

## ב. ערך התכלת וחשיבותה

בימי קדם צבעו אריגים וחוטאים בצבעים יקרי ערך אשר סימלו מעמד מכובד ומלכות. [8] במגילת אסתר כאשר מתואר מרדכי בלבוש מלכות, התכלת מופיעה ראשונה. [9] הנביא ירמיהו (י, ט) מצייר את הפסילים בבבל עם תכלת בלבושם. שליטי אשור, סגנים ופחות הם לבושי תכלת (יחזקאל כג, ו). הצבע הראשון ברשימת האריגים היקרים שבמשכן הוא התכלת - כך בפרוכת, במסך [10] וברוב כיסויי המשכן. [11] וכן בבית המקדש. [12] צבע התכלת היה חשוב בבגדי הכהן הגדול - אפוד, מעיל האפוד, חושן ומצנפת. [13] יש בישראל מטען אסוציאטיבי מרשים של קדושה והתפעלות בראיית התכלת.

חפירות ארכיאולוגיות מספקות עדויות רבות לצביעת התכלת כבר מהמאה ה"ח לפנה"ס באיי כריתים. [14] מסמך מתל אל עמרנה משנת 1500 לפנה"ס מזכיר "בגד של תכלת" *sabātu ša takilti* ששלח דוסרתה, מלך מיטני, לנסיך המצרי לקראת חתונתו עם בתו. [15] מתקנים לצביעה מחלזונות נחשפו בחוף נחלת שבט **זבולון** מראש הנקרה עד חיפה. לידם נמצאו מצבורי קונכיות שבורות של ארגמון קהה-קוצים אשר שימשו לצביעה. לפי מסורת אחת בגמרא במסכת סוטה, היתה תעשייה של תכלת שנבנתה בימי השופטים בעיר **לוח** שבארץ החיתים. [16] בתל **עכו** מהמאות יג-יב לפנה"ס נמצאו שברי קונכיון הארגמון וקנקן עם עקבות נזילה של צבע. **לאורך החוף הצפוני של ישראל** נמצאו שברי כלי חרס מוכתמים בצבע [17] מאות שנים **לפני** הספירה: תל שקמונה (מאה י"ב), תל כיסאן (מאה י"א), תל כברי (מאה ז') ותל דור (מאה ו'). [18] על רקע זה ניתן להבין את ברכת משה לשבט זבולון - **"טמוני חול"** (דברים לג, יט) הם חלזונות התכלת הטמונים **בחולות נחלת** המביאים לפרנסה בתעשיית הצביעה. [19]

היופי והציבות גרמו לכך שמחיר התכלת האמיר לכדי **פי 40** לעומת צבעים פשוטים. קילו של צמר ארגמן נאמד כשווה ל-10 ואף ל-20 קילו זהב. [20] שלטון רומי הכביד על הייצור ובמאה הרביעית יצר מונופול [21] והגביל את השימוש בארגמן ובתכלת. [22] בסנהדרין יב ע"א מסופר על זוג שנתפס על-ידי השלטון כשבידם תכלת מלוח. התכלת הפכה למוצר נדיר [23] עד ש"נגנזה". [24] עם הכיבוש המוסלמי בשנת 638 [25] הוחרבו בתי החרושת לצביעה. [26]

## ג. זיהוי התכלת ושחזור

ממה הפיקו את צבע התכלת שבציצית? מפורש בתוספתא במנחות פרק ט, הלכה טז (מהדורת צוקרמאנדל): "תכלת אין כשרה אלא מן **החלזון**, הביא שלא מן החלזון פסולה". בחפירות ארכיאולוגיות נמצאו שלושה סוגי חילזון ממשפחת הארגמונים (Muricidae) אשר שימשו להפקת צבע. [27] האגיפטולוג האוסטרי אלכסנדר דדקינד (Dedekind) הציע בשנת 1898 [28] לזהות את חלזון התכלת כ**ארגמון קהה-קוצים** [29] או בשמו הלטיני מורקס טרונקולוס [30] *Murex Trunculus* חילזון זה נפוץ בים התיכון, חי בעומקים מ-2 מטר עד 128 מטר ושוכן על גבי מצע סלעי ובחולות. הפרשה הנוצרת בבלוטה שימשה לצביעת בדים יקרי ערך [31]. הצבע מהחילזון הזה היה **מרהיב ביופיו** ועמיד מאוד ומחיר הפקתו היה גבוה, ובלשון הברייתא במנחות מד ע"א "דמיו יקרים".

