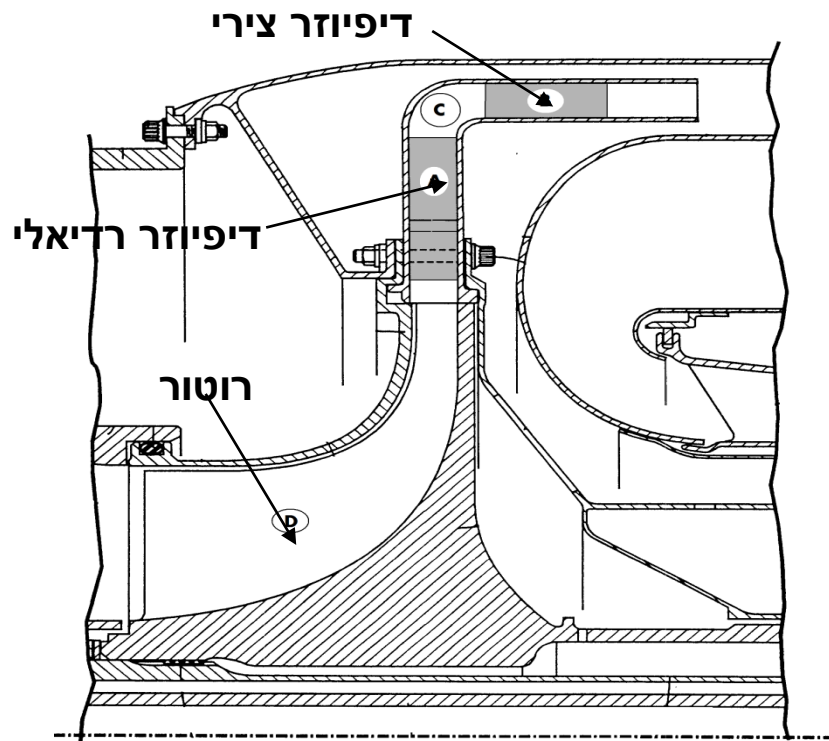
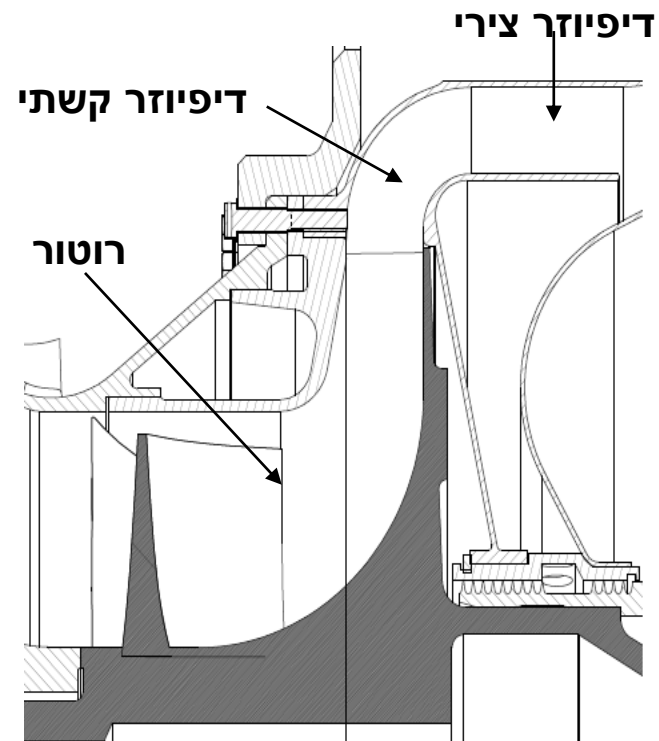


שיפור הנצילות של מדחס צנטריפוגלי עם דיפוזור קשתי.

- במנוע שפותח במב"ש יש שימוש במדחס צנטריפוגלי
עם דיפוזור קשתי.



ציור 2 מדחס קונבנציונאלי



ציור 1 מדחס עם דיפוזור קשתי

הצגת הבעיה

- בניסוים התברר שנצילות הדחיסה של המדחס הזה נמוכה
ב-4-5 נקודות מהנצילות המקובלות בתכנונים
קונבנציונאליים (72%-73% במקום 77%-78%).

