

Študija tehničnih možnosti za napajanje ladij z UZP v Koprskem pristanišču

GAINN4MoS program: Instrument za povezovanje Evrope
»Sustainable LNG Operations for Ports and Shipping – Innovative Pilot Actions«
št. projekta: 2014-EU-TM-0698-M

Predstavitev: Koper, 5.4.2017



S sofinanciranjem Evropske unije
Instrument za povezovanje Evrope

Študija tehničnih možnosti za napajanje ladij z UZP v Koprskem pristanišču

Pridruženi partnerji na študiji:



S sofinanciranjem Evropske unije
Instrument za povezovanje Evrope

Motivi za uvedbo UZP kot bunker goriva

- Pričakovana zaostritev predpisov glede dovoljenih emisij ladijskih motorjev z namenom zmanjševanja škodljivega vpliva na okolje.
 - Ko bodo območja Mediteranskega morja vzpostavljena kot Območja nadzora nad emisijami (ang.: Emission Control Areas - ECAs). Normativno so ECA pogoji določeni v:
IMO MARPOL Prilogi VI.
Direktiva Evropske unije glede vsebnosti žvepla v gorivih že uvaja MARPOL Prilogo VI v zakonodajo EU
 - Tudi sama EU spodbuja k uporabi UZP kot ladijskega goriva. Temu je namenjen predlog EU glede infrastrukture za alternativna goriva, saj si prizadeva zagotoviti zadostno infrastrukturo v obliki oskrbovalnih postaj in terminalov za bunkering UZP. Podporna direktiva je:
Direktiva parlamenta EU 2014/94 EU z dne 22. oktobra 2014,
o vzpostavitvi infrastrukture za alternativna goriva (ang.: »Directive for Alternative Fuels Infrastructure - DAFI), ki eksplicitno nalaga Vladi Republike Slovenije (kot vladam vseh ostalih članic EU), da mora pripraviti precej natančen program nacionalne politike (ang.: National Policy Framework - NPF) v zvezi z uporabo alternativnih goriv in njene infrastrukture.

IMO MARPOL Priloga VI

Obstoječa in možna
prihodnja področja
nadzora nad emisijami
(ECA) in glavna
pristanišča za
bunkering



Source: Poten & Partners, "Marine Fuel Regulations 2010-2025"

Izhodišča za izdelavo študije

Uporaba UZP kot goriva na ladjah zahteva precej bolj kompleksen sistem, kot to zahtevajo običajna goriva za pomorstvo.

Če pristanišče razmišlja o uvedbi UZP bunkeringa, potem je nujno, da je tehnično osebje seznanjeno z bistvenimi lastnostmi takšnih naprav, ker to vpliva delovne procedure in na infrastrukturo za bunkering v samem pristanišču. Zato je predstavljena tehnika za UZP:

- Ladijska pogonska tehnika
- Pretakalni sistemi
- Možnost skladiščenja UZP na kopnem

Kratkoročna napoved potreb za bunkering UZP v Luki Koper

Primerjava glede na napovedi za pristanišče Antwerpen (t UZP/leto)

• Koper	realističen scenarij:	optimističen scenarij:	
2020	500	5.500	
2030	1000	11.000	
• Antwerpen	Weak dev.	Status quo	Strong dev.
2020	26.516	74.391	133.754

Primerjava: Koper / Antwerpen

Pretovor: 20,5 / 200 (mio t/leto) prib. 1 / 10	Št. ladij: 1.800 / 16.000 (ladij / leto) prib. 1 / 10
--	---

Poraba **UZP za Koper v 2020:** $75.000 / 10 = 7.500 \text{ t UZP/leto}$

Možnosti UZP bunkeringa

Običajno obravnavane možnosti prenosa goriva pri oskrbi s storitvijo UZP bunkeringa so:

- bunker storitev z UZP kamioni; rešitev le za majhne količine
- bunker storitev z namenskim UZP bunkering terminalom; tehnično najbolj varna rešitev, vendar ni povsod izvedljiva in zaradi časovnih omejitev v mnogih primerih ni zaželenja
- bunker storitev z UZP bunker plovilom; verjetno najboljši kompromis glede na časovni odziv, količine in fleksibilnost (uporabne so opcije z nakladalno roko ali s cevjo)

Bunkering servis z UZP kamioni



Bunkering servis ob namenskem UZP bunker terminalu

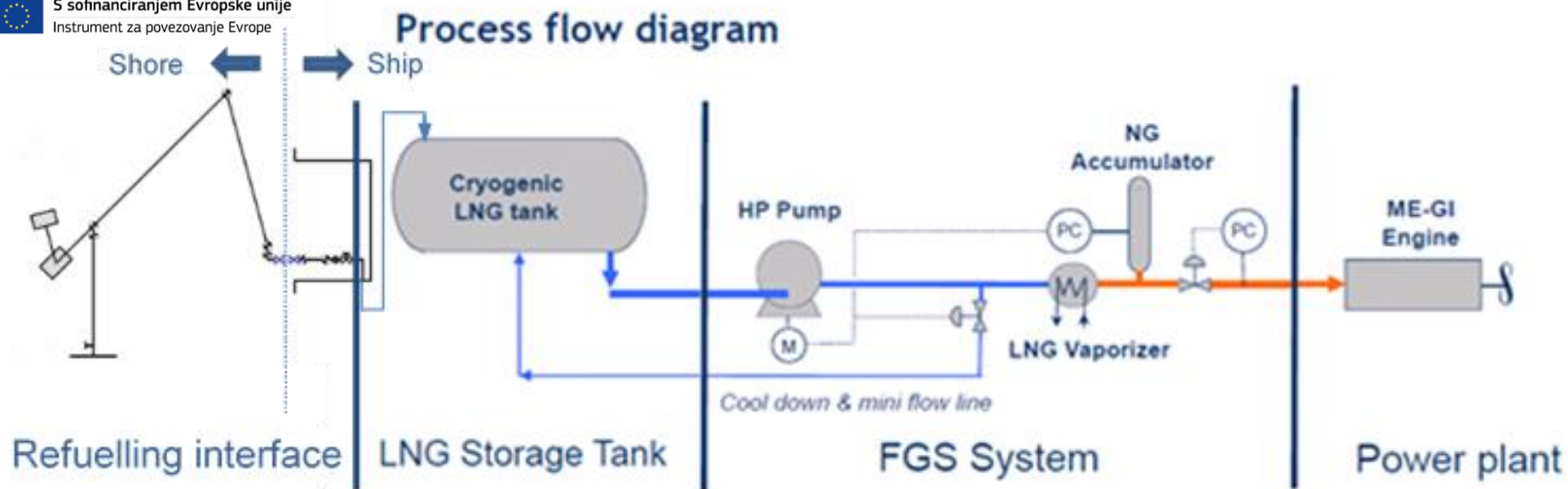


Bunkering servis z UZP bunker oskrbovalnim plovilom



(vir: TGE Marine)

Gorivni sistem za UZP



(vir: MAN/Cryostar, SVT, TGE Marine, Energium)

Da se UZP lahko uporabi kot gorivo pri vsakem ladjem pogonu, potrebuje plovilo tehnični sklop, ki je sestavljen iz štirih glavnih delov:

- vmesnika oskrbe z gorivom (bunker povezava)
- UZP rezervoarja(jev) (zadrževalni sistem)
- uplinjevalnika goriva (uplinjanje)
- motorja, ki je prilagojen za uporabo plina

Razpoložljive tehnologije motorjev

V osnovi so na voljo trije tipi motorjev za pomorski promet:

- plinski motorji (delujejo samo na plin)
- dvojno-gorivni motorji:
 - otto cikl z osiromašenim zgorevanjem plina
(deluje na plin, vendar se zmes vžge z vbrizgom majhne količine dizel goriva)
 - dizlov cikl s klasičnim »marine fuel«
(običajni dizel cikl z vsesanim plinom in z dizelskim gorivom vbrizganim pod visokim tlakom tik pred zgornjo delovno točko)
 - plinsko-dizelski motorji
(plinsko-dizelski motorji delujejo na različne mešanice plina in dizla ali alternativno samo na dizel)

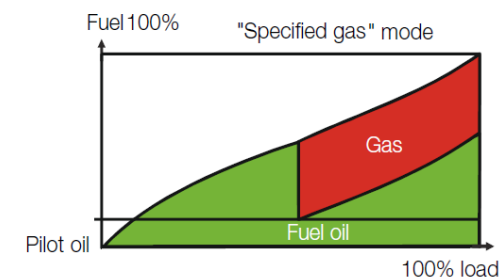
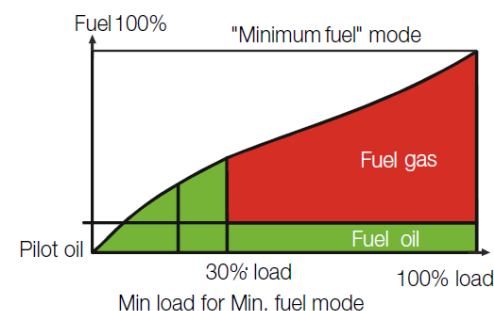
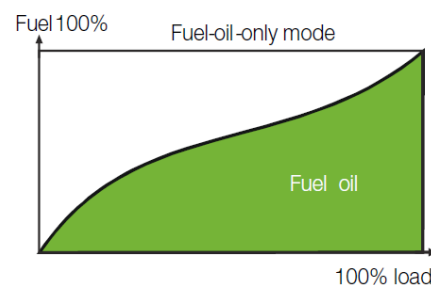
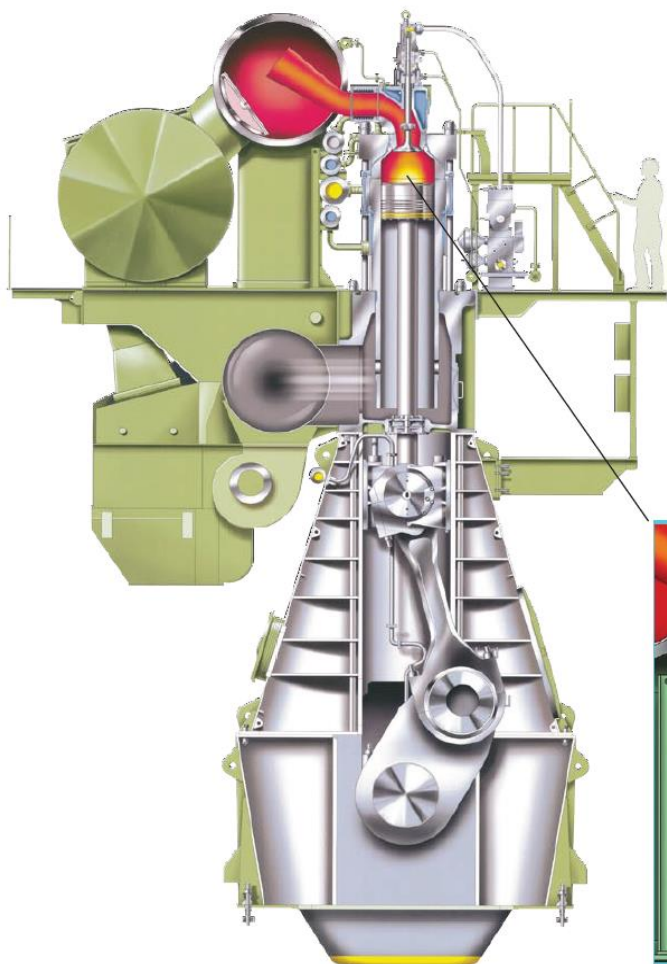
Tehnične značilnosti različnih tipov motorjev

