

**POLITECNICO DI MILANO**

Facoltà di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in  
Ingegneria Aeronautica



**Progetto di un terrapieno per prove di impatto  
in terra di alianti**

Relatore: Prof. Paolo ASTORI

Co-relatore Prof. Francesco CALVETTI

Tesi di Laurea di:

Diego MARINO Matr. 705297

Anno Accademico 2009 – 2010

*Vivere senza tentare, significa rimanere  
con il dubbio che ce l'avresti fatta.*

*[J.M]*

*Ai miei nonni*

## Ringraziamenti

Desidero ringraziare innanzitutto il professor Astori e il signor Galetto per avermi seguito durante tutto il lavoro di tesi e per i loro preziosi consigli.

Ringrazio la mia famiglia; papà Antonio, mamma Dorian, mia sorella Valentina e la mia ragazza Eloisa, per avermi sempre sostenuto nei momenti di difficoltà e per aver sempre creduto in me.

Ringrazio i compagni di viaggio di questi anni al Politecnico, Tognò e Davy, per aver condiviso gioie e dolori, vittorie e sconfitte (non solo in ambito scolastico).

Ringrazio i miei zii per non avermi mai fatto mancare il tifo. Gli amici e la “canottieri” per aver condiviso con me, momenti bellissimi nel mio tempo libero.

Ringrazio anche il professor Calvetti e l’ing Vecchiotti per aver reso possibile realizzare la parte della determinazione dei carichi d’impatto su terra.

Ringrazio infine il personale del LAST per avermi “ospitato” e per essere stato sempre disponibile.

# Indice

Sommario .....	10
Abstract .....	10
Introduzione .....	11
1. Stato dell'arte .....	12
1.1. Prova sul DG-800 .....	12
1.2. Prova su aliante in carbonio Dyneema Fabric .....	15
1.3. Prova al LAST del Politecnico di Milano .....	16
1.4. Conclusioni sulle prove .....	18
2. Ricerca dell'impatto "tipo" .....	20
2.1. Ricerca statistica .....	20
2.2. Analisi della tipologia di impatto .....	21
2.3. Sopravvivibilità .....	22
2.4. Terreno .....	22
2.5. Velocità d'impatto .....	23
2.6. Impatto da riprodurre .....	24
2.7. Terreno da utilizzare nella prova .....	24
2.8. Aliante in prova .....	25
3. Analisi con BIMPAM .....	28
3.1. Introduzione al BIMPAM .....	28
3.2. Descrizione sommaria del modello .....	30
3.3. Determinazione dei carichi mediante BIMPAM .....	33
3.3.1. Parametri di input .....	34
3.3.2. Risultati BIMPAM .....	36
3.3.3. Propagazione della sollecitazione nello strato ammortizzante .....	39
3.3.4. Calcolo del coefficiente dinamico .....	40
4. Progetto del cassone .....	43
4.1. Scelta delle dimensioni e forma del cassone .....	43
4.2. Elementi costruttivi .....	44
4.2.1. Pannelli .....	44
4.2.2. Elementi longitudinali .....	45
4.3. Scelta del sistema di movimentazione ed inclinazione .....	46
4.3.1. Sistema di movimentazione .....	46

4.3.2.	Sistema di Reclinazione .....	49
4.3.3.	Struttura piano inclinato.....	51
4.3.4.	Sistema di sollevamento.....	53
4.3.5.	Interfaccia cassone – struttura Helisafe .....	56
5.	Validazione modello FEM del terreno .....	57
5.1.	Modello FEM del Terreno.....	58
5.1.1.	Materiale.....	58
5.1.2.	Geometria e proprietà .....	59
5.1.3.	Carichi e vincoli .....	59
5.2.	Risultati Teoria di Cerruti - Boussinesq .....	59
5.2.1.	Validazione modello di Cerruti - Boussinesq .....	59
5.2.2.	Caso Aliante e confronto FEM .....	61
6.	Risultati Modello FEM.....	68
6.1.	Descrizione modello del piano inclinato .....	68
6.1.1.	Materiale.....	68
	Geometria e proprietà .....	69
6.1.2.	Carichi .....	69
6.1.3.	Vincoli .....	69
6.1.4.	Risultati struttura del piano inclinato.....	70
6.2.	Descrizione del modello del cassone e del modello completo .....	71
6.2.1.	Materiale.....	71
6.2.2.	Geometria e proprietà .....	72
6.2.3.	Carichi .....	73
6.2.4.	Vincoli .....	74
6.3.	Risultati per la configurazione di trasporto.....	74
6.4.	Risultati per la configurazione d’impatto .....	76
7.	Conclusioni e sviluppi futuri.....	78
	Appendice .....	79
a)	Prova di carico su piastra .....	79
i.	La norma Svizzera SNV 670317a .....	79
1.a.i.1.	Definizioni.....	79
1.a.i.2.	Attrezzatura per la prova .....	80
ii.	Esecuzione della prova.....	81
iii.	Interpretazione dei risultati.....	83

b) Disegni allegati .....	84
Nomenclatura e lista acronimi .....	177
Bibliografia .....	178

## Elenco delle figure

Figura 1.1 Aliante DG - 800 .....	13
Figura 1.2 Aliante in materiale ibrido .....	15
Figura 1.3 Fotogramma delle riprese ad alta velocità dell'esperimento svolto al Politecnico .....	17
Figura 1.4 Terrapieno utilizzato nell'esperimento del Politecnico .....	18
Figura 1.5 Bozza del nuovo terrapieno .....	19
Figura 2.1 Casistica degli incidenti .....	21
Figura 2.2 Tipi di Terreni di impatto.....	23
Figura 2.3 Blocco e strato ammortizzante .....	25
Figura 2.4 Aliante V1/2 Rondine .....	26
Figura 2.5 Trittico Aliante V1/2 Rondine.....	27
Figura 3.1 Impronta calcolata dal BIMPAM .....	31
Figura 3.2 Struttura del modello reologico .....	32
Figura 3.3 Diagramma di flusso del codice di calcolo .....	32
Figura 3.4 Schema delle sollecitazioni agenti nel sistema [7].....	34
Figura 3.5 Sistema di riferimento BIMPAM .....	35
Figura 3.6 Forza Asse y e n .....	36
Figura 3.7 Forza Asse x e t.....	36
Figura 3.8 Accelerazione, Velocità e Affondamento asse x .....	37
Figura 3.9 Accelerazione, Velocità e Affondamento asse y .....	37
Figura 3.10 Relazione tra il massimo valore della forza d'impatto ("Effort par accélération", F1) ed il massimo valore della sollecitazione sulla piastra ("Effort intégré", F2), da Labiouse et al. (1994). (a) spessore 100 cm, (b) spessore 50 cm .....	39
Figura 3.11 Confronto della distribuzione di $\sigma_{zz}$ tra caso statico e caso dinamico .....	41
Figura 3.12 Confronto della distribuzione di $\sigma_{xx}$ tra caso statico e caso dinamico .....	41
Figura 3.13 Confronto della distribuzione di $\sigma_{yy}$ tra caso statico e caso dinamico .....	42
Figura 4.1 Quotatura del terrapieno .....	44
Figura 4.2 Telaio del terrapieno .....	45
Figura 4.3 Esempio Barre utilizzate.....	46
Figura 4.4 Cassone con sistema di ruote sottostanti .....	47
Figura 4.5 Cassone con ruote esterne.....	49
Figura 4.6 Struttura piano inclinato .....	51
Figura 4.7 Struttura piano inclinato modificata .....	52

Figura 4.8 Travi HEA 100 .....	52
Figura 4.9 Tubi di sostegno struttura .....	52
Figura 4.10 Supporto incudine .....	53
Figura 4.11 Supporto carrucola a terra .....	54
Figura 4.12 Redancia con Telaio .....	54
Figura 4.13 Morsetto tipo CAV.....	55
Figura 4.14 Disposizione dei Manicotti sulla struttura Helisafe .....	56
Figura 5.1 Sistema di riferimento nel semispazio elastico.....	57
Figura 5.2 Sistema di riferimento del cassone per i calcoli con teoria di Cerruti – Boussinesq.....	58
Figura 5.3 Modello FEM del Terreno .....	58
Figura 5.4 Distribuzione di $\sigma_{zz}$ teoria di Cerruti - Boussinesq .....	60
Figura 5.5 Distribuzione di $\sigma_{xx}$ teoria di Cerruti - Boussinesq .....	60
Figura 5.6 Distribuzione di $\sigma_{yy}$ teoria di Cerruti - Boussinesq.....	61
Figura 5.7 Distribuzione di $\sigma_{zz}$ nel caso dell'aliante .....	62
Figura 5.8 Distribuzione di $\sigma_{xx}$ nel caso dell'aliante.....	62
Figura 5.9 Distribuzione di $\sigma_{yy}$ nel caso dell'aliante.....	63
Figura 5.10 Confronto della distribuzione di $\sigma_{zz}$ .....	63
Figura 5.11 Confronto della distribuzione di $\sigma_{xx}$ .....	64
Figura 5.12 Confronto della distribuzione di $\sigma_{yy}$ .....	65
Figura 5.13 Distribuzione di $\sigma_{zz}$ con dimensioni x e y raddoppiate .....	65
Figura 5.14 Distribuzione di $\sigma_{xx}$ con dimensioni x e y raddoppiate .....	66
Figura 5.15 Distribuzione di $\sigma_{yy}$ con dimensioni x e y raddoppiate.....	66
Figura 6.1 Modello FEM del piano inclinato .....	69
Figura 6.2 Andamento più critico Sigma Von Mises nei pannelli per il piano inclinato.....	70
Figura 6.3 Andamento più critico Sigma nelle Travi per il piano inclinato .....	71
Figura 6.4 Modello FEM del cassone .....	72
Figura 6.5 Modello FEM completo.....	73
Figura 6.6 Distribuzione Sigma Von Mises nei pannelli per Cassone .....	75
Figura 6.7 Andamento Sigma nelle Travi per Cassone.....	75
Figura 6.8 Distribuzione Sigma Von Mises nei pannelli per struttura completa	76
Figura 6.9 Andamento Sigma nelle Travi per Helisafe e Cassone durante fase d'impatto.....	77
0.1 Prova di carico su piastra: esempio restituzione dati .....	80
0.2 Attrezzatura per prova su piastra secondo norma SNV.....	81



## Elenco delle Tabelle

Tabella 2.1 Caratteristiche Aliante V1/2 Rondine.....	27
Tabella 3.1 Parametri ingresso BIMPAM .....	35
Tabella 4.1 Caratteristiche Pneumatici .....	48
Tabella 4.2 Caratteristiche fune Teci .....	53
Tabella 6.1 Caratteristiche materiali modello del piano inclinato.....	68
Tabella 6.2 Margini di Sicurezza del piano inclinato durante posizionamento cassone.....	70
Tabella 6.3 Proprietà materiale del Terrapieno.....	72
Tabella 6.4 Margini di sicurezza in configurazione trasporto .....	74
Tabella 6.5 Margini di sicurezza in fase di "tiro" .....	75
Tabella 6.6 Margini di sicurezza per la struttura completa in fase di impatto ..	76

## **Sommario**

Questo lavoro nasce dall'esigenza a livello mondiale di definire criteri di sicurezza passiva per gli alianti.

Le basi di partenza giungono da un lavoro precedentemente svolto al Politecnico di Milano, i cui risultati non sono stati soddisfacenti: non si è infatti riusciti a realizzare un terrapieno che fornisse un'adeguata compattazione del terreno.

Si sono quindi individuati i punti "deboli" dell'esperimento, per poi passare alla riprogettazione del terrapieno in modo da avvicinarsi il più possibile a riprodurre un terreno ideale su cui fare impattare l'aliante.

## **Abstract**

This work is born from worldwide demand to define crashworthy sailplanes criterions.

The starting point comes from a previous work at Politecnico di Milano, in which the test results were not satisfactory because it was not possible to establish an embankment that would provide a proper soil compaction.

We start to identify "weak" point experiment, then we redesigned the embankment in order to get, as close as possible, to reproduce an ideal glider ground impact.

## Introduzione

Il lavoro svolto nasce dall'esigenza a livello mondiale di definire criteri di sicurezza passiva per gli alianti.

Oggi non esistono infatti regolamenti specifici sull'argomento: normative quali l'EASA-CS 22, la JAR-VLA e l'EASA-CS 23 danno ai costruttori solo poche generali raccomandazioni circa la progettazione di velivoli leggeri.

Per stabilire dei criteri di sopravvivenza agli impatti al suolo degli alianti, è stata quindi iniziata un'attività di analisi numerica presso il Dipartimento di Ingegneria Aerospaziale seguita da una campagna sperimentale.

Lo studio è partito da una ricerca sui possibili scenari di impatto, al fine di definire delle condizioni rappresentative di tutta la categoria dei potenziali incidenti.

Attraverso un esame delle dinamiche dell'aliante prima e dopo la collisione, è stato poi possibile definire le conseguenze fisiche sul pilota, suggerendo quindi dei rimedi per limitare i danni.

Dai modelli multi-corpo sviluppati utilizzando come riferimento l'aliante V1/2 "Rondine", è risultato che i velivoli realizzati secondo i criteri di progetto attuali non soddisfano i requisiti di sicurezza passiva.

Il lavoro svolto costituisce quindi la base sperimentale necessaria per convalidare i risultati dell'analisi numerica, nonché un importante riferimento con cui confrontare eventuali sviluppi futuri.

Il presente lavoro è mirato alla realizzazione di un terrapieno per la prova sperimentale, ed è sviluppato in tre principali blocchi: nel primo si definisce l'impatto "tipo" che si dovrebbe riprodurre durante l'esperimento, nel secondo si determinano invece i carichi derivanti nel suolo durante l'impatto e nel terzo blocco di progetto si verifica il terrapieno da utilizzare nella prova.

## 1. Stato dell'arte

La sperimentazione è sempre stata alla base della validazione dei modelli teorici.

Questo vale anche nel caso degli alianti, in particolare riguardo la sicurezza passiva: non è possibile, infatti, nei modelli teorici, tenere conto di tutti i fattori che incorrono nel fenomeno reale. Il calcolo numerico, negli ultimi anni, si è evoluto molto producendo dei modelli della realtà sempre più accurati, ma è tuttavia impensabile che tramite un'analisi mediante algoritmi si possa riprodurre ogni singolo aspetto della realtà. Bisogna poi pensare che un particolare di cui non si è tenuto conto nel modello potrebbe invece influenzare pesantemente il fenomeno e, viceversa, un elemento del processo che sembrerebbe significativo potrebbe risultare, in ultima analisi, irrilevante.

Queste considerazioni possono essere applicate anche alle prove di crash su alianti; è importante quindi tenere conto degli esperimenti già compiuti in passato per non commettere gli stessi errori e, soprattutto, per trarre vantaggio dagli aspetti positivi che ne sono derivati.

Entrando più nel dettaglio non si può dire che esista un vero e proprio "stato dell'arte" per quanto riguarda le prove sperimentali concernenti la sicurezza passiva dei velivoli leggeri. Gli unici test che sono stati realizzati sono attribuiti a Martin Sperber, un esperto della TUEV Rheinland, azienda che opera nel settore di valutazione, verifica di prodotti e sistemi di gestione e uno al Politecnico di Milano.

### 1.1. Prova sul DG-800

La prova è stata realizzata nel 1994. Al test ha assistito Friedel Weber, un appassionato di alianti che ha avuto la fortuna di parlare direttamente con Sperber e che ha scritto un articolo/report, pubblicato sul sito ufficiale della DG, contenente le considerazioni più importanti riguardanti il crash [2].

L'esperimento prevedeva lo schianto di un aliante contro un terrapieno inclinato di circa 45° rispetto all'orizzontale. Come nell'esperimento del Politecnico, il velivolo è stato costruito senza realizzare la porzione posteriore, retrostante l'ala. La parte mancante, tuttavia, non è stata ripristinata in alcun modo, di conseguenza il peso totale della fusoliera di prova non riproduceva le condizioni reali, così come il baricentro e il momento d'inerzia. La fusoliera era in vetroresina, realizzata sulla base del

DG-800 ed era stata fornita dalla Glaser-Dirks, unica azienda offerta per sperimentare la resistenza del velivolo in un impatto di questo tipo.



**Figura 1.1 Aliante DG - 800**

Weber in seguito, ha fatto presente la reticenza delle aziende produttrici di aliante riguardo alla fornitura del materiale di prova affermando che, molto probabilmente, nessun velivolo sarebbe resistito al test: in effetti l'esperimento simulava l'impatto al suolo più gravoso per la struttura e quindi per l'occupante stesso.

Secondo l'esperto tedesco esistono quattro principali configurazioni di impatto, tra cui quella appena citata che risulta essere la più devastante e la più frequente.

La prova si è quindi svolta in condizioni di laboratorio, in assenza di vento e a temperatura pressoché costante. La fusoliera è stata montata su una slitta che scorreva su ruote in gomma. Nell'esperimento di Sperber l'aliante era solidale con la guida anche nel momento dell'impatto contro il piano inclinato. Il manichino adottato era del 50mo percentile.

Bisogna osservare che la cappottina dell'aliante era molto più ampia rispetto a quella adottata per l'esperimento del Politecnico; ciò avrebbe potuto modificare di molto la buona riuscita del test, andando ad influire anche sulle generalità di quest'ultimo, in quanto la canopy della maggior parte degli aliante è assai più piccola di quella utilizzata da Sperber.

Il risultato di questo primo esperimento sembrerebbe quindi disastroso. La fusoliera è stata quasi completamente distrutta e il manichino è risultato essere addirittura in "zona di compressione": ciò, oltre a influire negativamente sulla salute del pilota, comporta anche una riduzione dell'abitabilità del velivolo, rendendo difficile, se non impossibile, la fuga dall'abitacolo.

Rimane da capire se questa prova ha fornito effettivamente dei risultati validi: l'aliante utilizzato è un modello veritiero, ancora in produzione, e quindi abbastanza valido; il manichino è stato tarato ed era del 50mo percentile, cioè abbastanza rappresentativo. Ci sono tuttavia delle imprecisioni e degli errori di cui Sperber non ha tenuto conto:

- il peso complessivo dell'aliante utilizzato per il crash test era di 525 kg, un po' eccessivo, soprattutto se il velivolo non è dotato di zavorre ad acqua posizionate nelle ali;
- per lo schianto è stata utilizzata solo la parte anteriore della fusoliera, dalla radice alare in avanti. Questo non influenzerebbe molto la buona riuscita dell'esperimento se non fosse che la parte posteriore non è stata ripristinata con alcuna zavorra. Il momento d'inerzia del velivolo di prova era quindi sostanzialmente diverso dalla sua controparte reale;
- il carrello tramite il quale è stato accelerato il modello era solidalmente vincolato all'aliante andando ad inficiare sulla rilevazione dei dati in fase di schianto;
- l'impatto è stato realizzato senza la presenza di una cappottina, ma visto che quest'ultima non è un elemento strutturale, l'errore commesso può essere considerato irrilevante;
- la prova è stata realizzata con un terrapieno inclinato a 45 gradi ricoperto d'erba di dimensioni troppo piccole rispetto a quelle del muso dell'aliante. Questo potrebbe provocare dei rilevanti effetti di bordo;
- in ultimo, la configurazione di impatto considerata potrebbe risultare non pienamente rappresentativa: infatti talvolta, come citato nella sezione dedicata, il velivolo impatta prima con l'estremità alare e solo in un secondo momento con il muso.

E' da notare quindi come sia difficile realizzare una buona prova di validità generale. Alcuni errori sopra elencati furono tuttavia eliminati durante la realizzazione dei test successivi.

## 1.2. Prova su aliante in carbonio Dyneema Fabric

Nel 1998 il Ministero dei Trasporti tedesco commissionò a Helmut Fendt e Martin Sperber un test per la validazione sperimentale di una nuova tecnica di costruzione adottata per velivoli leggeri al fine di migliorarne la resistenza all'impatto e quindi la sicurezza passiva.

La configurazione di impatto rimase identica a quella adottata nel 1994, mentre l'aliante fu costruito attraverso una nuova tecnica che prevedeva l'utilizzo di fibra di carbonio e della cosiddetta Dyneema Fabric, un materiale molto simile al kevlar, utilizzato anche per le auto da Formula 1. Questa nuova realizzazione ibrida conferì alla struttura una resistenza all'impatto molto più alta rispetto alle fusoliere tradizionali ma ci fu un problema con il peso, superiore di circa 40 kg rispetto al dovuto: ciò comportò una difficoltà di realizzazione dal punto di vista tecnico (riuscire a far volare una fusoliera con peso oltre la norma) e normativo (validazione, approvazione, ect.). Un altro problema, tutt'altro che trascurabile, è stato l'elevato costo del velivolo realizzato in questo modo.



Figura 1.2 Aliante in materiale ibrido

Bisogna tuttavia evidenziare che i risultati ottenuti dall'esperimento sono molto buoni, come sottolinea un giornalista dell' "Aero Intern" magazine [3]:

*"By zero an increasingly loud rolling noise can be heard. The fuselage rolls toward a container filled with dirt and grass. Two meters before contact with the container the drive chain is released. The fuselage with the large steel weights drills itself with a loud bang"*

*deeply into the dirt filled container. [...] During that test, a steel bar marked the fuselage after it plunged 130 cm into the earth, otherwise there was no other larger damage to be seen.[...] The middle G force due to the delay was approx. 16.5 G.”*

Quindi la fusoliera, è rimase pressoché intatta; i due ingegneri rimasero positivamente impressionati dalla buona riuscita della prova tanto da giungere alla conclusione che, con un giusto posizionamento delle cinture e un poggiatesta abbastanza resistente, il pilota sarebbe sopravvissuto anche a questo tipo di impatto.

In realtà bisogna considerare che l'esperimento effettuato non è esente da difetti:

- come già detto, il peso è superiore alla norma;
- la parte posteriore non è stata tralasciata, sebbene il peso delle ali sia stato riprodotto tramite zavorre in acciaio;
- anche in questo caso il carrello è vincolato all'aliante, provocando intrusività;
- il cassone utilizzato è troppo piccolo, si nota infatti come il muso abbia trapassato anche il fondo del cassone. L'effetto di bordo risulta quindi rilevante;
- anche in questo caso la prova non potrebbe risultare di validità generale, come indicato sopra.

### **1.3. Prova al LAST del Politecnico di Milano**

Svolta nel settembre 2009, l'esperimento prevedeva lo schianto di un aliante contro un terrapieno inclinato di circa 45° rispetto all'orizzontale. Il velivolo, costruito senza realizzare la porzione posteriore retrostante l'ala, aveva sia il peso, che i momenti di rollio e beccheggio dell'aliante completo.

Al momento dell'esecuzione della prova sperimentale l'aliante è penetrato nel cassone con una dinamica inaspettata, manifestando un comportamento diverso da quanto atteso.

Basandosi sui test svolti da Martin Sperber ci si aspettava infatti una minore penetrazione della fusoliera nel terreno, accompagnata a una rilevante deformazione dell'abitacolo e dalla possibilità di fenomeni di delaminazione.





**Figura 1.3** Fotogramma delle riprese ad alta velocità dell'esperimento svolto al Politecnico

Al contrario, nella prova effettuata, si è osservata una grande penetrazione che ha portato la punta del velivolo ad urtare addirittura contro il fondo del cassone. Dalle riprese ad alta velocità (Figura 1.3) si è notato che nel momento dell'impatto il lato sinistro della fusoliera si è instabilizzato, imbozzandosi leggermente: probabilmente questo fenomeno è stato anche responsabile dell'unico danno rilevato sulla fusoliera, una piccola frattura nel bordo sinistro della capottina. L'assenza di zone danneggiate estesamente può essere spiegata se si suppone una forte azione smorzante del terreno; se così non fosse, un urto frontale contro il cassone avrebbe prodotto conseguenze ben più gravi.

Quanto detto non è stato comunque motivo di insuccesso per la prova: occorre infatti tenere presente che questa è stata condotta riproducendo fedelmente l'aliante in ogni sua parte significativa e ricostruendone accuratamente le caratteristiche dinamiche. Ogni fase del test, dall'avviamento della slitta fino all'impatto contro il terreno si è svolta senza alcun problema né contrattempo, il che testimonia l'effettiva riuscita della simulazione.

Il "fallimento" di questa prova è da attribuire senza dubbio alla scarsa compattazione del terreno, resa anche difficile dal come si era deciso di realizzare il terrapieno.



Figura 1.4 Terrapieno utilizzato nell'esperimento del Politecnico

#### 1.4. Conclusioni sulle prove

I tre esperimenti analizzati possono essere considerati dei buoni esempi da cui trarre degli accorgimenti e delle ottime considerazioni; nonostante ciò, come già accennato in precedenza, non si può fare affidamento solamente su queste tre prove per la realizzazione di un nuovo esperimento.

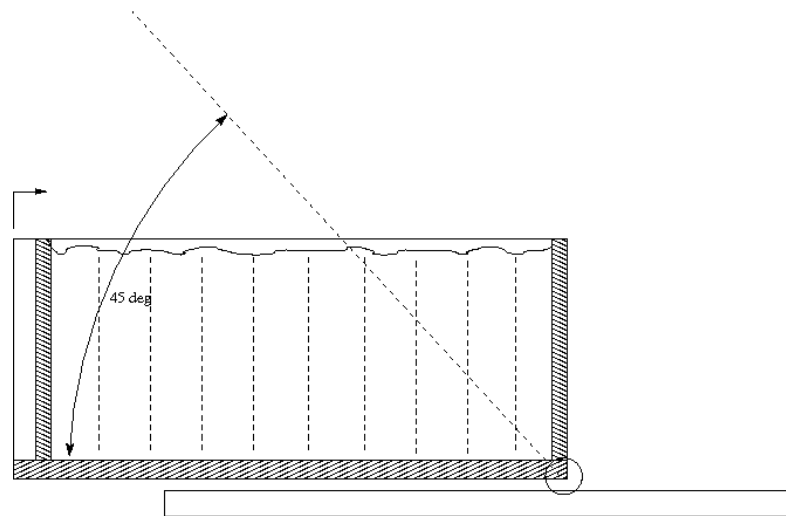
Si partirà dall'esperienza accumulata nell'esecuzione della prova al Politecnico di Milano, riprogettando il terrapieno poiché esso si è rivelato essere la causa determinante della non riuscita della prova.

Per quanto riguarda l'aliante si terrà buona la configurazione adottata nell'esperimento di Milano poiché si è rivelata la più veritiera.

Il terrapieno dovrà quindi avere caratteristiche ben precise:

- Essere a 45° rispetto all'orizzontale nella momento della prova;
- Permettere un'efficace compattazione prima della prova;
- Essere il più grande possibile per limitare gli effetti di bordo, compatibilmente con le attrezzature presenti in laboratorio.

Una prima bozza di questa terrapieno potrebbe essere rappresentata in Figura 1.5:



**Figura 1.5 Bozza del nuovo terrapieno**

Un terrapieno realizzato come in Figura 1.5 permetterebbe una buona compattazione del terreno in quanto è più facile operare in posizione orizzontale, per poi venir reclinato a 45° in un secondo momento per eseguire la prova.

## 2. Ricerca dell'impatto "tipo"

In questo capitolo s'illustreranno le basi che portano a definire i parametri (velocità dell'aliante e inclinazione del terreno) della prova in laboratorio

### 2.1. Ricerca statistica

Una parte importante nella preparazione della prova è uno studio statistico riguardante gli incidenti di alianti. Da una parte, infatti, è fondamentale cercare di riprodurre il tipo di impatto più frequente, dall'altra si deve cercare di ricreare quella situazione che oggi (vista la scarsa attenzione alle problematiche riguardanti la sicurezza passiva nel progetto di alianti), porterebbe al decesso del pilota ma che, una volta applicate le opportune modifiche alla struttura, renderebbe l'impatto sopravvivibile.

E' quindi opportuno capire quali siano le caratteristiche di un impatto in termini di assetto, tipo di superficie e velocità a partire dalle quali esso diventi mortale.

L'analisi statistica è stata condotta basandosi sulle relazioni e sui rapporti di inchiesta che le agenzie nazionali per la sicurezza del volo sono tenute a redigere dopo ogni incidente. Tali relazioni sono eseguite da esperti del settore con la massima precisione possibile e il loro scopo è quello di individuare le cause dell'incidente al fine di evitare che esso si possa verificare di nuovo.

Per avere un numero statisticamente significativo di eventi da esaminare si è estesa la ricerca, oltre alle relazioni dell'Agenzia Nazionale per la Sicurezza del Volo (ANSV), anche a quelle della corrispondente agenzia americana, la National Transportation Safety Board (NTSB). Si è quindi sottoposto ad analisi un totale di 90 incidenti avvenuti tra il 1989 e il 2006, di cui 12 italiani (tutti quelli effettivamente disponibili) e 78 americani.

## 2.2. Analisi della tipologia di impatto

Per quanto riguarda la classificazione del tipo di impatto, ci si è affidati alle quattro seguenti categorie individuate dall'esperto Martin Sperber nei suoi precedenti studi:

- *Tipo 1*: assetto leggermente cabrato con traiettoria discendente inclinata di circa 45° rispetto al terreno;
- *Tipo 2*: assetto picchiato con traiettoria discendente inclinata di circa 30°;
- *Tipo 3*: assetto picchiato allineato con la velocità, con traiettoria discendente inclinata di circa 30° rispetto al terreno e con angolo di imbardata non nullo;
- *Tipo 4*: assetto picchiato allineato con la velocità, con traiettoria discendente inclinata di circa 45° rispetto al terreno.

L'analisi statistica condotta ha attestato che l'impatto più frequente è quello di tipo 4 (si veda la Figura 2.1). Tale impatto è spesso il risultato di una perdita del controllo del velivolo a causa di vite o stallo nel tentativo di effettuare un atterraggio fuori campo.

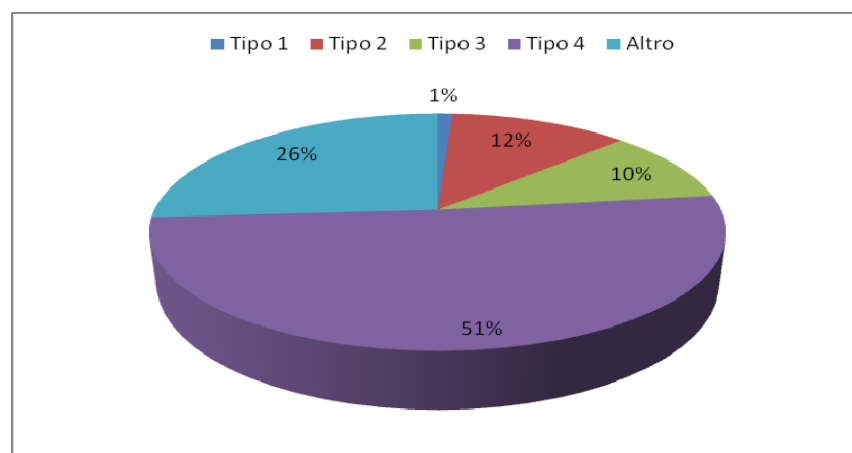


Figura 2.1 Casistica degli incidenti

Come si può vedere nella Figura 2.1, la categoria "Altro" è piuttosto numerosa poiché impatti contro strutture quali alberi, piloni o costruzioni rendono impossibili considerazioni riguardanti la dinamica dell'incidente.

Altre volte, invece, i relitti del velivolo risultano distribuiti in un'area talmente vasta da non rendere possibile alcuna analisi.

### **2.3. Sopravvivibilità**

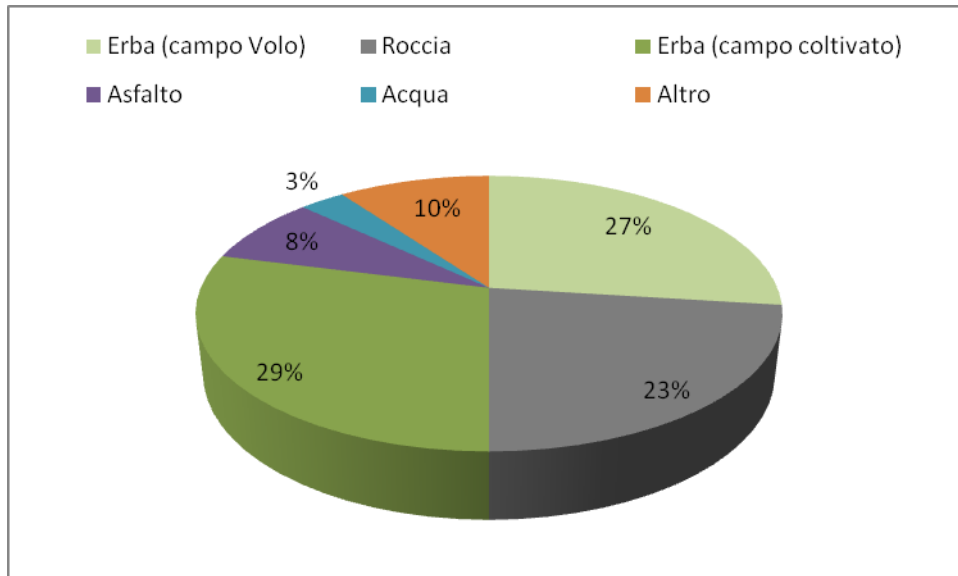
Gli impatti di tipo 4 risultano di gran lunga i più gravi in quanto a mortalità. Per quanto riguarda gli incidenti rientranti nella categoria "Altro", invece, si deve fare riferimento a quanto detto sopra. Purtroppo infatti quegli stessi impatti contro strutture rigide quali alberi, piloni, rocce ect. sono spesso molto gravi: il pilota è sottoposto non solo a forti accelerazioni ma anche a lesioni mortali dovute a oggetti estranei che penetrano nell'abitacolo oppure a componenti dell'abitacolo stesso che vengono forzate contro il suo corpo durante l'impatto con la superficie rigida.

### **2.4. Terreno**

Un altro obiettivo fondamentale della ricerca statistica è stato quello di individuare il terreno di impatto più frequente. Le caratteristiche meccaniche del suolo contro cui si scontra il velivolo, infatti, giocano un ruolo importante nel determinare la reazione che l'aliante andrà a sperimentare durante l'urto. Riuscire quindi ad avere una chiara idea del tipo di terreno da riprodurre in laboratorio è una condizione necessaria per una buona riuscita della prova.

Per classificare i vari terreni sono state create le seguenti sei categorie

- erba tipica della pista di un campo di volo o di un'avio superficie;
- terreno roccioso in prossimità di zone montagnose;
- erba tipica di un campo agricolo (tentativo di atterraggio fuori campo);
- pista aeroportuale o strada;
- acqua di fiumi o laghi;
- altro: impatto contro alberi, piloni o, più generalmente, costruzioni di vario tipo.



**Figura 2.2 Tipi di Terreni di impatto**

Come si può notare dal grafico (Figura 2.2), il terreno più frequente nel caso di impatti risulta essere di tipo erboso, piuttosto grossolano. Il terreno da riprodurre quindi è quello di un generico campo d'erba, in altre parole quello che un pilota in caso di emergenza sceglierebbe per effettuare un atterraggio fuori campo.

## 2.5. Velocità d'impatto

La velocità di impatto non è sempre determinabile con certezza. Gli unici casi in cui si riesce a conoscere sono i seguenti:

- il pilota è in grado di darne diretta testimonianza;
- le circostanze sono tali da poterne ipotizzare un valore piuttosto preciso (appena dopo il distacco, in corto finale ect.);
- quando, durante lo svolgimento di competizioni, è presente a bordo dell'aliante una data logger (dispositivo che, basandosi sul segnale GPS, registra posizione, velocità e quota).

La velocità media di impatto risulta essere di circa 80 km/h.

E' importante sottolineare che, a prescindere dal tipo di impatto, fra gli incidenti in cui era disponibile il dato di velocità, nessun pilota è sopravvissuto ad impatti avvenuti a una velocità superiore ai 70 km/h.

## **2.6. Impatto da riprodurre**

E' quindi emerso che il tipo di impatto più frequente è caratterizzato da:

- Assetto: 45° a picchiare, allineato con la velocità;
- Terreno: erba grossolana, non coltivata;
- Velocità: circa 20 m/s.

Tali condizioni portano, mediamente, al decesso del pilota.

## **2.7. Terreno da utilizzare nella prova**

E' necessario individuare fin dall'inizio che tipo di materiale verrà utilizzato per riprodurre il terreno in sede di prova.

Purtroppo non esiste un "terreno tipo", ovvero una tipologia di terreno riproducibile perfettamente in tutti esperimenti. Il motivo fondamentale è che sia a livello di composizione che di caratteristiche, la terra varia di molto rispetto al posto da cui viene prelevata.

Si è cercato di individuare comunque un materiale che sia il più "standard" possibile in modo che in futuro, se si vogliono svolgere altre prove, si riesca a riprodurre in maniera abbastanza fedele le condizioni della precedente prova.

A questo proposito si è preso spunto da una campagna sperimentale eseguita dal Dipartimento di Strutture del Politecnico di Milano (DIS) [6].

Durante queste prove, svolte presso il Dipartimento di Ingegneria Aerospaziale del Politecnico di Milano (Milano, Campus Bovisa), sono state testate alcune sfere d'acciaio per simulare gli impatti di massi sugli strati ammortizzanti delle gallerie stradali.





**Figura 2.3 Blocco e strato ammortizzante**

Lo strato ammortizzante in questa campagna sperimentale era costituito da inerte di cava, non compattato e posizionato mediante un escavatore. Si potrebbe utilizzare il suddetto materiale per riempire il terrapieno, opportunamente compattato, per raggiungere la rigidità desiderata. Sempre sotto consiglio del DIS si potrebbe riempire il cassone con la sabbia utilizzata per la preparazione del calcestruzzo. Per raggiungere la rigidità del terreno voluta ( 30 MPa) si dovrà man mano che si riempie il cassone, compattare il terreno e verificare mediante prova di carico su piastra la rigidità.

## **2.8. Aliante in prova**

L'aliante V-1/2 è stato derivato dal suo predecessore V-1 ma con un'ala totalmente diversa.

L'ala ha una pianta a tripla rastremazione. Il longherone ha le solette inglobate nello spessore del sandwich con cuore in poliestere espanso.



**Figura 2.4 Aliante V1/2 Rondine**

Gli alettoni sono in fibra di carbonio. La frenata aerodinamica è costituita da diruttori che fuoriescono su entrambi i lati delle superfici alari. La fusoliera è costituita da un guscio integrale con sandwich in fibra di vetro a cui, nel tronco di coda si aggiunge della fibra di carbonio. Il carrello di atterraggio è composto da una monoruota e da un ruotino posteriore. Gli impennaggi sono del tipo a T. La costruzione dell' impennaggio orizzontale è simile a quella dell'ala mentre la deriva è in di fibra di carbonio con anima in poliestere espanso.

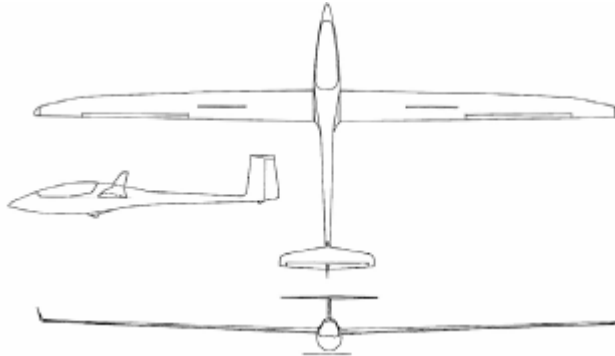


Figura 2.5 Trittico Aliante V1/2 Rondine

Caratteristiche tecniche:

**Tabella 2.1 Caratteristiche Aliante V1/2 Rondine**

Anno di Costuzione	2000	
Apertura alare	15	m
Lunghezza	6,68	m
Superficie Alare	9,8	m
Allungamento	22,96	
Massa a vuoto	220	Kg
Carico Alare	34,49	Kg/m <sup>2</sup>
Velocità massima	240	Km/h
Progettista	V. Pajno	

## 3. Analisi con BIMPAM

In questo capitolo s'illustrerà la determinazione dei carichi a cui è soggetto il cassone durante l'impatto, mediante un programma di calcolo denominato BIMPAM [6].

Quest'analisi si rende necessaria in quanto il cassone, in questo lavoro, è sospeso a differenza del precedente esperimento dove il terrapieno era appoggiato a terra.

Si è cercato di adattare il BIMPAM alle condizioni dell'esperimento, in quanto il programma è nato per simulare impatti verticali di grosse sfere di acciaio su strati ammortizzanti di gallerie civili.

E' necessario quindi analizzare i carichi derivanti dall'impatto in modo da non danneggiare il cassone cosicché che sia riutilizzabile per altri esperimenti.

### 3.1. Introduzione al BIMPAM

Il BIMPAM è stato concepito presso il Dipartimento di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Milano [5] e consiste in un modello in grado di descrivere, seppure sommariamente, il fenomeno dell'interazione dinamica tra un blocco rigido ed un mezzo granulare ammortizzante. Il modello definito è in grado di riprodurre sia l'andamento della forza che si genera durante l'impatto, sia la traiettoria seguita dal grave, di simulare l'impatto sia su strati orizzontali che inclinati.

Il problema dell'impatto di gravi su superficie piane è parte di varie discipline che vanno dalla fisica classica, alla balistica (problema militare della penetrazione dei proiettili), alla geotecnica.

Si tratta di un problema complesso di interazione dinamica che deve tener conto del fenomeno della propagazione delle onde, del problema della penetrazione di un corpo rigido in uno deformabile (e quindi nascita di grandi deformazioni localizzate nella zona dell'impatto).

La problematica è per lo più affrontata in modo semi-empirico, dato che i fattori che influenzano il fenomeno sono molto numerosi. Negli ultimi dieci anni si è cercato di studiare il problema sia mediante campagne sperimentali in piccola e grande scala (Labiouse et al., 1994) che attraverso analisi numeriche con codici di calcolo agli elementi discreti (Calvetti, 1998). Stimolanti suggerimenti derivano anche dalle analisi sperimentali (Taylor et

al., 1991) e dalle interpretazioni teoriche che si riferiscono alla penetrazione di proiettili in mezzi granulari.

A scopo introduttivo è bene innanzitutto mettere in evidenza le tre peculiarità più evidenti a livello meccanico del problema considerato:

- l'enorme differenza di rigidità e resistenza dei materiali che costituiscono l'oggetto penetrante ed il terreno sul quale esso va ad impattare. Per questo motivo, a favore di sicurezza, l'oggetto è considerato nel seguito infinitamente resistente ed indeformabile. Questo significa che non sarà preso in considerazione il danneggiamento del blocco o la sua esplosione. Ogni processo deformativo è pensato concentrato all'interno dello strato deformabile. Qualora si schematizzi l'oggetto penetrante durante la sua penetrazione (che, a seconda della sua energia, può raggiungere, ad esaurimento del fenomeno, anche più di metà del suo raggio), all'interno del terreno si accumulano deformazioni irreversibili di grande entità. Il materiale è soggetto a considerevoli carichi impulsivi ed a elevati spostamenti di ingenti masse di terreno. Non si assiste al contrario, in genere, a rottura dei grani o alla nascita di meccanismi di rottura generalizzati. Per ciò che concerne la rottura dei grani, si fa osservare sin d'ora che quanto affermato è vero anche nel caso si utilizzino materiali di riempimento fragili quali le argille espanse;
- l'impulsività del fenomeno. Infatti, al momento dell'impatto, il blocco possiede una grande energia cinetica che verrà in gran parte o integralmente dissipata durante l'evento. Per oggetti di dimensioni ragguardevoli, la velocità del blocco al momento dell'impatto, è funzione unicamente dell'altezza di caduta e, naturalmente, dell'accelerazione di gravità, avendo ipotizzato che, sino all'impatto con lo strato ammortizzante, il blocco non abbia interagito con altri corpi. Questo significa che, al momento del distacco dalla parete, il blocco è ipoteticamente caratterizzato da una velocità nulla e l'energia cinetica rotazionale del corpo al momento dell'impatto è trascurabile. La velocità del blocco, così come le sue dimensioni geometriche, sono le uniche due variabili di input. La risposta meccanica del sistema, così come le forze che si scambiano blocco e terreno e gli spostamenti della struttura, sono invece dati di output. La particolarità consiste allora nel fatto che le sollecitazioni agenti al momento dell'impatto sono figlie del tipo di struttura progettata e non solo dei dati di input. L'energia cinetica del blocco sarà in parte dissipata localmente, in parte sotto

forma di onde elastiche all'interno dell'ambiente e in parte sarà dissipata dalla struttura. La struttura ideale sarà allora quella che massimizzerà il primo dei tre contributi elencati e minimizzerà invece il terzo. Questo permetterà di aumentare la durabilità dell'opera, in quanto il terzo contributo è ineluttabilmente associato ad un suo parziale danneggiamento;

- l'eterogeneità della struttura sulla quale il blocco va ad impattare. Infatti, le caratteristiche meccaniche del terreno che costituisce lo strato ammortizzante sono estremamente più scadenti di quelle del fondo del cassone che costituisce la struttura. Nel caso delle gallerie paramassi è previsto che la maggior parte dell'energia si dissipasse nel "near field" (terreno superficiale) mentre si suppone che il resto della struttura rimanga in campo elastico. Lo strato di terreno dovrà allora essere di spessore sufficiente affinché questa ipotesi progettuale sia soddisfatta e cioè che non solo il blocco non entri in contatto diretto con il fondo, ma che addirittura il valore della forza che nel tempo si scambiano, durante l'impatto, blocco e terreno non sia influenzato dalla presenza dell'interfaccia terreno-soletta. Naturalmente questa ipotesi permette di massimizzare l'energia dissipata e di ridurre al minimo il valore della forza che si scambieranno blocco e struttura. Perché questa ipotesi sia verificata è necessario aumentare lo spessore dello strato ammortizzante (ma questo porta ad un indesiderato incremento dei carichi statici agenti sulla struttura sottostante) oppure incrementare la resistenza del materiale che costituisce lo strato stesso (ma ciò porta ad un incremento della forza di impatto).

### **3.2. Descrizione sommaria del modello**

Il modello BIMPAM interpreta il fenomeno dell'impatto di un grave come se le sollecitazioni che si scaricano sul terreno fossero trasmesse da una fondazione superficiale rigida di forma circolare.

Obiettivo principale del modello è quello di stabilire un legame tra le variabili cinematiche che descrivono il moto del grave, i carichi sollecitanti il terreno e le deformazioni, parzialmente reversibili, subite da quest'ultimo. Per formulare questo legame, è necessario introdurre le seguenti ipotesi semplificative:

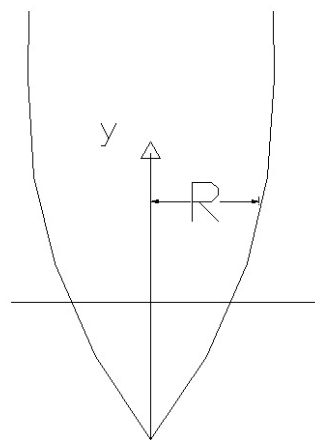
- la traiettoria del grave è piana, ossia i vettori che descrivono la velocità d'impatto e di rimbalzo del grave sono contenuti nello stesso piano;

- le rotazioni del grave vengono trascurate;
- il blocco ed il terreno costituiscono un unico macro-elemento caratterizzato da un legame costitutivo elasto-visco-plastico accoppiato;
- l'espansione della superficie di snervamento è di tipo isotropo, governata da un coefficiente di incrudimento che evolve in funzione delle deformazioni plastiche subite dal terreno;
- il criterio di flusso è non associato, ossia gli incrementi di sollecitazione non sono normali alla funzione di plasticità  $f$ .

Come anticipato nell'introduzione, il modello citato è stato concepito per essere in grado di riprodurre sia impatti verticali su substrati inclinati che, viceversa, impatti obliqui su strati orizzontali.

Il terreno, colpito dall'aliante, è sollecitato, come precedentemente illustrato, da una fondazione superficiale "equivalente", avente forma circolare ma dimensioni variabili.

Per determinare la legge di affondamento si è interpolato mediante un polinomio, la forma della prua dell'aliante, in modo da avere per ogni affondamento il corrispondente valore del raggio (Figura 3.1).



**Figura 3.1 Impronta calcolata dal BIMPAM**

Per semplificare la trattazione del problema, il sistema di riferimento adottato nello sviluppo del modello viene centrato nel punto di impatto all'istante di tempo  $0+$ .

Come schematizzato in Figura 3.2, il modello reologico, che per motivi unicamente didascalici viene qui descritto monodimensionale, è ipotizzato costituito da:

- una massa concentrata;
- un blocchetto ad attrito plastico.

