GuyAI
מבית GOOL בגרויות

סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: קיץ 2026 מועד א'
סמל השאלון: 97156
שם התלמיד/ה: _____

מבנים

הנדסת בניין · הנדסאים וטכנאים

הוראות

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה ארבע שאלות. יש לענות על שלוש. שאלה 1, שאלה 2: שתי שאלות חובה – 35 נקודות לכל שאלה. שאלות 3, 4: שאלה אחת לבחירה – 30 נקודות לשאלה.

ג. חומר עזר מותר בשימוש: 1. מחשבון מדעי (אין להשתמש במחשב כף יד או במחשבון עם תקשורת חיצונית). 2. קלסר אחד בלבד עם חומר ההרצאות. אין להוציא דפים מהקלסר. 3. "סטטיקה חוזק חומרים ובטון מזוין". טבלאות עזר למגמת בנייה ואדריכלות- המרכז לחינוך טכנולוגי חולון. 4. סרגל מדידה, סרגל קנ"מ ומשולש.

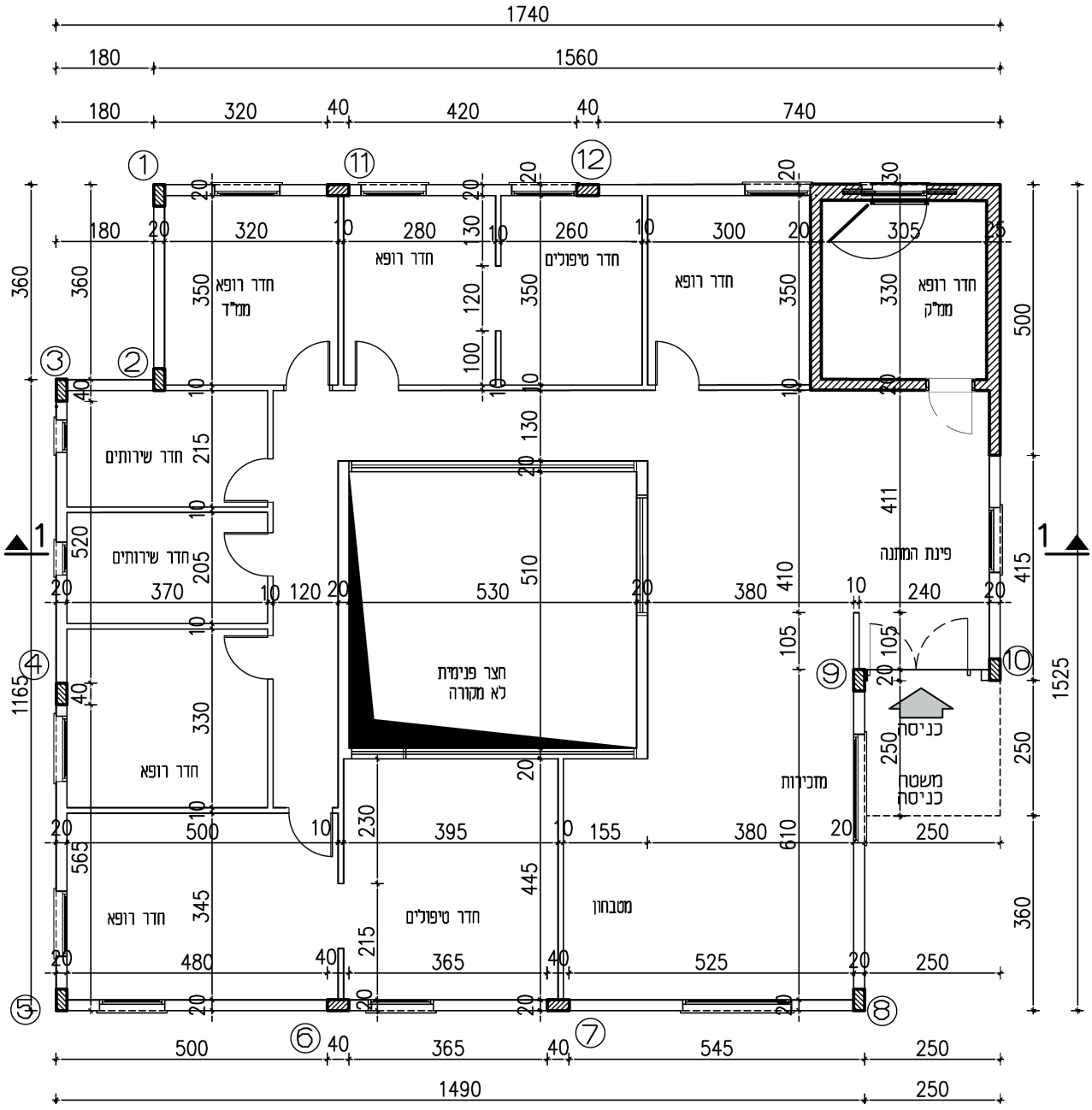
ד. הוראות מיוחדות: 1. יש לכתוב, בתחילת המבחן, את מספרי השאלות לבדיקה. 2. יש לציין, בתחילת המבחן, בכמה מחברות נעשה שימוש. 3. כל המידות בשאלות הן במטר (אלא אם כן צוין אחרת). 4. להבהרת דרך הפתרון יש לרשום את הנוסחאות שבהן משתמשים. הנחיות כלליות לכל השאלות: מותר להשתמש באחת משתי שיטות היחידות, אך השימוש חייב להיות עקבי לאורך כל הבחינה. הנחיות לשימוש ביחידות/תקנים: יש לרשום בעמוד הראשון של הבחינה "אני משתמש/ת ביחידות החדשות" או "אני משתמש/ת ביחידות הישנות". נבחנים שישתמשו לסירוגין בשתי השיטות של היחידות שהוזכרו לעיל, באותה השאלה או בשאלות שונות, בחינתם תיפסל. נבחנים שלא יציינו אף אחת מהצהרות לעיל ייחשב הדבר בעת בדיקת הבחינה כאילו השתמשו ביחידות החדשות. יחידות ישנות/חדשות: מודל אלסטיות של הפלדה $210{,}000 ק"ג/סמ"ר - $100{,}000 מגפ"ס; המשקל המרחבי של הבטון $2.5 טון/מ"ק - $25 ק"נ/מ"ק; כוח מרוכז $1 טון - $10 ק"נ; כוח מפורס ליחידת אורך $1 טון/מ"א - $10 ק"נ/מ"א (מ"א = מטר אורך); כוח מפורס ליחידת שטח $1 טון/מ"ר - $10 ק"נ/מ"ר (מ"ר = מטר ריבוע); מומנט $1 טון מ' - $10 ק"נ מ' (מ' = מטר).

השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

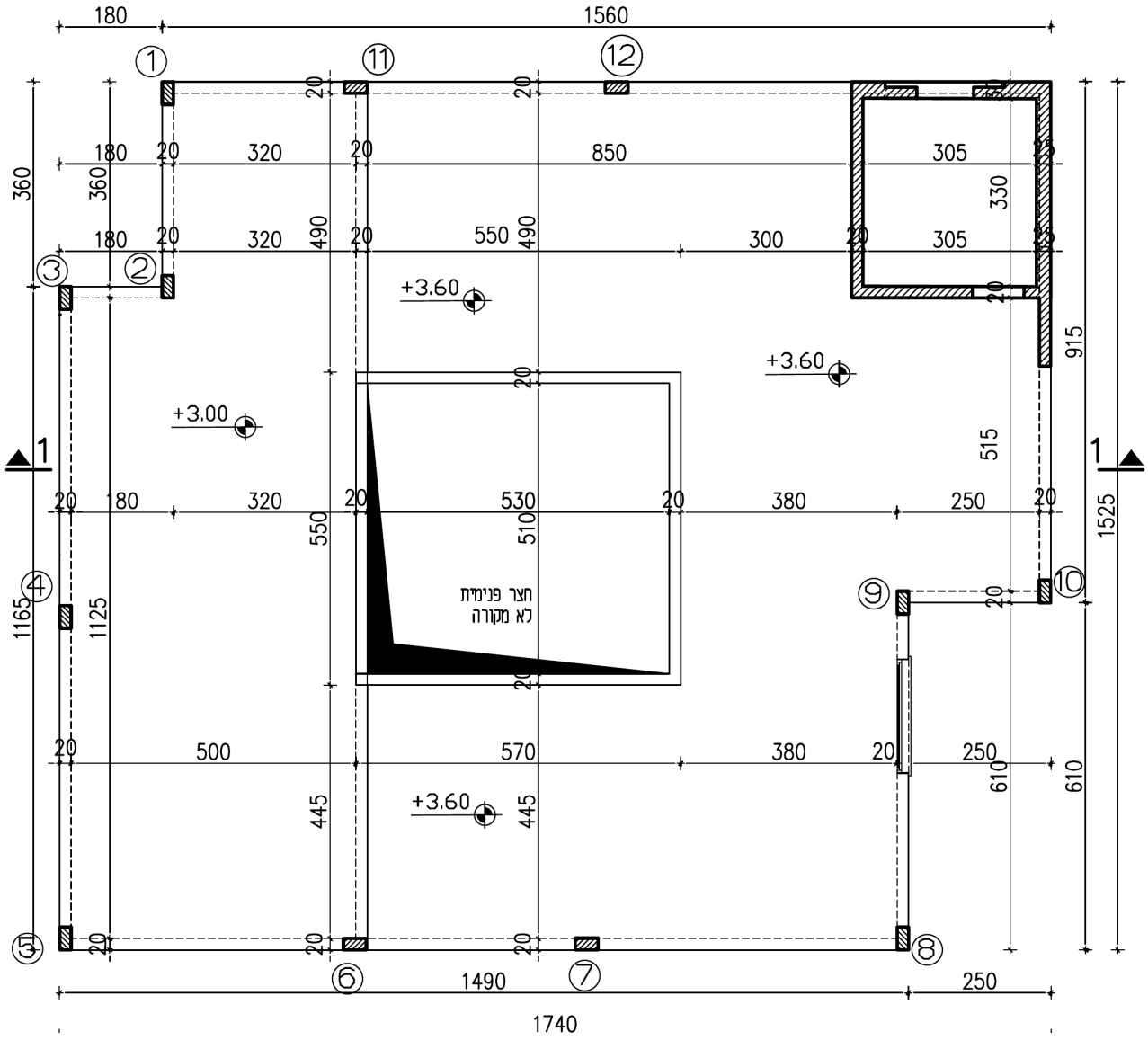
בהצלחה!

השאלות

1. בשאלון מצורפים שלושה דפים ריקים ועליהם יש לכתוב את הפתרון בהתאם להנחיות בסעיפים.
פתרון שיירשם במחברת לא ייבדק!
בתרשים מספר 1א' מסורטטת תוכנית קומת קרקע במבנה מרפאה בן קומה אחת עם חצר פנימית לא מקורה.
בתרשים מספר 1ב' מסורטטת תוכנית הגג העליון בשני מפלסים. סוג הבטון ב-30, האגרגט גירי.
בתרשים מספר 1ג' מסורטט חתך אדריכלי 1-1 העובר דרך שני מפלסי הגג ודרך החצר הפנימית.
הקירות והמחיצות בנויים מבלוקים, למעט קירות הממ"ק.
עובי תקרת הממ"ק כעובי התקרה ואין צורך לתכנן אותה.
בהיקף הקומה מוצבים עמודים לתמיכת התקרה ויש להוסיף את כל העמודים הפנימיים שיתרמו ליציבות התקרה המהווה את גג המבנה.
כל העמודים המתוכננים בבית יהיו במידות 20/40 ס"מ והם יכולים לבלוט מהמחיצות 10 ס"מ בלבד.
אפשר לבצע קורות תחתונות או עליונות בתחום קירות בעובי 20 ס"מ וכן בהיקף התקרה.
נתונים עומסי הגג הזהים בשני המפלסים:
עומס קבוע בנוסף למשקלה העצמי של התקרה: $4.0\,\mathrm{kN/m^2}\ (0.40\,\mathrm{t/m^2})$.
עומס שימושי: $1.5\,\mathrm{kN/m^2}\ (0.15\,\mathrm{t/m^2})$.
סוג הבטון ב-30, האגרגט גירי.
חובה לציין את היחידות בכל חישוב. אי-ציון היחידות יפחית ניקוד.
דרוש:



נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il



א. הוסיפו לתרשים מספר 1א את כל העמודים הפנימיים הנוספים הדרושים לפתרון הנדסי של תקרת קומת הקרקע ומספרו אותם.

העתיקו לתרשים 1ב את כל העמודים שהוספתם בתרשים 1א ואת מספריהם.

חובה לכתוב באופן ברור וקריא את מספרי העמודים בשני התרשימים.

(4 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

ב. סמנו את כיוון המתיחה בכל מפלס ובחרו את סוג התקרה המתאים לכל מפלס (לא בהכרח אותו סוג תקרה לשני המפלסים). נמקו את בחירתכם עבור סוג התקרה וכיוון המתיחה.

אם במפלס מסוים בחרתם בתקרת צלעות, להלן הנתונים:

רוחב הצלע הוא 15 ס"מ, המשקל המרחבי של הבלוקים בתקרה הוא:

$$4.5\,\mathrm{kN/m^3}\ (0.45\,\mathrm{t/m^3})$$

ומידות הבלוקים הן: h1/30/50. (h1 – גובה הבלוק).

(5 נקודות)

ג. סרטטו על גבי תרשים מספר 2ב את הסכמות הסטטיות של תוכנית הגג, עבור שני המפלסים, סמנו את הקורות הפנימיות שבחרתם ותנו שם לכל סכמה סטטית של הגג ולכל קורה שבחרתם.

(8 נקודות)

ד. סרטטו על גבי הדפים הריקים שבשאלון את הסכמות הסטטיות של תוכנית הגג ואת הסכמות הסטטיות של כל הקורות הפנימיות. הסכמות יכללו את שם הסכמה, שמות הסמכים והמפתחים.

(10 נקודות)

ה. חשבו את העובי המינימלי של התקרה על פי שקולי הכפף לפי ת"י 466 וסרטטו את חתך התקרה בעובי שבחרתם בכל מפלס. החתך יכלול את מידות התקרה ומפלסה.

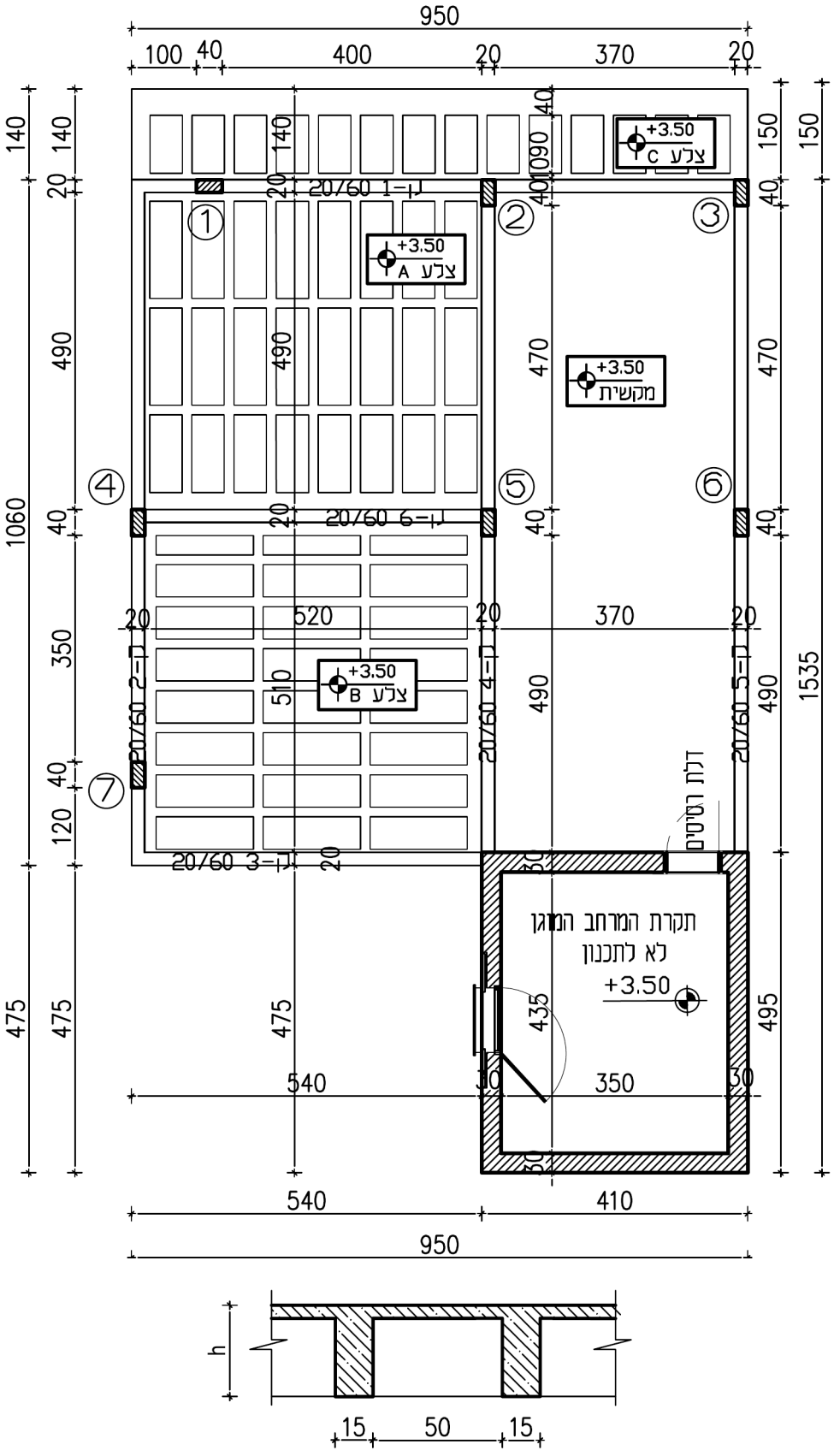
(8 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