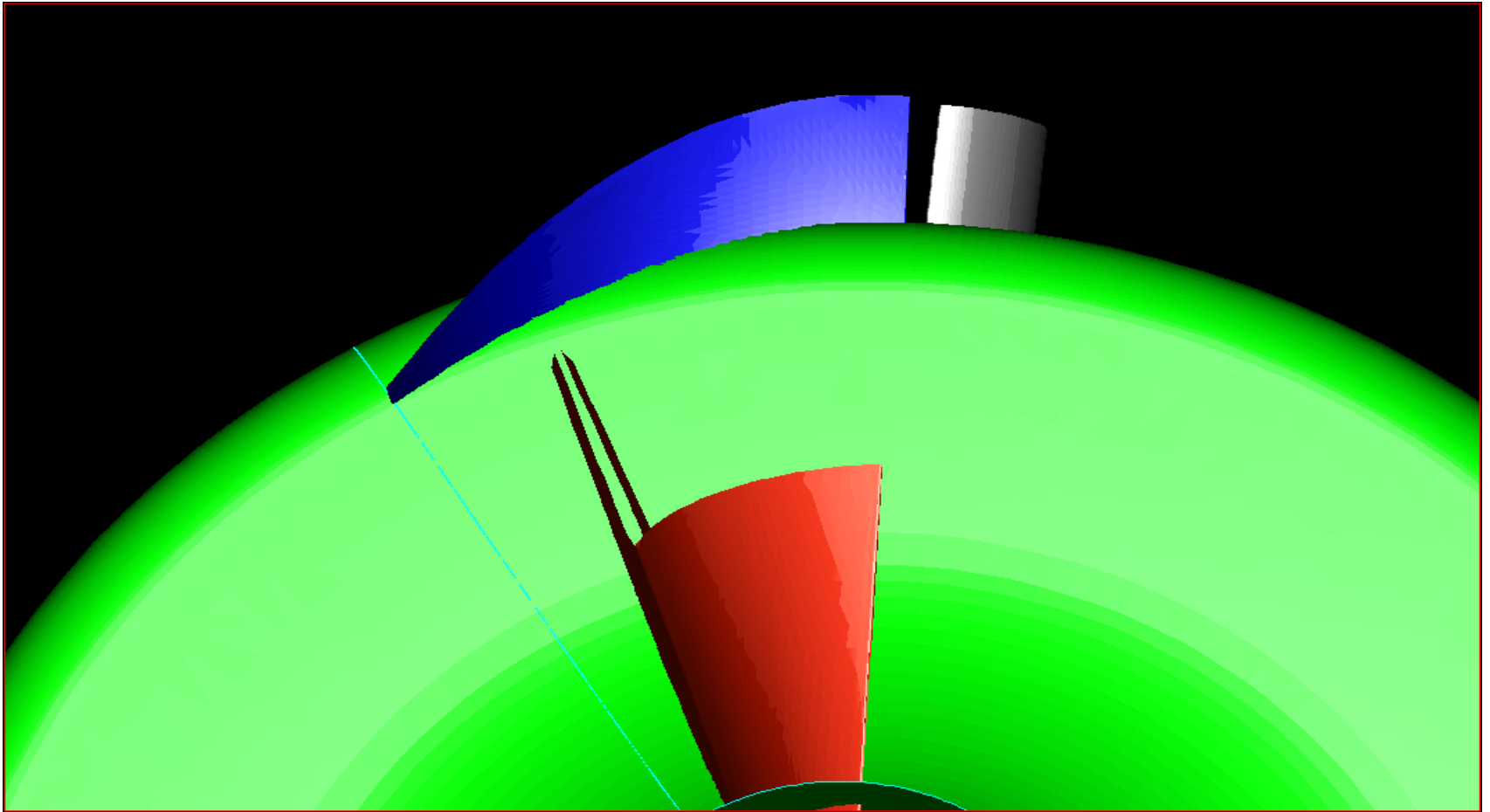
- תוצאות ניסיוניות אלה נתקבלו גם בחישוב CFD שבוצע
בעזרת תוכנית NUMECA עם מודל הרמוני עבור הממשק
רוטור-סטטור.

- במאמר זה תוצג העבודה שבוצעה במטרה לברר את
הסיבות לאובדן הלחץ הגדול בדיפיוזר שגורם לירידה
בנצילות המדחס ויוצגו השינויים המוצעים לצמצום הנזק.

השונה בין דיפיוזר קונבנציונאלי לדיפיוזר קשתי

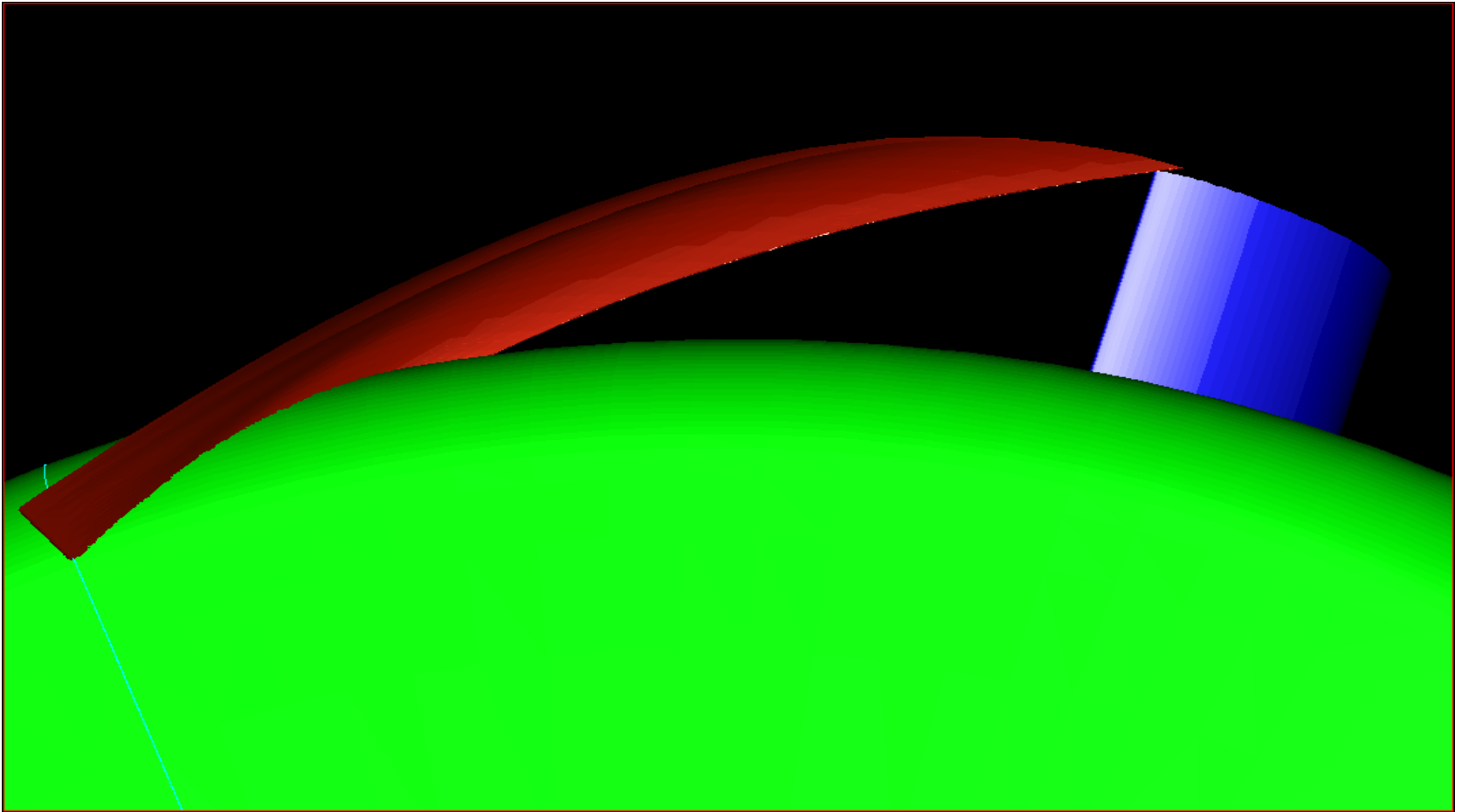
- היתרון של הדיפיוזר הקשתי הוא בכך שהוא מאפשר קוטר חיצוני קטן יותר.
- היתרון הדיפיוזר הקונבנציונאלי הוא שפעולת סיבוב הזרימה לכוון צירי המתבצע לאחר מעבר בדיפיוזר רדיאלי.
- התכן המסובך של להבי הדיפיוזר הקשתי אשר מסובב את הזרימה הן בחתך מרידיונלי והן במבט מקדימה ומלמעלה גורם לאותה דיפוזיה לאורך מסלול קצר יותר אבל מבט מלמעלה מאפשר לראות שבגלל הכוון האלכסוני של להבי הדיפיוזר הקשתי מסלול הדיפוזיה לא כל כך קצר ולכן לא היה צפוי הפסד נצילות כל כך גדול.

