

**תובנות בטיחות מעבודה עם  
תהליכי הידרוגנציה בתעשייה**



## תוכן העניינים

1. רקע כללי
2. הראקציה
2. תאור המערכת
3. גורמי הסיכון והסיכונים
4. תובנות
- מערכת אספקת המימן
- סביבת ראקטור ההידרוגנציה
- ראקטור ההידרוגנציה
- מערכת הפרדת הקטליסט
- פליטת המימן
5. סכום

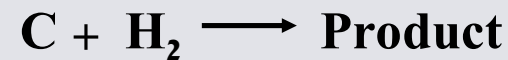
# רקע כללי

- מערך ההידרוגנציה המנתית פועל משנת 2001
- תוצר ההידרוגנציה משמש כחומר ביניים ליצור קוטל פטריות
- המתקן אינו פועל ברציפות כל השנה  
הפעילות היא במתכונת של סדרות יצור עם הפסקות ביניהן
- מקור אספקת המימן להידרוגנציה – מערכת SMR (Steam Methane Reformer)
- במערכת ה-SMR מתבצע תהליך קטליטי שבו המתאן מגיב עם מים (קיטור) בטמפרטורות גבוהות ( $850 - 900^{\circ}\text{C}$ ) ולחצים גבוהים לקבלת תערובת של  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  ו- $\text{H}_2$

# הראקציה

- ראקציה מנתית, קטליטית (Pd/C 3%), דו שלבית

- הראקציה



- במהלך הזרמת המימן יש להזרים במקביל את המגיב B

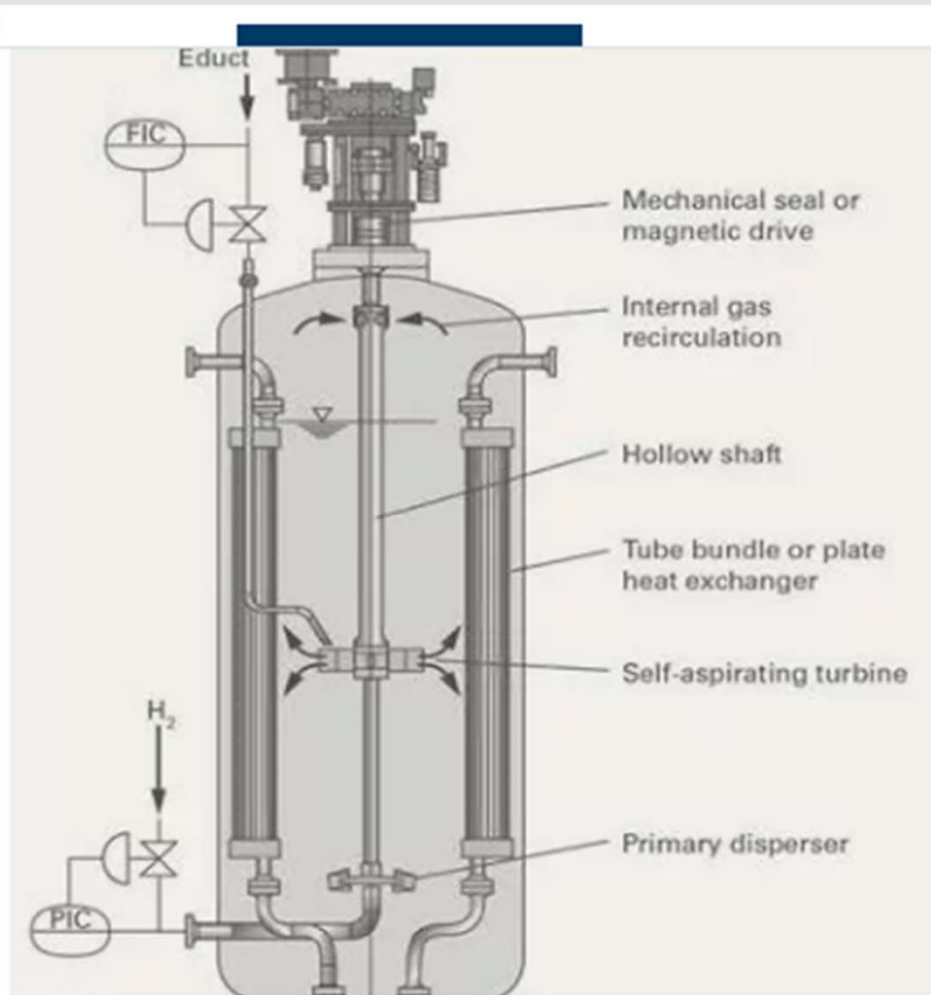
- תנאי הראקציה:

