

LA SOSTENIBILITA' DEL PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA: UNA
VALUTAZIONE MIPS (IMPOSTAZIONE METODOLOGICA ED ANALISI APPLICATE
PRELIMINARI)

Guido SIGNORINO, Erika MANCUSO

Università di Messina, Dipartimento di Economia, Statistica, Analisi Geopolitica del Territorio

PREMESSA

Il presente lavoro mostra i risultati (al momento parziali) degli studi preliminari per la realizzazione di un'analisi di impatto ambientale dell'opera infrastrutturale del Ponte Sullo Stretto di Messina.

Lo studio condotto (non ultimato) calcola l'indicatore di pressione ambientale, MIPS, sviluppato al Wuppertal Institute in Germania, per la prima volta da Schmidt-Bleek nel 1994 per misurare l'intensità di stress ambientale: MIPS (Input di Materiale Per unità di Servizio).

Il lavoro è da inserirsi in un contesto di valutazione di opere sostenibili per il territorio ed eco-compatibili. La misura dei quantitativi di materia necessari ai processi produttivi sono buoni indicatori del potenziale "stress" che gli stessi processi recano al sistema naturale. La contabilità ambientale dei flussi materiali, nota come Material Flow Accounting (MFA), in questo senso, sviluppa indici, quali il MIPS, di pressione ambientale idonei a valutare l'impatto che la data opera esercita sull'ambiente.

Uso efficiente delle risorse naturali, riduzione delle emissioni di gas serra, promozione di modelli di produzione e consumo che non mettano in seria discussione la "carrying capacity" del nostro pianeta, diventano, adesso più che mai, obiettivi ineludibili che delineano in maniera inequivocabile il paradigma dello sviluppo sostenibile. Ed ancora il problema della sostenibilità ambientale passa, pertanto, attraverso i delicati vincoli a cui *materia* ed *energia* sono sottoposte all'interno dell'ecosistema.

L'indice MIPS, pertanto, si presenta come un indice di dematerializzazione, processo, cioè, che ha come obiettivo la sostanziale riduzione di input di materia assorbito da un processo di produzione. Le politiche ambientali classiche si concentrano sull'output dei processi produttivi, quindi inquinamento, rifiuti e di conseguenza sui "correttori delle esternalità" quali filtri, depuratori..ecc. Fermo restando l'indiscutibile importanza di questo tipo di approccio, una valutazione MIPS sposta l'attenzione dalla "valle" della produzione "a monte" della stessa, contabilizzando materia ed energia all'ingresso del processo produttivo. Una certificazione MIPS misura l'intensità materiale di un bene e, se virtuosa, ne attesta l'indiscussa eco-sostenibilità.

Lo studio sul Ponte sullo Stretto, pertanto, ha contabilizzato i flussi di materia (cementi, materiali...) e di energia (energia elettrica assorbita nei processi di costruzione, carburante nei veicoli, il trasporto...) attraverso un'indagine molto dettagliata delle fasi dell'opera contemplate nel progetto preliminare (Aggiornamento del Progetto di Massima 1992, a cura della Stretto di Messina S.P.A.,2002).

Gli indicatori di flussi di materia, studiati e utilizzati da tempo in ambito internazionale, sono stati, recentemente, inseriti nel core-set di indicatori per l'Italia, ed in particolare nella Strategia d'Azione Ambientale sullo sviluppo sostenibile approvata dal CIPE, (con delibera n. 57/2002) , nell'indice ISSI, elaborato dall'Istituto Sviluppo Sostenibile Italia ed ancora condiviso a livello europeo nelle attività di "reporting" dell'Agenzia Europea per l'Ambiente, (EEA).

Posto che l'imponenza dell'infrastruttura (il ponte è unico per le sue dimensioni e per le modalità di attraversamento previste nel progetto preliminare), comporta lavori e fasi di cantierizzazione eccezionali e notevolissime porzioni di territorio coinvolto, lo studio si presenta al momento come una prima elaborazione di un lavoro *in progress* che nei mesi a venire fornirà un risultato in termini di una "peculiare" valutazione d'impatto ambientale.

Lo studio si articola come segue. I due paragrafi che seguono (1.1 ed 1.2) presentano una sintetica "storia" del Ponte sullo Stretto, sintetizzando le ipotesi progettuali presentate e l'iter del progetto attualmente discusso; la seconda sezione introduce le tematiche dello sviluppo sostenibile (2.1) e descrive il concetto di "dematerializzazione" della produzione (2.2), presentando il MIPS (2.3) ed avviando la sua applicazione al caso del Ponte sullo Stretto di Messina (2.4). La sezione terza è dedicata al calcolo del MIPS; dopo aver riportato e commentato la formula generale dell'indice (3.1), si presentano i passaggi successivi per la sua applicazione al Ponte. Nel paragrafo 3.2 si indica la procedura di stima del MI per l'infrastruttura di supporto alla rete viaria e ferroviaria; i paragrafi seguenti (3.3, 3.4, 3.5) riportano le informazioni di base sulle quali si elaborerà il MIPS che dovrà includere le valutazioni di Material Input della ferrovia e delle strade ed il valore numerico delle unità di servizio (trasporti unitari sul ponte) da includere al denominatore.

Il paragrafo finale (3.6) indica i punti di approfondimento analitico in via di elaborazione per il calcolo finale de MIPS per il Ponte sullo Stretto di Messina.

Conclude il lavoro (sezione 4) la presentazione delle schede tecniche e specifiche del progetto preliminare 2003.

1. IL PROGETTO-PONTE

1.1 I Progetti del ponte sullo stretto

Nel 1984 la Consulta Scientifica Impatto sugli Ecosistemi aveva affidato ad un Gruppo operativo lo Studio d'Impatto Ambientale delle principali alternative di attraversamento stabile, condotto con una metodologia qualitativa e comparativa. Le tipologie esaminate e gli eventuali motivi di esclusione per i soli aspetti ambientali erano:

- **Galleria naturale sub-alvea.** Il progetto prevedeva delle pendenze ferroviarie e stradali eccessivamente ripide; una lunghezza dell'attraversamento di km 4,4 e dei raccordi di km 30,5 per il ferroviario e km 22,8 per lo stradale; una copertura minima di suolo naturale di m 70 dal piano viabile; uno smaltimento di circa 20 M di m³ di materiali di scavo; 6 impianti di aspirazione e di trattamento dei gas di scarico. La soluzione non è risultata fattibile per l'impossibilità di attenuare gli impianti dello smaltimento dei materiali di scavo in fase di costruzione e di gas di scarico in fase di esercizio.
- **Galleria artificiale alvea.** Il progetto prevedeva una diga artificiale poggiata sul fondale di 10 M di m³; una quota della cresta della diga a -m 70 s.l.m.; una lunghezza dell'attraversamento di km 3,2 e dei raccordi di km 8,5 per il ferroviario e di km 6,2 per lo stradale; un'occupazione del fondo marino di ha 20,0; una rilevante dispersione di polveri e di liquidi durante la fase di costruzione. La soluzione non è risultata fattibile per l'impossibilità di attenuare gli impatti sull'ecosistema marino, per la distruzione del fondale e l'alterazione del regime delle correnti, oltre ad impatti simili alla soluzione precedente anche se di minore entità.
- **Ponte in acqua o ponte di Archimede.** Il progetto prevedeva un tubo in cemento e acciaio sommerso; dei gruppi tiranti in acciaio, fissati sul fondale mediante blocchi in ancoraggio, ogni m 100; raccordi autostradali e ferroviari sulla costa. La soluzione non è risultata fattibile per l'impossibilità di prevedere gli effetti sull'ecosistema marino (assoluta mancanza di precedenti esperienze) del tubo sommerso (variazione della temperatura, colonizzazione da parte di specie vegetali ed animali acquatiche, ostacolo al passaggio di cetacei, ecc..) e di attenuare gli impatti dovuti alla realizzazione dei blocchi di ancoraggio sul fondale marino ed alla realizzazione di raccordi autostradali e ferroviari a raso od in trincea in aree densamente urbanizzate.

- ***Ponte sospeso a due campate con pila centrale.*** Il progetto prevedeva un'isola artificiale di 15 M di m³; un'occupazione permanente del fondo marino di ha 28,0; una rilevante dispersione di polveri e liquidi durante le fase di costruzione; gli stessi raccordi autostradali e ferroviari della soluzione a campata unica. La soluzione è risultata non fattibile per l'impossibilità di attenuare gli impatti sull'ecosistema marino, per la distruzione del fondale e l'alterazione dei regime delle correnti.
- ***Ponte sospeso a campata unica.*** La soluzione presentava impatti sull'ambiente terrestre in fase di costruzione ed impatti sul paesaggio e la cultura locale in fase di esercizio. Risultava comunque fattibile soprattutto perché non veniva coinvolto l'ambiente marino.
- ***Potenziamento del sistema dei traghetti.*** La soluzione presentava impatti sull'ambiente terrestre e sull'ambiente marittimo sia in fase di nuova costruzione o di ammodernamento dei porti che in fase di esercizio per l'attraversamento delle aree urbanizzate a terra e la navigazione in mare. Risultava comunque fattibile soprattutto perché consentiva, almeno sino ad un certo orizzonte temporale, un adeguamento progressivo delle infrastrutture.

1.2 L'iter progettuale del ponte

L'opera del ponte acquista interesse nazionale crescente, nel 1981 si costituisce la Stretto di Messina Spa con maggioranza detenuta dal gruppo IRI, partecipazione di ANAS, Ferrovie dello Stato, regioni Sicilia e Calabria. Da qui in poi si susseguono studi sulla fattibilità dell'opera, e valutazioni d'impatto ambientale che hanno come oggetto l'analisi degli effetti territoriali e paesaggistici dell'imponente opera nel cuore del mediterraneo. Nello stesso anno viene consegnato il Rapporto di Fattibilità che includeva uno studio preliminare dell'Impatto Ambientale; in seguito gli studi ambientali sull'impatto dell'opera furono svolti da 21 Consulte Scientifiche della società. Verifiche specialistiche e uno Studio d'Impatto Ambientale conducono all'ultimazione del progetto di Massima per il ponte sospeso, presentato nel 1992 congiuntamente ad un nuovo studio d'impatto ambientale.

