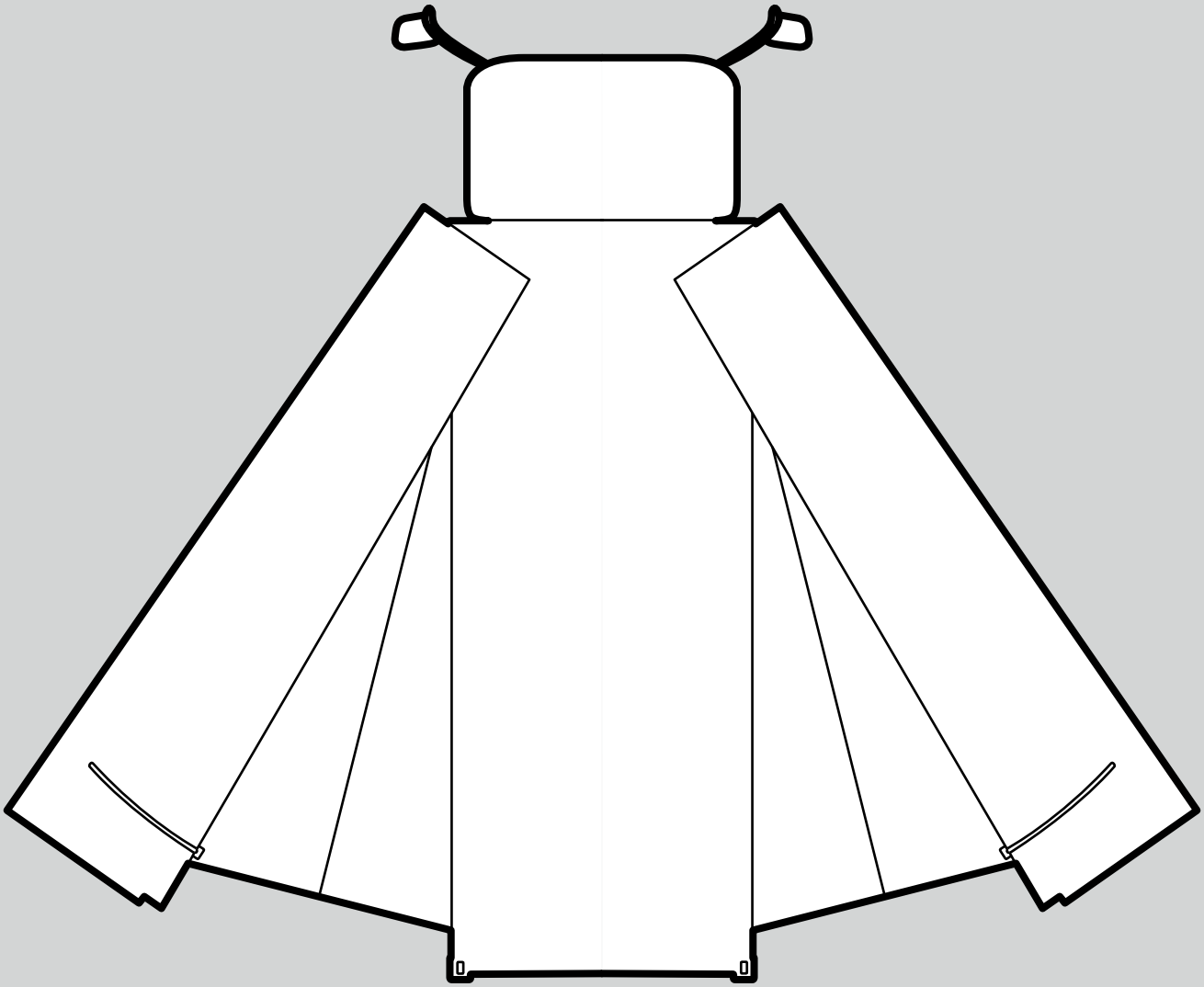
BUG

Container riconfigurabile per centro di documentazione mobile



POLITECNICO DI TORINO

Corso di Design e comunicazione visiva

Candidati:
Vittorio Perini
William Tonelli

Relatore:
Walter Franco

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Design e comunicazione visiva

TESI DI LAUREA

Container riconfigurabile per centro di documentazione mobile

Relatore
Prof. Walter Franco

Candidati
Vittorio Perini
William Tonelli

Anno accademico 2018/2019

INDICE

01 INTRODUZIONE

La tesi è nata da una collaborazione tra il Politecnico di Torino e l'associazione Architettura Senza Frontiere (ASF).
L'obiettivo è quello di sensibilizzare la popolazione haitiana sui **temi riguardanti l'ambiente** tramite un'installazione audiovisiva. Per perseguire tale obiettivo ASF si servirà di **container mobili** che si sposteranno in tutto il territorio di Haiti. All'interno dei container verrà allestito del **materiale multimediale** sul tema ambientale al fine di trasmettere il messaggio. Il progetto è diviso in 2 fasi: nella prima parte il container è pensato come un **centro culturale itinerante**; nella seconda invece ha una **collocazione fissa**. La proposta di tesi consiste nella progettazione di un container che sia in grado di espandersi su se stesso incrementando il proprio volume per poter ospitare il maggior numero di persone.
La prima parte della tesi illustra la ricerca effettuata dei vari casi studio e dei meccanismi, i quali riguardano direttamente i container o hanno aspetti che potrebbero essere presi in considerazione in fase progettuale. In seguito vengono selezionati i meccanismi in base alla loro applicabilità e viene approfondito il tema dell'attuazione in modo tale da avere a disposizione varie soluzioni per la movimentazione del container. La parte di ricerca termina con la compilazione della tabella esigenziale che sintetizza i problemi progettuali in una serie di requisiti che devono essere soddisfatti.
Da qui inizia la seconda parte con la ricerca delle possibili soluzioni e con la formazione dei concept. Uno di questi è stato

sviluppato fino alla realizzazione del progetto vero e proprio, rappresentato tramite disegni tecnici, render e storyboard. Il risultato viene ulteriormente sottoposto ad analisi per mostrare i punti forza e le criticità, volte a fornire una sintesi sull'efficacia del progetto.

02 ESPLORAZIONE

FASE DI ESPLORAZIONE: "«dove fare?» intesa come ricerca e individuazione di nuovi possibili ambiti inesplorati per il design."[1]
Lo studio dell'ambito e la produzione di un primo concept sono stati effettuati dall'associazione **ASF** presente nel territorio di Haiti dal 2011, dove ha potuto far ricerca e studiare le usanze della popolazione stessa.
La possibilità di stare a diretto contatto con le persone ha fatto sì che sorgessero diversi spunti progettuali legati alle problematiche insorte nel territorio, come per esempio questioni riguardanti le **strutture delle case**, sia a causa delle tecniche utilizzate e sia per i materiali stessi adoperati. Altre criticità riscontrate sono connesse al disagio sociale, economico e ambientale. Haiti è il paese più indigente dei Caraibi e la popolazione che vive in estrema povertà lotta quotidianamente per la sopravvivenza. Questa grave situazione porta di conseguenza ad avere difficoltà nella comunicazione stessa, e nel far passare un nuovo concetto di "territorio" visto come un insieme di risorse che implicano sia il manufatto (materiali ed energia) sia il contesto (suolo, paesaggio). È quindi complicato sensibilizzare e rendere più consapevoli gli abitanti della necessità di avere un rapporto equilibrato con l'ambiente affinché le loro condizioni di vita possano migliorare sensibilmente.
Considerate queste criticità è nata nel 2016 l'idea di creare un **Cineforum**, che oltre allo scopo di sensibilizzare la popolazione ai temi legati all'ambiente, promuovendo nuovi **stili di vita**

Fig.1 *Proiezione in un'aula*

Fig.2 *Container dell'azienda Dmeco*

sostenibili e creando nuovi modelli di cittadinanza, aiuta anche il **superamento dell'analfabetismo**. Il progetto è partito nel 2017 quando l'associazione ASF ha iniziato il processo di sensibilizzazione con dei filmati proiettati nelle scuole presenti ad Haiti (fig.1), cercando di esaminare l'interesse da parte della popolazione più giovane e valutando le informazioni apprese durante queste sessioni. Il riscontro è stato positivo, grazie alla partecipazione dimostrata degli studenti e dal loro modo di interagire apertamente.

ASF ha deciso nel prossimo futuro di voler estendere alla maggior parte della popolazione di Haiti questo messaggio, suddividendola in due categorie di **Target**: le **persone adulte** che si relazioneranno con certi tipi di contenuti, i **bambini** che visioneranno altri tipi di contenuti, sempre legati ai temi trasmessi nella prima prova fatta nel 2017. Per raggiungere il più ampio numero di persone in tutto il territorio, si è pensato di far affidamento al **piano di lavoro** che ha interessato queste realtà e con le quali avevano già lavorato nelle missioni precedenti. Da qui nasce il **progetto Container**, "contenitore di immagini" che avrà lo scopo di **trasmettere questi messaggi**, in tutta Haiti in itinere, utilizzando come mezzo un camion.

ASF si servirà dei container che verranno messi a disposizione dall'azienda **Dmeco** (fig.2).

La fase dell'esplorazione non è trattata perché vi è presente già una committenza, un contesto e un ambito specifico, per via dell'esplorazione già effettuata in precedenza da ASF.

Fig.3 *Logo ASF*

BRIEF

"Documento che raccoglie le informazioni, gli obiettivi e le richieste del cliente, finalizzati al progetto senza espressioni estetiche. Scopo del brief è fornire al gruppo di progettisti tutte le informazioni e gli input necessari per sviluppare il progetto."[2] Silvia Barbero

INTRODUZIONE

Il 29 settembre del 2018 presso il Politecnico di Torino, sono state esaminate le informazioni relative al progetto Container, utili a delineare il brief.
L'incontro è avvenuto con due architette Annalisa Mosetto e Valeria Cottino, integrate nel team di Architettura Senza Frontiere, le quali hanno seguito in primis lo studio effettuato nel territorio haitiano. L'idea come citata in precedenza è quella di portare messaggi legati al tema ambientale al maggior numero di persone presenti nel territorio.
Per farlo si utilizzano due container da 6,5 X 2.5 forniti dall'azienda Dmeco. L'intenzione è quella di realizzare un container espandibile che possa ospitare il maggior numero di persone all'interno e che possa essere un luogo destinato a numerose attività: mostre espositive, infopoint, cineforum. É stato esplicitamente richiesto da ASF di realizzare un container espandibile, che non avesse la forma di un parallelepipedo ma che creasse forme più giocose. La richiesta nasce dal fatto che dai risultati dalle analisi effettuate sul territorio, il container viene visto in maniera negativa dall'opinione pubblica haitiana perché questa tipologia di struttura/costruzione viene associata agli aiuti umanitari e di conseguenza a prodotti d'emergenza destinati a zone bisognose. Durante questa analisi l'associazione ha fornito i contatti di due laureandi di architettura, che hanno effettuato uno studio nell'autunno del 2018 sui materiali e su alcune tipologie di case (Gingerbread Houses) presenti nel

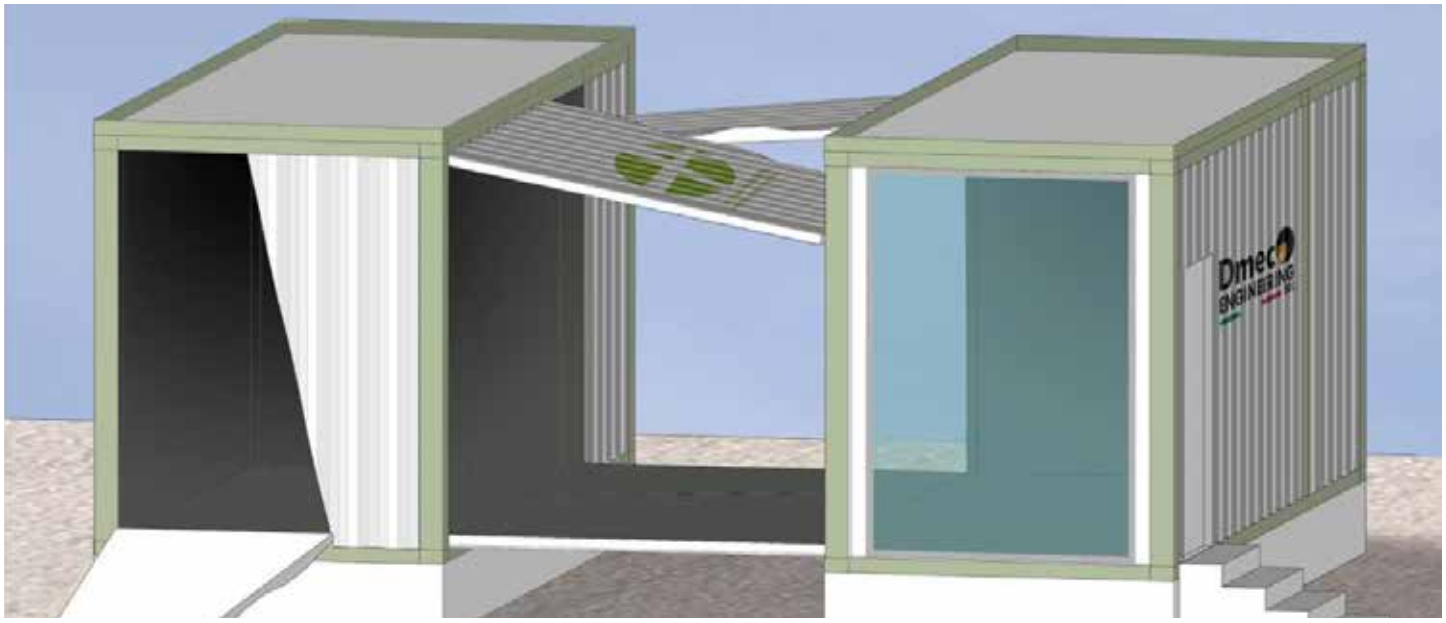


Fig.4 *Immagine concept ipotizzado da ASF a inizio progetto.*

territorio di Haiti.
Durante il colloquio con ASF sono stati spiegati i principali requisiti che il container dovrebbe soddisfare e anche le problematiche legate al territorio di cui si deve tenere conto in fase progettuale.
1) **TRASPORTABILITÀ:** il container dovrà essere trasportato facilmente per tutto il territorio haitiano.
2) **AUTONOMO:** il container dovrà essere autosufficiente, in grado di autogenerare corrente perché in molte aree di Haiti, non vi è presente l'allaccio per usufruire dell'elettricità. Le soluzioni proposte da loro, sono quelle di utilizzare dei pannelli fotovoltaici o sistemi manuali.
3) **VOLUMI INTERNI:** dovrà essere presente lo spazio necessario dove riporre le attrezzature utilizzate per le attività svolte. È stato richiesto di organizzare l'interno in modo tale da evitare di spostare oggetti quando il container dovrà ampliarsi.
4) **LEGGEREZZA:** la struttura dovrà essere più leggera possibile, caricando il meno possibile il mezzo di trasporto, riducendo così il consumo di carburante.
Le condizioni stradali non sono adeguate alla circolazione di mezzi pesanti.
5) **INTEGRABILITÀ:** i due container dovranno integrarsi tra di loro, creando un unico grande spazio, ipoteticamente anche parzialmente aperto.

Fig.5 *Artigiano locale, mentre lavora il ferro. Immagine ripresa da articolo Domus.*

TEMPISTICHE

Il progetto si svilupperà in due fasi, la prima prevede un periodo di svolgimento di 1 anno in cui il container verrà spostato per tutto il territorio di haitiano. L'idea fornita da ASF è quella di trasportare il container sopra un camion. Visto che non è garantita la presenza di una gru o di un muletto in tutti i luoghi scelti per posizionarlo a terra, dovrà essere dotato di un accesso per poter salire all'interno di esso. La seconda fase prevede invece che il container abbia una **collocazione fissa**. Il luogo in cui verrà posato sarà molto probabilmente all'ombra, viste le alte temperature tipiche del clima caraibico.

Anche le precipitazioni sono un problema da non sottovalutare perché seppur non essendo un fenomeno frequente, vengono spesso accompagnate da venti forti e tempeste tropicali. Quindi sarà necessario adottare **soluzioni veloci e efficaci** per chiudere il container in caso di pioggia. I materiali utilizzati per la realizzazione del container dovranno essere i più conformi possibile alla tematica ambientale. Bisognerà porre attenzione anche alla **manutenzione**, in modo tale che sia facilmente gestibile nel luogo in cui è situato, tenendo conto delle risorse presenti nel territorio.

Sono stati anche segnalati da ASF e dai laureandi di Architettura diversi materiali presenti nel territorio tra cui: il bambò, il vetiver, il caucciù e il ferro. In particolare risulta che quest'ultimo materiale venga lavorato molto bene e vi siano presenti nel territorio molti artigiani locali che lavorano il metallo.[3]

Fig.6 *Camion con il container messo a disposizione dalla Dmeco per il progetto di Haiti.*

Altro elemento da tenere in considerazione è il degrado causato dalla presenza di elevate quantità di plastica. Una soluzione suggerita da ASF di è quella di proporre strategie per un possibile **riuso**, in modo tale da poter ridurre il quantitativo di materia abbandonata e allo stesso tempo dimostrare il suo potenziale. É stato chiesto di verificare anche la possibilità di utilizzare dei materiali in esubero come precedentemente detto per la plastica, applicandoli come possibili pannelli per coibentare le pareti dei container. **L'isolamento termico** sarà una problematica da affrontare perché anche se il container fosse posto all'ombra, le elevate temperature tenderebbero a riscaldarlo. É necessaria una buona coibentazione, per evitare che possa diventare insostenibile la presenza prolungata all'interno. Lo spazio deve essere pensato per poter ospitare il maggior numero di persone sia nella conformazione singola e sia nella doppia. Dovrà essere contenuto inoltre tutto il materiale necessario affinché le diverse **attività culturali** possano essere svolte. Per questioni di logistica i due container verrebbero precedentemente costruiti e montati in Italia presso l'azienda Dmeco e successivamente spediti in loco.
Per facilitare il dialogo con le diverse realtà che operano intorno al progetto è stato fornito il contatto diretto con l'azienda, al fine di ottenere maggiori informazioni legate agli elementi compositivi della struttura e alla loro realizzazione.

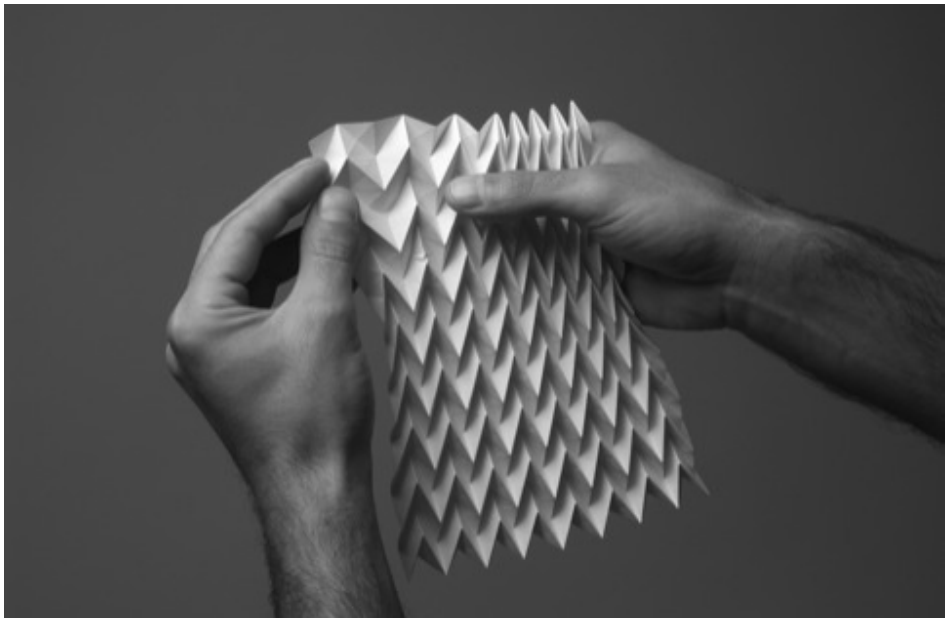


Fig.7 *Tipologia di piegatura*
Fig.8 *Tipologia di meccanismo pieghevole*
Fig.9 *Tipologia di struttura.*

KEYWORDS

La ricerca è stata impostata sulla base di parole-chiave che hanno permesso di trovare dati utili riguardanti i casi studio per la costruzione dello scenario, eliminando le informazioni superflue. Le keywords sono state scelte a partire dal brief e sono state analizzate semanticamente per comprendere al meglio il loro significato, permettendo così di capire come indirizzare la nostra indagine di ricerca.
A seguito verranno riportate le keywords utilizzate con la relativa definizione.

PIEGHEVOLE: Che si può ripiegare su sé stesso, in modo da occupare minore spazio, o essere trasportato più facilmente.

DISPIEGARE: Aprire in tutta la sua estensione ciò che era ripiegato.

STRUTTURA: In senso ampio, la costituzione e la distribuzione degli elementi che, in rapporto di correlazione e d'interdipendenza funzionale, formano un complesso organico o una sua parte, il complesso stesso, o un suo componente, inteso come entità funzionalmente unitaria risultante dalle relazioni reciproche dei suoi elementi costitutivi.

SCORRERE: Muoversi, spostarsi su una superficie lungo un condotto, un tracciato o una guida.

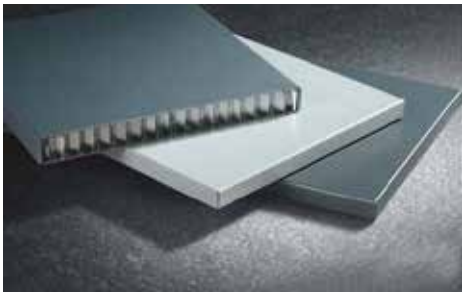


Fig.10 *Moduli abitativi*
Fig.11 *Esempi di container*
Fig.12 *Strutture Sandwich*

CONTAINER: Nella tecnica dei trasporti, grande cassa, in genere metallica, a chiusura ermetica, di forma parallelepipeda e misure internazionalmente unificate, che viene caricata direttamente nelle stive delle navi, su carri ferroviari aperti, su autocarri e sui grandi aerei da trasporto, per raccogliere le merci al domicilio del mittente e scaricarle a quello del destinatario.

CONNESSIONE: Nella tecnologia, unione, congiunzione.

STRUTTURE SANDWICH: Nelle costruzioni meccaniche, e soprattutto aeronautiche, strutture caratterizzate da elementi resistenti superficiali esterni di piccolo spessore (lamiere, fogli di legno compensato), collegati tra loro mediante riempimento interno, continuo o discontinuo (per es., a nido d'ape), con legno di balsa, resine sintetiche, elementi metallici, ecc.

ORIGAMI: La tecnica, l'arte di creare mediante la semplice piegatura di fogli di carta, e di regola senza l'uso di forbici o colla, figure bi- o tridimensionali che rappresentano esseri viventi, oggetti, fiori, forme astratte.

AUTONOMIA: Di impianti, macchine, ecc., capacità di funzionare compiendo il proprio servizio per un periodo di tempo più o meno lungo senza rifornimento di energia o di materiali che forniscano l'energia occorrente per il funzionamento.[4]

03 SCENARIO

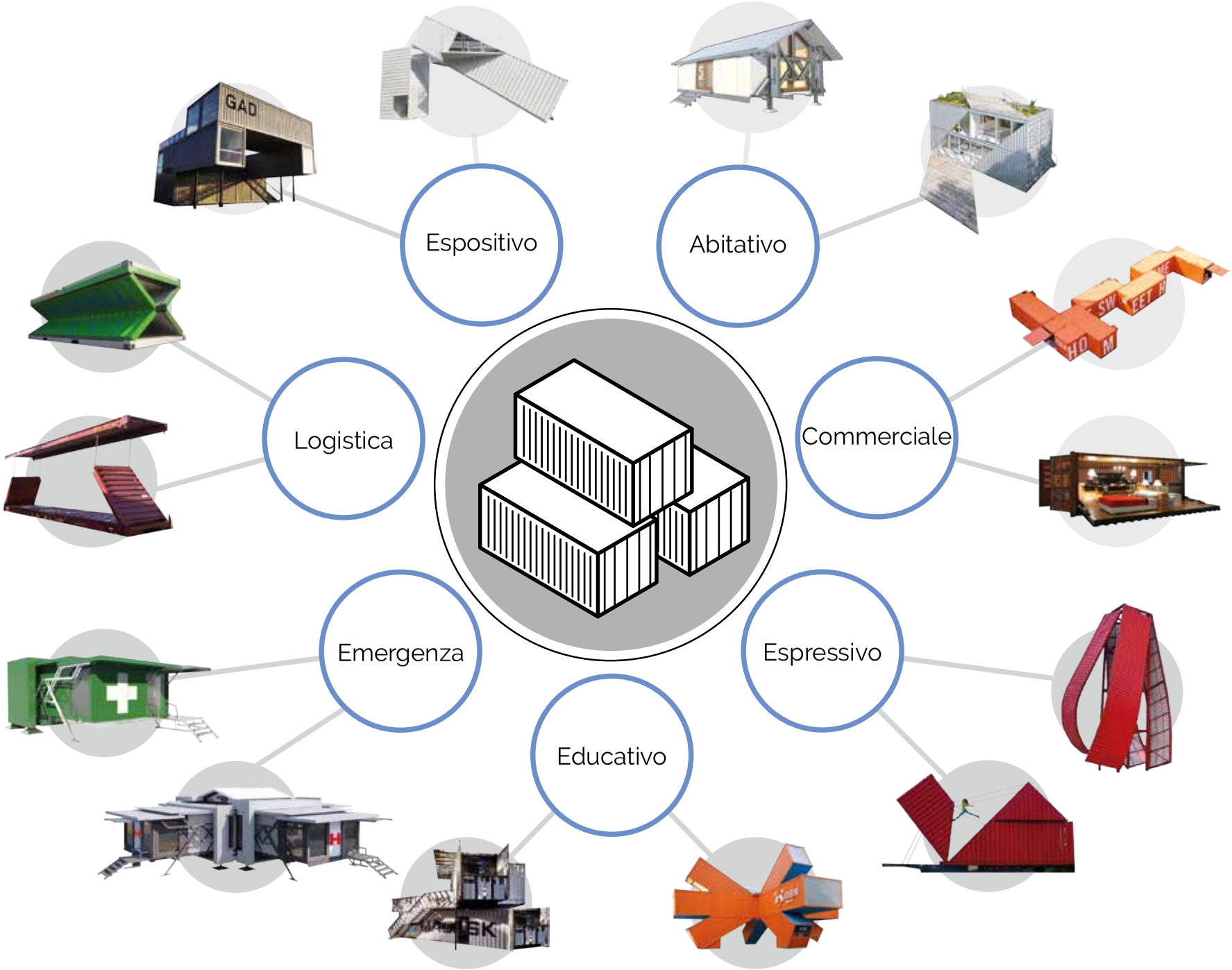
INTRODUZIONE

Prima di proseguire con la fase di progettazione, risulta indispensabile una parte di ricerca e di analisi volta a chiarire le informazioni riguardanti l'argomento da affrontare al fine di attuare scelte progettuali chiare e efficaci, rendendo lineare il processo logico. Come definito nel libro "Uomo al centro del progetto" lo scenario è una: "Massa critica di dati e riferimenti intorno all'argomento da affrontare che definiscono il contesto storico, sociale, culturale, produttivo, tecnologico, ambientale in cui verrà inserito il prodotto/servizio per un progetto consapevole. Lo scenario aggiunge informazioni indicando con chiarezza i punti di vista, il contesto e le relazioni dei vari elementi che lo compongono."[5] Silvia Barbero

L'ordine secondo cui viene svolta questa attività si articola nella ricerca e analisi dei casi studio, dell'ambito e del materiale. Si ottiene così una "banca dati" ovvero delle informazioni utili per il processo progettuale e degli spunti che vanno a costituire "un feed-back sul «brief» iniziale, che ne viene influenzato e che si arricchisce di nuove prospettive, talora totalmente diverse dalla direzione iniziale (new-concept)."[6]

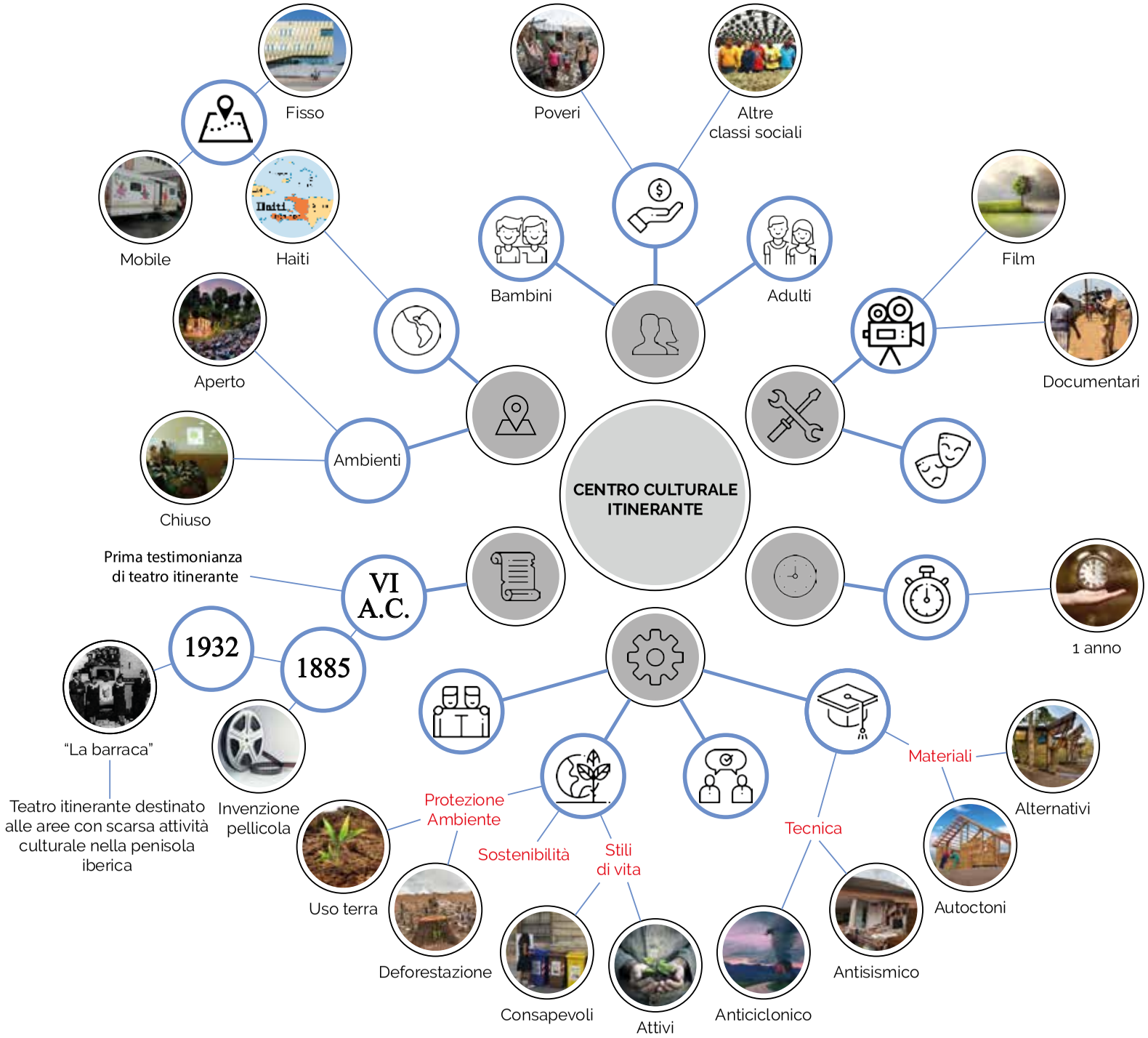
CASI STUDIO

La ricerca dei casi studio ha portato alla luce i numerosi **impieghi** in cui viene utilizzato il container: da casi strettamente legati alla sua **funzione** di "contenitore per il trasporto merci", a casi in cui viene utilizzato come mezzo per mostre, dove viene esaltata la sua **valenza artistica**. Sono così stati selezionati, suddivisi in **categorie** (*fig.1*) e analizzati singolarmente in modo tale da evidenziare gli aspetti più importanti, fornendo così un ventaglio di spunti che possono essere presi in considerazione in fase progettuale, mostrando le potenzialità di questo prodotto.
Il paragrafo dei casi studio mostrerà una prima **analisi** generale dei **container**, ponendo attenzione sui **meccanismi** che verranno trattati più nello specifico in seguito.


Espositivo
Abitativo
Logistica
Commerciale
Emergenza
Espressivo
Educativo

AMBITO

Si è cercato in una breve sintesi effettuata in parte dall'associazione Architettura Senza Frontiere e in parte da noi, di far emergere i punti salienti legati al centro culturale itinerante: durata della mostra, luoghi in cui verrà esposta, target di rifierimento, contenuti presenti e obiettivi finali.
Un obiettivo fondamentale è quello di sensibilizzare i paesi in via di sviluppo a stili di vita responsabili sia per gli individui stessi e sia per l'ambiente circostante.
Questo può verificarsi impiegando tecnologie di costruzione adatte a catastrofi ambientali, usando materiali sostenibili non derivanti dal petrolio, che tutt'ora è la principale causa di inquinamento ad Haiti.


CENTRO CULTURALE ITINERANTE
Fisso
Mobile
Haiti
Aperto
Chiuso
Ambienti
Poveri
Altre classi sociali
Bambini
Adulti
Film
Documentari
1 anno
Prima testimonianza di teatro itinerante
VI A.C.
1932
1885
"La barraca"
Teatro itinerante destinato alle aree con scarsa attività culturale nella penisola iberica
Invenzione pellicola
Protezione Ambiente
Uso terra
Deforestazione
Sostenibilità
Stili di vita
Consapevoli
Attivi
Tecnica
Anticiclonico
Antisismico
Materiali
Alternativi
Autoctoni

MATERIALE

La ricerca è stata effettuata sul mezzo che ASF ha deciso di utilizzare come espositore dei loro messaggi ovvero il container. Di base si sono andate a cercare: **le lavorazioni** connesse ai materiali applicati, **finiture** legate alle superfici esterne e interne del mezzo, **i materiali** utilizzati per creare la struttura, **gli elementi coprenti** e i materiali utilizzati per isolare; inoltre si è effettuata un'analisi legata all'**espressività** che trasmette, riportato da ASF.
Da questa analisi si individueranno le tecniche e i materiali più facilmente adattabili al contesto in cui si andrà a inserire il container. Si cercherà di poter facilitare la gestione dei mezzi anche in paesi in cui non si hanno tutte le risorse disponibili che possiede un paese industrializzato.

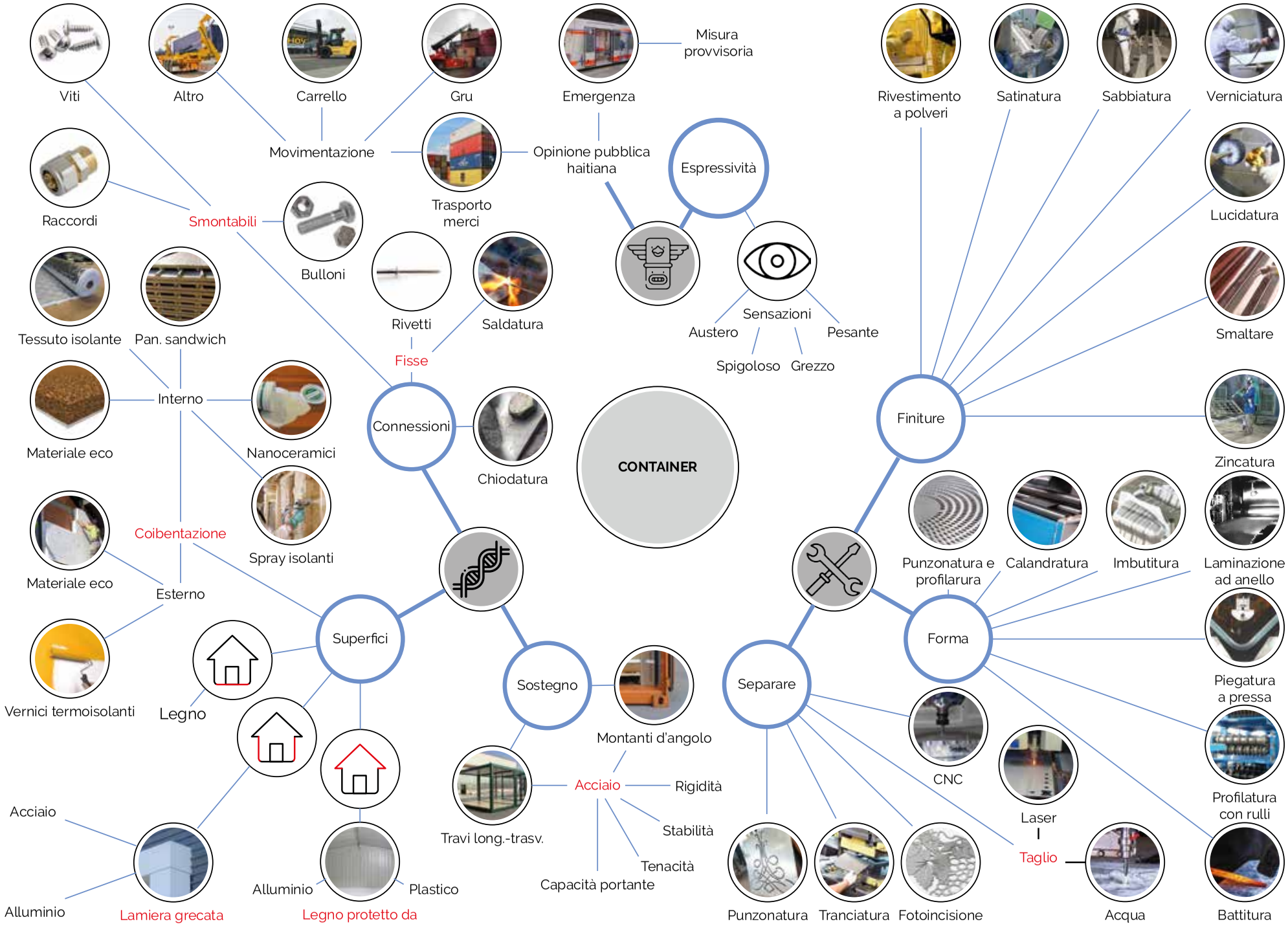

CONTAINER
Connessioni
Fisse
Smontabili
Viti
Raccordi
Bulloni
Rivetti
Saldatura
Chiodatura
Movimentazione
Altro
Carrello
Gru
Trasporto merci
Opinione pubblica haitiana
Emergenza
Misura provvisoria
Espressività
Sensazioni
Austero
Pesante
Spigoloso
Grezzo
Superfici
Coibentazione
Interno
Esterno
Tessuto isolante
Pan. sandwich
Materiale eco
Nanoceramici
Spray isolanti
Materiale eco
Vernici termoisolanti
Legno
Acciaio
Alluminio
Lamiera grecata
Alluminio
Plastico
Legno protetto da
Sostegno
Montanti d'angolo
Acciaio
Rigidità
Stabilità
Tenacità
Capacità portante
Travi long.-trasv.
Separare
Punzonatura
Tranciatura
Fotoincisione
CNC
Laser
Taglio
Acqua
Finiture
Rivestimento a polveri
Satinatura
Sabbiatura
Verniciatura
Lucidatura
Smaltare
Zincatura
Forma
Punzonatura e profilarura
Calandratura
Imbutitura
Laminazione ad anello
Piegatura a pressa
Profilatura con rulli
Battitura

Fig.13 *C-Home_Country*

c-HOME

Lot-ek
2015
181 Chrystie Street #2,
New York

Fig.14 *Piante del piano terra e del primo piano*

c-Home_Country: Realizzato con quattro container da 40 '(2 a terra e 2 in alto), questo modello è ideale come casa per le vacanze o la permanenza (fig.13). Il suo ingombro di 40'x16' fornisce 1.280 piedi quadrati di spazio abitabile su due livelli.
La configurazione aperta è favorevole alla vita contemporanea. Le ampie pareti vetrate anteriori e posteriori offrono una bella luce e una vista meravigliosa. La zona giorno aperta è progettata per una **facile configurazione**, consentendo di combinare soggiorno, sala da pranzo e spazi di lavoro in base al proprio stile di vita e alle proprie esigenze (*fig.14*). Le scale separate portano ciascuna ad una delle due grandi camere da letto (16'x20'), entrambe con bagno e cabina armadio. Le grandi dimensioni, insieme all'accesso privato, permettono un utilizzo **flessibile** delle stanze come l'ufficio o come stanza degli ospiti. Ci sono inoltre aspetti innovativi ripresi della **bioedilizia** come il riscaldamento solare dell'acqua calda e la tecnologia del tetto verde che possono essere facilmente integrati come opzioni aggiuntive.

Fig.15 *C-Home_City*

Fig.16 *Immagini viste interne*

c-Home_City: La versione più piccola è realizzata con quattro container da 20' (4 a terra e 4 in alto) ed è equivalente alla c-Home_Country in termini di dimensioni, ma ruotata di 90° gradi per adattarsi ai **lotti** di riempimento urbani (*fig.15*). L'impronta 20'x32' di questa casa a schiera offre 1.280 piedi quadrati di spazio su due livelli con lo stesso layout di c-Home 4x40: cucina aperta con 1/2 bagni, dispensa al primo piano e 2 camere da letto identiche al secondo piano collegate al soggiorno da 2 scale indipendenti. c-Home_City è disponibile anche in modelli più grandi con container 5x20' 3 a 2, 3 o 4 livelli per un totale di 1.600 sf (2 piani), 2.400 sf (3 piani) e 3.200 sf (4 piani).
Il layout può essere organizzato in verticale con spazio abitabile al primo piano e camere da letto al piano superiore o soggiorno / spazio di lavoro al primo e al secondo piano e camere da letto al piano superiore (*fig.16*).[7]

MOTIVAZIONI:
Dimostrazione di come il container può essere reinterpretato ad **uso abitativo** mediante una ponderata distribuzione degli **spazi interni**.

Fig.17 *Compattazione container*

4FOLD

Holland container
2014
Rotterdamseweg,
Nederland B.V.

