

2.3.2021

התייחסותנו למצבו המכני של צינור הנפט אילת- אשקלון "42 בהתאם לתקן האמריקאי הקובע¹

תקציר: הצינור הישן של קצא"א להובלת נפט מאילת לאשקלון "מתפורר" (מתאכל). בבדיקות חוזרות נמצא שמעובי דופן הצינור נותר בנקודות מסויימות פחות מ-30% (מעל ל-70% איכול), ועם זאת, באישור המשרד להגנת הסביבה ממשיכים לשנע נפט בצינור, וקצא"א אף מתכננים להכפיל בסדר גודל את קצב שימוש בו.

מבוא:

- צינור ה- "42 בין אילת לאשקלון הוקם בשנת 1962 בתוואי של 254 ק"מ לערך.
- הצינור תוכנן במקור לספיקה של 60 מיליון טון בשנה, אך מעולם הוא לא עבד בספיקה שנתית כזו (וגם לא קרוב לה).
- במסגרת הסכם שינוע נפט ממדינות המפרץ לאירופה, קצא"א מתעתדת להעביר בצינור ספיקה כפולה מהספיקה עברה בו בעבר (בשנות ה-70), ע"פ פרסומיה של קצא"א יכולת שינוע להסכם זה של 30 מיליון טון בשנה.
- אנו מודעים לחשיבותם הכלכלית והפוליטית של הצינור ותפעולו, אך גם לחשיבותם (הבלתי הפיכה) של הטבע, הסביבה, איכות החיים ובריאותו של האדם, והזכות האלמנטרית לבריאות ובטחון בניצול משאבים והזדמנויות כלכליות במדינת ישראל.

הנתונים שעמדו/לא עמדו לפנינו

- עמדו לפנינו מסמכים אחדים של המהגנ"ס המשקפים נתוני 3 בדיקות אחרונות (אחת ל-5 שנים) של הצנור "42 ונוספים, בדיקות באמצעות "גולם חכם" (דוגמת מולוך, Pig חכם של חברת Rosen), והמסקנות של המהגנ"ס (המשרד להגנת הסביבה) ממספר נתונים שלוקטו כנראה מדוחות הבדיקה עצמן, אך אין אנו בטוחים שהדוחות עצמם עמדו בפני המהגנ"ס.
- לא ראינו אף דו"ח מקורי לגופו. לא הוצגו לנו כל נתוני רקע על צנרת דומה בעולם כדי להעריך השוואתית את מצב הצינור או תחזוקתו.
- באותו האופן אין לנו שום מידע על תנאי העבודה בהם עומד הצינור דוגמת לחצים (תכנון, עבודה ומקסימאלי, גבהים ונקודות קיצון), עובי דופן מקורי ומפרט התכנון (חומר מבנה, תקינת התכנון, מבחן לחץ, תקינות תכנון ומפרטי סימוכין וכיו"ב).
- כך גם אין לנו שום מידע על קטעי הצינור הגלוי או החשוף כדי להעריך את כובד משקלם של הפטרולים המהווים חלק מהתקנות שקצא"א מחוייבת להם, המאזכרים ומפורטים גם בתקן ASME B31.4.
- למיטב ידיעתנו הצינור מצופה להגנת היקפו מקורוזיה חיצונית ולחציצה מהסביבה, וגם הותקנה לאורכו מערכת הגנה קתודית אקטיבית להגנה מפגיעות בדופן הצינור. מערכת זו צריכה לעבור בדיקה שנתית ע"פ התקנות, עם זאת לא ראינו דו"ח המפרט את ממצאי הבדיקות.
- נטען במסמכים העומדים בפנינו כמו גם בהתכתבויות במייל עם נציג המהגנ"ס, שתקן ASME B31.4 מאפשר עבודה כרגיל בצנרת שכזאת המשנעת נפט גם כאשר דופן הצינור פחת ב- 80% מעובי המקורי, דהיינו, נותרו בפועל 20% מעובי הדופן המקור.

¹ ASME B31.4

- כ"כ עמדו לפנינו תקנות מניעת זיהום מי תהום מקוי דלק ראשיים .