Il progetto riceve pareri favorevoli e nel corso di cinque anni viene aggiornato. Nel 1997 l'aggiornamento del progetto di Massima del 1992 viene approvato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Il CIPE nel 1999 avvia le procedure per il bando di gara di due advisor indipendenti, i pareri positivi sugli aspetti tecnico-ingegneristici dell'advisor Steinman International (2002), e del Comitato Tecnico-Scientifico presso il Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti (2002) segnano un'altra tappa verso il cammino inesorabile dell'iter procedurale del ponte di Messina. I pareri dell'advisor Pricewaterhouse coopers sugli aspetti territoriali, ambientali, sociali ed economici analizzano le varie alternative. La valutazione ambientale strategica, VAS, venne svolta dall'Advisor (PriceWaterhouse

Coopers-Italia, PriceWaterhouse Coopers-UK, CERTeT - Università Bocconi, SINTRA, NET - Engineering Spa) per confrontare l'alternativa ponte con l'alternativa traghetti, prendendo in esame lo SIA del 1992. Nel 2002 un gruppo d'impresе composto da Syntra SA, Bonifica Spa, Syntra-Sotecnì Spa e AST Sistemi Spa vince la gara per un nuovo SIA, Studio d'Impatto Ambientale, che comprende circa 40 relazioni descrittive e 300 tavole d'analisi, più nel dettaglio include: confronti tra l'alternativa traghetti e l'alternativa ponte, mediante una VAS; confronti tra il progetto de 1992/1997 ed il progetto del 2002 mediante un'analisi multicriteri; il sistema della cantierizzazione per il quale sono state proposte soluzioni innovative; una serie di nuove soluzioni progettuali per il ponte ed i collegamenti miranti a ridurre gli impatti. Il Consiglio di Amministrazione della società Stretto di Messina in data 14 gennaio 2003 ha approvato il Progetto preliminare relativo al ponte sullo Stretto, corredato dallo Studio di impatto ambientale e dagli elaborati per la localizzazione urbanistica.

La Società ha inoltrato il successivo 16 gennaio la documentazione al Ministero delle infrastrutture e trasporti, al Ministero dell'ambiente e tutela del territorio e al Ministero per i beni e le attività culturali, nonché alla Regione Siciliana ed alla Regione Calabria, avviando così la procedura prevista dalla Legge Obiettivo che si concluderà entro 6 mesi con l'approvazione del Progetto da parte del CIPE.

L'attuale tempistica per la realizzazione dell'Opera prevede, dopo l'approvazione del CIPE, i seguenti passaggi:

la gara per l'affidamento dei lavori di costruzione a Contraenti Generali nel corso del secondo semestre del 2003;

- lo svolgimento dell'iter approvativo del Progetto definitivo nel corso del 2004 e nei primi mesi del 2005;
- l'apertura dei cantieri nella primavera del 2005;
- il completamento dei lavori e l'apertura al traffico nel 2011;
- il 2012 quale primo anno completo di esercizio dell'opera.

2. LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

2.1 Note introduttive

La sostenibilità ambientale di un'opera può essere misurata secondo vari criteri, tenendo in considerazione diversi aspetti purchè la valutazione finale definisca il livello di compatibilità con l'ambiente circostante. La valutazione d'impatto ambientale, VIA, è stata il primo strumento di supporto alle decisioni della pubblica amministrazione capace di tenere conto della sostenibilità come criterio di scelta. Il concetto di sostenibilità è complesso e prevede svariati indici che ne quantificano il grado. Lo sviluppo di specifici indicatori, informativi

dell'impatto ecosistemico, può di fatto chiarire se un determinato prodotto o servizio, sia o meno il risultato di un processo produttivo sostenibile o ecoefficiente. Gli indicatori, quindi, rappresentano sia una guida per la definizione delle politiche ambientali e sia un mezzo di verifica dell'efficacia delle stesse (WBCSD, 1995).

Quantificare e misurare è, in particolare, utile per:

- Determinare obiettivi di politica per muoversi su percorsi sostenibili. Gli indicatori creano connessioni tra le attività quotidiane e lo sviluppo sostenibile, forniscono, pertanto, un senso di direzione per i “decision makers” di fronte a opzioni alternative; in questo senso gli indicatori sono strumenti di pianificazione (Scifo, 1998).
- Valutare quanto le azioni siano state di successo per il raggiungimento di obiettivi di sostenibilità (Musmeci, 2000b).

Centrale nel concetto di sostenibilità ambientale è la definizione di ecoefficienza; il World Business Council on Sustainable Development (WBCSD) definisce eco-efficiente un processo produttivo che mira a:

- ridurre l'intensità materiale dei beni e dei servizi;
- ridurre l'intensità energetica dei beni e dei servizi;
- ridurre la dispersione di sostanze tossiche;
- aumentare la riciclabilità dei materiali;
- massimizzare l'uso sostenibile delle risorse rinnovabili;
- estendere la durevolezza dei prodotti;
- incrementare l'intensità di prestazioni dei beni e dei servizi”.

È sostenibile pertanto un prodotto, un servizio, nel caso specifico un'opera infrastrutturale, che riduce gli input di materia al fine di risultare più compatibile possibile con l'ecosistema.

Il rapporto che definisce la sostenibilità o meno del sistema antropico dal punto di vista ecologico è quello che il sistema stesso stabilisce nell'ambiente circostante nella sfera fisica: ogni modificazione del sistema altro non è che un mutamento della struttura fisica del mondo, mutamento che può essere indotto dall'uomo unicamente con la manipolazione di materia ed energia. In questo senso i quantitativi di materia necessari ai processi produttivi sono buoni indicatori del potenziale “stress” che gli stessi processi recano al sistema naturale. La contabilità dei flussi materiali, nota come Material Flows Accounting, è un strumento alternativo per la valutare l'efficacia delle politiche ambientali rispetto agli obiettivi di sostenibilità. Ne consegue che maggiore sarà la quota di materia assorbita dalla realizzazione di un manufatto, maggiore sarà il “disturbo” arrecato da questo all'ambiente. Leggi fisiche e leggi di termodinamica infatti definiscono rigorosi equilibri a cui le risorse naturali sono sottoposte, equilibri che troppo spesso vengono violati dalle attività umane. E la manifestazione di fenomeni naturali sempre più devastanti altro non sono che l'effetto delle violazioni dei vincoli fisici che regolano l'equilibrio naturale. Il rispetto delle leggi che regolano la materia diviene imprescindibile, ridurre il prelievo di materia nelle attività

produttive è un modo di allentare la pressione che la produzione esercita sul sistema naturale e di avviarsi verso percorsi sostenibili.

Un percorso sostenibile può essere imboccato attuando politiche dematerializzanti, orientate alla riduzione dell'input di materia, in valore assoluto, nei processi di produzione, accompagnata da una crescente efficienza nell'utilizzo delle stesse risorse. Cruciale nel cammino verso la sostenibilità ambientale di un dato prodotto diviene il concetto di dematerializzazione.

2.2 La Dematerializzazione

Per dematerializzazione s'intende quel processo che porta alla riduzione in termini di quantità assolute della domanda di materie prime e che ha come effetto la diminuzione dell'impatto delle attività economiche sull'ambiente. Le politiche ambientali classiche si concentrano generalmente sull'output, su ciò che esce dal sistema industriale, quindi inquinamento ed emissioni, filtri e depuratori, discariche, ecc. Tale politica risulta però meno efficace e sempre più costosa, sicché si è pensato di ricorrere ad soluzioni già sperimentate in ambito europeo. Diversamente, infatti, il modello tedesco si concentra sull'input, cerca cioè di ridurre drasticamente il flusso di materiali in entrata nel sistema industriale.

Col termine flusso ci si riferisce alla quantità in peso di materiali estratti all'ambiente naturale o importati immessi nel sistema economico, al netto delle esportazioni.

Il termine materiali si riferisce a materie prime naturali che trovano impiego direttamente (sabbia, ghiaia, pietre, combustibili fossili, ecc..) a materie organiche non alimentari (legname, gomma naturale, fibre tessili naturali) e a merci ottenute dai prodotti naturali (metalli, calce, cemento). Con una sostituzione, in senso dematerializzante si riduce il peso del servizio di un fattore dieci, venti: da un punto di vista strategico, gli obiettivi proposti da questo approccio sono draconiani: si chiamano fattore 4 (a livello globale) e fattore 10 (per le economie dei paesi già sviluppati, per compensare l'incontestabile diritto alla crescita dei paesi in via di sviluppo) entro un orizzonte temporale di mezzo secolo.

Ciò significa che, rispetto ai livelli attuali, il prelievo globale di risorse dovrebbe diminuire di due volte e quello che alimenta l'economia dei paesi sviluppati (tra cui anche l'Italia) dovrebbe diminuire di cinque volte nell'arco di cinquanta anni. Ed anche il servizio reso per unità di materia dovrebbe aumentare altrettanto.

Promotori della dematerializzazione come Ernest Ulrich von Weizsacker (fondatore del Wuppertal Institute for Climate, Energy and Environment in Germania, agli inizi degli anni '90) ed Amory e Hunter Lovins (due dei più autorevoli pionieri nel campo dell'efficienza energetica) hanno realizzato il Rapporto "Fattore 4" (1998) che illustra

come quadruplicare la produttività delle risorse, una mirabile sintesi tra accelerazione dello sviluppo e salvaguardia dell'ambiente.

Il criterio della dematerializzazione risponde pertanto all'esigenza di rendere efficiente l'uso dei materiali e dell'energia attraverso l'innovazione tecnologica e di limitare gli sprechi e gli eccessi utilizzando i beni in modo adeguato e razionale affinché siano compatibili con l'ambiente naturale.

L'analisi dei flussi materiali (MFA) si propone di misurare il flusso complessivo dei materiali utilizzati in un'economia industriale e si svolge in varie fasi. Questo tipo di approccio è già diffuso in Europa, è stato perfezionato dall'Istituto Wuppertal (Germania) che ha formulato degli indicatori capaci di quantificare i flussi di materia in entrata in un'economia, quindi i prelievi di risorse naturali, le importazioni delle stesse, e i c.d. "flussi nascosti" che evidenziano un input più pesante in termini di materia. Schmidt-Bleek individua quattro principali misure della dematerializzazione:

- Ridurre la domanda di materiali
- Migliorare il riciclaggio e il riuso di tutti i prodotti
- Ricorrere ad input gratuiti, quali l'energia solare
- Aumentare tramite tariffe, tasse o altre strumenti il prezzo delle risorse primarie destinate all'industria o ai consumi finali.

Per quanto concerne il primo punto, la domanda di materiali si riduce aumentando l'efficienza nella produzione dei beni, e la durata. Ed ancora la domanda di materiali può diminuire sia dal lato dei produttori nell'offerta di beni e servizi con ridotti quantitativi di materia, sia dal lato dei consumatori, orientandosi verso preferenze più sostenibili.

Nell'ambito della strategia di riduzione dei flussi di materia, è stato proposto ed utilizzato in modo cospicuo un altro genere di indicatori dedicato alla rappresentazione dell'efficacia con cui le risorse vengono utilizzate in rapporto ad una qualunque fase del processo produzione-consumo ma, principalmente, in rapporto al servizio finale reso al consumatore.

Si tratta degli indicatori di input di materiale (MI) e di input di materiale per unità di servizio (MIPS). Essi derivano da un'analisi dei materiali che concorrono a formare un prodotto o un servizio che investe tutto il ciclo di vita (Musmeci, 2000b). Prima di procedere all'introduzione dell'indicatore dei flussi di materia si presenta lo schema logico generale che riassume gli indicatori di sostenibilità ambientale, consolidato in letteratura.

