

# תרגיל 1 ביולוגיה חישובית

מגישים :

דניאל יאנובסקי תז 314826975

גל גלעדי תז 312491616

\*נא לשים לב כי קיימות מסקנות עבור כל ניסוי, וכן החשובות ביותר  
הן המסקנות הכלליות עבור הסעיפים א' (עמוד 32) ו ב' (עמודים 33,  
40, 41, 42).

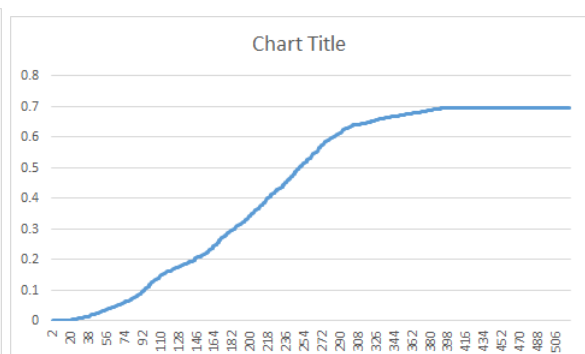
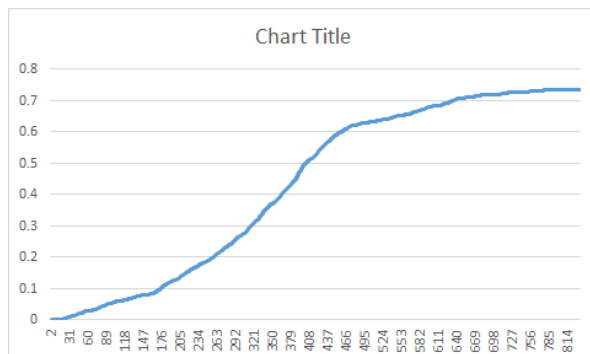
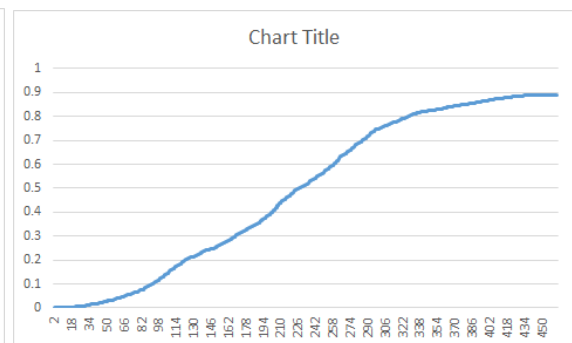
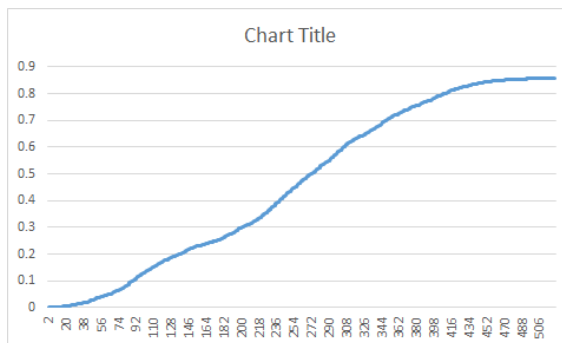
## סעיף א':

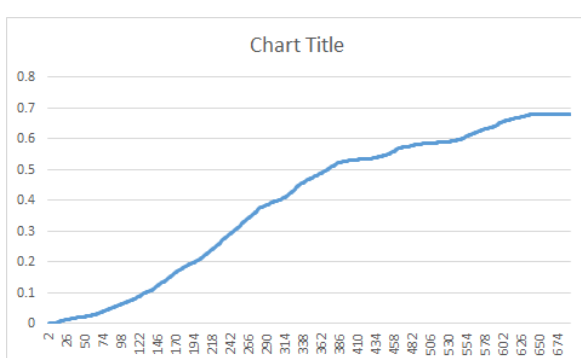
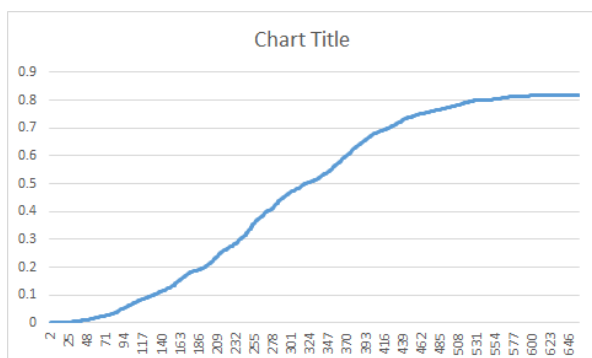
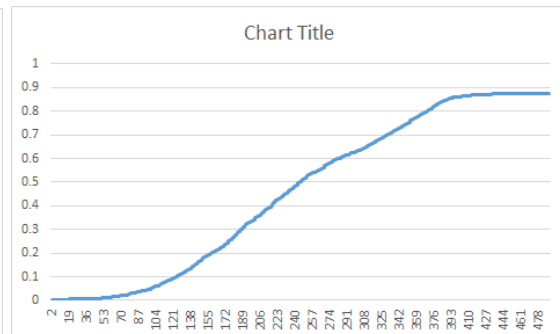
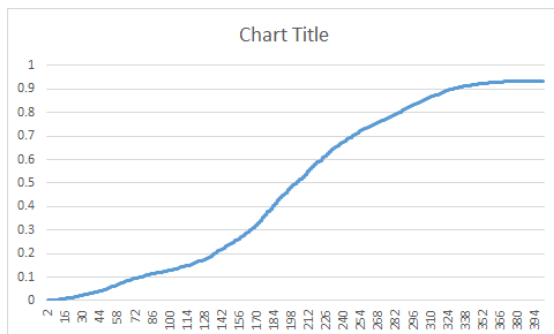
נבדוק  $P$  כאשר הוא 30 (צפיפות נמוכה מאוד), 50 (צפיפות בינונית), 75 (צפיפות גבוהה), 90 (צפיפות גבוהה מאוד).  
וכן נבדוק  $L$  שונים עבור כל אחת מהצפיפות : 1,5,10 (למעט (30,90).

ציר  $Y$  יהיה אחוז נדבקים  
ציר  $X$  המספר של דור

בדיקה  $P=50$

בדיקה  $L=1$





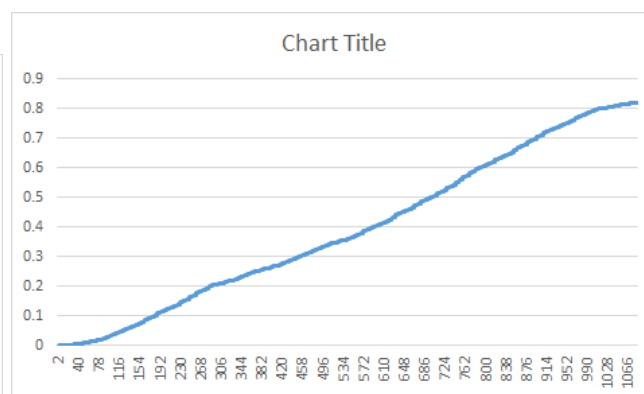
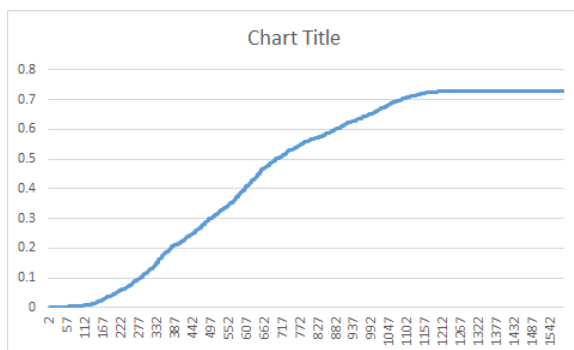
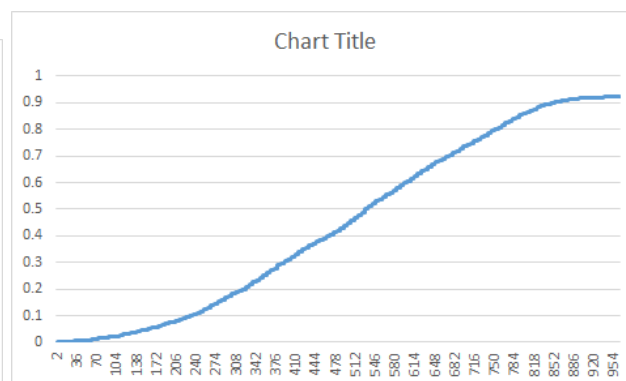
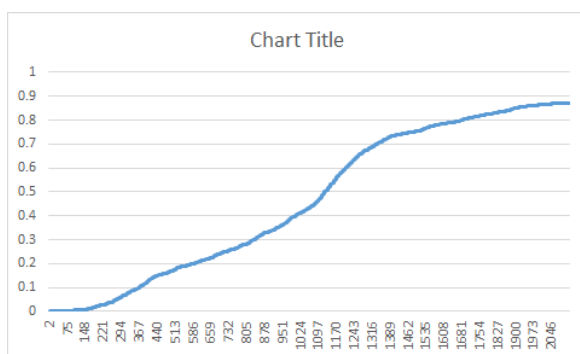
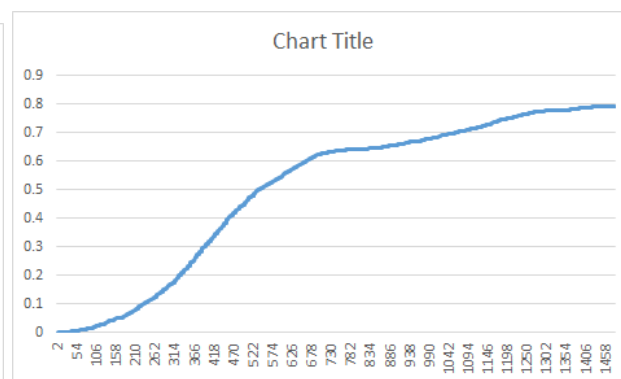
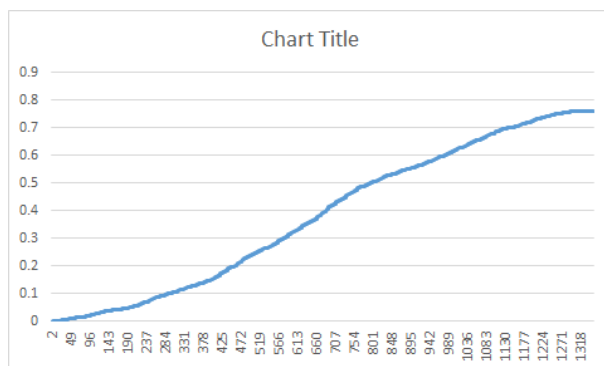
## **מסקנות:**

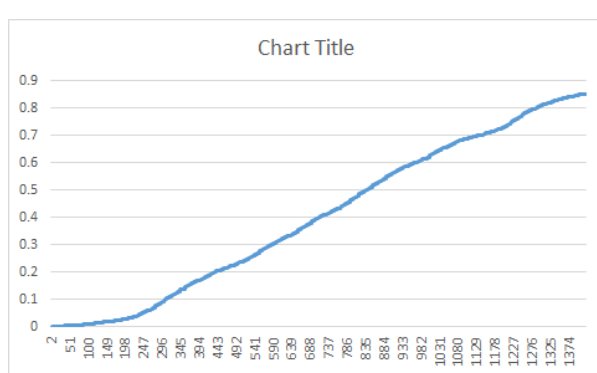
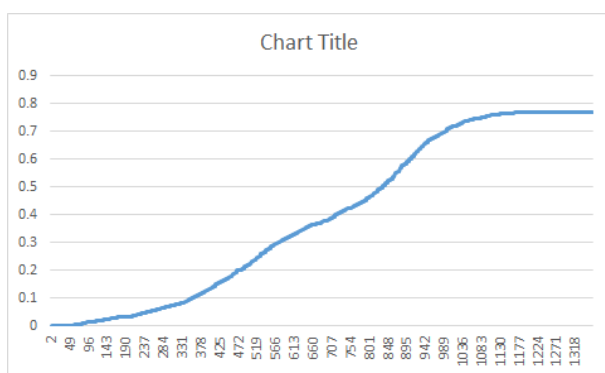
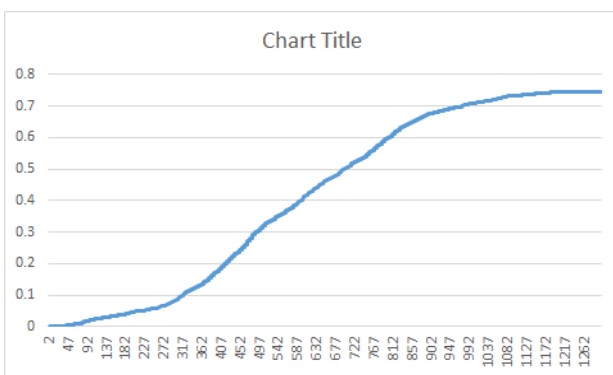
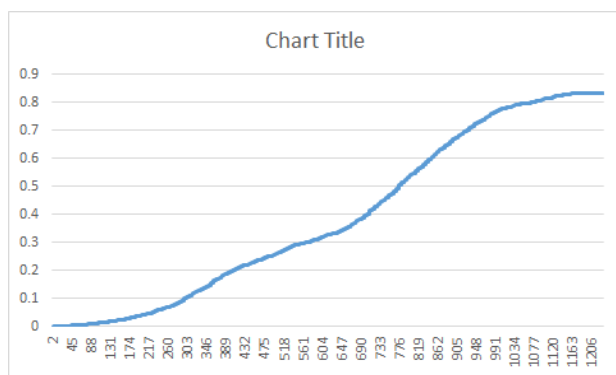
- ניתן לראות כי הגבול המקסימלי ברוב המכריע של הבדיקות שנעשו היה הדבקה של עד 90% מהאוכלוסייה (למעט פעם אחת).
- הגבול המינימלי היה הדבקה של לפחות 70% (למעט פעם אחת).
- אם כן, הממוצע של ההדבקה עומד על כ 80% מהאוכלוסייה.

- ניתן לראות כי מספר הדורות עבור הגעה להדבקה של כ 80% מהאוכלוסייה, אותו קבענו כממוצע, עומד על כ 460 דורות.
  - בהמשך נקבע האם מדובר בקצב הדבקה סביר\מהיר\איטי, בהשוואה לשינוי הפרמטרים השונים.
- \*ניתן לראות כי עקומת הגרף היא יחסית ליניארית עולה עד 70% הדבקה, שלאחריה העליה מתונה יותר.

