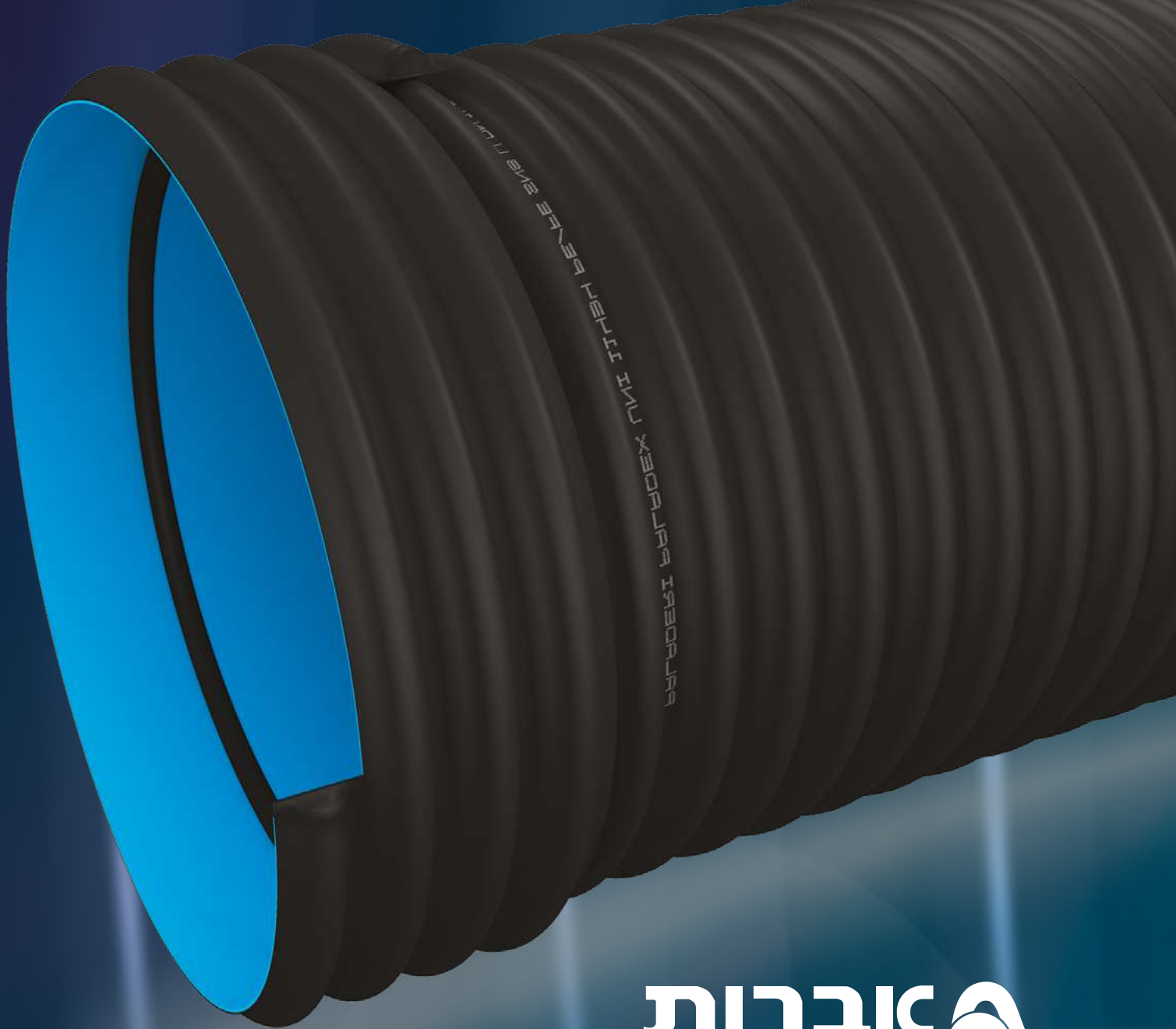




צנרת לניקוז ומיוב



אברות
תעשיות בע"מ

פלדקס פלדו

30

31-39	3.1 חישובים הידראולים
40-55	3.2 עומסים
56	3.3 הנחיות הנחת צנרת פלדקס כנגד ציפה
56	3.4 ציפה של הצינור בנוכחות מי תהום
60	3.5 ציפה בעקבות מילוי CLSM
61-63	3.6 חישוב מעוות צנרת פלדקס - תאוריה מול מציאות

64

65-67	4.1 טבלת עמידות כימית
68-78	4.2 הוראות התקנה לצינורות פלדקס
71-81	4.3 בדיקת תקינות צנרת
82	4.4 גרף מהירות וספיקה מול גובה מילוי
82	4.5 גרף לחישוב עומסי קרקע
83	4.6 נתונים למפרידי בוצה

חישובים

נספחים

3

4

5-7

8-9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

18

19

19

19

20

21

21

22

23

24

25-28

29

על החברה

מאפיינים כלליים

1.1	מערכות זרימה בגרביטציה
1.2	מאגרי מים
1.3	מובלים מפלדקס
1.4	בתי משאבות
1.5	מפרידי בוצה / שמנים
1.6	שוחות אינטגרליות
1.7	קזפלקס צינור מחורר לניקוז-קטרים גדולים
1.8	איכות ותקנים

חומרים ומבנה

	מבנה הצינור
2.1	צינור פלדו
2.2	צינור פלדקס
2.3	עמידות בשחיקה
2.4	עמידות כימית
2.5	עמידה בטמפרטורה
2.6	גמישות
2.7	מידות וחיבורים של צינורות פלדקס
2.8	עמידות בקרינת UV
2.9	מידות וחיבורים של צינורות פלדו
2.10	חיבור לשוחות בטון
2.11	חיבור לשוחות בטון
2.12	אביזרים
2.13	קזפלקס

על החברה

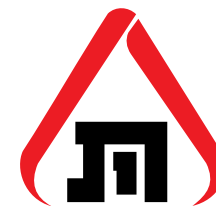
אברות חרטה על דגלה חדשנות, פיתוח מוצרים וטכנולוגיות חדישות. **פלדקס** כחלק מקבוצת **אברות תעשיות** פורצת דרך בתחום צנרת לתיעול, ניקוז וביוב, מייצרת ומשווקת צנרת ייחודית בעלת יתרונות רבים.

במהלך השנים פיתחה **פלדקס** פתרונות אמינים למגוון צרכים של מתכננים וחברות התקנה לשוק המקומי ולשוק הבינלאומי:

- צנרת ה-HDPE בעלת דופן מבנית מחוזקת בפלדה צנרת PP שרשורית בעלת דופן מבנית צנרת קזפלקס מחוררת ומחורצת לניקוז
- צנרת בעלת קשיחות טבעית **SN8**, **SN12** ו-**SN16** פתרון מערכתי כולל שוחות וחיבור לשוחות בטון ופלסטיק
- ייצור אביזרים סטנדרטים ועל פי מפרט

תקנים והסכמות

מערכת ניהול האיכות של חברת אברות מנוהלת ומאושרת על ידי מת"י ומתאימה לדרישות ת"י ISO 9001/2015 הצנרת מתאימה לדרישות התקנים ומאושרים על ידי גופי הסמכה בארץ ובאירופה.



מפרט טכני זה מיועד למתכננים, מנהלי פרויקטים, מפקחים וקבלנים, הוא מתאר את המוצר ושיטות חישוב לשימוש נכון בצנרת פלדקס.

מאפיינים כלליים



1. מאפיינים כלליים



1.1 מערכות זרימה בגרביטציה

בעשורים האחרונים קיימת מגמה של עלייה מתמדת בנתח השוק של תשתיות צנרת פלסטיק לעומת הצנרת הקשיחה. צנרת פלסטיק שרשורית בעלת יתרונות ייחודיים אשר הופכים אותה לבחירה המועדפת לצורכי ניקוז, תיעול וביוב.

ראוי לציין את המאפיינים החשובים למתכננים ולמשתמשים.

הדרישות העיקריות לצנרת בגרביטציה הן:

- אטימה מוחלטת בחיבורים.
- תכונות הידראוליות לטווח קצר ולטווח ארוך.
- עמידה בלחץ הידרוסטטי פנימי במקרים של עליה זמנית בלחץ.
- עמידה בלחצי סביבה חיצוניים (עומסי קרקע ועומסים דינמיים).
- עמידה בלחץ חיצוני במקרה של מי תהום.
- עמידה לתוקפנות כימית.
- עמידה בשחיקה.
- אפשרויות ניקוי קלות.
- קלות ומהירות להנחה ולהתקנה.
- מחיר תחרותי.

1. מאפיינים כלליים

צנרת פלדקס מול צנרת קשיחה

כאשר עוסקים בצנרת בגרביטציה יש להבחין בין צנרת קשיחה לבין צנרת גמישה (פלדקס). צנרת קשיחה בחתך טבעתי אינה יכולה לקבל מעוות אופקי או אנכי של הצינור.

כל מעוות בצינור קשיח עלול לגרום לנזקים בזמן שצינור פלדקס הינו בעל דופן מבני אשר יכול לקבל מעוות גבוה יותר ללא נזקים הן בטווח הקצר והן לטווח הארוך, ללא פגיעה בתכונות ההידראוליות והמכניות של הצינור. המאפיין המרכזי של צינור פלדקס הוא קשיחות טבעתית (SN) אשר תלוי הן בפרופיל של הצינור (מומנט אינרציה) והן במאפייני החומר (מודל אלסטיות).

שימוש צנרת פלדקס

צינור הפלדקס מיועד לתיעול ביוב וניקוז בגרביטציה בתנאי לחץ אטמוספרי ומשמש למגוון רחב של אפליקציות:

- ניקוז דרכים, כבישים ומעברי מים
- הולכת שפכים ביתיים ותעשייתיים
- ניקוז ותיעול משטחים עירוניים וחקלאיים
- הולכת מי ים ומי רכז
- הולכת שפכים בעלי ריאקטיביות כימית
- צינורות חלחול מחוררים קאזפלקס
- "רדיוס בארות מגן"



לצנרת פלדקס שנות ניסיון רבות. אלפי קילומטרים של צנרת פלדקס הונחו בהצלחה בפרויקטים מגוונים בישראל ובעולם.

1. מאפיינים כלליים



צינור פלדקס מוצר ירוק המגן על הסביבה

צינור הפלדקס מביא את הבשורה של הטכנולוגיה הירוקה לעולם התשתיות והמים בישראל.

חוזק מכני של המתכת לצד היתרונות הפוליאתילן

- **אטימות מלאה** - שימור משאבי מים והגנה על מי תהום מפני דליפות.
- **עמידות כימית גבוהה** בטווחי טמפרטורות ו-pH רחבים.
- **עמידות גבוהה בפני מפגעים ביולוגים** (הצטברות בקטריאלית, חדירת שורשים, מכרסמים).
- **אורך הצינור** - ניתן לספק צינורות באורכים 6, 7 או 12 מ'.
- **תהליך ייצור חסכוני** באנרגיה וחומרי גלם. זיהום סביבתי אפסי.
- **אינו משחרר חומרים רעילים לסביבה** לא בתהליך הייצור ולא בשימוש השוטף.
- **משקל נמוך במיוחד** - עבודה בשטח מבוצעת ללא כלים כבדים.
- מאפשר הובלה בקינון (nesting) ו**חסכון משמעותי לתובלה** מהמפעל לאתר.
- צינור פוליפרופילן **100%**.
- **קשירות טבעתית גבוהה** SN8, SN12, SN16.

1. מאפיינים כלליים



1.2 מאגרי מים

המיכלים מבוססים על צנרת פלדקס ומיוצאים בכל נפח שנדרש ע"י הלקוח. המיכלים הינם תת קרקעיים ואינם מבזבזים שטח קרקע יקר. המיכלים מיוצרים מקוטר 1 מטר עד לקוטר 2.5 מטרים.

התכנון ובניית המיכלים מבוצעים על פי דרישות המתכנן ובשיתוף מחלקת הנדסה של אברות. המיכלים מאופיינים בקלות ההרכבה ובגמישות התכנון, המערכת הינה אטומה ונבדקת בלחץ הידרוסטטי של 0.75 בר.

מאגרי המים לנגר עילי

- מיכלי **פלדקס** משמשים לאיגום נוזלים ומוצקים עם עמידות גבוהה בפני כימיקלים.
- וויסות זרימת מים לתשתיות העירוניות על ידי אחסונם זמנית ושחרורם למערכות בהדרגה, לאורך זמן.
- מיכלי **פלדקס** מתאימים להתקנה תת קרקעית עם יכולת עמידה בעומסים של 60 טון עם כיסוי מינימלי.
- המכלים מיוצרים בטווח נפח של 10-10,000 מטר מעוקב, לדרישות של טווח נפחים גדולים יותר ניתן לייצר מקבץ מכלים עצמאיים.
- המבנה הגאומטרי והחומרים מהם מיוצרים המיכלים מקנים כושר עמידה לתזוזות קרקע.
- מיכלים לנגר עילי יכולים להיות מחוררים או מחורצים לשחרור מי הנגר לקרקע



אברות
תעשיות בע"מ



PALADEx
Innovative Pipe Systems

1. מאפיינים כלליים

1.3 מובלים מפלדקס

מובילי מים עשויים מצנרת **פלדקס** בקטרים גדולים ומהווים חלופה למובילים מבטון.

למובילים **מפלדקס** יש מקדם חיכוך של 0.009 (מנינג), בהשוואה לבטון שבו הוא 0.12. הדבר מאפשר התקנה בשפועים קטנים יותר, וכך חוסכים בעומק החפירה, בנוסף להתקנתם מהירה.

בנספחים הטכניים תוכלו למצוא את החישובים לבחירת התאמה לדרישות התכנון בנוגע לספיקה ולמהירויות הזרימה.

יתרונות שימוש במובלים מפלדקס:

- חסכון בזמן ההתקנה.
- חפירה רדודה יותר.
- משקל צינור נמוך ביחס לחלופה מבטון 1:30 אין צורך בציוד מכני כבד.
- מתאימים לעמידות בוויברציות, דבר שמסייע באזורים כמו אזורי רכבת.
- אטימות מלאה.
- בכניסה למוביל, מומלץ להניח תא שיקוע בכדי למנוע כניסת עצמים גדולים.
- התחברות קלה לקולטנים.



1. מאפיינים כלליים

1.4 בתי משאבות

בתי משאבות למערכת ביוב / תאי סניקה הינם מיוצרים מצנרת פלדקס (צינור פוליאתילאן מחוזק פלדה בעל דופן מובנה, חלק מבפנים וגלי מבחוץ) מה שמקנה לבית המשאבות חוזק מכני גבוה.

בתי המשאבות מורכבים ממספר תאים המונחים אחד ליד השני התאים מיוצרים בקטרים 1,800-3,000 מ"מ.

- תא למשאבות
- תא השהייה
- תא הפרדה

יתרונות

- חוזק מכני גבוה
- אטימות מוחלטת - מיוצר מיחידה אחת
- עמידות בפני כימיקלים
- כושר עמידות גבוה בתזוזות קרקע
- מודולריות וגמישות במבנה
- משקל נמוך
- דופן פנימית חלקה אשר מונעת התגבשות של לכלוך

תא השהייה

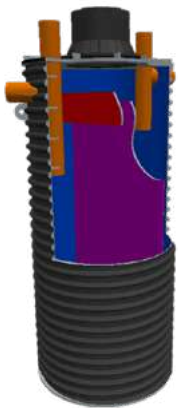
- תא השהייה מיוצרי מצינור פלדקס בקטרים 1,800-3,000 מ"מ
- התא מסופק עם מדרגות אינטגרליות
- כניסה ויציאה מרותכים מה שמקנה לתא אטימות מוחלטת

תא שאיבה

- תא שאיבה הינה יחידה אינטגרלית אטומה המסופקת עם מובילים של המשאבות
- מחברי הכניסה והיציאה מרותכים
- התא מסופק עם מדרגות או פודסט במקרה של תאים מעל 5 מ' גובה (לפי דרישת התקן) ועם צינור יניקה לחיבור לביובית
- תחתית התא משופעת למניעת הצטברות של לכלוך
- אין בתא השאיבה מגבלת גובה לשטח הרטוב

תא הפרדה

- מפריד שומנים בנפח ע"י דרישת המתכנן בין 3,800 ליטר ל-5,300 ליטר



1. מאפיינים כלליים

1.5 מפרידי בוצה / שמנים

מפרידי גבבה ובוצה מונעים מעבר של מוצקים כבדים וצפים למערכות ביוב סניטריות או תעשייתיות.

- המפרידים מצמצמים נזקים למערכות הטיפול על ידי הפרדה מקדימה ומניעת השבתה של מערכות שאיבה
- המערכות מיועדות להתקנה עילית או תת קרקעית וקיימים בנפח קיבול של 50,000 - 5,000 ליטר
- פינוי הגבבה והבוצה מבוצע על ידי שאיבה או איסוף מכני
- המפרידים מתוכננים ונבנים לפי דרישות האתר ובהתאם להנחיות המתכנן
- מבנה הדפנות מקנה יכולת גבוהה בעמידה כנגד תזוזות קרקע.
- ניתן לייצר מפרידים מרובי-תאים, תאים כפולים וכדומה



1. מאפיינים כלליים

1.6 שוחות אינטגרליות

פלדקס תאים אינטגרליים

שוחות אינטגרליות הינן שילוב של צנרת **פלדקס** בקוטר הנדרש עם שוחות בקוטר 1,000/630, עם מדרגות אינטגרליות. משקל נמוך לצד חוזק מכני גבוה המאפשרים התקנה מהירה.

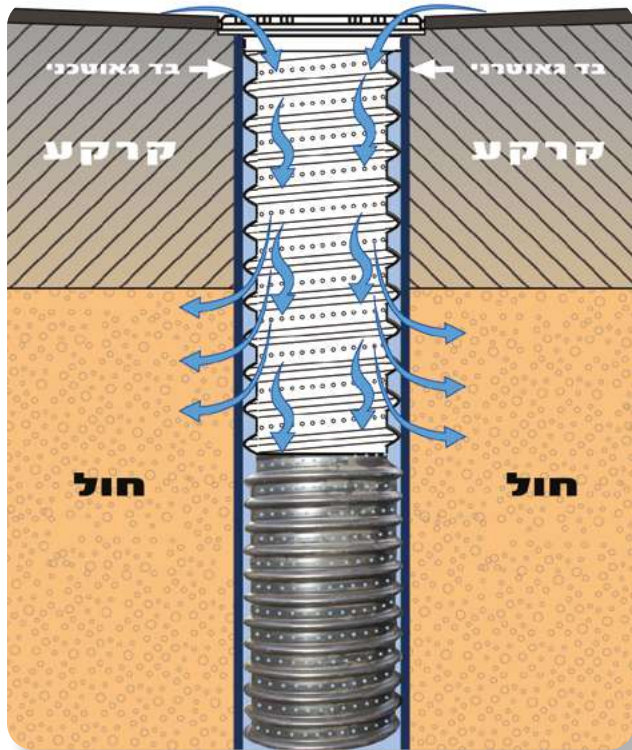
היתרונות

היתרונות לשימוש במוצר הינם כלהלן:

- יתרון הידראולי - זרימה מתמדת. אין עצירה בזרימה, לכן מקדם החלקות עפ"י מנינג 0.09 נשמר.
- אטימות מוחלטת - שימוש בחיבור שקע-תקע עם אטם הידראולי.
- עמידות בעומסים גבוהים.
- מאפשרת הכנת הסתעפויות.
- ניתן לספק תאים עם זוויות.



1. מאפיינים כלליים



1.7 קזפלקס צינור מחורר לניקוז-קטרים גדולים

צינורות שרשוריים מחוררים בקטרים 300-3,000 מ"מ.

הצינור מחורר בשיטות הבאות:

- כל היקף הצינור
- שני שלישים עליונים של הצינור
- החירור מתבצע בחלק השקוע של הצינור. מספר החרירים על פי דרישות התכנון.

ניתן לעטוף את הצינורות בפילטרים בשתי שיטות:

- פילטר מבד גיאוטקסטיל
- פילטר מחצץ
- סוג הפילטר נקבע בהתאם לסוג הקרקע.

שימושים

- ניקוז מי תהום ומי גשמים
- ניקוז אזורים חקלאיים
- ניקוז מנהרות
- ניקוז צידי ביש
- ניקוז לבורות החלחול
- צינור מיוצר באורך 6-12 מטר

לעטיפת הפילטר מספר תפקידים:

- מניעת סתימות חרירי הניקוז
- הגדלת שטח המגע עם הצינור
- הגנה מכנית לצינור

1. מאפיינים כלליים

1.8 איכות ותקנים

חברת **אברות** חרטה על דגלה את נושא איכות המוצרים והייצור. מפעל אברות וקו הייצור של צינור הפלדקס עומדים בכל דרישות האיכות ע"פ תקן איכות ISO 9001:2015.



קו הייצור כולל מחלקת אבטחת ובקרת איכות פנימית המבצעת בדיקות ע"פ הגדרות מחמירות המוגדרות בתקנים השונים, בנוסף לבדיקות פרמטרים שונים בתהליך ייצור הצינור.

