

# השתלמות מורים - מדפסת

מרצה : אורי כהן

מגישים:

יהונתן בן אפרת תז

██████████

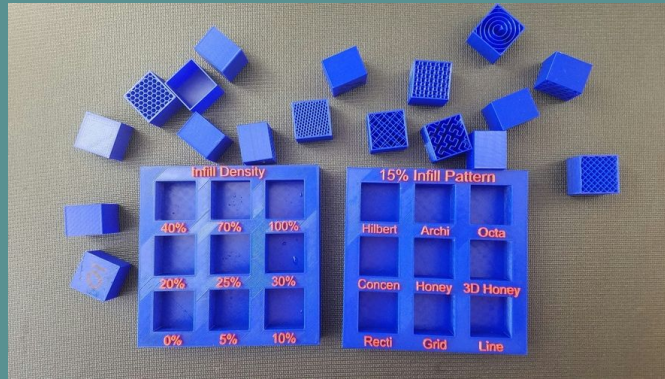
אורי אייל

שולי הלחמי

תאריך הגשה: 6.7.2020

# פרמטרים חשובים לחיזוק ההדפסה ב-

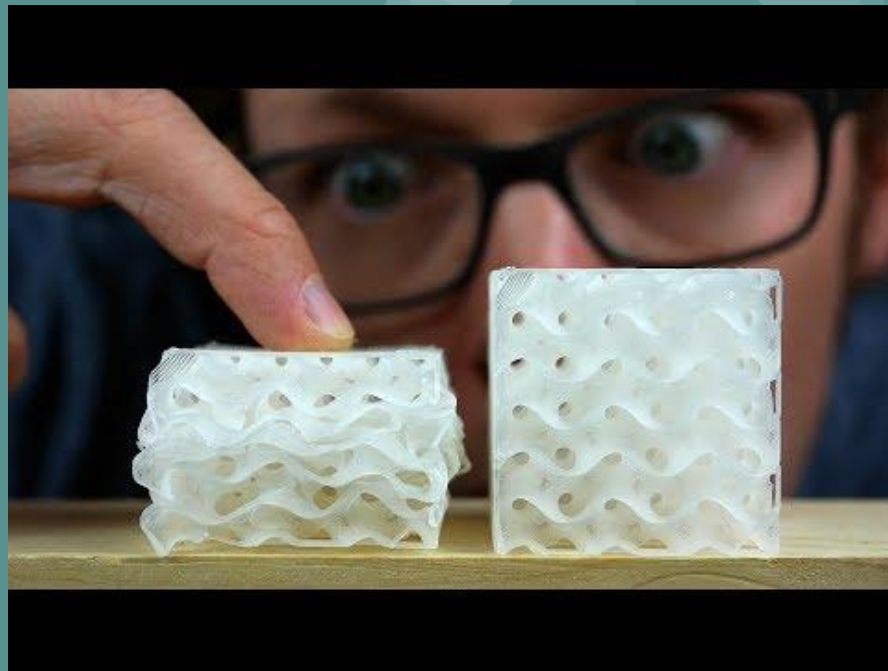
## 3D



חוזק חלק המיוצר במדפסת תלת מימד תלוי במספר פרמטרים, כגון:

- אחוז המילוי
- צורת המילוי
- עובי דפנות החלק
- צורת פינות החלק ( פאזה / רדיוס העגלה)
- אוריינטציית הדפסה

# חקירת חוזק ע"י ניסוי



# מטלת סיכום - השפעת פרמטרי הדפסה על חוזק

## המוצר

במטלה זו נבדוק חוזק לכפיפה כתלות בפרמטרים הבאים:

- אחוז המילוי INFILL
- כיוון ההדפסה
- וצורת הפינה (פינה חדה, רדיוס העגלה או פאזה)



# ניסוי מספר 1

| חלק | כיוון הדפסה | INFIL | סוג INFIL | החלקת פינות | סוג החלקה  | עובי קירות |
|-----|-------------|-------|-----------|-------------|------------|------------|
| 1   | אופקי       | 25%   | כוורת     | ללא         | פינה ישרה  | 2          |
| 2   | אופקי       | 25%   | כוורת     | כן          | FILLET 2MM | 2          |

אורך חוט: 2.87, 3.06 מטר  
זמן הדפסה: 2.22, 2.16 דקות.שעות  
עומס מירבי לכפיפה: 2.5, 4.5 ק"ג

## ניסוי מספר 2

| חלק | כיוון הדפסה    | INFIL | סוג INFIL | החלקת פינות | סוג החלקה     | עובי קירות |
|-----|----------------|-------|-----------|-------------|---------------|------------|
| 1   | אופקי          | 25%   | כוורת     | כן          | FILLET<br>2MM | 2          |
| 2   | אנכי<br>(עומד) | 25%   | כוורת     | כן          | FILLET<br>2MM | 2          |

