

נספח ניקוז והידרולוגיה

מתקן פוטוולטאי אשכול



אוקטובר 2021

עריכה: רונית טורק – איכות הסביבה ותכנון סביבתי, ניהול פרויקטים וייעוץ

הוכן עבור:



רונית טורק – איכות הסביבה ותכנון סביבתי, ניהול פרויקטים וייעוץ

הדגנים 3, גבעת עדה 37808 • טלפקס: 077-5288085, סלולרי 1: 052-4440650, סלולרי 2: 052-5522636

דוא"ל: turkronit@gmail.com אתר: www.turkronit.com



צוות התכנון:

תפקיד	שמות היועצים	חברה
עורכת המסמך הסביבתי ובקרה	רונית טורק	איכות הסביבה ותכנון סביבתי ייעוץ סביבתי
מנהל תחום תכנון וסטטוטריקה	מוטי עמנואל	חברת EDF RENEWABLES
עורך התכנית	עדנה לרמן	לרמן אדריכלים ומתכנני ערים בע"מ
מודד	משה פלוס	הלפרין-פלוס מדידות והנדסה בע"מ



הכנה מקצועית - נספח הניקוז:

מיטרא הנדסה - יעוץ מים וסביבה בע"מ

Mitra Engineering – Water & Environmental Consulting LTD.

ההגנה 5, הוד השרון, טל': 054-6650273, פקס: 074-7031188





תוכן עניינים

1.	מבוא.....	4
2.	מידע רקע	4
3.	הידרולוגיה	6
4.	חלופות לפתרון ניקוז	9
5.	אמצעים נוספים למיתון השפעת הנגר	13
6.	סיכום דיון בחלופות.....	12
7.	סיכום	13
8.	מקורות מידע.....	14





1. מבוא

חברת EDF מתכננת הקמת מתקן פוטוולטאי בשטחי מושב אשכול. הספק המתקן המתוכנן הינו כ-10 מגה וואט והוא יוקם על שטח של כ-124 דונם. המתקן הפוטוולטאי המוצע יורכב בשטחי המשבצת של מושב אשכול ויורכב באחת משתי השיטות:

א. פאנלים פוטוולטאיים קרקעיים מקובעים (Fixed).

בטכנולוגיה זו הפאנלים הפוטוולטאיים מורכבים על קונסטרוקציית מתכת מגולוונת בזווית של כ-25 מעלות שהינה המיטבית לקליטת אור השמש. קונסטרוקציית המתכת מעוגנת בקרקע באמצעות נעיצת יתדות בעומקים שונים בקרקע כך שמתאפשרת התאמה לטופוגרפיה המקומית עם מינימום פילוס ויישור הקרקע. הפאנלים הסולריים מונחים בשורות בכיוון מזרח - מערב. בין השורות נשמר מרווח תפעולי למניעת הצללה הדדית בין הפאנלים. מרווח זה מאפשר גם מעבר רכב תפעול ותחזוקה.

ב. פאנלים במערכת טראקרים העוקבת אחרי מסלול השמש במהלך שעות היום.

בטכנולוגיה זו הפאנלים מונחים על קונסטרוקציה חד צירית העשויה מאלומיניום. הטראקרים נעים בזווית של כ-60 מעלות ברוטציה מכיוון מזרח בבוקר לכיוון מערב בשעות הערב, באזימוט של 0 מעלות לכיוון דרום. הפאנלים הסולריים מונחים בשורות בכיוון צפון דרום. במערכת זו יש לשמור מרווח גדול יותר בין השורות לעומת מערכת הפאנלים המקובעים כדי לאפשר נצילות מיטבית לתנודות הטראקרים, לפיכך השטח הנדרש להקמה של מערכת בהספק דומה לזה של מערכות קבועות גדול יותר.

בשתי המערכות הפאנל הפוטוולטאי מורכב ממודולים בגודל של כ-2 מ"ר ובהספק הנע בין 310 ל-450 וואט כל אחד.

מסמך זה מהווה נספח הידרולוגי לניהול הניקוז והנגר העילי למתקן הפוטוולטאי שמטרתו למנוע את הנזקים הבאים:

- פגיעות בשדות חקלאיים סמוכים
- פגיעה במערכות הניקוז הטבעיות הקיימות
- פגיעה ביציבות הפאנלים הסולאריים כתוצאה מתוספת נגר עילי הצפויה מהקמת המתקן.