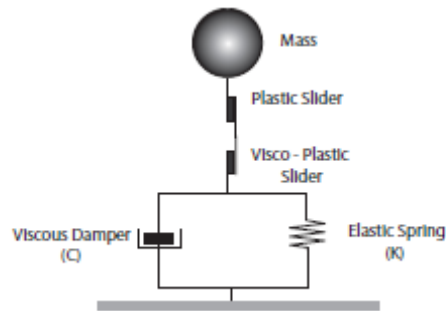


Figura 3.2 Struttura del modello reologico

L'incremento di spostamento sarà allora dato dalla somma degli spostamenti irreversibili viscoplastici (near field) e di quelli visco-elastici (far field) associati alla molla elastica e allo smorzatore viscoso.

La struttura del codice di calcolo è così schematizzata in Figura 3.3

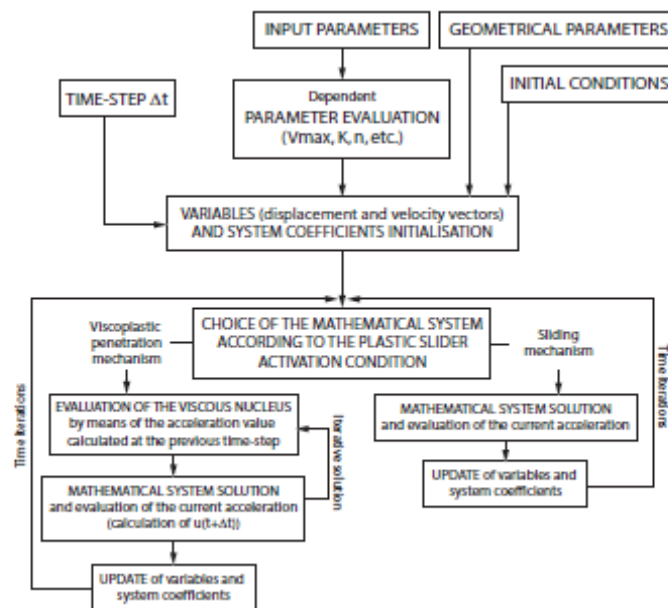


Figura 3.3 Diagramma di flusso del codice di calcolo



### 3.3. Determinazione dei carichi mediante BIMPAM

Il codice BIMPAM, per come è stato concepito, non si adatta bene al caso in esame, ovvero un impatto di un oggetto a forma molto appuntita.

È stato quindi necessario modificare la routine di calcolo in modo da non calcolare l'impatto di una sfera, ma bensì dell'aliante. Si è quindi inserito nel programma un polinomio che approssimasse la forma della prua dell'aliante.

Inoltre si sono modificati altri parametri di input, riguardanti il terreno poiché solitamente il BIMPAM è utilizzato per simulare impatti orizzontali e non di terreni inclinati.

Nel precedente lavoro [1] di questi fattori non si era tenuto conto, simulando un impatto contro un pendio non inclinato di una sfera di massa pari a quella dell'aliante in questione e con un raggio medio.

Per determinare i carichi, ci si è basati su approccio utilizzato per progettare le gallerie paramassi delle strade, in quanto la tipologia del fenomeno, bene si presta al caso di questa tesi.

Si farà spesso riferimento ad un impatto verticale, in quanto la maggior parte delle prove in ambito civile sulle gallerie paramassi, vengono svolte per simulare questa condizione.

Sommariamente per determinare i carichi sul fondo del cassone, che è l'elemento più critico, il lavoro da svolgere è articolato in tre punti:

- Valutazione della forza massima d'impatto che dipende dal tipo di materiale ammortizzante, dallo spessore dello strato ammortizzante, dalle dimensioni del blocco e dall'affondamento di quest'ultimo. Questi calcoli vengono eseguiti mediante il BIMPAM.
- Valutazione della propagazione dell'onda di sforzo e all'interno dello strato ammortizzante in funzione delle variabili di cui sopra e delle condizioni al contorno imposte;
- Valutazione della sollecitazione indotta dall'impatto sul fondo del cassone e sulla struttura.

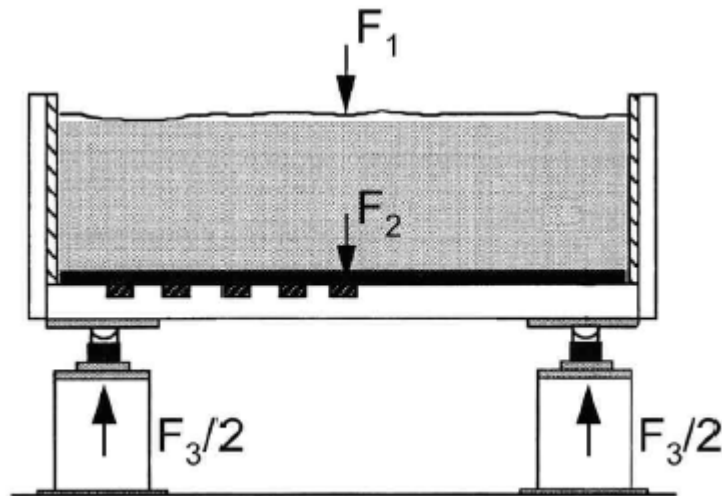


Figura 3.4 Schema delle sollecitazioni agenti nel sistema [7]

Facendo riferimento alla Figura 3.4, ove sono schematicamente e genericamente indicate le azioni in gioco nel sistema,  $F_1$  indica la forza d'impatto,  $F_2$  il carico trasmesso all'estradosso della struttura ed  $F_3$  la sollecitazione agente sulla struttura stessa (nel nostro caso in esame saranno le reazioni vincolari del cassone).

Si nota che le tre sollecitazioni in gioco possono differire tra di loro, in quanto il fenomeno in esame è di tipo dinamico: in assenza del contributo riequilibrante dato dall'inerzia delle varie componenti, l'azione applicata in superficie sarebbe uguale al carico trasmesso all'estradosso della struttura ed alla reazione vincolare fornita dai supporti della stessa. In campo statico si avrebbe  $F_1=F_2=F_3$ .

Tutto questo nel caso di urto verticale. Nel caso di urto inclinato, le considerazioni da fare sono sempre le stesse considerando anche la componente orizzontale che si viene a creare.

### 3.3.1. Parametri di input

I sistemi di riferimento usati dal BIMPAM sono quelli riportati nella Figura 3.5:

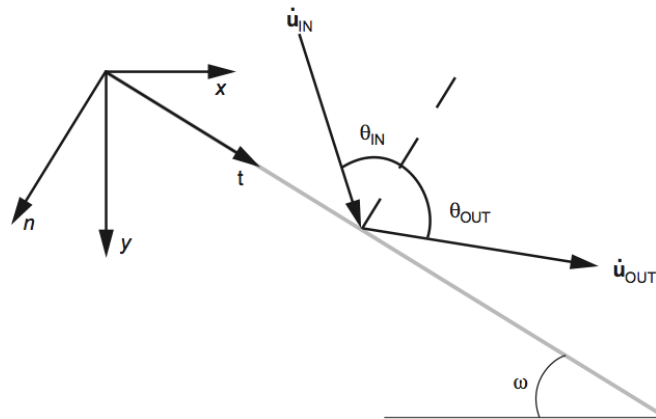


Figura 3.5 Sistema di riferimento BIMPAM

In ingresso il file prende i seguenti parametri:

Tabella 3.1 Parametri ingresso BIMPAM

Valore	Parametro	Unità di Misura
19	Velocità Ingresso	[m/s]
-45	Angolo d'ingresso	[°]
343	Massa	[Kg]
0,2775	Raggio	[m]
800	KE	-
0,4	NE	-
10	Alfa	[m <sup>-1</sup> ]
0,25	Modulo di Poisson	-
14000	Densità Terreno	[N/m <sup>3</sup> ]
60	Ng	-
0	Mq	-
0,9	:DrIniziale->[-]	-
45	:Friction_angle->[°]	[°]
30	:Sand-rock_FrictionAngle[°]	[°]
45	:Slope_angle->[°]	[°]
1	c	[m/s]
0,5	Esponente Curva	-
0,5	Delta	-
0,00001	Passo Temporale	[s]

### 3.3.2. Risultati BIMPAM

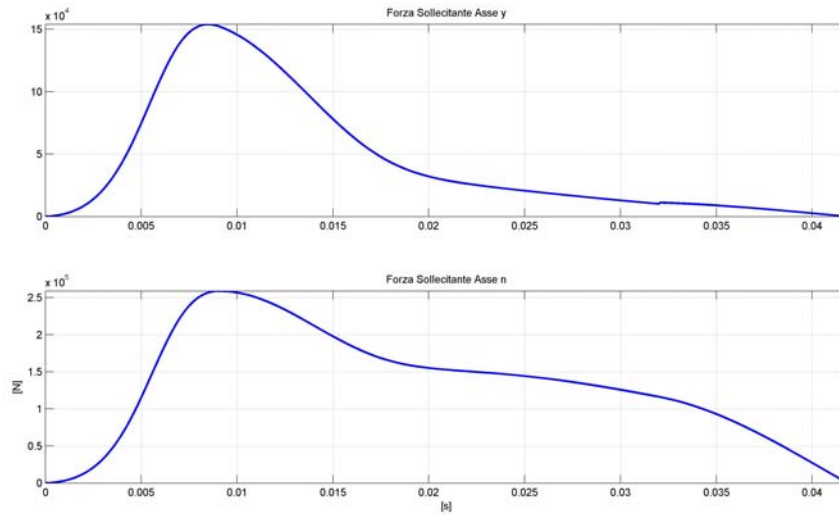


Figura 3.6 Forza Asse y e n

Si ricava che il picco di forza lungo y è pari a 154 KN e lungo n pari a 259 KN

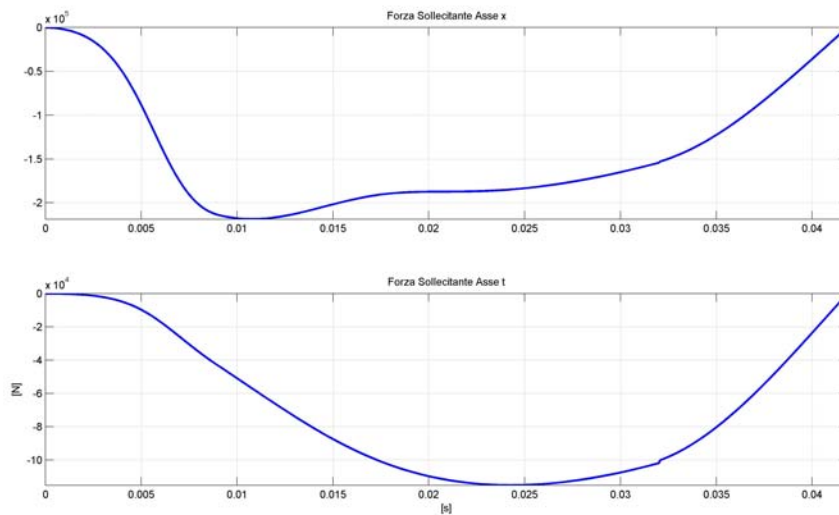
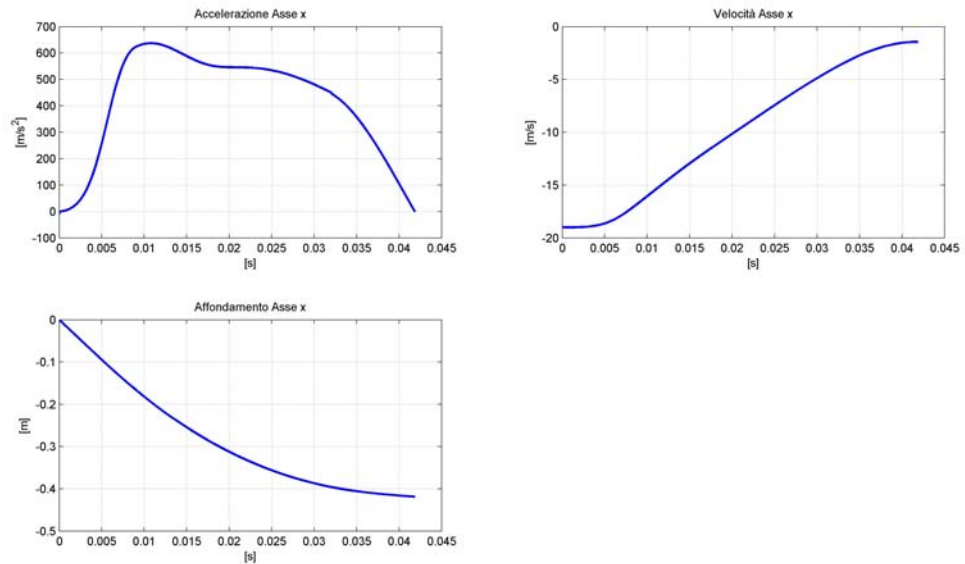
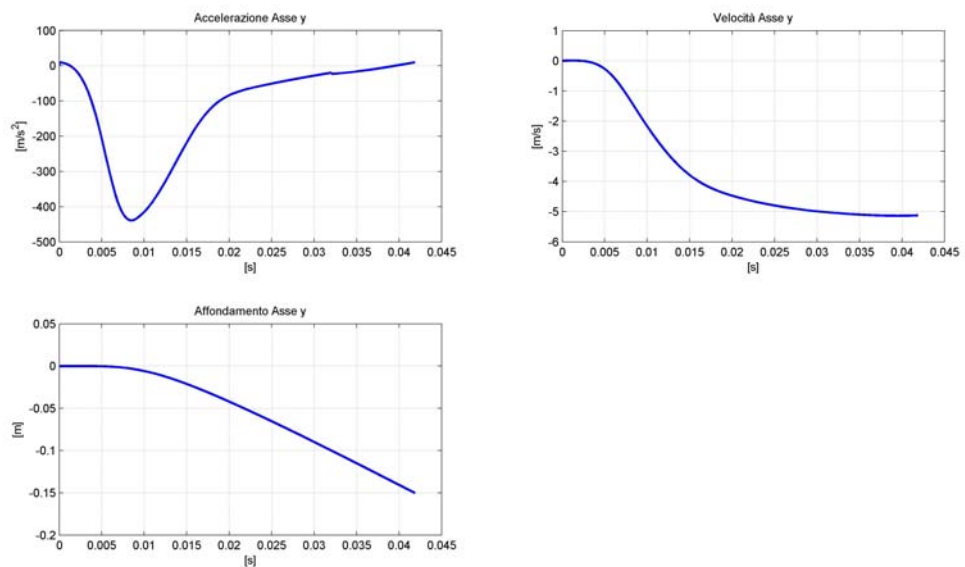


Figura 3.7 Forza Asse x e t

Si ricava che il picco di forza lungo x è pari a -218 KN e lungo t pari a -115 KN



**Figura 3.8 Accelerazione, Velocità e Affondamento asse x**



**Figura 3.9 Accelerazione, Velocità e Affondamento asse y**

Dai risultati ottenuti si possono trarre alcune conclusioni:

- Quando l'aliante impatta sul terreno del cassone, subisce una decelerazione causata dalla reazione offerta dal terreno stesso

(Figura 3.9). Questa reazione, comunemente indicata come “forza d’impatto” ( $F_1$ ), equilibra la forza d’inerzia associata alla decelerazione dell’alante (tuttavia il peso è trascurabile rispetto all’inerzia indotta dall’impatto). L’arresto si compie in un lasso di tempo che dipende dalle proprietà meccaniche del terreno, dalla massa dell’oggetto impattante e dall’energia che esso possiede al momento dell’impatto. Sono sufficienti tempi dell’ordine del centesimo di secondo per raggiungere la massima decelerazione (0.0075 s nel caso in esame), mentre l’impatto può considerarsi esaurito in tempi inferiori al decimo di secondo (0.04 s per l’impatto di riferimento). L’alante subisce quindi una decelerazione estremamente elevata (dell’ordine del centinaio di g), il che rende trascurabile il peso proprio del blocco.

- La natura impulsiva della forza d’impatto genera onde di compressione che si propagano nel terreno. Il tempo di propagazione del segnale attraverso lo strato dipende dalla velocità delle onde (a sua volta determinata da densità e rigidità del materiale) e dallo spessore dello strato stesso. Se ci basa sui rilievi sperimentali [7] viene detto che gran parte dell’interazione dinamica oggetto-terreno si esaurisce prima che l’oggetto possa risentire della presenza della soletta. Questo permette di disaccoppiare lo studio della forza d’impatto da quello della propagazione dell’onda. In altri termini, la forza d’impatto può essere studiata ipotizzando che lo strato ammortizzante occupi un intero semispazio. Si noti che questa ipotesi rappresenta uno dei punti caratterizzanti l’approccio proposto. Le condizioni particolari che possono mettere in crisi questa ipotesi si verificano per spessori di copertura ridotti, strati ammortizzanti eterogenei o per energie d’impatto particolarmente elevate.
- L’andamento temporale dell’azione  $F_2$  è figlio della natura impulsiva del carico  $F_1$ , ed induce pertanto una risposta dinamica nella struttura sottostante.

Si assume quindi come  $F_{1x}$  il valore -218 KN e come  $F_{1y}$  un valore pari a 153 KN.

Verrà ora illustrato un metodo per determinare  $F_2$ . Per determinare la  $F_3$  verrà creato un modello FEM a cui verrà applicata la  $F_2$ .

### 3.3.3. Propagazione della sollecitazione nello strato ammortizzante

Per determinare il valore della  $F_2$ , si farà riferimento al lavoro di Labiouse et al. [7].

Contestualmente allo sviluppo della forza d'impatto, ha luogo la trasmissione dell'impulso che si propaga tramite onde di compressione all'interno dello strato ammortizzante. In questa fase, le azioni  $F_1$  si trasformano in carichi sulla struttura sottostante ( $F_2$ ). I risultati ottenuti dalle campagne sperimentali sono sostanzialmente concordi ad indicare:

- l'esistenza di una relazione lineare tra la forza d'impatto e la sollecitazione sulla soletta;
- l'influenza dello spessore dello strato ammortizzante nella diffusione spazio-temporale del carico (distribuzione spaziale degli incrementi di sforzo alla base del terreno, tempo di propagazione del segnale generato in superficie);
- un effetto di amplificazione dinamica tra la forza d'impatto e la risultante delle pressioni sulla piastra di base.

Di seguito mostrati, a titolo d'esempio, i risultati di alcune prove d'impatto realizzate presso il laboratorio LMR di Losanna.

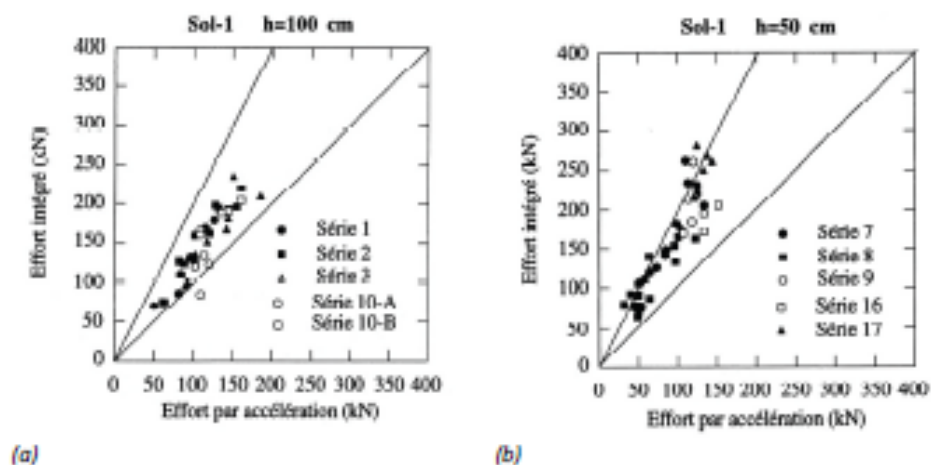


Figura 3.10 Relazione tra il massimo valore della forza d'impatto ("Effort par accélération",  $F_1$ ) ed il massimo valore della sollecitazione sulla piastra ("Effort intégré",  $F_2$ ), da Labiouse et al. (1994). (a) spessore 100 cm, (b) spessore 50 cm

Gli aspetti più significativi sono qui riassunti:

- la relazione tra i valori massimi della forza d'impatto (F1) e della risultante delle sollecitazioni sulla piastra (F2) è in prima approssimazione lineare;
- il coefficiente di proporzionalità tra i valori massimi di F2 ed F1, dipende dallo spessore  $h$  del terreno ammortizzante, ed è maggiore di uno.

Mentre la prima evidenza è spiegabile adottando un modello elastico per il terreno, il secondo risultato mette chiaramente in luce l'importanza della natura dinamica dell'impatto, per la quale l'interfaccia terreno deformabile-fondo cassone gioca un ruolo nient'affatto trascurabile. Infatti l'incremento che si ha passando da F1 a F2 non può essere spiegato in condizioni statiche, per le quali le due azioni sarebbero uguali.

Sulla base di questi dati in possesso se si applicasse in maniera statica il carico, il coefficiente di amplificazione dinamica sarebbe pari a 2 ( Figura 3.10).

Al modello FEM è stata applicato comunque il carico in maniera statica, poiché la verifica sul coefficiente dinamico pari a 2, con il modello FEM adottato, non ha dato gli esiti sperati.

### **3.3.4. Calcolo del coefficiente dinamico.**

Data la natura impulsiva del carico, il valore degli sforzi non sarà quello calcolato staticamente, ma avrà un valore amplificato. Questo valore sarà amplificato, se ci si basa sui lavori precedenti in campo civile, con un coefficiente ( coefficiente di amplificazione dinamico) pari a 2.

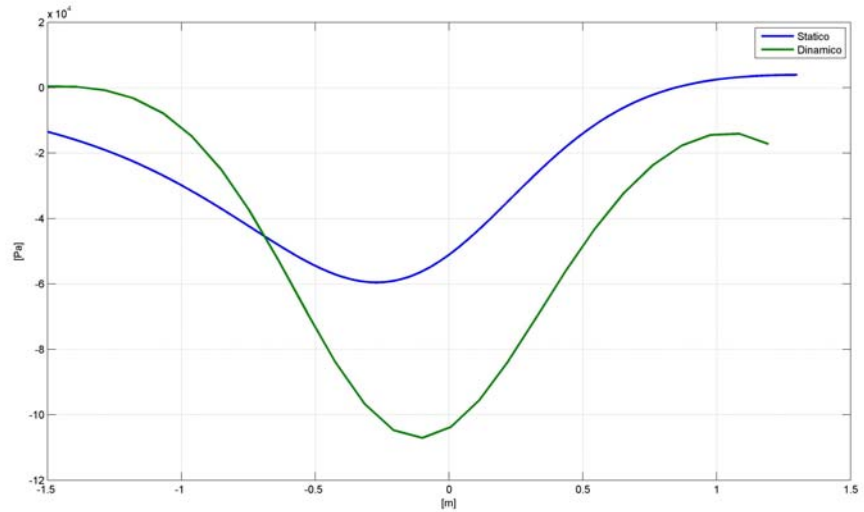
Si è comunque cercato di dare una dimostrazione di tale valore, costruendo un modello FEM del terreno e applicando un carico quasi impulsivo pari al valore di forza massima sviluppato dall'aliante durante l'impatto.

Questi risultati del FEM sono stati poi confrontati con le curve, che si avrebbero dalla teoria elastica di Cerruti – Boussinesq.

Il calcolo consiste semplicemente nel confronto tra il massimo sforzo calcolato in maniera dinamica e quello calcolato in maniera statica [6].

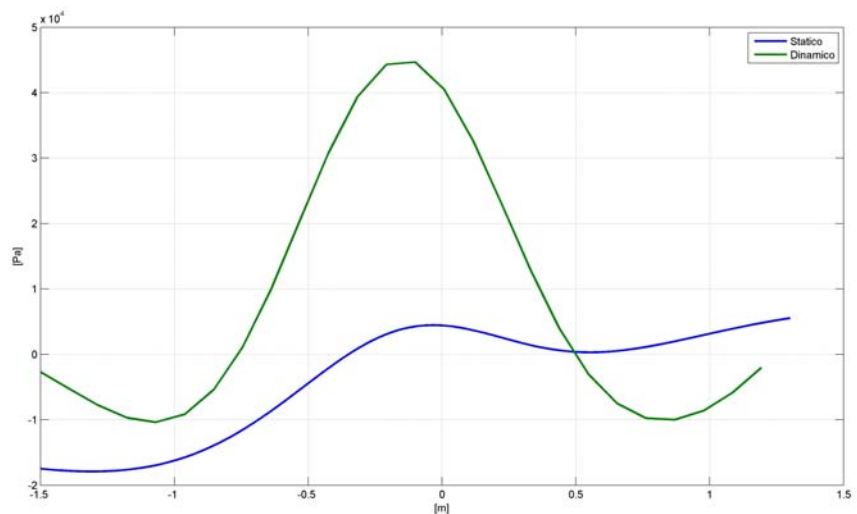
Il modello di terreno è quello descritto nel par. 5.1.





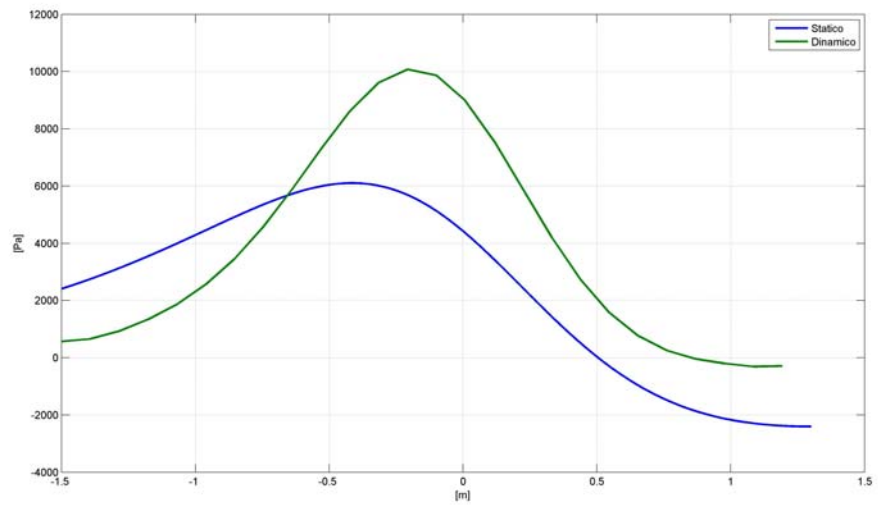
**Figura 3.11 Confronto della distribuzione di  $\sigma_{zz}$  tra caso statico e caso dinamico impatto inclinato**

Per quanto riguarda la  $\sigma_{zz}$  il rapporto dei due picchi è pari a 1.8



**Figura 3.12 Confronto della distribuzione di  $\sigma_{xx}$  tra caso statico e caso dinamico impatto inclinato**

Per quanto riguarda la  $\sigma_{xx}$  il rapporto dei due picchi è pari a 8.



**Figura 3.13 Confronto della distribuzione di  $\sigma_{yy}$  tra caso statico e caso dinamico impatto inclinato**

Per quanto riguarda la  $\sigma_{yy}$  il rapporto dei due picchi è pari a 1.7 e quindi non rispetta il fattore 2.

Per il modello in uso quindi è meglio applicare il carico in maniera statica amplificato di 2, in quanto in caso di analisi dinamica i risultati non coinciderebbero con quelli di altre modellazioni del terreno ( esempio Elementi Distinti).

Questo si pensa sia dovuto al fatto che gli elementi solidi di Nastran non modellino in maniera esatta i meccanismi del terreno, cosa che invece riescono a fare altre formulazioni.

## 4. Progetto del cassone

In questo capitolo si vedranno le condizioni e le limitazioni che hanno portato a determinare forma e dimensioni del cassone.

Prima di eseguire i calcoli del dimensionamento del cassone, si è dovuto scegliere una configurazione tale da rendere la struttura compatibile con le attrezzature già esistenti nel laboratorio LAST.

In questa fase del progetto, non solo si sono determinate le misure degli ingombri massimi del terrapieno, ma anche il sistema per movimentarlo e ruotarlo con un'inclinazione di 45°.

### 4.1. Scelta delle dimensioni e forma del cassone

In un impatto reale, con le caratteristiche emerse dalla ricerca statistica, il terreno è da considerarsi infinitamente esteso. Il non avere un terreno esteso potrebbe far sì che l'onda di deformazione si propaghi fino alle pareti, per poi rimbalzare e tornare sul velivolo.

L'optimum sarebbe avere un terrapieno il più grande possibile, in modo da smorzare gli effetti dell'impatto contro le pareti.

Per quanto riguarda la lunghezza la maggior limitazione si è avuta per l'altezza che avrà una volta inclinato a 45° a causa della presenza delle attrezzature di prova. Inoltre c'è da tenere conto della posizione dei freni della guida.

Per la larghezza invece, a causa dello spazio limitato tra le due guide, si è scelta una dimensione pari a 2.15 m.

Nell'altezza si è cercato un buon compromesso tra il requisito di smorzare le onde d'urto sul fondo e l'esigenza che durante la prova, l'aliante non viaggiasse ad un'altezza troppo elevata per motivi di sicurezza.

Si è quindi dovuto realizzare il cassone con il massimo ingombro possibile ma compatibile allo spazio disponibile in laboratorio.

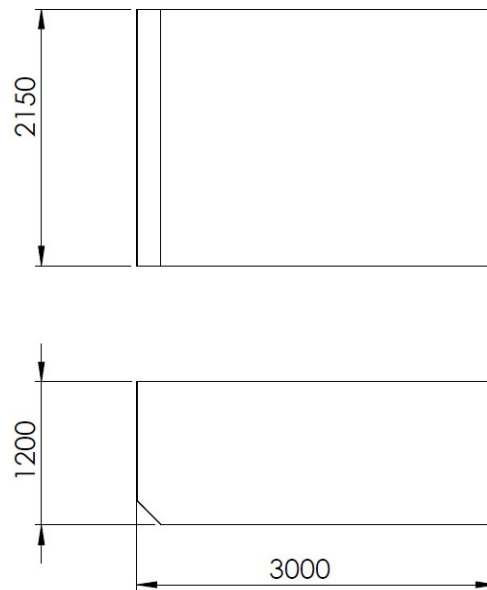


Figura 4.1 Quotatura del terrapieno

La presenza di un angolo smussato a  $45^\circ$  ( Figura 4.1 ) fa sì che quando il cassone venga reclinato, l'altezza della sponda sia minore in modo da riuscire a tenere l'aliante durante la prova, ad un'altezza inferiore.

## 4.2. Elementi costruttivi

Per scegliere gli elementi costruttivi del cassone (pannelli, travi, ecc) ci si è basati sull'esperienza e poi verificati mediante un modello FEM. In seguito si sono verificati più in dettaglio i vari elementi (cap 6).

### 4.2.1. Pannelli

La scelta dei pannelli inizialmente era ricaduta su pannelli in compensato di pioppo di spessore circa 40mm, ovvero lo stesso materiale con cui era stato realizzato il terrapieno dell'esperimento Politecnico.

Si è pensato in seguito, di cambiare il materiale con l'acciaio, in quanto una volta che il cassone verrà riempito, sarà lasciato all'azione degli agenti atmosferici. Inoltre c'è da tenere conto dell'umidità presente nel

materiale di riempimento. Questi due fattori hanno portato a considerare l'acciaio in alternativa al legno opportunamente trattato per non marcire.

L'acciaio, poi, permette l'utilizzo di pannelli di spessore pari a 3mm e quindi ad incrementare, seppur in minima parte, la quantità di materiale contenuto nel cassone.

#### 4.2.2. Elementi longitudinali

La vera struttura portante del terrapieno è data dal telaio interno formato da barre saldate tra di loro.

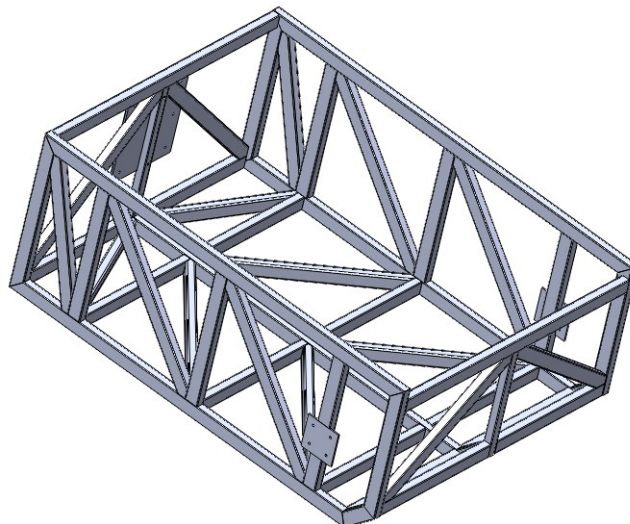


Figura 4.2 Telaio del terrapieno

Oltre alle barre che corrono lungo il perimetro dei pannelli ( Figura 4.2) sono presenti elementi diagonali con lo scopo di irrigidire ulteriormente la struttura. Questi elementi sono dislocati e posizionati all'interno della struttura in modo che lavorino a trazione, specialmente durante la fase d'impatto e inoltre permettono la diffusione degli sforzi all'interno della struttura.

Le barre scelte sono uniformate secondo la normativa EN 10219-2, che fornisce anche le caratteristiche del materiale in funzione allo scopo d'uso.

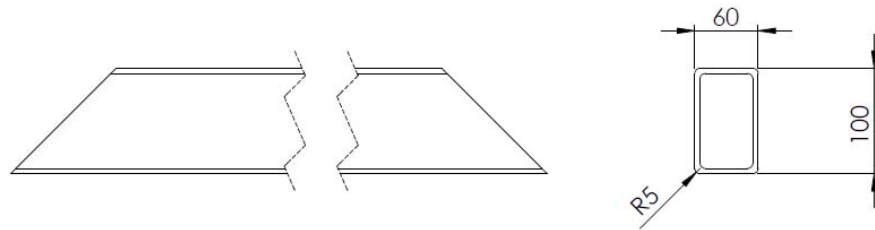


Figura 4.3 Esempio Barre utilizzate

Gli elementi longitudinali, anch'essi di acciaio, sono barre di sezione rettangolare cava 100 x 60 mm con spessore pari a 5mm. Il taglio alle estremità di alcuni elementi a 45° è eseguito per favorire la saldatura tra le barre.

### 4.3. Scelta del sistema di movimentazione ed inclinazione

La movimentazione e l'inclinazione del cassone, si è rivelata la fase più importante del progetto, in quanto a causa delle dimensioni e soprattutto del peso (circa 12000 Kg tra struttura e terra), non è stato immediato trovare il modo di posizionare a ridosso dell'incudine e di reclinare a 45° il cassone.

Per preparare il terrapieno all'esperimento si è pensato di riempirlo all'esterno del laboratorio per poi trasportarlo all'interno e reclinarlo in un secondo momento.

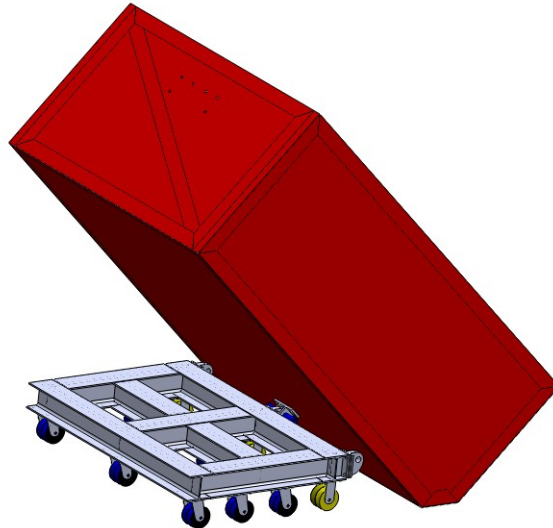
#### 4.3.1. Sistema di movimentazione

Per movimentare il cassone si è pensato a quando è tra le guide di trainare il terrapieno mediante un verricello ancorato alle piastre della galleria di prova. Questa soluzione si dovrà però valutare bene quando il cassone verrà portato in sede.

Per quanto riguarda il sistema di movimentazione del terrapieno sono state analizzate due diverse possibilità:

- Un sistema di ruote, alcune fisse ed alcune orientabili, poste sotto il cassone con annesse cerniere per la rotazione a 45°;
- Un sistema di quattro ruote: due esterne alle guide e due interne ed orientabili.

Un sistema di ruote sottostante al cassone si era pensato come nella Figura 4.4.



**Figura 4.4 Cassone con sistema di ruote sottostanti**

Il sistema prevedeva un gruppo di 12 ruote gemellate di cui 9 orientabili e 3 fisse, resistenti a più di 1000 Kg l'una. Tale configurazione è stata abbandonata per due principali motivi:

- A causa del piccolo raggio e del materiale di cui sono costituite le ruote, sarebbe stato impossibile o comunque difficile spostare il terrapieno dall'esterno del laboratorio all'interno, a causa della presenza di un'asperità all'ingresso del laboratorio stesso;
- Per portare il cassone nella posizione di 45° mediante martinetto oppure tramite il carroponte, sarebbe stato necessario un sistema di fissaggio a terra da rimuovere poi per portare in appoggio sull'incudine il cassone. Quest'operazione avrebbe portato gli operatori a lavorare sotto al cassone inclinato con notevole rischio per la loro incolumità.

A questo punto si è deciso che a causa dell'asperità da superare all'esterno del laboratorio, sarebbe stato opportuno avere delle ruote gommate e di raggio abbastanza ampio in modo da avere una resistenza al rotolamento bassa.

L'attenzione si è quindi spostata sulle ruote per i carrelli elevatori che offrono grandi possibilità di carico e sono gommate.

La scelta è ricaduta sulle ruote della Casa della Ruota [9] serie CR 318 per le ruote posteriori e CR 332 per quelle anteriori. Le ruote posteriori sono compatibili con un cerchione RIM 5.50F – 15” mentre quelle anteriori sono da equipaggiare con cerchioni RIM 6.50F – 10” con caratteristiche riportate in Tabella 4.1

**Tabella 4.1 Caratteristiche Pneumatici**

	<b>De[mm]</b>	<b>L [mm]</b>	<b>velocità [km/h]</b>	<b>pressione [bar]</b>	<b>MAX Load [kg]</b>
post	763	207	25	10	3400-3800
ant	560	210	25	10	3300

Dove:

De = diametro esterno

L= larghezza del pneumatico

Velocità= massima velocità sotto carico massimo

Pressione= pressione di gonfiaggio

Max load= massimo carico sostenibile dalla gomma.

Il posizionamento delle ruote per quanto riguarda la larghezza, è stato vincolato dalla presenza delle guide della slitta. Mettere le ruote all’interno delle guide avrebbe comportato la riduzione delle dimensioni del cassone. Si è quindi optato per il posizionamento delle ruote all’esterno delle guide, con la costruzione di alcuni bracci di supporto, in maniera da non interferire con i binari.

Per quanto riguarda l’orientamento della struttura durante il trasporto, è assicurato da un sistema di ruote sterzanti come mostrato in Figura 4.5.

E’ quest’ultima configurazione quella scelta per la costruzione del terrapieno.



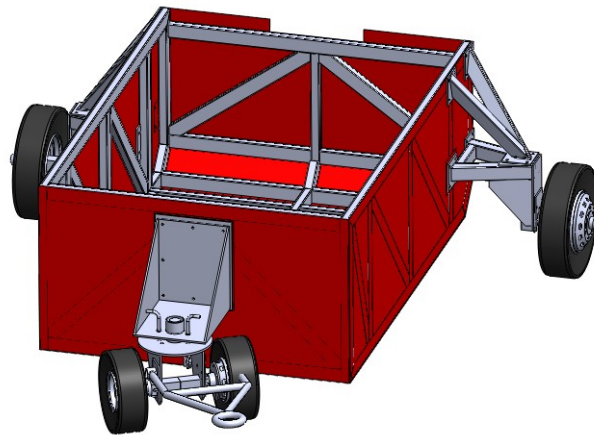


Figura 4.5 Cassone con ruote esterne

Al fine di calcolare bene gli ingombri e le altezze è stato necessario calcolare lo schiacciamento dei suddetti pneumatici. Per questo calcolo, in mancanza di dati del costruttore, si sono utilizzate le formule per pneumatici aeronautici

$$\frac{Nm}{(p_{w0} + 0.08 \cdot p_{wR}) \cdot w \cdot \sqrt{w \cdot D}} = 0.96 \cdot \left(\frac{d}{w}\right) \cdot 10.8 \cdot \left(\frac{d}{w}\right)^2 \quad (4.1)$$

E' stato stimato quindi uno schiacciamento pari a 18.5 mm per gli pneumatici posteriori e di 18.6mm per quelli anteriori.

Sempre presso la Casa della Ruota sono stati scelti i mozzi per le ruote (COD 3077).

#### 4.3.2. Sistema di Reclinazione

La fase d'inclinazione del terrapieno è una delle più delicate della preparazione alla prova, sia per le dimensioni, per il peso del terrapieno e per la sicurezza degli operatori.

Per questa fase sono state prese in considerazioni più opzioni:

- Utilizzo del carro ponte disponibile presso il LAST;
- Un martinetto o una coppia di martinetti sotto al cassone;
- Piano inclinato con ausilio di un martinetto per il traino;

L'opzione del carro ponte sembrerebbe quella più facile da adottare ma si è subito rivelata impraticabile a causa di due impedimenti:

- La portata del carro ponte di 3000 Kg, ostacolo che si potrebbe aggirare con la costruzione di un braccio estensibile ( per le forze in gioco, circa 3.5 m);
- Una volta reclinato il cassone, lo si deve far avanzare per mandarlo in appoggio all'incudine. In questa fase il carro ponte deve anche trainare il cassone che rimarrebbe in appoggio sulle ruote esterne perché le ruote anteriori dovrebbero essere rimosse.

La seconda modalità di reclinamento pensata, prevedeva l'utilizzo di un martinetto o di una coppia di martinetti posti sotto al cassone. Anche in questo caso le difficoltà costruttive hanno fatto sì che questa ipotesi venisse scartata. Le principali difficoltà riscontrate sono state:

- L'impossibilità di appoggiare il cassone all'incudine, in quanto per inclinare il terrapieno di sarebbero dovuti creare dei ganci al terreno, ma una volta reclinato il cassone non avrebbe potuto avanzare in direzione dell'incudine;
- Spazio insufficiente sotto al cassone per montare i martinetti.

L'ultima opzione studiata e poi applicata è quella del piano inclinato. Questa soluzione non necessita della creazione di un sistema per agganciare il terrapieno a terra durante la fase d'inclinazione e soprattutto permette l'appoggio all'incudine. Oltretutto si è scelto di utilizzare una struttura già presente al LAST ed utilizzata nel programma Helisafe per la sicurezza dei sedili aeronautici..

Per collocare il cassone sul piano inclinato si è optato per un traino mediante un martinetto idraulico, già presente nei laboratori, collegato al cassone tramite una fune d'acciaio di diametro 12 mm.

Questa soluzione necessita però la costruzione di supporti supplementari per installare le carrucole ove far scorrere la fune d'acciaio necessaria al traino.

Il cavo è agganciato al cassone mediante una redancia e al martinetto tramite una piastra munita di carrucola che permette un rapporto di trasmissione di 1:2, necessario a causa della corsa del pistone che risulta essere di 2500 mm. Per issare il terrapieno necessitano almeno 3300 mm di corsa.

### 4.3.3. Struttura piano inclinato

La struttura esistente presso i laboratori, è utilizzata per le prove sui sedili di tipo aeronautico ma può essere adattata benissimo alla prova in studio a patto di qualche modifica.



**Figura 4.6 Struttura piano inclinato**

La struttura esistente ha un'inclinazione rispetto all'orizzontale di  $60^\circ$  e composta principalmente da travi di tipo HEA 100.

Si sono quindi modificati i sostegni affinché si raggiungessero i  $45^\circ$ . Per fare ciò, si sono riprogettati i sostegni posteriori diminuendone anche il numero a due, e si sono creati degli spessori inclinati di  $15^\circ$  da posizionare sotto gli appoggi delle travi HE. Inoltre si è pensato alla costruzione di una superficie d'appoggio ove fare scorrere le ruote anteriori del cassone costruita con delle lastre di spessore 12mm.

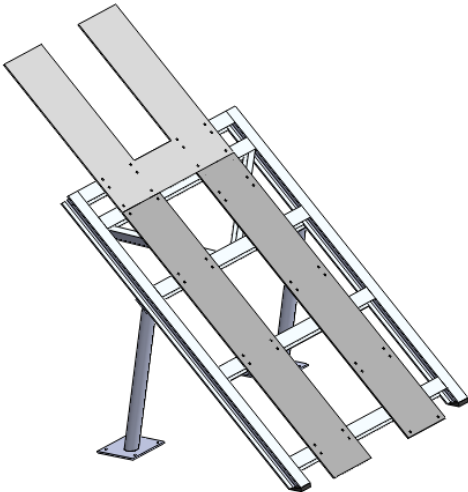


Figura 4.7 Struttura piano inclinato modificata

La struttura è composta per lo più da travi HEA 100 mentre i due tubi di appoggi sono a sezione circolare cava.



Figura 4.8 Travi HEA 100

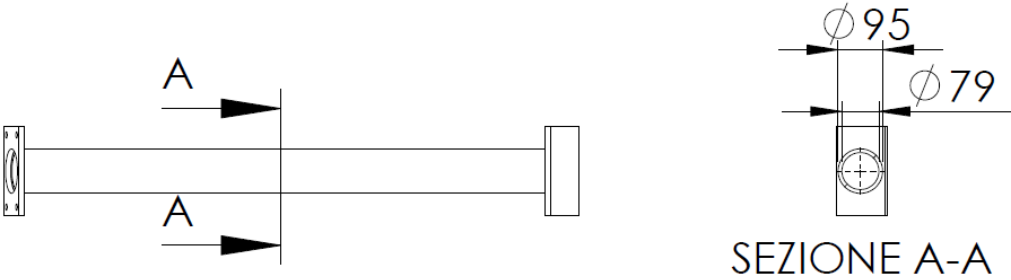


Figura 4.9 Tubi di sostegno struttura

#### 4.3.4. Sistema di sollevamento

Per “issare” il terrapieno sul piano inclinato, si è scelto di utilizzare un martinetto idraulico, già presente in laboratorio. Si è pensato di collegare il martinetto al terrapieno mediante una fune di acciaio, utilizzata per i sollevamenti nel campo dell’edilizia.

La scelta di quest’opzione ha portato a progettare un sistema di carrucole ove far scorrere il cavo.

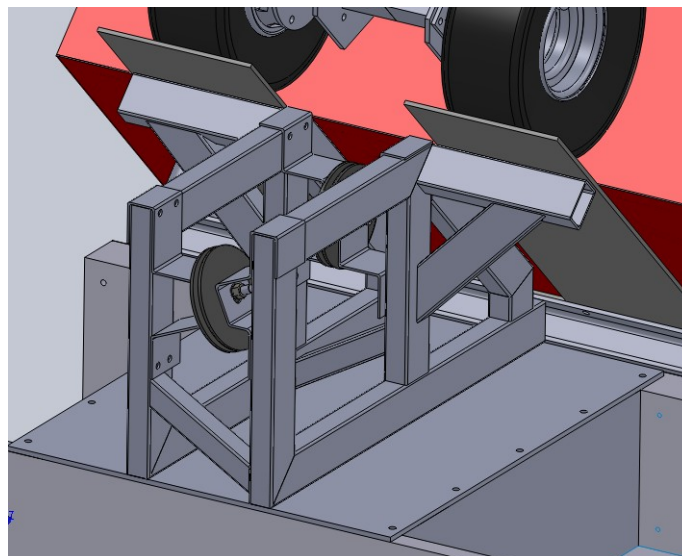
La scelta della fune di acciaio è ricaduta su una fune TECI classe 6x36 capace di sollevare 13540 daN.

**Tabella 4.2 Caratteristiche fune Teci**

$\phi$ fune [mm]	$\phi$ filo [mm]	Peso per 100 m [kg]	Carico minimo di rottura [daN]
14	0,8	83	13540

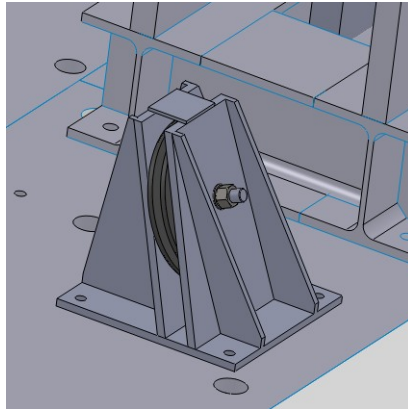
Nonostante la forza per sollevare il cassone sia minore di quella di rottura della fune, c’è da tenere conto dello spunto iniziale di quando il martinetto inizierà la fase di tiro e soprattutto della sicurezza.