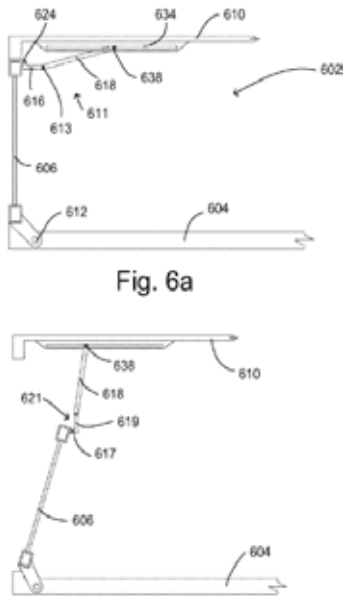


Fig.18 *Brevetto meccanismo container*

Holland Container Innovations (HCI) è un'azienda che è stata fondata nel 2008 con lo scopo di trovare una soluzione per ridurre i **costi di riposizionamento** dei container vuoti (*fig.17*). HCI ha sviluppato e commercializzato l'idea per il container pieghevole 4FOLD[8].
Nel 2009, finanziato da investitori privati con una visione a lungo termine, HCI ha costruito un primo prototipo del container pieghevole insieme al co-finanziatore e co-creatore CMA-CGM. Due anni dopo, nel 2011, HCI ha costruito un nuovo prototipo che ha ricevuto l'importante certificazione della **Convenzione sulla sicurezza dei container** (CSC).
In stretta collaborazione con un produttore cinese, nel 2013 HCI ha costruito un altro container migliorato. Nel marzo dello stesso anno, 4FOLD è stato il primo container pieghevole da 40 piedi al mondo a ricevere la **certificazione ISO**. Questo certificato ISO garantisce infine che il container pieghevole soddisfi tutti i requisiti del settore e apra la strada per l'utilizzo nel sistema logistico esistente.
Negli anni successivi alla certificazione, le compagnie di navigazione APL e Hanjin hanno contribuito a perfezionare ulteriormente 4FOLD. Nel 2016 l'Unione Europea (UE) ha incluso HCI nel programma di ricerca e innovazione di Horizon 2020 (accordo 711257). L'UE sostiene i benefici ambientali di 4FOLD, poiché i container pieghevoli riducono il trasporto vuoto e quindi le emissioni.
A seguito di questa approvazione dall'Unione Europea, HCI

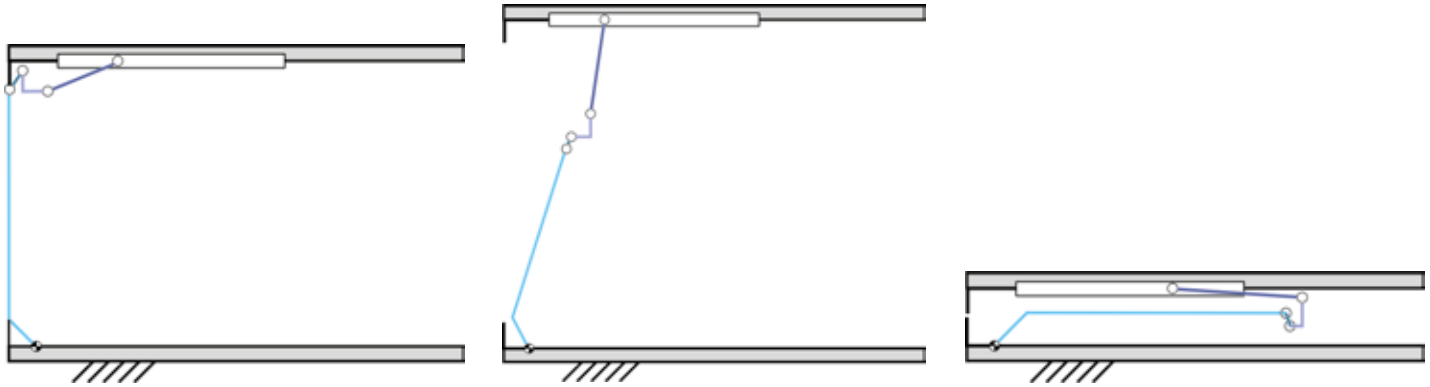


Fig.19 *Schema cinematico*

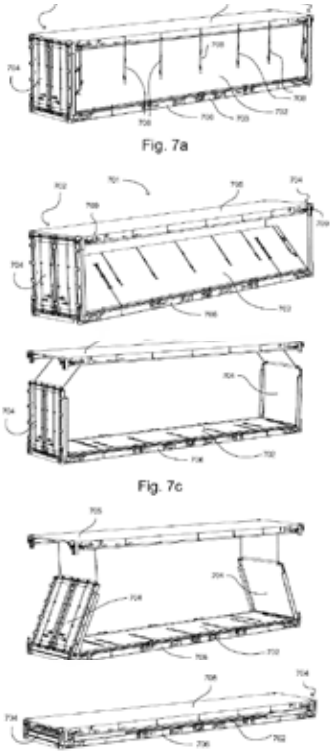


Fig.20 *Brevetto container*

ha ora una linea di produzione che consente la produzione di 4FOLD su larga scala.

MOTIVAZIONI:

La riconfigurazione del container possibile grazie a un semplice meccanismo, comporta una riduzione dei **costi di trasporti** e una maggiore **facilità di stoccaggio**.

Fig.21 *Immagine container schierato*

CARGOSHELL REEFER

Cargoshell
2009
Rotterdam, Holland

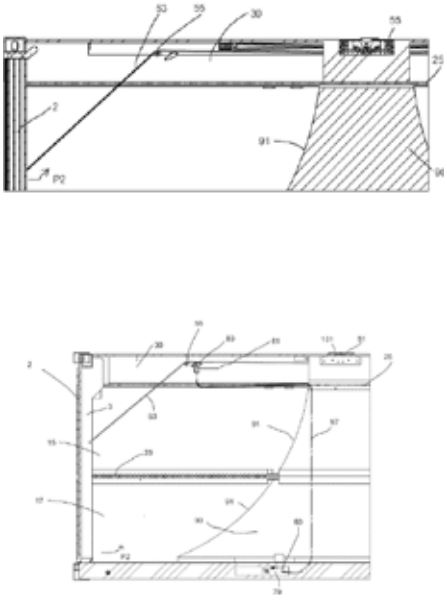


Fig.22 *Brevetto meccanismo*

Nel giugno 2009, René Giesbers, imprenditore residente a Rotterdam, ha presentato un nuovo brevetto denominato Cargoshell Reefer: un **container pieghevole** realizzato in composito e alluminio (*fig.21*).[9]
Il Cargoshell Reefer è il primo container in materiale composito a soddisfare i severi standard sui container marittimi ed è stato premiato con il **certificato CSC** da Germanischer Lloyd a Drehtainer a Valluhn, Germania, nel febbraio 2016. Le elevate proprietà isolanti del materiale composito lo rende adatto per l'applicazione in container di raffreddamento.
Cargoshell è diventato il primo container marittimo composito al mondo a ricevere la certificazione CSC da Germanischer Lloyd ad Amburgo.
Cargoshell rispetta quindi pienamente i severi requisiti di qualità che l'industria pone sui container.
MOTIVAZIONI: Semplice metodo per **comprimere/espandere** il container velocemente in base alle proprie esigenze.
Si ha bisogno di un macchina per sollevare la parte superiore del container.

Fig.23; Fig. 24; Fig. 25 *Immagine compattazione*

PHASES DEPLOYABLE

Fase1: *Il sistema di apertura del container consiste nel sollevare la parte superiore (4) tramite gru e nel far scorrere le porte verso il soffitto seguendo le apposite guide.*

Fase2:
Così facendo le pareti laterali (2/3) (5/6) possono piegarsi verso l'interno, permettendo al container di collassare su se stesso.

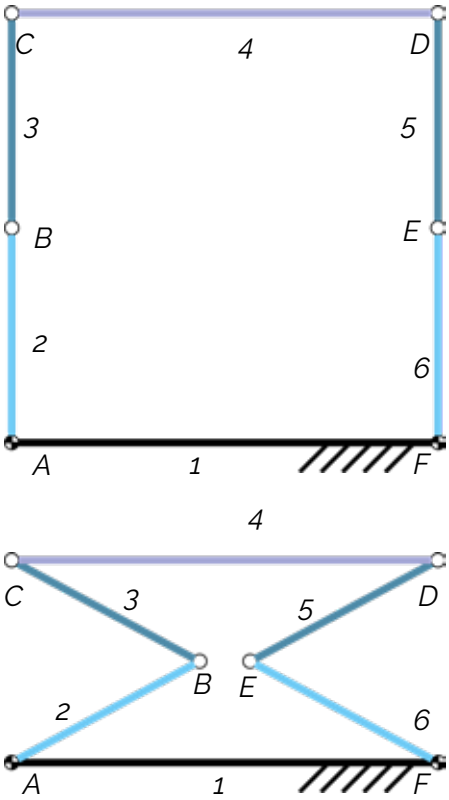


Fig.26 *Schema cinematico*

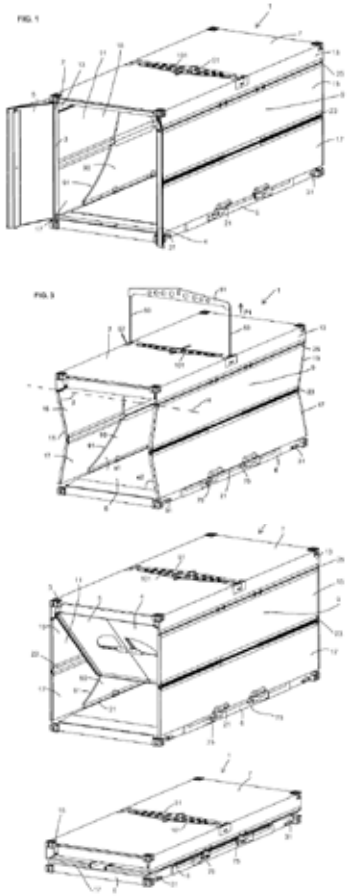


Fig.27 *Brevetto compattazione*

Fig.28 *Panoramica mostra*

RUNWAY OF LIFE

Gruppo Ml
2017
Kaohsiung, Taiwan

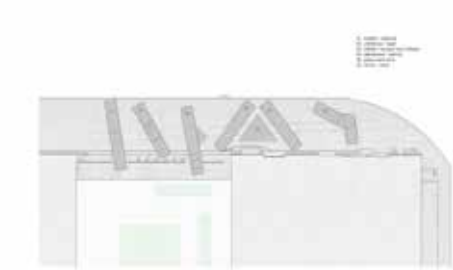


Fig.29 *Composizione mostra*

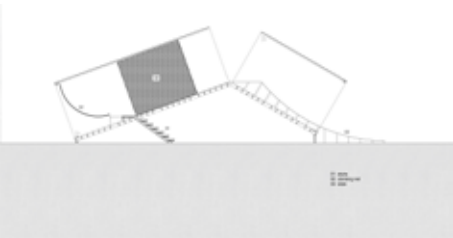


Fig.30 *Toddler*

L'opera è stata realizzata dal gruppo Ml architetti per la Kaohsiung International Container Art Festival nel 2017.
Il tema riguardava la **creatività dell'arte nel container**, secondo il concetto in cui esistono due cose a cui non possiamo resistere nelle nostre vite: la gravità e il tempo. L'obiettivo di questa opera è quella di mostrare diverse **prospettive della vita** attraverso differenti strutture che rappresentano periodi di età della vita. L'installazione intitolata "Runway of Life" è stata organizzata in cinque parti (*fig.28*). Il primo container è quello dedicato al primo periodo in cui si impara a bilanciarsi e a stare in piedi, utilizzando diversi elementi come scale, reti con cui giocare, inserite all'interno della costruzione. Anche la struttura è stata modificata, eliminando alcune pareti e inserendo delle cerniere a metà struttura, creando così due punti di appoggio (*fig.30*). All'interno del secondo container è stato creato un caleidoscopio, per vedere i diversi colori delle luci cambiare tonalità casualmente attraverso lo spioncino. Il terzo container ha come obiettivo l'apprendimento, la comunicazione con le persone e il coinvolgimento nella nostra società. Pertanto, è stata allestita una mostra di abbigliamento e attività rivolte al tempo libero per attirare un maggior numero di visitatori di diverse età.. Sono stati impiegati container di recupero e anche tutte le parti interne sono state realizzate con materiali riciclati in base a un'ottica sostenibile. All'interno del quarto container è stato installato un osservatorio sulla parte superiore di un container posizionato in obliquo. L'altra metà inclinata del

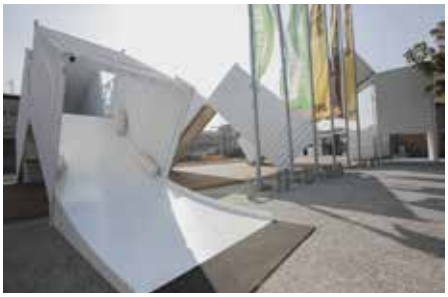




Fig.31-32-33-34-35 *Particolari mostra*

container, fa da supporto ed è lo "spazio silenzioso" un corpo vuoto che è utilizzato per creare un possibile spazio isolato dal mondo esterno dove è possibile osservare il cielo, (*fig.36*). Nel quinto container è tagliata sulla superficie laterale una parte di lamiera ed è stata incernierata al taglio inferiore, in modo tale da potersi richiudere quando non è in uso. Questa apertura serve a invitare le persone a guardare sia la luminosità del cielo e sia la mostra interna. Per visionare la parte superiore si è inserita una scala interna in modo tale da raggiungere il supporto indipendente (*fig.37*).[10]

MOTIVAZIONI: "Runway of life" risulta interessante perché può essere fonte d'ispirazione, utile per quanto riguarda lo studio degli **intagli** creati nelle superfici del container. La possibilità di **flettere le lamiere** in maniera duratura e le cerniere che possono tenere collegati i membri del container in maniera resistente sono elementi che possono essere ripresi nella fase progettuale. Non vi sono informazioni legate allo smontaggio dei container o alle possibili tecniche di chiusura o apertura degli elementi.

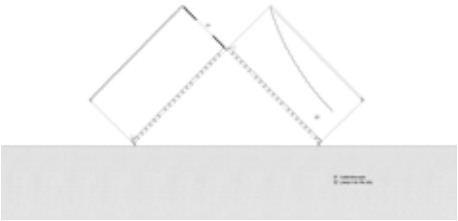


Fig.36 *Midlife*

Fig.37 *Senior*

Fig.38 *Immagine struttura*

GAD
MMW
2012
Oslo,Norway

Fig.39 *Prospetto frontale*

Dieci container di spedizione costituiscono questa galleria d'arte mobile progettata e costruita dallo studio di Architetti norvegese MMW chiamata GAD, la struttura è stata concepita come una **galleria d'arte** semi-temporanea che può essere facilmente smontata, spostata e rimontata in pochi giorni. Originariamente situato a Oslo, in Norvegia, GAD è un edificio durevole che offre ampio spazio per mostre d'arte ed eventi all'aperto.
GAD è stato costruito da dieci container standard da MMW architects per un cliente che desiderava uno spazio espositivo semi-temporaneo che potesse essere spostato in luoghi diversi. Il piano terra è formato da cinque container da 20' uno accanto all'altro che vengono utilizzati per creare una solida base per i due piani successivi. Il secondo piano è composto da tre container da 40' disposti a forma di U con le estremità a sbalzo dal piano terra (*fig.38*). Infine, il terzo piano è composto da due container da 40' disposti all'estremità e consente l'accesso alla terrazza panoramica. Scale, pali e ringhiere industriali (fig.1) completano il design e garantiscono la circolazione in tutto l'edificio. Ogni container è isolato all'interno, coperto con fogli di compensato e cartongesso (GWB) ed è dipinto di bianco per rendere la superficie idonea per la visualizzazione delle opere d'arte. L'estremità dei concept sono dotate di vetrate a tutta vista, alcune finestre a forma di oblò rotondo sono disposte sul soffitto con la funzione di lucernari per poter far filtrare la luce naturale (elemento importante nei paesi scandinavi).[11]

Fig.40-41 *Viste interne*

Fig.42 *Prospetto laterale*

Fig.43 *Fase logistica della mostra*

MOTIVAZIONI: GAD è un'opera degna di nota perché è una **mostra itinerante** in grado di spostarsi facilmente, grazie all'utilizzo dei container.
I lati positivi di questa struttura sono i sostegni utilizzati per essere appoggiati a terra; grazie a tale sistema la struttura è **flessibile a qualsiasi tipologia di terreno**; un altro elemento interessante è la conformazione dei 10 container e il modo di dialogare con le strutture montate ad esse.
Il lato negativo di questa struttura è che per smontarla occorrono dei **mezzi pesanti** per prendere i container e per trasferirli da un luogo all'altro (*fig.43*), tale sistema richiede anche un paio di giorni.

Fig.44 *Immagine entrata*

CHILDREN'S ACTIVITY CENTRE

Phooey Architects
2006
South Melbourne, Australia

Situato a South Melbourne, in Australia, e progettato da Phooey Architects, il Children activity center è il centro di attività per bambini presso il parco giochi Skinners. Questa struttura è composta da quattro container da spedizione (*fig.44*). L'ambiente è composto da micro-paesaggi, capannoni e oggetti che spaziano tra il giocattolo e il corso d'assalto. Il colore è ovunque, in uguali punti di forza e quantità, così che nessun singolo colore domini, dando come risultato finale un aspetto vivace.
La forma e l'estetica sono frutto di strategie architettoniche sostenibili volte a zero rifiuti. Quando i quattro container vengono uniti in una disposizione sfalsata, nascono **spazi intimi e pubblici** per una varietà di funzioni che spaziano dallo studio, alla pittura, alla danza e al relax. Collegamenti visivi e fisici uniscono i container con gli spazi dei parchi giochi circostanti.
Il centro è costituito da quattro container: due lunghi uniti insieme a terra e due più piccoli, anch'essi fissati insieme, disposti in un angolo in alto all'estremità sud. Tra le coppie c'è una scala esterna che porta ad un grande ponte. All'estremità meridionale, una frangia di fogli impreziosisce il cielo.
Questo prefabbricato, progetto di un'architettura green, è una soluzione economica e robusta per ospitare le attività dei bambini. Tutti i materiali portati sul posto sono durevoli, riciclati, recuperati, piantati, riutilizzati o recuperati. Questo include piani, finestre, tappeti e falegnameria. L'intero container è stato riutilizzato incluse le porte che sospendono i balconi.[12]

Fig.45-46-47 *Terrazzo e viste interne*

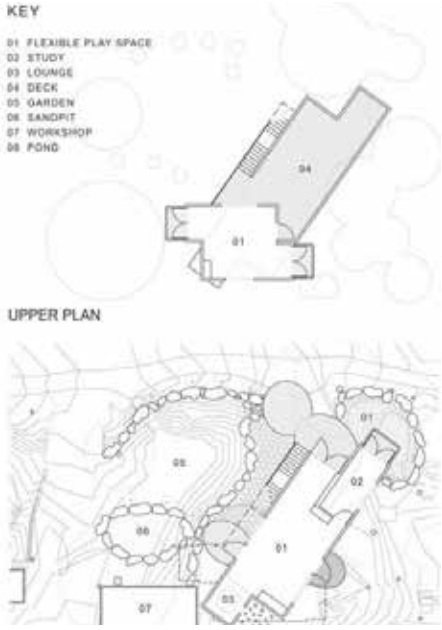


Fig.48 *Pianta struttura*

MOTIVAZIONI: Il caso studio mostra la versatilità del container per la realizzazione di micro-paesaggi. Sono stati realizzati diversi elementi a partire dalla lamiera grecata che costituisce il container ad esempio nelle scale e nel balcone. Risulta interessante anche il riuso dei materiali.

Fig.49 *Entrata parco*

QIYUN MONTAIN CAMP

Lot-ek
2015
Huangshan, China

Il Qiyun Mountain Camp è un parco grande, avventuroso, naturale ed estremo situato in Cina. Si trova vicino al monte Qiyun, un sito naturale e sacro come luogo di nascita del taoismo e il simbolo yin e yang. Sono stati progettati tutti i servizi pubblici all'interno della natura incontaminata del parco. I container di spedizione sono tagliati in modo tale da generare le **unità di base** dei vari edifici. Sono uniti, specchiati, inclinati e ricombinati per adattarsi ai diversi programmi e per creare nuove tipologie architetture. Tre diverse aree sono accuratamente inserite nel paesaggio considerando la topografia variabile e sono codificate per colore per creare punti di riferimento rintracciabili all'interno dell'ambiente naturale.
Il padiglione d'ingresso, un cancello con i tornelli, gli uffici, la biglietteria e il centro informazioni è visibile dalla strada principale al parco (*fig.49*). La struttura fornisce l'accesso a Market Street, occupato da negozi, bar, aree di servizio e servizi igienici, con pergole, doppi livelli e ponti superiori per connettersi al paesaggio circostante (*fig.52*). Un'altra area si trova su una delle colline del parco. Si affaccia sul fiume sottostante con il suo spazio interno e la terrazza esterna, e scende verso un anfiteatro aperto. Un container lungo e inclinato è la piattaforma di lancio per una zip-line. Vicino all'acqua, il molo acquatico blu fornisce l'accesso al lago e ai relativi servizi. Le unità modulari sono combinate attorno a una zona ombreggiata con aree e caffè versatili, disposti ad offrire deposito per kayak e per indirizzare i visitatori verso l'acqua, dove un molo galleggiante si estende

Fig.50-51-52 *Vista interna; Percorso parco; Particolare parco*

nel lago per gli sport acquatici.[13]
MOTIVAZIONI: In questo caso studio il container viene reinterpretato e viene valorizzata la sua **carica espressiva**.
Si potrebbe sfruttare questa caratteristica per realizzare un **oggetto empatico** cioè in grado di coinvolgere le persone.

Fig.53 *Vista esterna*

WHITNEY STUDIO

LOT-EK
2012
New York, USA

Fig.54 *Prospetto frontale, inserita all'interno dell'edificio.*

Progettato da LOT-EK, la struttura di 140 metri quadrati, che è stata progettata nel 2011 e poi creata nel 2012, fu inserita all' interno della Centro Culturale (*fig.53*) di Whitney a New York, edificio utilizzato per programmi di educazione per adulti, famiglie e adolescenti. Il nome della struttura creata con i container è Whitney Studio, dove ospita da tempo una miriade di programmi tra cui lezioni, dimostrazioni in studio e laboratori artistici. All'interno di questa struttura sono stati adibiti ad esporre degli spazi espositivi per i lavori creati dai partecipanti dei vari corsi offerti.
La struttura fatta di container può essere sfruttata in diversi modi, come spazio per riunioni, oppure come aula per seminari o anche come sala per proiettare film. La costruzione è uno spazio flessibile per tutte le offerte formative firmate Whitney e programmi sperimentali.
Il progetto interno consiste nell'**accatastare sei container** in acciaio impilati su due livelli per creare un **singolo volume**. Una striscia diagonale di vetro attraversa il volume a metà sia nella parete laterale che dà verso l'esterno e sia sul soffitto (*fig.54*). Questo permette alla **luce** di penetrare al suo interno, consentendo di vedere meglio all'interno grazie a una maggiore luminosità e allo stesso tempo diventando visibile anche all'esterno. Le modifiche fatte per creare la struttura sono state tutte realizzate in cantiere e riguardano principalmente le vetrate inserite al suo interno. Sono state tagliate prima di tutto le lamiere esterne e poi all'interno sono stati inseriti e saldati

Fig.55-56 *Vista interna*

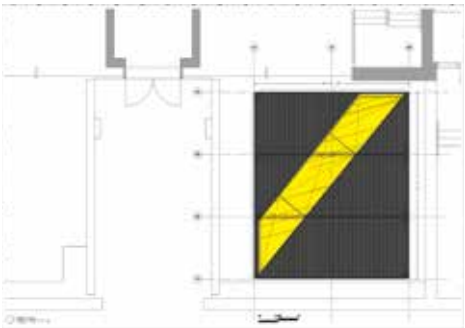


Fig.57 *Prospetto in pianta*

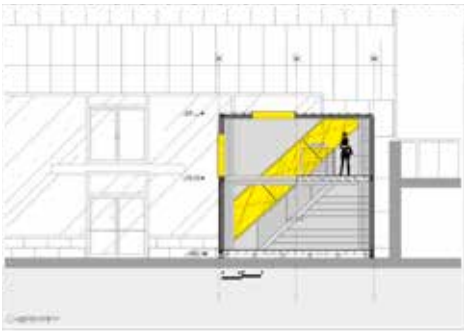


Fig.58 *Prospetto laterale*

i telai delle vetrate. Alcuni lati interni del container invece sono stati eliminati e per sostenere l'intera struttura sono state inserite delle travi interne. Tale operazione è servita anche per inserire le scale al suo interno (*fig.55*).[14]

MOTIVAZIONI: Tale opera appare interessante perché grazie alla composizione, ai tagli creati e agli elementi inseriti, utilizzando tecniche molto semplici, sono riusciti a dare un grande **impatto visivo** al pubblico. Uno spunto ottimale di quest'opera è quello di poter utilizzare un muletto di medio-grande dimensione, per poter impilare i container, uno sopra l'altro senza dover montare gru e apparati vari.

Fig.59 *Prospetto laterale*

THE FAN

Foster and Partners
2018
Londra, UK

Fig.60 *Scale in fase d'uso*

Fig.61 *Struttura delle scale*

Il progetto "*The Fan*" nasce nel 2018 a Londra, realizzato per il "*Container Art Festival*" di Taiwan. L'opera è formata da due **container recuperati** perché in disuso, assemblati assieme (*fig.59*). Sono state smontate le pareti laterali per poter creare le **scale**, che ricordano un ventaglio a doppio taglio, così quando una persona inizia a camminare da un lato fino ad arrivare in cima, può continuare a scendere dall' altra parte della struttura. Tale percorso crea un ciclo continuo che richiama il **ciclo della vita**. La principale funzione è quella di essere un **palcoscenico** per sfilate di moda. La parte inferiore di "The Fan" è stata progettata come **rifugio** dove gli anziani possono radunarsi e chiacchierare. La struttura però non si ripiega come un ventaglio, ma è **fissa** su dei profili tondi in alluminio piantati nel terreno. Questo serve a dare solidità agli elementi che fungono da scale per salire nella parte superiore del container (*fig.60*). Tutti i gradini della struttura sono incernierati a una trave verticale della struttura (*fig.61*).

MOTIVAZIONI: Questo caso studio risulta particolare e innovativo, per il **riuso delle pareti** che diventano scale di accesso alla parte superiore del container. L'idea di inserire una parte di lamiera sopra l'altra creando questo effetto ventaglio. è una soluzione che potrebbe essere adottata per raggiungere la parte superiore del container.

Il lato negativo di quest' opera è il fatto di non poter muovere gli scalini. Tale particolarità rende la struttura **fissa.**

Fig.62 *Opera esposta nel 2010*
Fig.63 *Opera esposta nel 2018 chiamata "Pier"*

CONTAINER ART FESTIVAL
Shih Che
2001-2018
Kaohsiung

International Container Art Festival si tiene ogni due anni a Kaohsiung, città situata in Taiwan. Durante la mostra vengono invitati artisti locali e internazionali, per realizzare opere utilizzando i container e i materiali di recupero.
La mostra si tiene a Kaohsiung perché è una delle città più grandi al mondo nella produzione di ferro, acciaio e container. Il festival a ogni edizione raccoglie molti visitatori, il massimo è stato raggiunto nel 2010 con quasi 120000 visitatori.[15]
MOTIVAZIONI: Si è preso in considerazione questo caso studio non tanto per la realizzabilità e l'utilità che potrebbe avere in un contesto reale, ma per la sua espressività e le emozioni che è in grado di generare nel momento in cui viene osservata, sfruttando dei **dettagli** inusuali nell' utilizzo del container che sono in grado di generare stupore nella visione di queste opere. Le immagini utilizzate sono riferite alle ultime mostre effettuate dal 2010 al 2018.

Fig.64 *Opera "Recontainer"*

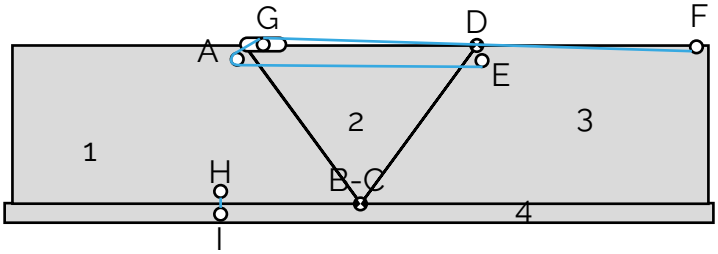
Fig.65 *Opera esposta nel 2013*

Fig.66-67-68 *Particolari apertura container*

ORIGAMI
Gateway Gazette
2015
Londra, UK

Idea nata da un gruppo di danza moderna di Londra che ha trasformato un container in un'installazione di danza dinamica. Prende il nome di 'Origami' perché la struttura è formata da **pezzi incernierati** tra loro. Il container è in grado di ripiegarsi su se stesso durante lo spettacolo grazie all'utilizzo di cavi metallici che fungono da tirante. Per avvolgere i cavi viene utilizzato un motore. Il container al quale la parte centrale è stata tagliata una parte a forma di cuneo è da 40 piedi. L'idea dei progettisti Satchie Noro e Silvain Ohl è quello di trasformarlo nell'elemento dinamico della struttura, infatti durante lo spettacolo è in grado di ruotare su se stesso e anche le pareti di cui è composto ruotano. Inoltre è in grado di traslare rispetto all'asse orizzontale, il tutto grazie all'utilizzo dei meccanismi precedentemente descritti. Vengono utilizzate delle luci per ammorbidire i bordi metallici del container. Oltre a ciò la velocità del movimento della sezione tagliata, viene effettuata molto lentamente sia per una maggiore sicurezza e sia per rendere il movimento impercettibile.
MOTIVAZIONI: Le movimentazioni sono inusuali per la tipologia di container. Inoltre è uno dei pochi casi in cui vengono ripresi alcuni meccanismi di piegatura dagli origami. Per alleggerire la struttura sono state eliminate le pareti interne e le travi di sostegno delle pareti, in modo tale da far rimanere solo la lamiera grecata.[16]

Configurazione da chiuso



Rotazione parte centrale

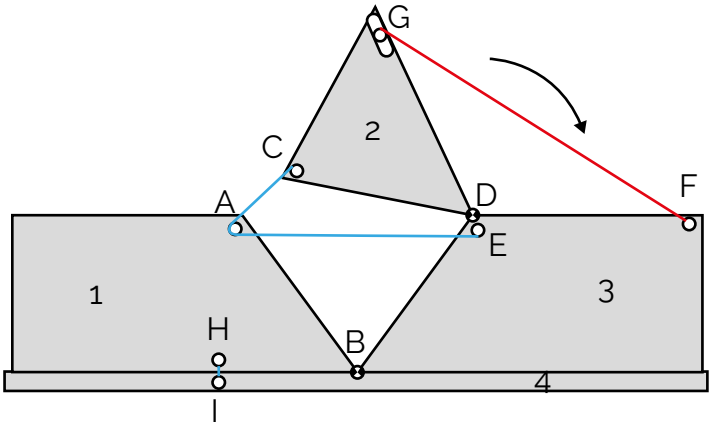


Fig.69-70 *Schema cinematico*

Fig.71-72 *Fase apertura*

PHASES DEPLOYABLE

Fase 1: Il container è diviso in tre pezzi, ognuno di essi è fissato al membro base (4), nella parte centrale è stata tagliata una parte a forma di cuneo ed è stata incernierata alla parte destra nel punto (D). Mentre la seconda cerniera (B) tiene legati le due parti lunghe (1-3) del container. La prima fase consiste nel ruotare in senso orario la parte centrale (2), utilizzando delle funi metalliche, poste nel punto in (F) e (G).

Fase2: Il container inizia a ruotare sulla cerniera (D), tramite l'utilizzo di un motore posto in (F). Il punto G ha la funzione di tirare a sé il corpo 2 tramite una fune (linea rossa) che viene avvolta man mano che il membro ruota. Vi è presente un altro motore di supporto posto in (E) con la funzione di rilasciare la fune (parte blu), in modo tale che avvenga la rotazione in sicurezza, vi è presente anche una puleggia in (A) a fini funzionali.

Rotazione parte centrale completa **Rotazione parte laterale sinistra**

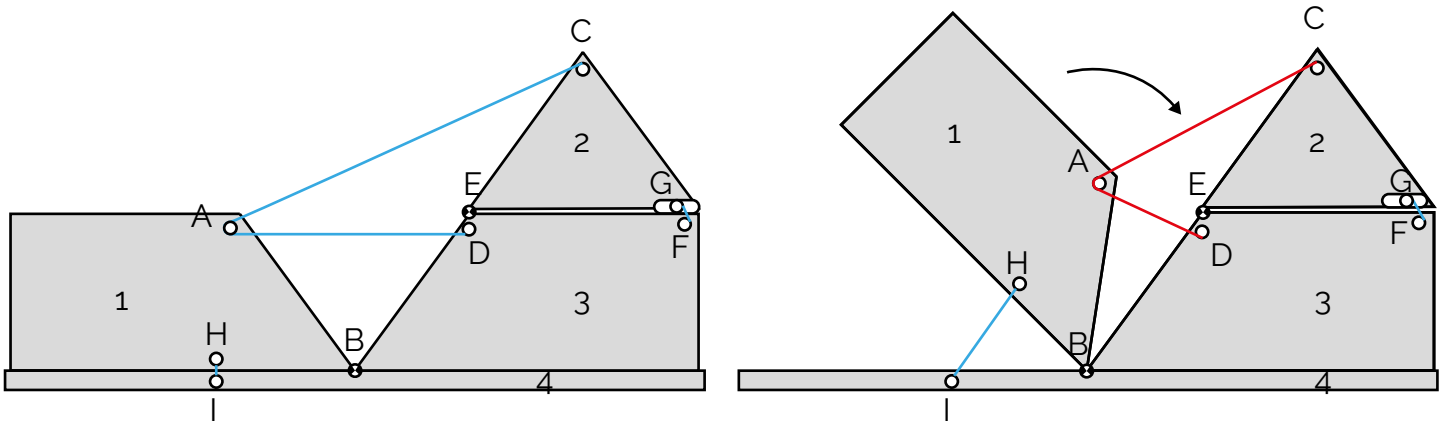
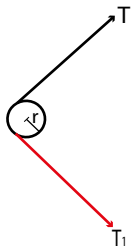


Fig.73-74 *Schema cinematico*

Fase 3: La componente centrale (2) effettua una rotazione nel punto (E) di 180˚, portando alla minima misura la fune di destra (F-G) fino a che l' half joint posto in (G) non appoggia nella parte superiore del corpo (3). La fune posta tra (C-A-D) raggiunge la sua massima ampiezza in questa fase. Il membro (3) è in grado di sopportare anche il peso del membro (2) quando poggia su di esso.

Fig.75-76 *Fase 3 e 4*

Fase 4: Il secondo motore in (D) inizia a riavvolgere la fune (parte rossa nell'immagine di destra in alto) che collega i punti C-A-D, in modo tale che comincia a tirare su anche il membro (1) ruotandolo in direzione oraria di 90˚ rispetto il punto in cui è incernierato (B), portando il membro da una posizione orizzontale a una posizione verticale, fino a che non poggia con il membro (3). Il punto di contatto avviene lungo il lato tra B-E. Tra il punto H-I vi è posto un altra fune, che in questa fase viene solo allentata mentre il membro 1 ruota.



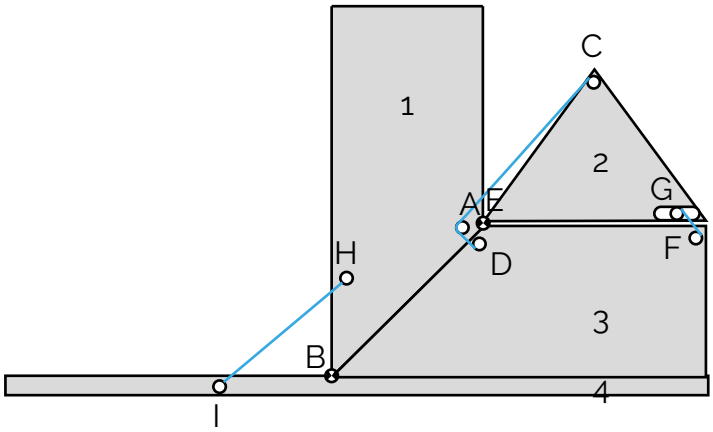
$T*\cancel{r} = T1*\cancel{r}$

$T=T1$

STUDIO FUNE (C-A-D)

Il tirante (1) preso in studio ha il motore posto in (D) e aziona il movimento di avvolgimento nel momento in cui si vuole far salire il corpo (1). Nel momento in cui si tiene sospeso il membro uno nel punto in cui è presente la puleggia (A) le due forze di trazione presenti nella fune saranno uguali e opposte affinché il membro possa restare in equilibrio.

Rotazione parte laterale sinistra completa



Rotazione Inversa parte laterale sinistra

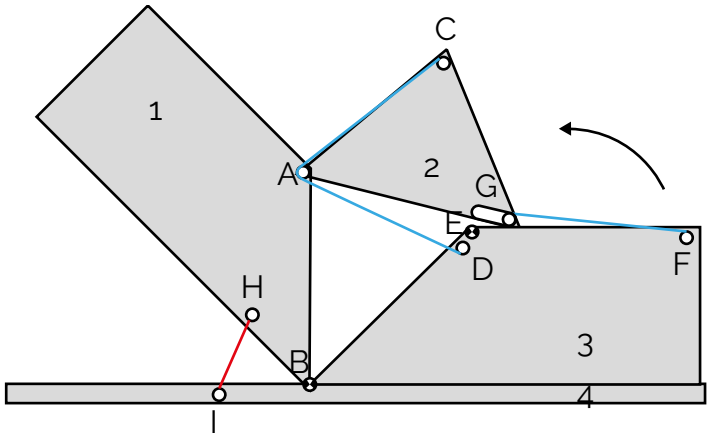
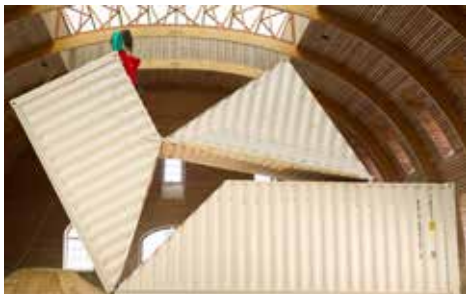


Fig.77-78 *Schema cinematico*

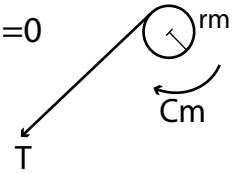
Fase 5: Dopo aver portato in verticale il membro (1), avviene lo sgancio nella cerniera in (E) dal corpo centrale (2) con il corpo (3); dopo di che viene preparato (2) agganciandolo con il membro (1) con il gancio posto in (A) che andrà inserito nella barra posta in E.



Fase6: L'elemento (1) viene ruotato in senso antiorario grazie all'utilizzo della fune (H-I) che permette di riportarlo in orizzontale utilizzando un motore posto in (L), tale rotazione fa sì che il punto A funge da collegamento tra 1-2 e quindi il membro (1) si traina dietro di se il membro (2). Per agevolare quest'ultimo membro a scorrere sopra il membro (3) si è inserito un half joint in (G).

Fig.79-80 *Fase 5 e 6*

$$-Cm + T*rm=0$$
$$Cm= T*rm$$



Cm=coppia motrice
rm=raggio motore

STUDIO MOTORE AVVOLGIBILE (I-F-D)

Nel membro (1) preso in studio il motore è posto nel punto in (I) e viene azionato il movimento di avvolgimento nel momento in cui si vuole far tornare in orizzontale il corpo (1). Per determinare quale tipologia di motore serva, si deve calcolare la coppia motrice necessaria a movimentare la parte di container.

Configurazione da chiuso

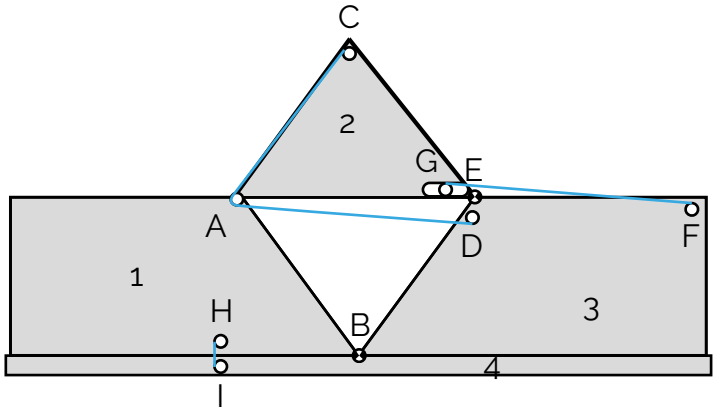


Fig.81 *Schema cinematico*

Fig.81 *Fase 7*

Fase 7: La parte centrale (2) viene trainata fino al centro, ma rispetto alla prima fase risulta capovolta, al contrario. La parte esterna del corpo (2) diventa interna.
I tiranti si dispiegano fino alla loro massima espansione (C-A-D) permettendo di far tornare in fase orizzontale la parte centrale (2), mentre il tirante posto in (H-I) torna alla sua minima espansione.

.