2. מידע רקע

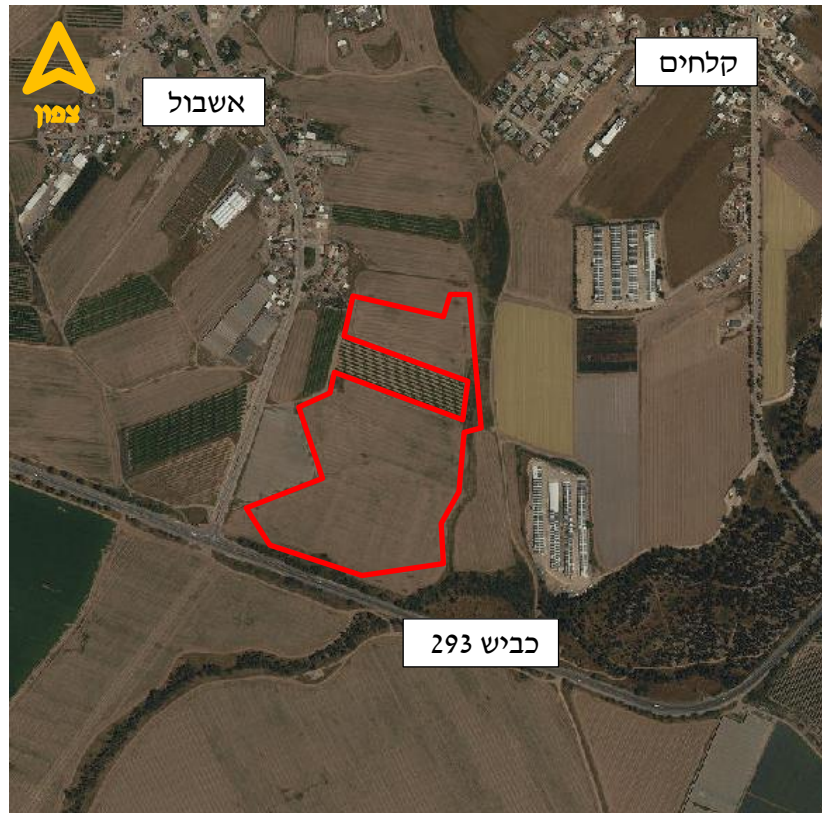
2.1 מיקום

שטח התכנית נמצא במשבצת חקלאית של מושב אשכול הנמצאת סמוך ומדרום-מערב למושב (ראה איור 1). האתר נמצא באגן הניקוז של נחל הבשור, המשתייך לתחום רשות הניקוז שקמה בשור.

2.2 טופוגרפיה ותכסית

רום שטח התכנית נע בין 169 - 153 + מ' מעל פני הים. השיפוע הכללי נע סביב 5% בכיוון דרום-מערב. התכסית הינה חקלאית-גד"ש. הקרקע הינה קרקע לס. באיור 2 מוצגת התכנית ע"ג תצ"א וקווי גובה.





איור 1 – מפת מיקום כללית

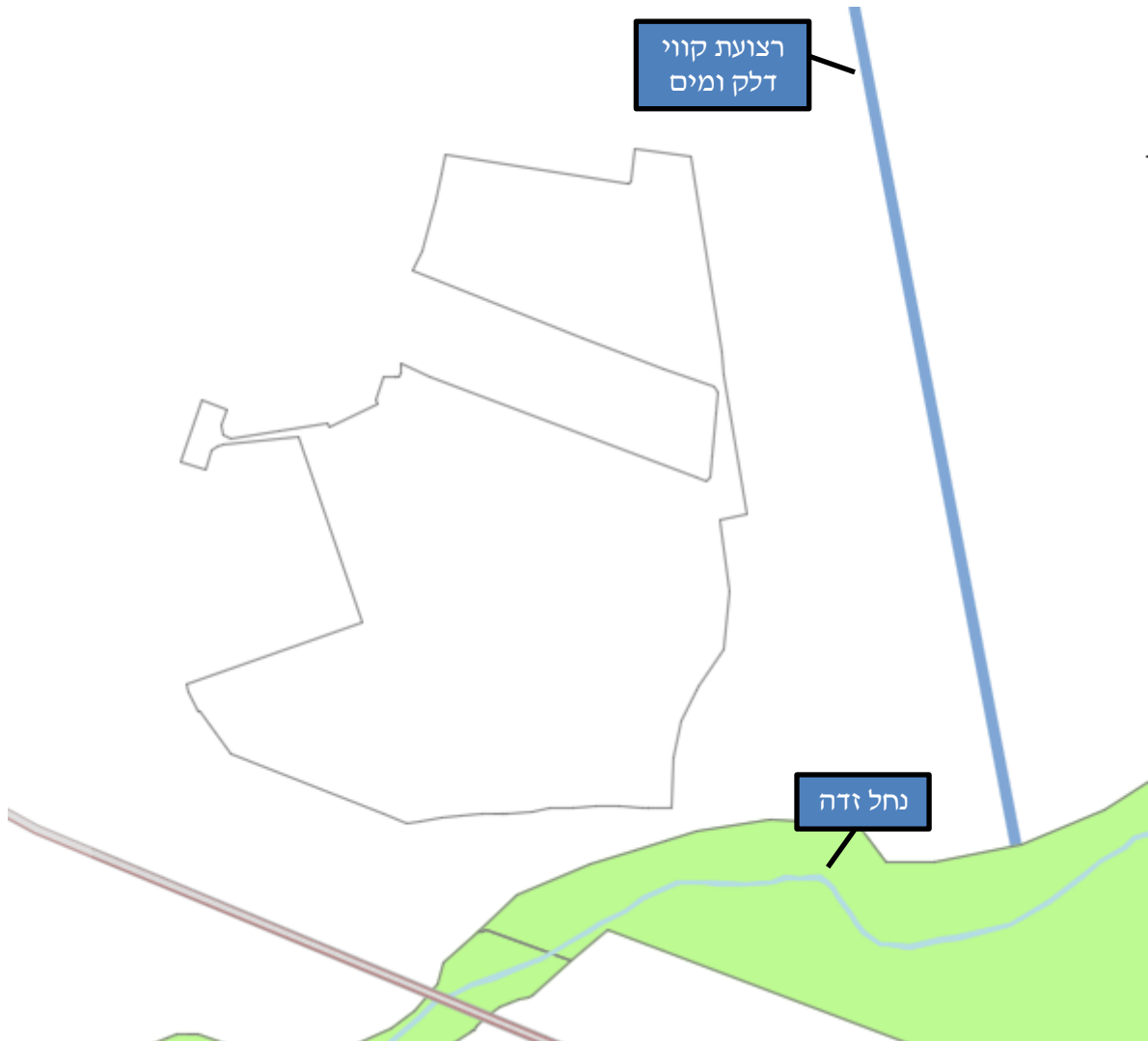


איור 2 – גבול התכנית על רקע תצלום אוויר וקווי גובה (govmap)