2. בתרשים מספר 2 מוצגת תוכנית תקרה של מועדון שכונתי במפלס אחיד. המערכת מורכבת משני סוגי תקרות: תקרה מקשית חד-כיוונית ותקרת צלעות. שמות הצלעות מופיע בתרשים.
לצורך הפתרון, התייחסו לקשיחות התקרה המקשית כקשיחות מוחלטת ביחס לצלעות.
התקרה על כל חלקיה נשענת על קורות יורדות. חלק משטח התקרה מהווה את תקרת המרחב המוגן בעובי 20 ס"מ, ואין צורך לתכנן אותו במסגרת שאלה זו.
להלן נתוני חומרים ועומסים:

- משקל מרחבי של בלוקי המילוי בתקרה: $4.0\,\mathrm{kN/m^3}\ (0.40\,\mathrm{t/m^3})$
- עומס קבוע נוסף (ללא משקל עצמי) על כל חלקי התקרה: $4.0\,\mathrm{kN/m^2}\ (0.40\,\mathrm{t/m^2})$
- עומס שימושי על כל חלקי התקרה: $1.50\,\mathrm{kN/m^2}\ (0.15\,\mathrm{t/m^2})$
- סוג הבטון: ב-30, אגרגט גירי.
- פלדת זיון מצולעת ובעלת חוזק תכן: $f_{sd} = 435\,\mathrm{MPa}\ (4.35\,\mathrm{t/cm^2})$,
  $d_s = 3\,\mathrm{cm}$ -

חובה לציין את היחידות בכל חישוב. אי-ציון היחידות יפחית נקודות.
דרוש:



נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

א. סמנו את כיווני המתיחה על תרשים מספר 2 ורשמו את שם הסכמה בכל אזור בתקרה.
סרטטו במחברת את הסכמות הסטטיות של התקרה.
הסכמות יכללו את שם הסכמה, שמות הסמכים והמפתחים.
קבעו את המפתח השקיל המקסימלי לכל סוג תקרה וחשבו את עובי שני סוגי התקרות לפי דרישות הכפף בת"י 466.
(13 נקודות)

ב. חשבו את עומס התכן של כל סוג תקרה.
(4 נקודות)

ג. נתון שעומס התכן של תקרת הצלעות הוא: $13\,\mathrm{kN/m^2}\ (1.3\,\mathrm{t/m^2})$.
חשבו וסרטטו את מהלך כוחות הגזירה ואת מהלכי המומנטים **רק** עבור צלע A.
(6 נקודות)

ד. **נתון שגובה התקרה המקשית, $h = 15\,\mathrm{cm}$ וגובה תקרת הצלעות, $h = 20 + 6 = 26\,\mathrm{cm}$.**

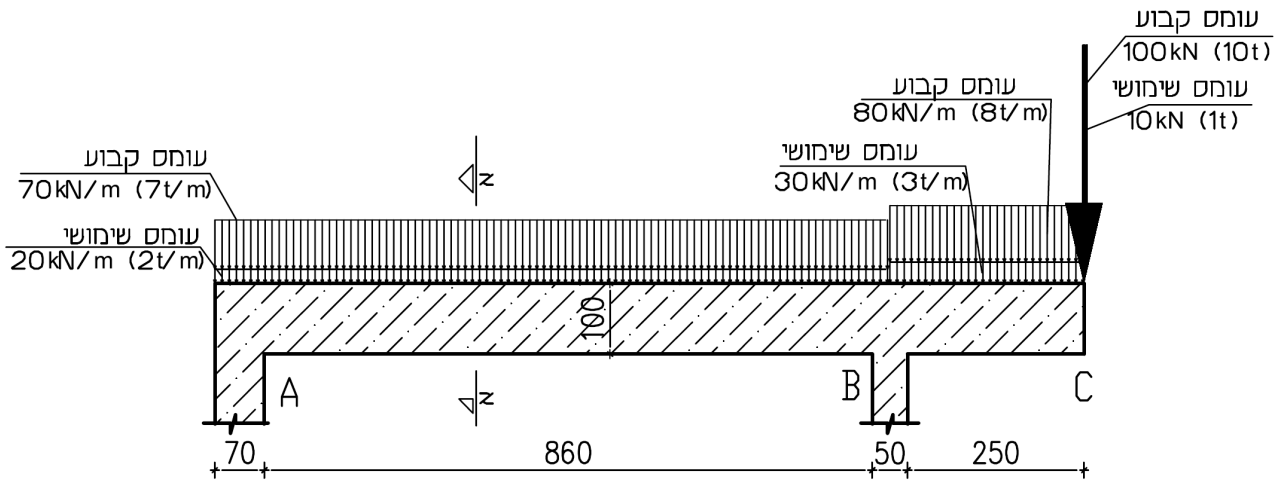
בנוסף, נתון שהמומנט **החיובי** המקסימלי **בצלע A** הוא: $M = 30\,\mathrm{kN\cdot m}\ (3.0\,\mathrm{t\cdot m})$,
והמומנט החיובי המקסימלי **בתקרה המקשית** הוא:
$$M = 30\,\mathrm{kN\cdot m/m}\ (3.0\,\mathrm{t\cdot m/m})$$
חשבו את ω ואת A_s - כמות הזיון הדרושה לכיסוי המומנט החיובי בשני סוגי התקרות ובחרו מוטות זיון בקוטר 16 מ"מ.
(6 נקודות)

