



הגנה אנטי-קורוזיבית למבני פלדה



זיו בן-יוסף |



זיו בן יוסף

יועץ טכני בכיר - טמבור

מעל שני עשורים של ניסיון בליווי מקצועי, פתרונות יישומיים
והדרכת לקוחות בתחום ההגנה על תשתיות מתכת



₪ 100,000,000,000

התייחסות נכונה לנושא בשלבי **התכנון**, הביצוע, והתחזוקה,
עשויה למנוע ולחסוך לפחות רבע מעלות נזקי הקורוזיה!



מטרת העל

לתת לכם את הכלים **לתכנון נכון** של פתרונות הגנה אנטי-קורוזיבית לפלדה, כך שהמבנה שתתכננו יהיה גם חזק, וגם עמיד לאורך זמן.

”סוף מעשה במחשבה תחילה”

על מה נדבר?

רקע ◀

סיווג סביבות וקטגוריות קורוזיביות ◀

עקרונות ההגנה האנטי-קורוזיבית ◀

מערכות צבע מתאימות ◀

יישום מערכת הצבע ◀





מדוע פלדה "מתכת" נדרשת להגנה?

סכנה בטיחותית

מבנים נחלשים עקב קורוזיה עלולים לקרוס ולסכן חיי אדם. הגנה נאותה היא חיונית ל**בטיחות**.

נזק כלכלי

קורוזיה גורמת לעלויות **תחזוקה גבוהות** ומקצרת את חיי המבנה. ההפסד הכלכלי העולמי מקורוזיה מוערך במיליארדי דולרים.

חשיפה לגורמים סביבתיים

פלדה לא מוגנת מתחמצנת כאשר היא חשופה לחמצן ולחות. הדבר גורם לקורוזיה ו**פוגע בחוזק המבנה**.

3 מפתחות לתכנון מוצלח של עבודות צבע



3 מפתחות לתכנון מוצלח של עבודות צבע

אפשרויות בחירה

- סוג תשתית - פלדה / ברזל מגולוון
- הכנת השטח - אברזיבי/ מכאני / אחר
- שיטת צביעה - אבקה / רטוב

משתנים

- מקום ביצוע העבודה - במפעל / באתר
- שיטת הרכבה - ריתוך / ברגים
- רמת גמר מ"בסיסי" ועד מהודר
- אורך חיי המערכת עד אחזקה ראשונה

