



חדשות עירונית

עזרה ובצרון

מנהל אגף נכס העירייה
אלי לוי
ס 2

הועדה המקומית לתכנון ולבניה תל-אביב - יפו		
מרחב תכנון תל-אביב - יפו חוק התכנון והבניה תשכ"ה - 1965 אישור תכנית תא/מק/5120 507-1111392 מסלנט 15-23 (אי זוגיים) התכנית מאושרת מכח סעיף 108(ג) לחוק החל מיום 31.1.24 פרוט' 0002-24		
מנהל האגף אורלי אראל	מהנדס העיר אהוד כרמל אדר	ליאור שפירא, עו"ד יו"ר ועדת המשנה ל"ר הוועדה המקומית לתכנון ובניה תאריך

12-03-2025



התחדשות עירונית

רחוב מסלנט 15-23 ת"א

נספח ניקוז וניהול נגר עילי



על פי תמ"1 החדשה

תל אביב, אפריל 2022

מאושרת
סמכות מקומית



המתכנן: ירון גלר הנדסה וניהול משאבי מים בע"מ

רחוב פרלוק 12 תל אביב, 6936714

טלפון: 03-7414873 פקס: 03-7414906

Email: gellerm@netvision.net.il





מהטמה גאנדי 1869-1948

"למקומות שאליהם ראוי להגיע, אין קיצורי דרך"

תוכן העניינים :

1. כללי, עיקרי דברים ומסקנות..... 3
2. מקורות המידע לתוכנית..... 6
3. מחשבון מינהל התכנון לניהול הנגר העילי..... 7
4. המצב הקיים – רחוב מסלנט 15-23 תל אביב..... 8
 - 4.1 טופולוגיה וטופוגרפיה..... 8
 - 4.2 תכונות תכסית השטח..... 9
 - 4.3 תחשיב מקדם התכסית למצב הקיים והמתוכנן..... 11
5. בסיס נתוני התכנון..... 12
 - 5.1 הוראות תמ"א 1..... 12
 - 5.2 זמני החזרה ועוצמות הגשם לתכנון..... 12
6. עובי הנגר למצב המתוכנן..... 14
7. תכנית למיתון וייסות נגר על קרקעי..... 16
 - 7.1 עקרונות לתחשיב מיתון וחלחול מים..... 16
 - 7.2 בחינת אפשרויות החלחול באתר..... 16
8. סיכום והמלצות..... 21

רשימת הטבלאות

- טבלה 1 פילוג תכסיות הקרקע על פי התוכנית המוצעת..... 10
- טבלה 2 מקדמי הנגר לשימושי הקרקע השונים..... 11
- טבלה 3 מקדם הנגר הכללי המשוקלל לפי גודל השטחים..... 11
- טבלה 4 טבלת חיוב עוצמות הגשם על פי זמן החזרה ומשך הגשם – תחנת שדה דב ת"א..... 12
- טבלה 5 הוראות תמ"א 1 - זמני חזרה לתכנון..... 13
- טבלה 6 נוסחת הורטון לחישוב של קצב דעיכת החלחול לתת הקרקע..... 17
- טבלה 7 ריכוז התחשיב ביחס לכושר החידור בקידוחי החדרה..... 18
- טבלה 8 ריכוז התחשיב ביחס לספיגה וחלחול בקרקע גננית..... 19
- טבלה 9 ריכוז התחשיב ביחס להפחתת נפח המים בגל הנגר ונפח הנגר במוצא..... 19
- טבלה 10 ריכוז תוצאות התחשיב עבור ניהול הנגר היממתי..... 20

רשימת איורים

- איור 1 מפת מיקום הפרויקט לאורך רחוב מסלנט..... 3
- איור 2 הידרוגרמת הנגר העילי למצב המוצע ללא מיתון ועם מיתון, ונפח המים לזרימה..... 5
- איור 3 נפח הנגר הנדרש לניהול על פי מחשבון מינהל התכנון (גרסה 06.2021)..... 7
- איור 4 מתחם תכנית מסלנט -תרשים גושים וחלקות..... 8
- איור 5 תכנית בינוי ראשונית למתחם..... 9
- איור 6 סכימת השטחים הפתוחים לניהול הנגר העילי בתוכנית..... 10
- איור 7 הידרוגרף נגר משולש עם זמן בסיס זמן לשיא..... 14
- איור 8 הידרוגרמת הנגר העל קרקעי – מתחם התחדשות עירונית רחוב מסלנט 15-23..... 15
- איור 9 סכימה עקרונית של מיתון מי נגר - באמצעות חלחול והשהייה..... 16
- איור 10 הידרוגרמת הנגר העל קרקעי – מתחם התחדשות עירונית רחוב מסלנט 13-25 ת"א..... 20

נספחים: נספח שימור וניהול נגר עילי – תסריט סימון מיקומים של קידוחי החדרה למי נגר עילי

רח' פרלוק 12, תל אביב, 69367, טלפון: 03-7414873, פלפון: 052-4872000

פקס: 050-8965221 E-mail: gellerm@netvision.net.il שם הקובץ: נספח ניקוז ניהול נגר עילי רחוב מסלנט 15-23 תא 01

1. כללי, עיקרי דברים ומסקנות

חברת "הבית" מיסודה של עיריית תל אביב יפו להתחדשות עירונית יוזמת כיום את הכנתה של תכנית מפורטת (תב"ע) להתחדשות עירונית במתחם מסלנט, רחוב ישראל מסלנט מ-15 עד 23): התוכנית גובלת בצפון המתחם ברחוב חכמי ישראל. מטרת התוכנית היא לאפשר התחדשות עירונית העולה בקנה אחד עם מסמך המדיניות להתחדשות עירונית בשכונות יפו דרום, באמצעות רה-ארגון של המרחב הציבורי, יצירת עירוב שימושים, חידוש הבינוי והתשתיות הנילוות. התוכנית משתרעת על שטח של כ-3.3 דונם: במסגרת התכנון העירוני מושם דגש על מרחב ציבורי, שצ"פ, מדרכות רחבות, ובניה בצפיפות התואמת את המדיניות העירונית.

במצב הקיים מכיל 3 מבנים בני 4 קומות כ"א. באמצעות הגדלת זכויות הבניה מוצע מבנה משולב בקומת מסחר במפלס הקרקע ו-8 קומות מעל מרתף תת קרקעי דו קומתי המיועד לחניה וחדרים של פונקציות טכניות במבנה. סה"כ מוצעות במסגרת התוכנית 97 יח"ד בתמהיל מעורב. איור מספר 1 מציג את משבצת הקרקע עליה מתוכנן פרויקט ההתחדשות העירונית. נקודת ציון של האתר: N661875E179450. איור 1 מציג את מיקום הפרויקט

איור 1 מפת מיקום הפרויקט לאורך רחוב מסלנט



למי התהום, קרי שטח ירוק אשר בינו ובין מפלס מי התהום קיים קשר רצוף, נטול שכבות בטון או אחרות, המאפשר למים המחלחלים לקרקע להגיע עד מי התהום. להנחיות שתי מטרות עיקריות:

הראשונה – צמצום של הפגיעה בהעשרת מי תהום כתוצאה מבינוי והבטחת שטח מחלחל בהיקף מינימאלי של כ 20% בכל מגרש ומגרש. **השנייה** – צמצום של כמויות הנגר העל קרקעי המועברות מהמגרש ומהמבנה אל המערכת התיעול הציבורית והורדת עומס הזרימה במערכות אלו.

בתוכנית הנוכחית ניהול הנגר חושב כל שיוכל לעמוד בשני קריטריונים:

- הנחיות תמ"א 1 החדשה לניהול של לפחות 50% מנפח הנגר היממתי (עבור מגרשים קטנים מ 5 דונם)

- הנחיות עיריית תל אביב להבטיח ניפח ניהול נגר יממתי של לא פחות מ 30 מ"ק לכל דונם מגרש ובסה"כ 100 מ"ק של נגר יממתי.

מנקודת ראות ניהול מי הנגר מהווה התוכנית המוצעת שיפור ביחס למצב הקיים: היקף הבינוי והשטח האטום במצב הקיים גדול מזה של המצב המתוכנן כיוון שהתוכנית הבינוי מציעה הסבה ממספר מבנים מגורים למבנה מרכזי ולכן היקף השטח הפתוח מיועד לגדול. מקדם הנגר העילי למצב המוצע (מקדם על מימדי המתאר את היקף השטח האטום מכלל המגרש) חושב להיות $C=0.76$ כלומר מקדם זהה לזה של ממוצע עירוני (0.75-0.8).

עיקר ההמלצות לנספח ניקוז זה, כחלק מהוראות התב"ע הן:

א. ניהול נגר ראוי במרחב עירוני מחייב קביעת קריטריונים ברורים על מנת לבחון האם המערכות המוצעות/מתוכננות יוכלו לתת מענה לנפח המים הנוסף הניגר כתוצאה מיישומה של התכנית במרחב הבנוי.

ב. לצורך התוכנית הנוכחית נקבעו קריטריוני ניהול הנגר העילי על פי תמ"א 1 החדשה ועל פי דרישת עיריית תל אביב. במחשבון מינהל התכנון הנפח הנדרש לניהול הוא 189 מ"ק ואילו על פי עיריית תל אביב 100 מ"ק. אמצעי ניהול הנגר יתוכננו לפי נפח יממתי של 189 מ"ק.

ג. במסגרת תכנית הפיתוח, מוצע כי שטח של 266 מ"ר יהווה שטח ירוק מגונן מעל קרקע טבעית. איור מספר 3 מציג את סכימת השטחים הירוקים בתוכנית. סה"כ השטח האפשרי לחלחול ישיר שלא מעל תקרת מרתף הוא 14.23%. כיוון שחלקן של שטחי הפיתוח יתוכננו עם שפועים לעבר קרקע גננית סופגת היקף השטחה כללי שינוקז לקרקע גננית יהיה גדול מ 14.23%.