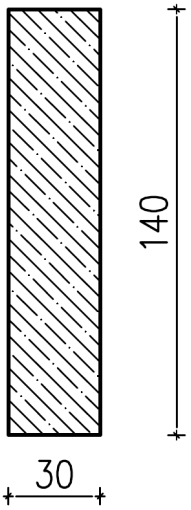
ה. הציגו את הסכמות הסטטיות של הקורות הבאות: **ק-1, ק-2, ו-ק-3**. הסכמות יכללו:
את שם הקורה, שמות הסמכים והצגת כלל העומסים על הקורה, כולל ציון מקור העומס אך **ללא חישוב גודלו**.
(הניחו כי קורות המקבילות לכיוון מתיחת התקרה אינן מקבלות עומס מהתקרה עצמה).
עבור כל נקודת השענה בסכמה, עליכם לזהות ולציין במפורש את שמו או מספרו של הרכיב המהווה את הסמך של כל קורה.
(6 נקודות)

3. בתרשים **מספר 3** מסורטטת קורה על שני סמכים וזיז, עם **העומסים האופייניים** הפועלים עליה.
העומס המחולק הקבוע **כולל** את משקלה העצמי של הקורה.
בנקודה C פועל כוח מרוכז.
בתרשים **מספר 3א** מסורטט חתך הקורה.
סוג הבטון: ב-30, האגרגט גירי, $d_s = 3\,\text{cm}$.
סוג הפלדה: פלדה מצולעת בעלת חוזק תכן: $f_{sd} = 435\,\text{MPa}\,(4.35\,\text{t/cm}^2)$.

חובה לציין את היחידות בכל חישוב! אי-ציון היחידות יפחית נקודות.

דרוש:





א. בדקו אם גובה הקורה עונה על דרישות הכפף של ת"י 466.
בשל העומס המרוכז ולצורך הפתרון, הניחו כי המפתח השקיל בזיז הוא: $L_0 = 3 \cdot L$.
(4 נקודות)

ב. חשבו את **עומס התכן** ואת **כוח התכן** הפועלים על הקורה.
(4 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

ג. סרטטו במחברת את הסכמה הסטטית של הקורה אשר תכלול את: שמות הסמכים, מפתחים ועומסים.
חשבו את הריאקציות בסמכים.
חשבו וסרטטו את מהלך כוחות **הגזירה** לאורך הקורה.
חשבו וסרטטו את מהלך **המומנטים** לאורך הקורה.
(8 נקודות)

ד. **נתון שהמומנט המקסימלי בקורה הוא מומנט שלילי:**
$M = 1100\,\mathrm{kN\cdot m}\,(110\,\mathrm{t\cdot m})$.

חשבו את ω ואת שטח הזיון הדרוש לכיסוי המומנט השלילי בקורה.
חשבו את כמות מוטות הזיון שהקוטר שלהם הוא **18 מ"מ**.
(4 נקודות)

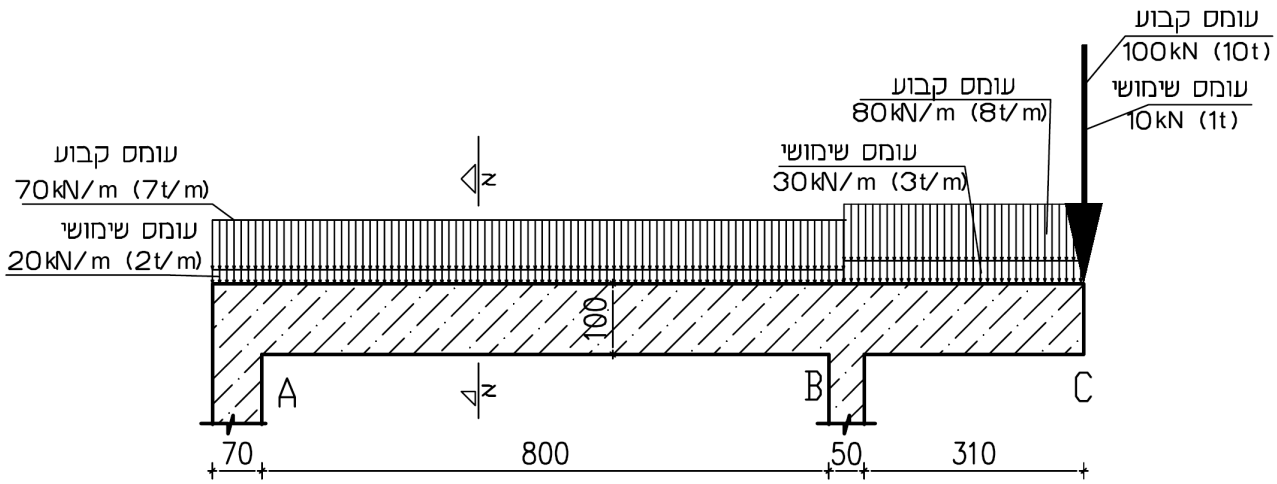
ה. קבלן השלד מתריע כי עקב צפיפות המוטות וגודל אגרגט הבטון, לא ניתן לצקת את הקורה כראוי אם כל מוטות הזיון שחישבתם בסעיף ד' יסודרו בשורה אחת, ולכן הוא נאלץ לשנות את סידור הברזל בחתך.