Per posizionare le carrucole sull’incudine, si è disegnato un piccolo portale, che oltre a funzionare da supporto per le carrucole, serve anche da appoggio per le guide della struttura di supporto.



**Figura 4.10 Supporto incudine**

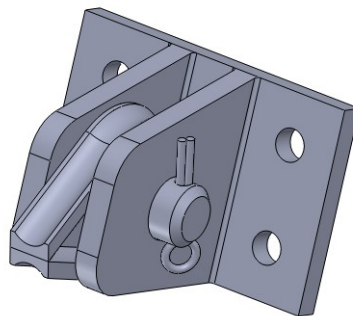
Per la carrucola a terra invece, si è pensato ad un tradizionale supporto, vincolato alle piastre a terra.



**Figura 4.11** Supporto carrucola a terra

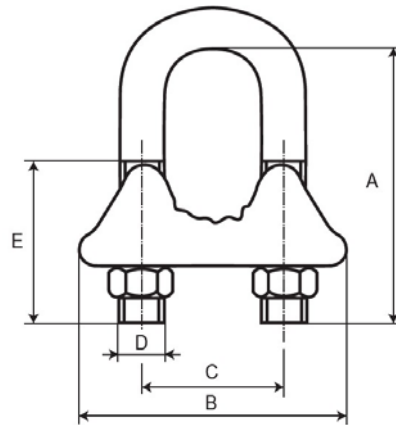
Le carrucole hanno un diametro pari a circa 20 volte il diametro del cavo d'acciaio, soluzione scelta per minimizzare il momento flettente del cavo stesso; inoltre verranno realizzate in polypenco in modo da non necessitare di cuscinetti.

La fune è collegata al cassone mediante una redancia tipo K2\_B sempre fornita dalla Tecni. Per la redancia è stato disegnato un opportuno telaio.



**Figura 4.12** Redancia con Telaio

Per fissare il cavo alla redancia si usano morsetti tipo CAV sempre forniti dalla TECI.



**Figura 4.13 Morsetto tipo CAV**

#### 4.3.5. Interfaccia cassone – struttura Helisafe

Una volta che il cassone verrà portato in posizione, è necessario vincolare esso alla struttura Helisafe.

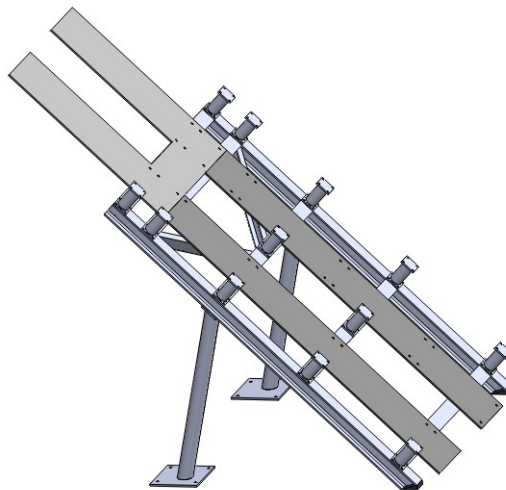
E' quindi necessario creare un'interfaccia tra le due strutture che sia il più semplice possibile, sicura e di facile montaggio.

I requisiti precedentemente elencati hanno portato a realizzare dei semplici manicotti formati da un tubo e due piastre forate.

Un'estremità del manicotto sarà vincolata alle beam della struttura Helisafe che dovranno essere opportunamente forate, mentre l'altra piastra andrà a contatto con il fondo del terrapieno.

I manicotti sono più corti della distanza che vi è tra Helisafe e cassone, in modo da non creare interferenza durante la fase di posizionamento.

Una volta posizionato il terrapieno e puntate le viti tra manicotto e terrapieno, le ruote del cassone dovranno essere sgonfiate.



**Figura 4.14** Disposizione dei Manicotti sul piano inclinato

Le posizioni dei manicotti sono state scelte in base ai risultati del modello FEM. Una distribuzione maggiore verso la parte "alta" della struttura è dovuta al fatto che quella è la zona di maggior carico e si è voluto diffondere al meglio gli sforzi, senza incorrere in deformazioni permanenti in entrambe le strutture.



## 5. Validazione modello FEM del terreno

Per avere un confronto tra il risultato del modello FEM e per avere un'idea della bontà dei risultati, si è scelto di confrontare i risultati con la teoria elastica di Cerruti – Boussinesq in quanto il modello dinamico si è rivelato inefficace a riprodurre l'impatto.

La teoria di Cerruti – Boussinesq dà la soluzione del problema di una forza applicata in un punto in un semispazio infinito elastico. Nel caso la forza fosse normale alla superficie, si avrebbe la soluzione di Boussinesq, al contrario se la forza fosse applicata tangenzialmente, si ricadrebbe nel problema di Cerruti. Combinando le due soluzioni si perviene alla soluzioni del problema per una generica forza, applicata con generica direzione alla superficie del solido elastico.

La soluzione può essere calcolata sia in coordinate cilindriche che in coordinate sferiche e determina la distribuzione di sforzo all'interfaccia tra il fondo del cassone e la terra.

Per un esauriente trattazione e della dimostrazione di suddetta teoria, si rimanda al materiale presente in bibliografia [10].

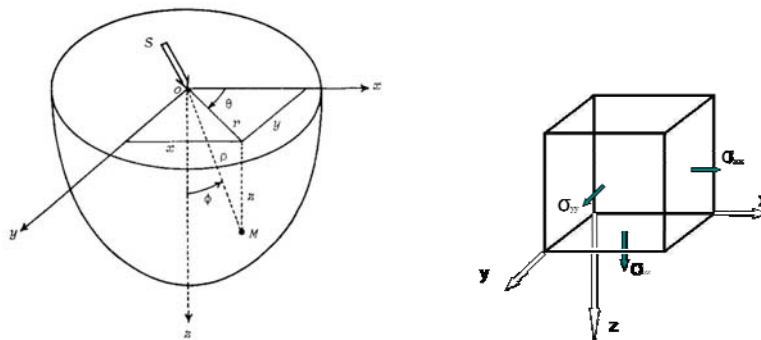
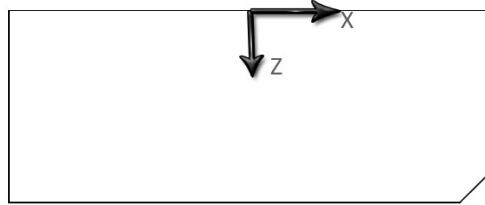


Figura 5.1 Sistema di riferimento nel semispazio elastico

Il sistema di riferimento è stato posto sul “pelo libero” del terreno, nella mezzeria del cassone. L'asse y è uscente.

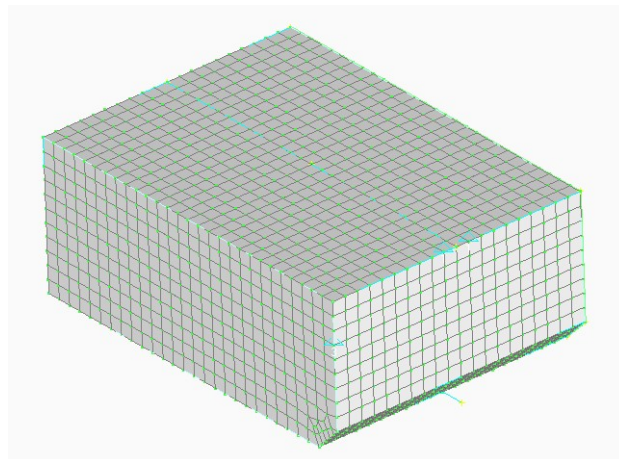


**Figura 5.2 Sistema di riferimento del cassone per i calcoli con teoria di Cerruti – Boussinesq**

Il sistema di riferimento di Figura 5.2 è da considerarsi posizionato al centro dell'apertura. A coordinata  $y=0$  corrisponde la mezzeria del cassone.

## **5.1. Modello FEM del Terreno**

Per riprodurre il terreno nel modello FEM si è scelto di modellarlo tramite elementi solidi di Nastran del tipo SOLID (HEXA) a forma cubica.



**Figura 5.3 Modello FEM del Terreno**

### **5.1.1. Materiale**

Il materiale del modello ha caratteristiche del terreno ideale, ovvero un modulo di Young pari a 30 MPa e un coefficiente di Poisson pari a  $\nu=0.24$ .

### **5.1.2. Geometria e proprietà**

Il modello del terreno riproduce esattamente le dimensioni interne del cassone e quindi rappresenta il volume di terreno contenuto al suo interno.

### **5.1.3. Carichi e vincoli**

Per il caso in esame, ovvero il confronto con la Teoria di Cerruti – Boussinesq, si è applicato un carico in maniera statica con valori calcolati nel par 3.3.2 e moltiplicati per 2 (coefficiente di amplificazione). Il carico è stato applicato ad un nodo in mezzeria, ove ha anche origine il sistema di riferimento usato successivamente per spiegare la teoria di Cerruti – Boussinesq.

Per il modello dinamico invece (par 3.3.4) il carico è stato applicato riproducendo per punti, la curva fornita dal BIMPAM ed eseguendo un'analisi di risposta diretta nel tempo.

Per quanto riguarda i vincoli, il solido è stato vincolato in maniera isostatica.

## **5.2. Risultati Teoria di Cerruti - Boussinesq**

### **5.2.1. Validazione modello di Cerruti - Boussinesq**

Prima di eseguire un confronto tra i risultati del modello FEM e il modello analitico del terreno alla Cerruti – Boussinesq, si è ritenuto opportuno validare il modello con un caso noto [10].

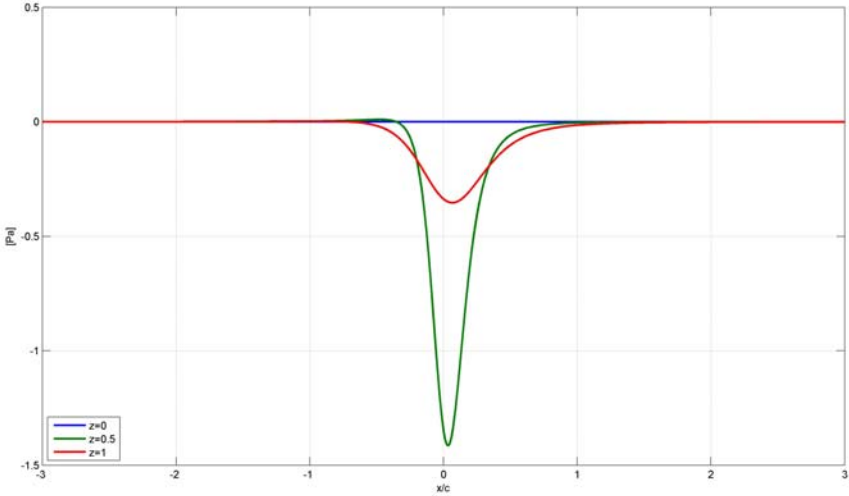


Figura 5.4 Distribuzione di  $\sigma_{zz}$  teoria di Cerruti - Boussinesq

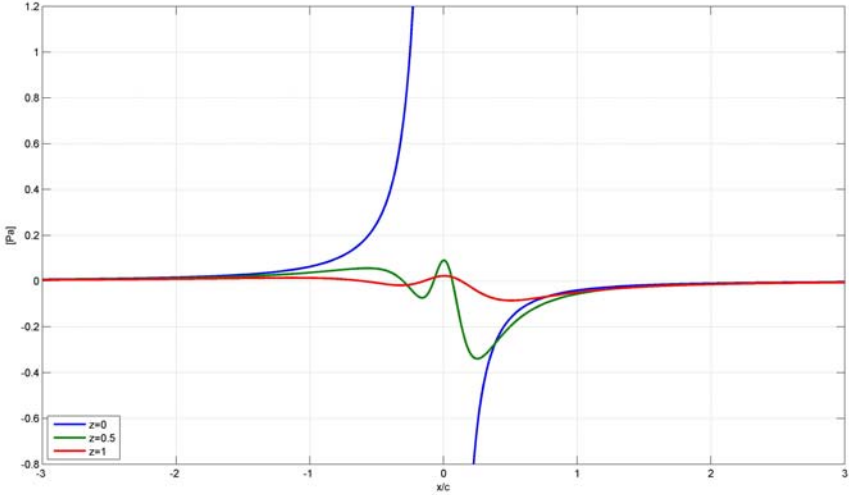
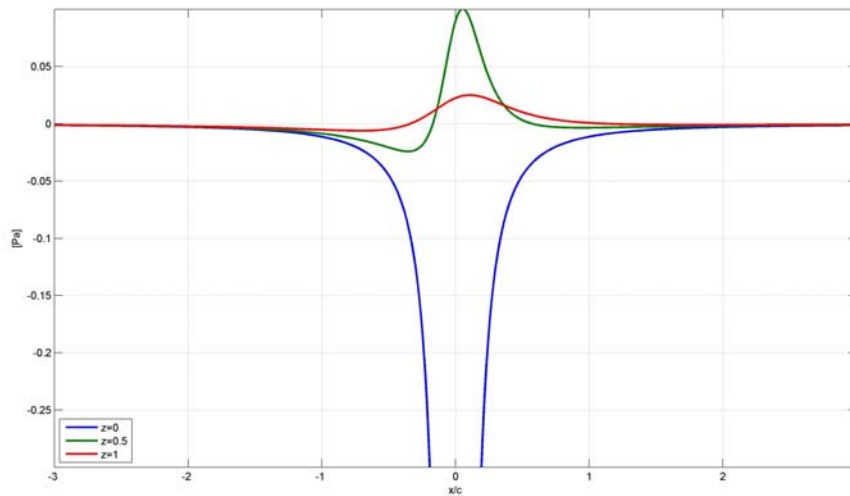


Figura 5.5 Distribuzione di  $\sigma_{xx}$  teoria di Cerruti - Boussinesq



**Figura 5.6 Distribuzione di  $\sigma_{yy}$  teoria di Cerruti - Boussinesq**

Il caso considerato per validare il modello prendeva in considerazione un solido elastico con  $\nu=0.3$ . Nelle figure sono rappresentati i casi a 0, 0.5 e 1 m di un generico carico applicato ad una distanza  $y=0$  quindi esattamente sotto al punto di applicazione. Nel caso di validazione la forza sollecitante aveva due componenti tangenziali ( $x$  e  $y$ ) ed una normale ( $z$ ) positive lungo le proprie direzioni.

La soluzione caratteristica del problema mostra che a  $z=0$ ,  $\sigma_{xx}$  e  $\sigma_{yy}$  a  $y=0$  diventano infinite per poi decadere velocemente in direzione  $x$  mentre  $\sigma_{zz}$  diventa infinito e singolare.

### 5.2.2. Caso Aliante e confronto FEM

Il caso dell'impatto dell'aliante contro il terrapieno, può essere visto come il caso di una forza concentrata applicata in un punto in un semispazio infinito elastico. Rispetto al caso di validazione, il caso dell'aliante, presenta una forza con le soli componenti  $z$  e  $x$ , in quanto si presuppone che all'impatto l'aliante non abbia imbarcato.

Le forze applicate sono quelle massime ottenute con il BIMPAM moltiplicate per 2 (fattore di amplificazione dinamico).

Secondo il sistema di riferimento adottato (Figura 5.2) la componente in  $z$  ha segno positivo e la componente in  $x$  ha segno negativo.

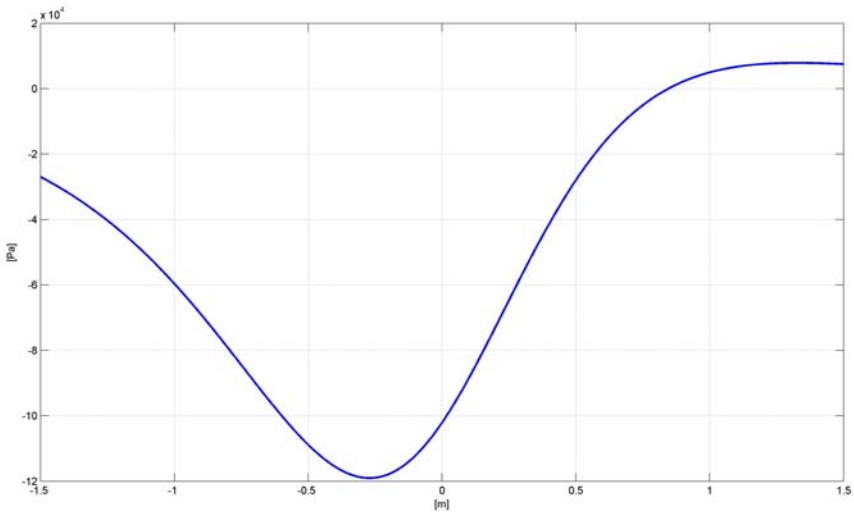


Figura 5.7 Distribuzione di  $\sigma_{zz}$  nel caso dell'aliante

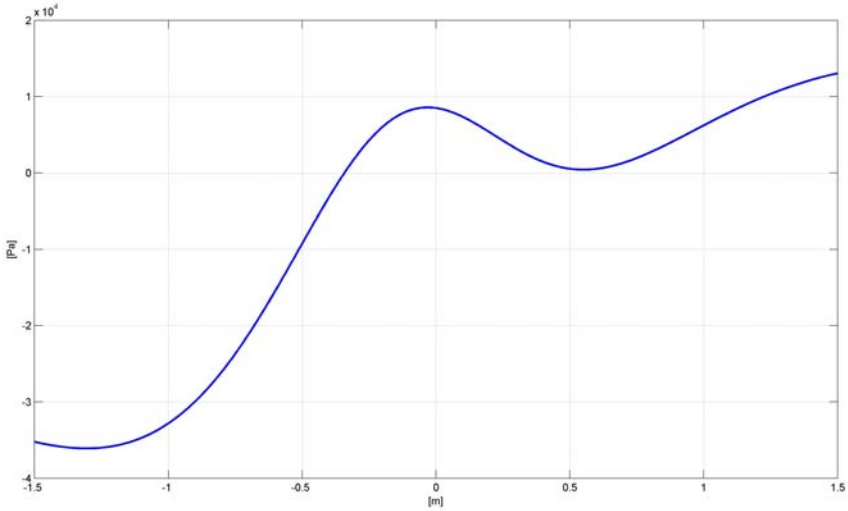


Figura 5.8 Distribuzione di  $\sigma_{xx}$  nel caso dell'aliante

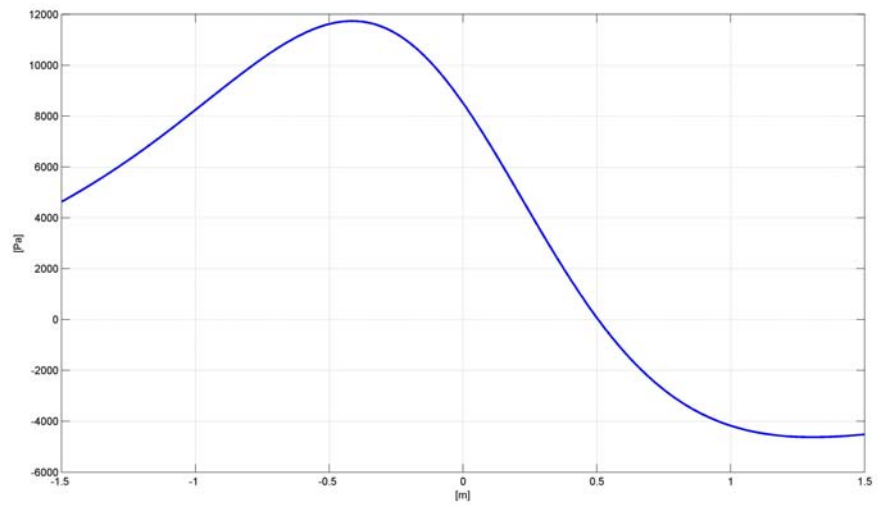


Figura 5.9 Distribuzione di  $\sigma_{yy}$  nel caso dell'aliante

Si confronteranno ora i risultati ottenuti con il modello FEM per vedere la capacità degli elementi solidi di riprodurre la distribuzione di sforzi della teoria di Cerruti – Boussinesq.

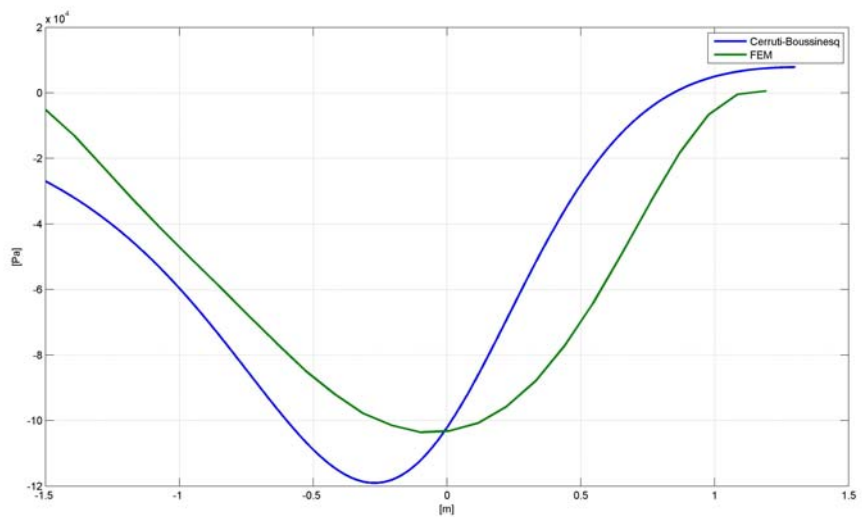
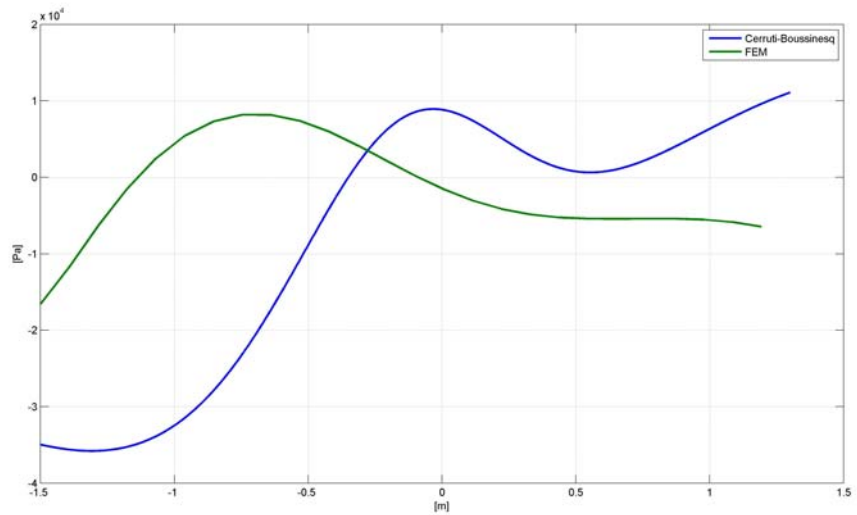


Figura 5.10 Confronto della distribuzione di  $\sigma_{zz}$

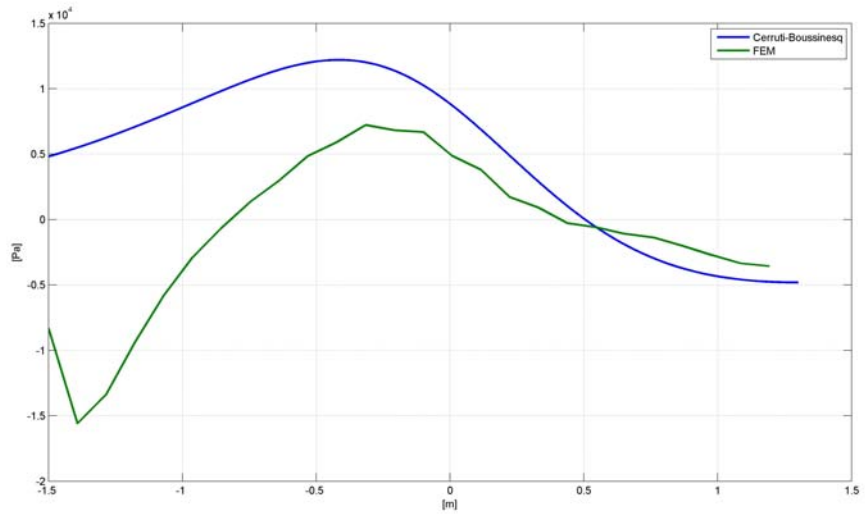
Nel confronto della  $\sigma_{zz}$  tra i due modelli, si può notare che il FEM e la teoria Cerruti – Boussinesq non coincidono. La presenza dei vincoli fa sì che poi la distribuzione abbia andamento simile ma con una sottostima dello sforzo.



**Figura 5.11 Confronto della distribuzione di  $\sigma_{xx}$**

La distribuzione di  $\sigma_{xx}$  è quella molto diversa tra i due modelli nel punto del picco. La causa va ricercata nella forte componente lungo in x agente sul terreno e le dimensioni limitate nel cassone reale che non permette al terreno un'adeguata espansione. Inoltre, cosa che vale anche per le altre distribuzioni di sforzi, nella teoria di Cerruti-Boussinesq il solido elastico è semi infinito, mentre nel FEM no.

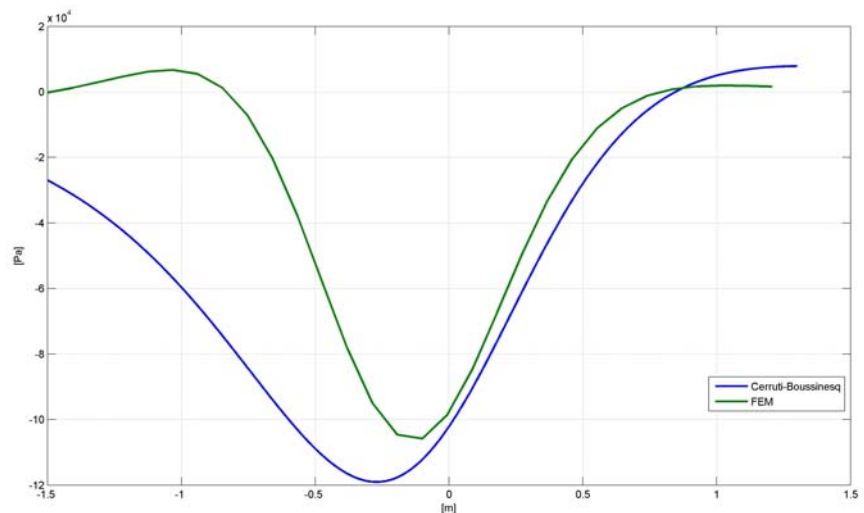




**Figura 5.12 Confronto della distribuzione di  $\sigma_{yy}$**

Anche la distribuzione di  $\sigma_{yy}$  del FEM ha distribuzione simile ma non con valori pari distribuzione di Cerruti – Boussinesq mentre per la presenza di vincoli, le distribuzioni ai lati divergono.

Sulla base di questi risultati, si è deciso di modellare anche un terreno più grande per vedere se le divergenze di distribuzione nel precedente caso siano dovute all'incapacità degli elementi solidi di riprodurre il terreno o dalla presenza di vincoli.



**Figura 5.13 Distribuzione di  $\sigma_{zz}$  con dimensioni x e y raddoppiate**

I valore di  $\sigma_{zz}$  nel caso di un solido di dimensioni maggiori, rimangono essenzialmente gli stessi, mentre la distribuzione inizia ad assumere la forma del caso teorico.

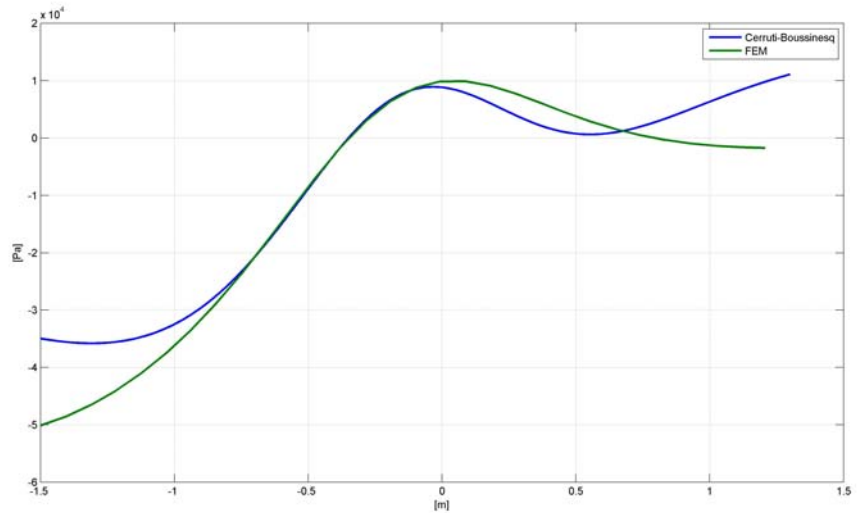


Figura 5.14 Distribuzione di  $\sigma_{xx}$  con dimensioni x e y raddoppiate

La distribuzione di  $\sigma_{xx}$  è quella che si avvicina di più al valore ideale. Si può notare come nel caso precedente, il picco sia molto vicino al valore della teoria di Cerruti – Boussinesq, ma la campana sia solo traslata. Con una dimensione x questo effetto viene a diminuire.

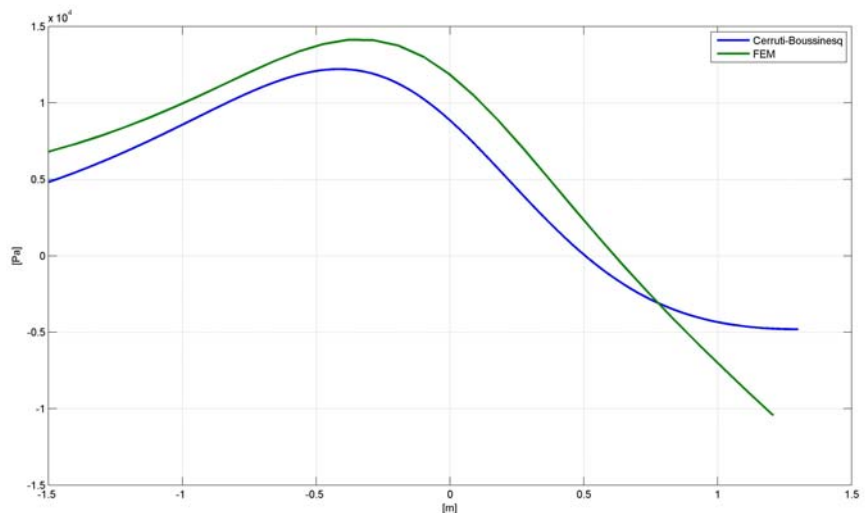


Figura 5.15 Distribuzione di  $\sigma_{yy}$  con dimensioni x e y raddoppiate

La distribuzione  $\sigma_{yy}$  è quella che invece presenta l'andamento più simile, a parte il fatto che il picco è leggermente sovrastimato.

Dopo quest'analisi si è comunque deciso di mantenere gli elementi soliti per simulare il terreno in quanto la discrepanza dei risultati nel caso di dimensioni originali del cassone, è da imputare alla vicinanza dei vincoli.

## 6. Risultati Modello FEM

Al fine di dimensionare il cassone, si è costruito un modello a elementi finiti mediante modellatore FEMAP e poi analizzato staticamente e linearmente mediante codice NASTRAN. A questo modello, che riproduce il cassone riempito con la terra, è stato poi applicato il carico calcolato come illustrato nei paragrafi 3.3.2 e 3.3.3.

Nel modello FEM si considera il solo caso statico nel quale agiscono contemporaneamente la massima forza normale e tangenziale al cassone moltiplicate per il coefficiente di amplificazione dinamico. Concettualmente quest'approccio non sarebbe corretto in quanto i due picchi nelle due direzioni (x e y vedi Figura 3.5) non si hanno allo stesso istante temporale. Tuttavia si è preferiti rimanere conservativi. Le considerazioni che ci portano a semplificare il problema in esame come un problema statico sono espresse nel paragrafo 3.3.3.

Nel modello FEM è stato anche inserito il modello della struttura Helisafe al fine di verificarne la resistenza.

### 6.1. Descrizione modello del piano inclinato

#### 6.1.1. Materiale

Per modellare la struttura è stato scelto un acciaio con modulo di Young  $E = 210000 \text{ MPa}$  e  $\nu = 0.33$  sia per i pannelli che per le travi.

Per i calcoli di resistenza invece i materiali presi sono quelli riportati in Tabella 6.1:

**Tabella 6.1 Caratteristiche materiali modello del piano inclinato**

	materiale	$R_{eh} \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$R_m \text{ [N/mm}^2\text{]}$	A%
<b>Travi</b>	S460MH	460	530	17
<b>Pannelli</b>	Fe 430/S275	275	410	22

## Geometria e proprietà

Per modellare le travi sono stati utilizzati elementi Beam con proprietà della sezione già descritte in precedenza, mentre le rampe su cui scorrono le ruote sono state modellate con elementi tipo PLATE di spessore 10 mm.

### 6.1.2. Carichi

Alla struttura sono stati applicati i carichi in modo da riprodurre, nelle varie posizioni durante la fase di salite, le ruote del cassone. Per fare ciò si sono creati quattro set di carichi per quattro diverse posizioni lungo la guida applicando il la reazione offerta dalla ruota, divisa sulla superficie di contatto.

I carichi sono stati applicati nel punto intermedio tra una beam e l'altra, in quanto ritenuta la posizione più critica.

### 6.1.3. Vincoli

I vincoli alla struttura sono applicati bloccando la traslazione verticale sulle due beam poggianti sull'incudine, sulle estremità e le tre traslazione sulle travi a forma cilindrica cava

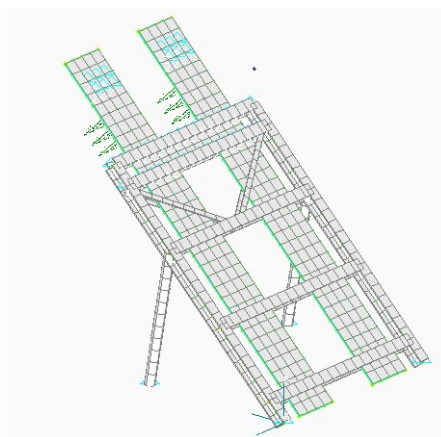


Figura 6.1 Modello FEM del piano inclinato

### 6.1.4. Risultati struttura del piano inclinato.

Di seguito di riportano i margini di sicurezza definito come:

$$m_{ds} = \frac{\sigma_{sn}}{\sigma_{vm}} - 1 \quad (6.1)$$

Dove per i pannelli  $\sigma_{vm}$  è la sigma di Von Mises e per le travi la combinazione dei vari sforzi ( Flessione, forza Assiale, ecc).

Tabella 6.2 Margini di Sicurezza del piano inclinato durante posizionamento cassone

	MDS
Pannelli	0,18
Beam	1,99

La condizione dimensionante per i pannelli è quando il cassone si trova tra la beam più verso terra e la seconda, mentre per le beam il punto più caricato è quando il cassone si trova vicino agli incroci con le beam a forma di C.

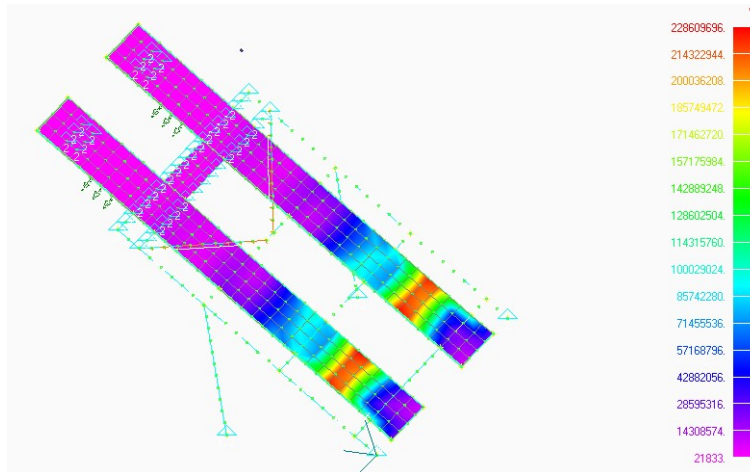


Figura 6.2 Andamento più critico Sigma Von Mises nei pannelli per il piano inclinato

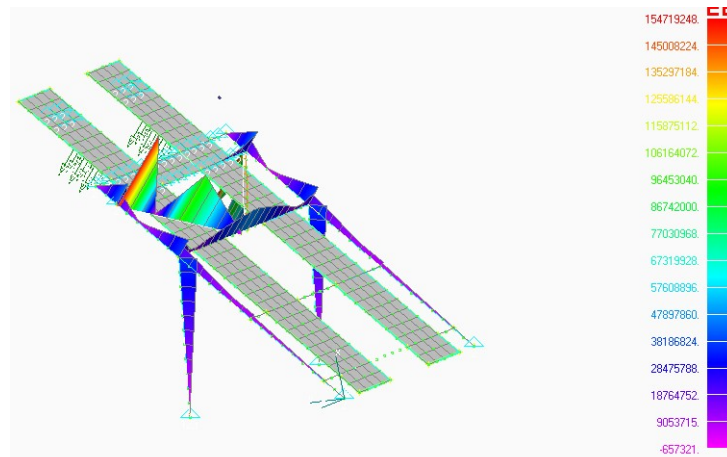


Figura 6.3 Andamento più critico Sigma nelle Travi per il piano inclinato

## 6.2. Descrizione del modello del cassone e del modello completo

Al fine dell'analisi, sono state individuate due importanti configurazioni: la configurazione "trasporto" durante la quale il cassone poggia sulle ruote e la configurazione "impatto" durante la quale il cassone è poggiato e vincolato alla struttura di supporto, sottoposta ai carichi d'impatto e alla gravità.

Il modello ad elementi finiti fornisce inoltre una stima del peso della struttura che risulta essere pari a 1344 Kg che sommati ai 10775.8 Kg di terra da un totale di 12119.8 Kg.

### 6.2.1. Materiale

Nel modello sono stati introdotti essenzialmente due materiali: l'acciaio con cui sono realizzati i pannelli e le barre e la terra.

Il materiale delle barre del cassone è uniformato secondo la normativa EN10219 -2 Mentre per i pannelli è stato usato un acciaio con modulo di elasticità di 210000 MPa in quanto non si conosce ancora perfettamente il materiale con quale verrà realizzato.

Il terreno è stato modellato come un materiale isotropo con  $E= 30$  MPa,  $u =0.25$  e  $\rho$  pari a  $1400$  Kg/m<sup>3</sup>.

**Tabella 6.3 Proprietà materiale del Terrapieno**

	materiale	$R_{eh}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$R_m$ [N/mm <sup>2</sup> ]	A%
<b>Travi</b>	S460MH	460	530	17
<b>Pannelli</b>	S355JOW	355	490	15

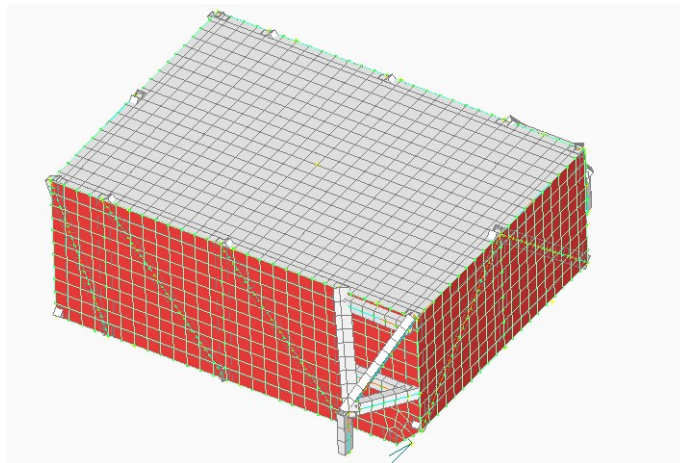
Per i pannelli si è scelto di utilizzare un acciaio inox così da evitare che l'umidità della terra e gli agenti atmosferici, rovinino la struttura.

### 6.2.2. Geometria e proprietà

La geometria del modello rispecchia quella del cassone e della struttura Helisafe.

Il cassone è stato modellato con elementi superficiali e solidi:

- La terra contenuta nel cassone è stata modellata con elementi volumetrici del tipo SOLID (HEXA) a forma cubica;
- I pannelli sono stati modellati mediante la scheda PLATE, che utilizza la formulazione della piastra di Mindlin con spessore 3 mm;
- Le barre sono state modellate utilizzando la scheda BEAM con forma già descritta in precedenza.



**Figura 6.4 Modello FEM del cassone**



Le geometrie e le proprietà delle sezioni sono quelle descritte al par.

**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

I due modelli nella configurazione di impatto sono stati uniti in uno solo al fine di verificare la resistenza dell'insieme.

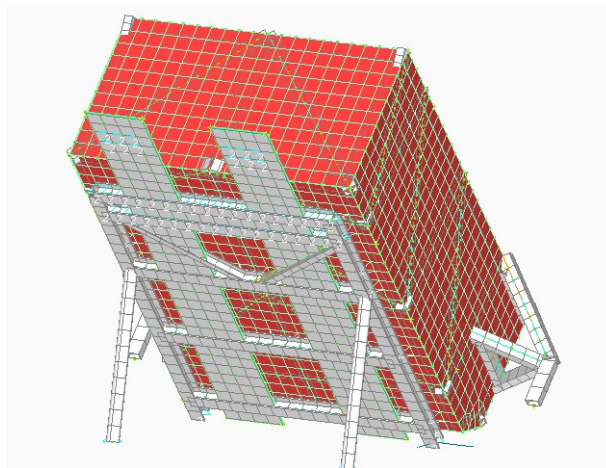


Figura 6.5 Modello FEM completo

### 6.2.3. Carichi

Per i carichi (ma anche per i vincoli) sono da prendere in considerazione due configurazioni di carico applicati alle rispettive condizioni in cui viene a trovarsi il cassone durante le fasi dell'esperimento:

- Trasporto;
- Impatto.

Nella configurazione trasporto si sono considerate due condizioni di carico; una con agente la sola forza peso, al fine di verificare i bracci che sostengono le ruote, ed una con agente anche la forza di traino.

Per i carichi d'impatto è stata invece applicata una forza concentrata sul terreno come già descritto in precedenza.

### 6.2.4. Vincoli

Per quanto riguarda la configurazione di trasporto i vincoli sono stati applicati bloccando sui bracci posteriore le tre traslazioni, mentre sulle ruote anteriori la sola traslazione verticale.

Nella configurazione di impatto, i vincoli sono applicati alla struttura Helisafe bloccando la traslazione verticale sulle due beam poggianti sull'incudine, sulle estremità e le tre traslazioni sulle travi a forma cilindrica cava.

Il cassone è unito alla struttura Helisafe mediante rigid body che simulano i manicotti.

### 6.3. Risultati per la configurazione di trasporto

Nella configurazione di trasporto, ovvero il solo cassone con agente la forza di gravità si sono avuti i seguenti margini di sicurezza:

**Tabella 6.4 Margini di sicurezza in configurazione trasporto**

	MDS
Pannelli	7,18
Beam	2,77

In questo caso le beam più sollecitate sono quelle degli attacchi ai mozzi in quanto tutte la reazione scaricata a terra, passa attraverso esse. Per quanto riguarda i pannelli invece sono ampiamente sotto al limite di snervamento.

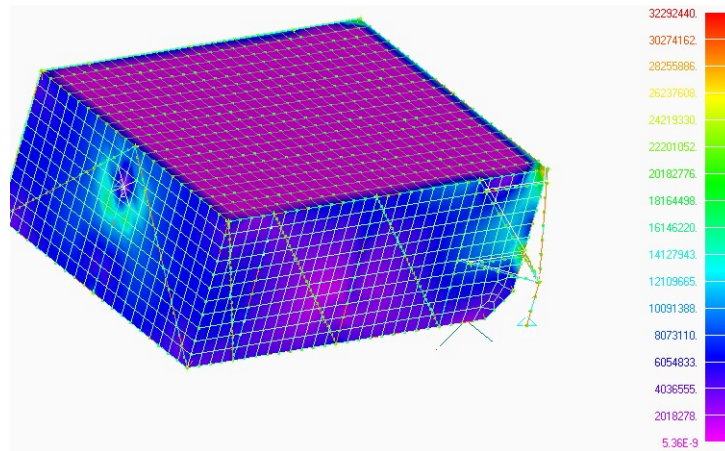


Figura 6.6 Distribuzione Sigma Von Mises nei pannelli per Cassone

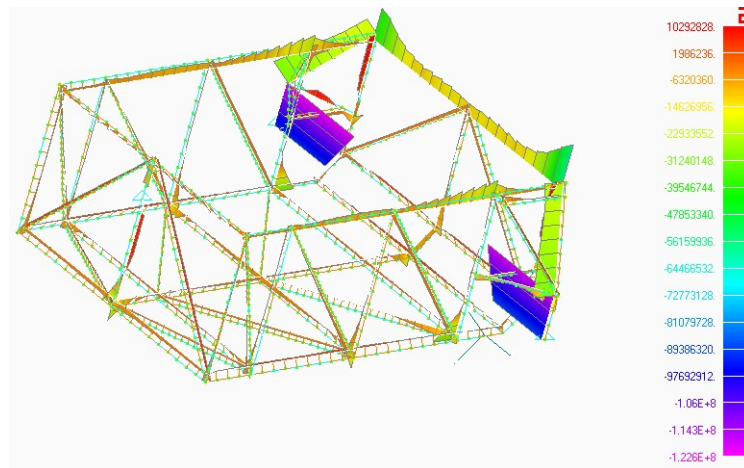


Figura 6.7 Andamento Sigma nelle Travi per Cassone

Ai fini della verifica è stata anche eseguita una simulazione dell'istante iniziale del tiro da parte del martinetto. In questo caso è stato tenuto conto dello scarico inerziale di tutta la struttura.

Tabella 6.5 Margini di sicurezza in fase di "tiro"

	MDS
Pannelli	2,55
Beam	3,11

Si è verificata questa condizione per vedere se le beam a cui è vincolata la redancia fossero elementi critici. Benché il massimo sforzo di concentri in quella zona e sui supporti delle ruote, si è molto al di sotto dello snervamento.

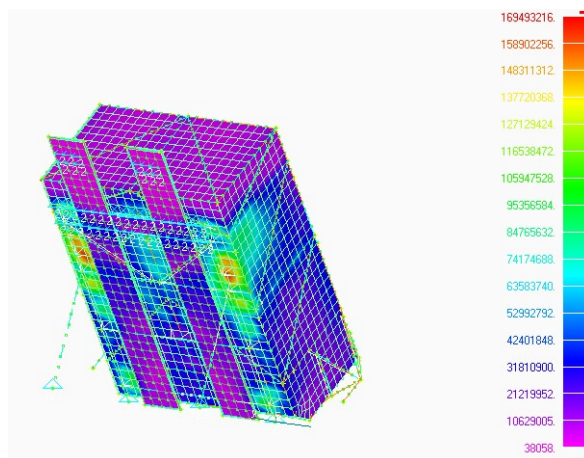
### 6.4. Risultati per la configurazione d’impatto

Nella configurazione d’impatto i margini più critici sono quelli riportati in Tabella 6.6.

**Tabella 6.6 Margini di sicurezza per la struttura completa in fase di impatto**

		MDS
<b>Cassone</b>	Pannelli	0,60
	Beam	0,26
<b>Helisafe</b>	Pannelli	8,20
	Beam	0,18

Come si può notare le beam sono gli elementi che lavorano di più durante la fase d’impatto, sintomo che il telaio così fatto funziona come si pensava. Da Figura 6.8 e Figura 6.9 si può vedere che durante l’impatto la parte più caricata delle due strutture è verso l’alto: è per questo motivo che i manicotti sono concentrati per la maggior parte in quella zona.



