

האם מימן הינו אופציה להוות דלק מרכזי להנעת כלי רכב?



הונדה FCX
המונעת במימן.

המרכז הבינתחומי הרצליה

קורס : נפט ואנרגיה : גיאופוליטיקה, כלכלה, אסטרטגיה ובטחון

מרצה : ד"ר עמית מור

מגיש : מרק כץ

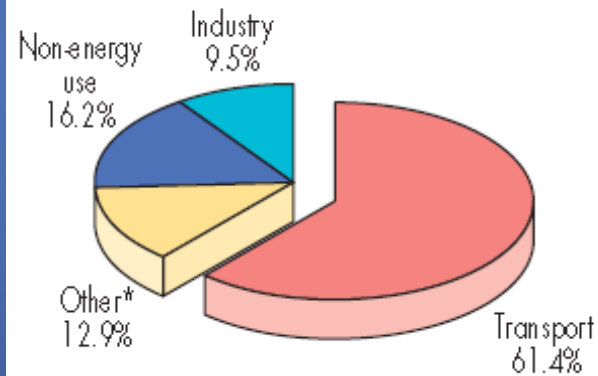
הנעת כלי רכב כיום

- בעולם מעל ל-600 מיליון כלי רכב פרטיים וכ-800 מיליון כלי רכב בכלל כאשר 99.9% מהם מונעים באמצעות מנוע בעירה פנימי המופעל באמצעות תוצרים של נפט.
- הצפי הוא כי בשנים הקרובות יגיע מספר כלי הרכב בעולם למיליארד מכוניות.
- כ-62% מהנפט בעולם משמש להנעת כלי רכב



world oil consumption

2008



- בנזין וסולר לרכבים
- סולר לרכבות
- סוכר ומזוט לאוניות
- קרוסין למטוסים



מנוע הבעירה הפנימי

- מנוע הבעירה הפנימי הנפוץ כיום מופעל באמצעות דלק המזוקק מנפט גולמי שמקורו במאובנים ומכיל פחמן.

- כדי לשרוף את הדלק יש לערבבו עם אוויר ביחס מסוים. ביחס מושלם תוצרי הבערה הם מים ופחמן דו חמצני אך גם תוצרי חנקן כי האוויר מכיל חנקן המצטרף לבעירה. מכיוון שהבעירה אינה מושלמת, בעומסי עבודה שונים של המנוע, נוצרים תוצרי בערה נוספים כמו פחמן חד-חמצני, מימן פחמני ותחמוצות גופרית (מהגופרית שבדלק). גזים אלה הם רעילים ומזהמים את הסביבה.

- לו מנוע הבעירה הפנימי היה יכול להגיע לטמפרטורות גבוהות מאוד הבעירה הייתה מושלמת אך רק מנוע קרמי יכול לעמוד בחום כזה וייצורו אינו ריאלי ולכן יש למצוא פתרונות אחרים.

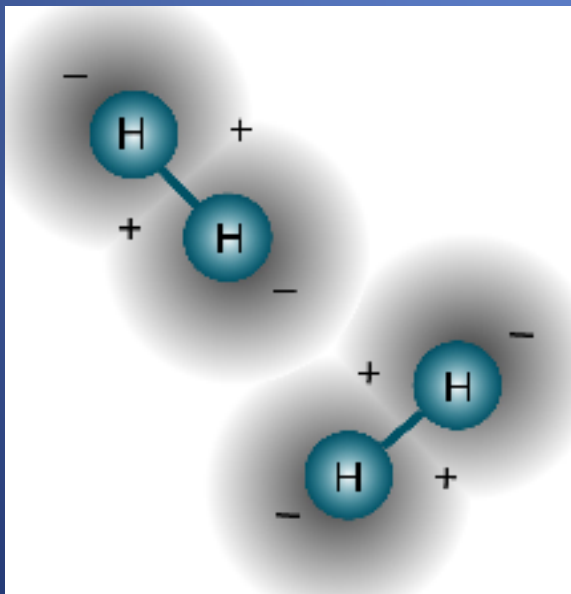
- אפילו בבעירה מושלמת, יפלוט המנוע פחמן דו חמצני - גז חממה שגורם להתחממות כדור הארץ, מכיוון שכאמור דלק המאובנים מכיל פחמן.

- למנוע בעירה פנימית נצילות אנרגיה של כ-20% מכיוון שבתהליך השריפה נוצר חום שיש לפנותו ולסלקו באמצעות המצנן.



מהו מימן?