Lo schema interpretativo del rapporto tra ambiente e attività umane che ha incontrato una crescente accettazione in ambito internazionale è quello sviluppato in sede dell'OECD (1993).

L'OECD suddivide i fattori e gli indicatori ambientali in tre tipologie: Pressione – Stato – Risposta (PSR).

L'approccio PSR è basato sul concetto di causalità: le attività umane esercitano una "pressione" sull'ambiente e cambiano la qualità e quantità delle risorse, lo

“stato” dell’ambiente. La società risponde a questi cambiamenti attraverso politiche ambientali, economiche, e settoriali, la “risposta”.

- Pressione: rappresenta le driving forces sociali, economiche ed ecologiche che formano le pressioni sul sistema umano ed ambientale.
- Stato: rappresenta i cambiamenti fisici, chimici e biologici nello stato della biosfera e i cambiamenti nella popolazione umana e sui livelli di risorsa e capitali.
- Risposta: rappresenta l’intervento umano in risposta agli impatti ecologici e sociali.

Si forma, quindi, un ciclo di retroazione sulla pressione esercitata dalle attività umane. Mentre da un lato, l’approccio PSR ha il vantaggio di fare luce su queste connessioni, dall’altro suggerisce relazioni dirette nell’interazione tra attività umane e ambiente, ma certamente non sottovalutando il fatto che le relazioni che esistono tra ecosistema ed economia sono complesse.

Gli indicatori di intensità materiale si collocano nella classificazione degli “indicatori di pressione” in quanto forniscono, in prima approssimazione, una buona stima della pressione che il dato processo, e quindi prodotto, impone all’ecosistema.

2.3 Il Material Input Per Service, MIPS

In questo contesto Schmidt-Bleek, nel 1994, ha sviluppato un indicatore per misurare l’intensità di stress ambientale: il MIPS (Intensità di Materiale Per unità di Servizio).

Esso consente di misurare in unità omogenee normalizzate (massa) la quantità di risorse di ogni genere (aria, acqua, biotico, abiotico) che deve essere prelevata dall’ambiente per la realizzazione di un prodotto o servizio.

Il totale in chilogrammi delle componenti utilizzate per il calcolo del MIPS viene classificato da Schmidt-Bleek in 5 categorie:

1. Materie Prime Abiotiche:

- materie prime minerali
- combustibili fossili (carbone, petrolio, gas minerale)
- pietre, ghiaia, sabbia

2. Materie Prime Biotiche:

- biomassa vegetale
- biomassa animale

3. Terreno Per La Produzione Agricola e Forestale:

- quantità di terreno fertile perso per erosione

4. Acqua:

- acqua per usi agricoli
- acqua per usi industriali

5. Aria:

- aria per combustione
- aria per la trasformazione chimica

Il MIPS viene espresso in termini di chilogrammi o di opportune unità per lo specifico servizio unitario, che può essere misurato in massa di prodotto finale, in valore economico del prodotto o del servizio o per consumo unitario. Questo indicatore può essere suddiviso in due componenti: MI (Intensità di Materiale o Material Input) e S (Unità di Servizio).

Il MI viene calcolato sommando i quantitativi di materia impiegata per il processo di produzione, compresi gli input per la riparazione, l'imballaggio, il riciclaggio, l'eliminazione, il trasporto e l'energia. Il risultato viene rapportato all'unità di servizio (S) che rappresenta l'uso che può essere ottenuto dal bene per soddisfare un bisogno dell'uomo.

Dividendo il MI per il servizio (S) si ottiene il MIPS che può essere usato come strumento informativo dei materiali “dalla culla alla tomba” per valutare la pressione esercitata sull'ambiente.

Attraverso il MIPS è possibile quantificare il flusso di materia ed energia che entra nel processo di produzione e nel ciclo di vita di un prodotto e rapportarlo all'unità di servizio fornita dal bene stesso. L'indice può essere inoltre usato come criterio per progettare prodotti “eco-efficienti” e per attuare strategie indirizzate a ridurre il più possibile i rischi connessi con l'attività economica (Federico, 2001).

Strumenti come il MIPS ad esempio forniscono una base fisica sulla quale poter costruire dei certificati che riportino l'intensità di materiali di dati servizi al fine di offrire valide informazioni al consumatore.

La metodologia del calcolo MIPS si basa sull'intero ciclo di vita del manufatto, la “Life Cycle Analysis” (LCA) del ponte sullo stretto, nel nostro caso, consente di quantificare i flussi di materia ed energia “in entrata” per ogni singola fase della vita dell'opera. Un simile approccio necessita di dettagliate informazioni e dati relativi ai materiali utilizzati per la realizzazione, gestione e manutenzione dell'opera sotto analisi.

La valutazione MIPS conteggia i flussi di energia, cioè i consumi energetici relativi ad ogni fase del progetto di realizzazione, ed include il calcolo del trasporto dei materiali impiegati; una contabilizzazione siffatta viene espressa in masse omogenee, cioè in chilogrammi di tutti i flussi materiali occorrenti. Ciascun input di materia ed energia è caratterizzato da uno specifico coefficiente ambientale, calcolato e classificato in apposite tabelle dall'Istituto Wuppertal, Germania 1999, che ne quantifica il relativo “peso” sull'ecosistema. La componente, MI, Material Input, che misura l'intensità di materiale relativa al ponte, viene rapportata al servizio, PS, che lo stesso rende, cioè l'attraversamento del ponte (numero degli attraversamenti). L'indice fornisce una buona stima del grado di dematerializzazione del ponte sullo stretto, e quindi della sua eco-compatibilità.

2.4 Il ciclo di vita e la descrizione del manufatto

L'analisi del ciclo di vita di un prodotto è uno strumento per identificare, quantificare e valutare l'impatto di un dato prodotto sull'ambiente attraverso una metodologia che considera tutte le fasi di vita del prodotto, detta "dalla culla alla tomba".

Il ciclo di vita di un prodotto inizia dall'estrazione delle materie prime, dalla loro lavorazione, continua fino alla costruzione del prodotto, al suo trasporto per la sua distribuzione e al collocamento finale, quindi fino all'installazione e al funzionamento, e si conclude con la dismissione, o ancora, quando possibile, comprende anche la fase di riciclaggio.

La prima fase della vita del ponte, e quella di maggiore impatto ambientale, è la costruzione. Si analizza il manufatto attraverso gli elementi tecnici e i suoi componenti principali. Il ponte sospeso a campata unica con luce di 3.300 m è composto dall'impalcato che costituisce la piattaforma delle utenze, è anche il punto focale dell'intero progetto, poiché dalla sua ottimizzazione dipende (aerodinamica e di peso) dipende il dimensionamento di tutte le altre parti dell'opera. Realizzato interamente in acciaio con tre cassoni longitudinali indipendenti e sorretti da travi-cassoni trasversali, è largo 60 m e lungo 3.666 m, ossia 183 m oltre le torri fino ai giunti di dilatazione. La sua carpenteria, tutta realizzata-salvo limitate zone speciali- in acciaio Fe 520 D, ha un peso complessivo di 66.500 t. Dotato di schemi frangivento con profili aerodinamici stabilizzatori, ha un'altezza sul mare compresa tra 51,6 m (presso la struttura terminale in Sicilia) e 76 m (in mezzeria). Il sistema cavi-impalcato ha una massa di 56 t/m ed è irrigidito da un tiro di oltre 270.000 t. Il sistema di sospensione è la spina dorsale del ponte in quanto sostiene l'impalcato e ne controlla l'assetto verticale e orizzontale sotto le azioni esterne. È costituito da due coppie di cavi del diametro di 1'24 m disposte ad interasse di 52 m a formare un grande e slanciato arco rovescio che scavalca lo Stretto. I cavi hanno uno sviluppo di 5300 m tra i due ancoraggi ed un peso complessivo di 166.600 t. ognuno di essi è formato da 44.352 fili paralleli di acciaio armonico del diametro di 5,38 mm. Ogni 30 m, lungo lo sviluppo dell'impalcato attraverso sospeso, i cavi sorreggono le travi trasversali dell'impalcato attraverso quattro fasci di funi verticali (pendini) agganciati a collari che abbracciano ciascuna coppia di cavi. Ciascun cavo ha una massa di 8 t/m ed è sottoposto ad un tiro permanente di circa 64.500 t; nelle zone terminali delle campate laterali la rigidità dei cavi è incrementata con tiranti pre-tesi ancorati alle massicce strutture terminali di spalla. Le torri, che trasmettono al suolo tutta la componente verticale della tensione dei cavi, sono strutture snelle e flessibili, ottimizzate ai fini del comportamento sismico ed aerodinamico. Ogni torre è formata da due gambe in acciaio con sezione a losanga di 16 X 12 m collegate tra loro da quattro trasversi, raggiunge un'altezza di 382 m sul livello del mare ed è costituita da 56.000 t di acciaio S 420. la massima altezza raggiunta dalle torri compreso l'ingombro dei cavi e dei relativi carter di protezione, è pari a 382,6 m s.l.m., quota che coincide con l'intersezione teorica dei cavi sulla verticale delle torri. Ciascuna gamba delle torri è formata

da 22 conci, composti da pannelli modulari di acciaio collegati a comporre strutture cellulari di elevata rigidità. All'interno di ogni gamba sono presenti due ascensori. Tratti speciali d'impalcato sono presenti presso le torri e presso le strutture terminali; presso le torri, sono previste campate speciali con geometria e soluzioni costruttive particolari mirate a controllare le deformazioni verticali e orizzontali dell'impalcato, specie ai fini della percorribilità. Presso le strutture terminali vi sono i giunti di dilatazione che consentono a corsie stradali e binari escursioni pari a movimenti generati dalle azioni termiche, dai carichi mobili stradali e ferroviari e relative azioni di frenamento, dal vento longitudinale e trasversale. Le sottostrutture, costituite dalle fondazioni delle torri e delle strutture terminali nonché dai blocchi di ancoraggio dei cavi, sono strutture monolitiche massive di rilevanti dimensioni, in cemento armato, che costituiscono i punti di contatto del ponte sospeso con il territorio.

Le fondazioni delle torri sono eseguite a pozzo ed hanno dimensioni notevoli per trasferire al terreno gli enormi carichi che provengono dai cavi, oltre al peso proprio ed alle sollecitazioni della struttura. La fondazione della torre Sicilia ha un volume di 86.400 mc mentre quella in Calabria ha un volume di 72.400 mc. Occorre peraltro sottolineare che solo il 14% di questi volumi è costruito fuori terra. In Sicilia il terreno circostante alla fondazione è consolidato con jet-grouting per un volume di oltre 10 volte quello della struttura di fondazione. In Calabria, paratie in cemento armato raggiungono direttamente la roccia assicurando un adeguato ammorsamento nei terreni di fondazione. I blocchi di ancoraggio dei cavi hanno peso e forma tali da resistere efficacemente al grande tiro delle due coppie di cavi, grazie all'azione di contrasto esercitata dai terreni nei quali i blocchi stessi sono inseriti. Gli spostamenti orizzontali dovuti al tiro dei cavi sono quindi contenutissimi 6 cm in Sicilia, 3 in Calabria. Il blocco di ancoraggio siciliano ha un volume di 328.000 mc e quello calabro di 237.000 mc.

