התשומות של בניית סבסטוס, נמלו של הורדוס בקיסריה[1]

יוסי קוסט

תל־אביב

The Inputs in Building Sebastos, Herod's Port of Caesarea | Yossi Kost

מבוא

הורדוס המלך היה, ככל הנראה, הבנאי הגדול ביותר בתולדות ארץ־ישראל. אחד ממפעלי הבנייה הגדולים ביותר שלו היה סבסטוס, נמלה של קיסריה.

בידינו מצויים שני מקורות היסטוריים מהימנים למדי – ספרי יוסף בן־מתתיהו – המביאים תיאור מפורט של הנמל (*מלחמת* א', 410–412; *קדמוניות* ט"ו, 332–338). נוסף להם ניתן להיעזר בספרו, בן אותה תקופה, של האדריכל ויטרוביוס, הכולל פרק על אודות הטכנולוגיה של בניית נמלים (ויטרוביוס ה, י"ב, 1–7, 128–129). למקורות אלו נוספה העובדה, שעקב שבר גיאולוגי[2] שקע הנמל, זמן קצר למדי אחרי הקמתו, מטרים אחדים מתחת לפני הים, וזאת מבלי שעבר שינויי בנייה מאוחרים רבים. כתוצאה מכך ניתנה לארכיאולוגים הזדמנות לחקור אותו ולגלות את צפונותיו. שילוב המקורות ההיסטוריים והממצא הארכיאולוגי מאפשר להבין את תהליכי הבנייה ולנסות לחשב את התשומות, בעבודה ובחומרים, שהושקעו בבניית הנמל. המחקר הארכיאולוגי התת־ימי חשף גם את העובדה, שהנמל נבנה בחומרים מתקדמים מאוד לתקופתם, כמו פוצולנה – טוף וולקני שיובא ממפרץ נאפולי, עצים שיובאו, כנראה, מאסיה הקטנה, ואפילו חלוקי נחל מיובאים. גם בן־מתתיהו מציין שהנמל נבנה ב"חומרים שהוכנסו מבחוץ". הוא מתאר את הנמל, ששטחו היה כ־200 אלף מטרים רבועים. הנמל היה גדול מנמל פיראוס או שווה לו בגודלו, ואחד משלושת הנמלים הגדולים ביותר באגן הים התיכון באותה עת. הוא צויד בשוברי גלים, במחסנים מקורים, בטכנולוגיה שאפשרה את שטיפתו מחול, וכמובן בכל מתקני העזר בנמל ובסביבותיו.

כל אלה נבנו במהירות שיא, במשך כעשור שנים. החוקרים מסכימים, כי בניית הנמל החלה בשנת 22/21 לפנה"ס, אך לגבי מועד חנוכתו נחלקות הדעות בין שנת 15 לפנה"ס (Hohlfelder 1992, 76–77), כאשר ביקר ביהודה מרקוס אגריפה, ידידו של הורדוס, לבין שנת 13 (Raban 1992, 68; Avi-Yonah 1950, 169)[3] או שנת 10 לפנה"ס (Reinhold 1965, 112). הסתירה כביכול במידע בין ספר ט"ו לספר ט"ז ב*קדמוניות*[4] ניתנת להסבר בכך, שבניית הנמל החלה שנים אחדות לפני תחילת העבודות בעיר עצמה; הנמל היה המכלול החשוב ביותר בה, ואילו נכשלו בהקמתו ייתכן שבניית העיר הייתה נמנעת. סביר מאוד להניח, שבעת הכנת התשתית להקמת העיר נחצבו באזור אבני כורכר שנדרשו לבניית הנמל. סיוע

1 המאמר מבוסס על חלק מעבודה לקבלת התואר "מוסמך" באוניברסיטת בר־אילן בהנחיית פרופ' שמעון דר.

2 הערת המערכת: לדעה אחרת בדבר הסיבה לשקיעת הנמל ראו מאמרם של גלילי וחבריו בקובץ ב'.

3 רבן ואבי־יונה דנים בשאלה, ממתי יש למנות את שנות מלכותו של הורדוס – משנת 40 או משנת 37 לפנה"ס. נראה שבן־מתתיהו מנה אותן מתאריך מינויו של הורדוס על־ידי הסנט הרומי בשנת 40, ולפיכך העיר נחנכה בשנת 13/12. באותה שנה מלאו לאוגוסטוס 50 שנה ו־30 שנה מאז קיבל פיקוד על הצבא. לדעת אבי־יונה אין זה מקרה שהעיר נחנכה במועד זה.

4 *קדמוניות* ט"ו, 341: "כך הושלמה העיר במשך זמן של **שתים עשרה שנה**" (ההדגשה שלי – *י.ק.*). *קדמוניות* ט"ז, 136: "באותו זמן חל סיום העבודה בקיסריה סבאסטי, שנבנתה על ידו, הבניין כולו הגיע לידי גמר **בשנה העשירית**, (כנ"ל – *י.ק.*) ואילו מועד חנוכתו חל בשנת עשרים ושמונה למלכותו של הורדוס באולימפיאדה המאה ותשעים ושתיים".

להשערה שהנמל קדם לעיר ניתן למצוא בעובדה, שהאמפיתיאטרון ההרודיאני, שבו נערכה קבלת הפנים למרקוס אגריפה בביקורו בנמל בשנת 15 לפנה"ס, נבנה על גבי משטח של חול שנרבד בחוף מדרום לנמל המלאכותי בעקבות בנייתו (פורת תשנ"ו, 38). מכאן ברור שהמבנה הוקם לאחר שהנמל, או לפחות שובר הגלים הדרומי, היה כבר במקומו מזה שנים אחדות. גם העובדה, שבן־מתתיהו מספר על אירוחו של מרקוס אגריפה בנמל (*קדמוניות* ט"ז, 13) מעידה, שלפחות הרכיבים הבסיסיים – שוברי הגלים, המזח והרציפים – כבר הושלמו בעת הביקור. ייתכן שהמבנים העיליים נבנו מאוחר יותר.

בן־מתתיהו כינה את הנמל בשם סבסטוס (ה"נעלה"), שמו היווני של הקיסר אוגוסטוס. לשם זה, שנבדל משמה של העיר קיסריה, הייתה משמעות מנהלית רבה, כפי שמדגיש ההיסטוריון.[5] בעוד שקיסריה הייתה פוליס פרובינקיאלית עם רשויות אוטונומיות למחצה, כמו ערי הדקפוליס, סבסטוס היה ישות ממלכתית נפרדת מבחינה כלכלית ומנהלית, שהכנסותיו הועברו ישירות לחצר המלכות בירושלים. על המטבעות שנטבעו עד ימי נירון קיסר נכתב: "קיסריה אשר ליד סבסטוס" (Barag 1996, 610). רק לאחר דיכוי המרד הגדול וחורבן יהודה ניתן הנמל על־ידי טיטוס לתושבי העיר, ושמה הרשמי נקבע: Colonia Prima Flavia Augusta Caesarea. שם זה הוטבע על גבי מטבעות ונחרת על בסיס של עמוד שהתגלה בעיר (Lehmann and Holum 1999, 36–37).

תאור הנמל

המחקר הארכיאולוגי אימת את תיאורו של בן־מתתיהו, ואף הוסיף עליו מידע על אודות הטכנולוגיה הרומית של בניית נמלים, שלא תוארה על־ידו במלואה משום שלא ידע מה מצוי מתחת לפני המים (ספריו נכתבו כמאה שנים לאחר בניית הנמל). שוברי הגלים שקעו עם הזמן, ומה שנמצא היום כ־5 מ' מתחת לפני המים היה במקורו בגובה פני הים. רוב חלקיו של המבנה העילי, כמו הקיר, המגדלים והמחסנים המקומרים, התמוטטו ושרידיהם פוזרו על־ידי הזרמים או שימשו את הצלבנים לבנייה משנית. מאידך־גיסא, אותו חלק של שובר הגלים, שנבנה במקורו מתחת לפני המים – הבסיס שעליו הוקמו כל שאר המבנים שנמנו לעיל – נשאר כמעט כשהיה, וזאת הודות להגנה שסיפקה המפולת של מבני העל ועומקו מתחת לגלים המזיקים. מצב זה מאפשר לארכיאולוגים להשלים את החסר בתיאוריו של בן־מתתיהו.

