

אוגדן פרטים סטנדרטיים לגשרים ומבני דרך

ספטמבר 2021

מהדורה שלישית

זכויות-יוצרים ותנאי-שימוש

חברת נתיבי ישראל (להלן: "חברת נתיבי ישראל" / "החברה" / "המזמין" מציעה כשירות (להלן: "השירות") למשתמש כהגדרתו להלן את אוגדן פרטים סטנדרטיים לגשרים ומבני דרך המובא להלן, המהווה חלק מ"מאגר המידע" של החברה, בכפיפות לתנאים המפורטים להלן.

1. זכויות-יוצרים

1.1 זכויות היוצרים במאגר המידע שייכות באופן בלבדי לחברה, אלא אם צוין באופן מפורש כי זכויות היוצרים בחומר המוגן שייכות לגורם אחר. למען הסר כל ספק, זכויות יוצרים אלו חולשות, בין היתר, על ניסוח, עימוד, עריכה, תמליל, תמונות, איורים, שרטוטים, מפות, גרפיקה וכל מידע אחר הכלול במאגר המידע שלא נמסר לגביו כי הוא נלקח ממקור אחר (להלן: "החומר המוגן").

1.2 המשתמש רשאי לעשות שימוש במאגר המידע ובחומר המוגן הכלול בו, על פי תנאי הרישיון המפורטים להלן.

1.3 מאגר המידע והחומר המוגן לא ישמשו לכל מטרה אחרת אלא למטרה המפורטת בתנאי הרישיון להלן. מבלי לגרוע מהאמור אין לבצע בו או בחלקו כל שינוי או עיבוד, אין לשעתק את כולו או חלקו ואין לשלבו בשום מאגר מידע אחר לרבות שילובו מסיבה כלשהי באתרי אינטרנט, בחומר מודפס, במאמרים או בהוראות שימוש ובמפרטים שאינם של החברה ושאינם מיועדים לשימוש עבור מיזמים של החברה. כמו כן, אין להעתיק, להפיץ, לשדר או לפרסם את מאגר המידע, כולו או חלקו, להשכירו או לסחור בו בכל דרך ללא הסכמה, מראש ובכתב, מאת החברה.

2. הסכם-שימוש

2.1 מסמך זה מהווה הסכם רישיון שימוש מוגבל שמוענק למשתמש (אדם פרטי או גוף משפטי) ע"י החברה לגבי השימוש במאגר המידע או בחלקו בהתאם לנרש ע"י המשתמש מהחברה.

2.2 רישיון השימוש יינתן אך ורק למשתמש שרכש את הרישיון במאגר מהחברה וישמש אותו לצרכי מיזמים של החברה בלבד.

2.3 רישיון זה מעניק למשתמש זכות שימוש בעותק אחד של המוצר על גבי מחשב יחיד. אם נרכש מוצר זה להתקנה ברשת מחשבים, זכאי המשתמש להפיצו ברשת המחשבים בתנאי שרכש מספר רישיונות שימוש בהתאם למספר העמדות ברשת המחשבים בהן נעשה שימוש בתוכנה, הכל בהתאם לתנאי הרכישה של החברה.

3. הגבלת-אחריות

3.1 לעניין סעיף זה, "החברה" משמע לרבות עובדיה ונציגיה.

3.2 כל המידע המצורף מוצע לציבור כמות שהוא - "As Is".

3.3 מאגר המידע "הכללי" מהווה מפרט כולל ורחב ואינו ייחודי למיזם כזה או אחר.

3.4 המשתמש בלבד ישא באחריות לאופן שבו הוא עושה שימוש בשירות. החברה לא תשא באחריות להתאמת מאגר המידע לצורכי המשתמש. כמו כן לא תשא החברה באחריות לטעויות או לשגיאות (אם ישנן) בחומר המוצג בשירות.

3.5 מבלי לפגוע באמור בסעיף 3.4 שלעיל, מוגבל השימוש במאגר המידע למשתמש כהגדרתו לעיל ובאחריותו לעשות שימוש במאגר המידע ע"י אנשי מקצוע מיומנים מטעמו.

3.6 החברה לא תשא באחריות לשינויים שנעשו בחומר המוצג בשירות על ידי המשתמש או ע"י כל צד ג'.

3.7 בשום מקרה לא תחול על החברה אחריות בגין כל נזק ישיר או עקיף העלול להיגרם למשתמש או לצד ג' כלשהו עקב השימוש במאגר מידע זה וכולל, בין היתר אך מבלי לגרוע מן האמור, נזק מקרי, מיוחד או תוצאתי, או כל נזק אחר מכל סוג ומין; לרבות, אך ללא הגבלה, הפסקת עסקי המשתמש, או כל נזק כספי או נזיקי לגופו או לרכושו של המשתמש ו/או של צד ג',

הנובעים או קשורים בכל דרך שהיא לשימוש במאגר מידע זה. המשתמש יהיה האחראי הבלבדי לכל מקרה של גרימת נזק, מכל מין וסוג שהוא, למשתמש ו/או לצד ג' כלשהו מטעמו של המשתמש.

שונות

- 4.1 על תנאי שימוש אלו יחולו אך ורק דיני מדינת ישראל. מקום השיפוט הבלבדי לכל עניין הנוגע להסכם זה ולשימוש באתר הינו בבתי המשפט המוסמכים באזור תל-אביב יפו.
- 4.2 מאחר ואין ביכולתה של החברה להתאים את השירות ותנאי השימוש בשירות לחוקים של כל מדינה ומדינה בעולם מחובתו של מקבל שירות שהוא תושב או אזרח של מדינה זרה או שהוא נמצא באותה העת במדינה זרה, לבחון ולבדוק האם השירות ותנאי השימוש בשירות תואמים גם את חוקי המדינה הזרה. נוכח האמור - מובהר כי המשתמש ישא לבדו באחריות על כל הפרת דין של מדינה זרה באם תתבצע כתוצאה משימוש בשירות.
- 4.3 בשום מקרה לא תחול על החברה אחריות בגין כל נזק ישיר או עקיף אשר עלול להיגרם למשתמש או לצד ג' כלשהו עקב השימוש במאגר מידע זה וכולל, בין היתר אך מבלי לגרוע מן האמור, נזק מקרי, מיוחד או תוצאתי, או כל נזק אחר מכל סוג ומין, לרבות, אך ללא הגבלה, הפסקת עסקי המשתמש או כל נזק כספי, הנובעים או קשורים בכל דרך שהיא לשימוש במאגר מידע זה.
- 4.4 שום ויתור, הנחה, הימנעות או שיהוי של החברה במימוש זכויותיה על פי הסכם זה לא יתפרשו כוויתור או מניעה אלא אם נעשו בכתב. בשום מקרה לא תחול על החברה אחריות בגין כל נזק ישיר או עקיף אשר עלול להיגרם למשתמש או לצד ג' כלשהו עקב השימוש במאגר מידע זה וכולל, בין היתר אך מבלי לגרוע מן האמור, נזק מקרי, מיוחד או תוצאתי, או כל נזק אחר מכל סוג ומין, לרבות, אך ללא הגבלה, הפסקת עסקי המשתמש או כל נזק כספי, הנובעים או קשורים בכל דרך שהיא לשימוש במאגר מידע זה.

אוגדן פרטים סטנדרטיים לגשרים ומבני דרך

<u>צוות כתיבה וחברי ועדת ההיגוי (חלקים 1 + 2):</u>		
רונן בראון	שמיר-פוזנר-בראון - מהנדסים יועצים	מנהל פרויקט + מבוא
אסנת תנורי		תפרי התפשטות
		סמכים
		אחזקה
ציון זכות	צ. זכות מהנדסים	מעבירים תחתיים
		ביסוס גשרים
		נציבי קצה
		נציבים ביניים (אמצעיים)
גיל גרינברג	אמי מתום מהנדסים ויועצים בע"מ	תעלות ניקוז
ד"ר איתי לויתן	לויתן מהנדסים	קירות תומכים
		ביסוס עמודי תאורה
ד"ר מיכאל רבינוביץ		קירות אקוסטיים
איליה מינקין		
רז מור	קדמור מהנדסים בע"מ	מיסעות גשרים
צבי קופלד		מעקים גשרים

ועדת היגוי אוגדן חלק 1 (04/2012):

בנימין נחשון		יועץ גשרים ומבנים
מנחם קניגסברג	הנדסת מבנים	יועץ גשרים ומבנים
מיכאל מרטון		יועץ איטום
ישראל קלר		יועץ קרקע
שמואל בדולח		יועץ ניקוז
ד"ר מוני בן בסט		יועץ חומרים (בטון)
מיכה ורטהיים		יועץ אדריכלות

מייכאל מוגילבסקי		יועץ אקוסטי
גיא יצחק	נתיבי ישראל - החברה הלאומית לתשתיות תחבורה בע"מ	
נטליה זלקינד	נתיבי ישראל - החברה הלאומית לתשתיות תחבורה בע"מ	
מייכאל שיגול	נתיבי ישראל - החברה הלאומית לתשתיות תחבורה בע"מ	
אמיר סיטבון	נתיבי ישראל - החברה הלאומית לתשתיות תחבורה בע"מ	
קרן אסולין-כהן	נתיבי ישראל - החברה הלאומית לתשתיות תחבורה בע"מ	היחידה המשפטית

ועדת היגוי חלק 2 (05/2016):

מנחם קניגסברג	הנדסת מבנים	יועץ גשרים ומבנים
נטליה זלקינד	נתיבי ישראל - החברה הלאומית לתשתיות תחבורה בע"מ	
אמיר סיטבון	נתיבי ישראל - החברה הלאומית לתשתיות תחבורה בע"מ	
אושרי כהן	נתיבי ישראל - החברה הלאומית לתשתיות תחבורה בע"מ	
אמיר כהנא	נתיבי ישראל - החברה הלאומית לתשתיות תחבורה בע"מ	
אנטון משריקוב	נתיבי ישראל - החברה הלאומית לתשתיות תחבורה בע"מ	

ועדת היגוי חלק לעדכון פרק 6 ביסוס עמודי תאורה (09/09/2021):

אשר כהן	נתיבי ישראל - החברה הלאומית לתשתיות תחבורה בע"מ	
רז מור	קדמור מהנדסים בע"מ	
גל אדרי	קדמור מהנדסים בע"מ	
אמיר שטרן	גאש הנדסת בניין וגשרים בע"מ	
נטליה זלקינד	נתיבי ישראל - החברה הלאומית לתשתיות תחבורה בע"מ	

תוכן העניינים:

10	פרק 01 - מבוא	01
10	מטרה ומעמד	01.1
10	סדר עדיפויות	01.2
11	תכולת האוגדן	01.3
12	אופן השימוש באוגדן	01.4
13	פרטים	01.5
13	הגדרות	01.6
14	תקנים	01.7
15	חומרים	01.8
17	עיצוב אדריכלי ונופי	01.9
18	איטום	01.10
19	גאומטריה למבני דרך וגשרים	01.11
21	עומסים	01.12
24	עובי כיסוי רכיבי בטון מזויין ובטון טרום	01.13
25	עבודות עפר – הנחיות כלליות	01.14
26	תכנון רכיבי מבני דרך – הנחיות כלליות	01.15
27	מערכות חשמל / הארקת המבנה / הגנה קטודית	01.16
28	פרק 02 – מעבירים תחתיים	02
28	תכולת הפרק	02.1
28	תקנים	02.2
28	עומסים	02.3
29	הנחיות תכנון	02.4
31	ביסוס המבנה	02.5
33	מימדים גאומטריים ודרישות מינימום ומקסימום	02.6
34	תפרים	02.7
35	חומרים	02.8
35	גמר פני הבטון	02.9
36	איטום המבנה	02.10
36	מובל מבטון טרום	02.11
37	רשימת פרטים טיפוסיים מנחים	02.12
39	פרק 03 – תעלות ניקוז	03
39	תכולת הפרק	03.1
39	תקנים	03.2
39	עומסים	03.3

40	חומרים	03.4
40	איטום	03.5
41	מילוי חוזר ומילוי להחלפת קרקע	03.6
41	מימדים	03.7
41	תפרים	03.8
42	שיקולי תכנון מיוחדים לתעלות ניקוז משולבות או בסמוך לקירות תומכים	03.9
42	תעלות טרומיות	03.10
43	תעלות עם מכסים	03.11
43	חזות פני בטון	03.12
44	מערכת ניקוז קירות	03.13
44	עמודי תאורה משולבים בתעלות ניקוז	03.14
44	רשימת פרטים טיפוסיים מנחים	03.15
46	פרק 04 – קירות תומכים	04
46	תכולת הפרק	04.1
46	תקנים	04.2
46	עומסים	04.3
47	הנחיות תכנון	04.4
49	עקרונות תכנון קירות תומכים	04.5
56	ניקוז קירות תומכים	04.6
57	רשימת פרטים טיפוסיים מנחים	04.7
59	פרק 05 – קירות אקוסטיים	05
59	תכולת הפרק	05.1
59	תקנים ומפרטים	05.2
60	מונחים והגדרות	05.3
60	רשימת הסימנים	05.4
61	מידע בסיסי לתכנון קירות מיגון אקוסטי	05.5
65	תכנון קונסטרוקטיבי של קירות מיגון אקוסטי	05.6
73	רשימת פרטים טיפוסיים מנחים	05.7
74	פרק 06 – ביסוס לעמודי תאורה	06
74	תכולת הפרק	06.1
75	תקנים	06.2
75	עומסים	06.3
76	הנחיות תכנון	06.4
79	קרקע	06.5
81	איטום היסוד	06.6
81	עבודות עפר לביסוס רדוד	06.7
82	בורגי עיגון	06.8

82	מימדים וכמויות זיון יסודות עמודי תאורה נמוכים בגובה 12 – 18 מ' עם זרוע סטנדרטית	06.9
83	מימדים וכמויות זיון ליסודות לעמודי גבוהים תאורה בגובה 25 – 45 מ'	06.10
86	רשימת פרטים טיפוסיים מנחים	06.11
87	פרק 07 – ביסוס גשרים	07
87	תכולת הפרק	07.1
87	תקנים	07.2
87	עומסים והנחיות תכנון	07.3
88	סוגי הביסוס	07.4
90	רשימת פרטים טיפוסיים מנחים	07.5
90	פרק 08 – נציבי קצה	08
90	תכולת הפרק	08.1
91	תקנים	08.2
91	עומסים	08.3
91	הנחיות תכנון	08.4
92	נציבי קצה גשר עם תפרי התפשטות	08.5
94	נציב קצה גשר אינטגרלי	08.6
96	נציבי קצה מבטון משולבים עם קיר תומך מטיפוס קרקע משוריית	08.7
97	איטום וניקוז הנציב	08.8
98	מדרונות בחזית הנציב וקירות הכנפיים	08.9
98	רשימת פרטים טיפוסיים מנחים	08.10
99	פרק 09 – נציבי ביניים (אמצעיים)	09
99	תכולת הפרק	09.1
99	תקנים	09.2
99	עומסים	09.3
100	הנחיות תכנון	09.4
100	הכנות ניקוז המיסעה דרך הנציב	09.5
100	רשימת פרטים טיפוסיים מנחים	09.6
101	פרק 10 – מיסעות גשרים	10
101	תכולת הפרק	10.1
101	תקנים	10.2
101	עומסים	10.3
103	הנחיות תכנון	10.4
104	מיסעות המורכבות מקורות טרומיות דרוכות וטבלת מיסעה יצוקה באתר	10.5
110	מיסעות מבטון יצוק באתר דרוכות בדריכת אחר.	10.6
112	גשרי מקטעים	10.7
115	ניקוז מיסעות	10.8
116	איטום מיסעות גשרים	10.9

117	רשימת פרטים מנחים טיפוסיים	10.10
119	פרק 11 – מעקים לגשרים	11
119	תכולת הפרק	11.1
119	תקנים	11.2
119	עומסים	11.3
120	תכנון גיאומטרי	11.4
120	מעקים גשרים מפלדה	11.5
121	מעקים בטון מזויין לגשרים	11.6
122	בלוק קצה למעקים גשרים	11.7
123	רשימת פרטים טיפוסיים מנחים	11.8
124	פרק 12 – תפרי התפשטות	12
124	תכולת הפרק	12.1
124	תקנים ומפרטים	12.2
125	סוגי תפרי התפשטות	12.3
125	מכלול תפר התפשטות	12.4
126	חומרים	12.5
126	הנחיות לתכנון וביצוע תפרי התפשטות מסוג תפר מרווח יחיד ומספר מרווחים	12.6
127	שריון אספלט ליד תפר התפשטות	12.7
128	רשימת פרטים טיפוסיים מנחים	12.8
129	פרק 13 – סמכים	13
129	תכולת הפרק	13.1
129	תקנים ומפרטים	13.2
130	סוגי סמכים	13.3
131	חומרים	13.4
133	הנחיות לתכנון וביצוע סמכים מסוג סמכים אלסטומריים	13.5
133	סמכים אלסטומריים מוצר מדף	13.6
135	התקנת סמכים	13.7
137	רשימת פרטים טיפוסיים מנחים	13.8
138	אוגדן פרטים סטנדרטיים לגשרים ומבני דרך – פרטים טיפוסיים מנחים	14
149	אוגדן פרטים סטנדרטיים לגשרים ומבני דרך - נספחים	15
12-18 150	נספח א' - ריכוז תוצאות חישוב כוחות ומומנטים בבסיס עמודי תאורה נמוכים בגובה 12-18 מ' עם זרוע סטנדרטית	15.1
25-45 193	נספח ב' - ריכוז תוצאות חישוב כוחות ומומנטים בבסיס עמודי תאורה גבוהים בגובה 25-45 מ'	15.2
195	נספח ג' - דוגמת חישוב: ביסוס עמוק וביסוס רדוד לעמוד תאורה 40 מטר	15.3
206	נספח ד' - דוגמת חישוב: קיר אקוסטי	15.4

01 פרק 01 - מבוא

01.1 מטרה ומעמד

מטרת אוגדן פרטים סטנדרטיים לגשרים ומבני דרך (להלן: "האוגדן") הינה יצירת תשתית של הנחיות פרטים ונתונים לשם השלמת המפרטים הכלליים והתקנים, אשר ישמשו על פי הצורך ובמידת הצורך, ככלי בידי המתכננים לשיפור רמת התכנון.

שימוש בפרטים סטנדרטיים תורם, בין היתר, להבנה טובה יותר של הדרישות, ליצירת זהות בשיטות ובפרטים בקרב המתכננים, להעברת המידע והניסיון המצטבר למתכננים לישום. בנוסף, שימוש בפרטים סטנדרטיים מביא לביצוע מיטבי, לצמצום עלויות ההקמה והאחזקה תוך אחידות בפרטים ולשיפור רמת הבטיחות במבנים לטווח הארוך.

ההנחיות, הנתונים והפרטים המצויים באוגדן אינם מהווים מסמכי ביצוע אלא באים להגדיר את המסגרת בה מתכנני המבנים העוסקים בדרך קבע בתכנון ההנדסי של המבנים והרכיבים השונים נדרשים לפעול בתכנון פרויקטים של נתיבי ישראל. מסגרת זו אינה באה להחליף את שיקול דעת המתכנן במסגרת תהליך התכנון היצירתי המלא ו/או את הצורך לתת מענה מפורט לכלל הרכיבים המשתנים מפרויקט לפרויקט, אלא לתת הדרכה, כיוון, הגדרות ומסגרת כללית שתיצור את האחידות האפשרית במרחב הפתרונות הרבים, בעבור כל פרויקט ופרויקט. על המתכנן לפעול על מנת להבין את המצבים השונים הרלוונטיים בפרויקט ואת הישום הנכון בכל מקרה בו הוא נתקל.

01.2 סדר עדיפויות

אוגדן פרטים סטנדרטיים ישמש את המתכננים הן בפרויקטים מסוג תכנון מפורט והן בפרויקטים מסוג DB.

במקרה של סתירה או אי התאמה או דו משמעות לגבי הוראה כלשהי במסמכים השונים הרלוונטיים להליך התכנון, ובהעדר קביעה אחרת של סדר העדיפות באוגדן זה, יהא סדר העדיפות לעניין התכנון כקבוע ברשימה שלהלן:

(א) הנחיות תכנון פרטניות לפרויקט (Design Criteria) ו/או מפרט מיוחד לתכנון וביצוע ("פרשה טכנית") לפרויקטי תכנון ביצוע.

(ב) אוגדן פרטים סטנדרטיים

(ג) המפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור (המפרט הכללי)

(ד) המפרט הכללי לעבודות-בנייה (הספר הכחול)

ובכל מקרה יש לוודא קיום כל האמור במסמכים הבאים:

(א) חקיקה ודין, לרבות חוק התכנון והבנייה

(ב) תקנים ישראלים.

מצא המתכנן כי הנחיה/נתון/פרט המפורטים באוגדן אינם מתאימים, ע"פ שיקול דעתו המקצועי, לפרויקט שבתכנון, לרבות בשל סתירה או אי התאמה או דו משמעות לגבי הוראה כלשהי במסמכים השונים הרלוונטיים לתכנון כמפורט ברשימה לעיל או היות והינו מסופק בפירושם הנכון של הוראה, מסמך או כל חלק מהם או בשל נסיבות ייחודיות המצויות בפרויקט הרלוונטי, יפעל המתכנן כדלקמן:

1. יפנה בכתב אל רפרנט התכנון מאגף התכנון של המזמין (להלן: "הרפרנט") בהקשר זה, ויפרט בפנייתו את הנימוקים והאסמכתאות לכך, לרבות התכנון החלופי המוצע על ידו. קבלת אישור הרפרנט בכתב לשינויים המבוקשים תהווה תנאי לתכנון שלא ע"פ המפורט באוגדן.
2. יעדכן בפורום ועדת השיפוט הסמוכה לאחר מענה הרפרנט (בין אם אישר הרפרנט את בקשת המתכנן ובין אם לאו) את בקשתו האמורה ואת תשובת הרפרנט.
3. יעדכן בכתב את הרפרנט בדבר בקשתו האמורה, תשובת הרפרנט ועמדת ועדת השיפוט הרלוונטית בנושא, מייד לאחר קבלת עמדתה כאמור, בצירוף כל האסמכתאות הנלוות (בקשתו, מענה הרפרנט, עמדת ועדת השיפוט הרלוונטית).

01.3 תכולת האוגדן

האוגדן כולל פרטי תכנון של רכיבי מבני דרך מסוגים שונים אשר ישמשו את המתכנן.

האוגדן מחולק לפרקים עפ"י המפורט להלן:

- פרק 01 - מבוא
- פרק 02 - מעבירים תחתיים
- פרק 03 - תעלות ניקוז
- פרק 04 - קירות תומכים
- פרק 05 - קירות אקוסטיים
- פרק 06 - ביסוס לעמודי תאורה
- פרק 07 - ביסוס גשרים
- פרק 08 - נציבי קצה
- פרק 09 - נציבי ביניים (אמצעיים)
- פרק 10 - מיסעות גשרים
- פרק 11 - מעקים גשרים

פרק 12 - תפרי התפשטות

פרק 13 - סמכים

פרק 14 - אחזקה

הפרטים וההנחיות כוללים את המידע הרלוונטי תוך כדי מתן דגש לנקודות הבאות :

1. פרטים בהם יש מגבלות למידות מיזעריות של הרכיבים השונים.
2. שיכלול Good Engineering Practice שיאפשר העברת ניסיון מצטבר לכלל המתכננים.
3. יצירת סטנדרט אחיד לפרטים מתוך כוונה לייעל את תהליכי התכנון והביצוע ולצמצם שונות.
4. שילוב פרטים בהם דגש על יכולת תחזוקה גבוהה.
5. תכנון מוכוון תיעוש בבניה.
6. הגדרת דרישות משולבות עם מגבלות הקמה.
7. דגש על שיטות ביצוע שונות ויתרונותיהן.

01.4 אופן השימוש באוגדן

על המתכננים להכיר וללמוד את הפרטים וההנחיות שבאוגדן בנוסף על האמור במפרטים הכלליים כך שיוכלו לזהות את אופן השימוש והישום הנכון של כל פרט ופרט. ההנחיות המפורטות בפרקי האוגדן הן הנחיות מחייבות על כל המשתמע מכך, הפרטים מהווים פרטים מנחים ומשמשים בסיס בלבד ועל המתכנן לפעול במסגרת התכנון לישום עקרונות הפרטים ותכולתם ולהשלים, במידת הצורך, נתונים חיוניים נוספים, כגון : מידות, פרטי זיון, חישובים וכיוצ"ב כך שאלו יתאימו למאפייני הפרויקט נשוא התכנון וישולבו בכל מסמכי התכנון הרלוונטיים שיועברו לביצוע.

על המתכנן לאמת בכל המקרים את ישימות הפרט המנחה בתכנון שלו וכן להציג את כל הפרט במסמכי התכנון ללא הפניה לאוגדן, שכן האוגדן הוא מסמך מחייב לשלב התכנון אולם אינו מהווה מסמך ביצוע.

מידות גיאומטריות המתוארות בפרטים וכן כמות פלדת זיון מהווים הגדרה מזערית, טיפוסית או מקסימלית. על המתכנן לאמת נתונים אלו גם אם הפרט המופיע באוגדן נלקח בשלמותו ללא שינוי.

01.5 פרטים

הפרטים הטיפוסיים הכלולים באוגדן הם פרטים מנחים המוגדרים ברמה בסיסית. פרטים אלו יישמשו את המתכנן ועל פיהם יבוצע התכנון המפורט כולל ביצוע ההשלמות וההתאמות הנדרשות, בהתאם לנתונים הייחודיים של הפרויקט הרלוונטי.

אף כי הפרטים שורטטו בשימת לב להנחיות השרטוט של נת"י מודגש, כי באחריות המתכנן לאמת שהשרטוט הסופי אשר מוצג על ידו אכן יעמוד בדרישות ההנחיות העדכניות, נכון לשלב הפצתם.

01.6 הגדרות

המפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור: המפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור (להלן: "המפרט הכללי") של החברה הלאומית לתשתיות תחבורה בע"מ במהדורתו המעודכנת ביותר בעת ביצוע העבודה בפועל (לרבות דפי עדכונים).

הפרקים ותת-הפרקים השונים הכלולים במפרט הכללי ניתנים לרכישה במשרדי נת"י וכן ניתנים לעיון בהרשאת נת"י באתר האינטרנט הענייני.

המפרט הכללי לעבודות-בנייה: המפרט הכללי לעבודות-בנייה של הוועדה הבין-משרדית לסטנדרדיזציה של מסמכי ההסכם לבנייה ולמחשובם בהשתתפות משרד הביטחון, משרד הבינוי והשכון ומשרד התחבורה/נת"י. בהוצאת משרד-הביטחון (להלן גם "הספר הכחול").

הפרקים השונים הכלולים במפרט זה ניתנים לרכישה בהוצאה לאור של משרד הביטחון וניתנים לעיון באתר האינטרנט הרלוונטי.

המפרט הטכני המיוחד: מפרט המהווה חלק ממסמכי ההתקשרות בין המזמין לבין הקבלן, מכיל הנחיות והוראות שונות ו/או נוספות לאלה המוצגות במפרט הכללי ומתייחס אך ורק לפרויקט מסוים או לפרויקטים מסוימים שעבורם נכתב.

הקבלן: קבלן רשום בפנקס הקבלנים לעבודות הנדסה בנאיות בהתאם לחוק רישום קבלנים תשכ"ט-1969 ובעל סיווג מתאים כנדרש במסמכי המכרז ו/או בהסכם הרלוונטיים לפרויקט נשוא המפרט המיוחד ו/או לפי כל דין.

יצרן/ספק/קבלן מוסמך/מאושר: יצרן/ספק/קבלן מוסמך/מאושר הוא זה שעמד במבחני הסמכה על פי נהלי הסמכה של נת"י ונרשם במאגר הנתונים של נת"י כמי שרשאי לספק ציוד ו/או חומרים ו/או לבצע עבודות, בסיווג ענייני מתאים.

מאושר: קבלת אישור מראש ובכתב על ידי החברה הלאומית לדרכים או מי שהוסמך על ידה לאשר את הטעון אישור.

מבדקה/מעבדה מאושרת: מכון התקנים הישראלי, או מי שהוסמך ע"י הרשות הלאומית להסמכת מעבדות ושאושר ע"י הממונה על התקינה במשרד הכלכלה והתעשייה על פי סעיף 12(א) לחוק התקנים התשי"ג-1953.

מבנה דרך: מעבירי-מים, מעברים תת-קרקעיים, קירות-תמך, קירות אקוסטיים, גשרי-שילוט, גשרים ומבנים אחרים.

מסמכי המהנדס: חישובים, תוכניות ומפרטים הנדרשים לביצוע התכנון המפורט בהתאם לנתונים הייחודיים של הפרויקט הרלוונטי.

ת"י (תקן ישראלי): התקנים הישראליים הרלוונטיים המצויינים באוגדן ו/או המעודכנים והמחליפים את התקנים המוזכרים.

תקופת קיים: משך חיי השרות של מבנה (design working life). תקופת הזמן שבה מבנה הדרך עומד בדרישות התפקוד שלו תוך ביצוע עבודות תחזוקה שגרתיות ללא צורך בביצוע עבודות שיקום ותיקון (כמוגדר בתקן EN-1990 Eurocode – Basis of structural design).

עובי בטון הכיסוי : המרחק המדוד בין הצד החיצוני של מוטות פלדת הזיון עד פני הבטון הסמוכים לאותו זיון לרבות חריצים ושקעים.

זווית הנטייה (sqew) של הגשר: הזווית האופקית בין ציר מיסעת הגשר לבין ציר הכביש, הרכבת, נחל וכיו"ב שהיא מגשרת מעליו.

01.7 תקנים

מבני הדרך השונים יתוכננו עפ"י התקנים הבאים :

תקנים ישראליים	
מס' ת"י	שם התקן
109	משקלם של חומרי בניין ושל חלקי מבנה
118	בטון לשימושים מבניים – תנאי בקרה בייצור וחוזק הלחיצה
127/2	מבחני רתכים : ריתוך קונסטרוקציות פלדה
412	עומסים במבנים – עומסים אופייניים
413	תכן עמידות מבנים ברעידות אדמה
414	עומסים אופייניים במבנים : עומסי רוח.
466	חוקת הבטון (כל החלקים)
789	סטיות מותרות בעבודות בניה
896	מוספים לבטון ולדיס : מוספים מבטון
904	טפסות לבטון, על כל חלקיו.
940	תכן גאוטכני (כל החלקים)

1032/2	אישור נוהלי ריתוך : ריתוך קונסטרוקציות פלדה
1142	מעקים ומסעדים
1225	חוקת הפלדה (כל החלקים)
1227	עומסים בגשרים (כל החלקים) כולל עומסי גשרי רכבת
1630	קירות תמך מקרקע משורינת
1872	חיפוי באבן מלאכותית
1886	מצעים וחומר מילוי נברר לכבישים, לרחבות ולשדות תעופה
1923	עבודות בטון יצוק באתר
1923/2	ייצור אלמנטים מבטון : בטון טרומי – ייצור ומוצרים
2142	בטיחות בשטחים פתוחים - פתרונות להפרשי גבהים (כל החלקים)
2378	קירות מחופים באבן טבעית (כל החלקים)
4466	פלדה לזיון בטון (כל החלקים)
4467	כללים לריתוך מבנים - פלדה
<u>תקנים זרים</u>	
כמפורט בסעיפים הרלוונטים בפרקים להלן עבור סוג מבני הדרך השונים	

וכן כל תקן אחר רלוונטי שיידרש באופן מיוחד לתכנון מבני הדרך, כולל תקן זר רלוונטי, הנדרש למתכנן המבנה.

01.8 חומרים

01.8.1 כללי

תכנון וביצוע מבני דרך יתאים להנחיות המתאימות המפורטות במפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור (עבודות בטון מזוין, בטון טרום, בטון דרוך, כלונסאות וכו') ועפ"י המפורט להלן.

01.8.2 בטון

תערובות הבטון לביצוע רכיבי מבני דרך מבטון מזוין יצוק באתר ואו רכיבים טרומיים יעמדו בכל הדרישות המפורטות בתקנים ובמפרטים הרלוונטיים לרבות :

- ת"י 118
- ת"י 466 חלק 1
- ת"י 1923 חלקים 1, 2
- פרקים 02 ו 13 של המפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור
- פרק 03 של המפרט הכללי (הספר הכחול)

המתכנן נדרש לבצע תכן מפורט של רכיבי המבנה השונים בהתאם להנחיות הבאות :

- סוגי בטון בקירות כובד לפחות ב-20.
 - סוג הבטון במבני דרך יהיה לפחות ב-40. חוזק גבוה יותר יידרש לעיתים בתעלות בעלי חתך עמוק או כאלה המשמשים גם כקיר תומך.
 - רכיבי מבנה בעלי גמר בטון חשוף חזותי יאושר שימוש בתערובות בטון שכל מרכיביה יהיו ללא אפר פחם.
 - הנחיות התקנים המתאימות לתכן רכיבים (תכן תערובות ודרישות גיאומטריות מינימליות) בהתאם לתנאי הסביבה לרבות מי תהום, מים עיליים (תעלות ניקוז ומובלים), מים ו/או קרקעות עם ריכוזים חריגים של סולפטים, קרקעות מזוהמות וכיו"ב.
 - תכן תערובות מיוחדות לצורך שיפור התנגדות כנגד שחיקה ו/או תערובות בטון בעלות חדירות נמוכה.
 - הקפדה על תכנון מפורט של מערכת הניקוז העילית ו/או התת קרקעית של מבנים המבוצעים בתחום קרקעות ו/או מים מזוהמים.
- תכן תערובות הבטון יהיה עפ"י הנחיות התקנים והמפרטים הכלליים הרלוונטיים לרבות פרק משנה 02.01.03 במפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור עבור תנאי סביבה ודרגת חשיפה המפורטים להלן :

- רכיבי מבנה מבטון מזוין – רכיב מסוג 4 עפ"י טבלה 3.2 ת"י 466 חלק 1.
- כלונסאות ביסוס קדוחים ויצוקים באתר – רכיב מסוג 7 עפ"י טבלה 3.2 ת"י 466 חלק 1.

פלדת זיון

01.8.3

פלדת הזיון לבטונים (כולל כלונסאות) תהיה ממוטות מצולעים לפי ת"י 4466 חלק 3, מוטות הזיון בקוטר מינימלי 10 מ"מ, הפרש קטרים של מוטות סמוכים המותקנים באותו כיוון יהיה מקסימום 2 קטרים. בכל מקום בו נדרש במפורש ביצוע ריתוכים לפלדת הזיון לרבות פלדת הזיון עבור כלונסאות תהיה הפלדה רתיכה סימון W.

אין מניעה לעשות שימוש ברשתות מרותכות לפי ת"י 4466 חלק 4. מוטות הזיון של הרשתות יהיו בקוטר מינימלי 8 מ"מ. תכנון פרטי הזיון יהיה בהתאם להנחיות התקנים המתאימים. בכל מקרה לא יאושר שימוש ברשתות מרותכות ברכיבים המוטרחים בהעמסה דינמית ו/או ברכיבים בהם יש החלפת מאמצים במצבי עמיסה שונים בשירות בתחום $\pm 80 \text{ mpa}$.

מומלץ להמנע ששילוב של פלדת זיון לבטונים מסוג מוטות מצולעים יחד עם רשתות מרותכות באותו אלמנט מבנה מבטון מזוין. במקרה של שילוב כנ"ל נדרש לבצע חישוב תסבולת החתך מבוסס על חישוב עיבורים עפ"י הנחיות ת"י 466 חלק 3.

מידות כיפוף מוטות הזיון יהיה לפי הנחיות ת"י 4466 חלק 5 לכיפוף זיון.

תכנון מפורט של פרטי הזיון יהיה תוך התייחסות לדרישה לריסון סדיקה במבנים, כמות הזיון המינימלית של זיון מחלק בחתכים של אלמנטי בטון מזויין תהיה 0.15% בכל צד.

01.9 עיצוב אדריכלי ונופי

01.9.1 הבטים אדריכליים לעיצוב חזות אלמנטי מבנה

תכן מפורט של מבני הדרך השונים לרבות קירות מבנה תחתון גשרים, קירות תומכים, קירות קרקע משוריינת, קירות תעלות וכיו"ב יכלול התייחסות לעיצוב האדריכלי והנופי של רכיבי המבנה השונים עפ"י ההנחיות המפורטות במסמך "הנחיות תכנון נופי אדריכלי - נת"י" ולרבות ההבטים הבאים:

- תכן גאומטרי המבטיח קבלת קו רציף בשיפוע רציף של קירות רכיבי מבני הדרך מסוג כלשהו.
- הגדרת סוג התגמירים של פני השטח הגלויים לעיין במצב הסופי.
- שימוש בחומרים ומוצרים בעלי אישור הסמכה של נת"י (קירות קרקע משוריינת וכד').
- חיפוי מדרונות ושטחים לרבות שכבת חיפוי קרקע ו/או התקנת משטחים קשיחים בתחום מדרונות ו/או סוללות.

לצורך כך נדרש המתכנן לבצע תכנון גאומטרי מפורט של האלמנטים לרבות פרישות אדריכליות של רכיבי המבנה השונים אשר יפרטו את מידות האלמנטים, מפלסים, שיפוע ראש קיר, תגמירים, מיקום תפרים, מיקום נקזים, תיאום בין אלמנטי מבנה מבטון למעקות פלדה וכיו"ב.

סוגי התגמירים המאושרים לשימוש ברכיבי מבני דרך יהיו כמפורט להלן, יש לתת עדיפות לשימוש בתגמירים מסוג בטון חשוף חזותי הכולל עיבוד דוגמא על פני חיפוי אבן מסוג כלשהו:

- בטון חשוף חזותי חלק בתבניות כלשהן (פלדה, לבידים מצופים וכיו"ב).
- בטון חשוף חזותי בעיבוד דוגמאת תבליט תוך שימוש בתבניות גומי או תבנית דמוי אבן.
- חיפוי אבן לרבות אבן פראית ו/או אבן נסורה ו/או אבן מלאכותית.

המתכנן נדרש לבצע תכן מפורט של רכיבי המבנים תוך התייחסות לסוג התגמירים ולוודא שילוב של פרטי גמר אדריכליים ברורים לרבות:

- גמר אדריכלי של קיר תעלה אחורי ימשיך על לגובה מינימלי 20 ס"מ מתחת לפני קיר התעלה הקדמי. בתעלות רחבות נדרש לשקול הגדלת גובה זה עפ"י הנחיות תכנון אדריכלי.
- גמר אדריכלי של קירות יתוכנן כך שישתיים לפחות 30 ס"מ מתחת לפני קרקע סופיים, בייחוד שהנחת התבניות או חיפוי האבן נתמכים ביסוד הקיר. במקרה של קירות קרקע משוריינת תכנון האלמנטים יתחשב גם בגמר האדריכלי שיופיע על גבי האלמנטים

- (טכסטורה כדוגמת תבניות גומי) והשילוב שלו והשילוב עם כרכוב ראש הקיר. תכנון פריסת האלמנטים והקפיצות ייעשה בתאום עם אדריכל ו/או אדריכל הנוף.
- פרטי ביצוע לעבודות חיפוי אבן יהיו כמוגדר בת"י 2378 בהתייחס לשיטת הביצוע (חיפוי בהרכבה או בניה, חיפוי ביבש או ברטוב).
 - התכנון המפורט המבוצע ע"י המתכנן יכלול בין השאר את הנושאים המפורטים להלן:
 - הוראות והנחיות לאופן פריסת התבניות לרבות מידות תבניות, סידור התבניות, מיקום אביזרי חיבור וקשירת התבניות (לא יאושר ביצוע בסדר אקראי ללא תכנון מפורט).
 - פריסת סידור חיפוי אבן לרבות מידות האבן, סוג המיקשר, סידור האבן, מידות ומיקום פוגות וכיו"ב יבוצע ע"י אדריכל ו/או אדריכל נוף.
 - תיאור הפריסות והפרטים הטיפוסיים לכל סוגי התגמירים יכללו את מיקום תפרים, הפסקות יציקה, הפסקות עבודה, מיקום נקזים, קיטום פינות (מקצועות) וכיו"ב.
 - תכנון מפורט של פרטי הזיון לצורך קבלת עובי כיסוי נדרש לפי הנחיות התקנים.

01.9.2 מילוי חוזר וגובה פני קרקע

מילוי חוזר וגובה פני קרקע סופיים צריך לכלול את שכבת האדמה לשיקום נופי בעובי בהתאם לצרכי השיקום הנופי ולא פחות מ 30 ס"מ.

01.10 איטום

01.10.1 כללי

מערכות האיטום המתוארות בפרטים באוגדן מהוות דרישות מינימום. המתכנן יכין על בסיס הנחיות אלו תכנון מפורט של כל סוגי מערכות האיטום הנדרשות לביצוע עבור רכיבי המבנה השונים בהתאם למפורט בפרטים וההנחיות שבאוגדן זה ובהתחשב בתנאי הקרקע, תנאי הסביבה, שלבי הביצוע שלהם וכיו"ב.

המתכנן יגדיר את סוג מערכות האיטום ויכין תכניות עבודה מפורטות הכוללות את פרטי האיטום, רולקות, ההגנה לאיטום, איטום מישקים ותפרי התפשטות, מערכות ניקוז וכיו"ב.

התכנון המפורט יהיה תוך אבחנה בין מערכות האיטום הבאות:

- איטום חלקי מבנה הבאים במגע עם הקרקע במערכת איטום ביטומנית.
- איטום פני מישעות במערכת איטום והגנה ביטומינית מאושרת למיסעת גשרים ע"י נת"י
- איטום פנימי למעבירי מים
- איטום בתנאי סביבה מיוחדים

01.10.2 איטום חלקי מבנה הבאים במגע עם הקרקע

מערכת איטום שטחי הבטון של מבנים הבאים במגע עם הקרקע יהיה לפחות כמוגדר להלן:

- פריימר ביטומני בכמות של 300 גר"/מ"ר.
- שכבה I - ביטומן מנושב 75/25 בכמות של 1.5 ק"ג/מ"ר.
- שכבה II - ביטומן מנושב 75/25 בכמות של 2 ק"ג/מ"ר (לאחר התייבשות השכבה הראשונה).

הגנת האיטום על ידי הדבקת לוחות פוליסטירן מוקצף P30 בעובי 20 מ"מ.

בקרקות קורוזיביות יש לעשות שימוש במערכת איטום משופרת אשר תיושם גם מתחת לרצפות המבנים והכל לפי הנחיות יועץ איטום בכל מקרה ומקרה.

01.11 גאומטריה למבני דרך וגשרים

01.11.1 כללי

תכנון גאומטרי של מבני דרך יתאים לדרישות הפונקציונליות של המבנה המפורטות בתכניות היועצים של הפרויקט לרבות אדריכל, מתכנן כבישים, הידרולוג, מתכנן נוף, יועץ בטיחות וכיו"ב.

התכנון הגאומטרי יענה על הנחיות המוגדות בתקנים השונים הרלוונטיים בנוגע למידות מחייבות (אופקיות ו/או אנכיות) שאינן ניתנות לשינוי ומרווחים מינימליים הנדרשים (גבריט) בין רכיבי מבנה לאלמנטים השונים.

01.11.2 מידות מינימליות – חתכים טיפוסיים (גבריט)

מפורטות להלן דרישות עיקריות מחייבות למרווחים מינימליים (גבריט):

סוג הגשר	תיאור דרישות	הערות
גשר מעל כביש ומעברים תת"ק לרכב	מרווח אנכי מינימלי בין פני אספלט כביש לבין תחתית מבנה עליון גשר רכב, <u>אין להקטין את המרווח המינימלי (גבריט) בתחום השול.</u>	ולא פחות מדרישות הרשות הרלוונטית (משרד התחבורה, משרד הבטחון)
	מרחק רכיבי מבנה תחתון ממעקים ונתיבי תנועה	עפ"י הנחיות התקנים בהתאם לסוג הכביש
גשר מעל כביש – הובלות חריגות	הגדרות מרווחים חריגים עפ"י הוראות נוהל הובלות נת"י	
גשר מעל רכבת	מרווחים אנכי ואופקי מינימליים בין פני פס / ציר מסילה לבין היקף מבנה הגשר <u>לרבות הנחיות לגבריט מינימלי עבור מערכת חשמול רכבת.</u>	עפ"י הנחיות ר"י והוראות ת"י 1227 חלק 2 (דרישות גאומטריות למסילת הברזל של רכבת)
גשר הולכי רגל	מרווח אנכי מינימלי מומלץ בין פני אספלט כביש לבין תחתית מבנה עליון גשר רכב	בכל מקרה לא פחות מ 5.70 מ'. הגדרת העומסים הפועלים על מבנה הגשר בהתאם לגבריט.
גשרי שילוט	מרווח אנכי מינימלי בין פני אספלט כביש לבין תחתית מבנה עליון גשר רכב	ולא פחות מדרישות הרשות הרלוונטית (משרד התחבורה, משרד הבטחון)
מעבירי מים	ראה הנחיות מימדים גאומטריים בסעיף 02.05 להלן	
מנהרות	עפ"י הנאמר במסמך "הנחיות לתכנון מנהרות" (פרק 3) משרד התחבורה ונת"י ועפ"י הוראות הרשויות הרלוונטיות.	

מודגש במפורש כי באחריות המתכנן לוודא התאמת התכנון הגאומטרי של מבני הדרך השונים להנחיות התקנים המעודכנים והוראות הרשויות השונות.

בתכנון מבני דרך יש להתייחס להנחיות המפורטות להלן:

- תכנון גאומטרי של המבנים יהיה תוך התייחסות למרווחי מינימום הנדרשים בין מעקים ורכיבי מבנה תחתון.
- מומלץ לתכנן את מעקה הכביש לאורך השול בתחום מתחת למבנה הדרך זהה למעקה המותקן לאורך החתך הטיפוסי של מבנה הכביש, אחרת נדרשת הרחבת השוליים בתחום שמעבר למעקה.
- בגשרים ארוכים הכפופים מבחינת הנחיות הבטיחות להנחיות למבנים תת-קרקעיים מומלץ להרחיב את השוליים החיצוניים לרוחב 3.30 מטר.
- תכנון גאומטרי של מיסעות גשרים (חתך רוחבי טיפוסי) יתאים לתכנון הכבישים לרבות מיקום נתיבי נסיעה, מפרדות, מדרכות, שבילי אופניים מעקים וכיו"ב, הכל עפ"י ההנחיות המתאימות של משרד התחבורה והרשויות הרלוונטיות.
- תכנון גאומטרי של גשרי הולכי רגל לרבות רוחב הדרך (רוחב חופשי) ושיפועים (אורכי ורוחבי) יהיה תוך מענה לכל דרישות הנגישות המוגדרות בת"י 1918 נגישות הסביבה הבנויה על חלקיו השונים לרבות האמור בחלק 2 של התקן. הנ"ל מתייחס לכלל רכיבי הגשר כולל מיסעת הגשר, רמפות (כבש), משטחי ביניים, מהלכי מדרגות, דרכי גישה, מאחזי יד, רכיבים משוכנים וכיו"ב. בכל מקרה מומלץ לתכנן רוחב חופשי מינימלי בתחום מיסעת הגשר 2.50 מטר.
- אורך מינימלי של קירות כנפיים קירות נציבי קצה מבנה תחתון של גשרים יהיה בהתאם לאורך טבלת הגישה (לא יותר קצר מאורך טבלת הגישה).

01.12 עומסים

01.12.1 כללי

תכנון רכיבי המבנה של מבני דרך מסוגים שונים יהיה בהתאם לעומסים הנדרשים כמוגדר בתקנים הרלוונטיים (תקנים ישראלים ותקנים זרים בהתאם לצורך) ובהתאם להנחיות המפורטות בפרקי האוגדן עבור סוגי המבנים השונים.

איפיון ההטרדות והעומסים הפועלים על רכיבי המבנה יהיה בהתאם לשלבי הביצוע של המבנה ומצבי העמיסה הנובעים מהם לרבות הטרדות זמניות.

תכנון גשרי רכבת יהיה לשילובי עומסים המוגדרים בתקנים הישראליים ועפ"י הוראות רכבת ישראל.

01.12.2 עומסים קבועים

חישוב עומסים קבועים של רכיבי מבנים יהיה על פי משקל החומרים כנקוב בתקן הישראלי ת"י 109.

משקל מרחבי מינימאלי לבטון מזויין בחישוב עומסים של רכיבי מבנים הינו $2.5 \left(\frac{t}{m^3} \right)$.

01.12.3 עומסים שימושיים

הגדרות עומסים שימושיים תהיה עפ"י הנחיות ת"י 1227 חלק 1 תוך דגש על הנושאים הבאים:

- חלוקת תחום מיסעת גשר לנתיבי תכן תהיה עפ"י ההנחיות בסעיף 4.2 בתקן זה ובנוסף לאמור שם בגשר בו יש יותר ממסלול אחד ומפרדות יקבעו מספר נתיבי התכן ורוחבם עפ"י הרוחב הכולל של המיסעה לרבות איזור המפרדות.
- הגדרת מספר נתיבי התכן בתלות ברוחב הגשר תהיה לפי סעיף 4.2.1 בתקן 1227 חלק 1, מודגש כי בטבלת מספר נתיבי התכן הכלולה בסעיף זה יש להתייחס לחלוקת התחומים של רוחב מסלול הגשר כך שהגבול העליון בכל תחום נכלל באותו התחום. (מעל XXX ועד כולל XXX).
- תכן מבני דרך (לרבות בפרויקטים מסוג DB) יכלול תמיד מעטפת עומסים הכוללת את עומס HC כמוגדר בתקן.
- במקרים מיוחדים ובהתאם להנחיות המזמין יש לשקול הגדרת 2 נתיבי עומס HC בהעמסה בו זמנית.
- הגדרת עומסים חריגים למבני דרך המצויים בתוואי של נתיבי הובלה מיוחדים (כמוגדר ע"י מ"ח).
- המתכנן נדרש להגדיר בצורה חד משמעית הן בחישובים הסטטיים והן בתכניות הביצוע של המבנה את מיקום הגדרת הנתיב להעמסת עומס חריג HC. מיקום הנתיב ובמקרים מיוחדים הגדרת יותר מנתיב אחד לגשר יהיה בתיאום עם הגורמים הרלוונטיים בכל פרויקט.
- הגדרת מיקום ותוואי הנתיב לעומס חריג בתחום מיסעת הגשר תותאם לסוג החתך הטיפוסי של המיסעה, בגשר מטיפוס גשר קורות ו/או טבלת בטון מומלץ להגדיר את הנתיב הימני כנתיב לעומס קריטי (משיקולי תחבורה), בגשר מטיפוס חתך ארגז מומלץ להגדיר את ציר הנתיב הקריטי בציר הארגז ו/או בציר דופן הארגז (משיקולי עומסים והטרחות בהתאם למידות הארגז וחלוקת העומס בחתך רוחבי).
- רכיבי מבנה לרבות קירות תמך, תעלות, ומעבירי מים הנמצאים מחוץ לתחום השפעת העומס הפועל במסלולי הנסיעה יתוכננו להשפעת עומס שימושי אנכי מפורס 1.5 טון/מ"ר

הפועל בפני השטח. בנוסף לעומס זה, בקירות תמך שעליהם מעקים כנגד רכב, ישולב עם העומס השימושי עומס התנגשות בהתאם לדרישות ת"י 1227.

01.12.4 גשרים - שקיעות דיפרנציאליות

שילוב הטרדות לרכיבי מבנה גשר הנובעות משקיעות דיפרנציאליות יחד עם מצבי העמיסה השונים יהיה כמוגדר בת"י 1227 חלק 1 סעיף 5.5 ועפ"י הנחיות יועץ הקרקע בהתאם לתנאי הקרקע באתר. בכל מקרה ידרש חישוב לשקיעה הבדלית של 20 מ"מ.

01.12.5 עומס טמפרטורה

שילוב עומס טמפרטורה במצבי העמיסה השונים לתכנון המבנים יהיה כמוגדר בת"י 1227 חלק 1 סעיף 5.6 לרבות שינוי טמפרטורה צירי לאורך הגשר ומפל טמפרטורה בין פני המיסעה ותחתיתה.

בנוסף לאמור שם על המתכנן לשקול הגדלת ערך שינוי הטמפרטורה עבור מבני דרך המבוצעים באיזורים חריגים כדוגמת באיזור הדרום (הנגב, ים המלח, הערבה) הפרש טמפרטורה צירי $\pm 25^{\circ}$.

01.12.6 עומס רעידת אדמה

מבני דרך יתוכננו לעמידה בעומסי רעידת אדמה בכפוף לנדרש בת"י 1227 ו 413 לרבות גיליונות התיקון שלהם וכן עפ"י המפורט להלן.

תכנון גשרים ומבני דרך יהיה בהתאם להנחיות נת"י לנושא תכנון גשרים ומבני דרך לעמידות ברעידות אדמה (04/2016) המתייחס לעדכון ת"י 1227 גליון תיקון 3 מתאריך 07/03/2016 :

גליון התיקון הנ"ל כולל עדכון מקדם תאוצת הקרקע, תכנון גשרים ומבני דרך יבוצע על סמך ספקטרום תגובה לתקופת חזרה של 975 שנה המוגדר בתקן האמריקאי AASHTO Standard : Specification for Highway Bridges, מהדורה 16 או 17 (שנת 1996 או 2002 בהתאמה).

בניית הספקטרום תתבסס על מקדם תאוצת קרקע Z המוגדר בגיליונות תיקון 5 לת"י 413 עבור רעידת אדמה לגביה קיימת הסתברות של 5% שב 50 שנה תתרחש רעידת אדמה חזקה ממנה, כלומר תקופת החזרה של 975 שנה.

את הנתונים ניתן לקבל באתר הרשמי של המכון הגאופיסי לישראל – מפת PGA לתקופת חזרה של 975 שנה להלן:

<http://www.gii.co.il/תקן-מפת/סייסמולוגיה/גיאופיסיים-שרותים/>

בהתאם לת"י 1227 ג"ת 3 הנ"ל תכן הגשרים יבוצע על פי . SPC –Performance Seismic סיווג Category B או יותר לפי העניין כמוגדר בטבלה 3.4 בתקן האמריקאי הנ"ל.

בנוסף לכך, על יועצי הביסוס לספק למתכנני המבנים מידע חיוני עבור סוג הקרקע ומקדם השתית (Soil Type), וזאת בהתבסס על התקנה האמריקאית לעיל או על בסיס תקן ישראלי 413 ג"ת 2 (מהדורה 1998 סעיף 202.2), אין לבצע סיווג קרקעות (A-F) אלא סיווג (S1-S4) בלבד.

01.12.7 לחץ קרקע על נציבי גשרים

שילוב עומסי לחץ קרקע במצבי העמיסה בשלבי הביצוע השונים לתכנון המבנים יהיה כמוגדר בת"י 1227 חלק 1 סעיף 5.8.

הגדרת עומסי קרקע הפועלים על נציבי קצה של גשרים אינטגרליים תהיה עפ"י הנאמר במסמך מדריך לתכנון כבישים וגשרים כרך 1 חלק 3 פרק 12 – תכנון גשרים אינטגרליים פרק משנה 3 לחץ קרקע של רשות התחבורה אנגליה (Department for Transport)

Design Manual for Roads and Bridges – Volume 1 Section 3 Part 12 (BA42/96)
Chapter 3 Earth Pressure

01.13 עובי כיסוי רכיבי בטון מזויין ובטון טרום

01.13.1 כללי

תכנון וביצוע פרטי רכיבים שונים של מבני דרך עשויים בטון לרבות אלמנטי בטון מזויין יצוק באתר ו/או אלמנטים טרומיים מטיפוסים שונים יבטיח את עובי שכבת כיסוי הבטון על מוטות פלדת הזיון של רכיבי המבנה השונים שעוביים הכולל לפחות 25 ס"מ.

עובי הכיסוי יקבע בהתאם לסוג האלמנט ובהתאם לתנאי השירות והחשיפה לתנאי הסביבה עפ"י הגדרות סעיף 02.01.03.05.01 במפרט הכללי ובכל מקרה עפ"י הדרישות החמורות ביותר מבין הדרישות הבאות :

- ת"י 466 חלק 1 פרק 6 (טבלה 6.14).
- המפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור פרק 02.1 פרק משנה תשיעי
- המפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור פרק 23 פרק משנה שלישי
- ההנחיות המפורטות בסעיף 01.13.2 להלן.
- ההנחיות המפורטות בפרטים (שרטוטים) המהווים חלק מאוגדן זה.

01.13.2 עובי כיסוי בטון לפלדת הזיון

בטבלה להלן מפורטים ערכי עובי שכבת כיסוי בטון לפלדת זיון עבור תנאי סביבה מסוג 1-4 המוגדרים בסעיף 02.01.03.05.01 במפרט הכללי :

סוג רכיב המבנה			עובי כיסוי לפלדת הזיון (מדוד מהקף המוט) על פי סוג בטון (מ"מ)
ב-40	ב-50	ב-60	
רכיבי מבנה תת קרקעי	50	40	35
רכיבי מבנה תחתון	50	40	35
רכיבי מבנה עליון בטון מזויין יצוק באתר	50	30	25
רכיבי מבנה עליון קורות מיסעה טרומיות - דפנות צד	-	30	25
רכיבי מבנה עליון קורות מיסעה טרומיות - תחתית	-	35	30
כלונסאות ביסוס ודיפון קדוחים ויצוקים בקדיחה בנוכחות בנטונייט	לפי הנחיות המפרט הכללי פרק 23 אך לא פחות מ 70		
כלונסאות ביסוס ודיפון קדוחים ויצוקים מיקרופיילס בקוטר עד 45 ס"מ (כולל)	לפי הנחיות המפרט הכללי פרק 23 אך לא פחות מ 60		

נדרשת הגדלת עובי שכבת כיסוי בטון לפלדת זיון המפורטת לעיל עבור המקרים הבאים :

- אלמנטי מבני דרך המבוצעים בתנאי סביבה מסוג 5-11 המוגדרים בסעיף 02.01.03.05.01 במפרט הכללי כמפורט בטבלה 6.14 בת"י 466 חלק 1. קיימת חשיבות מרובה לטיפול במבנים הנמצאים בסביבה ימית (ים תיכון) הכלולים בסוג 6.
- קיום עמידות אש עפ"י הנדרש לרכיבי המבנה הרלוונטיים ובהתאם להנחיות סעיף 6.7 ת"י 466 חלק 1. עובי כיסוי הבטון הנבדק במקרה זה מדוד בין מרכז מוט פלדת הזיון לפני הבטון הקרובים אליו.

עובי שכבת כיסוי בטון לפלדת זיון ימדד כאמור לעיל מהקף מוט הזיון ועד לפני הבטון הגלויים, במקרה של רכיבי מבנה הכוללים שקעים ו/או חריצים יתאים סידור הזיון כך שיובטח עובי כיסוי כנדרש בתחום החריצים / השקעים.

01.14 עבודות עפר – הנחיות כלליות

תחומי עבודות העפר המוגדרים בפרטים הטיפוסיים כוללים את תיאור קוי חפירה/ מילוי ואבחנה בין תחומי עבודות העפר השונות. קווים אלו מתארים תחומים מינימליים ואינם

תואמים באופן חד משמעי את "קווי חפירה/ מילוי למעשה" לפיהם מבצע הקבלן את עבודות העפר בפועל וזאת בהתחשב בתנאי הקרקע ובהוראות נהלי ותקנות הבטיחות הרלוונטיים.

"קו התשלום" - קו מדומה או מעשי של חפירה ו/או מילוי המגביל את הנפח המקסימלי שנמדד לתשלום במסגרת עבודות עפר ו/או כלול במחירי היחידה לעבודות הבטון בהתאם לסוג המבנה אינו מפורט בפרטים, המדידה לתשלום עפ"י הנחיות המפרט הכללי ו/או המפרט המיוחד הרלוונטי לכל פרויקט.

01.15 תכנון רכיבי מבני דרך – הנחיות כלליות

01.15.1 תהליך התכנון

תכנון מבני דרך יבוצע בהתאם להנחיות מגדיר המשימות של נת"י פרק 16 תכנון גשרים ומבנים עבור שלבי התכנון השונים.

בתכנון מבני דרך מסוגים שונים נדרש המתכנן להתייחס לנושאים הבאים :

- הגדרת שלבי הביצוע של חלקי המבנה בהתייחס גם להסדרי תנועה זמניים אם נדרשים.
- איפיון ההטרדות והעומסים הפועלים על רכיבי המבנה בהתאם לשלבי הביצוע שהוגדרו כנ"ל.
- פירוט שלבי הביצוע בתכניות העבודה לרבות הנחיות ופרטים מחייבים (מיקום הפסקות יציקה, פרטי זיון מתאימים, שלבי ביצוע לעבודות עפר וכיו"ב)
- הנחיות משלימות לאופן ביצוע בקרת העבודה בפועל (בקרת ביצוע) בהתאם להנחיות ולהוראות התכניות.

01.15.2 מסמכי התכנון

תכולת מסמכי התכנון המפורט של עבודות לביצוע מבני דרך כוללת את המסמכים הבאים :

- תכניות ביצוע מפורטות בתכולה התואמת להנחיות מגדיר המשימות.
- רשימת תכניות .
- חישובים סטטיים.
- מפרט טכני מיוחד.

