

# שיטות ייצור מבוססות מחשב באדריכלות

## Computer-Based Fabrication Methods in Architecture

206840



יאשה (יעקב) גרובמן, גיא אוסטרן, אריאל בלונדר  
קורס 206840

מתרגלים: אדריכל עזרא עוזרי, אדריכל סוריין סליבן

*Teaching assistants: Ezra Ozeri, Surayyn Uthaya-Selvan*

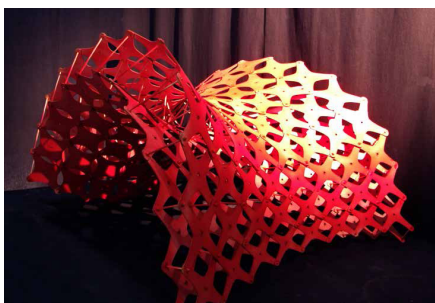
הרצאה: יום חמישי 11:30-13:30

תרגול: יום חמישי 13:30-15:30

הטכניון, הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים 2022

## הקדמה

הקורס יציג ויפתח גישות חדשות לשימוש בטכנולוגיות ייצור מבוסס מחשב וטכנולוגיות נוספות הקשורות לתהליכי ייצור מבוסס מחשב. במסגרת הקורס יחשפו הסטודנטים באופן מעשי לשיטות, רעיונות וטכנולוגיות עיצוב וייצור שונות מבוססות מחשב בהם נעשה שימוש באדריכלות ובדיסיפלינות אחרות. במקביל, יחשפו הסטודנטים במסגרת תרגיל מעשי לעבודה עם כלים לייצור מבוסס מחשב והתוכנות הקשורות לכלים אלה.



Shading structure, 2012. Michael Weizman

## מבנה הקורס

הקורס יתחלק לשני חלקים. החלק הראשון של הקורס יתמקד בלימוד ידע תאורטי בנושא ייצור מתקדם בארכיטקטורה. כל מפגש יחל בהצגת הנושא במסגרת הרצאה של כשעה ומחצה ע"י המרצה. שעות התירגול ייוחדו לפיתוח תרגיל בייצור תוך שימוש בכלי תכנון וייצור ממחשבים הקיימים בפקולטה. התרגיל יתחלק לשני חלקים. בחלק הראשון נתמקד בעיצוב והדגמה של מוצר ובחלק השני נתמקד בייצור אב טיפוס בקנה מידה של 1:1 בעזרת מכונות הייצור הקיימות בפקולטה בטכניקות שונות. העבודה על התרגילים תעשה בקבוצות.

## ציפיות מהסטודנט

- סטודנט נדרש לנוכחות מלאה בכל השיעורים - חיסור לא מוצדק (עפ"י כללי הטכניון) של יותר משני מפגשים אינו מאפשר קבלת ציון.
- הגשת התרגילים במועד. הגשת מאוחרת של עד שבוע גוררת הורדה של 20% מציון התרגיל. הגשה מאוחרת יותר אינה אפשרית (תרגיל מקבל ציון 0).
- השתתפות בדיונים.

## הערכה

- 50% - תרגיל - חלק שני (כולל הערכת מידת ההשקעה וההצלחה בעמידה ביעדי התרגיל)
- 20% - תרגיל - חלק ראשון (כולל הערכת מידת ההשקעה וההצלחה בעמידה ביעדי התרגיל)
- 20% - השתתפות בדיונים ותרומה להתקדמות הפרוייקט (בתרגילים ובהרצאות)
- 10% - נוכחות (ציון הנוכחות לחישוב הוא 100 פחות 10% על כל חיסור שאינו מוצדק).

## הנחיות לשימוש במכונות

השימוש במכונות בפקולטה יעשה עפ"י כללי הבטיחות הנהוגים בפקולטה. סטודנט שלא עבר בהצלחה את הדרכת הבטיחות לא יוכל להשתמש במכונות.

