

# eLSU

## Progettazione di un case da rack per piccolissime serie

Frédérique Buonfino

matr. n° 2008059

a.a. 2010\_2011

rel. Francesco Trabucco

co-rel. Roberta Gorno

Giacinto Micucci

Sergio Troni

# Indice dei contenuti

<b>Introduzione:</b>	<b>2</b>	Riduzione dimensioni e peso	11
		Riduzione rumore	12
		Riduzione dell'accesso frontale alle funzioni base	12
<b>Ricerca per il progetto</b>	<b>3</b>		
Prisma Engineering: dal software al prodotto	3		
<b>Prodotti Prisma Engineering</b>	<b>4</b>	<b>Analisi sistemi di raffreddamento esistenti</b>	<b>13</b>
Concorrenza diretta	4	Ventole:	13
Case commerciali	4	Dissipatori passivi	14
Macchine da rack esistenti	4	Metodi alternativi	15
Server	4	A ghiaccio secco	16
Ambiti diversi	4	Raffreddamento a liquido	16
		Raffreddamento mediante Celle di Peltier e liquido	16
		Raffreddamento a phase change	17
		Raffreddamento ad immersione	17
		Raffreddamento ad azoto liquido	18
		Conclusione: tipo di raffreddamento selezionato:	18
<b>Analisi per il progetto</b>	<b>6</b>		
Descrizione generale	6		
<b>Analisi flussi aria del sistema di raffreddamento</b>	<b>7</b>	<b>Layout e architettura interna</b>	<b>19</b>
<b>Criticità del progetto e vincoli emersi</b>	<b>8</b>	<b>Progettazione e ottimizzazione flussi di aria per raffreddamento</b>	<b>19</b>
Costi:	8		
Volumi produttivi	8	<b>Tecnologie di produzione adatte a piccole serie</b>	<b>19</b>
Forma e dimensioni	9	Metalli	19
<b>Il concept</b>	<b>10</b>	<b>Polimeri</b>	<b>20</b>
<b>Brief e Obiettivi di progetto:</b>	<b>10</b>		
Immagine	10		

Definizione range possibili tecnologie utilizzabili	20	Proposta A	38
		Proposta B	39
Concept struttura	20	Prodotto finale	40
Primi concept con aspirazione frontale	24	<b>Bibliografia</b>	<b>50</b>
Concept definitivo da sviluppare:	26		
Studio sezione passaggio aria	27		
Primo mock up di test	28		
Conclusioni Test	29		
Materiali e tecnologie	32		
Cornice anteriore con frontale asportabile per accesso/manutenzione filtro	34		
Filtro	34		
Definizione architettura di prodotto e layout	35		
Nuovo frontale con alette di fissaggio	38		

# Indice delle immagini

LSUv3	5	Fronte e retro proposta frontale A	40
LSU Compact	5	Dettaglio proposta frontale A	40
Micro LSU	5	Dettaglio proposta frontale B	41
Famiglia di prodotti Prisma Engineering: LSUnet, Macchine generiche da 3U, 2U, 1U	6	Fronte e retro proposta frontale B	41
LSUnet	6	Vista frontale progetto finale	42
Vista frontale	6	Disegno tecnico:	43
Vista posteriore	8	Frontale in alluminio fresato	43
Vista complessiva	8	Disegno tecnico:	44
Vista complessiva con mainboard, alimentatore e slide rails. Lo sportello frontale è rimosso.	8	Assieme frontale	44
Vista complessiva con mainboard, alimentatore e slide rails. Lo sportello frontale è presente	9	Disegno tecnico:	45
Dissipatore lamellare	9	Assieme frontale	45
Case dissipante: vista generale e dettagli interni	9	Disegno tecnico:	46
Soluzione layout interno	9	Filtro	46
Tabella PRO e CONTROLLO sistemi di raffreddamento	16	Disegno tecnico:	47
Layout interno: studi	18	Convogliatore	47
Alcune proposte di aspirazione frontale	18	Disegno tecnico:	48
Struttura e layout interno	18	Struttura frontale	48
Vista frontale concept selezionato	22	Disegno tecnico:	49
Foto primo mock up per test temperatura	22	Frontale	49
Vista frontale concept finale	23	Disegno tecnico:	50
Vista frontale con frontale asportato: vista filtro	25	Maniglia	50
Vista frontale con frontale e filtro asportati	26	Prototipo finale:	52
Prima versione con maniglie e alette rimuovibili	28	Vista frontale con frontale asportato.	52
Esplosivo assieme frontale	28	Prototipo finale:	53
Vista retro	31	Vista retro	53
Vista di insieme montato a rack	32	Prototipo finale:	54
	33	Vista frontale con frontale	54
	33	Prototipo finale:	55
	36	Vista di tre quarti con frontale	55
	37		
	38		
	39		