התקן והתקינה הקובעים

- כפי שאזכר במסמכי המהגנ"ס ובהתכתבות בינינו לבינכם בשלב הזה, התקינה הקובעת את התקינות המכנית העכשווית של הצנרת נקבעת בהתאם להגדרות שבתקן ASME B31.4, להלן התקן הקובע. או בתקנים שהתקן הקובע מפנה אליהם. יוצא מכך שהתקינה הקובעת אף היא אמריקאית ורלוונטית לנושא, דוגמת ASME, API וכד'. זאת כי התקן אמריקאי מפנה ברובם של מקרים, אם לא בכללם, לתקנים אמריקאים ולא לתקינה זרה.
- אנו מתבססים על מהדורות 2006 וגם 2016. של התקן הקובע. לא עמדו לרשותנו מהדורות מאוחרות יותר של התקן הקובע.

עובי דופן הצנרת:

- עובי דופן הצינור הוא זה המחושב בנוסחאות התקן הקובע ובהם גם המקדמים והערכים שיש להציב בנוסחה המתאימה בתקן הקובע.
- עובי הדופן מחושב למאמצים הרדיאליים המותרים (Hoop stresses) הגורמים לחתך הדופן לאורך הצנרת כתוצאה מהלחץ הפנימי, בד"כ המקסימלי .
- חישוב עובי הדופן כאמור כולל גם עובי מוגדר במפרט התכנון כהרשאה לאובדן קורוזיה (Corrosion allowance), כמו גם את ההפחתה בעובי הדופן מחמת טולרנס היצור בלוחות הפלדה מהם מעורגל הצינור (Mill tolerance). ערך זה עומד על 12.5% (עשוי להקטין את עובי לוח הפלדה בשיעור זה במהלך היצור).
- הנוסחה לחישוב עובי הדופן הינה נומרית ולאחר הצבת הנתונים וערכי הקבועים שבתקן הקובע התוצאה נומרית ואינה ניתנת לפרשנות.
- הנוסחה שבתקן הקובע מתבססת על כללים פיזיקאליים של שיוויון כוחות הגורמים למאמצים במעטפת הצינור בהתאם לעובי הדופן.
- לא יתכן שאותו תקן קובע המגדיר את הנוסחה כאמור יבטל כלאחר יד 80% מהעובי המחושב שהוגדר קודם לכן באותו התקן ממש.

התייחסות למסמכים שעמדו בפנינו – טיעונים והשגות.

התייחסות לנתונים ומסקנות מריצת הגולם החכם:

- בדיקה פנימית של הצנרת באמצעות גולם חכם (מולוך למשל) אינה מהווה אסמכתא לאיכות הצינור, עמידותו או בטיחותו. ההמלצות של ספק הגולם החכם או מסקנות מדו"ח ריצת הבדיקה אינם תחליף לדרישות התקן הקובע.
- במבט כולל, הנתונים שהושגו באמצעות הגולם החכם מציגים נגע כרוני של קורוזיה פנימית בדרגות חומרה שונות לכל אורך הקו בשנים 2007-8, 2014, ו-2018-9. הבדיקה האחרונה משנת 2019 **נמצאו 28 אלף פגמי איכול לאורך הצינור** (בהם האיכול הינו מעל 10% מעובי הצינור).
- טבעם של פגמים קטנים להתרחב לפגמים גדולים, בפרט אם אינם מטופלים. לכן הפרוגנוזה של העמידות המכנית של הצינור לפגמי הקורוזיה אינה מבשרת טובות.
- במאבק בין הפגמים לבין פעולות האחזקה למניעתם, נראה לנו שהבעיה כרונית ולא מקומית, כי גם בבדיקות בשנים 2014, **נמצאו אותו סדר גודל של פגמים, 27-28 אלף פגמים.**
- בדו"ח רשום כי "ההפרשים בכמות הפגמים בקבוצות סיווג עבור שלוש הבדיקות אינם עולים על 10%, כלומר אין שינויים דרסטיים במצב הצינורות...".