דיפוזור מקורי (15 להבים)



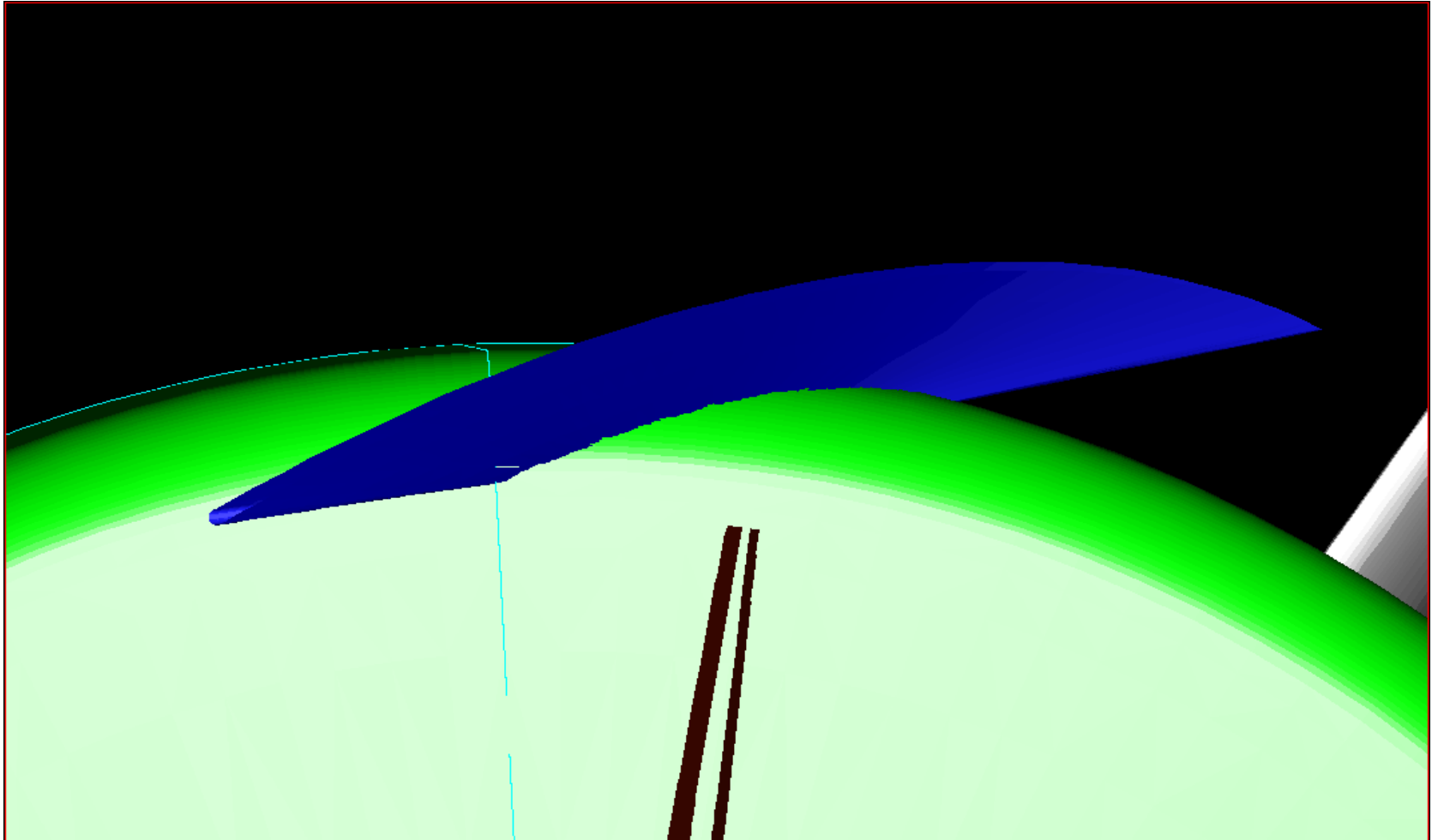
ציור 3

דיפוזור חדש (37 להבים)



ציור 4

דיפוזור חדש מסובב (23 להבים)



ציור 5

שינויים שהוצעו להקטנת הפסדי לחץ בדיפיוזר

- בחישוב CFD של התצורה הנוכחית בנקודת תכן נמצאו הפסדי לחץ טוטלי של 12% בדיפיוזר קשתי ו6% בדיפיוזר הצירי.

