

שרון כץ שמואל בורמיל נעמי כרמון אורי שמיר

תכנון עירוני רגיש למים

החדרת גשם למי התהום
באמצעות עיצוב חצרות

ספר עזר לאדריכלים ואדריכלי נוף
מתכננים סביבתיים ומהנדסי ניקוז

סדרת מחקרי המרכז לחקר העיר והאזור

תוכן העניינים

חלק ראשון : המחקר, רקעו וחשיבותו עבור אקוויפר החוף הישראלי 9

פרק 1 : הרקע למחקר, מטרתיו ונוהליו 9

1.1 הרקע למחקר 9

1.2 מטרת העבודה, שלביה ושיטותיה 10

פרק 2 : סקירת ספרות - בנייה עירונית והשפעתה על נגר עירוני ומי התהום 12

2.1 השפעת פיתוח עירוני על מאזן המים באקוויפר 12

2.2 השפעת פיתוח עירוני על איכות מי התהום 14

2.3 בעיות במדידה והערכה של כמות ואיכות מי התהום 17

פרק 3 : סקירת ספרות - אמצעים לטיפול במי נגר ברמת המיקרו 19

3.1 אמצעים לאיסוף מים לשימוש מידי 20

3.2 אמצעים להגדלת החדרת מי נגר – מבט בינלאומי משווה 21

3.2.1 יפן 22

3.2.2 אוסטרליה 23

3.2.3 קנדה 25

3.2.4 ארה"ב 26

3.2.5 בריטניה 30

3.2.6 ישראל 31

3.2.7 סיכום 35

פרק 4 : אקוויפר החוף של ישראל והבנייה העירונית מעליו 36

4.1 היבטים פיזיים של האקוויפר 36

4.1.1 מיקום וגבולות 37

4.1.2 מסלע וקרקע באקוויפר ומעליו 37

4.2 כמות המים ואיכותם באקוויפר החוף 39

4.2.1 כמות המים 39

4.2.2 איכות המים 41

4.3 נוף עירוני ותכסית אטומה מעל אקוויפר החוף 43

4.3.1 עבר והווה בבינוי מעל אקוויפר החוף 43

4.3.2 עתיד: תחזיות על-פי "ישראל 2020" - תוכנית אב לישראל בשנות

אלפיים 44

4.4 סיכום 46

חלק שני : תכנון ועיצוב החצר העירונית באופן המגביר החדרה של מי גשמים 48

פרק 5 : בדיקת התכנון והעיצוב בישראל כיום 50

5.1 אדריכלי נוף 50

50	5.1.1	ההכשרה המקצועית בנושאי ניקוז של סטודנטים לאדריכלות נוף
52	5.1.2	אדריכלי נוף ויחסם לנגר עילי וניקוז עירוני
52	5.2	מהנדסים העוסקים בניקוז
52	5.2.1	ההכשרה המקצועית של מהנדסים העוסקים בניקוז
53	5.2.2	מהנדסים העוסקים בניקוז ויחסם לנגר עילי וניקוז עירוני
55	5.3	הפרקטיקה לניקוז חצרות המקובלת בישראל והרצון הרווח לשנותה
57	פרק 6 :	בדיקת ייתכנות של עיצוב חצרות באופן המגביר החדרת מי גשמים
57	6.1	שיטת הבדיקה
57	6.1.1	הצעת מסגרת לבדיקת ייתכנות והבדיקות שבוצעו
	6.2	שיטה לחישוב כמות המים הניתנת להחדרה ומסקנות ראשוניות שהושגו בעזרתה
59		
62	6.3	שיקולים להבטחת איכות המים המוחדרים
64	6.4	ייתכנות חוקית ומנהלית
64	6.4.1	תחיקה ותקנות רלוונטיות בישראל
67	6.4.2	חיוב בחוק לעומת תמרוץ כלכלי
68	6.5	ייתכנות הקמה ותפעול של מתקנים ואמצעים נבחרים
68	6.5.1	גדר מבנייה קשה
70	6.5.2	תוספת מתקני החדרה בחצר
87	פרק 7 :	הצעת עקרונות לתכנון רגיש למים של החצר והגינה בבית מגורים עירוני
88	7.1	הפיכת מגרש הבנייה לאגן היקוות קטן
	7.1.1	הזרמת מי הגג והשטחים המרוצפים לחצר במקום למערכת הניקוז העירונית
88		
89	7.1.2	בניית קיר גדר סביב המגרש
90	7.2	הגברת חלחול מי הנגר בחצר ללא תוספת מתקני החדרה
90	7.2.1	תכנון היחס בין השטח החדיר לאטום
92	7.2.2	תכנון השטח המרוצף בחצר
98	7.2.3	תכנון השטח החדיר בחצר
102	7.3	הבטחת חלחול מכסימלי של מי הנגר בחצר בעזרת תוספת מתקני החדרה
103	7.4	מניעת הצפות והרחקת מים עומדים מן הבניין
104	7.5	תכנון הגן והצמחייה בחצר
	פרק 8 :	הצעה ליישום תכנון רגיש למים בחצרות בניינים בשכונה נבחרת ובחינת השפעה על כמויות המים המוחדרות לקרקע
107		
108	8.1	תאור השכונה
109	8.1.1	נתונים טבעיים
109	8.1.2	תיאור השטחים הבנויים
116	8.1.3	הטיפול במי נגר בשכונה
121	8.2	בחירת מגרשים טיפוסיים ותיאורם