**Figura 6.8 Distribuzione Sigma Von Mises nei pannelli per struttura completa**

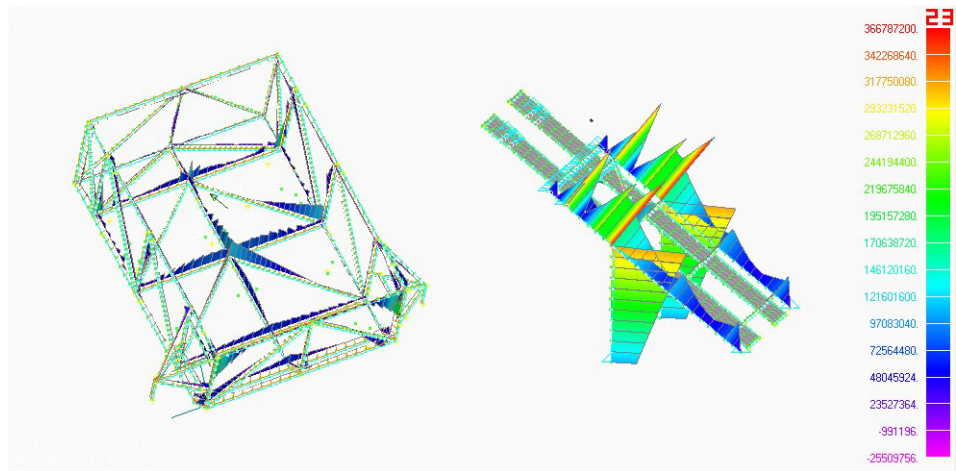


Figura 6.9 Andamento Sigma nelle Travi per Helisafe e Cassone durante fase d'impatto

## 7. Conclusioni e sviluppi futuri

Dopo tutto il lavoro si può concludere che la modellazione del terreno, sicuramente si può migliorare in futuro, creando un modello interfacciato del terreno modellato ad elementi distinti e della struttura "cassone" oppure provare con una formulazione ad elementi SPH (Smooth Particle Hydrodynamics) di LS DYNA come visto di recente in una pubblicazione [14].

La modellazione con elementi SPH tutta via comporta lunghe simulazioni e non si è voluta intraprendere questa strada a causa della continua variazione della configurazione del cassone.

Ci si è quindi accontentati di simulazioni e calcoli statici tenendo conto comunque dello scarico inerziale (il fattore di amplificazione dinamico) del terreno e confrontando i risultati con la teoria di elasticità generale di Cerrutti Boussinesq per testare la bontà del solido che rappresenta la terra contenuta nel terrapieno..

Il metodo utilizzato è comunque conservativo in quanto va ricordato che nei calcoli utilizzati, l'aliante, è indeformabile mentre nella realtà l'aliante è deformabile o comunque durante l'impatto sarà soggetto a danneggiamenti che dissiperanno l'energia d'impatto.

C'è aspettarsi quindi durante la prova che i carichi a cui è soggetta la struttura siano minori. A questo proposito durante la prova si potrebbe pensare di estensimetrare il cassone solo in alcuni punti.

Per quanto riguarda la verifica della struttura essa è stata progettata in maniera tale da essere riutilizzata. Servirebbe uno studio per vedere fino a che massa dell'aliante in prova ci si può spingere per non snervare la struttura ma questo solo dopo aver effettuato la prova sperimentale per verificare di quanto ci sia scostati dai carichi reali.

Questo lavoro di tesi ha prodotto alla fine anche i disegni tecnici per produrre il terrapieno che però potranno essere modificati in parte dopo la visione degli addetti alla produzione.

## Appendice

### a) Prova di carico su piastra

Per verificare la giusta compattazione del terreno nel cassone, si è pensato di eseguire durante la fase del riempimento tre o quattro prove di carico su piastra per verificare il giusto valore di rigidezza del terreno.

La prova di carico su piastra deriva dall'ambito dell'ingegneria civile e viene eseguita in generale per il controllo dei terreni di sottofondo, dello strato di fondazioni e dello strato di base delle pavimentazioni.

La prova tradizionale consiste nel sovraccaricare per gradini successivi e regolari una piastra rigida (in genere circolare), bel appoggiata sulla superficie del terreno in prova, misurando il cedimento corrispondente ad ogni gradino di carico.

Con queste modalità di prova, inserendo eventuali cicli di carico-scarico, si possono valutare i vari moduli (di deformazione, di compressione, di elasticità) del terreno.

Verrà descritta sommariamente l'esecuzione e l'attrezzatura di prova, facendo riferimento alla norma svizzera SNV 670317a, che risulta essere quella usata anche dal Dipartimento Ingegneria Strutturale del Politecnico di Milano in quanto:

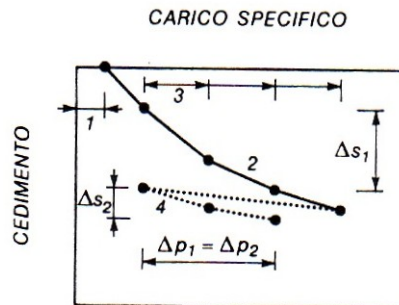
- è la normativa più diffusa in Italia nelle applicazioni geotecniche;
- è quella più completa.

#### i. **La norma Svizzera SNV 670317a**

Questa norma fissa le modalità di esecuzione ed interpretazione della prova di carico con piastra circolare rigida. Essa consente di determinare la deformabilità (forza portante) e di controllare la compattazione di un terreno.

##### **1.a.i.1. Definizioni**

Con la prova si misura il cedimento del terreno sottostante ad una piastra circolare di  $700 \text{ cm}^2$  (considerata infinitamente rigida) caricata per gradi.



1. Carico preliminare sulla piastra
2. 1ª fase di carico (modulo ME1)
3. Gradino di carico
4. 2ª fase di carico (modulo ME2)

### 0.1 Prova di carico su piastra: esempio restituzione dati

Questo tipo di prova permette di determinare il modulo di compressibilità o coefficiente  $M_e$  di quel terreno, al primo ciclo di carico (ME1) ed al secondo ciclo (ME2), definiti

dall'equazione  $M_{Ei} = \frac{\Delta p_i}{\Delta s_i} \cdot D$  (0.1)

$$M_{Ei} = \frac{\Delta p_i}{\Delta s_i} \cdot D \quad (0.1)$$

Essendo

$i = 1$  o  $2$  (dipende dal ciclo di carico)

$\Delta p$  = differenza di carico unitario trasmesso dalla piastra al terreno, compreso fra due gradini di carico ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )

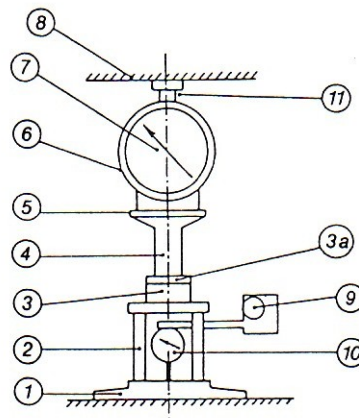
$D$  = diametro della piastra in mm

$\Delta s$  = cedimento differenziale in mm della piastra circolare rigida corrispondente a  $\Delta p$ .

### 1.a.i.2. Attrezzatura per la prova

Per la prova viene impiegata l'attrezzatura VSS descritta nella norma SNV 670312a, utilizzando una piastra circolare di area pari a  $700 \text{ cm}^2$  avente spessore di 20mm.





1. Piastra di carico  $A=700\text{cm}^2$
2. Dispositivo per la misura del cedimento a centro piastra
3. Raccordo
- 3a. Ghiera di serraggio
4. Pistone di carico
5. Piastra di testa
6. Martinetto
7. Manometro
8. Contrasto
9. Trave di riferimento porta comparatore
10. Comparatore
11. Eventuale inserimento prolunga

### 0.2 Attrezzatura per prova su piastra secondo norma SNV

#### ii. Esecuzione della prova

Al momento della prova il terreno dovrà avere il suo contenuto di acqua naturale; il rilevato ed i letti della fondazione non dovranno presentare una superficie rammollita o una crosta, rispettivamente per il contatto con eccessiva acqua (pioggia) o per essiccamento (azione del sole).

Il diametro massimo dei clasti nel terreno al di sotto della piastra non dovrà essere superiore a 100 mm.

La piastra verrà posizionata su una superficie piana. In presenza di terreni coesivi si asporterà la parte superficiale e, per una uniforme ripartizione del carico, si asporteranno le pietre sporgenti riempiendo le cavità con sabbia.

Dopo aver posizionato la piastra sulla superficie (1) precedentemente spianata e resa orizzontale, si fisserà il dispositivo per la misura del cedimento della piastra (2), il pistone di carico (4) e la piastra superiore

(5) irrigidita con l'ausilio del dispositivo si serraggio; il serraggio verrà liberato all'inizio della prova vera e propria.

Successivamente il martinetto (6) viene posto sulla piastra e di testa (5) (controllandone la centratura e la perpendicolarità). Se necessario fra il contrasto (8) e il martinetto viene inserita una prolunga (11) la cui lunghezza deve essere il minore possibile.

Il contrasto deve avere un peso di circa 50 kN e sarà il più semplice possibile, fatto in modo da poter essere facilmente rimosso.

I piedi del telaio di riferimento (9) dovranno essere sufficientemente distanti (0.5 m) dalla piastra e dagli appoggi del contrasto, in modo da evitare qualsiasi reciproca influenza.

L'apparecchiatura di misura deve essere disposta in modo da consentire una buona visibilità del comparatore con un sufficiente margine di misura.

L'esecuzione vera propria è composta dai seguenti passi:

- per assicurare un appoggio uniforme della piastra, viene applicato un precarico di 20 kN/m<sup>2</sup> che include il peso dell'apparecchiatura;
- viene letto sul comparatore centrale il valore iniziale dei cedimenti;
- il martinetto verrà manovrato con precauzione fino ad applicare sulla piastra un primo gradino pari a 50 kN/m<sup>2</sup> di carico totale.

I gradini per il primo carico, lo scarico ed il secondo scarico, saranno i seguenti:

- terreno ed infrastrutture : 50 – 100 – 150 – 200 – 50 ( 100 – 150) (kN/m<sup>2</sup>)
- strato di fondazione : 50 – 150 – 250 – 350 – 50 ( 150 – 250) (kN/m<sup>2</sup>)
- strato di supporto (base) : 50 – 150 – 250 – 350 – 450-50 ( 150 – 250- 350 ) (kN/m<sup>2</sup>)

*nota : fra parentesi i gradini dell'eventuale secondo ciclo di carico*

Dopo ciascun gradino la lettura del cedimento, al comparatore, o agli altri dispositivi di misura, viene effettuata dopo due minuti, sia per i terreni coesivi che per quelli granulari.

Una volta iniziata la messa in carico, non si dovrà apportare alcuna modifica al dispositivo di prova.

Il contrasto non dovrà subire alcuna vibrazione o scossa.

Dopo la prova, si adotterà la precauzione di verificare l'omogeneità del terreno sottostante la piastra fino a ad una profondità pari a 0.5 m.

### iii. Interpretazione dei risultati

I risultati della prova dovrebbero essere rappresentati in un grafico carichi vs cedimenti.

Per il calcolo del coefficiente  $M_{Ei}$  si utilizzerà la  $M_{Ei} = \frac{30000}{\Delta s_i}$  (0.2), con

$i$  cedimenti calcolati entro i seguenti gradini di carico, da considerarsi sia per il primo che per il secondo ciclo di carico:

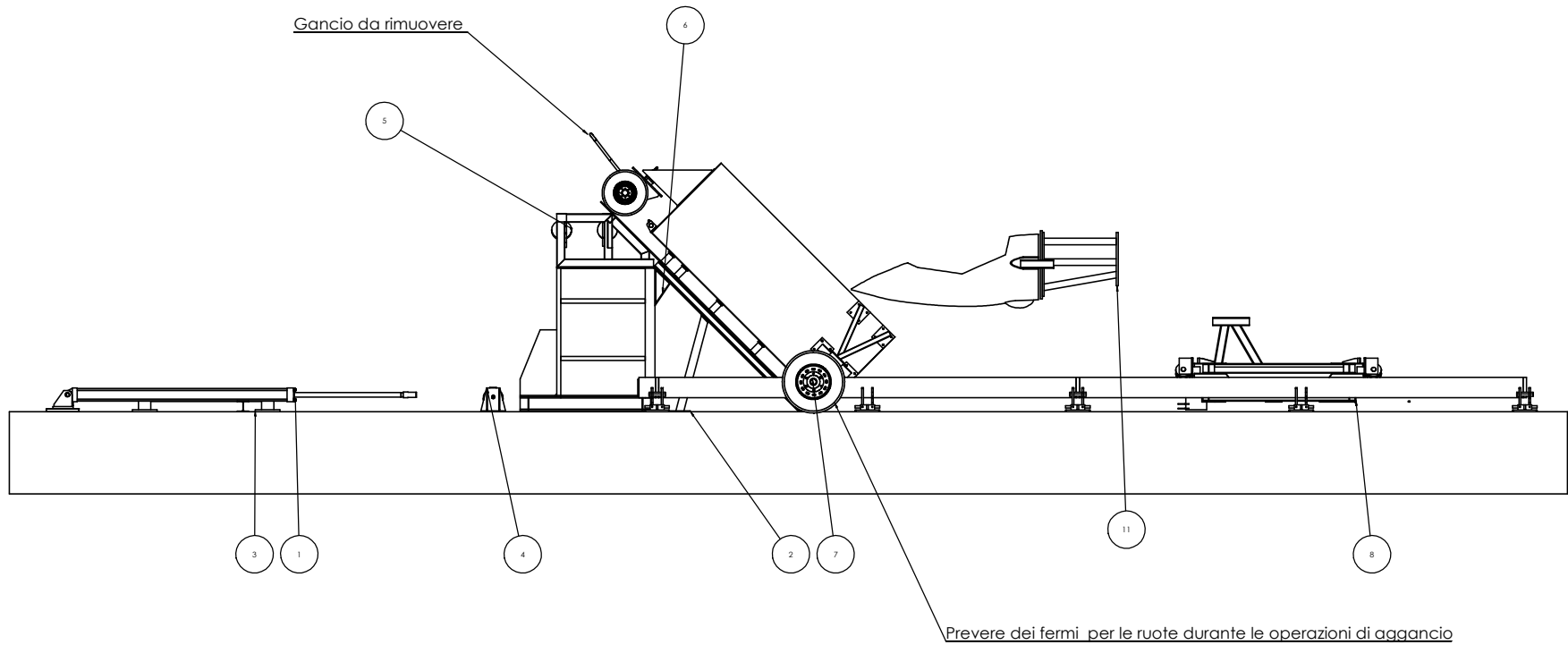
- terreno ed infrastrutture : 50 – 150 (kN/m<sup>2</sup>)
- strato di fondazione : 150 – 250 (kN/m<sup>2</sup>)
- strato di supporto (base) : 250 – 350 (kN/m<sup>2</sup>)

$$M_{Ei} = \frac{30000}{\Delta s_i} \text{ (0.2)}$$

Essendo

$i = 1$  o  $2$  (dipende dal ciclo di carico).

**b) Disegni allegati**

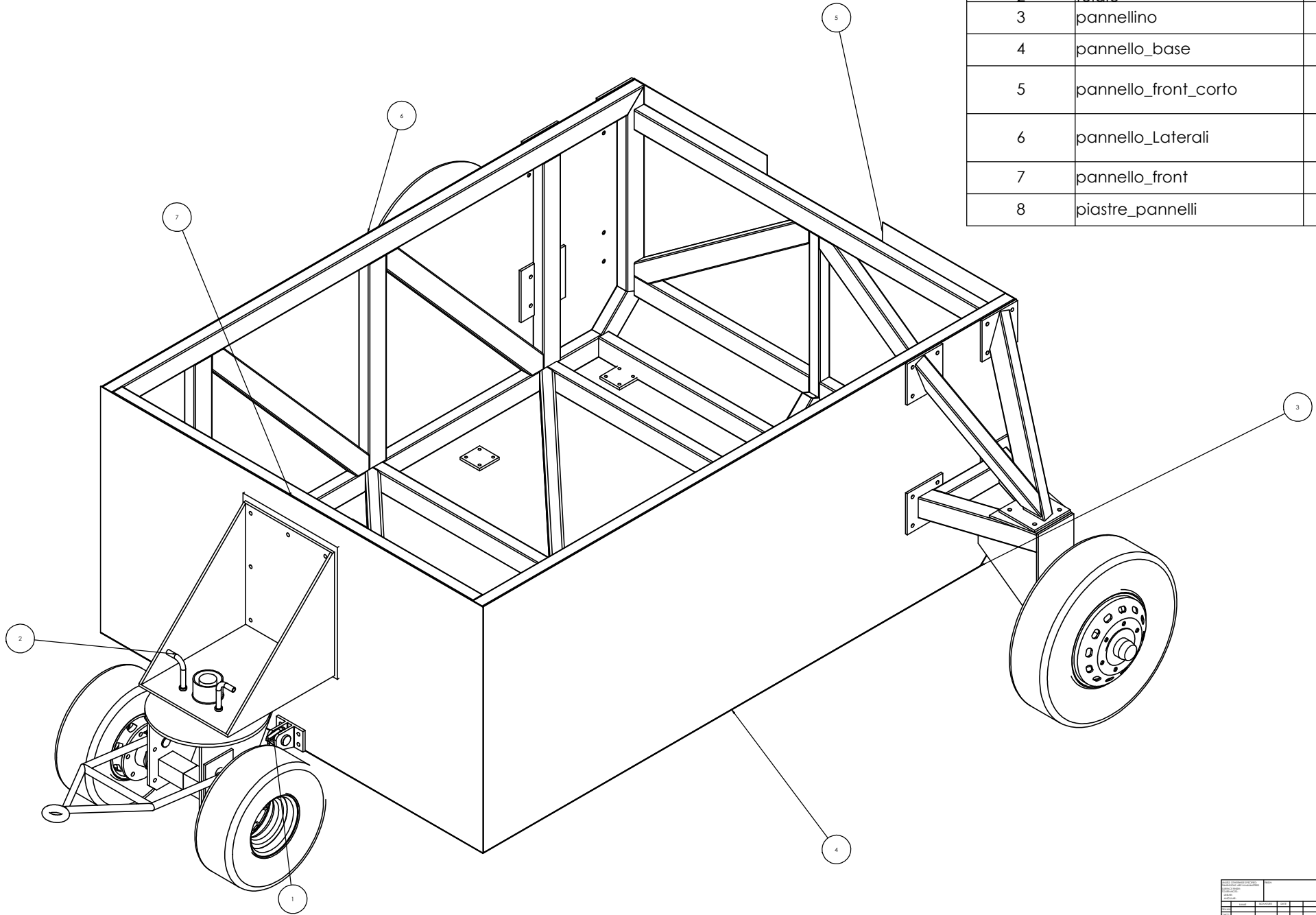


ITEM NO.	PART NUMBER	PRICE	manual explode/qty.	COST
1	martinetto		1	
2	rotella		1	
3	forne		1	
4	manicotto ferro		1	
5	braccio inquadra		1	
6	colleggio inquadra		1	
7	cuscinetti		1	
8	latta		1	
11	alante		1	

CLIENTE:   
 DATA:   
 AUTORE:   
 VERIFICATO:   
 APPROVATO:   
 APPROVATO PER IL CLIENTE:   
 APPROVATO PER IL PRODOTTORE:   
 APPROVATO PER IL MONTATORE:   
 APPROVATO PER IL CLIENTE:   
 APPROVATO PER IL PRODOTTORE:   
 APPROVATO PER IL MONTATORE:   
 APPROVATO PER IL CLIENTE:   
 APPROVATO PER IL PRODOTTORE:   
 APPROVATO PER IL MONTATORE:

globale   
 AG

ITEM NO.	PART NUMBER	manual explode/QTY.
1	redancia	1
2	felaio	1
3	pannellino	1
4	pannello_base	1
5	pannello_front_corto	1
6	pannello_Laterali	2
7	pannello_front	1
8	piastre_pannelli	10



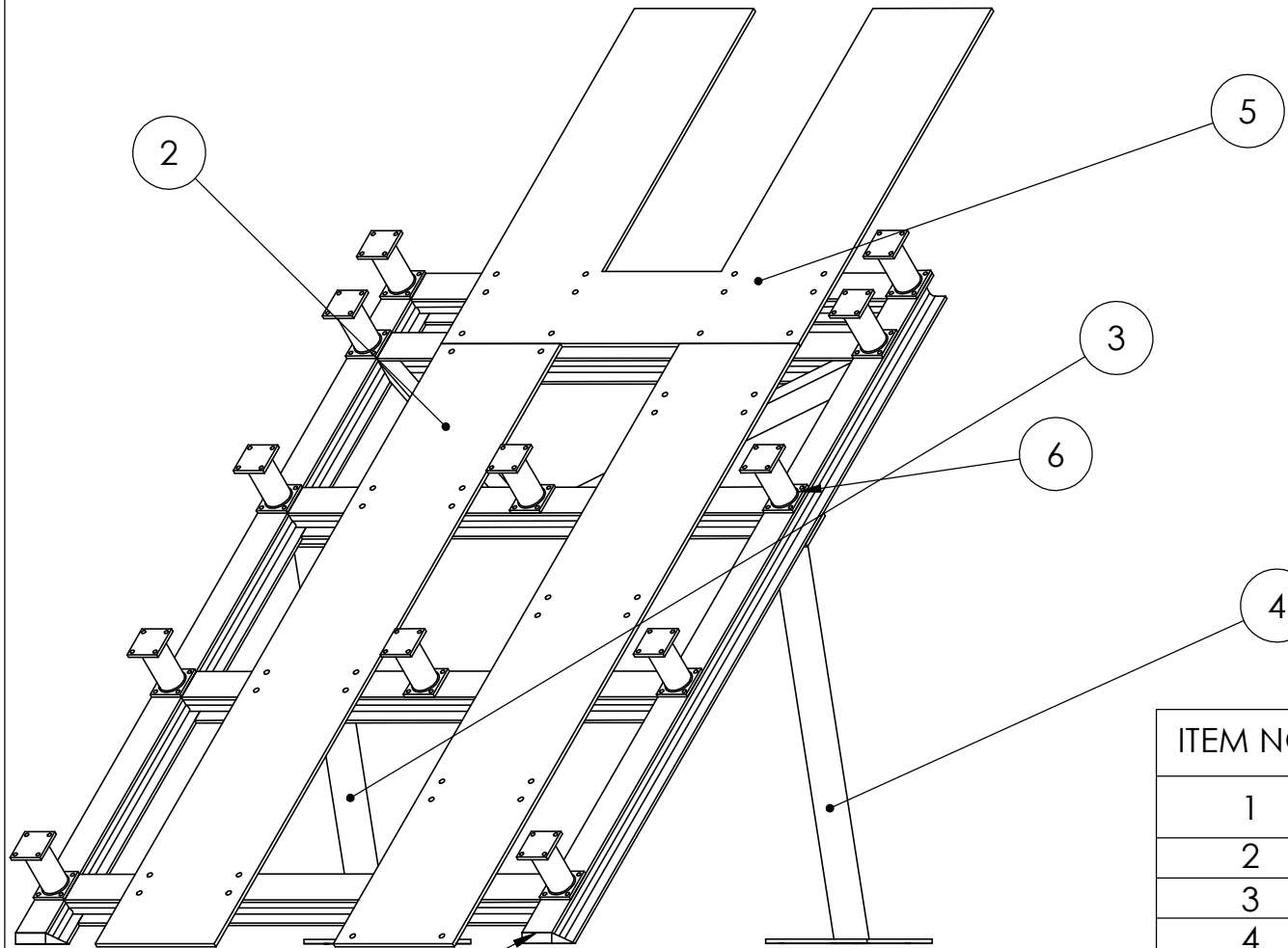
Cassone		AG
---------	--	----







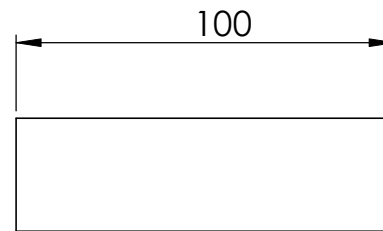
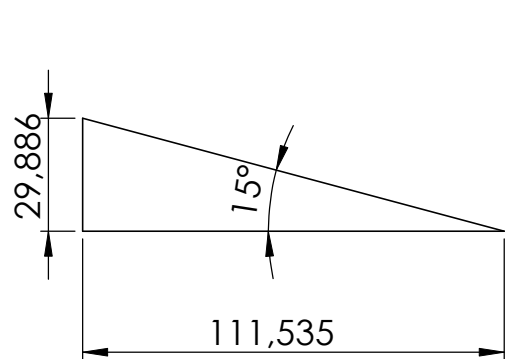
Prevedere i fori sulla struttura Helisafe per i Manicotti



ITEM NO.	PART NUMBER	manual explode/QTY.
1	zoccoli	2
2	guida	2
3	tubi sx	1
4	tubi dx	1
5	guida 2	1
6	manicotti	12

1			UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE:  <h1 style="margin: 0;">Helisafe</h1>	
					DRAWN			
					CHECKED			
					ENG APPR.			
					MFG APPR.			
					Q.A.		SIZE DWG. NO. REV <b>A</b>	
				COMMENTS:				
INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:								
MATERIAL								
FINISH								
NEXT ASSY      USED ON								
APPLICATION								
				DO NOT SCALE DRAWING				

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL



<b>PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL</b>			UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	<b>Zoccoli</b>		
				DRAWN					
				CHECKED					
				ENG APPR.					
				MFG APPR.					
			INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			<b>A</b>		
			MATERIAL	COMMENTS:		SIZE			DWG. NO.
	NEXT ASSY	USED ON	FINISH			COMMENTS:		SCALE: 1:20	
	APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING		SHEET 2 OF 7				

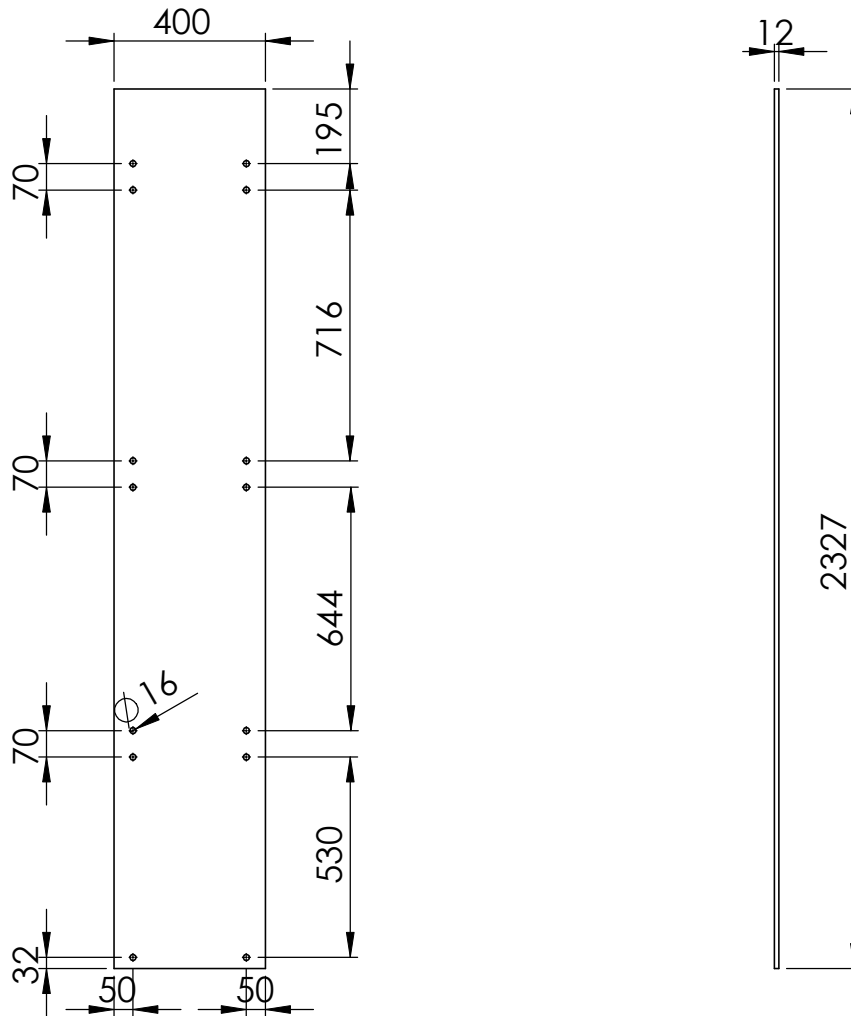
5

4

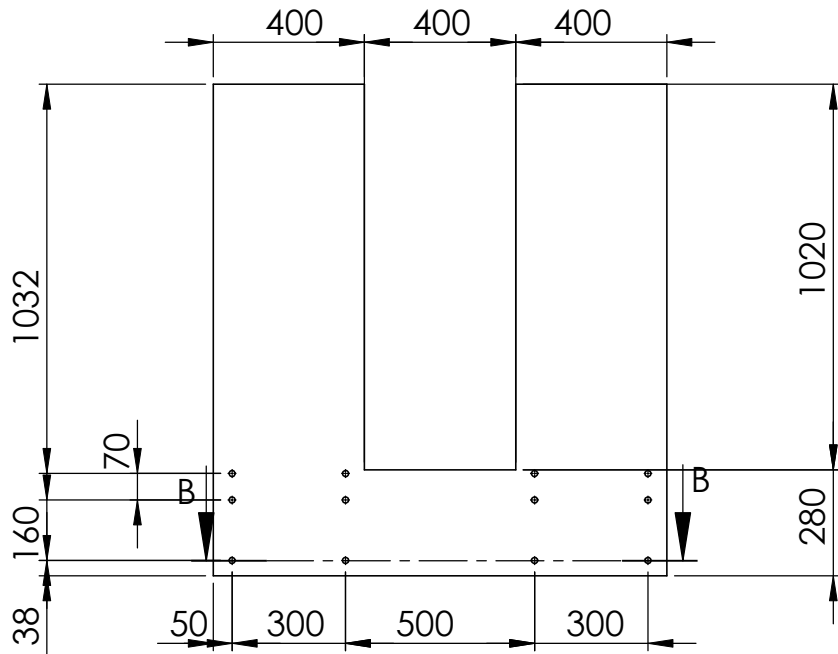
3

2

1



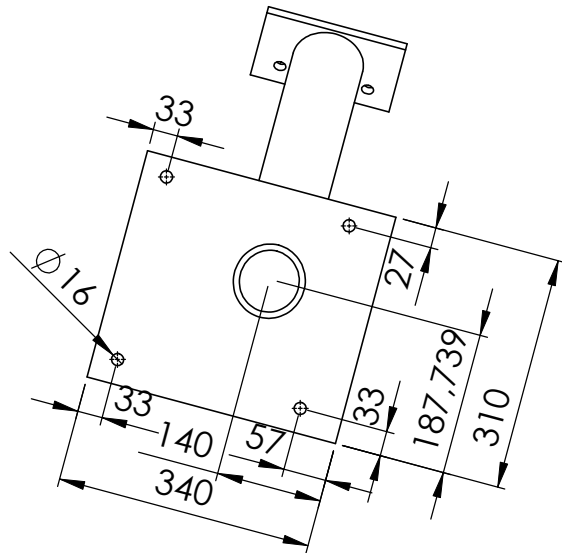
PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL			UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE:  <h1 style="margin: 0;">Guida</h1>		
				DRAWN					
				CHECKED					
				ENG APPR.					
				MFG APPR.					
			INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE DWG. NO. REV <b>A</b>		
			MATERIAL	COMMENTS:					
	NEXT ASSY	USED ON	FINISH			SCALE: 1:20 WEIGHT: SHEET 3 OF 7			
	APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING						



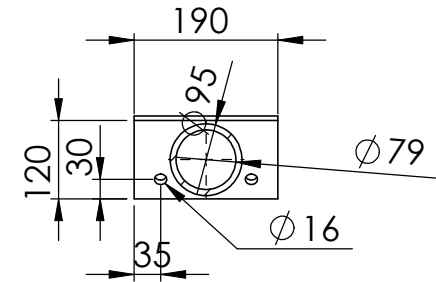
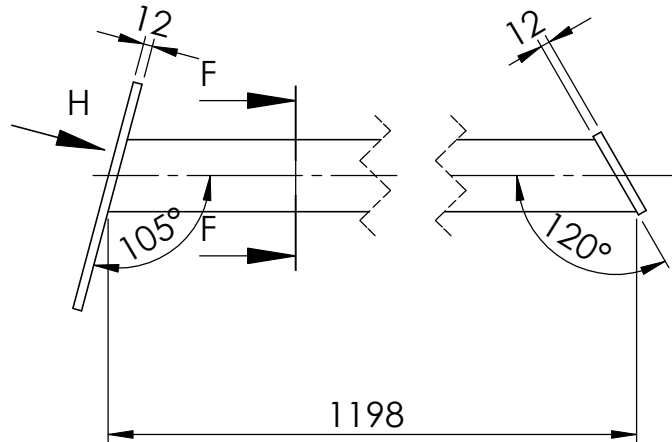
SEZIONE B-B

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE		
			DRAWN			TITLE: <h1>Guida 2</h1>	
			CHECKED				
			ENG APPR.				
			MFG APPR.				
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE <b>A</b> DWG. NO. <span style="float: right;">REV</span>	
		MATERIAL	COMMENTS:				
NEXT ASSY	USED ON	FINISH					
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING	SCALE: 1:20			WEIGHT:	SHEET 4 OF 7



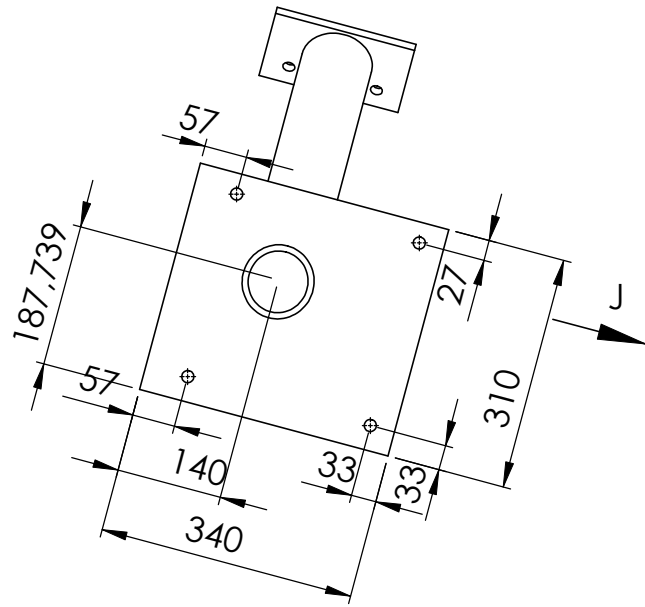
VISTA H  
SCALA 1 : 10



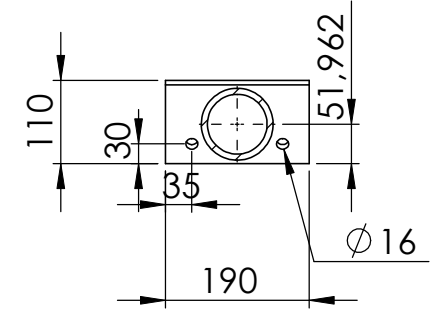
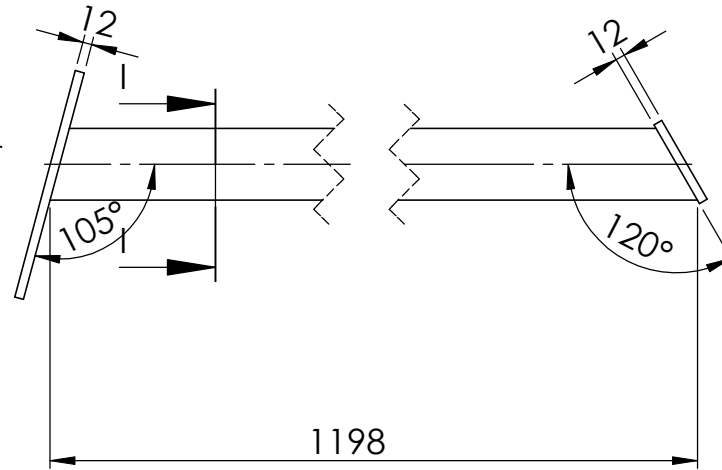
SEZIONE F-F  
SCALA 1 : 10

\<FONT color=D>

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE		
				DRAWN		TITLE:  <b> Tubo Dx</b>	
				CHECKED			
				ENG APPR.			
				MFG APPR.			
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:		Q.A.		SIZE DWG. NO. REV	
		MATERIAL		COMMENTS:			
		FINISH				SCALE: 1:20 WEIGHT: SHEET 5 OF 7	
NEXT ASSY	USED ON	DO NOT SCALE DRAWING					
APPLICATION							



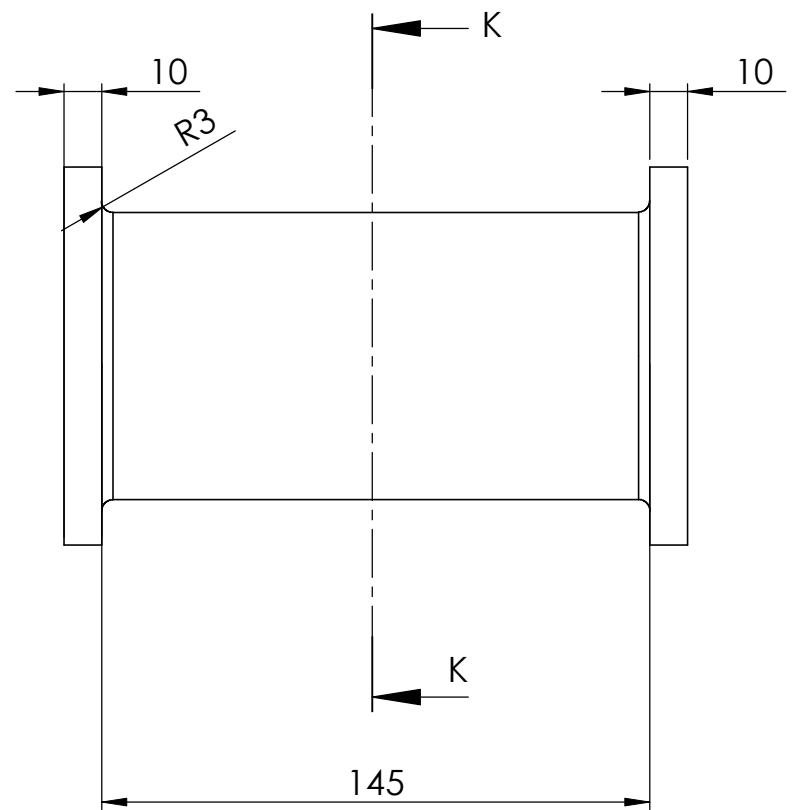
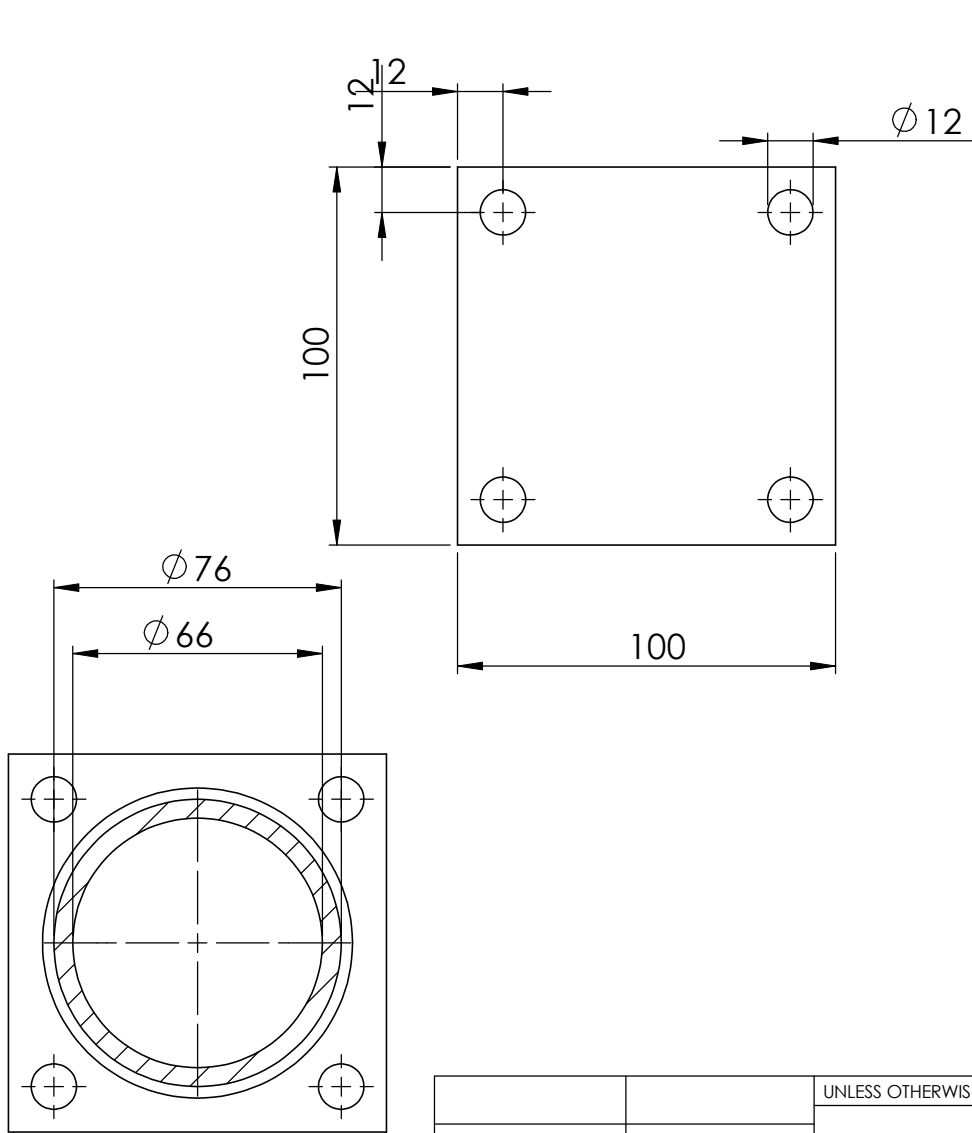
VISTA J  
SCALA 1 : 10



SEZIONE I-I  
SCALA 1 : 10

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE			
				DRAWN		TITLE:  <b>Tube Sx</b>		
				CHECKED				
				ENG APPR.				
				MFG APPR.				
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:		Q.A.		SIZE DWG. NO. REV <b>A</b>		
		MATERIAL		COMMENTS:				
		FINISH						
NEXT ASSY	USED ON					SCALE: 1:20	WEIGHT:	SHEET 6 OF 7
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING						



SEZIONE K-K  
SCALA 1 : 2

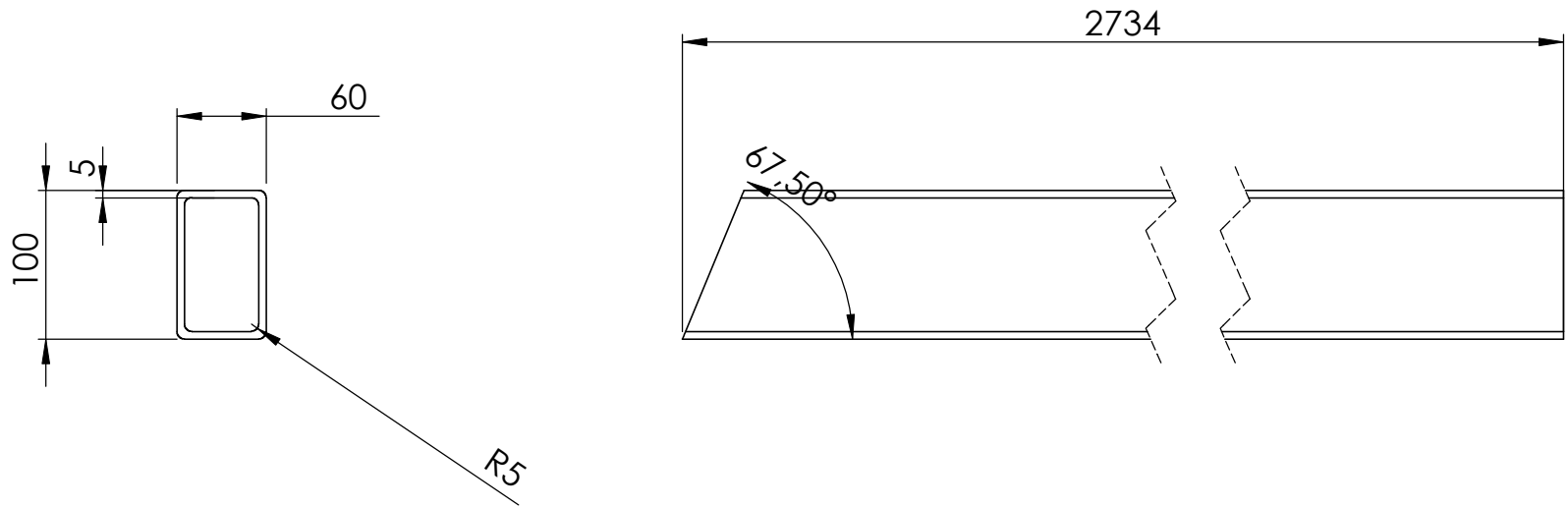
PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE		
				DRAWN		TITLE:	
				CHECKED		<b>Manicotto</b>	
				ENG APPR.			
				MFG APPR.		SIZE	DWG. NO.
				Q.A.		<b>A</b>	REV
				COMMENTS:			
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:				SCALE: 1:20	WEIGHT:
		MATERIAL				SHEET 7 OF 7	
		FINISH					
NEXT ASSY	USED ON						
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING					









<b>PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL</b>			UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE: <h1 style="margin: 0;">Barra_centrale</h1>			
				DRAWN						
				CHECKED						
				ENG APPR.						
				MFG APPR.				SIZE	DWG. NO.	REV
			INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:				<b>A</b>			
			MATERIAL							
			FINISH							
	NEXT ASSY	USED ON								
	APPLICATION			DO NOT SCALE DRAWING				SCALE: 1:50	WEIGHT:	SHEET 1 OF 29

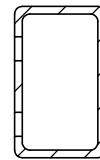
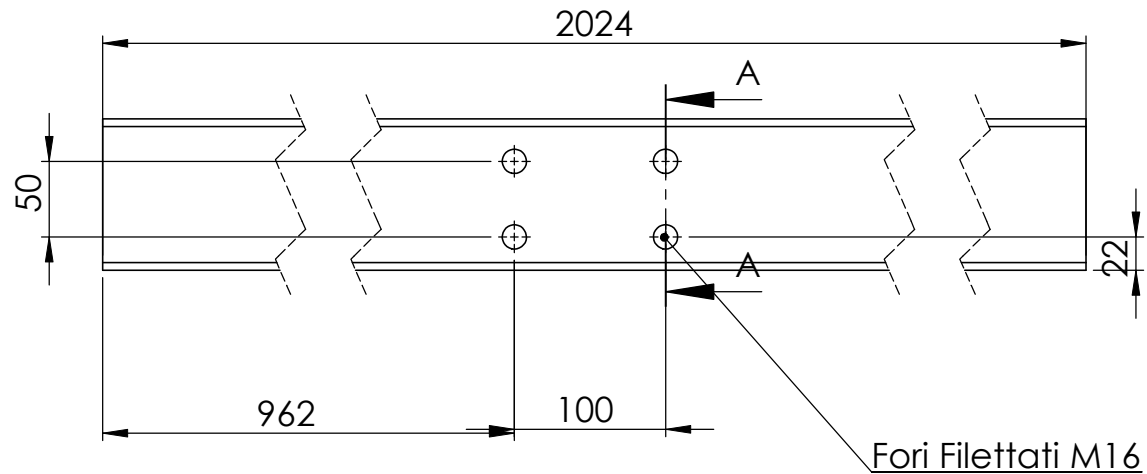
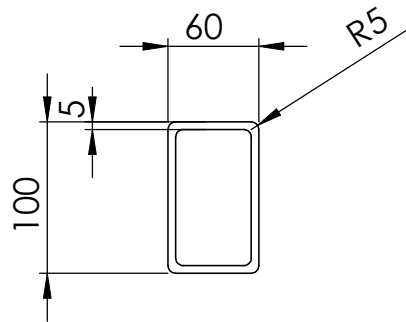
5

4

3

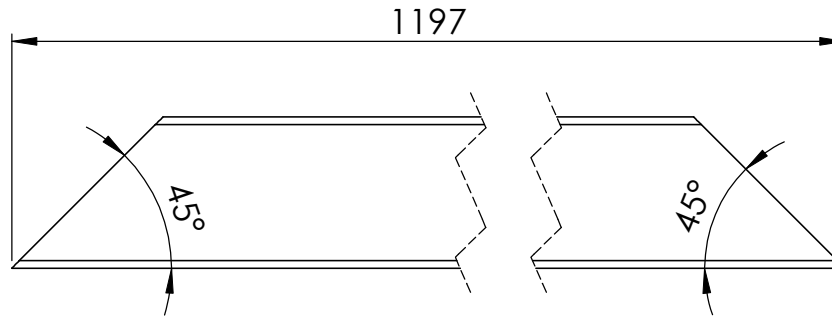
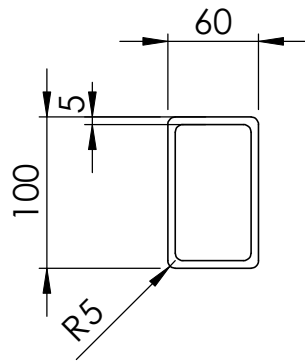
2

