



ALLEGATO 6 STUDIO DI NAVIGABILITA'

BG



Brindisi LNG Nota Tecnica (Gennaio 2008)

Oggetto: Studio del Traffico Marino

Riferimenti:

- 1) Studio del Traffico Marino – HR Wallingford (EBR3903/01 8/3/2007)
- 2) Simulazione di manovra delle navi – Eagle Lyon Pope (ELP-57210-0107-55265 Rev 3)
- 3) Email datata 20 Novembre – Capitano Stephen Gyi Ex C. (Senior Marine Specialist)

Società specializzate hanno effettuato innumerevoli studi per indagare l'impatto delle metaniere nel Porto di Brindisi. Gli obiettivi di tali studi erano l'accertamento della potenziale limitazione all'attuale traffico del porto di Brindisi e la determinazione dell'impatto delle manovre delle metaniere.

Lo studio effettuato da HR Wallingford ha interessato principalmente i tempi delle operazioni dall'arrivo delle metaniere in prossimità del porto, le operazioni di ormeggio, scarico e disormeggio. Le conclusioni di questo studio sono le seguenti:

- Il controllo del pilota sarà richiesto per 2.25 ore all'arrivo e 2 ore alla partenza.
- Il Terminale di GNL potrà operare (con alcuni costi aggiuntivi) senza avere nessun impatto sul traffico portuale esistente.
- In circostanze estreme la restrizione al resto del traffico nel porto è di circa il 4,7%, questo è un valore massimo ed è ottenuto considerando il tempo totale in cui la nave metaniera è controllata dal pilota.

Il Capitano Stephen Gyi ha analizzato la Moving Safety Zone (MSZ) sulla base della sua esperienza circa le operazioni delle navi metaniere in altri porti multifunzionali e ha fornito le seguenti informazioni/raccomandazioni:

- È normale per i rimorchiatori agganciarsi alla Pilot Borading Area (PBA) nello stesso momento dell'imbarco del Pilota (Pilot Board). Ciò ridurrà il tempo totale da 90 minuti dal PBA al cerchio di evoluzione a circa 45-60 min.
- La distanza nel canale (da concordare con l'Autorità Portuale) per lo spazio libero da altre navi necessario per la manovra sarà di circa 0.5 miglia. Ciò sarà anche il raggio di sicurezza per le navi di passaggio.
- La restrizione al traffico potrà essere annullata non appena le metaniere avranno effettuato le manovre per uscire dal canale principale.
- È necessario eseguire un'analisi completa della simulazione delle operazioni insieme con l'Autorità Portuale prima dell'arrivo della prima nave metaniera.

Le simulazioni effettuate da Eagle Lyon Pope sono state esaminate sulla base dei commenti del Capitano Gyi per meglio definire la durata dell'occupazione del Canale principale e conseguente interruzione del traffico.

Le sequenze di simulazione al computer No. 1, 4, 5, 15, 19, 21 and 23 del documento ELP-57210-0107-55265 mostrano la rotta e la durata delle operazioni dall'esterno del porto all'ormeggio. Queste si svolgono in un tempo di 28 minuti per la simulazione N 15 e 45 minuti per la simulazione N 21. Applicando il criterio di 0.5 miglia per la MSZ alla simulazione 21, il tempo si riduce a circa 20 minuti.

La conclusione raggiunta in tutte relazioni indica come tempo massimo di restrizione al traffico di altre imbarcazioni corrispondente a 20 minuti per ciascun arrivo. Si deve considerare che per la partenza il tempo richiesto è inferiore, circa 15 minuti. L'analisi dell'ormeggio a prua o a poppa può apportare ulteriori benefici nell'ottimizzazione dei tempi di ormeggio.

Brindisi LNG

Marine Traffic Study

Technical Note EBR3903/01



Address and Registered Office: HR Wallingford Ltd. Howbery Park, Wallingford, OXON OX10 8BA
Tel: +44 (0) 1491 835381 Fax: +44 (0) 1491 832233

Registered in England No. 2562099. HR Wallingford is a wholly owned subsidiary of HR Wallingford Group Ltd.

Document Information

Project	Brindisi LNG
Technical subject	Marine Traffic Study
Client	Brindisi LNG SpA
Client Representative	Mr A Forrest
Project No.	EBR3903
Technical Note No.	TN01
Project Manager	Dr M W McBride
Project Sponsor	Dr C W Skipper

Document History

Date	Revision	Prepared	Approved	Authorised	Notes
08/03/07	1.0	JCL	MMCB	CWS	Release 1

HR Wallingford accepts no liability for the use by third parties of results or methods presented here.

*The company also stresses that various sections of this document rely on data supplied by or drawn from third party sources.
HR Wallingford accepts no liability for loss or damage suffered by the client or third parties as a result of errors or inaccuracies in such third party data*

Contents

1.	Introduction	1
1.1	Background.....	1
1.2	Scope of work.....	1
2.	Simulation system	2
3.	Assumptions.....	2
3.1	Terminal configuration	2
3.1.1	Production	2
3.1.2	Infrastructure	3
3.2	Shipping configuration	3
3.3	Port operating limit/weather conditions.....	4
3.4	Operational activity durations	5
4.	Metocean conditions	5
4.1	Existing studies and reports	5
4.1.1	Wind conditions	5
4.1.2	Wave conditions.....	6
4.1.3	Currents	7
4.2	Simulation metocean conditions.....	7
4.2.1	Derivation of wave conditions	7
5.	Traffic analysis.....	8
6.	Discussion of results.....	9
6.1	scenario summary	9
6.2	Scenario Results	10
7.	Conclusions and recommendations	11
8.	References	12

Tables

Table 1	Geographical source of LNG as percentage of total volume.....	3
Table 2	Wind and wave operational thresholds.....	4
Table 3	Average activity duration	5
Table 4	Average 3-hourly extreme wind speeds – All directions.....	6
Table 5	Offshore wave climate – Wave height against wave direction.....	6
Table 6	Offshore wave climate – Wave height against wave period.....	7
Table 7	Channel occupation by existing traffic	9
Table 8	Summary of results	10

Figures

Figure 1	Location of the proposed LNG Terminal within Porto Esterno, Brindisi
Figure 2	Offshore wave rose (UKMO wave model data)
Figure 3	Nominal demurrage costs per annum
Figure 4	Total net storage volume required for each scenario
Figure 5	Berth occupancy for each scenario

Appendix

Appendix 1	LNG storage level time series for each scenario
------------	---

1. Introduction

1.1 BACKGROUND

Brindisi LNG SpA is to construct an LNG import terminal within the outer harbour (Porto Esterno) at Brindisi in south-eastern Italy (see Figure 1). This terminal is expected to handle up to 6 million tonnes of LNG per year (approximately 8 billion cubic metres of product per year) resulting in 95 LNG ships per annum arriving and departing Brindisi, in addition to existing traffic.

HR Wallingford were commissioned to investigate the affect of the increased traffic at Brindisi in terms of LNG terminal operation and scheduling of existing traffic. The purpose of this report is to describe the assumptions used in modelling the plant and report on the results of the simulations.

To date HR Wallingford have been involved in several studies in the region of the Port of Brindisi. The most relevant include a detailed numerical modelling study of the physical processes within the outer harbour at Brindisi (Reference 2), an investigation in to extreme wind and wind persistence at Brindisi (Reference 3) and a previous port operations simulation of the terminal (Reference 4).

1.2 SCOPE OF WORK

The purpose of this study was to assess:

- the implications of increased LNG traffic on the scheduling of existing traffic
- the effect of any delays caused by existing traffic movements on terminal operations (e.g. demurrage and storage requirements).

To achieve this the following work was undertaken:

- Review previous port operations simulation study and update as necessary
- Review metocean conditions
- Analyse data on the existing traffic level at Brindisi gathered and supplied by D'Appolonia S.p.A. (Reference 1) and identify restrictions
- Run a series of port operations scenarios to examine the traffic flow, test schedule constraints and their impact on terminal operations.

2. *Simulation system*

This study has been undertaken using HR Wallingford's established LNG operations simulation modelling system, LNGsim. This system provides assistance in the planning and design of terminal layout and storage requirements, and their subsequent operational evaluation, along with the training of operations personnel and examination of 'what-if' scenarios. The model has been developed as a 'shell' allowing individual terminal components, such as ship arrivals, cargo handling types, the allocation of pilots, tugs, equipment and labour, to be represented as sub-modules or 'building blocks', where required. These can be individually customised and manipulated to form an operational 'replica' of the terminal in question.

The model can integrate historical and/or forecast weather conditions to enable a more accurate assessment of terminal access downtime to be undertaken, depending on specified acceptable weather thresholds. In addition, the model can also assess the storage capacity of the local production plant, and the import terminals where the product is delivered, if required. The proposed terminal design can then be examined by simulation of its operation either individually, or as part of a whole transportation network. Changes or modifications, based on simulation results, can be made quickly in an iterative process until the most beneficial solution is identified.

3. *Assumptions*

3.1 **TERMINAL CONFIGURATION**

The model consists of the LNG import terminal at Brindisi which was assumed to be supplied by up to three separate export terminals in the Middle East, Arabian Gulf, and Nigeria. For the purposes of this study only the Brindisi terminal was modelled in detail.

3.1.1 *Production*

The annual throughput is defined in energy terms, based on 8 bcma with a design rich specification LNG of 40.80 MJ/Sm³ (1095 btu/scf, where scf are at 14.73 psi). The lean end of the design range is 38.55 MJ/Sm³ (1035 btu/scf). Therefore the volume throughput with a lean LNG supply is $(40.8/38.55) \times 8 = 8.5$ bcma approx.

For the initial model runs, using simplified assumptions, a midpoint LNG of 39.68 MJ/Sm³ (1065 btu/scf) has been assumed. This is equivalent to an annual throughput of $(40.8/39.68) \times 8 = 8.23$ bcma. The liquid/gas density ratio for this LNG was taken as 611.

At this liquid/gas density, this equates to:

Amount of cargo imported per year: 8.23 bcm (equivalent to 13,470,000 m³ LNG)

The send out rate of the regasification plant is assumed to be 100% of the required 8.23 bcma. This has been distributed, according to the regulatory requirement, for a peak winter (15 December to 15 March) demand and a reduced summer (all other times) demand. Typically the requirement is 110% output during winter and 95% output during the summer period.

3.1.2 Infrastructure

The terminal has been modelled with a single dedicated LNG berth with a maximum continuous unloading capacity of 10,000 m³ per hour.

It is understood that the project approvals have been given on the basis of two storage tanks of 160,000 m³ each nominal (cylindrical) volume. This is equivalent to a working volume of 150,000 m³ or slightly higher. For the purposes of this study the storage volume was set to ensure a production down time (due to empty tanks) if less than 0.1% and that the tanks never become full. This criterion has been selected so that extreme events and subsequent down time (due to full tanks) do not significantly affect demurrage and thus mask the effect of conflicting traffic. In addition the resulting storage requirements can be used to assess the impact on terminal operations. It is also perceived that storage requirements predicted by the model will be artificially high as scheduling between existing traffic and LNG vessels is not managed in the simulation, but is dependent on a regular arrival schedule. This was intentional, so that the model results could be interpreted. For this reason the relative change in storage requirements for different traffic levels will be of greater importance than the total volume required.

3.2 SHIPPING CONFIGURATION

The simulation comprises three shipping routes between Brindisi and each of the proposed export terminals. Each route comprises a number of ships that are uniquely identified within the model. An arrival schedule is determined for each vessel comprising regular arrival intervals determined by the summer/winter send-out requirements at Brindisi and the relative contribution of the export terminal. Thus more vessels are scheduled to arrive at Brindisi during the winter period than at other times.

The cargo supplied from the Middle East, Arabian Gulf and Nigeria is assumed to have the following contribution of the total throughput by volume:

Table 1 Geographical source of LNG as percentage of total volume

Source	Percentage
Middle East	40
Arabian Gulf	40
Nigeria	20

A regular arrival rate was calculated based on throughput and an average parcel size of 140,000 m³. The arrival rate was increased during the winter production period.

As detailed models of the LNG export terminals are not included in this simulation a random Rayleigh distribution was applied to all ship arrivals to account for delays at the export terminals that could not be made up in transit. It has been assumed that 50% of all vessels arrive on time and that 50% of vessels are delayed between 0 and 36 hours.

3.3 PORT OPERATING LIMIT/WEATHER CONDITIONS

Terminal operations will be affected by existing traffic and the prevailing environmental conditions. The limitations to marine operations at the terminal for LNG carriers are as follows:

- Current speed limitation:
- Maximum current speed of 1.0 knot for normal approach and departure
- Wave and wind limits:

Table 2 Wind and wave operational thresholds

Operation	Wave (height in approach channel in m)	Wave (height behind breakwater in m)	Wind speed (knots)
Berthing	-	1	40
Cargo Loading	-	1	40
Un-berthing	-	1.5	40
Inbound Navigation (Towage + Pilotage)	2	-	40
Outbound Navigation (Towage + Pilotage)	2	-	40

- Channel navigation and berthing:
For the purposes of handling LNG vessels the channel was assumed to be one way with a single LNG vessel navigating the channel at any one time. Thus the channel was considered to be occupied when an LNG vessels is manoeuvring between the pilot boarding station and the berth (first/last line ashore). During this time no other vessel (LNG or otherwise) was permitted to enter or leave the outer harbour.

For the purposes of determining when a channel is occupied by existing traffic it was assumed that the channel was occupied for 20 minutes after another vessel's allotted arrival time and for 40 minutes before a vessel's departure time. During this time an LNG vessel was not permitted to manoeuvre.

- Night time navigation restrictions
LNG vessels were assumed to be restricted from manoeuvring (berthing/departure and channel navigation) at Brindisi during night time hours. For this simulation night time hours were calculated based on the nautical definition (the time when the centre of the sun is more than 6° below the horizon).

3.4 OPERATIONAL ACTIVITY DURATIONS

The approximate timing of activities that was used in the simulation, from arrival at the pilot station to full away on passage, is as follows:

Table 3 Average activity duration

Activity			Average time (hours)
Pilot Station	to	Turning Basin	1.50
Turning Basin	to	First Line Ashore	0.75
First Line Ashore	to	All Fast	1.25
All Fast	to	Arms Connected	1.00
Arms Connected	to	Ready for Loading	1.50
Commenced Loading	to	Completed Loading	Calculated based on bulk discharge rate
Completed Loading	to	Arms Disconnected	0.50
Arms Disconnected	to	Commence Unberthing	2.00
Commence Unberthing	to	Cleared Berth	1.00
Cleared Berth	to	Cleared Channel	2.00
Average Total Time in Port (excluding loading)			11.5

4. *Metoccean conditions*

4.1 EXISTING STUDIES AND REPORTS

In January 2003 HR Wallingford was commissioned to undertake a detailed study into the physical oceanographic processes in the harbour, including wave conditions, currents, tides, surges and extreme water levels (Reference 2). As part of this work a long-term (15 year) time series of wave conditions was obtained from the UK Metreological Office (UKMO) European Wave Model and an offshore wave climate was derived from this data. In addition an extreme winds analysis was undertaken (Reference 3), utilising both measured data from Brindisi Airport and European wind mode (UKMO) data. Key results of this study are briefly described in this section.

4.1.1 *Wind conditions*

The extreme offshore wind speeds at 19.5m above mean sea level were derived from the UKMO European wind model and are summarised in Table 1. The 1 in 1 year extreme wind speed is 36 knots, increasing to 43 knots for the 1 in 10 year event. Thus excessive wind speed is not anticipated to contribute significantly to terminal down time.

Table 4 Average 3-hourly extreme wind speeds – All directions

Return Period (years)	Wind Speed U19.5/ knots
0.1	29
1	36
10	43
50	49
100	51
200	54
500	57

Note: Based on UKMO modelled offshore records.

4.1.2 Wave conditions

The offshore wave conditions at Brindisi are characterised by a split in dominant wave directions, between NW and SE. The offshore wave conditions are summarised in Tables 2 and 3. The offshore location for these wave predictions and the corresponding wave rose are shown in Figure 3. The offshore dominant wave directions are clearly NNW and SSE, with significant contributions coming from the N and S. The offshore significant wave height is expected to exceed 1.0m for 27% of the time, and 2.0m for 5% of the time. The offshore wave climate is thus the dominant factor in the likely terminal down time.