## Introduzione:

Spesso e volentieri avendo conseguito degli studi in Design, si è portati a credere che le aziende per le quali sarà interessante lavorare e in particolare, progettare prodotti, siano quelle cosiddette "Design Oriented".

Ci si rivolge così ad aziende che già conoscono il valore aggiunto del design e che già lavorano con designer, spesso affermati, introducendosi così in un contesto duro e con una concorrenza agguerritissima. Lo spazio per un giovane designer è limitato, tenendo conto del fatto che il mercato è saturo, e che le tipologie affrontate da queste aziende, dall'arredo, al prodotto per la casa, al prodotto consumer, siano già state esplorate in lungo e in largo da decenni.

Esistono però altri settori, quelle delle piccole medie imprese che non hanno mai puntato sul design, ma che in un contesto fortemente competitivo come quello attuale iniziano a riconoscere il valore aggiunto di un prodotto "progettato". In questo campo ci sono aziende che rivolgono i propri prodotti all'utente finale, ma producono oggetti caratterizzati da un forte contenuto tecnico, o che si inseriscono in nicchie molto specifiche, così come aziende, come nel caso del progetto che andrò ad affrontare, che sono a loro volta fornitori di altre aziende.

Si potrebbe pensare che in queste ultime il contesto non sia quello ideale per il lavoro del designer, mentre invece esistono grandi spazi inesplorati, persino per prodotti incredibilmente specifici, con volumi di produzione estremamente ridotti.

Le tecnologie esistenti si stanno sempre più dirigendo dalla produzione in serie a una produzione mirata, ed esistono tutta una serie di possibilità ad alto contenuto tecnologico che con piccoli investimenti possono rendere accessibile e utile il lavoro del designer anche in contesti prima improbabili.

LSUv3



LSU Compact



Micro LSU



## Ricerca per il progetto

### Prisma Engineering: dal software al prodotto

Prisma Engineering nasce nel 1986 a Pisa, e nel '94 si trasferisce a Milano contestualmente con l'evoluzione della sua attività nel campo delle telecomunicazioni e il lancio dei suoi primi prodotti. Dal 2000 inizia a vendere internazionalmente e nel 2004 apre la prima sede sussidiaria a Parigi, seguita nel 2006 da una sede a Shanghai. Nel 2007 sei delle maggiori aziende leader nel mercato delle infrastrutture di rete utilizzano attrezzatura Prisma nei loro laboratori.

Prisma Engineering si occupa di test Load&Stress per network cellulari, fornendo a grosse aziende nel campo telecomunicazioni, come ad esempio Ericsson, Nokia Siemens, Vodafone, Alcatel, Motorola ed altre, soluzioni complete dal software all'hardware che permettono di simulare cosa accade ad una rete quando entra realmente in funzione, così come quando il carico di dati raggiunge il suo picco. In questo modo queste aziende possono testare i loro macchinari senza dover fare costosissimi test nella mondo reale, ma semplicemente collegandosi ad un sistema Prisma, che "finge" di comportarsi come parti di network simulando diverse condizioni di funzionamento. Conoscendo in anticipo i problemi che si vanno a verificare quando le reti sono sovraccariche, si possono prevedere soluzioni, ed evitare perdite ingenti che si verificherebbero con un qualsiasi problema imprevisto.