העיסוק בנמל ובאופן בנייתו אינו מאפשר, כמובן, להתעלם משקיעתו מאז שהוקם. הסיבות לכך נחקרו ונמצא, שקו שבר גיאולוגי אחד לפחות מתמשך ממערב לחוף, לאורך שוברי הגלים. בקידוחים שערך המכון הגיאולוגי התגלו שני שברים "צעירים" שגרמו לשקיעה של כ־5–6 מ' לאורך קו השבר הסמוך לחוף, ושקיעה של 2–3 מ' בקו השבר המערבי יותר (Marti and Perecman 1996). קיום השברים הוכח גם על־ידי ממצאי הסקר התת־ימי, כמו השקיעה האחידה של המסד במרבית חלקי הנמל הפנימי (Raban 1998; וראו הערה 2 לעיל).

המחקר מוכיח, שנתוניו המספריים של בן־מתתיהו היו מדויקים בכל הנוגע לאורכם הכללי של שוברי הגלים ולרוחבם. לעומת זאת עומק המים ועומק שוברי הגלים, כפי שצוינו על־ידו, מוגזמים ביותר (.Ibid). בכדי להעריך נכונה את היקף העבודה שהושקעה בהקמתם ואת ייחודם יש לזכור, שהם היוו אתגר הנדסי נועז ונבנו בים הפתוח, הרחק מהחוף, ללא כל רכיב טופוגרפי טבעי שיגן עליהם מפני עוצמת הגלים. אם נביא בחשבון את מגרעות המיקום שלהם, שגם בן־מתתיהו מזכירן, ונוסיף לכך את הידוע על התהליכים המתרחשים בחוף ובקרבתו, נוכל להעריך את ממדי ההישג ההנדסי במציאת הפתרונות לבעיות שהתעוררו. נמל טבעי, הבנוי במפרץ, בלשון־ים או בשפך נהר, מוגן מבעיות אחדות שהיה על מהנדסיו של הורדוס להתמודד אתן. ביניהן ניתן למנות את הקמתו של מבנה גדול ומסיבי על תשתית תת־ימית בלתי מהודקת ועל גבי חולות נעים הנסחפים על־ידי הזרמים; בניית מכלול שיהיה חזק דיו לעמוד בפני מכות המשברים של סופות החורף; קשירה נכונה של הרכיבים הסטרוקטורליים כדי למנוע היפרדות ויצירת חללים כתוצאה מן היניקה שיוצרת נסיגת הגלים; שמירה על עומק המים בתוך הנמל ומניעת הצטברות של טין בתוכו למרות התנועה המתמדת של החול הנישא על־ידי הגלים לכיוון החוף. בעיה אחרונה זו מטופלת כיום באמצעות ציוד מכני המעמיק ללא הרף את הנמל, אך בימי קדם לא היה

---

5 *מלחמת* א, 21, ז: "את העיר הזאת נתן הורדוס נדבה לאיפרכיה (לנציבות סוריה) ואת הנמל ליורדי הים...".

מכשור כזה בנמצא, ולכן נדרשו צעדי מנע, כרכיב הכרחי בתכנון הנמל.

סבסטוס נבנה על בסיס הנמל הפנימי של מגדל סטרטון הפיניקית מן התקופה ההלניסטית. זה כלל בריכה חצובה המוגנת מהים הפתוח על־ידי שרטונות סלע ורציף עורפי, אשר הוקם בטכניקה פיניקית אופיינית של אבני גזית המונחות בבניית "ראשים" (רבן תשס"ד). סלעי החוף, אשר הגנו על הנמל מכיוון דרום־מערב, נבחרו על־ידי מהנדסי הורדוס לשמש בסיס לשובר הגלים הדרומי הגדול. בסיס שובר הגלים הצפוני נקבע על המדף הסלעי, במרחק של כ־300 מ' צפונה, וזאת בהתאם לגודלו המתוכנן של הנמל הראשי.

במאמר זה ננסה לאמוד, באופן תיאורטי, על סמך מתודות בנות ימינו, את התשומות שנדרשו לבניית הנמל. אומדן זה מתבסס רק על הממצא הארכיאולוגי וכותב יחיד – בן־מתתיהו:

> ...והדבר הגדול ביותר – שגרם גם לעבודה מרובה ביותר – בנמל של מי מנוחות, שגודלו הוא בשיעור הנמל של פיראוס, ובתוכו מקומות עגינה ומקומות משנה לעגינה, והוא מפורסם בבנייתו בזה, שצורכי העבודה הגדולה שבו לא באו מן המקום, אלא הוא בוצע **בחומרים שהוכנסו מן החוץ ובהוצאות רבות**... (*קדמוניות* ט"ו 333–332; ההדגשה שלי – *י.ק.*).

על העלויות הגבוהות של בניית נמל מסופר מאוחר יותר, כאשר קלאודיוס רצה לבנות נמל לרומא, בעקבות הרעב ששרר בה, וכותב על כך קסיוס דיו:

> ...לאור המצב הזה, לקח על עצמו קלאודיוס להקים נמל, ולא ניתן היה להניאו מהחלטתו, אפילו כאשר הארכיטקטים, כמענה לבדיקת העלות על־ידו, ענו: "לא תרצה לעשות זאת!", כה בטוחים היו שכאשר ישמע מראש על ההוצאות האדירות, ישנה את החלטתו... (Cassius Dio 60:10, 3).

התשומות לבניית הנמל

הממצא הארכיאולוגי בתחומי הנמל אישר, כאמור, את המידות שציין בן־מתתיהו, וחשף פרטים רבים על אודות טכנולוגיית הבנייה. על בסיס השוואת הטכנולוגיה הזאת עם שיטות הבנייה של נמלים אחרים שהוקמו סמוך לאותה עת, ניתן לנסות לחשב את כמויות החומרים שנדרשו למבצע רחב היקף זה ואת עלותו. למיטב ידיעתנו טרם נעשה ניסיון כזה, או לפחות טרם פורסם ברבים. החישוב יהיה, כמובן, תיאורטי בלבד וללא כל סימוכין היסטוריים או ארכיאולוגיים פרט לממצא הפיזי שתואר לעיל. אולם התגליות בשטח יכולות, כמדומה, לשמש בסיס מתודולוגי לחישוב כזה, וגם אם ייתכנו סטיות וטעויות סביר להניח, כי סדרי הגודל שיתוארו להלן מתאימים לאשר התבצע בפועל.

על סמך הנתונים הידועים לנו, נחשב בפירוט את האמצעים שנדרשו להקמת שובר הגלים הדרומי, ובעקבות זאת נטפל בחלקים האחרים של הנמל, שבהם ניתן יהיה לקצר בתיאור החישוב.

שובר הגלים הדרום־מערבי מחובר בבסיסו לשונית כורכר ונמשך בקשת מתעגלת, תחילה מערבה ואחר־כך צפונה. אורכו כ־560 מ' ורוחבו כיום 80–220 מ' (Oleson and Branton 1992, 52). אולם מידות אלה נלקחו לאחר שהנמל שקע ואבניו פוזרו על־ידי הגלים, והן כוללות גם את האבנים שהתמוטטו מהמבנים, אשר הוקמו על־גבי שובר הגלים. בן־מתתיהו מציין רוחב של 200 רגל שהן, כנראה, כ־60 מ', ואולסון וברנטון העריכו שהרוחב המקורי היה 70 מ'. הצד החיצוני של שובר הגלים נבנה בגושים גדולים מאוד של מלט הידראולי, בהתאם לממדי תבניות העץ שהושקעו בים. מתחת לקצה הצפוני של שובר הגלים נמצאה תבנית שממדיה 14x7x4 מ' (Brandon 1996, 35). מכאן השערתו של רבן, כי תחילה נבנו לאורכו איים מלאכותיים (להלן) (Raban 1998, 228).

עומק הנמל שציין בן־מתתיהו איננו תואם את המציאות, ולכן נניח, גם בעזרת המידע על אודות השברים הטקטוניים, שהעומק הממוצע של המים היה כ־3.5 מ', וכי מבני היסוד התנשאו עוד כחצי מטר מעליהם.[6]

לדעת רבן נבנו תחילה שלושה איים מלאכותיים, שניים מהם בשובר הגלים הדרום־מערבי. האחד, בקצהו הצפוני, השתרע

6 הערכת הגובה מתבססת על מספר תבניות שנמצאו, שגובהן מוערך ב־4 מ'.