**בדיקה P=50**

**בדיקה L=5**



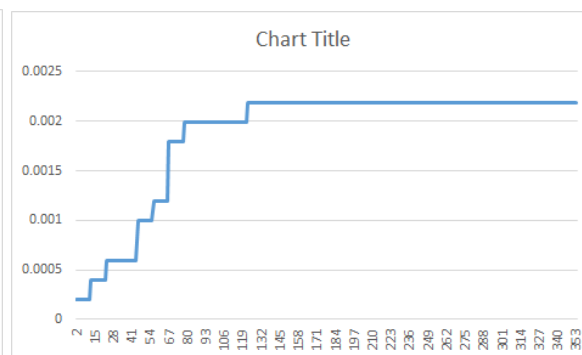
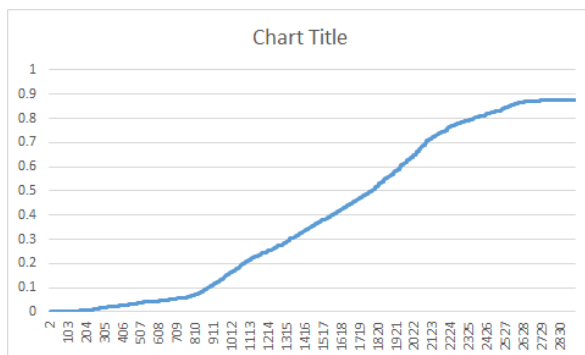
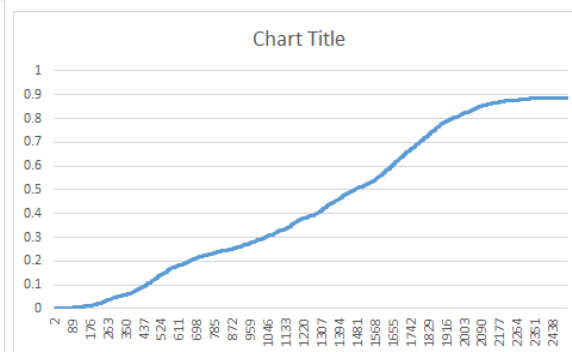
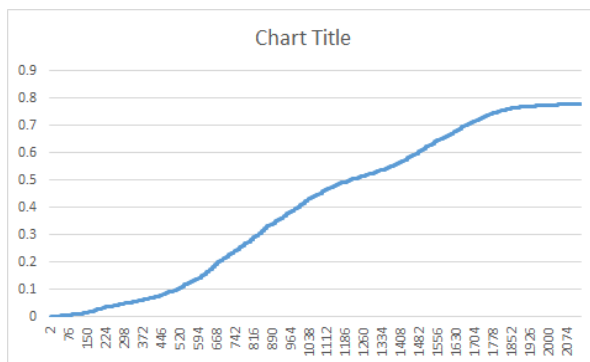
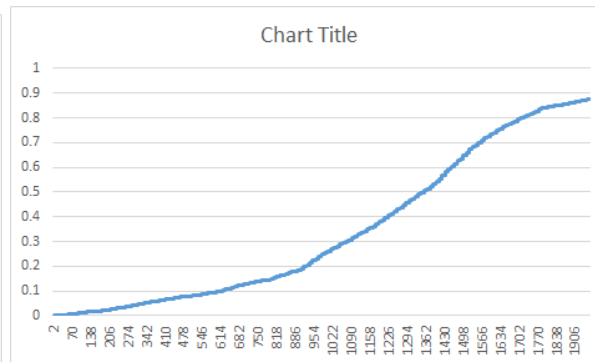
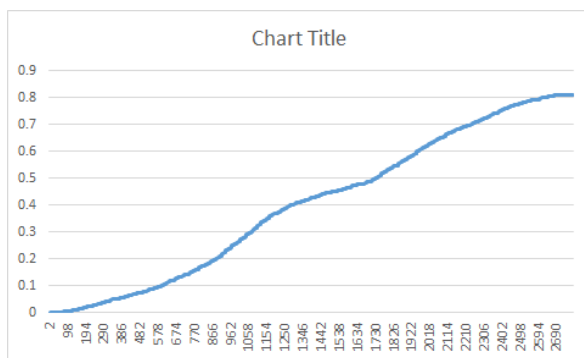


## **מסקנות:**

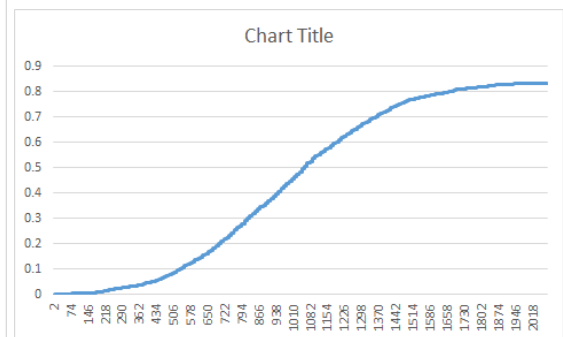
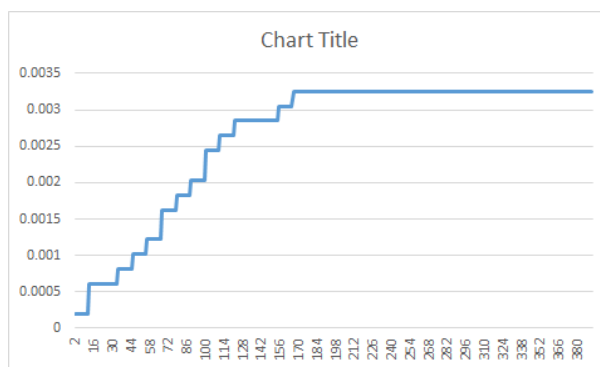
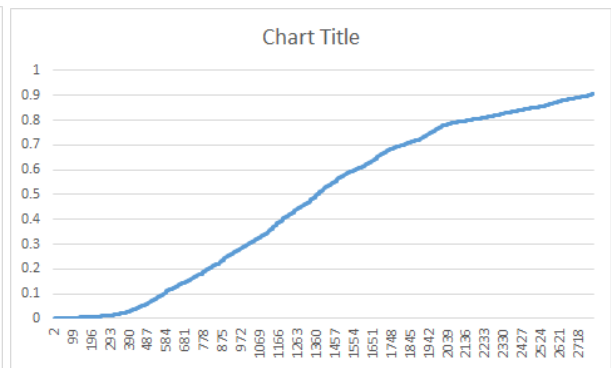
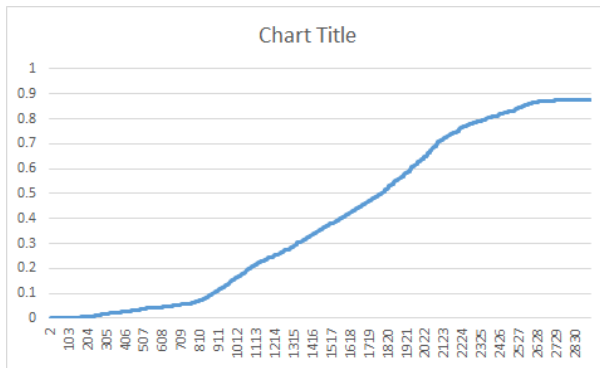
- ניתן לראות כי הגבול המקסימלי ברוב המכריע של הבדיקות שנעשו היה הדבקה של עד 90% מהאוכלוסייה (למעט פעם אחת).
- הגבול המינימלי היה הדבקה של לפחות 70%.
- אם כן, הממוצע של ההדבקה עומד על כ 80% מהאוכלוסייה.
- ניתן לראות כי מספר הדורות עבור הגעה להדבקה של כ 80% מהאוכלוסייה, אותו קבענו כממוצע, עומד על כ 1188 דורות.
- בהמשך נקבע האם מדובר בקצב הדבקה סביר\מהיר\איטי, בהשוואה לשינוי הפרמטרים השונים.

\*ניתן לראות כי עקומת הגרף היא יחסית ליניארית עולה עד  
70% הדבקה, שלאחריה העליה מתונה יותר.

**בדיקה P=50**  
**בדיקה L=10**





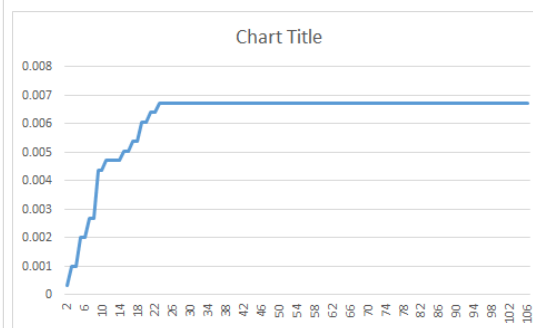
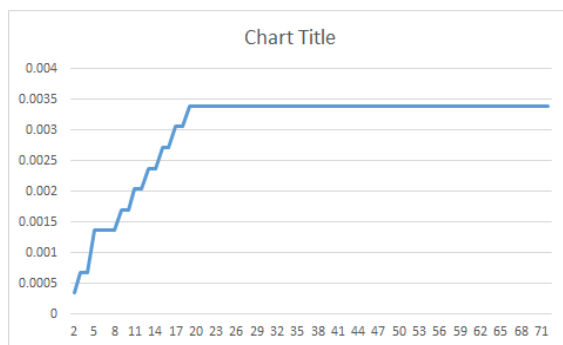
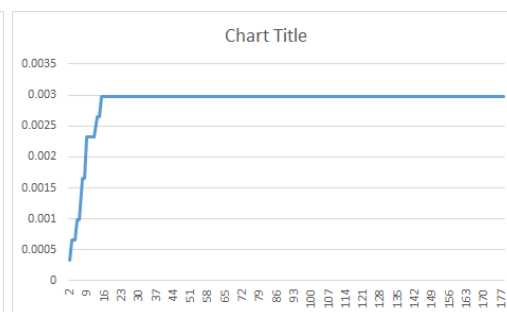
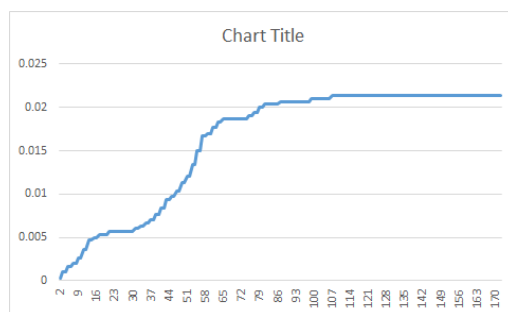
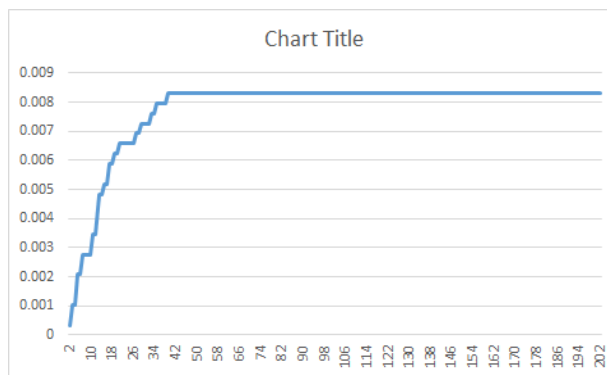
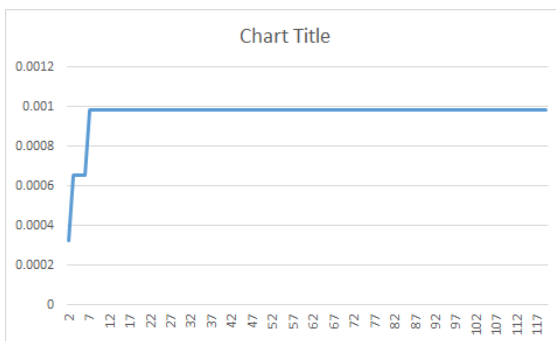


## **מסקנות:**

- ניתן לראות כי הגבול המקסימלי ברוב המכריע של הבדיקות שנעשו היה הדבקה של עד 90% מהאוכלוסייה (למעט פעם אחת).
- בכחמישית מהבדיקות, ההדבקה נעצרה כבר בדורות הראשונים.
- להוציא את הבדיקות בהן ההדבקה נעצרה בדורות הראשונים, הממוצע של ההדבקה עומד על כ 85% מהאוכלוסייה.
- ניתן לראות כי מספר הדורות עבור הגעה להדבקה של כ 85% מהאוכלוסייה, אותו קבענו כממוצע, עומד על כ 2233 דורות.

- בהמשך נקבע האם מדובר בקצב הדבקה סביר\מהיר\איטי, בהשוואה לשינוי הפרמטרים השונים.
- \*ניתן לראות כי עקומת הגרף מתונה מאוד תחילה (עד הדבקה של כ 10% מהאוכלוסייה לערך), בגלל כמות האוכלוסייה הלא מספיק גדולה שנדבקה, יחד עם פרמטר L שהוא קצת יותר גדול, לכן האינטרוואלים ארוכים יותר (אינטרוואלים של מדרגות).
- לאחר מכן, לאחר הדבקה של כ 10% מהאוכלוסייה לערך, העלייה היא יחסית ליניארית עולה עד 80% הדבקה, שלאחריה העליה מתונה יותר.