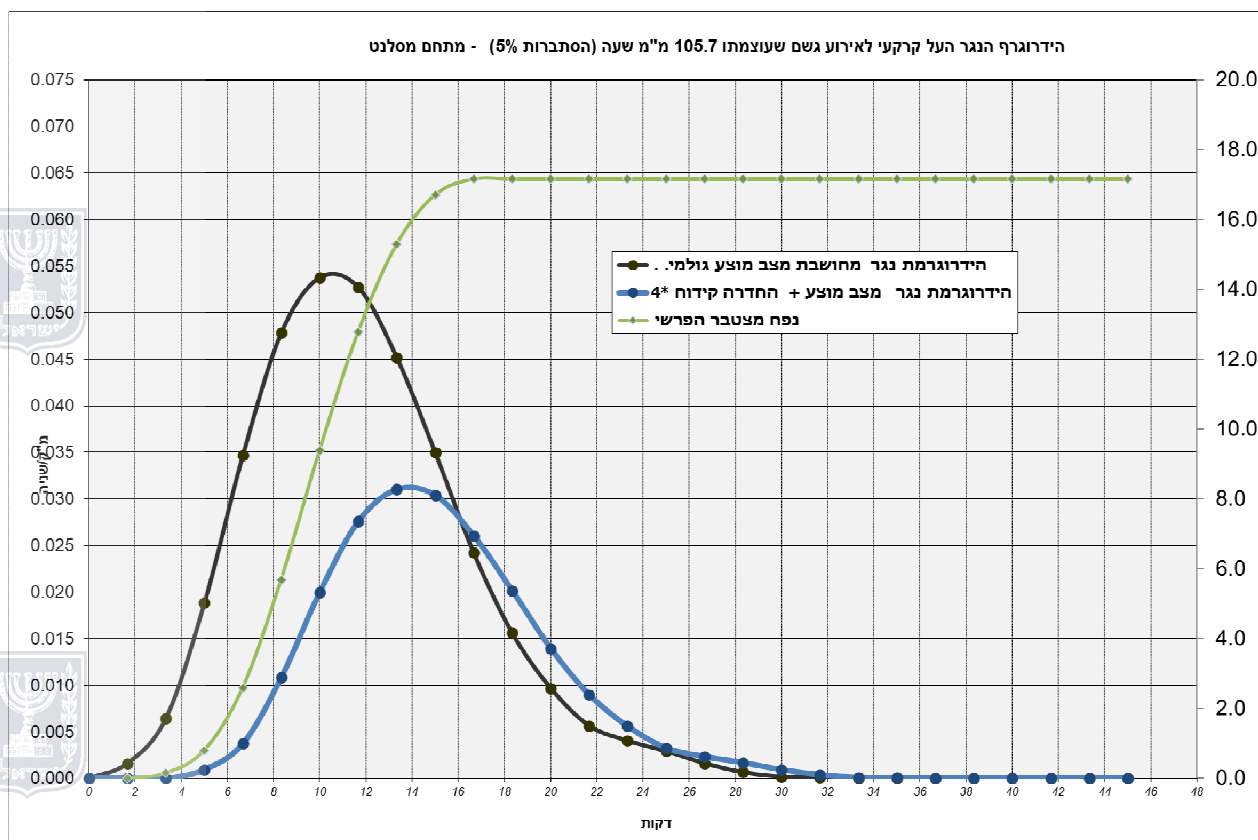
ד. על אף שמקדם הנגר העילי למצב המתוכנן כמעט זהה לזה של המצב הקיים, מטרת הפעולות המוצעות במסגרת נספח ניקוז וניהול נגר זה הן להפחית את כמות הנגר הנוסף.

ה. מנגנוני ניהול וצמצום הנגר העילי בתכנית: נפח המים הכללי המחושב בשעה אחת של גשם עורף בעוצמה של 105.7 מ"מ/שעה, עוצמה המתאימה לזמן חזרה של 1:20 שנה (נדירות 5%) מ"מ שעה יהיה 258 מ"ק. על מנת לענות על מלוא יעד ניהול הנגר העילי מוצע בתוכנית **סל של פתרונות לניהול הנפח**, עיכוב וגם חידור למי תהום. המנגנונים הם:

- 3 קידוחי החדרה בקוטר 60 ס"מ בעומק 22 מטר ועד הפאן הבינוי ללא חדירה לשכבה,
- יישום של בורות וויסות למי נגר, בנפח 6 מ"ק כ"א, אחד לפחות לפני כל קידוח החדרה על מנת להעמיק את מנגנון העיכוב של מי הנגר טרם ההעברה למערכת הציבורית. בורות הוויסות ישמשו גם למטרות וויסות וגם למטרות של שיקוע מוצקים טרם העברה לקידוח.

- ו. נפח המים בהידרוגרף המוצא חושב להיות 24.80 מ"ק, נפח המהווה 57.5% מנפח הנגר המלא שהיה מתרחש באירוע נגר ללא כל מנגנוני ויסות.
- ז. לכל ארובת החדרה שכזו למי נגר עילי יחולו לפחות מרבי הגגות כך שמקור המים להחדרה יהיה בעיקר מי נגר שמקורם בגג המבנים שיחדרו לתת הקרקע, וזאת מטעמי זהירות ומניעה של זיהום מים.
- ח. לכל קידוח החדרה שכזו יותקו צינור לגלישת עודפי מים לכל מקרה בו ספיקת המים שנכנסת לקידוח ההחדרה תהיה גדולה ביחס לכושר ההחדרה בפועל.
- ט. שבילים ומעברים בתחום התוכנית יפותחו במפלס גבוה מהגיגון עם הסדרת שפועים לגיגון עצמו. כך ימנע ממים לזרום ישירות למוצא ומנגנון הספיגה בקרקע הגננית יהיה יעיל יותר.
- י. הידרוגרף הנגר הגולמי, הידרוגרף הנגר המווסת ונפח המים לאיגום כתוצאה מהשהייה וחיזור של מי נגר עילי מרוכזים באזור מספר 2.

איור 2 הידרוגרמת הנגר העילי למצב המוצע ללא מיתון ועם מיתון, ונפח המים לוויסות



הידרוגרף הנגר העילי חושב להיות בעל משך כוללני של 46 דקות השקול ל 2.67 פעמים משך אירוע הגשם (על פי הידרוגרף שניידר). בהנחת משך זמן כללי של התגובה לאירוע הגשם של כ 40-42 דקות. נפח המים הנקלט בכל אמצעי הוויסות המוצעים הוא 18.5 מ"ק (עקום ירוק באיור מספר 1). עבור משך של 10 דקות נפח המים המחושב בגל הנגר הגולמי 43.09 מ"ק ונפח המים בהידרוגרמת המוצע 24.8 מ"ק. הנפח המטופל באמצעים השונים – 18.29 מ"ק – מהווה 42.4% מנפח הנגר הגולמי כלומר סל האמצעים המוצעים למיתון הנגר העילי מאפשרים צמצום נפח המים בגל הנגר ב 57.5%.



2. מקורות המידע לתוכנית

תכנית התחדשות עירונית במתחם מסלנט 15-23, ממוקמת במגרש מס' 117 וגובלת ברחובות הבאים:

- ממזרח- רחוב מסלנט
- מצפון – שדרות חכמי ישראל
- מדרום- רחוב בית חדש

תכנית מתחם מסלנט היא תכנית להתחדשות עירונית בשכונת שפירא. מרכיבי התוכנית ורמת הצפיפות המוצעת בתוכנית עולות בקנה אחד עם עקרונות ההתחדשות העירונית בתוכנית המתאר לעיר תל אביב עבור אזור זה. הגדלת הצפיפות ומעבר לבניה צפופה יותר יאפשר הגדלה של השטחים הפתוחים וניצול נכון יותר של מרחב התכנון בשטח מוגבל. על כן, מטרתו של מסמך "נספח מים וביוב לתוכנית התחדשות עירונית ברחוב ישראל מסלנט 15-23 המוגשת להלן היא לסכם את נושאי הניקוז וניהול הנגר העילי הקשורים לתב"ע, תוך הסתכלות רחבה יותר על תשתיות ראש השטח הנחוצות ובהקשר עם אלו הקיימות של העיר.

מקורות המידע לצורך הכנת נספח תשתיות מים וביוב זה הם:

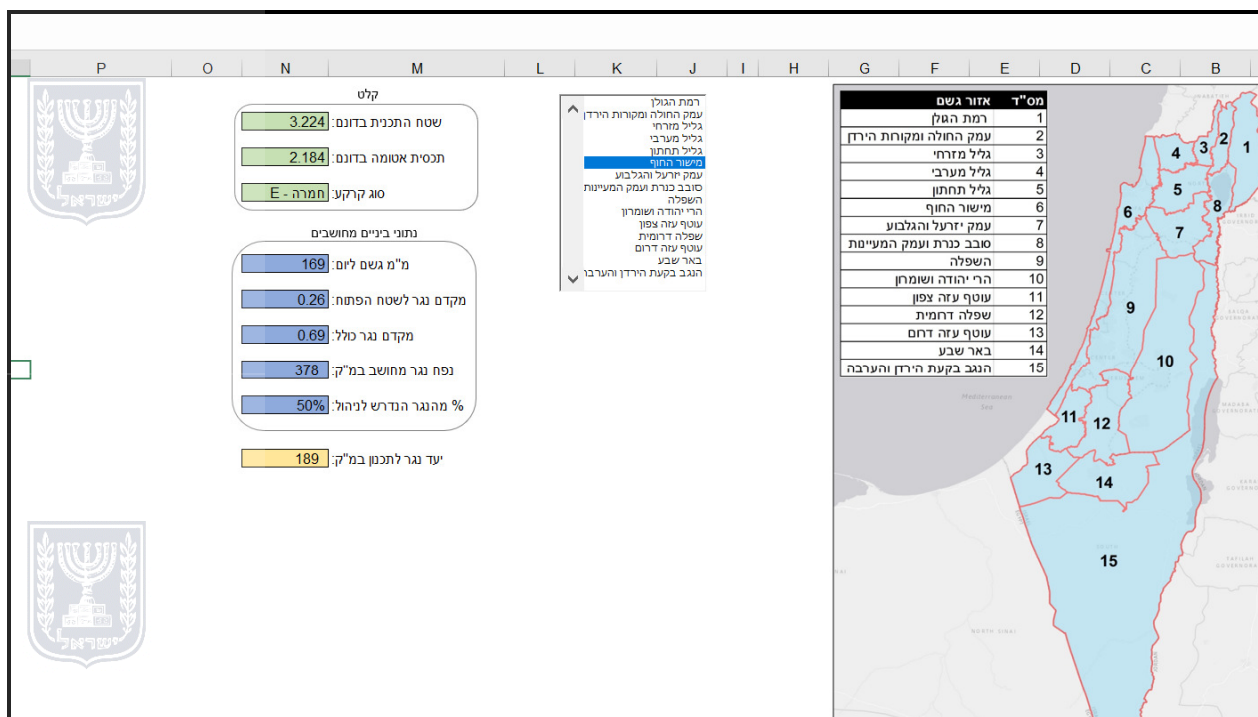
1. טיוטת תקנון התוכנית כפי שהועבר על ידי משרד אדר סקר אדריכלים
2. תסריטי הבינוי המוצע.
3. מידע על מערכת הניקוז הראשית הקיימת לאורך רחוב ישראל מסלנט
4. תכנית האב לניקוז לעיר תל אביב.
5. הנחיות תמ"א 1 החדשה לניהול מי נגר עילי תוך שימוש במחשבון מינהל התכנון
6. הנחיות של היחידה לקיימות לניהול מי נגר עילי בעיר תל אביב בשלב תכ' מפורטות
7. תכנית המתאר לעיר תל אביב
8. מידע הנדסי שנמסר מעת תאגיד המים והביוב "מי אביב",
9. מידע על תשתיות הניקוז של העיר תל אביב, על ידי הח"מ,

3. מחשבון מינהל התכנון לניהול הנגר העילי

החל מ 01.2021 תמ"א 34 ב' 3/4 שעסקה בתחום שימור משאבי המים סיממה את תפקידה עוד ובמקומה נכנסו לתוקף ההנחיות החדשות של תכנית תמ"א. תמ"א 1 כוללת הנחיות בתחומים רבים ובהם פרק 7 העוסק בתחום המים, שימור משאבי המים וניהול ראוי של מי הנגר העילי.

את פרק 7 בתמ"א 1 מגבה מסמך המדיניות של מינהל התכנון, המדגיש את הצורך בניהול ראוי של הנגר העילי העירוני, זאת לאור תנופת הפיתוח והעירור והן לאור השינויים בהידרולוגיה שמקורם בשינויי האקלים. תמ"א 1 החדשה כוללת הנחיות לעריכת נספחי ניקוז וניהול נגר. לצורך זאת מפנה התמ"א את עורכי הנספחים ל"מחשבון ניהול הנגר", כלי אקסלי פשוט המנחה את נפח הנגר היממתי הנדרש לוויסות/שיהוי/עיכוב/ חלחול/החדרה.

איור מספר 3 מציג את התחשיב לנפח הנגר לניהול הנדרש על פי מחשבון מינהל התכנון. השטח הכללי בתוכנית 3.22 דונם ואילו השטח האטום (גגות מבנים מתוכננים, שטח הכבישים) ועוד חלק המדרכות, הכבישים רמפת הירידה לחניה והמעברים בתכנית חושב להיות 2.184 דונם שטח המהווה 67.8% בלבד. שטח הגגות מהווה יחד עם שטחי הכבישים מעט פחות מ 70% משטח הקרקע בתוכנית. נפח הנגר לניהול על פי המחשבון 189 מ"ק. זהו נפח יממתי.

איור 3 נפח הנגר הנדרש לניהול על פי מחשבון מינהל התכנון (גרסה 06.2021)

לצורך חישוב באמצעות המחשבון הוכנסו נתוני שטח הכללי ונתוני הקרקע האטומה תוכנית.

סומן אזור הגשם המתאים וסוג הקרקע הטבעית בה מתקיימים תהליכי החלחול. **נפח הנגר**

היומי לניהול יצא בחישוב 189 מ"ק.

המלצת התכנון בשלב הנוכחי של הכנת תוכנית מפורטת יצירת סל פתרונות לניהול הנגר העילי,

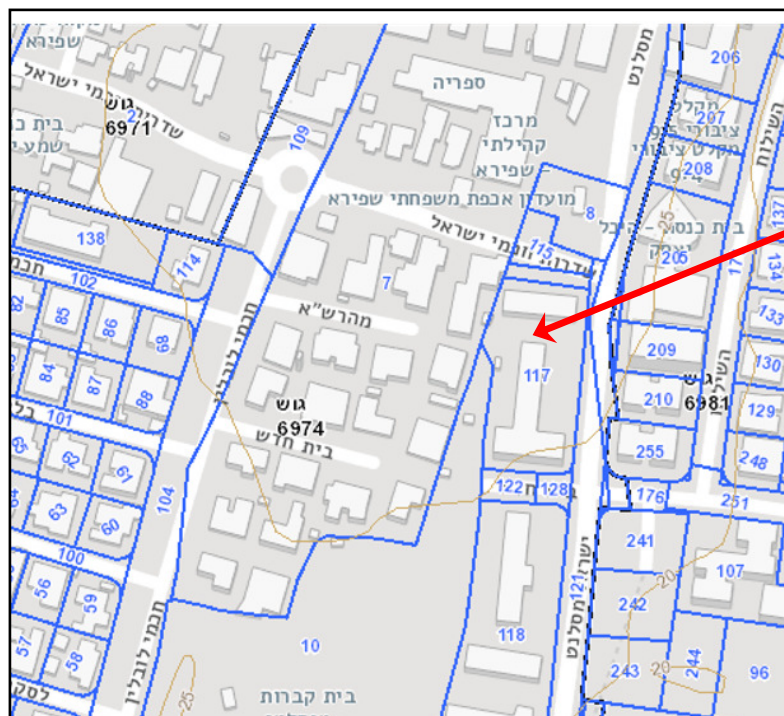
כי סכום המנגנונים לניהול הנגר העילי אשר יוצגו יהיו 110%-120 ביחס ליעד, על מנת לשמור גמישות תכנונית לעת הכנת תוכנית לשלב עיצוב ולשלב היתר בניה.

4. המצב הקיים – רחוב מסלנט 15-23 תל אביב

4.1 טופולוגיה וטופוגרפיה

רחוב ישראל מסלנט מצוי בגבול המזרחי של התוכנית ומהווה את הדופן העיקרית שלה. מצפון לתוכנית נמצא רחוב חכמי ישראל. איור מספר 2 מציג את תרשים הגושים והחלקות בתחום התוכנית.

איור 4 מתחם תכנית מסלנט -תרשים גושים וחלקות



מתחם
התוכנית

טופוגרפיה

פני הקרקע של התכנית מצויים בגובה +28.00 מטר עד גובה +25.00 מטר. פני השטח של המתחם מישוריים. רחוב מסלנט שיפוע הרחוב הוא ממצפון לדרום, ובהתאם לכך גם כיוון קו הביום המצוי ברחוב.

איור מספר 5 מציג את תכנית הפיתוח למתחם כולל א שטחי הגינון הסובבים את המבנה המרכזי. בהקשר של תוכנית ניהול הנגר העילי יש משמעות לשטחי הסופגים הממוקמים מחוץ לקונטור מרתף החניה התת קרקעי. על פי התוכנית האדריכלית השטחים הירוקים שלא מעל תקרת מרתף מהווים 14.5% משטח המגרש הכללי. יחד עם שטח משלים של ריצוף מחלחל השטחים העונים לדרישות התמ"א מהווים למעלה ל 15% משטח המגרש. יחד עם זה עמידה בתנאי זה אינה מספיקה ויש להוכיח כי התכנון עומד בדרישות תמ"א 1 החדשה.