2.3 תמ"א 1

- ✓ גבול התכנית אינו נמצא באזור בעל רגישות להחדרת נגר עילי.
- ✓ נחל זדה, יובל של נחל גרר, עובר במרחק של כ-55 מ' מפינת הגבול הדרום-מזרחית. זהו נחל משני כהגדרתו בתמ"א 1 והוא בעל רצועת השפעה ברוחב 50 מ'.
- ✓ רצועת קווי דלק ורצועה לתכנון קו מי מערכת עוברים במרחק של כ-150 מ' במקביל ממזרח לגבולה הצפון-מזרחי של התכנית.



איור 3 – גבול התכנית ע"ג תמ"א 1

3. הידרולוגיה

פרק זה מפרט את נתוני הרקע ההידרולוגיים ואת אופני החישוב לתכנון הכללי של ניהול הניקוז באתר.





3.1 עובי גשם לסופה מקסימלית

עובי הגשם לחישוב נפח הנגר במהלך סופה מבוסס על נתוני הגשם של 3 התחנות המטאורולוגיות הרלוונטיות לאתר התכנית – סעד, בארי ומפלסים. התחנות נבחרו בהתאם לקרבה גיאוגרפית ולפיזור מרחבי סביב אתר התכנית. להלן הנתונים הממוצעים לשנים 1980-2010 כפי שנמסרו ע"י השירות המטאורולוגי הישראלי:

טבלה 1 – מס' ימי גשם לפי עובי מינימלי לשנים 1980-2010 (השירות המטאורולוגי)

תחנה	מרחק תחנה מוערך [ק"מ]	מס' ממוצע של ימי גשם מעל 10 מ"מ	מס' ממוצע של ימי גשם מעל 25 מ"מ	מס' ממוצע של ימי גשם מעל 50 מ"מ
סעד	3	13	4	1
בארי	5.2	12	3	1
מפלסים	6.5	15	4	1

הטבלה מראה כי בכל התחנות הסמוכות לאתר קיים יום בשנה בממוצע בו עובי הגשם **היומי** גדול מ-50 מ"מ.. לפיכך הונח לצרכי חישוב כי נפח הנגר העילי במהלך סופה מקסימלית יהיה 75 מ"מ וזאת מכיוון שבאירוע גשם קיים חילחול חלקי של הנגר העילי עקב תכונות הקרקע, וכן **יתכן ואירוע זה יגיע כאשר האדמה רוויה**.

3.2 אגנים וניקוז טבעי

שטח התכנית אינו נחצה ע"י ערוצי זרימה משמעותיים. שטח התכנית מתנקז לנחל זדה. לא קיימת תרומת נגר חיצוני משמעותית לתחום התכנית.

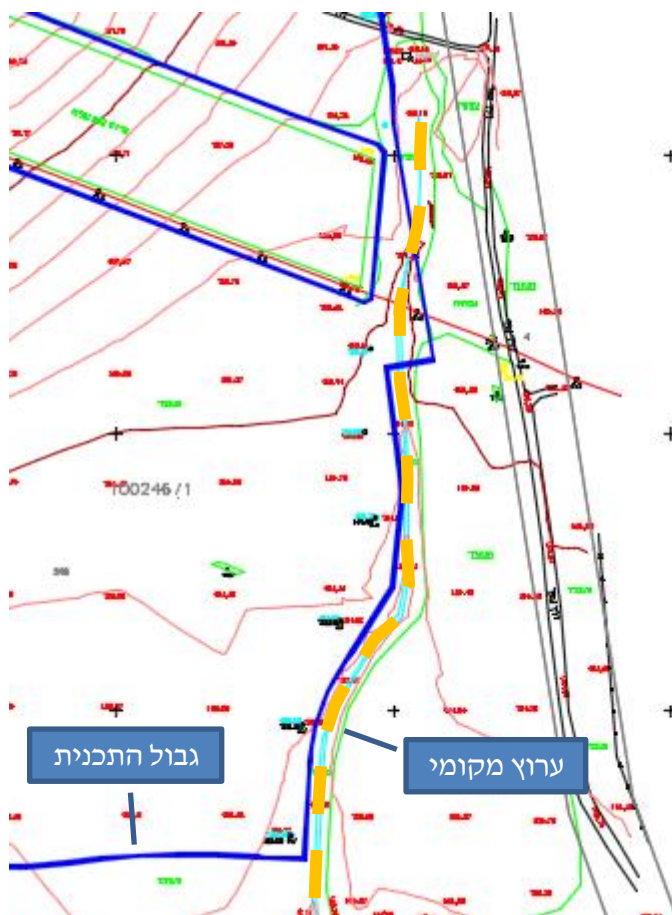
פתרון הניקוז המוצע בנספח מתבסס על איגום פנימי של כל תוספת הנגר בתחום התכנית כך שכמויות הנגר הקיימות כיום אינן גדלות בשום מקרה.