## שעות קבלה

יום ראשון 15:30-16:30 בחדר הדיקן בבנין אמאדו לפי תאום מראש:  
yasha@technion.ac.il טל 04-8294001 (4001 פנימי).

Dissolved wall, 2006. Gramazio&Kohler



Vacum forming machine - faculty workshop

## חומרים

במהלך הקורס ניתן שימוש בחומרים הבאים:  
מכונת חיתוך לייזר - עץ לביד צפצפה 2-8 מ"מ, קרטון דופלקס 300 גרם, קרטון ביצוע. מדפסות תלת מימדית - שימוש בחומרי ההדפסה הייעודיים למדפסת.  
CNC - פוליאסטרין מוקצף ו-MDF, עץ רב שכבתי.  
ואקום פורמינג - פרספקס.  
חומרי מליטה - ילקחו מהמכון לחקר הבניה

הקורס מממן לסטודנט את שעות הייצור בכל אחת מהמכונות, אך אינו מממן את החומרים.

## הנחיות להגשת תרגילים

התרגיל נועדו ללמד שיטות תכנון וייצור מתקדמות על בסיס שיטות קיימות תוך כדי נסיון להציע חידושים הן בשיטות הייצור והן מבחינת שיטת התכנון. התרגיל יבוצע בהתאם להנחיות המופיעות בנספח א' ועדכונים שיועברו ע"י המרצה והמתרגלים בכיתה בהתאם להתקדמות הקורס.





5 Axis CNC machine - Tarazi Lab

תרגיל יוגש בכיתה באופן פיזי ובאמצעות מצגת בקובץ PDF שיעשה בהתאם לכללי הפורמט הגרפי המופיעים בנספח ב'

### מבנה הצגה של התרגיל המסכם

1. הרעיון והשיח התאורטי/מעשי אליו הוא קשור.
2. תקדימים - יש לנסות למצוא תקדימים מהפרקטיקה (בנויים) ומהאקדמיה. יש להגדיר שוני וייחוד של התרגיל המוגש.
3. פירוט על התרגיל תוך התמקדות בשיטת התכנון ובבעיות בהם עמם התמודדתם במהלך התרגיל.
4. מסקנות - אפשרויות שימוש בשיטה בה נעשה שימוש בפרקטיקה וכיוונים לפיתוח בעתיד.

יש לציין מקורות שלכל תקדים וחומר גרפי שאינו עשוי ע"י הסטודנט תוך שימוש בהנחיות לציטוט של סגנון harvard



Large scale 3D printer - Tarazi lab

### בבליוגרפיה כללית

**Corser, R. 2010.** Fabricating Architecture: Selected Readings in Digital Design and Manufacturing. Princeton Architectural Press. New York.

**Glen, R. & Sheil, B. 2017.** Fabricate. Eiverside Architectural Press.

**Grobman, Y.J. Neuman, E. 2011.** Performalism - Form and Performance in Digital Architecture. Roatledge Press.

**Kieran, S. Timberlake, J. 2004.** Refabricating Architecture. How Manufacturing Methodologies Are Poised to Transform Building Construction. McGraw-Hill.

**Kolarevic, B. Klinger, K. 2008.** Manufacturing Material Effects: Rethinking Design and Making in Architecture. Taylor & Francis

**Kraul, J. 2011.** Contemporary Digital Architecture & Techniques. Links Press.

**Meredith, M. Aranda-lasch, Sasaki, M. 2009.** From Control to Design: Parametric/Algorithmic Architecture. Actar.

**Picon, A. 2010.** Digital Culture in Architecture - An introduction for the Design Professions. Birkhauser.

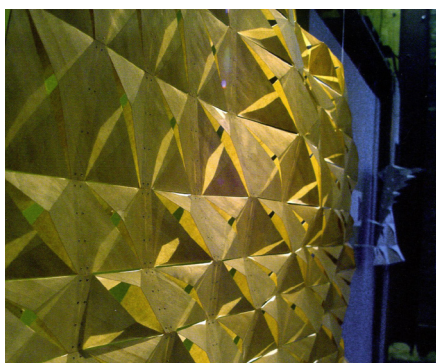
**Schodek et.al. 2004.** Digital Design and Manufacturing: CAD/CAM Applications in Architecture and Design. Hoboken. Wiley.