Table 5 Offshore wave climate – Wave height against wave direction

H1 To H2		P(H>H1)	Wave direction in degrees North											
			-15	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315
0.00	0.50	0.98928	4154	2706	1857	1807	2587	6231	4029	1930	1271	1451	3274	5868
0.50	1.00	0.61763	3929	1864	1408	1136	1928	8446	4184	2046	1319	1111	1873	5986
1.00	1.50	0.26533	1355	872	910	595	1047	3945	1853	1257	525	267	500	2133
1.50	2.00	0.11275	525	463	459	381	744	1859	593	50	43	64	125	646
2.00	2.50	0.05323	297	265	267	151	383	1111	183	11	7	2	62	242
2.50	3.00	0.02343	96	89	80	50	185	573	30	2	5	0	7	107
3.00	3.50	0.01120	37	37	64	30	146	290	9	0	0	0	2	39
3.50	4.00	0.00468	25	21	5	7	64	141	2	0	0	0	0	14
4.00	4.50	0.00189	5	0	14	2	46	71	0	0	0	0	0	0
4.50	5.00	0.00052	0	0	5	0	14	21	0	0	0	0	0	0
5.00	5.50	0.00014	0	0	2	0	7	2	0	0	0	0	0	0
5.50	6.00	0.00002	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Parts per thousand for each direction			104	63	51	42	72	227	109	53	32	29	58	150

Notes: Data in parts per hundred thousand

Hs is the significant wave height in metres

P(H>H1) is the probability of Hs exceeding H1

Total number of hours = 131,496 (equivalent to approximately 15 years)

Based on UKMO predictions for April 1987 – March 2002.

Table 6 Offshore wave climate – Wave height against wave period

H1 To H2		P(H>H1)	Mean wave period in seconds (Tm)									
			0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0
0.00	0.50	0.98928	0	35066	2024	57	16	2	0	0	0	0
0.50	1.00	0.61763	0	26551	8505	141	18	7	5	0	0	2
1.00	1.50	0.26533	0	1341	13570	342	2	2	0	0	0	0
1.50	2.00	0.11275	0	0	5763	189	0	0	0	0	0	0
2.00	2.50	0.05323	0	0	2672	308	0	0	0	0	0	0
2.50	3.00	0.02343	0	0	194	1029	0	0	0	0	0	0
3.00	3.50	0.01120	0	0	0	652	0	0	0	0	0	0
3.50	4.00	0.00468	0	0	0	278	0	0	0	0	0	0
4.00	4.50	0.00189	0	0	0	137	0	0	0	0	0	0
4.50	5.00	0.00052	0	0	0	18	21	0	0	0	0	0
5.00	5.50	0.00014	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0
5.50	6.00	0.00002	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Parts per thousand for each wave period			0	630	327	32	1	0	0	0	0	0

Notes: Data in parts per hundred thousand
Hs is the significant wave height in metres
P(H>H1) is the probability of Hs exceeding H1
Total number of hours = 131,496 (equivalent to approximately 15 years)
Based on UKMO predictions for April 1987 – March 2002.

4.1.3 Currents

Current flows in and around Brindisi Harbour are strongly related to the prevailing wind strength and direction and are only weakly influenced by tides. Numerical modelling of the harbour and harbour mouth, using TELEMAC-3D, indicates a depth averaged current of approximately 0.2 m/s outside the harbour entrance, in a Force 6 NW wind. Currents in and around Brindisi harbour are thus small and are not expected to contribute to terminal down time.

4.2 SIMULATION METOCEAN CONDITIONS

The offshore data described in the preceding section have been used to provide nearshore time series of significant wave heights in the channel and at the berth. As the local currents are very small and are not expected to contribute to any down time they were not considered further in this study. Similarly the offshore wind speed (3 hour average) is only 43 knots for a 10 year return period, thus wind speeds are unlikely to be a factor once inshore sheltering effects have been included. For this reason wind data is also not included in this simulation in this case. It is noted that this wind data does not include short duration squall events but the short delays resulting from this type of event are not considered to be significant for the purposes of this study.

4.2.1 Derivation of wave conditions

For this analysis, time series of wave conditions at the port entrance were available from previous studies carried out by HR Wallingford. A time series of wave conditions at the port entrance was derived in an earlier study (Reference 2). This time series was based on an offshore time series of wave conditions purchased from the UK Met Office transformed to the port entrance using the TELURAY wave transformation model. This model takes into account the important physical processes of shoaling and refraction. This also considered the transformation of waves from the port entrance to locations throughout the port using the ARTEMIS wave disturbance model taking into account the additional processes of reflections, diffraction and wave breaking. Further details of these

models and their application to Brindisi are given in Reference 2. The original ARTEMIS model runs given in Reference 2, supplemented by a set of additional ARTEMIS model runs, were used to derive offshore to inshore wave transformation factors that were subsequently used to derive a corresponding inshore time series of wave conditions at the proposed berth.

5. *Traffic analysis*

A survey of traffic entering and leaving the port of Brindisi was conducted and collated by D'Appolonia S.p.A for the years 2001 to 2005. The data was provided to HR Wallingford as a series of records containing the following information, for each ship:

- Sighting time
- Arrival time
- Time on berth
- Time off berth
- Departure time
- Sailing time
- Ship name
- Ship length
- Ship width
- Ship gross tonnage
- Ship net tonnage
- Ship type.

The key parameters for this traffic study are arrival time, departure time and ship type. As the destination within the port was not recorded the arrival time was used as the most reliable indication of when a vessel was entering the channel and manoeuvring through the outer harbour. Similarly, the departure time was used as the most reliable indication of when a vessel was leaving its berth and navigating through the outer harbour (note in the data provided departure time and sailing time are generally within a few minutes of each other).

As previously stated it was assumed that the channel was closed to LNG traffic for 20 minutes after a ship enters and for 40 minutes before a ship departs. These criteria were combined with the scheduled data provided by D'Appolonia to produce a time series indicating when the channel was occupied for input into the simulation.

As it was envisaged LNG vessels would take priority over non time critical traffic only the following vessel types were included in the analysis:

- RoRo ferries
- Passenger ships
- Car and passenger ferries
- Cruise ships.

The percentage time the channel was occupied by one of these types of vessel is summarised by year in the Table 7.

Table 7 Channel occupation by existing traffic

Year	% Time channel occupied
2001	16.2
2002	16.5
2003	15.6
2004	18.1
2005	18.0
All years	16.9

This shows generally increasing traffic volumes in the channel, with the exception of 2003.

6. Discussion of results

6.1 SCENARIO SUMMARY

A range of scenarios were selected to investigate the impact of existing port traffic.

The scenarios examined were as follows:

1. No traffic

A base case simulation with no conflicting traffic. The results from this scenario allow the relative impact of existing traffic in subsequent scenarios to be assessed. The scenario was run for 5 consecutive years using a wave data time series starting on 01/01/1987

2. 2001

A traffic simulation using the traffic levels recorded in 2001. The scenario was run for 5 consecutive years using a wave data time series starting on 01/01/1987 and looping the 2001 traffic time series. This allowed different arrival/departure phasing between LNG vessels and existing traffic to be tested

3. 2002

As above but using the traffic levels recorded in 2002

4. 2003

As above but using the traffic levels recorded in 2003

5. 2004

As above but using the traffic levels recorded in 2004

6. 2005

As above but using the traffic levels recorded in 2005

7. All years

As above but using the combined traffic time series from 2001 to 2005.

These scenarios assume a worst case situation where all time critical port traffic has priority over LNG vessels. In addition no attempt was made to schedule LNG vessel movements so that they do not coincide with other existing port traffic.

6.2 SCENARIO RESULTS

For each scenario a range of data was recorded for each vessel arriving or departing the port and for the regasification facility and associated storage. Information includes the timing and delays associated with each LNG vessel arrival or departure and the current production rate and storage level for the regasification facility. These data was compiled and processed to provide key parameters.

To assess the impact of existing traffic levels on terminal operations the following key parameters were calculated:

- Demurrage per annum (million US dollars) - for the purposes of this report only, the allowed lay time before demurrage costs are incurred was 24 hours plus any cargo cool down time required, plus 50% of any delays incurred due to environmental delays (e.g. when the wave height threshold was exceeded). The actual lay time for each ship was calculated from the time an LNG vessel gives notice of readiness until it was ready to depart after loading has been completed. The demurrage cost was calculated at a rate of US\$55,000 per day, increasing in proportion to the amount of time the actual lay time exceeded the allowed lay time. The demurrage cost, as calculated, is therefore a simplification of the actual demurrage that would be levied, and can therefore only be used as an indicative rate, which is comparable between the tests undertaken for this study.
- Net storage requirements - the difference between the minimum and maximum tank storage volumes during the simulation. Storage requirements are net and thus represent the total available working volume in the storage tanks exclusive of heel (m³).
- Berth Occupancy - the average time, as a percentage, that the berth was occupied by a vessel. A berth is defined as being occupied from when a ship places the first line ashore until the vessel is clear of the berth on departure (%).

Key results for each of the scenarios tested are summarised in Table 8 and Figure 3, 4 and 5. For comparative purposes the percentage channel down time attributed to existing traffic (Table 7) is also plotted on Figure 3 on the secondary y-axis.

Table 8 Summary of results

Scenario	No traffic	2001	2002	2003	2004	2005	All years
Scenario length (years)	5	5	5	5	5	5	5
Demurrage per annum (million US dollars)	0.53	0.64	0.57	0.58	0.70	0.65	0.64
Storage requirement (m³)	342,000	348,000	348,000	344,000	341,000	343,000	346,000
Berth occupancy (%)	25.2	26.9	27.1	25.8	26.6	28.1	28.7

7. *Conclusions and recommendations*

A series of simulation runs were undertaken to assess the impact of different traffic regimes on the LNG terminal operations. It was assumed that priority would be given to all scheduled passenger and car ferries and that no attempt was made to schedule the arrival and departure of LNG ships to avoid other scheduled traffic. In addition a base case scenario with no conflicting traffic was also examined for comparisons purposes.

The base case scenario, with no other traffic, predicts a berth occupancy of 25% with US\$0.53 million of “demurrage” incurred per annum (see Section 6.2), and a storage requirement of at least 342,000 m³ (to ensure the tanks do not become full or empty). The berth occupancy is less than that required for a single berth operation with regular ship arrivals (typically 35% to 40%). The storage requirements are, however, greater than the proposed net storage of 300,000 m³. Examination of the time series plots (see Appendix 1) show that one of the key reasons for this is that as production switches from summer to winter, the phasing between ship arrivals from different geographical locations can drift away from the optimum. In reality steps would be taken to modify the ship schedule to address this issue. Consequently, the storage requirements predicted by the model are likely to be an overestimate of the actual requirement, however, this will be consistent for all scenarios and so does not preclude comparisons to investigate the relative impact of port traffic on storage.

The impact of scheduled traffic on terminal operations is, in general, small. An increase in demurrage of approximately US\$0.1 ±0.1 million per annum is predicted with a corresponding increase in berth occupancy of up to 3.5%. Also storage requirements are increased by up to 6000 m³. Furthermore these values can be further reduced by scheduling LNG arrivals and departures so that they do not coincide with published car and passenger ferry timetables.

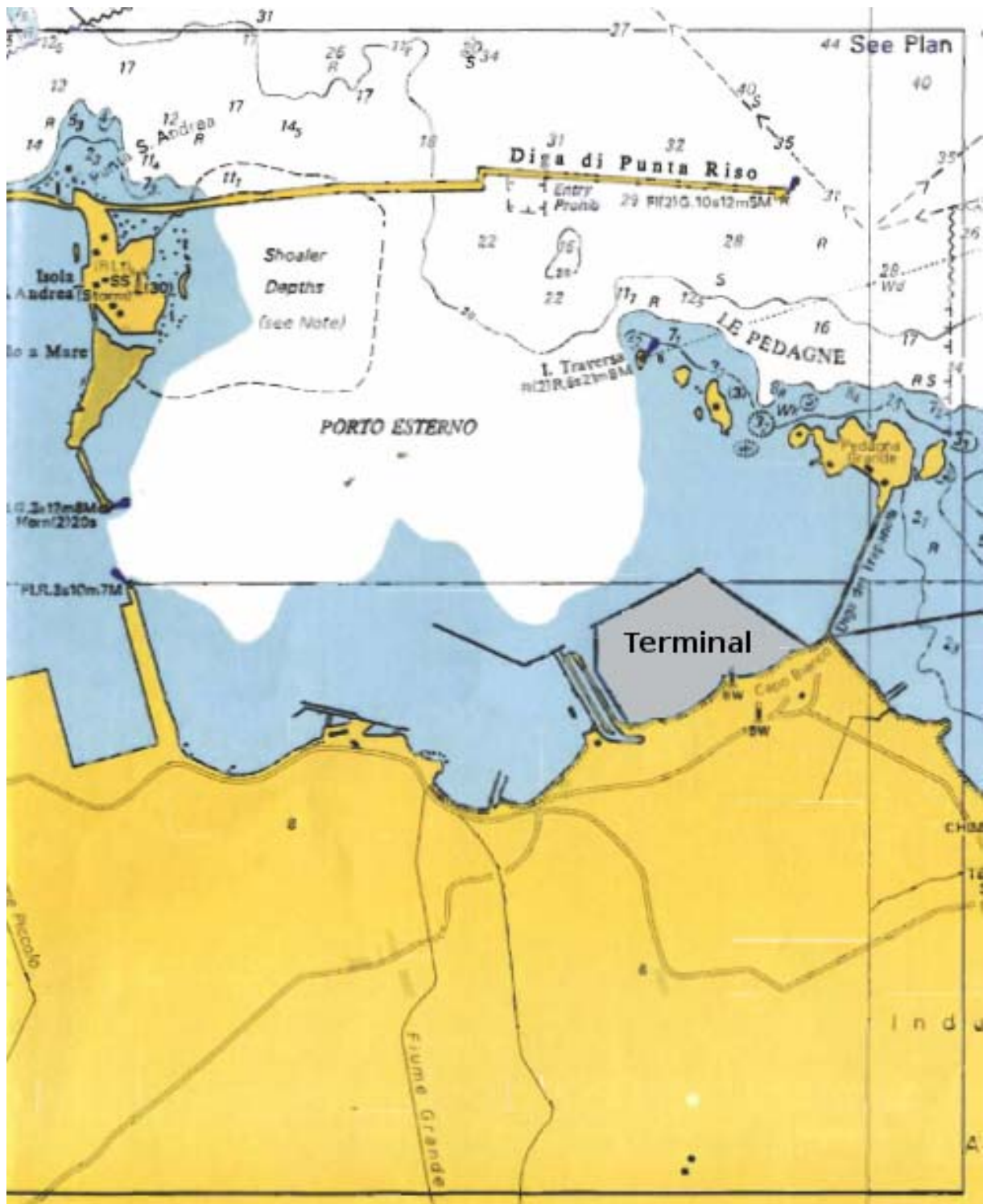
Under expected operational circumstances, the results also show that the LNG terminal can operate (with some increase in cost) without impacting on existing port traffic. In an extreme case (with regard to operational restrictions), where all other traffic is prevented from entering or departing the port when a LNG vessel is under pilot control, this would result in restrictions to other traffic movements at the port for about 4.7% of the total time. This is based on the assumption of approximately 96 LNG carriers expected to arrive and depart per annum, with each vessel being under pilot control for an average of about 2.25 hours on arrival and 2 hours on departure.

Therefore the impact of the LNG operations on other port users is considered to small and manageable.

8. *References*

1. “Brindisi LNG – Data collection for a traffic study – Synthesis of interviews on maritime traffic: Year 2010 – 2015”, D’Appolonia Document No. 05-251-H1, Rev 0, March 2006.
2. “Brindisi LNG – Marine Investigations Modelling studies”, HR Wallingford Report EX 4795, June 2003.
3. “Brindisi LNG – Extreme Winds and Wind Persistence”, HR Wallingford Report EX 4856, August 2003.
4. “Brindisi LNG – LNG Transport Operations Simulation System”, HR Wallingford Report EX 4849, July 2003.

Figures



This product has been derived in part from material obtained from the UKHO © Crown Copyright and/or database rights. Reproduced by permission of the Controller of Her Majesty's Stationery Office and the UK Hydrographic Office.