על 900 מ"ר והשני שטחו היה כ־3,200 מ"ר. האי השלישי, שנבנה בקצה שובר הגלים הצפוני, יידון להלן. אורך האיים היה כ־115 מ', מתוך אורכו הכולל של שובר הגלים שנאמד בכ־560 מ' (האי הגדול 80x40 מ', והשני 42x21 מ'). החלק הנוסף של שובר הגלים אורכו, אם כן, כ־445 מ'. רוחבו יוערך כאן בכ־60 מ', כפי שמציין בן־מתתיהו, לפי החישוב הבא: הצד הפונה לים נבנה בתבניות צמודות ככל האפשר זו לזו שהושקעו בים כשדרת שובר הגלים. גושי המלט היו ברוחב של כ־10 מ', כ־28 מ' לרוחבו מולאו באבני גוויל גדולות, וכ־20 מ' הושארו חשופים ומולאו בחול כתוצאה מפעולת הגלים (Ibid., 239). רוחב קיר הגזית הפנימי היה כ־2.1 מ'. כ־20 מ' הושארו כרווח עד הפרוקומיה (שובר הגלים הקדמי), שרוחבה היה 7 מ' בבסיסה וכ־4 מ' בגובה פני המים.

נפח המלט שנדרש כאן, לרבות הרפסודות הטעונות במלט ההידראולי המיוחד שהושקעו לאורך שובר הגלים הדרומי־מערבי, היה, אם כן, 17,800 מ"ק (445x10x4 מ'). נפח המלט ששימש לבניית שני האיים בשובר גלים זה היה 16,400 מ"ק (4,100 מ"רx4 מ'), ובסך הכול 34,200 מ"ק מלט, שהושקעו על גבי תשתית תת־ימית אשר דרשה עבודה רבה ומתמחה יותר מבניית חומה רגילה. ניתן לשער, שרק כמחצית מהמלט בתבניות היה מלט ימי שהכיל פוצולנה והשאר היה מלט יבשתי רגיל. לפי ויטרוביוס יש לערבב את הפוצולנה בטיט ביחס של אחד לשניים. מאחר שלמלט הוכנסו גם אבנים רבות, נניח לצורך החישוב שמאותם 34,200 מ"ק רק מחצית הייתה מלט, וכאמור רק מחציתה הכילה פוצולנה (כשליש ממנה פוצולנה ושני שלישים טיט). מכאן שבשובר הגלים הדרומי הושקעו כ־2,850 מ"ק פוצולנה.

הרווחים שנותרו בין התבניות שהושקעו בים מולאו בשקים מלאים פוצולנה. לצד גושי המלט שהושקעו הוערמו אבני גוויל, שנועדו לחזק את שדרת שובר הגלים ולתמוך בה. אבנים אלו תפשו נפח של כ־44,000 מ"ק (445x28x3.5 מ'). נפח של כ־38,000 מ"ק (445x25x3.5 מ') התמלא בחול שהושקע על־ידי הגלים.

הקיר הפנימי, ששימש מזח לעגינה, אמנם לא היה כה חשוף לזעמם של הגלים, אך היה עליו לעמוד בפני פגיעות של כלי השייט שעגנו לצדו. הוא נבנה באבני גזית שממדיהן 2.1x0.6x0.6 מ'. מאחר שגובהו הממוצע היה כ־4 מ' ואורכו כ־550 מ', נדרשו להקמתו כ־6,000 אבני גזית (שטח פני הקיר 550x4 מ'=2,200 מ"ר; שטח ה"ראש" של אבן גזית 0.6x0.6 מ'=0.36 מ"ר; 6,111=2,200:0.36 אבנים).

כל פניו של שובר הגלים, לרבות השטח שמולא בחול והאיים המלאכותיים, רוצפו בלוחות כורכר בשטח כולל של 33,000 מ"ר (550x60 מ'). בהנחה שממדי לוח כורכר היו 0.5x1.0 מ', נדרשו לכך כ־66,000 לוחות.

המצע לשובר הגלים הורכב מחלוקי נחל מיובאים גדולים שהוטלו, כנראה, מספינה בעלת קרקעית פתוחה בחלקה וסודרו במקומם בידי צוללנים. המצע היה רחב יותר משובר הגלים על מנת למנוע חתירת המים מתחתיו (Raban 1998, 231). היה צורך ליישר את קרקעית המצע בעזרת מכשור מיוחד (*extrastilis*, כנראה פלטפורמה קטנה עשויה קורות מוצלבות) ולפזר עליה את החלוקים, כפי שמתאר ויטרוביוס (ה' 12, 3, 128). אין בידינו נתונים מדויקים לגבי עובי המצע ולכן נניח שהיה 0.4 מ'.[7] מאחר שאורך המצע זהה פחות או יותר לאורך שובר הגלים, דהיינו כ־550 מ', אולם הוא הונח רק מתחת לתבניות המלט המושקעות, למילוי אבני הגוויל ולחומת אבני הגזית הפנימית, נקבל מצע ברוחב כ־40 מ'. נפח חלוקי הנחל שנדרשו לשובר הגלים הדרום־מערבי היה אם כן 8,800 מ"ק לערך .

כ־30 מ' לכיוון הפונה לים נבנה שובר גלים משני, הפרוקומיה[8]. אורכו היה כאורך שובר הגלים הראשי בקירוב, אך הוא התעגל בקשת בעלת רדיוס גדול יותר. בכל זאת נניח שאורכו היה כ־500 מ'. רבן מצא שרוחבו בבסיס היה כ־7 מ' ובגובה פני המים כ־4 מ'. גם שובר הגלים המשני נבנה בשיטה של השקעת תבניות, אם כי הושארו ביניהן רווחים. גם כאן נניח כי הגובה היה כ־4 מ', מאחר שהקיר נבנה עמוק מעט יותר אך לא בלט מעל פני המים. נפח הפוצולנה שהושקעה בפרוקומיה,

7 בטכניקה זו משתמשים עד היום בבניית נמלים. ב"נמל היובל", שהוא הרחבה של נמל אשדוד, הניחו שכבת אבנים שמשקלן 20–50 ק"ג על המצע החולי שבקרקעית. דוברה מיוחדת עם פתח בקרקעיתה מפזרת אותן באופן אחיד יחסית ונשאר רק לתקן קמעה את הסידור באמצעות צוללנים. תודה למהנדס הביצוע הראשי ברשות הנמלים, זאב הוך, על מידע זה.

8 המילה פרוקומיה שבה משתמש בן־מתתיהו היא יחידה במינה, ואינה מופיעה בשום טקסט יווני עתיק אחר. פירושה ככל הנראה "מול הגלים". ראו רבן תשס"ד, 12.

על פי ההנחות שהוסברו לעיל, היה כ־915 מ"ק (הנפח הכולל 11,000 מ"ק [500x5.5 {הרוחב ממוצע}4x מ']. מחצית ממנו הייתה אבן, ומהמלט – חציו מלט יבשתי רגיל, שאינו מכיל פוצולנה, ומחציו הנותר שליש הוא פוצולנה).

ננסה להעלות הנחות נוספות כדי לחשב את כמות התבניות, מהסוגים השונים, שנדרשו לבנייה. מאחר שאין מידע בדוק בנושא, היסטורי או ארכיאולוגי, ברור שההנחות אינן מדויקות ויש לראות בהן אומדן בלבד, ולפיכך לא ניתן להפריד בין הסוגים השונים של התבניות. כמו כן הנחנו, שכל התבניות נועדו לשימוש חד פעמי, אם כי סביר להניח, שניתן היה להשתמש בחלק מקורות העץ פעמים נוספות.

בן־מתתיהו מדבר על אבנים שממדיהן "אורך חמישים רגל, וקומתן תשע רגליים ורוחבן עשר רגליים, ואבנים אחדות גדלו עוד במידתן מאלה" (*מלחמת* א', 21, ו'). לצורך הפשטות נניח שממדי כל התבניות היו 10x10x4 מ', אם כי ידוע על תבניות גדולות יותר. לפי שטח פני שובר הגלים והאיים, שחושבו לעיל, נדרשו לבניית שובר הגלים 45 תבניות, לאיים עוד 32 תבניות ולפרוקומיה עוד 23 תבניות (מספר משוער, שכן ידוע כי הושארו ביניהן מרווחים). מכאן שלשובר הגלים הדרומי ולפרוקומיה נדרשו כמאה תבניות עץ (איורים 1, 2).

