



Az Európai Unió Európai Hálózatfinanszírozási  
Eszköze által társfinanszírozott

# TÁRSADALMI, SZERVEZETI ÉS ÜZLETI MODELL ALKOTÁSA AZ LNG, CNG, BIO-LNG HAZAI BEVEZETÉSÉRE ÉS FEJLESZTÉSI STRATÉGIÁJÁRA

***PAN-LNG 4 DANUBE PROJEKT***

***1. számú tanulmánykötet***

# TUDOMÁNY JELENLEGI ÁLLÁSA

## LNG

- Az LNG cseppfolyósított nagy távolságra gazdaságosan szállítható földgáz
- $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Hatszázad részre csökkentett térfogatú ( $100\text{ m}^3\text{ LNG}=60\text{ 000m}^3\text{ gáz}$ )
- Többszörösen szigetelt, normál nyomású tartályokban tárolható, nagy távolságokra gazdaságosan szállítható
- Használata 100 %-kal csökkenti a kén-oxid, kb. 80%-kal a nitrogén-oxid kibocsátást



# TUDOMÁNY JELENLEGI ÁLLÁSA

## LNG, MINT CARGO

- Import LNG cargo: kitározás – tárolás - újragázosítás – hálózatba töltés
- LNG szállítás típusa: gömb-, membrán-, C típusú tartály
- Tengeri kapacitások tág határok között mozognak, 20 000 – 260 000 m<sup>3</sup>-esek, de van néhány eltérő méret
- francia, amerikai és finn építésű hajók, de a domináns a japán és koreai hajógyártás
- 609 LNG tengeri szállítóhajó (2017), 171 LNG folyami hajó (DNV GL, 2018)
- Az LNG cargo -161°C-os szigetelése jelentős helyigényű – folyami hajózásban megoldandó
- Kockázati tényező az LNG párolgása (Boil off gas, BOG) – kettős hajtású retrofit hajók





# TUDOMÁNY JELENLEGI ÁLLÁSA

## LNG, MINT ÜZEMANYAG

- LNG üzemanyag tengeri forgalomban – LNG párolgásból származó gáz
- Európa első folyami LNG bunker állomása – Köln, átadás: 2019. 10.31.
- LNG önjáró hajó koncepciótervek – Hollandia
- Ideális hajóméret: várható forgalom, szállítási távolság, kikötési gyakoriság ismeretében
- Retrofit hajók: kettős hajtási rendszer (Dízel-LNG), mono hajtás (LNG)

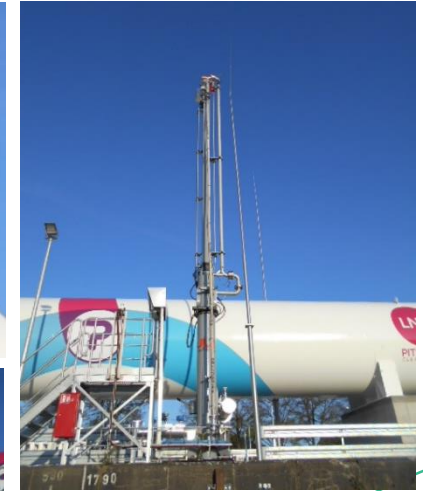
Megnevezés	ISO jelölés	Összetétel	Kéntartalom
HFO		100% maradék olaj	5%
IFO 380	MRG 35	88% maradék olaj 12% desztillált olaj	5%
IFO 180	RME 25	98% maradék olaj 2% desztillált olaj	5%
MDO	DMB	desztillált olaj, nyomokban maradék olajat tartalmaz	2%
MGO	DMA	100% desztillált olaj	1,5%
LNG		97% metán 3% egyéb gázok	0,004%

## AZ LNG-VEL KAPCSOLATBA HOZHATÓ FŐBB JOGSZABÁLYOK

- P8 TA-PROV(2019)0131 határozat: belvízi hajózás fejlesztését támogató határozat (szabványok, finanszírozási keretek létrehozása a vízi utak korszerűsítésére, tisztább kibocsátású hajók használatra és a szükséges töltőinfrastruktúra kiépítésére).
- Tiszta energiák a közlekedésben: az alternatív üzemanyagok európai stratégiája: Közlemény, illetve javaslat, mely felgyorsítja a közlekedés európai energiaellátásának átalakulását.
- 2014/94/EU irányelve az alternatív üzemanyagok infrastruktúrájának kiépítéséről: Az irányelv megköveteli az LNG üzemanyag-ellátó infrastruktúra kiépítését (tengeri kikötőben 2025-ig, a belvízi kikötőkben 2030-ig, a központi úthálózat mentén 2025-ig).
- EU 2016/1628 rendelet – NRMM rendelet: NRMM motorok kibocsátási határértékeit különböző teljesítménytartományokhoz a különböző alkalmazási területek figyelembevételével.
- 2012/18/EU irányelve – SEVESO III irányelv: a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek veszélyének kezeléséről, valamint a 96/82/EK tanácsi irányelv módosításáról és későbbi hatályon kívül helyezéséről.