Figure 1 Location of the proposed LNG Terminal within Porto Esterno, Brindisi

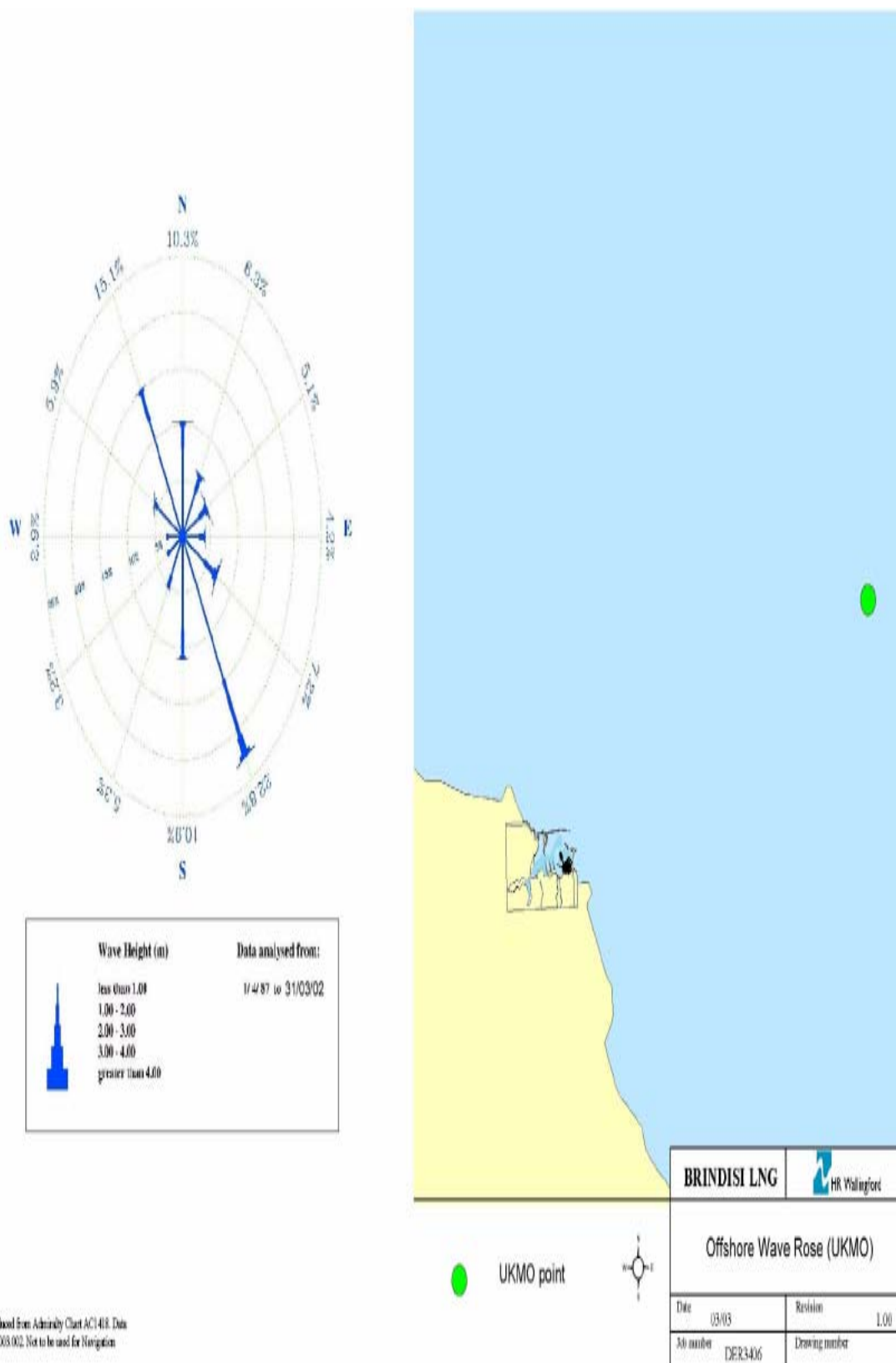
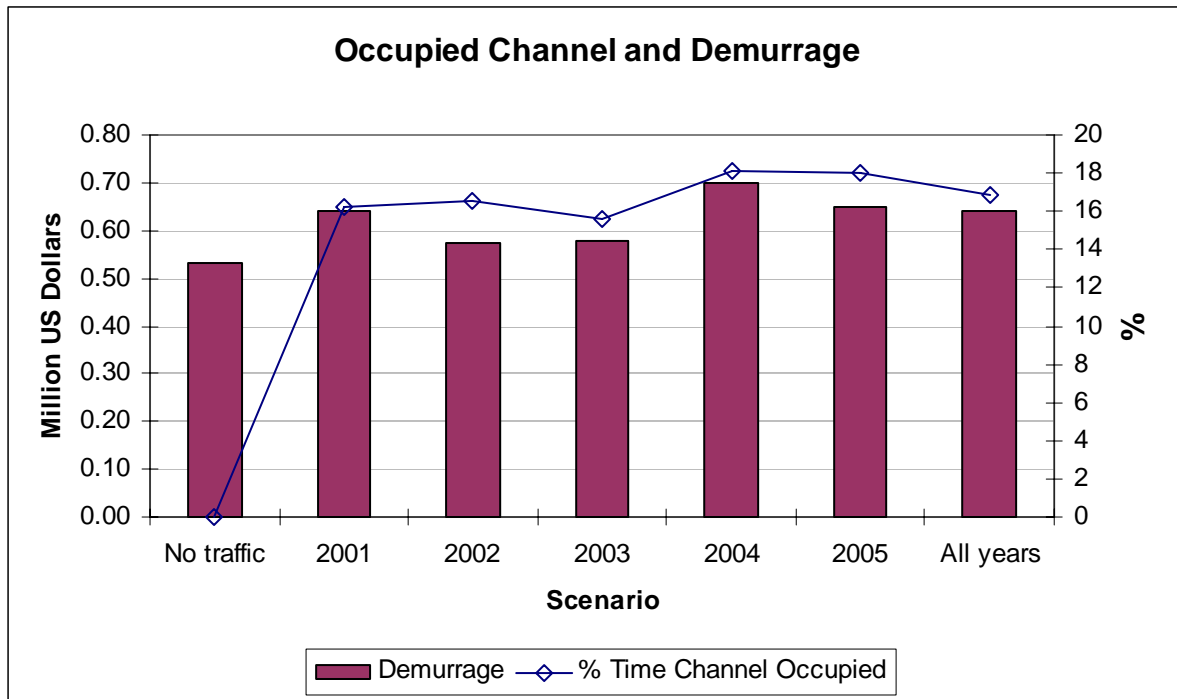


Figure 2 Offshore wave rose (UKMO wave model data)



Note: Channel occupation by existing traffic overlaid for comparison

Figure 3 Nominal demurrage costs per annum

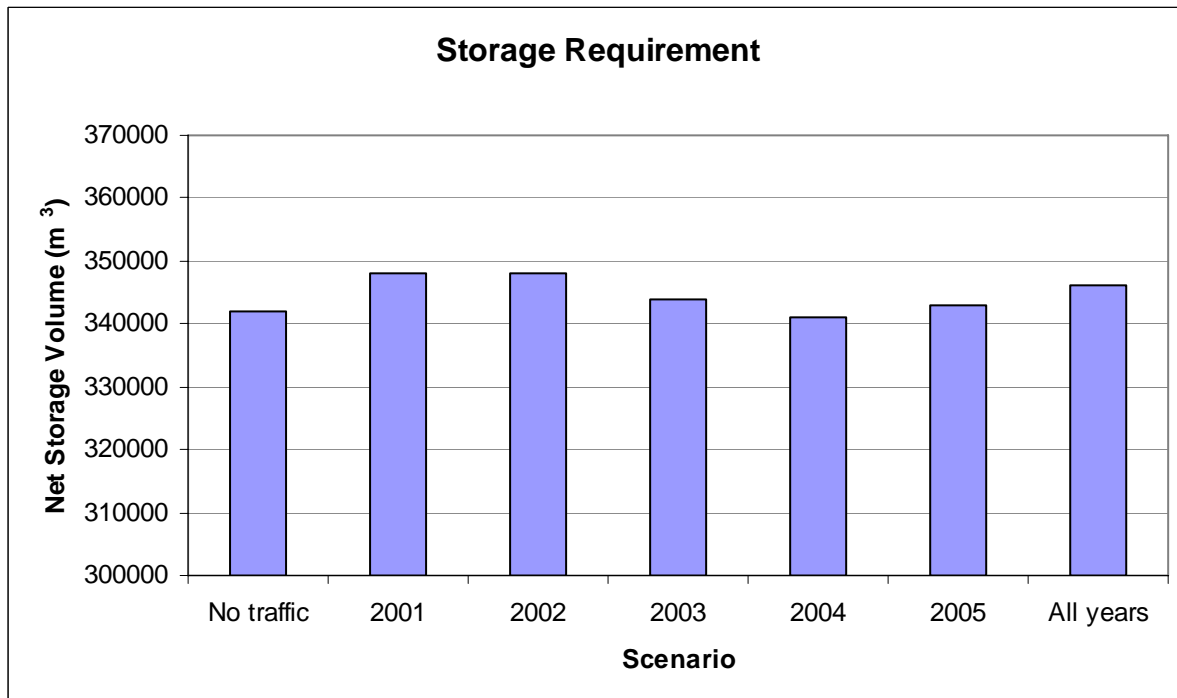


Figure 4 Total net storage volume required for each scenario

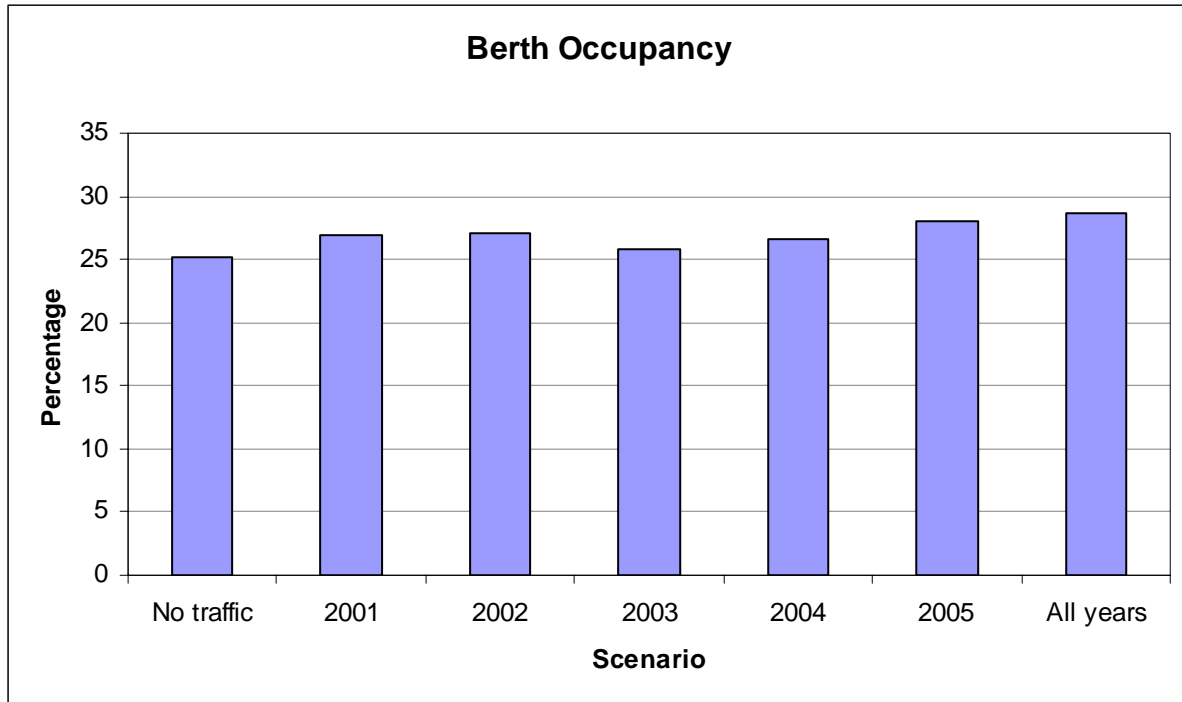


Figure 5 Berth occupancy for each scenario

Appendices

Appendix 1 LNG storage level time series for each scenario

Scenario summary

Figure 1	Base Case – base scenario with no conflicting traffic
Figure 2	2001 – scenario with 2001 traffic levels
Figure 3	2002 – scenario with 2002 traffic levels
Figure 4	2003 – scenario with 2003 traffic levels
Figure 5	2004 – scenario with 2004 traffic levels
Figure 6	2005 – scenario with 2005 traffic levels
Figure 7	ALL – scenario with all 5 years of traffic data in sequence

