגן (דונם)	מקדם נגר	ספיקה עתידית במוצא האגן (מ"ק/שניה)				
								1%	2%	5%	10%	20%
								1: 100	1: 50	1: 20	1: 10	1: 5
1	238	19.08	16.36	1.14%	10	18	0.74	0.82	0.74	0.63	0.57	0.46
2	243	17.91	14.51	1.40%	10	31	0.79	1.49	1.34	1.14	1.03	0.84
3	359	14.55	12.5	0.57%	18	13	0.73	0.41	0.36	0.30	0.26	0.21

במסגרת התכנית יבוצעו אמצעים להשהיית נגר בתחומי השצ"פים המגדילים את זמן הריכוז במוצא האגן וכתוצאה מכך מקטינים את ספיקות התכן.

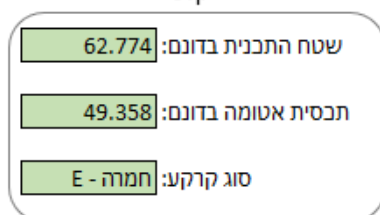




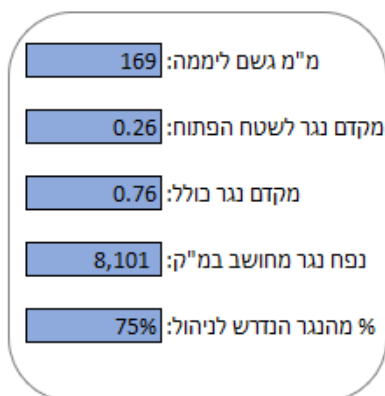
9. יעד נפח נגר לניהול

9.1 מחשבון היעד לניהול נגר

קלט



נתוני ביניים מחושבים



יעד נגר לתכנון במ"ק: 6,076

איור 10 תוצאות מחשבון יעד לניהול נגר של תמ"א 1

תחום התכנית חל בתחום אזור 7- מישור החוף לפי חלוקת אזורי הגשם של תמ"א 1. על פי מחשבון היעד לניהול נגר המשלים לתמ"א 1 (ובתהליכי אישור בימים אלו), נדרש לנהל בשטח התוכנית כ-6,076 מ"ק.

9.2 עמידה ביעד לניהול

הוויסות המוצע מתחלק למספר תצורות :

- **אדמת מבנה** - שילוב בשולי הדרכים המוצעות. הנחות-שילוב ב-10% משטח הדרכים המוצעות, עובי מילוי של 0.5 מ'.
- **חלחול-הנחות** - 10% משטח כלל הדרכים, 50% משטח השצ"פים, 20% משטח מבני ציבור ו-15% משטח מבני מגורים, מסחר, תעסוקה ותעשייה קלה יהיו מחלחלים, משך חלחול 6 שעות.
- **שטחי השהייה וויסות** - היקף ניהול הנגר בשטחים אלה יקבע במסגרת התכנון המפורט בהתאמה למפורט בסעיף 10. בטבלה 5 מופיעים הנפחים המינימליים הנדרשים לוויסות.
- **גגות ירוקים במגרשים** - הנחות- 80% משטח גגות המבנים ינוצלו לגגות ירוקים, עובי מילוי 0.5 מ' ויכולת איגום של 55% למ"ק גג ירוק.





• **קידוחי חלחול במגרשים-הנחות- הנגר היורד על 20% משטח גגות המבנים ינותב**

לקידוחי חלחול בנפח של 20 מ"ק לדונם גג.