123.....	8.3	חישוב כמויות הנגר והחידור במגרשים הנבחרים על-פי התכנון הקיים בשכונה
	8.4	הצעות לתכנון רגיש למים של מגרשים נבחרים וחישוב כמויות הנגר וההחזרה
125.....		בס
127.....	8.4.1	מגרש א'
136.....	8.4.2	מגרש ב'
144.....	8.4.3	סיכום

148 חלק שלישי : מסקנות עבור מדיניות, תכנון, ביצוע ומחקר

149..... פרק 9 : מסקנות והמלצות עבור מדיניות ציבורית

	9.1	הגברת המודעות בקרב הציבור, נבחרי ציבור, ונושאי משרות בשלטון המרכזי
149.....		וברשויות המקומיות
150.....	9.2	תמרוץ ואכיפה
151.....	9.3	המלצה לחוק מיוחד בנושא
151.....	9.4	הכשרת בעלי מקצוע

152..... פרק 10 : מסקנות והמלצות לשינויים בתכנון ובהכנת תכניות בנייה

153.....	10.1	שינוי בנהלי תכנון של הרשויות המקומיות
153.....	10.2	תכנון נאות (Good practice) של מגרשי בנייה בודדים
158.....	10.2.1	בנייה קיימת לעומת בנייה חדשה

159..... פרק 11 : המלצות למחקר וניסויי שדה

159.....	11.1	לטווח הקצר
160.....	11.2	לטווח הארוך

183 מקורות

רשימת נספחים

163	החישוב ותוצאותיו עבור קריית גנים על פי מודל SWMM	נספח א'
166	מודל הידרולוגי לרמת המיקרו	נספח ב'
177	תכונות החלחול של הקרקע במישור החוף	נספח ג'

ספר זה מצטרף לסדרת פרסומים, הרואים אור כחלק ממחקר בנושא: תכנון עירוני רגיש למים: הגנה על אקוויפר החוף הישראלי. המחקר נערך בטכניון מאז שנת 1995, תוך שיתוף פעולה בין מתכנני ערים ואדריכלי נוף במרכז לחקר העיר והאזור, לבין מהנדסי מים מן המכון למחקר המים שבטכניון. הספר הנוכחי מבוסס על מחקר לתואר שני של שרון כץ, בהנחיית המחברים האחרים.