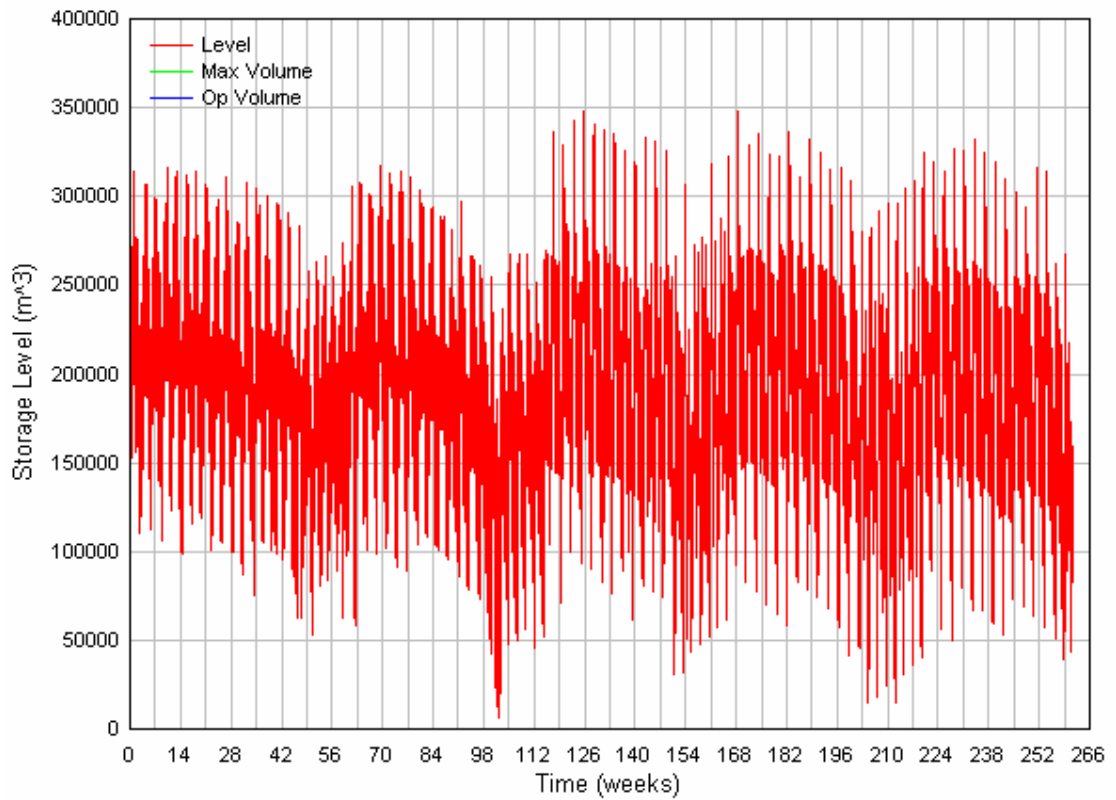


Figure 1 Brindisi base case - LNG Storage Level plot

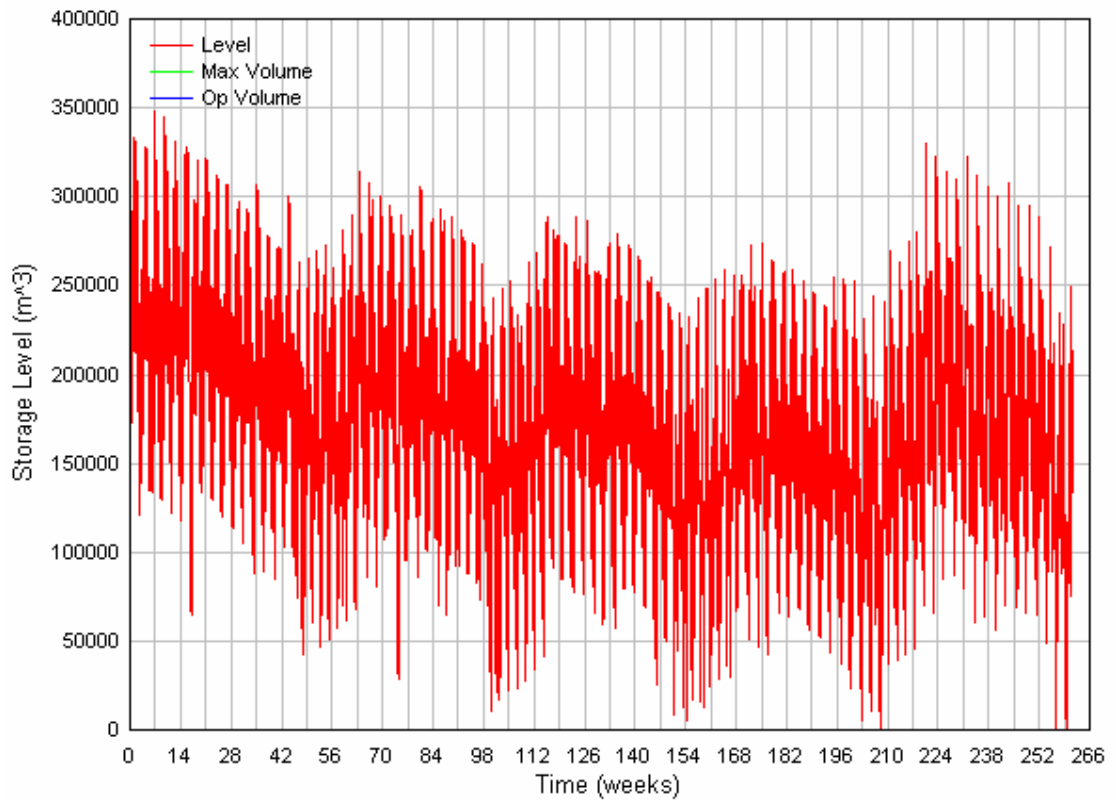


Figure 2 Brindisi 2001 traffic levels - LNG Storage Level plot

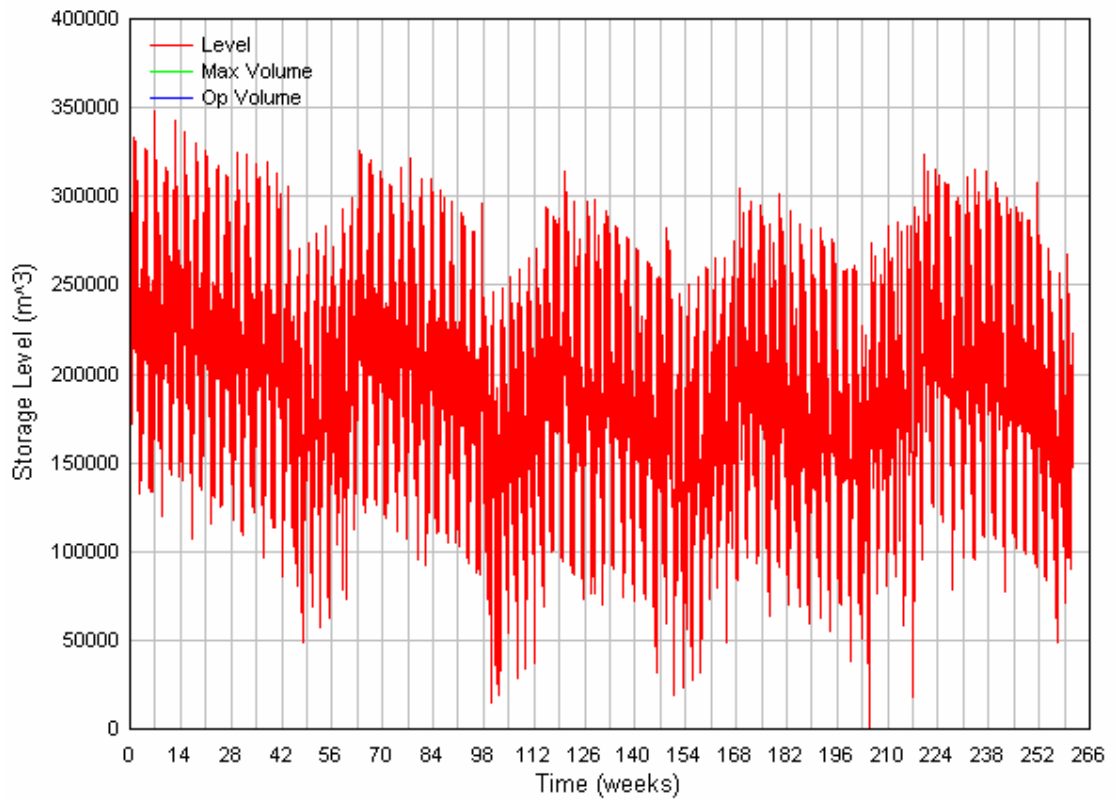


Figure 3 Brindisi 2002 traffic levels - LNG Storage Level plot

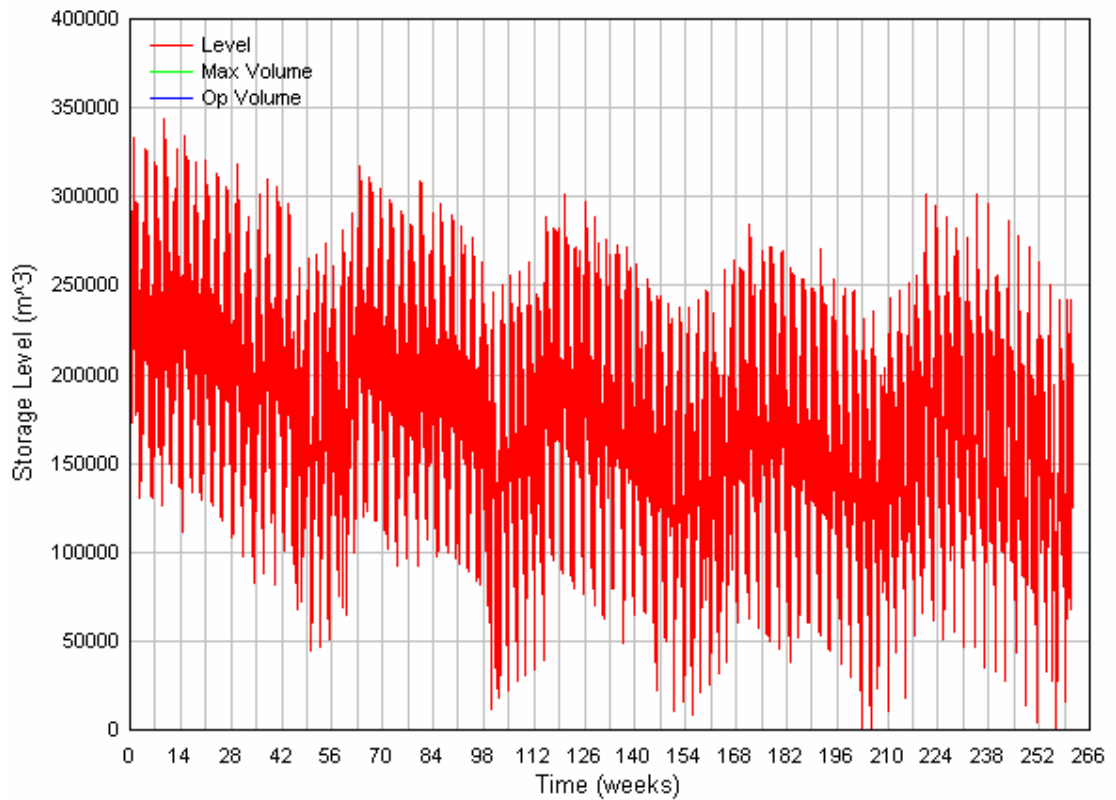


Figure 4 Brindisi 2003 traffic levels - LNG Storage Level plot

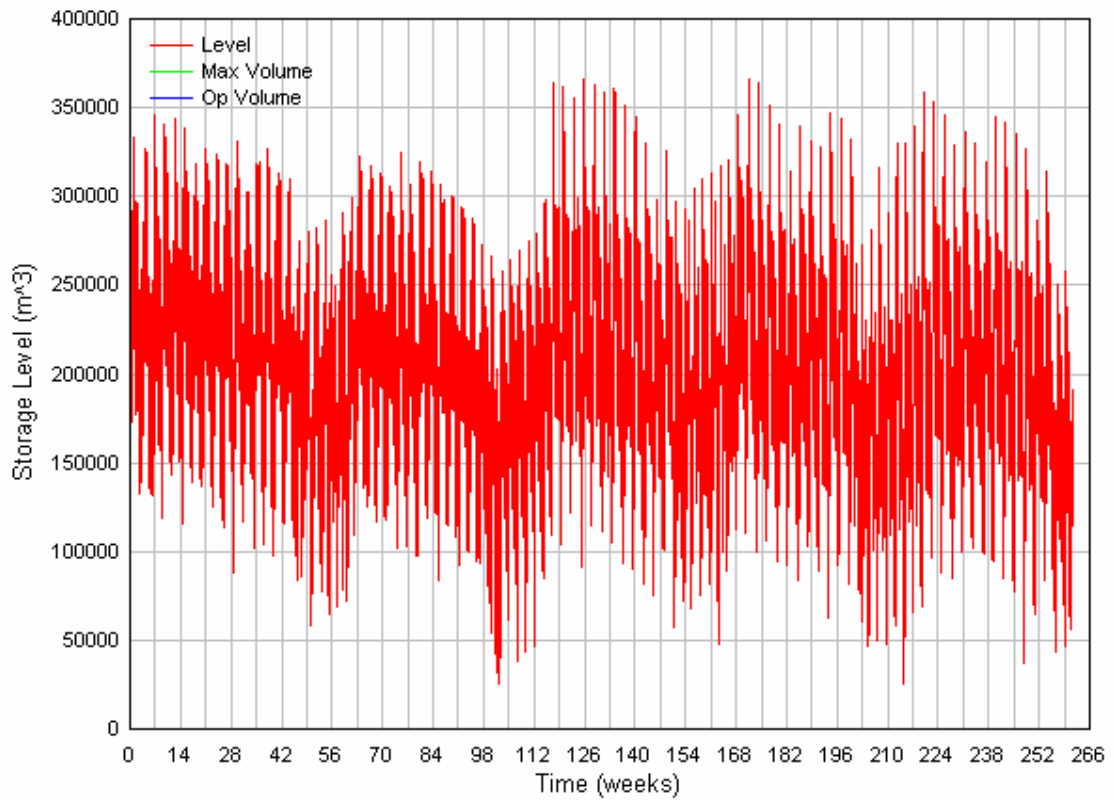


Figure 5 Brindisi 2004 traffic levels - LNG Storage Level plot

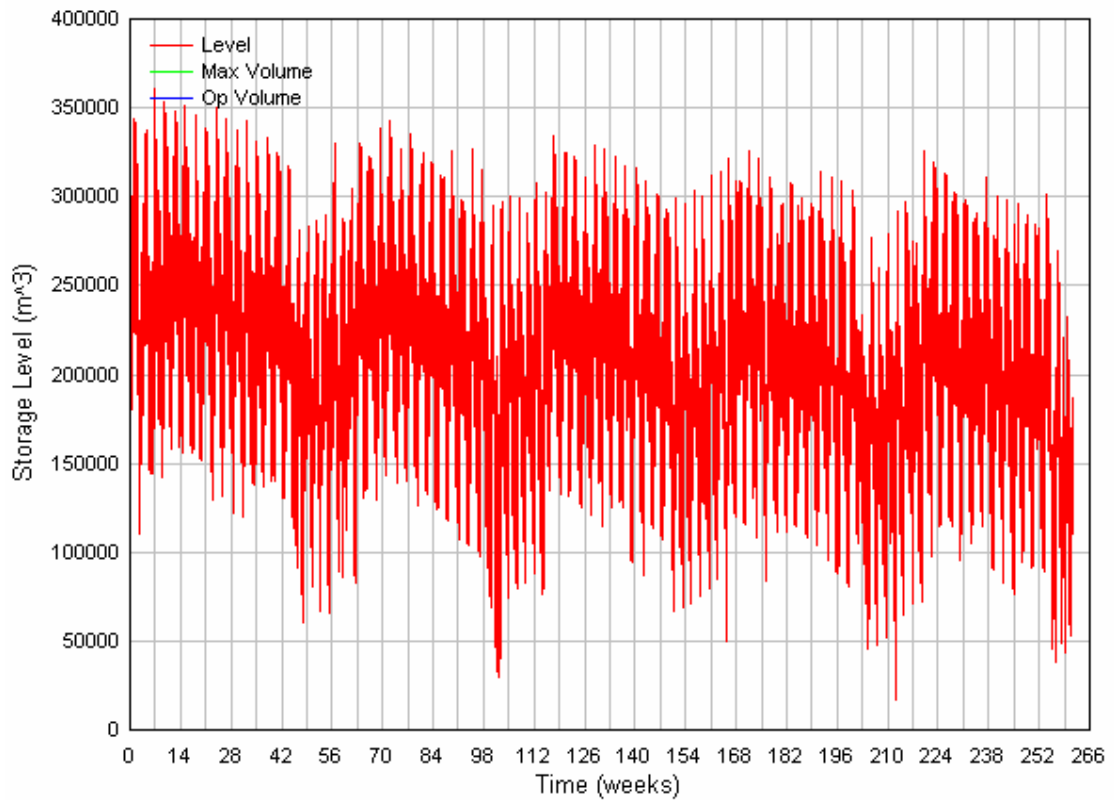


Figure 6 Brindisi 2005 traffic levels - LNG Storage Level

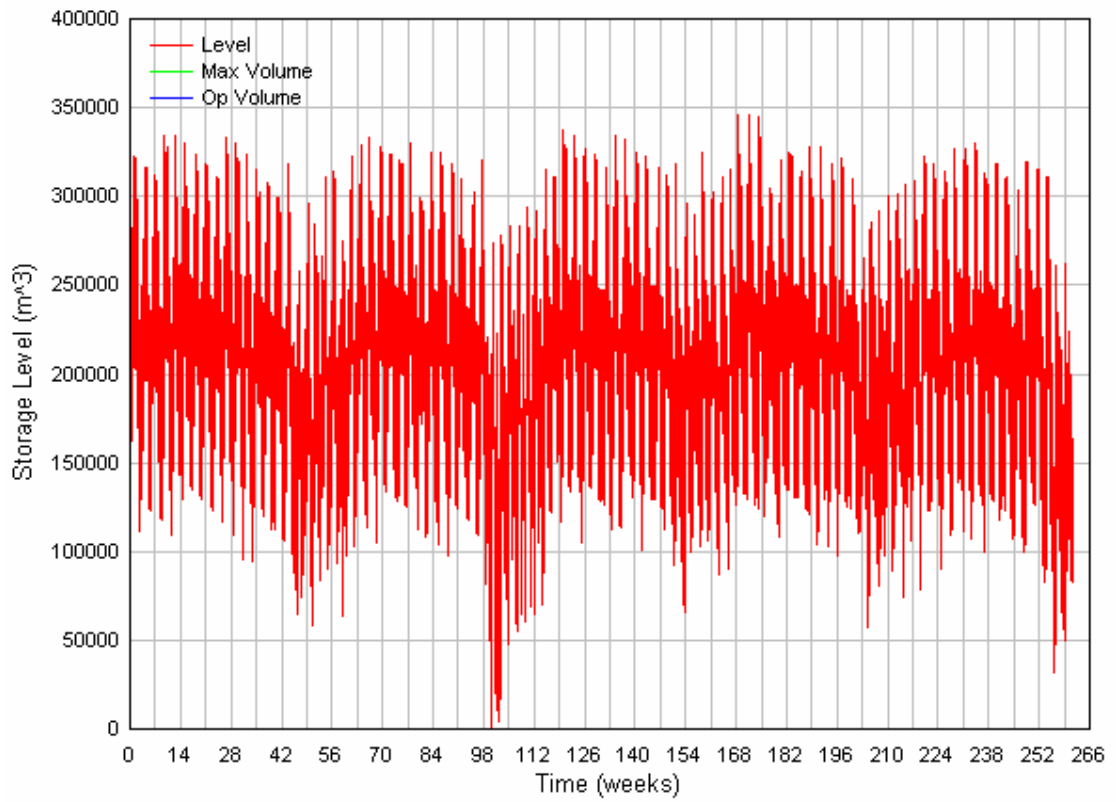


Figure 7 Brindisi traffic levels from 2001 to 2005 - LNG Storage Level

Brindisi LNG

Studio sul Traffico Marino

Nota Tecnica EBR3903/01

DICHIARAZIONE DI NON RESPONSABILITÀ

Il presente documento è stato tradotto al meglio delle nostre competenze e conoscenze dal testo originale in lingua inglese, con lo scopo di fornire il più alto livello di accuratezza. Comunque, in caso di discrepanze, si deve considerare il testo originale in lingua inglese, soprattutto per quanto concerne i dati tecnici.

Indice

1.	Introduzione	1
1.1	Antefatto.....	1
1.2	Scopo del lavoro	1
2.	Sistema di simulazione	2
3.	Presupposti	2
3.1	Configurazione del Terminale	2
3.1.1	Produzione	2
3.1.2	Infrastruttura.....	3
3.2	Configurazione del Trasporto.....	3
3.3	Limiti operativi del porto/condizioni meteorologiche	4
3.4	Durata delle operazioni	5
4.	Condizioni meteoceanografiche	5
4.1	Studi e relazioni esistenti	5
4.1.1	Condizioni di vento	5
4.1.2	Condizioni delle onde	6
4.1.3	Correnti	7
4.2	Simulazione delle condizioni meteoceanografiche	7
4.2.1	Derivazione delle condizioni ondose	7
5.	Analisi del traffico.....	8
6.	Discussione dei risultati	9
6.1	Sintesi degli scenari	9
6.2	Risultati degli scenari	10
7.	Conclusioni e raccomandazioni	11
8.	Riferimenti	12

Tabelle

Tabella 1	Fonte geografica di GNL come percentuale del volume totale	3
Tabella 2	Soglie operative secondo le condizioni ventose e ondose	4
Tabella 3	Durata media delle operazioni.....	5
Tabella 4	Velocità estreme dei venti su una media di 3 ore – Tutte le direzioni.....	6
Tabella 5	Clima ondoso al largo – Altezza delle onde rispetto alla direzione.....	6
Tabella 6	Clima ondoso al largo – Altezza delle onde rispetto al periodo	7
Tabella 7	Occupazione del canale da parte del traffico esistente.....	9
Tabella 8	Sintesi dei risultati	10

Figure

Figura 1	Posizione proposta del Terminale GNL all'interno del Porto Esterno di Brindisi
Figura 2	Rosa delle onde al largo (dati del modello ondoso UKMO)
Figura 3	Costi nominali annuali di controstaia
Figura 4	Volume totale netto di stoccaggio necessario per ciascuno scenario
Figura 5	Occupazione dell'ormeggio per ciascuno scenario

Appendice

Appendice 1	Serie temporali dei livelli di stoccaggio di GNL per ciascuno scenario
-------------	--

1. Introduzione

1.1 ANTEFATTO

La Brindisi LNG SpA deve costruire un terminale per l'importazione di GNL all'interno del Porto Esterno di Brindisi, nell'Italia sud-orientale, (vedi Figura 1). Il terminale dovrà gestire fino a 6 milioni di tonnellate di GNL l'anno (circa 8 miliardi di metri cubici di prodotto l'anno), il che comporta, in aggiunta al traffico esistente, l'arrivo e la partenza da Brindisi di 95 navi metaniere l'anno.