# PITPOINT – KÖLN

## HELYSZÍNI BESZÁMOLÓ



- Összesen 4-5 LNG hajó töltésével számolnak, heti kétszeres tankolási gyakorisággal.
- Az LNG elterjedését a helyi önkormányzat és az EU is támogatja, kedvezményekkel és támogatásokkal.
- A kölni töltőállomás csak és kizárólag hajók töltésére alkalmas, a jövőben ha a piaci igény van rá, átalakítható kamion töltésre is, de az egyelőre a helyszín nehéz megközelíthetősége miatt nincs tervbe véve.
- A 200 m<sup>3</sup>-es kriogén tartályt kamionról töltik
- A kölni állomáson nincs BOG, egy O<sub>2</sub> tartály segítségével hűtik le a rendszert, ezzel megakadályozva a BOG képződést.
- A Primagas és a Total Joint Venture-jeként működtetik, az LNG-t a Primagas (PrimaLNG) szállítja.

# LNG PROJEKTEK A DUNA MENTÉN

ELŐKÉSZÍTÉS ÉS  
MEGVALÓSÍTÁS ALATT



- Ausztria: Ennshafen – első LNG töltőállomás kamionok részére, távlati cél: LNG bunkerhajók töltése (konceptiótervezés alatt)
- Szlovákia: LNGAFT (LNG as Alternative Fuel for Transport), LNG busz töltőállomás (megvalósítás alatt – tervezett átadás: 2020.)
- Magyarország: PAN-LNG Projekt, CNG Clean Fuel Box Projekt, PAN-LNG-4-Danube Projekt
- Románia: Constanta – kisméretű (5000 m<sup>3</sup>) LNG terminál, tárolóval, kisebb tengerjáró hajók kitárazására és töltésére; folyami hajók és tehergépjárművek töltésére alkalmas (átadása várhatóan: 2027.); Galatea – 4000 m<sup>3</sup> LNG terminál, tengerjáró és folyami hajók töltése, tehergépjárművek és helyi ipar kiszolgálása
- Bulgária: Ruse – 1000 m<sup>3</sup> LNG ponton terminál folyami hajók és tehergépjárművek töltésre (műszaki hiányosságok miatt hajótöltésre egyelőre nem alkalmas)

# AZ LNG HAJÓZÁS KIHÍVÁSAI

Az előzetes elképzelésekhez, tervekhez képest az LNG belvízi hajózásban való elterjedése/elterjesztése lényegesen lassabb ütemben halad, melynek főbb okai:

- elérhető üzemanyagárakat illetően kicsi az árkülönbség az LNG és a dízel üzemanyag között
- az LNG-vel kapcsolatos felszerelések, elemek költsége még mindig igen magas (méretgazdaságosság nincs még)
- a rendszerek engedélyeztetése még mindig nagyon szerteágazó – nincs egységes szabályozás
- az NRMM rendelet felkészületlenül érte a belvízi hajózási szektort, a gázmotor-gyártók is nehezen tudják teljesíteni a szigorú kibocsátási előírásokat
- egyéb szállítási módokkal folytatott nagy piaci verseny miatt kicsi a haszonkulcs
- tankolási lehetőségek alacsony száma

Ennek ellenére nincs más út a belvízi hajózás számára közép távon mint az LNG használata, ami a jövő hidrogén hajtásának megalapozását jelentheti.