ערוץ ניקוז מקומי שאינו מופיע בתמ"א 1 עובר בסמוך ובמקביל לגבולה הדרום-מזרחי של התכנית, ובנקודה המחברת בין חלקה הצפוני והדרומי של התכנית הוא חוצה את גבולה. נערך סיור בשטח וניכר היה כי הערוץ הינו בעל חתך לא אחיד ומשתנה לאורכו, ייתכן עקב עבודות שנעשו בו. על פי תכנית הבינוי נדמה שנשמר מרחק מיני של 5 מ' בין גדת הערוץ לבין גדר האתר, אך לא ניתן לאמת זאת בוודאות. שמירה על מרחק זה הינה תנאי לשמירה על האתר מפני שטפונות בנחל וכמו כן למעבר רכבים לצורך תחזוקת הערוץ במידת הצורך ולכן הינה הכרחית. בשלב התכנון המפורט יש לאמת במדויק היכן עוברת גדת הנחל על מנת לשמור את המרחק הדרוש ממנו. כמו כן בקטע בו הערוץ חוצה את שטח התכנית, לא מתוכנן בינוי של פאנלים סולאריים, אך בכל אופן יש להתאים את תוואי הגדר כך שישמר המרחק הנדרש מן הערוץ. להלן תמונות של הערוץ וכמו כן הדגשה שלו ע"י תכנית המדידה:



תמונות 1 ו-2 – חתך לא אחיד בערוץ המקומי





איור 4 – גבול התכנית והערץ המקומי ע"ג תכנית המדידה

3.3 נפח נגר עודף בשטח האתר

בניית הפאנלים הסולאריים משנה את תכנית פני השטח ומשפיעה בהתאם על "מקדם הנגר" (c). על מנת למנוע מנגר עודף זה להשפיע על יציבות מבנה הקרקע בשטח התכנית ובסביבתה, וכדי לעמוד בדרישות רשות הניקוז שעיקרן למנוע הגדלת ספיקה בערוצים הרלוונטיים, יש לאגום ו/או לנתב נגר זה באופן מבוקר.

"מקדם הנגר" לאתר התכנית, במצבו כיום ולפני הקמת הפאנלים הסולאריים ובהתחשב בסוג הקרקע (לס), מוערך ב-0.45, וזאת בהתאם לקרקע החקלאית ולשיפוע השטח. לאחר התקנת הפאנלים הסולאריים צפוי כי תהא עליה בכמויות הנגר העילי משטח התוכנית כיוון שהפאנלים מכווינים את הגשם הפוגע בהם לשפתם התחתונה, כך שהגשם פוגע בקרקע באופן מרוכז יותר. המגע של כמויות גשם מרוכזות על שטחי קרקע קטנים עשוי לפגוע ביכולות הספיגה של הקרקע, ליצור מחתור ותיעול של הנגר, ובהתאם לגרום לעלייה בכמות הנגר במוצא התכנית. העלייה המוערכת תגדיל את מקדם הנגר לערך של 0.55.

הערכת הנגר העודף נעשית בעזרת הנוסחה הבאה :

$$V = A * C * D$$

כאשר :

V – נפח הנגר באירוע [מ"ק]

A – שטח התכנית [מ"ר] : 124,000

C – מקדם נגר : 0.45 לפני, 0.55 אחרי

D – עובי גשם לאירוע [מ'] : 0.075





בטבלה 2 להלן תוצאות נפח הנגר באתר התכנית, לפני ואחרי התקנת הפאנלים הסולאריים:

טבלה 2 – נפח הנגר המקסימלי לסופה לפני ואחרי בניית האתר

נפח נגר [מ"ק]		
לפני בניית האתר	לאחר בניית האתר	תוספת נגר
4,185	5,115	930

תוספת הנגר עקב התקנת הפאנלים הסולאריים מוערכת בכ-930 מ"ק שהינם כ-7.5 מ"ק לדונם, וזהו הנפח לאיגום בשטח התכנית.



4. חלופות לפתרון ניקוז

4.1 חלופה 1 - סכרורים

סכרורים, המכונים גם "גימומים" הינם גומות קטנות בקרקע המהוות פתרון איגום נקודתי המפוזר באופן אחיד בשטח האתר. לסכרורים מספר יתרונות בולטים על פני טכניקות אגירה "מרכזיות" ופחות מבוזזות כגון שיחים ולימנים:

✓ הנגר נלכד "במקום" ללא צורך בגלישתו או הובלתו אל איגום מרכזי - צמצום סחיפת קרקע ותחזוקה לניקוי משקעים.

✓ המים נאגרים על פני שטח רחב ורדוד תו"כ צמצום של אפשרויות מחתור תת-קרקעי.