La HR Wallingford ha ricevuto l'incarico di indagare sull'effetto dell'aumento di traffico a Brindisi dal punto di vista del funzionamento del terminale GNL e della programmazione del traffico esistente. Scopo del presente rapporto è quello di descrivere i presupposti usati per la modellazione dell'impianto e di riferire sui risultati delle simulazioni.

Finora la HR Wallingford ha preso parte a diversi studi nell'area del Porto di Brindisi. Il più significativo comprende una dettagliata modellazione numerica dei processi fisici all'interno del porto esterno di Brindisi (Riferimento 2), un'indagine sulle condizioni di vento estremo e di persistenza di vento a Brindisi (Riferimento 3) e una precedente simulazione delle operazioni portuali del terminale (Riferimento 4).

1.2 SCOPO DEL LAVORO

Il presente studio ha lo scopo di valutare:

- le implicazioni dell'aumento del traffico GNL sulla programmazione del traffico esistente
- l'effetto di qualsiasi ritardo causato dai movimenti di traffico esistenti sulle operazioni del terminale (per es. per quanto riguarda i requisiti di controstallia e di stoccaggio).

A questo fine è stato intrapreso il seguente lavoro:

- Revisione e aggiornamento secondo necessità delle precedenti simulazioni delle operazioni portuali
- Revisione delle condizioni meteoceanografiche
- Analisi dei dati sul livello di traffico esistente a Brindisi raccolti e forniti da D'Apollonia S.p.A. (Riferimento 1) e identificazione delle restrizioni
- Esecuzione di una serie di scenari di operazioni portuali per esaminare il flusso di traffico, provare i vincoli di programmazione e il loro impatto sulle operazioni del terminale.

2. Sistema di simulazione

Il presente studio è stato eseguito usando LNGsim, il collaudato sistema di modellazione simulata delle operazioni GNL della HR Wallingford. Il sistema fornisce assistenza nella progettazione e nel disegno del layout del terminale e dei requisiti di stoccaggio, e nella successiva valutazione operativa, oltre alla formazione del personale per le operazioni e all'esame degli scenari 'what-if'. Il modello è stato sviluppato come un "guscio" che potesse consentire ai componenti individuali del terminale, come gli arrivi delle navi, i tipi di movimentazione dei carichi, l'assegnazione dei piloti, i rimorchiatori, le attrezzature e il lavoro, di essere rappresentati, ove necessario, come sotto-moduli o "blocchi da costruzione". Questi possono essere personalizzati e manipolati per formare una "replica" operativa del terminale in questione.

Il modello può integrare condizioni meteorologiche storiche o stimate, per consentire una valutazione più accurata dei tempi di inattività dell'accesso al terminale, in base a specifiche soglie meteorologiche considerate accettabili. Inoltre, se necessario il modello è in grado di valutare la capacità di stoccaggio dell'impianto di produzione locale e i terminali di importazione cui il prodotto è consegnato. Il progetto del terminale proposto può quindi essere esaminato tramite la simulazione del suo funzionamento, sia individualmente che come parte di una rete di trasporto completa. I cambiamenti o le modifiche, basati sui risultati della simulazione, possono essere eseguiti rapidamente con un processo iterativo fino a quando non venga identificata la soluzione migliore.

3. Presupposti

3.1 CONFIGURAZIONE DEL TERMINALE

Il modello consiste in un terminale per l'importazione di GNL a Brindisi, proveniente da tre diversi terminali di esportazione nel Medio Oriente, nel Golfo Arabico e in Nigeria. Ai fini del presente studio solo il terminale di Brindisi è stato presentato in dettaglio.

3.1.1 Produzione

Il volume annuale della produzione è definito in termini di energia, basandosi su 8 bcma, con specifica di progetto di una ricchezza del GNL di $40,80 \text{ MJ/Sm}^3$ (1095 btu/scf, ove scf sono a 14,73 psi). Il valore minimo secondo il progetto è di $38,55 \text{ MJ/Sm}^3$ (1035 btu/scf). Quindi il volume di produzione con rifornimento di GNL magro è approssimativamente $(40,8/38,55) \times 8 = 8,5$ bcma.

Per le applicazioni iniziali del modello, usando presupposti semplificati, si è adottato per il GNL un valore intermedio di $39,68 \text{ MJ/Sm}^3$ (1065 btu/scf). Questo equivale ad un volume annuale di $(40,8/39,68) \times 8 = 8,23$ bcma. Il rapporto di densità liquido/gas attribuito a questo GNL è di 611.

A questa densità liquido/gas, ciò equivale a:

Totale del carico importato annualmente: 8,23 bcm (equivalenti a 13.470.000 m³ di GNL)

Il send out annuo dell'impianto di rigassificazione è stimato essere il 100% degli 8,23 bcma necessari, distribuiti, in ottemperanza ai requisiti normativi, in vista del picco di richiesta invernale (dal 15 Dicembre al 15 Marzo) e di una ridotta richiesta estiva (in tutti gli altri periodi). Di solito la domanda è del 110% della produzione durante l'inverno e del 95% durante il periodo estivo.

3.1.2 Infrastruttura

Il terminale è stato modellato con un singolo ormeggio dedicato al GNL con una capacità di scarico massima continua di 10.000 m³ l'ora.

È sottinteso che le autorizzazioni per il progetto sono state concesse con riferimento a due serbatoi di stoccaggio di 160.000 m³ di volume nominale (cilindrico) ciascuno. Ciò equivale ad un volume di lavoro di 150.000 m³ o leggermente superiore. Ai fini del presente studio il volume di stoccaggio è stato fissato in modo da garantire un tempo di inattività (a causa dei serbatoi vuoti) di meno dello 0,1%, nonché che i serbatoi non si riempiano mai completamente. Questo criterio è stato scelto in maniera tale che eventi estremi e il conseguente tempo di inattività (a causa dei serbatoi pieni) non influiscano in maniera significativa sulla controstruttura mascherando quindi l'effetto del traffico concorrente. Inoltre i requisiti di stoccaggio risultanti possono essere usati per valutare l'impatto sulle operazioni del terminale. Si nota anche che i requisiti di stoccaggio previsti dal modello sono artificiosamente alti in quanto la programmazione tra traffico esistente e navi metaniere non è gestita dalla simulazione, ma dipende da un regolare programma di arrivi. Questo è intenzionale, al fine di consentire che i risultati del modello siano aperti all'interpretazione. Per questa ragione il cambiamento relativo nei requisiti di stoccaggio per diversi livelli di traffico sarà di importanza maggiore del volume totale richiesto.

3.2 CONFIGURAZIONE DEL TRASPORTO

La simulazione comprende tre rotte tra Brindisi e ciascuno dei terminali proposti per l'esportazione. Ciascuna rotta comprende un certo numero di navi individualmente identificate all'interno del modello. Per ciascuna nave è specificato un orario di arrivo, comprensivo di intervalli regolari negli arrivi determinati dai requisiti di send out estivi/invernali a Brindisi e dal contributo relativo del terminale di esportazione. Ragion per cui nel periodo invernale è previsto l'arrivo a Brindisi di più navi che negli altri momenti dell'anno.

Si presume che il carico fornito dal Medio Oriente, dal Golfo Arabico e dalla Nigeria contribuisca alla produzione totale per volume secondo le seguenti percentuali:

Tabella 1 Fonte geografica di GNL come percentuale del volume totale

Fonte	Percentuale
Medio Oriente	40
Golfo Arabico	40
Nigeria	20

Il ritmo regolare di arrivo è stato calcolato basandosi sul volume di produzione e su una dimensione media del carico parziale di 140.000 m³. Il ritmo di arrivo è stato aumentato durante il periodo di produzione invernale.

Dal momento che modelli dettagliati dei terminali di esportazione del GNL non fanno parte di questa simulazione, è stata applicata a tutti gli arrivi una distribuzione casuale Rayleigh per tener conto dei ritardi ai terminali di esportazione che non è possibile recuperare durante il viaggio. Si presume che il 50% delle navi arrivi in orario e il 50% con ritardi tra 0 e 36 ore.

3.3 LIMITI OPERATIVI DEL PORTO/CONDIZIONI METEOROLOGICHE

Le operazioni al terminale saranno ovviamente influenzate dal traffico esistente e dalle condizioni ambientali prevalenti. I limiti posti alle operazioni marittime al terminale delle navi metaniere sono i seguenti:

- Limite di velocità corrente:
- Velocità corrente massima di 1,0 nodi per avvicinamento e partenza normali
- Limiti posti dalle onde e dai venti:

Tabella 2 Soglie operative secondo le condizioni ventose e ondose

Operazione	Onda (altezza all'avvicinamento al canale in m.)	Onda (altezza dietro il frangiflutti in m.)	Velocità del vento (in nodi)
Ormeggio	-	1	40
Carico	-	1	40
Disormeggio	-	1,5	40
Navigazione in Entrata (Rimorchio + Pilotaggio)	2	-	40
Navigazione in Uscita (Rimorchio + Pilotaggio)	2	-	40

- Navigazione nel canale e ormeggio:
Ai fini della gestione delle navi metaniere si presume che il canale sia a senso unico con una sola nave metaniera percorrente il canale. In questo modo il canale è considerato occupato quando una nave metaniera sta manovrando tra il punto d'imbarco del pilota e l'ormeggio (prima/ultima cima a terra). Nel corso di questo periodo a nessuna altra imbarcazione (metaniera o altra) è concesso di entrare o uscire dal porto esterno.

Ai fini di determinare quando il canale è occupato dal traffico esistente si presume che il canale sia occupato per 20 minuti dopo il tempo di arrivo assegnato ad un'altra nave e per 40 minuti prima del tempo di partenza della nave. Durante questo periodo la nave metaniera non può fare manovra.

- Restrizioni alla navigazione notturna
Si presume che a Brindisi durante le ore notturne, alle navi metaniere non sia consentito manovrare (ormeggio/partenza e navigazione nel canale). Per questa simulazione le ore notturne sono state calcolate basandosi sulla definizione nautica (dal momento in cui il centro del sole si trova a più di 6° sotto l'orizzonte).

3.4 DURATA DELLE OPERAZIONI

I tempi approssimati delle operazioni usati nella simulazione, dall'arrivo al punto di imbarco del pilota fino al full away al passaggio, sono i seguenti:

Tabella 3 Durata media delle operazioni

Operazione				Durata media (in ore)
da	Stazione Pilota	a	Bacino di Evoluzione	1,50
da	Bacino di Evoluzione	a	Prima Cima a Terra	0,75
da	Prima Cima a Terra	a	Tutto Assicurato	1,25
da	Tutto Assicurato	a	Bracci Collegati	1,00
da	Bracci Collegati	a	Pronto per il Carico	1,50
da	Carico Iniziato	a	Carico Completato	Calcolato sulla base della velocità di scarico della stiva
da	Carico Completato	a	Bracci Scollegati	0,50
da	Bracci Scollegati	a	Disormeggio Iniziato	2,00
da	Disormeggio Iniziato	a	Ormeggio Libero	1,00
da	Ormeggio Libero	a	Canale Libero	2,00
Tempo Medio Totale in Porto (carico escluso)				11,5

4. Condizioni Meteoceanografiche

4.1 STUDI E RELAZIONI ESISTENTI

Nel Gennaio del 2003 la HR Wallingford ha ricevuto l'incarico di intraprendere uno studio dettagliato dei processi oceanografici fisici nel porto, comprese le condizioni ondose, le correnti, le maree, i flutti marini e i livelli estremi dell'acqua (Riferimento 2). Come parte di questo lavoro, è stata ottenuta dal Modello Ondoso Europeo dello UK Meteorological Office (UKMO) una serie temporale delle condizioni ondose a lungo termine (15 anni). Da questi dati è stato ricavato il clima ondoso al largo. Inoltre è stata eseguita un'analisi dei venti estremi (Riferimento 3), usando sia dati misurati dall'aeroporto di Brindisi che dati del Modello Ventoso Europeo dello UKMO. I risultati fondamentali dello studio sono descritti in questa sezione.

4.1.1. Condizioni di Vento

Le velocità estreme del vento al largo all'altezza di 19,5 m sul livello medio del mare sono state derivate dal Modello Ventoso Europeo dello UKMO e sono sintetizzate nella Tabella 1. La velocità estrema del vento 1 anno su 1 è di 36 nodi, con un aumento a 43 nodi 1 anno su 10. Ragion per cui non si ritiene che un'eccessiva velocità del vento possa contribuire significativamente al tempo di inattività del terminale.

Tabella 4 Velocità estreme dei venti su una media di 3 ore – Tutte le direzioni

Periodo di ritorno (in anni)	Velocità del Vento U19,5/nodi
0,1	29
1	36
10	43
50	49
100	51
200	54
500	57

Nota: Basata sulle registrazioni al largo modellate dallo UKMO

4.1.2. Condizioni delle onde

Le condizioni ondose al largo di Brindisi sono caratterizzate da un divario nelle direzioni ondose dominanti, tra NW e SE. Le condizioni ondose dominanti al largo sono sintetizzate nelle Tabelle 2 e 3. La posizione al largo per queste previsioni ondose e la corrispondente rosa dei venti sono illustrate nella Figura 3. Le direzioni ondose dominanti al largo sono chiaramente NNW e SSE, con contributi significativi provenienti da N e S. L'altezza ondosa significativa prevista al largo è superiore a 1,0m. per il 27% del tempo, e a 2,0m. per il 5% del tempo. Il clima ondoso al largo è quindi il fattore dominante nel probabile tempo di inattività del terminale.

Tabella 5 Clima Ondoso al Largo – Altezza delle Onde rispetto alla Direzione

H1 To H2	P(H>H1)	Direzione delle onde in gradi Nord												
		-15	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	
0.00	0.50	0.98928	4154	2706	1857	1807	2587	6231	4029	1930	1271	1451	3274	5868
0.50	1.00	0.61763	3929	1864	1408	1136	1928	8446	4184	2046	1319	1111	1873	5986
1.00	1.50	0.26533	1355	872	910	595	1047	3945	1853	1257	525	267	500	2133
1.50	2.00	0.11275	525	463	459	381	744	1859	593	50	43	64	125	646
2.00	2.50	0.05323	297	265	267	151	383	1111	183	11	7	2	62	242
2.50	3.00	0.02343	96	89	80	50	185	573	30	2	5	0	7	107
3.00	3.50	0.01120	37	37	64	30	146	290	9	0	0	0	2	39
3.50	4.00	0.00468	25	21	5	7	64	141	2	0	0	0	0	14
4.00	4.50	0.00189	5	0	14	2	46	71	0	0	0	0	0	0
4.50	5.00	0.00052	0	0	5	0	14	21	0	0	0	0	0	0
5.00	5.50	0.00014	0	0	2	0	7	2	0	0	0	0	0	0
5.50	6.00	0.00002	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Parti per mille per ciascuna direzione			104	63	51	42	72	227	109	53	32	29	58	150

Note: I dati sono in parti per centomila
Hs è l'altezza ondosa significativa in metri
P(H>H1) è la probabilità che Hs superi H1
Numero totale di ore = 131.496 (equivalenti a circa 15 anni)
Basato sulle predizioni UKMO per il periodo Aprile 1987 – Marzo 2002.

Tabella 6 Clima Ondoso al Largo – Altezza delle Onde rispetto al Periodo

H1 To H2		P(H>H1)	Periodo ondoso medio in secondi (Tm)									
			0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0
0.00	0.50	0.98928	0	35066	2024	57	16	2	0	0	0	0
0.50	1.00	0.61763	0	26551	8505	141	18	7	5	0	0	2
1.00	1.50	0.26533	0	1341	13570	342	2	2	0	0	0	0
1.50	2.00	0.11275	0	0	5763	189	0	0	0	0	0	0
2.00	2.50	0.05323	0	0	2672	308	0	0	0	0	0	0
2.50	3.00	0.02343	0	0	194	1029	0	0	0	0	0	0
3.00	3.50	0.01120	0	0	0	652	0	0	0	0	0	0
3.50	4.00	0.00468	0	0	0	278	0	0	0	0	0	0
4.00	4.50	0.00189	0	0	0	137	0	0	0	0	0	0
4.50	5.00	0.00052	0	0	0	18	21	0	0	0	0	0
5.00	5.50	0.00014	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0
5.50	6.00	0.00002	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Parti per mille per ciascun periodo ondoso			0	630	327	32	1	0	0	0	0	0

Note: I dati sono in parti per centomila
Hs è l'altezza ondosa significativa in metri
P(H>H1) è la probabilità che Hs superi H1
Numero totale di ore = 131.496 (equivalenti a circa 15 anni)
Basato sulle predizioni UKMO per il periodo Aprile 1987 – Marzo 2002.