# AZ LNG-VEL ELÉRHETŐ KÖRNYEZETVÉDELMI EREDMÉNYEK

## ÜHG EMISSZIÓ

- Az LNG, mint hajtóanyag alkalmazása a közlekedésben bizonyítottan kevesebb károsanyag kibocsátással jár tökéletesebb égése és alacsonyabb széntartalma miatt
- Az LNG összesített ÜHG és szálló por kibocsátása okán alkalmasabb hajtóanyag, mint az MGO/HFO
- Életciklus: a teljes (WTW) emissziót befolyásolja az LNG kitermelésének és szállításának módja, az alkalmazott motor típusa, hatásfoka
- Elsősorban a nagymértékű (és nehezen mérhető) metánszivárgás az, ami miatt környezetvédelmileg kifogásolható az LNG
- Megoldás lehetne a biometán – DE korlátozott mennyiségben áll rendelkezésre, így reálisan nem számolhatunk vele



# AZ LNG-VEL ELÉRHETŐ KÖRNYEZETVÉDELMI EREDMÉNYEK

## LNG-ÜZEMŰ HAJÓKÖZLEKEDÉS

- Az eredmények egyértelműek: az LNG, a dízelgázolaj alternatívájaként csökkenti a hajózásból származó  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$  és PM kibocsátásokat.
- A WTW (Well-to-wake) elemzések alapján, a  $\text{CO}_2$ -ekvivalens kibocsátások mértéke, a meglévő tengeri üzemanyagokhoz viszonyítva a metánszivárgás szintjétől függ.
- Különböző szakirodalmak eltérő eredményeket mutatnak be az üvegházhatást okozó gázkibocsátásra vonatkozóan, azonban mi a legfrissebb becslés (Baresic et al., 2018) értékeit vettük alapul számításainkhoz. A tanulmány során a hajóközlekedésben üzemanyagként hasznosított LNG-re vonatkozó, 80,9 g  $\text{CO}_2\text{e}/\text{MJ}$  értékkel számolunk, amely 10%-os ÜHG-megtakarításnak felel meg, a dízelgázolajhoz képest.

# A BIO-LNG HAJTÁS KÖRNYEZETVÉDELMI HATÁSAI

## BIOMETÁN/BIO-LNG FELHASZNÁLÁS

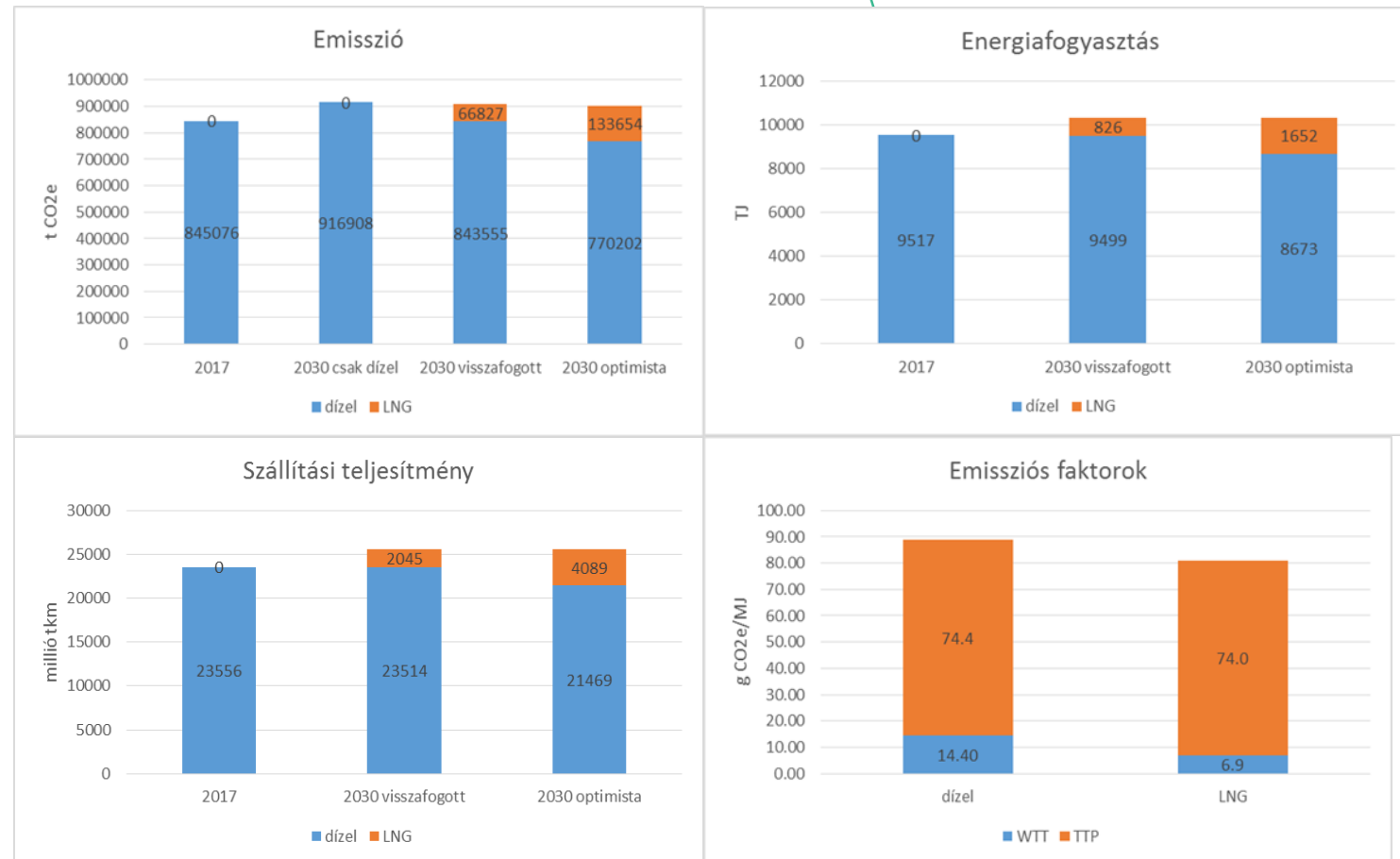
- A biometán összesített ÜHG-kibocsátása jóval mérsékeltebb, mint a fosszilis gázé. Azonban a biometán fenntartható alapanyagai (hulladékok, maradványok) korlátozott mennyiségben állnak rendelkezésre és fenntarthatóan nem méretezhetők.
- Ha feltételezzük, hogy a maximális fenntartható potenciál megteremtésre kerül, és azt teljes egészében a közlekedésre fordítják – ennek valószínűsége csekély –, a biometán csak a közlekedés energiaszükségletének 6,2-9,5%-át fedezheti (PAN-LNG, 2016).
- A növényi alapú biogáz (például kukoricából) jelentős közvetett földhasználat-változási kibocsátásokkal jár.

