

כנס ערים רגישות מים בישראל, אוניברסיטת תל אביב, יולי 2019

סדנת מידול הידרולוגי ואקלימי

חלק שלישי: יישום והדגמה

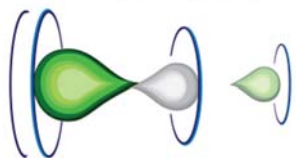
פרופ' אביתר אראל¹ וד"ר אביבה פיטרס²

¹ אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

² TerraVision Lab



The Center for Water
Sensitive Cities in Israel
המרכז לערים רגישות
מים בישראל





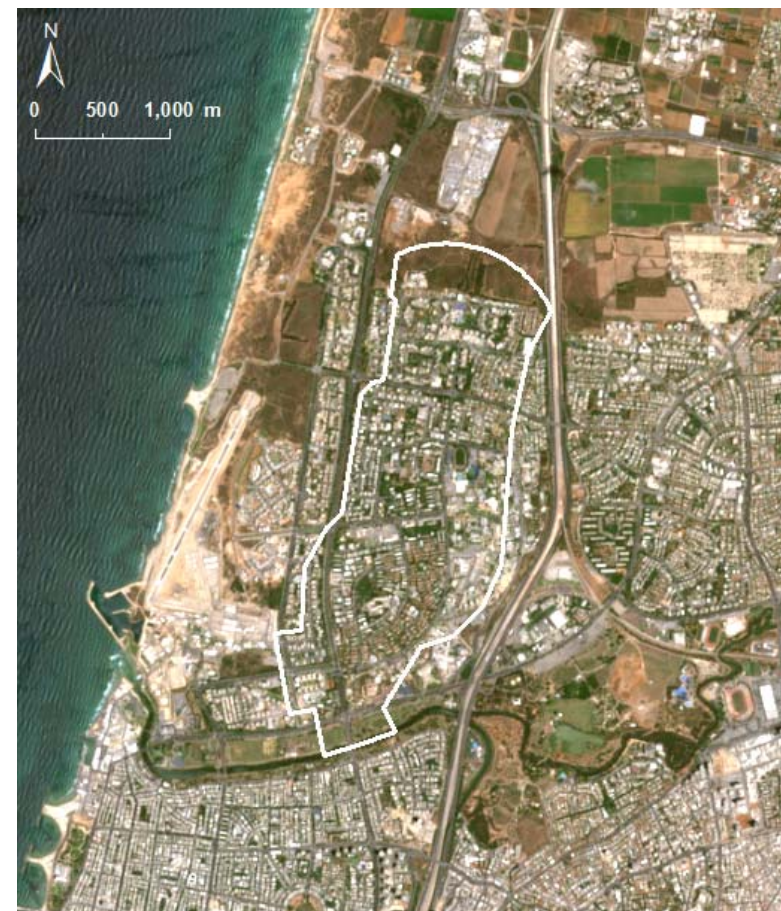
חלק שלישי: יישום והדגמה

הדגמה של המתודולוגיה המשולבת על שכונה עירונית (רמת אביב),
ביישום SUSTAIN למידול הידרולוגיה עירונית, CAT למידול מיקרו-
אקלים ו-ENERGYui למידול צריכת אנרגיה לאקלום.

שימוש במים וצמחייה להפגת אי החום העירוני

התהליך

1. הצורך: זיהוי 'כתמי חום' ('hot spots')
2. המשאב: מים וצמחייה
 - ✓ לאמוד זמינות מים
 - ✓ להציע אמצעים (LID) לטיפול בכתמי החום
3. הערכת ההשפעה של ההתערבות
 - נוחות תרמית להולכי רגל
 - צריכת אנרגיה בבניינים





קלט עבור CAT (1): נתונים מטאורולוגיים (קובץ TXT)

time stamp				weather						radiation			sun pos.	
yy	mm	dd	hh	Ta_met	RH_met	U10_met	Udeg_met	Cloud	RAIN	Iglob	Idif	Iir	ALTdeg	AZIddeg
1999	1	1	1	7.1	96	1	120	0	0	0	0	298	0	22.7
1999	1	1	2	6.6	95	1	120	0	0	0	0	296	0	66.7
1999	1	1	3	5.9	97	1	130	0	0	0	0	292	0	82
1999	1	1	4	5.4	97	1	120	0	0	0	0	290	0	91
1999	1	1	5	4.9	95	1	120	0	0	0	0	287	0	98.1
1999	1	1	6	4.4	93	1	120	0	0	0	0	284	0	104.8
1999	1	1	7	4.8	93	1	120	0	0	38	6	286	0	111.7
1999	1	1	8	7.3	94	1	120	0	0	134	24	299	2.9	119.4
1999	1	1	9	11.2	76	1	130	0	0	282	45	317	13.3	128.4
1999	1	1	10	16.0	55	1	150	0	0	420	57	339	22.5	139.2
1999	1	1	11	16.3	57	2.1	250	0	0	508	66	341	29.6	152.3
1999	1	1	12	17.0	50	2.1	260	0	0	547	66	343	34	167.8
1999	1	1	13	18.0	40	2.6	270	1	0	525	67	345	34.9	184.4
1999	1	1	14	17.2	62	3.1	260	1	0	440	69	348	32.1	200.7
1999	1	1	15	17.0	67	3.1	250	1	0	303	68	348	26.1	214.9
1999	1	1	16	16.0	69	3.6	250	2	0	157	56	342	17.8	226.8
1999	1	1	17	14.4	75	2.1	250	2	0	53	22	335	7.9	236.6
1999	1	1	18	12.5	85	0.2	5	3	0	1	1	326	0	244.8
1999	1	1	19	11.5	87	2.6	160	5	0	0	0	321	0	252
1999	1	1	20	11.5	87	2.6	180	6	0	0	0	321	0	258.8
1999	1	1	21	11.2	89	2.6	170	5	0	0	0	319	0	265.6
1999	1	1	22	11.0	90	2.6	170	3	0	0	0	318	0	273.5
1999	1	1	23	11.0	87	2.6	170	2	0	0	0	318	0	284.8
1999	1	1	24	10.8	90	2.6	160	3	0	0	0	317	0	309.9
1999	1	2	1	11.0	86	2.1	170	5	0	0	0	318	0	22



קלט עבור CAT (2): תיאור האתר (קובץ TXT) – ניתן להפיק אוטומטית!



INPUT TO CAT: CHARACTERISTICS OF REFERENCE SITE

PARAMETERS FOR base temperature calculation from met site

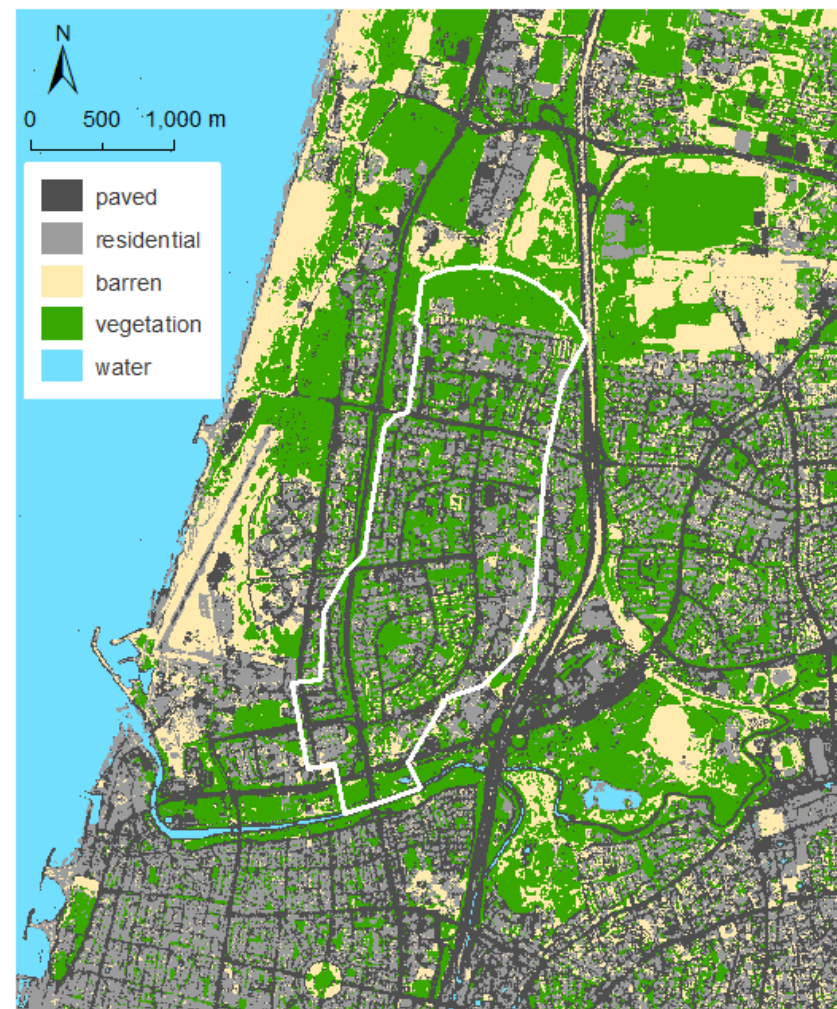
Mean surface albedo of ground (ALBEDg)	:	0.2
Mean surface albedo of walls (ALBEDw)	:	0.3
Street canyon width (W)	:	60.00
Height of canyon wall 1 (H1)	:	1.00
Height of canyon wall 2 (H2)	:	1.00
Offset of adjacent building 1 (W1off)	:	90.00
Height of adjacent building 1 (H1off)	:	1.00
Offset of adjacent building 2 (W2off)	:	90.00
Height of adjacent building 2 (H2off)	:	1.00
Orientation of wall of met. canyon (ORIddeg)	:	210.00
Heat storage coefficient (A1) ground	:	0.22
Heat storage coefficient (A2) ground	:	0.33
Heat storage coefficient (A3) ground	:	-20.0
Heat storage coefficient (A1) wall 1	:	0.83
Heat storage coefficient (A2) wall 1	:	0.40
Heat storage coefficient (A3) wall 1	:	-54.0
Heat storage coefficient (A1) wall 2	:	0.83
Heat storage coefficient (A2) wall 2	:	0.40
Heat storage coefficient (A3) wall 2	:	-54.0

Surf cover (1-loam,2-clay,3-sand,4-peat,5-pavement,6-mixed)	:	1
Plant type (1-none,2-grass,3-succulents,4-bushes,5-trees)	:	1
Irrigation of vegetation (1-yes,2-no)	:	1
U-value building walls	:	2.5
U-value building windows:	:	5.8
Mean annual air temperature [C]	:	19.0
Amplitude of the annual air temperature [C]	:	5.1
Offset of minimum annual temperature [days]	:	105
Zd_met [m]	:	0.10
Z0_met [m]	:	0.05

