



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék

Energiaátalakítási folyamatok projektfeladat

LNG-s uszály, hőforrás-hőnyelő az uszály motorjának hulladékhője (hogyan vesszük le, kipufogó vagy hűtővíz?) és az LNG elgőzölögtető a hideg oldalon. Munkaközeg, teljesítmény, hatásfok? Játszhatunk az uszály, méretével is, honnan éri meg? ORC-re



Készítette:

Selymes Gábor Dániel
Szabó Ádám Zsombor

Neptun-kód:

CE58U0
QLZ4RP



Tartalom

1	Bevezetés.....	2
2	A folyami hajók felépítése, ismertetése, csoportosítása.....	2
2.1	Áruszállító hajók és úszóegységek és az azokat mozgó hajók.....	3
3	Uszályok bemutatása.....	4
3.1	Elsava:	4
3.2	Mohács tolóhajó:	5
4	LNG-ről röviden.....	5
5	LNG hidegenergiájának visszanyerése hajókon	6
6	Rankine körfolyamat	7
7	Teherszállító hajóra végzett elméleti számítás	8
7.1	ORC körfolyamat számítás.....	8
7.1.1	Hűtőkörfolyamat, difluor-metán.....	9
7.1.2	Meleg oldal, pentán	10
8	Összefoglalás.....	12



1 Bevezetés

A projektfeladatban célunk, hogy egy LNG üzemű uszály hulladékhőjét hasznosítsuk, ORC-vel majd az így nyert energiát el tudjuk használni az áruszállító eszközön.

Első lépéskén bemutatjuk a folyami hajózásban milyen típusú áruszállító hajók léteznek, majd részletesen megnézzük milyen uszályok vannak jelenleg forgalomban, ezek közül egyet kiválasztva fogjuk elkészíteni a projektet, hogy mégis az ORC körfolyamattal mennyi villamos energiát tudunk kinyerni, és ez mire lehet elég. Az Európai Unióban jelenleg 5 darab LNG-s teherszállító hajó járja a vízi utakat, ennek a száma a későbbiekben mindenféleképpen emelkedni fog, és így egyre kevesebb környezet szennyező teherszállító hajó fogja járni Európa és a világ vízi útjait.

Ezek után részletesen bemutatjuk az LNG mégis micsoda és hogyan működik, hol alkalmazzák a hajózásban, és lesz-e a jövőben szerepe. Ezt követően a hulladékhő felhasználásának a lehetőségét fogjuk megvizsgálni, az így nyert energiát mire tudjuk felhasználni a vízi hajózás során.

2 A folyami hajók felépítése, ismertetése, csoportosítása

Az európai vízi utakon közlekedő flottát nagy típusú hajótípusok jellemzik. A két fő hajótípus, amelyet méretben és specifikációban használnak, az önjáró motoros teherhajó (MV) és a tolóegység ([PU], amely egy vontató- vagy tolóhajóból és nem motoros bárkából/uszályból áll). Különbözőképpen csoportosíthatók, amely a meghajtási technológia és a szállított áruk fajtái és formái alapján történik.

A tolóegységű hajók méreteit európai szinten, a folyami utak paramétereit alapján maximalizálták egypályás kétrészes tolóegységre paramétereit: hossz: 185 m, szélesség: 11,40 m, merülés: 2,80 m, úrtartalom kb. 3600 t. Viszont ez folyami szakaszonként változó. A modern toló/vontatóhajók motorteljesítménye (1,99 kW (2600 LE)), ami akár a navigációs és technikai felszerelésüket figyelembe véve akár három „Európa” uszályt/bárkát szállíthatóvá tesz, kapacitása akár 10 000 t.