- נערכו חישובי CFD של דיפיוזר בלבד כאשר תנאי הכניסה אליו קבועים ושווים לנתונים שהתקבלו בתצורה הנוכחית ביציאה מהרוטור ונוסו מספר שינויים על מנת להקטין את הפסד לחץ בדיפיוזר הקשתי.

שנוי א - הקטנת זוויות התקפה

- זוויות הכניסה ללהב הדיפיוזר הקשתי שונו על-מנת להתאים לזוויות יציאה מרוטור.

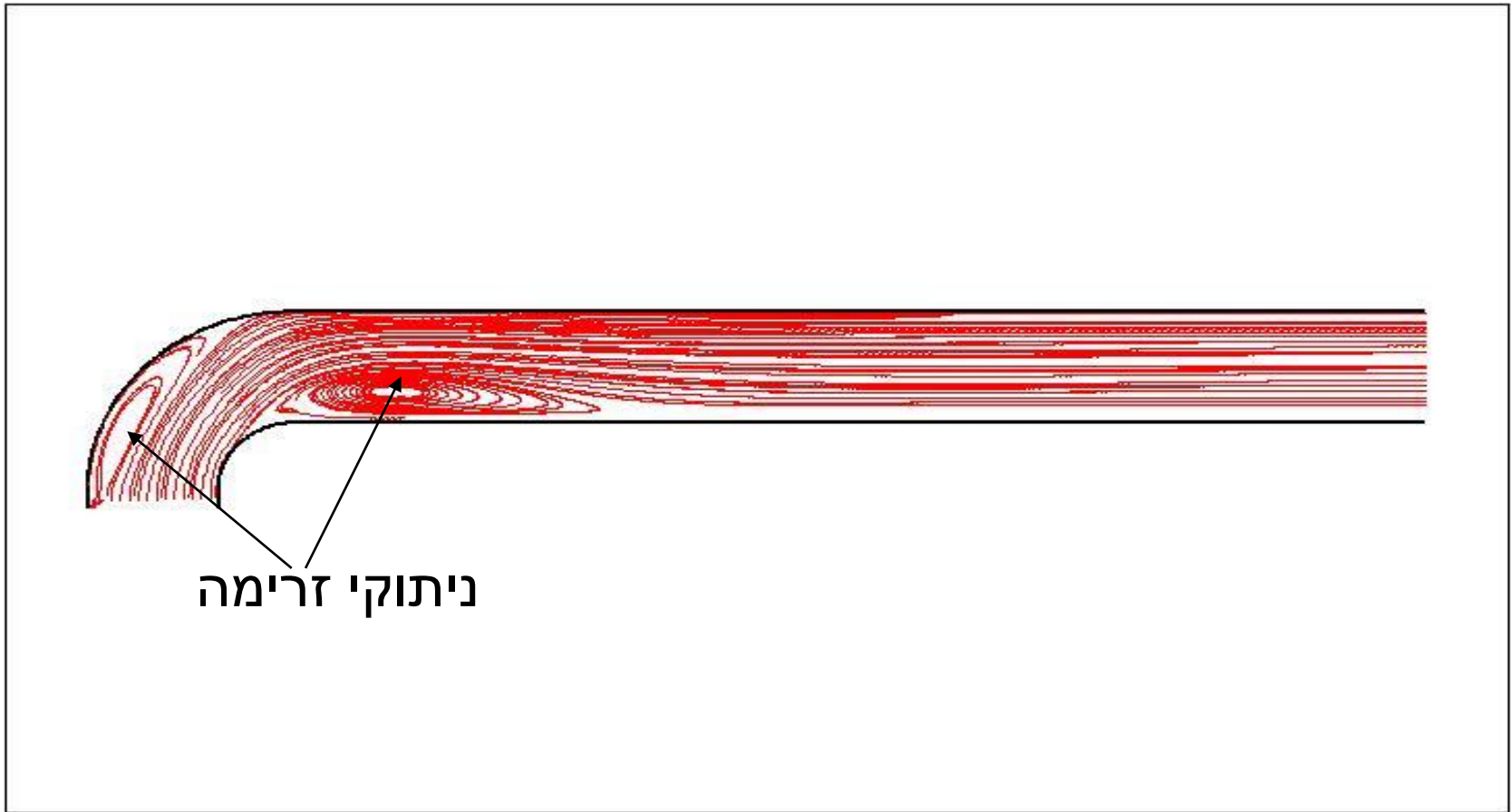
זווית אויר	זווית הלהב בכניסה		
	מצב נוכחי	מצב לאחר שנוי	חתך
62°	80.5°	64.0°	שורש
68°	76.0°	70.0°	אמצע
78°	67.5°	76.0°	קצה

שנוי ב – צמצום הפסדי הסיבוב במישור מרידיונלי.