בתבניות אחדות נמצאו קורות עץ שעוביין 9 ס"מ. אם נניח שכל הקורות היו כאלו, נדרש לבניית תבנית אחת עץ בנפח של 23.4 מ"ק (שטח רצפה 100 מ"ר+שטח כל פאה 40 מ"רx4 פאות=שטח הפניםx0.09 מ'). ניתן להניח, שאחדות מהקורות היו דקות יותר, אך מאחר שקורות רבות נוספות שימשו לחיזוקים פנימיים, הנחה של 25 מ"ק עץ לתבנית נראית סבירה ואולי אפילו נמוכה מדי.[9] מכאן שלהכנת התבניות של שובר הגלים הדרומי בלבד נדרשו כ־2,500 מ"ק עץ, שכנראה היה כולו מיובא (משקלו הסגולי של עץ תלוי בסוגו ובמידת הלחות שאליה הגיע. לפי ממוצע של 0.5 הרי שמשקל העץ שנדרש עבור התבניות לשובר הגלים הדרומי בלבד היה כ־1,250 טונות).

שובר הגלים הצפוני, שלא היה נתון למתקפות הגלים, נבנה באותן שיטות אך בפשטות רבה יותר. הוא הוקם בניצב לחוף ונמשך מערבה לאורך 240 מ'. קצהו המערבי היה האי המלאכותי השלישי. במקום זה נמצאה ערימה של אבני גזית גדולות מכורכר (ממדיהן 1.3x1.3x0.7 מ'), וכן התגלו שם אבני גזית ענקיות (אחת בגודל 15x11.5x2 מ'), שהושקעו ישירות על החול ללא מצע חלוקים. האבנים הוצמדו זו לזו בחיבורי ברזל שכוסו ביציקת עופרת (Oleson and Branton 1992, 53). גם אי זה רוצף בלוחות כורכר. לשובר הגלים הצפוני לא הייתה פרוקומיה.

בחישוב הכמויות להלן ישמשו אותן הנחות שהוסברו לעיל. זאת למרות שהתבניות היו בעלות דופן כפולה וללא קרקעית, והושטו לאתרן כאשר בקירותיהן יצוק מלט פורוזיבי שמשקלו הסגולי רק 0.6, כך שהיה להן כושר ציפה, עד שהמלט ספג מים. לאחר שהובאו למקומן המיועד הן מולאו באבנים ובמלט.

לבנייה נדרשו:

מצע חלוקי נחל שנפחו 3,840 מ"ק (240x40x0.40 מ').

אבני גוויל בנפח 26,800 מ"ק (240x28x4 מ').

מלט יצוק בנפח 9,600 מ"ק (240x10x4 מ'), ממנו רק כ־800 מ"ק פוצולנה.

קורות עץ בנפח 600 מ"ק ל־24 תבניות (24x25 מ"ק).

לריצוף אבני הכורכר – 28,800 לוחות (240x60 מ'=14,400 מ"ר, ממדי כל לוח 0.5x1.0 מ').

אבני גזית מכורכר לבניית הרציף – 2,670 אבנים (4x240=960 מ"ר, מחולקים ב־0.36).

היה גם מזח פנימי, שהפריד בין שני חלקי הנמל החיצוני. קשה להניח, שנבנה באותה הקפדה, שכן מרחב זה היה שקט יותר. לכן נתעלם מכמויות החומרים שנדרשו לבנייתו, שכן המספרים שאליהם מגיע החישוב גבוהים דיים גם בלעדיו.

להלן סיכום הכמויות של חומרים מיובאים שנדרשו למבנים התת־ימיים בלבד:

פוצולנה – 4,565 מ"ק (2,850+915+800 מ"ק).

---

9 קינגסלי (Kingsley 2001, 77) סבור שלבניית תבנית נדרשו 64 מ"ק עץ.

חלוקי נחל – 12,640 מ"ק (3,840+8,800 מ"ק).

עץ – 3,100 מ"ק (600+2,500 מ"ק).

מדובר בנפח כולל של למעלה מ־17,000 מ"ק, ואלו, כאמור, החומרים המיובאים בלבד, שנועדו רק למבני הנמל התת־ימיים. מדובר בכמות גדולה מאוד גם אם נניח, שהאוניות הביאו את הפוצולנה ממפרץ נאפולי, ואת חלוקי הנחל מצפון־מזרח הים התיכון (חופי לבנון וסוריה דהיום) כזבורית (בלאסט) כדי להוזיל את העלויות.[10] נפחן הממוצע של אוניות הסוחר בתקופה זו היה 150–400 טונות (Casson 1995, 183–200), והזבורית תפשה רק חלק קטן ממנו. גם אם נניח 100 טונות זבורית לאונייה גדולה, מהסוג שהוביל דגנים ממצרים לרומא, נדרשו 170 אוניות רק להובלת הפוצולנה וחלוקי הנחל. בניית צי מיוחד כדי להוביל את חומרי הגלם לנמל הייתה מייקרת את הפרויקט בצורה משמעותית. לא נמצאו כל סימוכין, היסטוריים או ארכיאולוגיים, להשערה כזו. אם חומרי הגלם יובאו כזבורית הצטמצמה עלות ההובלה רק לעיכוב שחל בהגעת האוניות הריקות ליעדן.[11]

אין בידינו נתונים על עלות הפוצולנה. כמו מחצבים וחומרי בנייה רבים אחרים, היו, כנראה, מרבצי הפוצולנה בשליטה אימפריאלית וניתן להניח, שסופקו להורדוס במסגרת הסיוע הקיסרי לבניית הנמל. קשה גם לחשב את עלותם של חלוקי הנחל המיובאים. להלן נערוך חישוב על־פי עלות הכרייה וההובלה של חול לנמל, ונשתמש באותן הנחות כמו בחישוב עלויות החול והסיד שהוספו למלט. מדובר ב־1.5 ימי עבודה עבור כל 1 מ"ק חלוקי נחל, כלומר כ־19,000 ימי עבודה (12,640x1.5). לא נחשב מחיר עבור הזיכיון או החומר מאחר שזהו חומר מצוי, אולם יש לקחת בחשבון את ההובלה הימית, היות שחלוקי הנחל הובאו, כנראה, ממזרח הים התיכון.

עלות ההובלה של העץ אשר שימש לבניית התבניות לא הייתה שולית, שכן אין הוא יכול לשמש זבורית. מאידך־גיסא, ניתן לגרור עץ בים באמצעות דוברות, כפי שעשו הפיניקים בימי שלמה, כאלף שנה מוקדם יותר (מלכים א' ה', כ"ג–כ"ד). אולם להובלת בולי עץ תוך חציית הים ולא בשייט לאורך החוף נדרשו אניות של ממש, שעליהן הוטען העץ. קשה לאמוד את עלות ההובלה הזאת. העלות הממוצעת של הובלת בולי עץ במאות הד' והג' לפנה"ס הייתה כ־18% ממחיר העץ (Meiggs 1982, 363–364).

להשלמת חישוב העלות של בניית התשתית התת־ימית נותר להעריך את כמות החומרים המקומיים. אבני גוויל למילוי שוברי הגלים נדרשו בכמות הגדולה ביותר – 70,800 מ"ק (26,800+44,000 מ"ק). כמו כן נזדקקו הבונים לאבני גוויל מרובות, הן מכורכר והן מגיר, שעורבבו במלט לשם יצירת המסד התת־ימי. הנפח של אבנים אלו היה, בהתאם לחישוב דלעיל, מחצית הנפח שמולא במלט בשוברי הגלים ובפרוקומיה, דהיינו 27,400 מ"ק. בסך הכל נזקק הורדוס לכ־100,000 מ"ק אבני גוויל. כמו כן נדרשו חול וסיד להכנת המלט; מחציתו, כלומר נפח של 13,200 מ"ק, הייתה מלט יבשתי רגיל. מחציתו השנייה הייתה מלט הידראולי, שהנחנו כי שליש ממנו היה פוצולנה, כך שנדרשו 8,800 מ"ק חול וסיד. כלומר בסך הכל נדרשו 22,000 מ"ק טיט.

אבני הגזית ששימשו בבנייה היו אבני כורכר מקומיות, שנחצבו מצפון לקיסריה, באזור מעגן מיכאל – ג'סר א־זרקא של היום, וככל הנראה הושטו בים לנמל. כמוהן גם לוחות הכורכר, שבהם ריצפו את שוברי הגלים. החישוב שנעשה לעיל העלה, שבצד הפנימי נבנה קיר אבני גזית מכ־6,100 אבנים בשובר הגלים הדרום־מערבי ועוד 2,670 אבנים בשובר הגלים הצפוני, ובסך הכל כ־9,000 אבני גזית. לריצוף שוברי הגלים נדרשו 28,800+66,000 לוחות ובסך הכל כ־94,800 לוחות.

