

$$W = 1 - \left( 1 - \frac{2 \cdot 26.1}{0.15 \cdot 36^2 \cdot 1.3} \right)^{0.5} = 0.11$$

$$b_e = \frac{75 + 15}{2} = 45 \text{ cm}$$

$$A_{s,req} = 0.00163 \times 45 \times 36 = 2.64 \text{ cm}^2$$

$$\omega = 1 - \left( 1 - \frac{2Md}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \right)^{0.5}$$

$$A_s = 26.1$$

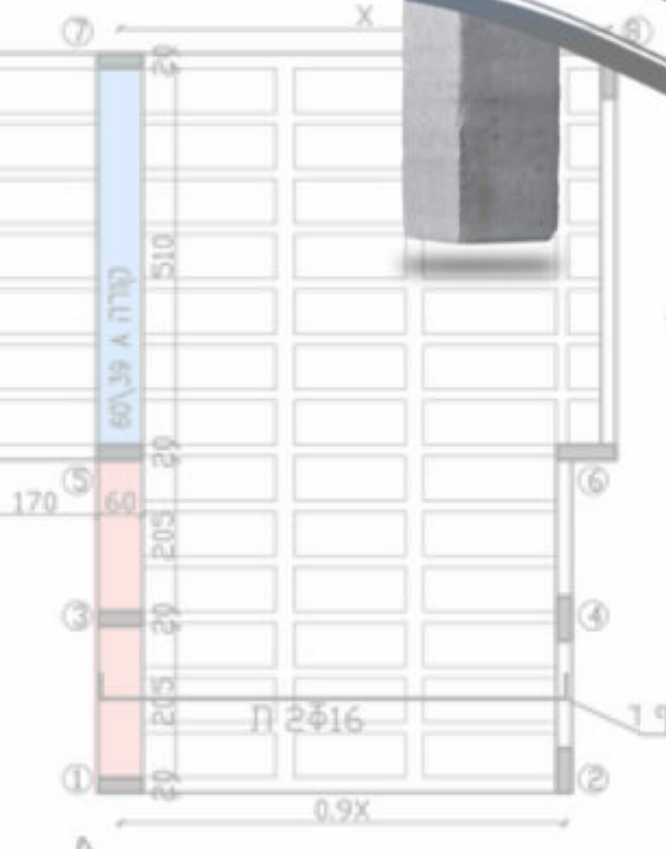
$$A_s = \frac{Md}{(1 - \frac{\omega}{2}) \cdot d \cdot f_{sd}}$$



קוטר mm	1	2
8	0.50	1.01
10	0.79	1.57
12	1.13	2.26
14	1.54	3.08

$$\phi A_s = 3.08 \text{ cm}^2$$

ASAd



$$l_0 = 5.3 \times 0.8 = 4.24$$

$$K_{12} = \frac{l_0 \max}{h \cdot k_{11} \cdot k_{13}}$$

$$K_{12} = \frac{4.24}{0.39 \times 1 \times 1} = 10.87 \Rightarrow F_{ser} = 115.2 \text{ kN/m}^2$$

$$115.2 = \frac{62.4}{b} \Rightarrow b = 0.54 \text{ m} \Rightarrow b = 54 \text{ cm}$$

כפוף בנסרה שלום  
 על הקורנה  
 62.4 kN/m = 5.7  
 31.59 kN/m = 1.3, 3.5

פתרון מוצע - מה"ט אביב 2023 מועד א

שלמה ראובן - למדא חזקים בבטון

052-358-8801

למדא - קהילה לומדת

WWW.LAMDASTATICS.CO.IL

ענו על 3 מבין השאלות 1-4, ערך כל שאלה 33 נקודות.

שאלה 1 (33 נק')

בתרשים מספר 1 מסורטטת קורה על שני סמכים. התרשים כולל את חתך הקורה ואת העומסים האופייניים הפועלים עליה: עומסים שמחולקים באופן שווה לפי התרשים וכוח מרכזי באמצע שדה AB. העומס הקבוע כולל את משקלה העצמי של הקורה. הקורה חושבה עבור עומסי התכן, ותוצאות החישוב הן: מעטפות כוחות הגזירה והמומנטים המסורטטים בתרשים מספר 1.

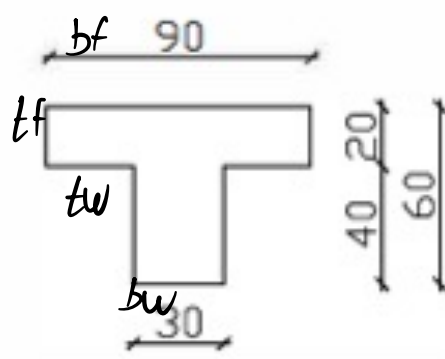
אין לשנות את מידות חתך הקורה במהלך פתרון השאלה.  
סוג הבטון: ב-30 אגרגט גירי, והזיון - מפלדה מנועלת (חוזק התכן:  $f_{sd} = 435 \text{ [Mpa]}$ ).  
5.0 סיימ- $d_s = d_s$ .

שימו לב! אין צורך לשנות את הגובה הסטטי -  $d$  אם יש צורך בשתי שכבות זיון.

חובה לציין את היחידות בכל חישוב. אי ציון היחידות יוריד נקודות.

דריש:

- 1 (נק') א. בדקו וקבעו, אם גובה הקורה עונה על דרישות הכפף של ת"י 466 (יש להתייחס לחיבור בין הזיון לשדה כריתום מלא  $\ell_{0,sw} = 0.8l$  (יש לבדוק את שני השדות).
- 2 (נק') ב. חשבו את הכמות הנדרשת של מוטות זיון בקוטר של 25 מ"מ לכיסוי המומנט החיובי בשדה AB.
- 3 (נק') ג. חשבו את הכמות הנדרשת של מוטות זיון בקוטר של 16 מ"מ לכיסוי המומנט השלילי מעל סמך B.
- 4 (נק') ד. חשבו את עומסי התכן בשדה AB:  $F_{d, \max}$ ,  $F_{d, \min}$ .
- 5 (נק') ה. עבור כוח הגזירה בחתך: א -  $A$  (מיימין לסמך B): חשבו את כוח התכן המופחת לגזירה.  
צינו את הזווית  $\theta$  בה השתמשתם בחישוב.  
חשבו את  $V_{Rd, \max}$ .  
חשבו את  $V_{Rd, c}$  (חשבו את מנת הזיון).  
חשבו את המרחק שבין החישוקים בקוטר של 10 מ"מ.
- 6 (נק') ו. חשבו את מומנט התסבולת המקסימלית של הבטון עבור מומנט חיובי:  $M_{cd, \max}$  (יש לשים לב כי החתך הוא חתך קמץ).

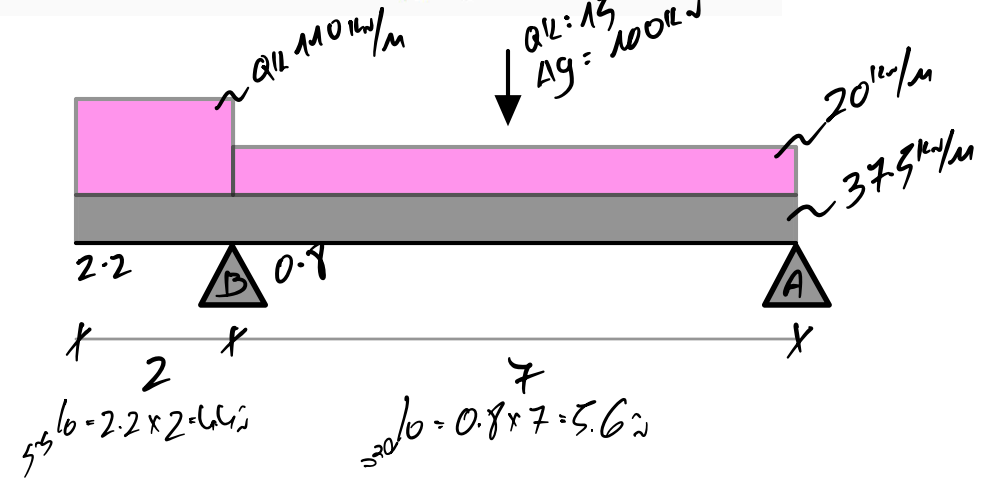
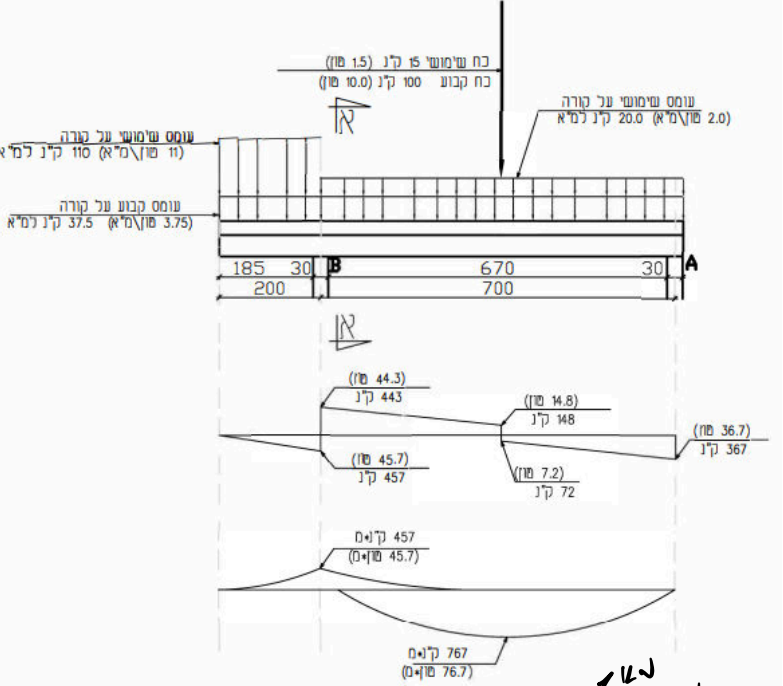


**חישוב תנאי קרי**

$$\frac{b_f}{b_w} = \frac{90}{30} = 3$$

$$\frac{h}{t_f} = \frac{60}{20} = 3$$

$$k_{11} = 0.812$$



תכנון קורות בחתך משתנה - חישוב עומס שימושי לפי כפף		
הערה	נוסחאות	שלב
1		שרטוט כל הסכמות
2	$\ell_0 = K \cdot L$	חישוב מפתחים שקילים וקביעת מפתח שקיל מקסימלי
4		חישוב עומסי שירות
5	$s \cdot w_{[kN/m]} = 25 \frac{[kN]}{[m^2]} \cdot A_{(m^2)}$	משקל עצמי של הקורה
6	$\Delta g \frac{[kN]}{[m]}$	עומס קבוע נוסף
7	$Q_k \frac{[kN]}{[m]}$	עומס שימושי
8	<b>לחץ <math>b_w</math></b> / <b>לחץ <math>b_f</math></b>	זיהוי אזור לחץ
9	$F_{ser} \frac{[kN]}{[m]} = \frac{s \cdot w_{[kN/m]} + \Delta g \frac{[kN]}{[m]} + Q_k \frac{[kN]}{[m]}}{\gamma_{over}}$ / $F_{ser} \frac{[kN]}{[m]} = \frac{s \cdot w_{[kN/m]} + \Delta g \frac{[kN]}{[m]} + Q_k \frac{[kN]}{[m]}}{M_{over}}$	סה"כ עומסים
10	הוצאת נתון מטבלאות k12	חישוב k12
11	<b>K11=1</b> / <b>לפי טבלאות K11</b>	חישוב k11
12	עפ"י סוג הבטון - נתון בשאלה 1-300 נירי-1 1.04-300 דולומיטי-1 1.02-400 נירי-1 1.07-400 דולומיטי-1	חישוב k13 נתון בשאלה
13	$h_{[m]} \geq \frac{\ell_{0max[m]}}{k_{11} \cdot k_{12} \cdot k_{13}}$	בדיקת כפף

**כבידן ככל  $\gamma = 1.35$  (של  $b_w$ )**

$$F_{ser} = \frac{110 + 37.5}{0.3} = 491.66 \text{ kN/m}$$

$$k_{12} = 6.64$$

**כבידן ככל  $\gamma = 1.35$**

$$0.6 \geq \frac{6.4}{1 \times 6.64 \times 1} = 0.66 \text{ x}$$

**כבידן ככל  $\gamma = 1.35$  (של  $b_f$ )**

הימין עומס ממוצע אגרום את אג"מ 18 מקרה 16/17

$$P = 115 + 100 = 115 \text{ kN}$$

$$F_{ser} = \frac{1.42 \times 115}{7} = 28.25 \text{ kN/m}$$

$$F_{ser} = \frac{20 + 37.5 + 28.25}{0.9} = 95.27 \text{ kN/m}$$

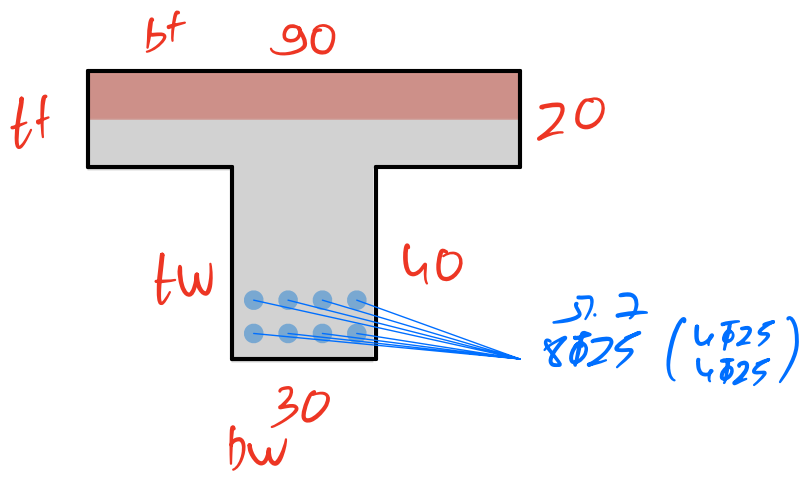
$$k_{12} = 11.58$$

**כבידן ככל  $\gamma = 1.35$**

$$0.6 \geq \frac{5.6}{0.812 \times 11.58 \times 1} = 0.595$$

**ע"כ הקורה אינה עומדת את כבידן הככל**

תכנון קורות בחתך משתנה - תכן ושטחי זיון לאגף לחוץ		
הערה	נוסחאון	שלב
1	$AS_{min[cm^2]} = \rho_{min} * b_w[cm] * d[cm]$	חישוב מגבלות שטחי זיון
2	$\omega = 1 - \left(1 - \frac{2 * Md_{[kn+m]}}{b_f[m] * d_{[cm]}^2 * fcd_{[kn/cm^2]}}\right)^{0.5}$ $X = \omega * d$	חישוב יחס חלק לחוץ בחתך - אומנה $\omega$ בדיקת תחום אזור לחוץ