טבלה 5 עמידה ביעד המחשבון לניהול נגר של תמ"א 1

אמצעים לניהול נגר												נפח מנוהל [מ"ק]										
שטחי השהייה וויסות- אגן 1											במורד האגן מוצע מאגר וויסות בשצ"פ לפני הזרמת הנגר למערכת התיעול		60									
שטחי השהייה וויסות- אגן 2											אמצעי לניהול נגר	שטח דרכים באגן 2 [מ"ר]	אחוז משטח הדרכים	עומק לאיגום [מ']	שטח מגרש מבני ציבור מס' 5	אחוז משטח מגרש מבני ציבור מס' 5	נפח מנוהל [מ"ק]					
שטחי השהייה וויסות- אגן 3											ערוגות מוגנות מונמכות בדרכים	4,872	10%	0.11			54					
											גינות מונמך			0.10	10,001	5%	50					
שטחי השהייה וויסות- אגן 3											מוצע מאגר וויסות בשצ"פ האורכי לפני הזרמת הנגר למערכת התיעול		55									
אדמת מבנה											שטח הדרכים [מ"ר]	אחוז משטח הדרכים	עובי מילוי [מ']		אחוז חללים		נפח מנוהל [מ"ק]					
גג ירוק											7,317	10%	0.5		0.23		84					
											שטחי גגות מבנים [מ"ר]	אחוז משטח הגגות	עובי מילוי [מ']		יכולת איגום למ"ק גג ירוק		נפח מנוהל [מ"ק]					
											18,435	80%	0.5		55%		4,056					
קידוחי חלחול במגרשים											שטחי גגות מבנים [מ"ר]		אחוז משטח הגגות		נפח חלחול לדונם גג [מ"ק/דונם]		נפח מנוהל [מ"ק]					
חלחול											18,435		20%		20		74					
											שטח הדרכים [מ"ר]	אחוז משטח הדרכים	שטח שצ"פים [מ"ר]	אחוז משטח שצ"פים	שטח מבנים ומוסדות ציבור [מ"ר]	אחוז משטח המגרשים	שטח מגורים, מסחר, תעסוקה ותעשייה קלה ומלאכה [מ"ר]	אחוז משטח המגרשים				
											7,317	10%	10,615	50%	13,003	20%	31,839	15%	29.97	6	402	2,412
סה"כ נפח מנוהל												6,845										



עבור ספיקת יציאה בהסתברות 20% מתקבל כי באגנים 1, 2 ו-3 נדרש לווסת כ-231, 409 ו-197 מ"ק נגר בהתאמה.

טבלה 6 ריכוז נתונים ותוצאות חישוב נפחים נדרשים לווסת עבור כל אגן
עבור ספיקת יציאה התואמת להסתברות 5%

נתוני בסיס	אגן 1	אגן 2	אגן 3
הסתברות הסופה	2%	2%	2%
משך הסופה [דק]	120	120	120
מקדם נגר משוקלל	0.74	0.79	0.73
שטח אגן היקוות [מ"ר]	18,433	31,399	12,942
ספיקה נכנסת-ללא ויסות [מ"ק/שניה]	0.74	1.34	0.36
זמן ריכוז ספיקת שיא [דק]	10	10	18
ספיקה יוצאת מווסתת ומתאימה לסופה בהסתברות 5% [מ"ק/שניה]	0.63	1.14	0.30
תוצאות			
סה"כ נגר במהלך הסופה [מ"ק]	1,249	2,272	865
הזמן עד שהטיפה האחרונה מגיעה לאזור ההשעייה [דק]	56	57	80
נפח נדרש לאגירה [מ"ק]	56	102	51
זמן איגום מינימלי שנדרש [דק]	29	29	46

טבלה 7 ריכוז נתונים ותוצאות חישוב נפחים נדרשים לווסת עבור כל אגן
עבור ספיקת יציאה התואמת להסתברות 10%

נתוני בסיס	אגן 1	אגן 2	אגן 3
הסתברות הסופה	2%	2%	2%
משך הסופה [דק]	120	120	120
מקדם נגר משוקלל	0.74	0.79	0.73
שטח אגן היקוות [מ"ר]	18,433	31,399	12,942
ספיקה נכנסת-ללא ויסות [מ"ק/שניה]	0.74	1.34	0.36
זמן ריכוז ספיקת שיא [דק]	10	10	18
ספיקה יוצאת מווסתת ומתאימה לסופה בהסתברות 10% [מ"ק/שניה]	0.57	1.03	0.26
תוצאות			
סה"כ נגר במהלך הסופה [מ"ק]	1,249	2,272	865
הזמן עד שהטיפה האחרונה מגיעה לאזור ההשעייה [דק]	56	57	80
נפח נדרש לאגירה [מ"ק]	105	192	105
זמן איגום מינימלי שנדרש [דק]	35	38	61



טבלה 8 ריכוז נתונים ותוצאות חישוב נפחים נדרשים לוויסות עבור כל אגן
עבור ספיקת יציאה התואמת להסתברות 20%