2.1 Áruszállító hajók és úszóegységek és az azokat mozgató hajók

a) önjáró áruszállító motorhajók

- száraz darab- illetve ömlesztettáru szállító motorhajó

Saját főmotorral, kormányképesseggel és személyzettel rendelkező áruszállító hajó. Száraz darab- illetve ömlesztettáru (pl. repce, sóder, kocsz, idomvas, konténer, stb.) szállítására alkalmas.

pl.: *CICA, NORDENWIND, REGNITZ*

- folyékonyáru szállító motorhajó (tartályhajó)

Saját főmotorral, kormányképesseggel és személyzettel rendelkező áruszállító hajó, folyékonyáru (pl. nyersolaj, gázolaj, vegyianyag stb.) szállítására alkalmas. Mellévetten továbbíthat bárkákat, uszályokat, más önjárókat, de tolóbakkkal is ellátható.

pl.: *EILTANK 83, RAMSAU, MARIA LOUISE*

- Ro-Ro motorhajó

Saját főmotorral, kormányképesseggel és személyzettel rendelkező áruszállító hajó, mely közúti gépjárművek (kamionok, teherautók, buszok, személyautók, mezőgazdasági járművek, stb.) szállítására alkalmas.

pl.: *HEILBRONN, KELHEIM, HAN TERVEL*

- tengerjáró motorhajó

Saját főmotorral, kormányképesseggel és személyzettel rendelkező áruszállító hajó, mely tengeri áruszállításra alkalmas. A Dunán kétféle tengerjáró kategóriáról beszélünk: 1. már üzemelő tengerjárók, ezek a tengerről a Dunára hajózva kizárólag a délebbi dunai kikötőket célozzák meg; 2. még nem üzemkész tengerjárók, ezek a hajógyár és a tenger között kizárólag völgymenetben saját géperejüket használva leúsztatott egységek, melyek tulajdonképpen csak ideiglenesen tekinthetők folyami motorhajónak, míg el nem érik "életterüket".

pl.: *HAVI OCEAN, JEVENAU, NIKLAS*

b) nem önjáró áruszállító egységek

- uszály

Szárazáru, illetve folyékonyáru (tankuszály) szállítására alkalmas úszóeszköz, meghajtással nem rendelkezik. Általában vontatóhajó továbbítja (vontatott kötelék, hajóvonta). Rendelkezik saját személyzettel és kormányal. Utóbbi azért fontos, hogy megfelelően lekövethesse az élén haladó vontató ívét.



Az "uszály" kifejezést a köznyelvben gyakran használják minden önjáró áruszállító hajóra, ez azonban téves és hibás.

- tolt bárka

Szárazáru, illetve folyékonyáru szállítására alkalmas úszóeszköz, meghajtással nem rendelkezik. Abban különbözik az uszálytól, hogy kormányképessége, személyzete sincs, mivel általában tolóhajó továbbítja (tolt kötelék), így a mereven összekapcsolt bárkák a tolóval együtt mozognak, s az egész rendszer szabadon bejárható. A bárka lényegében csak egy nagy buta vas. Pozíciófényeknek és horgony csórlójának működtetéséhez is a "gazdahajóról" kapja a feszültséget.

c) toló-és vonató hajók

- tolóhajó

Nagy géperőjű motorhajó, feladata áruszállító bárkák (vagy tolóbakkal ellátott uszályok) kötelékének tolással történő hosszújáratú továbbítása.

pl.: *MOHÁCS, NOVOSIBIRSK, MERCUR 303*

- vontatóhajó

Nagy géperőjű motorhajó, elsődleges feladata áruszállító uszályok (vagy biztosított kormányképességű bárkák) kötelékének vontatással történő hosszújáratú továbbítása.

Ez a továbbítási forma a tolóhajózás elterjedésével megszűnt a Dunán.

pl.: *TATABÁNYA, ZAGORJE, DRAGASAN*

- kikötői rendezőhajó (boxer)

Kis méretű és gépteljesítményű toló- és/vagy vontató motorhajó, feladata a toló- illetve vontatóhajók által továbbított uszályok/bárkák kikötő területén belüli rendezése, illetve egyesével/kettesével történő mozgatása pl. a kikötőből és a nyílt vízi horgonyzóhely között.

pl.: *RENDEZŐ I, SAJÓ, MODRICA*

3 Uszályok bemutatása

Magyarországon üzemben lévő két uszályt mutatunk be, két különböző méretű hajóról van szó, ezek közül fogunk választani, hogy melyiknél valósítjuk meg a körfolyamatot.

