PROGETTO REPORT

"Rumore e Porti"

Prodotto T2.1.2

Rapporto tecnico sull'implementazione del modello portuale in Mithra-SIG

Componente T2

Attività T2.1

Data di consegna prevista: 03/2020

Data di consegna effettiva: 09/2020

Partner responsabile: CSTB

Livello di diffusione		
PU	Pubblico	**X**
CO	Confidenziale	

Numero del documento da consegnare:	T2.1.2
Responsabile del documento da consegnare:	CSTB
Componente:	T2

Autore/i – in ordine alfabetico		
Nome	**Partner**	**E-mail**
Jean-Benoit DUFOUR	Geomod	jbdufour@geomod.fr
Matthieu LAPICORÉ	Geomod	mlapicore@geomod.fr
Julien MAILLARD	CSTB	Julien.maillard@cstb.fr
Dirk VAN MAERCKE	CSTB	dirk.vanmaercke@cstb.fr

Revisione del documento			
Versione	**Data**	**Modificazioni**	
		Tipo di modificazioni	**Modificato da**
V1	06/10/2020	Versione iniziale	Dirk Van Maercke
V2	20/10/2020	Contribuzione GEOMOD integrati	Jean-Benoît Dufour
V3	18/11/2020	Versione finale	Dirk Van Maercke
V4	18/01/2021	Riletture e correzioni	Dirk Van Maercke

Sintesi
Questo documento presenta i principi tecnici ed ergonomici della funzionalità «Portuale» così come è stata implementata nel software MithraSIG v5 nell'ambito del compito T2.1.2 del progetto REPORT.

INDICE

I - Introduzione e contesto 4
II - Presentazione del software MithraSIG 5
II.1 - Modellazione del sito 5
II.2 - Modellazione delle sorgenti 8
II.3 - Modellazione dei ricettori 9
II.4 - Principi di calcoli 12
II.5 - Post-trattamento 21
III - Modellazione delle attività portuale 24
III.1 - Modellazione delle navi 25
III.2 - Modellazione delle attività industriali 41
III.3 - Traffico stradale et ferroviario 44
III.4 - Condizioni meteorologici 45
IV - Implementazione del modulo portuale in MithraSIG 47
IV.1 - Creazione di una nave 47
IV.2 - Rappresentazione grafica di una nave 48
IV.3 - Parametri acustici della nave 48
IV.4 - Configurazione dei parametri di calcolo 51
IV.5 - Calcolo delle navi 52
IV.6 - Risultati dei calcoli 55
Allegato A – Modellazione a partire da misurazioni in situ 57
Allegato B – Classificazione acustica delle navi. 65
B.2 La caratterizzazione delle sorgenti secondo LR 66

I - Introduzione e contesto

I porti mediterranei sono circondati da aree urbane densamente popolate in cui il rumore generato dalle fonti sonore della loro attività ha un impatto molto importante. L'obiettivo a lungo termine del progetto REPORT è la riduzione delle emissioni sonore dei porti dello spazio di cooperazione transfrontaliera al fine di rendere più sostenibili gli impianti portuali dello spazio marittimo. Ciò avviene attraverso lo sviluppo di un approccio dedicato alla gestione del rumore.

La creazione di modelli che descrivano la propagazione del suono nella zona portuale è il primo passo fondamentale da compiere per giungere alla definizione di metodi di riduzione dell'inquinamento acustico e delle emissioni sonore in generale. Così, la componente T2 del progetto ha l'obiettivo di proporre una metodologia di simulazione multidisciplinare per effettuare studi di impatto del rumore emesso nelle aree portuali Nei compiti T3 e T4 adattamenti al metodo CNOSSOSL'UE sarà proposta per migliorare la presa in considerazione dell'ambiente portuale nella produzione di mappe acustiche strategiche e nell'elaborazione di piani d'azione. Questi miglioramenti saranno implementati nel software Mithrasig v5, consentendo l'elaborazione, la simulazione di sistemi, le azioni ottimali per un corretto monitoraggio e soluzioni di mitigazione transfrontaliere in stretta collaborazione con i progetti DECIBEL e MON ACUMEN.

L'attività T2.1 del progetto Report, realizzata congiuntamente da UNIGE e dal CSTB, mira specificamente a definire (compito T2.1.1) e ad implementare (compito T2.1.2) un modello di simulazione acustica specifico alle zone portuali, mettendo in evidenza la modellazione degli oggetti e delle fonti di rumore particolari che si possono trovare nei porti.

Nell'ambito del compito T2.1.1, queste modifiche sono state implementate all'interno di uno strumento esistente, il software Mithrasig v5, co-sviluppato dal CSTB e dalla società Geomod, dedicato agli studi d'impatto acustici all'esterno e alle mappe acustiche strategiche.

La relazione esplicita gli adattamenti sviluppati per tener conto delle specificità delle zone portuali nel quadro di un'analisi del rumore su scala urbana, nel quadro della mappatura dell'esposizione delle popolazioni in prossimità delle zone portuali, di una valutazione d'impatto in occasione di una modifica o di un nuovo progetto, o della valutazione dell'effetto di un piano d'azione volto a ridurre l'esposizione delle popolazioni agli effetti negativi del rumore.

II - Presentazione del software MithraSIG

Gli strumenti che consentono l'analisi dell'esposizione al rumore su scala urbana utilizzano concetti simili:

- Dati di ingresso **geografici** (terreno, uso del suolo, linea costiera, tracciati stradali...)
- Dati di input delle **fonti** (flusso stradale medio per tratto, numero di passaggi di convogli ferroviari e tipo di materiale rotabile, livello di potenza di fonti industriali ...)
- Dati di ingresso **fisici** (condizioni meteorologiche, proprietà acustiche delle superfici)
- **Parametri** di **calcoli** (numero di riflessioni, presa in considerazione della diffrazione)
- Definizione dei **risultati attesi** (tipo di carta, tipo di indicatore, formato dei risultati)

In questo progetto utilizzeremo il software Mithrasig commercializzato dalla società Geomod: https://www.geomod.fr/fr/geomatique-modelisation-3d/mithrasig/.

Mithrasig si distingue da altri software di simulazione acustica perché è basato su un Sistema di Informazione Geografica (SIG). Il GIS porta l'apertura e la perennità per la sua ricchezza di formati mantenuti in lettura come in export, di funzionalità avanzate di disegno e di editing, di analisi e di risultati.

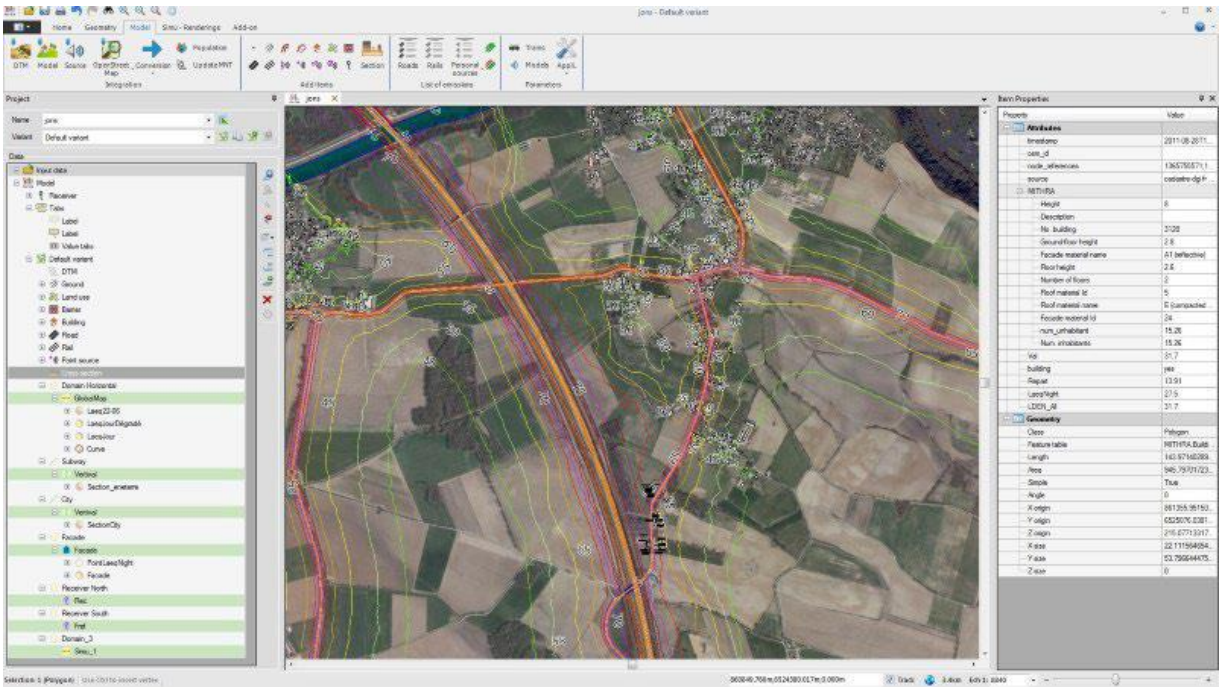


Figura 1- Esempio di modellazione di un sito in MithraSIG

II.1 - Modellazione del sito

Mithrasig è stato progettato per creare semplicemente il suo modello di calcolo.

Grazie a un'interfaccia semplice e intuitiva, la creazione del modello è rapida. Ciò avviene sia mediante l'integrazione di dati provenienti da organismi diversi, in forme e formati diversi, sia manualmente grazie agli strumenti di disegno.

- Più di 160 formati supportati (SHP, MIF/MID, TAB, DXF, DWG, DGN, ecc ...).
- Creazione automatica di progetti dai dati SRTM e Openstreetmap per creare rapidamente progetti di simulazione acustica.
- Strumenti avanzati per la creazione e l'edizione di oggetti con tutta la ricchezza del GIS.
- Assistenti dedicati alla creazione di tematiche, richieste spaziali e impressioni.

La modellazione di un sito in Mithrasig si basa sul principio generale dei sistemi di informazione geometrici in cui ogni oggetto può avere (una o più) rappresentazioni geometriche (in due o tre dimensioni) e un elenco di proprietà associate.

La tabella seguente riassume i tipi di oggetti disponibili in Mithrasig.

Tipo di oggetto	Rappresentazione geometrica	Proprietà
Mappa di riferimento	Immagine georeferenziata	
Altitudine del terreno	Punti lati Linee di altitudine costante Linee di rottura di inclinazione	Altitudine
Natura del terreno	Poligono 2D o 3D	Natura del suolo (minerale, acqua, vegetazione...)
Muri e schermi	Polilinea 2D o 3D	Altezza Materiale assorbente (fronte / retro) Coronamento Inclinazione
Edifici	Poligono 2D o 3D	altezza Classificazione (habitat collettivo, terziario ...) Materiale (tetto/facciata) Numero di Piani Numero di abitanti
Strade	Polilinea 2D o 3D	Numero di vie di circolazione Larghezza delle vie

		Pavimentazione Traffico (flusso e velocità) per categorie di veicoli, per periodo di analisi
linee ferroviarie	polilinea 2D o 3D	Numero di vie di circolazione Caratteristiche dei binari Traffico (flusso e velocità) per tipo di treno, per periodo di analisi
fonti industriali	Punti, linee o superfici in 2D o 3D	Potenza acustica Direttività Scenario di utilizzo: modalità di funzionamento e % di tempo di attività per periodo di analisi
Ricettori	Punti 2D o 3D	Altezza da terra Attaccamento a un edificio

Tabella 1 : Oggetto della modellazione del sito in MithraSIG

Da notare: quando gli oggetti sono rappresentati da costruzioni geometriche in 2D, il software assegnerà automaticamente l'altitudine impostando le coordinate 2D sul MNT (Modello Digitale di Terreno) sottostante.

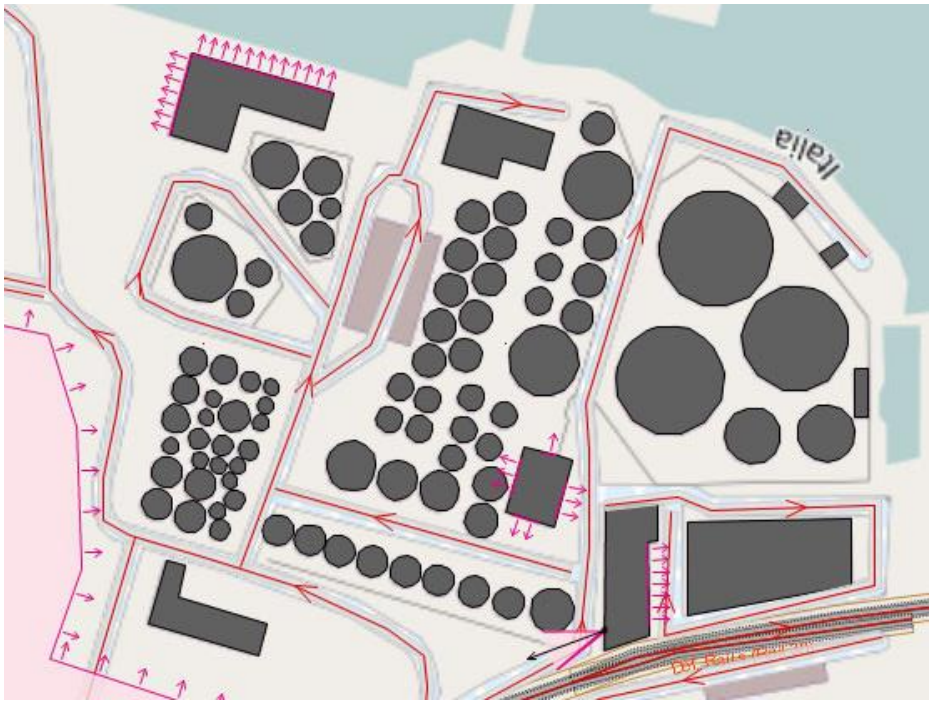


Figura 2 - Modello MithraSIG costruito dalla base Open Street Map

La creazione degli oggetti può avvenire manualmente attraverso gli strumenti di disegno integrati nel SIG. Le proprietà degli oggetti sono accessibili tramite specifici editor (finestre di dialogo).

È anche possibile automatizzare l'inserimento tramite importazione di tabelle di dati GIS esterne (integrazione), come ad esempio banche dati GIS nazionali (a pagamento) o libere da diritti (come Open Street Map).

II.2 - Modellazione delle sorgenti

In modalità esperto, Mithrasig permette la creazione di sorgenti acustiche elementari. Ogni sorgente è quindi definita in termini di:

- La sua posizione e forma geometrica (puntiforme, lineare, superficie)
- Il suo orientamento.
- Il suo spettro di potenza sonora (in ottave o in terzi di ottave)
- La sua direttività orizzontale e verticale.

Nella pratica, tuttavia, l'utente non dovrà entrare in questo livello di dettaglio poiché il software fornisce modelli di fonti specifiche che automatizzano la creazione delle fonti elementari in ingresso ai calcoli a partire da una modellizzazione di più alto livello. Mithrasig consente di modellare rapidamente creare fonti associate alle emissioni.

- Stradali,
- Ferroviarie,
- industriali.

Per le fonti stradali e ferroviarie, la modellizzazione tiene conto della composizione del traffico, della velocità oraria, della velocità di circolazione e delle caratteristiche della via di circolazione.

Category	Name	Description	Vehicle category in EC Vehicle Type Approval
1	Light motor vehicles	Passenger cars, delivery vans ≤ 3.5 tons, SUVs, MPVs including trailers and caravans	M1 and N1
2	Medium heavy vehicles	Medium heavy vehicles, delivery vans > 3.5 tons, buses, motorhomes, etc. with two axles and twin tyre mounting on rear axle	M2, M3 and N2, N3
3	Heavy vehicles	Heavy duty vehicles, touring cars, buses, with three or more axles	M2 and N2 with trailer, M3 and N3

4	Powered two-wheelers	4a	Two-, Three- and Four-wheel Mopeds	L1, L2, L6
		4b	Motorcycles with and without sidecars, Tricycles and Quadricycles	L3, L4, L5, L7

Tabella 2 : Categorie di veicoli stradali compatibile con la direttiva EU 2015/996

L'inserimento dei parametri di traffico è indipendente dal metodo di calcolo e si basa sugli sviluppi più recenti. Ad esempio, la modellizzazione delle fonti stradali si basa sulle categorie di veicoli considerate nel metodo europeo. La modellizzazione del traffico ferroviario gestisce una banca dati del materiale rotabile compatibile con la direttiva UE 2015/996.

Per le fonti industriali, Mithrasig utilizza la base di dati inizialmente proposta dal progetto IMAGINE e successivamente ampliata. La potenza acustica di ciascuna sorgente può essere modulata in funzione della frazione del tempo di funzionamento dell'impianto.

I dati di emissione possono essere definiti per diversi scenari di utilizzo. Ogni scenario corrisponde a un particolare periodo di tempo e le condizioni di funzionamento delle fonti possono essere definite separatamente per ogni periodo di tempo. Nel calcolo, tutti gli scenari sono valutati in parallelo, il che consente, a partire da un solo calcolo:

- Valutare la variazione oraria del livello Leq,A.
- Calcolare i livelli giorno/notte/notte e gli indicatori LDEN e Lnight.
- Confrontare situazioni attuali/future, variazioni dei livelli di rumore dovute all'aumento del traffico, alla sostituzione di veicoli con modelli meno rumorosi e/o a modifiche a livello di infrastruttura (ad esempio dopo l'applicazione di una pavimentazione porosa).

II.3 - Modellazione dei ricettori

Mithrasig permette di calcolare mappe di livello sonoro in piani orizzontali e verticali, mappe di facciata di edifici e mappe basate su ricevitori puntuali. Queste mappe sono realizzate su una determinata superficie chiamata "Dominio".

In Mithrasig, si aggiungono dei domini (zone di calcolo) e poi dei calcoli ad essi associati. Lo stesso settore può quindi essere associato a calcoli diversi. Allo stesso modo, un calcolo può avere più domini distinti, consentendo di realizzare in una sola volta una mappa orizzontale e una mappa in facciata mantenendo gli stessi parametri tra i domini.

Ogni calcolo può essere parametrizzato in termini di metodo geometrico per la ricerca di percorsi di propagazione e in termini di metodo calcolo acustico (vedi di seguito).

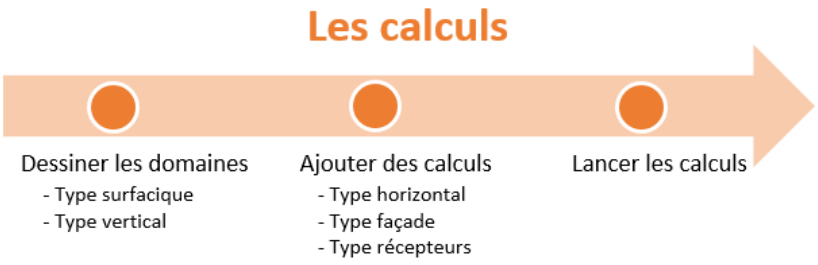


Figura 3 – Configurazione dei calcoli per dominio

II.3.1 - Mappe orizzontali

Questo tipo di calcolo corrisponde a tagli nel piano orizzontale all'esterno ad una data altezza. Questo calcolo è fatto su un dominio di superficie. A seconda della precisione e dei tempi di calcolo desiderati, sono possibili diversi metodi di mesh.

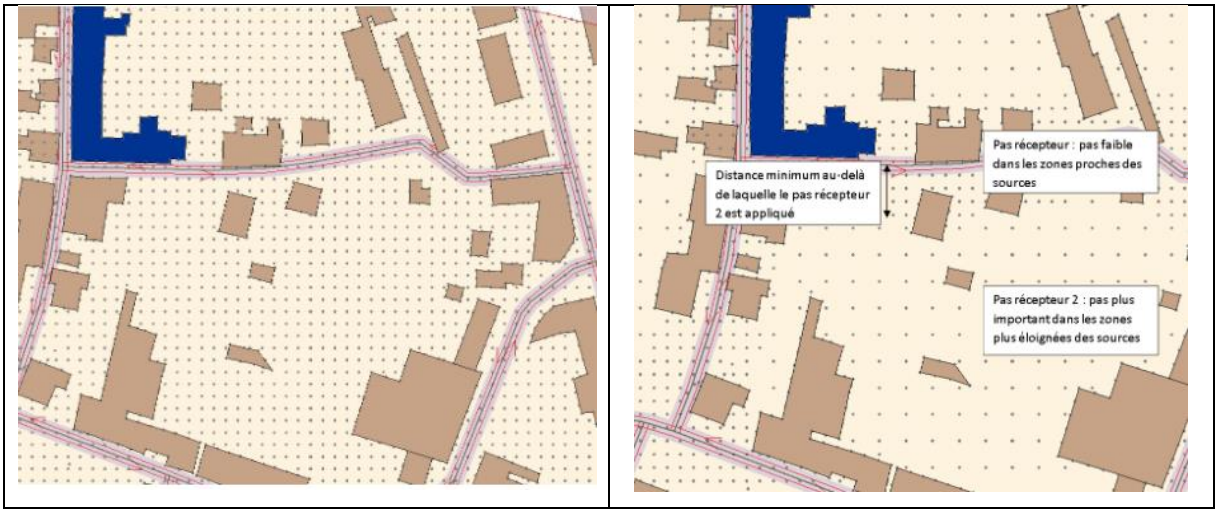


Figura 4 - Maillage orizzontale regolare (sinistra) o irregolare, più densa vicino alle sorgenti e agli edifici (destra)

II.3.2 - Calcolo in facciata

In questo tipo di calcolo, ogni edificio del dominio è materializzato dalle sue facciate. Un calcolo si effettua per ogni facciata, ad ogni piano degli edifici. Questo calcolo si effettua su un'area areale. Le facciate di tutti gli edifici all'interno di questa superficie saranno calcolate.

