

עדו סלע

SeArc – Ecological Marine
Consulting

שמרית פרקול-פינקל

SeArc – Ecological Marine
Consulting

ציטוט מומלץ

סלע ע ופרקול-פינקל ש. 2014.
חושבים ירוק בונים כחול – השבחה
אקולוגית של תשתיות ים וחוף.
אקולוגיה וסביבה 5(1): 10–13.



אנטיפר אקולוגי | באדיבות EConcrete Tech LTD

חושבים ירוק בונים כחול – השבחה אקולוגית של תשתיות ים וחוף

[בקצרה](#)

גיליון אביב 2014 / כרך 5(1) / הים התיכון 4 במאי, 2014

כשני שלישים מאוכלוסיית העולם מתרכזת כיום בקווי החוף. כתוצאה מכך, תשתיות שונות, כדוגמת נמלים, מתקני התפלה, תחנות כוח, שוברי גלים וטיילות, תופסות את מקומם של חופים טבעיים. תשתיות אלה מחליפות בתי גידול יצרניים ומגוונים – כמו חופים סלעיים וחוליים ואף שוניות אלמוגים – בסביבות ימיות צמודות-עיר. על פי רוב הן מספקות שירותי מערכת ירודים ביחס לבתי גידול טבעיים. לפיכך, בשנים האחרונות חלה התקדמות רבה בפיתוח כלים וטכנולוגיות "ירוקות-כחולות" שיאפשרו פיתוח מקיים בסביבות חוף אלה.

לישראל קו חוף של כ-190 ק"מ, הכולל כ-70 ק"מ של תשתיות חוף. בימים אלה נמצאים רוב נמלי ישראל בתהליכי הרחבה, ולנוכח תכניות לפיתוח קווי החוף העירוניים, צפויה עלייה משמעותית בכמות התשתיות בחוף. תכניות אלה מספקות הזדמנות ליישום טכנולוגיות להקטנת המדרך האקולוגי של התשתית ולרתימתו לצורך אספקת שירותי מערכת.

בשנים האחרונות מתנהל מחקר רב בנושא השבחה של המערכות האקולוגיות המתפתחות על תשתיות חוף, ומדינות כמו ארה"ב, אוסטרליה, הולנד ואנגליה החלו לפעול כדי לשלב חשיבה סביבתית בתכנון מבנים בחופים [2,3,4,5,6,8]. העיקרון המנחה הוא הרחבת שירותי המערכת שתשתיות – כמו קירות ים (מבנה דמוי קיר שבנוי לאורך החוף למניעת הרס החוף – seawall), שוברי גלים או עמודי רציפים – מספקות לסביבה, וזאת ללא הפרעה לשימוש היום-יומי בהן (עגינת כלי שיט, הגנה חופית או כל פעילות תעשייתית או עירונית אחרת). שילוב עקרונות של הנדסה אקולוגית בתכנון ובבנייה של תשתיות אלה מעלה את ערכן האקולוגי: הוא יוצר אזורי מסתור לדגים ולחסרי חוליות שמאפשרים הגנה להם ולצאצאיהם; הוא משפר את איכות המים במעגנות ובנתיבי השיט; הוא מקנה מגוון מינים דומה לזה המאפיין בתי גידול חופיים טבעיים.

בנייה אקולוגית של תשתיות ים וחוף נותנת מענה הן לדרישות המבניות של התשתית הן לצורכי המערכת האקולוגית הסובבת אותה. הבנייה האקולוגית באה לידי ביטוי ברמות שונות. ראשית, ישנה התייחסות לחומר התשתית, והשאירה היא להשתמש בחומרים שמחד גיסא אינם פוגעים בסביבה הימית (ללא זליגה של רעלנים או מתכות כבדות למשל), ומאידך גיסא – דומים מבחינת תכונותיהם הכימיות או הפיזיקליות לבתי גידול טבעיים מבחינת חומציות המצע ומידת החספוס או הנקבוביות של

המצע. שנית, פרט לחומר, בנייה אקולוגית מתייחסת גם לעיצוב ולתכנון, למשל – הגברת המורכבות המבנית של התשתית, כך שתוכל להציע מחסה או מסתור שמתאים לגידול צאצאים, תתחשב בחדירת אור ובזרימה, ותשמור על ריכוזי חמצן בעמודות המים כדי לאפשר פעילות ויצרנות ביולוגית.

דוגמאות לחשיבה זו בתכנון תשתיות חוף ניתן למצוא בקיר הים המיוחד בחוף סיאטל בארה"ב, הכולל פאנלים מעוצבים בעלי מורכבות גבוהה שהוכחו כיעילים בהרחבת מגוון המינים באזור^[5], וכן במיזם Designing the Edge בהארלם^[7], ששולבו בו ברכות סלע – בית גידול עשיר שנמצא בחופים סלעיים, וחסר בתשתיות חוף רגילות. אף על פי שהתחום חדש יחסית, כבר ניתן למצוא דוגמאות להסדרת נושא הבנייה האקולוגית של תשתיות חוף בחקיקה סביבתית, והנושא מתפתח מאד בשנתיים האחרונות. דוגמה עדכנית לכך היא הקמה של צוות רב-תחומי בארה"ב, שהחל את פעולתו בסתיו 2013, וממונה על השתתת קווים מנחים לבנייה מקיימת באזור החוף המזרחי שנפגע רבות בהוריקן סנדי באוקטובר 2012.

