

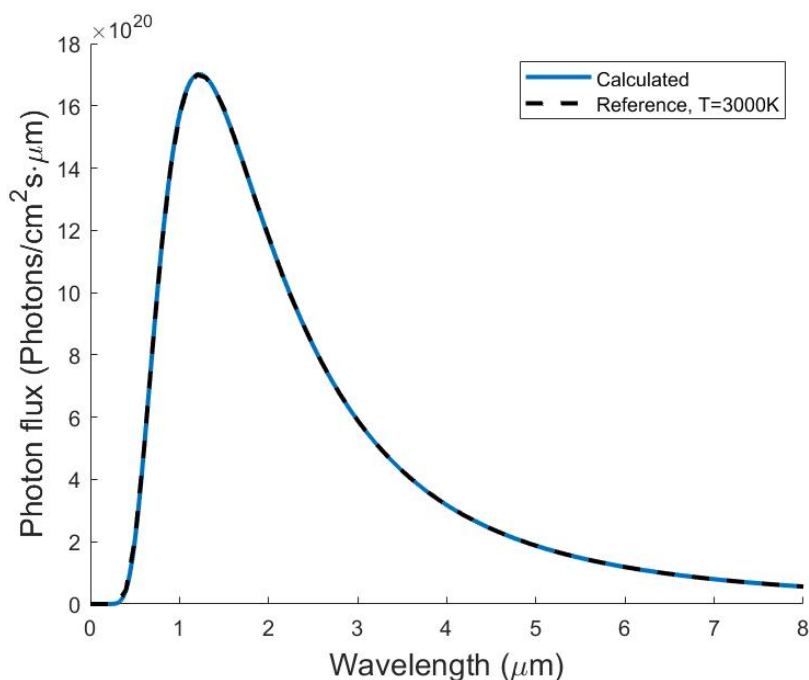
**תרגיל בית 5 פתרון****שאלה 1**

אנו מעוניינים לתכנן תאי שמש עבור לווין שיקיף את הכוכב ביטלג'וס (טמפרטורת פני שטח של 3000 K). בשביל לבחור את החומר ממנו יש ליצור את תא השמש, יש לחשב את עקומת הנצילות של תאי השמש כתלות ברוחב הפס האסור עבור כאשר הלווין נמצא במסלול ברדיוס של  $10^{10}$  קילומטר ממרכז הכוכב והרדיוס של הכוכב ביטלג'וס - 617.1 מליון קילומטר. הניחו כי טמפרטורת התא היא 300K.

**הדרכה:**

- על מנת למצוא את ספקטרום הקרינה מהכוכב, לחשב פליטת גוף שחור עבור טמפרטורת הכוכב הנתונה, אחר כך להתאים את עוצמת הספקטרום למרחק המתאים מהכוכב:
- חשבו את ספקטרום הפוטונים הנפלטים מהכוכב. הספקטרום יכול להיות ביחידות שנקבעות על פי אורך הגל של הפוטונים הנפלטים  $\frac{\text{photons}}{\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \mu\text{m}}$  או ביחידות שנקבעות על פי האנרגיה של הפוטונים הנפלטים  $\frac{\text{photons}}{\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{eV}}$ . קובץ מטלב עם דוגמא לחישוב ספקטרום קרינה של גוף שחור מצורף לתרגיל.
- יש למצוא את ספקטרום הפוטונים המגיע אל התא במרחק הנתון ממרכז הכוכב. לצורך כך, חשבו את סך כל שתף הפוטונים שהכוכב קורן לכל הכיוונים. השתף הזה מתפזר באופן אחיד על פני כדור על פי המרחק מהכוכב. שתף הפוטונים במרחק מסוים ממרכז הכוכב תהיה סך כל ההספק מחולק בשטח המעטפת בעלת הרדיוס הנתון.

