



# הצעה לבניית גשר קשתות

## מהלך היחידה

1. היכרות עם הסיטואציה - בניית גשר קשתות פרבוליות.....2
2. ייעול תחשיב עלות החומרים לבניית העמודים .....4
3. חישוב עלות החומרים לבניית העמודים – פונקציה ריבועית.....5
4. חישוב עלות החומרים לבניית העמודים – פונקציות שונות?.....6
5. חישוב עלות החומרים עבור לוחות הפלדה .....7
6. הכנת מסמך להצגה.....8

## 1. היכרות עם הסיטואציה - בניית גשר קשתות פרבוליות

מועצת העמקים פרסמה מכרז לבניית גשר, שימש למעבר של כלי רכב והולכי רגל מעל קניון עמוק שבשטחה. חברת א.א.א. גשרים בע"מ החליטה להגיש הצעה לבניית הגשר, ומינתה לפרויקט צוות מקצועי.



גשר הירקון\*\*



גשר מעל נחל הירקון\*

לאחר בדיקה של תנאי השטח, הציע צוות הפרויקט לבנות גשר קשתות, שבו הכביש עובר מתחת לקו הקשתות. הצוות הסביר שסוג גשר זה מתאים במיוחד למקומות שבהם קשה או בלתי אפשרי, לבנות תמיכה במרכז הגשר, כגון בגשרים מעל נהרות וקניונים עמוקים. למשל: גשר הירקון (בתמונה), גשר הל גייט בארה"ב, גשר נמל סידני באוסטרליה, ועוד.

צורת הקשת שבחר צוות הפרויקט עבור הגשר היתה פרבולה – צורה שנמצאה יעילה לנשיאת עומס ונמצאת בשימוש במבנים שונים בעולם.

תוכלו להתרשם מגשרים שונים בקישורים הבאים:

- גשר קשתות בנמל סידני (מתוך ויקיפדיה)

[https://he.wikipedia.org/wiki/גשר\\_קשת](https://he.wikipedia.org/wiki/גשר_קשת)

- איך בנוי גשר קשתות? (אנציקלופדיה אוריקה)

<https://eureka.org.il/item/41715/>

- שימושים של קשת פרבולית במבנים בעולם (מדקה 5.04)

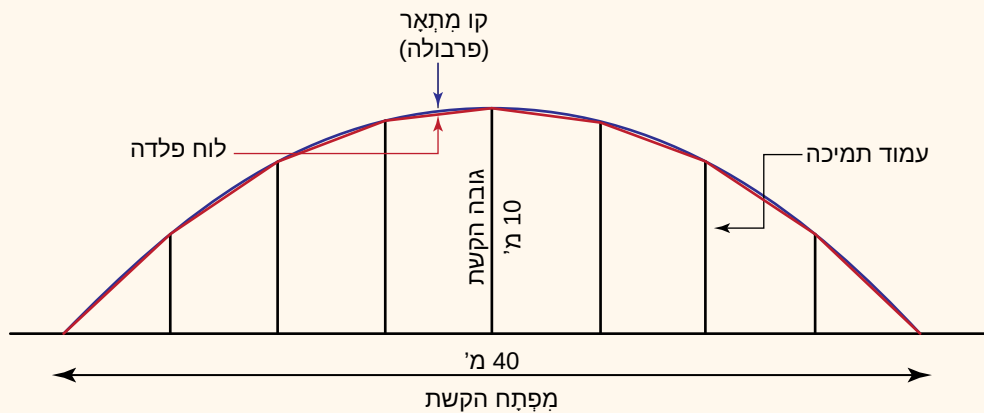
[https://www.youtube.com/watch?v=0HRA\\_y\\_hfUQ](https://www.youtube.com/watch?v=0HRA_y_hfUQ)

\* ילנה שקולניק - Ilana Shkolnik, מתוך אתר פיקיוקי

\*\* מאת Ori-, מעלה היצירה, Attribution, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6025250>

לפניכם התכנון הראשוני של הגשר, שהציג צוות הפרויקט למנהלת החברה.

