

ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

SECONDA FACOLTÀ DI INGEGNERIA
CON SEDE A CESENA

CORSO DI LAUREA
IN INGEGNERIA MECCANICA
Classe LM-33

Sede di Forlì

TESI DI LAUREA
In COMPORTAMENTO MECCANICO DEI MATERIALI

**STUDIO DELLE FASI DI REALIZZAZIONE DI UN
MODULO OFF-SHORE**

CANDIDATO
Andrea Zecchini

RELATORE
Prof. Ing. **Vincenzo Dal Re**

REFERENTI AZIENDALI
Dott. Ing. **Claudio Antonellini**
Dott. Ing. **Gianni Foschini**
Dott. Ing. **Massimo Carnazza**

ANNO ACCADEMICO
2011-2012
SESSIONE III

INDICE

Prefazione	pag 1
Il petrolio : storia.....	pag 1
Composizione e formazone.....	pag 6
Introduzione	pag 9
Rosetti Marino S.p.a.....	pag 9
Strutture off-shore.....	pag 14
Capitolo 1 "<i>Descrizione Della Piattaforma</i>"	pag 19
Il deck.....	pag 21
Materiali utilizzati.....	pag 28

Capitolo 2 "<i>Tempi e sequenza di costruzione</i>"	pag 31
Ufficio metodi.....	pag 31
Divisione in sub-assembly.....	pag 34
Tempi di costruzione.....	pag 36
Layout assemblaggio Deck.....	pag 38
Capitolo 3 "<i>Studio della costruzione Blocco A1</i>"	pag 41
Blocco A1.....	pag 41
Studio Delle Supportazioni Di Cantiere Blocco A1	pag 46
Verifica Totem	pag 63
Verifica trave HEA 300	pag 66
Verifica trave HEB 600	pag 74
Studio dei sollevamenti	pag 81
Dimensionamento Golfari.....	pag 87

Capitolo 4 "Studio della costruzione Blocco A2"	pag 95
Blocco A2.....	pag 95
Studio Delle Supportazioni Di Cantiere Blocco A2	pag 99
Verifica Totem	pag 113
Verifica trave HEA 400	pag 116
Verifica trave HEA 300	pag 119
Studio dei sollevamenti	pag 125
Dimensionamento Golfari.....	pag 130
Capitolo 5 "Studio delle movimentazioni "	pag 137
Blocco A1.....	pag 140
Blocco A2.....	pag 143
Conclusioni.....	pag 149
Ringraziamenti.....	pag 151

PREFAZIONE

Il Petrolio

Il petrolio accompagna la storia dell'uomo ormai da secoli e secoli, infatti il famoso "oro nero" era già utilizzato 5000 anni fa dagli egizi che ne scoprirono le virtù terapeutiche utilizzandolo per curare reumatismi e disturbi circolatori, oltre che per favorire il processo di conservazione dei cadaveri (mummificazione). I Persiani e Romani impiegarono il petrolio per l'illuminazione e la costruzione di armi incendiarie, per molti secoli però gli

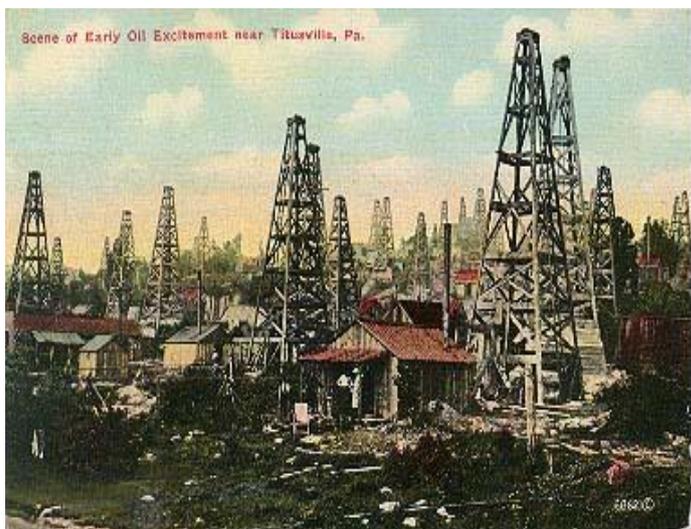


PREFAZIONE

utilizzi di petrolio sono rimasti episodici e di scarsa importanza. Nel XVII secolo con la crisi energetica a causa dell'eccessivo utilizzo di legname come combustibile in cerca di qualcosa di alternativo vengono ne vengono studiate sempre di più le potenzialità energetiche .

Per tutto il 19° secolo e per buona parte del 20° secolo lo scenario energetico è stato dominato dal carbone; l'avvento dei motori a combustione interna ha portato al sopravvento del petrolio che, rispetto al carbone, ha un maggiore potenziale energetico un'estrazione ed un trasporto più agevoli ed una maggiore flessibilità di impiego.

La prima perforazione è stata avviata nella località di Titusville in Pennsylvania, nei pressi di una nota sorgente di petrolio in superficie. Il 27 agosto 1859 venne si incominciò a portare in superficie il petrolio tramite una normale pompa manuale, la notizia sorprese gli investitori ed esplose un



entusiasmo contagioso e tutti organizzarono in fretta una grande corsa al petrolio per accaparrare i terreni di Titusville e avviare l'attività di perforazione. In poco tempo la località di Titusville si trasformò in un grande campo di pozzi

petroliferi. Era appena iniziata l'epoca del petrolio.

Dal 1930 in poi, divenuti attivi i grandi giacimenti del Golfo Persico e dell'Iran, l'utilizzo del petrolio come fonte energetica si è imposta rapidamente grazie a un insieme di fattori quali il suo basso costo, la sua reperibilità e la sua apparente disponibilità per tempi molto lunghi. Considerando l'attuale disponibilità di riserve petrolifere nel mondo (1.383 miliardi di barili; dati al 2010), all'attuale ritmo di produzione, la vita residua

PREFAZIONE

media di tali riserve petrolifere è di circa 46 anni. L'Arabia Saudita è il Paese con la maggior presenza di petrolio (264,5 miliardi di barili e circa 72 anni di vita residua); segue il Venezuela (211,2 miliardi di barili ed una vita residua superiore ai 100 anni); al terzo posto c'è l'Iran, poi l'Iraq e il Kuwait.

I primi 15 Paesi nel mondo per riserve di petrolio (miliardi di barili e vita residua in anni) e di consumo, dati riferiti al 2010;

Paese	Miliardi di barili
Arabia Saudita	264,5
Venezuela	211,2
Iran	137,0
Iraq	115,0
Kuwait	101,5
Emirati Arabi Uniti	97,8
Russia (Federazione)	77,4
Libia	46,4
Kazakhstan	39,8
Nigeria	37,2
Canada	32,1
Stati Uniti	30,9
Qatar	25,9
Cina	14,8
Brasile	14,2
Mondo	1.383,2

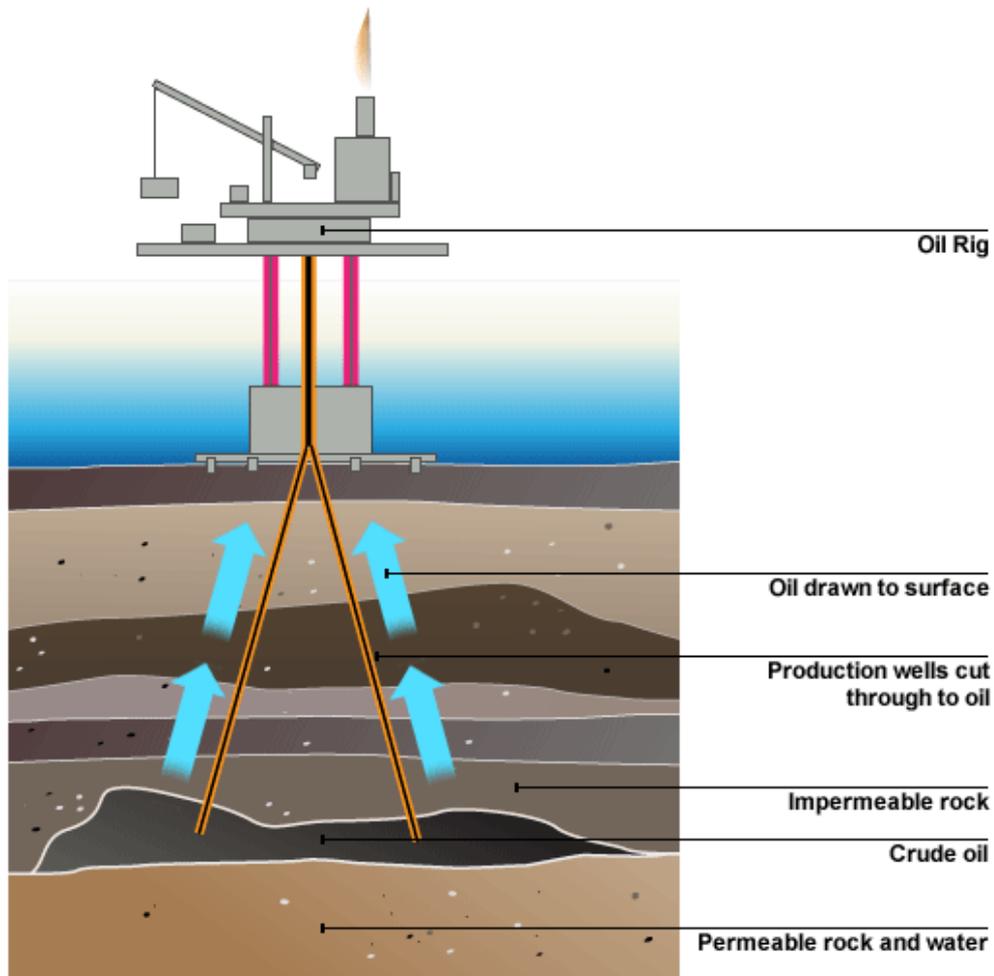
	Migliaia di barili al giorno	Miliardi di barili all'anno
Stati Uniti	19.148,1	7,0
Cina	9.056,7	3,3
Giappone	4.450,7	1,6
India	3.319,4	1,2
Russia	3.199,3	1,2
Arabia Saudita	2.812,3	1,0
Brasile	2.603,5	1,0
Germania	2.440,9	0,9
Corea del Sud	2.383,6	0,9
Canada	2.275,8	0,8
Messico	1.994,4	0,7
Iran	1.799,2	0,7
Francia	1.744,5	0,6
Altri Paesi Africani	1.676,1	0,6
Altri Paesi del Medio Oriente	1.653,4	0,6

Nonostante i notevoli sforzi esplorativi, nell'ultimo quarto di secolo, le risorse petrolifere sono aumentate solo in modo marginale: circa l'80% del petrolio estratto oggi è ancora quello dei giacimenti scoperti prima del 1973 che in gran parte sono in declino (solo l'Arabia Saudita è attualmente in grado di incrementare in modo significativo la sua capacità di estrazione). In vent'anni la produzione mondiale di greggio è aumentata meno del 10%, quindi prende un ruolo importantissimo la ricerca di nuovi giacimenti di petrolio.

Perforata la terraferma e trovato il petrolio, si ritira lo strumento di perforazione e si sostituisce con un sifone munito di una speciale rete che

PREFAZIONE

permette il passaggio di gas e del liquido ma non della sabbia; in seguito si installa un insieme di valvole utili per regolare lo sfruttamento.

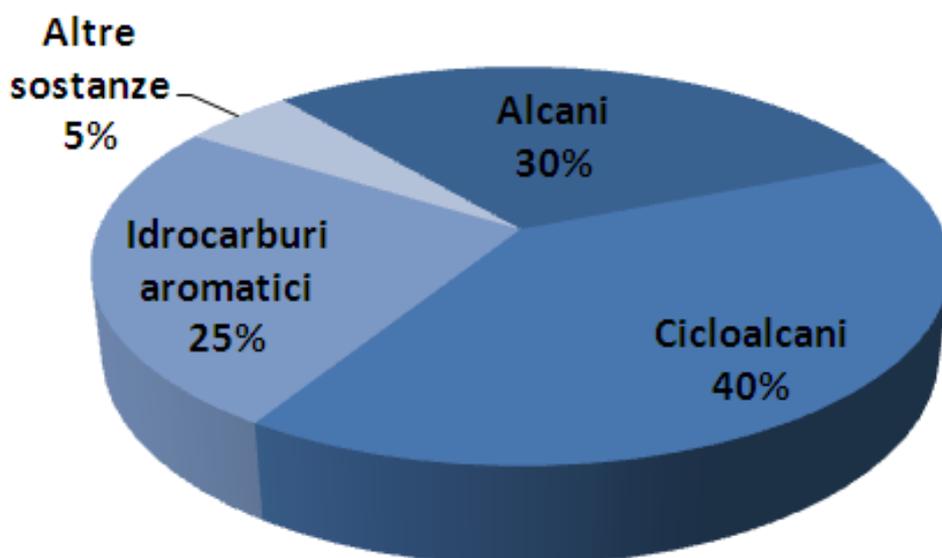


In principio la pressione esercitata dai gas che si trovano insieme al petrolio, è sufficiente a spingerlo in superficie, poi, invece, si deve ricorrere a delle pompe. Il petrolio estratto, viene poi stivato nei serbatoi di raccolta e condotto tramite oleodotti ai depositi costieri o alle raffinerie.

Composizione

Il petrolio è un liquido infiammabile, denso e di colore che può variare dal nerastro al giallo-bruno. E' composto da un insieme di idrocarburi come gli Alcani, Ciclocalcani, idrocarburi aromatici e altre sostanze.

Gli *Alcani* e *Cicloalcani* sono composti organici costituiti solamente da carbonio e idrogeno, gli *Idrocarburi Aromatici* o areni sono caratterizzati dalla presenza di uno o più anelli benzenici.

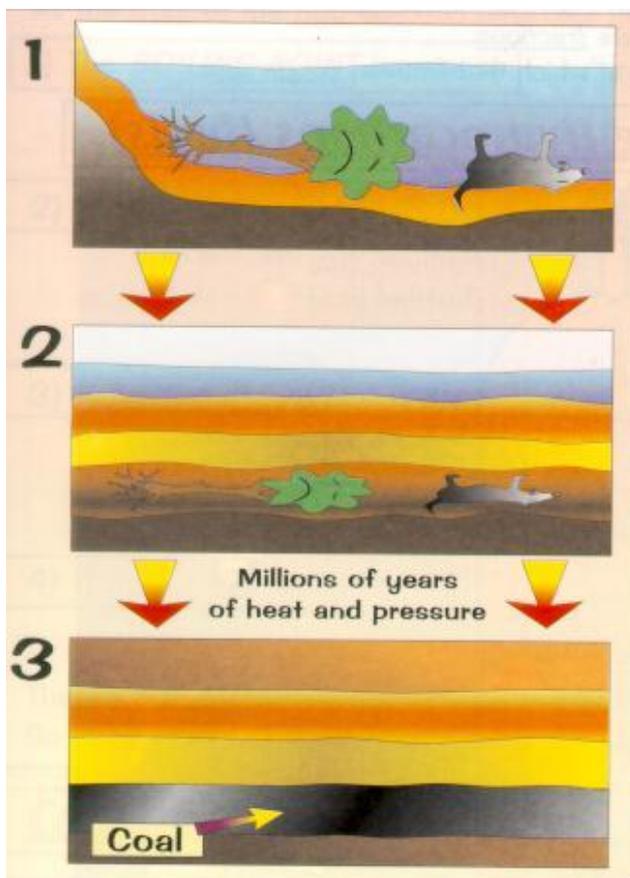


Formazione

Il petrolio è chiamato "combustibile fossile" perché si crede che si sia formato dai residui di piante cresciute molti secoli fa. Sembra che il materiale organico delle piante sepolte, non più a contatto con l'ossigeno atmosferico che permette la normale decomposizione, si trasformi in idrocarburi. Il

PREFAZIONE

petrolio si forma sotto la superficie terrestre per decomposizione di organismi marini e di piante che crescono sui fondali oceanici, oppure, in misura minore, di organismi terrestri, poi trasportati in mare dai corsi

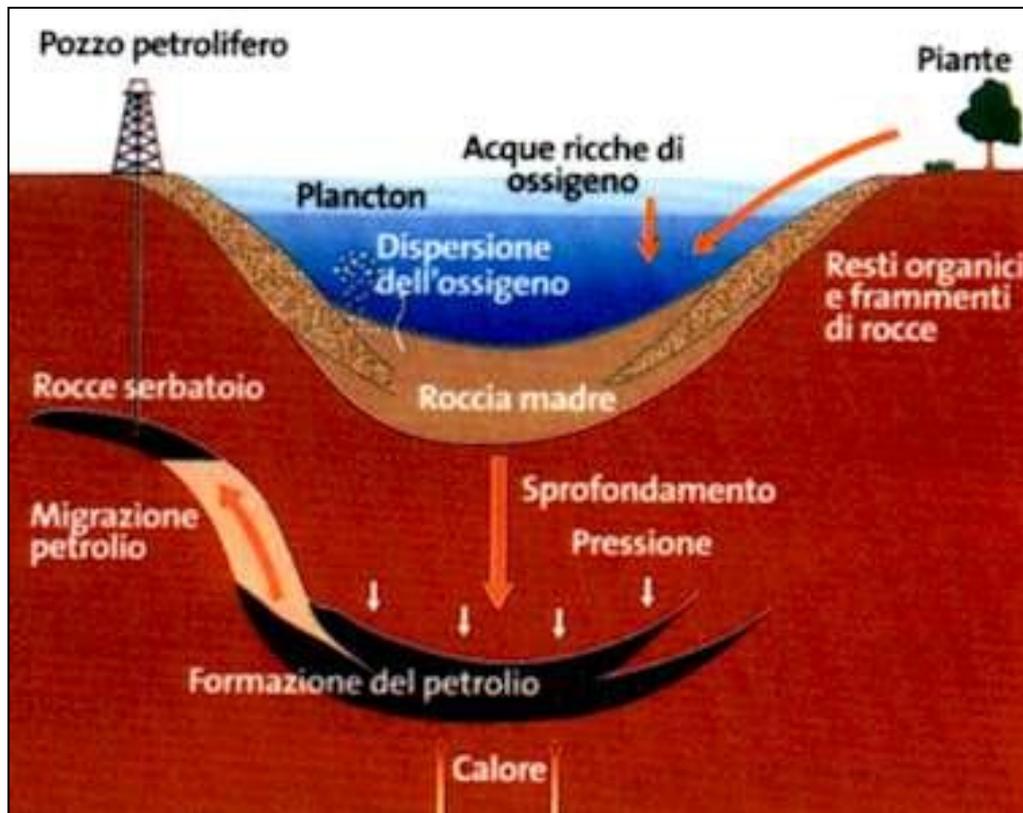


d'acqua. I resti della decomposizione si mescolano con le sabbie finissime e con il limo del fondo del mare, in zone non caratterizzate da forti correnti, formando sedimenti ricchi di materiali organici. Il fenomeno ebbe inizio molti milioni di anni fa, quando esisteva un'abbondante fauna marina, e continua ancora oggi. I sedimenti depositati sul fondo degli oceani, accrescendo il loro spessore e dunque il loro peso, sprofondano nel fondale marino; a mano a mano che altri

sedimenti si accumulano, la pressione su quelli sottostanti aumenta considerevolmente e la temperatura si alza di diverse centinaia di gradi. Il fango e la sabbia si induriscono trasformandosi in argillite e arenaria, il carbonio precipita, le conchiglie si induriscono trasformandosi in calcare, mentre i resti degli organismi morti si trasformano in sostanze più semplici composte da carbonio e idrogeno, gli idrocarburi appunto, costituendo il petrolio greggio e il gas naturale. Il petrolio ha densità minore dell'acqua salmastra che riempie gli interstizi dell'argillite, della sabbia e delle rocce di carbonati che costituiscono la crosta terrestre: tende dunque a risalire verso la superficie, passando dai microscopici pori dei più grossi sedimenti sovrastanti. Frequentemente il petrolio e il gas naturale incontrano uno

PREFAZIONE

strato di argillite impermeabile o di roccia più compatta, che impedisce la risalita: rimangono dunque bloccati e danno origine al giacimento.



INTRODUZIONE

ROSETTI MARINO S.P.A

La Rosetti Marino S.p.A. viene fondata nel 1925 dal sig. Marino Rosetti. Inizialmente era costituita da un'officina meccanica ed un piccolo cantiere navale e forniva al mercato serbatoi, strutture metalliche e altri prodotti di carpenteria. Negli anni settanta grazie alle scoperte di giacimenti nel mar Adriatico viene commissionato alla Rosetti il suo primo progetto di fabbricazione di una piattaforma off-shore da installare proprio davanti alla

costa Ravennate entrando così in questo nuovo business. Grazie alla sua competenza e correttezza in poco tempo l'azienda si impone come una delle migliori nella costruzione di piattaforme per l'estrazione di idrocarburi e mantiene ormai da diversi anni rapporti di lavoro con le più grandi compagnie del settore energetico come Conocophillips, Shell, Eni S.p.a e Total.

Aree produttive

L'azienda si divide in tre aree fondamentali per la sua attività:



Area in via Trieste



Questa è stata la prima sede , in questa area si trovano gli uffici amministrativi (dirigenza, uff.personale, ecc), un'officina dove sono prefabbricate le tubazioni e alcuni componenti in acciaio delle strutture dei moduli e delle imbarcazioni, infine è presente un laboratorio per la diagnosi dei materiali e per il controllo non

distruttivo delle saldature. Si ha un'estensione di circa 32.700 mq.

Area cantiere Piomboni



INTRODUZIONE

Quest' area copre circa 110.000 mq con una banchina rinforzata lunga 500 metri e affacciata ad un bacino con profondità variabile tra i 4 e i 9 metri e due linee di carico utilizzate per il load-out con portata di ben 10.000 tonnellate. In questo cantiere vengono assemblate le strutture più grandi delle piattaforme come il jacket e il deck, sono presenti due capannoni adibiti alla sabbiatura e verniciatura (si possono ospitare moduli lunghi fino a 30 metri), officine meccaniche per la fabbricazione, aree per il deposito e i maggiori uffici tecnici.

Area cantiere San Vitale



L'area in considerazione copre una superficie di circa 55.000 mq con una banchina di 250 metri. Qui troviamo zone di fabbricazione e assemblaggio

dove vengono costruiti navi, traghetti, rimorchiatori, a volte sub-assemblati per costruzioni off-shore ed un bacino di varo.

Le attrezzature presenti nei cantieri comprendono : taglio e modellazione di lamiere e tubi, equipaggiamenti per saldatura SAW, dispositivi per il rilevamento delle tensioni, laboratori per test meccanici, officine per la verniciatura e sabbiatura, vari tipi di gru mobili e carri-ponte, carrelloni gommati idraulici, attrezzatura per la movimentazione e il carico sufficienti a spostare parti da più di 10.000 tonnellate.

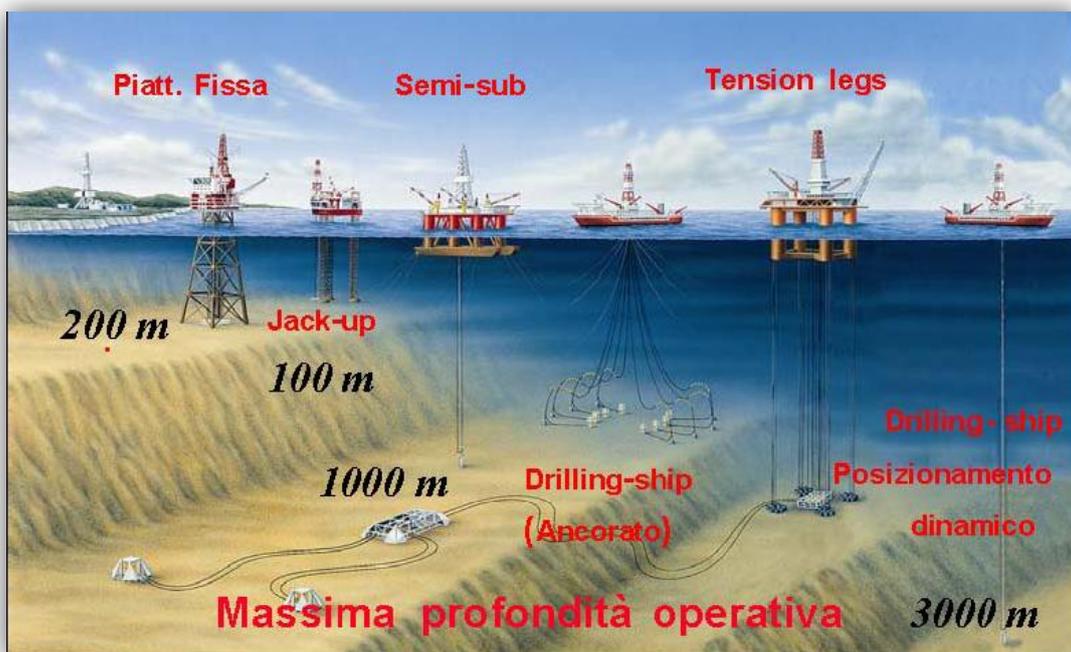
La Rosetti Marino è leader di un gruppo di società con attività comprendenti progettazione, costruzione, assistenza, appalto e costruzione di navi.

- **Basis Engineering**: con sede a Milano si occupa di progetto e sviluppo di impianti offshore e on-shore per il trattamento degli idrocarburi, sistemi di condotte per la raccolta e il trasporto di fluidi, impianti per il deposito di prodotti chimici e petrolchimici, impianti per il trattamento dell'acqua e sistemi ausiliari.
- **Fores Engineering**: con sede a Forlì si occupa della progettazione e dell'ingegneria di dettaglio dei sistemi elettrici e della strumentazione degli impianti industriali di gas e petrolio.
- **Cantieri Ravenna S.r.l.**: la sua attività è rivolta alla costruzione di imbarcazioni quali rimorchiatori, navi e traghetti. Ha sede a Ravenna.

Strutture Off-shore

Con il termine off-shore si indica piattaforme situate in mare, che possono essere dotate di impianti per la perforazione, aspirazione, lavorazione e produzione di petrolio e gas contenuti nei giacimenti presenti nel sottosuolo marino oppure possono essere destinate all'accoglienza del personale (moduli alloggi o Living Quarter). Nella maggior parte dei casi, i pozzi petroliferi sono trivellati con il metodo "a rotazione". Il pozzo petrolifero viene scavato dalla perforatrice per mezzo della batteria di sonda, costituita da tubi rotanti. Mentre la trivella scava la roccia, il fluido fangoso viene estratto da una pompa.

Progettare e costruire tali strutture ha una serie di problemi e complicazioni molto maggiori rispetto a strutture on-shore (su terra) basti pensare che a terra il suolo stesso provvede a creare una piattaforma vera e propria mentre in mare essa va interamente costruita.



Le piattaforme si distinguono in mobili e fisse.

- **Piattaforme Mobili**

Le piattaforme mobili vengono di solito utilizzate per le trivellazioni di pozzi di piccole dimensioni in cui non è conveniente investire su una piattaforma fissa oppure in caso di grandi profondità del fondale marino. Questa tipologia ha il vantaggio che una volta terminato il lavoro previsto si possono trasferire in un altro luogo.

Piattaforma AutoSollevante (Jack-up)

I jack-up sono impiegati in fondali di profondità di un centinaio di metri. Questa piattaforma ha uno scafo sostenuto da gambe a traliccio (solitamente tre, ma possono essere anche in numero maggiore) che poggiano sul fondale e possono essere sollevate o abbassate tramite cremagliere poste su di esse e azionate da sistemi elettrici o idraulici. Lo scafo viene lasciato a circa 15-20 metri sopra il livello del mare per non risentire dell'azione delle onde e della marea.



Piattaforme Semi Sommergibile (Semi Sub)

Questo tipo di piattaforma è utilizzata con profondità fino a 1200 metri ed è costituita da colonne verticali di grande diametro che poggiano su un pontone sommerso, tramite un sistema di pompaggio (ballastaggio) le colonne vengono riempite o svuotate di acqua determinando l'abbassamento o il rialzamento della piattaforma rispetto al pelo libero della superficie del mare. Le attività di ballasting sono eseguite per assicurare alla piattaforma la necessaria stabilità anche durante condizioni atmosferiche avverse, più il pontone è al di sotto della superficie del mare meno si risente dell'azione delle onde conferendo più stabilità.



Navi di perforazione (Drilling ship)

Le navi da perforazione vengono usate con elevate profondità marine (fino a 1600 metri). Nel baricentro della nave è posizionata la colonna di perforazione che attraversa lo scafo della nave grazie ad un'apertura su di

esso chiamata “moon poll”, la posizione coincidente con il baricentro viene scelta per aumentare la stabilità complessiva. Riescono a stivare grandi quantità di greggio e gas e possono navigare autonomamente avendo caratteristiche simili a quelle di navi convenzionali, ma non hanno la stabilità delle altre piattaforme.



- **Piattaforme Fisse**

Questi tipi di piattaforme sono indicate nei casi in cui il pozzo è di grandi dimensioni oppure vengono utilizzate come attracco per navi che non possono entrare in porto. Questa struttura è in grado di operare fino a 400 metri di profondità ed è composta di tre parti fondamentali come il Deck (parte emersa), il Jacket (parte sommersa) e le fondamenta. Il deck è la parte principale della piattaforma e nel caso in cui ci siano gli impianti, qui giungono tutti i fluidi estratti dalle profondità marine e a seconda della tipologia di impianto hanno luogo alcune o tutte le fasi di pre-trattamento. Se invece sono presenti solo gli alloggi, questi devono essere dotati di tutte le infrastrutture necessarie: camere, cucine, sale svago, uffici, infermeria, sala

INTRODUZIONE

radio, etc. Ogni piattaforma ha inoltre un helideck, che viene utilizzato per il trasferimento degli operatori dalla piattaforma a terra e viceversa. Il Jacket è una struttura reticolare in acciaio atta a sostenere il deck e a mantenerlo sopra il livello del mare .E' un insieme di tubi saldati che compongono un reticolo di forma a tronco di piramide, nei cui estremi sono poste le Legs (gambe portanti), mentre altri tubi (Bracings) collegano le gambe tra loro dandone una grande rigidezza e stabilità.



CAPITOLO 1

Descrizione Della Piattaforma

Il giacimento Clipper South è situato nel settore meridionale del Mare del Nord britannico, 113 km a nord nord-est di Lowestoft, 73 km da Bacton e 66 km dal punto più vicino della costa di Norfolk. L'installazione si compone di piattaforme collegate tramite passerelle, sono presenti una piattaforma di testa di pozzo (PW), una piattaforma di produzione (PT) in cui sono presenti vecchi alloggi obsoleti, una piattaforma di compressione (PC), una piattaforma di misurazione (PM) e una

piattaforma Riser (PR). Nell'insediamento viene elaborato gas naturale proveniente dai pozzi del giacimento e da altre piattaforme limitrofe. Il cessate attività dell'insieme è previsto per l'anno 2027.



Quando fu progettato l'insediamento è stato previsto di posizionare il gli alloggi per il personale sulla piattaforma di produzione PT, con una capienza in grado di ospitare 47 persone esso è stato sempre in grado di soddisfare le norme, leggi e regolamenti in vigore. Ultimamente a causa dell'aumento dell'attività lo spazio predisposto per le cabine non soddisfa più le norme, codici, regolamenti e leggi attuali e quindi ci si è trovati di fronte alla necessità di costruire una nuova piattaforma dedicata interamente agli alloggi dei lavoratori. Comunemente chiamato " living quarter " questo modulo verrà collegato tramite un bridge alla piattaforma PT , la zona dedicata alla vecchia struttura alloggi verrà convertita in un magazzino e stanze per il controllo delle attività.

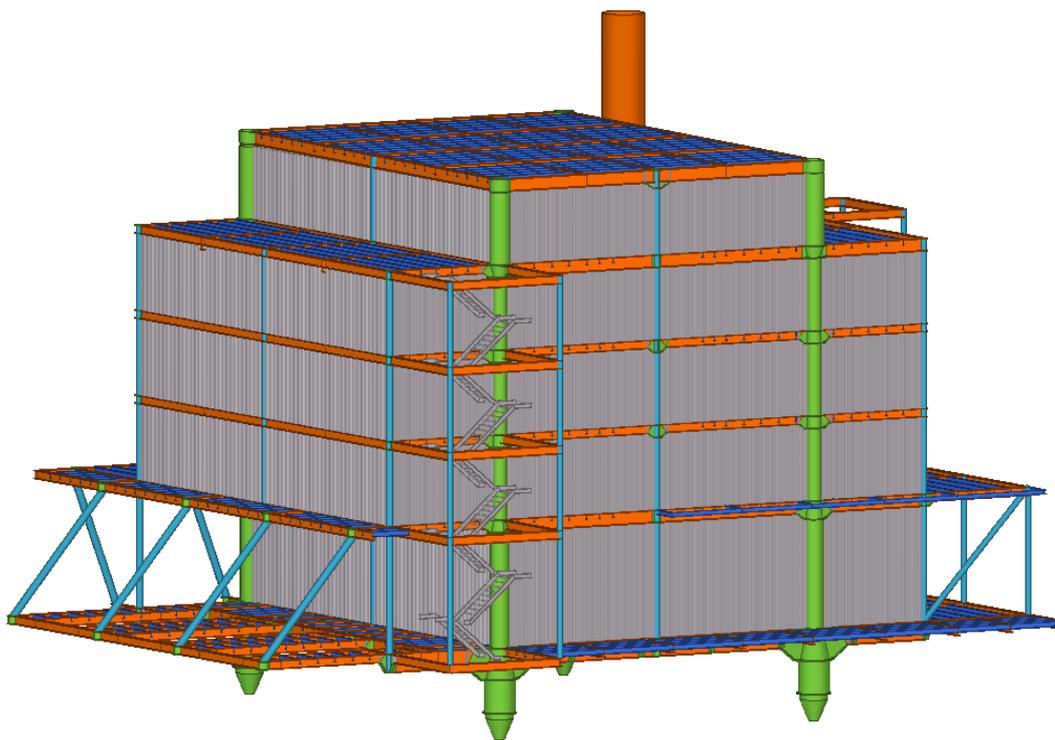
Il cliente si è affidato a Rosetti Marino per la costruzione e l'installazione dell'intera piattaforma.

La piattaforma in questione può essere divisa in tre parti fondamentali:

- Jacket : struttura adibita a sorreggere il deck e relative attrezzature
- Deck living quarter: composto da moduli alloggi ed eliporto
- Bridge: ponte di collegamento tra la nuova piattaforma alloggi e la piattaforma PT contenente i vecchi alloggi.

Il Deck



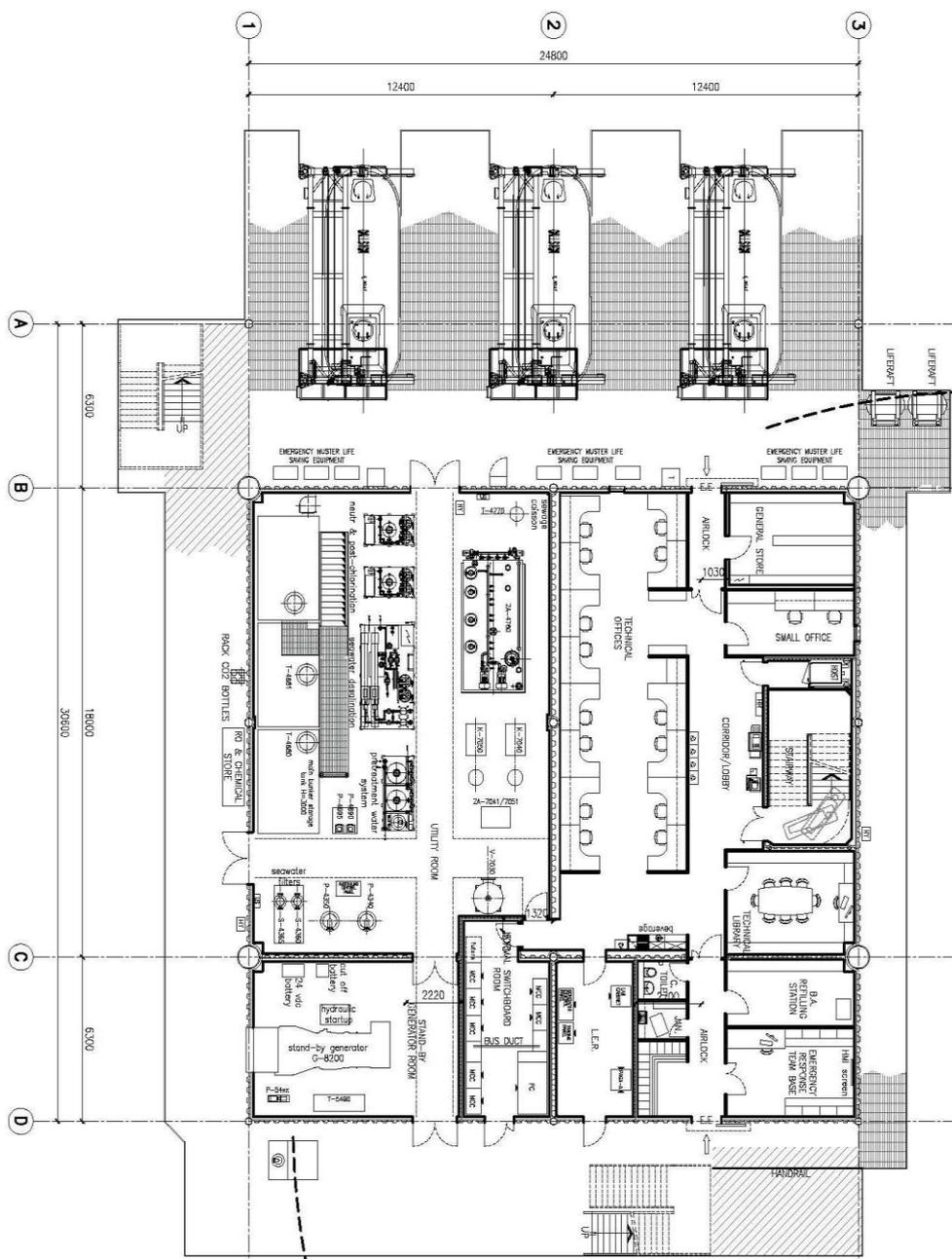


Il modulo alloggi della nuova piattaforma potrà ospitare ben 84 posti letto e comprende aree utili a soddisfare tutte le esigenze quotidiane del personale ed ospita tutto il necessario per contribuire alla operazioni di lavorazione ed estrazione del gas. Sarà presente anche una gru ed un eliporto.

Il deck è costituito da sette livelli , tutte le elevazione di ogni piano sono calcolate prendendo come riferimento il livello del mare (TOS) e sono espresse in mm.

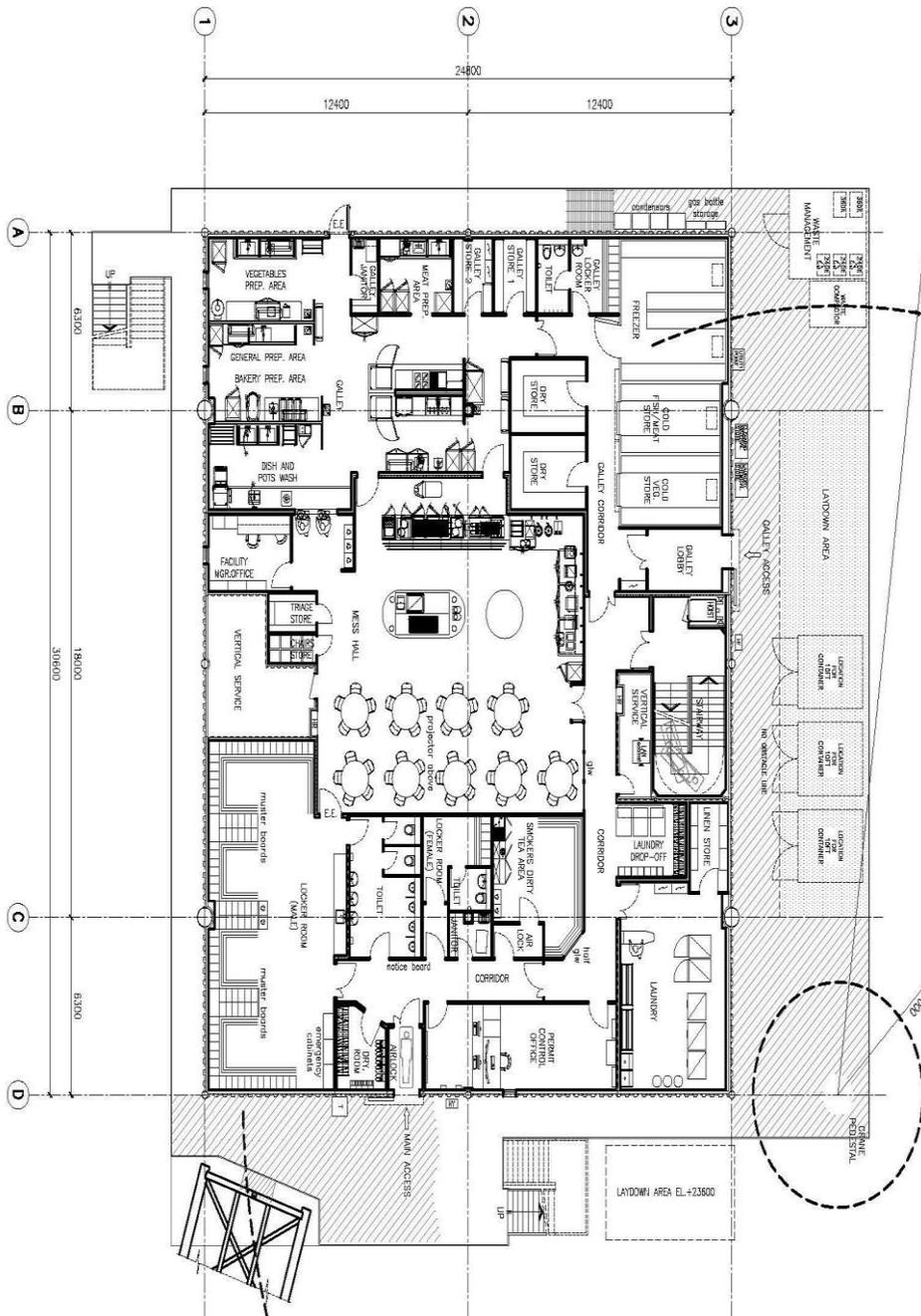
❖ **Piano Utilities Livello 1 ad El. +23.600 TOS.**

In questo livello sono presenti uffici, camere di controllo, sistemi per il trattamento dell'acqua, magazzini vari e le postazioni con relative scialuppe di emergenza



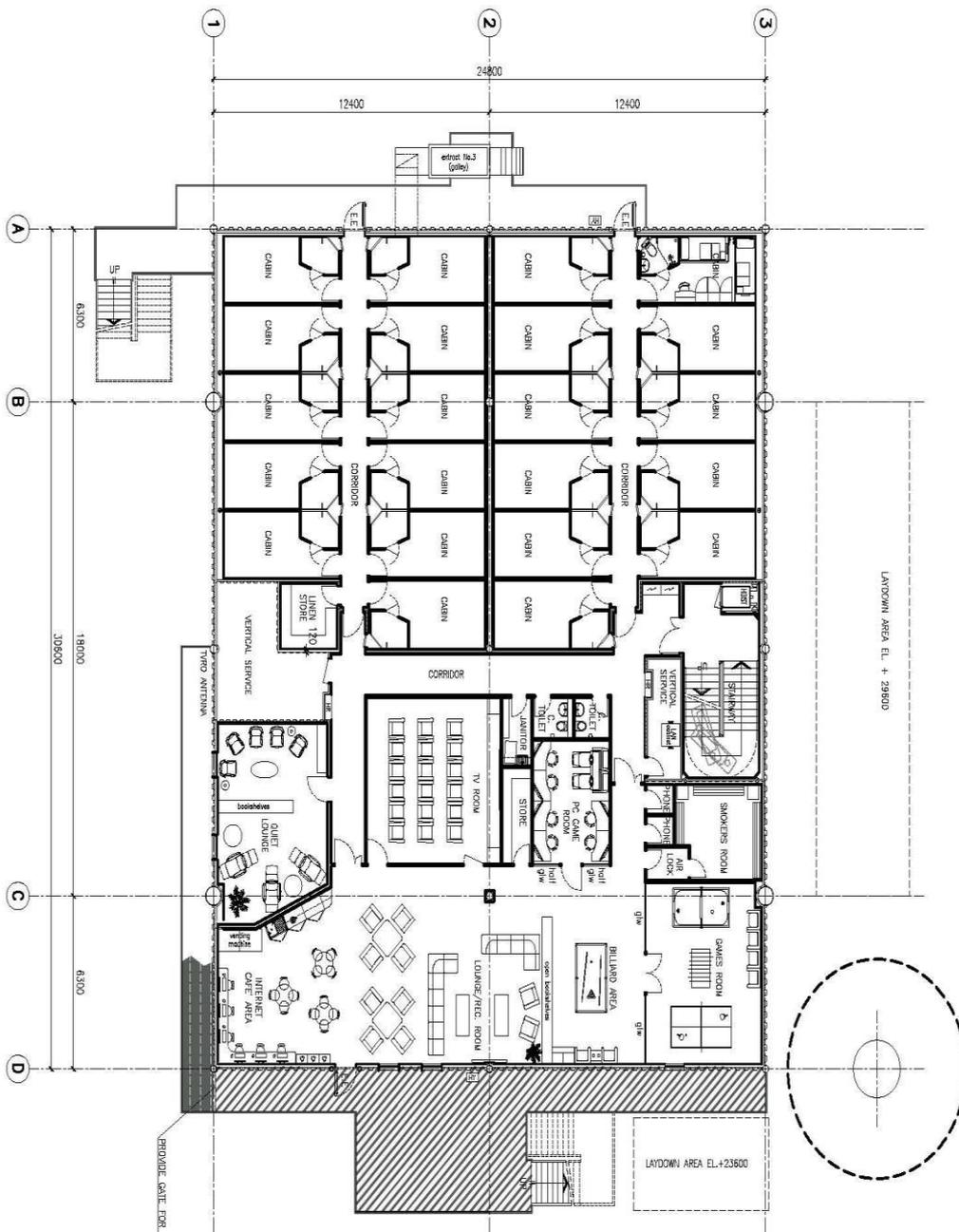
❖ **Piano Alloggi Livello 2 ad El. +29.600 TOS.**

Piano alloggi in cui possiamo trovare le cucine, la camera freezer, lavanderia, spogliatoi, bagni, sala per fumatori.