הגדרות תכנון

- התוצאה הסופית המבוקשת
- לוח הזמנים
- תנאי הסביבה
- תנאי העבודה של המתקן

תכנון מערכות צבע להגנה אנטי-קורוזיבית

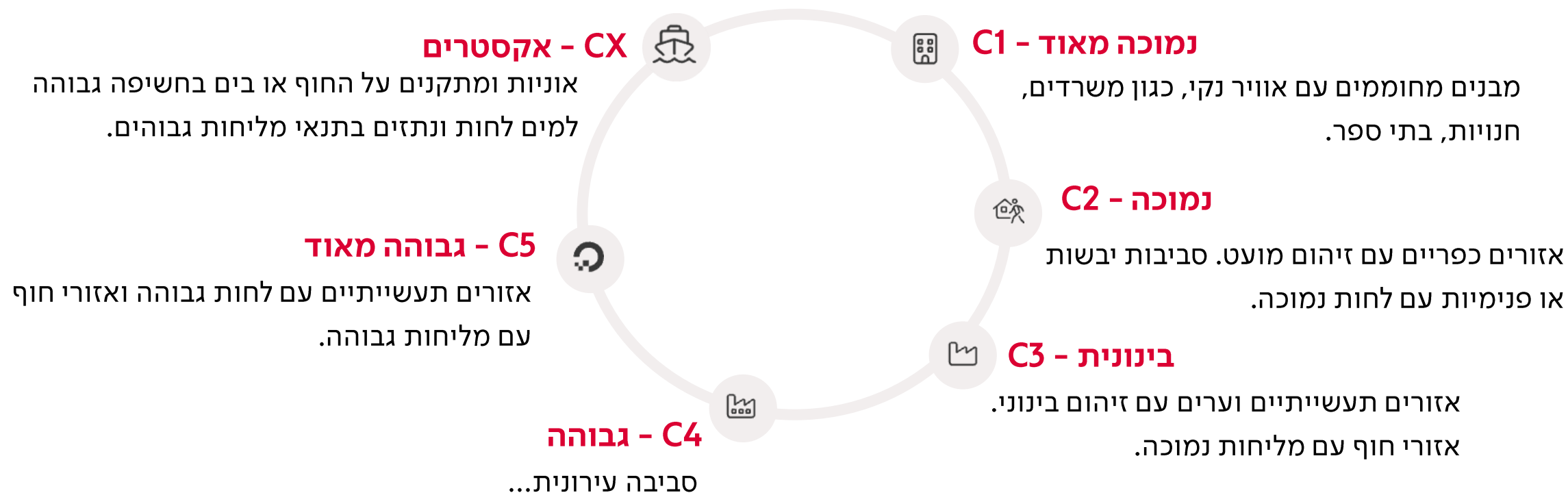
תנאי הסביבה – קצב התקדמות הקורוזיה

קצב התקדמות הקורוזיה בפלדת פחמן מוערך עפ"י החלוקה הבאה:



סיווג סביבות וקטגוריות קורוזיביות

הגדרות סביבה עפ"י תקן: ISO 12944-2018





סיווג סביבות טבילה

2 m - טבילה במים או מים מליחים



מבנים ימיים, נמלים, שוברי גלים. סביבה מאוד תוקפנית עקב תכולת המלח.

1 m - טבילה במים מתוקים



מבני נהרות, מתקני הידרואלקטריים, סכרים. הקורוזיה תלויה בתכולת החמצן והמינרלים.

3 m - טמינה בקרקע



צינורות תת-קרקעיים, מיכלי אחסון, יסודות עמודים. ההשפעה תלויה בסוג הקרקע ורמת הלחות.

עקרונות ההגנה האנטי-קורוזיבית

הגנה מחסום

יצירת מחסום פיזי בין הפלדה לסביבה



הגנה גלוונית

שימוש במתכת מקריבה כגון אבץ



הגנה כימית

שימוש במעכבי קורוזיה בצבע



ההגנה היעילה ביותר משלבת את שלושת המנגנונים הללו יחד. מערכות צבע מודרניות מתוכננות לספק הגנה משולבת בהתאם לתנאי הסביבה.

דרגות הכנת שטח לפי תקן ISO 8501-1

Sa-1 - ניקוי אברזיבי קל

הסרת קשקשת חלודה רופפת, צבע ישן וחומרים זרים. מתאים לסביבות פחות תוקפניות.

Sa-2 - ניקוי אברזיבי יסודי

הסרה של רוב הקשקשת, החלודה, הצבע והחומרים הזרים. נשארים עקבות קלים.

Sa-2.5 - ניקוי אברזיבי יסודי מאוד

השטח נקי מקשקשת, חלודה, צבע וחומרים זרים. נשארים רק עקבות זניחים.

Sa 3 - ניקוי אברזיבי למתכת לבנה

הסרה מלאה של כל הקשקשת, החלודה, הצבע וחומרים זרים. השטח אחיד ובעל מראה מתכתי.

St-2 - ניקוי מכאני באמצעות מכשירים ידניים

St-3 - ניקוי מכאני באמצעות מכשירים חשמליים / פניאומטיים

	UNBLASTED	Comparable guide to BRUSH-OFF SSPC-SP7 (NACE No 4 / SA 1)	Comparable guide to COMMERCIAL SSPC-SP6 (NACE No 3 / SA 2)
RUST GRADE A			
RUST GRADE B			
RUST GRADE C			
RUST GRADE D			

BLASTONE INTERNATIONAL GLOBAL LOCATIONS

AUSTRALIA
Adelaide | Brisbane | Darwin | Mackay |
Melbourne | Perth | Sydney
Phone 1800 190 190
Email sales.au@blastone.com

NEW ZEALAND
Auckland | Christchurch
Phone 0800 100 493
Email sales.nz@blastone.com



סוגי צבעי יסוד נפוצים

צבעי יסוד עשירי אבץ

מכילים מעל 80% אבץ במשקל הסרט היבש. מספקים הגנה גלוונית ומתאימים לסביבות קשות.

