



greeneye

תכנית האב לניקוז תל אביב –

נספח הערכה כלכלית סביבתית

לנספח ניהול מי נגר

5.2.2014

עורכי המחקר:

נגה לבציון נדן, יונתן פורת לובנסקי

הערכה כלכלית סביבתית של תכנית האב לתיעול, עיריית תל אביב

1. רקע

בשנה האחרונה תכננה עיריית תל אביב יפו, יחד עם משרד ה.מ.ד.י, את תוכנית האב לתיעול של העיר תל אביב יפו. כחלק מתפיסה סביבתית מקיימת צורך לצוות המקצועי אדריכל הנוף ליאור לונינגר מ"סטודיו אורבנוף". מטרת שילוב אדריכל הנוף היתה בחינה של אופן ניהול מי הנגר באגני הניקוז המקומיים ונסיון להציע פתרונות נופיים סביבתיים חלופיים לתיעול. בשלב מתקדם של העבודה הוזמנה חברת גרינאיי המתמחה בכלכלה ומדיניות סביבתית לבחון את המשמעות הכלכלית של התוכנית.

2. המתודולוגיה

במהלך הכנת תוכנית האב לתיעול בחנו משרד ה.מ.ד.י את הנקודות החלשות של המערכת הקיימת, וקבעו אילו מקטעים יש לשדרג ואילו מובלים יש להחליף. אדריכל הנוף ליאור לונינגר יחד עם צוותי התכנון העירוניים ניתחו את התוכנית המוצעת תוך בחינת המצב הסביבתי-נופי והוצעו פתרונות סביבתיים נופיים לניהול מי הנגר. נקודת המוצא הינה כי ניתן לחסוך משאבים רבים הכרוכים בהחלפת המובלים ע"י מציאת פתרונות נופיים. כמו כן, ניתן לנצל הזדמנות זו לשיפור פני המרחב הציבורי.

השלב הבא היה קביעה של מהנדס הניקוז את האפקטיביות של הפתרונות המוצעים ובחינת כמות הספיקה של פתרונות אלה. נעשתה בחינה פרטנית באחד מאגני הניקוז (רמת אביב) בה ניתנו שתי ההערכות של יועצי ניקוז לקווים שניתן להמנע משדרוגם. האחת של ה.מ.ד.י (מתכנן תוכנית האב לתיעול), והשנייה של מהנדס הניקוז יאיר קורנברג ממשרד "סירקין בוכנר קורנברג מהנדסים יועצים".

על בסיס הנתונים של רמת ספיקת המים האפשרית, ואלו מהקווים ניתן להימנע משדרוגם, נעשתה ההערכה הכלכלית סביבתית שבחנה את החיסכון בעלויות הפתרונות המוצעים. במטרה לבחון את הערכות החיסכון ברחבי העיר **נדרשת בחינה יסודית ושיטתית של פתרונות ההשהיה המוצעים בכל אגן ואגן.**

3. הממצאים

העלות הכוללת של תכנית האב לתיעול המוצעת הינה 955.9 מיליון ₪, מהם 308.7 מיליון ₪ נדרשים לשלב המייד, ו- 607 מיליון ₪ עד למועד סיום יישום התוכנית. באגן רמת אביב, נמצא כי המובל הקיים מתאים לספיקות התכן עד לחציית רחוב איינשטיין (נקודה 22). גודל המובל בנקודה זו 190/180 ס"מ. מנקודה זו ודרומה, עם הירידה במורד הזרם, נדרשת הגדלה של גודל המובל לגדלים משתנים בין 220/180 ס"מ ועד 460/180 ס"מ במוצא האגן הדרומי¹. עלות החלפת המובלים

¹ משרד ה.מ.ד.י (2013).

לגדולים יותר כפי שהיא מפורטת בתרשים מס' 1 עומדת על 85.4 מיליון ₪ עלות שדרוג, ממנו 47.3 מיליון ₪ מיועדים לשידרוג בשלב מיידי.