3.1 Elsava:

Ez az uszály 105 méter hosszú, legnagyobb szélessége 9,5 méter, maximális merülése pedig 2,5 méter.



Három raktár található, összesen 2089 köbméteres űrtartalommal, 1600 tonna terhelhetőséggel ez körülbelül 66 darab nyerges vontatós kamionnak felel meg. A hajó irányba jutásáért pedig a 800 lóerős csúcsteljesítményű hathengeres Deutz 1963-as évjáratú dízelmotor felel.

3.2 Mohács tolóhajó:

A tolóhajóban 3 darab Skoda motor üzemel, melyek együtt 2100 lóerősek. Üzem óránként 300 liter gázolajat fogyasztanak, a tolóhajó két oldalán végig futó tartályokba összesen 100 ezer liter gázolaj fér. Ez pont az a mennyiség amennyit elfogyaszt a 610 tonna önsúlyú Mohács tolóhajó egy Budapest-Constanta-Budapest útvonalon, mely körülbelül 3.000 km. Árutól függően bárkánként 1600-1800 tonnát képes fuvarozni, vagyis egy fuvarban 10 ezer tonnánál többet elszállít a hétfős legénység irányította hajó. Összehasonlítás képen egy kamion 20-30 tonnát képes fuvarozni, vagyis az uszály egyedül 400-500 kamionnyi áru szállítására képes.

Arra az elhatározásra jutottunk, hogy a Mohács tolóhajót fogjuk alapul venni a projektünkben, így ennél a hajónál vesszük a motor teljesítményt és az egyéb szükséges adatokat, mint például fogyasztás és sebesség.

4 LNG-ről röviden

A cseppfolyósított földgáz (LNG) egy tisztaégésű üzemanyag, amit a földgázból vagy biogázból nyernek ki. Az LNG gyakorlatilag egy kriogén (rendkívül alacsony hőmérsékletű) folyadék, amit a földgáz $-161,48^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletűre - vagy még annál is hidegebbre - történő lehűtésével állítanak elő. Az LNG többnyire metánt (CH_4) tartalmaz.

Egy kilogramm LNG 50 Megajoule (MJ) energiát tartalmaz, ami 40%-kal több mint ami egy liter dízelben van (kb. 36 MJ/l) vagy 23%-kal több, mint amit egy kilogramm a hajóknak használt - nehéz fűtőolaj (40 MJ/kg) tartalmaz. Az égésből származó közvetlen üvegházhatású gáz kibocsátása 23%-kal alacsonyabb, mint a dízelüzemanyagé.

A tengeri hajózás az LNG üzemanyagként való felhasználásának egyik legfontosabb lehetséges hasznosítási alternatívája. Jelenleg mintegy 230 LNG szállító és 125 gázüzemű tengeri hajó létezik világszerte, valamint ahogy a bevezetésben is írtuk öt LNG uszály az EU-ban is jelen van.

A világon a teljes hajózási flotta az összesen több mint, 50 000 hajó, várhatóan 2040-re több mint 56 000 hajóra növekedik ez a szám. A konténerhajók a legdinamikusabban fejlődő kategória, amelyeknek egyben a legmagasabb fajlagos üzemanyag-fogyasztásuk az összes



hajóosztály közül. Így ebben a szegmensben érné meg leginkább áttérni az LNG-s üzemanyag fogyasztású konténerhajók alkalmazására.