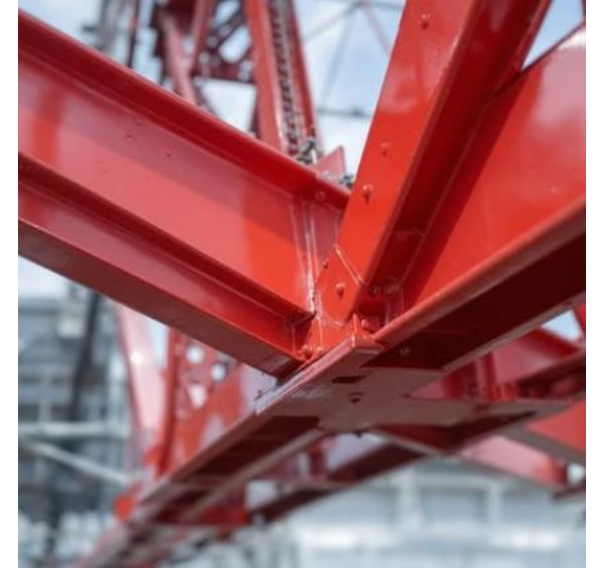
- צבעי אתיל סיליקט (ESI)
- צבעי אפוקסי עשירי אבץ (EP)
- צבעי פוליאוריתן עשירי אבץ (PUR)

צבעי יסוד אחרים

לא מכילים אבץ או מכילים כמות נמוכה. מתאימים לסביבות פחות תוקפניות.

- צבעי אלקיד (AK)
- צבעי אקרילי (AY)
- צבעי אפוקסי ללא אבץ (EP)
- צבעי פוליאוריתן (PUR)

סוגי צבעים עליונים



צבעי פוליאוריתן (PUR)

- ברק ושמירת צבע מצוינים
- עמידות UV טובה
- מתאימים לסביבות C2-C5

צבעי אפוקסי (EP)

- עמידות כימית גבוהה, חוזק מכני טוב
- מתוישנים בחשיפה ל-UV
- מתאימים לסביבות C2-C5

צבעי אלקיד (AK)

- מתייבשים באוויר, זולים, קלים ליישום
- עמידות UV בינונית
- מתאימים לסביבות C1-C3

טכנולוגיות צבע מתקדמות

פוליאספרטיק (PAS)

זמן ייבוש מהיר, עמידות UV מצוינת, יכולת בניית עובי גבוהה ופליטת VOC נמוכה.

פוליסילוקסן (PS)

שילוב של תכונות אורגניות ואי-אורגניות, עמידות UV מעולה, חיי שירות ארוכים במיוחד.

פלאורופולימרים (FEVE)

עמידות חיצונית יוצאת דופן, שמירת ברק וצבע לאורך עשרות שנים, התנגדות כימית גבוהה.

מערכות על בסיס מים

תכולת VOC נמוכה, ידידותיות לסביבה, ריח מופחת, עמידות טובה יותר מבעבר.



מבנה מערכת צבע טיפוסית

צבע עליון



מספק הגנה מפני UV, מראה אסתטי ועמידות כימית

צבע ביניים



מגביר עובי ומספק הגנת מחסום

צבע יסוד



יוצר הדבקה לפלדה ומספק הגנה אנטי-קורוזיבית ראשונית

עובי השכבות וסוג הצבע בכל שכבה תלויים בסביבה, מידת ההגנה הנדרשת ואורך החיים המתוכנן של המערכת.