(ישראל)



SI 5302 (ASTM F2435) ת"י 5302

(ישראל)



SI 21138 (ISO 21138-3) ת"י 21138

(אנגליה)



DT/380/0316

(איטליה)



11434 UNI

חומרים ומבנה

2. חומרים ומבנה

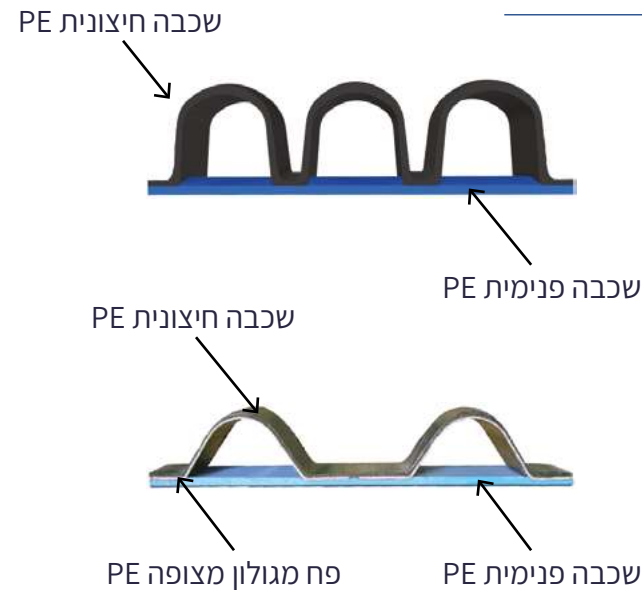


מבנה הצינור

צינור ספירלי/שרשורי בעל דופן מבני חלול מתאפיין בחוזק מבני גבוהה ומשקל נמוך. מבנה הצינור מקנה קשיחות טבעתית גבוהה ביחס למשקל נמוך. הדופן המבנית יוצרת מערכת צלעות וצינור (שלד). הצלעות מעניקות לצינור קשיחות וגמישות.

- שכבה חיצונית מפוליאיתילן - בצבע שחור בעל הגנה מלאה מפני קרינת UV.
- שכבה פנימית מפוליאיתילן - בצבע תכלת בהיר המאפשר צילום קל וברור של פנים הצינור.

חתך דופן מבני



פלדו

פלדקס



2.1 צינור פלדו

הצינור הינו שרשורי בעל דופן מבני הכולל חיבור פעמון, המיוצר כולו מפוליאתילן ובעל יתרונות רבים כדוגמא: מודול אלסטיות גבוה אשר מקנה חוזק טבעתי גבוה יחסית למשקל, עמידה בטווח טמפרטורות קיצוני, עמידות גבוהה לכימיקלים וכד'. הצינור בעל חתך טבעתי אשר מקנה יכולת חיתוך והתאמת אורך לפי דרישות בשטח.

2.2 צינור פלדקס

הצינור מיוצר משילוב של פלדה מגולוונת וציפוי פוליאתילן, הצינור הינו ספירלי, בעל דופן מבנית חלולה, המתאפיין בחוזק מבני גבוה ומשקל נמוך. הצינור מורכב מסליל רציף של צלעות פלדה מגולוונת אשר עטוף כולו בציפוי דו שכבתי של פוליאתילן HDPE. צלעות הפלדה מעניקות לצינור קשיחות וגמישות ואילו ציפוי הפוליאתילן מעניק לצינור הגנה מלאה בפני מפגעים כימיים, ביולוגיים והתפתחות קורוזיה.

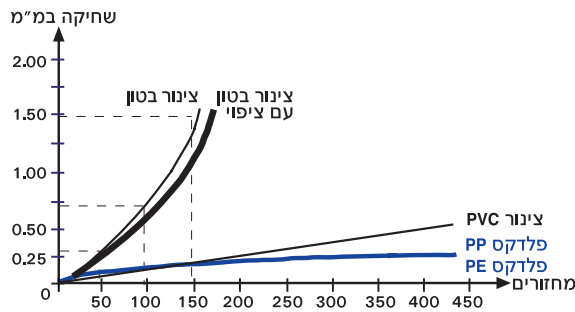
מרכיבי צורת פלדקס

פוליאתילן (HDPE) משתייך לקבוצת החומרים התרמו-פלסטיים, מתאפיין במשקלו הקל. עליה בצפיפותו של הפוליאתילן תוביל לשיפור חוזקו המכני, עמידותו בשחיקה ושריטות, עמידות למתיחה, עמידות תרמית, מודול האלסטיות ועמידות כימית. PE הינו אחד החומרים הפלסטיים הנפוצים ביותר בשימוש, מעל 60 מיליון טונות פוליאתילן מיוצרים בעולם בשנה.

סרט פלדה מגולוון - הפלדה בצורת פלדקס מקנה את החוזק המכני, היכולת לעמוד בעומסים, העמידות בפני זחילה לאורך זמן. ציפוי האבץ על גבי הפלדה מגן מפני קורוזיה. הפלדה מובנית בתוך הצינור ומצופה בשתי שכבות של פוליאתילן.

2. חומרים ומבנה

2.3 עמידות בשחיקה



שחיקה בצנרת ניקוז וביוב נגרמת מזרימה במהירויות גבוהות ותכולת גורמי שחיקה כגון חול ואבנים. עמידות בשחיקה תלויה בתכונות החומר ורמת החלקות של שטח הפנים. בדיקות שחיקה השוואתיות עבור צנרת מסוגים שונים נעשית בשיטת Darmstadt אשר בודקת עומק שחיקה לעומת מחזורי שחיקה. צנרת **פלדקס** מתאפיינת בעמידות גבוהה בפני שחיקה בהשוואה לכל צינור אחר. הצינור מתאים להולכות מי ניקוז ושפכים במהירויות זרימה מעל כ- 10 מ'/שנייה.

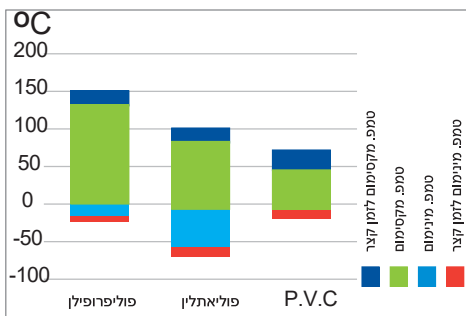
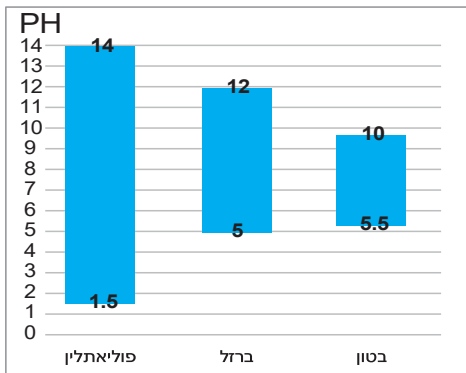
2.4 עמידות כימית

צנרת **פלדקס** מיוצרת מחומרים פלסטיים מתקדמים אשר הינם עמידים ביותר בפני תוקפנות כימית בטווח רחב של חומרים ותנאי עבודה. צנרת פלדקס מסוגלת לעמוד בטווחי עבודה חומציים ובסיסיים קיצוניים: pH 1.5-14. רשימת חומרים אשר צנרת **פלדקס** עמידה נמצאת בפרק נספחים.

2.5 עמידה בטמפרטורה

HDPE הינו עמיד בטווח רחב של טמפ' - (min: -60 °c; max: 140 °c) ולכן מתאימים למגוון רחב של מתארי עבודה ייחודיים באפליקציות אזרחיות ותעשיות שונות. כתוצאה מעמידות לטמפרטורה גבוהה טווח העבודה של צנרת הפלדקס הינו רחב מעל כל צנרת גמישה אחרת.

כתוצאה מעמידות לטמפרטורה גבוהה טווח העבודה של צנרת **פלדקס** הינו רחב מכל צנרת גמישה אחרת.

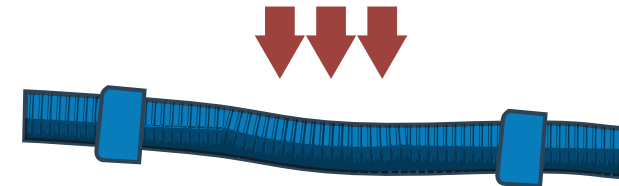


2.6 גמישות

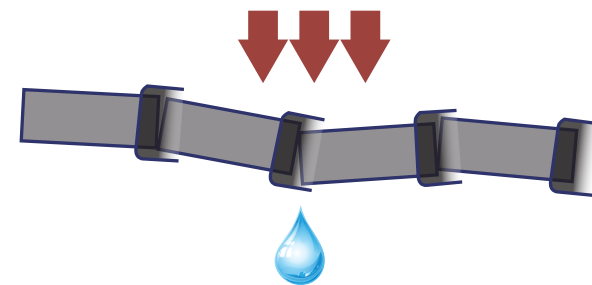
היכולת של צינור הפלדקס להימנע מהתפתחות סדקים ושברים ע"י דפורמציה עקב לחצים מחזוריים, ולחזור לצורתו המקורית היא תכונה חיונית לעמידות ארוכת טווח בתנאי קרקע. יכולת זאת הופכת את צינור הפלדקס לבחירה הטבעית בתכנון ארוך טווח של תשתיות. מלבד היכולת לפיזור עומסי קרקע גמישות צינור הפלדקס מקנה לצינור עמידות משופרת ברעידות אדמה, לחצי קרקע עונתיים.

צנרת פלדקס אינה נסדקת וכך נמנע נזק של חדירת שורשים לצנרת.

צינור גמיש



צינור קשיח



2. חומרים ומבנה

קוטר נומינלי (מ"מ)	קוטר חיצוני (מ"מ)	קוטר חיצוני של הפעמון (מ"מ)
700	772	852
750	820	900
800	870	950
900	972	1034
1000	1090	1170
1050	1140	1220
1100	1190	1280
1250	1366	1433
1400	1490	1570
1500	1590	1690
1600	1690	1750
1800	1890	1950
2000	2090	2150
2200	2290	2350
2400	2490	2550
2500	2590	2650

* אורך סטנדרטי 7 מ' * ניתן לספק באורכים של 6 ו-12 מ'
 * תקן: הצגרת מיוצרת על פי תקן ישראלי ת"י 5302 אשר אימץ תקן בינלאומי ASTM F2435.

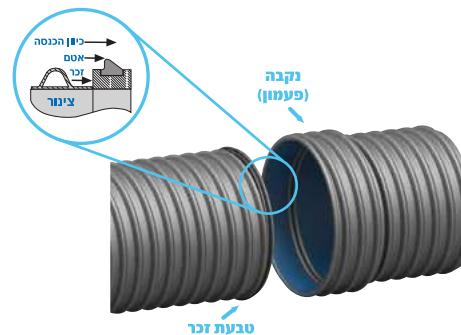
2.7 מידות וחיבורים של צינורות פלדקס

פלדקס מיוצר בדרגות קשיחות SN8, SN12, SN16. חוזק מכני גבוה לצד יתרונות הפוליאתילן.

חיבור שקע-תקע בין צינור לצינור

לאטימות המחבר יש חשיבות רבה. ככל שמשקל הצינורות נמוך יותר, החיבור ביניהם יהיה קל ועמיד יותר. לצגרת **פלדקס** יתרון על פני צינורות קשיחים וכבדים, שכן החיבור שלה מבוסס על חיבור זכר-נקבה עם אטם חיצוני.

צינור **פלדקס** מיוצר עם פעמון אינטגרלי (נקבה) וטבעת זכר עליה מולבש אטם EPDM. השיטה קלה ומהירה להתקנה, והחיבור עמיד בלחץ של 0.7 בר, תוך שמירה על אטימה במעוות קוטר (דפורמציה) של עד 5% ובסטייה זוויתית של 1° , בהתאם לת"י 5302, EN13476-3, ISO21138-3.



2.8 עמידות בקרינת UV

שתי השכבות מכילות תוסף אשר מקנה עמידות לקרינת ה-UV. השכבה החיצונית של צינור **פלדקס** מכילה תוסף פחמני אשר מסנן קרינת UV ומגן על הצינור מפני פגיעות שמש במהלך אחסונו.

2.9 מידות וחיבורים של צינורות פלדו

פלדו הינו צינור שרשורי בעל דופן מבני המיוצר מפוליאתילן, אשר מקנה חוזק טבעתי גבוה יחסית למשקל, עמידה בטמפרטורות קיצוניות, עמידות גובהה בכימיקלים וכו'. הפוליאתילן הינו פולימר תרמופלסטי המשמש למגוון יישומים ובשנים האחרונות תופס מקום מכובד בתחום הולכת נוזלים.



פלדו בתצורת חתך טבעתי כך שניתן לקצרו בכל נקודה לאורך הצינור, דבר המקל על ההתקנה בשטח וחיבור לשוחות.

- משקלו הנמוך הינו מרכיב נוסף המשפר את ביצועי ההתקנה
- סימן הזיהוי של צנרת פלדו הינו פס סגול לכל אורכו
- הצנרת מיוצרת נבדקת ומאושרת על פי תקן בינלאומי ISO21138 אשר מואמץ על ידי מת"י 21138 לפי הגדרה של קוטר פנימי צנרת פלדו מיוצרת בקשיחות טבעתית SN8-SN12

חיבור שקע-תקע בין צינור לצינור

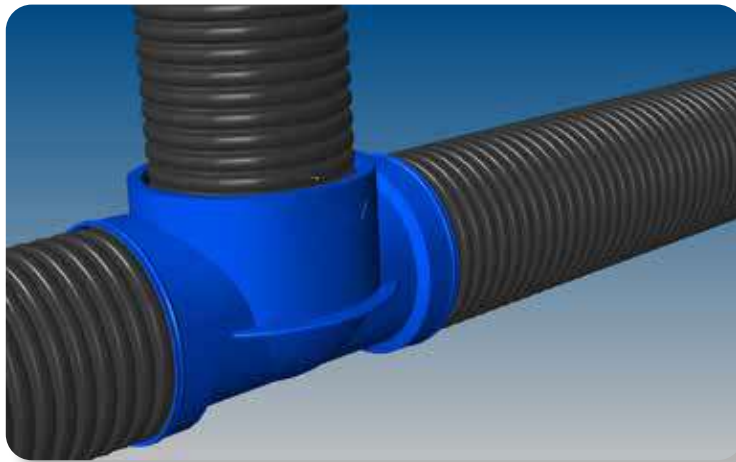
לאטימות המחבר יש חשיבות רבה. ככל שמשקל הצינורות נמוך יותר, החיבור ביניהם יהיה קל ועמיד יותר. לצנרת **פלדו** יתרון על פני צינורות קשיחים וכבדים, שכן החיבור שלה מבוסס על חיבור זכר-נקבה עם אטם חיצוני. צינור **פלדו** מיוצר עם פעמון אינטגרלי (נקבה) וטבעת זכר עליה מולבש אטם EPDM. השיטה קלה ומהירה להתקנה, והחיבור עמיד בלחץ של 0.7 בר, תוך שמירה על אטימה במעוות קוטר (דפורמציה) של עד 5% ובסטייה זוויתית של 1°, בהתאם לת"י SIIISO21138-3 ENI3476-3, 5302.

שוחות בקרה

אברות פיתחה מערכת שוחות לצנרת פלדו העומדת בדרישות התקן. מערכת ה-**PALASystem** הינה שוחת מעבר (180°) המשמשת כנקודת ביקורת או מעבר קטרים. בסיס השוחה משלב לתוכו מחברים אינטגרלים עבור צנרת **פלדו** בקטרים 300-800 מ"מ. עלית השוחה הינה בקוטר 800/630 מ"מ עד פני השטח עם שלבי ירידה (סולם).

מימדים - צינורות באורך סטנדרטי של 6 מטרים.

קוטר פנימי (מ"מ)	קוטר חיצוני (מ"מ)	קוטר חיצוני של הפעמון (מ"מ)
300	338.0	377
400	455.4	495
500	575.7	623
600	686.0	741
800	907.7	961

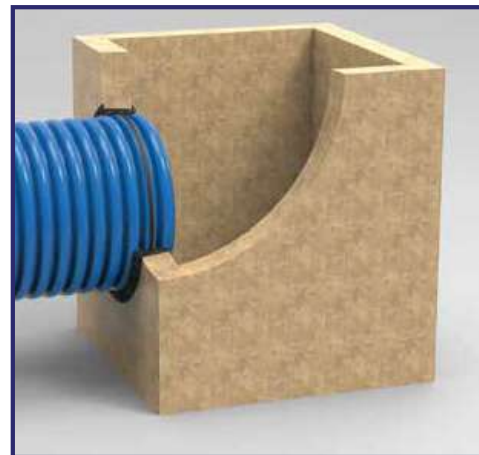


2.10 חיבור לשוחות בטון

בחיבור לתאי בקרה ניתן להשתמש במספר שיטות סוג המחבר ייקבע על ידי המתכנן ויאופיין במפרט הטכני על פי קוטר וסוג הצינור שיוגדר בו.

חיבור לשוחה בעזרת בטון

השיטה הנפוצה לחיבור צנרת **פלדקס** לתאי בקרה מבטון היא בעזרת תערובת בטון בלתי מתכווץ עם תוסף אטימה. שילוב הבטון עם המבנה הטבעתי יוצר אפקט של "עצר מים". גודל הפתחים בתאי הבקרה ומיקומם יהיו לפי התוכניות והגדרות מסוכמות.



קוטר קדח שוחה (מ"מ)	קוטר צינור פנימי (מ"מ)
1700	1500
1800	1600
2000	1800
2200	2000
2400	2200
2700	2500

קוטר קדח שוחה (מ"מ)	קוטר צינור פנימי (מ"מ)
500	400
600	500
700	600
760	700
870	800
1120	1000
1370	1250
1600	1400

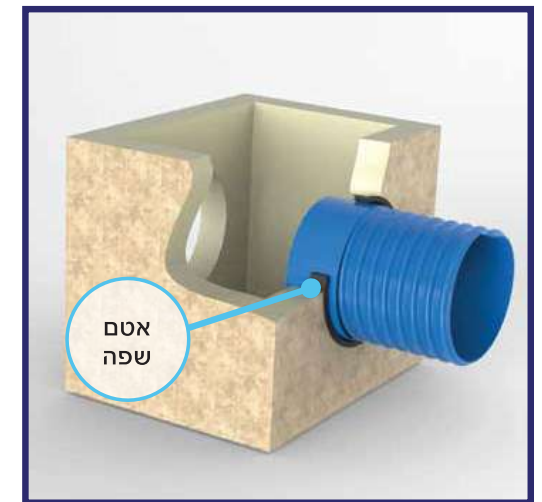
2.11 חיבור לשוחות בטון

אטם שפה

אטם EPDM ייחודי אשר פותח עבור צינור הפלדקס.

- בחיבור בעזרת אטם שפה יש להזמין שוחות עם פתחים על פי המידות המוגדרות בטבלה.
- מניחים את האטם על גבי פתח השוחה בצורת "לב" הפוך.
- דוחקים את האטם אל תוך מתאר הפתח עד הגיעו למקומו המיועד.
- יש להקפיד שהכתף החיצונית של האטם תמוקם על גבי הדופן החיצונית.
- מחדירים את הצינור דרך האטם בעזרת משחת סיכה מאושרת אשר מסופקת ע"י היצרן.

קוטר קדח שוחה (מ"מ)	קוטר צינור פנימי (מ"מ)
560	400
660	500
760	600
760	700
1060	800
1150	1000
1400	1250
1650	1500
1950	1800
2150	2000
2350	2200
2650	2500

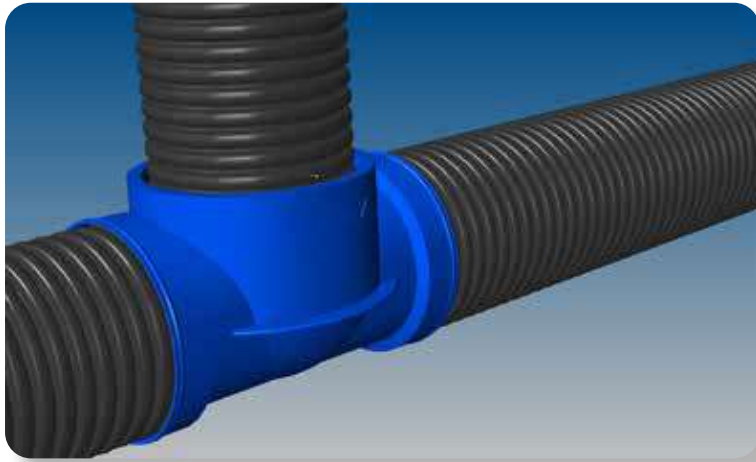


2. חומרים ומבנה

2.12 אביזרים

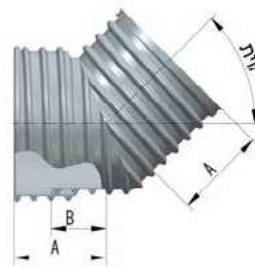
שוחות פוליאטילן ושוחות אינטגרליות

שימוש בשוחות פלסטיק מאושר על ידי מכון התקנים הישראלי.
העומסים על השוחה: D-400.
אטימות: 0.75 אטמוספרות באמצעות אטם הידראולי.



2. חומרים ומבנה

מספר קטלוגי	קוטר צינור	זווית	A	B
1240015	400	15	430	190
1250015	500	15	436	196
1260015	600	15	442	202
1280015	800	15	458	218
1210015	1000	15	474	234
1212515	1250	15	490	250
1214015	1400	15	501	261
1215015	1500	15	507	267
<hr/>				
1240030	400	30	463	223
1250030	500	30	479	239
1260030	600	30	495	255
1280030	800	30	521	281
1210030	1000	30	547	307
1212530	1250	30	583	343
1214030	1400	30	604	364
1215030	1500	30	620	380
<hr/>				
1240045	400	45	501	261
1250045	500	45	522	282
1260045	600	45	543	303
1280045	800	45	589	349
1210045	1000	45	630	390
1212545	1250	45	681	441
1214045	1400	45	712	472
1215045	1500	45	738	498

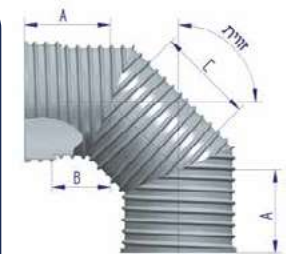


2.12 אביזרים

זוויות פלדקס

- אביזרי זווית מיוצרים מצינור הפלדקס עצמו.
- האביזרים בעלי אותן תכונות חוזק, אטימות ועמידות כימית.
- ניתן להשיג את האביזרים בכל הקטרים ע"פ דרישה.

