



משרד החינוך
המינהל למדע ולטכנולוגיה

תכנית לימודים

מגמת הנדסת בנייה ואדריכלות

(סמסטרים א, ב, ג, ד)

שם התכנית: **סטטיקה ותכן הנדסי**

התמחות: **הנדסאי אדריכלות**

תשס"ז 2007

פיתוח וכתיבה: ד"ר יורי ריבקוב
עריכה לשונית: ורדה איתן
עימוד וביצוע גרפי: 'חנ' (איתן), שירותי הוצאה לאור, סביון
ריכוז הפרוייקט: רות אבן

© כל הזכויות שמורות למשרד החינוך האגף למדע ולטכנולוגיה

הוצאת הספרים - אורט ישראל

המנהל למחקר ופיתוח ולהכשרה

דרך הטייסים 28, ת"ד 25203, תל אביב 61251

טלפון: 03-6301379 פקס: 03-6301307

כתובתנו באינטרנט:

www.ort.org.il

נדפס בישראל תשס"ז 2007

סטטיקה ותכן הנדסי

התפיסה הרעיונית של התכנית

מבוא

תכנית הלימודים במקצוע "סטטיקה ותכן הנדסי" מיועדת להקנות לתלמיד ידע בסיסי על התנהגותם של מבנים הנתונים בעומסים חיצוניים ועל שיטות לתכנון נאות של מבנים כדי להתמודד עם עומסים אלה. כמו כן ילמדו התלמידים את הקשרים שבין התכנית האדריכלית לבין הקונסטרוקציות של המבנה.

מטרות התכנית

1. הקניית ידע הנדרש לחישוב כוחות פנימיים במבנה עקב השפעות חיצוניות.
2. הקניית ידע על חוקים בסיסיים של חוזק חומרים.
3. הקניית ידע על שיטות לתכנון מבנים מבטון מזוין ומפלדה.
4. הקניית ידע על השפעות עומס רוח ורעידות אדמה על הכוחות הפנימיים במבנים.

דרכי הוראה

התכנים יילמדו במסגרת משולבת הכוללת הרצאות, תרגולים ומטלות לביצוע עצמי. בהרצאות יינתנו הסברים והדגמות של החומר הנלמד על ידי המורה ובתרגולים יודגם שימוש בתכנים שנלמדו בהרצאה לפתרון בעיות מעשיות על ידי המורה ו/או על ידי תלמידים בהנחיית המורה. כל נושא ילווה במטלה לביצוע על ידי התלמידים. מטלות אלה יתרמו להבנה מעמיקה יותר של החומר הנלמד ולהפנמתו וכן לחיפוש עצמאי של דרכי פתרון לבעיות הנדסיות שאדריכלים פותרים בביצוע פרויקטים אמיתיים.

הערות

יש לעודד את התלמידים לבצע את המטלות באופן עצמאי, לגרום להם להבין שיש יותר מפתרון הנדסי אחד ולאפשר להם לעשות השוואה בין פתרונות שונים של אותה בעיה כדי ללמוד את היתרונות ואת החסרונות של כל דרך אפשרית.

פירוט נושאי הלימוד וחלוקת השעות המוצעת

שעות	נושא	
1	מבוא. ממדים ומערכת יחידות ומושגים בסיסיים. חוקים של ניוטון. הצגת בעיה אופיינית של סטטיקה.	1 1.1
1	הגדרת כוח: עוצמה, קו פעולה, כיוון ונקודת אחיזה. פירוק של כוחות לרכיבים. חיבור של כוחות בשיטה אנליטית ושיטה גרפית.	1.2
1	הגדרת מומנט של כוח. סימני המומנטים. העתקת הכוח במקביל ובניצב לקו פעולתו.	1.3
1	מערכת כוחות במישור. מערכת שקולה של כוחות.	1.4
1	הגדרת גוף קשיח.	1.5
1	השפעת מערכת כוחות על גוף קשיח. שיווי משקל. משוואות שיווי משקל. סכמות סטטיות של מבנים. הנחות הנדסיות.	2 2.1
2	הגדרת סמכים: סמך נייד, סמך פרקי קבוע, ריתום מלא, ריתום נייד.	2.2
1	חיסום של גופים קשיחים בעזרת סמכים. כללים לחיסום נאות המבטיח יציבות של מבנים וסקירת מקרים שבהם המבנה הופך למכניזם ומאבד יציבות.	2.3
2	משוואות שיווי משקל וחישוב בעזרתן כוחות תגובה בסמכים של מבנים מסוימים מבחינה סטטית.	2.4
1	הגדרת חיבור פרקי. סקירת מושגים כלליים ודוגמאות נפוצות לחיבור גופים על ידי פרקים והנחות הנדסיות מתאימות כגון הזנחת חיכוך בפרקים.	3 3.1
1	מסגרות פרקיות. יתרונו וחסרונות של מסגרות פרקיות בהשוואה למסגרות אחרות.	3.2
1	קורות פרקיות: דוגמת חישוב כוחות תגובה בסמכים וכוחות פעולה ותגובה בפרקים.	3.3
1	הגדרת מבנה הנדסי. מסבכים מישוריים. יתרונו של מסבכים יחסית לקורות וסיבות לשימוש במסבכים.	4 4.1
2	משולש כאלמנט יסודי של מסבך מישורי. צורות שכיחות של מסבכים מישוריים. חישוב כוחות במוטות המסבך.	4.2