(1) מהו הסידור החלופי שהקבלן ייאלץ לבצע, וכיצד שינוי זה ישפיע על התנהגות הקורה בכפיפה לעומת החישוב המקורי? נמקו והסבירו תשובתכם ללא חישוב.

(2) הציעו שני פתרונות תכנוניים שונים שיאפשרו לשאת את המומנט הנתון תוך השארת הברזל בשורה אחת בלבד. נמקו את הצעותיכם.

(6 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il



ו. עקב אילוצים באתר, סמך B של הקורה הוזז שמאלה ב-60 ס"מ, כך שאורך הזיז גדל ואורך השדה קטן, כמוצג **בתרשים ג'ב**.

שרטטו סקיצה עקרונית של הקורה במצבה החדש **וסמנו** עליה באילו אזורים נדרש ברזל עליון ובאילו אזורים נדרש ברזל תחתון. בנוסף, **קבעו** עבור כל אזור בקורה, האם כמות הזיון גדלה, קטנה או נותרה ללא שינוי.

ציינו כיצד השתנו הריאקציות בסמכים ונמקו את תשובתכם ללא חישוב.

(4 נקודות)

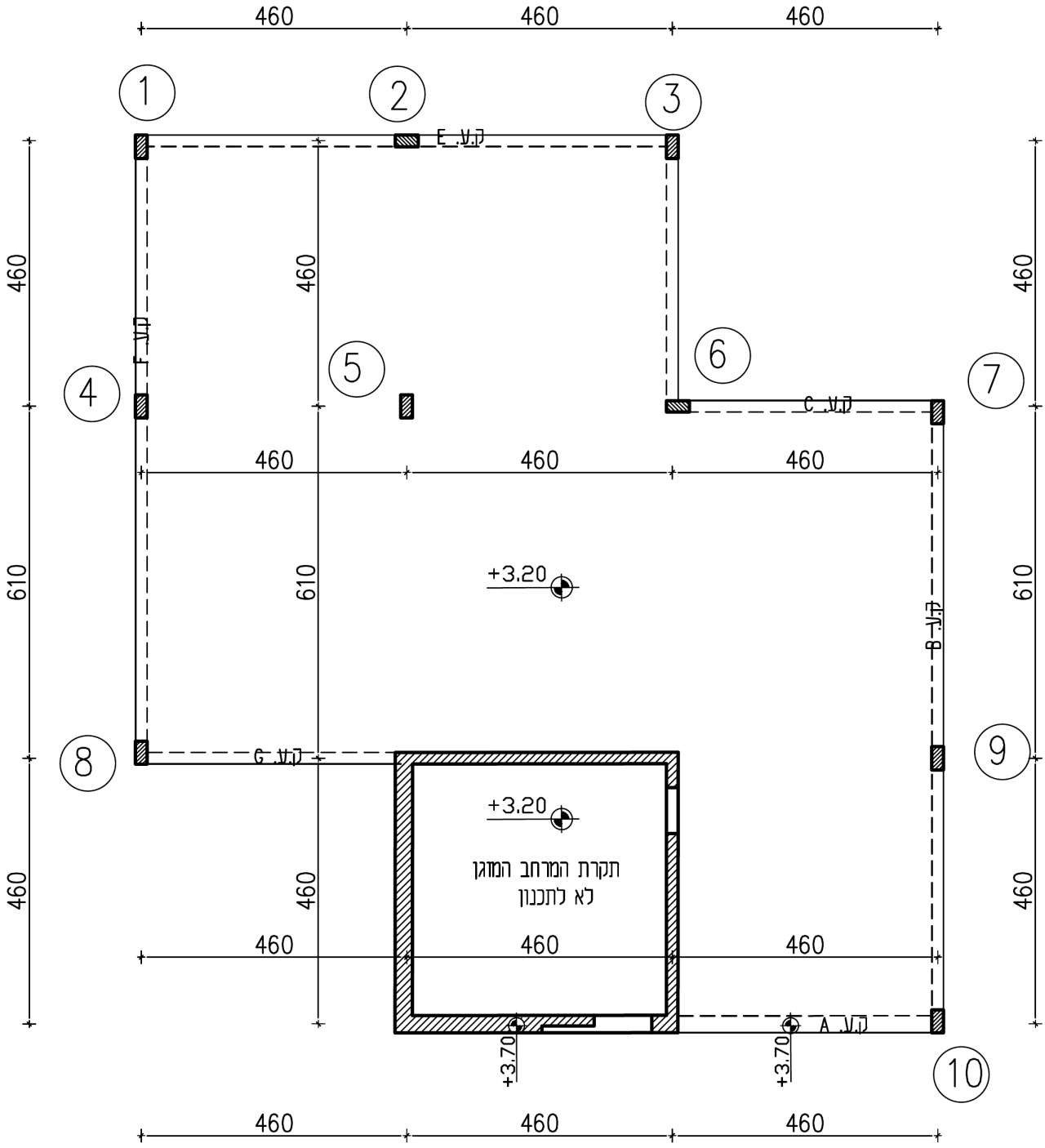
נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

4. בשאלון מצורפים שלושה דפים ריקים ועליהם יש לכתוב את הפתרון בהתאם להנחיות בסעיפים.
פתרון שיירשם במחברת לא ייבדק!
יש לתכנן שתי חלופות לגג העליון בבניין משרדים. בהיקף התקרה יש קורות עליונות ואין צורך לתכנן אותן.
תקרת הממ"ק בעובי התקרה ואין צורך לתכנן אותה.
נתון תרשים 4א-עבור שרטוט סכמה סטטית **לחלופה א**,לתכנון התקרה עם **קורות בולטות**.
ותרשים 4ב-עבור שרטוט סכמה סטטית **לחלופה ב**, לתכנון התקרה **ללא קורות בולטות**.
התקרה מועמסת על כל שיטחה **במשקלה העצמי, בעומס קבוע נוסף** של
$3.0\,\mathrm{kN/m^2}\ (0.30\,\mathrm{t/m^2})$
ובעומס שימושי של $1.5\,\mathrm{kN/m^2}\ (0.15\,\mathrm{t/m^2})$.