במחצית הראשונה של שנות ה-90 בוצע בפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים פרויקט גדול של מחקר ותכנון, שכותרתו: "ישראל 2020 – תכנית אב לישראל בשנות האלפיים". התחזיות שנערכו במסגרת פרויקט זה הורו, שעד שנת 2020 יתיישב במישור החוף המיליון השלישי, ושהבנייה הנדרשת עבורו תכפיל את השטח האטום (בהשוואה לשנת 1990) מעל אקוויפר החוף ותוסיף לאקוויפר מזהמים רבים. יוזמי המחקר על תכנון עירוני רגיש למים, נעמי כרמון (תכנון עירוני) ואורי שמיר (ניהול משאבי מים), שמאוחר יותר הצטרף אליהם שמואל בורמיל (אדריכלות נוף), הציגו את המטרה הבאה: בניית גישה תכנונית שתאפשר להמשיך בפיתוח העירוני האינטנסיבי במישור החוף הישראלי, מבלי לפגוע בכמות ובאיכות של מי התהום שמתחתיו. הגשמת מטרה זו במציאות הישראלית מחייבת קבלה של העיקרון הקובע, כי הנגר העירוני הינו משאב ולא מיטרד, עיקרון שהוצע ע"י גרתי וחבריו (1996).

במסגרת המחקר הנדון בוצעה וממשיכה להתבצע סדרה של עבודות:

□ ארבע עבודות מאסטר, שתיים בתכנון עירוני ושתיים בהנדסה אזרחית, בהנחיית החוקרים הראשיים (ר' רשימת פרסומים בדף האחרון בספר זה); עבודה חמישית, המתמקדת בשימוש מושכל במים במשק הבית העירוני, נמצאת בשלביה הראשונים.

□ דו"ח מחקר מקיף (כרמון ושמיר, 1997), הכולל סקר ספרות רלבנטית בינלאומית וישראלית, חישובים של הפסדי מים לאקוויפר החוף עקב בנייה עירונית, ושני פרקים שהוזמנו ממומחים: האחד עוסק בנושאי איכות מים (ד"ר רוברט ארמון) והשני מנתח היבטים משפטיים ומנהליים של תכנון רגיש למים (עו"ד דניס גולדמן).

□ מדידות אמפיריות מוגבלות בהיקפן (בשל אילוצי תקציב) של כמות מי נגר ואיכות מי נגר בפתחיהם של מגרשי מגורים ובפתחי מערכות ניקוז של מבנים עירוניים (מקבצי בניינים) ברצועת החוף. התוצאות תעובדנה לדו"ח מחקר שיוגש לנציבות מים ולמשרד הבינוי ושיכון.

הספר הנוכחי כולל בתוכו חלקים מן המימצאים והמסקנות העיקריות של קודמיו וממשיך מעבר להם. יש בו סקירה מקיפה של אמצעים מקובלים לטיפול במי נגר עילי בעיר, כפי שמשמשות בס שש מדינות, כולל ישראל. בהקשר הישראלי, יש בו בדיקת ייתכנות (feasibility) כוללת של עיצוב החצרות של בתי מגורים עירוניים, באופן המגביר החדרת מי גשמים. בעקבות הבדיקה גובשה הצעת עקרונות לתכנון רגיש למים של החצר והגינה בבית מגורים עירוני. הספר כולל גם הדגמה מפורטת של העקרונות, כפי שהם באים לידי ביטוי בעיצוב מוצע של שני מגרשים שונים של בנייה עירונית למגורים.

תודתנו נתונה לרבים שסייעו למחקרנו, ביניהם: ד"ר אבנר קסלר, יועץ להידרולוגיה ומשאבי מים, ד"ר שמואל אסולין, שסייע בהכרת תכונות הקרקע, ה"ה רמי גרתי, ד"ר משה גטקר ושמואל ארבל מן התחנה לחקר הסחף, ד"ר אריה בן-צבי מן השירות ההידרולוגי, ד"ר ישראל גב מאגף התכנון של נציבות המים, המהנדס יגאל גוריון, מתכנן הניקוז רוני שועל, המתכנתת אריאלה וינברג, אדריכלי נוף ומהנדסים אזרחיים, שסיפקו מידע וענו על שאלונים. תודה מיוחדת אנו חייבים ללאה קרונבטר, דוקטורנטית בפקולטה להנדסה אזרחית בטכניון.