קביעת עובי שכבת צבע

בחירת אורך חיים

קביעת משך ההגנה הנדרש

בדיקת התקן

איתור העובי המינימלי הנדרש בהתאם לתקן



קביעת דרישות ההגנה

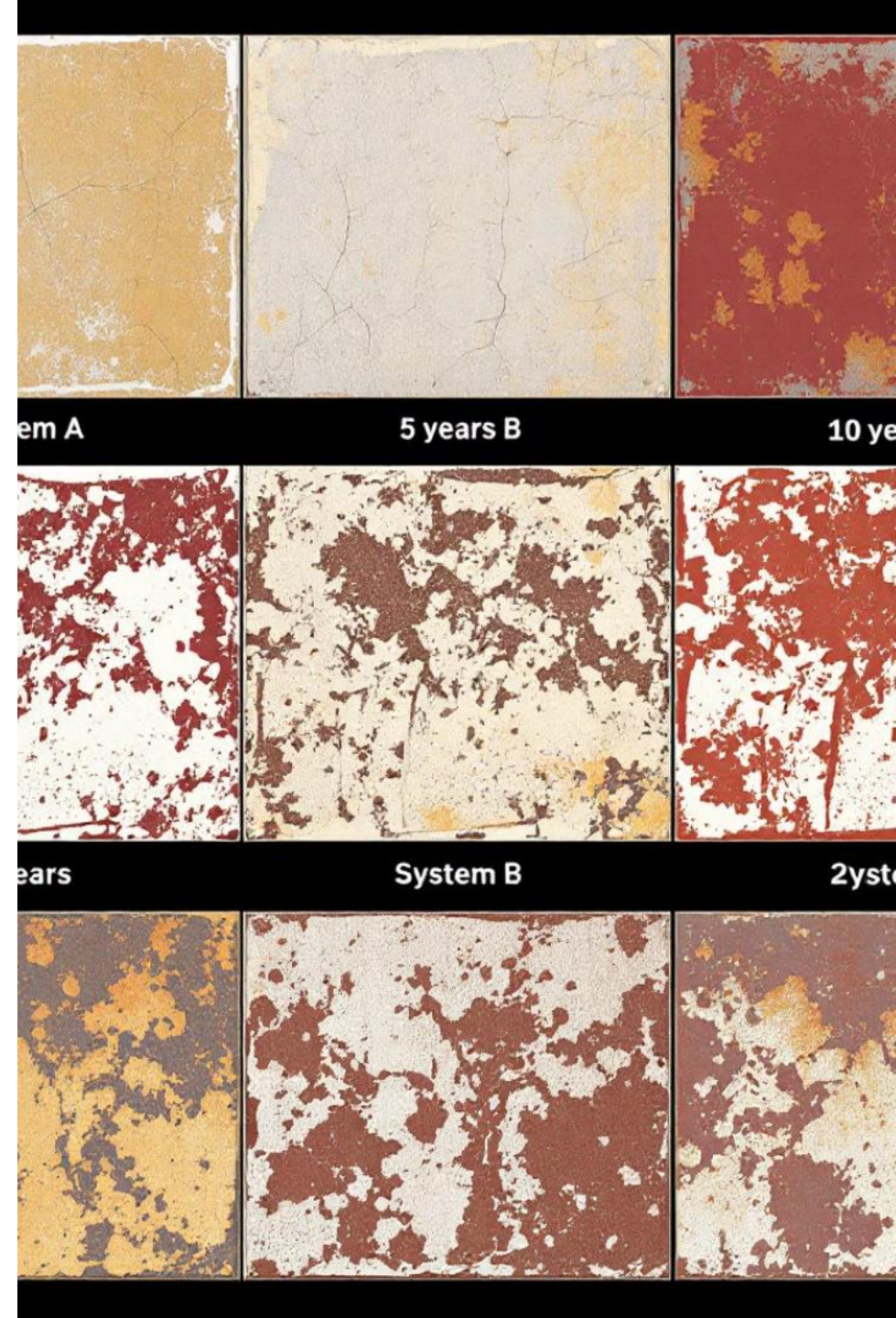
הגדרת הסביבה וקטגוריית הקורוזיביות

תוספת מקדם בטיחות

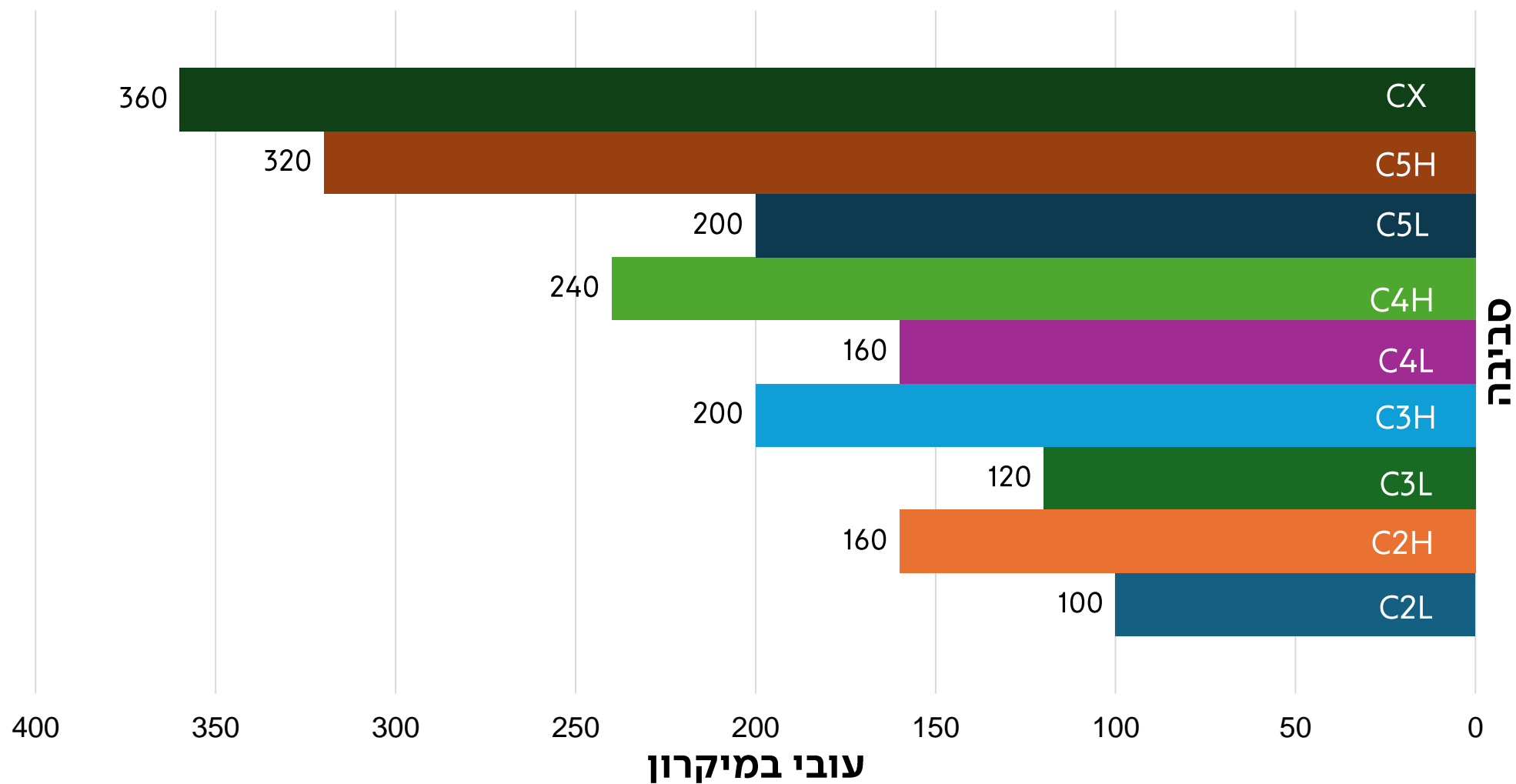
הגדלת העובי בהתאם לתנאים מיוחדים

דרגות אורך חיים של מערכות צבע

דרגת אורך חיים	טווח שנים	עובי שכבת צבע
נמוך (L)	2-5 שנים	תלוי בסביבה