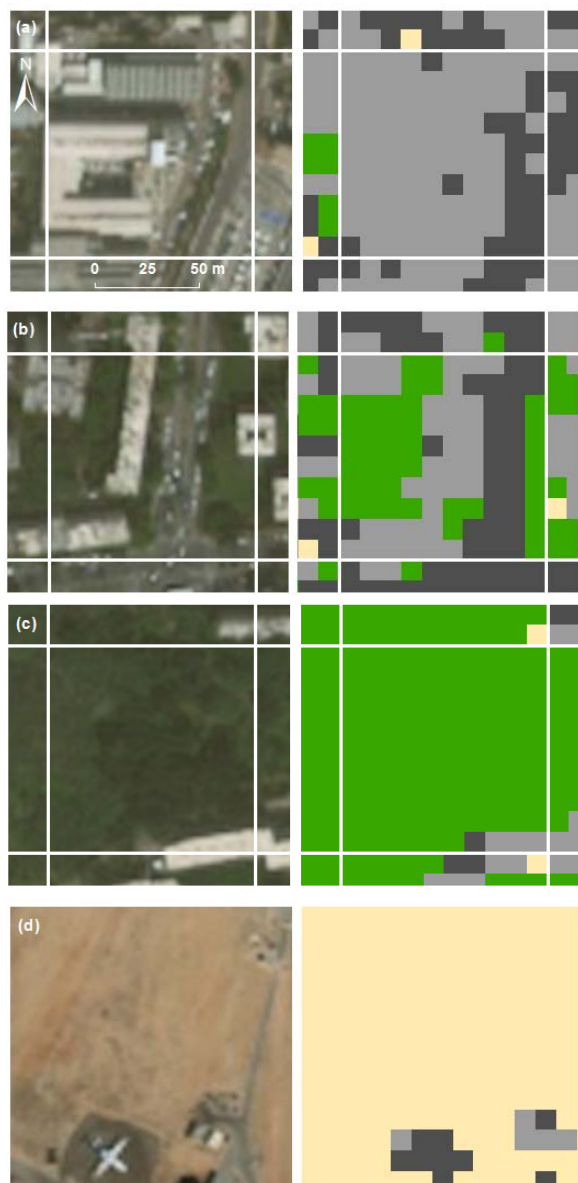


קלט עבור CAT (2): תיאור האתר (קובץ TXT) – ניתן להפיק אוטומטית!

LUMPS Beta	:	5.0	
Vegetation and water as proportion of reference site	:	0.07	
Vegetation as proportion of sector 000-022	:	0.45	0.30
Vegetation as proportion of sector 023-044	:	0.20	0.50
Vegetation as proportion of sector 045-067	:	0.12	0.45
Vegetation as proportion of sector 068-089	:	0.35	0.55
Vegetation as proportion of sector 090-112	:	0.30	0.70
Vegetation as proportion of sector 113-134	:	0.45	0.40
Vegetation as proportion of sector 135-157	:	0.75	0.70
Vegetation as proportion of sector 158-179	:	0.65	0.80
Vegetation as proportion of sector 180-202	:	0.75	0.80
Vegetation as proportion of sector 203-224	:	0.90	0.90
Vegetation as proportion of sector 225-247	:	0.15	0.10
Vegetation as proportion of sector 248-269	:	0.60	0.17
Vegetation as proportion of sector 270-292	:	0.50	0.10
Vegetation as proportion of sector 293-314	:	0.40	0.05
Vegetation as proportion of sector 315-337	:	0.30	0.55
Vegetation as proportion of sector 338-360	:	0.20	0.43
Water bodies as proportion of sector 000-022	:	0.01	0.01
Water bodies as proportion of sector 023-044	:	0.01	0.01
Water bodies as proportion of sector 045-067	:	0.01	0.01
Water bodies as proportion of sector 068-089	:	0.01	0.01
Water bodies as proportion of sector 090-112	:	0.01	0.01
Water bodies as proportion of sector 113-134	:	0.01	0.01
Water bodies as proportion of sector 135-157	:	0.01	0.01
Water bodies as proportion of sector 158-179	:	0.01	0.01
Water bodies as proportion of sector 180-202	:	0.01	0.01
Water bodies as proportion of sector 203-224	:	0.01	0.01
Water bodies as proportion of sector 225-247	:	0.01	0.01
Water bodies as proportion of sector 248-269	:	0.01	0.01
Water bodies as proportion of sector 270-292	:	0.01	0.01
Water bodies as proportion of sector 293-314	:	0.01	0.01
Water bodies as proportion of sector 315-337	:	0.01	0.01
Water bodies as proportion of sector 338-360	:	0.01	0.01

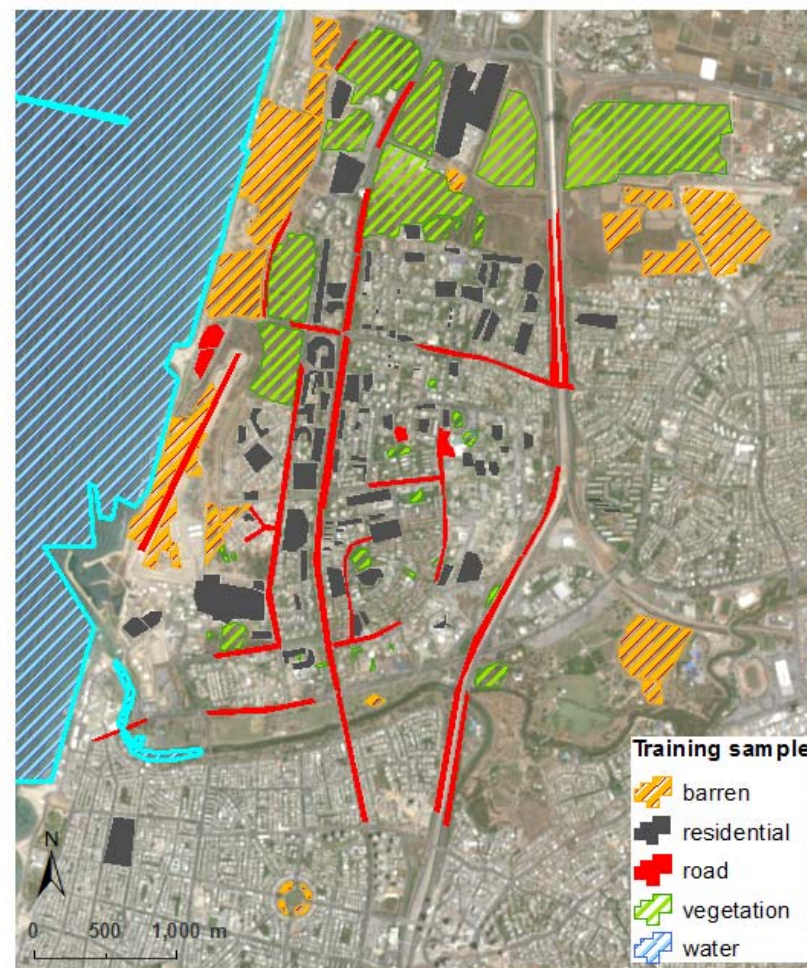


The classified map using **ArcGIS** supervised maximum likelihood classification (MLC) with training samples based on Google Earth image.



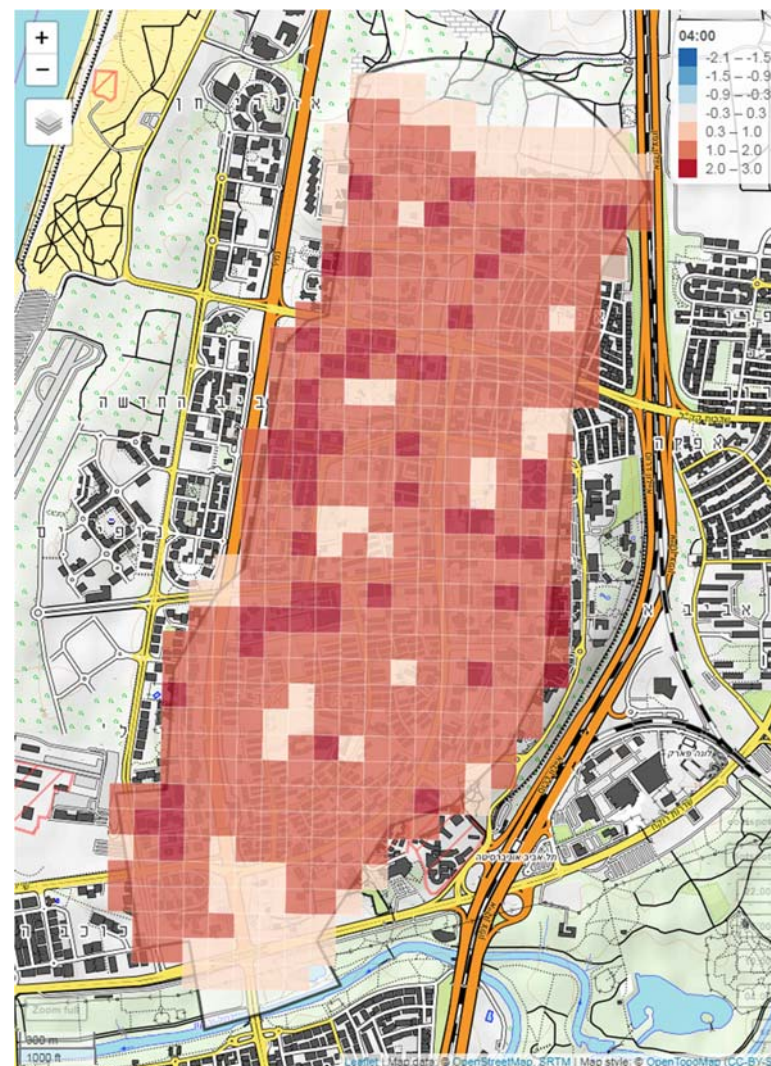
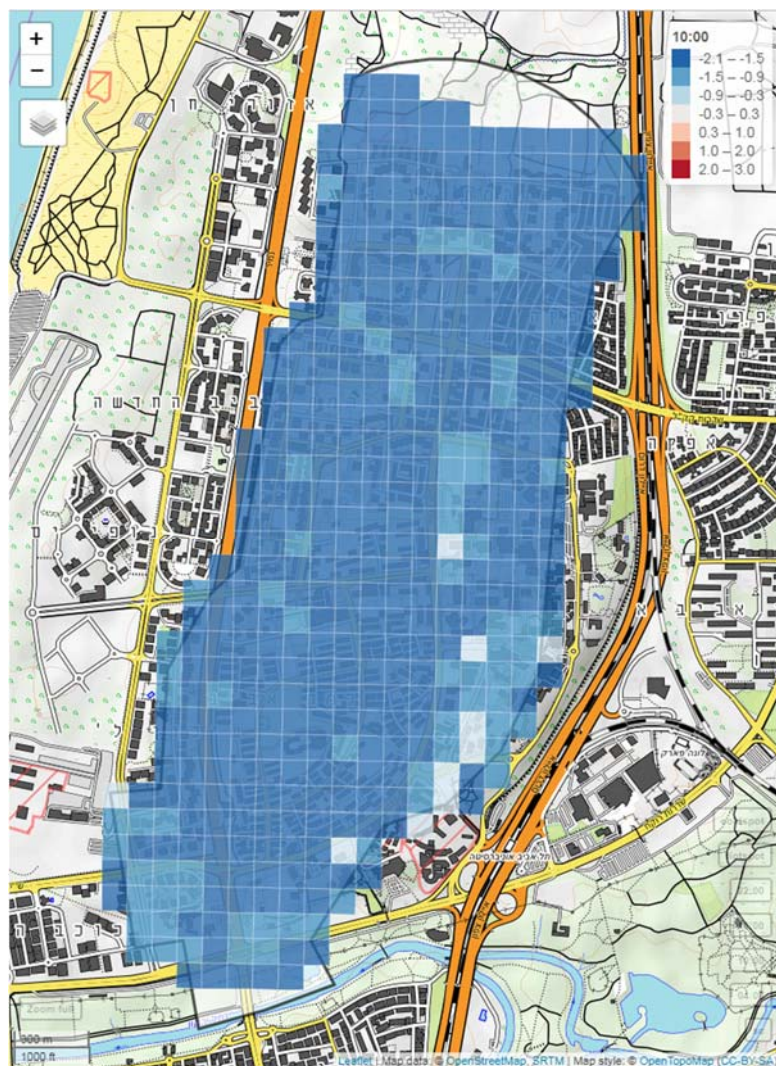
paved
 residential
 barren
 vegetation
 water