Molti dei maggiori operatori di telefonia e telecomunicazione si appoggia alle soluzioni di test e monitoraggio che Prisma crea e della cui manutenzione si fa carico per tutta la vita del prodotto.

Prisma infatti, oltre a sviluppare internamente tutto il software e l'hardware, mantiene una presenza costante nei laboratori di test dei clienti, fornendo un'assistenza completa con un servizio di supporto che si adatta alle necessità del cliente. Inizialmente incentrata sulla progettazione di software, Prisma lan-

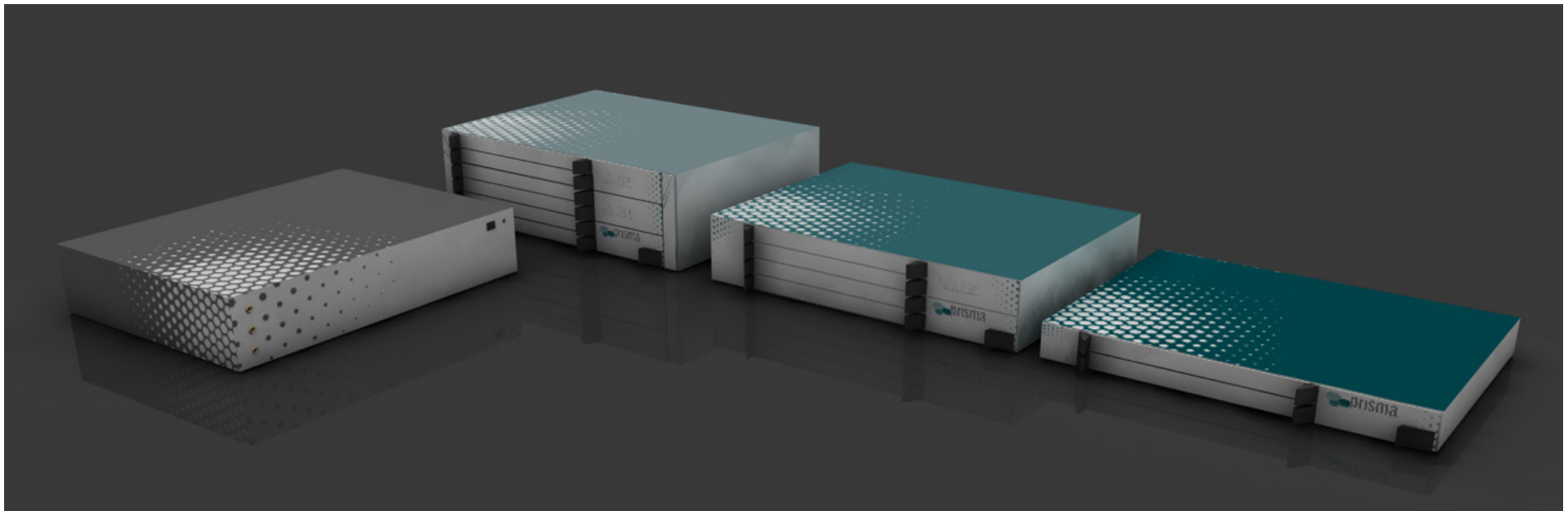
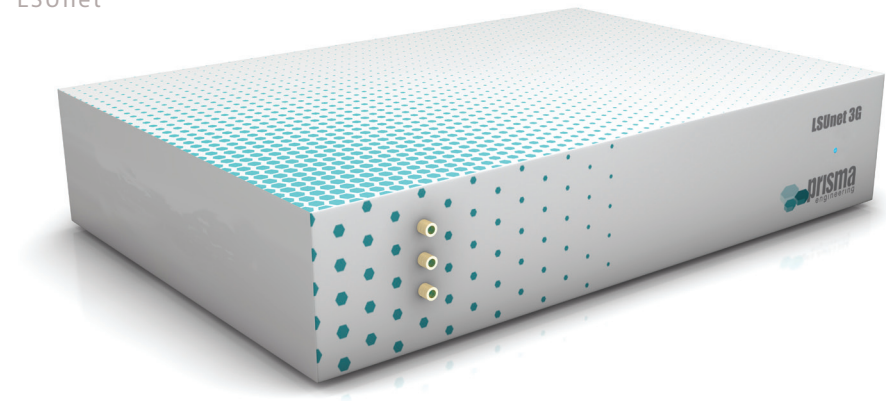
cia nel 19..(?) il suo primo prodotto l'LSU+, primo di una serie che va a completare e a supportare i software proprietari, aprendo una nuova fetta di mercato per l'azienda.