אם בחרתם לתכנן תקרת צלעות, להלן הנתונים:

המשקל המרחבי של בלוקי המילוי בתקרה הוא: $3.5\,\mathrm{kN/m^3}\ (0.35\,\mathrm{t/m^3})$
רוחב הצלע הראשית הוא 15 ס"מ ובלוקי המילוי במידות: h1/30/50. (h1 - גובה הבלוק).
סוג הבטון: ב-30 (אגרגט גירי).
פלדה: מצולעת בעלת חוזק תכן של $f_{sd} = 435\,\mathrm{MPa}\ (4.35\,\mathrm{t/cm^2})$.
$d_s = 3\,\mathrm{cm}$.

חובה לציין את היחידות בכל חישוב. אי-ציון היחידות יפחית נקודות.
דרוש:



סעיפים א-ד עבור חלופה א: תקרה עם קורות בולטות

א. סרטטו **בתרשים 4א** את הסכמות הסטטיות של **התקרה** וסמנו את כיווני המתיחה בכל אזור. תנו שם לכל סכמה ולכל קורה פנימית שהוספתם.

(4 נקודות)

ב. קבעו את סוג התקרה המתאים לפתרון הסכמה הסטטית שהצעתם ונמקו באיזה אופן השפיע מיקום הקורות וכיוון המתיחה על קבלת עובי מינימלי של התקרה.

(4 נקודות)

ג. סרטטו בדפים הריקים בשאלון הבחינה את הסכמות הסטטיות של התקרה וחשבו את עובי התקרה לפי דרישות הכפף של ת"י 466. הסכמות יכללו: שם החלופה, שם הסכמה, שמות הסמכים והמפתחים.

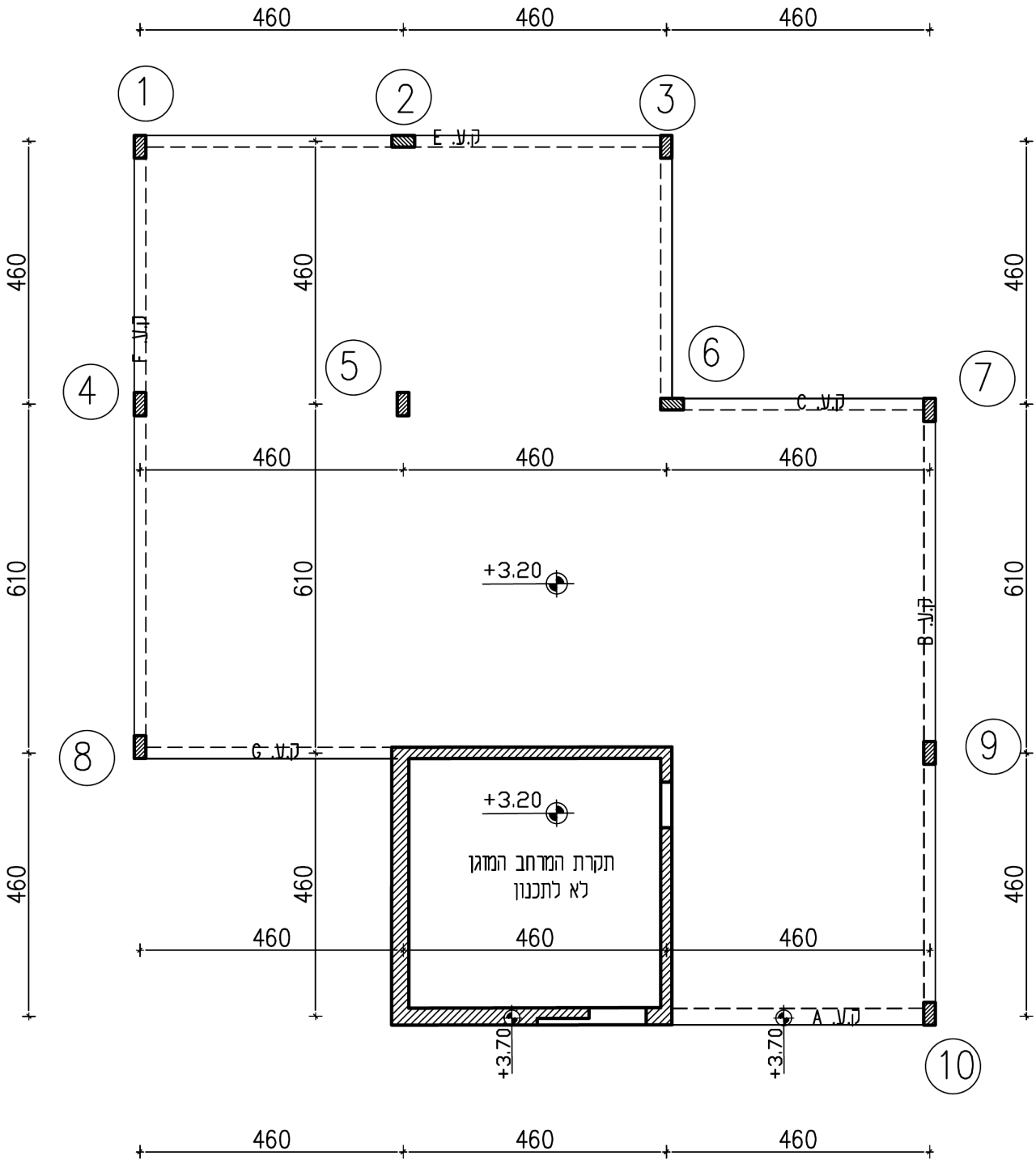
(4 נקודות)

ד. סרטטו באופן עקרוני, ללא חישוב, על **תרשים 4א** את מהלך המומנטים של כל סכמה של התקרה.