Training set

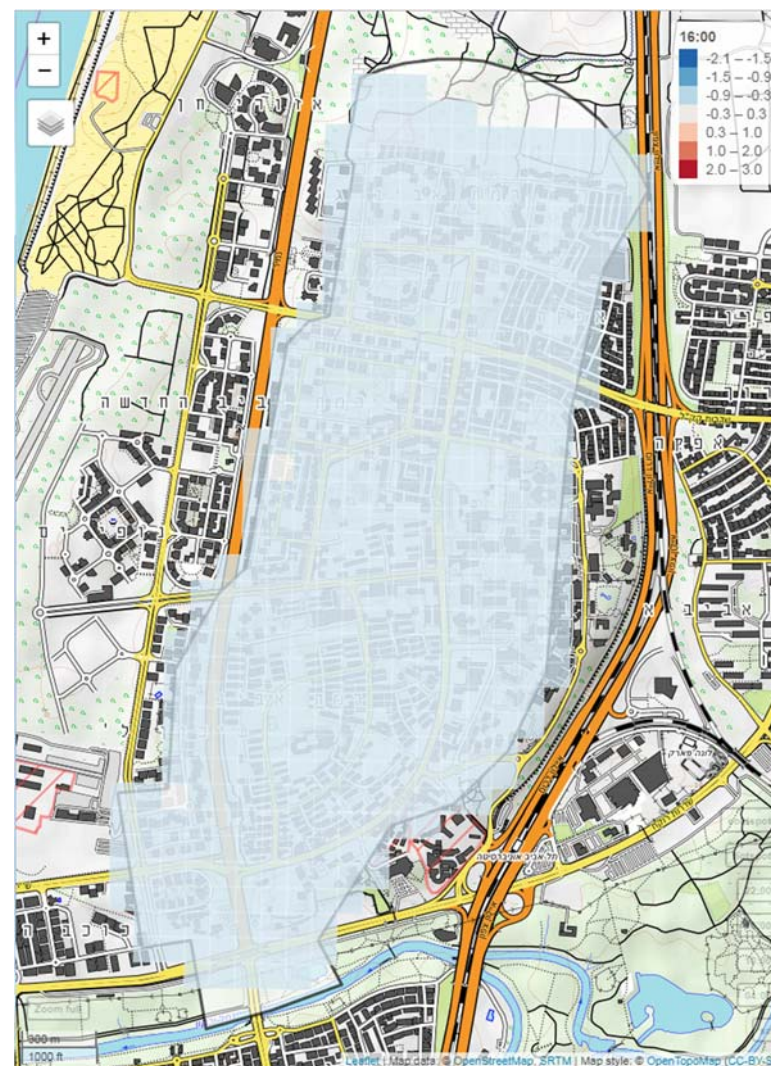
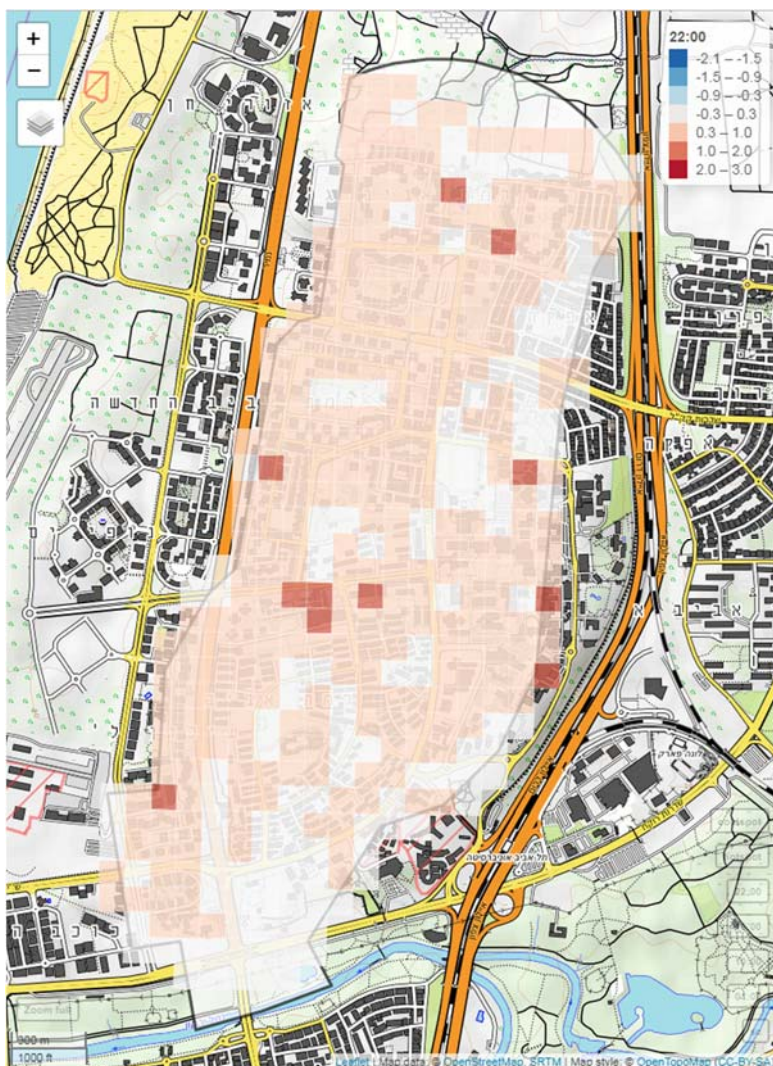


Training samples for the supervised MLC created by
 ArcGIS Image Classification Toolbar

תוצאות ההדמיה ב-CAT: 04:00 ו-10:00



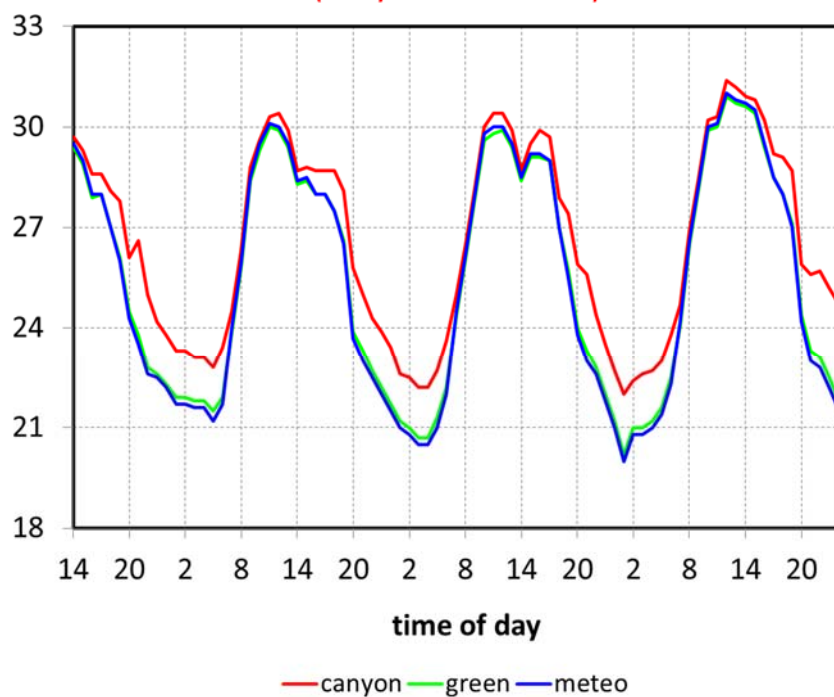
תוצאות ההדמיה ב-CAT: 16:00 ו-22:00



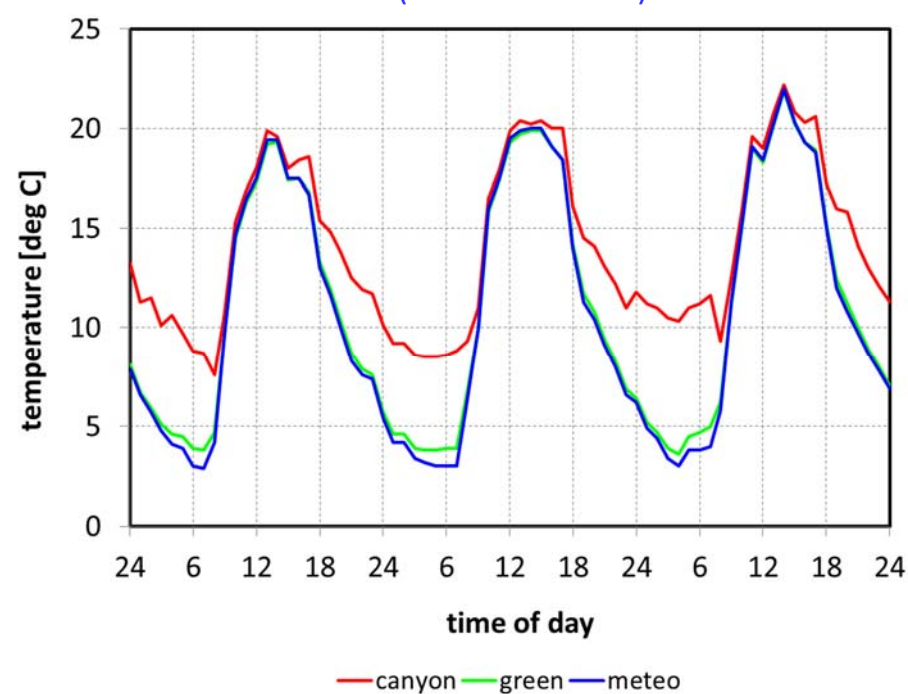
תוצאות ההדמיה ב-CAT: hotspot and coldspot