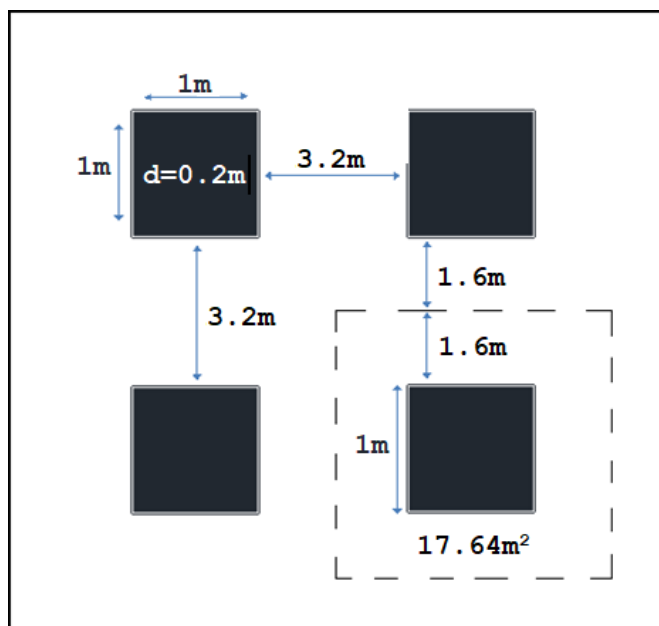
✓ מבנה יציב ביחס לאיגומים בנפח גדול יותר.

✓ תורם להתפתחות צמחייה לייצוב הקרקע.

✓ נפח איגום קטן יותר מאיץ את קצב חלחול המים ביחס לפתרונות אחרים תו"כ קיצור זמן ה"איפוס" הדרוש עד לאירוע הגשם הבא ותורם בהתאם למניעת התפתחות מפגעי יתושים בקרבת יישובים.

מוצע לבצע סכרור בשטח 1 מ"ר והמרחק בין סכרור לסכרור 3.2 מ'. עומק הסכרור 20 ס"מ. כל סכרור מאגם 0.2 מ"ק נגר והשטח הדרוש עבורו הינו 17.64 מ"ר (שטח המשבצת המקווקות באיור 6). הסכרורים יבוצעו תחת שטחי הפאנלים הסולאריים, המיועדים לכסות כ-2/3 משטח התכנית (כ-83 דונם). מודגש כי סכרורים אלה דורשים תחזוקה שנתית למניעת שחיקה של הגומות ולכן מומלץ למקם את הסכרורים תחת הפאנלים באיזורים בהם תדרש תחזוקה מועטה על מנת שלא יפגעו בעת ביצוע עבודות שוטפות. הסכרורים מתוארים באיור מס' 5 שלהלן:





איור 5 – סכמת פרט סכרורים (לא לפי קנ"מ)

טבלה 3 להלן מתארת את נפח האיגום הכולל של הסכרורים:

טבלה 3 - נפח האיגום של הסכרורים

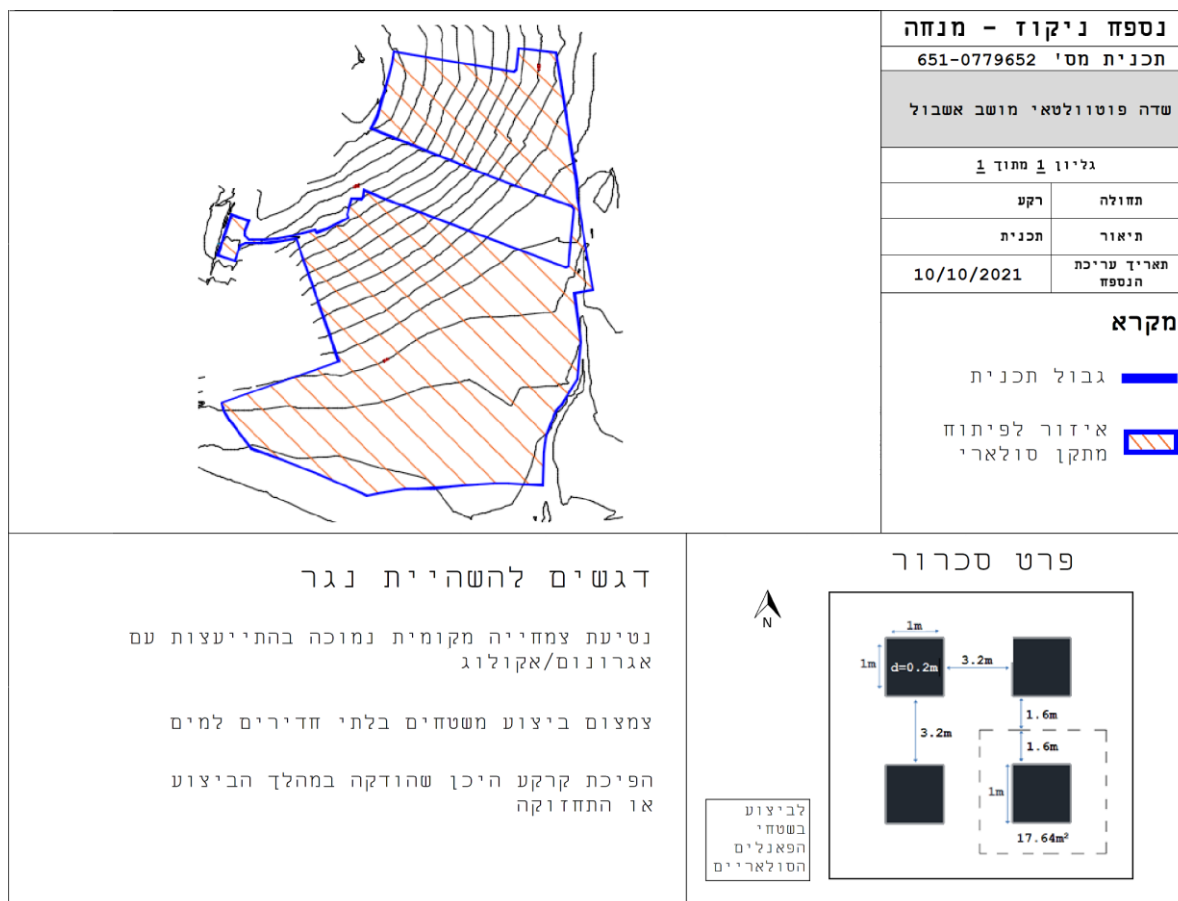


נפח סכרור בודד [מ"ק]	שטח דרוש לסכרור בודד [מ"ר]	שטח סכרורים כולל [מ"ר]	נפח סכרורים כולל [מ"ק]	נפח איגום נדרש [מ"ק]
0.2	17.64	83,000	941	930

נפח האיגום הכולל של הסכרורים עומד בנדרש ואף גדול ממנו במעט, ויאגם כל תוספת נגר עילי הצפויה מאירוע גשם עקב בניית האתר הפוטנציאלי. במידה ותבוצע כמות הסכרורים הנדרשת, אין צורך בתוספת איגום נוספת דוגמת שיחים וכיו"ב.

במסגרת התכנון המפורט קיימת אפשרות לשנות את מידות הסכרורים ואת המרחקים ביניהם, בהתאם לשיקולי עלות ביצוע ותחזוקה, תוך שמירה על נפח האיגום המינימלי הדרוש ועל מרחקים סבירים בין הסכרורים למניעת זרימת נגר ביניהם. יתר על כן קיימת גמישות בבחירת פתרון הניקוז לאיגום הנגר – בהתאם לדרישות היזם והקבלן המבצע, ניתן לחלופין לבצע פתרון המבוסס על שיחים מבוזרים (ראו חלופה בעמוד הבא) או על שילוב של שיחים וסכרורים, או כל פתרון אחר לאיגום הנגר בשטח התכנית. הפתרון יבחר במסגרת התכנון המפורט, בהתאם לשיקולים טכנו-כלכליים של היזם, ובאישור מהנדס הניקוז, ובהתאם כי נפח הנגר העודף לאיגום יישמר.

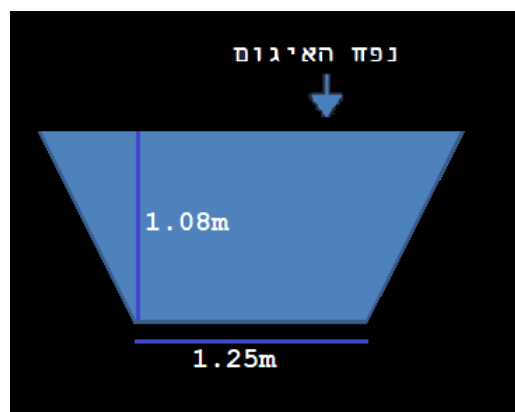




איור 6 – תכנית הניקוז חלופה 1

4.2 חלופה 2 – שיחים מבוזרים

אופציה נוספת הינה של ביצוע שיחים קטנים ברחבי התכנית באופן מבוזר. שיחים הינם תעלות אורכיות המהוות פתרון איגום קווי. את השיחים יש לבצע בכל שטח התכנית על מנת לאגום את הנגר העודף באופן מבוזר ולמנוע יצירת מחתורים. צורת השיח ומידותיו יבחרו בהתאם לניתוח טכנו כלכלי של היזם תוך התחשבות ביציבות השיח כאשר הוא מלא מים. אורכם הכללי של השיחים יהיה בהתאם לשטח החתך, כך שנפחם הכולל יאגם את כלל נפח הנגר העודף כפי שחושב בטבלה 3 (930 מ"ק). פרט מוצע לביצוע שיח הוא תעלה בעלת חתך טרפזי ברוחב בסיס של כ-1.25 מ' ושטח חתך של כ-2 מ"ר. במצב זה ידרש לבצע שיחים באורך כולל של כ-465 מ' על מנת לאגום את הנפח הנגר העודף.