טמפרטורה - 45-85 °C

לחץ – מקסימום 16 barg

זמן ההידרוגנציה - 4-6 שעות (לא כל המנה, שחרור לחץ, קטליסט)

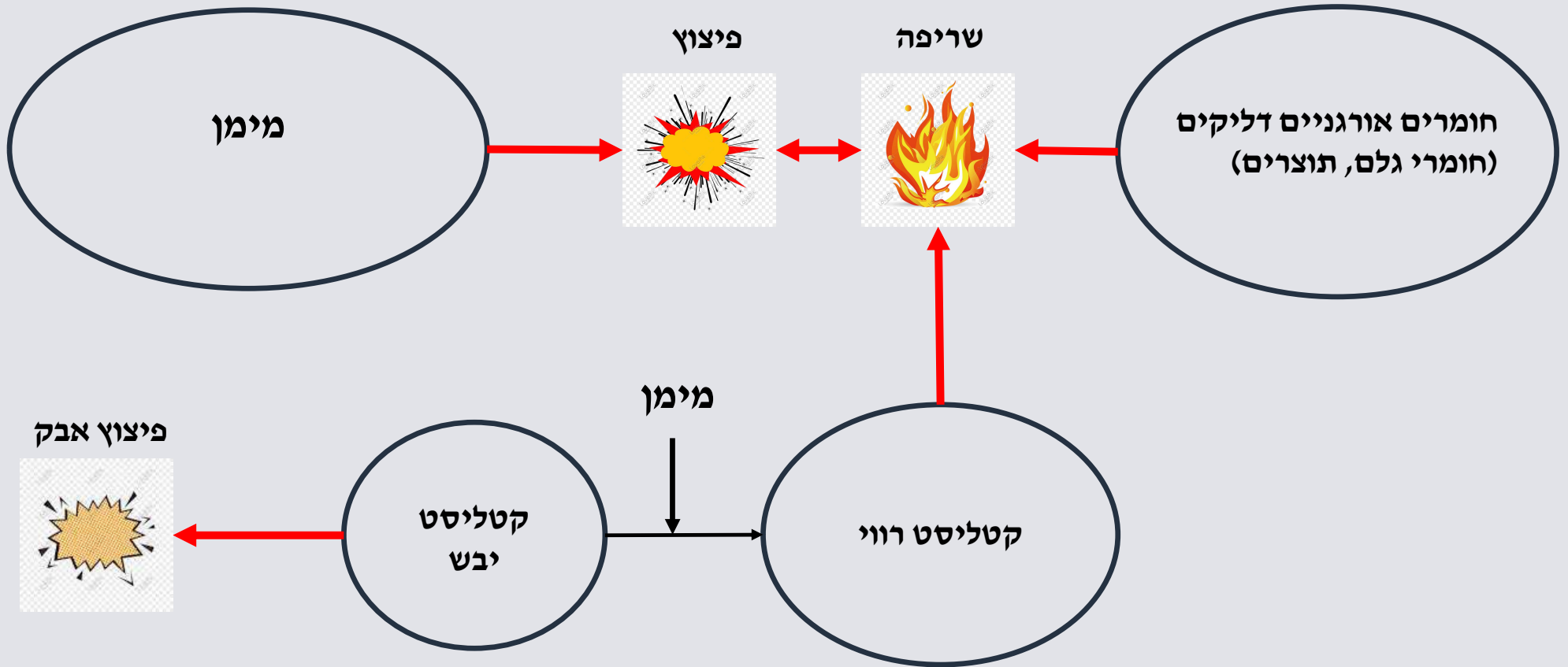
# הראקטור



## דרישות בסיסיות מהראקטור

1. פזור המימן בבועות קטנות  
ככל האפשר – הגדלת שטח הפנים לתגובה
2. רמת הומוגניזציה גבוהה הן של הקטלסט והן של המימן (מניעת שקוע הקטליסט)
3. מעבר חום גבוה

# גורמי הסיכון והסיכונים





**תובנות**

# מערכת אספקת המימן

## מרחק מקור המימן מראקטור ההידרוגנציה

- מומלץ שמקור אפקת המימן יהיה מחוץ למתקן ההידרוגנציה (ראקטור ההידרוגנציה)
- מצד שני מרחק גדול מדי משמעותו
  - קווים ארוכים (פוטנציאל לדליפות)
  - צמצום מספר אוגנים
  - מחייב בדיקות לחץ תכופות לוודא שאין דליפות



## לחץ אספקת המימן

- במידה ומדובר בלחצים גבוהים במקור האספקה יש לבצע הפחתת לחץ קרוב למקור יש לשקול הפחתת לחץ מדורגת



# סביבת ראקטור ההידרוגנציה

## מיקום הראקטור

- מומלץ שהראקטור ימוקם במבנה פתוח (במקרה של דליפת מימן יתאפשר לו להפלט לסביבה בקלות ובמהירות)
- מיקום הראקטור בחלל סגור או סגור חלקית מחייב:
  - התקנת גלאים סביבתיים של מימן (בחלקים העליונים של החלל)
  - מערכת איוורור
  - יש להקפיד על הגדרה נכונה של ה- Ex. Zones

## גלאי מימן

- בחירת הגלאים (הפרעות של חומרים אחרים, לחות, גורמים אחרים)
- תחזוקה שתאפשר אמינות מירבית
- אסור להגיע למצב של Standardization of Deviance