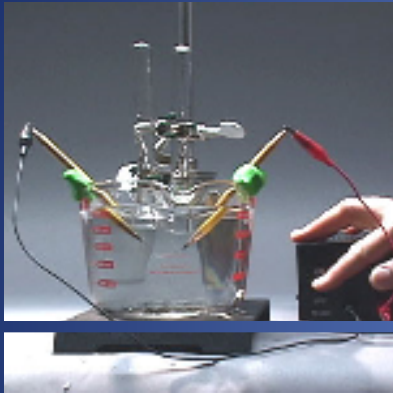
- מימן הוא יסוד כימי. בטמפרטורת החדר מצב הצבירה שלו הוא גז, חסר צבע, אל מתכתי ודליק מאוד.
- הוא מסומל כ-H (Hydrogen) ומספרו האטומי הוא 1 והוא החומר הקל ביותר.
- מולקולת מימן מורכבת משני אטומי מימן ומסומלת כ-H₂.
- המימן הוא היסוד הכי נפוץ בטבע וביקום (כ-90% מהחומר בו) והוא מרכיב במולקולת מים ובכל תרכובת אורגנית כמו פחם, גז טבעי, ודלקי מאובנים. הוא יכול להגיב כמעט עם כל היסודות.
- המימן אינו נמצא באופן חופשי בטבע אלא תמיד קשור לחומר אחר.
- המקור הזמין ביותר של מימן הוא מים.
- המימן הוא גז דליק ביותר.



הפקת מימן

ישנן מספר דרכים להפקת מימן:

- קיטור של נפט, גז טבעי, או פחם – שימוש בחום בטמפרטורות גבוהות לייצור מימן טהור והפרדתו מחומרים המורכבים מפחמימנים – זהו ההליך השכיח ביותר כיום המשמש לייצור כ-95% מהמימן. יתן להפיק מימן נוסף בעזרת הפחמן החד חמצני שנוצר בעזרת קיטור
- אלקטרוליזה - פירוק כימי של קשרים בין חומרים מולקולריים ע"י העברת זרם חשמלי בתוך מערכת נוזלים סגורה והרמטית וע"י כך פירוק הקשר
- – אלקטרוליזה של מים - הזרמת חשמל דרך אלקטרודות של שני הקטבים החשמליים למים כדי לפרק את המים לשני אטומים של מימן ואטום חמצן. זהו הדרך השכיחה ביותר להפקת מימן.
- גזיפיקציה של דלק באמצעות פחם או גז טבעי והמרת אדי הדלק למימן.
- תגובה בין בסיס חזק בתמיסה מימית לבין אלומיניום.
- תגובה של תמיסה חומצית עם מתכת לדוגמה בתגובה בין תמיסה חומצית לבין מגנזיום
- תגובה בין מתכת אלקלית לבין מים או כוהל לדוגמה בתגובה בין נתרן למים
- ע"י חימום מים לטמפרטורה של 2,000 מעלות צלזיוס בהם המים מתחילים להתפרק למימן וחמצן אך עם התקררות הטמפרטורה חוזרים המימן והחמצן ומתרכבים למים ולכן לצורך הפקת מימן ממים יש לחמם תחילה את המים לטמפרטורה העולה על 2,000 מעלות ואז להפריד את המימן מהתערובת כל עוד היא חמה.
- בניסוי במכון ויצמן הצליח פרופ' דוסטרובקי לפרק מים למימן וחמצן ע"י ריכוז של אנרגיית השמש פי 6,700 לכדי טמפרטורה של 2,100 מעלות בתוך כור.