4.1.3 Correnti

I flussi delle correnti all'interno e intorno al Porto di Brindisi sono strettamente legati alla forza e alla direzione del vento prevalente e sono influenzati dalle maree solo debolmente. La modellazione numerica del porto e della bocca del porto usando TELEMAC-3D indica una corrente media in profondità di circa 0,2 m/s all'esterno dell'entrata del porto, con un vento Forza 6 da NW. Le correnti all'interno e intorno al Porto di Brindisi sono quindi deboli e non si prevede che contribuiscano al tempo di inattività del terminale.

4.2 SIMULAZIONE DELLE CONDIZIONI METEOCEANOGRAFICHE

I dati al largo descritti nella sezione precedente sono stati usati per fornire serie temporali nearshore delle altezze ondose significative nel canale e all'ormeggio. Dal momento che le correnti locali sono molto deboli e non si prevede che contribuiscano ad alcun tempo di inattività non sono state ulteriormente prese in considerazione dal presente studio. Allo stesso modo la velocità del vento al largo (su una media di 3 ore) è solamente di 43 nodi per un periodo di ritorno di 10 anni, per cui è improbabile che le velocità del vento siano un fattore significativo una volta che si tenga conto degli effetti dei ripari costieri. Per questo motivo anche i dati sul vento non fanno parte della simulazione in questo caso. Com'è noto, questo tipo di dati sul vento non comprende raffiche di breve durata, tuttavia i brevi ritardi causati da questo tipo di evento non sono ritenuti significativi ai fini del presente studio.

4.2.1. Derivazione delle condizioni ondose

Per questa analisi, le serie temporali delle condizioni ondose all'entrata del porto erano disponibili da studi precedenti eseguiti dalla HR Wallingford. Una serie temporale di condizioni ondose all'entrata del porto è stata derivata in uno studio precedente (Riferimento 2). Questa serie temporale è basata su una serie temporale di condizioni ondose al largo acquistate dallo UKMO, trasformate all'ingresso del porto usando il modello di trasformazione ondosa TELURAY. Questo modello tiene conto degli importanti processi fisici di rifrazione e infrangersi delle onde. Il modello ha anche considerato la

trasformazione delle onde dall'entrata del porto a luoghi diversi in tutto il porto usando il modello di perturbazione ondosa ARTEMIS che tiene conto dei processi aggiuntivi di riflessione, diffrazione e frangimento. Ulteriori dettagli di questi modelli e della loro applicazione a Brindisi sono dati nel Riferimento 2. Le simulazioni originali del modello ARTEMIS fornite nel Riferimento 2, supplementate da una serie di simulazioni ARTEMIS aggiuntive, sono state usate per derivare i fattori di trasformazione ondosi dal largo alla costa successivamente usati per derivare la corrispondente serie temporale alla costa delle condizioni ondose presso l'ormeggio proposto.

5. *Analisi del Traffico*

La D'Apollonia S.p.A. ha condotto un'indagine sul traffico in entrata e in uscita dal porto di Brindisi per gli anni dal 2001 al 2005. I dati sono stati forniti alla HR Wallingford come serie di registrazioni contenenti le seguenti informazioni, per ciascuna nave:

- Tempo di avvistamento
- Tempo di arrivo
- Tempo di ormeggio
- Tempo di disormeggio
- Tempo di partenza
- Tempo di navigazione
- Nome della nave
- Lunghezza della nave
- Larghezza della nave
- Tonnellaggio lordo della nave
- Tonnellaggio netto della nave
- Tipo di nave.

I parametri fondamentali per questo studio del traffico sono il tempo di arrivo, il tempo di partenza e il tipo di nave. Dal momento che la destinazione all'interno del porto non è stata registrata, come indicatore più affidabile dell'entrata di una nave nel canale e delle sue manovre nel porto esterno è stato usato il tempo di arrivo. Allo stesso modo, il tempo di partenza è stato usato come indicatore più affidabile del disormeggio di una nave e della sua navigazione attraverso il porto esterno (si noti che nei dati forniti il tempo di partenza e il tempo di navigazione si trovano generalmente a distanza di pochi minuti l'uno dell'altro).

Come precedentemente affermato, si presume che il canale sia chiuso al traffico GNL per 20 minuti dopo l'entrata di una nave e per 40 minuti prima della partenza di una nave. Questi criteri sono stati combinati con i dati programmati forniti da D'Apollonia per produrre una serie temporale che indichi quando il canale è occupato come input per la simulazione.

Dal momento che le navi metaniere avrebbero la priorità rispetto al traffico per cui il tempo non è un fattore critico, nell'analisi sono stati compresi solo i seguenti tipi di nave:

- Traghettoni RoRo
- Navi passeggeri
- Trasporti Auto e passeggeri
- Navi da crociera.

Il tempo in percentuale in cui il canale è occupato da uno di questi tipi di nave è sintetizzato per anno nella Tabella 7.

Tabella 7 Occupazione del canale da parte del traffico esistente

Anno	% Tempo di occupazione del canale
2001	16,2
2002	16,5
2003	15,6
2004	18,1
2005	18,0
Tutti gli anni	16,9

La tabella mostra un incremento generale dei volumi di traffico nel canale, con l'eccezione del 2003.

6. *Discussione dei risultati*

6.1 SINTESI DEGLI SCENARI

Per esaminare l'impatto del traffico portuale esistente è stata selezionata una gamma di scenari.

Gli scenari esaminati sono i seguenti:

1. Nessun traffico

Simulazione di caso base senza traffico concorrente. I risultati di questo scenario consentono di valutare l'impatto relativo del traffico esistente in scenari successivi. Lo scenario è stato eseguito per cinque anni consecutivi usando una serie temporale di dati ondosi a partire dallo 01/01/1987

2. 2001

Simulazione del traffico usando i livelli di traffico registrati nel 2001. Lo scenario è stato eseguito per 5 anni consecutivi usando una serie temporale di dati ondosi a partire dallo 01/01/1987 e looping la serie temporale del traffico del 2001. Ciò ha consentito di provare diversi scaglionamenti di arrivi e partenze tra le navi metaniere e il traffico esistente.

3. 2002

Come sopra ma usando i livelli di traffico registrati nel 2002

4. 2003

Come sopra ma usando i livelli di traffico registrati nel 2003

5. 2004

Come sopra ma usando i livelli di traffico registrati nel 2004

6. 2005

Come sopra ma usando i livelli di traffico registrati nel 2005

7. Tutti gli anni

Come sopra ma usando le serie temporali combinate dal 2001 al 2005.

Questi scenari presuppongono una situazione di caso peggiore in cui tutto il traffico storico portuale critico abbia la priorità rispetto alle navi metaniere. Inoltre non è stato fatto alcun tentativo di programmare i movimenti delle navi metaniere in modo che non coincidessero con il resto del traffico portuale esistente.

6.2 RISULTATI DEGLI SCENARI

Per ciascuno scenario è stato registrata una serie di dati per ciascuna nave in arrivo o in partenza dal porto e per l'impianto di rigassificazione e il relativo stoccaggio. Le informazioni comprendono i tempi e i ritardi associati all'arrivo o alla partenza di ciascuna nave metaniera, il livello di produzione corrente e il livello di stoccaggio per l'impianto di rigassificazione. Questi dati sono stati compilati ed elaborati per fornire parametri chiave.

Per valutare l'impatto dei livelli del traffico esistente sulle operazioni del terminale sono stati calcolati i seguenti parametri chiave:

- Controstallia per anno (in milioni di dollari USA) – ai fini di questa sola relazione, il tempo di stallia concesso prima di incorrere nei costi di controstallia è di 24 ore più qualsiasi tempo di inattività di raffreddamento del carico necessario, più il 50% di qualsiasi ritardo dovuto a ritardi ambientali (per esempio, quando si supera la soglia di altezza ondosa). Il tempo reale di stallia per ciascuna nave è stato calcolato dal momento in cui la nave metaniera dà notizia di prontezza al momento in cui è pronta a partire dopo aver completato le operazioni di carico. Il costo di controstallia è stato calcolato in ragione di 55.000 dollari USA al giorno, aumentando in proporzione a quanto il tempo di stallia reale ha superato il tempo di stallia concesso. I costi di controstallia, così calcolati, sono quindi una semplificazione di quelli che verrebbero effettivamente riscossi, e possono quindi essere calcolati come percentuale indicativa, confrontabile con i test eseguiti per il presente studio.
- Requisiti per lo stoccaggio netto - la differenza tra i volumi minimo e massimo di stoccaggio dei serbatoi durante la simulazione. I requisiti di stoccaggio sono netti e rappresentano quindi il volume lavorabile totale disponibile nei serbatoi di stoccaggio con l'esclusione della base (m³).
- Occupazione dell'ormeggio – il tempo medio, in percentuale, durante il quale l'ormeggio è occupato da una nave. L'ormeggio è considerato occupato dal momento in cui una nave posa a terra la prima cima fino a quando libera l'ormeggio alla partenza (%).

I risultati fondamentali per ciascuno degli scenari provati sono sintetizzati nella Tabella 8 e nelle Figura 3, 4 e 5. A scopo di confronto il periodo percentuale di inattività del canale attribuito al traffico esistente (Tabella 7) è tracciato anche nella Figura 3 sull'asse secondario delle y.

Tabella 8 Sintesi dei risultati

Scenario	Niente traffico	2001	2002	2003	2004	2005	Tutti gli anni
Durata dello Scenario (in anni)	5	5	5	5	5	5	5
Controstallia per anno (in milioni di dollari USA)	0,53	0,64	0,57	0,58	0,70	0,65	0,64
Requisiti di stoccaggio (in m³)	342.000	348.000	348.000	344.000	341.000	343.000	346.000
Occupazione dell'ormeggio (in %)	25,2	26,9	27,1	25,8	26,6	28,1	28,7

7. Conclusioni e raccomandazioni

Per valutare l'impatto dei diversi regimi di traffico sulle operazioni del terminale GNL è stata eseguita una serie di simulazioni. Si è presunto che tutti i traghetti passeggeri e auto programmati avrebbero avuto la priorità e che non sarebbe stato fatto alcun tentativo per programmare l'arrivo e la partenza delle navi metaniere per evitare il restante traffico in programma. Inoltre, a scopo di confronto è stato esaminato anche uno scenario base senza traffico concorrente.

Lo scenario base senza altro traffico prevede un'occupazione dell'ormeggio al 25% con 0,53 milioni di dollari USA di "controstallia" per anno (vedi Sezione 6.2), e un requisito di stoccaggio di almeno 342.000 m³ (per garantire che i serbatoi non siano pieni o vuoti). L'occupazione dell'ormeggio è meno di quella necessaria per una singola operazione di ormeggio con arrivi regolari delle navi (tipicamente dal 35% al 40%). I requisiti di stoccaggio sono, tuttavia, maggiori dello stoccaggio netto proposto di 300.000 m³. L'esame dei grafici della serie temporale (si veda l'Appendice 1) mostra che una delle ragioni chiave per questa scelta è che quando la produzione passa da estiva a invernale, lo scaglionamento degli arrivi delle navi da località geografiche differenti può scostarsi dall'ottimale. Nella realtà per affrontare questo problema verrebbe modificata la programmazione degli arrivi delle navi. Conseguentemente, i requisiti di stoccaggio previsti dal modello sono probabilmente sovrastimati rispetto ai requisiti reali, questi dati saranno tuttavia coerente rispetto a tutti gli scenari e quindi non impediranno i confronti al fine di investigare l'impatto relativo del traffico portuale sullo stoccaggio.

L'impatto del traffico programmato sulle operazioni del terminale è, in generale, modesto. Si prevede un aumento di controstallia di circa 0,1 ±0,1 milioni di dollari USA per anno con un aumento corrispondente nell'occupazione dell'ormeggio fino al 3,5%. Anche i requisiti di stoccaggio sono aumentati fino a 6.000 m³. Inoltre questi valori possono essere ulteriormente ridotti programmando arrivi e partenze delle navi metaniere in maniera tale che non coincidano con gli orari pubblicati dei traghetti auto e passeggeri.

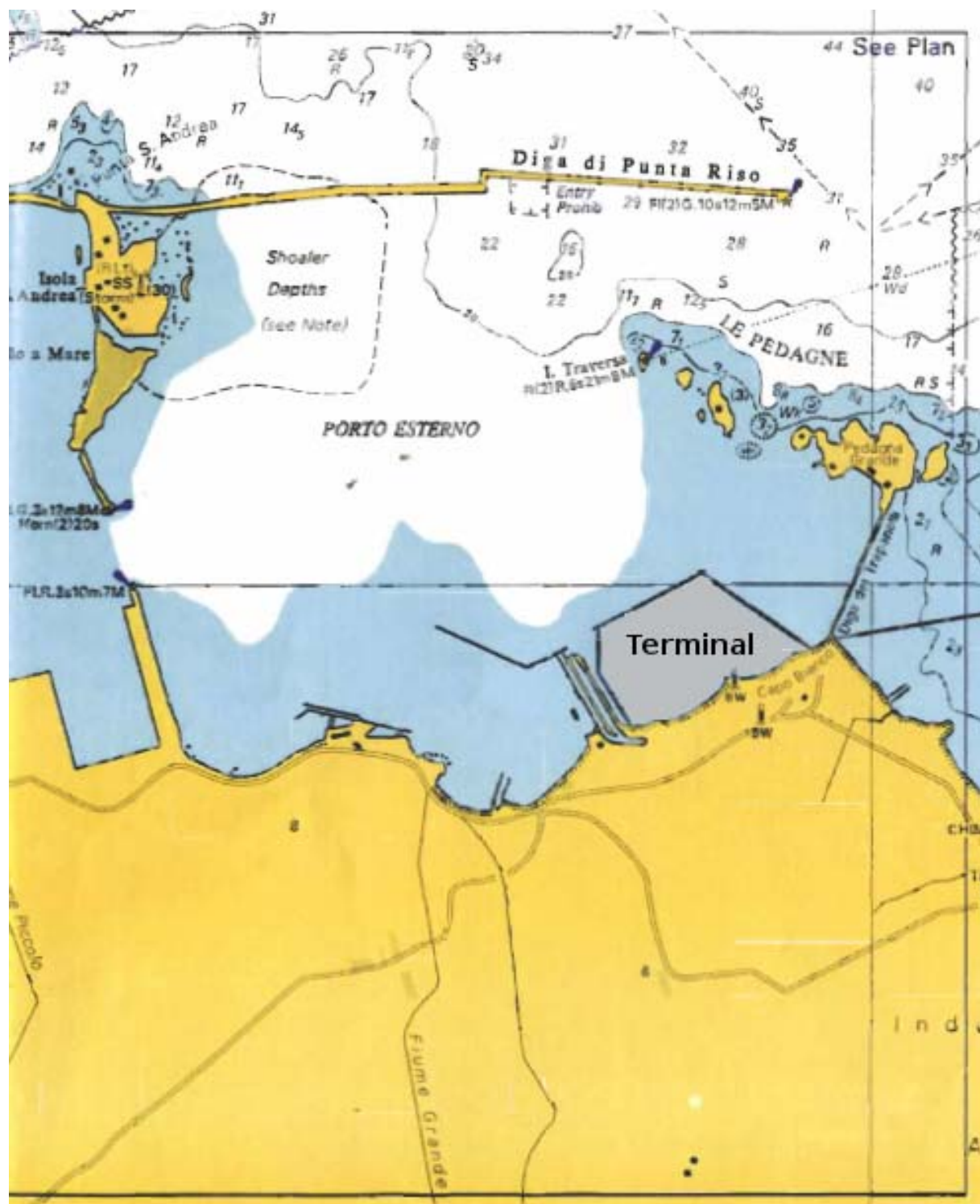
Nelle circostanze operative previste, i risultati mostrano anche che il terminale GNL può funzionare (con alcuni aumenti nel costo) senza impatto sul traffico portuale esistente. In un caso estremo (con riferimento alle restrizioni operative), ove tutto il resto del traffico non può entrare o lasciare il porto quando la nave metaniera è affidata al pilota, questo porterebbe a restrizioni negli altri movimenti del traffico portuale per circa il 4,7% del tempo totale. Questo partendo dal presupposto che ogni anno arrivino e partano circa 96 navi metaniere, con ciascuna nave affidata al pilota per una media di circa 2,25 ore all'arrivo e 2 ore alla partenza.

Quindi l'impatto delle operazioni GNL sugli altri utenti del porto è da ritenersi moderato e gestibile.