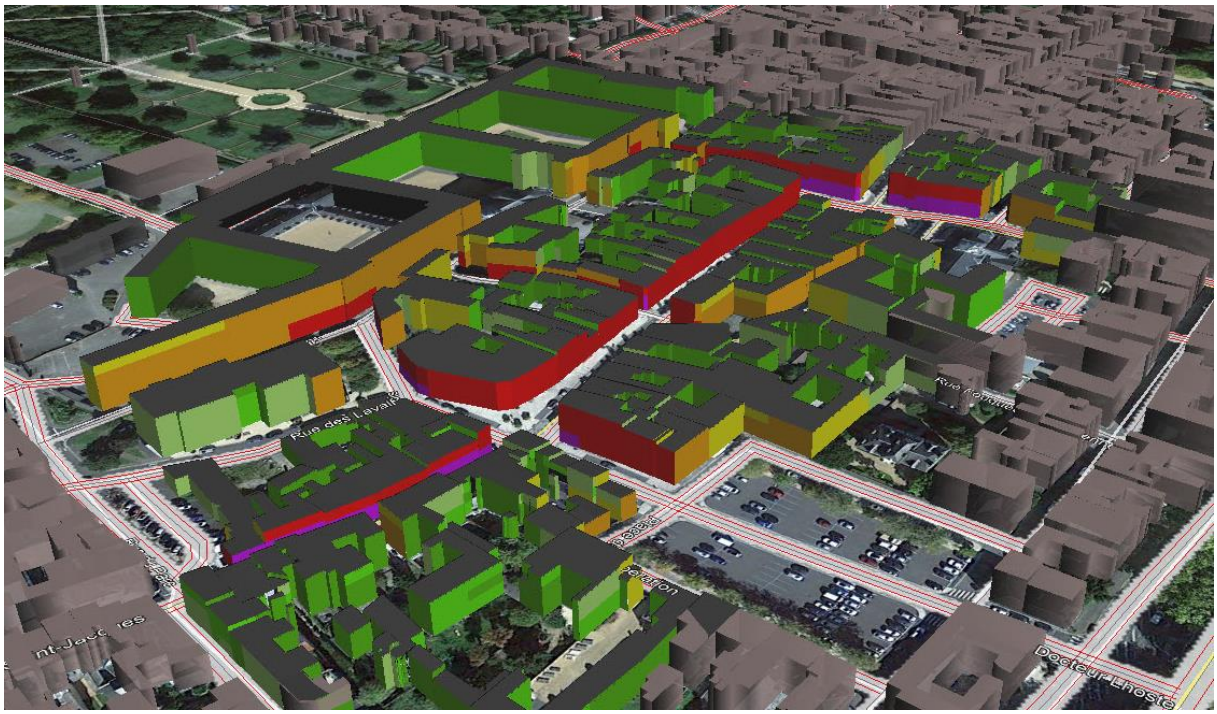


Figura 5 - Calcolo in facciata MithraSIG

II.3.3 - Mappe verticali

Questo tipo di calcolo corrisponde a tagli nel piano verticale secondo un tratto di taglio disegnato. Il taglio è rappresentato da una linea che rappresenta il piano di taglio.

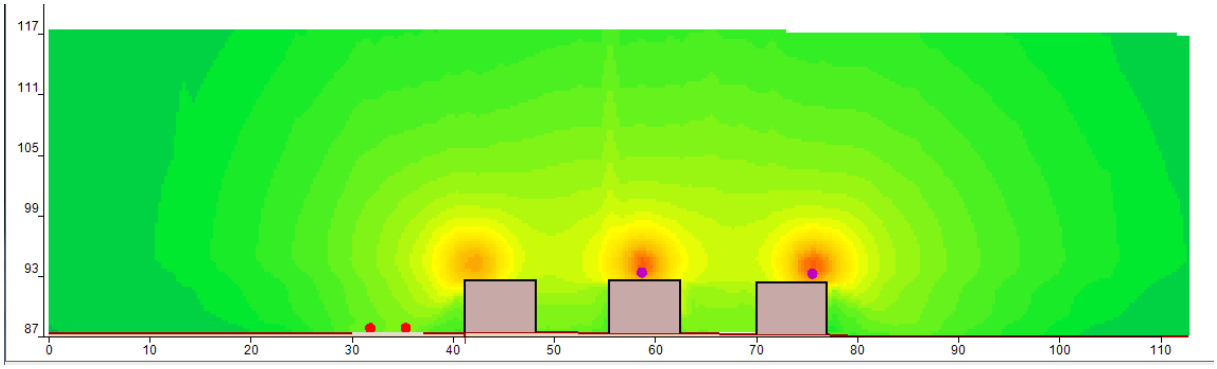


Figura 6 - Sezione verticale che rappresenta le pompe di calore in un complesso residenziale

II.3.4 - Calcolo sui ricettori

Questo tipo di calcolo è fatto per i ricevitori posizionati manualmente durante la creazione del modello. Ci sono tre tipi di ricevitori :

- Ricevitori in facciata (1 ricevitore per piano).
- Ricevitori per edifici (posizionati sul tetto).
- I ricevitori in campo libero.

Nella finestra grafica del software, i ricevitori sono materializzati da oggetti di tipo point. Ogni tipo di ricevitore ha il suo simbolo di rappresentazione.

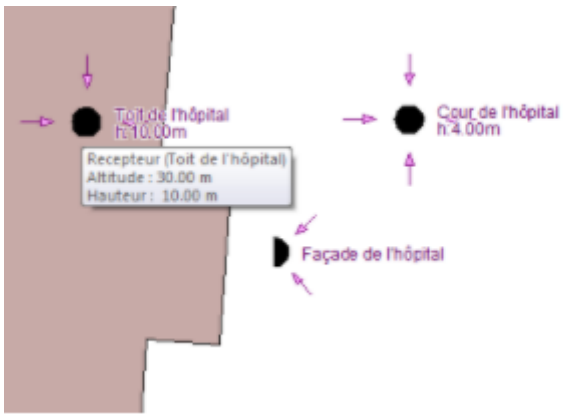


Figura 7 - Rappresentazione dei ricevitori nella finestra grafica del software.

II.4 - Principi di calcoli

Per il calcolo, il software Mithrasig utilizza motori di calcolo sviluppati dal CSTB. I motori incorporano un potente motore di modellazione geometrica e di ricerca dei percorsi e un insieme di motori per il calcolo delle potenze delle fonti e degli effetti legati alla propagazione del suono.

II.4.1 - Modellazione del sito

Il motore di modellazione geometrica integra tutti gli elementi geometrici del sito in un unico modello digitale di campo (MNT) in forma di triangolazione sotto sollecitazione. La modellazione influisce quindi su un'altitudine specifica in ciascun nodo della triangolazione, o a partire dai dati forniti dall'utente o per interpolazione sui punti intermedi.

Particolare attenzione viene prestata alla modellizzazione delle superfici ad altitudine costante (come le superfici d'acqua) o a pendenza regolare (come le piattaforme stradali e ferroviarie).

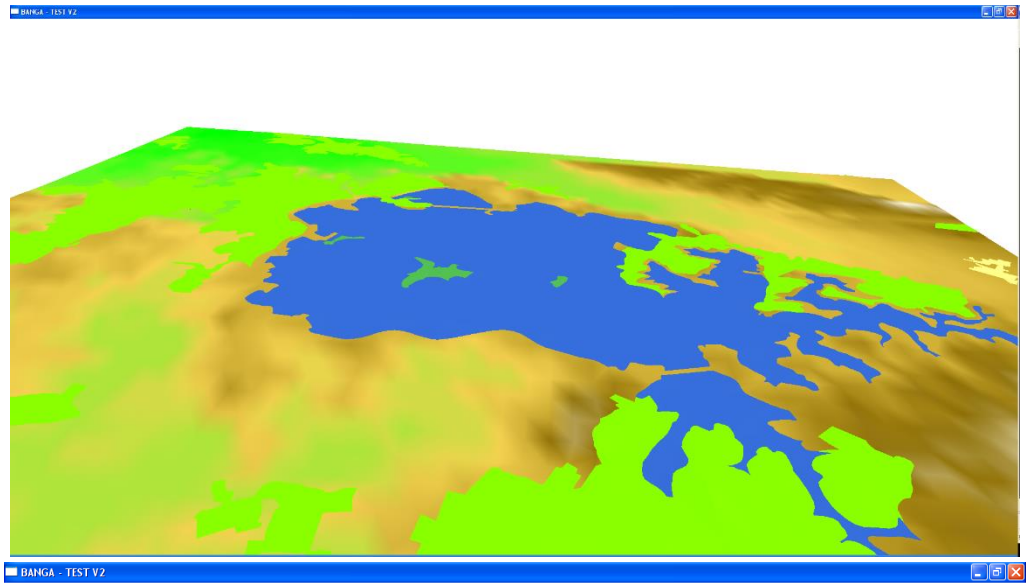
Ogni cellula della triangolazione è affetta da una particolare natura del suolo. Per garantire la compatibilità con i diversi metodi di calcolo, il software utilizza la tabella di equivalenza qui di seguito, sviluppata dal progetto CNOSSOS-EU. L'assegnazione della natura è effettuata a partire dalle aree del suolo definite dall'utente. Quando più zone si sovrappongono, la natura del suolo è determinata applicando la regola della superficie più piccola che circonda una posizione».

Description	Type	σ (kPa·s/m^2)	*G* value
Very soft (snow or moss-like)	A	12.5	1

Soft forest floor (short, dense heather-like or thick moss)	B	31.5	1
Uncompacted, loose ground (turf, grass, loose soil)	C	80	1
Normal uncompacted ground (forest floors, pasture field)	D	200	1
Compacted field and gravel (compacted lawns, park area)	E	500	0.7
Compacted dense ground (gravel road, car park)	F	2000	0.3
Hard surfaces (most normal asphalt, concrete)	G	20 000	0
Very hard and dense surfaces (dense asphalt, concrete, water)	H	200 000	0

Tabella 3 : Natura del suolo ed equivalenza delle caratteristiche prese in considerazione nei calcoli.

Il MNT funge quindi da supporto per la creazione del modello digitale di elevazione (MNE) che integra tutti gli oggetti di fronte verticali come pareti, schermi ed edifici. Questi elementi sono modellati dalla loro impronta e dalla loro elevazione al di sopra di essa. L'elevazione di un oggetto può variare da un punto all'altro. Le facce e gli spigoli delle superfici verticali sono utilizzati per la ricerca di percorsi diffratti o riflessi.



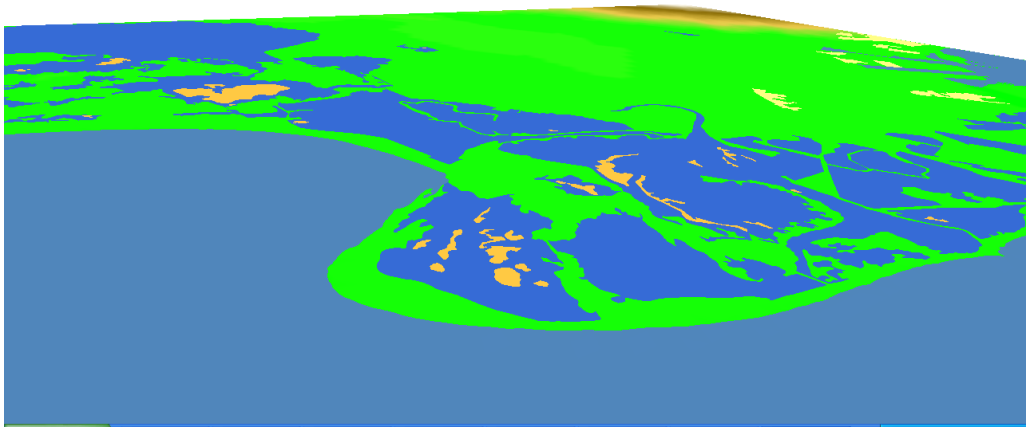


Figura 8 – Costruzione del MNT e destinazione della natura del terreno nel motore BANGA. L'uso della regola del "poligono chiuso più piccolo" permette di modellare rapidamente dei laghi all'interno delle terre (immagine in alto) e/o delle isole circondate da superfici d'acqua (immagine in basso).

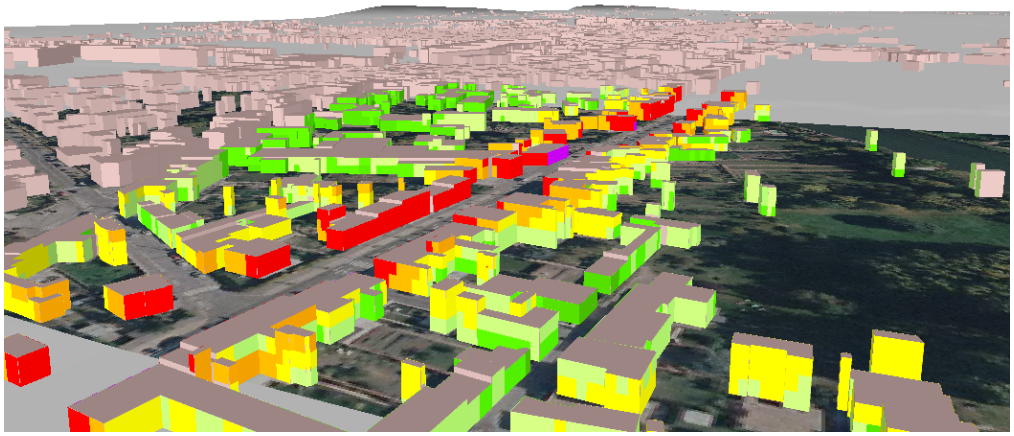


Figura 9 – Costruzione del piano MNE comprendente le facciate e i tetti degli edifici.

II.4.2 - Ricerca dei percorsi di propagazione.

La ricerca dei percorsi di propagazione tra le sorgenti sonore e i ricevitori è basata su un algoritmo potente ed efficace sviluppato dal CSTB. Questo algoritmo utilizza un colpo di raggi «inverso» ricercando le fonti visibili dal ricevitore.

Lo spazio che circonda il ricevitore è diviso in settori angolari. L'algoritmo esiste in due versioni: o un singolo raggio è tirato al centro di ogni settore (tiro di raggi), o i due raggi che inquadrano il settore sono propagati in parallelo (metodi dei fasci).

Quando un raggio (o un fascio) intercetta un ostacolo riflettente (muro, schermo o edificio) vengono creati due nuovi percorsi di ricerca: uno che si propaga in linea retta per individuare eventuali sorgenti che si trovano dietro l'ostacolo (ed eventualmente occultate da quest'ultimo), l'altra corrispondente ad una riflessione speculare del percorso (che dà luogo ad eventuali fonti di immagini). Questo principio è illustrato nella figura seguente. Un raggio che parte dal ricevitore R intercetta un primo edificio al punto 1; vengono generati due nuovi raggi, uno verso 5, l'altro verso 2. Al punto 2 il raggio incontra di nuovo un edificio e vengono generati due nuovi percorsi, uno verso 6, l'altro verso 3. Al punto 3, il tragitto passa sopra uno schermo (la riflessione sullo schermo è stata omessa per non ingombrare l'illustrazione) e raggiunge una linea sorgente al punto 4.

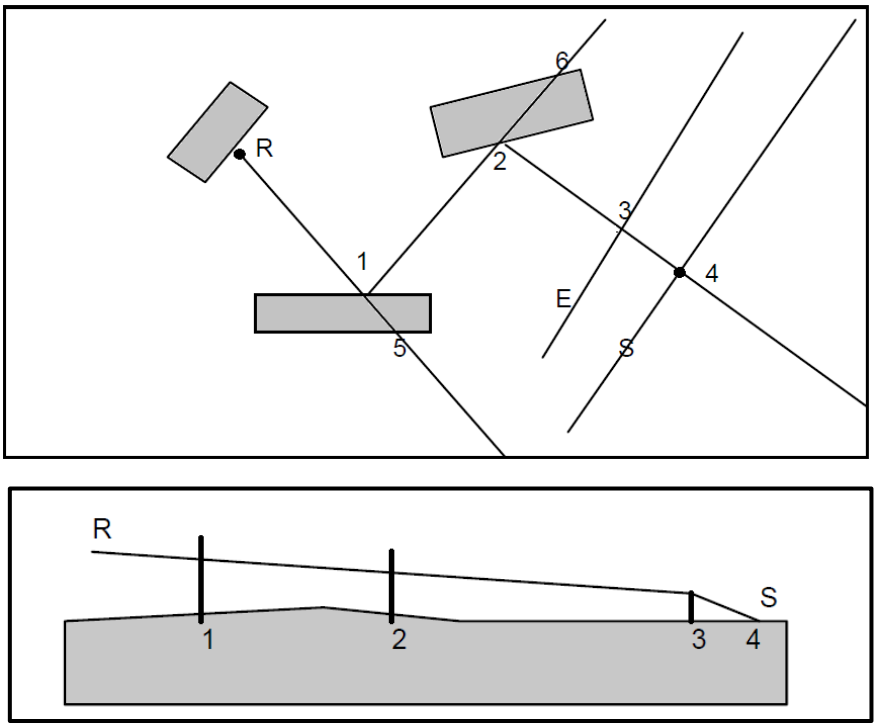
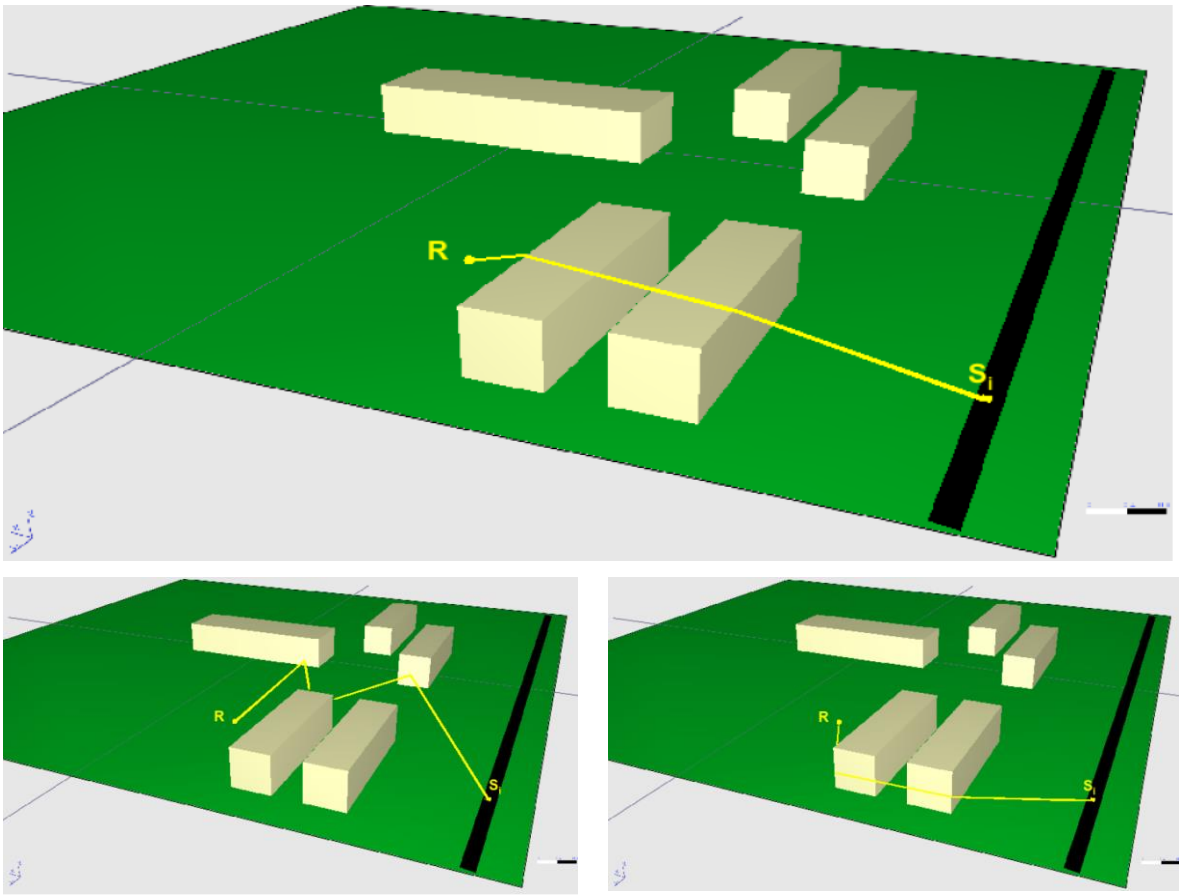


Figura 10 – Ricerca dei percorsi riflessivi e diffranti in 2D e percorso di propagazione corrispondente nel piano verticale disteso secondo il principio del "paravento cinese".

Questo algoritmo permette di costruire rapidamente l'albero completo dei percorsi riflessivi e diffranti e di rilevare le fonti visibili corrispondenti. La profondità di questo albero è un parametro specificato dall'utente e può essere regolato in base alla complessità del sito.

L'algoritmo in modalità fascio è simile e offre inoltre la possibilità di rilevare la presenza di spigoli diffrattivi alle estremità degli ostacoli riflettenti. Quando la diffrazione laterale è stata attivata (parametri di calcolo opzionali), l'algoritmo genera nuovi fasci dal bordo diffrattivo per rilevare fonti nella zona d'ombra dietro l'ostacolo.

> *Da notare: la ricerca dei percorsi diffratti che aggirano gli ostacoli ha il suo interesse per le fonti industriali protette da schermi di piccola lunghezza. Nel caso di fonti estese (ad esempio linee di origine corrispondenti a strade o ferrovie), tali percorsi possono essere ignorati senza perdita di precisione.*



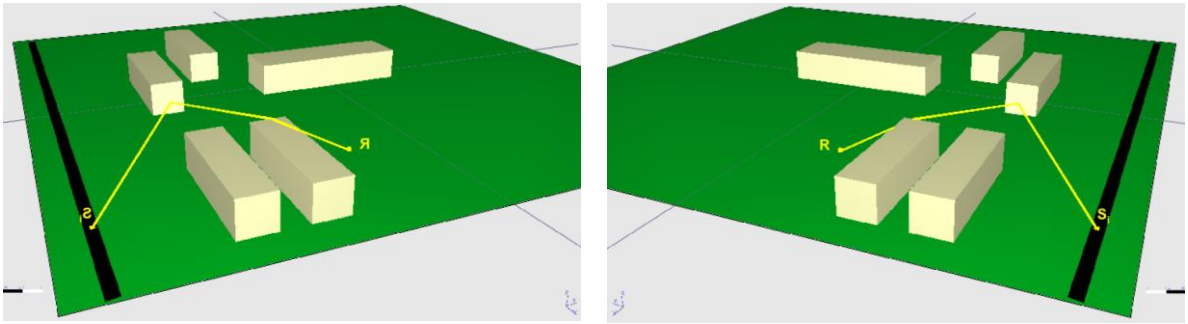


Figura 11 – Costruzione di vie di propagazione semplici e complesse: in alto un sentiero di tipo «diretto» che passa sopra due edifici; al centro un sentiero che comporta unicamente riflessioni (a sinistra) o che contorna i due edifici (a destra); in basso dei sentieri «complessi» combinando diffrazioni sopra (a sinistra) o contornando (a destra) un edificio con una riflessione (© SETRA).