בהתחשב בכך ש-70% מכלל הבנייה בחופים בעולם מבוססת בטון, מחקר רב כיום מוקדש ליצירת התנאים שיאפשרו לחומר זה לתמוך בחברה ביולוגית, תוך שמירה על תכונותיו ההנדסיות הנדרשות. בטון סטנדרטי, המבוסס על מלט פורטלנד, אינו מצע אידיאלי להתיישבות חי וצומח ימיים, ולרוב מאופיין בהתיישבות מינים פולשים או מינים אופורטוניסטיים (כמו למשל אצות משטח חלקלקות), שמהווים מטרד סביבתי, טכני וכלכלי. שינוי הרכב הבטון, הגדלת מורכבות פני השטח ותכנון נכון של התשתית, מאפשרים למגוון רחב של מינים להתיישב על המבנה ולשגשג בצורה דומה לזו שבבתי הגידול הטבעיים.

חופי ישראל הם מעבדה ייחודית למחקר זה בשל השילוב של מגוון סביבות ימיות (טרופית ומוזגת) והחשיפה למינים פולשים – במיוחד בחופי הים התיכון. בד בבד עם סקרי שטח המנטרים את המצב הקיים כיום בתשתיות ים לאורך חופי הארץ, מתבצעים גם מחקר ופיתוח המשלבים ידע מתחומי הביולוגיה, האקולוגיה, ההנדסה והתכנון^[9].

יחידת הגנה חופית רבועה, העשויה בטון פורטלנד "רגיל", נקראת אנטיפר (Antifer). לעומתה, ישנם 'אנטיפרים אקולוגיים' העשויים מבטון ייחודי שמתאים להתיישבות חי וצומח ימי, ונושאים פני שטח מורכבים שכוללים חורים וחריצים המקנים מחסה לדגים, ומעודדים התפתחות של חברת חי וצומח הדומה לזו שבשונית הטבעית (תמונה 1). שובר הגלים הראשי של הנמל הצבאי החדש בחיפה מורכב מאלפי יחידות אנטיפרים רגילים. לצורך הדגמת היכולת של תכנון מבוסס ביולוגיה בחופי הים התיכון הוצבו ביולי 2012 יחידות של אנטיפרים אקולוגיים במקביל לשובר הגלים הקיים. לאחר שנה בים נמצא שהאנטיפרים האקולוגיים תמכו במגוון מינים כפול ביחס לאנטיפרים הרגילים (טבלה 1) ושהיחס בין המינים הפולשים למינים המקומיים היה נמוך (טבלה 2). התוצאות מדגימות את היכולת של האנטיפרים האקולוגיים לפתוח את המצע לתחרות, כך שחברת החי על פני התשתית תתמוך במגוון רחב של מינים האופייניים לבתי גידול טבעיים באזור. חברת החי העשירה יותר תיצור מערכת אקולוגית יציבה ועמידה יותר, שתספק שירותי מערכת רבים יותר מאלה שמספקת חברת החי הדלה המאפיינת תשתיות בטון רגילות.



תמונה 1. הצבת 'אנטיפר אקולוגי' במימי מפרץ חיפה, במהלך העבודות להקמת הפוליון (האנגר ענק לצוללות חיל הים) / צילום: EConcrete Tech LTD

בלוטי ים	בלוט הנמלים			
	Balanus amphitrite	בלוט	+	+
	Balanus reticulatus	בלוט	+	+
	Chthamalus stellatus	בלוטון מצוי	+	+
חלזונות	Cerithium scabridum	מגדלון מחוספס	+	*
	Hexaplex (Murex) trunculus	ארגמון כהה קוצים	+	*
	Patella caerulea	צלחית מכחילה	+	*
	Vermetus rugulosus	שלשולן משולש	+	*
צורבים	Aglaophenia pluma	ניצית לבנה	+	*
	Halocordyle distichia	שיחנית רדודה	+	*
חשופיות	Chromodoris annulata	חשופית זהובת כתמים	+	*
זכוכיתיות	Hermodice carunculata	זכוכיתית אדומת זימים	+	*
נרתיקניות	Dasychone lucullana	נרתיקנית שכיחה	+	*
סלילוניות	Serpula vermicularis	צינורית	+	*
	Spirorbis marioni	סלילונית ים תיכונית	+	+
ספוגים	Calcaronea sp.	ספוג גירני	+	*
	Crambe crambe	ספוג כתום	+	*
	Spirastrella cunctatrix	ספיראסטרון קרומי	+	*
אצטלנים	Botrylloides schlosseri	בוטריל פרחוני	+	*
	Didemnum sp.	קרומית	+	*
	Herdmania momus	הרדמניה מומוס	+	+
	Microcosmus sp.	אצטלן זוטי	+	*
	Phallusia nigra	נאדן שחור	+	*

טבלה 1

מיני חסרי חוליות שנמצאו באנטיפריים רגילים מבוססי בטון פורטלנד ובאנטיפריים אקולוגיים

מין פולש – בוורוד, מין מקומי – בתכלת, מין שמקורו לא ידוע (cryptogenic) – בירוק. כל המינים שנצפו באנטיפריים האקולוגיים נמצאים גם בבתי גידול טבעיים סלעיים באזור, בהתבסס על נתונים מהספרות [1] ועל תצפיות.