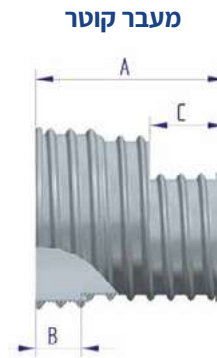
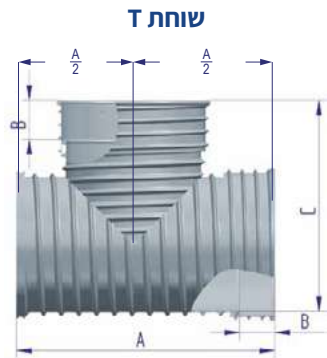
מספר קטלוגי	קוטר צינור	זווית	A	B	C
1240060	400	60	499	259	450
1250060	500	60	520	280	490
1260060	600	60	536	296	520
1280060	800	60	577	337	600
1210060	1000	60	613	373	670
1212560	1250	60	659	419	760
1214060	1400	60	685	445	810
1215060	1500	60	706	466	850
<hr/>					
1240090	400	90	552	312	540
1250090	500	90	578	338	590
1260090	600	90	609	369	650
1280090	800	90	670	430	770
1210090	1000	90	726	486	880
1212590	1250	90	802	562	1030
1214090	1400	90	843	603	1110
1215090	1500	90	874	634	1170



* לקטרים מעל 1500 עד 2500 מ"מ נא לפנות למפעל.

2.12 אביזרים

אביזרים שונים לצינורות פלדקס



מספר קטלוגי	קוטר צינור	A	B	C
15400	400	1500	216	900
15500	500	1600	210	1000
15600	600	1700	275	1100
15800	800	1900	320	1300
15100	1000	2100	240	1500
15125	1250	2350	240	1750
15140	1400	2500	240	1900
15150	1500	2600	240	2000

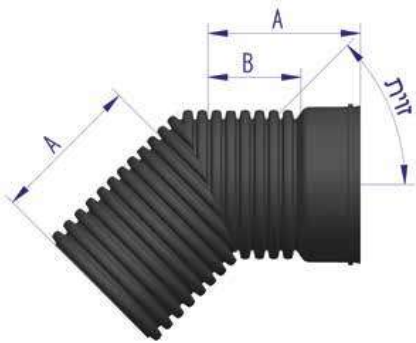
מספר קטלוגי	קוטר צינור	A	B	C
17400	400	750	216	400
17500	500	750	210	400
17600	600	800	275	400
17800	800	850	320	400
17100	1000	750	240	400
17125	1250	750	240	400
17140	1400	750	240	400
17150	1500	750	240	400

מספר קטלוגי	קוטר צינור	A	B
19400	400	500	216
19500	500	650	210
19600	600	810	275
19800	800	990	320
19100	1000	1200	240
19125	1250	1350	240
19140	1400	1600	240
19150	1500	1700	240

2. חומרים ומבנה

2.12 אביזרים

זוויות פלדו



מספר קטלוגי	קוטר צינור	זווית	A	B
2230015	300	15	420	297
2240015	400	15	431	215
2250015	500	15	437	227
2260015	600	15	443	168
2280015	800	15	459	139
2230030	300	30	445	322
2240030	400	30	456	240
2250030	500	30	472	262
2260030	600	30	488	213
2280030	800	30	514	194
2230045	300	45	465	342
2240045	400	45	486	270
2250045	500	45	507	297
2260045	600	45	528	253
2280045	800	45	574	254



מספר קטלוגי	קוטר צינור	זווית	A	B	C
2230060	300	60	455	332	410
2240060	400	60	476	260	450
2250060	500	60	497	287	490
2260060	600	60	513	238	520
2280060	800	60	554	234	600
2230090	300	90	490	367	480
2240090	400	90	521	305	540
2250090	500	90	547	337	590
2260090	600	90	578	303	650
2280090	800	90	639	319	770
1260090	600	90	609	369	650
1280090	800	90	670	430	770

2. חומרים ומבנה

2.13 קזפלקס

אחוז חירור בצנרת קזפלקס

להלן טבלה שמתארת את אחוז החירור בצנרת **קזפלקס** ביחס למטר אורך צינור וכן שטח החירור במטר רבוע של שטח פנים הצינור. ניתן להגדיל את אחוז החרור על ידי צימצום של המרווחים בין החורים עד כדי פי 3 לערך.

קוטר צינור*	1500	1400	1250	1000	900	800	700	600	500	400
קוטר קדח	12	12	12	12	12	8	8	8	8	8
מרחק בין קדחים	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
אחוז חירור בלבד במטר צינור (%)	0.89	0.89	0.89	0.89	0.07	0.47	0.47	0.59	0.64	0.74
שטח חירור למטר צינור (ממ"ר)	419	391	350	280	302	119	104	111	100	93
מספר חורים במטר צינור	372	347	310	248	267	238	208	222	199	185

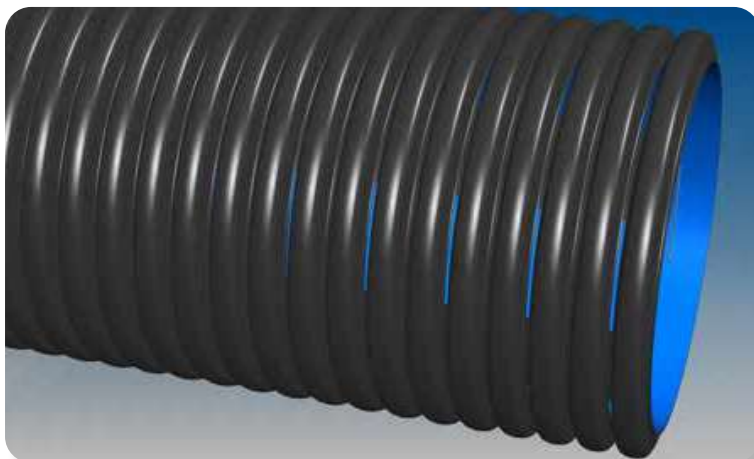
* לקטרים מעל 1500 ועד 2500 - נא לפנות למפעל.

חירוץ היקפי בצנרת שרשורית

בצנרת שרשורית ניתן לבצע חירוץ היקפי מלא וחלקי לקטרים 300-600 מ"מ. להלן טבלה המתארת את אחוז החרור בתצורה אופטימלית ובתצורה מקסימאלית.

קוטר צינור	אופטי	מקסי.	אופטי.	מקסי.	אופטי.	מקסי.	אופטי.	מקסי.
קוטר צינור (יחידות)	300	400	500	600	300	400	500	600
רוחב חריץ (מ"מ)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
אורך חריץ (מ"מ)	50	90	90	140	140	120	150	140
שטח חירוץ למטר צינור (סמ"ר)	76.8	535.7	86.4	510.7	115.2	547.2	107.5	491.5
אחוז חירוץ למטר אורך (%)	0.8	5.7	0.7	4.1	0.7	3.5	0.6	2.6

כמובן קיימות אפשרויות נוספות אולם הן דורשות התאמות למוצרים לא סטנדרטים.



חישובים



3.1 חישובים הידראולים

צינור הפלדקס מאופיין בכושר הולכת נוזלים גבוה, הודות לדופן הפנימית החלקה שבנויה מפוליפרופילן/פוליאתילן, בהשוואה לכל צינור ניקוז אחר בשוק (בטון, פלדה, אסבסט). הצינור עמיד בפני שחיקה של אבנים וחפצים בשל פני השטח החלקים. החלקות המעולה של הצינור מאפשרת תכנון קווי ביוב וניקוז בשיפועים אורכיים קטנים ביותר, תוך שימור מהירות זרימה אפקטיבית.

חישוב כושר ההולכה של הצינור מתחיל במציאת מהירות הזרם ע"י נוסחת מאנינג:

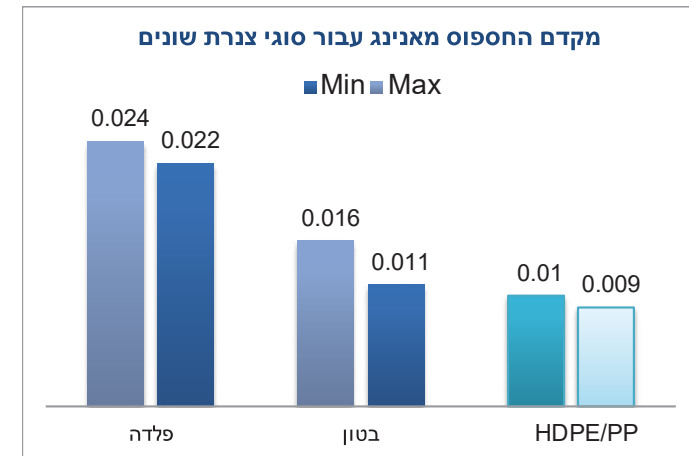
$$V = \frac{R_h^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{i}}{n}$$

כאשר:

יחידות	תאור	ערך
m/s	מהירות הזרם	V
m	רדיוס הידראולי	R_h
m/m	שיפוע רצפת הצינור	i
$s/m^{1/3}$	מקדם חספוס מאנינג של הצינור	n

מקדם החספוס מאנינס (n)

החלקות הטבעית ועמידותה הגבוהה של צנרת הפלדקס בפני שחיקה כימית ומכנית מעניקה יתרון הידראולי משמעותי לעומת צינורות אחרים. לצינור הפלדקס מקדם חספוס מאנינג נמוך ויתרון זה נשמר לאורך חייו של הצינור בעוד צינורות אחרים סובלים מעליה בחספוס שטח הזרימה עקב גורמי שחיקה כימיים, מכניים וביולוגיים.



כאשר משתמשים בצינור פלדקס, יש להציב מקדם החספוס מאנינג את הערך

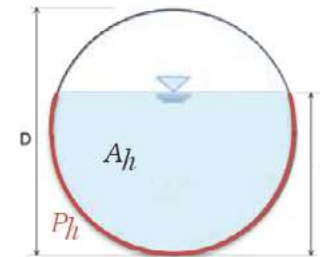
$$n = 0.009 \left[\frac{s}{m^{1/3}} \right]$$



חישוב הפרמטרים של נוסחת מאנינג:

עבור חתך זרימה חלקי, נחשב את הרדיוס ההידראולי ע"י חישוב של שטח הזורם וההיקף הרטוב, כמתואר לעיל:

יחידות	תאור	ערך
m	היקף רטוב (ללא פני שטח הזורם)	P_h
m	קוטר פנימי של הצינור	D
m	רדיוס פנימי של הצינור	R
m	רדיוס הידראולי של הזורם	R_h
m	גובה מפלס זרימה	h
m^2	שטח חתך הצינור	A
m^2	שטח חתך הזורם	A_h



צינור בעל חתך זרימה חלקי

$$R_h = \frac{A_h}{P_h}$$

$$A_h = \frac{1}{2} \cdot R^2 \cdot \left\{ \left[\frac{\pi}{90^\circ} \cdot \cos^{-1} \left(1 - \frac{h}{R} \right) \right] - \sin \left[2 \cdot \cos^{-1} \left(1 - \frac{h}{R} \right) \right] \right\}$$

$$P_h = R \cdot \left[\frac{\pi}{90^\circ} \cdot \cos^{-1} \left(1 - \frac{h}{R} \right) \right]$$

$$Q = V \cdot A_h$$

(טבלאות סטנדרטיות לפי קוטר צינור, שיפוע וגובה מילוי הזורם ניתן למצוא בעמודים הבאים)





מציאת מהירות וספיקה של הזורם בצינור באופן גרפי:

ניתן להשתמש בגרף בתחתית הדף (נמצא גם בפרק הנספחים) לצורך מציאת מהירות וספיקת הזורם באופן הבא:

תחילה נחשב את הרדיוס ההידראולי ושטח הזורם, עבור חתך $(h=D)$:

$$A_h = A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} ; \quad P_h = \pi \cdot D$$

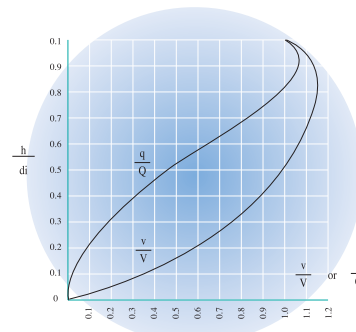
$$R_h = \frac{A_h}{P_h} = \frac{D}{4}$$

$$V = \frac{R_h^{2/3} \cdot \sqrt{i}}{n}$$

$$Q = V \cdot A_h$$

לאחר מכן, יש לחשב מהירות והספיקה בחתך מלא:

כעת ניגש אל הגרף ונמצא את היחסים של מהירות וספיקת הזורם בחתך חלקי, עפ"י היחס שבין גובה המילוי לקוטר הצינור:



מהירות וספיקה מול גובה מילוי גרף בנספח 4.4

כעת ניגש אל הגרף ונמצא את היחסים של מהירות וספיקת הזורם בחתך חלקי, עפ"י היחס שבין גובה המילוי לקוטר הצינור:



דוגמה לחישוב:

נתונים:

$$D = 1250 [mm] = 1.25 [m]$$

$$h = 0.5 \text{ m}$$

$$i = 0.5\% \Rightarrow$$

תחילה, נחשב את המהירות והספיקה לחתך מלא באופן הבא:

$$A_h = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 125^2}{4} = 1.23 [m^2] \Rightarrow$$

שטח חתך זורם

$$R_h = \frac{D}{4} = \frac{1.25}{4} = 0.3125 [m] \Rightarrow$$

רדיוס הידראולי של הזורם

$$V = \frac{R_h^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{i}}{n} = \frac{0.3125^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{0.005}}{0.009} = 3.62 [m/sec] \Rightarrow$$

מהירות זרימה

$$Q = V \cdot A_h = 3.62 \cdot 1.23 = 4.45 [m^3/sec] \Rightarrow$$

ספיקה

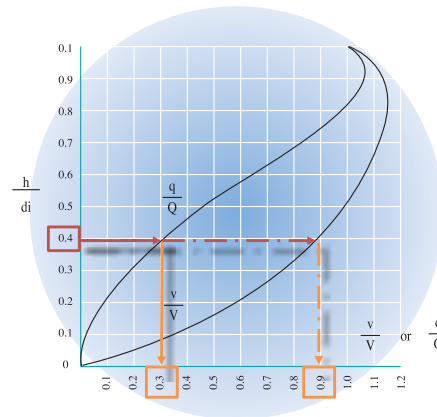
3. חישובים



כעת, ניגש לגרף ונמצא את היחסים של המהירות והספיקה עפ"י היחס בין קוטר הצינור (בחתך מלא) לבין גובה המילוי (h), באופן הבא:

$$\frac{h}{D} = \frac{0.5}{1.25} = 0.4$$

ניתן לראות בגרף, כי עבור יחס גבהים של 0.4, יחס הספיקות הינו 0.3 ויחס המהירויות הינו 0.9



כעת נכפיל יחסים אלו בספיקה ומהירות של זרימה בחתך מלא ונקבל את המהירות והספיקה התואמים לגובה מילוי של 0.5 מ':

$$Q_h = 4.45 \cdot 0.33 = 1.47 [m^3/sec]$$

$$V_h = 3.62 \cdot 0.9 = 3.26 [m/sec]$$

3. חישובים



להלן טבלאות נתוני ספיקה (מ"ק/שניה) ומהירות (מ'/שניה) בשיפועים שונים של צינורות פלדקס, לפי חתכי זרימה סטנדרטיים:

מהירות, ספיקה ושיפוע עבור רבע חתך זרימה בצינור:

$$h = \frac{1}{4}D$$

400		500		600		700		800		1000		1250		1400		1500		1600 *		קוטר צינור במ"מ שיפוע
Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	
0.13	5.30	0.24	6.15	0.38	6.95	0.58	7.70	0.83	8.42	1.50	9.77	2.72	11.34	3.68	12.23	4.42	12.80	5.25	13.37	10%
0.12	5.03	0.22	5.84	0.36	6.59	0.55	7.31	0.78	7.99	1.42	9.27	2.58	10.76	3.49	11.60	4.20	12.15	4.98	12.68	9%
0.12	4.74	0.21	5.50	0.34	6.22	0.52	6.89	0.74	7.53	1.34	8.74	2.43	10.14	3.29	10.94	3.96	11.45	4.70	11.95	8%
0.11	4.44	0.20	5.15	0.32	5.81	0.48	6.44	0.69	7.04	1.26	8.17	2.28	9.49	3.08	10.23	3.70	10.71	4.40	11.18	7%
0.10	4.11	0.18	4.77	0.30	5.38	0.45	5.97	0.64	6.52	1.16	7.57	2.11	8.78	2.85	9.47	3.43	9.92	4.07	10.35	6%
0.09	3.75	0.17	4.35	0.27	4.91	0.41	5.45	0.59	5.95	1.06	6.91	1.92	8.02	2.60	8.65	3.13	9.05	3.71	9.45	5%
0.08	3.35	0.15	3.89	0.24	4.40	0.37	4.87	0.52	5.33	0.95	6.18	1.72	7.17	2.33	7.73	2.80	8.10	3.32	8.45	4%
0.07	2.91	0.13	3.37	0.21	3.81	0.32	4.22	0.45	4.61	0.82	5.35	1.49	6.21	2.02	6.70	2.42	7.01	2.88	7.32	3%
0.06	2.37	0.11	2.75	0.17	3.11	0.26	3.44	0.37	3.77	0.67	4.37	1.22	5.07	1.65	5.47	1.98	5.73	2.35	5.98	2%
0.04	1.68	0.07	1.95	0.12	2.20	0.18	2.44	0.26	2.66	0.47	3.09	0.86	3.59	1.16	3.87	1.40	4.05	1.66	4.23	1%
0.04	1.59	0.07	1.85	0.12	2.09	0.17	2.31	0.25	2.53	0.45	2.93	0.82	3.40	1.10	3.67	1.33	3.84	1.58	4.01	0.9%
0.04	1.50	0.07	1.74	0.11	1.97	0.16	2.18	0.23	2.38	0.42	2.76	0.77	3.21	1.04	3.46	1.25	3.62	1.49	3.78	0.8%
0.03	1.40	0.06	1.63	0.10	1.84	0.15	2.04	0.22	2.23	0.40	2.58	0.72	3.00	0.97	3.23	1.17	3.39	1.39	3.54	0.7%
0.03	1.30	0.06	1.51	0.09	1.70	0.14	1.89	0.20	2.06	0.37	2.39	0.67	2.78	0.90	2.99	1.08	3.14	1.29	3.27	0.6%
0.03	1.19	0.05	1.38	0.09	1.55	0.13	1.72	0.19	1.88	0.34	2.18	0.61	2.54	0.82	2.73	0.99	2.86	1.17	2.99	0.5%
0.03	1.06	0.05	1.23	0.08	1.39	0.12	1.54	0.17	1.68	0.30	1.95	0.54	2.27	0.74	2.45	0.88	2.56	1.05	2.67	0.4%
0.02	0.92	0.04	1.07	0.07	1.20	0.10	1.33	0.14	1.46	0.26	1.69	0.47	1.96	0.64	2.12	0.77	2.22	0.91	2.31	0.3%
0.02	0.75	0.03	0.87	0.05	0.98	0.08	1.09	0.12	1.19	0.21	1.38	0.38	1.60	0.52	1.73	0.63	1.81	0.74	1.89	0.2%
0.01	0.53	0.02	0.62	0.04	0.70	0.06	0.77	0.08	0.84	0.15	0.98	0.27	1.13	0.37	1.22	0.44	1.28	0.53	1.34	0.1%

* לנתונים של מהירויות וספיקות בקטרים מעל 1,600 מ"מ, נא לפנות למפעל

Q [m³/sec]

V [m/sec]

הערות:

1. הערכים שמסומנים בכחול אינם מומלצים לצורכי תיכנון.
2. במצב של 10 מ' לשניה ומעלה נדרש עיגון הראשים.