Come illustrato nella Figura 11, l'algoritmo di ricerca permette di costruire tutti i tipi di percorsi:

- Il percorso diretto, quando la sorgente è in vista diretta del ricevitore.
- Percorsi diffranti da uno o più spigoli orizzontali in cima a schermi, pareti ed edifici.
- Percorsi riflessi su uno o più lati verticali, generando immagini in qualsiasi ordine.
- Percorsi diffratti da uno o più spigoli verticali,
- Percorsi complessi, comprendenti qualsiasi combinazione di diffrazione e riflessioni multiple.

Da notare: la diffrazione mediante spigoli verticali è disponibile solo in modalità "fascio".

L'algoritmo di ricerca è specificato dall'utente come parametro di calcolo, che consente di ottimizzare i calcoli in base all'applicazione di destinazione e il tempo di calcolo.

- Il metodo «raggi» corrisponde all'algoritmo originale sviluppato dal CSTB e offre un buon compromesso tra completezza della ricerca e tempo di calcolo. Il calcolo delle riflessioni viene effettuato tipicamente nell'ordine 3.
- Il metodo «raggi rapidi» favorisce le riflessioni sulle facce verticali a vantaggio dei sentieri fortemente diffratti al di sopra degli ostacoli. Questo metodo è particolarmente adatto ad aree urbane densamente popolate dove riflessioni di ordine superiore contribuiscono significativamente al livello sonoro (come è il caso nelle strade ad U).
- Il metodo dei fasci effettua una ricerca approfondita delle vie di propagazione, laddove i metodi di cui sopra possono essere assimilati a un campionamento di tipo Monte-Carlo. Il metodo offre la massima precisione, a scapito di tempi di calcolo più elevati.

II.4.3 - Calcoli acustici

Ogni percorso geometrico è poi trasmesso al motore di calcolo acustico per valutare il livello sonoro parziale, combinando la potenza di emissione della sorgente con l'attenuazione dovuta alla propagazione.

Mithrasig supporta diversi motori di calcolo acustici, come mostrato nella tabella qui sotto. I metodi più vecchi utilizzano un algoritmo comune per elaborare qualsiasi tipo di percorso:

- Per ogni riflessione o diffrazione da un bordo verticale, l'algoritmo determina la corrispondente attenuazione, tenendo conto della natura e dell'altezza dell'ostacolo;
- Poi il percorso è disteso (come un paravento cinese) per ottenere un percorso in un unico piano verticale (quindi in riflessioni o diffrazioni laterali) come illustrato nella Figura 11 sopra.
- L'attenuazione dovuta al suolo e agli ostacoli è calcolata nel piano espanso secondo uno dei metodi standard: ISO 9613-2, NMPB (versione 1996 o 2008), HARMONOISE. La parte specifica delle norme relativa alla presa in considerazione di percorsi complessi in 3D è ignorata in quanto sostituita dall'algoritmo comune sviluppato dal CSTB.

I metodi più recenti sono scaturiti dai lavori di preparazione del metodo europeo armonizzato per la produzione delle carte strategiche. In particolare, sono stati messi a punto tre metodi candidati per adattare i metodi ISO 9613-2, NMPB-2008 e HARMONOISE. Tali metodi sono in generale semplificazioni dei metodi di origine, più rapide ma meno precise, al fine di consentire il calcolo delle mappe strategiche su vasta scala.

I motori di calcolo più recenti corrispondono all'attuazione della Direttiva Europea 2015/996 (Allegato II della Direttiva 2002/49/CE) originale e alla sua revisione che sarà pubblicata alla fine del 2020.

Metodo	Presa in considerazione delle riflessioni e diffrazioni laterali	Considerazione degli effetti del suolo e della diffrazione da parte degli schermi.
ISO 9613-2	I percorsi complessi che comportano un numero qualsiasi di riflessioni e diffrazioni laterali sono presi in considerazione da un	Calcolo secondo la norma ISO 9613-2
NMPB-96		Calcolo in base alla norma NF XP S31-133:2001
NMPB-2008		Calcolo in base alla norma NF S31-133

HARMONOISE	algoritmo specifico sviluppato dal CSTB.	Metodo di calcolo potente e preciso sviluppato nei progetti europei Harmonoise e Imagine.
JRC-ISO9613	Applicazione rigorosa delle norme ISO 9613-2 e NF S31-133. I metodi non consentono di prendere in considerazione vie di propagazione complesse comportanti al tempo stesso riflessioni su ostacoli verticali e diffrazioni attraverso schermi.	
JRC-NMPB		
JRC-HARMO	Implementazione degli elementi convalidati e documentati del metodo Harmonoise. Il metodo non consente il calcolo dei percorsi diffratti lateralmente. Il calcolo della correzione per dimensioni finite degli ostacoli riflettenti si basa sulla costruzione delle zone di Fresnel.	
CNOSSOS-2015	Attuazione della Direttiva Europea 2015/996 (Allegato II della Direttiva 2002/49/CE). Molto simile al metodo francese NMPB-2008, il metodo non consente di prendere in considerazione percorsi di propagazione complessi.	
CNOSSOS-2020	Revisione della direttiva UE 2015/996 in preparazione.	

Tabella 1 : Caratteristiche dei metodi di calcolo acustici implementati in Mithra-SIG.

Per ogni percorso, indipendentemente dal metodo di calcolo, il livello sonoro corrispondente è valutato secondo la formula seguente:

$$L_p = L_w + \Delta L_w + \Delta L_{dir} + \Delta L_{geo} + \Delta L_{air} + \Delta L_{refl} + \Delta L_{dif} + \Delta L_{size} + \Delta L_{excess} + \Delta L_{misc}$$

Le varie componenti del calcolo sono descritte nella tabella seguente.

Simbolo	Descrizione
Emissione sonora in campo libero	
L_w	Potenza della sorgente
ΔL_w[1]	Adattamento della potenza (campo libero o emisferico)
ΔL_{dir}	Direttività della sorgente
ΔL_{geo}[2]	divergenza geometrica

[1] Mithra-SIG distingue le sorgenti caratterizzate secondo il metodo emisferico (sopra un piano orizzontale riflettente) o secondo il metodo in campo libero (per esempio in camera anecoica). Per una sorgente vicina al suolo, la differenza tra i due metodi è dell'ordine di 3 dB.

[2] Per una sorgente lineare, Mithra-SIG la divergenza si calcola come l'integrale della divergenza in $1/d^2$ sulla lunghezza del segmento della sorgente intersecata dal fascio associato ad ogni raggio.

ΔL_{air}	Assorbimento nell'aria, calcolato secondo la norma ISO 9613-1
Attenuazioni legate ai percorsi complessi in 3D	
ΔL_{refl}	Assorbimento sugli ostacoli riflettenti
ΔL_{dif}	Attenuazione dovuta alle diffrazioni laterali
ΔL_{size}	Correzione per l'altezza finita degli ostacoli durante le riflessioni e diffrazioni attraverso gli spigoli degli ostacoli verticali
Attenuazione nel piano di propagazione	
ΔL_{excess}	Effetto suolo e diffrazione; secondo il metodo queste attenuazioni sono valutate per diverse condizioni meteorologiche. In generale, vi è una forte interazione tra i diversi fenomeni e non è possibile separare le componenti (come è fatto in alcuni standard più vecchi).
Altre attenuazioni	
ΔL_{misc}	Il motore di calcolo consente l'uso di estensioni per andare oltre i calcoli prescritti nelle norme. Tali estensioni sono sviluppate dal CSTB nell'ambito di vari progetti di R&S e consentono, tra l'altro, di prendere in considerazione le interazioni tra i treni e gli schermi vicini alle linee ferroviarie, gli schermi inclinati o di forma complessa, le corone di schermi, le riflessioni diffuse, la diffusione del suono attraverso zone congestionate...

Tabella 2 : Componenti della valutazione del livello sonoro nel motore di calcolo acustico.

Per ogni percorso, il livello sonoro, in media su un periodo sufficientemente lungo, è valutato tenendo conto della frequenza di occorrenza delle condizioni di propagazione favorevoli[3] secondo la formula proposta dal metodo francese e ripresa nel quadro dell'attuazione della direttiva 2002/49/CE:

$$L_{eq,T} = 10 \lg \left(\frac{p_{FAV}}{100} \, 10^{L_{p,FAV}/10} + \left(1 - \frac{p_{FAV}}{100}\right) 10^{L_{p,HOM}/10} \right)$$

Dove p_{FAV} è la frequenza di occorrenza di condizioni favorevoli nella direzione di propagazione tra la sorgente e il ricettore e $L_{p,HOM}$ e $L_{p,FAV}$ i livelli sonori valutati rispettivamente per condizioni di propagazione neutre e favorevoli.

Il livello sonoro globale nel punto di ricezione è valutato sommando i livelli sonori parziali per ogni tratta.

Mithrasig permette, partendo da un solo tiro di raggi, di calcolare i livelli sonori per diversi scenari temporali. Ogni scenario corrisponde a condizioni di emissione delle fonti e di propagazione del suono particolari. Il calcolo delle mappe strategiche, ai sensi della direttiva 2002/49/CE, si basa sull'utilizzazione di tre scenari distinti, corrispondenti al periodo di giorno (12 ore), sera (4 ore) e notte (8 ore).

II.5 - Post-trattamento

Mithrasig permette di creare sia rendering vettoriali che raster con uno strumento di creazione di mappe estremamente elaborato. Semplici caselle di controllo permettono di definire tutti i parametri di una mappa: indicatore, fonti, frequenze, tavolozza colori, tipo di rendering, precisione. La visualizzazione della mappa evolve in tempo reale alla modifica di questi parametri. Per questo motivo è semplice impostare e creare rapidamente la propria scheda.

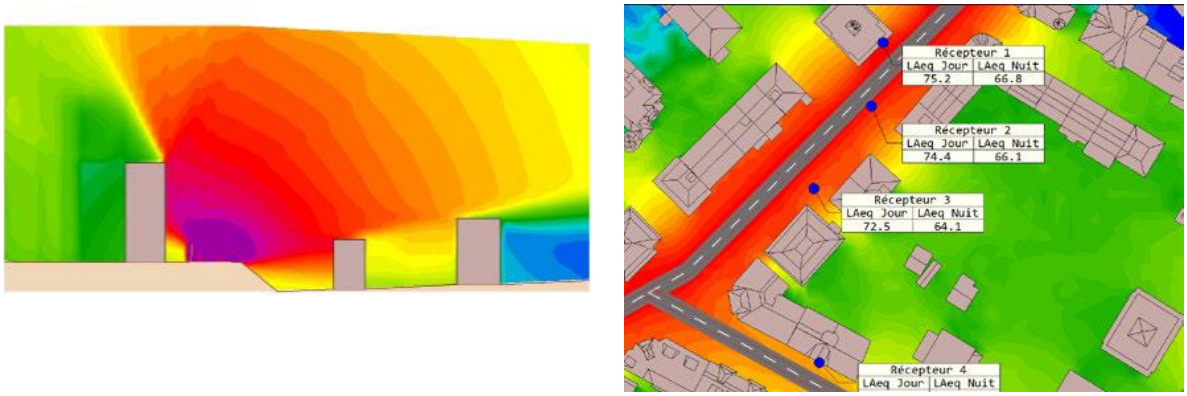


Figura 17 – Presentazione dei risultati sotto forma di carte orizzontali e verticali.

II.5.1 - La direttiva europea

Mithrasig è un software che riprende tutte le specificità delle carte strategiche, in particolare la Direttiva Europea 2002/49/CE. Per esempio, i ricevitori delle carte orizzontali sono di default a 4 m di altezza. Allo stesso modo, l'ultima riflessione sulla facciata viene eliminata per il calcolo L_{den} e L_{night}.

I calcoli sono particolarmente adatti alle grandi aree (città) e alle grandi infrastrutture.

Le analisi permettono, tra l'altro, il calcolo del numero di edifici e di popolazioni esposti conforme alla Direttiva Europea.

II.5.2 - Exposition des populations

MithraSIG permet de déterminer le nombre de bâtiments ainsi que le nombre d'habitants exposés à un certain niveau sonore. Ces niveaux sonores sont automatiquement définis à partir de la thématique courante et classés par intervalles.

Le popolazioni esposte vengono calcolate attraverso i risultati di tutti i ricevitori associati agli edifici (tenendo conto dei parametri della mappa). Una tabella riassume quindi la popolazione classificando gli edifici per intervalli di livelli sonori.

Tale calcolo può essere effettuato a scelta per gli edifici sensibili o per gli edifici non sensibili. Negli edifici sensibili si tiene conto degli edifici residenziali (individuali e collettivi), dell'istruzione e della sanità. Negli edifici non sensibili, sono presi in considerazione gli edifici amministrativi, uffici, industriali/agricoli, altri.

II.5.3 - Mappa di differenze, emergenza

Mithrasig permette la creazione di mappe differenziali (prima/dopo l'installazione di un'infrastruttura, aumento/diminuzione del traffico o della velocità, ecc.).

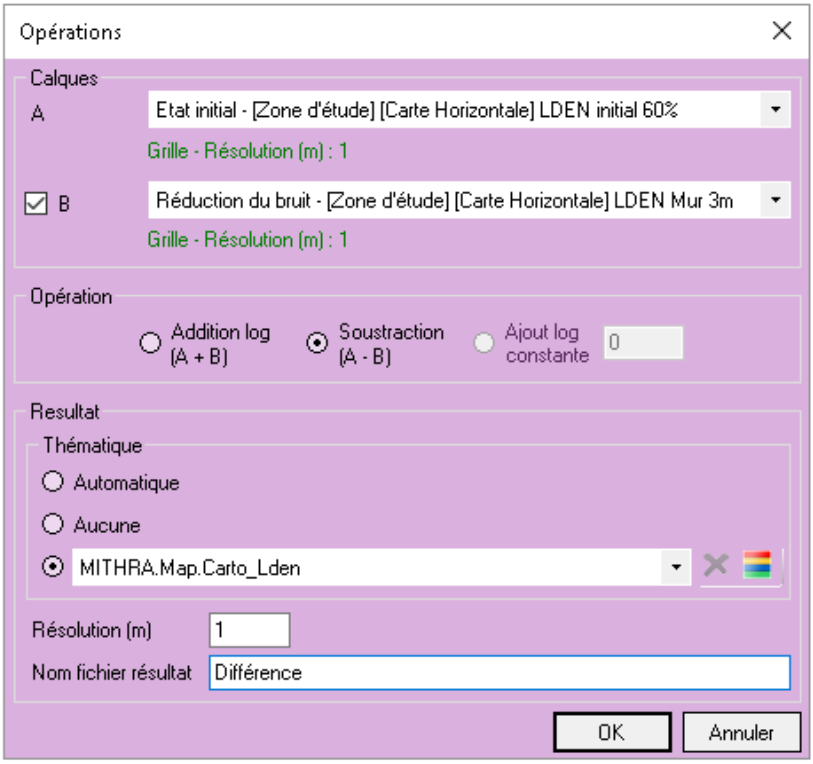


Figura 12 - Calcolo della differenza tra 2 varianti di progetto.

II.5.4 - Export multiple

Mithrasig è basato su un SIG, gode di numerose funzioni di esportazione e diffusione delle schede prodotte in varie forme, come:

- PDF dinamici con livelli, attributi e georeferenziazione.
- KMZ che consente, tra l'altro, la visualizzazione sotto Google Earth™.
- Esportazione di modelli virtuali in tempo reale.
- Oltre 50 formati di esportazione, vettoriali e raster (SHP, TAB, ECW, JPEG, TIFF, BIL, etc.).

Figura 13 – Export dei risultati verso Google Earth ™

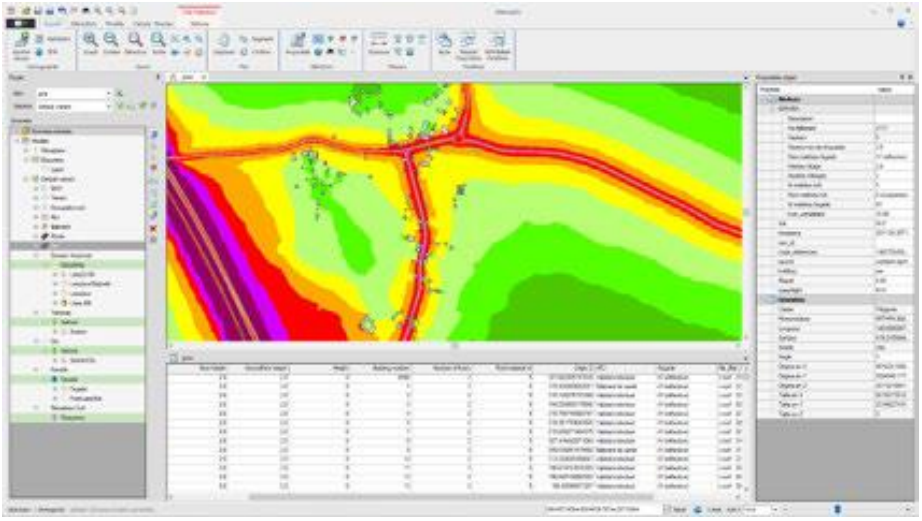


Figura 14 – Export dei risultati sotto forma di quadro

III - Modellazione delle attività portuale

La modellizzazione acustica delle attività portuali deve tener conto delle diverse modalità operative, quali:

- l'entrata e l'uscita delle navi dal porto, comprese le manovre di ormeggio;
- l'attesa della nave all'ormeggio tra una traversata e l'altra;
- le operazioni di carico e scarico.

Tenuto conto del tempo necessario per l'entrata e l'uscita dal porto, gli esperti ritengono che questa modalità di funzionamento apporti un modesto contributo ai livelli di esposizione espressi come media annuale. Tuttavia, queste operazioni possono generare un disagio locale e limitato nel tempo. Se necessario, tali operazioni possono essere modellate con gli strumenti esistenti considerando una sorgente puntuale di potenza nota in movimento a velocità costante su una traiettoria definita.

Le attività di carico e scarico possono essere assimilate ad attività industriali e modellate in quanto tali con strumenti esistenti (vedi oltre). Un importante lavoro è stato svolto in occasione di vari progetti europei non sembrava opportuno duplicare questo lavoro nel progetto in corso.

Si presta quindi particolare attenzione alle fonti di rumore di una nave ormeggiata, sia che si tratti di una nave in attesa tra due missioni o in fase di carico/scarico. Poiché questa modalità può durare diverse ore, o anche più giorni, genera un rumore di esposizione quasi costante che può generare fastidio prolungato, in particolare per i porti che si trovano nelle vicinanze o integrati in zone urbane.

I principi di tale modellizzazione sono stati discussi in una prima riunione tecnica a Grenoble nel gennaio 2020, alla presenza di rappresentanti di UNIGE, CSTB, GEOMOD. La riunione ha permesso di mettere in comune l'esperienza in materia di modellizzazione del traffico navale (UNIGE, GEOMOD) e l'esperienza in modellizzazione acustica (UNIGE, CSTB). Questa riflessione comune ha permesso di stabilire le specifiche per la realizzazione della funzionalità portuale nel software Mithrasig.

La fattibilità e i principi di modellizzazione sono stati testati dal CSTB nell'ambito del progetto Decibel. La modellazione manuale delle navi è risultata pertinente in termini di risultati acustici e realizzabile con gli strumenti disponibili. Tuttavia, la modellazione manuale si è rivelata poco conveniente e dispendiosa in termini di tempo. L'obiettivo del progetto Report è stato quello di automatizzare tale modellazione e semplificare l'attività in modo da renderla accessibile a tutti gli utenti. Per quanto a nostra conoscenza, tale funzionalità non è disponibile in nessun altro software di modellizzazione acustica e/o

negli strumenti di produzione delle mappe di esposizione conformi ai requisiti della Direttiva Europea.

III.1 - Modellazione delle navi

Un oggetto «Nave» è una sorgente acustica rappresentata da un insieme di oggetti (struttura geometrica della nave e sorgenti sonore), raggruppati in un oggetto di tipo Gruppo.

In questo documento si parla di Nave piuttosto che di Barca perché si vogliono modellare i grandi oggetti di navigazione (più di 25 m di lunghezza) ed escludere le imbarcazioni da diporto e le piccole imbarcazioni da pesca.

III.1.1 - Differenti tipi di navi

All'inizio del progetto, abbiamo cercato di conoscere i dettagli e le caratteristiche dei diversi tipi di navi. Abbiamo quindi svolto delle ricerche sulle variabilità tra navi, sia in termini di lunghezza, stazza, posizionamento della sovrastruttura, posizionamento del camino o semplicemente di forma.

Lo scopo è quello di stabilire delle regole generali che ci permettano di definire le categorie di navi e i parametri delle navi che attueremo.

Le nostre ricerche ci hanno permesso di constatare che esisteva una grande diversità tra i diversi tipi di navi, ma che si potevano comunque individuare punti in comune.

Le seguenti immagini sono convincenti.