STUDIO DI CORPO LIBERO

Nella seguente immagine a sinistra, vi è riportata una fase fondamentale del funzionamento del container e rappresenta il momento in cui il membro (1)viene fatto salire dalla fune C-A-D, nella quale si generano due forze di trazione: una in presenza del gancio e una in presenza del motore. Inoltre anche la gravità contribuisce a creare delle forze. Di seguito si è cercato di determinare quale sia il **valore di trazione**, che necessità il meccanismo

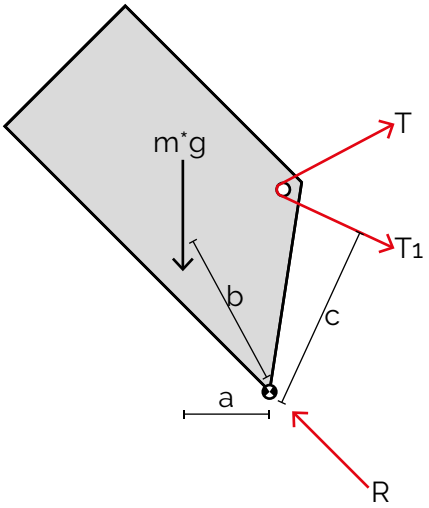


Fig.81 *Schema distribuzione forze*

R) +R*0 +m*g*a -T*b-T1*c=0
T=T1
m*g*a- T*(b+c)=0
-T*(b+c)= -m*g*a
T*(b+c)= m*g*a

$$T=\frac{m*g*a}{(b+c)}$$

Fig.82-83-84 *Configurazione chiusa; Configurazione aperta; Immagine mentre è in uso*

OPEN HOUSE

Matthew Mazzotta
2013
Alabama (USA)

Fig.85 *Struttura precedente*

Fig.86 *Struttura mentre viene dispiegata*

"Open House" è una struttura creata dall'artista Matthew Mazzotta. All'apparenza può sembrare una semplice casa rosa, ma in realtà è in grado di dispiegarsi, diventando una chiesa/teatro all'aperto. È composta da dieci panche che sono in grado di ospitare fino a 100 persone (*fig.84*). Mazzotta ha cercato di richiamare l'idea di essere seduti in un salotto all'aperto, ha creato un luogo dedicato alla comunità andando a compensare la mancanza di spazi sociali integrati. L'Open House è stata fatta recuperando una casa in disuso (*fig.85*), sono stati riutilizzati i materiali e si è ricostruito questa piccola casetta pieghevole. Quando la struttura è chiusa non ha alcuna funzione, solo quando si trasforma diventa uno spazio pubblico per celebrazioni, dialoghi, e momenti legati alla comunità. Oltre a inserire i materiali provenienti dalla struttura originale sono state inserite delle cerniere industriali tra le diverse componenti, in tal modo è in grado di piegarsi e dispiegarsi a mano. Inoltre grazie all'utilizzo di cinghie (immagine in *fig.86*) e tramite l'utilizzo di una manovella si riesce sia a far scendere agevolmente le pareti e sia farle risalire alla forma iniziale. Sulle facciate sono state inseriti degli appositi agganci per inserire le cinghie.[17]

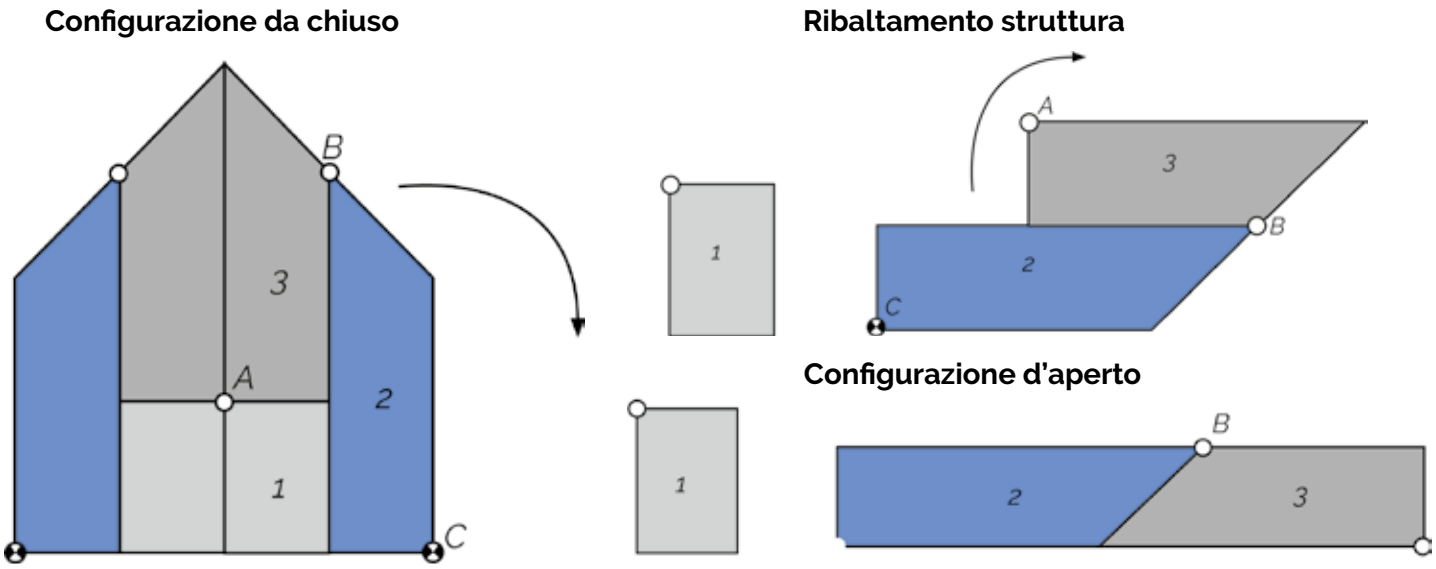


Fig.87 *Schema cinematico*

Fase1:
L'apertura consiste nello sganciare il punto A, in modo tale da poter poi far scendere le pareti verso l'esterno, capovolgendole rispetto al punto C. Per poterlo tirare giù vengono fissati delle corde ad appositi ganci posti sulla facciata e tramite una manovella vengono allentate.

Fase2:
Dopo aver appoggiato il corpo rosso sul terreno, si crea anche un passaggio tra il corpo grigio ed il rosso. In seguito viene preso il corpo arancione dal punto A e lo si tira su, effettuando una rotazione di 180˚ rispetto alla cerniera B fino che le due superfici oblique non combaciano.

Fase3:
Dopo aver dispiegato completamente la casetta, viene bloccato il punto A rispetto al terreno, in modo tale che non si possa spostare e vengono tolti i ganci utilizzati per movimentare la struttura.
Tale procedimento viene effettuato per tutte le 10 componenti che costituiscono la struttura.

Fig.88 *Fasi apertura*

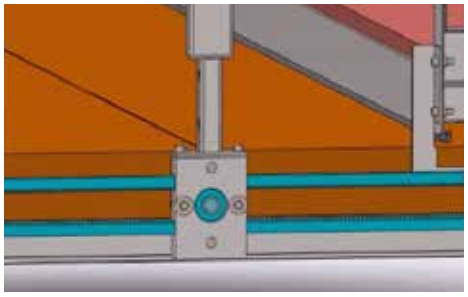


Fig.89-90-91 *Vista esterna; Prima prototipizzazione; Sistema d'attivazione*

TRIVOL
DBV Research
2014
Dumbrava (ROU)

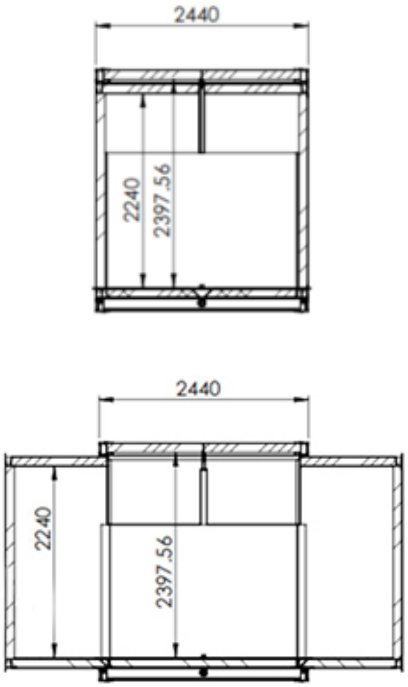


Fig.92 *Prospetti laterali*

Trivol è stato realizzato utilizzando un container in grado di raddoppiare la sua superficie tramite tre volumi che si espandono simmetricamente. Il progetto è stato sviluppato da DBV Research. Una caratteristica che rende interessante questa struttura è il fatto che l'installazione potrebbe essere utilizzata per spazi commerciali, case modulari, applicazioni militari o mediche, rifugi dopo disastri naturali o per lo sviluppo di attività turistiche, culturali o educative. Alcune caratteristiche che rendono interessante questa struttura sono: l'installazione che avviene in breve tempo ed è facilmente posizionabile in qualsiasi terreno. La preparazione dell'espansione avviene con quattro punti d'appoggio sul terreno e la sigillatura viene raggiunta nello stesso intervallo di tempo. L'espansione del container avviene in un solo minuto, si attiva sia a mano e sia elettricamente (tramite avvitatore). Ha una struttura autoportante in acciaio, rivestita con pannelli in poliuretano termoisolanti, utilizzati per le pareti, pavimenti e soffitti, le finestre sono in PVC. Il container è in grado di sopportare grandi quantità di peso e garantisce resistenza e riparo anche nelle condizioni atmosferiche più avverse.[18]

Configurazione chiusa **Configurazione aperta**

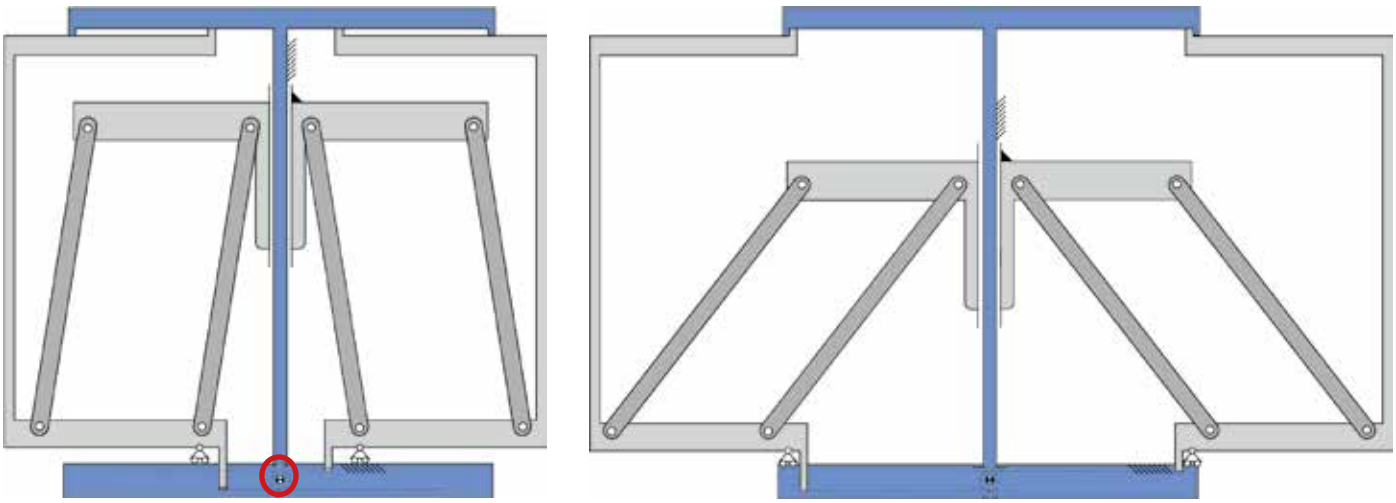
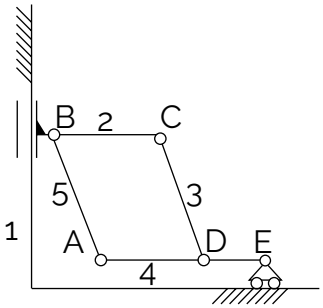
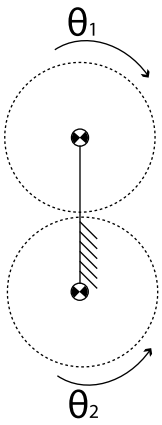


Fig.93 *Schema cinematico*



Formula di Kutzback
M=3*(M-1)-(2*J1)-J2=
3*(5-1)-(5*2)-1=1 DOF



M=3*(M-1)-(2*J1)-J2=
3*(3-1)-(2*2)-1=1 DOF

Fase1:
La prima fase consiste nell'azionare il container, portandolo da una composizione compatta a una forma espansa, inserendo nel dado (*fig.93*) di colore blu o un avvitatore o una chiave che permetta la sua rotazione. Tramite una rotazione oraria le strutture laterali vanno ad estendersi verso l'esterno. Il movimento è controllato da quattro membri binari che man mano che si allarga la struttura si inclinano grazie anche all'ausilio di un carrello posto nel punto in E. Nel vincolo in B è presente una guida prismatica che permette di far scorrere ed inclinare i 4 membri. A sinistra è rappresentato lo schema grafico che corrisponde a metà meccanismo di movimentazione delle pareti. Il disegno mostra che la struttura è in grado solo di traslare rispetto l'asse x. In basso a sinistra invece sono state rappresentate le rocchette presenti nella struttura in cui si inserisce il sistema di attivazione, che permette di far slittare i due volumi laterali.
Entrambe le strutture hanno un solo grado di libertà.

Fase2
La sua massima estensione avviene quando nella parte superiore del container raggiunge il fine corsa, realizzato tramite una rientranza che ha la funzione di blocco del meccanismo. La traslazione dei volumi che scorrono all'esterno della struttura è agevolata grazie a delle rotelle poste sotto ad essi.

Fig.94 *Immagine prototipo*

PUSH BUTTON HOUSE

Lot-ek
2015
Huangshan, China

Fig.95 *Configurazione aperta*

Fig.96 *Vista dall'interno*

Push Button House è un container che si trasforma aprendosi in un'intera casa, realizzato dal designer Adam Kalkin in collaborazione con Illy e presentato alla 52esima Esposizione d'Arte alla Biennale di Venezia. La struttura è gestita da un sistema idraulico, che trasforma il container rettangolare in un intero appartamento tramite un pulsante. Quando la struttura viene aperta è composta da sei stanze che sono distribuite sul pavimento e sulle pareti del container. Su una parete c'è un letto matrimoniale e il bagno completo con vasca. Nel mezzo, c'è un angolo cottura con tavolo da pranzo completo di un lampadario sopra la testa. Per completare la casa, sulle porte del container è fissata una libreria. Sull'altro muro c'è una zona giorno con un divano e tavolini. La casa è stata originariamente esposta ad Art Basilel Miami nel 2005. La casa dimostra chiaramente come le tecnologie odierne sono in grado di produrre prodotti che sfruttano concezioni architettoniche dinamiche.[19]

MOTIVAZIONI: Esempio di come la tecnologia può notevolmente semplificare il processo di apertura e chiusura del container.

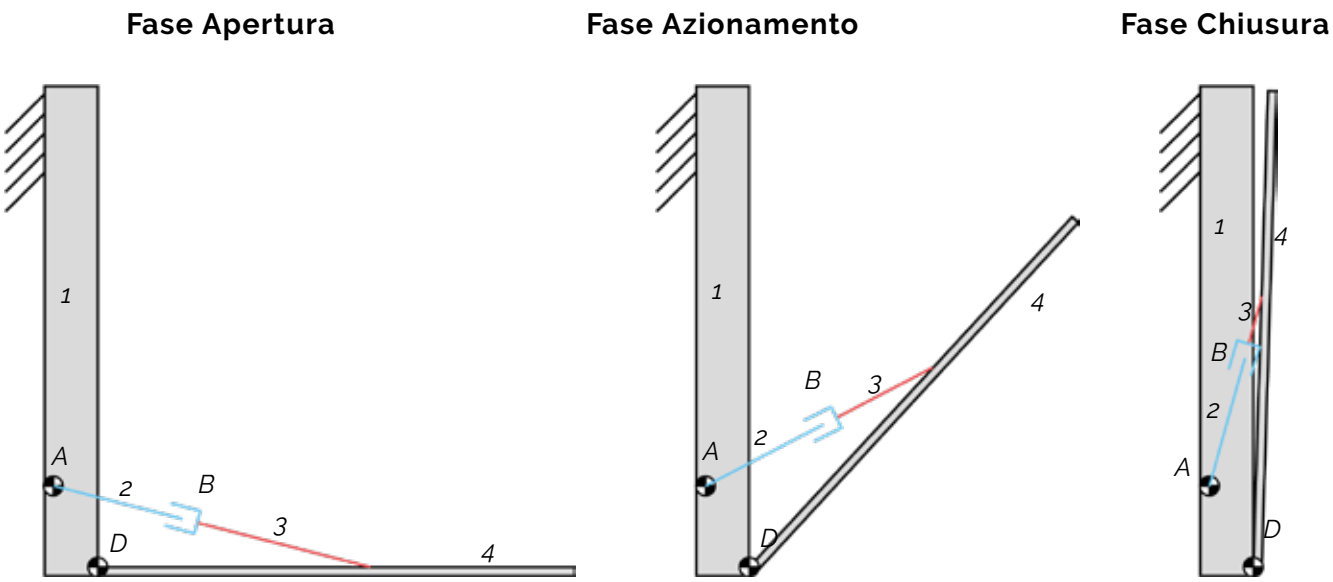


Fig.97 *Schema cinematico*

PHASES DEPLOYABLE

Il meccanismo alla base della Push Button House è composto da quattro elementi, di cui il membro 1 è il telaio di base, i membri 2-3 sono le componenti del pistone e infine il quarto corrisponde al portellone di chiusura del container.
Esistono 2 configurazioni possibili: aperto e chiuso.
Durante la configurazione chiusa l'oggetto ha la forma di un container standard e possiede tutte le sue caratteristiche, ovvero è impilabile e resistente.
Nella configurazione aperta invece la struttura ha bisogno di un sistema ad azionamento elettrico, affinché si possa trasformare. Il cambio di configurazione viene gestito tramite un telecomando a due bottoni che invia un segnale al sistema di movimentazione.
Il movimento viene generato da 2 pistoni idraulici per lato, ognuno di esso è in grado di allungarsi e ruotare sul proprio asse.
Il container è composto da 4 pareti laterali, le quali si dispiegano in maniera sincronizzata. Alla fine dello spostamento dei vari elementi l'arredamento interno risulta visibile dando vita a uno spazio espositivo. Con la stessa dinamica avviene la chiusura.
Il pistone composto dal membro 2 e 3 è grado di allungarsi l'uno rispetto all'altro. Questi due corpi creano un gruppo di Assur, ovvero possono essere aggiunti senza influire sulla mobilità della struttura. I gradi di libertà risultanti sono 1, che corrispondono alla rotazione rispetto al vincolo in A.

Fig.98 *Immagine prototipo*

PROTOTIPO STRUTTURA

Ten Fold
2016
Abingdon (UK)

Ten fold è una società inglese, tra le più attive a livello mondiale nella prototipazione e nella realizzazione di container dispieghevoli, si affida alla fisica e all'high tech per il loro funzionamento.
Il materiale di cui sono fatte queste strutture pieghevoli è l'acciaio. I principali utilizzi per cui vengono realizzati sono: abitazioni, uffici, spazi per l'emergenza, negozi, mostre, ristoranti, scuole. La struttura è in grado di dispiegarsi in soli dieci minuti grazie ad un sistema controbilanciato di leve in acciaio che si mettono in moto automaticamente tramite un pulsante. Ogni unità realizzata da Ten Fold si presenta come un container standard. Le dimensioni dei container possono triplicare la dimensione originale, anche la superficie interna fruibile. Il sistema di dispiego è reversibile e si può richiudere in tempi in tempi molto brevi.
Il primo prototipo realizzato in scala reale è stato realizzato nel 2016 e consiste in un'unità abitativa standard di 64 mq completa di tutti i servizi e arredi. È stato pensato come un immobile trasportabile, presenta un telaio robusto pesante in acciaio (è possibile impilare più unità una sopra l'altra) e si autoespande utilizzando leve, pannelli laterali e piani orizzontali, raggiungendo un peso complessivo di oltre 20 tonnellate. Si possono installare anche supporti che permettono di collocare il container in qualsiasi luogo. Tutte le superfici sono isolate con pannelli che variano lo spessore da 7 ai 12 cm. Questa struttura

Fig.99-100-101-102-103-104 *Progetto prototipo*

Fig.105 *Telaio laterale*

Fig.106 *Vista laterale*

impiega energia rinnovabile, ricevuta dai pannelli fotovoltaici e garantisce l'autosufficienza energetica attraverso un sistema "off-grid "dove accumula energia all'interno di batterie.
Nei brevetti che riguardano i container dell'azienda le illustrazioni mostrano che viene dispiegato solo il lato lungo, partendo per prima cosa dalla copertura, la quale si ottiene ruotando le due pareti laterali esterne di 90°. Il secondo passaggio consiste nel dispiegare i telai laterali come nella figura accanto a sinistra, insieme ai sostegni della base, compresa la pavimentazione, come mostrano le immagini centrali in alto. Nell'ultimo passaggio vengono coperte le superfici laterali del container tramite dei pannelli interni alla struttura, come mostrano le immagini in alto a destra. Gli infissi sono stati inseriti nei pannelli laterali. Inoltre viene inserita una scala esterna al container.[20]
MOTIVAZIONI: Esempio concreto di come attraverso un meccanismo si possa **ampliare lo spazio fruibile** del container, inoltre è particolarmente interessante perché è in grado di espandere il proprio volume fino a tre volte rispetto a quello originale.
Risulta vantaggioso inserire tutte le componenti che si espandono all'interno delle pareti esterne perché tale operazione non va a incidere nelle altezze del container e non si avrà un dislivello delle pavimentazioni.

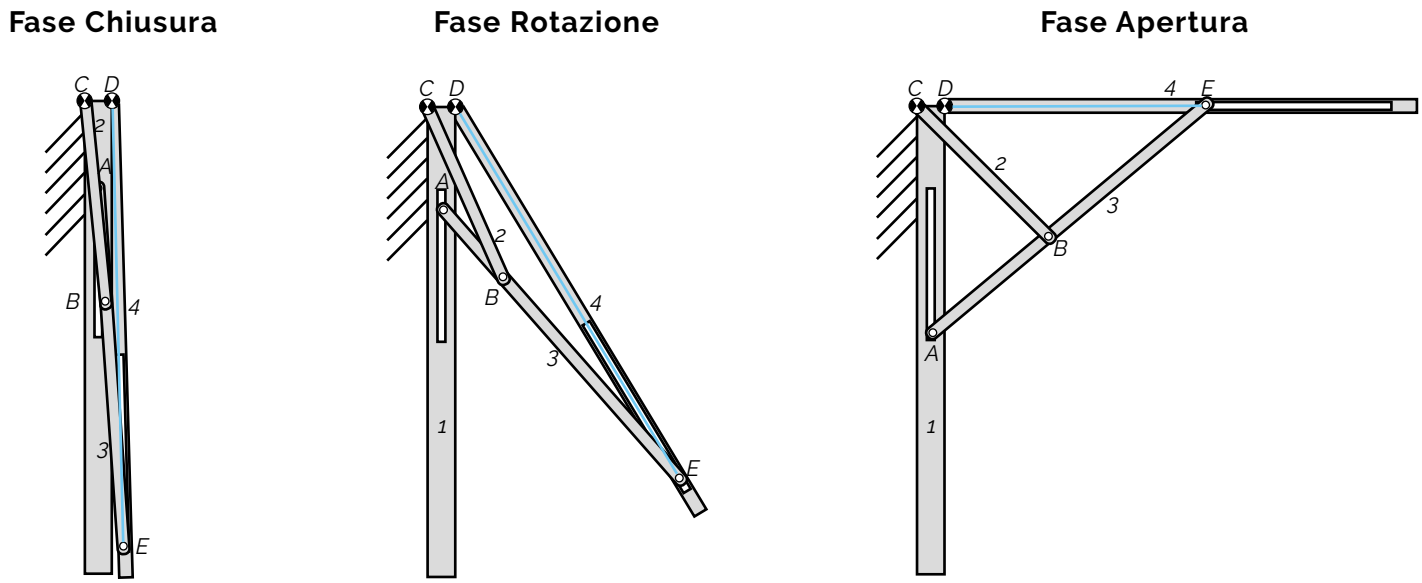


Fig.107 *Schema cinematico*

Fig.108 *Copertura Chiusa*

Fig.109 *Copertura aperta*

PHASES DEPLOYABLE

Fase1:

Il prototipo del container dispiegabile è formato da 2 meccanismi. Il primo consiste nell'apertura dell'anta laterale del container, che ruota fino a un'ampiezza di 90°. Tale rotazione permette di creare la copertura della parte che si va a espandere.

Il meccanismo viene azionato tramite un tirante che lega il punto D e il punto. Nel punto in B è posto il motore avvolgente del tirante che permette di tirare a se il punto B che funge da Half joint, facendo sì che scorra e in più possa ruotare.

Il primo meccanismo è composto da 4 membri di cui solo (1) è fisso. Inoltre è formato da due cerniere fisse in alto (C-D) mentre vi sono presenti due Half joint in A ed E che permettono di ruotare e spostarsi al membro 3.

Formula di Kutzbach

M=3*(M-1)-(2*J1)-J2=

3*(4-1)-(2*3)-2=1 DOF

Si denota che è permesso un solo grado di libertà del meccanismo e corrisponde a quello di poter ruotare una parete di 90°.

Fase Chiusura **Fase Traslazione** **Fase Apertura**

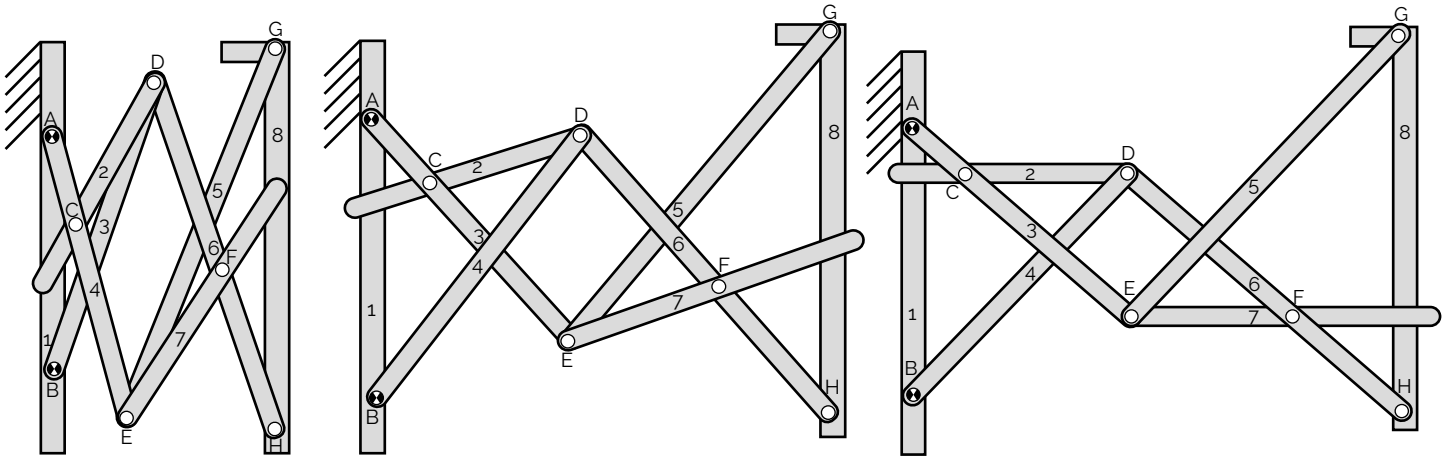


Fig.110 *Schema cinematico*

Fig.111-112-113 *Telaio*

Fase2:
Il secondo meccanismo consiste nella movimentazione del telaio mentre trasla lungo l'asse orizzontale fino a quasi raggiungere il suo massimo volume. Il meccanismo composto da un sistema controbilanciato di leve, viene azionato elettricamente.
La configurazione delle leve è fatta affinché possa bilanciarsi, in modo tale che la potenza in ingresso richiesto sia uguale in entrambe le direzioni. Viene fatto scorrere l'Half join in B elettricamente tramite un pistone non a vista, il suo scorrimento comporta l'espansione del telaio, fino ad arrivare a un punto in cui la struttura risulta totalmente dispiegata, cioè quando il membro (7) raggiunge il fine corsa, come rappresentato nelle immagini di sinistra. Si ottiene così il volume necessario per l'inserimento delle pareti laterali. Sono presenti un numero notevole di membri e vincoli. Alcuni di questi sono doppi, ovvero uno solo raggruppa più membri (esempio il vincolo in C). Sono presenti due Half joint, uno in B che attiva il sistema di dispiego e un altro di complemento in I.
Formula di Kutzbach
M=3*(M-1)-(2*J1)-J2=
3*(8-1)-(2*10)-0=1 DOF
Si denota che è permesso un solo grado di libertà del meccanismo e corrisponde a quello di poter dispiegarsi in una direzione.

Fase Chiusura **Fase Traslazione** **Fase Apertura**

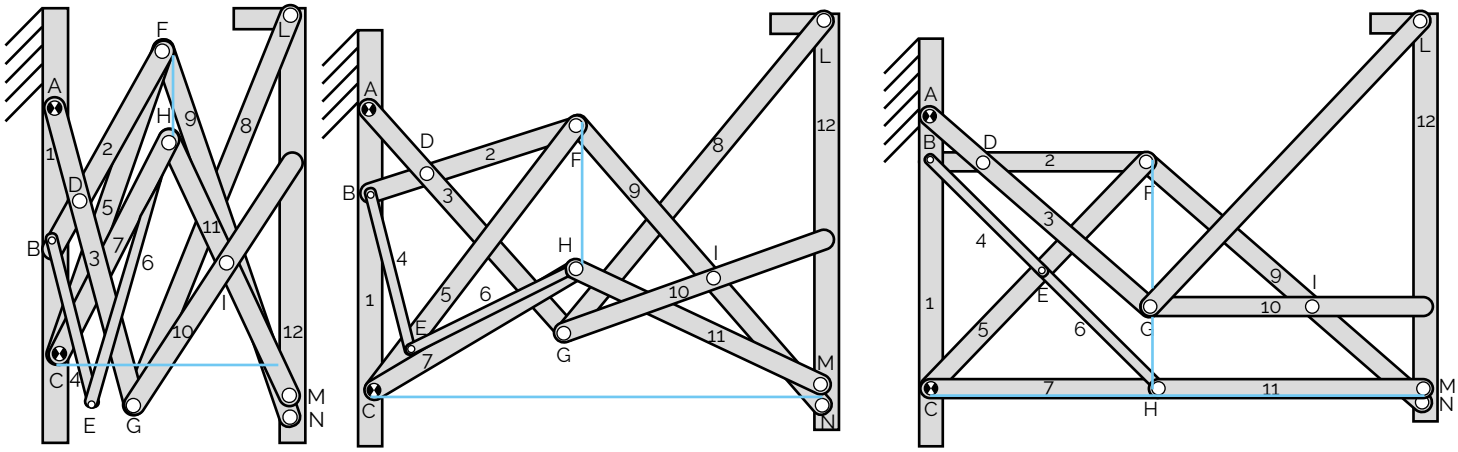


Fig.114 *Schema cinematico*

Fig.115-116-117 *Prototipo TF-64 in azione*

Fase3:
L'ultima fase consiste nell'inserire sia il pavimento e sia la sua struttura di supporto, la quale sarà legata al telaio delle pareti laterali. Il meccanismo utilizzato per dispiegare la struttura rimane sempre lo stesso a quello citato nella pagina precedente, ma con l'aggiunta di 4 membri corrispondenti alla base del container che si espande. Insieme ad essi sono stati aggiunti due tiranti, uno posto alla base (C e N), il secondo posto al centro in direzione verticale (tra il punto F e H). Hanno entrambi la funzione di regolare la velocità, però il primo si occupa della struttura intera, mentre il secondo si focalizza sul pavimento. Le immagini accanto a sinistra mostrano il modo in cui il pavimento viene piegato e anche dove viene agganciata la testa del tirante. Le immagini in alto rappresentano il meccanismo di funzionamento della struttura partendo dalla conformazione chiusa a quella aperta.[21]
Formula di Kutzbach
M=3*(M-1)-(2*J1)-J2=
3*(12-1)-(2*15)-2=1 DOF

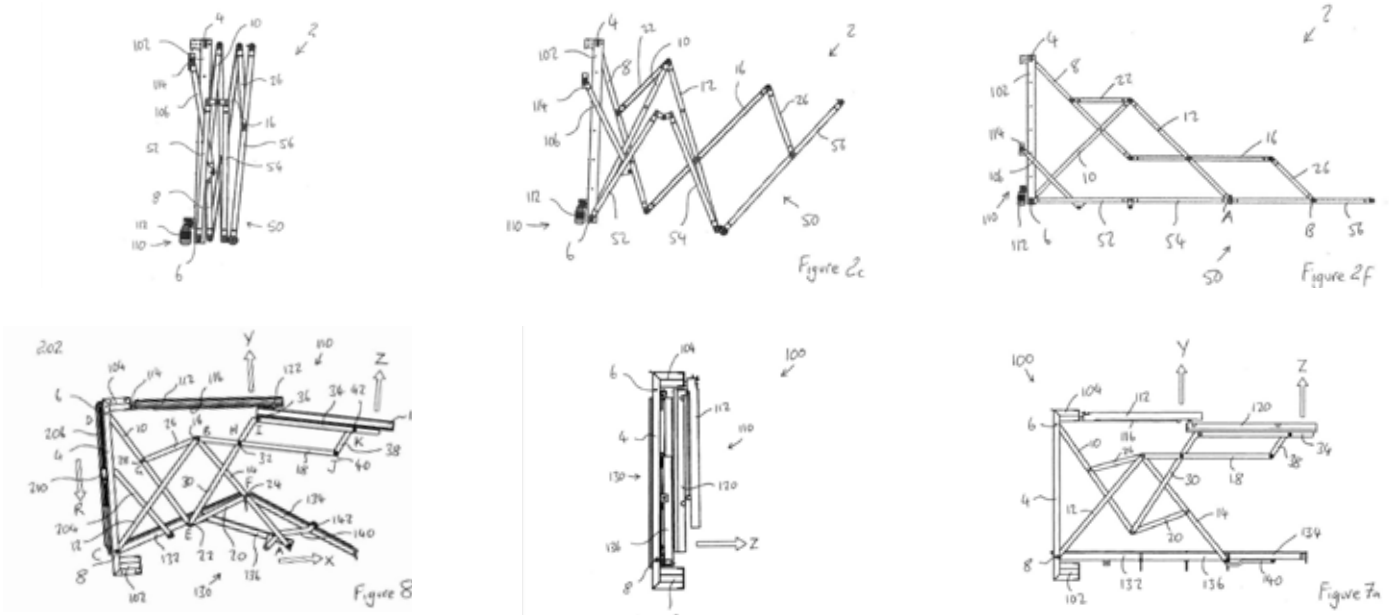
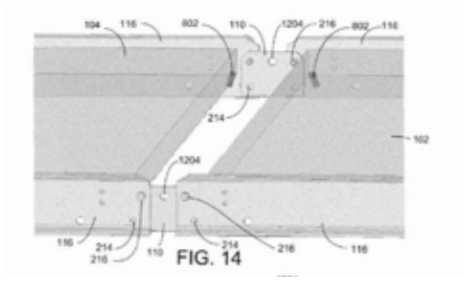


Fig.118-119-120 *Sistema per la conversione del movimento.*
Fig. 121-122-123 *Brevetto container con conversione del movimento.*



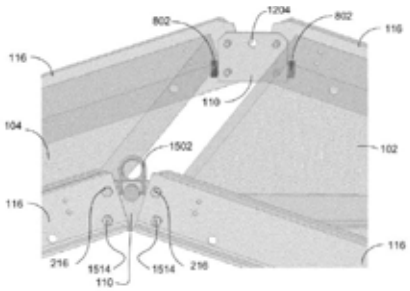


Fig. 124 *Brevetto pavimento*

BREVETTI:
Effettuando un'analisi più dettagliata dei meccanismi, risulta dai brevetti depositati dalla Ten fold che è sempre presente un elemento che viene inserito all'interno del telaio.[22] Tale parte è incernierata in modo tale da formare un Half joint, quindi è in grado sia di scorrere nella struttura e sia di ruotare e di dispiegare l'intero telaio. Questo scorrimento viene effettuato elettricamente, movimentato tramite un pistone interno come illustrato dall'immagine del brevetto (*fig.121*).[23] Anche il meccanismo rappresentato nelle prime tre figure mostra come l'elemento 114 quando viene fatto scorrere verso il basso, è in grado di ampliare la struttura.

04 DEPLOYABLE STRUCTURES

TIPOLOGIE DI DISPIEGABILI

In questo capitolo verrà focalizzata l'attenzione sulle "Deployable structures", ovvero le cosiddette strutture dispiegabili. Queste strutture in concomitanza con il Kinetic design sono presenti fin dall'inizio del XX secolo, ma nonostante ciò non esiste ancora una definizione univoca su di esse. La definizione data dall'autore Esther Rivas Adrover nel libro "Deployable structures", che può essere applicata su ogni tipologia di dispiegabile, afferma che le possibilità di espandersi o contrarsi delle strutture dispiegabili dipendono dalle loro **proprietà geometriche, materiche e meccaniche**. Essendo un argomento assai vasto e non del tutto esplorato non esiste una classificazione standard di tali strutture. Una delle classificazioni più accreditate trattate nel medesimo libro, prende in considerazione due approcci per lo sviluppo del dispiegabile. Il primo si basa sulle **componenti strutturali** del meccanismo del dispiegabile che nella mappa prende il nome di "Structural Components". Il secondo si basa su **forme e movimenti** di vario genere e prende il nome di "Generative Technique".[24] Sapendo già l'oggetto su cui si concentrerà la fase progettuale, è facilmente individuabile all'interno dello schema la tipologia precisa di "Deployable structure" a cui stiamo facendo riferimento, ovvero le "Componenti strutturali rigide". Lo schema permette di capire in che area si sta operando durante il progetto e mostra altre tipologie che possono essere integrate alla struttura dispiegabile.

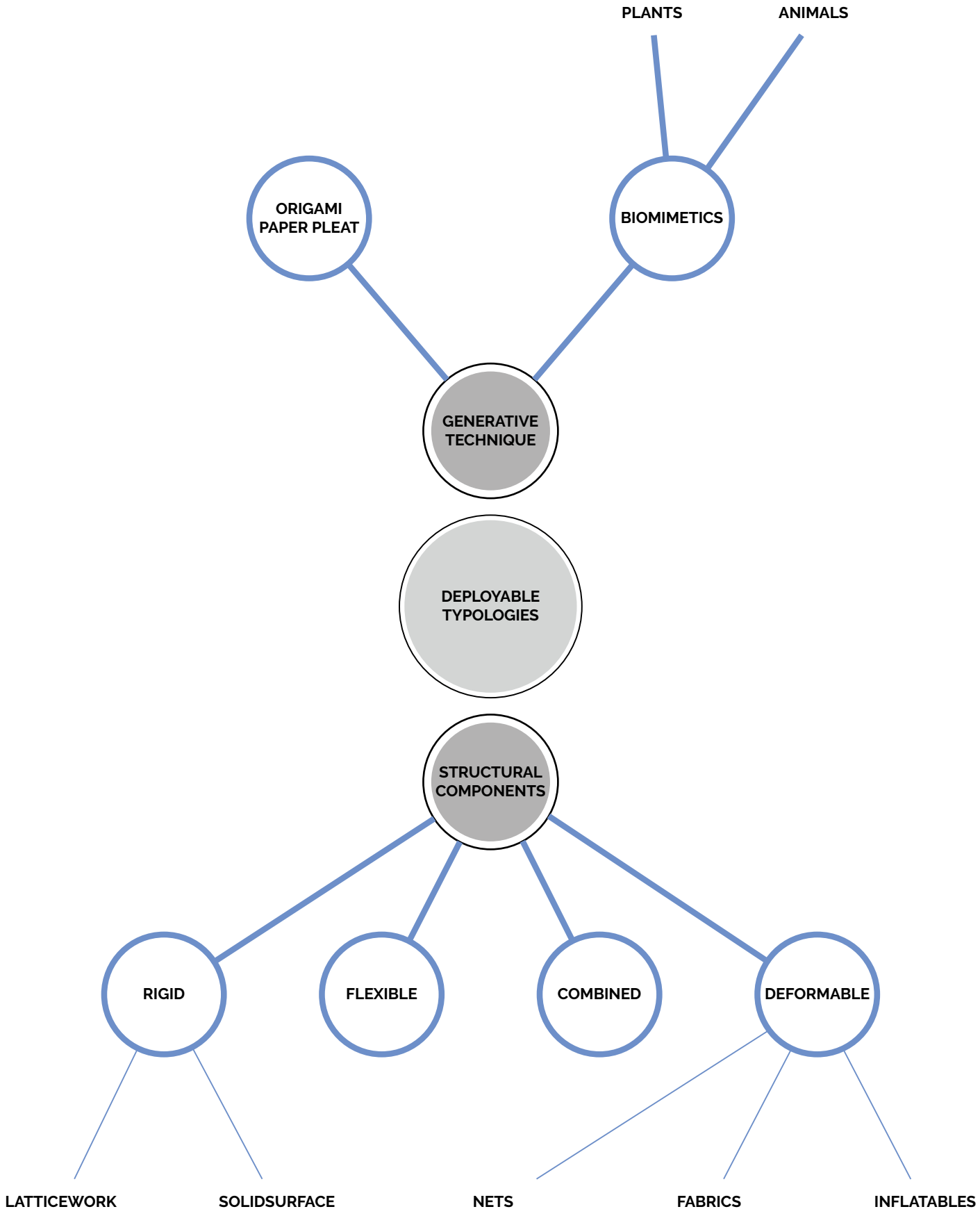

PLANTS
ANIMALS
ORIGAMI
PAPER PLEAT
BIOMIMETICS
GENERATIVE
TECHNIQUE
DEPLOYABLE
TYPOLOGIES
STRUCTURAL
COMPONENTS
RIGID
FLEXIBLE
COMBINED
DEFORMABLE
LATTICEWORK
SOLIDSURFACE
NETS
FABRICS
INFLATABLES

Fig.125 *Copertura campo da tennis*

STRUCTURAL COMPONENTS

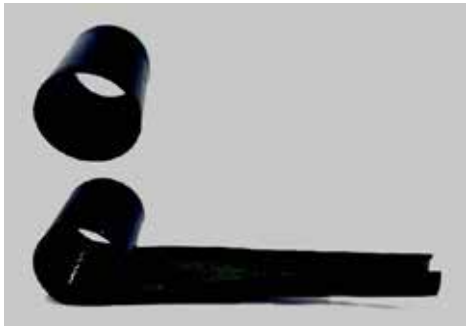


Fig.126 *STEM*

DEFORMABLE
Tutte le tipologie di dispiegabili subiscono una deformazione durante il processo di schieramento, anche i componenti strutturali rigidi che però nel loro caso risultano irrilevanti a confronto delle componenti strutturali deformabili. In generale in questa tipologia non si può effettuare il dispiegamento in maniera totalmente controllata e rientrano oggetti come reti, tessuti e gonfiabili. I primi due possono essere controllati solo combinati con altre componenti strutturali, formando così un ibrido (Combined Deployables). I gonfiabili invece risultano molto versatili per la velocità con cui possono essere dispiegati, per la loro leggerezza e talvolta anche per la loro durabilità. (*fig.125*).

FLEXIBLE
Questo gruppo non può rientrare sotto la classificazione delle componenti strutturali rigide o deformabili perché le strutture che lo compongono hanno un comportamento differente da esse: subiscono deformazioni nettamente maggiori delle strutture rigide ma il dispiegamento può essere controllato perché le componenti sono semirigide e possono flettere in determinate direzioni. Un esempio molto chiaro sono le strutture STEM (Storable Tubular Extendible Member) ovvero strisce di metallo curvate (*fig.126*). Vengono ottenute inserendo laminati piatti di metallo attraverso una matrice e riscaldati per imprimere la forma curva. Quando gli STEM sono dispiegati non sono soggetti a tensioni viceversa, quando viene avvolto

Fig.127 *Copertura piscina*

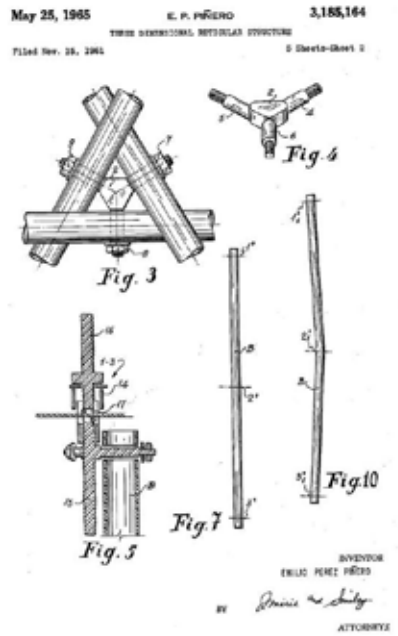


Fig.128 *Brevetto "three dimensional regular structure"*

a mandrino conserva energia elastica che verrà utilizzata per il dispiegamento.