- התייחסותנו: ברור מהנתונים שכיוון שבשנים 2013-2014 הבדיקה נערכה ע"י חברה אחרת התקבלו תוצאות שונות, יש קווים עם הבדלים גדולים מאוד במספר הפגמים לעומת 2007 ו-2019, בעיקר מתחת ל-60%. לדעתנו זה מעיד על רמת אמינות הבדיקה, בספרות המקצועית מוזכר אחוז שגיאה לא מבוטל בכלל.
 - גם אם מתייחסים רק ל-2007 ו-2019, בהם הבדיקה נעשתה ע"י אותה חברה, בכמה מקטעי צינור יש גידול משמעותי, הרבה יותר מ-10%, במספר הממצאים של איכול צינור, כך שלא ברור מאיפה המסקנה האופטימית.
 - ספציפית בקו אילת-אשקלון יש גידול משמעותי מאוד (עד יותר מכפול) בכל אחת מקבוצות הסיווג מתחת ל-60% איכול עובי צינור.
 - **בבדיקה משנת 2019 נמצאו 1,597 פגמים (3,155 בשנת 2014) בתחום איכול הדופן 20-80%.** אלה מספרים שקשה לקבלם כמדד לאופטימיות ותפעול תקין ובטוח של הקו, ובפרט שעל הפרק מונחת הצעה להכפלת הספיקה.
 - האם עשרות אלפי פגמי קורוזיה נהוגים בצנרות דומות? האם מקובל לתפעל צנרת מזדקנת (59 שנות עבודה) שעה שהקורוזיה איכלה מעל 70% מעובי הדופן שתוכנן בשעתו לתפעול תקין?
 - אנו רואים בחומרה את המסקנה העולה מהמסמך, שניתן להמשיך לעבוד בשגרת עבודה וטיפול אחזקה כתמול-ששום כל עוד לא הגיע איכול הדופן ל- 80% מעובי המקורי. **לעמדתנו יש לדרוש הפסקת הפעילות בקו לצורך הטיפול כללי ומשמעותי, למניעת התדרדרות בפגמי הקורוזיה, ואסון שפך.**
 - אנו לא מבינים כיצד יתכן שהמפקחים על בטיחות הגנת הסביבה ומי התהום מתירים לעבוד בעובי דופן של 20% מזה שהתקן קבע בנוסחאות, וזאת בניגוד להנחיות לסעיף הרלוונטי בתקן הקובע.
 - המהגנ"ס מסתמך על מונח (Estimated Repair Factor) ERF המוגדר בדו"ח חברת Rosen. אין בהגדרה זאת כדי לגבור על דרישות התקן הקובע, או להסיק ע"ס ערכים של ERF מה מותר ומה אסור, מה לטיפול ומה להזנחה.
 - באותו האופן בדיוק לא יתכן שתקנות מקומיות בענייני מים או זיהום קרקעות או כל נושא אחר יגברו על תקינת תכנון הנדסית או יבטלו חלקים ממנה. הרציונל לכך שתקינת תכנון מתבססת על חוקי הפיזיקה והטבע והניסיון המיטבי המצטבר והמתעדכן במכלול התקינה, מפורט ומבוסס. תקנות מקומיות טובות מתבססות על התקן הנדסי, ולכן התקן מחייב לא פחות אם לא יותר מהתקנות. לא יתכן שסימון V בטבלה לאישור קיום פטרולים, שלא ברור טיבם, או סימון דומה לביצוע בדיקה בגולם חכם מבלי לרדת לחקרם של התוצאות, יגברו על מערכת תקינה מקיפה אמריקאית.
- התייחסות לדרישות התקן הקובע בעניין הפחתת עובי הדופן מקורוזיה:**
- הפרוצדורה בה מוצגות דרישות התקן הקובע מפורטת כדלהלן בפסקאות 451.6.2.
 - א. התקן מגדיר קורוזיה חיצונית, לאמור, כזאת שניתנת לגישה והערכה ויזואלית בלתי אמצעית.
 1. עבור קורוזיה חיצונית, איכול דופן הצינור מעל 80% - יש לתקן.
 2. עבור קורוזיה חיצונית, איכול עובי הדופן בתחום 20-80% יש לבצע חישוב של הלחץ הבטוח (Safe pressure) בהתאם למשוואות המתאימות ב- ASME B31G לכל פגם ופגם. לחץ העבודה המקסימלי בקו יהיה נמוך מאותו Safe pressure כפי שחושב ב- ASME B31G כאמור.
 3. עבור קורוזיה חיצונית, איכול עובי הדופן עד 20% אינם מחייבים תיקון.
 - ב. לאחר ההגדרות והדרישות הללו, מוסיף התקן הערה משמעותית לקורוזיה פנימית: הדרישות אמנם זהות לאלה של הקורוזיה החיצונית, אלא שבקורוזיה פנימית יש להביא בחשבון את אי הוודאות הקיימת מאובדן יכולת הגישה לפגם ומכך גם לשקלול מצבו וחומרתו של הפגם. ולכן, אין לנהוג בקלות דעת בקביעת חומרת הפגמים הפנימיים ואופן הטיפול בהם.
- דרישות נוספות של התקן הקובע בעניין הקורוזיה:**

