

## הנדון: חישוב מעוות בבתי גדול עצים TREE TUBE

### מבוא

בתי גידול לעצים – TREE TUBE מבוססים טכנולוגית צנרת בעלת דופן מבנית מחזקת מסוג פלדקס. גובה הכיסוי מעל רום הצינור הינו אחד הגורמים הקובעים בעת חישובי עומסי כושר הנשיאה על גבי הצינור.

בתי גידול העצים ממוקמים באיזור המדרכה בהגדרה קבוצה 2 על פי תקן EN124 ולכן העומס הדינמי המקסימאלי המחושב הינו 125KN למ"ר.

קבוצה	תאור	דרג EN124	עומס בדיקה
1	איזורים היכולים לשמש רק להולכי רגל ולאופניים	A15	15kN
2	מדרכות, אזורי הולכי רגל, מגרשי חניה	B125	125kN
3	איזור תעלות הניקוז שבכביש, לאורך המדרכה	C250	250kN
4	מסלולי נסיעה בכביש לכל סוגי הרכב	D400	400kN
5	איזורים הנתונים לעומסי גלגלים כבדים	E600	600kN
6	איזורים הנתונים לעומסי גלגלים כבדים במיוחד (שדה תעופה)	F900	

### חזק ועומסים

המשוואה הנפוצה ביותר לחישוב מעוות בצנרת גמישה היא משוואת ספנגלר ( Spangler's lowa Formula). נוסחה זו מעוגנת בצורות שונות במרבית התקנים הנמצאים בשימוש בעולם. הנוסחה מתבססת על פרמטרים שונים הנוגעים לתכונות הצינור, תכונות הקרקע, צורת ההידוק, והעומסים הנעים והסטטיים המורגשים על גבי הצינור. במהלך השנים הנוסחה שוכללה ופותחה וזאת הגרסה הנפוצה כיום:

$$\Delta y = \frac{D_L * (K * W_c + W_l)}{8 * S_n + 0.061 * E'}$$

- ΔY	מעוות אנכי
- DL	מקדם פיגור לדפורמציה (Deflection Lag Factor)
- K	קבוע חומר התושבת
- Wc	עומס סטטי (קרקע ומבנים)
- Wl	עומס נע (תעבורת רכב)
- SN	דרגת קשיחות הצנרת
- E'	מודול הריאקציה של הקרקע

### להלן חישוב המעוות בצנרת פלדקס עם כיסוי 60 ס"מ ועומס נע של 50 טון

נתונים:

קוטר צינור נומינלי:	1000 מ"מ
קוטר צינור חיצוני:	1050 מ"מ
צפיפות חומר המילוי:	1,920 ק"ג/מ"ק
גובה כיסוי:	30 ס"מ
עומס נע:	125 KN

איכות הנחה: איכותית - שכבות חול מורטבות עם הידוק מכאני חזק

**חישוב מעוות הצפוי בנוסחת ספנגלר:**

לפי משוואת ספנגלר, בהנחה שהצינור מונח על פי התקן וע"פ התנאים הנתונים, מעוות הצינור התיאורטי **0.36%**,

לשם השוואה בוצע ניסוי שטח בתנאים זהים לתנאים שחושבו בצורת תאורטית

**תקציר ניסוי השטח בניהולו של ד"ר מרק טלסניק מהטכניון**

<http://www.technion.ac.il/~talesnik/index.html>

הניסוי כלל מספר שלבים שתמציתן מתואר להלן:

- הן בצינור והן בקרקע הונחו חיישנים אשר מדדו את לחצי הקרקע ואת מעוות הצינור
- גובה הכיסוי של הצנרת היה 45 ס"מ ועליו נעו כלי רכב בעלי עומס שונה על מנת לדמות מצבים שונים.
- העומס המרבי שנע הינו מוביל עפר (פירקית בעלת 3 סרנים) עמוסה במשקל כולל של 50.4 טון.



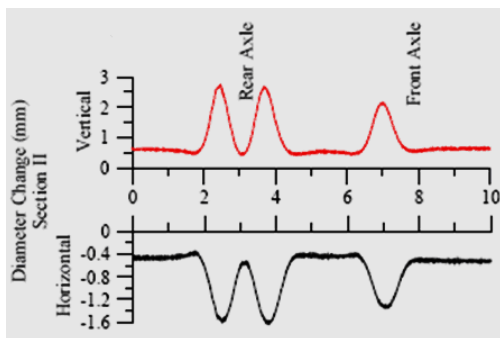
תמונה 1:

צילום פנים הצינור בו הותקנו חיישני עומסים ומעוות אנכיים ואופקיים.

תמונה 2:

מוביל עפר עמוס במשקל 50.4 טון נוסע מעל צינור הפלדקס בעל גובה כיסוי של 45 ס"מ בלבד.

**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 לקוטר המקורי לאחר כל מאמץ רגעי – כלומר לא הייתה דפורמציה שיררית.

$$3[\text{mm}]/800[\text{mm}] = 0.00375 \rightarrow 0.375\%$$

- 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 נעים חריגים גם בגובה כיסוי מינימלי.

בדיקת קשיחות טבעתית- צנרת פלדקס עבור TREE TUBE  
בוצעה בדיקת קשיחות טבעתית במקטע צינור זה למוצר של TREE TUBE כדי לזהות את היכולת  
בעמידה בעומסים דינאמיים וסטטים.  
ניתן לראות בברור שהקשיחות הטבעתית עומדת בדרישות