La realizzazione di un'opera infrastrutturale come il collegamento stabile e continuativo tra le due coste dello Stretto è destinata a produrre, immediatamente e nel tempo, una serie di effetti sul contesto sociale, economico e territoriale. Al fine di misurare e rendere chiaramente percettibili questi effetti è stata predisposta da advisor esterni alla società Stretto di Messina una accurata analisi che ne permette una puntuale verifica.

Il metodo seguito per la valutazione dell'impatto socio-economico della realizzazione del Ponte si articola in due momenti logici, temporalmente ordinati: quello della fase cosiddetta "di cantiere" e quello della fase "a regime".

La fase di cantiere valuta gli effetti diretti, indiretti e indotti della costruzione del manufatto e di tutte le opere accessorie di collegamento; mentre l'analisi della fase a regime concerne gli effetti di "rottura strutturale" positiva che il Ponte sviluppa nei circuiti economici delle aree interessate.

In sintesi le valutazioni esprimono che sia nella fase di cantiere che in quella di esercizio a regime del Ponte, l'impatto sulle economie locali (province di Messina e Reggio Calabria) e sulle economie regionali (Regione Calabria e Regione Sicilia) è positivo.

Fase di cantiere

L'impatto economico della fase di cantiere è stimato con la tecnica delle cosiddette interdipendenze settoriali attraverso un modello multiregionale per l'economia italiana. Complessivamente, l'impatto economico diretto, indiretto e indotto della fase di cantiere risulta pari al significativo importo di circa 6 miliardi di euro superando, come spesso accade, l'ammontare complessivo della spesa per l'investimento: di questi, oltre il 50% si concentra in Calabria e Sicilia e circa il 75% nel Mezzogiorno d'Italia. Per quanto riguarda gli effetti economici diretti, in termini di valore aggiunto nei vari ambiti territoriali, questi ammontano al 32,7% della spesa per l'investimento; maggiori sono i benefici indiretti e indotti che risultano rispettivamente pari al 48% e al 42% dell'investimento stesso.

Fase di esercizio

Le valutazioni relative alla fase di esercizio muovono da due principali presupposti che si basano sull'effettivo valore di un collegamento stabile e continuativo, aperto ventiquattro ore al giorno per 365 giorni l'anno. Per entrambe le fasi, cantiere e esercizio, non sono attualmente previste le stime relative al numero degli addetti, materiali impiegati, e dati relativi alla manutenzione; esistono solo gli importi delle spese

Nel presente studio la durata della vita del manufatto del ponte sullo stretto di Messina è stata stimata a 100 anni, nelle Specifiche di Progetto la vita utile del ponte è fissata a 200 anni e le verifiche sono effettuate agli stati limite su tre livelli con tempi di ritorno rispettivamente di 50, 400, 2000 anni (fonte "Il ponte insostenibile. L'Impatto ambientale del manufatto di attraversamento stabile dello Stretto di Messina" a cura di V. Bettini, M. Guerzoni, A. Ziparo; Alinea Editrice, settembre 2002, Firenze).

3. IL CALCOLO DEL MIPS

3.1 Introduzione

Analizzata la struttura del ponte nelle sue componenti principali, si illustrano i materiali impiegati per la costruzione dei componenti e le rispettive quantità. Per calcolare l'indice MIPS (ricordando la formula $MIPS=MI/S$) è opportuno procedere per gradi: in primo luogo si analizza l'intensità materiale, cioè il numeratore della formula. Per il calcolo del MI, vengono conteggiati i materiali usati per la realizzazione dell'opera (acciaio, calcestruzzo, ecc...); i consumi energetici assorbiti nelle varie fasi dell'opera (energia elettrica, consumi di carburante

nelle fasi di cantierizzazione,); il trasporto sia nazionale che internazionale necessario al reperimento di alcuni manufatti, ed elementi prefabbricati, piuttosto che materiali grezzi importati. Il MIPS, come spiegato, si concentra sull'input di materia ed energia all'ingresso del processo di produzione per cui gli output relativi all'inquinamento, rifiuti non vengono considerati inclusi nel calcolo. Nel caso specifico il Material Input del ponte sullo stretto non è del tutto indipendente dal servizio che lo stesso rende. È chiaro che una struttura come il ponte, unico al mondo per dimensioni e per servizi poiché include la ferrovia, assorba un maggiore quantitativo di materia relativamente al servizio che offre, per cui parte del MI è funzione di S, del servizio. I dati e le informazioni necessarie per procedere nel calcolo sono state rilevate dal "Progetto Preliminare" *Aggiornamento Progetto di Massima 1992*, realizzato da Stretto di Messina S.p.a. (L.443 del 21/12/2001 D.Lgs.190 del 20/08/2002). Lo studio presenta delle lacune in fatto di materiali relativi ad alcune fasi; nel calcolo dell'indicatore, pertanto verranno omesse alcune voci e alcuni materiali verranno dichiarati assenti per mancato reperimento. I limiti dell'esercizio di calcolo, di conseguenza saranno, gli stessi presentati da progetto preliminare, mentre le ipotesi e assunzioni saranno fatte sulla base di esperienze analoghe considerate. Parte consistente dei dati che interessano la metodologia di calcolo si trova nella parte seconda del progetto preliminare dal titolo "il ponte e i suoi collegamenti: l'opera di attraversamento, caratteri generali, calcolo sommario della spesa". La parte iniziale riguarda i lavori necessari per la costruzione del manufatto, nel dettaglio si tratta delle opere preliminari e provvisionali, così presentate:

Opere preliminari	Importo in euro
opere preliminari:	7,593,249.00
interventi su viabilità Cannitello	
interventi su viabilità Ganzirri	
bonifica residuati bellici su aree d'intervento	
demolizioni su aree d'intervento	
campo prove geotecniche	
totale in euro	7,593,249.00

Opere provvisionali e consumi	Importo in euro
opere provvisionali	32,929,395.00
banchine d'attracco	
impianti di movimentazione, stoccaggio, ecc	
installazione, gestione e smobilitazione cantieri:	48,374,373.00
- campi attrezzati per il personale	
- uffici, servizi, piazzali, officine, capannoni	
- dissalatori e distributori acqua	
- mezzi di trasporto e comunicazione	
- gestione e consumi energia e carburanti	
totale in euro	81,303,768.00

Come si evince dalle tabelle non ci sono menzionati i materiali specifici per ogni operazione proprio perché questa fase preliminare prevede interventi e opere per cui è difficile

quantificare il tipo e le quantità di materiali occorrenti, è prevista solo la spesa. Ne consegue che non è possibile operare alcun calcolo relativo alle opere preliminari nonostante queste riguardino ingenti quantità di materia ed energia nelle fasi di cantierizzazione. Continuando nella parte relativo al calcolo sommario della spesa vengono analizzate le sottostrutture: le fondazioni delle torri in Sicilia e in Calabria. In questo caso le operazioni prevedono l'utilizzo di precise quantità di materiali, e sono affiancate dagli importi, che ai fini del calcolo non ci interessano, e pertanto trascureremo.

Fondazione torre SICILIA		
operazione	u.d.m.	Quantità
scavi e movimenti di terra	m ³	209700
preintasamento con Jet Grouting diam.0,80	m	16100
trattamento colonnare con Jet Grouting diam.1,60	m	242500
diaframmi in cls spessore 1 m (esecuzione con benna)	m ²	19100
strutture in cls (plinti trasverso)	m ³	90620
opere di sistemazione esterna, recinzione		

Fondazione torre CALABRIA		
operazione	u.d.m.	Quantità
scavi e movimenti di terra	m ³	168900
preintasamento con Jet Grouting diam.0,80	m	14820
trattamento colonnare con Jet Grouting diam.1,60	m	198150
diaframmi in cls spessore 1 m (esecuzione con idrofresa)	m ²	38900
strutture in cls (plinti trasverso)	m ³	76110
opere di sistemazione esterna, recinzione		

Gli scavi e i movimenti di terra mobilitano quantità esorbitanti di materia, come le tabelle mostrano e si riferiscono solo alle fondazioni delle torri. Il calcolo MIPS non prevede il conteggio della terra in entrata nelle costruzioni o nelle varie opere, né dell'acqua impiegata nei vari processi: essi sono due elementi fondamentali ma allo stesso tempo difficili da quantificare in termini di fattore MI. In sede Wuppertal invece è in corso di studio la questione relativa al "Lande Use", cioè l'uso e l'occupazione del suolo, anche questo tipo di analisi presenta notevoli problematiche da affrontare. Per il momento come è stato fatto per altri esercizi di calcolo MIPS gli elementi acqua e terra non vengono conteggiati. Le operazioni di jet grouting sono delle iniezioni di cemento che avvengono direttamente nel terreno per compattarlo adeguatamente. Il plinto della fondazione è in calcestruzzo, ed è misurato in metri cubi, si provvederà in seguito a convertire tutte le unità di misura in pesi, tonnellate nel nostro caso. Attaccati alle fondazioni vi sono i blocchi di ancoraggio che servono a fissare con la forza di cavi d'acciaio i plinti al terreno, e si presentano come segue.

Blocco ancoraggio SICILIA		
operazione	u.d.m.	Quantità
scavi, movimenti terra, zavorra in sabbia	m ³	435800
trattamento colonnare con Jet Grouting diam.1,40	m	10000
diaframmi in cls spessore 1 m (esecuzione con benna)	m ²	11100
tiranti di ancoraggio diaframmi	m	26088
struttura in cls del blocco di ancoraggio	m ³	291260
elementi in fusione d'acciaio per ancoraggio cavi	t	540
opere di completamento e sistemazione		

Blocco ancoraggio CALABRIA		
operazione	u.d.m.	Quantità
scavi, movimenti terra	m ³	331600
diaframmi in cls spessore 1 m (esecuzione con benna)	m ²	11200
tiranti di ancoraggio diaframmi	m	21706
struttura in cls del blocco di ancoraggio	m ³	222700
riempimento vani zavorra con ghisa, minerali ferrosi e inerti	t	131058
elementi in fusione d'acciaio per ancoraggio cavi	t	540
opere di drenaggio		
opere di sistemazione esterna e finiture		

Nelle sottostrutture di ancoraggio entra come nuovo materiale l'acciaio che dopo il calcestruzzo è il secondo per quantità impiegate. Come zavorre vengono utilizzati materiali inerti e ferrosi che nel calcolo MIPS vengono considerati e ponderati secondo propri coefficienti MI. Per entrambi gli ancoraggi, in Sicilia e in Calabria, non vengono inserite le quote di materiali per le opere di drenaggio e rifiniture esterne. Seguono le operazioni per le strutture terminali delle fondazioni; anche in questo tipo di sottostrutture i materiali preponderatamente utilizzati sono calcestruzzo e acciaio, come si evince dalle seguenti tabelle.