**Sheil, B. 2012.** Manufacturing the Bespoke. Hoboken. Wiley.

**Menges, A. Sheil, B. Ruairi G., Skavara, M. 2017.** Fabricate. Ucl Press.

**Wujec, T. 2017.** The future of Making. Autodesk.

ראה גם בבליוגרפיה פרטנית/נוספת לחלק מהמפגשים. בבליוגרפיה זו יכולה לשהתנות עם התקדמות הקורס.



In-Out Curtain  
Iwamoto Scott Architects

## פרוט המפגשים בקורס:

### מפגש מס' 1 - 24.3.2022

מפגש הפתיחה מהווה מבוא לכל המפגשים בקורס. במהלך המפגש יוצג באופן מפורט הסילבוס של הקורס, הדרישות מהסטודנט, ואופן ההערכה. בנוסף, במהלך המפגש תוצג סקירה ראשונית של השיח התאורטי במסגרתו פועל הקורס, מושגי היסוד, הרקע ההיסטורי והטכנולוגי של הנושאים השונים שיוצגו ויפותחו בקורס. בנוסף, במפגש זה תקבע החלוקה לקבוצות העבודה על התרגילים הראשונים והצגת המאמרים:



סילבוס - מעבר על סילבוס הקורס  
הצגת נושא אקולופס - כל התגילים יסובו סביב נושא של מעטפות בנין מתקדמות המתוכננות לבעלי עניין שונים (אדם, בעלי חיים וצמחים)

תרגול: הצגת התרגילים, שיטות, לימוד הדפסה תלת מימדית

### מפגש מס' 2 - 31.3.2022

הקדמה היסטוריה, תקדימים וטכנולוגיות. הרצאת מבוא על התפתחות סוגי טכנולוגיות, מתודות ומכונות שונות לייצור מבוסס מחשב באדריכלות ובעיצוב. כמו כן יוצגו וידונו באופן ראשוני היתרונות והמגבלות של כל טכנולוגיה/מתודה והצפי להתפתחות עתידית.



תרגול: הצגת אלטרנטיבות + דיון באפשרויות הדפסה

### מפגש מס' 3 - 7.4.2022

מקרה מבחן ברציולניזציה לייצור - ד"ר גיא אוסטרן

תרגול: הצגת האלטרנטיבה הנבחרת ושיפורה להדפסה



### מפגש מס' 4 - 14.4.2022

רציולניזציה בתכנון לייצור - ד"ר גיא אוסטרן

תרגול: הגשת קבצים. שעות עוברות לסיור



### מפגש מס' 5 - 28.4.2022

ייצור בחומרים מתקדמים - ד"ר אריאל בלונדר

תרגול: שעות עוברות לסיור

### מפגש מס' 6 - 12.5.2022

מקרה מבחן - ייצור בחומרים מתקדמים - ד"ר אריאל בלונדר

תרגול: שעות עוברות לסיור

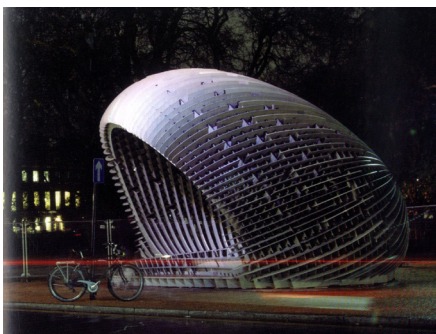
123 bench. 2013. Yasha Grobman, Oded Amir, Michael Weizman with the students Ruthie Kaplan, Ziv Waks, Naomi Shipov

### מפגש מס' 7 - 19.5.2022

cnc ולייזר - יאשה  
תרגול: הגשת תרגיל 1

### מפגש מס' 8 - 24.5.2022 (יום ג' מפגש מתכונת)

ייצור בעזרת רובוטים - ד"ר תום שקד  
תרגול: הצגת תרגיל סופי + שיטות ייצור



{c}space, 2008. Alan Dempsey and Alvin Huang.