	osiromašeno s prisilnim zgor.	dvojno-gorivni Ottov princip		dvojno-gorivni dizel princip
delovni princip	4S Otto cikel, zunanje mešanje	4S Otto cikel, zunanje mešanje	2S Otto cikel, zunanje mešanje	2S Diesel, vbrizg po kompresiji
tlak dobave goriva	4 – 6 barg	4 – 6 barg	16 barg	150 – 300 barg
vžig	svečka	vbrizg pilotnega goriva	vbrizg pilotnega goriva	vbrizg pilotnega goriva
gorivo	samo plin	HFO, MDO, MGO, zemeljski plin	HFO, MDO, MGO, zemeljski plin	HFO, MDO, MGO, zemeljski plin, mešanice, UNP, Etan
redundanca	neodvisni sist. za oskrbo s plinom	tekoča goriva kot rezerva	tekoča goriva kot rezerva	tekoča goriva kot rezerva
NO _x	Tier III	Tier III (plinski režim)	Tier III (plinski režim)	pod Tier II, z EGR/SCR Tier III
učinkovitost	+	+	++	+++
metan. zdrs	približno 1 % ?	manj kot 3 % ?	?	praktično nič
kvaliteta goriva	MN > 70	MN > 70	MN > 70	ni občutljiv
motorji	Rolls-Royce, Mitsubishi	MAN 4S, MaK, Wärtsilä 4S	Wärtsilä 2S	MAN ME-GI

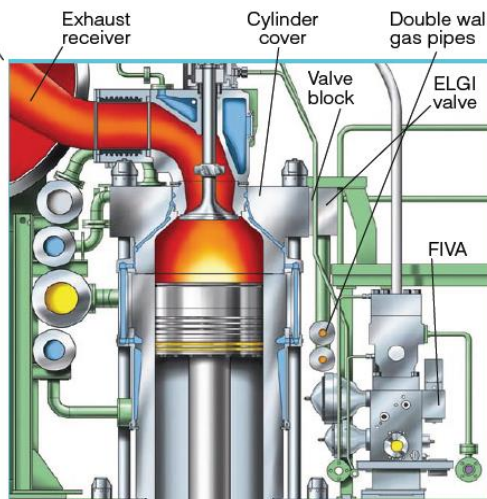
ENERGIUM



S sofinanciranjem Evropske unije
Instrument za povezovanje Evrope



pilotno gorivo – uporabljeno med 5-8 %



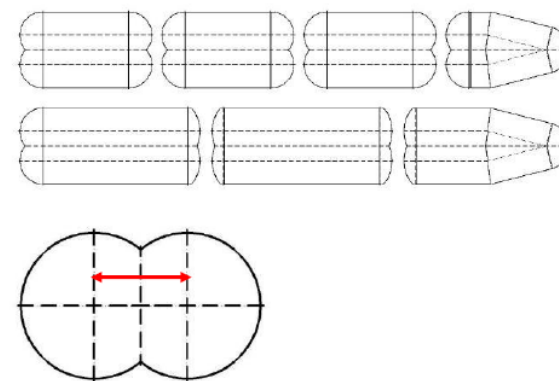
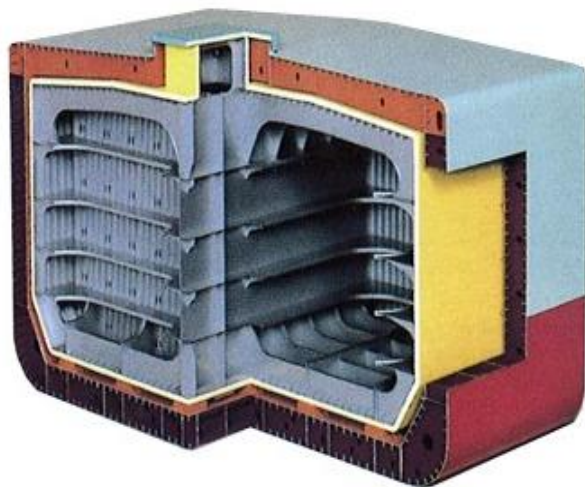
Koncept nadzora obsega tri različne načine za gorivo:

- dizel režim (ang.: fuel-oil-only mode)
- minimalni režim (ang.: minimum-fuel mode)
- plinsko določen režim (ang.: specifed gas mode)

(vir: MAN)

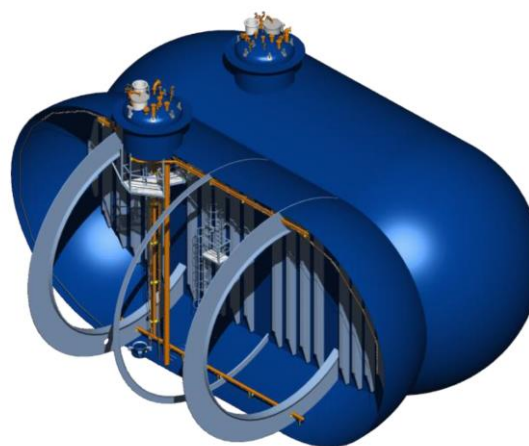
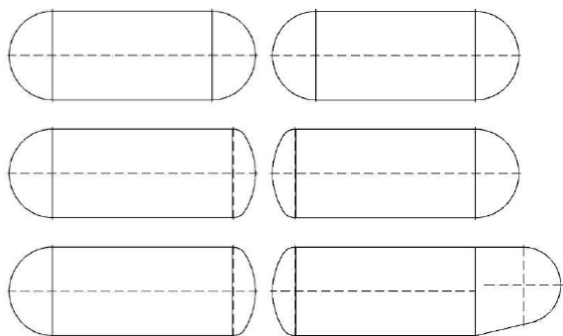
ENERGIUM

Sistemi rezervoarjev za UZP



Rezervoar tipa B (vir: IHI)

Rezervoar tipa C (bilobe) (vir: TGE Marine)



Glavne značilnosti različnih tipov UZP rezervoarjev

(vir: TGE Marine, WPCI)

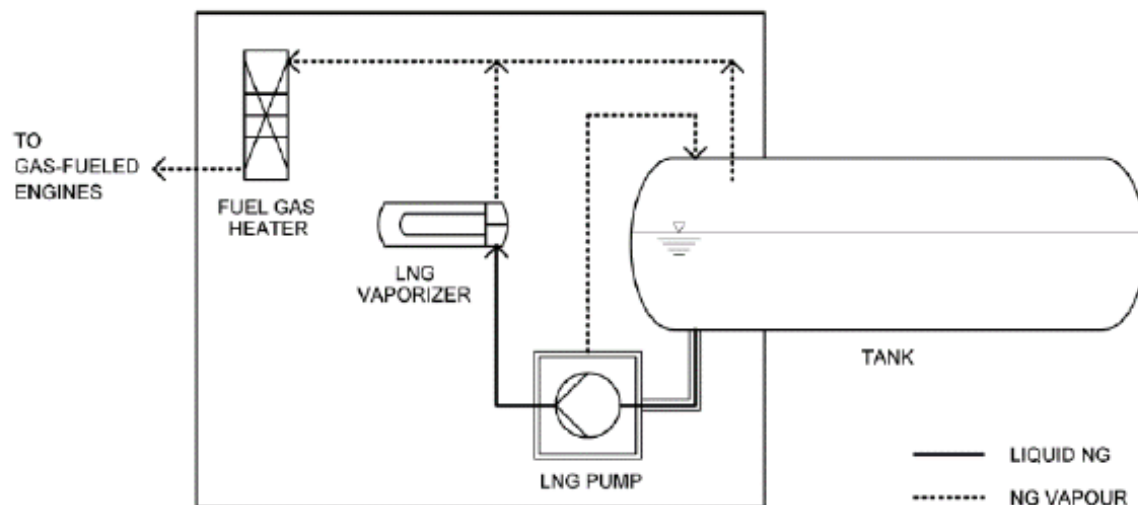
Tip rezervoarja	Koncept dizajna	Max. nazivni tlak	Delno Polnjenje	dvojna zaščita	Slabosti	Prednosti
Membranski	Vgrajen v trup BOR: 0,14-0,2 %/dan	< 0,25 barg (max. 0,7 barg)	težko	popolna	- Zelo občutljiv na razlike v tlakih - Potreben je zadrževalnik tlaka - Nevarnost uhajanja - Ravnanje z uplinjenimi plini - Potreben je bolj zapleten sistem za gorivo - Visoki stroški - Občutljiv na prelivanje	Lahko se prilagodi na obliko trupa (prostorsko učinkovito)
Samostojni rezervoarji						
Tip A	Prizmatični BOR: 0,14-0,2 %/dan	< 0,7 barg	da	popolna	- Potreben je zadrževalnik tlaka - Zelo obsežen odzračevalni sistem zaradi nizkih tlakov - Nima referenc za UZP - Ravnanje z uplinjenimi plini - Potreben je bolj zapleten sistem za gorivo - Visoki stroški - Občutljiv na prelivanje	Lahko se prilagodi na obliko trupa (prostorsko učinkovito)
Tip B	Prizmatični BOR: 0,14-0,2 %/dan	< 0,7 barg	da	delna	- Potreben je zadrževalnik tlaka - Zelo obsežen odzračevalni sistem zaradi nizkih tlakov - Zelo malo referenc (ni rezervoarja za gorivo)	Lahko se prilagodi na obliko trupa (prostorsko učinkovito)
Tip B	Krogelni/sferični (Moss) (druge oblike) BOR: 0,14-0,2 %/dan	Skladno z dizajnom Skladno z dizajnom	da	delno delno	- Potreben je zadrževalnik tlaka - Zahtevan večji prostor od prizmatičnega rezervoarja - Ravnanje z uplinjenimi plini - Potreben je bolj zapleten sistem za gorivo - Visoki stroški	- Zanesljivost dokazana na tankerjih za UZP - Neobčutljiv na prelivanje
Tip C	Tlačna posoda BOR: 0,21-0,23 %/dan	> 2,0 barg	da	ne	- Zahtevan večji prostor od prizmatičnega tlaka - Zahteva prostor na krovu	- Zelo čvrsta oblika - Tlačno prilagodljiv - Enostavna vgradnja - Ni puščanja - Malo vzdrževanja - Enostaven sistem za gorivo - Nižji stroški - Neobčutljiv na prelivanje