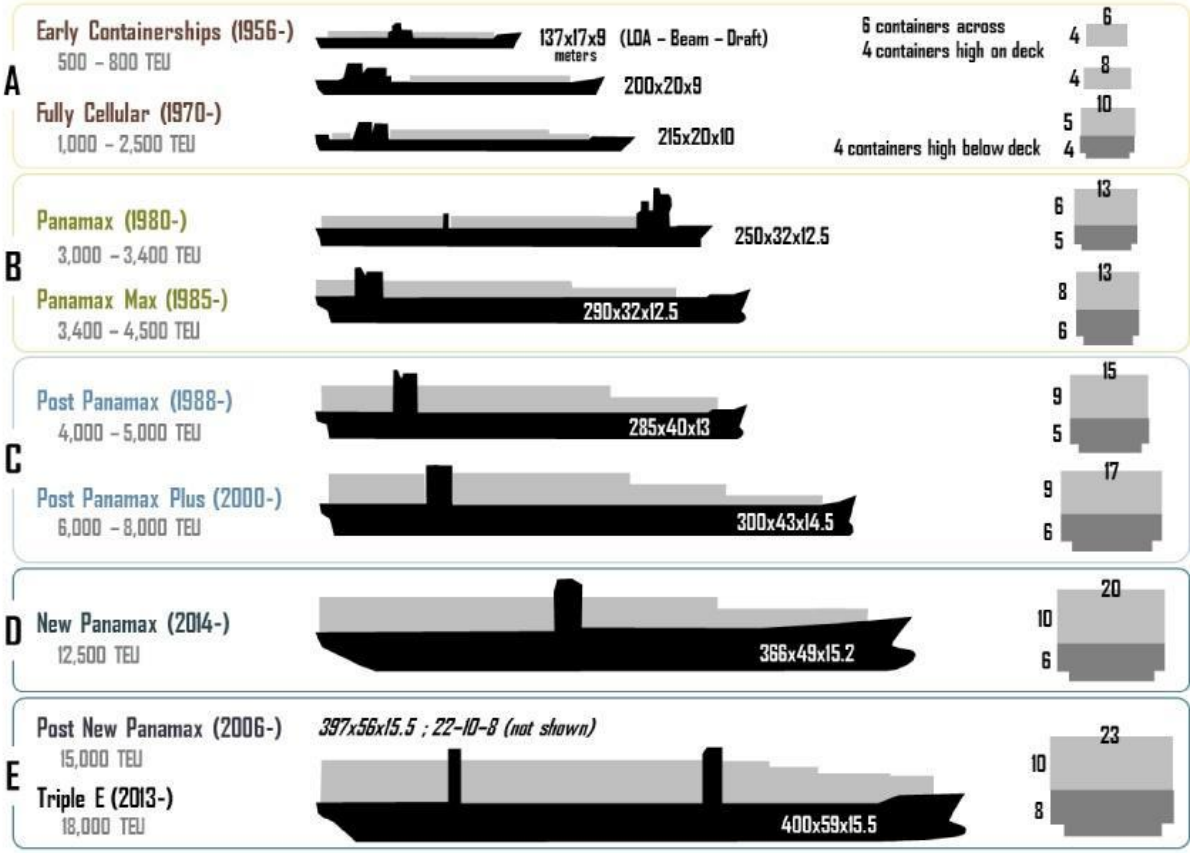


Figura 15 - Classificazione delle navi container (source OCTOBRE 2015 - JEAN-PAUL RODRIGUE, HOFSTRA UNIVERSITY, NEW YORK)

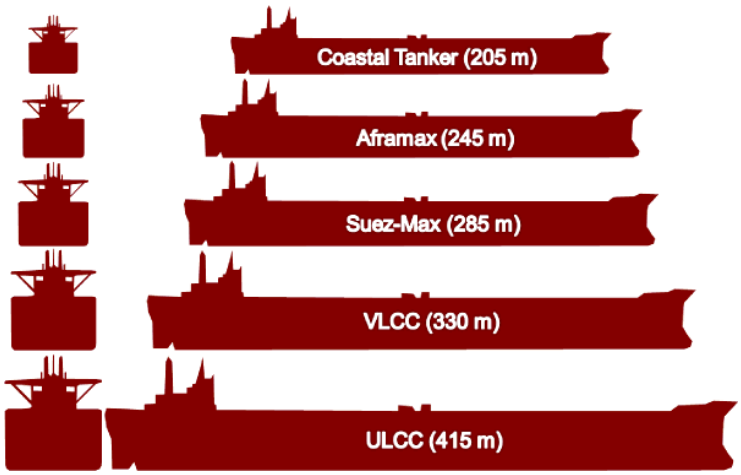


Figura 16 - Classificazione delle petroliere (tankers) (source Theo Notteboom, Athanasios Pallis and Jean-Paul Rodrigue (2020) Port Economics, Management and Policy, New York: Routledge.)

Queste navi sono estremamente diverse da una nave all'altra e di dimensioni variabili [3].

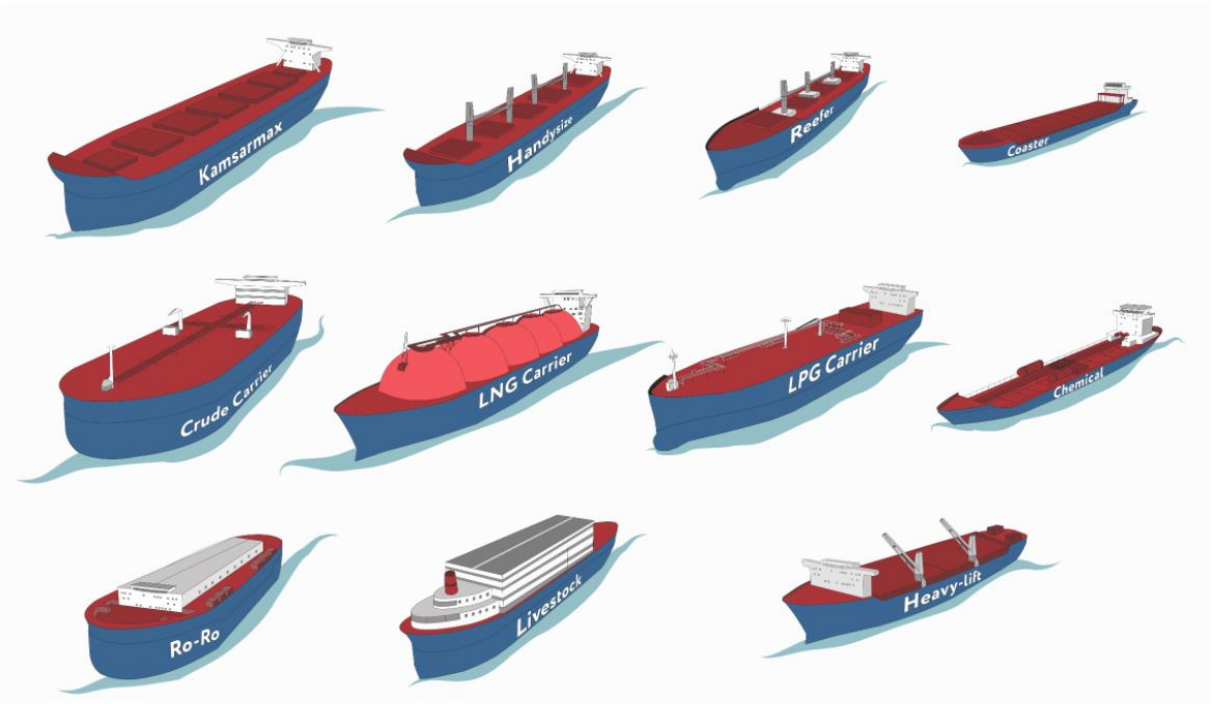


Figura 17 - Panoramica dei tipi di merci e di navi cisterna.

Per saperne di più: https://www.opensea.pro/blog/ships-types-and-sizes

Si constata inoltre che l'evoluzione va verso navi sempre più grandi: ISEMAR, Le nuove scale del trasporto marittimo, Gennaio 2007: https://www.isemar.fr/wp-content/uploads/2016/11/note-de-synthese-isemar-91.pdf

[3] https://www.opensea.pro/blog/ships-types-and-sizes

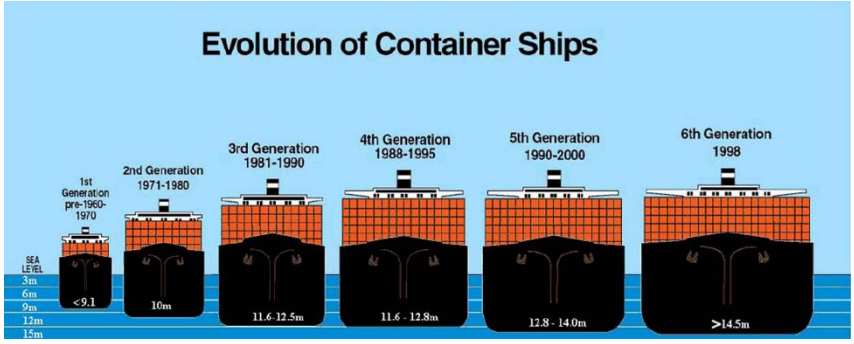


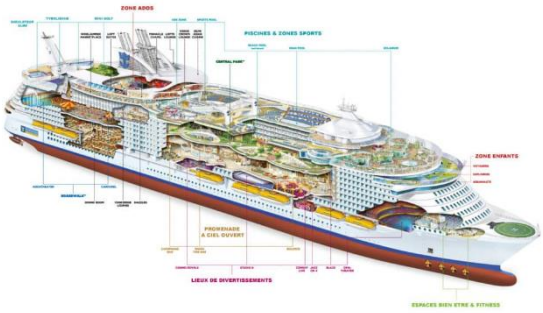
Figura 18 - Caratteristiche delle navi container per anno di messa in servizio (source Vessel Tacking, Ship and Container Tracking)

Nel caso delle navi portacontainer, le informazioni sulla stazza, la larghezza e la lunghezza di ogni nave sono liberamente accessibili grazie agli AIS (Automatic Identification System[4]).

Alcuni esempi di navi passeggeri:

Pascal Paoli
Longueur 176 m
Maître-bau 30,50 m
Tirant d'eau 6,50 m
Tirant d'air 42 m

Mega Express
Longueur 176,38 m
Maître-bau 24,82 m



[4] https://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me_d%27identification_automatique

Oasis Of the Seas	***Costa Pacifica***
lunghezza 360 m	lunghezza 290,2 m
Maître-bau 47 m	Maître-bau 35,5 m
Pescaggio 9,1 m	Pescaggio 8,30 m
tirante d'aria 65 m	tirante d'aria 70 m

Su queste navi passeggeri, la forma è relativamente identica, la differenza principale rimanendo la posizione del camino.

Sono state pertanto studiate le seguenti categorie di navi per facilitare la progettazione e la configurazione delle navi:

- Porte-conteneurs
- Cargaison
- Pétroliers
- Traversier
- Bateau de croisière

Due categorie di navi sono attualmente prese in considerazione: le navi portacontainer e le navi passeggeri.

Le portacontainer comprendono petroliere (petroliere), portacontainer e portarinfuse.

Le navi passeggeri comprendono Traghetti e navi da crociera.

Altre categorie potrebbero essere prese in considerazione in futuro, in particolare ispirandosi ai tipi di navi proposti da Marine Traffic [5].

III.1.2 - Principi acustici

Un primo passo consiste nell'individuare le principali fonti di rumore legate ai diversi tipi di navi.

Ogni meccanismo di generazione del rumore (motore principale, motore ausiliario, ventilazione...) è allora associato ad una fonte elementare particolare caratterizzata da:

- La sua posizione,
- La sua direttività,
- Il suo spettro di potenza.

[5] https://www.marinetraffic.com/ and International Maritime Organization

Questo principio è stato applicato dal CSTB nel progetto Decibel per i traghetti. Nel progetto REPORT, le conoscenze acquisite dal CSTB sono state combinate con l'esperienza di UNIGE per estenderle a tutte le navi.

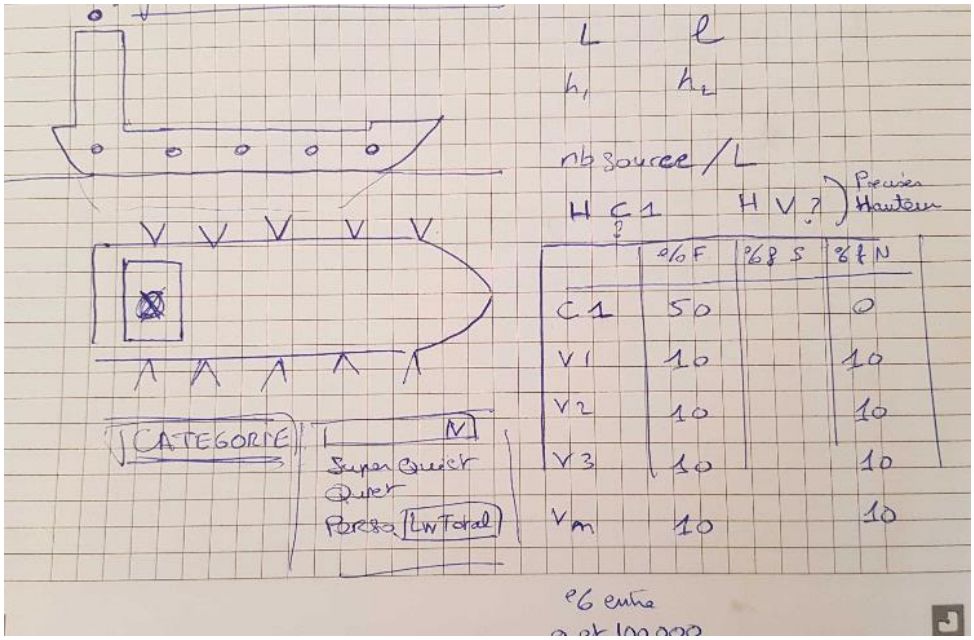


Figura 19 - Principi di modellizzazione proposti dagli esperti alla riunione tecnica.

A differenza di altre fonti, le navi rappresentano oggetti di grandi dimensioni e la loro forma geometrica non può essere ignorata in una modellazione realistica. Infatti, una nave rappresenta una grande «nave» galleggiante che modifica significativamente il mezzo di propagazione del suono:

- I fianchi verticali delle navi rappresentano grandi superfici riflettenti, in particolare quando la nave è ormeggiata, possono verificarsi riflessioni multiple tra la nave e possono verificarsi ostacoli fissi a terra.
- La sovrastruttura della nave può nascondere determinate fonti, siano esse legate alle navi associate ad attività sulla terraferma.

Occorre pertanto tener conto della geometria della nave nel rilevamento di vie di propagazione di tipo semplice (riflessione o diffrazione) o complesso.

Al fine di semplificare il compito dell'utente, lo sviluppo di una serie di strumenti complementari è fortemente desiderato, come ad esempio:

- Quando la localizzazione esatta delle fonti non è accessibile, la modellizzazione dovrebbe offrire una distribuzione spaziale plausibile in funzione del tipo di nave.
- Se l'utilizzatore non fosse in grado di effettuare misurazioni accurate, dovrebbe essere possibile stimare in modo semplice la potenza acustica delle navi a partire da una banca dati e/o da una classificazione acustica esistente, disponibile su

Internet. Tale funzionalità dovrebbe consentire l'utilizzo dello strumento a basso costo per la produzione di mappe acustiche.

- Per consentire l'esecuzione di studi specifici (ad esempio nell'ambito della messa a punto di piani d'azione locali), lo strumento deve permettere l'utilizzazione di dati misurati su navi particolari.

III.1.3 - Le specifiche per la modellazione delle navi in Mithrasig

Dopo aver studiato i diversi tipi di navi, abbiamo cercato di rendere semplice e preciso la modellazione di una nave in Mithrasig. Siamo passati attraverso due fasi di riflessione.

Una prima riflessione ci ha portato a definire le caratteristiche geometriche e acustiche delle navi. Per coprire un ampio spettro di fonti, gli sforzi sono stati concentrati su due tipi di navi: le navi portacontainer e quelle passeggeri. Va da sé che la metodologia può estendere ad altre categorie di navi come le petroliere o le portarinfuse.

III.1.4 - Porta-containers

➢ **Caratteristiche geometriche**

Nel caso di una Portacontainer, la nave è disegnata come un gruppo di oggetti. Questo gruppo è composto dai seguenti elementi:

- Un oggetto di superficie (Ostacolo alla propagazione) corrispondente alla parte inferiore della nave. Questo oggetto ha una propria altezza, corrispondente all'altezza tra la linea di galleggiamento e il ponte della nave. Le sue dimensioni (lunghezza, larghezza) sono quelle della nave.

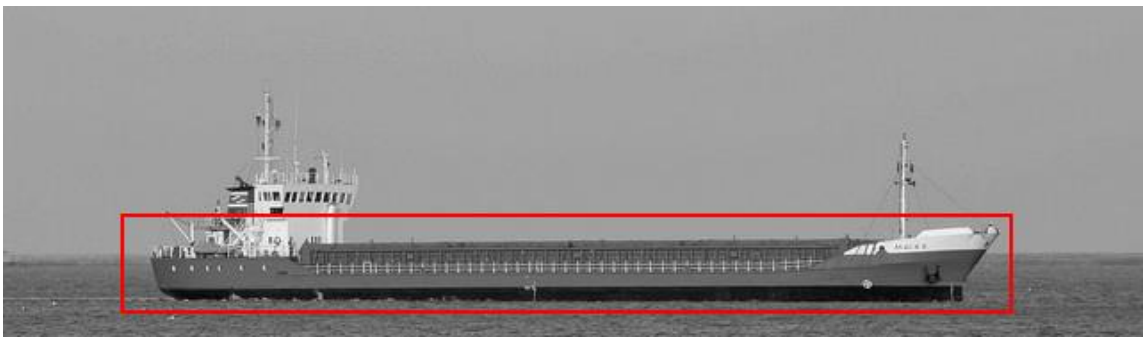


Figura 20 – Modellazione geometrica del volume principale

- Un oggetto di superficie (Oggetto di ostacolo alla propagazione) corrispondente alla parte superiore della nave. Sarà collocato ad un'altitudine corrispondente al ponte della nave e avrà la sua altezza. La larghezza predefinita è quella della nave meno 2 m da ciascun lato. La sua lunghezza è pari a un quarto della lunghezza della nave, con un massimo di 40 m. Questo oggetto è sistemato 5 m prima della fine della nave.

Figura 21 – modellazione sovrastruttura

Una nave è caratterizzata dal suo pescaggio. Dal pescaggio si possono stimare le seguenti 2 dimensioni:

- Altezza della parte bassa = 0.5 x pescaggio
- Altezza della parte alta = pescaggio

Si può constatare che in questo caso le dimensioni della sovrastruttura sono determinate automaticamente in base alle altre caratteristiche della nave e che un oggetto non rappresenta il camino o i contenitori.

➢ Caratteristici acustici

L'impatto acustico della nave è modellato da un insieme di oggetti puntuali che rappresentano le fonti di rumore della nave:

- 6 sorgenti puntiformi su entrambi i lati della nave container, denominate V1, V2, V3, V4, V5 e V6, nella figura sottostante
- 1 sorgente puntiforme che rappresenta i camini, nominata C1.

Nel caso di una nave portacontainer, le fonti sono collocate nel modo seguente:

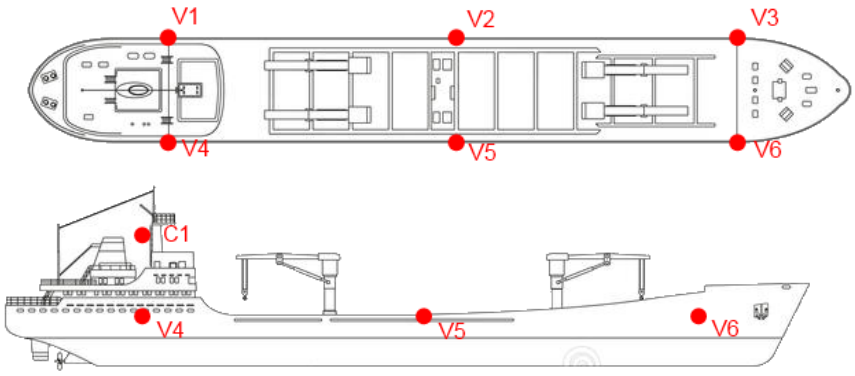


Figura 22 - modellizzazione delle fonti associate alle navi cargos

In concreto, le fonti sono così collocate:

- V1, V4: (sinistra e destra), lungo la nave al centro della parte superiore, ad un'altezza definita dall'utilizzatore.

- V2, V5: (sinistra e destra), lungo la nave a metà della nave, ad un'altezza definita dall'utilizzatore.
- V3, V6: (sinistra e destra), lungo la nave al 10 % della sua lunghezza a partire dalla prua della nave, a un'altezza definita dall'utilizzatore.
- C1: Al centro della parte alta della nave a un'altitudine pari all'altitudine superiore della parte alta della nave + 5 m.

Le direttività delle fonti sono:

- V1, V2, V3, V4, V5, V6 : hémi-directionnelle,
- C1 : omnidirezionale.

La posizione e il numero di fonti è fisso. Per determinare la potenza delle sorgenti, l'utente può specificare uno spettro su ciascuna delle sorgenti.

➢ **Rappresentazione grafica**

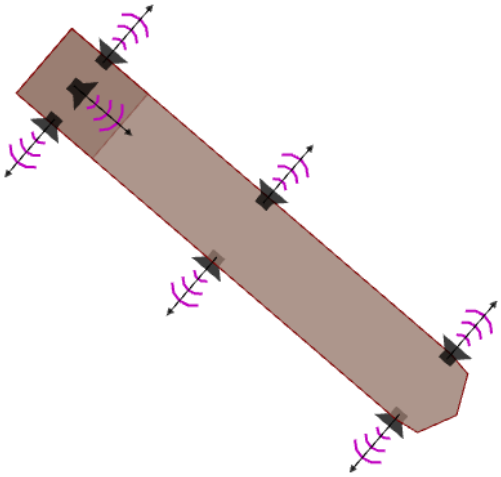


Figure 239 - Rappresentazione grafica delle navi container

III.1.5 - Navi passeggeri

➢ **Caratteristiche geometriche**

Nel caso di una nave passeggeri, la nave è progettata come un gruppo di oggetti. Tale gruppo è costituito dai seguenti elementi :

- Un oggetto di superficie (Ostacolo alla propagazione) corrispondente alla parte inferiore della nave. Questo oggetto ha una propria altezza, corrispondente all'altezza tra la linea di galleggiamento e il ponte della nave. Le sue dimensioni (lunghezza e larghezza) sono quelle della nave.