Di seguito analizzeremo i prodotti esistenti della Prisma (dal punto di vista del Design), alcune macchine direttamente concorrenti ed alcune altre macchine da rack dalla struttura analoga, come server e impianti hifi.

## Prodotti Prisma Engineering

Famiglia di prodotti Prisma Engineering:  
LSUnet, Macchine generiche da 3U, 2U, 1U

LSUnet







## Analisi per il progetto

La macchina che andremo a riprogettare è in sostanza un PC molto potente, si può usare per diverse applicazioni cambiando il software.

In prisma viene utilizzato per simulare il comportamento di altre macchine complesse (o più semplici ma in grande numero, come i telefoni) perché queste non sono disponibili oppure perché gli oggetti veri sono complessi da controllare, oppure ancora perché si vogliono riprodurre delle combinazioni di eventi che con gli apparati veri non si possono ottenere senza andare modificarli.

Tutto questo allo scopo di testare altre macchine il cui compito è parlare con le macchine simulate.

Inizialmente, essendo un nuovo prodotto dagli incerti esiti di mercato, Prisma assembla l'eLSU in un case commerciale che utilizza parti standard in grado di alloggiare virtualmente qualsiasi componente hardware. Ovviamente non è specifico per questo tipo di macchine (qualcosa di specifico non esiste essendo un settore estremamente specializzato), ma permette comunque di trovare spazio per tutto e di far funzionare l'assieme.

Di seguito analizzeremo il case Elma - R19M-340.

Dimensioni: 19" x 558mm x 3U

Peso: 16 kg circa

Raffreddamento: 4 fan da 80 mm + 1 da 90 mm

Heavy-duty cold-rolled steel

### Descrizione generale

Châssis industriale rack 19" da 3U corto, previsto per realizzare file server, storage server, filer, gateway, mail server, internet server, communication exchange-



Vista frontale



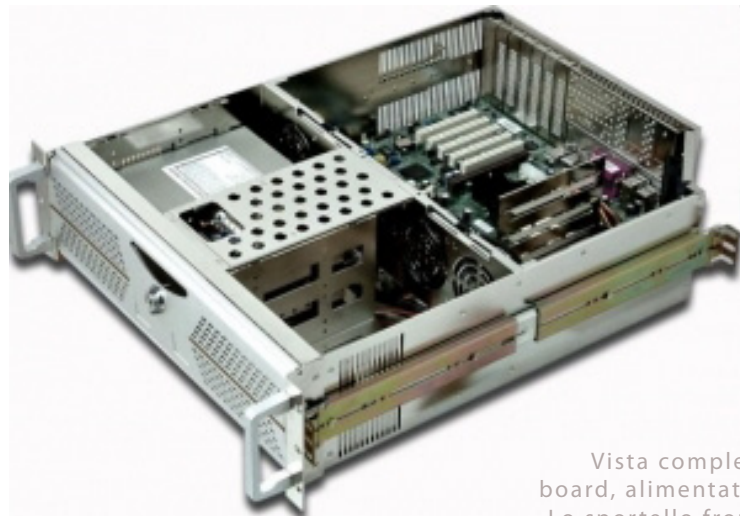
Vista posteriore con il caratteristico angolo tagliato per ospitare la ventola da 90 mm



Vista complessiva



Vista complessiva con mainboard, alimentatore e slide rails. Lo sportello frontale è rimosso.