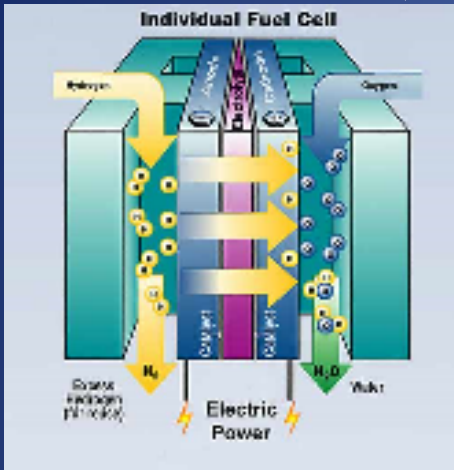
השימוש במימן

- לצורך שימוש במימן להפקת אנרגיה יש צורך במימן טהור.
- בשימוש במימן להנעת רכב נעשה שימוש בתא דלק בו נוצר החשמל, המניע מנוע חשמלי.
- ניתן להפיק מימן ואז לאחסן אותו במיכל בטמפרטורה של מינוס 253 מעלות צלזיוס.
- לחילופין ניתן לאחסן אותו במיכל בלחץ גבוה.
- בתהליך, המימן המאוחסן במיכל מוזרם למפגש מבוקר עם חמצן בתוך תא דלק (פירוט בהמשך). כאשר הם נפגשים נוצר קיטור (אדי מים) ואנרגיה חשמלית המפעילה (מסובבת) מנוע חשמלי.
- מיכלי המימן צריכים להיות מבודדים וכבדים כדי לשמור אותו במצב הנדרש ולספק את הבטיחות הודרשה
- את החמצן הדרוש להפעלת המנוע ניתן למשוך מהאוויר שכן 21% ממנו הוא חמצן כפי שנעשה במנוע בערה רגיל. שאר המרכיבים של האוויר כמו חנקן אינם משתתפים בתהליך ולכן לא נוצרים תוצרי הלוואי הרעילים כמו בבעירת דלק.
- דרך אחרת להנעה באמצעות מימן היא שימוש במתמיר ברכב.
- כאמור המימן אינו מצוי בטבע לבד פרט לשמש ויש להפיקו מחומרים אחרים כמו גז טבעי, מתנול או אתנול. תהליך ההפקה מתרחש בנוכחות מים וחום ותוצרי ההפקה הם מימן, מים ופחמן דו חמצני. בנוסף מכיוון שהתהליך אינו מושלם עדיין נוצר תוצר לוואי מזהם של חד תחמוצת הפחמן ובנוסף המתמיר צורך אנרגיה.
- במקרה זה יש לאחסן את מקור המימן ולהפיק ממנו מימן באמצעות מתמיר.
- לצורך כך יש צורך בשתי משאבות: אחת להזרמת חומר הבסיס למתמיר והשנייה להזרמת המימן לתא הדלק.
- הגעת המימן בלחץ היא אחד התנאים לעבודת תא הדלק.

שימוש במימן

- ניתן להפיק מימן גם באמצעות כדורי אנרגיה – כדורי פלסטיק קטנים המכילים נתרן הידרידי. הכדורים צפים בתוך מיכל מים ובעת הצורך נפתחים ובמגעם עם מים משתחרר מימן. החומר שנותר הוא בסיס הנתרן שמשמש כחומר גלם לתעשייה. כל ליטר כדורים מכיל מאות ליטרים של מימן. עם זאת עדיין קיימת בעיה שהיא כיצד ייפתחו הכדורים לפי דרישה להספקת מימן במכונית.
- בנסיעה, לחיצה על דוושת הגז תורה למנוע החשמלי להזין את המנוע ביותר זרם שייצר יותר הספק וכתגובה לכך יוזרמו יותר מימן וחמצן לתאי הדלק הזרמה שתגרום להגברת הזרמת המתנול, הגז הטבעי או כדורי הנתרן למתמיר האנרגיה.
- אמנם אחוז אגירת האנרגיה של מימן נמוך מזה של בנזין אך מהנדסי יצרנית הרכב טוענים כי הם כבר התגברו על מכשול זה באב-טיפוס שיצרו.
- תשתית לתדלוק במימן היא יקרה יחסית ולכן צפוי שתחילה תשמש בעיקר ציי רכב עירוניים קרי אוטובוסים ומוניות.
- האחסנה הבטיחותית של המימן פירושה משקל ונפח שיבואו על חשבון נשיאת מטען ונוסעים ולכן מושקע מאמץ בפיתוח אמצעים פשוטים קלים וזולים להפקת מימן מחומרים שונים.
- הבעיה העיקרית עם מימן היא בטיחותית, המימן הוא גז נפיץ ביותר במיוחד בשילוב עם חמצן ואחסונו הוא אתגר ליצרני הרכבים.
- תא דלק בודד מייצר מתח חשמלי של כ-0.7 וולט, מתח נמוך מאוד אך בחיבור טורי של מספר תאים ניתן להגיע למתח המתאים 12, 24 או 42 וולט.
- תא דלק עובד כמו סוללה רק שאינו נגמר ואינו זקוק לטעינה. תא הדלק מספק אנרגיה חשמלית וחום כל זמן שהוא מקבל מימן.
- שיפורים בחומרים העלו את צפיפות האנרגיה לרמה שכיום ניתן להניע מכונית קומפקטית במארז תאי דלק שגודלו כגודל מזוודת נסיעות קטנה.