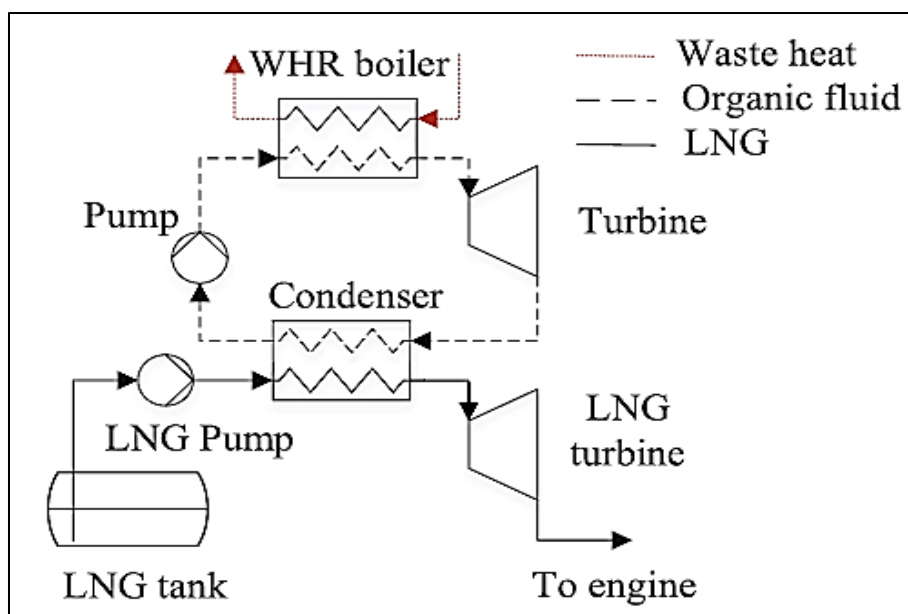
5 LNG hidegenergiájának visszanyerése hajókon

Több kutatás foglalkozott már a cseppfolyósított földgáz hidegenergia-visszanyerésének, hajók fedélzetén történő lehetséges felhasználásáról. A hajók fedélzetén az LNG-tüzelőanyagot kriogén körülmények között tárolják, -165 C és -138 C közötti hőmérsékleten. Az LNG-t a motorba történő befecskendezése előtt, azonban mindenképpen elő kell melegíteni. A hidegenergiából visszakapott energiát több lehetőségre is felhasználható, legáltalánosabb a villamos energiatermelés. Egyes tanulmányok szerint alkalmas energiaforrás lehet tengervíz sótalanításához. A hulladékhő visszanyeréséhez különböző ORC konfigurációkkal lehetségesek (kettős hurkú, két kondenzációs szinttel rendelkező), folyamatos kutatás zajlik, a leghatékonyabb energiahasznosító rendszer, munkaközeg megtalálásáért.

Az LNG-vel üzemelő hajók fedélzetén két fő motortípus létezik: kettős üzemű motorok és csak gázüzemű motorok. A kettős üzemű motorok mind az Otto, mind a Diesel ciklus szerint működtethetők. Az első esetben az LNG-t alacsony nyomáson (4-5 bar) injektálják, és a gyújtást kis mennyiségű kísérleti üzemanyag befecskendezésével érik el, amely a Diesel-ciklust követően meggyullad. Az ezen elv szerint működő motorok képesek megfelelni a kibocsájtási szabályoknak, de a metáncsúszási jelenség hatással van rájuk, vagyis kis mennyiségű metán / LNG megkerüli az égési folyamatot, és közvetlenül a kipufogógázban kiutasítva. Ezt a motortípust általában a tengerjáró hajók fedélzetén szerelik fel.

Az LNG kettős üzemanyagú dízelmotorokhoz nagy nyomáson (300 bar) kell LNG-t injektálni, és csökkentési technológiákat kell alkalmazni az NO_x -kibocsájtási szint eléréséhez. Mindazonáltal magasabb hatékonysággal és a metáncsúszás jelenségének kiküszöbölésével jellemezhetők. Végül a tiszta gázzal működő motorokat az Otto-ciklus szerint működtetik, és a gyújtást szikrával érik el. Ebben az esetben is az LNG-befecskendezés alacsony nyomáson történik.