**לפי קובץ המטלב לחישוב ספקטרום קרינה של גוף שחור נקבל הגרף הבא :**



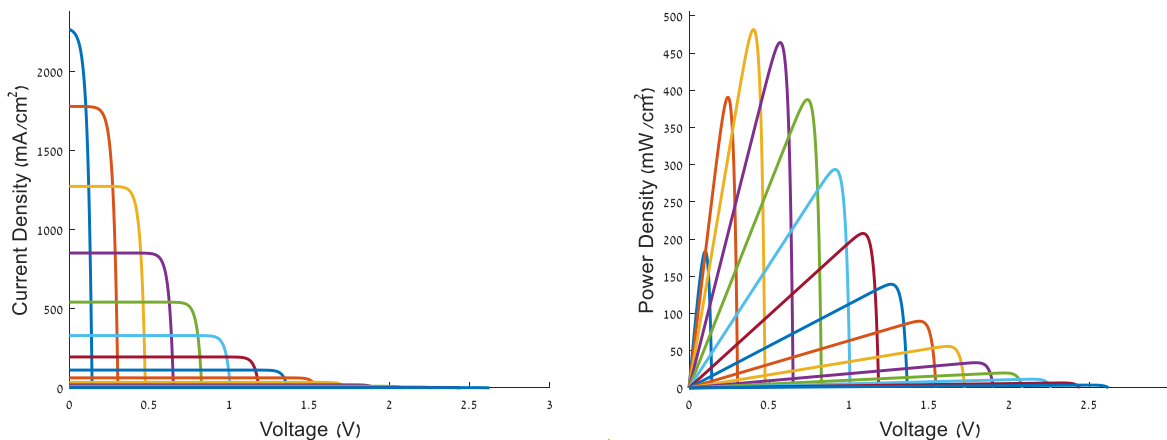
- לאחר מציאת ספקטרום הפוטונים המגיע אל התא, יש לחשב את הנצילות של תא שמש אידיאלי כתלות ברוחב הפס האסור שלו כפי שחישבנו בכיתה. בחרו עבור הפס האסור כ- 50 ערכים בין  $0.3\text{eV}$  ו-  $1.5\text{eV}$ . עבור כל אחד מהערכים:

- **פתרון:**

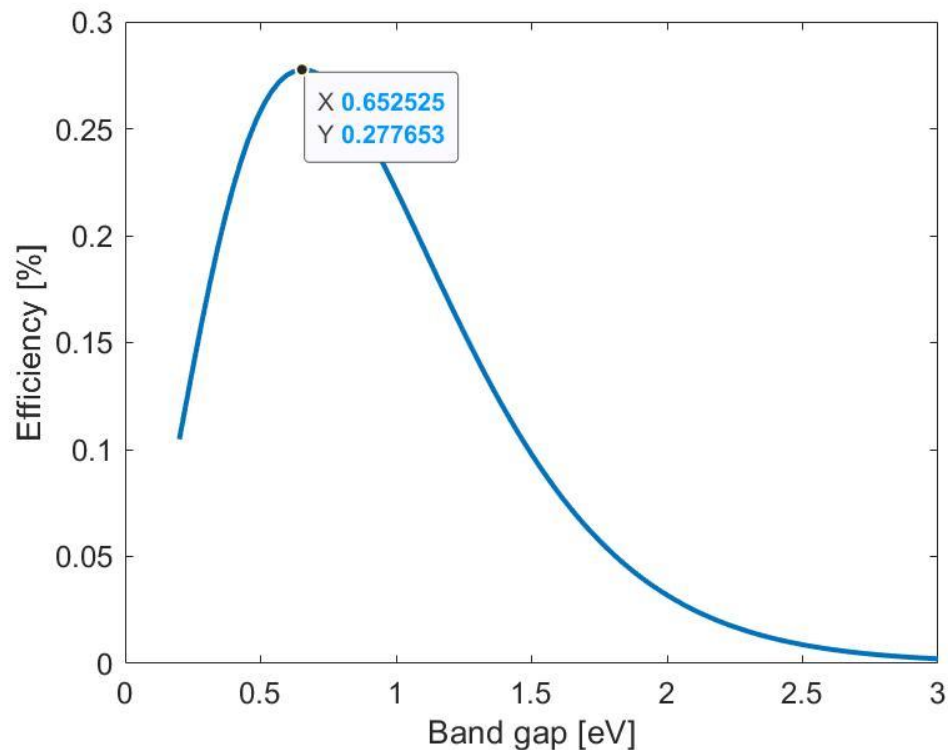
- חשבו את סך כל הגנרציה בתא
- חשבו את מקדם הרקומבינציה הרדיאטיבית על פי ספקטרום הקרינה של תא עם הפס האסור שבחרתם
- חשבו עקומות מתח זרם ומתח את נצילות התא.
- חזרו על התהליך עבור תא שמש עם רוחב פס אסור אחר
- שרטטו את הנצילות כתלות ברוחב הפס האסור

לפי הרצאה 11- תאי שמש, עמוד 6 איור 7, נבנה את עקומת זרם – מתח וכי ידוע ש עבור כל ערך של  $E_G$  נקבל ערכים שונים עבור הערכים הללו. מכאן היה פשוט לחשב את עקומות הזרם והמתח, ומתן את ההספק והנצילות המקסימלית.