Biogáz nyersanyag	Gyártástechnológia	Üzemanyag ÜHG kibocsátás (g CO <sub>2</sub> eq./MJ)	ÜHG megtakarítás a fosszilis üzemanyagokhoz képest	ILUC kibocsátás (Globiom modellezés) (g CO <sub>2</sub> eq./MJ)	ÜHG megtakarítás összehasonlítva a fosszilis üzemanyagok ILUC kibocsátásával
nedves trágya	nyitott	-16	117%		117%
	fedett	-100	206%		206%
kukorica egész növény	nyitott	61	35%	21	13%
	fedett	30	68%	21	46%
biohulladék	nyitott	54	43%		43%
	fedett	13	86%		86%

# LNG DUNAI HAJÓZÁS HATÁSVIZSGÁLAT

## KÖRNYEZETRE GYAKOROLT HATÁS

- Két forgatókönyv:  
10%-os és 20%-os átalakítási ráta  
Mindez azt jelenti, hogy a 360 db tolóhajóból 36 ill. 72 kerül a 2030-ra átalakításra LNG-vel hajtott változatra.
- 6 ország szállítási teljesítményre vonatkozó adatainak figyelembe vétele – AT, SK, HU, HR, RO, BG – adatok a EUROSTAT alapján.
- A számítás referenciaéve 2017, a hatáselemzést a 2030-as évig végeztük.





# LNG DUNAI TEHERHAJÓZÁS LEHETŐSÉGEI

- Szállítmányok: szárazárura és folyékony árura korlátozottak
- Konténerszállítás 2016-ban a Dunán mindössze 0,5%
- Korlátozott tapasztalatok a Duna vízi út különböző szakaszain (felső-Duna, közép-Duna, alsó-Duna)
- A dunai teherhajózásban részt vevő hajók átlagéletkora meghaladja a 40 évet
- A dunai hajók LNG átalakításának lehetőségei korlátozottak:
  - A dunai hajózásban a felső- és középső-dunai szakaszon a 8/9 bárkás tolóhajós szerelvényekkel nem számolhatunk, mivel azok a Vaskapu zsilipen szétszerelés nélkül nem tudnak a Duna felsőbb szakaszaira átjutni,
  - A dunai LNG hajtás a 4 bárkás tolóhajós szerelvényeknél és a 3 motoros nagy teljesítményű tolóhajóknál lehet elképzelhető, míg a 2 motoros önjáró hajók esetén csak korlátozottan megtérülő beruházás az LNG átalakítás,
  - A dunai szállítmányozásban 20%-ot képviselő Push2 tolóhajó LNG átalakítása, bár műszakilag megoldható, az átalakítással együtt járó beruházástöbblet – a kis fogasztás okán – megtérülése kockázatos.