בינוני (M)	5-15 שנים	עובי גדול יותר
גבוה (H)	15-25 שנים	עובי משמעותי
גבוה מאוד (VH)	מעל 25 שנים	עובי מקסימלי



בחירת מערכת צבע לפי סביבה

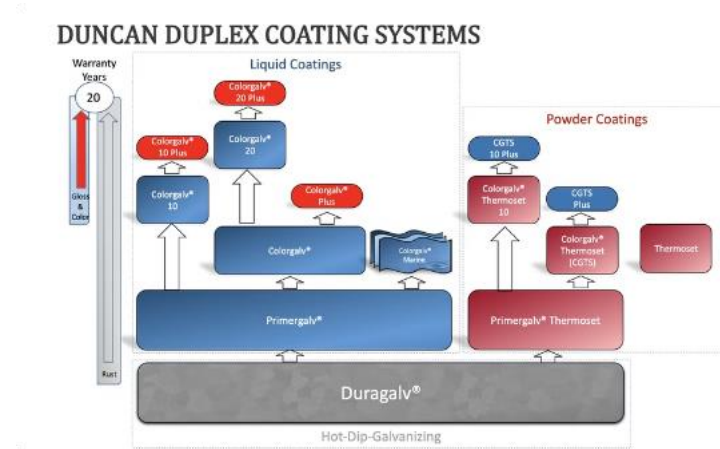


מערכות צבע לפלדה מגולוונת



הכנת שטח

חספוס קל (Sweep Blasting) או שימוש בממיר חלודה נדרשים לפני צביעה של פלדה מגולוונת להבטחת הדבקה טובה.



מערכת דופלקס

שילוב גילוון וצבע מספק הגנה ארוכת טווח. אורך החיים עולה על סכום אורך החיים של כל שיטה בנפרד.