- ידוע שבזרימה בברך (בצינור עגול או מלבני) מקדם הפסדי הלחץ הוא פונקציה יורדת של היחס (R/d) רעיון זה נבדק עם משטח הפרדה קשתי באמצע הדיפיוזר קשתי (splitter). צמצום ההפסדים במקרה של דיפיוזר טבעתי בלי להבים היה משמעותי (ראה ציורים 6 ו 7) אבל חישובי CFD לדיפיוזר עם להבים החזירו המצב לקדמותו. (הרווח בהפסד לחץ על ידי מפריד אמצעי "splitter" מנוטרל על ידי חיכוך בשטחי מגע נוספים)

BEND ANALYSIS WITHOUT CURVED BLADES

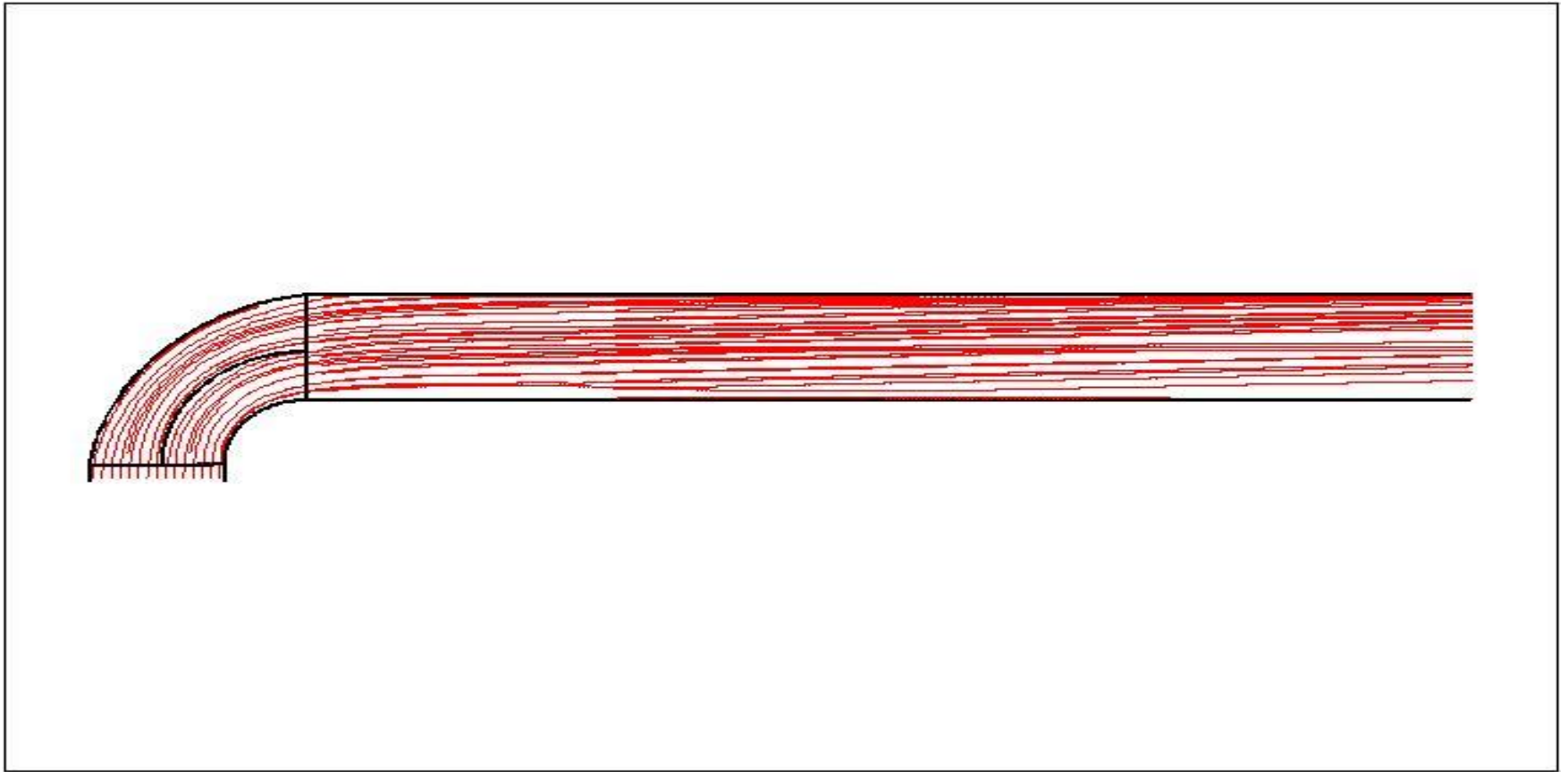
Flow streamlines •



ניתוקי זרימה

BEND ANALYSIS WITH SPLITTER (WITHOUT CURVED BLADES)