# LNG HAJTÁSRA ÁTALAKÍTHATÓ DUNAI HAJÓK

## A PL4D PROJEKT SZEMPONTJÁBÓL RELEVÁNS HAJÓ TÍPUSOK

A dunai hajóflotta értékelésébe beletartoznak azok a hajók is, amelyek átlagos üzemanyag-fogyasztása nem haladja meg a 300 m<sup>3</sup>-t, mivel ez a típus (Push B2L) a dunai szállítmányozás megközelítőleg 20%-át teszi ki. A releváns hajó típus kategóriába tartoznak ezen felül a 2x1000 kW-os (Bárka 4 és Bárka 8/9), 3x1000 kW-os (Push B4) tolóhajók, valamint a 2x1000 kW-os önjáró hajók (C3L-B).

Hajócsalád	Push B2L	Push B4	C3L-B	Bárka 4	Bárka 8/9
Beépített motor teljesítmény (kW)	1249	4080	2351	2000	2000
Motorok száma	2	3	2	2	2
Üzemanyag fogyasztás (m <sup>3</sup> /év)	220	1500	450	1533	1800
Éves üzemidő (óra)	4313	8064	8064	8064	8064

# M44 KIKÖTŐI TOLATÓMOZDONY LNG ÁTALAKÍTÁSA

## VASÚTI LNG HAJTÁS LEHETŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA

A hajó átalakításhoz hasonlóan vizsgáltuk a csepeli Szabadkikötőben kikötői elegyrendezésre használatos M44 tolatómozdony LNG hajtásra történő átállításának üzleti modelljét.

Átalakítás költsége: 380 000 euró, engedélyezés: 300 000 euró, az átalakítási költség megtérülési ideje 9-20 év

A modellszámításából levonható üzleti következtetések:

- a tolatómozdony hajtásrendszere kialakítható MONO LNG hajtásra, ezáltal környezeti hatása adekvát módon mérhető, és megosztható a tudományos társadalommal
- az M44 tolatómozdony átalakítható és a hajtásrendszer elemei biztonságosan elhelyezhetők
- a remotorizációval a mozdony átalakítási költségei a feltételezett ár scenárió esetén egy esetet leszámítva, 20 éven belül megtérülő beruházás.

# M44 KIKÖTŐI TOLATÓMOZDONY ÁTALAKÍTÁSÁNAK KIHÍVÁSAI

## VASÚTI LNG HAJTÁS LEHETŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA

### Műszaki megvalósíthatóság:

- LNG motorra jelenleg nem vonatkoznak külön szabványok, egyelőre kevés gyártó van, aki a károsanyag kibocsátási határértékeknek megfelelő motort gyárt,
- Az LNG üzemanyagtartály beszerzése a vasúti vontatás számára nem jelent problémát,
- Az LNG motor és a mélyhűtésű üzemanyagtartály legfeljebb 10% súlynövekedést eredményez és gyakorlatilag nem változtatja meg a jármű súlypontját.