COMBINED

Le strutture combinate sono formate da diverse tipologie di componenti strutturali per creare un meccanismo. Possono essere rigide, deformabili o flessibili. Il campo di applicazione di queste strutture ibride è di conseguenza molto ampio. (*fig.127*)

Nel 1961 Pérez Piñero realizzò un concept per un teatro trasportabile durante un concorso internazionale di studenti d'Architetti proposto dall' Unione Internazionale Architetti tenutosi a Londra. Nel 1965 brevettò delle aste a forbice a tre bracci collegate da perni montati in posizione complanare per la realizzazione di strutture reticolari (*fig.128*).

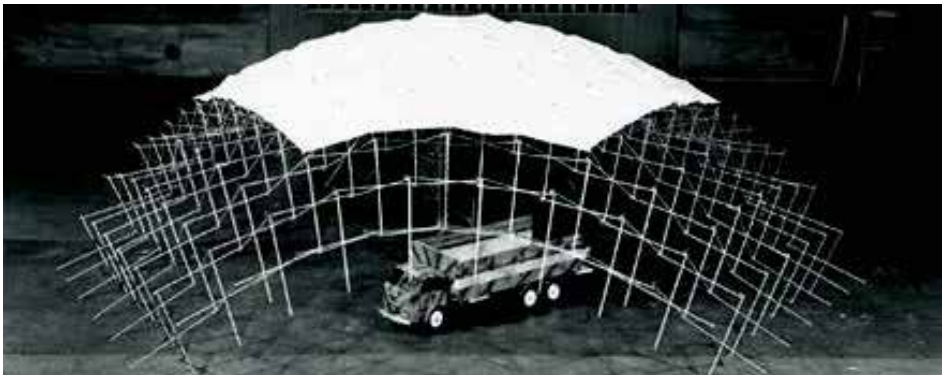


Fig.129 *Proposta cupola dispiegabile per un teatro trasportabile*

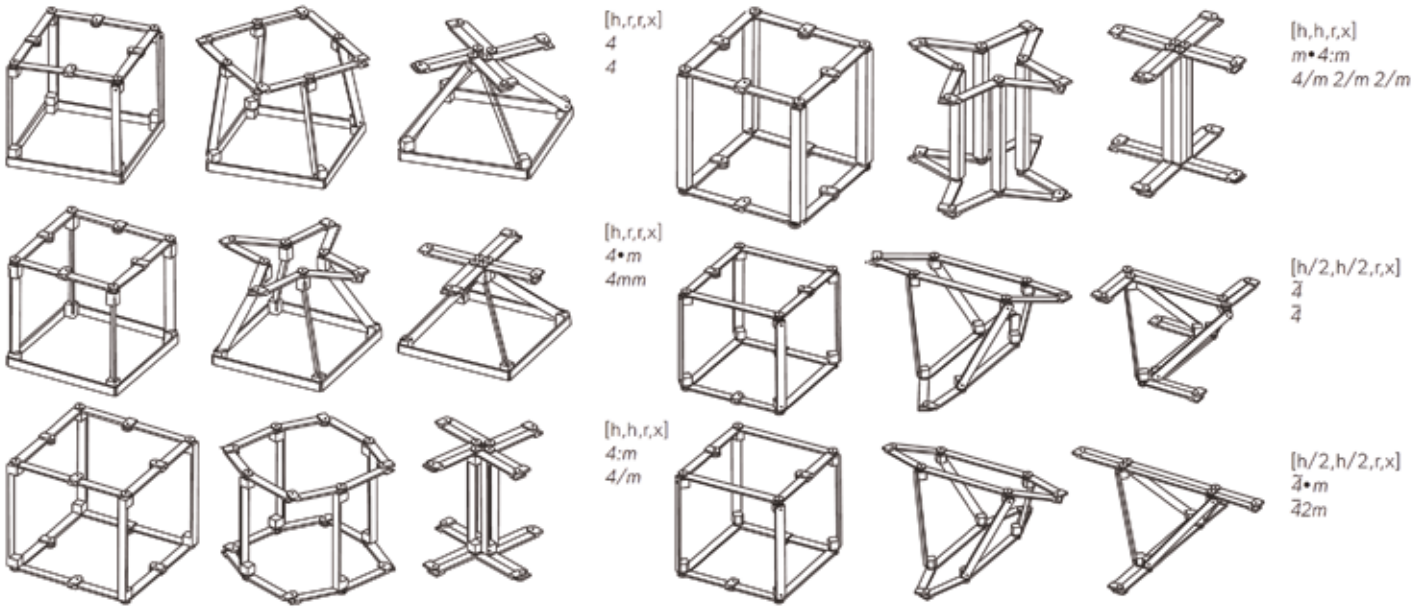


Fig.130 *Strutture Latticeworks con relativa notazione*

STRUCTURAL COMPONENTS/RIGID

La caratteristica principale di questa tipologia di dispiegabili è che sono sistemi totalmente controllabili e la struttura risulta stabile in ogni fase dello sviluppo.

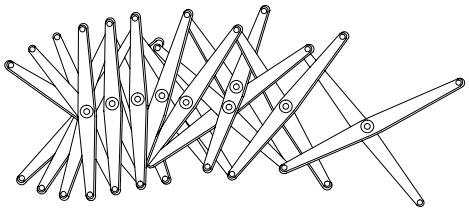


Fig.131 *Struttura Scissor*

LATTICEWORK

Sono dispiegabili che hanno la struttura ridotta al minimo necessario per formare superfici e giunzioni.

Nel 1997 è stato fatto uno studio a partire dagli studi di Alan Britt e Haresh Lalvani sulle strutture pieghevoli per definire un metodo di progettazione morfologica in grado di generare strutture schierabili basate sulla simmetria cristallografica e su varianti di tre strutture della NASA: PACTRUSS, X-BEAM e STAC-BEAM. Viene sviluppata così una notazione a 4 lettere che corrispondono a 4 gruppi di componenti strutturali di una cella cubica (*fig.130*). La prima lettera (t) corrisponde ai membri orizzontali superiori, il secondo (b) ai membri orizzontali inferiori, il terzo (v) ai membri verticali e il quarto (d) ai membri diagonali. La notazione descrive quindi se il membro è rigido (r) o incernierato (h).

SCISSOR

Sono strutture formate da due parti mobili tenute insieme da un perno. Hanno la caratteristica di essere relativamente semplici da costruire, versatili e durature (*fig.131*).

SOLIDSURFACE

Questa tipologia consiste in meccanismi aventi pannelli rigidi connessi tra loro (*fig.132*). Questo tipo di struttura è frequentemente utilizzata per i pannelli solari. Il metodo più utilizzato per schierare questi tipi di pannelli è tramite molle a torsione montate lungo le linee di cerniera. In questo caso non è possibile la retrazione automatica (*fig.133*). Sono una delle

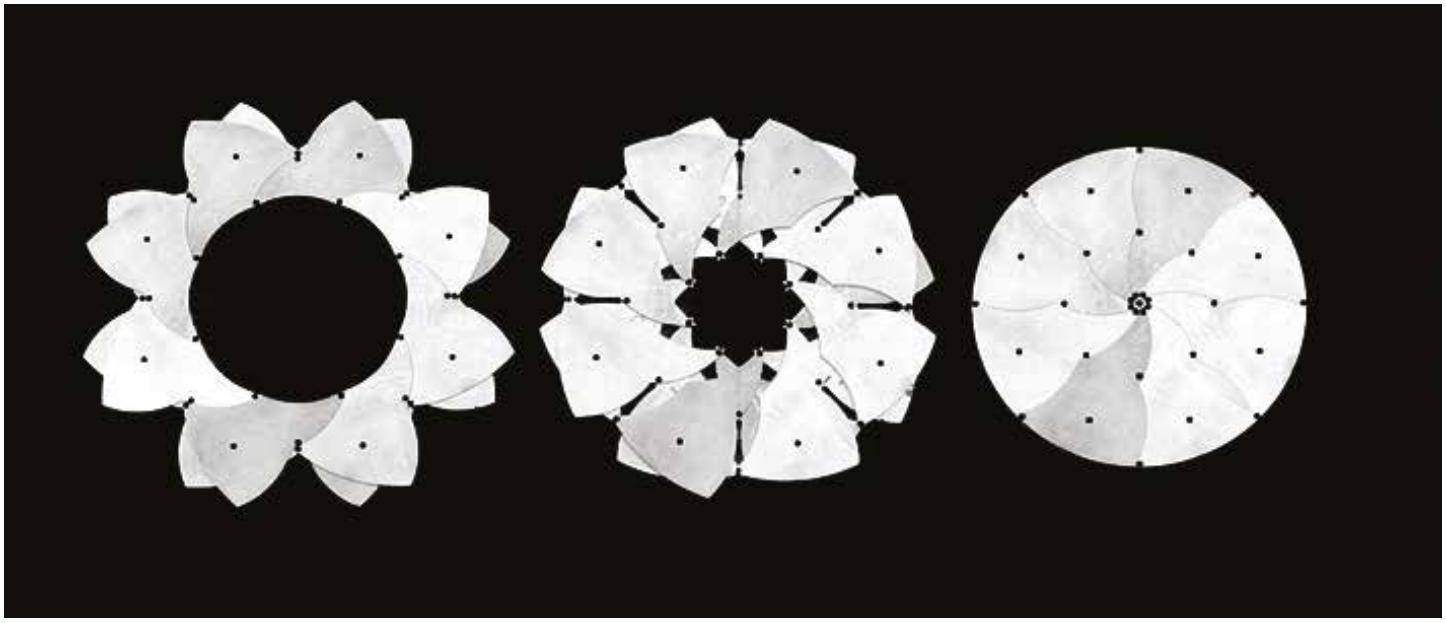


Fig.132 *Struttura Solidsurface*

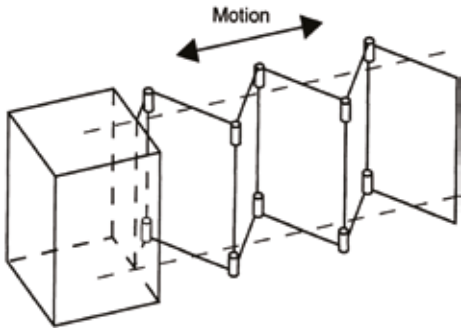


Fig.133 *Modulo pieghevole*

soluzioni più utilizzate nel campo architettonico e dell'industrial design.

PANTOGRAFO

Un altro tipo di struttura è il pantografo. La forma bidimensionale più semplice è la "lazy-tong" ovvero un insieme di aste di uguale lunghezza collegate da perni nel mezzo e alle estremità. Il perno nel mezzo di ogni coppia di barre viene a volte indicato come un giunto a forbice (*fig.135*). Si possono formare moduli pieghevoli costituiti da sei aste, che formano tre coppie, collegate da giunti sferici alle estremità. Questo modulo di base può essere piegato e dispiegato liberamente e la sua configurazione è definita dal singolo parametro B (*fig.134*). Se diversi moduli sono impilati uno sopra l'altro, il parametro ha lo stesso valore per tutti i moduli. Quindi, l'intero pantografo diventa un meccanismo unico e si dispiega in modo sincrono.[25]

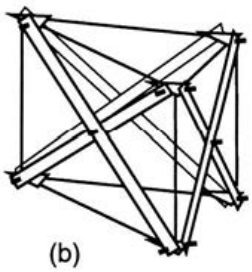


Fig.134 *Modulo pieghevole*

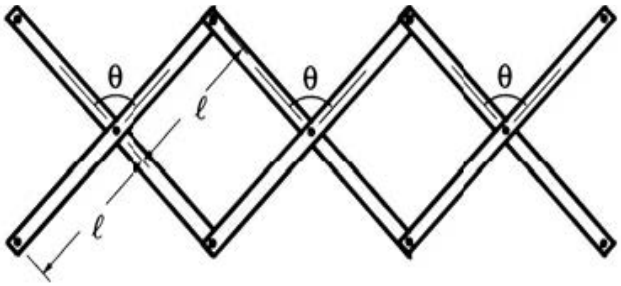


Fig.135 *Struttura a pantografo*

Fig.136 *Manufatto d'origami*

GENERATIVE TECHNIQUE/ORIGAMI-PAPER PLEATE

L'origami ovvero "*La tecnica, l'arte di creare mediante la semplice piegatura di fogli di carta, [...]*"[26], è uno degli approcci al concept design che permette la creazione di strutture dispiegabili.
In pratica un oggetto bidimensionale viene trasformato in tridimensionale tramite una serie di pieghe.

La classificazione delle strutture origami avviene in base a diversi fattori: alle direzioni cui si può espandere la struttura, allo spessore del materiale, all'utilizzo di strutture ibride o al totale o parziale piegatura del pezzo. Inoltre in base al tipo di piegatura (Piega a fisarmonica, a coltello, a scatola, incrementali, a spirale, contorte o raccolte.) e anche al cosiddetto "No crease" (tecnica di piegatura che non lascia segni netti sul foglio), si possono ottenere strutture dalle forme curve.[27]

ONE-WAY-FOLD-DEPLOYABLE STRUCTURES
Strutture che si possono espandere in una sola direzione ortogonale (*fig.138*).

TWO-WAY-FOLD-DEPLOYABLE STRUCTURES
Strutture che si possono espandere in due direzioni ortogonali. Se si modifica il modulo base è possibile ottenere strutture curve (*fig.138*).[28]

MIURA FOLD
Metodo di piegatura che permette al foglio di ridurre la propria area (*fig.137*).

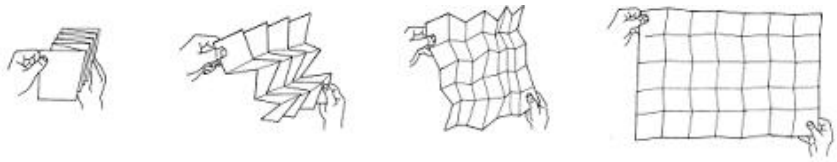


Fig.137 *Miura Fold*

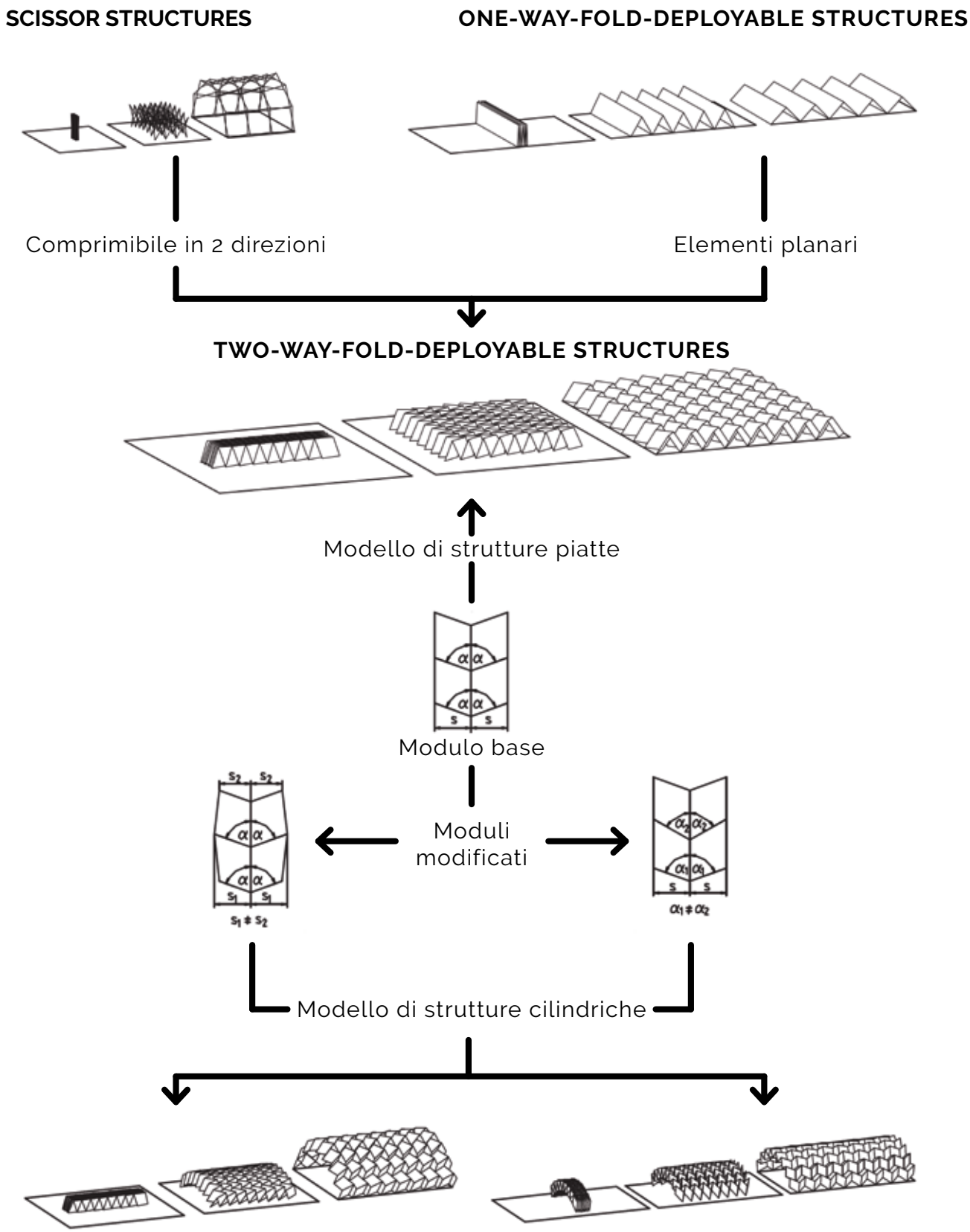


Fig.138 *Scissor structures e One-way-fold-deployable structures in relazione con le Two-way-fold-deployable-structure e le relative strutture modificate.*

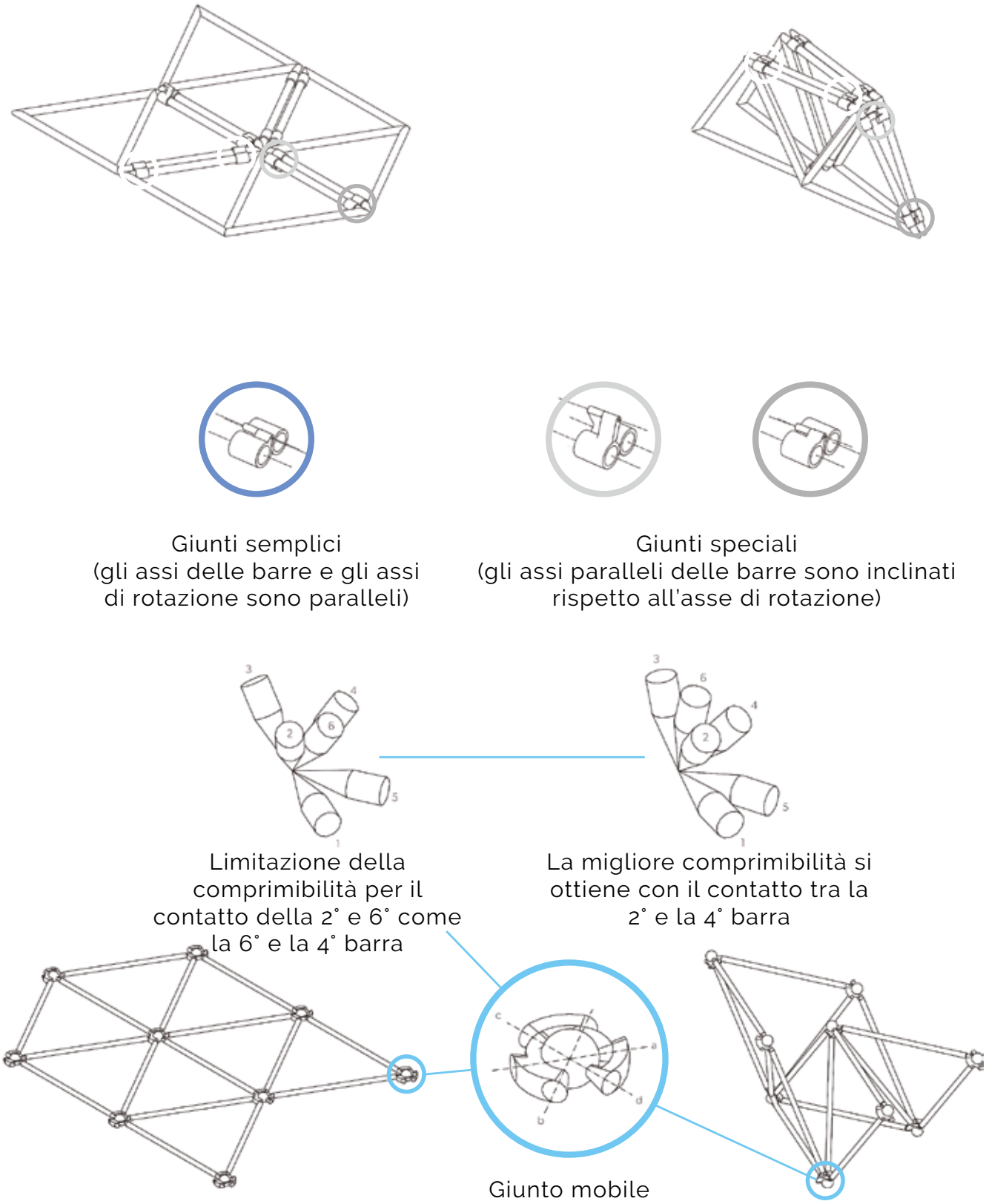


Fig.139 *Qui sono mostrati 2 differenti approcci per costruire Two-way-fold-deployable-structure. Il primo usa giunti per unire montature poligonali indipendenti. Il secondo consiste nell'utilizzo di giunti mobili che connettono barre individuali.*

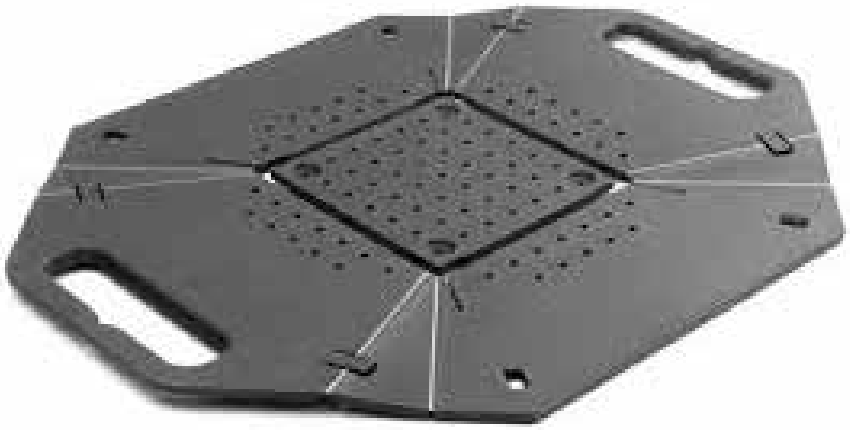


Fig.140 *Origami Colander*

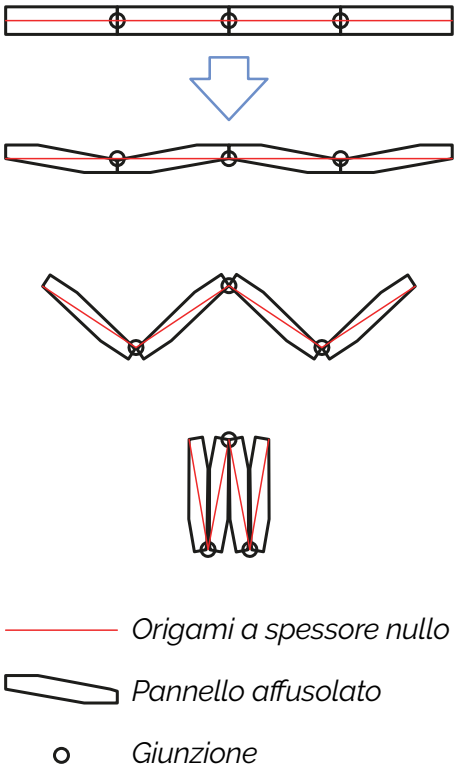


Fig.141 *Schema pannelli affusolati*

RIGID-FOLDABLE THICK ORIGAMI

Utilizzare pannelli spessi implica una maggiore difficoltà nell'ottenere un movimento fluido. Per ovviare questo problema vengono utilizzate 2 soluzioni principali.

La prima è utilizzare pannelli a spessore costante i quali presentano **aperture agli angoli** (*fig.140*). Hanno mobilità uguale o minore a strutture a origami a spessore nullo e possono essere realizzati semplicemente tramite una macchina di taglio.

La seconda è utilizzare **pannelli affusolati** (*fig.141*) che permettono di portare gli assi di rotazione coincidenti con quelli di una struttura a origami a spessore nullo.[29]

05 MECCANISMI

"*Insieme di corpi rigidi collegato da giunti mobili, a formare una catena cinematica chiusa con un membro fissato e con lo scopo di trasformare il movimento*."
A. B. W. Kennedy, Reuleaux' Kinematics of Machinery, Macmi1\an, London, 1876; republished by Dover, New York, 1963

INTRODUZIONE

Prima di analizzare questa tematica occorre definire e comprendere che cos'è un meccanismo. Per far luce sulla definizione il libro "Theory of machines and mechanism" di Gordon R. Pennock, John J. Dicker, Joseph E. Shigley parte descrivendo due elementi strettamente correlati a un meccanismo ovvero le macchine e le strutture.

Per Reuleaux le **macchine** sono una "combinazione di corpi resistenti disposti in modo tale che le forze meccaniche possano essere costrette a compiere un lavoro accompagnato da movimenti determinati certi."

Per **struttura** invece si intende "una combinazione di corpi rigidi connessi tramite giunti ma con lo scopo di non compiere un lavoro o trasformare il moto. Una struttura intesa come rigida, può probabilmente essere spostata da un posto all'altro e in questo caso si dice mobile, però, non ha mobilità interna e nessun moto relativo tra i vari membri mentre sia macchine che meccanismi lo possiedono." Una differenza principale tra macchina e meccanismo è che nella prima "termini come forza, momento torcente, lavoro e potenza sono i concetti predominanti. In un meccanismo, sebbene possa trasmettere potenza o forza, l'idea predominante nella mente del progettista è quella di ottenere un movimento desiderato."[30]

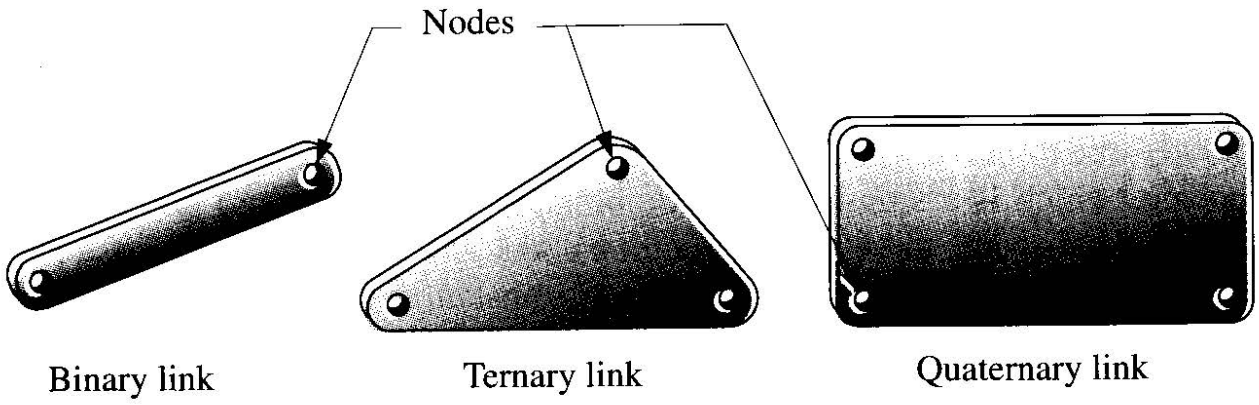


Fig.142 *Ruote dentate*

ELEMENTI DI UN MECCANISMO

I meccanismi sono formati da 2 elementi principali di base: **i membri** (link) e le **coppie cinematiche** (joints).

I membri sono "corpi rigidi che possiedono almeno due nodi che sono punti per l'attaccamento ad altri collegamenti." Le coppie cinematiche invece sono "delle connessioni tra due o più collegamenti (ai loro nodi), che consentono un certo movimento, o movimento potenziale, tra i membri collegati." Possono essere suddivise per i **gradi di libertà** (DOF) che lasciano tra due membri uniti. Se la coppia cinematica lascia 1 DOF può permettere solo la traslazione o la rotazione e prende il nome di **Full joint**. Le coppie cinematiche che lasciano 2 DOF vengono chiamati **Half joint** e permettono sia la traslazione che la rotazione sulla stesso piano. Se vengono lasciati 3 DOF si ottengono coppie cinematiche utilizzate principalmente nei **meccanismi spaziali** come ad esempio un giunto sferico (**ball joint**). Essendo la **trasmissione della forza** lo scopo principale del meccanismo, "i membri dovranno essere disposti in maniera tale da trasmettere il movimento dal "**driver**" o dal membro input, al "**follower**" o membro output."[31] Si può quindi definire membro anche "una connessione rigida tra due o più elementi di differenti catene cinematiche" Infine la catena cinematica per definizione è formata da "diversi membri connessi insieme in maniera mobile tramite coppie cinematiche".[32] In base alla sua conformazione che può essere aperta o chiusa cambiano diversi aspetti riguardanti la funzione e la mobilità.

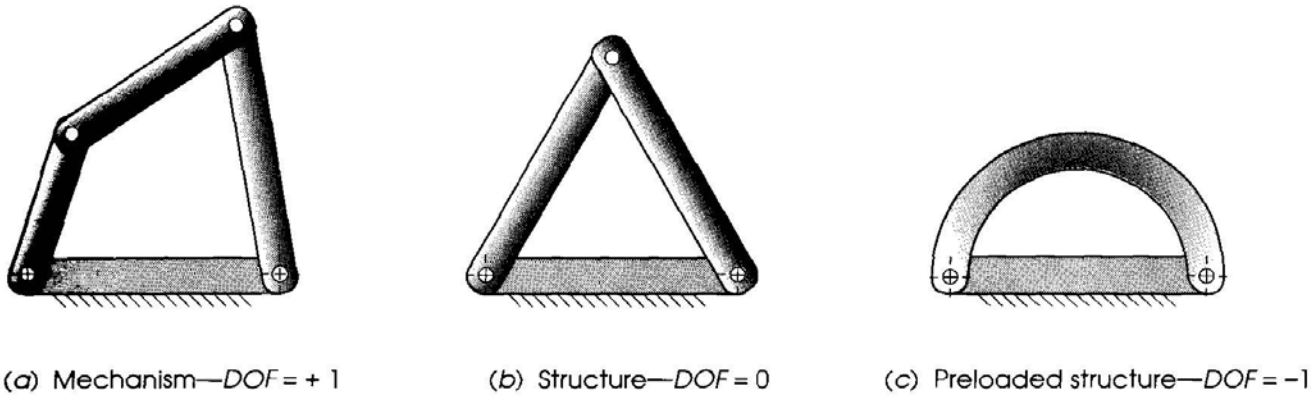


Fig.143 *Dimostrazione gradi di libertà*

GRADI DI LIBERTÀ
Per la sintesi e l'analisi dei meccanismi si fa riferimento a un concetto essenziale: il **grado di libertà**.
Il libro "Design of machinery" definisce il grado di libertà come "il numero di input i quali sono necessari per la formazione di un output prevedibile" e anche come "il numero di coordinate indipendenti richieste per definire la posizione."
Andando a operare quindi sui gradi di libertà si va a influire sulla **mobilità** del meccanismo. Per controllare i movimenti di un meccanismo tendenzialmente si riduce a 1 DOF la mobilità e viene applicato un attuatore che può essere umano o artificiale. Reuleaux definisce questi meccanismi come "constrained". Esistono però anche casi in cui si hanno meccanismi a **gradi di libertà multipli** che possono essere controllati, come i robot, mediante l'utilizzo di diversi input forniti per il controllo.[33]

CLASSIFICAZIONE
Secondo il libro "Theory of machines and mechanism" di Gordon R. Pennock, John J. Dicker, Joseph E. Shigley, non esiste un sistema ideale e unico della classificazione dei meccanismi. Alcuni metodi di classificazione si basano sulla **trasformazione del movimento**, che è la finalità principale del meccanismo. In questa classificazione si è optato per la suddivisione in base alle direzioni sugli assi cartesiani in cui si possono sviluppare.[34]

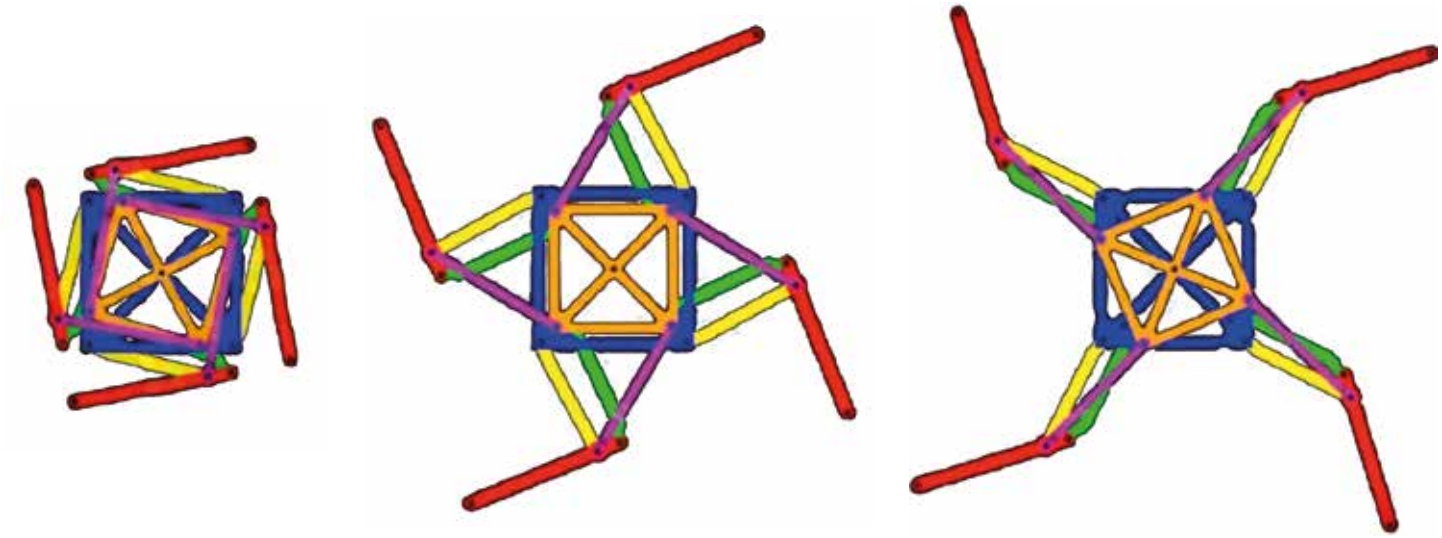


Fig.144 *Sviluppo di un meccanismo piano*

MECCANISMI PIANI

Ogni movimento prodotto dal meccanismo agisce solo lungo **2 direzioni cartesiane**. È possibile individuare la posizione di ogni punto del meccanismo perché ogni suo movimento appartiene a un solo piano (*fig.144*). Questa sua caratteristica rende possibile la **rappresentazione grafica** del movimento del meccanismo in ogni sua fase. Viene chiamata complanare la trasformazione del moto di ogni meccanismo. Fanno parte di questa tipologia elementi come quadrilateri articolati, camme e sistemi biella manovella.[35]

MOBILITÀ

Si può analizzare algebricamente la mobilità di un meccanismo attraverso un calcolo che tenga conto dei gradi di libertà, dei membri e delle coppie cinematiche.
Sotto forma di formula questa diventa:

$$M = 3-(L-1)-(2xJ^1)-J^2$$

In base al risultato si può sapere prima della sua effettiva realizzazione il **comportamento** del meccanismo.
M corrisponde ai gradi di libertà che possiede il meccanismo.
Se M=0; il movimento è nullo e viene formata così una struttura.
Se M=1; il meccanismo può essere azionato da un singolo attuatore.
Se M>2; due o più input sono necessari per produrre un movimento controllato del meccanismo.[36]

Fig.145-146-147-148 *Eizzy Folding Table*

MECCANISMI SPAZIALI

Fig.149 *Sedia da campeggio*

Ogni movimento prodotto dal meccanismo agisce in tutte e **3 le direzioni cartesiane** (*fig149*). La visualizzazione diventa più difficile e devono essere sviluppate tecniche più potenti per la loro analisi.
Come spiegato anche nel Design of Machinery "l'approccio utilizzato per determinare la mobilità di un meccanismo planare può essere facilmente esteso nelle 3 dimensioni." Tenendo conto che i gradi di libertà acquisiti da un membro nello spazio tridimensionale sono 6, fissando un membro a terra da come risultato la rimozione di 6 DOF, un Full joint rimuove 5 DOF, un Half joint rimuove 4 DOF e così via. In questo caso la formula prende la seguente forma:

$$M = 6x(L-1)-(5xJ_1)-(4xJ_2)-(3xJ_3)-(2xJ_4)-J_5$$

dove il pedice fa riferimento al numero di libertà delle coppie cinematiche.[37]

Fig.150 *Meccanismo con rocchetto e dentiera*

MECCANISMI APPLICABILI

Nelle pagine seguenti, verranno mostrati 27 casi studio inerenti ai meccanismi applicati nei macchinari o nelle strutture.
Quasi tutti i meccanismi selezionati sono "Piani", mentre solo gli ultimi 3 posti alla fine del paragrafo sono "Spaziali". I vari progetti risultano particolarmente interessanti grazie a diversi motivi: per le diverse tipologie di movimentazione dei membri utilizzate, per le connessioni usate, per l'uso di attuatori che danno movimento al sistema e per i moltiplicatori di forze meccaniche utilizzati per ridurre al minimo l'uso di energia in entrata.
Sistemi di apertura o espansione illustrati sono sia sull'asse orizzontale e sia su quello verticale. Tutti i meccanismi piani presentano un solo grado di libertà, eccetto un solo caso studio, dichiarato anche nel titolo, che ne possiede due.
Questa fase risulta importante perché ci fornisce un ventaglio di possibilità per la scelta del meccanismo da poter applicare alla struttura del container, al fine di movimentarlo.

Ponte pieghevole

Ponte pieghevole, formato da tre pannelli rettangolari, intelaiati ai membri laterali; tramite l'uso di ruote dentate agli estremi, è possibile dispiegare il ponte.
Il tutto viene effettuato tramite dei tiranti posti in alto.
Questo meccanismo risulta particolarmente interessante per il suo modo di ripiegare i pannelli e ridurre al minimo il volume quando è chiuso.

Ponte pieghevole

Un altra tipologia di ponte pieghevole, che suddivide la superficie calpestabile in pannelli più piccoli rispetto al precedente caso studio ma rispetto a prima ha alcuni elementi di spicco come il collegamento tra le estremità dei pannelli e il telaio a soffietto. La movimentazione viene equilibrata da due zavorre poste all'estremità dei tiranti.

Strutture a scorrimento

Esempio di meccanismo con pareti scorrevoli tra un membro e l'altro, il sistema viene attivato tramite un meccanismo a vite, in cui l' elemento centrale è fissato. Lo scorrimento viene agevolato grazie alla presenza di due catene per ogni membro presente.
Sarebbe una soluzione ottimale se si dovesse scegliere nel progetto l'utilizzo delle pareti scorrevoli.

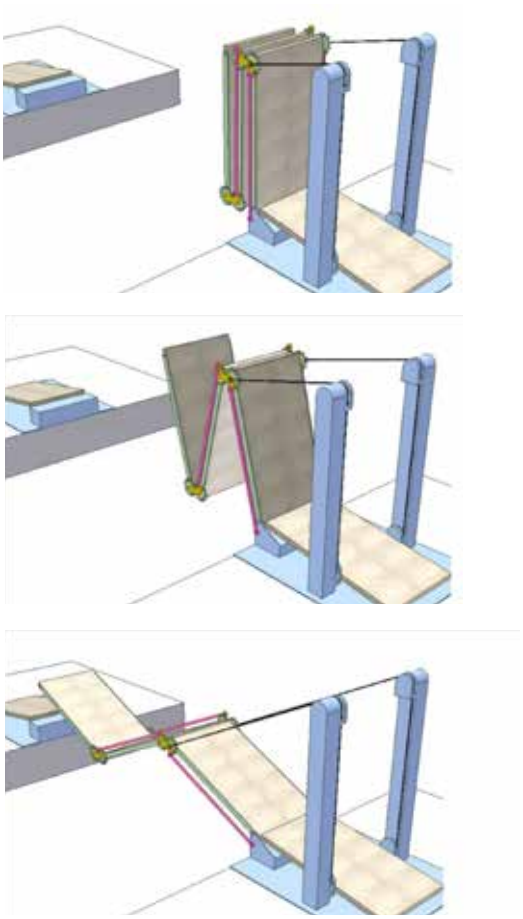


Fig.150-151-152 *Meccanismo piano*

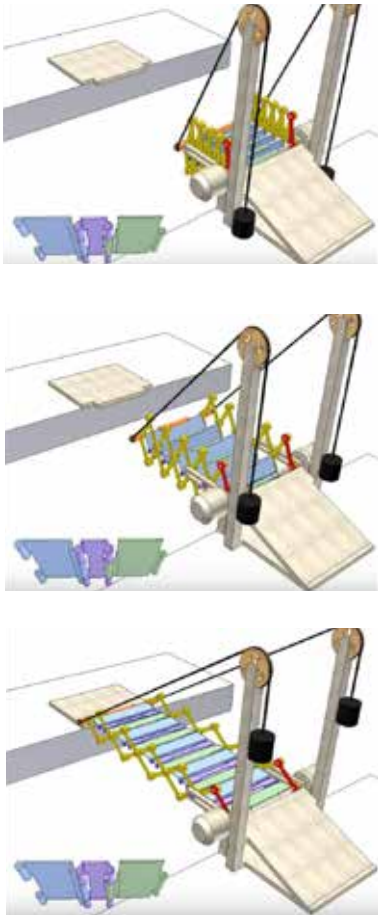


Fig.153-154-155 *Meccanismo piano*

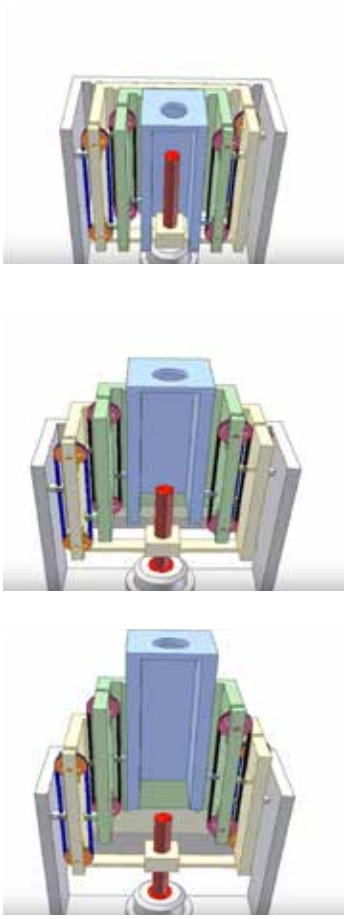


Fig.156-157-158 *Meccanismo piano*

Tavolo trasformabile

Tavolo in grado di cambiare forma, tramite un sistema di rotazione applicato tra i due assi del tavolo e la struttura inferiore.
I due assi ruotano di 180˚ verso l'esterno tramite l'utilizzo di due ruote dentate.
Risulta interessante per la movimentazione delle pareti.