1



SEZIONE A-A  
SCALA 1 : 5

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL			UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE:  <h1 style="margin: 0;">Barre_2024</h1>		
				DRAWN					
				CHECKED					
				ENG APPR.					
				MFG APPR.					
			INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE	DWG. NO.	REV
			MATERIAL	COMMENTS:			A		
			FINISH						
			DO NOT SCALE DRAWING						
	NEXT ASSY	USED ON					SCALE: 1:50	WEIGHT:	SHEET 2 OF 29



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE		
			DRAWN			TITLE:	
			CHECKED			<b>Barre_1197</b>	
			ENG APPR.				
			MFG APPR.			SIZE	DWG. NO.
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			<b>A</b>	REV
		MATERIAL	COMMENTS:				SCALE: 1:50
		FINISH					SHEET 3 OF 29
	NEXT ASSY	USED ON					
	APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING				

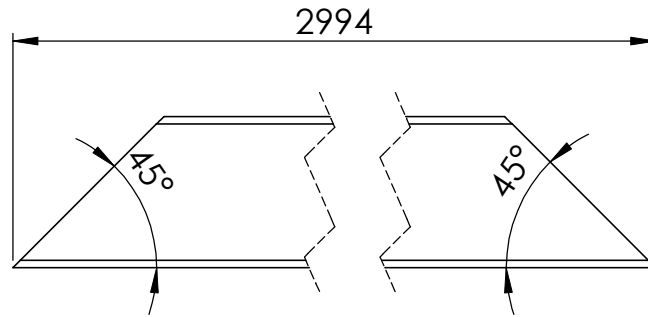
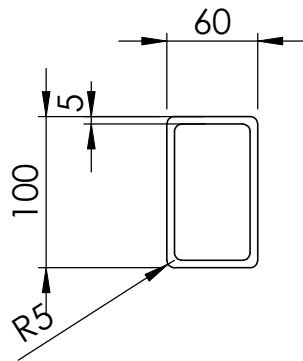
5

4

3

2

1



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE		
			DRAWN			TITLE:	
			CHECKED			Barre2994_sopra	
			ENG APPR.			SIZE DWG. NO. REV	
			MFG APPR.			A	
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SCALE: 1:50 WEIGHT: SHEET 4 OF 29	
		MATERIAL	COMMENTS:				
		FINISH					
NEXT ASSY	USED ON						
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING					

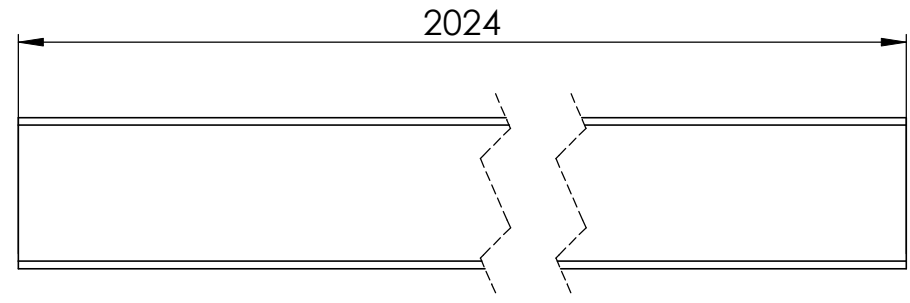
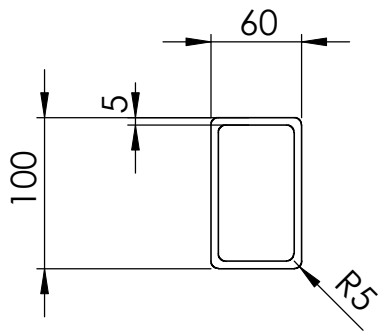
5

4

3

2

1



<b>PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL</b>			UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE:  <h1 style="margin: 0;">Barre2024_post</h1>		
				DRAWN					
				CHECKED					
				ENG APPR.					
				MFG APPR.					
			INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE DWG. NO. REV <b>A</b>		
			MATERIAL	COMMENTS:					
			FINISH						
	NEXT ASSY	USED ON	DO NOT SCALE DRAWING				SCALE: 1:50	WEIGHT:	SHEET 5 OF 29

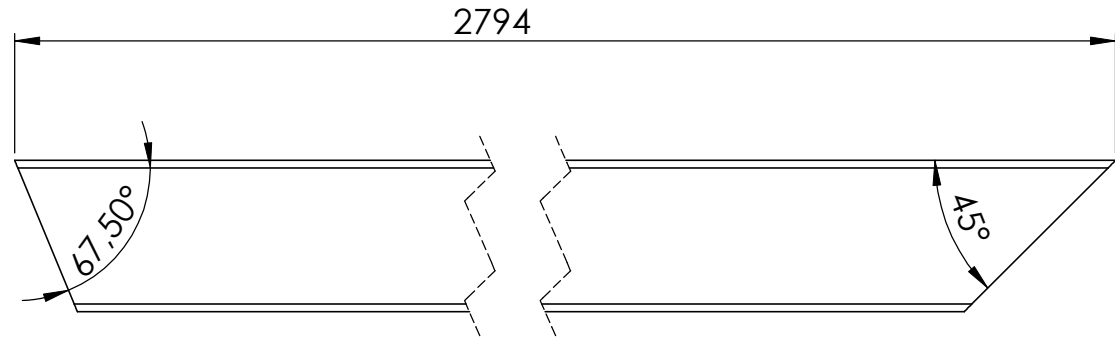
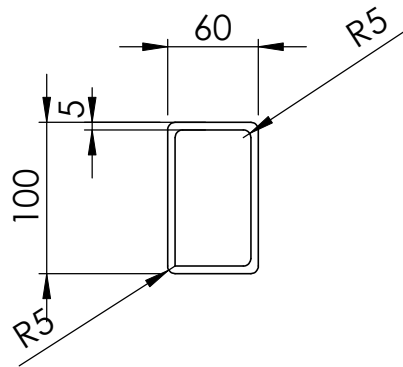
5

4

3

2

1



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE			
			DRAWN			TITLE: <b>Barre2794</b>		
			CHECKED					
			ENG APPR.					
			MFG APPR.					
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE	DWG. NO.	REV
		MATERIAL	COMMENTS:			<b>A</b>		
		FINISH						
NEXT ASSY	USED ON					SCALE: 1:50	WEIGHT:	SHEET 6 OF 29
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING						

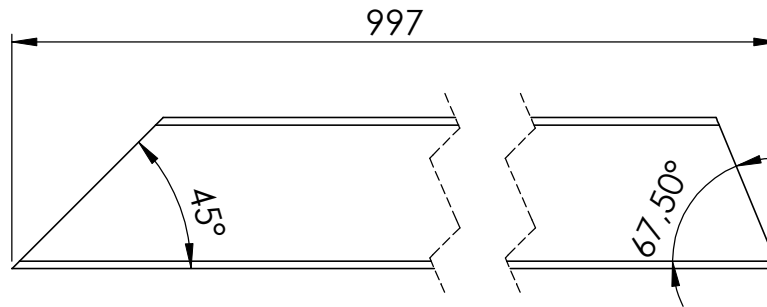
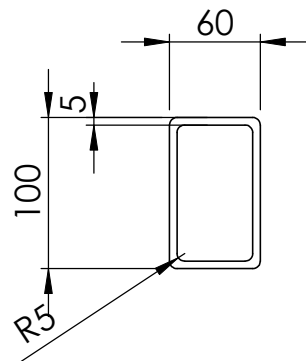
5

4

3

2

1



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE			
			DRAWN			TITLE: <b>997drit</b>		
			CHECKED					
			ENG APPR.					
			MFG APPR.					
			Q.A.			SIZE DWG. NO. REV <b>A</b>		
		MATERIAL	COMMENTS:					
		FINISH						
NEXT ASSY	USED ON					SCALE: 1:50	WEIGHT:	SHEET 7 OF 29
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING						

5

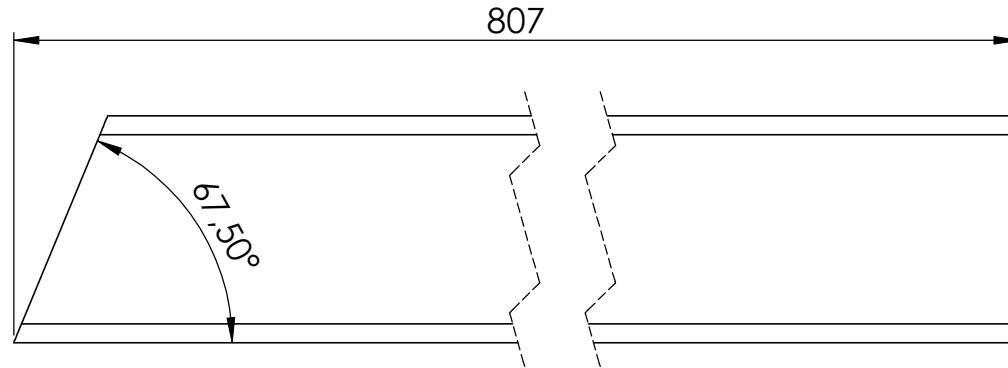
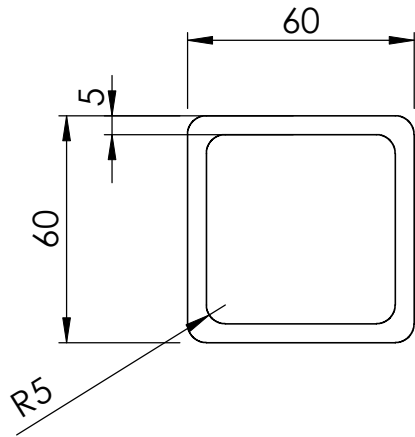
4

3

2

1





PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE		
			DRAWN			TITLE:  <b>barre_807</b>	
			CHECKED				
			ENG APPR.				
			MFG APPR.				
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE DWG. NO. REV <b>A</b>	
		MATERIAL	COMMENTS:				
		FINISH				SCALE: 1:50	WEIGHT:
		APPLICATION	DO NOT SCALE DRAWING			SHEET 8 OF 29	

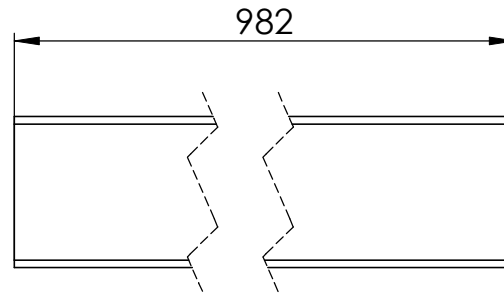
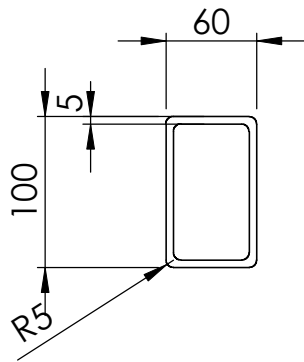
5

4

3

2

1



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE		
			DRAWN			TITLE: <b>barre982</b>	
			CHECKED				
			ENG APPR.				
			MFG APPR.				
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE DWG. NO. REV <b>A</b>	
		MATERIAL	COMMENTS:				
		FINISH					
	NEXT ASSY	USED ON				SCALE: 1:50	WEIGHT:
	APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING			SHEET 9 OF 29	

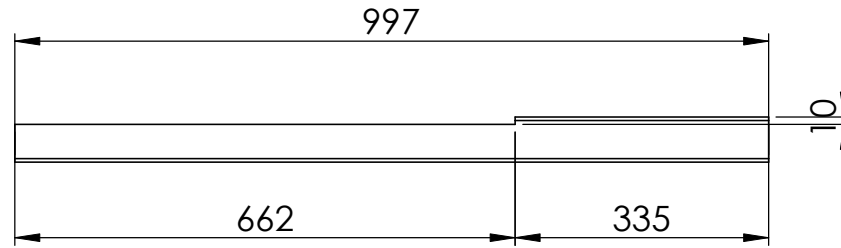
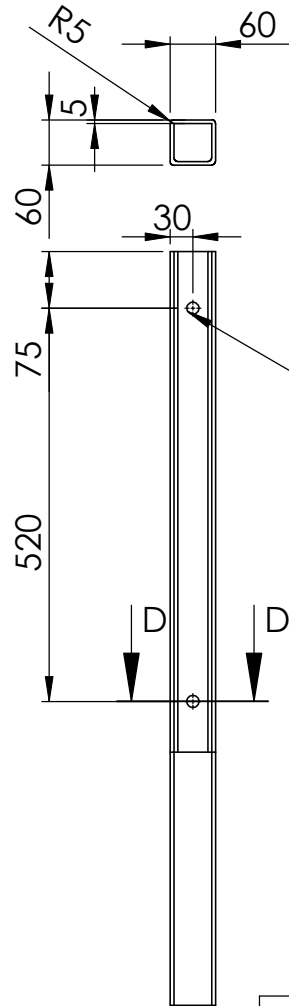
5

4

3

2

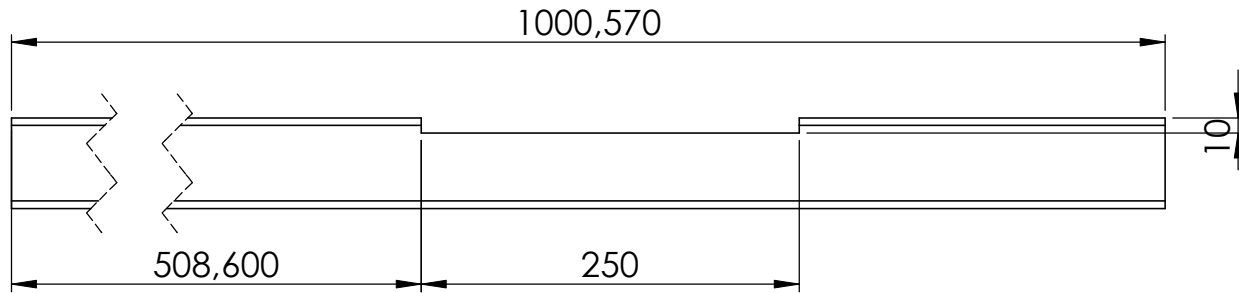
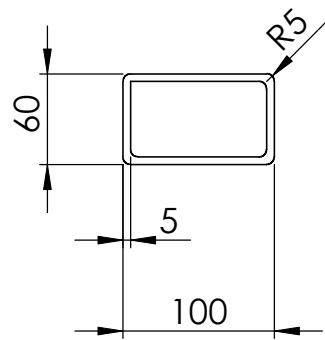
1



SEZIONE D-D  
SCALA 1 : 10

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE			
				DRAWN		TITLE:		
				CHECKED		Barre_997_quad		
				ENG APPR.				
				MFG APPR.				
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:		Q.A.		SIZE	DWG. NO.	REV
		MATERIAL		COMMENTS:		<b>A</b>		
		FINISH						
NEXT ASSY	USED ON					SCALE: 1:50	WEIGHT:	SHEET 10 OF 29
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING						



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE		
			DRAWN			TITLE:	
			CHECKED			997_dritte	
			ENG APPR.				
			MFG APPR.				
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE	DWG. NO.
		MATERIAL	COMMENTS:			<b>A</b>	
		FINISH					REV
NEXT ASSY	USED ON						
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING				SCALE: 1:50	WEIGHT:
							SHEET 11 OF 29

5

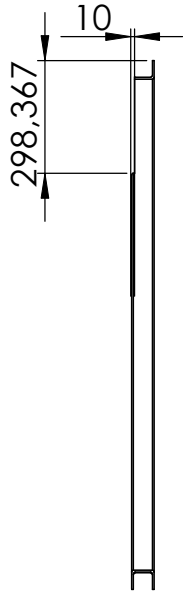
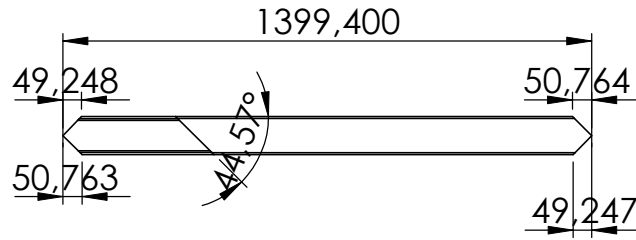
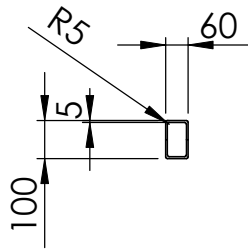
4

3

2

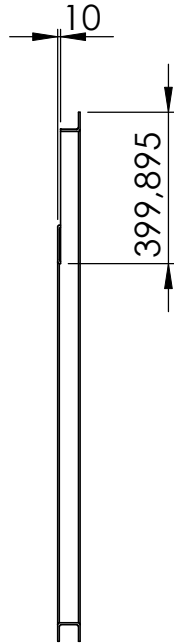
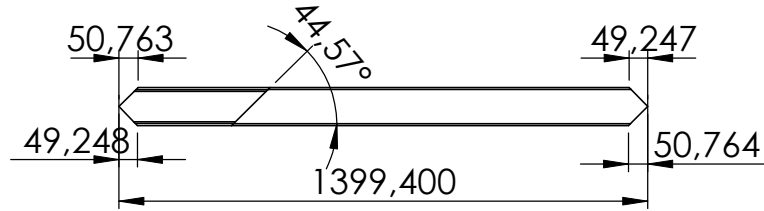
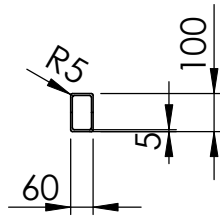
1





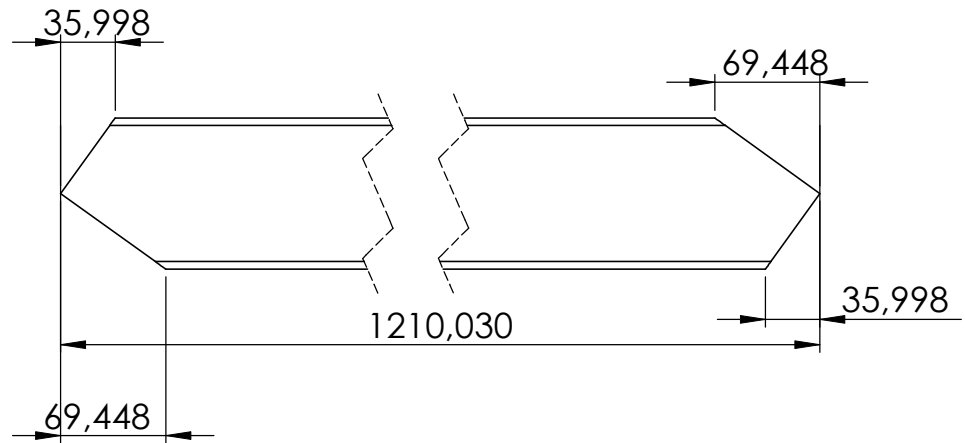
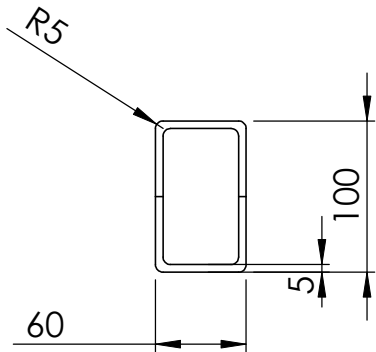
PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE		
				DRAWN		TITLE:	
				CHECKED		Diag_front_sx	
				ENG APPR.			
				MFG APPR.		SIZE DWG. NO. REV	
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:		Q.A.		A	
		MATERIAL		COMMENTS:			
NEXT ASSY		USED ON					
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING				SCALE: 1:50 WEIGHT: SHEET 13 OF 29	



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

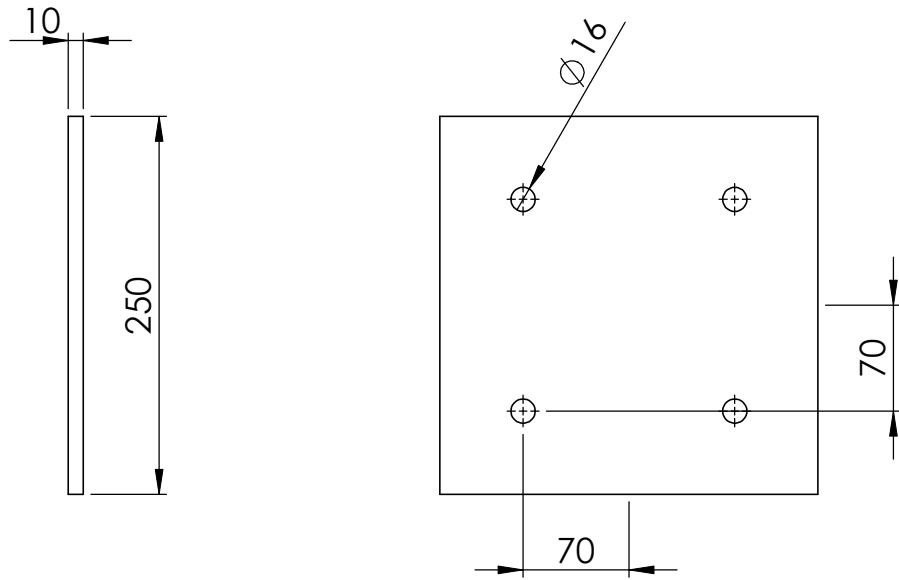
		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE		
				DRAWN		TITLE:  <b>diag_fronte_dx</b>	
				CHECKED			
				ENG APPR.			
				MFG APPR.			
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:		Q.A.		SIZE DWG. NO. REV <b>A</b>	
		MATERIAL		COMMENTS:			
NEXT ASSY	USED ON	FINISH					
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING		SCALE: 1:50		WEIGHT:	SHEET 14 OF 29



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE		
				DRAWN		TITLE: <b>diag_fronte</b>	
				CHECKED			
				ENG APPR.			
				MFG APPR.			
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:		Q.A.		SIZE DWG. NO. REV <b>A</b>	
		MATERIAL		COMMENTS:			
NEXT ASSY	USED ON	FINISH					
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING				SCALE: 1:50	WEIGHT:





Tutti i fori passanti

<b>PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL</b>			UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE: <b>contro_piastra_</b> <b>posteriore</b>
				DRAWN			
				CHECKED			
				ENG APPR.			
				MFG APPR.			
				INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.		
				MATERIAL	COMMENTS:		
			FINISH				
			DO NOT SCALE DRAWING				
	NEXT ASSY	USED ON		SIZE	DWG. NO.	REV	
	APPLICATION			<b>A</b>			
				SCALE: 1:50	WEIGHT:	SHEET 16 OF 29	

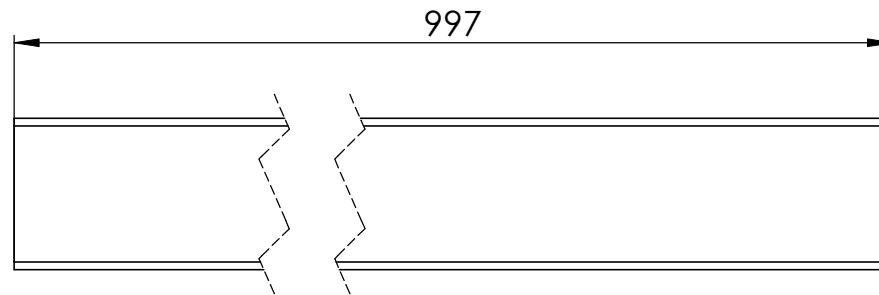
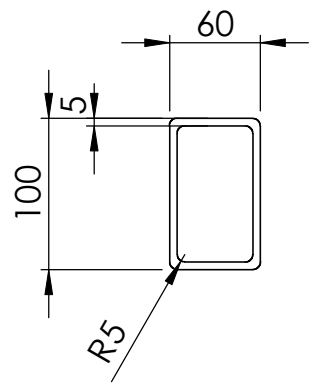
5

4

3

2

1



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE			
			DRAWN			TITLE:  <b>barre_997</b>		
			CHECKED					
			ENG APPR.					
			MFG APPR.					
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE	DWG. NO.	REV
		MATERIAL	COMMENTS:			<b>A</b>		
NEXT ASSY	USED ON	FINISH				SCALE: 1:50	WEIGHT:	SHEET 17 OF 29
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING						

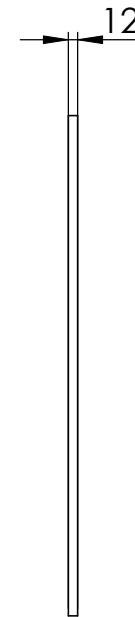
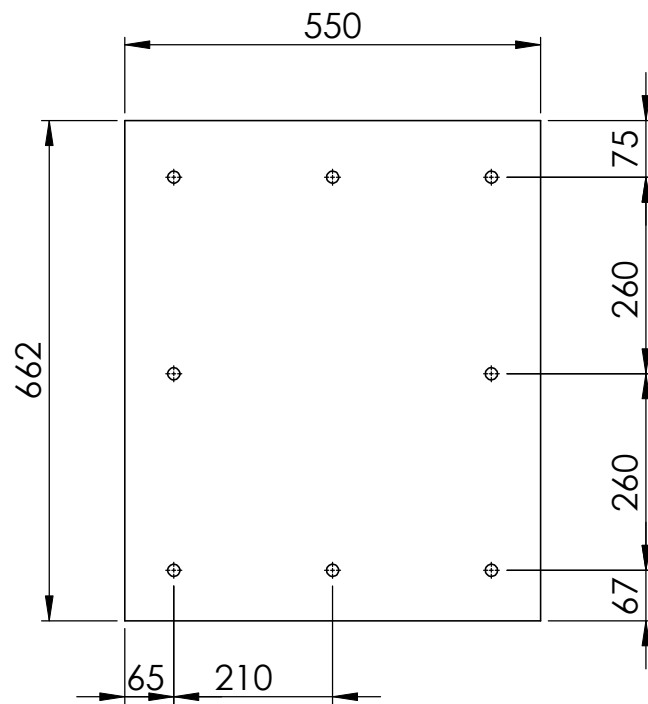
5

4

3

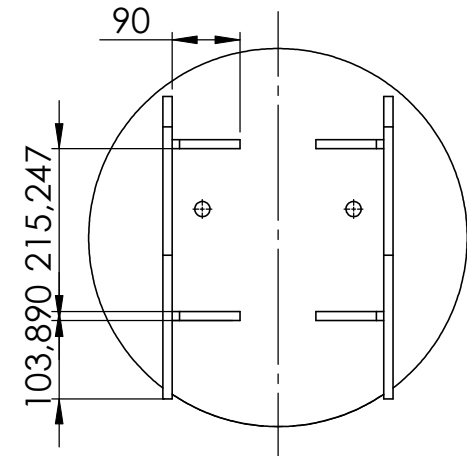
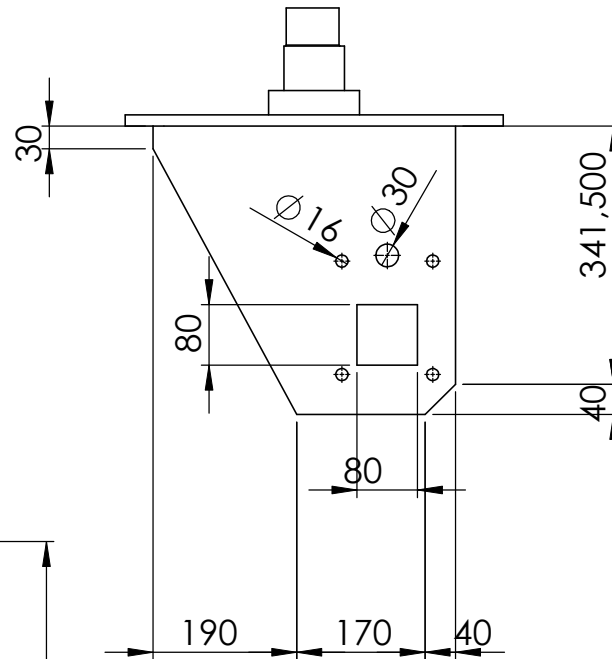
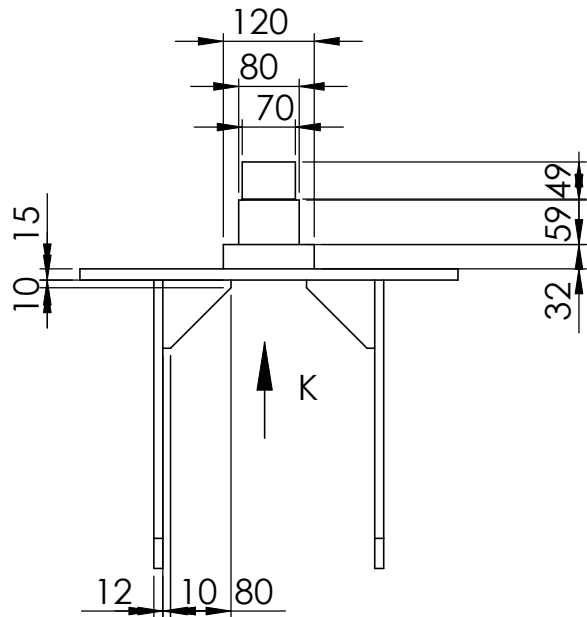
2

1

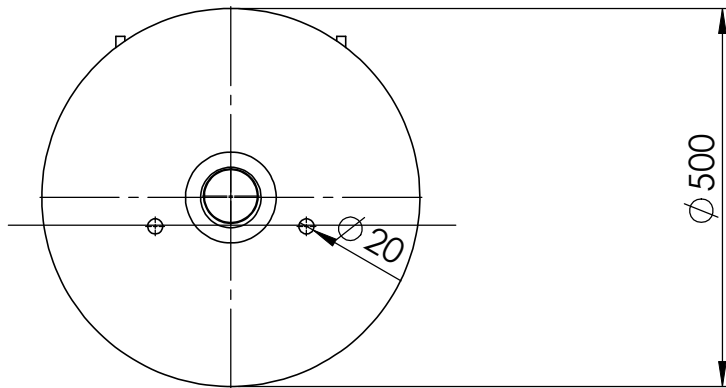


PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	
			DRAWN			TITLE: <b>controsostegno</b>
			CHECKED			
			ENG APPR.			
			MFG APPR.			
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE DWG. NO. REV <b>A</b>
		MATERIAL	COMMENTS:			
NEXT ASSY	USED ON	FINISH				
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING				SCALE: 1:50 WEIGHT: SHEET 18 OF 29



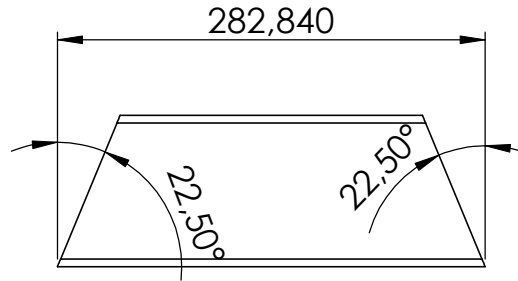
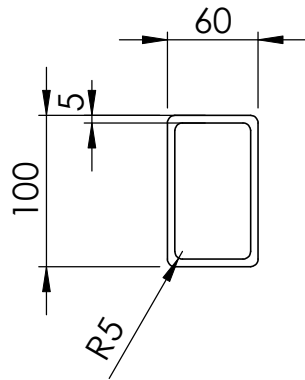
VISTA K  
SCALA 1 : 10



tutti i fori sono passanti

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE: sopra_ruota_mozzoAnt		
				DRAWN				
				CHECKED				
				ENG APPR.				
				MFG APPR.				
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:		Q.A.		SIZE	DWG. NO.	REV
		MATERIAL		COMMENTS:		<b>A</b>		
		FINISH						
NEXT ASSY		USED ON						
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING		SCALE: 1:50		WEIGHT:	SHEET 19 OF 29	



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE			
			DRAWN			TITLE: <b>Barre_200</b>		
			CHECKED					
			ENG APPR.					
			MFG APPR.					
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE DWG. NO. REV <b>A</b>		
		MATERIAL	COMMENTS:					
NEXT ASSY	USED ON	FINISH						
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING				SCALE: 1:50	WEIGHT:	SHEET 20 OF 29

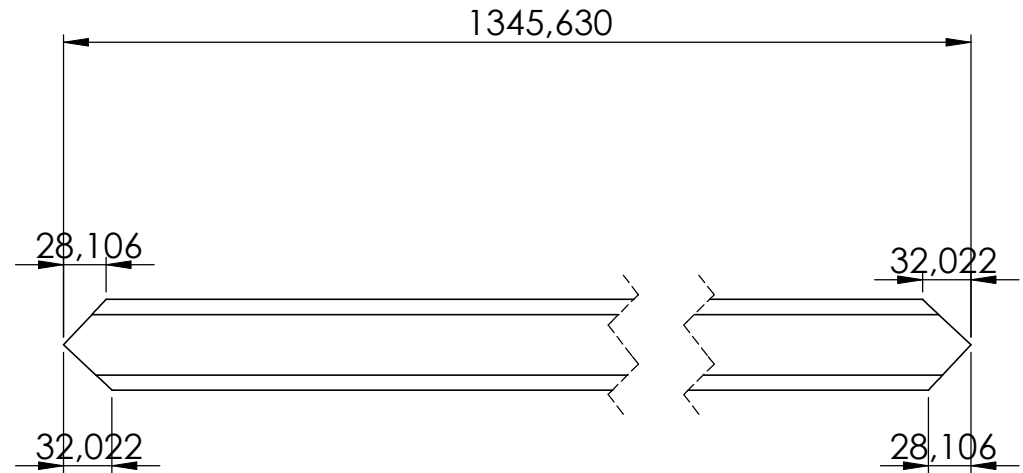
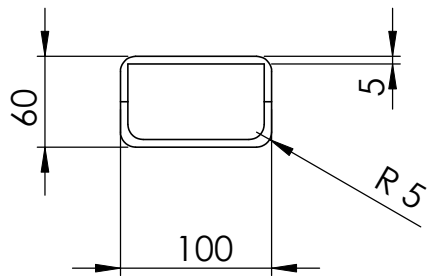
5

4

3

2

1



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE		
				DRAWN		TITLE:  <b>diag_fondo</b>	
				CHECKED			
				ENG APPR.			
				MFG APPR.			
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:		Q.A.		SIZE DWG. NO. REV <b>A</b>	
		MATERIAL		COMMENTS:			
		FINISH					
NEXT ASSY	USED ON	DO NOT SCALE DRAWING		SCALE: 1:50		WEIGHT:	SHEET 21 OF 29

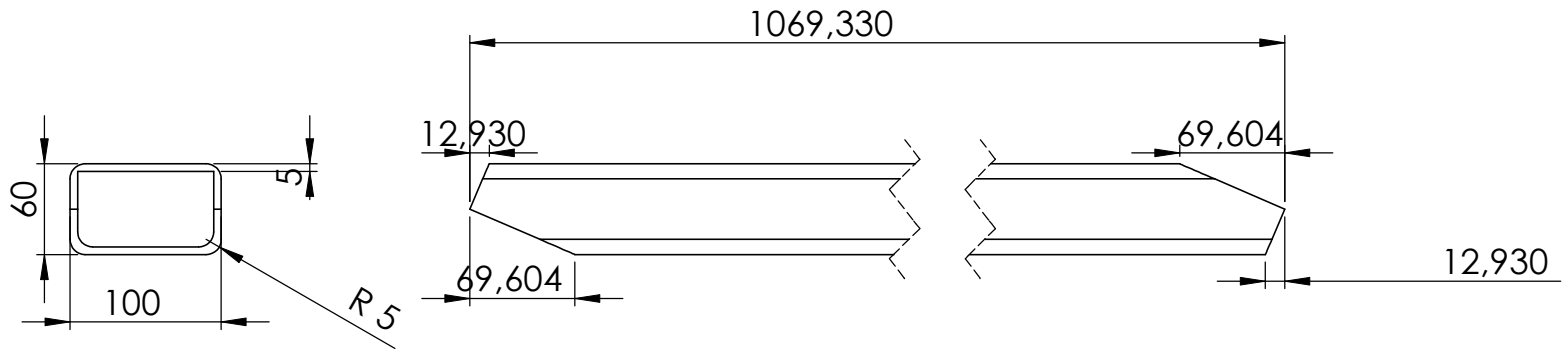
5

4

3

2

1



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL			UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE:  <h1 style="margin: 0;">diag_fondo2</h1>		
				DRAWN					
				CHECKED					
				ENG APPR.					
				MFG APPR.			SIZE	DWG. NO.	REV
			INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:						
			MATERIAL	COMMENTS:			<b>A</b>		
			FINISH						
	NEXT ASSY	USED ON							
	APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING				SCALE: 1:50	WEIGHT:	SHEET 22 OF 29

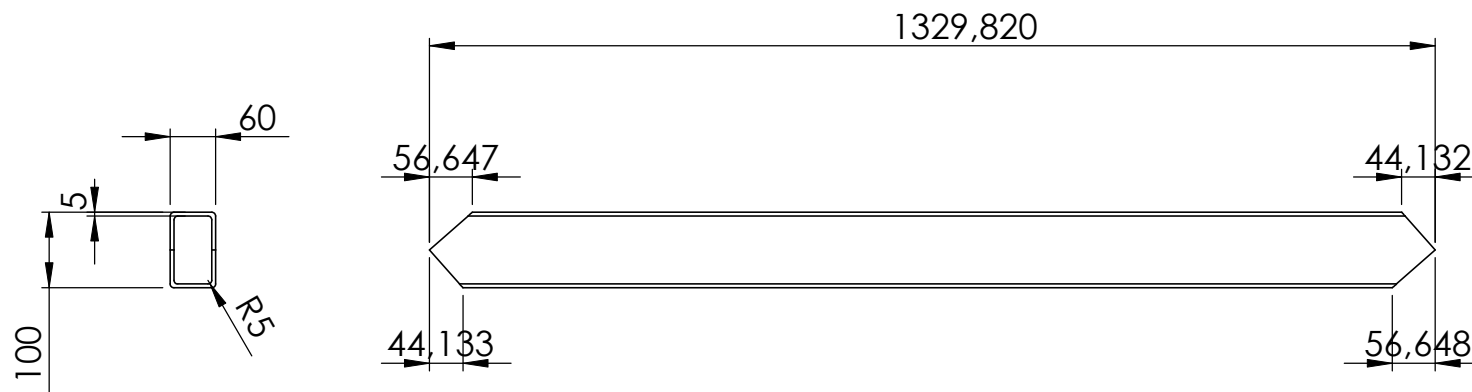
5

4

3

2

1



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE			
			DRAWN			TITLE:  <b>diag_lato</b>		
			CHECKED					
			ENG APPR.					
			MFG APPR.					
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE	DWG. NO.	REV
		MATERIAL	COMMENTS:			<b>A</b>		
		FINISH						
NEXT ASSY	USED ON					SCALE: 1:50	WEIGHT:	SHEET 23 OF 29
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING						

5

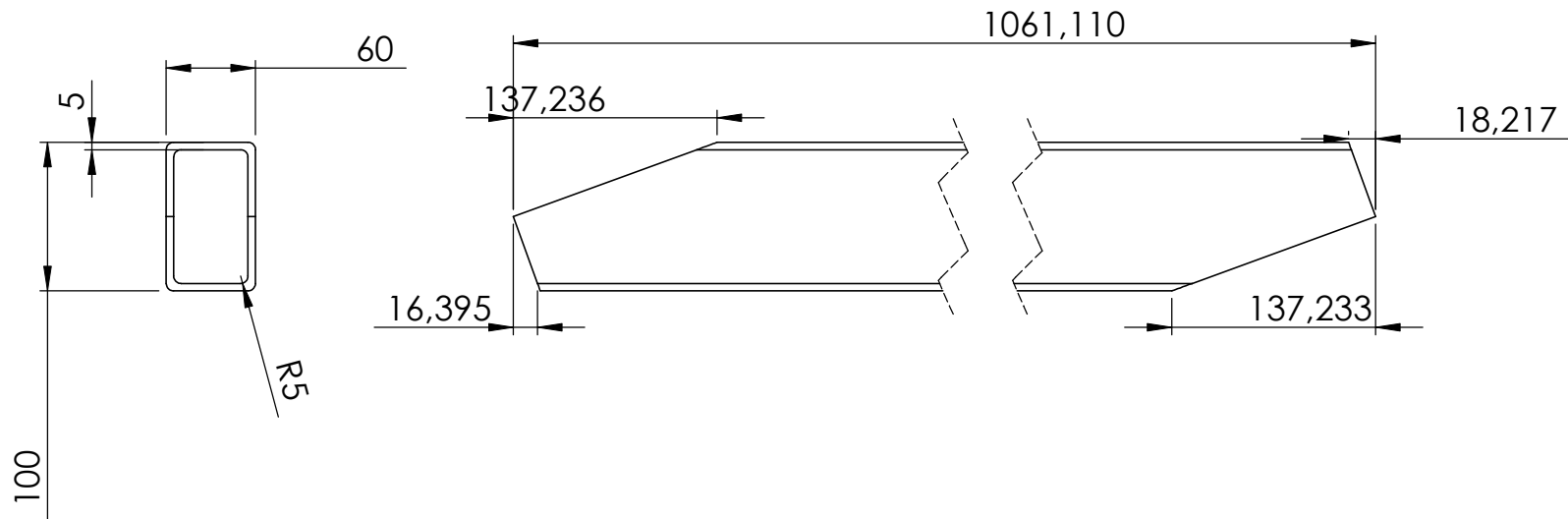
4

3

2

1





PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE			
			DRAWN			TITLE:  <b>diag_lato2</b>		
			CHECKED					
			ENG APPR.					
			MFG APPR.					
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE	DWG. NO.	REV
		MATERIAL	COMMENTS:			<b>A</b>		
		FINISH						
NEXT ASSY	USED ON							
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING				SCALE: 1:50	WEIGHT:	SHEET 24 OF 29

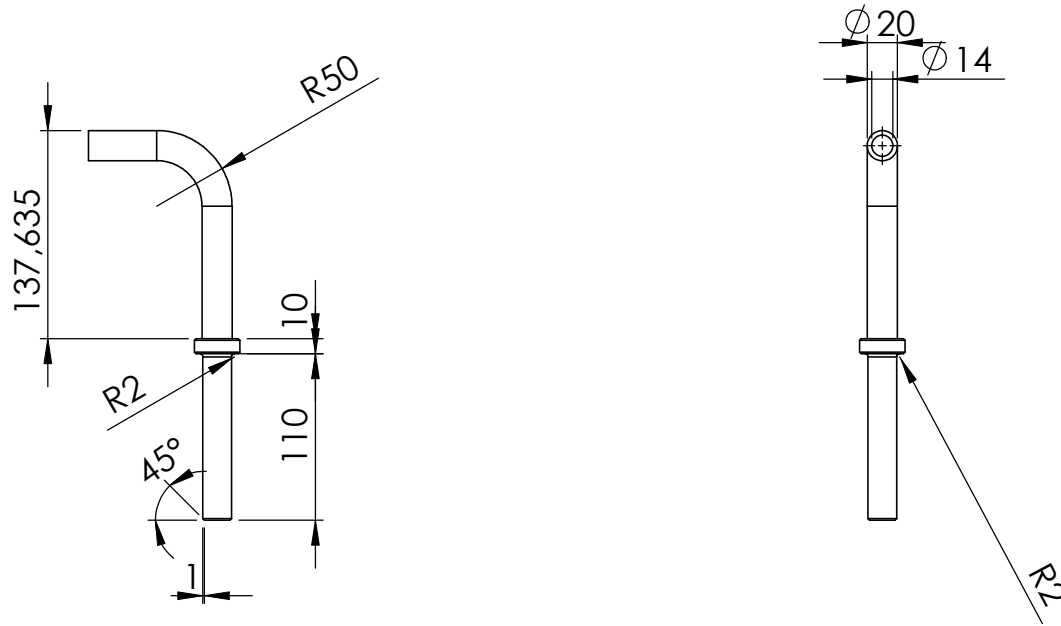
5

4

3

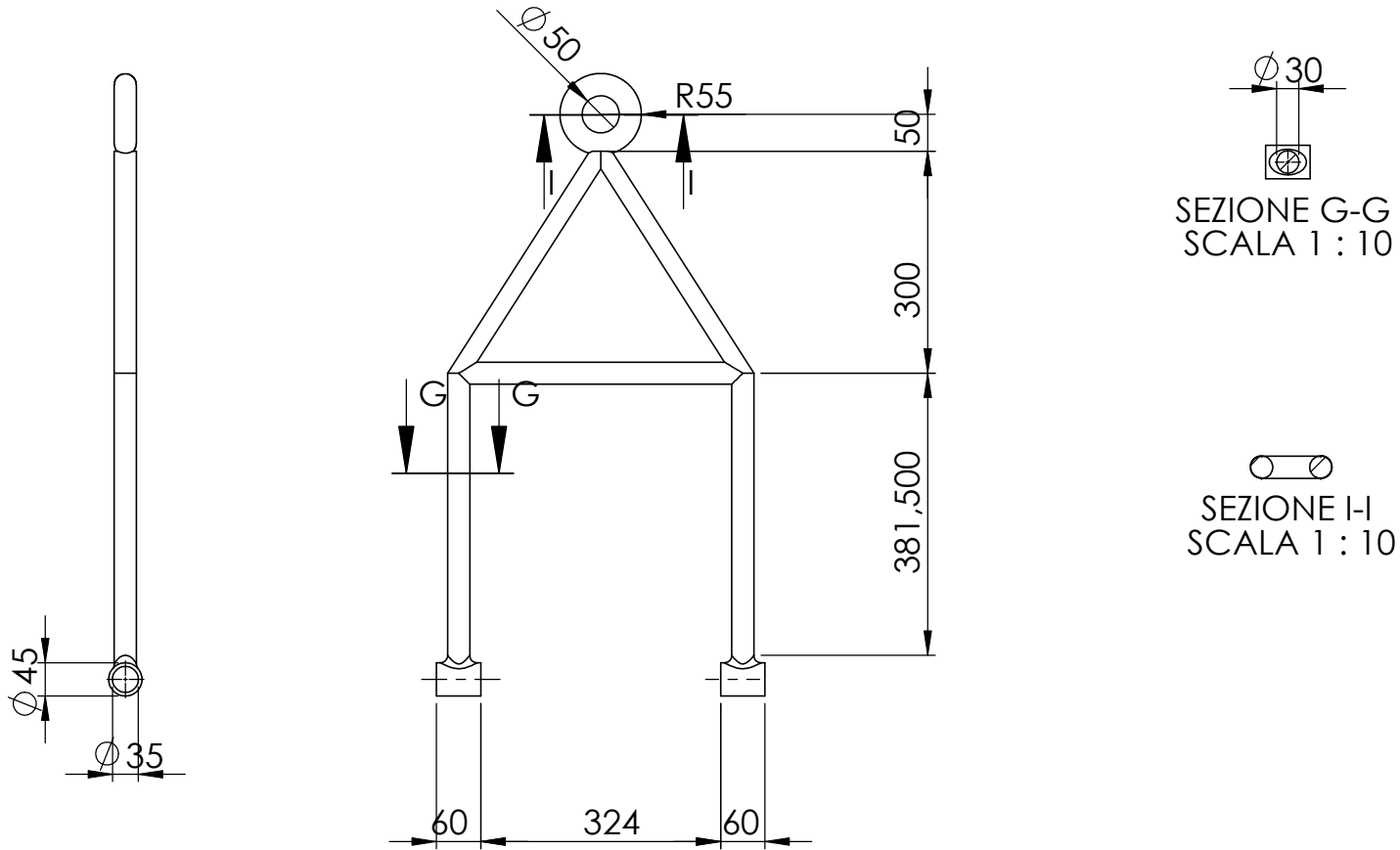
2

1



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE		
			DRAWN			TITLE:	
			CHECKED			Fermo_ruote	
			ENG APPR.			SIZE DWG. NO. REV	
			MFG APPR.			A	
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SCALE: 1:50 WEIGHT: SHEET 25 OF 29	
		MATERIAL	COMMENTS:				
		FINISH					
NEXT ASSY	USED ON						
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING					

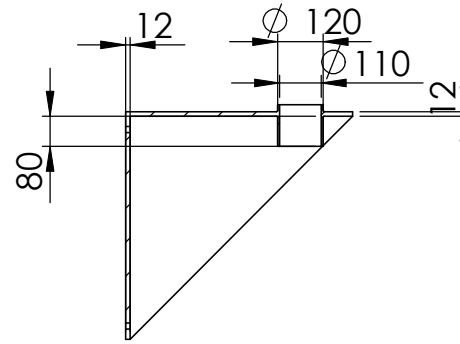
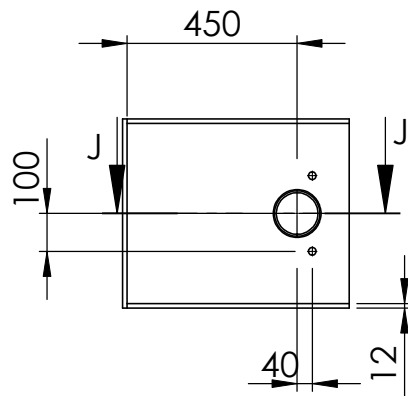
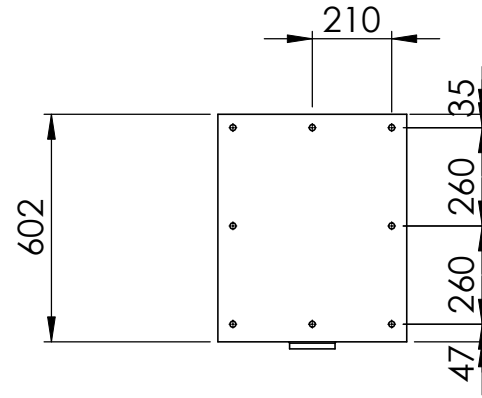
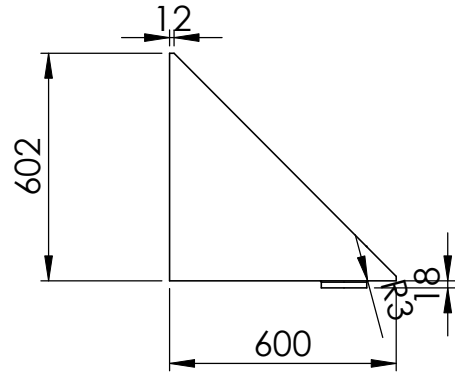


SEZIONE G-G  
SCALA 1 : 10

SEZIONE I-I  
SCALA 1 : 10

**PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL**  
THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF <INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF <INSERT COMPANY NAME HERE> IS PROHIBITED.