להערכת מומחים,[12] נדרשו שניים עד שלושה ימי עבודה לחציבת אבן גזית מהסוג ששימש לבניית הקירות הפנימיים של

---

10 קאסון (Casson 1995, 90 n. 66–67) מצטט מפי פרוקופיוס, שהזבורית באניות הייתה בדרך כלל חול. במקומות אחרים (Ibid. 176, n. 43, 370) הוא מביא הוכחות ארכיאולוגיות לזבורית שהורכבה מאבנים ומזכיר את הגילדה של מערימי החול (*corpus saburrariorum*), הנזכרת בכתובת שנמצאה בפורטוס (נמלה של רומא).

11 סביר להניח בעקבות הוהלפלדר (Hohlfelder 2000, 241–253), שהיו אלו אניות הדגן במסלול רומא–אלכסנדריה.

12 תודה לאבנר מלכה, מומחה לאבן כורכר, שהואיל לחשב את הזמן שנדרש, לדעתו, לחציבה ולסיתות של אבני הגזית ושל לוחות הריצוף ששימשו בשוברי הגלים.

שוברי הגלים ולסיתותה. מאחר שהשתמשו בכ־9,000 אבנים כאלו, הצריכו חציבתן וסיתותן 22,500 ימי עבודה (9,000x2.5). להכנת מרצפת כורכר אחת נדרש יום עבודה, דהיינו 94,800 ימי עבודה. מכאן שלצורך חציבת הכורכר וסיתות האבנים בלבד נדרשו כ־117,300 ימי עבודה, שהם כ־470 שנות עבודה (לפי 250 ימי עבודה בפועל בשנה, להוציא מחלות, שבתות וחגים, ימי גשם וכד').

לצורך בניית התבניות, שמולאו במלט הידראולי והושקעו בים, נדרשה, קודם כל, הכנת קורות העץ. העץ הובא, כנראה, מאסיה הקטנה. הבנאים השתמשו בעיקר באורן אירופי (Pinus sp.) אך גם בצפצפה (Populus sp.), ואילו הכפיסים והמסמרים נעשו מעץ אלון (Quercus sp.) (Lipschitz, Lev–Yadun and Weizel 1989, 191–192).

לשם חישוב העבודה שהייתה כרוכה בהכנת קורות העץ, נניח שהשתמשו בעץ מקובל כאורן, באורך 10 מ' ובקוטר 0.55 מ', שנוסר לקורות על־ידי שני בעלי מקצוע (Wulff 1966, 80). את הקורות הניחו לאחר מכן לייבוש. כאן ישמש נתון שרירותי, לפיו זוג מנסרים משלימים ניסור בול עץ בגודל שהוגדר במשך ארבעה ימים (ניסור שש קורות באורך 10 מ' כל אחת, כלומר ניסור 70 מ' במשך 40 שעות, דהיינו כ־2 מ' ניסור בשעה, וביתרת הזמן הכנת בולי העץ, סידור הקורות, השחזת המסורים ותיקונם וכד'), כלומר בסך הכל שמונה ימי עבודה. מספר זה תואם את המתואר על־ידי מיגס (Meiggs 1982, 516–517). נפח בול עץ סטנדרטי הוא 2.37 מ"ק (3.14x0.275 מ' בריבועx10 מ' גובה). עלינו להניח לפחות 10% פחת בבול העץ, ולכן נראה שמכל בול עץ הפיקו קורות בנפח 2.1 מ"ק. בסך הכול נדרשו כ־3,100 מ"ק עץ, כלומר 1,476 בולי עץ שעובדו לקורות במשך 11,800 ימי עבודה. נוסיף לכך את הכנת הכפיסים והמסמרים ונגיע לכ־13,000 ימי עבודה, השווים ל־52 שנות עבודה.

הכנת התבניות הייתה עבודת נגרות מסובכת, שדמתה לבניית אוניות (Oleson 1985, 165–172), מקצוע שנחשב קשה ומסובך במאות הא' לפנה"ס–הא' לספירה (Casson 1995, 201–223). הערכת ימי העבודה שנדרשו לבניית תבנית אחת איננה ודאית, ואפילו החישוב התיאורטי נשען על בסיס רעוע למדי. מכל מקום, לפי הערכתו של מהנדס האוניות עמירם שטיינברג, ובהתחשב בעובדה שמדובר בתבניות מסוגים שונים, נבחר הנתון שלפיו נדרשו כעשרים שנות עבודה (כ־5,000 ימי עבודה) להתקנת תבנית אחת. מאחר שלבניית שוברי הגלים נדרשו, בהתאם לחישוב דלעיל, 124 תבניות, הרי שלבנייתן נצרכו ל־2,480 שנות עבודה (או כ־12.5 מיליון ימי עבודה).

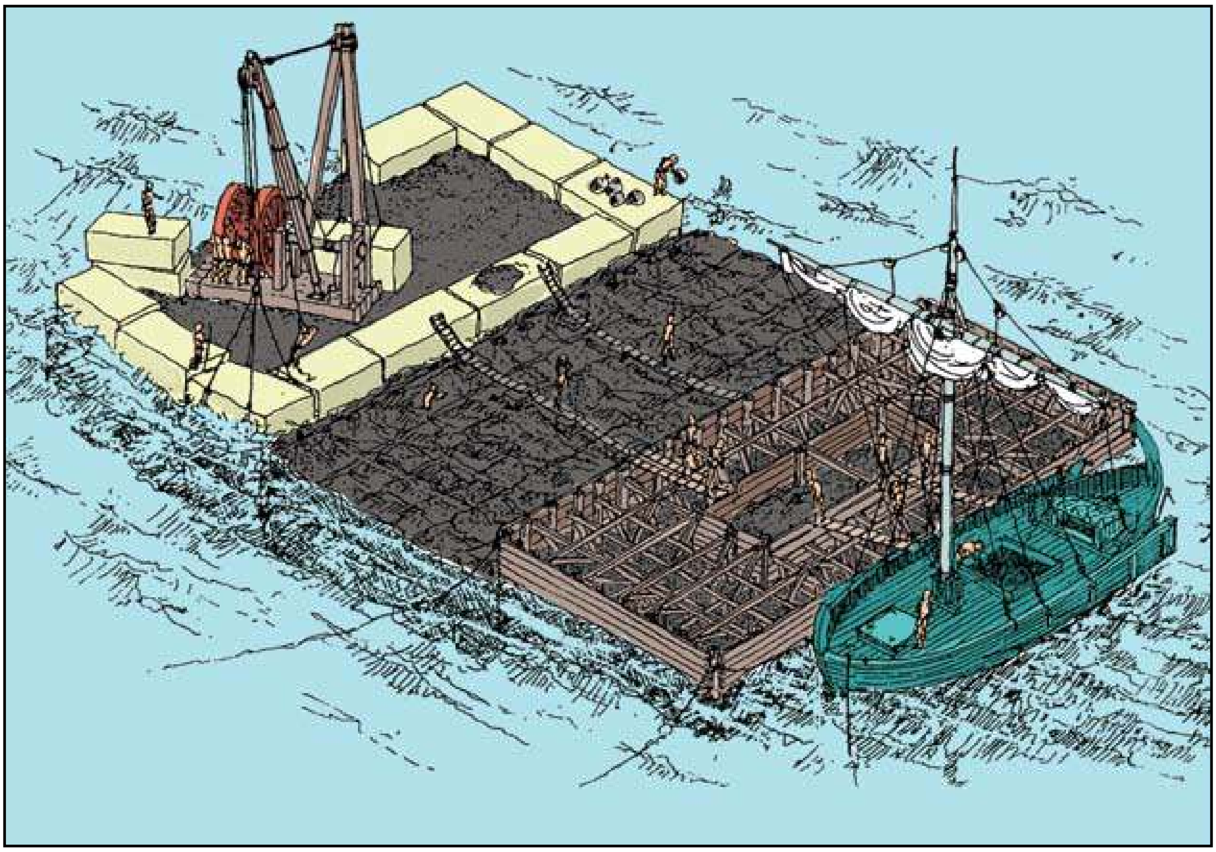
כריית החול, הסיד ושאר החומרים להכנת המלט דרשה חצי יום עבודה ל־1 מ"ק (ורשבסקי ופרץ תשנ"ג, 25), ובסך הכל 44 שנות עבודה (22,000 מ"ק 0.5x=11,000 ימי עבודה). גם חציבת אבני הגוויל דרשה תשומת עבודה דומה ל־1 מ"ק, ובסך הכול 200 שנות עבודה (100,000 מ"ק 0.5x=50,000 ימי עבודה).