המיץ הנסחט מארגמון קהה-קוצים מופיע תחילה במראה צהבהב. בחשיפה לאוויר הופך לארגמן, ועם חשיפה לשמש מתייבב בגוון כחול. בתקופת המשנה הופץ חומר דמוי תכלת שהופק מצמח האינדיגו ההודי ונקרא ביוונית indikon (=מהות ההודית). בפי חז"ל הוא מכונה **"קלא אילן"**. הקונה התמים התקשה לגלות אם התכלת מקורה בחילזון או בצמח [32] כי ההבדל עשוי היה להתגלות לאחר זמן. צבע החילזון היה עמיד ויציב לאחר ההתחברות ולא כך הצבע מקלא אילן. האמורא הבבלי דור שלישי, רב יצחק בריה דרב יהודה, שעלה לארץ ישראל ללמוד תורה אצל ר' אבהו (פסחים עב ע"א), מצא דרך מקורית לבדוק את התכלת. הוא השרה את הצמר הצבוע במשך לילה בתרכובת של מלח כימי, שרף של חילבה (צמח) ושתן בן ארבעים יום. אם הצבע דהה, ידע שהתכלת פסולה (מנחות מב ע"ב). לא ברור עד כמה מבחנים כאלה הצליחו. בדור שאחריו, הצהיר רבא, שהקב"ה יפרע מהמציג קלא אילן כאילו הוא תכלת. [33] חדירת קלא אילן לשוק יצרה תחרות קשה עד שבהדרגה הכריעו להתיר לבישת ציצית בלי פתיל תכלת. [34]

כיצד ניתן אפוא לשחזר את תהליך הייצור מהחילזון ולדעת שאכן זהו הצבע האמיתי? ד"ר ישראל זיידרמן כיהן כראש המעבדה לכימיה של פולימרים טבעיים במכון הישראלי לסיבים בירושלים והוא השתכנע שמקור התכלת הוא ארגמון קהה-הקוצים. בשנת תשמ"א הפיק במעבדתו תכלת מחילזון זה [35] בגוון ויולט [36] כתערובת צבענים אינדיגו עם ברומו-אינדיגואידים שהוא יקינטון Hyacinth Purple- violet. [37] בתרגום השבעים ביוונית "תכלת" = iakinthos, שלדעת זיידרמן מדובר בגוון ויולט [38] של הפרח יקינטון מזרחי. [39] לפי זיידרמן, המילה "תכלת" קשורה למצב סופי כגון במינוח "ככלות הכל" ורומזת לצבע הקיצוני בקצה הספקטרום.

פרופ' אוטו אלסנר ממכללת שנקר למדעי הטקסטיל בישראל הציג יחד עם אהוד שפניר בשנת 1985 [40] תהליך של הפקת גוון **אינדיגו** מארגמון קהה קוצים. תהליך כימי מתרחש עם החשיפה לאור השמש כאשר הקרניים האולטרה סגולות שבקרינת השמש גורמות לפירוק שני אטומים של ה-bromine בדיברומואינדיגו (dibromoindigo) עד שהמולקולה של האינדיגו נשאר לבדה ומתחברת לצמר בצורה איכותית ואיתנה. בשנת תשמ"ט (1989) הפיק הרב אליהו טבגר תכלת באופן כזה [41] ובשנת תשנ"ג (1993) חבר אל יואל גוברמן, ארי גריינשפן וד"ר ברוך סטרמן להקים את עמותת "פתיל תכלת". הם ייסדו מפעל בכפר אדומים המפיק מידי שנה 5,000 סטים של תכלת [42] מארגמון קהה-קוצים. הנחת העבודה בעמותת "פתיל תכלת" היא שמדובר בגוון **כחול בהיר** כשמים הבהירים [43], גוון של אינדיגו.