**בדיקה P=30**  
**בדיקה L=1**

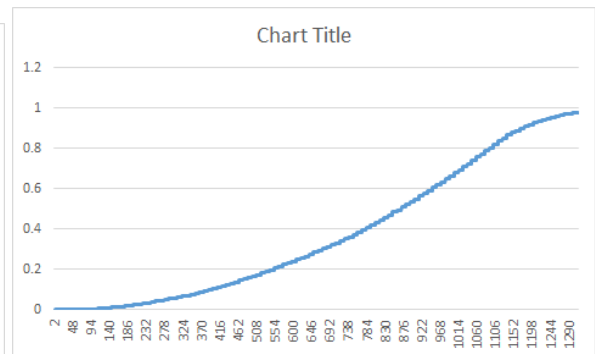
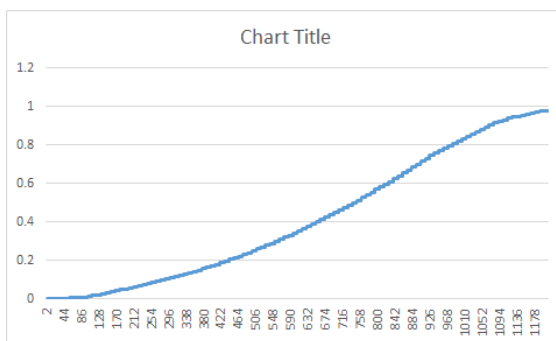
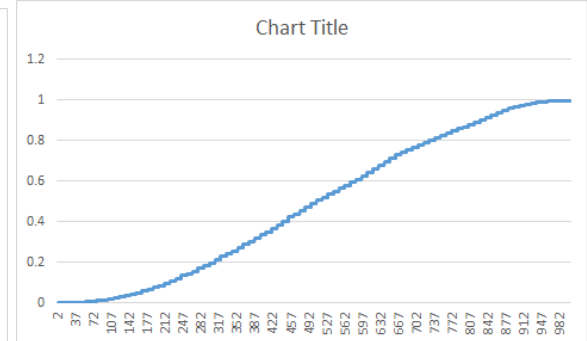
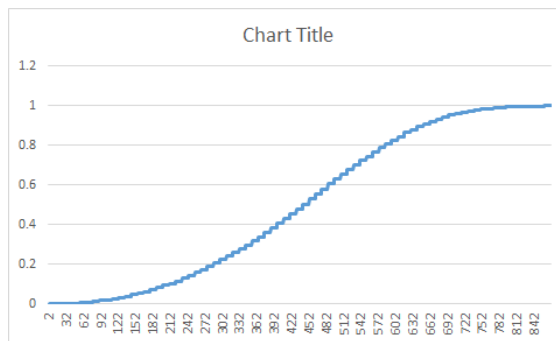
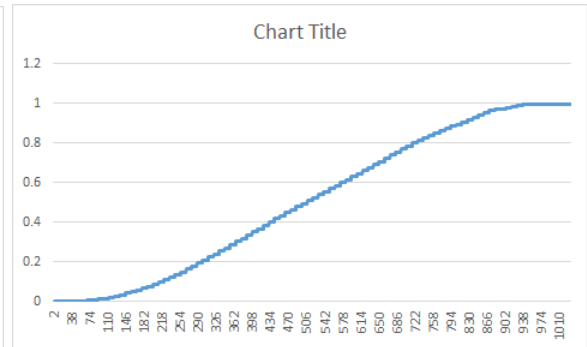
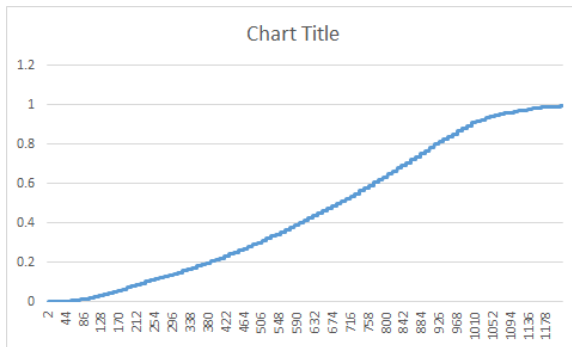


### **מסקנות:**

- ניתן לראות כי עבור פרמטר נמוך מאוד של  $P=30$ , לא מצליחה להתבצע הדבקת אוכלוסייה, וההדבקה נעצרת לאחר מספר דורות.

**בדיקה P=90**

**בדיקה L=10**



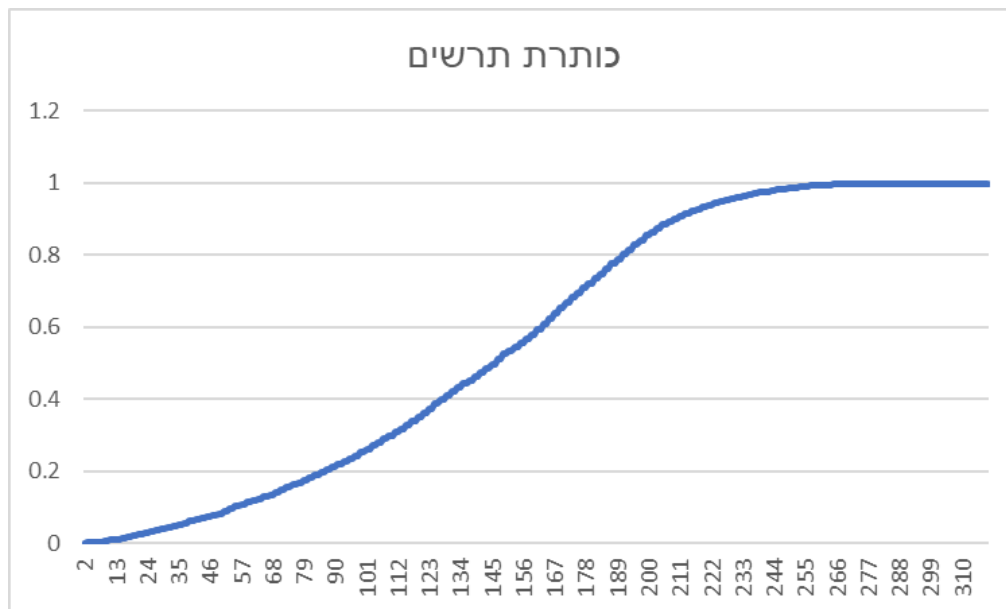
**מסקנות:**

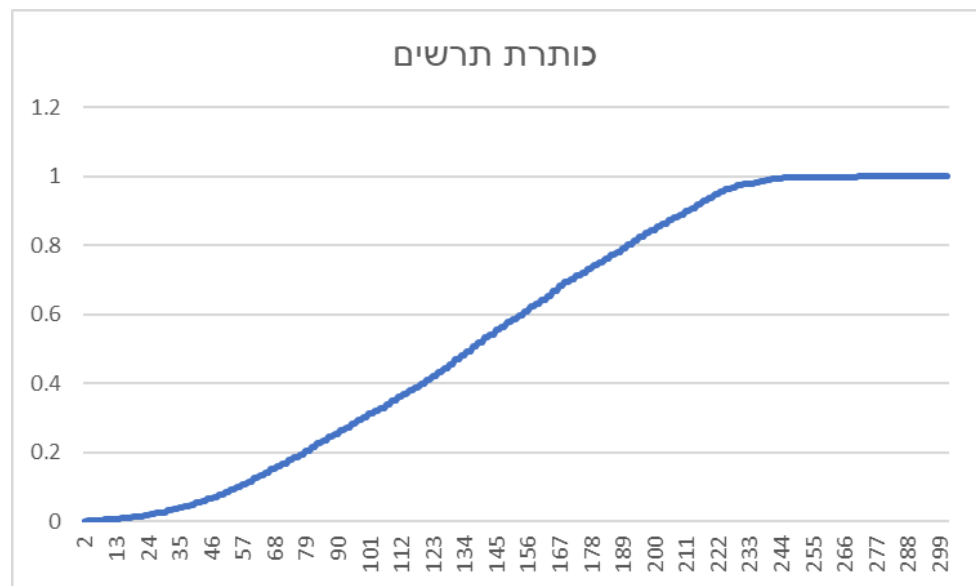
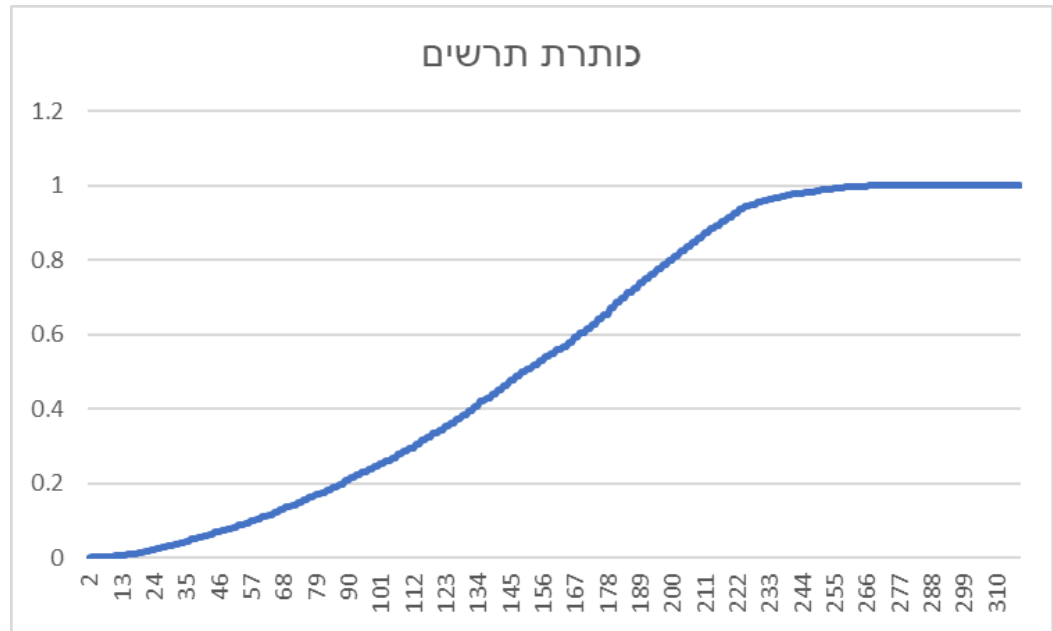
- ניתן לראות כי בכלל הבדיקות שנעשו עבור פרמטר גבוה מאוד  $P=90$ , הגבול הינו 100% הדבקה לבסוף.

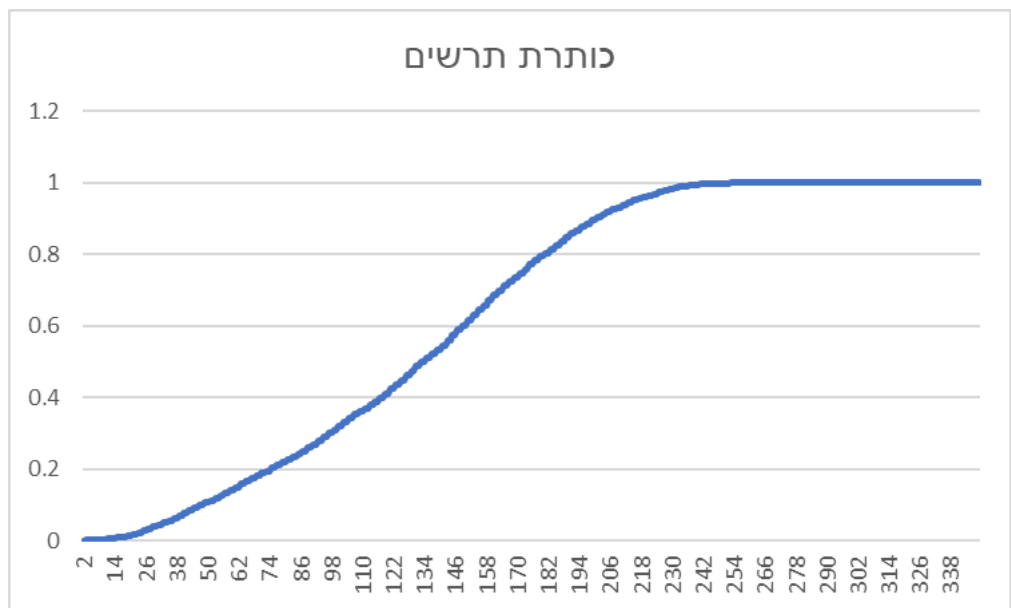
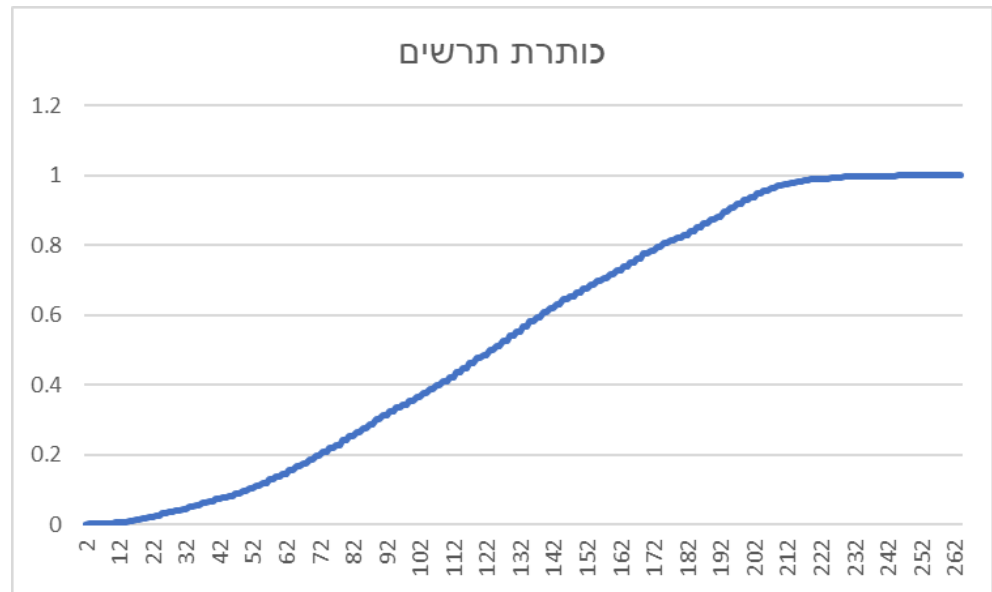
- ניתן לראות כי מספר הדורות עבור הגעה להדבקה של כ 100% מהאוכלוסייה, עומד על כ 1050 דורות.
- \*ניתן לראות כי עקומת הגרף היא יחסית ליניארית עולה עד 100% הדבקה.