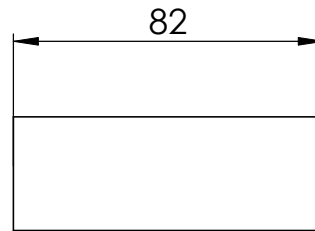
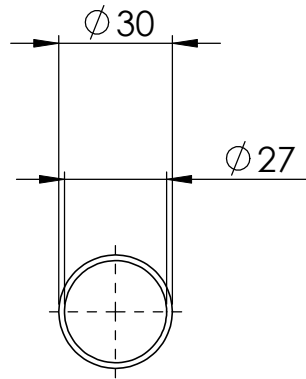
		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE				
		DIMENSIONS ARE IN INCHES	DRAWN			TITLE: <b>Braccio</b>			
		TOLERANCES:	CHECKED						
		FRACTIONAL $\pm$	ENG APPR.						
		ANGULAR: MACH $\pm$ BEND $\pm$	MFG APPR.						
		TWO PLACE DECIMAL $\pm$	Q.A.			SIZE	DWG. NO.	REV	
		THREE PLACE DECIMAL $\pm$	COMMENTS:				<b>A</b>		
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:				SCALE: 1:50	WEIGHT:	SHEET 26 OF 29	
		MATERIAL							
		FINISH							
	NEXT ASSY	USED ON							
	APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING						



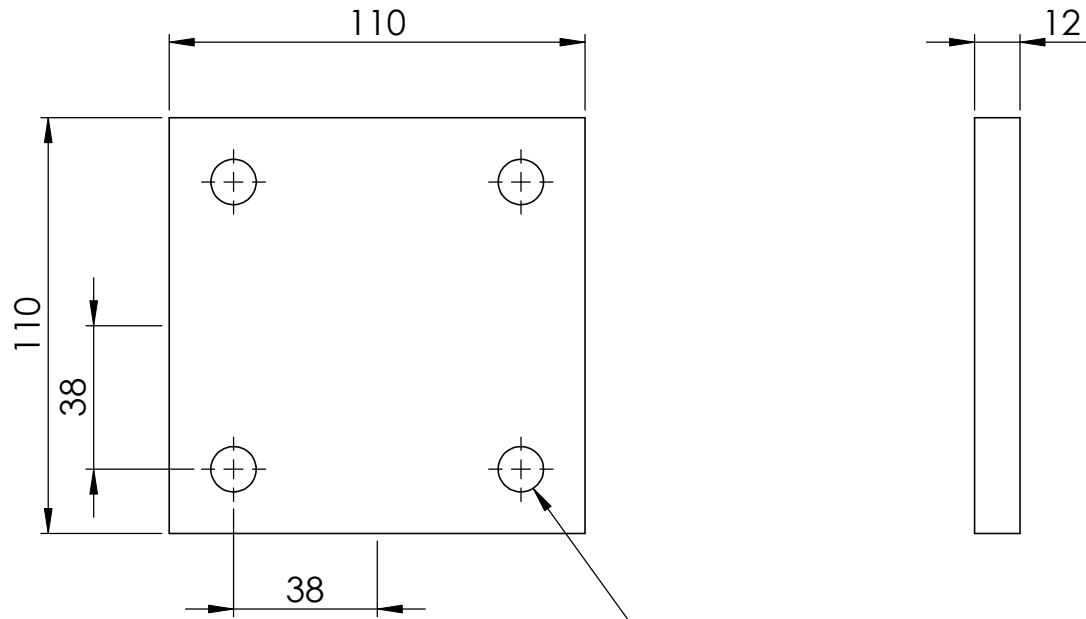
SEZIONE J-J  
SCALA 1 : 20

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE: <b>Sostegno</b>	
				DRAWN			
				CHECKED			
				ENG APPR.			
				MFG APPR.			
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:		Q.A.		SIZE DWG. NO. REV	
		MATERIAL		COMMENTS:		A	
		FINISH					
NEXT ASSY	USED ON						
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING		SCALE: 1:50 WEIGHT:		SHEET 27 OF 29	



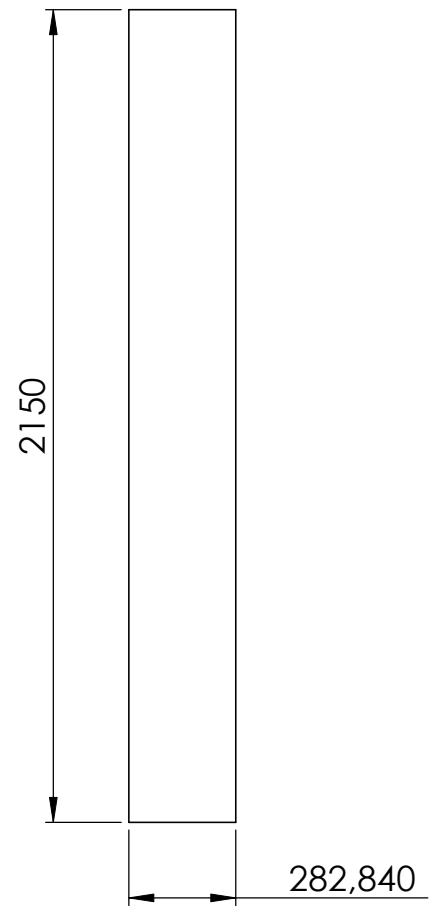
<b>PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL</b>			UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE:  <h1>Boccola_ant</h1>			
				DRAWN						
				CHECKED						
				ENG APPR.						
				MFG APPR.						
				INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE	DWG. NO.	REV
				MATERIAL	COMMENTS:			<b>A</b>		
			FINISH							
			DO NOT SCALE DRAWING							
	NEXT ASSY	USED ON					SCALE: 1:50	WEIGHT:	SHEET 28 OF 29	
	APPLICATION									



Filettatura M12 a tutti i fori

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE			
			DRAWN			TITLE:		
			CHECKED			Piastre_pannello		
			ENG APPR.					
			MFG APPR.			SIZE	DWG. NO.	REV
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			<b>A</b>		
		MATERIAL	COMMENTS:					
		FINISH				SCALE: 1:50	WEIGHT:	SHEET 29 OF 29
NEXT ASSY	USED ON							
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING						



**PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL**

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE			
			DRAWN			TITLE: <b>Pannellino</b>		
			CHECKED					
			ENG APPR.					
			MFG APPR.					
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE	DWG. NO.	REV
		MATERIAL	COMMENTS:			<b>A</b>		
NEXT ASSY	USED ON	FINISH				SCALE: 1:20	WEIGHT:	SHEET 1 OF 6
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING						

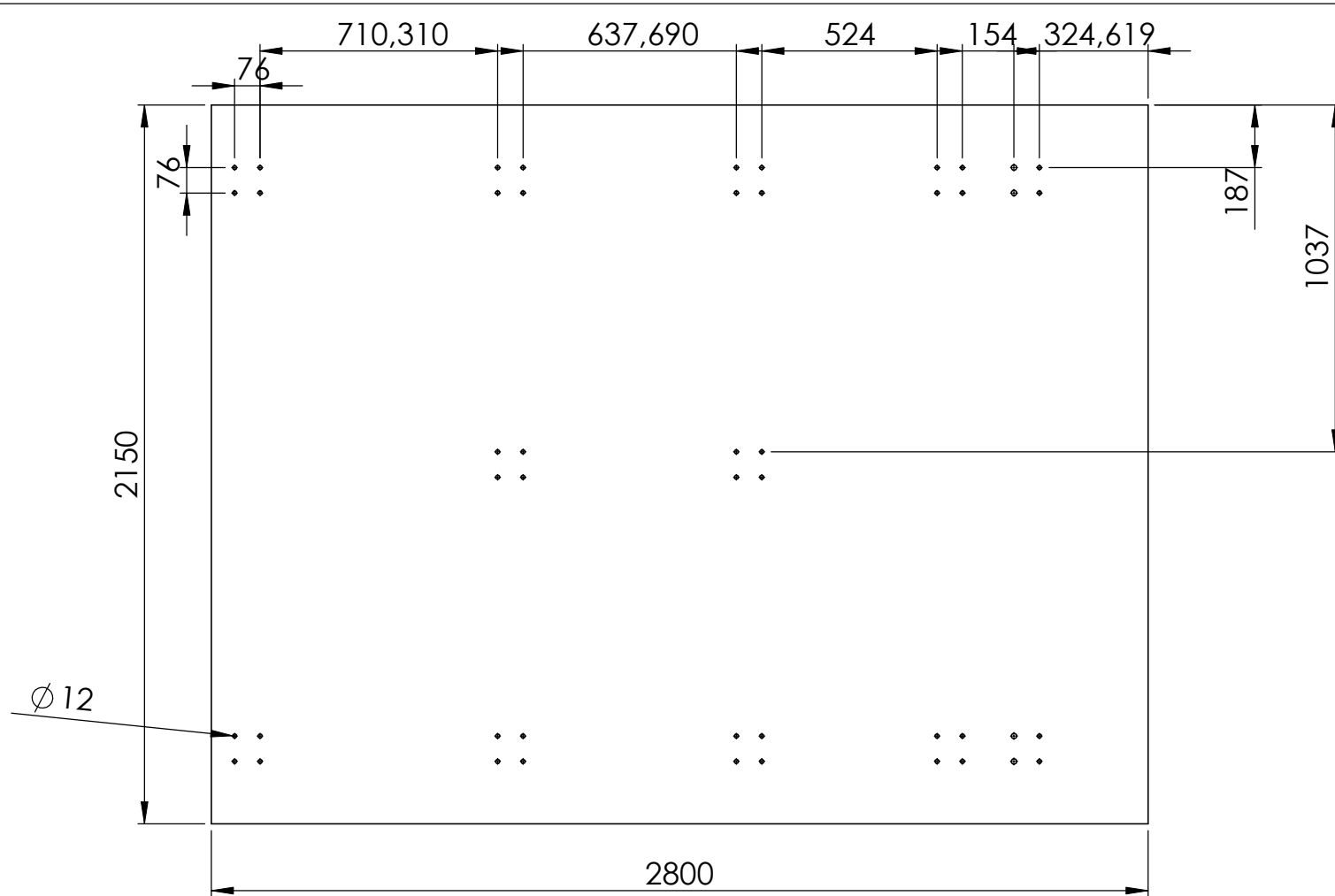
5

4

3

2

1



tutti i fori passanti

<b>PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL</b>			UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE:  <h1>pannello_base</h1>		
				DRAWN					
				CHECKED					
				ENG APPR.					
				MFG APPR.					
			INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE	DWG. NO.	REV
			MATERIAL	COMMENTS:			<b>A</b>		
			FINISH						
		NEXT ASSY	USED ON				SCALE: 1:20	WEIGHT:	SHEET 2 OF 6
		APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING					

5

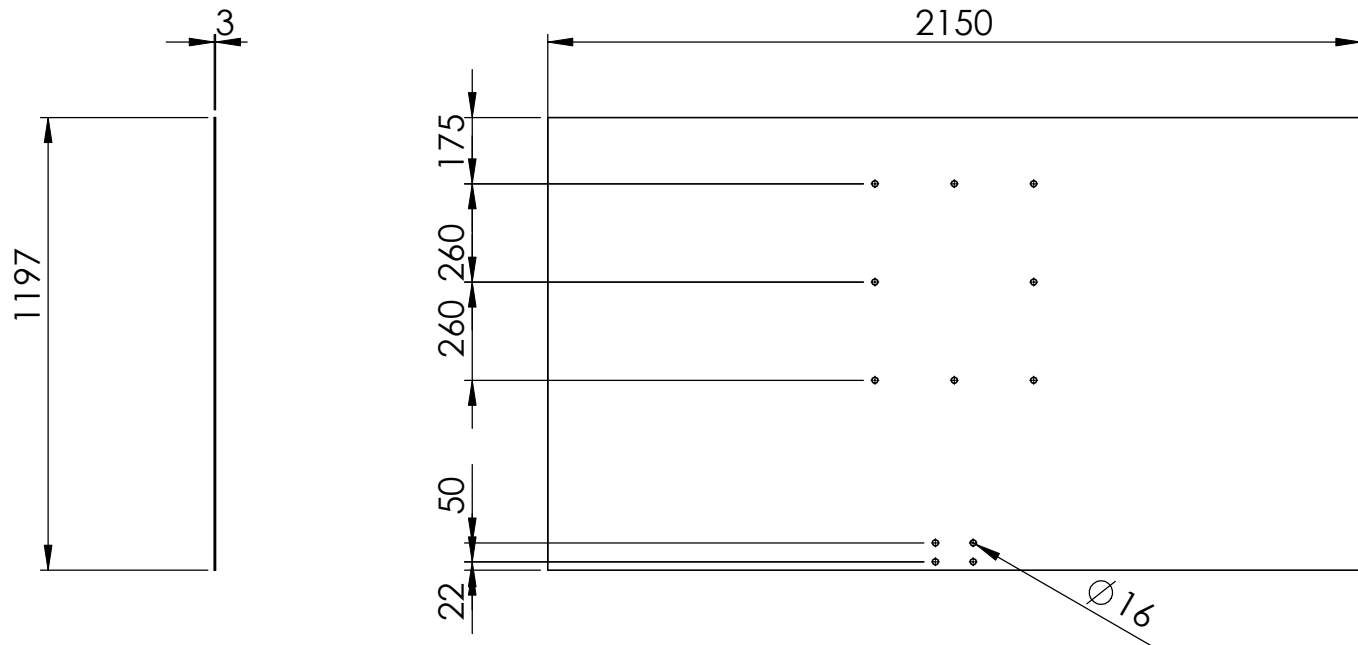
4

3

2

1

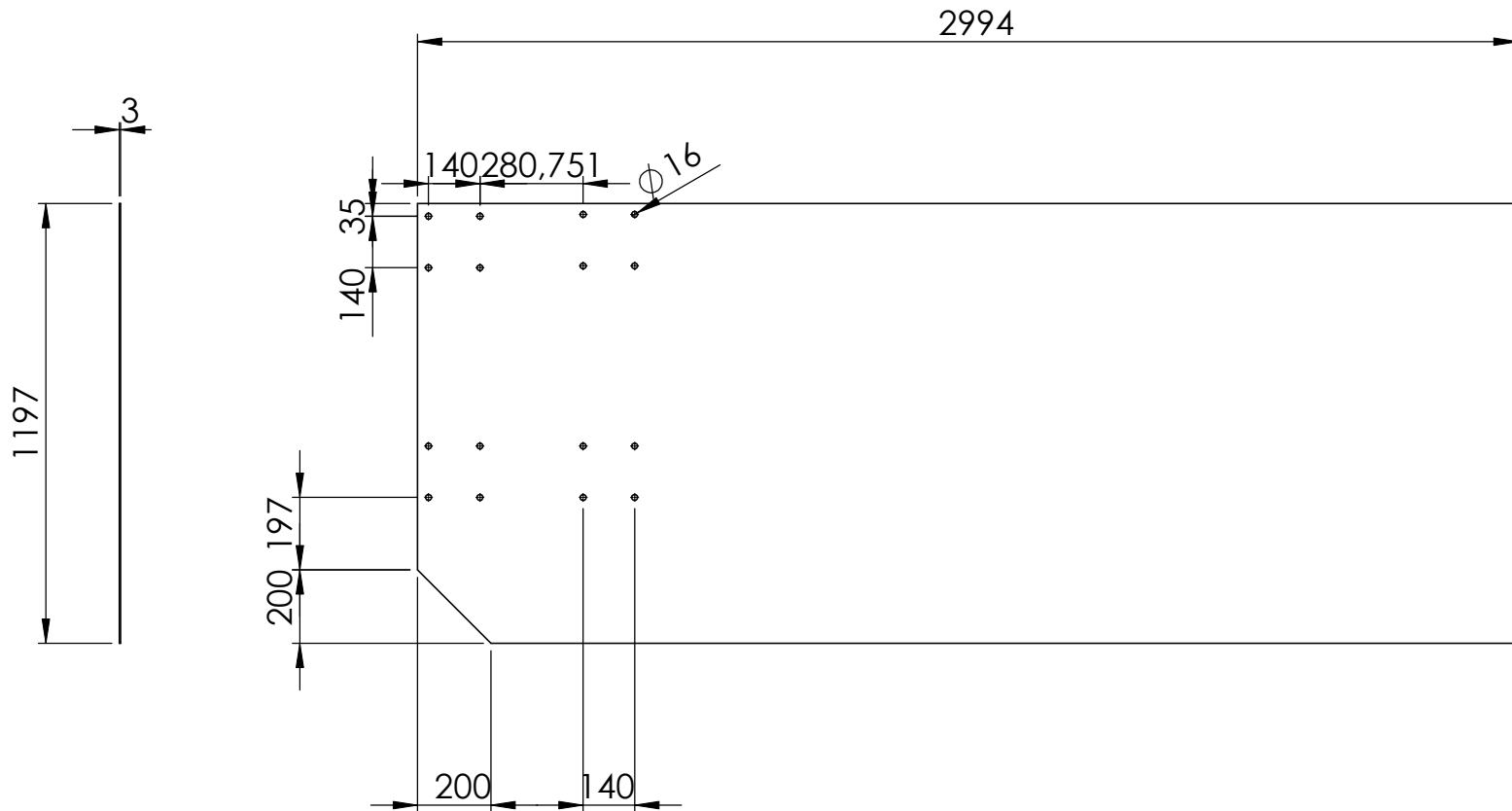




Tutti i fori passanti

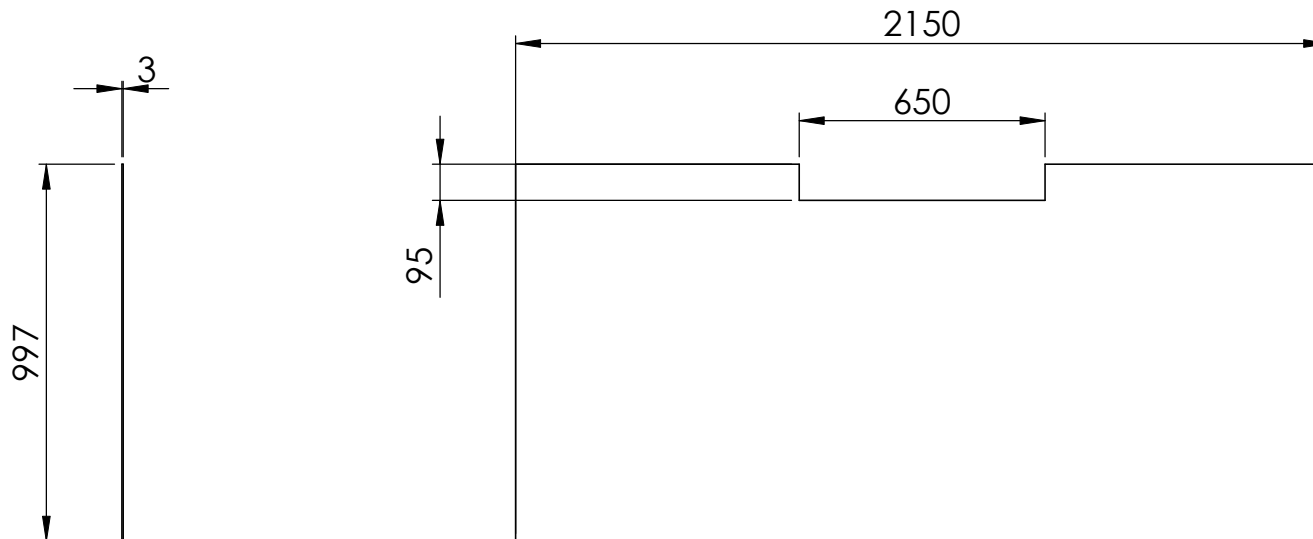
PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE			
			DRAWN			TITLE:  <b>pannello front</b>		
			CHECKED					
			ENG APPR.					
			MFG APPR.					
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE DWG. NO. REV <b>A</b>		
		MATERIAL	COMMENTS:					
		FINISH						
	NEXT ASSY	USED ON				SCALE: 1:20	WEIGHT:	SHEET 3 OF 6
	APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING					



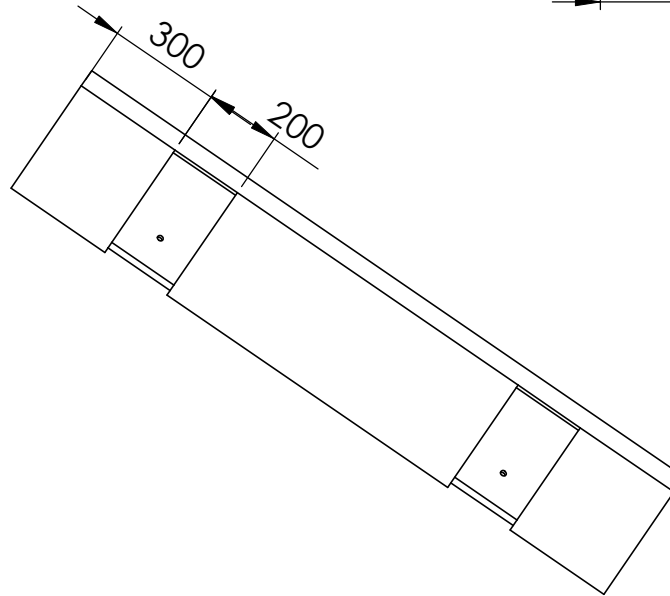
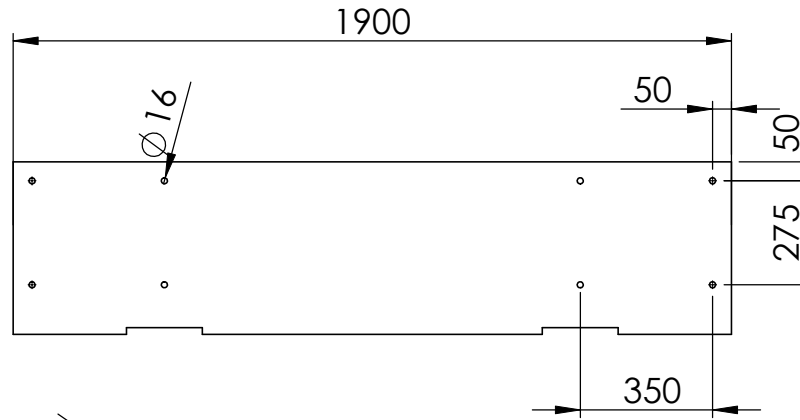
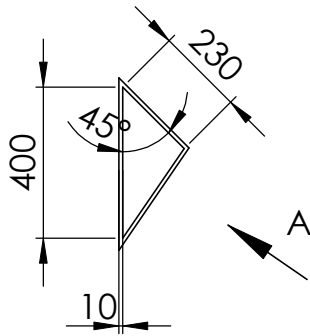
PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE			
			DRAWN			TITLE:		
			CHECKED			pannelli_laterali		
			ENG APPR.					
			MFG APPR.					
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.					
		MATERIAL	COMMENTS:			SIZE	DWG. NO.	REV
		FINISH				<b>A</b>		
NEXT ASSY	USED ON					SCALE: 1:20	WEIGHT:	SHEET 4 OF 6
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING						



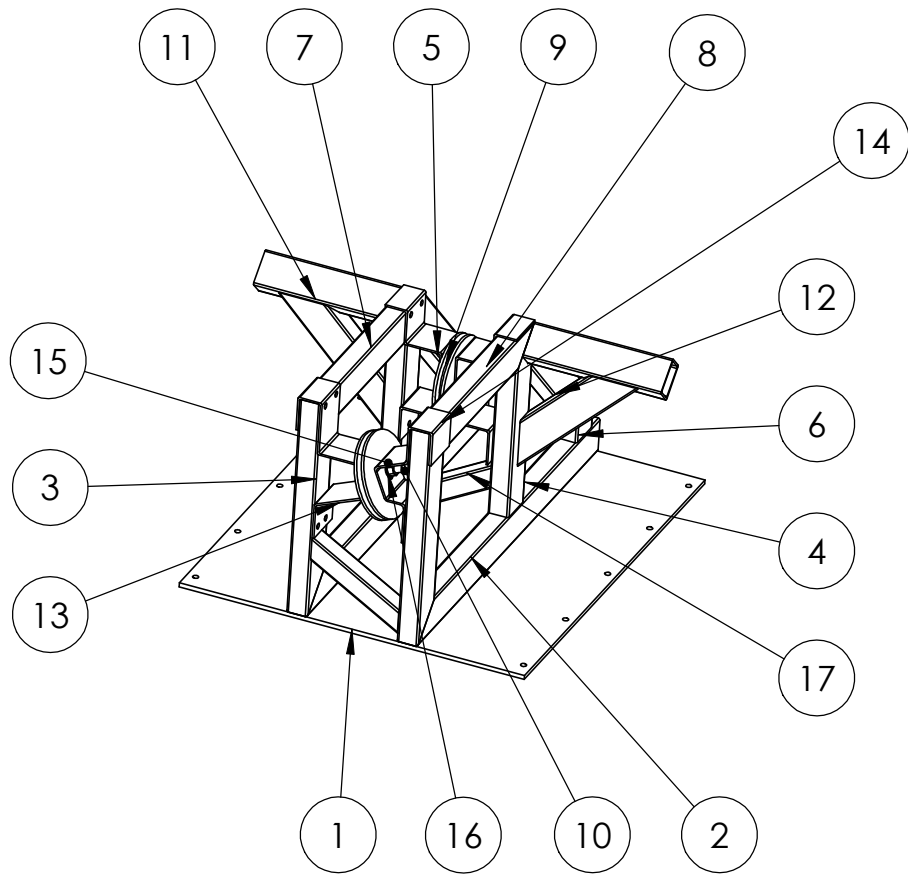
PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE: <b>Pannello_front corto</b>			
			DRAWN					SIZE <b>A</b>	DWG. NO.
			CHECKED						
			ENG APPR.						
			MFG APPR.						
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.						
		MATERIAL	COMMENTS:						
NEXT ASSY	USED ON	FINISH							
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING				SCALE: 1:20	WEIGHT:		
							SHEET 5 OF 6		



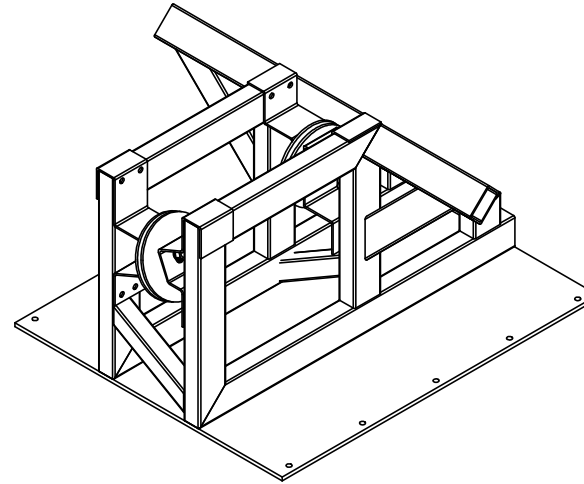
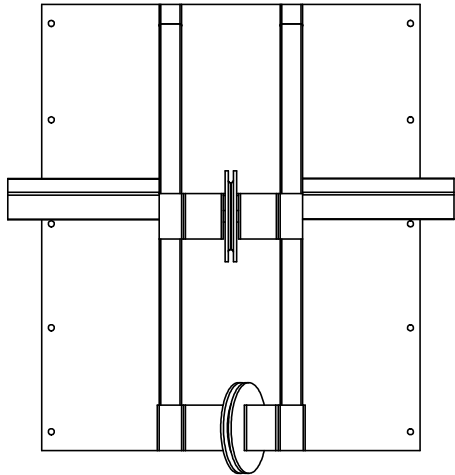
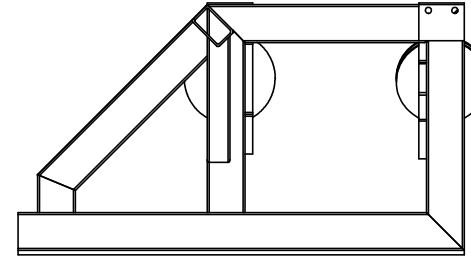
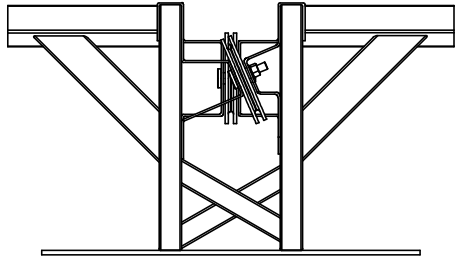
PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		VISTA A		NAME	DATE		
						DRAWN		TITLE:	
						CHECKED		Sostegno_incudine	
						ENG APPR.			
						MFG APPR.			
						Q.A.			
						COMMENTS:			
				INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:				SIZE	DWG. NO.
				MATERIAL				<b>A</b>	
				FINISH					REV
NEXT ASSY	USED ON								
APPLICATION				DO NOT SCALE DRAWING				SCALE: 1:20	WEIGHT:
								SHEET 6 OF 6	



ITEM NO.	PART NUMBER	manual explode/QTY.
1	carr_incudine	1
2	sostegno_orizz	2
3	sostegno_vert	2
4	sostegno_ver2t	2
5	sostegno_diag	2
6	sostegno_ver3t	2
7	sostegno_orizz3	2
8	ala_puleggia	2
9	puleggia_240	2
10	perno_carrucola2	2
11	mensola	2
12	contro_vento	2
13	ala_puleggia2	1
14	ala_puleggia2sx	1
15	Washer ISO 7090 - 20	2
16	Hexagon Nut ISO - 4032 - M20 - W - N	2
17	diagonali_sos	2

<b>PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL</b>			UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:					
						DRAWN		
						CHECKED		
						ENG APPR.		
						MFG APPR.		
					Q.A.			
					COMMENTS:			
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:			<b>Sostegno incudine</b>			
		MATERIAL						
		FINISH			SIZE	DWG. NO.	REV	
		NEXT ASSY	USED ON					
		APPLICATION			SCALE: 1:20		WEIGHT:	SHEET 1 OF 16
		DO NOT SCALE DRAWING						



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE			
			DRAWN			TITLE:		
			CHECKED			<b>sostegno incudine</b>		
			ENG APPR.					
			MFG APPR.					
			Q.A.					
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	COMMENTS:			SIZE	DWG. NO.	REV
		MATERIAL				<b>A</b>		
		FINISH						
	NEXT ASSY	USED ON				SCALE: 1:20	WEIGHT:	SHEET 2 OF 16
	APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING					

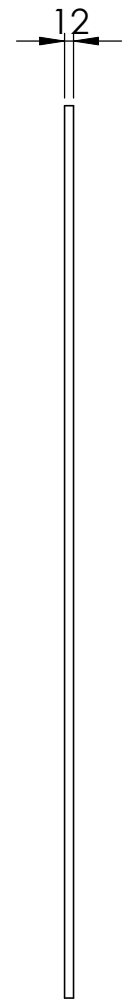
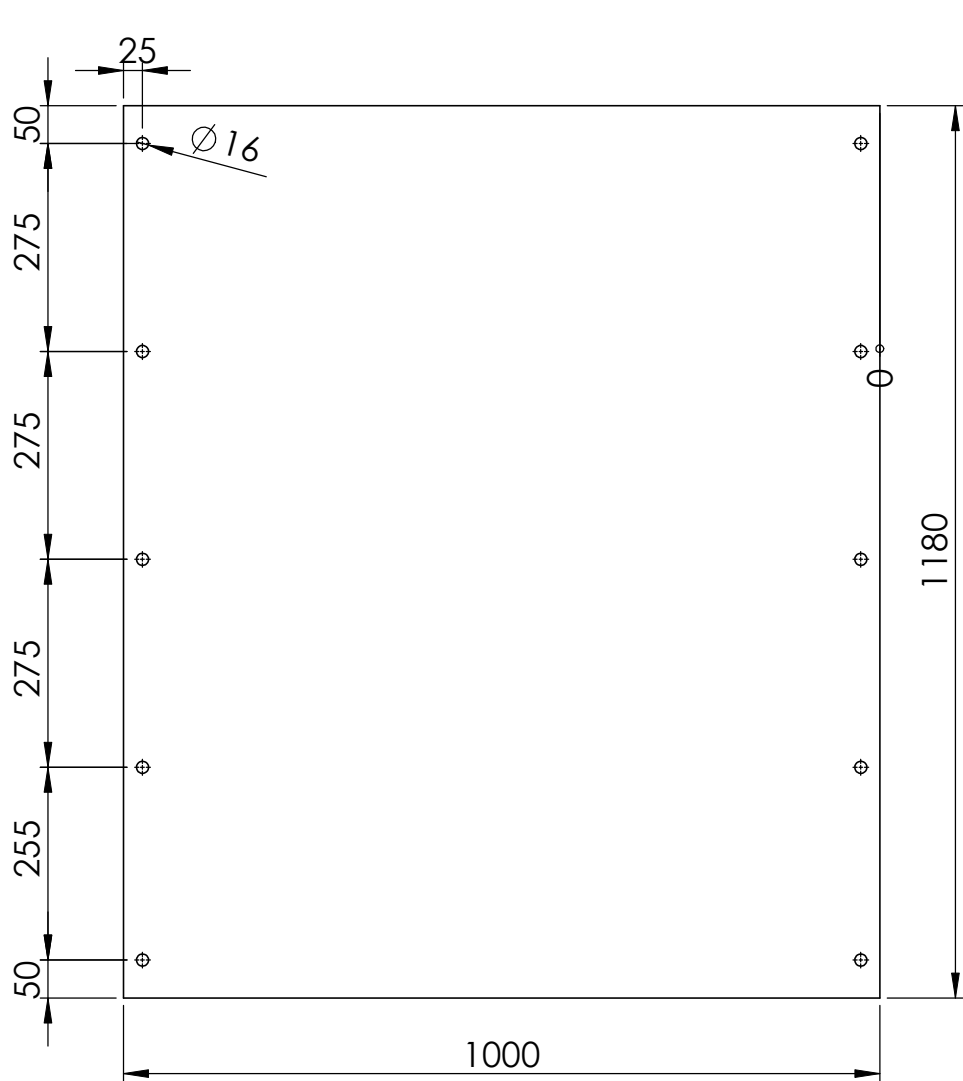
5

4

3

2

1



tutti i fori passanti

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE		
				DRAWN			
				CHECKED		TITLE:	
				ENG APPR.		carr_incudine	
				MFG APPR.			
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:		Q.A.			
		MATERIAL		COMMENTS:			
		FINISH				SIZE	DWG. NO.
NEXT ASSY	USED ON					<b>A</b>	
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING				SCALE: 1:20	WEIGHT:
						SHEET 3 OF 16	

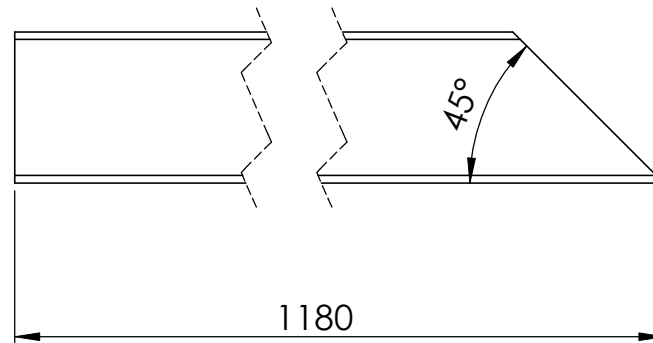
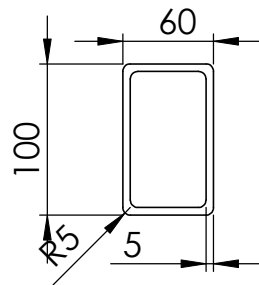
5

4

3

2

1



<b>PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL</b>			UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE:  <h1>sostegno_orizz</h1>			
				DRAWN						
				CHECKED						
				ENG APPR.						
				MFG APPR.				SIZE	DWG. NO.	REV
			INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:				<b>A</b>			
			MATERIAL							
			FINISH							
	NEXT ASSY	USED ON								
	APPLICATION			DO NOT SCALE DRAWING				SCALE: 1:20	WEIGHT:	SHEET 4 OF 16

5

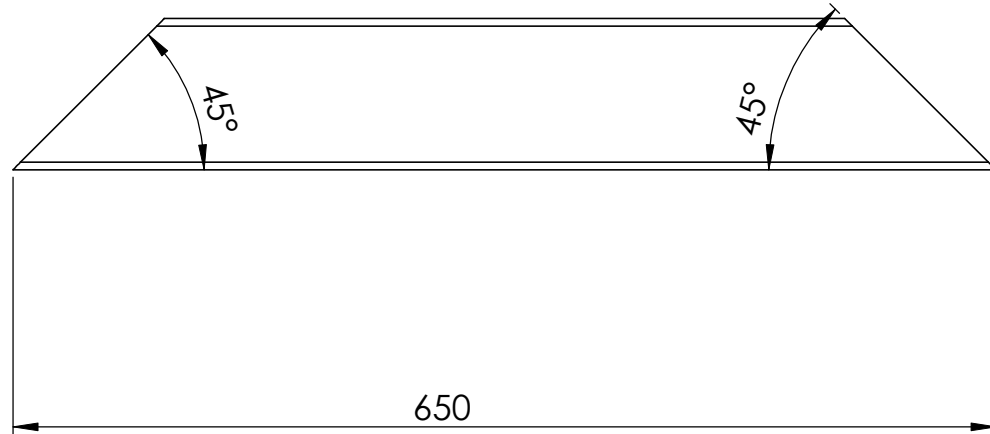
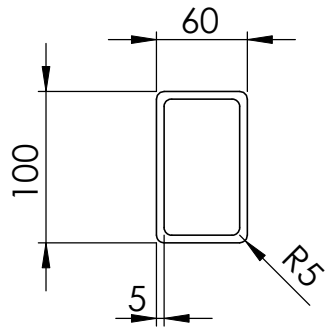
4

3

2

1





PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE: <b>sostegno_vert</b>					
			DRAWN						SIZE <b>A</b>	DWG. NO.	REV
			CHECKED								
			ENG APPR.								
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SCALE: 1:20   WEIGHT:   SHEET 5 OF 16					
		MATERIAL	COMMENTS:								
		FINISH									
	NEXT ASSY	USED ON									
	APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING								

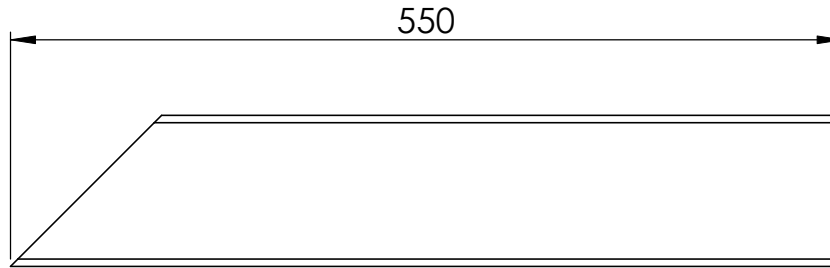
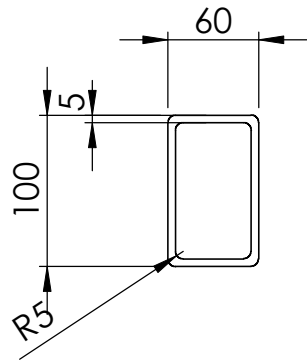
5

4

3

2

1



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE			
			DRAWN			TITLE: <b>sostegno_vert2</b>		
			CHECKED					
			ENG APPR.					
			MFG APPR.					
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE DWG. NO. REV <b>A</b>		
		MATERIAL	COMMENTS:					
NEXT ASSY	USED ON	FINISH						
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING				SCALE: 1:20	WEIGHT:	SHEET 6 OF 16

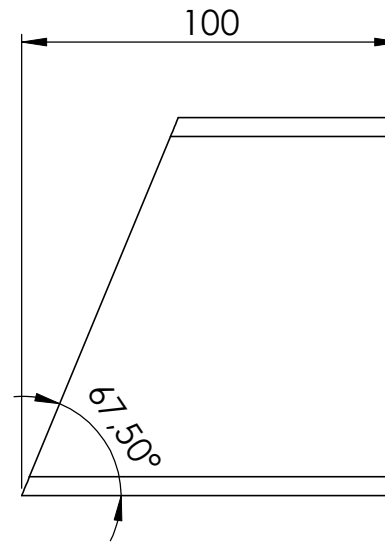
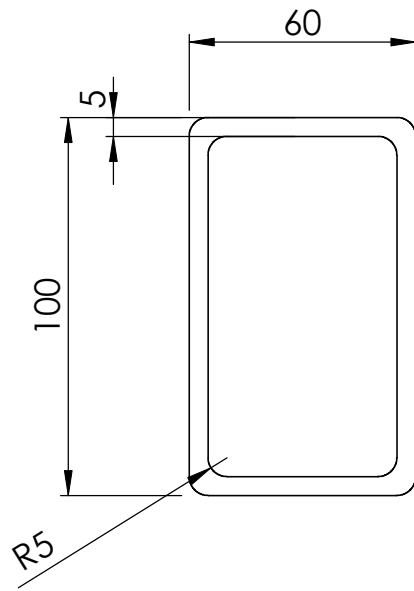
5

4

3

2

1



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE			
				DRAWN		TITLE:		
				CHECKED		sostegno_vert3		
				ENG APPR.				
				MFG APPR.				
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:		Q.A.		SIZE	DWG. NO.	REV
		MATERIAL		COMMENTS:		<b>A</b>		
NEXT ASSY		USED ON						
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING						SCALE: 1:20

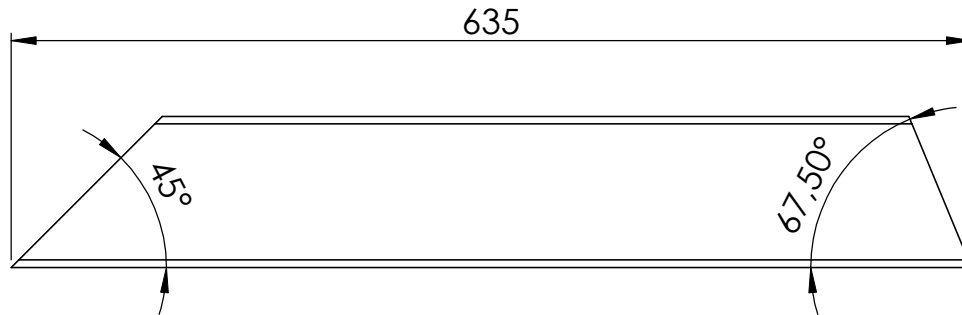
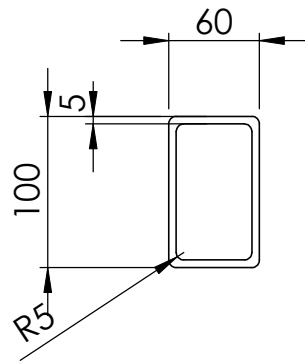
5

4

3

2

1



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE			
			DRAWN			TITLE:		
			CHECKED			sostegno_diag		
			ENG APPR.					
			MFG APPR.					
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.					
		MATERIAL	COMMENTS:			SIZE	DWG. NO.	REV
		FINISH				<b>A</b>		
NEXT ASSY	USED ON					SCALE: 1:20	WEIGHT:	SHEET 8 OF 16
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING						

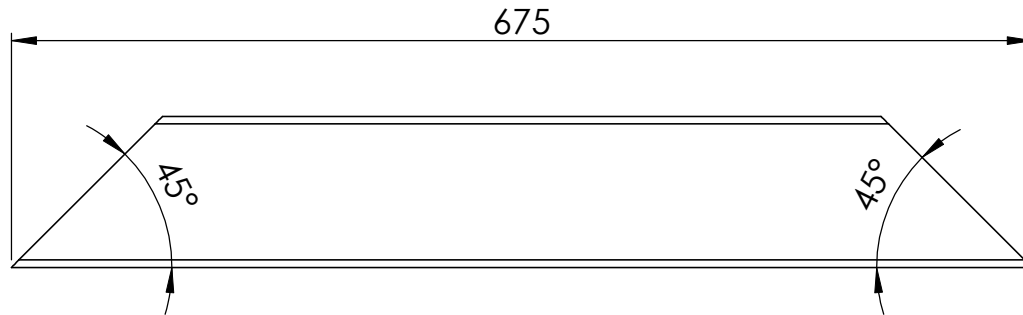
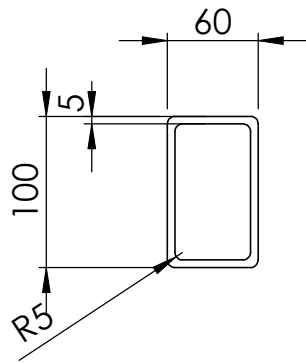
5

4

3

2

1



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE			
			DRAWN			TITLE: <b>sostegno_orizz3</b>		
			CHECKED					
			ENG APPR.					
			MFG APPR.					
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE	DWG. NO.	REV
		MATERIAL	COMMENTS:			<b>A</b>		
		FINISH						
NEXT ASSY	USED ON					SCALE: 1:20	WEIGHT:	SHEET 9 OF 16
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING						