החוקרים מודים לגופים שסייעו במימון המחקר: נציבות המים, המשרד לאיכות הסביבה והקרנות לעידוד המחקר בטכניון. תודה גם לקרן Marco and Luise Mitrani, שהעניקה מלגת לימודים לשרון כץ.

בזמן שחלף מאז סיום מחקר זה ועד הוצאתו לאור כספר של המרכז לחקר העיר והאזור, פורסמו עבודות רלבנטיות נוספות. ברצוננו להפנות את תשומת לב הקוראים במיוחד לעבודתם של ע. שלם, י. בלבן, ר. באר ורן פאוקר (2001), תכנון גנים ונוף חסכנים במים, בהוצאת האגף לקידום החיסכון במים, נציבות המים, משרד התשתיות הלאומיות. עבודה זו כוללת גם רשימת מקורות נוספים.

תמצית מסקנות המחקר והמלצותיו

על בסיס סדרת העבודות שבוצעה בטכניון מאז שנת 1995, כולל העבודה המוצגת בסקר זה, מוגשת בזאת סדרה של מסקנות, ובעקבותיהן המלצות.

מסקנות עיקריות

שימור כמותם ואיכותם של המים באקוויפר החוף אינו מחייב הימנעות מבנייה על פני מישור החוף, ואפילו לא צמצום של הבנייה והפעילות העירונית. השימור מחייב בנייה ופיתוח בהתאם להנחיות של תכנון עירוני ידידותי למים, שמשמעותו: התאמת הנחיות של תכנון מרחבי עירוני – בעיקר, שימושי קרקע, צפיפות ותכסיות קרקע – לידע בדבר ההשפעות הצפויות של התכנון על כמות ואיכות משאבי המים המקומיים.

לתכנון עירוני ידידותי למים עשויות להיות מטרות מגוונות. התנאים המקומיים הם הקובעים איזה מן המטרות הבאות תהיינה המובילות בכל מקרה.

□ שימור כמות ואיכות מי התהום - אימוץ מטרה זו חיוני, כאשר ההתיישבות העירונית מתקיימת ומתפשטת מעל אקוויפר פריאטי. זוהי המטרה המובילה את הפעילות והמחקר בישראל (ההתיישבות גדלה בעיקר במישור החוף, שרובו מעל לאקוויפר החוף הפריאטי), כמו גם בפרת' באוסטרליה ובלונג איילנד בארה"ב.

□ הוזלת העלות של מערכות הניקוז - להשגתה של מטרה זו באמצעות תכנון הולם, שיגביר את החלחול סמוך למקום ירידת הגשם, יש תועלות כלכליות ברורות. למרות זאת, הפרקטיקה המקובלת של תכנון הניקוז נוטה להתעלם מן האפשרות להקטין ולהוזיל את מערכות הניקוז באמצעות השהייה באגן והגברת החלחול.

□ הקטנת כמות ועוצמה של שטפונות בערים - מטרה חשובה, בעיקר במקומות שבהם רווחים אירועי גשם אינטנסיביים, שבהם יורדים גשמים רבים תוך שעות ספורות ונוצר נגר רב. מטרה זו מובילה את הפעילות בטוקיו שביפן, בסיאטל שבארה"ב ובערים אחדות בגרמניה ובדנמרק. במקומות אחרים, כמו בישראל, מטרה זו פחות דומיננטית, ובכל זאת בעלת חשיבות.

□ שיפור הנוף העירוני - מטרה נלווית אפשרית בכל מקום. הכוונה היא לשימוש במי הגשמים כאלמנט התורם לנוף ולאסתטיקה המקומיים; שימוש במים לשם ריבוי צמחיה ירוקה (בעיקר במקומות מעוטי גשם), ליצירת בריכות נוי ונופש, מפלים, מזרקות, ונחלי מים זורמים בשטחים הפתוחים.

□ שימור המאזן ההידרולוגי הטבעי - הכוונה היא לשימור המאזן ההידרולוגי המקומי הטבעי, מבחינת נגר על-קרקעי, חלחול והתאדות. מטרה זו (המכונה באנגלית: LID – Low Impact Development), מקובלת במקומות בעלי מודעות גבוהה לערכים סביבתיים; בולט ביניהם: Prince George's County, near Washington DC, USA.