כדי יוקן נתקנים

$$30 - (8 * 2.5 + 7 * 2.5 + 2.5 * 2) = -12.5 \text{ cm}$$

יש אפקטין ציון קטן שכביד

767 מומ A-B כולל כחץ

$f_{min} b = b f = 90 \text{ cm}$

$d = 55 \text{ cm}$

$AS_{min} = 0.0013 * 90 * 55 = 2.14 \text{ cm}^2$

$\omega = 1 - \left(1 - \frac{2 * 767}{0.9 * 55^2 * 1.3}\right)^{0.5} = 0.24$

$x = 0.24 * 55 = 13.2 \text{ cm} < t_f$

$x \leq t_f$	תחום האגף לחוץ ואין צורך בזיון לחוץ	6
	$AS_{[cm^2]} = \frac{Md_{[kn+m]}}{\left(1 - \frac{\omega}{2}\right) * d_{[m]} * fcd_{[kn/cm^2]}}$	חישוב שטח זיון מתוח

$AS = \frac{767}{\left(1 - \frac{0.24}{2}\right) * 0.55 * 43.5} = 36.43 \text{ cm}^2$

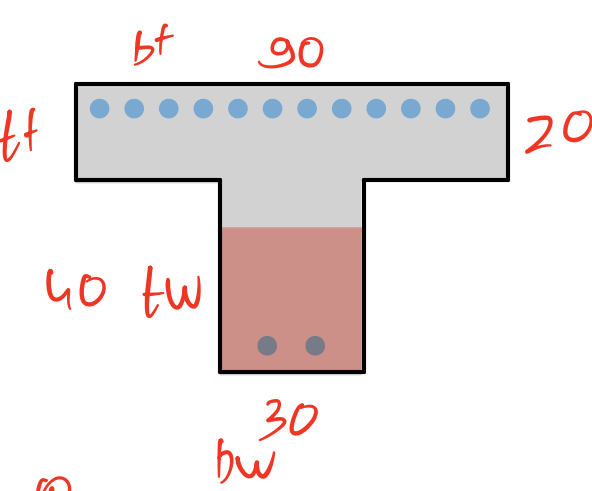
כתיב מוסך בקוטר 25

$(7.2 \text{ cm}) \quad 8 \phi 25 \quad AS_{act} = 39.27 \text{ cm}^2$

$f_{min} b = b_w = 30 \text{ cm}$

ע מומך ויבדל מומך (5.5)

$b_f[cm] = \frac{b_f + b_w}{2}$	$AS_{min[cm^2]} = \rho_{min} * b_f[cm] * d[cm]$	3	חישוב מגבלות שטחי זיון
$\omega_{min} = 0.1$ $\omega_{max} = 0.4$	$\omega = 1 - \left(1 - \frac{2Md_{[kn+m]}}{b_w[m] * d_{[cm]}^2 * fcd_{[kn/cm^2]}}\right)^{0.5}$	4	חישוב יחס חלק לחוץ בחתך - אומנה $\omega$
	$X = \omega * d$		בדיקת תחום אזור לחוץ



① חשבון זיון

$$AS_{min} = 0.0013 * \frac{90 + 30}{2} * 55 = 4.29 \text{ cm}^2$$

② חיבול

$$\omega = 1 - \left(1 - \frac{2 * 457}{0.3 * 55^2 * 1.3}\right)^{0.5} = 0.52 > 0.4$$

מתחילת זיון לחוץ!

③  $x = 0.52 * 55 = 28.6 \text{ cm} < t_w (40)$

$x \leq t_w$
$McdMax_{[kn+m]} = 0.32 * b_w[m] * d_{[cm]}^2 * fcd_{[kn/cm^2]}$

④ חיבול אפקטין

$$McdMax = 0.32 * 0.3 * 55^2 * 1.3 = 377.52$$

$x \leq t_w$	ב. תחום החופו לחוץ ויש צורך בזיון לחוץ	2
$AS'_{[cm^2]} = \frac{Md_{[kn+m]} - McdMax_{[kn+m]}}{(d - d')_{[m]} * fcd_{[kn/cm^2]}}$	חישוב שטח זיון לחוץ	
$AS_{[cm^2]} = AS'_{act[cm^2]} + \frac{McdMax_{[kn+m]}}{0.8 * d_{[m]} * fcd_{[kn/cm^2]}}$	חישוב שטח זיון מתוח	
$H_{[cm]} = \left(\frac{md_{[kn+m]}}{0.32 * b_w[m] * fcd_{[kn/cm^2]}}\right)^{0.5} + d_{[cm]}$	חישוב גובה נדרש ללא זיון לחוץ	

⑤ חיבול זיון מתוח

$$AS = 4.02 + \frac{377.52}{0.8 * 0.55 * 43.5} = 23.76 \text{ cm}^2$$

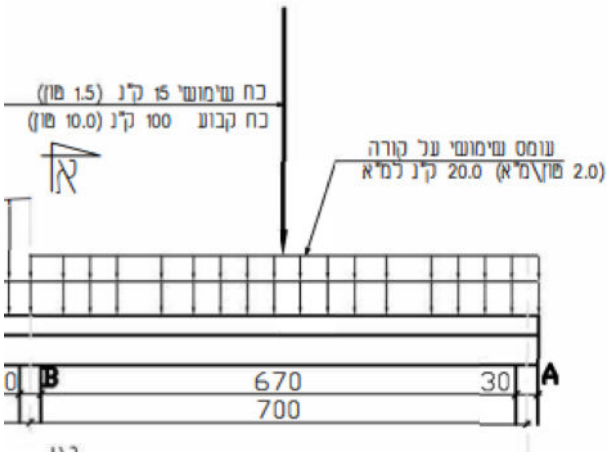
↓

$2 \phi 16 \quad AS_{act} = 4.02 \text{ cm}^2$

$12 \phi 16 \quad AS_{act} = 24.12 \text{ cm}^2$



הערה	נוסחאות	שלב
$Gk = s.w + \Delta g$	$FD_{max} \left[ \frac{kn}{m} \right] = 1.6 Qk \left[ \frac{kn}{m} \right] + 1.4 Gk \left[ \frac{kn}{m} \right]$	חישוב עומסי תכן
	$FD_{min} \left[ \frac{kn}{m} \right] = 1.2 Gk \left[ \frac{kn}{m} \right]$	
ז"ז	$FD_{min} \left[ \frac{kn}{m} \right] = Gk \left[ \frac{kn}{m} \right]$	1



2. חישוב זכן כולל A-B

$(Gk) \Delta g = 37.5 \text{ ק"ג/מ} \quad Qk = 20 \text{ ק"ג/מ}$

$p_d(Gk) = 100 \text{ ק"ג} \quad Qk = 15 \text{ ק"ג/מ}$

$F_{d,max} = 1.6 \times 20 + 1.4 \times 37.5 = 84.5 \text{ ק"ג/מ}$   
 $F_{d,min} = 1.2 \times 37.5 = 45 \text{ ק"ג/מ}$

$p_{d,max} = 1.6 \times 15 + 1.4 \times 100 = 164 \text{ ק"ג}$   
 $p_{d,min} = 1.2 \times 100 = 120 \text{ ק"ג}$

תכנון קורות בחתך משתנה - נזירה		
הערה	נוסחאות	שלב
1	$V_{d[kn]} = V_{[kn]} - F_{d[kn]} \cdot \left( \frac{b}{2} + d_{[m]} \right)$	חישוב כח תכן לנזירה
2	$K = 1 + \sqrt{\frac{20}{d_{[cm]}}} \leq 2$ $100\rho = \frac{100 \cdot A_s [cm^2]}{b_{[cm]} \cdot d_{[cm]}}$	חישוב תסבולת ללא זיון לנזירה
3	$V_{rdc} = \max \left\{ \begin{aligned} &0.12K (100\rho + 0.7 f_{ck} \left[ \frac{N}{mm^2} \right])^{1/3} \cdot \frac{b w_{[mm]} \cdot d_{[mm]}}{1000} \\ &0.035 K^{1.5} \cdot (0.7 f_{ck} \left[ \frac{N}{mm^2} \right])^{0.5} \cdot \frac{b w_{[mm]} \cdot d_{[mm]}}{1000} \end{aligned} \right.$	חישוב תסבולת לנזירה (זיון מקסימלי)
4	$V_{rdMax} = 0.6 \left( 1 - 0.7 \cdot \frac{f_{ck} \left[ \frac{N}{mm^2} \right]}{250} \right) \cdot \frac{0.9 b w_{[mm]} \cdot d_{[mm]} \cdot f_{cd} \left[ \frac{N}{mm^2} \right]}{2000}$	קביעת מקרה

$F_d = 84.5 \text{ ק"ג/מ}$

$b = 30 \text{ ס"מ} \quad d = 55 \text{ ס"מ}$

חישוב זכן כולל:  $V = 443 \text{ נ"מ} \quad 45^\circ$

①  $V_d = 443 - 84.5 \cdot \left( \frac{0.3}{2} + 0.55 \right) = 383.85 \text{ נ"מ}$

②  $\lambda = 1 + \sqrt{\frac{20}{55}} = 1.6$

③  $\rho = \frac{100 \times 24.12}{30 \times 55} = 1.46$

חישוב  $V_{rdc}$

④  $V_{rdc} = 0.12 \times 1.6 \cdot \left( 1.46 \times 0.7 \times 30 \right)^{1/3} \cdot \frac{300 \times 550}{1000} = 99.15 \text{ נ"מ}$

$0.035 \times 1.6^{1.5} \cdot \left( 0.7 \times 30 \right)^{0.5} \cdot \frac{300 \times 550}{1000} = 53.56 \text{ נ"מ}$

⑤  $V_{rd,max} = 0.6 \left( 1 - 0.7 \times \frac{30}{250} \right) \cdot \frac{0.9 \times 300 \times 550 \times 13}{2000} = 530.5 \text{ נ"מ}$

$l_{t,max} = 40 \text{ ס"מ}$   
 $0.75 \times 55 = 41.25 \text{ ס"מ}$

גבול זיון מחולק!

$n = \frac{30 - 2 \times 2.5}{40} + 1 = 1.62 \approx 2$

$l_{V,max} = 30 \text{ ס"מ}$   
 $41.25 \text{ ס"מ}$   
 $l_{V,min} = \frac{1.57}{0.001 \times 30} = 52.33 \text{ ס"מ}$

5	$St, max = \min \left\{ \begin{aligned} &40 [cm] \\ &0.75 d [cm] \end{aligned} \right.$	חישוב מרחק בין ענפים
6	$n = \frac{b [cm] - 2 \cdot C [cm]}{St} + 1$	חישוב כמות ענפים
7	$Sv, max = \min \left\{ \begin{aligned} &30 [cm] \\ &0.75 d [cm] \\ &SV, min = \frac{Asv [cm^2]}{\rho_{vmin} \cdot bw [cm]} \end{aligned} \right.$	חישוב פסיעה מקסי
8	$Sv [cm] = \frac{0.9 \cdot d [cm] \cdot Asv [cm^2] \cdot f_{sd} \left[ \frac{kn}{cm^2} \right]}{V_d [kn]}$	חישוב פסיעה לפי קוטר נתון

$Asv = 2 \times 10 = 1.57 \text{ ס"מ}^2$

$l_V = \frac{0.9 \times 55 \times 1.57 \times 43.5}{383.85} = 8.8 \text{ ס"מ} \approx 5 \text{ ס"מ} \Rightarrow \Phi 10 @ 5$

תכנון קורות בחתך משתנה - תכן ושטחי זיון לאנפי לחוץ		
הערה	נוסחאון	שלב
	$AS_{min[cm^2]} = \rho_{min} * bw_{[cm]} * d_{[cm]}$	חישוב מגבלות שטחי זיון
	$\omega = 1 - \left( 1 - \frac{2 * M d_{[kn+m]}}{bf_{[m]} * d_{[cm]}^2 * fcd_{[cm^2]}} \right)^{0.5}$	חישוב יחס חלק לחוץ בחתך - אומגה $\omega$
	$X = \omega * d$	בדיקת תחום אזור לחוץ
	$McdMax_{[kn+m]} = 0.64 * S_0_{[cm^3]} * \frac{fcd_{[cm^2]}}{100}$	חישוב תסבולת
	$S_0_{[cm^3]} = (bf - bw) * tf * \left( d - \frac{tf}{2} \right) + \left( \frac{bw * d^2}{2} \right)$	חישוב מומנט סטטי (ס"מ)

$$S_0 = (90 - 30) \times 20 \times \left( 55 - \frac{20}{2} \right) + \left( \frac{30 \times 55^2}{2} \right) = 99375 \text{ cm}^3$$