ENERGIUM



S sofinanciranjem Evropske unije
Instrument za povezovanje Evrope

UZP sistemi za gorivo



Vakuumsko izoliran rezervoar s priključnim prostorom

- Nazivni tlak rezervoarja 8 do 10 barg
- Delovni tlak rezervoarja 6 do 8 barg

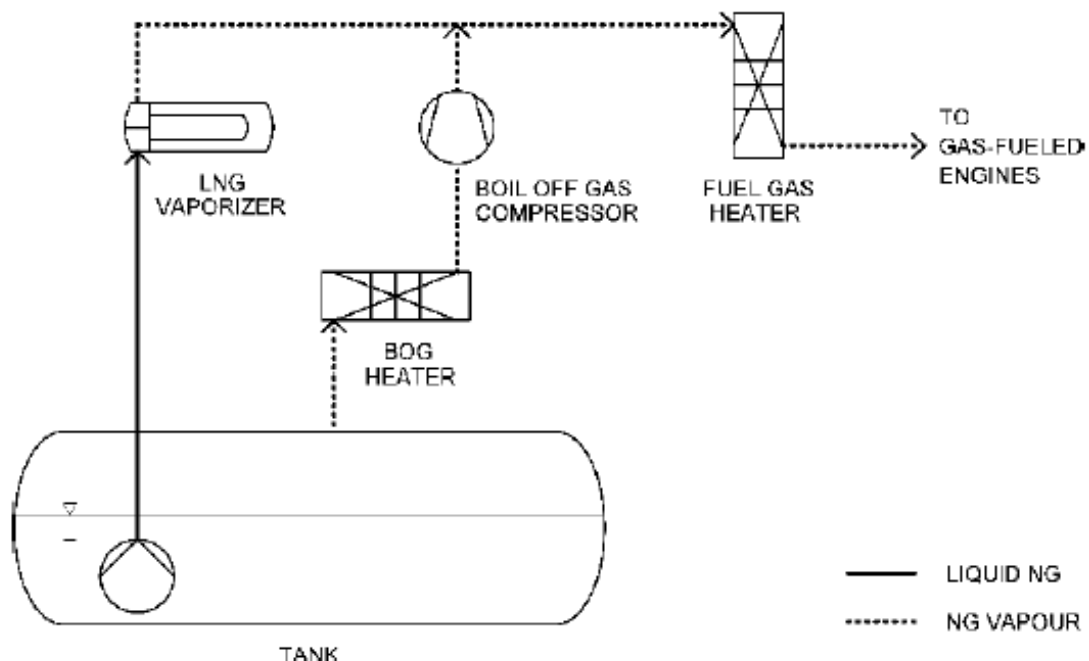


(vir: TGE Marine)

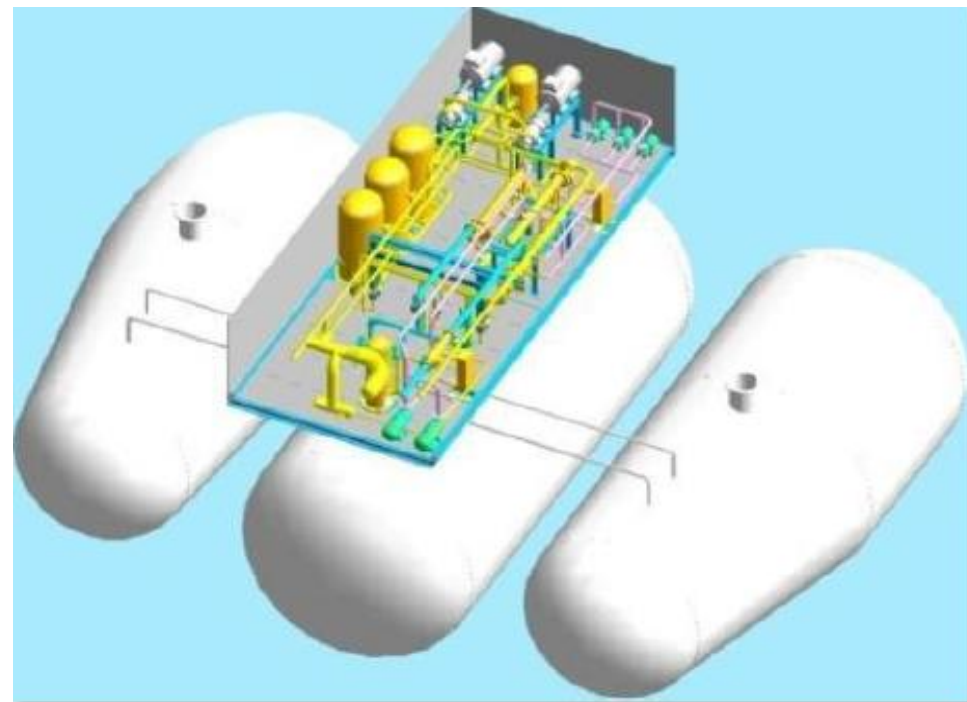
ENERGIUM



S sofinanciranjem Evropske unije
Instrument za povezovanje Evrope



UZP sistemi za gorivo



Pensko izolirani rezervoarji za nizkotlačne 4-taktne motorje

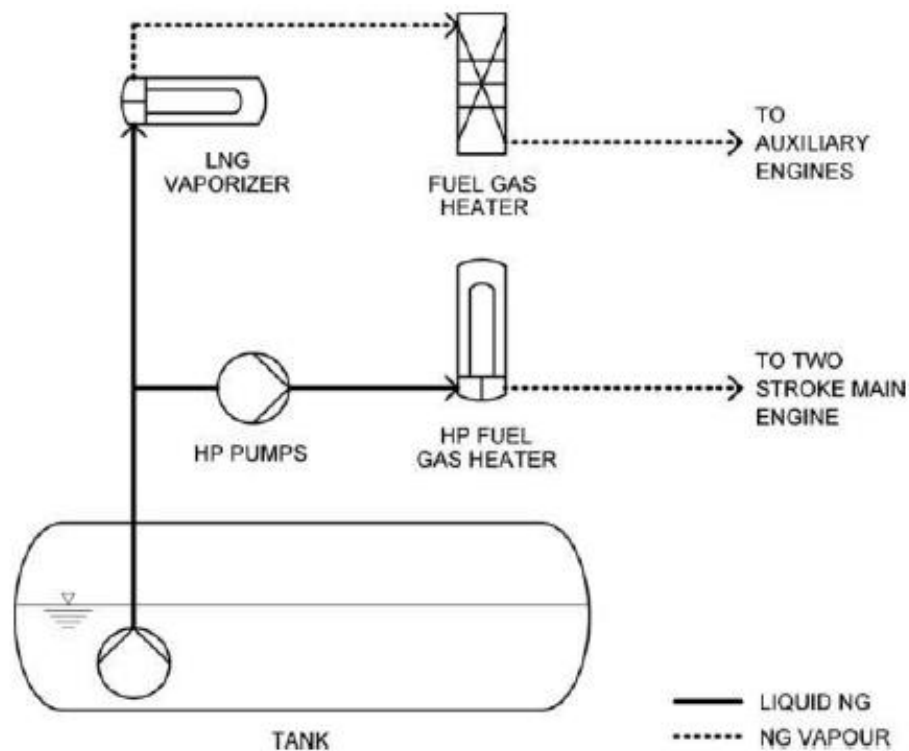
- Delovni tlak rezervoarja 0 to 3 barg
- Nazivni tlak rezervoarja približno 4 barg

(vir: TGE Marine)

ENERGIUM



S sofinanciranjem Evropske unije
Instrument za povezovanje Evrope



Visokotlačni 2-taktni glavni motor z dodatnim pomožnim nizkotlačnim 4-taktni motorjem

UZP sistemi za gorivo



(vir: TGE Marine)

2-taktni DF motorji
zahtevajo
vbrizgavanje pod
visokimi tlaki (150-
300 barg)