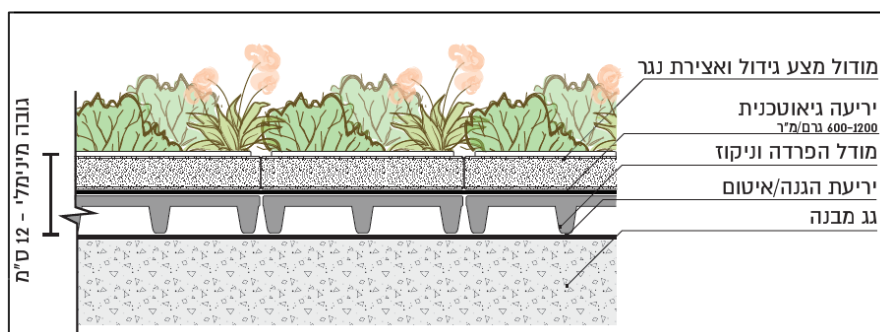
נתוני בסיס	אגן 1	אגן 2	אגן 3
הסתברות הסופה	2%	2%	2%
משך הסופה [דק]	120	120	120
מקדם נגר משוקלל	0.74	0.79	0.73
שטח אגן היקוות [מ"ר]	18,433	31,399	12,942
ספיקה נכנסת-ללא ויסות [מ"ק/שניה]	0.74	1.34	0.36
זמן ריכוז ספיקת שיא [דק]	10	10	18
ספיקה יוצאת מווסתת ומתאימה לסופה בהסתברות 20% [מ"ק/שניה]	0.46	0.84	0.21
תוצאות			
סה"כ נגר במהלך הסופה [מ"ק]	1,249	2,272	865
הזמן עד שהטיפה האחרונה מגיעה לאזור ההשחייה [דק]	56	57	80
נפח נדרש לאגירה [מ"ק]	231	409	197
זמן איגום מינימלי שנדרש [דק]	52	50	80



11. אמצעים מוצעים לניהול הנגר

11.1 גג ירוק

מטרתו של הגג הסופג הינה שימוש בשטח גגות המבנים או השפ"פים מעל המרתפים לטובת קליטה והשהיית הנגר ובכך להפחית את העומס בשיא האירוע. המערכת כוללת שכבת מצע סופג, פתחים וסכרים התופסים את הנגר הנקלט בגג ומערכת וויסות המשחררת את הנגר הנאסף. הגג הסופג יכול לכלול צמחיה כלשהי המחייבת השקיה וגינון ("גג ירוק") אך במקרה זה על פי קביעה של רשות המים אין להחזיר מים אלו אל שכבת מי התהום אלא להפנותם לגינת חילחול או אל מערכת הניקוז בתום הסופה. כאשר הגג הסופג אינו כולל צמחיה אינטנסיבית ("גג כחול") ניתן להחזיר את הנגר לשכבת מי התהום בכפוף לאישור.



איור 11 חתך עקרוני של גג ירוק מתוך מסמך מדיניות לניהול נגר עירוני, מנהל התכנון, 2020



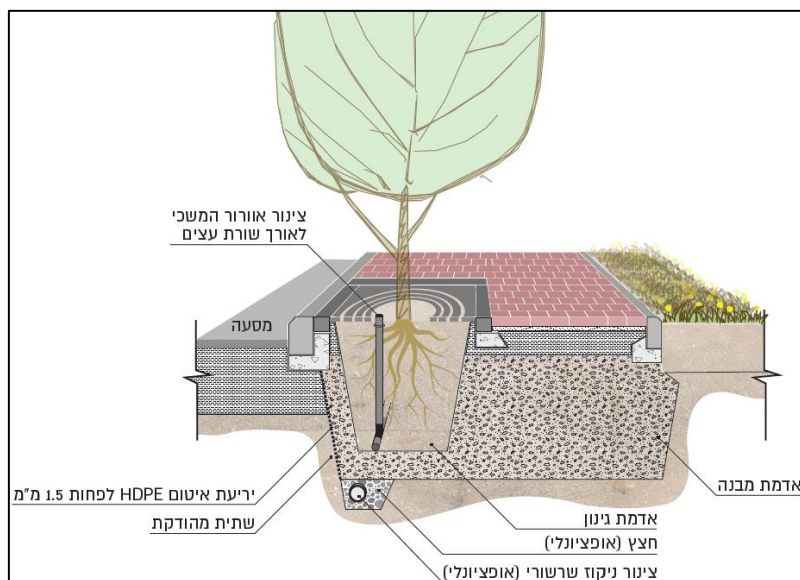


11.2 אזורים ירוקים מונמכים

בכל אזור בנוי יש לכוון את המרזבים של הבניינים לשטחים ירוקים. השטחים הירוקים יהיו במפלס נמוך מהמדרכה במספר סנטימטרים כך שהם יהוו איגום זמני למים. יש לכוון את גלישת עודפי המים אל השטח הציבורי (מדרכה או כביש). מבנה זה יביא לויסות ספיקת הנגר העילי ולהקטנת קוטר מובלי הניקוז.

