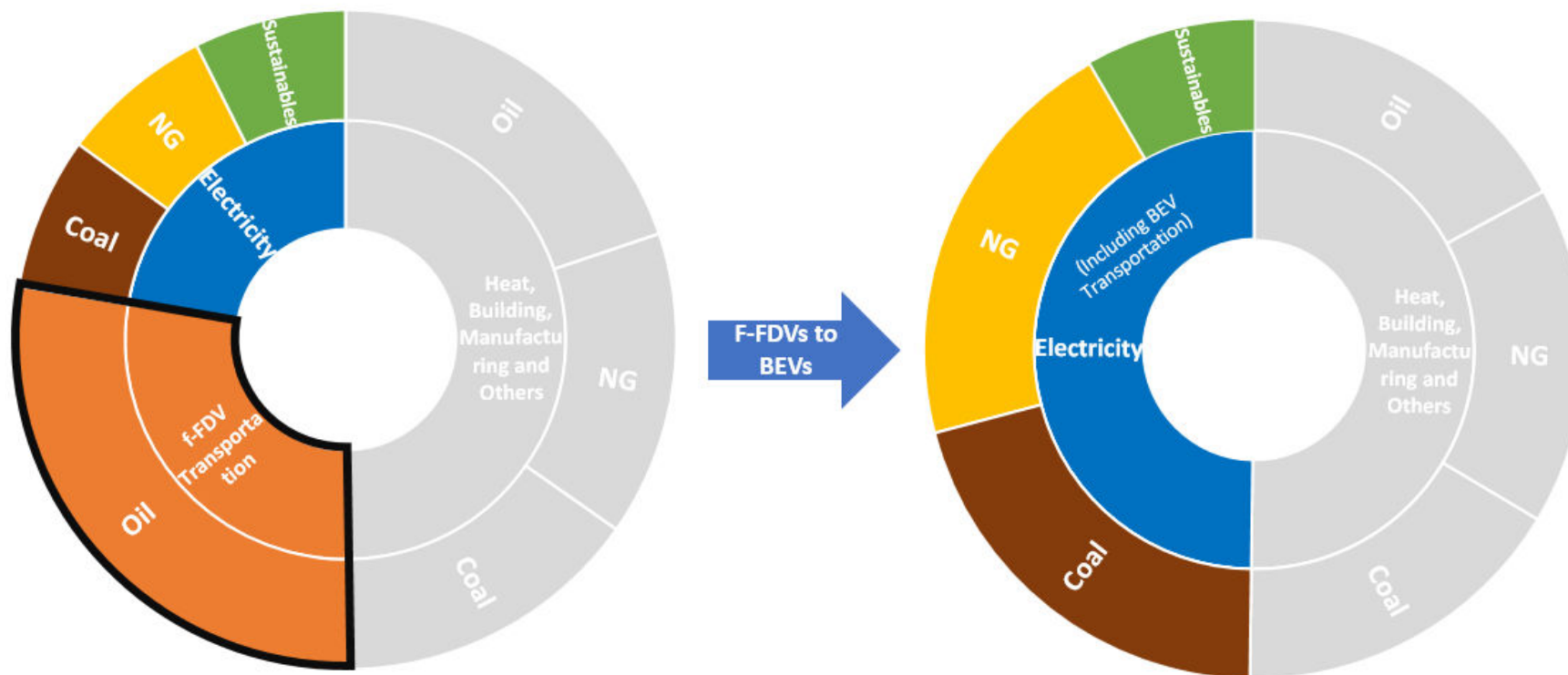


בחינה מחודשת של טכנולוגיות ניצול חום שיורי בתחבורה

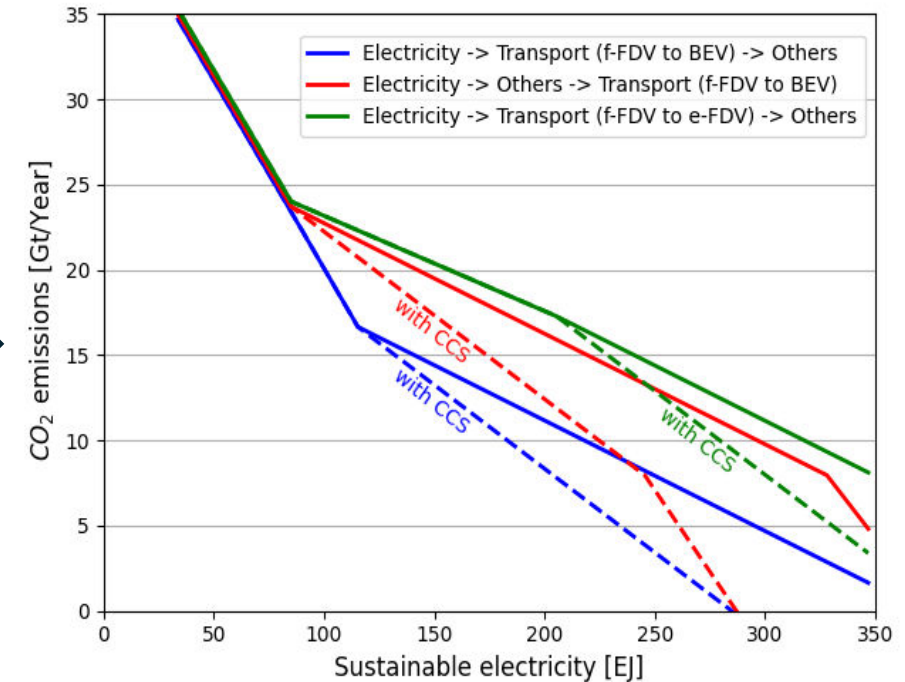
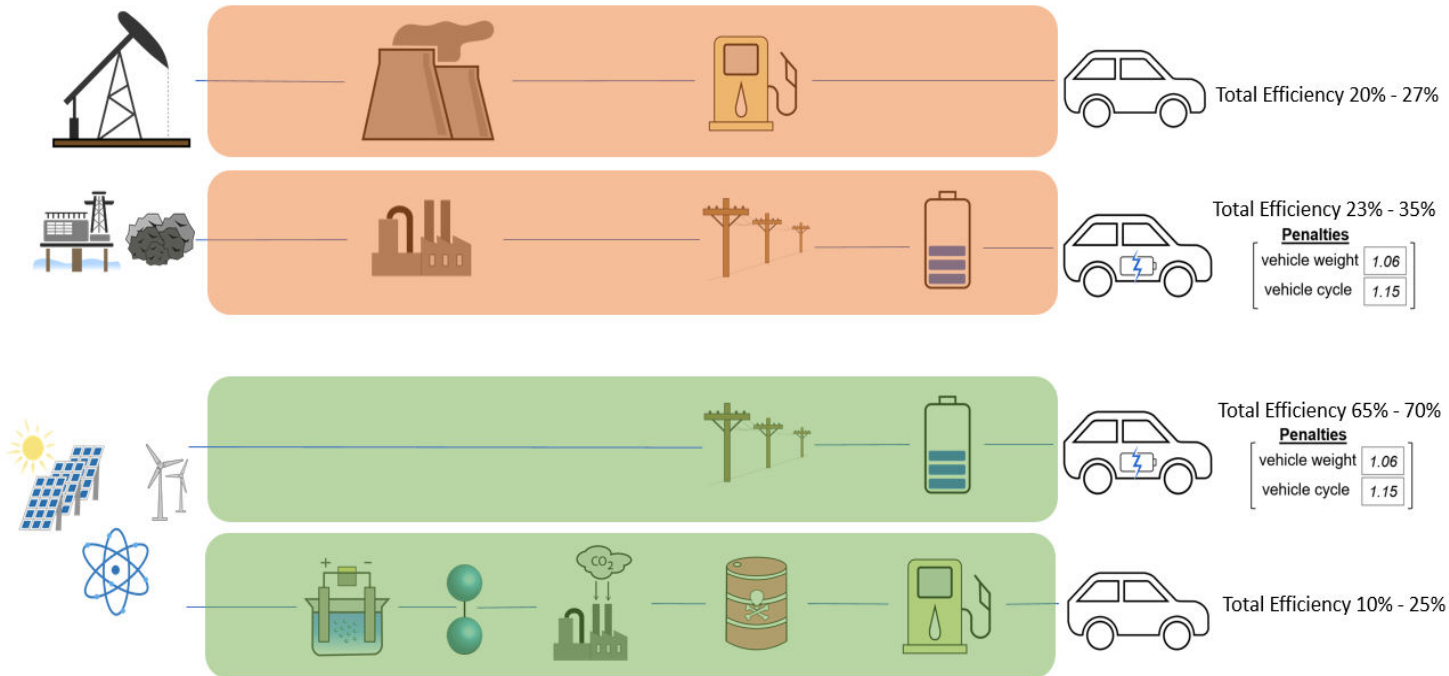
דוד דיסקין