איור 5 תכנית בניוי ראשונית למתחם

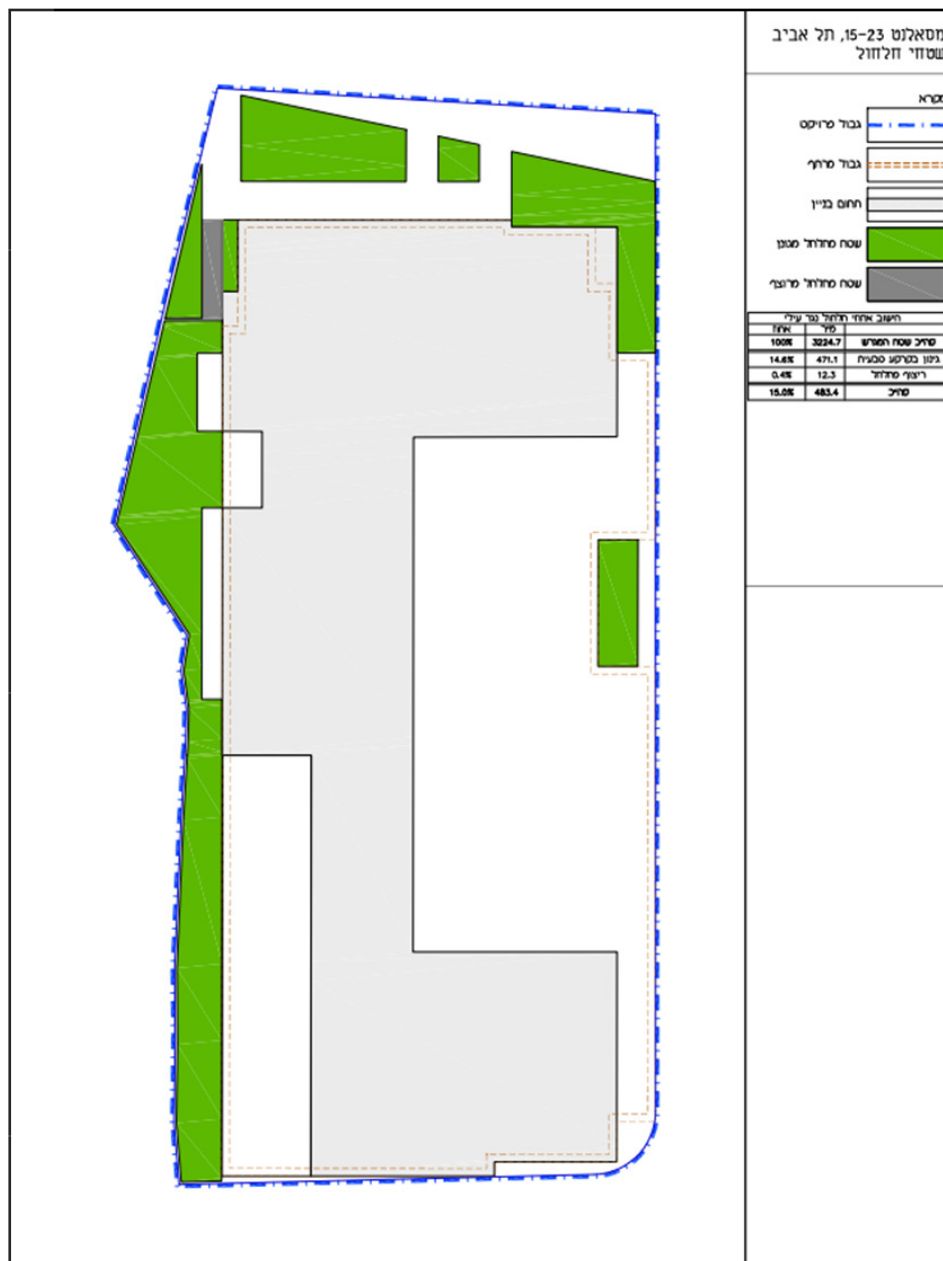


4.2. תכונות תכנית השטח

עבור המצב הקיים לא נעשה סקר של תמהיל אטימות הקרקע, כיוון שאין ממליא כל טעם בחישוב הנגר העילי מהמצב הקיים. מטרת הערכת אטימות הקרקע עבור המצב המוצע מיועדת על מנת לחשב את מקדם הנגר העילי הצפוי מהמגרש לאחר מימוש תכנית הבינוי.

חלוקת שימושי הקרקע בהתאם לתגובה ההידרולוגית בתחום התכנית המוצעת מפורט בטבלה 1. סיכום כללי של נתוני התכנון בהיבט יח"ד, אוכלוסיות, שטחי ציבור ומסחר, וכדומה מרוכזים בטבלה 2 שלהלן. שטח התכנית הכללי 3.224 דונם. מקור הנתונים טבלה 5 בתקנון התכנית.

איור 6 סכימת השטחים הפתוחים לניהול הנגר העילי בתוכנית



טבלה מספר 1 מציגה את פילוג השטחים על פי התוכנית המוצעת בהיבט אופי תכנית הקרקע ועל פי התגובה ההידרולוגית שלהם

טבלה 1 פילוג תכסיות הקרקע על פי התוכנית המוצעת

נתוני השטח של הבניין	יחידה	מצב מוצע	מעל מרתף	
שטח כללי	מ"ר	3,224.0	X	
שטח גג מבנים	מ"ר	1,612	1,598.0	0.0
שטח שבילים ופיתוח כללי	מ"ר	308	296.0	12.0
כנר עירונית משולבת	מ"ר	630	630.0	
גינות כלשהוא (פרטי וציבורי)	מ"ר	448	448.0	
שטח רמפה ירידה לחניה	מ"ר	226	226.0	גינות מעל קרקע טבעית
סה"כ	מ"ר	3,224.0	460.0	14.23%



בסיכום החישוב עולה כי במצב המתוכנן השטח האפשרי לחלחול במסגרת המתחם הוא כ 448 מ"ר משטח כללי של 3,224 מ"ר, 14.23% חישוב זה הינו חישוב "נטו" כלומר אינו מביא בחשבון כי חלקם של שטחי הציבור הפתוחים יפותחו עם באמצעות שפועים המעבירים את המים לקרקע גננית סופגת כך שבפועל שטח הקרקע המתנקז לקרקע גננית יהיה גדול מ 14.23% .

4.3 תחשיב מקדם התכסית למצב הקיים והמתוכנן

נפחי הנגר חושבו תוך שימוש במודל הנוסחה הרציונלית.

מקדם הנגר הסגולי "C" לכל סוג תכסית שטח מובא להלן:



טבלה 2 מקדמי הנגר לשימושי הקרקע השונים

ניתוח מקדמי הנגר של השטח ע"פ שיטת CIA גולמי ועם מיתון			
מרכיב בינוי	מקדם נגר	עם מיתון	
רמפות וכבישים	0.95	0.95	
מגורים ג', מגורים ד'	0.75	0.65	
מוסדות ומבני ציבור	0.65	0.55	
שטחי גינון	0.35	0.25	

חישוב מקדם הנגר הכללי של השטח, במצב המוצע מובא בטבלה המסכמת שלהלן.



טבלה 3 מקדם הנגר הכללי המשוקלל לפי גודל השטחים

מקדם תרומות הנגר של המגרש על פי תנאי הפיתוח			
Ci*Ai	דונם מוצע	מקדם נגר	
1728.00	1,920.0	0.9	שטח גג בנוי
214.70	226.0	0.95	כבישים, מיסעות חניות
156.80	448.0	0.35	שטח גינון מחלחל
346.50	630.0	0.55	שטח אחר
2446.00	3,224		
0.76	C equivalent		

מקדם הנגר המשוקלל למצב המתוכנן חושב ל $C=0.76$ ביחס למקדם עירוני מקובל לשכונות בצפיפות דומה בהן מקובל מקדם נגר על קרקעי $C=0.75-0.8$, קרי מקדם הנגר העילי למגרש זהה למקדם הנגר הממוצע לאזורים מבונים.

השטח החדיר המתאים לספיגה ממוקם בתוכנית הבינוי בחלק המערבי והנמוך במגרש. בהשוואה למקדם הנגר המוערך של המצב הקיים – $C=0.75$ תכסית השטח המוצע מאפשרת רמת חלחול גבוהה יותר מאשר תכסית השטח של המצב הקיים.



5. בסיס נתוני התכנון**5.1. הוראות תמ"א 1.**

בהתאם להנחיות של המשרד לאיכות הסביבה להבטחת צרכי משק המים, בשכונות חדשות בכל מגרש יוקצו שטחים לחלחול מי גשם. כל הנגר מהמגרש ינוקז לשטח החלחול. שטח החלחול יאפשר החדרת מי גשם למי תהום לפחות בכמות שהייתה חודרת לפני הבניה. עודף מים מהמתקן יגלוש לשטח ציבורי מנוקז או למערכת הניקוז. על פי הוראות התמ"א לעריכת נספחי ניקוז וחדור נגר על קרקעי, כל נספח יכלול:

▪ חישוב הנגר המירבי מהמגרש אחת לעשרים שנה (1:20)

▪ חישוב יכולת הקליטה של המגרש במצב טבעי (לפני הבניה)

▪ חישוב יכולת הקליטה של מתקן החלחול המתוכנן על סמך חתך גיאולוגי חתום על ידי גורם מקצועי רלוונטי.

▪ התייחסות להנחיות עדכניות של רשות המים ביחס להוראות תמ"א 34.

▪ כמו כן קובעת התמ"א: "באזור א כמסומן במפה מספר 3 ייוותרו לפחות 15% שטחים חדירי מים מתוך שטח המגרש הכולל במטרה לאפשר קליטת כמות גדולה ככל הניתן של מי נגר צילי וחלחולת לתת הקרקע בתחומי המגרש. השטחים חדירי המים אפשר יהיו מאוננים או מצופים בחומר חדיר". "ניתן יהיה להתייחס כמות מ 15% שטחים חדירי מים אם יותקנו בתחומי המגרש מתקני החדרה כאון: בורות חלחול, תעלות חלחול קידוחי החדרה, אשר יאפשרו קליטת מי הנגר הצילי בתחומי המגרש".

5.2. זמני החזרה ועוצמות הגשם לתכנון

לצורך קביעת זמן החזרה לתכנון, על פי הוראות תמ"א 34 ב' תיקון 4 יש להביא בחשבון עוצמות גשם הנקבעות בהתאם לתנאי השטח, גודל השטח, זמן הריכוז המחושב ואופי שימוש הקרקע. טבלה מספר 4 מציגה את עוצמות הגשם המעובדות עבור זני החזרה השונים (נדיירויות). עבור אזורים עירוניים ללא סכנה של הצפות ובהתאם עם הנחיות תמ"א 1 (ראה טבלה 4) נקבע קריטריון זמן חזרה של 1:20 שנים ומשך גשם של 10 דקות.