Tavolo espandibile

Tavolo espandibile, utilizza un meccanismo verticale per movimentare la parte di tavolo già preesistente, nel mentre si espande la superficie superiore verso l'esterno. Nel vuoto centrale che si viene a creare, si andrà a inserire un pannello, posizionato nel basso.
La movimentazione viene effettuata tutta in un solo meccanismo ed avviene simmetricamente.

Distributore di pannelli

Meccanismo per movimentare pannelli.
Questo sistema meccanico risulta interessante perché riesce a movimentare la struttura sia in orizzontale e sia in obliquo, ponendo il meccanismo verticalmente.
Tale sistema funziona grazie a una molla, che permette di mettere in tensione i membri utilizzati per il meccanismo.

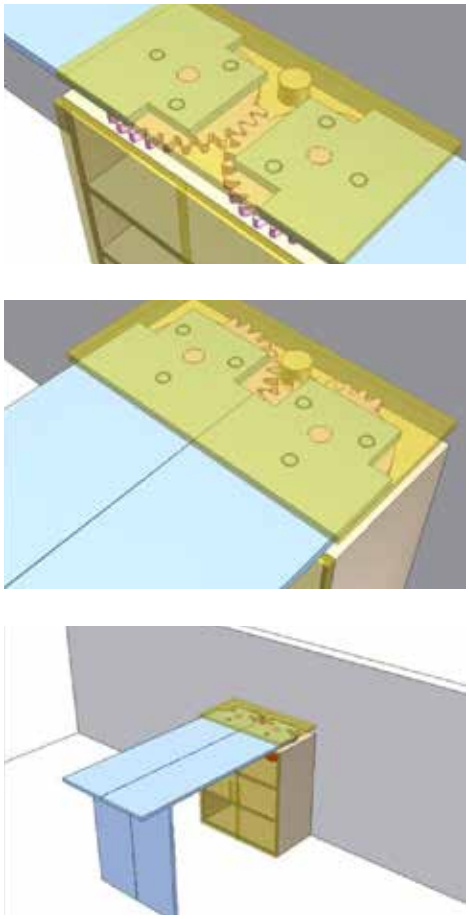


Fig.159-160-161 *Meccanismo piano*

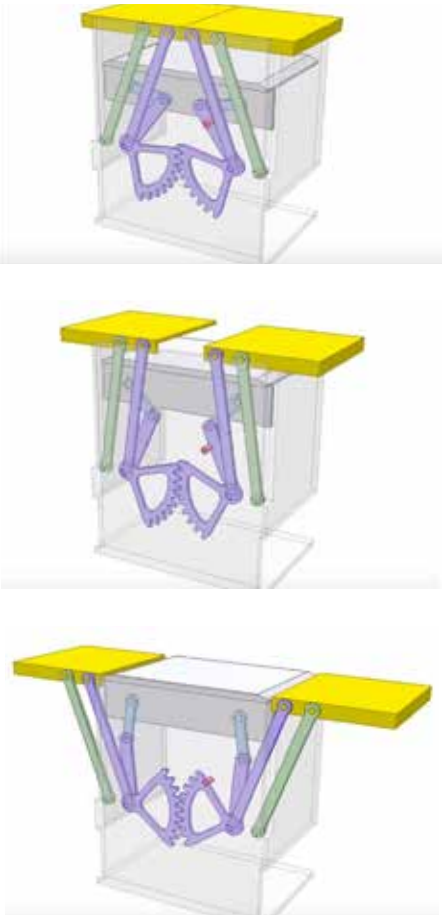


Fig.162-163-164 *Meccanismo piano*

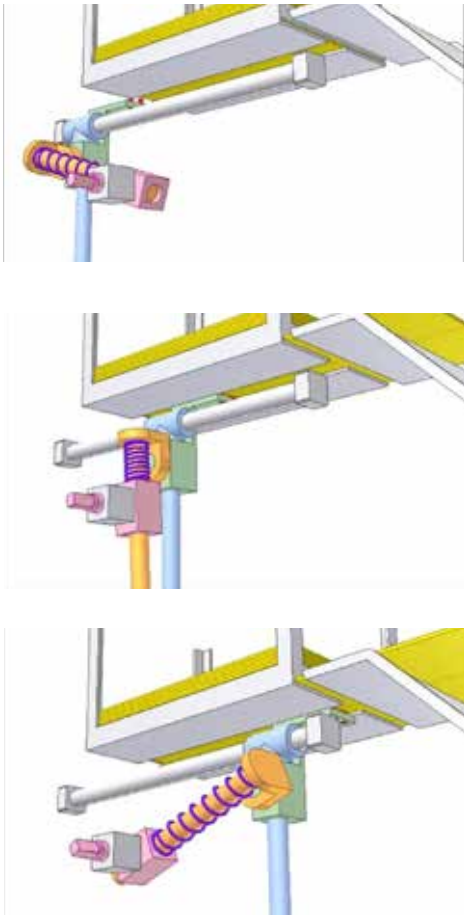


Fig.165-166-167 *Meccanismo piano*

Porte scorrevoli

Porte scorrevoli sincronizzate: le porte vengono inserite all'esterno di un binario, utilizzando una catena posta nella parte superiore del binario per movimentarsi.
La catena viene inserita all' esterno di due ruote dentate.
Queste due porte non sono sovrapponibili. Potrebbe essere un ottima soluzione per poter movimentare pareti.

Porte scorrevoli

Molto simile al caso precedente, non utilizza una catena per la movimentazione delle pareti, ma salda due membri orizzontalmente alle porte e nelle parti interne vi è una dentatura.
Tra le due parti dentate viene inserita una ruota dentata che permette di movimentare le due porte. Può essere movimentata a mano o tramite motore.

Porte telescopiche

Terzo meccanismo di porta scorrevole, utilizza un sistema telescopico tale da permettere lo scorrere nei binari fissi e poter sovrapporre le due porte assieme. Utilizza un sistema di movimentazione molto simile al caso precedentemente descritto.
Risulta molto interessante se venisse applicato a prodotti con doppia parete.

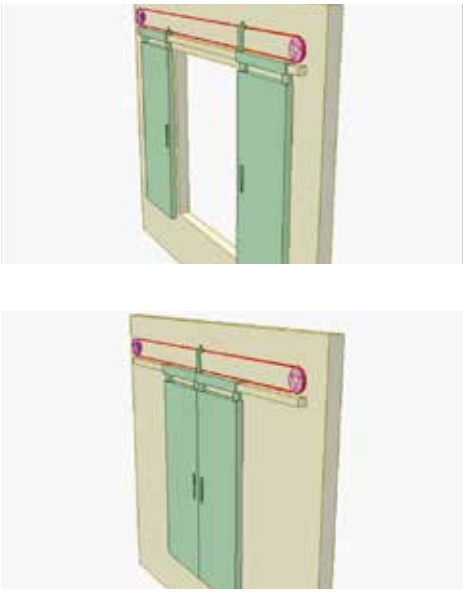


Fig.168-169-170 *Meccanismo piano*

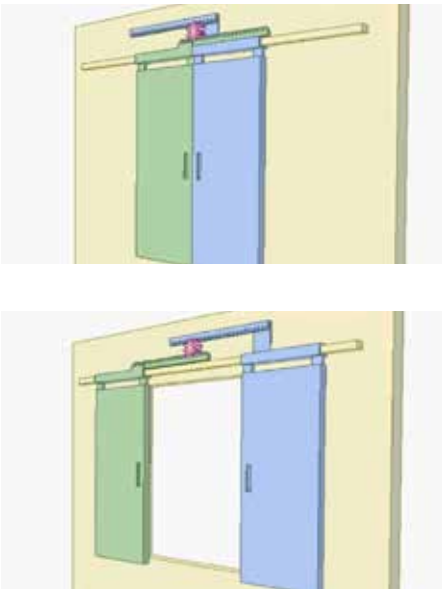


Fig.172-173-174 *Meccanismo piano*

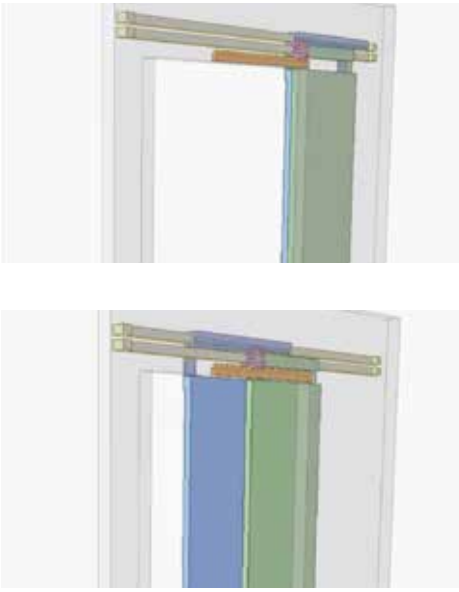
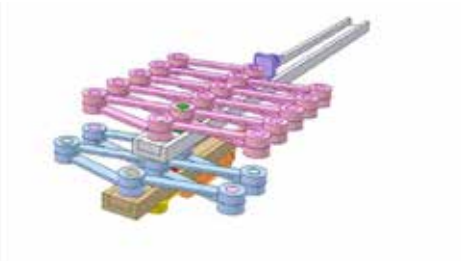


Fig.175-176-177 *Meccanismo piano*

Sistema a doppia forbice

Meccanismo a forbice, composto da tante componenti in serie a forma di parallelogramma in grado di espandersi in orizzontale tramite l'utilizzo di binari.
Nel binario in basso vi è applicato un motore che permette di movimentare tutta la struttura.
Uno dei pochi sistemi utilizzati orizzontalmente.
Questo sistema ha solo 1 DOF e permette la movimentazione in direzione orizzontale.



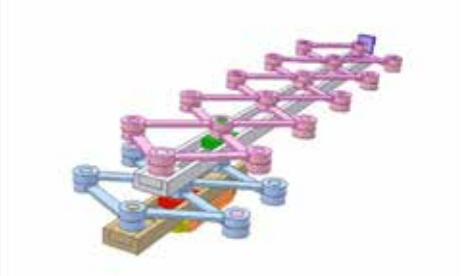


Fig.178-179-180 *Meccanismo piano*

Struttura a forbice

Sistema a forbice, in cui il telaio viene posto verticalmente.
Uno dei due lembi viene incernierato e funge da membro fisso, mentre l'altro lato è quello che viene movimentato.
Man mano che si allunga la struttura, i membri posti tra i due lembi si distendono, fino a che il membro che scorre nel binario, posto al fondo del lembo, raggiunge il suo fine corsa.

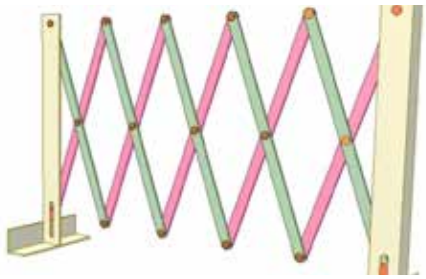
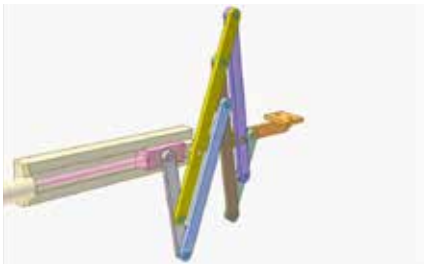
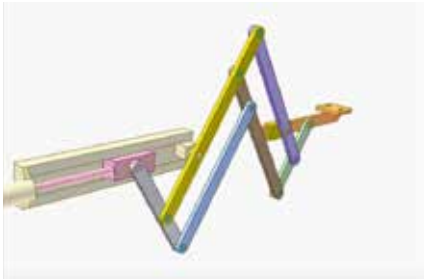


Fig.181-182-183 *Meccanismo piano*

Sistema lineare

Meccanismo azionato da un pistone, il quale esercita una spinta orizzontalmente alla sua posizione ed è in grado di dispiegare i membri esterni ad esso. All'estremità si possono fissare degli altri elementi che verrebbero movimentati in caso di necessità. Il movimento arriva fino al fine corsa del pistone, oltre non potrebbe andare.





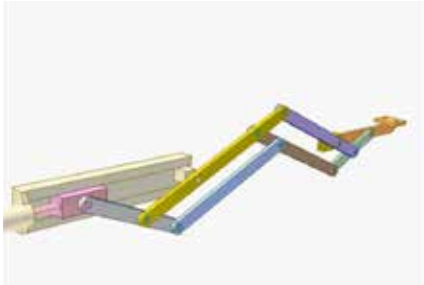


Fig.184-185-186 *Meccanismo piano*

Braccio con pinza

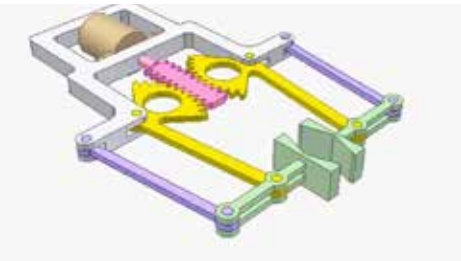
Meccanismo utilizzato nei bracci robotici, utilizza un pistone posto all'estremità per movimentare le le due estremità opposte, che corrispondono alle braccia del robot. Il sistema lavora lungo l'asse orizzontale, vengono impiegate delle componententi con una parte della superficie, la quale presenta una dentatura, il che permette di aiutare e movimentare altre parti del meccanismo.

Schermata

Meccanismo utilizzato per movimentare una parete o un dispositivo. Nella parte inferiore vi è posto orizzontalmente il telaio che movimenta la parete. Per movimentare si serve di un pistone in grado di ampliarsi e ruotare contemporaneamente.
Come meccanismo corrisponde al classico quadrilatero articolato.

Direzione invariata

Meccanismo in grado di movimentare una componente senza farlo ruotare. Il sistema d'azionamento viene effettuato grazie a un pistone posto alla base nella parte di sinistra del meccanismo, il membro che non ruota viene fatto scorrere all interno di un binario, posto al suo centro. Mentre ai suoi estremi sono presenti dei membri, i quali non permettono la rotazione di essa.



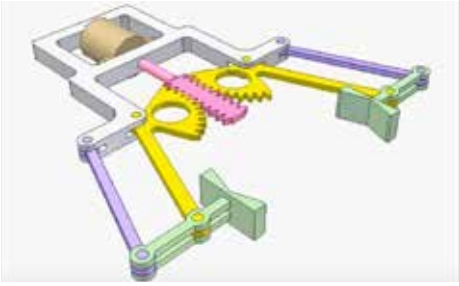
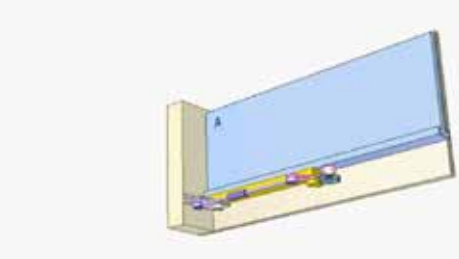
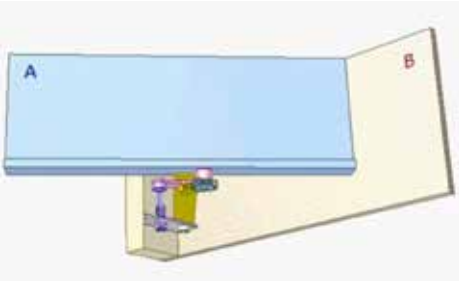


Fig.187-188-189 *Meccanismo piano*





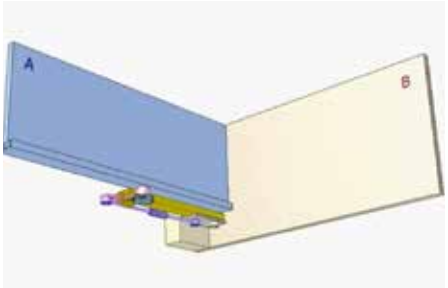


Fig.190-191-192 *Meccanismo piano*

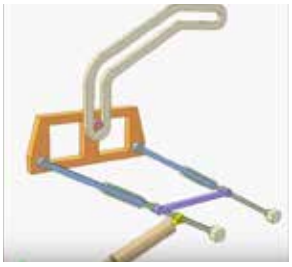


Fig.193-194-195 *Meccanismo piano*

Molla a compressione

Sistema a compressione dove i due lembi di colore verde chiaro vengono spinti verso l'esterno. Tale compressione viene generata ortogonalmente dal membro grigio, verso il membro azzurro.
Il tutto viene aiutato da una molla posta al centro del meccanismo che permette di espandere facilmente i due lembi.

Meccanismo a parallelogramma

Meccanismo a parallelogramma. Tre punti del meccanismo sono incernierati e su quelle componenti è permessa solo una rotazione; i due membri esterni dovranno effettuare due rotazioni opposte affinche il lato opposto alle cerniere si possa espandere. Il lato opposto è composto da due membri, tra di loro scorrevoli nel estremità interna; mentre all' esterno sono incernierate ad altri membri.

Meccanismo per monitor

Meccanismo utilizzato per estrarre i monitor. Utilizza un sistema a vite per poter movimentare il display; il quale viene fatto scorrere su dei binari. A fine binario vi è presente una leggera inclinazione, che permette al monitor la rotazione di di 90°.
Per ritornare alla conformazione iniziale basta far ruotare in senso antiorario il sistema a vite.

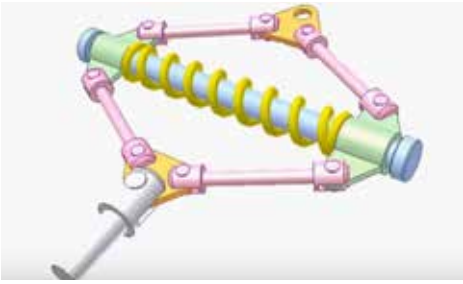


Fig.196-197-198 *Meccanismo piano*

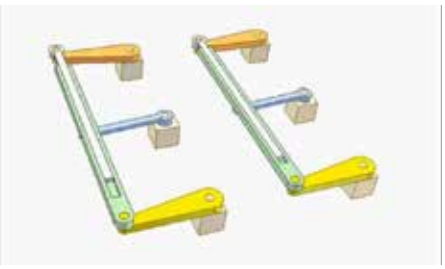
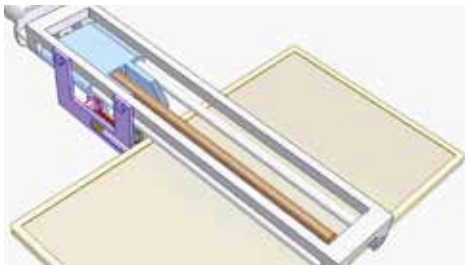
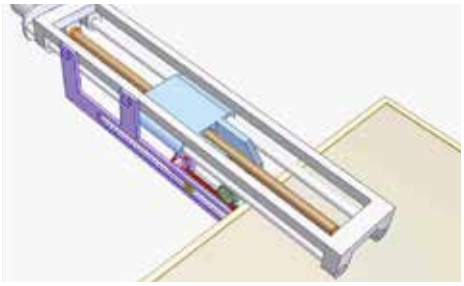


Fig.199-200-201 *Meccanismo piano*





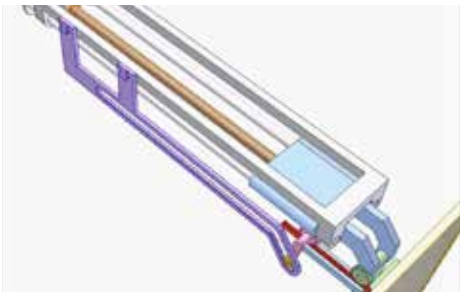


Fig.202-203-204 *Meccanismo piano*

Meccanismo dell'aquilone

Meccanismo composto da tre elementi delle stesse dimensioni, in grado di distanziarsi tra di loro grazie ad altri piccoli membri che collegano i tre corpi tra di loro.
Questo meccanismo agisce sull'asse verticale ed è capace di ampliarsi in notevole misura.

Meccanismo di sollevamento

Sistema molto simile alla cassetta degli attrezzi, dove tramite una maniglia posta al centro del dispositivo, se spinta verso il basso mette in atto il sistema di dispiegazione. I due membri gialli spinti verso il basso, vanno a spingere verso l'esterno le due componenti con una parte di superficie dentata, le quali sono a contatto tra di loro; ruotando esse movimentano le restanti componenti aprendole.

Meccanismo di sollevamento

Sistema simile al precedente, questo dispositivo si serve di un pistone per attivare il movimento verso l'alto. Ogni lato è composto da due membri incernierati tra di loro, e ai loro estremi hanno una ruota dentata, che permette ad esse di espandersi e viceversa.

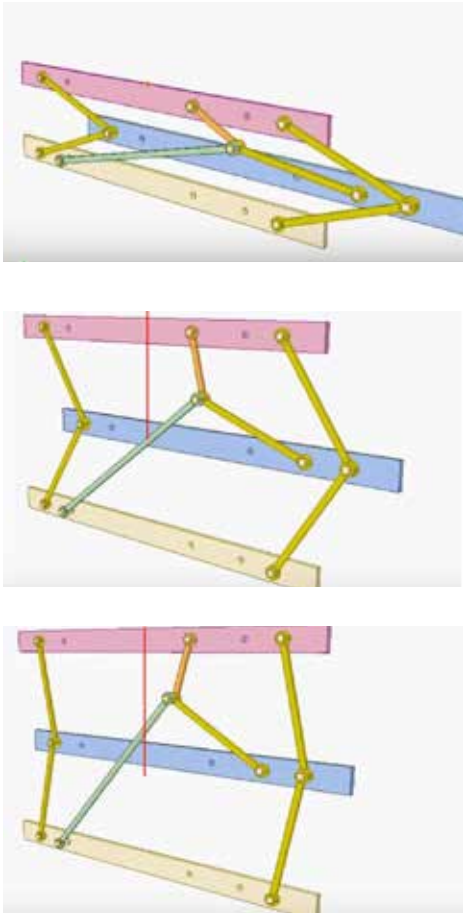


Fig.205-206-207 *Meccanismo piano*

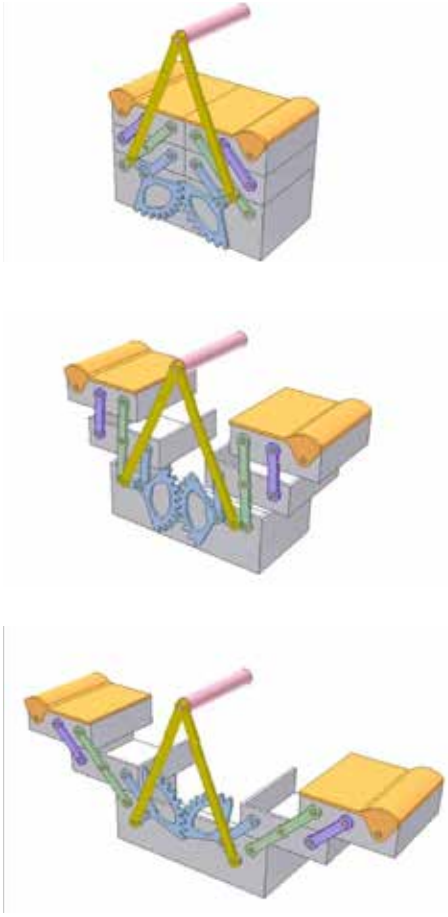


Fig.208-209-210 *Meccanismo piano*

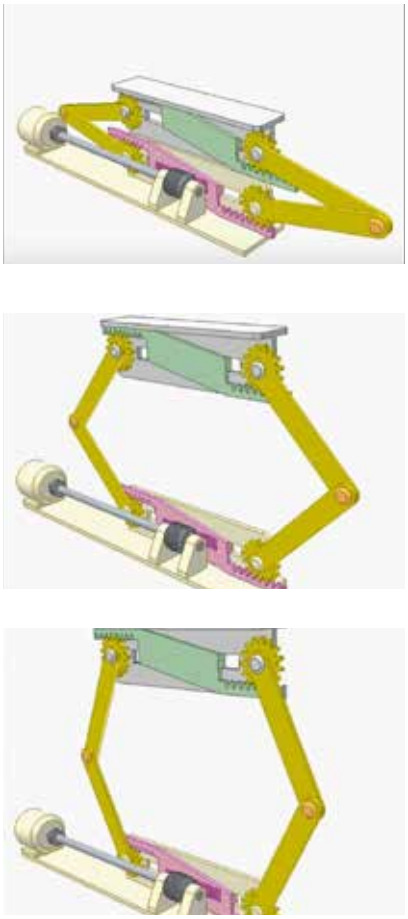


Fig.211-212-213 *Meccanismo piano*

Barre pieghevoli

Barra pieghevole, solitamente utilizzata per cancelli e altri prodotti simili, si serve di un doppio membro per ogni parte pieghevole. Tra una componente e l'altra vi sono presenti delle ruote dentate che permettono alla struttura di piegarsi e viceversa come nelle immagini sottostanti.

Barre pieghevoli

Barra pieghevole, divisa in sole due parti pieghevoli; si serve di un sottile pistone per movimentare la prima componente a cui è fissata. Tra le due parti delle barre sono utilizzate delle ruote dentate.

Finestra sul tetto

Meccanismo utilizzato per aprire un soffitto. Si attiva il sistema grazie a un membro circolare posto al centro, il quale è legato ad altri membri esterni, che hanno la funzione di movimentare i pannelli del soffitto verso l'esterno.

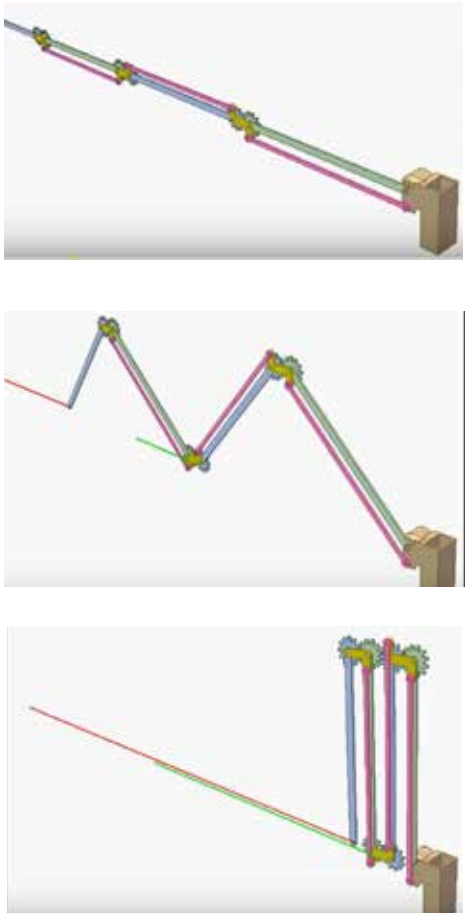


Fig.213-214-215 *Meccanismo piano*

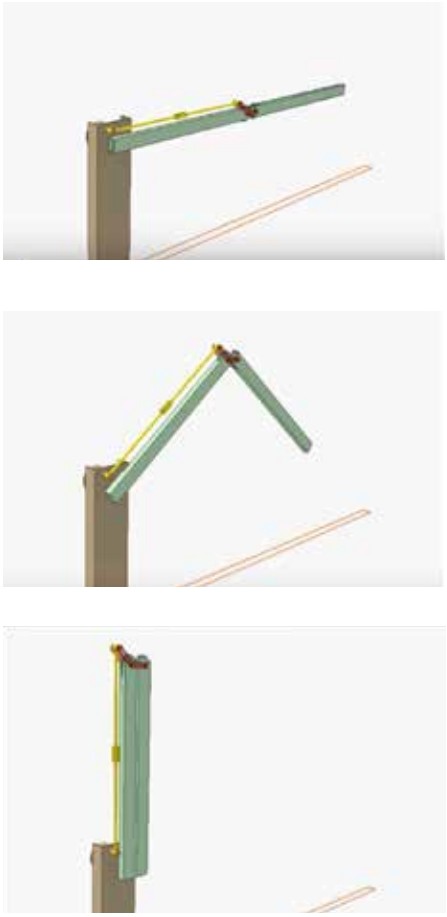


Fig.216-217-218 *Meccanismo piano*

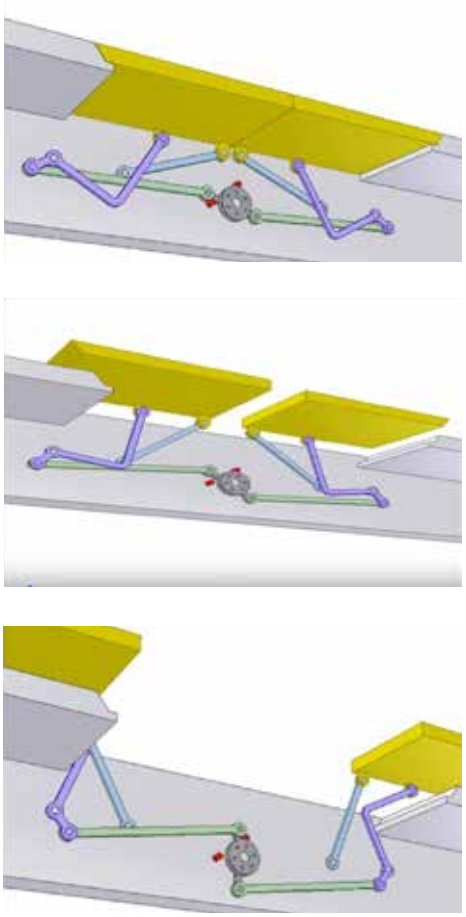


Fig.219-220-221 *Meccanismo piano*

Collegamento di Sarrus

Meccanismo che permette di movimentare una superficie dal basso verso l'alto. Questo sistema utilizza due bracci posti ortogonalmente tra di loro, i quali sono collegati tra di loro grazie alle dentature poste all' estremità. Il tutto verrebbe movimentato dal braccio blu. Se si ruota in senso orario il sistema si amplierebbe, mentre se si ruota in senso antiorario il sistema si richiuderebbe.

Sistema a doppia forbice con 2DOF

Sistema in grado di muoversi in due direzioni, tramite meccanismo di movimentazione manuale; esso utilizza due leve. La prima di colore blu serve a muovere la struttura nel binario, la seconda di colore arancione serve a ruotare il telaio posto sotto a quella superiore. In questo caso vi sono posti dei pannelli sopra alla struttura che passano da una collocazione parallela ad affiancata.

Tavolo da taglio

Tavolo utilizzato per tagliare la legna. Nel piano inferiore è stata inserita una sega circolare. Tale dispositivo appare interessante perché il primo step utilizza un piccolo pistone per alzare la lama da taglio e nel secondo step viene fatto inclinare il macchinario facendolo scorrere nei binari posti ai fianchi del dispositivo.

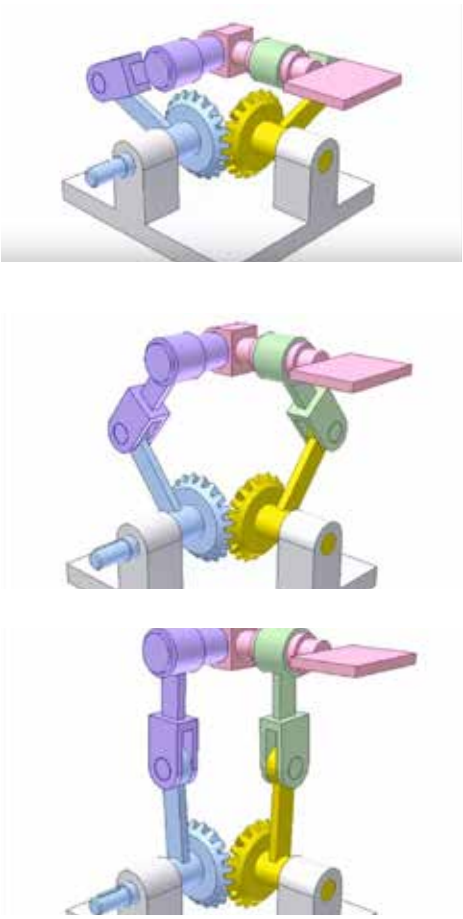


Fig.222-223-224 *Meccanismo spaziale*

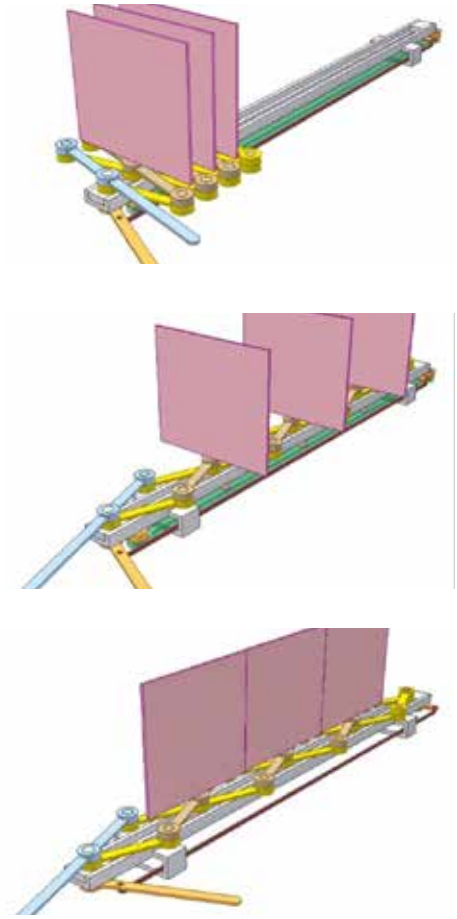


Fig.225-226-227 *Meccanismo spaziale*

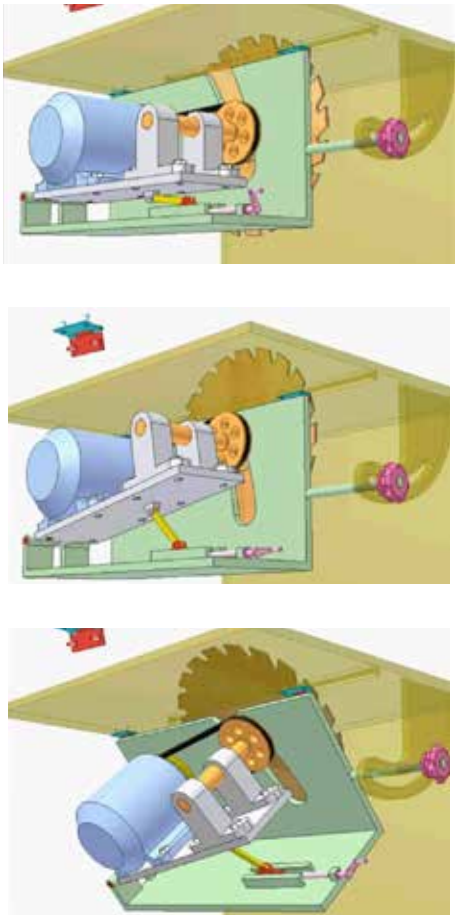


Fig.228-229-230 *Meccanismo spaziale*

06 SISTEMI DI ATTUAZIONE

"I sistemi di attuazione o di azionamento sono costituiti da componenti impiegate per imprimere un movimento pilotato ad un organo meccanico (il carico)".

Le componenti per la movimentazione del carico (*fig231*), si suddividono in due fasi sequenziali fondamentali: la prima è quella dedicata al **motore** in cui si genera energia utile a movimentare il sistema, la seconda è dove avviene la **trasmissione meccanica**, cioè il movimento in entrata può essere trasmesso o trasformato in direzione del carico, tramite l'uso di amplificatori e attuatori.

Alcuni sistemi automatici sono composti da due parti: *fase operativa*, detta di **potenza** che comprende gli elementi di azionamento e quelli funzionali (dispositivi meccanici, utensili) che realizzano direttamente le movimentazioni e una parte di **comando** che *coordina* le azioni della parte di potenza, inviando gli ordini di comando e ricevendo tutte le informazioni relative allo stato e alla posizione dei vari elementi. Non tutti i sistemi automatizzati hanno queste due fasi congiuntamente, per esempio i sistemi manuali d'azionamento non hanno la fase di comando mentre le macchine che utilizzano l'albero a camme le presentano entrambe. Mentre i sistemi manuali d'azionamento non hanno la fase di comando. La **scelta** degli azionamenti di una macchina è effettuata secondo la gamma delle tecnologie disponibili ed è dettata dalla necessità di unificare le caratteristiche della macchina stessa. Questa fase di studio è importante perché permetterà di capire come verrà azionato il container, valutando le diverse soluzioni presenti nel mondo della meccanica.[38]

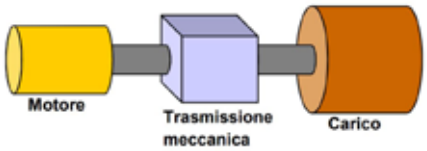


Fig.231 *Azionamento meccanico*

Fig.232 *Albero a camme*

Fig233 *Motore asincrono*

MOTORE

Per scegliere la tipologia di motore da inserire all'interno di un sistema, si deve tener conto di una serie di fattori, tra cui: funzione, consumo, tipologia di moto e carico.
Un elemento da considerare nella selezione del motore è il tipo di attuatore che verrà utilizzato, che sarà in grado di trasformare meccanismi, da un moto rotatorio in un moto rettilineo o viceversa, e inoltre dovrà adattarsi alla richiesta del carico.
MOTORE ELETTRICO: è un macchinario elettrico rotante che trasforma l'energia elettrica in ingresso, in energia meccanica in uscita. Il suo funzionamento è molto simile a quella dei generatori elettrici, dove le forze elettromagnetiche interagiscono tra sistemi di correnti e campi magnetici.
I motori elettrici possono essere suddivisi sia in base alla tipologia di corrente assorbita come per esempio a corrente continua e corrente alternata; sia in base alla tipologia di motore:
-Sincrono ha la velocità di rotazione dell'asse rigidamente vincolata alla frequenza della tensione di alimentazione (*fig234*).
-Asincrono, in cui la velocità di rotazione dell'asse è sempre minore la quale dipende dalla frequenza della tensione utilizza, solitamente sono a corrente continua (*fig133*).
Solitamente vengono utilizzati quelli ad asincrono, che generano un moto rotatorio uniforme dell'albero principale del macchinario, i quali successivamente vengono trasformati nei moti richiesti attraverso ingranaggi, camme e leve. Principalmente vengono applicati a sistemi di attuazione che generano moti rotativi in grado di generare giri illimitati e riuscendo così a mantenere una condizione di funzionamento stabile.[39]

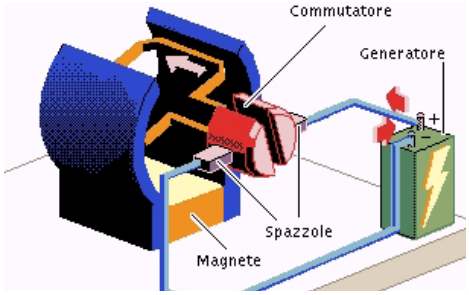


Fig234 *Motore a corrente continua*

Fig235 *Motore pneumatico*

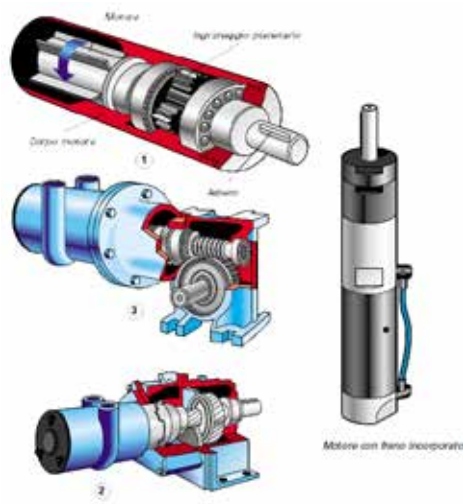


Fig236 *Componenti motore pneumatico*

In molti sistemi vengono utilizzati i motori elettrici sia per l'automazione, sia nell'azionamento. Per esempio nei movimenti rotatori continui (pompe, mandrini, ...), si impiegano il più delle volte motori dotati di freno, così da arrestare rapidamente il movimento a fondo corsa.
Le macchine ad azionamento elettronico sono quelle che attualmente riscuotono il maggior favore dei tecnici, anche perché la parte di potenza è omogenea con quella di comando e sono di facile configurazione.
MOTORE PNEUMATICO: detto anche motore ad aria compressa, è un particolare tipo di motore che compie un lavoro meccanico sfruttando l'espansione dell'aria in uscita dai serbatoi, dopo di che viene fortemente compressa, in modo tale da convertirla in movimento, spostando cosi i pistoni o le turbine collegate direttamente all'albero vengono utilizzati dei movimenti o lineari o rotativi (*fig235*).[40]
Alcuni tipi di questi motori si basano sull'utilizzo di pistoni e cilindri, mentre altri utilizzano delle turbine. Il motore ha delle prestazioni migliori se l'aria compressa o il motore stesso sono riscaldati. Rispetto ai motori elettrici, i cilindri presentano il prezioso vantaggio di arrestarsi a fine corsa senza richiedere il distacco dell'alimentazione.
I motori di questo tipo sono privi di qualsiasi emissione inquinante e devono essere solo rifornito con aria compressa.
Sono quelli maggiormente utilizzati nell'automazione, grazie al fatto che gli attuatori pneumatici sono semplici da utilizzare, garantiscono diversi impieghi e permettono una facile

Fig237 *Motore idraulico*

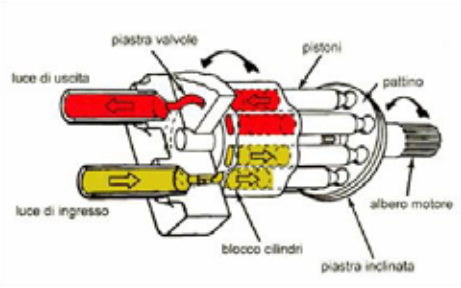


Fig238 *Componenti motore idraulico*

evoluzione della macchina. Tuttavia è frequente che macchine con un motore pneumatico siano dotate anche di un motore elettrico, per generare moti rotativi continui (pompe, mandrini, ...). Questo fatto però non complica gli interventi sulla macchina, perché tali motori non sono generalmente impiegati all'interno del ciclo.
È possibile effettuare piccole regolazioni di tipo meccanico all'interno di esso, come per esempio inserendo frizioni e freni elettromagnetici. Al contrario l'introduzione di attuatori idraulici complica considerevolmente la macchina. Per questo motivo, prima di operare un'aggiunta del genere vengono prese in considerazione tutte le possibilità offerte dagli azionamenti pneumatici particolari, come i cilindri pneumatici moltiplicatori di forza e i regolatori di velocità.
MOTORE IDRAULICO: Il principio di base è composto da un attuatore che trasforma l'energia idraulica, fornita dalla pompa attraverso la pressione dell' olio, in energia meccanica, realizzando un moto rotatorio con un numero di giri definito e con un determinato momento torcente. Il vantaggio di un motore idraulico è quello di sviluppare una considerevole potenza con ingombri ridotti e garantisce delle ottime prestazioni nei moti rotativi con giri illimitati e con un ottima compattezza, precisione (*fig237*).[41] Vengono impiegati di solito i motori idraulici per soddisfare le richieste di un forte carico o di una precisa regolazione della velocità, ma anche nel caso in cui cilindri pneumatici non sono sufficienti. Alcuni movimenti rotativi devono avere due sensi di marcia, dei quali uno assicura il movimento di andata e l'altro quello di ritorno. Per tali funzioni

Fig.239 *Manovella*


Fig.240 *Catena*

si preferisce utilizzare un motore idraulico, perché genera coppie elevate a bassa velocità. Nel motore viene installato un gruppo idraulico (pompa, serbatoio,...), che viene sfruttato rendendo idraulici anche il moto degli altri attuatori in modo da non avere ulteriori investimenti.
MOTORI ANIMATI: l'uomo per poter generare energia meccanica in un sistema di attuazione, deve generare un moto, utilizzando l'energia prodotta dal proprio corpo, che normalmente si aggira attorno agli 80 watt. Per esempio quando noi pedaliamo su una bicicletta, attraverso il moto rotatorio applicato ai pedali, si moltiplicherà il moto nelle pedivelle e poi tramite la catena collegata alle ruote viene attuata una trasformazione del movimento: da rotatorio a traslatorio. Questo sistema è solitamente agevolato utilizzando dei moltiplicatori di forza o viceversa, tali da poter permettere l'autonomazione manuale. Un motore animato non ha bisogno né di corrente e né altri sistemi energetici per attivare il sistema.[42]
Il vantaggio di questo sistema è che ha zero consumi sia energetici e sia inquinanti.