**בדיקה P=75**

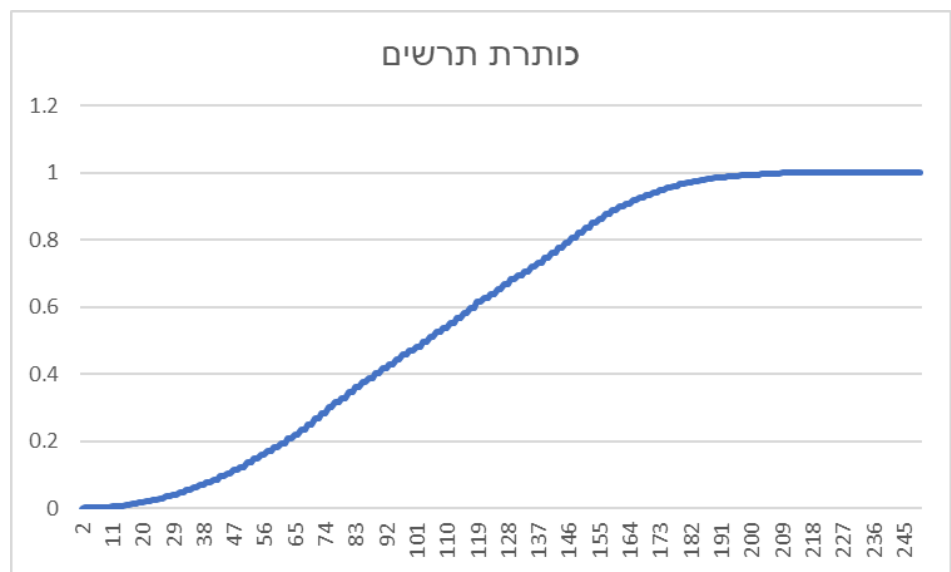
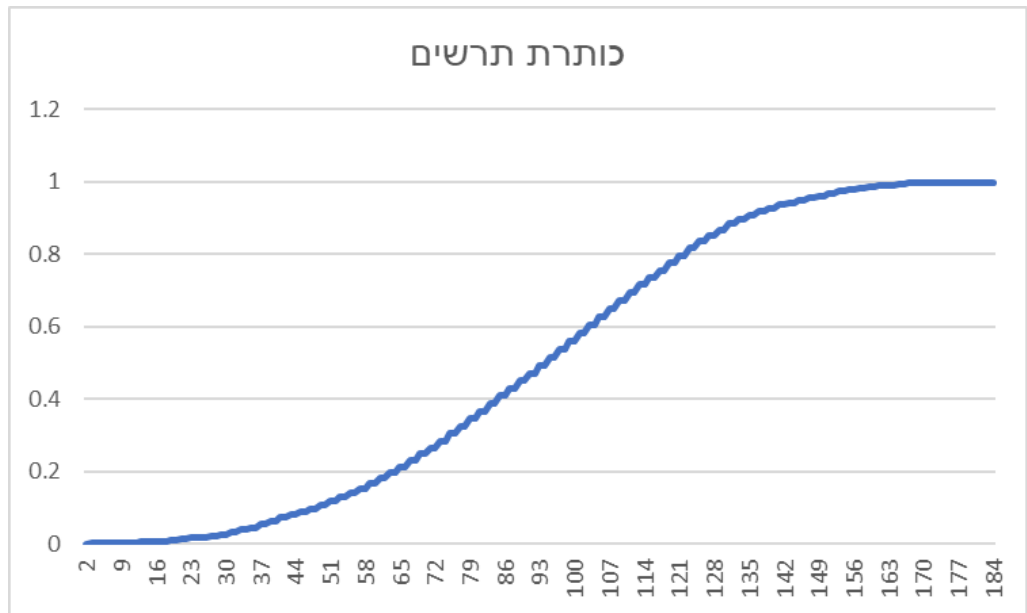
**בדיקה L=1**



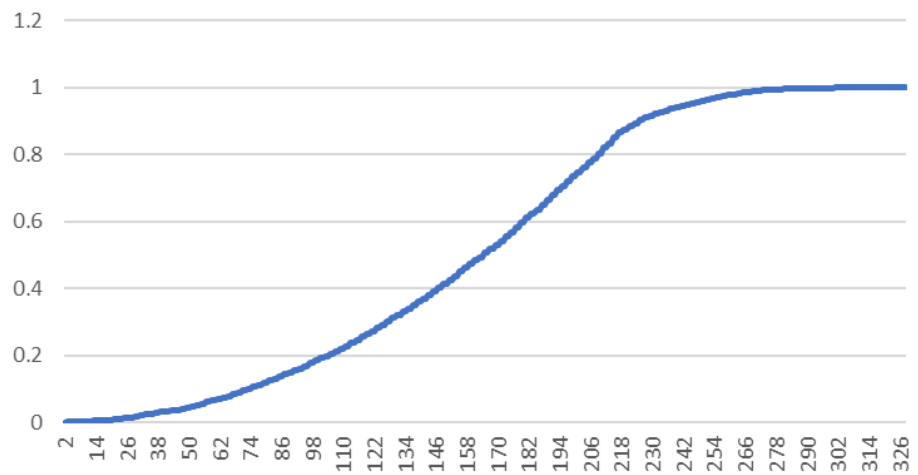




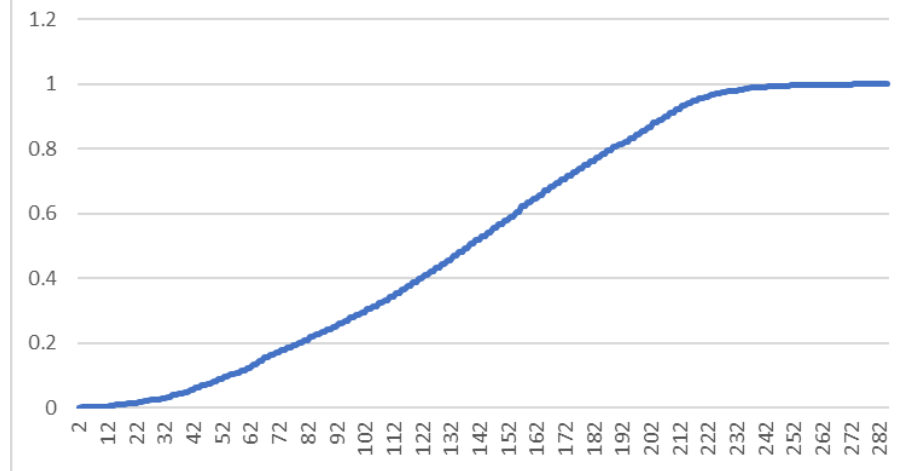


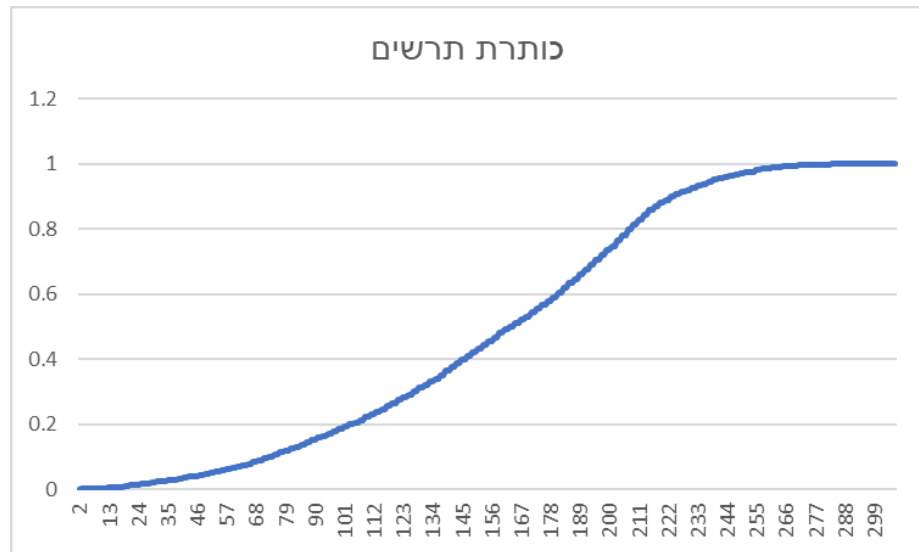


כותרת תרשים



כותרת תרשים



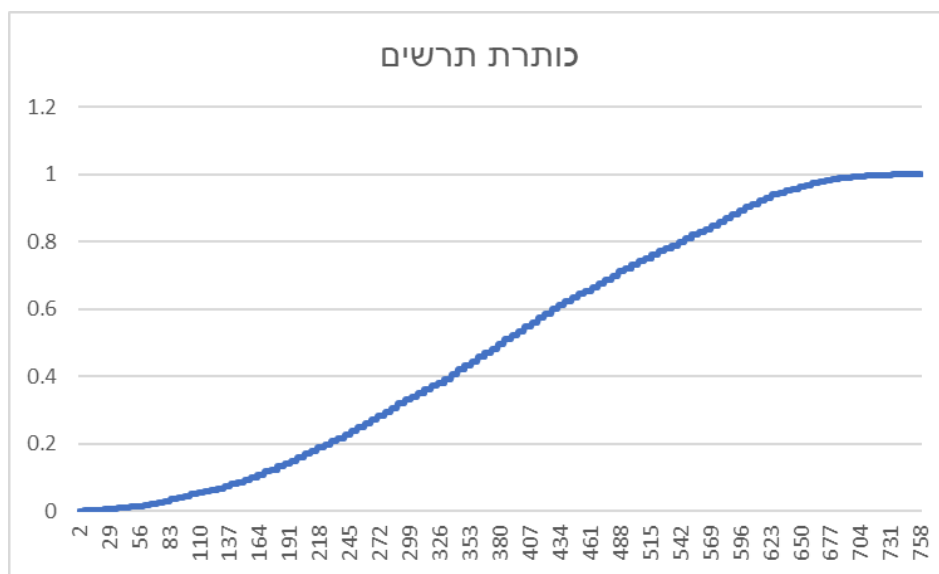
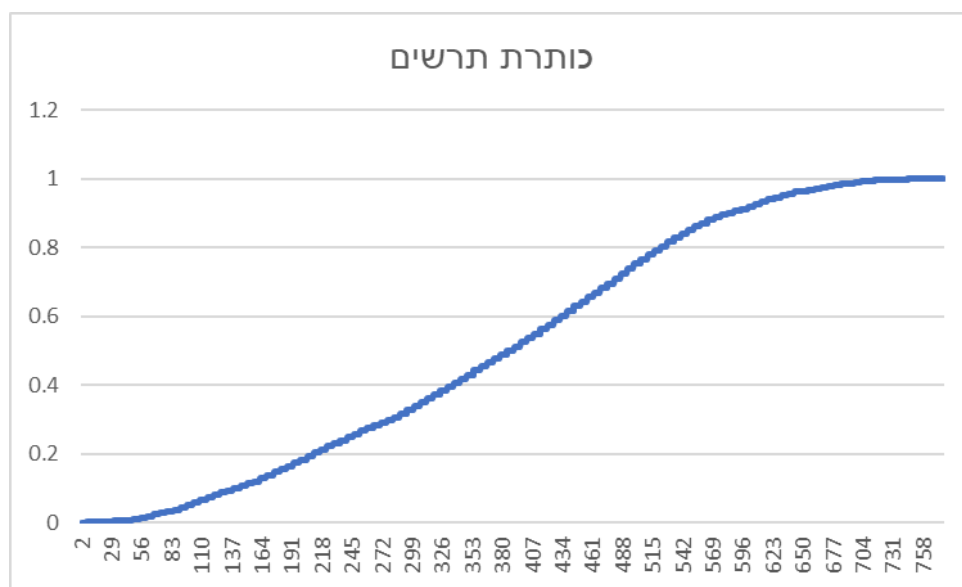


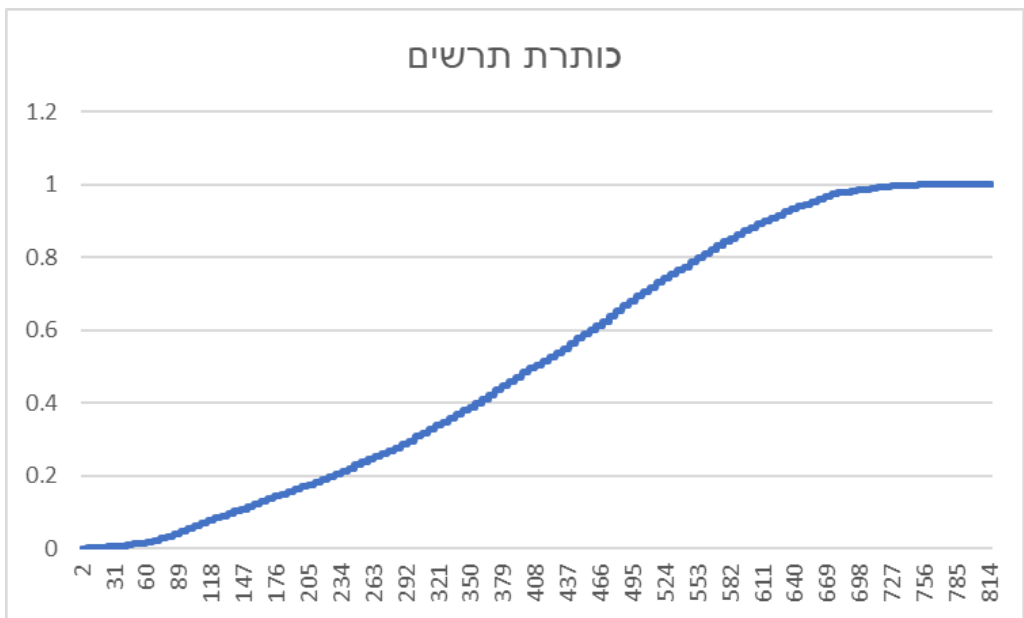
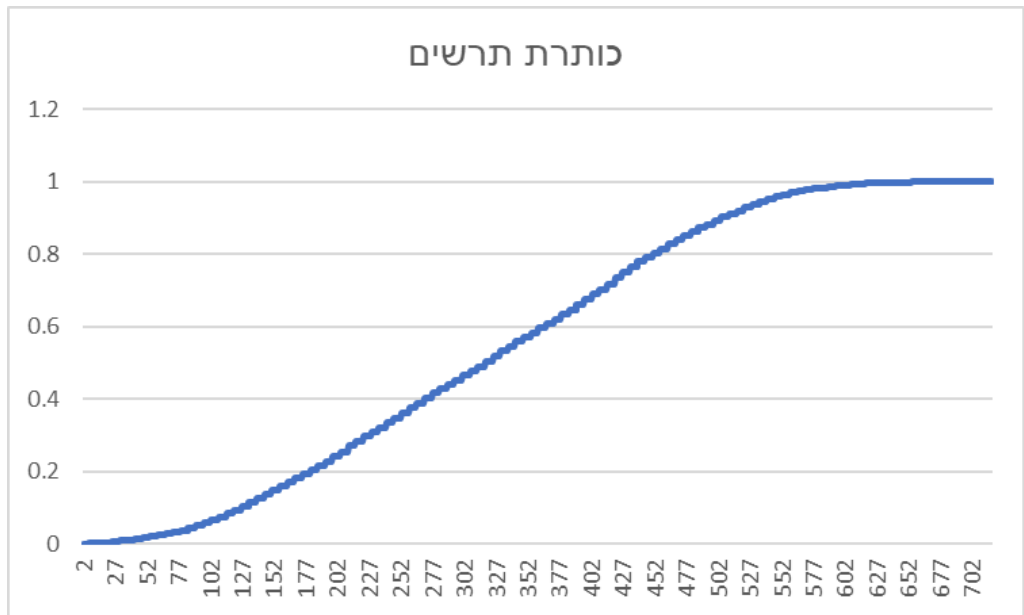
### מסקנות:

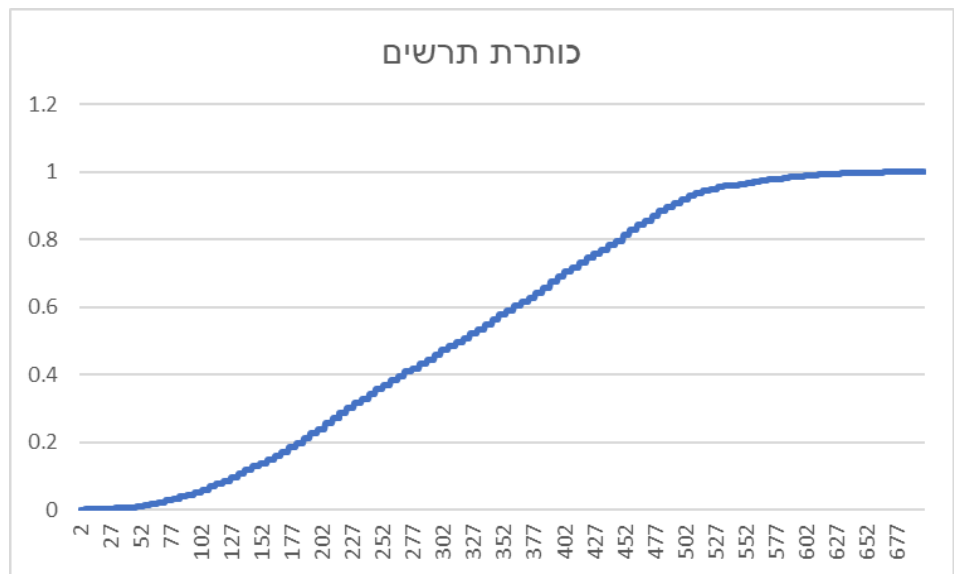
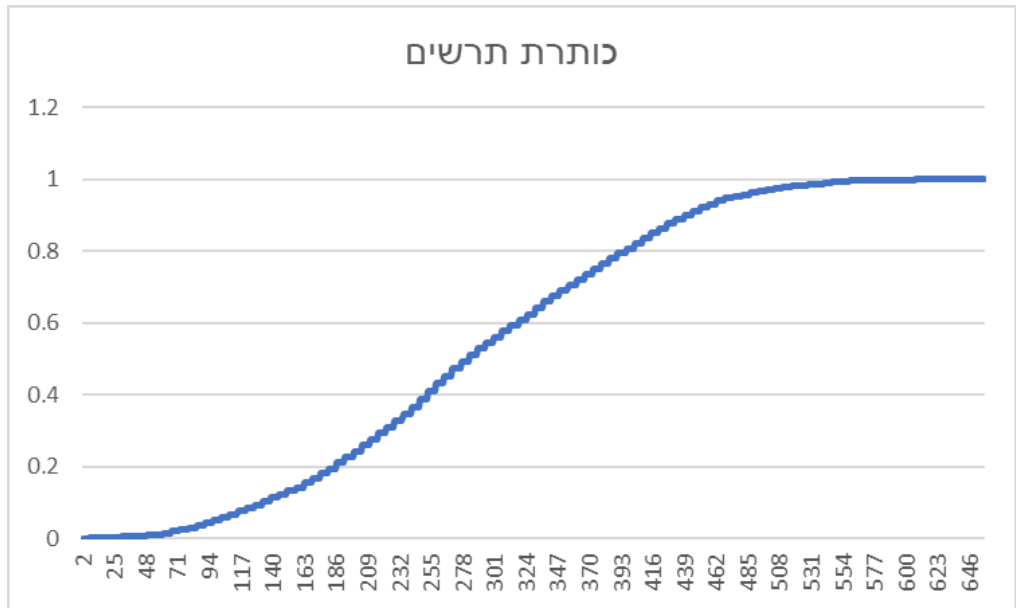
- ניתן לראות כי בכלל הבדיקות שנעשו עבור פרמטר גבוה  $P=75$ , הגבול הינו 100% הדבקה לבסוף.
- ניתן לראות כי מספר הדורות עבור הגעה להדבקה של כ 100% מהאוכלוסייה, עומד על כ 247 דורות.
- בהמשך נקבע האם מדובר בקצב הדבקה סביר\מהיר\איטי, בהשוואה לשינוי הפרמטרים השונים.
- \*ניתן לראות כי עקומת הגרף היא יחסית ליניארית עולה עד 100% הדבקה.

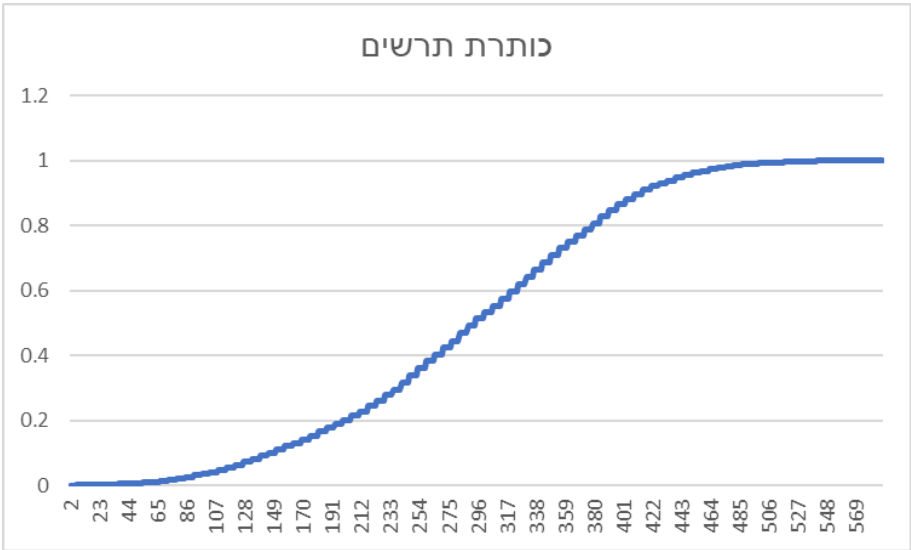
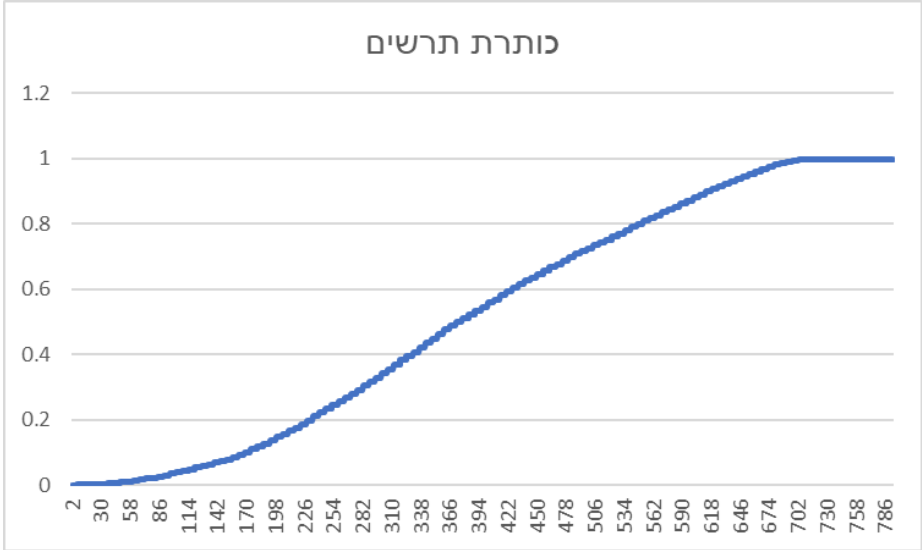
**בדיקה P=75**

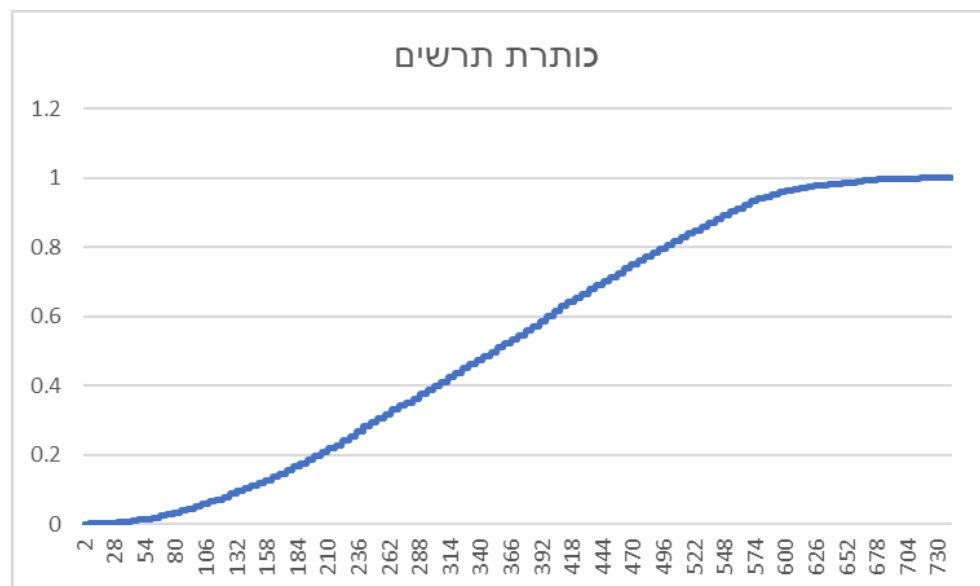
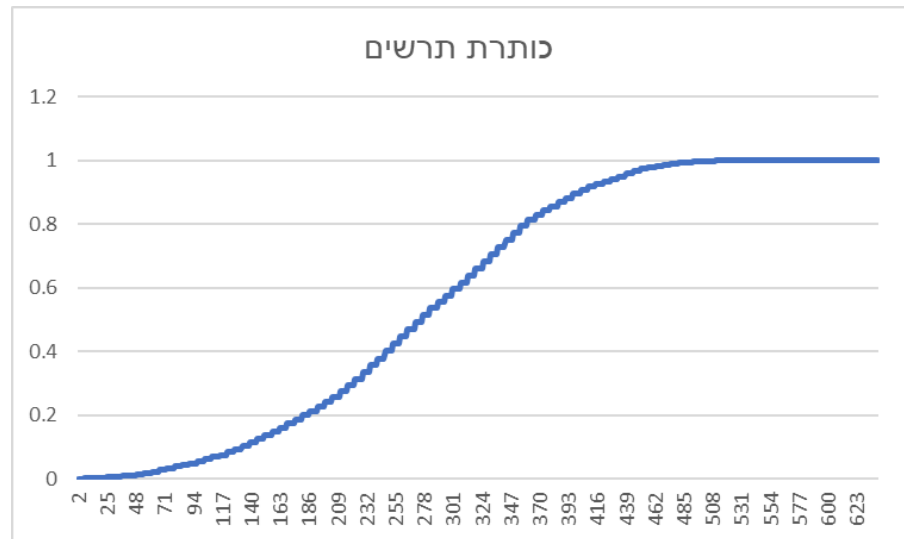
**בדיקה L=5**











### **מסקנות:**

- ניתן לראות כי בכלל הבדיקות שנעשו עבור פרמטר גבוה  $P=75$ , הגבול הינו 100% הדבקה לבסוף.
- ניתן לראות כי מספר הדורות עבור הגעה להדבקה של כ 100% מהאוכלוסייה, עומד על כ 658 דורות.

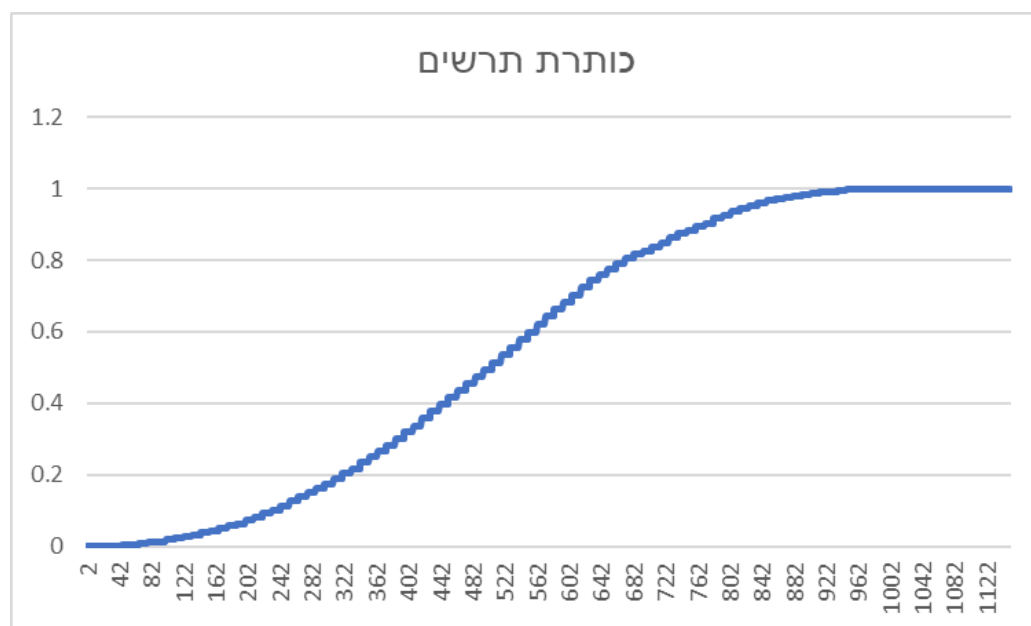
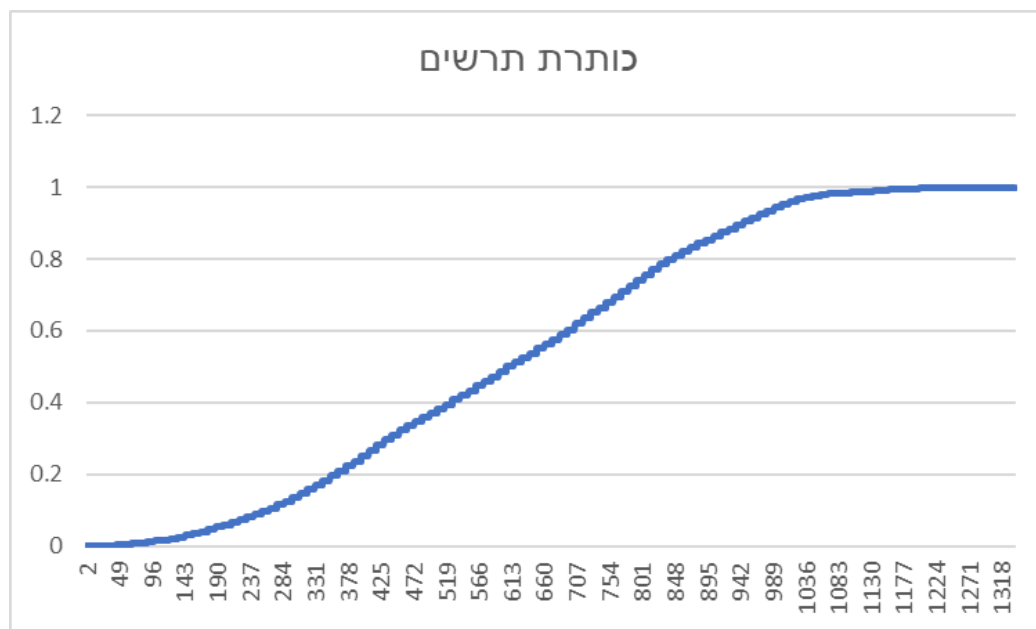