## מפגש מס' 9 - 2.6.2022

הדפסה תלת מימדית בארכיטקטורה - יאשה  
תרגול: הכנת קבצי ייצור

## מפגש מס' 10 - 9.6.2022

הדפסה תלת מימדים בבטון וחומרי מליטה - יאשה  
תרגול: הגשת קבצי ייצור תבניות

## מפגש מס' 11 - 14.6.2022

סיוור - ייצור מתקדם בתעשיית הבניה ותעשיות שונות: תעשייה אוירית, קסנון - תעשיית בניה,  
Beyond3D - רובוטים בארכיטקטורה.

## מפגש מס' 12 - 23.6.2022

הצגת תבנית ודין

תרגול: הכנת התבניות + יציקות

## מפגש מס' 13 - 30.6.2022

דין סיכום

תרגול: הכנת התבניות + יציקות



Final submission of student in the course 2010 by Assaf Peleg, Hadas Itzikovitch, Aiman Tabony, Svetlana Lokatzki, Elvira Sdelchek

## הגשת תרגיל סופי - 8.8 - הצגה פרונטאלית בכיתה

יש להגיש מודל פיזי, מצגת ואת החומר הנלווה בהתאם לנספח ג בפורמט גרפי המתואר בנספח ב'.

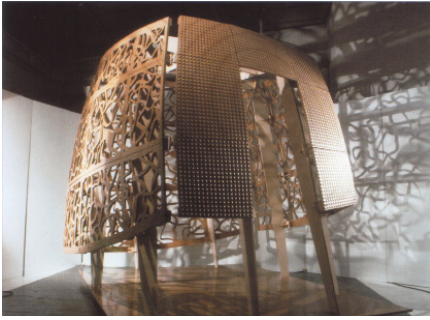


Wasp clay 3D printer - faculty clay room

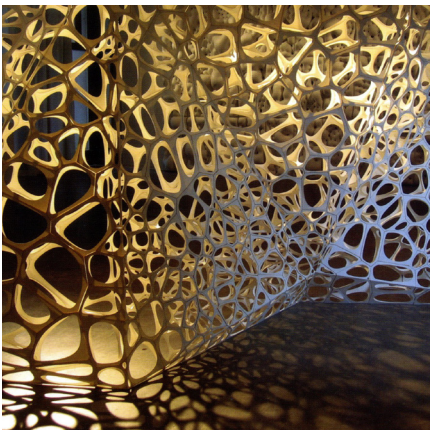
## Computer based manufacturing methods in architecture



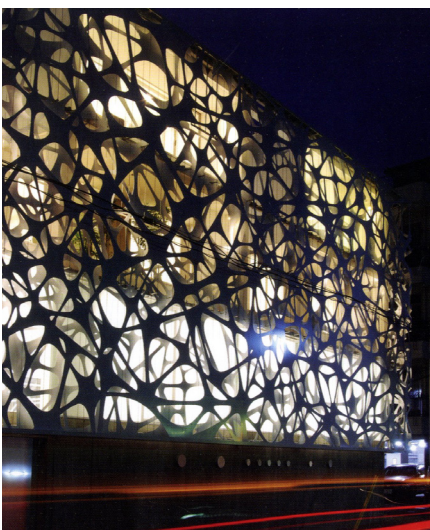
The possibility to integrate computers in the manufacturing process of architectural elements has significant implications on the way buildings are currently being design and built. The course will present and develop new methods to employ computer aided manufacturing in architecture. The course will introduce students with contemporary manufacturing technologies, methods and ideas in architecture and other disciplines. Students will be involved in hands-on design and manufacturing assignments in which computer based manufacturing machined and software will be used. These assignments will aim to produce 1:1 models that would critically examine cotemporary manufacturing methods and ideas and try to suggest new ways to employ these tools in architectural design.