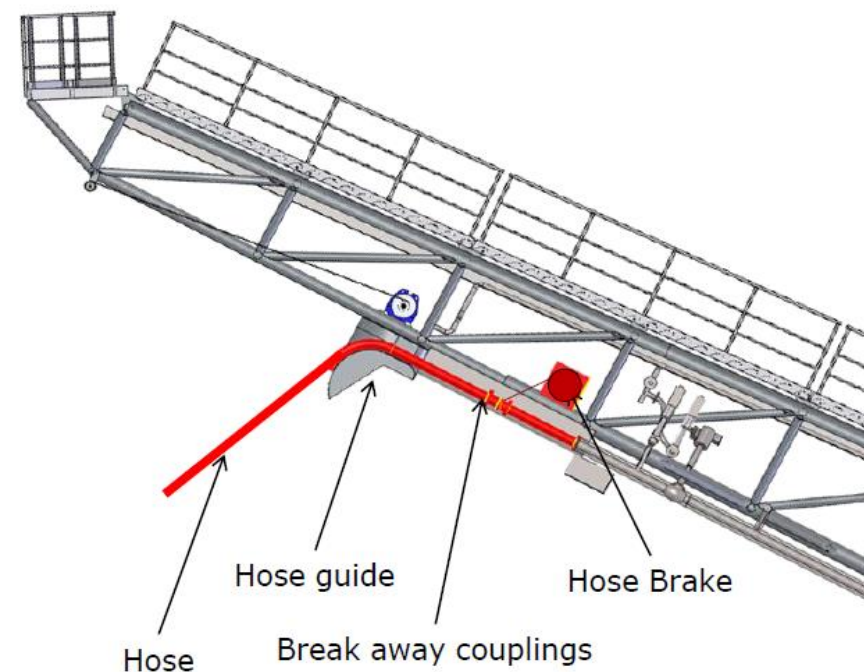
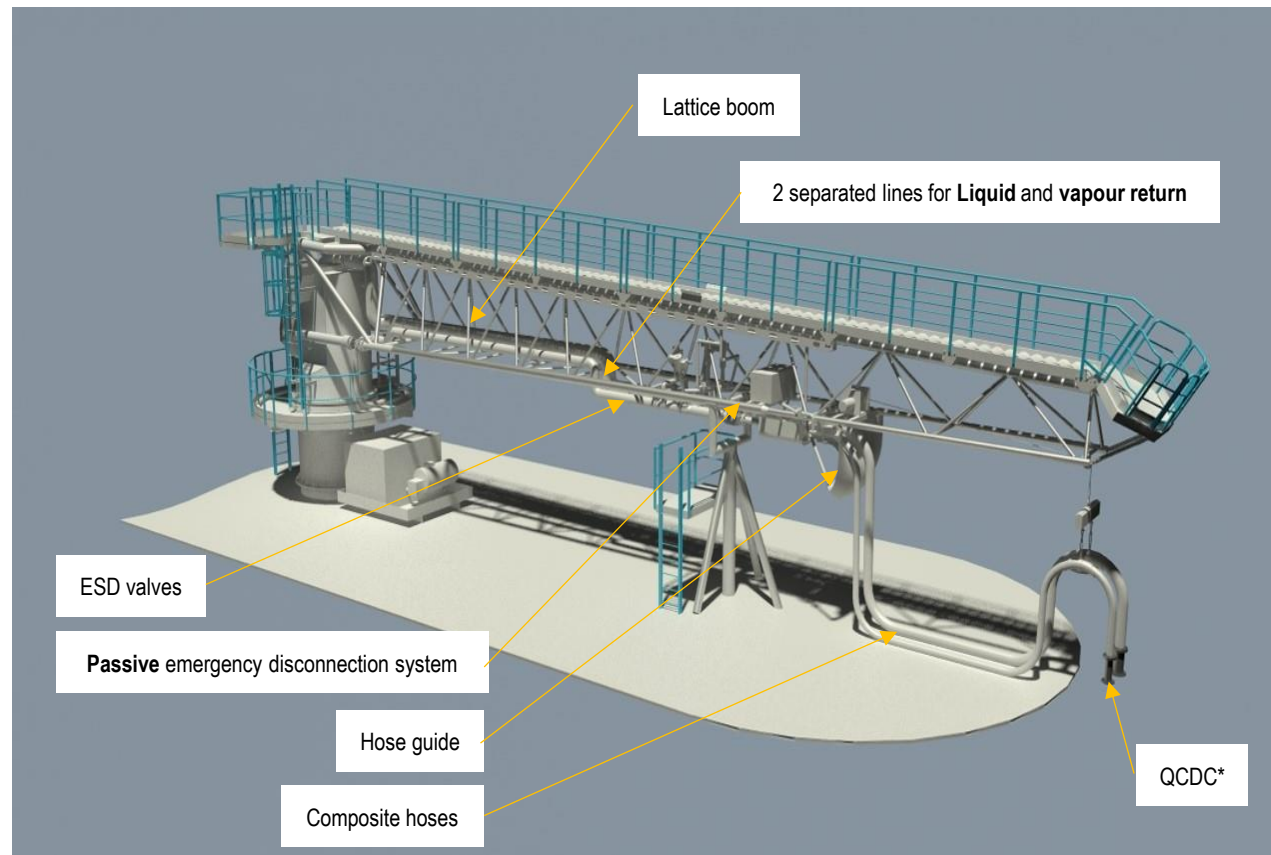


Vmesniki za bunkering UZP

Bistvena in priporočljiva oprema ter sestavni deli so:

- Izpustni/sprejemni ventili pri bunker oskrbovalnem/sprejemnem plovilu (ali kopenski oskrbovalni objekt)
- Pretakalne roke ali cevi za UZP in vračanje hlapov
- Zveza za razklop v sili
- Povezovalna/suho razklopna zveza
- Sredstva za odvod po končanem bunkering transferju
- Sredstva za inertizacijo in sprostitvev plinov
- Povezava iz ladja-na-ladjo (kopnega-na-ladjo) za komuniciranje
- Avtomatski/ročni ESD

UZP bunker transfer sistem s pretakalnimi rokami

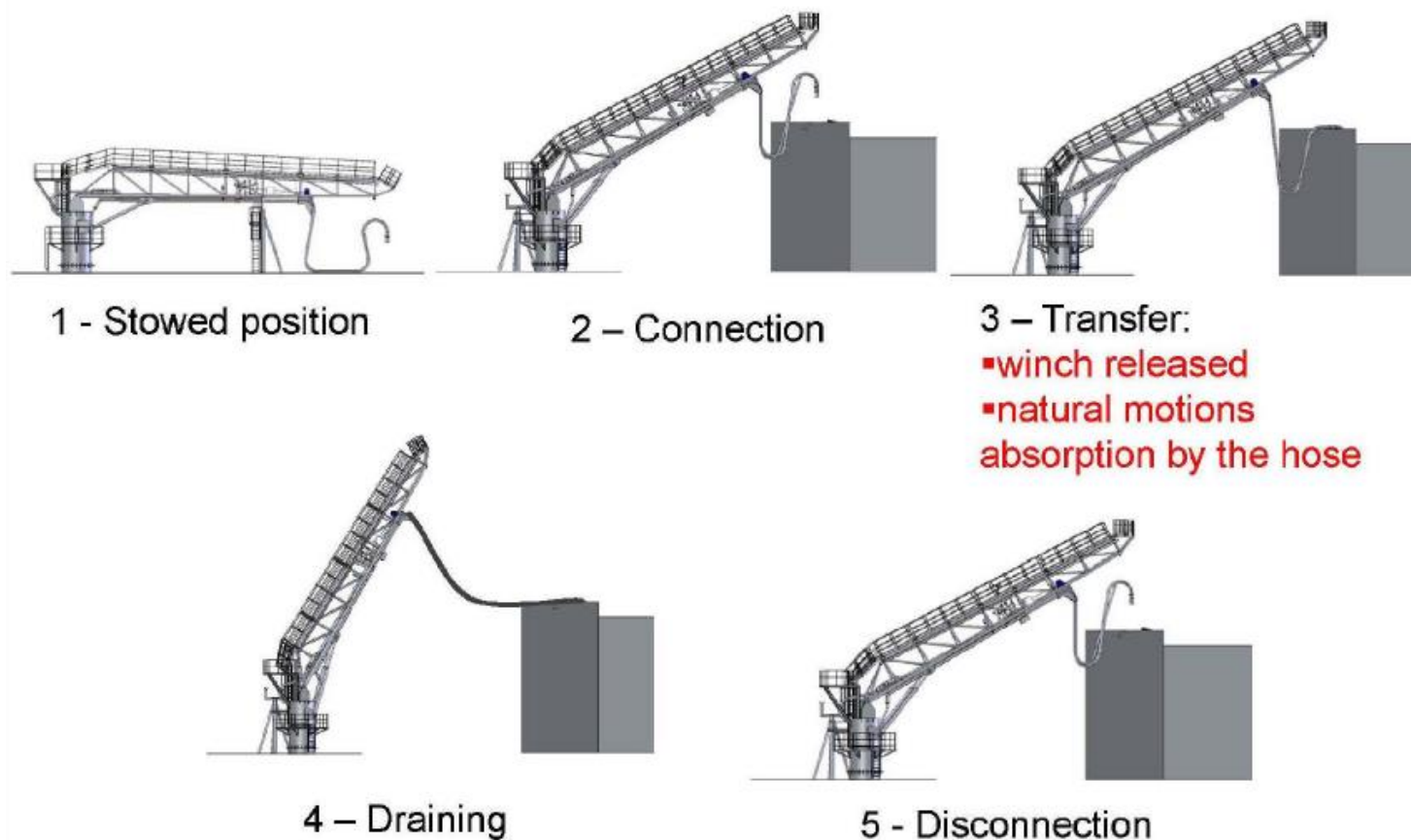


(vir: GTT)

Normalna povezava in
izklop v 5 korakih

(vir: GTT)