11.3 מדרכות צפות מסוג אדמת מבנה

מצע תשתית יציב למדרכות ולמיסעות, המבוסס על שכבות אגרגטים בגדלים שונים. האגרגטים ננעלים אחד עם השני בתהליך הכבישה, שנעשה ללא הידוק מלא, יוצרים מצע יציב בעל חללים בהם ניתן להשהות נגר ולאפשר חלחול הדרגתי לקרקע. אדמת המבנה מאפשרת שתילת 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 השורשים על יציבות המדרכה. אדמת מבנה יכולה להיות פתרון מתאים לניהול נגר ברחובות עירוניים צפופים, שאין בהם אפשרות לפתרונות אחרים.



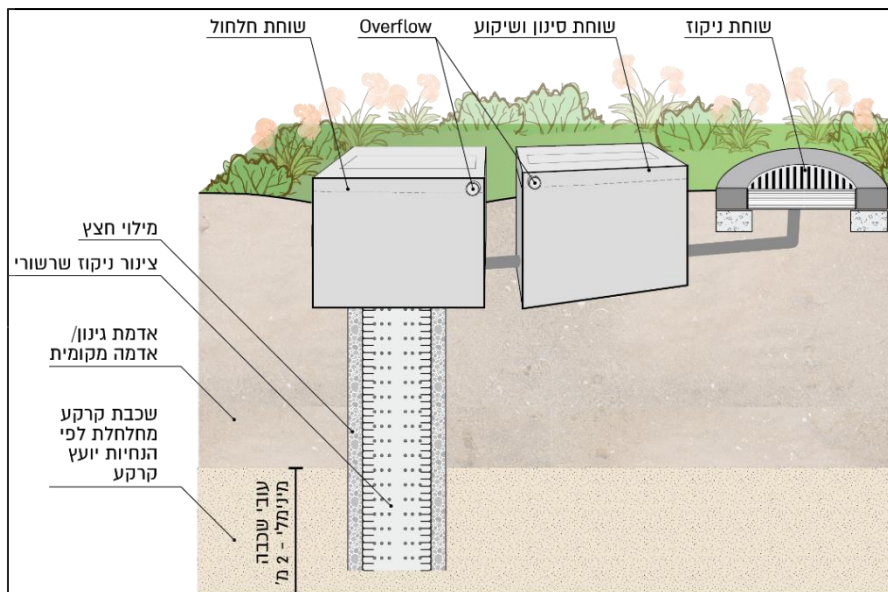
איור 12 חתך עירוני של אדמה צפה מסוג אדמת מבנה מתוך מסמך מדיניות לניהול

נגר עירוני, מנהל התכנון, 2020



11.4 בור חלחול

מערכת המאפשרת חלחול מי גשם או עודפי מי נגר אל התווח הבלתי רווי. המים נאספים מפני הקרקע, לנקודה נמוכה, בה ממוקם בור חלחול, המנקז את מי הנגר באמצעות צינור שרשורי (צינור גמיש ומחורר), המלא בחצץ בגדלים שונים. לפני זרימת המים לבור החלחול יש לשלב שוחת שיקוע, אשר תפקידה הינו שיפור איכות הנגר באמצעות שיקוע מוצקים, פסולת וסחופת. פתרון זה מאפשר השהייה וחלחול נגר, במהלך השעות שלאחר אירוע גשם. על מנת לסנן משקעים שמגיעים עם הנגר, לרוב כולל הבור שכבת חצץ שמסננת את הנגר, ובכך מונעת את סתימת הבור.



איור 13 חלחול לתווח הבלתי רווי באמצעות בור חלחול מתוך מסמך מדיניות לניהול נגר עירוני, מנהל התכנון, 2020



12. הנחיות להוראות התכנית (ניקוז ושימור מי הנגר)