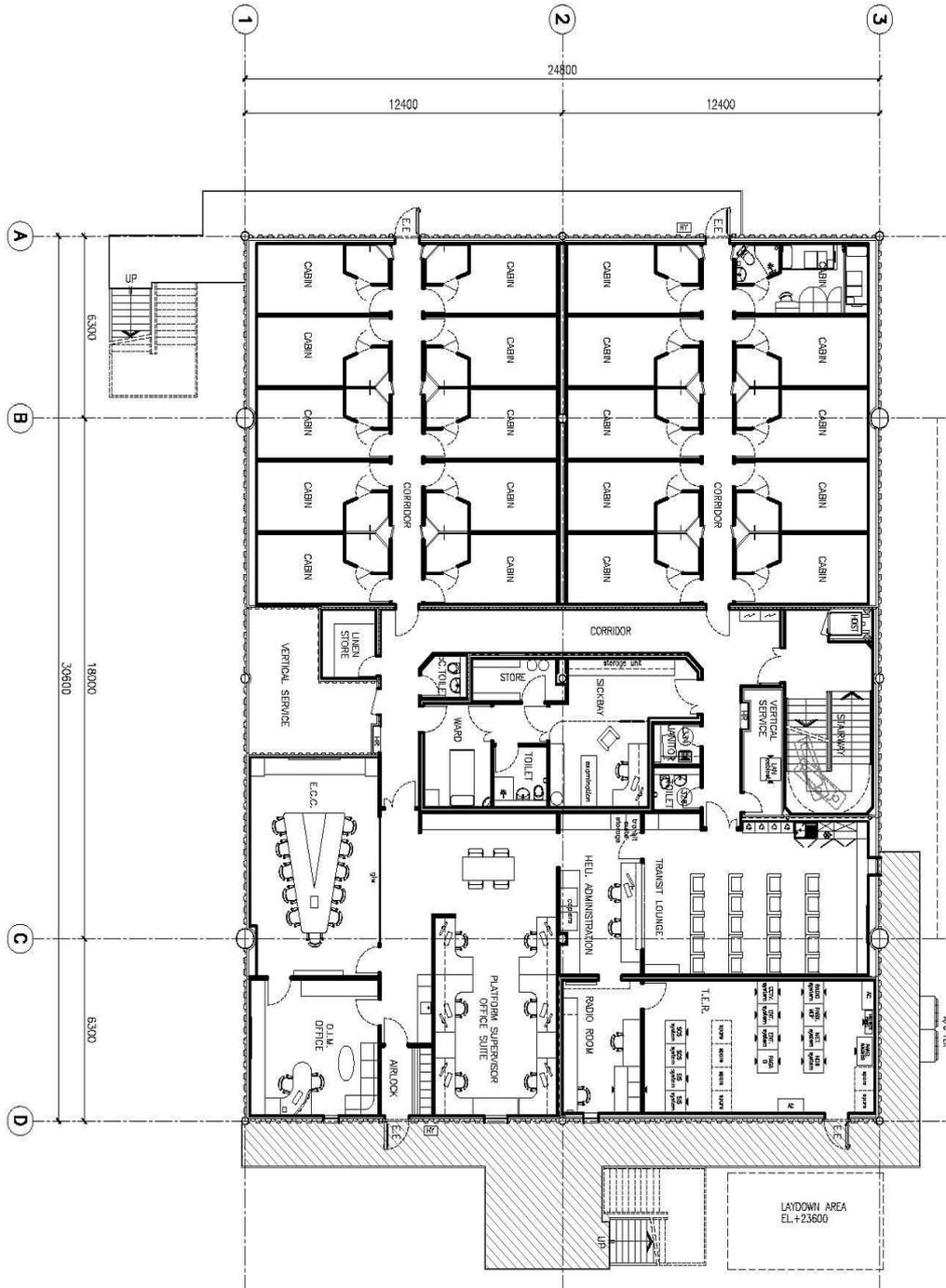
❖ **Piano Alloggi Livello 3 ad El. +33.600 TOS.**

In questo livello possiamo trovare le cabine per la notte, zona relax, camera TV, area videogames e l'area internet-cafè.



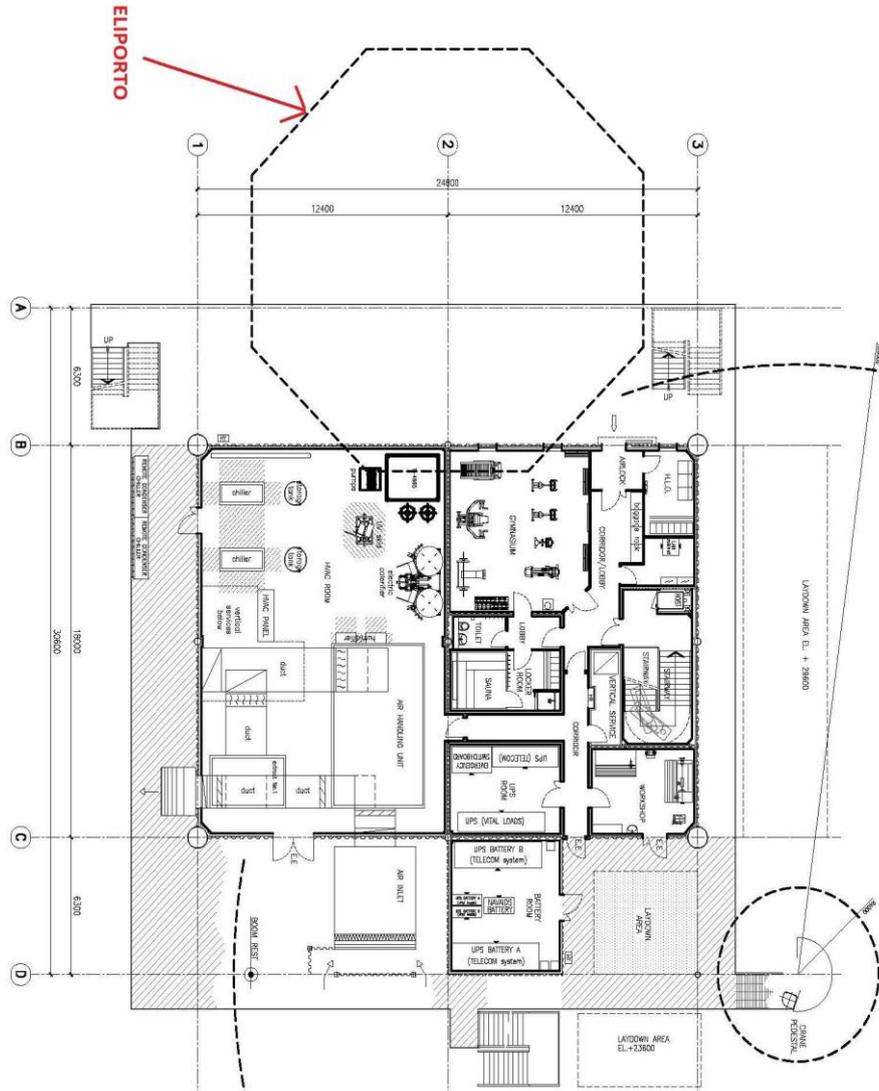
❖ **Piano Alloggi Livello 4 ad El. +37.600 TOS.**

Cabine per la notte e uffici vari.



❖ **Piano Utilities Livello 5 ad El. +41.600 TOS.**

Uffici vari, palestra e zona relax.



❖ **Tetto livello 6 ad El. +45.000 TOS.**

❖ **Eliporto Livello 7 ad El. +49.000 TOS.**

CAPITOLO 1

Il cliente ha poi fornito tutte le informazioni e indicazioni necessarie per quanto riguarda l'utilizzo dei materiali e le loro caratteristiche tecniche nelle diverse situazioni.

STEEL TYPE	MATERIALS	TYPICAL APPLICATIONS
A1	EN 10225 S355 G8 Z	Legs Cans, Joint Cans with thk \geq 25 mm Lifting Points & Pad-Eyes Main Plates Plates with thk \geq 25 mm and Z req.
A2	EN 10225 S355 G7	Jacket Legs and Topside Columns Bracing with O.D. > 508 mm and thk \geq 25 mm Stiffening plates on primary joints with thk \geq 25 mm
B2	EN 10225 S355 G14	Pipes with O.D. < 508 mm Joint Cans with O.D. < 508 mm and thk < 25 mm

<p>B3</p>	<p>EN 10025 S355 J2</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Foundation piles - Corrugated sheet plates - Mud-mats - Flooring (beams and plates) - Stairs and walkways - Stiffening plates on secondary joints - Grillage & Sea-Fastening - Primary installation aids & temporary elements
<p>C2</p>	<p>EN 10025 S275 JR</p>	<p>Unimportant and non-structural elements</p> <p>Seal plate & miscellanea</p>

Alcuni valori di riferimento sono:

- Modulo di Young : 205000 N/mm²
- Modulo a Taglio : 80000 N/mm²
- Coefficiente di Poisson : 0.30
- Densità : 7850 kg/m³
- Coefficiente di espansione termica : $12 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Designation	YIELD STRENGTH [MPa]				TENSILE STRENGTH [MPa]
	t < 16 mm	t ≤ 40 mm	t ≤ 63 mm	t ≤ 80 mm	
EN 10025 S355	355	345	335	325	490
EN 10025 S275	275	265	255	245	410
EN 10025 S235	275	265	255	245	410
API 5L X52	360				455
API 5L Gr. B	240				415

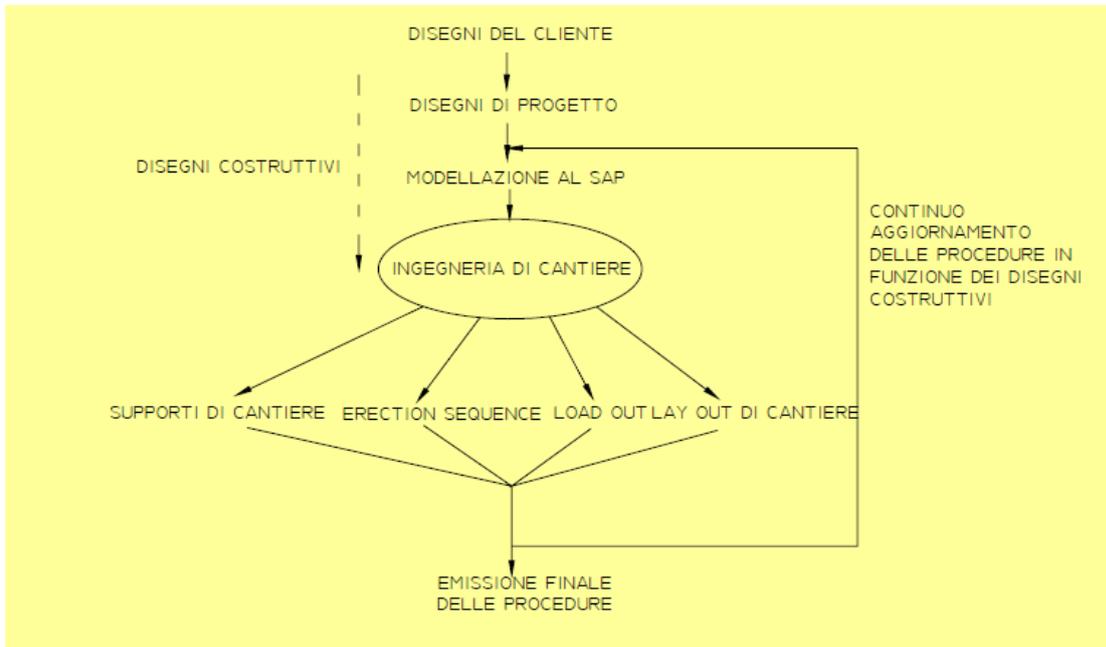
In tabella sono espresse le resistenze del materiale in funzione dello spessore dell'elemento che si sta considerando, per esempio se si deve valutare la resistenza di una trave HEB 600 si valuta lo spessore massimo che in questo caso è pari a 30 mm (spessore flangia) e di conseguenza si considera una resistenza a snervamento per spessori minori di 40 mm. Il massimo carico ammissibile diminuisce con l'aumentare dello spessore questo perché man in mano che le dimensioni aumentano si fa' sempre più importante l'influenza delle microinclusioni e delle zone non omogenee del materiale che ne determinano una minor resistenza.

CAPITOLO 2

L'ufficio Metodi

L'attività dell'ufficio metodi nel cantiere Piomboni a Marina di Ravenna consiste nel pianificare le fasi di costruzione e di realizzazione di una struttura e dare supporto a tutte le attività di cantiere connesse. Innanzi tutto si analizza il lay-out del cantiere per individuare il giusto punto in cui iniziare la costruzione, verificare le movimentazioni verso i capannoni di lavoro e verso banchina in modo che non vi siano ostacoli come altre strutture già presenti in cantiere, scegliere correttamente i mezzi e le configurazioni per le movimentazioni, decidere le gru per il sollevamento in base a ciò che è

disponibile al momento della costruzione perciò l'obiettivo è quello di individuare le soluzioni ottimali facendo così ridurre costi e tempi di lavoro.



Contemporaneamente allo studio di fattibilità, durante le fasi del progetto si eseguono anche molte verifiche strutturali di costruzione questo perché spesso le condizioni di carico potrebbero risultare diverse da quelle determinate in fase iniziale a causa di modifiche che vengono fatte durante il "work in progress"; ad esempio se alcuni punti di sollevamento vengono spostati è quindi necessario fare una nuova verifica strutturale per poter capire se la struttura è ancora in grado di resistere alle nuove sollecitazioni che si verranno a creare. Indubbiamente se l'esito delle nuove verifiche dovesse essere negativo bisognerà individuare delle alternative tali da non creare situazioni critiche alla struttura e riferirlo al cliente per la accettazione.

Per le diverse attività l'ufficio utilizza software Cad come **AutoCad** per produrre i disegni costruttivi dei golfari, dei stiffeners, dei supporti da inviare agli addetti in officina per la costruzione e gli schemi delle movimentazioni e dei sollevamenti.

Per modellare le strutture si utilizza un software per l'analisi ad elementi finiti di strutture in acciaio e cemento armato chiamato **SAP2000** con il quale si fa anche il calcolo dei baricentri e si determinano le reazioni e deformazioni nei punti di interesse. Per costruire il modello si parte disegnando il reticolo di travi che forma i vari piani del Deck in modo bidimensionale, tracciando prima una griglia coincidente con gli assi principali e poi assegnando le sezioni e materiali appropriati con relative caratteristiche tecniche. Una volta terminati tutti i piani si disegnano le elevazioni con lo stesso procedimento in modo che così risulta completata la realizzazione del "modello" in 3D.

Creato il modello si può emulare i comportamenti reali e fare infinite prove strutturali andando a porre i vincoli nei punti giusti e ottenendo così varie informazioni come :

- visualizza un modello tridimensionale che può essere utile per capire meglio la forma della struttura durante le varie fasi di assemblaggio;
- assegnati i punti di appoggio o di sollevamento della struttura fornisce per ogni singolo elemento il rapporto tra la tensione reale e quella ammissibile ovvero il ratio di utilizzo:

$$ratio = \frac{\sigma_{real}}{\sigma_{amm}} \leq 0.90$$

- calcola i vari valori delle deformazioni e mostra un modello della struttura deformata;
-

- fornisce per ogni singolo elemento il grafico di tutte le sollecitazioni di taglio, momento, sforzo normale alle quali è sottoposto e il relativo spostamento.

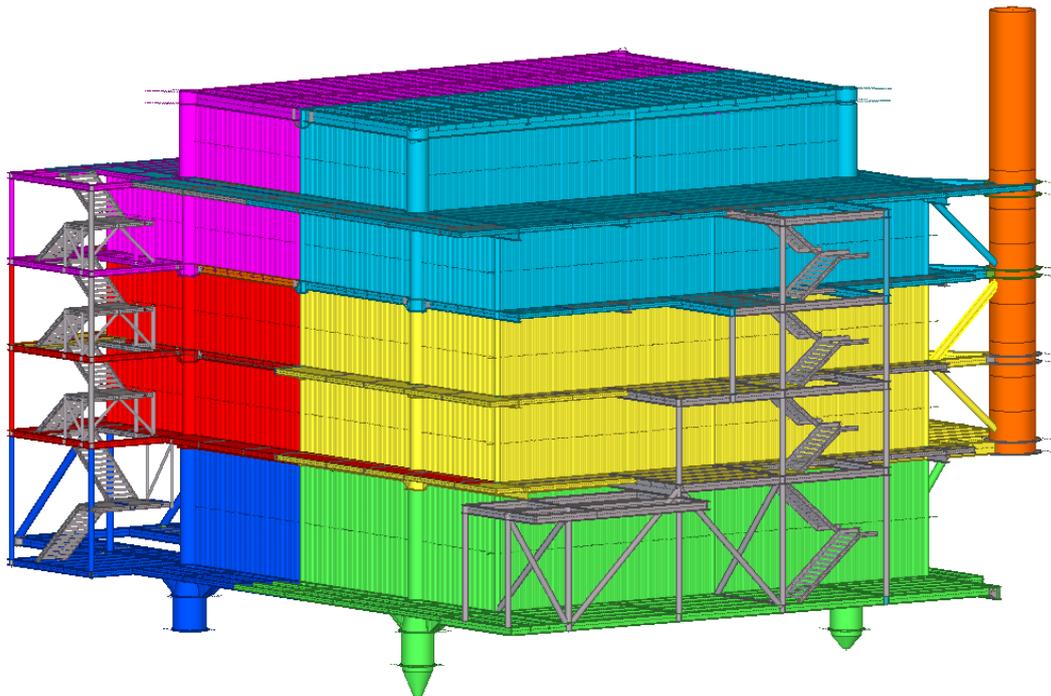
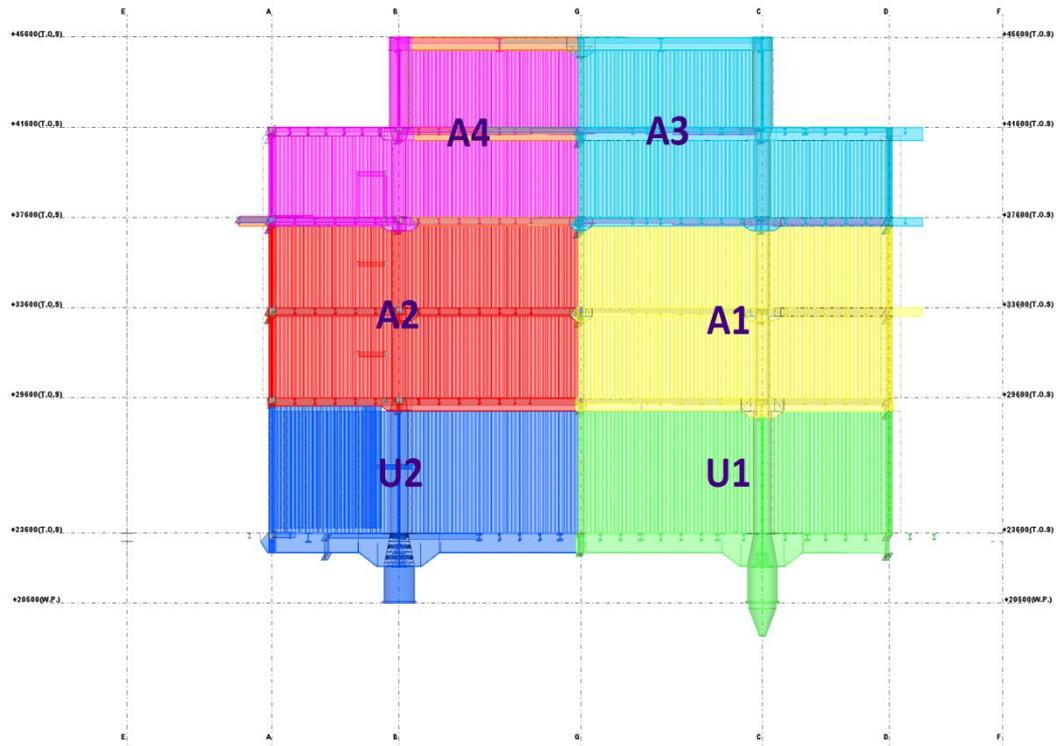
Per i carichi ammissibili, fattori di sicurezza, verifiche di saldature vengono utilizzate le indicazioni fornite il cliente.

Sequenza di costruzione del Deck Living

Quarter e definizione tempi

Ricevuti i disegni dal cliente si è svolto uno studio preliminare in cui è stato deciso di costruire l'intero modulo attraverso la scomposizione dello stesso in più sottoassiemi (Sub-assembly o PAU) che verranno fabbricati e successivamente assemblati nel cantiere Piomboni a Marina di Ravenna. Questa decisione è dettata dai limiti di ingombro derivati dalle dimensioni dell'officina, dei capannoni di verniciatura e da quelli dovuti alla capacità dei mezzi a disposizione dell'azienda, generalmente i moduli e i jacket delle piattaforme hanno dimensioni importanti e pesi nell'ordine di diverse centinaia tonnellate. Quando tutti i sub-assembly saranno assemblati tra loro e quindi sarà costruito l'intero modulo , il tutto verrà spostato su una chiatta tramite operazioni di Load-Out ed inviato nel luogo in cui dovrà essere installato.

Per quanto riguarda il deck in esame la scomposizione decisa è questa:



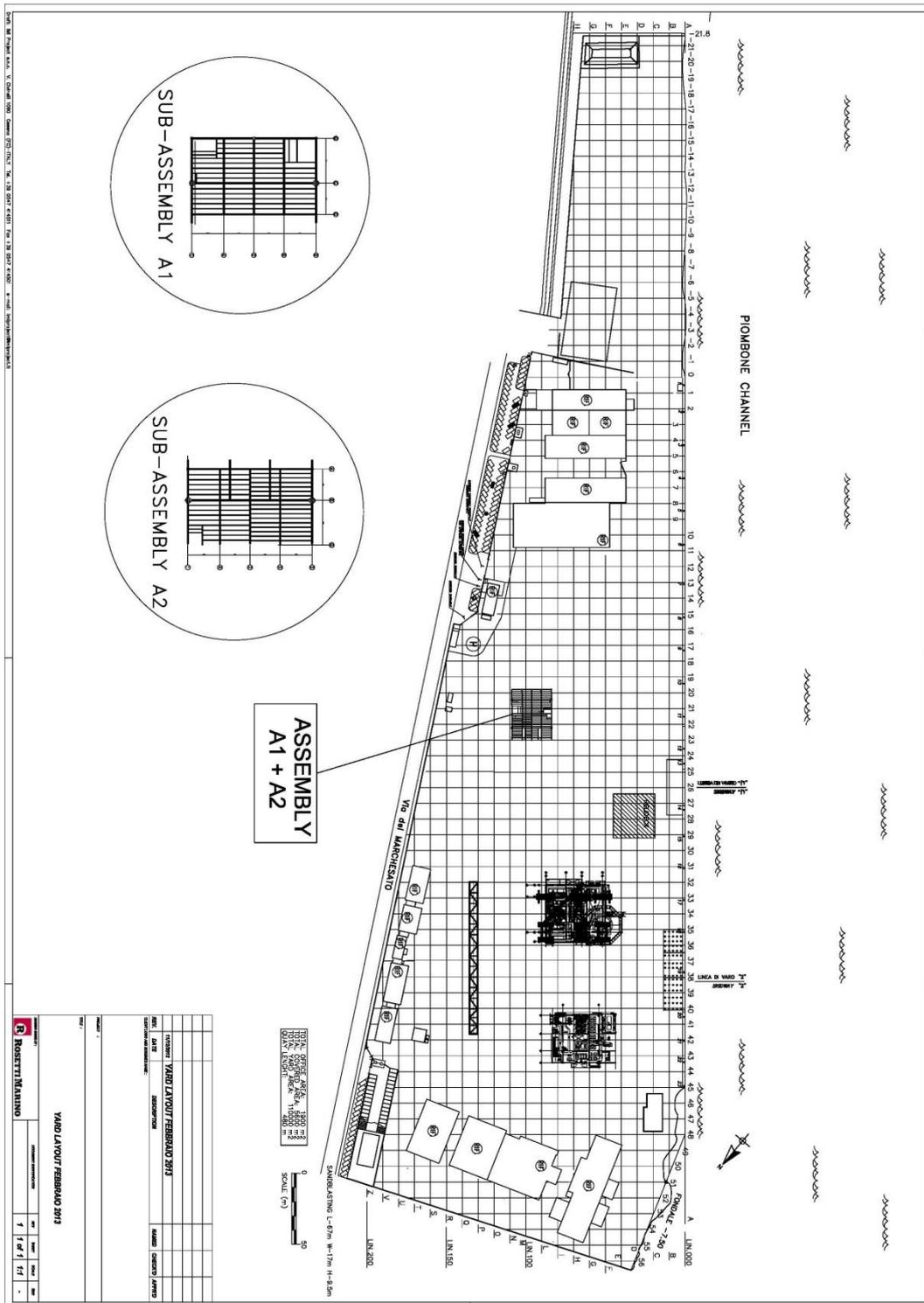


Dopo varie riunioni svolte tra i diversi responsabili del cantiere è emersa una ben determinata scaletta temporale da seguire per la fabbricazione dei vari sub-assembly. Le decisioni sono state prese tenendo conto della disponibilità dell'officina, del capannone verniciatura, delle aree di cantiere libere e dell'attrezzatura non in uso:

INIZIO LAVORI		SUB- ASSEMBLY		FINE LAVORI
04/02/2013		A1		17/03/2013
25/02/2013		A2		07/04/2013
08/03/2013		U1		21/04/2013
25/03/2013		U2		12/05/2013
22/04/2013		A3		02/06/2013
13/05/2013		A4		23/06/2013

Argomento di questa tesi è quella di seguire le fasi di realizzazione inerenti al modulo A1 e a quello A2, quindi andando a valutare l'Erection Sequence, indicando quali supporti di cantiere utilizzare durante la costruzione in officina, indicare come deve avvenire la movimentazione dei PAU e che tipi di carrelloni utilizzare, definire i sollevamenti e indicare i punti di sollevamento dimensionando i golfari necessari, valutare mediante Sap2000 che le strutture non si danneggino e deformino durante le varie fasi di costruzione.

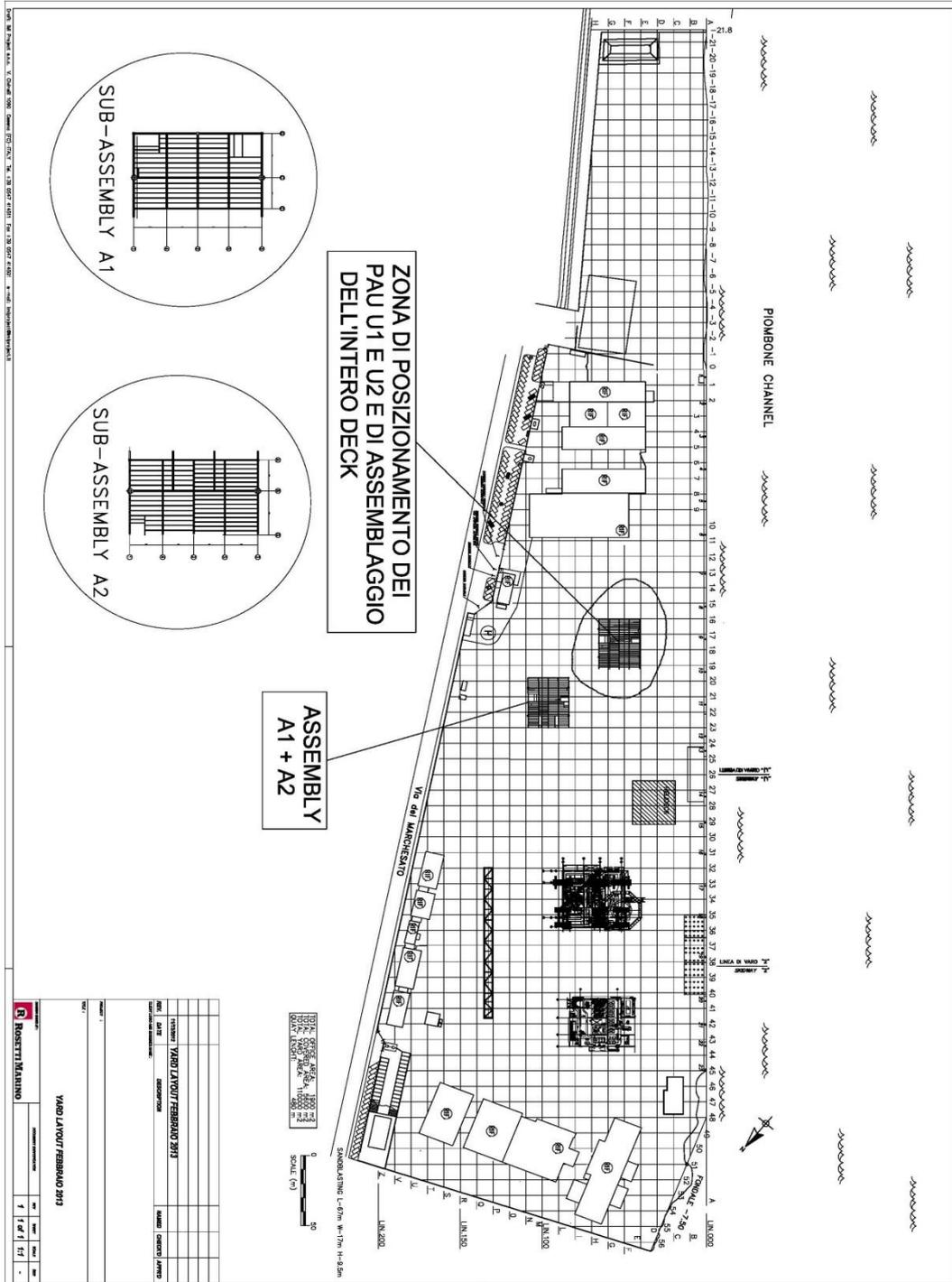
I primi sub-assembly che saranno fabbricati sono A1 e A2 che poi essere posizionati al di sopra dei blocchi U1 e U2, per cui nel periodo di tempo tra la loro completa costruzione e il completamento dei moduli sottostanti U1 e U2 si deve individuare una sistemazione tale da non andare ad intralciare le altre attività di cantiere. Considerando le aree libere disponibili del cantiere nel periodo di Febbraio/Marzo si è arrivati alla conclusione che l'unico il luogo giusto dove far sostare i moduli A1 e A2 in modo che non intralcino tutte le altre attività è in zona vicino all'officina.



Per quanto riguarda i moduli U1 e U2 , che andranno a comporre il primo piano del deck e quindi sopra i quali verranno posizionati successivamente

CAPITOLO 2

tutti gli altri sub-assembly, essi saranno posizionati stabilmente nella zona centrale vicino all'officina in quanto nel relativo periodo di fine costruzione tale zona sarà libera e sgombra da possibili ostacoli, questa zona coinciderà perciò con l'area di assemblaggio dell'intero Deck.

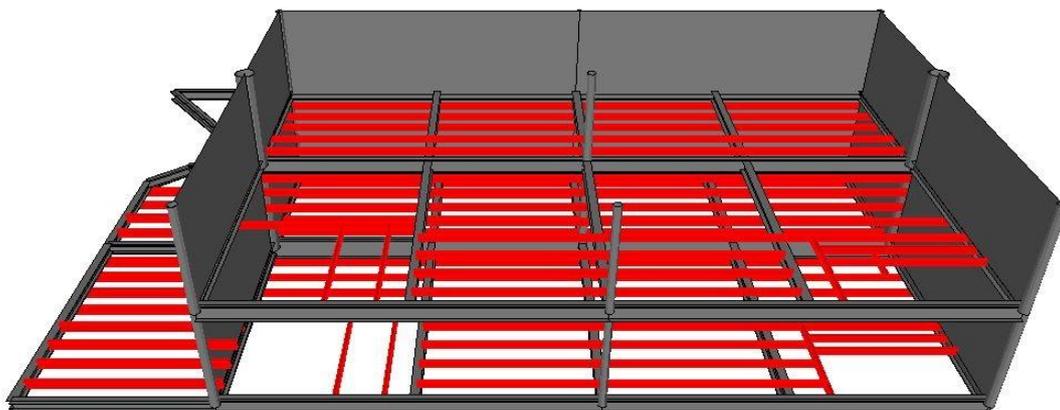


Dopo aver definito i tempi di costruzione e avere individuato le aree principali di lavoro si passa allo studio delle varie fasi di costruzione e di supporto delle attività di cantiere del blocco A1 e A2.

CAPITOLO 3

BLOCCO A1

Di seguito verranno illustrati gli studi necessari che l'ufficio dovrà svolgere per la costruzione del blocco A1 con l'obiettivo di fornire tutti i risultati e le indicazioni necessarie per le operazioni di cantiere.



CAPITOLO 3

Larghezza: 15300mm

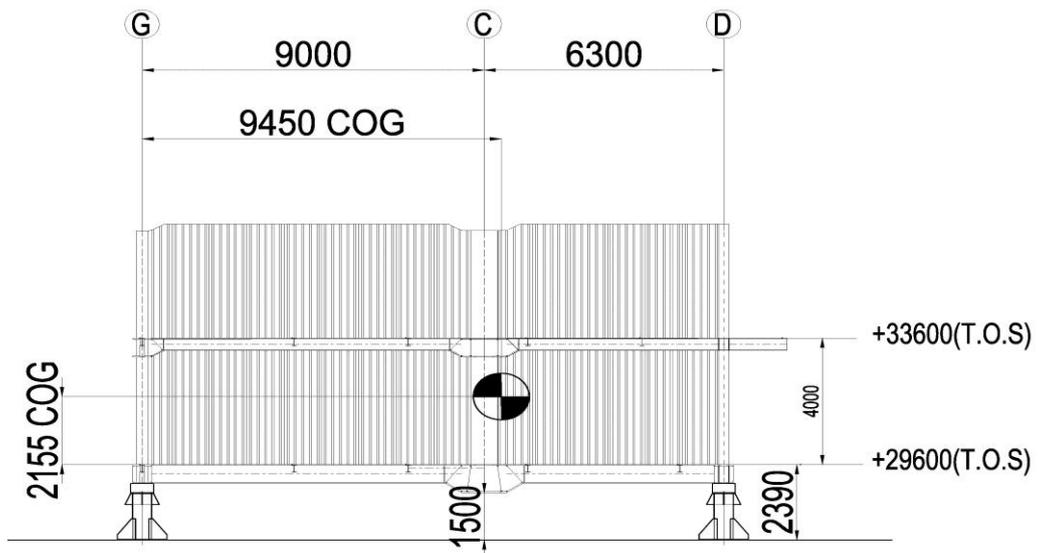
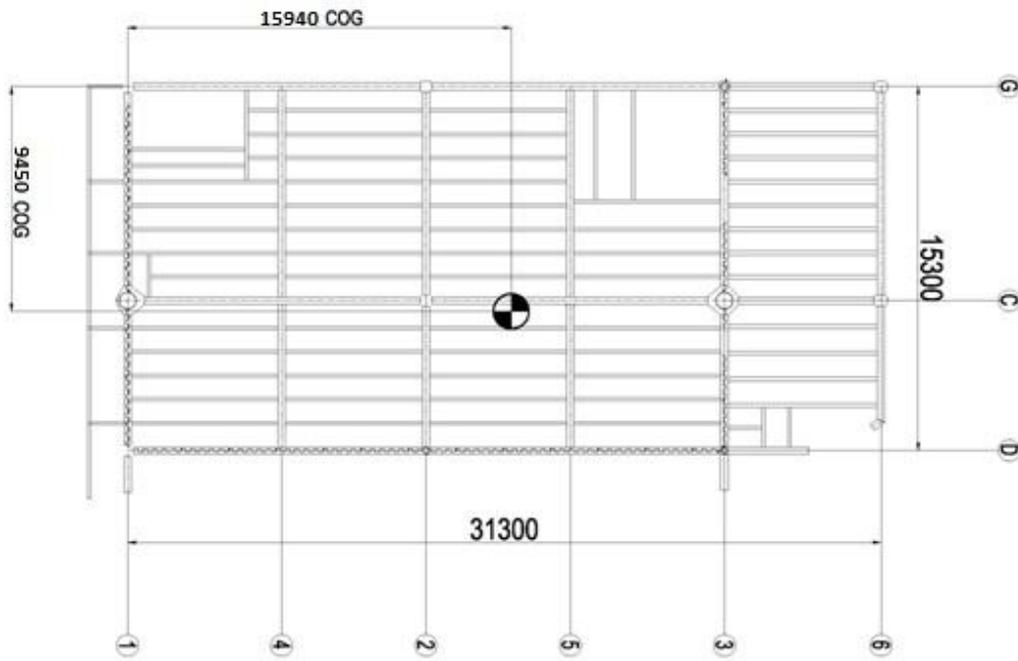
Lunghezza: 31300 mm

Peso : 188 Ton (incluso fattore di sicurezza o contingency del 15% e
ricavato tramite SAP2000)

$X_g = 9450\text{mm}$

$Y_g = 15940\text{ mm}$

$Z_g = 2155\text{ mm}$ (origine asse Z coincidente elevazione +29600 T.O.S)



ErectionSequence

Oltre a definire movimentazioni, supporti minimi e sollevamenti l'ufficio ha anche il compito di individuare la sequenza di " erection sequence " più adatta. Con questo termine si indica l'insieme di tutti quei passaggi che si devono eseguire per costruire la struttura.

Il modulo in esame è composto da due livelli (El. +29600 T.O.S chiamato Lower Level e Elevazione +33600 T.O.S chiamato Upper Level), si può sfruttare questa sua configurazione dividendo il sub-assembly in due parti che verranno costruite contemporaneamente l'una accanto all'altra in modo che la maggior parte delle lavorazioni come le saldature vengano fatte ad altezza uomo quindi con un prezzo minore. A costruzione completata le parti verranno poi assemblate assieme e infine tutto il blocco verrà movimentato in verniciatura per poi sostare nell'area definita con il layout di cantiere spiegato nel capitolo precedente

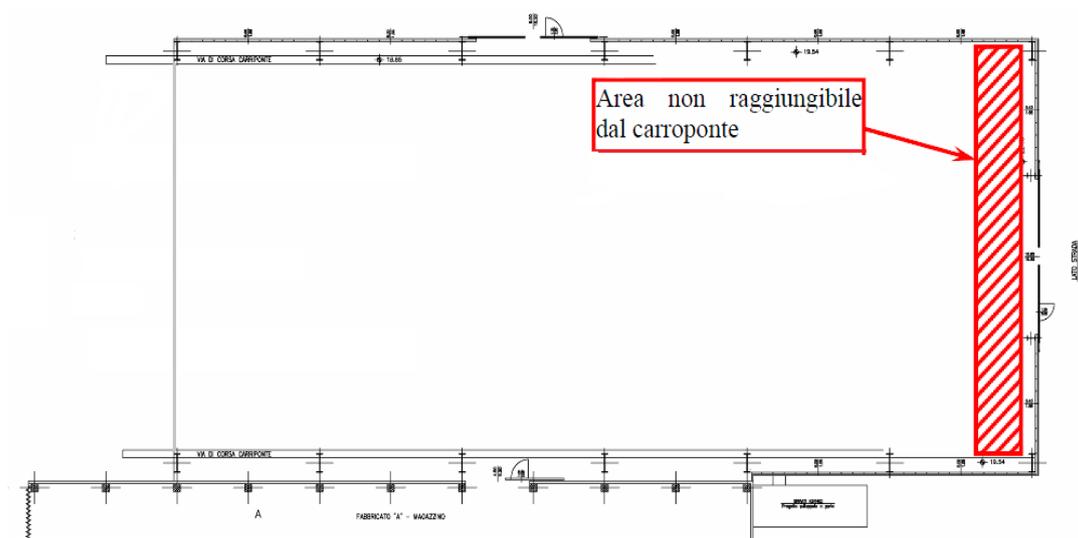
STEPS: Il Lower Level viene costruito all'interno dell'officina nel lato banchina mentre il piano Upper Level in quello lato strada. Si inizia andando a porre gli opportuni Totem nei punti indicati, si posizionano sopra le travi primarie, si saldano quelle secondarie e le colonne ed infine si saldano le lamiere corrugate. Finita la costruzione dei due piani si solleva il piano Upper Level lo si posiziona sul piano inferiore, si completano i dovuti collegamenti fra le due parti e si solleva il tutto sui carrelloni grazie ai quali la struttura verrà trasferita nel capannone di verniciatura. Finite le operazioni di sabbiatura/verniciatura si carica nuovamente il blocco sui carrelloni e lo si andrà a posizionare temporaneamente nel lotto Sud.