שינוע החומרים הוא רכיב עבודה משמעותי בפרויקט כזה.[13] על בוני הנמל היה לארגן רשת שינוע בעגלות רתומות לשוורים, חמורים וסבלים, וכן את השינוע הימי, הן של תבניות העץ והן של אבני הכורכר והמרצפות. אלה הובאו אמנם מקרבת מקום אך נדרשה לכך עבודת טעינה, השטה ופריקה. כך גם לגבי החול, הסיד ויתר החומרים הדרושים למלט. ההנחות בבסיס החישוב הן:

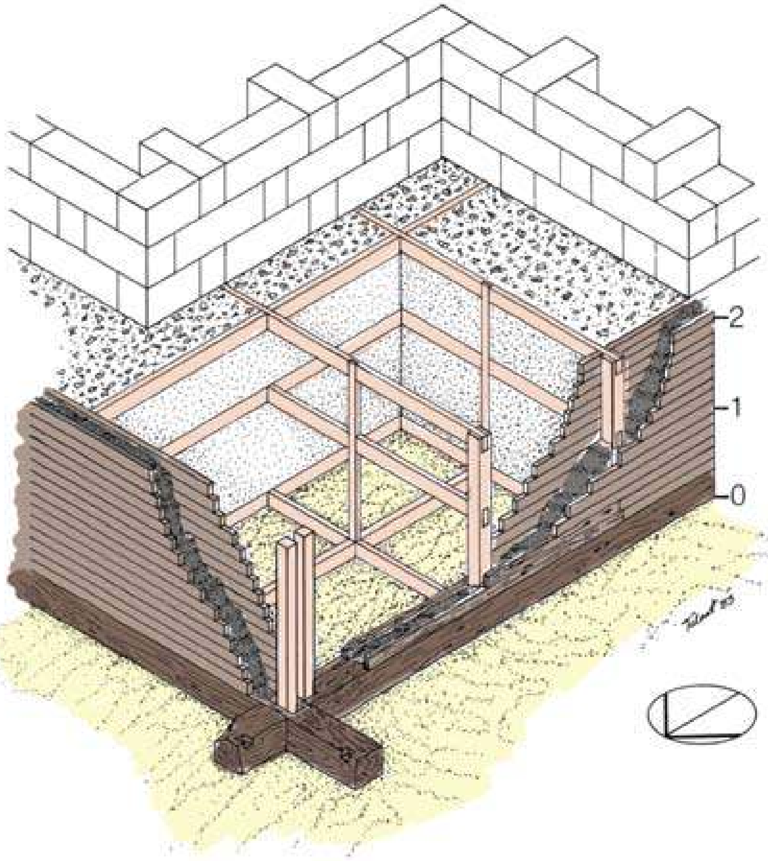
1. אבני הגוויל, החול והסיד הובלו ביבשה מרחק ממוצע של 4 ק"מ. לפיכך נערכו שני סבבים ביום עבודה, והזמן הנותר הוקדש לטיפול בבהמות.
2. המשקל הסגולי הממוצע של החול, הסיד, האבנים השונות, הפוצולנה וכד' הוא 2.
3. ההובלה נעשתה מחציתה על גב חמורים (אביצור 1976, 240) ומחציתה בעגלות רתומות לזוג שוורים, שהובילו 600 ק"ג בכל סבב (ספראי וששון תשס"א, 45, 49). לכל זוג חמורים היה חַמָּר ולכל עגלה – רכב.
4. העמסת הבהמות והעגלות נעשתה באמצעות כלי עור בנפח של 20 ליטר. נדרשו ארבע שעות להעמסת 1 מ"ק ושעתיים לפריקתו (ורשבסקי ופרץ תשנ"ג).

היה צורך להוביל: 100,000 מ"ק אבני גוויל שמשקלן קרוב ל־200,000 טונות; 22,000 מ"ק, דהיינו 44,000 טונות, חול וסיד

13 בניגוד לורשבסקי ופרץ (תשנ"ג) הגורסים, שהוצאות ההובלה היו רק 6% מעלות הבנייה בהר הבית, היא הייתה, לדעתי, רכיב חשוב הרבה יותר (ראו מלכים א ה', כ"ט).



איור 1. הצעה לשחזור הקמת התשתית לאי המלאכותי בחלקו הצפוני של שטח K (Raban et al. 1993, 7; ציור: כ' ברנדון)



איור 2. שחזור תבנית עץ (כפי שנמצאה בשטח G). התבנית המלבנית נבנתה על החוף ללא רצפה, עם דפנות כפולות שמולאו בתערובת נוזלית של אפר וולקני, טוף נקבובי וגבס (רבן תשס"ד, 9; איור: כ' ברנדון).

למלט; 94,800 מרצפות שנפחן הכולל 9,480 מ"ק ומשקלן הכולל 18,960 טונות; 9,000 אבני גזית בנפח כולל של 2,565 מ"ק ובמשקל 5,130 טונות.

להעמסת כל החומרים האלה ולפריקתם נדרשו 1,608,000 שעות (6 שעות עבודהx268,000), ולפי 10 שעות עבודה ביום ו־250 ימי עבודה בשנה הצריכו ההעמסה והפריקה כ־640 שנות עבודה.

להובלת 268,000 טונות נדרשו כ־1,787,000 מטעני חמור ו־223,000 סבבי עגלות. בהנחה שבוצעו שני סבבים ביום נזקקו לכ־893,000 ימי עבודה של חמור ולכ־111,500 ימי עבודה של עגלה. כאמור, לכל עגלה נדרש רכב יחיד ולכל זוג חמורים – חַמָּר, דהיינו כ־111,500+447,000 ימי עבודה שהם כ־2,234 שנות עבודה.

לכך יש להוסיף את הפיקוח על ההובלה, פריקת חומרי היבוא, מטענים כבדים שדרשו טיפול מיוחד, בניית מנופים, תאונות עבודה, הפרעות מזג האוויר, וכן את הלוגיסטיקה הכרוכה בטיפול בבעלי חיים כה רבים. אם נניח ששלב ההובלה העיקרי ארך שש שנים, מאמצע שנת 22 עד 16 לפנה"ס, 250 יום בשנה, נדרשו למעלה מ־500 חמורים מדי יום, ובתוספת רזרבה כלשהי – 600 חמורים ו־125 שוורים (שנרתמו לעגלות). כמו כן צריך היה לבנות עגלות, להכשיר דרכים, לבנות אורוות ושקתות, להביא מזון ומים לבעלי החיים, ועוד. ניתן להניח שהפעולות הנלוות הוסיפו 50% לזמן ההובלה, כך שההובלה של חומרי הבנייה המקומיים לאתר הבנייה דרשה כ־3,350 שנות עבודה.

לאחר שחומרי הבנייה הובאו למקום, בולי העץ נוסרו לקורות והתבניות נבנו, היה על הבונים למלא אותן בחלקן, לגרור אותן למקומן המיועד ולהמשיך למלאן עד ששקעו על מצע החלוקים שהונח קודם לכן.

כזכור, הובאו לאתר כ־12,640 מ"ק חלוקים מיובאים השוקלים כ־25,000 טונות. המצע הושלך מתוך ספינה ובה הגאי אחד, שנגררה על־ידי ספינת גרר מיועדת. זו הופעלה בידי 20 חותרים והגאי (Casson 1995, 164–166, n. 42). לספינה הנגררת היה כושר נשיאה של 50 טונות. החלוקים פוזרו בידי צוות של ששה פועלים וארבעה צוללנים. העמסת הספינה על־ידי 25 פועלים (כל אדם מעמיס טונה אחת בשעה; ראו לעיל) נמשכה כארבע שעות. לאחר העמסתה היא נגררה במסלול הפיזור המיועד במשך שעתיים נוספות, שבהן פרקו הפועלים את החלוקים לפי הוראות הצוללנים, שיישרו את הקרקע החולית לפני הפיזור וסידרו את המצע לאחריו. לכל ספינת גרר השתייכו שתי ספינות משא, ובכל סבב אחת מהן פיזרה חלוקים והשנייה הועמסה. אם כן, צוות של 20 חותרים, שני הגאים, 12 פועלים מפזרים, 50 מעמיסים וארבעה צוללנים פיזר במשך יום עבודה בן 10 שעות מטען של חמש ספינות, דהיינו 250 טונות חלוקי נחל. נדרשו אם כן כ־100 ימי עבודה של כל הצוות להנחת המצע, ובסך הכל למעלה מ־32 שנות עבודה (4+50+12+2+100x20=8,800 ימי עבודה).