# ראקטור ההידרוגנציה

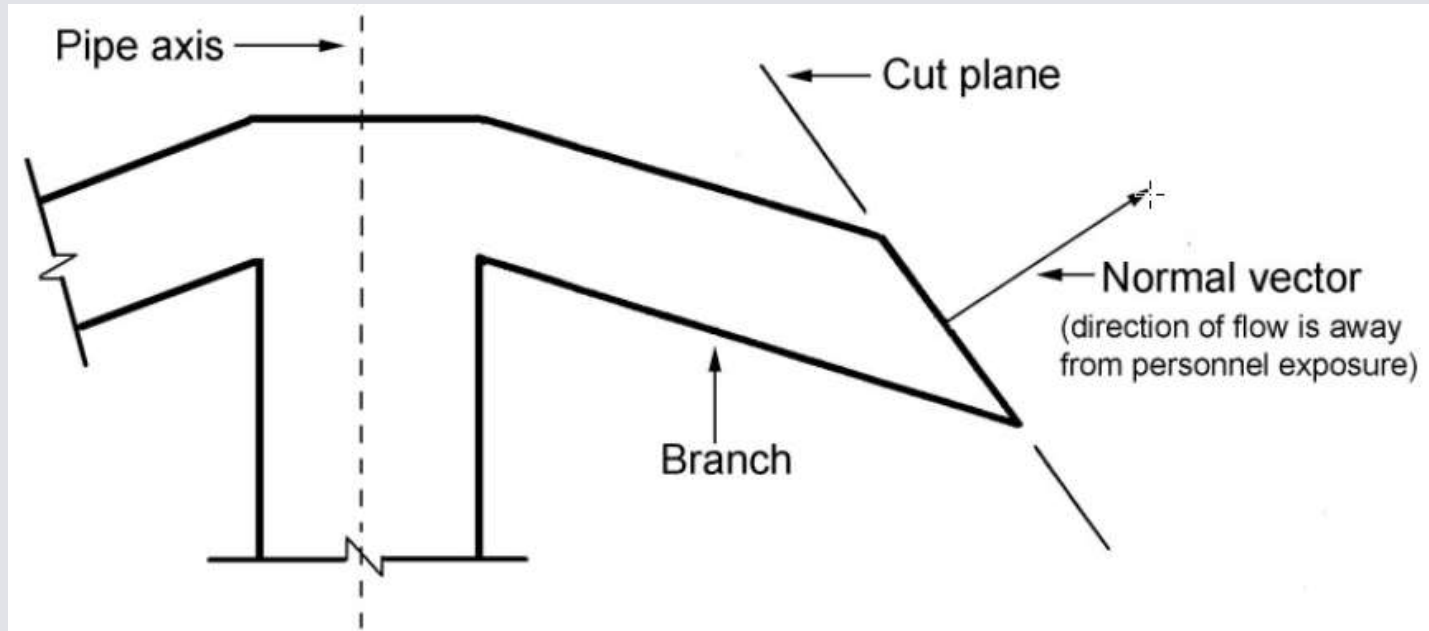
- בדיקות לחץ צורת ההפעלה של המערכת (3-4 חודשים בשנה) מחייבת תהליכי הפעלה, הדממה ושימור קפדניים כשבדיקות הלחץ הן מרכיב חשוב בתהליך. גם בזמן ההפסקה, כשהמערכת לא פועלת היא נשמרת כל הזמן בלחץ (חנקן, 1-2 barg)
- יש לוודא אינרטיזציה מוחלטת לפני כל הזנת מימן – מניעת חדירת אויר למערכת (קיים אנלייזר חמצן בוונט של המערכת)
- מערכת דיגום נוזל אטומה המונעת כל אפשרות של "בריחת" מימן
- דגש תחזוקתי על מערכת הבחישה ובמיוחד האטם המכני
- תכנון נכון של מערך הקירור – היערכות ל"כשל"
- הזנת המימן לתחתית הראקטור דרך Flexible Hose (מניעת ויברציות)

# מערכת הפרדה וטיפול בקטליסט

- מניעת מגע של הקטליסט עם אויר
  - מערכות אטומות
  - אינרטיזציה
  - המסנן תמיד מלא בנוזל
  - פריקת הקטליסט – הנקודה הבעייתית
- שמירה על קטליסט במצב "רטוב"
  - מהרגע הראשון בו הקטליסט נחשף למימן ועד למשלוח לספק הקטליסט לצורך רגנרציה
- Housekeeping
  - מניעה של "שאריות" קטליסט

# שחרור המימן (Venting)

- תכנון נכון של מערכת הוונטים
  - וונט מימן – קו "אנכי" ללא קשתות / הסתעפויות, מסתיים גבוה מחוץ למתקן
  - סכון מוגבר כאשר קו לשחרור מימן מתחבר למערכת וונטים כללית / מתקנית
- בעבר עודף המימן שוחרר לאטמוספירה
- יושמו מספר לקחים עקב אירועי אש בוונט מימן (מתקנים אחרים)
  - נישוף בחנקן בעת שחרור המימן
  - מהירויות זרימה איטיות
- על מנת למזער פליטות – עודף המימן מופנה למערכת טיפול תרמית



**Figure 4—Example of a miter cut**

Weather resistant, thrust balanced vent stack concept described in CGA G-5.5 Hydrogen Vent Systems



## סכום – נקודות מרכזיות

- מניעה מוחלטת של חדירת חמצן למערכות בהן נעשה שימוש במימן (שמירת לחץ, אינרטיזציה, גלאים)
- גלאים סביבתיים למימן
- אבטחת אמינות מלאה של הגלאים
- מניעת מגע של קטליסט עם אוויר
- תכנון נכון של מערך הוונטים