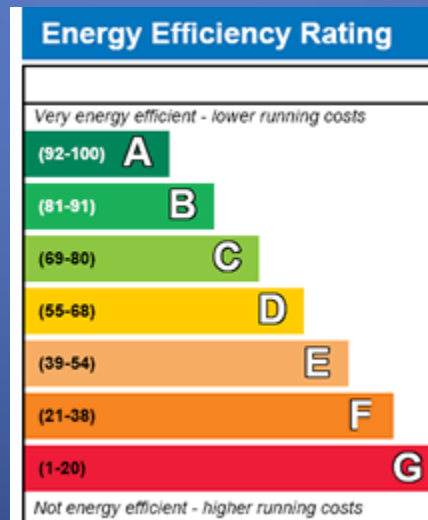
תהליך האנרגיה בתא דלק



- מורכב מ-4 חלקים עיקריים:
 - אנוודה – הצד השלילי של תא הדלק שדרכו מוזרם המימן המגיע מהמכל או ממתקן ההתמרה.
 - קתודה – הצד החיובי של תא הדלק שדרכו מוזרם חמצן.
 - ממברנת החלפת פרוטונים – לוח בעל יכולת סינון של חלקי האטום כך שרק פרוטונים בעלי מטען חשמלי חיובי יכולים לעבור דרכו.
 - זרז – אבקה פלטינה על גבי נייר פחם או בד דקה
- המימן מגיע לאנוודה ובא במגע עם הזרז. אופן פיזור אבקת הפלטינה על נייר הפחם יוצר פני שטח מחוספסים של הנייר וכך נוצר שטח פנים גדול מאוד למגע בין מולקולות המימן לפלטינה.
- בטמפרטורה של כ-80 מעלות, הפלטינה גורמת למימן להתפרק ליונים, חלקים טעונים במטען חשמלי חלקם חיוביים – פרוטונים וחלקם שליליים – אלקטרונים.
- הממברנה מאפשרת רק לפרוטונים לעבור ואילו האלקטרונים מופנים דרך "תעלות" למעגל חשמלי חיצוני ושם הם מפעילים את המנוע.
- הפרוטונים מסתננים דרך הממברנה ושם הם מתחברים עם מולקולות החמצן ועם האלקטרונים שמגיעים מסביב ליצירת מים.
- החמצן מתחבר למימן מכיוון שהזרז שובר את מולקולת החמצן לשני אטומים טעוני מטען שלילי חזק שמושכים את הפרוטונים של המימן.

נצילות אנרגיה

- נצילות היא היחס בין פלט האנרגיה ממערכת לקלט האנרגיה במערכת קרי אנרגיה מועילה חלקי אנרגיה מושקעת.
- נצילות אנרגיה היא שימוש בפחות אנרגיה להשגת אותה תוצאה.
- במכונית חשמלית המונעת ע"י תאי דלק של מימן טהור ניתן להגיע ל-80% נצילות קרי 80% מהאנרגיה האגורה במימן תותמר לאנרגיה החשמלית.
- עם זאת האנרגיה החשמלית צריכה להניע מנוע חשמלי שנצילותו גבוהה ועומדת על 80% אך בכך ירדו ל-64% נצילות.
- בנוסף אם מקור המימן במכלים אינו מימן טהור וצריך להפיקו ע"י מתמיר ממתנול או מגז טבעי שנצילותו היא כ-50% הנצילות הכוללת של התהליך יורדת ל-30% בלבד אך עדיין יותר ממנוע בנזין שנצילותו כ-20%.



טבלת נצילות
אנרגיה של
מכשירי חשמל

יתרונות

- חומר הדלק היעיל והנקי ביותר שקיים בטבע - בשריפת מימן נוצרים מים ולכן דלק מימני לא מזהם את הסביבה – אין פליטה של פחמן דו חמצני – גז החממה העיקרי, אין פליטה של תחמוצות חנקן ופיח.
- ביטחון אנרגטי - אין תלות אנרגטית ביצואניות נפט או גז וגחמותיהם.
- מצוי בשפע בטבע בצורות שונות - זמינותו הבלתי מוגבלת שכן הוא ניתן להפקה כמעט מכל דבר.
- שימוש בחשמל שמקורו באנרגיה מתחדשת - כמו תחנות כוח הידרואלקטריות, תחנות חשמל אאוליות (המבוססות על אנרגיית רוח) ותחנות כוח סולאריות – בשילוב עם הליך האלקטרוליזה (הדורש אנרגיה חשמלית) כדי ליצור מימן נקי ואנרגיה חשמלית נקייה וזיהומית.
- לפי ניסויים של יצרני רכב ניתן להתגבר על צפיפות האנרגיה הנמוכה יותר של המימן.
- יצרניות רכב הצליחו כבר להשתמש במימן במגוון דרכים להנעת מכוניות אב-טיפוס.
- ישנם פיתוחים טכנולוגיים של יצרניות הרכב לצורך הוזלת השימוש בתא דלק למשל: טכנולוגיה של דייהטסו המשתמשת בתווד אלקלי במקום חומצתי וכך ניתן להשתמש במתכות זולות ופשוטות יותר כמו ניקל במקום בפלטינה בתור זרז.
- ניתן להשתמש בטכנולוגיה קיימת תוך הסבה מינימאלית של המנועי הקיימים לשילוב מימן.