3. חישובים

מהירות, ספיקה ושיפוע עבור חצי חתך זרימה בצינור:

$$h = \frac{1}{2} D$$



400		500		600		700		800		1000		1250		1400		1500		1600 *		קוטר צינור במ"מ D	שיפוע %
Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V		
0.48	7.57	0.86	8.78	1.40	9.92	2.12	10.99	3.02	12.02	5.48	13.94	9.93	16.18	13.43	17.45	16.14	18.27	19.18	19.07		10%
0.45	7.18	0.82	8.33	1.33	9.41	2.01	10.43	2.87	11.40	5.19	13.23	9.42	15.35	12.74	16.55	15.32	17.33	18.19	18.10		9%
0.43	6.77	0.77	7.86	1.25	8.87	1.89	9.83	2.70	10.75	4.90	12.47	8.88	14.47	12.01	15.61	14.44	16.34	17.15	17.06		8%
0.40	6.33	0.72	7.35	1.17	8.30	1.77	9.20	2.53	10.05	4.58	11.67	8.31	13.54	11.24	14.60	13.51	15.29	16.04	15.96		7%
0.37	5.86	0.67	6.80	1.09	7.68	1.64	8.52	2.34	9.31	4.24	10.80	7.69	12.53	10.40	13.52	12.51	14.15	14.85	14.78		6%
0.34	5.35	0.61	6.21	0.99	7.01	1.50	7.77	2.14	8.50	3.87	9.86	7.02	11.44	9.50	12.34	11.42	12.92	13.56	13.49		5%
0.30	4.79	0.55	5.56	0.89	6.27	1.34	6.95	1.91	7.60	3.46	8.82	6.28	10.23	8.49	11.04	10.21	11.56	12.13	12.06		4%
0.26	4.15	0.47	4.81	0.77	5.43	1.16	6.02	1.65	6.58	3.00	7.64	5.44	8.86	7.36	9.56	8.84	10.01	10.50	10.45		3%
0.21	3.39	0.39	3.93	0.63	4.44	0.95	4.92	1.35	5.37	2.45	6.24	4.44	7.24	6.01	7.80	7.22	8.17	8.58	8.53		2%
0.15	2.39	0.27	2.78	0.44	3.14	0.67	3.48	0.96	3.80	1.73	4.41	3.14	5.12	4.25	5.52	5.11	5.78	6.06	6.03		1%
0.14	2.27	0.26	2.64	0.42	2.98	0.63	3.30	0.91	3.60	1.64	4.18	2.98	4.85	4.03	5.24	4.84	5.48	5.75	5.72		0.9%
0.13	2.14	0.24	2.48	0.40	2.81	0.60	3.11	0.85	3.40	1.55	3.94	2.81	4.58	3.80	4.94	4.57	5.17	5.42	5.40		0.8%
0.13	2.00	0.23	2.32	0.37	2.62	0.56	2.91	0.80	3.18	1.45	3.69	2.63	4.28	3.55	4.62	4.27	4.83	5.07	5.05		0.7%
0.12	1.85	0.21	2.15	0.34	2.43	0.52	2.69	0.74	2.94	1.34	3.42	2.43	3.96	3.29	4.27	3.95	4.48	4.70	4.67		0.6%
0.11	1.69	0.19	1.96	0.31	2.22	0.47	2.46	0.68	2.69	1.22	3.12	2.22	3.62	3.00	3.90	3.61	4.09	4.29	4.27		0.5%
0.10	1.51	0.17	1.76	0.28	1.98	0.42	2.20	0.60	2.40	1.10	2.79	1.99	3.24	2.69	3.49	3.23	3.65	3.84	3.81		0.4%
0.08	1.31	0.15	1.52	0.24	1.72	0.37	1.90	0.52	2.08	0.95	2.42	1.72	2.80	2.33	3.02	2.80	3.16	3.32	3.30		0.3%
0.07	1.07	0.12	1.24	0.20	1.40	0.30	1.55	0.43	1.70	0.77	1.97	1.40	2.29	1.90	2.47	2.28	2.58	2.71	2.70		0.2%
0.05	0.76	0.09	0.88	0.14	0.99	0.21	1.10	0.30	1.20	0.55	1.39	0.99	1.62	1.34	1.75	1.61	1.83	1.92	1.91		0.1%

* לנתונים של מהירויות וספיקות לקטרים מעל 1,600 מ"מ, נא לפנות למפעל

$$Q \text{ [m}^3/\text{sec]}$$

$$V \text{ [m/sec]}$$

הערות:

1. הערכים שמסומנים בכחול אינם מומלצים לצורכי תיכנון.
2. במצב של 10 מ' לשניה ומעלה נדרש עיגון הראשים.



מהירות, ספיקה ושיפוע עבור שלושת רבעי חתך זרימה בצינור:

$$h = \frac{3}{4} D$$

400		500		600		700		800		1000		1250		1400		1500		1600 *		קוטר צינור במ"מ Ø	שיפוע
Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V		
0.87	8.58	1.57	9.96	2.56	11.24	3.86	12.46	5.51	13.62	9.99	15.81	18.11	18.34	24.50	19.78	29.44	20.71	34.97	21.62	10%	
0.82	8.14	1.49	9.45	2.43	10.67	3.66	11.82	5.23	12.92	9.47	14.99	17.18	17.40	23.24	18.76	27.93	19.65	33.18	20.51	9%	
0.78	7.67	1.41	8.91	2.29	10.06	3.45	11.14	4.93	12.18	8.93	14.14	16.20	16.40	21.91	17.69	26.33	18.52	31.28	19.34	8%	
0.73	7.18	1.32	8.33	2.14	9.41	3.23	10.43	4.61	11.40	8.36	13.22	15.15	15.34	20.49	16.55	24.63	17.33	29.26	18.09	7%	
0.67	6.65	1.22	7.71	1.98	8.71	2.99	9.65	4.27	10.55	7.74	12.24	14.03	14.21	18.97	15.32	22.81	16.04	27.09	16.75	6%	
0.61	6.07	1.11	7.04	1.81	7.95	2.73	8.81	3.89	9.63	7.06	11.18	12.80	12.97	17.32	13.99	20.82	14.64	24.73	15.29	5%	
0.55	5.43	0.99	6.30	1.62	7.11	2.44	7.88	3.48	8.61	6.32	10.00	11.45	11.60	15.49	12.51	18.62	13.10	22.12	13.67	4%	
0.48	4.70	0.86	5.45	1.40	6.16	2.11	6.82	3.02	7.46	5.47	8.66	9.92	10.05	13.42	10.83	16.13	11.34	19.16	11.84	3%	
0.39	3.84	0.70	4.45	1.14	5.03	1.73	5.57	2.46	6.09	4.47	7.07	8.10	8.20	10.95	8.85	13.17	9.26	15.64	9.67	2%	
0.27	2.71	0.50	3.15	0.81	3.56	1.22	3.94	1.74	4.31	3.16	5.00	5.73	5.80	7.75	6.25	9.31	6.55	11.06	6.84	1%	
0.26	2.57	0.47	2.99	0.77	3.37	1.16	3.74	1.65	4.09	3.00	4.74	5.43	5.50	7.35	5.93	8.83	6.21	10.49	6.49	0.9%	
0.25	2.43	0.44	2.82	0.72	3.18	1.09	3.52	1.56	3.85	2.82	4.47	5.12	5.19	6.93	5.59	8.33	5.86	9.89	6.12	0.8%	
0.23	2.27	0.42	2.63	0.68	2.97	1.02	3.30	1.46	3.60	2.64	4.18	4.79	4.85	6.48	5.23	7.79	5.48	9.25	5.72	0.7%	
0.21	2.10	0.39	2.44	0.63	2.75	0.94	3.05	1.35	3.34	2.45	3.87	4.44	4.49	6.00	4.84	7.21	5.07	8.57	5.30	0.6%	
0.19	1.92	0.35	2.23	0.57	2.51	0.86	2.79	1.23	3.05	2.23	3.53	4.05	4.10	5.48	4.42	6.58	4.63	7.82	4.83	0.5%	
0.17	1.72	0.31	1.99	0.51	2.25	0.77	2.49	1.10	2.72	2.00	3.16	3.62	3.67	4.90	3.96	5.89	4.14	6.99	4.32	0.4%	
0.15	1.49	0.27	1.72	0.44	1.95	0.67	2.16	0.95	2.36	1.73	2.74	3.14	3.18	4.24	3.43	5.10	3.59	6.06	3.74	0.3%	
0.12	1.21	0.22	1.41	0.36	1.59	0.55	1.76	0.78	1.93	1.41	2.24	2.56	2.59	3.46	2.80	4.16	2.93	4.95	3.06	0.2%	
0.09	0.86	0.16	1.00	0.26	1.12	0.39	1.25	0.55	1.36	1.00	1.58	1.81	1.83	2.45	1.98	2.94	2.07	3.50	2.16	0.1%	

* לנתונים של מהירויות וספיקות מעל קוטר 1,600 מ"מ, נא לפנות למפעל

Q [m³/sec]

V [m/sec]

הערות:

1. הערכים שמסומנים בכחול אינם מומלצים לצורכי תיכנון.
2. במצב של 10 מ' לשניה ומעלה נדרש עיגון הראשים.

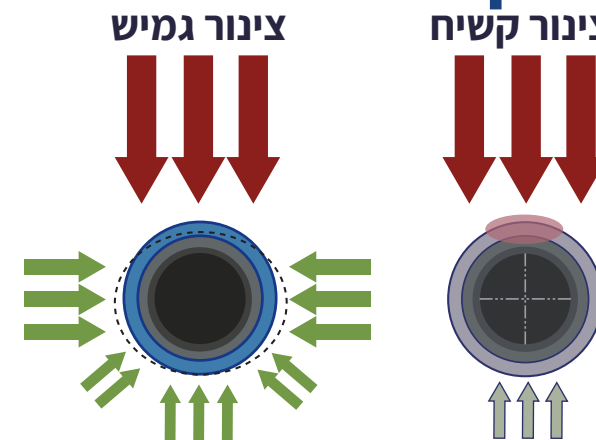
3.2 עומסים

צנרת PALADEx מול צנרת קשיחה

בהשוואת סוגי צנרת שונים לזרימה בגרביטציה יש להבחין **פלדקס** גמישה וצנרת קשיחה (בטון, ברזל יצוק). ישנו שוני מהותי בפיזיקה ובמכניקה של סוגי צנרת אלו ובתגובתם לעומס חיצוני בקרקע. יתרוננו הגדול של צינור **הפלדקס** הוא ביכולתו לפזר את העומסים המופעלים עליו בקרקע ובכך להימנע מכשלים וקריסות במערכת הצנרת תוך שמירה על אטימה מוחלטת לאורך זמן.

פיזיקה של צנרת גמישה מתבססת על טולרנטיות וגמישות של מבנה הצינור אשר מאפשר תמיכה מעל היקף מעטפת הקרקע. צינור **הפלדקס** בעל המבנה הגמיש ממיר את המאמצים האנכיים למאמצים רדיאליים אשר נתמכים ע"י מעטפת הקרקע ומקנים לצינור חוזק מכני ועמידה בעומסים גבוהים.

פיזיקה של צינור גמיש





צנרת קשיחה בחתך טבעתי אינה יכולה לקבל מעוות אופקי או אנכי של הצינור.

מעוות של 0.1% מהקוטר באחד מהצירים הנ"ל עלול לגרום לסדק או שבר בלתי הפיך במבנה הצינור. לעומת זאת, בצנרת פלדקס הגמישות המכנית של הצינור מאפשר לו לספוג מעוותים גבוהים ולפזר את העומסים ביעילות אל מעטפת הקרקע במקרה של עומס חיצוני. המבנה הגמיש של צינור פלדקס מאפשר לו לקבל מעוותים של כ- 5% מהקוטר ללא נזקים הן בטווח הקצר והן לטווח הארוך וללא פגיעה בתכונות ההידראוליות של הצנרת.

תכונה זאת מאפשרת לצינור לעמוד בעומסים גבוהים לאורך זמן.

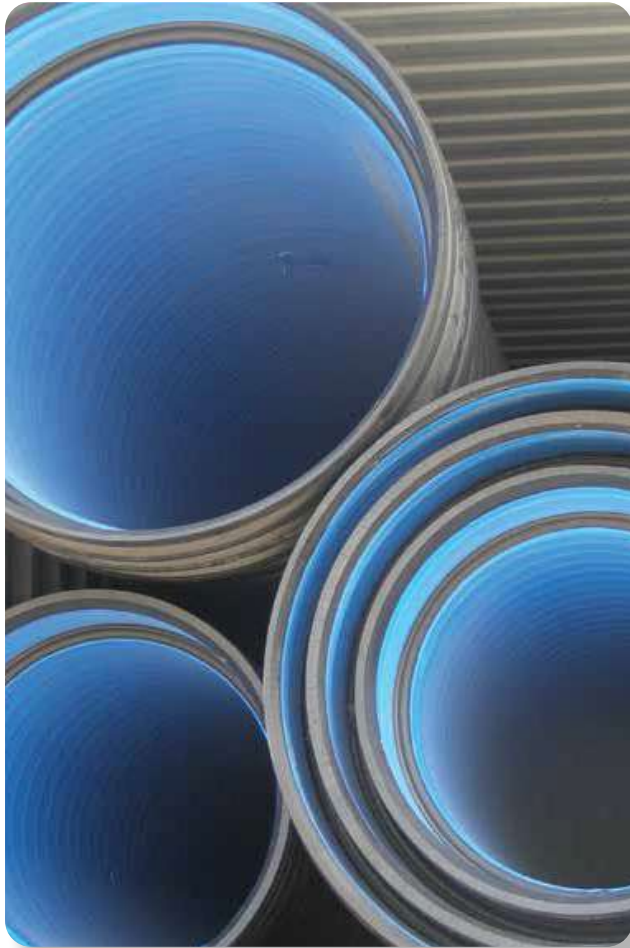
יכולת העמידה בעומסים של צנרת הפלדקס מושפעת מתכונת **הקשיחות הטבעתית (SN)** של הצינור. הקשיחות הטבעתית תלויה הן במאפייני החומר (מודול אלסטיות) והן במבנה הפרופיל של הצינור (מומנט האינרציה). צנרת **פלדקס** מיוצרת בקשיחות טבעתית בדרגות שונות, SN-8, SN-12, SN-16. ניתן לייצר בקשיחות גבוהה יותר על פי אפיון.

מודל האלסטיות של החומר הינו חשוב לקבלת מימד לגבי ה"גמישות" של החומר.

25x10 ³ MPa	צמנט פלדה
30x10 ³ MPa	בטון
m 17x10 ³ MPa	פלדה
3.6x10 ³ MPa	PVC
1.0x10³MPa	PALADEx

במרבית המקרים כאשר מודול האלסטיות גבוה משמעותו אלסטיות נמוכה יותר של החומר וגמישות נמוכה יותר.

ערך מודול האלסטיות (E) בצינורות קשיחים גדול מאשר בצינורות **פלדקס**, כפי שמתואר להלן:
מומנט האינרציה (I): ככל שמומנט האינרציה גבוה, החוזק המבני של הצינור עולה. על מנת לקבל קשיחות טבעתית גבוהה לצינור המורכב מחומרים בעלי מודול אלסטיות נמוך ויחד עם זאת לשמור על משקל ומחיר נמוכים, יש להגדיר פרופיל לבני המורכב מצלעות אשר מגדיל בצורה משמעותית את מומנט האינרציה.



הקשיחות הטבעתית בצינורות בעל דופן מבני נבחן על פי תקן ISO-9969 ועל פי הנוסחה הבאה:

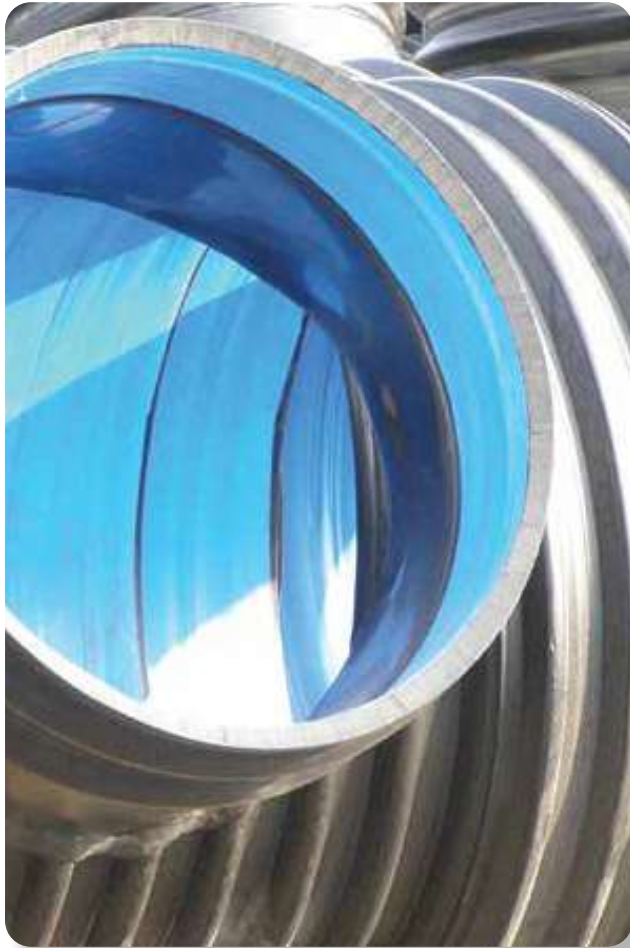
$$S_n = (0.0186 + 0.025 \cdot \frac{y}{D_i}) \cdot \frac{F}{L \cdot \gamma} \left[\frac{KN}{m^2} \right]$$

כאשר:

יחידות	תאור	ערך
KN/m^2	קשיחות טבעתית	S_n
N	הכח הדרוש לייצר מעוות מותר	F
m	אורך הציור הנבחן	L
m	מעוות קוטר הצינור*	γ
m	קוטר פנימי של הצינור	D_L

γ^* בהתאמה למעוות מותר של 3% עבור הקוטר הפנימי, כך ש: $\frac{y}{D_i} = 0.03$

יתרונה של צנרת **פלדקס** הוא יכולתה לשרוד עומסים ותנועות בקרקע לאורך זמן ע"י היכולת של הצינור לקבל עומסים נקודתיים והעברתם למעטפת הקרקע ובכך להימנע מכשל בצינור. הגמישות והיכולת לקבל מעוותים קלים הם יתרון מכני משמעותי לתשתיות אשר מתוכננות לשרידות תפעולית של עשרות שנים.



חישוב מעוות (דפורמציה) בצנרת גמישה:

חישוב המעוות בצנרת גמישה מחושב כשינוי בקוטר האנכי של הצינור כתוצאה מעומסים חיצוניים.

התקן מגדיר מעוות אנכי מקסימאלי של כ-5% בצנרת פלדקס כמעוות מותר.

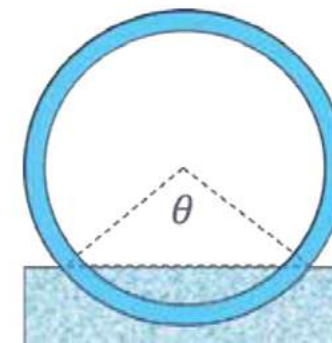
המשוואה הנפוצה ביותר לחישוב מעוות בצנרת גמישה היא משוואת ספנגלר (Formula Spangler's IOWA). נוסחה זו מעוגנת בצורות שונות במרבית התקנים הנמצאים בשימוש בעולם. הנוסחה מתבססת על פרמטרים שונים הנוגעים לתכונות הצינור, תכונות הקרקע, ההידוק והעומסים המורגשים על הצינור.

$$\Delta y = \frac{K \cdot (D_L \cdot W_C + W_L + W_F)}{8 \cdot SN + 0.061 \cdot E}$$

K - קבוע התושבת:

K	קוטר צינור פנימי (מ"מ)
0.11	תושבת ישרה, הידוק קל בתושבת הצינור > 35% פרוקטור, > 40% צפיפות יחסית
0.103	תושבת מעוצבת, הידוק בינוני בתושבת הצינור > 85%-95% פרוקטור, > 40%-70% צפיפות יחסית חול מובחר, חומר גרנולרי מסוג א' או ב' או חצצים דקים
0.083	תושבת מעוצבת, הידוק חזק בתושבת וצידי הצינור > 95% פרוקטור, > 70%-100% צפיפות יחסית חול מובחר, חומר גרנולרי מסוג א' או ב' או חצצים דקים

הערה: ציון אחוזי פרוקטור כאומדן להידוק קרקע לא חיכוכית מבוסס על מבחן מעבדה להידוק מקסימאלי - לפי תקן ASTM D 698. עבור קרקע חיכוכית יש להשתמש בערכי צפיפות יחסית לפי תקן ASTM D 4253 ו-ASTM D 4254.





DL - מקדם הפיגור לדפורמציה (Deflection Lag Factor)

מקדם הפיגור לדפורמציה מייצג את השקיעה לאורך זמן של מערכת צינור-קרקע. במקדם מבטא את היחס בין נפח מעטפת הקרקע בשלב ההנחה לנפח הקרקע לאחר דחיסה לאורך זמן. ככל שהיחס הדחיסה גבוה העומס המורגש על פני הצינור עולה. מקדם הפיגור תלוי בדרגת ההידוק של מילוי הקרקע מסביב לצינור ובקשיחות הצינור. ככל שצפיפות הקרקע גבוהה יותר - מקדם הפיגור נמוך יותר.

ערכי מקדם פיגור הדפורמציה מקובלים:

הידוק קל > 85% פרוקטור > 70% צפיפות יחסית	הידוק קל > 85%-95% פרוקטור > 40%-70% צפיפות יחסית	הידוק קל > 85% פרוקטור > 40% צפיפות יחסית
DL = 1.2	DL = 1.3	DL = 1.5

WC - עומס קבוע (סטטי)

המודל המקובל לחישוב עומס הקרקע הסטטי המורגש על גבי הצינור מתבסס על עבודת המחקר של פרופ' מרסטון מאוניברסיטת איווה, ארה"ב. המודל מתחשב בתנאי ההנחה הספיציפיים לצינור, משקל הסגולי של הקרקע, רוחב התעלה, גובה המילוי וקוטר חיצוני של הצינור.

עבור רוחב התעלה, אנו מתייחסים לשני המצבים הבאים:

א. תעלה צרה:

כאשר מתרחשים התנאים הבאים: $B \leq 3D_o$; $H > 2B$

ב. תעלה רחבה:

כאשר מתרחשים התנאים הבאים: $B > 3D_o$; $H \leq 2B$

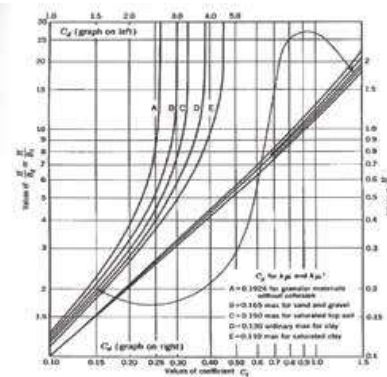
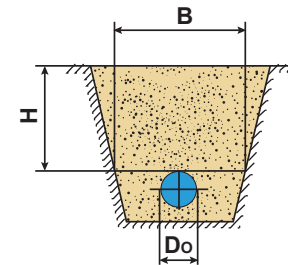
את העומס הקבוע נבדוק תחת שני מצבים - מצב קיצון (עומס מקסימאלי) ומצב מתוכנן (עומס מרסטון).