Fig.241 *Trasmissione moto*

TRASMISSIONE DEL MOTO

Fig.242 *Albero motore*

Fig.243 *Asse*

"Propagazione del moto da un organo a un altro, in una macchina o in un motore; nell'uso comune, insieme degli organi e degli ingranaggi che hanno la funzione di trasmettere tale movimento"
Dizionario del Corriere della sera

Il movimento generato dal motore può essere trasmesso o trasformato da vari elementi meccanici o sistemi detti **rotismi**. Gli organi più utilizzati per generare una propulsione e i movimenti sono principalmente gli **assi** e gli **alberi** su cui vengono montati e fissati i meccanismi per la trasmissione del moto. Principalmente sono 2 le tipologie: il primo si chiama albero o asse motore e ha la funzione di condurre, mentre quello a cui viene trasmesso il movimento si chiama albero condotto (*fig242-243*).

Vengono utilizzate delle ruote combinate agli assi per trasmettere il moto rotatorio da un asse all'altro, possono essere utilizzate quelle a *frizione, dentate, pulegge con cinghie e pulegge con catene*.

I sistemi meccanici hanno lo scopo di trasmettere energia meccanica sotto forma di movimento. Si può volendo, in questa fase, modificare il tipo di movimento, passando da un moto rettilineo ad uno rotatorio e viceversa. Trasmettendo il moto si va a fornire energia meccanica al carico affinché si metta in movimento. Il movimento di un meccanismo può essere suddiviso in: circolare o rettilineo, continuo o alternativo. Per soddisfare un certo tipo di movimento, si impiegano dei meccanismi specifici che permettono la trasmissione o la trasformazione del movimento.

Fig.244 *Elementi Attivi*

Fig.245 *Elementi Passivi*

All'interno dei meccanismi gli elementi possono essere classificati in due macrocategorie: **attivi** (ingranaggi, cinghie, alberi a gomito, *fig244*) e **passivi** (cuscinetti a rotolamento e cuscinetti a strisciamento, *fig245*). Gli elementi passivi, hanno la funzione di facilitare il meccanismo senza intervenire in maniera attiva e riducono le forze resistenti originate dall'attrito.
Gli **elementi attivi** possono essere classificati in diverse categorie:
-Per contatto diretto
a) Ruote di frizione
b) Ruote dentate
-Per collegamento con organi flessibili
c) Cinghie
d) Catene
e) Funi
-Con organi rigidi
f) Sistemi a leva: biella e manovella e glifo oscillante
g) Sistemi a sagoma: camma o eccentrico
Invece gli **elementi passivi** possono essere classificati in:
h) Cuscinetti a strisciamento o bronzine
i) Cuscinetti a rotolamento

Fig.246 *Giunto cardico*

Fig.247 *Albero motore*

Fig.248 *Ingranaggi*

ELEMENTI ATTIVI

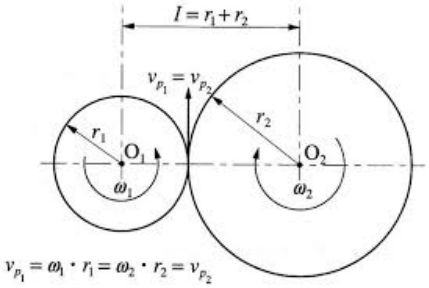


Fig.249 *Ruote di frizione*

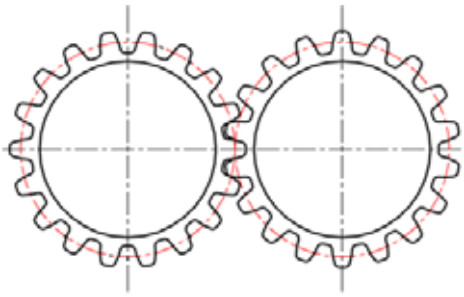


Fig.250 *Ruote dentate*

TRASMISSIONE PER CONTATTO IMMEDIATO
Consiste nel trasferire un movimento circolare continuo a un altro organo che si muove nello stesso modo. Utilizzando questa tipologia di trasmissione si può variare la forza del movimento grazie al contatto tra le due ruote di diverso diametro. I meccanismi attivi per contatto diretto sono le seguenti.
RUOTE DI FRIZIONE: sono costituite da corpi solidi a forma cilindrica o conica che ruotano attorno al proprio asse in direzione opposta e che grazie al contatto con le superfici esterne delle due ruote creano attrito. Il corpo che trasmette il movimento viene detto motrice, mentre il secondo è detto condotto. I due solidi girano in senso opposto.
-Il *giunto cardanico:* è formato da due forcelle che si articolano ai due alberi. Ha la funzione di trasmettere il movimento rotatorio da un albero all'altro (*fig246*).
-Gli *Alberi di trasmissione* sono elementi cilindrici che trasmettono il movimento rotatorio da una estremità all'altra di una macchina. Per ridurre l'attrito tra il supporto e l'albero vengono inseriti dei cuscinetti a rotolamento (*fig247*).
-Gli *Ingranaggi* sono meccanismi composti o da una coppia di ruote dentate o da una ruota dentata e una vite senza fine, o da una ruota dentata e una cremagliera (*fig248*).
RUOTE DENTATE: effettuano lo stesso compito delle ruote di frizione, ma sono più efficienti e riescono a trasmettere una quantità di energia superiore perché la spinta che riceve sui suoi denti è maggiore. Per forti resistenze, vengono impiegate le ruote dentate. Utilizzano i solchi per incastrare le ruote tra di

Fig.251 *Ruote coniche*

Fig.252 *Vite senza fine*

Fig.253 *Rocchetto-dentiera*

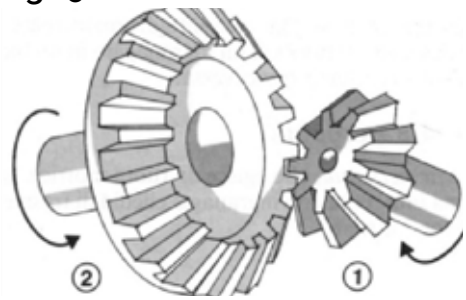


Fig.254 *Ruote coniche funzionamento*

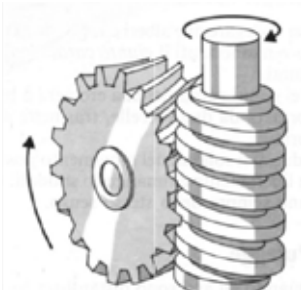


Fig.255 *Vite senza fine funzionamento*

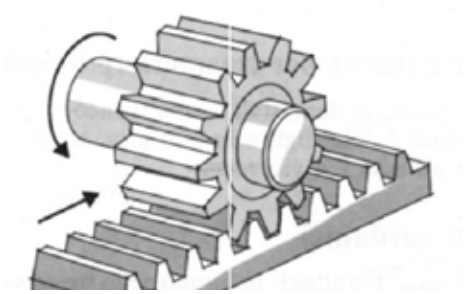


Fig.256 *Rocchetto-dentiera funzionamento*

loro e generare moto. Le ruote tra di loro hanno dei vincoli come: stesso tipo di dentatura o lo stesso passo.
I vantaggi delle ruote dentate sono:
-Precisione nel funzionamento se viene effettuata manutenzione.
-Possibilità di trasmettere forze grandi.
I loro svantaggi:
-Limitata distanza fra gli assi di trasmissione.
-Costi di produzione e difficoltà di costruzione elevati.
-Sensibilità all'usura e al calore (necessitano di lubrificazione).
I meccanismi formate da ruote dentate si differiscono in: *Ruote coniche, Vite senza fine e Rocchetto-dentiera.*
Il primo consiste in ingranaggi formati da due ruote dentate di forma tronco-conica (*fig251*). La ruota di diametro minore si chiama pignone, quella di diametro maggiore corona.
Il secondo invece è composto da una ruota dentata motrice, che ingrana una ruota utilizzando dei ingranaggi elicoidali, attraverso essa viene trasmesso il moto (*fig252*).
Il terzo è un meccanismo che trasforma il movimento rotatorio di un ingranaggio in un movimento rettilineo o viceversa. È formato da due elementi: il primo è una ruota dentata, collegata ad un asse, i cui denti si incastrano nel secondo elemento, che è una piastra dentata (*fig253*).

TRASMISSIONE PER COLLEGAMENTO CON ORGANI FLESSIBILI

La trasmissione serve per trasmettere il moto rotatorio tra due alberi che stanno ad una certa distanza tra loro.
Gli organi principalmente utilizzati sono:
CINGHIE: vengono poste solitamente tra due pulegge, poste nello stesso asse, in modo tale da collegare le due ruote, in tal

Fig.257 *Cinghie*

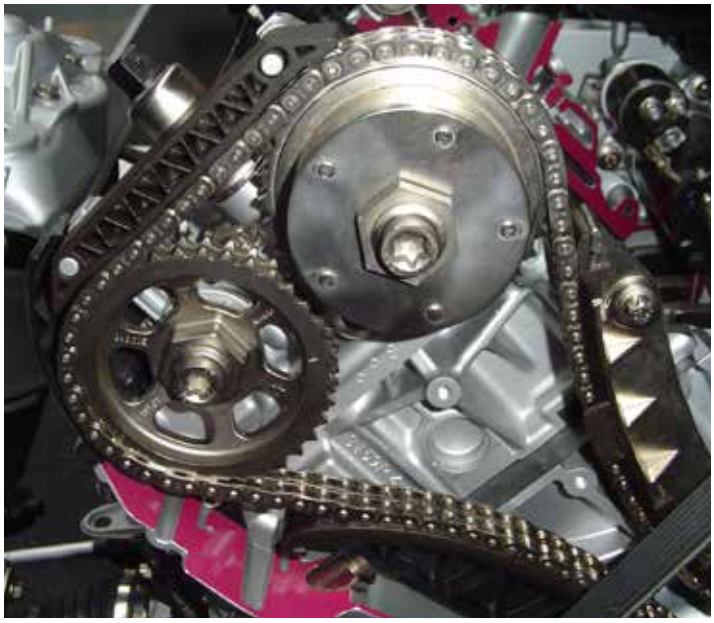


Fig.258 *Catena distribuzione*

Fig.259 *Macchina con catena*

Fig.260 *Pulegge lisce*

Fig.261 *Puleggia scalanata*

modo può avvenire la trasmissione. Le due pulegge hanno la funzione di ruote di frizione (*fig257*).
La puleggia è una ruota liscia o scanalata che trascina, per aderenza, la cinghia che, a sua volta, trascina la ruota condotta. Il rapporto di trasmissione può essere variato cambiando i diametri della ruota motrice e di quella condotta (*fig260-261*).
Prende il nome di cinghia dritta se è disposta normalmente, le due pulegge ruotano nello stesso senso. Se la cinghia è incrociata, le pulegge ruotano in senso opposto.
La trasmissione con cinghia non è considerata di assoluta precisione, a causa di eventuali slittamenti.
Vantaggi:
-silenziosità
-non necessità di lubrificazione.
L'uso della puleggia a gradini, consente di ottenere diverse velocità.
CATENE: per garantire la costanza del rapporto di trasmissione tra due alberi in movimento e non si ha la disponibilità di ruote dentate, si utilizzano *catene calibrate a rulli*, anche se pesanti e costose che possono essere applicate in molti ambiti e garantiscono un'ottima resistenza a sforzi notevoli (*fig258*).
Le catene possono essere *articolate* o ad *anelli* e vengono impiegate per trasmettere il moto ma anche per sistemi di sollevamento e di trazione.
Le catene, non permettono lo slittamento tra le parti mosse dalla forza motrice, perché si avvolgono sulle ruote dentate, garantendo una trasmissione costante, anche a distanze notevoli.

Fig.262 *Utilizzo funi*

Svantaggi:
-rumorose
-elevati costi di lubrificazione.
FUNI: vengono utilizzate quando la forza motrice da trasmettere è grande, non risultano esserci problemi di slittamento delle parti in moto. Le funi sono formate da tre o quattro cordoni, avvolti da sinistra a destra. Permettono un' ottima maneggevolezza facilitandone il piegamento. Le funi possono essere metalliche, con fili di acciaio, ottenute avvolgendo uno o più strati di fili attorno ad un'anima centrale (*fig262*).

TRASMISSIONE PER COLLEGAMENTO CON ORGANI RIGIDI

Sono tutti quei meccanismi che riescono a trasformare il moto da traslatorio a rotatorio e viceversa. Fanno parte sempre della categoria di sistemi attivi, ma vengono utilizzati collegamenti rigidi. Si distinguono in: sistemi a leva e a sagoma.
SISTEMI A LEVA: vengono utilizzati sia per trasferire i movimenti circolari sia per trasformarli in moti rettilinei e viceversa. Sono formati da due gruppi: i primi sono alberi a gomito (detti anche alberi a manovella) e i secondi a bielle (*fig263*).
Le bielle sono collegate direttamente all'albero e hanno la funzione di ricevere il moto rettilineo per trasformarlo in movimento rotatorio, trasmesso poi all' albero.
Tali meccanismi hanno come vantaggio quello di trasformare un moto rotatorio in uno rettilineo e viceversa.
Aspetti negativi:
-Sono molto rumorosi.
-Necessitano di lubrificazione.
-Le componenti sono soggette ad usura.

Fig.263 *Leve utilizzate in passato per le ruote*

Fig.264 *Macchina biella-manovella*

Fig.265 *Macchina glifo oscillante*

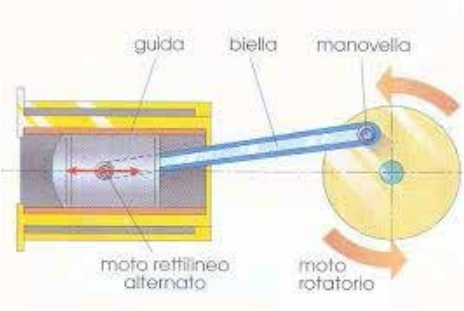


Fig.266 *Schema biella-manovella*

Questo sistema riesce a movimentare diversi organi molto distanti tra di loro. Alcuni elementi come il peso, la lunghezza, la velocità di esercizio e la potenza trasmessa le rendono estremamente pericolose in caso di rottura.
-*BIELLA-MANOVELLA* è formata da un'asta rigida, la quale viene fissata tra due perni di cui il primo è un pistone e l'altro è l'estremità in cui si va a inserire la manovella (*fig264*). La manovella è solitamente collegata all'albero motore.
Anche in questo sistema viene trasformato il moto rettilineo alternativo in moto rotatorio continuo, come per esempio nei motori a scoppio. Il moto rettilineo traslatorio alternativo generato dal pistone viene trasformato nel moto rotatorio della manovella, che comunica direttamente con l'albero motore. Questo sistema è reversibile, cioè è possibile trasformare il moto rotatorio in rettilineo, come ad esempio in alcuni tipi di pompe (*fig266*).
-*GLIFO OSCILLANTE*: trasforma il moto rotatorio in moto rettilineo alternato. Il movimento rettilineo ha sia un'andata che un ritorno, ma il primo ha un movimento più lento, anche se il moto rotatorio è perfettamente regolare. Viene impiegato in alcuni macchinari come la limatrice e la piallatrice (*fig265*).
SISTEMI A SAGOMA: sono differenti dagli altri sistemi a leva perché il movimento trasmesso dipende dal profilo delle sagome, come per esempio le camme, su di esso vengono appoggiati degli organi mobili come aste o leve. La camma viene montata su un supporto rotante e in base al tipo di movimento richiesto si andrà a scegliere una particolare sagoma. Il movimento si

Fig.267 *Cuscinetti a strisciamento*

Fig.268 *Camma*

andrà a imprimere alle aste sovrastanti.
-*CAMMA o ECCENTRICO* è un elemento meccanico che viene fissato all'albero motore e permette di trasformare il moto rotatorio in un moto traslatorio alternativo grazie al suo profilo. Il profilo ha una forma particolare che viene studiata con cura. Viene montato su un albero a camme, in grado di movimentare un'asta con un movimento rettilineo (*fig268*).
Ogni camma viene collegata all'estremità con un'asta rigida mobile, disposta perpendicolarmente all'albero motore. Appena inizia a ruotare l'albero, viene generato un movimento delle camme. Questo movimento andrà a movimentare anche le aste. Il meccanismo a camme non è reversibile, non permette di convertire il moto traslatorio alternativo in moto rotatorio.
Anche questo sistema è rumoroso, i vari elementi necessitano di lubrificazione e sono soggetti ad usura.

ELEMENTI PASSIVI

CUSCINETTI A STRISCIAMENTO: detti anche di supporto, hanno la funzione di sostegno nelle diverse componenti di cui è composto un meccanismo. Agevolano il movimento, evitando così un effetto frenante generato dall'attrito. Vengono anche impiegati cuscinetti che non vanno a modificare la trasmissione del moto ma lo agevolano. I cuscinetti a strisciamento utilizzano le proprietà dei lubrificanti (olii minerali, olii animali e vegetali, grassi, grafite e talco) e di alcune leghe metalliche (*fig267*).

Vantaggi:
-semplicità di costruzione
-costo inferiore ai cuscinetti a rotolamento

Fig.269 *Cuscinetti a rotolamento*

Svantaggi:
-non ottima durata
-rendimento relativamente basso
CUSCINETTI A ROTOLAMENTO: vengono impiegati solitamente quando l'albero ruota nel suo supporto, il movimento in esso è ostacolato dall'attrito che si genera nel punto di contatto. Se il contatto è diretto tra le parti, le loro superfici strisciando, andranno a creare un attrito molto intenso (*fig269*).
Questi cuscinetti sono formati da un anello fisso solidale con il suo supporto, uno mobile solidale con l'albero, un certo numero di sfere o di rulli disposti tra i due ed una gabbia destinata ad impedire che le sfere o i rulli vengano a contatto tra di loro. Anelli, sfere e rulli, tali elementi richiedono una precisione elevata.[43]
Sono più vantaggiosi i cuscinetti a contatto di rotolamento che quelli a strisciamento.
Vantaggi:
-rendimento molto elevato
-riduzione dell'attrito fino a 1/10
-facilità di sostituzione
-duraturi
Svantaggi:
-scarsa resistenza agli urti

07 ANATOMIA DEL CONTAINER

INTRODUZIONE

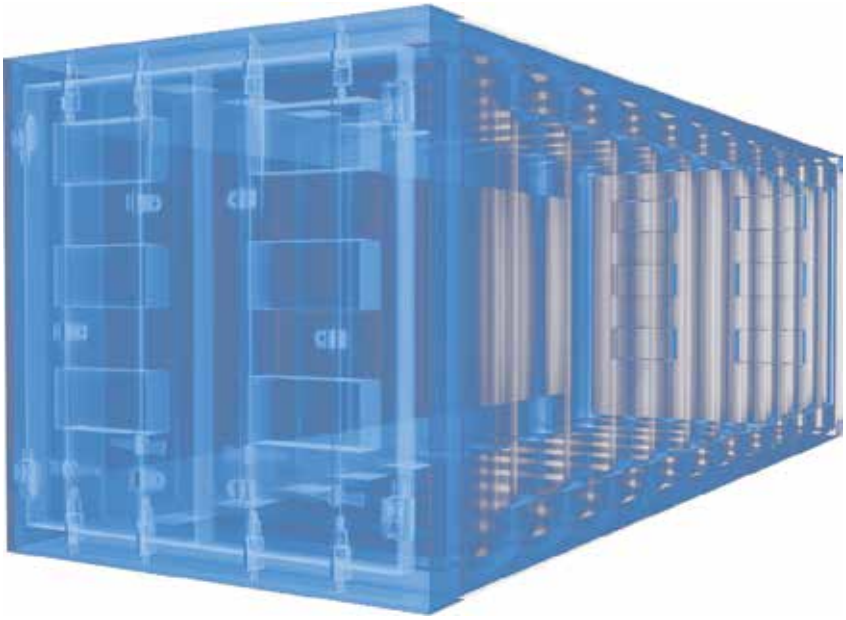
Il container per definizione è " Nella tecnica dei trasporti, grande cassa, in genere metallica, a chiusura ermetica, di forma parallelepipeda e misure internazionalmente unificate, che viene caricata direttamente nelle stive delle navi, su carri ferroviari aperti, su autocarri e sui grandi aerei da trasporto, per raccogliere le merci al domicilio del mittente e scaricarle a quello del destinatario."[44]

Il più diffuso tra i container è il container box ISO (acronimo di International Standard Organisation) ovvero un parallelepipedo in metallo con le superfici laterali piene e una chiusura a due battenti facilmente sigillabili per evitare effrazioni. Le sue misure sono state stabilite in sede internazionale nel 1967. Sono diffuse due lunghezze standard, da 20 e 40 piedi (rispettivamente 610 e 1220 cm.) con una larghezza di 8 piedi (244 cm.) e una altezza di 8 piedi e sei pollici (259 cm.). Oltre ai 40 piedi standard ci sono i 40 piedi HC (high cube), stessa lunghezza - larghezza dei 40 piedi, ma più alti per più volume.

Il container su cui si svilupperà il progetto si basa su un modello (20'x8x8'6" steel HC) standard fornito dall'azienda Dmeco.

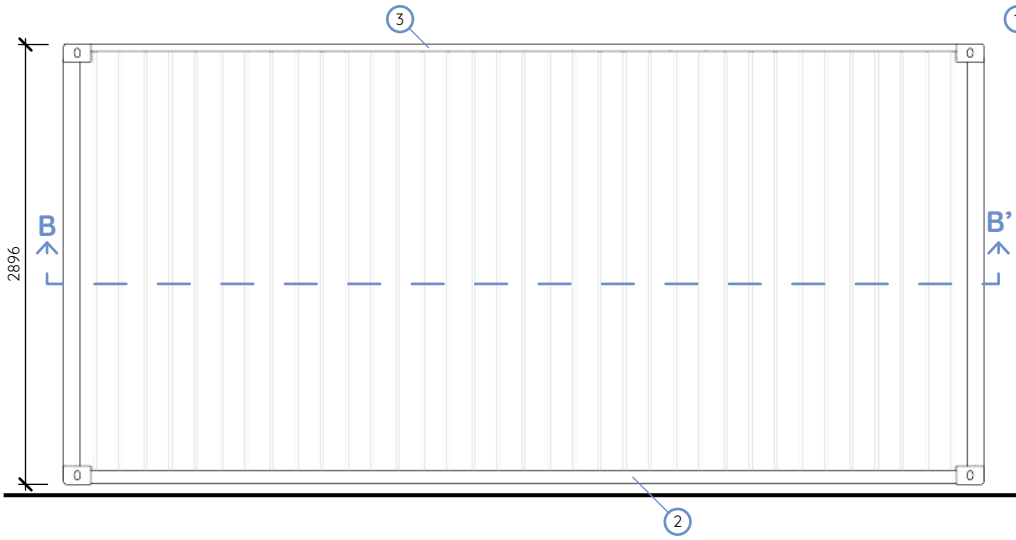
Questa tipologia è prodotta in modo da essere maneggiata senza deformazioni permanenti che lo renderebbero inutilizzabile per essere sollevato e per essere trasportato per via marina, stradale e ferroviaria.

Può essere sollevato in tre modi differenti:

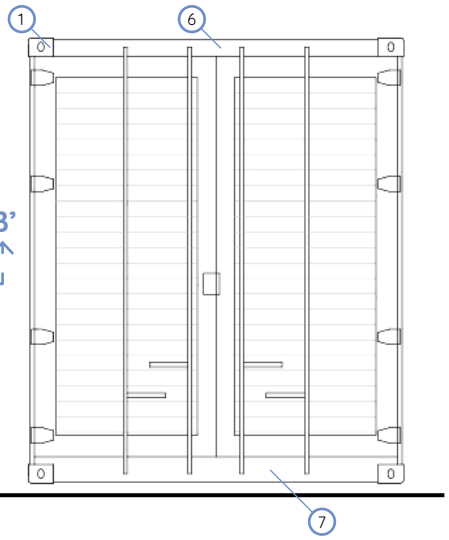


-Tramite ganci, grilli o twistlocks agganciandosi agli angolari superiori.
-Tramite imbracature che vengono legate agli angolari inferiori formando angoli di 45° rispetto al piano orizzontale.
-Tramite il muletto utilizzando le apposite fessure sul fondo.
Per il trasporto il container deve essere accatastato e assicurato in base alla tipologia di spedizione:
-Marina, può essere impilato su una guida o disposto su un piano e assicurato agli angoli avvolgendolo verticalmente o diagonalmente.
-Stradale, disposto su un piano o in un telaio assicurando solamente i 4 angolari inferiori.
-Ferroviaria, sopra macchine piane o macchine speciali per container, assicurandolo in un telaio o assicurando i quattro angolari inferiori.

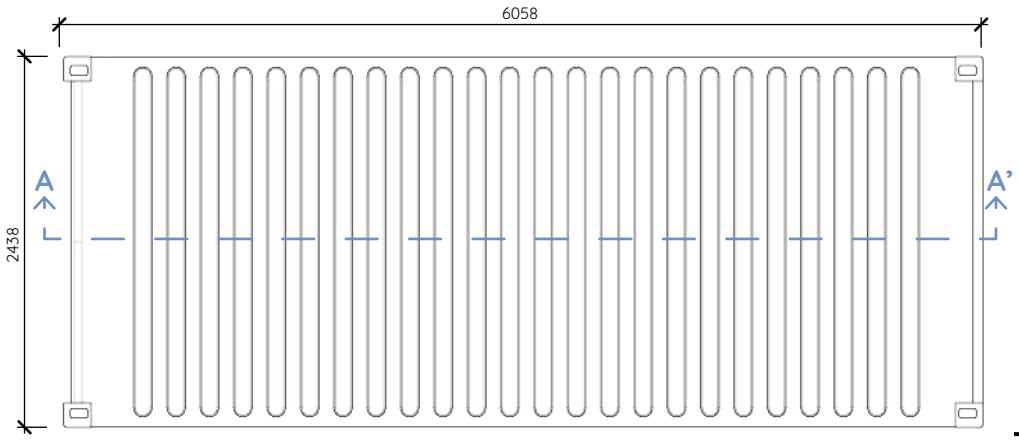
VISTA FRONTALE



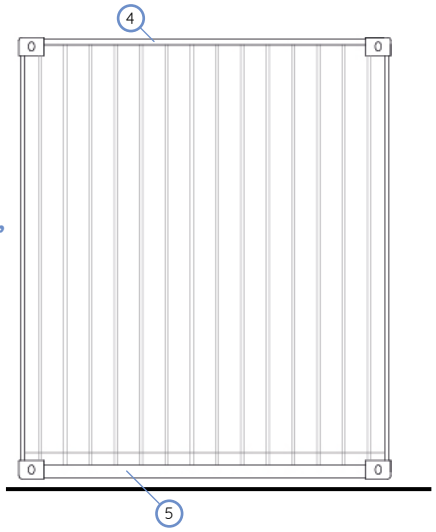
VISTA LATERALE DESTRA



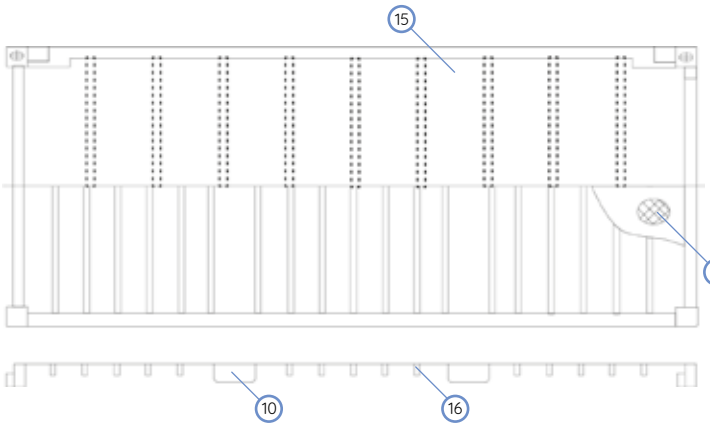
VISTA DALL'ALTO



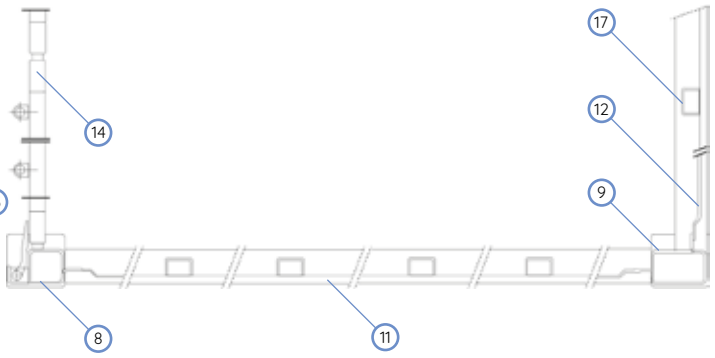
VISTA POSTERIORE



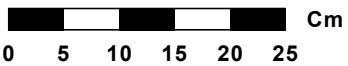
SEZIONE A-A'



SEZIONE B-B'



SCALA 1:20

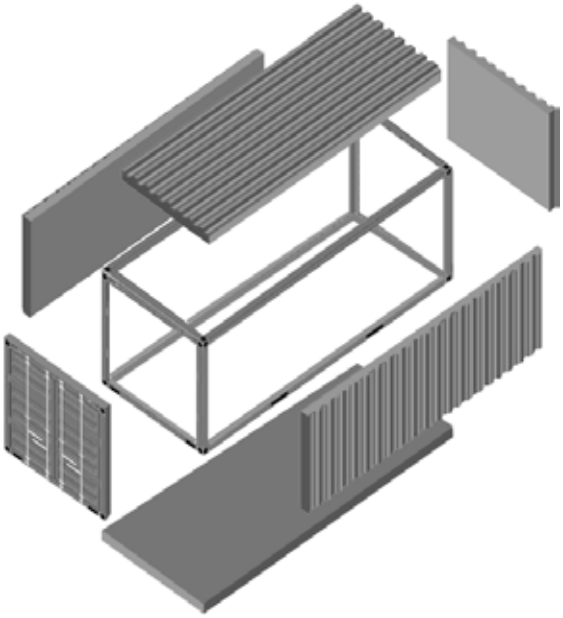


DISTINTA BASE

Oggetto	Nome	Descrizione	Quantità	Peso (KG)	Materiale
1	Iso angolare	CASTING	8	11	SCW480
2	Binario inferiore laterale	t6.0x200x100 RHS	2	149,3	SCW480
3	Binario superiore laterale	t5.0x100x150 RHS	2	103,7	SCW480
4	Binario frontale superiore	t5.0x100x150 RHS	1	38,4	SCW480
5	Binario frontale inferiore	t6.0x200x100 RHS	1	55,2	SCW480
6	Testata porta	t5.0x150x100 RHS	1	38,4	SCW480
7	Zoccolo porta	t6.0x180x100 RHS	1	100	SCW480
8	Angolare laterale posteriore	t6.0x200x100 RHS	2	69,6	SCW480
9	Angolare laterale superiore	t6.0x100x150 RHS	2	48,33	SCW480
10	Supporto carrello elevatore	t6.0x360(W)x115(H)	2	35	SCW480
11	Pannello laterale	t4.0	2	190	SCW480
12	Pannello posteriore	t4.0	1	70	SCW480
13	Pavimento	t5.0	1	212	SCW480
14	Pannello della porta	t3.0	2	35	SCW480
15	Panello del soffitto	t3.0	1	173	SCW480
16	Rinforzo trasversalo	t4.0x50x100 RHS	15	22,6	SCW480
17	Rinforzo lateralo	t4.0	9	26	SCW480
18	Padeye	t50 & t44	4	7	SCW480

TABELLA PESI

Classificazione		Dimensioni
Esterno	Lunghezza	6058
	Profondità	2438
	Altezza	2591
Interno	Lunghezza	5865
	Profondità	2260
	Altezza	2220
Porta aperta	Profondità	2218
	Altezza	2216
Capacità cubica interna		29.4 M^3
Tara (±3%)		2500 KGS
Peso lordo max (offshore)		13800 KGS
Carico utile max (offshore)		10000 KGS

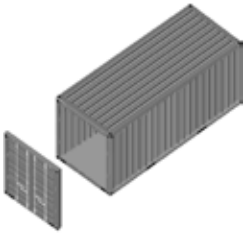


ANALISI STRUTTURA

Il container è un oggetto formato da un telaio che funziona da scheletro della struttura. È studiato in modo da resistere alle sollecitazioni e per facilitare l'assemblaggio delle diverse parti che verranno applicate per completare la forma. Tendenzialmente si utilizzano telai in acciaio o con materiali ad alta resistenza meccanica perché il container nasce con lo scopo di proteggere e contenere il carico all'interno. Nel caso del modello 20'x8x8'6" steel HC si possono classificare le diverse componenti che lo costituiscono in base alla parte di telaio a cui fanno riferimento. Nascono da questa suddivisione parti con componenti diverse in base alla propria funzione che danno come risultato principale pesi diversi alle sezioni di telaio. L'analisi è stata effettuata elencando le componenti e i relativi pesi di ciascuna sezione ottenendo così una chiara visione degli elementi costituenti e del peso totale di una parte di telaio, utile per comprendere meglio il comportamento e le forze a cui bisognerà prestare attenzione per la mobilitazione di quest'ultima. Notiamo così che il telaio di base è quello con più componenti e quindi quello più pesante poiché deve essere in grado di sorreggere il peso della struttura e il peso del carico che gli verrà posizionato sopra. Gli altri telai invece sono stati pensati per sorreggere il peso di altri container oltre a quello della struttura, in modo tale da poterli impilare gli uni sugli altri.

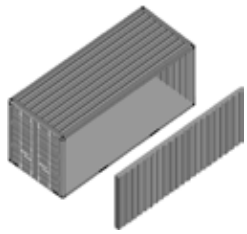
Telaio di base

N°	COMPONENTI	PESI
2	Binari inferiori laterali	149,3+
15	Rinforzi trasversali	339+
2	Supporti per carrello elevatore	70+
1	Pavimento	212=
		TOT=770,3 Kg



Telaio frontale

N°	COMPONENTI	PESI
4	Protezione porte	15+
4	Cerniere	5+
1	Testata porta	38,4+
1	Zoccolo porta	100+
2	Pannelli porta	70+
2	Angolari laterali frontali	96,66+
		TOT=305 Kg

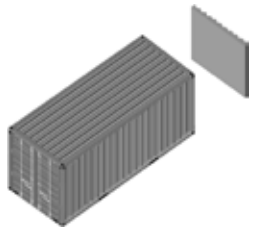


Telaio laterale

N°	COMPONENTI	PESI
1	Binario superiore laterale	149,3+
4	Rinforzi laterali	149,3+
1	Pannello laterale	149,3+
		TOT=443,3 Kg

Telaio superiore

N°	COMPONENTI	PESI
9	Rinforzi trasversali	203,4+
1	Pannello del soffitto	173+
		TOT=376,4 Kg



Telaio posteriore

N°	COMPONENTI	PESI
1	Binario superiore posteriore	38,4+
1	Binario inferiore posteriore	55,2+
1	Pannello posteriore	70+
2	Angolari	69,6+
		TOT=233,2 Kg

TABELLA ESIGENZIALE

Prima di procedere con la fase di progettazione è stata definita una tabella esigenziale che si focalizza sulle esigenze, requisiti e prestazioni. Il processo di razionalizzazione del progetto segue un metodo che riprende la teoria dei sistemi, descritto da Christopher Alexander nel libro "*Note sulla sintesi della forma*", che consiste in un'analisi che si svolge in 4 fasi:
1) Organizzazione gerarchica della realtà
2) Scomposizione dell'atto progettuale in sottoproblemi
3) Individuazione di soluzioni per ciascun sottoproblema
4) Classificazione gerarchica delle soluzioni
Quanto trattato dal libro "la estensione o denotazione di qualsiasi problema può essere raccolta in un insieme generale di requisiti, e che, a conferma di quanto affermato, qualsiasi nuovo insieme di requisiti può essere viceversa riguardato come l'evidenziazione di un nuovo problema." La scomposizione delle problematiche progettuali complesse in sottoproblemi semplici rende più semplice e immediata l'individuazione delle esigenze. Queste sono state classificate in classi esigenziali ovvero categorie di esigenze applicabili alla generalità dei manufatti.
L'individuazione dei requisiti consiste nella trasposizione di un'esigenza in un insieme di caratteri dell'oggetto che permette di soddisfare l'esigenza. Infine le prestazioni consistono nella quantificazione del requisito ovvero i requisiti si traducono in caratteri dell'oggetto. Molto spesso nel momento in cui si attua una sintesi delle prestazioni, alcune di esse risultano contraddittorie, quindi è necessario classificarle in maniera gerarchica per priorità ottimizzando così le scelte progettuali.[45]

Classe esigenziale	Esigenze	Requisiti	Prestazioni
Sicurezza	Assicurare l'incolumità dell'utenza	L'apertura del container deve avvenire in sicurezza	--
Sicurezza	Prevedere la fruizione dell'intera area calpestabile	Stabilità della struttura e del pavimento in ogni sua parte	Utilizzo di meccanismi, piedini e rinforzi per la messa in sicurezza della struttura
Benessere	Evitare la permanenza sotto la luce diretta del sole	Necessità di schermare i raggi solari per formare zone d'ombra	Copertura formata da pannelli pieghevoli
Benessere	Temperature adeguate per il corretto svolgimento delle attività all'interno il centro culturale mobile	Necessità di isolamento termico	Materiale di tamponamento termoisolante.
Fruibilità	Coinvolgere la stragrande maggioranza della popolazione haitiana	Centro culturale itinerante	Il container non necessita di interagine con altri oggetti esterni per funzionare, contenendo già in se tutto l'occorrente per il corretto svolgimento
Fruibilità	Possibilità di utilizzo in maniera indipendente dalle risorse locali e dall'ambiente esterno	Prodotto autosufficiente	Il container non necessita di interagine con altri oggetti esterni per funzionare, contenendo già in se tutto l'occorrente per il corretto svolgimento delle attività
Fruibilità	condivisione dei contenuti ad un'utenza eterogenea	Facilitare l'entrata di qualsiasi individuo abbattendo le barriere architettoniche	Entrata fornita di rampa pieghevole
Fruibilità	Ospitare più persone possibili	Aumentare area calpestabile	Area che passa da ..... a .....
Aspetto	Sdradicare l'immagine collettiva del container come oggetto di aiuti umanitari	Sdoganare la classica forma parallelepipeda.	Utilizzo di meccanismi, piedini e rinforzi per la messa in sicurezza della struttura
Aspetto	Far intuire dall'esterno le attività che si svolgeranno all'interno	Richiamo alla platea	Forma che richiama gli anfiteatri
Gestione	Avere uno spazio già pronto per l'uso	Razionalizzazione degli interni	Disposizione degli oggetti interni un modo da minimizzare attività di logistica e gestione.
Gestione	Mantenere lo spazio pulito per poter essere riutilizzato più volte	Facilità di pulizia	Rivestimento in linoleum
Gestione	Spazio che possa essere utilizzato più volte	Utilizzo di materiali duraturi adeguati al ciclo di vita	Struttura in acciaio
Integrabilità	Unione e dialogo dei due centri culturali itineranti	Possibilità si connettere o accostare i due container	--
Salvaguardia dell'ambiente	Sensibilizzare su temi legati all'ambiente	Utilizzo di materiali locali ecosostenibili	--
Salvaguardia dell'ambiente	Sensibilizzare su temi legati all'ambiente	Minimizzare l'utilizzo di materiale vergine	Utilizzo di materiali ottenuti da container di riuso

08 CONCEPT

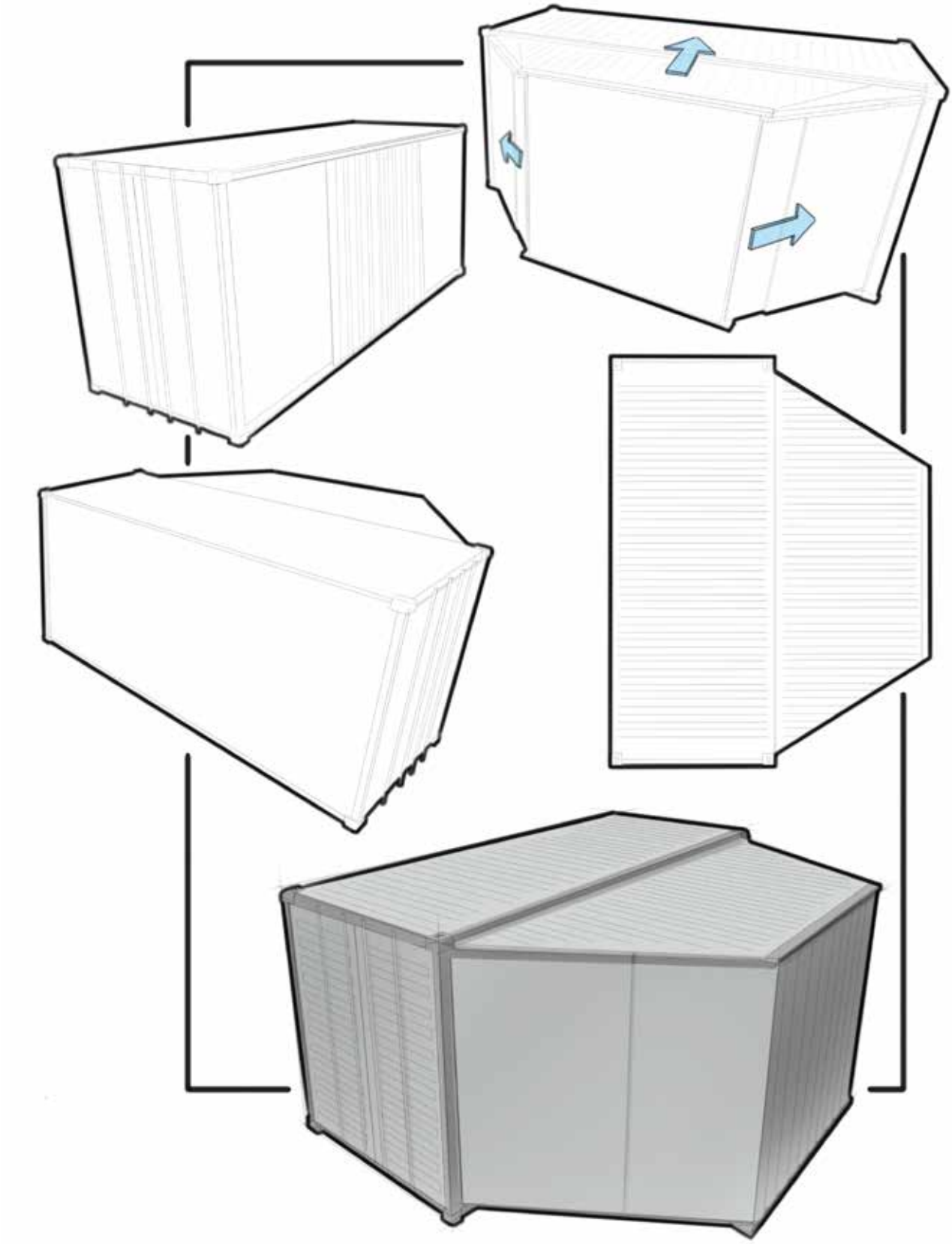
INTRODUZIONE

"Il concept è l'idea alla base del progetto, l'insieme delle linee guida emergenti dall'analisi dello scenario e l'intuizione scaturita dallo studio di un ambito di ricerca, il tutto racchiude un elemento di novità nella progettazione."[46]

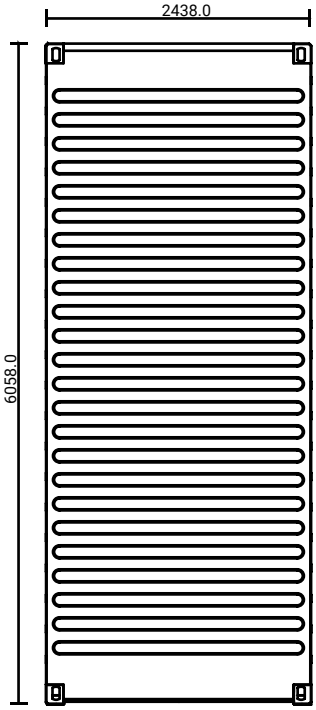
Dopo aver effettuato tutta l'analisi di scenario e di ambito, sono emerse una serie di linee guida fondamentali per la realizzazione dei diversi concept che si andranno a presentare nelle pagine seguenti. Molte di queste sono state fornite già direttamente nel brief che nel caso in analisi, sono state esplicate dal gruppo di Architettura Senza Frontiere. Alcuni elementi proposti all'interno dei concept sono stati ricavati da alcune soluzioni già preesistenti, perché risultavano più funzionali e semplici da poter utilizzare. Si è tenuto conto del contesto e del target in cui si andrà a inserire il prodotto futuro. Da questa attenta analisi si sono generati tre diversi concept, i quali hanno come caratteristiche in comune quello di poter espandere il volume della struttura, in maniera semplice e veloce, tenendo d'occhio l'esigenza di integrarsi nel contesto haitiano, viste le difficoltà rilevate in passato con altri container standard.