8. *Riferimenti*

1. “Brindisi LNG – Data collection for a traffic study – Synthesis of interviews on maritime traffic: Year 2010 – 2015”, D’Appolonia Document No. 05-251-H1, Rev 0, March 2006.
2. “Brindisi LNG – Marine Investigations Modelling studies”, HR Wallingford Report EX 4795, June 2003.
3. “Brindisi LNG – Extreme Winds and Wind Persistence”, HR Wallingford Report EX 4856, August 2003.
4. “Brindisi LNG – LNG Transport Operations Simulation System”, HR Wallingford Report EX 4849, July 2003.

Figure



Questo prodotto è stato in parte derivato da materiale ottenuto dallo UKHO © Crown Copyright e/o database rights. Riprodotto per concessione del Controller of Her Majesty's Stationery Office e dello UK Hydrographic Office.

Figura 1 Posizione proposta per il Terminale GNL all'interno del Porto Esterno di Brindisi

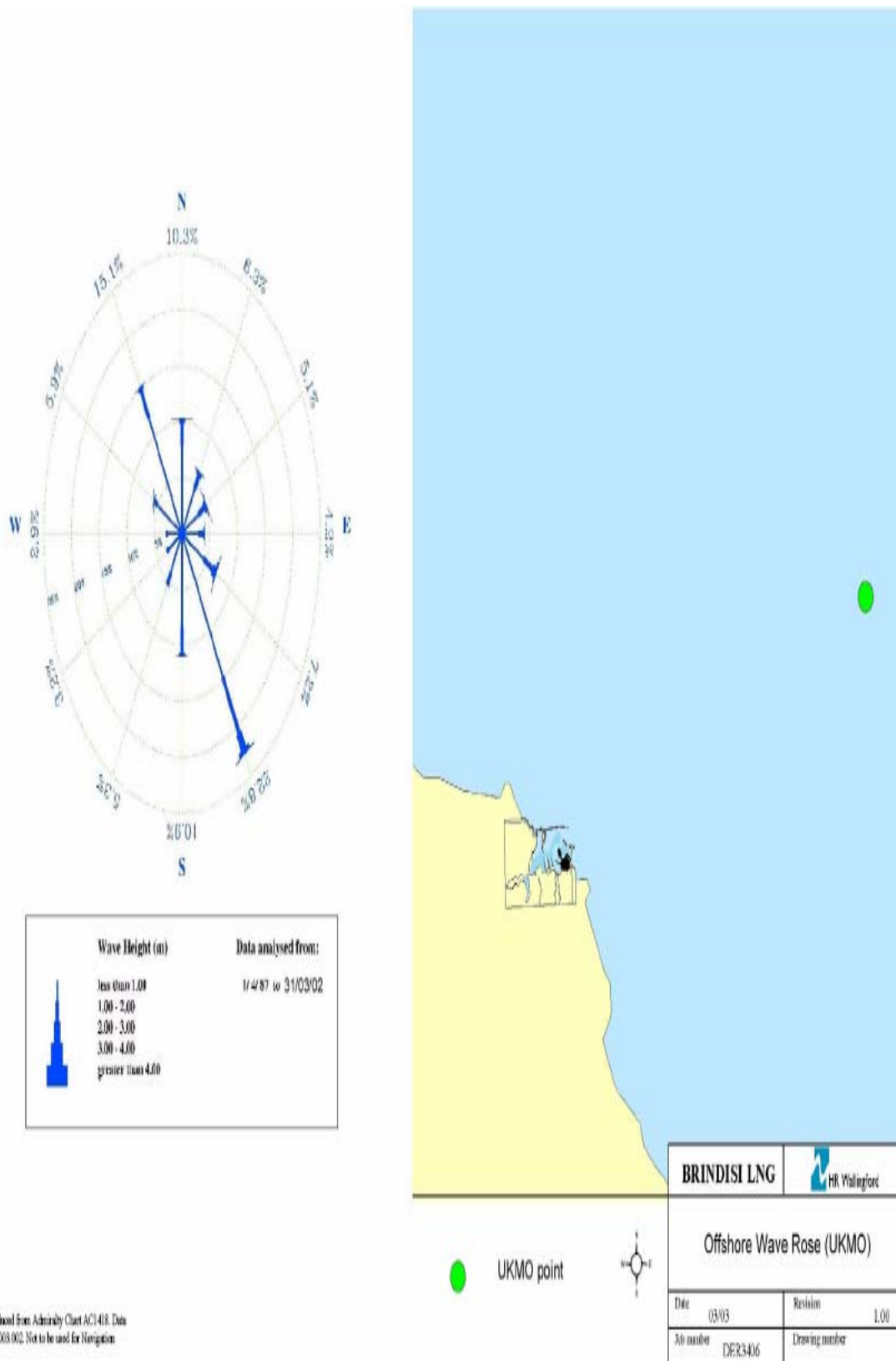
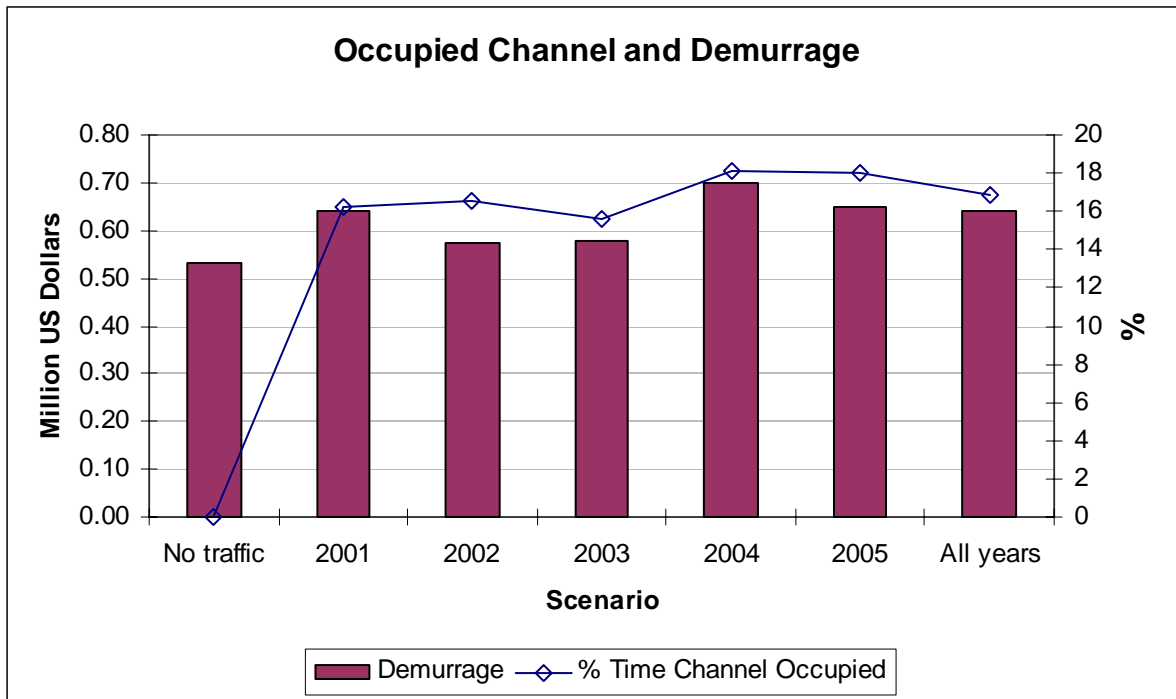


Figura 2 Rosa delle onde al largo (dati del modello ondoso UKMO)



Nota: L'occupazione del canale da parte del traffico esistente è stata sovrimposta a fini di confronto

Figura 3 Costi nominali annuali di controscalia

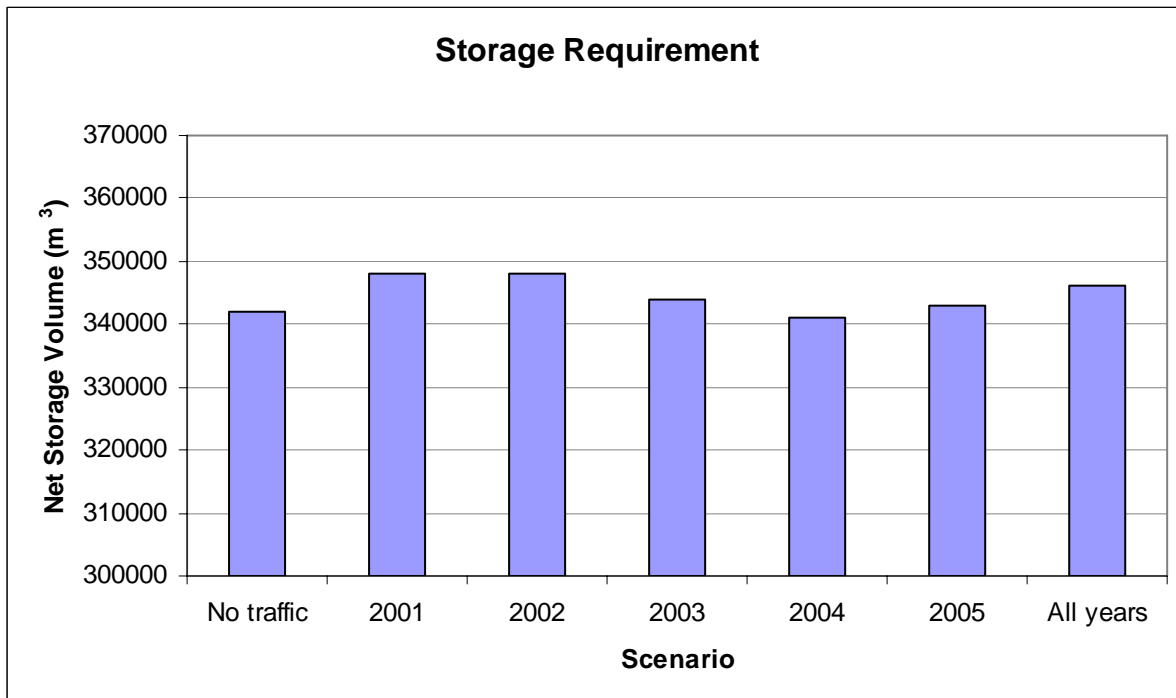


Figura 4 Volume totale netto di stoccaggio necessario per ciascuno scenario

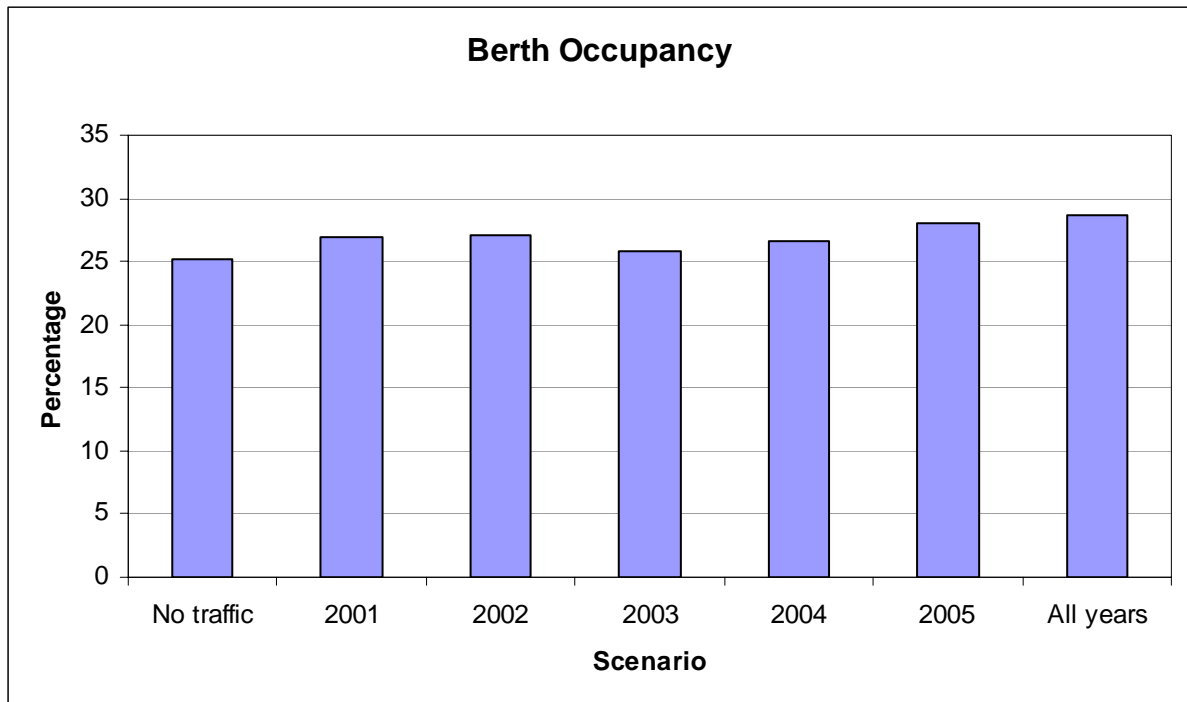


Figura 5 Occupazione dell'ormeggio per ciascuno scenario

Appendici

Appendice 1 Serie temporali dei livelli di stoccaggio di GNL per ciascuno scenario

Compendio degli Scenari

Figura 1	Caso Base – scenario base senza traffico concorrente
Figura 2	2001 – scenario con i livelli di traffico del 2001
Figura 3	2002 – scenario con i livelli di traffico del 2002
Figura 4	2003 – scenario con i livelli di traffico del 2003
Figura 5	2004 – scenario con i livelli di traffico del 2004
Figura 6	2005 – scenario con i livelli di traffico del 2005
Figura 7	ALL – scenario con tutti i 5 anni di dati sul traffico in sequenza

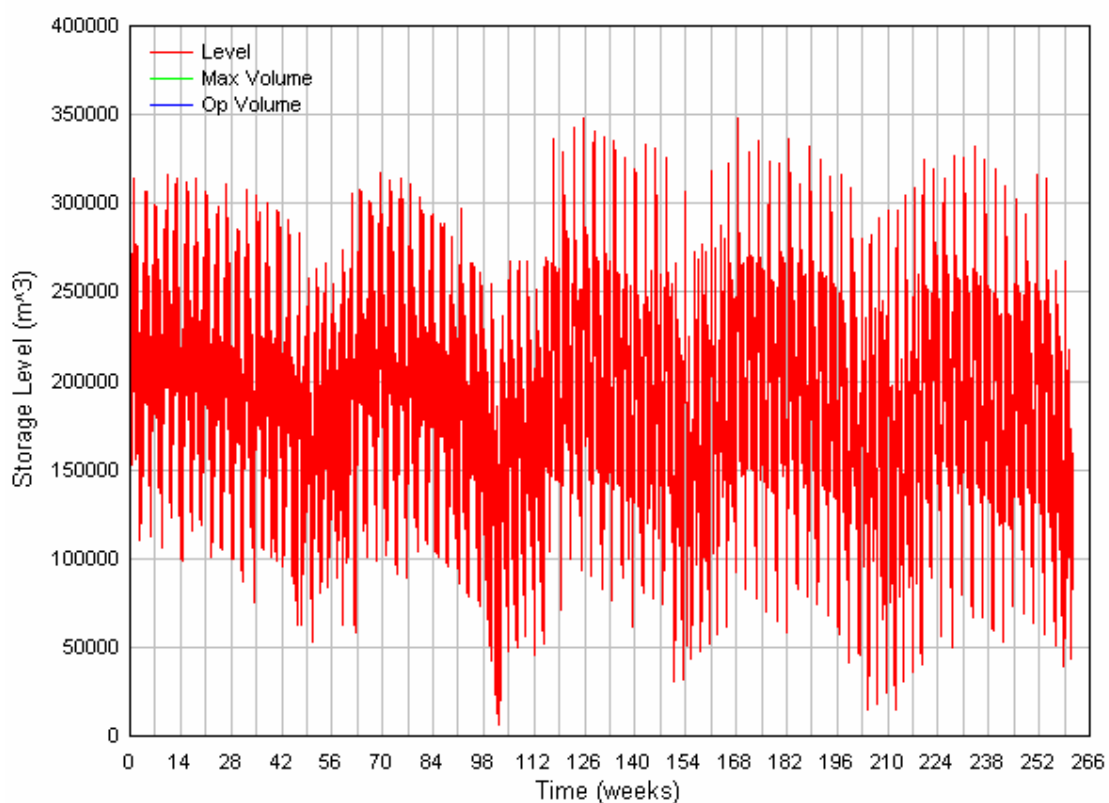


Figura 1 Brindisi caso base – Grafico del Livello di Stoccaggio

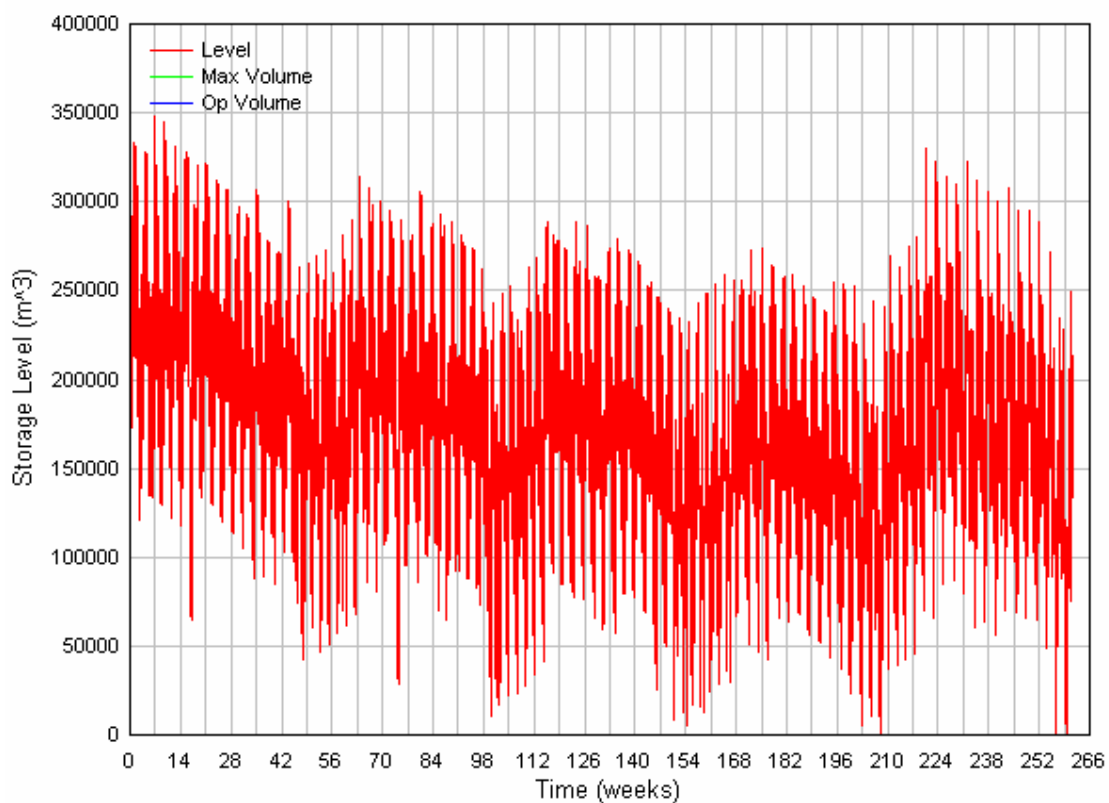


Figura 2 Brindisi livelli di traffico del 2001 – Grafico del Livello di Stoccaggio GNL