Figura 24 - Modellazione geometrica delle navi passeggeri

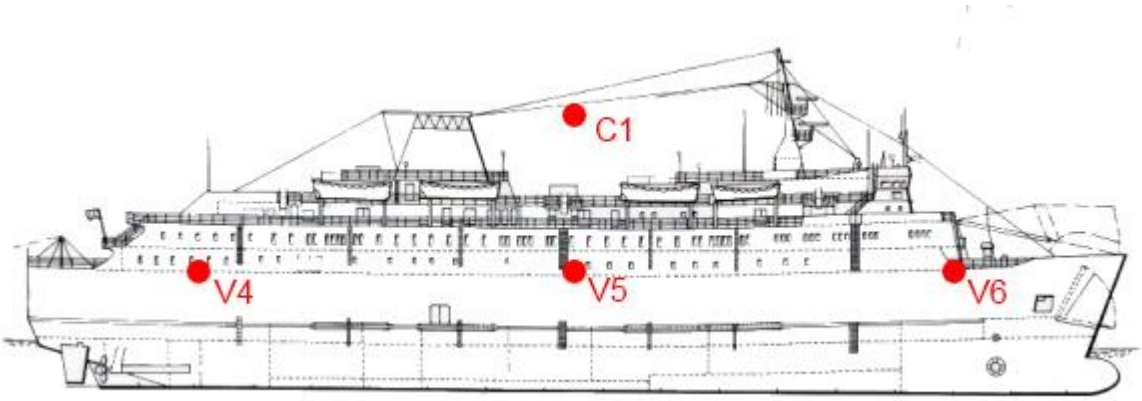
- Un oggetto di superficie (Oggetto di ostacolo alla propagazione) corrispondente alla parte superiore della nave. Sarà collocato ad un'altitudine corrispondente al ponte della nave e avrà la sua altezza. Le sue dimensioni (lunghezza e larghezza) devono essere definite dall'utente.
- La posizione del camino. Questa posizione è molto variabile questa può essere ovunque sulla nave (nella parte posteriore, al centro, ecc.).

➢ Caratteristici acustici

L'impatto acustico della nave è modellato da un insieme di oggetti puntuali che rappresentano le fonti di rumore della nave:

- 6 fonti puntiformi su ciascun lato della nave, denominate V1, V2, V3, V4, V5 e V6, che rappresentano le ventilazioni, nello schema seguente:
- 1 sorgente puntiforme che rappresenta i camini, nominata C1.

Nel caso di una nave passeggeri, le sorgenti devono essere collocate nel modo seguente:



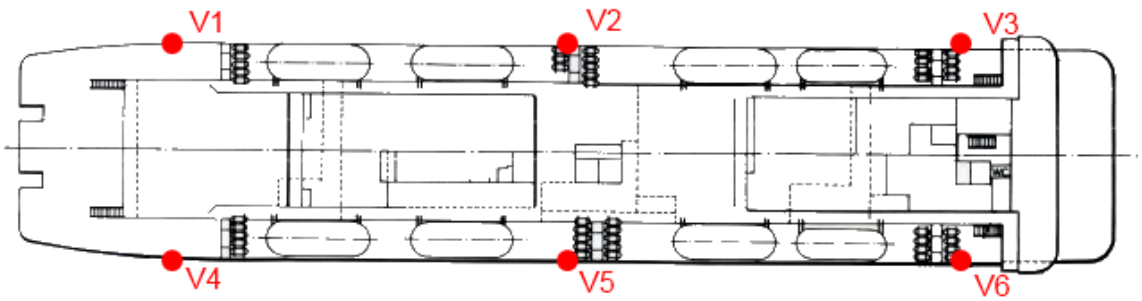


Figura 25 - Modellizzazione acustica delle navi passeggeri.

In concreto, le fonti sono così collocate:

- V1, V4: (sinistra e destra) lungo la nave, a una lunghezza del 20 % a partire dalla poppa della nave, a un'altezza pari a quella del ponte.
- V2, V5: (sinistra e destra), lungo la nave a metà nave, ad un'altitudine pari a quella del ponte.
- V3, V6: (sinistra e destra), lungo la nave al 20 % della sua lunghezza a partire dalla prua della nave, ad un'altezza pari a quella del ponte.
- C1: Nella parte alta della nave e ad un'altitudine pari all'altitudine superiore della parte alta della nave + 5 m. Poiché la posizione della sorgente è molto variabile, si tratterà di un parametro di rilevamento.

Le direttività delle fonti sono:

- V1, V2, V3, V4, V5, V6 : emi-direzionale,
- C1 : omnidirezionale.

La posizione e il numero di fonti è fisso. Per determinare la potenza delle sorgenti, l'utente può specificare uno spettro su ciascuna delle sorgenti.

➢ Rappresentazione grafica

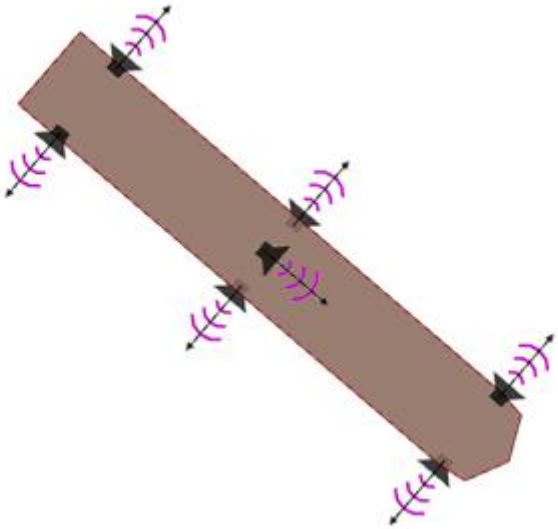


Figura 26 – Rappresentazione grafica di navi passeggeri

III.1.6 - Prototipazione delle interfacce

A partire da questi studi, un primo prototipo del modulo porto è stato consegnato ai partner del progetto.

L'interfaccia qui sotto rappresenta la finestra di immissione delle proprietà: dimensioni, posizionamento e configurazione dei sorgenti della prima versione del modulo porta.

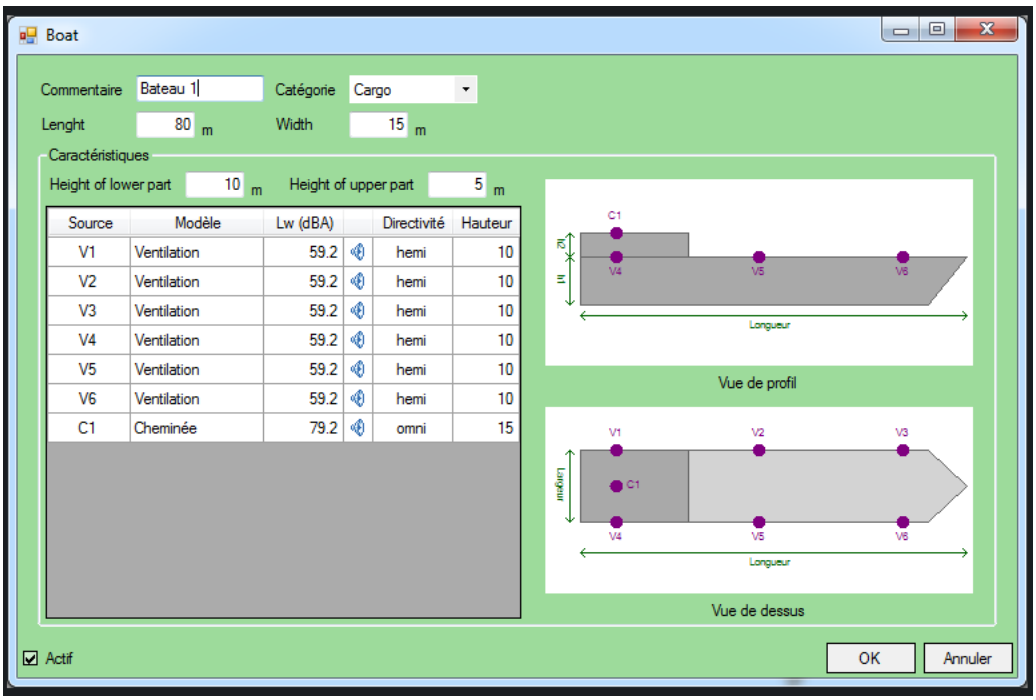


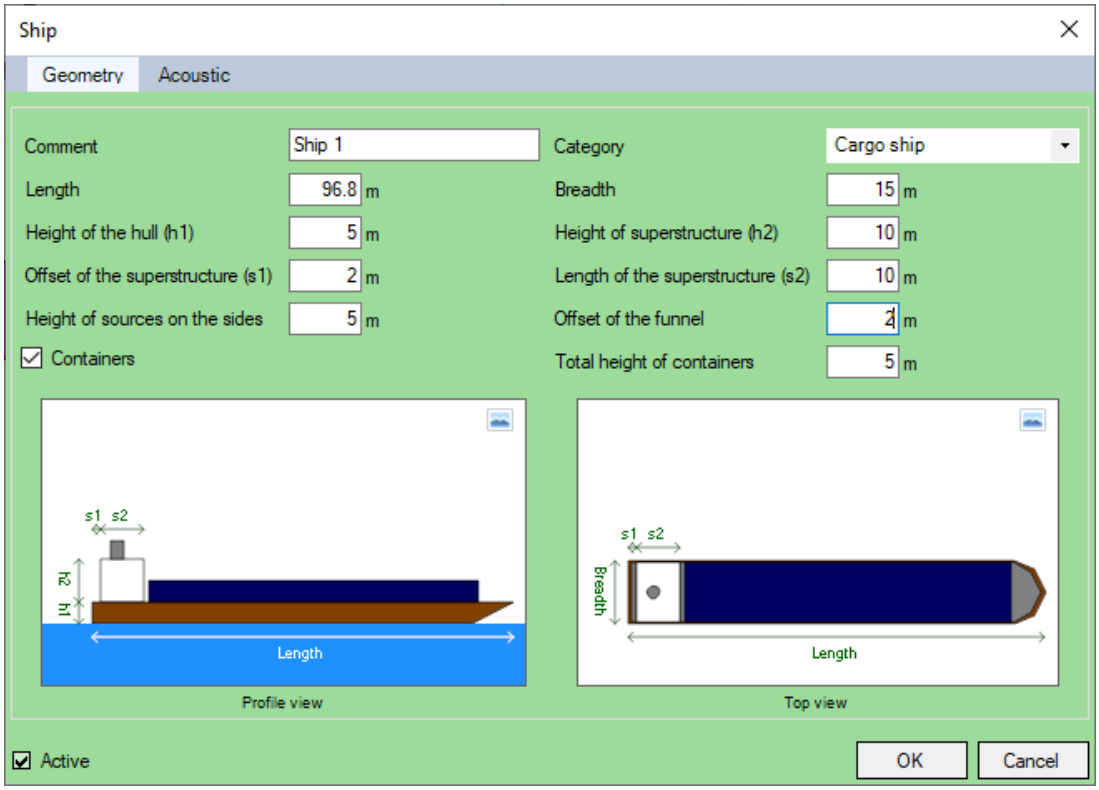
Figura 27 - Prototipazione dello schermo di acquisizione per le portacontainer

III.1.7 - Modellizzazione e interfaccia definitive

In una seconda fase abbiamo cercato di migliorare le possibilità di modellazione geometrica e acustica della nave. È stata inoltre riprogettata la rappresentazione grafica di ciascuna categoria di navi. L'attuale versione di Mithrasig è il risultato di questa seconda fase di riflessione.

III.1.8 - Navi - Portacontainers

➢ **Caratteristiche geometriche**



I portacontainer hanno ora le seguenti caratteristiche geometriche:

- Lunghezza: Lunghezza della nave
- Larghezza: Larghezza della nave
- Altezza dello scafo: altezza corrispondente all'altezza compresa tra la parte inferiore della nave e il ponte. La parte immersa non è modellata.
- Altezza della sovrastruttura: altezza corrispondente all'altezza tra il ponte e la cima della sovrastruttura
- Scostamento della sovrastruttura: distanza tra la poppa e la parte posteriore della sovrastruttura (quando si guarda in avanti)
- Longueur de la superstructure

- Altezza delle sorgenti laterali: Altezza alla quale le sorgenti situate sui fianchi della nave saranno posizionate.
- Spostamento del camino: Distanza tra la parte posteriore della sovrastruttura e la parte posteriore del camino (quando si guarda in avanti della nave)
- Presenza di container: Indica se la nave possiede container
- Altezza totale dei contenitori: Altezza massima tra il ponte e la parte superiore dei contenitori della nave.

Si può notare che la lunghezza del camino è determinata automaticamente.

➢ Caratteristici acustici

Per determinare l'impatto acustico della nave, la nave deve essere divisa in diverse zone, denominate "posizioni". In queste posizioni, l'utente può aggiungere fonti puntuali dal database dei modelli di riferimento.

All'interno di queste posizioni, l'utente può anche specificare più precisamente dove si trova la sorgente sulla posizione.

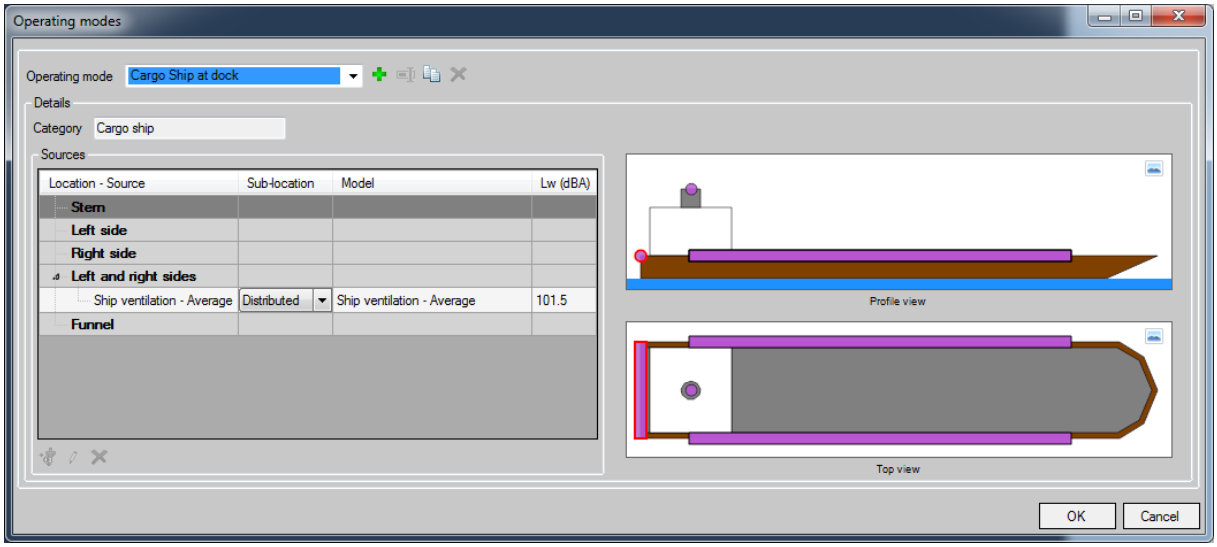


Figura 28 - Interfaccia dei modi di funzionamento

Per le navi porta container sono disponibili i seguenti spazi:

- Poppa della nave: Sorgente posizionata a poppa
- Lato sinistro della nave: Sorgente posizionata sul fianco sinistro della nave
- Lato destro della nave: Sorgente posizionata sul fianco destro della nave
- Lato sinistro e lato destro della nave: Per aggiungere una sorgente su entrambi i lati della nave. Ciò equivale ad aggiungerlo alle due posizioni precedenti
- Camino: Sorgente posizionata sul camino

L'altezza delle sorgenti è definita in funzione della loro ubicazione.

Se su una posizione sono presenti più fonti, l'impatto acustico di questa posizione è determinato prendendo la somma delle potenze di queste fonti.

➢ **Rappresentazione grafica**

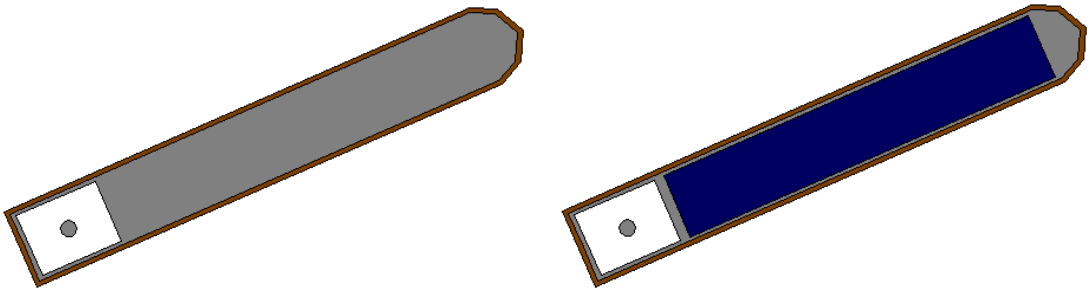


Figura 29 - Rappresentazione grafica delle navi container (senza container e con container)

III.1.9 - Navi passeggeri

➢ **Caratteristiche geometriche**

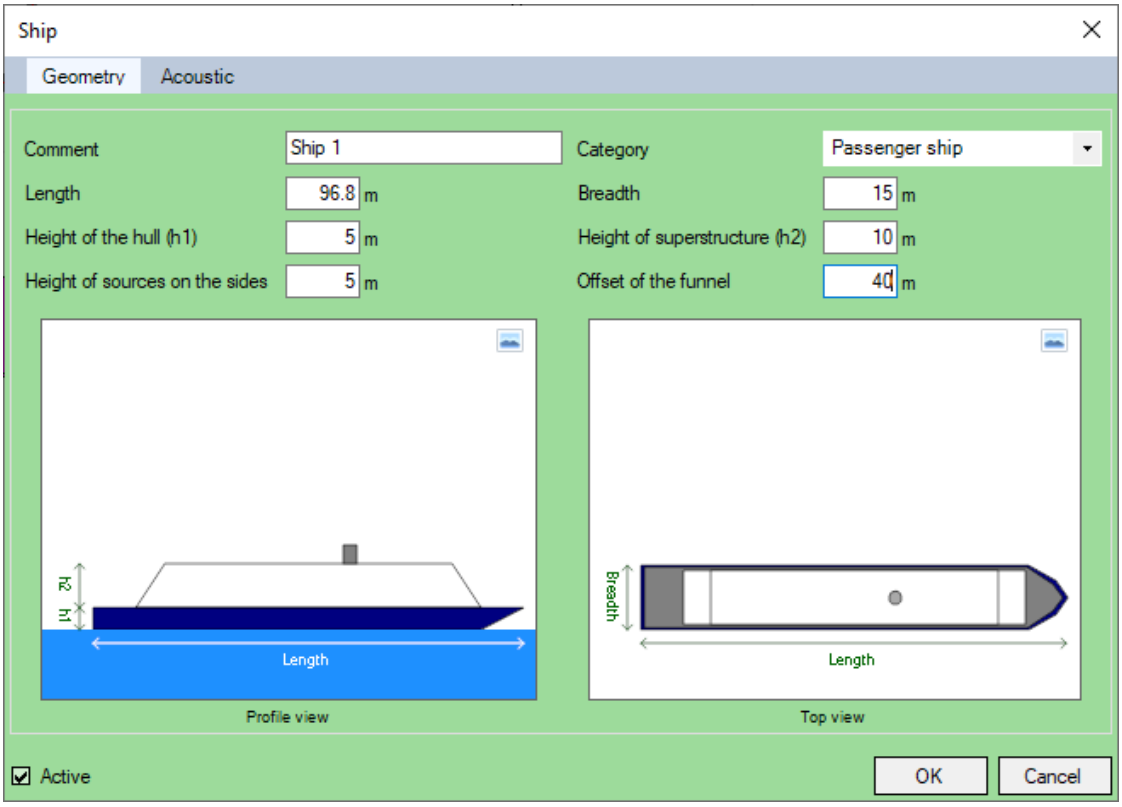


Figura 30 - Caratteristiche geometriche di una nave da passeggeri

La nave passeggeri presenta ora le seguenti caratteristiche geometriche:

- Lunghezza: Lunghezza della nave
- Larghezza: Larghezza della nave

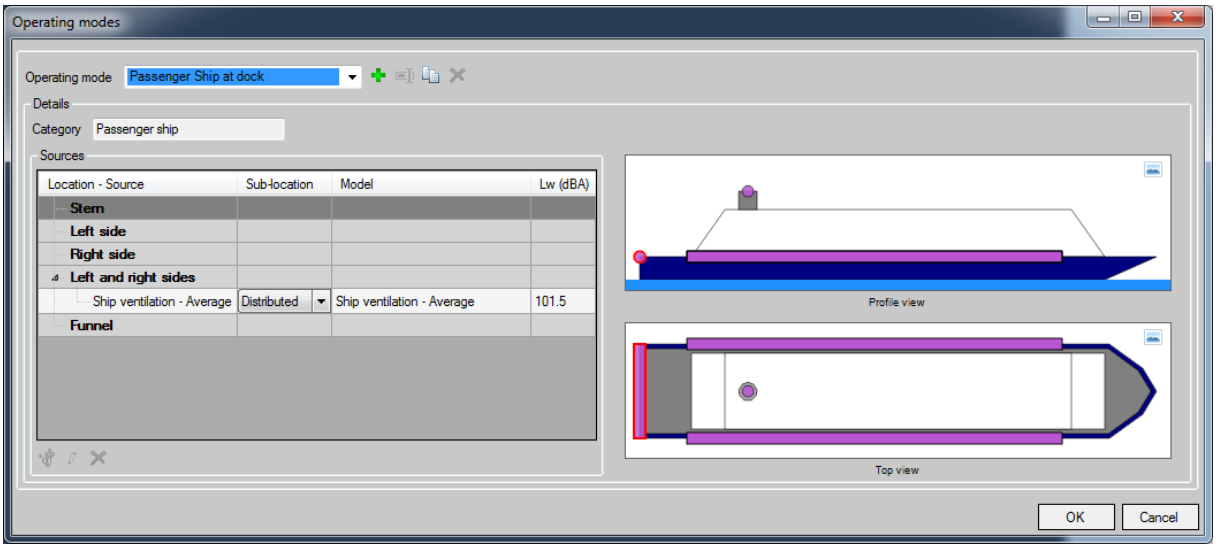
- Altezza dello scafo: altezza corrispondente all'altezza compresa tra la parte inferiore della nave e il ponte. La parte immersa non è modellata.
- Altezza della sovrastruttura: altezza corrispondente all'altezza tra il ponte e la cima della sovrastruttura.
- Altezza delle sorgenti laterali: Altezza alla quale le sorgenti situate sui fianchi della nave saranno posizionate.
- Spostamento del camino: Distanza tra la parte posteriore della sovrastruttura e la parte posteriore del camino (quando si guarda in avanti della nave)

Si può notare che la lunghezza e la posizione della sovrastruttura sono determinate automaticamente, così come la lunghezza del camino.