01.15.3 תקופת קיים

כל מבני הדרך העיקריים יתוכננו בהתאם לנדרש בפרק משנה 02.01.01 במפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור לתקופת קיים של 120 שנה, אלא אם כן תנתן הנחייה מחייבת אחרת ע"י המזמין ו/או מפורט אחרת באוגדן זה להלן.

תכנון ופירוט מערכת הארקת יסודות הנדרשת לביצוע במבנה על כל רכיביה יהיה באחריות מתכנן החשמל של הפרויקט בתאום עם מתכנן הקונסטרוקציה ועפ"י הוראות חוק החשמל. בכל מקרה תהיה זו מערכת עצמאית עשויה פלדה רתיכה ונפרדת מפלדת הזיון של רכיבי המבנה השונים (פלדה לא רתיכה) ותסומן בצורה מפורטת בתכניות מתכנן החשמל.

במבנים בהם מותקנים גופי תאורה ומערכות חשמל שונות יכללו רכיבים אלו בתכניות הקונסטרוקציה תוך הפניה לתכניות מתכנן החשמל.

במקרה שהמבנה נמצא בסמוך לתשתיות שונות כגון גז, דלק, מים, חשמל, רכבות חשמליות וכו' יידרשו פרטים מיוחדים לביצוע הארקות המבנה לרבות הגנות קטודיות, הגנות כנגד זרמים מסוגים שונים, זרמים תועים, הגנה כנגד שטף אלקטרומגנטי וכו'. כל מכלול הגנת המבנה תתוכנן עם יועץ התשתית על מנת לא לגרום לנזקים במבנה כגון קורוזיה מהירה, בברזל, פגיעה בהארקת המבנה וקיצור של אורך חיי המבנה, עקב קורוזיה של הברזל, סדקים והתפוררות הבטון וכו'.

02 פרק 02 – מעבירים תחתיים

02.1 תכולת הפרק

להלן מוצגים הנחיות תכנון ופרטים מנחים כלליים עבור מעבירי מים ארגזיים יצוקים באתר, מעברים תחתיים לכלי רכב והולכי רגל, מובלים טרומיים בהתחשב במפרטים, בתקנים ובביצוע מבני דרך.

הערה: מובלים ומעברים בדחיקה לא נכללים בפרק זה.

בתכניות המצורפות לפרטים הסטנדרטיים עפ"י הרשימה המצורפת מפורטים פרטים מנחים לביצוע ותכנון המובלים לרבות חתכים טיפוסיים, עבודות עפר, פרטי תפרים, איטום, ברזל, קירות כנפיים, פלטות גישה ומובל טרומי טיפוס.

02.2 תקנים

מעברים תחתיים יתוכננו עפ"י התקנים המפורטים בסעיף 01.7 לעיל

וכן כל תקן אחר רלוונטי שיידרש באופן מיוחד לתכנון מבנה המעבר התחת, כולל תקן זר רלוונטי, הנדרש למתכנן המבנה.

02.3 עומסים

02.3.1 כללי

המבנה יתוכנן לכל העומסים הנפעלים עליו כמוגדר בתקנים הרלוונטיים. לרבות ת"י 1227 על כל חלקיו.

תכנון המבנה על רכיביו השונים יתחייס למצבי העמיסה הפועלים בהתאם לשלבויות הביצוע המתוכננת.

02.3.2 עומס שימושי - רכבת

בתכנון מובלים המבוצעים מתחת למסילת רכבת יקבע העומס השימושי של הרכבת עפ"י הוראות ת"י 1227 חלק 2 תוך שימוש במקדם דינמי מופחת מחושב בהתאם להנחיות תקן אירופאי EN-1991-2 סעיף 6.4.5.4 (Reduced Dynamic Effects).

02.3.3 לחץ הידרוסטטי

המבנה יחושב ללחץ הידרוסטטי במידה וקיימים מי תהום גבוהים, כולל התחשבות בכוחות עילוי, לחץ הידראולי (לרבות עקב מי נגר עיליים), משקל המבנה, עיגון המבנה בקרקע, תכנון נקזים אנכיים ומשחררי לחץ באם יידרש בתכנון המבנה המיוחד. המתכנן יתייחס לזרימת

המים והלחצים ההידראולים המופעלים על המובל, וכן לתכנן ולתאם עם מתכנן הסוללות / הכבישים כך שזרימת המים מהסוללות יורחקו מהמובל.

02.4 הנחיות תכנון

בתכנון המבנה תינתן תשומת לב מיוחדת להבטי התכנון הבאים:

02.4.1 חישוב לרוחב המבנה

המעבר יתוכנן למצבי עמיסה מקסימליים בהתחשב בעומסים הקבועים והניידים הפועלים על תקרת המבנה, קירות ורצפה בשילובים השונים ומקדמי הביטחון החלקיים לעומס, וכן קשיחות ומודול מצע של קרקע השתית כולל מודול מצע מינימלי ומקסימלי בהתאם למצבי העמיסה על המבנה.

מבנה המעבר לכל אורכו יתוכנן עפ"י החתך המוטרך מכסימלי, כולל חתכי הבטון ושטחי חתך הברזל, אין לבצע הקטנה של חתכי הבטון והברזל הרוחבי והאורכי למובל.

זיון לגזירה יתוכנן עפ"י הנחיות ת"י 466 חלק 1 (לרבות גליונות התיקון) ויכלול חישובים סגורים המקיפים את הזיון המתוח (מעוגנים באיזור הלחוץ של החתך), מוטות נטויים (תוספת לחישובים), סולמות ("נחשים") המעוגנים באיזור המתוח והלחוץ של החתך.

02.4.2 חישוב לאורך המבנה

המבנה יחושב לאורכו בהתחשב בעמיסת סוללת מילוי בגובה משתנה, העומס הנייד, קשיחות המבנה, קשיחות הקרקע (מודול מצע), תפרי ההתפשטות וכו'. חישוב הזיון האורכי של המבנה יהיה עפ"י הסכימה האורכית של המבנה בהתייחס לתנאי הביסוס.

המתכנן יבדוק את השפעת השקיעה לאורך המובל, כולל מתקני הכניסה והיציאה, החישוב יעשה לפי הנחיות יועץ הביסוס. עפ"י תוצאות החישוב יכין המתכנן פרטים משלימים לחיבורים כנדרש למבנה לאורך.

02.4.3 מובלים בשיפוע אורכי גדול

במובלים בהם שיפוע הרצפה גדול מ- 10% על המתכנן להתייחס בתכנון הרצפה והקירות ולהשתמש בבטונים נגד שחיקה, עובי כיסוי בטון גדול יותר, תכנון קורות שן בתחתית הרצפה להגדלת עיגונה כנגד החלקה כללית של המובל וייצובו אורכית כנגד גלישה.

התכנון יתחשב בכוחות יניקה הפועלים על המבנה עקב מהירות הזרימה הגבוהה ועמידות המבנה והאלמנטים בכוחות הנ"ל, הנחיות לעומסים חריגים ינתנו ע"י יועץ הידרולוגיה.

כמו כן המתכנן יתייחס לאופן היציקה בשיפועים גדולים מעל 10% של אלמנטי המבנה כולל שימוש בתבניות כפולות ברצפות, תערובות הבטון, הטפסות וכו'.

02.4.4 הארכת מעבירי מים קיימים

במקרים של הארכת מעבירי מים קיימים על המתכנן לתת תשומת לב מיוחדת לטיפול בתחתית החפירה והחלפות קרקע בסמוך למובל הקיים, להשלים פרטי חיבור בין רכיבי המובל הקיים לחדש לרבות רצפה, קירות ותקרה, לתכנן את פרטי הזיון, עיבוי הבטון ו/או תפר התפשטות, הכל בהתחשב במבנה הקיים, כולל התייחסות לשקיעות העלוות להתרחש בין המיבנה החדש לקיים. המתכנן יתייחס גם לפירוק אלמנטים קיימים, תימוך זמני של רכיבי מבנה ושל סוללות הכביש בשלבי הביצוע השונים וכו'.

02.4.5 תכנון מתקני כניסה ויציאה

בתכנון מתקני הכניסה והיציאה, תינתן תשומת לב מיוחדת לפרט החיבור / התפר בין קירות הכנף לגוף המובל, תוך התחשבות בעומס האופקי המוגדל הנובע ממדרון סוללת המילוי, וכן תכנון מכלול מתקן הכניסה כולל הרצפה, קיר הכנף, יסוד קיר הכנף, ומידת עומקו בקרקע.

התכנון יכול להשפעה ההדדית בין המבנה למתקן הכניסה והיציאה, כולל הכוחות החיבוריים הנדרשים והברזלים בהתאם.

במעברים לכלי רכב תכנון מתקן המוצא יכול בדיקת תנאי ראות, בתיאום ובאחריות עם מתכנן התנועה, בהתחשב בתוואי ובגובה קירות הכנפיים במתקן. כמו כן מתקני המוצא יתוכננו עפ"י קו זכות הדרך, תנאי השטח, עיצוב נופי, ניקוז המים והרחקתם מהמבנה. תשומת לב תינתן למעברים להולכי רגל ונגישותם עם השבילים בסביבת המעבר כולל תיאום עם אדריכל הנוף.

בתכנון המתקנים תנתן תשומת הלב גם לגמר האדריכלי של הרכיבים השונים כולל תאום עם האדריכל בדבר פריסת נקזים לאורך הקיר כולל מידות מרחקים וכו' על מנת ליצור חזית מעוצבת אדריכלית.

02.4.6 סוללות המילוי מעל המבנה

במקרה של סוללה בגובה משתנה המותקנת על גבי המובל, יתוכנן המובל לכל אורכו לפי ההטוות המכסימליות ללא הקטנת חתכי הבטון והברזל וזאת עקב השתנות הנתבים והרחבות מסלולי הנסיעה בעתיד.

בתכנון מובלים המבוצעים בתחום מחפורות עמוקות ו/או סוללות מילוי גבוהות כאשר גובה המילוי הסופי מעל מפלס תקרת המובל גבוה מ 7.0 מטר נדרש המתכנן להתייחס לנושאים הבאים:

- חישוב עומס הקרקע הפועל על המבנה יהיה עפ"י ההנחיות המתאימות בפרק 12 AASHO LRFD Bridge Design Specifications בהתאם למבנה הסוללה וסוג חומר המילוי.
- תכנון המובל יהיה גם לעומסי רכב עבודה ומכששים הנעים על המבנה בהתאם לשלבי הביצוע של עבודות המילוי עד להשלמת סוללות המילוי.
- תכניות יכללו הנחיות מפורטות (בשרטוטים ובהערות) לאופן התקנת המילוי ושלבי הביצוע בהיקף ומעל תקרת המובל, כל זאת בהתאם למצבי העמיסה אשר נבדקו בשלב תכן המבנה כאמור לעיל. ההנחיות יכללו גם במקרה הצורך הוראות לשימוש בארגזי פוליסטרין מוקצף והתקנתם על תקרת המובל לצורך מניעת הגדלת הלחצים על המבנה ותקרת המובל עקב השפעת המילוי הגבוה משני צידי המובל.
- מומלץ לשקול ביצוע מילוי קשיח (מיוצב עם צמנט) משני צידי קירות המובל, וזאת על מנת להקטין את העומס הפועל על תקרת המבנה ככל שניתן. חישוב המבנה יהיה בהתאם למעטפת מצבי העמיסה בהתאם לסוג הפתרון שיבחר לביצוע.
- באזור מתקני המבנה במפגש המדרון עם קיר הכנף תתוכנן תעלת ניקוז והגנה עם חיפוי מייצב כמסומן בפרטים הטיפוסיים.

02.5 ביסוס המבנה

02.5.1 כללי

ביסוס המבנה יתוכנן לאחר ביצוע חקירת הקרקע וקבלת הנחיות יועץ הביסוס בפרויקט.

הביסוס יתוכנן בהתחשב בתנאי הקרקע הקיימים באזור המבנה לרבות קרקע קיימת, חתך קרקע סופי מתוכנן וכולל השפעת לחצי מים, זרימות מים וכן מי תהום. ובהתחשב במיוחד בסוג הקרקע השונים ובין היתר:

- תשתית סלעית וכורכרית.
- חול, חול חרסית.
- חרסית / חרסית שמנה.
- קרקעות מסוגים שונים.
- מילוי ומצעים

במקרה של השתנות תכונות הקרקע כגון בחלקו על הקרקע חולית/ חרסיתית ובחלקו קרקע כורכרית סלעית, יינתנו הנחיות מפורטות של יועץ הביסוס למניעת שקיעות דיפרנציאליות עקב השתנות הקרקע.

במקרה של ביסוס באזורים בהם צפויה קונסולידציה המתכנן בתאום עם יועץ הביסוס, יתחשבו בכל ההשפעות של שקיעות הקרקע, מועד העמסת הקרקע, התפרים, תקופת הקמת המבנה וכו'.

עריכת סקר לקורזיביות הקרקע תבוצע בהתאם לנדרש עפ"י סוג האתר.

02.5.2

תכנון הביסוס והמילוי בהיקף המובל

ביסוס המבנה הארגזי, מתוכנן בדרך כלל כך שרצפת המבנה משמשת יסוד/דוברה לכל מבנה המעביר, במקרים מיוחדים יתוכנן המעביר על גבי כלונסאות וזאת בהתאם לתנאי השטח, הכבישים והקרקע הקיימים.

המתכנן ייתן התייחסות מפורטת לכל מערכת הביסוס ובין היתר:

- החפירה / החציבה.
- החלפת קרקע.
- טיפול בתחתית החפירה.
- סוג המילוי בתחתית החפירה / החלפת קרקע.
- טיפול בתשתית הקרקע / הסלע במקרה של השתנות הקרקע לאורך המובל ולרוחבו.
- שכבות המילוי בהיקף המבנה, כולל קו הגבול והמפגש בין סוללות הכביש, השיפועים, השכבות המנקזות וכו'.
- יריעות איטום מבנה הקרקע המשמש לביסוס המבנה.
- אופן ניקוז תחתית החפירה.
- יריעות איטום מבנה תחתית המעביר בהתחשב ביריעות איטום מבנה הכביש, כולל החפירות ביניהם.
- ביסוס כלונסאות על כל מכלול פרטיהם.
- שאיבת מים והנמכת מי תהום.
- ינתנו הנחיות לאופן המילוי הסימולטני משני צידי קירות המובל למניעת תזוזתו ובהתאם לגובה המובל המתוכנן תוך הגבלת הפרש גובה ביצוע שכבות המילוי משני צידי המובל.

כל האלמנטים הנ"ל יתוכננו בהתחשב בשלבי הביצוע של המעביר כולל המעבר בין שכבות מבנה הקרקע המשמשים לביסוס המבנה.

02.6 מימדים גאומטריים ודרישות מינימום ומקסימום

02.6.1 מידות מינימליות

המידות המינימליות של המעברים התת-קרקעיים המפורטות להלן נדרשות על מנת לאפשר טיפול ואחזקת המבנה במשך תקופת שירותו.

בכל מקרה שמידות המעביר תהינה קטנות מהמידות המפורטות בטבלה להלן יש לקבל את אישור הגורם הרלוונטי.

המעברים והמעברים, רצוי שיתוכננו ללא זווית (skew) בין ציר הכביש לציר המעבר. במקרה שנדרש לבצע את המעביר עם זווית (skew), ישלים המתכנן כחלק מעבודות התכנון את כל פרטי הביצוע הנדרשים.

במעברים ארוכים מ – 30 מטר, ו/או במעברים מסוג מעבר חקלאי תחתי ו/או מעבר להולכי רגל תיבדק האפשרות להתקין פתח מיוחד לכניסת אור יום לפני המובל. מיקום הפתח יקבע בהתאם לחתך הכביש המתוכנן והמערכות הקיימות בו. התכנון יכול גם את כל האלמנטים הנדרשים לצורך הגנה בפני נפילה לחלל הפתח בהתאם להנחיות תקנים הרלוונטיים.

מידות מינימום של מבנה מעבירי מים תחתיים (מידות פנים המעביר נטו) יהיו כמפורט להלן. במקרים של מובלים ארוכים מהמתואר לעיל יתוכננו מידות המבנה באופן מיוחד לכל מבנה בתאום עם היועצים השונים:

אורך גוף המעביר (מ')	רוחב מינימלי (מ')	גובה מינימלי (מ')
עד 20 מ'	1.5	1.5
$20 \div 30$	2.0	2.0
$30 \div 40$	2.5	2.0

מידות המעברים להולכי רגל יתוכננו עפ"י הנחיות משרד התחבורה.

מידות המעברים לכלי רכב יתוכננו עפ"י התכנון הגאומטרי של מתכנן הכביש.

02.6.2 עובי הבטון

העובי המינימלי של מכלול רכיבי הבטונים במבנה המובל יהיו 25 ס"מ לפחות תוך שמירה על עובי כיסוי הבטון לברזלי הזיון של 50 מ"מ.

02.6.3 פלטות גישה

פלטות גישה יתוכננו כאשר גובה המילוי מעל תקרת המבנה יהיה קטן מ – 150 ס"מ.

במקרה של מילוי בגובה משתנה בחדך לאורך שבו בקטע מסוים המילוי פחות מ – 150 ס"מ ובקטע מעל 150 ס"מ, יתייחס המתכנן לנ"ל באופן מיוחד לרבות תכנון פלטת גישה רצופה לכל אורך המובל.

פלטת הגישה תהיה משופעת כאשר עובי האספלט הינו מ $20 \div 10$ ס"מ, מעבר לעובי הנ"ל פלטת הגישה תתוכנן אופקית.

אורך פלטות הגישה יתוכנן בתאום עם יועץ הביסוס בהתייחס לתנאי הקרקע הקיימים במבנה, גובה מילוי הכולל במבנה, מידות המבנה, גובהו וכו'.

בכל מקרה אורך פלטות הגישה יהיה לפחות 3.0 מ', ועובי פלטות הגישה לפחות 25 ס"מ.

פלטת הגישה תתוכנן כנשענת פירקית (עם מוט מיתד) על גוף המובל ובקצה המרוחק תישען על הקרקע, תוך חישובה כפלטת על גבי מצע אלסטי וקביעת כמות הברזל בהתאם.

02.7 תפרים

תפרי עבודה ותפרי התפשטות/התכווצות ישולבו לאורך המעברים התחתיים על מנת לאפשר התפשטות/התכווצות ועל מנת לחלק את המובל ליחידות באורך המתאים לביצוע.

המתכנן יתאר בתכניות את מיקום התפרים לאורך המבנים.

02.7.1 קטעי יציקה במובל – תפרי עבודה

קטעי היציקה של המובל יהיה באורכים של כ – 12 מ' מכסימום (הפסקות עבודה) על מנת להקטין את תופעת הסדיקה במבני המובל. על המתכנן להשלים פרט הפסקת יציקה (הפסקות עבודה) לכל אלמנטי המובל, כולל תוספת ברזל, שכבות איטום ויריעות חיזוק.

במידה ויתוכננו קטעים ארוכים יותר המתכנן יתייחס בתכניותיו כולל תכנון תוספת אחוז זיון אורכית למניעת תופעת הסדיקה וכן התייחסות לתערובת הבטון עם המוספים הנדרשים להקטנת הסדיקה.

תקרת המעביר תוצק יחד עם קירות המובל בהפרש של כ – 1.0 שעה וזאת כדי למנוע הפסקות יציקה בין הקיר לתקרה. הפסקות יציקה בין הקירות לתקרה יאושרו ע"י מנהל הפרויקט במקרים מיוחדים ובמבנים עם קירות גבוהים מעל 4.0 מטר ותקרות במפתחים גדולים.

במעבירים ומעברים עם שיפועים אורכיים גדולים (מעל 10%) ישלים המתכנן הנחיות פרטניות לקטעי היציקה, ביצוע היציקות בתבניות כפולות, תערובות הבטון וכן אופן הביצוע של מתקני הכניסה והיציאה שבשיפועים גדולים. כיוון היציקה יהיה בכל מקרה מהצד הנמוך לכיוון הצד הגבוה.

02.7.2 תפרי התפשטות

תכנון תפרי ההתפשטות ועיבוד פרטי התפרים יהיה תוך אבחנה בין מבנים בהם מותרת תזוזה יחסית בין חלקי המבנה באזור התפר, לבין מבנים בהם לא מאושרת תזוזה זו.

המרחק המקסימאלי בין תפרי התפשטות לאורך מובל תחת תלוי במאפייני הביסוס והעומסים אולם בכל מקרה לא יעלה מרחק זה על 25 מ', הזיון לא יהיה רציף בתפרים אלה.

פרטי התפרים יכללו את פרטי השן בבטון, חומרי האיטום, המוטות המיתדים כמתואר בפרטים הטיפוסיים.

כמו כן יבוצעו במידת הצורך ניסורי דמה אנכיים בקירות בין תפרי ההתפשטות וזאת על מנת לווסת את תופעת הסדיקה בקירות.

02.8 חומרים

בנוסף לאמור בסעיף 01.8 לעיל תכנון וביצוע מעברים תחתיים יתאים להנחיות המפורטות להלן:

02.8.1 בטון

סוג הבטון ראה סעיף 01.8.2 לעיל.

יש לתכנן תערובת בטון המתאימה לתנאי הסביבה של המעביר.

02.8.2 פלדת הזיון

פלדת הזיון תתאים לתקן 4466 על חלקיו. שימוש ברשתות פלדה מרותכות משוכות בקר יאושרו לשימוש רק במקרה ויעמדו בדרישות ומגבלות המתוארות בסעיף 01.8.3 לעיל. תכנון הזיון יהיה בהתאם להנחיות המתאימות.

במקרים מסוימים באזורים בהם מעבירי מים צפויים להוביל מים קורוזיביים כמו מים מלוחים ו/או שפכים תעשייתיים יש להגן על הזיון תוך שימוש במוטות זיון מגולוונים או אמצעי הגנה אחר למוטות הזיון. שימוש במוטות זיון מגולוונים מחייב תכן תערובת בטון המתאמת ליציקה עם מוטות זיון מגולוונים.

02.9 גמר פני הבטון

גמר פני הבטונים של אלמנטי מבנה הגלויים לעין במצב הסופי (בחלק הפנימי של המובל) יהיה כמפורט להלן:

- במבנה מובלי המים יהיה גמר בטון חזותי חשוף חלק על מנת לאפשר זרימה חלקה והקטנת החיכוך בין חלקי המבנה לזרימת המים.
- במעברים תחתיים גמר הבטון יהיה מעוצב עפ"י התכנון של כל מבנה ומבנה, כולל גמר בטון חזותי חשוף מעוצב בתבליטים למינהם וכו'.
- במעברים להולכי רגל גמר הבטון יעוצב עפ"י תאום עם האדריכל כולל התבליטים וכו'.
- גמר בטון חזותי חשוף בלוחות עץ בלתי מהוקצעים ברוחב 10 ס"מ בהצבה אנכית יידרש בכל מקרה שלא צוין במפורש סוג גמר הבטון.

02.10 איטום המבנה

המתכנן יגדיר את סוג מערכות האיטום הנדרש וכן יכין תכניות פרטי האיטום המבנה וההגנות עליו כנדרש בסעיף 01.10 לעיל ובהתחשב בסוגי הקרקע, גובה המים, הפסקות יציקה, תפרי התפשטות, שלבי ביצוע המובל, ניקוז שכבות הקרקע מצידי קירות המובל, כולל הצמדת יריעות ניקוז מיוחדות המנקזות את המים מהיקף המובל עד לצינור הניקוז בתחתית צידי המובל ועד לסילוקם מהמבנה.

איטום הצד החיצוני (תחתית) של רצפת המבנה יבוצע בתנאים מיוחדים כגון מי תהום גבוהים, תנאי סביבה וקרקע קורוזיביים, בתנאים שבהם קיימים השראות מגנטיות עקב תשתיות שכנות, צנרת דלק, מים, חשמל וכו'.

תינתן התייחסות מיוחדת לאיטום המבנה בהתחשב במערכת איטום מבנה הכביש, כולל חפייה בין יריעות האיטום.

איטום מובלים טרומיים יהיה במערכת ביטומנית רציפה בכל היקף המובל מבוצע במערכת איטום המוגדרת עפ"י הנחיות המתכנן.

02.11 מובל מבטון טרום

מובלים מבטון טרום יאושרו ע"י מנהל הפרויקט במקומות בהם נדרש ביצוע מהיר, מתחת לכבישים קיימים, במבצעים וכו'.

המובלים הטרומיים יתוכננו ע"י המתכנן באופן מיוחד בהתאם לתנאי האתר, כולל שלב ביצוע, החפירה למבנה, טיפול בבסיס המבנה ואופן הצבתו.

אורך מינימלי של אלמנט טרומי 2.0 מטר, עובי מינימלי לכל רכיבי המבנה רצפה, קירות ותקרה יהיה 25 ס"מ.

תשומת לב מיוחדת תינתן לאופן הרכבתו של המובל כולל מילוי חול מיוצב עם צמנט בתחתית לצורך פילוסו המדויק ללא קבלת הפרשי גובה ובלטות במפגש בין המובלים הטרומיים.

אופן החיבור בין המובלים הטרומיים, יהיה מהאפשרויות כדלקמן :

- חיבור המשכי קשיח מבטון מזוין בכל היקף החיבור.
- חיבור פירקי עם שיני בטון ואטם רציף בחיבור בהיקף רצפה, קירות ותקרת מובל.

המתכנן יתכנן את אופן החיבור בין האלמנטים בכל היקפם כולל מוטות ברזל בשקע החיבור והשלמת יציקה מבטון מהיר התחזקות לחיבור בין האלמנטים הטרומיים כך שתמנע בכל מקרה שקיעה יחסית בין האלמנטים .

תכנון פרטי חיבור בין האלמנטים הטרומיים ללא המשכיות יהיה בכפיפות לאישור הגורם הרלוונטי (מנהל פרויקט / מתכנן) ויהיו כאלו כך שיובטחו חיבורים אטומים לחלוטין שימנעו מעבר חומרי המילוי ו/או מים. התכנון הנ"ל כולל פרטי חיבור שקע תקע ופירוט חומרי האיטום, אטם הגומי (דוגמת האטם בחיבור צינורות בטון), תוך תשומת לב מיוחדת למעבר ורציפות האטם בפינות המובל המלבני, הכל כנדרש לקבלת מובל אטום לחלוטין.

המתכנן יתכנן את המפגש ואופן החיבור בין המובל הטרומי למתקני המוצא לקבלת אלמנט רצוף.

02.12 רשימת פרטים טיפוסיים מנחים

מס' תוכנית	שם תוכנית
NTI-ST-000-000000UP-00-5001	חתך טיפוס לעבודות עפר מילוי גבוה
NTI-ST-000-000000UP-00-5002	חתך טיפוס לעבודות עפר ללא מילוי + פלטות גישה
NTI-ST-000-000000UP-00-5003	מבוטל
NTI-ST-000-000000UP-00-5004	חתך טיפוס לעבודות עפר – מילוי גדול מ 7 מטר
NTI-ST-000-000000UP-00-5005	פרטים טיפוסיים - מערכת איטום
NTI-ST-000-000000UP-00-5006	פרטי תפר התפשטות הפסקת יציקה ניסור אספלט בתפרים
NTI-ST-000-000000UP-00-5007	תנוחה טיפוסית
NTI-ST-000-000000UP-00-5008	מובל מים טרומי
NTI-ST-000-000000UP-00-5009	מובל מים טרומי - חתכים ופרטים
NTI-ST-000-000000UP-00-5010	פרט טיפוס - מפגש בין קיר כנף לגוף המובל - ריתום חלקי
NTI-ST-000-000000UP-00-5011	פרט טיפוס - מפגש בין קיר כנף לגוף המובל - ריתום מלא
NTI-ST-000-000000UP-00-5012	פרט מעקה פלדה מעוגן בתקרת המובל
NTI-ST-000-000000UP-00-5013	פרטים טיפוסיים - תושבת פלטת גישה
NTI-ST-000-000000UP-00-5014	מבוטל
NTI-ST-000-000000UP-00-5015	חתך רוחב טיפוס $3m < b$ - פרטי זיון

חתיך רוחב טיפוס $b > 3m$ - פרטי זיון	NTI-ST-000-000000UP-00-5016
פרט טיפוס זיון גזירה חישוקים	NTI-ST-000-000000UP-00-5017
פרט טיפוס זיון גזירה סולמות	NTI-ST-000-000000UP-00-5018

03 פרק 03 – תעלות ניקוז

03.1 תכולת הפרק

להלן מוצגים הנחיות תכנון ופרטים מנחים כלליים עבור תעלות ניקוז מבטון בחתך מלבני יצוקות באתר או טרומיות בהתחשב במפרטים, בתקנים ובביצוע מבני הדרך.

בתכניות המצורפות לפרטים הסטנדרטיים עפ"י הרשימה המצורפת מפורטים פרטים מנחים לתכנון וביצוע תעלות ניקוז לרבות חתכים טיפוסיים, פרטי תפרים, איטום, פרטי זיון, פרטים מיוחדים אחרים ומתקני יציאה וכניסה לתעלות.

03.2 תקנים

תעלות ניקוז יתוכננו עפ"י התקנים המפורטים בסעיף 01.07 לעיל ועפ"י התקנים הבאים:

מס' ת"י	שם התקן
489	מכסים לפתחי ניקוז ומכסים לתאי בקרה

וכן כל תקן אחר רלבנטי שיידרש באופן מיוחד לתכנון מבנה התעלה ורכיביה, כולל תקן זר רלבנטי הנדרש למתכנן המבנה

03.3 עומסים

03.3.1 לחץ קרקע

לחץ קרקע על תעלות בחתך מלבני יחושב עם מקדם לחץ במנוחה. במידה וגובה אחד הקירות גדול מהשני בהפרש של 0.5 מ' ויותר אזי התעלה תתוכנן כקיר תומך כמתואר בסעיף 03.9.1.

במידה וגובה אחד מקירות התעלה גדול מהשני בהפרש של 2.5 מ' ויותר אזי התעלה תופרד מהקיר הגבוה ושני האלמנטים יתוכננו כאלמנטים עצמאיים ללא קשר ביניהם כמתואר בסעיף 03.9.2.

יש להביא בחשבון עומסים מוגדלים כתוצאה משיפוע מדרון בגב קיר התעלה.

03.3.2 לחץ הידרוסטטי

התעלה תחושב ללחץ הידרוסטטי במידה וקיימים מי תהום גבוהים, כולל התחשבות בכוחות עילוי, משקל התעלה, עיגון התעלה בקרקע, תכנון נקזים אנכיים ומשחררי לחץ באם יידרש בתכנון המבנה המיוחד. המתכנן יתייחס לזרימת המים והלחצים המופעלים על התעלה, וכן יתאם עם מתכנן הכביש/סוללה את נושא הניקוז מאחורי קירות התעלה.

03.3.3 עומסים נוספים

עומסים נוספים שעיקרם כתוצאה מציוד הביצוע, תפעול ואחזקה ומכלי רכב בכבישים סמוכים לתעלות יובאו בחשבון בצורה מתאימה, ע"פ התקנים הרלבנטיים.

03.4 חומרים

בנוסף לאמור בסעיף 01.8 לעיל תכנון וביצוע תעלות בטון יתאים להנחיות המפורטות להלן:

03.4.1 בטון

סוג הבטון ראה סעיף 01.8.2 לעיל.

בתעלות בהם שיפוע הרצפה גדול מ-10% על המתכנן להתייחס לכך בתכנון הרצפה והקירות ולהשתמש בבטונים נגד שחיקה, עובי גדול יותר של כיסוי בטון על מוטות הזיון, תכנון קורות שן בתחתית הרצפה להגדלת עיגונה כנגד החלקה כללית של התעלה וייצובה אורכית כנגד גלישה.

יש לתכנן תערובת בטון המתאימה לתנאי הסביבה, לרבות כאשר צפויים ריכוזי סולפטים גבוהים במי הניקוז.

03.4.2 פלדת זיון

פלדת הזיון תתאים לתקן 4466 על חלקיו. שימוש ברשתות פלדה מרותכות משוכות בקר יאושרו לשימוש רק במקרה ויעמדו בדרישות ומגבלות המתוארות בסעיף 01.8.3 לעיל. תכנון הזיון יהיה בהתאם להנחיות המתאימות.

במקרים מסוימים באזורים בהם התעלות צפויות להוביל מים קורוזיביים כמו מים מלוחים ו/או שפכים תעשייתיים יש להגן על הזיון תוך שימוש במוטות זיון מגולוונים או אמצעי הגנה אחר למוטות הזיון. שימוש במוטות זיון מגולוונים מחייב תכן תערובת בטון המותאמת ליציקה עם מוטות זיון מגולוונים.

03.5 איטום

המתכנן יגדיר את סוג האיטום הנדרש וכן יכין תכנית פרטי איטום התעלה, כנדרש בסעיף 01.10 לעיל ובהתחשב בסוג הקרקע, גובה המים, הפסקות יציקה, תפרי התפשטות, שלבי ביצוע התעלה, ניקוז שכבות הקרקע והכביש מצידי התעלה וכו'.

בקרקות קורוזיביות יש לעשות שימוש במערכת איטום משופרת אשר תיושם גם מתחת לרצפת התעלה והכל לפי הנחיות יועץ איטום בכל מקרה ומקרה.

03.6 מילוי חוזר ומילוי להחלפת קרקע

המילוי החוזר מאחורי הקירות והמילוי עבור החלפת הקרקע במידה ויידרש יבוצעו עפ"י הנחיות המתכנן בהתאם להוראות המתאימות במפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור של נת"י.

בתעלות סימטריות (הפרש גובה בין הקירות עד 50 ס"מ) נדרש לציין בתכניות כי המילוי משני צידי התעלה יעשה בצורה סימולטנית כך שלא ייווצר הפרש מילוי הגדול מ-40 ס"מ בין שני הצדדים.

בתעלות משולבות עם קירות תומכים (סעיף 03.9.1 להלן) בהם היציבות מחושבת ע"פ הנדרש עבור קיר תומך ללא התחשבות בתרומת הקיר הנמוך- ניתן לבצע מילוי ראשית מאחורי הקיר הגבוה.

במקרה בו נדרש למלא צד אחד באופן זמני, בהתאם לשלבי הביצוע, אזי תתוכנן התעלה כקיר תומך ותובטח יציבותה עבור מילוי בצד אחד, גם אם הוא זמני.

03.7 מימדים

מימדי האלמנטים המרכיבים את תעלת הבטון יהיו כאלה שניתן יהיה להרכיב את הזיון ולצקת את הבטון בצורה נאותה ולא פחות מהנדרש למטרות אחזקה כמתואר בהנחיות לתכנון ניקוז של נת"י.

- הרוחב המינימאלי יהיה 1.30 מטר כמוגדר בהנחיות לתכנון ניקוז של נת"י.
 - העומק המקסימאלי יהיה 1.50 מטר כמוגדר בהנחיות לתכנון ניקוז של נת"י.
 - עובי הקירות והרצפה יהיה לפחות 25 ס"מ.
 - עובי כיסוי הבטון על הזיון יהיה 50 מ"מ.
- הקירות יתוכננו כך שהביצוע יהיה פשוט לרבות שימוש חוזר אופטימאלי בתבניות.

03.8 תפרים

תפרי עבודה ותפרי התפשטות/התכווצות ישולבו לאורך התעלות על מנת לאפשר התפשטות/התכווצות ועל מנת לחלק את התעלה ליחידות באורך המתאים לביצוע. המתכנן יתאר בתכנית התעלה את מיקום התפרים לאורך התעלה.

03.8.1 תפרי עבודה

מטרתם העיקרית לחלק את התעלה ליחידות נוחות לביצוע ולייצר תפרים אטימים במקומות בהם הופסקה יציקת הבטון. הזיון יהיה רציף בתפרים אלה.

03.8.2 תפרי התפשטות / התכווצות

מטרתם לבקר את הסדיקה כתוצאה מהצטמקות והפרשי טמפרטורה. בנוסף מטרתם למנוע מגע והתקלפות פני הבטון בקווים המשותפים לחלקי המבנה כתוצאה מהתפשטות תרמית או תזוזות יחסיות משקיעות או פעולת עומסים.

המרחק בין תפרים אלה תלוי במאפייני הביסוס, תנאים אקלימיים וגיאופיסיים אחרים באתר ו/או בנקודות שינוי גיאומטריים.

אם לא נאמר אחרת המרחק המקסימאלי בין תפרים אלה יהיה 12 מ'.

ניתן להגדיל מרחק מקסימאלי זה ל-20 מ' בתנאי שישולבו שני תפרי יציקה בקטע שבין תפרי ההתפשטות. הזיון לא יהיה רציף בתפרים אלה.

03.9 שיקולי תכנון מיוחדים לתעלות ניקוז משולבות או בסמוך לקירות תומכים

03.9.1 תעלה משולבת בקיר תומך

תעלות בטון המשולבות בחזית קיר תומך יתוכננו כקירות תומכים. יש להקפיד על יישום כל הדרישות המתוארות בפרק של קירות תומכים ובנוסף לתכנן את קיר התעלה הנמוך הצמוד לקרקע עבור לחצי קרקע עם מקדם לחץ במנוחה. יש להזניח את תרומת הקיר הנמוך בחישוב היציבות הכוללת של הקיר התומך.

03.9.2 תעלה צמודה לקיר תומך

תעלות מוצמדות לחלק עליון או תחתון של קיר תומך מבטון מזוין או מקרקע משוריינת יתוכננו כאלמנט עצמאי ובנוסף תימנע השפעתם על יציבות הקירות. המרחק המינימאלי המומלץ בין תעלות אלה לבין הקירות יהיה 1 מטר כמתואר בפרט הרלבנטי וזאת על מנת להפחית את השפעת הקיר על התעלה.

03.10 תעלות טרומיות

ייצור תעלות אלה יהיה במפעל בעל הסמכת תהליכים מטעם מכון התקנים, השימוש בתעלות טרומיות יותר רק במוצר בעל תו תקן לרבות מוצר קטלוגי של המפעל או מוצר סדרתי חד פעמי המיוצר במפעל.

מותר ייצור תעלות כיחידות טרומיות באתר או כשילוב של אלמנטים טרומיים עם יציקות משלימות עבור הגבהות או רצפות. במקרה זה לא יחולו על תעלות אלה כל ההקלות המתאימות לאלמנטים טרומיים כגון עובי מופחת לקירות ורצפה, וכל הדרישות המינימליות החלות על תעלות יצוקות יחולו גם על אלמנטים טרומיים הנוצקים באתר.

תשומת לב מיוחדת תינתן לאופן הרכבת התעלה כולל מילוי חול מיוצב עם צמנט בתחתית לצורך פילוסה המדויק ללא קבלת הפרשי גובה ובליטות במפגש בין היחידות הטרומיות.

המתכנן יתכנן את אופן החיבור בין האלמנטים בכל היקפם כולל מוטות ברזל בשקע החיבור והשלמת יציקה מבטון מהיר התחזקות לחיבור בין האלמנטים הטרומיים (חיבור "קשיח").

תכנון פרטי חיבור בין האלמנטים הטרומיים ללא המשכיות (חיבור "גמיש") יהיה בכפפות לאישור הגורם הרלוונטי (מנהל פרויקט / מתכנן במקרה של פרויקט DB). פרטי החיבור יבטיחו חיבורים אטומים לחלוטין שימנעו מעבר חומרי המילוי ו/או מים. התכנון הנ"ל כולל פרטי חיבור שקע תקע ופירוט חומרי האיטום.

קירות התעלה יאטמו במערכת ביטומנית עפ"י הנדרש לתעלות יצוקות באתר.

03.11 תעלות עם מכסים

במקרים מסוימים בהם יידרשו תעלות עם מכסים למעבר תנועה על גביהם אזי המכסים יתוכננו במימדים המתאימים לקבלת העומסים הצפויים לפעול עליהם בהתאם למיקום המכסה וסמיכותו לכביש (לתנועה) כנדרש בתקן הישראלי 489 מכסים לפתחי ניקוז ומכסים לתאי בקרה.

במכסים אלה ישולבו פרטים מתאימים לצורך הרמת המכסים למטרת תחזוקה בעתיד.

יש לבדוק את השפעת העברת העומסים המופעלים על המכסים אל קירות התעלה.

03.12 חזות פני בטון

גמר הבטון בחלק הפנימי של התעלה יהיה בטון חשוף המבוצע ע"י לבידים בחלוקה חוזרת מאושרת ע"י האדריכל.

כאשר אחד מקירות התעלה בולט מעל קו הכביש יבוצע קיר זה (הקיר הגבוה) עד לנקודה הנמוכה 20 ס"מ מתחת לפני הקיר הנמוך בעיבוד גמר בטון חשוף חזותי יצוק בתבניות ו/או בחיפוי באבן הכל בהתאם להנחיות סעיף 01.9.1 לעיל.

במקרה ומתוכנן חיפוי אבן טבעית על קיר התעלה הגבוה הגלוי לעין, מעל מפלס הכביש, אזי החיפוי יושען על תושבת בטון היצוקה עם קיר התעלה, ללא הקטנת הרוחב המינימלי של קיר התעלה.

חיפוי האבן יתוכנן ויבוצע ע"פ כל התקנים הרלבנטיים.

03.13 מערכת ניקוז קירות

בתעלות בהן העומק הפנימי (מדוד ממפלס ראש קיר ועד פני רצפה) קטן מ-80 ס"מ אין צורך בניקוז הקירות.

בתעלות בעומק מעל 80 ס"מ או תעלות משולבות עם קיר תומך יש לכלול מערכת ניקוז מאחורי קירות התעלה כדי למנוע התפתחות לחץ מים. מערכת הניקוז תתוכנן כך שלא ייווצר מצב בו כמות ו/או קצב זרימת המים אל הקיר גדול יותר מזה שמערכת הניקוז מסוגלת לנקז.

בכל מקרה נדרש לתכנן את רכיבי מערכת הניקוז כך תמנע בכל מקרה שטיפה של הקרקע הנתמכת לתוך חללי השכבה המנקזת. המים הנכנסים לשכבה המנקזת הצמודה לקיר ישוחררו על ידי חורי ניקוז דרך הקיר ו/או איסופם וניקוזם בעזרת נקז אורכי בקרבת תחתית הקיר אל מחוץ לתחומו. יש להבטיח שהמים המתנקזים לא ישפיעו לרעה על הקרקע שבבסיס הקיר.

יש להקפיד שחורי הניקוז ימוקמו במפלס גבוה מהמפלס החזוי של המים בתוך התעלה.

03.14 עמודי תאורה משולבים בתעלות ניקוז

במידה ויש לשלב עמודי תאורה נמוכים (כמוגדר בפרק ביסוס עמודי תאורה) לאורך התעלות יתוכננו הבסיסים לעמודי תאורה אלה בשילוב עם קיר התעלה ותבוצע אנליזה ע"י המתכנן ליציבות הכוללת של עמוד התאורה והתעלה. כל הפרטים הרלבנטיים האחרים לביסוס עמודי התאורה יתוכננו כמפורט בפרק ביסוס עמודי תאורה, לרבות תכנון הארקה לבסיס העמוד ולתעלת הניקוז.

בכל מקרה אין לשלב עמודי תאורה גבוהים מ-18 מ' בתעלות הניקוז ועליהם להיות מתוכננים כאלמנט נפרד.

03.15 רשימת פרטים טיפוסיים מנחים

שם תוכנית	מס' תוכנית
תעלה טיפוסית	NTI-ST-000-000000DC-00-5010
תעלה משולבת עם קיר תומך	NTI-ST-000-000000DC-00-5011
תעלה טיפוסית – זיון (חתך רוחב)	NTI-ST-000-000000DC-00-5012
תעלה טיפוסית – זיון (חתך אורך)	NTI-ST-000-000000DC-00-5013
תפר התפשטות	NTI-ST-000-000000DC-00-5014
תעלה צמודה לקיר תומך	NTI-ST-000-000000DC-00-5015
תעלה טרומית טיפוסית	NTI-ST-000-000000DC-00-5016
תעלה טרומית – פרט חיבור גמיש	NTI-ST-000-000000DC-00-5017
תעלה טרומית – פרט חיבור קשיח	NTI-ST-000-000000DC-00-5018

מבוטל	NTI-ST-000-000000DC-00-5019
פרטי חיפוי אבן	NTI-ST-000-000000DC-00-5020
חדירת צנרת	NTI-ST-000-000000DC-00-5021
עמוד תאורה משולב בתעלת ניקוז	NTI-ST-000-000000DC-00-5022
מתקן קצה	NTI-ST-000-000000DC-00-5023

04 פרק 04 – קירות תומכים

04.1 תכולת הפרק

פרק זה מציג מידע עקרוני על תכנון קירות תומכים לעפר ומתאר את הדרישות, הכללים ואת שיטות התכנון על פי התקינה הישראלית הרלבנטית.

בתכניות המצורפות לפרטים הסטנדרטיים עפ"י הרשימה המצורפת מפורטים פרטים מנחים לביצוע ותכנון הקירות התומכים המוצגים בפרק זה (בהתאם להגדרות סוגי קירות תומכים שמפורטים בטיטות ת"י 940 חלק 3) :

- קירות כובד מבטון
- קירות כובד מבטון מזויין – קירות זיזיים (נקראו בעבר קירות רגל מבטון מזויין)
- קירות תמך מקרקע משורינת

פרק זה אינו דן בסוגי הקירות התומכים הבאים :

- קירות זיזיים רתומים בקרקע (קירות שיגומים, קירות סלרי, קירות כלונסאות)
- קירות מעוגנים באמצעות עוגני קרקע או מסמרי עפר
- מסלעות וגביונים

04.2 תקנים

קירות תומכים יתוכננו על פי התקנים המפורטים בסעיף 01.07 לעיל

04.3 עומסים

04.3.1 כללי

קירות תומכים יתוכננו לכל העומסים הפועלים עליהם כמוגדר בתקנים הרלוונטיים, בסעיף 01.12 לעיל וכמפורט להלן.

מקדמי הבטחון לשילוב עומסים עפ"י הנחיות התקנים ו/או המפורט להלן.

04.3.2 עומסים קבועים

העומסים יחושבו לפי ת"י 412, עומסי הקרקע יחושבו לפי ת"י 940.

העומס הקבוע העיקרי יקבע בדרך כלל ממשקל העפר המותקן ב"צד הגבוה" של הקיר התומך כולל התחשבות בשיפוע פני הסוללה בראש הקיר. ממשקל העפר נגזר גם עומס אופקי קבוע של לחץ אופקי של העפר על הקיר.

במקרים בהם מפלס המים (למשל מי התהום) עלול להיות מעל למפלס יסוד הקיר יש להתחשב בלחץ המים ובמשקל המטובע של העפר.

04.3.3 עומסים שימושיים או ניידים

כאשר הקיר התומך נמצא בתחום של מיסעת כביש (למשל, כאשר הוא תומך את סוללת הכביש) יש להתחשב בעומסים השימושיים כדוגמת העומס השימושי המתואר בתקן ישראלי 1227.

04.3.4 עומסים מרעידת אדמה

העומסים הפועלים על קירות תומכים עקב רעידת אדמה יוגדרו על פי הנחיות התקנים הרלוונטיים:

- קירות כובד ת"י 413.
- קירות תמך מקרקע משורינת ת"י 413 ות"י 1630.

04.3.5 עומס נגיפה

כאשר מותקן מעקה רכב מחובר אל הקיר או בקרבתו נדרש להתחשב בעומס שמעקה זה עלול להעביר לקיר או לקרקע שמאחורי הקיר על פי העומסים הנקובים בתקן ישראלי 1227.

04.3.6 עומסי רוח

העומסים יחושבו לפי ת"י 414.

04.4 הנחיות תכנון

לכל סוגי הקירות נדרשים שלבי התכנון הבאים:

04.4.1 חקירת האתר

מטרת החקירה הינה להשיג מידע לגבי תנאי הקרקע והמים באתר ולגבי תכונות החוזק, קשרי מאמץ-עיבור והתנהגות בשינויי רטיבות של הקרקעות שתתמוכנה את קיר התמך ואשר תתמוכנה על ידו. כמו כן נדרש מידע לגבי רמת הקורוזיביות של הקרקע.

במקרה של בנייה בסביבה סלעית, תתייחס החקירה גם לתכונות הפיסיקליות של הסלע כגון מידת הבליה וצורתה, הסדיקה והשיכוב. החקירה תכלול איסוף מידע קיים וביצוע בדיקות מעבדה וכן לימוד הטופוגרפיה והתנוחה של האתר, פרטים לגבי תשתיות, שירותים ויסודות סמוכים קיימים ו/או עתידיים.

נדרשת השגת מידע לגבי מפלסי מי תהום כולל שינויים עונתיים ומקורות מים והרטבה חיצוניים.

בחקירת האתר יש לפעול בהתאם להנחיות ת"י 940 ות"י 1630.

יועץ לביסוס נדרש באופן שוטף, בכל מהלך התכנון, בנושאים כדוגמת: קביעת מקדם בטיחות גלובאלי כנגד גלישה, קביעת סוג הקרקע לצורך הכנת תחתית חפירה, תכנון קירות קרקע משוריינת וכו'.

תכנון גאומטרי

04.4.2

הגדרת מפלס פני הקרקע הסופיים בשני צידי הקיר התומך ותאור מפלסי פני הקרקע הקיימים נערכים על ידי מתכנן הכביש ובאים לידי ביטוי בחתכי הרוחב ובפרישות.

פרישות מפורטות של הקירות יערכו על ידי מתכנן הנוף.

בהתאם לטופוגרפיה של פני הקרקע המתוכננים בצד הגבוה של הקיר, ובהתאם לעיצוב האדריכלי רום פני הקיר יכול שיהיה משופע או לחלופין מדורג (אוסף של מדרגות אופקיות עם קפיצות מפלס שביניהן).

מפלס פני תחתית יסוד הקיר (מפתן הפילוס במקרה של קיר קרקע משוריינת) מתוכנן על ידי מהנדס המבנים ונקבע על פי הדרישות לחדירה לתוך הקרקע. בדרך כלל נוח יותר שיסוד הקיר יתוכנן כאופקי עם קפיצות מדרגה בעת הצורך. בקירות קרקע משוריינת גודל הקפיצה חייב להיות מודולרי כפולה של גודל אלמנט חזית (במקרה של קירות מאלמנטים קטנים) וכגודל מחצית אלמנט חזית (במקרה של קירות מאלמנטים גדולים). בקירות כובד מבטון ובקירות כובד מבטון מזוין (קירות זיזיים) אפשר שתחתית היסוד תהיה בעלת שפוע לאורך הקיר אם כי זו חלופה פחות נוחה מבחינת הביצוע של הקיר. בקרקעות בהן השיפוע לאורך הקיר התומך עולה על 10% רצוי להמנע מתכנון יסוד משופע לאורך הקיר. במקרים אלו נדרש יסוד אופקי עם מדרגות (קפיצות) שאינן עולות על 0.5 מ'.

במידת הצורך ניתן לשפר את ההתנגדות להחלקה בשיטות מתאימות כגון: הגדלת טבלת הבסיס, יצירת טבלת בסיס משופעת, הוספת שן או שינוי מתאים בגיאומטריית הקיר. במקרה של טבלת בסיס משופעת (שיפוע של הפנים התחתונים של היסוד) אין לעלות על שיפוע בשיעור של 10% (השיפוע מדוד בניצב לציר האורך של הקיר התומך). התנגדות הנוספת להחלקה באמצעות הוספת שן תחושב בהתחשבות בכוח הפסיבי הנוסף מול השן. כמו כן בעת התכנון תלקח בחשבון שיטת ביצוע מתאימה ליצירת השן, תוך התחשבות בתנאי החפירה בקרקע היסוד. פרטי הזיון של היסוד ושל השן יתוכננו בהתאם למעטפת הכוחות הפנימיים של מצבי העמיסה השונים.

בתכנון הקירות התומכים יש להתחשב בתשתיות אורכיות ורוחביות בצידו האחורי ובצידו הקדמי של הקיר התומך. יש להתחשב בהן גם ביחס לזמן בניית הקיר, לזמן התקנת התשתיות וגם ביחס לתחזוקה עתידית של תשתיות אלו.

04.4.3 תכנון מבני

תכנון קירות תומכים דורש התייחסות לאינטראקציה בין המבנה והקרקע. דרושות שתי מערכות של חישובים :

04.4.3.1 יציבות כללית

קביעת הגיאומטריה והמידות של המבנה בכדי להבטיח שווי משקל ויציבות של המערכת התומכת תחת השפעתם של הכוחות ולחצי הקרקע הפועלים. יש להבטיח גם את היציבות הכללית של המערכת הנתמכת דהיינו יציבות כנגד גלישה של המבנה התומך והקרקע הנתמכת כגוף אחד.

04.4.3.2 חישוב הכוחות הפנימיים ברכיבי הקיר

קביעת גודלם ותכונותיהם של רכיבי המבנה כך שתסבולת התכן (מבוססת על החוזק של החומרים מחולקים במקדמי הבטיחות החלקיים לחומר) של חתכי הקיר לכפיפה ולגזירה תהיה שווה או גדולה מהטרחת התכן (מבוססת על ההטרחה האופיינית מוכפלת במקדמי הבטיחות החלקיים לעומס) לכפיפה ולגזירה בהתאמה.

בכל הקשור לחישוב הכוחות הפנימיים, התכנון יעשה בהתאם לגישה של מצבים גבוליים. מקדם הבטיחות החלקי ללחץ עפר יהיה 1.6. מקדמי הבטיחות החלקיים ליתר העומסים יהיו לפי התקנים הרלוונטים (קרקע משורינת לפי ת"י 1630).

04.4.3.3 קיים

הקירות יתוכננו בהתאמה לחיי התכן של המבנים אותם הם תומכים אך בכל מקרה תקופת חיי התכן לא תקטן מהאמור בת"י 1630 ובהנחיות נתיבי ישראל.

04.5 עקרונות תכנון קירות תומכים

04.5.1 כללי

ההנחיות המפורטות להלן בנושא תכן קירות תומכים תהינה תקפות עד למועד פרסום ת"י 1227 גליון תיקון מס' 3 הכולל הנחיות לתכן קירות.

לאחר מועד פרסום התקן הנ"ל ידרש לתכן קירות תומכים על פי החמור מבין הוראות התקן ו/או המפורט להלן.

קירות כובד מבטון

04.5.2

כללי

04.5.2.1

קירות כובד מבטון מתאימים בדרך כלל עד לגובה של 4 עד 5 מטרים. הצורה של הקיר מושפעת בדרך כלל משיטות ביצוע, היבטים כלכליים והיבטים ארכיטקטוניים. מקובלות שלוש הצורות הבאות:

א. קירות בחתך טרפזי – שיפוע כלפי החזית (פנים אנכיים כלפי הצד האחורי)

ב. קירות בחתך טרפזי – שיפוע כלפי הצד האחורי (פנים אנכיים בחזית)

בקירות אלו לחצי העפר הפועלים על הצד האחורי של הקיר מוגדלים בשל שיפוע פניו ביחס למצב בו פני הקיר בצד האחורי אנכיים

ג. קירות בחתך מדורג כלפי הצד האחורי (פנים אנכיים בחזית)

לצורך חישוב היציבות הכללית ניתן לתכנן קירות מסוג זה כשווי ערך של קירות בעלי דופן אחורי בקו דימוני ישר העובר במרכז המדרגות. שטח החתך של הקיר המדורג יהיה שווה לשטח החתך של הקיר הדימוני. בכל מקום של השתנות החתך יש לבדוק את החתך על פי המידה הקטנה יותר.

הנחיות תכנון

04.5.2.2

להלן תפורטנה ההנחיות המשלימות לתכנון אשר הינן ייחודיות לקירות כובד מבטון:

א. הערכת היציבות הכללית של הקירות לכוחות סטטיים תבוסס על מקדם בטיחות שיתאים לצורת הכשל הנבחנת של הקיר כמפורט להלן:

- מקדם הבטיחות הגלובאלי בקביעת היציבות כנגד גלישה כללית יקבע על ידי יועץ הקרקע.

- מקדם הבטיחות הגלובאלי כנגד התהפכות לא יפחת מהערך 2.0.

- מקדם הבטיחות הגלובאלי כנגד החלקה לא יפחת מהערך 1.5.

ב. יש להבטיח שהשקול של הכוחות הפועלים על הקיר יעבור בתוך הגרעין של כל חתך של הקיר בכל מפלס וכן בתוך הגרעין של הבסיס של הקיר. עבור קירות המבוססים על סלע ניתן להרשות אקסצנטריות של עד רבע ממידת רוחב הבסיס.

ג. הערכת היציבות הכללית של הקירות לכוחות סייסמיים תבוסס על מקדם בטיחות גלובאלי שיתאים ליעודו של הקיר כמפורט להלן:

- מקדם הבטיחות הגלובאלי בקביעת היציבות כנגד גלישה כללית יהיה 1.2.

- מקדם הבטיחות הגלובאלי כנגד התהפכות לא יפחת מהערך 1.5.

- מקדם הבטיחות הגלובאלי כנגד החלקה לא יפחת מהערך 1.2.

ד. במידת הצורך ניתן לשפר את ההתנגדות להחלקה בשיטות מתאימות כגון עיבוד שתית משופעת בתחתית הקיר או הוספת שן בצד האחורי של הקיר בתחתיתו.

- ה. במידה שהקיר מבוסס בעומק הגדול מ- 0.8 מ', ניתן להתחשב, בהתאם להנחיות יועץ הקרקע, בלחץ פסיבי כגורם מייצב (כחלק מהכוחות המתנגדים להחלקה) אולם המקדם ללחץ פסיבי יוקטן על ידי חילוק במקדם הפחתה של לפחות 1.2. הלחץ הפאסיבי יחושב בהנחה שפני הקרקע הם בעומק של 0.8 מטר (פירוס משולשי שקודקודו במפלס בעומק 0.8 מ').
- ו. מאמצי הקרקע מתחת לקירות יתוכננו כנדרש בת"י 940 תוך התחשבות בכל הכוחות הפועלים על הקיר בכיוונום ובאקסצנטריות הנוצרת.
- ז. תכן הקיר יבוצע בהתאם לערכים המתאימים לחמר המילוי שיבוצע בפועל בגב הקירות ובהתאם להנחיות יועץ הקרקע.

הנחיות ביצוע

04.5.2.3

להלן תפורטנה ההנחיות המשלימות לביצוע הקיר, אשר תבואנה לידי ביטוי גם בפרטים המצורפים לפרק זה.

- א. הכנת תחתית החפירה והידוקה תבוצע לפי סעיף 51.02.04.03 במפרט הכללי, עפ"י סוג הקרקע באתר ובהתאם להנחיות יועץ הביסוס.
- ב. מילוי להחלפת קרקע, אם נדרש, יבוצע לפי סעיף 51.02.04.03.02 סעיף ד' במפרט הכללי. יחד עם זאת מומלץ להגדיל את אחוז הדקים העובר #200 לטווח של 18%-25% כדי ליצור נפח קרקע אטום בתחתית הקיר.
- ג. מילוי למבנים יבוצע על פי סעיף 51.02.04.05 במפרט הכללי. בין קו הקיר ועד לקו אנכי דימויני המרוחק 1 מטר (טיפוסי) מהקצה האחורי של תחתית הקיר, יבוצע המילוי המבוקר בשכבות בעובי של 10 ס"מ אשר תהודקנה במכבש קל. מטרת הוראה זו הינה למניעת הפעלת מאמצים נוספים על הקיר כתוצאה מהידוק המילוי.
- ד. במרווחי עבודה מצומצמים הנוצרים בין תחתית הקיר לבין קצה החפירה, אשר אינם מאפשרים הידוק במכבש, יבוצע מילוי CLSM, כמפורט בסעיף 51.02.02.01.08 במפרט הכללי ועפ"י הגדרות המפרט הכללי פרק 2 "עבודות בטון באתר" – תת פרק 01 "עבודות בטון יצוק באתר" – פרק משנה 02.01.11. "חומרים בעלי חוזק נמוך מבוקר חבנ"מ".
- ה. סוג הבטון ב-20
- ו. עובי בטון הכיסוי: 50 מ"מ.
- ז. דגשים לבדיקת יציקות בטון ברכיבים רבי-נפח ואשפרתן:
- למופע של טמפרטורה גבוהה עקב חום הידרציה בבטון יצוק ברכיבים רבי-נפח עלולה להיות השפעה מהותית על חוזק הבטון ברכיב ועל סידוקו.
- נדרש להקפיד על תכנון מראש של תערובת הבטון המתאימה, על בדיקת תערובת ניסיונית ועל נוהל היציקה כמפורט בסעיף 02.01.05.07 - "רכיבי בטון רבי-נפח".
- נדרש להקפיד על שיטת האשפרה כמפורט בסעיף 02.01.07.06 - "אשפרת רכיבי בטון רבי-נפח".