Flow Streamlines •

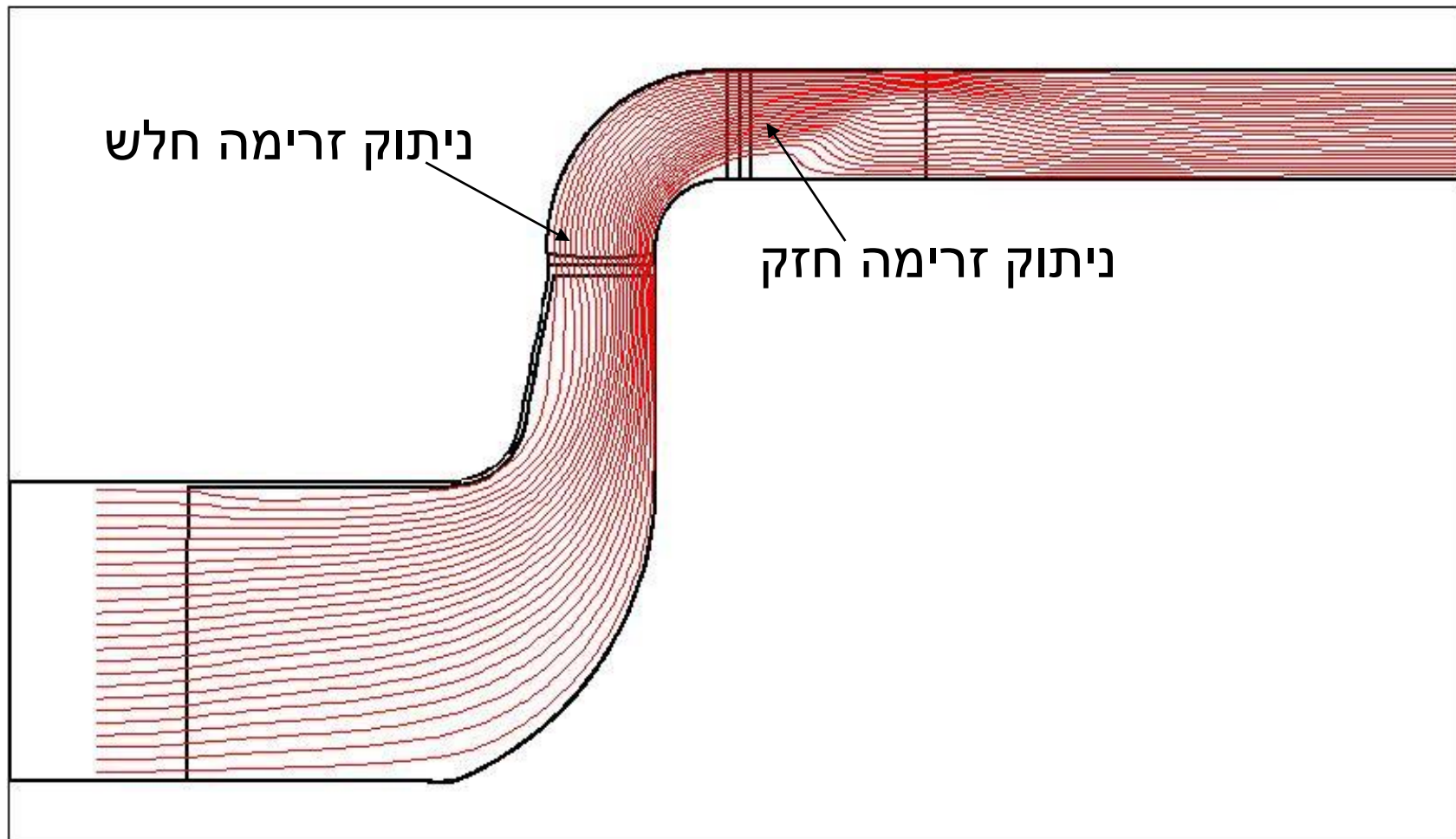


צור 7

שנוי ג - שנוי מעטפת דיפיוזר מרידיונלי

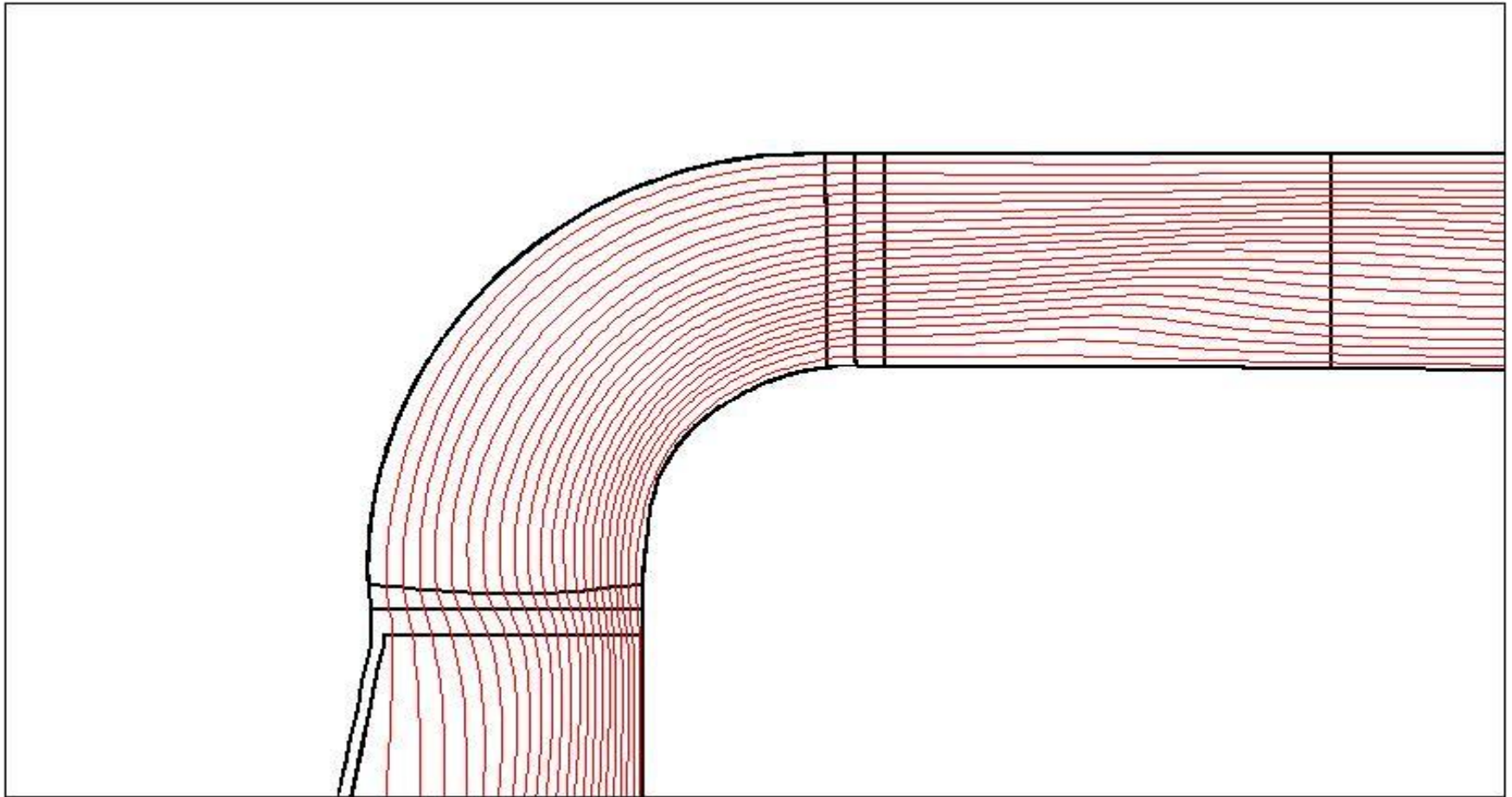
- דרך אחרת להקטנת הפסדי לחץ היא שינוי פרופיל של מעטפת הדיפיוזר הפנימית (hub) במטרה להקטין דיפוזיה כוללת בדיפיוזר קשתי. ניתן לראות את השפעה השנוי בהשוואת קווי זרם (מתוך חישובי CFD ציורים 8 ו 9)

קווי זרם ל HUB ישן.