(תסבולת ממש)

$$Mcd_{max} = 0.64 \times 99375 \times \frac{1.3}{100} = 826.8 \text{ מ.מ}$$

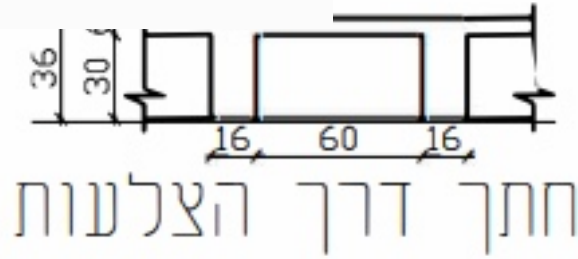
**שאלה 2 (33 נק')**

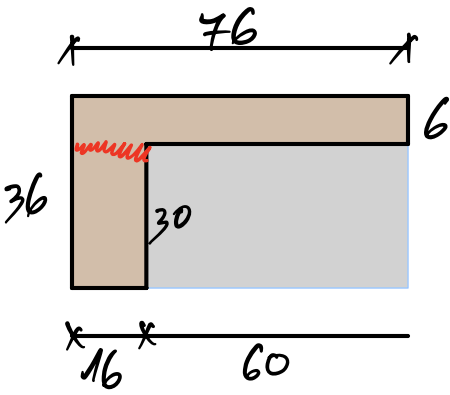
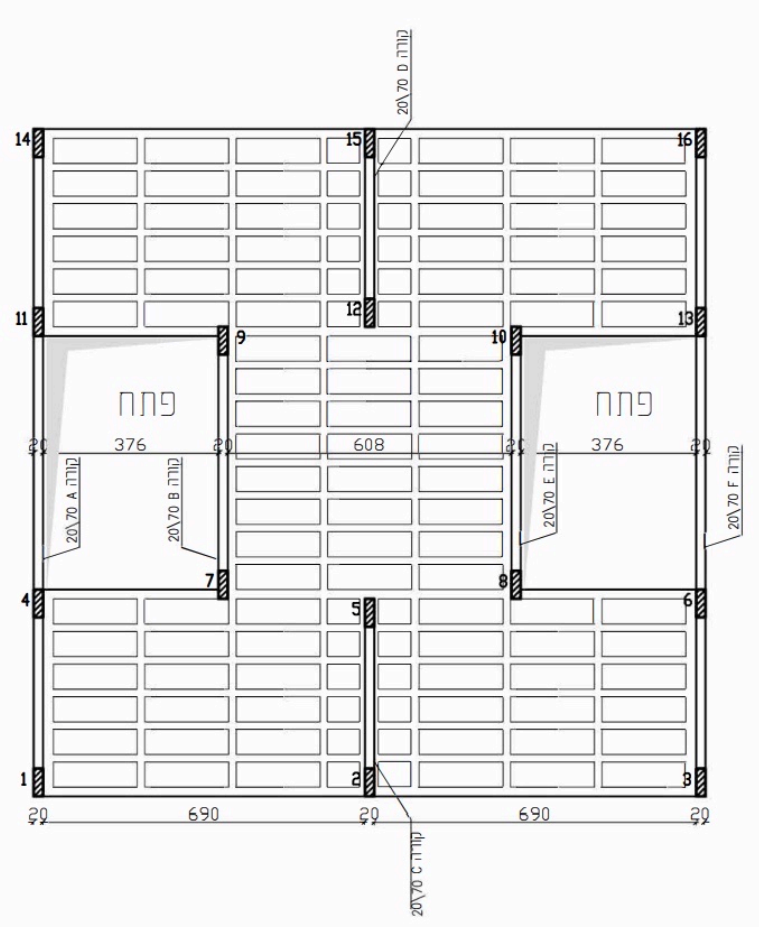
בתרשים לשאלה 2 מסורטטת תקרת צלעות חד כיוונית. עובי התקרה הוא 36.0 ס"מ, גובה הבלוקים הוא 30.0 ס"מ ומשקלם המרחבי הוא 2.0 ק"ג למ"ק (200 ק"ג למ"ק). התקרה מועמסת על כל שטחה במשקלה העצמי, בעומס קבוע נוסף: 3.0 ק"ג למ"ק (300 ק"ג למ"ק), ובעומס שימושי: 5.0 ק"ג למ"ק (500 ק"ג למ"ק). אין לחשב מצבי העמסה מסוכנים במהלך פתרון השאלה. העומסים הם עומסים אופייניים. סוג הבטון הוא ב-30 (אגרט גיר), והזיון - מפלדה מצולעת. (חוזק התכ:  $f_{sd} = 435 [Mpa]$ ).  
 3.0 ס"מ  $ds=ds'=m$  לתקרה.  
 5.0 ס"מ  $ds=ds'=m$  לקורה.

חובה לציין את היחידות בכל חישוב. אי ציון היחידות יוריד נקודות.

**דרוש:**

- 8 נק' א. חשבו את משקלה העצמי של התקרה. בדקו אם עובי התקרה עונה על דרישות הכפף של ת"י 466.
- 6 נק' ב. נתון שהתקרה עמוסה על כל חלקיה בעומס תכן:  $17.1$  ק"ג למ"ק  $F_d = 1.71$  (טון למ"ק). חשבו וסרטטו את מהלכי כוחות הגזירה ואת מהלכי מומנטי הכפיפה לכל חלקי התקרה עבור רצועה ברוחב צלע (החישוב ייעשה עבור רצועה ברוחב של צלע אחת).
- 4 נק' ג. חשבו את שטח הזיון החיובי הדרוש בשדות ובחרו מוטות זיון עבור כל צלע (מוטות בקוטר של 18 מ"מ).
- 4 נק' ד. חשבו את שטח הזיון השלילי הדרוש לצלע אחת מעל הקורה ובחרו מוטות זיון עבור הצלע (מוטות בקוטר של 20 מ"מ) (יש להתחשב ברוחב דופן של 31 ס"מ  $b_w = 31$ ) עקב סיבוב בלוק ליד הקורה C).
- 4 נק' ה. חשבו את הזיון המירבי הנדרש עבור צלע מחלקת.
- 7 נק' ו. עבור קורה C בתקרה: נתון שכח התכן לגזירה בקורה **לאחר הפחתה** הוא 220 ק"ג (טון). ציינו את הזווית  $\theta$  שבה השתמשתם בחישוב. חשבו את  $V_{Rdmax}$ . חשבו את כמות הענפים המינימלית הניתנת לשימוש. חשבו את המרחק שבין החישוקים בקוטר של 8 מ"מ.





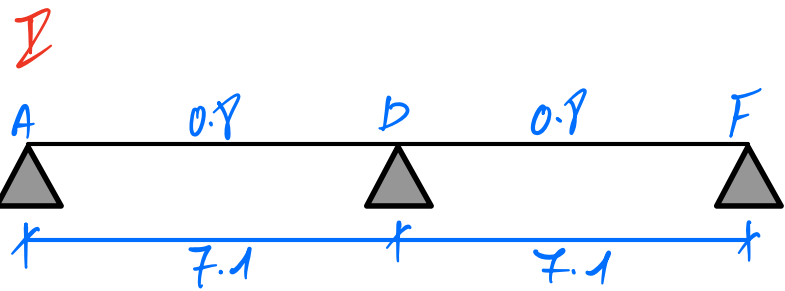
סלול 2

$Ag = 3^{12}/42$      $Qk = 5^{12}/42$   
 $U_1 = 3$      $U_2 = 5$

$\frac{36}{6} = 6$   
 $k_{11} = \frac{76}{16} = 4.75$      $0.728$

תכנון תקרת צלעות מתוחה בכיוון אחד - בדיקת כפף		
הערה	נוסחאון	שלב
1		שרטוט כל הסכמות בתקרה
2		חישוב מפתחים שקילים וקביעת מפתח שקיל מקסימלי
3	$S.W_{[kn/m^2]} = 25 (שטח בטון [m^2]) + \text{בלוק } \gamma (שטח בלוק [m^2])$	חישוב משקל עצמי
	$b_f [m]$	
	לחץ bw	לחץ bf
4	$K11=1$	לפי טבלאות $K11$ חישוב
5	$Fser_{[kn/m^2]} = s.w_{[kn/m^2]} + \Delta g_{[kn/m^2]} + Qk_{[kn/m^2]}$	$K12$ חישוב
7	עפ"י סוג הבטון - נתון בשאלה 1 - גיר - 1 302 - דוקומיטי - 1.04 402 - גיר - 1.02 402 - דוקומיטי - 1.07	נתון בסעיף השאלה $K13$ חישוב
8		בדיקת כפף
		$h_{[m]} > \frac{f_{0max[m]}}{k11 * k12 * k13}$

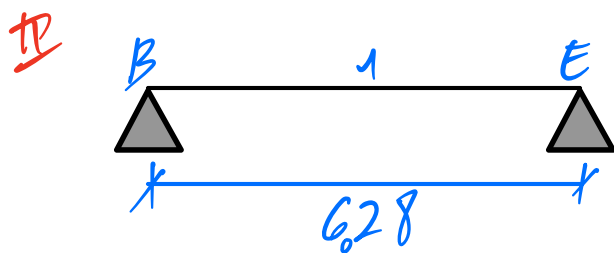
חישוב שלול 4.38



$l_0 = 0.8 \times 7.1 = 5.68$

$S.W = \frac{25(0.16 \times 0.3 + 0.06 \times 0.76) + 2(0.6 \times 0.3)}{0.76} = 3.55^{12}/42$

$F_{ser} = 3.55 + 3 + 5 = 11.55^{12}/42 \Rightarrow 12 = 23.41$



לסמך = 6.28

ביקור כסלול

$0.36 \geq \frac{6.28}{0.728 \times 23.41 \times 1} = 0.368$     אמת! x

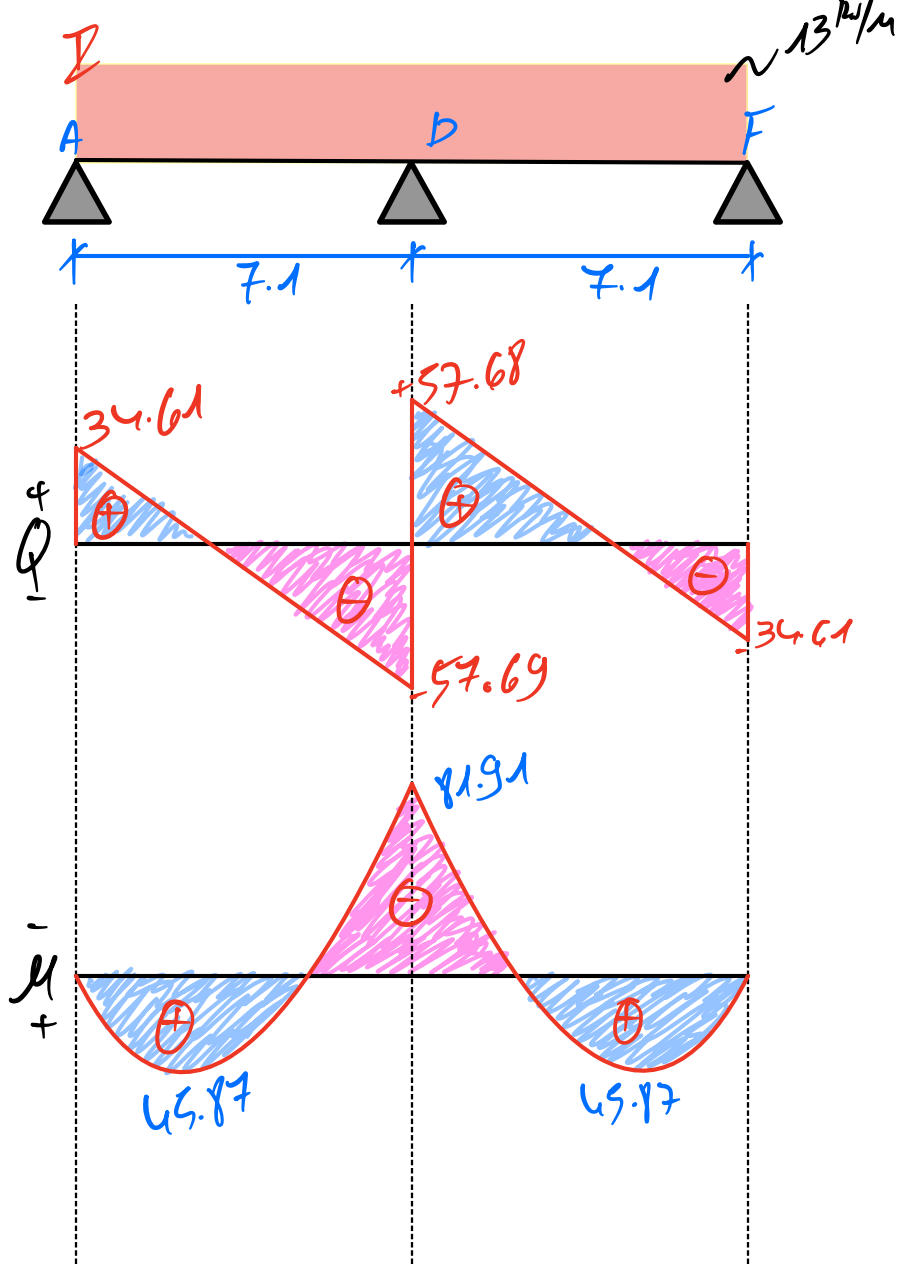
תכנון תקרת צלעות מתוחה בכיוון אחד - עומסי תכן ומצבי עמיסה		
הערה	נוסחאון	שלב
$Gk = s.w + \Delta g$	$Fdmax = 1.6Qk_{[kn/m^2]} + 1.4Gk_{[kn/m^2]}$ $Fdmin = 1.2Gk_{[kn/m^2]}$	1 חישוב עומסי תכן לתקרה
ז"ז	$Fdmin = Gk_{[kn/m^2]}$	
	צלע $Fdmax_{[kn/m]} = Fdmax_{[kn/m^2]} * b_{f[m]}$	2 חישוב עומסי תכן לצלע
	צלע $Fdmin_{[kn/m]} = Fdmin_{[kn/m^2]} * b_{f[m]}$	
	במידה ונדרש לשרטט מצבי עמיסה מסוכנים	3 חישוב ושרטוט מצבי העמסה