- ח. כמויות הזיון תהינה מינימליות כמתואר בפרטים המנחים, תפקיד מוטות הזיון בעיקר לשמור על כך שהקיר יוצק במידות המתוכננות שלו.
- ט. תפרים אנכיים יתוכננו כך שהמרחק ביניהם לא יעלה על 15 מטרים. רוחב התפר המינימלי יהיה 20 מ"מ. יש לנקוט באמצעים למניעת זליגת עפר מגב הקיר דרך התפרים. מקום מתאים לביצוע התפרים הוא במקומות של שינוי חתך הקיר. בנוסף נדרש להוסיף תפר אנכי בכל מקום בו קיים שינוי בתנאי הקרקע בביסוס, העשוי לגרום לשקיעות הבדליות בין שני צידי הקיר. כדי למנוע תזוזה יחסית משני צידי התפר יש לתכנן פרט כמתואר בגיליון 5111.
- י. מישקי יציקה אופקיים: המרחק בין שני מישקים יציקה אופקיים לא יפחת מ-60 ס"מ. כאשר הקיר מדורג, הפסקות היציקה האופקיות יתאימו למיקום המדרגות. בכל הפסקת יציקה אופקית תובטח העברת כוחות הגזירה באמצעות שינוי גזירה במידות 10/5 ס"מ כמוצג בפרט שבגיליונות 5103, 5107.
- יא. טפסות: יציקת גב הקיר מעל היסוד תהייה כנגד טפסות בעלות קשיחות מתאימה לקבלת לחצי הבטון הטרי.
- יב. התקנת מערכות ניקוז בגב הקירות תהייה בהתאם לפרטים המנחים של אוגדן זה ובהתאם להוראות יועץ הקרקע לרבות סוג מערכת הניקוז ושלבי הביצוע.
- יג. חיפוי חזית הקיר – יכול להעשות באבן טבעית פראית שתותקן בשיטת הבנייה המרוכבת. יש להבטיח את עמידות החיפוי בהתחשב בכוחות הצפויים לפעול על הקיר: משקל עצמי של החיפוי, כוחות הנובעים מעומסי רוח, כוחות רעידת אדמה, הפרשי טמפרטורה והשפעת רטיבות.
- יד. לחילופין החיפוי יכול להעשות באבן טבעית לאחר גמר יציקת הקיר כולו. במקרה כזה החיפוי יעשה בהתאם לאחת השיטות המפורטות בת"י 2378 על חלקיו.
- טו. עבור חיפוי באריחים מלאכותיים או אבן מלאכותית המתאימה לדרישות ת"י 1872 נדרש להבטיח את אחיזת החיפוי באמצעים מכאניים מתאימים, בהתאם לתכן הנדסי שיבוצע בהתחשב בכוחות הצפויים לפעול על הקיר כנזכר לעיל בשיטת הבנייה המרוכבת.
- טז. קופינג יעוגן לראש הקיר באמצעים מכניים. אין להסתפק בהדבקה.

קירות כובד מבטון מזוין – קירות זיזיים

04.5.3

כללי

04.5.3.1

- הקיר רתום לרגל הקיר (טבלת היסוד). החתך הטיפוסי של הקיר מושפע בדרך כלל משיטות ביצוע, היבטים כלכליים והיבטים ארכיטקטוניים. מקובלים 3 חתכים טיפוסיים עיקריים:
- א. קירות בחתך קבוע – מתאימים בדרך כלל לקירות בגובה של עד 3 מטרים.
- ב. קירות בחתך משתנה – מתאימים בדרך כלל לקירות בגובה שמעל 3 מטרים ועד לגובה של 9 מטרים.

ג. קירות בחתך קבוע בחלק העליון (הגלוי בשני צידיו) וחתך משתנה בחלק התחתון (המכוסה בעפר בצד הגבוה) – יתרונם במראה של חזית ברוחב אחיד בחלק הגלוי.

הנחיות תכנון

04.5.3.2

להלן תפורטנה ההנחיות המשלימות לתכנון אשר הינן ייחודיות לקירות כובד מבטון מזויין :

- א. לצורך חישוב היציבות הכללית, כולל למצב רעידת אדמה, ניתן להניח שגב הקיר ממוקם בקו דמיוני אנכי העולה מהקצה האחורי של היסוד ועד לפני הקרקע הגבוהים, כך שבטון הקיר והעפר שמאחוריו (עד לקו הדימוני) מתנהגים כגוף אחד. ניתן להתחשב גם בחיכוך שבין גוף זה, כפי שהוגדר לעיל, לבין העפר שבא במגע איתו.
- ב. לצורך חישוב הכוחות הפנימיים ברכיבי הקיר יש להפעיל את הלחצים הפועלים ישירות על קיר הבטון ועל הקו הדימוני.
- ג. הערכת היציבות הכללית של הקירות לכוחות סטטיים תבוסס על מקדם בטיחות גלובאלי שיתאים לצורת הכשל הנבחנת של הקיר כמפורט להלן :
 - מקדם הבטיחות הגלובאלי בקביעת היציבות כנגד גלישה כללית יקבע על ידי יועץ הקרקע.
 - מקדם הבטיחות הגלובאלי כנגד התהפכות לא יפחת מהערך 2.0.
 - מקדם הבטיחות הגלובאלי כנגד החלקה לא יפחת מהערך 1.5.
- ד. יש להבטיח שהשקול של הכוחות הפועלים על הקיר יעבור בתוך הגרעין של הבסיס של הקיר. עבור קירות המבוססים על סלע ניתן להרשות אקסצנטריות של עד רבע ממידת רוחב הבסיס.
- ה. הערכת היציבות הכללית של הקירות לכוחות סייסמיים תבוסס על מקדם בטיחות גלובאלי שיתאים ליעודו של הקיר כמפורט להלן :
 - מקדם הבטיחות הגלובאלי בקביעת היציבות כנגד גלישה כללית יהיה 1.2.
 - מקדם הבטיחות הגלובאלי כנגד התהפכות לא יפחת מהערך 1.5.
 - מקדם הבטיחות הגלובאלי כנגד החלקה לא יפחת מהערך 1.2.
- ו. במידת הצורך ניתן לשפר את ההתנגדות להחלקה בשיטות מתאימות כגון יצירת טבלת בסיס משופעת או הוספת שן בצד האחורי של טבלת הבסיס.
- ז. במידה שהקיר מבוסס בעומק הגדול מ- 0.8 מ', ניתן להתחשב בלחץ פסיבי כגורם מייצב (כחלק מהכוחות המתנגדים להחלקה) אולם המקדם ללחץ פסיבי יוקטן על ידי חילוק במקדם הפחתה של לפחות 1.2. הלחץ הפאסיבי יחושב בהנחה שפני הקרקע הם בעומק של 0.8 מטר (פירוס משולשי שקודקודו במפלס בעומק 0.8 מ').
- ח. מאמצי הקרקע מתחת לקירות יתוכננו כנדרש בת"י 940 תוך התחשבות בכל הכוחות הפועלים על הקיר בכיוונם ובאקסצנטריות הנוצרת.

ט. בריתום של הקיר אל טבלת היסוד יש להקפיד על רדיוס הכיפוף של מוטות הזיון כמפורט בת"י 466 שלא למטרת עיגון.

הנחיות ביצוע

04.5.3.3

להלן תפורטנה ההנחיות המשלימות לביצוע הקיר, אשר תבואנה לידי ביטוי גם בפרטים המצורפים לפרק זה.

א. הכנת תחתית החפירה והידוקה תבוצע לפי סעיף 51.02.04.03 במפרט הכללי, עפ"י סוג הקרקע באתר ובהתאם להנחיות יועץ הביסוס.

ב. מילוי להחלפת קרקע, אם נדרש, יבוצע לפי סעיף 51.02.04.03.02 סעיף ד' במפרט הכללי. יחד עם זאת מומלץ להגדיל את אחוז הדקים העובר #200 לטווח של 18%-25% כדי ליצור נפח קרקע אטום בתחתית הקיר.

ג. מלוי למבנים יבוצע על פי סעיף 51.02.04.05 במפרט הכללי. בין קו הקיר ועד לקו אנכי דימיוני העולה מהקצה האחורי של טבלת היסוד, יבוצע המילוי המבוקר בשכבות בעובי של 10 ס"מ אשר תהודקנה במכבש קל. מטרת הוראה זו הינה למניעת הפעלת מאמצים נוספים על הקיר כתוצאה מהידוק המילוי.

ד. במרווחי עבודה מצומצמים הנוצרים בין תחתית הקיר לבין קצה החפירה, אשר אינם מאפשרים הידוק במכבש, יבוצע מילוי CLSM, כמפורט בסעיף 51.02.02.01.08 במפרט הכללי ועפ"י הגדרות המפרט הכללי פרק 2 "עבודות בטון באתר" – תת פרק 01 "עבודות בטון יצוק באתר" – פרק משנה 02.01.11. "חומרים בעלי חוזק נמוך מבוקר חבנ"מ", החוזק הנדרש יהיה עפ"י הנחיות המתכנן.

ה. סוג הבטון : ב-40

ו. עובי בטון הכיסוי : 50 מ"מ.

ז. תפרים אנכיים יתוכננו כך שהמרחק ביניהם לא יעלה על 15 מטרים. רוחב התפר המינימלי יהיה 20 מ"מ. יש לנקוט באמצעים למניעת זליגת עפר מגב הקיר דרך התפרים. מקום מתאים לביצוע התפרים הוא במקומות של שינוי חתך הקיר. בנוסף נדרש להוסיף תפר אנכי בכל מקום בו קיים שינוי בתנאי הקרקע בביסוס, העשוי לגרום לשקיעות הבדליות בין שני צידי הקיר. כדי למנוע תזוזה יחסית משני צידי התפר יש לתכנן פרט כמתואר בגיליון 5111.

ח. מישקי יציקה אופקיים : יש להמנע עד כמה שניתן מביצוע הפסקות יציקה אופקיות בקיר. אם מחוסר ברירה אחרת יוחלט על ביצוע של הפסקת יציקה אופקית נדרש להבטיח את העברת כוחות הגזירה באמצעות טיפול במישק היציקה כנדרש במפרט הכללי.

ט. טפסות : הקירות יהיו יצוקים בטפסות. הטפסות יתוכננו בהתאם לת"י 904. הטפסות לאלמנטים אשר נדרש להם גמר בטון חשוף חזותי, יהיו עם מעטי "טגו" או מתבניות פלדה חלקות.

י. חיפוי חזית הקיר – יכול להעשות באבן טבעית בהתאם לאחת השיטות המפורטות בת"י 2378 על חלקיו.

עבור חיפוי באריחים מלאכותיים או אבן מלאכותית המתאימה לדרישות ת"י 1872 נדרש להבטיח את אחיזת החיפוי באמצעים מכאניים מתאימים, בהתאם לתכן הנדסי שיבוצע בהתחשב בכוחות הצפויים לפעול על הקיר כנזכר לעיל בשיטת הבנייה המרוכבת.

קופינג יעוגן לראש הקיר באמצעים מכניים. אין להסתפק בהדבקה.

קירות קרקע משורינת 04.5.4

כללי 04.5.4.1

קירות אלו יבוצעו רק ממערכות אשר מאושרות בנוהל ההסמכה לביצוע קירות קרקע משורינת של ת"י.

קירות קרקע משורינת מתאימים בדרך כלל לגובה שמעל 6 מטרים. באזורים בהם תת הקרקע אינה אינרטיית כגון חרסיתות שמנות, חרסיתות רכות וכיו"ב מתאימים קירות הקרקע המשורינת גם לקירות בגובה שמעל 2.5 מטרים על פני קירות תומכים קשיחים. מקובלות שתי הצורות הבאות:

א. קירות מאלמנטים גדולים – יתרונם שהם מתאימים לאותם מקומות בהם נדרש חיפוי באבן טבעית. השיריון שלהם יהיה מתכתי מרצועות פחי פלדה או מרשתות זיון לפי ת"י 4466/4.

ב. קירות מאלמנטים קטנים – יתרונם שהם יוצרים קיר דפורמבילי יותר, פחות רגיש לתנועות תת-קרקע שאינה אינרטיית ומתאימים במיוחד לשימוש בשיריון פולימרי (גיאוגרידים, גיאוטקסטילים).

אין הפרטים בפרק זה מתייחסים לקירות קרקע משורינת עם חזית רכה (מיריעות גיאוגרידים או גיאוטקסטיליות).

תכנון הקירות 04.5.4.2

- א. תכנון הקירות יעשה ע"י המתכנן על-פי המלצות יועץ הביסוס ועל פי הנחיות ת"י 1630.
- ב. בתחתית הקיר יתוכנן מפתן פילוס מבטון מזוין. תפרים יבוצעו במפלס הפילוס במרווחים כנדרש לגבי קירות תומכים מבטון.
- ג. תפרים בקיר הקרקע המשורינת נדרשים רק במקרים מיוחדים בהם תת הקרקע אינה אינרטיית כגון חרסית רכה, חרסית שמנה וכיו"ב.
- ד. במקרה של ביסוס על תת קרקע רכה כאמור לעיל, בנוסף להחלפת קרקע כנדרש בסעיף 51.02.04.03.02 יידרש גם שיריון של חומר המילוי המשמש להחלפת הקרקע ביריעות גיאוטקסטיליות להגדלת חוזק הקרקע.

ה. בראש הקיר יתוכנן בדרך כלל קיר רגל מבטון מזוין. מילוי העפר שמעל טבלת היסוד של הקיר מאפשר העברת תשתיות אורכיות מבלי לפגוע בשריון הקרקע. קיר הבטון יכול לשמש גם כיסוד למעקה ויתוכנן לקבלת כוחות הנגיפה להם מוטרח המעקה. קיר הבטון יכול לשמש גם כיסוד לעמודי תאורה בתנאי שרגל הקיר תחושב לקבל את המומנט המועבר מעמוד התאורה. תכנון וביצוע קיר הבטון על פי ההנחיות שבסעיף 04.5.3 לעיל.

הנחיות תכנון

04.5.4.3

להלן תפורטנה ההנחיות המשלימות לביצוע הקיר, אשר באות לידי ביטוי גם בפרטים המצורפים לפרק זה.

- א. הכנת תחתית החפירה והידוקה יבוצע לפי סעיף 51.02.04.03 במפרט הכללי, עפ"י סוג הקרקע באתר ובהתאם להנחיות יועץ הביסוס.
- ב. מילוי להחלפת קרקע, אם נדרש, יבוצע לפי סעיף 51.02.04.03.02 סעיף ד' במפרט הכללי. יחד עם זאת מומלץ להגדיל את אחוז הדקים העובר #200 לטווח של 18%-25% כדי ליצור נפח קרקע אטום בתחתית הקיר.
- ג. מלוי למבנים יבוצע על פי הדרוש בת"י 1630.
- ד. סוג הבטון במפתן הפילוס ב-40 לפחות.
- ה. עובי בטון הכיסוי: 50 מ"מ.
- ו. חיפוי חזית הקיר – בקירות מאלמנטי חזית גדולים החיפוי יכול להעשות באבן טבעית שמותקנת בתבניות הייצור של אלמנטי החזית הטרומיים. החיפוי יבוצע עפ"י אישורי ההסמכה של נת"י.

ניקוז קירות תומכים

04.6

יש לכלול מערכת ניקוז מאחורי הקיר התומך כדי למנוע התפתחות לחץ מים. מערכת הניקוז תתוכנן כך שלא ייווצר מצב בו כמות ו/או קצב זרימת המים אל הקיר גדול יותר מזה שמערכת הניקוז מסוגלת לנקז. מערכת הניקוז של הקיר תהיה מתואמת ומשולבת עם מערכת הניקוז של מבנה הכביש.

מערכת הניקוז תכלול שכבה אנכית מנקזת צמודה לקיר מצידו האחורי. יש להגן נגד שטיפה של הקרקע הנתמכת לתוך חללי השכבה המנקזת על ידי שימוש בגיאוטקסטיל מתאימים.

המים הנכנסים לשכבה המנקזת הצמודה לקיר ישוחררו על ידי חורי ניקוז דרך הקיר ו/או איסופם וניקוזם בעזרת נקז אורכי בקרבת תחתית הקיר אל מחוץ לתחומו. יש להבטיח שהמים המתנקזים לא ישפיעו לרעה על הקרקע שבבסיס הקיר.

ניתן להתייחס למרווחים שבין אלמנטי חזית הקרקע המשוריינת כחליפיים לחורי הניקוז דרך הקיר.

במקרה של ביצוע חורי ניקוז דרך הקיר, יוכנו מסננים מתאימים (כגון חצץ עטוף בגיאוטקסטיל) צמוד לפתחי החורים כדי למנוע שטיפת חומר מהשכבה המנקזת דרך החורים. חורי הניקוז דרך הקיר יעשו מצינורות P.V.C קשיח שמסוגל לקבל את לחץ הבטון בלי להתעוות. קוטר הצינור 110 מ"מ. ימוקם צינור אחד לפחות לכל 4 מ"ר. סידור הצנורות במתווה אנכי לסרוגין. הצינורות יותקנו בשיפוע של 1% כלפי חזית הקיר.

04.7 רשימת פרטים טיפוסיים מנחים

04.7.1 קירות כובד

מס' תוכנית	שם תוכנית
NTI-ST-000-000000RW-00-5101	קיר כובד מבטון ראש קיר מדורג - פרישה
NTI-ST-000-000000RW-00-5102	קיר כובד מבטון בחתך מדורג כביש בצד העליון – גאומטריה ועב' עפר
NTI-ST-000-000000RW-00-5103	קיר כובד מבטון בחתך מדורג כביש בצד התחתון – גאומטריה ועב' עפר
NTI-ST-000-000000RW-00-5104	קיר כובד מבטון בחתך טרפזי – גאומטריה ועב' עפר
NTI-ST-000-000000RW-00-5105	קיר כובד מבטון בחתך מדורג – פרטי זיון
NTI-ST-000-000000RW-00-5106	קיר כובד מבטון בחתך מדורג - פרטי זיון בקצה קיר ובצמוד לתפר התפשטות
NTI-ST-000-000000RW-00-5107	קיר כובד מבטון בחתך טרפזי – פרטי זיון
NTI-ST-000-000000RW-00-5108	קיר כובד מבטון בחתך טרפזי – פרטי זיון בקצה קיר ובצמוד לתפר התפשטות
NTI-ST-000-000000RW-00-5109	מבוטל
NTI-ST-000-000000RW-00-5110	מבוטל
NTI-ST-000-000000RW-00-5111	קיר כובד מבטון / מבטון מזוין – תפרי התפשטות 1
NTI-ST-000-000000RW-00-5112	קיר כובד מבטון / מבטון מזוין – תפרי התפשטות 2
NTI-ST-000-000000RW-00-5113	קיר כובד מבטון ראש קיר משופע - פרישה

04.7.2 קירות רגל מבטון מזוין

מס' תוכנית	שם תוכנית
NTI-ST-000-000000RW-00-5201	קיר כובד מבטון מזוין - פרישה
NTI-ST-000-000000RW-00-5202	קיר כובד מבטון מזוין – גאומטריה ועב' עפר
NTI-ST-000-000000RW-00-5203	מבוטל
NTI-ST-000-000000RW-00-5204	קיר כובד מבטון מזוין – פרטי זיון
NTI-ST-000-000000RW-00-5205	קיר כובד מבטון מזוין - פרט חיפוי אבן
NTI-ST-000-000000RW-00-5206	קיר כובד מבטון מזוין - פרט זיון סביב הנקזים

קירות קרקע משוריינת

04.7.3

מס' תוכנית	שם תוכנית
NTI-ST-000-000000RW-00-5301	קיר קרקע משוריינת מאלמנטים קטנים - פרישה
NTI-ST-000-000000RW-00-5302	קיר קרקע משוריינת מאלמנטים קטנים - חתך
NTI-ST-000-000000RW-00-5303	קיר קרקע משוריינת מאלמנטים גדולים - פרישה
NTI-ST-000-000000RW-00-5304	קיר קרקע משוריינת מאלמנטים גדולים - חתך
NTI-ST-000-000000RW-00-5305	קיר קרקע משוריינת – פרטי מפתן פילוס
NTI-ST-000-000000RW-00-5306	בלוקי קירות קרקע משוריינת ומפתן פילוס – תפרי התפשטות

05 פרק 05 – קירות אקוסטיים

05.1 תכולת הפרק

מסמך זה מציג מידע עקרוני על תכנון קירות מיגון אקוסטי ומתאר דרישות, כללים ושיטה של תכנון קונסטרוקטיבי לקירות אלה. המסמך מבוסס על תקנים בינלאומיים בנושא ותקנים ישראליים רלבנטיים שבתוקף.

היבטים אדריכליים:

מטבע הדברים קיר אקוסטי אמור לשפר את תנאי איכות החיים על ידי הפחתת מפלס הרעש בקרבתו. יחד עם זאת עלינו כמתכננים לדאוג שקירות אלה לא יהפכו למטרדים ויזואליים. קירות אקוסטיים מהווים כבר היום חלק לא מבוטל ממראה נוף ארצנו. עם גידול האוכלוסייה ופיתוח עורקי תחבורה חדשים גוברת הדרישה לשימוש בקירות אקוסטיים אסתטיים וברי קיימא.

הפרטים הסטנדרטיים מהווים עבור האדריכל כלי עזר ליישם תכנון הקירות האקוסטיים. במסגרת הפרטים הסטנדרטיים נשאר לאדריכל חופש התכנון בבחירת סוג הקיר, צורת הקיר, גוונים, טקסטורות או צרופים של קירות שונים.

05.2 תקנים ומפרטים

קירות אקוסטיים יתוכננו על פי התקנים המפורטים בסעיף 01.07 לעיל ועפ"י התקנים הבאים:

תקנים זרים

EN 1794:2003. Road traffic noise reducing devices – Non-acoustic performance

Part 1: Mechanical performance and stability requirements

Part 2: General safety and environmental requirements

EN 14389:2008. Road traffic noise reducing devices – Procedures for assessing long term performance

Part 2: Non-acoustic characteristics

מפרטים

"המפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור" של נתיבי ישראל. פרק 71: מתרסים להנחתת רעש – אקוסטיקה וקירות אקוסטיים. (לרבות "הנחיות למתכנן").

05.3 מונחים והגדרות

קירות-מיסוך אקוסטיים (Sound Barriers , Sound Walls, Acoustical Barriers, Noise Barriers) : קירות המיועדים להפחתת הרעש המשפיע על הסביבה כפועל יוצא של תנועת כלי-רכב.

אורך חיים : תקופת שימוש של קירות אקוסטיים בה הוצאות תחזוקה הן מזעריות.

05.4 רשימת הסימנים

מקדם חשיפה	$C_e(z)$	exposure coefficient
מקדם לחץ	C_p	pressure coefficient
כפף (מ"מ)	d	deflection (mm)
כפף אופקי מרבי (מ"מ)	d_{hmax}	horizontal maximum deflection (mm)
כפף אנכי מרבי (מ"מ)	d_{vmax}	vertical maximum deflection (mm)
גובה כולל של אלמנט אקוסטי (מ')	h	total height of acoustic element (mm)
אורך של אלמנט (מ"מ)	L	length of elements (mm)
אורך מרבי של אלמנט נושא עומס (מ"מ)	L_s	greatest length of structural element (mm)
אורך מרבי של אלמנט אקוסטי (מ"מ)	L_A	greatest length of acoustic element (mm)
לחץ דינאמי מרכבים חולפים (פסקל)	$q(v)$	dynamic pressure due to passing vehicles (Pascal)
מקדם עומס	S	Load factor
מקדם עומס (משקל)	S_g	load factor (weight)
מקדם עומס (רוח)	S_w	load factor (wind)

מהירות רוח ממוצעת, מ' שנייה	V_{ref}	mean wind velocity at height z (m/s)
לחץ רוח (פסקל)	W	wind pressure (Pascal)
גובה מעל פני קרקע	z	height above the ground (m)
ערך שיעור הבידוד האקוסטי של הקיר בפני רעש תחבורה החודר (דציבל)	DL_R	Single-number rating of airborne sound insulation performance, expressed as a difference of A-weighted sound pressure levels (dB)
הערך של הפחתת רעש התחבורה, החוזר מהקיר (דציבל)	DL_α	Single-number rating of sound absorption performance, expressed as a difference of A-weighted sound pressure levels (dB)
מהירות רכב חולף (מטר/שנייה)	V	Passing vehicle velocity (m/s)
מרחק בין מישור הקיר המופנה לכיוון הכביש ובין הפס הצהוב (מרחק בין קיר ורכב) (מ')	r	Distance from passing vehicle to acoustic element (m)
מקדם הגברה לחישוב סייסמי.	f	Amplification factor for seismic design.

05.5 מידע בסיסי לתכנון קירות מיגון אקוסטי

05.5.1 ייעוד קירות מיגון אקוסטי

קירות מיגון אקוסטי נועדים להפחתת רעש סביבתי הנגרם מכבישים, רכבות ומקורות רעש אחרים במסגרת פרויקטים תחבורתיים ואחרים.

05.5.2 סיווג קירות מיגון אקוסטי לפי תפקידם

05.5.2.1 כללי

לצורך הפחתת רעש סביבתי מקובל לבנות קירות מאלמנטים/חומרים אטומים, אשר מחזירים את מרבית הרעש שמגיע לקיר, ובדרך זו להפחית באופן משמעותי את הרעש החודר דרך הקיר. לקירות מיגון אקוסטי המתוכננים בצורה נכונה תרומת רעש שחודר דרך הקיר ומגיע לקולטי

הרעש היא זניחה בהשוואה לתרומה הרעש שעוקף את הקיר מעליו ו/או בצדדים. כושר הקיר להפחית רעש החודר דרכו, מאופיין באמצעות ערך שיעור הבידוד האקוסטי של הקיר בפני רעש תחבורה DLR לפי תקן אירופי EN 1793, פרק 2. ערך זה יהיה גבוה ב-10 dB(A) לפחות מהפחתת הרעש אותה הקיר נועד לספק.

במצב בו יש להפחית מפלס הרעש החוזר מקיר מיגון אקוסטי, מקובל להשתמש בקירות אשר בולעים אנרגיה של גלים אקוסטיים המגיעים לקיר. בקירות כאלה משתמשים במקרים הבאים:

1. כאשר רעש מכביש או מסילת רכבת החוזר מקירות עלול להגדיל בצורה משמעותית את מפלס הרעש אליו חשופים שימושים רגישים בצד שני של כביש או מסילה.

2. עבור קירות מקבילים למסילות רכבת וממוקמים קרוב אליה.

את הכושר של הקיר להפחית רעש שחוזר ממנו מאפיינים באמצעות הערך החד-מספרי $DL\alpha$ של הפחתת רעש התחבורה, החוזר מהקיר, לפי תקן אירופי EN 1793, פרק 1.

קירות מיגון אקוסטי מחולקים לשתי הקבוצות הבאות:

05.5.2.2

1. קירות מחזירי קול

לקירות מחזירי קול משתייכים קירות מקטגוריה A0 לפי תקן אירופי EN 1793 (פרק 1, נספח A) שעבורם אין דרישה לערך חד-מספרי $DL\alpha$ של הפחתת רעש חוזר, ובדרך כלל גם קירות מקטגוריה A1 - בעלי כושר נמוך של בליעת רעש.

2. קירות בולעי רעש

לקירות בולעי רעש משתייכים קירות עם כושר בליעה, שיש לו משמעות תכנונית. קירות אלה הם בעלי גודל הפחתת רעש חוזר 4 dB(A) או יותר – קירות מקטגורית A2 וגבוהות יותר.

סיווג קירות מיגון אקוסטי על פי החומר

05.5.3

לצורך הפחתת רעש סביבתי נעשה שימוש במגוון רב של קירות מחומרים שונים.

1. קירות בטון יצוקים באתר.

2. קירות בטון טרומיים:

– קירות עשויים פנלים מבטון כבד ללא ציפוי בולע רעש.

– קירות עשויים פנלים מבטון כבד עם ציפוי בולע רעש, המיוצרים במפעל.

– קירות עשויים פנלים מבטון כבד המיוצרים במפעל, ופנלים של ציפוי בולע רעש מבטון, אותם מרכיבים באתר.

3. קירות בלוקים.

4. קירות מפנלים מאלומיניום.

5. קירות עפר (גינון).

6. קירות שקופים, לדוגמה קירות מפלקסיגלס (זכוכית אקרילית).

7. קירות משולבים.

– קירות מבטון עם הגבהה באמצעות קירות אלומיניום או שקופים.

– קירות מבטון עם ציפוי בולע רעש מפנלי אלומיניום.

– קירות מחומרים שונים עם קטעים שקופים ועוד.

קיימים גם קירות שונים מסוגים נוספים, אשר אינם בשימוש כעת בארץ.

05.5.4 היבטים של תכנון קירות מיגון אקוסטי

היבטים של תכנון קירות מיגון אקוסטי, הם כדלקמן:

– היבטים אקוסטיים.

– היבטים נופיים.

– היבטים קונסטרוקטיביים.

– ניקוז.

– היבטים אחרים.

בתכנון קירות מיגון אקוסטי לאורך קווי רכבת יש להתחשב בדישות של רכבת ישראל לבטיחות ועמידות באש.

05.5.5 אחזקה ואורך חיים של קירות אקוסטיים

מבנה ומאפיינים קונסטרוקטיביים של הקירות המתוכננים בשילוב עם מערך אחזקה מתאים נועדים להבטיח תפקוד תקין של קירות לאורך כל תקופת השימוש בהם.

אלמנטים קונסטרוקטיביים של קירות אקוסטיים מתוכננים לתקופת שימוש (אורך חיים) של חמישים (50) שנה לפחות. במקרים כאשר מבנה של קיר אקוסטי משולב עם מבנה דרך אחר (לדוגמה, קיר אקוסטי על גשר או על קיר תמך) אורך חיים של אלמנטים קונסטרוקטיביים יהיה זהה לאורך חיים המתוכנן של מבנה משמש בסיס לקיר.

05.5.6 שלבי תכנון של קירות מיגון אקוסטי

תכנון קירות מיגון אקוסטי מתבצע בשלבים הבאים :

05.5.6.1 תכנון אקוסטי.

תכנון אקוסטי משמש כבסיס למאפייני התכנון הבאים :

1. פריסת הקיר – אורך וגובה של קירות בקטעים שונים.

אורך וגובה קירות תלויים במיקום הקיר ביחס לכביש ו/או מסילת רכבת ובמיקום המבנה עליו נועד הקיר להגן. מיקום הקיר נקבע קודם כל על בסיס שיקולים אקוסטיים תוך התחשבות במגוון היבטים נוספים, כגון :

- טופוגרפית השטח לרבות הימצאות סוללות עפר וחפירים.
- תשתיות ומערכות תת-קרקעיות קיימות ו/או מתוכננות.
- קירות תומכים קיימים ו/או מתוכננים.
- תעלות או מתקני ניקוז אחרים קיימים ו/או מתוכננים.

2. מאפייני בידוד ובליעת רעש של קירות.

3. סוג ודגם קירות מיגון אקוסטי.

סוג ודגם קירות מיגון אקוסטי נקבע תוך התחשבות בהיבטים הבאים :

- המאפיינים האקוסטיים הנדרשים של הקירות.
- היבטים נופיים.
- היבטים קונסטרוקטיביים.
- נוכחות בשטח קירות מיגון אקוסטי שבוצעו קודם (במסגרת פרויקטים אחרים).

05.5.6.2 תכנון נופי.

תכנון נופי של קירות מיגון אקוסטי יש להתחיל רק לאחר קביעת פרמטרים בסיסיים של תכנון אקוסטי, בהמשך תכנון נופי מתבצע במקביל לתכנון אקוסטי מפורט.

05.5.6.3 תכנון קונסטרוקטיבי.

תכנון קונסטרוקטיבי של קירות מיגון אקוסטי מתבצע לאחר קביעת פרמטרים בסיסיים של הקירות בתכנון אקוסטי ותכנון נופי ראשוני, ולאחר מכן תכנון קונסטרוקטיבי יתבצע במקביל לתכנון אקוסטי ונופי. היבטים קונסטרוקטיביים של קירות מיגון אקוסטי משפיעים על קבלת החלטות גם לגבי מאפיינים הלא קונסטרוקטיביים של הקירות.

תכנון ביסוס קירות.

05.5.6.4

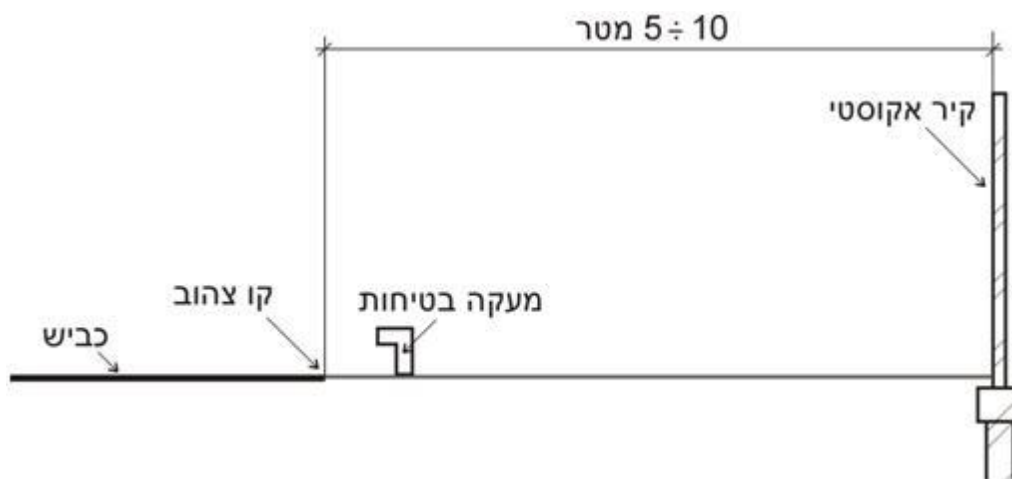
תכנון ביסוס הקירות מהווה חלק בלתי-נפרד מתכנון קונסטרוקטיבי. במהלך תכנון הביסוס יבוצע גם תאום מערכות ותכנון מתקני ניקוז בקרבת הקירות המתוכננים. לעיתים קרובות קיר אקוסטי משולב עם מעקה בטיחות או קיר תומך (ראה פרק 4 באוגדן).

05.6 תכנון קונסטרוקטיבי של קירות מיגון אקוסטי

05.6.1 תכנון גיאומטריה של הקירות

05.6.1.1 מרחקים

- מרחק צד רצוי מקו צהוב יהיה 10 מ' או יותר. כאשר אין אפשרות להבטיח מרחק מינימאלי של 10 מ' יש לפועל על פי הנחיות מנ"פ ויועצים מטעמו לרבות יועץ בטיחות.
- המרחק בין קיר אקוסטי לבין קו בנייה למגורים יהיה גדול, ככל הניתן, מגובה הקיר כפול 2.
- כשקיר אקוסטי מוצב על סוללה בגובה 2 מ' ומעלה מעל נתיב הנסיעה אין צורך בהוספת מעקים בטיחות.



גבהים (ראה גם מסמך נת"י "מתודולוגיה לתכנון אקוסטי של כבישים")

05.6.1.2

- גובה מזערי של קיר אקוסטי יהיה 2.2 מ' מעל מפלס מיסעת הכביש. דרישה זו מתייחסת רק למקרים בהם נקבע כי יש צורך בקיר אקוסטי ולא ניתן לספק את המיסוד האקוסטי באמצעות מעקה בטיחות אטום.
- גובה מרבי לקיר אקוסטי הנושא את עצמו יהיה 6 מ' מעל מפלס הקרקע/מיסעת הכביש.

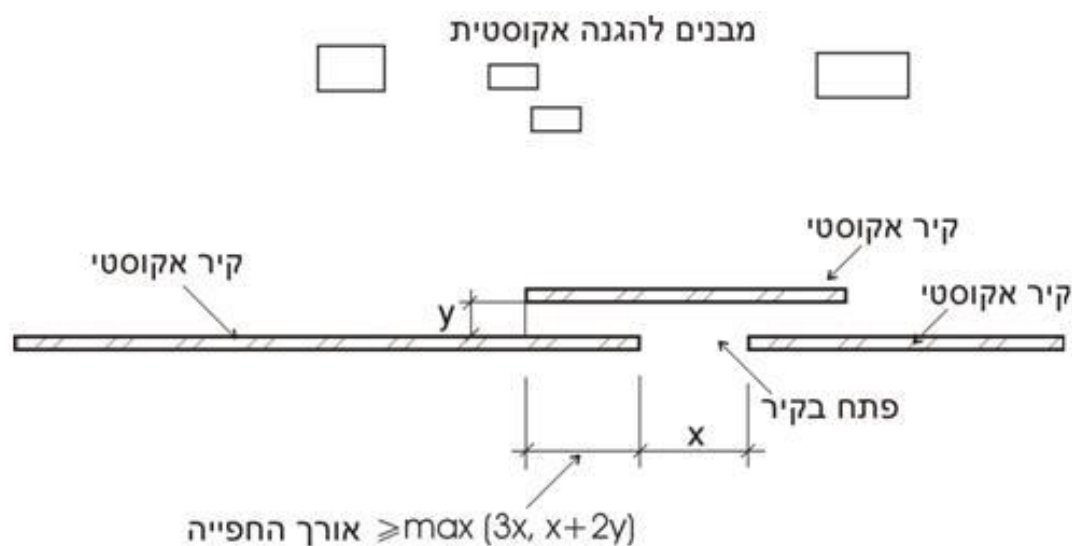
- גובה מרבי לסוללת עפר יהיה 8 מ' מעל מפלס הקרקע.
- גובה מרבי לקיר אקוסטי משולב סוללת-עפר וקיר יהיה 8 מ' מעל מפלס הקרקע. במקרים חריגים ניתן לעשות שימוש בקירות משולבים בגובה של 10 מ' מעל מפלס הקרקע.

חפייה ואורך קיר אקוסטי

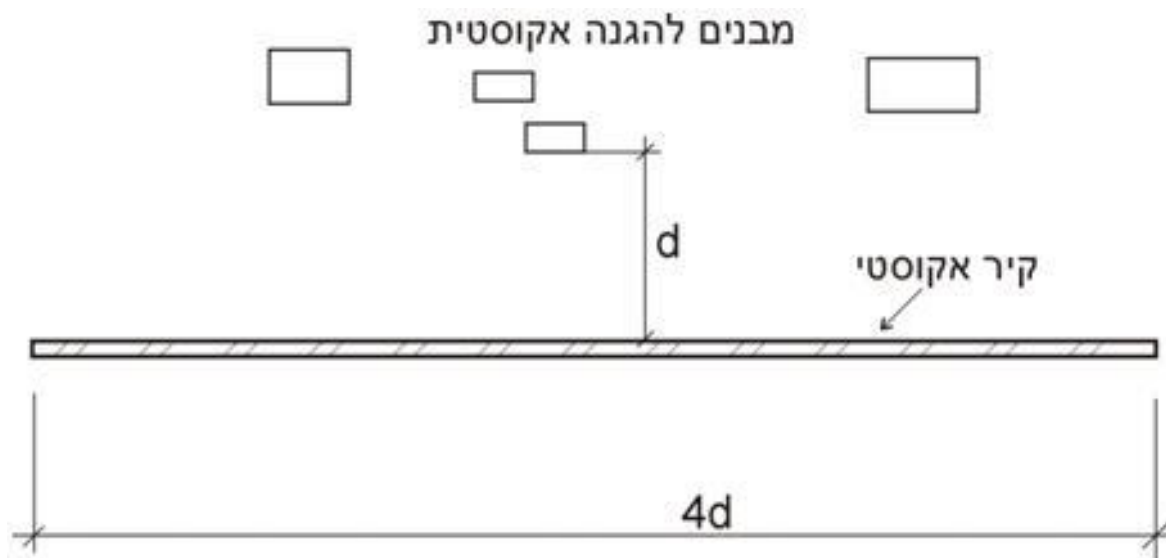
05.6.1.3

אורך הקיר האקוסטי וחפייה בין הקירות יחושבו ע"י היועץ לאקוסטיקה באמצעות מודל חישובי מקובל. עם זאת, ניתן להסתייע בכללים הבאים:

- אורך החפיפה בין קירות אקוסטיים צריך להיות פי 2.5-3 או יותר מן המרחק ביניהם. למשל: אם המרחק בין הקירות הוא 5 מ' (על-מנת לאפשר מעבר להולכי-רגל) יהיה אורך החפייה הנדרש 13-15 מ' או לפי הנחיות היועץ לאקוסטיקה.



- אורך הקיר האקוסטי צריך להיות פי 4 מן המרחק בין קיר לבין קולט רעש או לפי הנחיות היועץ לאקוסטיקה.



פתחים לניקוז

05.6.1.4

פתחים לניקוז יתוכננו ע"י מתכנן הניקוז, בהתייעצות עם היועץ לאקוסטיקה. עם זאת, ניתן להסתייע בכללים הבאים:

- ממדי הפתחים המותרים הם:
- בגודל 200*200 מ"מ או פחות – במרחק 3 מ' או יותר
- בגודל 400*200 מ"מ או פחות – במרחק 6 מ' או יותר
- המרחק לקולט יהיה 3 מ' או יותר מהפתח הקרוב.

רציפות ואטימות

05.6.1.5

- קיר אקוסטי יהיה רציף ואטום, ללא סדקים ופתחים למעט אלה המאושרים על-ידי היועץ לאקוסטיקה.
- כל הפתחים הדרושים יצוינו ויפורטו בתוכניות, במפרט הטכני המיוחד ובכתב הכמויות.

דרישות בטיחות נוספות

05.6.1.6

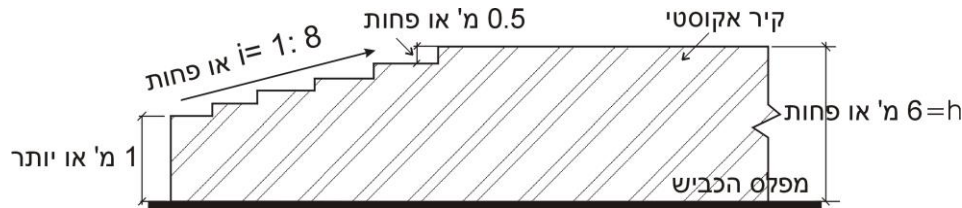
- יש להתקין קירות אקוסטיים המוצבים על גשרים, על קירות תומכים, ומעל ובצמוד לשטחי תנועה ציבוריים באופן מאובטח כנגד נפילה על אזורי התנועה שמתחתם.
- בנוסף יש להתקין קירות אקוסטיים מזכוכית או מרכיבים שבירים אחרים, המוצבים על ובצמוד לנתיבי/משטחי תנועה ציבוריים, באופן מאובטח באמצעות מבני-עזר, למניעת נפילת הקירות או שבריהם על הנתיבים/משטחים האמורים.
- יש להימנע ככל האפשר מבניית קירות אקוסטיים על איי-תנועה מרכזיים. במקרים חריגים בהם יש הכרח להתקין קירות אקוסטיים במפרדה יש לבנות מבנה-תפיסה נוסף

כדי לעלות רמת הבטיחות. מבנה התפיסה יתוכנן לעומסים הגדולים פי 4 ממשקל הקירות האקוסטיים.

עיצוב קצוות/סיומות של קירות אקוסטיים

05.6.1.7

- בקצוות/סיומות של קירות אקוסטיים מותר שיפוע מרבי של 1:8 והנמכה לגובה מרבי של 1.0 מ' מעל נתיב הנסיעה. מותרות מדרגות בגובה מרבי של 0.5 מ'.



- קצוות המיועדים לחיבור למבנים/מתקנים אחרים יצוינו ויפורטו בתוכניות, במפרט הטכני המיוחד ובכתב הכמויות.

תכן רכיבי הקירות לסוגיהם

05.6.2

כללי

05.6.2.1

במהלך התכנון של קירות אקוסטיים על מתכנן המבנה להתייחס לנושאים הבאים:

- יציבות - הבטחת יציבות בכל מצבי השרות וההרס של המבנה.
- ביסוס - קביעת סוג הביסוס בהתאם לנתוני המתנס והתנאים המקומיים.
- עומסי תכן והגבלת עיוותים לרבות:
 - 1 משקל עצמי (עומסים אנכיים)
 - 2 עומסי רוח, לחץ אווירודינאמי מרכב חולף ורעידות-אדמה (עומסים אופקיים)
 - 3 עיוותים מעומסים קבועים ומעומסים משתנים שונים

תכן רכיבי הקירות לסוגיהם

05.6.2.2

- עמידה בדרישות התקנים הישראליים ובתקנים הזרים המוזכרים לעיל בסעיף 05.02 לרבות תקן EN 1794-2 ותקנים נוספים רלבנטיים (לדוגמה: קיר בלוקים – ת"י 5 חלק 1 בלוקי בטון: בלוקי קיר).
- עמידות אלמנטים של קירות שקופים בדרישות החוזק, מגבלות העיוות, השפעת הסביבה וכו' – לפי דרישות של תקנים אירופאים המוזכרים בסעיף 05.02 לעיל.

- כל מוצר מדף שנעשה בו שימוש בקיר אקוסטי (לדוגמה: פנל אלומיניום) צריך לעמוד בדרישות של תקן EN 14389-2 לרבות נספח B שלו, על מנת להבטיח אורך חיים של הקיר ללא הוצאות אחזקה מוגברות.
- עמידות באש - הקפדה על בחירת חומרים בלתי-דליקים, במיוחד חומרים פלסטיים.
- עמידות כנגד פגיעת-אבן - אבטחת רכיבי מיסוך שבירים המותקנים מעל כבישים או בצמוד אליהם כנגד נפילה עליהם, ע"י תכנון מבני/התקני-תפיסה וכד'.

05.6.3 תכנון קונסטרוקטיבי של קירות מיגון אקוסטי

05.6.3.1 כללי

קירות אקוסטיים יתוכננו לעומסים ודרישות יציבות על פי התקנים הישראליים והבינלאומיים המוזכרים בסעיף 05.02 לעיל.

תכן הקירות יהיה מושתת על בדיקה וניתוח במצב גבולי של הרס ובמצב גבולי של שרות, לפי דרישות ת"י 412, תוך התחשבות במקדמי-בטיחות חלקיים לעומסים ומקדמי-שילוב עומסים מתאימים (ראה גם סעיף 05.06.03.8 להלן).

05.6.3.2 עומסים קבועים (אנכיים)

- 1 על העומס הקבוע לכלול את משקל כל הרכיבים שמהם בנוי הקיר.
- 2 בקירות אקוסטיים הבנויים מנדבכים המונחים אחד על השני, כגון קירות בלוקים, קירות מארגזי אלומיניום, וכו', יש לתכנן את העברת הכוחות האנכיים עקב משקל עצמי לרכיבים נושאים כגון קורות יסוד, קירות מבטון מזוין אופקיים, עמודים, וכו'.
- 3 יש להבטיח כי כל רכיב מסוגל לשאת את הרכיבים הנשענים עליו ללא תזוזות אופקיות העולות על 1:50 מגובהו של הרכיב.
- 4 ברכיבים חלולים ו/או סופגים יש להתחשב במשקל של מים נספגים ו/או כלואים.

05.6.3.3 עומסי-רוח

כל ההגדרות, מספור הסעיפים, הנוסחאות והטבלאות וגם הסימנים בתת פרק זה מתואמים עם תקן ישראלי 414, מהדורת דצמבר 2008.

עומסי הרוח האופייניים הפועלים על קירות אקוסטיים הם עומסי לחץ ויניקה. שיטת החישוב תהיה לפי הנדרש ב ת"י 414.

יש להדגיש כי ת"י 414 מגדיר מהירות רוח בסיסית כ"מהירות רוח קיצונית, כאשר ההסתברות להופעת רוח במהירות גבוהה ממנה פעם אחת בשנה היא 2% (תקופת חזרה 50 שנה)". כאמור בסעיף 05.05.05, אורך חיים של קיר אקוסטי "עצמאי" (אינו משולב עם שום מבנה אחר) הוא 30 שנה. קיר אקוסטי משולב עם קיר תמך ו/או תעלה יש לחשב לאורך חיים של 50 שנה, והקיר הנמצא על הגשר – לאורך חיים של 120 שנה. בהתאם, בעת קביעת עומס רוח לפי ת"י 414, יש להשתמש בנתונים של פרק 3.3 של התקן ובמקום ערך v_b להשתמש בערך v_n המחושב לפי נוסחה:

(ת"י 414 נוסחה 3.3)

$$v_n = A_n \times v_b^{B_n}$$

מהירות ייחוס בסיסית של הרוח,

v_b

שבה:

מקדמים

A_n, B_n

ערכי מקדמים A_n, B_n מובאים בטבלה 3.2 של התקן ובטבלה להלן

מקדמים לקביעת מהירות רוח לתקופות חזרה שונות:

B_n	A_n	אורך חיים של הקיר	סוג הקיר
0.978	1.05	30	קיר על בסיס עצמאי (לא משולב)
1.000	1.00	50	קיר משולב קיר תומך ו/או תעלה
1.040	0.91	120	קיר על הגשר

אחרי החישוב של ערך v_n יש לחשב לחץ הייחוס הבסיסי של הרוח (נוסחה 3.5 בתקן) וכוחות לחץ הרוח (נוסחה 4.1 של התקן). המקדמים הנדרשים יש לחשב לפי הנחיות של התקן לרבות סעיף 7.7.1, טבלה 7.16 וציור 7.26.

תזוזה אופקית אלסטית של אלמנט קונסטרוקטיבי של הקיר תחת עומס רוח אופייני תהיה פחות מ- 1/150 מגובה הקיר.

תזוזה אופקית אלסטית של אלמנט אקוסטי של הקיר תחת עומס רוח אופייני תהיה פחות מ- 1/150 ממפתח אלמנט אקוסטי (מרחק אופקי בין התפיסות).

לחץ אווירודינאמי עקב כלי רכב חולף בכביש

05.6.3.4

1 כאשר קיר אקוסטי ממוקם במקביל לכביש יש לקבוע לחץ אווירודינאמי על פי דרישות

תקן אירופאי EN1794-1 סעיף A.2.3.

2 כאשר קיר אקוסטי נמצא בקרבה של מסילת רכבת יש לקבוע את העומס מרכבת חולפת על פי EN1991-2 סעיפים 6.6.2 – 6.6.1.

3 במרחקים ומהירויות של רכבים חולפים שאינם מובאים בתקן EN1794-1 ובהעדר נתונים מספרות טכנית מקצועית ניתן להסתייע בנוסחה הבאה:

$$q(v) = \frac{V^{2.585}}{4r} \times 0.12$$

שבה: $q(v)$ - לחץ אווירודינאמי אופקי על הקיר עקב רכב חולף, פסקל

V - מהירות רכב חולף, מטר/שנייה

r - מרחק בין מישור הקיר המופנה לכיוון הכביש ובין הפס הצהוב (מרחק בין קיר ורכב)

05.6.3.5 עמידות קירות אקוסטיים ברעידות-אדמה

1 עמידות קירות אקוסטיים ברעידות-אדמה תיבחן ותתוכנן בהתאם לדרישות ת"י 413.

2 תכן מערכות של שלד מבנה מבטון מזוין ייעשה לפי הנדרש בת"י 413 /פרק ד'.

3 הדרישות בפרק האמור ענייניות במיוחד לקירות אקוסטיים בנויים מבלוקי בטון וכוללים חגורות אנכיות ואופקיות מבטון מזוין.

4 בחישוב השפעות סיסמיות יש להתחשב במשקל רכיבי הקיר, מוכפל במקדם הגדלה f כלהלן:

– משקל עצמי של קיר אקוסטי על הקרקע $f = 1.0$

– משקל עצמי של קיר אקוסטי על גשר $f = 2.5$

– משקל עצמי לחישוב חיבורים של קיר טרומי על גשר $f = 8.0$

– משקל עצמי לחישוב חיבורים של קיר טרומי על קיר-תמך $f = 5.0$

5 החישוב ייעשה לפי אנליזה סטטית שקילה (פרק 302).

6 בכל מקרה ערך המכפלה של מקדם תאוצת-קרקע אופקית Z ב- f לא יחושב כפחות מ-0.10.

7 כאשר קירות אקוסטיים מותקנים על גשרים או על קירות-תמך יש לבדוק את ההשפעה ההדדית של הקיר והמבנה בעת רעידת אדמה.

במקרה שערך של תקופת חזרה (מוד ראשון) של קיר אקוסטי המותקן על הגשר מתקרב לערך תקופת חזרה אופקית כלשהי של הגשר, לפי תנאי:

$$0.7 \leq \frac{T_i}{T_0} \leq 1.4$$

שבה : T_i תקופת חזרה של מוד i של הגשר, שניות

T_0 תקופה בסיסית של הקיר, שניות

יש לעשות חישוב מודלי של הקיר יחד עם הגשר.

במקרה זה אין להשתמש במקדם הגדלה f לעיל.

תקופה בסיסית של הקיר זיזי מבטון מזוין ניתן להעריך לפי נוסחה :

$$T_0 = \frac{h^2}{1.75} \times \sqrt{\frac{q}{EI}}$$

שבה : $-q$ משקל יחידת שטח של הקיר, טון/מ"ר

$-E$ - מודול אלסטיות של בטון מזוין, טון/מ"ר

$-I$ - מומנט אינרציה של חתך עקיר, מטר⁴

עומס קרקע

05.6.3.6

עבור קיר אקוסטי המתפקד גם כקיר תמך יש לקחת בחשבון את כל העומסים הרלוונטיים למקרה זה (לחץ עפר אופקי קבוע, לחץ עפר נוסף ממשקל כלי רכב , לחץ עפר נוסף מרעידת אדמה וכו').

שילוב עומסים

05.6.3.7

שילובי העומס ומקדמי הבטיחות החלקיים המומלצים לתכנון קירות אקוסטיים מוצגים בטבלה להלן :

אין לשלב עומס רוח ועומס אווירודינאמי.

מקדם γ_f בשילובי העומס			מצב גבולי	העומס
בדיקה לעומס רוח	בדיקה לעומס אווירודינמי	בדיקה לרעידת אדמה		
1.4	1.4	1.0	הרס	משקל עצמי
1.0	1.0	-	שירות	05.06.03.02
1.4	-	-	הרס	רוח
1.0	-	-	שירות	05.06.03.03
-	1.5	-	הרס	

עומס	שירות	-	1.0	-
אוורודינאמי				
05.06.03.04				
רעידת אדמה	הרס	-	-	1.0
05.06.03.05				

לצורך חישוב חיבורים (חיבור בין רכיבי הקיר, חיבור ליסוד, חיבור לקורת ראש, עמוד וכדומה) יש להכפיל מקדם γ_f ב-1.25. לדוגמה, לצורך חישוב חיבור עמוד פלדה לראש כלונס לעומס רוח יש להשתמש במקדם $\gamma_f = 1.25 \times 1.4 = 1.75$

בחישוב הטרחת לתכנון מרכיבי הקיר שונים יש לקחת בחשבון את שילובי העומסים, מקדמי בטיחות העומס ומקדמים נוספים המפורטים בסעיף זה.

05.7 רשימת פרטים טיפוסיים מנחים

מס' תוכנית	שם תוכנית
NTI-ST-000-000000AW-11-5001	קיר בטון טרומי - חזית
NTI-ST-000-000000AW-11-5002	קיר בטון טרומי - חתך
NTI-ST-000-000000AW-11-5003	קיר בטון טרומי - פרטים
NTI-ST-000-000000AW-11-5011	קיר שקוף - חזית
NTI-ST-000-000000AW-11-5012	קיר שקוף - חתך
NTI-ST-000-000000AW-11-5013	קיר שקוף - פרטים

06 פרק 06 – ביסוס לעמודי תאורה

06.1 תכולת הפרק

פרק זה עוסק בהנחיות תכנון הביסוס לעמודי תאורה :

- עמודי תאורה נמוכים טיפוסיים בעלי זרוע סטנדרטית באורך עד 2 מטר עם גוף תאורה בודד ועד שלושה גופים, גובה העמודים עד 18 מטר.
- עמודי תאורה גבוהים שגובהם בין 25 מ' לבין 45 מ'.

עמודי תאורה שאינם נכללים בקבוצות הנ"ל הינם עמודים חריגים ותכנון הביסוס שלהם יבוצע עפ"י נתוני עומסים שיתקבלו מספק העמודים.

הפרטים בפרק זה הם פרטים מנחים בלבד ומוכתבות בהם דרישות מינימאליות לתכנון.

יסודות לעמודי התאורה שגובהם לא עולה על 18 מטר יתוכננו כיסוד קצר קשיח (short cylindrical foundation) על פי מטודולגיית ברומס (Broms method). יסודות לעמודים שגובהם עולה על גובה 18 מטר יהיו מסוג ביסוס רדוד (פלטות יסוד בודדות) וביסוס עמוק (כלונסאות קדוחים ויצוקים באתר). עבור עמודים אלו, ביסוס רדוד ישמש לעמודי תאורה המבוצעים בקרקע סלעית. בשאר סוגי הקרקעות יבוצע ביסוס עמוק.

סוג הבטון

יסודות קצרים קשיחים – היסודות יתוכננו מבטון ב-30 לפחות לפי ת"י 118.

כלונסאות וביסוס רדוד - כל רכיבי היסודות יתוכננו מבטון ב-40 לפי ת"י 118.

פני בטון הגלויים לעיין יהיו בגמר בטון חשוף חזותי חלק ופינות קטומות 2*2 ס"מ.

תכנון היסודות מתבצע על-פי הכוחות הפועלים בראש היסוד, עיקרם הכח האופקי בפעול עומסי רוח על עמוד התאורה וגופי התאורה שבראשו, והמומנט הנגרם עקב כח אופקי זה.

תכן ביסוס עמודי תאורה נמוכים יעשה על פי האלגוריתם המפורט בתקן האמריקאי AASHTO Standard Specifications for Structural Supports for Highway Signs, Luminaires, and Traffic Signals. Fifth Edition 2009.

הגדרת הכוחות הפועלים בבסיס העמוד תהיה עפ"י הנחיות ת"י 812 גליון תיקון 1 (2012) העוסק בתכנון ובייצור של עמודי תאורה נמוכים, עמודי פלדה חלולים ופלטת הבסיס שלהם לרבות עמודים עם זרועות שגובהם הנומינלי אינו גדול מ-18 מטר, ועמודים בלא זרועות

שגובהם הנומינלי אינו גדול מ-20 מטר. התקן אינו חל על יסודות העמוד ועל התקנתו וכן אינו חל על עמודים הנושאים מוליכים של רשת חשמל עילית ו/או על עמודי טלפון.

ת"י 812 מגדיר את אופן חישוב הכוחות הפועלים על עמודי התאורה ומתבסס לצורך כך על הוראות ת"י 414 עומסי רוח מהדורת 2008.

בפרק זה מוצג תכנון מפורט של יסודות לעמודי תאורה נמוכים וגבוהים עד כדי קביעת המימדים שלהם וכמויות הזיון שבהם. תכנון זה מבוסס על כוחות הרוח המוגדרים בת"י 812 משנת 2006 ומתבסס על תקן הרוח הישראלי 414. דוגמאות אלו ישמשו את המתכנן לצורך ביצוע חישובים ותכנון מערכות הביסוס בהתאם לנתוני העומסים בפועל הפועלים בראש אלמנטי הביסוס.

06.2 תקנים

יסודות לעמודי תאורה יתוכננו על פי התקנים המפורטים בסעיף 01.7 לעיל ועפ"י העומסים המפורטים בתקנים הבאים:

תקנים ישראליים

מס' ת"י	שם התקן
812/1	עמודי תאורה – עמודים מפלדה
812/2	עמודי תאורה – עמודים מאלומיניום

תקנים זרים

AASHTO Standard Specifications for Structural Supports for Highway Signs, Luminaires, and Traffic Signals. Fifth Edition 2009.

וכן כל תקן אחר רלוונטי שיידרש באופן מיוחד לתכנון ביסוס לעמודי תאורה, כולל תקן זר רלוונטי, הנדרש למתכנן המבנה.

06.3 עומסים

06.3.1 עומס גרביטציוני

העומס הגרביטציוני כולל את משקל עמוד התאורה וגופי התאורה שבראשו, את המשקל העצמי של היסוד ואת משקל העפר שמעל היסוד במקרה של יסוד בודד רדוד.

בחישוב ביסוס עמוק מזניחים את העומס הגרביטציוני.

בחישוב יסוד רדוד ילקח ערך מינימאלי למשקל העפר שמעל היסודי 1.6 טון/מ"ק בהיותו עומס מייצב כנגד החלקה והיפוך וערך מקסימלי 2.5 טון/מ"ק במצבי עמיסה אחרים, החישוב יהיה עבור המצב החמור ביותר.

עומס הרוח הינו הדומיננטי מבין העומסים המועברים מעמוד התאורה אל היסוד שלו. עומס הרוח הפועל בבסיס עמוד התאורה יחושב כאמור בסעיף 06.1 לעיל עפ"י הוראות ת"י 812 גליון תיקון מס' 1.

המתכנן נדרש לקבוע יחד עם ספק העמוד עפ"י טבלה 1 בת"י 812 גליון תיקון 1 את כינוי עמודי התאורה המותקנים במסגרת הפרויקט. הגדרת העומסים הפועלים על היסודות תהיה עפ"י מיונם לקבוצות בהתאם לסיווג העמודים.