□ צורות הבנייה המקובלות בישראל אוטומות בהדרגה את אקוויפר החוף. המתכננים העירוניים בהתאם להכשרתם הנהוגה כיום, רואים בנגר העל-קרקעי מיטרד. לפיכך, הם מכוונים את רוב הגשם היורד על התכסית האטומה (על גגות ועל שטחים סלולים ומרוצפים) אל מערכת הניקוז. שבעים אחוז ממהנדסי עיר שהשיבו לשאלון המחקר מסרו, שמערכות הניקוז העירוניות בנויות כך שרוב המים מן המגרשים הבנויים, מן הגינות והרחובות, מוזרמים אל כבישים ראשיים, המובילים אותם לצינורות הניקוז, המוזרמים אל הואדיות שבקרב הערים ומהם אל הים.

להלן אומדן הפסדי החלחול מכלל שטח אקוויפר החוף, מבוסס על צורות הבנייה המקובלות של אזורי מגורים במישור החוף (כרמון ושמיר, 1997, עמ' III ועמ' 26-31):

שטח אקוויפר החוף בישראל כ-1900 קמ"ר (= 100%)			
הפסדי חלחול	תכסית אטומה בתוך היישובים וביניהם	שטח מפותח בתוך היישובים וביניהם	
70 מיליון מ"ק לשנה	13%	35%	1990
150 מיליון מ"ק לשנה	26%	67%	תחזית ל-2020

האומדנים הללו מתייחסים לכמות המים. בנוסף לכך, פיתוח עירוני על-פי הגישה המקובלת כיום פוגע באיכות המים ומייקר את עלויות מערכות הניקוז.

I. דרך המלך למיתון ההשפעות השליליות של הבנייה ופיתוח העירוניים על מי התהום היא החדרת מי הגשמים לקרקע סמוך כל האפשר למקום נפילתם (on-site). להחדרה כזו יתרונות רבים, התורמים להשגת מטרתיו המגוונות של תכנון עירוני רגיש למים, ביניהם:

- הגדלת כמות המים המעשירים את מי התהום;
- שיפור איכות המים המגיעים למי התהום – אם לא יוחדרו המים סמוך למקום הנפילה, הם יזרמו בכבישים ובאזורים מזהמים של העיר, יספחו אליהם מזהמים, וכאשר יחלחלו למי התהום יגרמו לזיהום;
- הקטנת שכיחותן של הצפות בשטח העירוני ובנחלים, כפועל יוצא של הקטנת הנפחים והספיקות של הנגר העירוני;
- פוטנציאל לחסכון בגודל ועלות של מערכות הניקוז;
- סיוע ביצירת סביבה עירונית ירוקה.

המלצות עיקריות

מומלץ לבצע בהקדם שורה של פעילויות, על מנת לקדם את מכלול המטרות שנימנו לעיל: שימור כמות ואיכות מי התהום, הוזלת העלות של מערכות הניקוז, הקטנת כמות ועוצמה של שטפונות בערים, שיפור הנוף העירוני ושימור המאזן ההידרולוגי הטבעי. נפרט תחילה הנחיות תכנון מומלצות, ולאחר מכן את הדרכים הנאותות – לדעתנו – לגרום להתממשותן.

המלצות לתכנון רגיש למים של מגרשי בנייה עירוניים, פרטיים וציבוריים

ההמלצות מתאימות ליישום בכל פרויקט של בנייה חדשה, ובדרך כלל גם בבניינים ובחצרות של בנייה ותיקה. החישובים מותאמים לתנאים של מישור החוף הישראלי, וחשוב במיוחד לדאוג למימוש ההמלצות באזור זה, שמעל לאקוויפר החוף. סביר להניח, שיהא מועיל ליישמן גם בכל אזור אחר בארץ. ההמלצות הותאמו למגרשים של בנייני דיור, והן הולמות בעיקרן גם את רוב המגרשים של בניינים ציבוריים.