A következő 1. ábrán a hajók fedélzetén az LNG hidegenergiájához használt ORC konfiguráció vázolata. Az ORC egység hőforrása a fő motor kipufogógázai, ezen kívül lehetséges hőforrások lehetnek a köpeny hűtővize/tengervize, HVAC-hűtéséhez használt köztes víz-glikol rendszer.



1. ábra: A hajók fedélzetén az LNG hidegenergiájához használt ORC konfiguráció vázlata

Megfelelő munkaközeg kiválasztása képviseli az ORC egység egyik legfontosabb tervezési szempontját. E. Baldasso és mtsai. kutatásai alapján, a maximális teljesítményt akkor kapjuk meg, ha a butánt választjuk a glikol-víz és a tengervíz, az izo-pentánt a köpenyvízhez és n-pentánt a kipufogógázok munkafolyadékjának.

6 Rankine körfolyamat

A Rankine körfolyamat ciklikusan ismétlődő termodinamikai állapotváltozások sorozata, miközben a rendszerrel közölt hő egy része mechanikus munkává alakul. A körfolyamat során a melegített víz fázisátalakulásokon megy át folyékony fázisból víz-gőz keverékbe, majd telített gőzből száraz, túlhevített gőzfázisba. Az expandáló gőz ezután munkát végez a környezetén, majd maradék entalpiáját leadva kondenzálódik és visszatér a kezdeti állapotába.

Ennek a körfolyamatnak egy speciálisabb változata a Szerves Rankine körfolyamat, amely, alkalmas alacsony hőmérsékleten rendelkezésre álló hőt hasznosítani villamosenergiatermelésre. Annak, hogy egy ORC viszonylag magas hatásfok mellett tudjon üzemelni előfeltétele az optimális munkaközeg megtalálása, a kishőmérsékletű hőforrás hasznosítása céljából olyan közeget érdemes alkalmazni, melynek forráspontja alacsonyabb a vízénél.

A munkaközégeket csoportosíthatjuk, nedves, száraz, izentropikus közegek szerint, viszont meg kell említeni, hogy jelenlegi tudomásunk szerint az izentropikus eset nem megvalósítható. Nedvesítő munkaközeg alkalmazása mellett, ha az expanziót telített gőz állapotból indítjuk,



akkor a folyamat végpontja mindenképpen a kétfázisú, nedves régióba esik. Az ebben az esetben megjelenő cseppek az expander/turbinát fékezve csökkenthetik a körfolyamat hatásfokát, illetve idővel az expander meghibásodását okozhatják (csepperózió).

Szárító közeg alkalmazásával az expanziót telített gőz állapotból indítva a végpont mindenképpen az alacsony hőmérsékletű túlhevített száraz gőz állapotba esik. Itt a kondenzáció előtt a maradék hőt el kell távolítani a munkaközegből

7 Teherszállító hajóra végzett elméleti számítás

A projektünkben egy teher-szállító hajónak szeretnénk a veszteségheiből villamosenergiát termelni, ezt két helyen tudjuk megtenni a kipufogógáznál és a hűtővíznél. Ezt a hőforrást fogjuk alkalmazni, és erre készítünk Szerves Rankine körfolyamatot. **A két választott** munkaközeg a hűtőkörfolyamatnál az R-32 (Difluormetán) a kipufogógáznál pedig a Pentánt alkalmaztuk.