* מינים שנצפו מחוץ לשטח יחידת הדגימה

טבלה 2. סיכום מספר המינים בקטגוריות השונות

מין פולש – בוורוד, מין מקומי – בתכלת, מין שמקורו לא ידוע (cryptogenic) – בירוק. הנחומים על בית הגידול הטבעי מבוססים על נתונים מהספרות [1] ועל תצפיות.

סטטוס	אנטיפריים אקולוגיים	אנטיפריים רגילים
מין מקומי	21	5
מין פולש	12	10
מין ממקור לא ידוע	3	
סך הכול	36	15
יחס פולש/מקומי	0.57	2.00

טבלה 2

סיכום מספר המינים בקטגוריות השונות

מין פולש – בוורוד, מין מקומי – בתכלת, מין שמקורו לא ידוע (cryptogenic) – בירוק.

הנתונים על בית הגידול הטבעי מבוססים על נתונים מהספרות [1] ועל תצפיות.

הבטון האקולוגי, המספק כלים יישומיים לבנייה מקיימת בחופים, פותח בישראל. כיום הוא משמש בעיקר בארה"ב – מפלורידה ועד לאגמים הגדולים שבגבול קנדה, תוך שיתוף פעולה עם גופים פדרליים כמו סוכנות האטמוספירה והאוקיינוגרפיה של ארה"ב (NOAA) והמשרד להגנת הסביבה של מדינת ניו יורק. היישום בישראל מוגבל, מאחר שבחיקה הסביבתית נעדרת דרישה לפיצוי אקולוגי במקרים של מיזמי פיתוח בקו החוף ובים. לפיכך, אין ליזמים תמריץ לכלול טכנולוגיות לבנייה "ירוקה-כחולה".

אף על פי שתחום ההשבחה האקולוגית של תשתיות ים וחוף נמצא עדיין בחיתוליו, ניכרת עלייה במודעות לחשיבות הנושא בארץ ובעולם. לנוכח התחזיות לעלייה משמעותית בצפיפות האוכלוסין בקווי החוף, ותופעות עולמיות של שינוי האקלים, כמו עליית מפלס פני הים ותכיפותן של סערות וסופות, גובר הצורך ביישום הידע שנצבר בנושא בשנים האחרונות.

מקורות

1. פרקול-פינקל ש וסלע ע. 2013. הגברת הערך הביולוגי ואקולוגי של תשתיות חופיות – הקטנת טביעת הרגל האקולוגית של תשתיות ימיות באמצעות בנייה מבטון תומך התיישבות ביולוגית – דוח שנתי מסכם של חברת אקונקריט טק בע"מ. תל-אביב.
2. Chapman MG and Underwood AJ. 2011. Evaluation of ecological engineering of "armoured" shorelines to improve their value as habitat. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **400**(1-2): 302–313
3. Dugan JE, Airoidi L, Chapman MG, et al. 2011. Estuarine and coastal structures: environmental effects. A focus on shore and nearshore structures. In: Wolanski E, Elliott M, and Dugan JE (Eds). *Treatise on estuarine and coastal science: 8. Human-induced problems (uses and abuses)*: Elsevier New York: Elsevier
4. Dyson KL. 2009. Habitat enhancing marine structures: Creating habitat in urban waters (Master of marine affairs thesis). University of Washington
5. Goff M. 2010. Evaluating habitat enhancements of an urban intertidal seawall: Ecological responses and management implications (MSc thesis). University of Washington
6. Firth LB, Thompson RC, Abbiati M, et al. 2014. [Between a rock and a hard place: Environmental and engineering considerations when designing flood defense structures](#). Coastal Engineering. In press. 2013.10.015
7. Johnson M. 2010. Designing the edge – Creating a living urban shore at Harlem River Park. New York: NYC Parks & Recreation and Metropolitan Waterfront Alliance
8. Naylor LA, Venn O, Coombes MA, et al. 2011. Including ecological enhancements in the planning, design and construction of hard coastal structures: A process guide. Report to the Environment Agency (PID 110461). University of Exeter
9. Perkol-Finkel S and Sella I. 2014. [Ecologically active concrete for coastal and marine infrastructure: Innovative matrices and designs](#). In press
10. Rilov G, Yahel G, and Shefer D. 2013. Forming the basis for marine reserves along the Israeli Mediterranean coast to conserve biodiversity of an ecosystem in peril. A report for the Israel Nature and Parks Authority. Haifa: National Institute of Oceanography, Israel Oceanographic and Limnological Research