טבלה 4 טבלת חיוב עוצמות הגשם על פי זמן החזרה ומשך הגשם – תחנת שדה דב ת"א

תקופת חזרה	הסתברות %	5 דק' - מ"מ לשעה	10 דק' - מ"מ לשעה	15 דק' - מ"מ לשעה	20 דק' - מ"מ לשעה	30 דק' - מ"מ לשעה	45 דק' - מ"מ לשעה	60 דק' - מ"מ לשעה
1000	0.1%	230.3	182.8	158.2	134.6	109.2	92.4	85.1
500	0.2%	214.8	167.9	143.1	121.9	98.9	82.7	75.2
200	0.5%	194.7	149.1	124.7	106.3	86.3	71	63.4
100	1.0%	179.7	135.5	111.8	95.4	77.3	62.8	55.3
50	2.0%	164.8	122.4	99.6	85	68.7	55.2	48
25	4.0%	149.8	109.7	88.1	75.2	60.5	48.1	41.2
20	5.0%	145	105.7	84.5	72.1	58	45.9	39.1
10	10.0%	129.7	93.3	73.7	62.7	50.1	39.2	33
5	20.0%	113.5	80.7	63.1	53.5	42.4	32.7	27.2
2	50.0%	88.7	62.4	48.4	40.7	31.4	23.9	19.5
1.01	99.0%	47.2	34.7	28.3	22.7	15.8	12.1	9.8



טבלה הנחיות התכנון של תמ"א 1 מצורפת להלן. על פי קובץ ההוראות יש להביא בחשבון סופת תכן בעלת נדירות של 5%, קרי סופה שזמן חזרתה עומד על 1:20 שנה.

טבלה 5 הוראות תמ"א 1 - זמני חזרה לתכנון

השימוש בשטח		תקופת חזרה מינימלית בשנים
חקלאות : גידולי שדה ומטעים		10
חקלאות : מבני צמיחה		25
כבישים ארציים ומסילות ברזל ¹		50
פארקים ושטחים ציבוריים פתוחים		10
סוללות, מאגרים וסכרים		100
רחובות וכבישים עירוניים	מערכת תיעול ²	5
	מערכת משולבת של מערכת תיעול ואמצעי ניהול נגר ³	20
בנייה בתת הקרקע		100
מגורים, מבני ציבור, מסחר, תעסוקה ותעשייה, לפי גובה '00'		100
מתחמים אסטרטגיים		100

הערות לטבלה:

הצפת מיסעות וגשרים לפי תקני נתיבי ישראל ורכבת ישראל
¹ על מערכת התיעול למנוע הצפות בתקופת חזרה מינימלית של 5: 1 שנים, ללא התחשבות באמצעי ניהול הנגר. לעניין זה בלבד, הצפה תחשב לכל היערמות מים החורגת ממערכת התיעול
² לעניין זה הצפה תחשב כהיערמות מים מעבר לגובה אבני השפה של הכביש



מניתוח אירועי הגשם, על פי עקומי משך זמן חזרה של תחנת הקרובה ביותר – תחנת רידינג, בעיר תל אביב, עולה כי עבור זמני חזרה קצרים של עד 30 דקות עוצמת התכן המתאימה לזמן חזרה זו היא כ 105.7 מ"מ/שעה.
 עוצמת תכן גשם זו תשמש בסיס נתוני התחשיב.





6. עובי הנגר למצב המתוכנן

לצורך חישוב כמויות הנגר נעשה שימוש בנוסחה הרציונאלית :

$$Q = C * I * A$$

כאשר:

C - מקדם תכסית השטח, ללא יחידות

I - עוצמת גשם התכן המחושבת על פי זמן הריכוז של האגן

A - גודל השטח המנוקז, דונמים.



הנוסחה הרציונאלית אינה מתאימה לחישוב ספיקת השיא באגנים קטנים מאוד אלא נותנת את עובי הנגר הכללי באירוע של שעה, כ"תגובת האגן".

על כן, לצורך חישוב ספיקת השיא, יש להניח כי כלל תרומת הנגר מהמגרש מתקבלת באופיין של הידרוגרף, לו זמן עליה קצר וזמן דעיכה ארוך יותר (ביחס לעליה). זמן העלייה לשיא הזרימה מחושב בקירוב ראשון לפי זמן הריכוז, במקרה שלנו מרגע תחילת הגשם ועד להגעת הטיפה הראשונה מהנקודה המרוחקת ביותר מהמוצא אל חיבור הניקוז למערכת העירונית. לצורך חישוב של ספיקת השיא הרגעית - מאירוע גשם שעוצמתו 105.7 מ"מ/שעה ומשכו 1 שעה - נעשה שימוש בהידרוגרף משולש. הנחה זו אפשרית מאחר והזמנים הטיפוסיים של מערכת שכזו הנם קצרים מאוד.



השימוש בשיטה הרציונאלית מקובל ונהוג באגנים עד סד"ג של כ 1.0-1.2 קמ"ר (1.2 דונם). מודל הידרוגרף משולש בסיסי שכזה מובא להלן.

איור 7 הידרוגרף נגר משולש עם זמן בסיס וזמן לשיא

שטח	זמן חזרה	עוצמת תכן	מקדם נגר	עובי נגר ל 1.0 דונם	דונם
דונם	לשנה:1	משך הגשם	מ"מ/שעה	על ממדי	מ"מ/שעה
1	01:10	דקות 10	93.3	0.759	70.785
1	01:20	דקות 10	105.7	0.759	80.193
1	01:50	דקות 10	122.4	0.759	92.863
1	01:10	שעה	48	0.759	36.417
1	01:20	שעה	39.1	0.759	29.665
	01:50	שעה	33	0.759	25.037
שטח בפועל					
ספיקה רגעית					
נפח הנגר באירוע					
מ"מ/שעה	מ"מ/שעה	מ"מ/שעה	מ"מ/שעה	מ"מ/שעה	מ"מ/שעה
38.0353	228.212	מתוכנן	93.3	01:10	3.224
43.0904	258.542	מתוכנן	105.7	01:20	3.224
49.8984	299.390	מתוכנן	122.4	01:50	3.224
חישוב הידרוגרף משולש					
t rain - 10/60 Hours					
עוצמת נגר רגעית מקסימלית באירוע מ"מ/ק/שניה					
$Q[m^3/sec]*tbase [sec] = V[m^3]$					
משך של שעה אחת = 60 דקות זמן הריכוז - 10 דקות, 600 שניות. שיא ההידרוגרף בזמן הריכוז זמן הבסיס = 2.67 * זמן לשיא האירוע (ע"פ שניידר)					
43.090	01:20	228.212	01:10	43.090	01:20
86.18073333	2*v	456.4236	2*v	86.18073333	2*v
1602	tbase	1602	tbase	1602	tbase
0.053795714	מ"מ/שניה שיא	0.28490861	מ"מ/שניה שיא	0.053795714	מ"מ/שניה שיא
53.79571369	ליטר/שניה	284.908614	ליטר/שניה	53.79571369	ליטר/שניה



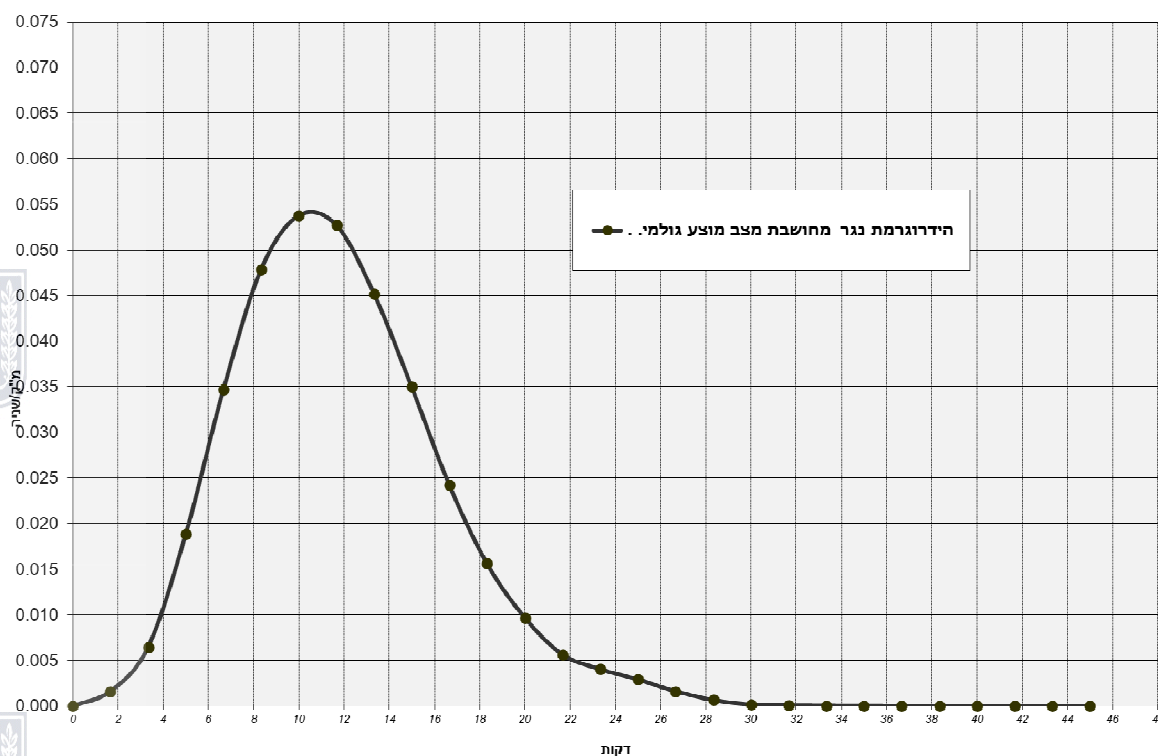
בהתאם לנתוני השטח, עוצמת הגשם ותכונות השטח (מקדם הנגר) חושב נפח הנגר הכללי באירוע הגשם. נפח זה מורכב מתרומה של מי הגגות באמצעות המרחבים ועוד המים עודפים הניגרים ממטחי הכבישים והמעברים וכן מהשפ"ים.

נפח הנגר העל קרקעי מתוכנית הבינוי, עבור גשם שמשכו שעה אחת ועוצמתו 105.7 מ"מ/שעה חושב לכ 258.54 מ"ק/שעה , **ללא מיתון**, עם ספיקה רגעית מירבית על פי הידרודגרף משולש של 53.79 ליטר/שניה (0.053 מ"ק/שניה). ערכים מחושבים אלו לא כוללים את אפקט המיתון המאפשר "עצירה" של חלק מהזרימות תוך שימוש במנגנון ספיגת הקרקע.