$Fdmax = 17.1^{12}/42$

כס חילוקי אומס זכין

$Fd = 17.1 \times 0.76 = 13^{12}/42$



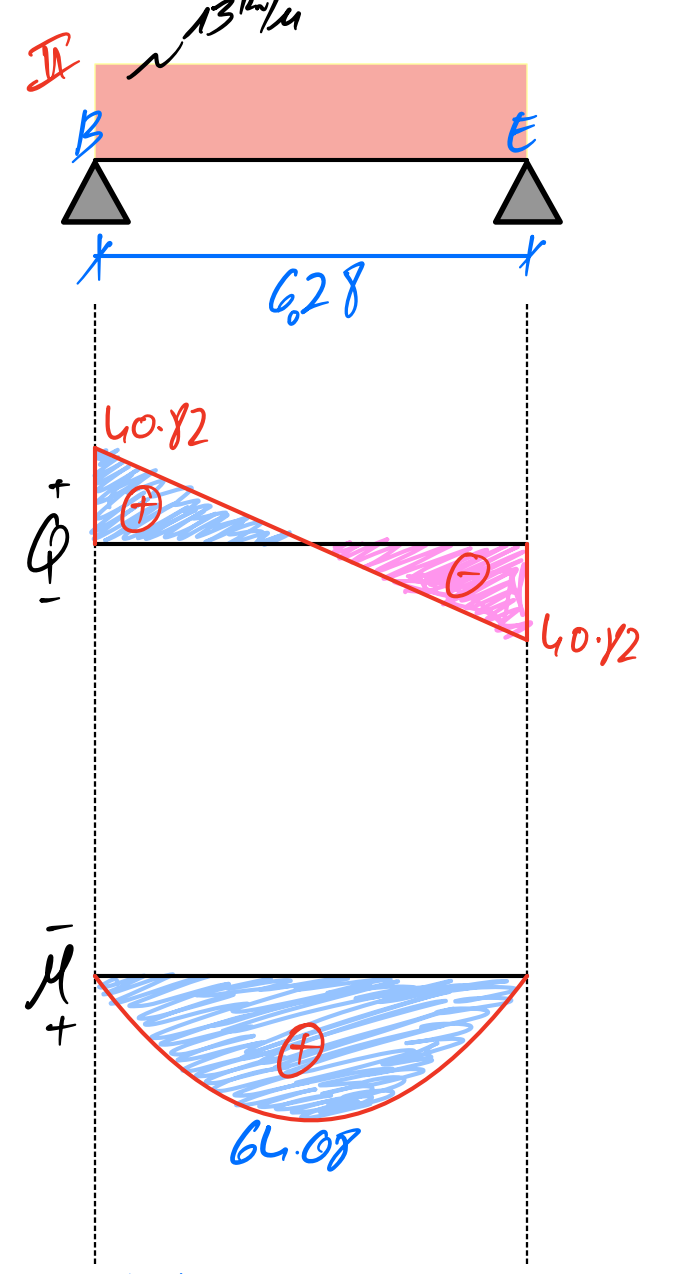


$$A/F = 0.375 \times 13 \times 7.1 = 34.61 \text{ kN}$$

$$b_y = 1.25 \times 13 \times 7.1 = 115.375 \text{ kN}$$

$$\bar{M} = 0.07 \times 13 \times 7.1^2 = 45.87 \text{ kNm}$$

$$\bar{M} = 0.125 \times 13 \times 7.1^2 = 81.91 \text{ kNm}$$



$$b_y/e_y = \frac{13 \times 6.28}{2} = 40.82 \text{ kN}$$

$$\bar{M} = \frac{13 \times 6.28^2}{8} = 66.08 \text{ kNm}$$

$b = b_t = 76 \text{ cm}$   $d = 33 \text{ cm}$

$$A_{smin} = 0.0013 \times 16 \times 33 = 0.68 \text{ cm}^2$$

$$W = 1 - \left( 1 - \frac{2 \times 66.08}{0.76 \times 33^2 \times 13} \right)^{0.5} = 0.06 \approx 0.1$$

$$X = 0.1 \times 33 = 3.3 \text{ cm} < t$$

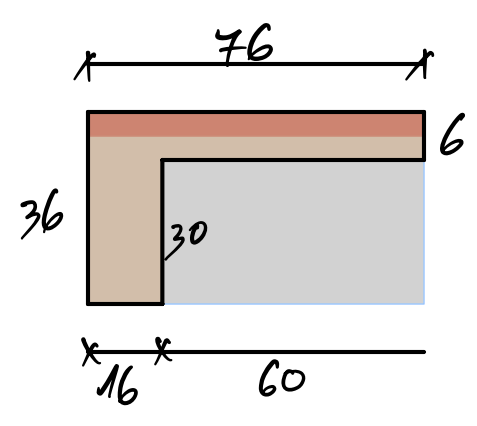
$$A_s = \frac{66.08}{0.95 \times 0.33 \times 43.5} = 4.69 \text{ cm}^2$$

2  $\Phi 18$   $A_{sact} = 9.09 \text{ cm}^2$

$$A_s = \frac{45.87}{0.95 \times 0.33 \times 43.5} = 3.36 \text{ cm}^2$$

ע. חתלב שטח זיון חולב (מסמך 18)   
 נאמנים כוליון כ'ס'ס 66.08, 45.87

תכנון תקרת צלעות מתוחה בכיוון אחד - שטחי זיון לחומנטיס חיוביים		
הערה	נוסחאון	שלב
	$AS_{min[cm^2]} = \rho_{min} * bw_{[cm]} * d_{[cm]}$ $AS_{max[cm^2]} = \rho_{max} * bw_{[cm]} * d_{[cm]}$	1 חישוב מגבלות שטחי זיון
$\omega_{min} = 0.1$ $\omega_{max} = 0.4$	$\omega = 1 - \left( 1 - \frac{2 * Md_{[kn \cdot m]}}{bf_{[m]} * d_{[cm]}^2 * fcd_{[cm^2]}} \right)^{0.5}$	2 חישוב יחס חלק לחוץ בחתך - אומנה $\omega$
	$X = \omega * d$	3 בדיקת גודל תחום לחוץ
	$AS_{[cm^2]} = \frac{Md_{[kn \cdot m]}}{\left( 1 - \frac{\omega}{2} \right) * d_{[m]} * fsd_{[cm^2]}}$	4 בחירת שטח זיון דרוש $X \leq tf$





2. חישוב שטח זיון שתיים

מאתר הולדונג:  $81.91 \text{ kg/m}^3$

$b = bw = 31 \text{ cm}$

הערה	נוסחאות	שלב
1	$b_{\text{eff}} = \frac{bf + bw}{2}$ $AS_{\text{min}} [\text{cm}^2] = \rho_{\text{min}} * b_{\text{eff}} * d_{\text{cm}}$	חישוב מגבלות שטחי זיון
2	$\omega_{\text{min}} = 0.1$ $\omega_{\text{max}} = 0.4$ $\omega = 1 - \left( 1 - \frac{2Md_{\text{kn}}}{b w_{\text{eff}} d_{\text{cm}}^2 * f_{\text{cd}} \left[ \frac{\text{kn}}{\text{cm}^2} \right]} \right)^{0.5}$	חישוב יחס חלק לחוץ בחתך - אומנה $\omega$
3	$AS_{\text{cm}^2} = \frac{Md_{\text{kn}}}{\left( 1 - \frac{\omega}{2} \right) * d_{\text{cm}} * f_{\text{sd}} \left[ \frac{\text{kn}}{\text{cm}^2} \right]}$	חישוב שטח זיון מתוח

$A_{\text{req}} = 0.0013 \times \frac{76+31}{2} \times 33 = 2.29 \text{ cm}^2$

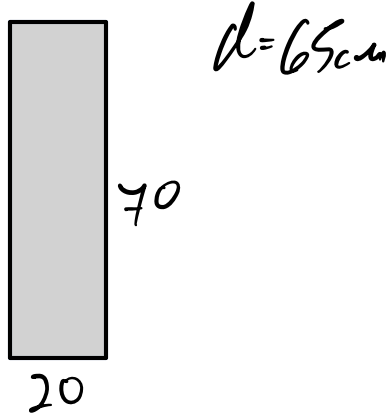
$W = 1 - \left( 1 - \frac{2 \times 81.91}{0.31 \times 33^2 \times 1.3} \right)^{0.5} = 0.2$

$A_s = \frac{81.91}{(1-0.2) \times 0.33 \times 63.5} = 6.34 \text{ cm}^2 \Rightarrow 3 \Phi 20 \quad A_{\text{act}} = 9.62 \text{ cm}^2$

ה. חישוב זיון מרכב הנדרש עבור בוא המוקדם  
 ה. חישוב שטח זיון בוא המוקדם יהיה מרכב  $A_s$  מואם זיון אריכות  $A_s$   
 2. חישוב זיון  $A_s$   
 2. חישוב זיון  $A_s$

נדרש זיון של  $6.34 \text{ cm}^2$  והמקביל הנדרש גבוה מכפי הדרוש  $A_{\text{act}} = 9.62 \text{ cm}^2$

הערה	נוסחאות	שלב
1	$Vd_{\text{kn}} = V_{\text{kn}} - Fd_{\text{kn}} * \left( \frac{b}{2} + d_{\text{m}} \right)$	חישוב כח תכן לנזירה
2	$K = 1 + \sqrt{\frac{20}{d_{\text{cm}}}} \leq 2$ $100\rho = \frac{100 * AS_{\text{cm}^2}}{b_{\text{cm}} * d_{\text{cm}}}$	חישוב תכולת ללא זיון לנזירה
3	$V_{\text{rdc}} = \max \left\{ \begin{aligned} &0.12K (100\rho * 0.7 f_{\text{ck}} \left[ \frac{\text{n}}{\text{mm}^2} \right])^{1/3} * \frac{bw_{\text{mm}} * d_{\text{mm}}}{1000} \\ &0.035K^{1.5} * (0.7 f_{\text{ck}} \left[ \frac{\text{n}}{\text{mm}^2} \right])^{0.5} * \frac{bw_{\text{mm}} * d_{\text{mm}}}{1000} \end{aligned} \right.$	חישוב תכולת לנזירה (זיון מקסימלי)
4	$V_{\text{rdMax}} = 0.6 \left( 1 - 0.7 * \frac{f_{\text{ck}} \left[ \frac{\text{n}}{\text{mm}^2} \right]}{250} \right) * \frac{0.9bw_{\text{mm}} * d_{\text{mm}} * f_{\text{cd}} \left[ \frac{\text{n}}{\text{mm}^2} \right]}{2000}$	
5	$VD \leq V_{\text{Rdc}}$ נדרש מינימלי זיון $VD > V_{\text{Rdc}}$ נדרש זיון מחושב	קביעת מקרה



1. חישוב אצורה בקורב  $C$   
 $Vd = 220 \text{ mm}$   $45^\circ$



1)  $V_{\text{rdMax}} = 0.6 \left( 1 - 0.7 * \frac{30}{250} \right) * \frac{0.9 * 200 * 65 * 0.13}{200} = 4.18 \text{ kN}$

2)  $n = \frac{20 - 2 * 2.5}{65} + 1 = 2$  (שני)  
 $A_{\text{sv}} = 2 * 8 = 1.01 \text{ cm}^2$

3)  $A_{\text{svMax}} = 30 \text{ cm}^2$   
 $A_{\text{sv}} = \frac{1.01}{0.001420} = 90.5 \text{ cm}^2$

$A_{\text{sv}} = \frac{0.9 * 65 * 1.01 * 63.5}{220} = 11.68 \text{ cm}^2 \approx 10 \text{ cm}^2$

$\Phi 8 @ 10$

הערה	נוסחאות	שלב
1	$St_{\text{max}} = \min \left\{ \begin{aligned} &40_{\text{cm}} \\ &0.75d_{\text{cm}} \end{aligned} \right.$	חישוב מרחק בין ענפים
2	$n = \frac{b_{\text{cm}} - 2 * c_{\text{cm}}}{St} + 1$	חישוב כמות ענפים
3	$Sv_{\text{max}} = \min \left\{ \begin{aligned} &30_{\text{cm}} \\ &0.75d_{\text{cm}} \\ &Sv_{\text{min}} = \frac{ASv_{\text{cm}^2}}{Pv_{\text{min}} * bw_{\text{cm}}} \end{aligned} \right.$	חישוב פסיעה מקסי
4	$Sv_{\text{cm}} = \frac{0.9 * d_{\text{cm}} * ASv_{\text{cm}^2} * f_{\text{sd}} \left[ \frac{\text{kn}}{\text{cm}^2} \right]}{Vd_{\text{kn}}}$	חישוב פסיעה לפי קוטר נתון

בתרשים 3 מסורטט קטע מתוכנית של עמוד המחובר ליסוד.

תנאי שפה – בתחתית העמוד ריתום מלא. בראש העמוד קצה חופשי.

יש לתכנן את עמוד מספר 1 שמועמס בכוח קבוע ובכוח שימושי לפי האיור.

מידות העמוד: 60/60 ס"מ.

5.0 ס"מ  $d_s = d_s'$  - עבור העמוד והיסוד.

העמוד אינו מוחזק בכיוון Y, ואינו מוחזק בכיוון X.

העמוד מתוכנן מבטון ב-30 (אגרגט גירי), והזיון - מפלדה מצולעת. (חוזק התכן:  $f_{sd} = 435 [Mpa]$ ).

**חובה לציין את היחידות בכל חישוב. אי ציון היחידות יוריד נקודות.**

סעיפים א, ב, ג – עוסקים בתכן עמוד.

נתון עבור שני הכיוונים:

$$A=0.7, B=1.26, C=0.7$$

**דרוש:**

(2 נק') א. חשבו את כוח התכן ואת ערך התמירות הגבולית,  $\lambda_{min}$ , בכיוון X.

(4 נק') ב. חשבו את האורך הפעיל של העמוד בכיוון X.

(12 נק') ג. נתון: האקסצנטריות הכוללת היא 6 ס"מ (ס"מ  $e_i + e_d + e_2 = 6$ ).

חשבו את שטח הזיון הדרוש בעמוד בכיוון X, ובחרו מוטות זיון מתאימים בקוטר 16 מ"מ.

סרטטו פרט עמוד עם המוטות שחישבתם.