Fondazione per struttura terminale SICILIA		
operazione	u.d.m.	Quantità
scavi, movimenti terra	m ³	48770
trattamento colonnare con Jet Grouting diam.1,40	m	112550
diaframmi in cls spessore 1 m (esecuzione con benna)	m ²	29690
calcestruzzo (getti e demolizioni)	m ³	27540
opere di sistemazione esterna e finiture		

Fondazione per struttura terminale CALABRIA		
operazione	u.d.m.	Quantità
scavi, movimenti terra	m ³	56500
diaframmi in cls spessore 1 m (esecuzione con idrofresa)	m ²	2000
calcestruzzo (getti e demolizioni)	m ³	13700
opere di sistemazione esterna e finiture		

Le sovrastrutture consistono in: torri, sistema di sospensione, impalcato tra giunti di dilatazione e strutture terminali di Sicilia e Calabria (opere in elevazione); si evidenziano i materiali di cui sono composti.

Torre SICILIA		
operazione	u.d.m.	Quantità
elementi in acciaio per strutture principali a piè d'opera	t	55537
trattamenti superficiali protettivi	t	55537
montaggio delle strutture principali	t	55537
elementi in acciaio per strutture secondarie, completi in opera	t	782

Torre CALABRIA		
operazione	u.d.m.	Quantità
elementi in acciaio per strutture principali a piè d'opera	t	55537
trattamenti superficiali protettivi	t	55537
montaggio delle strutture principali	t	55537
elementi in acciaio per strutture secondarie, completi in opera	t	782

Sistema di sospensione		
operazioni	u.d.m.	Quantità
passerella provvisoria e impianti speciali	t	166769
filo in acciaio armonico zincato 1800 Mpa, a piè d'opera	t	166769
realizzazione cavi principali	t	166769
collari completi in opera	t	2690
pendini completi in opera	t	5278
sistemi di pendoli e pettini agli ancoraggi	t	1918
sistemi di selle alle torri	t	2314
copertura in acciaio inox sommitàtorri	t	80

Impalcato tra giunti di dilatazione		
operazioni	u.d.m.	Quantità
elementi in acciaio per strutture principali a piè d'opera	t	58313
trattamenti superficiali protettivi e metallizzazione estradosso impacato stradale	t	58313
montaggio delle strutture principali	t	58313
strutture secondarie, guardiavia, frangivento completi in opera	t	8137

Struttura terminale SICILIA (opere in elevazione)		
operazione	u.d.m.	Quantità
elementi in acciaio per strutture principali a piè d'opera	t	9619
trattamenti superficiali protettivi	t	9619
montaggio delle strutture principali	t	9619
apparecchi d'appoggio e vincoli		
giunto di dilatazione ferroviario		
giunto di dilatazione stradale		
getto completamento accessori e arredi		

Struttura terminale CALABRIA (opere in elevazione)		
operazione	u.d.m.	Quantità
elementi in acciaio per strutture principali a piè d'opera	t	3700
trattamenti superficiali protettivi	t	3700
montaggio delle strutture principali	t	3700
apparecchi d'appoggio e vincoli		
giunto di dilatazione ferroviario		
giunto di dilatazione stradale		
getto completamento accessori e arredi		

Le sovrastrutture in realtà comprendono anche il sistema di vincolo impalcato torri, per entrambe le sponde, che, vengono tralasciate perché mancanti di dati relativi a materiali e rispettive quantità.

3.2 Il calcolo MI del manufatto

Concluso il discorso dei componenti principali del manufatto, si procede alla presentazione dei materiali individuati in questa fase accompagnati dal rispettivo coefficiente di Material Input. Si è già detto che i fattori o coefficienti MI indicano la quantità di materia ed energia impiegata per produrre un chilogrammo del dato materiale; pertanto il calcolo del material input del manufatto “ponte” è dato dalla somma dei prodotti tra i pesi dei singoli materiali e i loro specifici coefficienti. I coefficienti MI sono stati opportunamente classificati e pubblicati

nelle apposite tabelle dai professori del Wuppertal Institute (Schmidt Bleek, 1999) e altri studiosi dei flussi di materia, e prevedono input di materiale per unità di trasporto, di cibi, sostanze chimiche, legnami, fonti energetiche, metalli preziosi, minerali e altro.

La formula da applicare è la seguente:

$$MI = \sum_{i=1}^n [P_i \times (\alpha_{MI})_i]$$

in cui MI è il Material Input dell'infrastruttura, P_i è il peso del materiale i-esimo, e $(\alpha_{MI})_i$ è il Fattore MI, coefficiente di input materiale unitario per materiale "i-esimo", relativo alla realizzazione dell'opera.

Per cui non resta che specificare i pesi dei materiali. Il getto cementizio direttamente iniettato nel terreno (jet grouting) ha un peso variabile che dipende dalla consistenza del terreno da consolidare. In un terreno sabbioso, mediamente addensato, come risulta essere quello delle ghiaie di Messina dove sono previste le operazioni di scavi per le fondazioni, occorrono, in volume, (con proporzioni pari a 1 a 1 acqua-cemento) per iniezioni di 1 metro e 0,80 m di diametro, 8 quintali di cemento a metro lineare di terra da trattare. In base a queste stime è possibile ottenere il peso dei getti di cemento, nella tabelle che segue, i pesi sono espressi in tonnellate.

Fondazione torre SICILIA	Peso (tonn)	Fattore MI (kg/kg)	Material Input (tonn)
preintasamento con Jet Grouting diam.0,80	12880	3,2	41216
trattamento colonnare con Jet Grouting diam.1,60	388000	3,2	1241600
diaframmi in cls spessore 1 m (esecuzione con benna)	64940	1,8	116892
strutture in cls (plinti trasverso)	308108	1,8	554594
totale	773928		1954302

Fondazione torre CALABRIA	Peso (tonn)	Fattore MI (kg/kg)	Material Input (tonn)
preintasamento con Jet Grouting diam.0,80	11856	3,2	37939
trattamento colonnare con Jet Grouting diam.1,60	317040	3,2	1014528
diaframmi in cls spessore 1 m (esecuzione con idrofresa)	132260	1,8	238068
strutture in cls (plinti trasverso)	258774	1,8	465793
totale	719930		1756328

Blocco ancoraggio SICILIA	Peso (tonn)	Fattore MI (kg/kg)	Material Input (tonn)
trattamento colonnare con Jet Grouting diam.1,40	14000	3,2	44800
diaframmi in cls spessore 1 m (esecuzione con benna)	37740	1,8	67932
struttura in cls del blocco di ancoraggio	990284	1,8	1782511
elementi in fusione d'acciaio per ancoraggio cavi	83300	7	583100
totale	1125324		2478343,2

Blocco ancoraggio CALABRIA	Peso (tonn)	Fattore MI (kg/kg)	Material Input (tonn)
diaframmi in cls spessore 1 m (esecuzione con benna)	38080	1,8	68544
struttura in cls del blocco di ancoraggio	757180	1,8	1362924
riempimento vani zavorra con ghisa, minerali ferrosi e inerti	131058	5,6	733925
elementi in fusione d'acciaio per ancoraggio cavi	83300	7	3780
totale	1009618		2748492,8

Fondazione per struttura terminale SICILIA	Peso (tonn)	Fattore MI (kg/kg)	Material Input (tonn)
trattamento colonnare con Jet Grouting diam.1,40	157570	3,2	504224
diaframmi in cls spessore 1 m (esecuzione con benna)	100946	1,8	181703
calcestruzzo (getti e demolizioni)	93636	1,8	168545
totale	352152		854472

Fondazione per struttura terminale CALABRIA	Peso (tonn)	Fattore MI (kg/kg)	Material Input (tonn)
diaframmi in cls spessore 1 m (esecuzione con idrofresa)	6800	1,8	12240
calcestruzzo (getti e demolizioni)	46580	1,8	83844
totale	53380		96084

Torre SICILIA	Peso (tonn)	Fattore MI (kg/kg)	Material Input (tonn)
elementi in acciaio per strutture principali a piè d'opera	55537	7	388759
elementi in acciaio per strutture secondarie, completi in opera	782	7	5474
totale	56319		394233

Torre CALABRIA	Peso (tonn)	Fattore MI (kg/kg)	Material Input (tonn)
elementi in acciaio per strutture principali a piè d'opera	55537	7	388759
elementi in acciaio per strutture secondarie, completi in opera	782	7	5474
totale	56319		394233

I materiali impiegati nella costruzione delle fondazioni, inclusi gli ancoraggi, sono per la maggior parte calcestruzzo e getti di cemento, le torri sono costituite da strutture in acciaio, con scarse presenze di elementi in ferro e ghisa. Le tabelle che seguono mostrano il calcolo MI relativo al sistema di sospensione e all'impalcato tra giunti di dilatazione. La passerella

provvisoria in acciaio comprende oltre che gli impianti speciali, il filo in acciaio armonico zincato 1800 Mpa, a piè d'opera e i cavi principali. Gli elementi per le strutture principali comprendono trattamenti superficiali protettivi e metallizzazioni dell'estradosso stradale; le strutture secondarie comprendono gli accessori ed arredi, quali: apparecchi d'appoggio e giunti secondari, armamenti e marciapiedi ferroviari, pavimentazioni stradali e segnaletica, carri ponte –manutenzione.

Sistema di sospensione	Peso (tonn)	Fattore MI (kg/kg)	Material Input (tonn)
passerella provvisoria e impianti speciali (acciaio)	166769	7	1167383
collari completi in opera (zinco)	2690	9	24210
copertura in acciaio inox sommitàtorri	9590	7	67130
totale	179049		1258723

Impalcato tra giunti di dilatazione	Peso (tonn)	Fattore MI (kg/kg)	Material Input (tonn)
elementi in acciaio per strutture principali a piè d'opera	58313	7	408191
strutture secondarie, guardiavia, frangivento completi in opera	8137	7	56959
totale	66450		465150

Da ultimo vi sono le opere in elevazione, ovvero le strutture terminali in Calabria e in Sicilia, che includono oltre le strutture principali, i trattamenti superficiali protettivi.

Struttura terminale (opere in elevazione)	Peso (tonn)	Fattore MI (kg/kg)	Material Input (tonn)
elementi in acciaio per strutture principali a piè d'opera in Sicilia	9619	7	67333
elementi in acciaio per strutture principali a piè d'opera in Calabria	3700	7	25900
totale	13319		93233

Il volume del progetto preliminare, calcolo sommario della spesa, cui si fa riferimento si chiude con i prezzi relativi ai sistemi di vincolo di impalcato, per entrambe le sponde che però sono sprovvisti di cifre riguardanti materiali e quantità. Si ritiene concluso il calcolo del Material Input del manufatto, avendo trattato i componenti principali, e si procede alla somma cumulativa dei singoli MI, come illustrato dalla tabella.