הנחיות תכנון

06.4

תכנון ביסוס עמוד – (כלונס משמש לרוב עבור עמודי תאורה שגובהם מעל 18 מטר)

06.4.1

אנליזה סטטית של הכלונס נערכה באמצעות מודל מקובל לחישובי כלונסאות המוטרחים למומנטים וכוחות אופקיים (אינטראקציות קרקע-כלונס) באמצעות התכנה המסחרית WALLAP. החישוב בוצע עבור הנתונים הבאים:

- מודול האלסטיות של הקרקע כ-30 מגפ"ס.
- המקדם הפסיבי 6.0 (כאשר מניחים שרוחב אזור הלחץ המתנגד, הינו כקוטרו של הכלונס). המקדם 6.0 לוקח בחשבון את העובדה שרוחב אזור הלחץ המתנגד בפועל הינו כפול מקוטר הכלונס).
- המשקל המרחבי של הקרקע לצורך חישוב הערכים של הלחץ הפסיבי נלקח כ-2.0 טון/מ"ק.
- קביעת קוטרו של הכלונס מוכתבת מקוטר מחבר ברגי העיגון של עמוד התאורה. אורכו של הכלונס לא יפחת מ-12 מ' בעמודי תאורה גבוהים
- בחישוב הכלונס תוזנח תרומת הקרקע בחלקו העליון של הכלונס לעומק של 100 ס"מ לפחות ובכפוף להנחיות יועץ הביסוס.
- כמויות הזיון האורכי בכלונס נקבעו על פי חישוב במצב גבולי של הרס של חתך עגול מבטון מזוין המוטרך למומנט כפיפה. עומסי הגרביטציה הנובעים ממשקל עמוד התאורה וממשקל הכלונס עד לחתך בו מומנט הכפיפה מגיע לערך מקסימלי הוזנחו. מקדם הבטיחות החלקי לעומס הרוח נלקח כ-1.4.
- כמות הזיון המינימלית בכלונס תהיה 0.5% (שטח מוטות הזיון האורכיים ביחס לשטח החתך של הכלונס).
- זווית הסיבוב של כלונס בראשו תחושב במצב גבולי של שירות ולא תעלה על 0.1°.
- התקנת עמוד התאורה וחיבורו לברגי העיגון תבוצע רק לאחר שהבטון בכלונס הגיע לחוזקו הסופי כנדרש.

היסוד הבודד מחושב לשני שילובים של מומנטים עקב הכח האופקי :

- וקטור המומנט החיצוני מקביל לאחד הצירים הראשיים של פלטת היסוד (עמיסה אורתוגונאלית).
- וקטור המומנט החיצוני בזווית של 45° ביחס לצירים הראשיים של פלטת היסוד.
- בשני השילובים מתווסף למומנט (המהפך) גם עומס אנכי מייצב הכולל את משקל העפר שמעל היסוד (המשקל המרחבי נלקח כאמור כ-1.6 טון/מ"ק), משקל עמוד התאורה ומשקל היסוד עצמו.
- עומק הטמנת היסוד ומידותיו (רוחב x אורך) נקבע כך ששקול הכוחות ימצא בתחום הגרעין או במילים אחרות כל שטח היסוד ימצא תחת מאמצי מגע (לחיצה) עם הקרקע. מקדם הבטיחות כנגד היפוך יהיה 2.0.
- מקדם הבטיחות כנגד החלקה יהיה 1.5. ניתן לגייס מאמץ קרקע פסיבי כנגד דופן היסוד כחלק מהמערכת המקיימת את היציבות האופקית של היסוד.
- עובי היסוד יקבע מחישוב לחדירה באופן שההטחה לחדירה לא תעלה על הערך VR_{dc} – תסבולת הבטון לחדירה ללא זיון לחדירה.
- כמויות הזיון לכפיפה תקבענה בחישוב למצב גבולי של הרס. מקדם הבטיחות החלקי למשקל עצמי, למשקל העפר ולעומס הרוח יהיה 1.4.
- זווית סיבוב היסוד הרדוד במצב גבולי של שירות לא תעלה על 0.02° .
- מאמצי המגע בסלע במצב גבולי של שירות לא יעלו על 0.4 מגפ"ס.
- התקנת עמוד התאורה וחיבורו לברגי העיגון תבוצע רק לאחר השלמת עבודות מילוי עפר מעל ובצידי היסוד.

תכנון יסוד קצר קשיח עבור יסודות שגובהם עד 18 מטר

06.4.3

- היסוד יתוכנן ע"פ מטודולגיית ברומס (Broms method) כיסוד קצר קשיח (Short cylindrical foundation).
- חתך היסוד המחושב יהיה עגול. במקרה של ביצוע יסוד כחתך ריבועי, אורך הפאה יהיה כקוטר היסוד המחושב.
- בחישוב היסוד תוזנח תרומת הקרקע בחלקו העליון של היסוד לעומק של 50 ס"מ לפחות. עבור עמודים המתוכננים באזורים עתירי מערכות יש להביא בחשבון את שלביות הביצוע של המערכות ולתאם את העומק המוזנח מול מתכנן המערכות, יועץ הקרקע ומנה"פ.
- יסודות בחתך עגול יבוצעו בקדיחה ולרוב נהוג לעשות בהם שימוש במדרונות.

- חישוב מערכת העיגון יבוצע במצב גבולי של הרס ויביא בחשבון את וקטור המומנט החיצוני בזווית המחמירה ביותר ביחס לצירים הראשיים של פלטת היסוד.
- מקדם הבטיחות על העומסים למצב גבולי של הרס יהיה 1.4.
- חישוב חתך הבטון יבוצע בחתך בטון לא מזויין ויבדקו מאמצי המתיחה בבטון בהתאם לדרישות ת"י 466 חלק 1 טבלה 3.8, ערכי חוזק התכן בלחיצה ובמתיחה של בטון לא-מזויין.
- בכל מקרה ינתן זיון שלא יפחת מהמתואר להלן :
זיון אנכי, בחתך ריבועי ינתנו ארבעה מוטות בקוטר 10 מ"מ בפינות האלמנט.
בחתך עגול שישה מוטות בקוטר 10 מ"מ מפוזרים בהיקף.
חישובים בקוטר 10 מ"מ ינתנו כל 30 ס"מ לאורך האלמנט בחתך עגול ומרובע.
- זווית סיבוב ראש היסוד במצב גבולי של שירות לא תעלה על 0.4°.
- תזוזת ראש היסוד במצב גבולי של שירות לא תעלה על 12 מ"מ.
- התקנת עמוד התאורה וחיבורו לברגי העיגון תבוצע רק לאחר השלמת עבודות מילוי עפר בצידי היסוד.

06.4.4 תכנון משטח השירות

גובה בסיס עמוד התאורה לא יבלוט למעלה מ-0.5 מ' מפני קרקע סופיים. מילוי חוזר יכלול אדמה לשיקום נופי כאמור לעיל. מומלץ להשלים פרטים הכוללים תוספת לעמוד כשנדרשת הגבהה של פתח החווט בעמוד (לדוגמא בין מעקים בטון של מפרדה עם מילוי ושיקום נופי).

סביבת בסיס העמוד תטופל ותתוכנן בהתאם לדרישות של הדיסציפלינות השונות כגון : תכנון כביש, תכנון נופי, תכנון חשמל/תאורה, תכנון ניקוז וכיוצא באלה. משטח הבטון סביב בסיס העמוד, המוצג בפרט, הינו אחד הפתרונות האפשריים למשטח שרות בסביבת העמוד.

משטח בטון, כמוצג בפרט, מסביב ליסוד יתוכנן כמרצף מבטון מזויין בעובי 25 ס"מ. המרצף יופרד בתפר התפשטות של 2 ס"מ מראש היסוד. משטח השירות יתוכנן לשאת עומסים של רכב מסחרי אשר יעלה על המשטח לצורך אחזקת גופי התאורה. עבור עמודי תאורה שגובהם לא עולה על 18 מטר אין צורך בתכנון משטח שירות אלא אם הוגדר אחרת ע"י מנה"פ או מתכנן התאורה.

06.4.5 תכנון מערכות שונות בסביבת העמוד

מערכות ניקוז, חשמל, תקשורת, מים וביוב, מעקים וכיוצא בזאת אשר נמצאים בסביבת עמוד התאורה, יתוכננו בצורה פרטנית בכל פרויקט בהתאם לנתוני התכנון שלו.

06.5 קרקע

06.5.1 סוג ביסוס כתלות בסוג הקרקע

חלופת הביסוס הרדוד תיבחר לביצוע בקרקע סלעית בלבד.

חלופת הביסוס העמוק (באמצעות כלונסאות) תיבחר לביצוע בכל סוגי הקרקעות, מלבד סלע.

חלופת הביסוס ביסוד קצר קשיח תבוצע בקרקעות קוהזיביות וגרנולריות. חישוב היסוד יבוצע עבור הפרוצדורה המתאימה (קוהזיבית או גרנולרית) בהתאם לקרקע שתוגדר ע"י יועץ הקרקע מתוך המשפחות המוגדרות. עבור יסודות במדרון, החישוב יביא בחשבון את השפעת המדרון על התנגדות הקרקע.

06.5.2 טיפוסי קרקעות לחישוב יסוד קצר קשיח

סוג הקרקע לצורך חישוב זה יקבע ע"י יועץ הקרקע בשלב הפקת דוח התכנון המפורט, עליו לקבוע איזו קרקע/ קרקעות מבין החלופות הבאות מייצגת את נתוני הקרקע בפרויקט בתחום ביסוס יסודות עמודי התאורה (לעומק 4 מטר מפני הפיתוח המתוכנן)

מקדם הבטחון לנתוני הקרקע הינו 3.0 אלא אם הוגדר אחרת ע"י יועץ הקרקע

נתוני קרקע מסוג A - חרסית שמנה (קרקע קוהזיבית)

SPT Vales	γ_t kN/m ³	ϕ °	Cu kN	LL %	Es MPa
4-10	19	26	85	50+	35

נתוני קרקע מסוג B - חול / חול חרסיתי (קרקע גרנולרית)

SPT Values	γ_t kN/m ³	ϕ °	c kN	Es MPa
10-30	18.5	31	15	50

נתוני קרקע מסוג C - סלע

γ_t kN/m ³	RQD %	(UCS) Cu kN	Es MPa
21	50-100	400	200

נתוני קרקע מסוג D - מילוי הנדסי מהודק (קרקע גרנולרית)

γ_t kN/m ³	ϕ °	c kN	Es MPa
23	41	19	65

חישוב מודול המצע האופקי יחושב ע"פ הנוסחה הבאה בהתחשב בנתוני הקרקע וקוטר היסוד:

$$k_h = \left(\frac{0.65}{d}\right)^{12} \sqrt{\frac{E_s * d^4}{E_c * I_f}} * \left(\frac{E_s}{1 - \nu^2}\right) \quad \text{כאשר:}$$

d – קוטר היסוד [m]

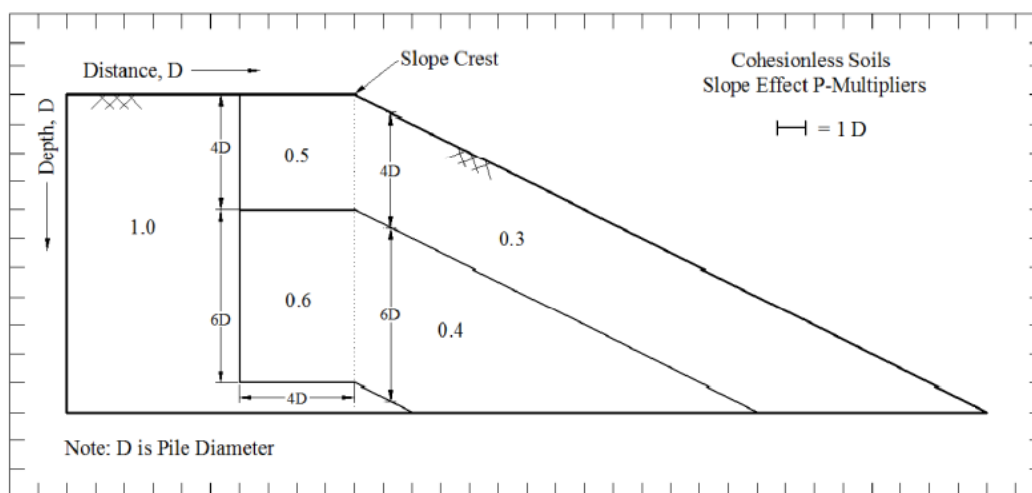
E_s – מקדם האלסטיות של הקרקע, E_c – מקדם האלסטיות של הבטון. [kN/m²]

I_f – מומנט האינרציה של חתך היסוד [m⁴]

ט – מקדם פואסון, 0.3 לכל הקרקעות מלבד קרקע סלעית (C) שתחושב עם מקדם 0.2

מקדם ההפחתה למדרון:

מקדם ההפחתה למדרון יחושב בהתחשב במרחק מפני המדרון ובעומק היסוד, כמתואר בדאגרמה הבאה:



06.5.3 מי תהום ותכונות הקרקע

כל החישובים בוצעו בהנחה שמפלס מי התהום נמוך ממפלס תחתית הכלונס.
 במידה וישנם מי תהום באתר נדרש חישוב מיוחד הלוקח בחשבון לחצים פאסיביים במצב מטובע.
 הפרטים הסטנדרטיים בביסוס עמוק תוכננו עבור קרקעות שמודול האלסטיות שלהן הוא 30 מגפ"ס. במקרה של קרקעות רכות יותר יידרש תכנון מיוחד.

06.5.4 יועץ הקרקע

יש לציין במסמכי הביצוע את שם היועץ לביסוס.
 יש לצרף את סקר הביסוס ודו"ח בדיקות הקרקע למסמכי הביצוע.
 יש להורות לקבלן להזמין את יועץ הביסוס, וכן את מהנדס המבנים המתכנן של הביסוס, לפיקוח עליון.

06.6 איטום היסוד

ראה הנחיות סעיף 01.10 לעיל

06.7 עבודות עפר לביסוס רדוד

הכנת תחתית החפירה תבוצע לפי סעיף 51.02.04.03 (הכנת תחתית החפירה למבנים והידוקה), פרק 51 (עבודות סלילה), תת-פרק 02 (עבודות עפר) במפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור של נת"י.

היסוד יבוצע רק לאחר סיום עבודות העפר בשטח.

המילוי החוזר והידוקו יבוצעו לפי סעיף 51.02.04.04 (מילוי חוזר למבנים והידוקו), פרק 51 (עבודות סלילה), תת-פרק 02 (עבודות עפר) במפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור של נת"י.

המילוי על היסוד :

- חומר המילוי יתאים להגדרות חומר א' כהגדרתו בסעיף 51.02.02.01.06 בפרק 51 במפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור.
- המילוי יהיה מהודק מבוקר בשכבות בעובי 10 ס"מ לצפיפות של 96% מודיפייד פרוקטור
- ההידוק יעשה באמצעות מכבש ידני רוטט.

הרכבת העמוד וגוף התאורה יבוצע רק לאחר סיום מלא של כל עבודות העפר. הרכבת עמוד התאורה לפני שהושלם מילוי העפר על גבי היסוד מסכנת את יציבותו של העמוד.

06.8 בורגי עיגון

כלוב הברגים לרבות הטבעות, האומים, הדסקיות והברגים, המותקנים ביסוד הם באחריות ספק/ יצרן עמוד התאורה. בורגי העיגון יוצבו במדויק ע"י חיבור לטפסות. הרכבת וסגירת בורגי העיגון ופלטת הבסיס יבוצעו בהתאם להנחיות היצרן.

המרווח החופשי, בין פני הבטון ביסוד לתחתית אום הפילוס שמתחת לפלטת הבסיס של עמוד התאורה, לא יגדל מקוטר בורג העיגון.

הגנה על הברגים ועל צנרת החשמל שעוברת לעמוד תבוצע באמצעות אחד הפתרונות הבאים:

- דיוס בדיוס צמנטי כפי שמוצג בפרט.
- מריחת הברגים בחומר מונע שיתוך וכיסוי אסתטי של המרווח שבין התושבות ובין היסוד באמצעות פח.

06.9 התקנת עמוד ופרטי הגנה לבורגי עיגון

התקנת העמוד והבטחת ההגנה לבורגי העיגון תבוצע ע"י יישום הדרישות הבאות:

- דיוס בדיוס צמנטי כפי שמוצג בפרט. הדיוס יבוצע באופן מלא ויבטיח מגע מלא בין הדיוס לפלטת הבסיס.
- הדיסקית בין פלטת הבסיס לאום תכסה באופן מלא את החור המיועד לבורג גם במקרים של חור אובלי.
- כל בורג יש לסגור בשני אומים ודסקית מתאימה או דיסקית, דסקית קפיצית ואום אחד.
- לאחר התקנת העמוד יש בצע הגנה לבורג ע"י מריחת הברגים בחומר מונע שיתוך וכיסוי הבורג עד לקצה בצינור פלסטיק באורך המתאים. הצינור יהיה מלא בחומר ההגנה.
- במקרה של חיבור ברגים שבירים אופן ההתקנה יהיה ללא דיוס ובהתאם להנחיות היצרן. הפרט יבטיח הגנה משיתוך לברגים. את המרווח שבין התושבות ובין היסוד יש לסגור באמצעות פח מגלון.

06.10 מימדים וכמויות זיון יסודות עמודי תאורה נמוכים בגובה 12 – 18 מ' עם זרוע סטנדרטית

06.10.1 ביסוס באמצעות כלונס – מידות וכמויות זיון

בטבלאות להלן כלולים תוצאות תכן ביסוס לעמודי תאורה כפי שמפורטים בנספח א' להלן.

טבלה זו מהווה דוגמת חישוב בלבד, באחריות המתכנן, לאחר הגדרת כינוי העמוד, לוודא את נתוני העומסים וההטרחות הפועלים על אלמנט הביסוס עפ"י סוג העמוד, תנאי האתר ומפרטי

הספק. על פי נתונים אלו יבוצע חישוב אלמנטי הביסוס ויושלמו פרטי הביצוע עפ"י הוראות האוגדן והפרטים המנחים.

הערכים בטבלה מתייחסים לעמוד סטנדרטי כפי שמתואר בחישובים לדוגמה. עומק היסוד המוצג מתייחס לקרקע המחמירה ביותר מהקרקעות שנבחנו.

גובה עמוד [m]	M_{ser} [t · m]	H_{ser} [ton]	M_d [t · m]	מידות יסוד קצר		סוג הבטון	זיון ביסוד קצר	
				D [cm]	H/H ₁ [m]		יסוד [עגול / ריבועי]	אופקי אנכי [עגול/ריבועי]
10	1.34	0.20	1.88	90	1.9/2.1	ב-30/ב-30	4φ10 / 6φ10	φ10@30
12	1.94	0.25	2.72	90	2.0/2.2	ב-30/ב-30	4φ10 / 6φ10	φ10@30
15	3.07	0.34	4.30	90	2.2/2.4	ב-40/ב-30	4φ10 / 6φ10	φ10@30

M_{ser} המומנט האופייני (אינו מוכפל במקדם בטיחות חלקי לעומס) בתחתית עמוד התאורה.

H_{ser} כוח הגזירה האופייני המקסימאלי ביסוד.

M_d מומנט התכן בראש היסוד.

H/H_1 עומק יסוד בקרקע משופעת (מדרון) / עומק יסוד בקרקע מישורית

D קוטר היסוד בחתך עגול / פאת היסוד בחתך ריבועי

06.11 מימדים וכמויות זיון ליסודות לעמודי גבוהים תאורה בגובה 25 – 45 מ'

בטבלאות להלן כלולים תוצאות תכן ביסוס לעמודי תאורה כפי שמפורטים בנספחים ב', ג' להלן.

טבלאות אלו מהוות דוגמת חישוב בלבד, באחריות המתכנן, לאחר הגדרת כינוי העמוד, לוודא את נתוני העומסים וההטרחות הפועלים על אלמנט הביסוס עפ"י סוג העמוד, תנאי האתר ומפרכי הספק. על פי נתונים אלו יבצע חישוב אלמנטי הביסוס וישלים את פרטי הביצוע עפ"י הוראות האוגדן והפרטים המנחים.

06.11.1 **ביסוס באמצעות כלונס - מידות וכמויות זיון**

זיון (מצולע)		מידות הכלונס		M_d [ton m]	M_{max} [ton m]	$M_{wind,calc}$ [ton m]	גובה עמוד התאורה [m]
אחוז זיון [%]	מוטות	D [cm]	H [m]				
0.51	19φ18	110	12	39.9	28.5	27.4	25
0.51	19φ18	110	12	53.6	38.3	37.05	30
0.56	17φ20	110	12	74.8	53.4	51	35
0.68	17φ22	110	12	97.4	69.6	66.6	40
0.57	20φ22	130	12	124.32	88.8	85.3	45

$M_{wind,calc}$ המומנט האופייני (אינו מוכפל במקדם בטיחות חלקי לעומס) בתחתית עמוד התאורה.

M_{max} המומנט האופייני המקסימאלי בכלונס.

M_d מומנט התכן המקסימאלי בכלונס.

06.11.2 **ביסוס באמצעות פלטת יסוד – מידות וכמויות זיון (קרקע סלעית בלבד)**

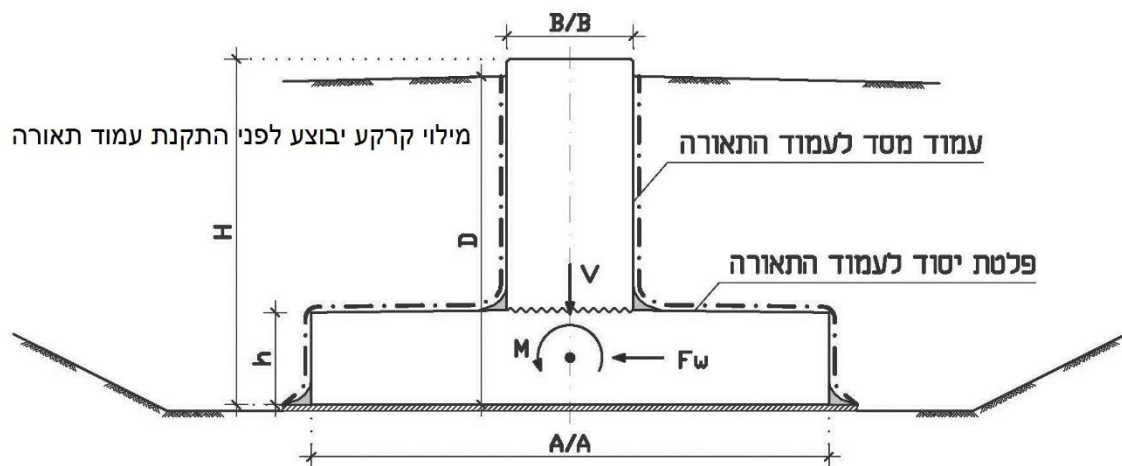
06.11.2.1 נתונים גאומטריים

מידות מסד לעמוד		מידות פלטת היסוד		עומק הטמנה $D[m]$	משקל עמוד התאורה [ton]	M_{max} בפלטת היסוד [ton · m]	גובה עמוד התאורה [m]
H [m]	B [m]	h [m]	A [m]				
2.6	1.1	0.70	3.9	2.45	1.3	31.65	25
2.6	1.1	0.70	4.2	2.45	1.7	41.98	30
3.0	1.2	0.80	4.5	2.85	2.2	57.67	35
3.1	1.3	0.90	4.8	2.95	2.9	74.80	40
3.1	1.3	1.00	5.2	2.95	3.3	94.76	45

M_{max} המומנט האופייני במפלס מרכז הגובה של פלטת היסוד.

זיון עליון ותחתון בפלטה		זיון במסד עגול			זיון במסד ריבועי		M_d [ton · m]	גובה עמוד התאורה [m]
אחוז זיון [%]	מוטות	אחוז זיון [%]	מוטות	קוטר המסד	אחוז זיון [%]	מוטות		
0.15	14@15 Φ	0.43	16φ18	110	0.4	16φ20	44.3	25
0.15	14@15 Φ	0.43	16φ18	110	0.4	16φ20	58.8	30
0.17	16@15 Φ	0.43	19φ18	120	0.42	16φ22	80.7	35
0.15	16@15 Φ	0.45	19φ20	130	0.46	16φ25	104.7	40
0.17	18@15 Φ	0.54	19φ22	130	0.46	16φ25	132.7	45

M_d מומנט התכן במפלס מרכז הגובה של פלטת היסוד.



ערכי הכח האופקי F_w והמומנט M ראה בטבלת הריכוז בנספח.

V מייצג את שקול הכוחות האנכיים הפועלים על היסוד.

06.12 רשימת פרטים טיפוסיים מנחים

06.12.1 כלונס לעמוד תאורה בגובה 25-45 מטר

מס' תוכנית	שם תוכנית
NTI-ST-000-000000LP-00-5101	כלונס לע"ת בגובה 25-45 מטר - פרט זיון הכלונס
NTI-ST-000-000000LP-00-5102	כלונס לע"ת בגובה 25-45 מטר - חישוק לוליני
NTI-ST-000-000000LP-00-5103	כלונס לע"ת בגובה 25-45 מטר - חתך בחלק העליון
NTI-ST-000-000000LP-00-5104	כלונס לע"ת בגובה 25-45 מטר - צינורות בדיקה
NTI-ST-000-000000LP-00-5105	כלונס לע"ת בגובה 25-45 מטר - פלטת בטון למשטח עבודה
NTI-ST-000-000000LP-00-5106	מבוטל
NTI-ST-000-000000LP-00-5107	מבוטל
NTI-ST-000-000000LP-00-5108	מבוטל
NTI-ST-000-000000LP-00-5109	כלונס לע"ת בגובה 25-45 מטר - כלוב ברגים לעמוד תאורה
NTI-ST-000-000000LP-00-5110	כלונס לע"ת בגובה 25-45 מטר - עומסים, מידות וכמויות זיון

06.12.2 ביסוס רדוד לעמוד תאורה בגובה 25-45 מטר

NTI-ST-000-000000LP-00-5201	ביסוס רדוד לע"ת בגובה 25-45 מטר - גאומטריה ועבודות עפר
NTI-ST-000-000000LP-00-5202	ביסוס רדוד לע"ת בגובה 25-45 מטר - פרטי זיון
NTI-ST-000-000000LP-00-5203	ביסוס רדוד לע"ת בגובה 25-45 מטר - תנוחה חלופת עמוד מסד מרובע
NTI-ST-000-000000LP-00-5204	ביסוס רדוד לע"ת בגובה 25-45 מטר - תנוחה חלופת עמוד מסד עגול
NTI-ST-000-000000LP-00-5205	ביסוס רדוד לע"ת בגובה 25-45 מטר - פלטת בטון למשטח עבודה
NTI-ST-000-000000LP-00-5206	ביסוס רדוד לע"ת בגובה 25-45 מטר - מידות היסוד
NTI-ST-000-000000LP-00-5207	ביסוס רדוד לע"ת בגובה 25-45 מטר - כמויות זיון

06.12.3 יסודות לעמוד תאורה בגובה 12-18 מטר

NTI-ST-000-000000LP-00-5301	יסוד ריבועי לע"ת בגובה עד 18 מטר - פרט זיון היסוד
NTI-ST-000-000000LP-00-5302	יסוד עגול לע"ת בגובה עד 18 מטר - פרט זיון היסוד במדרון
NTI-ST-000-000000LP-00-5304	יסוד עגול לע"ת בגובה עד 18 מטר - חתכים (מדרון)
NTI-ST-000-000000LP-00-5305	יסוד ריבועי לע"ת בגובה עד 18 מטר - חתכים
NTI-ST-000-000000LP-00-5306	יסוד לע"ת בגובה עד 18 מטר - כלוב ברגים לעמוד תאורה
NTI-ST-000-000000LP-00-5307	יסוד לע"ת בגובה עד 18 מטר - עומסים, מידות וכמויות זיון

07 פרק 07 – ביסוס גשרים

07.1 תכולת הפרק

להלן מוצגים הנחיות תכנון ופרטים מנחים כלליים עבור ביסוס גשרים. בתכנון המצורפות לאוגדן הפרטים הסטנדרטים לגשרים ומבני דרך, מפורטים פרטים מנחים לביצוע אלמנטי ביסוס גשרים מסוג יסודות רדודים וכלונסאות קדוחים ויצוקים באתר.

פרק זה לא מתייחס לכלונסאות טרומיים המוחדרים לקרקע בהקשה. לשיטת ביסוס זו נדרשת התייחסות מיוחדת של המתכנן.

07.2 תקנים

ביסוס גשרים יתוכן על פי התקנים המפורטים בסעיף 01.07 לעיל.

07.3 עומסים והנחיות תכנון

07.3.1 תכנון הביסוס

ביסוס הגשר על כל מרכיביו יתוכן לכל העומסים הנפעלים עליו בהתאם למצבי העמיסה ושלבי הביצוע המתוכננים כמוגדר בתקנים הרלוונטיים.

ביסוס הגשרים יתוכן ויותאם לתנאי הקרקע הקיימים וזאת לאחר קבלת הנחיית יועץ הביסוס, לרבות קידוחי הניסיון וחקירת הקרקע שבוצעו באתר הגשר. לאחר קבלת דו"ח הביסוס יקבע ע"י המתכנן סוגי היסודות, עומקם, חישוב התסבולות, התזוזות האנכיות, התזוזות האופקיות, השקיעות הדיפרנציאליות. במקרה של יסודות עם מרחקים קרובים, יינתנו מקדמי השפעה והקטנה של מאמצים עקב קרבתם של היסודות הכל בתאום עם יועץ הקרקע.

כאשר מבנה הגשר מתוכנן בסמוך למבנה דרך קיים, תינתן תשומת לב מיוחדת לתכנון ביסוס הגשר בהתחשב בביסוס המבנה הקיים, בכל מקרה תכנון ביסוס המבנה החדש לא ישפיע על המבנה הקיים, כנ"ל גם במקרה של עבודות התימוך שיבוצעו במידת הצורך למבנה קיים.

במקרה ואין מידע מספק על יסודות המבנה הקיים, המתכנן ינחה לבצע חפירות גישוש, בדיקות שונות לצורך זיהוי היסודות הקיימים, עומקם מימדיהם וסוגם.

07.3.2 הארכת היסודות/ הגנה קטודית

מתכנן החשמל בתאום עם מתכנן הגשר יתכן ויכין תכנון להארכת מבנה הגשר.

במקרה שהגשר נמצא בסמוך לתשתיות שונות כגון: גז, דלק, מים, חשמל, רכבות חשמליות וכו', יתוכננו ההגנות הנדרשות ע"י מתכנן מומחה לרבות הגנות קטודיות, הגנות כנגד זרמים מסוגים שונים, זרמים תועים, הגנה כנגד שטף אלקטרומגנטי וכו'.

ניסויי העמסה ליסודות

07.3.3

במידה ויוחלט ע"י המתכנן ויועץ הביסוס על ניסוי העמסה ליסודות, יבוצעו העמסות הנסיון ליסודות רדודים ולכלונסאות כמפורט בת"י 940 לרבות ניסוי העמסה סטטיים, דינמיים, שילוב ניסוי סטטי ודינמי, ניסוי קבוצת כלונסאות, ניסוי עמיסה אופקית וכו'.

תכנית העמסת הנסיון וסוג העמסה יתוכננו על ידי מתכנן הגשר בשיתוף עם יועץ הביסוס, כולל הכנת תכניות, מפרט טכני מיוחד למבנה המתוכנן.

שקיעה דיפרנציאלית בין יסודות

07.3.4

מבנה הגשר למפתחיו השונים ובהתאם לסוג הביסוס ביסודותיו יתוכנן לשקיעה ההפרשית המתקבלת (באים אכן קיימת) במפתחיו השונים ואלמנטי הגשר יתוכננו לקבלת ההטרחות הנובעים מהשקיעה ההפרשית.

בכל מקרה הנחיות הביסוס יבטיחו ששקיעת התכן הדיפרנציאלית בין יסודות נציבי הגשר תוגבל עד ל- 20 מ"מ בלבד, והגשר יתוכנן לשקיעה זו.

סוגי הביסוס

07.4

ביסוס רדוד

07.4.1

ביסוס רדוד בגשרים מסוג יסודות בודדים, יסודות עוברים, רפסודה, יתוכננו בקרקעות סלעיות רצופות, לא בלויות עם סידוק מועט, עפ"י המוגדר בת"י 940 חלק 1, נספח ג', טבלה ג'-2.

הערה: בכל מקרה לא יאושר תכנון וביצוע ביסוס רדוד באפיקי נחלים, באזורים עם זרימת מים, בקרקעות מתנזלות וכד'.

תכנון הביסוס בקרקעות סלעיות, יכלול גם את בדיקת תחתית חציבת היסודות כולל ביצוע קידוח גישוש, קידוחי דריל, בדיקות ראדר, בדיקות גיאופיזיות וכד' לצורך גילוי חללים, מערות וסידוק בסלע המשמש ליסוד המבנה.

במקרה של גילוי חללים וסדקים בתחתית היסודות, ינתנו הנחיות ופרטים משלימים ע"י מתכנן הגשר בתאום עם יועץ הביסוס לרבות שינוי מימדי היסוד, עומק היסוד, אופן הטיפול במילוי החללים, והזרקות דייס צמנט, חציבה עמוקה יותר, וכו'.

עומק היסודות בסלע (עומק הטמנה) יהיה לפחות 2.0 מ' מדוד ממפלס פני הסלע ועד מפלס עליון של היסוד הרדוד (קו החיבור בין היסוד לנציב ועמוד הגשר), ובכל מקרה מתחת למפלס תחתון של שכבות מבנה כביש, הכל כמתואר בתרשים מס' 6009.

07.4.2 ביסוס כלונסאות

07.4.2.1 כללי

ביסוס עמוק בגשרים מסוג כלונסאות, כלונסאות בשיטת קדיחה הקשה (מיקרופייל), אלמנטי סלרי, יתוכננו בקרקעות מסוגים שונים וכן לרבות קרקעות סלעיות מסוגים שונים.

כלונסאות בשיטת ביצוע CFA לא יבוצעו בגשרים.

07.4.2.2 תכנון כלונסאות

תכנון הכלונסאות יתאים לדרישות ת"י 940, ת"י 1227 וכן ביתר התקנים הישראליים הרלוונטיים, כלונסאות בשיטת קדיחת הקשה יתוכננו עפ"י ת"י 1378.

תכן כלונסאות לכוחות אופקיים ייעשה בשיטת הקורה על מצע אלסטי. מקדמי ספרת מצע יחושבו עפ"י תוצאות בדיקת פרסיומטר. תכן רכיבי הגשר ייעשה לשני מצבי קיצון, ספרת מצע מינימלית ומכסימלית עפ"י הנחיית יועץ הביסוס.

מודול המצע האופקי המאפיין את קשיחות הקרקע ומשמש לחישוב כלונסאות הגשר, יבדק לאחר סיום החישוב וקבלת ערכי ההטרחות עפ"י מודל החישוב. בבדיקה יש לבחון האם תסבולת הקרקע האופקית אכן מסוגלת לקבל את ההטרחות הפועלות עליה על פי תוצאות המודל החישובי. במקרה והערכים המתקבלים אינם מתאימים נדרש להקטין ערך את מודל המצע האופקי במודל החישובי ולבדוק את הגדלת ההטרחות בהתאם.

פרטי הכלונסאות יהיו עפ"י הנדרש במפרט הכללי פרק 23 לרבות דרישות לכלוב הזיון, כיסוי הבטון, הבטון, צינורות הבדיקה וכו'.

07.4.2.3 קבוצות כלונסאות סמוכים

קבוצות כלונסאות סמוכים והתסבולות לכוחות אנכיים (כוחות לחץ ושליפה) וכוחות אופקיים יתוכננו עפ"י הנחיות יועץ הביסוס, כולל השפעת המרחק בין הכלונסאות המועמסים, הקטנת תסבולת עקב השפעה הדדית בין כלונסאות לכלונס. קבוצת הכלונסאות תתוכנן גם לקבלת הכוחות השונים הפועלים על כל כלונס, ולרבות השקיעה/ הסיבוב של ראש הכלונס והשפעתו על נציבי הגשר.

07.4.2.4 זיון הכלונסאות

זיון הכלונסאות יקבע עפ"י ההטרחות המכסימליות הפועלים על הכלונסאות הן לכוחות אנכיים והן לכוחות אופקיים ומומנטים בהתאם לדרישות התקנים הישראליים הרלוונטיים.

אחוז הזיון המינימלי בכלונסאות יהיה עפ"י הנדרש בתקנים הישראליים, אך בכל מקרה לא יפחת אחוז הזיון מ 0.6%. משטח חתך הכלונס. כמות זיון תותקן לאורך כל הכלונס.

בכל מקרה לא יאושר שימוש ברשתות מרותכות לכלובי זיון של כלונסאות ביסוס לגשרים.

07.5 רשימת פרטים טיפוסיים מנחים

רשימת הפרטים המפורטת להלן כוללת את הפרטים הטיפוסיים לפרקים:

- פרק 07 ביסוס גשרים
- פרק 08 נציבי קצה
- פרק 09 נציבי ביניים (אמצעיים)

מס' תוכנית	שם תוכנית
NTI-ST-000-000000BR-08-6001	נציב קצה – תנוחה טיפוסית
NTI-ST-000-000000BR-08-6002	נציב קצה – מבט טיפוס קיר חזית
NTI-ST-000-000000BR-08-6003	נציב קצה עם תפר התפשטות – חתך טיפוס
NTI-ST-000-000000BR-08-6004	נציב קצה עם תפר התפשטות – מבט טיפוס קיר כנף
NTI-ST-000-000000BR-08-6005	נציב קצה עם תפר התפשטות – מודולרי – מבט טיפוס קיר כנף
NTI-ST-000-000000BR-08-6006	נציב קצה עם תפר התפשטות טבלת גישה כפולה – חתך טיפוס
NTI-ST-000-000000BR-08-6007	נציב קצה עם תפר התפשטות טבלת גישה כפולה – פרטים
NTI-ST-000-000000BR-08-6010	נציב קצה אינטגרלי – חתך טיפוס
NTI-ST-000-000000BR-08-6011	נציב קצה אינטגרלי – פרטים
NTI-ST-000-000000BR-08-6012	נציב קצה משולב עם קיר קרקע משוריינת – תנוחה טיפוסית
NTI-ST-000-000000BR-08-6013	נציב קצה משולב עם קיר קרקע משוריינת – חתך טיפוס
NTI-ST-000-000000BR-08-6014	נציב קצה משולב עם קיר קרקע משוריינת – מבט טיפוס קיר כנף
NTI-ST-000-000000BR-08-6015	נציב קצה – פרטי ניקוז
NTI-ST-000-000000BR-09-6020	נציב ביניים באפיק נחל – ביסוס כלונסאות
NTI-ST-000-000000BR-09-6021	נציב ביניים בתחום מפרדת כביש
NTI-ST-000-000000BR-09-6022	נציב ביניים בסמוך למסילות רכבת / ברצועת רכבת
NTI-ST-000-000000BR-09-6023	נציב ביניים ביסוס רדוד בסלע רצוף לא בלוי עם סידוק מועט

08 פרק 08 – נציבי קצה

08.1 תכולת הפרק

פרק זה מציג מידע עקרוני של פרטי תכנון רכיבי המבנה של נציבי קצה לגשרים עשויים בטון מזויין יצוק באתר.

בתכניות המצורפות לפרטים הסטנדרטיים מפורטים פרטים מנחים לתכנון וביצוע נציבי קצה תוך התייחסות לנושאים הבאים :

- נציבי קצה של גשרים עם תפרי התפשטות וגשרים אינטגרליים.
- נציבי קצה משולבים עם קירות קרקע משוריינת.
- ביסוס נציבי קצה לרבות ביסוס רדוד או ביסוס כלונסאות.

08.2 תקנים

רכיבי מבנה של נציבי קצה יתוכננו על פי התקנים המפורטים בסעיף 01.07 לעיל.

08.3 עומסים

נציב הקצה על כל רכיביו יתוכנן לעומסים הפועלים עליו הן האנכיים והן האופקיים בנפרד ובמשולב.

העומסים יחושבו לפי ת"י 1227, 940, 413, 412, 109 על כל חלקיהם וכן יתר התקנים הרלוונטים.

העומס הקבוע העיקרי יהיה בדרך כלל ממשקל העפר בצד הגבוה של הנציב, שם פועל גם העומס האופקי הקבוע של לחץ העפר האופקי הפועל על קיר הנציב.

הנציב יתוכנן גם לעומסים האופקיים הפועלים עליו מעומס הקרקע בגב הנציב והנגזרים מהעומסים האנכיים, האופקיים הנובעים מהעומס הנייד, כלי רכב, רכבת, עפ"י המפורט בת"י 1227, אך לא פחות מ-1.5 טון למ"ר עומס אנכי בפני הקרקע.

עומסים מרעידות אדמה יחושבו לפי ת"י 1227.

08.4 הנחיות תכנון

08.4.1 תכנון גאומטרי

תכנון רכיבי המבנה של נציב הקצה לרבות מידות, מפלסים וחתכים טיפוסיים יהיה בהתאם לסוג הגשר (גשר עם תפרי התפשטות או גשר אינטגרלי) ויכלול התייחסות לנתונים הבאים :

- מפלסי פני הקרקע הסופיים בחזית הקיר ובצידי קירות הכנפיים, עיבוד סוללות וקווי דיקור.
- פרטי כרכובים ומעקות בתחום הגשר, יש להבטיח רציפות החתכים הטיפוסיים מבחינת ההבט האדריכלי / עיצובי לרבות שילוב יסודות של אלמנטים משוכנים כדוגמת עמודי תאורה, עמודי חשמו, קירות אקוסטיים, גשרי שילוט וכיו"ב.
- עיבוד תגמירים לכל רכיבי המבנה בהתאם להנחיות האדריכליות.

- תיאום התכנון הגאומטרי עם מערכות תשתית המותקנות ו/או חוצות את אלמנטי נציבי הקצה.

08.4.2 תכנון מבני

תכנון רכיבי המבנה של נציבי קצה דורש התייחסות לאינטראקציה בין המבנה והקרקע. בהתאם לסוג הגשר (גשר עם תפרי התפשטות או גשר אינטגרלי) כמפורט להלן בסעיפים 08.5-08.7.

איפיון ההטרחות והעומסים הפועלים על רכיבי נציבי קצה יהיה בהתאם לסכימה הסטטית הכוללת של הגשר כולל אבחנה בין גשרים אינטגרליים וגשרים עם סמכים בין מבנה עליון ונציבי קצה. מצבי העמיסה שיבדקו במסגרת התכנון יתאימו לשלבי הביצוע של הגשר והעומסים הנובעים מהם לרבות הטרחות זמניות עקב שלביות ביצוע.

הנציב יתוכנן עפ"י הנחיות יועץ הביסוס, תנאי הקרקע באתר, סוג המילוי בגב הנציב מקדמי הלחץ האופקי הנפעלים מהעומסים האנכיים וכו'.

הנציב יתוכנן בדרך כלל ללחץ עפר במנוחה (K_0) שיוגדר בדוח הביסוס של המבנה.

התזוזות האופקיות של מערכת הנציב (כולל היסודות) יחושבו בהתאם, למצבי העמיסה הנדרשים כאשר תפר ההתפשטות וסמכי הניאופרן יחושבו עפ"י התזוזות האופקיות.

המתכנן יגדיר בתכניות את אופן ומועד ביצוע המילוי בגב הנציב, מועד הרכבת קורות מיסעת הגשר, השלמת מילוי הסוללות, קירות כנפיים, פלטות גישה וכו'.

08.5 נציבי קצה גשר עם תפרי התפשטות

08.5.1 כללי

תכנון מבנה הנציב לרבות ומידותיו יהיה בהתאם לעומסים הפועלים עליו, לרכיבי המבנה המרכיבים אותו ולאופן הביצוע. התכנון יתייחס לרכיבי המבנה הבאים:

- קורת ראש כלונסאות (ביסוס כלונסאות) או פלטת יסוד (ביסוס רדוד).
- קיר חזית ובראשו מדף עליון (קורת ספסל) עליו מותקנות הגבהות בטון מקומיות מבטון ומשמשות כתושבות לסמכים (קורות מיסעת הגשר מוצבות על גבי הסמכים האלסטומריים)
- קיר סוגר אחורי בגובה משתנה ובעובי קבוע יצוק ע"ג קורת הספסל. עיבוד ראש קיר סוגר אחורי כולל עיבוד שקע עבור תפר התפשטות.

- גלריה תפעולית - חלל בתחום נציב קצה, בין קיר סוגר אחורי לבין המיסעה בגשרים עם תפרי התפשטות מסוג תפר עם מספר מרווחים (Modular Strip Seal) המאפשרות גישה לתפר לצורך בדיקה ותחזוקה.
- גושים סוגרים צידיים יצוקים ע"ג קורת הספסל.
- קירות כנפיים קונסוליים ו/או יצוקים ע"ג טבלת ראש כלונסאות / יסוד הנציב.
- טבלת גישה משופעת מבוצעת לכל רוחב הנציב נשענת על הקרקע ועל גבי ראש קיר סוגר אחורי, זווית השיפוע תקבע בהתאם לשכבות מבנה כביש. יציקת טבלת הגישה ע"ג מצע בטון רזה.

בתכנון רכיבי המבנה השונים יש להתייחס בין השאר להנחיות הבאות :

- המשטח העליון של המדף (קורת הספסל) עליו מבוצעות הגבהות לתושבות לסמכים, יתוכנן ויבוצע בשיפוע רוחבי 5% כלפי קיר סוגר אחורי ובשיפוע אורכי 2% כלפי גושים סוגרים צידיים (לצד אחד או 2 צידי הנציב) וזאת על מנת לאפשר את ניקוז וסילוק המים מפני השטח דרך נקזים אשר יותקנו בגושים הסוגרים הצידיים.
- הנציב יתוכנן לאפשרות של החלפת הסמכים בעתיד ע"י התקנת מגבהים (ג'קים) על מדף הנציב להרמה מזערית של קורות המיסעה, טיפול בתושבת והחלפת הסמך באם יידרש. לצורך כך נדרש מרווח מבני אנכי מינימלי בין פני קורת הספסל לבין מישור תחתית המיסעה של 30 ס"מ.
- בגשרי קורות טרומיות דרוכות יקבע מפלס פני הגבהות הבטון המשמשות כתושבות לסמכים ו/או פני קורות רוחב עפ"י החתכים הטיפוסיים של מבנה עליון, תוך התחשבות בכפף האורכי של הקורות ובשיפועי המיסעה (שיפוע רוחבי ושיפוע אורכי).
- יש לתכנן את נציב הקצה וקירות הכנף כך שאפשר יהיה להשלים את סוללות מילוי העפר בגב הקירות לפני הרכבת קורות מיסעת הגשר על סמכים וזאת כדי לצמצם את השפעת התזוזות האופקיות של הנציב על הסמכים ולגרום לעיוותים בסמך וכן לשינוי במרווח תפר ההתפשטות.

ביסוס

08.5.2

ביסוס הגשר בהתאם לסוג הקרקע ביסוס רדוד או עמוק (ביסוס כלונסאות), בהתאם לאמור בסעיף 07.4.1 לעיל.

במקרה של ביסוס עמוק ניתן לבצע שורת כלונסאות בודדים ו/או שתי שורות כלונסאות וטבלת ראש כלונסאות בראשם.

08.5.3 סוללות הנציב

המידות הגאומטריות של הסוללה המבוצעת בחזית הנציב יתאימו לדרישות התכנון הנופי של המבנה ולדרישות התחזוקה לרבות הכנת משטח אופקי ברוחב של 1.5 מ' בראש הסוללה לאורך כל קיר החזית ולאורך הכנפיים במפלס המבטיח גובה חופשי (מינימלי) מתחת מיסעת הגשר של 1.5 מ', על מנת לאפשר נגישות לבדיקת הסמכים, התפרים, קירות, החלפת סמכים בעתיד, וכדומה.

08.6 נציב קצה גשר אינטגרלי

08.6.1 כללי

גשר אינטגרלי יהיה באורך כולל של עד כ- $70 \div 60$ מ' וזווית הגשר המקסימלית מדודה בין ציר אורכי של הגשר לבין חזית הקיר (זווית skew) עד 70° .

תשומת לב המתכנן תנתן לאופן חישוב הגשר האינטגרלי, כולל עמיסות מקסימום, מינימום מאחורי קירות נציבי הקצה, תכנון חיבור היסודות לנציב וכן תכנון חיבור המיסעה לנציב עפ"י מודל החישוב.

העומסים על הגשר יתוכננו עפ"י התקנים הישראליים. בנוסף לאמור בסעיף 08.3 יתוכנן גשר אינטגרלי לפי מסמך הנחיות הבריטי:

Design manual for roads and bridges, Volume 1 highway structures Section 3
general design part 12, BA 42/96 The design of integral bridges.

העומסים האנכיים יכלול את העומסים הקבועים, הניידים והשפעות טמפרטורה זחילה והצטמקות.

העומסים האופקיים יכללו עומסי קרקע, בלימה, רעידות אדמה כולל שילוב השפעות טמפרטורה זחילה והצטמקות.

פרטי החיבור בין קיר הנציב למיסעת צריכים להבטיח את הריתום ואת אורכי העיגון הנדרשים בצומת לכל מצבי העמיסה, לרבות מצבי עמיסה זמניים בהתאם לשלבי הביצוע.

08.6.2 ביסוס

ביסוס הגשר האינטגרלי יתוכנן בדרך כלל עם שורת כלונסאות בודדים המהווים כחלק ממסגרת הגשר.

קירות הנציב ומיסעת הגשר

08.6.3

קירות הנציב ומיסעת הגשר יתוכננו במערכת מסגרתית הכוללת גם את כלונסאות הביסוס, מיסעת הגשר רתומה לקירות הנציב.

תינתן תשומת לב מיוחדת להבטחת הריתום בין הכלונסאות לקיר הנציב ובין קיר הנציב למיסעה, בהתחשב בהשענת קורות המיסעה, הברזלים, הכיפוף וכו'.

תכנון מפורט של פרטי הזיון בחיבור בין קיר הנציב למיסעת הגשר חייבים להבטיח את הריתום בצומת לכל מצבי העמיסה המקסימליים והמינימליים, כולל, אורכי עיגון וכו'.

התכנון המפורט והפרטים יתאימו לכל שלבי הביצוע בעת הקמת הגשר לרבות הרכבת קורות המיסעה, שלבי יציקת המיסעה, אופן השלמת המילוי הסימולטני מאחורי הנציבים וכו'.

המילוי מאחורי הנציב

08.6.4

נציבי הגשר האינטגרלי יתוכננו כמסגרת לקבלת הכוחות האנכיים והאופקיים.

ייתנו הנחית מפורטות לאופן המילוי שיתבצע לאחר השלמת יציקת המיסעה המשמשת סמך אופקי לקירות הנציב.

המילוי מאחורי נציב הקצה, משני צידי הגשר יבוצע בשכבות סימולטניות, כך שהפרש הגובה בין השכבות מאחורי שני הנציבים לא יהיה בהפרש של מעל 60 ס"מ.

קירות כנף

08.6.5

קירות הכנף מומלץ שיתוכננו כזיזיים מקיר הנציב ובהמשכם קירות תומכים המופרדים מהנציב.

כלונסאות ביסוס אנכיים בקוטר קטן וזאת כדי להקטין את ההשפעות השונות של קירות הכנף על מסגרת הגשר, במידת הצורך ישולבו קירות הכנפיים במודל המרחבי של מסגרת הגשר והחישוב יהיה בהתאם למודל האמור לעיל, כולל תכנון כל פרטי קירות הכנפיים בהתחשב בכלונסאות התומכים.

פלטות גישה

08.6.6

פלטות הגישה המבוצעת משני צידי הגשר תהיה אופקיות וזאת בניגוד לפלטות גישה בגשרים טיפוסיים רגילים. תשתית פלטות הגישה בגשרים אינטגרליים תכלול מצעים, שכבת בטון רזה בעובי 5 ס"מ עם פן עליון מוחלק, על הפן העליון תותקן יריעת פוליאיתילן בעובי 2 מ"מ (מינימום) ועליה תוצק פלטת הגישה האופקית, הנ"ל כדי לאפשר את פעולת המסגרת המתוכננת.

08.7 נציבי קצה מבטון משולבים עם קיר תומך מטיפוס קרקע משורינת

08.7.1 כללי

נציבי קצה עשויים רכיבי מבנה מבטון מזויין משולבים עם קירות תומך מטיפוס קרקע משורינת יתוכננו באזורים בהם תנאי הקרקע ותנאי האתר מתאימים לפתרון הנ"ל.

בכל מקרה, באזורי נחלים, אפיקי מים, לא יתוכנן פתרון מסוג זה.

תכן האלמנטים יהיה עפ"י הנחיות התקנים הרלוונטיים לאלמנטי בטון מזויין וקירות קרקע משורינת:

- קירות הנציב מקרקע משורינת יתוכננו עפ"י ת"י 1630 בהנחיות האמורות עבור נציבי גשרים, כולל מצבי עמיסה, מקדמים חלקיים לעומס, מידות אורך השריון המינימלי, עומק הטמנה וכו'.

- אלמנטי נציב הגשר מבטון מזויין יתוכננו עפ"י ת"י לגשרים.

קירות מטיפוס קרקע משורינת המבוצעים כקיר חזית נציב ו/או בגב קיר חזית נציב ו/או כקירות כנפיים יהיו עשויים מאלמנטי חזית קשיחים מבטון מזויין לפי הנחיות פרק 04 לעיל לרבות הפרטים הטיפוסיים של פרק זה.

אלמנטי הנציב המשולב יתוכננו לתקופת קיים 120 שנה.

08.7.2 תכנון הנציב המשולב - עומסים

בפתרון מסוג זה יפעלו העומסים כדלקמן:

- העומסים הקבועים והניידים ממיסעת הגשר יפעלו על הנציב המבוסס על כלונסאות.
- העומסים הקבועים והניידים ממבנה הקרקע יפעלו על קיר טיפוס קרקע משורינת.
- בתכנון יש להתחשב בהשפעה ההדדית מהעומסים הנובעים מסוללת קיר קרקע משורינת על אלמנטי הנציב והכלונסאות לרבות "החיכוך השלילי" המופעל מסוללת הקיר על הכלונסאות.
- המתכנן בתאום עם יועץ הביסוס, יבדוק את השקיעה ההפרשית בין קיר הנציב המבוסס על כלונסאות לבין קיר קרקע משורינת והאלמנטים יתוכננו בהתאם.
- מכלול מערכת נציב הגשר וקיר הקרקע המשורינת, יתכננו לרעידת אדמה לפי הנחיות התקן הישראלי הרלוונטי, ת"י 1227 לאלמנטי בטון מזויין יצוק באתר, ת"י 1630 לאלמנטי קירות קרקע משורינת.

שלבי ביצוע – עומסים ומצבי עמיסה

08.7.3

בתכנון אלמנטי הנציב המשולב נדרש להתייחס ולפרט את כל מצבי העמיסה הזמנים והקבועים הנוצרים כתוצאה משלבי הביצוע של רכיבי הגשר לרבות הקירות מקרקע משוריית. תכניות הביצוע יכללו את כל המידע הנדרש בהתאם לתכנון זה.

שלבי הקמת הגשר יפורטו בכלל מסמכי הביצוע לרבות תכניות ופרשה טכנית ויכללו בין היתר:

- ביצוע קיר קרקע משוריית בחזית ובכנפיים.
- ביצוע ביסוס ונציבי הגשר.
- הרכבת קורות מיסעת הגשר.
- ביצוע מיסעת הגשר.
- השלמת יתר העבודות בקירות ובגשר.
- קירות הכנפיים יכללו פרטי סידור רצועות השריון בחפייה ואחד מעל השני למניעת התנגשות בין רצועות השריון.

מבנה גיאומטרי

08.7.4

המבנה הגיאומטרי יתוכנן כך שנציב הגשר מבטון מזוין יהווה את קיר החזית (או העמודים) ומאחוריו במרחק של 90 ס"מ מינימום, ימוקם הקיר מסוג קרקע משוריית וזאת על מנת לאפשר גישה לבדיקות ותחזוקה.

עומק מפתן הפילוס יהיה לפחות עד תחתית ראש הכלונס של נציב הגשר, אך לא פחות מהנדרש בת"י 1630.

קירות הכנפיים מקרקע משוריית יוקמו ביחד עם קיר החזית וזאת על מנת להשלים את סוללות המילוי המתוכננת.

פלטת גישה

08.7.5

בניגוד לנאמר לעיל פלטות הגישה בגשר עם נציבי קצה משולבים יהיו באורך מינימלי של 750 ס"מ ויתוכננו בהתאם, כולל תכן האלמנטים והנחיות לאופן ביצועם במרווח הנוצר בין נציב הבטון לראש קיר קרקע משוריית.

איטום וניקוז הנציב

08.8

המתכנן יתכנן את מערכת איטום הנציב ברכיבים הבאים במגע עם הקרקע, הכוללת מערכת איטום ביטומנית, יריעות חיזוק, יריעות ניקוז וכן לוחות הגנה על האיטום.

תתוכנן מערכת הניקוז בגב הנציב המורכבת עם צינור שרשורי תחתון עטוף כיס חצץ ויריעה גיאוטכנית מנקזת (כמסומן בפרטים). המתכנן יסמן בתכניות את מיקום מוצא צינור הניקוז בהתחשב בתנאי השטח, הפיתוח, סוללות הנציב וכו'.

08.9 מדרונות בחזית הנציב וקירות הכנפיים

מדרונות הקרקע בחזית הנציב והכנפיים יתוכננו עפ"י מפלסי ושיפוע הפיתוח בסביבת הנציב. המדרונות יהיו מיוצבים באופן קשיח מבטון, ריפרפ וכד', או באופן גמיש מסוגי בקלש, אבן חפוי, קרקע וכד', עפ"י תכנון הפיתוח.

08.10 רשימת פרטים טיפוסיים מנחים

ראה רשימת פרטים פרק 07 סעיף 07.5 לעיל.

09 פרק 09 – נציבי ביניים (אמצעיים)

09.1 תכולת הפרק

נציבי הביניים בגשר הינם אלמנטי מבנה תחתון נושאים המשמשים לתמיכת המבנה העליון של הגשר (מיסעת הגשר).

הנציבים מבוססים על יסוד רדוד או עמוק (כלונסאות). בהתאם לאמור בסעיף 07.4.1 לעיל.

הנציבים מורכבים מקירות בטון או עמודים משולבים עם קורת כותרת עליונה המשמשת תושבת לקורות מיסעת הגשר על גבי סמכים, או מיסעה מחוברת מונוליטית לנציב עפ"י תכנון הגשר.

09.2 תקנים

רכיבי מבנה של נציבי ביניים יתוכננו על פי התקנים המפורטים בסעיף 01.07 לעיל.

09.3 עומסים

תכנון נציבי הביניים יהיה לשילוב העומסים הפועלים עליהם הן אנכיים והן האופקיים בנפרד ובמשולב.

העומסים יחושבו לפי התקנים הרלוונטיים לרבות ת"י 1227, 940, 413, 412, 109 וכו'.

תכנון הנציב יתבסס על כל שילובי העומסים בגשר ויכלול בין היתר:

- עומסי התנגשות כלי רכב ורכבת בנציבי הביניים, עפ"י ת"י 1227.
- השפעות זחילה והצטמקות הגשר והשפעתם על נציבי הביניים.
- בדיקת ריכוז מאמצים באזור הסמכים, כולל פרטי זיון.
- עמיסות בלתי סימטריות במיסעה והשפעתם על הנציב, כולל במהלך שלבי הביצוע של הגשר.
- ההטרחות בנציב בעת שלבי ביצוע הנציב והרכבת מיסעת הגשר (גשרי קורות, גשרי מקטעים, דחיקה וכו').
- תמיכות זמניות המותקנות על הנציב, אופן חיבורם לנציב והכוחות המופעלים על הנציב.
- עמיסות בלתי סימטריות במיסעה והשפעתם על הנציב, כולל במהלך שלבי הביצוע של הגשר.

09.4 הנחיות תכנון

09.4.1 תכנון גאומטרי

תכנון רכיבי המבנה של נציבים אמצעיים לרבות מידות, מפלסים וחתכים טיפוסיים יהיה בהתאם לאופן חיבור הנציב למבנה העליון (חיבור מונוליטי או השענה ע"ג סמכים) ויכלול התייחסות למפורט להלן:

- במידה ומתוכננים סמכים במפלס עליון של הנציב, הנציב יתוכנן לאפשרות של החלפת הסמכים בעתיד ע"י תכנון מקום להתקנת מגבהים (ג'קים) על קורת הנציב להרמה מזערית של המיסעה, טיפול בתושבות והחלפת הסמך באם יידרש.
- בגשרי קורות טרומיות דרוכות יקבע מפלס פני הגבהות הבטון המשמשות כתושבות לסמכים ו/או פני קורות רוחב עפ"י החתכים הטיפוסיים של מבנה עליון, תוך התחשבות בכפף האורכי של הקורות ובשיפועי המיסעה (שיפוע רוחבי ושיפוע אורכי).
- בנציבי הביניים, יש לשלב עפ"י הצורך את מתקני התחזוקה הנדרשים בגשר ולשלב את הרכיבים המשוכנים בבטון והנדרשים לצורך עבודות תחזוקת הגשר על כל מתקניהם, לרבות האלמנטים המשוכנים בבטון בנציבים חלולים מערכות ומתקני תחזוקת הגשר.
- עיבוד תגמירים לכל רכיבי המבנה בהתאם להנחיות האדריכליות.
- תכנון מערכת הגנה לרכיבי הנציב עבור נציבים המותקנים באפיקי נחל.