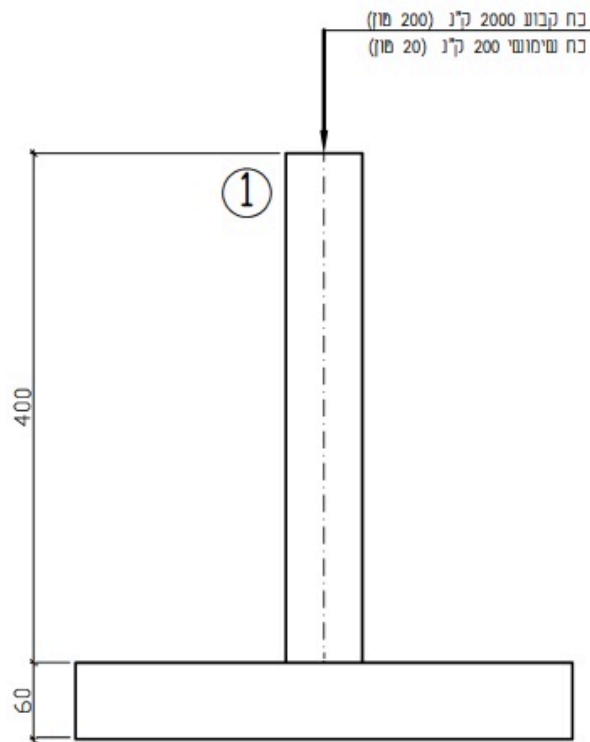
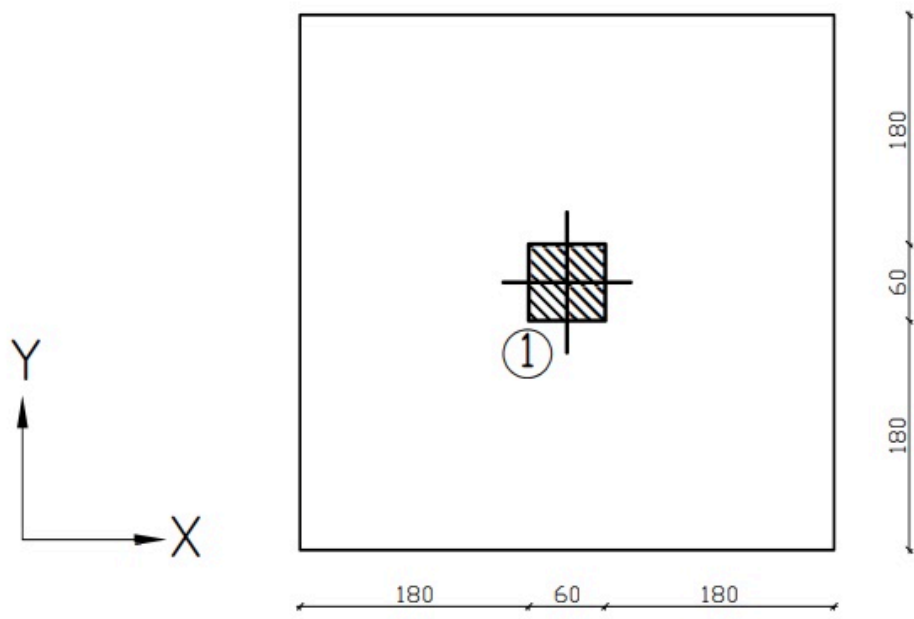
סעיפים ד, ה, ו, ז – עוסקים בתכן היסוד.

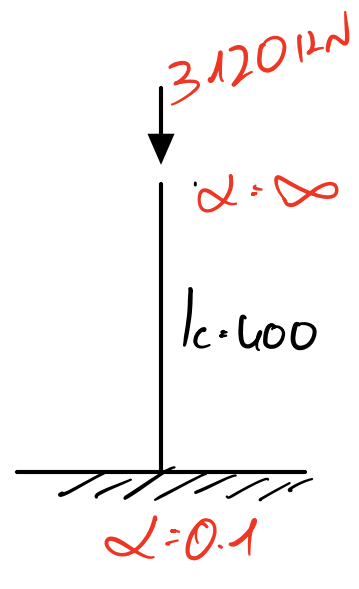
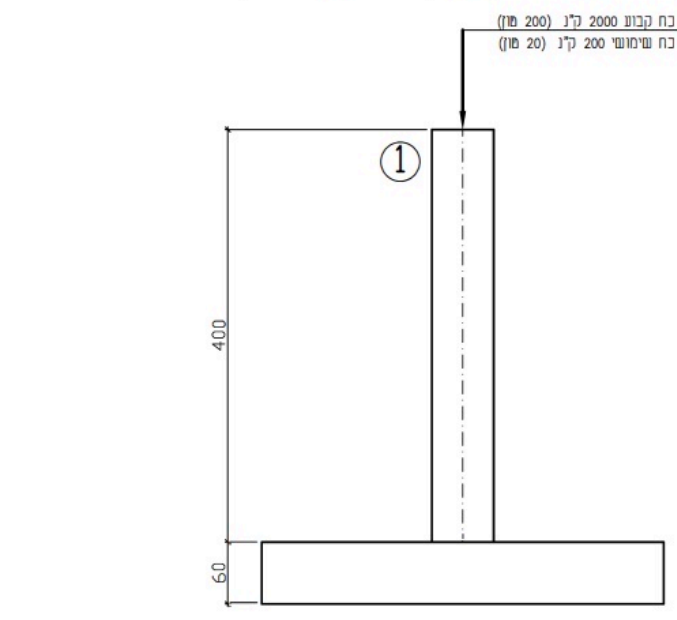
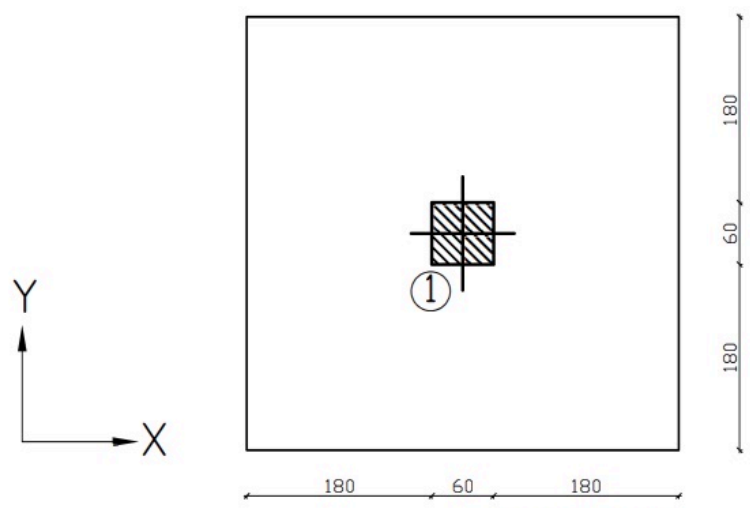
(2 נק') ד. חשבו את מאמץ התכן השורר בקרקע (אין להתחשב במומנטים המגיעים מהעמוד).

(5 נק') ה. חשבו וסרטטו מהלכי כוחות גזירה ומומנטים ביסוד (בקו פני העמוד).

(4 נק') ו. חשבו את הזיון הדרוש לכיסוי המומנטים (מוטות קוטר 14 מ"מ) (אין צורך בחלוקה לרצועות).

(4 נק') ז. בדקו גזירה ביסוד.





$L_{e_{cm}} = 400$  *מ"מ*

$$400 \times \left(1 + 10 \times \frac{999 \times 0.1}{999 + 0.1}\right)^{0.5} = 565.67 \text{ cm}$$

$$400 \times \left(1 + \frac{999}{1+999}\right) \times \left(1 + \frac{0.1}{1+0.1}\right) = 872.29 \text{ cm}$$

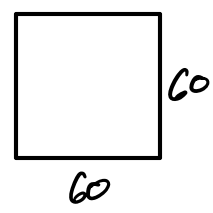
*הנחת כפולה*

$$\lambda = \frac{872.29 \times \sqrt{12}}{60} = 50.36 > \lambda_{min}$$

$\Delta e_{[cm]} = e_{2[cm]} + e_{t[cm]} + e_{d[cm]}$	חישוב אקסצנטריות כוללת	4
$y = 0.5 \cdot h - d_s$		
$\Delta e > y$	אקסנטריות גדולה	
$\Delta e \leq y$	אקסנטריות קטנה	

$\Delta e = 6 \text{ cm} < 25$   
 אק"ב קטן > 0

שלב 3: נחשב את המומנט כבינון א



$A = 60 \times 60 = 3600 \text{ cm}^2$

*אומדן*

$$Nd = 1.6 \times 200 + 1.4 \times 2000 = 3120 \text{ נ"מ}$$

*הנחת כפולה*

$$\lambda_{min} = \frac{20 \times 0.7 \times 1.26 \times 0.7}{\sqrt{\frac{3120}{3600 \times 1.3}}} = 15.12$$

כ. חישוב אורך כפולה

הערה	נוסחאות	שלב
1	$\lambda_{min} = \frac{20 + A + B + C}{\sqrt{S_{[cm^2]} \cdot f_{cd} \cdot \frac{h_{[cm]}}{cm^2}}}$	חישוב תמירות נבולית
2	$L_{e_{[cm]}} = \max \left\{ \begin{aligned} &L_c \cdot \left(1 + 10 + \frac{\alpha_u \cdot \alpha_d}{\alpha_u + \alpha_d}\right)^{0.5} \\ &L_c \cdot \left(1 + \frac{\alpha_u}{1 + \alpha_u}\right) + \left(1 + \frac{\alpha_d}{1 + \alpha_d}\right) \end{aligned} \right.$	המשך חישוב אורך פעיל יחס קשיחות צומת במידה ואין נתונים
3	$\lambda = \frac{L_{e_{[cm]}} \cdot \sqrt{12}}{h_{[cm]}}$	חישוב תמירות עמוד בפועל

ע. חישוב טעם ציון כבינון א

$$\eta = 0.5 \times 60 - 5 = 25 \text{ cm}$$

תכנון עמודים - שטחי זיון באקסצנטריות קטנה		
הערה	נוסחאון	שלב
	$McdMax_{[kn+m]} = 0.32 * b_{[m]} * d^2 [cm] * fcd_{[m]}$	1 חישוב תסבולת החתך
	$Msd_{[kn+m]} = Nd_{[kn]} * (\Delta e_{[m]} + 0.5 * h_{[m]} - d_{s[m]})$	2 חישוב מומנט התכן
$McdMax \geq Msd$ נדרש זיון לחיצה מינימלי	$McdMax < Msd$ נדרש זיון לחיצה מחושב	3 קביעת מצב זיון
$As_{min[cm^2]} = As'_{min[cm^2]} = \rho' * b_{[cm]} * d_{[cm]}$ $\rho = 0.002$ פאה אחת $\rho = 0.004$ צד אחד $\rho = 0.008$ חתך העמוד		4 חישוב שטח זיון מינימלי
	$\Delta M_{kn+m} = Msd_{kn+m} - Mcdmax_{kn+m}$	5 השלמת מומנט זיון לחוץ
$As'_{min}$	$As'_{cm^2} = \frac{\Delta M_{kn+m}}{(d_m - d'_{s'm}) * fsd_{[m]}} \geq As'_{min}$	6 חישוב שטח זיון לחוץ
$As'_{min}$	$As_{act} = As'_{act} + \frac{McdMax_{act} - Nd_{kn}}{0.8 * d_m * fsd_{[m]}} - \frac{Nd_{kn}}{fsd_{[m]}} \geq As'_{min}$	7 חישוב שטח זיון מתוח
	בהנחה ושטח הזיון קטן מאפס	8
	$Msd'_{kn+m} = Nd_{kn} * (0.5 * h_m - \Delta e_m - ds_m)$	חישוב מומנט התכן בברזל הלחוץ
$Msd' < Mcdmax$	$Msd' > Mcdmax$	קביעת מצב
$As = As'_{min}$	$As'_{cm^2} = \frac{\Delta M_{act}}{(d_m - d'_{s'm}) * fsd_{[m]}} \geq As'_{min}$	חישוב שטח זיון מתוח

$$McdMax = 0.32 \times 0.6 \times 55^2 \times 1.3 = 755 \text{ נ"מ}$$

$$Msd = 3120 \times (0.06 + 0.5 \times 0.6 - 0.05) = 967.2 \text{ נ"מ}$$

$$McdMax < Msd$$

נדרש זיון לחיצה מחושב

כאילו  $\rho = 0.002$

$$As_{act} = 0.002 \times 60 \times 55 = 6.6 \text{ cm}^2$$

$$\Delta M = 967.2 - 755 = 212.2 \text{ נ"מ}$$

$$\hat{As} = 212.2$$

$$\frac{212.2}{(0.55 - 0.05) \times 43.5} = 9.75 \text{ cm}^2$$

$$5 \Phi 16 \quad As_{act} = 10.05 \text{ cm}^2$$

$$As = 10.05 + \frac{755}{0.8 \times 0.55 \times 43.5} - \frac{3120}{43.5} = -22.22 \text{ cm}^2$$

$$Msd' = 3120 \times (0.5 \times 0.6 - 0.06 - 0.05) = 592.8 \text{ נ"מ}$$

$$Msd' < Mcdmax$$

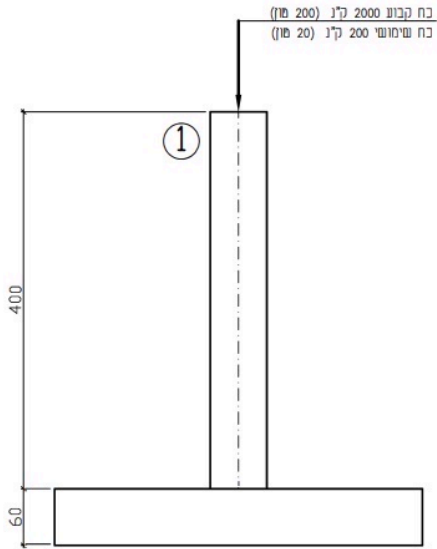
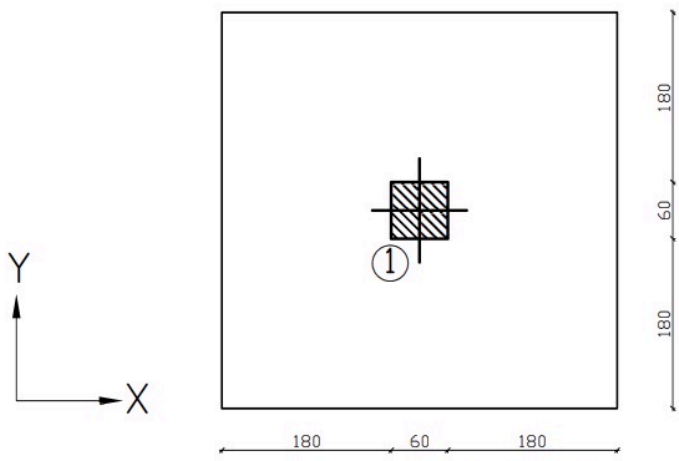
$$As = As_{act} \approx 9.75 \text{ cm}^2 \approx 10.05 \text{ cm}^2$$

זיון מינימלי:

אומדן אומדן:

זיון אומדן:





- 2 נק' ד. חשבו את מאמץ התכן השורר בקרקע (אין להתחשב במומנטים המגיעים מהעמוד).
- 5 נק' ה. חשבו וסרטטו מהלכי כוחות גזירה ומומנטים ביסוד (בכנן פני העמוד).
- 4 נק' ו. חשבו את הזיון הדרוש לכיסוי המומנטים (מוטות קוטר 14 מ"מ) (אין צורך בחלוקה לרצועות).
- 4 נק' ז. בדקו גזירה ביסוד.