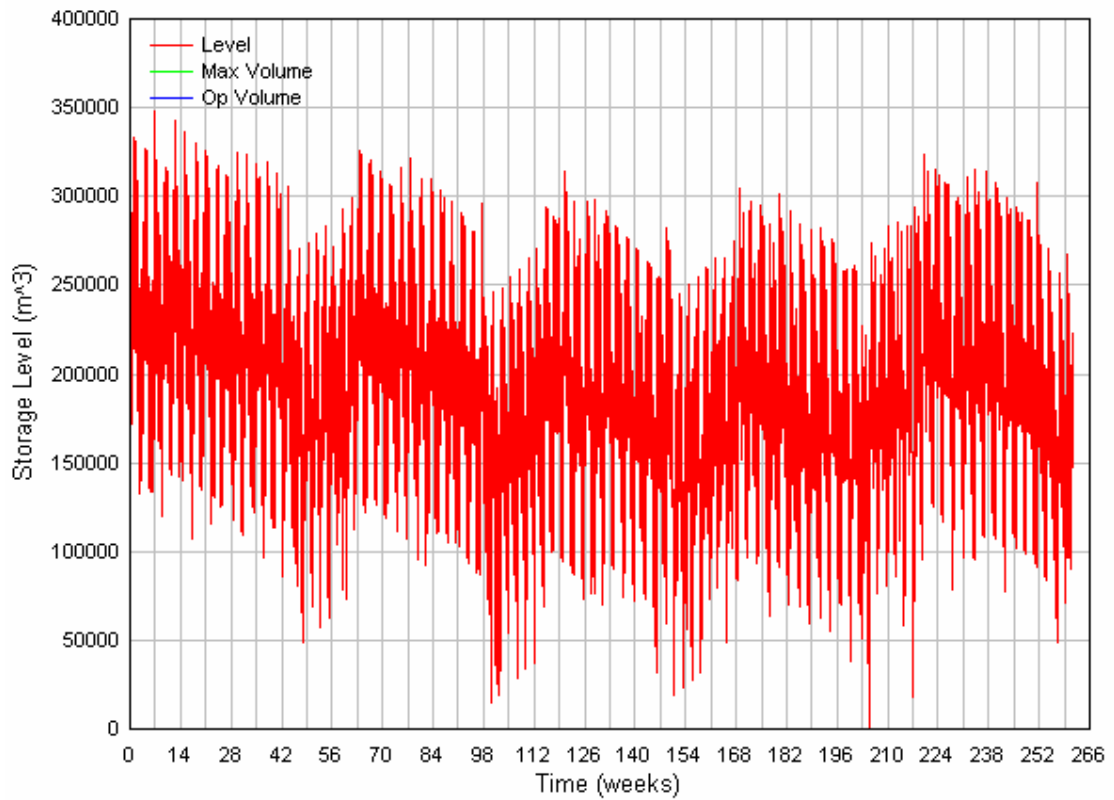


Figura 3 Brindisi livelli di traffico del 2002 – Grafico del Livello di Stoccaggio GNL

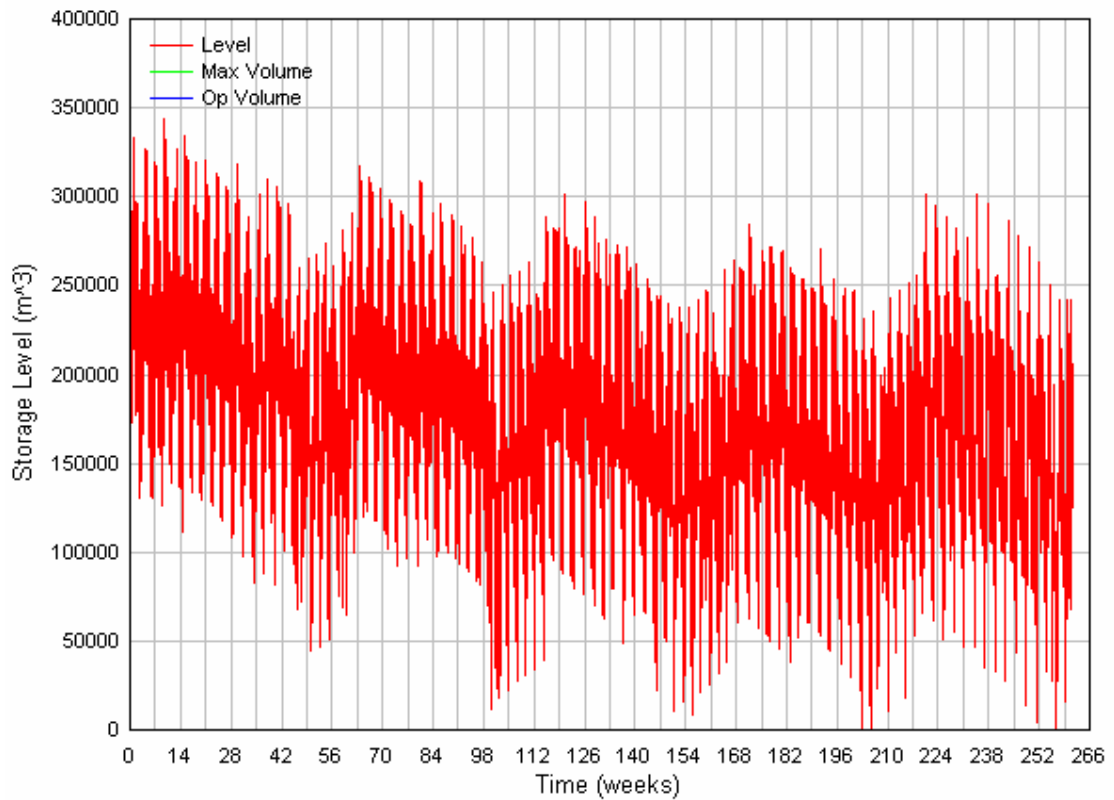


Figura 4 Brindisi livelli di traffico del 2003 – Grafico del Livello di Stoccaggio GNL

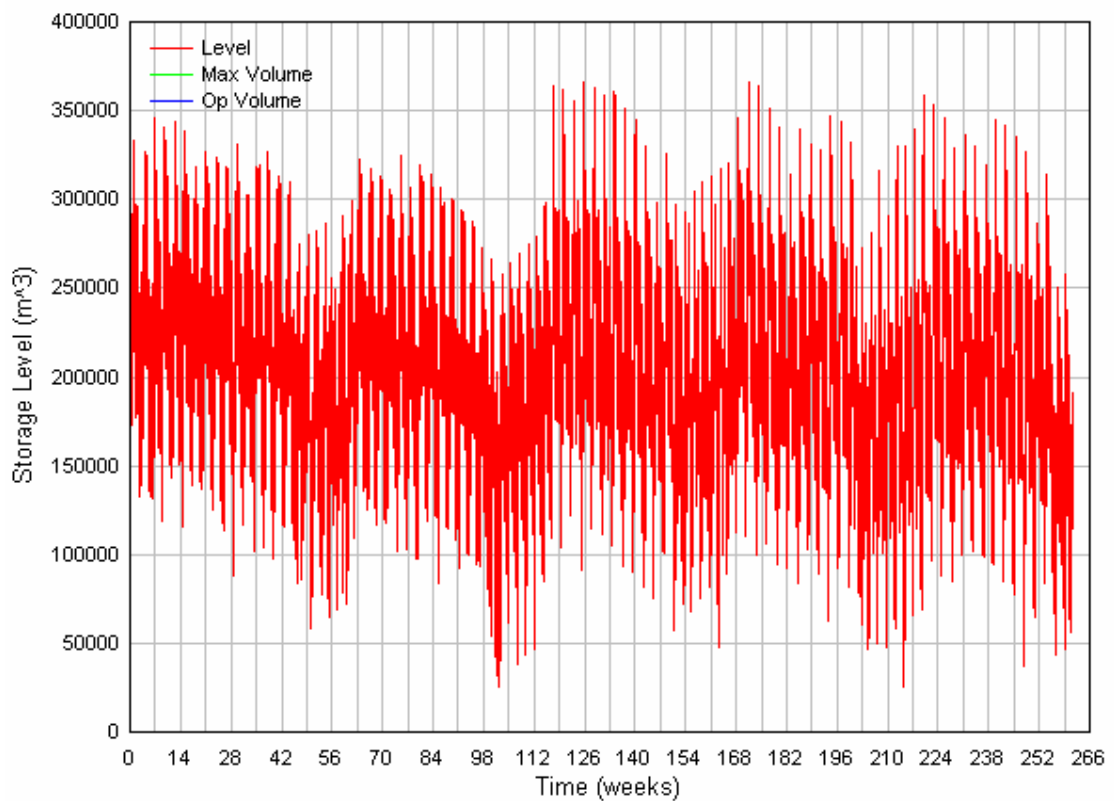


Figura 5 Brindisi livelli di traffico del 2004 – Grafico del Livello di Stoccaggio GNL

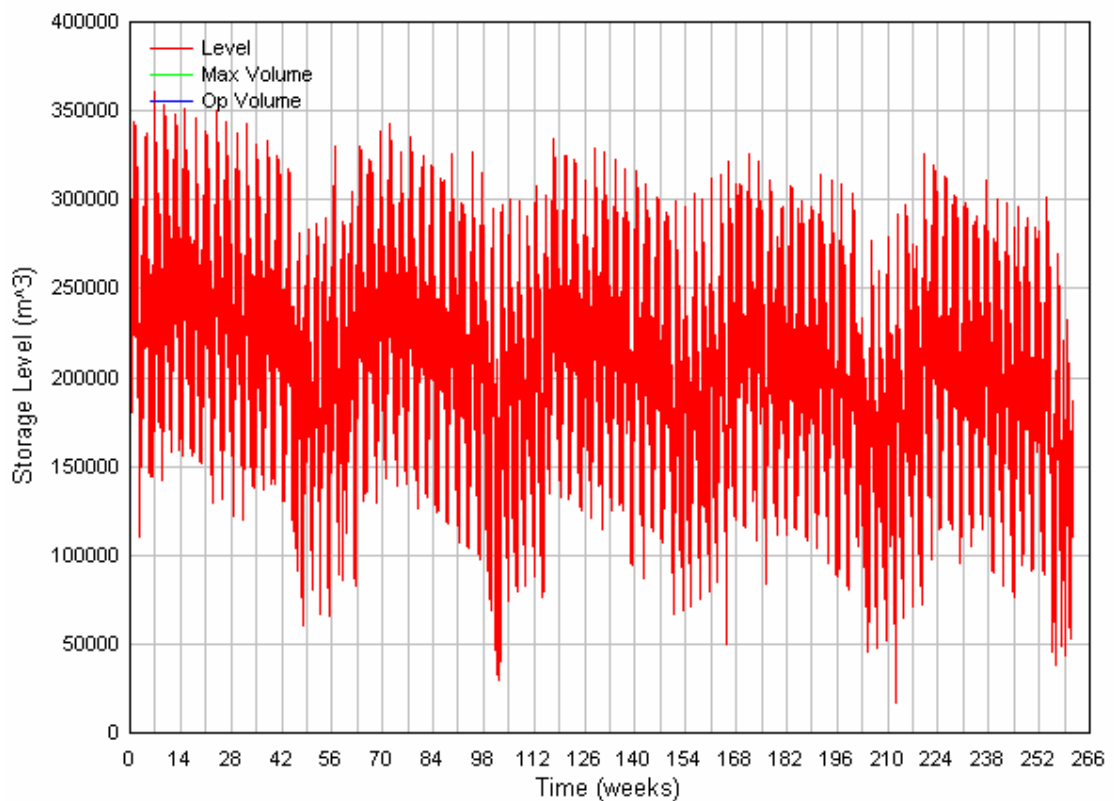


Figura 6 Brindisi livelli di traffico del 2005 – Livello di Stoccaggio GNL

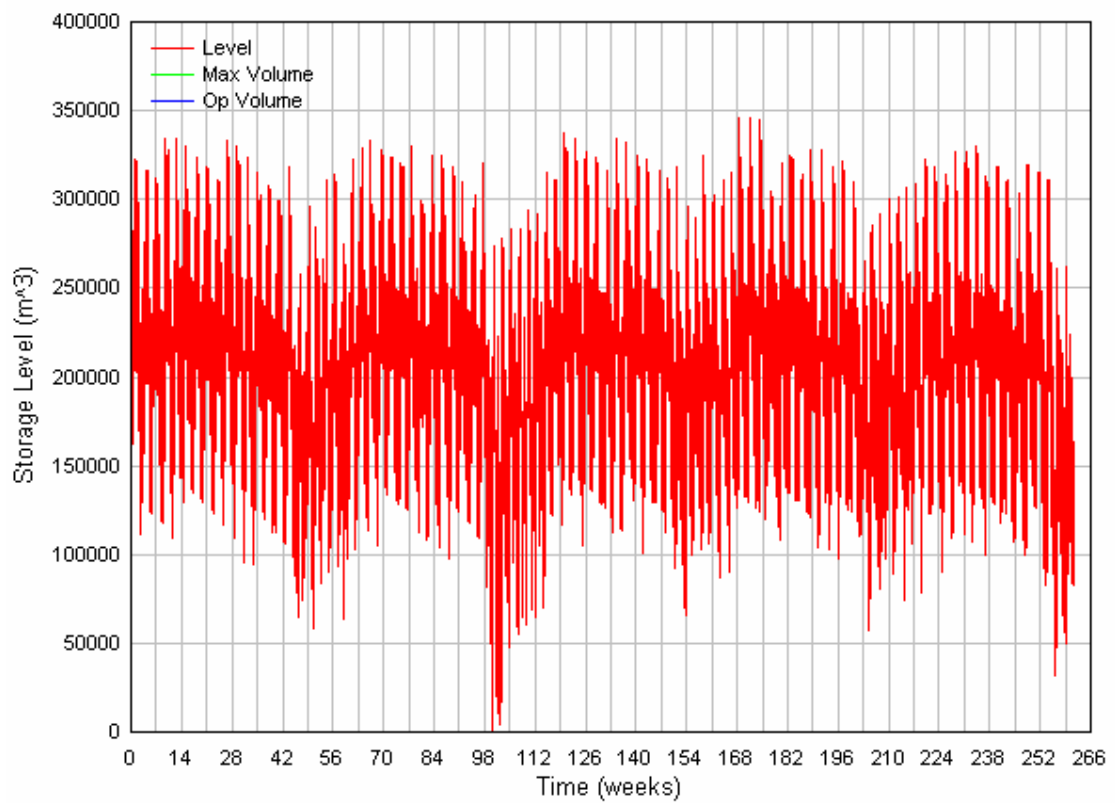


Figura 7 Brindisi livelli di traffico dal 2001 al 2005 – Livello di Stoccaggio GNL