09.4.2 תכנון מבני

הנציב יתוכנן בהתאם לעומסים הפועלים עליו וכן עפ"י האלמנטים הנתמכים בו כולל קורות מיסעה, סמכים, המשכיות, תפרים, רוחב השענת קורות המיסעה על קורת ראש הנציב (למניעת החלקת הקורה), מעצורי גזירה וכו'.

09.5 הכנות ניקוז המיסעה דרך הנציב

בנציבי הביניים יותקנו מערכות ניקוז מיסעת הגשר שיכללו צינורות ניקוז בתוך שקעים בנציב, מיקום המוצאים יהיה בהתחשב בכבישים, המדרכות והמסילות הקיימות בסמוך לנציב וכו'.

09.6 רשימת פרטים טיפוסיים מנחים

ראה רשימת פרטים פרק 07 סעיף 07.5 לעיל.

10 פרק 10 – מיסעות גשרים

10.1 תכולת הפרק

פרק זה מציג מידע עקרוני על תכנון מיסעות גשרי דרך ומתאר את הדרישות, הכללים ואת שיטות התכנון על פי התקינה הישראלית הרלבנטית.

בתכנון המצורפות לפרטים הסטנדרטיים עפ"י הרשימה המצורפת מפורטים פרטים מנחים לתכנון מיסעות גשרים. סוגי המיסעות המוצגות בפרק זה:

- מיסעות מרוכבות מקורות טרומיות דרוכות בדריכת קדם והשלמת יציקת מיסעה מבטון מזוין על תבניות או על קרומים (החתך הטיפוסי הנפוץ במיסעות גשרים)
- מיסעות מבטון יצוק באתר דרוכות בדריכת אחר
- מיסעות מקטעים טרומיים או יצוקים באתר בחתך ארגזי

10.2 תקנים

מיסעות גשרים יתוכננו עפ"י התקנים המפורטים בסעיף 01.7 לעיל.

10.3 עומסים

10.3.1 כללי

מיסעת הגשר על כל מרכיביה תתוכנן לכל העומסים וההטרחות הפועלים עליה כמוגדר בסעיף 01.12 לעיל ובתקנים הרלוונטיים לרבות התקנים העיקרים כדלקמן:

- ת"י 413 - עמידות מבנים ברעידות אדמה.
- ת"י 414 - עומסים אופייניים במבנים: עומס רוח
- ת"י 466-1 - חוקת הבטון
- ת"י 1227 - עומסים בגשרים (כולל גיליונות התיקון).

10.3.2 עומסים קבועים

עומסים יחושבו לפי ת"י 1227. העומס הקבוע העיקרי יהיה המשקל העצמי של מיסעת הגשר. משקל החומרים לחישוב התחילי של העומס הקבוע יהיה כנקוב בתקן הישראלי ת"י 109.

העומס הקבוע הנוסף הוא המשקל העצמי של חומרי המילוי והציפוי של המסעה לרבות אספלט, מעקים, גדרות ביטחות עמודי תאורה וכדומה.

10.3.3 עומסים שימושיים או ניידים

העומסים הניידים יחושבו לפי ת"י 1227. ראה הנחיות סעיף 01.12.3 לעיל

- 10.3.4 עומס טמפרטורה**
ההטרחות עקב שינויי טמפרטורה יהיו כמפורט בסעיף 01.12.4 לעיל
- 10.3.5 זחילה והצטמקות**
הטרחות עקב זחילה והצטמקות יתוכננו ע"פ הנחיות ת"י 466 חלק 1 ונספחיו.
בתכן רכיבי הגשר נדרש להתחשב בכל מצבי העמיסה וההטרחות הנוצרים בעקבות שינוי הסכימה הסטטית של הגשר אשר תורם אף הוא לתופעת הזחילה.
- 10.3.6 עומס רוח**
הטרחות עקב עומס רוח יחושבו לפי ת"י 1227 ות"י 414.
- 10.3.7 עומסים נוספים**
יש לחשב הטרחות על המיסעה עקב עומס צנטריפוגאלי ועומסי בילום והחלקה ע"פ ת"י 1227.
- 10.3.8 עומס עקב התנגשות רכב במעקה גשר**
חישוב חתך איזור הזיז במיסעות גשרים יהיה עבור מעטפת הטרחות הכוללת גם את העומס הפועל על חתך זה עקב התנגשות כלי רכב במעקה הגשר. יש לשלב הטרחה זו גם עם הטרחות הנובעות מעומס שימושי נייד HA.
- 10.3.9 עומסים מרעידת אדמה**
בנוסף לאמור בסעיף 01.12.6 לעיל תחושבנה הטרחות הפועלות על רכיבי מיסעת הגשר עקב רעידת אדמה לפי הנחיות ת"י 1227 חלק 1 ובהתאם להנחיות הבאות:
- ערך מקדם תאוצת קרקע אופקית חזויה Z יקבע עפ"י ת"י 413.
 - החישוב יבוצע עפ"י הוראות התקן האמריקאי AASHTO
 - בכל מקרה יהיה המבנה מסוג B לפחות. אורך השענה מינימלי לרכיבי המיסעה יחושב לפי תקן AASHTO האמריקאי.
 - בגשרים אינטגרליים יש לתכנן את חיבור המיסעה לנציבי הגשר בהתאם למבנה המסגרת של הגשר ולדרגת הריתום של המיסעה למבנה תחתון.

10.4 הנחיות תכנון

10.4.1 כללי

מיסעות הגשרים יהיו עשויים מבטון מזוין ובטון דרוך כאשר הדרישות המיוחדות לגבי הבטון, כיסוי הבטון, פלדת הזיון, פלדת הדריכה, איטום וכו' יתאימו להנחיות בפרק 01 לעיל, דרישות המפרט הכללי והמפרט המיוחד והוראות התקנים הרלוונטיים:

- עובי הכיסוי יהיה לפי סעיף 01.13 לעיל.
- תכן המבנים יתחשב בתקופת קיים 120 שנה, ראה סעיף 01.12 לעיל
- רוחב הסדק התכנוני בבטון מזוין, מחושב עפ"י ת"י 466 חלק 1 סעיף 6.3.1, יוגבל ל - 0.12 מ"מ.

10.4.2 תכנון גיאומטרי

על מתכנן המבנים להתאים את גיאומטריית הגשר לגיאומטריית הדרך. יש להתייחס למפלס עליון ותחתון של מבנה מיסעה.

מפלס פני של בטון המיסעה יהיה לפחות 110 מ"מ מתחת למפלס מתוכנן של פני אספלט. חישוב המפלסים יתייחס בין השאר לסיבולת הביצוע באתר בהתאם לסוג החתך הטיפוסי של המיסעה וזאת לרבות השפעת הכפף האורכי הצפוי של קורות גשר (ראה סעיף 10.5.4.5 להלן). את המפלס העליון של הגשר יש לציין בתוכניות באמצעות נקודות עבודה במרווחים המאפשרים ביצוע המיסעה בהתאם לתוכניות.

המפלס התחתון של מיסעת הגשר יתוכנן בהתאם לגבריט (גובה נקי) הדרוש, אותו יש לתאם עם הגורמים הרלוונטיים (במידה והגשר עובר מעל כביש/מסילת רכבת/דרך/נחל).

תכנון החתך הטיפוסי של המיסעה יכלול גם תכנון כרובים ומעקות תוך התייחסות להבטים האדריכליים / נופיים לרבות:

- אלמנט מבטון מזוין יצוק באתר או אלמנט טרומי.
- פירוט התגמירים עבור בטון חשוף חזותי והגדרת סוג התבניות.
- מיקום תפרים.
- שילוב יסודות של עמודי תאורה, גשרי שילוט וכו"ב.
- רציפות אלמנט הכרכוב המבוצע בתחום המיסעה עם אלמנטי השפה בראש קירות כנפיים של נציבי קצה ו/או קירות תומכים.

10.4.3 תכנון מבני

תכן חתך המיסעה יכלול את תכן רכיבי המיסעה לרבות חישוב רוחבי ואורכי של המיסעה בהתאם לסוג המיסעה כמפורט בסעיפים 10.5 – 10.7 .

בקביעת המודל החישובי המייצג של הגשר לצורך חישוב מעטפת העומסים וההטרחות נדרש המתכנן להתחשב בכל רכיבי המבנה ותכונותיהם לרבות רכיבים ראשיים ורכיבים משניים כדוגמת מעקים בטון.

בחישוב הרוחבי של המיסעה יש להתייחס לתכן הזיזים עבור מצבי העמסה המתאימים בהתאם לתקנים הרלוונטיים לרבות חישוב באיזור ריתום הזיז של רוחב סדק, מאמצים וכיו"ב. בכל מקרה מומלץ לתכנן את חתך הזיזים במימדים המתאימים ליחס 5 (אורך) : 1 (עובי הזיז באיזור הריתום). במידת הצורך יתוכננו הזיזים עם דריכה רוחבית.

10.5 מיסעות המורכבות מקורות טרומיות דרוכות וטבלת מיסעה יצוקה באתר

10.5.1 סוגי קורות טרומיות עיקריים

הקורות הטרומיות הן קורות דרוכות בדריכת קדם ו/או אחר מהסוגים המפורטים להלן :

- קורות תעלה
- קורות Inverted Tee
- קורות Double Inverted Tee (π)
- קורות A.A.S.H.T.O.

10.5.2 הנחיות תכנון

10.5.2.1 שלבי ביצוע והעמסה

תכן המבנה לרבות הקורות הטרומיות וטבלת המיסעה יתאים לשלבי הביצוע המתוכננים אשר יפורטו בתכניות הביצוע.

הקורות הדורות בדריכת קדם יתוכננו למצבי עמיסה התואמים את שלבי הביצוע לרבות המפורט להלן :

- קורה דרוכה, בחתך הקורה הטרומית בלבד, הנושאת את משקלה העצמי בלבד והטרחות עקב פעולת הדריכה.
- קורה דרוכה כנ"ל בתוספת עומס יציקת טבלת המיסעה..

- קורה דרוכה בחתך מלא (חתך מורכב) הכולל את חתך הקורה הטרומית וטבלת המיסעה הנושאת את כלל העומסים הנוספים לרבות עומסים קבועים ושימושיים בהתאם להנחיות התקנים.

בתהליך החישוב יש להתייחס להיסטוריית המאמצים הפועלת על חתך הקורה תוך התייחסות לשינוי חתך הקורה (קורה טרומית וחתך מורכב) ולשינוי בהפסדי הזחילה הצפויים בהתאם לשלב הביצוע וגיל הקורה.

טבלת המיסעה תתוכנן למעטפת העומסים הגלובליים של המיסעה והן להטרחות אופיניות מקומיות לרבות:

- הטרחות רוחביות – כפיפה וגזירה בכיוון רוחב הגשר.
- הטרחות הנובעות מהתנגשות במעקה הגשר.
- בגשרים בעקומה - הטרחות הנובעות מעקמומיות הגשר.

10.5.2.2 סכימה סטטית:

תכנון קורות המיסעה יהיה תואם את הסכימה הסטטית שהוגדרה לגשר לרבות נמשכת, פרקית או דו פרקית.

במידה והוחלט על סכימה נמשכת, יהיה על המתכנן להתחשב בכך בשלבי יציקת המיסעה ובפרטי הזיון המתאימים. החישוב הסטטי יתייחס להשפעת הזחילה ושקיעה דיפרנציאלית (ראה גם סעיף 10.3.5 לעיל).

10.5.2.3 הטרחות:

מיסעת הגשר לרבות הקורות הטרומיות וטבלת המיסעה יתוכננו הן למצב שירות והן למצב הרס בהתאם למקדמים הנקובים בטבלה 1 בת"י 1227 חלק 1.

10.5.3 תוכניות קורות טרומיות

10.5.3.1 גיאומטריה:

בתוכניות הקורות על המתכנן לפרט בין השאר:

- גיאומטריה מפורטת של הקורה – כולל התייחסות לדיאפרגמה, למצב SKEW ולהבדלים בגובה דפנות הקורה במידה ויש שיפוע רוחבי במיסעת הגשר.
- תחתית הקורה באיזור ההשענה ע"ג הסמכים ו/או תושבות הבטון תהיה מישור אופקי ב 2 הכיוונים.
- פרטי שיני גזירה בדפנות הקורות ומיקומם.
- פרטי אינסרטים- מיקום האינסרטים במבט וחתך הקורה במידת הצורך.

- רכיבים משוכנים בקורה לרבות נקזים.

10.5.3.2 דריכה

- מיקום כל גדיל מגדילי הדריכה בטבלה מפורטת.

- מספר ומיקום הניטרולים.

- כוח הדריכה בכל גדיל.

10.5.3.3 פרטי זיון

- פירוט זיון הקורה לרבות הזיון באיזורי העיגון. יודגש כי יש מצבים בהם על המתכנן להתאים את הזיון באיזורי העיגון בהתאם למצב ה-skew של הקורה.

- שימת לב מיוחדת תנתן למיקום של חישוקי הקורה ביחס לגדילים הקיצוניים, ראה פרט B בתוכנית 5002.

- פרטי מוטות הזיון הבולטים מתחום החתך הטרומי.

10.5.3.4 כפף

המתכנן נדרש לעדכן בתכניות את ערך הכפף המקסימלי הצפוי של הקורה בגיל 30 יום. ערך זה ישמש לצורך התכנון הגאומטרי האורכי של מיסעת הגשר וחישוב מפלס פני תושבות הקורה (סמכים ו/או קורות רוחב), ראה סעיפים 08.4.1 ו 9.4 לעיל (מבנה תחתון).

10.5.3.5 הערות לתוכניות קורות טרומיות (ראה תוכנית 5005)

על המתכנן לפרט ברשימת ההערות הכלולת בתוכניות הנחיות ודרישות עבור ביצוע הקורות הטרומיות. תכנית זו תשמש כתכנית מנחה לקבלן הנדרש להכין תוכניות ייצור עבור כל הקורות ע"י מתכנן מטעמו.

בהערות על המתכנן להתייחס לחומרים הנדרשים לשימוש בייצור הקורות:

- בטון – סוג הבטון ב-50 או ב-60 צמנט CEM-1 כל רכיבי התערובת ללא רכיבים הכוללים אפר פחם.

- פלדת הדריכה – יש לפרט את חוזק פלדת הדריכה (בדרך כלל – MPA 1860 בעלת רלקסציה נמוכה רמה 2) לפי ת"י 1735 חלק 4.

- פלדת הזיון – פלדת הזיון מצולעת לפי ת"י 4466 חלק 3.

בנוסף עליו לפרט את דרישותיו בנוגע לנושאים הבאים:

- אשפרת הבטון - בהתאם למפרט הכללי אלא אם כן ישנה דרישה אחרת.

- מועד הדריכה – על המתכנן לציין מהו חוזק הבטון המינימאלי הדרוש בעת דריכת הקורה ומהו פרק הזמן שצריך לחלוף ממועד גמר היציקה.
- כיסוי הבטון – יש לפרט בהתאם להנחיות סעיף 01.13 לעיל.
- סדר שחרור הגדילים – שחרור הגדילים ממיטת הדריכה יהיה סימולטני. כברירת מחדל יש לשחרר גדילים בודדים השיחרור יעשה ממרכז הקורה כלפי חוץ.
- כפף צפוי – על המתכנן לציין מהו הכפף (התרוממות הקורה) צפוי בעת שחרור הגדילים.
- דריכת אחר – יש לפרט סדר דריכה וערכים של התארכויות.

טבלת מיסעה מבטון מזויין יצוקה מעל קורות טרומיות 10.5.4

כללי 10.5.4.1

יציקת טבלת המיסעה תתבצע עפ"י שלבי העבודה המתוכננים לביצוע אשר יתוארו בתכניות לרבות יציקת המיסעה בשלב אחד ו/או במנות לפי חלוקה, סדר יציקה והפסקות היציקה בין קורות רוחב (דיאפרגמה) וטבלת המיסעה.

התבניות ליציקת טבלת המיסעה יהיו על גבי תבניות ו/או תבניות אבודות ו/או קרומים טרומיים מבטון כמפורט להלן.

סיבולת הביצוע המקסימלית למפלס סופי של פני מיסעה ביחס לקו אדום מתוכנן המגדיר את קו פני בטון תיאורטי עפ"י עובי שכבות האספלט והאיטום (110 מ"מ) בכל שטחה יהיה ± 5 מ"מ.

על המתכנן להתאים את פרטי הזיון של טבלת המיסעה לזיון הבולט מהקורות הטרומיות.

יציקת מיסעה על גבי תבניות 10.5.4.2

התבניות ליציקת טבלת המיסעה לרבות בתחום שבין קורות טרומיות ו/או בתחום הזיזים לאורך שפות המיסעה תיוצבנה אל הקורות האורכיות של המיסעה על-ידי תליה מלמעלה ו/או על-ידי חיבור זמני אל דפנות הקורות ו/או תבניות הנשענות ע"ג מערכת פיגומים ומגדלי טפסות.

תשומת לב המתכנן לתכנון פרטי השענת התבניות על דפנות הקורות הטרומיות לרבות מיקום ברזלי הזיון הבולטים מעל פני דופן הקורה, החלקת פני התושבת וכיו"ב. כמו כן לביצוע כל ההכנות הדרושות לחיבור הזמני של התבניות אל דפנות הקורות הטרומיות ממוקמות במרחקים קצובים ובאופן מודולארי.

יציקת מיסעה על גבי תבניות אבודות 10.5.4.3

תבניות אבודות עשויות פח מכופף מגולוון ישמשו ליציקת המיסעה בתחום שבין ומעל קורות טרומיות של המיסעה, יציקת המיסעה תוך שימוש בתבניות אבודות כנ"ל בתחומים בהם תהינה התבניות גלויות לעין יתאפשר רק באישור מפורש של נתיבי עבוד כל מבנה.

בכל מקרה לא יורשה שימוש בתבניות אבודות עשויות עץ.

התבניות יונחו על מצע טיט לח בעובי 10 מ"מ ויוצב ויחזק אל חישוקי קורות המיסעה. יש להבטיח אטימה מלאה של תבנית זו כדי למנוע נזילות וסגרציה.

יציקת מיסעה עם קרומים טרומיים

10.5.4.4

קרומים טרומיים מבטון מזויין מבטון ב-40 ישמשו כתבניות ליציקת טבלת המיסעה בתחום שבין קורות טרומיות אורכיות ובתחום שמעל הקורות. עובי הקרומים 9 ס"מ (typ) אבל לא יותר מאשר $0.4 \cdot D$ כאשר D העובי הכולל של טבלת מיסעת הגשר. (ראה גם הנחיות לתכן תקרת קרום ת"י 466 חלק 4 סעיף 46.3.4)

תכן טבלת המיסעה וחישוב החתכים הטיפוסיים יכול לכול גם את הקרומים הטרומים וגם את השלמת היציקה המבוצעת באתר. הקרום כולל בתוכו את הזיון התחתון של פלטת המיסעה וכן זיון מיוחד לחבור היציקה המשלימה. בעת ייצור הקרום, יש להקפיד שהזיון יהיה ממוקם כזיון תחתון של הקרום.

מידות הקרומים הטרומיים יקבעו בהתאם למרחק בין הקורות. רוחב השענת הקרומים על דופן הקורות, בפועל, לא יפחת מ-35 מ"מ. רוחב ההשענה המתוכנן לא יפחת מ-50 מ"מ.

מידת רוחב ההשענה תלקח בחשבון בתכן החתכים לרבות חישוב דחיה בין קורות טרומיות אורכיות וטבלת המיסעה.

הקרומים יונחו על-גבי הקורות האורכיות על גבי מצע טיט ויקשרו אליהן על-ידי חיבורי ריתוך, על ידי השחלת מוטות פלדה בתוך טבעות הרמה של הקרומים וכיו"ב על-מנת לייצבם במקומם ולמנוע נפילתם.

במקרה של גשר ב-Skew בקצות המפתחים של הגשר, באזור המגע בין הקרומים לקורות הרוחב, יש לתכנן את הקרומים בצורת משולש או טרפז על פי הזווית המתאימה לחילופין ניתן לצקת קטע זה ע"ג תבניות מאותו סוג שנעשה בו שימוש לתבניות הקרומים, כדי שלא יהיה הפרש גוון. בקטעים אלה יש לכלול זיון זהה לזיון הקרום.

בתכנון פרטי הזיון של הקרום יש להקפיד כיוון זיון הקרומים בהתאם לכיוון זיון המיסעה והקורות האורכיות.

פני הבטון של תחתית הקרומים יהיה בעל חזות בטון חשוף חזותי.

תיאום מפלס השלמת היציקה

10.5.4.5

מדידת פני המיסעה לאחר השלמת המבנה תבוצע עפ"י הנחיות סעיף 02.01.10.04.07 בפרק 02.1 המפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור.

תוכניות טבלת מיסעה יצוקה באתר

10.5.5

בתוכניות השלמת היציקה צריכים להופיע בין היתר הפרטים הבאים :

- נקודות הצבה (נקודות עבודה WP) או חיבור לנקודות העבודה של הגשר.
- פירוט זיון מיסעת הגשר ביחס לזיון הקורות.
- סדר יציקה ושלבי ביצוע וכן מיקום תפרי יציקה.

בהערות לתוכנית השלמת היציקה יש לפרט :

- חומרים.
- עובי כיסוי.
- אשפחה.
- הנחיות לסוג תבניות ליציקת טבלת המיסעה אשר יבטיחו גמר פני בטון חזותי.

תוכניות קרומים טרומיים

10.5.6

בתוכניות קרומים צריכים להופיע בין היתר הפרטים הבאים :

- פירוט גיאומטריה וזיון של הקרומים לסוגיהם השונים.
- פרט השענת קרום על הקורה.
- פרט השקה בין הקרומים כולל פרטי זיון.
- סדר הנחת הקרומים על הקורות במידה ונדרש.

בהערות לתוכנית השלמת היציקה יש לפרט :

- חומרים.
- עובי כיסוי.
- חוזק דרוש בהנפת הקרומים.
- הנחיות לסוג תבניות ליציקת הקרומים הטרומיים אשר יבטיחו גמר פני בטון חזותי.

10.6 מיסעות מבטון יצוק באתר דרכות בדריכת אחר.

10.6.1 סכימה סטטית:

מיסעת גשר יצוקה באתר יכולה להיות נמשכת, פרקית או דו פרקית. שימוש בסמכים אלסטומריים עשוי גם לאפשר תזוזה אופקית בכפוף לקשיחותם. במידה והוחלט על סכימה נמשכת, על המתכנן להתחשב בכך בתכנון דריכת הגשר ובתוואי כבלי הדריכה.

10.6.2 גשר אינטגרלי

במידה והגשר מתוכנן כגשר אינטגרלי תשומת לב המתכנן לפרטי הדריכה ופרטי הזיון בקצה המיסעה, בתחום נציבי הקצה. יש לקחת בחשבון את המומנט השלילי באזור זה ובהתאם למקם את מרכז כובד הדריכה.

10.6.3 הטרחות:

מיסעת הגשר תתוכנן הן למצב שירות והן למצב הרס בהתאם למקדמים הנקובים בטבלה 1 בת"י 1227 חלק 1.

10.6.4 תוכניות מיסעה יצוקה באתר דרכות בדריכת אחר

10.6.4.1 גיאומטריה:

בתוכניות המיסעה על המתכנן לפרט בין השאר:

- גיאומטריה מפורטת של המיסעה – כולל התייחסות למצב skew של המיסעה, מפלסי פני מיסעה, לשיפוע הרוחבי ולעקומת הגשר במידה וקיימת.
- יש לפרט נתונים גיאומטריים במיקום ובצפיפות המאפשרים לקבלן לבצע את הגשר בדיוק המירבי הדרוש.
- חתכים טיפוסיים.

10.6.4.2 דריכה

- מיקום עוגנים וקפלרים.
- שרטוט מהלך הדריכה בחתכים לאורך ולרוחב לכל אורך המיסעה.
- פירוט מהלך הדריכה בטבלה מפורטת כולל מיקום הכבלים במרחב, כוח הדריכה בכל כבל ומיקום ספסלים לתמיכת הכבלים.
- פירוט התארכויות חזויות.

10.6.4.3 זיון

- פירוט זיון הקורה כולל הזיון באיזורי העיגון. יודגש כי במיסעה עם skew על המתכנן להתאים את הזיון באיזורי העיגון למצב ה-skew.
- במקרה שמתוכננת השענה רתומה בנציבי הקצה – גשר אינטגרלי - יש להקפיד על פרטי זיון מתאימים המסוגלים לקבל את ההטרחות הצפויות באזור זה. (ראה גם פרק 8 - נציבי קצה)
- תסבולת המתיחה של הזיון הרוחבי לא תפחת ממחצית תסבולת המתיחה של הזיון האורכי (כולל את פלדת הדריכה).

10.6.4.4 הערות

- בנוסף למפורט בגליונות הפרטים יהיה על המתכנן להתייחס ברשימת ההערות לחומרים המותרים לשימוש בביצוע מיסעה יצוקה באתר:
- בטון – סוג הבטון ב-50 או ב-60 צמנט CEM-1 כל מרכיבי התערובת ללא רכיבים הכוללים אפר פחם.
 - פלדת הדריכה – יש לפרט את חוזק פלדת הדריכה (בדרך כלל – MPA 1860 בעלת רלקסציה נמוכה רמה 2) לפי ת"י 1735 חלק 4.
 - פלדת הזיון – פלדת הזיון מצולעת לפי ת"י 4466 חלק 3.
- בנוסף עליו לפרט את דרישותיו בנוגע לנושאים הבאים:
- אשפרת הבטון - בהתאם למפרט הכללי אלא אם כן ישנה דרישה אחרת.
 - מועד הדריכה – על המתכנן לציין מהו חוזק הבטון המינימאלי הדרוש בעת דריכת הקורה ומהו פרק הזמן שצריך לחלוף ממועד היציקה.
 - כיסוי הבטון – בהתאם למפרט הכללי אלא אם כן ישנה דרישה מיוחדת.
 - סדר הדריכה.
 - קמבר צפוי – על המתכנן לציין מהו הקמבר (התרוממות המיסעה) צפוי לאחר סיום הדריכה.
 - יש לתאם את כל פרטי הדריכה כולל הכבלים העוגנים השרוולים וכו' יותאמו לפי שיטת הדריכה.
 - יש לאשר את דוחות הדריכה ע"י המתכנן לפני חיתוך הכבלים.
 - נקזים המותקנים בטבלת מיסעה.
 - לא תותר עבודת ריתוך בקירבת הכבלים.

גשרי מקטעים	10.7
סוגי גשרי מקטעים	10.7.1
<ul style="list-style-type: none"> - מקטעים יצוקים באתר בטפסה מתנייעת - מקטעים טרומיים יצוקים במפעל 	
תכנון גשרי מקטעים	10.7.2
שלבי ביצוע והעמסה	10.7.2.1
<p>תכן המיסעה יכול את כל מצבי העמיסה הצפויים בהתאם לשלבים העקרוניים, בכל שלב יותאם המודל החישובי והסכימה הסטטית למבנה הגשר באותו שלב :</p> <ul style="list-style-type: none"> - שלב יציקת המקטעים עבור משקל עצמי, עומסים שימושיים בזמן הביצוע, עומס רוח עומסי זחילה והתכווצות כאשר במקטעים יצוקים באתר יש לקחת בחשבון את עומס התבניות והבטון הטרי של המקטע העוקב. - שלב השלמת יציקת המקטעים לאחר קבלת מיסעה רציפה לכל אורך הגשר עבור עומסים קבועים ושימושיים בהתאם לתקנים הרלוונטיים. <p>תהליך התכנון יעודכן לאורך כל תהליך הביצוע, בכל מקרה יש לתכנן את המיסעה לפעולה בכיוון הרוחבי בנוסף לכיוון האורכי.</p>	
סכימה סטטית:	10.7.2.2
<p>מיסעת גשר מקטעים יכולה להיות שעונה באופן פרקי ע"ג הנציבים או להיות רתומה אליהם. במידה והוחלט על סכימה שעונה פרקית (או על גבי סמכים אלסטומריים), על המתכנן להתחשב בכך בתכנון שלבי הביצוע בכל הקשור לאופן ייצוב זיזי המקטעים במשך הביצוע.</p>	
הטרחות:	10.7.2.3
<p>מיסעת הגשר תתוכנן הן למצב שירות והן למצב הרס בהתאם למקדמים הנקובים בטבלה 1 בת"י 1227 חלק 1.</p> <p>הטרחות לשלבי הביצוע יחושבו בכפוף לדרישות המסמך האמריקאי:</p> <p>A.A.S.H.T.O -Guide Specifications for Design and Construction of Segmental Bridges</p> <p>מאמצי לחיצה מינימליים בשלבי החישוב השונים יהיו כמפורט להלן, מודגש במפורש כי אין להגיע למצבי עמיסה הגורמים למאמצי מתיחה:</p>	

- בשלב הייצור 0 (ללא מאמצי מתיחה)

- במצב שירות – 1 מגפ"ס (לחיצה).

10.7.3 תוכניות מקטעים

10.7.3.1 גיאומטריה:

בתוכניות המקטעים על המתכנן לפרט בין השאר:

- תכנית חלוקת מקטעים בגשר לרבות ציון תחומים בהם תבוצע השלמת יציקה.
- תכנית BULKHEAD המפרטת את תבנית מיקום כבלי הדריכה והעוגנים הטיפוסי למקטעים.
- תכניות מהלכי כבלים עליונים ותחתונים.
- גיאומטריה מפורטת של כל סוג מקטע – כולל התייחסות לדיאפרגמה, למצב skew, לפתחים, ולשינויים בגובה או ברוחב החתך.
- פרטי שיני גזירה בחזית המקטע ומיקומם.
- מיקום חורים להתקנת מערכת הטפסה המתנייעת או לחילופין אמצעי הנפה ודריכה זמנית למקטעים טרומיים.

10.7.3.2 דריכה

- התכנית תכלול שרטוט מהלך הדריכה בחתכים לאורך ולרוחב לכל אורך המיסעה.
- מיקום כל כבלי הדריכה בטבלה מפורטת בפסיעות שאינן עולות על 100 ס"מ ובכל נקודת שינוי מהלך.
- כוח הדריכה בכל כבל והתארכות מחושבת עפ"י מודול אלסטיות פלדת הדריכה החישובי
- יש לתאם את כל פרטי הדריכה כולל הכבלים העוגנים השרוולים וכו' כך שיותאמו לשיטת הדריכה.

10.7.3.3 זיון

- פירוט זיון לכל מקטע כולל הזיון באיזורי העיגון.
- יודגש כי במקטעים יצוקים באתר, בעלי המשכיות, יש לוודא פרטי חפיה מתאימים.

10.7.3.4 הערות (ראה גם גליונות הפרטים)

על המתכנן לפרט בהערות בתוכניות הנחיות ודרישות עבור ביצוע המקטעים.

בכל מקרה על הקבלן להפיק תוכניות ייצור התואמות לשיטת הביצוע ולהגישן לאישור.

בהערות על המתכנן להתייחס לחומרים הנדרשים לשימוש בייצור המקטעים :

- בטון – סוג הבטון ב-60 צמנט CEM-1 התערובת ללא רכיבים הכוללים אפר פחם.
 - כל אלמנטי הבטון יחשבו כבטון גלוי חזותי
 - פלדת הדריכה – יש לפרט את נתוני פלדת הדריכה
 - פלדת הזיון – פלדת הזיון מצולעת לפי ת"י 4466 חלק 3.
- בנוסף עליו לפרט את דרישותיו בנוגע לנושאים הבאים :
- אשפרת הבטון - בהתאם למפרט הכללי אלא אם כן ישנה דרישה אחרת.
 - מועד הדריכה – על המתכנן לציין מהו חוזק הבטון המינימאלי הדרוש בעת דריכת הקורה ומהו פרק הזמן שצריך לחלוף ממועד היציקה.
 - כיסוי הבטון – בהתאם לדרגת החשיפה של האלמנט ולתנאי הסביבה.
 - סדר דריכת הכבלים, כיוון הדריכה, כוח הדריכה, התארכות מתוכננת ומודל אלסטיות פלדת הדריכה החישובי.
 - יש לאשר את דוחות הדריכה ע"י המתכנן לפני חיתוך הכבלים.
 - נקזים המותקנים במיסעה.
 - לא תותר עבודת ריתוך בקירבת הכבלים.

10.7.4 בקרת גיאומטריה

- בהרכבה וביציקת מקטעים יש לתכנן את מפלסי ההרכבה והיציקה לשקיעות הצפויות בשלבי הביצוע השונים כך שמפלס המיסעה הסופי יתאים למפלס המתוכנן. את מפלסי ההרכבה או היציקה יש לרכז בטבלה או תרשים זרימה כחלק ממסמכי הביצוע באופן שיבטיח את העברת מלוא הנתונים הדרושים לקבלן לטובת התקנת התבנית או הרכבת המקטע בכל שלב.

10.7.5 המפרט הטכני המיוחד עבור גשרי מקטעים

בנוסף למפורט לעיל בסעיפים 10.7.2, 10.7.3 לעיל נדרש המתכנן להתייחס במפרט הטכני המיוחד של הפרויקט הנדון לנושאים הבאים, פרק זה של המפרט הטכני המיוחד יהיה חלק מחייב במכלול מסמכי התכנון של הגשר :

ייצור המקטעים הטרומיים :

- תנאי הסמכה/כשירות של היצרן
- ביקורות
- בדיקות

- דרישות מיוחדות ממתכנן הקבלן
- דרישות מיוחדות עבור תבניות יציקה
- תיאור שיטת הייצור במפעל (יציקת אלמנט כנגד אלמנט)
- דרישות עבור אחסון האלמנטים הטרומיים
- לוחות זמנים לייצור אחסון ושינוע

הרכבת המקטעים הטרומיים באתר:

- תוכניות הרכבה
- ציוד הרכבה
- דרישות עבור פרטי מערכת הדריכה
- סדר הרכבת המקטעים
- שיטת ההרכבה ופירוט סדר הפעולות להרכבה
- פרטים וחומרים להרכבה (מוטות דריכה ודבק אפוקסי)
- ייצוב זמני של המבנה

גשרי מקטעים יצוקים באתר:

- ציוד דרוש
- פרטי מערכת הדריכה
- מדידת התארכויות
- דיוס
- שלבי ביצוע לדריכה ויציקה
- תוכניות הרכבה
- ייצוב זמני של המבנה

10.8 ניקוז מיסעות

במיסעות גשרים יש לבצע נקזי כביש ונקזים תת אספלטיים:

10.8.1 נקזי כביש:

מיקום הנקזים יקבע ע"י מתכנן הכביש / הניקוז בתיאום עם מתכנן הגשר ויתואר בתכניות המבנה.

הנקזים על כל רכיביהם יעמדו בדרישות התקנים השונים ויבדקו למצבי העמיסה המתאימים בהתאם למיקומם בתחום מבנה הגשר.

התקנת הנקזים במבנה תענה על הקריטריונים הבאים :

- אין לנקז את הכביש לתוך קורות הגשר אלא אם כן הוכח שאין מיקום אחר לנקזים.
- במקרה והניקוז עובר דרך קורות הגשר על המתכנן לתכנן מעבר של צינור הניקוז אל מחוץ לקורה/לארגז הגשר.
- במידה וישנן מדרכות על מיסעת הגשר ויש צורך לבצע את חור הניקוז בתחום המדרכה, יש לתכנן תעלה המובילה את המים לתוך המדרכה אל הנקז וחור הניקוז. יש להראות בתוכניות פירוט של צורת הניקוז של המים מתחת למדרכה אל תוך הנקז.

10.8.2 נקזים תת אספליים

- בנוסף לנקזי כביש על המתכנן למקם במיסעת הגשר נקזים תת אספליים, מוצר חרושתי בלבד. נקזים אלו ימוקמו בקרבת תפרי התפשטות.
- יש לבצע חיבור של יריעות האיטום של הגשר לשפות של הנקז למניעת חדירת מים בתווך שביניהם.

10.8.3 תוכניות ניקוז מיסעות

בתוכניות הניקוז יפורטו לנושאים הבאים :

- פירוט גיאומטרי מפורט של הנקזים. במידה ומדובר במוצר חרושתי יש לתת פירוט בהתאם להנחיות היצרן ובלבד שישנו מוצר שווה איכות המיוצר ע"י יצרן אחר.
 - פירוט החומרים שהם עשויים חלקי הנקז.
 - מיקום מדויק של הנקזים לסוגיהם השונים על תנוחת הגשר.
 - פירוט שלבי ביצוע הנקזים ומועד חיבורם למיסעה, בתוך שלבי יציקת המיסעה.
- תוכניות הניקוז ישמשו תכניות מנחות לקבלן אשר יכין תוכניות סדנא לייצור הנקזים.

10.9 איטום מיסעות גשרים

10.9.1 איטום מיסעות גשרים

על המתכנן לוודא כי מערכת איטום המיסעה המתוכננת הינה מערכת איטום המתאימה ליישום שכבות אספלט, מאושרת ע"י נתיבי ישראל או בעלת אישור בינלאומי כדוגמת BBA-HAPAS

תכנון איטום מיסעות הגשרים יבטיח איטום מלא של כל חלקי פני המיסעה העליונים כולל חיבור של האיטום לאלמנטים השונים :

- תפרים (ראה פרק תפרי התפשטות באוגדן זה)

- נקזים (ראה פרק תוכניות פרטים סטנדרטיים לניקוז מיסעות בפרק זה)
- מידרכות ואבני שפה – יש לתכנן את יריעות איטום המיסעה כך שילווח את אבן השפה לאורכה ע"י רולקה, היריעות יבלטו לא פחות מ- 10 ס"מ מעל פני המיסעה.

10.9.2 הערות לתוכניות איטום מיסעות:

על ההערות לכלול את הפירוט הבא :

- דרישות לטיפול והכנת פני המיסעה לאיטום
- החומרים המרכיבים את מערכת איטום המיסעה
- שלבי ביצוע ואופן ביצוע איטום המיסעה
- דגשים לאיזורי איטום מיוחדים – תפרים נקזים וכדו'

10.10 רשימת פרטים מנחים טיפוסיים

שם תוכנית	מס' תוכנית
מיסעות גשרים - קורת תעלה גיאומטריה	NTI-ST-000-000000BR-10-5001
מיסעות גשרים - קורת תעלה חתכים טיפוסיים	NTI-ST-000-000000BR-10-5002
מיסעות גשרים – קצה קורת תעלה פרטי זיון	NTI-ST-000-000000BR-10-5003
מיסעות גשרים – פרטי קורות טרומיות	NTI-ST-000-000000BR-10-5004
מיסעות גשרים - קורות טרומיות - הערות	NTI-ST-000-000000BR-10-5005
מיסעות גשרים - קורת AASHTO טיפוסית גאומטריה	NTI-ST-000-000000BR-10-5010
מיסעות גשרים - קורות AASHTO טיפוסיות דריכה	NTI-ST-000-000000BR-10-5011
מיסעות גשרים - קורת AASHTO חתך טיפוס של מיסעה	NTI-ST-000-000000BR-10-5012
מיסעות גשרים - קורת AASHTO חתכים טיפוסיים עם זיון	NTI-ST-000-000000BR-10-5013
מיסעות גשרים - קורת Inverted T גאומטריה	NTI-ST-000-000000BR-10-5020
מיסעות גשרים - קורת Inverted T חתכים טיפוסיים	NTI-ST-000-000000BR-10-5021
מיסעות גשרים - קורת Inverted T זיון	NTI-ST-000-000000BR-10-5022
מיסעות גשרים - קורת Double Inerted T גאומטריה	NTI-ST-000-000000BR-10-5030
מיסעות גשרים - קורות Double Inerted T חתכים טיפוסיים	NTI-ST-000-000000BR-10-5031
מיסעות גשרים - קורות Double Inerted T דריכה וזיון	NTI-ST-000-000000BR-10-5032
מיסעות גשרים - פרטי קרומים-1	NTI-ST-000-000000BR-10-5040
מיסעות גשרים - פרטי קרומים-2	NTI-ST-000-000000BR-10-5041
מיסעות גשרים - טבלת מיסעה	NTI-ST-000-000000BR-10-5042
מיסעות גשרים - מיסעה יצוקה באתר - גיאומטריה	NTI-ST-000-000000BR-10-5050

מיסעות גשרים - מיסעה יצוקה באתר - חתכים והערות	NTI-ST-000-000000BR-10-5051
מיסעות גשרים - מיסעה יצוקה באתר – התווית כבלי דריכה	NTI-ST-000-000000BR-10-5052
מיסעות גשרים - מיסעה יצוקה באתר - זיון	NTI-ST-000-000000BR-10-5053
מיסעות גשרים - תוכנית BULKHEAD - גיאומטריה	NTI-ST-000-000000BR-10-5060
מיסעות גשרים - תוכנית מקטע טיפוס - זיון	NTI-ST-000-000000BR-10-5061
מיסעות גשרים - תוכנית מקטע טיפוס - הערות	NTI-ST-000-000000BR-10-5062
מיסעות גשרים - פרט המשכיות מיסעת קורות טרומיות – חלופה 1	NTI-ST-000-000000BR-10-5070
מיסעות גשרים - פרט המשכיות מיסעת קורות טרומיות – חלופה 2	NTI-ST-000-000000BR-10-5071
מיסעות גשרים - פרט המשכיות מיסעת קורות טרומיות – חלופה 3	NTI-ST-000-000000BR-10-5072
מיסעות גשרים - פרט המשכיות מיסעת קורות טרומיות – חלופה 4	NTI-ST-000-000000BR-10-5073
מיסעות גשרים - נקז תת אספלטי	NTI-ST-000-000000BR-10-5080
מיסעות גשרים - נקז כביש	NTI-ST-000-000000BR-10-5081
מיסעות גשרים - תוכנית פרטי איטום	NTI-ST-000-000000BR-10-5090

11 פרק 11 – מעקים לגשרים

11.1 תכולת הפרק

פרק זה מציג מידע עקרוני על תכנון מעקים לגשרים ומתאר את הדרישות, הכללים ואת שיטות התכנון על פי התקינה הישראלית הרלבנטית.

בתכנון המצורפות לפרטים הסטנדרטיים עפ"י הרשימה המצורפת מפורטים פרטים מנחים לתכנון מעקים מעקים גשרים. סוגי המעקים המוצגים בפרק זה:

- מעקים פלדה
- מעקים בטון מזויין
- בלוק קצה למעקים גשרים מבטון מזויין

11.2 תקנים

מעקים גשרים יתוכננו עפ"י התקנים המפורטים בסעיף 01.7 לעיל

הערה: מסמך זה והפרטים המצורפים מתאימים לתקן ישראלי 1227 חלק 1 (1988). בעת חיבור מסמך זה נמצא חלק נוסף (חלק 8) של ת"י 1227 בעריכה. לאחר מועד חלוקת תקן 1227 חלק 8, יש להתאים את תכנון מעקים הגשרים לעדכון, עד ליציאת מסמך זה במהדורה מעודכנת.

11.3 עומסים

11.3.1 כללי

מעקה הגשר על כל מרכיביו יתוכנן לכל העומסים וההטרחות הפועלים עליה כמוגדר בתקנים הרלוונטיים, לרבות התקנים העיקרים כדלקמן (פרק זה מתייחס אך ורק לגשרי רכב):

- ת"י 414 - עומסים אופייניים במבנים: עומס רוח
- ת"י 466-1 - חוקת הבטון
- ת"י 1227-1 - עומסים בגשרים – גשרי דרך.

11.3.2 עומסים הפועלים על מעקים גשרים

העומס העיקרי הפועל על מעקים גשרים הינו העומס המופיע בסעיף 8.4 בת"י 1227 חלק 1. כאמור בהערה בסעיף 10.2 לעיל, בת"י 1227 חלק 8 החדש ישנה התייחסות לעמידה של מעקה הגשר בהטרחות אורכיות הנובעות מהתנגשות כלי רכב במעקה. על המתכנן לשים לב כי לאחר מועד חלוקת תקן זה עליו להתאים את פרטי המעקה ובמיוחד חיבורי האזנים האופקיים (צינורות הפלדה) לדרישה זו.

11.4 תכנון גיאומטרי

מעקה פלדה- מעקה הפלדה מורכב מעמודי מעקה וצינורות אופקיים. בדרך כלל למיסעת הגשר ישנם שיפועים אורכיים ורוחביים, עמודי המעקה יוצבו בכיוון הרוחבי בניצב לאופק ובכיוון האורכי של הגשר בניצב למיסעה.

מעקה בטון – המעקה יוצב בניצב לאופק בכיוון הרוחבי ומלווה את קו המיסעה בכיוון האורכי.

11.5 מעקים גשרים מפלדה

11.5.1 סוגי מעקים עיקריים

- מעקים המיועדים לגשרי רכב בלבד
- מעקים משולבים המיועדים לגשרים הנושאים כלי רכב והולכי רגל

במעקים גשרים המיועדים עובר הולכי רגל בנוסף לכלי רכב, יש לתכנן תוספת פרופילים אנכיים או רשת המכסים על הרווחים בין הצינורות האופקיים של המעקה בין עמוד גשר אחד למשנהו.

11.5.2 תכנון מעקים פלדה

מעקים הפלדה יתוכננו להטרחות הנובעות מעומסי משקל עצמי ועומסי התנגשות כלי רכב ע"פ ת"י 1227.

בנוסף יתוכנן המעקה להטרחות הנובעות מעומסי טמפרטורה. יש לתכנן פרטים מתאימים בצינורות המעקה.

11.5.3 תוכניות מעקים גשרים מפלדה (ראה גליונות פרטים טיפוסיים מנחים)

על המתכנן לפרט בהערות בתוכניות הנחיות ודרישות עבור ביצוע המעקים. זאת כבסיס לדרישה שעל הקבלן להפיק תוכניות ייצור עבור כל המעקים ע"י מתכנן מטעמו, כפי שכתוב במפרט הכללי פרק 19.2 בנוגע למבני פלדה.

בהערות על המתכנן להתייחס לנושאים הבאים:

כללי:

- על המתכנן לתאם בין אלמנטי רכיבי הכרכוב של מיסעת הגשר (כרכוב טרומי ו/או יצוק באתר) לבין רכיבי מעקה הגשר.

פלדה:

- סוג הפלדה יהיה מסוג E-235 (Fe360) ו/או E-355 (Fe510) עפ"י ת"י 1225 חלק 10

ברגים:

- ברגי העיגון יהיו לפי ת"י 1225 חלק 1, בדרגת חוזק 5.6.
- הברגים יהודקו בעזרת דיסקה קפיצית.

גיליון:

- עבודות הגיליון יבוצעו בהתאם לת"י 918 ובהתאם להנחיות המפרט הכללי פרק 19.2.
- כל הברגים וברגי העיגון יהיו מגולוונים בדיפוזיה בעובי 56 מיקרון לפחות, לפי ת"י 812 גליון ברגים.
- כל אלמנטי הקונסטרוקציה יהיו מגולוונים בחם בעובי 80 מיקרון.

ריתוך:

- עבודות הריתוך יבוצעו בהתאם להנחיות המתאימות בפרק 19.2 במפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור.
- יש לבצע ריתוך לכל אורך המגע בין האלמנטים (ריתוך רציף) פרט למקומות שמצויין במפורט אחרת.

דיוס:

- דיוס בין פלטת העיגון לבין מיסעת הגשר יעשה בהתאם לדרישות ת"י 1225 חלק 1 והנחיות פרק 19 במפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור.

11.6 מעקים בטון מזויין לגשרים

11.6.1 סוגי מעקים עיקריים

מעקים בטון מזויין בגשרים יהיו מטיפוס מעקה F-SHAPE

11.6.2 תכנון מעקים בטון

תכנון המעקים יהיה עפ"י ההנחיות הבאות:

- מעקים הבטון יתוכננו להטרחות הנובעות מעומסי משקל עצמי ועומסי התנגשות כלי רכב ע"פ ת"י 1227 במהדורתו המעודכנת.

- בנוסף יתוכנן המעקה להטרחות הנובעות מעומסי טמפרטורה. יש לתכנן תפרים לאורך המעקה במידת הצורך.
- פרטי עיגון מעקה גשר מבטון מזויין למיסעת הגשר יתוכננו בהתאם להטרחות אורכיות ולהטרחות אופקיות בניצב לו (עומסי התנגשות). על המתכנן לוודא כי כמות הזיון ופרטי הזיון בחיבור בין המעקה למיסעת הגשר וכן כל רכיבי המיסעה הנושאים עומסים אלו, מתאימים להטרחות אלו.

11.6.3 תוכניות מעקים בטון מזויין לגשרים

על המתכנן לפרט בהערות בתוכניות הנחיות ודרישות עבור ביצוע המעקים.

בהערות על המתכנן להתייחס לנושאים הבאים:

חומרים:

- בטון – סוג הבטון
- פלדת הזיון – פלדת הזיון מצולעת לפי ת"י 4466 חלק 3.
- בנוסף עליו לפרט את דרישותיו בנוגע לנושאים הבאים:
- אשפרת הבטון - בהתאם למפרט הכללי אלא אם כן ישנה דרישה אחרת.
- כיסוי הבטון – בהתאם להנחיות סעיף 01.13 לעיל.

כללי:

- על המתכנן לתאם בין רכיבי הכרכוב עם רכיבי מעקה הגשר.

11.7 בלוק קצה למעקים גשרים

11.7.1 סוגי אלמנטים

בלוק קצה יהיה מסוג:

- בלוק קצה הנשען על קיר הכנף של הגשר
- בלוק קצה הנשען על ביסוס נפרד מהגשר

11.7.2 תכנון אלמנטי בלוק קצה

תכנון אלמנטי בלוק קצה יהיה עפ"י ההנחיות הבאות:

- בלוקי הקצה יתוכננו להטרחות הנובעות מעומסי משקל עצמי ועומסי התנגשות כלי רכב ע"פ ת"י 1227.

- על המתכנן לוודא כי הגיאומטרייה של בלוק הקצה ומיקומו מאושר ע"י גורם המוסמך לכך מטעם חברת יועץ נתיבי.
- מרחק מקסימאלי בין צינורות מעקה גשר מפלדה לבין בלוק הקצה 50 מ"מ.

11.7.3 תוכניות של בלוק קצה

על המתכנן לפרט בהערות בתוכניות הנחיות ודרישות עבור ביצוע בלוקי הקצה.

בהערות על המתכנן להתייחס לנושאים הבאים:

- חומרים:
- סוג הבטון ראה סעיף 01.8.2 לעיל.
- פלדת הזיון – פלדת הזיון מצולעת לפי ת"י 4466 חלק 3.
- אשפרת הבטון - בהתאם למפרט הכללי אלא אם כן ישנה דרישה אחרת.
- כיסוי הבטון – בהתאם להוראות סעיף 01.13 והנחיות המפרט הכללי אלא אם כן ישנה דרישה מיוחדת.

11.8 רשימת פרטים טיפוסיים מנחים

שם תוכנית	מס' תוכנית
מעקים - פרטי מעקה פלדה 1	NTI-ST-000-000000BR-11-5200
מעקים - פרטי מעקה פלדה 2	NTI-ST-000-000000BR-11-5201
מעקים - פרטי מעקה פלדה 3	NTI-ST-000-000000BR-11-5202
מעקים - פרטי מעקה פלדה 4	NTI-ST-000-000000BR-11-5203
מעקים - פרטי גוש קצה - גליון 1	NTI-ST-000-000000BR-11-5210
מעקים - פרטי גוש קצה - גליון 2	NTI-ST-000-000000BR-11-5211
מעקים - פרטי גוש קצה - גליון 3	NTI-ST-000-000000BR-11-5212
מעקים - פרטי גוש קצה - גליון 4	NTI-ST-000-000000BR-11-5213
מעקים - פרטי גוש קצה - גליון 5	NTI-ST-000-000000BR-11-5214
מעקים - פרטי גוש קצה - גליון 6	NTI-ST-000-000000BR-11-5215
מעקים - פרטי גוש קצה - גליון 7	NTI-ST-000-000000BR-11-5216
מעקים - פרטי גוש קצה - גליון 8	NTI-ST-000-000000BR-11-5217
מעקים - פרטי גוש קצה - גליון 9	NTI-ST-000-000000BR-11-5218
מעקים - פרטי מעקה F-SHAPE - גיאומטריה	NTI-ST-000-000000BR-11-5220

12 פרק 12 – תפרי התפשטות

12.1 תכולת הפרק

פרק זה כולל הנחיות תכנון ופרטים טיפוסיים מנחים לאופן תכנון תפרי התפשטות מסוגים שונים המותקנים בגשרי כביש, תכנון תפרי התפשטות בגשרי רכבת תבוצע עפ"י הנחיות ר"י.

פרק זה מהווה השלמה לנאמר בפרק 69.2 של המפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור (תפרי התפשטות) ומטרתו לחדד את הנדרש בשלב התכנון וכולל את בחירת סוג תפר ההתפשטות ופרטי ביצוע מחייבים לרבות הנושאים הבאים:

- סוגי תפרים
- חומרים
- פרטים מנחים / מחייבים (התואמים להנחיות המפרט)
- פרטי תפרים באיזור כביש, מדרכה, מפרדה
- פרטי עיבוד תפרים באיזור כרכובים בגשרים בעלי זווית נטיה (skew).

תכנון מפורט והכנת תכניות ביצוע של תפרי התפשטות מבוצע עפ"י ההנחיות בפרק 69.2 של המפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור (תפרי התפשטות) וכולל:

- הכנת מסמכים מקדימים כמפורט בסעיף 69.02.01.10 של פרק 69.2
- הכנת מסמכים מפורטים לייצור והתקנת תפרי התפשטות כמפורט בסעיף 69.02.01.11 של פרק 69.2 לרבות תכניות ייצור והתקנה מפורטות (shop drawings) של תפרי ההתפשטות.

הערה: בכל המקומות בהם יצויין להלן פרק 69.2 תהיה הכוונה לפרק 69.2 של המפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור (תפרי התפשטות)

12.2 תקנים ומפרטים

תפרי התפשטות יתוכננו עפ"י התקנים המפורטים בסעיף 01.7 לעיל ועפ"י התקנים והמפרטים הבאים:

מפרטים
"המפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור" של נתיבי ישראל. פרק 69.2: עבודות משלימות בגשרים – תפרי התפשטות. (לרבות "הנחיות למתכנן").

מפרטים זרים ומסמכים מנחים
TL/TP-FU92: Technical Delivery and <i>Inspection</i> Specifications for Watertight Expansion Joints of Road and Foot Bridges. (Germany)
ETAG 032 Parts 1-8: Guideline for European Technical Approval of Expansion Joints for Road Bridges (may 2015)
RVS 15.45 (1993) – Bridge components expansion joints (Austria)
RIZ-ING 2008 - Standard Drawings for engineering works (Germany)

וכן כל תקן ו/או מפרט ישראלי ו/או זר אחר רלוונטי שיידרש באופן מיוחד לתכנון וביצוע תפרים.

12.3 סוגי תפרי התפשטות

בפרק 69.2 קיימת אבחנה בין סוגי תפרי התפשטות על פי תפקודם (מיון התואם למספר משפחה עפ"י הגדרות ETAG32).

ההנחיות והפרטים הטיפוסיים המנחים הכלולים בפרק זה של האוגדן מתייחסים לסוגי התפרים הבאים בלבד:

#	סוג התפר	מרווח מבני	מרווח פעיל *
2#	תפר טמון	20 מ"מ (מקס)	אין
4.1#	תפר התפשטות מרווח יחיד UBE1 (Unit Strip Seal)	תפר בינוני	תזוזה כוללת של עד 80 מ"מ **
8#	תפר התפשטות בעל מספר מרווחים Modular Expansion Joints	תפר גדול	תזוזה כוללת מעל 80 מ"מ
<p>* מרווח פעיל: המרווח האפקטיבי המצטבר של מכלול התפר עפ"י המאפיינים שלו תוך שמירה על תפקוד תקין של המכלול.</p> <p>** במקרים חריגים של מידת מרווח פעיל ניתן לשקול התקנת תפר מרווח יחיד עם מרווח פעיל של 100 מ"מ.</p>			

12.4 מכלול תפר התפשטות

תפרי ההתפשטות המותקנים במבני דרך מוגדרים עפ"י האמור בפרק 69.2 כמכלול (kit) הכולל לפחות 2 רכיבים אותם יש להתקין באופן קבוע במבנה הגשר כך שלאחר השלמת התקנתם יהיו את תפר ההתפשטות.

כל רכיבי מכלולי התפרים מתוארים ומפורטים בפרק 69.2 והם כוללים רכיבים המיוצרים ומחוברים במפעל ורכיבים המבוצעים באתר לרבות כתף התפר, אטם התפר, יציקת עיגון וכיו"ב.

12.5 חומרים

מכלולי תפרי התפשטות יהיו עשויים מחומרים המאושרים לשימוש כרכיבים של תפרי התפשטות מהסוגים השונים כמפורט בסעיף 69.02.01.14 בפרק 69.2 .

12.6 הנחיות לתכנון וביצוע תפרי התפשטות מסוג תפר מרווח יחיד ומספר מרווחים

12.6.1 כללי

תכנון, ייצור והתקנת תפרי התפשטות מסוג תפר מרווח יחיד (Unit Strip Seal) UBE1 ו/או תפר בעל מספר מרווחים (Modular expansion joints) יהיו עפ"י ההוראות המפורטות בפרק 69.2 ועפ"י ההנחיות המתאימות במפרט TL/TP-FU92 ובמסמך RIZ-ING 2008.

12.6.2 התאמת התכנון הגאומטרי של רכיבי הגשר לפרטי התפר

בתכנון פרטי הביצוע וחתכים טיפוסיים של רכיבי המבנה בסמיכות לתפר נדרש המתכנן לוודא התאמת הפרטים למכלול תפר ההתפשטות לרבות הנושאים הבאים :

- התאמת פרטי התפר לשיפוע האורכי (מקביל לציר הכביש) של מיסעת הגשר.
- התאמת פרטי התפר למפלס פני אספלט סופיים - מפלס עליון של כתף התפר תואם למפלס פני האספלט המגיעה עד לפרופיל הפלדה.
- עיבוד חתכים טיפוסיים של התפר לרבות בתחום כביש, מדרכה ומפרדה עפ"י הפרטים המנחים באוגדן.
- תכנון פרטי הזיון מיסעה ורכיבי נציבי קצה לרבות מוטות זיון המותקנים בתחום השקעים המיועדים ליציקת העיגון של התפר, יש להתאים את כיון מוטות הזיון ומיקומם למוטות העיגון של מכלול תפר ההתפשטות.
- עיבוד פרט קצה התפר באיזור כרכובי השפה והתאמתו לחתך הטיפוסי של הכרכוב (לרבות כרכוב טרומי ו/או כרכוב יצוק באתר).
- התאמת מרווח התפר למרווח בפועל בתלות בטמפרטורת הסביבה.

12.6.3 תפר מרווח יחיד

מכלול (KIT) תפר מרווח יחיד יהיה מסוג UBE1 כולל פרופילי שפה מפלדה (כתף התפר) המותקנים בתוך שקעים שהוכנו מראש ביציקות הבטון בשני צידי התפר. מילוי מרווח התפר באמצעות אטם גמיש רציף המחובר באופן מכני אל פרופילי השפה ואשר אינו מועמס בעומסים שימושיים של מיסעת הגשר. פירוט רכיבי המכלול ראה פרק משנה 69.02.02 פרק 69.2.

תפר מסוג זה יותקן במבני דרך העונים על הקריטריונים הבאים:

- המרווח המבני של התפר גדול מ 100 מ"מ.
- המרווח הפעיל של התפר בתחום 0 – 80 מ"מ.
- במקרים חריגים של מידת מרווח פעיל ניתן לשקול התקנת תפר מרווח יחיד עם מרווח פעיל של 100 מ"מ.

12.6.4 תפר מספר מרווחים

מכלול (KIT) תפר התפשטות בעל מספר מרווחים כולל פרופילי שפה מפלדה (כתף התפר) המחוברים למיסעת הגשר ו/או רכיבי נציבי קצה ופרופילי פלדה מקבילים להם הנשענים על מערכת נושאת משנית המגשרת על מרווח התפר הכולל. מילוי מרווחי התפר בין פרופילי הפלדה באמצעות אטמים גמישים רציפים שאינם מועמסים בעומסים השימושיים של מיסעת הגשר. פירוט רכיבי המכלול ראה פרק משנה 69.02.02 פרק 69.2.