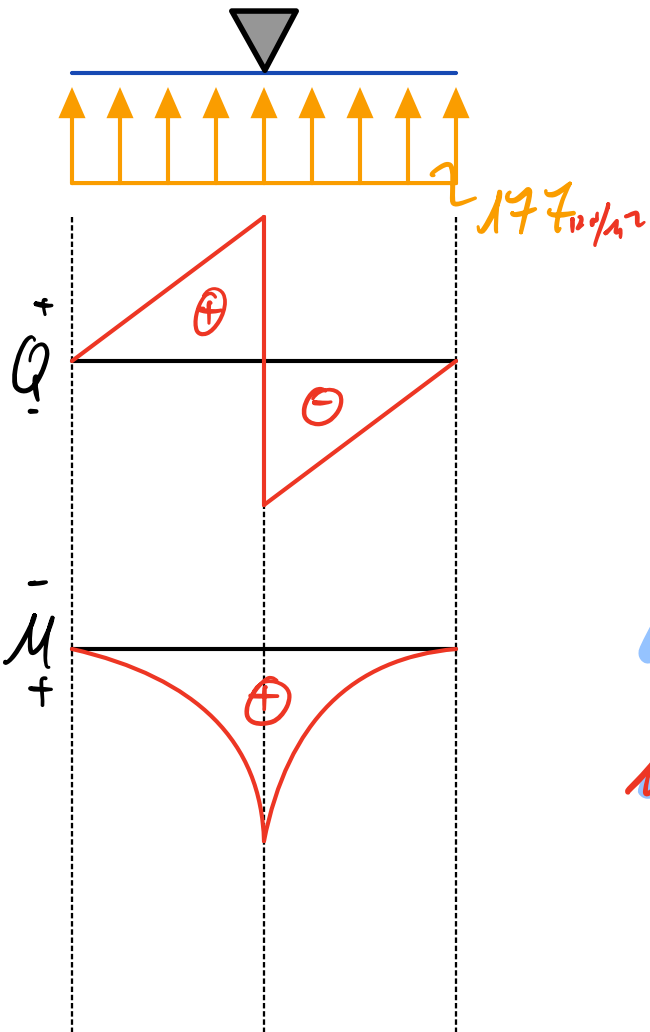
הערה	נוסחאון	שלב
	$Nser_{[kn]} = \Delta g_{[kn]} + Qk_{[kn]}$	1 מציאת שטח יסוד דרוש
	$A_{[m^2]} = \frac{Nser_{[kn]}}{\sigma}$	2 שטח יסוד לפי המאמץ המותר בקרקע
	$\sqrt{A_{[m^2]}} = la_{[m]} = lb_{[m]}$	3 חישוב מידות היסוד
הגדרת $la \setminus lb$	$\sigma_{act, \frac{kn}{m^2}} = \frac{Nser_{[kn]}}{la * lb_{[m]}}$	4 חישוב מאמץ בקרקע
$Nd = 1.45 Nser$	$Nd_{[kn]} = 1.6Qk_{[kn]} + 1.4\Delta g_{[kn]}$	5 חישוב עומס תכן
	$\sigma d_{\frac{kn}{m^2}} = \frac{Nd_{[kn]}}{la * lb_{[m]}}$	6 חישוב מאמץ תכן

$Nser = 2000 + 200 = 2200 \text{ kN}$

$\sigma = \frac{2200}{4.2 \times 4.2} = 124.7 \text{ kN/m}^2$

$Nd = 1.6 \times 200 + 1.4 \times 2000 = 3120 \text{ kN}$

$\sigma_d = \frac{3120}{4.2 \times 4.2} = 177 \text{ kN/m}^2$



$la = 4.2 \text{ m}$   
 $lb = 4.2 \text{ m}$

חישובי מהלכים		
$Q = \sigma d * lb * 0.5la$	כיוון la	8 חישוב כח גזירה מירבי
$Q = \sigma d * 0.5lb * la$	כיוון lb	
$Md \ la = 0.125 * \sigma d * lb * la^2$	כיוון la	9 חישוב מהלכי כפיפה מירביים
$Md \ lb = 0.125 * \sigma d * la * lb^2$	כיוון lb	

$Q = 177 \times 4.2 \times 0.5 \times 4.2 = 1561.14 \text{ kN}$

$Md \ la = 0.125 \times 177 \times 4.2 \times 4.2^2 = 1639.2 \text{ kN}\cdot\text{m}$

(אין להשתמש)

$Md \ la = 0.5 * [0.5(la - a)]^2 * lb * \sigma d$	כיוון la	10 חישוב מהלכי כפיפה מופחתים עבור שטחי זיון
$Md \ lb = 0.5 * [0.5(lb - b)]^2 * la * \sigma d$	כיוון lb	

$Md \ la = 0.5 \times [0.5(4.2 - 0.6)]^2 \times 4.2 \times 177 = 1204.3 \text{ kN}\cdot\text{m}$

שטחי זיון היסוד		
הערה	נוסחאון	שלב
	$ASmin_{[cm^2]} = 0.002 * lb_{[cm]} * d_{[cm]}$	כיוון la
	$ASmin_{[cm^2]} = 0.002 * la_{[cm]} * d_{[cm]}$	כיוון lb
	$\omega = 1 - \left(1 - \frac{2 * Md \ la_{[kn}\cdot\text{m}}}{lb_{[m]} * d_{[cm]}^2 + fcd_{\frac{kn}{cm^2}}}\right)^{0.5}$	כיוון la
	$\omega = 1 - \left(1 - \frac{2 * Md \ lb_{[kn}\cdot\text{m}}}{la_{[m]} * d_{[cm]}^2 + fcd_{\frac{kn}{cm^2}}}\right)^{0.5}$	כיוון lb
	$AS \ la_{[cm^2]} = \frac{Md \ la_{[kn}\cdot\text{m}}}{(1 - \frac{\omega \ la}{2}) * d_{[cm]} + fsd_{\frac{kn}{cm^2}}}$	כיוון la
	$AS \ lb_{[cm^2]} = \frac{Md \ lb_{[kn}\cdot\text{m}}}{(1 - \frac{\omega \ lb}{2}) * d_{[cm]} + fsd_{\frac{kn}{cm^2}}}$	כיוון lb
	קביעת הברזל תעשה לפי אורך היסוד ולא לפי ראוועה של 100 ס"מ. לאורך קביעת הברזל יש להשתמש לפי 100 ס"מ - כבלת זיון ראשי $ASmin_{[cm^2]} = 0.002 * 100_{[cm]} * d_{[cm]}$	4 בחירת ברזל $\Phi$

ו. חשבו את הזיון הדרוש לכיסוי המומנטים (מוטות קוטר 14 מ"מ) (אין צורך בחלוקה לרצועות).

$AS_{req} = 0.002 \times 420 \times 53 = 42.2 \text{ cm}^2$

$\omega = 1 - \left(1 - \frac{2 \times 1204.3}{4.2 \times 53^2 \times 1.3}\right)^{0.5} = 0.07 \approx 0.1$

$AS_{la} = \frac{1204.3}{0.95 \times 0.53 \times 4.35} = 53 \text{ cm}^2$

מילא 53 אצל  $\frac{53}{4.2} = 12.6 \text{ cm}^2$

$\Phi 16 @ 10$

$AS_{act} = 1539 \text{ cm}^2$

$AS_{req} = 1539 \times 4.2 = 6463 \text{ cm}^2$

חישוב גזירה ביסוד		
הערה	נוסחאון	שלב
$Vd_{la} = [0.5 * (la - a) - d] * lb * \sigma d$	כיוון la	1 חישוב כח תכן לגזירה
$Vd_{lb} = [0.5 * (lb - b) - d] * la * \sigma d$	כיוון lb	
$VrdMax(la) = 0.27(1 - 0.7 * \frac{fck[\frac{n}{mm^2}]}{250}) * \frac{lb[mm] * d[mm] * fcd[\frac{n}{mm^2}]}{2000}$	כיוון la	2 חישוב תסבולת מקסימלית לגזירה
$VrdMax(lb) = 0.27(1 - 0.7 * \frac{fck[\frac{n}{mm^2}]}{250}) * \frac{la[mm] * d[mm] * fcd[\frac{n}{mm^2}]}{2000}$	כיוון lb	
$100\rho = \frac{100 * As_{la}[cm^2]}{lb[cm] * d[cm]} \geq 0.002$	כיוון la	3 חישוב מנת זיון
$100\rho = \frac{100 * As_{lb}[cm^2]}{la[cm] * d[cm]} \geq 0.002$	כיוון lb	
$K = 1 + \sqrt{\frac{20}{d[cm]}} \leq 2$	מקדם תיקון גובה	4 חישוב תסבולת ללא זיון לגזירה
$Vrdc = \max \left\{ \begin{aligned} &0.12K (100\rho * 0.7 fck[\frac{n}{mm^2}])^{\frac{1}{3}} * \frac{lb[mm] * d[mm]}{1000} \\ &0.035K^{1.5} * (0.7 fck[\frac{n}{mm^2}])^{0.5} * \frac{lb[mm] * d[mm]}{1000} \end{aligned} \right.$	כיוון la	
$Vrdc = \max \left\{ \begin{aligned} &0.12K (100\rho * 0.7 fck[\frac{n}{mm^2}])^{\frac{1}{3}} * \frac{la[mm] * d[mm]}{1000} \\ &0.035K^{1.5} * (0.7 fck[\frac{n}{mm^2}])^{0.5} * \frac{la[mm] * d[mm]}{1000} \end{aligned} \right.$	כיוון lb	
$Vd \leq Vrdc$	אין צורך בזיון לגזירה	5 קביעת מקרה
$Vd \geq Vrdc$	יש צורך בזיון מחושב	

$$Vd_{la} = [0.5 * (4.2 - 0.6) - 0.55] * 4.2 * 177 = 929.25 \text{ נ"מ}$$

$$\rho = \frac{15.39 * 100}{100 * 55} = 0.27$$

$$K = 1 + \sqrt{\frac{20}{55}} = 1.6$$

$$Vrdc_{la} = 0.12 * 1.6 * (0.27 * 30)^{\frac{1}{3}} * \frac{4200 * 550}{1000} = 890 \text{ נ"מ}$$

$$Vrdc_{lb} = 0.035 * 1.6^{1.5} * (0.4 * 30)^{0.5} * \frac{4200 * 550}{1000} = 750 \text{ נ"מ}$$

$Vrdc_{la} < Vd$   
יש צורך בזיון מחושב!

**שאלה 4 (33 נק')**

בתרשים לשאלה 4 מסורטטת תקרת מקשית.

העומס הקבוע על התקרה, נוסף על משקלה העצמי, הוא:  $5.5 \text{ ק"ג למ"ר}$  ( $550 \text{ ק"ג למ"ר}$ ). העומס השימושי על

התקרה הוא  $4.5 \text{ ק"ג למ"ר}$  ( $450 \text{ ק"ג למ"ר}$ ). העומסים הם אופייניים.

סוג הבטון: ב - 30 (אגרגט גירי), והפלדה - מצולעת (חוזק התכן:  $f_{sd} = 435 [Mpa]$ ).

אפשר להניח:  $d_{sx} = d_{sy} = 3.0 \text{ ס"מ}$ .

**אין להתחשב במצבי עמיסה מסוכנים**

אין לשנות את מידות חתך התקרה במהלך פתרון השאלה.

חובה לציין את היחידות בכל חישוב. אי ציון היחידות יוריד נקודות.

**דרוש:**

**(6 נק')** א. סרטטו את הסכמות הסטטיות וחשבו את עובי התקרה המינימלי הנדרש משיקולי כפף בשדות: A, B, C.

**עבור סעיפים ב' עד ה' נתון: תקרה בעובי של 14 ס"מ.**

**נתון:** התקרה עמוסה על כל חלקיה בעומס תכן:  $20.0 \text{ ק"ג למ"ר}$  ( $F_d = 2.0 \text{ טון למ"ר}$ ).

**(14 נק')** ב. חשבו את המומנטים החיוביים בשדות A, B, C.

חשבו את המומנטים השלילים בין שדה C ושדה B.