- התקן דורש להקים תכנית של Corrosion control עם רשומות ותעוד של כל פגמי הקורוזיה. מדובר ב Data Base כפי שאנו מבינים, עבור כל פגם ופגם, עם תיעוד והיסטוריה ומעקב מסודרים. לא טבלאות ופרשנויות, אלא מעקב ונתונים לעצמם.
- סקר סיכונים או תכנית אחזקה אינם תחליף לתכנית ה- Corrosion control.
- התקן דורש לשלוח לאנליזה מדגמי קורוזיה מפנים הצינור כדי לעמוד על מרכיבי הקורוזיה והגורמים לה.
- התקן דורש לשלוח לאנליזה ניקוזים או בוצה שהגולם החכם מפנה או מנקז, גם כאן כדי לעמוד על גורמי הקורוזיה בצינור.
- אנו מבקשים להתעדכן שדרישות אלו אכן מתקיימות בנוהל עבודה סדיר. ונבדקות ע"י גורם מקצועי בלתי תלוי בקצא"א.

התייחסות בזעיר אנפין לתקינה משלימה

- תקינה משלימה דוגמת API 570, 579 עוסקת במתודולוגיה להערכת משך הזמן הנותר לתפעול הציוד במצבים מסויימים, ובמקרה שלנו, לצנרת במצבה עכשווי (API 579).
- לא מצאנו בתקינה המשלימה כאמור שום אסמכתא לאישור אפרירי להמשך עבודה כרגיל בשגרה ביתרת עובי דופן בשיעור 20% מהמקורי.
- תקן API 579 מגדיר 2 מושגי יסוד להערכת מצבו התפעולי של פריט ציוד או צנרת הנפעלים בלחץ.
 1. (RSF - Remaining strength factor) בעברית מקדם החוסן השירי האמור לנוע בטווח 0.9 – 0.7 מזה המקורי.
 2. (FFS - Fitness for service) בעברית התאמה להמשך השימוש.
 3. תקן API 579 מגדיר 3 רמות הערכת תקופת המשך עבודת ציוד לחץ:
 1. רמת שדה (Field)
 2. רמת משרד (Office)
 3. רמת מומחה (Expert)

אנו סבורים שיעוץ ברמה הלאומית לממשלת ישראל באמצעות המהגנ"ס מן הראוי שיהיה באמצעות מי שעבר את מבחני ההסמכה של API ומומחה בעל שם עולמי בתחום.

התייחסותנו להגדלת הספיקה המתוכננת:

- ברור לנו שהכפלת הספיקה תגרור עליית לחץ שאין אנו יודעים את טיבה, וכל התופעות והמפגעים בתוך חלל הצינור יוחמרו, איננו יודעים להעריך בכמה, אך ללא ספק רמת הסיכון לכשל דליפה רק עולה.
- אין אנו מקבלים את הטיעון שההזרמה בהכפלת הספיקה תתנהל ללא שינוי בלחצים ורק תקח יותר זמן. יותר זמן משמעו בספיקה מופחתת. הדבר אפשרי אך ורק עם במשטר הזרימה הנוכחי הקו מושבת חצי שנה ומעלה. העלאת עומס העבודה על הקו בשל ההסכם תגרור הפעלת לחצים להגדלת הספיקה.

אירועי כשל נוספים בצינור קצא"א -

בעבר אירעו מספר דליפות נפט חמורות שנגרמו ממתקני קצא"א, לרבות מספר דליפות נפט חמורות לאורך צינור הנפט של קצא"א בין אילת ואשקלון בשנים האחרונות.