תפר מסוג זה יותקן במבני דרך העונים על הקריטריונים הבאים:

- המרווח המבני המינימלי 300 מ"מ.
- המרווח הפעיל המצטבר של התפר לפחות 160 מ"מ.
- גלריה תפעולית ברוחב מינימלי 80 ס"מ

12.6.5 תפר טמון

תפר טמון המשמש לצורך גישור ואטימת מרווח תפרי הפרדה בין מבנה המיסעה וטבלת גישה המאופיינים בדפורמציית הזזה מוגבלת בכיוון הציר האורכי של המבנה ודפורמציית סיבוב.

כל רכיבי התפר אינם גלויים לעין ומותקנים מתחת לשכבת האספלט שאינה חלק ממכלול התפר. ראה פרק 69.2 פרק משנה 69.02.03.

12.7 שריון אספלט ליד תפר התפשטות

שריון האספלט בסמיכות לתפרי ההתפשטות המותקנים בתחום כבישים משמש לצורך חיזוק מבנה שכבות הכביש בקרבת התפר ומונע או מעכב את התפרקות האספלט בקרבת התפר אשר עלולה לגרום לנזקים למכלול התפר עצמו.

במידה ויוחלט על ביצוע שריון אספלט מיסעת הכביש בתחום שבקרבת תפר התפשטות (לאורכו) יבוצע השריון כמתואר להלן ע"י ניסור חריצים בשכבת האספלט לרבות חריץ רציף לאורך פרופיל התפר משני צידי הפתח וחריצים בזוית לחריץ הראשי הנ"ל. מילוי החריצים יהיה בבטון אלסטומרי בעל חוזק גבוה, הידבקות גבוהה ותכונות של חומר איטום המומלץ ע"י יצרן התפר.

12.8 רשימת פרטים טיפוסיים מנחים

שם תוכנית	מס' תוכנית
תפר מרווח יחיד - פרט תפר בתחום אספלט (כביש)	NTI-ST-000-000000BR-12-5001
תפר מרווח יחיד - פרט תפר בתחום מדרכה	NTI-ST-000-000000BR-12-5002
תפר מרווח יחיד - פרט תפר בתחום אי תנועה / מפרדה	NTI-ST-000-000000BR-12-5003
תפר מרווח יחיד - פרט תפר בתחום אספלט – חיזוק אספלט	NTI-ST-000-000000BR-12-5004
תפר מספר מרווחים - פרט תפר בתחום אספלט (כביש) – גליון 1	NTI-ST-000-000000BR-12-5011
תפר מספר מרווחים - פרט תפר בתחום אספלט (כביש) – גליון 2	NTI-ST-000-000000BR-12-5012
תפר מספר מרווחים - פרט תפר בתחום מדרכה / אי תנועה / מפרדה	NTI-ST-000-000000BR-12-5013

13 פרק 13 – סמכים

13.1 תכולת הפרק

פרק זה כולל הנחיות תכנון ופרטים מנחים לאופן תכנון סמכים מסוגים שונים המותקנים בגשרים ובמבני דרך.

הפרק מתייחס לסוגים השונים של סמכים, כמפורט בסעיף 13.3 להלן, העשויים מחומרים שונים ומסוגים ברמות שונות מבחינה התפקוד.

מטרת ההנחיות המפורטות להלן להבטיח תפקוד תקין של הסמכים המהווים את המרכיב המשמעותי בהבטחת קיום הסכימה הסטטית התכנונית של הגשר.

בפרק להלן מפורטות דרישות המינימום של הסמכים מהסוגים השונים כאשר עבור כל סוג מפורטת התייחסות לנושאים הבאים:

- חומרים (לרבות דרישות הטיב הנדרשות מבחינת קיים, תפקוד, דפורמציות וכו').
- דרישות תכנוניות לחישוב המכלול (סמך) כולו ורכיבי המכלול.
- שיטות הביצוע ודרישות טיב הביצוע וההתקנה.
- פרטים מנחים

13.2 תקנים ומפרטים

סמכים יתוכננו עפ"י התקנים המפורטים בסעיף 01.7 לעיל ועפ"י התקנים והמפרטים הבאים:

תקנים ישראליים	
מס' ת"י	שם התקן
789/1	סבולות בבניה - עקרונות
896	מוספים לבטון ולדייס: מוספים לבטון
1227/7.1	תכן גשרים: סמכים – סמכים אלסטומריים
תקנים זרים	
EN 1337 : Structural bearings Part 1 – General design rules	
EN 1337 : Structural bearings Part 2 – Sliding Elements	
EN 1337 : Structural bearings Part 3 – Elastomeric Bearings	
EN 1337 : Structural bearings Part 4 – Roller Bearings	
EN 1337 : Structural bearings Part 5 – Pot Bearings	
EN 1337 : Structural bearings Part 6 – Rocker Bearings	
EN 1337 : Structural bearings Part 7 – Spherical and Cylindrical Bearings	

EN 1337 : Structural bearings Part 8 – Guided Bearings and Restrained Bearings
EN 1337 : Structural bearings Part 9 – Protection
EN 1337 : Structural bearings Part 10 – Inspection and Maintenance
EN 1337 : Structural bearings Part 11 – Transport storage and installation
EN 15129 : Anti-seismic devices
<u>מפרטים זרים ומסמכים מנחים</u>
RIZ-ING 2008 - Standard Drawings for engineering works (Germany)

וכן כל תקן ו/או מפרט ישראלי ו/או זר אחר רלוונטי שיידרש באופן מיוחד לתכנון וביצוע סמכים.

13.3 סוגי סמכים

13.3.1 תפקיד הסמכים

סמכים הם מכלולים המותקנים בין 2 רכיבים של גשרים (בין מבנה עליון ומבנה תחתון) ומטרתם לאפשר לחלקי המבנה לפעול באופן המתאים לסכמה הסטטית שנקבעה למבנה לרבות:

- העברת עומסים סטטיים ודינמיים ממבנה עליון לרכיבי המבנה התחתון.
- אמצעי חיסום לתזוזות אופקיות של המבנה העליון בכיוונים השונים כולל חיסום מלא (fixed bearing) ו/או חיסום חלקי (guided bearing) ו/או ללא כל מגבלת חיסום (free bearing).
- אמצעי המאפשר תזוזות סיבוביות יחסיות בכיוונים השונים בין המבנה העליון ומבנה תחתון.

13.3.2 סיווג סמכים

13.3.2.1 סיווג לפי אופן תפקוד ותזוזות

ניתן למיין סמכים המותקנים במבני דרך על פי סוג מכלול החיבור של הסמך למבנה עליון ותחתון אשר מאפיין ומאפשר את התזוזה הכוללת הנדרשת:

- סמכים בעלי כושר סיבוב ותזוזה יחסית בכל הכיוונים
- סמכים מחליקים
- סמכים בעלי כושר סיבוב ותזוזה אופקית מוגבלים (חד כיווני)
- סמכים בעלי כושר סיבוב ותזוזה יחסית בכל הכיוונים ו/או חד כיווני המאפשרים גם העברת כוחות אופקיים.

בתכניות מבני הדרך יפורטו הסמכים תוך כדי התייחסות לסוג החיסומים של כל סמך בכל הכיוונים לרבות חיסום להזזה וחיסום לסיבוב. הסימון יהיה גרפי בהתאם לסימנים המוסכמים המתוארים בתקן EN 1337 : Structural bearings Part 1 – General design rules טבלה מס 1 - Most common types of bearings

13.3.2.2 סיווג לפי אופן מבנה הסמך ועל פי חומר

הסמכים המאושרים לשימוש במבני דרך של נתיבי ישראל ממוינים עפ"י מבנה הסמכים :

- סמכים אלסטומריים עשויים נאופרן (גומי סינטטי CR) לרבות סמכים לא משוריינים (סמך חד שכבתי ללא שריון פחי פלדה) וסמכים אלסטומריים רב שכבתיים (עם שריון פחי פלדה).
- סמכים מסוג Pot Bearing.
- סמכים מסוג Spherical Bearing.
- סמכים מסוג HDRB (High Damping Rubber Bearing).
- סמכים מסוג LRB (Lead Core Rubber Bearing).

13.3.2.3 אבחנה בין סמכים מוצר מדף וסמכים יחודיים

סמכים המותקנים במבני דרך יכולים להיות :

- סמכים סטנדרטיים מבחינת מידות וחתך המיוצרים ע"י היצרן באופן שוטף וכלולים במערכת בקרת האיכות והתיעוד (לרבות צד שלישי) של המפעל כנדרש בתקנים השונים.
- סמכים לא סטנדרטיים מבחינת מידות ו/או החתך המיוצרים ע"י היצרן עבור פרויקט מסויים. לסמכים אלו נדרשת מערכת בקרת האיכות ותיעוד (לרבות צד שלישי) יחודיים כנדרש בתקנים השונים.

13.4 חומרים

בנוסף לאמור בסעיף 01.8 לעיל תכנון וביצוע סמכים יתאים להנחיות המפורטות להלן :

13.4.1 כללי

ייצור והתקנת סמכים מהסוגים המפורטים במפרט זה והמאושרים לשימוש במבני דרך של נתיבי ישראל יהיה תוך שימוש בחומרים ומוצרים שיתאימו לדרישות המפרטות להלן ועפ"י הוראות התקנים המתאימים.

בדיקות לחומרים תבוצענה במעבדות מוסמכות. הסמכים יסופקו כשהם מלווים בכל האישורים הנדרשים בנוגע להתאמת החומרים לדרישות.

13.4.2 אלסטומר

מודגש במפורש כי סמכים אלסטומריים המותקנים במבני הדרך יהיו עשויים נאופרן (גומי סינטטי) בלבד CR (Chloroprene Rubber), לא יאושר שימוש בסמכים העשויים גומי טבעי NR (Natural Rubber) לרבות סמכים עשויים גומי טבעי עם מעטפת של נאופרן.

בסמכים בעלי כושר ריסון (סמכים משככים) יאושר שימוש בגומי טבעי.

הגדרת תכונות האלסטומר עפ"י המתואר בטבלה 1 בת"י 1227 חלק 7.1 "תכונות מכניות ופיסיקליות של האלסטומר".

13.4.3 בטון (תושבות לסמכים)

תושבות הבטון עליהן מותקנים הסמכים תהיינה עשויות בטון מסוג ב-50 או ב-60 עם מוסף לקיזוז התכווצות ו/או בטון מהיר התחזקות.

תכן תערובת הבטון יהיה לפי הנחיות פרק 02 המפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור נתיבי ישראל, עפ"י דרישות התקנים הישראליים, ועפ"י הנחיית המתכנן לדרישות המינימום של התערובת.

13.4.4 פלדה

כל רכיבי הפלדה הכלולים במכלול סמכים מסוג כלשהוא לרבות פחי הפלדה המשמשים לצורך שריון הסמך, פחי פלדה המותקנים כשכבה חיצונית, פחי פלדה של מכלול הרכבת הסמכים וכיו"ב יעמדו בדרישות ת"י 1227 חלק 7.1 ובת"י 1225 חלק 10 לרבות סוג הפלדה, עובי מינימלי של הפחים וכו'.

13.4.5 פלב"מ

כל רכיבי הפלב"מ הכלולים במכלול סמכים מסוג כלשהוא יהיו עשויים פלב"מ L 316. חיבורים של רכיבי פלב"מ ייעשו ע"י ברגי פלב"מ המותאמים לפלב"מ L 316. הריתוכים ייעשו ע"י אלקטרודות פלב"מ. העבודה תתבצע ע"י רתכים שעברו מבחן רתכים.

13.4.6 PTFE (פולי טטרא פלואורו אתילן)

טפלון, חומר טרמופלסטי

13.5 הנחיות לתכנון וביצוע סמכים מסוג סמכים אלסטומריים

13.5.1 כללי

תכנון, ייצור והתקנת סמכים אלסטומריים יהיו עפ"י ההוראות המפורטות בת"י 1227 חלק 7.1 ועפ"י ההנחיות המשלימות בתקן EN 1337: Structural bearings Part 3 Elastomeric Bearings





13.5.2 התאמת התכנן הגאומטרי של רכיבי הגשר לסמכים


בתכנון פרטי הביצוע וחתכים טיפוסיים של רכיבי המבנה נדרש המתכנן לוודא התאמת הפרטים למכלולי הסמכים לרבות הנושאים הבאים:

- התאמת פרטי אלמנטי המבנה העליון (מיסעה) ומבנה תחתון (נציבי קצה ונציבים אמצעיים) לשיטת ההתקנה של הסמכים – התקנה ישירה או התקנה עקיפה.
- התאמת מפלסי תושבות הבטון של הסמכים למפלס הנדרש בהתאם לחתכים האורכיים והרוחביים של המיסעה ובהתאם לכפף חזוי של רכיבי המיסעה.
- תכנון פרטי תחתית קורות טרומיות אורכיות באיזור ההשענה על הסמכים כך שיובטח מגע מלא בין תחתית הקורה ופני הסמך
- תכנון סמכים ו/או תושבות זמניות בהתאם לשיטת הביצוע
- עיבוד חתכים טיפוסיים של הסמכים עפ"י הפרטים המנחים באוגדן.
- תכנון פרטי הזיון מיסעה ורכיבי נציבי קצה לפרטי הסמך לרבות הכנת שקעים, ריכוז מוטות זיון וכו'.

13.6 סמכים אלסטומריים מוצר מדף

תכנון הסמכים יהיה עפ"י טיפוסי הסמכים המוגדרים בצוור 2 בת"י 1227 חלק 7.1, סמכים מטיפוס E,D,C,B,A כמתואר להלן:

סוג הסמך	תיאור	
A	סמך עם שכבת פלדה אחת	
B	סמך עם 2 שכבות פלדה לפחות	
C	סמך מטיפוס B אך עם שכבות פלדה חיצוניות	
D	סמך מטיפוס B אך עם שכבת PTFE מגופרת לאלסטומר	

	סמך מטיפוס C אך עם שכבת PTFE מעל שכבת הפלדה החיצונית	E
---	---	----------

מידות מומלצות לסמכים מטיפוס B מתוארות בטבלה 3 בתקן EN 1337-3 המצורפת להלן :

Dimensions a x b (mm) or D	THICKNESS in mm						Number of layers n	
	Unloaded bearing		Elastomer (total ^a)		Elastomer layers	Reinforcing plates	min.	max.
	min.	max.	min.	max.				
100 x 150	30	41	16	24	8	3	2	3
100 x 200	30	41	16	24	8	3	2	3
150 x 200	30	52	16	32	8	3	2	4
φ 200	30	52	16	32	8	3	2	4
150 x 250	30	52	16	32	8	3	2	4
150 x 300	30	52	16	32	8	3	2	4
φ 250	30	52	16	32	8	3	2	4
200 x 250	41	74	24	48	8	3	3	6
200 x 300	41	74	24	48	8	3	3	6
200 x 350	41	74	24	48	8	3	3	6
φ 300	41	74	24	48	8	3	3	6
200 x 400	41	74	24	48	8	3	3	6
250 x 300	41	85	24	56	8	3	3	7
φ 350	41	85	24	56	8	3	3	7
250 x 400	41	85	24	56	8	3	3	7
300 x 400	57	105	36	72	12	4	3	6
φ 400	57	105	36	72	12	4	3	6
300 x 500	57	105	36	72	12	4	3	6
φ 450	57	105	36	72	12	4	3	6
300 x 600	57	105	36	72	12	4	3	6
350 x 450	57	121	36	84	12	4	3	7
φ 500	57	121	36	84	12	4	3	7
400 x 500	73	137	48	96	12	4	4	8
φ 550	73	137	48	96	12	4	4	8
400 x 600	73	137	48	96	12	4	4	8
450 x 600	73	153	48	108	12	4	4	9
φ 600	73	153	48	108	12	4	4	9
500 x 600	73	169	48	120	12	4	4	10
φ 650	73	169	48	120	12	4	4	10
600 x 600	94	199	64	144	16	5	4	9
φ 700	94	199	64	144	16	5	4	9
600 x 700	94	199	64	144	16	5	4	9
φ 750	94	199	64	144	16	5	4	9
700 x 700	94	220	64	160	16	5	4	10
φ 800	94	220	64	160	16	5	4	10
700 x 800	94	220	64	160	16	5	4	10
φ 850	94	220	64	160	16	5	4	10
800 x 800	110	285	80	220	20	5	4	10
φ 900	110	285	80	220	20	5	4	10
900 x 900	110	285	80	220	20	5	4	11

^a Total thickness without 2,5 mm top and bottom cover

13.7 התקנת סמכים

13.7.1 צוות התקנה

התקנת מכלולי סמכים באתר העבודה תבוצע ע"י צוות התקנה מורשה מטעם יצרן הסמכים אשר עברו את ההכשרה הנדרשת ע"י היצרן.

צוות ההתקנה יהיה אחראי על כל המלאכות הכרוכות בהתקנת מכלולי הסמכים לרבות ביצוע עבודות ההכנה הנדרשות, בדיקת התאמת מבנה הגשר, תושבות, שקעים וכיו"ב למכלול וליווי כל תהליך הטיפול במכלול לרבות אחסון, שינוע, התקנה ובקרת איכות. צוות ההתקנה המאושר יכלול לפחות את העובדים המקצועיים הבאים:

- ראש צוות מוסמך הן על פי חוק והן על פי מסמך היצרן.
- פועלים מקצועיים (לפחות 2) שהוסמכו לביצוע התקנת מכלול הסמך לרבות עבודות העזר השונות.

במקרה של התקנת סמכים גדולים ו/או חריגים ידרש כי התקנת הסמך הראשון תהיה בנוכחות נציג מטעם יצרן הסמך עפ"י הנחיות EN 1337-11

אישור יצרן מכלול הסמך להסמכת צוות העבודה באתר יהיה עפ"י הנוהל הבא:

- יצרן הסמכים יכין מסמך מפורט לאישור והסמכת כל חברי צוות ההתקנה המוסמך על ידו לביצוע העבודות באתר לרבות עבודות ישירות ועבודות משלימות.
- נוהל היצרן יכלול מועדי רענון הכשרת צוות העובדים אולם בכל מקרה לפחות מועד רענון כל 24 חודש.
- היצרן ינפיק תעודת הסמכה אישית שמית לכל אחד מבעלי המקצוע הנדרשים כמפורט לעיל אשר תכלול את תיאור ההסמכה, מועד פקיעת ההסמכה ופירוט סוגי הסמכים עבורם תקפה ההסמכה.

13.7.2 התקנה ישירה

בשיטת התקנה ישירה מבוצעים רכיבי המבנה העליון ישירות על גבי הסמכים הקבועים של המבנה. בכל שלבי ביצוע העבודות של המבנה העליון נדרש להקפיד על ההנחיות המפורטות להלן:

13.7.2.1 מבנה עליון יצוק באתר

התקנת מערכת התבניות תבוצע באופן כזה שתובטח אטימות קו התפר שבין מערכת התבניות לבין תחום הסמך ויחד עם זאת הפרדה מלאה בין מישור פני הסמך לבין התבנית למניעת נעילת הסמך וחסימת תזוזות שלו בכל שלבי הביצוע.

נדרש להגן על כל רכיבי הסמך בכל שלבי ביצוע העבודות המקדימות ויציקת רכיבי המבנה העליון הנשענים על פני הסמך.

במקרים של ביצוע מבנה עליון בשלבים יש לוודא את יציבות הסמך בכל שלבי הביצוע בהתאם למצבי ההעמסה הזמניים הפועלים.

מבנה עליון עשוי אלמנטים טרומיים

13.7.2.2

התקנת הרכיבים הטרומיים תבוצע באופן כזה שיובטח מגע מלא בכל פני השטח בין המישור העליון של הסמך ותחתית הרכיב הטרומי.

בתכנון הרכיבים הטרומיים יש להתחשב בנתונים הגאומטריים של המבנה לרבות שיפועים רוחביים ו/או אורכיים ולבצע את תחתית הרכיבים הטרומיים עם חיתוכי קצה כך שיובטח שמישור המגע יהיה אופקי ו/או משופע עד לזווית מקסימלית 2%.

במהלך התקנת האלמנטים הטרומיים יש לנקוט בכל האמצעים הנדרשים על מנת להבטיח מגע מלא ואחיד והנחה סימולטנית של הרכיבים על פני הסמכים ללא עיוות הסמכים בזמן שיחרור אמצעי ההרמה והשינוע של האלמנטים הטרומיים.

לפני הרכבת האלמנטים יש ליישם שכבת דייס בכל פני שטח המגע בין הסמך לבין האלמנטים הטרומיים.

יש להתקין את כל רכיבי התמיכות הזמניות הנדרשות לצורך הרכבת האלמנטים בהתאם לתכנון מפורט שיבצע הקבלן לעבודות הרכבת המבנה.

התקנה לא ישירה

13.7.3

בהתקנה לא ישירה משתמשים במערכת של תמיכות זמניות המותקנות בסמיכות לסמכים הקבועים והמשמשת להשענת האלמנטים הטרומיים בזמן התקנת המבנה העליון.

במקרים של סמכים עם ברגי עיגון יש להקפיד על מיקום האלמנט באופן כזה שהשקעים המיועדים לקליטת ברגי העיגון של הסמך ימוקמו באופן אקסצנטרי וכך שתתאפשר תנועת הסמך עד לחזרתו למצבו האנכי הבלתי מעוות לאחר שתורם המיסעה בתום דפורמציות הזחילה.

לאחר השלמת עבודות הרכבת האלמנטים יש למלא את המרווח הפנוי בין פני הסמך לתחתית האלמנט הטרומי באמצעות דייס מבוצע בהזרקה ו/או בשפיכה. עובי שכבת הדייס יהיה 15 – 30 מ"מ.

הדייס יהיה מוצר תעשייתי בעל תכונות המתאימות לנדרש לרבות חוזק הדייס ודרגת התכווצות (דייס בלתי מתכווץ).

יש להקפיד כי חומר הדייס ימלא את כל חלל המרווח ויבטיח מגע מלא ואחיד בכל פני השטח. לצורך ביצוע העבודות נדרש הקבלן להתקין את כל רכיבי העזר הנדרשים לרבות תמיכות זמניות, צינוריות להזרקת דייס, צינוריות לבקרה ולשחרור אויר וכיו"ב.

שחרור מערכת התמיכות הזמניות של המיסעה והעברת העומסים לסמכים תתבצע לאחר שהדייס הגיע לחוזק בהתאם לחישוב המפורט של הגשר אשר יבוצע מראש ע"י הקבלן.

13.8 רשימת פרטים טיפוסיים מנחים

מס' תוכנית	שם תוכנית
NTI-ST-000-000000BR-13-5001	סמך נאופרן מזויין התקנה ישירה – גליון 1
NTI-ST-000-000000BR-13-5002	סמך נאופרן מזויין התקנה ישירה – גליון 2
NTI-ST-000-000000BR-13-5003	סמך נאופרן מזויין התקנה לא ישירה – גליון 1
NTI-ST-000-000000BR-13-5004	סמך נאופרן מזויין התקנה לא ישירה – גליון 2
NTI-ST-000-000000BR-13-5005	סמך נאופרן מזויין עם חיבור מיתד

14 אוגדן פרטים סטנדרטיים לגשרים ומבני דרך –

פרטים טיפוסיים מנחים

פרק 02 – מעבירים תחתיים

פרק 03 – תעלות ניקוז

פרק 04 – קירות תומכים

פרק 05 – קירות אקוסטיים

פרק 06 – ביסוס לעמודי תאורה

פרק 07 – ביסוס גשרים

פרק 08 – נציבי קצה

פרק 09 – נציבי ביניים (אמצעיים)

פרק 10 – מיסעות גשרים

פרק 11 – מעקים גשרים

פרק 12 – תפרי התפשטות

פרק 13 – סמכים

אוגדן פרטים סטנדרטיים לגשרים ומבני דרך

פרטים טיפוסיים מנחים

פרק 02 – מעברים תחתיים

אוגדן פרטים סטנדרטיים לגשרים ומבני דרך

פרטים טיפוסיים מנחים

פרק 03 – תעלות ניקוז

אוגדן פרטים סטנדרטיים לגשרים ומבני דרך

פרטים טיפוסיים מנחים

פרק 04 – קירות תומכים

אוגדן פרטים סטנדרטיים לגשרים ומבני דרך

פרטים טיפוסיים מנחים

פרק 05 – קירות אקוסטיים

אוגדן פרטים סטנדרטיים לגשרים ומבני דרך

פרטים טיפוסיים מנחים

פרק 06 – ביסוס לעמודי תאורה

אוגדן פרטים סטנדרטיים לגשרים ומבני דרך

פרטים טיפוסיים מנחים

פרק 07 – ביסוס גשרים

פרק 08 – נציבי קצה

פרק 09 – נציבי ביניים (אמצעיים)

אוגדן פרטים סטנדרטיים לגשרים ומבני דרך

פרטים טיפוסיים מנחים

פרק 10 – מיסעות גשרים

אוגדן פרטים סטנדרטיים לגשרים ומבני דרך

פרטים טיפוסיים מנחים

פרק 11 – מעקים גשרים

אוגדן פרטים סטנדרטיים לגשרים ומבני דרך

פרטים טיפוסיים מנחים

פרק 12 – תפרי התפשטות

אוגדן פרטים סטנדרטיים לגשרים ומבני דרך

פרטים טיפוסיים מנחים

פרק 13 – סמכים

15 אוגדן פרטים סטנדרטיים לגשרים ומבני דרך -

נספחים

נספח א' - ריכוז תוצאות חישוב כוחות ומומנטים בבסיס עמודי תאורה נמוכים בגובה עד 18 מ'

נספח ב' - ריכוז תוצאות חישובים לכוחות ומומנטים בבסיס עמודי תאורה גבוהים בגובה 25-45 מ'

נספח ג' - דוגמת חישוב: ביסוס עמוק וביסוס רדוד לעמוד תאורה 40 מ'

נספח ד' - דוגמת חישוב: קיר אקוסטי

נספח א' - חישוב כוחות וביסוס לעמודי תאורה נמוכים בגובה עד 18 מ'

15.1

בנספח זה מוצג תכנון מפורט של יסודות לעמודי התאורה נמוכים עד כדי קביעת המימדים שלהם וכמויות הזיון שבהם. תכנון זה מבוסס על כוחות הרוח המוגדרים בת"י 812 משנת 2006 ומתבסס על תקן הרוח הישראלי 414. חישוב זה מהווה דוגמת חישוב בלבד באחריות המתכנן, לאחר הגדרת כינוי העמוד, לוודא את נתוני העומסים וההטרחות הפועלים על אלמנט הביסוס עפ"י סוג העמוד, תנאי האתר ומפרטי הספק. עפ"י נתונים אלו יבצע המתכנן את החישובים הנדרשים למערכות הביסוס בהתאם לנתוני העומסים בפועל הפועלים בראש אלמנטי הביסוס וישלים את פרטי הביצוע עפ"י הוראות האוגדן והפרטים המנחים.

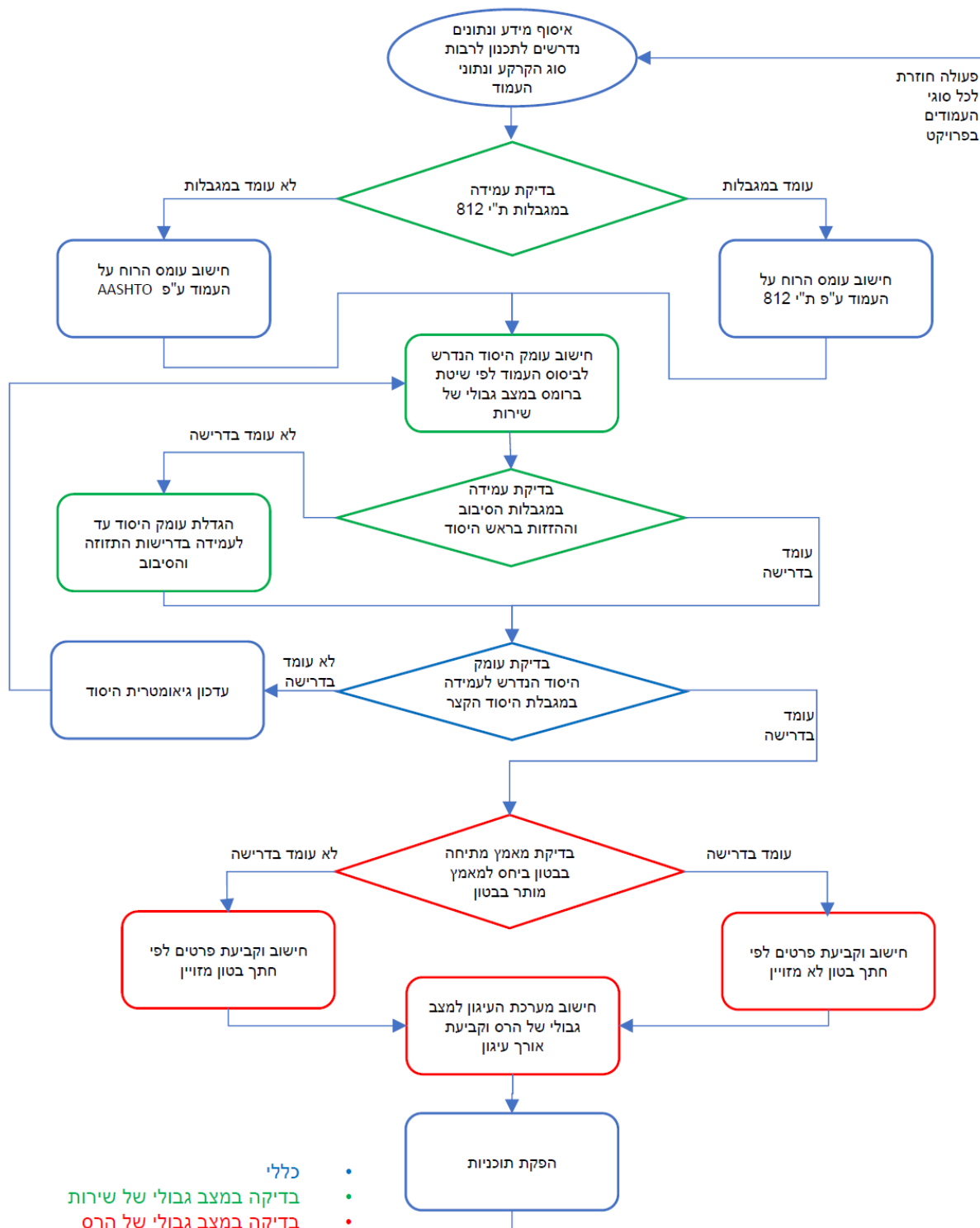
החישוב המובא מתייחס למקרים הבאים:

חישוב עבור עמוד בגובה 10 מטר המותקן בקרקע מישורית קוהזיבית מסוג A. החישוב מתייחס לעמוד תאורה עם גוף תאורה בודד בראש העמוד

חישוב עבור עמוד בגובה 12.0 מטר המותקן בקרקע מישורית גרנולרית מסוג B. מתייחס לעמוד תאורה עם גוף תאורה כפול מותקן על זרוע בראש העמוד.

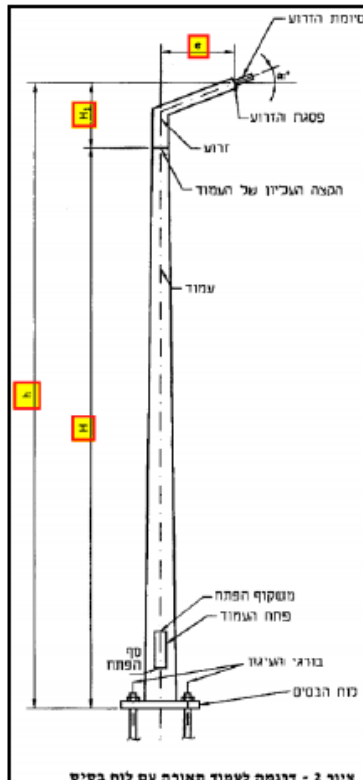
חישוב עבור עמוד בגובה 15.0 מטר המותקן בקרקע משופעת (מדרון) קוהזיבית מסוג A. מתייחס לעמוד תאורה עם גוף תאורה כפול מותקן על זרוע בראש העמוד.

פרוצדורת החישוב הנדרשת:



חישוב עומסי רוח על עמוד תאורה בגובה 10.0 מטר

נתונים



Section	חיתך	עגול
V_b	33	[m/s]
H_1	1.5	[m]
H	8.5	[m]
A_b	0.18	[m ²]
A_l	0.20	[m ²]
e	1.5	[m]
W_{head}	40	[kg]
W_{arm}	30	[kg]
D_{arm}	76	[mm]
D_{top}	89	[mm]
D_{bot}	258	[mm]
t_{avg}	4.5	[mm]
Terrain Category	II	
K_p	3.5	[-]
C_0	1	[-]
C_l	1	[-]
g	9810	[mm/s ²]
E	205000	[N/mm ²]
ν	1.51E-05	[m ² /s]

חיתך העמוד

המהירות הבסיסית של הרוח, עפ"י מפת ת"י 414 (תקופת חזרה 50 שנה)

גובה הזרוע (ראה סקיצת עמוד התאורה)

גובה העמוד (ראה סקיצת עמוד התאורה)

שטח הזרוע, ת"י 812 חלק 1, סעיף 5.2.2.3.

שטח גופי התאורה, ת"י 812 חלק 1, סעיף 5.2.2.4. (לפי הגדרות יצרן)

זרוע גוף התאורה ביחס לציר העמוד, ת"י 812 חלק 1, סעיף 1.3.6.

משקל גופי התאורה (לפי הגדרות יצרן)

משקל הזרוע

קוטר הזרוע

קוטר בראש העמוד

קוטר בתחתית העמוד

עובי דופן ממוצע של העמוד

דרגת חספוס פני השטח, ת"י 414 סעיף 5.3. טבלה 5.1

מקדם השיא, ת"י 414 סעיף 8.3.2. נוסחא (8.3)

מקדם אורוגרפיה, ת"י 414 סעיף 5.4. נוסחא (5.4)

מקדם הצורה עבור גופי התאורה, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5. תת סעיף

תאוצת הכובד, ת"י 812 חלק 1 גיית 1, נספח ה'

מודול האלסטיות של הפלדה, ת"י 1225 חלק 1, סעיף 3.1.5.

צמיגות קינמטית של האויר, ת"י 812 חלק 1, סעיף 5.2.2.5. נוסחא (6)

חישוב פרמטרים כלליים

הגובה הנומינלי של העמוד, ת"י 812 חלק 1, סעיף 1.3.11.

$$h = H + H_1 \quad 10.0 \text{ [m]}$$

H	8.5 [m]
H ₁	1.5 [m]

קוטר העמוד הממוצע

$$D_{avg} = \frac{D_{top} + D_{bot}}{2} \quad 174 \text{ [mm]}$$

D _{top}	89 [mm]
D _{bot}	258 [mm]

לחץ הייחוס הבסיסי של הרוח, ת"י 414 סעיף 3.5. נוסחא (3.5)

$$q_b = \frac{V_b^2}{1.6} \quad 681 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

V _b	33 [m/s]
----------------	----------

חישוב ערך התקופה הטבעית של העמוד (T), ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, נספח ה'

משקל גופי התאורה והוריע, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, נספח ה'

$$W = (W_{head} + W_{arm}) * 10 \quad 700 \text{ [N]}$$

W _{head}	40 [kg]
W _{arm}	30 [kg]

משקל העמוד ליחידת אורך, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, נספח ה'

$$w = 7.85 \text{ [t/m}^3\text{]} * 10^{-5} * \pi * \left(\left(\frac{D_{avg}}{2} \right)^2 - \left(\frac{D_{avg} - 2t_{avg}}{2} \right)^2 \right)$$

$$w = \quad 0.19 \text{ [N/mm]}$$

D _{avg}	174 [mm]
t _{avg}	5 [mm]

מומנט האינרציה של קצהו העליון של העמוד

$$I_{top} = \frac{\pi * D_{top}^3}{8} * t_{avg} \quad 1.25E+06 \text{ [mm}^4\text{]}$$

D _{top}	89 [mm]
t _{avg}	5 [mm]

מומנט האינרציה של קצהו התחתון של העמוד

$$I_{bot} = \frac{\pi * D_{bot}^3}{8} * t_{avg} \quad 3.03E+07 \text{ [mm}^4\text{]}$$

D _{bot}	258 [mm]
t _{avg}	5 [mm]

מומנט האינרציה של העמוד, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, נספח ה'

$$I = \frac{I_{top} + I_{bot}}{2} \quad 1.58E+07 \text{ [mm}^4\text{]}$$

I _{top}	1.25E+06 [mm ⁴]
I _{bot}	3.03E+07 [mm ⁴]

תדיר הכפופה הבסיסית של העמוד, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, נספח ה'

$$n = \frac{1.732}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{W \cdot (h \cdot 1000)^3 + 0.236 \cdot w \cdot (h \cdot 1000)^4}}$$

$$n = 1.45 \text{ [Hz]}$$

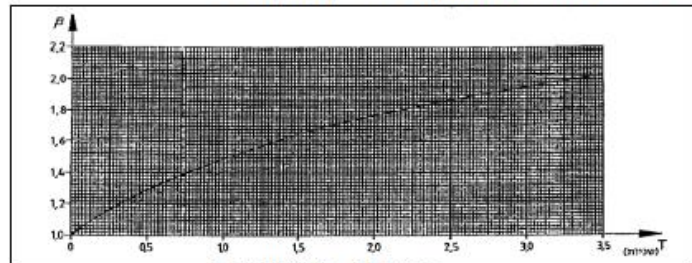
E	205000 [N/mm ²]
I	1.58E+07 [mm ⁴]
g	9810 [mm/s ²]
W	700 [N]
w	0.19 [N/mm]
h	10.0 [m]

ערך התקופה הטבעית של העמוד, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, נספח ה'

$$T = \frac{1}{n} = 0.69 \text{ [s]}$$

n	1.45 [Hz]
---	-----------

מקדם ההתנהלות הדינמית של העמוד, ת"י 812 חלק 1, סעיף 5.2.2.1.



תרשים 14 - ת"י 812 חלק 1

מקדם סבירות החשיפה, ת"י 812 חלק 1, סעיף 5.2.2.1. נוסחא (2)

$$\delta = 1 - 0.01 \cdot h = 0.90 \text{ [-]}$$

h	10.0 [m]
---	----------

חישוב עומס רוח על העמוד

מקדם החשיפה, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, נספח ד'

ערכי הטבלה חושבו עבור מקדם אורוגרפיה $C_0=1$ ומקדם שיא $K_p=3.5$

$$z = \frac{H}{2} = 4.3 \text{ [m]}$$

H	8.5 [m]
---	---------

$$z = \begin{matrix} 4.3 \text{ [m]} \\ \text{Terrain} \\ \text{Category} \end{matrix} \left\{ \begin{matrix} \text{II} \end{matrix} \right\} \rightarrow C_e(z) = 1.93 \text{ [-]}$$

על פי טבלה ד-1 בת"י 812 חלק 1 ג"ת 1 נספח ד'

גובה הייחוס - z

גובה מעל פני השטח (x) (מטר)	מקדם החשיפה $C_e(z)$				
	דרגת החתוכות של פני השטח של האזור בסביבת הקטת העמוד				
	0	I	II	III	IV
1	1.01	1.54	1.42	1.28	1.17
2	2.14	1.88	1.42	1.28	1.17
3	2.34	2.09	1.64	1.28	1.17
4	2.49	2.25	1.80	1.28	1.17
5	2.60	2.37	1.93	1.28	1.17
6	2.70	2.48	2.04	1.38	1.17
7	2.78	2.57	2.13	1.48	1.17
8	2.86	2.64	2.21	1.56	1.17
9	2.92	2.71	2.29	1.64	1.17
10	2.98	2.78	2.35	1.70	1.17
11	3.04	2.83	2.41	1.77	1.23
12	3.09	2.89	2.47	1.82	1.29
13	3.13	2.94	2.52	1.88	1.34
14	3.18	2.98	2.57	1.93	1.39
15	3.22	3.03	2.62	1.97	1.44
16	3.25	3.07	2.66	2.02	1.48
17	3.29	3.10	2.70	2.06	1.53
18	3.32	3.14	2.74	2.10	1.57
19	3.36	3.17	2.77	2.14	1.60
20	3.39	3.21	2.81	2.17	1.64

טבלה ד-1 - ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1 נספח ד'

הלחץ האופייני השקיל של הרוח, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, סעיף 5.2.2.1. נוסחא (1)

$$q(z) = q_b * C_e(z) * C_0 * \delta * \beta \quad 1626 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

q_b	681 [N/m ²]
C_0	1 [-]
$C_e(z)$	1.93 [-]
δ	0.90 [-]
β	1.38 [-]

חישוב מקדם הצורה עבור העמוד, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5.

מהירות הרוח במרכז העמוד, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5.

$$V(z) = 1.26 * \sqrt{\frac{q(z)}{\delta * \beta}} \quad 46 \text{ [m/s]}$$

$q(z)$	1626 [N/m ²]
δ	0.90 [-]
β	1.38 [-]

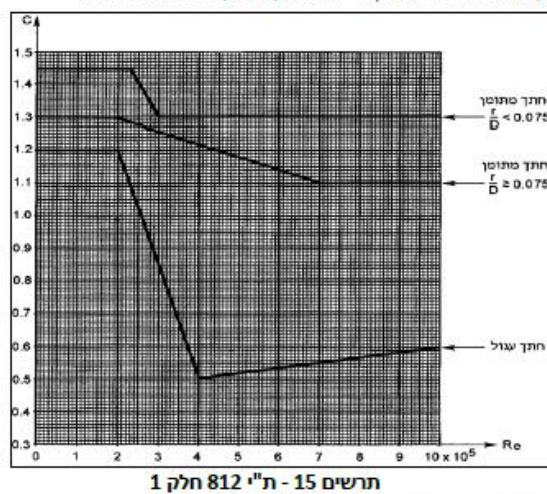
מספר ריינולדס, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5. נוסחא (6)

$$R_e = \frac{D_{avg} * 10^{-3} * V(z)}{\nu} \quad 524718 \text{ [-]}$$

D_{avg}	174 [mm]
$V(z)$	46 [m/s]
ν	1.51E-05 [m ² /s]

$$R_e = 524718 \text{ [-]} \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow C_c = 0.52 \text{ [-]} \end{array} \right.$$

מקדם הצורה של העמוד, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5. נוסחא (6)



הכוח האופקי הפועל על העמוד, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.2. נוסחא (3)

$$F_c = q(z) * (D_{avg} * 10^{-3}) * H * C_c * 10^{-3}$$

$$F_c = 1.25 \text{ [kN]}$$

$q(z)$	1626 [N/m ²]
D_{avg}	174 [mm]
H	8.5 [m]
C_c	0.52 [-]

חישוב עומס רוח על הזרוע

מקדם החשיפה, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, נספח ד'

ערכי הטבלה חושבו עבור מקדם אורוגרפיה $C_0=1$ ומקדם שייא $K_p=3.5$

גובה הייחוס - z

$$z = H + \frac{H_1}{2} \quad 9.3 \text{ [m]}$$

H	8.5 [m]
H ₁	1.5 [m]

$$z = \begin{matrix} 9.3 \text{ [m]} \\ \text{Terrain} \\ \text{Category} \end{matrix} \quad \Pi \quad \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow C_e(z) = 2.35 [-] \end{array} \right.$$

על פי טבלה ד-1 בת"י 812 חלק 1 ג"ת 1 נספח ד'

הלחץ האופייני השקיל של הרוח, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, סעיף 5.2.2.1. נוסחא (1)

$$q(z) = q_b * C_e(z) * C_0 * \delta * \beta \quad 1980 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

q _b	681 [N/m ²]
C ₀	1 [-]
C _e (z)	2.35 [-]
δ	0.90 [-]
β	1.38 [-]

חישוב מקדם הצורה עבור הזרוע, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5.

מהירות הרוח במרכז הזרוע, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5.

$$V(z) = 1.26 * \sqrt{\frac{q(z)}{\delta * \beta}} \quad 50 \text{ [m/s]}$$

q(z)	1980 [N/m ²]
δ	0.90 [-]
β	1.38 [-]

מספר ריינולדס, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5. נוסחא (6)

$$R_e = \frac{D_{arm} * 10^{-3} * V(z)}{\nu} \quad 253627 \text{ [-]}$$

D _{arm}	76 [mm]
V(z)	50 [m/s]
ν	1.51E-05 [m ² /s]

מקדם הצורה של הזרוע, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5. נוסחא (6)

$$R_e = 253627 \text{ [-]} \quad \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow C_b = 1.01 [-] \end{array} \right.$$

הכוח האופקי הפועל על הזרוע, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.3. נוסחא (4)

$$F_b = q(z) * A_b * C_b * 10^{-3}$$

$$F_b = \quad 0.36 \text{ [kN]}$$

q(z)	1980 [N/m ²]
A _b	0.18 [m ²]
C _b	1.01 [-]

חישוב עומס רוח על גופי התאורה

מקדם החשיפה, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, נספח ד'

ערכי הטבלה חושבו עבור מקדם אורוגרפיה $C_0=1$ ומקדם שיא $K_p=3.5$

גובה הייחוס - z

$$z = h \quad 10.0 \text{ [m]}$$

h	10.0 [m]
-----	----------

$$z = \begin{matrix} 10.0 \text{ [m]} \\ \text{Terrain} \\ \text{Category} \end{matrix} \quad \left\{ \begin{matrix} \text{II} \end{matrix} \right\} \rightarrow C_e(z) = 2.35 \text{ [-]}$$

על פי טבלה ד-1 בת"י 812 חלק 1 ג"ת 1 נספח ד'

הלחץ האופייני השקיל של הרוח, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, סעיף 5.2.2.1. נוסחא (1)

$$q(z) = q_b * C_e(z) * C_0 * \delta * \beta \quad 1980 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

q_b	681 [N/m ²]
C_0	1 [-]
$C_e(z)$	2.35 [-]
δ	0.90 [-]
β	1.38 [-]

מקדם הצורה עבור גופי התאורה, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5. תת סעיף (ד')

על פי ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5. תת סעיף (ד') מקדם הצורה עבור גופי התאורה ייקבע כ- $C_f=1$ (בהעדר ערכים המבוססים על ניסויים).

הכוח האופקי הפועל על גופי התאורה, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.4. נוסחא (5)

$$C_f = 1 \text{ [-]}$$

$$F_l = q(z) * A_l * C_l * 10^{-3} \quad 0.40 \text{ [kN]}$$

$q(z)$	1980 [N/m ²]
A_l	0.20 [m ²]
C_l	1 [-]

הכוחות הפועלים בבסיס עמוד התאורה - שירות

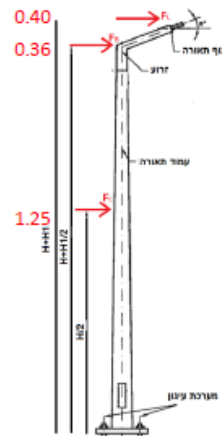
$$F_{ser} = F_c + F_b + F_l \quad 2.00 \text{ [kN]}$$

F_c	1.25	[kN]
F_b	0.36	[kN]
F_l	0.40	[kN]

$$M_{ser} = F_c * R_c + F_b * R_b + F_l * R_l + W_{head} * 10^{-2} * e + W_{arm} * 10^{-2} * \frac{e}{2}$$

$$M_{ser} \quad 13.41 \text{ [kN*m]}$$

F_c	1.25	[kN]
F_b	0.36	[kN]
F_l	0.40	[kN]
$R_c = \frac{H}{2}$	4.3	[m]
$R_b = H + \frac{H_1}{2}$	9.3	[m]
$R_l = H + H_1$	10.0	[m]
H	8.5	[m]
H ₁	1.5	[m]
e	1.5	[m]
W _{head}	40	[kg]
W _{arm}	30	[kg]



הכוחות הפועלים בבסיס עמוד התאורה - הרס

$$F_d = 1.4 * F_{ser} \quad 2.80 \text{ [kN]}$$

F_{ser}	2.00	[kN]
-----------	------	------

$$M_d = 1.4 * M_{ser} \quad 18.77 \text{ [kN*m]}$$

M_{ser}	13.41	[kN*m]
-----------	-------	--------

חישוב עומק יסוד נדרש לעמוד 10.0 מטר בקרקע קוהזיבית במישור

פרמטרים

גיאומטריה

D_0	0.9 [m]	קוטר היסוד
-------	---------	------------

עומסים

m	13.41 [kNm]	מומנט שירות
P	2.00 [kN]	כוח גזירה בשירות
F.S	3.0 [-]	מקדם ביטחון לקרקע

גובה העמוד

H	10.0 [m]	גובה העמוד
---	----------	------------

תכונות הקרקע

מישור		
K_h	20571 [kN/m ³]	מודול מצע אופקי
C_u	85 [KPa]	חוזק לגזירה מהירה

תכונות הבטון

f_{cd}	10.4 [MPa]	חוזק התכן בלחיצה
E_c	26200000 [KPa]	מודול אלסטיות
f_{ck}	30 [MPa]	חוזק אופייני בלחיצה
f_{vd}	0.27 [MPa]	חוזק בסיסי בגזירה
f_{sd}	500 [MPa]	חוזק פלדת הזיון לתכן
f_{ctd}	0.53 [MPa]	מאמץ המתיחה בהרס
f_{bd}	1.12 [MPa]	חוזק תכן הבטון בהידבקות

כלוב הברגים

$F_{by\ bolt}$	300 [MPa]	חוזק פלדת הברגים לתכן
Φ_{bolt}	25.4 [mm]	קוטר הבורג
R_{bolt}	500 [mm]	זרוע בין הברגים

L (h)	1.9 [m]	עומק היסוד
--------------	----------------	-------------------

הערכה ראשונית של עומק היסוד

הכוחות מחושבים עם מקדם ביטחון על פי ת"י 940, חלק 1.

מומנט לחישוב היציבות:

$$m_g = m * F.S \quad 40 \text{ [kNm]}$$

m	13.4 [kNm]
F.S	3.0 [-]

כוח גזירה לחישוב היציבות:

$$P_H = P * F.S \quad 6 \text{ [kN]}$$

P	2.0 [kN]
F.S	3.0 [-]

אקסצנטריות וירטואלית מחושבת:

$$e = \frac{m_g}{P_H} \quad 6.7 \text{ [m]}$$

m _g	40 [kNm]
P _h	6 [kN]

מיקום המומנט המקסימלי

$$f = \frac{P_H}{9 * C_u * D_0} \quad 0.0 \text{ [m]}$$

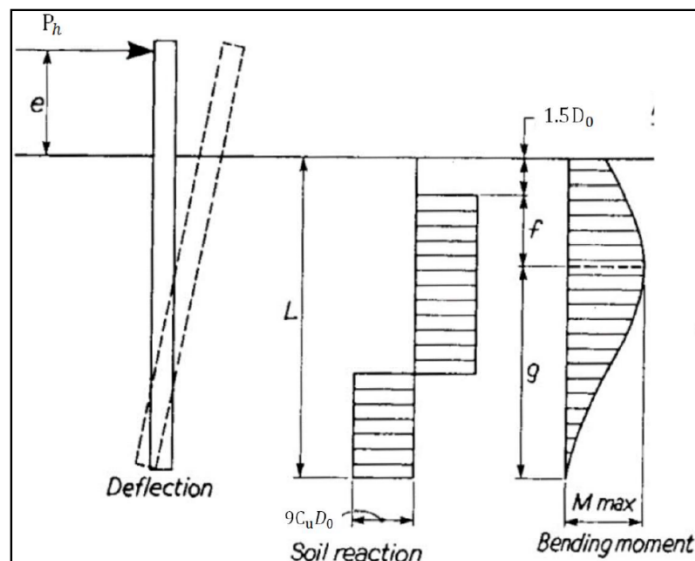
P _H	6 [kN]
C _u	85 [kPa]
D ₀	0.9 [m]

$$m_{sta} = P_H(1.5D_0 + e + 0.5f) \quad 48 \text{ [kNm]}$$

D ₀	0.9 [m]
e	6.7 [m]
f	0.0 [m]

$$g = \sqrt{\frac{m_{sta}}{2.25 * D_0 * C_u}} \quad 0.5 \text{ [m]}$$

m _{sta}	48 [kNm]
D ₀	0.9 [m]
C _u	85 [kPa]



עומק היסוד המתקבל:

$$L = 1.5D_0 + f + g \quad 1.89 \text{ [m]}$$

D ₀	0.9 [m]
f	0.0 [m]
g	0.5 [m]
L	1.9 [m]

בדיקת הנחת יסוד קצר קשיח:

נניח מודול מצע אופקי קבוע לכל גובה היסוד.

על פי הנחיות יועץ קרקע:

K_h	20571 [kN/m ³]
-------	----------------------------

חישוב מומנט האינרציה של חתך היסוד:

$$I_{foundation} = \frac{\pi * D_0^4}{64} \quad 0.032 \text{ [m}^4 \text{]}$$

D_0	0.9 [m]
-------	---------

על פי ת"י 466, חלק 1, טבלה 3.6:

E_c	26,200,000 [kPa]
-------	------------------

פרמטר הבדיקה עבור הנחת יסוד קצר קשיח:

$$R = \sqrt[4]{\frac{E_c * I_{foundation}}{K_h * D_0}} \quad 2.60 \text{ [m]}$$

E_c	26,200,000 [kPa]
$I_{foundation}$	0.032 [m ⁴]
K_h	20571 [kN/m ³]
D_0	0.9 [m]

בדיקת קיום תנאי עבור הגדרת יסוד קצר קשיח:

$$\frac{L}{R} = \quad 0.73 < 2 \quad \text{O.K.}$$

L	1.90 [m]
R	2.60 [m]

היסוד מקיים את תנאי ההגדרה ליסוד קצר קשיח.

עומסים בהרס:

כוח גזירה בהרס:

$$P_{H,d} = 1.4 * P_{model} \quad 2.8 \text{ [kN]}$$

ראה תוצאות מודל:

P_{model}	2.0 [kN]
-------------	----------

מומנט בהרס:

$$M_d = 1.4 * m_{model} \quad 18.8 \text{ [kNm]}$$

ראה תוצאות מודל:

m_{model}	13.4 [kNm]
-------------	------------

חישוב תסבולת כפיפה

$$M_d = 18.8 \text{ [kNm]}$$

$$W_g = \frac{I}{Y} = 0.072 \text{ [m}^3\text{]}$$

I	0.032	[m ⁴]
Y = 0.5D ₀	0.45	[m]

$$M_{crack} = f_{ctd} * W_g * 10^3 = 37.9 \text{ [kNm]}$$

W _g	0.072	[m ³]
f _{ctd}	0.53	[MPa]

$$M_{crack} > M_d ? \quad \text{O.K.}$$

אין צורך בזיון אורכי לכפיפה

חישוב תסבולת גזירה

$$V_d = P_{H,d} = 2.8 \text{ [kNm]}$$

P _{H,d}	2.8	[kNm]
------------------	-----	-------

$$V_c = 0.8 * D_0^2 * f_{vd} * 10^3 = 174.96 \text{ [kN]}$$

D ₀	0.9	[m]
f _{vd}	0.27	[MPa]

$$V_c \geq V_d ? \quad \text{O.K.}$$

אין צורך בחישובים לגזירה

חישוב כלוב הברגים

$$l_{bolt} = R_{bolt} * \sqrt{2} * 10^{-3} \quad 0.707 \text{ [m]}$$

R_{bolt}	500 [mm]
------------	----------

$$V_{d,bolt} = \frac{V_d}{4} \quad 0.7 \text{ [kN]}$$

V_d	2.8 [kN]
-------	----------

$$T_{d,bolt} = \frac{M_d}{l_{bolt}} \quad 26.6 \text{ [kN]}$$

M_d	18.8 [kNm]
l_{bolt}	0.707 [m]

$$V_{bc} = 0.62 * A_{bv} * f_{by} * 10^{-3} \quad 70.7 \text{ [kN]}$$

$$T_b = 0.77 * A_{bv} * f_{by} * 10^{-3} \quad 87.8 \text{ [kN]}$$

$$A_{bv} = 0.75 * \frac{\pi * \phi_{bolt}^2}{4} \quad 380.0 \text{ [mm}^2\text{]}$$

ϕ_{bolt}	25.4 [mm]
$f_{by,bolt}$	300 [MPa]

$$\left(\frac{T_{d,bolt}}{T_b} \right)^2 + \left(\frac{V_{d,bolt}}{V_{bc}} \right)^2 \leq 1 ? \quad 0.1 \quad \text{O.K.}$$

חישוב אורך עיגון

$$l_a = \alpha_1 * \frac{\phi_{bolt} * f_{by,bolt}}{4 * f_{bd}} * \frac{T_{d,bolt}}{T_b} \quad 360 \text{ [mm]}$$

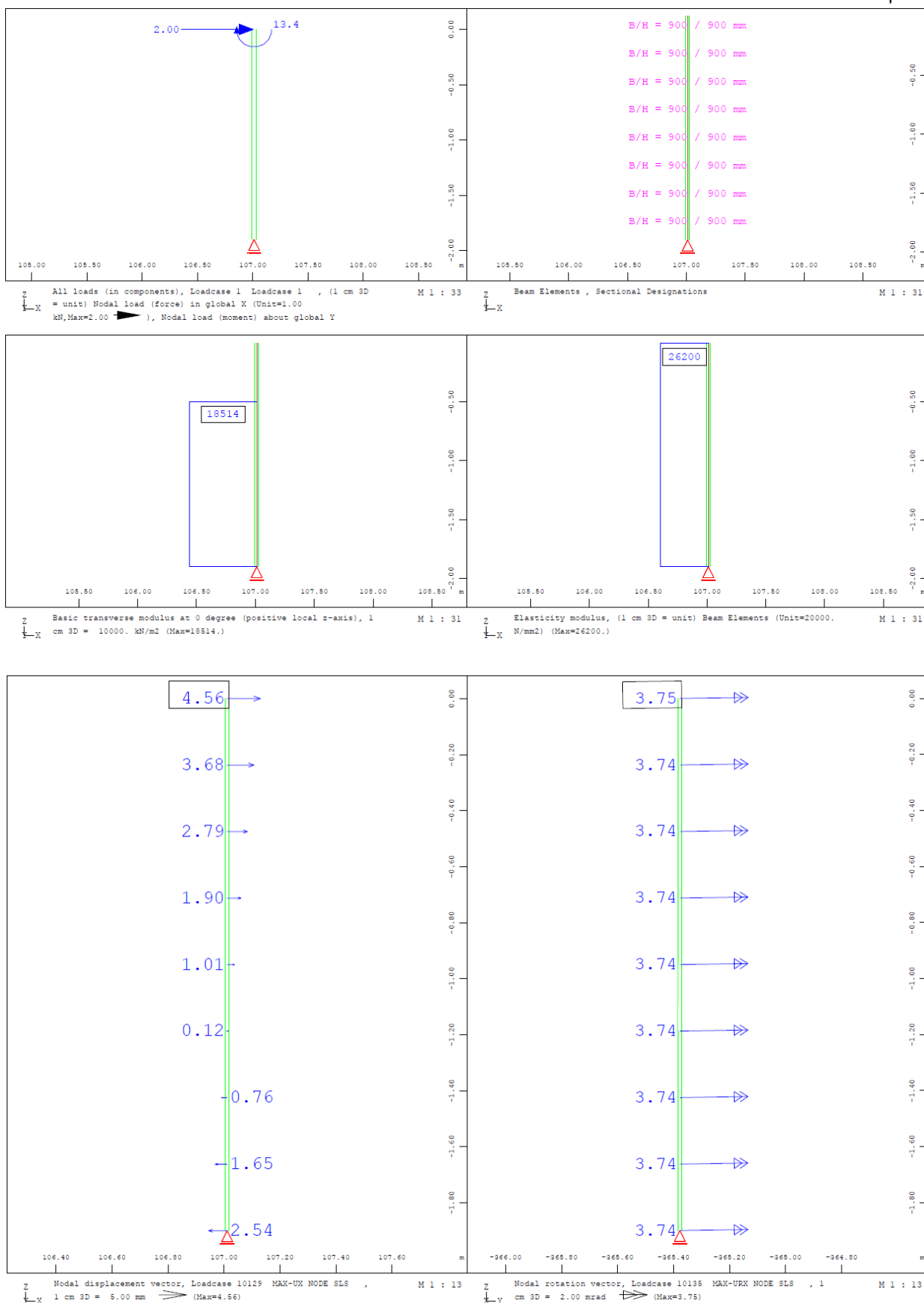
$f_{by,bolt}$	300 [Mpa]
ϕ_{bolt}	25.4 [mm]
f_{bd}	1.12 [Mpa]
α_1	0.7 [-]
$T_{d,bolt}$	27 [kN]
T_b	88 [kN]

$$l_{a,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 100 \text{ [mm]} \\ 0.3 \frac{\phi_{bolt} * f_{by,bolt}}{4 * f_{bd}} \\ 10\Phi \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} 100 \\ 510 \\ 254 \end{array} = 510 \text{ [mm]}$$

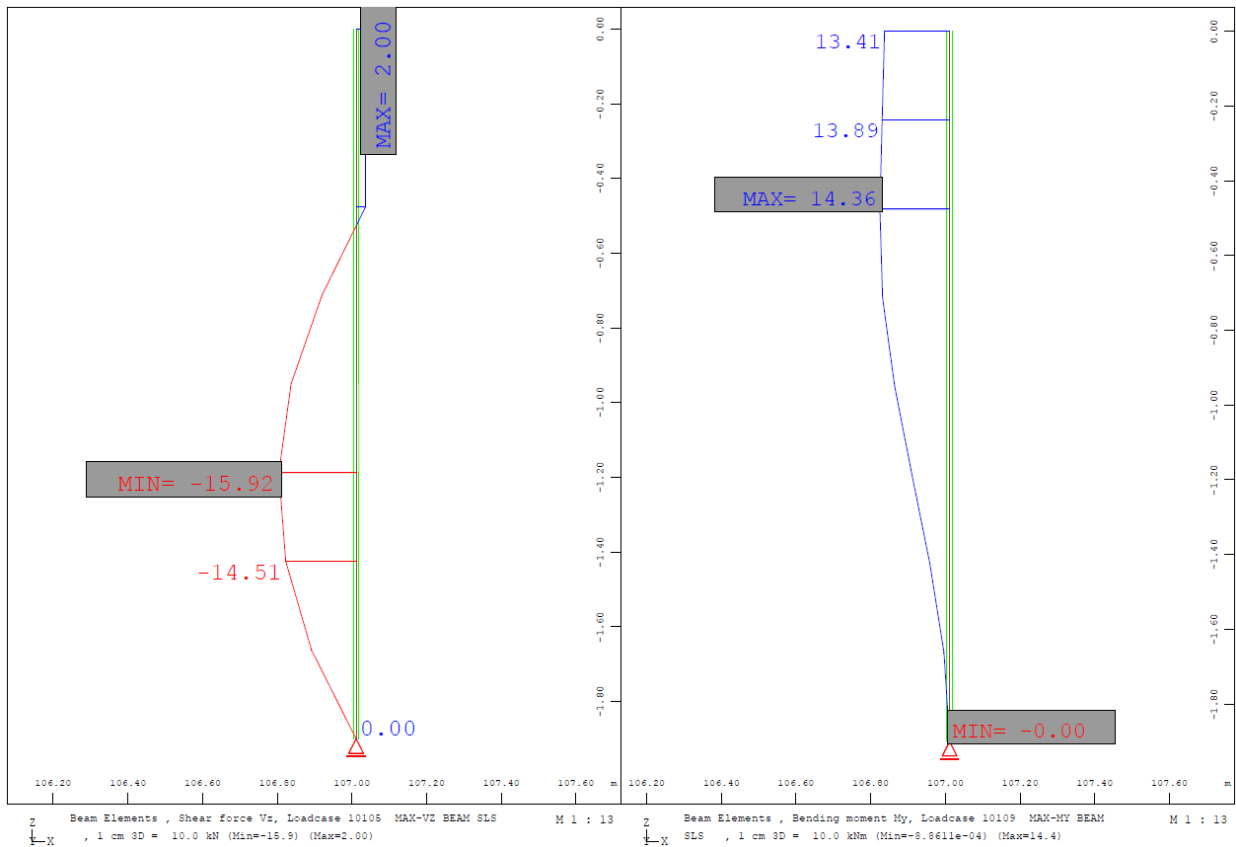
$$l_a = \max(l_a, l_{a,min}) \quad 510 \text{ [mm]}$$

l_a	360 [mm]
$l_{a,min}$	510 [mm]

בדיקת הזזות במודל אלמנטים סופיים :



תוצאות מומנט וגזירה בשירות ממודל אלמנטים סופיים :



חישוב עומסי רוח על עמוד תאורה בגובה 12 מטר

נתונים

חתך העמוד

המהירות הבסיסית של הרוח, עפ"י מפת ת"י 414 (תקופת חזרה 50 שנה)

גובה הזרוע (ראה סקיצת עמוד התאורה)

גובה העמוד (ראה סקיצת עמוד התאורה)

שטח הזרוע, ת"י 812 חלק 1, סעיף 5.2.2.3.