L'area a disposizione all'interno dell'officina è limitata, quindi per cercare di sfruttarla al meglio l'obiettivo è quello di pianificare le attività in modo da occupare in modo più efficiente possibile l'area a disposizione permettendo

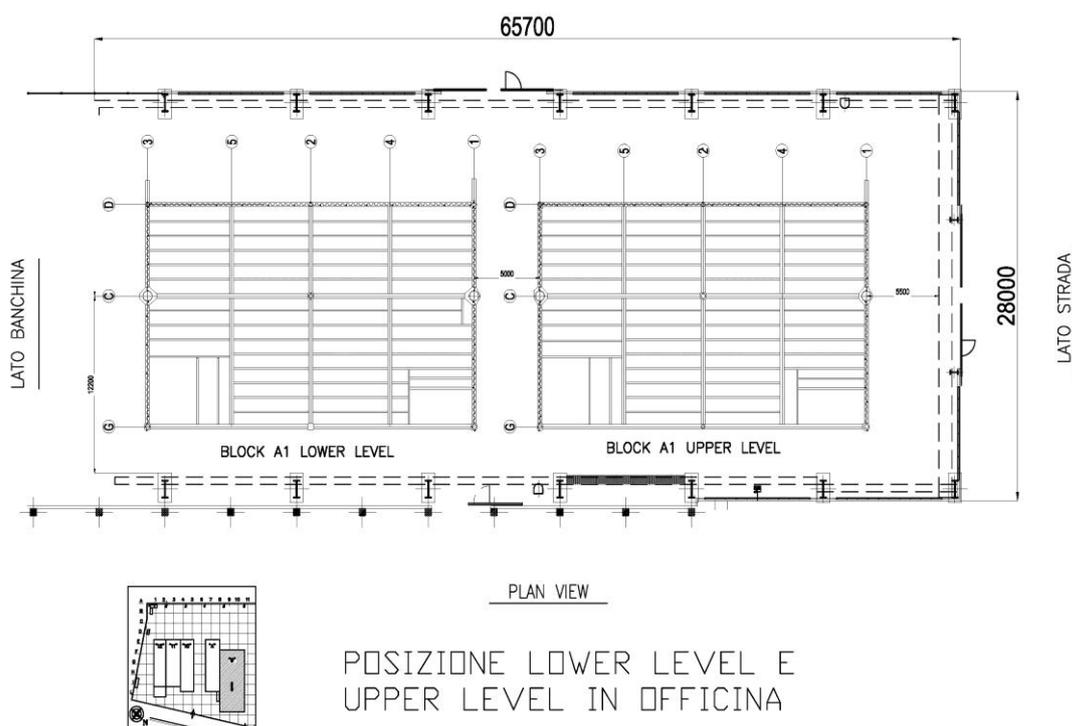
così di realizzare l'intera lavorazione in tempi minori e in condizioni più sicure. Inoltre, visto che molti sottoassiemi sono simili, si cercherà di ottenere una disposizione degli elementi all'interno dell'officina, tale da rendere il layout studiato per uno di questi sottoassiemi valido anche per gli altri, ottenendo così una disposizione costante dei singoli elementi all'interno dell'officina che rende le attività cicliche e quindi più veloci e pratiche. Lo studio del layout all'interno dell'officina viene eseguito congiuntamente tra le diverse aree aziendali che parteciperanno alla costruzione della struttura: construction manager, ufficio tecnico e responsabile d'officina. Il risultato ottenuto rappresenterà il miglior compromesso tra le esigenze di ciascuna area tecnica. I dati di partenza necessari per eseguire lo studio sono l'estensione dell'officina, i mezzi disponibili in officina come i carroporti e gli ingombri degli elementi da realizzare. Inoltre, si devono conoscere le movimentazioni che tali elementi dovranno subire durante la realizzazione e considerare i vincoli posti dai mezzi utilizzati. Tali vincoli sono:

- i ganci devono lavorare sempre in verticale o con uno scostamento massimo di una decina di gradi da tale condizione;
- distanza minima tra i due ganci del carroporte, circa 3,5 metri;
- l'altezza massima a cui possono arrivare i ganci dei carroporti, circa 18 metri;
- limiti di carico su ciascun gancio del carroporte, 50 tonnellate;
- la distanza minima in pianta tra gli elementi deve essere almeno 2,5 metri, in modo da agevolare le operazioni attorno ad essi;
- all'interno dell'officina, sono presenti zone non raggiungibili dai ganci;

CAPITOLO 3



Tenendo conto di tutti i vincoli citati pocanzi è stato imposto il layout dell'officina come segue :



E' stato deciso di posizionare l'Upper Level nel lato strada e il Lower Level nel lato banchina quindi in prossimità dell'entrata dell'officina. In questo modo appena sarà conclusa la costruzione dei due livelli si procederà

immediatamente al sollevamento dell' Upper Level sul Lower Level liberando così la parte d'officina sul lato strada in cui sarà possibile iniziare la costruzione di una nuova struttura senza andare ad intralciare la movimentazione dell'intero blocco.

Studio Delle Supportazioni Di Cantiere

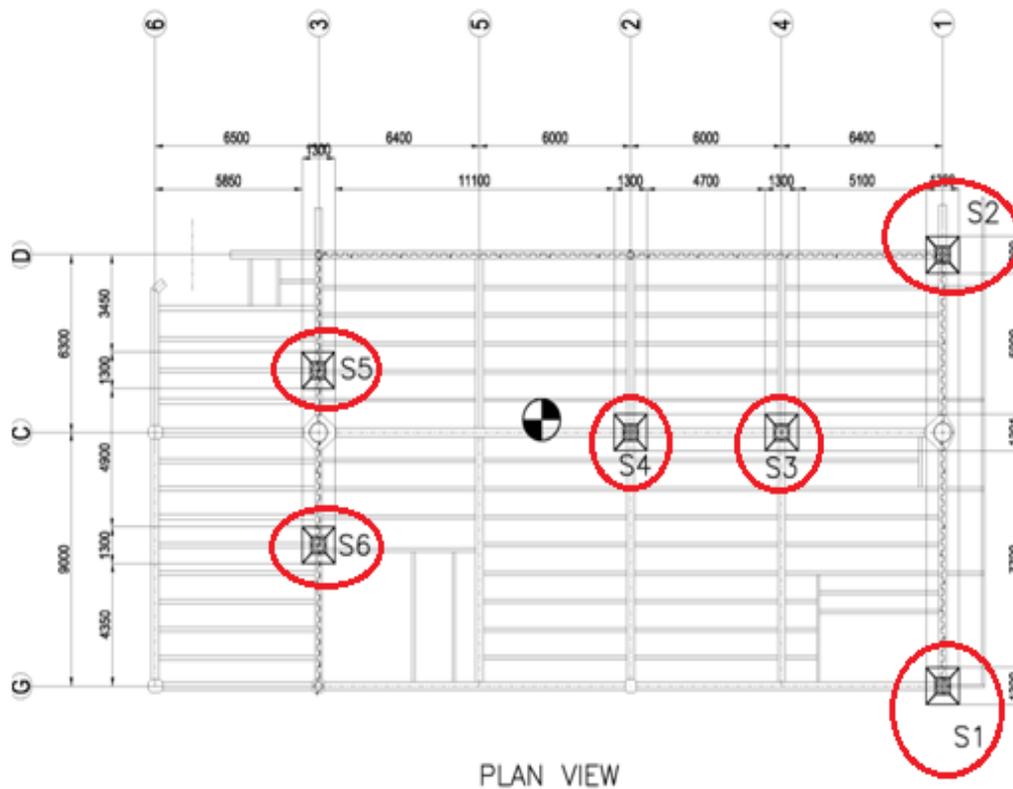
Blocco A1

Definita precedentemente l' Erection Sequence si procede ora ad affrontare uno studio per determinare la supportazione da utilizzare nella zona di sosta, officina ed in capannone verniciatura. Considerando la disponibilità delle attrezzature presenti in cantiere si è scelto di supportare la struttura andando ad utilizzare i Totem, non sono altro che tubi in acciaio con all'estremità due piastre quadrate saldate per fornire un appoggio migliore alla struttura e sul suolo. La piastra a contatto con il terreno è di dimensioni importanti questo perché in questo modo si scarica sul suolo una minore pressione evitando di avvicinarsi alla pressione massima ammissibile concessa dal pavimento dell'officina. Tra il tubo portante e la piastra vengono saldati alcuni stiffener o rinforzi in acciaio per evitare problemi di instabilità a carico di punta che potrebbero recare danni all'integrità del Totem.



Per determinare la posizione dei supporti non ci sono specifiche da seguire ma ci si avvale del buon senso e dell'esperienza acquisita, comunque in ogni caso si cerca di posizionare, se è possibile, i Totem nei punti in cui ci sono i nodi tra le varie travi principali in quanto questi sono zone di maggiore resistenza.

Dopo una serie di valutazioni sono stati individuati come prima opzione sei punti per i supporti :

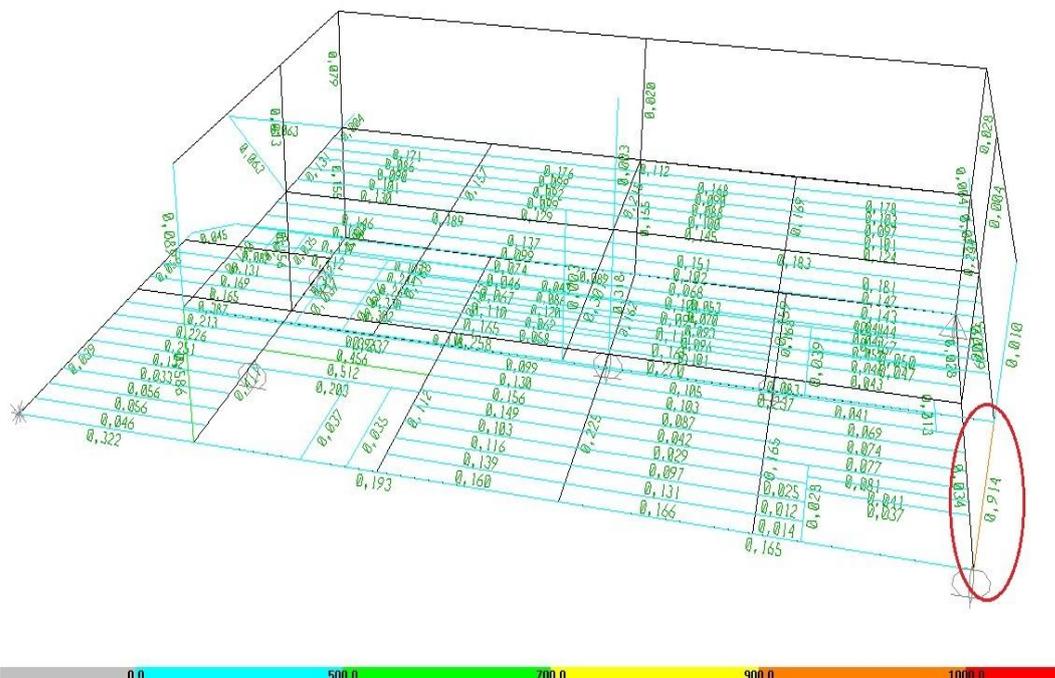


Tramite la modellazione del blocco con SAP2000 sono stati calcolati anche il peso che si andrà a scaricare su ogni supporto Totem.

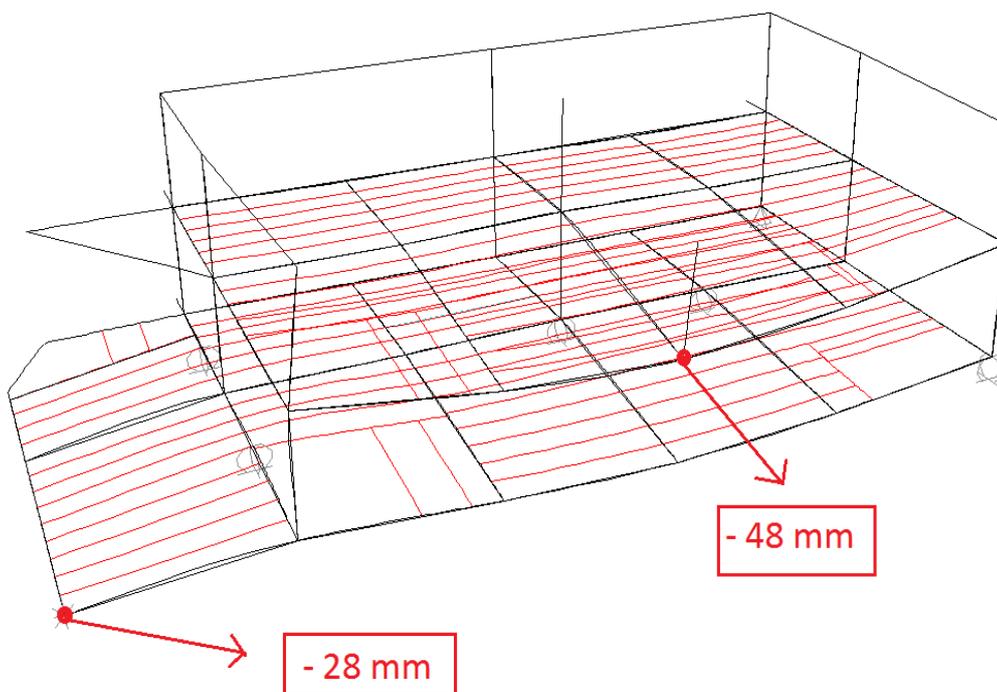
- S1 = 27 Ton
- S2 = 25 Ton
- S3 = 12 Ton
- S4 = 44 Ton
- S5 = 38 Ton
- S6 = 42 Ton

Peso Totale: 188 T (15% cont. Inc)

Utilizzando ancora SAP2000 si va poi a verificare che i punti scelti non vadano a creare sulla struttura delle condizioni di stress tali da far nascere delle tensioni superiori a quelle ammissibili.



Analysis Model

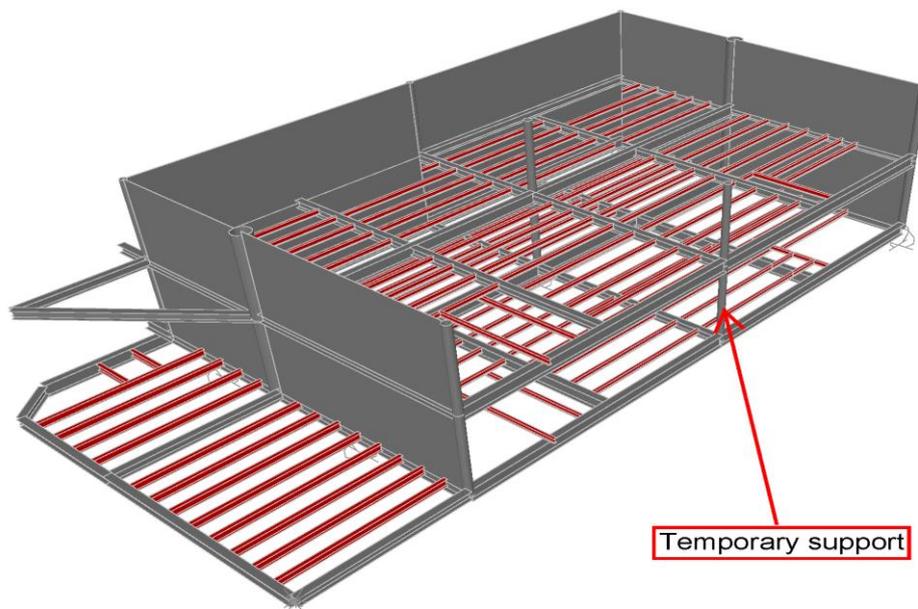


Dall'analisi dei ratio di utilizzo emerge che c'è una colonna, evidenziata con un cerchietto rosso, che è sollecitata con un ratio di 0,914. Normalmente per questione di sicurezza non si accettano degli utilizzi superiori allo 0,9. Inoltre dal punto di vista delle deformazioni vi sono delle criticità da risolvere; con il cliente si è concordato in condizioni statiche deformazioni massime di circa 80/90 mm, la deformazione massima pari a 48 mm è molto lontana dal massimo acconsentito quindi non desta particolari problemi.

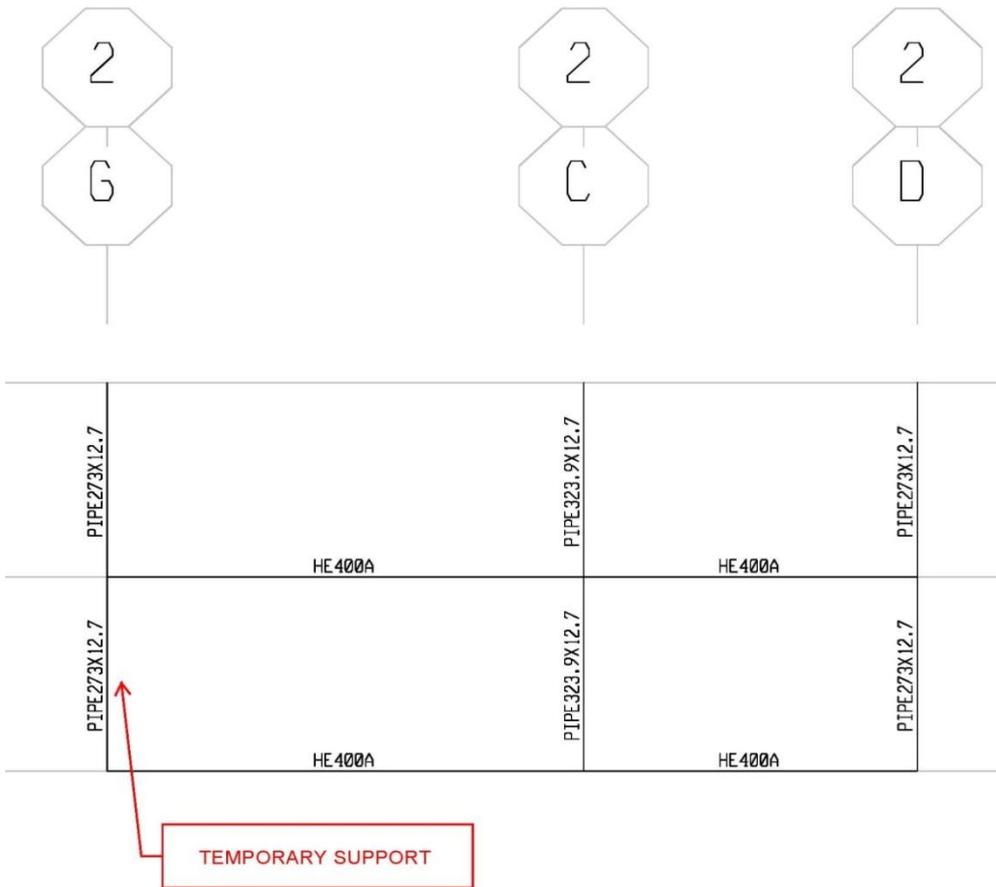
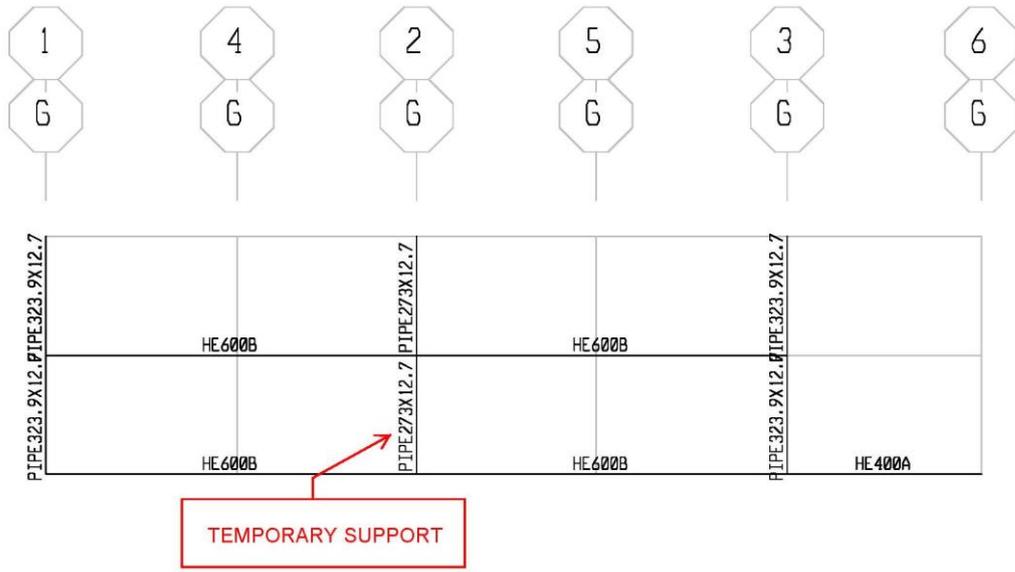
Per risolvere il problema si va a migliorare la struttura con rinforzi temporanei che possono essere travi o tubi che andranno rimossi una volta che i blocchi A1 e A2 sono assemblati.

Per limitare la deformazione e distribuire in modo migliore i carichi sui componenti del blocco si può utilizzare una colonna temporanea di dimensioni uguali alle colonne di progetto da inserire come prima opzione nel punto di maggiore criticità.

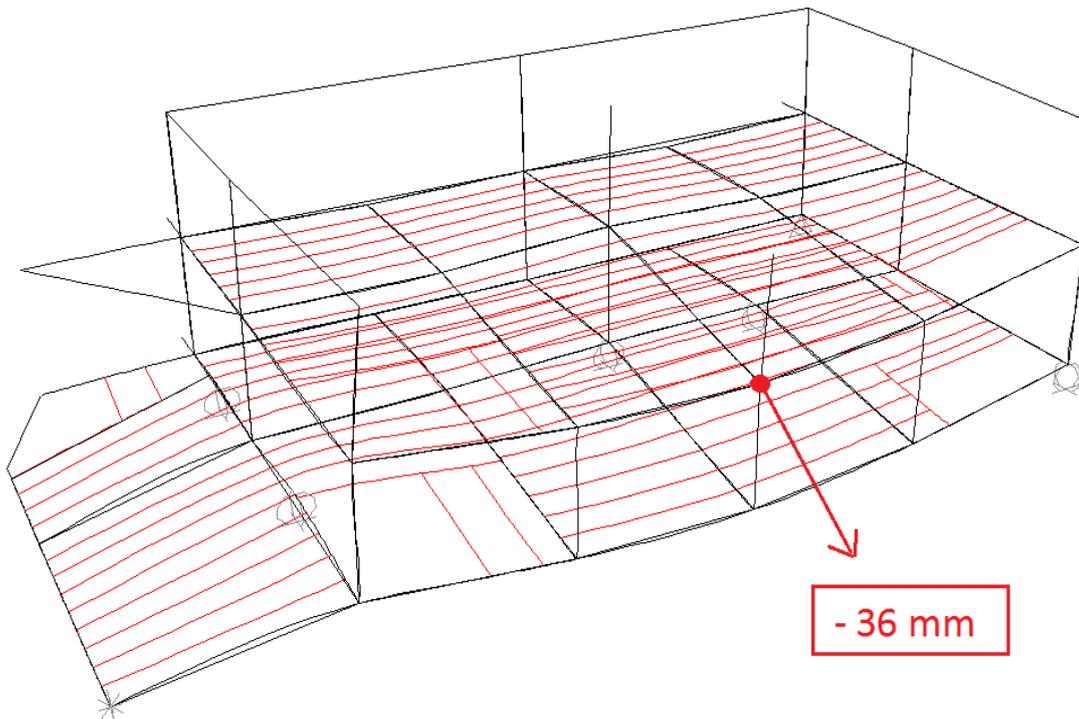
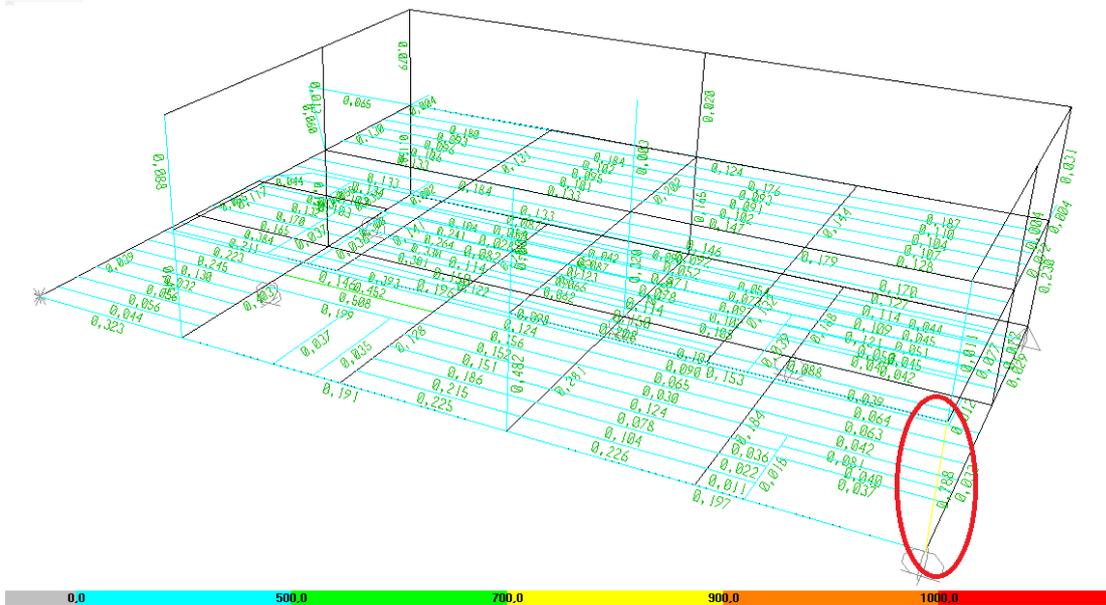
Nella prima opzione chiamata " Opzione A " la nuova colonna (temporary support) andrà inserita nel punto G2 come in figura:



CAPITOLO 3



Per verificare che il nuovo accorgimento sia efficace si modella nuovamente il blocco con SAP2000 aggiungendo la nuova colonna temporanea e ripetendo le analisi delle deformazioni e del Ratio di utilizzo dei singoli elementi:



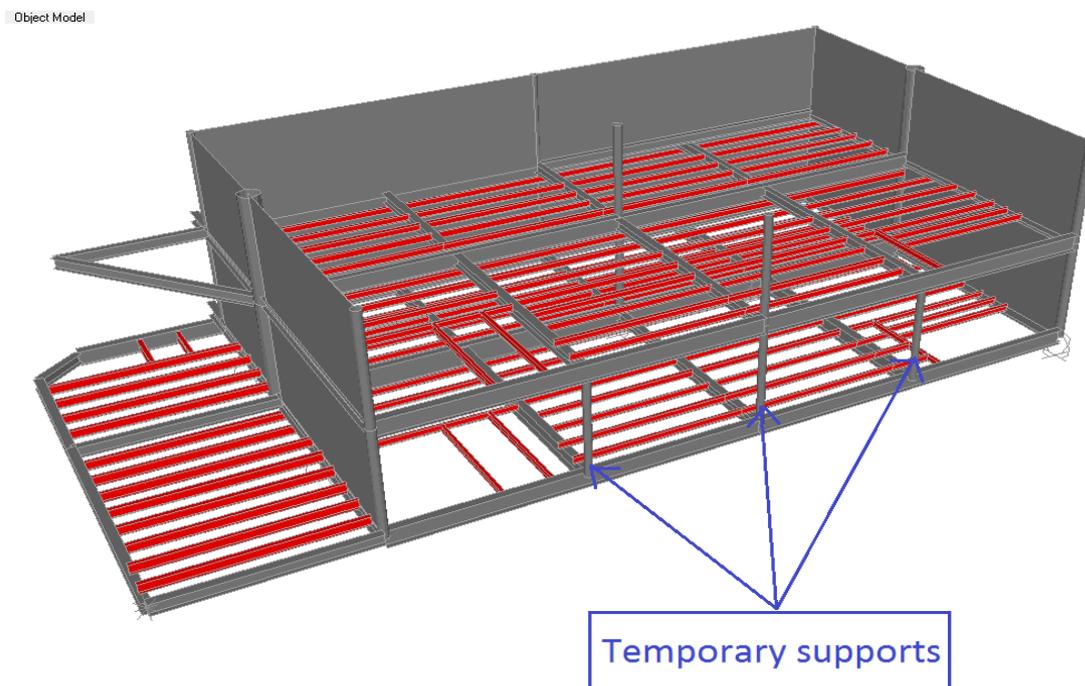
In questo caso la colonna che prima aveva un Ratio di utilizzo inaccettabile ora presenta un valore di 0,788 che è minore di 0.9 quindi, se pur vicino al limite, non ci sono elementi troppo sollecitati, inoltre la deformazione è ampiamente accettabile.

OPZIONE A

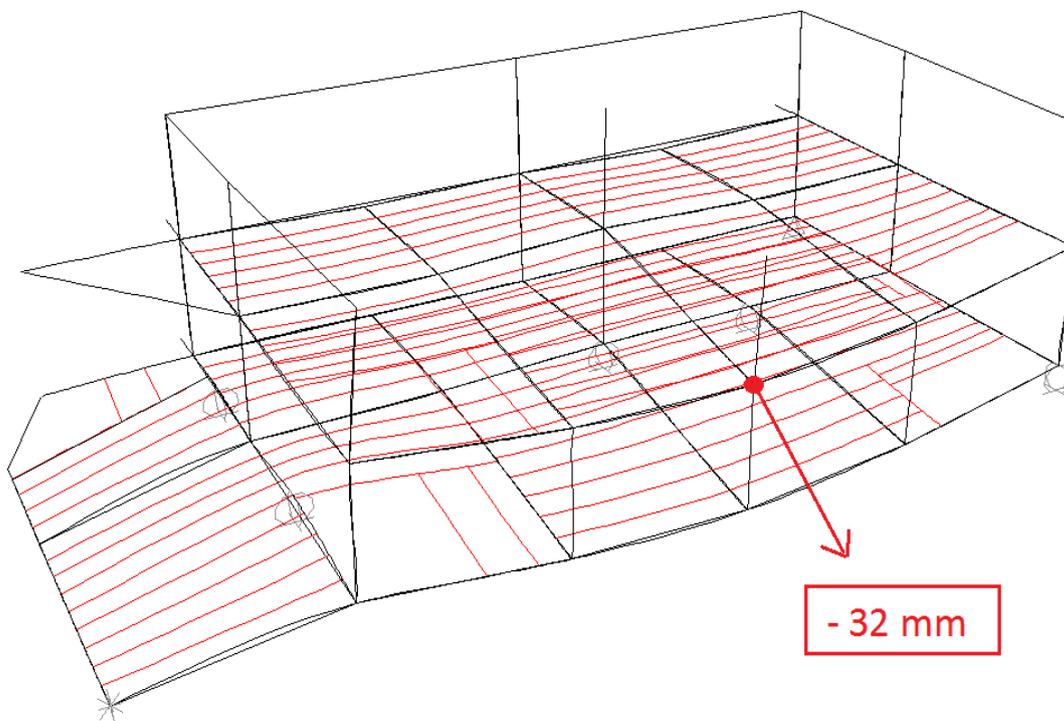
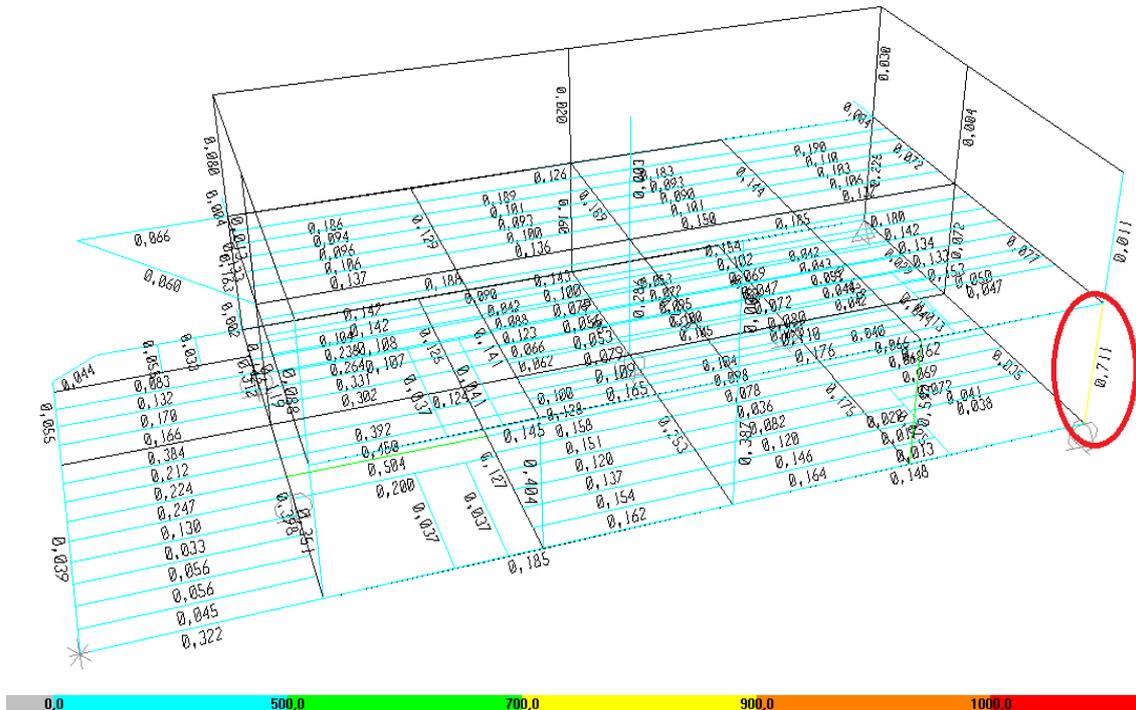
Ratio Max : $0,778 < 0,9$

Deformazione Max: $36 \text{ mm} < 80 \text{ mm}$

Nonostante tutti i valori siano all'interno del range prestabilito, si è voluto studiare anche un'altra opzione per cercare di abbassare ancora di più tali sollecitazioni e deformazioni ed essere ancora di più in sicurezza. In questa opzione che chiameremo " Opzione B " verranno aggiunte oltre alla colonna prevista nel opzione A altre due colonne per cercare di distribuire ancora di più le sollecitazioni.



I risultati ottenuti sono:



OPZIONE B

Ratio Max : $0,711 < 0,9$

Deformazione Max: $32 \text{ mm} < 50 \text{ mm}$

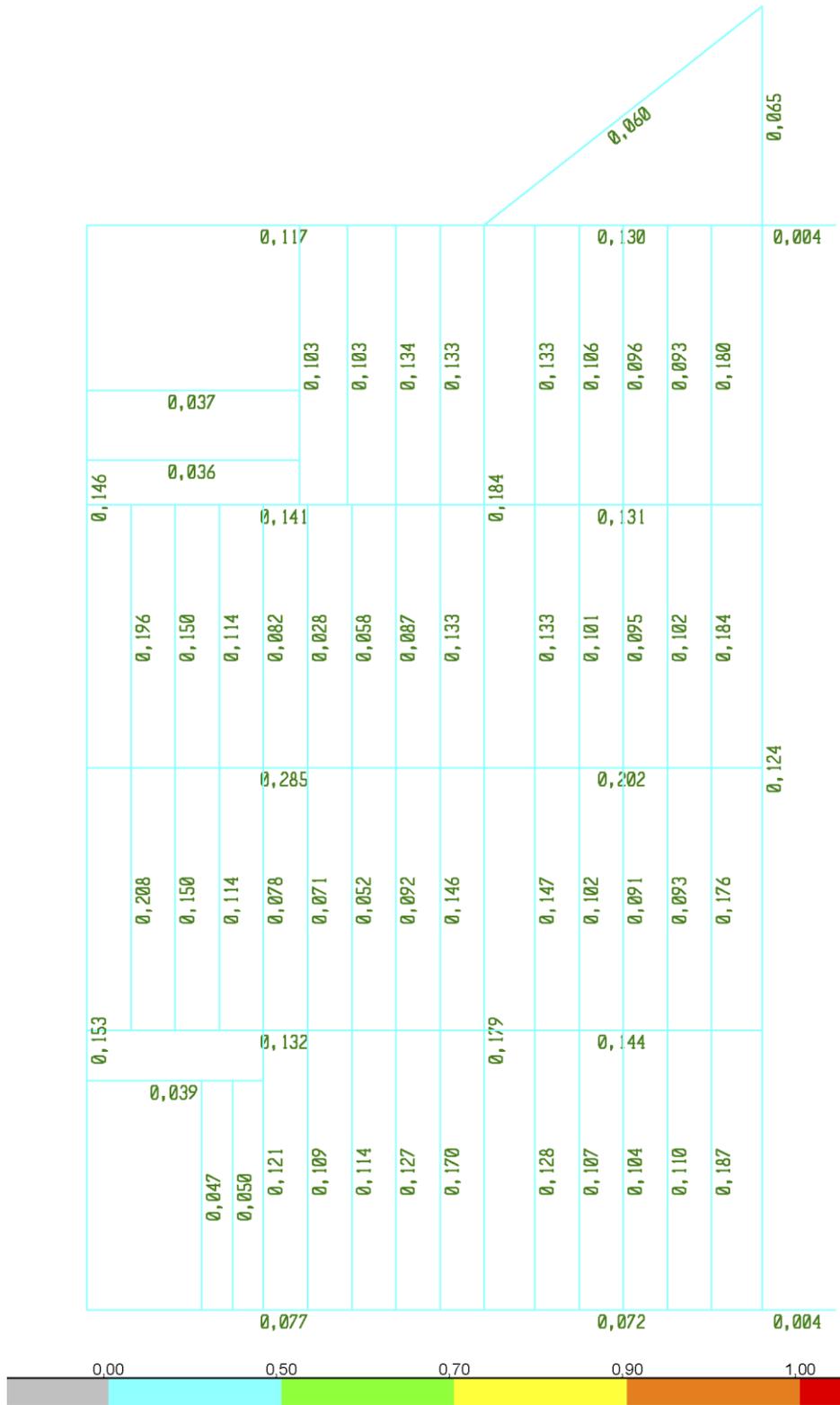
La colonna con il Ratio di utilizzo più elevato è sempre la stessa che si aveva nell'opzione A, ora il nuovo valore è di 0,711 e come si può notare si ha una deformazione massima di 31 mm.

Con l'opzione delle tre colonne si ottengono valori di utilizzo e deformazioni più bassi rispetto all'opzione con solo una colonna di rinforzo, però i miglioramenti non sono talmente ampi da rendere l'opzione B più conveniente. Infatti nel primo caso è necessario aggiungere solo una colonna mentre nel secondo sarà necessario l'utilizzo di ben tre colonne a fronte di miglioramenti cospicui, perciò si è preferito seguire l'opzione A andando quindi ad inserire e saldare solamente una colonna tubolare. Proprio per questo motivo quindi l'aggiunta di una sola colonna non andrà a modificare in modo rilevante il peso della struttura e i carichi agenti sui supporti di cantiere ciò rende possibile utilizzare i risultati in termini di peso ottenuti precedentemente.

Inoltre stiamo utilizzando una contingency (fattore di sicurezza) del 15% dell'intero peso.

Opzione scelta : OPZIONE A

UPPER PLAN (El +33600 T.O.S)



ROW 1

0,011		0,004		0,031
	0,077		0,072	0,004
0,788		0,072		0,230
	0,033		0,029	

ROW 2

0,003		0,003		0,020
	0,285		0,202	
0,482		0,320		0,165
	0,281		0,199	

ROW 3

0,088		0,013		0,079
	0,117		0,130	0,004
0,451		0,149		0,158
	0,403		0,308	0,002

Prima di procedere con la verifica dei supporti però bisogna verificare se la struttura riesce a resistere anche durante la movimentazione che dovrà affrontare inizialmente dall'officina al capannone verniciatura poi verso la zona in cui avverrà l'assemblaggio con gli altri blocchi che formano l'intero modulo.

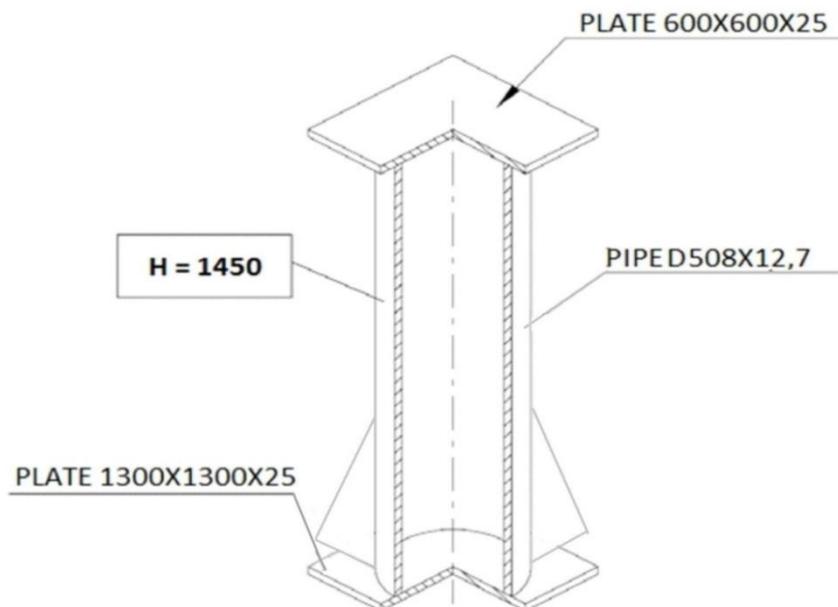
Per quanto riguarda le movimentazioni, il tutto verrà illustrato e spiegato meglio nella parte della tesi riguardante alle movimentazioni del blocco, per ora in questo capitolo ci limiteremo a dire che la struttura resiste anche durante le movimentazioni necessarie e quindi si può procedere con le verifiche necessarie.

Studio Supportazioni Minime

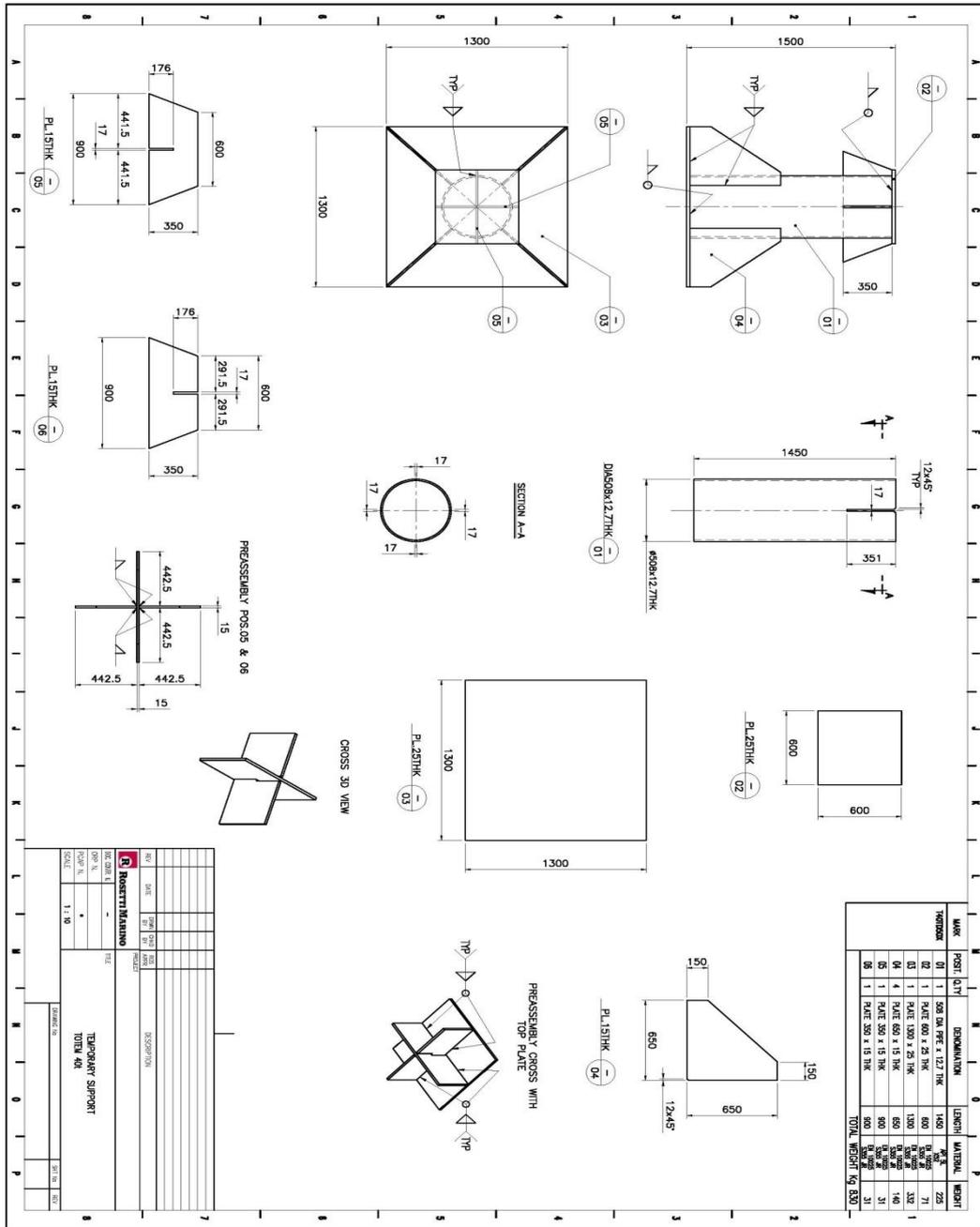
Ora si passa alla verifica dei Totem.