מנועי בעירה כאן כדי להישאר (לפחות בינתיים)



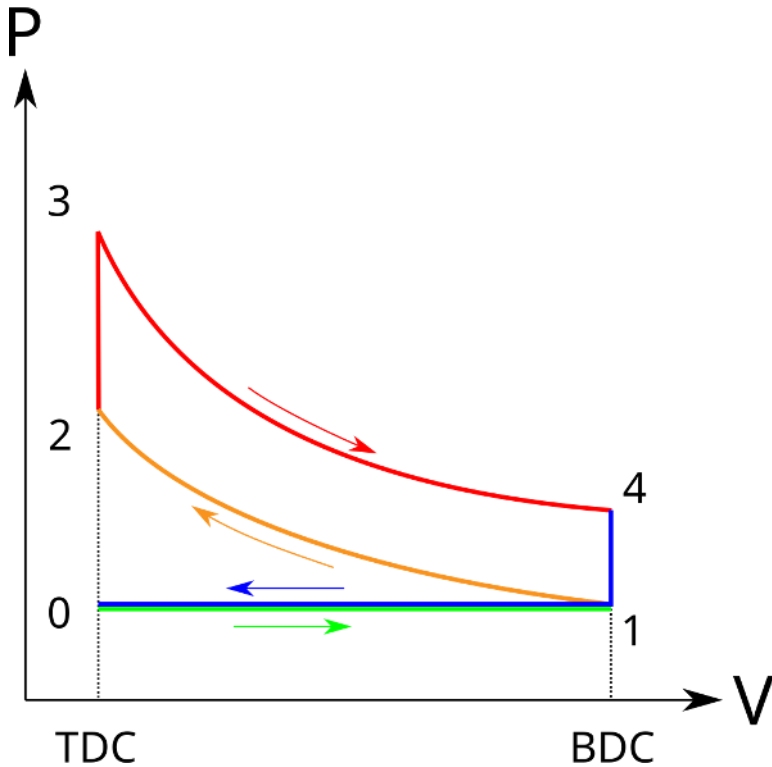
Diskin, Pisnoy, Ben-Hamo, Thakwo & Tartakovsky. "Decarbonizing Transportation: A Critical Examination of Strategy Effectiveness within Sustainable Energy Capacity Constraints", *ECM*, 2024.

היתרון של רכבים חשמליים



Diskin, Pisnoy, Ben-Hamo, Thakwo & Tartakovsky. "Decarbonizing Transportation: A Critical Examination of Strategy Effectiveness within Sustainable Energy Capacity Constraints", *ECM*, 2024.

מדוע נפלט חום ממנועי בעירה?



לא בגלל שמנוע בעירה הוא מנוע חום!

אלא, בגלל שתהליך הבעירה הוא תהליך בלתי הפיך. כלומר, חלק מהאנרגיה הזמינה של הדלק מתפספסת ויכולה להיפלט רק כחום לסביבה.

מדוע בכל זאת אפשר לנצל את החום השירי לעבודה?

שתי סיבות:

1. במנועי בעירה עם יחס דחיסה והתפשטות שווים חלק מפעימת העבודה נקטע.
2. ישנם תהליכים אינם הפיכים פנימית (חיכוך, צמיגות).