תרשים מס' 1: אומדן כלכלי - מצב מתוכנן כולל תב"עות בהתהוות - רמת אביב

| תוכנית השקעות, כולל מטרדים עיליים, דיפון, טיפול במי תהום כולל הנדסה 12% | | | | | | | |
|---|-------------------|-------------|-----------|-------------|------------------|-----|-------------|
| סה"כ לשנת היעד | סה"כ לשלב מיידי | מחיר יחידה | אורך כולל | קוטר מתוכנן | גודל מובל מתוכנן | | |
| | 5,694,920 | 28,347 | 201 | | 180 | 460 | שדרוג קווים |
| | 14,892,666 | 22,944 | 649 | | 180 | 400 | |
| | 11,702,814 | 19,312 | 606 | | 180 | 380 | |
| | 5,100,076 | 18,130 | 281 | | 180 | 340 | |
| | 3,268,902 | 14,587 | 224 | | 180 | 220 | |
| | 84,776 | 3,187 | 27 | 50 | | | |
| | 3,826,563 | 5,007 | 764 | 80 | | | |
| | 2,766,672 | 6,467 | 428 | 100 | | | |
| 1,076,269 | | 3,187 | 338 | 50 | | | |
| 1,459,324 | | 3,811 | 383 | 60 | | | |
| 99,632 | | 5,007 | 20 | 80 | | | |
| 31,906,912 | | 3,187 | 10,011 | 50 | | | קווים חדשים |
| 3,502,912 | | 3,811 | 919 | 60 | | | |
| 38,045,050 | 47,337,389 | סה"כ | | | | | |
| 85,382,439 | | | | | | | |

אדריכל הנוף ליאור לוינגר הציג ארבעה פתרונות נופיים שניתן ליישם באגן רמת אביב. פתרונות אלה מטרתם הינה לייצר השהיה ולהימנע מהחלפת התשתית הקיימת. הפתרונות מוצגים כאן, על פי עלותם מהזול אל היקר.

א. שטח להצפה (איגום עילי)

ב. נפח איגום תת קרקעי המורכב ממילוי טוף/חצץ וכד'. בהנחת נקבוביות של כ-40%, דורש נפח איגום של כ-12,000 מ"ק ועל כן שטח גדול יותר (כ-5-6 דונם). מצריך מערך צנרת להוצאת עודפי המים (צינורות שרשריים וכד').

ג. מתקן תת קרקעי המאפשר איגום וחלחול כדוגמת Rigo-fill או HeitkrBloc בעל נקבוביות של כ-95%, קיים במגוון גדלים וגבהים, מודולרי, מאפשר חיבור לצנרת.

ד. איגום תת קרקעי כבריכת איגום מבטון עם/ללא קרקעית (העדר קרקעית מאפשר חלחול טבעי של המים, בנוסף לנפח האיגום). צינור היציאה יהיה קטן מצינור הכניסה ובכך יאפשר האיגום הפחתת ספיקת השיא. בהנחה שעומק הבריכה יהיה כ-2.5-2 מטר, יידרש שטח של כ-3-4 דונם למתקן.²

ארבעה הפתרונות שצוינו למעלה מיושמים בכל העולם כבר היום³, ואולם, בישראל מקובל להעריך כי רק הפתרונות הראשון (שטח להצפה) והרביעי (איגום תת קרקעי כבריכת איגום מבטון עם/ללא קרקעית) ריאליים ליישום בעת הנוכחית.

על אף העובדה שהפתרון הראשון הינו הזול ביותר, והמוביל ביותר באירופה, מהנדסי הניקוז העלו, את המחשבה כי פתרון זה דורש שטח גדול ועלול לייצר דיון בסוגיות של תברואה ובטיחות, עקב זמן החלחול הטבעי של המים. לאור חשש זה הוחלט לבחון את ההערכה הכלכלית סביבתית על פתרון הקמת מתקן איגום תת קרקעי-שהיא גם החלופה היקרה ביותר.

התקבלו שתי ההערכות שונות של מהנדסי הניקוז, לגבי אלו מובלים ניתן להימנע משדרוגם :

א. חוות דעת משרד ה.מ.ד.י הנדסה בע"מ

² איגום תת קרקעי ידרוש התקנת משאבה להוצאת עודפי המים הלא מחלחלים על מנת להימנע מהשהיית מי הנגר לזמן ארוך ובמטרה לאפשר פינוי נפח האיגום לאירוע הגשם הבא. הפעלת המשאבה תעשה באופן אוטומטי או באופן יזום. הפעלה חכמה באופן יזום, תאפשר השהיית מי הנגר וחלחול בפרקי זמן ארוכים.