אורך חוט : 1.99 , 3.06 מטר  
זמן הדפסה : 1.49 , 2.22 דקות.שעות  
עומס מירבי לכפיפה: 4, 4.5 ק"ג

# ניסוי מספר 3

| עובי קירות | סוג החלקה      | החלקת פינות | סוג INFIL | INFIL | כיוון הדפסה    | חלק |
|------------|----------------|-------------|-----------|-------|----------------|-----|
| 2          | FILLET<br>2MM  | כן          | כוורת     | 25%   | אנכי<br>(עומד) | 1   |
| 2          | CHAMFER<br>2MM | כן          | כוורת     | 25%   | אנכי<br>(עומד) | 2   |

אורך חוט : 1.98 , 1.99 מטר  
זמן הדפסה : 1.48 , 1.49 דקות.שעות  
עומס מירבי לכפיפה: 4, 4 ק"ג

# ניסוי מספר 4

| עובי קירות | סוג החלקה      | החלקת פינות | סוג INFIL | INFIL | כיוון הדפסה    | חלק |
|------------|----------------|-------------|-----------|-------|----------------|-----|
| 2          | CHAMFER<br>2MM | כן          | ללא       | 0%    | אנכי<br>(עומד) | 1   |
| 3          | CHAMFER<br>2MM | כן          | ללא       | 0%    | אנכי<br>(עומד) | 2   |

אורך חוט : 1.55 , 2.14מטר  
זמן הדפסה : 1.20, 1.33 דקות.שעות  
עומס מירבי לכפיפה: 2.5, 3.5 ק"ג



# הגדרות הדפסה של ניסוי מס 1 ב cura

**Infill**

- Infill Density: 25 %
- Infill Pattern: Tri-Hexagon

**Material**

**Speed**

- Print Speed: 60 mm/s

**Travel**

- Enable Retraction:
- Z Hop When Retracted:

**Cooling**

**Support**

- Generate Support:

Profile: Draft - 0.2mm

Search settings

**Travel**

- Enable Retraction:
- Z Hop When Retracted:

**Cooling**

**Support**

- Generate Support:
- Support Placement: Everywhere
- Support Overhang Angle: 50 °
- Support Density: 12 %
- Support Line Distance: 3.3333 mm