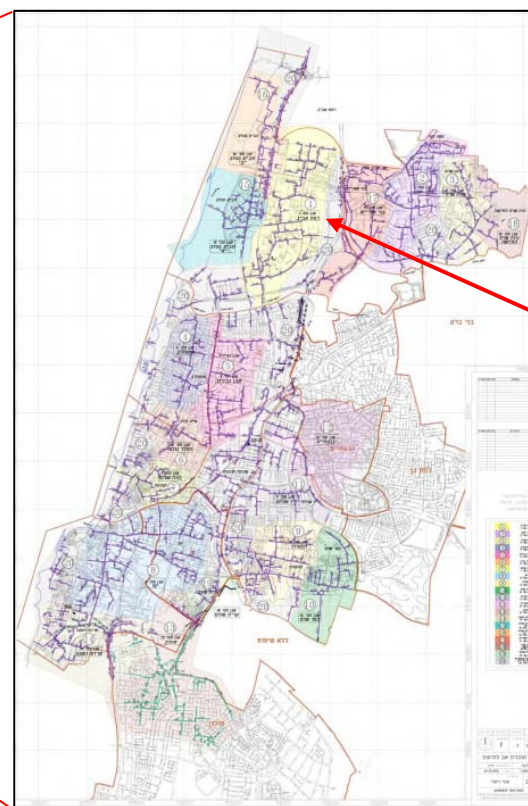
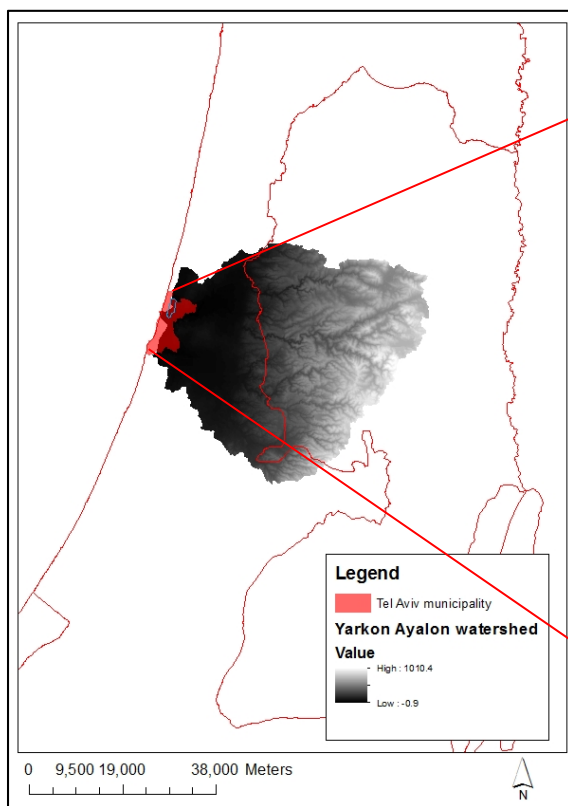
קיץ
(July 14-17 2016)



חורף
(Jan 14-17 2016)

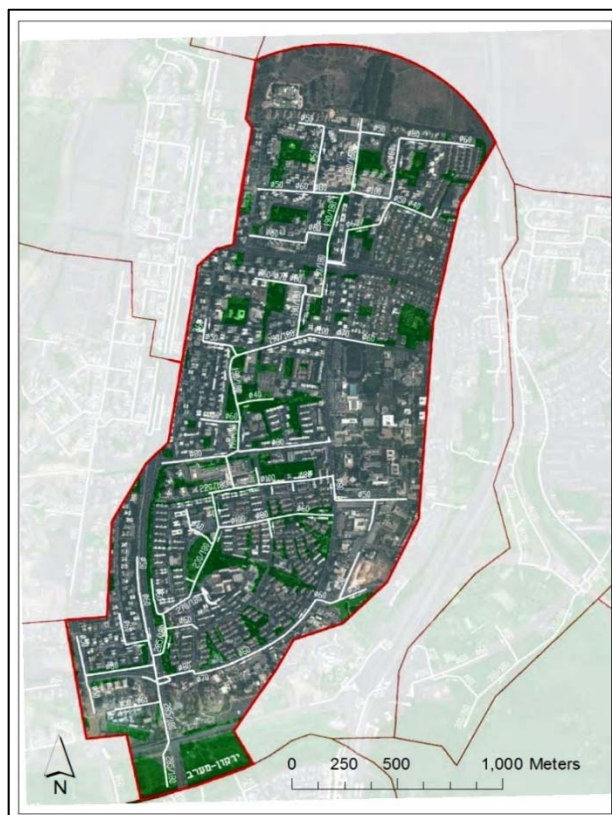


אתר הייחוס עבור הנתונים המטאורולוגיים הוא תחנת השירות המטאורולוגי בבית דגן, כ-12 ק"מ דרומה.



תת-אגן ניקוז
רמת-אביב

מקור: תכנית אב לניקוז, ת"א יפו, נספח
ניהול מי נגר, עיריית תל-אביב

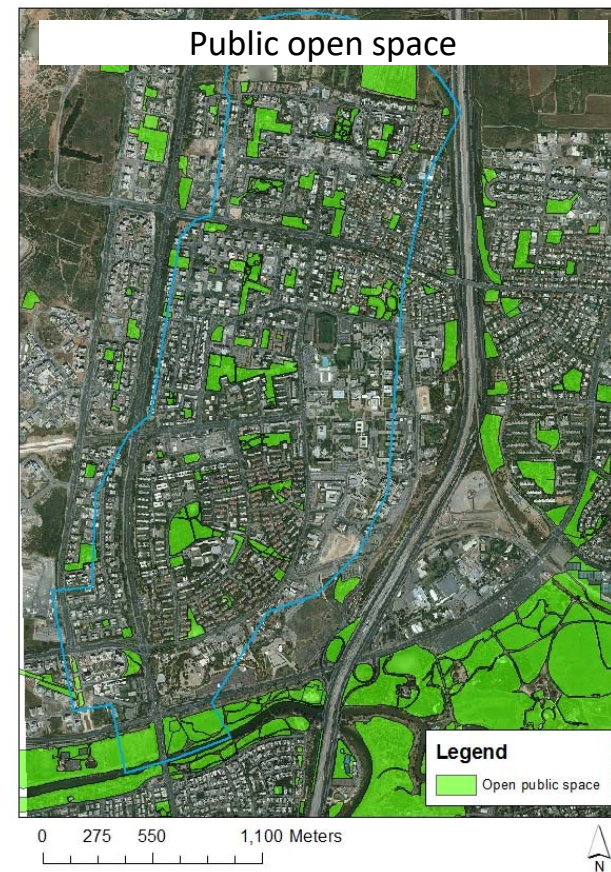


מקור: תוכנית אב לניקוז, ת"א יפו, נספח
ניהול מי נגר, עיריית תל-אביב

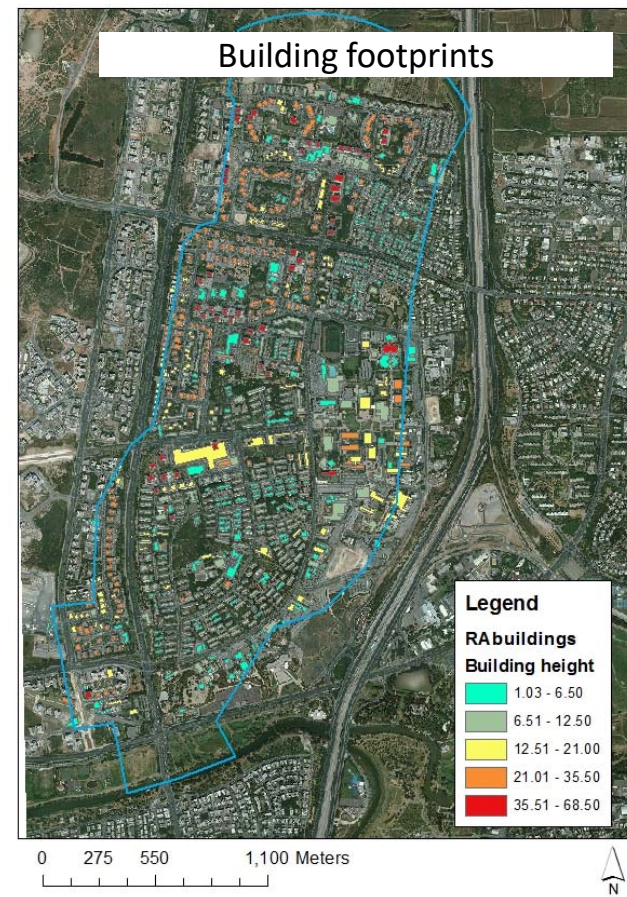
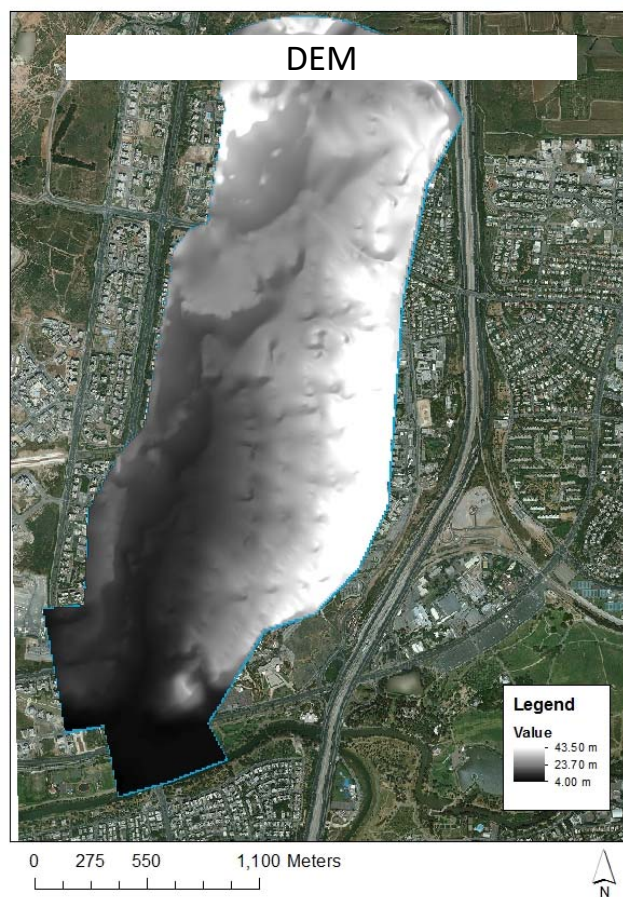
- שטח האגן 4050 דונם
- כמות משקעים שנתית 583 מ"מ¹
- מוצא האגן – נהר ירקון
- מקדם נגר משוקלל 0.42²
- שיפוע ממוצע של 1%
- 30% שטחים אטומים
- נגר עילי מוערך ב- 28%