1. ביום 10.7.1975 אירעה בקו הצינור, כ- 14 ק"מ מצפון לאילת דליפה, שתועדה בדו"ח שנערך על ידי המכון הישראלי לנפט ואנרגיה, היחידה לטיפול במניעת זיהום מקורות מים ע"י דלקים,

- בחסות נציבות המים ומנהל הדלק. הדליפה אירעה לפנות בוקר, בעקבות פתיחת תפר ריתוך, ודרך הפתח שנוצר דלפה כמות של 10,000 – 8,000 מ"ק של נפט גולמי. הנפט זרם דרך כביש 90, ולאורך ערוצים טבעיים (ערוצי נחל עברונה, דרומית לזרימה הנוכחית).
2. ביוני 2011 התרחשה בנחל צין, בעקבות פגיעת כלי הנדסי בצינור קצא"א במהלך עבודות, דליפה של כ- 1,000 מ"ק דלק סילוני שזרם לסביבה. וגרם לשמורת נחל צין נזק סביבתי כבד. 3 חודשים בלבד לאחר מכן, בספטמבר 2011 אירעה במרחק 500 מ' מהאירוע הקודם דליפה נוספת, 500, גם היא מפגיעת כלי הנדסי בצינור. בעקבות האירועים הוגשו כתבי אישום נגד בעלי תפקידים בקצא"א והושתו עליה קנסות כספיים.
3. בנובמבר 2013 דווח על דליפה שהתגלתה בצינור הנפט אילת-אשקלון באזור חניון הרועה ליד קיבוץ שדה בוקר בדרום הנגב.
4. ביום 3.12.2014 התרחשה דליפת נפט חמורה נוספת באזור צומת באר אורה, בצידו המערבי של כביש 90. הדליפה, של כ- 5,000 מ"ק של נפט, הייתה תוצאה של פריצת הצינור בעת ביצוע עבודות הכרוכות בהקמת הצומת עבור שדה תעופה רמון בתמנע, שבעקבותיה נע זרם אדיר של נפט נע דרומה במקביל לכביש 90 ואז מזרחה, אל תוך שטח שמורת עברונה, שהיא הנקודה הנמוכה בשטח. האירוע הוגדר על ידי המשרד להגנת הסביבה כאחד מאסונות הטבע הקשים ביותר שונדעו בישראל. בעקבות האירוע הוגשו תביעות ייצוגיות נגד קצא"א שהסתיימו בהסכם פשרה ולפיו תשלם קצא"א 100 מיליון ש"ח לשיקום הנזקים, לפיצוי הציבור ועוד. בין היתר, התחייבה קצא"א להשלים ביצוע של תכנית למניעת דליפות נפט בקו ולהעמיד סכום של כ- 10 מיליון ש"ח לביצוע עבודות ניטור ומניעה בצנרות נוספות של החברה (בקווים 16" ו- 18").

בנוסף חשוב לאזכר כאן, אירוע של דליפה/שפך של עשרות מ"ק נפט וזיהום מקו קצא"א בסמוך טירת כרמל באוקטובר - 2007 (למרות שאינו בקו אילת אשקלון). חשיבות אירוע זה כיוון שהוא לא אירע מפגיעה חיצונית או תאונת עבודה.

בשיחה עם הממונה על מניעת זיהום מדלק במשרד להגנת הסביבה, הוסבר לנו שהאירוע נבע מ"כשל בצינור", הקשור לחילופי קור וחום וכנראה פגם ראשוני בייצור של הצינור שקשה מאוד להבחין בו. דברים כאלו מאוד נדירים אבל זה גם יכול לקרות. זו ההוכחה שגם עם תקנות ופיקוח תמיד יכול להיות כשל, דליפה ושפך שייפגע בסביבה. במזל ובזכות תושייה של עובדים במפעל סמוך ותושיית מכבי האש השפך לא הגיע לחוף הים.

