

# טבלאות ונתונים טכניים

## תנאי יניקה של המשאבה

באופן תיאורטי, משאבה צנטריפוגלית יכולה לינוק מים מעומק עד 10.33 מטר. אולם באופן מעשי הדבר איננו אפשרי בגלל הפסדים הידראוליים ובגלל ה "NPSH":

**NPSHr** – (NET POSITIVE SUCTION HEAD REQUIRED) – לחץ אבסולוטי נדרש. זהו הפרש הלחצים המינימלי הנדרש בין לחץ הנוזל ולחץ האדים שלו בנקודת היניקה של המשאבה, בכדי להתגבר על הפסדי לחץ פנימיים בתוך המשאבה. לחץ זה הינו נתון הנמסר על ידי יצרן המשאבה, ניתן למצוא אותו בגרף המשאבה ויש להתחשב בו בעת בחירת המשאבה.

**NPSHa** – (NET POSITIVE SUCTION HEAD AVAILABLE) – לחץ אבסולוטי קיים. זהו נתון שיש לחשב אותו והוא מוגדר כהפרש הלחצים המינימלי בין לחץ הנוזל ולחץ האדים שלו בנקודת היניקה של המשאבה על מנת לאפשר למערכת לספק מים למשאבה.

הגורמים המשפיעים על ה NPSHa הם: הלחץ האטמוספירי, טמפרטורת הנוזל, לחץ אדי הנוזל, אורך וקוטר צנרת היניקה.

$$NPSHa = Pa - Pv - Hf + Hs$$

Pa (מטר) – לחץ אטמוספירי.

Pv (מטר) – לחץ אדי הנוזל.

Hf (מטר) – הפסדי הלחץ כתוצאה מחיכוך לאורך קו היניקה.

Hs (מטר) – גובה סטטי של פני הנוזל במיכל האספקה מעל נקודת היניקה.

על מנת להבטיח פעולה תקינה של המשאבה יש לדאוג לקיום אי השוויון:

$$NPSHa > NPSHr + 1.0$$

**לחץ האדים Pv** – הלחץ האבסולוטי שבו הנוזל יהפוך לגז. לחץ אדי המים משתנה עם הטמפרטורה בהתאם לטבלת Pv-T להלן:

T (oc) (טמפרטורה)	Pv (מטר)
0	0.06
5	0.09
10	0.12
15	0.17
20	0.24
25	0.33
30	0.42
35	0.57
40	0.75
45	0.98
50	1.26

T (oc) (טמפרטורה)	Pv (מטר)
55	1.57
60	2.0
65	2.55
70	3.18
75	3.93
80	4.8
85	5.9
90	7.15
95	8.62
100	10.34
110	14.3

T (oc) (טמפרטורה)	Pv (מטר)
120	19.8
130	27.0
140	36.14
150	47.6
160	61.8
170	79.2
180	100.2
190	125.5
200	155.5
210	191
220	232

## קוויטציה

כאשר לא מתקיים אי השוויון  $NPSHa > NPSHr + 1.0$  מתרחשת במשאבה תופעה קויטציה. ניתן להסביר את תופעת הקויטציה כתופעה של רתיחת מים בתוך המשאבה. זוהי תופעה הרסנית ויש לתכנן את מערכת הצנרת באופן אשר ימנע אותה. בעת הרתיחה נוצרות בועות מים רבות אשר פוגעות בחלקים פנימיים ובתוך זמן קצר יחסית יכולות לרסק את המאיץ ולחורר את גוף המשאבה.

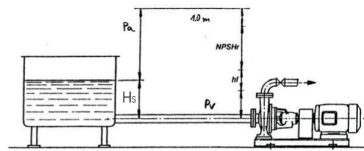
כיצד נוצרת רתיחה במשאבה?

ידוע שנקודת הרתיחה של המים משתנה עם הלחץ. כאשר המים נמצאים בלחץ אטמוספירי הם רותחים בטמפרטורה של  $100^{\circ}\text{C}$ . אולם ככל שיורד הלחץ אל מתחת ללחץ האטמוספירי (כאשר נוצר ואקום) יורדת טמפרטורת הרתיחה. למשל כאשר הלחץ הוא  $-0.5$  אטמ', רותחים המים ב  $80^{\circ}\text{C}$  וכאשר הלחץ הוא  $-0.95$  אטמ' רותחים המים כבר ב  $33^{\circ}\text{C}$ . לפיכך עלינו לנקוט בכל הצעדים על מנת שבעת פעולת המשאבה לא ייווצר ביניקת המשאבה ואקום כזה אשר יגרום לרתיחת המים.