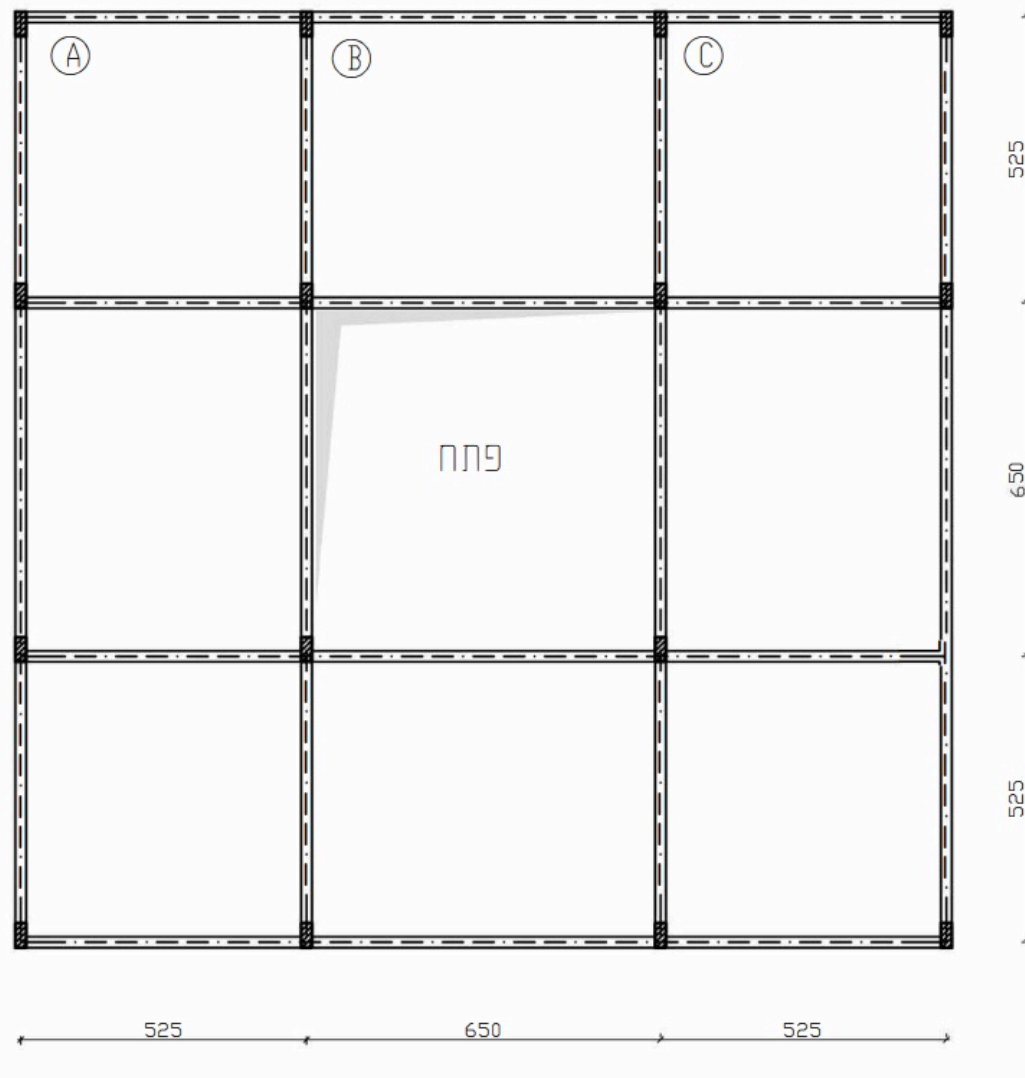
חשבו את המומנטים השלילים בין שדה A ושדה B.

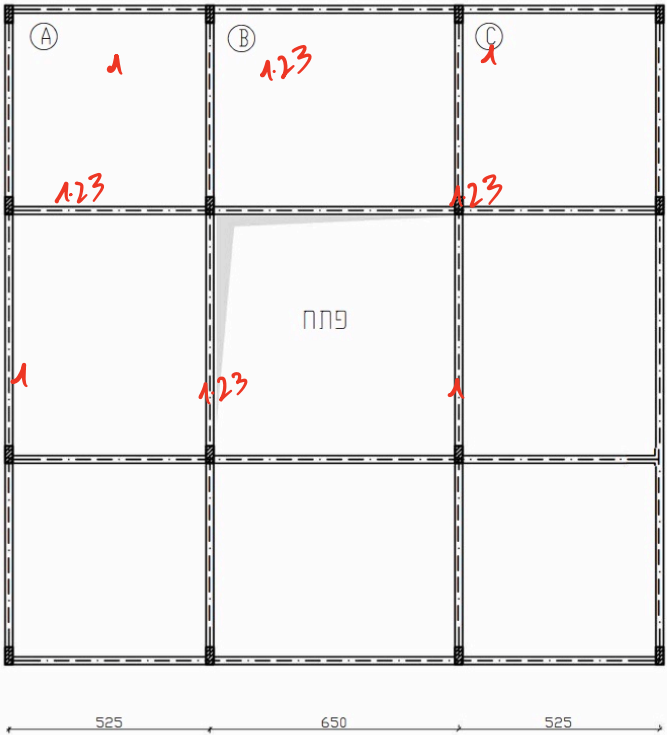
**(6 נק')** ג. חשבו את שטח הזיון החיובי בתקרה ובחרו מוטות זיון מתאימים בקוטר של 10 מ"מ.

**(4 נק')** ד. חשבו את שטח הזיון השלילי הדרוש ובחרו מוטות זיון מתאימים בקוטר של 12 מ"מ.

**(3 נק')** ה. סרטטו את הזיון שחישבתם בסעיפים ג', ד' במחברת הבחינה.

אין לסרטט על טופס הבחינה.

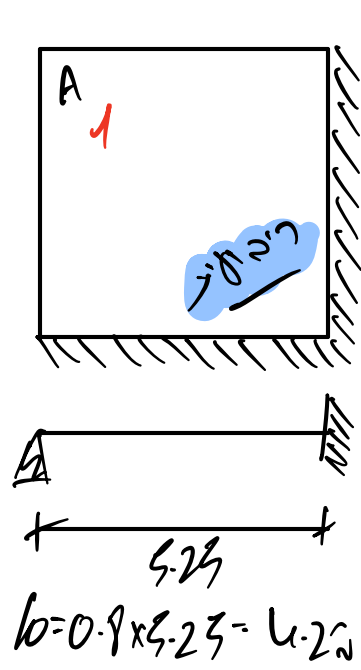




מכונן תקרה מקשיית מצולבת - בדיקת כפף			
הערה	נוסחאות		שלב
			1 שרטוט כל הסכמות בתקרה
$\frac{L_{max}}{L_{min}} < 1.15$	$1.15 \leq \frac{L_{max}}{L_{min}} \leq 2$	$\frac{L_{max}}{L_{min}} > 2$	2 קביעת מפתחים לכל שדה
מצולבת "ריבועית"	מצולבת "מלבנית"	תקרה מקשיית חד-כיוונית	3 תקרה קביעת סוג תקרה
$l_0 = \frac{l_{xy} + l_{yx}}{2}$	$l_0 = \min\{L_{0x}, L_{0y}\}$	$l_0 = l_0 \max$	4 מפתח שקיל קובע
$K_{11} = \frac{1.22}{\sqrt{\frac{L_{max}}{L_{min}}}}$		$K_{11} = 1$	5 חישוב K11
עבור תקרה מצולבת		עבור תקרה מקשיית	6 הנתח נובה משוער
$H_{משוער} = \frac{\lambda + f_{0max}}{30}$		$H_{משוער} = \frac{f_{0max}}{25}$	
$\lambda = \sqrt{\frac{L_{max}}{L_{min}}}$			7 חישוב עומסי פירות
$s.w_{[m^2]} = 25 \frac{[kg]}{[m^2]} + h_{[m]}$			משקל עצמי של התקרה
$\Delta g_{[m^2]}$			עומס קבוע נוסף
$Q_k_{[m^2]}$			עומס שימושי
$F_{ser}[m^2] = s.w_{[m^2]} + \Delta g_{[m^2]} + Q_k_{[m^2]}$			סה"כ עומסים
הוצאת נתון מטבלאות K12			8 חישוב K12
נתון בסעיף השאלה			9 חישוב K13
$h_{[m]} \geq \frac{f_{0max[m]}}{k_{11} \cdot k_{12} \cdot k_{13}}$			10 בדיקת כפף

שאלה 2:

$A_g = 5.5^{m^2}$   
 $Q_{12} = 4.5^{m^2}$   
 $s.w = 25 \times 0.16 = 4^{m^2}$   
 $F_{ser} = 5.5 + 4.5 + 4 = 14^{m^2}$   
 $k_{12} = 21.92$

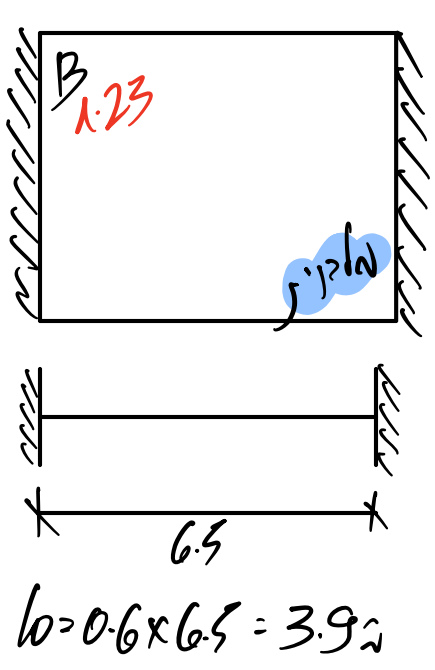


$l_0 = 0.8 \times 5.25 = 4.2m$   
 $l_0 = 4.2 = \frac{4.2}{2} = 4.2m$

$k_{11} = \frac{1.22}{\sqrt{1}} = 1.22$

הנחם ג'סיה זהרבי של 16 ס"מ  
 $H = \frac{1 \times 4.2}{30} = 0.14m \approx 0.16m$

$0.16 \geq \frac{4.2}{1.22 \times 21.92 \times 1} = 0.157m \checkmark$



$l_0 = 5.25m$   
 $l_0 = 3.9m$

$k_{11} = \frac{1.22}{\sqrt{1.23}} = 1.13$

$H = \frac{1.07 \times 3.9}{30} = 0.139m \approx 0.16m$

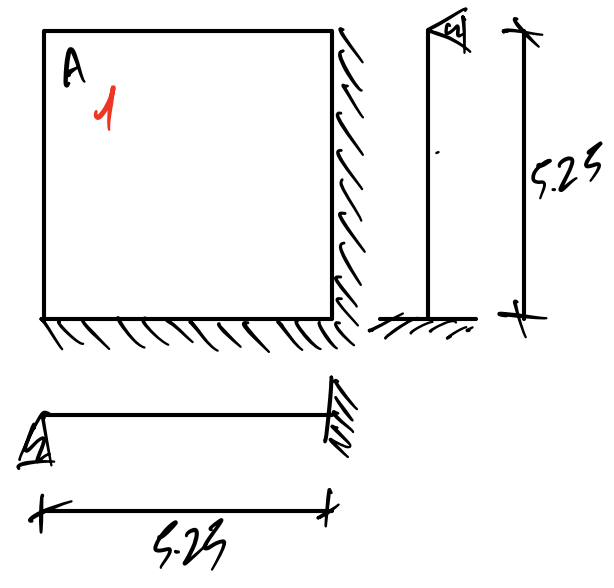
$0.16 \geq \frac{3.9}{1.13 \times 21.92 \times 1} = 0.157m$



חישוב מומנטים חיוביים  
 $F_{dmax} = 20 \text{ kN/m}^2$

$6 \text{ מטר} = A$

$$\bar{M} = \frac{20 \times 5.25^2}{40.2} = 13.71 \text{ קמ"מ}$$

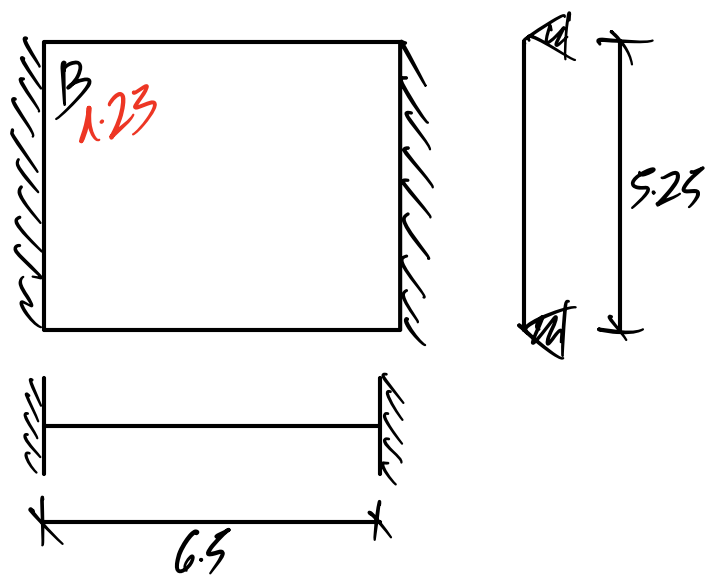


$$\bar{M} = \frac{20 \times 5.25^2}{40.2} = 13.71 \text{ קמ"מ}$$

תכנון תקרה מקסיית מצולבת - תכן ויטחי זיון		
הערה	עמסחאון	שלב
$Gk = s, w + \Delta g$	$F_{dmax} = 1.6Gk \frac{[kN]}{[m^2]} + 1.4Gk \frac{[kN]}{[m^2]}$	1 חישוב עומסי תכן לתקרה
	$F_{dmin} = 1.2Gk \frac{[kN]}{[m^2]}$	
זיו	זיו $F_{dmin} = Gk \frac{[kN]}{[m^2]}$	2 חישוב מומנטים שליליים
מומנט שלילי מופי חישוב ע"י סכום 2 מומנטים שליליים נמוצע בליים ברתאם לודה הרלוונטי		
התחשבות במצבי עמיסה מסוכנים		3 חישוב מומנטים חיוביים
$F \frac{[kN]}{[m^2]} = F_{dmax}$	$F' \frac{[kN]}{[m^2]} = \frac{F_{dmax} + F_{dmin}}{2}$	
	$F'' \frac{[kN]}{[m^2]} = \frac{F_{dmax} - F_{dmin}}{2}$	

מקרה 6 - שדה עם שתי שפות חופשיות וריחום בשפה קצרה ובשפה ארוכה

$l_{max}/l_{min}$	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_5$	$m_6$
1	14.3	40.2	14.3	40.2	27.2	27.2
1.05	13.3	38	13.9	41	26.5	27.5
1.1	12.7	36.1	13.6	42	25.8	27.9
1.15	12	34.2	13.3	42.8	25.1	28.4
1.2	11.5	32	13.1	44	24.4	28.9
1.25	11.1	30	12.9	45.6	23.8	29.4
1.3	10.7	28.5	12.8	47.6	23.2	29.9
1.35	10.3	26.5	12.7	49.6	22.6	30.4
1.4	10	24.1	12.6	51	22	30.8
1.45	9.8	22.1	12.5	52.1	21.4	31.3
1.5	9.6	20.2	12.4	53	20.8	31.7
1.55	9.4	18.6	12.3	54.1	20.2	32.1
1.6	9.2	17.2	12.3	54.8	19.6	32.5
1.65	9.1	16	12.2	55.6	19	32.9
1.7	8.9	14.9	12.2	56.3	18.4	33.3
1.75	8.8	14	12.2	57	17.8	33.7
1.8	8.7	13.1	12.2	57.7	17.2	34.1
1.85	8.6	12.3	12.2	58.3	16.6	34.5
1.9	8.5	11.6	12.2	59	16	34.9
1.95	8.4	11	12.2	59.6	15.4	35.3
2	8.4	10.4	12.2	60.2	14.8	35.7