שעות	נושא	
1	הגדרת כוחות פנימיים: כוחות גזירה, כוחות ציריים, מומנטי כפיפה. הגדרה חיובית.	5.1
5	חישוב כוחות גזירה ומומנטי כפיפה בקורות מסוימות מבחינה סטטית עמוסות בכוחות מרוכזים: קורה על שני סמכים, קורת זיז, קורות על שני סמכים עם זיזים. בניית מהלכי כוחות גזירה ומומנטי כפיפה.	5.2
5	חישוב כוחות גזירה ומומנטי כפיפה בקורות מסוימות מבחינה סטטית עמוסות בכוחות מפורסים: קורה על שני סמכים, קורת זיז, קורות על שני סמכים עם זיזים. בניית מהלכי כוחות גזירה ומומנטי כפיפה.	5.3
1	הגדרת פיתול. סקירה עקרונית על מומנט פיתול והשפעתו על התנהגותם של מבנים.	6.1
2	כוחות טבע אשר גורמים לפיתול במבנים אמיתיים והשפעתם על תהליך התכן.	6.2
1	תכונות גיאומטריות של חתך. הגדרת מרכז הכובד. משמעות פיזיקלית של מרכז הכובד. מיקום מרכז הכובד בשטחים גיאומטריים פשוטים: מלבן, משולש, עיגול וכולי.	7.1
3	חישוב מיקום מרכז הכובד של חתכים בעלי צורה מורכבת תוך חלוקת החתך לצורות פשוטות המופיעות בטבלאות עזר.	7.2
2	חישוב מיקום מרכז הכובד בחתכים המורכבים מפרופילים סטנדרטיים בעזרת טבלאות עזר.	7.3
1	הגדרת מומנט סטטי ומומנט אינרציה. השפעת צורת החתך על מומנט סטטי ומומנט אינרציה.	7.4
4	שיטות להגדלת מומנט אינרציה וחסכון החומר. תוספת שטיינר. חישוב מומנטי אינרציה של חתכים מפרופילים סטנדרטיים תוך חלוקת החתך לצורות פשוטות המופיעות בטבלאות עזר.	7.5
1	הזזות אלסטיות. סקירת תכונות המבנה המשפיעות על הזזות אלסטיות.	8.1
2	חישוב שקיעות בקורות תוך שימוש בטבלאות עזר: קורה על שני סמכים, קורת זיז, קורה על שני סמכים עם זיזים עמוסות בכוחות מרוכזים ובעומס מפורסים.	8.2
1	שימוש בשיטת הסופרפוזיציה למציאת שקיעות בקורות עמוסות במערכת כוחות.	8.3
1	סקירה כללית על שיטות להקטנת שקיעות בקורות: הגדלת חתכים, הקטנת מפתחים על-ידי הוספת סמכים, שימוש בסכמות סטטיות יעילות.	8.4