	Sicilia	Calabria
MI fondazione torre	1954302	1756328
MI blocco ancoraggio	2478343,2	2748492,8
MI fondazione per struttura terminale	854472	96084
MI torre	394233	394233
MI struttura terminale (opere in elevazione)	67333	25900
MI sistema di sospensione	1258723	
MI impalcato tra giunti di dilatazione	465150	
Totale MI del manufatto ponte (tonn)	12493594	

Il Material Input del manufatto ponte è pari a più di 12 milioni di tonnellate di materiali, un fardello quasi tre volte superiore al suo peso fisico. Il calcolo svolto non include gli input di energia necessari alla costruzione dello stesso manufatto; i consumi energetici avrebbero aumentato notevolmente il MI della fase costruzione.

Le sezioni che seguono riportano i primi elementi analitici raccolti per la definizione compiuta della stima del MIPS nel caso del Ponte sullo Stretto di Messina.

Sia la collezione delle informazioni che le relative procedure di calcolo sono in fase di completamento. La loro esposizione risponde alla finalità di chiarire i passaggi di ulteriore approfondimento in via di elaborazione per evidenziare le modalità di applicazione del MIPS all'opera infrastrutturale analizzata.

3.3 L'attraversamento ferroviario

Il progetto preliminare ha provveduto ad aggiornare il progetto dei collegamenti stradali e ferroviari sui versanti della Calabria e della Sicilia, redatto nel 1992, alla luce degli indirizzi dati dal Comitato Tecnico Scientifico, tenendo conto altresì del voto del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, dell'evoluzione del quadro normativo e del parere degli Advisor. Le principali tematiche oggetto di aggiornamento hanno riguardato, per ciò che concerne le strade ferrate:

- realizzazione degli interventi sulla Stazione di Messina (Nuova Stazione Passante) che saranno a cura di RFI [Versante Sicilia]

- allaccio diretto della nuova linea ferroviaria proveniente dal ponte alla futura linea A.C. Salerno-Reggio Calabria, anch'essa ricompresa tra le opere previste dalla legge obiettivo 403/2001.
- realizzazione della variante di Cannitello (sulla linea ferroviaria esistente) a cura di RFI
- realizzazione degli interventi sulla stazione di Villa San Giovanni e sul Fascio Bolano a cura di RFI.

Per quanto riguarda l'infrastruttura ferroviaria, sul versante Sicilia, i limiti d'intervento sono rappresentati da una parte dalla struttura terminale del ponte e dall'altra dall'innesto alla nuova stazione di Messina, traslata circa 800 metri rispetto all'esistente, la cui realizzazione a cura di RFI è funzionale ed indispensabile al collegamento con la rete ferroviaria esistente in direzione Palermo Catania. Le linee ferroviarie comprendono (per ogni singola direzione) 13.800 m di tracciato in galleria, 438 m su viadotto, e la rimanente parte all'aperto per un totale di circa 15.200 m. per quanto attiene alle infrastrutture ferroviarie di progetto, sul versante Calabria, i limiti d'intervento sono rappresentati dalla struttura terminale del ponte e dal collegamento con la futura linea A.C. che collegherà Salerno con Reggio Calabria, oltre che dal raccordo con l'esistente linea lenta. Le opere ferroviarie hanno uno sviluppo (per ogni singola direzione) totale pari a circa 4.600 m quasi tutti in galleria (96%).

Come premesso, il calcolo dell'indice MIPS considera esclusivamente la struttura del manufatto, per cui gli input di materia relativi alle opere a terra, sia stradali che ferroviarie, vengono al momento esclusi, anche perché vedrebbero la realizzazione di "opere d'arti singolari" quali viadotti, raccordi e gallerie, per le quali non sono stati presentati alcuni dati di riferimento. Dalla composizione di una sezione dell'impalcato ferroviario (vedi schede informative di sintesi) è possibile visualizzare come vengono realizzati i binari della ferrovia. In particolar modo, indagini condotte tra tecnici del settore ci informano del fatto singolare che le rotaie del tracciato ferroviario si innestano direttamente sull'acciaio dell'impalcato. La seguente tabella calcola il Material Input delle rotaie che ricoprono l'impalcato, sapendo che un metro lineare di rotaia pesa 60 kg.

Ferrovia	Quantità	Fattore MI (kg/kg)	Material Input (tonn)
lunghezza totale rotaie (m)	20280		
profilati d'acciaio (tonn)	1217	7	8518
Totale			8518

Per quanto attiene alla linea elettrica, ovvero alla T.E., essa è composta da tralicci in acciaio posti mediamente ad una distanza di 50 m circa del peso di 1300 kg ciascuno. I tralicci supportano le mensole e gli attacchi della linea di contatto; la linea è formata da due corde di rame del diametro di 120 mmq e due fili di rame del diametro di 100 mmq, il cui peso è di 4,04 kg per metro lineare, compresa la pendinatura. Sulla testa dei tralicci vi sono inoltre

trefoli in alluminio, il cui peso per metro lineare è di 0,800 kg. Considerando il tracciato sotto esame di una lunghezza di 5 chilometri, si calcola il material input relativo al sistema di Trazione Elettrica.

Linea elettrica	Peso (tonn)	Fattore MI (kg/kg)	Material Input (tonn)
acciaio per tralicci	132	7	922,74
corde di rame	41	10	409,656
trefoli in alluminio	4,056	3,5	14,196
Totale			1346,592

3.4 Il calcolo MI del trasporto

Nella fase della costruzione rientra il calcolo del MI relativo al trasporto dei materiali in loco. Il trasporto, propedeutico alla realizzazione del manufatto, ha un impatto notevole sull'ambiente, specialmente se riguarda ingenti quantità di materiale da trasportare. Per il calcolo del material input relativo al trasporto occorre conoscere il peso del materiale trasportato, il percorso che deve essere eseguito e il mezzo di trasporto. Per l'opera del ponte le vie di trasporto scelte sono quella gommata (autotrasportatori e TIR) e quella marittima (navi traghetto).

La formula da applicare è la seguente:

$$MI_p^{(T)} = \sum_{i=1}^n [(P_i \times d_i) \times (\alpha_{MI})_i^{(T)}]$$

in cui P_i è il peso del componente i-esimo da trasportare, in tonnellate, d_i è la distanza percorsa (in km) che il componente i-esimo ha compiuto, e $(\alpha_{MI})_i^{(T)}$ il fattore MI del trasporto, ovvero l'input di materia necessario per trasportare 1kg del componente i-esimo ed è espresso in kg (tonnellate per km).

Il percorso stimato per il reperimento dei materiali sabbiosi necessari, considerati entrambi i versanti, non è superiore ai 30 km, in quanto le ghiaie di Messina e conglomerati argillosi-sabbiosi lungo il tracciato dei lavori sono stati considerati nel progetto preliminare una soluzione ottimale. Secondariamente è previsto un reimpiego parziale dei materiali di scavo, per calcestruzzi e fondazioni e siti di deposito come serbatoi provvisori.

Per il reperimento di acciaio non vi sono dati in proposito, per cui le acciaierie interessate alla fornitura possono trovarsi sia in ambito nazionale che estero, tuttavia si ipotizza una provenienza dell'acciaio dai paesi dell'Unione Europea, con un percorso medio stimato di

2500 km. Si considera a questo punto dello studio i trattamenti in jet grouting, composti da materiali di “risultata”, quindi realizzati tramite il loro reimpiego per i rinforzi in cemento, pertanto realizzabili direttamente sul posto. Le strutture in calcestruzzo che necessitano di ulteriore cemento prevedono il trasporto di sabbie e ghiaie, da una distanza di 30 km.

La tabella che segue mostra il calcolo del material input relativo al trasporto dei materiali per le opere di fondazioni, strutture terminali e ancoraggi, in calcestruzzo proveniente dalle cave più vicine.

Trasporto	Peso (tonn)	Distanza (km)	Fattore MI (kg/tonn*km)	Material Input (tonn)
Sicilia				
calcestruzzo per fondazione torre	373048	30	1	11191,44
calcestruzzo per blocco ancoraggio	1028024	30	1	30840,72
calcestruzzo per struttura terminale	194582	30	1	5837,46
Calabria				
calcestruzzo per fondazione torre	391034	30	1	11731,02
calcestruzzo per blocco ancoraggio	795260	30	1	23857,8
calcestruzzo per struttura terminale	53380	30	1	1601,4
totale				85059,84

Per il trasporto dei materiali ferrosi, ghisa e zinco si ipotizza un tragitto nazionale, essendo le quantità richieste moderate; per cui si stima un percorso medio di 500 km, su gomma, che ipotizza una distanza plausibile per tutte le provenienze italiane.

trasporto	Peso (tonn)	Distanza (km)	Fattore MI (kg/tonn*km)	Material Input (tonn)
zavorra con ghisa, minerali ferrosi e inerti	131058	500	1	65529
collari completi in opera (zinco)	2690	500	1	1345
totale				66874

Per quanto attiene al trasporto dell'acciaio, che è il materiale più utilizzato per l'opera, è noto che riguarda più imprese europee. Per cui si stima un tragitto medio che gli autotrasportatori devono coprire, da tutta Europa per rifornire le operazioni di costruzione, pari a circa 3000 km.

Trasporto	Peso (tonn)	Distanza (km)	Fattore MI (kg/tonn*km)	Material Input (tonn)
elementi in fusione d'acciaio per ancoraggio cavi	1080	3000	1	3240
elementi in acciaio per strutture principali a piè d'opera	111074	3000	1	333222
elementi in acciaio per strutture secondarie, completi in opera	1564	3000	1	4692
passerella provvisoria e impianti speciali (sist.sospensione)	166769	3000	1	500307
copertura in acciaio inox sommitàtori	9590	3000	1	28770
impalcato tra giunti di dilatazione (elementi in acciaio)	66450	3000	1	199350
struttura terminale (opere in elevazione)	13319	3000	1	39957
Totale				1109538

La tabella che segue riporta il calcolo del trasporto dei materiali necessari alla trazione elettrica della linea ferroviaria. Si considera a tal fine la provenienza europea dell'acciaio, nazionale, viste le quantità quelle del rame e dell'alluminio.

Linea elettrica	Peso (tonn)	Distanza (km)	Fattore MI (kg/tonn*km)	Material Input (tonn)
acciaio per tralicci	132	3000	1	396
corde di rame	41	500	1	21
trefoli in alluminio	4,056	500	1	2,028
Totale				419

3.5 L'unità di servizio, l'attraversamento del ponte

Il dato di partenza dal quale lo SIA produce gli scenari di sviluppo del traffico è sintetizzato in due tabelle che quantificano la domanda, espressa in passeggeri/anno e tonnellate/anno, di attraversamento dello stretto di Messina all'anno di riferimento (2000). Si tratta di dati coerenti, sotto il profilo dimensionale, con quelli prodotti nel rapporto dell'Advisor¹, ai quali evidentemente si rifà la stima dello SIA².