חסרונות

- יש צורך בהרבה אנרגיה כדי להפריד את המימן מיסודות אחרים כמו במים המורכבים ממימן וחמצן ובפחם המורכב מפחמן ומימן ושימוש באנרגיה שאינה נקייה לצורך הפקת המימן מיתר את ההשפעות החיוביות של השימוש במימן.
- מחיר הפקתו של מימן בתהליך האלקטרוליזה, יקר וצורך חשמל רב.
- הפקת מימן בתא דלק מצריכה שימוש בחומרים בעלי עמידות גבוהה לחלודה – מתכות אצילות ויקרות כמו פלטינה. למשל לצורך תא דלק לרכב יש צורך ב-100 גרם פלטינה וזה מייקר את תא הדלק משמעותית.
- הפקת מימן בדרך השכיחה ביותר כיום (95%) עדיין משתמשת בדלקי מאובנים.
- הטכנולוגיה ריחה לא מספיק מפותחת כדי להפיק הפרדת המימן הנדרשת באורח יעיל וזול.
- אחסון מימן בכלי הרכב צורך מקום רב על חשבון מטען ונוסעים.
- אחסון המימן מוסיף משקל לרכב.
- סכנה בטיחותית בהובלה ואחסון של מימן דחוס שהוא כאמור חומר דליק ביותר לדוגמה: הפיצוץ של מיכל המימן השמאלי במעבורת החלל צ'לנג'ר, שריפת ספינת האוויר הינדנבורג.
- קשה לתדלוק בביטחון בגלל היותו דליק מאוד.
- נפיץ בערבוב עם חמצן.
- יש צורך בתשתיות חדשות לייצור מימן ולהפצתו כמו תחנות תדלוק מיוחדות.
- אמנם למימן יש יותר אנרגיה ספציפית (אנרגיה פר יחידת מסה) מאשר לדלק פוסילי אך בכל צורותיו (נוזלי, דחוס וגז) צפיפות האנרגיה שלו נמוכה יותר.
- בטכנולוגיה קיימת, כדי להשיג טווח נסיעה הדומה למכונית המונעת בבנזין נחוץ מיכל דלק גדול פי שלושה.

שימוש במימן בתעשיית הרכב כיום

- אבות הטיפוס הקיימים כיום של רכבי מימן מונעים במימן דחוס בלחץ גבוה או במימן נוזלי, המופץ לתחנות תדלוק מיוחדות ומאוחסן על הרכב. כדי להגיע לשימוש מסחרי נרחב ברכבים אלו יש לפתח תשתיות משמעותיות לייצור מימן ולהפצתו.
- משרד האנרגיה האמריקאי מפעיל 12 אוטובוסים המונעים במימן להסעת מבקרים במעבדה ואתריה. האוטובוסים חוסכים לפחות 25% מהדלק הרגיל וכמות גזי החממה הנפלטים קטנה משמעותית. היתרון המשמעותי של האוטובוסים, המיוצרים ע"י פורד, הוא שהמימן מופק ממים שמופרדים באמצעות אנרגיה מתחדשת שמספקת הרוח וכך נוצרת האנרגיה הכי ירוקה שיש. עם זאת האוטובוסים עדיין משתמשים במנוע בעירה רגיל ולכן פחות יעילים מתאי דלק.
- האיחוד האירופי אישר ב-2008 השקעה של קרוב לחצי מיליארד יורו במשך 6 שנים לפיתוח מכונית המונעת במימן ותאי דלק לצורך הורדת פליטת פחמן דו חמצני. בנוסף צפויה השקעה דומה מצד חברות רכב וחברת הדלק של שתאפשר פיתוח מכוניות בריאות יותר לסביבה בין השנים 2010-2020.
- כלכלני האיחוד מצאו כי ניתן להוריד ב-40% את השימוש בדלקים באיחוד עד 2040 ולהוריד את פליטת הפחמנים עד 2050 ב-40% גם כן אם וכאשר הפיתוח יתורגם לכלי רכב שימכרו לציבור. ההשקעה תתאזן ותעבור לרווח בין השנים 2025-2035 תלוי בהיקפי הייצור אך יש לעודד את חברות הרכב להשקיע במיזמים הללו.