All'interno di questo paragrafo sono presenti schizzi e disegni tecnici delle soluzioni progettuali, con alcune idee di possibili tecnologie e materiali applicabili. Le scelte progettuali effettuate sono state influenzate dalle esigenze derivate dall'utenza e anche dal fatto di poter gestire le possibili idee all'interno del territorio in cui si muoverà il centro culturale itinerante.

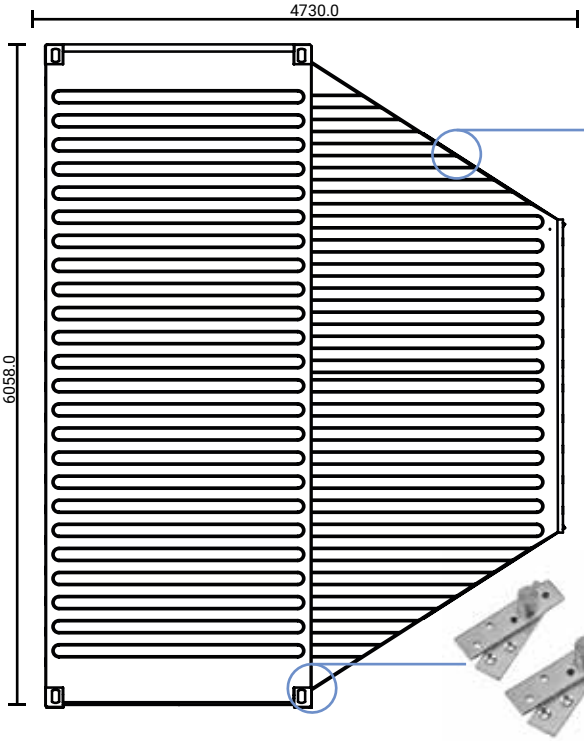
CONCEPT 1

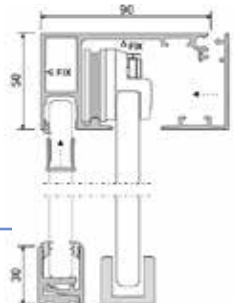


VISTA IN PIANTA CHIUSO



VISTA IN PIANTA APERTO





Uso di **pareti scorrevoli** con guide prismatiche per permettere l'espansione. Le guide prismatiche verranno utilizzate anche per permettere lo scorrimento della lamiera del soffitto.
Uso di **cerniere a libro e cerniere con perno** per poter far ruotare le due pareti tra di loro quando avviene l'espansione.

PRO E CONTRO

-Volume compatto **identico** a originale
-Il volume si amplierebbe del **75%.**

-Altezza utile interna **ridotta**.
-Difficoltà ad **associare** un meccanismo per la movimentazione delle parti.
-Utilizzo di **numerose** componenti per la movimentazione delle parti

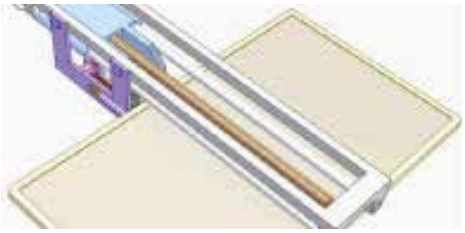
FASI DISPIEGAZIONE

Fase chiuso

Fase aperto

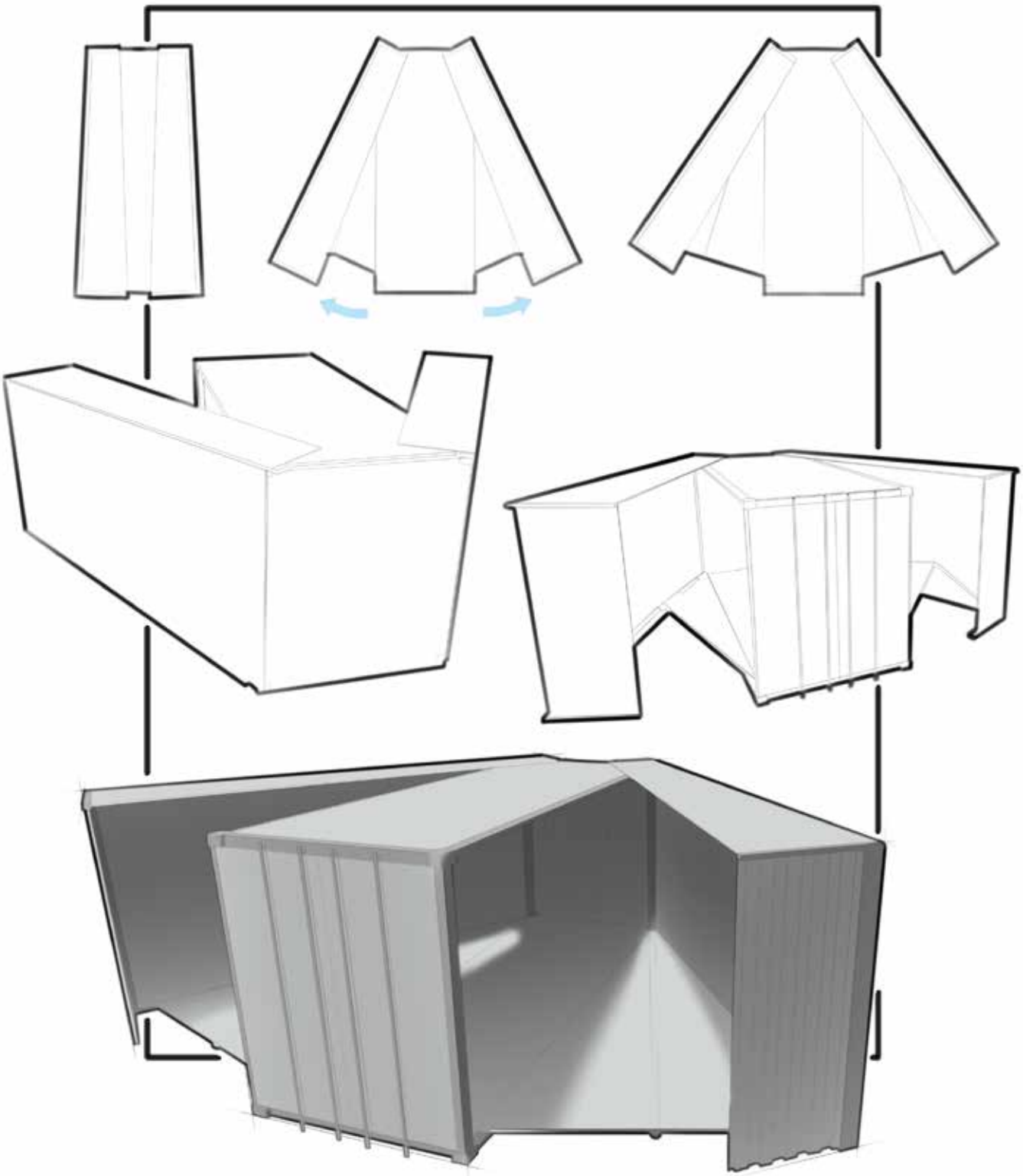
MECCANISMI

Sistema a doppia forbice

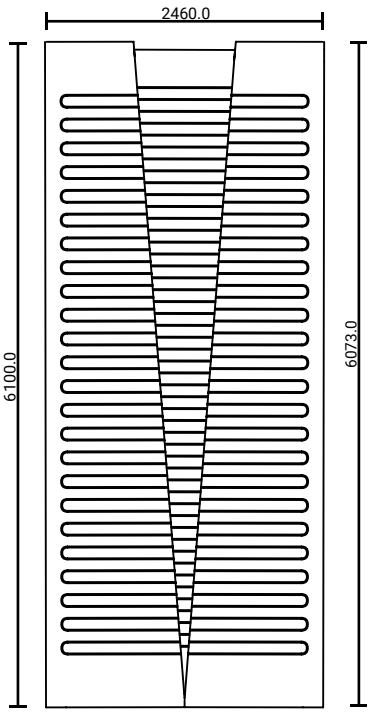


Meccanismo per monitor

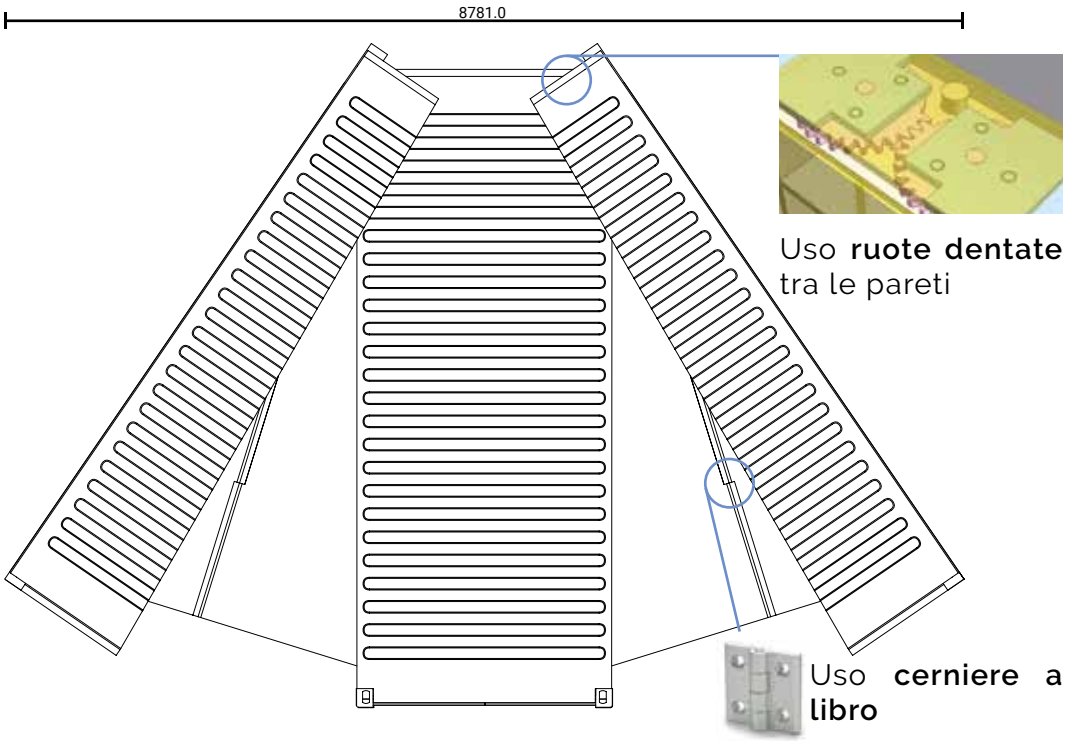
CONCEPT 2



VISTA IN PIANTA CHIUSO



VISTA IN PIANTA APERTO



PRO E CONTRO

-**Elevato** volume d'espansione
-La struttura verrebbe movimentata tramite un **solo** meccanismo
-Telaio **interno** al container
-L'altezza interna utile rimane **invariata**

-Volume **ingobro** maggiore.
-Richiede uno studio più accurato sulla **stabilità**
-Necessità di altri **sostegni**

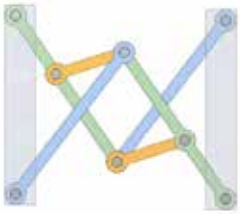
FASI DISPIEGAZIONE

Fase chiuso

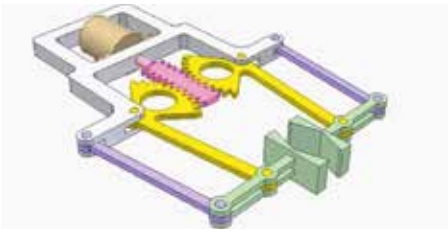
Fase dispiegamento

Fase aperto

MECCANISMI



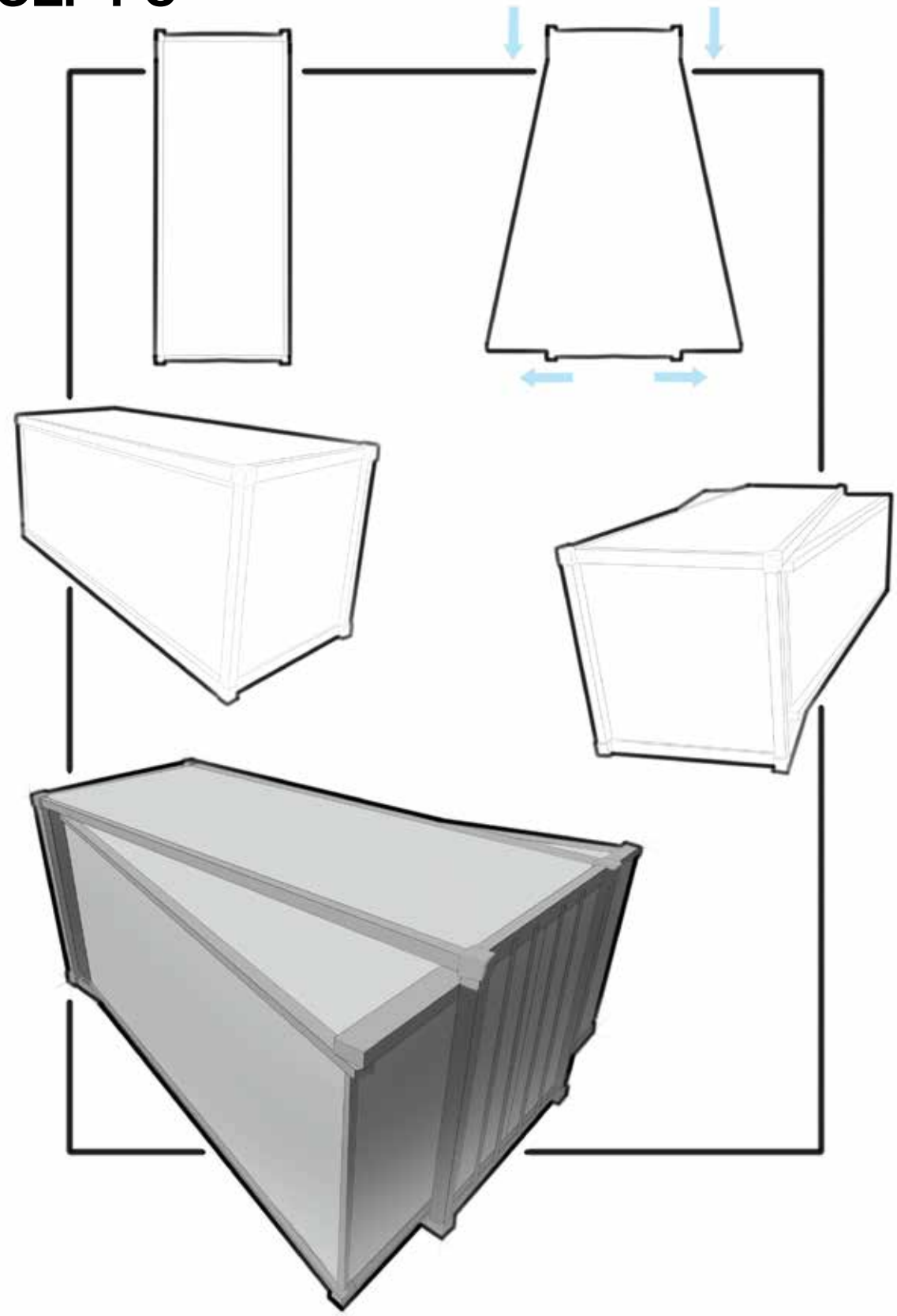
Collegamento otto barre



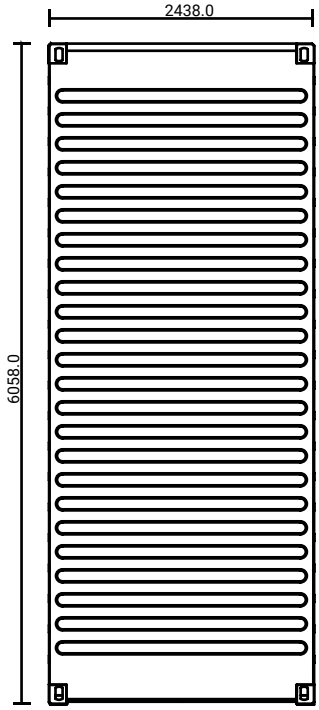
Fase chiuso

Sistema lineare

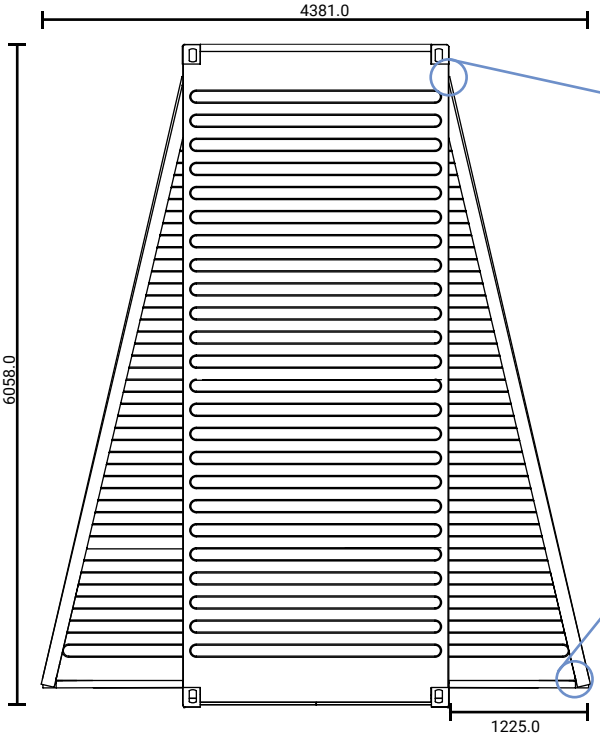
CONCEPT 3

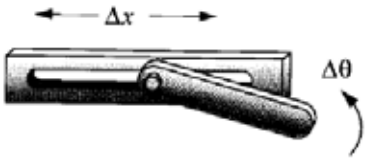


VISTA IN PIANTA CHIUSO



VISTA IN PIANTA APERTO





Uso **Half joint** piuttosto che due pareti scorrevoli con guide prismatiche perché la forma irregolare delle lamiere grecate non permetterebbe lo scorrimento tra di loro.

Uso di **cerniere a libro** per poter far ruotare le fue pareti tra di loro quando avviene l'espansione.

PRO E CONTRO

-Volume compatto **identico** a originale
-Ipotizzabile **telaio** verticale e orizzontale
-Meccanismo **unico**
-**Stabilità** garantita anche senza piedini
-Telaio **interno**

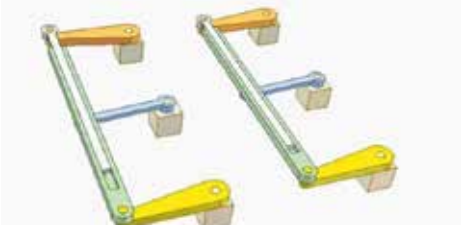
-**Riduzione** altezza interna utile
-**Non elevata** espansione

FASI DISPIEGAZIONE

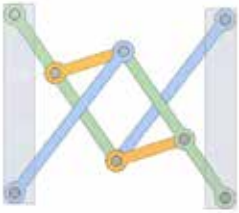
Fase chiuso

Fase aperto

MECCANISMI



Meccanismo a parallelogramma



Collegamento otto barre

09 PROGETTO

Nel seguente capitolo viene illustrata la progettazione e il risultato finale del secondo concept sviluppato.
La prima parte è dedicata alle fonti d'ispirazione, ovvero a spunti e suggestioni che hanno influenzato maggiormente il progetto sotto forma di moodboard.
Il progetto viene introdotto attraverso una serie di render fotorealistici che descrivono il container espandibile mostrando come si relaziona con l'ambiente circostante e focalizzando sugli elementi chiave. In seguito sono stati analizzati i particolari costruttivi del container enfatizzando i punti di forza.
È stata posta l'attenzione in alcuni dettagli come: il dispositivo utilizzato per la salita sul container, il meccanismo utilizzato per dispiegare la struttura, i pannelli utilizzati sia per il soffitto sia per il pavimento e infine gli elementi d'arresto applicati alla struttura per bloccare ogni possibile movimento e fissare la struttura.
Inoltre è stata effettuata un'analisi meccanica del dispositivo applicato al nostro sistema, in modo tale da verificare il funzionamento, confermando che i gradi di libertà siano congrui alla mobilità della stessa.
Infine come ultimo punto del capitolo, viene spiegato mediante una storyboard, il processo per dispiegare il container rendendolo fruibile.

Fig.270 *Farfalla*

Fig.271 *Cerniera*

Fig.272 *Anfiteatro*

FONTI DI ISPIRAZIONE

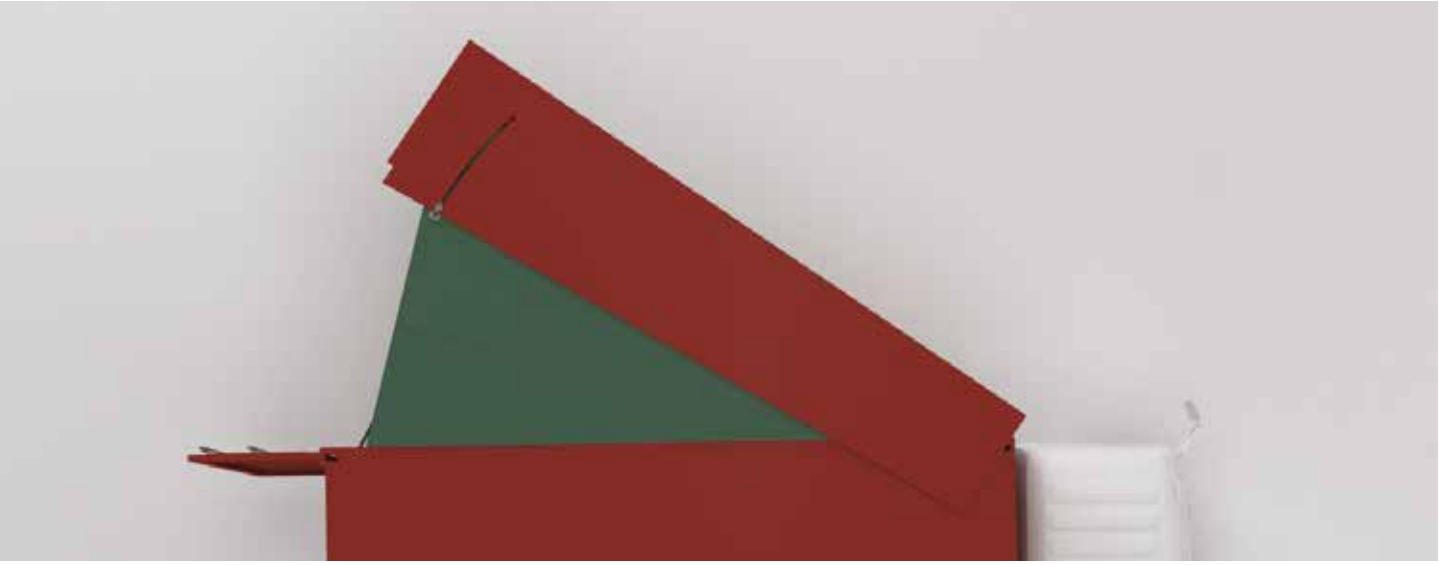
Prima della trascrizione di quello che è emerso dalla ricerca di un prodotto volto a risolvere le problematiche di progetto, sono state raggruppate immagini sotto forma di "moodboard" con lo scopo di far emergere spunti e suggestioni.
Nelle seguenti immagini sono stati ripresi alcuni elementi importanti, al fine di giustificare le scelte prese all'interno del progetto.
Partendo dalla prima immagine di sinistra, dove è rappresentata una farfalla, è stata ripresa la morfologia e il movimento utilizzato per poter **dispiegare** le ali e poter prendere il volo come movimento d'apertura del container. La ripresa di sistemi dalla natura viene chiamata dall'autore Ester Rivar Roger in "deployable structures" biomimetica.
"La biomimetica è l'applicazione di metodi e sistemi che si trovano nei sistemi biologici; i quali vengono studiati e applicati nella progettazione delle tecnologie moderna. Queste non sono copie letterali del fenomeno biologico, ma astrazioni dei concetti principali."[47]
Nella seconda immagine di destra è stata inserita una cerniera, perché è uno dei dispositivi più utilizzati, nella vita di tutti i giorni, per **movimentare** oggetti, elementi d'arredo e altro.
La terza fonte d'ispirazione è stata quella di riprendere le **forme** utilizzate per i posti a sedere, che richiamano gli antichi anfiteatri, i palazzetti dello sport, gli stadi, i teatri, gli auditorum e i cinema. La disposizione dei posti a sedere è a forma conica, perché riprende la forma con cui si propaga il suono, quindi

Fig.273 *Mercato di ferro di Haiti*

avrà un range di spazio inferiore verso la parte interna ma con volume più alto del suono, mentre andando verso l'esterno lo spazio del suono andrà ad ampliarsi, ma allo stesso tempo si ridurrà il volume del suono.
L'ultima immagine da cui abbiamo preso spunto si tratta del mercato di ferro di Haiti, costruito presso la capitale di Port-au-Prince. È l'edificio più grande presente ad Haiti ed è nell'immaginario collettivo haitiano, fonte d'orgoglio, perché è stato il primo edificio ricostruito dopo il terremoto che colpi il paese nel 2010.
Il container si adatta agli aspetti culturali haitiani riprendendo i **colori caratteristici del luogo,** non ponendosi come prodotto totalmente estraneo. Il fine è quello di abbattere l'accezione negativa spesso associata a questa tipologia di struttura, stimolando curiosità nel vedere il container realizzato con tali cromatismi da parte della popolazione di Haiti.

Conformazione aperta

Conformazione chiusa



Configurazione colore: Rosso-Verde

Configurazione colore: Verde-Bianco

Configurazione colore: Rosso-Bianco

Focus Rampa

Focus Meccanismo

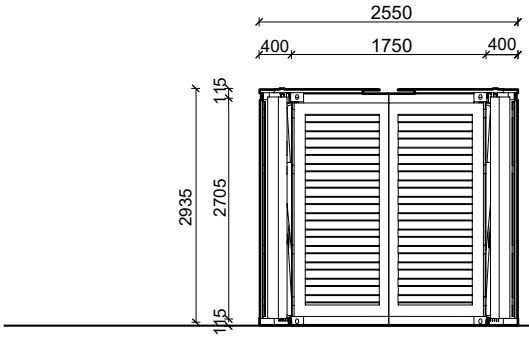
Focus fine corsa

Focus Soffitto

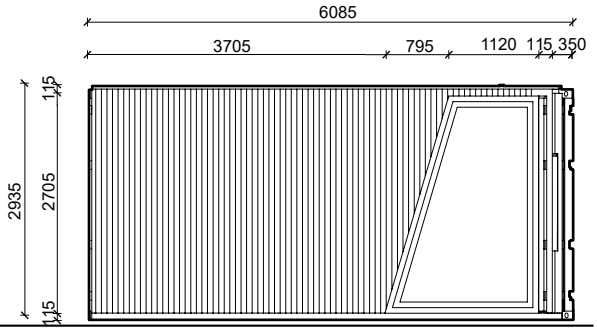
Focus Pavimento

Focus blocco parete

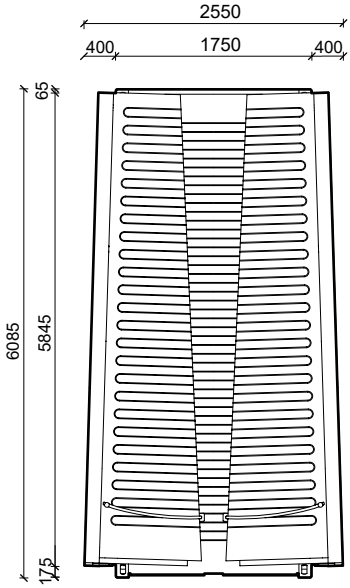
VISTE COMPATTE



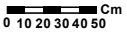
VISTA FRONTALE



VISTA LATERALE

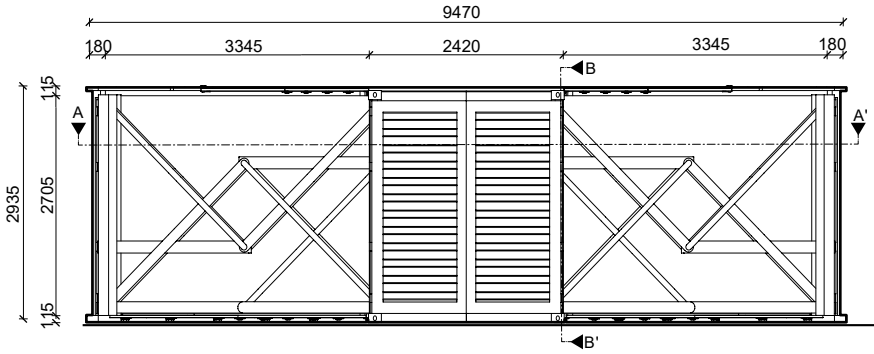


VISTA DALL' ALTO

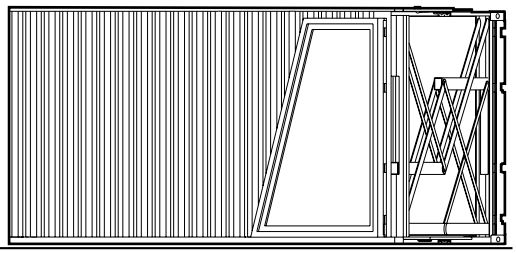


Il container progettato ha un incremento del volume generale; in larghezza aumenta del **4%**, causato dal telaio d' espansione con i suoi **40cm** esterni per lato, mentre in altezza ha un incremento più contenuto, con appena il **2%**.
Anche se ha un incremento del volume, il suo ingombro non supera la sagoma del camion in larghezza, quindi è garantita la **sicurezza** durante la marcia del veicolo.

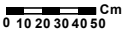
VISTE DISPIEGATO

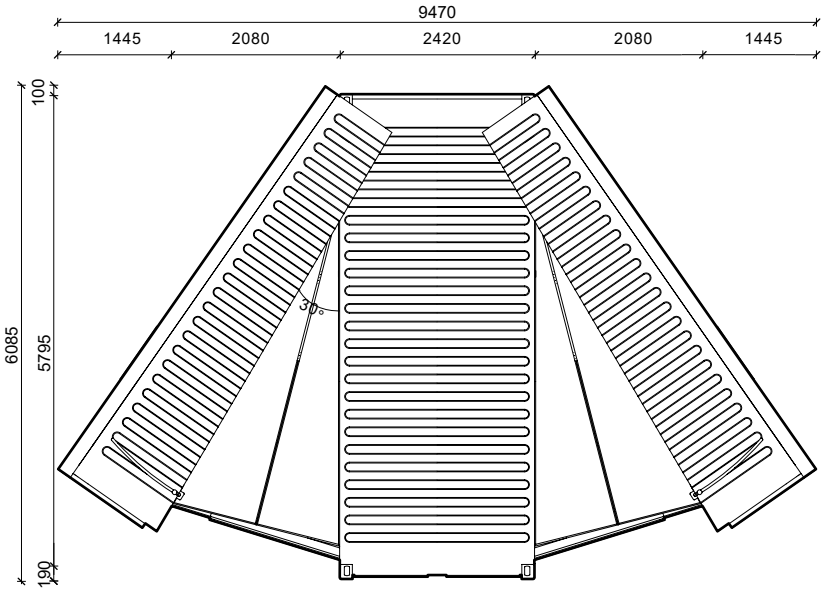


VISTA FRONTALE



VISTA LATERALE

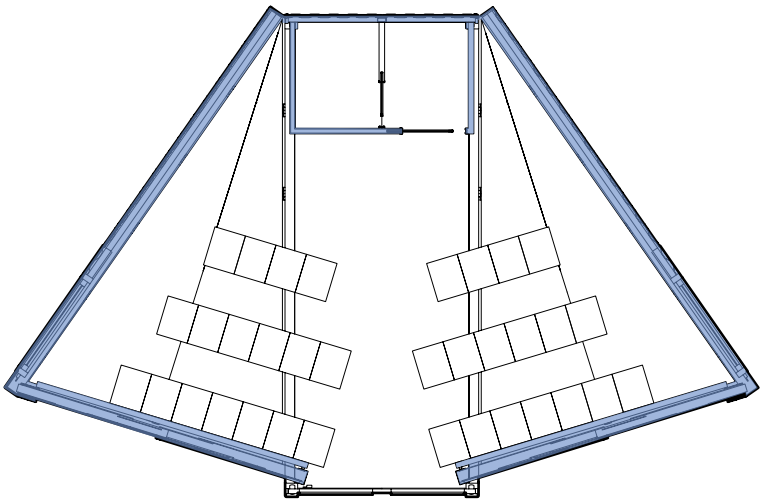




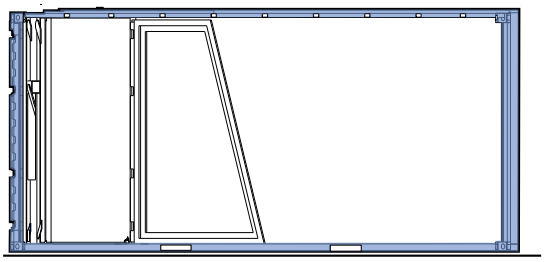
VISTA DALL' ALTO

Il container è in grado di **triplicare** la propria larghezza, grazie all'utilizzo dei due meccanismi posti accanto al portellone d'ingresso, come si può notare nella vista frontale.
Inoltre grazie al meccanismo le pareti laterali effettuano una rotazione verso l'esterno di **30°** e ciò permette di **dispiegare** anche il pavimento e sia il soffitto.

SEZIONE ALTO A-A'

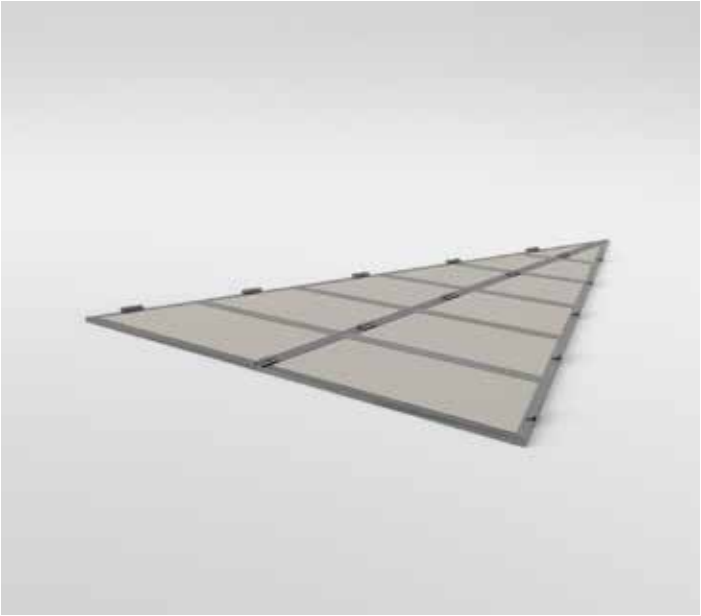


SEZIONE LATERALE B-B'

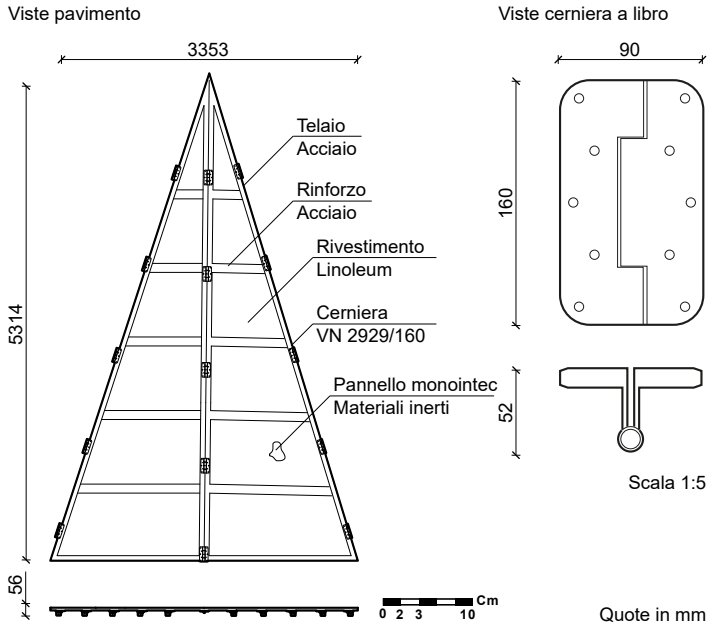


Proposta ASF

La soluzione prodotta sarà in grado di poter **ospitare** all'interno di ciascun container quasi 35 persone. Il progetto di partenza era in grado di ospitarne solo 30 assemblando i due container a disposizione. Con questa idea invece si potrà differenziare l'utilizzo dei due container, trasmettendo **contenuti diversi** in base al tipo di target a cui si rivolgerà. Quindi i due container saranno in grado di ospitare fino a 70 persone, più del doppio.
Osservando dalla sezione A-A' si è in grado di poter vedere, che la disposizione delle sedie, riprende le **forme** geometriche dell'**anfiteatro**, come spiegato in precedenza nelle ispirazioni, in modo tale da poter ricreare l'idea nostrana di spettacolo.
Il materiale utilizzato nel corso della mostra, sarà depositato all'interno dello stanzino, situato nel lato opposto all'entrata; inoltre un vantaggio di questa soluzione è che quando si dispiega il container, non bisognerà spostare attrezzature interne o altro, perché la **struttura** è posta quasi del tutto all'**esterno**.
Inoltre nelle pareti laterali si è deciso di inserire due infissi, che permetteranno di far circolare l'aria tra l'interno e l'esterno. La forma di essi è stata ripresa dagli intagli studiati in precedenza da ASF *(fig1)*.
Nelle prossime pagine si andranno a descrivere alcune **componenti** inserite all'interno del container, affinché il sistema funzioni e il container sia resistente e chiuso dagli elementi esterni.