### Szabályozási megvalósíthatóság:

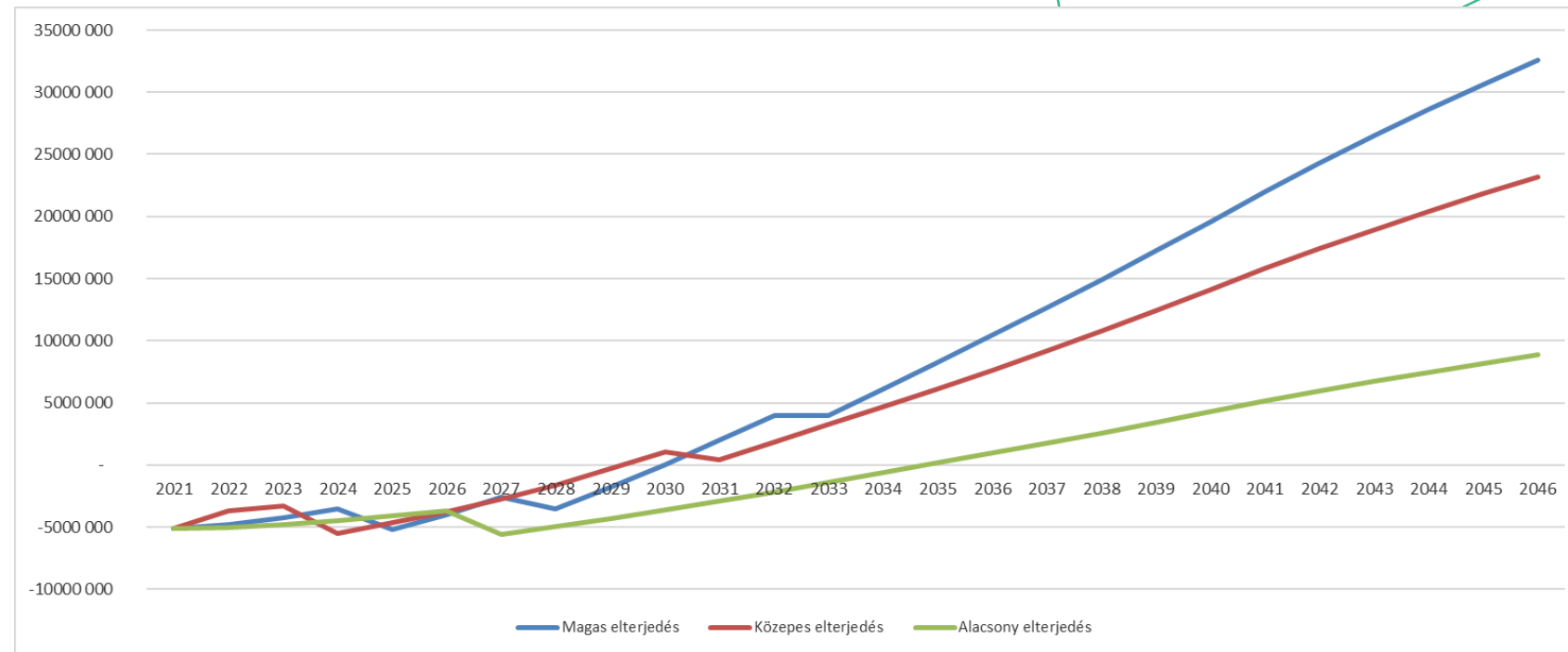
- A tanúsítási folyamatban a fő szabályozási akadály, hogy az LNG-t egyelőre nem tekintik üzemanyagnak a vasúti szektorban,
- A tanúsítást a mozdony tulajdonosának kell elvégezni,
- Az átalakítással kapcsolatos dokumentációban a következő lépéseket javasoltak: egy független értékelő jelentése a kockázat elemzéséről, értékeléséről és a folyamat kiértékeléséről.



# AZ ELTERJEDÉSI SZCENÁRIÓK MENTÉN A PL4D TÖLTŐÁLLOMÁS NPV-K ÖSSZEHAISONLÍTÁSA

## KÖZGAZDASÁGI ELEMZÉS

A kiinduló beruházási költségek mindhárom elterjedési scenárió mentén azonosak voltak. Az alacsony elterjedés számításakor 1 további bővítést, a közepes scenárió esetén további 2, míg a magas elterjedési forgatókönyv esetén további 3 bővítéses beruházásra van szükség a felmerülő üzemanyag igények kiszolgálására.



# LNG MEGHAJTÁSÚ HAJÓK HASZNÁLATÁVAL ELÉRHETŐ MEGTAKARÍTÁSOK

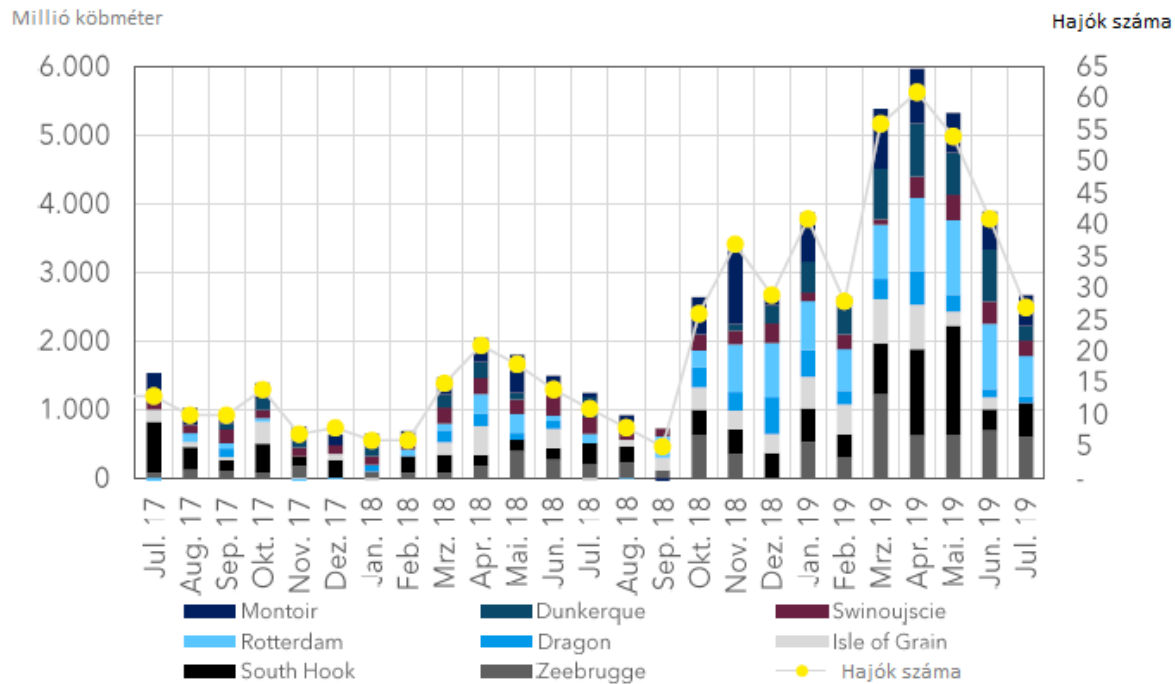
DÍZEL OLAJ IMPORT ÉS CO<sub>2</sub> MEGTAKARÍTÁS  
VIZSGÁLATA