BMW סדרה
Hydrogen 7

שימוש במימן בתעשיית הרכב כיום

- להרבה מיצרניות הרכבים יש כבר מכוניות המונעות במימן בצורה כלשהי או משלבות מימן.
- קיימת מאזדה RX-8 המונעת הן בדלק והן במימן ושילוב קוברה המונעת במימן.
- דיייהטסו עובדת על הוזלת תאי דלק לצורך שילוב ברכביה.
- קאיה וג'נרל מוטורס הצהירו על ייצור רכב מימני.
- BMW ייצרה מכונית H2R עם מנוע שהוסב למימן שמסוגלת לנסוע במהירות 302.4 קמ"ש. בנוסף יש לחברה BMW סדרה 7 המונעת במימן.
- הונדה ייצרה גנרטור קטן המוזן בגז טבעי ופולט בין השאר מימן איתו אפשר לתדלק מכוניות המונעות רחוק
- להונדה מכונית המונעת בתאי דלק באמצעות מימן FCX המיוצרת באופן סדרתי אך נמכרת במספרים נמוכים וכן מכונית בפיתוח בשם PUYO.
- בסין יש החל מסוף 2008 עשרות מכוניות המונעות במימן מתוצרת פולקסוואגן.
- כבר בסוף 2007 ייצרה וולבו משאיות בינוניות המונעות במנוע דיזל אך לא פולטות דו תחמוצת הפחמן שביניהן משאית עם מנוע דיזל שמונעת ע"י מימן בשילוב ביו גז. המימן מעורבב בנפחים קטנים עם ביו גז דחוס. המשאית היא הדגמה לכלי רכב אחרים של החברה שיסעו על דלקים הנקיים מפחמן דו חמצני.
- יונדאי הודיעה על ייצור סדרתי של יונדאי Fuel Cell Electric Vehicle – FCEV, IX35 החל משנת 2015 עם טווח נסיעה הדומה למכונית בנזין בזכות מיכל מימן בעל קיבולת גדולה יותר ותצרוכת דלק נמוכה יותר. יונדאי מסרה כי בשלב הראשון ייוצרו 48 אבות טיפוס לצורך ניסוי דינמי בקוריאה וחלקם אך יושכרו ללקוחות. עם זאת לא ברור עד כמה היקף הייצור יהיה משמעותי בשל העדר תשתית של תחנות לתדלוק הרכבים הללו.
- חברת רון האמריקנית ייצרה יחידה לפיצוח מים ושילבה אותה במכונית סקורפיון המונעת במנוע של הונדה וניזונה מתערובת של בנזין ומימן אותו מייצרת המכונית ממים. למכונית צריכת דלק נמוכה.

תכניות לעתיד

- חברת אקסון-מוביל הכריזה בסוף 2007 על שת"פ עם קווסט אייר טכנולוגיז, פלג פאואר ואוניברסיטת בן גוריון לפיתוח הרכב הראשון בעולם בעל מערכת להפקת דלק מימני המותקנת ברכב עצמו. המערכת אמורה להיות יעילה עד 80% ממנועי הבערה הפנימית המקובלים כיום ולהפחית את פליטת הפחמן הדו-חמצני עד 45%. המערכת משתמשת בדלק פחמימני נוזלי – בנזין, סולר אתנול או ביו דיזל וממירה אותו למימן ברכב עצמו לצורך הנעת מנוע תא-דלק. היתרון של שימוש בדלקים קונבנציונאליים וייצור מימן לפי דרישה הוא שאין צורך בתשתיות חדשות לתדלוק, דחיסה, הובלה ואחסון של מימן וכך ניתן לעבור לרכבי מימן בצורה מהירה יותר מאשר במערכת המבוססת על מימן דחוס וגם נמנעות סכנות בטיחותיות בהובלה ואחסון המימן. המערכת אמורה להיות בטוחה, זולה וקטנה מספיק כדי להתקנה על כלי רכב. היישום הראשוני של המערכת יהיה במלגזות ובמסגרות מסחריות כדי להציג את יתרונות הטכנולוגיה הזו ואילו היישום ברכבים פרטיים יהיה רק בעתיד הרחוק.
- בארה"ב קיימות כיום 60 תחנות לתדלוק במימן ועוד 20 בהקמה. בקליפורניה מממנת המדינה הקמת 11 תחנות חדשות.
- רוב יצרניות רכב גדולות (GM, Daimler, Honda, Toyota, Nissan, Hyundai-Kia) מתכננות להשיק רכבים מבוססי מימן ב-2015 בהתאם ליעד של משרד האנרגיה האמריקני.
- משרד האנרגיה האמריקני הודיע כי ב-2012 ייפרסו בקליפורניה 70 מכוניות מרצדרס קלאס B.