**Build Plate Adhesion**

- Build Plate Adhesion Type: Brim

# הגדרות הדפסה של ניסוי מס 4 ב

## cura

Print settings

Profile **Draft - 0.2mm** ★ ▼

🔍 Search settings

**Infill** ▼

Infill Density 0 %

**Material** ▼

**Speed** ▼

Print Speed 60 mm/s

**Travel** ▼

Enable Retraction

Z Hop When Retracted

**Cooling** <

**Support** ▼

Generate Support

Support Placement  Everywhere ▼

Print settings

Profile **Draft - 0.2mm** ★ ▼

🔍 Search settings

**Quality** ▼

Layer Height 0.15 mm

**Shell** ▼

Wall Thickness 0.8 mm

Wall Line Count 2

Top/Bottom Thickness 0.8 mm

Top Thickness 0.8 mm

Top Layers 6

Bottom Thickness 0.8 mm

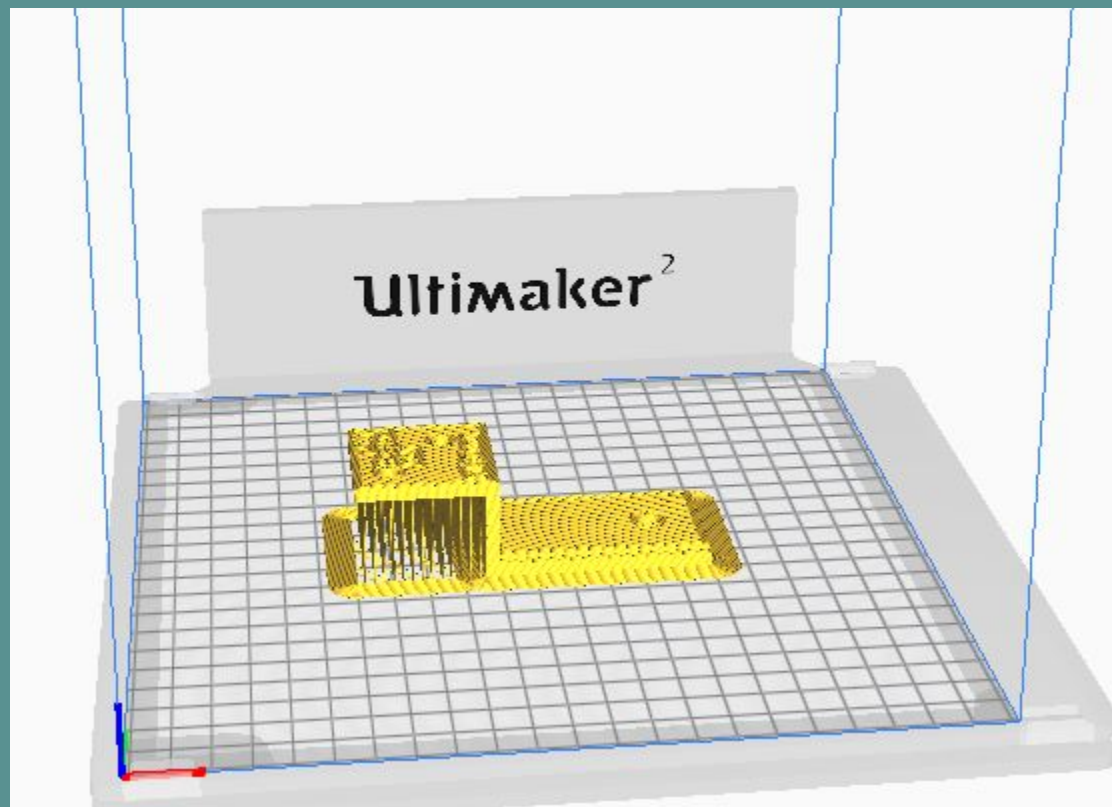
Bottom Layers 6

Horizontal Expansion 0 mm

**Infill** ▼

< Recommended

# הדמיית הדפסת חלק ב Cura



# ריכוז נתוני הדפסה

| מס ניסוי | שיעור המילוי | כיוון הדפסה | עובי קיר במ"מ | סוג הפינה | אורך חוט [מטר] | זמן הדפסה דקות.שעות | הערות |
|----------|--------------|-------------|---------------|-----------|----------------|---------------------|-------|
| 1-1      | 25%          | אופקי       | 0.8           | פינה ישרה | 2.87           | 2.16                |       |
| 1-2      | 25%          | אופקי       |               | העגלה 2mm | 3.06           | 2.22                |       |
| 2-1      | 25%          | אופקי       | 0.8           | העגלה 2mm | 3.06           | 2.22                |       |
| 2-2      | 25%          | אנכי        | 0.8           | העגלה 2mm | 1.99           | 1.49                |       |
| 3-1      | 25%          | אנכי        | 0.8           | העגלה 2mm | 1.99           | 1.49                |       |
| 3-2      | 25%          | אנכי        | 0.8           | פאזה 2mm  | 1.98           | 1.48                |       |
| 4-1      | 0%           | אנכי        | 0.8           | פאזה 2mm  | 1.55           | 1.20                |       |
| 4-2      | 0%           | אנכי        | 1.2           | פאזה 2mm  | 2.14           | 1.33                |       |

# ריכוז נתוני הניסויים

| מס ניסוי | שיעור המילוי | כיוון הדפסה | עובי קיר במ"מ | סוג הפינה | מסה עד לכניעה [Kg] | שקיעה [mm] | הערות |
|----------|--------------|-------------|---------------|-----------|--------------------|------------|-------|
| 1-1      | 25%          | אופקי       | 0.8           | פינה ישרה | 2.5                | 7          |       |
| 1-2      | 25%          | אופקי       | 0.8           | העגלה 2mm | 4.5                | 9          |       |
| 2-1      | 25%          | אופקי       | 0.8           | העגלה 2mm | 4.5                | 9          |       |
| 2-2      | 25%          | אנכי        | 0.8           | העגלה 2mm | 4                  | 6          |       |
| 3-1      | 25%          | אנכי        | 0.8           | העגלה 2mm | 4                  | 6          |       |
| 3-2      | 25%          | אנכי        | 0.8           | פאזה 2mm  | 4                  | 6          |       |
| 4-1      | 0%           | אנכי        | 0.8           | פאזה 2mm  | 2.5                | 35         |       |
| 4-2      | 0%           | אנכי        | 1.2           | פאזה 2mm  | 4                  | 15         |       |

# ניתוח תוצאות הניסוי

**בניסוי 1** נבדק השינויי בין פינה חדה לפינה מעוגלת 2מ"מ ומצאנו כי החלק עם הפינה חדה נשבר ראשון בעומס הקטן ב55%

**ניסוי 2** נבדק השינוי בין חלק שהודפס אופקית לחלק שהודפס אנכית. נוכחנו לראות כי ההדפסה האנכית חלשה יותר, החזיק 4 קילו לעומת 4.5 קילו בהדפסה אופקית. בעומס קטן בכ 10%