על מנת לתאר נכונה את ספיקות הנגר העל קרקעי ועוצמת השיא של הזרימה במהלך שעת האירוע, **חושב הידרוגרף הנגר**.

איור 8 הידרוגרמת הנגר העל קרקעי – מתחם התחדשות עירונית רחוב מסלנט 15-23

הידרוגרף הנגר העל קרקעי לאירוע גשם שעוצמתו 105.7 מ"מ/שעה (הסתברות 5%) - מתחם מסלנט



מקרא:

ציר Y שמאל – עוצמת הנגר העילי (מ"ק/שניה)



7. תכנית למיתון וייסות נגר על קרקעי

7.1. עקרונות לתחשיב מיתון וחלחול מים

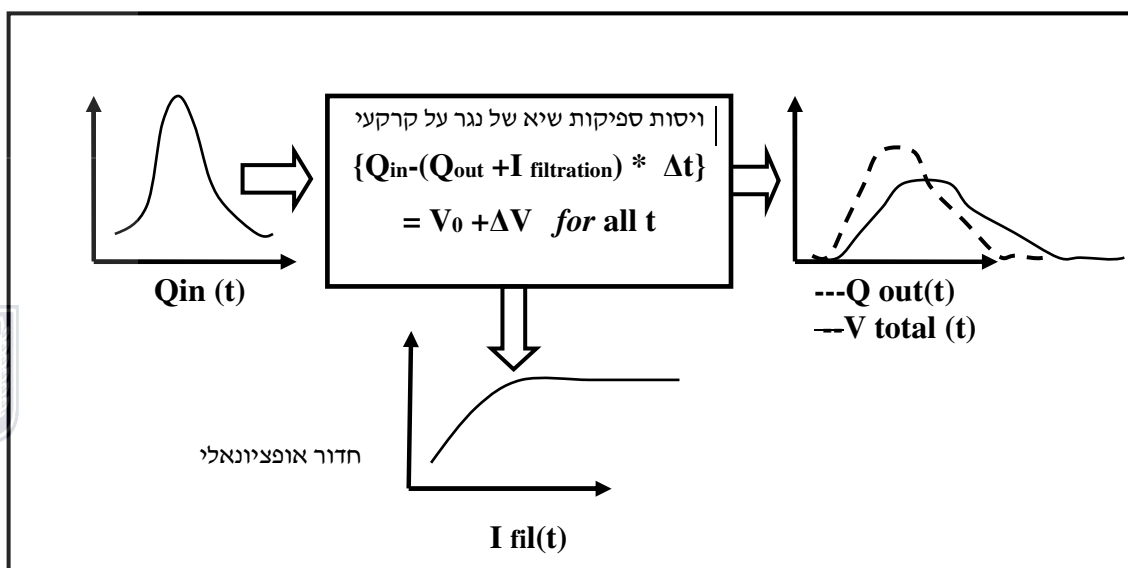
מיתון נגר על קרקעי מוכר כמנגנון לניהול נאות של מי הנגר וייסות ספיקות שיא. בעד מיתון ספיקות מי נגר באמצעות בורות חלחול, מביא לצמצום נפח הנגר וספיקות השיא, ידוע כי כושר החלחול של הבורות יורד עם השנים ויעילות המערכת בצמצום נפחי מי הנגר קטנה. ייסות זרימות השיא – באמצעות איגום ושיהוי זרימת המים, או באמצעות ספיגה בקרקע ושחרור עודפי מי כובד לאחר זמן – מוכח כאמצעי יעיל יותר למיתון של ספיקות ללא צמצום משמעותי בנפח.

על מנת ליישם עקרונות מיתון נגר על קרקעי נדרש לנצל שטחים כך שיהיו בעלי יכולת "להחזיק" מים. פיתוח שכזה גורם לזרימת מי הנגר לזרום אל מערכות התיעול הציבוריות בספיקות מתונות יותר ובעלות ערך שיא מוזן בזמן יחסית לספיקת הנגר הלא מופרעת. הזזה זו בזמן משמעותית מבחינת מערכות הניקוז במורד: ללא ייסות נגר מתרכזות במורד כל תרומות המים בשעת שיא, ומערכות הניקוז נדרשות לקטרים וקיבולות גדולות יותר. הזזה מועד ספיקת השיא (באמצעות השהייה) אל מעבר לאירוע שיא הגשם, מאפשרת למערכת התיעול להוליך את ספיקות המים על פני זמן רחב יותר, והתנאים ההידראוליים משתפרים.

הדיאגרמה הבאה מתארת באופן סכמתי את ההשפעה של ייסות הנגר העל קרקעי ואת עוצמת הנגר בחיבור אל המערכת הניקוז הציבורית.



איור 9 סכימה עקרונית של מיתון מי נגר - באמצעות חלחול והשהייה



7.2. בחינת אפשרויות החלחול באתר

קרקעות החול האופייניות לחלקו המערבי של מישור החוף בישראל (אם כי בעומקים ובמרחבים שונים) מצדיקים את אימוץ מנגנוני החלחול ככלי למיתון נגר על קרקעי. קצבי החלחול בשכבות העליונות של הקרקע (בד"כ אדמה גננית חרסיתית) גורמות לכך כי נפחי המים המוחדרים בפועל קטנים מכושר החידור של שכבות החול.

בכתיבת דברים אלו עדיין לא קיים דו"ח סקר קרקע מלא המתאר את שכבות תת הקרקע והיקף החרסיות בשכבות החוליות. יש להניח על פי סיור והתבוננות במספר שצפ"ים סמוכים למתחם, כי עיקר הקרקע כוללת שכבות חול חרסית, עם אחוז דקים של חרסית לא ידוע (בשלב זה).

מומלץ כי עקרונות חלחול ייושמו בפרויקט זה. אלו יבואו יחד עם שימוש מאסיבי בקרקע הגננית שבתחום השצפ"ים, באמצעות הפנייה של מי נגר שבילים מעברים ורחובות, ככל שניתן אל הגינות. בכל מקרה מוצע להפנות כמה שיותר מים אל האזורים הסופגים. בנוסף, נערך תחשיב לגבי כושר הספיגה של הקרקעות הגנניות במגרש. התחשיב מבוסס על מודל חלחול הורטון: על פי הורטון כל עוד כושר החלחול של הקרקע גבוה מזה של גשם התכן – לא יוצר נגר כלל. (למעשה הנגר התחילי קטן ומקורו בשולי הגינות). עם התקדמות הזמן כושר ספיגה קטן ונפח עודפי המים מהגינות עולה. מצ"ב משוואת הורטון וסיכום החישובים לפיה.

$$R(t) = \begin{cases} \text{For } I < f(t); I = f(t) & R = 0 \\ \text{For } I > f(t); R = I - (f_c + (f_o - f_c) * e^{(-k * t)}) \end{cases}$$

טבלה 6 נוסחת הורטון לחישוב של קצב דעיכת החלחול לתת הקרקע

סימן	יחידות	הסבר
R(t)	מ"ק/שעה	נפח הנגר הכללי ממשבצת השטח
I(t)	מ"מ/שעה	עוצמת הגשם בפרק הזמן
f(t)	מ"מ/שעה	מקדם החדור האמיתי, התלוי בזמן, לכל רגע t
f _c	מ"מ/שעה	ערך סופי של מקדם החדור לקרקע עבור t=אין סוף
f _o	מ"מ/שעה	ערך תחילי מקסימאלי של החדור לקרקע ברגע t=0
k	1/שעה	מקדם קצב הדעיכה של החלחול
t	שעה	

על פי מודל הורטון כל עוד עוצמת הגשם I קטנה מכושר החדור של הקרקע, אזי כל המים יחדרו לקרקע והנגר בפועל R יהיה שווה אפס. מאחר וכושר החלחול של הקרקע דועך עם הזמן, הערך המחושב עבור הביטוי I-F מקבל ערך חיובי ו R ערך הנגר מקבל ביטוי חיובי.

מנגנון החלחול חושב עבור שני מרכיבים –

❖ חלחול מים בתחום שטחי הגינות במגרש

❖ ספיגה בקרקעות גנניות עם דעיכת כושר החלחול על פי הורטון.



טבלה 7 ריכוז התחשיב ביחס לכושר החידור בקידוחי החדרה

החדרה לתת הקרקע - קידוחי החדרה			
מספר קידוחים	#	3	
עומק משוער של קידוח	מטר	22.0	תכנית סניט מהנדסים
קוטר של קידוח	מטר	0.6	
מקדם דרסי לחלחול	ס"מ/שניה	0.005	מקדם לחלחול 5×10^{-3}
חלחול מחושב לדונם	מ"ק/שעה/דונם	180	מ"ק/שעה
חלחול והחדרה לקידוח	מ"ק/שעה/קידוח	1.6792	
מקדם דעיכה לחלחול מתמיד	%	66%	
חידור תמידי בקידוח	מק"ש	0.5709	
איגום וויסות מי גגות	מ"ק	6	
חלחול מחושב ליממה	מ"ק/שעה	6.57	6+7.61
חלחול מחושב ליממה	מ"ק/שעה	19.71	
החדרה לצרכי תחשיב	מ"ק/יממה	118.3	מ"ק/יממה לפי 6 שעות



עבור מוליכות הידראולית לפי Darcy, של 0.005 ס"מ/שניה מוליכות השקולה ל 4.32 מטר/יממה (מוליכות נקבעה על פי הנחיות רשות המים לתולכה בשכבה לא רוויה) אפקט החלחול של קידוח אחד הוא 0.5709 מק"ש. לנפח זה יש להוסיף את נפח הוויסות הנדרש לפי הקידוח – חושב ל 6 מ"ק כך שהאפקט הכללי של קידוח החדרה אחד הוא 6.5709 מ"ק/שעה ועבור 3 קידוחים 19.71 מק"ש. לתחשיב יממתי (לצרכי בחינה בעמידה בנפח ניהול יממתי) יש לקחת בחשבון נפח יממתי במערכת זו של 118 מ"ק.