יונדאי ix35 המונע במימן וייצור
סדרתית ב-2015

תכניות לעתיד

- לפי פרסום של פרופ' מרינוב, דו"ח של ה-National Research Council מ-2008 שבחן את כל חלופות הדלקים האפשריות למעט רכב חשמלי גורס כי תאי דלק הם הפתרון המועדף להנעת כלי רכב וגמילת ארה"ב מנפט וכי הדבר ניתן להשגה כלכלית וטכנולוגית עד 2023. לפי הדו"ח למימן יש עדיפות ברורה אך יש צורך בשימוש באנרגיות חלופיות ליצירת המימן.
- לצורך הוצאת דלק-מאובנים מהתחבורה ומעבר לתאי דלק דרושה תכנית כוללת ומלאה לרבות: הטלת מס פחמן, סובסידיות והלוואות לענף ודרישות בחוק לייצור מספר מינימאלי של כלי רכב המונעים בתאי דלק. לפי הערכות יהיה צורך בתקציב של כ-16 ביליון דולר לשנה כדי להגיע ליעד.
- פרופ' מרינוב מציין גם מחקר של MIT שפורסם בעיתון Science בו הצליחו החוקרים לייצר מימן וחמצן במחד במספר סדרות ההדר ע"י הפרדת מים בעזרת זרמים פשוטים יחסית כמו קובלט ומוסבט.
- במאמר אחר פרופ' מרינוב גורס כי הדרך היחידה שתיתן תשובה לאספקה הנדרשת של אנרגיה ולמניעת המשך ההתחממות הוא שימוש באנרגיית השמש ליצירת חשמל וליצירת דלק מימני לתחבורה.
- אחד האתגרים המדעיים הוא פיתוח מערכת יעילה להפרדת מים למימן וחמצן באמצעות אור השמש כדי לאפשר שימוש במימן כדלק וע"י כך יצירת אנרגיה נקייה לגמרי. רוב המערכות הקיימות כיום מחייבות שימוש בחומרים כימיים מתכלים כמו דלק מאובנים. פרופ' מילשטיין ושותפיו במחלקה לכימיה אורגנית במכון ויצמן פיתחו גישה חדשה לפיצוח מולקולות מים המבוססת על שימוש באור השמש. כרגע המנגנון שפיתחו כולל שלושה שלבים ובעתיד הם מתכוונים לשלבו ליצירת מערכת יעילה.

תחזיות שליליות

- במאי 2009 הודיע ממשל אובמה על ביטול פרויקט קידום מכונית המימן של ממשלת ארה"ב שעלותו הגיעה לכ-100 מיליון דולר וזאת לאחר שהממשל הקודם, ממשל בוש השקיע מעל חצי מיליארד דולר במו"פ של רכבים הפועלים בהנעת מימן. הנימוק לביטול מפי שר האנרגיה, סטיבן צ'ו, היה שהממשל מעדיף להתמקד בטכנולוגיות אחרות לחיסכון בדלק מכיוון שהסיכוי לפיתוח מכונית בהנעת מימן במהלך שני העשורים הקרובים נמוך מאוד וגם שעלויות פיתוח צינורות הולכת המימן והתקנתם יקרים מדי לביצוע.
- ד"ר אברהם ארביב, סגן המדען הראשי וראש אגף מו"פ במשרד התשתיות אמר באפריל 2009 כי הרעיון של כלכלת מימן הוא הזוי.
- לדבריו בהפקת מימן הובלתו ואגירתו יש להשקיע 14 יחידות אנרגיה כדי לקבל 10 יחידות אנרגיה בדלק וזה בלתי הגיוני. ד"ר ארביב הוסיף כי מימן יכול במקרה הטוב לשמש לאגירת אנרגיה אך יש להשקיע מאמצים פיתוחיים באגירת חשמל באופן ישיר בלי שימוש במימן.