Vista complessiva con mainboard, alimentatore e slide rails. Lo sportello frontale è presente

er, process control, ecc.

Sul fronte sono accessibili 4 unità (dischi) da 5.25" e 1 da 3.5", mentre all'interno sono installabili altre 6 unità da 3.5".

E' possibile ampliare la capacità di storage delle unità esterne utilizzando dischi da 2.5" con i relativi supporti hot-swap, il che, tra l'altro, riduce il consumo di potenza ed il rumore, senza penalizzare le prestazioni.

Con l'uso di box hot swap sono installabili fino a 4 dischi da 3.5" o 12 da 2.5" e DVD standard, accessibili dal frontale.

E' possibile installare schede di qualunque tipologia, fino a 7 unità.

Normalmente disponibile in colore nero. Prezzo di listino: 169,18 euro iva inclusa.

## Analisi flussi aria del sistema di raffreddamento

La presenza di 5 ventole nello chassis di partenza, sembra eccessiva, tanto più che queste ventole sono disposte in maniera poco razionale. E' evidente infatti come alcune di queste ventole (vd. Schema - manca-) facciano corto circuito tra di loro, ovvero aspirino aria calda spostata da un'altra ventola. Le feritoie inoltre sono posizionate in modo da buttare l'aria espulsa fuori dalle pareti laterali dello chassis rischiando di ributtarla immediatamente dentro la macchina od ad altre macchine se queste sono posizionate vicino. E' evidente che all'interno di un rack, seppure si cerchi spesso di lasciare dello spazio sopra e sotto le macchine proprio per favorire la circolazione dell'aria, esiste sempre la possibilità che le macchine siano una sopra l'altra. Di conseguenza i punti dove il maggior flusso d'aria è garantito sono la parte anteriore e quella posteriore.

L'aria espulsa dall'alimentatore (al centro) inoltre, viene buttata nell'area della scheda madre, il punto più critico in assoluto dato che i processori sono le parti che scaldano di più.

## Criticità del progetto e vincoli emersi

### Costi:

Il costo non è risultato essere un fattore critico in quanto il costo del case e dell'assemblaggio risulta essere una percentuale minima (intorno allo 0,5%) del prezzo al cliente finale, di conseguenza anche un notevole aumento del prezzo non porterebbe ad un significativo aumento del prezzo finale. Considerando che il costo del prodotto è dato per la maggior parte dal costo della progettazione di software e hardware e dati i volumi di vendita molto ridotti, il ricavo per singolo pezzo venduto risulta tale per cui anche l'aumento del costo del case viene completamente assorbito anche vendendo (per assurdo) un solo pezzo in più.

### Volumi produttivi

Uno dei fattori più vincolanti risulta invece come accennato precedentemente il numero estremamente basso di pezzi prodotti. I volumi di produzione praticamente "on demand" e complessivamente ridotti (una stima iniziale è stata dai 10 ai 30 pezzi all'anno) hanno immediatamente escluso la maggior parte delle tecnologie di produzione industriali, sostenibili solo per volumi di più ordini di grandezza superiori.

Come vedremo inoltre altre tecnologie sono state di fatto escluse perchè le aziende produttrici sono spesso poco disponibili a fare un investimento, seppur ridotto, per numeri così piccoli.

Il fatto di produrre sostanzialmente "on demand" quantomeno per alcune parti, ha ridotto ulteriormente il campo di azione a quelle aziende che sono raggiungibili in tempi brevi insieme alla necessità di frequenti incontri per aggiustamenti tecnici spesso definiti da problemi legati all'hardware o da test pratici.

## Forma e dimensioni

Sono in gran parte vincolate dal fatto che la macchina deve rientrare in precisi standard per poter essere posizionata a rack.