Dall'analisi dei carichi affrontata precedentemente risulta che il punto maggiormente sollecitato è il **S4 con 44 Ton.** Quello che si andrà a fare ora è verificare se i Totem disponibili in cantiere riescono a resistere a tale carico, se sarà verificato il Totem sotto il carico maggiore di conseguenza saranno verificati. anche negli altri punti i Totem

Dai disegni costruttivi del Deck e precisamente se ci si concentra per quanto riguarda la zone del blocco A1 si deduce che i nodi di appoggio nei punti S4 e S3 hanno un'altezza diversa rispetto ai nodi degli altri punti perciò per mantenere in equilibrio l'intera struttura sarà necessario porre degli spessori al di sopra del Totem per fare in modo da colmare tale gap. Dopo aver chiesto al responsabile del cantiere un resoconto sulla disponibilità dei Totem presenti nel cantiere è risultato che attualmente sono disponibili 30 Totem con le seguenti dimensioni:



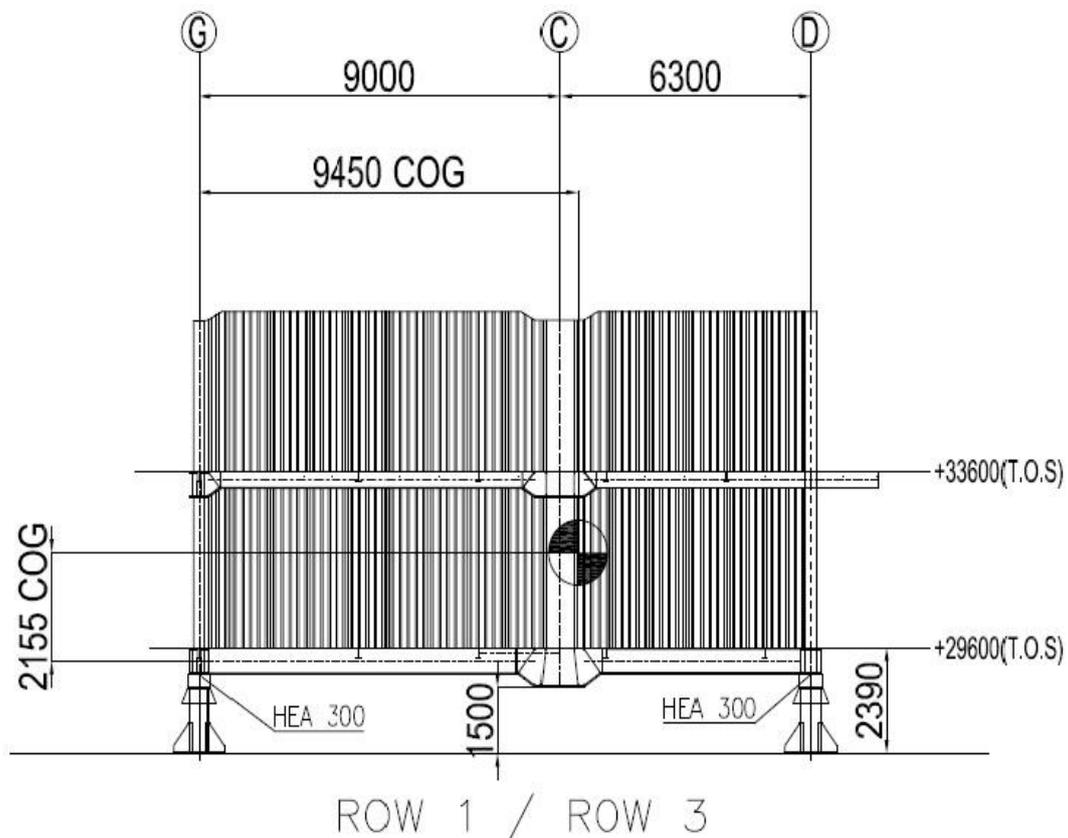
Materiale	Modulo Young [MPa]	Poisson's ratio	Densità [kg/m ³]	Resistenza Svnervamento (Mpa)
API 5L X52	205000	0.3	7850	359

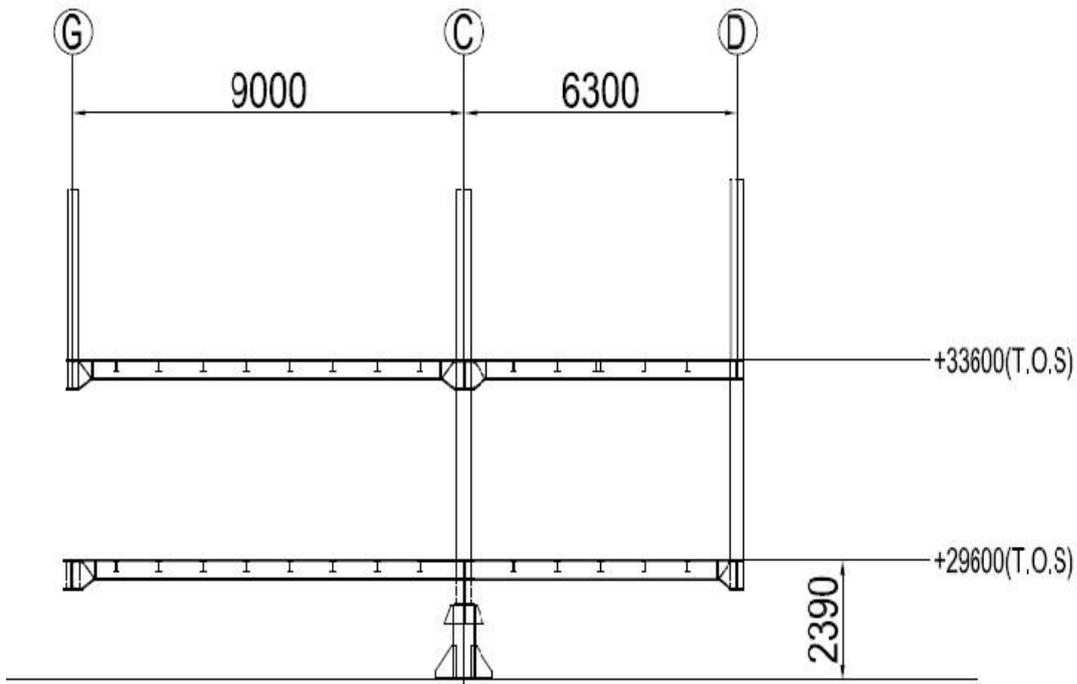


CAPITOLO 3

In cantiere c'è la disponibilità anche di molte travi come per esempio HEA 300, HEA 400, HEB 600, quindi per quanto riguarda la scelta degli spessori tra struttura e Totem la scelta cadrà su tali travi evitando così di comprare altro materiale.

Come primo caso si suppone che nei punti di sollecitazione S1,S2,S5 ed S6 (Row 3 e Row 1) saranno utilizzati i Totem senza nessun tipo di spessore mentre in S3 e S4 (Row 4 e Row 5) si userà come spessore sopra i Totem una trave HEA 300, risulterà così tra il riferimento dell' elevazione +29600 T.O.S e il suolo un'altezza di 2390 mm. Questa altezza è ottimale in quanto permette ai carrelloni per la movimentazione di posizionarsi sotto la struttura e sollevarla senza problemi.





ROW 4 / ROW 5

Verifica Totem

Per verificare che i Totem riescano a sopportare i carichi applicati si utilizza un modello Excel impostato seguendo le raccomandazioni che l' API (American Petroleum Institute) suggerisce di seguire per verificare la resistenza al carico di punta del tubo portante del Totem API RP 2A-WSD.

La massima tensione assiale di compressione applicabile può essere determinata dalle seguenti formule AISC (American Institute of Steel Construction):

Per un valore di D/t uguale o minore di 60 si usa:

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(Kl/r)^2}{2C_c^2}\right] F_y}{5/3 + \frac{3(Kl/r)}{8C_c} - \frac{(Kl/r)^3}{8C_c}} \quad Kl/r < C_c$$

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(Kl/r)^2} \quad Kl/r \geq C_c$$

dove:

$$C_c = \left(\frac{2\pi^2 E}{F_y}\right)^{0.5}$$

E = Modulo di Young (205.000 Mpa)

K = Fattore di lunghezza efficace

l = lunghezza tubo Totem (mm)

r = raggio d'inerzia (mm)

D = Diametro tubo Totem (mm)

CAPITOLO 3

t = Spessore del Tubo (mm)

F_y = Carico di snervamento (Mpa)

Tutte le indicazioni sono raccolte in un foglio Excel in cui andando ad inserire i dati necessari ci viene fornito se il tubo portante del Totem resiste al carico di punta generato:

CYLINDRICAL MEMBER CHECK FOR STRENGTH AND STABILITY			
In accordance with: API, RP 2A WSD, 21st Edition, 2000, Sec. 3.2, 3.3 .			
Element: Pipe Y.S.	Material: Api5lx52	F _y =	360 N/mm ²
D = 508,00 mm	Area =	19.762 mm ²	
t = 12,70 mm	Inertia =	6,0639E+08 mm ⁴	
Length = 1,45 m	K _y = 1,00	C _{my} =	1,00
	K _z = 1,00	C _{mz} =	1,00
D/t = 40	(Kl/r) _y = 8	F' _{ey} =	15.027 N/mm ²
C _c (F _y) = 105	(Kl/r) _z = 8	F' _{ez} =	15.027 N/mm ²
Loading: Load x 1,5 (S.F.)		A.s.i.f. =	1,00
N _x = -648,0 kN	f _a = 32,8 N/mm ²	F _a /F _y =	0,59 eq.3.2.2-1
M _y = 0,0 kNm	f _{by} = 0,0 N/mm ²	F _b /F _y =	0,71
M _z = 0,0 kNm	f _{bz} = 0,0 N/mm ²		
T _y = 0,0 kN			
T _z = 0,0 kN	f _v = 0,0 N/mm ²	F _v /F _y =	0,40 eq.3.2.4-2
M _t = 0,0 kNm	f _{vt} = 0,0 N/mm ²	F _{vt} /F _y =	0,40 eq.3.2.4-4
Maximum interaction ratios:	I.R. _v = 0,00 Shear	I.R. _b = 0,15 Stab.	eq.3.3.1-4
Check Ok.			

- ✓ Fattore di sicurezza = 1,5
- ✓ Materiale Totem = Api5lx52
- ✓ D = diametro tubo del Totem

- ✓ t = spessore tubo Totem
- ✓ Loading = Carico applicato (44 Ton)
- ✓ Length = lunghezza tubo del Totem
- ✓ K_y e K_z = Fattore di lunghezza efficace
- ✓ N_x = forza di compressione applicata
- ✓ F_a = tensione max sopportabile (212 Mpa)
- ✓ f_a = tensione scaricata sul materiale

Dalla verifica risulta che f_a/F_a è pari a 0,15 quindi siamo in condizioni di estrema sicurezza.

Come ultimo passaggio si va a verificare che il Totem sul punto in cui si scarica il maggior carico non vada a " sprofondare " nel terreno ovvero bisogna calcolare che pressione il Totem esercita sul terreno del cantiere e confrontarlo con il valore massimo ammissibile.

Nel cantiere Piomboni la pressione limite è 30 Ton/m^2 .

Nel punto più critico si ha un carico di 44 Ton, la piastra inferiore del Totem a contatto con il terreno ha un' area di $1,69 \text{ m}^3$ quindi la pressione esercitata sul terreno è di 26 Ton/m^2 inferiore di 30 Ton/m^2 quindi siamo in sicurezza.

Verifica Trave HEA 300

Come deciso in precedenza si andranno ad utilizzare dei pezzi di trave HEA 300 che andranno a fungere da spessore per mantenere in equilibrio la struttura (Row 3 e Row 1). Le verifiche in questo caso andranno a determinare se la trave può sopportare il carico applicato senza la necessità di aggiungere rinforzi (stiffener).

➤ **LOCAL FLANGE BENDING**

Se t_f è minore di : $0,4 \sqrt{\frac{P_{bf}}{F_{yc}}}$ (Eq. K1-1)

è richiesta l'aggiunta di stiffeners nel punto in cui è applicata la forza.

Con:

t_f = spessore flange della trave

F_{yc} = resistenza a snervamento del materiale della trave

P_{bf} = forza applicata sulla trave

Con questa verifica si controlla che le flange, sotto carico, non superino una certa curvatura. Verrà calcolato uno spessore minimo T_a della flange e nel caso $T_f < T_a$ dovrà essere installato uno stiffener.

Verrà utilizzato il carico max applicato sulla trave ovvero 42 Ton. (Il carico 44 Ton è applicato nel punto in cui non si prevede alcun spessore).

LOCAL FLANGE BENDING CHECK				
In Accordance to:		AISC ASD-89 Spec. K Sec. K1.2 Eq K1-1		
Force delivered by flange	$P_{bf} =$	412.020	N	92,63 kip
Thickness of the flange	$t_f =$	14	mm	0,55 in
Flange width	$b =$	300	mm	11,81 in
Yield stress	$F_{yc} =$	355	MPa	51,49 ksi
Loading length	$l =$	300	mm	11,81 in
Check				CHECK REQUIRED
RESULT				
Equation Considered			Eq. K1-1	
Ratio		13,63	mm	0,54 in
RESULT				STIFFENER NOT REQUIRED

Come viene segnalato nel foglio Excel per questa verifica non sono necessari rinforzi in quanto lo spessore minimo calcolato della flangia della trave è 13,63 mm che è minore di 14 mm.

➤ **LOCAL WEB YIELDING**

Ora si verifica che le tensioni che si propagano nell'anima della trave non raggiungano mai la tensione di snervamento. Verrà utilizzato il carico max applicato sulla trave ovvero 42 Ton. (Il carico 44 Ton è applicato nel punto in cui non si prevede alcun spessore).

A) Se il carico applicato è ad una distanza dalla fine della trave minore dell'altezza di questa allora vale:

$$\frac{R}{t_w(N + 5k)} \leq 0,66F_y$$

B) Se il carico applicato è vicino alla fine della trave:

$$\frac{R}{t_w(N + 2,5k)} \leq 0,66F_y$$

dove:

R = forza applicata (N)

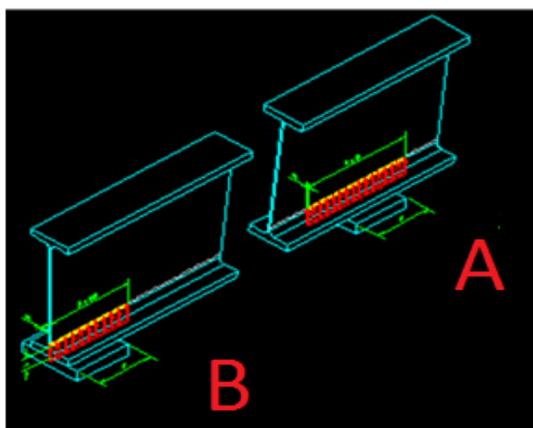
t_w = spessore anima trave (mm)

N = lunghezza di applicazione della forza, nel nostro caso coinciderà con la lunghezza della piastra fra Totem e trave (mm)

k = distanza dalla faccia esterna della flangia della trave all'estremità dell'anima non contando il raggio raccordo (mm)

F_y = resistenza a snervamento del materiale della trave (Mpa)

Secondo la teoria di propagazione delle tensioni, se una superficie riceve una sollecitazione essa si propaga nel suo volume con un'inclinazione di 45°. Quindi è giusto dividere i due casi, infatti se siamo nel caso B la sollecitazione si propaga in un'area minore del caso A determinando così una tensione nel materiale maggiore.



LOCAL WEB YIELDING CHECK			
In Accordance to:		AISC ASD-89 Spec. K Sec. K1.3 Eq K1-2 and K1-3	
Length of concentrated load	N=	600	mm
Distance from the outer face of the flange to web toe	k=	41	mm
Thickness of the web	t_w =	8,5	mm
Concentrated load	R=	412.020	N
Yield stress	F_y =	355	MPa
RESULT			
CASE 1 -Eq K1-2	Application load distance from the member end > depth of member		
Stress		60,21	MPa
Allowable Stress		234,30	MPa
CHECK		STRESS ALLOWABLE	
CASE 2 - Eq K1-3	Application load distance from the member end < depth of member		
Stress		69,00	MPa
Allowable Stress		234,30	MPa
CHECK		STRESS ALLOWABLE	

Verrà utilizzato il carico massimo applicato sulla trave ovvero 42 Ton (Il carico 44 Ton è applicato nel punto in cui non si prevede alcun spessore).

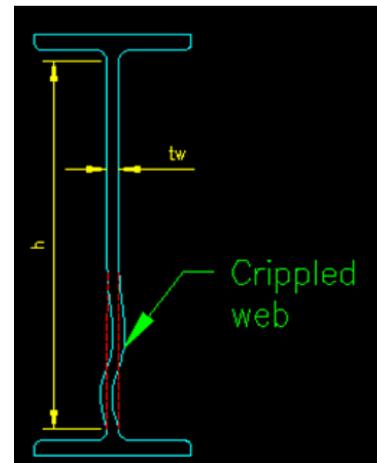
La verifica viene fatta per sicurezza in entrambi i casi A e B.

Il risultato della verifica in entrambi i casi è " stress allowable " (carico ammissibile) quindi l'anima della trave resiste e non viene mai raggiunta la tensione snervamento.

➤ WEB CRIPPLING

Per evitare la deformazione dell'anima come in figura sono necessari stiffener se la forza applicata supera i seguenti limiti:

A) Se il carico è applicato ad una distanza maggiore di $d/2$ rispetto la fine della trave:



$$R = 67,5t_w^2 [1 + 3(N/d)(t_w/t_f)^{1,5}] \sqrt{F_{yw}t_f/t_w}$$

B) Se il carico è applicato ad una distanza minore $d/2$ rispetto la fine della trave:

$$R = 34t_w^2 [1 + 3(N/d)(t_w/t_f)^{1,5}] \sqrt{F_{yw}t_f/t_w}$$

dove:

F_{yw} = resistenza a snervamento dell'anima della trave

d = altezza totale della trave

t_f = spessore ala trave

t_w = spessore anima trave

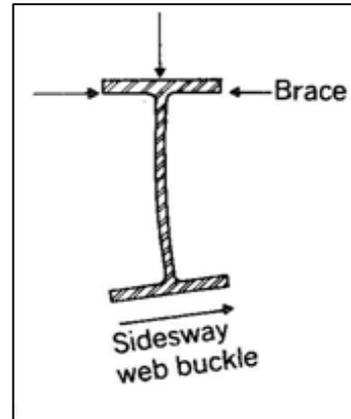
N = lunghezza di applicazione della forza

WEB CRIPPLING CHECK				
In Accordance to:		AISC ASD-89 Spec. K Sec. K1.4 Eq K1-4 and K1-5		
Length of concentrated load	N=	600	mm	23,62 in
Thickness of the web	t_w =	8,5	mm	0,33 in
Overall depth of the member	d=	290	mm	11,42 in
Flange thickness	t_f =	14	mm	0,55 in
Specified minimum yield stress of beam web	F_{yw} =	355	MPa	51,49 ksi
Concentrated load applied at a distance major than d/2			no	
RESULT				
Equation Considered			Eq. K1-5	
Max Conc. Load Allwable		613920,51	N	138,02 kip
		61,95	TON	

Il carico massimo applicabile per evitare Crippling è 62 Ton, nel nostro caso il massimo carico applicato è 42 Ton quindi siamo in estrema sicurezza.

➤ **SIDEWAY WEB BUCKLING**

Per evitare la deformazione dell'anima come in figura sono necessari stiffener se la forza applicata supera i seguenti limiti:



A) Se le flange sono vincolate contro la rotazione e il Ratio è minore di

$(d_c / t_w) / (l / b_f) < 2,3$ la forza massima ammissibile:

$$R = \frac{6800t_w^3}{h} \left[1 + 0,4 \left(\frac{d_c / t_w}{l / b_f} \right)^3 \right]$$

B) Se le flange non sono vincolate contro la rotazione e il Ratio è

$(d_c / t_w) / (l / b_f)$ minore di 1,7:

$$R = \frac{6800t_w^3}{h} \left[0,4 \left(\frac{d_c / t_w}{l / b_f} \right)^3 \right]$$

dove:

l = lunghezza dal punto in cui è applicata la forza fino al primo elemento come uno stiffener o nodo che blocca il buckling.

b_f = larghezza flangia

$d_c = d - 2k$ = Altezza totale della trave meno lo spessore delle ali e dei raccordi.

Se il Ratio è $> 2,3$ e le flange **sono vincolate** contro la rotazione non è richiesta tale verifica.

Se il Ratio è $> 1,7$ e le flange **non sono vincolate** contro la rotazione non è richiesta tale verifica.

SIDESWAY WEB BUCKLING CHECK				
In Accordance to:		AISC ASD-89 Spec. K Sec. K1.5 Eq K1-6 and K1-7		
Largest laterally unbraced length along either flange at a point of load				
$l =$	300	mm	11,81	in
Thickness of the web				
$t_w =$	8,5	mm	0,33	in
Web depth clear of fillets				
$d_c =$	208	mm	8,19	in
Flange width				
$b_f =$	300	mm	11,81	in
Clear distance between flanges				
$h =$	262	mm	10,31	in
Loaded flange restrained against rotation			yes	
Ratio $(d_c/t_w)/(l/b_f)$		$\frac{d_c/t_w}{l/b_f}$	24,47	
			$\frac{\text{Ratio} < 2,3}{\text{Ratio} < 1,7}$	NO NO
RESULT				
Equation Considered		CHECK NOT REQUIRED		
Max Conc. Load Allowable		#VALORE!	N	CHECK NO kip
		#VALORE!	TON	

La verifica non è richiesta in quanto il Ratio è $> 2,3$ e le flange sono vincolate contro la rotazione.

Dalle verifiche svolte sulla trave HEA300 che andrà a fungere da spessore è emerso che non ci sono problemi di tenuta del materiale ed inoltre non sono necessari neanche i rinforzi.

Nonostante non sia richiesto è stato deciso ugualmente di utilizzare stiffeners perché a prima vista la trave, se non andiamo a porre dei rinforzi, potrebbe dare l'idea di sembrare instabile oppure esile, ovviamente è una pura questione di estetica in quanto le verifiche di tenuta sono tutte positive, quindi in questi casi visto anche le esperienze passate con i controllori del cliente che segnalando questo problema di origine puramente di estetica rendevano necessario aprire lunghe procedure per giustificare tutte le scelte fatte, si preferisce quindi aggiungere gli stiffeners anche se non sono necessari. Un altro vantaggio è anche quello che si va ad aumentare resistenza e stabilità delle travi quindi un ulteriore motivo di tranquillità.

Verifica Trave HEB 600

Per quanto riguarda la struttura invece si va a verificare la trave più a rischio e cioè il la trave HEB 600 che scarica sul punto S6 ben 42 Ton.

➤ LOCAL FLANGE BENDING

LOCAL FLANGE BENDING CHECK				
In Accordance to:		AISC ASD-89 Spec. K Sec. K1.2 Eq K1-1		
Force delivered by flange	$P_{bf} =$	618.000	N	138,94 kip
Thickness of the flange	$t_f =$	30	mm	1,18 in
Flange width	$b =$	300	mm	11,81 in
Yield stress	$F_{yc} =$	355	MPa	51,49 ksi
Loading length	$l =$	300	mm	11,81 in
Check				CHECK REQUIRED
RESULT				
Equation Considered			Eq. K1-1	
Ratio		16,69	mm	0,66 in
RESULT				STIFFENER NOT REQUIRED

Gli stiffeners non sono richiesti.

➤ **LOCAL WEB YIELDING**

LOCAL WEB YIELDING CHECK			
In Accordance to:		AISC ASD-89 Spec. K Sec. K1.3 Eq K1-2 and K1-3	
Length of concentrated load	N=	300	mm
Distance from the outer face of the flange to web toe	k=	57	mm
Thickness of the web	t_w =	15,5	mm
Concentrated load	R=	618.000	N
Yield stress	F_y =	355	MPa
RESULT			
CASE 1 -Eq K1-2	Application load distance from the member end > depth of member		
Stress		68,16	MPa
Allowable Stress		234,30	MPa
CHECK		STRESS ALLOWABLE	
CASE 2 - Eq K1-3	Application load distance from the member end < depth of member		
Stress		90,10	MPa
Allowable Stress		234,30	MPa
CHECK		STRESS ALLOWABLE	

➤ **WEB CRIPPLING**

WEB CRIPPLING CHECK				
In Accordance to:		AISC ASD-89 Spec. K Sec. K1.4 Eq K1-4 and K1-5		
Length of concentrated load	N=	300	mm	11,81 in
Thickness of the web	t_w =	15,5	mm	0,61 in
Overall depth of the member	d=	600	mm	23,62 in
Flange thickness	t_f =	30	mm	1,18 in
Specified minimum yield stress of beam web	F_{yw} =	355	MPa	51,49 ksi
Concentrated load applied at a distance major than d/2			yes	
RESULT				
Equation Considered			Eq. K1-4	
Max Conc. Load Allowable		1737856,54	N	390,71 kip
		175,36	TON	

Non c'è Crippling in quanto abbiamo un carico applicato di 42 Ton che è minore del carico massimo applicabile di 175 Ton.

➤ **SIDEWAY WEB BUCKLING**

SIDEWAY WEB BUCKLING CHECK				
In Accordance to:		AISC ASD-89 Spec. K Sec. K1.5 Eq K1-6 and K1-7		
Largest laterally unbraced length along either flange at a point of load	$l =$	5.000	mm	196,85 in
Thickness of the web	$t_w =$	15,5	mm	0,61 in
Web depth clear of fillets	$d_c =$	486	mm	19,13 in
Flange width	$b_f =$	300	mm	11,81 in
Clear distance between flanges	$h =$	540	mm	21,26 in
Loaded flange restrained against rotation			yes	
Ratio $(d_c/t_w)/(l/b_f)$	d_c/t_w	1,88	Ratio <2,3	YES
	l/b_f		Ratio <1,7	NO
RESULT				
Equation Considered			EQ K1-6	
Max Conc. Load Allowable		1184365,92 119,51	N TON	266,27 kip

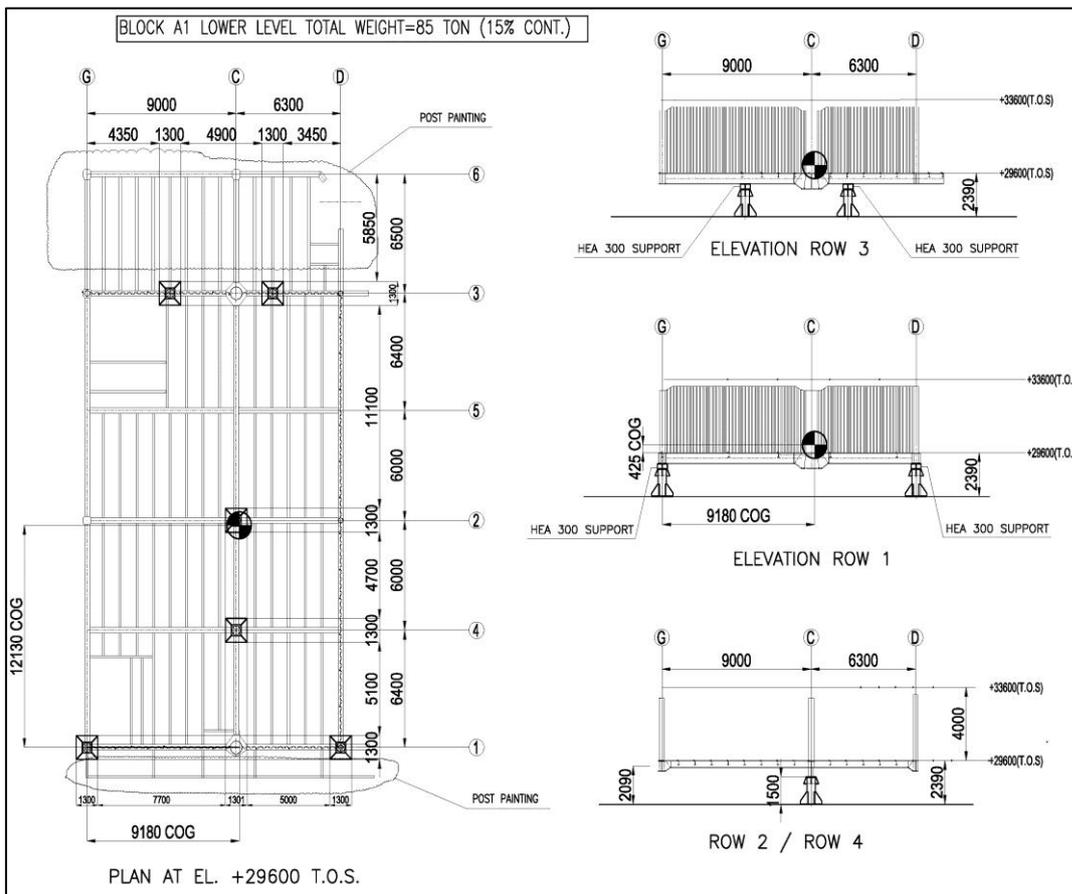
Non abbiamo neppure Buckling perché il carico applicato di 42 Ton è minore del carico massimo applicabile di 119,5 Ton.

Supporti di cantiere in officina

L'erection sequence prevede inizialmente di costruire i due livelli che costituiscono l'intero blocco per poi sollevare l' Upper Level al di sopra del Lower Level, quindi per potere fare i sollevamenti necessari bisognerà decidere che mezzi utilizzare, individuare i giusti punti di sollevamento e

dimensionare tutto ciò che è necessario come per esempio golfari,maniglioni e funi.

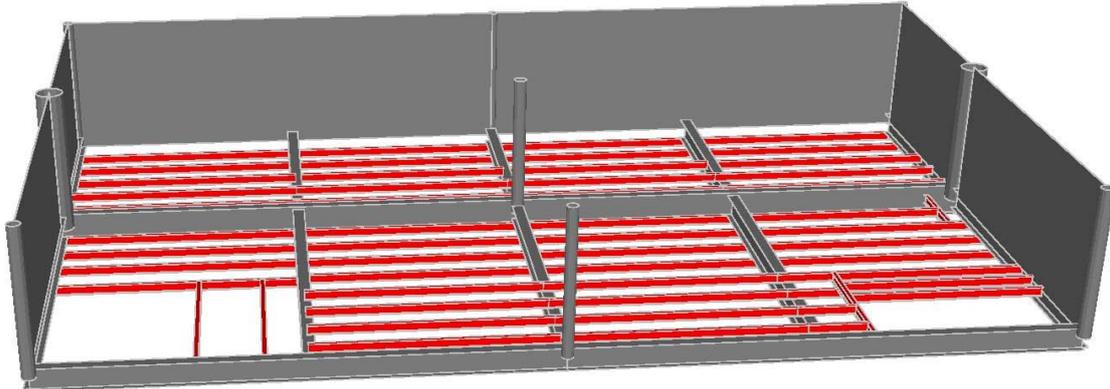
▪ **A1 LOWER LEVEL (Livello Elevazione +29600 T.O.S)**



Informazioni Tecniche:

- Larghezza: 15300 mm
- Lunghezza: 24800 mm
- Peso : 85 Ton (incluso fattore di sicurezza o contingency del 15% e ricavato tramite SAP2000)

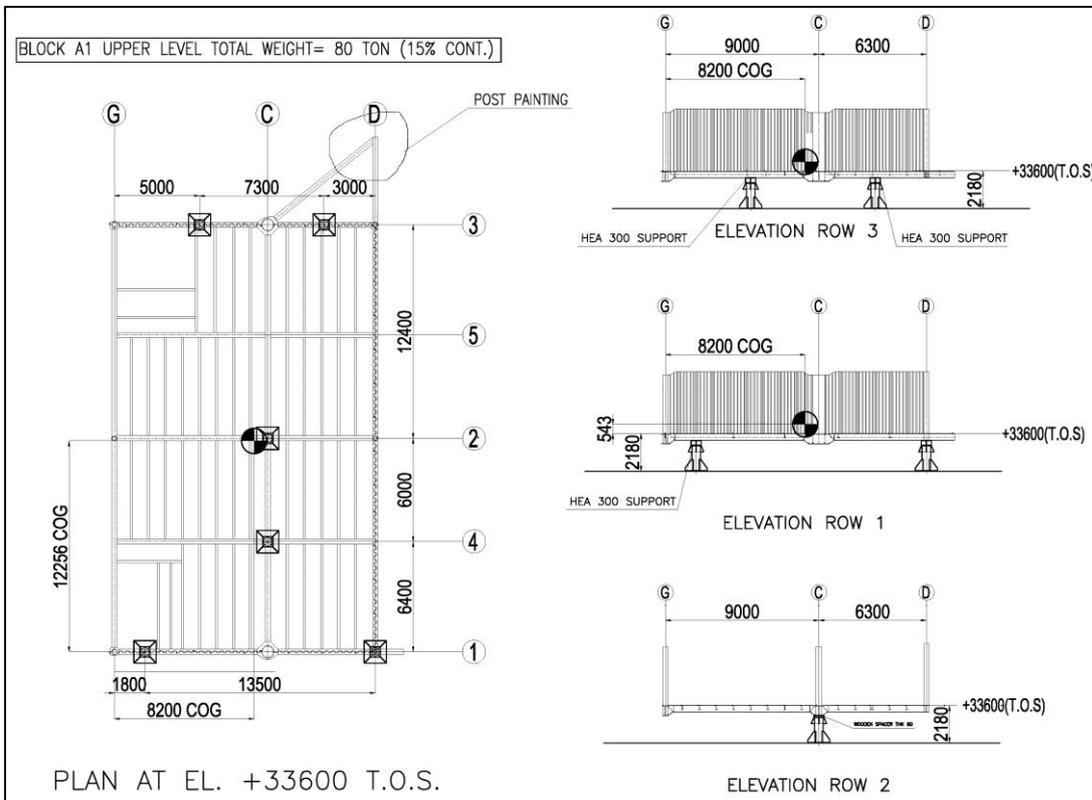
- $X_g = 9180 \text{ mm}$
- $Y_g = 12130 \text{ mm}$
- $Z_g = 425 \text{ mm}$ (origine asse Z coincidente elevazione con +29600 T.O.S)



Nel disegno costruttivo si nota che al disopra il filo 3 e sotto il filo 1 vi sono due aree della struttura con riferimento "POST PAINTING", queste due parti verranno montate appena dopo l'assemblaggio del blocco A1 con A2, quindi nei ragionamenti che si faranno per calcolare baricentro e supporti minimi di cantiere in officina e verniciatura di questo livello non si terrà conto dell'influenza che tale zona comporterà. L'idea è stata proposta dal Construction Manager che grazie alla sua esperienza e a casi simili precedentemente affrontati ha concluso che i vantaggi in termini di tempo e di comodità sono molto considerevoli, infatti manovrando un blocco con poche o nulle parti a sbalzo si necessitano di minori accorgimenti e di maggiore libertà per quanto riguarda le movimentazioni. Da notare che per quanto riguarda la supportazione minima di questo livello durante la costruzione in officina verranno considerati gli stessi punti che sono stati decisi per supportare l'intero blocco.

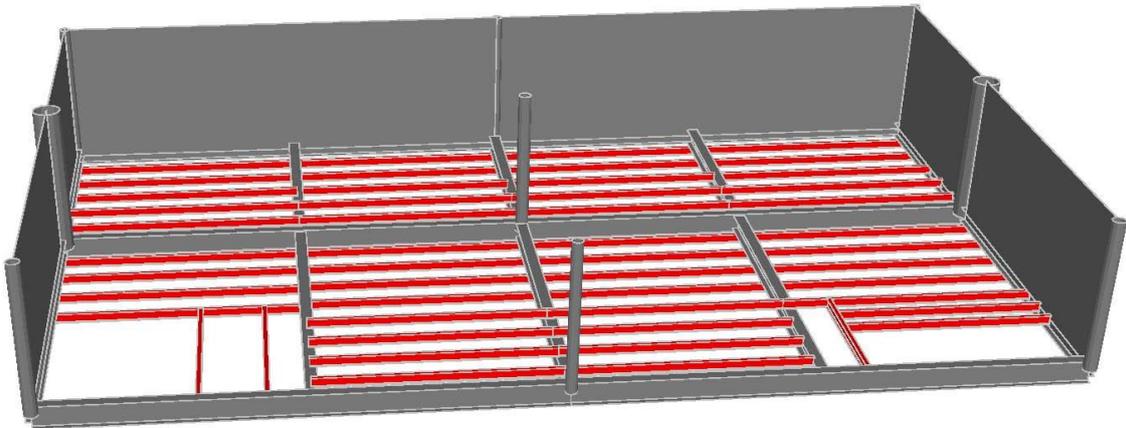
		0,006		0,006	
		4E-04	0,045	0,045	0,024
		4E-04	0,045	0,045	0,024
	0,025	4E-04	0,045	0,045	1,1E-04
	0,025	4E-04	0,045	0,045	0,045
	0,025	1E-04	0,045	0,045	0,045
	0,055	0,045	0,045	0,045	0,045
	0,055	0,045	0,045	0,045	0,045
	0,035	0,045	0,045	0,045	0,045
	0,035	0,045	0,045	0,045	0,045
	0,005	0,005	0,006	0,006	0,006
	0,055	0,045	0,045	0,045	0,055
	0,055	0,045	0,045	0,045	0,055
	0,055	1,2E-04	2,2E-04	1,2E-04	0,055
	0,055	0,045	0,045	0,045	0,055
	0,055	0,045	0,045	0,045	0,055
	0,055	0,045	0,045	0,045	0,055
			0,014		

▪ **A1 UPPER LEVEL (Livello Elevazione +33600 T.O.S)**

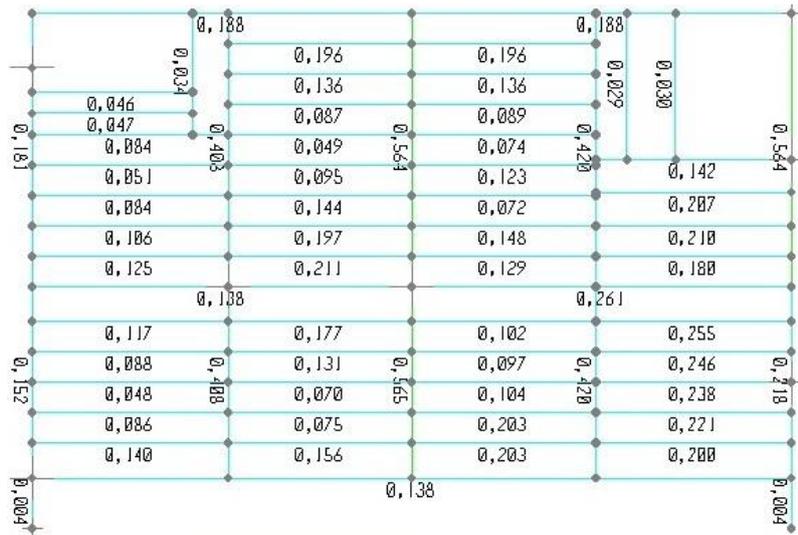


Informazioni Tecniche:

- Larghezza: 15300 mm
- Lunghezza: 24800 mm
- Peso : 80 Ton (incluso fattore di sicurezza o contingency del 15% e ricavato tramite SAP2000)
- $X_g = 8200$ mm (non giusti)
- $Y_g = 12256$ mm
- $Z_g = 543$ mm (origine asse Z coincidente elevazione +29600 T.O.S)



Anche in questo livello è presente una parte " After painting " che verrà montata poco dopo l'assemblaggio dei due blocchi quindi anche in questo caso non ne terremo conto nei calcoli.



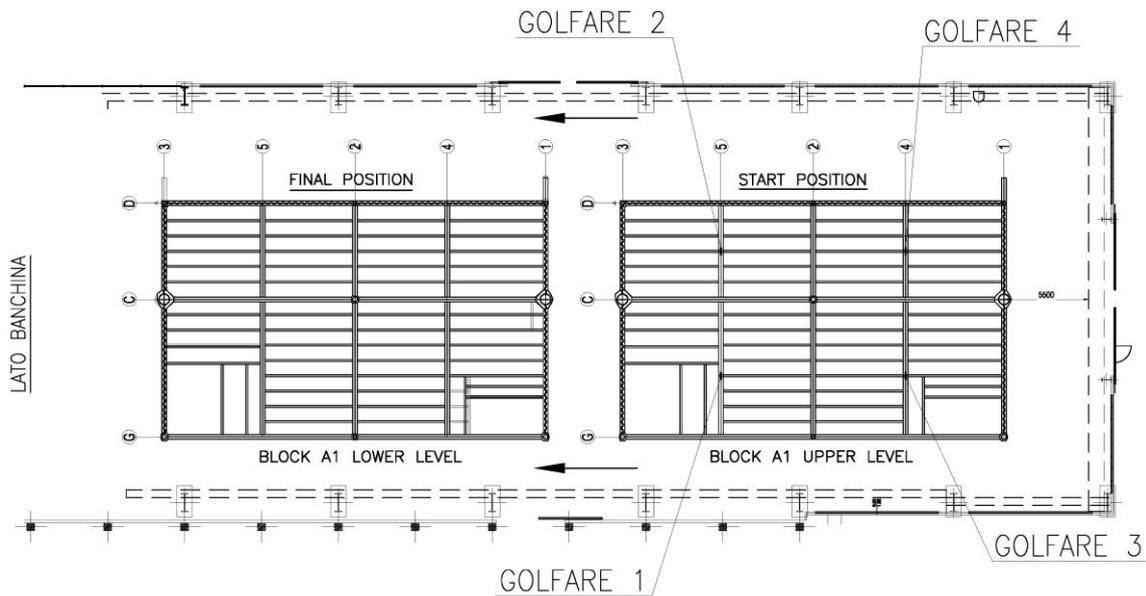
Studio Dei Sollevamenti

Precedentemente si è svolto l'intero studio della supportazione necessaria durante la sosta in cantiere e durante la costruzione dei due livelli, a questo punto occorre effettuare un'analisi dei vari step di sollevamento. L'operazione presenta qualche difficoltà, perché sia nel caso dell' Upper Level che in quello del Lower Level manca il pavimento del piano superiore che conferisce la giusta resistenza al livello perciò si devono studiare quanti e in quali punti effettuare il sollevamento per non incorrere in sollecitazioni eccessive.

Come menzionato nell'erection sequence si deve sollevare l' Upper Level e posizionarlo sul Lower Level. Il sollevamento avverrà in officina tramite carriponte andando ad individuare sulla struttura punti di sollevamento dove porre i golfari: un particolare tipo di aggancio saldato alla struttura da sollevare in cui viene fatto passare il perno di un maniglione consentendo così il sollevamento.