הגרפים הבאים מתארים את עקומות המתח-זרם, וההספק כתלות במתח עבור 15 ערכים שונים של  $E_G$  בין  $0.2\text{eV}$  ו-  $0.3\text{eV}$ .



למטה מוצגת עקומת הנצילות כתלות ברוחב הפס האסור, אפשר לראות שהנצילות המקסימלית מתקבלת עבור חומר עם פער אנרגטי של  $E_g = 0.652\text{eV}$  עבור מלי"מ שהנצילות שלו היא 27.765%, לכן, צריך לבנות את תא השמש עם חומר בעל פער אנרגטי בסביבות  $0.653\text{eV}$ .



### שאלה 2 :

נתונה מערכת המורכבת משלושה תאי שמש אידיאליים עם פער אסור של  $1.4\text{eV}$  המחוברים בטור (על פני כדור הארץ)

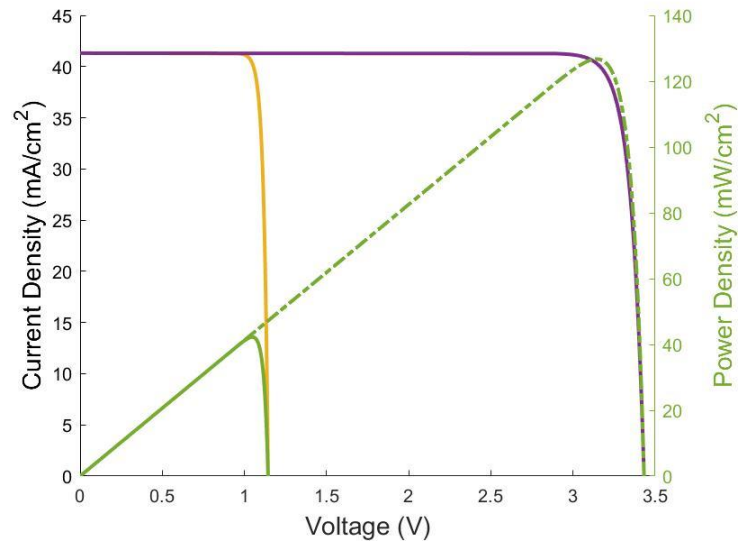
### הדרכה-

- הניחו כי השמש היא גוף שחור בטמפרטורה של  $5800\text{K}$ , רדיוס של  $700000\text{km}$ , והמרחק בין כדור הארץ לשמש הוא  $150$  מיליון קילומטר.
- חשבו את זרמי הקצר של התאים.
- ציירו עקומת מתח זרם עבור כל אחד מהתאים כאשר הם לא מחוברים אל התאים האחרים. הניחו כי הטמפרטורה היא  $300\text{K}$ .
- בטאו את מתח התאים, כתלות בזרם שלהם.
- חשבו את המתח של כל אחד מהתאים עבור זרמים הנעים בין  $0$  ל- זרם הקצר הנמוך ביותר מבין שלושת התאים.
- המתח של התאים כאשר הם מחוברים בטור הוא סכום המתחים שלהם עבור זרם נתון.
- בנו עקומת מתח זרם עבור שלושת התאים כאשר הם מחברים בטור, וחשבו את היעילות של שלושתם יחד.
- עבור המקרה השלישי, אין צורך לחשב את עקומות המתח – זרם של שלושת התאים יחד במצב של קצר- מספיק להראות את העקומות בסביבת נקודת מקסימום ההספק.
- הסבירו באופן איכותי כיצד הצללה של תא אחד משפיעה על יעילות המערכת כולה?