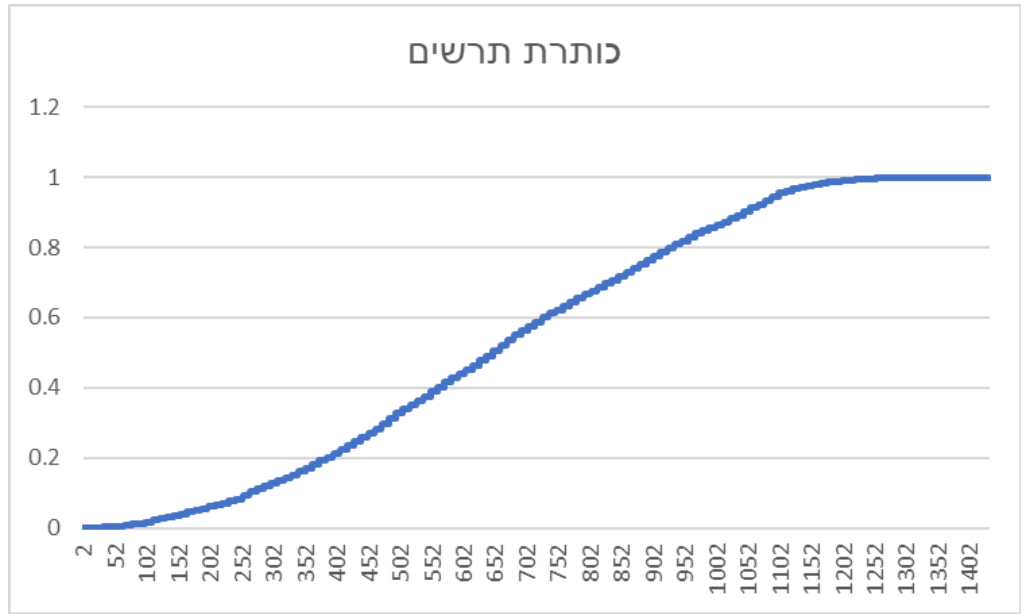
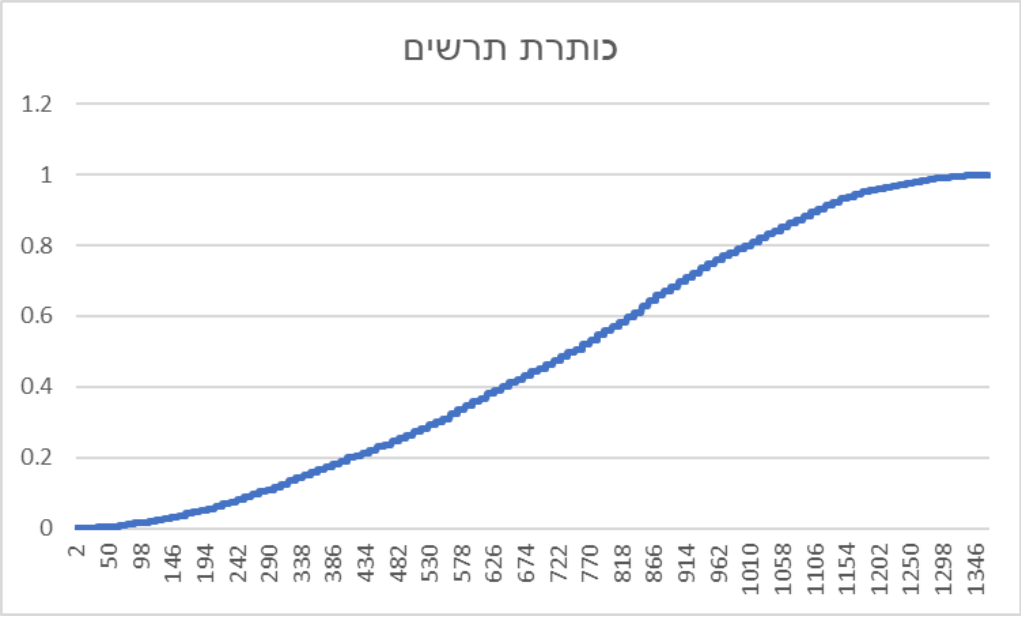
- בהמשך נקבע האם מדובר בקצב הדבקה סביר\מהיר\איטי,  
בהשוואה לשינוי הפרמטרים השונים.

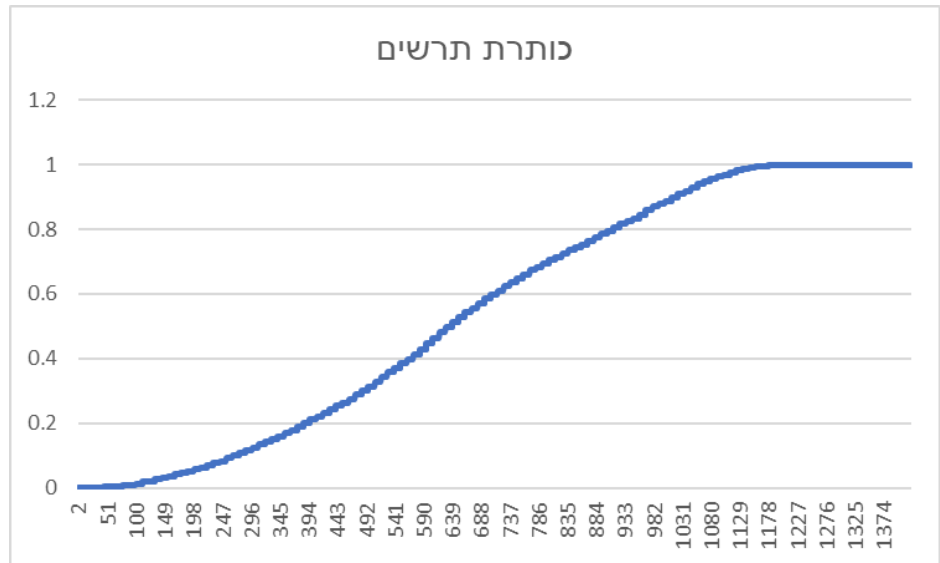
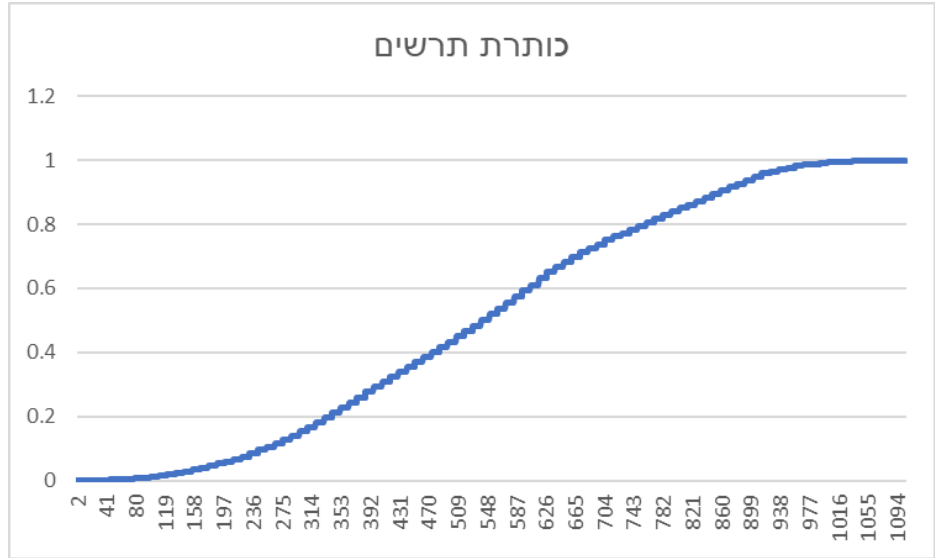
\*ניתן לראות כי עקומת הגרף היא יחסית ליניארית עולה עד 100%  
הדבקה.

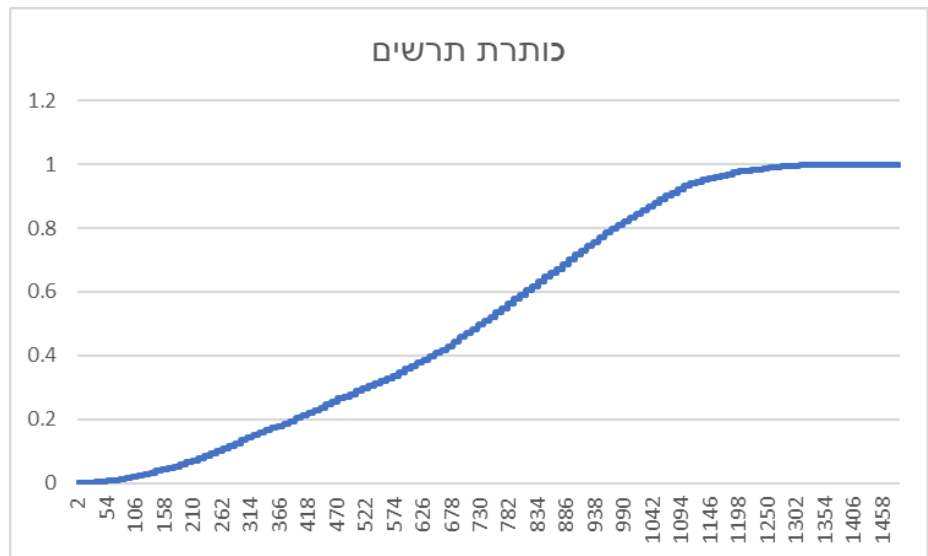
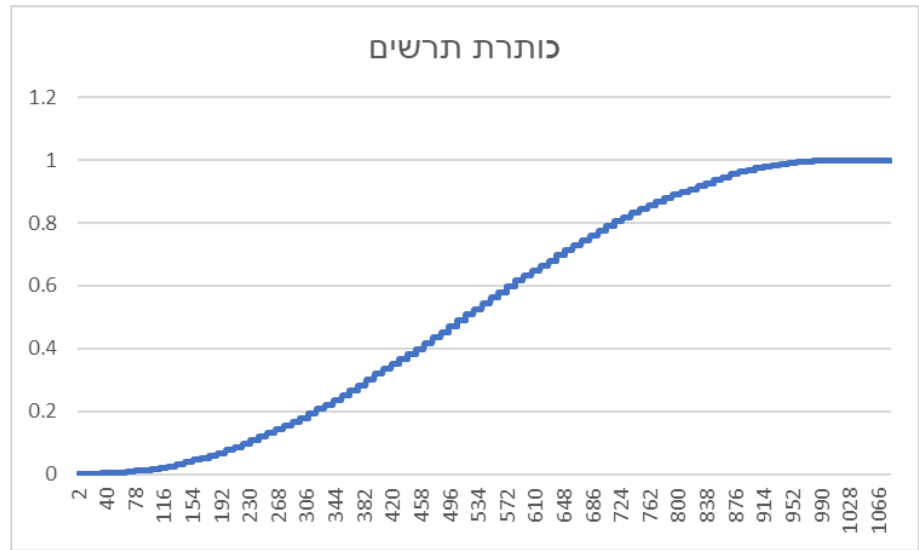
**בדיקה P=75**

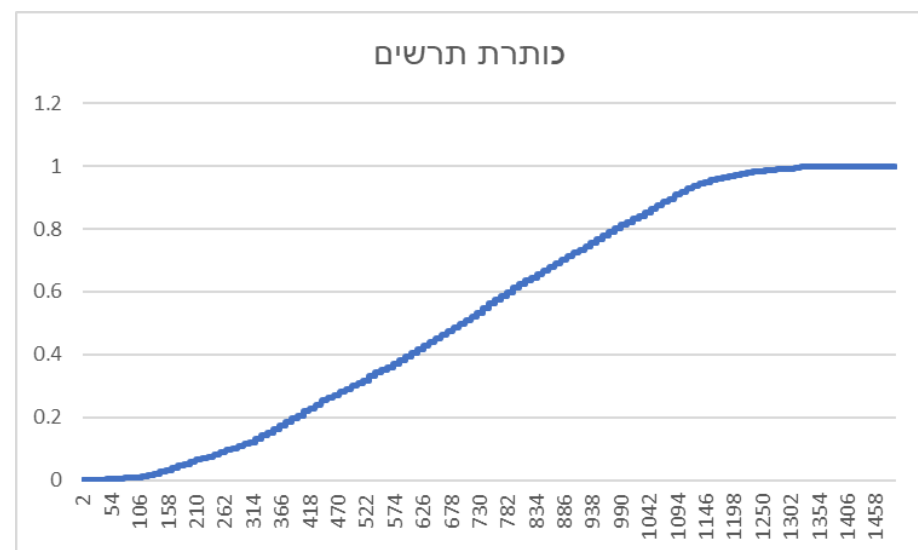
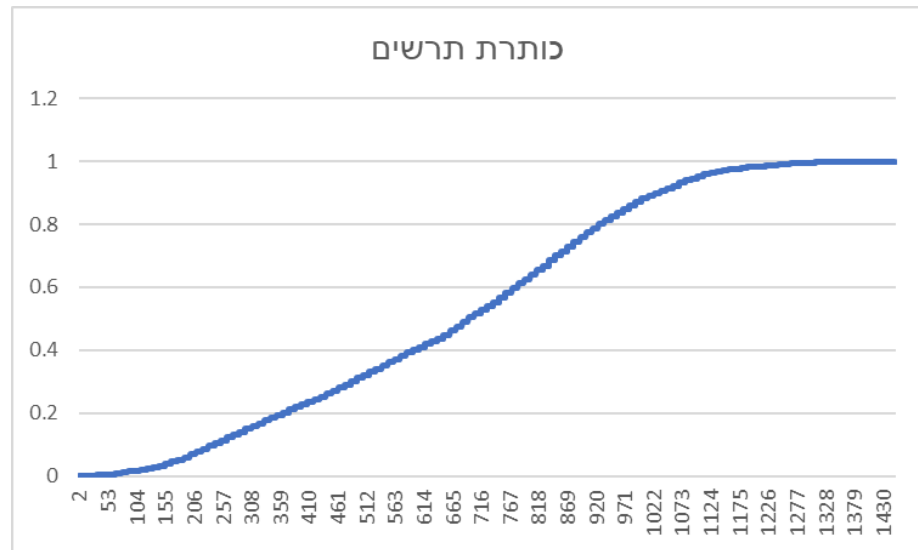
**בדיקה L=10**











### מסקנות:

- ניתן לראות כי בכלל הבדיקות שנעשו עבור פרמטר גבוה  $P=75$ , הגבול הינו 100% הדבקה לבסוף.
- ניתן לראות כי מספר הדורות עבור הגעה להדבקה של כ 100% מהאוכלוסייה, עומד על כ 1190 דורות.