### תכנון ראשוני של גשר מעל הקניון העמוק במועצת העמקים



- גשר קשתות, שבו הכביש עובר מתחת לקו הקשתות.
- שתי קשתות שצורתן זהה.
- כל קשת מורכבת ממספר לוחות פלדה מלבניים ברוחב קבוע, שיוצרים קרוב לקו מתאר של פרבולה.
- המפתח של כל קשת (המרחק מתחילת הקשת ועד סופה) הוא 40 מטר.
- החיבור של הכביש לכל אחת מהקשתות נעשה על-ידי 7 עמודים, שמרחקם זה מזה, ומקצות הקשת, שווה.
- גובה העמוד האמצעי (גובה הקשת) הוא 10 מטרים.

בחרו שני מונחים הקשורים למבנה גשר קשתות, והסבירו אותם.

---

---

---

## 2. ייעול תחשיב עלות החומרים לבניית העמודים

התכנון הראשוני של הגשר מצא חן בעיני מנהלת החברה, והיא ביקשה לדעת כמה יעלה לבנות את הגשר. כחלק מתהליך הכשרתן, התבקשו שלוש מתמחות בחברת א.א.א. גשרים בע"מ, לחשב את עלות החומרים שנדרשים לבניית העמודים והקשתות.

לפניכם קטע משיחה שהמתמחות ניהלו בנושא זה.

**מתמחה 1:** החומרים האלה מתומחרים על פי "מטר אורך" או "מטר רץ". כלומר, המחיר נקבע לפי יחידת אורך של מטר אחד לרוחב קבוע.

- עלות החומרים לבניית עמודי התמיכה היא 2,000 שקלים למטר אורך (רץ).
- עלות לוחות הפלדה לבניית הקשתות היא 4,000 שקלים למטר אורך (רץ).

**מתמחה 2:** כדי לקבל את העלות הכוללת נצטרך לחשב את הגובה של כל עמוד, ואת האורך של כל לוח פלדה.

**מתמחה 3:** לא צריך לעבוד כל כך קשה. אפשר לייעל את החישוב.

- הציעו דרך לייעול החישוב של עלות החומרים הדרושים לעמודי התמיכה לקשתות.

---

---

---

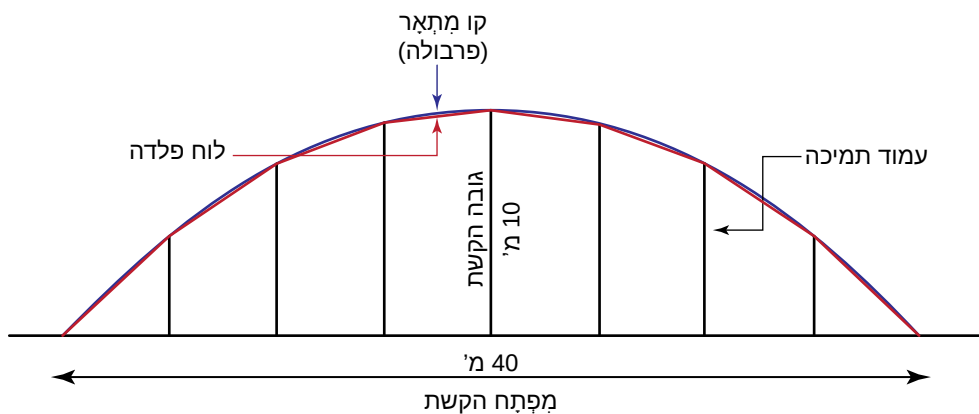
### 3 חישוב עלות החומרים לבניית העמודים – פונקציה ריבועית

המתמחות החליטו לחשב, בשלב הראשון, את עלות החומרים הדרושים לבניית עמודי התמיכה. לפניכם חלק מהדיון שניהלו בנושא זה.

**מתמחה 1:** לפי מה שראינו קודם, אחרי שנחשב את הגבהים של 3 עמודים, נוכל בקלות למצוא את הגבהים של כל 14 העמודים. אבל איך נחשב את הגבהים של 3 העמודים האלה?

**מתמחה 2:** הקשתות הן בצורת פרבולה. אם נוסיף מערכת צירים לשרטוט של הגשר, נוכל לחשב את הגבהים של שלושת העמודים.

1. סמנו בשרטוט שלפניכם 3 עמודים מתאימים להצעה של **מתמחה 1**.