Le due tabelle seguenti offrono una comparazione fra i dati proposti nello SIA e quelli proposti dall'Advisor (domanda di attraversamento di passeggeri e merci, divisa fra domanda locale e domanda di media e/o lunga percorrenza). I dati dell'Advisor, essendo espressi in passeggeri e tonnellate / giorno, sono stati riportati ad indici annuali utilizzando i coefficienti di conversione adottati dallo stesso Studio di Impatto Ambientale³.

Attuale domanda di attraversamento dello Stretto di Messina. Passeggeri / anno								
	Auto+Moto		Bus Locali		Treno		Totale	
	Advisor	SIA	Advisor	SIA	Advisor	SIA	Advisor	SIA
Locale	1.149.385	1.149.500	-	148.000	-	-	1.149.385	1.297.500
LP	3.677.010	3.806.000	949.000	982.000	1.899.095	1.966.000	6.525.105	6.754.000
Totale							7.674.490	8.051.500

fonte: SIA 2002

Attuale domanda di attraversamento - Merci (tonnellate/anno)						
	Strada		Ferrovia		Totale	
	Advisor	SIA	Advisor	SIA	Advisor	SIA
Locale	406.410	496.500	-	-	406.410	496.500
LP	7.812.000	9.547.000	2.951.390	3.057.000	10.763.390	12.604.000
Totale					11.169.800	13.100.500

fonte: SIA 2002

¹ Advisor "Collegamenti Sicilia – Continente", cit., Tab. 2.1.1 Valori complessivi di domanda passeggeri giornaliera e Tab. 2.1.2 Valori complessivi di domanda merci giornaliera, pagine 23, 24.

² Stretto di Messina SpA. Ponte sullo Stretto di Messina, Progetto Preliminare, Parte 3. Studio di Impatto Ambientale, Sezione B Quadro di riferimento progettuale, Relazione Generale. Novembre 2002. Pagina 5.

³ Stretto di Messina SpA, SIA novembre 2002, Sez. B, Relazione generale, cit. Pagina 26.

In particolare, la domanda complessiva passeggeri risulta, nello SIA, di circa il 5% superiore a quella considerata dall'Advisor, mentre nel caso delle merci la domanda assunta dallo SIA è di circa il 17% superiore a quella dell'Advisor.

Come si evince dalla lettura del documento dell'Advisor, le cifre sopra riportate rendono conto di una parte della domanda di trasporto di passeggeri e merci fra Sicilia e Continente, essendo altri rilevanti segmenti rappresentati:

- per quanto riguarda le persone, dagli spostamenti di breve distanza serviti dai traghetti (22% della domanda complessivamente stimata) e da quelli di lunga percorrenza che si servono del mezzo aereo (33% della domanda complessivamente stimata);
- per quanto riguarda le merci, dai trasporti effettuati in modalità RoRo (23% della domanda complessivamente stimata, che peraltro non comprende il cabotaggio e la navigazione internazionale).

La questione è rilevante in quanto, sempre secondo le stime prodotte dall'Advisor, tali segmenti, che pure non saranno, ragionevolmente, interessati dal Ponte sullo Stretto (e infatti non vengono considerati nello SIA) presentano attualmente i più significativi tassi di crescita, come si evince dalla seguente tabella, ripresa dal rapporto dell'Advisor⁴, che riporta la crescita percentuale della domanda, per segmento modale, nel periodo 1995 – 1999:

	Diff. % '99-95
Passeggeri Aereo	+ 46%
Carrozze ferroviarie	- 4%
Autovetture e moto	- 5%
Tonnellate su RoRo	+ 110%
Tonnellate su strada	+ 43%
Tonnellate su ferrovia	+ 27%

Lo studio trasportistico elaborato nell'ambito dello SIA sviluppa previsioni di crescita dei diversi segmenti di domanda potenzialmente interessati al Ponte, prima dalla situazione base (2000) all'anno di prevista apertura del Ponte (2012) e, quindi agli anni 2022, 2032 e 2042; dal 2042 al 2062 si suppone che il traffico resti costante. Le previsioni elaborate dallo SIA sono articolate in due scenari principali e in due sottoscenari, come di seguito descritti:

- Scenario A “sviluppo economico sensibile”;
- Scenario B “sviluppo economico moderato”;
- Scenario A1: come lo scenario A, ma con una più consistente offerta di traghetti;
- Scenario B1: come lo scenario B, ma con una più consistente offerta di traghetti.

⁴ Advisor “Collegamenti Sicilia – Continente”, cit., Tab. 2.1.3, Pagina 24.

Per ogni scenario vengono proposti tassi annuali di crescita articolati nei diversi decenni compresi fra l'anno base e il 2042 e per i diversi modi di trasporto considerati (passeggeri su strada e ferrovia, merci su strada e ferrovia); a partire dall'anno 2012, ad ogni segmento modale viene attribuita una percentuale addizionale di traffico in quanto "indotto" dall'apertura del ponte.

Di seguito si riportano le stime dei passeggeri/anno nei quattro scenari presentati nel progetto preliminare (aggiornamento progetto di massima 1992, sezione B "Quadro di Riferimento progettuale- Relazione Generale").

SCENARIO A	2012	2017	2022	2032	1042
pass auto+moto base	6628000	7609000	8736000	11889000	13662000
pass auto+moto indotto	1320500	2808500	3025500	3511000	4035000
pass bus base	1505000	1728000	1984000	2740000	3148000
pass bus indotto	30500	74000	80000	93000	107000
pass treno base	3462000	3974500	4563000	7014000	8060000
pass treno indotto	655000	703500	758000	879500	1011000

SCENARIO A1	2012	2017	2022	2032	1042
pass auto+moto base	4902000	5628000	6461000	8516000	9786000
pass auto+moto indotto	1266000	2560500	2758500	3197000	3674000
pass bus base	1412000	1621000	1861000	2453000	2819000
pass bus indotto	30500	74000	80000	93000	107000
pass treno base	3462000	3974500	4563000	60014000	6911000
pass treno indotto	655000	703500	758000	879500	1011000

SCENARIO B1	2012	2017	2022	2032	1042
pass auto+moto base	3873500	4070000	4278000	4725000	4966500
pass auto+moto indotto	864000	1664000	1695000	1747000	1850000
pass bus base	1155500	1172500	1232500	1361000	143500
pass bus indotto	10000	24500	25000	25500	26500
pass treno base	2734000	2873500	3020000	3336000	3506000
pass treno indotto	432000	489000	497500	512500	528500

SCENARIO B	2012	2017	2022	2032	1042
pass auto+moto base	5238000	5505000	5786000	6391000	6717000
pass auto+moto indotto	1059000	2082000	2113500	2178000	2244500
pass bus base	1189000	1250000	1313500	1451000	1525000
pass bus indotto	10000	24500	25000	25500	26500
pass treno base	2734000	2873500	3020000	3336000	35006000
pass treno indotto	432000	4889000	497500	512500	528500

Si riporta adesso la domanda di merci per i diversi scenari, espressa in tonnellate/anno.

SCENARIO A	2012	2017	2022	2032	1042
strada base	13852500	15903500	18258000	24065000	27654500
strada indotto	1602000	3300500	3555500	4126500	4742000
ferro base	4514000	5204000	5981500	7898000	9076000
ferro indotto	789000	1205000	1306500	1535500	1764500

SCENARIO A1	2012	2017	2022	2032	1042
strada base	12250000	13777500	15863000	21009500	2414600
strada indotto	1357800	2491500	2683000	3117000	3582000
ferro base	4514000	5182500	5950000	7842000	9012000
ferro indotto	789000	1205000	1306500	1535500	1764500

SCENARIO B	2012	2017	2022	2032	1042
strada base	11236000	12066000	12665000	13954000	14667500
strada indotto	1319500	2239500	2272000	2339000	2410000
ferro base	3595000	3948000	4150000	4561000	4794000
ferro indotto	466000	708500	718000	742000	764500

SCENARIO B1	2012	2017	2022	2032	1042
strada base	9672000	10165000	10684000	11801500	12405000
strada indotto	1069500	1948000	1977500	2037500	2099500
ferro base	3595000	3778000	3971000	43386000	4610500
ferro indotto	466000	708500	718000	742000	764500

3.6 Ulteriori approfondimenti per la determinazione del MIPS del Ponte sullo Stretto di Messina

Sulla base delle stime e delle informazioni riportate nei paragrafi che precedono è in corso di elaborazione il calcolo integrale del MIPS per il Ponte sullo Stretto di Messina.

Gli ulteriori passaggi prevedono:

- il completamento della stima MI in relazione all'attraversamento ferroviario;
- la valutazione MI dell'infrastruttura stradale;
- la stima della quota "funzionale" di Material Input determinato dai differenti scenari di evoluzione del traffico (stradale e ferroviario), in base ai quali vengono individuati i possibili valori per il denominatore dell'indice (componente S);
- indicazione finale del MIPS per il Ponte sullo Stretto di Messina.

Una ulteriore parte del lavoro in corso di completamento sarà dedicata alla valutazione della sostenibilità economica dell'opera: sia sotto il profilo della sua finanziabilità in relazione al rischio sistemico dell'infrastruttura, sia agli effetti strutturali della realizzazione dell'opera sul sistema produttivo della regione Sicilia (effetti di competitività, costo-opportunità in termini

di sviluppo delle modalità alternative di trasporto delle merci), sia agli effetti di equità intergenerazionale imposti dalle operazioni di finanziamento e garanzia.

Ancora sotto il profilo della realizzazione di una compiuta analisi degli impatti ambientali tipo-MIPS, lo studio (al momento limitato all'impatto materiale del manufatto in senso stretto: i 5,07 Km. di ponte), dovrebbe essere esteso alla valutazione del Material Input implicato dalle ingenti opere di raccordo con le reti stradali e ferroviarie esistenti, che implicano variazioni ed aggiunte ai tracciati in essere, realizzazione di tratte interrato e trasferimento di snodi centrali quali ad esempio la Stazione Ferroviaria centrale della città di Messina.