אותן סירות שימשו לאחר מכן לגרירת התבניות למקומן בידי אותו צוות של חותרים וצוללנים. מילוי התבניות והכנת המלט נעשו בשני שלבים: בשלב הראשון, בעוד התבנית סמוכה לחוף ומועמסת על־ידי פועלי הרציף, היא מולאה כדי 15% מנפחה. המילוי ארך, לפי ההנחות דלעיל, ארבע שעות למטר מעוקב, וכיון ש־15% מ־52,800 מ"ק מלט (לפי 34,200 מ"ק בשובר הגלים הדרומי, 9,000 מ"ק בפרוקומיה ועוד 9,600 מ"ק בצפוני) הם כ־8,000 מ"ק, הרי שהטענתם הצריכה כ־13 שנות עבודה בהעמסה פשוטה. אך מאחר שהיה על העובדים גם לערבב את המלט בטרם ההעמסה, ובהנחה שפעולה זו דרשה כוח עבודה כפול מההעמסה, נקבל בסך הכל כ־40 שנות עבודה להכנת המלט ולהעמסתו על התבניות לפני גרירתן למקום השקעתן.

גרירת התבניות המלאות בחלקן לאתרן הצריכה, כנראה, כ־14 שנות עבודה.

השלב השני במילוי התבניות, שנעשה כאשר כבר היו באתרן, הצריך עבודה רבה יותר. בשלב זה נזקקו לספינות להובלת חומרי המילוי אל התבנית. צריך היה להעמיס את החומרים, לערבב את המלט ולפרוק אותו לתבנית בזהירות, על מנת לשמור על איזונה. העמסת 85% מחומרי המילוי (שהם 44,880 מ"ק) דרשה כ־22,000 ימי עבודה או 90 שנות עבודה. ערבוב המלט הצריך 144 שנות עבודה. פריקתו מהספינה לתבנית בקצב של מטר מעוקב ליום עבודה דרשה כ־45,000 ימי עבודה שהם 180 שנות עבודה. גרירת הספינות ועבודת הצוללנים שעיגנו את התבניות וכיוונו אותן בעת ההשקעה דרשו יחד כ־20 שנות עבודה.

הקמת הקיר הפנימי של שוברי הגלים, ששימש גם מזח, באבני גזית שהונחו בטכניקת "ראשים" האופיינית לבנייה תת־ימית, דרשה ללא ספק זמן רב ומומחיות גדולה, בפרט בקטעים שבהם הוצמדו האבנים בחיזוקי מתכת, במקומות שבהם הושקעו גושים גדולים. אין בידינו בסיס טוב לאומדן הזמן שנדרש לכך. לפיכך נאמר, כי הנחת אבני גזית בתנאים אלה מתחת לפני המים נמשכה זמן ארוך פי שלושה מהנחתן על היבשה. בניית מטר מעוקב של אבני גזית על היבשה מצריכה 13.5 שעות עבודה (ורשבסקי ופרץ תשנ"ג, 38), ומכאן שהעבודה התת־ימית דרשה 92,340 שעות עבודה שהן 37 שנות עבודה (2,280x13.5x3).

נותר לחשב את משך הנחת הריצוף. השטח היה, כאמור, כ־47,400 מ"ר. לפי חישוב של שתי שעות עבודה למטר רבוע (שם, 30) נדרשו לכך 9,500 ימי עבודה, שהם כ־38 שנות עבודה.

אם נסכם את היקף העבודה שהושקעה בבניית החלקים התת־ימיים של הנמל, וזאת מבלי לחשב את העבודה שנדרשה להבאת הפוצולנה לנמל באיטליה, העמסתה על האונייה והובלתה לקיסריה, לפני חישוב עלות התכנון והפיקוח, הוספת מזחים פנימיים וכמובן לפני כל בניית־העל על גבי שוברי הגלים, המזחים, המחסנים, וכדומה, נקבל:

כריית החול והסיד למלט – 44 שנות עבודה

חציבת אבני גוויל – 200 שנות עבודה

חציבת כורכר וסיתותו – 470 שנות עבודה

פריקת מטעני היבוא, פריקת דוברות העץ – 21 שנות עבודה

ניסור קורות והכנת כפיסים ומסמרים – 52 שנות עבודה

בניית התבניות – 2,480 שנות עבודה

העמסת חומרי הבנייה – 640 שנות עבודה

הובלת חומרי הבנייה (ללא חישוב זמן בעלי חיים) – 3,350 שנות עבודה

פיזור המצע – 32 שנות עבודה

מילוי חלקי של התבניות בחוף – 40 שנות עבודה

גרירת הדוברות – 14 שנות עבודה

העמסת המלט על הספינות – 90 שנות עבודה

ערבוב המלט – 144 שנות עבודה

מילוי המלט בתבניות – 180 שנות עבודה

גרירת הספינות והשקעת התבניות – 30 שנות עבודה

מילוי שובר הגלים באבני גוויל – 300 שנות עבודה

בניית אבני גזית מתחת לפני המים – 37 שנות עבודה

ריצוף – 38 שנות עבודה

סך הכל כ־**8,130** שנות עבודה.

לכל זאת יש להוסיף מדידות השטח לצורכי תכנון, יישור השטח והסרת מבנים קודמים, הכשרת דרכים ועבודות עזר כגון בניית עגלות, מגורי עובדים ומגורי בעלי חיים, האכלת עובדים ובעלי חיים, טיפול במחלות, פציעות ותאונות של עובדים ובעלי חיים, אובדן ובלאי של כלי עבודה ומתקנים והצורך לחדשם, טביעת ספינות ודוברות, הרס חלקי מזח ושוברי הגלים בעת הבנייה כתוצאה מסערות וכד'. אנו נוסיף מספר כולל של 25% מהסך שחושב עד כה, דהיינו 2,040 שנות עבודה. כמו

כן יש להוסיף עבור תכנון ופיקוח; היום מקובל אומדן של 10%.[14] אולם לשם הקמת הנמל היה צורך במפקחים רבים על כל צבא הפועלים והעבדים, וכמו כן לא נלקחו בחשבון החומרים המיובאים. לפיכך נוסיף עוד 20% על הסך הכולל, כלומר עוד 2,040 שנות עבודה.

בחישוב גס ניתן לומר, אם כן, שנדרשו קרוב ל־**12,250** שנות עבודה לבניית החלק התת־ימי של הנמל ושוברי הגלים, וזאת מבלי להתחשב בעלות או בתשומת העבודה בחומרי הגלם המיובאים.

לא נעסוק בפירוט בחישוב העלות של מבנה־העל, שכן לפי בן־מתתיהו רבים ממבני העל – מחסנים, טיילת ומגדלים – נבנו על גבי שוברי הגלים. אולם למעט שרידים של המגדלים, לא נמצאו לכך סימוכין ארכיאולוגיים. בעיר עצמה, ולא על שוברי הגלים, נתגלו מחסנים רבים (Patrich 1996). קשה להניח, שמחסני סחורות נבנו על שוברי הגלים, כיון שהסכנה של חדירת מי־ים ורסס גלים לתוכם היא מוחשית ביותר, יהיה טיב בנייתם מעולה ככל שיהיה.

לפיכך נקבל את דברי בן־מתתיהו על בנייה של מגורי מלחים ומבני קמרונות במקום, גם אם לא התגלו שרידיהם בשטח: "...והחלק הנשאר היה ליסוד חומת אבנים, המקיפה את הנמל. ובחומה התנוססו מגדלים גבוהים והגדול ביניהם ביפיו נקרא דרוסיון, כשם הבן החורג לקיסר (דרוסוס). כפות רבות הוקמו שם למחסה לבאים באניות, והמרצפת המקיפה אותן בעגול היא מקום רחב לטיָּלים... ומשני צידי המבוא שלוש מצבות ענק נטועות על עמודים..." (*מלחמת* א, 21, ו–ז).

על סמך חישוביהם של ורשבסקי ופרץ, חציבת אבן לבנה וסיתותה יקרים יותר מחציבת כורכר וסיתותו. גם הובלה של אבנים גדולות יותר וממרחק גדול יותר יקרה יחסית. סיתות עמודים יקר במיוחד, ועל סמך היכרותנו את סגנון הבנייה של הורדוס, אין ספק כי השתמש בעמודים רבים.