א. משוואה לחישוב מרסטון:

$$W_c = C \cdot \gamma \cdot D_o \cdot B \left[\frac{N}{m} \right]$$

כאשר:

יחידות	תאור	ערך
N/m	עומס קבוע	W_c
-	מקדם תנאי קרקע	C
N/m^3	צפיפות הקרקע, בהיעדר נתון, נציב $15.6 \cdot 10^3$	γ
m	קוטר חיצוני של הצינור	D_o
m	רוחב התעלה	B



- את המקדם C נמצא באמצעות הגרף המתואר לעיל, (נמצא בנספח 4.5) כאשר:
- H הוא גובה המילוי על גבי הצינור
- A, B, C, D, E - סוג הקרקע עפ"י המקרא בגרף



3. חישובים



ב. משוואה לחישוב עומס מקסימלי:

$$P = \gamma \cdot D_o \cdot H \left[\frac{N}{m} \right]$$

כאשר:

יחידות	תאור	ערך
N/m	עומס קבוע מקסימלי	P
N/m^3	צפיפות הקרקע, בהיעדר נתון, נציב $15.6 \cdot 10^3$	γ
m	גובה המילוי	H
m	קוטר חיצוני של הצינור	D_o

נבצע השוואה בין 2 אלו ע"י דוגמא: צינור בקוטר חיצוני של 1.33 מ' (צינור 1250 מ"מ) מונח בתעלה ברוחב של 2.25 מ' ובעומק של 6 מ' (גובה מילוי לאחר הנחה, מעל רום הצינור) כאשר המילוי מבוצע ע"י אדמה חרסיתית. מהו העומס הסטטי בשני המקרים הנ"ל?

$$D_o = 1.33[m]$$

$$B = 2.25[m]$$

$$H = 6[m]$$

$$\frac{H}{B} \cong 2.5$$

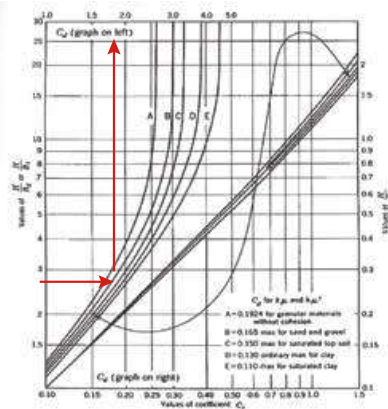
$$\Rightarrow C = 1.9$$

$$W_c = 1.9 \cdot (15.6 \cdot 10^3) \cdot 1.33 \cdot 2.25 = 88.7 \cdot 10^3 \left[\frac{N}{m} \right]$$

א. עבור עומס מרסטון:

$$P = (15.6 \cdot 10^3) \cdot 1.33 \cdot 6 = 125 \cdot 10^3 \left[\frac{N}{m} \right]$$

ב. עבור עומס מרסטון:



WL - עומס נע

חישוב העומס הנע על גבי מעטפת הצינור מתבסס על נוסחאות Boussinesq וכולל את כלל העומסים הדינאמיים הפועלים על הצינור ועובר 3 מצבים שונים: תנועת רכבים, רכבות ושדות תעופה. את העומס הנע נחשב באמצעות הנוסחה הבאה:
כאשר:

$$W_L = C_L \cdot P \cdot I_f \left[\frac{N}{m} \right]$$

ערך	תאור	יחידות
W_L	עומס נע	N/m
C_L	מקדם העומס הנע ליחידת אורך* (עפ"י הטבלאות בהמשך)	-
P	עומס גלגל***	N
I_f	קוטר חיצוני של הצינור	-

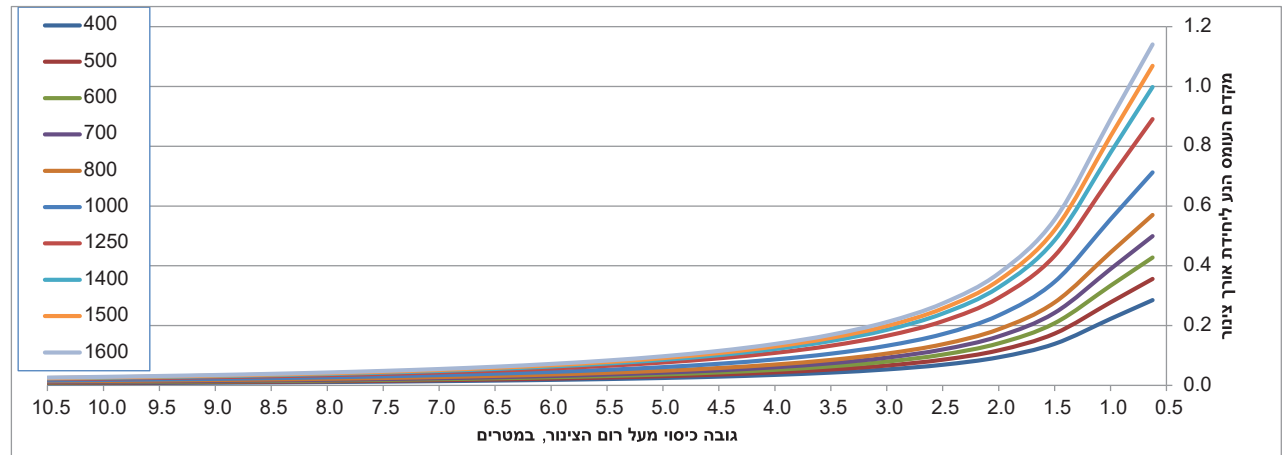
גובה הכיסוי (מעל רום הצינור) [מ]***																			קוטר הצינור [מ"]		
10.5	10	9.5	9	8.5	8	7.5	7	6.5	6	5.5	5	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1	0.6	
0.007	0.007	0.008	0.009	0.010	0.011	0.012	0.014	0.016	0.018	0.021	0.024	0.029	0.035	0.042	0.053	0.069	0.094	0.139	0.223	0.285	400
0.008	0.009	0.010	0.011	0.012	0.014	0.015	0.017	0.020	0.022	0.026	0.030	0.036	0.043	0.053	0.066	0.086	0.117	0.173	0.278	0.356	500
0.010	0.011	0.012	0.013	0.015	0.016	0.018	0.021	0.023	0.027	0.031	0.037	0.043	0.052	0.064	0.079	0.103	0.141	0.208	0.334	0.428	600
0.011	0.013	0.014	0.015	0.017	0.019	0.021	0.024	0.027	0.031	0.036	0.043	0.050	0.061	0.074	0.093	0.120	0.164	0.243	0.389	0.499	700
0.013	0.014	0.016	0.017	0.019	0.022	0.024	0.027	0.031	0.036	0.042	0.049	0.058	0.069	0.085	0.106	0.137	0.187	0.277	0.445	0.570	800
0.016	0.018	0.020	0.022	0.024	0.027	0.030	0.034	0.039	0.045	0.052	0.061	0.072	0.087	0.106	0.132	0.172	0.234	0.347	0.556	0.713	1000
0.020	0.022	0.025	0.027	0.030	0.034	0.038	0.043	0.049	0.056	0.065	0.076	0.090	0.108	0.132	0.166	0.214	0.293	0.433	0.695	0.891	1250
0.023	0.025	0.028	0.030	0.034	0.038	0.042	0.048	0.055	0.063	0.073	0.085	0.101	0.121	0.148	0.185	0.240	0.328	0.485	0.779	0.998	1400
0.024	0.027	0.030	0.033	0.036	0.041	0.046	0.051	0.059	0.067	0.078	0.091	0.108	0.130	0.159	0.199	0.257	0.351	0.520	0.834	1.069	1500
0.026	0.029	0.031	0.035	0.039	0.043	0.049	0.055	0.063	0.072	0.083	0.097	0.115	0.139	0.169	0.212	0.274	0.375	0.555	0.890	1.140	1600

* טבלת מקדם העומס הנע עבור מעבר גלגל יחיד, בהנחת צינור באורך אפקטיבי של 1.0 מ'

** עפ"י תקני AASHTO, העומס האפקטיבי לגלגל בודד הוא 71.4 [KN]

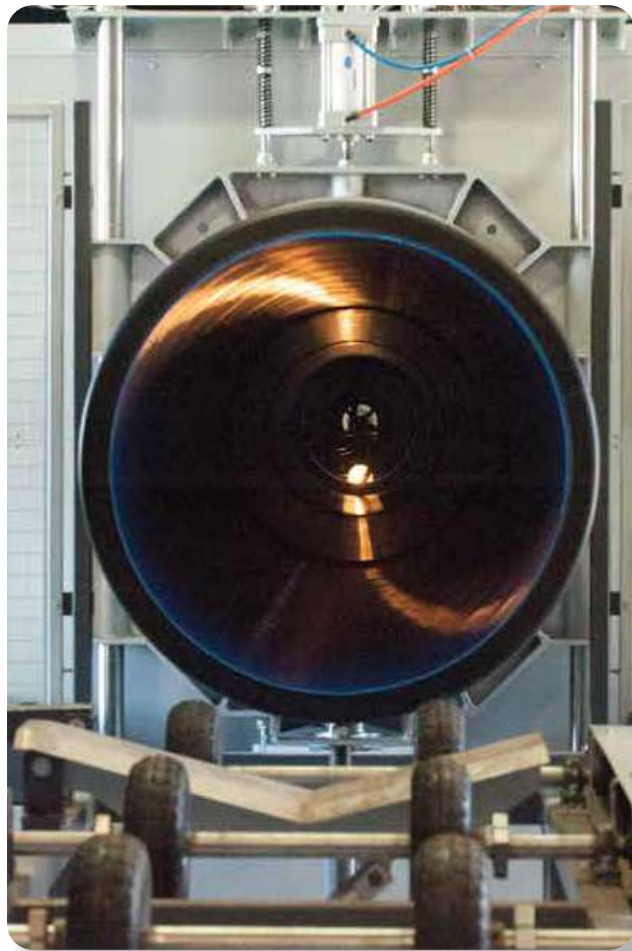
*** לקטרים מעל 1600 מ"מ, נא לפנות למפעל

הגרף הבא מתאר את התנהגות מקדם העומס הנע כפונקציה של קוטר הצינור במ"מ וגובה הכיסוי במ':



בטבלה הבאה ניתן למצוא את מקדם ההולם, (IF), עפ"י גובה כיסוי וסוג העומס הדינאמי המורגש על הצינור:

מסלול הסעת מטוסים, רחבת חניית מטוסים, רחבת המתנת מטוסים, רחבת הרצת מנועי מטוסים	מסלול המראה בשד"ת	פסי רכבת	כביש ראשי	גובה כיסוי [m]
1.5	1.0	1.75	1.5	0 עד 0.3
1.35	1.0	1.5	1.35	0.3 עד 0.6
1.35	1.0	1.5	1.15	0.6 עד 1
1.15	1.0	1.35	1.0	מעל 1



עומס הידראולי של מי תהום

במקרים מסוימים, עשוי הצינור להיות מונח בקרקע בקרבה למי תהום. במידה והצינור מונח בעומק השווה או גדול מעומק מי התהום. מי התהום משפיעים בעומסם על מעוות הצינור. את החישוב הנ"ל יש לקחת בחשבון רק כאשר גובה מי התהום (מפלס עליון) הם בגובה מחצית הצינור (לאחר הנחתו בקרקע) ומעלה, כמתואר בשרטוט הנ"ל.

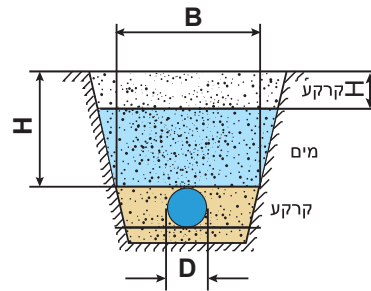
כאשר אין נוכחות של מי תהום, ערכו של עומס זה במשוואת ספנגלר יהיה אפס.

להלן הנוסחא לחישוב עומס הידראולי של מי תהום:

$$W_F = \delta_w \cdot \left[(H - H_1) + \frac{D}{2000} \right] \left[\frac{N}{m} \right]$$

כאשר:

יחידות	תאור	ערך
N/m	כח ציפה ליחידה	W_F
N/m^3	משקל סגולי של מים, שערכו 9,800	δ_w
m	גובה מילוי כולל	H
m	גובה מילוי קרקע יבשה	H_1
m	גובה מי תהום	H_2
m	קוטר חיצוני של הצינור	D



תכנון עומסים - E' - מודול תגובת הקרקע

הערך E' מבטא את יכולת הקרקע לתמוך בצינור. ערכי מודול תגובת הקרקע שנלקחו מ-(14) HOWARD המשמשים לחישוב מעוות בצנרת גמישה מובאים בטבלה הבאה.

טבלת ערכי מודול תגובת הקרקע E' עבור קרקעות וסוגי הידוק שונים.

ערכי E' עבור סוגי הידוק שונים (ק"נ/מ"ר)				
הידוק חזק	הידוק בינוני	הידוק קל	סוג קרקע, המילוי עפ"י ת"י 253*, ות"י 3**	
> 95% פרוקטור	> 85%-95% פרוקטור	> 85% פרוקטור		
70% צפיפות יחסית	40%-70% צפיפות	40% צפיפות יחסית		
אין להשתמש כחומר מילוי מסביב לצינור	אין להשתמש כחומר מילוי מסביב לצינור	אין להשתמש כחומר מילוי מסביב לצינור	קרקעות פלסטיות שמנות חרסיתיות או טיניות: CH-MH CH, MH	
6,900	2,800	1,400	קרקעות עם מעט או ללא פלסטיות, חרסיתיות או טיניות: ML-CL CL-ML CL-CH, ML-MH מכילות מעל 25% של צרורות.	
13,800	6,900	2,800	צרורות וחול שמכילים יותר מ- 15% דקים. GM, GC, SM, SC, GM	
20,700	13,800	6,900	צרורות, חול מדורג היטב וחסר, צרורות עם מעט טין או חרסית מכילים פחות מ- 15% דקים. GM-GC, GW, GP, SW, SP	
20,700	20,700	20,700	אבן גרוסה (אגו"ם) עד 37.5 מ"מ GC-SCGC, GM, SC	





הערה: לצורכי תכנון ע"פ מפמ"כ 458 יש להשתמש בקרקעות וערכי E' הנמצאים בקטעים הכהים של הטבלה. המלצות הטבלה מתייחסות להנחת צנרת גמישה בעומק קטן מ- 15 מ'. כאשר גובה הכיסוי מעל קדקוד הצינור גדול מ- 15 מ' יש להשתמש ב- 0.75 מערכי E' שבטבלה. כאשר גובה הכיסוי מעל קדקוד הצינור קטן או שווה ל- 5 מ' יש להשתמש בערכי E' שבטבלה ולהוסיף לשקיעה היחסית המחושבת את הערכים הבאים בהתאם לדרגת הידוק כמפורט להלן:

תוספת סטייה אקראית לעיוות המחושב בקוטר הצינור, לפי רמת הידוק הקרקע			
ללא הידוק	הידוק קל	הידוק בינוני	הידוק חזק
2%	2%	1%	0.5%

* ת"י 253 - מיון קרקעות למטרות הנדסה אזרחית - מיון במעבדה ומיון חזותי (השיטה האחידה)
 ** ת"י 3 אגריגטים מינרליים ממקורות טבעיים.

הערה: התקנים ASTM D 3839-94a (16), ASTM D 2321-89 (15) מציעים גישה שונה לסיווג הקרקע, אך ממליצים להגיע באמצעות הידוק שונה בכל סוגי חומרי במולוי למודול ריאקציה של: 6900 קילו ניוטון למ"ר ($E' = 1000 \text{ PSI}$), כתמיכת קרקע מינימלית בצינורות גמישים.



תכנון עומסים - דוגמא

להלן נתונים עבור צינור וסביבת הנחתו בטבלה הבאה:

פרמטר	ערך	יחידות	הערות
קוטר צינור (פנימי)	1000	m	חיצוני - 1090
קשיחות טבעית	SN-8	KN/m^2	
גובה כיסוי מעל רום הצינור	2	m	
רוחב תעלה	1.2	m	
עומסים נעים צפויים	כביש ראשי	-	
חומר מילוי סביב הצינור	חול בהידוק בינוני 90% פרקטור	-	
צפיפות הקרקע	2,000	kg/m^3	$20^{KN/m^3}$

יש לחשב את השקיעה האנכית של הצינור.

פתרון:

החישוב ייעשה בעזרת נוסחת ספנגלר, בה נציב את הערכים הבאים:

פרמטר	פירוט	ערך	יחידות
DL	מקדם הפיקוד לדפורמציה	1.3	-
K	קבוע חומר המצע	0.103	-
SN	קשיחות טבעית	8	KN/m^2
E'	מודול הריאקציה של הקרקע	6,900	KN/m^2

תחילה נחשב את העומס הקבוע שפועל על הצינור:

$$W_c = C \cdot \gamma \cdot D_o \cdot B = 1.3 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 1.09 \cdot 1.2 = 34 \cdot 10^3 \left[\frac{N}{m} \right]$$



כעת נחשב את העומס הנע הפועל על הצינור:

$$W_L = C_L \cdot P \cdot I_f = 0.234 \cdot 71.4 \cdot 10^3 \cdot 1.0 = 16.7 \cdot 10^3 \left[\frac{N}{m} \right]$$

נציב את הנתונים בנוסחת ספנגלר (להקפיד על יחידות נכונות):

$$\Delta y = \frac{K \cdot (D_L \cdot W_C + W_L + W_F)}{8 \cdot S_n + 0.061 \cdot E'} = \frac{0.103 \cdot (1.3 \cdot 34 \cdot 10^3 + 16.7 \cdot 10^3)}{8 \cdot 8 + 0.061 \cdot 6900} \cong 12 \text{ mm}$$

$$\frac{\Delta y}{DN} = \frac{12 \text{ mm}}{1000 \text{ mm}} = 1.2\%$$

השקיעה הצפויה ע"פ מודל ספנגלר היא 1.2% לתוצאה זו נוסף מקדם סטייה סטטיסטית בשיעור 1% בהתאם להגדרות תנאי ההנחה.

כלומר: השקיעה האנכית המירבית הצפויה בצינור בתנאים הנ"ל, לאורך זמן, הינה בשיעור של 22 מ"מ או 2.2% המקוטר הפנימי של הצינור.

3. חישובים



הערות לצורך בדיקת השקיעה בתנאי האתר, קרוב לזמן ההנחה, ובקרת טיב ההנחה, יש להשתמש בערכי השקיעה המקסימלית לזמן קצר (DL=1). לשקיעה זאת יש להוסיף שגיאה סטטיסטית של 2% כנ"ל (לפי טבלה בע"מ).

אם ניקח את כל המשתמשים שהוגדרו ונציב אותם בנוסחה נוכל לקבל טבלה של מעוות אפשרי עבור מקרים שונים.

עומק כיסוי	אבן גרוסה			חול מדורג			צרורות		חרסיתיות	
	הידוק קל < 85% פרוקטור צפיפות יחסית 40%	הידוק בינוני < 85%-95% פרוקטור צפיפות יחסית 40%-70%	הידוק חזק < 95% פרוקטור צפיפות יחסית 70%	הידוק קל < 85% פרוקטור צפיפות יחסית 40%	הידוק בינוני < 85%-95% פרוקטור צפיפות יחסית 40%-70%	הידוק חזק < 95% פרוקטור צפיפות יחסית 70%	הידוק בינוני < 85%-95% פרוקטור צפיפות יחסית 40%-70%	הידוק חזק < 95% פרוקטור צפיפות יחסית 70%	הידוק בינוני < 85%-95% פרוקטור צפיפות יחסית 40%-70%	הידוק חזק < 95% פרוקטור צפיפות יחסית 70%
0.45	4.67%	3.47%	1.64%	NA	2.93%	1.64%	3.65%	1.92%	N/A	2.62%
1	3.18%	1.89%	1.25%	4.21%	2.17%	1.25%	2.88%	1.52%	4.24%	2.21%
1.5	2.64%	1.59%	1.06%	3.61%	1.84%	1.06%	2.49%	1.31%	3.74%	1.93%
2	2.10%	1.32%	0.93%	3.13%	1.59%	0.93%	2.25%	1.18%	3.54%	1.81%
2.5	2.08%	1.33%	0.96%	3.23%	1.62%	0.96%	2.35%	1.23%	3.76%	1.92%
3	1.95%	1.27%	0.92%	3.15%	1.56%	0.92%	2.31%	1.20%	3.75%	1.89%
3.5	2.05%	1.38%	1.05%	3.50%	1.74%	1.05%	2.65%	1.38%	4.41%	2.23%
4	2.05%	1.42%	1.10%	3.66%	1.82%	1.10%	2.83%	1.47%	4.78%	2.41%
4.5	2.07%	1.47%	1.17%	3.86%	1.91%	1.17%	3.03%	1.58%	NA	2.61%
5	2.15%	1.55%	1.25%	4.11%	2.03%	1.25%	3.26%	1.70%	NA	2.83%
6	2.26%	1.69%	1.41%	4.59%	2.27%	1.41%	3.72%	1.94%	NA	3.28%
7	2.33%	1.82%	1.56%	NA	2.48%	1.56%	4.16%	2.17%	NA	3.73%
8	2.39%	1.93%	1.70%	NA	2.69%	1.70%	4.60%	2.40%	NA	4.17%



3.3 הנחיות הנחת צנרת פלדקס כנגד ציפה

משקלו הקל של צינור הפלדקס הינו אחד היתרונות הגדולים אשר מקלים על תהליך ההתקנה ומאותה סיבה צינור זה נוטה לציפה. ראוי לציין שכמעט כל סוגי הצנרת נוטים לציפה בתנאים מסוימים. למעשה, כאשר כוח הציפה גדול מעומס הקרקע המעגנת אותו, קיימת בעיה של תזוזת הצינור. במקרה בו קיימת אפשרות של ציפה כתוצאה ממי תהום או מקור מים אחר, התקנה תקינה ועיגון של הצינור הם קריטיים. החישובים הבאים מספקים ניתוח של גובה כיסוי מינימלי הדרוש כדי למנוע ציפה לצינור. פתרונות נוספים הם כמובן עיגון של הצינור אל הקרקע.