לסיכום

- אנו דוחים את הגישה לפיה התקן מאפשר לעבוד כרגיל וללא שינוי מהותי במצב של איכול דופן הצינור בשיעור של עד 80%, כאשר דופן הצינור עומד במאמצי הלחץ הפנימי כאשר מעובי הדופן המקורי נותרו 20% בלבד.
- ע"פ התקן הקובע יש לחשב את ה-Safe pressure לפי הנוסחאות שבתקן ASME B31G לכל אירוע של איכול הדופן בתחום 20-80%, משמע לכל פגם ופגם בתחום הזה. אין לנו סימוכין שתהליך זה קיים והתחשיבים אכן בוצעו.

- לענ"ד הפעלת הצינור במצבו הנוכחי מסוכנת לסביבה ולטבע וגם נוגדת את שיקול הדעת ההנדסי הנכון בתנאי הטבע וסביבת הצינור. קל וחומר כאשר תוכפל/תוגדל הספיקה.
- כך גם כאשר לתכנית בדיקת הקו כל 5 שנים בגולם חכם, שאין בה אסמכתא לתקינות מכנית או תפעולית. דוחות לא מונעים קורוזיה, כך גם תכניות עבודה מפורטות. רק קיום דרישות התקן הקובע מהוות אסמכתא שניתן להסתפק בה.
- אנו מבקשים שקיפות ובנתונים ושיתוף במעשים. הסתרת נתונים ותוכניות, אך גורמת לחצאי אמיתות ומחשבות מיותרות על קונספירציות. אנו מבקשים גישה לנתונים ומענה ענייני לשאלות ענייניות.
- יש לשקול מהפך באופן תפעול הצינור, ואפילו הנחת צינור חדש במקביל לצינור הקיים כדי להחליף ביניהם טרם תתרחש תקלה שאיש אינו מבקש. אנו סבורים שהשקעה בשיפור ומניעת סיכונים תמנע צרות, עלויות וחקירות ותרחישם שראוי להימנע מהם.
- לענ"ד ראוי וחשוב לערב בהערכת מצבו ועתידו של הצינור מומחה בעל שם בתחום, או חברה מנוסה בתחום שינוע נפט וצנרת נפט, ולא להסתמך על פיקוח נושא כבד כלכך בצוות מינימלי של המהגנ"ס שאינו יכול להקיף נושא הדורש אקספריטיות מקצועיות בתחומים רבים ולשלב בין כל אלה.
- הצינור הזה חשוב מידי ואין להסתפק בסטטיסטיקות או בהצהרות על סקר סיכונים ותכניות אחזקה. יש להכניס לבדיקתו הבלתי תלויה גורמים הנדסיים מקצועיים ומנוסים בתחום. כאן אמורה לפעול הנדסה חכמה ומנוסה, ולא רק דוח סיכום המהול באופטימיזם שאינו מתיישב עם הנתונים.

בברכה,

אינג' מאיר פרומקין²,
ד"ר יובל ארבל, רכז ים וקשרי ממשל, עמותת צלול.

מכותבים:

ד"ר אריה פסטינר הממונה על מניעת זיהום מי תהום מקוי דלק ראשיים במשרד להגנת הסביבה
גיא רשף, ראש אגף איכות מים ברשות המים
אבי חיים ראש אגף קרקעות מזוהמות במשרד להגנת הסביבה
מאיה יעקבס, מנכ"ל עמותת צלול

² הרקע המקצועי של כותבי חוות הדעת: מהנדס מכונות, בוגר הטכניון 1973-1969. עבד בנושאי תכנון ופרויקטים תעשייתיים, ומשנת 1983 עבד באגף הפיתוח בבז"ן. משנת 1986 הקים את מערכת התיב"ם של בתי-זיקוק בה תוכננו כל הפרויקטים, גדולים כקטנים, של בתי הזיקוק.

ד"ר יובל ארבל, התמחה בהדרולגיה של מי התהום, וניהל תוכנית "שומרים על מי התהום" עבור האיחוד הארופאי ראה פירוט בקורות חיים מצרופים.

נספחים:

1. הנוסחה הפיזיקאלית עליה מתבסס התקן לקשר בין מאמץ, לחץ פנימי, קוטר ועובי דופן.

$$S_H = \frac{P_i D}{2t}$$

P – לחץ, D- קוטר, t- עובי דופן, S- מאמץ מותר

2. פסקאות 451.6.2 מהתקן הקובע מהדורת 2016 – הגדרה באחוזים של תחומי איכול הדופן ביחס לעובי המקורי והפעולות שיש לנקוט בכל תחום. אין כאן אישור לאיכול הדופן בשיעור 80%.