שטח גופי התאורה, ת"י 812 חלק 1, סעיף 5.2.2.4. (לפי הגדרות יצרן)

זרוע גוף התאורה ביחס לציר העמוד, ת"י 812 חלק 1, סעיף 1.3.6.

משקל גופי התאורה (לפי הגדרות יצרן)

משקל הזרוע

קוטר הזרוע

קוטר בראש העמוד

קוטר בתחתית העמוד

עובי דופן ממוצע של העמוד

דרגת חספוס פני השטח, ת"י 414 סעיף 5.3. טבלה 5.1

מקדם השיא, ת"י 414 סעיף 8.3.2. נוסחא (8.3)

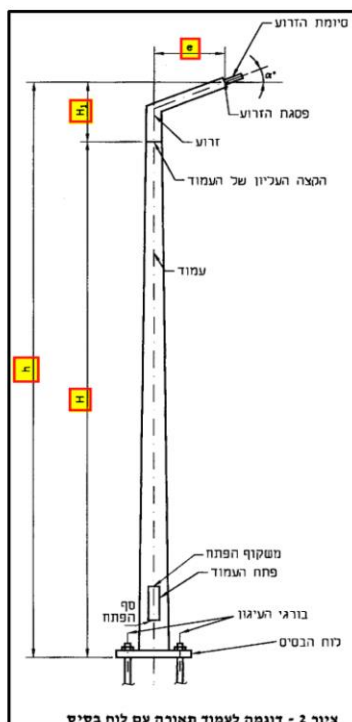
מקדם אורוגרפיה, ת"י 414 סעיף 5.4. נוסחא (5.4)

מקדם הצורה עבור גופי התאורה, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5. תת סעיף (ד')

תאוצת הכובד, ת"י 812 חלק 1 ג'ית 1, נספח ה'

מודול האלסטיות של הפלדה, ת"י 1225 חלק 1, סעיף 3.1.5.

צמיגות קינמטית של האוויר, ת"י 812 חלק 1, סעיף 5.2.2.5. נוסחא (6)



צויר 2 - דוגמה לעמוד תאורה עם לוח בסיס

Section	חתיך	עגול
V_b	33	[m/s]
H_1	1.5	[m]
H	10.5	[m]
A_b	0.18	[m ²]
A_l	0.20	[m ²]
e	1.5	[m]
W_{head}	40	[kg]
W_{arm}	30	[kg]
D_{arm}	76	[mm]
D_{top}	89	[mm]
D_{bot}	258	[mm]
t_{avg}	4.5	[mm]
Terrain Category	II	
K_p	3.5	[-]
C_0	1	[-]
C_l	1	[-]
g	9810	[mm/s ²]
E	205000	[N/mm ²]
ν	1.51E-05	[m ² /s]

הגובה הנומינלי של העמוד, ת"י 812 חלק 1, סעיף 1.3.11.

$$h = H + H_1 \quad 12.0 \text{ [m]}$$

H	10.5 [m]
H ₁	1.5 [m]

קוטר העמוד הממוצע

$$D_{avg} = \frac{D_{top} + D_{bot}}{2} \quad 174 \text{ [mm]}$$

D _{top}	89 [mm]
D _{bot}	258 [mm]

לחץ הייחוס הבסיסי של הרוח, ת"י 414 סעיף 3.5. נוסחא (3.5)

$$q_b = \frac{V_b^2}{1.6} \quad 681 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

V _b	33 [m/s]
----------------	----------

חישוב ערך התקופה הטבעית של העמוד (T), ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, נספח ה'

משקל גופי התאורה והזרוע, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, נספח ה'

$$W = (W_{head} + W_{arm}) * 10 \quad 700 \text{ [N]}$$

W _{head}	40 [kg]
W _{arm}	30 [kg]

משקל העמוד ליחידת אורך, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, נספח ה'

$$w = 7.85 \text{ [t/m}^3\text{]} * 10^{-5} * \pi * \left(\left(\frac{D_{avg}}{2} \right)^2 - \left(\frac{D_{avg} - 2t_{avg}}{2} \right)^2 \right)$$

$$w = \quad 0.19 \text{ [N/mm]}$$

D _{avg}	174 [mm]
t _{avg}	5 [mm]

מומנט האינרציה של קצהו העליון של העמוד

$$I_{top} = \frac{\pi * D_{top}^3}{8} * t_{avg} \quad 1.25\text{E}+06 \text{ (mm}^4\text{)}$$

D _{top}	89 [mm]
t _{avg}	5 [mm]

מומנט האינרציה של קצהו התחתון של העמוד

$$I_{bot} = \frac{\pi * D_{bot}^3}{8} * t_{avg} \quad 3.03\text{E}+07 \text{ (mm}^4\text{)}$$

D _{bot}	258 [mm]
t _{avg}	5 [mm]

מומנט האינרציה של העמוד, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, נספח ה'

$$I = \frac{I_{top} + I_{bot}}{2} \quad 1.58\text{E}+07 \text{ (mm}^4\text{)}$$

I _{top}	1.25E+06 [mm ⁴]
I _{bot}	3.03E+07 [mm ⁴]

תדר הכפיפה הבסיסי של העמוד, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, נספח ה'

$$n = \frac{1.732}{2\pi} \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{W \cdot (h \cdot 1000)^3 + 0.236 \cdot w \cdot (h \cdot 1000)^4}}$$

$$n = 1.07 \text{ [Hz]}$$

E	205000	[N/mm ²]
I	1.58E+07	[mm ⁴]
g	9810	[mm/s ²]
W	700	[N]
w	0.19	[N/mm]
h	12.0	[m]

ערך התקופה הטבעית של העמוד, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, נספח ה'

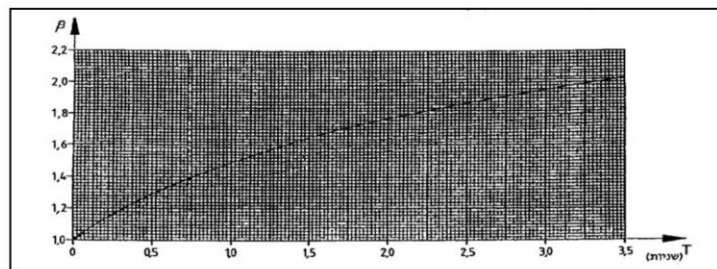
$$T = \frac{1}{n} = 0.94 \text{ [s]}$$

n	1.07	[Hz]
---	------	------

מקדם ההתנהגות הדינמית של העמוד, ת"י 812 חלק 1, סעיף 5.2.2.1.

$$T = 0.94 \text{ [s]} \rightarrow \beta = 1.48 \text{ [-]}$$

על פי תרשים 14 בת"י 812 חלק 1



תרשים 14 - ת"י 812 חלק 1

מקדם סבירות החשיפה, ת"י 812 חלק 1, סעיף 5.2.2.1. נוסחא (2)

$$\delta = 1 - 0.01 \cdot h = 0.88 \text{ [-]}$$

h	12.0	[m]
---	------	-----

חישוב עומס רוח על העמוד

מקדם החשיפה, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, נספח ד'

ערכי הטבלה חושבו עבור מקדם אורוגרפיה $C_0=1$ ומקדם שיא $K_p=3.5$

גובה הייחוס - z

$$z = \frac{H}{2} = 5.3 \text{ [m]}$$

H	10.5	[m]
---	------	-----

$$z = \begin{matrix} 5.3 \text{ [m]} \\ \text{Terrain Category II} \end{matrix} \rightarrow C_e(z) = 2.04 \text{ [-]}$$

על פי טבלה ד-1 בת"י 812 חלק 1 ג"ת 1 נספח ד'

גובה מעל פני השטח (מטר) (z)	מקדם החשיפה $C_e(z)$				
	0	I	II	III	IV
1	1.81	1.54	1.42	1.28	1.17
2	2.14	1.88	1.42	1.28	1.17
3	2.34	2.09	1.64	1.28	1.17
4	2.49	2.25	1.80	1.28	1.17
5	2.60	2.37	1.93	1.28	1.17
6	2.70	2.48	2.04	1.38	1.17
7	2.78	2.57	2.13	1.48	1.17
8	2.86	2.64	2.21	1.56	1.17
9	2.92	2.71	2.29	1.64	1.17
10	2.98	2.78	2.35	1.70	1.17
11	3.04	2.83	2.41	1.77	1.23
12	3.09	2.89	2.47	1.82	1.29
13	3.13	2.94	2.52	1.88	1.34
14	3.18	2.98	2.57	1.93	1.39
15	3.22	3.03	2.62	1.97	1.44
16	3.25	3.07	2.66	2.02	1.48
17	3.29	3.10	2.70	2.06	1.53
18	3.32	3.14	2.74	2.10	1.57
19	3.36	3.17	2.77	2.14	1.60
20	3.39	3.21	2.81	2.17	1.64

טבלה ד-1 - ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1 נספח ד'

הלחץ האופייני השקיל של הרוח, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, סעיף 5.2.2.1. נוסחא (1)

$$q(z) = q_b * C_e(z) * C_0 * \delta * \beta \quad 1803 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

q_b	681	[N/m ²]
C_0	1	[-]
$C_e(z)$	2.04	[-]
δ	0.88	[-]
β	1.48	[-]

חישוב מקדם הצורה עבור העמוד, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5.

מהירות הרוח במרכז העמוד, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5.

$$V(z) = 1.26 * \sqrt{\frac{q(z)}{\delta * \beta}} \quad 47 \text{ [m/s]}$$

$q(z)$	1803	[N/m ²]
δ	0.88	[-]
β	1.48	[-]

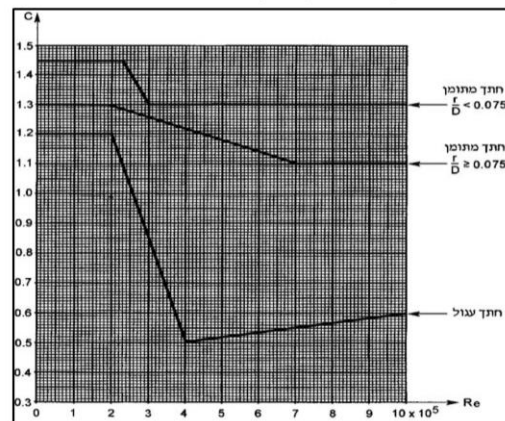
מספר ריינולדס, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5. נוסחא (6)

$$Re = \frac{D_{avg} * 10^{-3} * V(z)}{\nu} \quad 539464 \text{ [-]}$$

D_{avg}	174	[mm]
$V(z)$	47	[m/s]
ν	1.51E-05	[m ² /s]

מקדם הצורה של העמוד, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5. נוסחא (6)

$$Re = 539464 \text{ [-]} \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow C_c = 0.52 \text{ [-]} \end{array} \right.$$



תרשים 15 - ת"י 812 חלק 1

כוח האופקי הפועל על העמוד, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.2. נוסחא (3)

$$F_c = q(z) * (D_{avg} * 10^{-3}) * H * C_c * 10^{-3}$$

$$F_c = 1.72 \text{ [kN]}$$

$q(z)$	1803	[N/m ²]
D_{avg}	174	[mm]
H	10.5	[m]
C_c	0.52	[-]

חישוב עומס רוח על הזרוע

מקדם החשיפה, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, נספח ד'

ערכי הטבלה חושבו עבור מקדם אורוגרפיה $C_0=1$ ומקדם שיא $K_p=3.5$

גובה הייחוס - z

$$z = H + \frac{H_1}{2} \quad 11.3 \text{ [m]}$$

H	10.5 [m]
H ₁	1.5 [m]

$$z = \begin{matrix} 11.3 \text{ [m]} \\ \text{Terrain} \\ \text{Category} \end{matrix} \quad \text{II} \quad \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow C_e(z) = 2.47 [-] \end{array} \right.$$

על פי טבלה ד-1 בת"י 812 חלק 1 ג"ת 1 נספח ד'

(1) הלחץ האופייני השקיל של הרוח, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, סעיף 5.2.2.1. נוסחא

$$q(z) = q_b * C_e(z) * C_0 * \delta * \beta \quad 2183 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

q _b	681 [N/m ²]
C ₀	1 [-]
C _e (z)	2.47 [-]
δ	0.88 [-]
β	1.48 [-]

5.2.2.5. חישוב מקדם הצורה עבור הזרוע, ת"י 812 חלק 1 סעיף

5.2.2.5. מהירות הרוח במרכז הזרוע, ת"י 812 חלק 1 סעיף

$$V(z) = 1.26 * \sqrt{\frac{q(z)}{\delta * \beta}} \quad 52 \text{ [m/s]}$$

q(z)	2183 [N/m ²]
δ	0.88 [-]
β	1.48 [-]

(6) מספר ריינולדס, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5. נוסחא

$$R_e = \frac{D_{arm} * 10^{-3} * V(z)}{v} \quad 260022 [-]$$

D _{arm}	76 [mm]
V(z)	52 [m/s]
v	1.51E-05 [m ² /s]

(6) מקדם הצורה של הזרוע, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5. נוסחא

$$R_e = 260022 [-] \quad \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow C_b = 0.99 [-] \end{array} \right.$$

(4) הכוח האופקי הפועל על הזרוע, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.3. נוסחא

$$F_b = q(z) * A_b * C_b * 10^{-3}$$

$$F_b = \quad 0.39 \text{ [kN]}$$

q(z)	2183 [N/m ²]
A _b	0.18 [m ²]
C _b	0.99 [-]

חישוב עומס רוח על גופי התאורה

מקדם החשיפה, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, נספח ד'

ערכי הטבלה חושבו עבור מקדם אורוגרפיה $C_0=1$ ומקדם שיא $K_p=3.5$

גובה הייחוס - z

$$z = h \quad 12.0 \text{ [m]}$$

h	12.0 [m]
---	----------

$$z = \begin{matrix} 12.0 \text{ [m]} \\ \text{Terrain} \\ \text{Category} \end{matrix} \quad \text{II} \quad \rightarrow \quad C_e(z) = 2.47 \text{ [-]}$$

על פי טבלה ד-1 בת"י 812 חלק 1 ג"ת 1 נספח ד'

$$q(z) = q_b * C_e(z) * C_0 * \delta * \beta \quad 2183 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

q_b	681 [N/m ²]
C_0	1 [-]
$C_e(z)$	2.47 [-]
δ	0.88 [-]
β	1.48 [-]

הלחץ האופייני השקיל של הרוח, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, סעיף 5.2.2.1.1 נוסחא (1)

$$C_l = 1 \text{ [-]}$$

$$F_l = q(z) * A_l * C_l * 10^{-3} \quad 0.44 \text{ [kN]}$$

q(z)	2183 [N/m ²]
A_l	0.20 [m ²]
C_l	1 [-]

מקדם הצורה עבור גופי התאורה, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5.2.5 (ד')

על פי ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5.2.5 (ד') מקדם הצורה עבור גופי התאורה ייקבע כ- $C_l=1$ (בהעדר ערכים המבוססים על ניסויים).

הכוח האופקי הפועל על גופי התאורה, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.4.2.4 נוסחא (5)

הכוחות הפועלים בבסיס עמוד התאורה - שירות

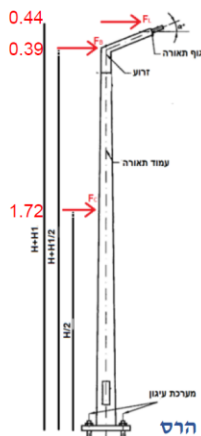
$$F_{ser} = F_c + F_b + F_l \quad 2.54 \text{ [kN]}$$

F_c	1.72 [kN]
F_b	0.39 [kN]
F_l	0.44 [kN]

$$M_{ser} = F_c * R_c + F_b * R_b + F_l * R_l + W_{head} * 10^{-2} * e + W_{arm} * 10^{-2} * \frac{e}{2}$$

$$M_{ser} \quad 19.44 \text{ [kN*m]}$$

F_c	1.72 [kN]
F_b	0.39 [kN]
F_l	0.44 [kN]
$R_c = \frac{H}{2}$	5.3 [m]
$R_b = H + \frac{H_1}{2}$	11.3 [m]
$R_l = H + H_1$	12.0 [m]
H	10.5 [m]
H_1	1.5 [m]
e	1.5 [m]
W_{head}	40 [kg]
W_{arm}	30 [kg]



הכוחות הפועלים בבסיס עמוד התאורה - הרס

$$F_d = 1.4 * F_{ser} \quad 3.56 \text{ [kN]}$$

F_{ser}	2.54 [kN]
-----------	-----------

$$M_d = 1.4 * M_{ser} \quad 27.22 \text{ [kN*m]}$$

M_{ser}	19.44 [kN*m]
-----------	--------------

חישוב עומק יסוד נדרש לעמוד 12.0 מטר בקרקע גרנולרית במישור

פרמטרים

גיאומטריה

קוטר היסוד	D_0	0.9 [m]
------------	-------	---------

עומסים

מומנט שירות	m	19.44 [kNm]
כוח גזירה בשירות	P	2.50 [kN]
מקדם ביטחון	F.S	3.0 [-]

גובה העמוד

גובה העמוד	H	12.0 [m]
------------	---	----------

תכונות הקרקע

מישור		
מודול מצע אופקי	K_h	30274 [kN/m ³]
משקל מרחבי של הקרקע	γ_s	18.5 [kN/m ³]
זווית החיכוך הפנימי	φ	36.0 [Deg]
עומק מזנח	$L_{avoided}$	0.5 [m]

תכונות הבטון

חוזק הבטון	f_{cd}	10.4 [MPa]
מודול אלסטיות	E_c	26200000 [KPa]
חוזק אופייני בלחיצה	f_{ck}	30 [MPa]
חוזק בסיסי בגזירה	f_{vd}	0.27 [MPa]
חוזק פלדת הזיון לתכן	f_{sd}	500 [MPa]
מנת זיון מינימלית	ρ_{min}	0.004 [-]
חוזק תכן הבטון בהידבקות	f_{bd}	1.12 [MPa]
מאמץ המתיחה	f_{ctd}	0.53 [MPa]

כלוב הברגים

חוזק פלדת הברגים לתכן	$F_{by \text{ bolt}}$	300 [MPa]
קוטר הבורג	ϕ_{bolt}	25.4 [mm]
זרוע בין הברגים	R_{bolt}	500 [mm]

עומק היסוד	L (h)	1.9 [m]
------------	-------	---------

בדיקת הנחת יסוד קצר קשיח:

נניח מודול מצע אופקי קבוע לכל גובה היסוד.

על פי הנחיות יועץ קרקע:

K_h	30274	[kN/m ³]
-------	-------	----------------------

חישוב מומנט האינרציה של חתך היסוד:

$$I_{foundation} = \frac{\pi * D_0^4}{64} \quad 0.032 \text{ [m}^4\text{]}$$

D_0	0.9	[m]
-------	-----	-----

על פי ת"י 466, חלק 1, טבלה 3.6:

E_c	26,200,000	[kPa]
-------	------------	-------

פרמטר הבדיקה עבור הנחת יסוד קצר קשיח:

$$R = \left(\frac{E_c * I_{foundation}}{K_h * D_0} \right)^{\frac{1}{4}} \quad 2.4 \text{ [m]}$$

E_c	26200000	[kPa]
D_0	0.9	[m]
$I_{foundation}$	0.032	[m ⁴]
K_h	30274	[kN/m ³]

בדיקת קיום תנאי עבור הגדרת יסוד קצר קשיח:

$$\frac{L}{R} = \quad 0.81 < 2 \quad \text{O.K.}$$

L	1.9	[m]
R	2.4	[m]

עומסים בהרס:

כוח גזירה בהרס:

$$P_{H,d} = 1.4 * P_{model} \quad 3.5 \text{ [kN]}$$

ראה תוצאות מודל:

P_{model}	2.5	[kN]
-------------	-----	------

מומנט בהרס:

$$M_d = 1.4 * m_{model} \quad 27.2 \text{ [kNm]}$$

ראה תוצאות מודל:

m_{model}	19.4	[kNm]
-------------	------	-------

חישוב תסבולת כפיפה

$$M_d = 27.2 \text{ [kNm]}$$

$$W_g = \frac{I}{Y} = 0.072 \text{ [m}^3\text{]}$$

I	0.032 [m ⁴]
Y = 0.5D ₀	0.5 [m]

$$M_{crack} = f_{ctd} * W_g * 10^3 = 37.9 \text{ [kNm]}$$

W _g	0.072 [m ³]
f _{ctd}	0.53 [MPa]

$$M_{crack} > M_d ? \quad \text{O.K}$$

אין צורך בזיון אורכי לכפיפה

חישוב תסבולת גזירה

$$V_d = P_{H,d} = 3.5 \text{ [kNm]}$$

P _{H,d}	3.5 [kNm]
------------------	-----------

$$V_c = 0.8 * D_0^2 * f_{vd} * 10^3 = 175.0 \text{ [kN]}$$

D ₀	0.9 [m]
f _{vd}	0.27 [MPa]

$$V_c \geq V_d ? \quad \text{O.K}$$

אין צורך בחישובים לגזירה

חישוב כלוב הברגים

$$l_{bolt} = R_{bolt} * \sqrt{2} * 10^{-3} \quad 0.707 \text{ [m]}$$

R_{bolt}	500 [mm]
------------	----------

$$V_{d_{bolt}} = \frac{V_d}{4} \quad 0.9 \text{ [kN]}$$

V_d	3.5 [kN]
-------	----------

$$T_{d_{bolt}} = \frac{M_d}{l_{bolt}} \quad 38.5 \text{ [kN]}$$

M_d	27.2 [kNm]
l_{bolt}	0.707 [m]

$$V_{bc} = 0.62 * A_{bv} * f_{by} * 10^{-3} \quad 70.7 \text{ [kN]}$$

$$T_b = 0.77 * A_{bv} * f_{by} * 10^{-3} \quad 87.8 \text{ [kN]}$$

$$A_{bv} = 0.75 * \frac{\pi * \phi_{bolt}^2}{4} \quad 380 \text{ [mm}^2\text{]}$$

ϕ_{bolt}	25.4 [mm]
$f_{by,bolt}$	300 [MPa]

$$\left(\frac{T_{d_{bolt}}}{T_b}\right)^2 + \left(\frac{V_{d_{bolt}}}{V_{bc}}\right)^2 \leq 1 ? \quad 0.19 \quad \text{O.K.}$$

חישוב אורך עיגון

$$l_a = \alpha_1 * \frac{\phi_{bolt} * f_{by,bolt}}{4 * f_{bd}} * \frac{T_{d_{bolt}}}{T_b} \quad 522 \text{ [mm]}$$

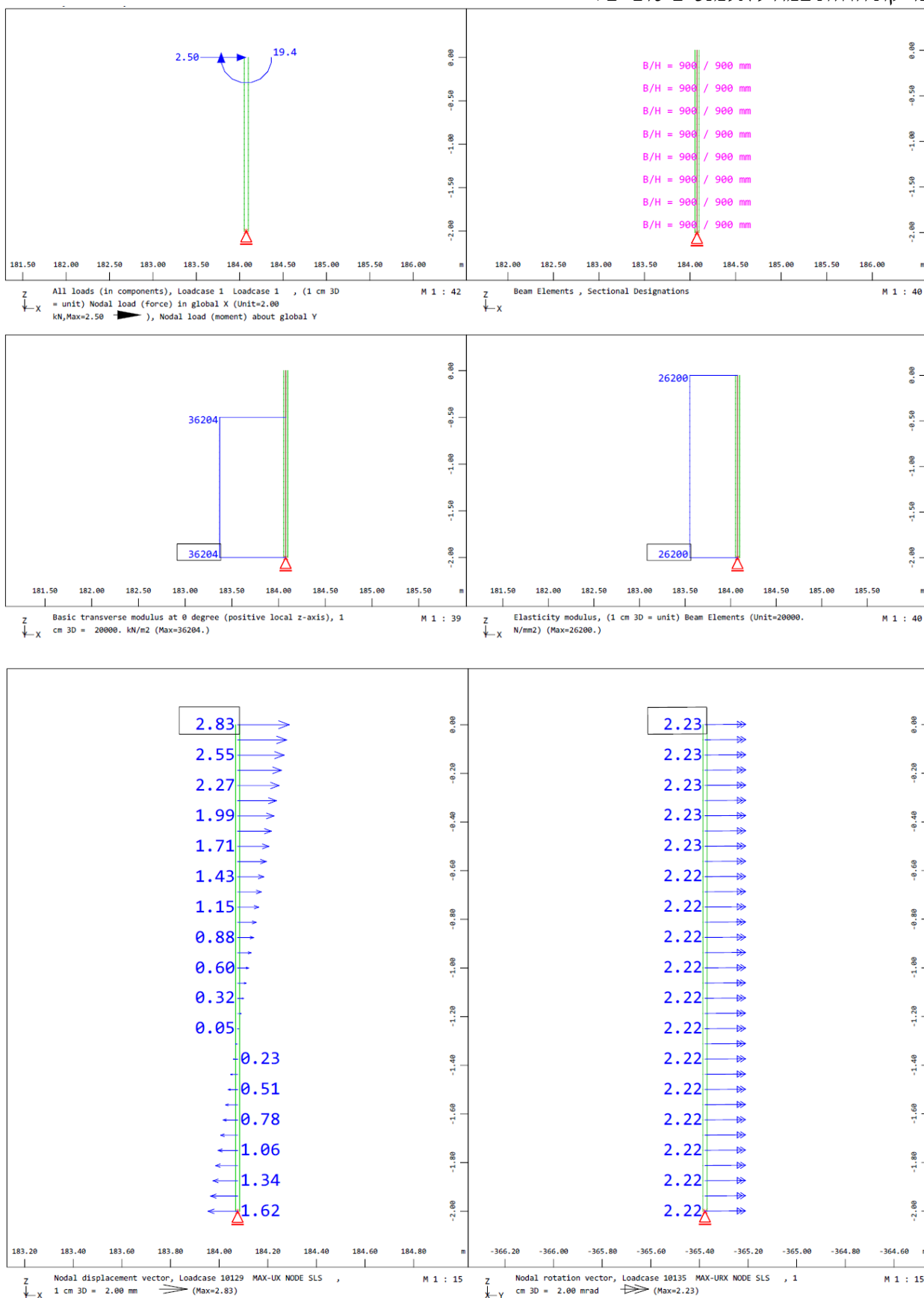
$f_{by,bolt}$	300 [Mpa]
ϕ_{bolt}	25.4 [mm]
f_{bd}	1.12 [Mpa]
α_1	0.7 [-]
$T_{d_{bolt}}$	38 [kN]
T_b	88 [kN]

$$l_{a,min} = \max \begin{cases} 100 \\ 0.3 \frac{\phi_{bolt} * f_{by,bolt}}{4 * f_{bd}} & 510 \\ 10\Phi & 254 \end{cases} = 510 \text{ [mm]}$$

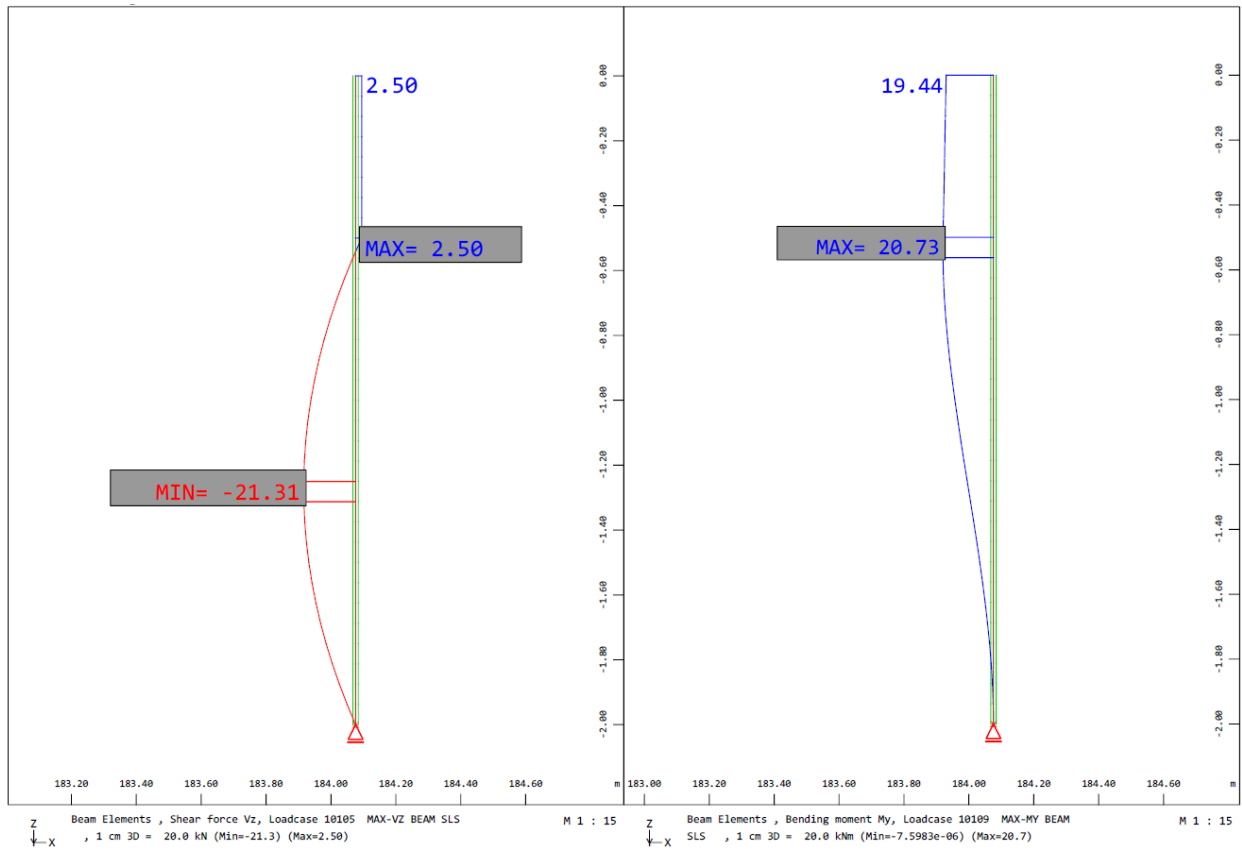
$$l_a = \max(l_a, l_{a,min}) \quad 522 \text{ [mm]}$$

l_a	522 [mm]
$l_{a,min}$	510 [mm]

בדיקת הזזות במודל אלמנטים סופיים :



תוצאות מומנט וגזירה בשירות ממודל אלמנטים סופיים :



חישוב עומסי רוח על עמוד תאורה בגובה 15 מטר

נתונים

חתך העמוד

המהירות הבסיסית של הרוח, עפ"י מפת ת"י 414 (תקופת חזרה 50 שנה)

גובה הזרוע (ראה סקיצת עמוד התאורה)

גובה העמוד (ראה סקיצת עמוד התאורה)

שטח הזרוע, ת"י 812 חלק 1, סעיף 5.2.2.3.

שטח גופי התאורה, ת"י 812 חלק 1, סעיף 5.2.2.4. (לפי הגדרות יצרן)

זרוע גוף התאורה ביחס לציר העמוד, ת"י 812 חלק 1, סעיף 1.3.6.

משקל גופי התאורה (לפי הגדרות יצרן)

משקל הזרוע

קוטר הזרוע

קוטר בראש העמוד

קוטר בתחתית העמוד

עובי דופן ממוצע של העמוד

דרגת חספוס פני השטח, ת"י 414 סעיף 5.3. טבלה 5.1

מקדם השיא, ת"י 414 סעיף 8.3.2. נוסחא (8.3)

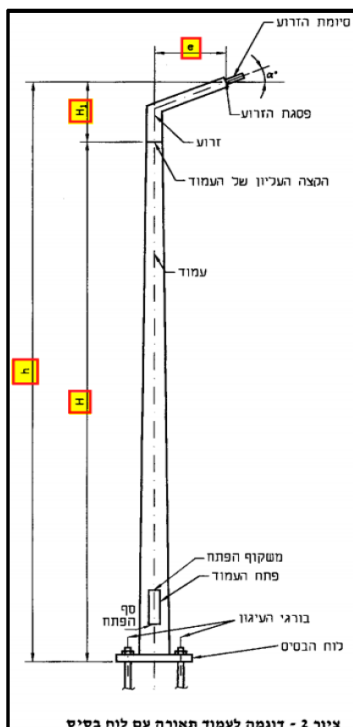
מקדם אורוגרפיה, ת"י 414 סעיף 5.4. נוסחא (5.4)

מקדם הצורה עבור גופי התאורה, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5. תת סעיף (ד')

תאוצת הכובד, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, נספח ח'

מודול האלסטיות של הפלדה, ת"י 1225 חלק 1, סעיף 3.1.5.

צמיגות קינמטית של האוויר, ת"י 812 חלק 1, סעיף 5.2.2.5. נוסחא (6)



Section	חתיך	עגול
V_b	33	[m/s]
H_1	1.5	[m]
H	13.5	[m]
A_b	0.18	[m ²]
A_l	0.20	[m ²]
e	1.5	[m]
W_{head}	40	[kg]
W_{arm}	30	[kg]
D_{arm}	76	[mm]
D_{top}	89	[mm]
D_{bot}	258	[mm]
t_{avg}	4.5	[mm]
Terrain Category	II	
K_p	3.5	[-]
C_0	1	[-]
C_1	1	[-]
g	9810	[mm/s ²]
E	205000	[N/mm ²]
v	1.51E-05	[m ² /s]

חישוב פרמטרים כלליים

הגובה הנומינלי של העמוד, ת"י 812 חלק 1, סעיף 1.3.11.

$$h = H + H_1 \quad 15.0 \text{ [m]}$$

H	13.5 [m]
H ₁	1.5 [m]

קוטר העמוד הממוצע

$$D_{avg} = \frac{D_{top} + D_{bot}}{2} \quad 174 \text{ [mm]}$$

D _{top}	89 [mm]
D _{bot}	258 [mm]

לחץ הייחוס הבסיסי של הרוח, ת"י 414 סעיף 3.5. נוסחא (3.5)

$$q_b = \frac{V_b^2}{1.6} \quad 681 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

V _b	33 [m/s]
----------------	----------

חישוב ערך התקופה הטבעית של העמוד (T), ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, נספח ה'

משקל גופי התאורה והזרוע, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, נספח ה'

$$W = (W_{head} + W_{arm}) * 10 \quad 700 \text{ [N]}$$

W _{head}	40 [kg]
W _{arm}	30 [kg]

משקל העמוד ליחידת אורך, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, נספח ה'

$$w = 7.85 \text{ [t/m}^3\text{]} * 10^{-5} * \pi * \left(\left(\frac{D_{avg}}{2} \right)^2 - \left(\frac{D_{avg} - 2t_{avg}}{2} \right)^2 \right)$$

$$w = \quad 0.19 \text{ [N/mm]}$$

D _{avg}	174 [mm]
t _{avg}	5 [mm]

מומנט האינרציה של קצהו העליון של העמוד

$$I_{top} = \frac{\pi * D_{top}^3}{8} * t_{avg} \quad 1.25E+06 \text{ [mm}^4\text{]}$$

D _{top}	89 [mm]
t _{avg}	5 [mm]

מומנט האינרציה של קצהו התחתון של העמוד

$$I_{bot} = \frac{\pi * D_{bot}^3}{8} * t_{avg} \quad 3.03E+07 \text{ [mm}^4\text{]}$$

D _{bot}	258 [mm]
t _{avg}	5 [mm]

מומנט האינרציה של העמוד, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, נספח ה'

$$I = \frac{I_{top} + I_{bot}}{2} \quad 1.58E+07 \text{ [mm}^4\text{]}$$

I _{top}	1.25E+06 [mm ⁴]
I _{bot}	3.03E+07 [mm ⁴]

תדר הכפיפה הבסיסי של העמוד, ת"י 812 חלק 1 ג'ית 1, נספח ה'

$$n = \frac{1.732}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{W \cdot (h + 1000)^3 + 0.236 \cdot w \cdot (h + 1000)^4}}$$

$$n = 0.72 \text{ [Hz]}$$

E	205000	[N/mm ²]
I	1.58E+07	[mm ⁴]
g	9810	[mm/s ²]
W	700	[N]
w	0.19	[N/mm]
h	15.0	[m]

$$T = \frac{1}{n} = 1.38 \text{ [s]}$$

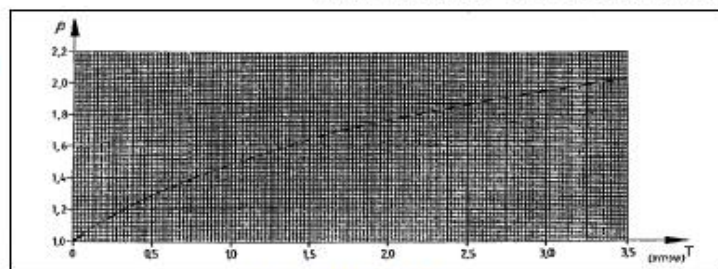
n	0.72	[Hz]
---	------	------

ערך התקופה הטבעית של העמוד, ת"י 812 חלק 1 ג'ית 1, נספח ה'

מקדם ההתנהגות הדינמית של העמוד, ת"י 812 חלק 1, סעיף 5.2.2.1.

$$T = 1.38 \text{ [s]} \rightarrow \beta = 1.61 \text{ [-]}$$

על פי תרשים 14 בת"י 812 חלק 1



תרשים 14 - ת"י 812 חלק 1

מקדם סבירות החשיפה, ת"י 812 חלק 1, סעיף 5.2.2.1. נוסחא (2)

$$\delta = 1 - 0.01 \cdot h = 0.85 \text{ [-]}$$

h	15.0	[m]
---	------	-----

חישוב עומס רוח על העמוד

מקדם החשיפה, ת"י 812 חלק 1 ג'ית 1, נספח ד'

ערכי הטבלה חושבו עבור מקדם אורוגרפיה $C_0=1$ ומקדם $K_0=3.5$

גובה הייחוס - z

$$z = \frac{H}{2} = 6.8 \text{ [m]}$$

H	13.5	[m]
---	------	-----

$$z = \begin{matrix} 6.8 \text{ [m]} \\ \text{Terrain} \\ \text{Category} \end{matrix} \left\{ \begin{matrix} \text{II} \\ \text{III} \end{matrix} \right\} \rightarrow C_e(z) = 2.13 \text{ [-]}$$

על פי טבלה ד-1 בת"י 812 חלק 1 ג'ית 1 נספח ד'

גובה מעל פני השטח (מטר) (z)	מקדם החשיפה $C_e(z)$				
	דוגמת החישוב של פני השטח של האזור בשכיבות הקפת העמוד				
	0	I	II	III	IV
1	1.81	1.94	1.42	1.28	1.17
2	2.14	1.98	1.42	1.28	1.17
3	2.34	2.09	1.44	1.28	1.17
4	2.49	2.25	1.50	1.28	1.17
5	2.60	2.37	1.53	1.28	1.17
6	2.70	2.48	1.54	1.28	1.17
7	2.78	2.57	1.55	1.28	1.17
8	2.86	2.64	1.56	1.28	1.17
9	2.92	2.71	1.57	1.28	1.17
10	2.98	2.78	1.58	1.28	1.17
11	3.04	2.83	1.59	1.28	1.17
12	3.09	2.89	1.60	1.28	1.17
13	3.13	2.94	1.61	1.28	1.17
14	3.18	2.98	1.62	1.28	1.17
15	3.22	3.03	1.62	1.28	1.17
16	3.25	3.07	1.63	1.28	1.17
17	3.29	3.10	1.64	1.28	1.17
18	3.32	3.14	1.64	1.28	1.17
19	3.36	3.17	1.65	1.28	1.17
20	3.39	3.21	1.65	1.28	1.17

טבלה ד-1 - ת"י 812 חלק 1 ג'ית 1 נספח ד'

הלחץ האופייני השקול של הרוח, ת"י 812 חלק 1 גיית 1, סעיף 5.2.2.1. נוסחא (1)

$$q(z) = q_b * C_e(z) * C_0 * \delta * \beta \quad 1989 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

q_b	681	[N/m ²]
C_0	1	[-]
$C_e(z)$	2.13	[-]
δ	0.85	[-]
β	1.61	[-]

חישוב מקדם הצורה עבור העמוד, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5.

מהירות הרוח במרכז העמוד, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5.

$$V(z) = 1.26 * \sqrt{\frac{q(z)}{\delta * \beta}} \quad 48 \text{ [m/s]}$$

$q(z)$	1989	[N/m ²]
δ	0.85	[-]
β	1.61	[-]

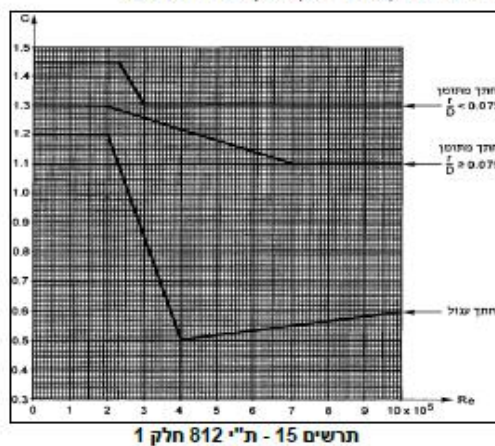
מספר ריינולדס, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5. נוסחא (6)

$$Re = \frac{D_{avg} * 10^{-3} * V(z)}{\nu} \quad 551235 \text{ [-]}$$

D_{avg}	174	[mm]
$V(z)$	48	[m/s]
ν	1.51E-05	[m ² /s]

מקדם הצורה של העמוד, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5. נוסחא (6)

$$Re = 551235 \text{ [-]} \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow C_c = 0.53 \text{ [-]} \end{array} \right.$$



הכוח האופקי המופעל על העמוד, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.2. נוסחא (3)

$$F_c = q(z) * (D_{avg} * 10^{-3}) * H * C_c * 10^{-3}$$

$$F_c = 2.45 \text{ (kN)}$$

$q(z)$	1989	[N/m ²]
D_{avg}	174	[mm]
H	13.5	[m]
C_c	0.53	[-]

חישוב עומס רוח על הזרוע

מקדם החשיפה, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, נספח ד'

ערכי הטבלה חושבו עבור מקדם אורוגרפיה $C_0=1$ ומקדם שיא $K_p=3.5$

גובה הייחוס - z

$$z = H + \frac{H_1}{2} \quad 14.3 \text{ [m]}$$

H	13.5 [m]
H ₁	1.5 [m]

$$z = \frac{14.3 \text{ [m]}}{\text{Terrain Category II}} \rightarrow C_e(z) = 2.62 [-]$$

על פי טבלה ד-1 בת"י 812 חלק 1 ג"ת 1 נספח ד'

הלחץ האופייני השקול של הרוח, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, סעיף 5.2.2.1. נוסחא (1)

$$q(z) = q_b * C_e(z) * C_0 * \delta * \beta \quad 2447 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

q _b	681 [N/m ²]
C ₀	1 [-]
C _e (z)	2.62 [-]
δ	0.85 [-]
β	1.61 [-]

חישוב מקדם הצורה עבור הזרוע, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5.

מהירות הרוח במרכז הזרוע, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5.

$$V(z) = 1.26 * \sqrt{\frac{q(z)}{\delta * \beta}} \quad 53 \text{ [m/s]}$$

q(z)	2447 [N/m ²]
δ	0.85 [-]
β	1.61 [-]

מספר ריינולדס, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5. נוסחא (6)

$$R_e = \frac{D_{arm} * 10^{-3} * V(z)}{\nu} \quad 267801 [-]$$

D _{arm}	76 [mm]
V(z)	53 [m/s]
ν	1.51E-05 [m ² /s]

מקדם הצורה של הזרוע, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5. נוסחא (8)

$$R_e = 267801 [-] \rightarrow C_b = 0.96 [-]$$

הכוח האופקי הפועל על הזרוע, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.3. נוסחא (4)

$$F_b = q(z) * A_b * C_b * 10^{-3}$$

$$F_b = 0.42 \text{ [kN]}$$

q(z)	2447 [N/m ²]
A _b	0.18 [m ²]
C _b	0.96 [-]

חישוב עומס רוח על גופי התאורה

מקדם החשיפה, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, נספח ד'

ערכי הטבלה חושבו עבור מקדם אורוגרפיה $C_0=1$ ומקדם שיא $K_p=3.5$

גובה הייחוס - z

$$z = h \quad 15.0 \text{ [m]}$$

h	15.0 [m]
z = 15.0 [m]	
Terrain Category II	$\rightarrow C_e(z) = 2.62 [-]$

על פי טבלה ד-1 בת"י 812 חלק 1 ג"ת 1 נספח ד'

הלחץ האופייני השקול של הרוח, ת"י 812 חלק 1 ג"ת 1, סעיף 5.2.2.1.1 (1)

$$q(z) = q_b * C_e(z) * C_0 * \delta * \beta \quad 2447 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

q_b	681 [N/m ²]
C_0	1 [-]
$C_e(z)$	2.62 [-]
δ	0.85 [-]
β	1.61 [-]

מקדם הצורה עבור גופי התאורה, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5.1 (2)

על פי ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.5.2 (3) מקדם הצורה עבור גופי התאורה ייקבע כ- $C_f=1$ (בהעדר ערכים המבוססים על ניסויים).

הכוח האופקי הפועל על גופי התאורה, ת"י 812 חלק 1 סעיף 5.2.2.4.1 (5)

$$C_f = 1 [-]$$

$$F_l = q(z) * A_l * C_f * 10^{-3} \quad 0.49 \text{ [kN]}$$

q(z)	2447 [N/m ²]
A_l	0.20 [m ²]
C_f	1 [-]

הכוחות הפועלים בבסיס עמוד התאורה - שירות

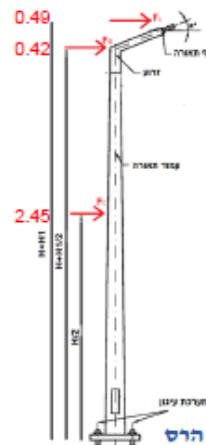
$$F_{ser} = F_c + F_b + F_l \quad 3.36 \text{ [kN]}$$

F_c	2.45 [kN]
F_b	0.42 [kN]
F_l	0.49 [kN]

$$M_{ser} = F_c * R_c + F_b * R_b + F_l * R_l + W_{head} * 10^{-2} * e + W_{arm} * 10^{-2} * \frac{e}{2}$$

$$M_{ser} \quad 30.69 \text{ [kN*m]}$$

F_c	2.45 [kN]
F_b	0.42 [kN]
F_l	0.49 [kN]
$R_c = \frac{H}{2}$	6.8 [m]
$R_b = H + \frac{H_1}{2}$	14.3 [m]
$R_l = H + H_1$	15.0 [m]
H	13.5 [m]
H_1	1.5 [m]
e	1.5 [m]
W_{head}	40 [kg]
W_{arm}	30 [kg]



הכוחות הפועלים בבסיס עמוד התאורה - הרס

$$F_d = 1.4 * F_{ser} \quad 4.70 \text{ [kN]}$$

F_{ser}	3.36 [kN]
-----------	-----------

$$M_d = 1.4 * M_{ser} \quad 42.97 \text{ [kN*m]}$$

M_{ser}	30.69 [kN*m]
-----------	--------------

חישוב עומק יסוד נדרש לעמוד 15.0 מטר בקרקע קוהזיבית במדרון

פרמטרים

גיאומטריה

D_0	0.9 [m]	קוטר היסוד
-------	---------	------------

עומסים

m	30.69 [kNm]	מומנט שירות
P	3.40 [kN]	כוח גזירה בשירות
F.S	3.0 [-]	מקדם ביטחון
R_i	0.6 [-]	פקטור למקדם ביטחון למדרון
$F.S_R = F.S/R_i$	5.0 [-]	מקדם ביטחון לקרקע במדרון

גובה העמוד

H	15.0 [m]	גובה העמוד
---	----------	------------

תכונות הקרקע

מדרון		
K_h	20571 [kN/m ³]	מודול מצע אופקי
C_u	85 [KPa]	חוזק לגזירה מהירה

תכונות הבטון

f_{cd}	13.9 [MPa]	חוזק התכן בלחיצה
E_c	28200000 [KPa]	מודול אלסטיות
f_{ck}	40 [MPa]	חוזק אופייני בלחיצה
f_{vd}	0.32 [MPa]	חוזק בסיסי בגזירה
f_{sd}	500 [MPa]	חוזק פלדת הזיון לתכן
f_{ctd}	0.65 [MPa]	מאמץ המתיחה בהרס
f_{bd}	1.27 [MPa]	חוזק תכן הבטון בהידבקות

כלוב הברגים

$F_{by\ bolt}$	300 [MPa]	חוזק פלדת הברגים לתכן
Φ_{bolt}	31.8 [mm]	קוטר הבורג
R_{bolt}	500 [mm]	זרוע בין הברגים

L (h)	2.4 [m]	עומק היסוד
--------------	----------------	-------------------

הערכה ראשונית של עומק היסוד

הכוחות מחושבים עם מקדם ביטחון על פי ת"י 940, חלק 1.

מומנט לחישוב היציבות:

$$m_g = m * F.S_R \quad 153 \text{ [kNm]}$$

m	30.7 [kNm]
F.S _R	5.0 [-]

כוח גזירה לחישוב היציבות:

$$P_H = P * F.S_R \quad 16.79126048 \text{ [kN]}$$

P	3.4 [kN]
F.S _R	5.0 [-]

אקסצנטריות וירטואלית מחושבת:

$$e = \frac{m_g}{P_H} \quad 9.1 \text{ [m]}$$

m _g	153 [kNm]
P _h	16.79126048 [kN]

מיקום המומנט המהסימלי

$$f = \frac{P_H}{9 * C_u * D_0} \quad 0.0 \text{ [m]}$$

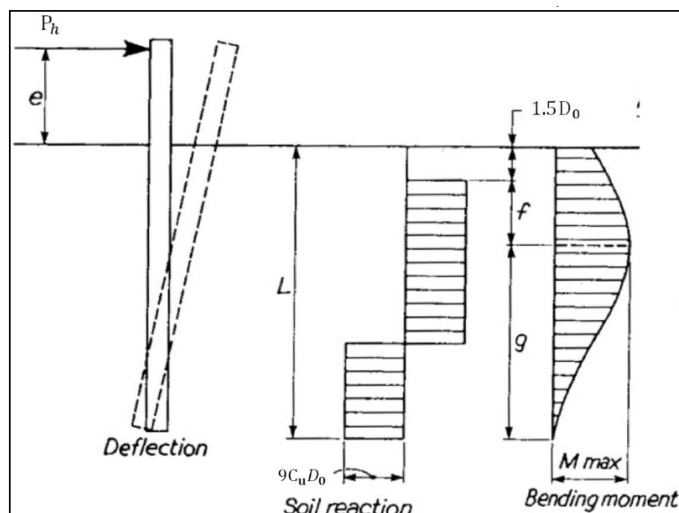
P _H	17 [kN]
C _u	85 [kPa]
D ₀	0.9 [m]

$$m_{sta} = P_H (1.5D_0 + e + 0.5f) \quad 176 \text{ [kNm]}$$

D ₀	0.9 [m]
e	9.1 [m]
f	0.0 [m]

$$g = \sqrt{\frac{m_{sta}}{2.25 * D_0 * C_u}} \quad 1.0 \text{ [m]}$$

m _{sta}	176 [kNm]
D ₀	0.9 [m]
C _u	85 [kPa]



עומק היסוד המתקבל:

$$L = 1.5D_0 + f + g \quad 2.39 \text{ [m]}$$

D ₀	0.9 [m]
f	0.0 [m]
g	1.0 [m]
L	2.4 [m]

בדיקת הנחת יסוד קצר קשיח:

נניח מודול מצע אופקי קבוע לכל גובה היסוד.

על פי הנחיות יועץ קרקע:

K_h	20571 [kN/m ³]
-------	----------------------------

חישוב מומנט האינרציה של חתך היסוד:

$$I_{foundation} = \frac{\pi * D_0^4}{64} \quad 0.032 \text{ [m}^4 \text{]}$$

D_0	0.9 [m]
-------	---------

על פי ת"י 466, חלק 1, טבלה 3.6:

E_c	28,200,000 [kPa]
-------	------------------

פרמטר הבדיקה עבור הנחת יסוד קצר קשיח:

$$R = \sqrt[4]{\frac{E_c * I_{foundation}}{K_h * D_0}} \quad 2.65 \text{ [m]}$$

E_c	28,200,000 [kPa]
$I_{foundation}$	0.032 [m ⁴]
K_h	20571 [kN/m ³]
D_0	0.9 [m]

בדיקת קיום תנאי עבור הגדרת יסוד קצר קשיח:

$$\frac{L}{R} = \quad 0.91 < 2 \quad \text{O.K.}$$

L	2.40 [m]
R	2.65 [m]

היסוד מקיים את תנאי ההגדרה ליסוד קצר קשיח.