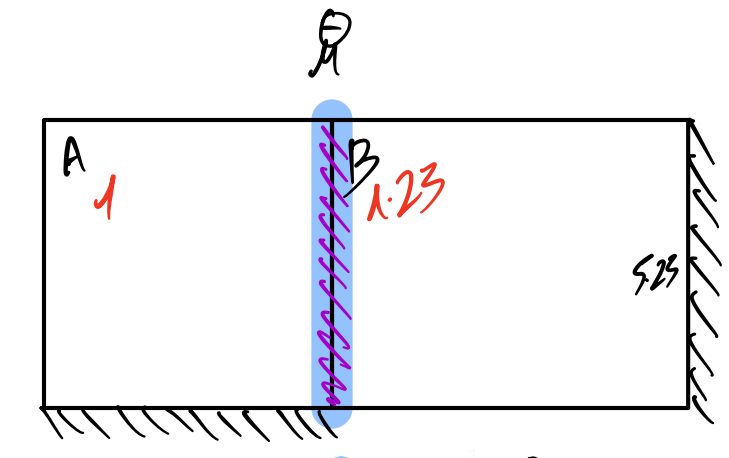


$$\bar{M} = \frac{20 \times 5.25^2}{31.5} = 17.5 \text{ קמ"מ}$$

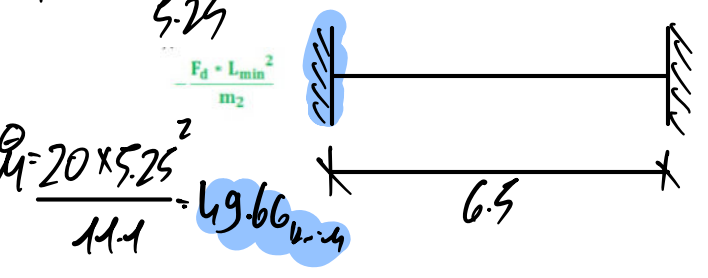
$$\bar{M} = \frac{20 \times 5.25^2}{31.3} = 17.6 \text{ קמ"מ}$$

מקרה 4 - שדה עם שתי שפות חופשיות וריחום בשתי השפות הקצרות

$l_{max}/l_{min}$	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_5$
1	14.3	35.1	27.2	27.2	27.2
1.05	13.4	33.7	26.5	27.5	27.5
1.1	12.7	32.9	25.8	27.9	27.9
1.15	12	32.2	25.1	28.4	28.4
1.2	11.5	31.1	24.4	28.9	28.9
1.25	11.1	30	23.8	29.4	29.4
1.3	10.7	28.8	23.2	29.9	29.9
1.35	10.3	27.7	22.6	30.4	30.4
1.4	10	26.8	22	30.8	30.8
1.45	9.8	25.9	21.4	31.3	31.3
1.5	9.6	25.2	20.8	31.7	31.7
1.55	9.4	24.4	20.2	32.1	32.1
1.6	9.2	23.8	19.6	32.5	32.5
1.65	9.1	23.2	19	32.9	32.9
1.7	8.9	22.6	18.4	33.3	33.3
1.75	8.8	22.1	17.8	33.7	33.7
1.8	8.7	21.6	17.2	34.1	34.1
1.85	8.6	21.1	16.6	34.5	34.5
1.9	8.5	20.6	16	34.9	34.9
1.95	8.4	20.1	15.4	35.3	35.3
2	8.4	19.6	14.8	35.7	35.7



$$\bar{M} = \frac{20 \times 5.25^2}{14.3} = 38.5 \text{ קמ"מ}$$



$$\bar{M} = \frac{20 \times 5.25^2}{11.1} = 49.66 \text{ קמ"מ}$$

$$\bar{M} = \frac{38.5 + 49.66}{2} = 44.08 \text{ קמ"מ}$$

מקרה 6 - שדה עם שתי שפות חופשיות וריחום בשפה קצרה ובשפה ארוכה

$l_{max}/l_{min}$	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_5$	$m_6$
1	14.3	40.2	14.3	40.2	27.2	27.2
1.05	13.3	38	13.9	41	26.5	27.5
1.1	12.7	36.1	13.6	42	25.8	27.9
1.15	12	34.2	13.3	42.8	25.1	28.4
1.2	11.5	32	13.1	44	24.4	28.9
1.25	11.1	30	12.9	45.6	23.8	29.4
1.3	10.7	28.5	12.8	47.6	23.2	29.9
1.35	10.3	26.5	12.7	49.6	22.6	30.4
1.4	10	24.1	12.6	51	22	30.8
1.45	9.8	22.1	12.5	52.1	21.4	31.3
1.5	9.6	20.2	12.4	53	20.8	31.7
1.55	9.4	18.6	12.3	54.1	20.2	32.1
1.6	9.2	17.2	12.3	54.8	19.6	32.5
1.65	9.1	16	12.2	55.6	19	32.9
1.7	8.9	14.9	12.2	56.3	18.4	33.3
1.75	8.8	14	12.2	57	17.8	33.7
1.8	8.7	13.1	12.2	57.7	17.2	34.1
1.85	8.6	12.3	12.2	58.3	16.6	34.5
1.9	8.5	11.6	12.2	59	16	34.9
1.95	8.4	11	12.2	59.6	15.4	35.3
2	8.4	10.4	12.2	60.2	14.8	35.7

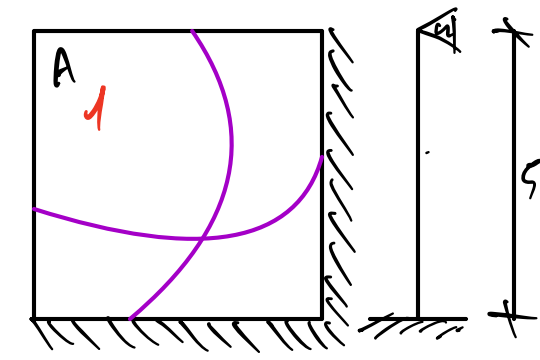
מקרה 4 - שדה עם שתי שפות חופשיות וריחום בשתי השפות הקצרות

$l_{max}/l_{min}$	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_5$
1	14.3	35.1	27.2	27.2	27.2
1.05	13.4	33.7	26.5	27.5	27.5
1.1	12.7	32.9	25.8	27.9	27.9
1.15	12	32.2	25.1	28.4	28.4
1.2	11.5	31.1	24.4	28.9	28.9
1.25	11.1	30	23.8	29.4	29.4
1.3	10.7	28.8	23.2	29.9	29.9
1.35	10.3	27.7	22.6	30.4	30.4
1.4	10	26.8	22	30.8	30.8
1.45	9.8	25.9	21.4	31.3	31.3
1.5	9.6	25.2	20.8	31.7	31.7
1.55	9.4	24.4	20.2	32.1	32.1
1.6	9.2	23.8	19.6	32.5	32.5
1.65	9.1	23.2	19	32.9	32.9
1.7	8.9	22.6	18.4	33.3	33.3
1.75	8.8	22.1	17.8	33.7	33.7
1.8	8.7	21.6	17.2	34.1	34.1
1.85	8.6	21.1	16.6	34.5	34.5
1.9	8.5	20.6	16	34.9	34.9
1.95	8.4	20.1	15.4	35.3	35.3
2	8.4	19.6	14.8	35.7	35.7

חישוב סכום מ"ס מ"ס

$b = 100cm$	$AS_{min[cm^2]} = \rho_{min} * b_{[cm]} * d_{[cm]}$	חישוב מנבלות שטחי זיון	4
$\omega_{min} = 0.1$ $\omega_{max} = 0.4$	$\omega = 1 - \left( 1 - \frac{2 * M d_{[kn-m]}}{b_{[cm]} * d_{[cm]}^2 * f_c d_{[cm]}^2} \right)^{0.5}$	חישוב יחס חלק לחץ בחתך - אומנה $\omega$	5
	$AS_{[cm^2]} = \frac{M d_{[kn-m]}}{\left( 1 - \frac{\omega}{2} \right) * d_{[cm]} * f_s d_{[cm]}^2}$	בחירת שטח זיון דרוש	6
	לפי טבלאות	בחירת ברזל	7

$AS_{min} = 0.00163 * 100 * 11 = 1.8 cm^2$



$\bar{M} = 13.71 kn \cdot m$

$d = 11 cm$

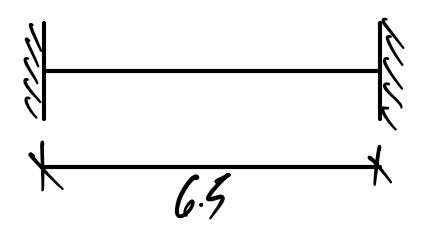
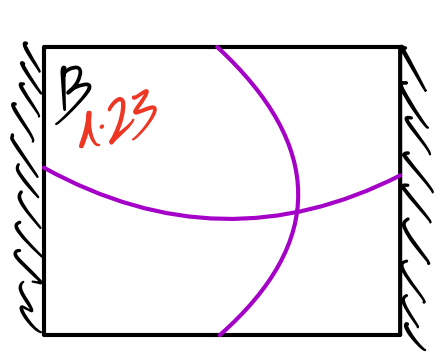


$\bar{M} = 13.71 kn \cdot m$

$W = 1 - \left( 1 - \frac{2 * 13.71}{1 * 11^2 * 1.3} \right)^{0.5} = 0.1$

$AS = \frac{13.71}{0.95 * 0.11 * 4.35} = 3.01 cm^2$

$\Phi 10 @ 25 \quad A_{sact} = 3.14 cm^2$



$\bar{M} = 17.61 kn \cdot m$

$\bar{M} = 17.5 kn \cdot m$

$W = 1 - \left( 1 - \frac{2 * 17.5}{1 * 11^2 * 1.3} \right)^{0.5} = 0.11$

$AS = \frac{17.5}{\left( 1 - \frac{0.11}{2} \right) * 0.11 * 4.35} = 3.87 cm^2$

$\Phi 10 @ 20 \quad A_{sact} = 3.93 cm^2$

$W = 1 - \left( 1 - \frac{2 * 17.61}{1 * 11^2 * 1.3} \right)^{0.5} = 0.11$

$AS = \frac{17.61}{\left( 1 - \frac{0.11}{2} \right) * 0.11 * 4.35} = 3.89 cm^2$

$\Phi 10 @ 20 \quad A_{sact} = 3.93 cm^2$

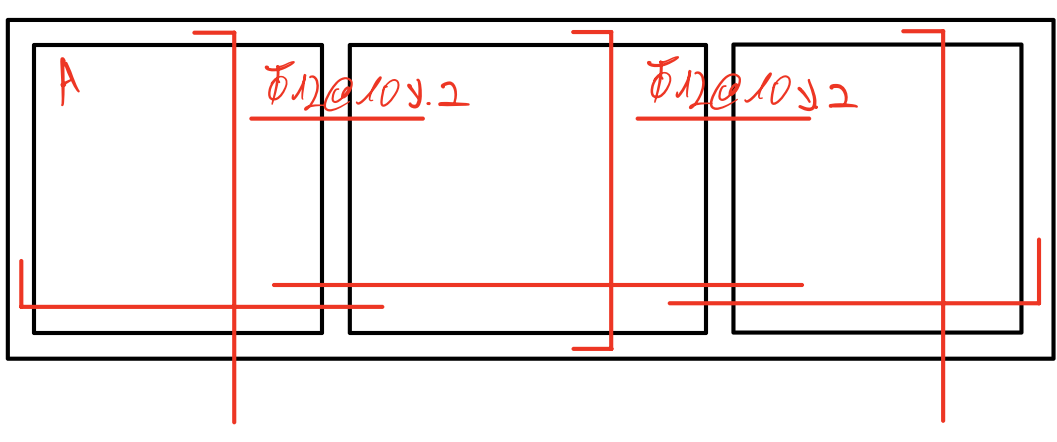
1

$W = 1 - \left( 1 - \frac{2 * 46.08}{1 * 11^2 * 1.3} \right)^{0.5} = 0.33$

$AS = \frac{46.08}{\left( 1 - \frac{0.33}{2} \right) * 0.11 * 4.35} = 11 cm^2$

$\Phi 12 @ 10 \quad A_{sact} = 11.31 cm^2$

לח. 0.08 knm זהו הנמוך, זהו מ"ס מ"ס





$$W = 1 - \left(1 - \frac{2 \cdot 26.1}{0.15 \cdot 36^2 \cdot 13}\right)^{0.5} = 0.11$$

$$b_b = \frac{75 + 15}{2} = 45 \text{ cm}$$

$$A_{s, min} = 0.00163 \times 45 \times 36 = 2.64 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 26.1$$

$$\omega = 1 - \left(1 - \frac{2Md}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}\right)^{0.5}$$

$$A_s = \frac{Md}{\left(1 - \frac{\omega}{2}\right) \cdot d \cdot f_{sd}}$$

$$\left(1 - \frac{0.11}{2}\right) \cdot 0.36 \cdot 36 = 2.19$$

קוטר mm	1	2
8	0.50	1.01
10	0.79	1.57
12	1.13	2.26
14	1.54	3.08



# לחדא - חזקים בטון



$$l_0 = 5.3 \times 0.8 = 4.24$$

$$K_{12} = \frac{l_0 \max}{h \cdot k_{11} \cdot k_{13}}$$

$$K_{12} = \frac{4.24}{0.39 \times 1 \times 1} = 10.87 \Rightarrow F_{ser} 115.2 \text{ kN/m}^2$$

$$115.2 = \frac{62.4 \text{ kN/m}}{b_{cm}} \Rightarrow b = 0.54 \text{ m} \Rightarrow b = 54 \text{ cm}$$

$$\phi A_s = 3.08 \text{ cm}^2$$

$$F_{ser} = M \cdot \gamma_{1/4}$$

כדי לקבוע את כמות הברז  
 $62.4 \text{ kN/m} = 5.7$   
 $31.59 \text{ kN/m} = 1.3, 3.5$

כמות הברז