ASME B31.4-2016

Fig. 451.6.2.2-1 Type I Interaction

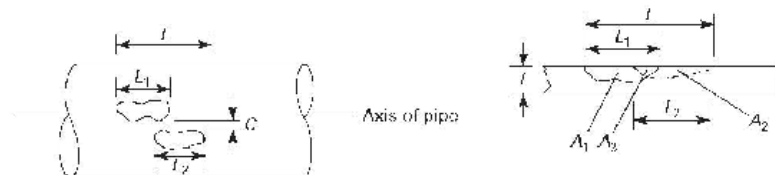
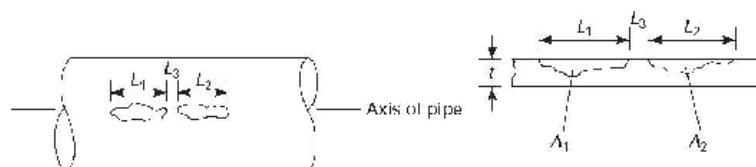


Fig. 451.6.2.2-2 Type II Interaction



(h) Coating damaged during the repair process shall be removed and new coating applied in accordance with para. 461.1.2.

Replacement pieces of pipe, areas that are exposed for examination by removal of coating, and any appurtenances or components added for the purpose of repair shall be coated when installed in a coated line.

451.6.2 Limits and Disposition of Imperfections and Anomalies

451.6.2.1 Limits. Pipe containing leaks shall be removed or repaired.

(16) 451.6.2.2 Corrosion

(a) *External or Internal Corrosion.* Areas of external or internal metal loss with a maximum depth greater than 80% of the wall thickness shall be removed or repaired. An appropriate fitness-for-purpose criterion may be used to evaluate the longitudinal profile of corrosion-caused metal loss in base metal of the pipe or of non-preferential corrosion-caused metal loss that crosses a girth weld or impinges on a submerged arc welded seam.

(b) *External Corrosion.* Externally corroded areas exposed for examination shall be cleaned to bare metal. In general, areas of corrosion with a maximum depth of 20% or less of the thickness required for design, t , need not be repaired. However, measures should be taken to prevent further corrosion. An area of corrosion with maximum depth greater than 20% but less than or equal to 80% of the wall thickness shall be permitted to remain in the pipeline unrepaired provided that the safe operating pressure is established. Generally acceptable methods for calculating a safe operating pressure include ASME B31G, "modified B31G," and an effective area method (e.g., R51 R11NG).

For pipelines subjected to unusual axial loads, lateral movement, or settlement, or for pipelines comprised of materials with yield-to-tensile ratios exceeding 0.93, an engineering analysis shall be performed to establish a safe operating pressure.

If the safe operating pressure is less than the maximum operating pressure, the affected area shall be removed or repaired or the maximum operating pressure shall be reduced to the safe operating pressure or less.

(c) *Internal Corrosion.* The limitations for areas with internal corrosion and areas with a combination of internal and external corrosion are the same as for external corrosion. When dealing with internal corrosion, consideration should be given to the uncertainty related to the indirect measurement of wall thickness and the possibility that internal corrosion may require continuing mitigative efforts to prevent additional metal loss.

(d) *Interaction of Corrosion-Caused Metal Loss Areas.* Two or more areas of corrosion-caused metal loss that are separated by areas of full wall thickness may interact in a manner that reduces the remaining strength to a greater extent than the reduction resulting from the individual areas. Two types of interaction are possible and each should be assessed as follows:

(1) *Type I Interaction (see Fig. 451.6.2.2-1).* If the circumferential separation distance, C , is greater than or equal to 6 times the wall thickness required for design, the areas A_1 and A_2 should be evaluated as separate anomalies. If the circumferential separation distance is less than 6 times the wall thickness, the composite area ($A_1 + A_2 + A_3$) and the overall length, L , should be used.

(2) *Type II Interaction (see Fig. 451.6.2.2-2).* If the axial separation distance, L_3 , is greater than or equal to 1 in. (25.4 mm), the areas A_1 and A_2 should be evaluated