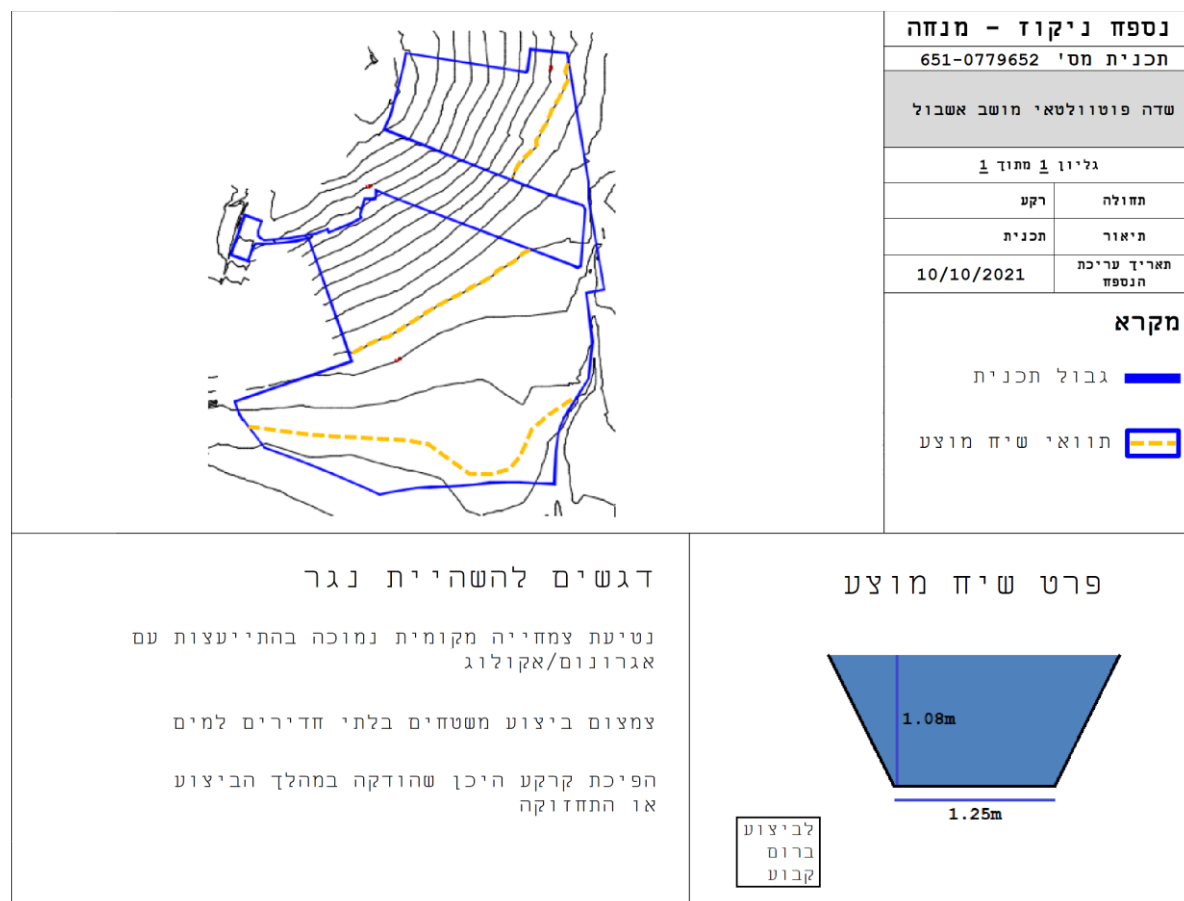


איור 7 – סכמת פרט שיח מוצע (לא לפי קני"מ)



הנחיות ביצוע נוספות:

- את השיחים יש לבצע כך שתחתית השיח תהא ברום קבוע וזאת על מנת שימלאו את תפקידם כנפחי איגום ולא כמובלי נגר.
- יש לתכנן את השיחים כך שלא יפריעו לתחזוקה השוטפת ולשלבם בצורה נכונה בשטח התוכנית (לצד דרכים פנימיות).



איור 8 – תכנית הניקוז חלופה 2

5. סיכום דיון בחלופות

- הוצגו 2 חלופות לביצוע פתרון לניהול הנגר באתר אשבול.
- סה"כ הנגר העודף הצפוי כתוצאה מהקמת הפאנלים הינו 930 מ"ק.
- חלופה 2 הינה הישימה ביותר וגורמת להפרעה מזערית בשטח התוכנית ולכן הינה גם המומלצת ביותר.
- על אף המלצתנו ליזם קיימת גמישות בבחירת פתרון הניקוז לאיגום הנגר ובלבד כי בכל אחת מהחלופות שתיבחר ישמר נפח הנגר העודף תוך האתר באמצעות הפתרונות ההנדסיים שפורטו בפרקי החלופות. ניתן גם לבצע פתרון משולב של שתי חלופות לדוגמה (שיחים + סכרורים, לימנים וכו')
- יש לקחת בחשבון כי ידרש לבצע תחזוקה שנתית לכל אחת מהחלופות המוצעות.



6. אמצעים נוספים למיתון השפעת הנגר

כל האמצעים הנוספים המובאים להלן הינם בנוסף לפתרון הניקוז שהוצע בפרק 4 לעיל ולא במקום או במשולב.

6.1 צמחייה - מומלץ להפיץ צמחייה **מקומית נמוכה** דוגמת שעורה נמוכה, קטניות וכיו"ב בכל שטח האתר, וזאת מכיוון שהצמחים מפריעים לזרימת המים ובהתאם תורמים להשהיית הנגר, הקטנת ספיקות הנגר וחלחול המים בקרקע. בנוסף, שורשי הצמחים האוחזים בקרקע תורמים למניעת סחף קרקע. יתר על כן, נוכחות של צמחייה מקומית באתר מהווה יתרון אקולוגי מובהק ומאפשרת לאתר לתרום לסביבתו הטבעית. בחירה של **מינים מקומיים המושכים מאבקים** תעצים את תרומתה האקולוגית של התכנית לסביבה. קיימות בשוק מספר חברות המוכרות תערובות זרעים המותאמות לבתי גידול ואזורים שונים בארץ. כמו כן יש להקפיד להשתמש בצמחייה **נמוכה** על מנת למזער את הדרישה לגיזום הצמחייה מתחת פאנלים הסולאריים, ולהמנע מהחדרת **מינים פולשים לשטח**. שילוב של צמחים אוהבי שמש וצל יאפשר להגדיל את כיסוי הצמחייה לאורך השנה. **יש להתייעץ עם אגרונום או אקולוג** לצורך התאמת המינים לשטח.