A hajók üzemanyag-fogyasztásából eredő nemzetgazdasági megtakarítási lehetőségeiből a közepes elterjedési scenárióban arra következtethetünk, hogy a hazai dízel felhasználásra szignifikánsan fog hatni az LNG belépése.

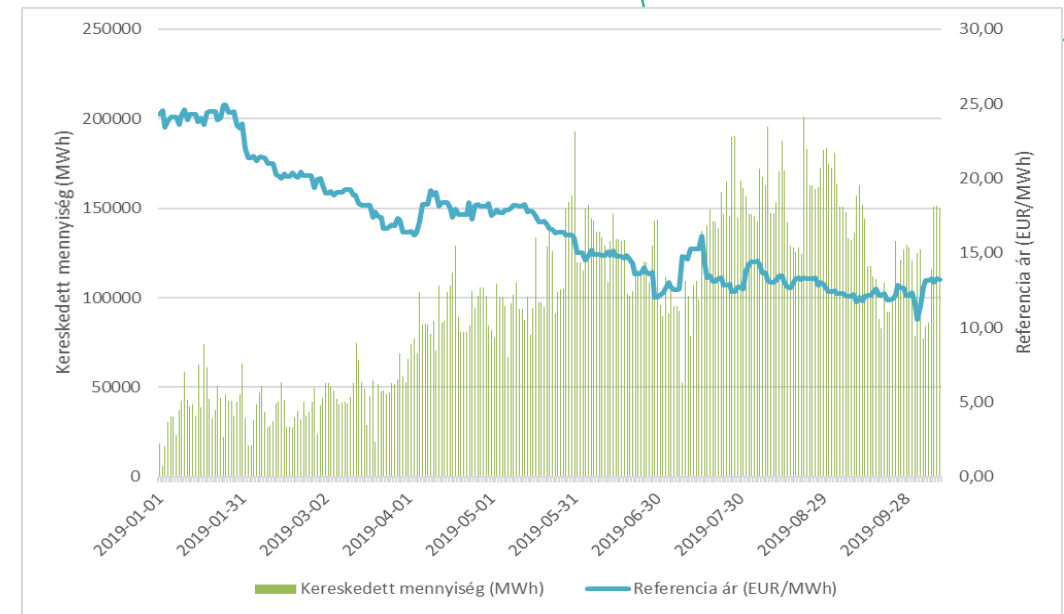
	mértékegység	2026	2031	2041
LNG igény közepes scenárióból	tonna	17 850	34 348	61 647
	m <sup>3</sup>	39 270	75 566	135 623
Kiváltható átlagos dízel mennyiség	liter	37 047	71 288	127 947
800 ezer literes dízel import %-a	%	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>16</b>

	Gázolaj-LNG átállás externália (EUR)	Gázolaj-LNG megtakarítás (t CO <sub>2</sub> eq)
2022	-	-
2023	24 099	433
2024	55 272	994
2025	110 024	1 979
2026	134 123	2 412
2027	158 222	2 845
2028	189 395	3 406
2029	272 443	4 899
2030	303 616	5 460
2031	310 690	5 587
2032	310 690	5 587
2033	334 789	6 021
2034	341 863	6 148
2035	365 443	6 572
2036	424 912	7 641
2037	473 109	8 508
2038	504 282	9 069
2039	566 109	10 180
2040	597 281	10 741
2041	621 380	11 174