2. היעזרו בהצעה של **מתמחה 2**, הוסיפו מערכת צירים לשרטוט הגשר, וחשבו את העלות הכוללת של החומרים לבניית העמודים. פרטו איך חישבתם.

---

---

---

## 4. חישוב עלות החומרים לבניית העמודים – פונקציות שונות?

המתמחות התלהבו מההצעה של **מתמחה 2** להוסיף מערכת צירים לשרטוט של הגשר, אבל לא הצליחו להגיע להסכמה לגבי מיקומה. הן החליטו שכל אחת תמקם את מערכת הצירים בדרך שונה, לפי בחירתה, ותחשב את גובהי העמודים ועלות החומרים הדרושים. לאחר שיסיימו, יפגשו כדי להחליט איזו דרך עדיפה, ואותה יציגו לצוות המקצועי. לפניכם קטע מהשיחה של המתמחות, לאחר שכל אחת מהן עבדה בנפרד.

**מתמחה 1:** המיקום שבחרתי למערכת הצירים היה מצוין. מצאתי בקלות את הפונקציה  $f(x) = -\frac{1}{40}x^2 + 10$ , ואז חישבתי את האורך הכולל של העמודים. יצא לי 105 מטרים, ועלות החומרים 210,000 שקלים.

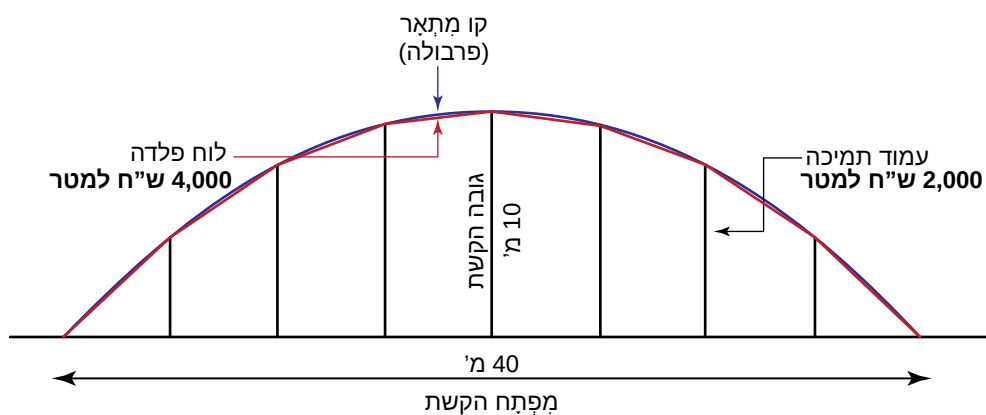
**מתמחה 2:** גם המיקום שאני בחרתי היה מצוין, אבל נראה לי שהיתה לך טעות, כי הפונקציה שאני מצאתי היא  $f(x) = -\frac{1}{40}x(x-40)$ , והיא שונה מזאת שאת מצאת. זה מוזר, כי אורכי העמודים והעלות שאני חישבתי הם בדיוק כמו שיצא לך.

**מתמחה 1:** זה באמת מוזר. אני לא חושבת שטעיתי. אולי את טעית.

**מתמחה 3:** נראה לי שאף אחת מכן לא טעתה. גם אני קיבלתי אותם אורכים ואותה עלות, אבל המיקום שבחרתי למערכת הצירים היה פחות מוצלח.

1. האם לדעתכם דרך הפתרון של **מתמחה 1** נכונה?

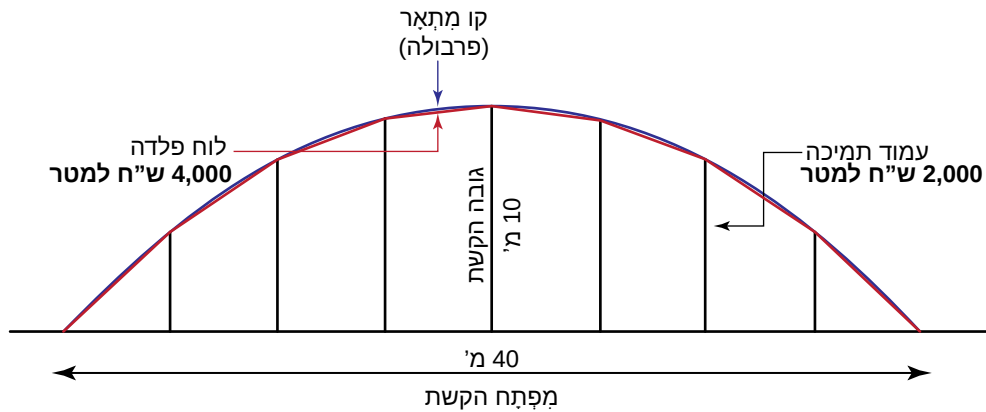
- אם כן, הוסיפו לשרטוט מערכת צירים מתאימה.
- אם לא, הסבירו את הטעות.