1. השרות המטאורולוגי. תחנת קריית שאול 1981-2010

2. נספח ניקוז לתוכנית מתאר מקומית לת"א יפו, 2014

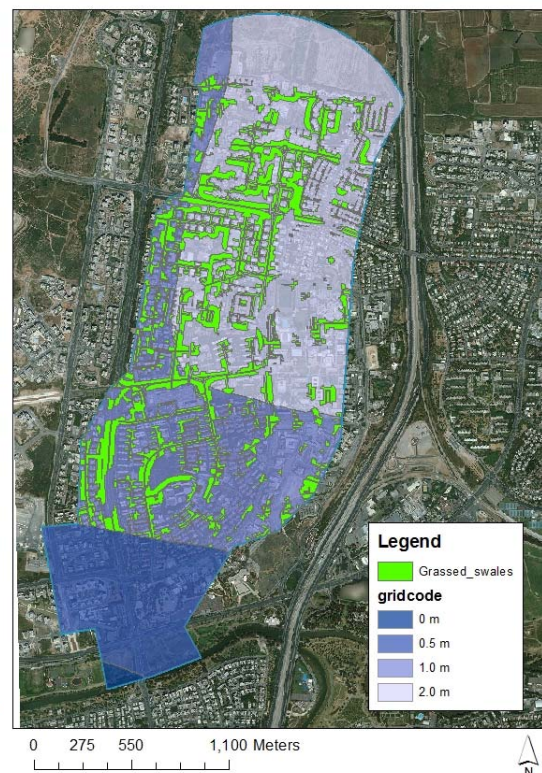
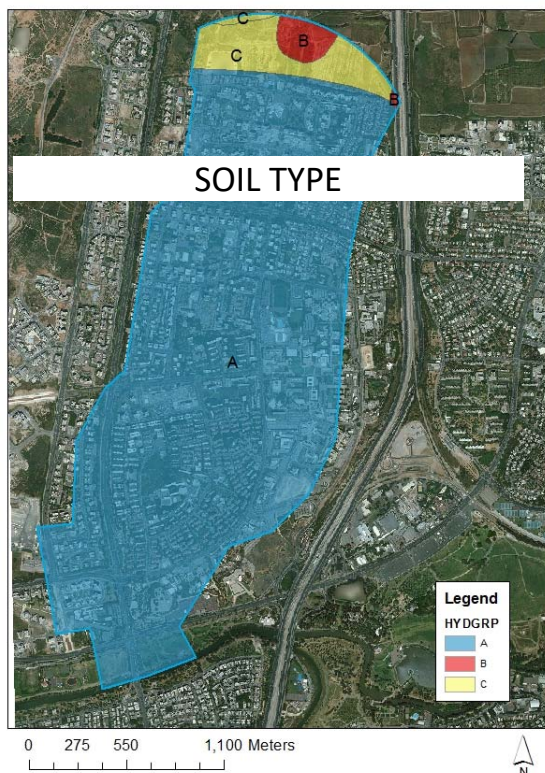


בניית בסיס הנתונים: טופוגרפיה (DEM) ומבנים



- טופוגרפיה ברזולוציה של 5.0 מ'
- מבנים (footprint) ונתוני גבהים, נדרשים לשימוש עבור פתרון של גגות ירוקים

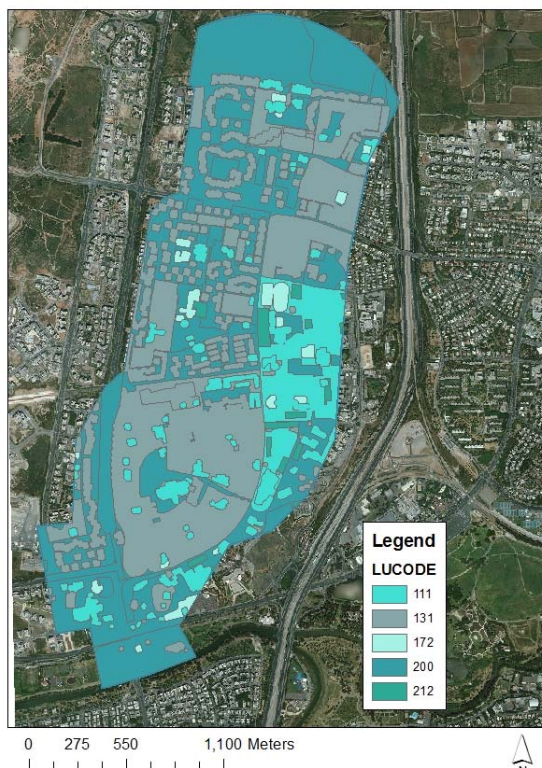
בניית בסיס הנתונים: נתוני קרקע וגובה מי תהום



נתוני קרקע – נדרש להמיר את סוגי הקרקעות לקלסיפיקציה המייצגת את פוטנציאל הנגר (על פי מקדמי נגר)

מפלס מי התהום – מפלס רדוד משפיע על פיזור של פתרונות LID על פי ערכי הסף המינימאליים שמגדירים במודל

מוצא האגן בנהר הירקון



יש להמיר את שימושי הקרקע לקלסיפיקציה של המתבססת על קוד LUCODE. בנוסף יש להגדיר את אחוז האטימות של המשטח, למשל 0% לשטח פתוח ו- 100% לשטח בנוי

	LUNAME	LUDesc	Suitable
110	ESR-Pervious	Estate Residential-Pervious	1
111	ESR-Bldg	Estate Residential-Bldg	0
112	ESR-Pklot	Estate Residential-Pklot	0
113	ESR-Road	Estate Residential-Road	0
130	HDR-Pervious	High Density Residential-Pervious	1
131	HDR-Bldg	High Density Residential-Bldg	0
132	HDR-Pklot	High Density Residential-Pklot	0
133	HDR-Road	High Density Residential-Road	0
170	LDR-Pervious	Low Density Residential-Pervious	1
171	LDR-Bldg	Low Density Residential-Bldg	0
172	LDR-Pklot	Low Density Residential-Pklot	0
200	OS-Pervious	Open Space-Pervious	1
210	TRANS-Pervious	Transportation-Pervious	1
212	TRANS-Pklot	Transportation-Pklot	0
213	TRANS-Road	Transportation-Road	0
214	TRANS-PervRdMedian	Transportation-PervRdMedian	1



המודל הנבחר: שילוב SWMM ו-SUSTAIN

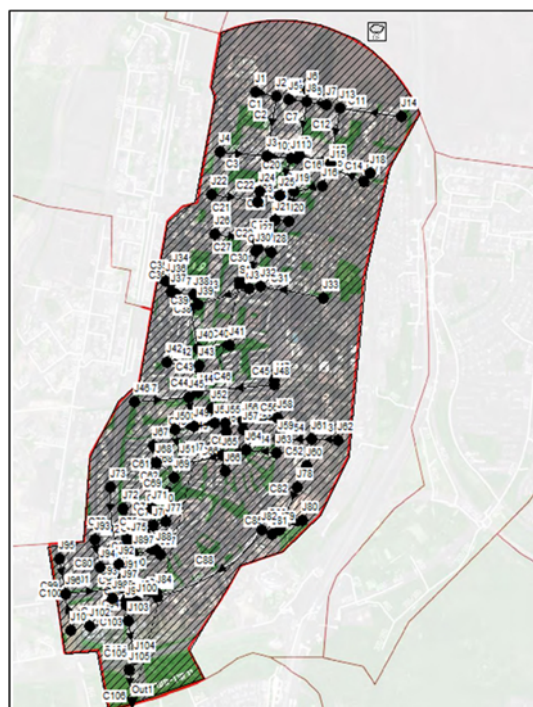


שלבים בניתוח ההידרולוגי ומידול ה-LID

1. ייצוג של הרשת ההידרולוגית ב-SWMM
2. הגדרת התכונות של הרשת ההידרולוגית (מוצא האגן, עומק הקולטנים, שיפועי הצנרת ועוד)
3. הגדרת הפרמטרים והמקדמים השונים למשל עבור מודל החילחול ומודל הזרימה. כיוול המודל באמצעות נתוני אמת למשל טמפרטורה ואופוטורנספירציה והרצת הסימולציה
4. הגדרת הפרמטרים עבור ה-LID ב-SUSTAIN
5. הרצת סימולציות ב-SUSTAIN ובחירת חלופות לבדיקה
6. הרצת החלופות הנבחרות ב-SWMM והשוואה של כמויות הזרימה וספיקות השיא בין החלופות השונות ובין התוצרים המתקבלים ללא LID

סימולציה ב- SWMM: תיאור רשת הניקוז העירונית

הגדרת התכונות הסביבתיות-מקומיות של אגן הניקוז (משקעים, טמפרטורה וכו')
מיפוי של המרכיבים הפיזיים של הרשת כגון קולטנים, צנרת ומוצא האגן והגדרת התכונות שלהם



Climatology Editor

Month	Temperature	Evaporation	Wind Speed	
	Snow Melt	Areal Depletion	Rain	Cond
Jan	13.9	2.3		
Feb	14.4	2.7		
Mar	16.4	3.8		
Apr	19.2	5.3		
May	21.8	6.5		
Jun	24.8	7.4		
Jul	27	7.5		
Aug	27.8	6.7		
Sep	26.5	6.3		
Oct	23.7	4.8		
Nov	19.6	3.3		
Dec	15.9	2.1		