(2 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

סעיפים ה-ז עבור חלופה ב: תקרה ללא קורות בולטות



ה. סרטטו **בתרשים 24** את הסכמות הסטטיות של **התקרה** וסמנו את כיווני המתיחה בכל אזור. תנו שם לכל סכמה ולכל קורה פנימית שהוספתם.

(4 נקודות)

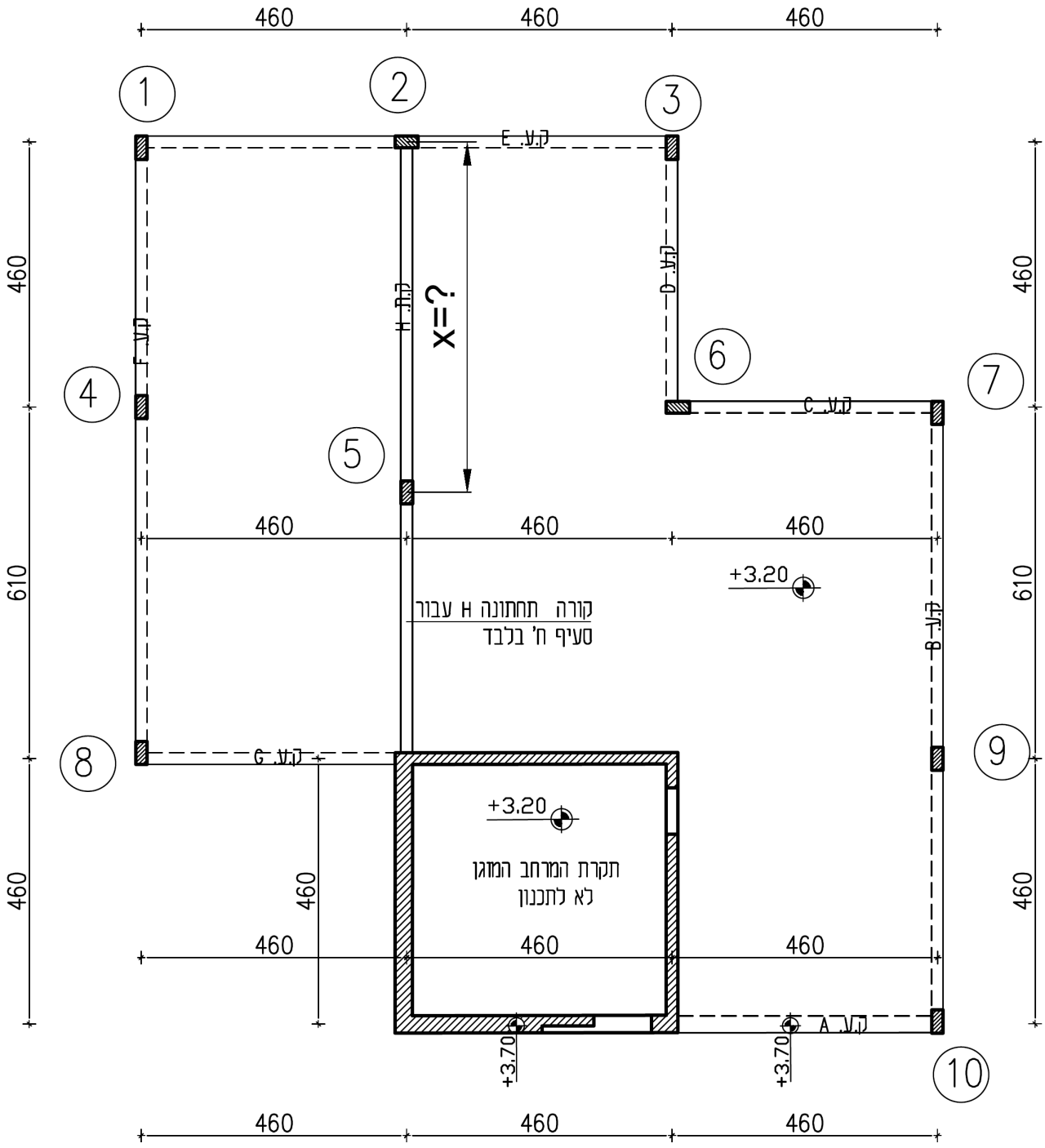
ו. קבעו את סוג התקרה המתאים לפתרון הסכמה הסטטית שהצעתם ונמקו באיזה אופן השפיע מיקום הקורות וכיוון המתיחה על קבלת עובי מינימלי של התקרה.

(4 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

ז. סרטטו במחברת הבחינה את הסכמות הסטטיות של התקרה וחשבו את **המפתח השקיל המקסימלי** של התקרה. **שימו לב!** אין צורך לחשב את גובה התקרה.
(4 נקודות)

תרשים 4ג: עבור סעיף ח בלבד



ח. (1) **בתרשים 4ג** מסומנת **קורה עליונה A**. היכן לדעתכם יתקבל כוח הגזירה הגדול ביותר לאורך הקורה? נמקו תשובתכם.

(2) **בתרשים 4ג** מסומנת **קורה תחתונה H**. האדריכל מבקש להזיז את **עמוד 5** כך שהקורה תהיה בעובי מינימלי. חשבו את **המרחק X** (המסומן בתרשים) הנדרש כדי להשיג מטרה זו.

נמקו תשובתכם באמצעות חישוב.

(4 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

כל מבחני מה"ט עם פתרונות מלאים: www.guyai.co.il/mahat