## ד. תכלת כצבע יסוד וכגוון מדויק

מהו בדיוק צבע התכלת? רש"י ופרשנים אחרים בימי הביניים סבורים שמדובר בירוק. [44] הרב סעדיה גאון תרגם "תכלת" כצבע השמים הבהירים. [45] לעיל, ראינו שזיידרמן מגייס הוכחות שהצבע הוא ויולט ואילו אלסנר ושפניר סבורים שמדובר באינדיגו ובעמותת "פתיל תכלת" מפיקים אלפי סטים בגוון כחול בהיר.

לדעתי, יש להבדיל בין שני מובנים ל"תכלת". השם "תכלת" במקורותינו כולל קשת רחבה של גוונים כחול ומנוגד לצבעי אדום וקרוב לצבעי ירוק. לעומת זאת, "תכלת" מיוחדת גם לגוון מדויק שהיה ידוע למומחים. בערי החוף בנחלת זבולון יכול היה מומחה לכוון את ריכוז הצבע וכמות החשיפה לשמש [46] הדרושים להפקת צבע בגוון

רצוי. צביעה ביום בהיר הביאה **לכחול בהיר** ואילו ביום מעונן נוצר גוון קרוב יותר ל**אינדיגו**. לא כל אחד מסוגל להבחין בין הגוונים. אפילו מומחה התקשה להבדיל בין צבעי "קלא אילן" לתכלת אותנטית.

במקרא לא השתמשו בשם המודרני "כחול" וגם אין וילט ואינדיגו. השם "תכלת" ציין את **צבע היסוד** שבימינו מכונה "**כחול**".<sup>[47]</sup> לאור דיוק זה, אני מציע לקרוא את המדרשים שנכתבו אחרי שנגנזה התכלת. במדרש פסיקתא רבתי מתוארים "ארבע צבעונים שעשה מהם משכן". הקב"ה גילה למשה במקדש של מעלה ארבעה גדודי מלאכים לבושים בארבעה צבעים: תכלת, ארגמן, תולעת שני ושש משזר.<sup>[48]</sup> צבעי ארגמן ותולעת שני הם גווני אדום,<sup>[49]</sup> שש משזר הוא לבן. התכלת היא הצבע הרביעי.

שלושה צבעי יסוד (אדום, ירוק וכחול) נקלטים ברשתית העין באמצעות שלושה חיישני צבע (מדוכים) הרגישים לתחומי קרינת אור שונים. יש הרגישים לכחול, דהיינו לקרינה קצרת-גל, ולא לאדום שהוא קרינה ארוכת-גל. הקרבה באורך הגל של כחול לירוק מבהירה את ההבחנה "משיכיר בין תכלת לכרתי" במשנה ברכות פרק א, משנה ב - זמן קריאת שמע לשיטת רבי אליעזר הוא כשניתן להבדיל לא רק בין תכלת ללבן כדעת חכמים אלא גם בין תכלת לירוק.<sup>[50]</sup>

ספקטרום הצבעים נודע כחידוש של אייזיק ניוטון בשנת 1666 והוא אשר הגדיר שבעה צבעים וביניהם האינדיגו. מאז מחקרי ניוטון מתארים ספקטרום של שבעה צבעיםROYGBIV red, orange, yellow, green, blue, indigo, violet והם מובחנים לפי אורכי הגל בננומטר. שלושת צבעי היסוד נמדדים בסביבות 470 ננומטר לכחול, 550 לירוק ו-700 לאדום. הצבע וילט ממוקם בקצה הטבלה כגל קצר (380 ננומטר) ובמהירות גבוהה 790 טרה-הרץ.<sup>[51]</sup> הכחול נמדד באורך של 440-485 ננומטר ובתדירות גבוהה של 620-680 THz. הצבע אינדיגו מצוי ביניהם בטווח של 440-420 ננומטר.

צבע	תדירות לשנייה טרה הרץ THz	אורך הגל ננומטר nm
1. אדום	405-480	625-740
2. כתום	480-510	625-590
3. צהוב	510-530	590-565
4. ירוק	530-600	565-500
5. צ'יאן cyan	600-620	500-484