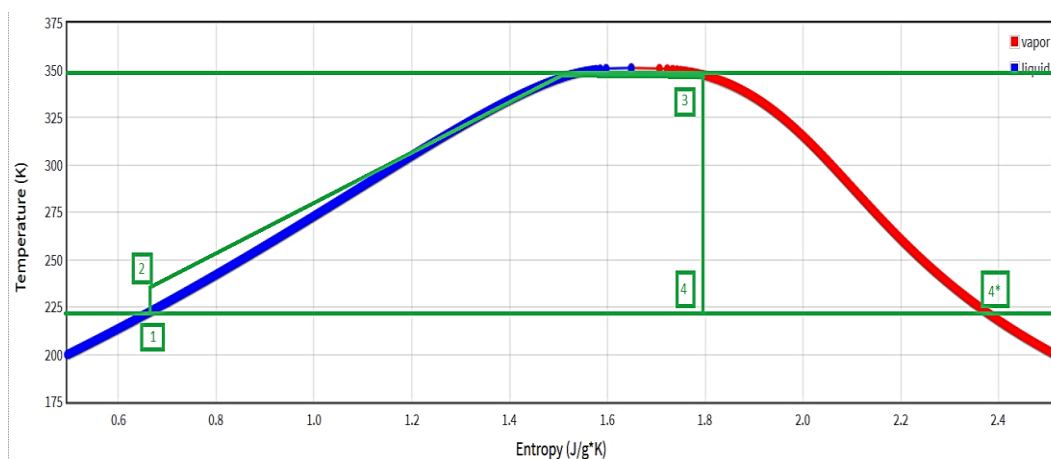
A hűtőkörfolyamatnál a hideg oldal az LNG tartályból érkező üzemanyag a meleg oldal pedig a motor hűtővize. A másik körfolyamatnál, pedig a hideg oldal a hajót körülvevő víz átlagosan a folyóvízen 10°C , még meleg oldalnak a kipufogógázt használtuk. Így ezzel a két körfolyamattal fogunk elektromos energiát termelni, a számítások után pedig megvizsgáljuk a megtermelt energia mire lehet elég.

7.1 ORC körfolyamat számítás

A hidegenergia visszanyerés a hűtőfolyadék kör sematikus ábrázolása a 2. ábrán látható. Ebben az esetben az ORC hideg oldala maga a tankból érkező LNG, a meleg oldal pedig köpenyvíz melynek hőmérséklete $71\text{-}85^{\circ}\text{C}$ között alakul. Mint már említettük a hajók fedélzetén az LNG-tüzelőanyagot kriogén körülmények között tárolják, -165 C és -138 C közötti hőmérsékleten. Az LNG-t a motorba történő befecskendezése előtt, azonban mindenképpen elő kell melegíteni. Mi -50°C -nál határoztuk meg a bemeneti hőmérsékletet.

A kiválasztott munkaközeg a difluor-metán lett, Mivel színtelen, szagtalan gáz. vegyileg közömbös, nem gyúlékony, nem mérgező, forráspontja: $-29,8^{\circ}\text{C}$.

7.1.1 Hűtőkörfolyamat, difluor-metán



2. ábra: A difluor-metán munkaközegű ORC T-S diagramja

1. táblázat: Adatok

pont	T (K)	P (MPa)	S (J/g*K)	H (kJ/kg)
1	223	0,195	0,667	117,0324
2	224,55	5,631	0,667	121,689
3	350	5,631	1,7496	449,1285
4	223	0,195	1,7496	359,19
4*	223	0,195	2,372	497,2169

Folyadék-és gőztartalom számítása:

x: gőz

1-x: folyadék

$$x \cdot S(4^*) + (1 - x) \cdot S(1) = S(4)$$

$$x = 0,6346$$



$$H(4) = x \cdot H(4^*) + (1 - x) \cdot H(1)$$

$$H(4) = 359,19$$

$$h(be) = h_3 - h_2 = 449,1285 - 121,689 = 327,4395$$

$$h(el) = h_4 - h_1 = 359,19 - 117,0324 = 241,8876$$

$$h(\text{hasznos}) = 85,5519$$

$$\eta = \frac{85,5519}{327,4395} = 0,261275 = 26,1275 \%$$

$$\eta_{\text{Carnot}} = 1 - (220 \div 350) = 37,14$$

Szükségünk van az LNG tömegáramára, hogy a teljesítményt megállapítsuk, ezt a szállítóhajó fogyasztásából tudjuk kiszámolni. A tolóhajó, 3000 km-en 80.000 kg üzemanyagot fogyaszt el. Azaz 100 km-en a fogyasztása 2500 kg. Szükség van még átlagsebességre is, mi ezt 15 km/h-ban határoztuk meg. A tömegáram a kiszámítást követően: 375 kg/h, ami egyenlő 0,104166 kg/s.