סוגי ניצול חום שיורי

התפשטות אדיאבטית

גידוש טורבו, גידוש היברידי, טורבינת עזר (Turbo-compound)

מחזור חום תחתי

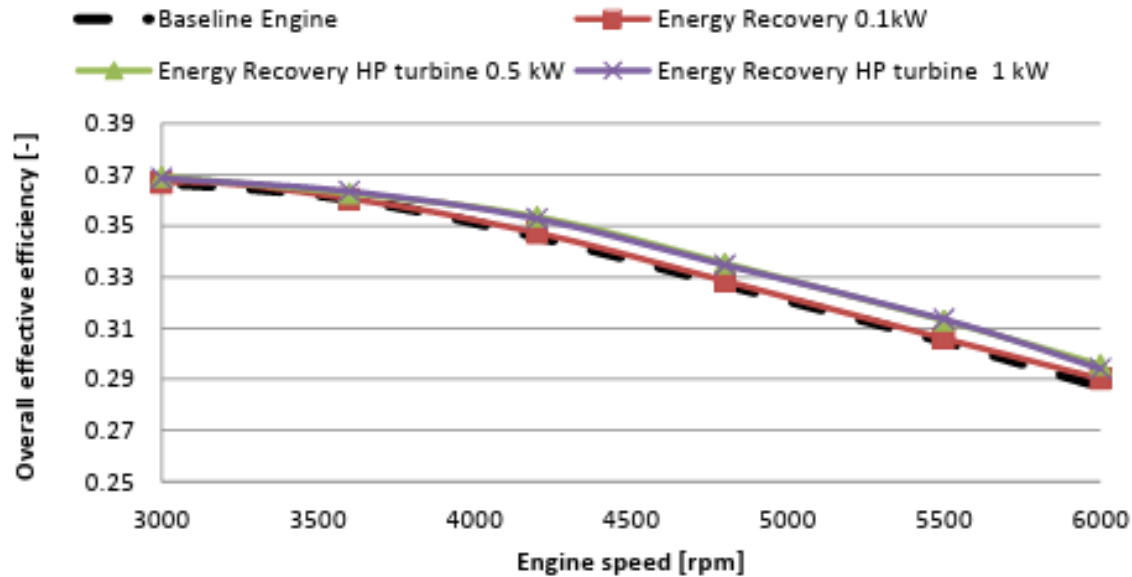
מחזור רנקין, מנוע סטירלינג

מחזור תרמוכימי

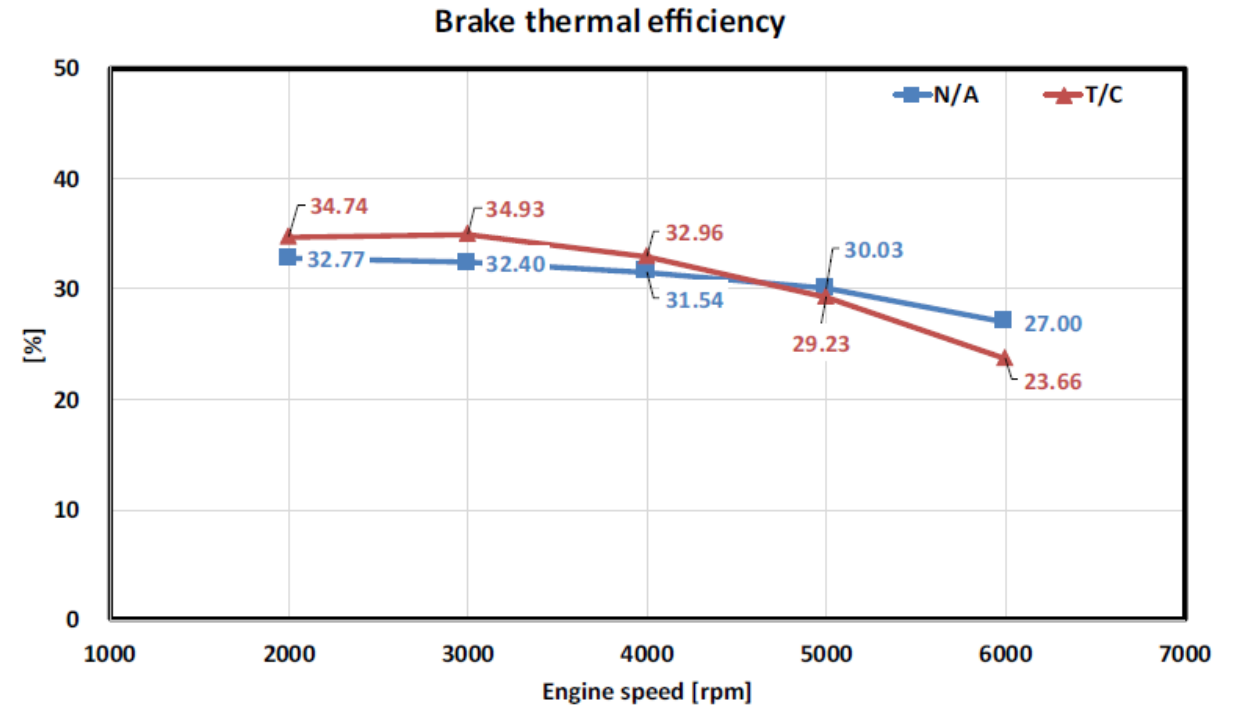
רפורמינג לדלק ראשוני, ספיחה ושחרור של חמצן

התפשטות אדיאבטית

גידוש טורבו



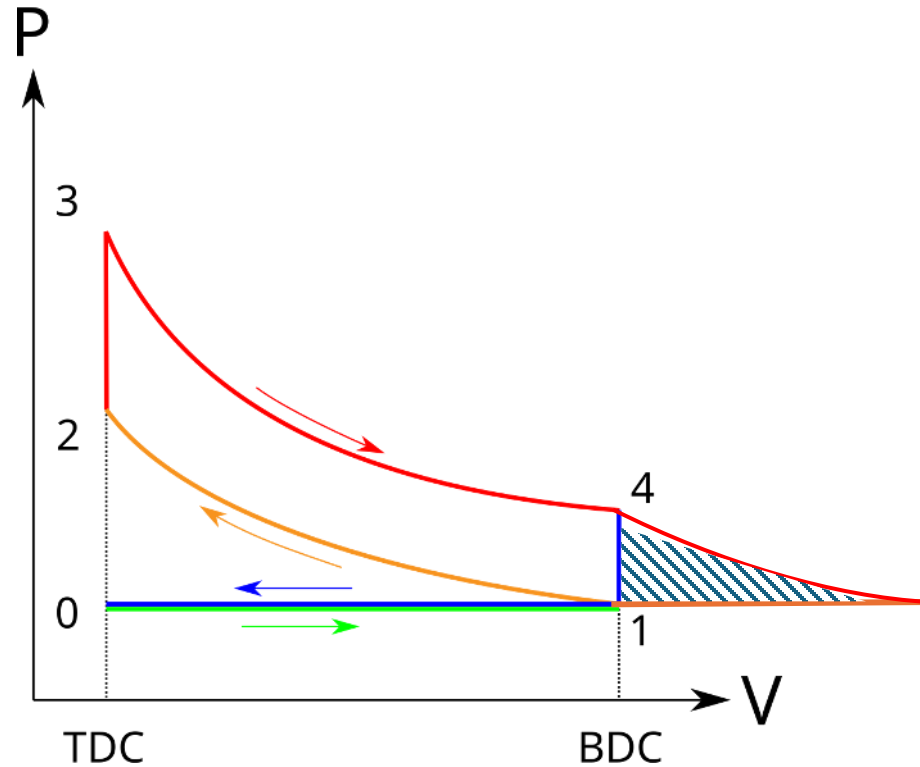
Dobre, Alin-Gabriel. "A study on engine efficiency and performance improvements through hybrid turbocharging assisting." (2014).