Semper Pavilion. Bernard Cache



C\_Wall. 2006. Andrew Kudless/Matsys



Airspace Tokyo. 2007. Thom Faulders Architecture.

## נספח א' - תרגיל

מטרת התרגיל היא להתנסות בהליך תכנון וייצור של גאומטריה מורכבת בארכיטקטורה המחייבת שימוש בכלי מיחשוב מתקדם-מים.

התרגיל יעסוק בפיתוח מערכת חזית לבנין הנותנת מענה למספר בעלי עניין - אנשים, בעלי חיים וצמחים בניגוד למערכות חזית עכשוויות המפותחות לבני אדם בלבד. פיתוח מערכת חזית מסוג זה הוא חלק מפרוייקט מחקרי ארופאי - פרטים על הפרוייקט הארופאי בקישור הבא: <https://www.ecolopes.org>  
התוצר הסופי יהיה אריח אחד שיוצר בעזרת כלי הייצור הממוחשבים בפקולטה (חיתוך לייזר, cnc - שלושה וחמישה צירים, הדפסה תלת מימדית) תוך שימוש במכונות הייצור הידיניות שקיימות בפקולטה כמסורים, ואקום פורמינג וכד')

מטרות משנה של התרגיל:

1. ללמוד את יכולות, מגבלות ואפשרויות כלים לייצור מבוסס מחשב.
2. ללמוד כלים ושיטות לתכנון מבוסס מחשב.
3. לימוד התמודדות עם הקשר בין עיצוב וייצור גאומטריות מורכבות באדריכלות

הכנות דרושות:

התקנת תוכנת RHINO במחשב האישי ו/או שימוש במחשבה החווה.

הנחיות למודל:

המודל יהיה בגודל של אריח חזית בגודל של 50\*50 ס"מ  
המודל יעשה מחומר המדמה אריח חזית בעל עמידות לפגעי מזג אויר

אופן הביצוע:

הפרוייקט יתוכנן בתוכנת ריינו תוך שימוש בתוכנות פרמטריות כגרסהופר. לאחר סיום המודל יש לייצא אותו לפורמט שמתאים למכונות ייצור כ STL.

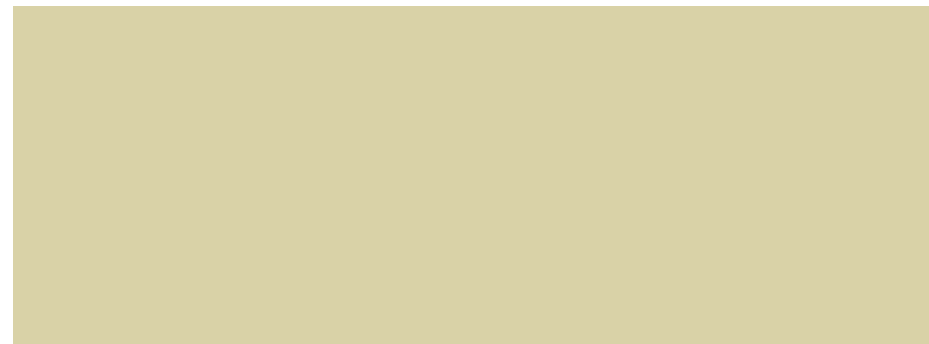
לוח זמנים:

לפי הסילבוס ומצגת שתוגש במפגש הראשון.