גילוון חם

שכבת אבץ המיושמת בטבילה חמה מספקת הגנה גלוונית. שילוב עם מערכת צבע יוצר הגנה משלימה - מערכת דופלקס.

מערכות צבע לסביבות טבילה

2-3

מספר שכבות מינימלי

לאורך חיים גבוה בטבילה

500

עובי מינימלי במיקרון

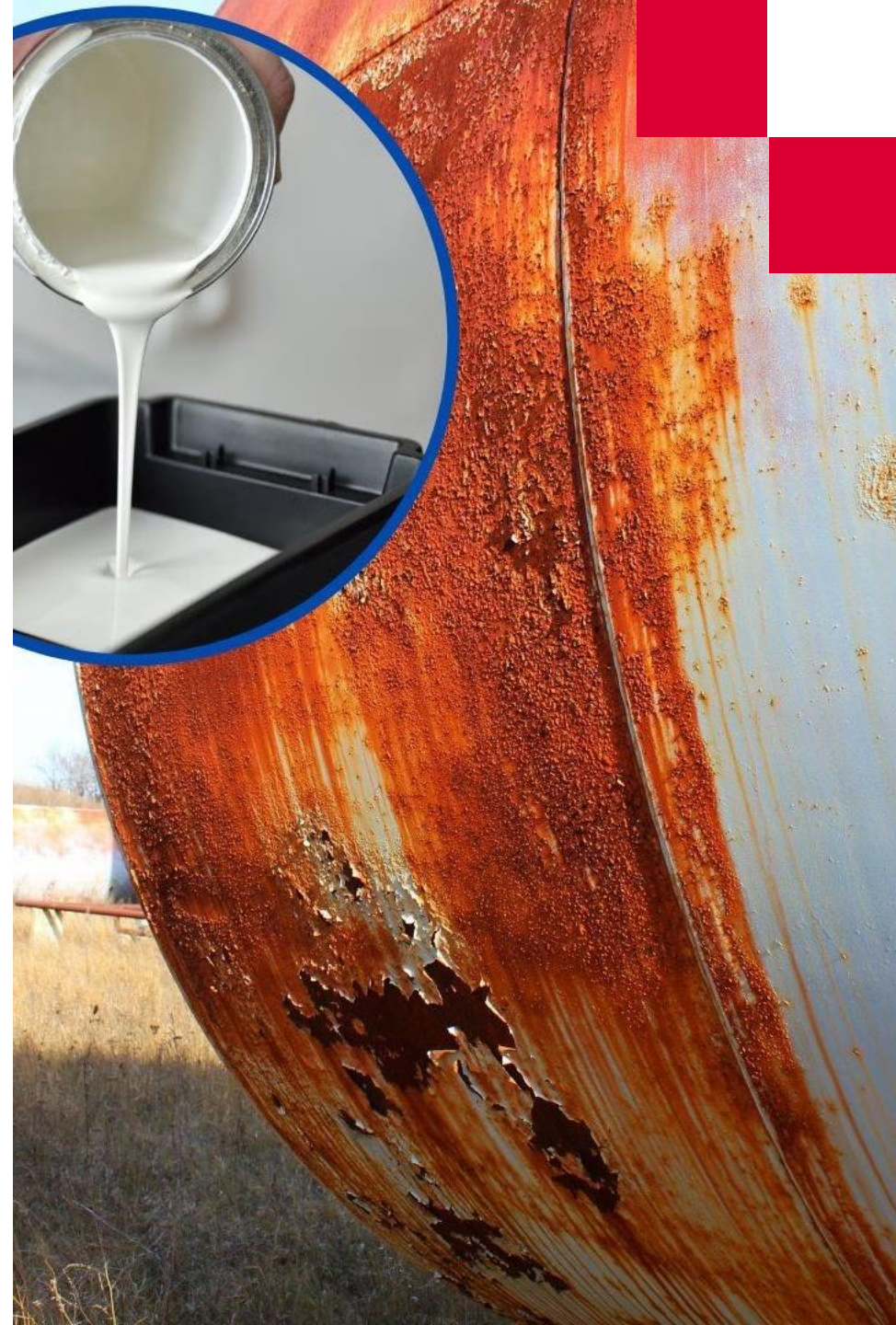
לאורך חיים גבוה בסביבות טבילה

100%

בדיקת הידבקות נדרשת

לפני הכנסה לשירות טבילה

מערכות צבע לטבילה דורשות תכונות מיוחדות כמו עמידות לחדירת מים, עמידות כימית גבוהה והידבקות מעולה. רק מערכות מבוססות אפוקסי ופוליאוריתן מומלצות.