### דרך הפתרון של מתמחה 1

2. האם לדעתכם דרך הפתרון של **מתמחה 2** נכונה?

- אם כן, הוסיפו לשרטוט מערכת צירים מתאימה.
- אם לא, הסבירו את הטעות.



### דרך הפתרון של מתמחה 2

3. איפה כדאי, לדעתכם, למקם את מערכת הצירים? ואיפה **לא** כדאי? הסבירו.

---

---

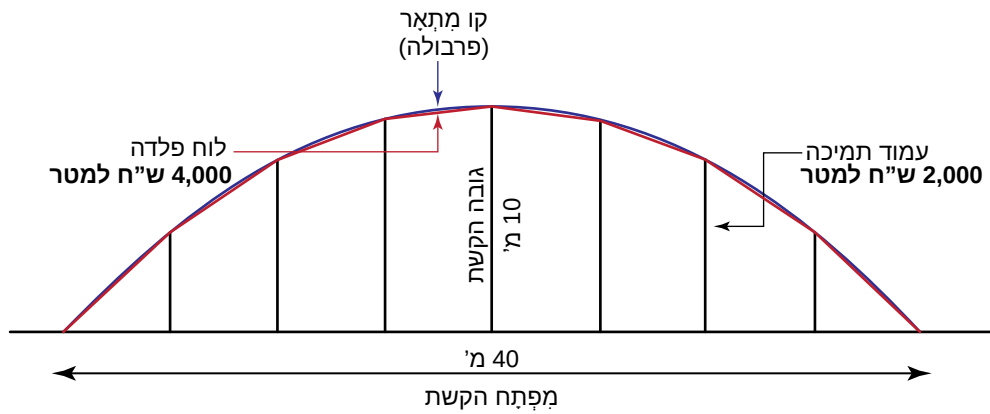
## 5. חישוב עלות החומרים עבור לוחות הפלדה

לאחר שהמתמחות השלימו את חישוב עלות החומרים הדרושים לעמודים, הן עברו לחשב את עלות לוחות הפלדה המרכיבים את שתי הקשתות. לפניכם חלק מדיון שעסק בנושא זה.

**מתמחה 1:** רואים בשרטוט שהאורך של כל לוחות הפלדה הוא זהה. אז מספיק למצוא את האורך של לוח פלדה אחד ואז נכפיל במספר הלוחות.

**מתמחה 2:** זה לא נכון. לכל לוח יש אורך שונה, ולכן צריך לחשב אורך של כל לוח, ויש 16 לוחות פלדה!

**מתמחה 3:** זה נכון שלא לכל הלוחות יש אותו אורך. אבל יש לוחות שהאורכים שלהם שווים. אז אפשר לייעל את החישוב. מספיק לחשב את האורך של ארבעה לוחות בלבד, ומשם זה כבר פשוט.



1. האם הטענה של מתמחה 1 נכונה? הסבירו \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. האם הטענה של מתמחה 2 נכונה? הסבירו \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. האם הטענה של מתמחה 3 נכונה? הסבירו \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. חשבו את העלות הכוללת של החומרים לבניית הקשתות. פרטו איך חישבתם.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## 6. הכנת מסמך להצגה

הכינו הצעה למסמך שיוגש על ידי המתמחות לצוות המקצועי בחברת א.א.א. גשרים בע"מ. במסמך צריך לפרט את העלות של החומרים הדרושים לעמודים התומכים, וללוחות הפלדה שמרכיבים את הקשתות, כולל החישובים שנערכו. צריך להצדיק את הדרך שבה נערכו החישובים.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_