הערה: נושא התרגיל והנחיותיו המפגשים יכולים להשתנות כתלות בהתקדמות הקורס

*This is the font you use for title - use paragraph styles*

This is the font you use for body text, This is the font you use for body text,  
This is the font you use for body text, This is the font you use for body text,  
This is the font you use for body text, This is the font you use for body text,  
This is the font you use for body text, This is the font you use for body text,  
This is the font you use for body text, This is the font you use for body text,  
This is the font you use for body text, This is the font you use for body text,  
This is the font you use for body text, This is the font you use for body text,  
This is the font you use for body text, This is the font you use for body text,  
This is the font you use for body text, This is the font you use for body text,

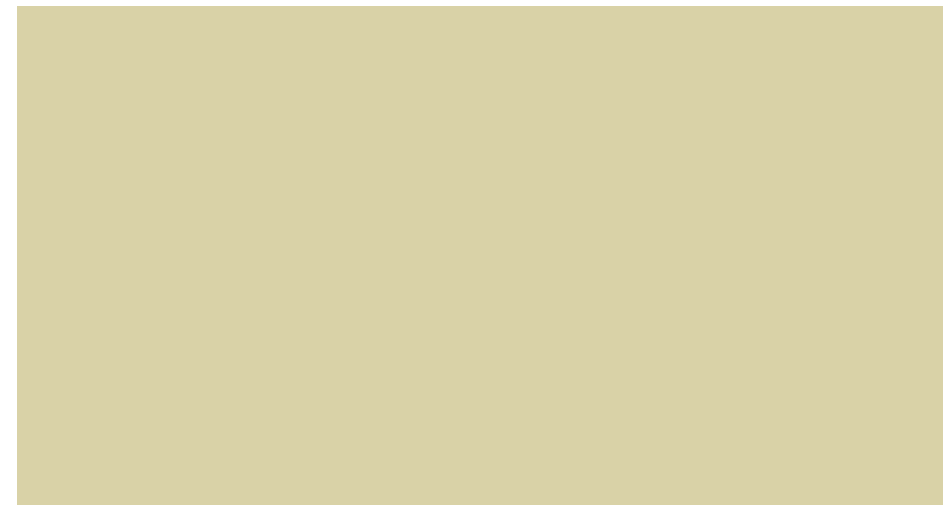


this is the style for captions

This is the font you use for body text, This is the font you use for body text,  
This is the font you use for body text, This is the font you use for body text,  
This is the font you use for body text, This is the font you use for title - use the  
paragraph style

This is the font for subtitle - use the paragraph style  
This is the font you use for body text, This is the font you use for body text,  
This is the font you use for body text, This is the font you use for body text,

This is the font you use for body text, This is the font you use for body text,  
This is the font you use for body text, This is the font you use for body text,  
This is the font you use for body text, This is the font you use for body text,  
This is the font you use for body text, This is the font you use, This is the font  
you use This is the font you use This is the font you use This is the font you  
use This is the font you use This is the font you use This is the font you use  
This is the font you use This is the font you use This is the font you use



this is the style for captions





## נספח ג' - הגשת חומר לקבלת ציון

יש להגיש את החומר יחד עם מסמך בידוק (checklist) זה מודפס ומלא - יש לסמן V בתוך הריבועים:

1.  שם הסטודנט:
2.  קבצי PDF+INDESIGN של הצגת המאמר . יש לבחור באפשרות של HIGH QUALITY בזמן יצירת ה-PDF.
3.  מחיצה ובה הקבצים הבאים:
- 1  
 תמונות של המודלים ברזולוציה גבוהה (300DPI).
- קבצי ריינו, גרסהופר, STL וכל תוכנה תלת מימדית/שרטוט אחרים
- קובץ INDESIGN של המצגת הסופית יחד עם הלינקים (יש לעשות PACKAGE).
- קובץ PDF של המצגת הסופית. יש לבחור באפשרות של HIGH QUALITY בזמן יצירת הקובץ. המצגת הסופית תכיל טקסט באורך של כ 500 מילים שיתאר את תרגיל.
4.  משלוח החומר באינטרנט מסודר במחיצות לפי סוגי הקבצים הנ"ל.

שמות הקבצים ינתנו בפרורמט הבא:  
 student name-filename.xxx

הגשת החומר מהווה תנאי לקבלת ציון. יש לשלוח את החומר למרצה עד ה 8.8.2022.