**בניסוי 3** נבדק השוני בין פאזה להעגלה. שניהם הודפסו בצורה אנכית. התוצאה הייתה זהה מבחינת עומס ושקיעה

**ניסוי 4** נבדק השינוי עובי דופן של 0.8 ל- 1.2 מ"מ ללא מילוי. נוכחנו לראות כי השקיעה גדולה משמעותית ככל שעובי הדופן קטן יותר, אך העומס לשבר עולה ככל שעובי הדופן גדל

# ניתוח תוצאות הניסוי (המשך)

- מכלל הניסויים אפשר לראות: שאחוז המילוי משפיע על העומס שניתן להעמיס את החלק עד לשבר, אך בניסוי שערכנו עם חלק מלא ראינו שהחלק נישבר עומס קטן יותר מאשר מילוי ב-35%.
- אחוז המילוי משפיע מאוד על גמישות החלק, ככל שהחלק בעל מילוי קטן יותר השקיעה גדלה.
- ההבדל בחוזק לא מאוד משמעותי בין הדפסה אופקית לאנכית אך זמן ההדפסה ואורך החוט גדל בכ-30%, הסיבה כמות התומכים הדרושים להדפסה.

# רפלקציה אישית להשתלמות

## יהונתן בן אפרת

מאז שהכנסנו (לפני 5 שנים) מדפסת תלת מימד למגמה השתמשנו בה לצרכי הדפסת גופים פשוטים מבלי להיכנס לפרמטרים ודקויות הדפסה. השתלמות זו פתחה עבורי אופקים וידע איך להשתמש במדפסת ככלי פדגוגי במגמה. להתעכב על סוגיות של חוזק, חומר, סוגי עיבוד וכדומה. מצאתי את ההשתלמות מרחיבת אופקים בכול הקשור למקום שמדפסות תלת מימד תופסות כיום בתעשייה ובייצור, ולכן עם תחילת שנת הלימודים הקרובה אשים דגש ואתגר את תלמידי הרבה מעבר לאופן שעשיתי זאת עד היום.

ההנחיה שלך אורי הייתה מצוינת, נתת מקום וביטוי לכל המשתתפים, שיתפת אותנו מהידע והניסיון שצברת, והיית פתוח לקבל דעות שונות של המורים.

תודה רבה.



# רפלקציה אישית להשתלמות

אורי אייל

השתלמות זו תרמה לי רבות מכיוון שהפרקטיקה של תחום ההדפסות הינה חדשה עבורי. עד היום לא הדפסתי במדפסת תלת מימד ובשנה הבאה אני רוצה לשלב אותה במסגרת לימוד שרטוט ואולי אף חוזק חומרים כפי שעשינו בקורס.

בזכות קורס זה אני יכול לומר עכשיו שיש לי את הבסיס להתחיל להתאמן על הדפסות תלת מימדיות. כמו כן שמחתי לראות את השפעת המילוי על תוצאות החוזק של החלקים המודפסים.

אני מבין את האילוצים של העברת הקורס בזום אך יחד עם זאת הייתי מעדיף שהקורס היה מתבצע במעבדה על מנת לראות מקרוב את המדפסות ולחוש את איכות ההדפסות, הן מבחינת: פרמטרים שונים של הדפסה והן הדפסה מחומרים שונים.

אורי תודה רבה על הסבלנות וההסברים המעמיקים שקיבלנו ממך לאורך כל הקורס.

# רפלקציה אישית להשתלמות

## שולי הלחמי

להשתלמות הצטרפתי כדי ללמוד כיצד לשלב את הכלי מדפסת תלת מימד כחלק ממערך הפדגוגי ללימוד תיב"מ.

עד היום המדפסת משמשת את תלמידי המגמה לבניית אבי טיפוס לפרויקטים, ההדפסה גוזלת זמן רב שלי על תקלות, ובעיות של המדפסת. בקורס פגשתי קשת רחבה של מורים ששמחו לעזור, לייעץ ולתמוך דבר שחשוב לשמר לעבודה השוטפת לאורך השנה.

ספר הקורס מעולה ויכול לשמש לתלמידים כספר לימוד.

רעיון שילוב המדפסת לניסוי חוזק מאוד מעניין ובשנה הבאה אנסה לשלב אותו עם תלמידי כיתה י להבנת מושגים בסיסיים כמו חוזק למתיחה, כפיפה, פיתול. עם תלמידי יב' שלומדים למבחני טכנאים מעניין יהיה לעשות ניסוי מתיחה עם דגמים מודפסים.