Lee, Jeongwoo, et al. "Effect of turbocharger on performance and thermal efficiency of hydrogen-fueled spark ignition engine." *International journal of hydrogen energy* 44.8 (2019): 4350-4360.

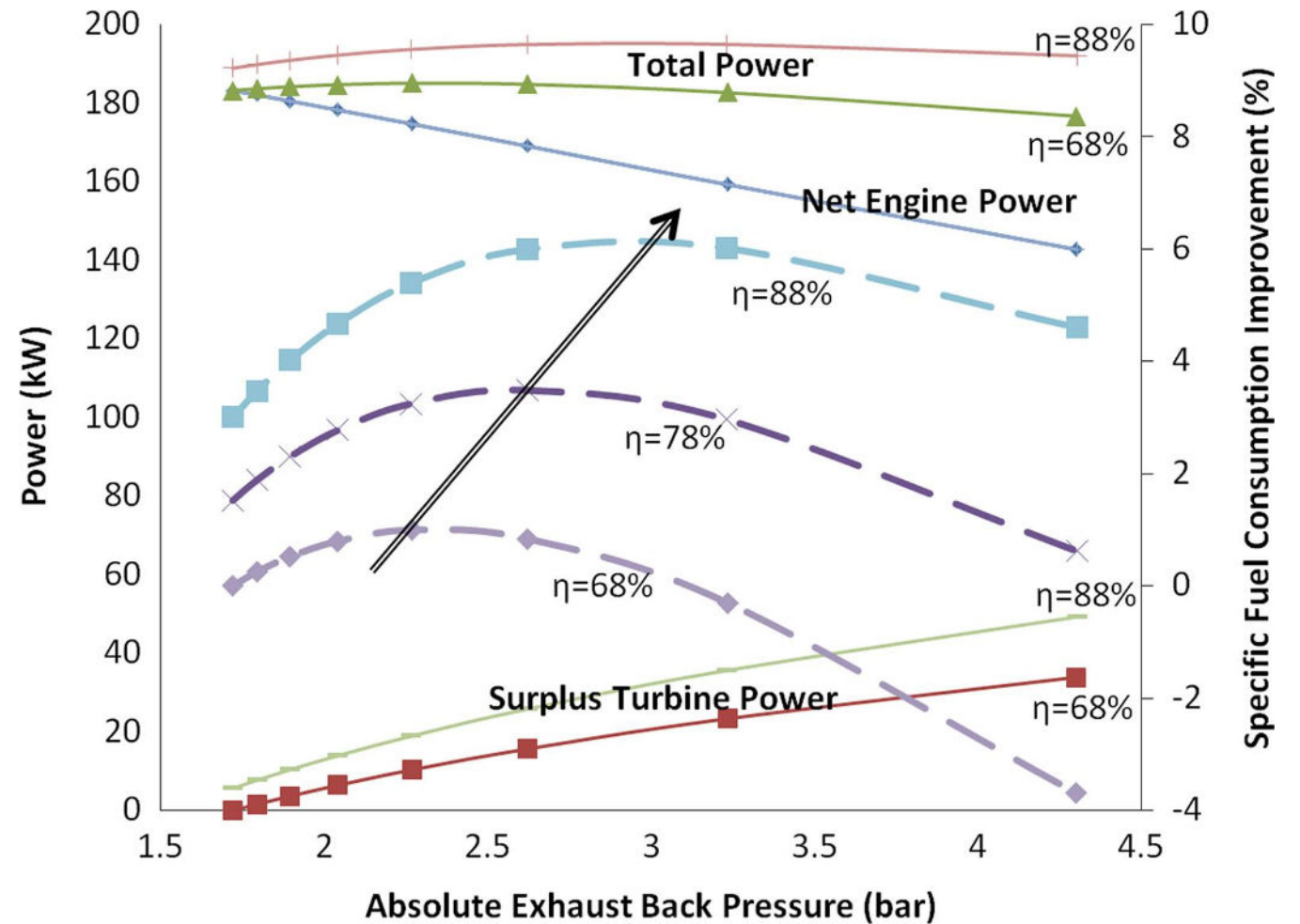
התפשטות אדיאבטית

מחזור אטקינסון



By Luc1992 - Own work, CC BY-SA 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=41130463>