➢ Caratteristiche acustici

Per determinare l'impatto acustico della nave, la nave deve essere divisa in diverse zone, denominate "posizioni". In queste posizioni, l'utente può aggiungere fonti puntuali dal database dei modelli di riferimento.

All'interno di queste posizioni, l'utente può anche specificare più precisamente dove si trova la sorgente sulla posizione.



Per le navi passeggeri sono disponibili i seguenti posti:

- Poppa della nave: Sorgente posizionata a poppa
- Lato sinistro della nave: Sorgente posizionata sul fianco sinistro della nave
- Lato destro della nave: Sorgente posizionata sul fianco destro della nave
- Lato sinistro e lato destro della nave: Per aggiungere una sorgente su entrambi i lati della nave. Ciò equivale ad aggiungerlo alle due posizioni precedenti
- Camino: Sorgente posizionata sul camino

L'altezza delle sorgenti è definita in funzione della loro ubicazione.

Se su una posizione sono presenti più fonti, l'impatto acustico di tale posizione è determinato prendendo la somma delle potenze di tali fonti.

➢ **Rappresentazione grafiche**

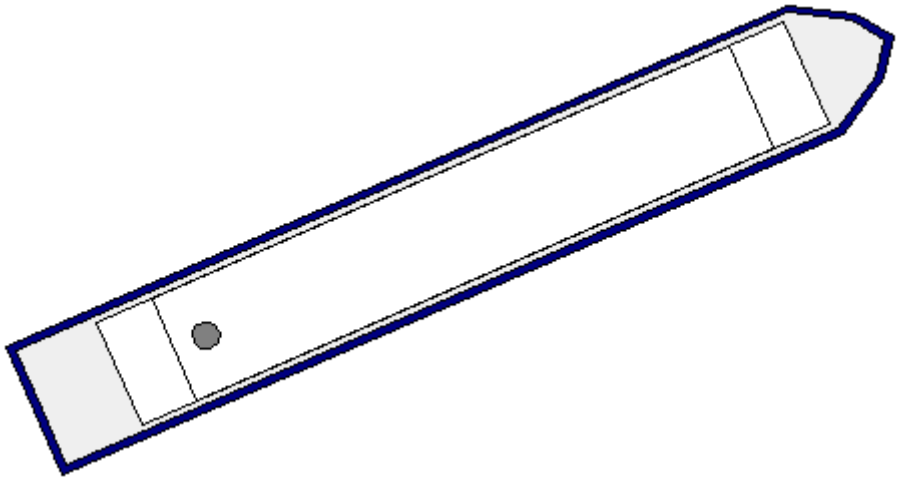


Figura 31 - Rappresentazione grafica delle navi passeggeri

III.2 - Modellazione delle attività industriali

I principi di modellizzazione delle attività portuali legate alla manipolazione delle merci sono assimilati ad un'attività industriale (ai sensi della Direttiva Europea). Il problema della modellizzazione e della gestione di queste attività è stato studiato in dettaglio attraverso vari progetti europei, come IMAGINE[6] e NoMePorts[7].

Nella sua versione attuale, MithraSIG integra un modulo corrispondente a queste esigenze, che permette in particolare di modellare fonti di rumore di tipo industriale a partire da due basi di dati integrate nello strumento:

- il database IMAGINE
- Il database interno al software, contenente le fonti aggiunte dal CSTB e GEOMOD.

---

[6] IMAGINE: Improved Methods for the Assessment of the Generic Impact of Noise in the Environment, Contract Number: SSPI-CT-2003-503549-IMAGINE

[7] https://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=NoMEports_GPG_PANMM1.pdf

Nella versione che include la funzionalità portuale, la banca dati interna al software è stata arricchita per integrare modelli risultanti da misurazioni effettuate dal CSTB nell'ambito del progetto Decibel.

La base IMAGINE possiede spettri i cui valori per frequenza sono definiti in dBA, il che non è omogeneo con gli altri spettri definiti in MithraSIG. Pertanto, per mantenere coerenza con il resto del software e per facilitarne la comprensione, tutti gli spettri dei modelli di fonti memorizzati nella banca dati interna del software e provenienti dalla base IMAGINE sono stati definiti in dB, con la somma presentata in dBA, come per le fonti personali.

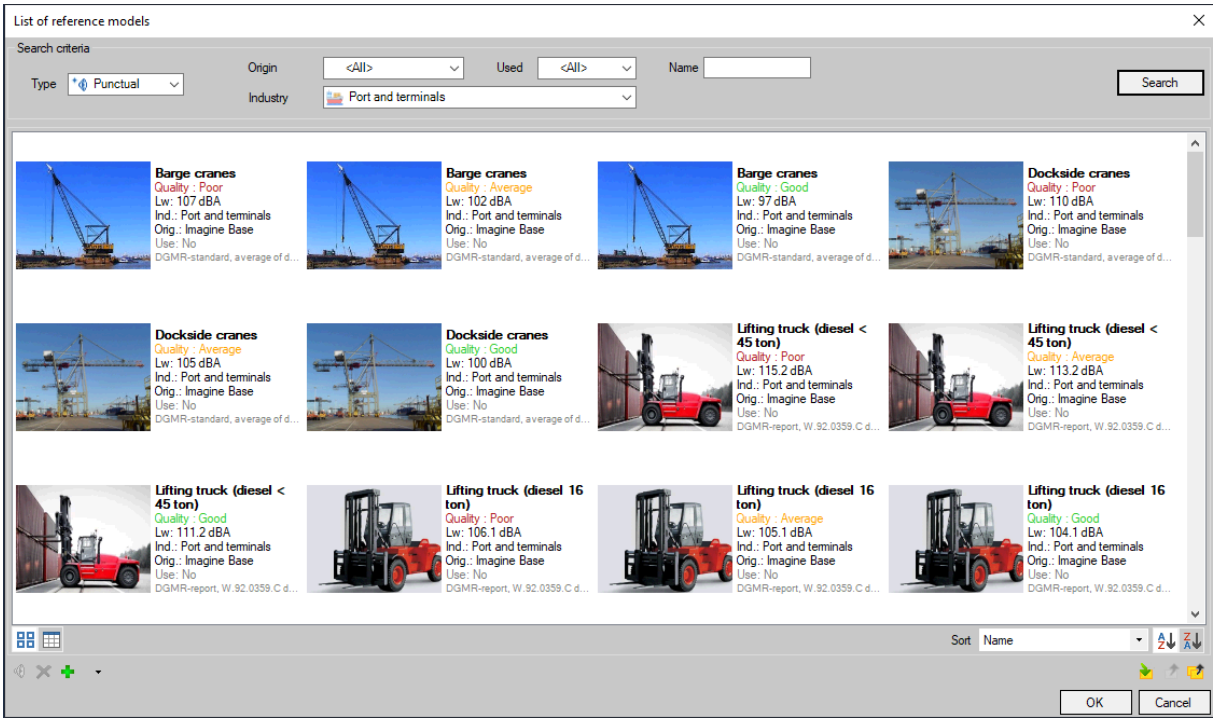


Figura 32 - Esempio di modello di sorgente in MithraSIG

Un utente può anche aggiungere i propri modelli di sorgenti.

III.2.1 - Aggiunta di metadati a fonti industriali

È stato fatto un grande lavoro per aggiungere metadati a tutti i modelli di fonti del database interno. Per ogni modello si trovano i seguenti metadati :

- Una foto della fonte
- La qualità acustica della sorgente (vedi sotto)
- Provenienza (campo testo che può valere Geomod/CSTB, Imagine, personale) Nell'interfaccia, questo campo apparirà come icona.
- Una categoria, che permette di classificare la fonte. Esempio: Nave, Carico, Trasporto, Sito industriale, Aerotrasportato, Siti di costruzione, ecc.)

La definizione del campo «qualità» è descritta nel progetto europeo Imagine:

Quality: Quality of the source in terms of noise emissions and extent of applied noise control will be categorized into "poor", "average" and "good" only.

The terms poor, average and good have the following interpretation:

- *Poor: no noise mitigation measures have been taken and the machine/source is either old or badly maintained. The sound power levels are not always based on detailed measurements, but some examples have been found.*
- *Average: some noise mitigation measures have been taken and the machine/source is adequately maintained. If no other information of a specific machine/source is available, the source is called average.*
- *Good: the sound power levels of these machines/sources are among the lowest you can buy or manufacture. No research has been done whether these sources may be called Best Available Techniques.*

Una fonte di buona qualità non è quindi una fonte poco rumorosa, ma piuttosto una fonte ben mantenuta e che opera secondo buone pratiche. Di solito, quindi, emette meno rumore di una fonte di scarsa qualità.

III.2.2 - Interfaccia di scelta del modello di una sorgente

Al fine di migliorare la gestione e l'uso delle diverse fonti di rumore nei porti, l'interfaccia di scelta del modello di una fonte industriale è stata completamente rivista. La presentazione dei modelli è stata completamente riprogettata per evidenziare meglio le diverse specificità di ogni modello. Pertanto, i modelli sono presentati in forma di piastrelle contenenti le seguenti informazioni:

- Il nome del modello sorgente
- La foto associata al modello sorgente
- La qualità acustica del modello di sorgente
- La potenza acustica del modello della sorgente
- La Categoria del modello della fonte
- La Provenienza del modello della fonte
- Se usato o meno nel progetto attuale
- Eventuali osservazioni associate al modello della fonte

I modelli possono anche essere presentati sotto forma di elenco, con la visualizzazione delle varie informazioni di cui sopra.

È stata introdotta una funzione di ricerca che consente di filtrare la visualizzazione dei modelli secondo i criteri seguenti:

- Tipo di sorgente a cui il modello è associato: Puntiforme, Lineare, Frontale, Areale
- Nome del modello

- Provenienza
- Categoria
- Utilizzo o meno nel progetto attuale

Ciò consente, ad esempio, di selezionare rapidamente un modello che rappresenta la nave, filtrandolo sulla categoria «Navi».

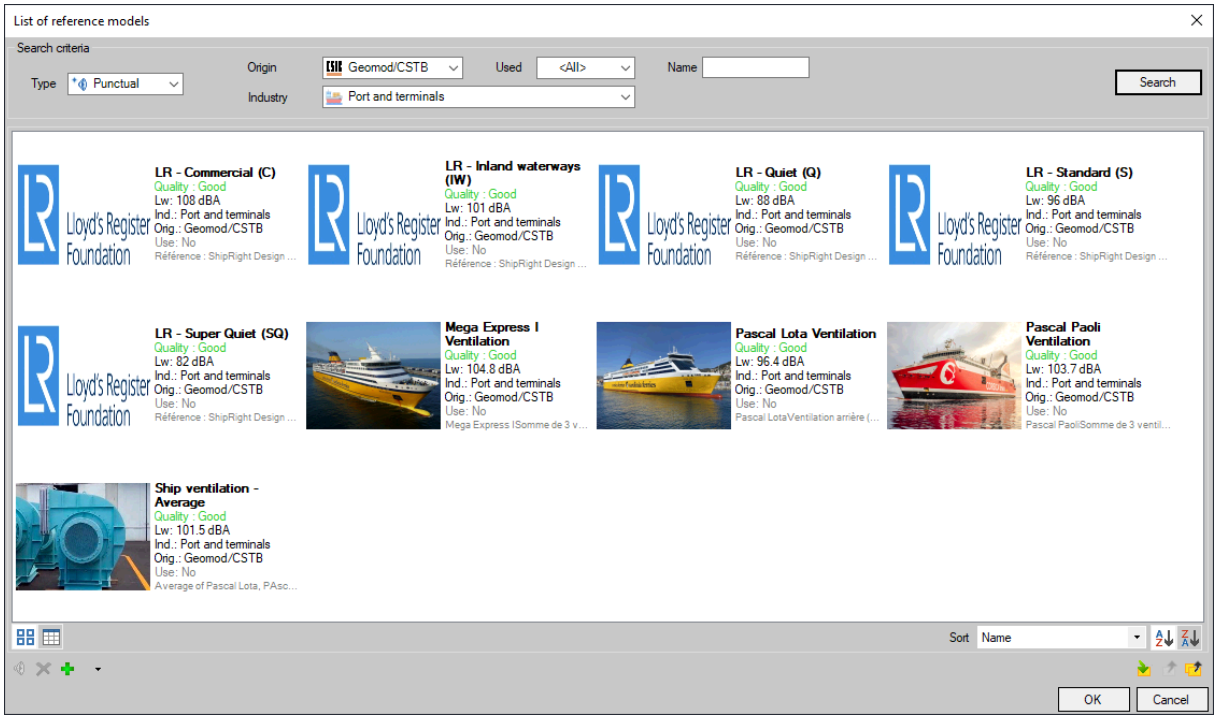


Figura 33 - Interfaccia che filtra tutte le fonti relative ai porti in MithraSIG

III.3 - Traffico stradale et ferroviario

Le attività portuali generano in generale un notevole traffico stradale e ferroviario. MithraSiG comprende le funzionalità necessarie per una modellizzazione dettagliata del rumore indotto dal trasporto di persone e merci su strada o per ferrovia. Nessuna modifica è prevista nel progetto REPORT.

Per quanto riguarda il rumore stradale, MithraSIG incorpora diversi modelli di emissioni:

- CSTB-92
- AR-Interim (equivalente Guide del Rumore)
- NMPB-2008
- Hamonoise/IMAGINE
- CNOSSOS-EU

Va notato che il modello CNOSSOS-EU è un adattamento del modello IMAGINE originale e che è stato fortemente semplificato per renderlo più facile da usare nel quadro della produzione di mappe strategiche. Di conseguenza, la possibilità di modellare le diverse

andature dei veicoli a bassa velocità è stata sostituita da una correzione euristica applicabile agli incroci. Si può dimostrare che questa correzione corrisponde in realtà a un flusso di veicoli a una velocità di 50 km/h in prossimità e a partire da un incrocio in zona urbana.

Nelle zone portuali, la velocità di circolazione è spesso limitata a 30 km/h. Inoltre, durante le operazioni di carico e scarico dei traghetti, il flusso è spesso intermittente con fasi di decelerazione, arresto e accelerazione. In queste condizioni, può essere preferibile utilizzare il modello NMPB o IMAGINE che permette una modellazione più fine degli effetti di un traffico pulsato a bassa velocità.

L'efficacia delle pavimentazioni su un traffico a bassa velocità fa parte di studi particolari nei progetti REPORT e Decibel.

III.4 - Condizioni meteorologici

Le condizioni meteorologiche in riva al mare sono spesso dominate da venti dominanti, creando condizioni favorevoli di propagazione del porto verso alcune regioni urbane. In tali condizioni, l'uso di valori standard può comportare stime significative sottostimate del livello di esposizione e delle popolazioni esposte al rumore.

Una metodologia specifica per tener conto di questi fenomeni è stata proposta nel progetto Decibel. Ad esempio, le rose di occorrenza di condizioni di propagazione favorevole sono state determinate a partire da dati meteorologici locali in formato METAR.

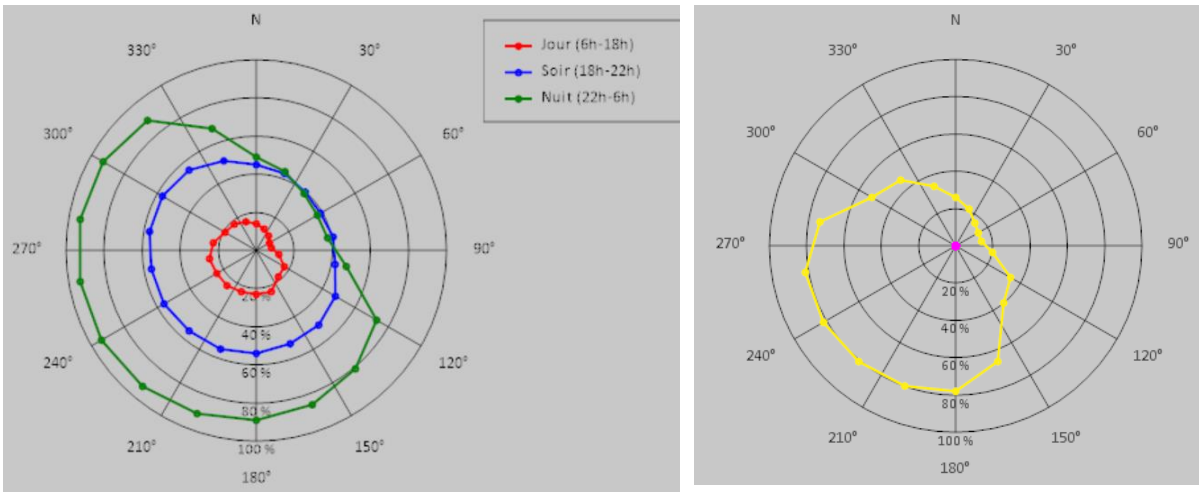


Figura 34 - Rose d'occurrences delle condizioni di propagazione favorevole a Bastia per periodi particolari. Sinistro: periodi di regolamentazione jour/soir/nuit - Destra: periodi 7h-8h.

Per i porti costieri, e in particolare quando si tratta di valutare il disturbo acustico creato da attività specifiche e/o intermittenti, che si verificano in determinati periodi dell'anno o in determinate ore della giornata, è opportuno tener conto:

- Gli effetti stagionali, ad esempio il traffico generato dal turismo in estate;
- Le variazioni stagionali dei venti dominanti;
- Gli effetti termici giorno/notte, alba/tramonto, ad esempio per la valutazione del rumore dei traghetti che servono i porti a orari fissi.

Fino ad allora, MithraSIG permetteva solo di gestire un taglio periodico basato su un giorno. I diversi periodi del software si riferivano sempre a una o più ore del giorno.

Per tener conto delle specificità dei porti, è stato aggiunto un nuovo tipo di suddivisione periodica:

Questo tipo di taglio periodico permette di definire più periodi che possono corrispondere a cose indipendenti dal giorno.

Ad esempio :

- Periodo “Estate”, Periodo “Inverno”
- Periodo “Ore di punta”, Periodo “Ore morte”
- Periodo “Caricamento”, Periodo “A quai”, Periodo “Scarico”
- Etc.

È inoltre possibile specificare due (o più) periodi che non sono collegati tra loro, ad esempio un periodo “Estate-2020”, un periodo “Ore di punta-2019” et un periodo "Previsione-2025".

In caso di taglio non orario, il traffico su strade e ferrovie è sempre specificato in termini di portata per ora.

Gli indicatori disponibile sul tipo di periodo sono:

- L’indicatore LAeq specifico relativo ad un periodo
- L’indicatore LAeq globale a tutti i periodi
- L’indicatore LAeq globale a più periodi

IV - Implementazione del modulo portuale in MithraSIG

IV.1 - Creazione di una nave

La creazione di una nave in MithraSIG avviene attivando la funzione di disegno di una nave:

Questa funzione permette di disegnare automaticamente una nave. La nave è costruita a partire da un segmento che l'utilizzatore disegna e che permette di indicare l'orientamento e la lunghezza della nave. Quindi, l'utente tra le caratteristiche geometriche della nave e le sue modalità di funzionamento. A partire dalle caratteristiche geometriche, la nave viene disegnata automaticamente nella finestra grafica.

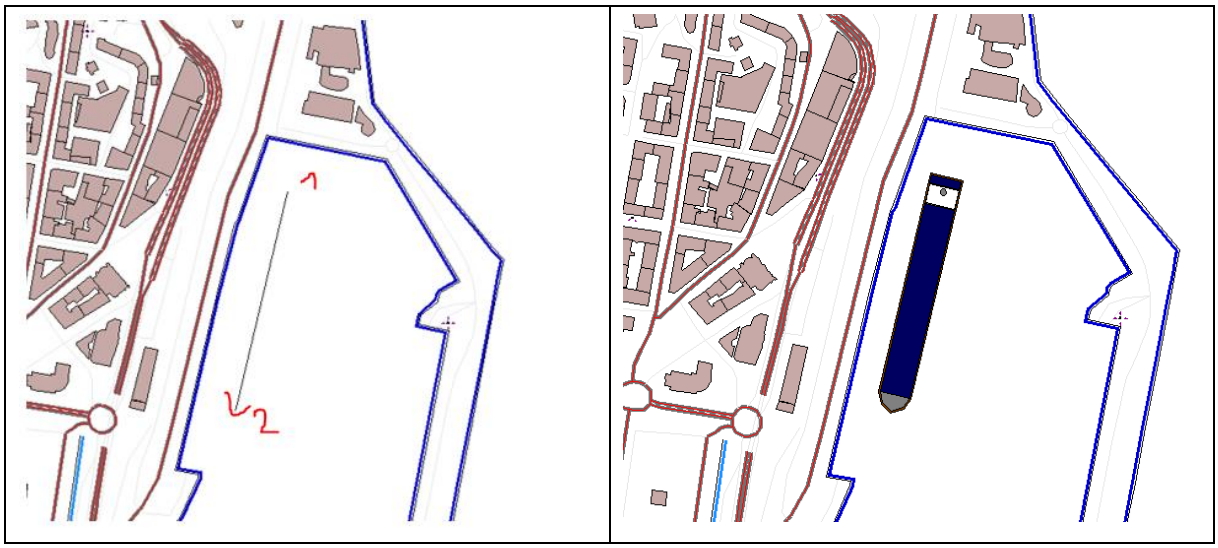


Figura 35 - Disegno di una nave da un segmento

Nel quadro (limitato) del progetto REPORT, sono state implementate due categorie di navi: le portacontainer e le navi passeggeri. Altre categorie potrebbero essere considerate successivamente nella versione commerciale del software.

Il calcolo di MithraSIG è solo nell'aria. Non c'è diffusione sott'acqua. La superficie dell'acqua è modellata come una superficie riflettente. Non stiamo modellando la parte sommersa della nave.

IV.2 - Rappresentazione grafica di una nave

Una nave è composta da diversi elementi a seconda del tipo di nave. C'è sempre il ponte della nave, la sua sovrastruttura e il suo camino. Per una portacontainer possono essere presenti anche contenitori.