- בהמשך נקבע האם מדובר בקצב הדבקה סביר\מהיר\איטי,  
בהשוואה לשינוי הפרמטרים השונים.

\*ניתן לראות כי עקומת הגרף היא יחסית ליניארית עולה עד 100%  
הדבקה.

## מסקנות סעיף א':

- ניתן לראות כי מתוך הפרמטרים  $P$ ,  $L$ , הפרמטר הדומיננטי עבור הפצת השמועה באוכלוסייה הוא הפרמטר  $P$ , כאשר  $L$  דומיננטי בכל הקשור למהירות הפצת השמועה באוכלוסייה בין הדורות.

- כמו כן, ניתן לראות כי עבור  $P$  נמוך במיוחד  $P=30$ , מתקיים כי השמועה לא מצליחה להתפשט, ושכן עבור  $P$  גבוה (כבר החל מ  $P=75$  ומעלה), השמועה מתפשטת עד לכ 100% אוכלוסייה ברוב המקרים.

- ב  $P=50$ , כלומר כאשר צפיפות האוכלוסייה עומדת על כבערך חצי מהאוכלוסייה, ברמת ספקנות שונה ונרדומית לכל אחד מהם, מתקיים כי לערך כ 80% מהאוכלוסייה יחשפו לשמועה.

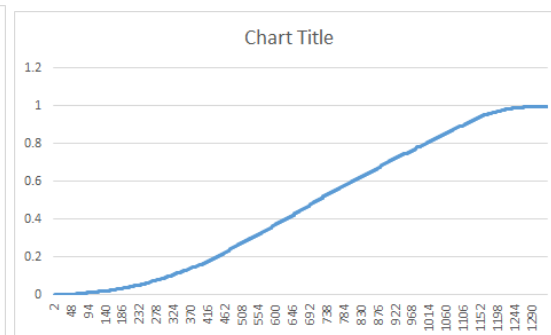
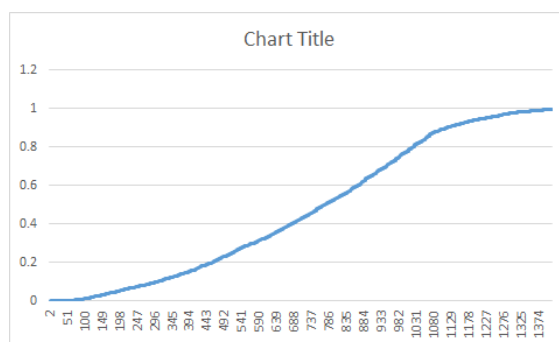
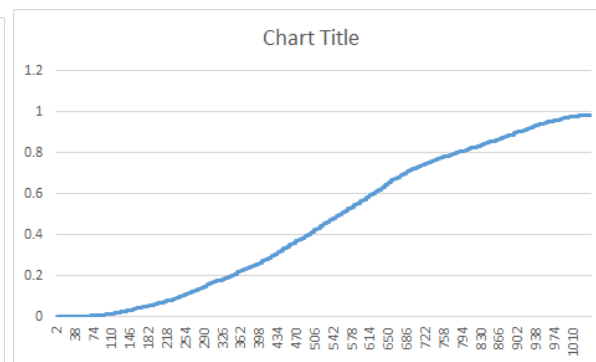
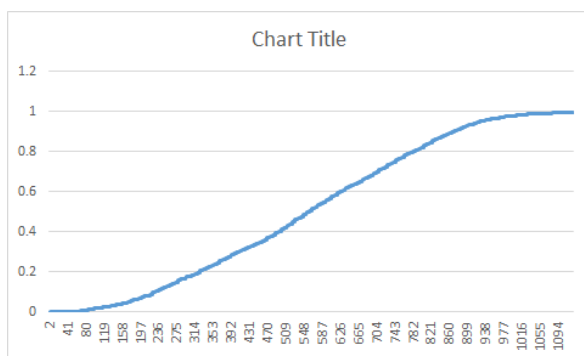
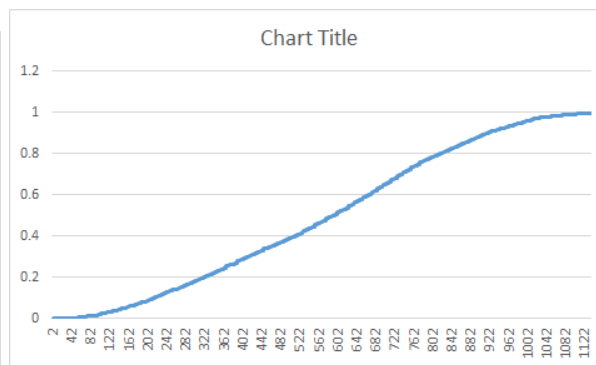
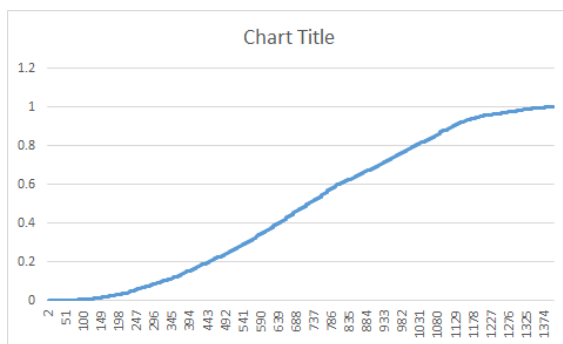
- קל לראות מנתוני הניסוי שהקומבינציה של  $P$  גבוה,  $L$  נמוך מניבה שמועה המתפשטת בצורה מהירה הרבה יותר, מאשר  $P$  נמוך, ו  $L$  גבוה.

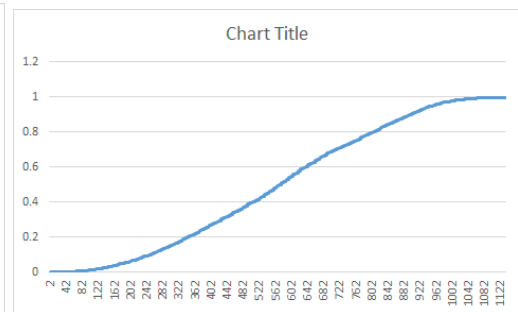
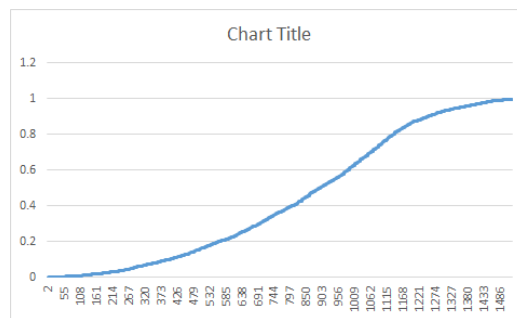
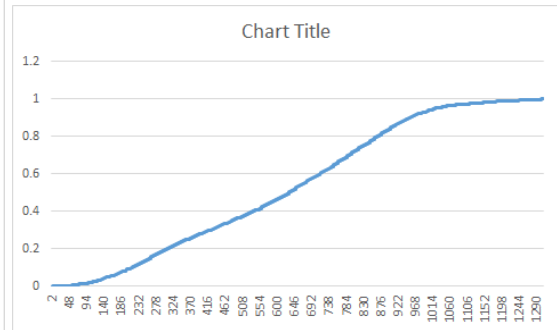
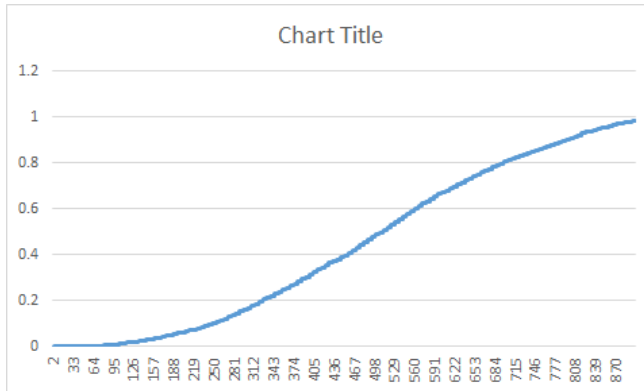


## סעיף ב' - אסטרטגיית הפצה איטית יותר:

בסעיף זה, נרצה לממש אסטרטגיית הפצת שמועה, שתהיה איטית יותר, ע"י השמת רמת ספקנות שונה ואישית לפרטים באוכלוסייה, כאשר רמת הספקנות בעצם ניתנת לפרט ע"י הסתכלות על מספר השכנים של אותו פרט, ובנוסף שימוש ברנדומיות. תחילה, נראה כי האסטרטגיה אכן עובדת, כאשר נשווה את אותם פרמטרים  $P, L$  מסעיף א' גם בסעיף זה, ונראה כי אכן השמועה מופצת בצורה איטית יותר באופן סיסטמטי, עבור כל זוג פרמטרים  $P, L$  אשר הוצגו בסעיף א'. לבסוף, בעמוד האחרון, נציג בפירוט רב את האסטרטגיה אשר מבצעת הלכה למעשה שימוש בקלטים קטנים יותר, שימוש במספר השכנים של הפרט, ומבצעת רנדומיות בנוסף לכל. להלן הגרפים, הניסויים והמסקנות, בהשוואה לסעיף א':

**בדיקה P=75**  
**בדיקה L=5**



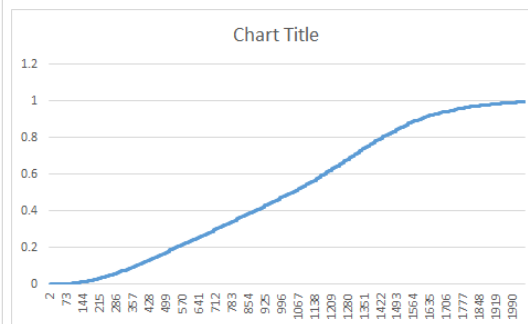
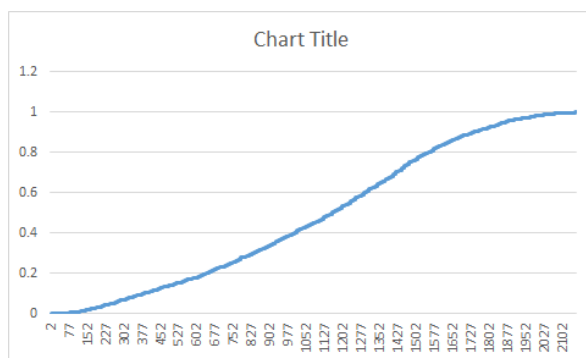
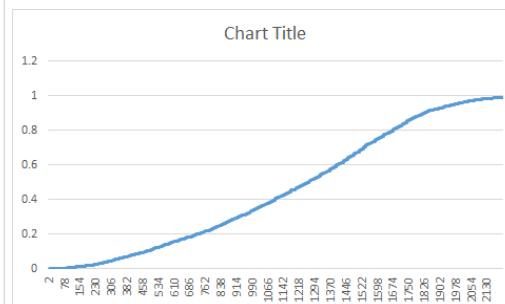
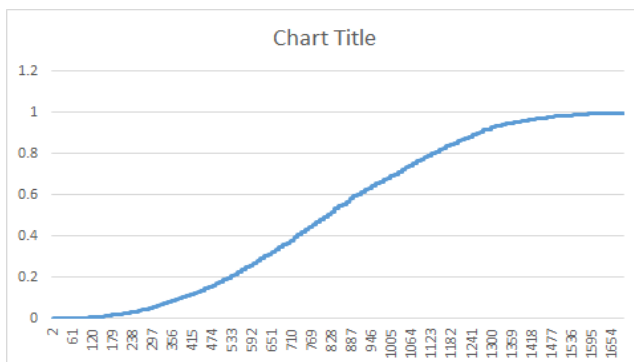
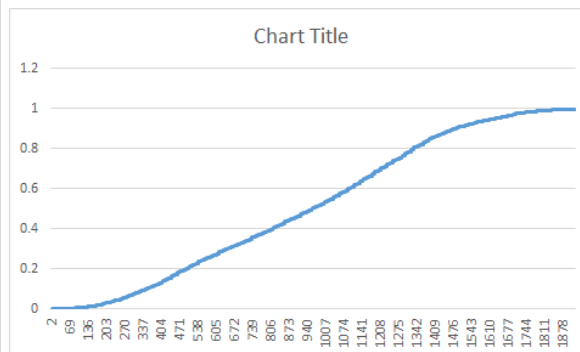
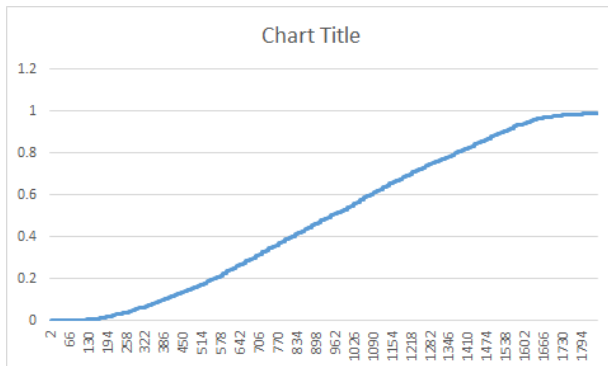


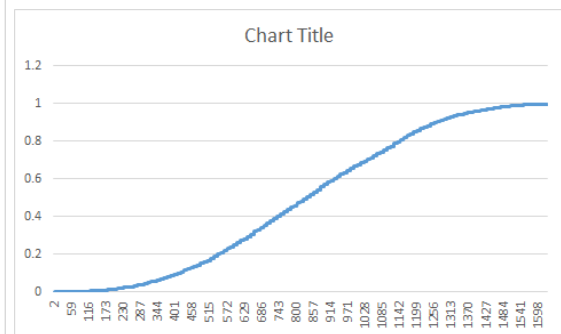
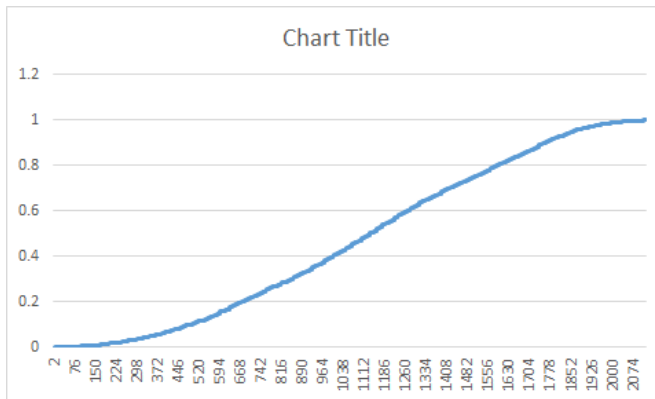
## מסקנות:

- ניתן לראות כי בכלל הבדיקות שנעשו עבור פרמטר גבוה  $P=75$ , הגבול הינו 100% הדבקה לבסוף, בדומה לסעיף א'.
- ניתן לראות כי מספר הדורות עבור הגעה להדבקה של כ 100% מהאוכלוסייה, עומד על כ 1203 דורות, לעומת 658 דורות בסעיף א'.