**פתרון :**

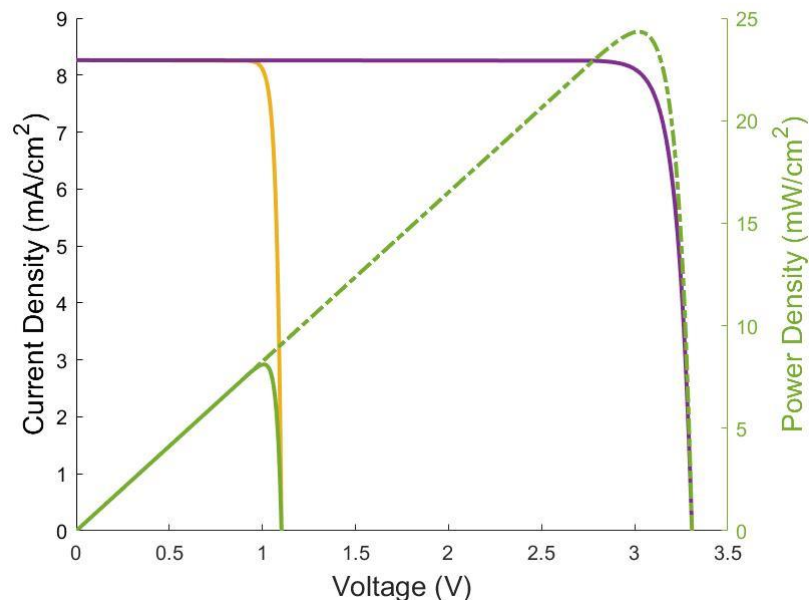
יש לחשב עקומות מתח- זרם וסך כל יעילות בתנאים הבאים :

1. כולם מוארים באותה ההארה.



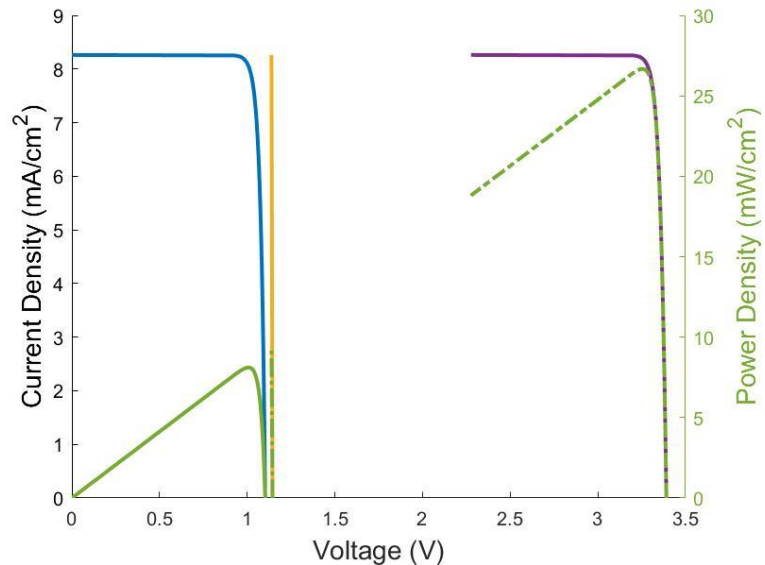
כאשר כל תאי השמש מוארים תחת אותה הארה זרם הקצר שלהם זהה ולכן כולם יכולים לפעול בנקודת מקסימום ההספק שלהם

2. כולם מוצלים (נניח הארה עליהם היא 20% מהארה רגילה על פני כל הספקטרום).



כאשר כל תאי השמש מוצלים, נקבל אותה עקומה, רק שזרם הקצר של כל התאים נמוך יותר. נתון כי ההארה היא רק 20 אחוז מההארה הכוללת, ולכן ניתן להניח כי זרם הקצר קטן ב 80 אחוזים. עם זאת, בדומה לסעיף הקודם, כל תאי השמש יכולים לפעול בנקודת מקסימום ההספק שלהם שכן התנאים שבהם הם פועלים הם זהים.

3. שניים מוארים רגיל ואחד עם 20% מהקרינה).



עבור המקרה האחרון, רק תא אחד מוצל והאחרים לא. לכן, הזרם הכולל במעגל נקבע על ידי התא המוצל, והוא יוצר אילוץ על ההספק המקסימלי שניתן לקבל. נשים לב כי התאים המוארים יכולים לפעול רק בחלק קטן מעקומת המתח-זרם שלהם- רק בזרמים הנמוכים או שווים לזרם הקצר של התא המוצל. לכן, נקודת העבודה שלהם רחוקה מאוד מנקודת מקסימום ההספק שלהם במקרה והם לא היו מחוברים לתא המוצל.