CAPITOLO 3

Durante il sollevamento occorre garantire una posizione orizzontale della struttura sollevata, questo per evitare la nascita di più forze con direzione diverse che comporterebbero pericoli a livello di resistenza delle funi e dei golfari ma grazie all'utilizzo dei carroporti questo problema non si pone in quanto essi sono indipendenti l'uno dal altro perciò si è sempre in grado di correggere le eventuali posizione scorrette assunte dalla struttura.

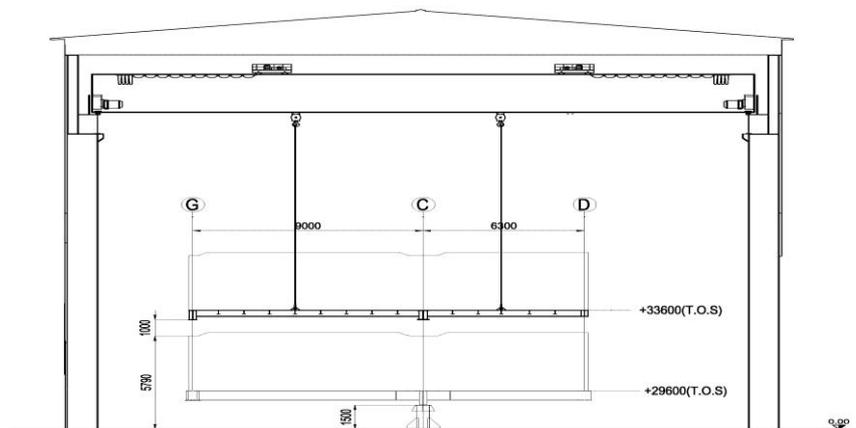


GOLFARE 1
CAPACITY 50 t
LOAD (16%CONT) 19t
RATIO 0.38

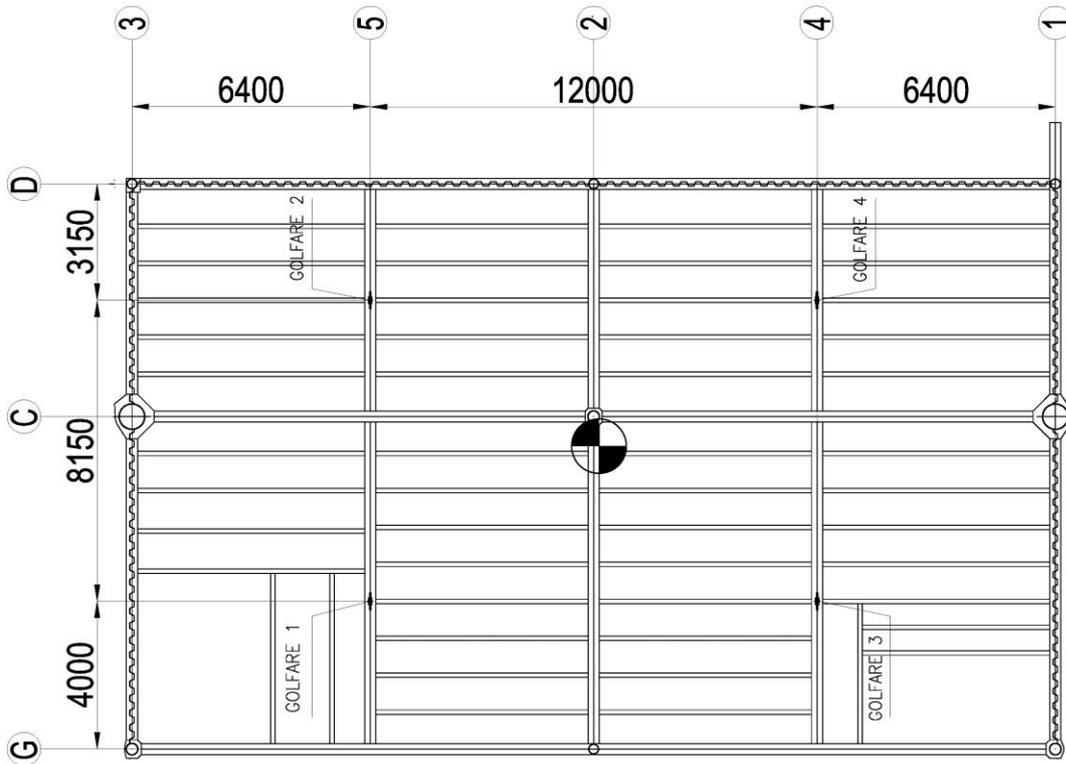
GOLFARE 2
CAPACITY 50 t
LOAD (16%CONT) 20t
RATIO 0.40

GOLFARE 3
CAPACITY 50 t
LOAD (16%CONT) 20t
RATIO 0.40

GOLFARE 4
CAPACITY 50 t
LOAD (16%CONT) 21t
RATIO 0.42



ELEVATION ROW 4/ ROW 5



Dall'analisi svolta con il Sap2000 si sono ricavati i pesi che si scaricheranno sui punti di sollevamento;

- ❖ Golfare1 = 19 Ton
- ❖ Golfare2 = 20 Ton
- ❖ Golfare3 = 20 Ton
- ❖ Golfare 4 = 21 Ton

Si termina lo studio di fattibilità andando a vincolare il modello nei punti scelti per l'imbrago dei ganci delle gru e si esegue un'analisi strutturale per assicurarsi che non vi siano condizioni di "OVERSTRESS" cioè una tensione applicata più grande di quella ammissibile dal materiale. Nel caso in cui si

verificasse questa condizione, occorrerà aggiungere alla struttura dei componenti temporanei che vadano a distribuire meglio le tensioni generate oppure si deve individuare altri punti di sollevamento.

Emulando il sollevamento dell' Upper Level con Sap2000 si ottiene :



Osservando l'immagine non sembrano esserci travi in condizioni critiche quindi la scelta effettuata risulta essere molto buona, per essere ancora più sicuri del risultato viene sempre svolta anche un'analisi manuale dei carichi in gioco nei punti di sollevamento, si è visto che i risultati rispecchiano quelli ottenuti dal SAP

In officina sono presenti quattro carriponte della portata massima di 50 Ton ciascuno, quindi considerando i pesi calcolati su ogni punto di sollevamento (massimo 21 Ton) è molto conveniente utilizzarli anche perché in questo caso l'utilizzo delle gru risulterebbe ,in termini di spazio disponibile, molto problematico in quanto non c'è abbastanza spazio libero per le varie manovre.

CARROPONTE 1

- Capacità massima 50 Ton
- Massimo carico applicato = 19 Ton
- Ratio di utilizzo = 0,38

CARROPONTE 2

- Capacità massima 50 Ton
- Massimo carico applicato = 20 Ton
- Ratio di utilizzo = 0,40

CARROPONTE 3

- Capacità massima 50 Ton
- Massimo carico applicato = 20 Ton
- Ratio di utilizzo = 0,40

CARROPONTE 4

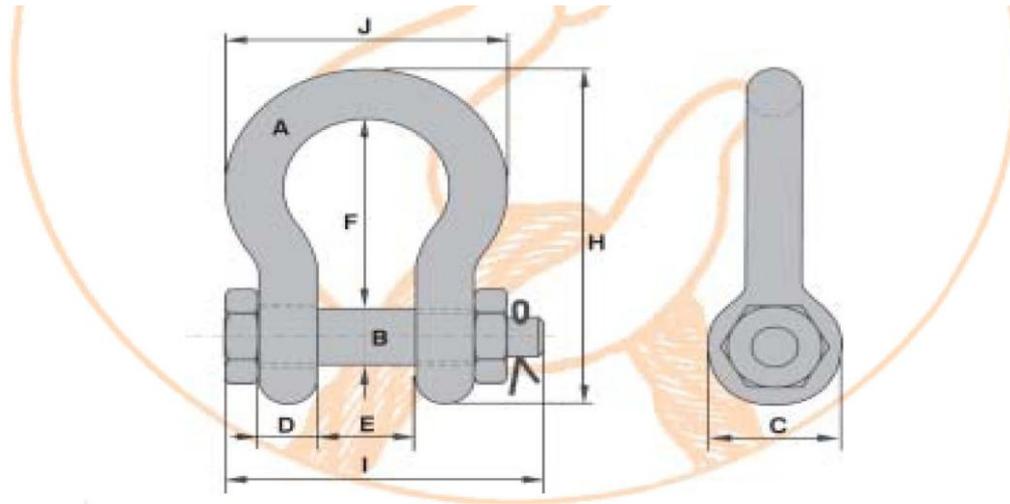
- Capacità massima 50 Ton
- Massimo carico applicato = 21 Ton
- Ratio di utilizzo = 0,42

Scelta delle funi di sollevamento

Per quanto riguarda le funi di sollevamento si è scelto di usare delle funi lunghe 8000 mm con una capacità di carico massima di 50 Ton e quindi un ratio massimo di carico pari a 0.42.

Scelta delle dimensioni del maniglione

Questo particolare tipo di aggancio è in acciaio legato ad alta resistenza con zincatura a caldo e viene scelto in base al carico massimo in gioco.



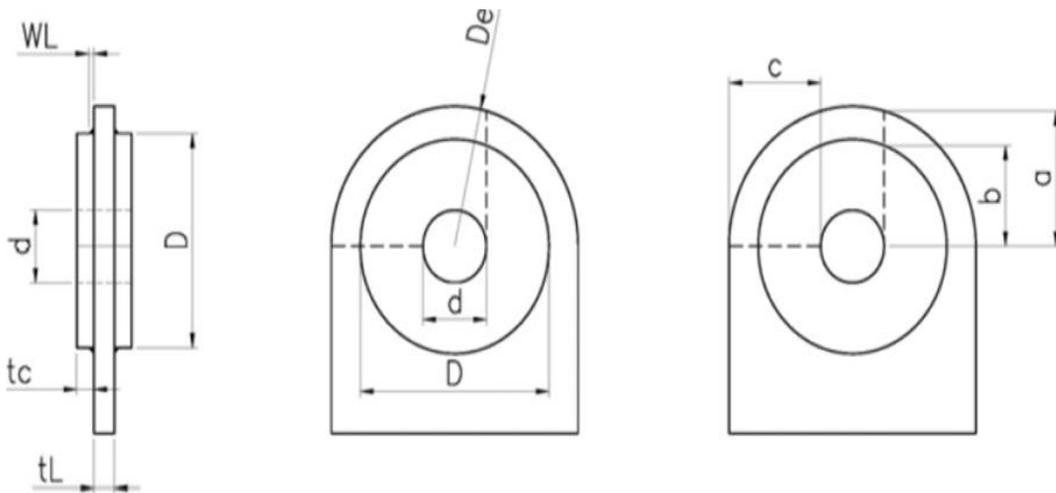
Codice	CMU	diametro staffa	diametro perno	ingombro esterno occhio	spessore occhio	luce utile al perno	luce utile interna	altezza totale	larghezza esterna con perno	larghezza esterna	peso unitario
Order code	WLL	diameter bow	diameter pin	diameter eye	width eye	width inside	length inside	length	length bolt	width bow	weight each
	t	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	F mm	H mm	I mm	J mm	kg
GOD-G-4163-0.50	0,5	7	8	17	7	12	29	54	43	37	0,06
GOD-G-4163-0.75	0,75	9	10	21	9	13,5	32	61	51	42	0,11
GOD-G-4163-1.00	1	10	11	23	10	17	36,5	71	61	49	0,16
GOD-G-4163-1.50	1,5	11	13	26	11	19	43	80	68	54	0,22
GOD-G-4163-2.00	2	13,5	16	34	13,5	22	51	91	83	63	0,42
GOD-G-4163-3.25	3,25	16	19	40	16	27	64	114	99	79	0,74
GOD-G-4163-4.75	4,75	19	22	47	19	31	76	136	115	94	1,18
GOD-G-4163-6.50	6,5	22	25	53	22	36	83	157	131	107	1,77
GOD-G-4163-8.50	8,5	25	28	60	25	43	95	176	151	124	2,58
GOD-G-4163-9.50	9,5	28	32	67	28	47	108	197	167	137	3,66
GOD-G-4163-12.00	12	32	35	74	32	51	115	218	179	154	4,91
GOD-G-4163-13.50	13,5	35	38	80	35	57	133	240	198	170	6,54
GOD-G-4163-17.00	17	38	42	89	38	60	146	262	203	183	8,19
GOD-G-4163-25.00	25	45	50	104	45	74	178	314	244	226	14,22
GOD-G-4163-35.00	35	50	57	119	50	83	197	358	270	250	19,85
GOD-G-4163-42.50	42,5	57	65	134	57	95	222	414	302	287	28,33
GOD-G-4163-55.00	55	65	70	145	65	105	260	463	330	329	39,59
GOD-G-4163-85.00	85	75	83	163	75	127	329	556	376	355	62

Il carico massimo è di circa 21 Ton per cui a vantaggio di sicurezza è stato scelto un maniglione con portata massima di 35 Ton con le dimensioni mostrate in tabella, il Ratio di utilizzo risulta 0,60.

Scelta delle dimensioni del golfare

Ora si passa a dimensionare i golfari che andranno saldati alla struttura. Generalmente non esiste un vero e proprio schema dettagliato da seguire perciò le sue dimensioni vengono stabilite con l'esperienza, poi si andrà a verificare la tenuta delle saldature del golfare con la struttura ed infine si determinerà la forza massima ammissibile. Nel nostro caso il cliente ci ha fornito delle indicazioni riguardo alla ad alcune dimensioni.





Il diametro del foro d in cui passerà il perno del maniglione deve essere minore di un diametro limite, tale valore deve essere minore di 1,05 la dimensione del perno del maniglione.

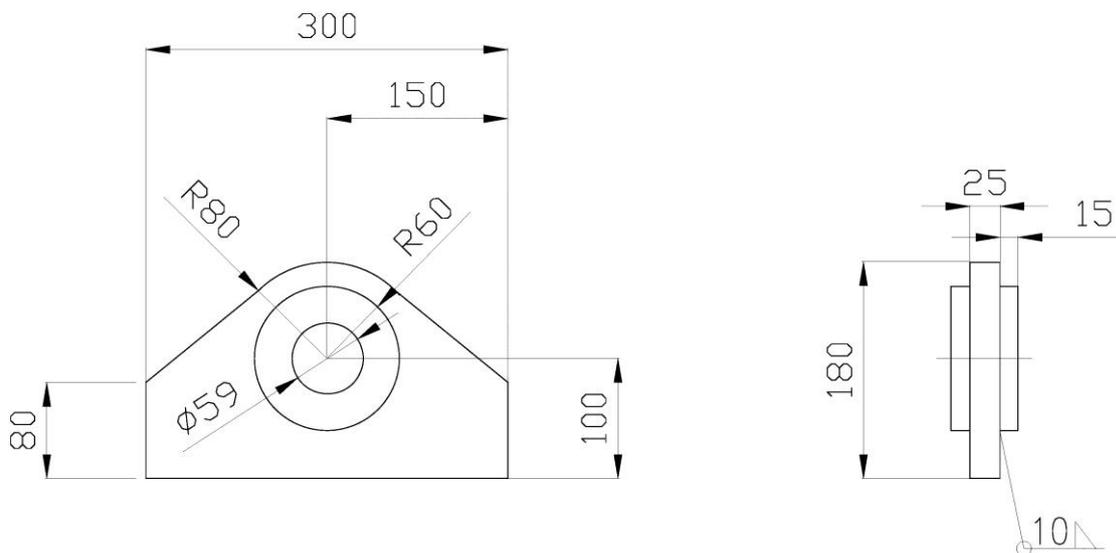
$$\frac{d_{\text{foro}}}{d_{\text{perno}}} = \frac{59\text{mm}}{57\text{mm}} = 1,035 \leq 1,05$$

Le cheek plates sono due dischi forati di acciaio che vengono saldati sul golfare precisamente nell' intorno con l'accoppiamento con il maniglione come rinforzo, normalmente con questi pesi in gioco si utilizza uno spessore della cheekplate t_c pari a 15 mm.

Tutte le altre dimensioni vengono inserite in un foglio di calcolo Excel con il quale si va a calcolare la forza massima applicabile al golfare e la si confronta con quella applicata.

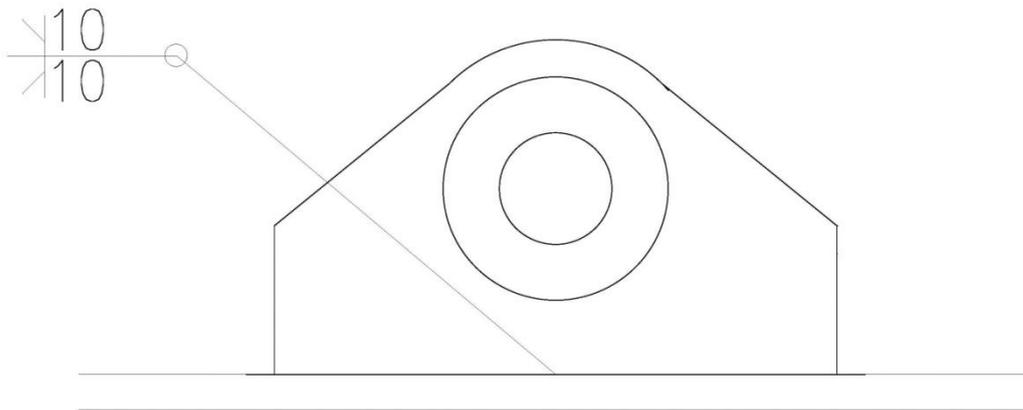
I calcoli effettuati seguono le indicazioni del Lloyd's Register of Shipping che ci dice come calcolare la forza limite applicabile ad un golfare.

PADEYES Check			
Guidance Notes for Module Lifting Criteria by Lloyd's Register of Shipping (June 83).			
Materiale	S355		
DATA	Symbol	Value	u.m.
Diametro perno	d_p	57	mm
Diametro foro	d	59	mm
Diametro Cheek Plate	D	120	mm
Diametro esterno golfare	D_e	160	mm
Saldatura Cheek Plate	W_L	10	mm
Spessore Cheek Plate	t_c	15	mm
Spessore Golfare	t_l	25	mm
Sneramento Golfare	F_y	355	N/mm ²
Fattore di sicurezza		2	
OUTPUT			
Spessore efficace Cheek Plate	t_e	12,5	mm
Verifica a Taglio	N	337	kN
Verifica a Trazione	T	388	kN
Verifica a Rifollamento	B	456	kN
Sollecitazione nella saldatura Cheek Plate	σ_s	69	N/mm ²
FORZA AMMISSIBILE	F_a	337	kN
FORZA AGENTE SUL GOLFARE	F	206	kN
RATIO DI UTILIZZO	$U.C.$	0,61	



La forza massima ammissibile applicabile al golfare risulta essere 337kN a fronte di una forza massima agente di 206 kN (21 Ton) perciò ci troviamo in condizioni di assoluta sicurezza. Per quanto riguarda la resistenza del golfare non ci sono problemi e si può passare alla verifica delle saldature tra golfare e trave.

I golfari appena dimensionati verranno sollecitati solamente da tiri verticali ma per motivi di maggior cautela andiamo a considerare che sul golfare sia applicato una forza inclinata rispetto la verticale di 5°. Ora si verificano le saldature laterali al golfare:



$$\sigma_{amm} = 0,6 \times 355 = 213 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{amm} = 0,4 \times 355 = 142 \text{ Mpa}$$

Fattore di sicurezza : 1,5

$$\text{Area saldatura utile : } 18 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} = 5400 \text{ mm}^2$$

$$\text{Modulo resistenza a flessione } W_f = 270.000 \text{ mm}^3$$

$$\text{Carico} = 21 \times 1.50 = 31,5 \text{ Ton}$$

$$H = 31,5 \times \sin(5^\circ) = 2,8 \text{ Ton (Componente Orizzontale)}$$

$$V = 31,5 \times \cos(5^\circ) = 31,5 \text{ Ton (Componente Verticale)}$$

$$M = (2,8 \times 100) = 280 \text{ Ton} \cdot \text{mm (Momento applicato alla saldatura)}$$

$$\tau_H = (2,8 \times 9810) / (300 \times 18) = 5,1 \text{ MPa (Sforzo Tangenziale)}$$

$$\sigma_V = (31,5 \times 9810) / (300 \times 18) = 57 \text{ MPa (Sforzo Normale)}$$

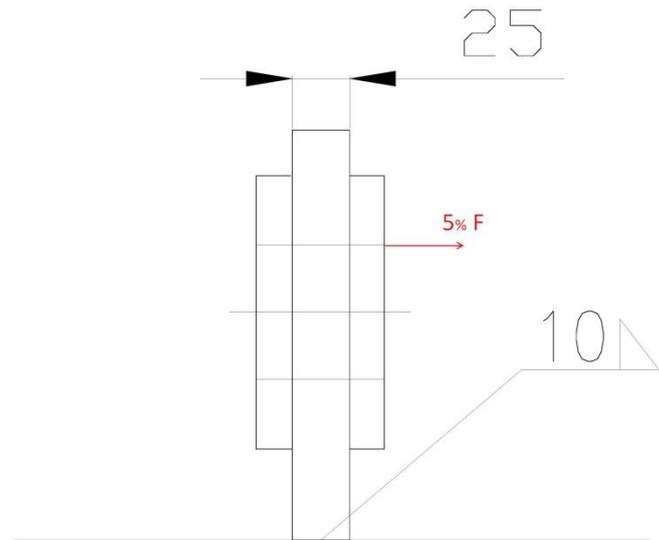
$$\sigma_M = [(280 \times 9810) / 270.000] = 10 \text{ MPa (Sforzo dovuto al momento)}$$

$$\sigma_{TOT} = \sigma_V + \sigma_M = 67 \text{ MPa (} \sigma \text{ Totale)}$$

$$\sigma_{TOT} < \sigma_{amm} \longrightarrow 67 \text{ Mpa} < 213 \text{ Mpa} \quad \text{OK!!!!}$$

$$\tau_H < \tau_{amm} \longrightarrow 5,1 \text{ Mpa} < 142 \text{ Mpa} \quad \text{OK!!!}$$

Per quanto riguarda le saldature in testa e al piede del golfare si considera una forza applicata come in figura con un'intensità pari a 5% del tiro che è applicato ;



$$\sigma_{amm} = 0,6 \times 355 = 213 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{amm} = 0,4 \times 355 = 142 \text{ Mpa}$$

Fattore di sicurezza : 1,5

$$\text{Area saldatura utile in testa: } 14 \text{ mm} \times 25 \text{ mm} = 350 \text{ mm}^2$$

$$\text{Area saldatura utile al piede: } 14 \text{ mm} \times 25 \text{ mm} = 350 \text{ mm}^2$$

Essendo il golfare perfettamente simmetrico rispetto la verticale si avrà che sulle due saldature verrà scaricata la stessa forza.

$$N = (31,5) \times 0,05 = 1,6 \text{ Ton (Componente Orizzontale)}$$

$$Mo = 1,6 \times (100 + 29,5) = 208 \text{ Ton} \times \text{mm (Momento)}$$

$$\tau N = \left[1,6 \times 9810 \times (150 / 300) \right] / (14 \times 25) = 22,5 \text{ MPa (Sforzo Tangenziale)}$$

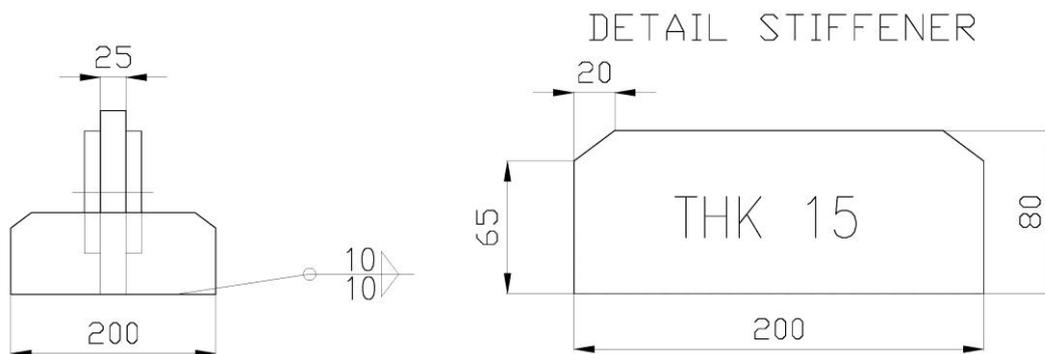
$$\sigma Mo = [208 \times 9810 \times (150 / 300)] / [(1/12) \times 25^3 \times 14] \times (25 / 2) = 700 \text{ MPa}$$

(Sforzo dovuto al momento)

$$\sigma Mo < \sigma_{amm} \longrightarrow 700 \text{ MPa} < 213 \text{ Mpa}$$

NON AMMISSIBILE

Abbiamo ottenuto una $\sigma > \sigma_{amm}$ quindi la saldatura che stiamo verificando non è idonea. Per rendere gli sforzi ammissibili si può utilizzare un rinforzo saldato (STIFFENER) sul piede e testa del golfare in modo così da aumentare l'area di saldatura e quindi avere una tensione minore sulla sezione della saldatura stessa.



$$\text{Area saldatura utile in testa: } 14 \text{ mm} \times 200 \text{ mm} = 2800 \text{ mm}^2$$

$$\text{Area saldatura utile al piede: } 14 \text{ mm} \times 200 \text{ mm} = 2800 \text{ mm}^2$$

$$N = (31,5) \times 0,05 = 1,6 \text{ Ton (Componente Orizzontale)}$$

$$Mo = 1,6 \times (100 + 29,5) = 208 \text{ Ton} \times \text{mm (Momento)}$$

$$\tau N = [1,6 \times 9810 \times (150 / 300)] / (14 \times 200) = 2,8 \text{ MPa} (\text{Sforzo tangenziale})$$

$$\sigma Mo = [208 \times 9810 \times (150 / 300)] / [(1/12) \times 200^3 \times 14] \times (200 / 2) = 11 \text{ MPa}$$

$$\sigma Mo < \sigma_{amm} \longrightarrow 11 \text{ MPa} < 213 \text{ Mpa} \quad \text{OK!!!}$$

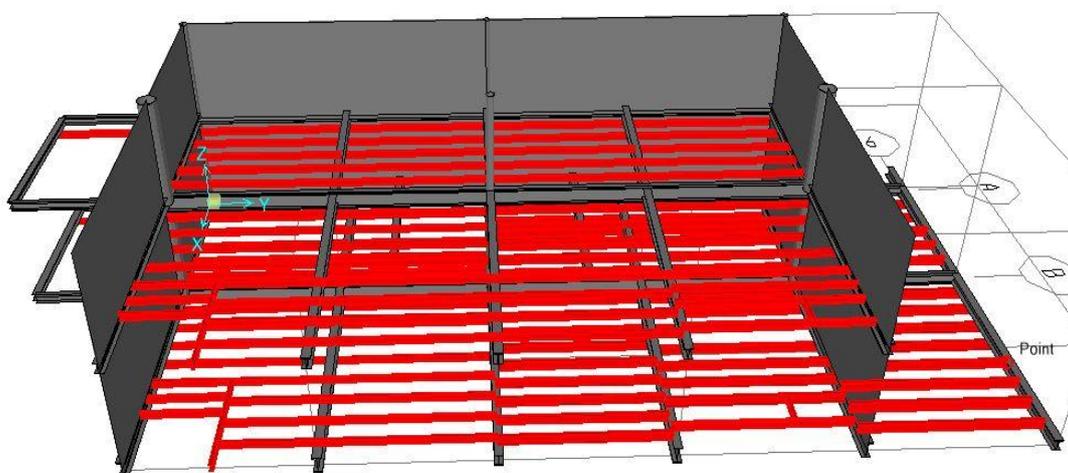
$$\tau N < \tau_{amm} \longrightarrow 2,8 \text{ Mpa} < 142 \text{ Mpa} \quad \text{OK!!!}$$

Le saldature sono state verificate è si può quindi consegnare al reparto produzione il disegno costruttivo del golfare.

CAPITOLO 4

BLOCCO A2

Il secondo blocco che verrà costruito in officina è il blocco A2. Come morfologia della struttura è molto simile al blocco A1, è composto anche questo in due livelli ed anche i pesi in gioco sono molto simili. Di seguito verranno illustrati gli studi necessari che l'ufficio dovrà svolgere per la costruzione del blocco A2 con l'obiettivo di fornire tutti i risultati e le indicazioni necessarie per le operazioni di cantiere.



CAPITOLO 4

Larghezza: 15050 mm

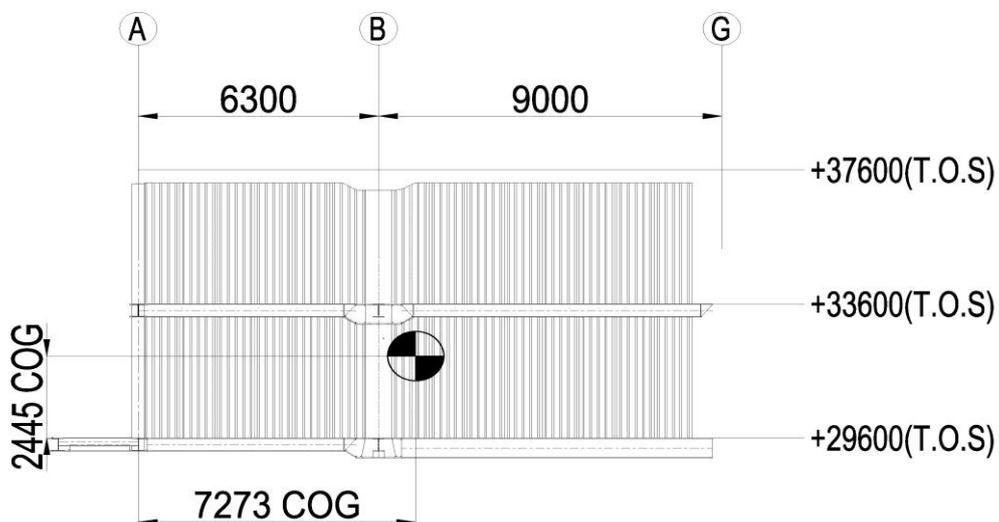
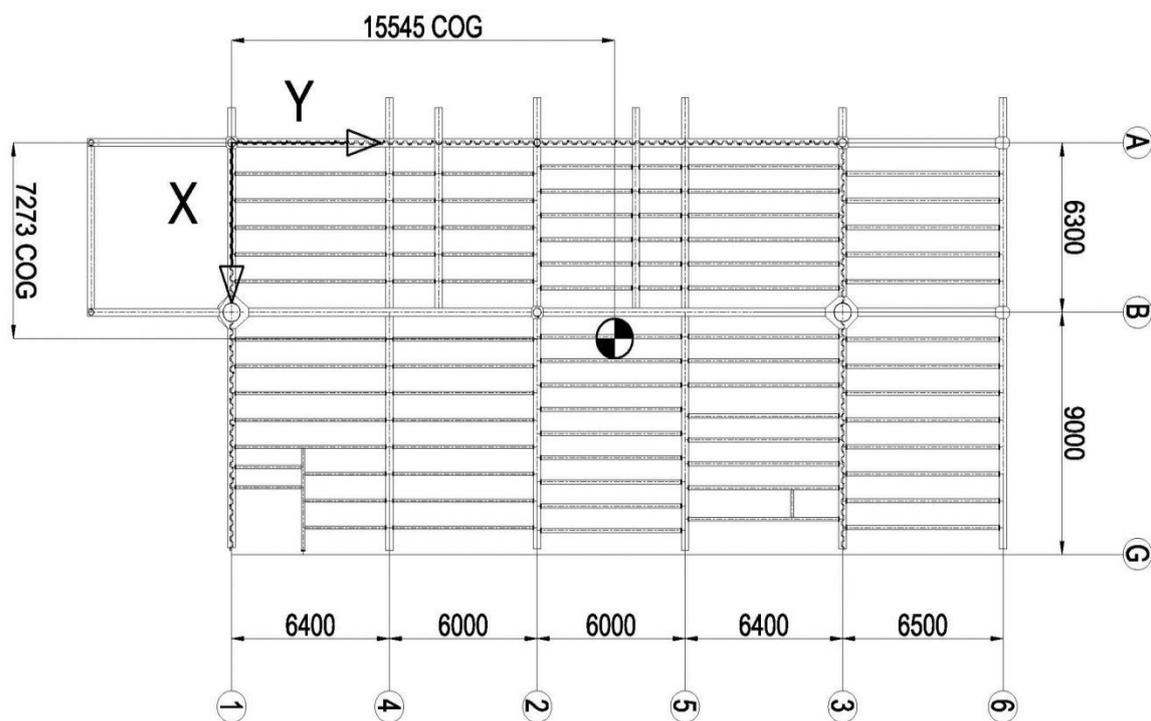
Lunghezza: 37000 mm

Peso : 178 Ton (incluso fattore di sicurezza o contingency de 15% e ricavato tramite SAP2000)

$X_g = 7273$ mm

$Y_g = 15545$ mm

$Z_g = 2445$ mm (origine asse Z coincidente elevazione +29600 T.O.S)



La particolarità di questo blocco sta nel fatto che sul filo G (sia a livello +29600 T.O.S che a +23600 T.O.S) non abbiamo le travi lungo la direzione Y questo ci comporta di avere le travi a " sbalzo " tra il filo B e G con prevedibili problemi di frecce troppo elevate che ci obbligheranno ad utilizzare rinforzi temporanei.

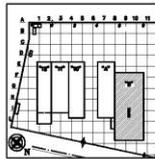
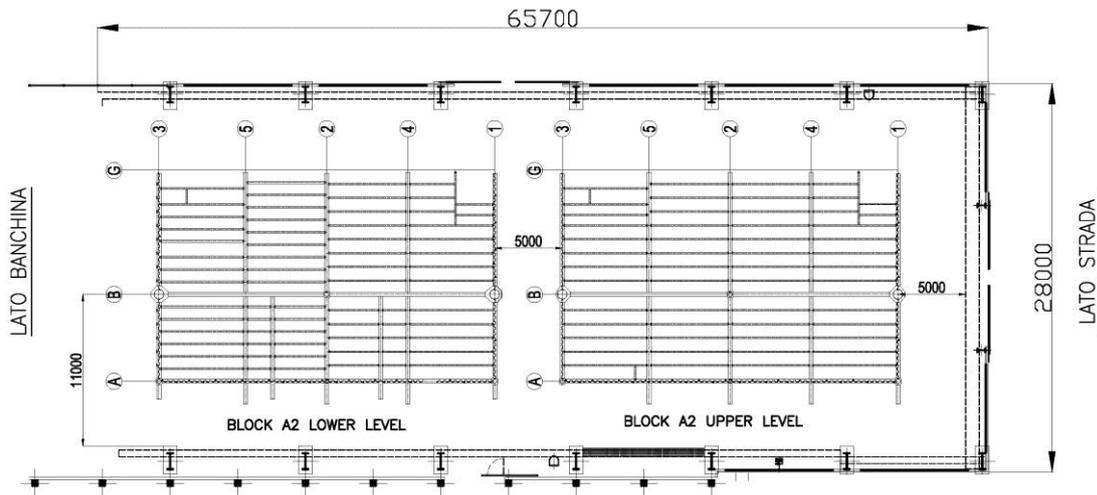
Erection Sequence

Il blocco A2 è composto da due livelli (Elevazione +29600 T.O.S " Lower Level " ed Elevazione +33600 T.O.S " Upper Level "), anche per questa seconda parte si può procedere dividendo il sub-assembly in due parti che verranno costruite contemporaneamente vicine ad un'altezza dal suolo del cantiere tale da rendere i costi di saldatura e lavorazione più bassi possibile e contemporaneamente essere compatibile con le altezze utili ai carrelloni. Viste le dimensioni simili al blocco precedentemente esaminato anche in questo caso a costruzione ultimata i due livelli verranno assemblati assieme, movimentati in reparto verniciatura per poi sostare in cantiere nell'attesa dell'assemblaggio con il blocco A1.

STEPS: Si inizia a costruire il Lower Level all'interno dell'officina nel lato banchina mentre il piano Upper Level in quello lato strada. Si vanno a porre gli opportuni Totem nei punti indicati, si posizionano sopra le travi primarie, si saldano quelle secondarie e le colonne infine si saldano le lamiere corrugate. Finita la costruzione dei due piani si solleva il piano Upper Level e lo si posiziona sul piano inferiore, si completano i dovuti collegamenti fra le due parti ed infine si solleva il tutto sui carrelloni e movimentato verso il capannone di verniciatura. Finite le operazioni di sabbiatura/verniciatura si carica nuovamente il blocco sui carrelloni e lo si andrà a posizionare nell'area di cantiere vicino al blocco A1.

CAPITOLO 4

Tenendo conto di tutti i vincoli dovuti alle capacità delle attrezzature e delle dimensioni della struttura da costruire è stato imposto il layout dell'officina come segue :



POSIZIONE LOWER LEVEL E
UPPER LEVEL IN OFFICINA

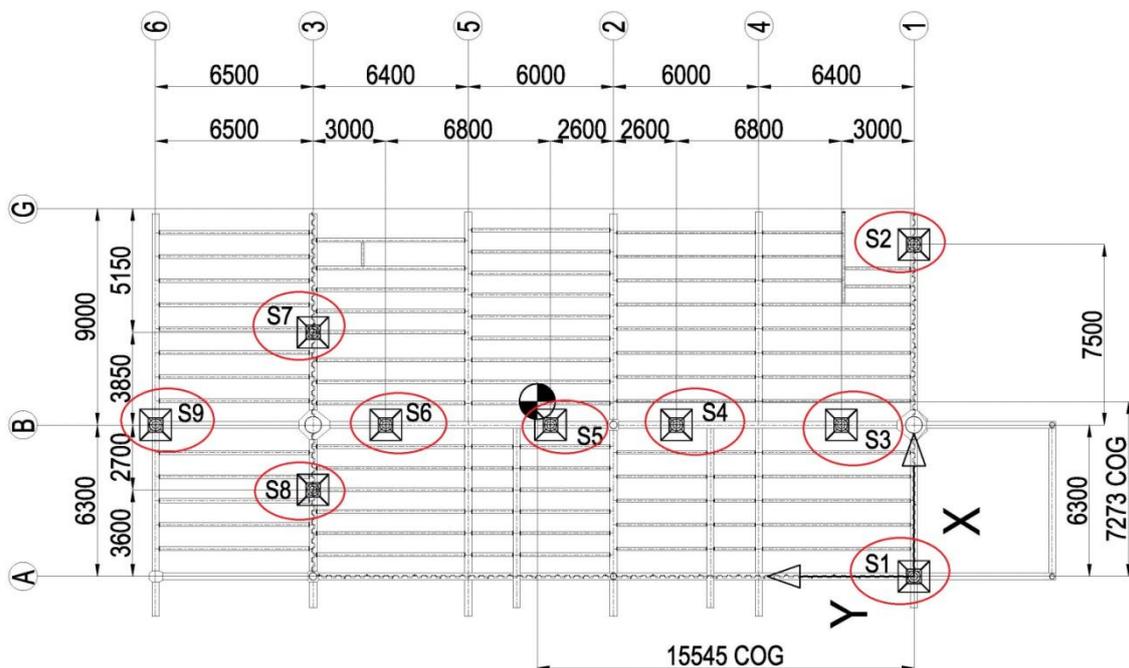
Anche in questo caso si ripete la disposizione decisa per il blocco A1 così appena sarà conclusa la costruzione dei due livelli si procederà immediatamente al sollevamento dell' Upper Level sul Lower Level liberando così la parte d'officina sul lato strada in cui sarà possibile iniziare la costruzione del subassembly successivo.

Studio Delle Supportazioni Di Cantiere

Blocco A2

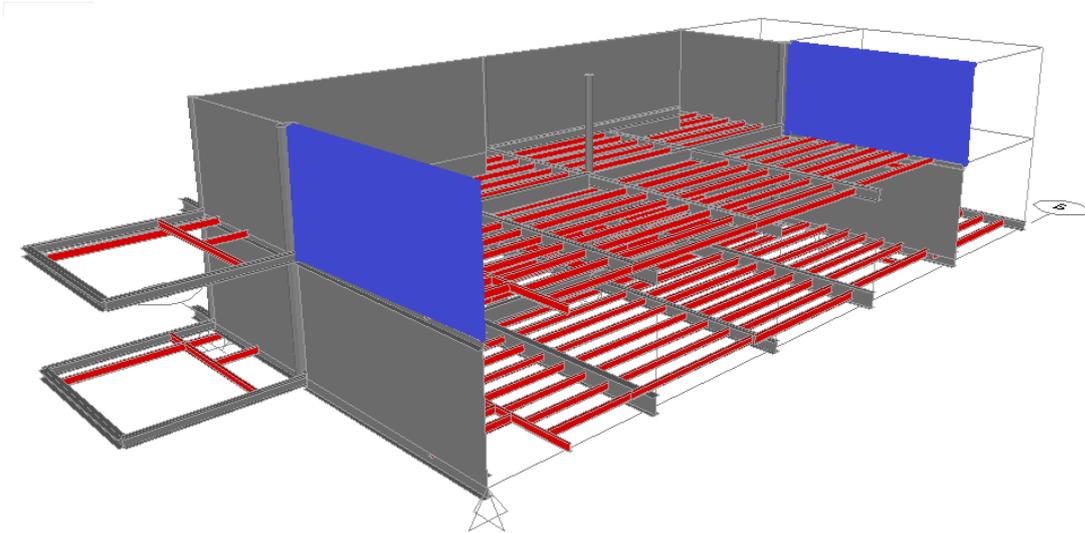
Si procede ora ad affrontare lo studio per le supportazioni temporanee in officina, capannone verniciatura e in cantiere. Tenendo conto della disponibilità residua delle attrezzature si andranno ad utilizzare nuovamente dei Totem.

Dopo una serie di valutazioni riguardante la struttura sono stati individuati come prima opzione sei punti per i supporti :



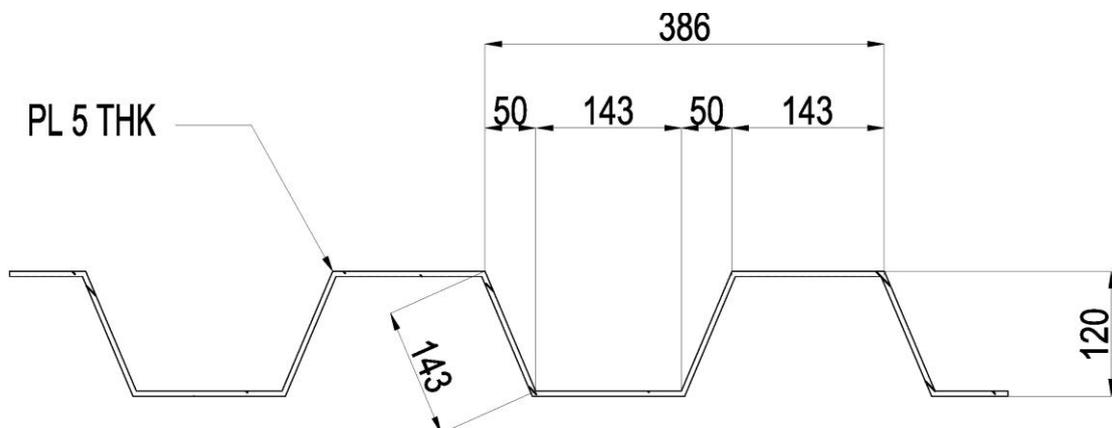
Durante l'analisi della struttura, il Sap2000 ci ha segnalato che il programma non è in grado di stabilire il comportamento di alcune parti. Gli elementi che

molto probabilmente infastidiscono il programma sono le due grecate tra il filo B e G ed esattamente in fila 1 e 6 come è mostrato in figura colorate di blu.



Il motivo lo si può ricercare nel fatto che le due lamiere corrugate sono vincolate solamente in due lati e per questo motivo il programma trova difficoltà a calcolarne le deformazioni. Per cercare comunque di essere il più possibile fedeli alla realtà le grecate evidenziate in blu sono state sostituite con un a carico uniformemente distribuito agente sulla trave sottostante.