Temp temperature adjustment (+ - deg F or deg C)
 Evap evaporation adjustment (+ - in/day or mm/day)
 Rain rainfall multiplier
 Cond soil conductivity multiplier

Clear All

OK Cancel Help

- אירוע גשם של 1:5
- משך של 45 דקות
- כמות 32.8 מ"מ בשעה

נעשה שימוש במקדם נגר (C) משוקלל הלוקח בחשבון את שטח הכיסוי היחסי של כל סוג תכסית

Flow at outlet (m ³ /hr)	Rain intensity (mm/hr)	Duration (minutes)	probability
71,281	62.9	15	1:5
74,237	53.9	20	
66,970	43.5	30	
51,691	32.8	45	1:10
86,029	75.8	15	
90,147	65.5	20	
80,808	52.4	30	
62,264	39.5	45	1:20
100,872	88.9	15	
106,950	77.7	20	
94,199	61.1	30	
72,115	45.8	45	

Ground Cover Runoff Coefficient, c		

Lawns	0.05	- 0.35
Forest	0.05	- 0.25
Cultivated land	0.08	- 0.41
Meadow	0.1	- 0.5
Parks, cemeteries	0.1	- 0.25
Unimproved areas	0.1	- 0.3
Pasture	0.12	- 0.62
Residential areas	0.3	- 0.75
Business areas	0.5	- 0.95
Industrial areas	0.5	- 0.9
Asphalt streets	0.7	- 0.95
Brick streets	0.7	- 0.85
Roofs	0.75	- 0.95
Concrete streets	0.7	- 0.95



סימולציה ב- SWMM: בדיקת התוצאות הראשוניות



כמות הגשם: 32.8 מ"מ בשעה

ספיקת שיא (Q_{max}): 12.28 מ"ק/שניה = 44,208 מ"ק בשעה

מקדם נגר (C) = 0.43

השוואה לאומדנים אחרים:

תכנית אב לניקוז, ת"א יפו, נספח ניהול מי נגר – הערכה לתת-אגן רמת-אביב

כמות הגשם: 32.8 מ"מ בשעה

ספיקת שיא (Q_{max}) = 51,691 מ"ק בשעה

מקדם נגר (C) = 0.42

דוגמה להרצת החלופה של שימוש ברצועות גינון ירוקות



Source: Bluegreenbldg.org (Pittsburg, PA, USA)



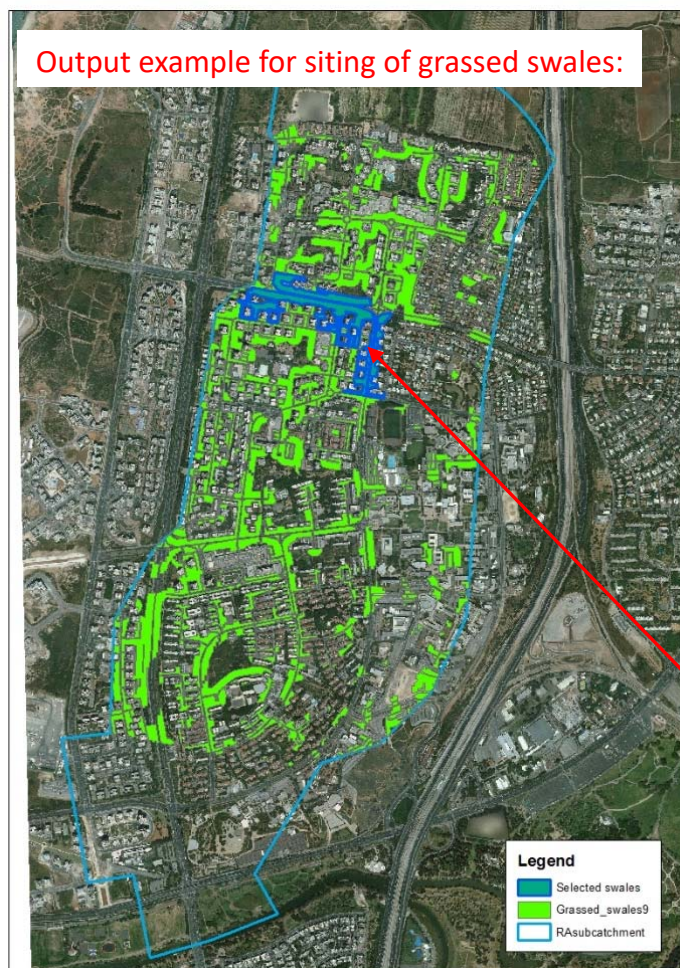
source: svrdesign.com (Pittsburg, PA, USA)

נתונים הנדרשים למיקום ה- LID:

- DEM
- קרקעות
- גובה מפלס מי התהום
- שימושי קרקע
- דרגת אטימות / חדירות המשטח

תוצר:

מיפוי של מיקום הפיתרונות שנבחרו



רצועות גיבון ירוקות שנבחרו לבדיקה ב- SWMM



6. הרצת החלופה הנבחרת ב- SWMM והשוואה בין ספיקות השיא



כמות גשם: 32.8 מ"מ בשעה, משך 45 דקות

LID נבחר: רצועות גינון ירוקות

	before	after
Peak runoff		
m ³ /sec	12.28	10.12
m ³ /hr	44,208	36,432
Runoff coefficient	0.43	0.33

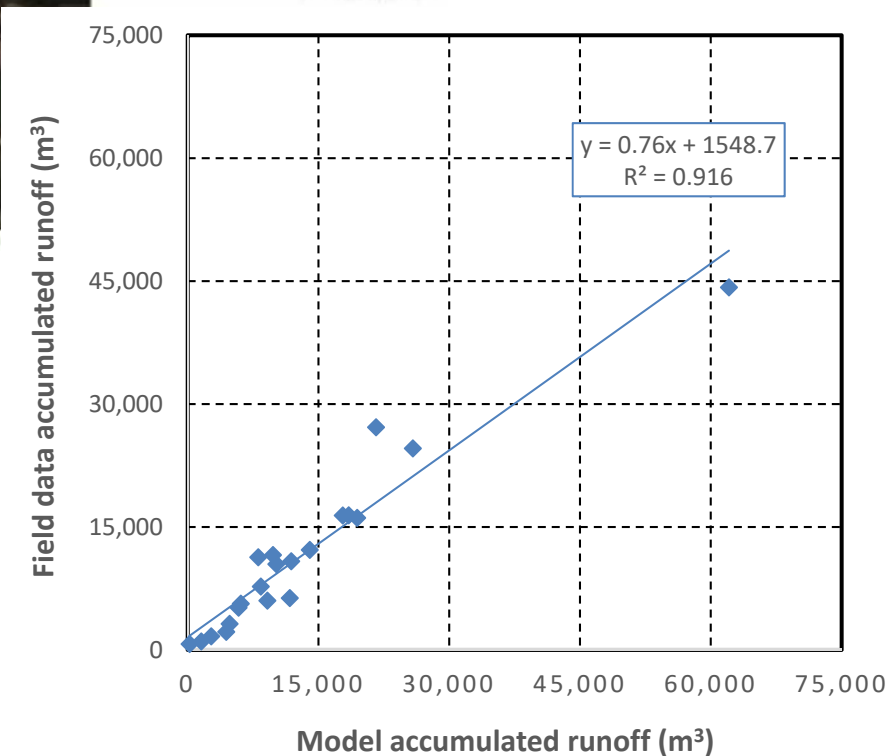
הפחתה של כ- 18% בספיקות השיא לעומת הספיקות לפני ההתערבות עם ה- LID!



רמת הדיוק של המודל לעומת נתוני אמת: תת-אגן כפר סבא



- אגן ניקוז ראשי G
דונם 2,785
- תת-אגן מנורים R
דונם 173
- תת-אגן תעשייה ועיריה L
דונם 192
- תת-אגן כביש T
דונם 5.8
- תחנת דיגום/נירסור
במוצא האגנים



עבור מקרה המבחן של תת-האגן בכפר-סבא נתקבלו נתוני אמת מקבוצת המחקר של פרופ' רוני וולך מהפקולטה לחקלאות עבור אירועי גשם שונים בשנים 2015-2018 ונעשתה השוואה של כמויות הזרימה שהתקבלו מהמודל לעומת כמויות הזרימה שנמדדו בשטח.



ניתוח עלות - תועלת



על מנת להפוך את המודל לישים בפועל יש לערוך ניתוח עלות – תועלת, אשר יכלול בנוסף להערכת ההפחתה בכמויות הזרימה ובספיקות השיא גם את השיקולים הבאים:

- עלויות בנייה
- יתרונות עתידיים כתוצאה מהפחתה בשיטפונות
- עלות הקרקע
- עלות אחזקה כולל גינון
- שירותי מערכות אקולוגיות
- יתרונות כתוצאה מהשבת שיווי המשקל ההידרולוגי למערכת
- יתרונות נוספים כגון הצללה עירונית ומיתון אי-החום העירוני