ההמלצות מכוונות לשימושם של:

- מתכננים – בעיקר אדריכלים, אדריכלי נוף, מהנדסי ניקוז;
 - יזמים ובונים – אלה עשויים להרוויח מיצירת "תדמית ירוקה" לפרויקטים שלהם;
 - תושבים ודיירים – כל אדם בתחום הבית והחצר שברשותו יכול לתרום לקידום מכלול המטרות הנ"ל, באמצעות הפעולות שלהלן.
- להלן עיקרי ההמלצות התכנוניות:

1. מומלץ להשאיר שטח חדיר בכל מגרש בנייה, בשיעור של 15% לפחות משטח המגרש, שטח מגונן, אך אפשר גם שטח מכוסה חצץ או טוף.
2. מומלץ להפוך מגרשים בנויים ל"אגני היקוות זעירים", המשאירים בתוכם את כול או רוב כמות הגשם היורדת עליהם, באמצעות:
 - 2.1 גדר אבן בגובה 20 ס"מ לפחות, שתוצב בקצה המגרש שאליו מופנים השיפועים שבמגרש, ויהיה בה מוצא לעודפי מים העשויים להיווצר בעת סופות גדולות;
 - 2.2 חיבור השטחים האטומים (גגות, שטחים מרוצפים) לשטחים החדירים שבמגרש, בעזרת מרזבים מהגגות ושיפועים מתוכננים בחצר.
3. מומלץ לשמור על כושר החדירות של הקרקע הטבעית בשטח החדיר, ע"י מניעת ערבוב חומרי בנייה וחומרים אוטמים אחרים בקרקע הטבעית, מניעת הידוק הקרקע, וערבוב חומרים המשמרים את חדירות הקרקע.
4. במקומות בהם אי אפשר להקצות מספיק שטח חדיר, מומלץ לבנות מתקני החדרה פשוטים, כגון: רצועת החדרה, תעלת החדרה או באר יבשה (ר' פירוט בגוף העבודה).

5. מומלץ להשתמש בחומרי ריצוף חדירים, בשבילים ובמשטחי חניה פרטיים.

עפ"י מימצאי מחקרנו, אמצעים פשוטים ולא יקרים אלה, יחדירו לקרקע של המגרשים הבנויים במישור החוף-הישראלי את רוב הנגר העילי הנוצר בס. הקפדה על (1), (2) ו-(3) בלבד תשאיר ותחדיר בדרך-כלל במגרש כשני שלישים מהנגר הנוצר בו. השימוש במכלול האמצעים הנזכרים לעיל יימנע כליל בדרך-כלל יציאתו של נגר עילי במשטח המגרש הבנוי.

דרכים למימוש תכנון עירוני רגיש למים

1. מומלץ שרשות ממשלתית (המשרד לאיכות הסביבה, בשיתוף עם נציבות המים) תפרסם המלצות

כ"ל לתכנון עירוני רגיש למים, ותדאג להפצתן לכל הגופים הרלבנטיים, ביניהם: ועדות תכנון מחוזיות ומקומיות, משרדי מהנדס העיר בכל הרשויות המקומיות, ארגוני מתכננים למיניהם וארגוני יזמים ובונים בישראל. מומלץ להכין גם חוברות לאזרחים, שתסבירה את התפקיד שיכול למלא כל תושב בשימור משאבי המים של המדינה, חוברות שתופצנה באמצעות ארגונים וולונטריים, המאמצים "מטרות ירוקות".