שעות	נושא	
1	מבנים בלתי מסוימים מבחינה סטטית. סיבות להפיכת מבנה לבלתי מסוים מבחינה סטטית, יתרונות של מבנים בלתי מסוימים מבחינה סטטית בהשוואה למבנים מסוימים מבחינה סטטית.	9.1
1	דרגת אי-סיום סטטי, חישוב דרגת אי-סיום סטטי.	9.2
2	חישוב כוחות פנימיים בקורות בלתי מסוימות מבחינה סטטית בעזרת טבלאות.	9.3
2	שיטת התחלקות המומנטים. עקרונות השיטה, יתרונותיה וחסרונותיה בהשוואה לשימוש בטבלאות. דוגמת חישוב מומנטי כפיפה בקורה בלתי מסוימת מבחינה סטטית בעזרת שיטת התחלקות המומנטים.	9.4
1	הגדרת מאמצים. מושגים כלליים על מאמצי כפיפה ומאמצי גזירה.	10.1
1	מיקום של מאמצים מקסימליים בחתך.	10.2
1	סקירת תכונות של פלדה כחומר לקונסטרוקציות. עקרונות התכן של קורות מפלדה.	11.1
1	עקרונות בסיסיות בתכן של קורות מפלדה בעלות חתך אחיד לפי מאמץ מותר.	11.2
2	דוגמה חישובית למציאת חתך סטנדרטי לפי טבלת פרופילים ועומס פעולה נתון.	11.3
2	מציאת תסבולת הקורה בעלת חתך נתון (עומס מותר) תוך שימוש בטבלאות עזר.	11.4
1	סקירה כללית על חיזוק קורות פלדה ורעיונות שעליהם מתבסס תכנון קורות פלדה עם חיזוקים.	12.1
1	דוגמאות לבחירת צורה אופטימית של חתך (שימוש יעיל בחומר).	12.2
1	הגדרת קריסה. חשיבות ההתחשבות בקריסה.	13.1
1	תכונות המבנה המגדירים את התסבולת שלו לקריסה. השפעת תנאי סמך, אורך קריסה ומקדמי קריסה על העומס הקריטי שגורם לקריסה.	13.2
2	דוגמת חישוב העומס הקריטי הגורם לקריסה בעמודים לחוצים.	13.3
2	עקרונות התכן של עמודי פלדה בהתחשבות בקריסה. הנחות הנדסיות, קביעת סכמה סטטית, בחירת חתך העמוד לפי העומס הקריטי תוך שימוש בטבלאות פרופילים סטנדרטיים.	13.4

שעות	נושא	
2	מבוא למבני בטון. מושגים כלליים. יתרונות וחסרונות של מבני בטון בהשוואה למבנים מחומרים אחרים.	14.1
2	תכונות מכניות ודפורמטיביות של בטון: חוזק הבטון בלחיצה ובמתחה. מודול האלסטיות ומקדם התפשטות תרמית של הבטון. סוגי בטון. חוזק אופייני וחוזק התכן. מקדמי בטיחות לחוזק.	14.2
1	הבדל בין פלדה כחומר למבני פלדה לבין הפלדה בגוף הבטון. תכונות הפלדה בגוף הבטון. מודול האלסטיות ומקדם התפשטות תרמית של פלדה. סוגי פלדה שבהם משתמשים במבני בטון: פלדה חלקה ופלדה מצולעת.	14.3
1	סיבות לעבודה משותפת של בטון ופלדה.	14.4
2	הגדרה של מצבים גבוליים כתנאים המעמידים בסיס לתכן מבני בטון. מצב גבולי של הרס ומצב גבולי של שירות.	15.1
2	עומסים אופייניים ועומסי תכן. מקדמי בטיחות לעומסים. חוזק אופייני וחוזק התכן. מקדמי בטיחות לעומסים.	15.2
1	חישוב חתכים בעלי ציר סימטריה אחד לפחות בכפיפה. בדיקת גובה החתך תוך שימוש בטבלאות עזר.	16.1
2	עקרונות התכן של קורות במצב גבולי של הרס בעזרת טבלאות עזר.	16.2
1	תופעת גזירה בשעת כפיפה. סקירה כללית על שיטות לקבלת כוחות גזירה ברכיבי מבנה העשויים מבטון מזוין.	16.3
1	עקרונות התכן של קורה נמשכת תוך שימוש בטבלאות עזר.	17.1
1	תקרות משיכות מתוחות בכיוון אחד. מבוא וסקירה כללית.	17.2
2	מצבי העמיסה, ושיטות חישוב של תקרות משיכות מתוחות בכיוון אחד:	17.3
2	- תוך שימוש בטבלאות עזר,	
2	- בעזרת נוסחאות מקורבות,	
1	- שיטות ממוחשבות.	
2	דוגמאות חישוב מקורב של מומנטים בשדות וסמכים.	17.4
4	תקרות צלעות המתוחות בכיוון אחד. קביעת גובה הצלע. חישוב כוחות גזירה ומומנטי כפיפה בעזרת טבלאות עזר, חישוב כמויות זיון בצלע ראשית ובצלע מחלקת. קורה סמויה.	18
2	סקירה כללית על השפעת אקסצנטריות על חישוב של עמודים מבטון מזוין.	19