# טבלאות ונתונים טכניים

הגורמים המשפיעים על יצירת הואקום ביניקת המשאבה הם:

- א.  $H_s$  (מטר) – גובה פני המים במיכל אספקת המים למשאבות בצד היניקה STATIC HEAD. (אם הגובה שלילי הוא נקרא – SUCTION LIFT)
- ב.  $H_f$  (מטר) – הפסדי הלחץ הנגרמים בצינור היניקה כתוצאה מזרימת הנזול דרכו HEAD FRICTION. הפסדי הלחץ מושפעים מהספיקה, אורך הצינור, קוטר הצינור והפרעות בזרימה.
- ג.  $P_a$  (מטר) – הלחץ האטמוספירי מעל פני מיכל המים. (בגובה פני הים 10.33 מטר =  $P_a$ )
- ד.  $P_v$  (מטר) – לחץ אדי המים בצד היניקה VAPOUR PRESSURE. תלוי בעיקר בטמפרטורת המים. (ראה טבלת  $P_v-T$ ).
- ה.  $(NPSH)_r$  (מטר) – NET POSITIVE SUCTION HEAD REQUIRED – לחץ יניקה אבסולוטי נדרש – נתון אשר מסופק על ידי יצרן המשאבה וערכו עולה כפונקציה של הספיקה. נתון זה קיים בצורת גרף ביחד עם גרף הביצועים של המשאבה. גרף ה-  $NPSH_r$  אופייני לכל משאבה ומשאבה ותלוי בעיקר במבנה המאיץ ובמבנה המשאבה בצד היניקה.



גובה פני המים במיכל האספקה ( $H_s$ ) מחושב על פי הנוסחה הבאה:

$$H_s > (NPSH)_r + H_f + P_v - P_a$$

לשם המחשה להלן שתי דוגמאות:

## דוגמה 1:

משאבה דגם LOWARA SV3004 במבנה אנכי רב דרגתי מיועדת לשאיבת מים בספיקה של 36 מ"ק"ש. מקור המים הוא מיכל מים בטמפרטורה של  $20^{\circ}\text{C}$ . צינור היניקה הוא בקוטר 3" (80 מ"מ) באורך של 50 מטר. מה גובה המים המינימלי הדרוש במיכל המים על מנת שלא תיוצר בעיית קוויטציה?  
פתרון:

- א. על פי גרף המשאבה:  $(NPSH)_r = 3$  מטר
  - ב. הפסדי הלחץ כתוצאה מחיכוך בצינור היניקה: על פי הפסדי החיכוך (עמוד 152) בספיקה של 36 מ"ק"ש (10 ליטר/שנייה) בצינור 3" (80 מ"מ) הם 0.058 מטר לכל מטר אורך הצינור. לפיכך הפסדי הלחץ בצינור באורך 50 מטר הם:  $H_f = 0.058 \times 50 = 2.9$  מטר
  - ג. על פי טבלת  $P_v-T$  (עמוד 144):  $P_v(20^{\circ}\text{C}) = 0.24$  מטר
  - ד. על פי הנוסחה מתקבל:  $H_s > 10.33 - 0.24 + 2.9 + 3 = -4.19$
- כלומר ניתן לשאוב מים ממכל אשר מפלס המים שלו איננו יורד למתחת לגובה של -4.19 מטר מתחת לפתח היניקה של המשאבה. על מנת להיות על הצד הבטוח יש להוסיף מקדם בטחון של מטר אחד נוסף  
כלומר  $H_s > 3.19$  – מטר

## דוגמה 2:

כמו הדוגמה הקודמת אולם הפעם טמפרטורת המים  $90^{\circ}\text{C}$ .

פתרון:

- הפרמטר היחיד שמשתנה הוא לחץ אדי המים. על פי טבלת  $P_v-T$ :  $P_v(90^{\circ}\text{C}) = 7.15$
- על פי הנוסחה מתקבל:  $H_s > 10.33 - 7.15 + 2.9 + 3 = 2.72$  מטר
- כלומר מפלס המים במיכל צריך להיות לפחות 2.72 מטר מעל יניקת המשאבה. כמובן שגם כאן יש להוסיף מקדם בטחון ומקבלים  $H_s > 3.72$  מטר