לפיכך מנגנון ניהול הנגר מחולק לפיכך לשני מנגנונים בלתי תלויים :

החדרה לתת הקרקע - הובאו בחשבון קידוחי החדרת מים בקוטר בקידוח בקוטר 60 ס"מ ס"מ ובעומק של 22 מטר. עבור חידור סופי (כולל התחשבות בדעיכת כושר החידור למצב תמידי) ויישום 3 קידוחים סה"כ נפח המים המוחדר חושב להיות 19.71 מ"ק (כאמור כולל התחשבות בדעיכת כושר החידור על פני הזמן) וכמות יממתי של 118.3 מ"ק. ערך זה כולל את נפח הוויסות המקדים המחויב לפני כל קידוח על פי הנחיות רשות המים.



ספיגה וחלחול בקרקע גננית – עבור מקטע זה הובא בחשבון רק שטח הגינון שלא מעל תקרת מרתף (466 מ"ר) ועבור ספיגת מים בחלל הפורות של הקרקע ועוד חלחול לפי מקדם של קרקע גננית. טבלה מספר 8 מסכמת את תחשיב חלחול המים בקרקע הגננית במנגנון שעותי ומנגנון יממתי. עבור ספיגה בקרקע גננית חושב מכפיל שעותי/יממתי של 1 מאחר ולאחר ספיגה ראשונית של מים בקרקע יש להניח כי הקרקע רוויה ואינה יכולה לספוג מים באירוע גשם נוסף.



טבלה 8 ריכוז התחשיב ביחס לספיגה וחלחול בקרקע גננית

ספיגה ב TOP SOIL בשצ"פ			
שטח גינון כללי	דונם	0.448	
שטח ספג	%	80%	שטח ספג בפיתוח
אגירות לעומק	מטר	1	עומק רלוונטי לספיגה
פרוזיטי פנוי לאגר	ללא	0.13	הפרש לקבל שדה
מחזורים בממה	#	1	
סה"כ ספיגה בשצפים	מ"ק	47	
חלחול בקרקע גננית			
שטח שצפ"ים	דונם	0.448	
שטח ספג	%	80%	מקדם לשטח ספג
שטח לחלחול נטו			חלק מחלחול בלבד
מקדם דרסי לחלחול	ס"מ/שניה	0.001	מקדם חלחול 10^{-3}
חלחול מחושב לדונם	מ"ק/שעה/דונם	36	מ"ק/שעה/דונם
חלחול מחושב ליממה	מ"ק/יממה	77.4	מ"ק/יממה לפי 6 שעות

הידרוגרף הנגר העל קרקעי המשוקלל - נגר מלא גולמי פחות הפסדי נפח המים במנגנון החלחול והספיגה בקרקע מובא באיור מספר 10. כלל נפח הנגר הנגרע מגל הנגר כולל את חלק נפח המים המיוחד לתת הקרקע ועוד את חלק הנפח הנכלא לזמן קצר במערכת ההחדרה. ריכוז התחשיב בטבלה 10.

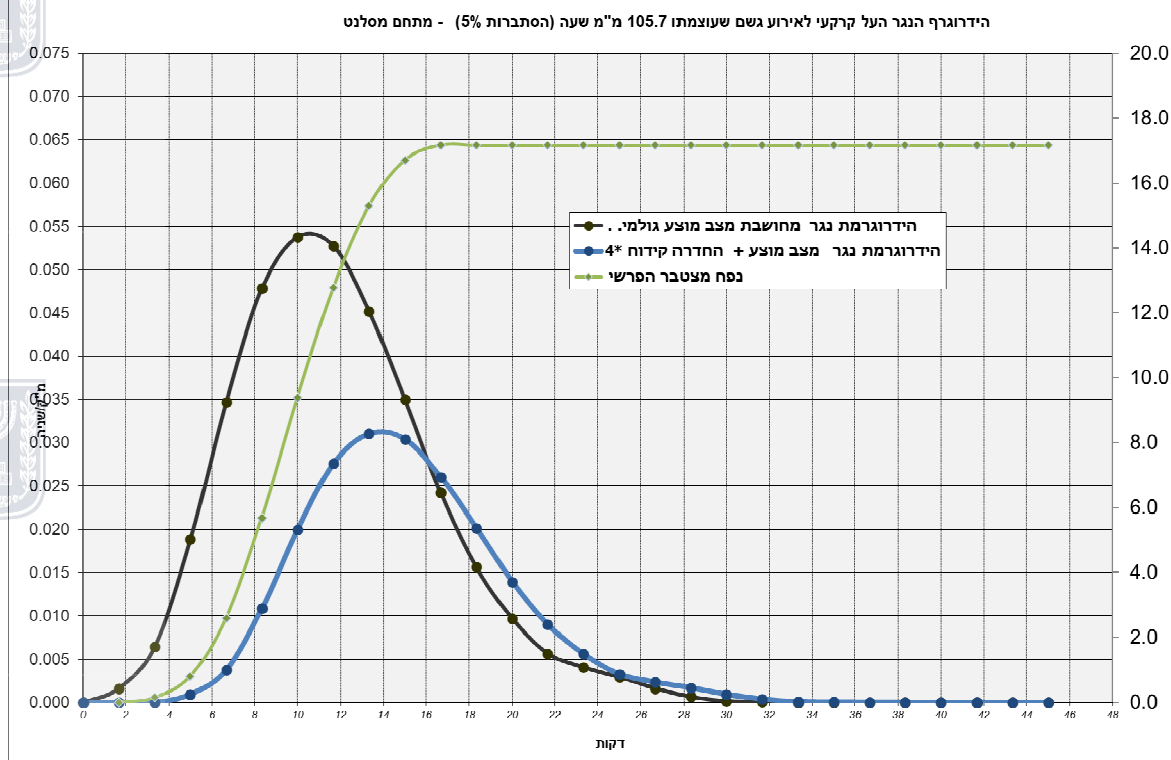


טבלה 9 ריכוז התחשיב ביחס להפחתת נפח המים בגל הנגר ונפח הנגר במוצא

חישוב הידרוגרף היציאה על בסיס הפחתת נפח הנגר באירוע הכוללני			
לפי טבלה 8	נפח הידרוגרף הכניסה	43.090	מ"ק
	זמן הבסיס	1602	שניות
	ערך הספיקה המרבית	0.0538	מ"ק/שניה
	מישוואה שואף לאפס	-0.00458	
	נפח הספיגה בפרק הזמן	0	
	נפח חידור מים בקידוח	18.28546	
	סה"כ נפח נבלע	18.28546	
	סה"כ נפח נבלע כולל דעיכה	18.28546	
	חישוב הידרוגרף המוצא	24.805	מ"ק
	זמן הבסיס	1602	שניות
	נפח הידרוגרף המוצא	0.0310	מ"ק/שניה
	ערך הספיקה המרבית	0.026094	
	מישוואה שואף לאפס	1602	
	זמן בסיס הידרוגרף מוצא	0.05379	מ"ק/שניה
	חישוב זמן הפיגור	600	שניות
	ערך שיא	679.8833	דקות
	זמן עד למילוי הספיגה	11.33139	דקות
	זמן פיגור לתחילת נגר	4	דקות
	גודל צעד זמן	2	
	פיגור צעדי זמן		
יחס נפח המוצא לנפח הכניסה		57.56%	
יעילות הפחת נפח המים		42.44%	



איור 10 הידרוגרמת הנגר העל קרקעי – מתחם התחדשות עירונית רחוב מסלנט 13-25 ת"א



מקרא:

ציר Y שמאל – עוצמת הנגר העילי (מ"ק/שניה)

ציר Y ימין – עובי הנגר העל קרקעי (מ"ק מצטבר),

עבור שני מנגנוני ניהול הנגר המוצעים בתוכנית, כלל נפח הנגר הנמנע מגל הנגר הגולמי חושב כך: נגר גולמי מחושב לכל המתחם: 43.90 מ"ק. נפח המים הנגרע 18.28 מ"ק במשך גשם קצר ונפח המים בפרק הזמן הנכלל בגל הנגר היוצר 24.80 מ"ק ב 10 דקות. באירוע גשם קצר של 10 דקות נפח הנגר הנגרע מאירוע הנגר הכללי 18.28 מ"ק מתוך 43.90 מ"ק, 41.6%. טבלה מספר 11 מציגה את הערך היממתי של ניהול הנגר העילי יחסית לדרישה על פי מחשבון מינהל התכנון.

טבלה 10 ריכוז תוצאות התחשיב עבור ניהול הנגר היממתי

סיכום נפח האגום וויסות המוצע בתכנית	סיכום		
	כמות מ"ק	יחידה	סיכום
אחוז (ביחס לנפח הנדרש לניהול)			
19.23%	47	מ"ק/יממה	ספיגה ב TOP SOIL בשצ"פ
31.95%	77.4	מ"ק/יממה	חלחול בקרקע גננית
48.82%	118.3	מ"ק/יממה	החדרה לתת הקרקע
0.00%	-	מ"ק/יממה	גגות ירוקים מבני מגורים
100.00%	242.3		סה"כ מוצע לניהול
128.19%	189.0		יחס לדרישה

8. סיכום והמלצות

נספח ניקוז ושימור נגר עילי זה עוסק במיתון הנגר הצפוי מתוכנית הבינוי הצפויה ממתחם תכנית התחדשות עירונית במתחם רחוב מסלנט בכתובת 15-23 תל אביב.

א. שטח הקרקע הכלול במשבצת התכנון של 3,3421 מ"ר ועליו בנויים כיום כ 5 מבני רכבת ישנים משנות ה 50 בני 4 קומות כל אחד. רמת התכסית האטומה של השטח במצב הקיים מוערכת בכ 75%-80%.