שעות	נושא	
2	בטון דרוך. סקירה כללית על תכונות בסיסיות של מבנים מבטון דרוך ושיטות לדריכת מבנים.	20
4	21.1 התאמה בין תכנית אדריכלית לבין קונסטרוקציות.	21
4	21.2 קביעת מידות מקורבות של רכיבי מבנים ומיקום עמודים.	
4	21.3 בחירת סכמה סטטית יעילה.	
4	21.4 קריטריונים לבחירת סוגי הרכיבים ומיקום סמכים.	
4	תוספות לבנייה קיימת ושינויים בסכמה סטטית של מבנה קיים.	22
2	23.1 השפעת צורת המבנה על חתכי קונסטרוקציות. עומס רוח.	23
1	23.2 עומסים אופייניים לפי ת"י 412.	
2	24.1 זרימת כוחות במבנה והעברת עומסים מן המבנה לבסיס. סוגים של יסודות. בחירת סוגי היסודות.	24
2	24.2 סקירה כללית על עקרונות התכן של יסודות יחידים.	
2	24.3 כלונסאות. מקרים שבהם משתמשים בכלונסאות. עקרונות התכן.	
2	25.1 תכן עמידות מבנים ברעידות אדמה. מבוא. אזורים סייסמיים בארץ ובעולם. מפה סייסמית. סקירה כללית על דרישות למבנים עמידים ברעידות אדמה (לפי ת"י 413).	25
3	25.2 השפעת צורת המבנה, מסה וקשיחות על תגובתו לעומס סייסמי. השפעה שלילית של פיתול על תגובת במנים לרעידות אדמה. שיטות למניעת פיתול במבנים הנתונים להשפעתן של רעידות אדמה.	
3	25.3 אלמנטי הקשחה ותפקידם: קירות הקשחה, גרעיני הקשחה, אלכסוני הקשחה.	
3	25.4 סדירות המבנה והשפעתה על התכן הסייסמי. קומה גמישה וקומה חלשה.	
4	חזרה כללית	
144	סה"כ	

מומלץ לערוך תרגול בכל נושא למעט בנושאים עיוניים. היקף שעות התרגול יהיה שווה לחצי משעות ההרצאות באותם הנושאים.

ספרות מומלצת ללימוד המקצוע

- איסחקוב י'. מבני בטון 1 – נושאים ותרגילים נבחרים, מכלול, 2002.
אלפרוביץ י'. מכניקה טכנית א' (סטטיקה), אורט ישראל.
אלפרוביץ י'. תורת החוזק א' ו-ב', אורט ישראל.
הנאור א'. מבוא למבנים, המכון הלאומי לחקר הבנייה, הטכניון, 1996.
מנדל מ'. קלמונוביץ ס'. סטטיקה – אוסף בעיות, חלק ב', אורט ישראל.
מנדל מ'. סטטיקה – אוסף בעיות, חלק א', אורט ישראל.
מנדל מ'. סטטיקה, חוזק חומרים ובטון מזוין – טבלאות עזר למגמת בנייה ואדריכלות, מהדורה שמינית, ליקוט ועריכה של המרכז לחינוך טכנולוגי חולון.
פיזנטי א'. בטון מזוין – עקרונות (מהדורה שלישית), 2002.
ריבקוב א'. תורת החוזק – 1. פתרונות לבעיות נבחרות בבחינות, מהדורה שלישית, מכלול, חיפה, 1999.
ריבקוב א'. תרגילים בסטטיקה – 1 (בעיות עם פתרונות מלאים), מכלול, חיפה, 1999.
ת"י 4466, חלק 2 פלדה לזיון בטון. מוטות חלקים.
ת"י 4466, חלק 3. פלדה לזיון בטון. מוטות מצולעים.
ת"י 466, חוקת הבטון, חלק א' – עקרונות.
ת"י 466, חוקת הבטון, חלק ב' – אלמנטים מבטון.
- Beer F.P. and Johnston E.R. "Vector Mechanics for Engineers, Statics", Second SI Metric Edition, Mc-Graw-Hill, 1990.
- Cowan J. Architectural Structures, 1st Metric edition, Pitman, 1980.
- Fanella D., Gerstner R. Statics for architects and architectural engineers, Van Nostrand Reinhold, 1993.
- Salvadori M. & Levy M. Structural Design in Architecture, 2-nd edition, Prentice-Hall, 1981.
- Seward D.W. "Understanding Structures", Macmillan, 1994.