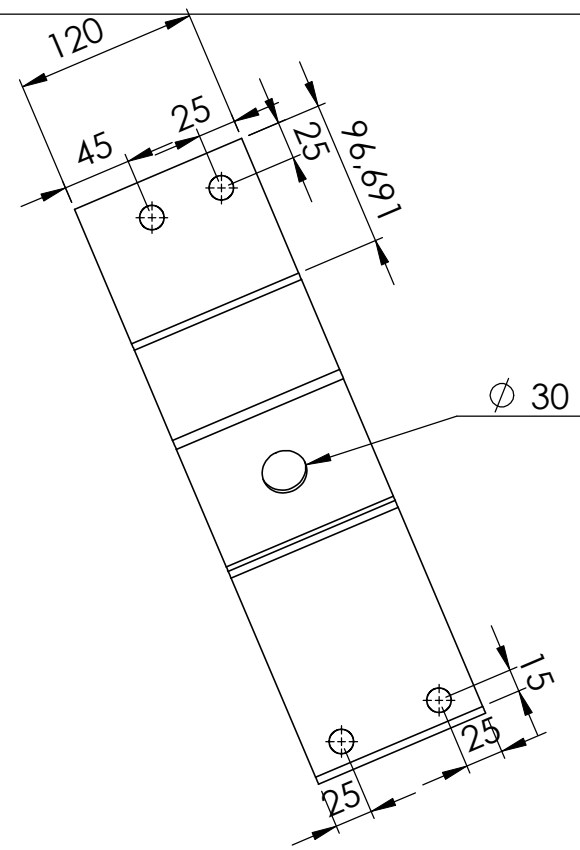
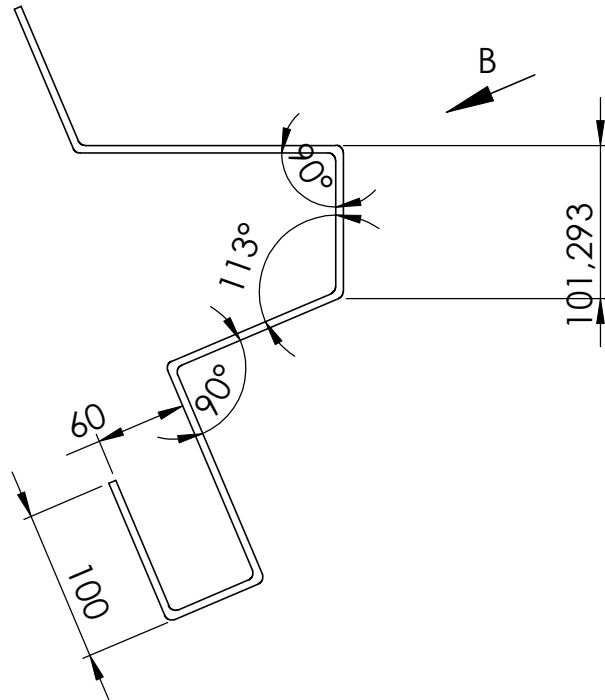
5

4

3

2

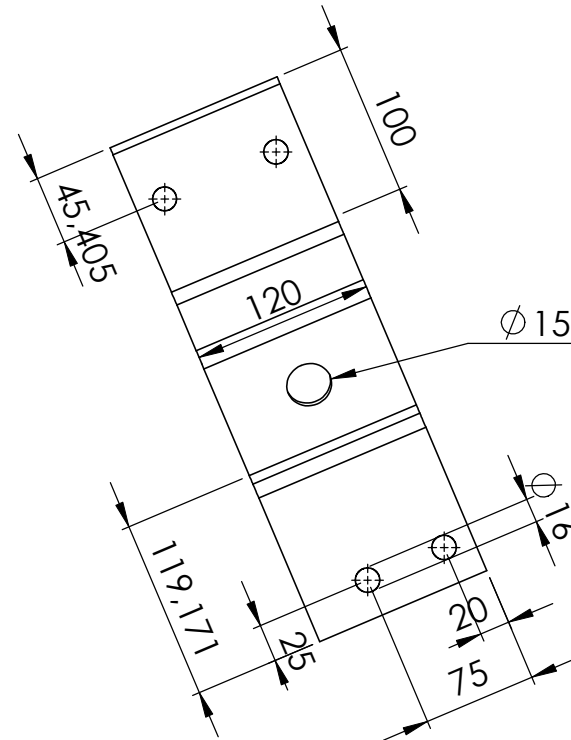
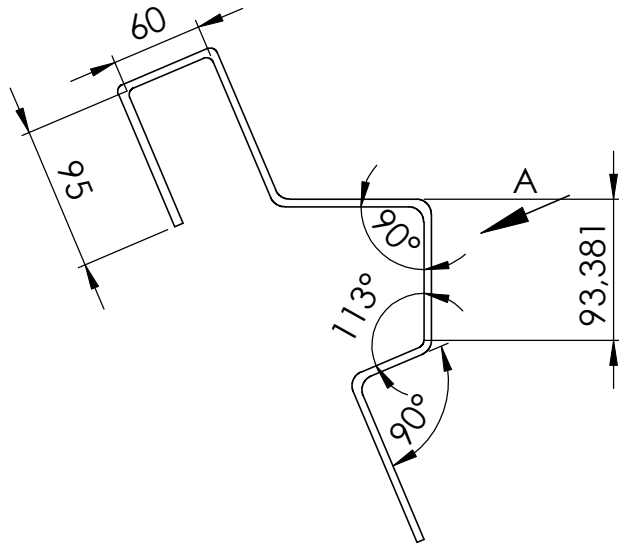
1



VISTA B  
SCALA 1 : 5

Tutti gli spessori e i raggi sono pari a 5mm  
Tutti i fori sono passanti

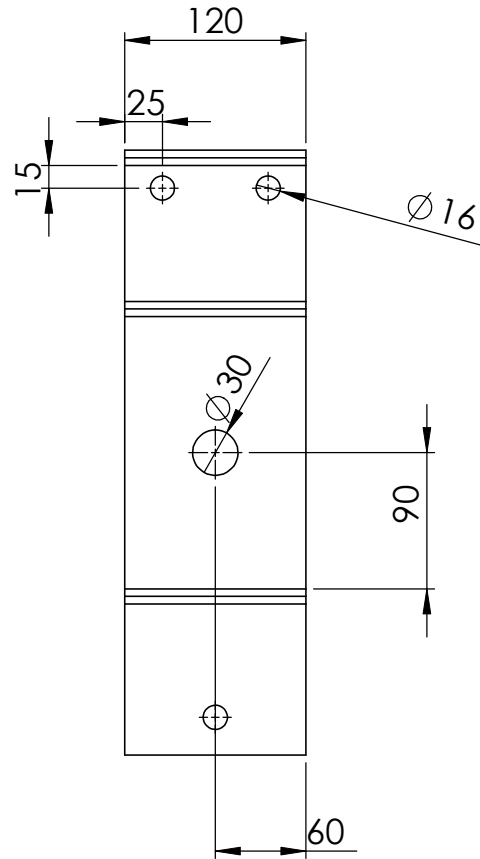
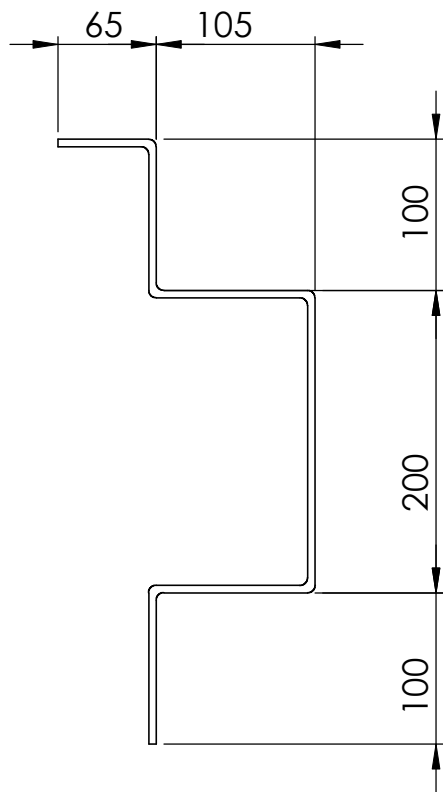
<b>PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL</b>			UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE:  <h1 style="margin: 0;">ala_puleggia2</h1>	
				DRAWN				
				CHECKED				
				ENG APPR.				
				MFG APPR.			SIZE DWG. NO. REV <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span style="font-size: 2em; font-weight: bold;">A</span> <span></span> <span></span> </div>	
			INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	COMMENTS:				
			MATERIAL					
			FINISH					
		NEXT ASSY	USED ON					
		APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING				



VISTA A  
SCALA 1 : 5

Tutti gli spessori e i raggi sono pari a 5mm  
Tutti i fori sono passanti

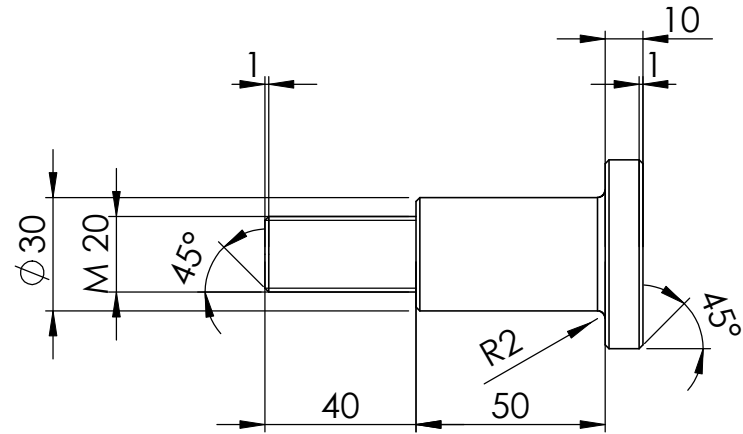
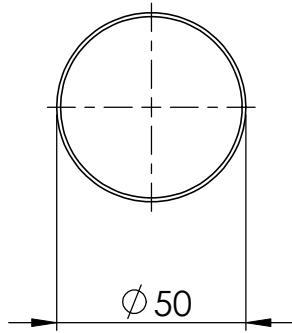
PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL			UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE: <b>ala_puleggia2sx</b>		
				DRAWN					
				CHECKED					
				ENG APPR.					
				MFG APPR.					
			INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE	DWG. NO.	REV
			MATERIAL	COMMENTS:			<b>A</b>		
			FINISH						
			DO NOT SCALE DRAWING						
	NEXT ASSY	USED ON					SCALE: 1:20	WEIGHT:	SHEET 11 OF 16



Tutti gli spessori e i raggi sono pari a 5mm  
 Tutti i fori sono passanti

<b>PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL</b>			UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE:  <h1 style="margin: 0;">ala_puleggia</h1>		
				DRAWN					
				CHECKED					
				ENG APPR.					
				MFG APPR.					
			INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE	DWG. NO.	REV
			MATERIAL	COMMENTS:			<b>A</b>		
			FINISH						
NEXT ASSY	USED ON								
			APPLICATION	DO NOT SCALE DRAWING			SCALE: 1:20	WEIGHT:	SHEET 12 OF 16





PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE		
			DRAWN			TITLE:	
			CHECKED			<b>Perno Carrucola2</b>	
			ENG APPR.				
			MFG APPR.			SIZE	DWG. NO.
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			<b>A</b>	REV
		MATERIAL	COMMENTS:				
		FINISH					
NEXT ASSY	USED ON					SCALE: 1:20	WEIGHT:
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING					SHEET 13 OF 16

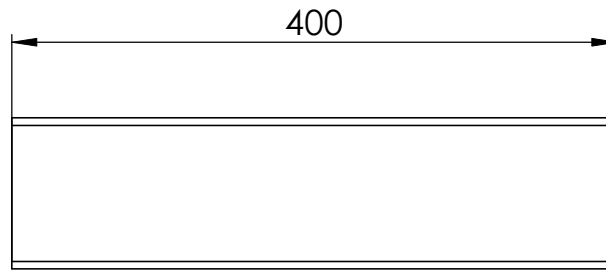
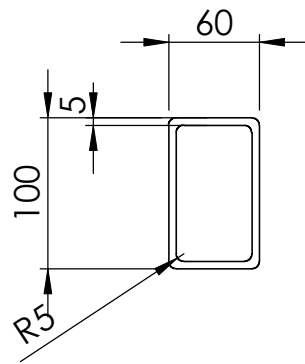
5

4

3

2

1



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE		
			DRAWN			TITLE:  <b>mensola</b>	
			CHECKED				
			ENG APPR.				
			MFG APPR.				
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE <b>A</b> DWG. NO. REV SCALE: 1:20 WEIGHT: SHEET 14 OF 16	
		MATERIAL	COMMENTS:				
NEXT ASSY	USED ON	FINISH					
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING					

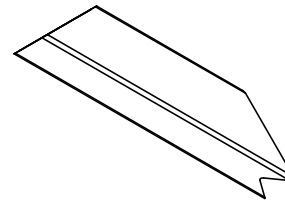
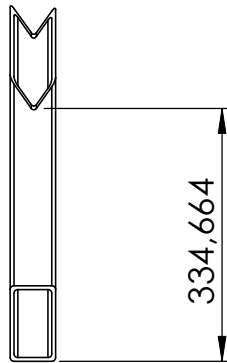
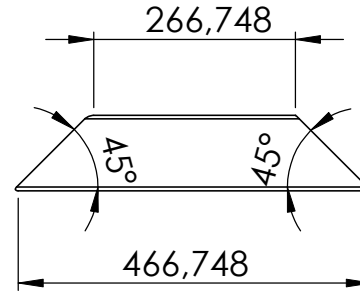
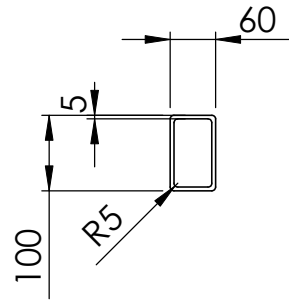
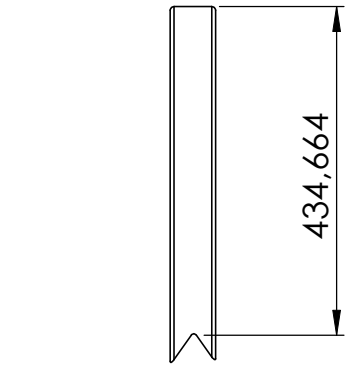
5

4

3

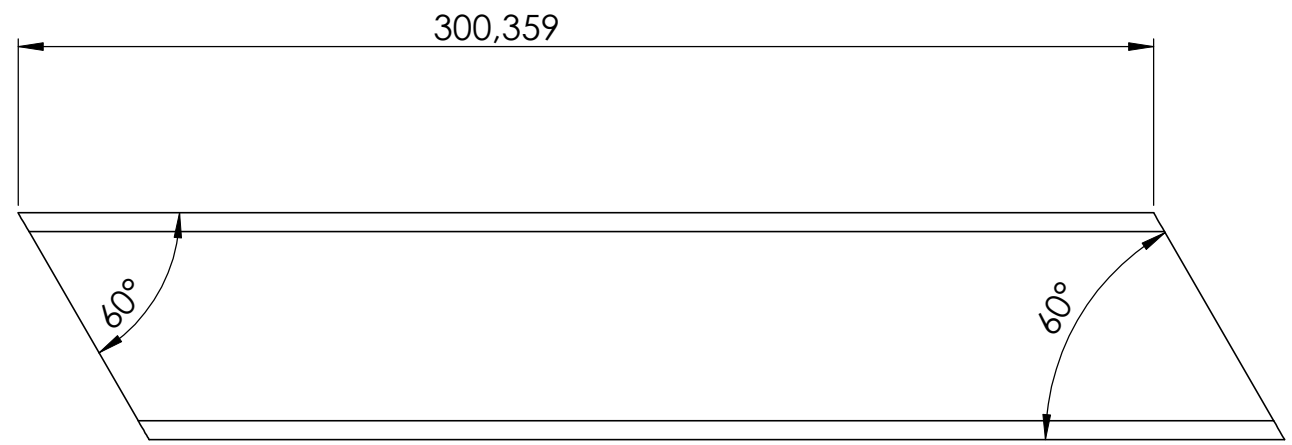
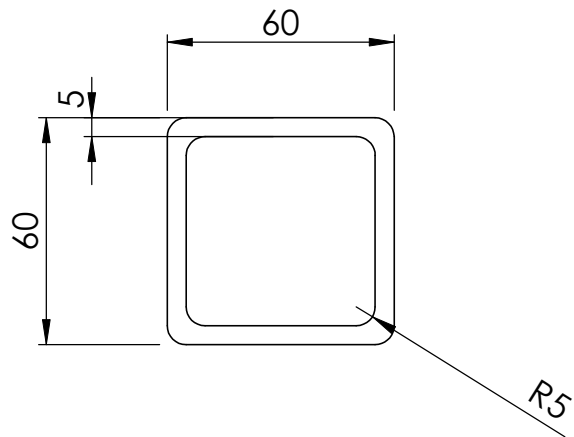
2

1



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE			
				DRAWN		TITLE:  <b>contro_vento</b>		
				CHECKED				
				ENG APPR.				
				MFG APPR.				
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:		Q.A.		SIZE DWG. NO. REV <b>A</b>		
		MATERIAL		COMMENTS:				
		FINISH						
NEXT ASSY	USED ON					SCALE: 1:20	WEIGHT:	SHEET 15 OF 16
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING						



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE			
			DRAWN			TITLE: <b>diagonali_sos</b>		
			CHECKED					
			ENG APPR.					
			MFG APPR.					
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE DWG. NO. REV <b>A</b>		
		MATERIAL	COMMENTS:					
NEXT ASSY	USED ON	FINISH						
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING				SCALE: 1:20	WEIGHT:	SHEET 16 OF 16

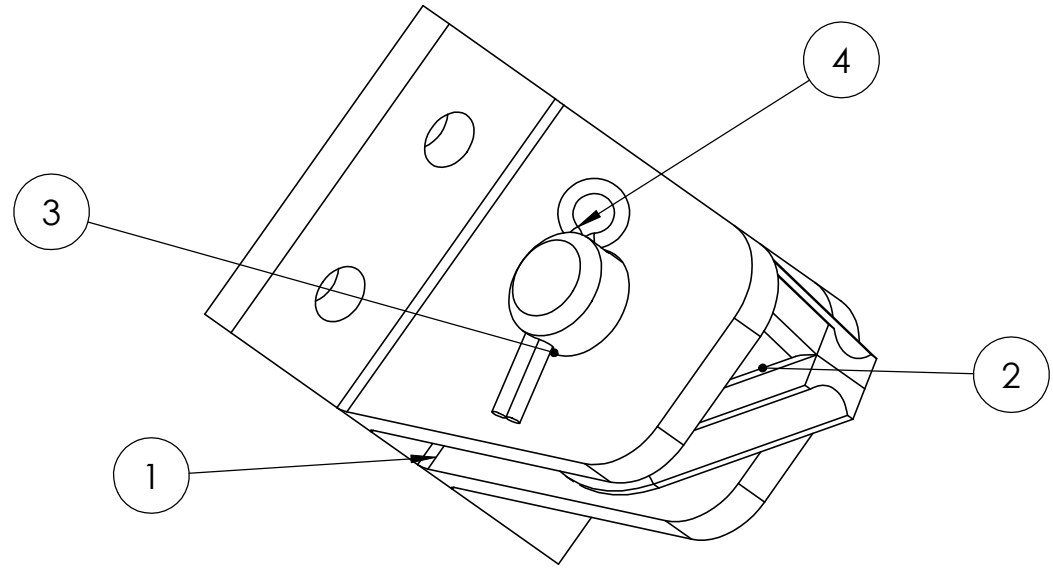
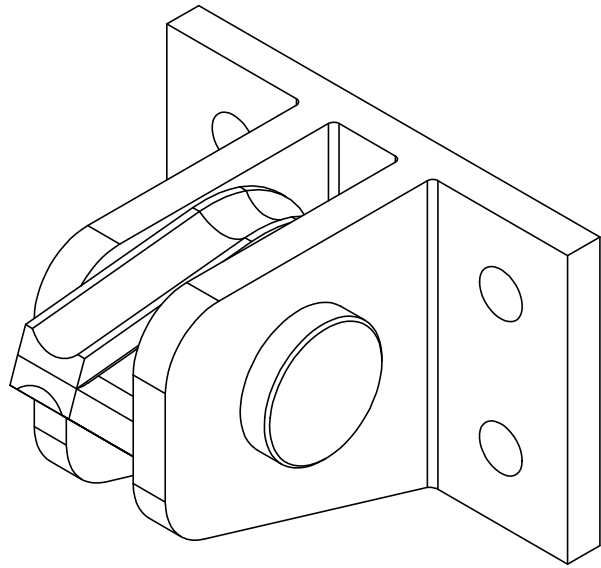
5

4

3

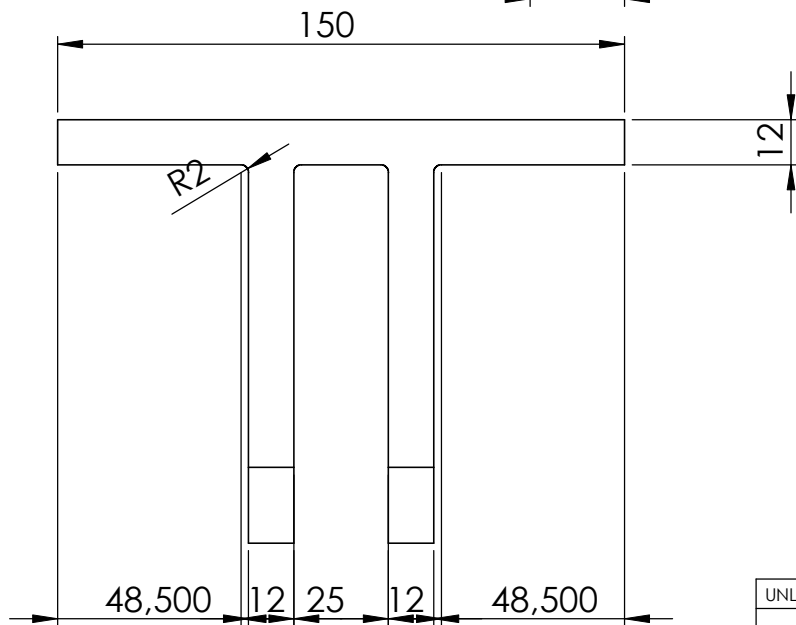
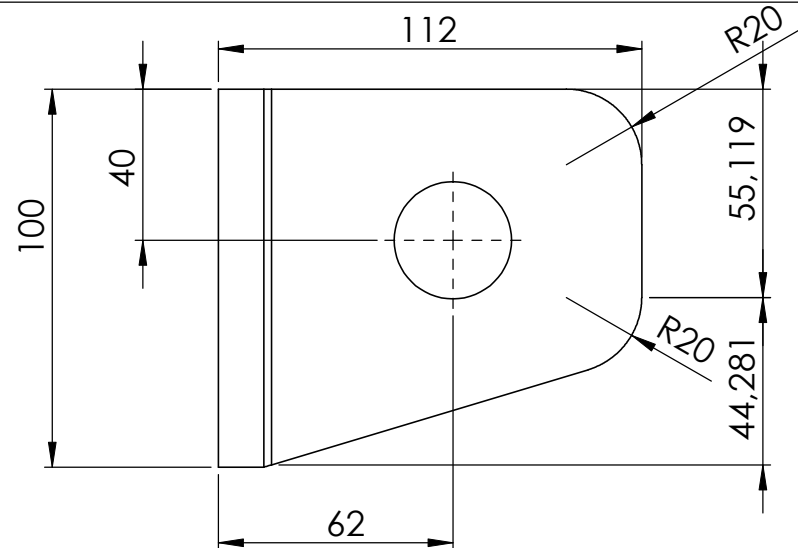
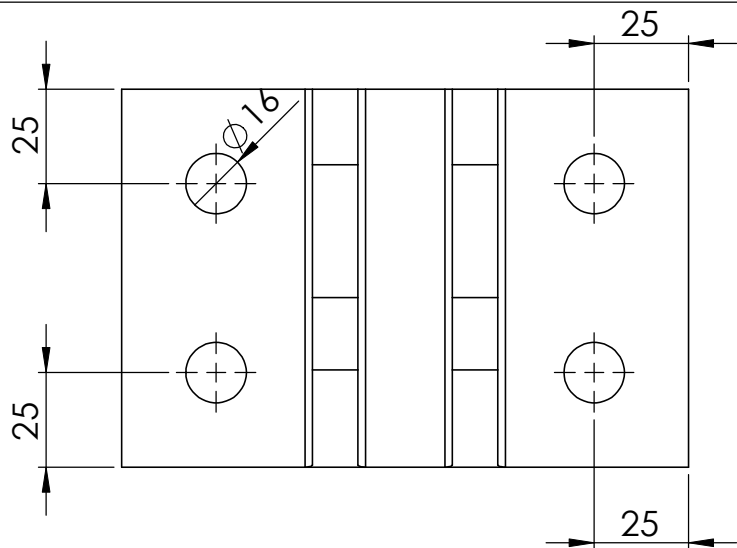
2

1



ITEM NO.	PART NUMBER	manual explode/QTY.
1	Gancio	1
2	Redancia Teci K2_B	1
3	Perno UNI EN 22341-B $\phi$ 30	1
4	Cupiglia UNI EN 1336 $\phi$ 8	1

<b>PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL</b>			UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE: <h1 style="margin: 0;">Redancia</h1>		
				DRAWN					
				CHECKED					
				ENG APPR.					
				MFG APPR.					
			INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE DWG. NO. REV <b>A</b>		
			MATERIAL	COMMENTS:					
NEXT ASSY	USED ON		FINISH						
APPLICATION			DO NOT SCALE DRAWING				SCALE: 1:5	WEIGHT:	SHEET 1 OF 2

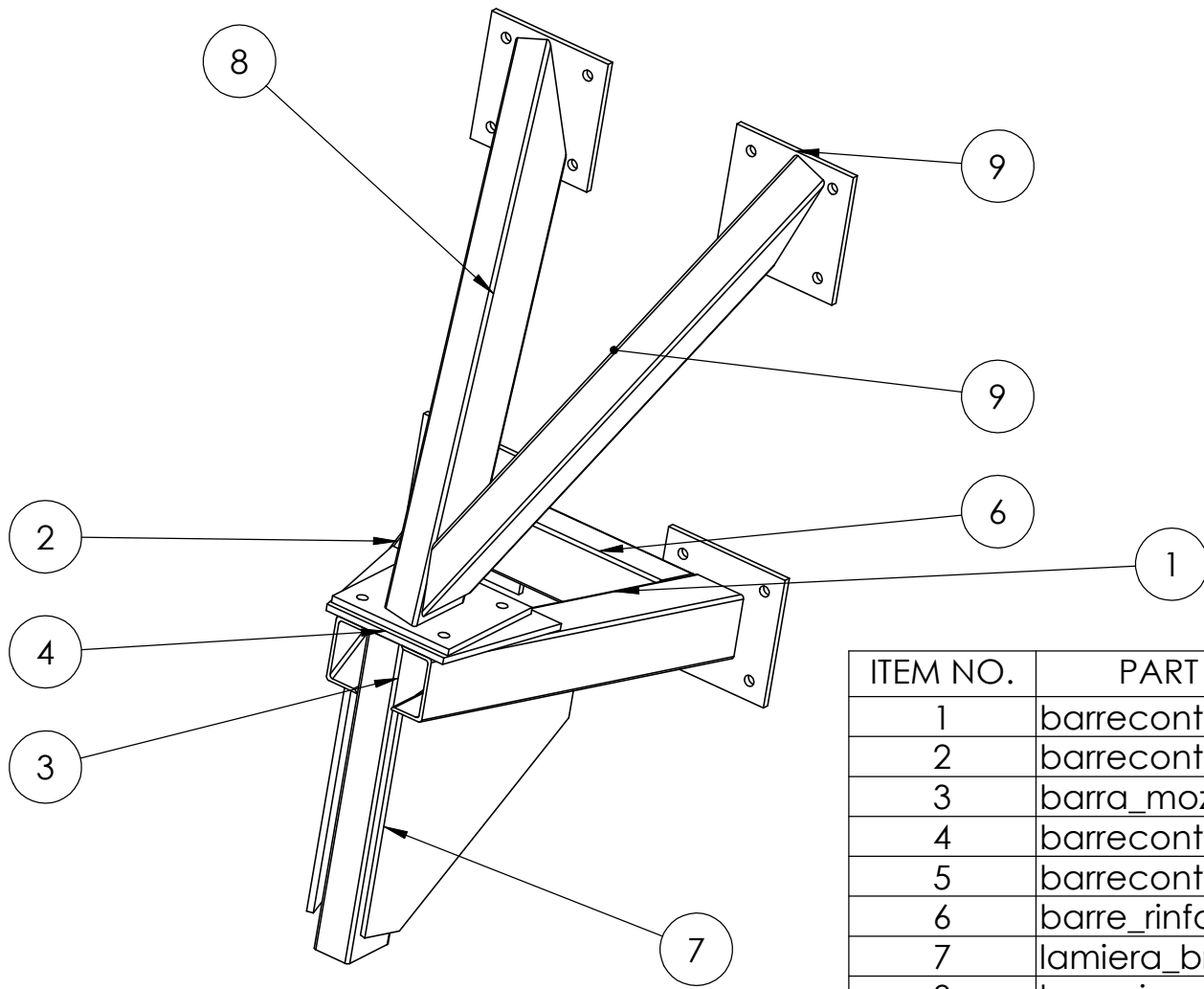


Tutti i Fori sono passanti e filettati

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

NEXT ASSY	USED ON
APPLICATION	

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE
		DRAWN	
		CHECKED	
		ENG APPR.	
		MFG APPR.	
		Q.A.	
		COMMENTS:	
INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:		TITLE: <h1>Gancio</h1>	
MATERIAL			
FINISH			
DO NOT SCALE DRAWING			
SIZE	DWG. NO.	REV	
<b>A</b>			
SCALE: 1:2	WEIGHT:	SHEET 2 OF 2	



ITEM NO.	PART NUMBER	manual explode/QTY.
1	barrecontro_orizz	1
2	barrecontro_orizz2	1
3	barra_mozzo	1
4	barrecontro2	1
5	barrecontro	1
6	barre_rinforzo	1
7	lamiera_bracci1	2
8	braccio_controdx2	1
9	braccio_controdx	1

<b>PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL</b>			UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	<b>Bracciody</b>	
				DRAWN				TITLE: <b>Bracciody</b>
				CHECKED				
				ENG APPR.				
				MFG APPR.				
			INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE DWG. NO. REV <b>A</b>	
			MATERIAL	COMMENTS:				
	NEXT ASSY	USED ON	FINISH			SCALE: 1:20 WEIGHT: SHEET 1 OF 12		
	APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING					

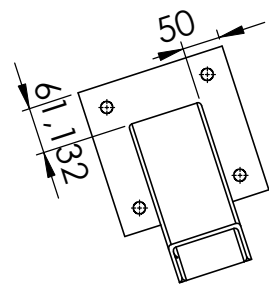
5

4

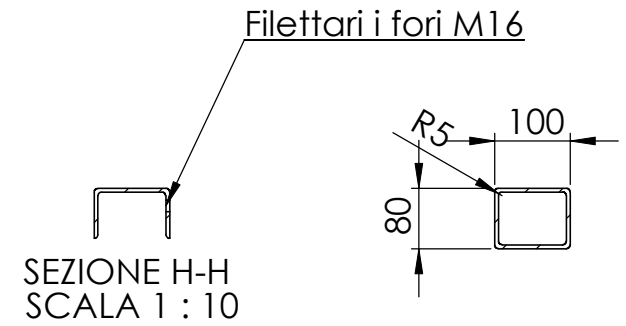
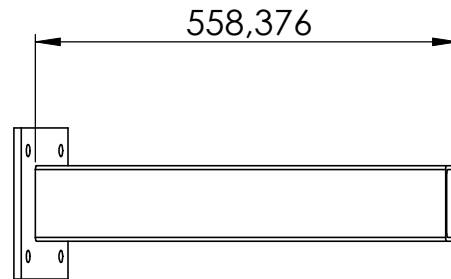
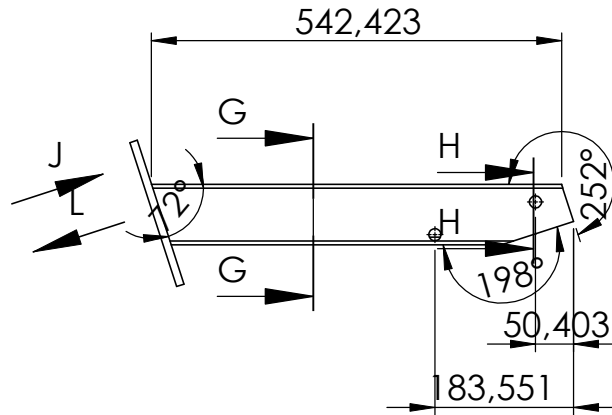
3

2

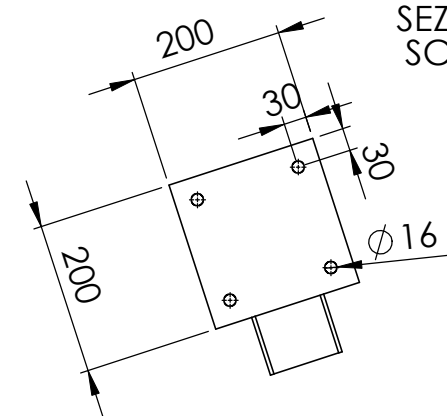
1



VISTA L  
SCALA 1 : 10



SEZIONE H-H  
SCALA 1 : 10



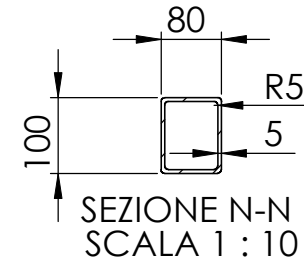
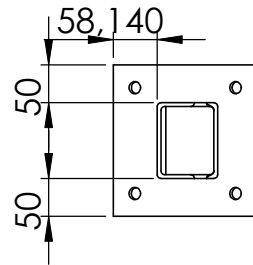
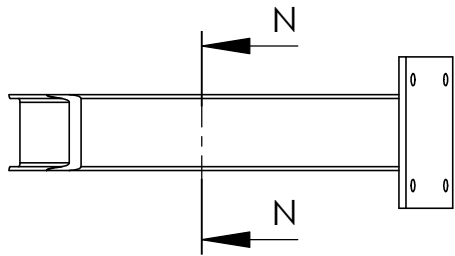
SEZIONE G-G  
SCALA 1 : 10

VISTA J  
SCALA 1 : 10

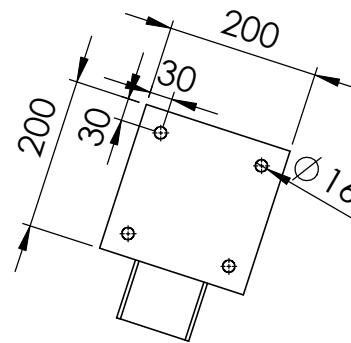
PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE		
				DRAWN		TITLE:	
				CHECKED		<b>Barrecontro_orizz</b>	
				ENG APPR.			
				MFG APPR.		SIZE	DWG. NO.
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:		Q.A.		<b>A</b>	REV
		MATERIAL		COMMENTS:			
		FINISH				SCALE: 1:20	WEIGHT:
NEXT ASSY	USED ON	DO NOT SCALE DRAWING				SHEET 2 OF 12	
APPLICATION							

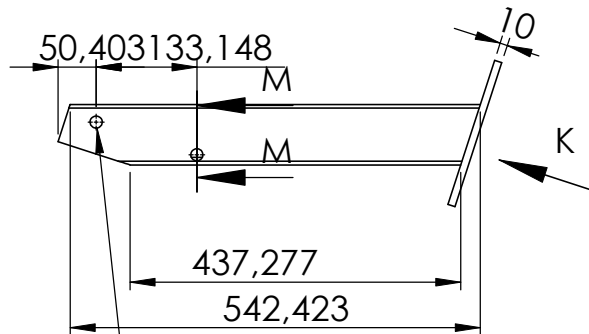




SEZIONE M-M  
SCALA 1 : 10



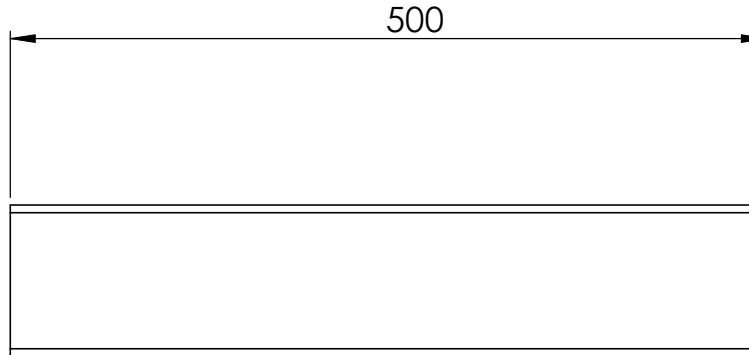
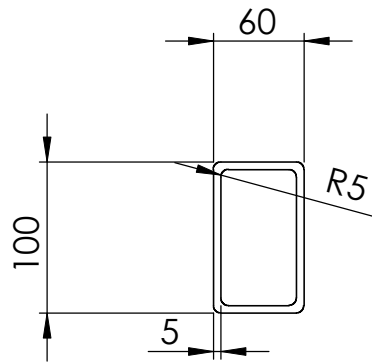
VISTA K  
SCALA 1 : 10



Fori filettati M16

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE		
		DRAWN		TITLE:	
		CHECKED		<b>Barrecontro_orizz2</b>	
		ENG APPR.			
		MFG APPR.			
		Q.A.			
		COMMENTS:		SIZE	DWG. NO.
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:		<b>A</b>	
		MATERIAL		REV	
		FINISH		SCALE: 1:20	
NEXT ASSY	USED ON	DO NOT SCALE DRAWING		WEIGHT:	SHEET 3 OF 12
APPLICATION					



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE: <b>Barra_mozzo</b>					
			DRAWN						SIZE <b>A</b>	DWG. NO.	REV
			CHECKED								
			ENG APPR.								
			MFG APPR.			SCALE: 1:20   WEIGHT:   SHEET 4 OF 12					
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.								
		MATERIAL	COMMENTS:								
		FINISH									
	NEXT ASSY	USED ON									
	APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING								

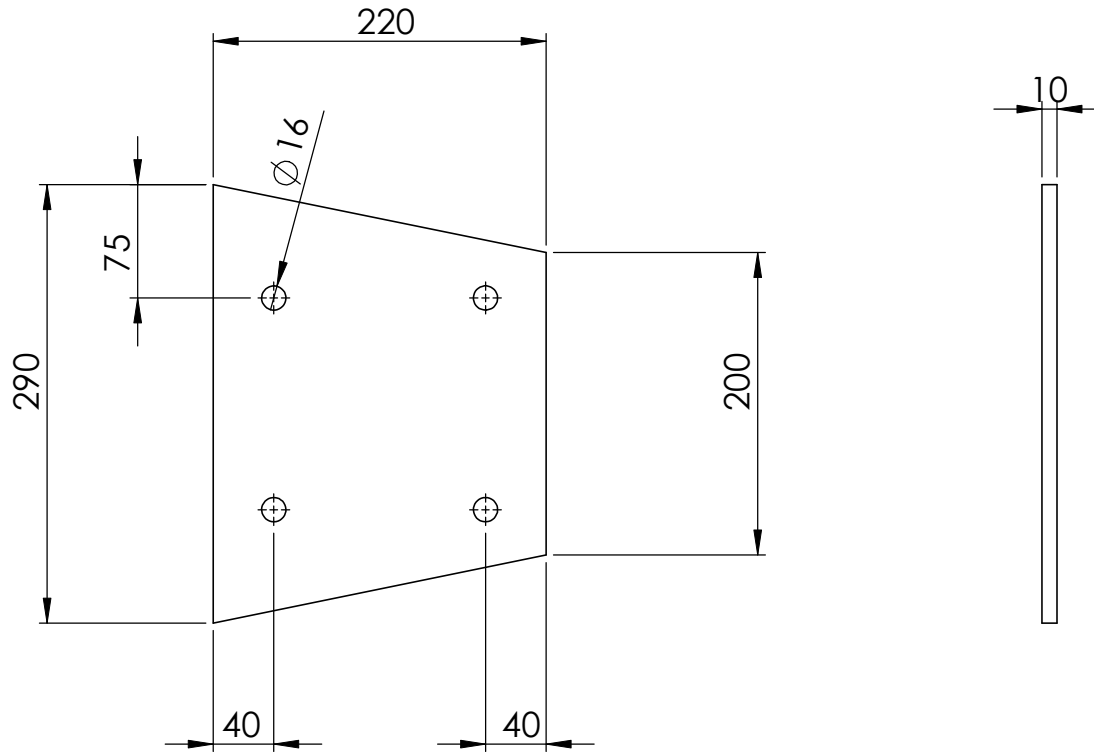
5

4

3

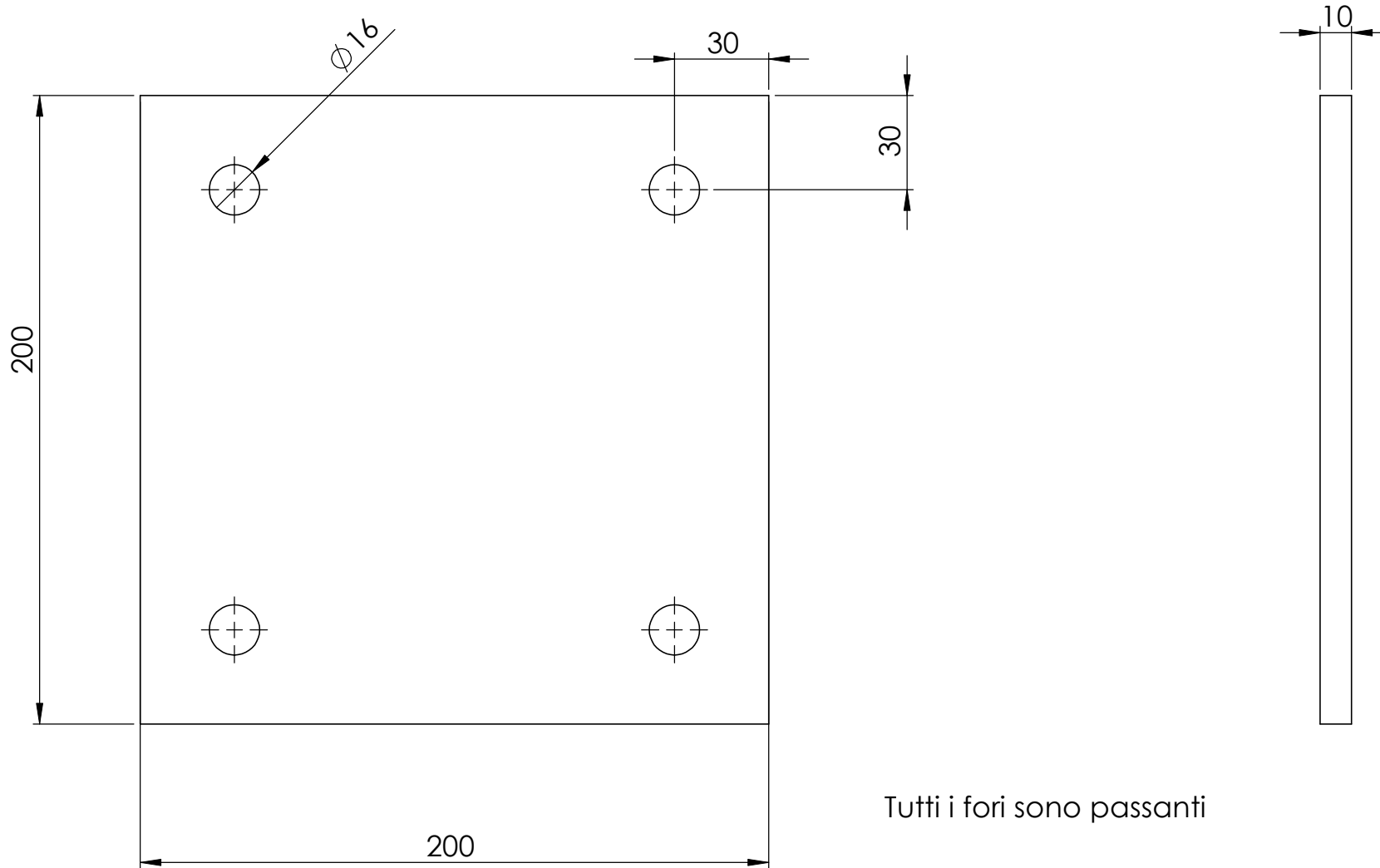
2

1



Tutti i fori sono passanti

<b>PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL</b>			UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE: <h1 style="margin: 0;">Barrecontro2</h1>		
				DRAWN					
				CHECKED					
				ENG APPR.					
				MFG APPR.					
			INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:		Q.A.		SIZE DWG. NO. REV <b>A</b>		
			MATERIAL	COMMENTS:					
			FINISH						
	NEXT ASSY	USED ON		SCALE: 1:20 WEIGHT: SHEET 5 OF 12					
	APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING						



Tutti i fori sono passanti

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE		
			DRAWN			TITLE:	
			CHECKED			Barrecontro	
			ENG APPR.			SIZE DWG. NO. REV	
			MFG APPR.			A	
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SCALE: 1:20 WEIGHT: SHEET 6 OF 12	
		MATERIAL	COMMENTS:				
		FINISH					
NEXT ASSY	USED ON						
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING					

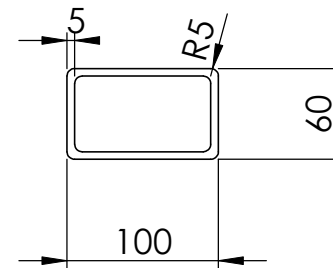
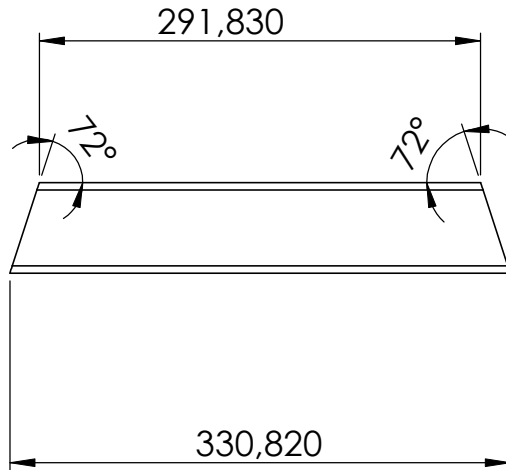
5

4

3

2

1



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE			
			DRAWN			TITLE: <b>Barre_rinforzo</b>		
			CHECKED					
			ENG APPR.					
			MFG APPR.					
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE	DWG. NO.	REV
		MATERIAL	COMMENTS:			<b>A</b>		
NEXT ASSY	USED ON	FINISH						
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING				SCALE: 1:20	WEIGHT:	SHEET 7 OF 12

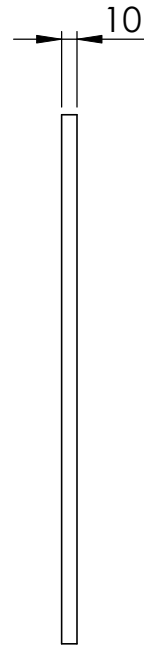
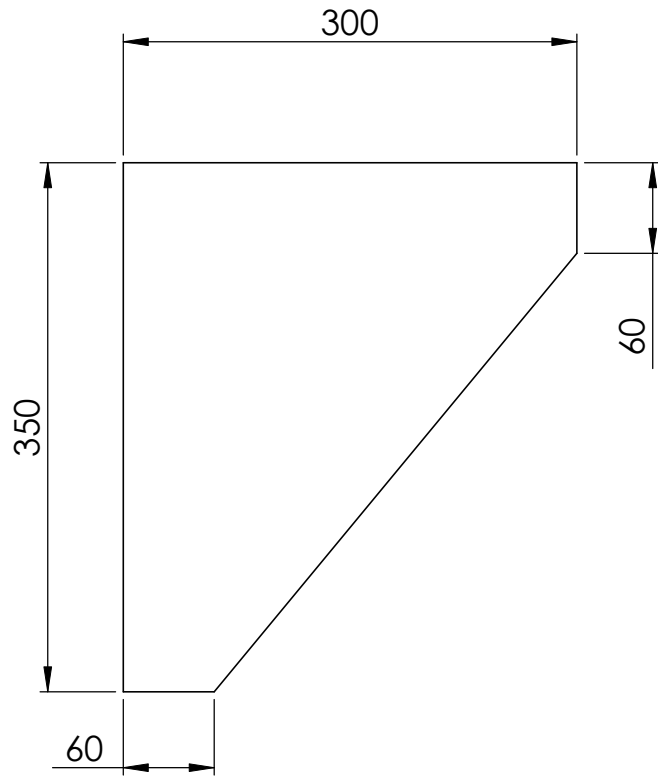
5

4

3

2

1



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE			
			DRAWN			TITLE:		
			CHECKED			Lamierabbracci1		
			ENG APPR.					
			MFG APPR.					
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.					
		MATERIAL	COMMENTS:			SIZE	DWG. NO.	REV
		FINISH				<b>A</b>		
NEXT ASSY	USED ON							
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING				SCALE: 1:20	WEIGHT:	SHEET 8 OF 12