שיקולי קיימות בבחירת מערכות צבע

VOC נמוך



בחירת מערכות עם תכולת חומרים אורגניים נדיפים נמוכה להפחתת זיהום אוויר.

אורך חיים ארוך



מערכות עמידות מפחיתות את הצורך בתחזוקה תכופה וחוסכות במשאבים.

מערכות על בסיס מים



צמצום השימוש בממיסים אורגניים על ידי מעבר למערכות על בסיס מים כאשר הדבר מתאפשר.

ללא מתכות כבדות



שימוש בפיגמנטים ומעכבי קורוזיה ידידותיים לסביבה ללא תכולת עופרת או כרוםטים.

מדידה ובקרת איכות של מערכות צבע



בדיקת הידבקות

בדיקת Pull-Off להערכת חוזק ההידבקות של מערכת הצבע לתשתית. ערכים מינימליים תלויים בסביבה.



בדיקת חורים

בדיקת Holiday Detection לזיהוי חורי סיכה וחוסרים במערכת הצבע, במיוחד בסביבות טבילה.



מדידת עובי

מדידת עובי שכבה יבשה באמצעות מכשיר אלקטרומגנטי לפי תקן ISO 19840 מספר מדידות מייצג נדרש.

תחזוקה ותיקון מערכות צבע

בדיקה תקופתית

תיעוד מצב המערכת וזיהוי נקודות כשל בשלב מוקדם



הכנת שטח

הסרת חלודה וצבע רופף מאזורים פגומים



תיקון מקומי

יישום צבע יסוד וצבע עליון באזורים שהוכנו



צביעה מלאה

חידוש מלא של שכבת הצבע העליונה במידת הצורך



תכנון מערכת צבע אופטימלית

1 ניתוח סביבתי

הגדרת קטגוריית הקורוזיביות ותנאים מיוחדים כגון טמפרטורה, חשיפה כימית או שחיקה.

2 דרישות ביצועים

קביעת אורך החיים הנדרש, עלות מחזור חיים, דרישות אסתטיות ומגבלות יישום.

3 בחירת מערכת

בחירת מערכת צבע מתאימה לפי תקן ISO 12944 או מפרטי יצרן מוכחים.

4 התאמה לפרויקט

התאמת המערכת לתנאי הביצוע, לוחות זמנים, זמינות חומרים ומומחיות הקבלן.



- קורוזיה פוגעת ביציבות המבנה, מסכנת חיים וגורמת לנזקים כלכליים עצומים
- תכנון מוקדם ותחזוקה נכונה עשויים לחסוך רבע מהעלות הכוללת

4 עקרונות המפתח לתכנון מערכת הגנה אנטי-קורוזיבית לפלדה



קיימות ותחזוקה לטווח ארוך

- שימוש בטכנולוגיות מתקדמות (על בסיס מים, ללא מתכות כבדות)
- תחזוקה שוטפת ותיקונים נקודתיים מאריכים את חיי המערכת ומפחיתים עלויות



הכנת שטח ובקרת איכות

- ניקוי יסודי (אברזיבי / מכני), בדיקות עובי, הידבקות וזיהוי כשלים קריטיים לאפקטיביות
- דרגות ניקוי לפי תקן ISO 1-8501 משפיעות על הצלחת הצביעה



תכנון מערכת צבע

- שילוב של צבע יסוד, ביניים ועליון מספק הגנה משולבת (מחסום, גלוונית, כימית)
- קביעת עובי השכבות לפי רמת ההגנה הנדרשת ואורך החיים הרצוי



התאמה לסביבה

- סיווג סביבתי לפי תקן ISO 12944 (C1–CX, Im1–Im3) קובע את סוג ההגנה הנדרש
- תנאים כמו לחות, מליחות וזיהום משפיעים דרמטית על קצב הקורוזיה



בואו נראה מה למדנו?

סירקו את הקוד או היכנסו לאתר:

Trivo.co.il



אשמח לעמוד לרשותכם בכל שאלה

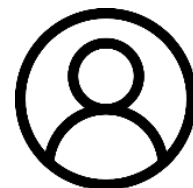
054-6737570



zivby@tambour.co.il



זיו בן-יוסף |
יועץ טכני בכיר



טמבור