### שאלה 3 :

נתון תא שמש לא אידאלי עשוי גליום ארסניד.

הניחו עקומת המתח-זרם של התא משתנה על פי המשוואה (משוואה 7 בהרצאה 12) :

$$V = -J R_s + \frac{nkT}{q} \ln \left( \frac{J_{sc} - J}{J'_0} + 1 \right)$$

ניתן לתאר את השפעת הטמפרטורה על זרם הרוויה של הצומת באמצעות הנוסחה :

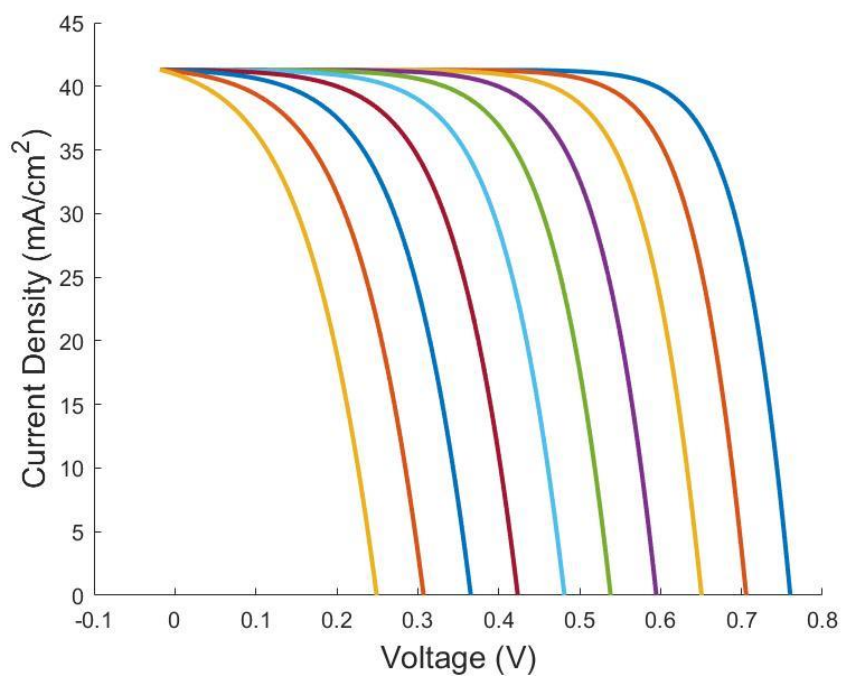
$$J'_0 = \kappa T^4 e^{-\frac{E_g}{nkT}}$$

כאשר  $\kappa = 3.2 \cdot 10^{-2} \frac{mA}{cm^2 K^4}$ ,  $n=1.99$ ,  $R_s=0.45\Omega$ ,  $E_g=1.4eV$  והטמפרטורה היא 300K. חשבו וציירו כיצד עקומות המתח-זרם משתנות וכיצד היעילות משתנה כתלות בפרמטרים הבאים (בכל סעיף כל שאר הפרמטרים קבועים ושווים לערכים הנתונים בשאלה) :

- טמפרטורה הנעה בין 250K ל-400K (צירו עקומות מתח זרם עבור כ- 10 טמפרטורות בתחום וחשבו את הנצלות כתלות בטמפרטורה).
  - התנגדות טורית הנעה בין 0 ל-10Ω (צירו עקומות מתח זרם עבור כ- 10 ערכי התנגדות בתחום בתחום) וחשבו את הנצלות כתלות בהתנגדות.
- הניחו כי מקור הקרינה הוא כמו בשאלה 2.