# LNG TÖLTŐÁLLOMÁS ÜZLETI MODELLJÉT MEGHATÁROZÓ TÉNYEZŐ



Nettó LNG import mennyiség változása (F, B, NL, PL, GB)



Spot gázárak alakulása a CEEGEX-en és a meghatározó európai piacokon (2019.01.01- 2019.09.28)

# LNG ÉRTÉKESÍTŐI KÖR

## POTENCIÁLIS ÜZLETI PARTNEREK

- A csepeli terminál indulására LNG forrásból csak közúti tartálykocsis feltöltés lehetséges, de nagy valószínűséggel ez még középtávon is (további 3-5 év) így marad.
- A másik szempont, hogy egyelőre nincs olyan folyóvízi tankerhajó, amely ezen a folyami útvonalon közlekedik.
- Célszerű a környező országokkal (pl. SK) együttműködve kifejleszteni a tankerhajót, közös vásárlói igénnyel fellépni a piacon

Terminál	Távolság csepeli termináltól	Elérhetősége
Krk (HR)	~ 530 km	LNG import terminál
Porto Levante (I)	~ 770 km	LNG import terminál
Ravenna (I)	~ 840 km	LNG import terminál
Świnoujście (PL)	~ 1100 km	LNG import terminál
Kalingrad (RUS)	~ 1200 km	LNG import terminál
Katowice (PL)	~ 580 km	Szárazföldi cseppfolyósító terminál
Rotterdam	~ 1620 km	Hajóról elérhető terminál



# DUNAI KIKÖTŐK ELEMZÉSE

## LEHETSÉGES KIKÖTŐ OPCIÓK

- A kiindulásként figyelembe vehető telephelyként a Magyar Dunai Kikötők Szövetségébe tartozó vállalatok 10 telephelyével számoltunk:
  - Győr-Gönyű
  - Komárom
  - Budapest
  - Adony
  - Dunaújváros
  - Dunavecse
  - Dunaföldvár
  - Paks
  - Baja
  - Mohács
- Az AHP elemzés megkezdése előtt azonban az alapvető kritériumfeltételek mentén előzetesen megvizsgáltuk a kikötőket. Ennek köszönhetően tízből csak az aláhúzással jelölt négy telephelyre szűkült a szóba jöhető helyszínek listája, a további hat lokáció nem felelt meg valamely kritériumfeltételnek.

# DUNAI KIKÖTŐK ELEMZÉSE

## KRITÉRIUMFELTÉTELEK MEGHATÁROZÁSA

Fő kritérium	Súly	Rövid Leírás	Rangsor
I. Biztonság	34.35%	A telephely biztonságtechnikai értékelése, aminek figyelembevétele rendkívül fontos annak érdekében, hogy a beruházás minél kisebb társadalmi és anyagi kockázattal jöhessen létre.	1
II. Ingatlan 1 - Telek	8.53%	Az ingatlan árazásához, méretéhez elhelyezkedéséhez és besorolásához kapcsolódó szempontok csoportja	5
III. Ingatlan 2 - Ütemezés	3.61%	A beruházás létrejöttéhez kapcsolódó szempontokat összefogó szempont, ami az engedélyeztetéshez és az esetleges közművesítéshez szükséges időráfordítást veszi figyelembe	6
IV. Ingatlan 3 - Logisztika	15.28%	A telephely megközelíthetőségének, befogadóképességének és optimális elhelyezkedéséhez kapcsolódó szempont	3
V. Környezeti adottságok	12.34%	Az ingatlanra jellemző környezeti adottságok amik befolyásolhatják a jövedelmezőséget	4
VI. Környezetvédelem	25.89%	A beruházás környezetvédelmi értékelése a környezeti károkozás kockázatának minimalizálásának érdekében	2

# DUNAI KIKÖTŐK ELEMZÉSE

## EREDMÉNYEK

- A négy vizsgált telephely 44 szemponton keresztül történő Analitikus Hierarchia Eljárással végzett elemzése után kialakult az egyértelmű hierarchikus rangsor.
- A szempontrendszer alapján Budapest - Csepeli Szabadkikötő bizonyult a legalkalmasabb telephelynek a beruházás megvalósítására.

Rangsor	Opció	Súly
1	<b>Budapest</b>	<b>33.73%</b>
2	Győr-Gönyű	25.93%
3	Baja	21.55%
4	Paks	18.80%