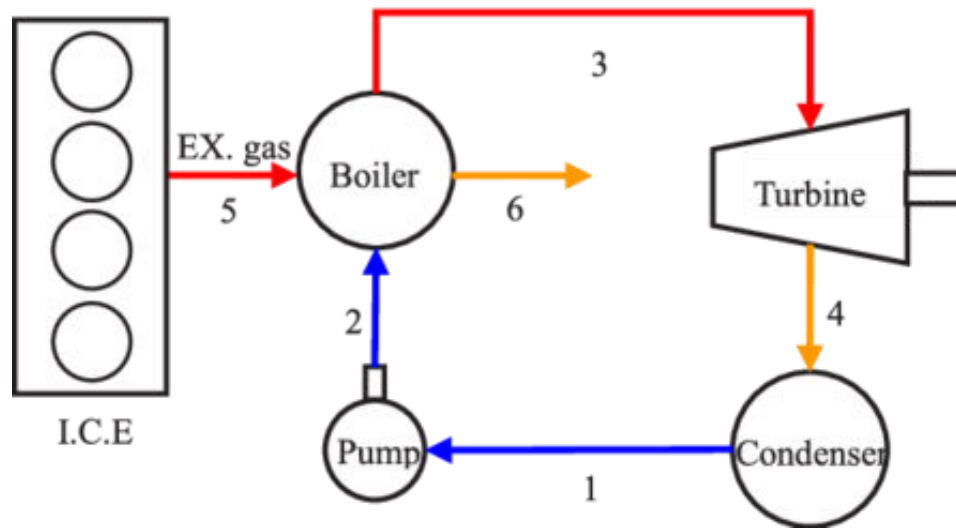
טורבינת עזר (Turbo-Compound)



Aghaali, Habib, and Hans-Erik Ångström. "A review of turbocompounding as a waste heat recovery system for internal combustion engines." *Renewable and sustainable energy reviews* 49 (2015): 813-824.

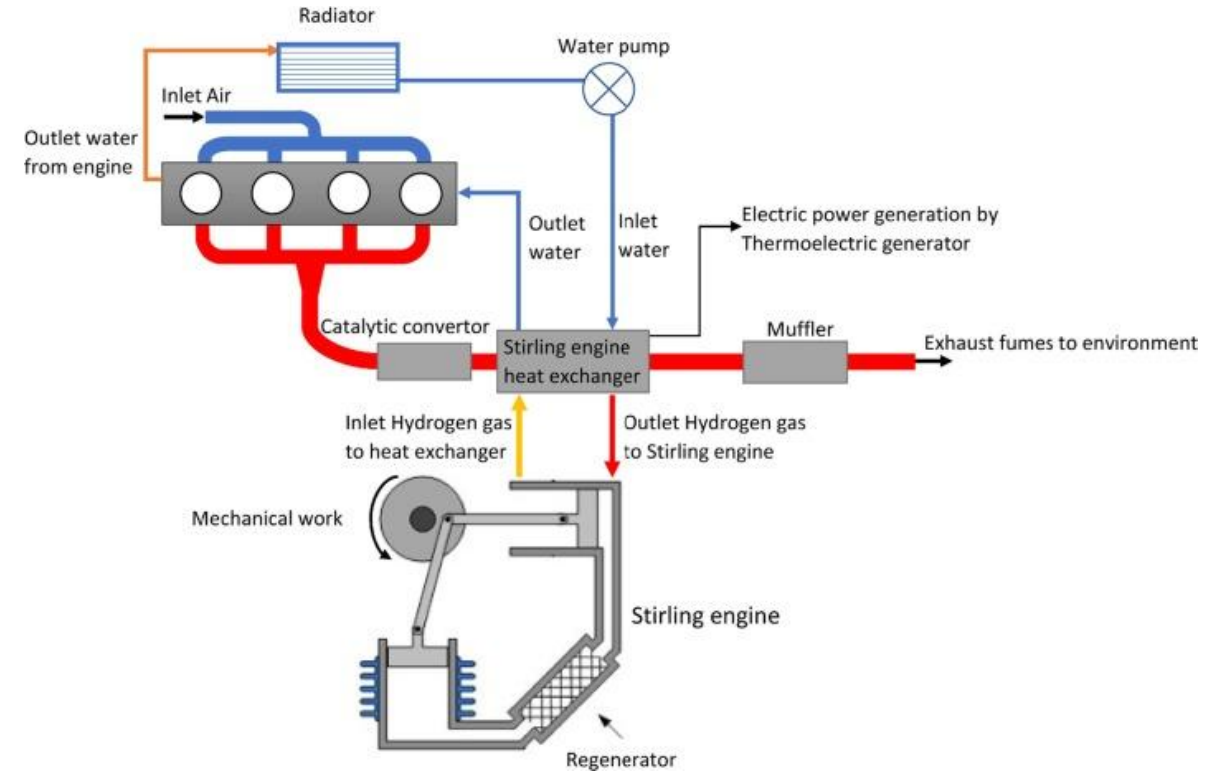
מחזור חום תחתי

רנקין



Liu, J.P., Fu, Jianqin, Ren, C.Q., Wang, Linjun, Xu, Zhengxin, Deng, B.L., 2013, Comparison and analysis of engine exhaust gas energy recovery potential through various bottom cycles, Applied Thermal Engineering