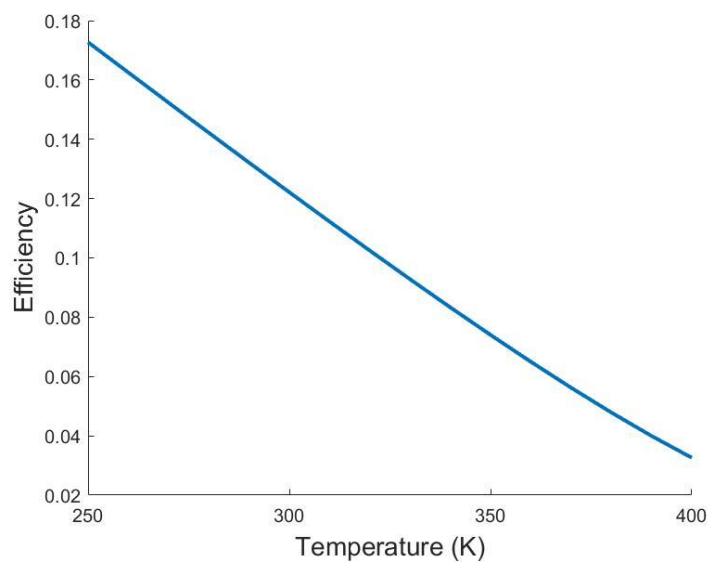
**פתרון :**

עקומות מתח זרם עבור כ- 10 טמפרטורות

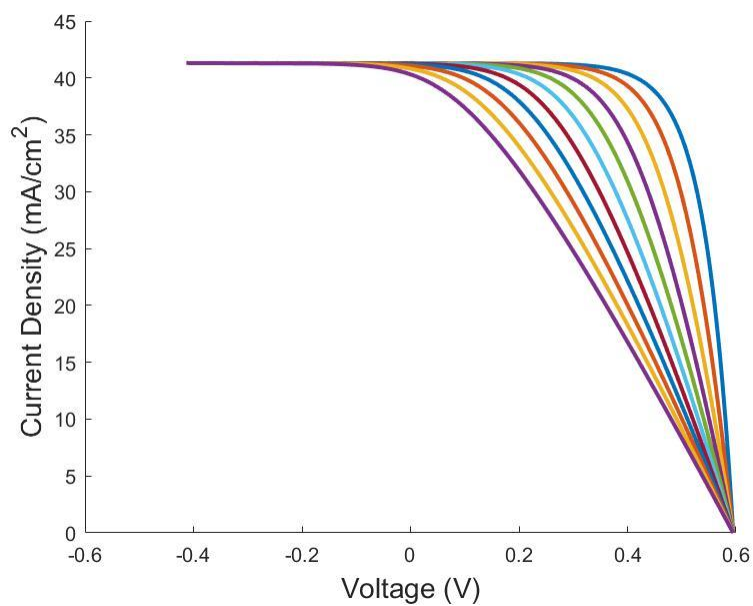


העלאת הטמפרטורה גוררת נצילות נמוכה יותר.

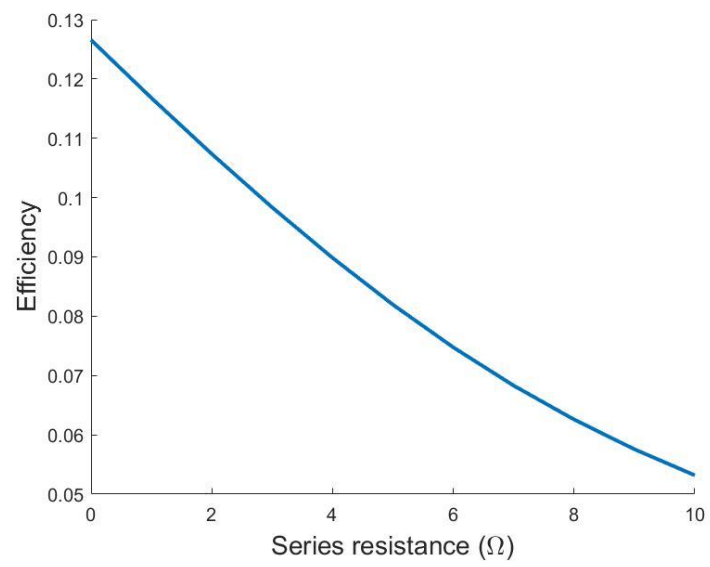
עקומת הנצולת כתלות הטמפרטורה :



ניתן לראות כי הגדלת ההתנגדות הטורית מנמיכה את זרם המילוי (*fill factor*) הגרף נהיה יותר לינארי.



הנצלות כתלות בהתנגדות



זרם הקצר קטן רק במקרים קיצוניים, והירידה בניצלות היא בעיקר בגלל גורם המילוי.