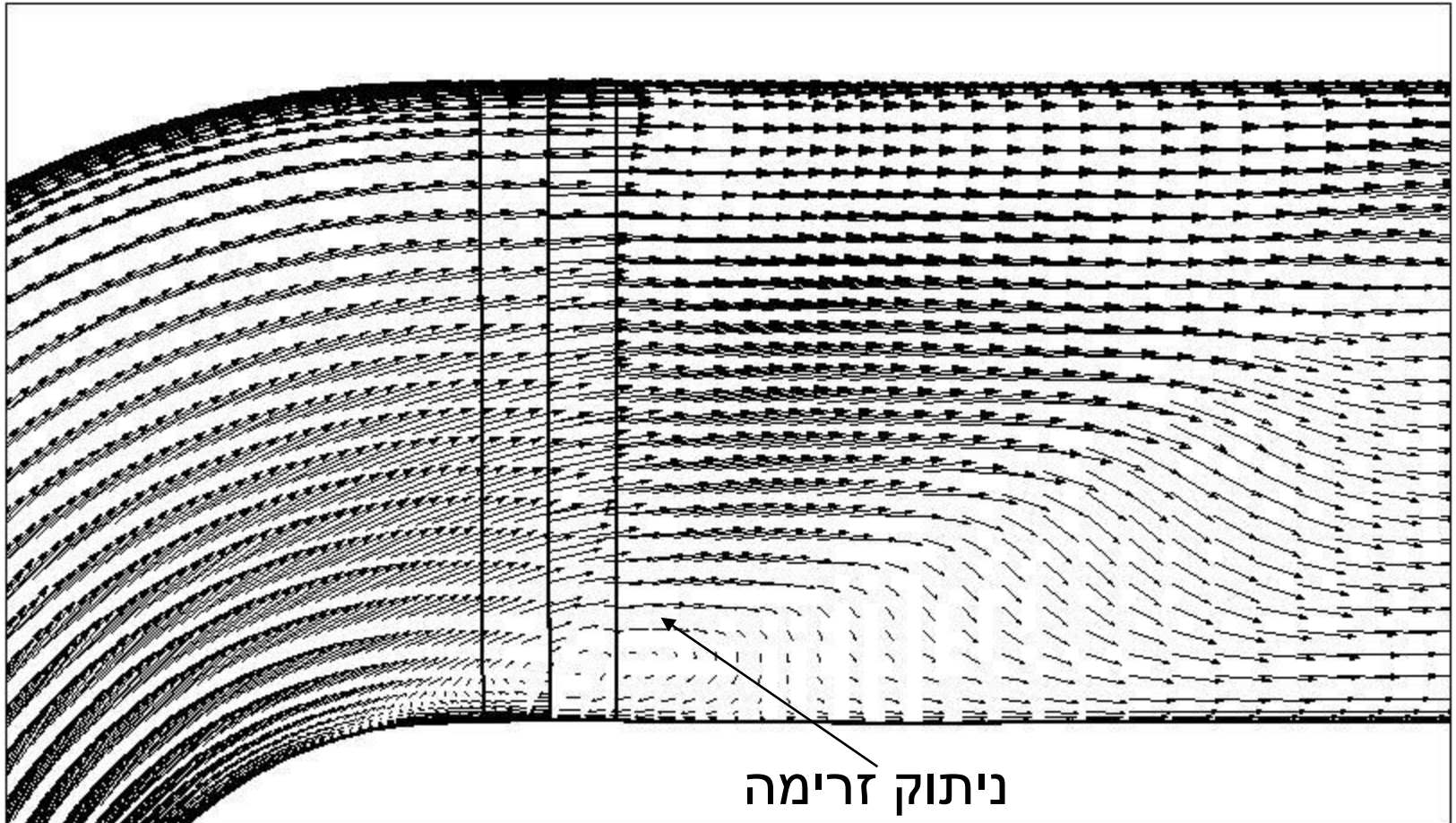
ציור 8

קווי זרם ל HUB חדש



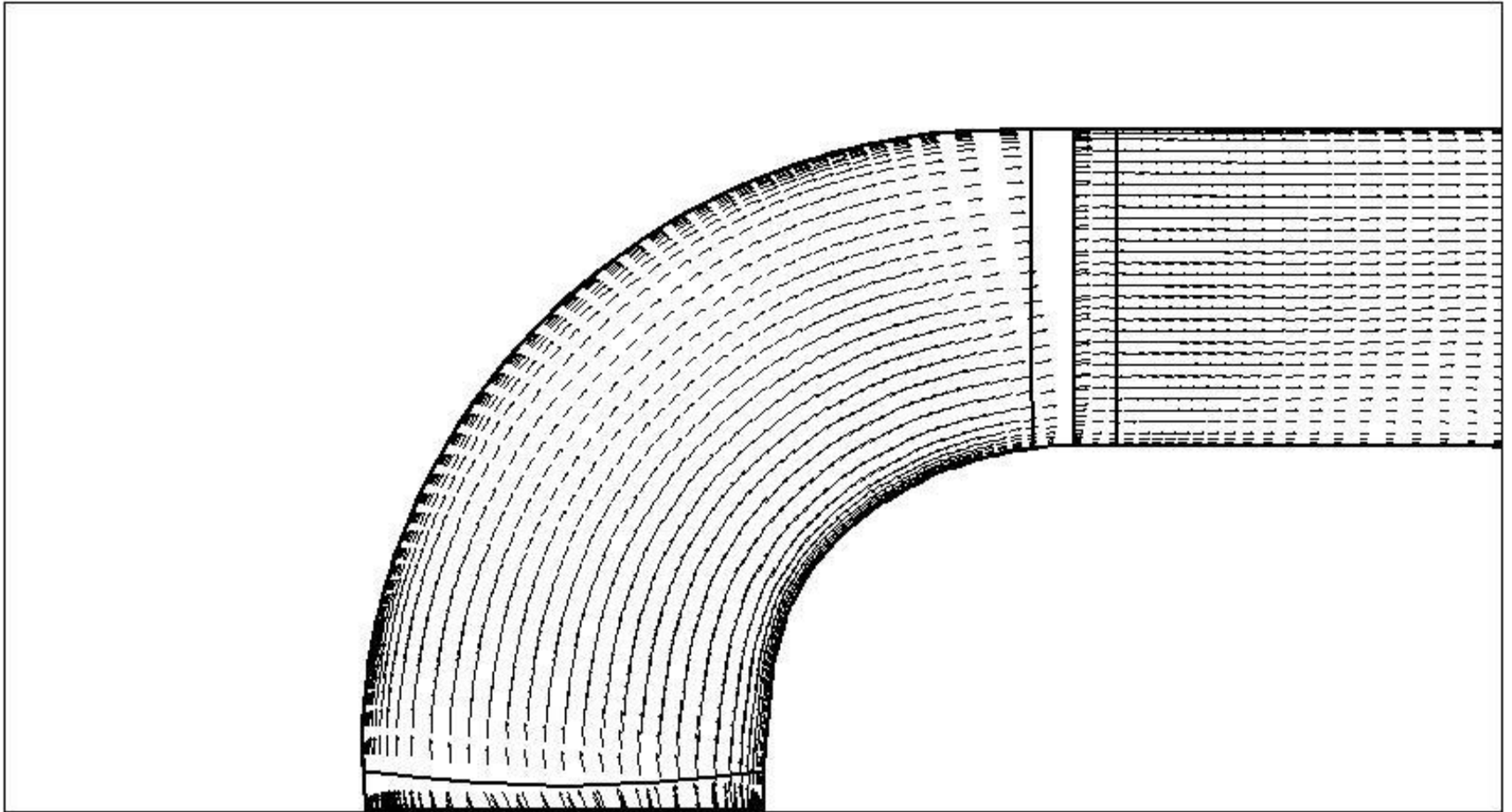
ציור 9

שדה הזרימה (חתך מרידיונלי) HUB ישן



ציור 10

שדה הזרימה (חתך מרידיונלי) HUB חדש



ציור 11

תוצאות חישוב CFD של מדחס עם

רוטור ודיפיוזר

- חישוב CFD של הרוטור יחד עם דיפיוזר הכוללים שניים "א" וב" (splitters) הראו תוצאות מאכזבות. הנצילות הגלובלית עולה בפחות מ 0.5%.

הסיבות לכך

- 1. שיפורי באווירודינמיקה של הזרימה (הקטנת זוויות התקפה בכניסה לדיפיוזר) הושגו על-ידי הוספת להבים (34 במקום 15 במקור) והכנסת מפריד אמצעי אשר מגדילים שטחי חיכוך וזה מנטרל השיפורים.
- 2. מפריד אמצעי משנה משמעותית את זרימת בכניסה לדיפיוזר.

המשך בדיקת שנויים אפשריים מתבצע על סמך חישוב של המדחס בשלמותו.

• על-מנת להקטין מספר הלהבים (שטח הצוואר נתון)

ניתן להטות להבים בכיוון משיקי. בדרך זו כמות
הלהבים תרד בשליש. מטבלה 1 אפשר לראות שיפור
של 0.7% בגלל תכן הזה.

שינויי HUB פרופיל עם הקטנת גובה ביציאה מדיפיוזר
קשתי ב 10% הביאה לשיפור של 1.8%.