2. לא רצויה אכיפה (בצורת תקנות בנות ענישה) של המלצות תכנון וביצוע מעין ה"ל, לפחות לא

במגרשי בנייה פרטיים – למרות שמימצאינו מצביעים על החשיבות הרבה של יישום ההמלצות לתכנון עירוני רגיש למים עבור משאבי המים של מדינת ישראל (כמות ואיכות המים באקוויפר החוף) ועבור איכות החיים בערים (הקטנת שטפונות, שיפור הנוף העירוני), איננו ממליצים על הוצאת תקנות מחייבות בנושא זה. כל אחת מן הסיבות שלהלן בפני עצמה די בה כדי להימנע מהוצאת תקנות מחייבות, ממשלתיות או מקומיות, וודאי שצירופן מהווה טיעון משכנע כנגדה:

□ מחוסר תקציבים מיועדים, אי אפשר לממש אכיפה של הנחיות תכנון חדשות ומפורטות בכל מגרש בנייה פרטי; אין כל טעם לצרף תקנות חדשות לשורה ארוכה של תקנות קיימות בנושאי שימור משאבי טבע, שאין מקיימים ואין אוכפים אותן.

□ החישובים שעליהם מבוססות ההמלצות ה"ל מתייחסים לתנאים בלב מישור החוף, מוקדם מדי לטעון שיש לחייב את כל תושבי ישראל לממש אותן.

□ החישובים שעליהם מסתמכות ההמלצות ה"ל אינם מבוססים על מדידות בשדה הפרקטי, אלא על סימולציות. הסימולציות נערכו בעזרת מודלים מקובלים, המשמשים את המהנדסים הבונים מערכות ניקוז עירוניות, ומשום כך יש תוקף לתוצאותיהם במידה המאפשרת יצירת המלצות כ"ל. אולם אין דינן של המלצות, שתבוצענה באופן וולונטרי וחלקי, כדינן של תקנות, המחייבות ביצוע כללי וגורף. לפני הוצאת תקנות כאלה יש לערוך מחקרים נוספים, שיכללו מדידות קפדניות בשטח, בתנאים שונים. עלינו לבחון, בין היתר, איך להבטיח שביצוע שלם של הנחיות כ"ל לא יגרום להצפת דירות בקומות התחתונות באירוע גשם קיצוניים ולא יזיק לתשתיות מבנים ולחלקים תת-קרקעיים שלהם. כמו כן חשוב להעריך את השפעת מימוש התקנות על הזרימות בנחלים.

3. המלצה לרשויות מקומיות (חלקן) לאכוף תכנון רגיש למים בפרויקטים ציבוריים, שהן אחראיות

להקמתם – על בסיס בחינה מפורטת של הנושא בידי עו"ד מומחה הגענו למסקנה, שיש בסיס

חוקי ומינהלי ליישום מיידי של המלצות המחקר ע"י רשויות מקומיות וועדות תכנון מחוזיות ומקומיות, המעוניינות בכך. אנו ממליצים בפני רשויות מקומיות, אשר ממוקמות מעל אקוויפר החוף, לתרום למטרות הנזכרות בראש פרק ההמלצות ולהתנסות באכיפה של המלצות כנ"ל, וזאת באמצעות הפיכתן לתקנות מחייבות עבור מבני ציבור חדשים, החל מגני ילדים ובתי-ספר לסוגיהם, ועד מרפאות מקומיות, בתי כנסת, מרכזים קהילתיים וכו' (פירוט בנושאי מגרשים ובניינים ציבוריים יהיה בעבודת המאסטר של אנה לוי, שתסתיים תוך חודשים ספורים; ר' רשימת פרסומים בכריכה האחורית).

4. המלצה לרשויות מקומיות, במיוחד במישור החוף, ליצור תמריצים כלכליים לעידוד מימושן של תכנון עירוני רגיש למים – מומלץ שרשויות מקומיות תפעלנה את סמכותן, כדי לקנוס קבלני בנייה האוטמים את אקוויפר החוף, באמצעות היטל פיתוח כפונקציה של השטח הנאטם, וכדי לתגמל את קבלני הבנייה הבונים בהתאם להנחיות תכנון ידיותי למים, באמצעות הנחות על היטלים למיניהם. בעיקר מומלץ סיבסוד ישיר, תוך פרסום נאות, של פרויקטים ניסיוניים של תכנון עירוני ידיותי למים.