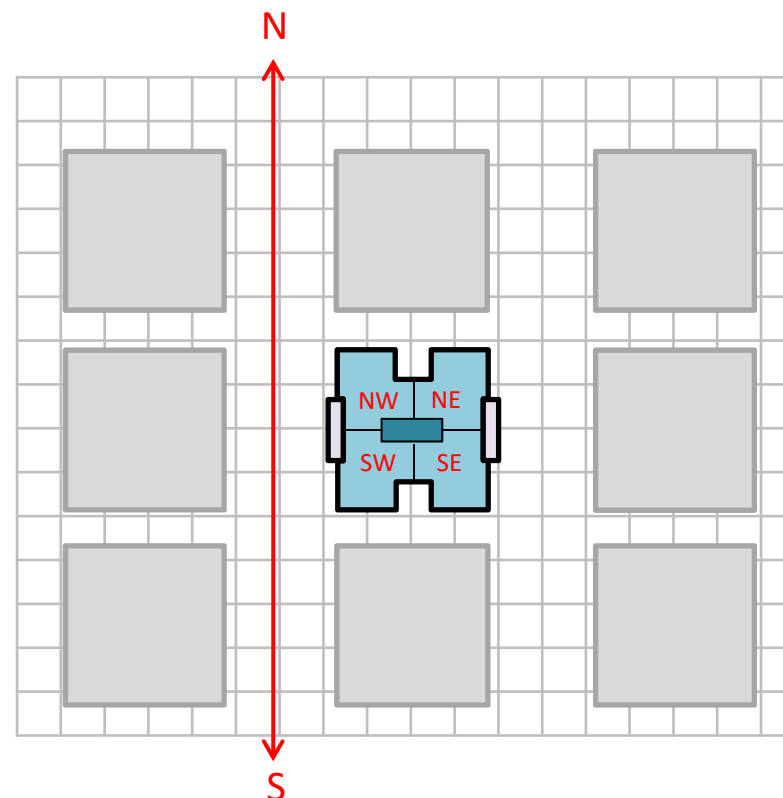


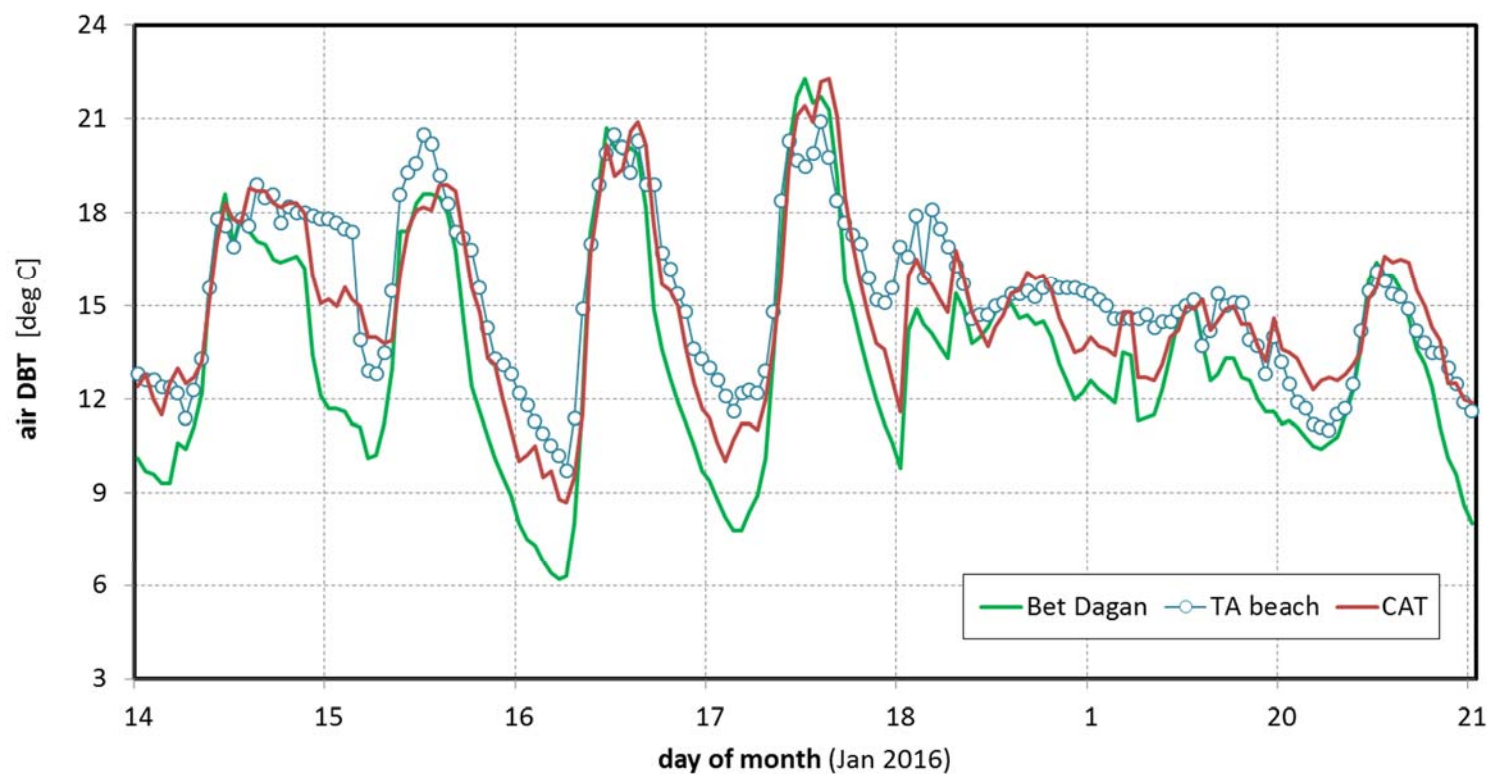
שילוב התוכנות SWMM ו-SUSTAIN יוצר כלי תומך החלטות מתאים לסימולציות של המערכת ההידרולוגית העירונית וליישום אמצעים לניצול הנגר.

אבל

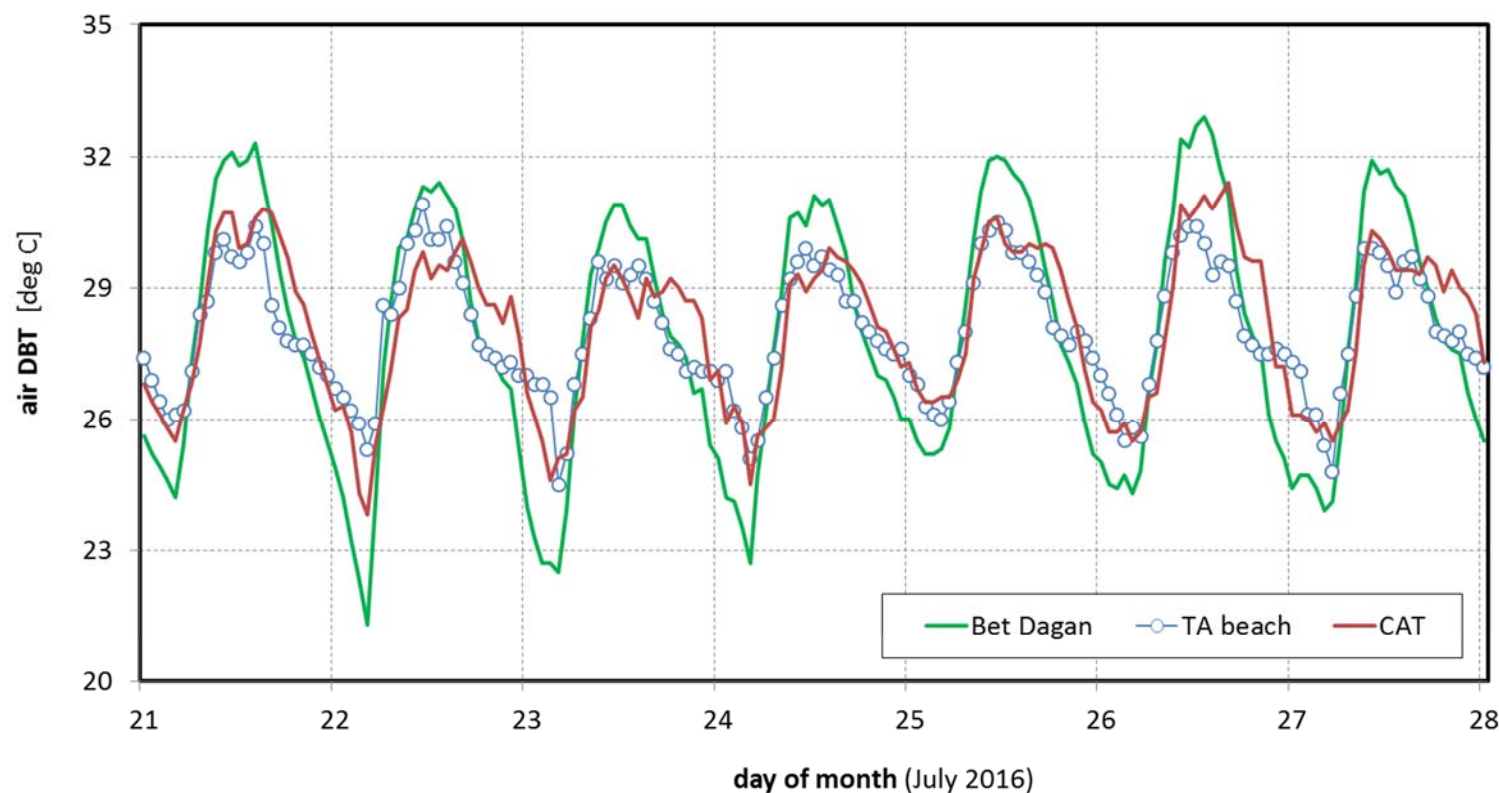
- סימולציה מקיפה דורשת מידע עירוני והידרולוגי מפורט
- יש צורך במידע מפורט על דפוסי המשקעים, נפח הנגר העילי ושיעור ההתאדות על מנת לבצע כיול ראשוני של המודל

- הדמיה תרמית באמצעות ENERGYui (ממשק בעברית לתכנת EnergyPlus)
- זמני אכלוס, עומסים פנימיים וטמפרטורות יעד לחימום וקירור קבועים (20 מעלות בחורף, 24 מעלות בקיץ)
- השפעת ההצללה של בניינים שכנים מבוצעת על ידי הוספת 'אזורים לא מאוקלמים' לבניין
- הוספת צמחייה, הפקת קובץ אקלים (.epw) חדש באמצעות תוכנת CAT, ועריכת סימולצית אנרגיה מחדש
- בכדי לבודד את השפעת הצמחייה, מאפייני הבניינים נותרו זהים





השוואה בין טמפרטורה לפי CAT לבין הטמפרטורה אשר נמדדה בתחנת השירות המטאורולוגי בחוף תל אביב. הבסיס להדמיה: נתוני תחנת בית דגן. 7 ימים אופייניים בחורף 2016.



השוואה בין טמפרטורה לפי CAT לבין הטמפרטורה אשר נמדדה בתחנת השירות המטאורולוגי בחוף תל אביב. הבסיס להדמיה: נתוני תחנת בית דגן. 7 ימים אופייניים בקיץ 2016.