ב. בחישוב השטח האטום למצב המתוכנן עולה כי כ 76% מהשטח יהיה בעל מירקם אטום. יחד עם זה יש לקחת בחשבון כי המצב המתוכנן מהווה שיפור קל ביחס למצב הקיים: אומנם היקף השטח האטום לא משתנה משמעותית, אולם היקף השטח הפתוח המיועד להיות שצ"פ בעל מירקם חדיר צפוי **לגדול** כך שהיקף הנגר העודף צפוי להיות נמוך מזה הקיים.

ג. החלק הפתוח המיועד לספיגה בשצ"פ שאינו בנוי שלא מעל תקרת מרתף מוקם בתוכנית הבינוי בחלק הדרומי והנמוך, עובדה המגדילה את אפשרות קליטת מי נגר עילי והעברתם לשטחים מחללים. היקף השטח שלא מעל תקרת מרתף חושב להיות 14.6%.

ד. כיווני הניקוז הטבעיים של השטח הם מצפון מערב לדרום מזרח, עם שיפועי קרקע מתונים של 2-3 אחוז. גובה פני הקרקע בחלק הצפוני כ 28.0+ מטר ואילו בחלק הדרומי גובה פני הקרקע 26.5+ מטר.

ה. מתחשיב של מקדם הנגר העל קרקעי למצב המוצע עולה שהמקדם הנגר שווה ל $C=0.76$, ביחס לממוצע עירוני מקובל של 0.75, **כלומר פרויקט הפינוי בינוי לא משנה משמעותית את משקל השטחים האטומים במגרש.**

ו. על מנת להציע שיפור למצב הקיים, מציע נספח ניקוז וניהול נגר זה את עיקרון צמצום נפח הנגר העילי: יש לשלב בתוכנית אמצעים כך שנפח המים בגל הנגר העילי יעמוד הן בהוראות תמ"א 1 החדשה והן בהוראות היחידה לקיימות בעריית תל אביב.

ז. הידרולוגיה: לצורך חישוב של הנגר העודף בפרק זמן קצר נלקח בחשבון עוצמת גשם המתאימה למשך קצר של 10 דקות ונדירות של 5% כלומר גשם שהסתברותו היא 1:20 שנה. עוצמת הגשם המתאימה לאירוע זה על פי טבלאות חושבה להיות 105.7 מ"מ/שעה.

ח. על מנת לעמוד ביעד התוכנית – נעשה שימוש בשני אמצעי ניהול נגר עילי:

ט. ספיגה וחלחול בקרקע גננית בשטח של 448 מ"ר, קרקע גננית שלא מעל תקרת מרתף החדרה באמצעות 3 קידוחי החדרה לעומק של 22 מטר וקוטר 60 ס"מ.

יא. בנוסף, לכל קידוח יוצמד בור איגום בנפח של 6 מ"ק. הבור יוקם לפני קידוח ההחדרה.

יב. נפח הנגר העילי במשך של 10 דקות חושב להיות 43.09 מ"ק אחת של גשם עודף. על פי התחשיב מנגנוני החלחול הכוללים 3 קידוחי החדרת מים בקוטר 60 ס"מ ולעומק של 22 מטר. עומק זה יאפשר את החדרת המים מעל למפלס הפריאטי ולא מתחת אליו. יחד עם התחשבות בעומד מניע לתנועת המים, יאפשרו החדרת מים לתת הקרקע בשיעור של 0.5907 מ"ק לכל קידוח. יחד עם נפח המים הכלוא בחלל הקידוח ונפח הוויסות הנדרש לפני כל קידוח, האפקט הכללי של כל קידוח הוא 6.5907 מ"קש לכל קידוח.

יג. עבור 3 קידוחים האפקט הכללי הוא 19.7 מ"ק.

יד. עם התקדמות היתר הבניה והפקת גבהים סופיים לרבות בחצרות של כל מבנה ומבנה ניתן יהיה לתכן את קידוחי ההחדרה למי גשם כולל גבהים סופיים. אלו יכללו את גובה הפיתוח, את גובה מערכות האינסטלציה של מערכות הניקוז ובעיקר את גובה השכבה בתת הקרקע אליה יוחדרו המים.

טו. על מנת להבטיח כי מנגנוני מיתון אלו אכן ימומשו במסגרת התב"ע, עם אישור נספח הניקוז יתווסף פרק של הוראות ניקוז לתב"ע. הוראות אלו מטרתן עמידה על חומרי מבנה ושיטות יישום, כך שמי הנגר משטחים ורחבות יופנו לקרקעות גנניות ומיתון הנגר יתקיים.



נספח ב' – מקדמי מוליכות לחידור מים לתת הקרקע (על פי דרסי Darcy)

68 HYDRAULICS OF GROUNDWATER

Table 4-1 Typical values of hydraulic conductivity and permeability†

$-\log_{10} \cdot K$ (cm/sec)	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Permeability	Pervious					Semipervious					Impervious				
Aquifer	Good					Poor					None				
Soils	Clean gravel	Clean sand or sand and gravel				Very fine sand, silt, loess, loam, solonetr									
					Peat	Stratified clay		Unweathered clay							
Rocks						Oil rocks		Sandstone	Good limestone, dolomite		Breccia, granitic				
$-\log_{10} \cdot k$ (cm ²)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
$\log_{10} k$ (md)	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	

† From Bear, Zaslavsky, and Irmay, 1968.

which tends to clog the matrix, thus reducing k with time. Clogging may also be caused by fines carried by the water (e.g., in artificial recharge).

Various units are used in the practice for the hydraulic conductivity K (dimensions L/T). Hydrologists prefer the unit m/day (meters per day). Soil scientists often use cm/sec. In the USA, as in many countries using the English system of units, two other units are commonly employed by hydrologists. One is a laboratory, or standard, hydraulic conductivity defined as the total discharge (Q) of water at 60°F, expressed in gallons per day, through a porous medium cross-sectional area (A) expressed in ft² under a hydraulic gradient $\{(\phi_1 - \phi_2)/L\}$ of 1 ft/ft. With this definition, the units of K are gal/day ft². In a similar way, a field, or aquifer, hydraulic conductivity is defined as the discharge of water at field temperature, through a cross-sectional area of an aquifer one foot thick and one mile wide under a hydraulic gradient of 1 ft/mile. The unit is the same as for the laboratory K . Following are some conversions among these units.

$$1 \text{ US gal/day ft}^2 = 4.72 \times 10^{-5} \text{ cm/sec} = 4.08 \times 10^{-2} \text{ m/d}$$

Permeability k (dims L^2) is measured in the metric system in cm² or in m². In the English system, the unit is ft². For water at 20°C, we have the conversion

$$1 \text{ cm/sec} = 1.02 \times 10^{-5} \text{ cm}^2$$

Reservoir engineers use the unit darcy defined by

$$1 \text{ darcy} = \frac{1 \text{ cm}^3/\text{sec}/\text{cm}^2 \times 1 \text{ centipoise}}{1 \text{ atmosphere/cm}}$$

4-3 AQUIFER TRANSMISSIVITY 6

with

$$\begin{aligned} 1 \text{ darcy} &= 9.8697 \times 10^{-9} \text{ cm}^2 = 1.062 \times 10^{-11} \text{ ft}^2 \\ &= 9.613 \times 10^{-4} \text{ cm/sec (for water at } 20^\circ\text{C)} \\ &= 1.4156 \times 10^{-2} \text{ US gal/min ft}^2 \text{ (for water at } 20^\circ\text{C)} \end{aligned}$$

Table 4.1 gives a summary of some values of hydraulic conductivity and permeability (Irmay in Bear, Zaslavsky and Irmay, 1968). In this table, follow the US Bureau of Reclamation, K is expressed in units of hydraulic conductivity class: $K_c = -\log_{10} K$ (cm/sec).

4.3 AQUIFER TRANSMISSIVITY

Consider the flow through the confined aquifer of thickness B shown in Fig. 4-4. If the aquifer is homogeneous and isotropic, with hydraulic conductivity K , the total discharge in the $+x$ direction, Q_x , through the area WB normal to flow is given by Darcy's law

$$Q_x = -KBW \partial \phi / \partial x = KBW J_x; \quad J \equiv -\text{grad}' \phi; \quad J_x = -\partial \phi / \partial x \quad (4-1)$$

The discharge per unit width of aquifer, Q'_x , normal to the direction of the flow, is

$$Q'_x = Q_x/W = KB J_x = T J_x; \quad T = Q'_x/J_x \quad (4-2)$$

A similar expression can be written for flow in the y direction. In vector form we may write

$$Q' = -T \nabla' \phi; \quad \nabla' \left(\frac{\partial}{\partial x} \right) \mathbf{i}_x + \left(\frac{\partial}{\partial y} \right) \mathbf{i}_y \equiv \text{grad}' \phi \quad (4-2)$$

where the prime symbol indicates that the operation is in the xy plane only.

The product KB , denoted by T , which appears whenever the flow through the entire thickness of the aquifer is being considered, is called *transmissivity*. It is an aquifer characteristic which is defined by the rate of flow per unit width through the entire thickness of an aquifer per unit hydraulic gradient. The concept is valid only in two-dimensional, or aquifer-type flow. In three-dimensional flow through porous media, the concept of transmissivity is meaningless.

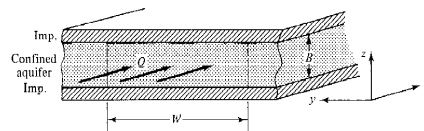


Figure 4-4 Flow through a confined aquifer.

Hydraulic Conductivity

• K represents a measure of the ability for flow through porous media:

- Gravels - 0.1 to 1 cm/sec
- Sands - 10^{-2} to 10^{-3} cm/sec
- Silts - 10^{-4} to 10^{-5} cm/sec
- Clays - 10^{-7} to 10^{-9} cm/sec