עומסים בהרס:

כוח גזירה בהרס:

$$P_{H,d} = 1.4 * P_{model} \quad 4.8 \text{ [kN]}$$

P_{model}	3.4 [kN]
-------------	----------

ראה תוצאות מודל:

מומנט בהרס:

$$M_d = 1.4 * m_{model} \quad 43.0 \text{ [kNm]}$$

m_{model}	30.7 [kNm]
-------------	------------

ראה תוצאות מודל:

חישוב תסבולת כפיפה

$$M_d = 43.0 \text{ [kNm]}$$

$$W_c = \frac{I}{Y} \quad 0.072 \text{ [m}^3\text{]}$$

I	0.032 [m ⁴]
Y = 0.5D ₀	0.45 [m]

$$M_{crack} = f_{ctd} * W_g * 10^3 \quad 46.5 \text{ [kNm]}$$

W _g	0.072 [m ³]
f _{ctd}	0.65 [MPa]

$$M_{crack} > M_d ? \quad \text{O.K.}$$

אין צורך לשים זיון ביסוד

חישוב תסבולת גזירה

$$V_d = P_{H,d} \quad 4.8 \text{ [kNm]}$$

P _{H,d}	4.8 [kNm]
------------------	-----------

$$V_c = 0.8 * D_0^2 * f_{vd} * 10^3 \quad 207.36 \text{ [kN]}$$

D ₀	0.9 [m]
f _{vd}	0.32 [MPa]

$$V_c \geq V_d ? \quad \text{O.K.}$$

אין צורך בזיון אורכי לכפיפה

חישוב כלוב הברגים

$$l_{bolt} = R_{bolt} * \sqrt{2} * 10^{-3} \quad 0.707 \text{ [m]}$$

R_{bolt}	500 [mm]
------------	----------

$$V_{d,bolt} = \frac{V_d}{4} \quad 1.2 \text{ [kN]}$$

V_d	4.8 [kN]
-------	----------

$$T_{d,bolt} = \frac{M_d}{l_{bolt}} \quad 60.8 \text{ [kN]}$$

M_d	43 [kNm]
l_{bolt}	0.707 [m]

$$V_{bc} = 0.62 * A_{bv} * f_{by} * 10^{-3} \quad 110.4 \text{ [kN]}$$

$$T_b = 0.77 * A_{bv} * f_{by} * 10^{-3} \quad 137.2 \text{ [kN]}$$

$$A_{bv} = 0.75 * \frac{\pi * \phi_{bolt}^2}{4} \quad 594 \text{ [mm}^2\text{]}$$

ϕ_{bolt}	31.8 [mm]
$f_{by,bolt}$	300 [MPa]

$$\left(\frac{T_{d,bolt}}{T_b} \right)^2 + \left(\frac{V_{d,bolt}}{V_{bc}} \right)^2 \leq 1 ? \quad 0.20 \quad O.K$$

חישוב אורך עיגון

$$l_a = \alpha_1 * \frac{\phi_{bolt} * f_{by,bolt}}{4 * f_{bd}} * \frac{T_{d,bolt}}{T_b} \quad 581 \text{ [mm]}$$

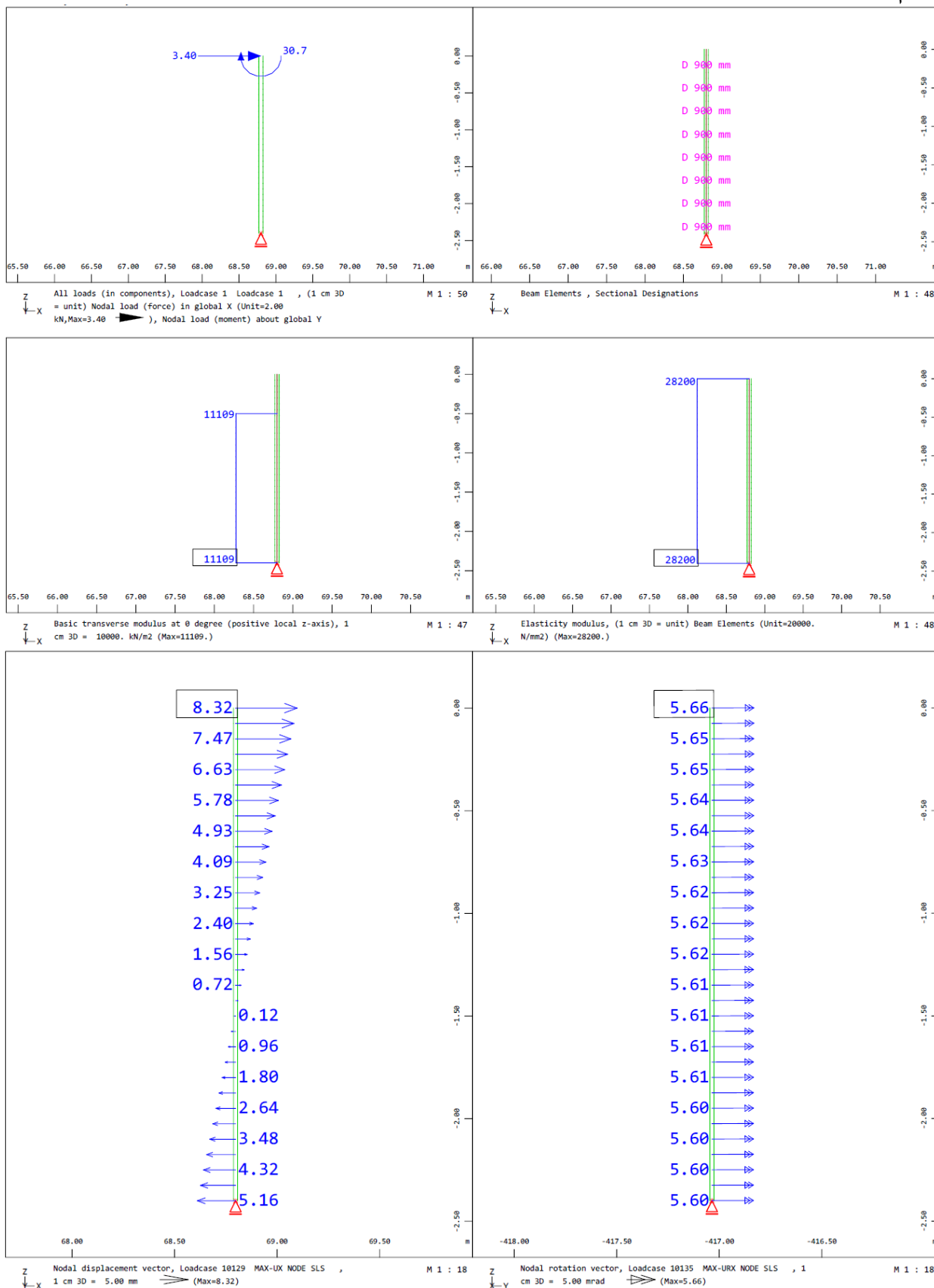
$f_{by,bolt}$	300 [Mpa]
ϕ_{bolt}	31.8 [mm]
f_{bd}	1.27 [Mpa]
α_1	0.7 [-]
$T_{d,bolt}$	61 [kN]
T_b	137 [kN]

$$l_{a,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 100 \text{ [mm]} \\ 0.3 \frac{\phi_{bolt} * f_{by,bolt}}{4 * f_{bd}} \\ 10\Phi \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} 100 \\ 563 \\ 317.5 \end{array} = 563 \text{ [mm]}$$

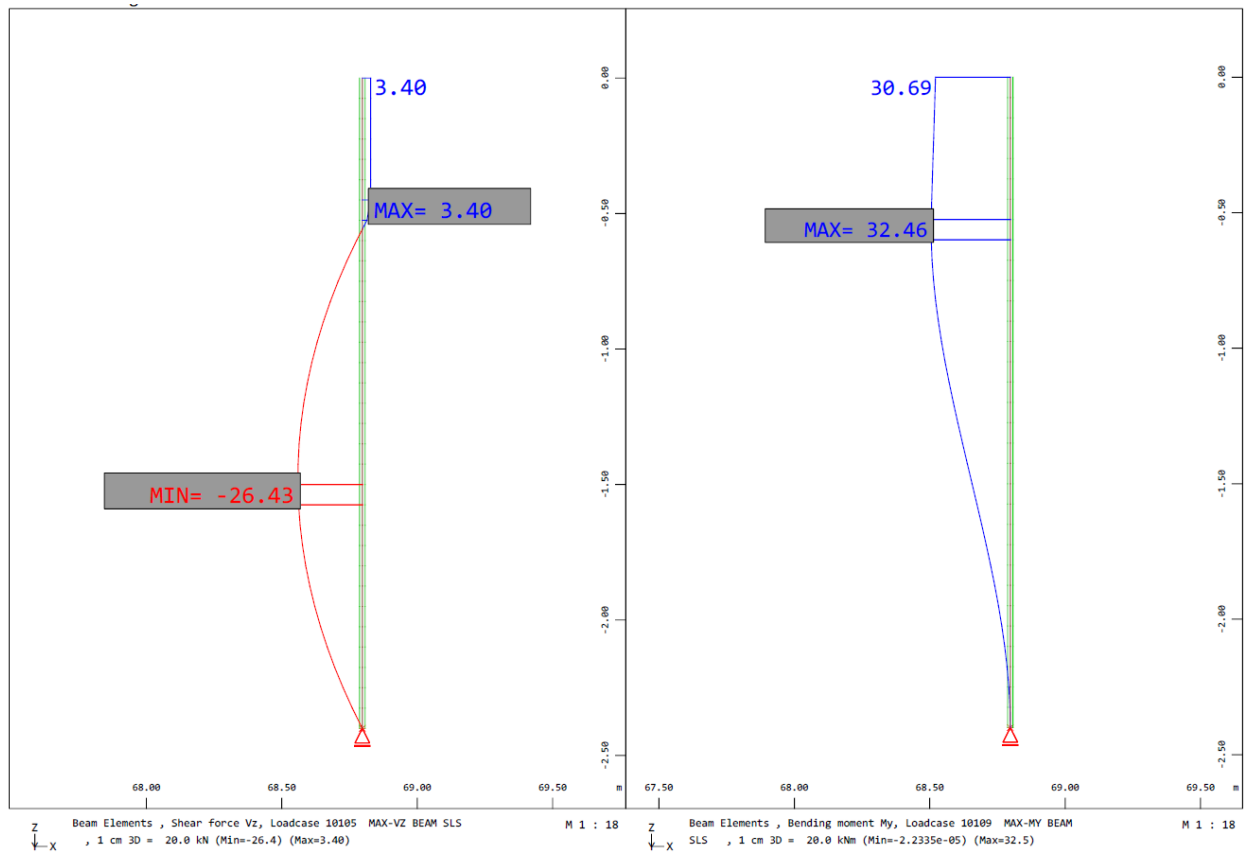
$$l_a = \max(l_a, l_{a,min}) \quad 581 \text{ [mm]}$$

l_a	581 [mm]
$l_{a,min}$	563 [mm]

בדיקת הזזות במודל אלמנטים סופיים :



תוצאות מומנט וגזירה בשירות ממודל אלמנטים סופיים :



טבלת סיכום עומקי היסודות המחושבים לעמודי תאורה, לפי סוג הקרקע ושיפועה :

סיווג הקרקע		10 מטר	12 מטר	15 מטר
קרקע קוהזיבית	מישור	1.9	2.0	2.2
	מדרון	2.1	2.2	2.4
קרקע גרנולרית	מישור	1.7	1.9	2.1
	מדרון	1.9	2.1	2.4
עומק סופי	מישור	1.9	2.0	2.2
	מדרון	2.1	2.2	2.4

עומקי היסודות נתונים ביחידות [מטר].

העומק הסופי הינו העומק עבור הקרקע המחמירה מבין המצבים שנבדקו.

באחריות המתכנן לקבוע את עומק היסוד בהתאם לחישוב מפורט מלא.

גובה עמוד	סוג הקרקע	צורת חתך היסוד	שיפוע הקרקע	סוג בטון	M_{ser}	M_d	V_{ser}	V_d	צלע/קוטר D	שטח חתך יסוד A_g	מומנט אינרציה חתך יסוד I_g	מומנט התנגדות חתך יסוד W_g	מומנט הסדיקה M_r	מצב החתך לבדיקה	חיסובולת חתך הבטון בבדיקה V_c	מצב החתך לבדיקה
[m]	[A/D]	עגול/ריבועי	מדרון/מישור	[ב-30/40]	[kN*m]	[kN*m]	[kN]	[kN]	[m]	[m ²]	[m ⁴]	[m ³]	[kN*m]		[kN]	
10	A - קוהזיבית	עגול	מישור	ב-30	14.36	20.10	15.92	22.29	0.9	0.636	0.032	0.072	37.9	Mr>Md	175.0	Vc>Vd
10	A - קוהזיבית	ריבועי	מישור	ב-30	14.36	20.10	15.92	22.29	0.9	0.810	0.055	0.122	64.4	Mr>Md	218.7	Vc>Vd
10	D - גרנולרית	עגול	מישור	ב-30	14.36	20.10	15.92	22.29	0.9	0.636	0.032	0.072	37.9	Mr>Md	175.0	Vc>Vd
10	D - גרנולרית	ריבועי	מישור	ב-30	14.36	20.10	15.92	22.29	0.9	0.810	0.055	0.122	64.4	Mr>Md	218.7	Vc>Vd
12	A - קוהזיבית	עגול	מישור	ב-30	20.69	28.97	21.31	29.83	0.9	0.636	0.032	0.072	37.9	Mr>Md	175.0	Vc>Vd
12	A - קוהזיבית	ריבועי	מישור	ב-30	20.69	28.97	21.31	29.83	0.9	0.810	0.055	0.122	64.4	Mr>Md	218.7	Vc>Vd
12	D - גרנולרית	עגול	מישור	ב-30	20.73	29.02	21.31	29.83	0.9	0.636	0.032	0.072	37.9	Mr>Md	175.0	Vc>Vd
12	D - גרנולרית	ריבועי	מישור	ב-30	20.73	29.02	21.31	29.83	0.9	0.810	0.055	0.122	64.4	Mr>Md	218.7	Vc>Vd
15	A - קוהזיבית	עגול	מישור	ב-40	32.47	45.46	29.45	41.23	0.9	0.636	0.032	0.072	46.5	Mr>Md	175.0	Vc>Vd
15	A - קוהזיבית	ריבועי	מישור	ב-40	32.47	45.46	29.45	41.23	0.9	0.810	0.055	0.122	79.0	Mr>Md	218.7	Vc>Vd
15	D - גרנולרית	עגול	מישור	ב-40	32.47	45.46	29.45	41.23	0.9	0.636	0.032	0.072	46.5	Mr>Md	175.0	Vc>Vd
15	D - גרנולרית	ריבועי	מישור	ב-40	32.47	45.46	29.45	41.23	0.9	0.810	0.055	0.122	79.0	Mr>Md	218.7	Vc>Vd
10	A - קוהזיבית	עגול	מדרון	ב-30	14.45	20.23	14.02	19.63	0.9	0.636	0.032	0.072	37.9	Mr>Md	175.0	Vc>Vd
10	A - קוהזיבית	ריבועי	מדרון	ב-30	14.45	20.23	14.02	19.63	0.9	0.810	0.055	0.122	64.4	Mr>Md	218.7	Vc>Vd
10	D - גרנולרית	עגול	מדרון	ב-30	14.45	20.23	14.02	19.63	0.9	0.636	0.032	0.072	37.9	Mr>Md	175.0	Vc>Vd
10	D - גרנולרית	ריבועי	מדרון	ב-30	14.45	20.23	14.02	19.63	0.9	0.810	0.055	0.122	64.4	Mr>Md	218.7	Vc>Vd
12	A - קוהזיבית	עגול	מדרון	ב-30	20.76	29.06	18.90	26.46	0.9	0.636	0.032	0.072	37.9	Mr>Md	175.0	Vc>Vd
12	A - קוהזיבית	ריבועי	מדרון	ב-30	20.76	29.06	18.90	26.46	0.9	0.810	0.055	0.122	64.4	Mr>Md	218.7	Vc>Vd
12	D - גרנולרית	עגול	מדרון	ב-30	20.76	29.06	18.90	26.46	0.9	0.636	0.032	0.072	37.9	Mr>Md	175.0	Vc>Vd
12	D - גרנולרית	ריבועי	מדרון	ב-30	20.76	29.06	18.90	26.46	0.9	0.810	0.055	0.122	64.4	Mr>Md	218.7	Vc>Vd
15	A - קוהזיבית	עגול	מדרון	ב-40	32.44	45.42	26.43	37.00	0.9	0.636	0.032	0.072	46.5	Mr>Md	175.0	Vc>Vd
15	A - קוהזיבית	ריבועי	מדרון	ב-40	32.44	45.42	26.43	37.00	0.9	0.810	0.055	0.122	79.0	Mr>Md	218.7	Vc>Vd
15	D - גרנולרית	עגול	מדרון	ב-40	32.43	45.40	26.42	36.99	0.9	0.636	0.032	0.072	46.5	Mr>Md	175.0	Vc>Vd
15	D - גרנולרית	ריבועי	מדרון	ב-40	32.43	45.40	26.42	36.99	0.9	0.810	0.055	0.122	79.0	Mr>Md	218.7	Vc>Vd

נספח ב' - ריכוז תוצאות חישוב כוחות ומומנטים בבסיס עמודי תאורה גבוהים בגובה 25-45 מ'

בנספח זה מוצג תכנון מפורט של יסודות לעמודי התאורה גבוהים עד כדי קביעת המימדים שלהם וכמויות הזיון שבהם. תכנון זה מבוסס על כוחות הרוח המוגדרים בת"י 812 משנת 2006 ומתבסס על תקן הרוח הישראלי 414 שאינו בתוקף. חישוב זה מהווה דוגמת חישוב בלבד ' באחריות המתכנן, לאחר הגדרת כינוי העמוד, לוודא את נתוני העומסים וההטרחות הפועלים על אלמנט הביסוס עפ"י סוג העמוד, תנאי האתר ומפרטי הספק. עפ"י נתונים אלו יבצע המתכנן את החישובים הנדרשים למערכות הביסוס בהתאם לנתוני העומסים בפועל הפועלים בראש אלמנטי הביסוס וישלים את פרטי הביצוע עפ"י הוראות האוגדן והפרטים המנחים.

טבלה מרכזת לכוחות רוח על עמודי התאורה השונים לפי א.א.ש.טו												
נתונים כלליים: מהירות הרוח – 54 מ' לשנייה, דרגת חספוס II, שטח גוף תאורה 2 מ"ר												
$M[t \cdot m]$	$F_w[ton]$	$P_z[pa]$	C_d	$C_v \cdot V \cdot d$	r_c	I_r	$V[m/sec]$	G	K_z	$\bar{b}[m]$	$Z_e[m]$	
עמוד תאורה 25 מטר, 3 קטעים, עובי בראש 190 מ"מ, עובי בתחתית 660 מ"מ.												
2.55	0.61	1264	0.717	31.3	0.104	1.0	54	1.14	0.865	0.58	4.17	קטע 1
6.30	0.50	1441	0.674	22.7	0.145	1.0	54	1.14	1.049	0.42	12.5	קטע 2
6.19	0.30	1371	0.576	14.0	0.235	1.0	54	1.14	1.168	0.26	20.8	קטע 3
12.37	0.50	2474	1.0			1.0	54	1.14	1.214		25	גוף תאורה
27.41	1.91											
עמוד תאורה 30 מטר, 4 קטעים, עובי בראש 190 מ"מ, עובי בתחתית 640 מ"מ.												
2.07	0.55	1265	0.718	31.5	0.104	1.0	54	1.14	0.865	0.583	3.75	קטע 1
5.69	0.50	1442	0.690	25.2	0.130	1.0	54	1.14	1.026	0.468	11.3	קטע 2
7.43	0.40	1498	0.644	19.0	0.173	1.0	54	1.14	1.143	0.353	18.8	קטע 3
6.44	0.25	1378	0.551	12.8	0.258	1.0	54	1.14	1.226	0.238	26.3	קטע 4
15.42	0.51	2570	1.0			1.0	54	1.14	1.261		30	גוף תאורה
37.05	2.21											
עמוד תאורה 35 מטר, 4 קטעים, עובי בראש 200 מ"מ, עובי בתחתית 650 מ"מ.												
2.88	0.66	1269	0.720	32.0	0.102	1.0	54	1.14	0.865	0.594	4.38	קטע 1
8.28	0.63	1499	0.694	26.0	0.126	1.0	54	1.14	1.056	0.481	13.1	קטע 2
11.07	0.51	1568	0.652	19.9	0.165	1.0	54	1.14	1.18	0.369	21.9	קטע 3
10.14	0.33	1477	0.572	13.8	0.239	1.0	54	1.14	1.267	0.256	30.6	קטע 4
18.59	0.53	2655	1.0			1.0	54	1.14	1.303		35	גוף תאורה
50.96	2.66											
עמוד תאורה 40 מטר, 5 קטעים, עובי בראש 190 מ"מ, עובי בתחתית 700 מ"מ.												
2.67	0.67	1286	0.729	35.0	0.093	1.0	54	1.14	0.865	0.649	4	קטע 1
7.91	0.66	1506	0.710	29.5	0.111	1.0	54	1.14	1.04	0.547	12	קטע 2
11.47	0.57	1611	0.683	24.0	0.136	1.0	54	1.14	1.158	0.445	20	קטע 3
12.42	0.44	1617	0.638	18.5	0.176	1.0	54	1.14	1.243	0.343	28	קטע 4
10.30	0.29	1484	0.555	13.0	0.254	1.0	54	1.14	1.311	0.241	36	קטע 5
21.85	0.55	2731	1.0			1.0	54	1.14	1.34		40	גוף תאורה
66.62	3.17											
עמוד תאורה 45 מטר, 5 קטעים, עובי בראש 200 מ"מ, עובי בתחתית 710 מ"מ.												
3.44	0.76	1288	0.731	35.6	0.092	1.0	54	1.14	0.865	0.659	4.5	קטע 1
10.48	0.78	1548	0.713	30.1	0.109	1.0	54	1.14	1.066	0.557	13.5	קטע 2
15.29	0.68	1660	0.686	24.6	0.133	1.0	54	1.14	1.187	0.455	22.5	קטע 3
16.73	0.53	1672	0.644	19.1	0.172	1.0	54	1.14	1.274	0.353	31.5	קטע 4
14.19	0.35	1551	0.567	13.6	0.244	1.0	54	1.14	1.344	0.251	40.5	קטע 5
25.20	0.56	2800	1.0			1.0	54	1.14	1.374		45	גוף תאורה
85.33	3.66											

בנספח זה מוצגת דוגמת חישוב ביסוס לעמוד תאורה עפ"י הוראות התקן האמריקאי. חישוב זה מהווה דוגמת חישוב בלבד 'באחריות המתכנן, לאחר הגדרת כינוי העמוד, לוודא את נתוני העומסים וההטרחות הפועלים על אלמנט הביסוס עפ"י סוג העמוד, תנאי האתר ומפדטי הספק. עפ"י נתונים אלו יבצע המתכנן את החישובים הנדרשים למערכות הביסוס בהתאם לנתוני העומסים בפועל הפועלים בראש אלמנטי הביסוס וישלים את פרטי הביצוע עפ"י הוראות האוגדן והפרטים המנחים.

1 חישוב כוחות רוח הפועלים על העמוד

החישוב בוצע על פי הנחיות התקן האמריקני AASHTO Standard Specifications for Structural Supports for Highway Signs, Luminaires, and Traffic Signals. Fifth Edition 2009

הנתונים הגיאומטריים בדוגמת החישוב הם עבור עמוד תאורה בגובה 40 מטר:

מהירות רוח $V = 54 [m/sec]$ משב עליון במשך 3 שניות בתקופת חזרה של 50 שנה. מקדם חשיפה C (לפי 7 ASCE/SCI) – שטחים פתוחים עם מכשולים מפורזים. העמוד מחולק למספר מקטעים על פי בחירת המתכנן. בדוגמת החישוב המוצגת העמוד חולק לחמישה מקטעים שווים, כל אחד מהם באורך של 8 מטר. עומס הרוח המחושב פועל במרכז כל קטע והעובי לצורך החישובים הוא העובי הממוצע של כל קטע. פירוס כוחות הרוח על המקטעים החישוביים של העמוד מתואר באיור 1.

חישוב שקולי כוחות הרוח על חמשת המקטעים מפורט להלן:

חישוב שקול כוחות הרוח בקטע 1

$$Z_e = 4m, \quad \bar{b} = 0.649m$$

$$P_z = 0.613 \cdot K_z \cdot G \cdot V^2 \cdot I_r \cdot C_d \quad \text{לחץ הרוח הכולל (נוסחא 3-1 AASHTO):}$$

$$K_z - \text{מקדם גובה וחשיפה (נוסחא C3-1 AASHTO) -}$$

$$K_z = 2.01 \left(\frac{Z}{Z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}} = 2.01 \left(\frac{5}{274.3} \right)^{\frac{2}{9.5}} = 0.865$$

$$\left(\begin{array}{l} Z = \max\{\text{height above ground}; 5m\} \\ \text{ASCE/SEI 7 (Table 6-2) - exposure C: } \alpha = 9.5 ; Z_g = 274.3 [m] \end{array} \right)$$

$$G = 1.14 \quad \text{- מקדם משב הרוח (סעיף 3.8.5 AASHTO) -}$$

$I_r = 1.0$ – I_r - מקדם חשיבות (טבלה 3-2 AASHTO) –
 עבור אזור ללא סכנת הוריקן, תקופת חזרה בת 50 שנה :

$C_v = 1.0$ – C_v - מקדם המרת המהירות (טבלה 3-4 AASHTO) –
 עבור אזור ללא סכנת הוריקן, תקופת חזרה בת 50 שנה :

d - קוטר העמוד – 0.649 מ'

V - מהירות הרוח – 54 מ' לשני

r_c - יחס רדיוס הכיפוף בין מרכזי הדפנות לרדיוס החתך –
 רדיוס כיפוף הדפנות 30 מ"מ

רדיוס החתך $\frac{d-t}{2} = \frac{649-8}{2} = 320.5mm$

$$r_c = \frac{30}{321} = 0.0935$$

$$C_v \cdot V \cdot d = 1.0 \cdot 54 \cdot 0.649 = 35.0 > 10.66$$

$$0 \leq r_c = 0.0935 < 0.26$$

C_d - מקדם גרר (טבלה 3-6 AASHTO) –

$$C_d = 0.83 - 1.08 \cdot r_c = 0.83 - 1.08 \cdot 0.0935 = 0.729$$

לאחר חישוב המקדמים ניתן לחשב את לחץ הרוח הכולל הפועל על הקטע :

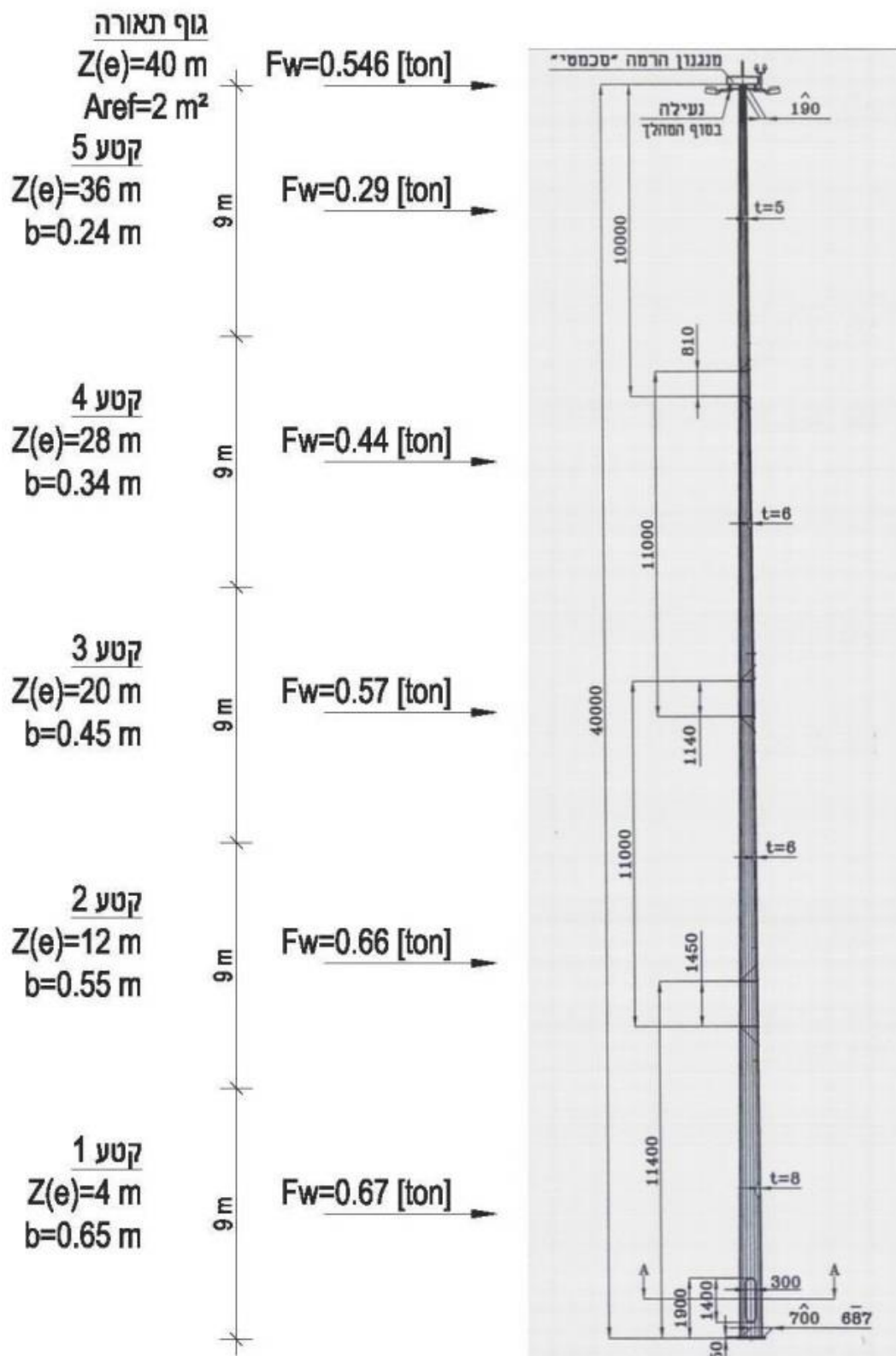
$$P_z = 0.613 \cdot K_z \cdot G \cdot V^2 \cdot I_r \cdot C_d$$

$$P_1 = 0.613 \cdot 0.865 \cdot 1.14 \cdot 54^2 \cdot 1.0 \cdot 0.729 = 1286[Pa]$$

הכח השקול מתקבל ע"י הכפלת לחץ הרוח בשטח הקטע :

$$F_{w(1)} = 1286 \cdot 0.649 \cdot 8 = 6676 [N] = 0.67[ton]$$

באופן דומה יחושבו שאר הקטעים.



איור 1 – פירוס כוחות הרוח על עמוד התאורה

חישוב שקול כוחות הרוח בקטע 2

$$Z_e = 12m, \quad \bar{b} = 0.547m$$

$$P_z = 0.613 \cdot K_z \cdot G \cdot V^2 \cdot I_r \cdot C_d \quad : \text{(נוסחא 3-1 AASHTO)}$$

$$- K_z \text{ - מקדם גובה וחשיפה (נוסחא C3-1 AASHTO)}$$

$$K_z = 2.01 \left(\frac{Z}{Z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}} = 2.01 \left(\frac{12}{274.3} \right)^{\frac{2}{9.5}} = 1.04$$

$$G = 1.14 \quad - G \text{ - מקדם משב הרוח (סעיף 3.8.5 AASHTO)}$$

$$I_r = 1.0 \quad - I_r \text{ - מקדם חשיבות (טבלה 3-2 AASHTO)}$$

$$C_d = 1.0 \quad - C_d \text{ - מקדם גרר (טבלה 3-2 AASHTO)}$$

$$d \text{ - קוטר העמוד} = 0.547 \text{ מ'}$$

$$V \text{ - מהירות הרוח} = 54 \text{ מ' לשני}$$

$$- r_c \text{ - יחס רדיוס הכיפוף בין מרכזי הדפנות לרדיוס החתך}$$

$$\text{רדיוס כיפוף הדפנות} \quad 30 \text{ מ"מ}$$

$$\text{רדיוס החתך} \quad \frac{d-t}{2} = \frac{547-6}{2} = 270.5mm$$

$$r_c = \frac{30}{270.5} = 0.1109$$

$$C_v \cdot V \cdot d = 1.0 \cdot 54 \cdot 0.547 = 29.5 > 10.66$$

$$0 \leq r_c = 0.1109 < 0.26$$

ולכן

$$C_d = 0.83 - 1.08 \cdot r_c = 0.83 - 1.08 \cdot 0.1109 = 0.710$$

לאחר חישוב המקדמים ניתן לחשב את לחץ הרוח הכולל הפועל על הקטע:

$$P_2 = 0.613 \cdot 1.04 \cdot 1.14 \cdot 54^2 \cdot 1.0 \cdot 0.710 = 1506 [Pa]$$

הכח השקול מתקבל ע"י הכפלת לחץ הרוח בשטח הקטע:

$$F_{w(2)} = 1507 \cdot 0.547 \cdot 8 = 6631 [N] = 0.66 [ton]$$

חישוב שקול כוחות הרוח בקטע 3

$$Z_e = 20m, \quad \bar{b} = 0.445m$$

$$- K_z \text{ - מקדם גובה וחשיפה (נוסחא C3-1 AASHTO)}$$

$$K_z = 2.01 \left(\frac{Z}{Z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}} = 2.01 \left(\frac{20}{274.3} \right)^{\frac{2}{9.5}} = 1.1582$$

$$G = 1.14 \quad - \text{ } G \text{ - מקדם משב הרוח (סעיף 3.8.5 AASHTO) } -$$

$$I_r = 1.0 \quad - \text{ } I_r \text{ - מקדם חשיבות (טבלה 3-2 AASHTO) } -$$

$$C_v = 1.0 \quad - \text{ } C_d \text{ - מקדם גרר (טבלה 3-2 AASHTO) } -$$

$$d \text{ - קוטר העמוד } - 0.445 \text{ מ'}$$

$$V \text{ - מהירות הרוח } - 54 \text{ מ' לשני'}$$

$$r_c \text{ - יחס רדיוס הכיפוף בין מרכזי הדפנות לרדיוס החתך } -$$

רדיוס כיפוף הדפנות 30 מ"מ

$$\frac{d-t}{2} = \frac{445-6}{2} = 219.5 \text{ mm} \quad \text{רדיוס החתך}$$

$$r_c = \frac{30}{219.5} = 0.136$$

$$C_v \cdot V \cdot d = 1.0 \cdot 54 \cdot 0.445 = 24 > 10.66$$

$$0 \leq r_c = 0.136 < 0.26$$

ולכן

$$C_d = 0.83 - 1.08 \cdot r_c = 0.83 - 1.08 \cdot 0.136 = 0.6831$$

לאחר חישוב המקדמים ניתן לחשב את לחץ הרוח הכולל הפועל על הקטע:

$$P_2 = 0.613 \cdot 1.1582 \cdot 1.14 \cdot 54^2 \cdot 1.0 \cdot 0.6831 = 1611 [\text{Pa}]$$

הכח השקול מתקבל ע"י הכפלת לחץ הרוח בשטח הקטע:

$$F_{w(2)} = 1611 \cdot 0.445 \cdot 8 = 5733.4 [\text{N}] = 0.57 [\text{ton}]$$

חישוב שקול כוחות הרוח בקטע 4

$$Z_e = 28 \text{ m}, \quad \bar{b} = 0.343 \text{ m}$$

$$K_z \text{ - מקדם גובה וחשיפה (נוסחא C3-1 AASHTO) } -$$

$$K_z = 2.01 \left(\frac{Z}{Z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}} = 2.01 \left(\frac{28}{274.3} \right)^{\frac{2}{9.5}} = 1.2432$$

$$G = 1.14 \quad - \text{ } G \text{ - מקדם משב הרוח (סעיף 3.8.5 AASHTO) } -$$

$$I_r = 1.0 \quad - \text{ } I_r \text{ - מקדם חשיבות (טבלה 3-2 AASHTO) } -$$

$$C_v = 1.0 \quad - \text{ } C_d \text{ - מקדם גרר (טבלה 3-2 AASHTO) } -$$

$$d \text{ - קוטר העמוד } - 0.343 \text{ מ'}$$

$$V \text{ - מהירות הרוח } - 54 \text{ מ' לשני'}$$

$$r_c \text{ - יחס רדיוס הכיפוף בין מרכזי הדפנות לרדיוס החתך } -$$

רדיוס כיפוף הדפנות 30 מ"מ

$$\frac{d-t}{2} = \frac{343-5}{2} = 168.5mm \quad \text{רדיוס החתך}$$

$$r_c = \frac{30}{168.5} = 0.177$$

$$C_v \cdot V \cdot d = 1.0 \cdot 54 \cdot 0.343 = 18.5 > 10.66$$

$$0 \leq r_c = 0.177 < 0.26$$

ולכן

$$C_d = 0.83 - 1.08 \cdot r_c = 0.83 - 1.08 \cdot 0.177 = 0.638$$

לאחר חישוב המקדמים ניתן לחשב את לחץ הרוח הכולל הפועל על הקטע:

$$P_2 = 0.613 \cdot 1.2432 \cdot 1.14 \cdot 54^2 \cdot 1.0 \cdot 0.638 = 1617[Pa]$$

הכח השקול מתקבל ע"י הכפלת לחץ הרוח בשטח הקטע:

$$F_{w(2)} = 1617 \cdot 0.343 \cdot 8 = 4437 [N] = 0.44[ton]$$

חישוב שקול כוחות הרוח בקטע 5

$$Z_e = 36m, \quad \bar{b} = 0.241m$$

- K_z - מקדם גובה וחשיפה (נוסחא AASHTO C3-1)

$$K_z = 2.01 \left(\frac{Z}{Z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}} = 2.01 \left(\frac{36}{274.3} \right)^{\frac{2}{9.5}} = 1.3108$$

$$G = 1.14 \quad \text{— } G \text{ - מקדם משב הרוח (סעיף 3.8.5 AASHTO)}$$

$$I_r = 1.0 \quad \text{— } I_r \text{ - מקדם חשיבות (טבלה 3-2 AASHTO)}$$

$$C_d = 1.0 \quad \text{— } C_d \text{ - מקדם גרר (טבלה 3-2 AASHTO)}$$

d - קוטר העמוד — 0.241 מ'

V - מהירות הרוח — 54 מ' לשני'

- r_c - יחס רדיוס הכיפוף בין מרכזי הדפנות לרדיוס החתך —

רדיוס כיפוף הדפנות 30 מ"מ

$$\frac{d-t}{2} = \frac{241-5}{2} = 118mm \quad \text{רדיוס החתך}$$

$$r_c = \frac{30}{118} = 0.2542$$

$$C_v \cdot V \cdot d = 1.0 \cdot 54 \cdot 0.241 = 12.96 > 10.66$$

$$0 \leq r_c = 0.2542 < 0.26$$

ולכן

$$C_d = 0.83 - 1.08 \cdot r_c = 0.83 - 1.08 \cdot 0.2542 = 0.555$$

לאחר חישוב המקדמים ניתן לחשב את לחץ הרוח הכולל הפועל על הקטע:

$$P_2 = 0.613 \cdot 1.3108 \cdot 1.14 \cdot 54^2 \cdot 1.0 \cdot 0.555 = 1484 [Pa]$$

הכח השקול מתקבל ע"י הכפלת לחץ הרוח בשטח הקטע:

$$F_{w(2)} = 1484 \cdot 0.241 \cdot 8 = 2861 [N] = 0.29 [ton]$$

חישוב שקול כוחות הרוח על גוף התאורה

$$Z_e = 40m,$$

לצורכי חישוב, שטחו של גוף התאורה הינו 2 מ"ר.

K_z - מקדם גובה וחשיפה (נוסחא AASHTO C3-1)

$$K_z = 2.01 \left(\frac{Z}{Z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}} = 2.01 \left(\frac{40}{274.3} \right)^{\frac{2}{9.5}} = 1.3402$$

$G = 1.14$ - מקדם משב הרוח (סעיף 3.8.5 AASHTO)

$I_r = 1.0$ - מקדם חשיבות (טבלה 3-2 AASHTO)

$C_d = 1.0$ - מקדם גרר (טבלה 3-2 AASHTO)

לאחר חישוב המקדמים ניתן לחשב את לחץ הרוח הכולל הפועל על גוף התאורה:

$$P_{luminaire} = 0.613 \cdot 1.3402 \cdot 1.14 \cdot 54^2 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 2731 [pa]$$

הכח השקול מתקבל ע"י הכפלת לחץ הרוח בשטח גוף התאורה:

$$F_{w(luminaire)} = 2731 \cdot 2 = 5462 [N] = 0.55 [ton]$$

2 חישוב הכוחות והמומנטים בבסיס העמוד

לאחר חישוב עומסי הרוח על הקטעים השונים, ניתן לחשב את הכוחות הפועלים בראש היסוד:

$$M = \Sigma(F_i \times Z_i)$$

$$F = \Sigma(F_i)$$

$$M = 0.67 \cdot 4 + 0.66 \cdot 12 + 0.57 \cdot 20 + 0.44 \cdot 28 + 0.29 \cdot 36 + 0.55 \cdot 4 = 2.67 + 7.91 + 11.47 + 12.42 + 10.30 + 21.85 = 66.6 [ton \cdot m]$$

$$F = 0.67 + 0.66 + 0.57 + 0.44 + 0.29 + 0.55 = 3.17 [ton]$$

3 תכנון ביסוס עמוק באמצעות כלונס

בקרקות שאינן סלעיות יבוסס העמוד באמצעות כלונס בודד. לאחר חישוב הכוחות הוכנסו הנתונים למודל בתוכנת ה-WALLAP, לצורך קבלת הכוחות המקורבים הפועלים על הכלונס בעקבות תגובת הקרקע. מידות הכלונס הינם - $D = 110\text{cm}$, $H = 12\text{m}$.

ניתן לראות מתוך פלט התוצאות בדוגמאות הנ"ל כי ערך מומנט מקסימלי 69.6 טון*מ' הגדול בשיעור של כ- 5% ביחס למומנט הפועל בראש היסוד.

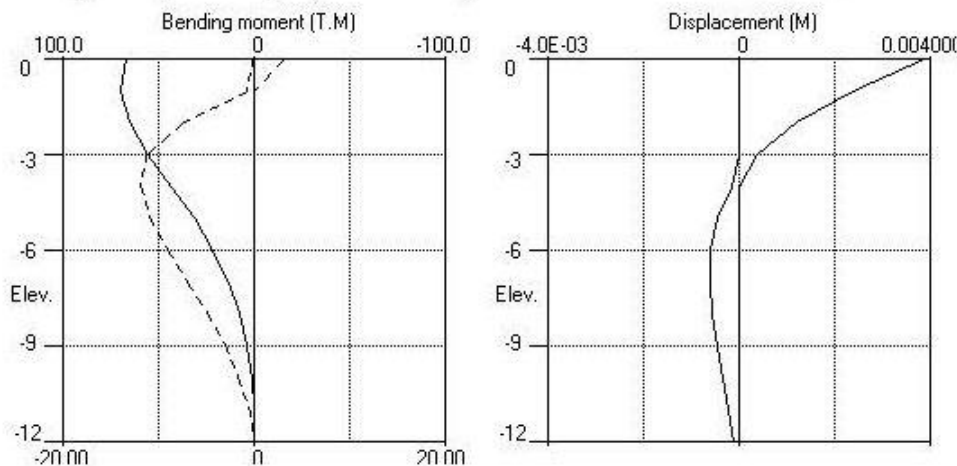
המומנט האופייני המקסימאלי שהתקבל בכלונס מוכפל במקדם בטיחות חלקי לעומס בשיעור 1.4.

$$M_d = 1.4 \cdot M_{max} = 1.4 \cdot 69.6 = 97.44 [\text{ton} \cdot \text{m}]$$

חישוב כמויות הזיון הנדרשות בחתך הכלונס נערך באמצעות תוכנת COLWIN. תוצאות החישוב מוצגות להלן.

LEVIATHAN ENGINEERS Program: WALLAP Version 5.04 Revision A27.B39.R35 Licensed from GEOSOLVE Run ID. AASHTO-10460Y PILE110_HM40m AASHTO-MATZ HIMAST H=40m D=110 cm; L=1200m; h=3.17ton; M=66.62tonm	Sheet No. Job No. 10460Y Made by : RS Date: 21-03-2011 Checked :
--	--

Units: T,M



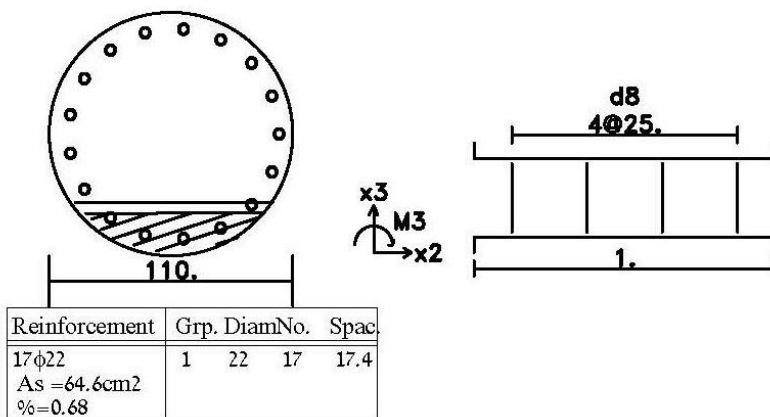
Maximum and minimum bending moment and shear force at each stage

Stage no.	Bending moment				Shear force			
	maximum	elev.	minimum	elev.	maximum	elev.	minimum	elev.
	T.M		T.M		T		T	
1	69.6	-1.00	-0.0	-12.00	3.2	0.00	-11.9	-4.00

PILE D=110cm FOR HIMAST H=40m, M(wallap)=69.6 tom m

Concrete = B30 fsd(main) = 350 fsd(links) = 350
 Cover(gross) = 7.5cm
 Reinforcement: diameters - min=12max=25 no.=1
 Spacing - min =10. max =20. cm
 Links: Min. diameter =8 Spacing - min=10. incr.=5.

	Le=	k * Lu	Braced	klu/r	
M2:	1.	1.	1.	Yes	3.6
M3:	1.	1.	1.	Yes	3.6



Load No.	Axial	M2 Top	M2 Mid.	M2 Bot.	M3 Top	M3 Mid.	M3 Bot.	Shear V2	Shear V3	Load Type (ton, meter)
1	1.	97.44	97.44	97.44	0.	0.	0.	0.	0.	

Case	Vd	Vrd1	Vrd2	Av/s reqd	Av/s prov	Code
V2	1	-	34.36	367.78	-	0.04
V3	1	-	34.36	367.78	-	0.04

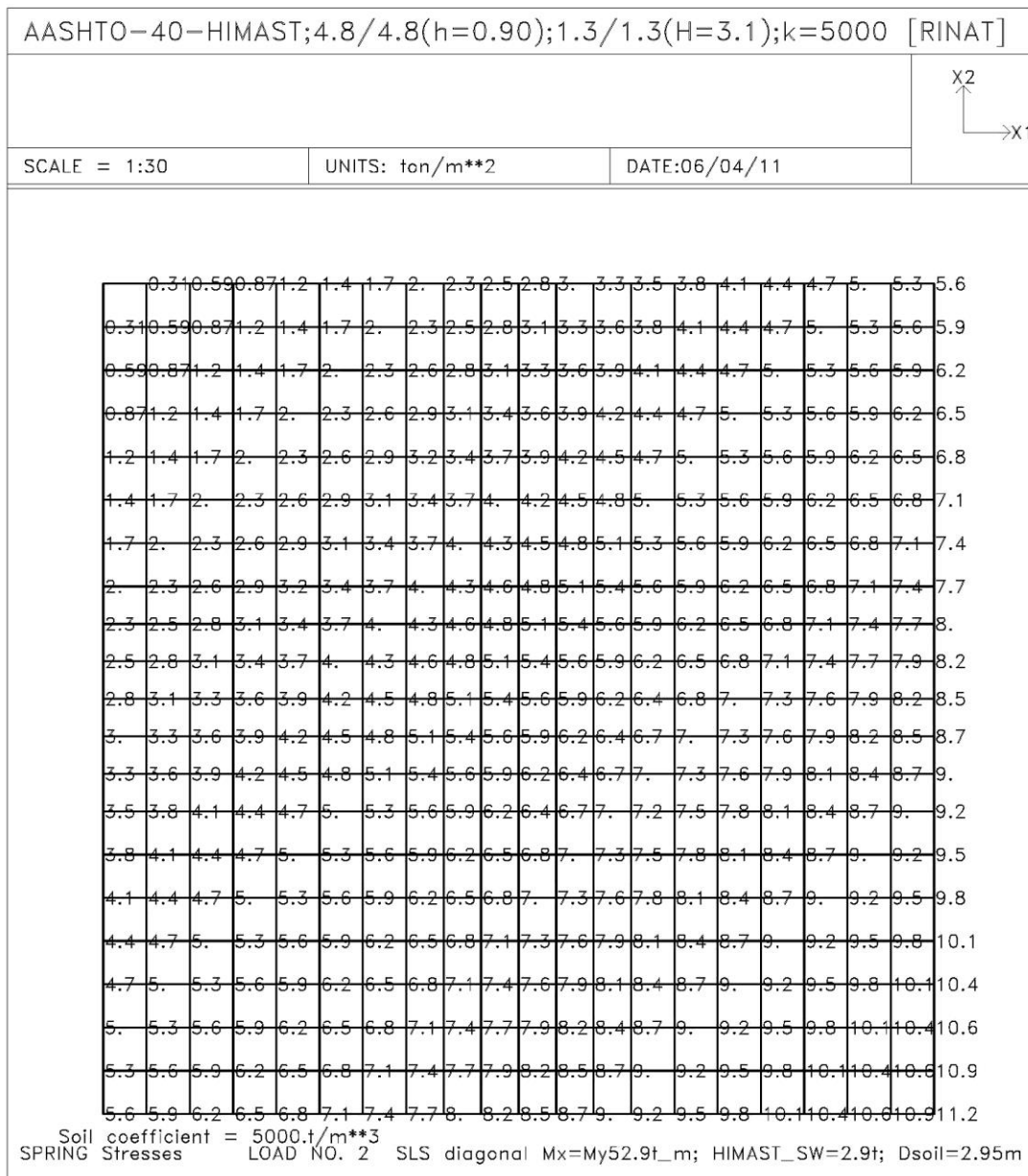
Load case 1							
Loads:	Input			Design			cap.
	P	M2	M3	P	M2	M3	
Top	1.	97.44	0.	1.	97.48	0.	1.
Middle	1.	97.44	0.	1.	97.48	0.	1.
Bottom	1.	97.44	0.	1.	97.48	0.	1.
				1.	0.	0.04	1201.5
				1.	0.	-0.04	1187.5

הזיון שנקבע לכלונס לעמוד תאורה בגובה 40 מטר הוא $17\Phi_{22}$.
 החישוב עבור בטון ב-30, סוג בטון נדרש לביצוע ב-40.

4 ביסוס באמצעות יסוד רדוד

בקרקעות סלעיות יבוסס העמוד באמצעות פלטת יסוד. האנליזה מבוצעת באמצעות מודל באלמנטים סופיים כמתואר בסעיף 6.2.3.2 לעיל, הכולל קפיצים חד כיווניים ללחיצה. העומסים הגרביטציוניים כוללים את המשקל עצמי של היסוד, משקל הקרקע מעל היסוד, משקל עמוד התאורה. המומנט הפועל על פלטת היסוד, הנובע מהכח האופקי על עמוד התאורה נלקח ביחס למרכז הגובה של היסוד ולא ביחס לנקודת החיבור של עמוד התאורה אל היסוד.

שני שילובי מומנטים הובאו בחשבון: מומנט אורתוגונאלי המקביל לאחד הצירים הראשיים ומומנט דיאגונאלי הפועל בחוצה הזווית שבין הצירים הראשיים. המקרה המחמיר, העמסה דיאגונאלית, הוא שקבע את מימדי היסוד.



המידה האופקית של פלטת היסוד היא 4.8X4.8 מ' נקבעה כך שכל פני היסוד נמצאים בלחיצה ומבטיחה מקדם בטיחות של 2.0 ביחס להיפוך.

עובי היסוד נקבע מתוך החישוב לחדירה וקיום הדרישה שההטחה לא תעלה על הערך של VRd1 (ת"י 466 חלק 1, פרק 5).

עובי הפלטה העומד בדרישות חדירה הינו 90 ס"מ.

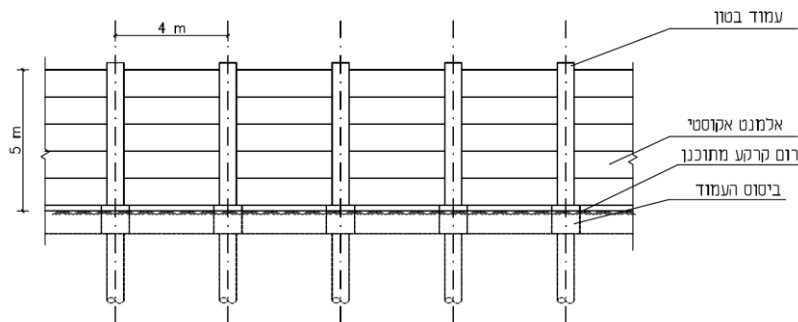
כמות הזיון האופקי הנדרשת בפלטת היסוד - 15@16 בכל כיוון.
כמות הזיון האנכי הנדרשת בחלופה של עמוד מסד מרובע- 16φ25 (מצולע).
כמות הזיון האנכי הנדרשת בחלופה של עמוד מסד עגול- 19φ20 (מצולע).

מס' פרויקט : 10-46-OY	תאריך : 13.03.2011
שם פרויקט : מע"צ - ביסוס לעמודי תאורה טיפוסיים	
שם המבנה : עמוד תאורה בגובה 40 מ' - מומנט תכן 104.7 טון מ'	חישב : רינת
תאור הרכיב : טבלת יסוד בעובי של 90 ס"מ	

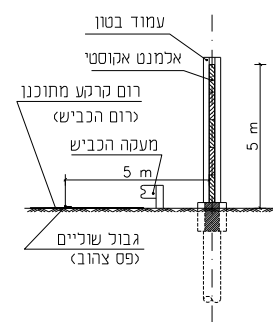
חישוב זיון דרוש לחדירה לפי ת"י 466 חלק 1, פרק 5.9

Element Type	הרכיב הנבדק	יסוד שטוח	Conc.Type	סוג הבטון	ב-40
Critical Dist.	=	1.00 * dm	fvd , tab 3.11	=	0.32 Mpa
dm	=	850 mm	fRd , tab 3.11	=	10.50 Mpa
Column Shape	חתך העמוד	מלבני	a2	=	min(a ; 2b ; 5.6dm-b2)
Col. Diam.	=	850 mm	5.9.1	=	1,300 mm
a (>b)	=	1,300 mm	b2	=	min(b ; 2.8dm)
b	=	1,300 mm	5.9.1	=	1,300 mm
dx	=	850 mm	K1	=	max (1 ; 1.6-dm/1000)
As,x	=	1,275 mm^2		=	1.00
px	=	0.15%	K2	=	1.33+44.5 sqrt(px*py)
dy	=	850 mm		=	1.40
As,y	=	1,275 mm^2	Vd	=	Rd +/- (Fd Aui)
py	=	0.15%	5.9.1	=	3,222 kN
Rd	=	3,222 kN	Vd,eq	=	β Vd
Fd +/-	=	0.0 kN/m^2	(5.80)	=	3,222 kN
β	=	1.00 מקדם אסצנט'	ui	=	u1 היקף קריטי
	Auto	Manual	u0	=	5,200 mm
			u1	=	10,541 mm
			u2	=	15,881 mm
			Au1	=	8.3798 m^2
			Au2	=	19.6092 m^2
			fsd	=	300 Mpa
			α	=	90 deg.
			SumAsα	=	0 mm^2
			SumAsα sinα	>	(Vd,eq-0.75VRd1) / fsd
			(5.84)	=	0 mm^2
			SumAsα sinα	>	VRd1 / (3 fsd)
			(5.85)	=	0 mm^2
			VRd1	=	0.9 ui dm K1 K2 fvd
			(5.82)	=	3,604 kN
			Vdeg	=	0.89 < 1.67 , O.K.
			VRd1 (5.83)		
			VRd2	=	0.9 dm u0 fRd / 2
			(5.81)	=	20,885 kN

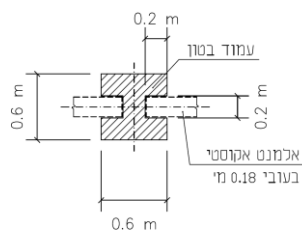
- מרחק בין קו צהוב ובין הקיר – 5 מ'.



דוגמה – חזית הקיר



דוגמה – חתך הקיר



דוגמה – חתך עמוד בטון

2 תכונות אלמנטים

פנל טרומי:

שטח חתך $0.18 \times (4 - 0.1 \times 2) = 0.684$ מ"ר. משקל מרחבי של בטון – 2500 ק"ג למ"ק.

עמוד בטון:

שטח חתך – 0.28 מ"ר. מומנט אינרציה סביב ציר ראשי המקביל למישור הקיר 0.0105 m^4 .

3 עומסים וחישוב

עומס רוח

כל ההגדרות, הסימנים, מספור הסעיפים, הנוסחאות והטבלאות המופיעים בתת פרק זה על פי המוגדר בתקן ישראלי 414, מהדורת דצמבר 2008.

$$v_{b0} = 27 \text{ m/sec}$$

מהירות בסיסית של הרוח באתר (לפי המפה
המצורפת לתקן)

מהירות הייחוס הבסיסית של הרוח (לפי נוסחה 3.2).

$$v_b = v_{b0} = 27 \text{ m/sec}$$

לפי נתוני התכנון אורך חיים של הקיר הוגדר בפרויקט $n=50$ שנה. עקב כך אין צורך להיעזר בנוסחה 3.3

לחץ ייחוס בסיסי של הרוח מחושב לפי נוסחה 3.5

$$q_b = \frac{v_b^2}{118} = 455.6 \text{ N/m}^2 = 46.5 \text{ kg/m}^2$$

עומס רוח הפועל על עמוד (מרחק צירי בין עמודים 4 מ) מחושב לפי נוסחה (4.1)

$$F_w = q_b \times c_e(z_e) \times c_s c_d \times c_f \times 4 = q(w) \times 4$$

גובה הקיר הוא 5 מטר מפני הכביש ויש לחשב ערכים של $c_e(z_e)$ ל לגבהים בתחום ערכים @ 1.0 מטר

$$z_{ej} = 0.5, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5 \text{ m}$$

ערך של מקדם החשיפה קבוע לכל גובה הקיר עד 5 מטר מחושב לפי ציור 5.3 סעיף 5.5, דרגת חספוס III

ערכים של מקדם המבני $c_s c_d$, המאפיין רגישות דינמית של הקיר, מחשבים לפי הנחיות של פרק ו'. קיר מפנלים בעובי של 18 ס"מ ועמודים מבטון בחתך 60X60 ס"מ אינו רגיש מבחינה דינמית.

$$T_0 = \frac{h^2}{1.75} \times \sqrt{\frac{q}{EI}}$$

כדי להוכיח את הטענה הזאת ניתן לחשב תקופה בסיסית של הקיר על פי נוסחה שבסעיף 05.06.03.05 לעיל

עומס משקל עצמי קיר הפועל על עמוד (מרחק צירי בין עמודים 4 מ) :

$$2.5 \times 1 \times (0.28 + 0.684) = 2.41 \text{ t/m}$$

עומס משקל עצמי קיר הפועל על עמוד (מרחק צירי בין עמודים 4 מ)

תדר ראשון של הקיר

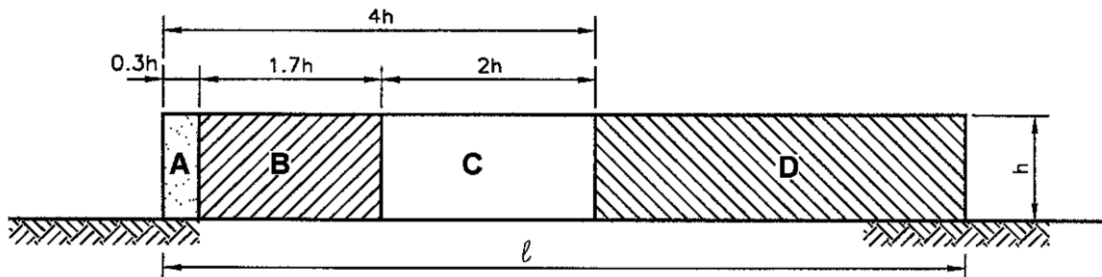
$$T_0 = \frac{5^2}{1.75} \times \sqrt{\frac{2.41}{3000000 \times 0.0105}} = 0.125 \text{ sec}$$

$$f = \frac{1}{T} = 8 \text{ Hz}$$

חישוב המקדם המבני בשיטה מפושטת לפי סעיפים 6.3.1 ו-6.3.2 של ת"י 414

הערה: בחישוב מדויק יותר הלוקח בחשבון תכונות של הקרקע וכלונסאות (תזוזות היסוד) ערך של f אמור להיות נמוך יותר, אך במקרה הנוכחי הדבר לא ישנה את מסקנות.

ערכים של מקדם c_f ניתן לחשב לפי הנחיות של סעיף 7.7.1 (מלאות $\varphi=1$), טבלה 7.16 וציור 7.26 של ת"י 414.



עפ"י נתוני הקיר $h = 5.0 \text{ m}$, $L = 210 \text{ m}$, $\frac{L}{h} > 1.0$

אזור A $c_f = 3.4$

אזור B $c_f = 2.1$

אזור C $c_f = 1.7$

אזור D $c_f = 1.2$

עומס רוח הפועל על מ"ר חזית קיר קבוע לכל גובה הקיר :

אזור A $q_w = 46.5 * 1.276 * 1.0 * 3.4 = 201.7 \text{ kg/m}^2$

אזור B $q_w = 46.5 * 1.276 * 1.0 * 2.1 = 124.6 \text{ kg/m}^2$

אזור C $q_w = 46.5 * 1.276 * 1.0 * 1.7 = 100.9 \text{ kg/m}^2$

אזור D $q_w = 46.5 * 1.276 * 1.0 * 1.2 = 71.2 \text{ kg/m}^2$

עומס אוירודינמי

הלחץ האוירודינמי הפועל על הקיר עקב תנועת כלי רכב חולף בכביש ניתן לחשב לפי הנחיות סעיף 5.6.3.4 לעיל.

מהירות תנועה מותרת של כלי רכב שהוגדרה לתכנון היא 80 קמ"ש (22.2 מ"שנייה).

בחישוב של לחץ אווירודינאמי יש להיתחשב במהירות התכן V הגדולה מהמהירות המותרת ב-20%.

$$V = 1.2 * 22.2 = 26.6 \text{ m/sec}$$

הלחץ האווירודינאמי הפועל על הקיר :

$$q(v) = \frac{V^{2.585}}{r^{0.25}} \times 0.12 = \frac{26.6^{2.585}}{5^{0.25}} \times 0.12 = 387 \text{ pa}$$

עומס סייסמי

כל ההגדרות, הסימנים, מספור הסעיפים, הנוסחאות והטבלאות המופיעים בתת פרק זה על פי המוגדר בתקן ישראלי 413, מהדורת דצמבר 1998 לרבות גליונות תיקון 1-3.

תקופה בסיסית של הקיר (סעיף 203.4 ת"י 413) חושבה לעיל בחישוב עומס רוח:

$$T_0 = 0.125 \text{ sec}$$

חישוב מקדם ההגברה הספקטרי הבסיסי $R_a(T)$ לפי נוסחה 3 וטבלה 2 עבור אנאליזה מודלית ונתוני האתר:

$$R_a(T) = 1 + 10 * T < 2.5$$

$$R_a(T) = 1 + 10 * 0.125 = 2.25$$

חישוב מקדם תכן סייסמי לפי נוסחה 5:

$$C_d > R_a I Z / K$$

נתוני האתר (מערכת זיזית): $Z = 0.1, I = 1, K = 1$

$$C_d = 2.25 * 1 * 0.1 = 0.225$$

חישוב עומס תכן אופקי לפי נוסחה 12:

$$F_H = C_d \sum_i W_i$$

במקרה ספציפי של קיר זיזי רוב המשקל (כ-60%) של הקיר משתתף בתנודה במוד הראשון וניתן להסתפק בחישוב המקורב של כוח סייסמי:

$$F_H = 5 * 2.41 * 0.225 * 0.3 = 1.63 \text{ ton}$$

כאשר בחישוב לעיל:

0.225

מקדם תכן סייסמי

5

גובה הקיר (מ)

2.41

עומס משקל עצמי קיר הפועל על עמוד (מרחק צירי בין עמודים 4 מ) (טון/מ)

0.6

מקדם השתתפות מודלית

לצורך חישוב של עמוד ניתן להניח שפיזור העומס לגובה הוא בצורת משולש הפוך (תואם מוד ראשון)

$$q_{EQ} = 0$$

בתחתית הקיר ($z=0$) ערך העומס (טון/מ)

$$q_{EQ} = 0.65$$

בראש הקיר ($z=5$) ערך העומס (טון/מ)

חישוב מקורב שהובא לעיל אינו תמיד שמרני. אי-דיוק בתוצאות עלול להגיע עד כ-±10%. מומלץ לבצע חישוב מודלי מלא כולל השפעת קשיחות של ביסוס הקיר בפועל.