\*ניתן לראות כי עקומת הגרף היא יחסית ליניארית עולה עד 100% הדבקה.

**בדיקה P=90**  
**בדיקה L=10**



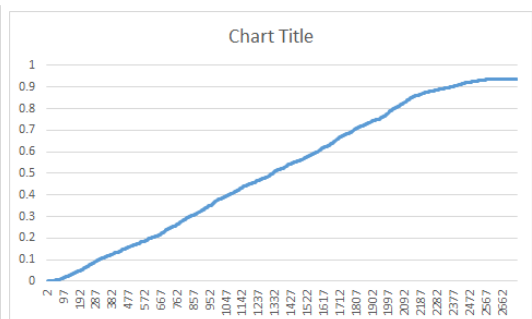
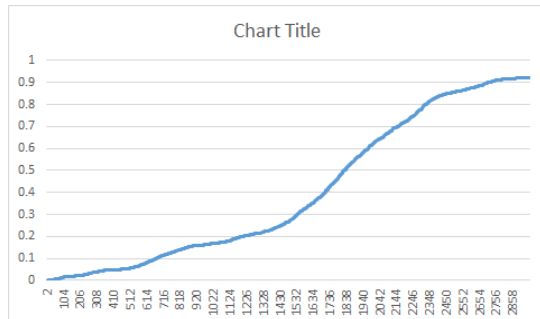
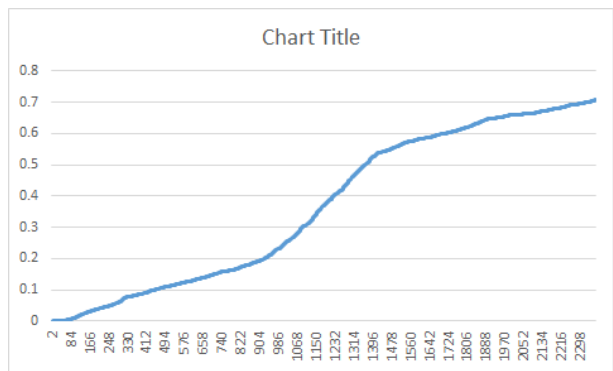
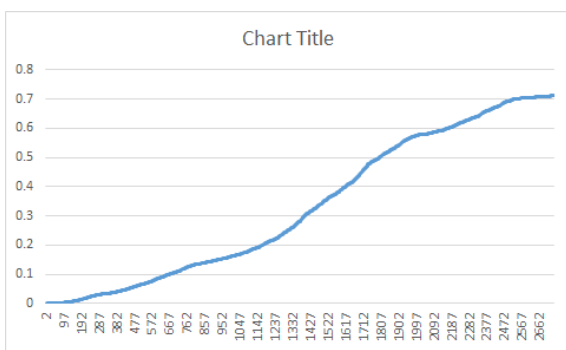
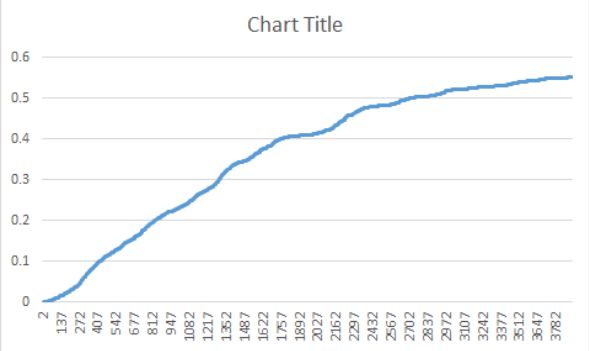
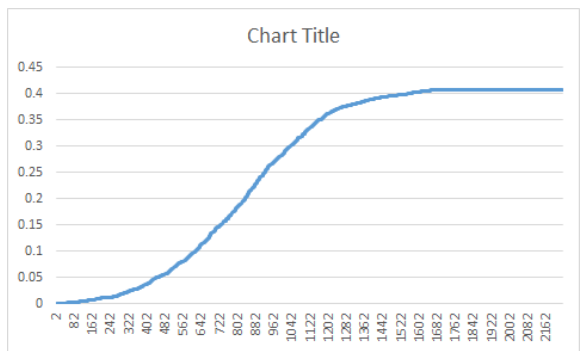
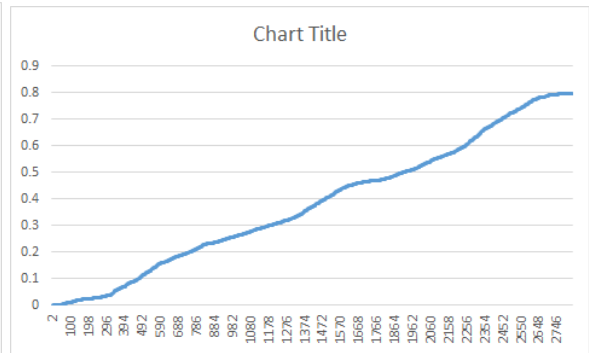
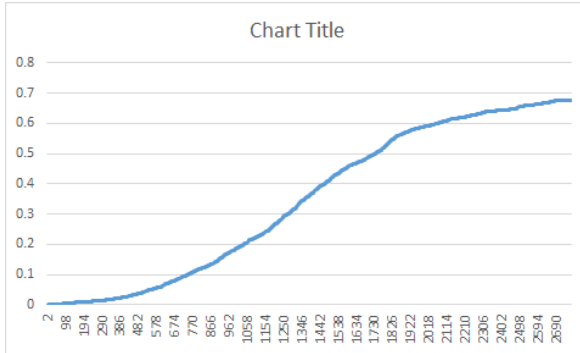


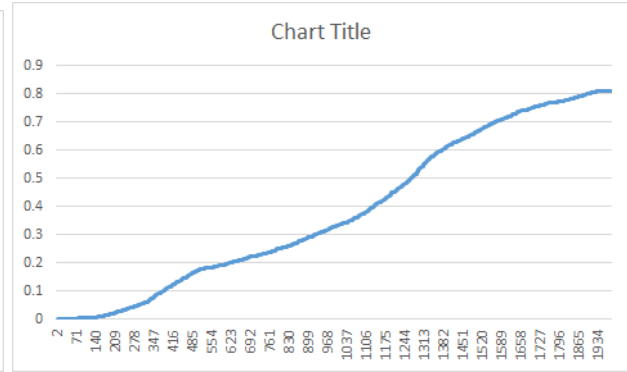
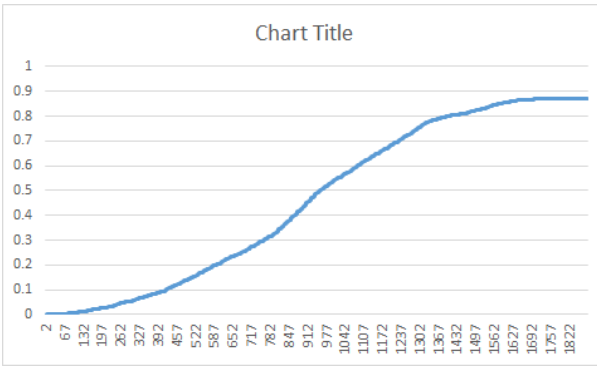
## **מסקנות:**

- ניתן לראות כי בכלל הבדיקות שנעשו עבור פרמטר גבוה מאוד  $P=90$ , הגבול הינו 100% הדבקה לבסוף, בדומה לסעיף א'.
- ניתן לראות כי מספר הדורות עבור הגעה להדבקה של כ 100% מהאוכלוסייה, עומד על כ 1885 דורות, לעומת 1050 דורות בסעיף א'.
- \*ניתן לראות כי עקומת הגרף היא יחסית ליניארית עולה עד 100% הדבקה.

**P=50 בדיקה**

**L=5 בדיקה**





## מסקנות:

- ניתן לראות כי הגבול המקסימלי ברוב המכריע של הבדיקות שנעשו היה הדבקה של עד 90% מהאוכלוסייה (למעט פעם אחת).
- הגבול המינימלי היה הדבקה של לפחות 40% מהאוכלוסייה, לעומת סעיף א' שם הגבול המינימלי היה 70%.
- כלומר קיבלנו כי האסטרטגיה בה בחרנו לשים את האנשים ורמת הספקנות שלנו, הורידה את אחוז הנדבקים באוכלוסייה כולה.
- אך נשים לב כי ממוצע ההדבקה עומד על כ 76% מהאוכלוסייה, לעומת 80% מהאוכלוסייה בסעיף א' - אין שינוי גדול, וניתן להניח כי ככל שיהיו מספר בדיקות רחב יותר, כך ההפרש יצטמצם.
- ניתן לראות כי מספר הדורות עבור הגעה להדבקה של כ 78% מהאוכלוסייה (הממוצע בין 76 ל 80), עומד על כ 2300 דורות, לעומת סעיף א' עם 1188 דורות.
- \*ניתן לראות כי עקומת הגרף היא יחסית ליניארית עולה עם עלייה מתונה תחילה.

## מסקנות סעיף ב':

- אם כן, לאחר שראינו כי אכן האסטרטגיה להאטת הפצת השמועה עובדת, והסקנו מסקנות בהתאם עבור כל P,L אשר הוצגו בסעיף א' - נסביר אותה בהרחבה.

בסעיף זה נקטנו באסטרטגיית שימוש בקלטים קטנים יותר, המתקבלים ממטריצת האוכלוסייה.

כלומר, תחילה בסעיף א', קיבלנו מטריצה גדולה, ועליה ביצענו את הסימולציה, כאשר בסעיף ב', בחרנו להסתכל על קלטים קטנים יותר של המטריצה, כך שכל קלט קטן יותר הוא בעצם מט' של  $3 \times 3$ . כל מט' כזו איגדה בתוכה אדם אחד (זה שבאמצע), ועד 8 שכנים שלו בפוטנציאל (בין אם קיימים ובין אם לא).

עבור כל אדם כזה, בדקנו את מס' השכנים האמיתי שלו, ובהתאם לכך קיבענו את רמת הספקנות שלו.

ככלל, **ככל שהיו לו יותר שכנים**, כך בהסתברות גבוהה יותר, **קיבל רמת ספקנות גבוהה יותר** (כלומר הסתברות נמוכה יותר שיעביר את השמועה לכל שכניו), **וככל שהיו לו מעט שכנים**, כך **קיבל רמת ספקנות נמוכה יותר** (כלומר הסתברות גבוהה יותר שיעביר את השמועה לכל שכניו).

(**לדוגמא:** אדם עם שני שכנים, קיבל רמת ספקנות  $S_2$ , כלומר הסבירות הבסיסית שיאמין לשמועה היא  $\frac{2}{3}$ ) (כלומר יחסית גבוהה). ואדם עם 5 שכנים קיבל רמת ספקנות  $S_3$  או  $S_4$ , כלומר הסבירות הבסיסית שיאמין לשמועה היא  $\frac{1}{3}$ , או לא יאמין בכלל).



נרצה להתמקד לרגע במקרה קיצון בו צפיפות האוכלוסייה גבוהה מאוד, ויש לכל פרט מספר שכנים רב. לפי האסטרטגיה להאטת הפצת השמועה, נרצה לבדוק את מספר השכנים על קלטים קטנים יותר, כלומר בעצם על כל פרט, ולהתאים לו רמת ספקנות אישית. מכיוון שצפיפות האוכלוסייה גבוהה מאוד, מתקיים כי כנראה לכל פרט יש מספר שכנים רב, ולכן יקבל רמת ספקנות גבוהה, כלומר S3 או S4.

### איך נבחר איזו רמת ספקנות יקבל?

לפי האלגו' שלנו, יתקיים כי:

- אם לפרט 0 או 1 שכנים, יקבל רמת ספקנות S1.
- אם לפרט 2 שכנים, יקבל רמת ספקנות S2.
- אם לפרט 3,4,5 שכנים, יקבל רמת ספקנות S4 בהסתברות של 30%, ורמת ספקנות S3 בהסתברות של 70%.
- אם לפרט 6,7,8 שכנים, יקבל רמת ספקנות S4 בהסתברות של 60%, ורמת ספקנות S3 בהסתברות של 40%.

לכן, יתקיים כי לרוב כל פרט יקבל רמת ספקנות S3 או S4, ולכן הסבירות הבסיסית שיאמין לשמועה היא  $1/3$ , או לא יאמין בכלל - כך נקבל התפשטות איטית של השמועה ונממש את האסטרטגיה שלנו. \*נשים לב כי היה ראוי להתייחס למקרה הקיצון בו כלל הפרטים היו מקבלים רמת ספקנות S4, כלומר לא יעבירו את השמועה ונתקע, ולכן באלגו' יצרנו מנגנון אי תקיעה, אשר מחלק לפרטים עם שכנים מרובים הסתברות S4 או S3 בהסתברויות שונות, כך שהצלחנו למזער עד כמעט לאפס את הסיכוי לתקוע את הסימולציה עם פרטים באוכלוסייה שלכולם רמת ספקנות S4 ולא מעבירים את השמועה.

**נסכם ונאמר כי עם חלוקה של הקלט שלנו לקלטים קטנים וקיבוע  
רמת ספקנות אישית עבור כל מספר שכנים הסובבים אותו,  
הצלחנו לממש אסטרטגיה להתפשטות שמועה איטית יותר בקרב  
האוכלוסייה כדרוש.**