Per calcolare l'entità da applicare si calcola il carico distribuito del corrugato come se fosse una lastra piana e poi lo si moltiplica per un coefficiente maggiorativo K che tiene conto della vera sezione del corrugato.



Prendendo come riferimento il passo del corrugato ovvero 386 mm;

Perimetro come se fosse lastra piana : 386 mm

Perimetro tenendo conto della vera sezione :

$$130 + 143 + 130 + 143 = 546 \text{ mm}$$

Individuati i due perimetri si può ora calcolare il coefficiente K:

$$K = 546\text{mm} / 386\text{mm} = 1,41$$

Peso come se fosse lamiera piana :

$$7850 \text{ Kg} / \text{m}^3 \times (0,005\text{m} \times 9\text{m} \times 4\text{m}) = 1413 \text{ Kg}$$

Peso tenendo conto della vera sezione del corrugato :

$$1413 \text{ Kg} \times 1,41 = 1993 \text{ Kg}$$

$$\text{Carico distribuito uniforme} = 1993\text{Kg} / 9\text{m} = 221 \text{ Kg} / \text{m}$$

Quindi nel modello si andrà a sostituire al posto della lamiera un carico distribuito pari a 221 Kg/m.

Tramite SAP2000 si sono calcolati i carichi che si scaricheranno sui Totem:

S1 = 10 Ton

S2 = 3,5 Ton

S3 = 42 Ton

S4 = 28 Ton

S5 = 32,5 Ton

S6 = 23 Ton

S7 = 18 Ton

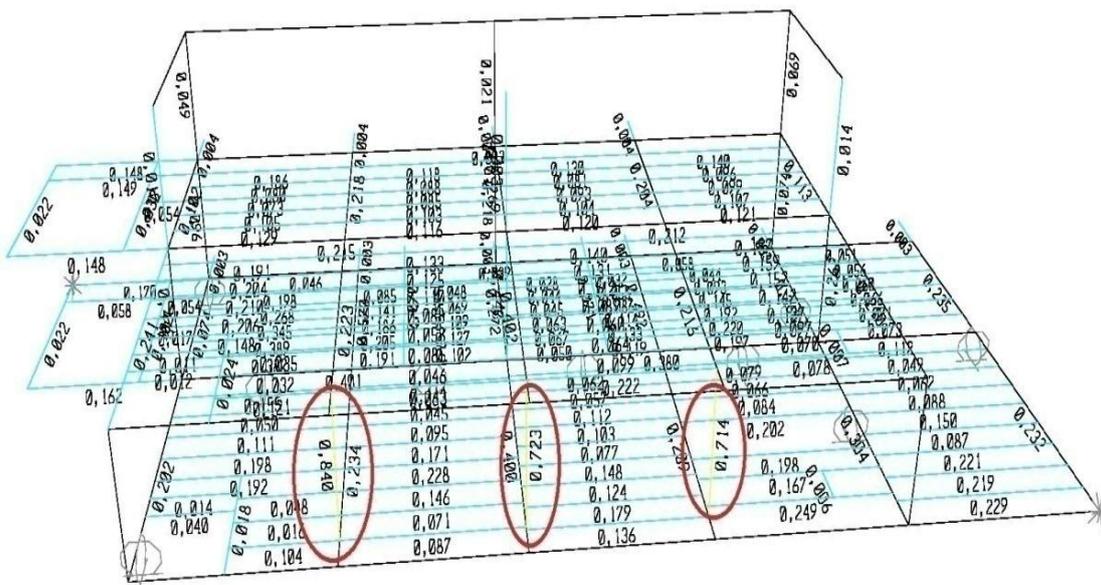
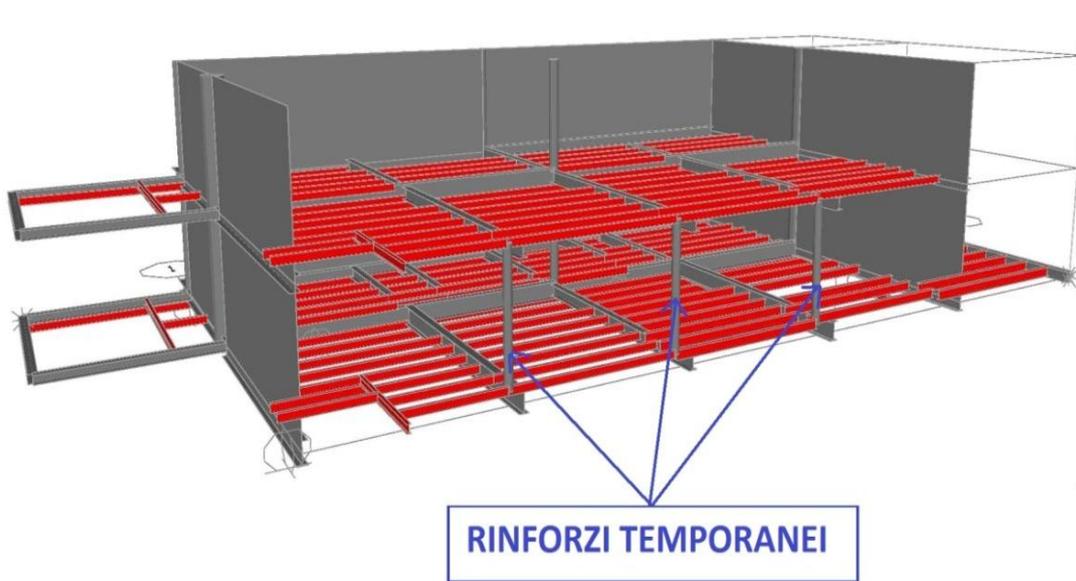
S8 = 12 Ton

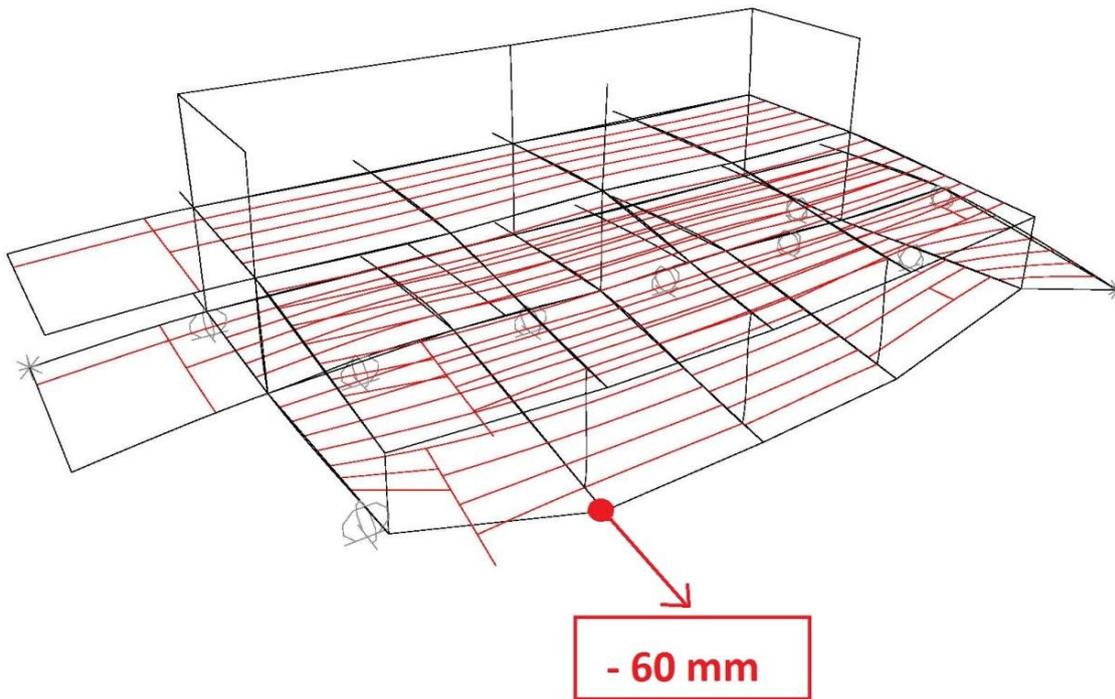
S9 = 9 Ton

Peso Totale: 178 T (15% cont. Inc)

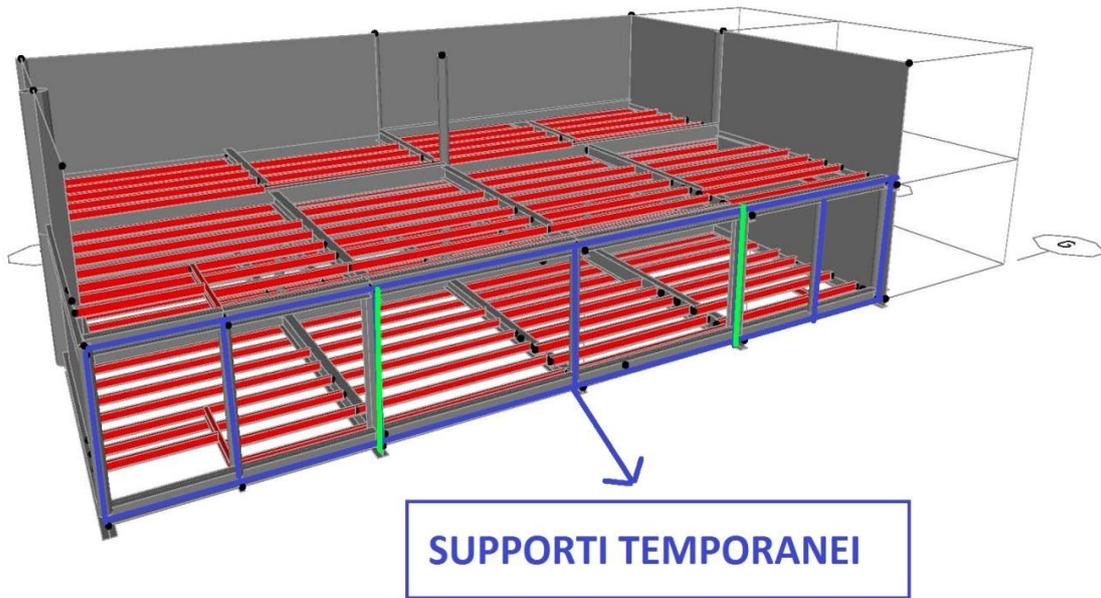
della lunghe parti a sbalzo si ha uno spostamento massimo di un punto pari a 120 mm che è ben lontano dallo spostamento massimo consentito di circa 80 mm, bisognerà perciò aggiungere dei rinforzi temporanei alla struttura da eliminare dopo l'assemblaggio con il modulo A1.

Come primo possibile rimedio si potrebbero utilizzare delle colonne poste vicino alla fila G in modo da contenere la freccia delle travi a sbalzo e consentire l'assemblaggio con il blocco A1:

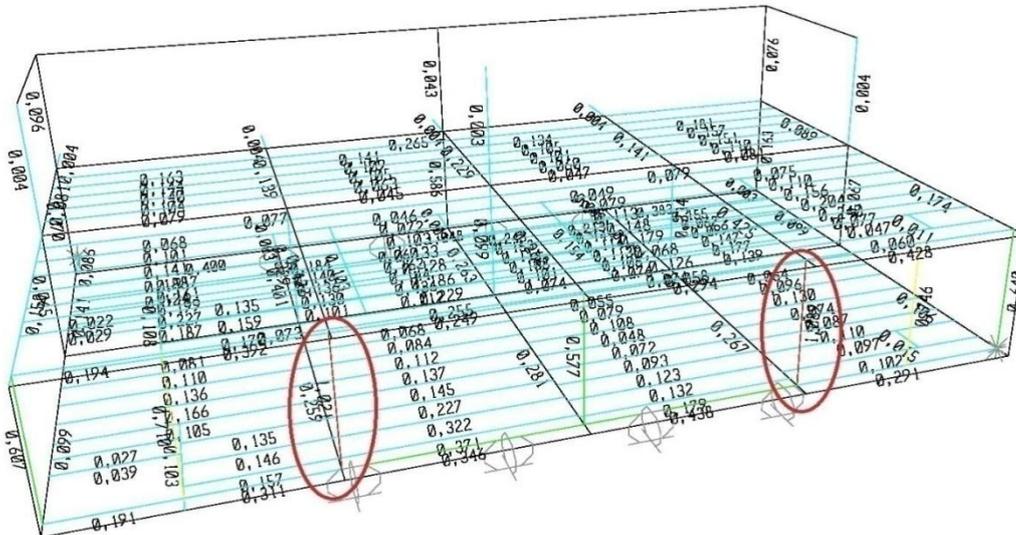




I ratio e le deformazioni sono all'interno dei range prestabiliti. La fase più critica però è durante la movimentazione in cui vengono utilizzati i carrelloni , quindi anche in per questo blocco prima di affrontare le verifiche dei supporti è necessario assicurarsi che la struttura resista durante le movimentazioni necessarie. In questo caso ci limiteremo soltanto a inserire il diagramma dei Ratio e delle deformazioni in quanto le movimentazioni verranno trattate in seguito

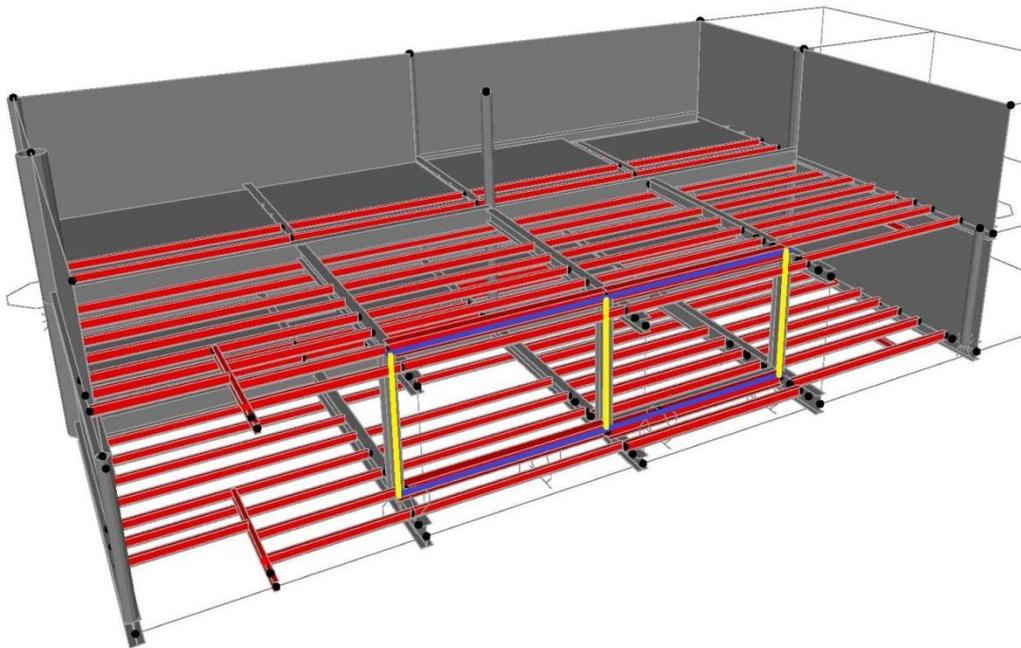


In blu sono evidenziato i rinforzi con travi HEA400 mentre in verde sono travi HEB400. Nonostante il gran numero di rinforzi utilizzati i ratio sono inaccettabili;

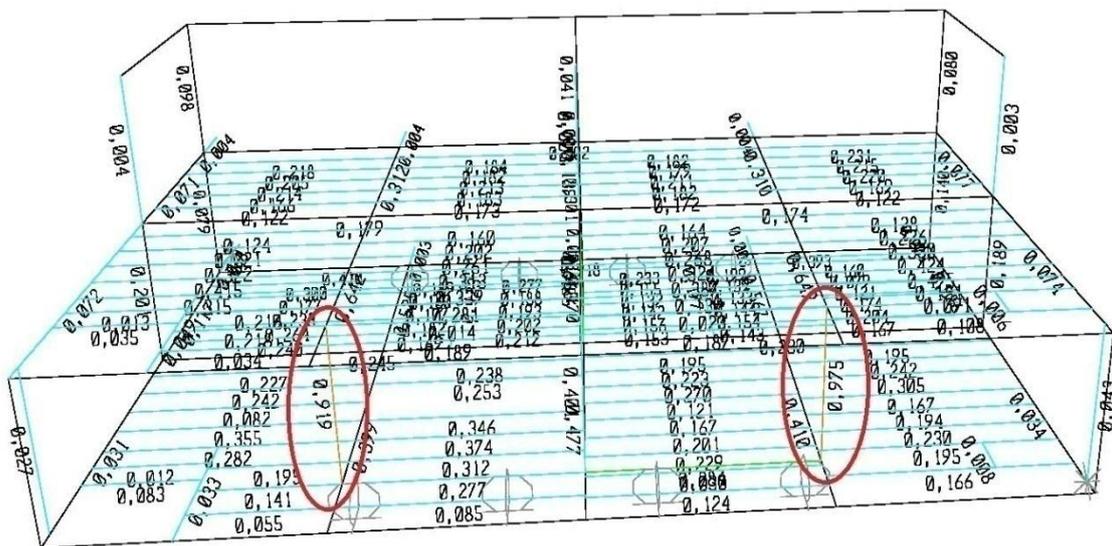


Come si può vedere in figura sopra vi sono due travi temporanee che sono troppo sollecitate quindi bisognerà trovare un'altra configurazione.

Dopo vari tentativi si è ottenuta questa configurazione:

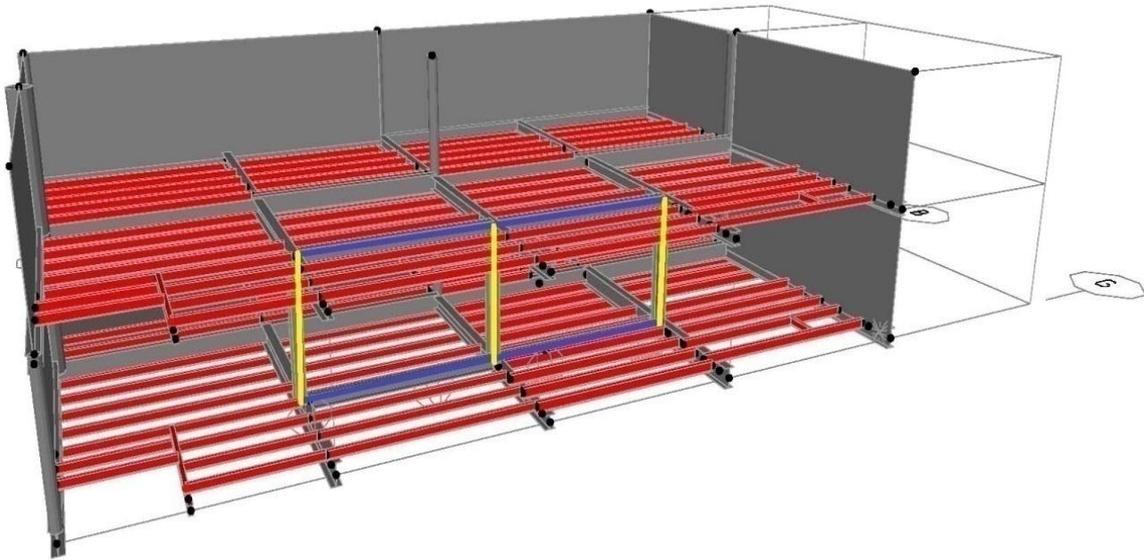


In questo caso i rinforzi in numero sono molti di meno e sono applicati in una zona centrale. Quelle in blu sono travi HEA 400 mentre in giallo sono HEB 400.

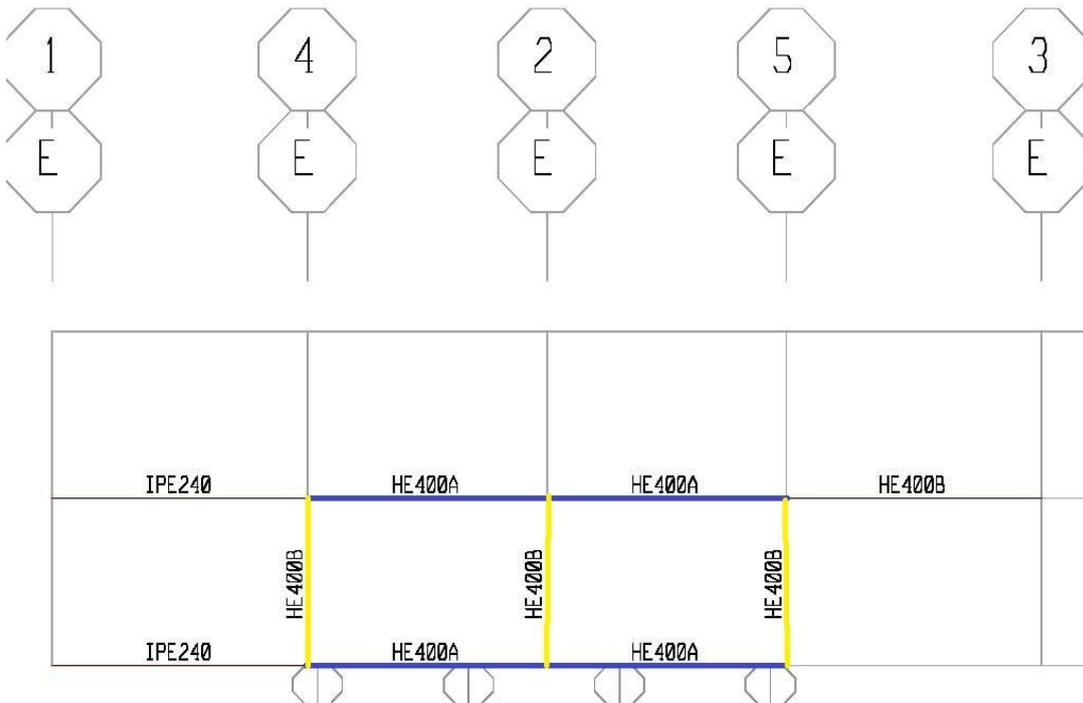


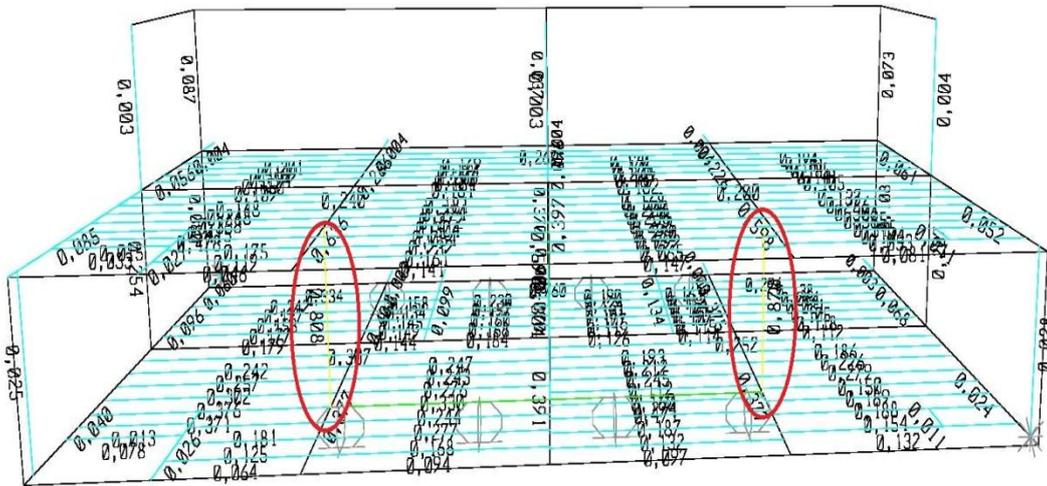
I ratio sono ancora troppo alti .

Facendo altri tentativi si è arrivati a questa configurazione che differisce dalla precedente solamente per la distanza dove porremo i carrelli. Sta volta a 4000 mm dalla fila G;

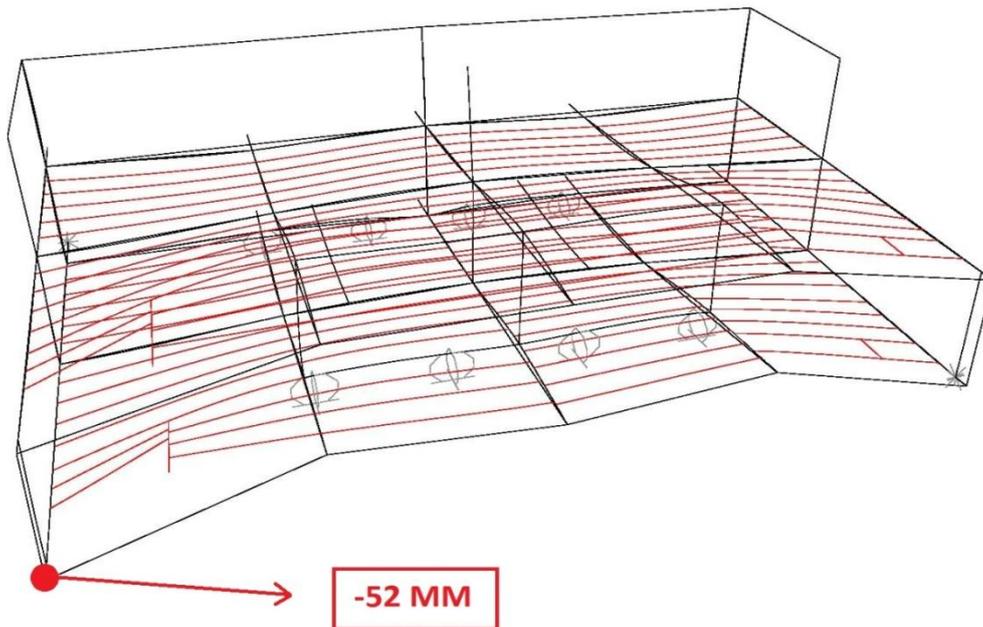


Le travi in blu sono HEA 400 mentre in giallo sono HEB 400.





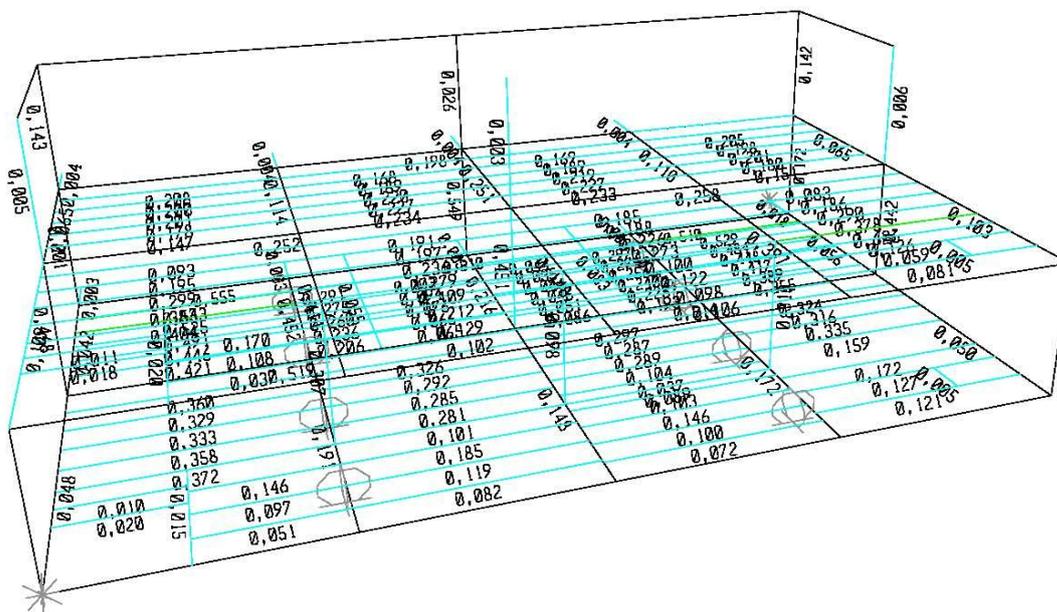
I due ratei massimi sono 0,808 e 0,870 minori di 0,9 quindi accettabili.
Mentre le deformazioni sono:



Ratio Max : $0,87 < 0,9$

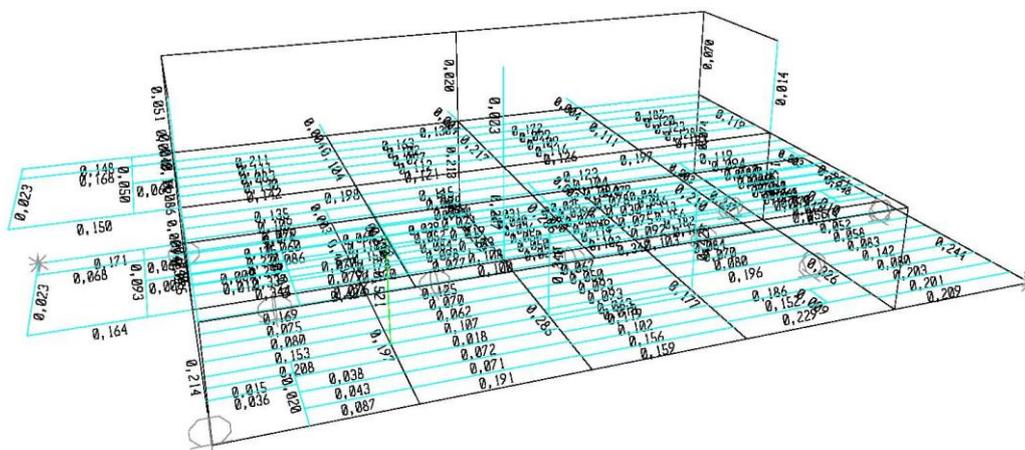
Deformazione Max: $52 \text{ mm} < 80 \text{ mm}$

Per la seconda tipologia di movimentazione prevista per questo blocco i ratio sono:



Ed una deformazione massima di 31 mm.

Dopo aver verificato che durante la movimentazione la struttura regge, si va a verificare per ulteriore sicurezza se la struttura maggiorata ora dei nuovi temporanei resista ancora supporti di cantiere. Si può affermare che quasi sicuramente resisterà in quanto normalmente la fase più critica è la movimentazione perché non abbiamo una limitata libertà di scelta per quanto riguarda il numero di punti e le posizioni di appoggio sui carrelloni.



Quindi con questa nuova disposizione dei rinforzi temporanei la struttura resiste in tutti i casi possibili.

A causa dei rinforzi temporanei il peso totale è variato:

S1 = 9 Ton	}	Peso Totale: 183 T (15% cont. Inc)
S2 = 5 Ton		
S3 = 47 Ton		
S4 = 24 Ton		
S5 = 30 Ton		
S6 = 27 Ton		
S7 = 10 Ton		
S8 = 21 Ton		
S9 = 10 Ton		

Xg = 7421 mm

Yg = 15500 mm

Zg = 2390 mm (origine asse Z coincidente elevazione +29600 T.O.S)

Studio Supportazioni Minime

Ora si passa alla verifica dei Totem.

Dall'analisi dei carichi risulta che il punto maggiormente sollecitato è il **S3 con 47 Ton.**

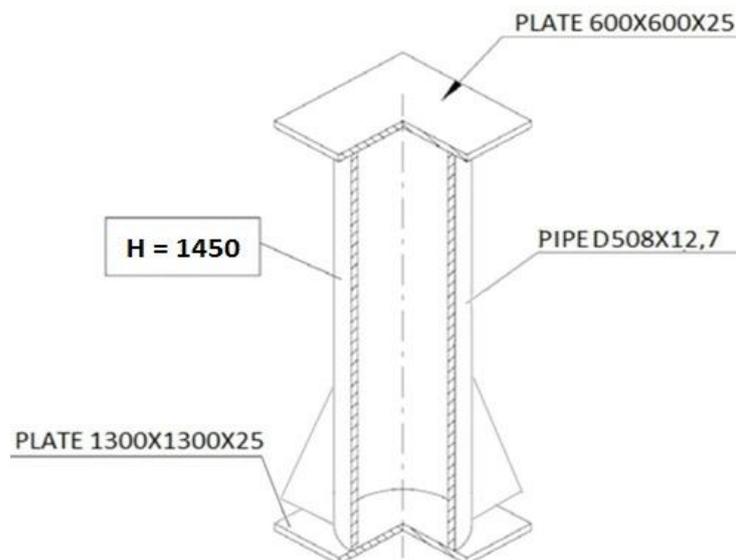
Per poter saldare il blocco A1 con il blocco A2 le due strutture devono essere alla stessa altezza dal suolo così che tutti i riferimenti fondamentali siano coincidenti, si dovrà quindi studiare anche per il blocco A2 una

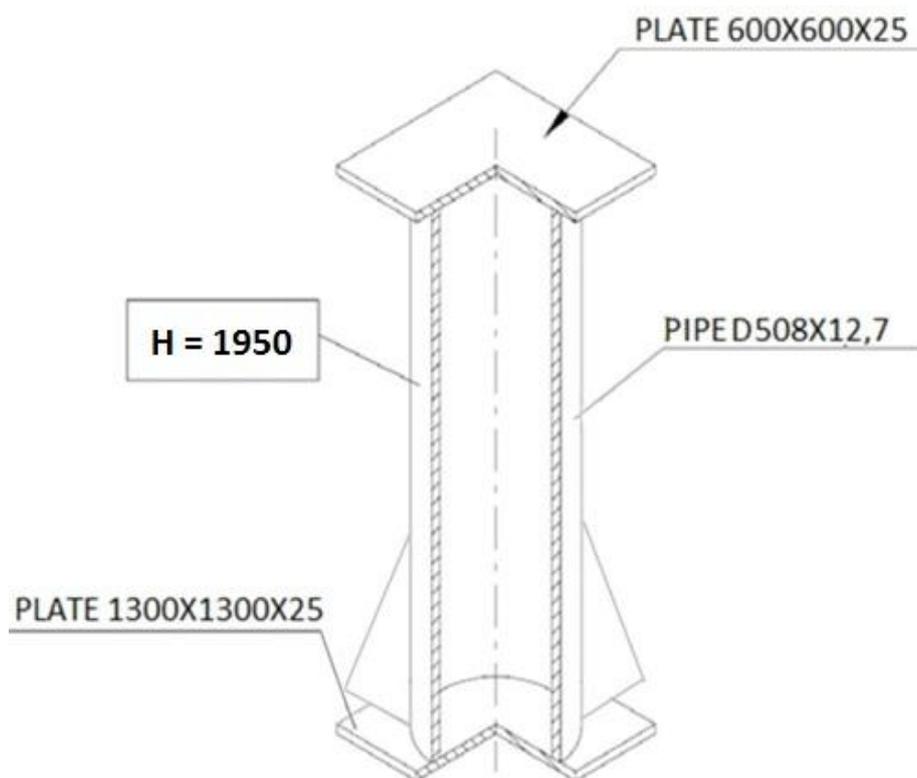
supportazione di cantiere tale da far risultare tra suolo ed El +29600 T.O.S un'altezza di 2390 mm come nel caso del blocco A1.

Alcuni nodi ed alcune travi sono differenti dal caso precedente quindi si è studiato un nuovo modo per la supportazione, ora abbiamo alcune travi della struttura che sono delle HEB 400 diverse dalle HEB 600 del blocco A1.

Vista l'ampia disponibilità dei tipi di Totem utilizzati precedentemente si cercherà di utilizzarli anche in questo caso ove è possibile e dove sarà necessario si andranno a porre degli spessori per mantenere in equilibrio la struttura e raggiungere l'altezza stabilita.

Andando a riutilizzare pezzi di trave HEA 300, si è deciso che nei punti di sollecitazione S1,S2,S3,S4,S5,S6,S7 ed S9 (dopo aver montato le parti After Painting)si utilizzerà un Totem più una trave HEA 300 come spessore mentre in S1 e S8 si useranno dei Totem di altezza 2000 mm (stesse dimensioni degli altri usati in precedenza ovviamente l'unica cosa che è diversa sarà l'altezza del tubo principale alto in questo caso 2000mm), risulterà così tra il riferimento dell' elevazione +29600 T.O.S e il suolo un'altezza di 2390 mm. Questa altezza è ottimale in quanto permette ai carrelloni per la movimentazione di posizionarsi sotto la struttura e sollevarla senza problemi e permette anche l'unione tra i due blocchi A1 e A2.





Verifica Totem

In questo caso andranno fatte due verifiche, la prima per verificare se il Totem di altezza 1500 mm resiste al carico massimo applicato di 47 Ton, poi si dovrà verificare il Totem alto 2000 mm al carico massimo applicato di 21 Ton.

Utilizzando il foglio Excel utilizzato per la verifica dei Totem durante lo studio del Blocco A1 si ottiene;

➤ **TOTEM ALTEZZA 1500 mm (carico massimo 47 Ton) :**

CYLINDRICAL MEMBER CHECK FOR STRENGTH AND STABILITY					
In accordance with: API, RP 2A WSD, 21st Edition, 2000, Sec. 3.2, 3.3 .					
Element: Pipe Y.S.	Material: Api5lx52	$F_y =$	360 N/mm²		
$D =$	508,00 mm	Area =	19.762 mm²		
$t =$	12,70 mm	Inertia =	6,0639E+08 mm⁴		
Length =	1,45 m	$K_y =$	1,00	$C_{my} =$	1,00
		$K_z =$	1,00	$C_{mz} =$	1,00
$D/t =$	40	$(Kl/r)_y =$	8	$F'_{ey} =$	15.027 N/mm²
$C_c (F_y) =$	105	$(Kl/r)_z =$	8	$F'_{ez} =$	15.027 N/mm²
Loading: Load x 1,5 (S.F.)				$A.s.i.f. =$	1,00
$N_x =$	-691,0 kN	$f_a =$	35,0 N/mm²	$F_a/F_y =$	0,59 eq.3.2.2-1
$M_y =$	0,0 kNm	$f_{by} =$	0,0 N/mm²		
$M_z =$	0,0 kNm	$f_{bz} =$	0,0 N/mm²	$F_b/F_y =$	0,71 eq.3.2.3-1b
$T_y =$	0,0 kN				
$T_z =$	0,0 kN	$f_v =$	0,0 N/mm²	$F_v/F_y =$	0,40 eq.3.2.4-2
$M_t =$	0,0 kNm	$f_{vt} =$	0,0 N/mm²	$F_{vt}/F_y =$	0,40 eq.3.2.4-4
Maximum interaction ratios:	$I.R._v =$	0,00	Shear	$I.R._b =$	0,17 Stab. eq.3.3.1-4
Check Ok.					

Ratio di utilizzo: 0,17

- ✓ Fattore di sicurezza = 1,5
- ✓ Materiale Totem = Api5lx52
- ✓ D = diametro tubo del Totem
- ✓ t = spessore tubo Totem
- ✓ Length = lunghezza tubo del Totem
- ✓ K_y e K_z = Fattore di lunghezza efficace
- ✓ N_x = forza di compressione applicata
- ✓ F_a = tensione max sopportabile (212 Mpa)
- ✓ f_a = tensione scaricata sul materiale

➤ **TOTEM ALTEZZA 2000 mm (carico massimo 21 Ton) :**

CYLINDRICAL MEMBER CHECK FOR STRENGTH AND STABILITY					
In accordance with: API, RP 2A WSD, 21st Edition, 2000, Sec. 3.2, 3.3 .					
Element: Pipe Y.S.	Material: Api5lx52	$F_y =$	360 N/mm²		
$D =$ 508,00 mm	Area =	19.762 mm²			
$t =$ 12,70 mm	Inertia =	6,0639E+08 mm⁴			
Length = 1,95 m	$K_y =$ 1,00	$C_{my} =$	1,00		
	$K_z =$ 1,00	$C_{mz} =$	1,00		
$D/t =$ 40	$(Kl/r)_y =$ 11	$F'_{ey} =$	8.309 N/mm²		
$C_c (F_y) =$ 105	$(Kl/r)_z =$ 11	$F'_{ez} =$	8.309 N/mm²		
Loading: Load x 1,5 (S.F.)		$A.s.i.f. =$	1,00		
$N_x =$ -309,0 kN	$f_a =$ 15,6 N/mm²	$F_a/F_y =$	0,58 eq.3.2.2-1		
$M_y =$ 0,0 kNm	$f_{by} =$ 0,0 N/mm²				
$M_z =$ 0,0 kNm	$f_{bz} =$ 0,0 N/mm²	$F_b/F_y =$	0,71 eq.3.2.3-1b		
$T_y =$ 0,0 kN					
$T_z =$ 0,0 kN	$f_v =$ 0,0 N/mm²	$F_v/F_y =$	0,40 eq.3.2.4-2		
$M_t =$ 0,0 kNm	$f_{vt} =$ 0,0 N/mm²	$F_{vt}/F_y =$	0,40 eq.3.2.4-4		
Maximum interaction ratios: I.R. _v = 0,00		Shear	I.R. _b = 0,07	Stab. eq.3.3.1-3	
Check Ok.					

Ratio di utilizzo : 0,07

- ✓ Fattore di sicurezza = 1,5
- ✓ Materiale Totem = Api5lx52
- ✓ F_a = tensione massima sopportabile (209 Mpa)
- ✓ f_a = tensione scaricata sul materiale

Nel punto più critico si ha un carico di 47 Ton, la piastra inferiore del Totem a contatto con il terreno ha un' area di 1,69 m³ quindi la pressione esercitata sul terreno è di 27,8 Ton/m² che è minore del valore massimo pari a 30 Ton/m².

Verifica Trave HEA 400

Nel punto S8 viene scaricato un carico di 21 Ton, di seguito si verificherà che la trave HEA 400 della struttura di lunghezza 6300 mm resista oppure necessiti di stiffeners.

Fattore di sicurezza utilizzato: 1,5

➤ LOCAL FLANGE BENDING

Con questa verifica si controlla che le flange, sotto carico, non superino una certa curvatura. Verrà calcolato uno spessore minimo T_a della flange e nel caso $T_f < T_a$ dovrà essere installato uno stiffener.

LOCAL FLANGE BENDING CHECK				
In Accordance to:		AISC ASD-89 Spec. K Sec. K1.2 Eq K1-1		
Force delivered by flange	$P_{bf} =$	309.000	N	69,47 kip
Thickness of the flange	$t_f =$	19	mm	0,75 in
Flange width	$b =$	300	mm	11,81 in
Yield stress	$F_{yc} =$	355	MPa	51,49 ksi
Loading length	$l =$	300	mm	11,81 in
Check				CHECK REQUIRED
RESULT				
Equation Considered			Eq. K1-1	
Ratio		11,80	mm	0,46 in
RESULT				STIFFENER NOT REQUIRED

Non necessario aggiungere stiffeners alla trave come specificato dalla verifica.

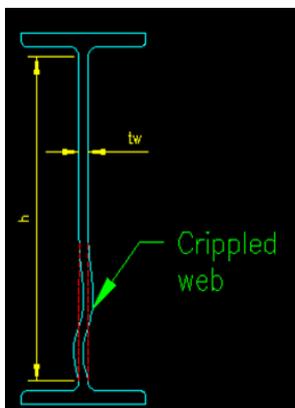
➤ **LOCAL WEB YIELDING**

Ora si verifica che le tensioni che si propagano nell'anima della trave non raggiungano mai la tensione di snervamento. Verrà utilizzato il carico massimo applicato sulla trave ovvero 21 Ton.

LOCAL WEB YIELDING CHECK			
In Accordance to:		AISC ASD-89 Spec. K Sec. K1.3 Eq K1-2 and K1-3	
Length of concentrated load	N=	300	mm
Distance from the outer face of the flange to web toe	k=	46	mm
Thickness of the web	t_w =	11	mm
Concentrated load	R=	309.000	N
Yield stress	F_y =	355	MPa
RESULT			
CASE 1 -Eq K1-2	Application load distance from the member end > depth of member		
Stress	53,00	MPa	
Allowable Stress	234,30	MPa	
CHECK	STRESS ALLOWABLE		
CASE 2 - Eq K1-3	Application load distance from the member end < depth of member		
Stress	67,69	MPa	
Allowable Stress	234,30	MPa	
CHECK	STRESS ALLOWABLE		

L'anima della trave resiste e non viene mai raggiunta la tensione snervamento.