סיכום ומסקנות

- קיימות מספר טכנולוגיות עיקריות לשימוש במימן לכלי רכב – שימוש במימן דחוס, שימוש במתמיר ושילוב מימן במנוע בעירה פנימי רגיל. המכוניות הקיימות כיום משלבות מימן עם מנועי בנזין רגילים וכך משפרים את צריכת הדלק ומפחיתים את הזיהום ואת התחממות כדה"א. יש לשלב טכנולוגיה זו במכוניות קיימות ע"י הסבת המנוע עד למעבר מלא לשימוש במימן בתאי דלק.
- יש לעודד את פיתוח הטכנולוגיות להוזלת תאי הדלק ע"י שימוש במתכות זולות יותר בזרזים.
- מכוניות המבוססות על מימן ישפרו משמעותית את איכות הסביבה לרבות איכות האוויר והתחממות כדה"א.
- מכוניות המבוססות על מימן יקטינו את התלות בנפט וביצואניות הנפט.
- הטכנולוגיה צריכה להמשיך ולהתפתח ולהפחית את חסרונות המימן בעיקר בתחום העלויות והבטיחות.
- יש להמשיך לעודד את היצרנים באמצעות סובסידיות והלוואות כדי שיפתחו את טכנולוגיית השימוש במימן כדלק.
- יש לעודד את הצרכנים למעבר למכוניות המבוססות על מימן על ידי הפחתת עלויות ומיסים בשל היתרונות של השימוש במימן.
- השאיפה היא לטכנולוגיה הכי ירוקה, "הדלק של העתיד" – שימוש באנרגיה מתחדשת לצורך הפקת מימן ע"י פירוק מים בתהליך אלקטרוליזה.

מקורות

- מחברת הקורס נפט ואנרגיה : גיאופוליטיקה, כלכלה אסטרטגיה וביטחון – ד"ר עמית מור
- מרית סלון, "מדע בארץ", גלילאו – המגזין הישראלי למדע ואקולוגיה, גיליון 15 מרץ/אפריל 1996
- http://www.snunit.k12.il/heb_journals/galileo/015006.html –
- כמות הנפט המשמשת לתחבורה :
- http://iea.org/textbase/nppdf/free/2010/key_stats_2010.pdf
- דלק חלופי למכוניות :
- <http://lib.cet.ac.il/pages/item.asp?item=2671> —
- מימן :
- <http://oica.net/category/auto-and-fuels/alternative-fuels/hydrogen/>
- מספר המכוניות בעולם :
- <http://www.worldometers.info/cars/> –
- ב-2011 יותר ממיליארד מכוניות בעולם :
- <http://www.ynet.co.il/articles/0,7340,L-3502007,00.html> –
- יעילות אנרגיה :
- http://www.iea.org/papers/2010/gov_handbook.pdf

מקורות

- חדשות האנרגיה : פרופ' אורי מרינוב : להפיק דלק ממימן
– <http://www.energianews.com/freepage.php?id=47>
- חדשות האנרגיה : התענינות מוגברת במימן
– <http://www.energianews.com/article.php?id=1543>
- חדשות האנרגיה : מתקדמים בדרך לרכב המונע במימן
– <http://www.energianews.com/article.php?id=175>
- חדשות האנרגיה : אובמה ביטל מימון מכונית על דלק מימן
– <http://www.energianews.com/article.php?id=2772>
- חדשות האנרגיה : וולבו מובילה במשאיות היברידיות
– <http://www.energianews.com/article.php?id=98>
- חדשות האנרגיה : אי אפשר לייצר בישראל דלק ביו-מאסה
– <http://www.energianews.com/article.php?id=2566>
- חדשות האנרגיה : הסוכנות הבינלאומית לאנרגיה דורשת מהפכת אנרגיה
– <http://www.energianews.com/article.php?id=1049>
- חדשות האנרגיה : מכון ויצמן פיתח גישה חדשה לייצור מימן מהפרדת מים
– <http://www.energianews.com/article.php?id=2545>
- חדשות האנרגיה : אוטובוסי מימן מופעלים בארה"ב
– <http://www.energianews.com/article.php?id=7822>

מקורות

- מגזין אוטו :
- <http://www.auto.co.il> (אין אפשרות להפניה ישירה לכתבה).
- טכנולוגיה : על תבונה ורגישות (לסביבה)
- טכנולוגיה : מתנול ומימן כחומרי דליקה
- טכנולוגיה : הקשר היוני
- האיחוד האירופאי משקיע במימן
- מאזדה בטוקיו : רודסטר העתיד ו-RX-8 על מימן
- קוברה על מימן
- ב.מ.וו נותנת ב... מימן
- משק אוטרקי
- תערוכת טוקיו : גם הונדה במחדשות
- דייהטסו מציגה : טכנולוגיה חדשה להנעה במימן
- רון סקורפיון : ביצועים ירוקים בסיוע מימן
- הונדה : אור ירוק לירוקות
- יונדאי ix35 עם מנוע מימן ישווק משנת 2015

מקורות

• משרד האנרגיה האמריקני :

http://www.eere.energy.gov/basics/renewable_energy/hydrogen_fuel.html –

http://www.eere.energy.gov/basics/renewable_energy/hydrogen.html –

http://www.eere.energy.gov/basics/renewable_energy/fuel_cells.html –