- מערכת הניקוז בכבישי השכונה תתוכנן ע"פ ספיקות תכן בהתאם לתכנית האב לניקוז של העיר.
- בשטח התוכנית ינוהל לפחות 75% מנפח הנגר היממתי בהסתברות סופה של 1:50 שנה ע"י שימוש באמצעים להשהייה וויסות הנגר.
- ניהול הנגר וויסותו בשטח התוכנית יתוכנן כך שבסופה של 1:50 שנה תוזרם לתשתית התיעול העירונית ספיקה המתאימה לסופה של 1:20 שנה.
- לפחות 15% משטח מגרשים בייעוד מגורים, תעסוקה, מסחר ותעשייה קלה וכן 20% לפחות משטח מגרשים בייעוד מבני ציבור יוותר כשהוא נקי מכל בניה תת קרקעית או על קרקעית ופנוי מכל חיפוי אטום. שטח זה ישמש לחלחול מי נגר לגינון ולנטיעת עצים.
- לפחות 80% משטח גגות המבנים ינוצל לגג ירוק ו/או כחול. מפרטי הביצוע לגג הירוק/כחול יאושרו ע"י יחידת אדריכל העיר.
- מים ממרזבי גגות, מעבי מזגנים ומרפסות יופנו ישירות למתקן חלחול בתחום המגרש על פי הנחיות ההוראות למתקני תברואה בהתאם לנספח ניהול הנגר. הגלשת עודפים ממתקן החלחול תהיה בעדיפות ראשונה לשטח הפנוי מתכסית תת קרקעית בתחום המגרש. מיקום מתקן החלחול ותכנונו ההנדסי יפורט בתכנית עיצוב ופיתוח.
- לצורך יישום האמצעים לניהול הנגר יבוצעו קידוחי ניסיון על מנת לוודא את סוג הקרקע והיתכנות האמצעים לניהול הנגר שנבחרו ליישום.
- עודפי נגר בתחום המגרשים יופנו לשטח ציבורי פתוח הגובל במגרש ו/או לרצועת בית הגידול לעצי רחוב במדרכה הגובלת למגרש. מיקום הציבור בין המגרש למרחב הציבורי ותכנונו ההנדסי יתוכננו בתכנית עיצוב ופיתוח. האמצעים להפניית עודפי הנגר יתוכננו באופן שלא יפריע לתנועת ולבטיחות הולכי רגל במרחב.
- תכנית העיצוב והפיתוח תכיל תשריט בקנ"מ 1:250 אשר יציג בין היתר: מיקום אזורי השהייה ואזורי חלחול טבעי, הנפח והתכנון הנופי שלהם, תרשים מחייב של מהלך זרימת הנגר בתוך המגרש ומהמגרשים למרחב הציבורי וכן מיקום בורות לחלחול/החדרה של מי נגר (ככל שיידרשו) ותכנון הנדסי ראשוני שלהם.
- בתחומי הדרכים ישולב שימוש באדמת מבנה בערוגות מגוננות.
- בשטחים ציבוריים ישולבו אמצעים להשהיית נגר עילי בנפח שלא יקטן מהמצוין בנספח הניקוז. תכנון השטחים בהם ישולבו אמצעים אלה ייעשה על ידי אדריכל הנוף בשיתוף יועץ שימור נגר.
- ככל הניתן, הנגר יופנה אל שטחים החדירים והמחלחלים, כאשר השטחים הנמוכים וקפלי הקרקע ישמשו ווסת זמני לזרימות העיליות.
- תכנית מפורטת תמקם את השטחים הציבוריים הפתוחים, ככל הניתן, באזורים הנמוכים והמחלחלים על מנת להשתמש בהם לטובת ניהול נגר.





- במגרשים בהם מתוכננים חניונים תת קרקעיים תנאי להיתר בניה של המגרש יהיה תכנון ואישור במחלקת ההנדסה של עיריית ת"א, של תחנת שאיבה תת"ק לניקוז אשר תקלוט את מי הנגר העיליים העודפים שיזרמון לחניון ותעביר אותם אל מערכת הניקוז העירונית בכבישים. במידה ואין סכנת הצפה לחניון התת קרקעי במגרש יש להוכיח זאת באמצעות נספח ניקוז החייב באישור בכתב של נציג הרשות.

- בתים בהם יהיו מבנים תת קרקעיים, ינקטו בהם כל האמצעים למניעת כניסת מי גשמים לתוכם בתדירות סופה של 1:100 שנה.

- מתקנים הנדסיים ימוגנו מפני שיטפונות לתדירות סופה של 1:100 שנה.

- לא תותר הפניית מי נגר לעבר מערכת הביוב.