UZP bunker transfer sistem s pretakalnimi rokami



ENERGIUM



S sofinanciranjem Evropske unije
Instrument za povezovanje Evrope

UZP bunker transfer sistem s pretakalnimi rokami

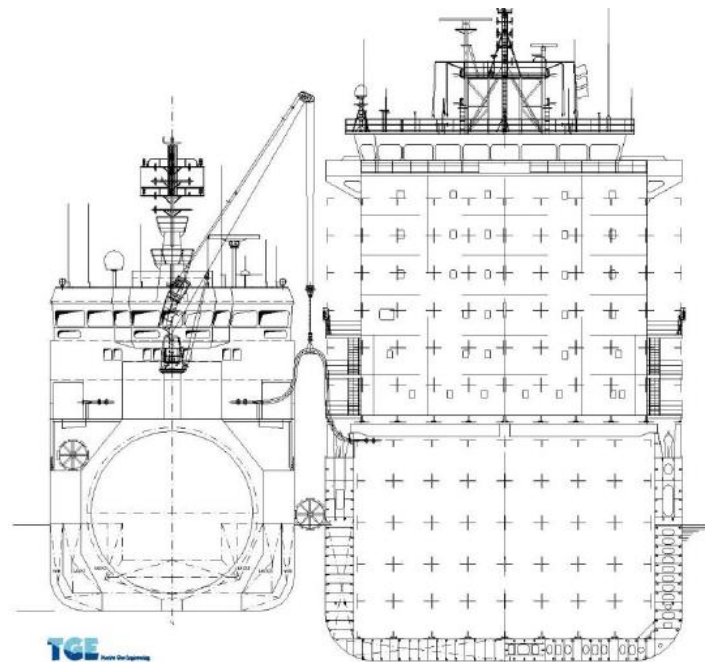
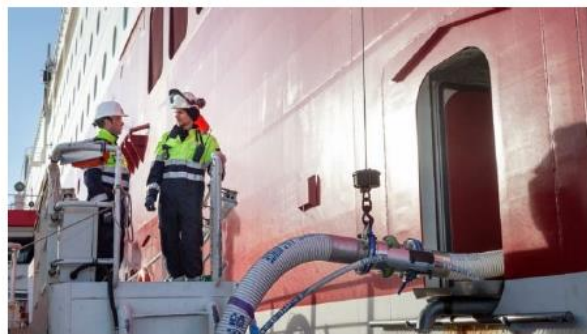


(vir: HOULDER)

ENERGIUM

Cevni UZP bunker transfer sistem

...in small-scale



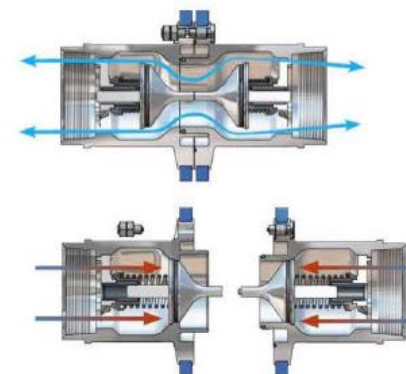
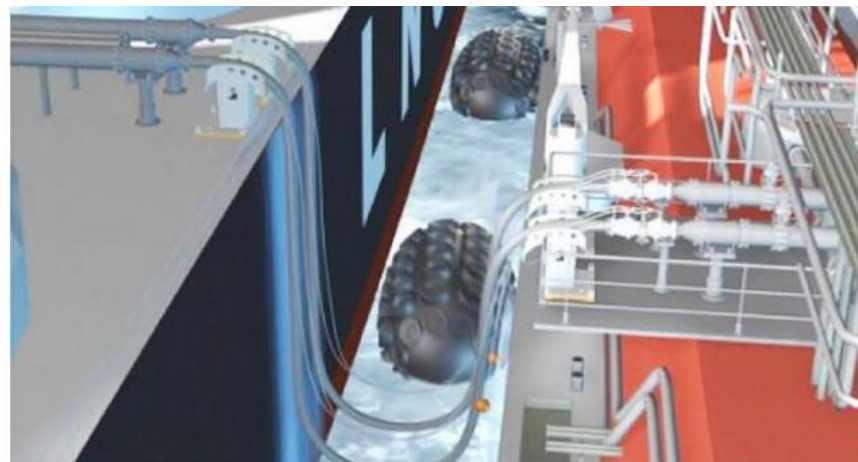
...to big-scale



Source: AGA/Sirius, Exmar

ENERGIUM

Cevni UZP bunker transfer sistem



Technical details Multi-LNG White STS

Bore diameter		Max. work. pressure		Burst pressure ¹		Pressure losses ²		Min. Bend radius ³		Elongation		Twist		Weight		Available lengths	
Inches	mm	PSI	bar	PSI	bar	PSI/m	bar/m	Inches	mm	%	%/mtr	lbs/Ft	Kg/m	Ft	m		
6	150	150	10,5	2610	180	4,30	0,30	26,10	660	6	<1	8,40	12,60	100	30		
8	200	150	10,5	2610	180	2,90	0,20	36,80	910	6	<1	13,50	20,10	100	30		
10	250	150	10,5	2100	145	2,90	0,20	59	1500	6	<1	16	23,90	100	30		
12	300	150	10,5	1800	125	2,90	0,20	78,70	2000	5	<1	24,10	36	65	20		
16	400	300	20	1500	105	1,40	0,10	98,90	2500	5	<1	31,60	47	16,5	5		

¹ Performed at cryogenic conditions

² Performed at cryogenic conditions and at maximum allowable flow speed of 14 m/s



Sources: Exmar, Klaw, Man-Tek, Gutteling, alphaprocess

Kakšen vmesnik za UZP bunkering izbrati

Pred izbiro dobavitelja, priporočamo dobro raziskavo trga in posvetovanje z inženirskimi podjetji v tej stroki, kot tudi s pristanišči, ki so že uvedle UZP bunkering.

V osnovi mora UZP bunkering vmesnik izpolnjevati naslednje vidike:

- prostorske omejitve
- zmogljivost (razmerje: premer / pretok in tlačna izguba)
 - obratovalnost
 - čas pretakanja
- varnostne zadeve (izdelek, proces, izvajalci, transferni sistem, okolje)

ENERGIUM



5,100 m3 UZP bunker ladja

(vir: TGE Marine)

Ladje za bunkering UZP

5,800 m3 UZP bunker ladja



7.500 m3 UZP/LEG tanker



15.650 m3 UZP tanker



Bunkering različnih vrst ladij

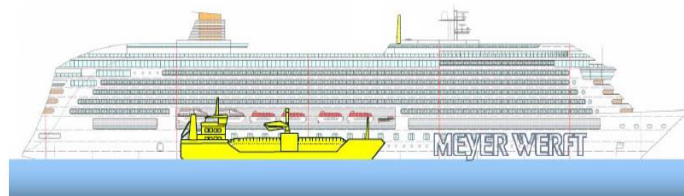
(vir: TGE Marine)

Obalna ladja s sistemom UZP



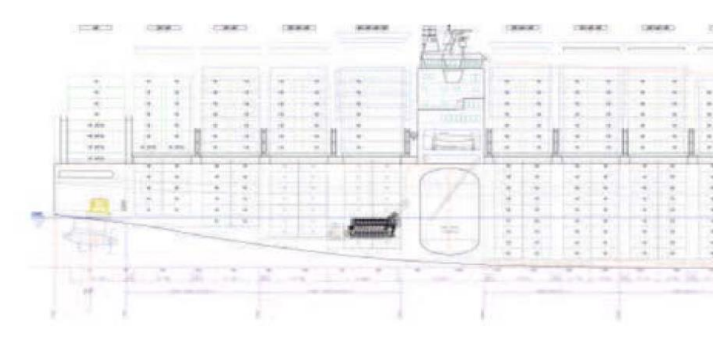
- volumen UZP: 50 - 500 m³
- čas bunkeringa: max. 4 ure
- pretok: 25 - 200 m³/h

Potniška ladja s sistemom UZP



- volumen UZP: 2.000 – 3.000 m³
- čas bunkeringa: 4 ure
- pretok bunkeringa: 750 m³/h
- bunker priključek: 8"

Velika kontejnerska ladja s sistemom UZP



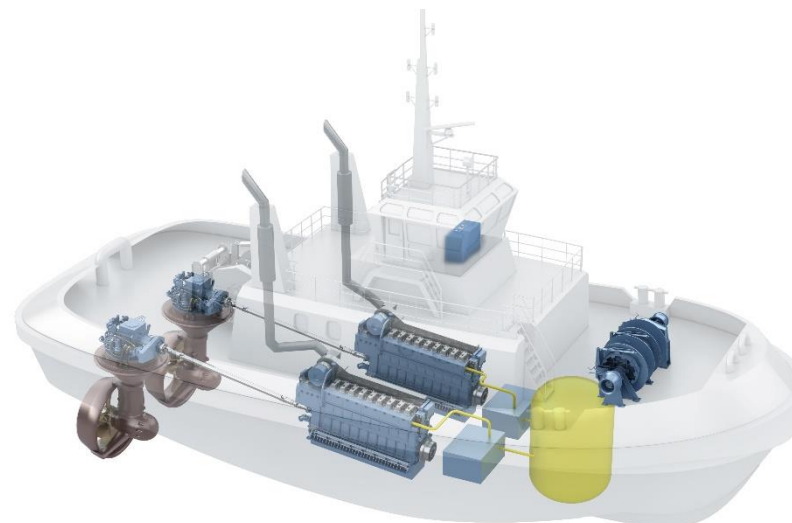
- volumen UZP: do 13.000 m³
- čas bunkeringa: približno 4 - 11 ur
- pretok bunkeringa: do 1,500 m³/h
- bunker povezava: ocenjeno min. 8"

UZP sistem na vlačilcu

Vlačilci:

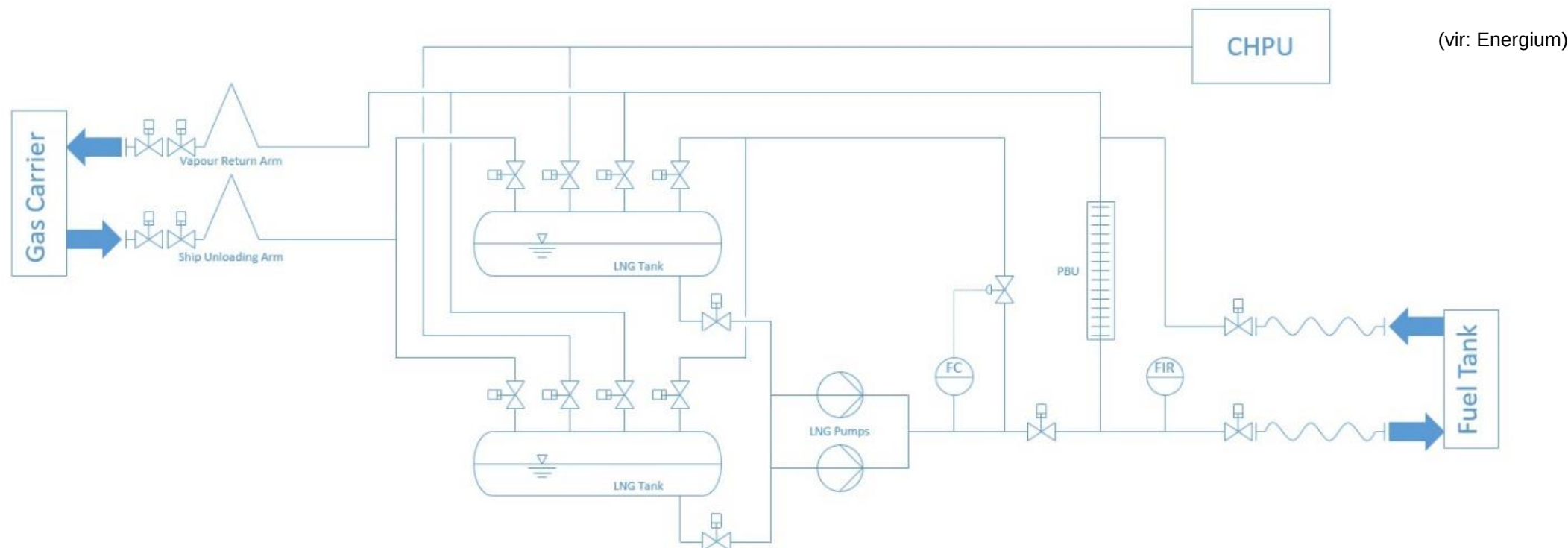
- so namenjeni stalnemu delu v pristanišču
- ne potrebujejo velik rezervoar za gorivo
- za UZP na vlačilcih veljajo isti principi kot za druge vrste ladij

Na sliki je prikazana lokacija 80 m³ rezervoarja za LNG montiranega v trup vlačilca.



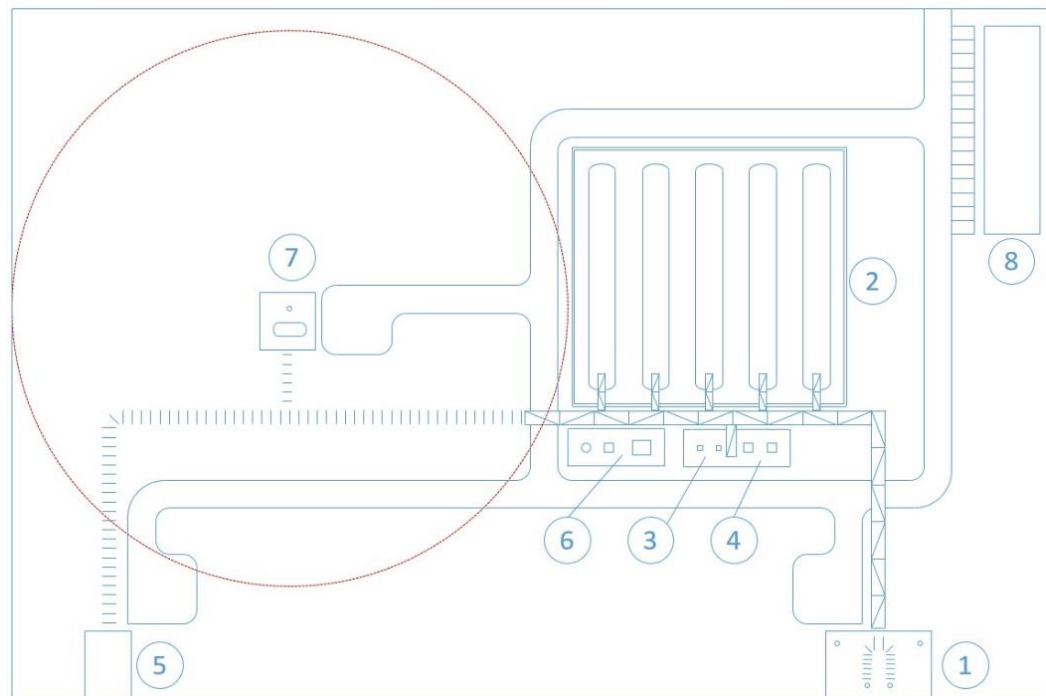
(vir: Rolis-Royce)

Terminali za UZP bunkering

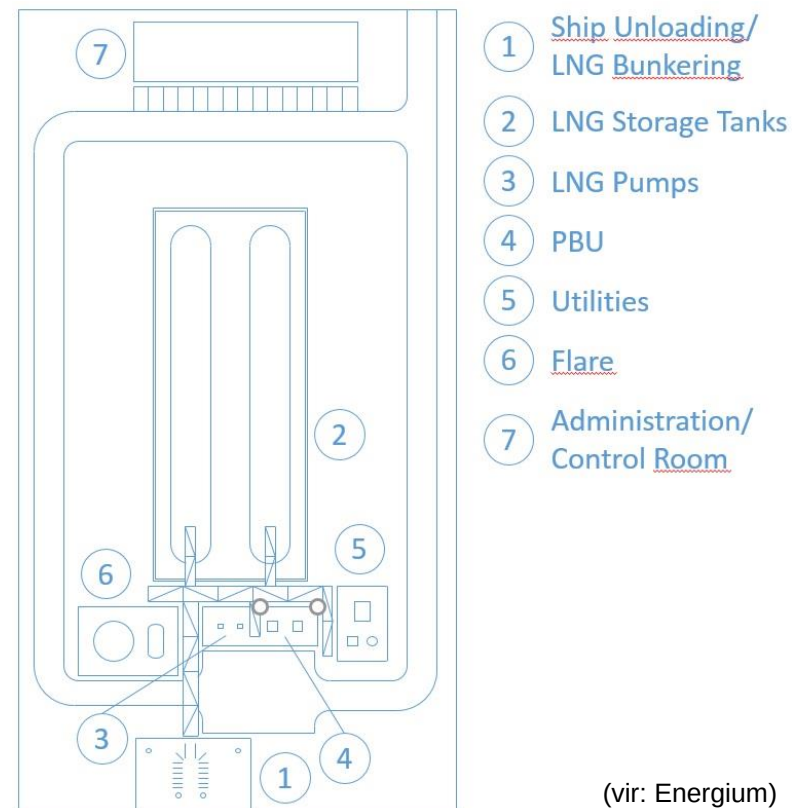


- Terminale za bunkering UZP je smiselno zgraditi, če se operacije bunkeringa pogosto izvajajo
- En ali več rezervoarjev volumna od 1.000 m³ do več kot 5.000 m³
- Dobava se izvaja s pomočjo manjših plinskih tankerjev (kapaciteta terminala nekaj sto do 20.000 m³)
- Raztovarja se z uporabo (transferne) razkladalne roke in s sistemom vračanja uplinjenih plinov
- Lahko obstaja potreba za obdelavo uplinjenih plinov (BOG), ki se običajno izvede s pomočjo kogeneracijske enote (ustvarja električno energijo in toplo vodo)

Terminali za UZP bunkering



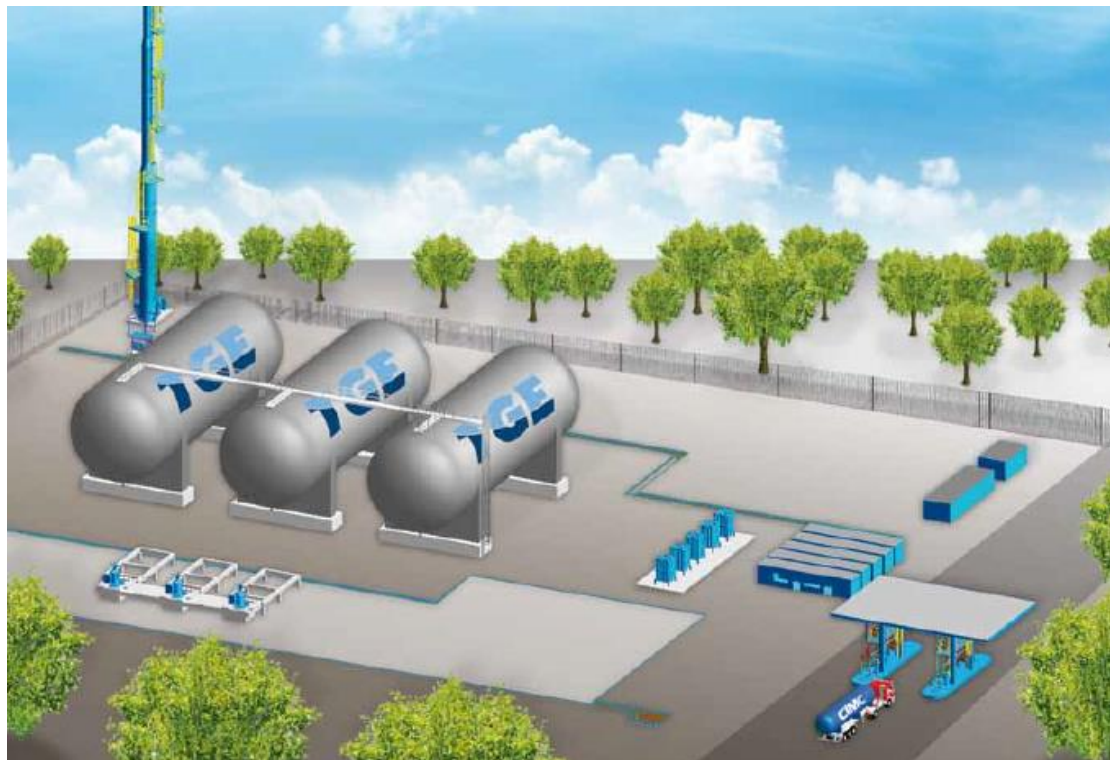
- rezervoarji 5 x 1.000 m³
- površina približno 225 × 150 m



(vir: Energium)