בתופעה הזה אפשר להבחין גם בצירים 8 ו 9.

שיפור ביצועי המדחס

הצנטריפוגלי

טבלה 1 בנקודת תכן $N=31900$ RPM $G=3.47$ kg/s

פרמטר	מדחס ישן	מדחס חדש	מדחס חדש עם HUB משופר
יחס דחיסה	3.19	3.154	3.272
נצילות	72.66	73.3	75.1
מאך ביציאה	0.181	0.18	0.20
זוויות ביציאה	8.8°	6.3°	5.5°

אפשרויות שיפור נוספות

- תבחן אפשרות להשיג רווח נוסף ע"י שנוי בפרופיל המרידיונלי של הרוטור לצמצם את מערבולת הרוטור והפסדי לחץ ליד ה-SHROUD שלו.
- ההערכה היא ששינוי כזה יחד עם הוספת להבי בינים (splitters) ברוטור יביא רווח נוסף של 1-2% בנצילות המדחס הכולל.

סיכום ומסקנות

- שימוש במדחס עם דיפיוזר קשתי אפשר להקטין קוטר מנוע אך הפיל את נצילות המדחס הכוללת מ- 78% ל-73%.

- נמצא ע"י חישוב CFD (בשיטה שקיבלה ולידציה על סמך בחינה הגיאומטריה הנוכחית) שאפשר להעלות חזרה את הנצילות ל 75-76% ע"י שינוי מספר הלהבים בדיפיוזר הקשתי והקטנת זוויות התקפה בכניסה ו ע"י שנוי בחתך מרידיונלי של דיפיוזר קשתי וצירי, באופן ש"יעקוף" את "השטח המת" של המערבולת בתכן הנוכחי.