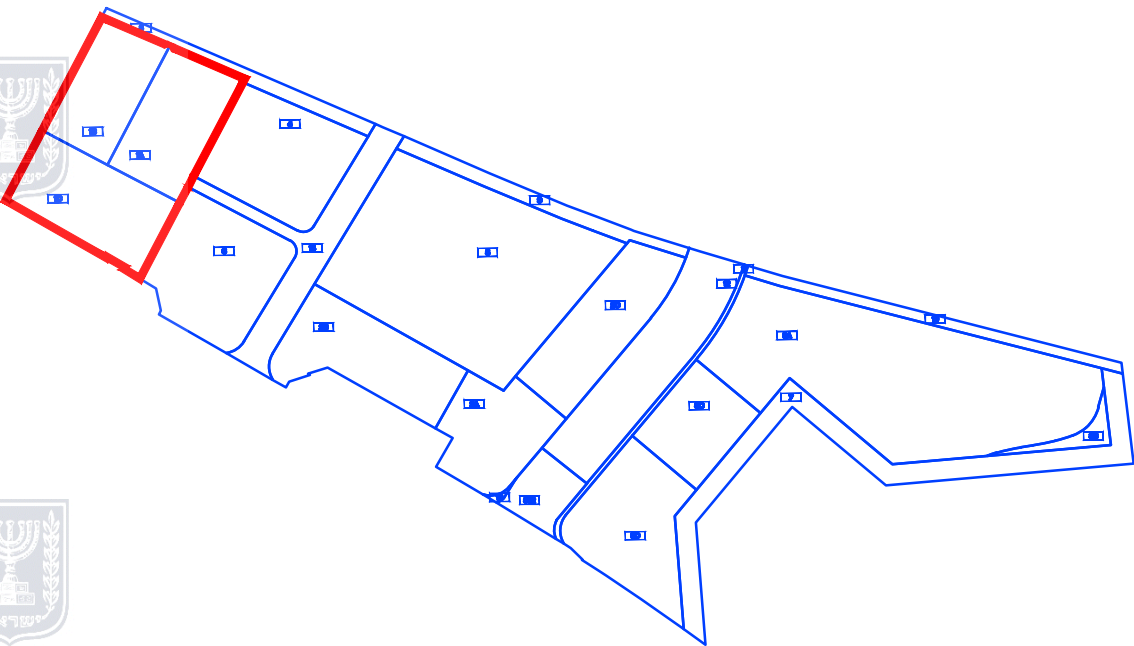
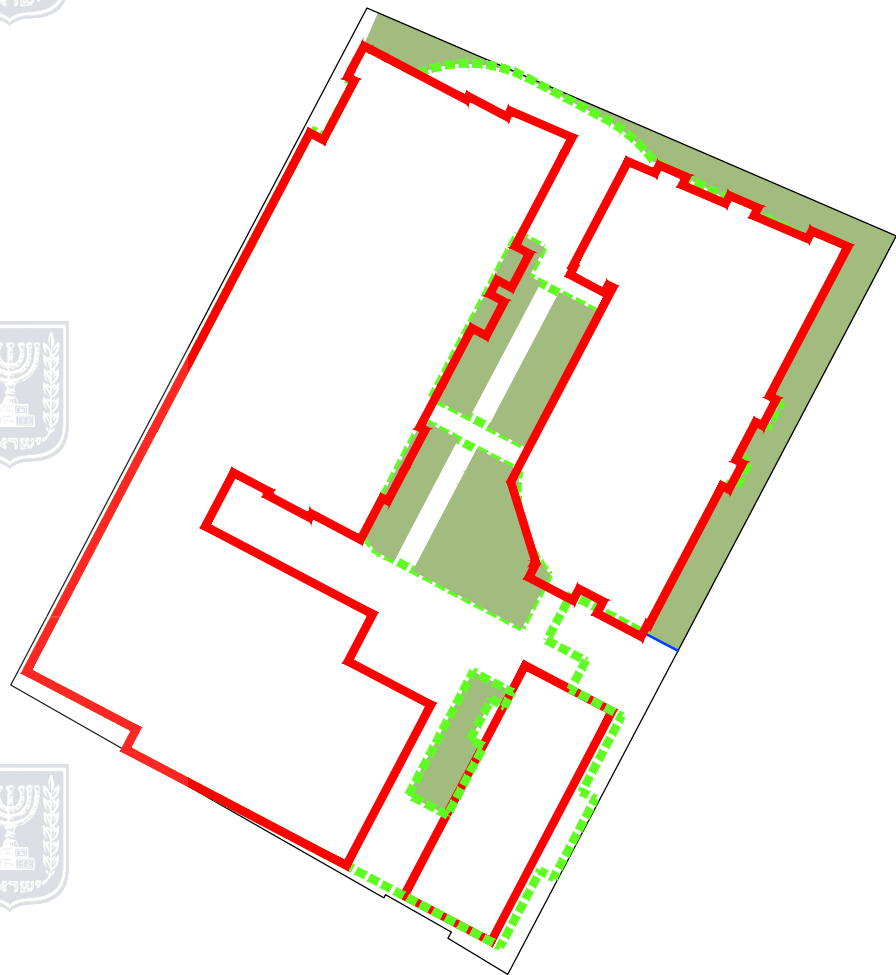
- במידה ויתגלו במהלך הביצוע מי תהום אשר יידרש לנקזם לצורכי הביצוע יבחר הידרוגאולוג שייתן מענה לאופן ניקוז ושאבת מי התהום.