- rezervoarja 2 x 3.000 m³
- površina približno 160 × 90 m

Terminali za UZP bunkering

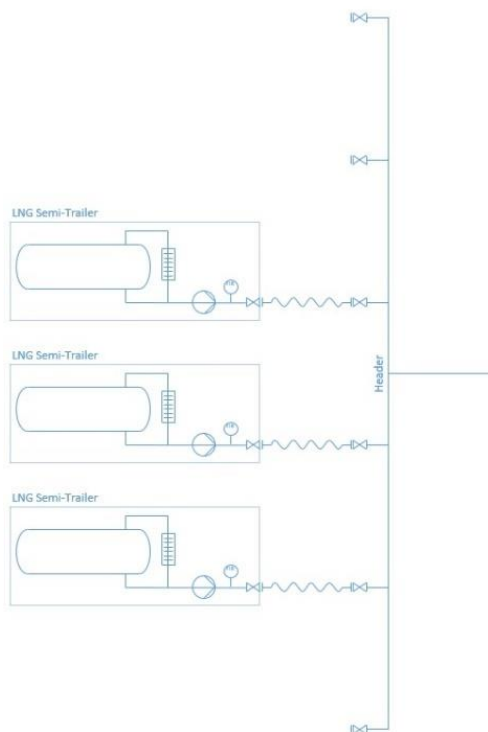


(vir: TGE)

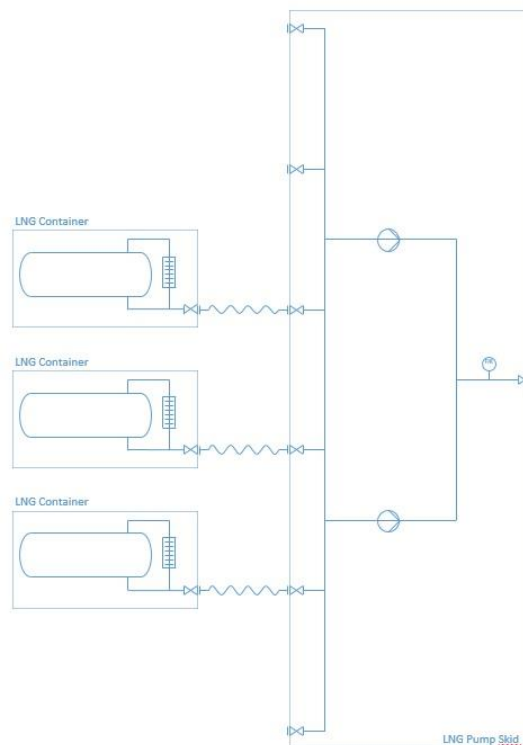


(vir: Gasnor)

Mobilne enote za bunkering
UZP s pol-priklopniki za UZP

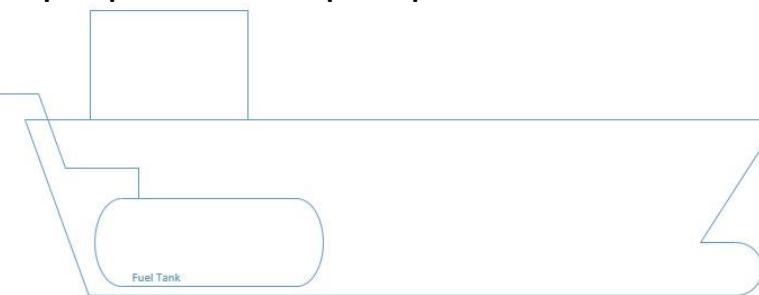


Mobilne enote za bunkering
UZP z UZP ISO kontejnerji



Mobilne UZP bunkering enote

- Za vsak UZP polpriklopnik/UZP ISO kontejner je potrebna pribl. **25 × 5 m** velika površina.
- Enota za UZP bunkering je nameščena blizu mesta prečrpavanja, kar zahteva dodatnih **25 × 5 m** prostora.
- Priporočljivo je namestiti ovire v razdalji **pribl. 30 m** okoli bunkering točke, da se prepreči dostop nepooblaščenim osebam



(vir: Energium)

Varnostna analiza za bunkering UZP

- Varnostna študija je v glavnem narejena v obliki ocene tveganja
- Ocena tveganja je bistveni del vsake varnostne študija. Ob zaključku varnostne študije mora biti rezultat:
 - izračunane varnostne oddaljenosti za različne ravni
 - operativni postopki
- Razdalje se običajno izračunajo z določenimi računalniškimi programskimi paketi in niso rezultat subjektivne presoje
- Operativni postopki se razvijejo na osnovi razumevanja in uvedbe rezultatov varnostne študije - kvalitativna in subjektivna presoja

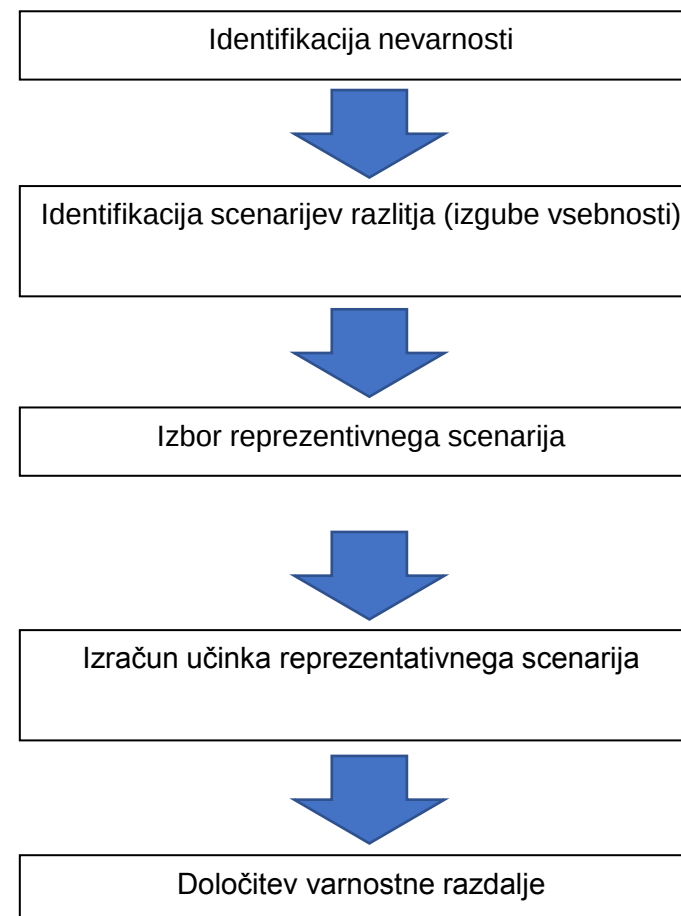
Methodologija določanja varnostne razdalje

(vir: DNV)

V primeru določitve varnostnih razdalj pri bunkeringu UZP, je treba preučiti in oceniti dve kategoriji oddaljenosti:

- varnostne razdalje za prehod ladij
- razdalje tveganja do občutljivih objektov.

Varnostne razdalje za prehod ladij



Razdalje tveganja do ranljivih objektov

QRA je sestavljena iz petih korakov oziroma razloženo z manj strogo terminologijo, skuša odgovoriti na pet preprostih vprašanj:

- Identifikacija nevarnosti (Kaj gre lahko narobe?)
- Modeliranje posledic (Kako slabo?)
- Ocena frekventnosti (Kako pogosto?)
- Ocena tveganja (Kakšni so učinki?)
- Upravljanje s tveganji (Kako ublažiti?)

Razdalje opredeljene s to metodo, so izračunane na podlagi individualnih kontur tveganja. Glavno merilo za njihov izračun je, da so tveganja za posameznika 1×10^{-6} na leto (v večini držav) formalno sprejemljivo tveganje.

Stopnje tveganja in sprejemljivosti

Veljavne stopnje tveganja

(vir: DNV, UL-FPP prof. dr. Stojan Petelin – presentation LNG terminal Koper – Safety - 2009)



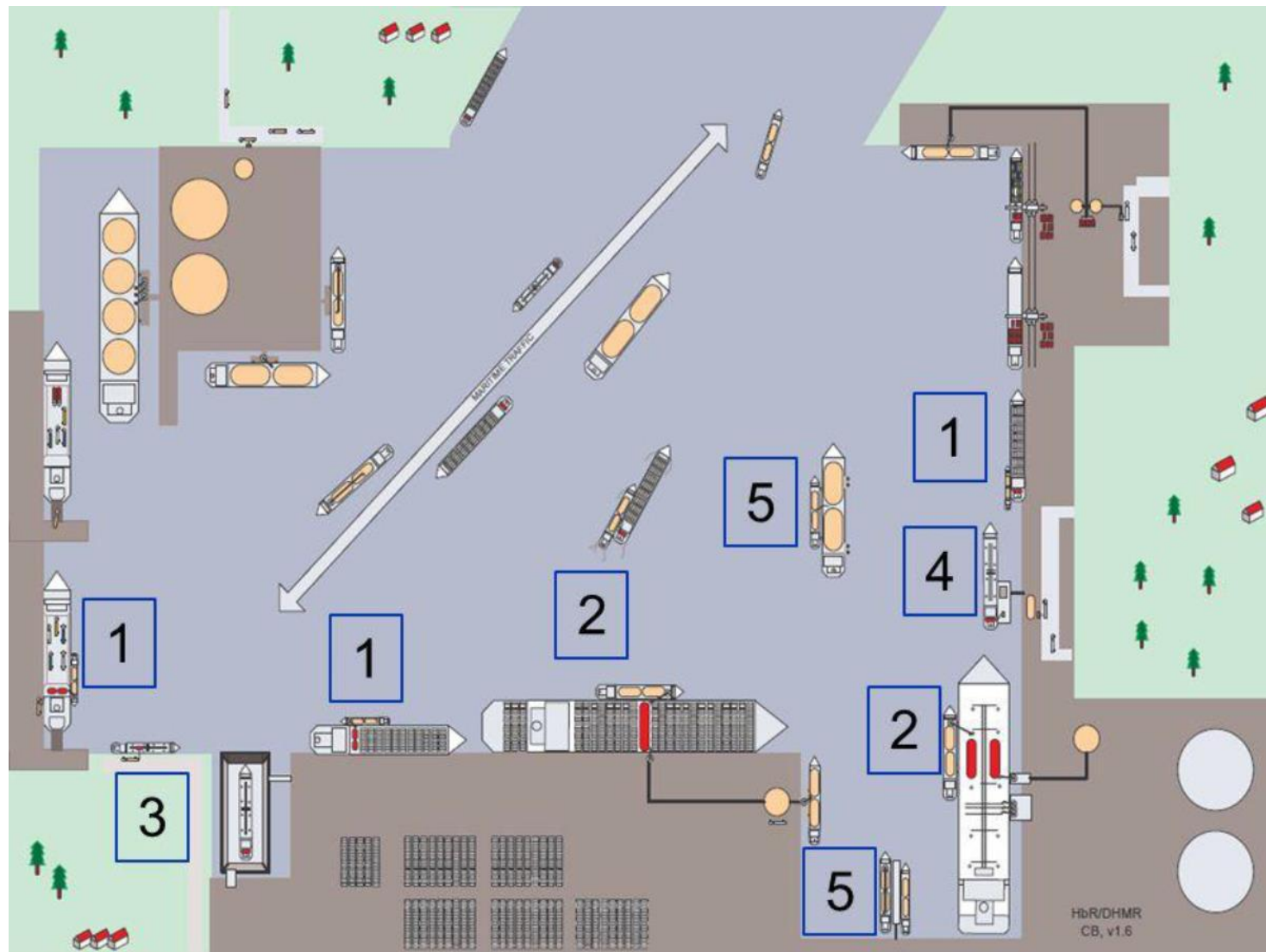
Tveganje je sprejemljivo če:

- a.) ALARP ali
- b.) Pod ciljn. nivojem

Rezultati primerljive pristaniške UZP bunkering študije

- DNV je v letu 2012 izdelala preliminarno študijo varnosti za bunkering UZP za pristanišča **Rotterdam, Antwerpen, Amsterdam** in **Zeeland Seaports**. Pristanišča so se pripravljala na prihod UZP kot goriva.
- Pomoč pri opredelitvi:
 - varnostnih razdalij za prehod ladij in
 - razadalj tveganj do ranljivih objektov, kot so stanovanjske soseske, pisarne, bolnice itd.
- Aktivnosti bunkeringa UZP so bile združene v pet različnih kategorij:
 - bunkering UZP iz majhnih celinskih bunker plovil na majhna plovila
 - bunkering UZP iz velikih bunker plovil na velika plovila
 - bunkering UZP iz kamionov na majhna plovila
 - bunkering UZP iz bunker pontona (barže) na majhno plovilo
 - transfer UZP iz ladje na ladjo

Port toolkit risk profile LNG bunkering



1. bunkering UZP iz majhnih celinskih bunker plovil na majhna plovila
2. bunkering UZP iz velikih bunker plovil na velika plovila
3. bunkering UZP iz kamionov na majhna plovila
4. bunkering UZP iz bunker pontona (barže) na majhno plovilo
5. transfer UZP iz ladje na ladjo

(vir: DNV)

ENERGIUM

Varnostne razdalje za prehod ladij

Bunker category	Safety distance [m] (based on LFL)
1 LNG bunkering with a small bunker vessel	61
2 LNG bunkering with a large bunker vessel	218*
3 LNG bunkering with a tank truck	49
4 LNG bunkering from a bunker pontoon	45
5 LNG STS transfer	235*

*the calculated safety distance for category 2 is based on the simultaneous disconnection of three hoses. For category 5 the safety distance is based on the simultaneous disconnection of two hoses.

(vir: DNV)

Primerjalni sklepi za Luko Koper za izvajanje bunkeringa UZP:
iz ladje-na-ladjo (ladja na sidrišču)

- majhna verjetnost trčenja ladij => uveljavljena praksa iz Rotterdama minimalno 50 metrov razdalje za prehod ladje
- primeren in sprejemljiv pristaniški standardni postopek

Varnostne razdalje za prehod ladij

Glede na specifike Luke Koper (širina bazena 1 in izvajanje bunkeringa na potniškem ali kontejnerskega terminalu) bi predlagali, da se prouči, ali je možno poiskati **najmanjšo sprejemljivo razdaljo v razponu:**

od 20 m do 50 m.

Znotraj te razdalje, bi se izognili zaprtju prometa v bazenu, ko bi se izvajal bunkering UZP. Da bi dosegli te razmeroma kratke razdalje, je treba posvetiti pozornost zapiralnemu času spoja za nenadni razklop (ang. breakaway coupling), ker lahko izpostavljenost tveganju iz tega dogodka povzroči LFL cone v razponu od 60 m do 230 m.

Razdalje tveganja do ranljivih objektov

Možno je oceniti, da bi za dejavnosti bunkeringa za UZP v Luki Koper, bile **konture individulanega tveganja 10^{-6} /leto** v razponu:

od 50 m do 150 m.

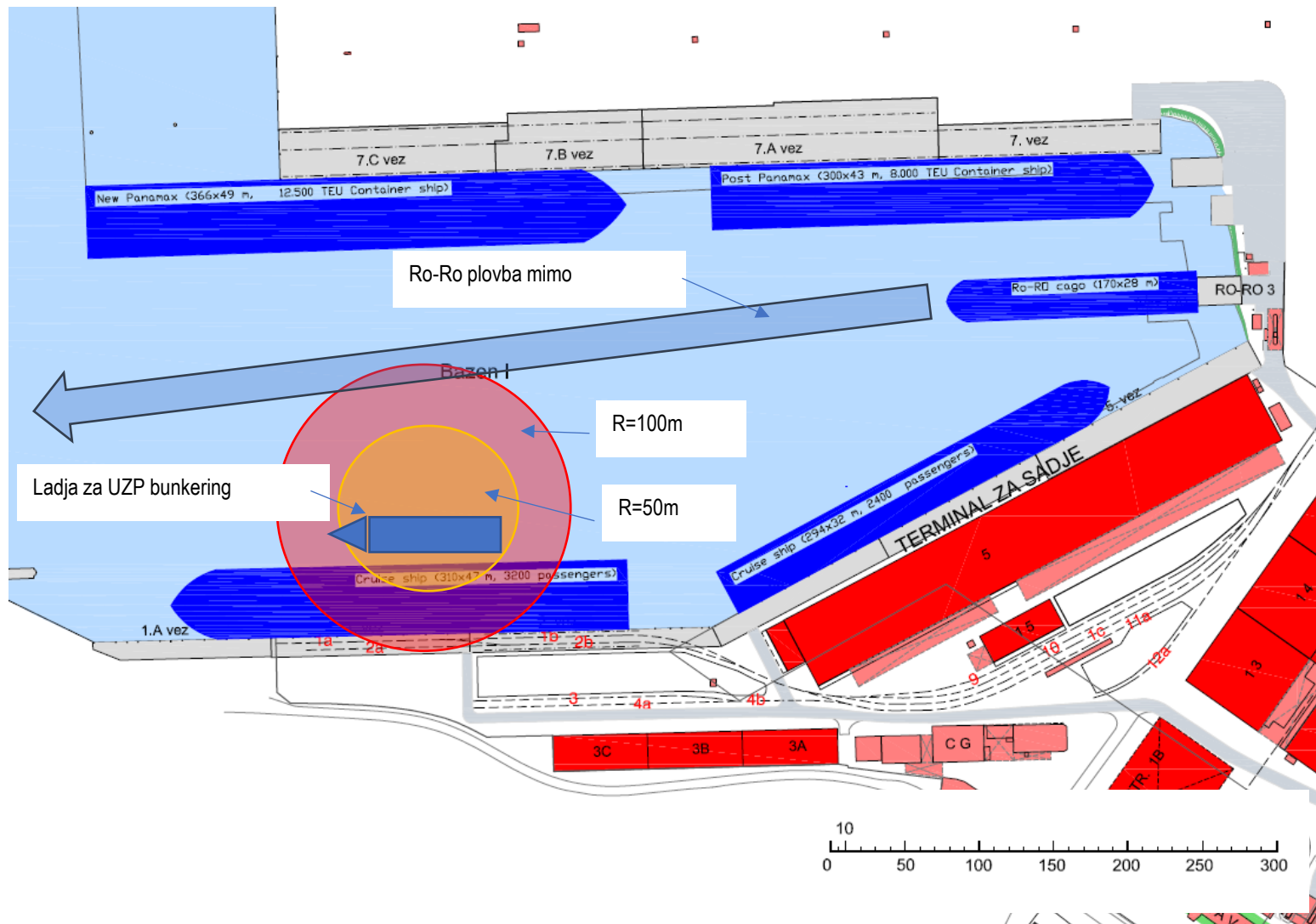
Te številke se lahko zelo razlikujejo, saj so občutljive na številne parametre.

Predstavljene številke so, po našem najboljšim vedenju, temelječe na realnih scenarijih.

ENERGIUM

Primer

V primeru razdalje 50 m, gredo lahko Ro-Ro ladje ven (ali noter), medtem ko v primeru varnostne razdalje 100 metrov, takšen prehod ni več možen



(vir: Energium)

ENERGIUM



S sofinanciranjem Evropske unije
Instrument za povezovanje Evrope

!!!

Trčenje kontejnerske ladje v potniško ladjo, ki je na privezu
Vzrok: Prevelika hitrost kontejnerske ladje ob vstopu v bazen 1

(vir: Luka Koper)



- Luka Koper ima primanjklaj prostora za operativne dejavnosti zato mora biti vsak tip bunkeringa za UZP, bodisi na morju ali obali, skrbno načrtovan.
- Načrtovanje infrastrukture za UZP na osnovi rezultatov ocen tveganja.
- V prvi fazi najbolj sprejemljiv način bunkeringa UZP iz ladje-na-ladjo ko je ladja na sidrišču.
- Bunkering UZP iz ladje-na-ladjo, ko je ladja v privezu je že vprašljivo.
- V prvi fazi je najbolj sprejemljiv način pretovora UZP na kopno v obliki 40ft. Ali 20ft. ISO LNG kontejnerjev.