6.2 **צמצום משטחים - יש לצמצם ככל הניתן ביצוע של משטחים בלתי חדירים למים**, כגון כבישי אספלט, משטחי בטון וכו'.

6.3 **הידוק קרקע - יש להימנע ככל הניתן מהידוק הקרקע** באזורים בהם אין זה נדרש בעת עבודות העפר והתקנת הפאנלים. הידוק הקרקע תורם לאטימות הקרקע וליישור תכסיתה וכך גורם לעלייה בספיקות הנגר ובסחף הקרקע. **מומלץ להפוך את הקרקע היכן שהודקה שלא לצורך**.

6.4 **תחזוקה**: יש לבחון ובמידת הצורך לתחזק את הסכרורים/לימנים/תעלות ניקוז/שבירת אנרגיה לאחר החורף ע"ב שנתי לשמירה על מבניהם ויציבותם ולהרחקת סחף אשר הצטבר בהם ומקטין את נפח האיגום. יש לתכנן ולבצע כך שניתן יהיה לתחזקם ללא גרימת נזק לפאנלים.

7. סיכום

7.1 נספח ניקוז זה מנחה את ניהול הנגר העילי בשטח האתר הפוטוטלאי המתוכנן "אשכול".

7.2 ניהול הנגר בהתאם להמלצתנו ימנע כל תוספת נגר עילי צפויה משטח האתר על מנת למנוע נזקי שטפונות לסביבה הקרובה.

7.3 מטרתו העיקרית של הנספח הינה למנוע פגיעה ביציבות שטחים חקלאיים וגדות נחלים במורד, באופן מבוקר בעזרת אמצעים להשהיית נגר או לצמצום השפעת נגר עודף הנוצר עקב בניית הפאנלים הסולאריים.

7.4 הנחות התוכנית מבוססות על סטטיסטיקות גשם איזוריות היסטוריות, טופוגרפיית המקום ומקדמי נגר עילי, מידע מהספרות ומסיוור שהתבצע בשטח האתר.

7.5 בהתאם להנחות אלה כמות הנגר העילי המקסימלית באזור התוכנית בארוע גשם הינה כ-4,185 מ"ק ולאחר הקמת המתקן צפויה לגדול לכ-5,115 מ"ק. סה"כ תוספת הנגר הינה כ-930 מ"ק. על מנת למנוע השפעת תוספת נגר זו על מערכות ניקוז טבעיות ושדות חקלאיים בגבול התכנית, יש לאגום את הנגר בשטח התכנית.

7.6 הוצעו 2 חלופות לניהול עודפי הנגר העילי הצפויים כתוצאה מהקמת האתר:

7.6.1 איגום נפח הנגר העודף בסכרורים





רונית טורק - איכות הסביבה ותכנון סביבתי, ניהול פרויקטים וייעוץ



7.6.2 איגום נפח הנגר העודף באופן מבוזר באמצעות הקמת שיחים בשטח חתך של כ-2 מ"ר ובסה"כ באורך כולל של 465 מ' שיהוו נפח איגום כולל גדול מ-930 מ"ק.

7.7 המלצתינו הינה לבצע את חלופה 2 שהינה חלופה הגורמת להפרעה מינימלית בשטח התוכנית הן בהקמה והן בהמשך בתפעול השוטף

7.8 אמצעים נוספים המומלצים לצורך ניהול הנגר בנוסף לפתרונות שהוצעו לעיל הינם הפצת צמחייה מקומית נמוכה, הימנעות מהידוק הקרקע והפיכתה היכן שהודקה שלא לצורך ותחזוקה שנתית לאמצעי ניהול הנגר.

7.9 ניתן במסגרת התכנון המפורט לבצע פתרון המשלב סכרורים ואמצעים נוספים לאיגום הנגר העודף, כגון שיחים מבוזרים בשטח התוכנית, כל עוד נפחם הכולל גדול מ-930 מ"ק.

8. מקורות מידע

8.1 השירות המטאורולוגי הישראלי. ממוצע ימי גשם בחלוקה לספים שונים, 1981-2010

8.2 המרכז למיפוי ישראל. אתר המפות הממשלתי – www.govmap.gov.il

8.3 רופא יואב. עמוד ענן – המדריך השיטותי לידיעת הארץ – www.amudanan.co.il

8.4 הלוי רפי, ארבל שמואל, עבור נתיבי ישראל – החברה הלאומית לתשתיות תחבורה בע"מ. עדכון בסיס נתוני עוצמות הגשם בישראל וקביעת עוצמת גשם תכן כפרמטר בסיסי לתכנון ניקוז מערכות תחבורה (2006)

8.5 The clean water team guidance compendium for watershed monitoring and assessment, state water resources control board, 5.1.3 FS-(RC), 2011

8.6 Chaudhry, M. Hanif, Open channel flow, 2nd edition, 2008

8.7 U.S Department of Transportation – Guide for selecting manning's roughness coefficient, 1984

8.8 Open channel hydraulics, Ven Te Chow, McGraw-Hill, 1959

8.9 Cook, Lauren & H. McCuen, Richard. (2013). Hydrologic Response of Solar Farms. Journal of Hydrologic Engineering. 18. 536-541. 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000530

8.10 2000 Maryland Stormwater Design Manual, Volumes I and II, MDE, October 2000, revised May 2009

8.11 Minnesota Stormwater Manual, Minnesota Pollution Control Agency, published 2005, Wiki based, continuously updated (2019)