לא נותר אלא להניח בפשטנות, כי הקמת מבני־העל הכפילה את העלות שחושבה עד כה, ולפיכך נדרשו לבניית הנמל כולו **24,400** שנות עבודה (ללא עלות החומרים המיובאים).

מאחר שאנו יודעים כי הנמל נבנה במשך עשר עד שתים־עשרה שנים אך חלקו העיקרי נבנה בשבע השנים הראשונות, עד לביקורו של מרקוס אגריפה, סביר להניח, כי בבנייתו הועסקו 2,000–3,000 פועלים במשך כל תקופת הבנייה.

סיכום

סבסטוס, נמלה ההרודיאני של קיסריה, מתואר לפרטיו על־ידי יוסף בן־מתתיהו. המחקר הארכיאולוגי התת־ימי מאשר את התיאור ואת מידות הנמל שמסר. על סמך הממצאים והתיאורים ההיסטוריים ניסינו לחשב את התשומות שנדרשו לבניית הנמל. החישובים מבוססים על מידותיו כפי שאומתו במחקר הארכיאולוגי, ועל נתוני בנייה שחלקם מבוססים על ויטרוביוס ואחרים על הערכותיהם של אנשי מקצוע ועל השערות שאינן תמיד מבוססות. חלק גדול מחומרי הגלם להקמת הנמל יובאו מארצות אחרות, כפי שמציין גם בן־מתתיהו ומאשר המחקר – הפוצולנה, העץ ואפילו חלוקי הנחל לתשתית. לא לקחנו בחשבון את התשומות הכרוכות בהכנתם של חומרי גלם אלה, אם כי חישבנו את כמותם.

החישוב מגיע לכ־25,000 שנות עבודת אדם, או 2,000–3,000 עובדים במשך כעשר שנים. אין הבדל אם עובדים אלה היו עבדים או פועלים חופשיים, וככל הנראה העלות אינה שונה בהרבה בין החזקת עבדים, שתפוקתם נמוכה יותר, לפועלים חופשיים (Burford 1972, 59). מעניין מאוד לנסות לחשב את העלות הכספית של התשומות, אך הנתונים במחקר סותרים לעתים קרובות. לפיכך נצא מההנחה כי השכר לפועל היה דינר ליום (Ibid., 139) וכי הפועלים היוו 84% מכלל העובדים. העובדים המקצועיים – סתתים מומחים, צוללנים, ארכיטקטים, מודדים וכד' – היוו כ־15% מכוח האדם, ושכרם הממוצע היה 2 דינר ליום.[15] שכרם של 1% המנהלים, המפקחים, קבלני המשנה וכד' היה 10 דינר ליום. סך הכול כ־10.5 מיליון דינרים, כאשר הסכום אינו כולל את עלות חומרי היבוא. סכום זה שווה בערך ל־1,750 טלנטים, סכום הגבוה ב־50% מסך המס השנתי שנגבה מממלכת יהודה בימי הורדוס (*קדמוניות* יז, 318–320).

14 תודתי לאדריכל יעקב יער על מידע זה.

15 האומדן של 5 דינר ליום מסתמך על משכורת ממוצעת של לגיונרים בכירים ובעלי מקצוע שונים; ראו Adkins 1994.

ביבליוגרפיה

מקורות ראשוניים

ויטרוביוס - ויטרוביוס, *על אודות האדריכלות* (תרגם רייך ר'). תל־אביב 1997.

מלחמת - יוסף בן־מתתיהו, *מלחמת היהודים* (תרגם חגי ש'). ירושלים תשמ"ג.

קדמוניות - יוסף בן־מתתיהו, *קדמוניות היהודים* (תרגם שליט א'). ירושלים תשכ"ג.

Cassius Dio - Cassius Dio, *Roman History* (trans. Cary E.). Cambridge and London 2000.

ביבליוגרפיה כללית

אביצור ש', 1976. *אדם ועמלו, אטלס לתולדות כלי עבודה ומתקני ייצור בארץ־ישראל*. ירושלים.

ורשבסקי א' ופרץ א', תשנ"ג. הקמת מתחם הר הבית על ידי הורדוס - הארגון והביצוע. *קתדרה* 66:3-46.

ספראי ז' וששון א', תשס"א. *חציבה ומחצבות אבן בארץ־ישראל בתקופת המשנה והתלמוד*. אלקנה.

פורת י', תשנ"ו. מפעל חפירות קיסריה - מרץ 1992 - יוני 1994, משלחת רשות העתיקות. *חדשות ארכיאולוגיות* ק"ה:37-46.

רבן א', תשס"ד. תולדות נמליה של קיסריה. *קדמוניות* ל"ז (127):2-22.

Adkins L. and R. 1994. *Handbook to Life in Ancient Rome*. Oxford.

Avi-Yonah M. 1950. The Foundation of Tiberias. *IEJ* 1:160-174.

Barag D. 1996. The Legal and Administrative Status of the Port of Sebastos during the Early Roman Period. In Raban A. and Holum K.G. (eds.), *Caesarea Maritima - A Retrospective after Two Millennia*. Leiden. 609-614.

Brandon C. 1996. Cements, Concrete and Settling Barges at Sebastos: Comparison with Other Roman Harbour Examples and the Description of Vitruvius. In Raban A. and Holum K.G. (eds.), *Caesarea Maritima - A Retrospective after Two Millennia*. Leiden. 25-40.

Burford A. 1972. *Craftsmen in Greek and Roman Society*. London.

Casson L. 1995. *Ships and Seamanship in the Ancient World*. Baltimore.

Hohlfelder R.L. 1992. The Changing Fortunes of Caesarea's Harbours in the Roman Period. In Vann R.L. (ed.), *Caesarea Papers*. Ann Arbor, MI. 73-78.

Hohlfelder R.L. 2000. Beyond Coincidence? Marcus Agrippa and King Herod's Harbour. *JNES* 59:241-253.

Kingsley, S.A. 2001. 'Decline' in the Ports of Palestine in Late Antiquity. In Lavan L. (ed.), *Recent Research in Late-Antique Urbanism* (JRA Suppl. Ser. No. 42). Portsmouth. 69-87.

Lehmann C.M. and Holum K.G. 1999. *The Greek and Latin Inscriptions of Caesarea Maritima* (Joint Expedition to Caesarea Maritima Excavation Reports Series No. 5). Boston.

Liphschitz N., Lev-Yadun S. and Weizel Y. 1989. Dendroarchaeological Analysis. In: Raban A. *The Harbors of Caesarea Maritima. Results of the Caesarea Ancient Harbor Excavation Project, 1980-1985*. Vol I: *The Site and the Excavations* (BAR IS 491). Oxford. 187-189.

Marti Y. and Perecman I. 1996. Caesarea: Unique Evidence for Faulting Patterns and Sea Level Fluctuations in the Late Holocene. In Raban A. and Holum K.G. (eds.), *Caesarea Maritima - A Retrospective after Two Millennia*. Leiden. 3-24.

Meiggs R. 1982. *Trees and Timber in the Ancient Mediterranean World*. Oxford.

Oleson J.P. 1985. Herod and Vitruvius: Preliminary Thoughts on Harbour Engineering at Sebastos, the Harbour of Caesarea Maritima. In Raban A. (ed.), *Harbour Archaeology*. Oxford. 165-172.

Oleson J.P. and Branton G. 1992. The Technology of King Herod's Harbour. In Vann R.L. (ed.), *Caesarea Papers* (JRA Suppl. Ser. No. 5). Ann Arbor MI. 49-67.

Patrich J. 1996. Warehouses and Granaries in Caesarea Maritima. In Raban A. and Holum K.G. (eds.), *Caesarea Maritima - A Retrospective after Two Millennia*. Leiden. 146-176.

Raban A. 1992. Two Harbours for Two Entities. In Vann R.L. (ed.), *Caesarea Papers* (JRA Suppl. Ser. No. 5). Ann Arbor MI. 68-74.

Raban A. Holum K.G. Blakely J.A. 1993. *The Combined Caesarea Expeditions - Field Report of the 1992 Season*. Haifa

Raban A. 1998. Sebastos, The Royal Harbour of Herod at Caesarea Maritima: 20 Years of Underwater Research. In *Archeologia Subacquea, VIII Ciclo de Lezioni in Archeologia, Siena 1996*. Firenze. 217-269.

Reinhold M. 1965. *Marcus Agrippa: A Biography*. Roma.

Wulff H.E. 1966. *The Traditional Crafts of Persia*. Cambridge and London.