3.4 ציפה של הצינור בנוכחות מי תהום

הציפה הפכה לבעיה עבור צינורות טמונים כאשר מי התהום חודרים לאזור הצינור. פרויקטים אשר בהם גובה המים גבוה או שהמים מקיפים את הצינור יש לנקוט באמצעי זהירות כדי למנוע ציפה של הצינור. בתנאים נכונים ועל ידי הגדלת כיסוי הצינור יסייעו למנוע את הציפה.

הכח האנכי ההידרוסטטי שגורם לציפת הצינור U- בשל מפלס המים ניתן לחישוב ע"י הנוסחה הבאה:

$$U = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \delta_w \left[\frac{Kg}{m} \right]$$

כאשר:

יחידות	תאור	ערך
Kg/m^3	כח ציפה ליחידת אורך	U
m	קוטר חיצוני של הצינור	D
Kg/m^3	משקל סגולי של מים, שערכו 1000	δ_w

3. חישובים

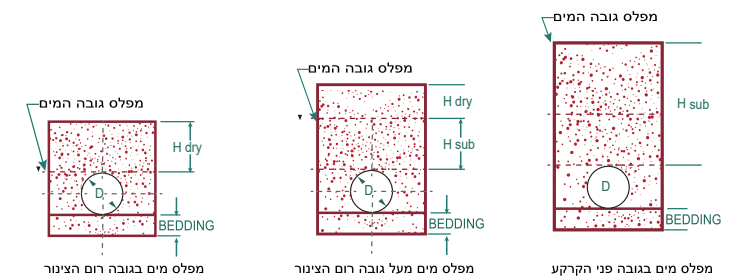


על כח הציפה להיות קטן מהעומס על גבי הצינור ומשקל המינור על מנת להבטיח שהצינור לא יצוף. עומס הקרקע הנדרש על פי עומקי מים שונים ניתן לחישוב על פי הנוסחה הבאה, כאשר החישוב מתבצע בהתאם לתצורת גובה המים יחסית לצינור לפי האיור המתואר מטה.

$$W_{soil} = \delta_{dry} \cdot H_{dry} \cdot D + (\delta_{sat} - \delta_w) \cdot (H_{sub} + 0.1073D) \cdot D \left[\frac{Kg}{m} \right]$$

כאשר:

יחידות	תאור	ערך
Kg/m^3	עומס הקרקע ע"ג הצינור	W_{soil}
Kg/m^3	משקל סגולי של קרקע יבשה, שערכו 1920	δ_{dry}
m	עומק קרקע יבשה	H_{dry}
m	עומק קרקע מתחת למפלס עליון של מי התהום	H_{sub}
Kg/m^3	משקל סגולי של קרקע רוויה, 2280	δ_{sat}
Kg/m^3	משקל סגולי של מים, שערכו 1000	δ_w
m	קוטר חיצוני של הצינור	D



תצורת מי התהום ביחס לצינור

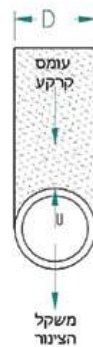
3. חישובים

להלן טבלת קטרי הצינורות ומשקלם:



משקל (ק"ג למטר)	קוטר חיצוני (מ"מ)	קוטר פנימי (מ"מ)
51	1332	1250
75	1462	1400
89	1590	1500
90	1690	1600
135	1890	1800
151	2090	2000
161	2290	2200
186	2590	2500

משקל (ק"ג למטר)	קוטר חיצוני (מ"מ)	קוטר פנימי (מ"מ)
10	440	400
14	545	500
18	654	600
21	772	700
27	872	800
37	1082	1000
42	1282	1200

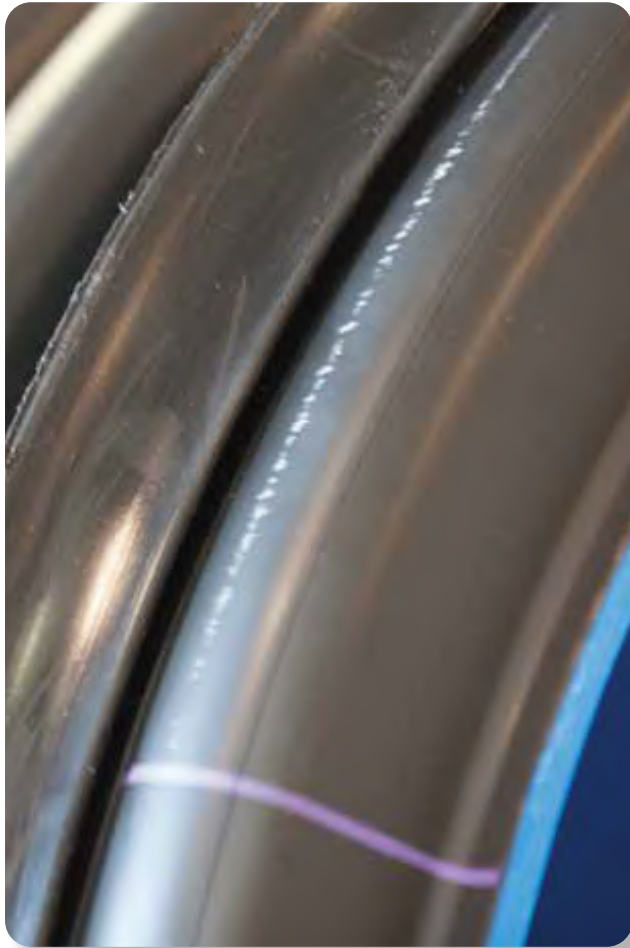


גובה הכיסוי המינימאלי אשר נדרש כדי להתגבר על כח הציפה ניתן לחישוב: סכום הכוחות שדוחפים את הצינור כלפי מעלה ואלו (עומס הקרקע) שמונעים את הציפה. יש מספר רב של שיטות חישוב של העמסת הקרקע אולם הדרך השמרנית לחישוב גובה הכיסוי הנדרש הינו ה"עמוד" של הקרקע, המונח על גבי הצינור בצורה ישירה כפי שמתואר באיור, לכן חישוב הכיסוי מבוצע עפ"י הנוסחאות הבאות:

$$U \leq W_{soil} + W_{pipe} \quad H = H_{dry} + H_{sub} \quad \text{כאשר:}$$

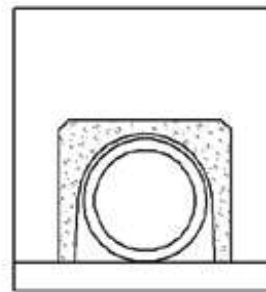
יחידות	תאור	ערך
m	עומק קרקע יבשה	H_{dry}
m	עומק קרקע מתחת למפלס עליון של מי תהום	H_{sub}

יחידות	תאור	ערך
Kg/m	כח ציפה ליחידת אורך	U
Kg/m	משקל הקרקע	W_{soil}
Kg/m	משקל הצינור	W_{pipe}

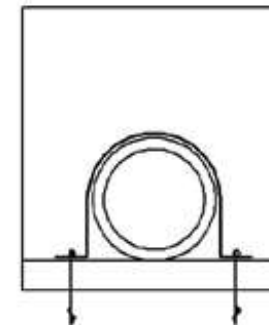


- ההנחות הבאות משמשות לקביעת דרישות מנימום כיסויי, עבור יישומים בהם תנאי ההתקנה שונים. בדיקת אפשרות הציפה צריכה להיבדק על פי התנאים המוגדרים.
- ההנחה שהצינור ריק - הנחה זו לא רק מפשטת את החישובים אלא יוצרת מצב שכושר הציפה גדול יותר.
- הקוטר החיצוני של הצינור הגלי משמש לקביעת הקרקע ולמניעת תזוזות
- צפיפות אדמה רוויה שבשימוש היא בסביבות 2280 ק"ג למ"ק, אשר אופיינית לתערובות אדמה רבות, קרקעות צפופות יותר תפחתנה את הסיכוי לציפה
- כאשר מפלס המים הינו פני הקרקע כפי שמתואר באיור הימני (ראה עמוד קודם) מצב המדמה קרקע רוויה באופן מוחלט. הנחה זו יוצרת מצב "מקרה גרוע ביותר" אשר מניבה תוצאות שמרניות יותר.

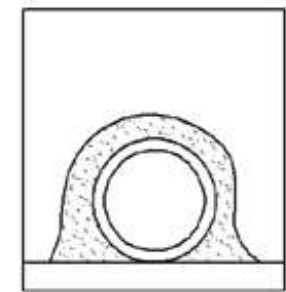
במקרים מסויימים ניתן לבצע שיטות שונות לייצוג הצינור ומניעת הציפה, כמתואר באיור לעיל. המרחק המקסימלי בין העוגנים לא יעלה על 3.0 מטר. במקרה של צינורות 7 מטר, הצינורות מעוגנים בכל נקודת חיבור ונקודה נוספת באמצע הצינור כדי לייצב את הצינור.



צוארון בטון טרומי



עיגון הצינור בעזרת עוגן וברגים



מיקון הצינור בעזרת ביטון

שיטות עיגון צינור כנגד ציפה



3.5 ציפה בעקבות מילוי CLSM

מילוי בעזרת CLSM מקל על תהליך ההנחה אך גורם לציפה של הצינור, הציפה בעקבות מילוי של CLSM מחושבת לפי המשוואה הבאה:

$$U_{CLSM} = \frac{A_{disp} \cdot \delta_{CLSM}}{144} \left[\frac{Kg}{m} \right]$$

כאשר:

יחידות	תאור	ערך
Kg/m	כח ציפה ליחידת אורך	U_{CLMS}
m^2	שטח המילוי (המרווח בין התעלה לצינור)	A_{disp}
Kg/m^3	משקל סגולי של CLSM, שערכו 1850-2300	δ_{CLMS}

עקב הבדלים עצומים בין משקל המים וה-CLSM, הציפה יכולה להיות גבוהה יותר מפי 2 מאשר ציפה הידרוסטטית, לכן כאשר ממלאים עם CLSM, הצינור חייב להישאר מיושר ומיוצב, דבר הניתן לביצוע על ידי עיגון מוטות ברזל בצורה של X מעל החלק העליון של הצינור ולתוך הקירות הצדדים של התעלה או בסוגים אחרים של עוגנים מסחריים זמינים.

3.6 חישוב מעוות צנרת פלדקס - תאוריה מול מציאות

תקציר ניסוי השטח בניהולו של ד"ר מרק טלסניק - מחברת GEOTECH

מסמך זה מציג השוואה בין מדידות מעוות אנכי ועומסים מורגשים כפי שבוצע בניסוי שטח על צינור פלדקס. המדידות האמפיריות מוצגות בהשוואה לחישוב התאורטי למעוות ועומס מורגש על פי מודל ספנגלר-מרטסון עבור תנאי הנחה מקבילים. תנאי הניסוי בהם בוצעו המדידות:

הניסוי כלל מספר שלבים שתמציתן מתואר להלן הן בצינור והן בקרקע הונחו חיישנים אשר מדדו את לחצי הקרקע ואת מעוות הצינור

קוטר צינור: 800 מ"מ גובה כיסוי: 45 ס"מ
רמת הידוק: 95% פרוקטור חומר מילוי: חול צנרת

תנאי עבודה: תנועה של כלי רכב בעלי עומס שונה על מנת לדמות מצבים שונים.



חיישני מדידת מעוות אנכיים ואופקיים



חיישני מדידת עומסים ברום, תחתית וצידי צינור



מכבש קטן 2.7 טון



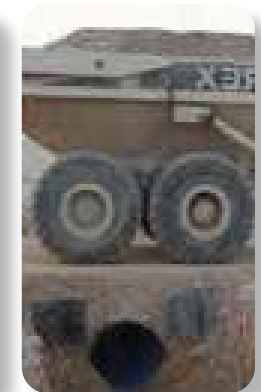
מחפרון 4 טון



מכבש גדול 13.4 טון



פרקית ריקה 22.4 טון



פרקית מלאה 50.4 טון



גרף תוצאות הניסוי:

השינויים בקוטר הצינור [במ"מ] בעת מעבר מוביל העפר העמוס במשקל 50.4 טון בעל שלושה סרנים. ציר X הוא ציר הזמן של מעבר הפרקית מעל הצינור, ציר Y מראה את השינוי בקוטר הצינור במ"מ עבור הציר האנכי והאופקי. כל קפיצה בגרף מייצגת מעבר סרן. הגרף האדום מייצג את הדפורמציה בציר האנכי, והגרף השחור מייצג את הדפורמציה בציר האופקי. ניתן לראות כי המעוות המקסימאלי בציר האנכי הינו בעת מעבר שני הסרנים האחוריים והייתה קטנה מ-3 מ"מ, וכי הצינור חזר לקוטרו המקורי לאחר כל מאמץ רגעי – כלומר לא הייתה דפורמציה שיורית.

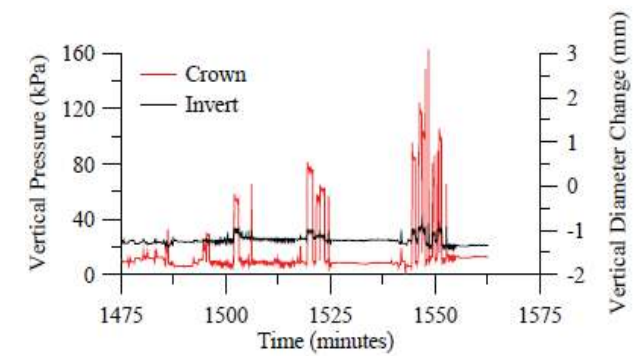
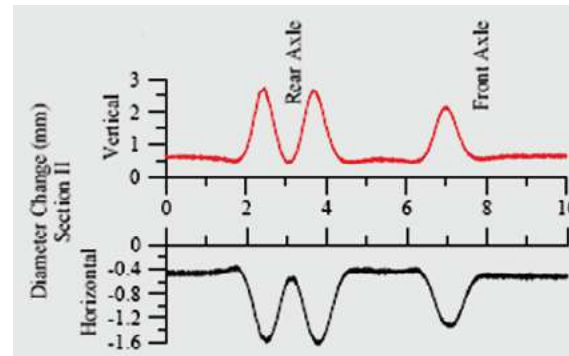
- המעוות המקסימאלי שנמדד בניסוי השטח הינו נמוך מ- 0.375%.
- המעוות המקסימאלי על פי החישוב התיאורטי היה, 1.26% גדול כמעט פי 4 מהתוצאות בפועל.
- צינור הפלדקס מסוגל להתמודד ללא קושי עם עומסים דינמיים חריגים גם בגובה כיסוי מינימלי.

עמידה בעומסים

בשלב הניסוי בוצעה מדידת עומסים על גבי הצינור להלן גרף המתאר את העומסים שהצינור "הרגיש" בנקודות שונות לאורך הניסוי ראוי לציין שכאשר הפרקית בעלת משקל של למעלה מ-50 טון עברה העומס שהצינור "הרגיש" הינו כ 160 KPa

גרף תוצאות הניסוי (המשך):

חישוב המעוות בפועל היה נמוך באופן משמעותי מכפי שהמודל המתמטי המבוסס על נוסחת ספנגלר-מרטסון חוזה. ניתן לראות כי קיים מקדם בין המעוות האמיתי ובין המודל התאורטי, ועל כן ניתן לומר שהתבססות על תוצאות המודל היא שמרנית ומאפשרת טווח בטחון.



נספחים



4.1 טבלת עמידות כימית

Chemical	PE	PP
Acetaldehyde	G	G
Acetamide	E	E
Acetic Acid, 5%	E	E
Acetic Acid, 50%	E	E
Acetone	E	E
Aluminum Hydroxide	E	E
Ammonia	E	E
Ammonium Hydroxide	E	E
Ammonium Oxalate	E	E
n-Amyl Acetate	E	G
Amyl Chloride	F	N
Aniline	E	G
Benzaldehyde	E	E
Benzene	G	G
Benzoic Acid, Sat.	E	E
Benzyl Acetate	E	E
Boric Acid	E	E
Bromine	F	N

Resistance	Material
E = Excellent	PE = Polyethylene
G = Good	
F = Fair	
N = Not Recommended	

צנרת **פלדקס** מיוצרת מחומרים פלסטיים (HDPE) ולכן לצנרת יש עמידות כימית גבוהה.

מידע זה, מבוסס על פרסומי יצרני חומר הגלם לסוגיו השונים והוא נועד לשיקול דעת המתכנן.

להלן רשימת עמידות כימית של צנרת **פלדקס**:

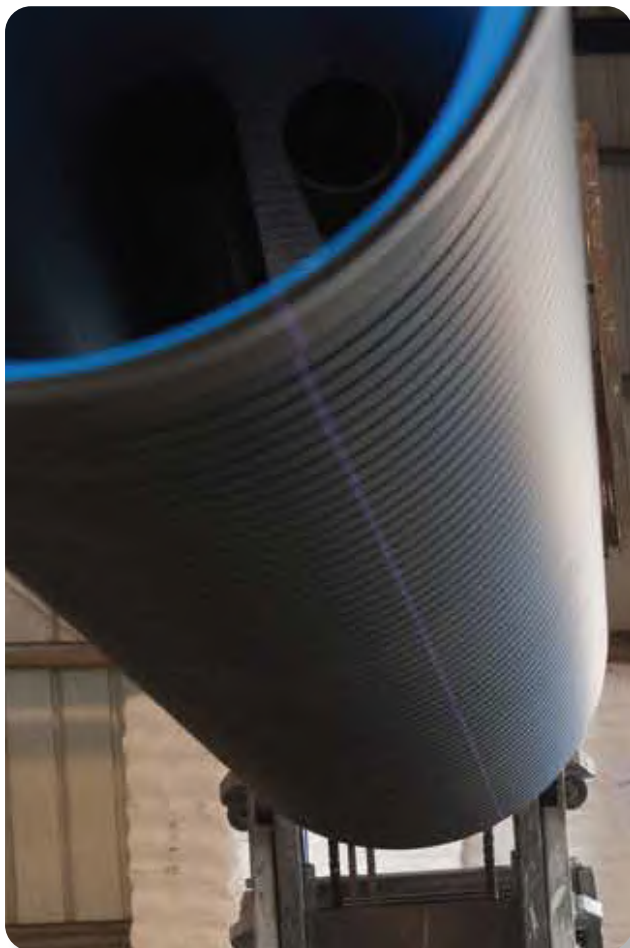
סיווג עמידות כימית:

E - חשיפה מתמדת של 30 יום ללא נזק.

G - חשיפה מתמדת של 30 יום עם נזק מזערי.

F - השפעה מסוימת לאחר חשיפה של 7 ימים.

N - לא מומלץ לשימוש ממושך.



Chemical	PE	PP
Bromobenzene	F	N
n-Butyl Acetate	E	G
sec-Butyl Alcohol	E	E
Butyric Acid	F	N
Calcium Hypochlorite	E	E
Carbazole	E	E
Carbon Disulfide	N	E
Carbon Tetrachloride	G	G
Chlorine	G	G
Chloroacetic Acid	E	E
Chloroform	G	G
Chromic Acid	E	E
Citric Acid	E	E
Cresol	F	E
Cyclohexane	E	G
Decalin	E	G
o-Dichlorobenzene	F	F
p-Dichlorobenzene	G	E
Diethyl Benzene	F	N
Diethyl Ether	F	N
Diethyl Ketone	G	G

Chemical	PE	PP
Diethyl Malonate	E	E
Dimethyl Formamide	E	E
Ether	F	N
Ethyl Acetate	E	E
Ethyl Benzene	G	F
Ethyl Benzoate	G	G
Ethyl Butyrate	G	G
Ethyl Chloride, Liquid	G	F
Ethyl Cyanoacetate	E	E
Ethyl Lactate	E	E
Ethylene Chloride	G	G
Ethylene Glycol	E	E
Ethylene Oxide	G	F
Fluorine	G	G
Formic Acid, 50%	E	E
Formic Acid, 90-100%	E	E
Fuel Oil	G	E
Gasoline	G	E
Glycerine	E	E
n-Heptane	G	E
Hexane	G	E

Chemical	PE	PP
Hydrochloric Acid, 1-5%	E	E
Hydrochloric Acid, 35%	E	E
Hydrofluoric Acid, 4%	E	E
Hydrofluoric Acid, 48%	E	E
Hydrogen	E	E
Hydrogen Peroxide	E	E
Isopropyl Acetate	E	G
Isopropyl Benzene	G	F
Kerosene	G	G
Lactic Acid, 3%	E	E
Lactic Acid, 85%	E	E
Magnesium Salts	E	E
Methoxyethyl Oleate	E	E
Methyl Ethyl Ketone	E	E
Methyl Isobutyl Ketone	E	G
Methyl Propyl Ketone	E	G
Methylene Chloride	G	F
Nitric Acid, 50%	G	G

Chemical	PE	PP
Nitric Acid, 70%	G	G
Nitrobenzene	G	F
n-Octane	E	E
Orange Oil	G	G
Perchloric Acid	G	G
Perchloroethylene	N	N
Phenol, Crystals	G	G
Phosphoric Acid, 1-5%	E	E
Phosphoric Acid, 85%	E	E
Potassium Hydroxide	E	E
Propane Gas	F	N
Propylene Glycol	E	E
Propylene Oxide	E	E
Resorcinol	E	E
Salicylaldehyde	E	E
Sulfuric Acid, 1-6%	E	E
Sulfuric Acid, 20%	E	E
Sulfuric Acid, 60%	E	E

Chemical	PE	PP
Sulfuric Acid, 98%	E	E
Sulfur Dioxide, Liq.	F	F
Sulfur Salts	G	G
Tartaric Acid	E	E
Tetrahydrofuran	G	G
Thionyl Chloride	N	N
Toluene	G	G
Trichloroethane	F	F
Trichloroethylene	F	F
Turpentine	G	G
Vinylidene Chloride	F	F
Xylene	G	G
Zinc Salts/Stearate	E	E

4.2 הוראות התקנה לצינורות פלדקס

כללי

1. צינורות **פלדקס** הינם בעלי היתר לסימון בת"י בהתאם לדרישת התקן ת"י 5302 ות"י 21138 בדרגת בקשיחות טבעתית SN8.
2. הצינורות מיועדים לתיעול, ניקוז ולביוב תת-קרקעי.
3. הצינורות מיוצרים באורך 6 ו-7 מטר או בהתאם לדרישות הלקוח.
4. הצינורות מסופקים עם אטמי גומי EPDM תואמים לקוטר הצינור.
5. חיבור בין הצינורות יהיה באמצעות מחברי שקע/תקע (מצמד פעמון).
6. אביזרים המיוצרים מצנרת **פלדקס** על פי דרישת המתכנן ומותאמים לשיטת החיבור של שקע/תקע.