Il termine rack indica un sistema standard d'installazione di componenti hardware, costituito da una struttura contenitiva modulare (armadio) larga 19 pollici (482,6 mm) e alta 1,75 pollici (44,45 mm) per ogni unità ospitata. Le macchine hanno solitamente una misura in altezza che va da 1U (unità) fino a 7U, più comuni sono le misure tra 1U e 4U. La lunghezza è variabile, anche se solitamente maggiore di 600mm. Il numero di unità di un rack è anch'esso variabile; le dimensioni comuni sono da 12, 25 e 42 unità.

Solitamente, ove possibile, si cerca di non riempire completamente l'armadio, lasciando spazio tra un componente rack e l'altro in modo da permettere una migliore circolazione di aria e una più semplice gestione dei collegamenti, evitando confusione e sovrappollamento.

Ogni armadio rack possiede un dispositivo (solitamente meccanico) di chiusura, per impedire a terzi l'accesso. Ad esempio nelle webfarm, permette ai clienti di accedere solo ai propri server evitando che possano compromettere l'intera struttura di rete.

L'accesso è consentito sul fronte e sul retro. Questo consente di agire sui comandi fisici del server (anteriore) ed agire sui vari collegamenti (alimentatore rete, ecc.) attraverso la parte posteriore. Le apparecchiature poggiano su delle slitte in metallo, che possono scorrere per estrarre in maniera semplice ogni componente del rack.

La macchina dovrà quindi essere a forma di parallelepipedo, di larghezza data 482,6 mm, di altezza corrispondente ad un multiplo di 44,45 mm. La profondità della macchina è più libera, anche se non dovrà fuoriuscire da retro del rack, così come il frontale non dovrà impedire la chiusura di un'eventuale anta di chiusura.

## Il concept

### Brief e Obiettivi di progetto:

#### Immagine

L'azienda produce e vende questo tipo di apparecchiatura già da parecchi anni producendo internamente buona parte dell'hardware dedicato. Negli anni però, nonostante il processo di progettazione/produzione della macchina e in particolare del software rimanga simile, i componenti si cominciano a trovare in commercio e sono componenti del tutto analoghi ai componenti di un pc commerciale. Dato che la progettazione del software dedicato e l'accurata selezione e test dei componenti rimane il lavoro principale e che la macchina per tanto mantiene il suo valore nel mercato, nasce l'esigenza di differenziarla da un personal computer da rack generico per restituire il giusto valore percepito.

I prodotti Prisma sono presenti nei laboratori di test di moltissime grandi aziende a livello mondiale in cui transitano tecnici e potenziali clienti che devono immediatamente riconoscere la presenza dell'azienda

Al contempo la Prisma Engineering, crescendo, manifesta sempre più l'esigenza di differenziare i propri prodotti attraverso un'immagine riconoscibile che identifichi immediatamente le macchine, presenti nei laboratori di test di moltissime grandi aziende a livello mondiale in cui transitano tecnici di laboratorio e potenziali clienti, come prodotti "Prisma" e che al contempo ne espliciti l'alto valore e livello.

La necessità dell'azienda, che recentemente ha rivisto logo e immagine coordinata, è anche quello di uscire dall'artigianalità di macchine prodotte in laboratorio e di dare un aspetto "industriale" ai propri prodotti che fino ad ora sono stati sempre assemblati con case commerciali, di conseguenza indistinguibili ad un primo sguardo da qualsiasi altra macchina della concorrenza sia essa più o meno "casalinga". Essendo, come spiegato in precedenza, un mercato nel quale è difficile prevedere i volumi di vendita, che rimangono comunque

ridotti in termini di un'ottica industriale, la soluzione di un assemblaggio interno di parti customizzate su no chassis commerciale era fin qui sembrata l'unica soluzione percorribile.