5. הגברה ניכרת של מודעות הציבור לנושא, בעיקר בעזרתם של "ארגונים ירוקים" – חיוני להגביר את מודעותו של הציבור הרחב לנושאי שימור מים בכלל, ובפרט לגבי השפעתה של הבנייה על משאבי המים והדרכים למיתון השפעות שליליות. מודעות כזו היא תנאי מוקדם להפעלת המלצות פעולה, שתטלנה על אזרחים את האחריות לעיצוב חצרות בתיים, כך שתתאפשר החדרת מי גשם רבים יותר לקרקע. יתר על כן, היא דרושה כדי להפעיל לחץ על נבחרי ציבור ופקידיהם, האמורים ליצור תמריצים הולמים לפעולות כאלה. נראה, שהקרקע כיום בשלה ליצירת "מודעות ירוקה" כזו. מומלץ שהמשרד לאיכות הסביבה יפיץ את דברו בנושא, כולל ההמלצות הנ"ל, בקרב "ארגונים ירוקים", ויפקיד בידיהם את הגברת המודעות הציבורית. במיוחד חשוב להיעזר בארגון "חיים וסביבה", המאגד תחת כנפיו עשרות ארגונים, שיש להם עניין בנושאי איכות החיים וסביבה. "פעילות מלמטה" (grass roots), העשויה להפיץ את הנושא מגני הילדים, דרך תנועות נוער ועד אזרחים בוגרים, היא שתקדם נושא זה, כמו שקידמה בעבר ותקדם בעתיד נושאים סביבתיים אחרים (שימור פרחי בר, למשל).

6. חינוך בעלי מקצוע באמצעות אוניברסיטאות ואגודות מקצועיות – בעלי המקצועות הרלבנטיים – אדריכלים ואדריכלי נוף, מהנדסי ניקוז ומהנדסי כבישים – חונכו להתייחס למי הנגר העילי בעיר כלמטרד, שרצוי להרחיקו מהר ככל האפשר מהשטח הבנוי. דרוש חינוך מחדש של בעלי המקצוע, שילמדם להתייחס למים אלה כמשאב ולא כמטרד. יש לשלב לימוד של הנושא בכללו ושל דרכים ספציפיות להחדרת מי נגר לקרקע בקורסים מתאימים, בטכניון ובאוניברסיטאות אחרות, וליצור קורסים וימי עיון לבעלי מקצוע ותיקים, בעיקר לאלה הפעילים במישור החוף.

7. המשך מחקר אינטנסיבי – לנוכח חומרת מצבם של משאבי המים בישראל, ולאור דלותו של הידע בנושאים רלבנטיים (ר' פירוט חלקי בעמוד הקודם ובפרק 2.3 שבספר), מומלץ לתמרץ את המחקר המטפל בהשפעות הפיתוח העירוני על ההידרולוגיה המקומית, ובאפשרויות להקטין את הנזקים שגורם הפיתוח לכמות ולאיכות המים התחתונים והעיליים. מומלץ להעניק עדיפות גבוהה למחקרים בנושאים הבאים:

- מיפוי מישור החוף בישראל, מבחינת רגישותם של אזורים ספציפיים לאיטום/החדרה של מים לאקוויפר – מיפוי כזה דרוש בעיקר על מנת להצביע על אזורים רגישים במיוחד, המחייבים כללים ואמצעים מיוחדים.
- מיפוי אזורים נוספים בישראל, שבהם יש סיכוי להעשיר את משאבי המים ע"י תכנון עירוני רגיש למים – דרושה התאמה של העבודות הקיימות לתנאים באזורים אלה.
- מדידות אמפיריות של כמות ואיכות מי נגר עילי ומים מחלחלים, בתנאי תכנון שונים, באקוויפר החוף – כל החישובים שנערכו במסגרת מחקר זה ומחקרים אחרים מבוססים על הרצת מודלים מקובלים; אומדנים מבוססי-מודלים אלה מספיקים על מנת להמליץ המלצות ראשוניות כנ"ל ולתמרץ פרויקטים ניסויים; חובה עלינו לתקף אמפירית את החישובים הללו, לפני חקיקת חוקים גורפים והתקנתן של תקנות מחייבות, שתחולנה על כל הבנייה העירונית בישראל.