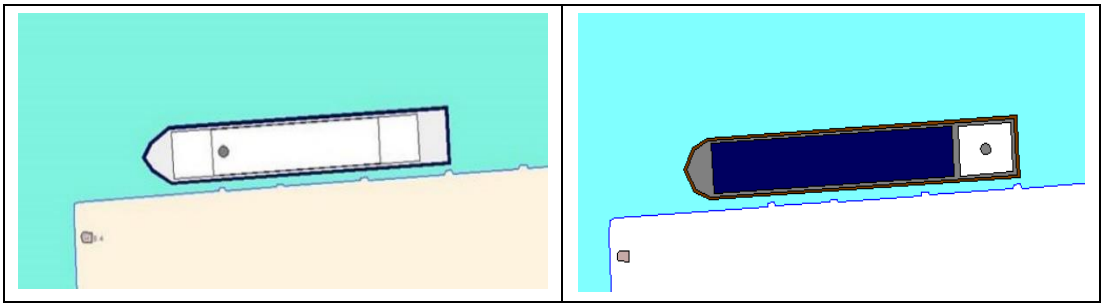


Figura 36 – Risultati 2D di una nave passeggeri (a sinistra) e di un porta-containers carico (a destra)

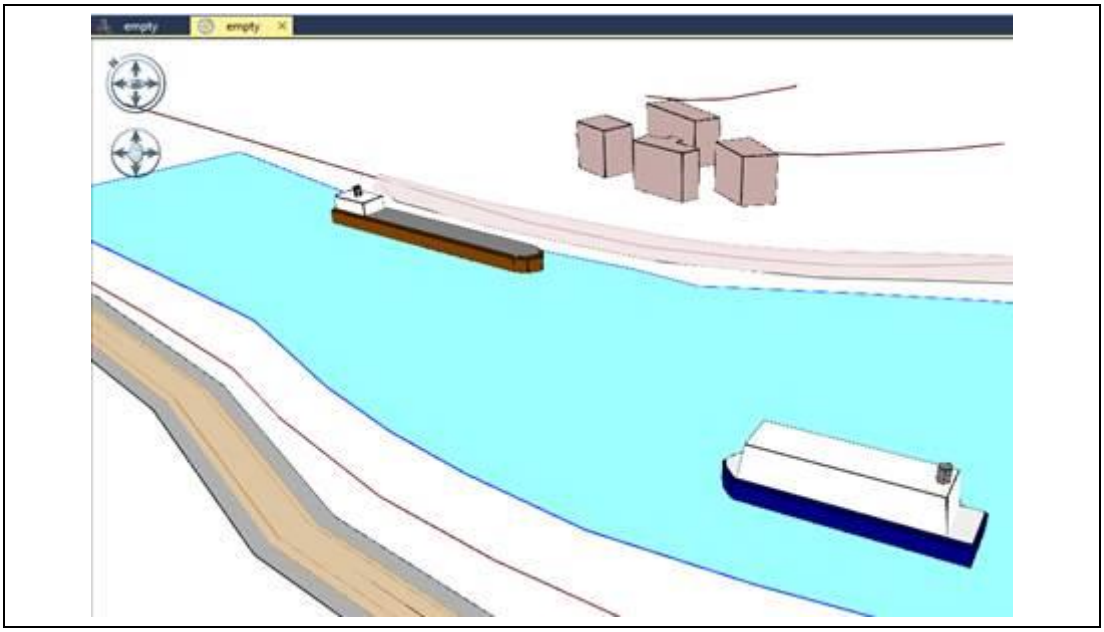


Figura 37 - Risultati 3D delle navi in MithraSIG

IV.3 - Parametri acustici della nave

IV.3.1 - Modo di funzionamento

Una volta specificate le caratteristiche geometriche della nave, occorre specificare le caratteristiche acustiche della nave. Per semplificare l'utilizzo, associamo un singolo dato acustico (globale) alla nave che chiamiamo modalità di funzionamento. Questa modalità di funzionamento definisce le fonti attive e la loro ubicazione e modella una specifica azione effettuata dalla nave. Le caratteristiche acustiche della nave dipendono pertanto dal periodo studiato e dall'azione effettuata.

Una nave non effettua sempre la stessa azione durante il giorno. Quindi, a seconda del periodo, non ha necessariamente lo stesso modo di funzionamento:

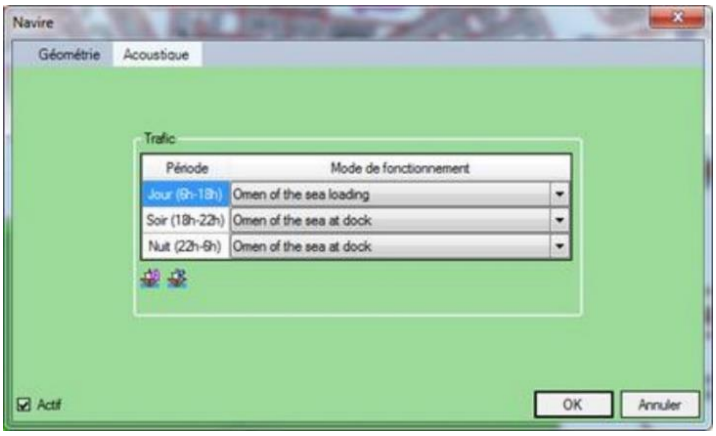


Figura 38 – Inserimento dei modi di funzionamento per periodo di calcolo

IV.3.2 - Aggiunta di una modalità di funzionamento.

La modalità di funzionamento descrive le sorgenti della nave, la loro posizione sulla nave e le loro caratteristiche acustiche (potenza, direttività, ecc.).

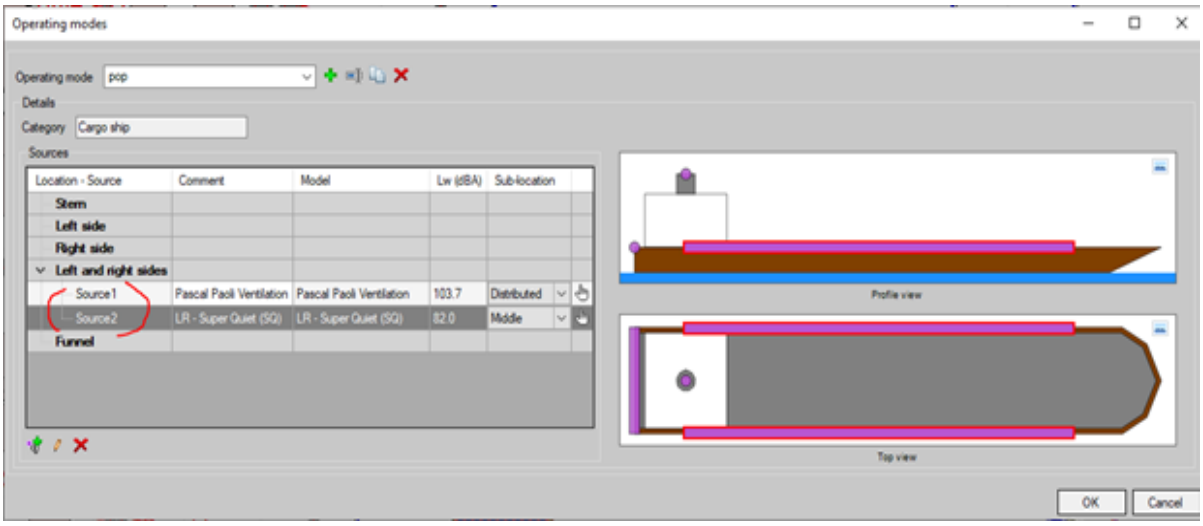


Figura 39 – Definizione delle sorgenti attive per un modo di funzionamento.

La fonte può essere aggiunta a una posizione predefinita della nave. Attualmente, le posizioni disponibili sono:

- Il lato sinistro della nave
- Il lato destro della nave
- Il lato sinistro ed il lato destro della nave
- Il fumaiolo
- La poppa

È anche possibile specificare più precisamente su quale parte della posizione si trova la sorgente. Così, per le sorgenti presenti su un lato della nave, la sorgente può essere collocata:

- Su tutto il lato,
- Nella parte anteriore del lato,
- Sul retro del lato,
- Al centro del lato.

Per le fonti presenti a poppa, esse possono situarsi:

- Lungo la poppa,
- Nella parte sinistra della poppa,
- Al centro della poppa,
- Nella parte destra della poppa.

Per aggiungere una sorgente, è necessario specificare la posizione e scegliere un modello di riferimento presente nel database sorgente MithraSIG. Un modello di riferimento è generalmente una sorgente puntuale che descrive le caratteristiche acustiche di una sorgente:

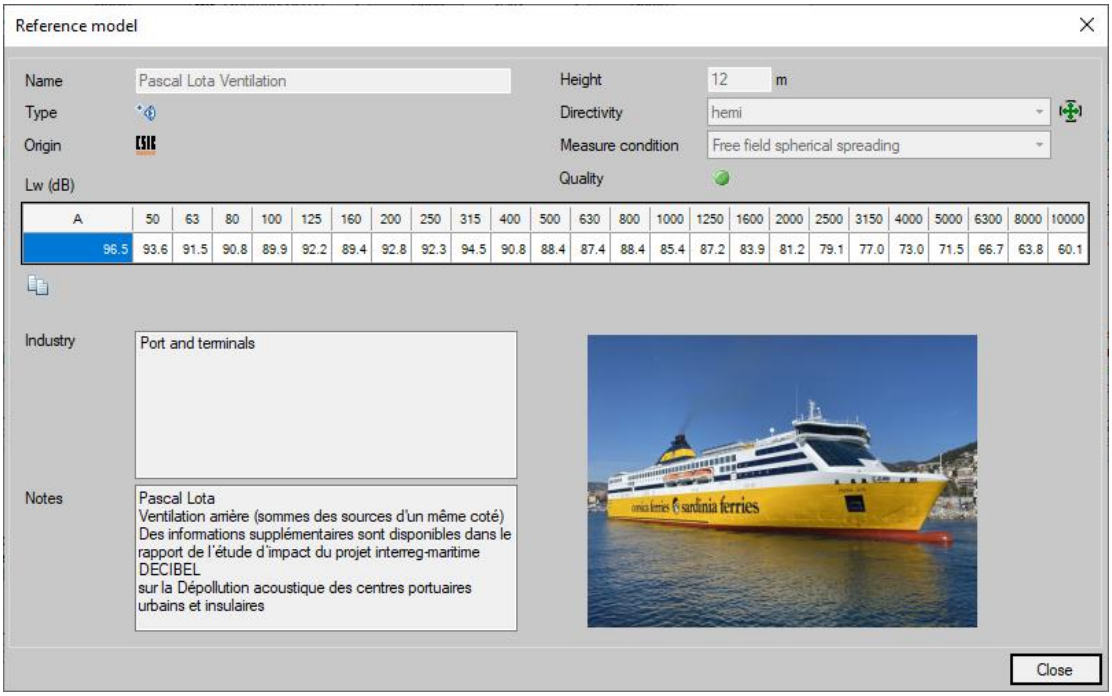


Figura 40 – creazione di modelli di riferimento per le fonti associate alle navi

Nuovi modelli di riferimento possono essere creati dall'utente.

Si noti che una modalità di funzionamento contiene solo i sorgenti in esecuzione per l'azione descritta. Le sorgenti inattive non devono essere create. Per esempio, per una nave ormeggiata, aggiungeremo le fonti corrispondenti alla ventilazione, o addirittura al camino. Le fonti corrispondenti ai motori non devono essere aggiunte fino a quando non sono attive.

IV.4 - Configurazione dei parametri di calcolo

I metodi di calcolo possono essere scelti indipendentemente da questo progetto. In generale, il metodo di calcolo sarà scelto in funzione dell'utilizzazione prevista e risulterà spesso in un compromesso tra il tempo di calcolo e la precisione dei risultati. Per le valutazioni d'impatto può essere necessario un metodo nazionale, come la NMPB o la norma ISO 9613-2. Per la produzione di mappe acustiche strategiche conformi alla Direttiva Europea, il metodo CNOSSOS-EU è obbligatorio. Per studi particolari, in particolare nel caso di piani d'azione specifici che attuano soluzioni innovative, è disponibile un metodo più preciso, come quello sviluppato nel progetto Harmonoise.

Numero di riflessioni:

- Si raccomanda di permettere due o più riflessioni, per includere almeno una riflessione vicino alla fonte e una riflessione lato ricevitore.
- 3 o 5 riflessioni sono da raccomandare se ci sono molteplici riflessioni tra la nave e le pareti del porto e/o in ambienti urbani densi.

IV.4.1 - Stoccaggio dei risultati

Per le navi sono possibili due tipi di stoccaggio: lo stoccaggio «per natura» e lo stoccaggio «dinamico».

Figura 41 - Interfaccia di inserzione della modalità di calcolo.

IV.4.2 - Stoccaggio per natura

Con l'archiviazione «per natura», è possibile attivare/disattivare completamente una nave durante l'analisi dei risultati. Non sarà possibile attivare o disattivare ogni fonte della nave. Abbiamo quindi i contributi per nave.

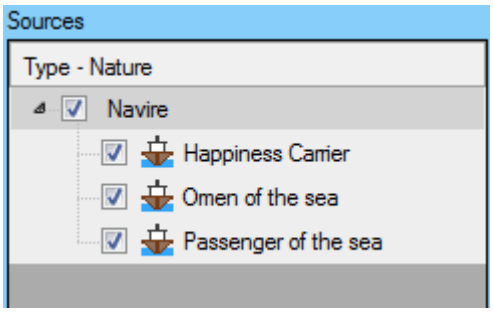


Figura 42 – Attiva/disattiva un gruppo di sorgenti

IV.4.3 - Stoccaggio dinamico

Con lo stoccaggio «dinamico», è possibile attivare/disattivare individualmente ogni sorgente situata in una posizione specifica sulla nave o sulla nave stessa.

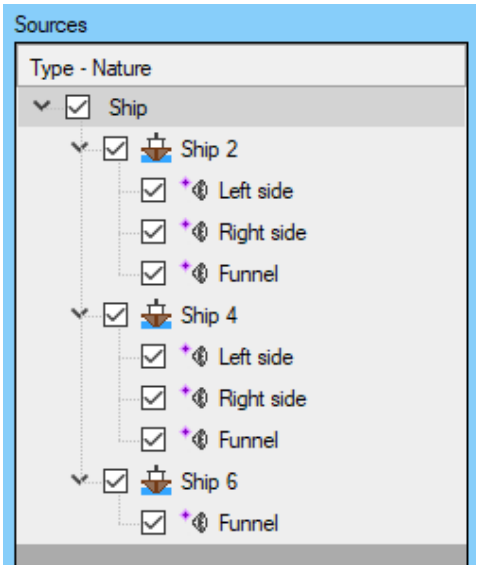


Figure 43 – Attiva/disattiva le sorgenti individuali

IV.5 - Calcolo delle navi

IV.5.1 - Geometria della nave

La geometria delle navi è composta da diversi elementi altamente riflettenti (materiale A0). Le navi possono essere considerate schermi molto riflettenti.

La nave non ha una propria altitudine, è sempre posizionata a terra (sull'acqua) e la sua altitudine Z è sempre ricalcolata al lancio dei calcoli.

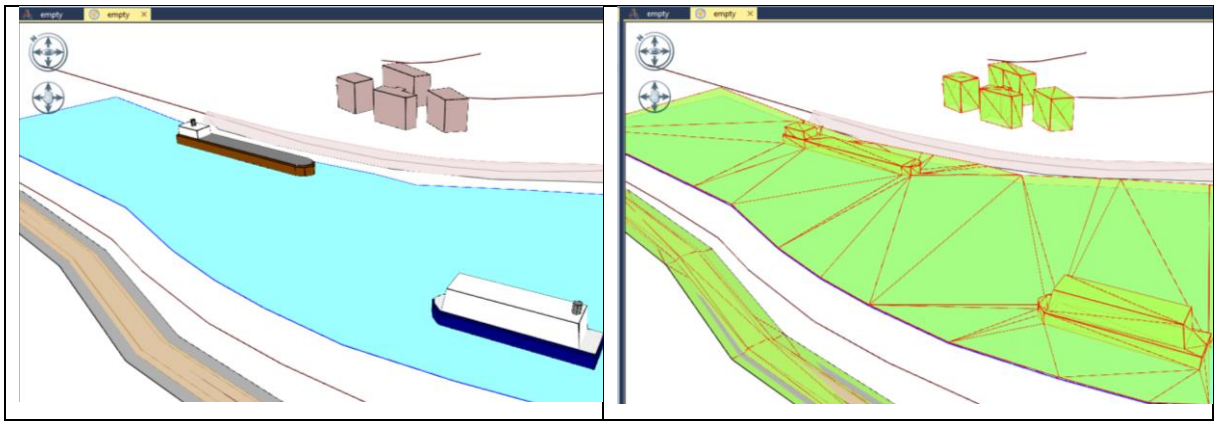
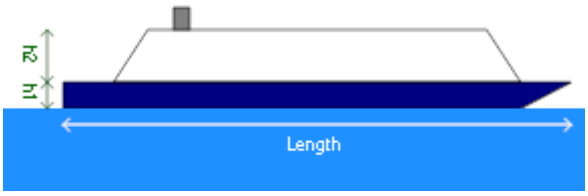


Figura 44 – Vista 3D di una nave nell'interfaccia di MithraSIG (a sinistra) e modello equivalente nel motore di calcolo BANGA (a destra).

Le navi passeggeri possono avere superfici in pendenza sulla parte superiore della nave.



IV.5.2 - Sorgenti acustici della nave

L'impatto acustico di una nave in un determinato periodo è determinato dalle fonti definite a livello del suo modo di funzionamento.

Ogni posizione (lato sinistro, fumaiolo, poppa, ecc.) ha le proprie caratteristiche.

Più fonti possono essere presenti nello stesso luogo. Se sono presenti due sorgenti definite una in ottave e l'altra in 1/3 di ottave, la precisione utilizzata sarà quella della prima sorgente incontrata.

La direttività e le condizioni di misura sono prese in considerazione solo se sono uniche per tutte le fonti e tutti i periodi di tempo in una posizione definita. Se sono presenti più condizioni di misura, le consideriamo non definite.

- Fumaiolo: la sorgente del camino è onnidirezionale per impostazione predefinita. La sorgente è posizionata all'altezza massima del camino al centro della sua geometria.
- Lato sinistro e lato destro: le sorgenti sono posizionate in base alla sottostazione specificata:
    - Ripartita: 7 fonti puntuali sono collocate lungo la nave, sul 90 % della lunghezza della nave (tra il 5 % e il 95 %). La potenza di queste sorgenti è

determinata tenendo conto dei modelli di riferimento specificati sulla posizione ed è ripartita proporzionalmente su ciascuna delle sorgenti puntiformi.
  - Dietro: 1 sorgente puntiforme è posizionata sul lato posteriore della nave. La sua potenza è determinata tenendo conto dei modelli di riferimento specificati nella posizione.
  - Centro: 1 sorgente puntiforme si trova al centro del lato della nave. La sua potenza è determinata tenendo conto dei modelli di riferimento specificati nella posizione.
  - Davanti: 1 sorgente puntiforme deve essere collocata sulla parte anteriore del lato della nave. La sua potenza è determinata tenendo conto dei modelli di riferimento specificati nella posizione.

Le sorgenti sono spostate dal bordo della nave di 10 cm. La loro emissione è normale alla superficie verticale che rappresenta lo scafo della nave e sono emisferiche.

L'altezza delle sorgenti corrisponde al parametro «altezza delle sorgenti laterali» della nave.

- Poppa :
  - Ripartizione: 4 fonti puntuali sono posizionate lungo la poppa della nave, sul 90 % della larghezza della nave (tra il 5 % e il 95 %). La potenza di queste sorgenti è determinata tenendo conto dei modelli di riferimento specificati sulla posizione ed è ripartita proporzionalmente su ciascuna delle sorgenti puntiformi.
  - Sinistra: 1 sorgente puntiforme è posta sulla parte sinistra della poppa della nave. La sua potenza è determinata tenendo conto dei modelli di riferimento specificati nella posizione.
  - Centro: 1 sorgente puntiforme si trova al centro della poppa della nave. La sua potenza è determinata tenendo conto dei modelli di riferimento specificati nella posizione.
  - Destra: 1 sorgente puntiforme è posta sulla parte destra della poppa della nave. La sua potenza è determinata tenendo conto dei modelli di riferimento specificati nella posizione.

Le sorgenti sono spostate dal bordo della nave di 10 cm. La loro emissione è normale alla superficie verticale che rappresenta lo scafo della nave e sono emisferiche.

L'altezza delle sorgenti corrisponde al 90% dell'altezza dello scafo.

Le figure che seguono illustrano l'irradiazione delle diverse fonti associate alle navi.

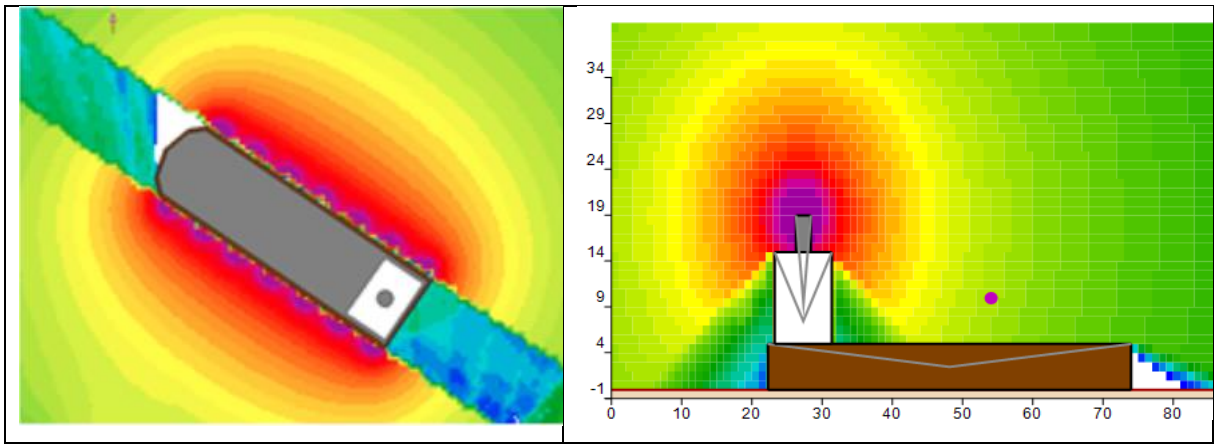


Figura 45 - Mappa orizzontale che mostra le sorgenti distribuite lungo la nave e sezione verticale che mostra le radiazioni delle sorgenti associate al camino.