➤ **WEB CRIPPLING**



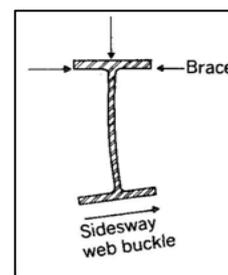
Per evitare la deformazione dell'anima come in figura sono necessari stiffener se la forza applicata **supera i seguenti limiti:**

WEB CRIPPLING CHECK				
In Accordance to:		AISC ASD-89 Spec. K Sec. K1.4 Eq K1-4 and K1-5		
Length of concentrated load	N=	300	mm	11,81 in
Thickness of the web	t_w =	11	mm	0,43 in
Overall depth of the member	d=	390	mm	15,35 in
Flange thickness	t_f =	19	mm	0,75 in
Specified minimum yield stress of beam web	F_{yw} =	355	MPa	51,49 ksi
Concentrated load applied at a distance major than d/2			yes	
RESULT				
Equation Considered		1070846,88	Eq. K1-4	
Max Conc. Load Allwable		108,06	N TON	240,75 kip

Il carico massimo applicabile per evitare crippling è 108 Ton, nel nostro caso il massimo carico applicato è 47 Ton quindi siamo in estrema sicurezza.

➤ SIDeways WEB BUCKLING

Per evitare la deformazione dell'anima come in figura sono necessari stiffener se la forza applicata supera i seguenti limiti:



SIDeways WEB BUCKLING CHECK				
In Accordance to:		AISC ASD-89 Spec. K Sec. K1.5 Eq K1-6 and K1-7		
Largest laterally unbraced length along either flange at a point of load	l=	3.600	mm	141,73 in
Thickness of the web	t_w =	11	mm	0,43 in
Web depth clear of fillets	d_c =	298	mm	11,73 in
Flange width	b_f =	300	mm	11,81 in
Clear distance between flanges	h=	352	mm	13,86 in
Loaded flange restrained against rotation			yes	
Ratio $(d_c/t_w)/(l/b_f)$	$\frac{d_c/t_w}{l/b_f}$	2,26	Ratio <2,3 Ratio <1,7	YES NO
RESULT				
Equation Considered		993158,11	EQ K1-6	
Max Conc. Load Allwable		100,22	N TON	223,28 kip

Affinché non si abbia Buckling il carico applicato non deve superare 100 Ton. Nel nostro caso il carico è di 21 Ton quindi questo problema non si presenta.

Verifica Trave HEA 300 (utilizzo come spessore)

Anche nel capitolo precedente la trave è stata verificata con un carico applicato di 42 Ton, ora abbiamo un carico massimo di 47 Ton maggiore di 42 Ton di conseguenza si dovrà verificarne la tenuta.

LOCAL FLANGE BENDING CHECK				
In Accordance to:		AISC ASD-89 Spec. K Sec. K1.2 Eq K1-1		
Force delivered by flange	$P_{bf} =$	461.070	N	103,66 kip
Thickness of the flange	$t_f =$	14	mm	0,55 in
Flange width	$b =$	300	mm	11,81 in
Yield stress	$F_{yc} =$	355	MPa	51,49 ksi
Loading length	$l =$	300	mm	11,81 in
Check				CHECK REQUIRED
RESULT				
Equation Considered			Eq. K1-1	
Ratio		14,42	mm	0,57 in
RESULT				STIFFENER REQUIRED

LOCAL WEB YIELDING CHECK				
In Accordance to:		AISC ASD-89 Spec. K Sec. K1.3 Eq K1-2 and K1-3		
Length of concentrated load	$N =$	600	mm	
Distance from the outer face of the flange to web toe	$k =$	41	mm	
Thickness of the web	$t_w =$	8,5	mm	
Concentrated load	$R =$	461.070	N	
Yield stress	$F_y =$	355	MPa	
RESULT				
CASE 1 -Eq K1-2		Application load distance from the member end > depth of member		
Stress		67,38	MPa	
Allowable Stress		234,30	MPa	
CHECK				STRESS ALLOWABLE
CASE 2 - Eq K1-3		Application load distance from the member end < depth of member		
Stress		77,21	MPa	
Allowable Stress		234,30	MPa	
CHECK				STRESS ALLOWABLE

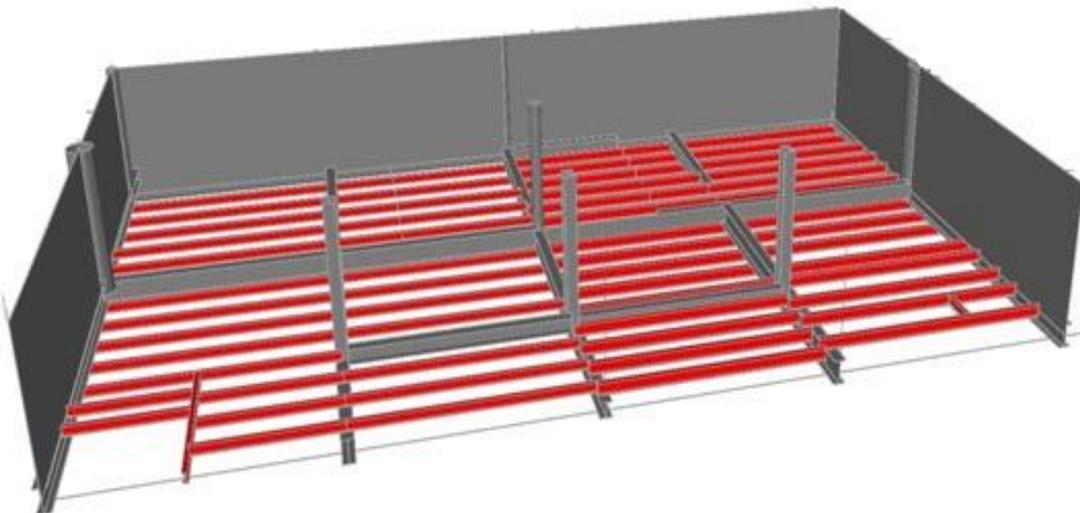
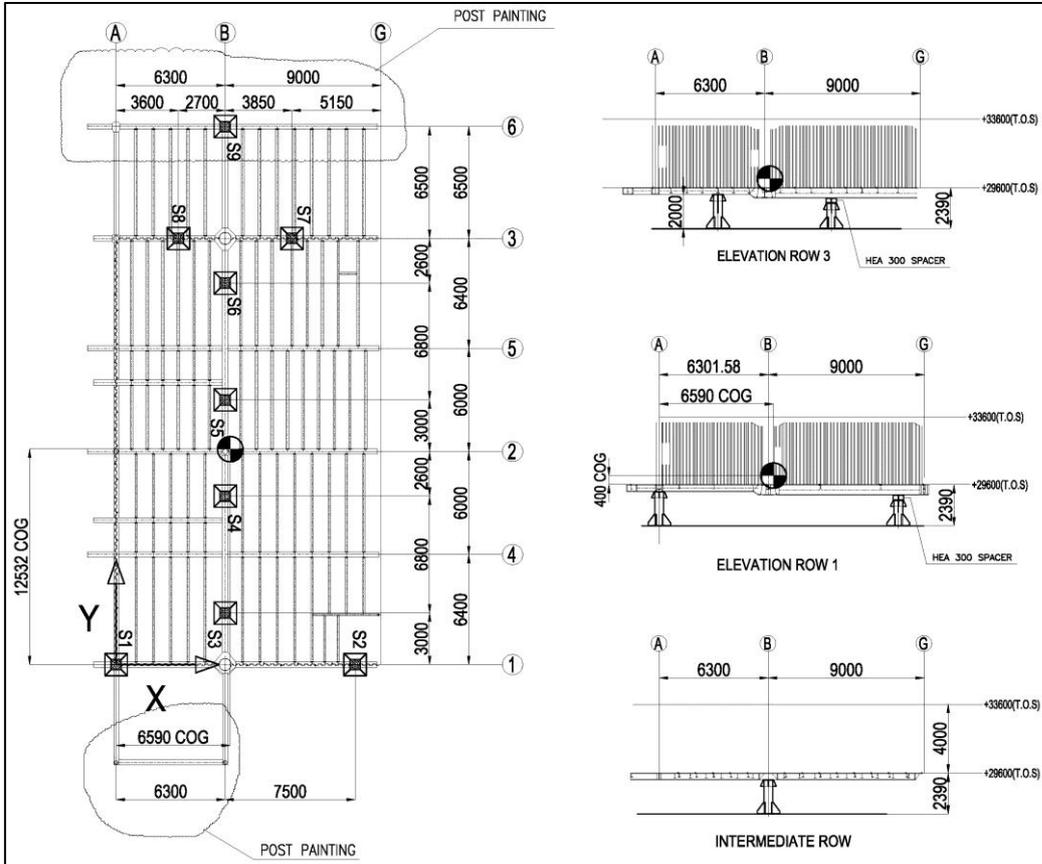
WEB CRIPPLING CHECK				
In Accordance to:		AISC ASD-89 Spec. K Sec. K1.4 Eq K1-4 and K1-5		
Length of concentrated load	N=	600	mm	23,62 in
Thickness of the web	t_w =	8,5	mm	0,33 in
Overall depth of the member	d=	290	mm	11,42 in
Flange thickness	t_f =	14	mm	0,55 in
Specified minimum yield stress of beam web	F_{yw} =	355	MPa	51,49 ksi
Concentrated load applied at a distance major than d/2			no	
RESULT				
Equation Considered		613920,51	Eq. K1-5	
Max Conc. Load Allowable		61,95	N TON	138,02 kip

SIDESWAY WEB BUCKLING CHECK				
In Accordance to:		AISC ASD-89 Spec. K Sec. K1.5 Eq K1-6 and K1-7		
Largest laterally unbraced length along either flange at a point of load	l=	300	mm	11,81 in
Thickness of the web	t_w =	8,5	mm	0,33 in
Web depth clear of fillets	d_c =	208	mm	8,19 in
Flange width	b_f =	300	mm	11,81 in
Clear distance between flanges	h=	262	mm	10,31 in
Loaded flange restrained against rotation			no	
Ratio $(d_c/t_w)/(l/b_f)$	$\frac{d_c/t_w}{l/b_f}$	24,47	$\frac{\text{Ratio} < 2,3}{\text{Ratio} < 1,7}$	NO NO
RESULT				
Equation Considered			CHECK NOT REQUIRED	
Max Conc. Load Allowable		#VALORE!	N TON	CHECK NO kip

Supporti di cantiere in officina

L'erection sequence prevede di costruire i due livelli che costituiscono l'intero blocco per poi sollevare l'Upper Level al di sopra del Lower Level, quindi per potere fare i sollevamenti necessari bisognerà decidere che mezzi utilizzare, individuare i giusti punti di sollevamento e dimensionare tutto ciò che è necessario come per esempio golfari, maniglioni e funi.

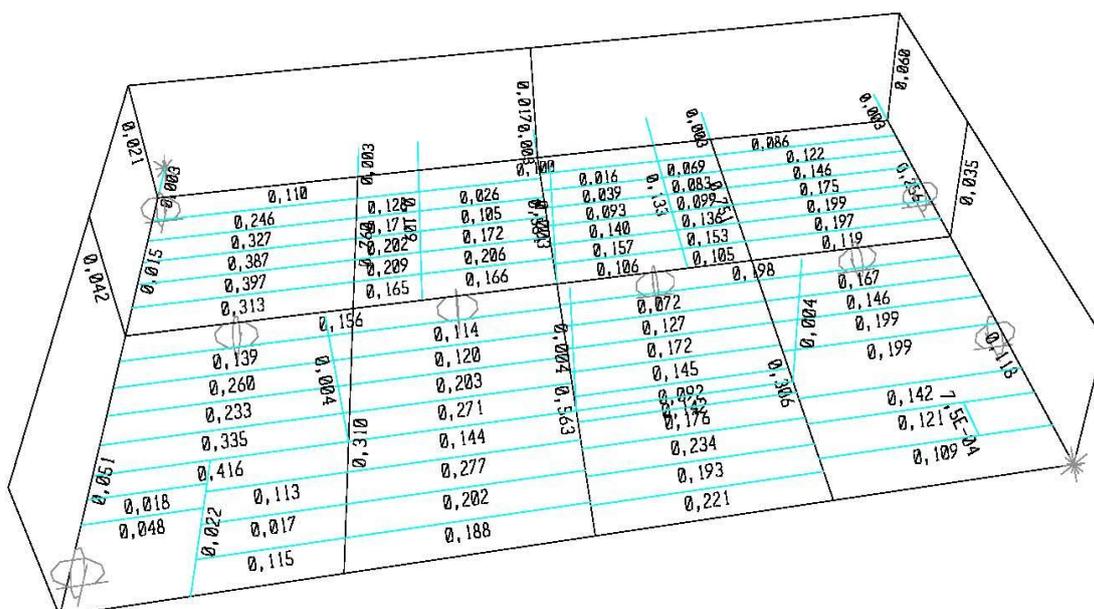
▪ **A2 LOWER LEVEL (Livello Elevazione +29600 T.O.S)**



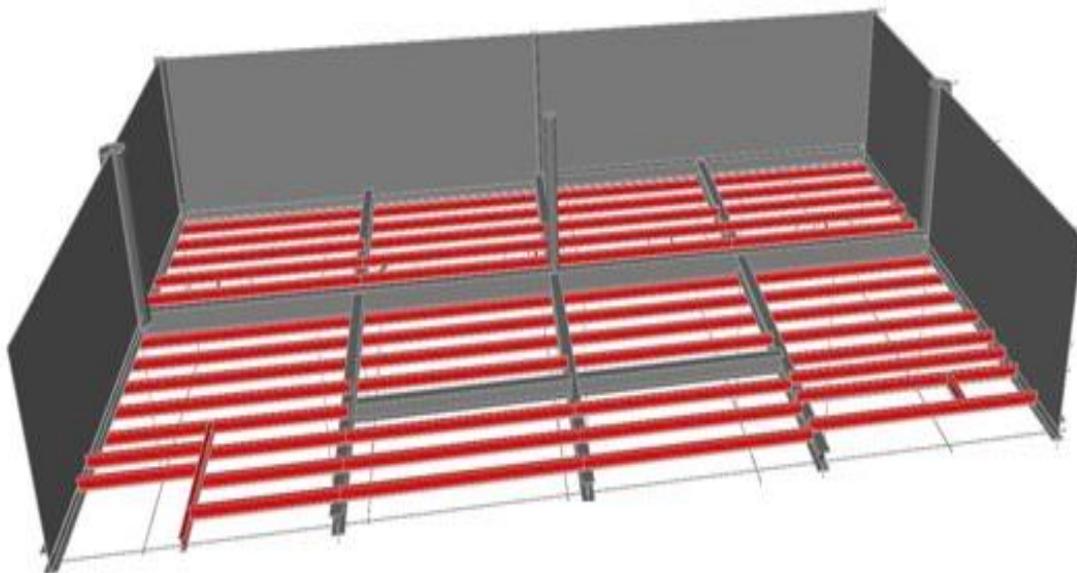
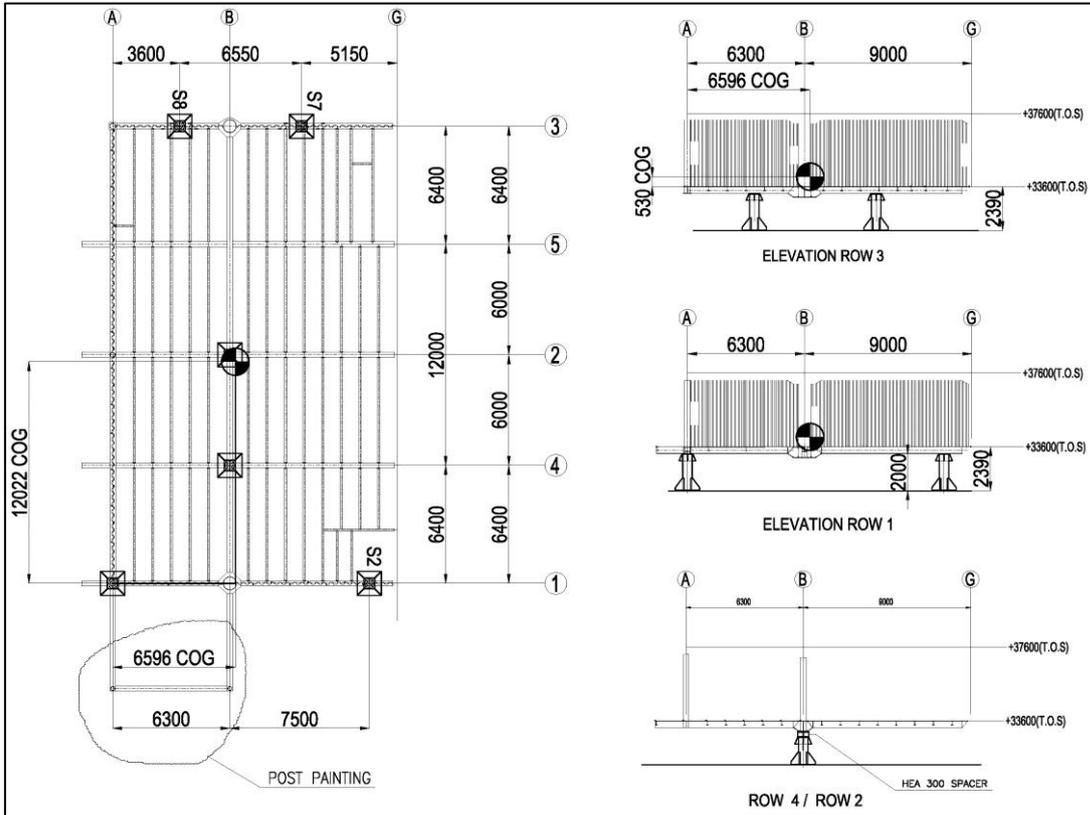
Informazioni Tecniche:

- Larghezza: 15300 mm
- Lunghezza: 24800 mm
- Peso : 88 Ton (incluso fattore di sicurezza o contingency del 15% e ricavato tramite SAP2000)
- Xg = 6590 mm
- Yg = 12532 mm
- Zg = 400 mm (origine asse Z coincidente elevazione con +29600 T.O.S)

Nel disegno costruttivo si nota che al disopra il filo 3 e sotto il filo 1 vi sono due aree della struttura con riferimento "POST PAINTING", queste due parti verranno montate appena dopo l'assemblaggio del blocco A1 con A2, quindi nei ragionamenti che si faranno per calcolare baricentro e supporti minimi di cantiere di questo livello non si terrà conto dell'influenza che tale zona comporterà.



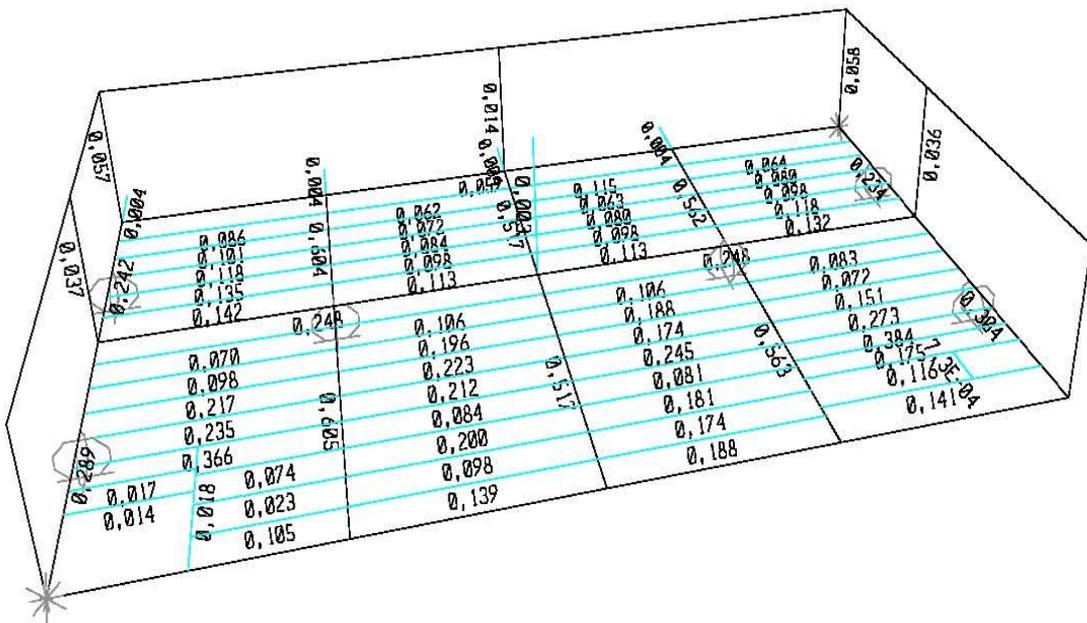
▪ **A2 UPPER LEVEL (Livello Elevazione +33600 T.O.S)**



Informazioni Tecniche:

- Larghezza: 15300 mm
- Lunghezza: 24800 mm
- Peso : 80 Ton (incluso fattore di sicurezza o contingency del 15% e ricavato tramite SAP2000)
- Xg = 6596 mm
- Yg = 12022 mm
- Zg = 530 mm (origine asse Z coincidente elevazione +29600 T.O.S)

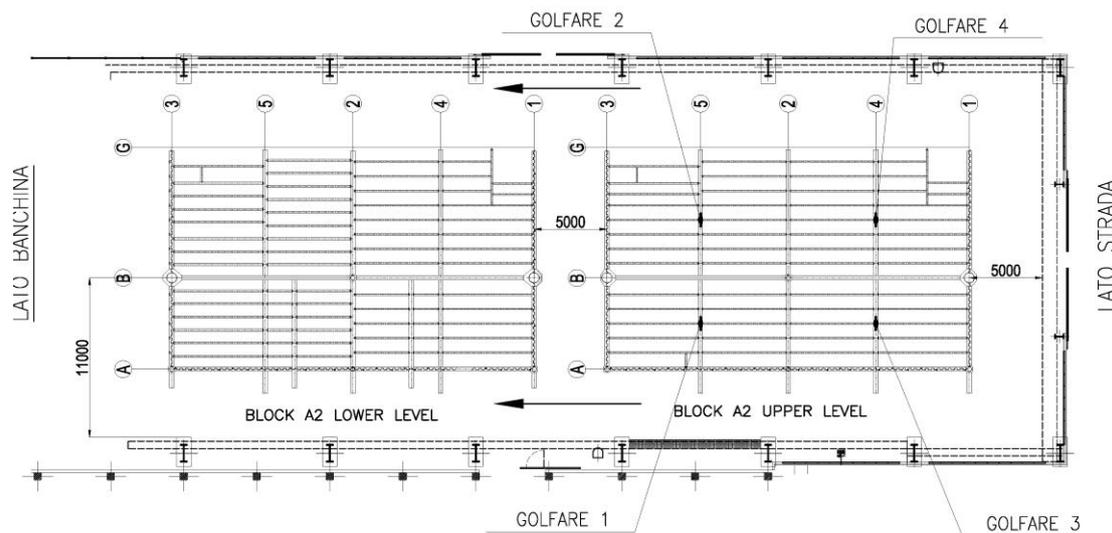
Anche in questo livello è presente una parte " After painting " che verrà montata poco dopo l'assemblaggio dei due blocchi quindi non ne terremo conto nei calcoli.



Studio Dei Sollevamenti

Precedentemente si è svolto l'intero studio della supportazione necessaria dei due livelli che costituiranno il blocco A2, ora occorre effettuare un'analisi dei vari step di sollevamento.

Con la tipologia di Erection Sequence scelta si deve sollevare l' Upper Level e posizionarlo sul Lower Level. Il sollevamento avverrà, come per il blocco precedentemente studiato, in officina tramite carriponte andando ad individuare sulla struttura punti di sollevamento dove porre i golfari



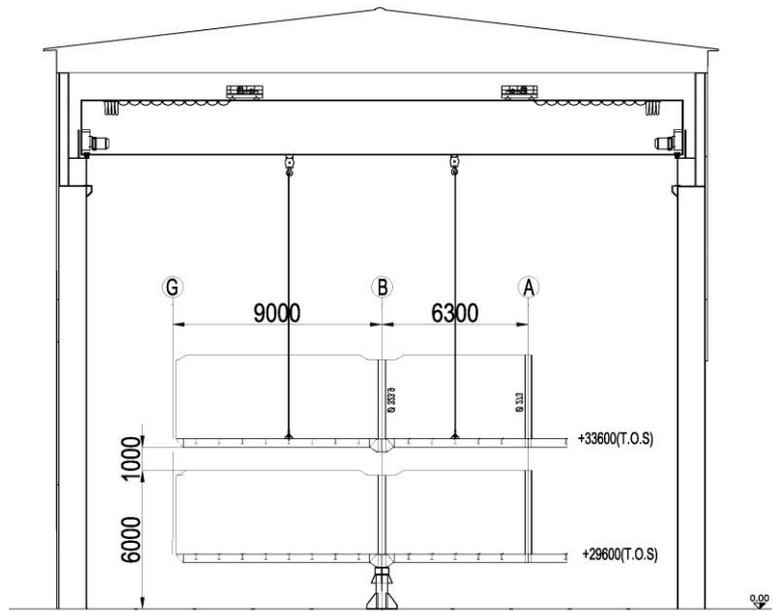
<u>GOLFARE 1</u>
CAPACITY 50 t
LOAD (15%CONT) 20,5t
RATIO 0.41

<u>GOLFARE 2</u>
CAPACITY 50 t
LOAD (16%CONT) 19t
RATIO 0.38

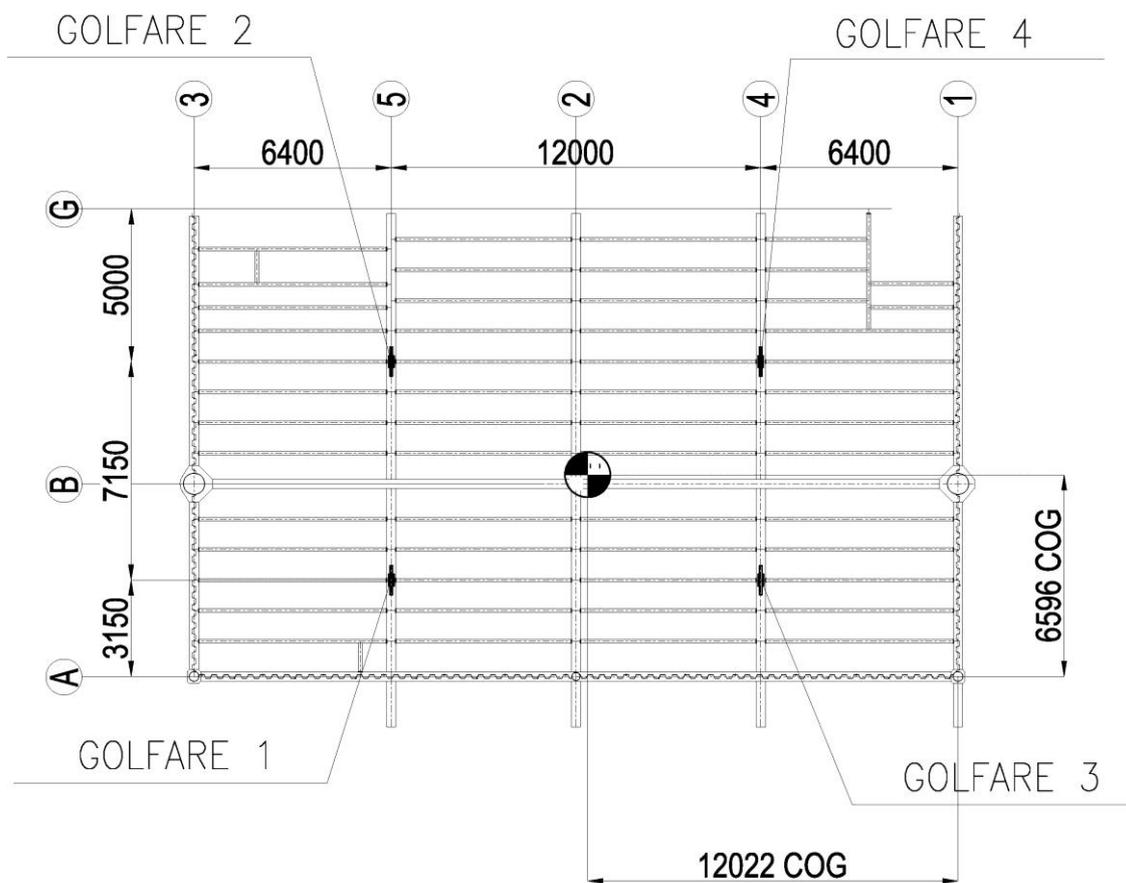
<u>GOLFARE 3</u>
CAPACITY 50 t
LOAD (16%CONT) 21t
RATIO 0.42

<u>GOLFARE 4</u>
CAPACITY 50 t
LOAD (16%CONT) 19.5t
RATIO 0.39

CAPITOLO 4



ROW 4/ ROW 5

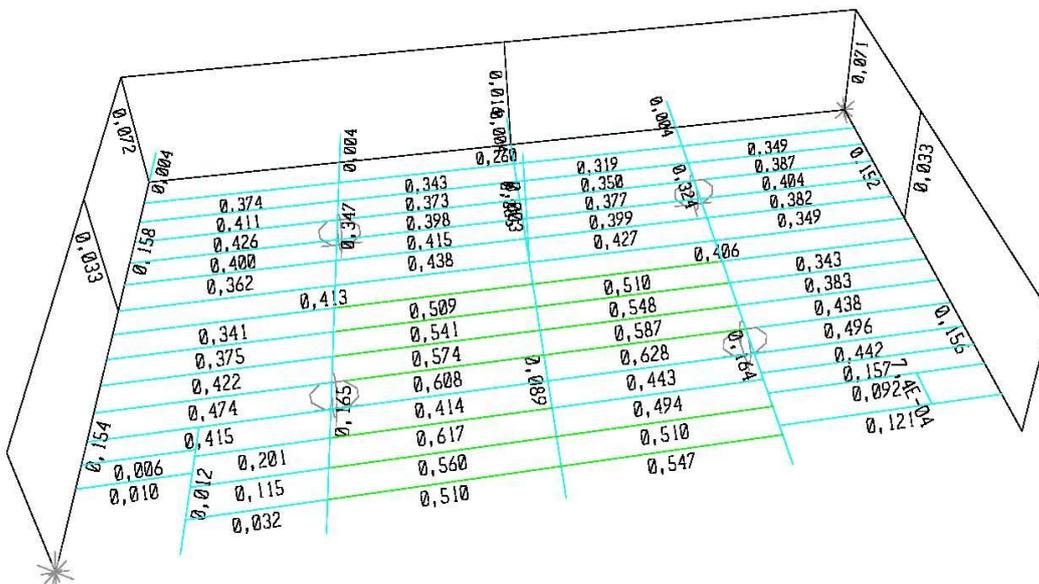


Dall'analisi svolta con il Sap2000 sono stati ricavati i pesi che si scaricheranno sui punti di sollevamento;

- ❖ Golfare 1 = 20,5 Ton
- ❖ Golfare 2 = 19 Ton
- ❖ Golfare 3 = 21 Ton
- ❖ Golfare 4 = 19,5 Ton

Si termina lo studio di fattibilità andando a vincolare il modello nei punti scelti per l'imbrago dei ganci delle gru e si esegue un'analisi strutturale per assicurarsi che non vi siano condizioni di " OVERSTRESS ".

Emulando il sollevamento dell' Upper Level si ottiene :



Osservando l'immagine non sembrano esserci travi in condizioni critiche quindi la scelta effettuata risulta essere buona. In officina sono presenti quattro carriponte della portata massima di 50 Ton ciascuno, quindi considerando i pesi calcolati su ogni punto di sollevamento (massimo 21 Ton) .

CARROPONTE 1

- Capacità massima 50 Ton
- Massimo carico applicato = 20,5 Ton
- Ratio di utilizzo = 0,41

CARROPONTE 2

- Capacità massima 50 Ton
- Massimo carico applicato = 19 Ton
- Ratio di utilizzo = 0,38

CARROPONTE 3

- Capacità massima 50 Ton
- Massimo carico applicato = 21 Ton
- Ratio di utilizzo = 0,42

CARROPONTE 4

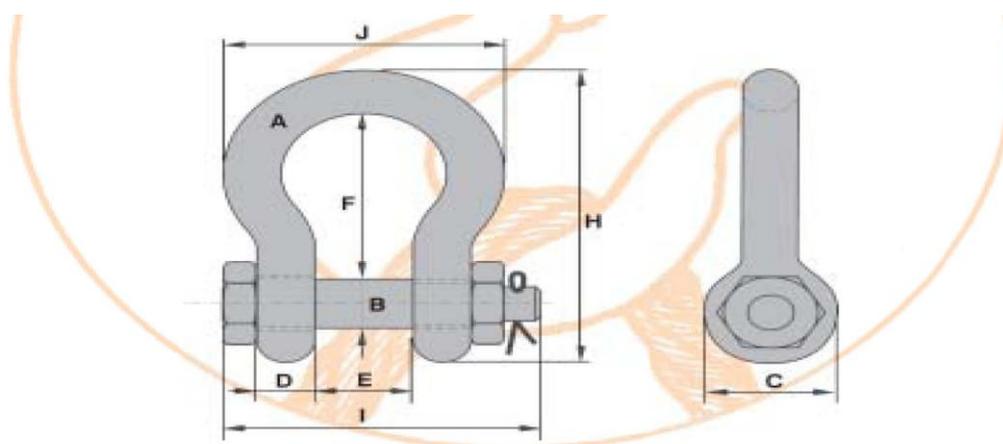
- Capacità massima 50 Ton
- Massimo carico applicato = 19,5 Ton
- Ratio di utilizzo = 0,39

Scelta delle funi di sollevamento

Per quanto riguarda la funi di sollevamento si è scelta una fune lunga 8000 mm con una capacità di carico massima di 50 Ton e quindi un ratio massimo di carico pari a 0.42.

Scelta delle dimensioni del maniglione

Questo particolare tipo di aggancio è in acciaio legato ad alta resistenza con zincatura a caldo e viene scelto in base al carico massimo in gioco.

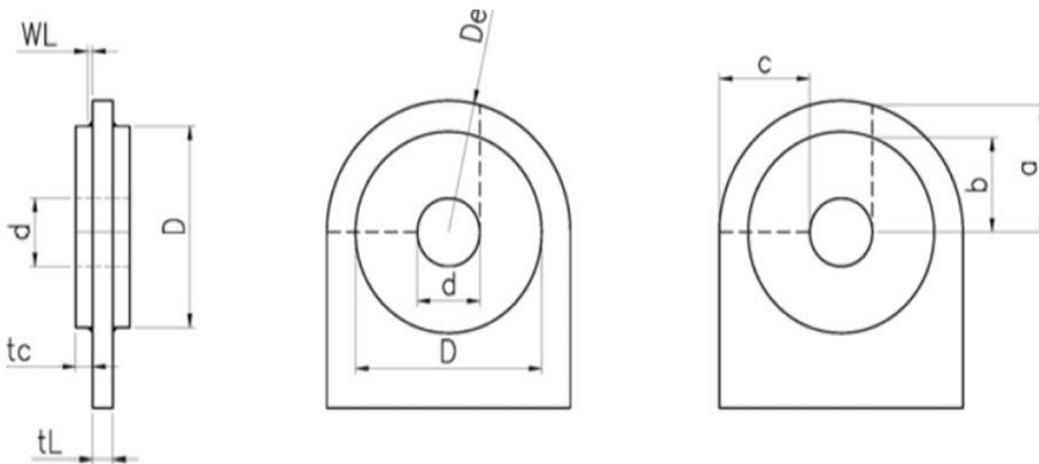


Codice	CMU	diametro staffa	diametro perno	ingombro esterno occhio	spessore occhio	luce utile al perno	luce utile interna	altezza totale	larghezza esterna con perno	larghezza esterna	peso unitario
Order code	WLL	diameter bow	diameter pin	diameter eye	width eye	width inside	length inside	length	length bolt	width bow	weight each
	t	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	F mm	H mm	I mm	J mm	kg
GOD-G-4163-0.50	0,5	7	8	17	7	12	29	54	43	37	0,06
GOD-G-4163-0.75	0,75	9	10	21	9	13,5	32	61	51	42	0,11
GOD-G-4163-1.00	1	10	11	23	10	17	36,5	71	61	49	0,16
GOD-G-4163-1.50	1,5	11	13	26	11	19	43	80	68	54	0,22
GOD-G-4163-2.00	2	13,5	16	34	13,5	22	51	91	83	63	0,42
GOD-G-4163-3.25	3,25	16	19	40	16	27	64	114	99	79	0,74
GOD-G-4163-4.75	4,75	19	22	47	19	31	76	136	115	94	1,18
GOD-G-4163-6.50	6,5	22	25	53	22	36	83	157	131	107	1,77
GOD-G-4163-8.50	8,5	25	28	60	25	43	95	176	151	124	2,58
GOD-G-4163-9.50	9,5	28	32	67	28	47	108	197	167	137	3,66
GOD-G-4163-12.00	12	32	35	74	32	51	115	218	179	154	4,91
GOD-G-4163-13.50	13,5	35	38	80	35	57	133	240	198	170	6,54
GOD-G-4163-17.00	17	38	42	89	38	60	146	262	203	183	8,19
GOD-G-4163-25.00	25	45	50	104	45	74	178	314	244	226	14,22
GOD-G-4163-35.00	35	50	57	119	50	83	197	358	270	250	19,85
GOD-G-4163-42.50	42,5	57	65	134	57	95	222	414	302	287	28,33
GOD-G-4163-55.00	55	65	70	145	65	105	260	463	330	329	39,59
GOD-G-4163-85.00	85	75	83	163	75	127	329	556	376	355	62

Il carico massimo è di circa 21 Ton per cui a vantaggio di sicurezza è stato scelto un maniglione con portata massima di 35 Ton con le dimensioni mostrate in tabella, il Ratio di utilizzo risulta 0,60.

Scelta delle dimensioni del golfare

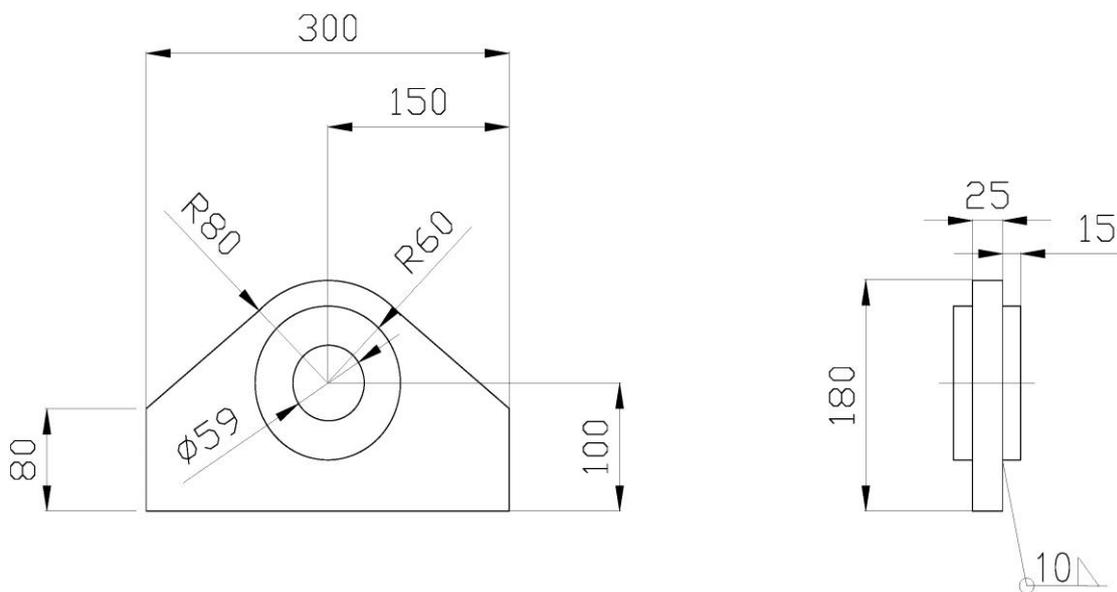
Ora si passa a dimensionare i golfari che andranno saldati alla struttura.



Il diametro del foro d in cui passerà il perno del maniglione deve essere minore di un diametro limite, tale valore deve essere minore di 1,05 la dimensione del perno del maniglione.

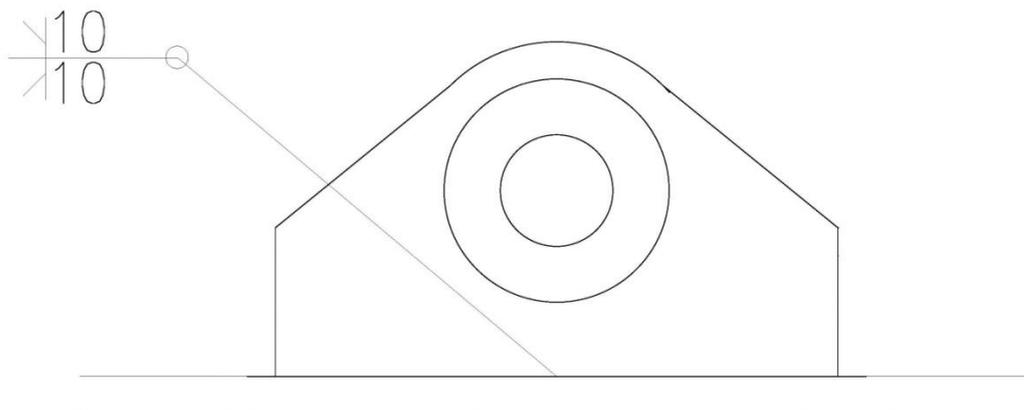
$$\frac{d_{\text{foro}}}{d_{\text{perno}}} = \frac{59\text{mm}}{57\text{mm}} = 1,035 \leq 1,05$$

PADEYES Check			
Guidance Notes for Module Lifting Criteria by Lloyd's Register of Shipping (June 83).			
Materiale	S355		
DATA	Symbol	Value	u.m.
Diametro perno	dp	57	mm
Diametro foro	d	59	mm
Diametro Cheek Plate	D	120	mm
Diametro esterno golfare	De	160	mm
Saldatura Cheek Plate	Wl	10	mm
Spessore Cheek Plate	tc	15	mm
Spessore Golfare	tl	25	mm
Snervamento Golfare	Fy	355	N/mm ²
Fattore di sicurezza		2	
OUTPUT			
Spessore efficace Cheek Plate	te	12,5	mm
Verifica a Taglio	N	337	kN
Verifica a Trazione	T	388	kN
Verifica a Rifollamento	B	456	kN
Sollecitazione nella saldatura Cheek Plate	σ_s	69	N/mm ²
FORZA AMMISSIBILE	Fa	337	kN
FORZA AGENTE SUL GOLFARE	F	206	kN
RATIO DI UTILIZZO	U.C.	0,61	



La forza massima ammissibile applicabile al golfare risulta essere 337kN a fronte di una forza massima agente di 206 kN (21 Ton) perciò ci troviamo in condizioni di assoluta sicurezza. Per quanto riguarda la resistenza del golfare non ci sono problemi e si può passare alla verifica delle saldature tra golfare e trave.