- הצמחייה תתוכנן בהתאמה למשטר המים המתוכנן ובהתייעצות עם אגרונום.

- מיקום אמצעי ניהול נגר הכוללים מנגנוני חלחול והחדרה ייבחן, בין היתר, בהתחשב במרחק מיסודות המבנים, ובהתייעצות עם יועץ קרקע, על מנת להבטיח את בטיחות המבנה.

- יש לטפל בקרקע המקורית של המגרש ולהחזירה מתוחחת בתום הבניה (הימנעות מערבוב חומר בנייה, מהידוק מיותר וכו'). יש למקם שטחים מרוצפים וחדירים בהתייחס למרזבים היורדים מן הגג ולעשות שימוש בחומרים חדירים לריצוף בחצר, תוך תכנון קפדני של שיפועי המשטחים האטומים והחדירים.





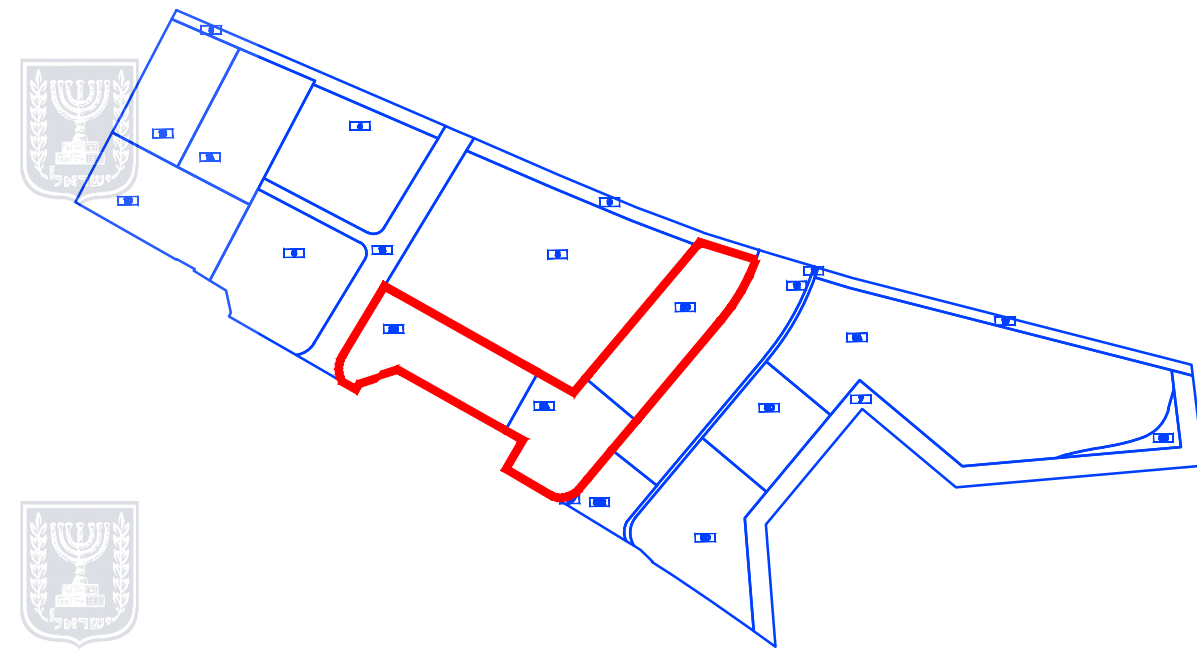
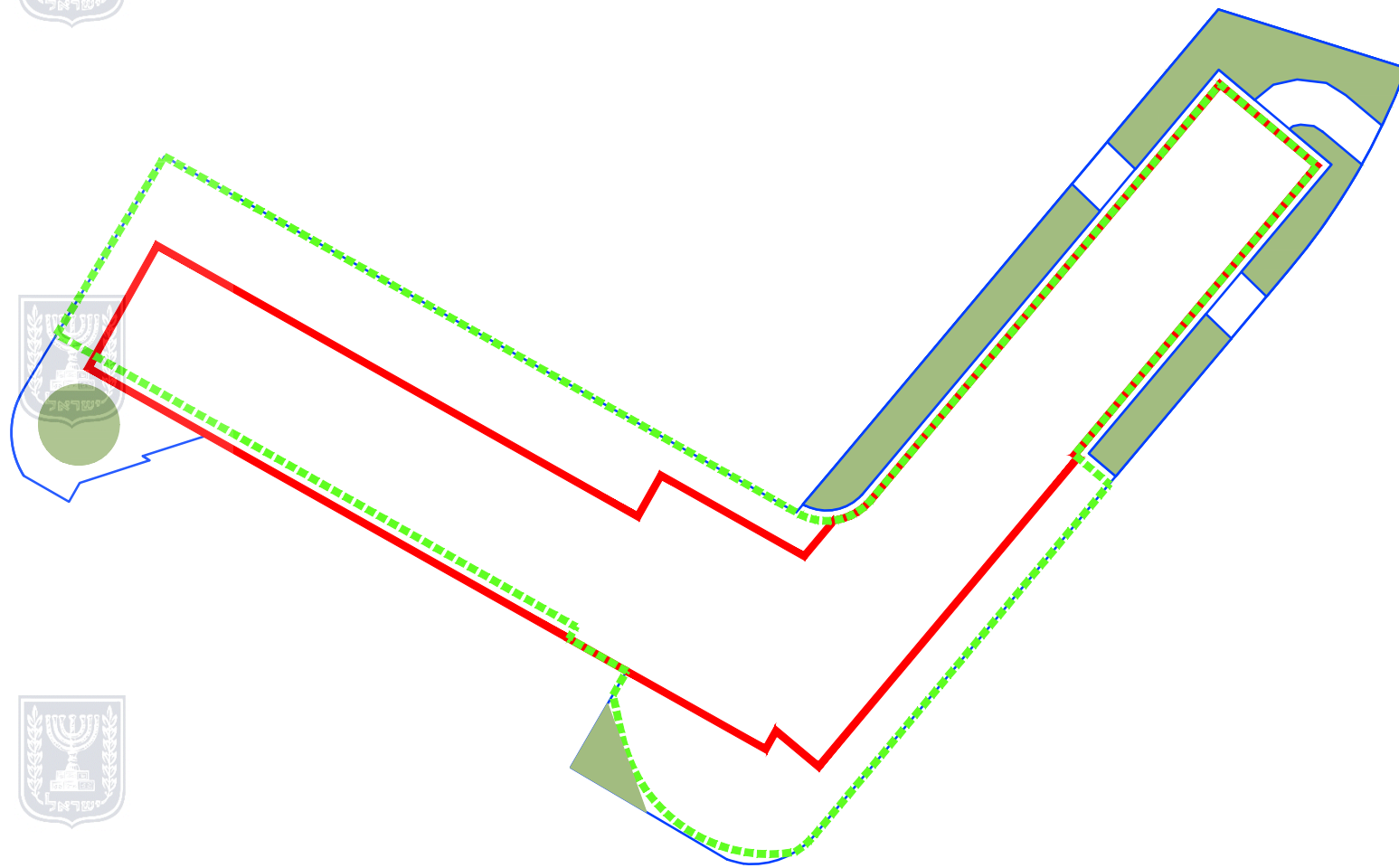
נספח לפרשה טכנית א' שטחי חלחול פנויים מפיתוח

שטח מבני	8 ד'	100%
תכסית שטח מבונה עילי	5.24 ד'	65%
תכסית שטח מבונה תת קרקעי	6.3 ד'	78%
תכסית פנוי מוצע	2.34 ד'	15%

מבני מערבי - קנ"מ 1:1000



נספח לפרשה טכנית בו שטחי חלחול פנויים מפיתוח



שטח מבנן	8.5 'ט	100%
תכסית שטח מבונה עילי	4.5 'ט	52%
תכסית שטח מבונה תת קרקעי	6.5 'ט	76%
תכסית פנוי מוצע	1.3 'ט	15%

מבנן מרכזי - קנ"מ 1:1000



נספח לפרשה טכנית ג' שטחי חלחול פנויים מפיתוח