**LA SOSTENIBILITA' DEL PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA: UNA
VALUTAZIONE MIPS**

ALLEGATO:

Schede tecniche e Specifiche del progetto preliminare 2003

Fonte: www.strettodimessina.it

IL PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



INQUADRAMENTO TERRITORIALE

IL PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA

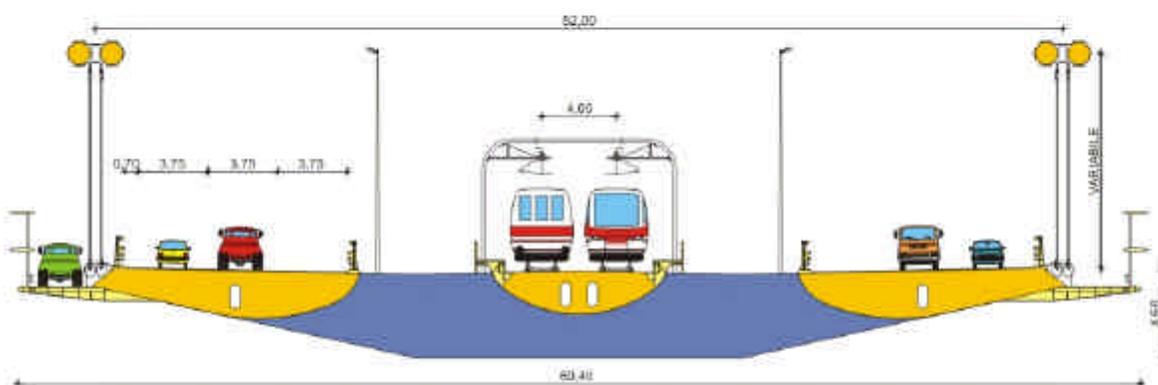


DATI GENERALI

Luce della campata centrale:	3.300 m
Luce delle campate laterali sospese:	183 x 2 m
Altezza delle torri:	382,60 m
Larghezza dell'impalcato sospeso:	60 m
Lunghezza dei cavi tra gli ancoraggi:	5.300 m
Altezza del canale navigabile:	65 m su una fascia centrale di 600 m

IL PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA

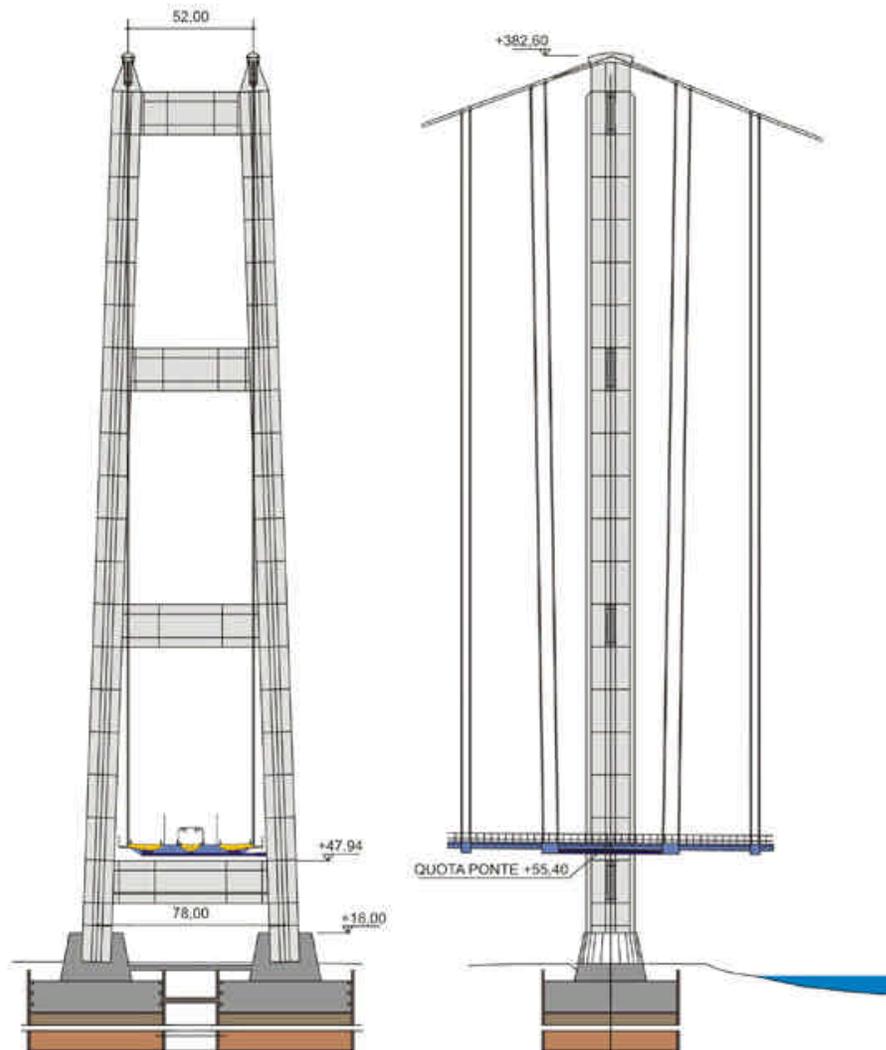
SEZIONE DELL'IMPALCATO



IMPALCATO

Lunghezza impalcato sospeso:	3.666 m
Larghezza totale:	60 m
Peso totale carpenteria:	66.500 t
Sezioni viarie:	2 x (marcia veloce + marcia normale + emergenza)
Sezioni ferroviarie:	2 binari
Sezioni di servizio:	2 corsie indipendenti per veicoli di servizio e pedoni
Portata massima teorica di traffico:	6.000 veicoli/h; 200 treni/giorno

IL PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA
SEZIONI LONGITUDINALE E TRASVERSALE DELLA TORRE

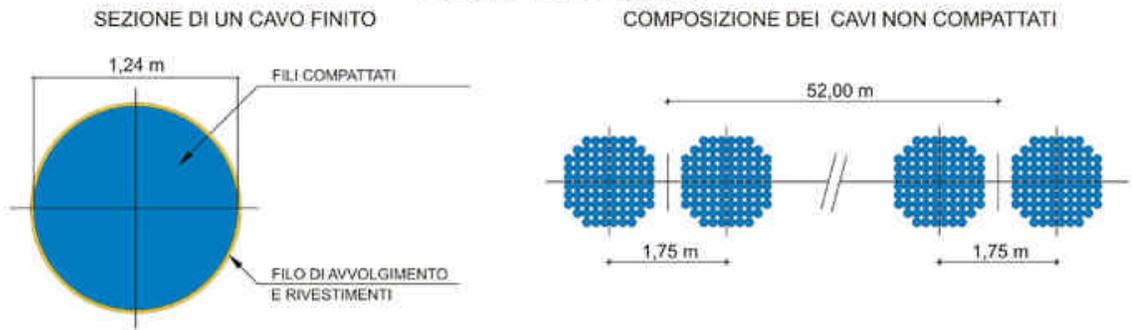


TORRI

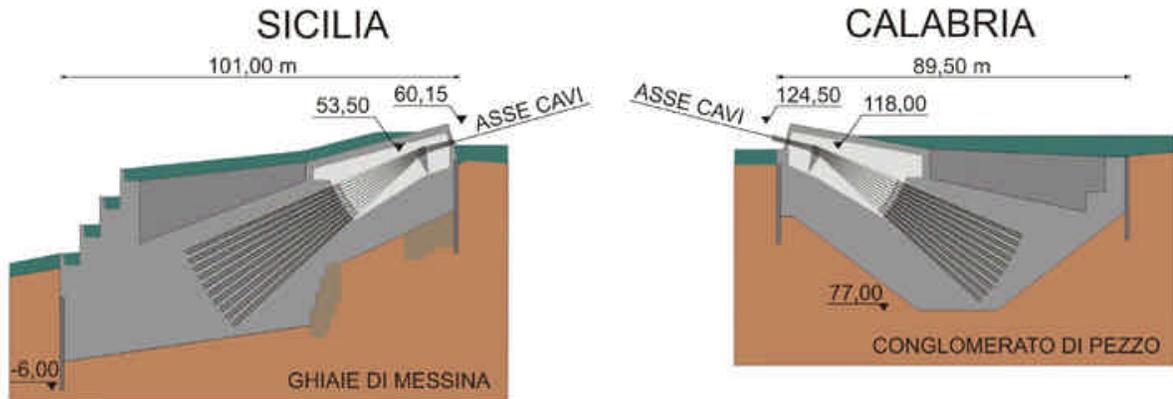
Altezza totale:	382,60 m
Peso totale carpenteria:	56.000 t ciascuna
Tipo di fondazioni (Sicilia):	2 plinti circolari di diametro 55 m
Tipo di fondazioni (Calabria):	2 plinti circolari di diametro 48 m

IL PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA

CAVI PRINCIPALI



SEZIONE DEI BLOCCHI D'ANCORAGGIO (QUOTE SUL LIVELLO DEL MARE)



SISTEMA DI SOSPENSIONE E ANCORAGGI

Lunghezza totale dei cavi tra gli ancoraggi:	5.300 m
Numero e dimensione dei cavi:	2 coppie con diametro 1,24 m; interasse 52 m
Composizione di un cavo:	44.352 fili di diametro 5,38 mm
Quantità di acciaio in fili per i cavi principali:	166.600 t
Volume dell'ancoraggio Sicilia:	328.000 m ³
Volume dell'ancoraggio Calabria:	237.000 m ³
Percentuale di volume edificato fuori terra:	17%

FASI DI REALIZZAZIONE DEL PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



FASE 1
Trattamento dei terreni, realizzazione dei blocchi di ancoraggio e delle fondazioni delle torri.
FASE 2
Montaggio delle torri. Proposizione delle strutture e delle attrezzature per la realizzazione dei cavi (spinnig).



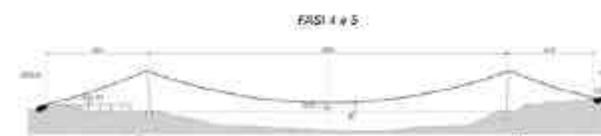
FASE 6
Montaggio delle campate laterali dell'impalcato lato Calabria e lato Sicilia con trasporto via mare e sollevamento/innalzazione dei cavi.



FASE 3
Spostamento delle cornici delle torri modulari (in-back), necessarie per garantire la verticalità dei cavi a ponte ultimato. Posa della trave pilota.



FASE 7, 8 e 9
Montaggio della campata centrale dell'impalcato. Gli elementi modulari prefabbricati vengono trasportati via mare e sollevati da apposito attrezzatura posate sui cavi portanti. Dopo aver montato il modulo centrale e quelli vicini le torri si procederà con quello distati di avanzamento. Con la progressione del montaggio il sistema raggiunge il suo assetto definitivo, si annulla la deformazione iniziale delle torri (in-back) e si stabilisce lo scalcitrato di collegamento definitivo tra i vari moduli dell'impalcato.



FASE 4
Realizzazione delle passerelle di lavoro per la fissazione dei cavi (spinnig).
FASE 5
Fase dei lavori finali. Completamento del cavo. Compattazione dello stesso. Tracce della posa degli elementi di ancoraggio dell'impalcato (cavi e pendenti). Completamento dei blocchi d'ancoraggio e realizzazione delle strutture terminali lato Sicilia e lato Calabria.



FASE 10
Completamento delle campate centrali con il montaggio degli ultimi due moduli. Completamento della zona a cavalli delle torri.
FASE 11
Installazione degli arredi di pedana stradale e loro cura (drenaggio, griglia, armeria, pavimentazione e finitura). Finitura dei cavi principali (avvolgimento, trattamento protettivo e districchi), ancoraggio, presenza di servizio. Completamento degli arredi di appoggio e controllo e messa in servizio.