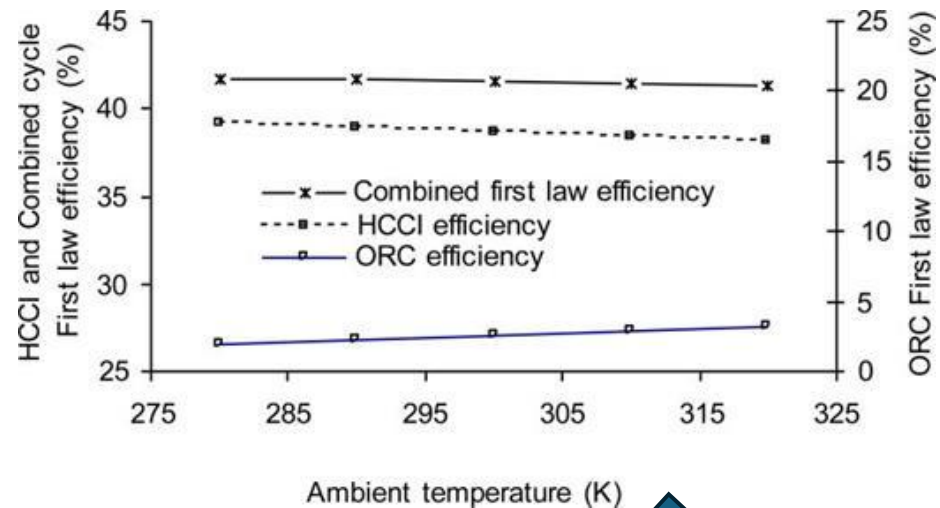
סטירלינג



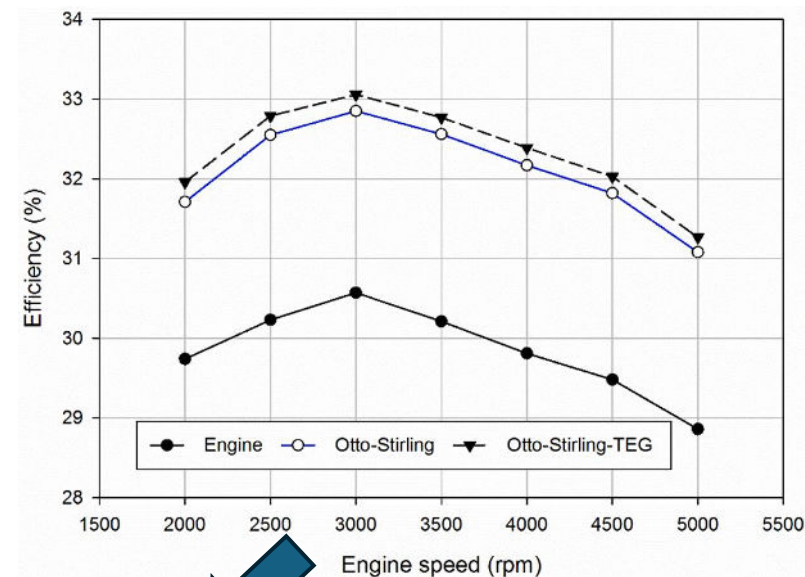
Sadegh Hasanpour Omam, Exhaust waste energy recovery using Otto-ATEG-Stirling engine combined cycle, Applied Thermal Engineering, 2021.

מחזור חום תחתי

רנקין

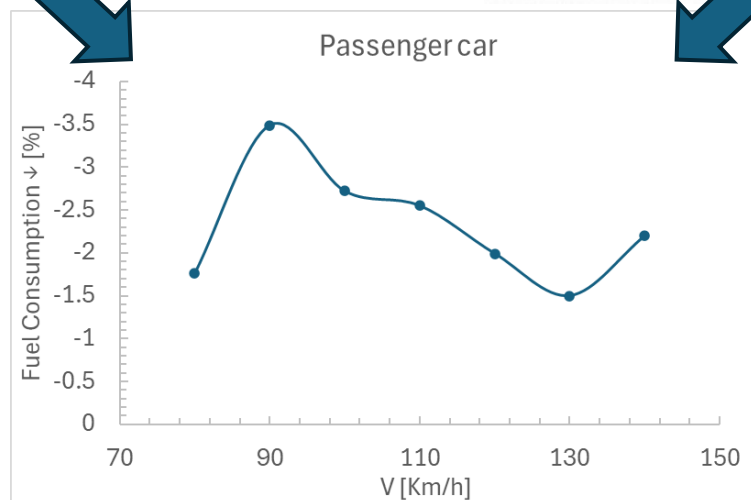


סטירלינג

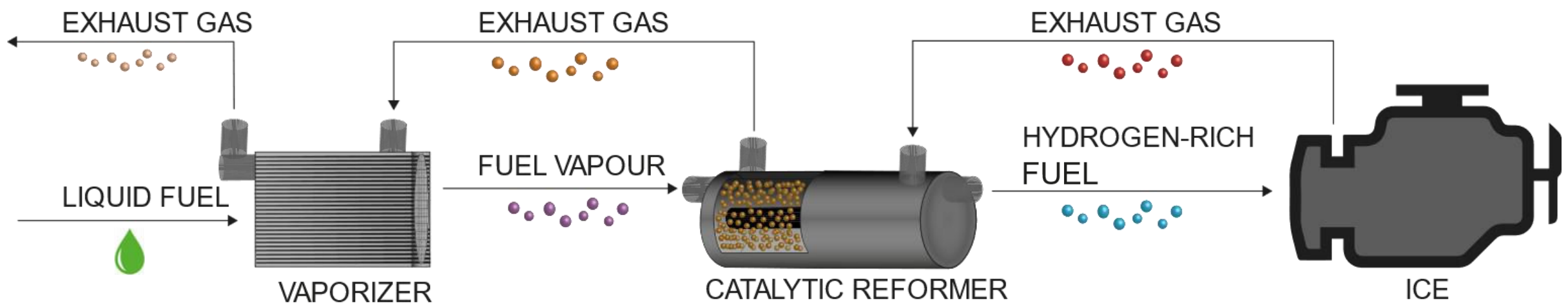


Omam, Sadegh Hasanpour. "Exhaust waste energy recovery using Otto-ATEG-Stirling engine combined cycle." *Applied Thermal Engineering* 183 (2021): 116210.

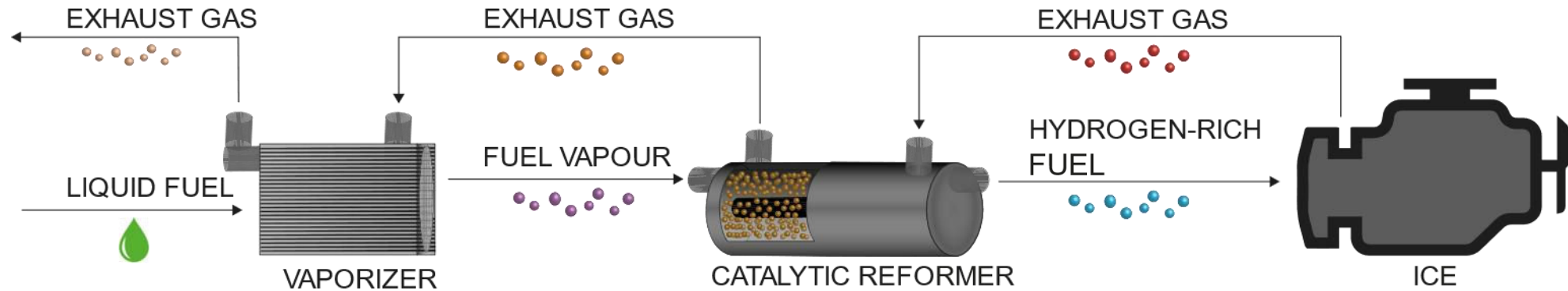
Punov, Plamen, et al. "Impact of Rankine cycle WHR on passenger car engine fuel consumption under various operating conditions." *ECOS* (2015).