- A teljesítményt pedig az alábbi módon számoltuk ki:

$$P = \dot{m} \cdot h_{hasznos} = 8,91 \text{ kW}$$

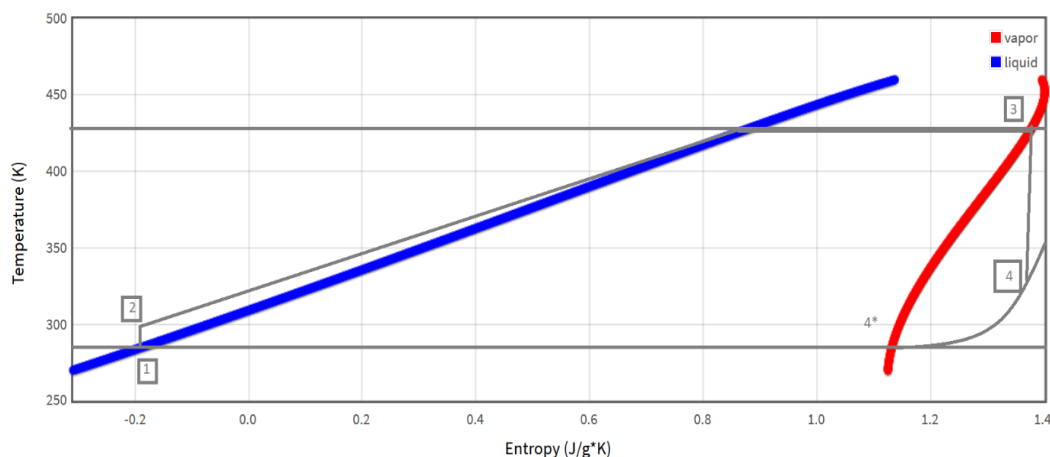
- Ezt követően pedig a hatásfokkal kiszámított eredmény:

$$2,33 \text{ kW}$$

7.1.2 Meleg oldal, pentán

A körfolyamat meleg oldala a kipufogógáz segítségével valósul meg. Ennek hőmérséklete E. Baldasso és mtsai. adatai alapján kb 210°C, mi ezt 150°C-ban maximalizáltuk.

Választott munkaközegünk a pentán volt, a választás alapja E. Baldasso és mtsai. kutatásait vettük alapul, ahol a mért eredmények ezt találták optimálisnak. A pentán egy alifás alkán, szintelen folyadék, forráspontja: 36,1 °C, fűtőértéke nagyobb propánénál. A hideg oldal hőmérséklete a környezet melyet 10°C-ra határoztuk meg.



3. ábra: A pentán munkaközegű ORC T-S diagramja

2. táblázat: Adatok

	T [K]	P [MPa]	S [J/g*K]	H [kJ/kg]
1	283,0667	0,0377	-0,2035	-60,3754
2	283,6	1,5885	-0,2035	-57,7729
3	423,0667	1,5885	1,3686	533,7346
4	325,2	0,0377	1,3686	389,2857
4*	283,0667	0,0377	1,1304	317,2468





$$h(be) = h_3 - h_2 = 533,7346 - (-57,7729) = 591,5075 \text{ kJ/kg}$$

$$h(el) = h_4 - h_1 = 389,2857 - (-60,3754) = 449,661 \text{ kJ/kg}$$

$$h(\text{hasznos}) = 141,8464 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta = \frac{141,8464}{591,5075} = 0,2398 = 23,98 \%$$

$$\eta_{\text{Carnot}} = (1 - (283 \div 423)) \cdot 100 \cong 33,1 \%$$

A kinyerhető teljesítmény meghatározásához több paraméter is szükséges. A motor teljesítménye: kb 1545 kW, ennek kb 1/3-a a kipufogórendszeren keresztül veszteségként távozik.