IV.6 - Risultati dei calcoli

Le navi sono supportate da tutti i tipi di rendering (carte, etichette) come le altre fonti:

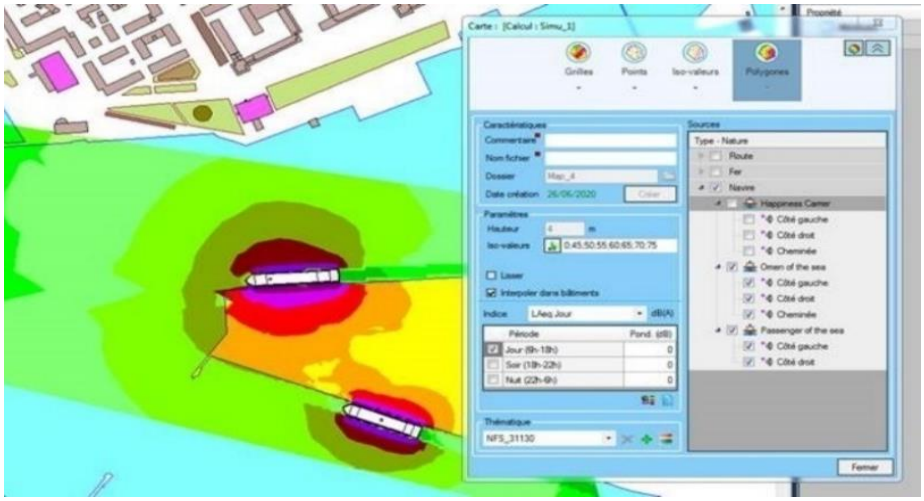


Figura 46 - Creazione di una Mappa con le navi

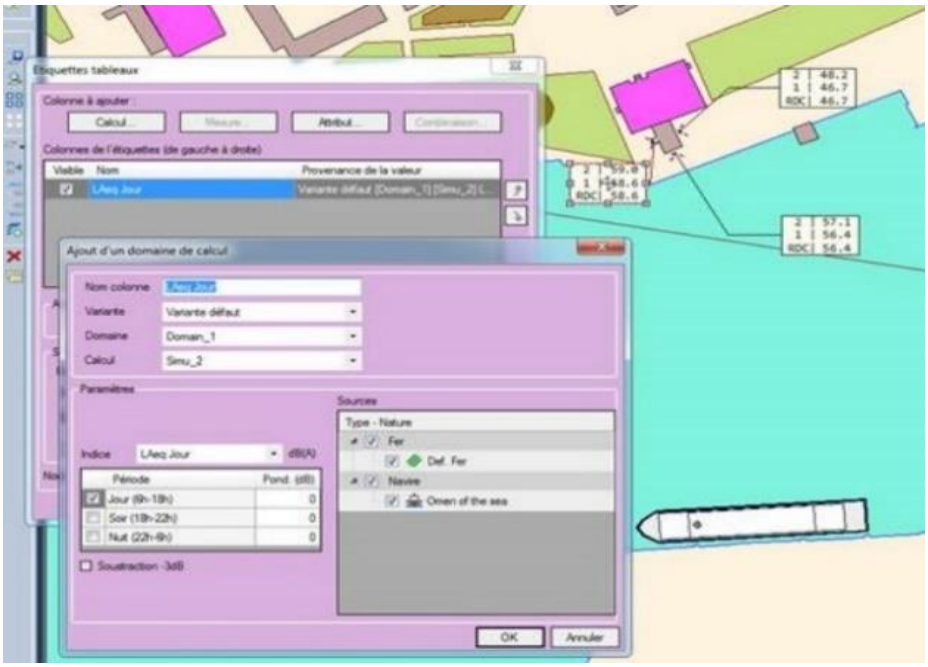


Figura 47 - Creazione delle etichette con le navi

Allegato A - Modellazione a partire da misurazioni in situ

Si descrive qui l'approccio proposto per una modellizzazione delle fonti portuali a partire da dati misurati in loco. Questo approccio è stato sviluppato nel quadro del progetto DECIBEL che fornisce una metodologia dedicata agli studi di impatto delle zone portuali. Ulteriori informazioni sono disponibili nella relazione della valutazione d'impatto «20191220_DECIBEL_Rapport_T1.1.2_V2.pdf» del progetto DECIBEL.

- Compilazione della banca dati delle fonti portuali.
- Convalida del modello di dati.
- Convalida calcoli (nel compito T3.2)

A.1 Metodologia per la modellizzazione delle fonti.

Si descrivono brevemente i passi necessari per la modellizzazione delle fonti. Questi passi sono:

- Misure in loco.
- Stima del livello di potenza Lw campo libero dalla misurazione.
- Modellazione geometrica della nave.
- Modellazione delle fonti.

A.1.1 Misure in loco

I dati risultanti dalle misurazioni in loco sono:

- Livello di pressione sonora Lp per banda di frequenza (1/3 ottava) associato a una sorgente particolare; il punto di misura è scelto in modo che le altre fonti contribuiscano solo in minima parte ai livelli misurati;
- Posizione del punto di misurazione (assoluto o relativo alla sorgente);
- Posizione approssimativa della fonte puntiforme equivalente;
- Dati sul sito (tipo di suolo, riflettori, ecc.).

A.1.2 Stima di Lw campo libero in base alla misura

Lo spettro di potenza delle fonti equivalenti è stimato in base alla misura ipotizzando quanto segue:

- La potenza stimata è una potenza campo libera.
- La fonte equivalente è puntuale e onnidirezionale;
- Il suolo è un terreno duro.
- Il campo diretto e la riflessione del suolo dominano l'insieme dei contributi al punto di misura.

In generale, la Chiesa è Fiorentina da riflettori diversi dal Podere. Il livello misurato quindi espresso in funzione della seguente Potenza Libera campo.

$$L_p = L_w + 10\,log_{10}\left(\frac{1}{4\pi d^2}\right) + 3 + 10\,log_{10}\left(1 + \frac{sin(2kl)}{2kl}\right)$$

dove d è la distanza sorgente-ricevitore, k, il numero d'onda e l, l'altezza della sorgente rispetto al suolo.

In presenza di un riflettore, si suppone che la sorgente sia sul riflettore. In questo caso la si può modellare con una sorgente emisferica orientata secondo la normale uscita al riflettore. Il livello misurato viene quindi espresso in funzione della seguente potenza libera campo.

$$L_p = L_w + \mathbf{3} + 10\,log_{10}\left(\frac{1}{4\pi d^2}\right) + 3 + 10\,log_{10}\left(1 + \frac{sin(2kl)}{2kl}\right)$$

A.1.3 Modellizzazione della nave.

La modellizzazione della nave segue la procedura di cui alla sezione III - della presente relazione.

Se necessario, la modellazione manuale può essere effettuata come descritto di seguito.

La nave è costituita da navi di altezza variabile e altitudine zero (z=0), cioè a livello del mare.

La procedura di creazione manuale delle navi in MithraSIG include le seguenti fasi:

- Per ogni nave, si creano in un calco associato alla nave i poligoni di z=0. Per ogni poligono, si crea un attributo ALTEZZA contenente l'altezza della parte della nave associata al poligono (si procede per copia e modifica del primo poligono per evitare di ripetere la creazione dell'attributo ALTEZZA).
- Per ogni nave, il livello dei poligoni è incorporato nel modello come edificio. Si sceglie «Zmin» per il modo di drappeggio, e «Altezza» per il calcolo dell'altezza indicando l'attributo #ALTEZZA. Si deseleziona «Reset». Per impostazione predefinita, ogni edificio creato è attivo.
- Per ogni edificio vengono modificati i seguenti parametri:
    - Commento: "Nome della nave" - numero dell'imbarcazione (es. Pascal Paoli 1)
    - Classificazione: Altro edificio.
- Nota: l'altezza è arrotondata con l'approssimazione di 0,05 cm.

Per inserire le nave :

- Selezionare tutte le navi che compongono la nave.
- Clic destro / Spostare

- Scegliere l'angolo, e.g. 1°
- Nota: a ogni clic sinistro, la nave sarà spostata nel punto scelto e girato secondo l'angolo indicato

$$L_p = L_w + 10\,log_{10}\left(\frac{1}{4\pi d^2}\right) + 3 + 10\,log_{10}\left(1 + \frac{sin(2kl)}{2kl}\right) L_p$$
$$= L_w + \mathbf{3} + 10\,log_{10}\left(\frac{1}{4\pi d^2}\right) + 3 + 10\,log_{10}\left(1 + \frac{sin(2kl)}{2kl}\right)$$

A.1.4 Modellizzazione delle sorgenti sonore della nave.

La modellizzazione delle fonti della nave segue la procedura di cui alla sezione III - della presente relazione.

Si riporta qui di seguito la descrizione della modellazione "manuale" delle sorgenti sonore.

Una volta stimato lo spettro di potenza campo libero, le sorgenti sono posizionate sulle navi associate alla nave. La condizione di misurazione della sorgente è «campo libero». Le sorgenti posizionate sui fianchi della nave sono di tipo semisferico, orientate secondo il normale in uscita alla parete. Le altre fonti sono di tipo omnidirezionale.

La nave è definita da una lunghezza L, una larghezza l e un'altezza h. Una sorgente sul fianco della nave è definita dalla sua ascissa secondo l'asse x_0 misurato dalla poppa della nave, dalla sua altezza h_0 al di sopra della linea di galleggiamento e dal lato di babordo/tribordo della sorgente. Una sorgente sulla nave è definita dalla sua ascissa sull'asse x_0 misurato dalla poppa della nave e dalla sua altezza h_0 al di sopra della nave.

Si noti che la nave può essere definita anche in due parti: la super struttura posteriore (definita da un'altezza e una lunghezza) seguita da una seconda struttura anteriore di altezza e lunghezza diverse.

A.2 Applicazione alle navi del porto di Bastia.

Si modellano secondo il metodo esposto sopra 3 navi sul porto di Bastia, il Pascal Paoli, Le Pascal Lota e il Mega Express I.

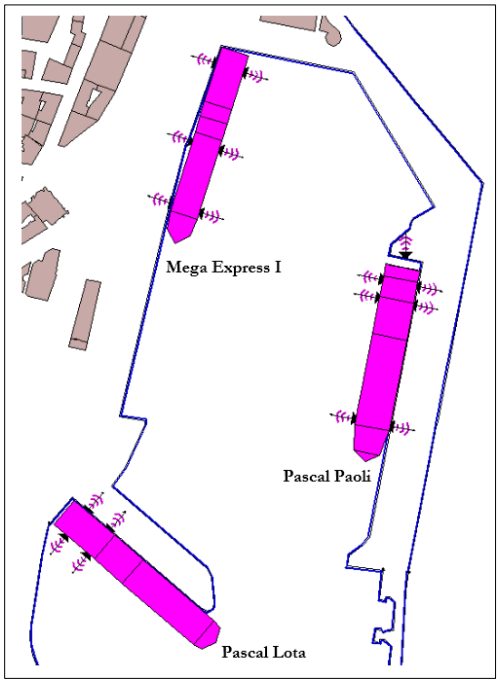
Le fonti modellizzate sono :

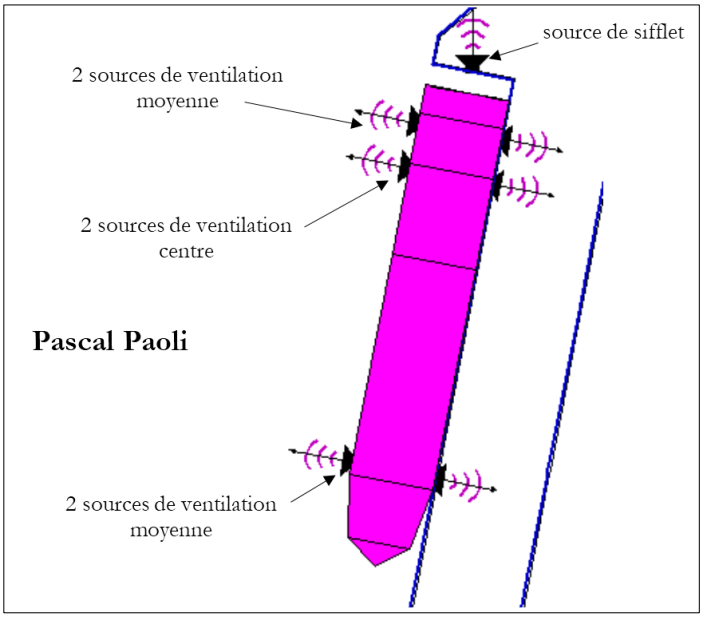
- Fonti di ventilazione delle tre navi.
- La fonte del rumore del fischio del Pascal Paoli.

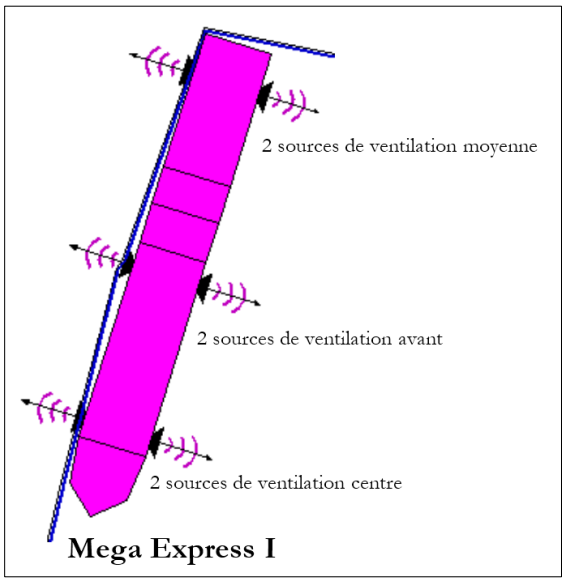
La fonte del fischio è una sorgente omni a 0,05 m dal suolo.

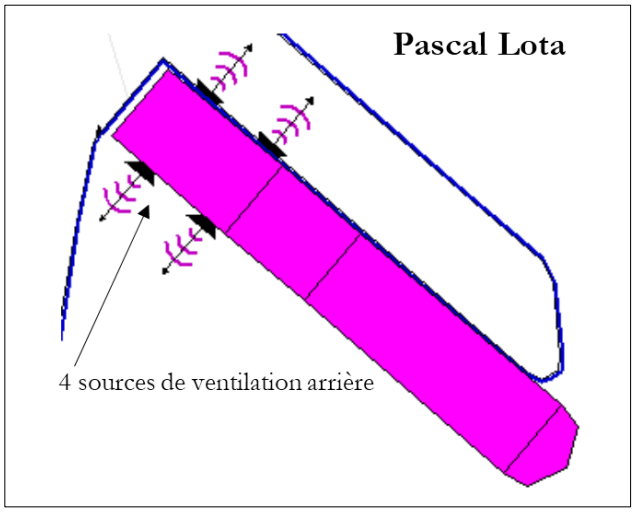
Le fonti di ventilazione sono fonti emisferiche sui fianchi delle navi a 10 m dal suolo per i due Pascal e a 12 m per il Mega Express I.

La geometria delle navi è rappresentata nelle figure seguenti:









I dati geometrici per ciascuna nave sono riportati di seguito:

<u>Pascal Paoli</u>

Geometria	L= 174.4 m ; l = 30.5 m ; h = 25 m
Sorgenti ventilazione dietro	x_0 = 14.3 m ; h_0 = 10 m ; gauche & droit
Sorgenti ventilazione indietro/centro	x_0 = 30.9 m ; h_0 = 10 m ; gauche & droit
Sorgenti ventilazione davanti	x_0 = 139.1 m ; h_0 = 10 m ; gauche & droit
Sorgenti fischio	x_0 = -10.1 m ; h_0 = 1.5 m ; centre

Mega Express I

Geometria	L= 176.4 m ; l = 24.8 m ; h = 25 m
Sorgenti ventilazione dietro	x_0 = 14.9 m ; h_0 = 12 m ; gauche & droit
Sorgenti ventilazione indietro/centro	x_0 = 86.4 m ; h_0 = 12 m ; gauche & droit
Sources ventilation avant	x_0 = 143.8 m ; h_0 = 12 m ; gauche & droit

Pascal Lota

Geometria	L= 176.0 m ; l = 27.6 m ; h = 27 m
Sorgenti ventilazione dietro	x_0 = 14.9 m ; h_0 = 12 m ; gauche & droit
Sorgenti ventilazione indietro/centro	x_0 = 40.3 m ; h_0 = 12 m ; gauche & droit

Gli spettri di potenza delle fonti sono indicati nelle tabelle seguenti.

Pascal Paoli

Ventilazione centro: 6h-18h (fascia oraria h7 à h18)

50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10k
100.3	97.7	94.6	90.9	93.2	86.9	89.1	91.5	89.4	95.3	92.6	91.0	91.1	88.8	88.0	86.0	83.4	82.0	80.6	78.0	77.0	74.6	72.1	69.6

Fischio: 7h-8h (fascia oraria h8)

50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10k
106.5	106.5	107.1	108.9	108.7	105.4	103.6	101.2	99.5	101.4	102.2	100.3	100.5	99.4	97.0	94.7	92.7	92.7	89.0	86.8	83.1	81.9	73.9	69.9

Fischio: 7h-8h (fascia h8) con LAmax,1s

50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10k
111.7	110.5	112.2	114.1	114.7	110.1	108.1	106.1	104.8	105.6	107.2	105.3	105.7	104.5	101.9	99.6	96.5	96.7	93.3	93.0	88.5	88.0	78.4	75.8

Mega Express I

ventilazione centro: 7h-9h (fascia oraria h8-h9)

50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10k
101.1	99.5	94.3	95.1	96.5	95.4	93.7	99.3	89.5	92.7	91.0	94.8	89.8	85.3	83.1	82.7	81.4	78.7	79.1	77.2	74.9	70.7	67.4	63.1

ventilazione davanti: 7h-9h (fascia oraria h8-h9)

50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10k
98.0	97.2	93.6	98.2	103.9	100.5	97.6	96.5	96.0	98.8	96.1	93.5	92.9	90.4	88.4	87.4	87.5	85.2	81.9	80.8	80.2	76.6	72.2	66.4

Pascal Lota

ventilazione indietro (le 4 sorgenti): 7h-20h (fascia h8 à h20)

50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10k
90.6	88.5	87.8	86.9	89.2	86.4	89.8	89.3	91.5	87.8	85.4	84.4	85.4	82.4	84.2	80.9	78.2	76.1	74.0	70.0	68.5	63.7	60.8	57.1

qualsiasi imbarcazione.

ventilazione media:

Pascal Paoli: ventilazione davanti e indietro : 6h-18h (fascia oraria h7 à h18)

Mega Express I: ventilazione indietro : 7h-9h (fascia h8-h9)

50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10k
96.9	95.1	92.5	94.5	96.2	93.4	94.3	95.6	93.1	95.2	92.7	92.3	91.2	88.2	87.3	85.5	83.6	81.6	79.9	77.2	75.9	72.2	69.0	64.8

Allegato B - Classificazione acustica delle navi.

B.1 Lo standard pubblicato dal LR

Questa parte riprende le idee della LR: LLOYD'S REGISTER FOUNDATION[8].

Référence: ShipRight Design and Construction, Procedure for the Determination of Airborne Noise Emissions from Marine Vessels, January 2019, LLOYD'S REGISTER FOUNDATION

Di fronte alla crescente problematica del rumore dei porti, la LOYD'S REGISTER FOUNDATION ha pubblicato un metodo di valutazione del rumore delle navi allo scopo di stabilire una norma e una metodologia per controllare le emissioni di rumore aereo delle navi.

La nuova classificazione definisce una serie di livelli limite per le emissioni di rumore aereo delle navi. Ciò consente ai porti di monitorare meglio i livelli di rumore complessivi degli scali delle navi. Aiuterà i porti a determinare quali navi e quante navi possono accedere alle zone più sensibili al rumore del porto. Ciò consentirà inoltre ai porti di specificare le navi che necessitano di un certo rating ABN per rimanere in una zona sensibile al rumore del porto, ad esempio le posizioni in prossimità delle zone residenziali.

La nuova notazione definisce cinque livelli limite per l'emissione di rumore aereo: delle classi di navi.

- *Super Quiet (SQ)*
- *Quiet (Q)*
- *Standard (S)*
- *Inland waterways (IW)*
- *Commercial (C)*

[8] https://www.lrfoundation.org.uk/en/

B.2 La caratterizzazione delle sorgenti secondo LR

Table 1.2.1 Definition of assessment criteria

Sound power		Harbour moored $L_{WA,ship}$ (dB)	Free sailing 5 knots $L_{WA,ship}$ (dB)
Super quiet	SQ	82	92
Quiet	Q	88	98
Standard	S	96	106
Inland waterways	IW	101	111
Commercial	C	108	-

Sound power		Distance, to ship side *d* (m)	Harbour moored $L_{Aeq,T}$ (dB)	Free sailing 5 knots $L_{pAS,max}$ (dB)
Super quiet	SQ	50	40	50
Quiet	Q	100	40	50
Standard	S	250	40	50
Inland waterways	IW	25	65	75
Commercial	C	1000	40	-

Table 1.2.2 Definition of reference sound power frequency spectrum

	16	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Sum
L_{wA} standard spectrum, dB	-25	-15	-10	-5	-5	-10	-10	-15	-15	-15	0

Tutte le sorgenti uniche della nave devono essere localizzate e incluse nel modello. Le piccole aperture di ventilazione e le aperture del camino di scarico possono in genere essere modellate come sorgenti puntiformi. Le griglie di ventilazione più grandi devono essere modellate come fonti di superficie. Le sorgenti devono essere descritte con il loro livello di potenza sonora di una sola sorgente, LWA, i, e un indice di direttività, se del caso. Nella previsione devono essere prese in considerazione almeno le fonti seguenti:

- Rumore degli scarichi e dei camini, incl. motori ausiliari e principali;
- Entrate ed evacuazione dell'aria di ventilazione;
- Ventilatori esterni, cioè situati nel fumaiolo;
- Rumore emesso sullo scafo, se del caso;

- Qualsiasi apparecchiatura speciale in funzione, cioè pompe di carico, gru, ecc.