חלק הבניין	תיאור	ערך ט
------------	-------	-------

בניין העומד בת"י 1045:

קירות	בלוק בטון חלול 20 ס"מ, טיח בשני הצדדים	2.1
גג	תקרת בטון 14 ס"מ + בטון שיפועים, גמר בגוון בינוני	2.6
חלונות	זיגוג שקוף יחיד במסגרת אלומיניום + תריס חיצוני	5.9

בניין "ירוק":

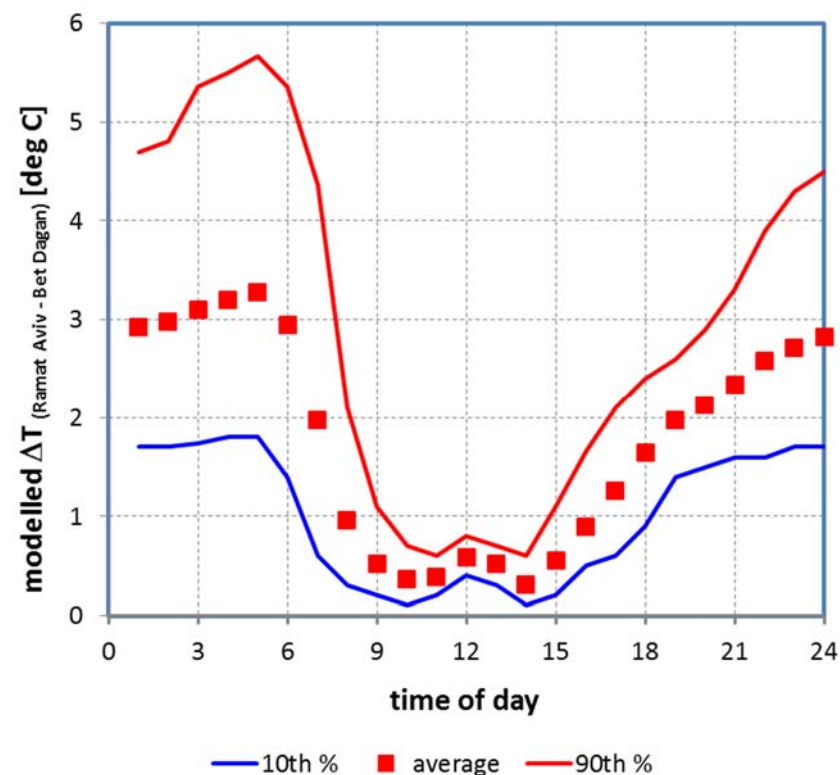
קירות	בלוק בטון תאי 20 ס"מ, טיח בשני הצדדים	0.83
גג	תקרת בטון 14 ס"מ + 5 ס"מ פוליסטירן + בטון שיפועים, גמר בגוון בינוני	0.69
חלונות	זיגוג כפול + ציפוי low-e (SHGC=0.52) + תריס חיצוני	3.14

בניין קירות מסך:

קירות	פנלים מבודדים קלים	0.66
גג	תקרת בטון 14 ס"מ + 5 ס"מ פוליסטירן + בטון שיפועים, גמר בגוון בינוני	0.69
חלונות	זיגוג כפול + ציפוי low-e (SHGC=0.35), ללא תריס חיצוני	1.8

אי החום העירוני החזוי לפי CAT (בכתם החם)

- ישנה שונות גדולה בעוצמת אי החום העירוני לאורך שעות היממה
- קיים אי חום עירוני משמעותי – אבל רק בלילה
- ישנם לילות שבהם אי החום מתון, יחסית
- בשעות החמות אי החום כמעט ואינו קיים (השונות זניחה)



המהלך היומי האופייני של אי החום העירוני ברמת אביב, לפי CAT.
ממוצע שעותי לכל השנה.

השפעת אקלים העיר: בית דגן לעומת רמת אביב

השפעת אקלים העיר על דרישת האנרגיה לאקלום בניין תקני ברמת אביב

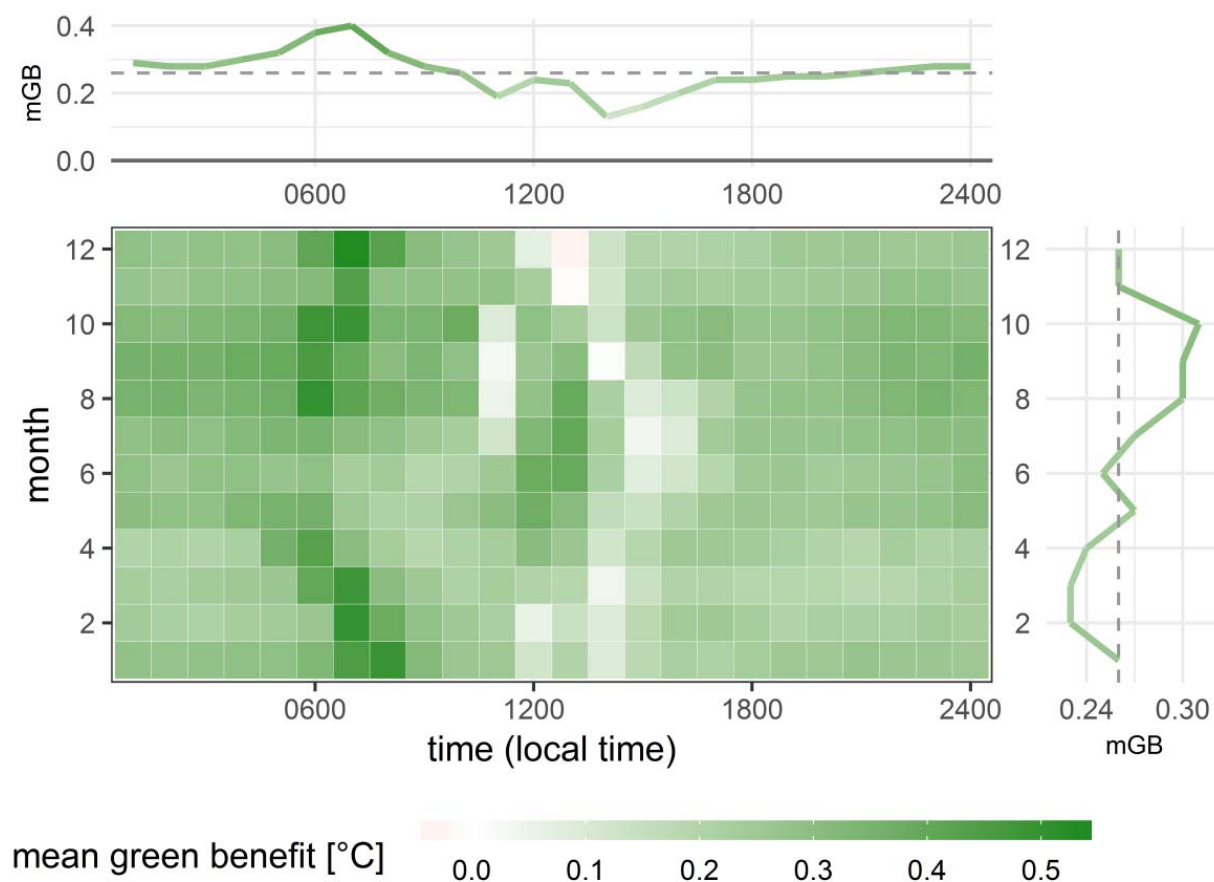
	electricity consumption (kWh)			electricity use intensity (kWh/m ²)		
	heating	cooling	total HVAC	heating	cooling	Total HVAC
Bet Dagan	20,053	34,636	54,689	7.4	12.8	20.3
Ramat Aviv canyon	10,587	40,503	51,090	3.9	15.0	18.9
diff (kWh)	-9,466	5,867	-3,599	-3.5	2.2	1.3
diff (%)	-52.8	16.9	-6.6	-52.8	16.9	-6.6

➤ ברמת אביב ('בכתם החם') צריכת האנרגיה לחימום קטנה בהשוואה לבית דגן, והדרישה למיזוג אוויר גבוהה.

➤ במספרים מוחלטים, עצימות צריכת האנרגיה לאקלום (קוט"ש למ"ר לשנה) נמוכה יחסית למספרים מוכרים מחו"ל.



ההשפעה של תוספת צמחייה על מהלך הטמפרטורות ברמת אביב



השפעת הצמחייה על טמפרטורת האוויר ברמת אביב.

מימין לגרף – המהלך החודשי, מעל הגרף – המהלך היומי הממוצע.



ההשפעה של תוספת צמחייה על צריכת אנרגיה לאקלום



השפעת תוספת הצמחייה על דרישת האנרגיה לאקלום 3 טיפוסים בניינים.
תוספת הצמחייה היא בכיסוי של 50% מפני השטח שאינם בנויים, בקרבת הבניין.

	Ramat Aviv canyon (kWh/a)			Ramat Aviv 'green' canyon (kWh/a)			Difference	
	heat	cool	total	heat	cool	total	kWh/a	%
standard	10,587	40,503	51,090	11,681	38,048	49,729	-1,361	-2.66
green	7,531	37,106	44,636	8,414	34,968	43,382	-1,254	-2.81
curtain wall	5,779	42,234	48,012	6,540	40,104	46,645	-1,368	-2.85

➤ תוספת הצמחייה מביאה לחיסכון מתון של כ-2.5-3 אחוזים בדרישת האנרגיה לאקלום.

- ✓ לאקלים העיר ישנה השפעה משמעותית על דרישת האנרגיה לאקלום בניינים ברמת אביב: ההדמיה מראה הפחתה משמעותית של דרישת החימום בחורף, במקביל לעלייה בדרישה בקיץ.
- ✓ ההשפעה של נטיעת צמחייה בכיסוי של 50% מפני הקרקע הלא בנויים צפוי להביא לירידה בטמפרטורה השנתית הממוצעת של כ-0.25 מעלה. ההשפעה בשעות הקיץ החמות קטנה אף היא – כ- 0.2-0.5 מעלות בלבד.
- ✓ התרומה של הוספת צמחייה צפויה להביא לחיסכון של בין 2.5-3.0 אחוז בדרישת האנרגיה לאקלום.
- ✓ סילוק הצמחייה הקיימת ברמת אביב (שהיא שכונה ירוקה למדי כיום) יגרום לעלייה של כ-0.4 מעלות בטמפרטורה השנתית הכוללת, ולעלייה בדרישה לאקלום של כ- 1.5-1.7 אחוז.
- ✓ ההשפעה של הצמחייה קטנה (יחסית לפרסומים מחו"ל) משום שהבניינים גבוהים (8 קומות).
- ✓ ככל שהבנייה איכותית יותר, השפעת הסביבה (והצמחייה) על צריכת האנרגיה תפחת.



✓ ArcGIS – בסיס נתונים מקיף עם שימושי קרקע, תכנית, טופוגרפיה, מיקום וגובה של בניינים

✓ SWMM – מודל הידרולוגי למיפוי הנגר העירוני

✓ SUSTAIN – תכנון אמצעים לניצול הנגר העירוני

✓ R – עיבוד נתונים ועיבוד גרפי של הממצאים

✓ CAT – סימולציה של אקלים העיר והפקת שנה מטאורולוגית אופיינית בעלת מאפיינים עירוניים

✓ ENERGYui – סימולציה של צריכת אנרגיה בבניינים

נדרשים כישורים מרובים ומגוונים – אין פתרונות 'פשוטים'



תודה



Prof. Evyatar Erell

Ben-Gurion University of the Negev
Israel

erell@bgu.ac.il

<http://www.bgu.ac.il/~erell>

Dr. Aviva Peeters

TerraVision Lab
Israel

aviva@terravisionlab.com

<http://terravisionlab.com/>