³ לוינגר, 2013; William G. Milken Park and Harbor 2010

בתאריך 6.2.14 נתקבל במשרדנו דוח של חברת ה.מ.ד.י אשר הציג את העלויות והתועלות המתקבלות ממציאית פתרונות השהייה. בדו"ח נטען כי באגן רמת אביב על מנת להימנע משדרוגם של חלק מהמובלים, יש להקים שלושה מתקנים תת קרקעיים בשלושה מהגנים ברמת אביב, גן סול וסיסי מארק, גן אליאנס וגן יוסף פוליטי. בסה"כ המובלים שניתן להימנע משדרוגם חוסכים 43,283,000 ₪.

ב. חוות דעת משרד "סירקין בוכנר קורנברג מהנדסים יועצים"

בחוות הדעת של קורנברג נטען כי "איגום והשהייה במעלה מערכת ההולכה של הנגר, תאפשר המנעות מהחלפת צנרת / מובלי תיעול בגדולים יותר או לחילופין תוספת של צנרת מובלי תיעול מקבילים. השימוש במערכת איגום והשהייה מאפשר החדרת מי נגר לתת הקרקע ובכך תורם להעשרת מי התהום. שימוש במערכות איגום והשהייה יכול לחסוך כסף עקב המנעות מהחלפת / הגדלת מובלים קיימים ובמערכות חדשות החסכון יכול להעשות ע"י תכנון מערכות הולכה בקטרים קטנים יותר."⁴

על פי חוות דעת זאת, מאחר וההשהיה נעשית במעלה המערכת ניתן לבטל בשלב זה את החלפת המובלים בקטעים שבין M1-22 (כפי שניתן לראות בטבלה 3). מקטעים אלה כוללים את השדרוג של המוביל המרכזי, ומאפשרים למעשה בהמשך האגן להשאיר את המובילים בגודל של 180/190. מניעת הצורך בהחלפת המערכת מוערכת בחסכון של ב - 41,502,260 ש"ח .

⁴ סירקין, בוכנר, קורנברג, 2013

**תרשים מס' 3 אומדן כלכלי – עלות המקטעים שניתן לוותר עליהם במקרה של אימות השתייה –
רמת אביב**

| מס' מובל | מנקז | לנקז | עומס (דונם) | אורך (מטר) | קוטר (ס"מ) | רוחב (ס"מ) | גובה (ס"מ) | תאור מובל | עלות יחידה בש"ח | יחידה אורך בש"ח |
|----------|------|------|-------------|------------|------------|------------|------------|----------------------|-----------------|-----------------|
| 1A | 1A | M1 | 3744 | 20 | | 460 | 180 | מעביר מים 285/180 | 28,347 | 566,940 |
| 1 | 1 | 1A | 3672 | 150 | | 460 | 180 | מעביר מים 285/180 | 28,347 | 4,252,050 |
| 2 | 2 | 1 | 3672 | 40 | | 400 | 180 | מעביר מים 285/180 | 22,944 | 917,760 |
| 3 | 3 | 2 | 3636 | 40 | | 400 | 180 | מעביר מים 285/180 | 22,944 | 917,760 |
| 4 | 4 | 3 | 3564 | 110 | | 400 | 180 | מעביר מים 285/180 | 22,944 | 2,523,840 |
| 5 | 5 | 4 | 3528 | 90 | | 400 | 180 | מעביר מים 285/180 | 22,944 | 2,064,960 |
| 5A | 5A | 5 | 0 | 120 | 60 | | | צ. בטון קיים 60 | | |
| 5B | 5B | 5A | 0 | 100 | 50 | | | צ. בטון קיים 50 | | |
| 6 | 6 | 5 | 3492 | 100 | | 400 | 180 | מעביר מים 285/180 | 22,944 | 2,294,400 |
| 6A | 6A | 6 | 0 | 120 | 60 | | | צ. בטון קיים 60 | | |
| 7 | 7 | 6 | 3456 | 30 | | 400 | 180 | מעביר מים 285/180 | 22,944 | 688,320 |
| 8 | 8 | 7 | 3168 | 70 | | 400 | 180 | מעביר מים 285/180 | 22,944 | 1,606,080 |
| 9 | 9 | 8 | 3060 | 50 | | 400 | 180 | מעביר מים 285/180 | 22,944 | 1,147,200 |
| 10 | 10 | 9 | 2880 | 80 | | 400 | 180 | מעביר מים 285/180 | 22,944 | 1,835,520 |
| 11 | 11 | 10 | 2880 | 100 | | 400 | 180 | מעביר מים 285/180 | 22,944 | 2,294,400 |
| 11A | 11A | 11 | 72 | 120 | 60 | | | צ. בטון קיים 60 | | |
| 11B | 11B | 11A | 72 | 140 | 60 | | | צ. בטון מתוכנן | | |
| 12 | 12 | 11 | 2808 | 80 | | 380 | 180 | מעביר מים 285/180 | 19,312 | 1,544,960 |
| 12A | 12A | 12 | 36 | 100 | 60 | | | צ. בטון קיים 60 | | |
| 12B | 12B | 12A | 36 | 100 | 60 | | | צ. בטון קיים 60 | | |
| 13 | 13 | 12 | 2736 | 160 | | 380 | 180 | מעביר מים 285/180 | 19,312 | 3,089,920 |
| 14 | 14 | 13 | 2700 | 70 | | 380 | 180 | מעביר מים 270/180 | 19,312 | 1,351,840 |
| 14A | 14A | 14 | 72 | 170 | 60 | | | צ. בטון קיים | | |

| | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|----------------------|-----|-----|----|-----|------|-----|-----|-----|
| | | 40 | | | | | | | | |
| | | צ.בטון קיים 40 | | | 50 | 130 | 36 | 14A | 14B | 14B |
| 2,317,440 | 19,312 | מעביר מים 230/180 | 180 | 380 | | 120 | 2592 | 14 | 15 | 15 |
| 1,931,200 | 19,312 | מעביר מים 230/180 | 180 | 380 | | 100 | 2556 | 15 | 16 | 16 |
| | | צ.בטון קיים 40 | | | 40 | 140 | 0 | 16 | 16A | 16A |
| | | צ.בטון קיים 40 | | | 40 | 100 | 0 | 16A | 16B | 16B |
| 1,544,960 | 19,312 | מעביר מים 230/180 | 180 | 380 | | 80 | 2520 | 16 | 17 | 17 |
| 1,631,700 | 18,130 | מעביר מים 220/180 | 180 | 340 | | 90 | 2304 | 17 | 18 | 18 |
| 1,631,700 | 18,130 | מעביר מים 220/180 | 180 | 340 | | 90 | 2304 | 18 | 19 | 19 |
| | | צ.בטון קיים 40 | | | 40 | 110 | 0 | 19 | 19A | 19A |
| 1,994,300 | 18,130 | מעביר מים 220/180 | 180 | 340 | | 110 | 2268 | 19 | 20 | 20 |
| 2,333,920 | 14,587 | מעביר מים 190/180 | 180 | 220 | | 160 | 1908 | 20 | 21 | 21 |
| 1,021,090 | 14,587 | מעביר מים 190/180 | 180 | 220 | | 70 | 1836 | 21 | 22 | 22 |

בסיס נתונים: ה.מ.ד.י הנדסה בע"מ

למרות הסכמה עקרונית בין יועצי הניקוז כי הפתרון הסביבתי באגן רמת אביב יכול לתת מענה מסוים ולחסוך בעלויות שדרוג של מובלים מסוימים, מאחר וקיים פער בהערכות השונות, מומלץ להזמין הערכה של יועץ ניקוז נוסף

1. עלויות פתרון נופי לניהול נגר-הפתרון הנבחר

כאמור, אחרי התלבטות, הוחלט לבחון את הפתרון המציע מתקן איגום תת קרקעי מבטון. פתרון זה דורש שטח גדול יותר ומצריך מערכת צנרת להוצאת עודפי המים. הפתרון נבחר על אף העובדה שהוא גם היקר ביותר מבין החלופות שהוצגו.