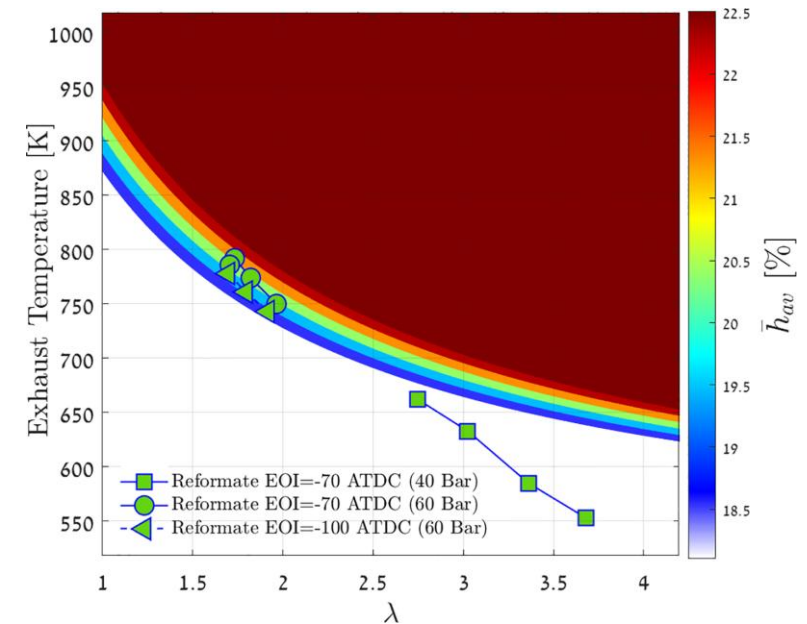
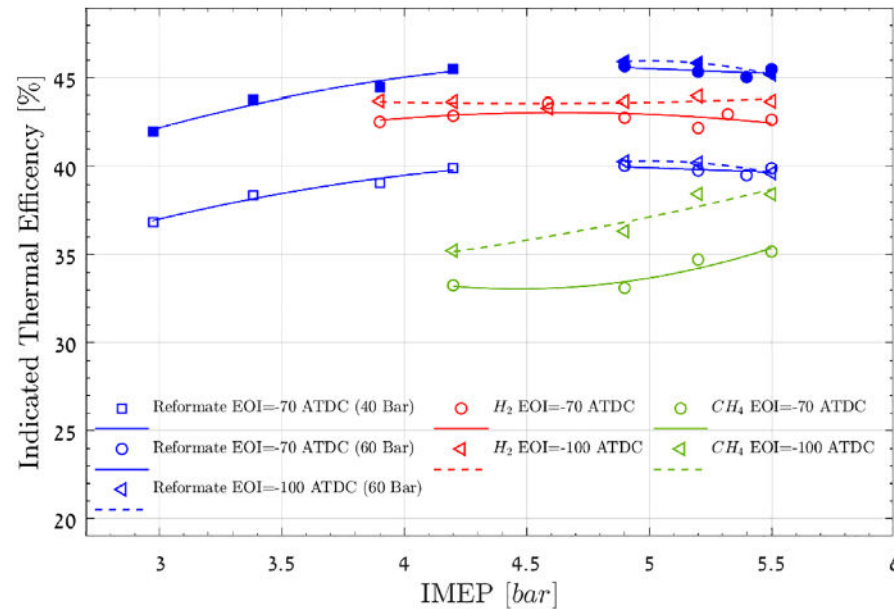
מחזור תרמוכימי



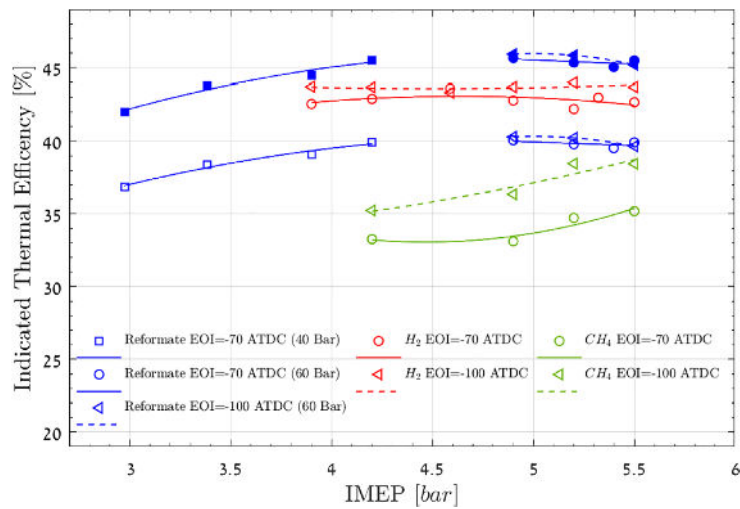
מחזור תרמוכימי



Thawko, Eyal, and Tartakovsky.
 "Experimental comparison of performance and emissions of a direct-injection engine fed with alternative gaseous fuels." *Energy Conversion and Management* 251 (2022): 114988.



מחזור תרמוכימי



Engine, **37% efficiency**

W = 9.25 MJ

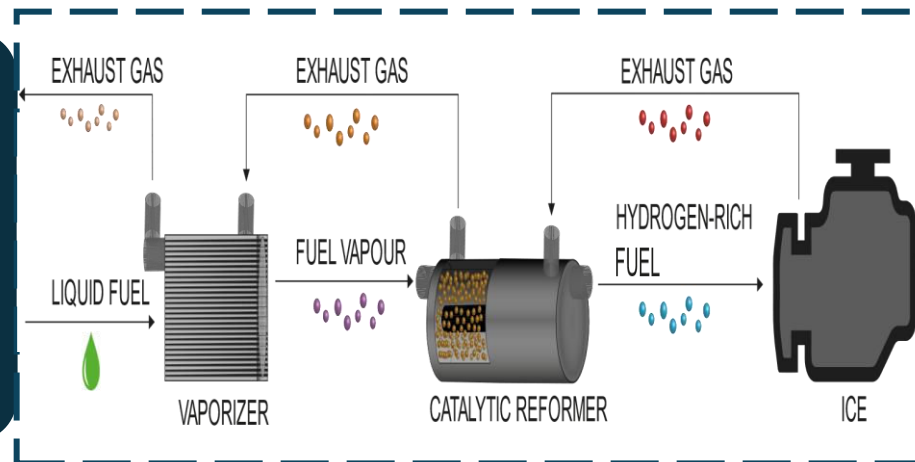
Methane
(CH₄)