Render pavimento



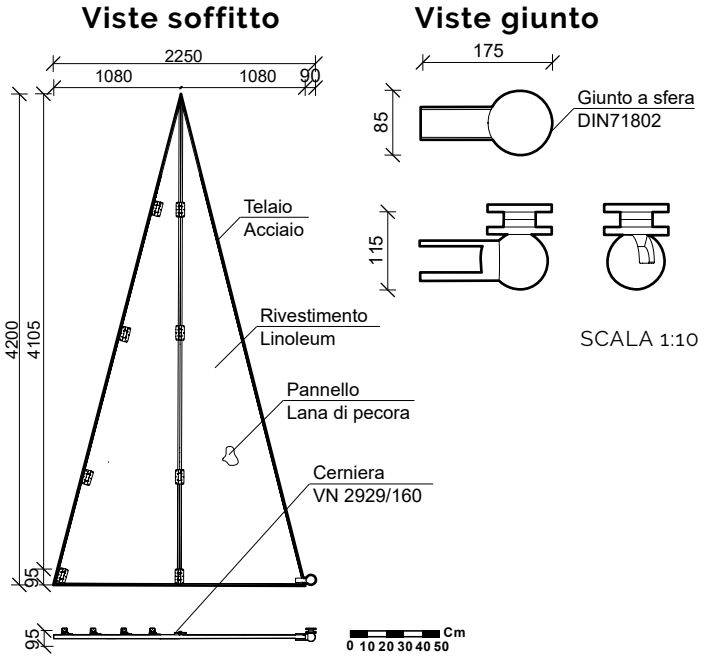
PAVIMENTO

Configurazione aperta

Configurazione chiusa

Il pavimento espandibile è pensato in modo tale da dispiegarsi in sincrono con il meccanismo e le pareti laterali. La struttura è formata da un telaio esterno e da 10 rinforzi saldati per garantire rigidità all'insieme. Vengono utilizzati pannelli in lana di pecora per mantenere un isolamento termico uniforme. Il rivestimento in linoleum favorisce anch'esso all'isolamento termico dell'interno rendendo le superfici facili da pulire e impermeabili, ponendo anche un occhio di riguardo verso il rispetto dell'ambiente. Al telaio sono saldate 15 cerniere a libro che permettono al pavimento di ripiegarsi su se stesso durante la fase di compattazione.

Render soffito parte superiore

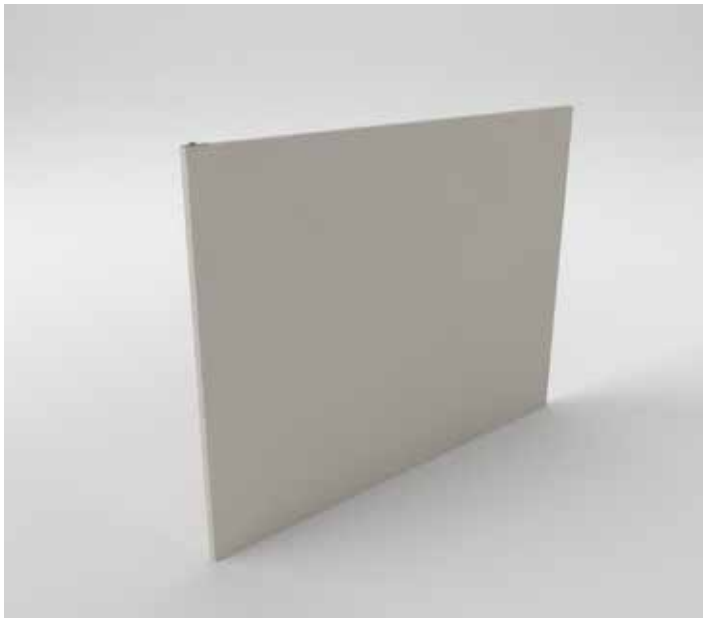


SOFFITTO

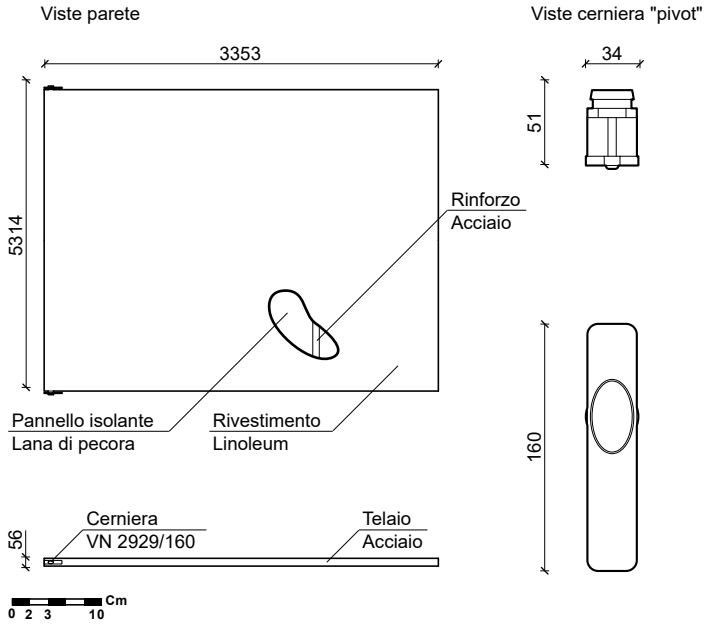
Configurazione chiusa

Configurazione aperta

Il soffitto si compone di **due pannelli** a forma di triangolo rettangolo, realizzato con lo stesso materiale dei pavimenti. Ha un ingombro di 1080mmx 4200mm per pannello. Ogni pannello ha un **telaio** esterno a **sezione L**, fatto in acciaio, che ha sia una funzione strutturale e sia una funzione di supporto per le **otto cerniere** a libro fissate nella parte superiore del soffitto. Queste ultime serviranno esse serviranno a far piegare i pannelli tra di loro e anche rispetto al soffitto. Nella superficie laterale di destra, non vi sono presenti cerniere, ma vi è presente un solo **giunto a sfera** che avrà tre fondamentali compiti: il primo è quello di **sostenere** la copertura pieghevole, il secondo ha la funzione di far **ruotare** il pannello quando il container verrà chiuso e infine questo giunto dovrà **scorrere** nel binario presente nel soffitto rigido che ruota. La scelta di utilizzare dei pannelli rigidi piuttosto che un telo o altre soluzioni, è dovuta al fatto che le altre soluzioni non garantiscono un'**ottima protezione** esterna dagli agenti atmosferici e dal clima ostile esterno. Inoltre tali pannelli proteggono meglio la struttura in caso di un possibile tentativo di furto. Nelle immagini accanto vengono mostrate le due configurazioni di utilizzo del soffitto pieghevole. Nella prima immagine si rappresenta il **sistema da chiuso**, dove i pannelli sono ripiegati tra di loro e il giunto a sfera è posto al fine corsa del binario montato nel soffitto fisso; mentre nella seconda immagine rappresenta il **sistema da aperto**, dove i pannelli si dispiegano e il giunto a sfera ruota la parte fissa del pannello di 90° e nel mentre scorre all'interno del binario fino a giungere al fine corsa opposto.



Render parete Movimentazione parete interna



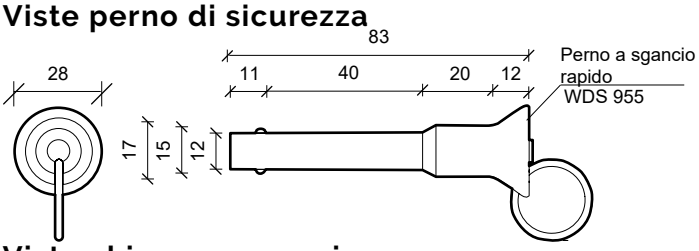
PARETE INTERNA

La parete interna viene utilizzata per chiudere il lato scoperto che si forma quando il meccanismo si dispiega, formando un'area totalmente isolata dall'esterno. La struttura è formata da un telaio esterno e da 3 rinforzi saldati per garantire rigidità all'insieme. Vengono utilizzati pannelli in lana di pecora per mantenere un isolamento termico uniforme. Il rivestimento in linoleum favorisce anch'esso l'isolamento termico dell'interno rendendo le superfici facili da pulire e impermeabili, ponendo anche un occhio di riguardo verso il rispetto dell'ambiente. Sono saldati al pavimento e al soffitto 2 cerniere pivot che permettono il ruotare intorno ad un'asse. Il gancio a leva saldato tra il profilo a "u" del meccanismo e il telaio della parete permette l'arresto della rotazione. L'apertura oltre a isolare dall'esterno fornisce un contributo a sorreggere il soffitto pieghevole.

Render perno di sicurezza

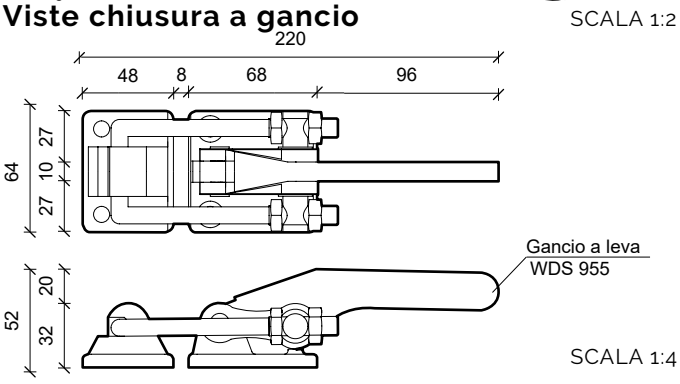
Render chiusura a gancio

Viste perno di sicurezza



SCALA 1:2

Viste chiusura a gancio

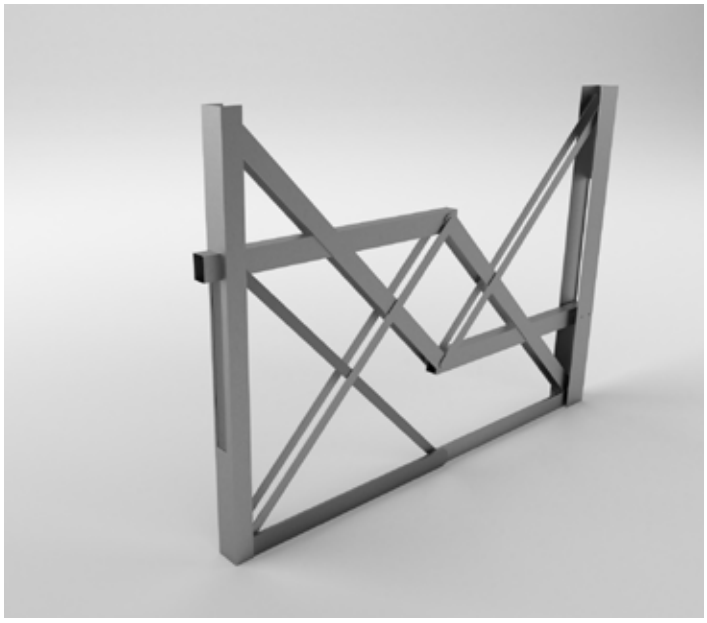


SCALA 1:4

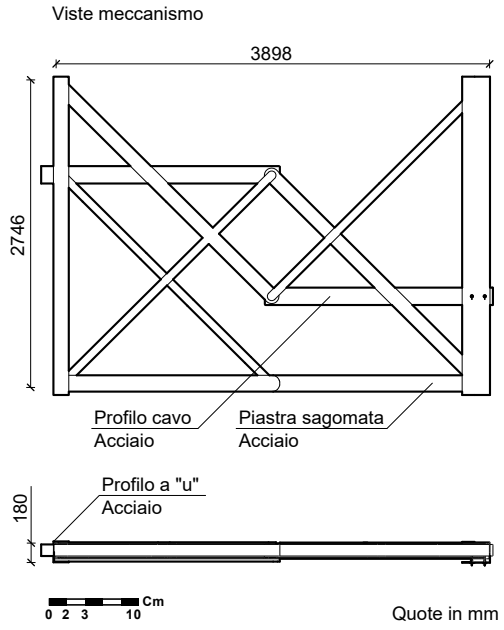
ELEMENTI DI SICUREZZA
Funzionamento

Apertura dall'interno

Si è deciso di utilizzare **due perni** di sicurezza a sgancio rapido con anello di estrazione per **bloccare** il meccanismo sia quando è chiuso e sia quando è aperto. Si effettueranno due fori passanti in entrambi i profili a U che racchiudono al loro interno il meccanismo. Quando il meccanismo è chiuso i due perni sono inseriti nel profilo fisso al telaio e ad esso viene bloccato il braccio libero che scorre al suo interno; viceversa quando è aperto i due perni vengono inseriti nell'altro profilo a U e ad esso verrà bloccata la barra libera opposta. Si è deciso per motivi di **sicurezza** di effettuare i fori all'interno della struttura del container come mostra l'immagine qui accanto, cosicché prima di dispiegare il container, si dovrà aprire innanzitutto il portellone d'entrata. Per poter levare i perni, sarà necessario premere il bottone posto sulla testa del gancio. Tale bottone servirà a far rientrare gli elementi di blocco, dopo di che afferrando gli anelli posti nella parte esterna, si potrà estrarre il perno dal foro.
Il secondo elemento di sicurezza è il gancio a leva, il quale viene utilizzato nella parete mobile, come descritto nella pagina precedente. Il sistema di blocco e sblocco viene effettuato a mano servendosi della leva posta all'altra estremità del gancio. Viene impiegato un solo gancio, posto a un metro dal pavimento ed è fisso alla parete che ruota.

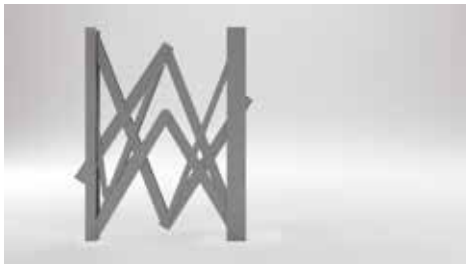


Render meccanismo

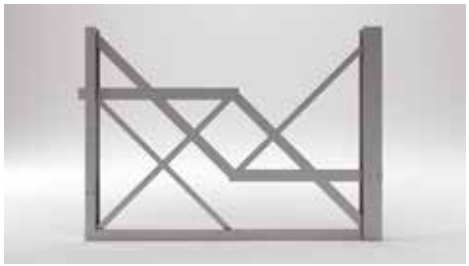


MECCANISMO

Configurazione chiusa

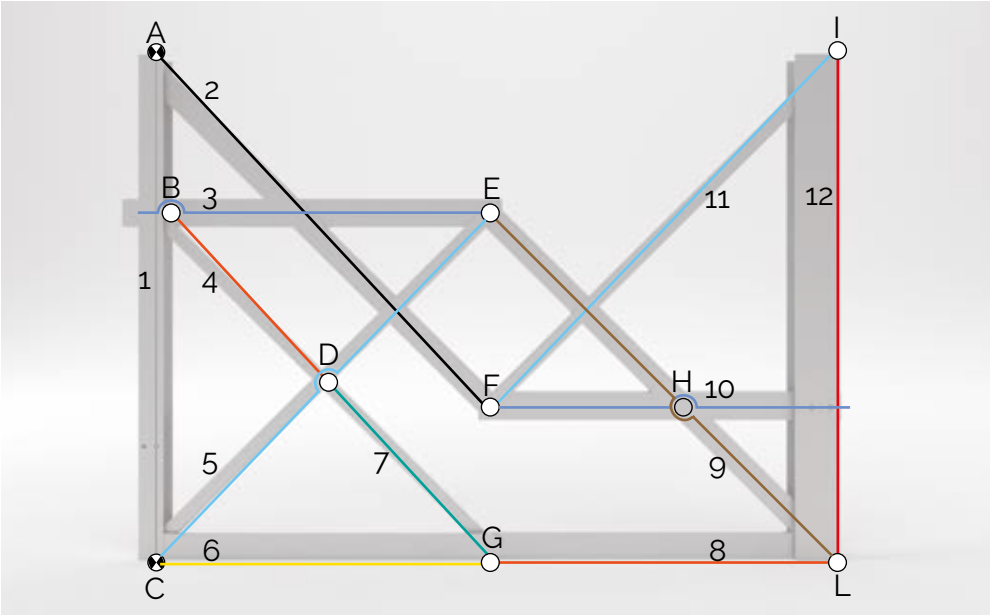


Configurazione intermedia

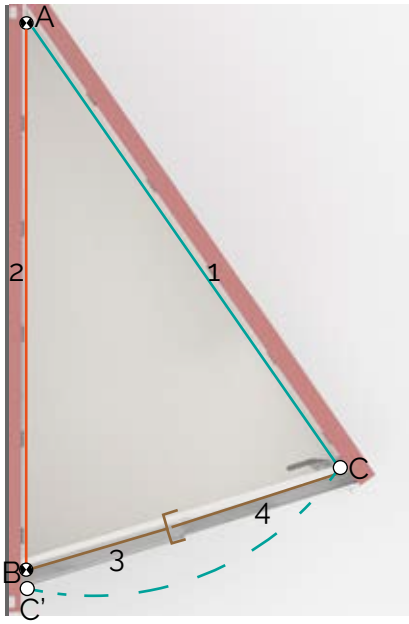


Configurazione aperta

Il meccanismo utilizzato nel progetto si compone di **12 elementi**, di cui 4 sono i sostegni utilizzati per dispiegare il pavimento e i restanti 8 servono a movimentare la struttura. Inoltre vi sono presenti **10 giunti** tra gli elementi, di cui 6 legano tre membri assieme.
Vi sono presenti due membri liberi il 3 e il 10 come mostra la figura presente in alto nella pagina accanto, che sono in grado di muoversi liberamente, tranne quando vengono bloccati assieme ai corpi 1 e 12 tramite i due perni di sicurezza.
Nella configurazione da chiuso come mostra l'immagine accanto, il meccanismo verrà **racchiuso all'interno** dei due profili a U.
Per la configurazione aperta invece il meccanismo raggiungerà la sua **massima estensione** quando i due lembi liberi raggiungeranno i loro fine corsa, nel primo caso il fine corsa sarà posto in alto nel profilo a U che funge da telaio, mentre per il secondo sarà nella parte inferiore dell'altro profilo a U che si movimenta assieme alla struttura.
Il meccanismo di per se è in grado solo di **espandersi** lungo un asse, ma nel nostro caso si è deciso di permettere anche una **rotazione**, grazie all' utilizzo di 2 cerniere poste nel telaio, per cui il primo profilo a U sarà solo bloccato nella movimentazione spaziale mentre sarà permessa la rotazione attorno al proprio asse. La struttura si è deciso di realizzarla interamente in acciaio, perché è uno dei pochi materiali, facilmente reperibile all'interno del territorio di Haiti, in caso di manutenzione straordinaria.

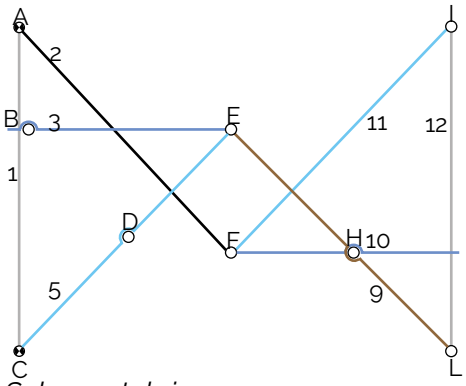


Schema struttura laterale

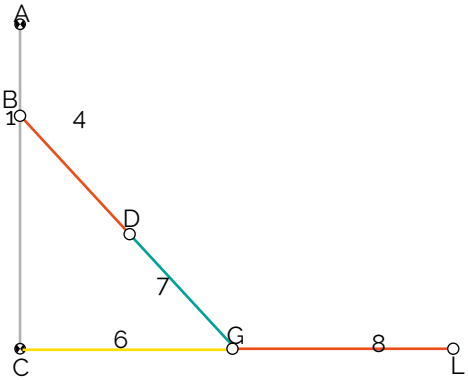


Schema dall'alto

Studio Meccanico



Schema telaio



Schema pavimento

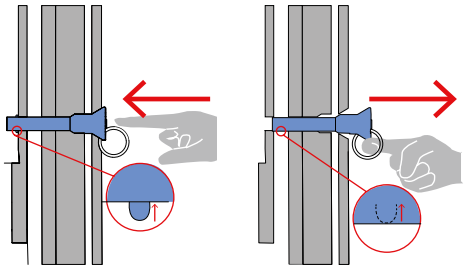
Il meccanismo rappresentato nella prima immagine posta in alto a sinistra della pagina, mostra che il sistema ha **un solo grado di liberta** ed è lungo l'asse orizzontale. Lo schema è stato verificato utilizzando il calcolo di kutzbach.
M=3*(M-1)-(2*J1)-J2= 3*(12-1)-(2*16)-0=1 DOF
La struttura di movimentazione si compone di due parti :
-La prima è la parte del **telaio** e ha la funzione di **movimentare** la struttura come mostra l'immagine accanto.
M=3*(M-1)-(2*J1)-J2=3*(8-1)-(2*10)-0=1 DOF
-La seconda parte è la struttura del **pavimento** e ha lo scopo di **dispiegare** e **sorreggere** esso, in questo caso la struttura è complementare a quella precedente, per cui da sola non sarebbe in grado di movimentarsi.
Per quanto riguarda invece lo **schema meccanico generale** del meccanismo, rappresentato nella seconda immagine in alto che mostra come la struttura descritta in precedenza, riesca a movimentare anche la parete laterale (corpo 1) dal telaio (corpo2). La parete laterale è incernierata a un solo punto fisso, il quale funge da **fulcro di rotazione**, infatti come mostra l'immagine, solo l'estremità opposta (C) sarà in grado di ruotare verso l'esterno, compiendo un **movimento ad arco**. Inoltre il telaio descritto in precedenza viene considerato come un gruppo di Assur, il quale serve ad agevolare il grado di libertà fornito dalla struttura del container.
$M'=M-M_A-2J1_A=(3*(M-1)-(2*J1)-J2)-(M_A-2J1_A)=$
$(3*(2-1)-(2*1)-0)-(2-2)=3-1-0-0=1$ DOF

Individuazione portellone

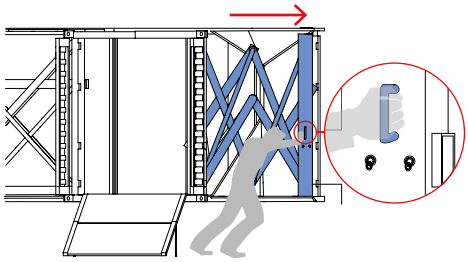
Sblocco dispositivi sicurezza

Dispiegamento struttura

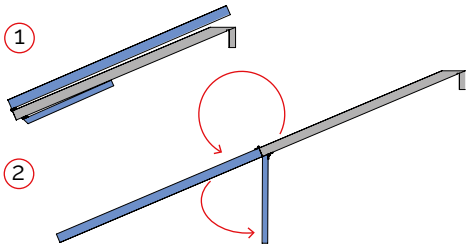
STORYBOARD



Sblocco Meccanismo



Movimentazione meccanismo



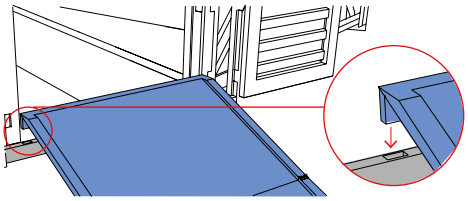
Montaggio Rampa

1) Il primo passo da effettuare per dispiegare il container, consiste nell'**aprire le aperture** classiche del container, come si può notare dalla seconda immagine dall'alto, dove al loro interno vi sono posti i sistemi di sicurezza, sia nella parte di sinistra che in quella di destra.
2) Il secondo step invece consiste nell'**estrarre i perni** di sicurezza, inseriti tra i telai delle pareti laterali. Per poter togliere questi dispositivi si dovrà per prima cosa premere il pulsante posto nella testa del perno, il quale farà rientrare al proprio interno i due elementi di blocco, dopo di che si potrà estrarre il dispositivo, inserendo il dito all'interno dell'anello (posto in prossimità del pulsante) e tirando verso l'esterno.
3) Eliminati i sistemi di blocco, finalmente si potrà dispiegare la struttura, composta da telaio, pavimento e soffitto. La **movimentazione** di esso verrà fatta manualmente, spingendo dalla maniglia verso l'esterno, come mostra l'immagine qua accanto. La maniglia è posta nella parte esterna del profilo a U mobile.
4) Appena il meccanismo raggiunge la sua massima espansione e i due membri liberi raggiungono il fine corsa, si andranno a **reinserire i sistemi di sicurezza**, però invece di rimetterli all'interno del portellone, si inseriranno i perni sotto la maniglia utilizzata per la spinta, cioè si bloccherà il secondo profilo a U e l'estremo lembo libero.
5) Dopo aver dispiegato il container, si andrà a **inserire la rampa d'accesso,** il progetto della quale è preesistente e non è stato

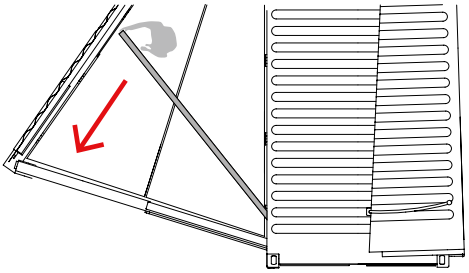
Inserimento rampa

Inserimento pareti mancanti

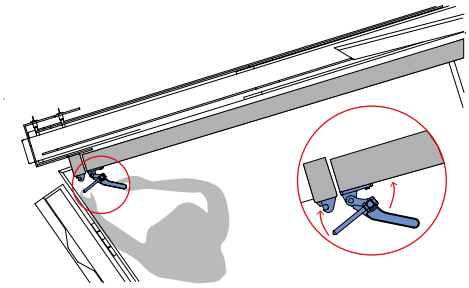
Configurazione completa



Inserimento rampa



Movimentazione parete interna



Blocco parete interna

concepito da noi. La rampa agevolerà la salita all'interno del container e aiuterà a superare il dislivello di un metro circa.
La rampa utilizzata è ripiegabile in due parti e inoltre ha un sostegno pieghevole verso il centro. La prima fase del montaggio della rampa consiste nel dispiegare la rampa, mentre per la seconda fase come mostra la foto accanto si andranno a inserire nei fori effettuati nel Binario frontale inferiore i due sostegni saldati sotto la rampa.
5) Salendo all'interno del container vi saranno le due **pareti laterali da inserire**, le quali sono poste tra i binari laterali, supportate dalle cerniere che vengono fatte ruotare fino a che la parete non si andrà ad appoggiare nel meccanismo esterno, come mostra l'immagine accanto.
Questa parete laterale avrà anche la funzione di sostegno per il soffitto ed è un ulteriore blocco al meccanismo presente.
6) Dopo aver appoggiato la parete, si andrà a **bloccarla**, utilizzando la chiusura a gancio, in cui la parte della leva è fissa alla parete che ruota, mentre la parte a cui si aggancia è fissa alla parete laterale, come mostra l'immagine qua sotto.
Queste sono in sintesi le istruzioni per montare il container, portandolo da una configurazione chiusa a una aperta. Il sistema è reversibile, per cui basterà effettuare gli stessi 6 punti appena descritti ma al contrario per chiuderlo.

10 Conclusioni

INTRODUZIONE

Il container espandibile è il risultato finale di un processo metodologico volto a soddisfare le esigenze presenti nell'analisi di scenario che sono state fornite da Architetture Senza Frontiere. La risposta progettuale è un prodotto complesso: un insieme di soluzioni che vengono eseguite in serie per ottenere uno spazio in cui svolgere le attività elencate precedentemente.
Queste soluzioni tecniche, già presenti sul mercato ed emerse quindi nella fase di ricerca sono state riadattate per la realizzazione di un nuovo prodotto.
Il progetto è stato affrontato nell'ottica di risoluzione delle problematiche legate alla prima fase ovvero la realizzazione di un centro culturale itinerante che possa funzionare in maniera autonoma senza fonti d'energia esterne, tenendo conto, là dove è possibile, anche della fase successiva che prevede l'interazione di due container in una collocazione fissa. Nonostante il percorso progettuale possa ancora trovare spazio per ulteriori approfondimenti è possibile effettuare un'analisi finale allo scopo di individuare le criticità del progetto e i suoi limiti. Lo svolgimento consiste nel definire le principali caratteristiche, mettendole in relazione con i casi studi più attinenti.

PRO E CONTRO

Si può notare che seppur i "competitors" hanno caratteristiche che risultano superiori sia di efficienza in termini di spazio interno acquisito e sia per l'automazione del processo di dispiegamento, il progetto Bug risulta comunque una proposta progettuale valida perché in confronto agli altri casi studio, offre soluzioni volte a risolvere altre problematiche legate all'utenza. Il compromesso tra i requisiti tecnici e quelli dettati dall'utenza rendono il container Bug una risposta progettuale unica e appropriata alla tematica in cui si è sviluppato.

Fig.274 *Estrazione del petrolio*

Fig.275 *Saldatura*

PRO

Autonomia: fruizione che non necessita l'impiego di fonti d'energia presenti sul territorio.

Flessibilità: spazio interno pensato in modo da poter ospitare attività di vario genere.

Empatia: forme e colori che invitano l'utente a interagire con il prodotto.

Gestione: utilizzo di materiali e tecnologie facilmente reperibili nel territorio haitiano in previsione di operazioni di manutenzione.

Ecosostenibilità: utilizzo di materiali di recupero o materiali locali a basso impatto ambientale.

Stabilità: struttura che non necessita di elementi di supporto.

Itinerante: facilità di trasporto.

Fig.276 *Limite dimensioni*

Fig.277 *Fatica*

CONTRO

Manuale: Impiego di energia direttamente dall'utenza.

Espansione: modalità di dispiegamento non ottimale per massimizzare lo spazio interno.

Dimensioni: Larghezza superiore ad un container standard iso.

BIBLIOGRAFIA

[1] Claudio Germak, *Uomo al centro del progetto*, Torino, Allemandi & C, 2008, p 66
[2] Claudio Germak, *Uomo al centro del progetto*, Torino, Allemandi & C, 2008, p 154 a cura di Silvia Barbero
[3]Beatrice Galilee, *Il mercato di ferro di Haiti*, Port-au-Prince, Domus, 2011
[5] Claudio Germak, *Uomo al centro del progetto*, Torino, Allemandi & C, 2008, pp 63-64 a cura di Silvia Barbero
[6] Claudio Germak, *Uomo al centro del progetto*, Torino, Allemandi & C, 2008, p 63
[7] Jure Kotnik, *Container architecture : questo libro contiene 6.441 container*, Barcelona, Links Books, 2008, p 244
[8]Arthur Vincent Marius Meijers, Rober Anthonius Buskermolen, *COLLAPSIBLE TRANSPORT CONTAINER*, US 9,387,981 B2
[9]Rene Giesbers, Bram Jeroen Bruinsma, *COLLAPSIBLE FREIGHT CONTAINER*, US 9,440,786 B2
[10] https://www.archdaily.com
[11] Jure Kotnik, *Container architecture : questo libro contiene 6.441 container*, Barcelona, Links Books, 2008, pp 30-35
[12] Jure Kotnik, *Container architecture : questo libro contiene 6.441 container*, Barcelona, Links Books, 2008, pp 52-57
[13] http://www.lot-ek.com/
[14] Jure Kotnik, *Container architecture : questo libro contiene 6.441 container*, Barcelona, Links Books, 2008, pp 214-217
[15] www.interiordesign.net
[16] www.origami-noro-ohl.com

[17] Dan Howarth, Open House by Mazzotta, Dazeen, 2013
[18] http://trivol.ro
[19] Ester Rivas Adrover, *Deployable structure*, London, Laurence king pubblishing LTD, 2015, pp 52-53
[20] Diletta Bracchini, "Case pieghevoli in acciaio in 10 minuti: la tecnologia di Tenfold Engineering", Engegneri.info, 2017
[21] David Martyn, *Folding building, US9,222,250 B2*
[22] David Martyn, *Apparatus for converting motion, US2016/0195174 A1*
[23] David Martyn, *Apparatus for converting motion and building assembly comprising the same US2016/0102740 A1*
[24] Ester Rivas Adrover, *Deployable structure*, London, Laurence king pubblishing LTD, 2015, pp 15-17
[25] Ester Rivas Adrover, *Deployable structure*, London, Laurence king pubblishing LTD, 2015, pp 23-75
[26] *www.treccani.it*
[27] Paul Jackson, *Folding Techniques for designers,* London, Laurence King Publishing Ltd, 2011, p 176
[28] Ester Rivas Adrover, *Deployable structure*, London, Laurence king pubblishing Ltd, 2015, pp 106-107
[29] Ester Rivas Adrover, *Deployable structure*, London, Laurence king pubblishing Ltd, 2015, p 110
[30] John J. Dicker, Jr., Gordon R. Pennock, Joseph E. Shigley, *Theory of machines and mechanism, New York, Oxford University Press, 2003, pp 5-6*
[31] Robert L. Norton, *Design of machinery, Massachusetts, McGraw-Hill Inc, 1992, pp 24-28*

[32] John J. Dicker, Jr., Gordon R. Pennock, Joseph E. Shigley, *Theory of machines and mechanism, New York, Oxford University Press, 2003, pp 5-7*
[33] Robert L. Norton, *Design of machinery, Massachusetts, McGraw-Hill Inc, 1992, p 28*
[34] John J. Dicker, Jr., Gordon R. Pennock, Joseph E. Shigley, *Theory of machines and mechanism, New York, Oxford University Press, 2003, p 14*
[35] John J. Dicker, Jr., Gordon R. Pennock, Joseph E. Shigley, *Theory of machines and mechanism, New York, Oxford University Press, 2003, p 10*
[36] John J. Dicker, Jr., Gordon R. Pennock, Joseph E. Shigley, *Theory of machines and mechanism, New York, Oxford University Press, 2003, p 11-14*
[37] Robert L. Norton, *Design of machinery, Massachusetts, McGraw-Hill Inc, 1992, p 32*
[38] *Paolo Righettini e Roberto Strada, Azionamenti dei sistemi meccanici, Università di Bergamo, 2010-11, pp9-10*
[39] *Luigi Olivieri, Edoardo Ravelli, Elettrotecnica, Volume secondo: Macchine elettriche, Dodicesima edizione riveduta e aggiornata, Padova, CEDAM*
[40] *https://it.wikipedia.org/wiki/Motore_pneumatico*
[41]*http://www.formazioneoleodinamica.it/1/upload/o_motori_idraulici_completo.pdf, p 2*
[42]*Paolo Righettini e Roberto Strada, Azionamenti dei sistemi meccanici, Università di Bergamo,2010-11, pp11-13*

[43] *R. Bridgman, La Tecnologia, nella collana In primo Piano – Scienze, Istituto Geografico de Agostini.*
[44] *www.treccani.it*
[45] *Christopher Alexander, Note sulla sintesi della forma,Milano, Il saggiatore, 1967, pp89-97*
[46] Claudio Germak, *Uomo al centro del progetto*, Torino, Allemandi & C, 2008, p 156 a cura diBEATRICE LERMA
[47] Ester Rivas Adrover, *Deployable structure*, London, Laurence king pubblishing Ltd, 2015, p126\

RISORSE IMMAGINI

Fig.1 Immagine fornita ASF
Fig.2 Immagine Progetto Sito ufficiale Dmeco www.dmecoitalia.com
Fig.3 Logo sito ufficiale ASF www.asfitalia.org
Fig.4 Immagine fornita ASF
Fig.5 Immagine ripresa dall'articolo scritto da domus https://www.domusweb.it/it/Architetti/2011/01/24/il-mercato-di-ferro-di-haiti.html
Fig.6 Immagine fornita ASF
Fig.7 Immagine ripresa da "Folding techniques for Designer"p.127
Fig.8 Immagine ripresa da "Deployable Structures" p22 Sergio Pellegrino
Fig.9 Immagine ripresa da Steel Structure Warehouse https://airfreshener.club/quotes/steel-structure-warehouse.html?fbclid=IwAR1tScM3eaaX8CmIn_2lAYGyHI_nrgFu_lB5h3TDhRE9ygbBFgy0FAM5gAI
Fig.10 Immagine ripresa dal sito internet pintrest https://www.pinterest.co.uk/pin/146930006572382512/
Fig.11 Immagine ripresa dal sito internetadobestock
Fig.12 Immagine ripresa dal sito internet Shanghai Alubang Decorative Material Co.
Fig.13-16 Immagine ripresa dal sito internet http://www.lot-ek.com
Fig.17 Immagine ripresa dal sito internet http://hcinnovations.nl
Fig.18 Immagine brevetto Arthur Vincent Marius Meijers, Rober

Anthonius
Buskermolen, COLLAPSIBLE TRANSPORT CONTAINER, US 9,387,981 B2
Fig.20 Immagine brevetto Arthur Vincent Marius Meijers, Rober Anthonius
Buskermolen, COLLAPSIBLE TRANSPORT CONTAINER, US 9,387,981 B2
Fig.21 Immagine ripresa dal sito internet http://cargoshell.com/
Fig.22 immagine brevetto Rene Giesbers, Bram Jeroen Bruinsma, COLLAPSIBLE FREIGHT CONTAINER, US 9,440,786 B2
Fig.23-25 Immagine ripresa dal sito internet http://cargoshell.com/
27 immagine brevetto Rene Giesbers, Bram Jeroen Bruinsma, COLLAPSIBLE FREIGHT CONTAINER, US 9,440,786 B2
Fig.28-37 Immagine ripresa dal sito internet
www.archdaily.com
Fig.38-43 Immagine ripresa dal sito internet
www.inhabitat.com
Fig.44-48 Immagine ripresa dal sito internet
http://www.residentialshippingcontainerprimer.com
Fig.49-52 Immagine ripresa dal sito internet
www.lot-ek.com
Fig.53-58 Immagine ripresa dal sito internet
www.lot-ek.com
Fig.59-65 Immagine ripresa dal sito internet
www.interiordesign.net

Fig.66-68 Immagine ripresa dal sito internet
http://www.origami-noro-ohl.com/
Fig.71-2-5-6-9-80-2 Immagine ripresa dal sito internet
https://www.youtube.com/watch?v=3I-2JJu6EwY
Fig.82-86 e 88 Immagine ripresa dal sito internet
https://www.dezeen.com/
Fig.89-92 Immagine ripresa dal sito internet
http://trivol.ro/en/
Fig.94-96 Immagine ripresa da "Deployable Structures" pp52-53 Esther Rivas
Fig.98-106 Immagine ripresa dal sito internet
http://www.ingegneri.info/news/strutture/case-pieghevoli-in-acciaio-in-10-minuti-la-tecnologia-di-ten-fold-engineering/
Fig.108-09 Immagine ripresa dal sito internet
https://www.youtube.com/watch?v=l0K5-TFUjzQ
Fig.111-13 Immagine ripresa dal sito internet
https://www.youtube.com/watch?v=UDrUPKoBj3I
Fig.115-16-17 Immagine ripresa dal sito internet
https://www.youtube.com/watch?v=BLhZlgrLIuI
Fig.118-19-20 Immagine brevetto David Martyn, Folding building, US9,222,250 B2
Fig.121-22-23 Immagine brevetto David Martyn, Apparatus for converting motion, US2016/0195174 A1
Fig.124 Immagine brevetto David Martyn, Apparatus for converting motion and building assembly comprising the same US2016/0102740 A1

Fig. da 125 a 135 Immagine ripresa da “Deployable Structures” pp23-81 Esther Rivas
Fig.136 Immagine ripresa dal sito internet www.pixabay.com
Fig.da 137-139-41 Immagine ripresa da “Deployable Structures” pp107-110 Esther Rivas
Fig.140 Immagine ripresa dal sito internet www.thinkgeek.com
Fig.141 Immagine ripresa dal sito internet www.pixabay.com
Fig.142 Immagine ripresa da “Design of machinery”, Robert L. Norton,p24
Fig.143 Immagine ripresa da “Design of machinery”, Robert L. Norton,p33
Fig.144 Immagine ripresa da Nguyen Duc Thang Mechanical engineer, sul sito internet https://www.youtube.com/user/thang010146/playlists
Fig145-48 Immagine ripresa dal sito internet https://www.youtube.com/watch?v=ZNsKTu_J9kg&t=159s
Fig.149 Immagine ripresa dal sito internet https://www.amazon.in/KANTHI-Outdoor-Portable-Folding-Camping/dp/B075KLT4VR
fig.150
Fig.150-230 Immagine ripresa da Nguyen Duc Thang Mechanical engineer, sul sito interne
Fig 231 Immagine ripresa da appunti del professor Capuzzimati

presso l' ITIS "magistri cumacini" di Como
Fig 232 Immagine ripresa dal sito internetadobestock
Fig 233 Immagine ripresa dal sito internet www.amazon.it
Fig 234 Immagine ripresa dal sito internet
http://tecnologiaedisegno.altervista.org/alterpages/files/09GENERATORIMECCANICIDICORRENTE.pdf
Fig 235 Immagine ripresa dal sito internet www.amazon.it
Fig 236 Immagine ripresa dal sito internet
http://tecnologiaedisegno.altervista.org/alterpages/files/09GENERATORIMECCANICIDICORRENTE.pdf
Fig 237 Immagine ripresa dal sito internet www.amazon.it
Fig 238 Immagine ripresa dal sito internet
http://tecnologiaedisegno.altervista.org/alterpages/
Fig.239-41 Immagine ripresa dal sito internet
www.pixabay.com
Fig.242-43 Immagine ripresa dal sito internet
https://www.kijiji.it/
Fig.244-48 Immagine ripresa dal sito internet
www.pixabay.com
Fig.249-56,259,64-66 Riprese dal libro R. Bridgman, La Tecnologia, nella collana In primo Piano – Scienze, Istituto Geografico de Agostini
Fig.257-8-60-61 Immagine ripresa dal sito internet
https://www.kijiji.it/
Fig.262,67-69 Immagine ripresa dal sito internet
www.pixabay.com

Fig 270-2 Immagine ripresa dal sito internet
www.pixabay.com
Fig 273 Immagine ripresa dal sito internet
https://www.domusweb.it/it/architettura/2011/01/24/il-mercato-di-ferro-di-haiti.html
Fig 274-7 Immagine ripresa dal sito internet
www.pixabay.com

RINGRAZIAMENTI

Una dedica speciale a chi ha fornito un contributo reale per la realizzazione del progetto di tesi. In particolare ringraziamo il nostro relatore Walter Franco per la possibilità offerta di collaborare assieme. Altrettanti ringraziamenti per l'associazione Architettura Senza Frontiere per le informazioni offerte che hanno permesso uno sviluppo fondamentale dell'elaborato.