השוני בחוות הדעת מתייחס הן להערכת החיסכון האפשרי כפי שהוצגה לעיל, והן הערכת העלות הקמת המאגרים: בחוות הדעת של חברת ה.מ.ד.י מדובר על שלושה מאגרים תת קרקעיים העלות המוערכת להקמה עומדת על מעל ל- 35 מיליון ₪

תרשים מס' 4 : עלות הקמת מערך המאגרים התת קרקעיים של פי הערכת משרד ה.מ.ד.י

| המקום | איגום דרוש (מ"ק) | עלות ביצוע איגום תת קרקע ות"ש (ש) | הוצאות נלוות (ש) | פיתוח הוצאות (ש) | תכנון הוצאות (ש) | סה"כ |
|-------------------|------------------|-----------------------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| גן סול וסיסי מארק | 10,600 | 18,550,000 | 3,710,000 | 1,325,000 | 23,585,000 | |
| גן אליאנס | 4,800 | 8,400,000 | 1,680,000 | 600,000 | 10,680,000 | |
| גן יוסף פוליטי | 480 | 840,000 | 168,000 | 60,000 | 1,068,000 | |
| | | = | | | | 35,333,000 |

כמו כן, התקבלה חוות דעת שניה ממשרד סירקין-בוכנר-קורנברג של עלות הקמת מתקן אחד. ההערכה הינה של 18.85 מיליון ש"ח להקמת האיגום התת קרקעי. עלות זאת כוללת את המרכיבים הבאים:

- עלות ביצוע איגום תת קרקעי בנפח 8,000 מ"ק מבטון כולל עבודות להקמת האיגום (בריכת בטון עגולה), מע"מ + בלתי צפוי מראש (בצ"מ) + הוצאות שדה (מדידות, בדיקות קרקע, תכנון, פיקוח) - 14 מיליון ש"ח
- הוצאות פיתוח נלוות לפתרון, כ- 5 דונם בעלות פיתוח של 450 ש"ח למ"ר = 2,250,000 ש"ח X 40% (מע"מ + בצ"מ) - 3.15 ממיליון ש"ח
- עלות צוות התכנון (אדריכל נוף, מהנדס ניקוז, קונסטרוקטור, הידרולוג, יועץ קרקע (לרבות קידוחים), יועץ בטיחות וכלכלן: 1.7 מיליון ש"ח

לאור השוני בחשובי התועלת של פרויקט ההשגה, ושוני בהערכת העלות, עולה כי ההערכה של ה.מ.ד.י. מראה שהחיסכון מעלות הפתרון הסביבתי הינו 7.950 מיליון ש"ח בשדרוג המובילים ברמת אביב.

לעומת זאת, בהערכת חוות הדעת של "סירקין בוכנר קורנברג מהנדסים יועצים" החיסכון עומד על 22.7 מיליון ש"ח, מעל ל 25% מעלות המוצעת בתוכנית התיעול המקורית.

תרשים מס' 4: עלות תועלת של הקמת מאגר תת קרקעי באגן רמת אביב על פי חוות הדעת של סירקין בוכנר קורנברג מהנדסים יועצים"

| | |
|--|----------------|
| עלות מרכיבי המובל המרכזי | 41,502,260 ש"ח |
| עלות השהייה | 18,850,000 ש"ח |
| סה"כ חיסכון לאחר הפחתת עלות מערכת השהייה | 22,652,260 ש"ח |

חסכון זה, אינו כולל מספר מרכיבים נוספים אשר ניתנים לתמחור בהם :