- tömegáram számítása:

kipufogó gáz elméleti hőmérséklete: 210 °C

$$c_{fg} = 1,25 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$\Delta T = 210 - 150 = 60^\circ\text{C}$$

$$\hat{m} = \frac{\hat{Q}}{c_{fg} \cdot \Delta T} = 6,86 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

- A közeg tömegárama:

$$c_{\text{közeg}} = 1,599 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$\Delta T_{\text{közeg}} = 150 - 10 = 140^\circ\text{C}$$

$$\hat{m}_{\text{közeg}} = 2,3 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

A tömegáramból és a hasznos entalpiakülönbségből számítható a teljesítmény:

$$P = \hat{m} \cdot h_{\text{hasznos}} = 326,25 \text{ kW}$$

23,98 % hatásfokot figyelembe véve 78,23 kW lesz a visszaforgatható teljesítmény a kilépő gázból, ami visszavezethető a rendszerbe.



8 Összefoglalás

Összességében azt mondhatjuk, hogy a körfolyamat által megtermelt villamos energia a hajón, több villamos berendezés ellátására is alkalmas. Viszont az általunk végzett elméleti számítások alapján látszik, hogy mindenképp szükséges a hatásfok növelése.

De mivel a hajózásban lényegében a legénység napokig, akár hetekig is a hajón tartózkodik, így olyan eszközök villamos energia ellátását is tudja biztosítani, mint a mikrohullámú sütő, hűtőgép, villanybojler, világítás. Az energia tárolás pedig akkumulátorokban megoldható, illetve akár egy villanymotor beépítésére is lehetőség lenne ezáltal kevesebb üzemanyag felhasználást eredményezne. Ezt a megoldást akkor érdemes alkalmazni, amikor gyorsítani kívánunk vagy elindulásokkor, amikor a motornak nagyobb teljesítményt kell adni a gyorsítás, vagy elindulás miatt.





Források:

- [1] <http://folyamhajo.hu/folyamhajozas/hajotipusok>
- [2] https://www.project-emma.eu/sites/default/files/EMMA_Act.%202.2.%20Report_final.pdf
- [3] <https://www.vezess.hu/magazin/2017/04/08/teherhajo-a-dunan-elsava/>
- [4] <https://hajozas.hu/magazin/itthon/ms-eljo-d-fluvius-kft-elet-egy-dunai-teherhajon- uszaly/>
- [5] <https://www.origo.hu/itthon/20080623-riport-a-mohacs-nevu-dunai-aruszallito- hajorol.html>
- [6] http://www.logsped.hu/Ing_mint_uzemanyag_hasznalata_szallitasban.htm
- [7] <http://en.hqhop.com/prdinfo.aspx?t=15&ContentId=41>
- [8] <https://raketa.hu/gazuzemu-hibridhajo-az-elektromos-autoknak>
- [9] <https://www.kongsberg.com/maritime/products/propulsors-and-propulsion-systems/Ing-propulsion/>
- [10] Nist Chemistry WebBook
- [11] Imre Attila: Energiaátalakítási folyamatok tantárgy, Termodinamikai alapok c. előadás. 2020/2021/2
- [12] http://www.vilaglex.hu/Kemia/Html/Difclme_.htm
- [13] http://www.vilaglex.hu/Kemia/Html/Pentan_.htm
- [14] <http://energia.bme.hu/~imreattila/munkakozegek/Kust%C3%A1n.pdf>
- [15] E. Baldasso, M. E. Mondejar, S. Mazzoni, A. Romagnoli, F. Haglind: Potential of liquefied natural gas cold energy recovery on board ships; Journal of Cleaner Production, vol.271
DOI-szám: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122519>