LHV: 50 MJ/kg
0.5 kg Methane
for 1 kg
Methanol

-> **LHV = 25 MJ**

**100%
Conversion**

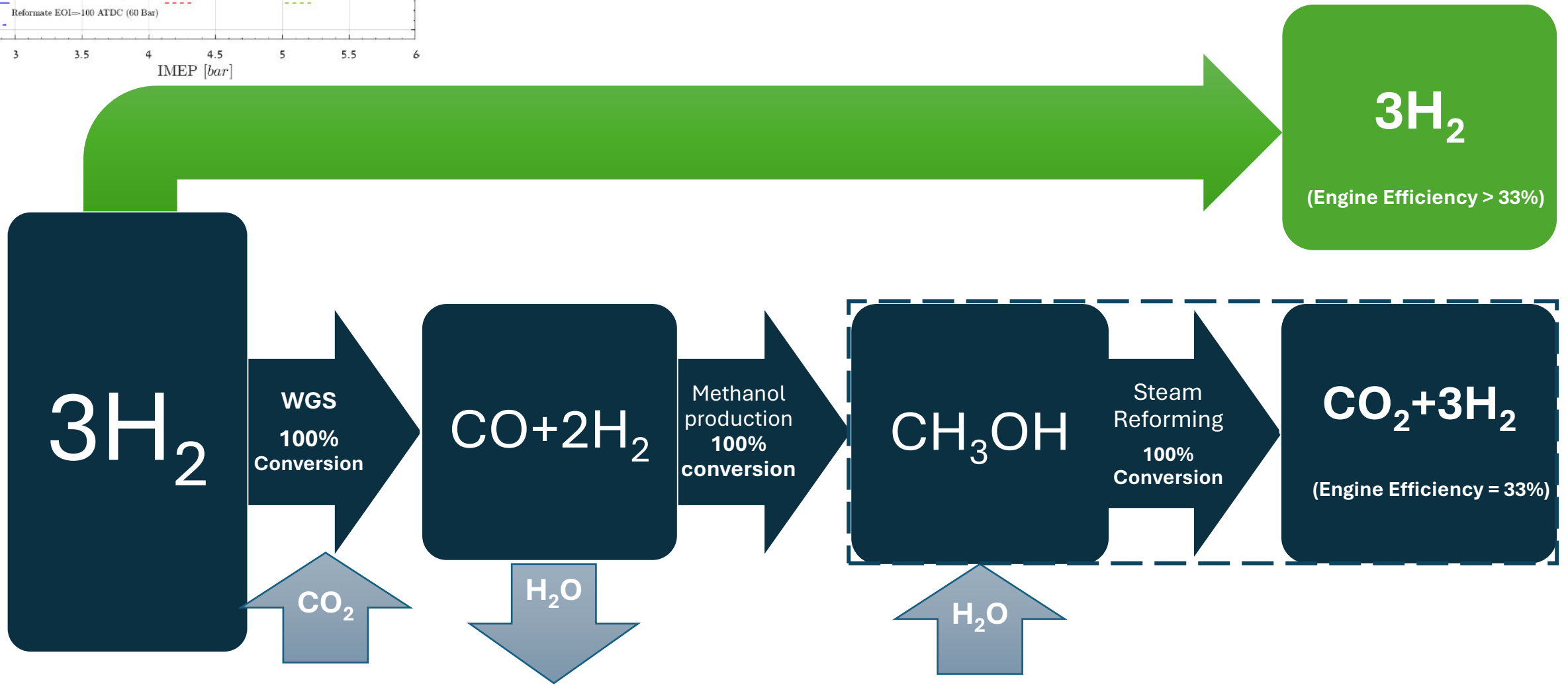
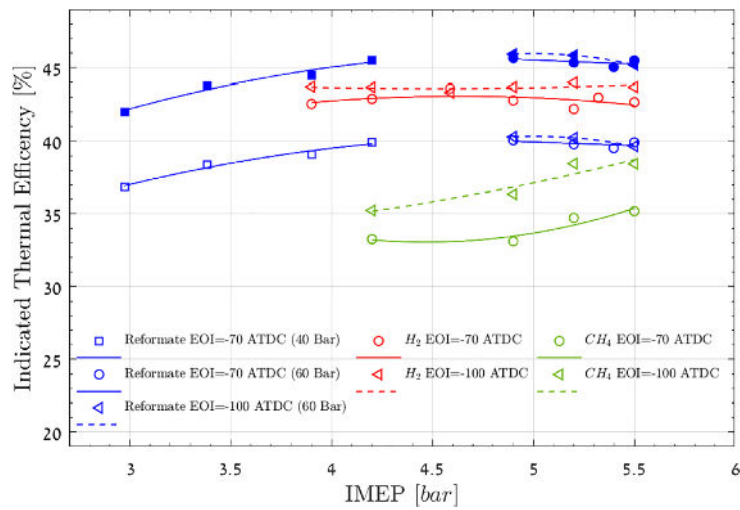
Methanol, 1 kg
(CH₃OH)
LHV: 20 MJ



On-Board

W = 9.2 MJ
Efficiency = 46%
+25% improvement?

מְחִזּוֹר תַּרְמוּכִימִי



ניצול חום שיורי - סיכום

התפשטות אדיאבטית

גידוש טורבו, גידוש היברידי, טורבינת עזר (Turbo-compound)

- יתרונות: פשוט, מעלה הספק סגולי (קטן ממדים).
- חסרונות: העלאה מאוד נמוכה של נצילות, מייקר ודורש תחזוקה.

מחזור חום תחתי

מחזור רנקין, מנוע סטירלינג

- יתרונות: ניצול גבוה של חום שיורי.
- חסרונות: גדול ממדים, מסובך הנדסית.

מחזור תרמוכימי

רפורמינג לדלק ראשוני, ספיחה ושחרור של חמצן

- יתרונות: מאפשר שריפה של מימן ללא אגירה.
- חסרונות: מסובך ויקר, אינו מאפשר עבודה במשטר דינמי, מתאפשר בדלקים מתחדשים בעיקר, העלאה נמוכה (אם בכלל) של נצילות כוללת.