| סירקין בוכנר קורנברג מהנדסים יועצים | ה.מ.ד.י הנדסה (מתכנני תוכנית האב) | |
|---|--|---|
| <u>22,652,260 ש"ח</u> | <u>7,950,000 ₪</u> | חיסכון |
| 6.34 מיליון ש"ח | 2.226 מיליון ש"ח | הצורך במימון (2.5% בשנה) ל-120 חודשים |
| חוסר הנוחות לתושבים – עמידה בפקקים, עלויות דלק, עלויות איחור לעבודה | | |
| 2010 ק"מ = 1000 רכבים ביום * 7 ימים = 3.3768 מיליון ₪ | 3200 ק"מ = 1000 רכבים ביום * 7 ימים = 5.376 מיליון ₪ | הבטים סביבתיים הכרוכים במפגעים הקשורים לתקופת השיפוץ: זיהום אוויר, שינוי אקלים, רעש, מפגעים וכד' 5 סנט לק"מ לרכב (רק לשם השוואה) ⁵ |
| התמודדות של העירייה עם חוסר שביעות רצון ותלונות. | | |
| עלויות בלתי מתוכננות מראש כתוצאה מעבודה בתנאי שטח מגוונים | | |
| התועלות האפשריות לתושבים: השימוש וההנאה מהגן שישופץ. | | |

⁵ The True Costs of Automobility: External Costs of Cars Overview on existing estimates in EU-27

4. סיכום

בחינת הפתרונות המוצעים לניהול מי נגר באגן רמת אביב ובחירה של הפתרון מעלה כי שימוש בפתרונות שהייה יכולים להביא לחסכון של מ 7.95 מיליון ₪ ועד 22 מיליון ₪, עוד בטרם מחשבים את חסכונו נוספים, כגון חסכון בעלויות החיצוניות הסביבתיות.

הניתוח הנופי-הנדסי, מראה כי גם בשאר האגנים ישנם פתרונות נופיים סביבתיים שונים שיכולים לפתור את הצורך בהחלפת מערכת הניקוז. על בסיס מה שנלמד מניתוח אגן רמת אביב ניתן איפה להעריך שמ-9.955 מיליון ₪ הנדרשים לסיום יישום תוכנית האב לתיעול בכללותה, ניתן לחסוך לפחות כ- 239 מיליון ₪.

במטרה להשלים את בחינת הערכה הכלכלית סביבתית נדרשים עוד מספר צעדים:

- א. לקבל חוות דעת מהנדס ניקוז נוסף המתייחסת ליישמות הפתרונות הנופיים סביבתיים חלופיים לתיעול באגן רמת אביב. לקבל חוות דעת שלישית, של גורם חיצון ואובייקטיבי.
- ב. בחינה לעומק של הפתרונות השונים ויישומותם, על ידי תכנון מפורט וביצוע סקרים על הרכב הקרקע, אופיו ויכולת הספיקה.
- ג. במטרה להשלים את ההערכה הכלכלית נדרשת חוות דעת נוספת של מהנדס ניקוז באשר ליישומותם של פתרונות שהייה שהוצעו בכלל האגנים, כמה מים הם יכולים להשהות והחיסכון האפשרי מביטול חלקי של החלפת המערכת.

מקורות :

- חברת ה.מ.ד.י הנדסה, תוכנית האב לתיעול עיריית תל אביב, 2013, תל אביב .
- אדר' נוף ליאור לווינגר, אדר' גיא נרדי, אדר' נוף לירן מלכה, **סטודיו אורבנוף**, תכנית האב לניקוז תל אביב – יפו נספח ניהול נגר / נספח מנחה לתכנון פיתוח, יולי 2013, תל אביב.
- סירקין, בוכנר, קורנברג, חוות דעת לניהול מי נגר אגן רמת אביב בתכנית אב לניקוז תל אביב, יולי 2013, תל אביב.
- Landscape Architecture Foundation, "William G. Milken Park and Harbor, Phase 2 Lowland Park", 2010. Available online:
/ <http://www.lafoundation.org/research/landscape-performance-series/case-studies/case-study/608>
- Prof. Dr. Ing. Udo J. Becker, Thilo Becker, Julia Gerlach "The True Costs of Automobility: External Costs of Cars Overview on existing estimates in EU-27", Technische Universität Dresden. Available online: http://www.greens-efa.eu/fileadmin/dam/Documents/Studies/Costs_of_cars/The_true_costs_of_cars_EN.pdf

תכתובות :

- דוד יילו לודוד ג'קמן, הנושא : פתרונות השהייה, במערכת התיעול, באגן רמת אביב, בתל אביב, 30.7.2013
- אלון ברש ליואב דוד, הנושא : אביב – אגן רמת אביב – ניהול נגר, 5.8.2013