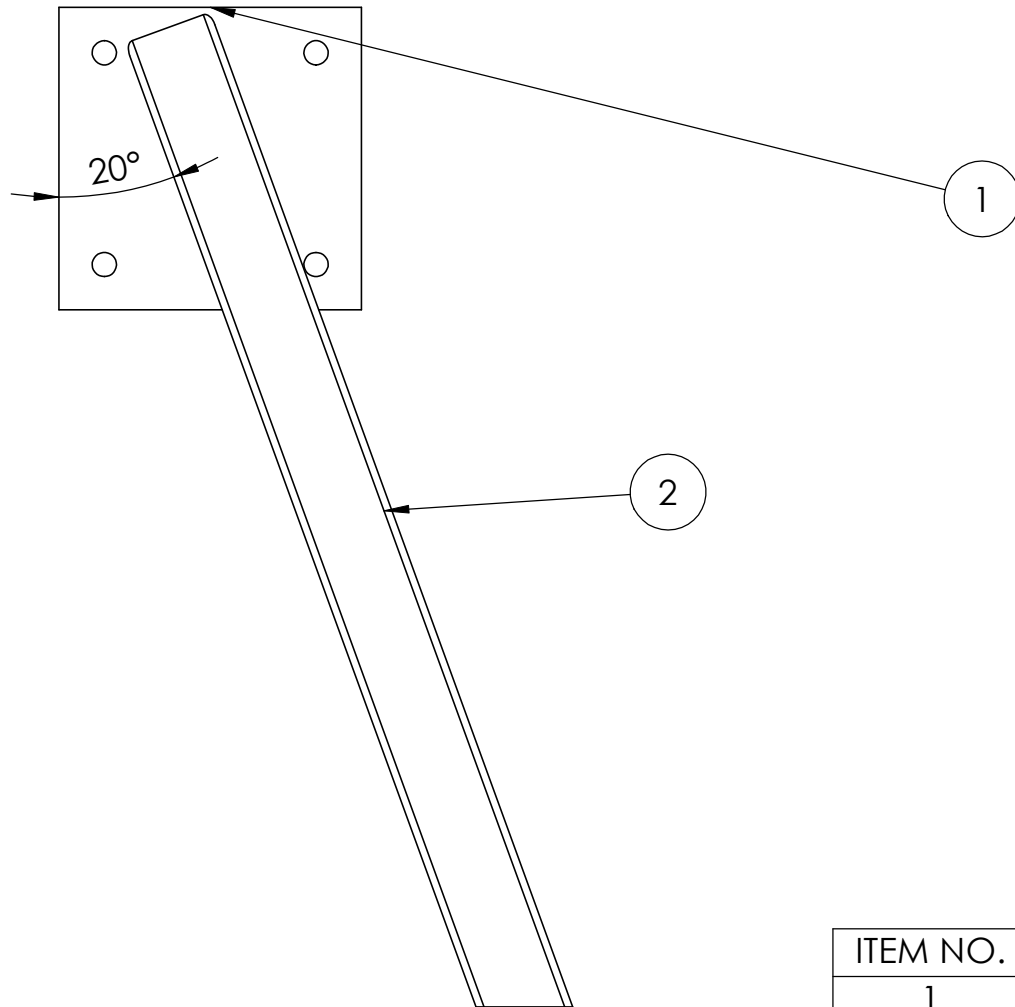
5

4

3

2

1



ITEM NO.	PART NUMBER	manual explode/QTY.
1	barrecontro	1
2	barra_contro3	1

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL			UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE:  <b>Braccio_controdx2</b>
				DRAWN			
				CHECKED			
				ENG APPR.			
				MFG APPR.			
			INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE DWG. NO. REV <b>A</b>
			MATERIAL	COMMENTS:			
			FINISH				
	NEXT ASSY	USED ON		SCALE: 1:20 WEIGHT: SHEET 9 OF 12			
	APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING				

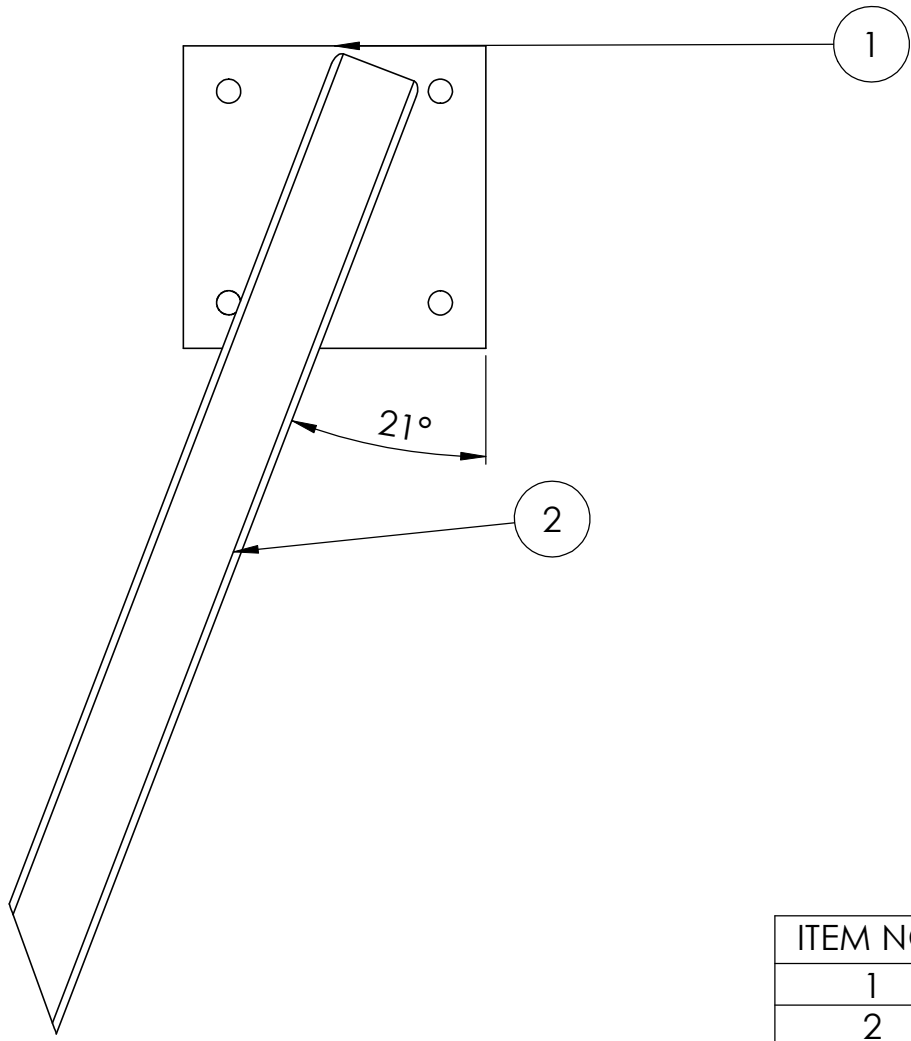
5

4

3

2

1



ITEM NO.	PART NUMBER	manual explode/QTY.
1	barrecontro	1
2	barra_contro	1

<b>PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL</b>			UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	<b>Braccio_controdx</b>	
				DRAWN				TITLE:
				CHECKED				
				ENG APPR.				
				MFG APPR.				
			INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE DWG. NO. REV	
			MATERIAL	COMMENTS:		<b>A</b>		
	NEXT ASSY	USED ON	FINISH				SCALE: 1:20 WEIGHT: SHEET 10 OF 12	
	APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING					

5

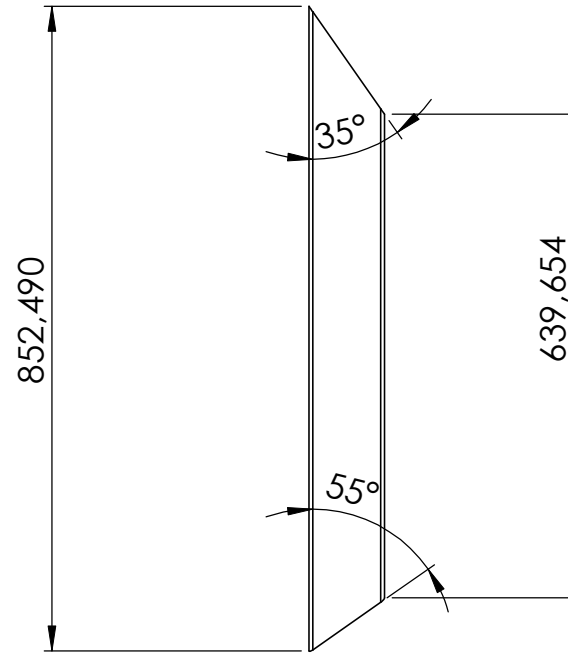
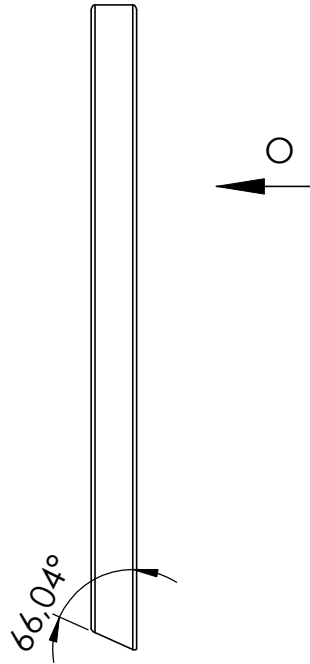
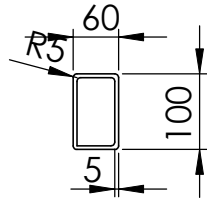
4

3

2

1

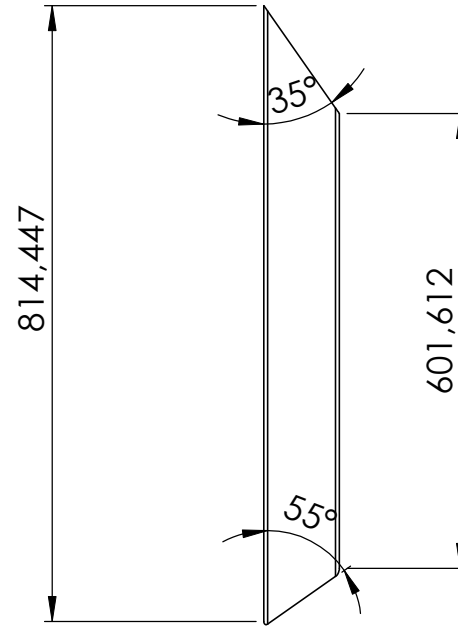
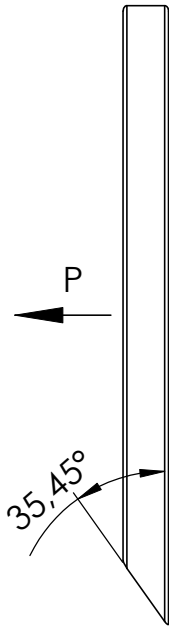
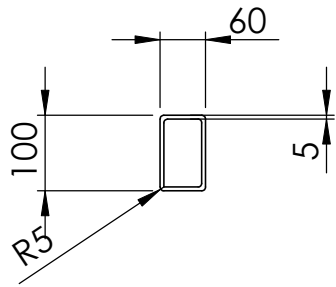




VISTA O  
SCALA 1 : 10

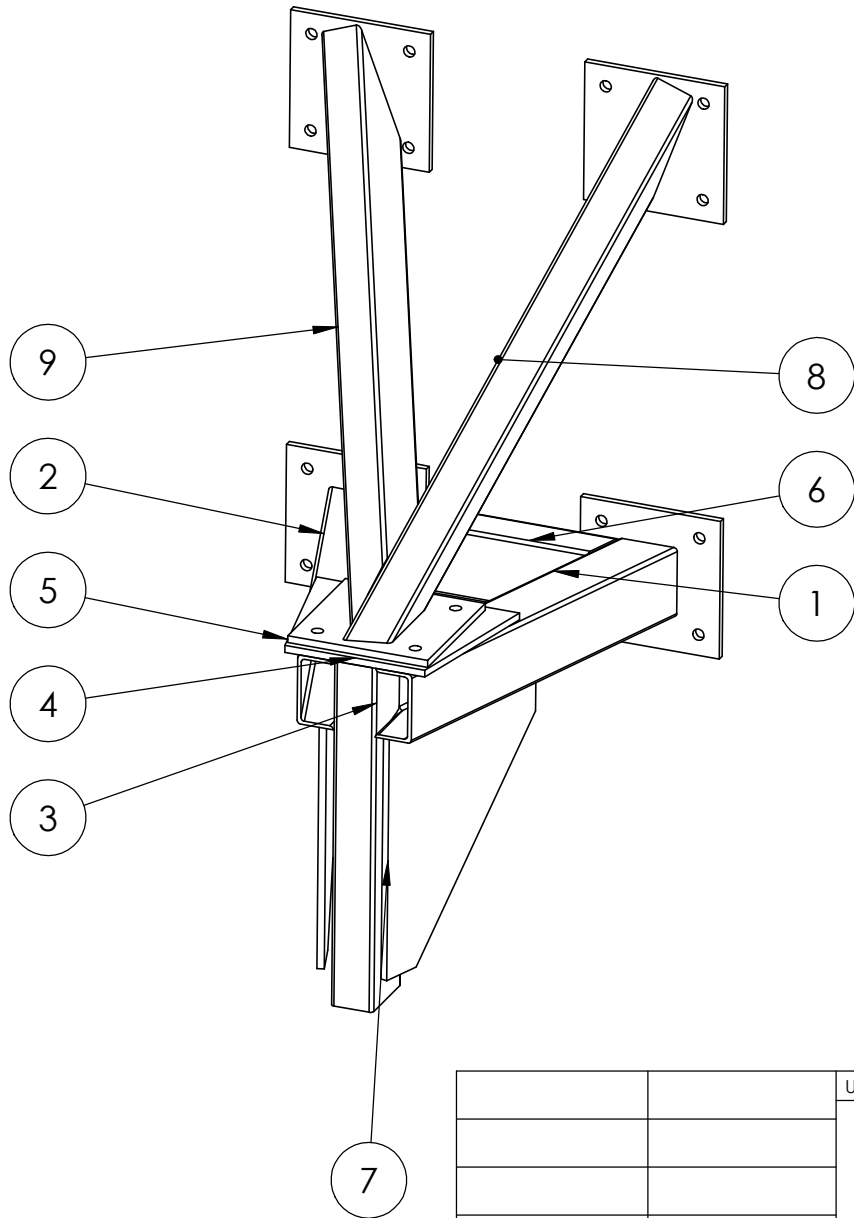
PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE			
				DRAWN		TITLE:		
				CHECKED		barra_control3		
				ENG APPR.				
				MFG APPR.				
				Q.A.				
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:		COMMENTS:		SIZE	DWG. NO.	REV
		MATERIAL				<b>A</b>		
NEXT ASSY	USED ON	FINISH						
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING		SCALE: 1:20		WEIGHT:	SHEET 11 OF 12	



VISTA P  
SCALA 1 : 10

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL			UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE: <b>Barra_controlo</b>		
				DRAWN					
				CHECKED					
				ENG APPR.					
				MFG APPR.				SIZE	DWG. NO.
			INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:				<b>A</b>		
			MATERIAL						
			FINISH						
	NEXT ASSY	USED ON							
	APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING				SCALE: 1:20	WEIGHT:	SHEET 12 OF 12



ITEM NO.	PART NUMBER	manual explode/QTY.
1	barrecontro_orizz	1
2	barrecontro_orizz2	1
3	barra_mozzo	1
4	barrecontro2	1
5	barrecontro	1
6	barre_rinforzo	1
7	lamiera_bracci1	2
8	braccio_controsx2	1
9	braccio_controsx	1

<b>PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL</b>			UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:	NAME	DATE	<b>Bracciosx</b>			
				DRAWN			<b>A</b>		
				CHECKED				TITLE:	
				ENG APPR.					SIZE DWG. NO. REV
				MFG APPR.					
			INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	COMMENTS:					
			MATERIAL						
			FINISH						
		NEXT ASSY	USED ON						
		APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING					

5

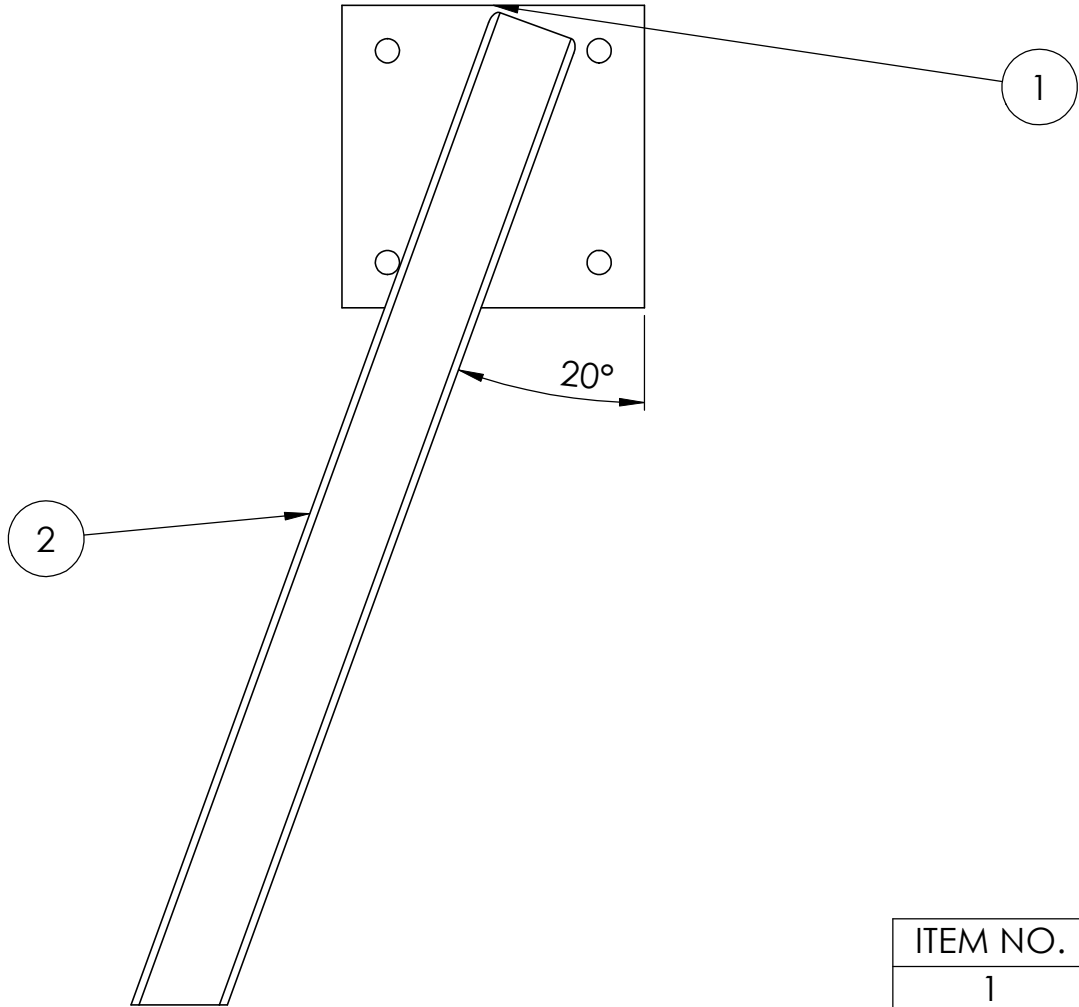
4

3

2

1





ITEM NO.	PART NUMBER	manual explode/QTY.
1	barrecontro	1
2	barra_contro4	1

<b>PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL</b>			UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE:		
				DRAWN				Braccio_controsx2	
				CHECKED					
				ENG APPR.					
				MFG APPR.					
			INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE DWG. NO. REV <b>A</b>		
			MATERIAL	COMMENTS:					
			FINISH						
	NEXT ASSY	USED ON					SCALE: 1:20	WEIGHT:	SHEET 3 OF 5
	APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING						

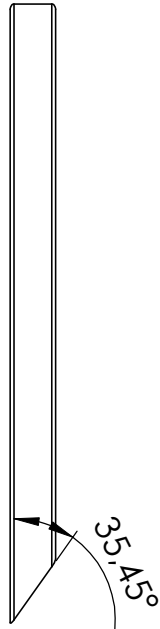
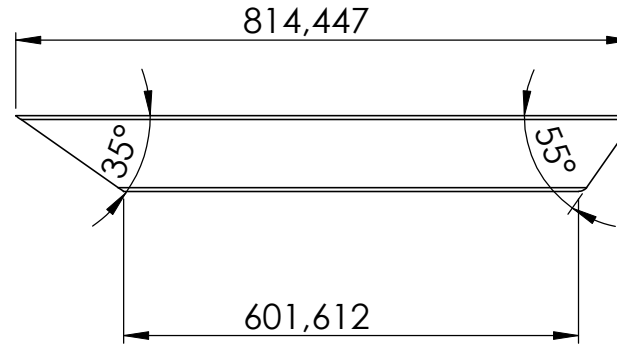
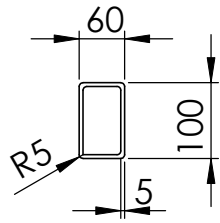
5

4

3

2

1



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE		
				DRAWN		TITLE: <b>Barra_controlo 2</b>	
				CHECKED			
				ENG APPR.			
				MFG APPR.			
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:		Q.A.		SIZE DWG. NO. REV <b>A</b>	
		MATERIAL		COMMENTS:			
NEXT ASSY	USED ON	FINISH					
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING				SCALE: 1:20	WEIGHT:

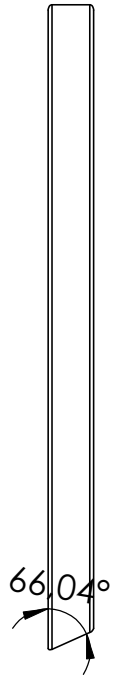
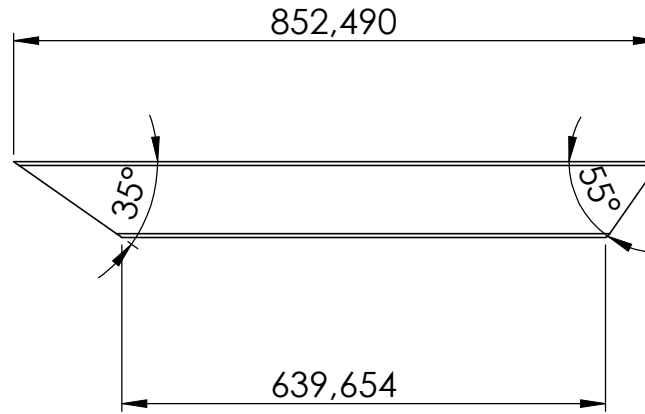
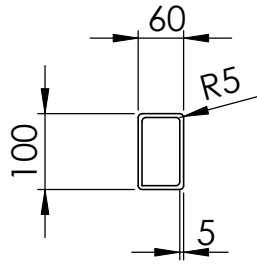
5

4

3

2

1



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE		
				DRAWN		TITLE: <b>Barra_controlo4</b>	
				CHECKED			
				ENG APPR.			
				MFG APPR.			
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:		Q.A.		SIZE DWG. NO. REV <b>A</b>	
		MATERIAL		COMMENTS:			
		FINISH					
NEXT ASSY	USED ON	DO NOT SCALE DRAWING		SCALE: 1:20		WEIGHT:	SHEET 5 OF 5

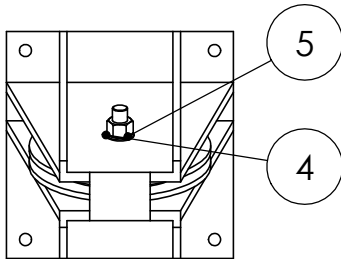
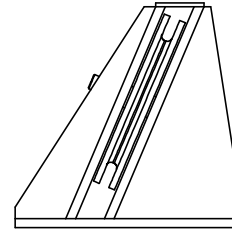
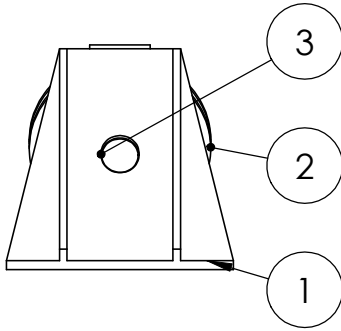
5

4

3

2

1



ITEM NO.	PART NUMBER	manual explode/QTY.
1	Telaio	1
2	Puleggia	1
3	Perno carrucola	1
4	Washer ISO 7090 - 20	1
5	Hexagon Nut ISO - 4034 - M20 - N	1

<b>PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL</b>			UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	<b>Carrucola Terra</b>		
				DRAWN					
				CHECKED					
				ENG APPR.					
				MFG APPR.					
			INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			TITLE: <b>Carrucola Terra</b>		
			MATERIAL	COMMENTS:		SIZE		DWG. NO.	REV
			FINISH			<b>A</b>			
			APPLICATION				SCALE: 1:10	WEIGHT:	SHEET 1 OF 4
	NEXT ASSY	USED ON	DO NOT SCALE DRAWING						

5

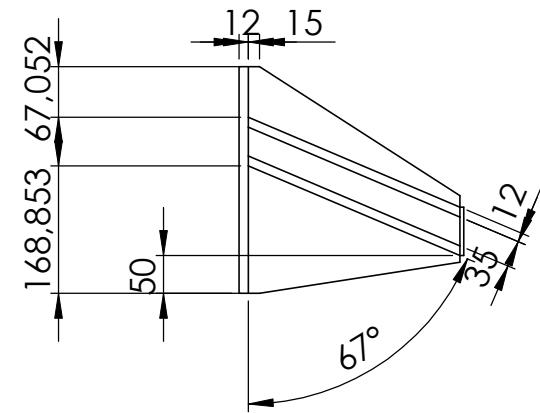
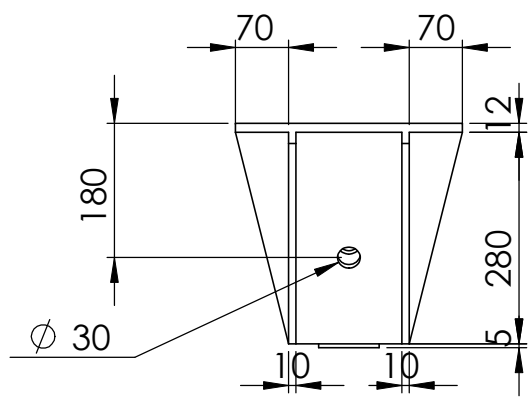
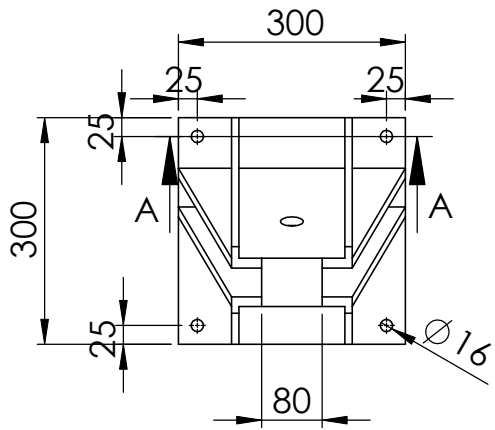
4

3

2

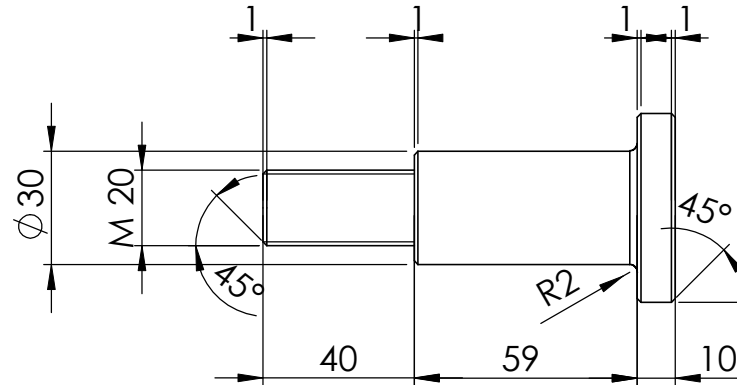
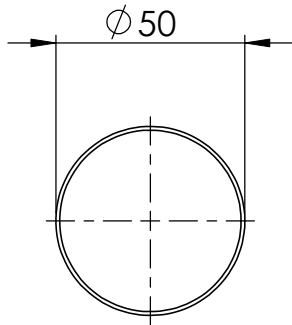
1





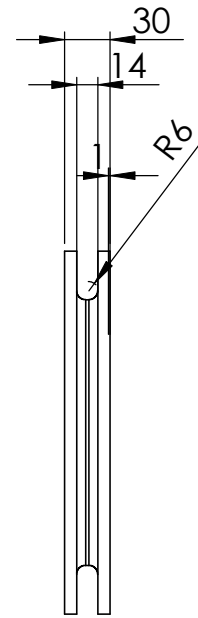
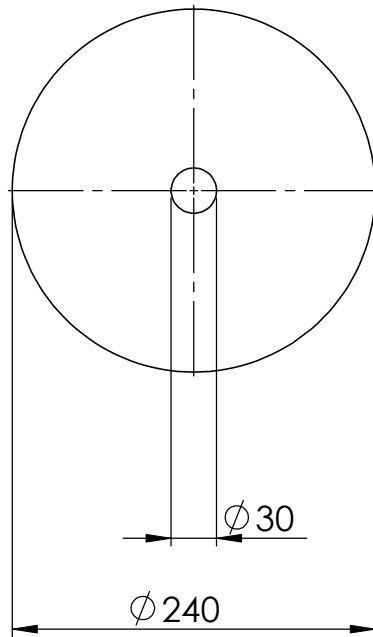
**PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL**  
 THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF <INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF <INSERT COMPANY NAME HERE> IS PROHIBITED.

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE: <h1>Telaio</h1>		
			DRAWN					
			CHECKED					
			ENG APPR.					
			MFG APPR.					
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE	DWG. NO.	REV
		MATERIAL	COMMENTS:			<b>A</b>		
NEXT ASSY	USED ON	FINISH				SCALE: 1:10	WEIGHT:	SHEET 2 OF 4
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING						



**PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL**  
 THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF <INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF <INSERT COMPANY NAME HERE> IS PROHIBITED.

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE		
			DRAWN			TITLE:	
			CHECKED			<b>Perno Carrucola</b>	
			ENG APPR.				
			MFG APPR.			SIZE	DWG. NO.
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			<b>A</b>	REV
		MATERIAL	COMMENTS:				
		FINISH				SCALE: 1:10	WEIGHT:
NEXT ASSY	USED ON	DO NOT SCALE DRAWING				SHEET 3 OF 4	
APPLICATION							



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE		
			DRAWN			TITLE:  <b>Puleggia</b>	
			CHECKED				
			ENG APPR.				
			MFG APPR.				
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE DWG. NO. REV <b>A</b>	
		MATERIAL	COMMENTS:				
NEXT ASSY	USED ON	FINISH				SCALE: 1:10	
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING					

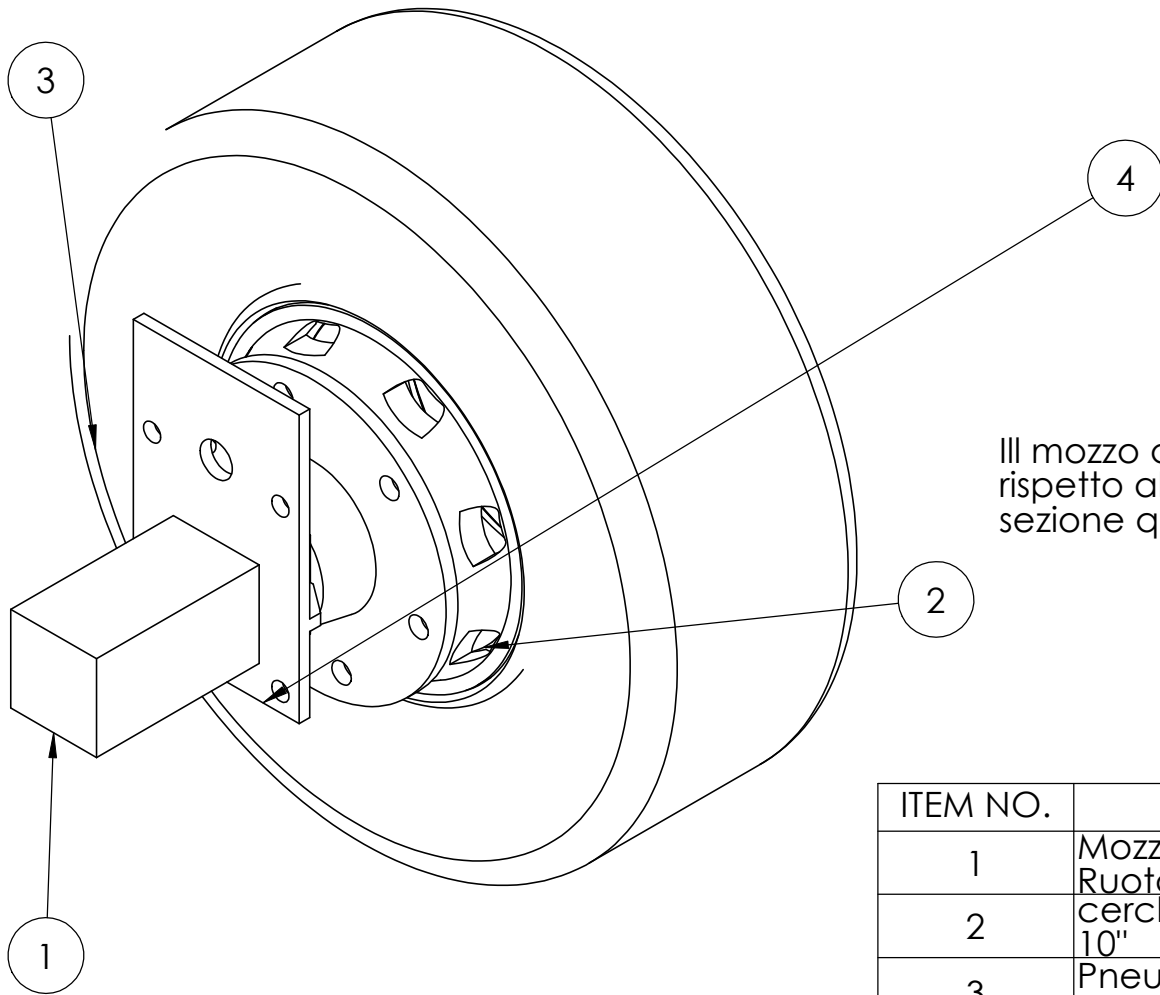
5

4

3

2

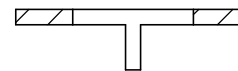
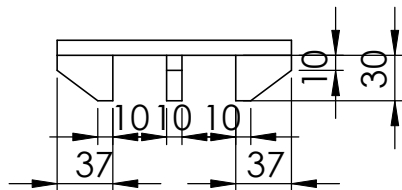
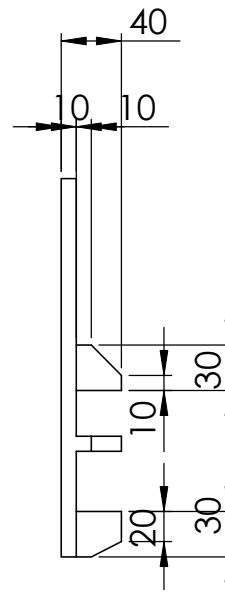
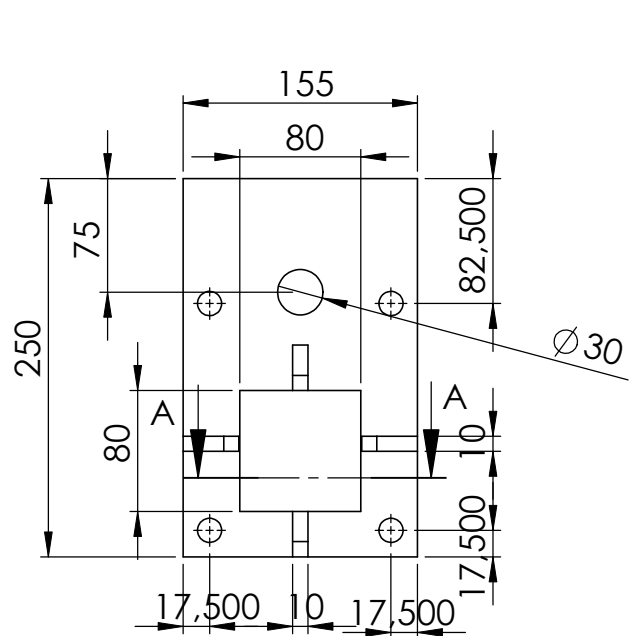
1



Il mozzo anteriore deve essere accorciato di 100mm rispetto alla sua lunghezza originaria nella parte a sezione quadrata

ITEM NO.	PART NUMBER	manual explode/QTY.
1	Mozzo Casa della Ruota cod 3077	1
2	cerchione RIM 6.50F - 10"	1
3	Pneumatico Casa della Ruota CR 332	1
4	piastra mozzo2_ant	1

<b>PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL</b>			UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:	NAME	DATE	<b>mozzo_anteriore</b>	
				DRAWN			<b>mozzo_anteriore</b>
				CHECKED			
				ENG APPR.			
				MFG APPR.			
			INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.		<b>A</b>	
			MATERIAL	COMMENTS:			SIZE DWG. NO. REV
		NEXT ASSY	USED ON			FINISH	SCALE: 1:10
		APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING			

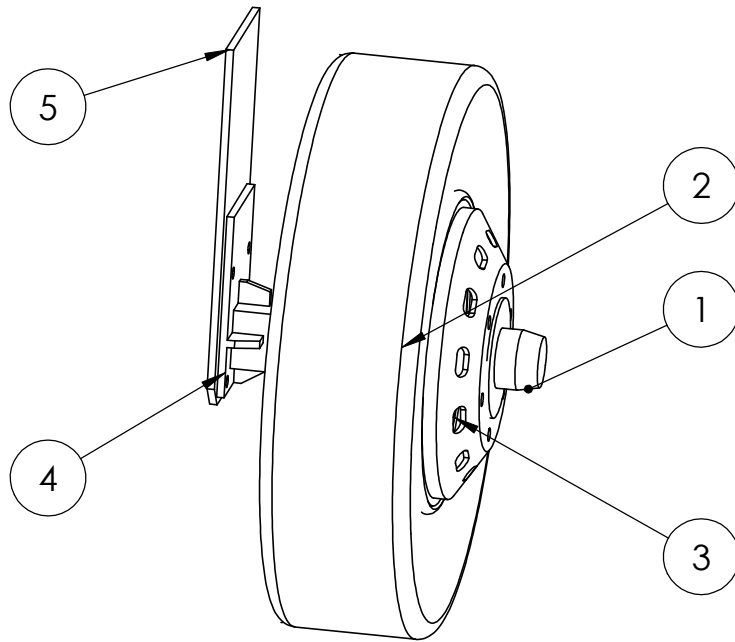


SEZIONE A-A  
SCALA 1 : 5

Tutti i fori passanti

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE		
				DRAWN		TITLE:	
				CHECKED		piastra mozzo2_ant	
				ENG APPR.			
				MFG APPR.			
				Q.A.			
				COMMENTS:			
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:				SIZE	DWG. NO.
		MATERIAL				<b>A</b>	
		FINISH					REV
NEXT ASSY	USED ON						
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING				SCALE: 1:10	WEIGHT:
							SHEET 2 OF 2



ITEM NO.	PART NUMBER	manual explode/QTY.
1	Mozzo Casa Ruota cod 3077	1
2	Pneumatico Casa Ruota CR 318	1
3	cerchione RIM 5.50F- 15"	1
4	piastra mozzo2	1
5	piastra mozzo	1

<b>PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL</b>			UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE:  <h1 style="margin: 0;">Mozzo Posteriore</h1>		
				DRAWN					
				CHECKED					
				ENG APPR.					
				MFG APPR.					
				INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.				
			MATERIAL	COMMENTS:			SIZE	DWG. NO.	REV
			FINISH				A		
			APPLICATION				SCALE: 1:20	WEIGHT:	SHEET 1 OF 3
	NEXT ASSY	USED ON	DO NOT SCALE DRAWING						

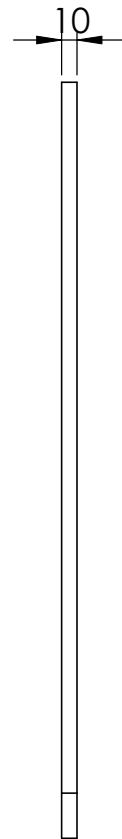
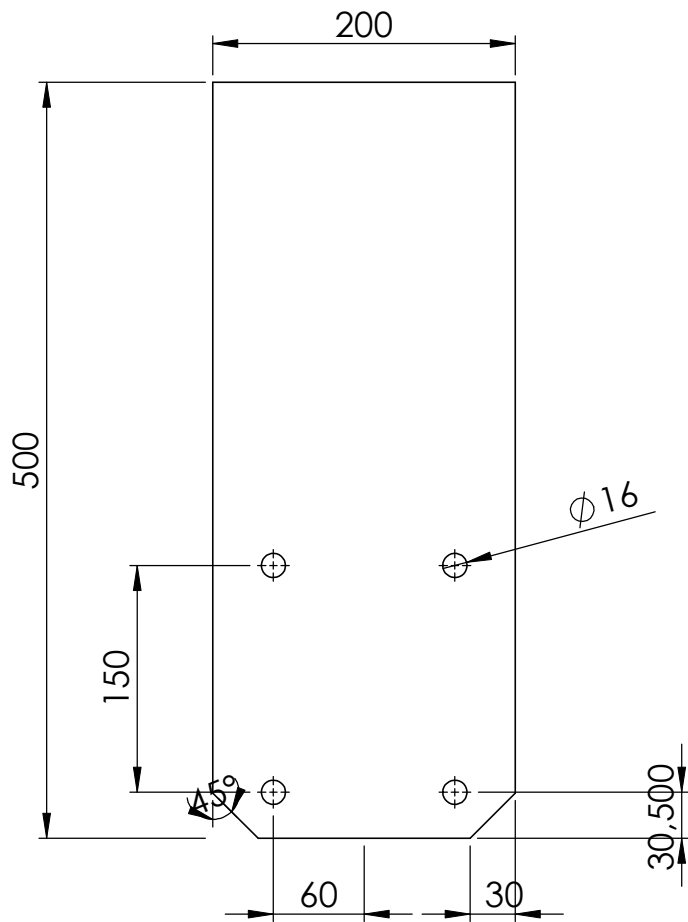
5

4

3

2

1



Tutti i fori sono passanti

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE			
			DRAWN			TITLE:		
			CHECKED			Piastra Mozzo		
			ENG APPR.					
			MFG APPR.					
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.					
		MATERIAL	COMMENTS:			SIZE	DWG. NO.	REV
		FINISH				<b>A</b>		
NEXT ASSY	USED ON					SCALE: 1:20	WEIGHT:	SHEET 2 OF 3
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING						

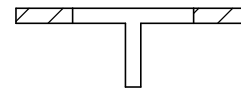
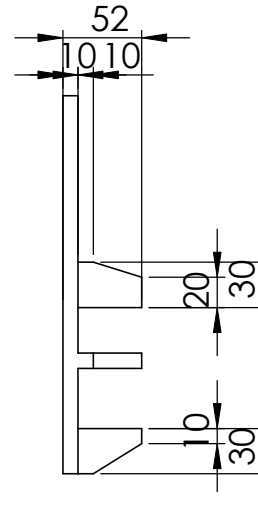
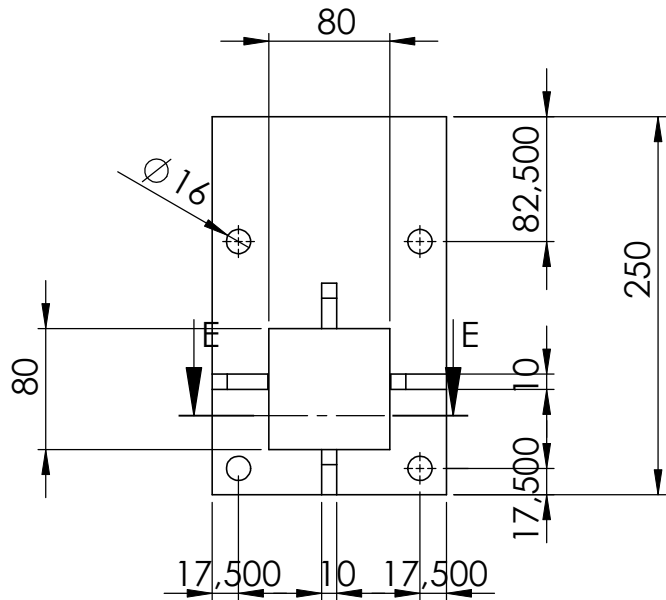
5

4

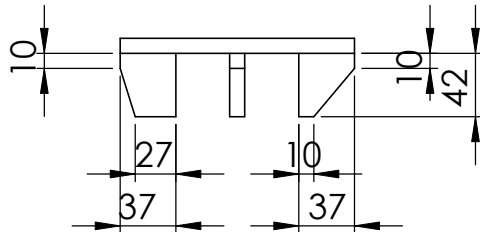
3

2

1



SEZIONE E-E  
SCALA 1 : 5



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE			
				DRAWN		TITLE: <b>Piastra mozzo2</b>		
				CHECKED				
				ENG APPR.				
				MFG APPR.				
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:		Q.A.		SIZE DWG. NO. REV <b>A</b>		
		MATERIAL		COMMENTS:				
		FINISH						
NEXT ASSY	USED ON	APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING		SCALE: 1:20	WEIGHT:	SHEET 3 OF 3



## Nomenclatura e lista acronimi

	Unità di misura	Descrizione
<b>F1</b>	kN	
<b>F2</b>	kN	Forza sul fondo del Cassone
<b>F3</b>	kN	Forza scaricata sui vincoli
<b>h</b>	m	Altezza strato ammortizzante
<b>°</b>	gradi	
<b>FEM</b>		Finite Element Method
<b>N<sub>m</sub></b>	N	Razione verticale pneumatico
<b>P<sub>wo</sub></b>	Pa	Pressione nominale
<b>P<sub>wr</sub></b>	Pa	Pressione di gonfiaggio
<b>w</b>	mm	Larghezza pneumatico
<b>D</b>	mm	Diametro pneumatico
<b>d</b>	mm	Schiacciamento pneumatico
<b>Me</b>	Pa	Modulo di compressibilità
<b>Δp</b>	Pa	Differenza di carico unitario
<b>Δs</b>	mm <sup>2</sup>	cedimento differenziale
<b>De</b>	mm	Diametro esterno pneumatico (catalogo)
<b>L</b>	mm	Larghezza pneumatico (catalogo)
<b>MDS</b>		Margine di sicurezza
<b>φ</b>	mm	diametro

## Bibliografia

- [1] Autori Vari, *CRASHWORTHY SAILPLAN*, Tesi di laurea in Ingegneria Aeronautica A.A 2008/2009 Politecnico di Milano, Rel Prof Paolo Astori
- [2] <http://www.dg-flugzeugbau.de/cockpit-e.html> , 1994
- [3] *Crash test with a glider fuselage*. Aero Intern, 1998
- [4] M. Sperber, Motorless Flight, Symposium, *Crashworthiness of Glider Cockpits*, Varese, Italia, 2004
- [5] C. di Prisco, M. Vecchiotti, *A rheological model for the description of boulder impacts on granular strata*, Geotechnique 56 n.7, 2006
- [6] F. Calvetti e C. di Prisco, *Linee guida per la progettazione di gallerie paramassi*, 2007 Starrylink Editrice Brescia
- [7] Labiouse V., Desccedreuses F., Montani S., Schmidhalter C.-A. 1994 “*Etude Expérimentale de la Chute de Blocs Rocheux sur une Dalle en Béton Arme Recouverte par des Matériaux Amortissant*”, Review Française de Géotechnique
- [8] F. Cestari, *Prove Geotecniche in sito*, 1990 Geo- Graph s.n.c.
- [9] <http://www.lacasadellaruota.it>
- [10] Isamu A. Okumura, *On the generalization of Cerruti's problem in an elastic semi-space*, 1995, Structural Eng./ Earthquake Eng vol 12, n° 2, 17s – 26s, Japan Society of Civil Engineers.
- [11] POLITECNICO DI MILANO - DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA AEROSPAZIALE, *NUMERICAL MODELS FOR AIRCRAFT SYSTEMS – LECTURE NOTES, VERSION 2009*, Chapter 5 – Landing gear system.
- [12] L. Baldassini, *Vademecum per disegnatori tecnici*, 17° edizione, 1999, Hoepli Milano.
- [13] [www.scurati.it](http://www.scurati.it)

[14] Nauman M. Sheikh, Akram Y. Abu-Odeh, Roger P. Bligh, *Finite Element Modeling and validation of Guardrail Steel post deflection in soil at Varying Embedment depths*, 11<sup>o</sup> International LS –DYNA Users Conference

[15] <http://www.teci.it/>