I golfari appena dimensionati verranno sollecitati solamente da tiri verticali ma per motivi di maggior cautela andiamo a considerare che sul golfare sia applicato una forza inclinata rispetto la verticale di 5°. Ora si verificano le saldature laterali al golfare:



$$\sigma_{amm} = 0,6 \times 355 = 213 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{amm} = 0,4 \times 355 = 142 \text{ Mpa}$$

Fattore di sicurezza : 1,5

$$\text{Area saldatura utile : } 18 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} = 5400 \text{ mm}^2$$

$$\text{Modulo resistenza a flessione } W_f = 270.000 \text{ mm}^3$$

$$\text{Carico} = 21 \times 1.50 = 31,5 \text{ Ton}$$

$$H = 31,5 \times \sin(5^\circ) = 2,8 \text{ Ton (Componente Orizzontale)}$$

$$V = 31,5 \times \cos(5^\circ) = 31,5 \text{ Ton (Componente Verticale)}$$

$$M = (2,8 \times 100) = 280 \text{ Ton} * \text{mm (Momento applicato alla saldatura)}$$

$$\tau H = (2,8 \times 9810) / (300 \times 18) = 5,1 \text{ MPa (Sforzo Tangenziale)}$$

$$\sigma V = (31,5 \times 9810) / (300 \times 18) = 57 \text{ MPa (Sforzo Normale)}$$

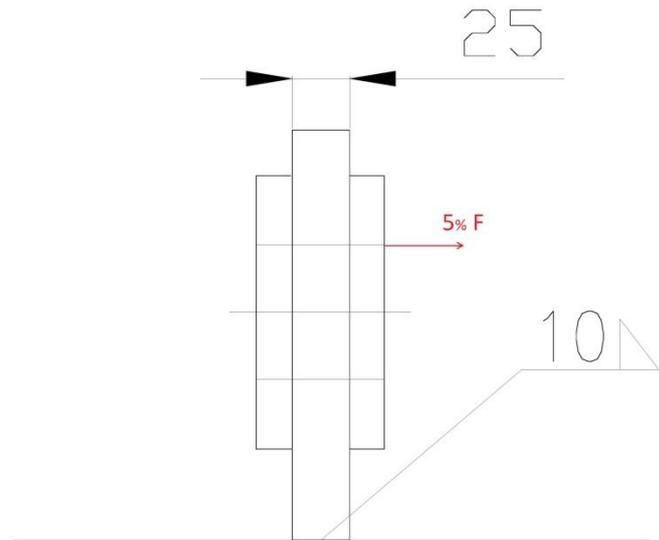
$$\sigma M = [(280 \times 9810) / 270.000] = 10 \text{ MPa (Sforzo dovuto al momento)}$$

$$\sigma_{TOT} = \sigma V + \sigma M = 67 \text{ MPa (} \sigma \text{ Totale)}$$

$$\sigma_{TOT} < \sigma_{amm} \longrightarrow 67 \text{ Mpa} < 213 \text{ Mpa} \quad \text{OK!!!!}$$

$$\tau H < \tau_{amm} \longrightarrow 5,1 \text{ Mpa} < 142 \text{ Mpa} \quad \text{OK!!!}$$

Per quanto riguarda le saldature in testa e al piede del golfare si considera una forza applicata come in figura con un'intensità pari a 5% del tiro che è applicato ;



$$\sigma_{amm} = 0,6 \times 355 = 213 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{amm} = 0,4 \times 355 = 142 \text{ Mpa}$$

Fattore di sicurezza : 1,5

$$\text{Area saldatura utile in testa: } 14 \text{ mm} \times 25 \text{ mm} = 350 \text{ mm}^2$$

$$\text{Area saldatura utile al piede: } 14 \text{ mm} \times 25 \text{ mm} = 350 \text{ mm}^2$$

Essendo il golfare perfettamente simmetrico rispetto la verticale si avrà che sulle due saldature verrà scaricata la stessa forza.

$$N = (31,5) \times 0,05 = 1,6 \text{ Ton (Componente Orizzontale)}$$

$$Mo = 1,6 \times (100 + 29,5) = 208 \text{ Ton} \times \text{mm (Momento)}$$

$$\tau N = \left[1,6 \times 9810 \times (150 / 300) \right] / (14 \times 25) = 22,5 \text{ MPa (Sforzo Tangenziale)}$$

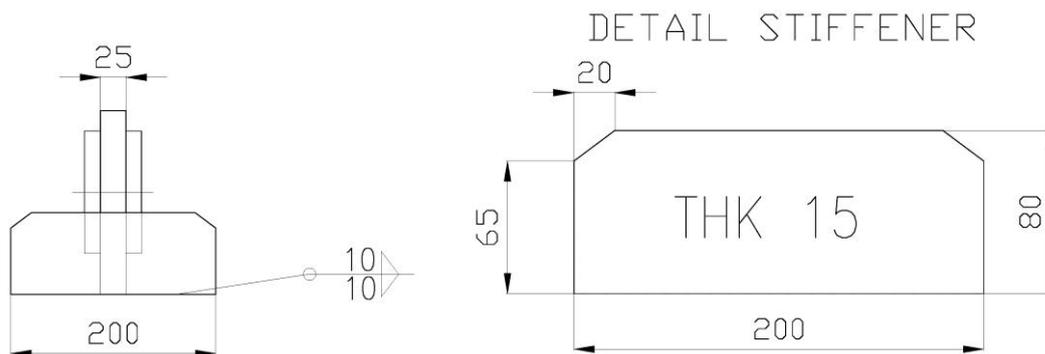
$$\sigma Mo = [208 \times 9810 \times (150 / 300)] / [(1/12) \times 25^3 \times 14] \times (25 / 2) = 700 \text{ MPa}$$

(Sforzo dovuto al momento)

$$\sigma Mo < \sigma_{amm} \longrightarrow 700 \text{ MPa} < 213 \text{ Mpa}$$

NON AMMISSIBILE

Abbiamo ottenuto una $\sigma > \sigma_{amm}$ quindi la saldatura che stiamo verificando non è idonea. Per rendere gli sforzi ammissibili si può utilizzare un rinforzo saldato (STIFFENER) sul piede e testa del golfare in modo così da aumentare l'area di saldatura e quindi avere una tensione minore sulla sezione della saldatura stessa.



$$\text{Area saldatura utile in testa: } 14 \text{ mm} \times 200 \text{ mm} = 2800 \text{ mm}^2$$

$$\text{Area saldatura utile al piede: } 14 \text{ mm} \times 200 \text{ mm} = 2800 \text{ mm}^2$$

$$N = (31,5) \times 0,05 = 1,6 \text{ Ton (Componente Orizzontale)}$$

$$Mo = 1,6 \times (100 + 29,5) = 208 \text{ Ton} \times \text{mm (Momento)}$$

$$\tau N = [1,6 \times 9810 \times (150 / 300)] / (14 \times 200) = 2,8 \text{ MPa} (\text{Sforzo tangenziale})$$

$$\sigma Mo = [208 \times 9810 \times (150 / 300)] / [(1/12) \times 200^3 \times 14] \times (200 / 2) = 11 \text{ MPa}$$

$$\sigma Mo < \sigma_{amm} \longrightarrow 11 \text{ MPa} < 213 \text{ Mpa} \quad \text{OK!!!}$$

$$\tau N < \tau_{amm} \longrightarrow 2,8 \text{ Mpa} < 142 \text{ Mpa} \quad \text{OK!!!}$$

Le saldature sono state verificate è si può quindi consegnare al reparto produzione il disegno costruttivo del golfare.

CAPITOLO 5

In questo capitolo verranno illustrate e studiate tutte le movimentazioni inerenti ai due blocchi.

E' di estrema importanza programmare e studiare una configurazione ottimale in quanto le movimentazioni sono fasi molto critiche sia perché non si ha una grande libertà per quanto riguarda la scelta dei punti su cui movimentare e sia perché ottimizzando al meglio questo studio si può riuscire ad utilizzare un minor numero di carrelloni avendo perciò un minor costo.

Normalmente per le movimentazioni complicate, in cui per esempio sono necessarie caratteristiche speciali dei carrelloni come grandi pesi in gioco oppure altezze alte di sollevamento, la Rosetti noleggia dalla Fagioli tutta l'attrezzatura necessaria. Per quanto riguarda le movimentazioni dei due

blocchi non si hanno particolari problemi visto che il peso totale delle due strutture è di circa 180 Ton e le altezze di sollevamento sono usuali, per queste ragioni si è scelto di utilizzare i carrelloni di proprietà dell'azienda.

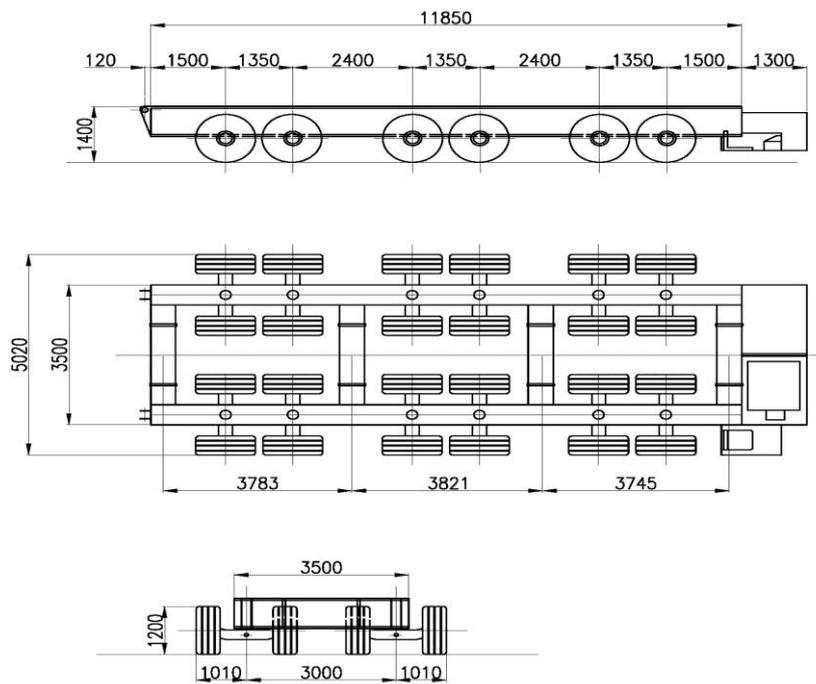
In cantiere sono disponibili 2 tipi di carrelloni: 2 trailer con portata di 150 Ton ognuno e 2 carrelloni Belelli STD 600 con portata massima di 600 Ton cadauno e con le seguenti proprietà:

3.2.2 Caratteristiche tecniche

Piano di carico	11.850(lunghezza) x 3.500(larghezza) x 1.400(altezza min.) mm
Corsa verticale sollevamento idraulico	400 mm
Raggio minimo di sterzata	15 mt.
Angolo massimo di sterzata laterale	24 %
Velocità di traslazione	da 0 a 4,0 km/h (vedi nota a piè di pagina)
Spinta massima di trazione	48.000 kg
Massima pendenza superabile	6% (a pieno carico)
Ruote motrici	N° 12 (ruote esterne)
Ruote folli	N° 12 (ruote interne)
Numero assali anteriori	N° 4 (sterzanti)
Numero assali mediani (centrali)	N° 4 (con sterzata indipendente)
Numero assali posteriori	N° 4 (con sterzata indipendente)

3.2.3 Portata e pesi

Portata massima	600.000 kg (600 ton)
Peso totale macchina a vuoto	46.000 kg (46 ton)



600t Trailer

Hmin=1400mm

Hmax=2200mm

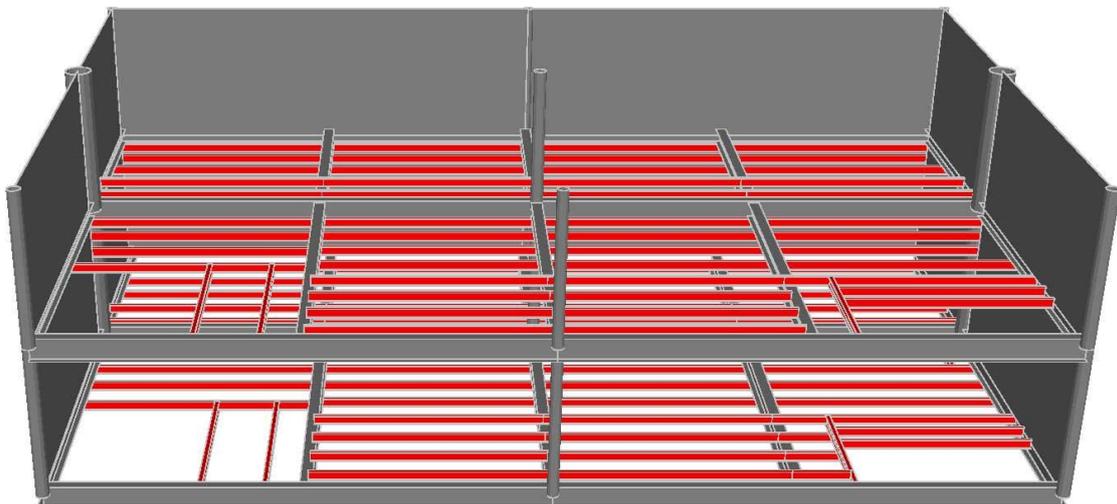
Length/width/height (min.):11850/3500/1400mm

Maximum bearing capacity 600ton

I pesi dei due blocchi studiati in precedenza sono all'incirca di 180 Ton
quindi la scelta cadrà sull'utilizzo dei due carrelli Belelli di carico massimo
600 Ton

Movimentazione Blocco A1

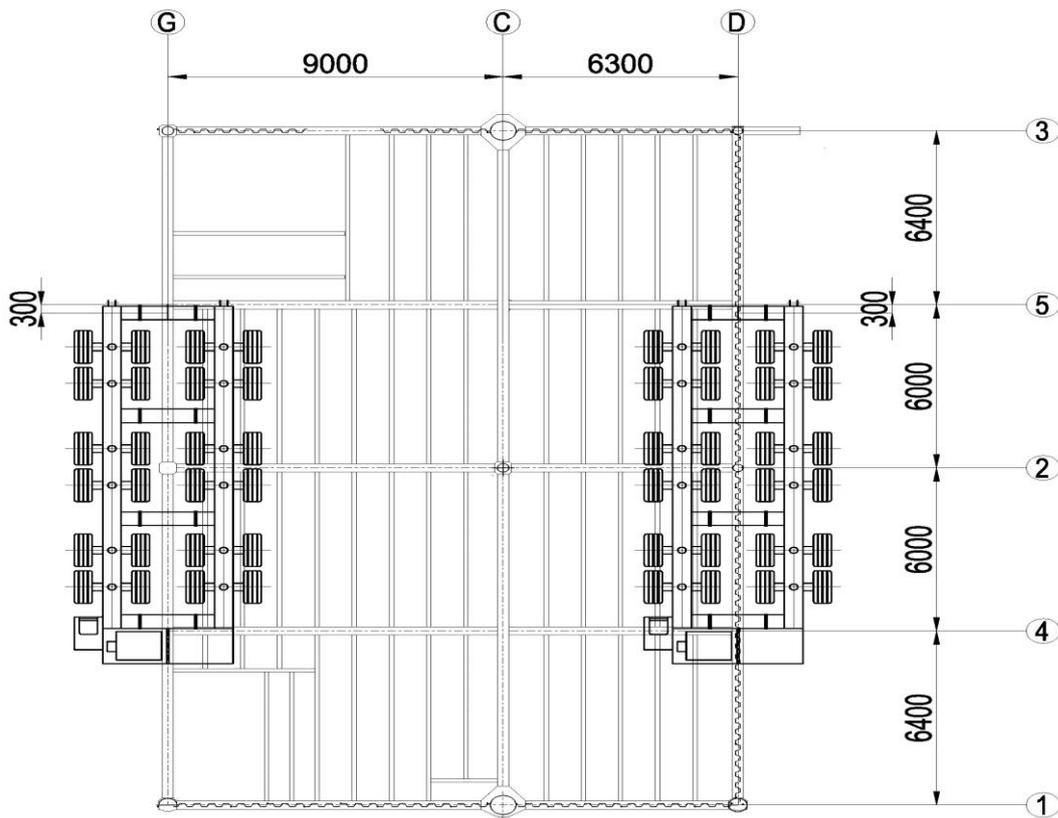
Il blocco A1 dopo essere stato costruito interamente in officina dovrà affrontare una prima movimentazione verso il reparto verniciatura e sabbatura e successivamente dovrà essere spostato nella zona del cantiere dove avverrà l'assemblaggio con il blocco A2.



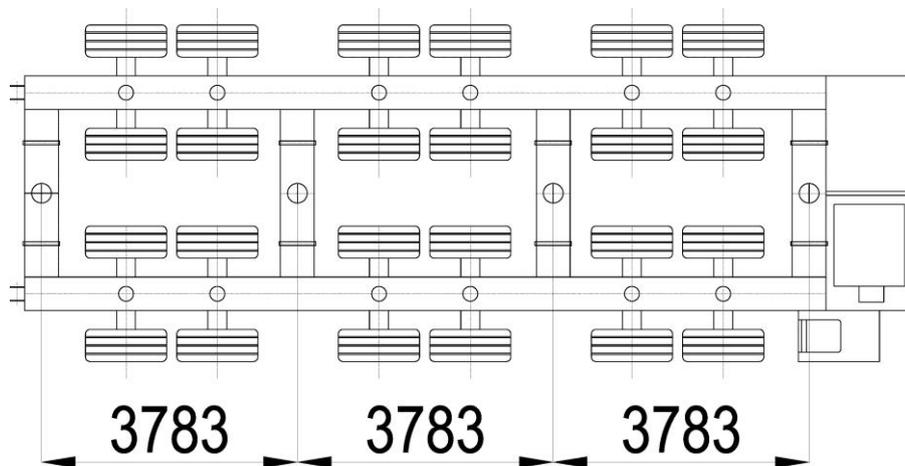
Le movimentazioni si possono riassumere in due fasi:

- FASE 1 = Movimentazione dall' officina verso il reparto verniciatura
- FASE 2 = Movimentazione dal reparto verniciatura verso area di assemblaggio.

Per entrambe le movimentazioni è prevista un'unica configurazione dei due carrelloni che sono posizionati sulla fila G e sulla fila D ad una distanza entrambi dal filo 5 di 300 mm;

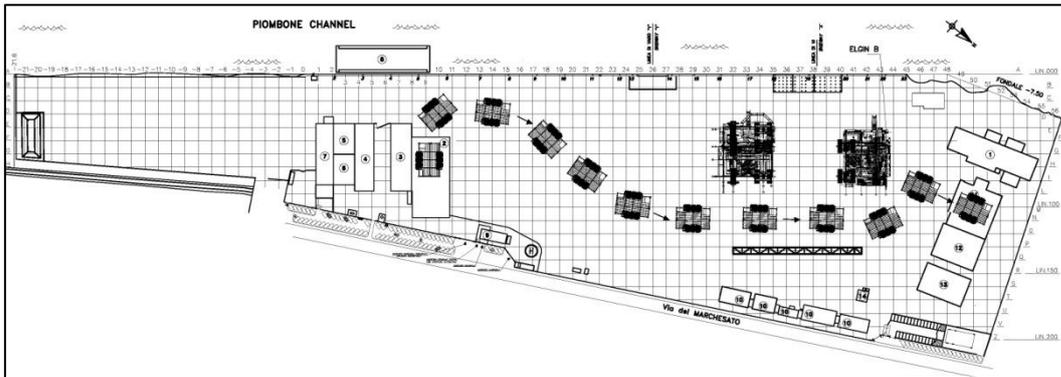


Quando si andrà a verificare tramite il SAP che la struttura non subisca danneggiamenti, per essere più conservativi e quindi a favore di sicurezza si ipotizza che il peso della struttura si scarica sui carrelloni non come un carico distribuito su tutta la lunghezza di appoggio del carrellone stesso ma su 4 punti distanti tra loro 3783 mm.



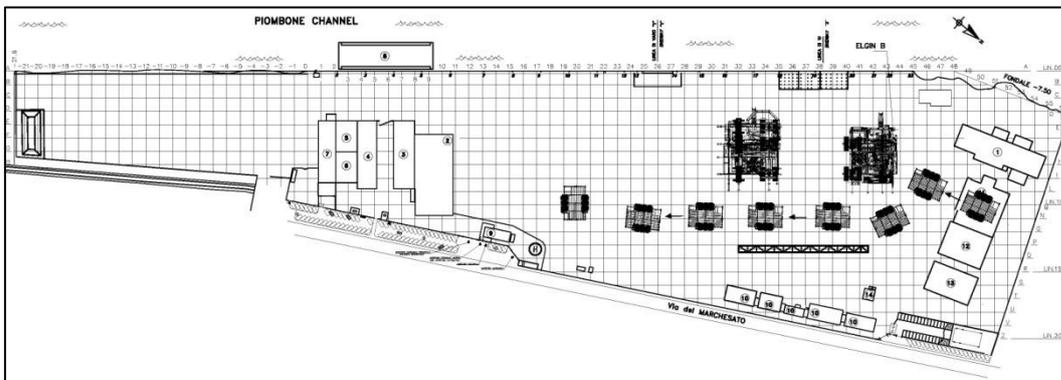
FASE1

Il blocco A1 viene spostato in reparto verniciatura/sabbatura dove verrà appoggiato sui supporti di cantiere.



FASE2

La struttura esce dal reparto verniciatura e verrà posizionato nell'area di cantiere ove sarà assemblato con il modulo A2.



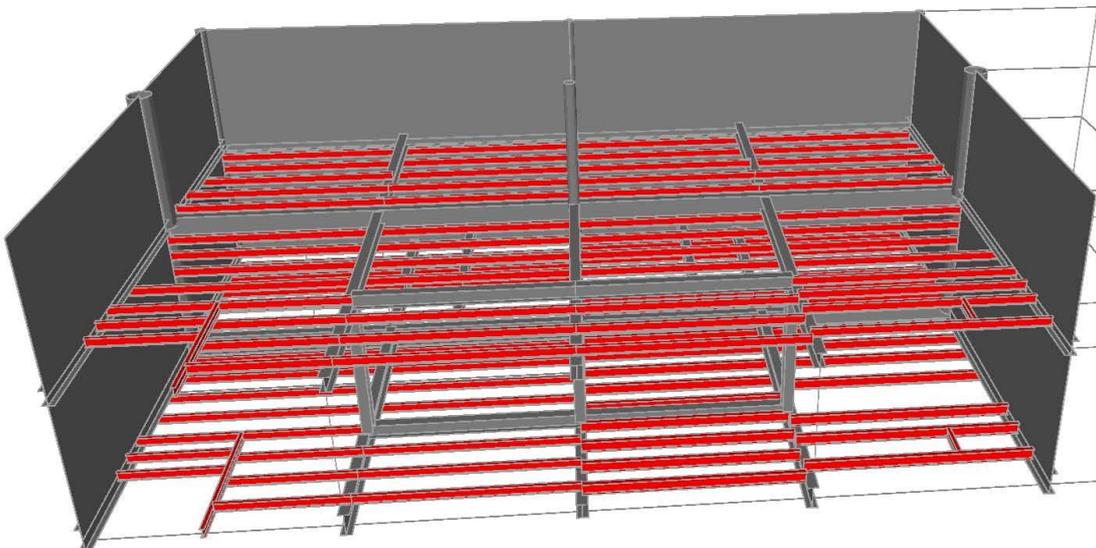
I ratei di utilizzo delle varie travi sono mostrati in figura:



Non ci sono elementi rossi quindi ratio di utilizzo inaccettabili. Le movimentazioni riguardanti il modulo A1 non danno problemi e si può comunicare ai responsabili di cantiere la configurazione decisa.

Movimentazione Blocco A2

Per quanto riguarda il modulo A2 dopo essere stato costruito in officina anch'esso dovrà spostarsi verso il reparto verniciatura e sabbiatura, poi dovrà essere posizionato vicino al blocco A1 ed infine accostato a quest'ultimo in posizione tale da poter consentire l'assemblaggio dei due blocchi.



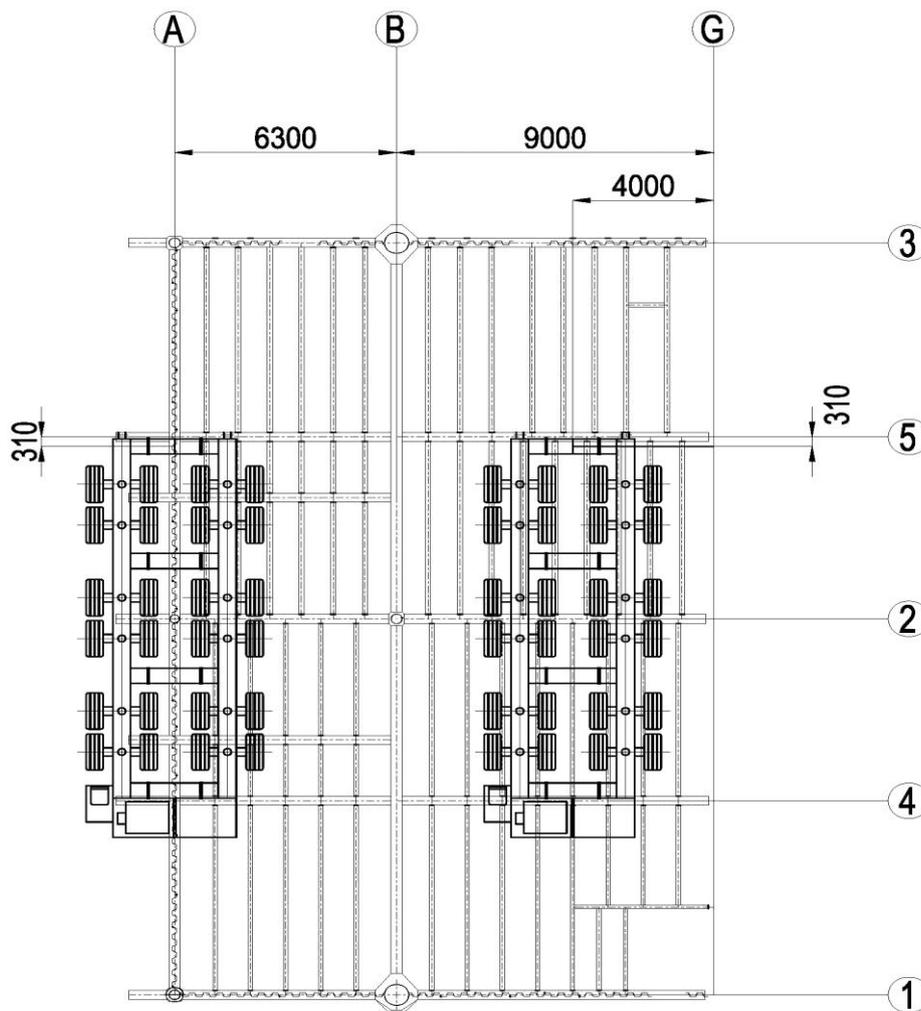
Le fasi di movimentazione sono:

- FASE 1 = Movimentazione dall' officina verso il reparto verniciatura

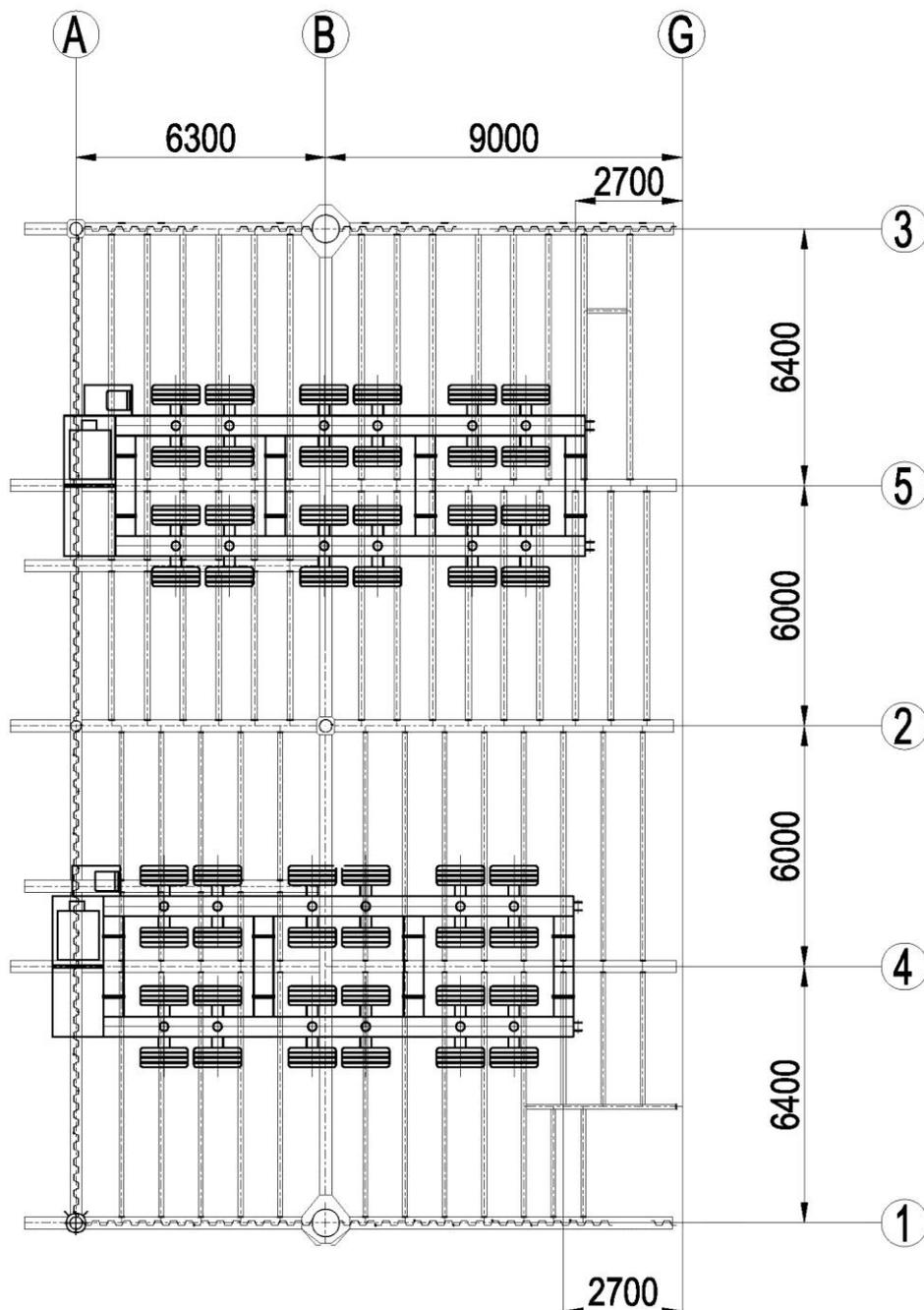
- FASE 2 = Movimentazione dal reparto verniciatura verso l'area di assemblaggio
- FASE 3 = Accostamento blocco del A2 al blocco A1

I carrelli utilizzati hanno un limitato raggio di curvatura, per poter effettuare l'accostamento al blocco A1 è necessario cambiarne la configurazione in quanto la direzione di spostamento della Fase 2 è perpendicolare rispetto alla Fase 3.

Nella Fase 1 e nella Fase 2 è previsto di utilizzare una configurazione che chiameremo di **tipo A**. I carrelli sono posti entrambi a 310 mm dal filo 5. Uno è posto lungo la fila A mentre il secondo è a 4000 mm dalla fila G:

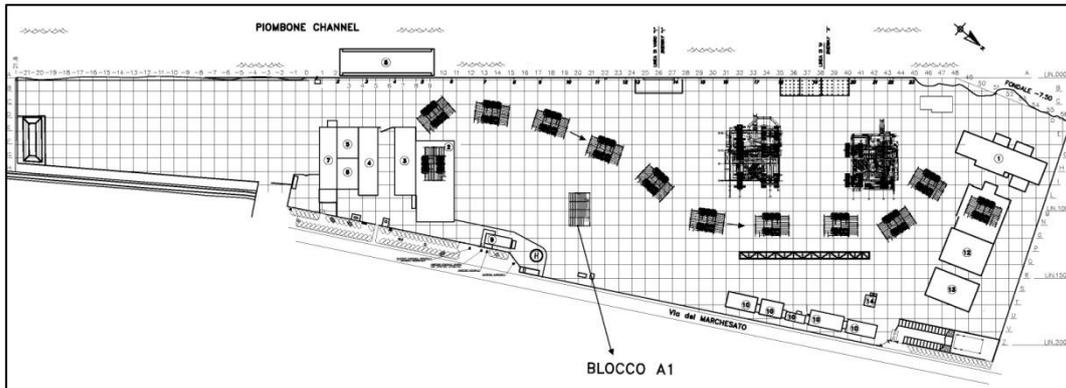


Mentre nella **Fase 3** di accostamento di questo blocco ad A1 si è prevista una configurazione che chiameremo di **tipo B** con i carrelli posti entrambi a 2700 mm dalla fila G e lungo il filo 5 ed il filo 4.



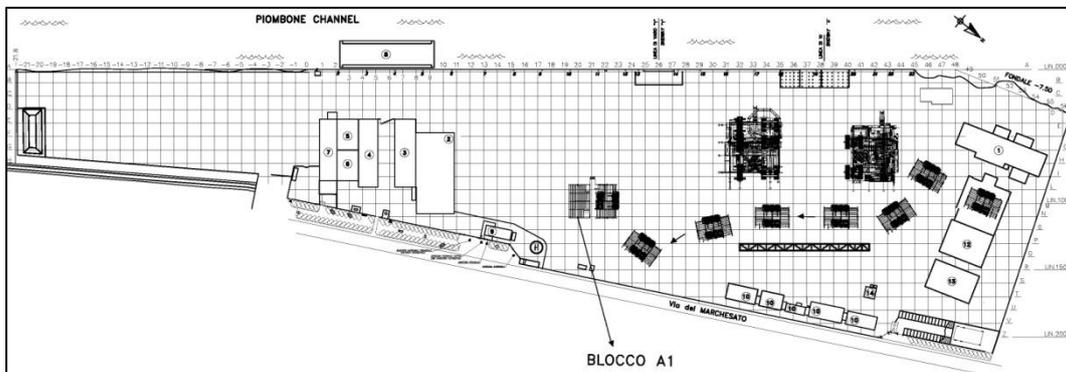
FASE1

Il blocco viene posto sui carrelli (Configurazione A) e spostato in reparto verniciatura/sabbatura dove verrà appoggiato sui supporti di cantiere.



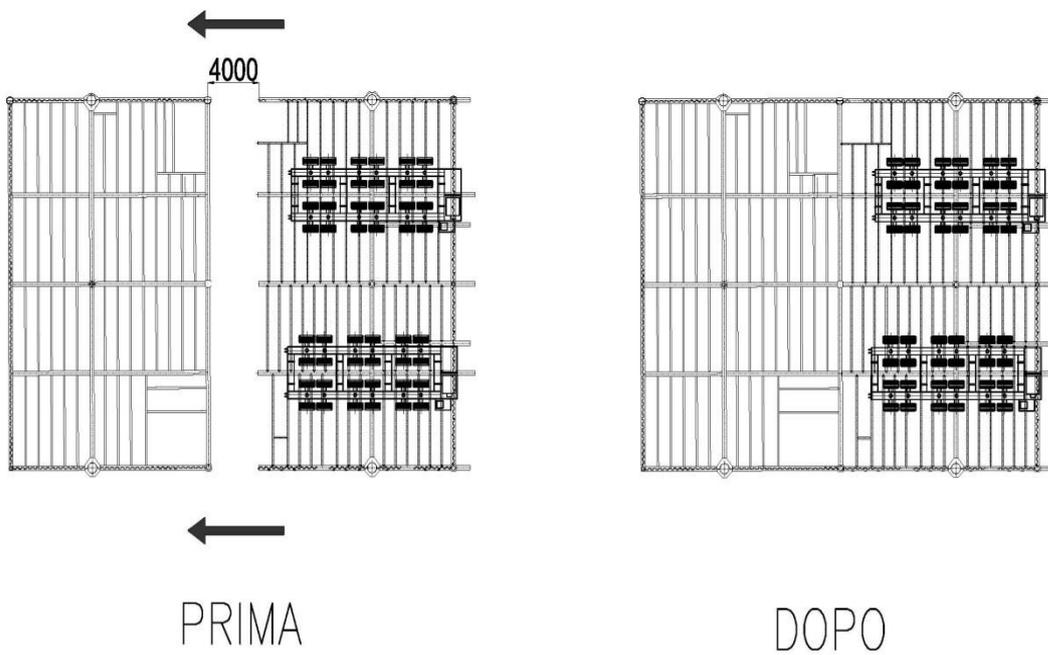
FASE2

Dopo che la struttura è stata sabbata e verniciata si effettua lo spostamento verso la zona di assemblaggio tramite i carrelli (Configurazione A) e viene posto ad una distanza dal blocco A1 di 4 metri.

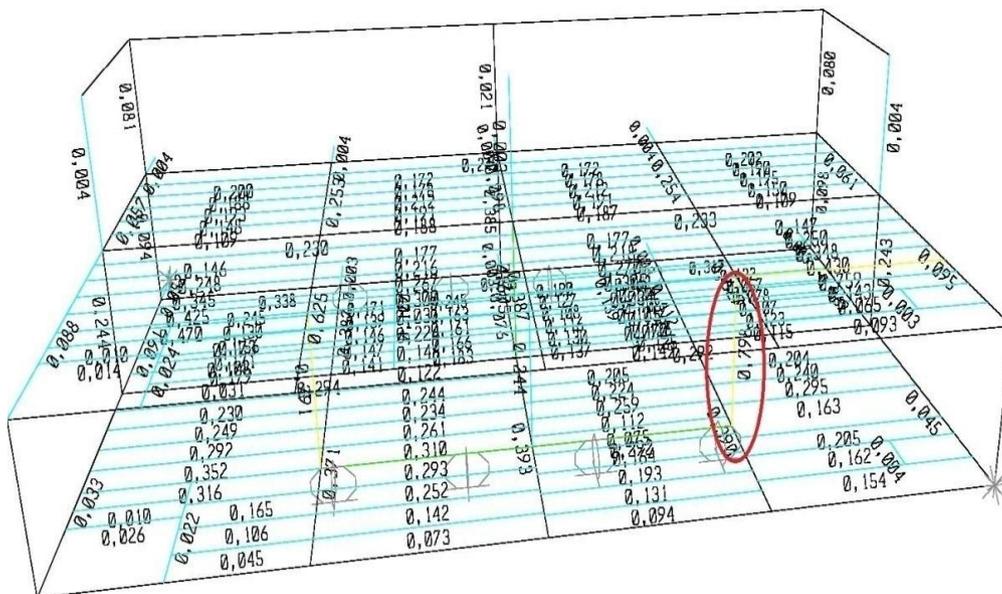


FASE3

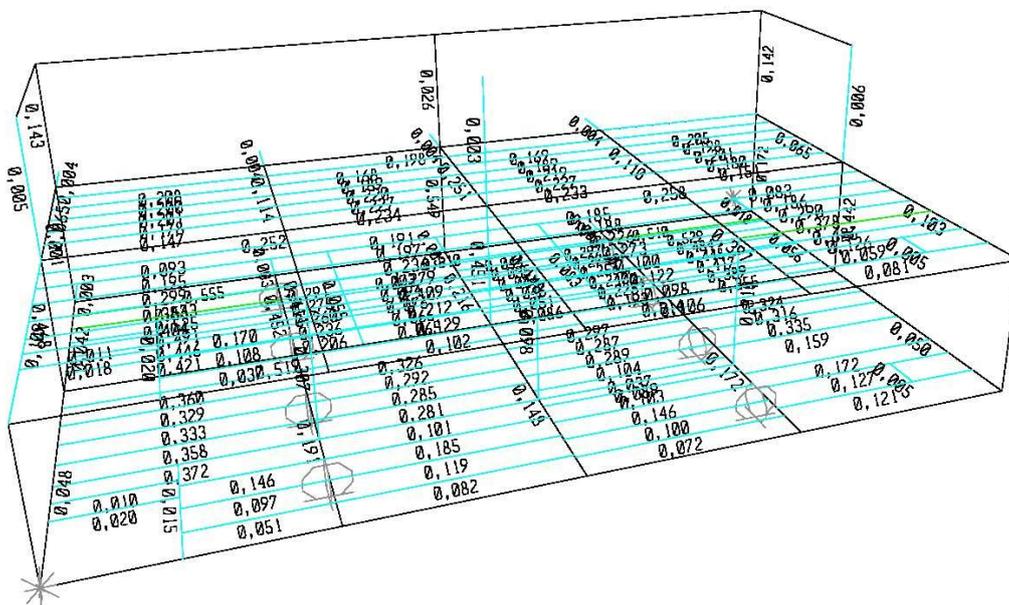
Si cambia configurazione dei carrelli (Configurazione B) e si accosta il blocco A2 al blocco A1 in modo da poter effettuare tutte le saldature necessarie all'unione delle due strutture



I gradi di utilizzo delle varie travi durante la fase 1 e 2 sono :



Mentre per quanto riguarda la fase 3 si ha :



Le movimentazioni previste per il modulo A2 non creano problemi alla struttura quindi sono tutte fattibili e possono essere comunicate ai responsabili di cantiere.

CONCLUSIONI

Con il presente elaborato sono state mostrate le considerazioni e gli studi che quotidianamente vengono svolti in Ufficio Metodi a supporto delle attività di cantiere legate alle fasi di realizzazione di moduli off-shore.

In particolare si è concentrata l'attenzione sui sottoassiemi A1 ed A2;

- Capire come costruire i due blocchi in officina in modo da poter effettuare più operazioni possibili a basse altezze onde risparmiare tempo e denaro e assicurare i minori rischi per gli addetti
- Determinare le supportazioni di cantiere, verificare la tenuta dei supporti stessi e di qualsiasi attrezzatura utilizzata

CONCLUSIONI

- Impostare il layout di officina, studiare i relativi sollevamenti durante la costruzione andando a dimensionare i golfari e controllando che le strutture non vengano compromesse durante le varie fasi

- Determinare il layout di cantiere durante gli spostamenti dall'officina al reparto di verniciatura, decidere quali carrelloni utilizzare e quali configurazioni prevedere per rendere il tutto fattibile

Il tutto cercando di utilizzare al meglio le attrezzature disponibili in cantiere per ridurre i costi di produzione di nuove componenti o il noleggio di attrezzature esterne (esempio con l'utilizzo per i supporti di cantiere dei Totem già disponibili oppure con la scelta dei carrelloni Belelli di proprietà dell'azienda) e in modo che qualsiasi documento emesso dall'ufficio possa essere interpretato da qualsiasi operatore del cantiere in modo chiaro e senza possibilità di errore.

Ringraziamenti

*Sono arrivato anche io!!!
A volte penso che è come se fossi arrivato
alla cima del monte Everest ma non sarà finita qui perché ci sono
ancora tante altre vette da conquistare!*

*Ora voglio ringraziare coloro che mi hanno permesso di
raggiungere questo nuovo e importante obiettivo e mi hanno dato
la possibilità di realizzare questo elaborato.*

*Il primo ringraziamento va ancora una volta
ai miei genitori e a mia sorella Beatrice che mi
hanno dovuto sopportare altri due anni, periodo in cui le
difficoltà non sono mancate e che sono riuscito a superare anche
grazie al loro fondamentale sostegno*

*Ringrazio sentitamente Rosetti S.p.a nelle persone di Elisabetta
Garzanti, Claudio Antonellini, Gianni Foschini che mi hanno
permesso di svolgere con loro questa interessantissima
esperienza e mi hanno dotato di tutti i comfort necessari,
Nicola Mazzavillani e Francesco Ceroni
per avermi aiutato con i loro consigli utili.*

Un grazie grande come una casa è dedicato a Massimo Carnazza detto " Mitch ". Vicino di postazione mi ha sempre aiutato tutte le volte che gli ho chiesto consigli o suggerimenti spiegando come se fosse un professore! Grande!

Un ringraziamento molto speciale lo rivolgo a Omar Succi amico d'infanzia che anche in questa occasione mi ha aiutato durante la mia permanenza in azienda regalandomi una piacevole sensazione di un'atmosfera familiare e facendomi compagnia durante la pausa pranzoGrazie mille!!!

Infine credo che sia doveroso ringraziare anche me stesso nell'essere riuscito a raggiungere un obiettivo desiderato da sempre....bravo Andrea!!!!

GRAZIE A TUTTI!!