פריקה ושינוע

- העמסת הצינורות, פריקתם ושינועם באתר ייעשו בזהירות, בעזרת כלים מכאניים מתאימים, באופן שימנע פגיעה בצינור.
- פריקה ושינוע הצינורות תעשה באמצעות רצועות הרמה תקניות (רוחבן לא פחות מ-50 מ"מ).
- אין להשתמש בשרשרות או חבלים מכל סוג ואין להשחיל רצועה או שרשרת או חבל דרך הצינור.

חפירה להנחת צינורות

- חפירת התעלה תבוצע בהתאם לתוכניות ותוך הקפדה על כללי הבטיחות הקבועים בחוקים והתקנות.
- עומק החפירה על פי הגדרת המתכנן ובהתאמה לסוג הקרקע.
- חפירת התעלה תבוצע בסמוך להנחת הצינורות.



≤ 450mm



> 500mm



רוחב התעלה

- רוחבה של התעלה לא יהיה קטן מהנדרש להנחת הצנרת והידוק המילוי סביבה.
- המרחק המינימאלי בין דופן הצינור לבין דופן בתעלה משני צידי הצינור יהיה כ-30 ס"מ.
- במקרה שקרקע האתר אינה מסוגלת לספק את תמיכת הצד לצינור כנדרש בתכנון, תורחב התעלה לפי הוראת המהנדס המתכנן.

קרקעית התעלה

- קרקעית התעלה תהיה יציבה ומיושרת. השיפוע האורכי יהיה כמתוכנן.
- לא יימצאו בקרקעית התעלה אבנים, גושים, שורשים, גופים או בליטות גדולים מ-5 ס"מ
- במידה והצינור מונח מתחת למסעה, יש להדק את תחתית התעלה לרמת ההידוק של שתית המסעה.
- במהלך הנחת הצינור התעלה צריכה להיות יבשה.

ריפוד התעלה

- תחתית התעלה תרופד בשכבת מצע ללא אבנים. חומר המילוי יפוזר באופן אחיד לכל אורך התעלה ויושר בהתאם לשיפוע המתוכנן של הצינורות.
- שכבת המצע תספק תמיכה אחידה ויציבה לכל אורכה של הצנרת.
- עובי שכבת המצע יהיה 15 ס"מ לפחות.
- המצע יעשה מחול מובחר או מחומר גרנולרי מהודק, נקי מפסולת וחומרים אורגנים. המצע יהודק לצפיפות של לפחות מ- 95% פרוקטור או 70% צפיפות יחסית ע"פ ת"י 1865.
- יש לפזר על גבי שכבת המצע המהודק שכבת חול מובחר בעובי 5 ס"מ כדי לאפשר פילוס נוח של הצינור.



הנחת הצינורות

- הנחת הצינורות תהיה בהתאם לתוכנית מאושרת מראש של מתכנן מוסמך.
- סטייה מהתוכנית המאושרת וההוראות המתכנן מותנות באישור בכתב של המתכנן.
- הצינורות יונחו רק בתעלה חפורה.
- צינורות לא יונחו על משטחים קשים כגון: סלע, בטון, משטח מרוצף.

חומר המילוי לעטיפת הצינור

- החומרים לשימוש במילוי תחתית התעלה, ובמילוי החוזר יהיו כדלהלן:
- חול מובחר (SP, SW, SM) לפי תקן ישראלי 3.
 - חומר גרנולרי - מצע סוג א' או ב' (GP, GM)
 - חצץ (GW) - לפי ת"י 1886 או ת"י 1885.
 - גודל גרגר מקסימאלי של חומר המילוי 20.0 מ"מ

בדיקה מקדימה

- הצינורות והאטמים ייבדקו חזותית לפני הנחת הצינורות, על מנת לוודא שהם מתאימים למתוכנן ושאינם פגומים או מלוכלכים.

אופן ההנחה

- הצינורות יונחו על מצע יבש ומנוקז.
- הצינורות יונחו בקו ישר בשיפוע המתוכנן.
- יש להתחיל את הנחת הקו בנקודתו הנמוכה ביותר.
- הצינורות יונחו כך שכיוון הזרימה בצינור יהיה מזכר לנקבה.
- אין לסטות מהשיפוע המתוכנן או מהקו הישר של הצינור. במקרה של אילוץ המתגלה בעת הרכבת הצינורות המחייב שינוי, יש לקבל הנחיות מהמתכנן.
- גחון הצינור ייסמך על המצע למלוא אורכו.

דגשים להנחת צינורות בתנאי שטח מיוחדים

עיגון הצינורות בשיפועים תלולים

- צינור אשר מונח בשיפוע אורכי גדול מ-12% מחויב בעיגון.
- העיגון יעשה בהתאם להוראות המתכנן.

מי תהום

- הנחת הצינורות תעשה בתעלה יבשה.
- פני מי התהום בתעלה יורדו באמצעים נאותים, עד להשלמת ביצוע הכיסוי.
- גובה הכיסוי יהיה מספיק למניעת ציפת הצינורות.



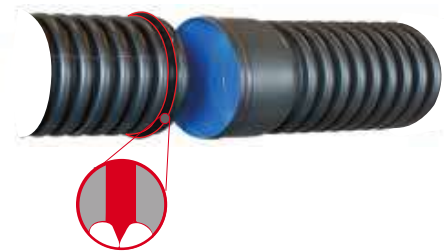
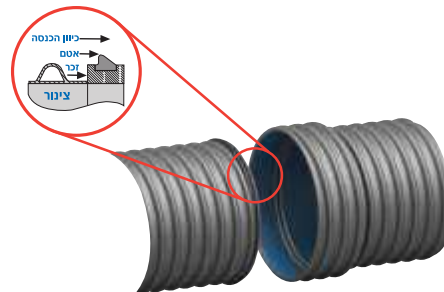


חיבור צינורות

- חיבור הצינורות יתבצע באמצעות "שקע תקע", באמצעות אטם שסופק ביחד עם הצינורות.
- יש לוודא כי האטם תקין, ללא פגמים ונקי מלכלוך.
- הצינור יחובר כך שכיוון הזרימה יהיה מזכר לנקבה.
- יש לנקות היטב את קצות הצינור ואת האטם.

הרכבת אטם

- צינור **פלדקס** - הרכבת האטם לפי האיור על גבי טבעת הזכר בקצה הצינור- יש להקפיד על כיוון ה"סנפיר"
- צינור **פלדו** - הרכבת האטם לפי האיור על גבי השקע הראשון מקצה הצינור.
- יש למרוח משחת החלקה (המסופקת ע"י היצרן בלבד) על גבי האטם ופנים הפעמון.
- חיבור הצינורות יתבצע בדחיפה של צינור כנגד צינור, באמצעות רצועות מתיחה בלבד.
- כיוון הצינור יתבצע בצורה ידנית.
- עומק ההחדרה יהיה עד לעצירה - 240 מ"מ (סימון בפס לבן על פני השטח החיצוניים של הצינור בצד הזכר).
- אין להטות צינור בזווית שעולה על 1°



אסור לדחוף את הצינור עם כל ציוד אחר מלבד מרצועות

מילוי וכיסוי

- מילוי התעלה לאחר הנחת הצינור תיעשה בשני שלבים:
1. מילוי ראשוני (גחון הצינור עד רום 15 ס"מ לפחות מעל קודקוד הצינור).
 2. מילוי סופי וכיסוי.

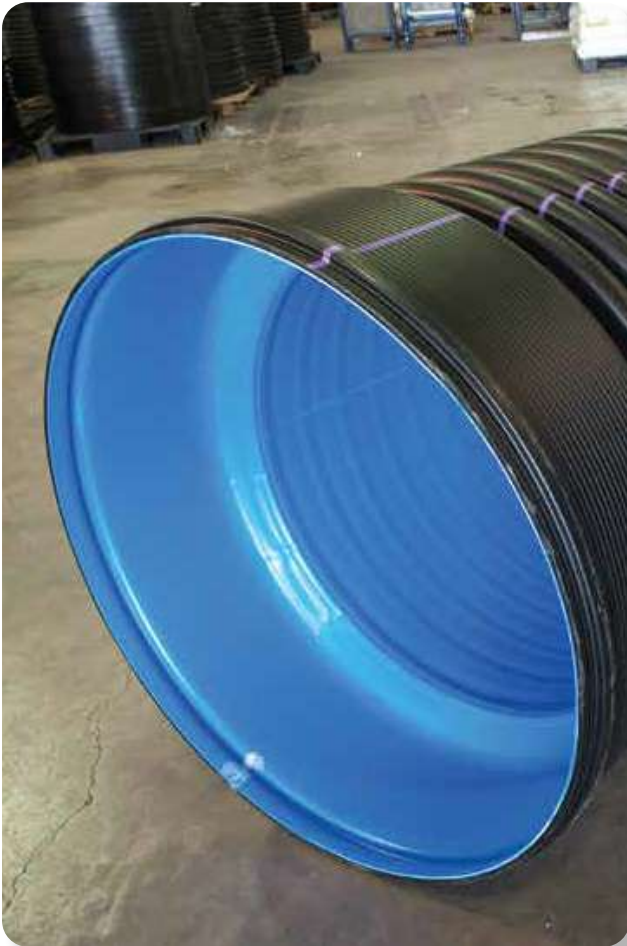


מילוי ראשוני

- המילוי הראשוני מיועד להעניק לצנרת תמיכה ויציבות, מניעת תזוזות, צמצום מעוות והגנה מפני פגיעת עצמים קשיחים. חומר המילוי יהיה:
- חול מובחר (SP, SW, SM) לפי תקן ישראלי 3.
- חומר גרנולרי - מצע סוג א' או ב' (GP, GM)
- חצץ (GW) - לפי ת"י 1886 או ת"י 1885.
- חומר המילוי יפוזר לכל רוחב התעלה, משני צדדי הצינור, בשכבות שלא יעלו על 20 ס"מ.
- כל שכבת מילוי תצופף משני צידי הצינור באמצעות מהדק ידני, או אמצעי ציפוף קלים (עד 1.2 טון) לדרגה שנקבעה ע"י המתכנן.
- במידה ונדרשת הרטבה של חומר המילוי יש להרטיב בצורה מבוקרת, כך שלא ייווצרו שלוליות וציפה של הצינור.

מילוי סופי

- מילוי סופי יתבצע עד פני הקרקע.
- המילוי יתבצע מקרקע מקומית או מיובא בתנאי שלא מכיל חומר אורגני או אבנים גדולות מ-30 מ"מ או לפי אישור המתכנן.
- הידוק המילוי בכלים כבדים מותר במידה וגובה הכיסוי הכולל גבוה מ-40 ס"מ מרום הצינור.
- בכל מקרה אין לעלות עם רכב כבד על פני התעלה אלא לאחר השלמת המילוי הסופי וכיסוי התעלה.



הוראות הנחה לצנרת פלדקס עם בטון CLSM

שימוש ב CLSM אינו הכרחי, השימוש על פי דרישת המתכנן או לפי צרכים אחרים כגון סגירה מהירה של תעלה באזורי צפופי אוכלוסיה או כל שיקול אחר.

הכנות ליישום מילוי עם בטון CLSM

- הצינורות יונחו במרכז התעלה החפורה על גבי תושבת מהודקת בהתאם לתוכניות המאושרות על ידי המתכנן.
- מדידת המיקום, העומק והשיפוע של כל צינור תבוצע על-ידי מודד מוסמך.
- על הקבלן לארגן את העבודה באתר כך שפריקת בטון CLSM החומר תבוצע באופן רצוף על מנת לאפשר זרימה חופשית למרחקים גדולים יחסית ומילוי נאות של חלל התעלה.
- על הקבלן לתכנן היטב את היציקה מראש ולמקם לפני היציקה מחסומים למניעת הזרימה של הבטון למקומות בלתי מתוכננים.
- באתרים בהם מתוכננת צנרת בשיפועים אורכיים גדולים, יש לצקת בשלבים תוך הנחת מחסומים למניעת הצטברות של הבטון באזורים הנמוכים.
- טמפרטורה משפיעה על זמן ההתקשות של הבטון, היציקה ותוצאותיה- לכן על הקבלן להתייעץ עם ספק הבטון בנוגע לתנאי הסביבה.

עיגון הצינור

- בשל משקלו העצמי הנמוך, הצינור עלול לזוז ממקומו או אף לצוף בחומר. לפיכך על הקבלן לעגן היטב את הצינורות למקומם לפני התחלת היציקה (בעזרת "באלות" או עיגון אחר).



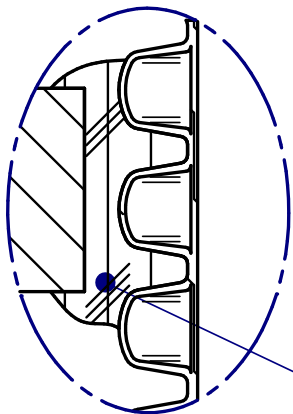
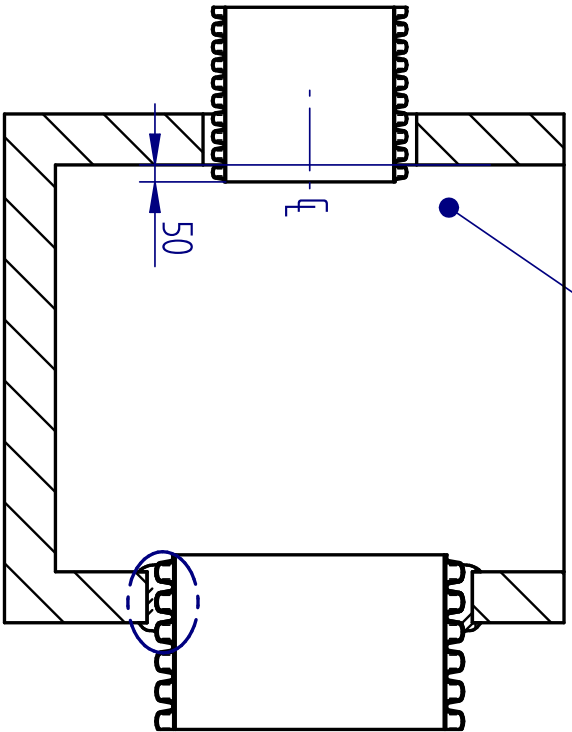
יציקה

- על מנת להקטין את השפעת הלחץ הידרוסטטי על דפנות הצנרות והתעלה ניתן לצקת את החומר בשלבים/שכבות, כאשר כל יציקה של הבטון בכל שלב/שכבה תבוצע בתום התקשרות/התקשות של הבטון שנוצק בשלב הקודם.
- בעת היציקה יש להקפיד שהבטון המוזרם יהיה במרכז הצינור כדי למנוע תזוזה כמו כן יש להימנע מהזרמת הבטון על גבי דפנות התעלה מחשש להתמוטטות.
- גובה היציקה צריך לעבור את רום הצינור ב-10-8 ס"מ לפחות
- אין להדק שכבות של מילוי מעל יציקת הבטון לפני הגיעו לחוזק מזערי בשיעור של 0.35 MPa (בדרך כלל 48-72 שעות)
- בכל מקרה אין לעלות עם רכב על החומר הקשוי לפני תום שמונה שעות ממועד היציקה.

שרות שדה, פיקוח והדרכה

1. יש לקבל הדרכה ופיקוח מפורטים באתר מחברת **פלדקס** לגבי הנחיות הנחת הצינורות, באמצעות שירות-השדה בנוכחות מנהל הפרויקט או מי מטעמו.
2. ההדרכה האמורה לא משחררת את הקבלן מאחריותו הכוללת לעבודה ולמוצר.

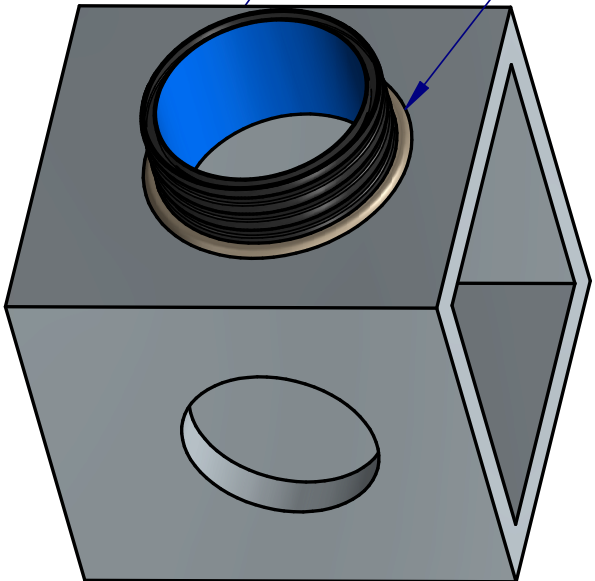
1 2 3 4



בטון בלתי מתכווץ
בתוספת סיקה גראוט
או ש"ע

בטון בלתי מתכווץ
בתוספת סיקה גראוט
או ש"ע

צנרת פלדו



קוטר קידח	קוטר קידח	קוטר צינור (פנים)
550	500	400
650	600	500
750	700	600
850	800	700
1000	950	800
1050	1000	900
1300	1200	1000
1550	1450	1250
1800	1700	1500



PHONE NO. 03-9373043
MOBILE NO. 054-6201247

HARDNESS:

REVISION
02

PROJECT:
חיבור צנרת פלדו לשוחות בטון בעזרת בטון בלתי מתכווץ

All Dim. In Millimeters

PLACE: AVROT

PART NAME:

DATE OF ORIGIN:

FINISH:

DATE:

SIGNATURE:

MATERIAL:

DWG NO.
DW.604.PP

A4

SCALE: 1:5

SHEET 1 OF 1

APP'D

NAME
Yigal Noy

DATE
10/07/06

SIGNATURE

DESIGN
Yigal Noy

DATE OF ORIGIN:

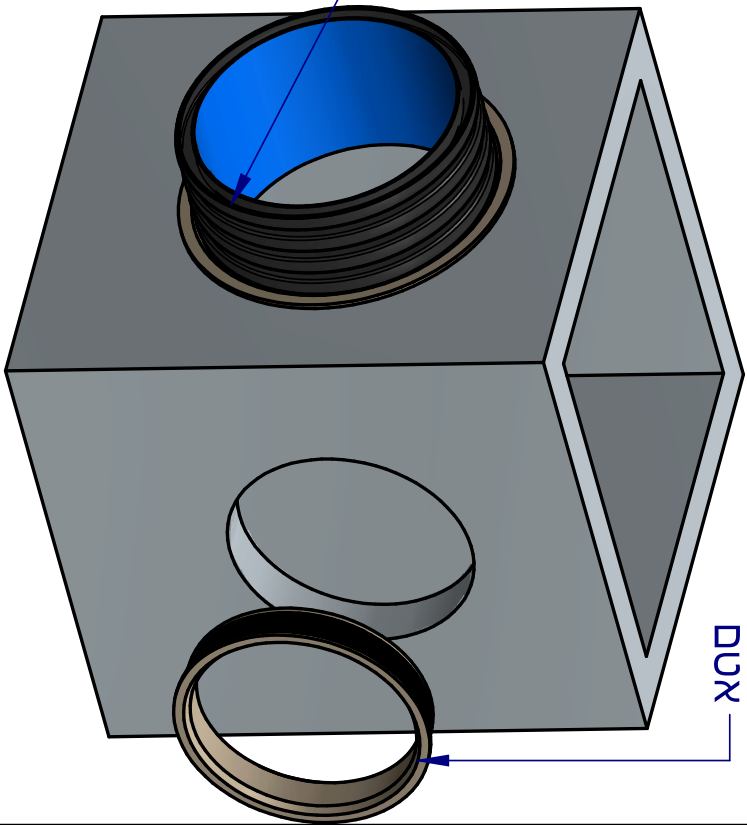
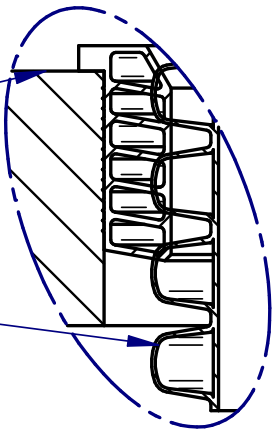
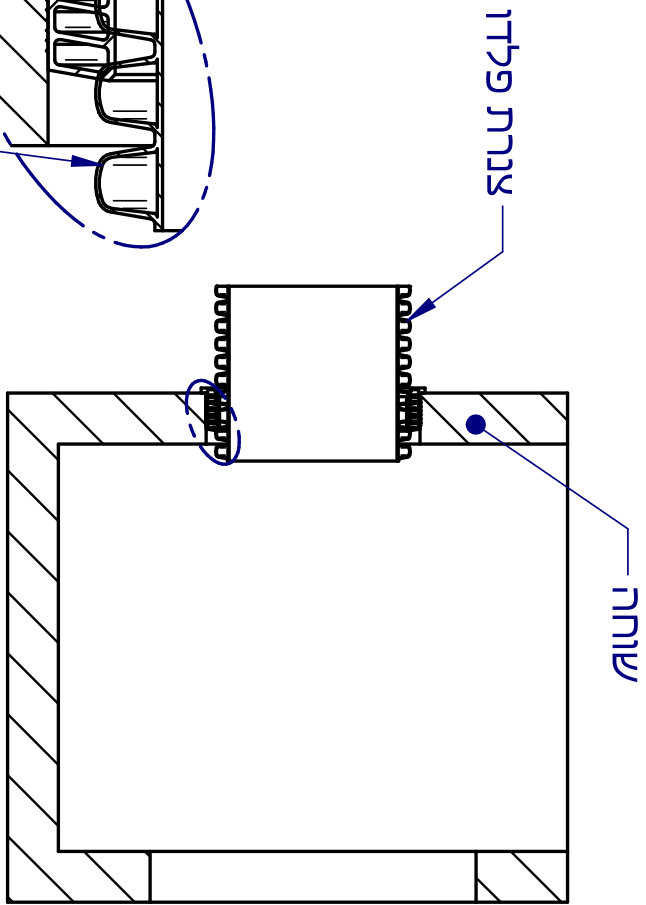
FINISH:

DATE:

SIGNATURE:

MATERIAL:

1 2 3 4



קוטר קוד בשוחה	קוטר צינור (פנים)
510	400
630	500
740	600
960	800

צנרת פלדו

צנרת פלדו

שוחה

שוחה

אטם



PHONE NO. 03-9375043
MOBILE NO. 054-6201747

REVISION
01

PROJECT:
**חיבור צנרת פלדו
לשוחות בטון בעזרת אטם**

All Dim. In Millimeters

PLACE: AVROT

PART NAME:

DATE: 20/07/2015
SIGNATURE:

DATE OF ORIGIN:
MATERIAL:

DWG NO.:

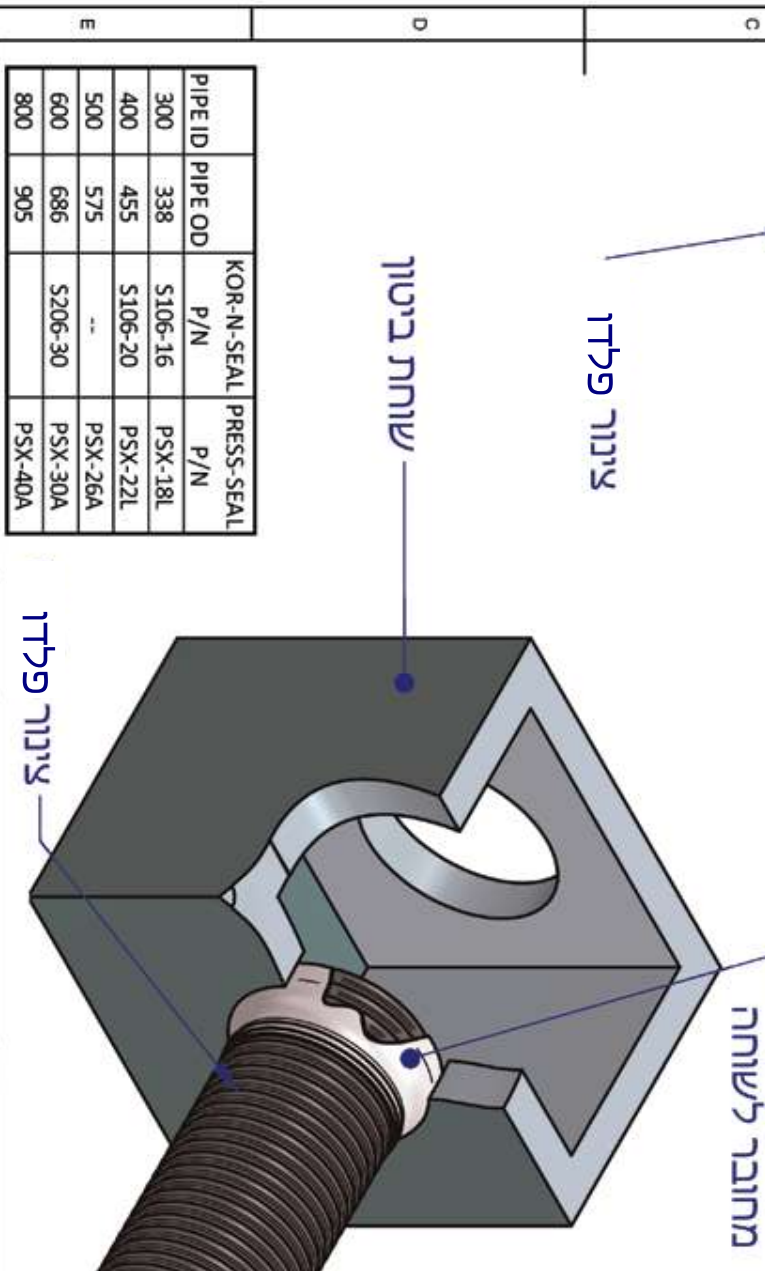
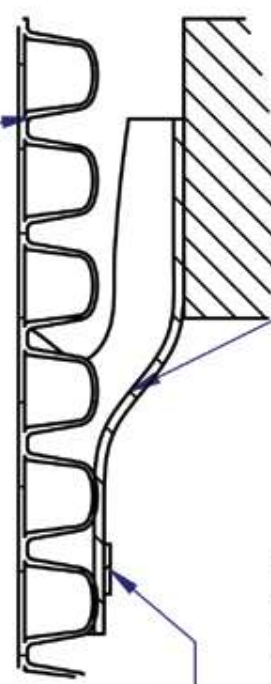
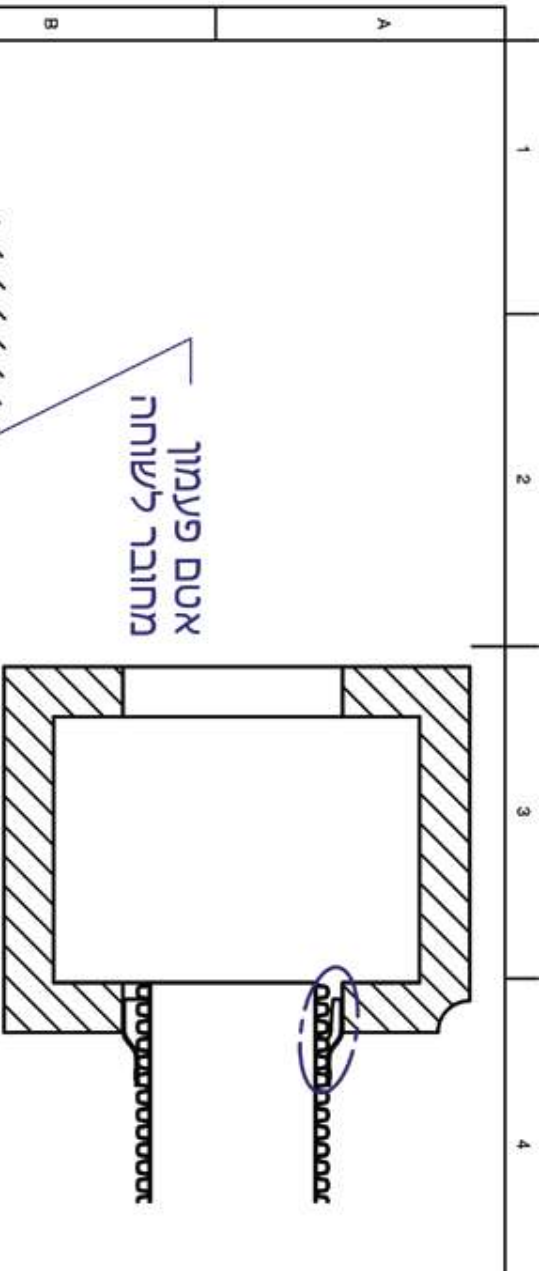
DW.603.PP

A4

DESIGN: Yigal Noy
20/07/2015

SCALE: 1:5

SHEET 1 OF 1



PIPE ID	PIPE OD	KOR-N-SEAL P/N	PRESS-SEAL P/N
300	338	S106-16	PSX-18L
400	455	S106-20	PSX-22L
500	575	--	PSX-26A
600	686	S206-30	PSX-30A
800	905		PSX-40A



PALADEX Ltd.
Avrot Industries group

PHONE NO. 03-63735043
MOBILE NO. 054-4201747

NAME: Vignol Noy
DATE: 28/7/11
SIGNATURE: [Signature]

APPROVED: Vignol Noy
DATE: 28/7/11

REVISION: 03
FINISH:

PART NAME: **רנתיית חיבור צינור**
PROJECT: **פרט חיבור של צינור פלדו לשוחות בטון עם מתבר פעמון**
PRESS-SEAL או איטוביב

SCALE: 1:5
SHEET 1 OF 1

4.3 בדיקת תקינות צנרת

הקדמה

התקנת צנרת בקרקע מחייבת בקרה ובדיקה. ישנה חשיבות לזיהוי בעיות וסטייה מתקנים לפני הפעלת הקו. במרבית המקרים מספיקה בדיקת ויזואלית על מנת לזהות תקלות ובעיות בקו, לעיתים ישנו צורך באמצעים נוספים אשר יכולים לספק תמונת מצב מהירה ומדויקת על תקינות המערכת.

בדיקת צילום CCTV

הקבלן יבצע בדיקה חזותית פנימית לאורך קווי צינורות (מים, ביוב) שבוצעו על ידו באמצעות פעולות צילום עם מצלמת טלוויזיה במעגל סגור (CCTV), שתוחדר לצנרת ותנוע לאורכה. ביצוע הבדיקה והצילום יעשה לאחר הנחת הצנרת, כיסוי והידוק שכבות המילוי כנדרש. מהלך הצילום יוקרן בזמן אמת על מסך טלוויזיה במעגל סגור ויתועד על גבי CD.

בדיקת מעוות (דיפורמציה)

במקרים בהם ישנו צורך לוודא שמידת המעוות של הצינור אינה עולה על המאושר בתקן, ניתן לבצע בדיקת מעוות עד כ-30 ימים לאחר ההתקנה. שינוי של אחוזים בודדים בקוטר הצינור הינו קשה לזיהוי בעין ולכן במקרים אלו הפתרון המקובל והפשוט ביותר הוא בעזרת מדיד GO/NO-GO.

בדיקת המעוות מבוססת על מדיד GO/NO-GO בקוטר תואם אשר נמשך משוחה לשוחה. במידה והמדיד עובר בהצלחה את אורכו של הצינור ניתן להסיק כי מידת המעוות קטנה מדרישת התקן. המדיד מוחדר במעלה הצינור דרך פתח השוחה ונמשך על ידי חבל עד לשוחה הקרובה במורד הצינור. מדיד GO/NO-GO לדוגמא ניתן לראות בתמונה מספר 2.



תמונה 1: מצלמת VTCC לצילום פנימי בצנרת



תמונה 2: דוגמא למכשיר כישור לבדיקת מעוות

4. נספחים



על פי התקן הישראלי עבור צנרת פלדקס המעוות המקסימאלי המותר בקוטר הצינור הינו -5% מהקוטר הבסיסי (הקוטר המינימלי). המעוות המקסימאלי המומלץ הינו 3%. בטבלה 1 מוגדרים קטרים מומלצים למדידים לביצוע בדיקות על פי דרישת תקן (5%) וכן על פי המומלץ לביצוע (3%).

סוג צינור (מ"מ)	קוטר מינימאלי	3%	8%
400	383	372	364
500	486	471	462
600	584	566	555
800	766	743	728

טבלה 1: קטרים מומלצים למדידי GO/NO-GO לביצוע בדיקות מעוות בצנרת **פלדקס**

במידה וזוהתה בעיית מעוות נקודתית בצינור, ייתכן שקימת פגיעה חיצונית. ניתן לבצע תיקון נקודתי באיזור הפגוע לשם תיקון הצינור יש לפנות לשירות שדה.



בדיקת אטימות צנרת

יש לסגור את פתח הצינור בעזרת פקקים, בקצה התחתון הסגירה תתבצע בעזרת פקק מיוחד תוך התקנת אמצעים להכנסת מים והוצאתם בקצה העליון הסגירה תתבצע בפתח הצינור הנגדי, ממלאים את הקטע בבדיקה במים דרך הפקק בקצה התחתון עד שהמים מגיעים בתא, בקצה העליון לגובה של 1.5 מטר לפחות מעל תחתית השוחה.

משהים את המים בקו למשך 24 שעות, כדי לאפשר לשוחות הבטון לספוג מים (בשוחות פלסטיק ניתן לדלג על שלב זה). ממלאים את הקו במים החסרים עד לגובה של 1.5 מטר לפחות מעל תחתית השוחה, מפלס מים זה יש לקיים ברציפות למשך 24 שעות לפחות. במקרה והבדיקה לא תעמוד בקריטריונים יבוצע תיקון בקו בהתאם להנחיות שירות שדה של היצרן.

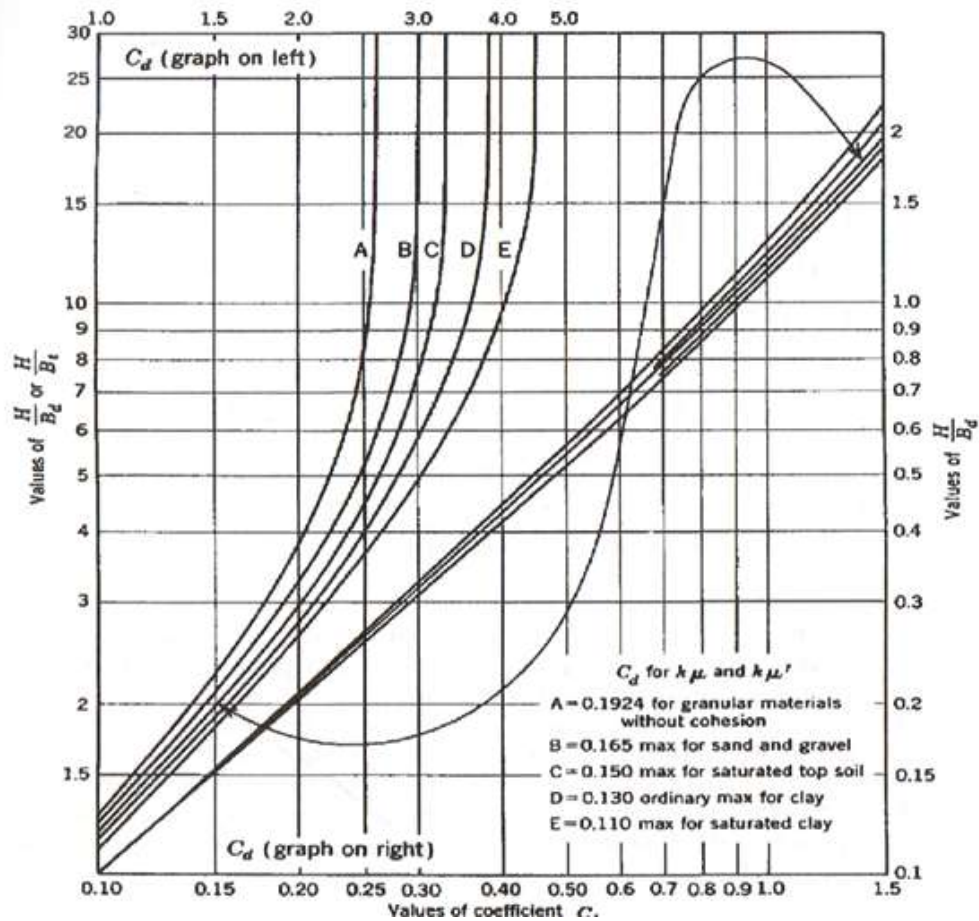


צינורות בקטרים 800 מ"מ ומעלה, ניתן לבדוק עם מתקנים יעודיים לבדיקת אטימות מחברים.

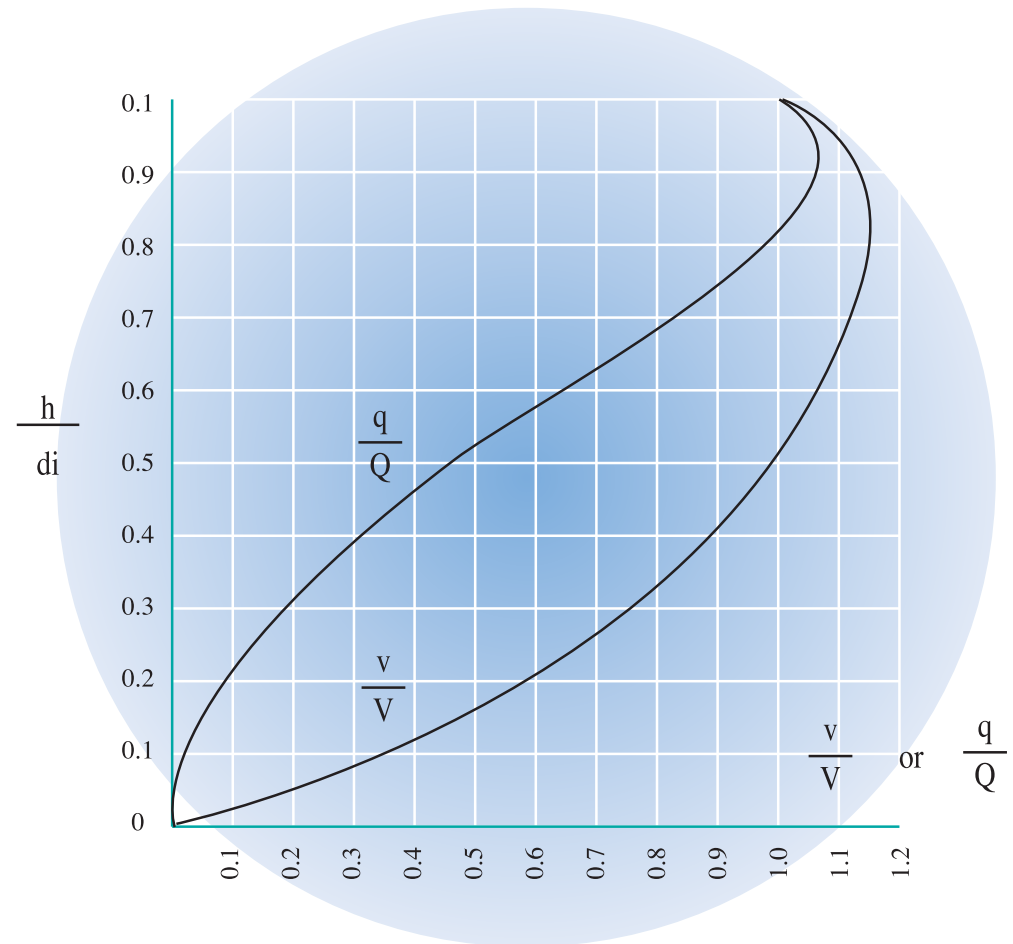
מקור: Installation Recommendations for Corrugated Pipe, CPPA – Plastic Pipe Institute

על פי תקן ישראלי לצנרת פוליאתילן בעלת דופן מבנית.

4.5 גרף לחישוב עומסי קרקע



4.4 גרף מהירות וספיקה מול גובה מילוי



4.6 נתונים למפרידי בוצה

Volume utile [lt]	L interna [mm]	He [mm]	Hu [mm]	Ø E/U [mm]	Ø ispezioni [mm]
1940	1459	1100	1080	150/150	710
1940	1528	1080	1060	200	710
2000	1575	1080	1060	200	710
3000	1648	1340	1320	250	710
4000	2312	1275	1255	315	710
5000	2890	1275	1255	315	710
6500	1940	1835	1815	315	800
8000	2388	1835	1815	315	800
8500	2537	1835	1815	315	800
9000	2687	1835	1815	315	800
10000	2985	1835	1815	315	800
12500	3906	1750	1730	400	800
15000	4688	1750	1730	400	800
18000	5556	1750	1730	400	800
20000	5128	1950	1930	400	800 (x2)
25000	6410	1950	1930	400	800 (x2)
30000	7692	1950	1930	400	800 (x2)

אברות

תעשיית בע"מ



קיבוץ בארות יצחק 609050

פקס: 03-9375003
www.avrot.co.il

טלפון: 03-9375027
avrot@avrot.co.il

לפי דיני זכויות היוצרים התקפים בישראל, ועל פי אמנות בין-לאומיות,
יש לקבל את אישור אברות לפרסום ו/או שימוש בטקסט, תמונות, איורים,
גרפיקה חישובי נוסחאות נתונים סטטיסטיות וכל דבר אחר המוצג בקטלוג.

כל הזכויות שמורות לאברות בארות יצחק, ישראל