Da alcuni anni però l'azienda sta percorrendo un cammino che sta portando all'individuazione di famiglie di prodotti con caratteri simili in modo da uniformarne le caratteristiche e da creare un "family feeling" almeno all'interno di gruppi di prodotti specifici.

Con una famiglia di prodotti già affermati si è optato per un restyling scegliendo un "nude look" ridotto all'osso sul quale si è scelto di utilizzare una grafica d'impatto e facilmente riconoscibile, riconducibile ai colori e al logotipo aziendale.

Per una seconda famiglia di prodotti, in vendita già da alcuni mesi/anni?, le cui vendite non sono ancora decollate ma sulla quale l'azienda punta molto, è stato invece deciso di sviluppare uno chassis dedicato, dal forte contenuto tecnologico e di design.

Nonostante la riprogettazione dell'eLSU abbia, come abbiamo visto, scopi prevalentemente commerciali, l'immagine non è l'unica cosa di cui si è tenuto conto durante il lavoro. Il redesign di un prodotto è una buona occasione per migliorarne anche molti altri aspetti ove possibile.

Di seguito vedremo alcune esigenze nate dalla volontà di migliorare il prodotto sotto diversi punti di vista oltre a quello dell'immagine, ed emerse dall'analisi del case utilizzato precedentemente.

### Riduzione dimensioni e peso

Una seconda conseguenza dell'evoluzione dei componenti interni è la riduzione in termini di numero di componenti (?) e di volume degli stessi. Essendo però lo chassis in uso, standard, la macchina risulta sovradimensionata e molto pesante rispetto alle reali necessità. Appare chiaro che lo chassis è

progettato per accogliere un numero maggiore di componenti rispetto a quelli in uso:

Lo chassis esistente inoltre, interamente in acciaio verniciato (esternamente) o zincato, risulta essere esageratamente pesante, al punto che risulta difficile per una persona sola sollevarlo, anche vuoto. Internamente appare molto complesso, con molte parti che risultano inutili per l'uso che se ne deve fare.

### Riduzione rumore

Come abbiamo visto, nel case è stata evidenziata la presenza 6 ventole (inclusa quella dell'alimentatore). Essendo queste indipendenti l'una dall'altra risulta impossibile regolarne la velocità a seconda della necessità, di conseguenza vanno sempre al massimo dei giri. Avendo una sezione ridotta inoltre, e girando a velocità elevata, sono tutte molto rumorose. Considerando che all'interno di un laboratorio possono esserci decine o centinaia di macchine, e che la macchina può anche essere utilizzata da tavolo sulla scrivania dell'operatore, la riduzione della rumorosità è un requisito preferibile.

### Riduzione dell'accesso frontale alle funzioni base

Come già accennato in precedenza, i prodotti Prisma Engineering, vengono forniti insieme ad un servizio di assistenza tecnica della durata della vita del prodotto. Per qualsiasi problema tecnico pertanto la procedura per mantenere la garanzia del prodotto consiste nel contattare l'azienda la quale si occuperà direttamente di individuare il problema e di risolverlo.

Alla macchina possono essere collegati mouse, tastiera (tramite porte PSP o USB) e monitor, oltre alle prese ethernet, ma una volta fatti i collegamenti necessari non è più necessario modificarli a parte in casi eccezionali. Per questo motivo è preferibile non rendere immediato l'accesso all'interno della macchina e rendere l'interazione in ogni caso limitatata alla necessità.



Una volta montata a rack la macchina in pratica non deve più essere toccata se non per la manutenzione ordinaria.

## Analisi sistemi di raffreddamento esistenti

Di seguito analizziamo i diversi sistemi di raffreddamento utilizzabili per raffreddare correttamente una CPU dai più comuni fino ad arrivare ai metodi utilizzati solo in situazioni estreme e sperimentali.

### Ventole:

Si possono trovare in commercio ventole con diversi gradi di rumorosità che, a parità di dimensioni, sono in grado di spostare più aria nell'unità di tempo delle ventole economiche, parametro misurato in volume di piedi al minuto.

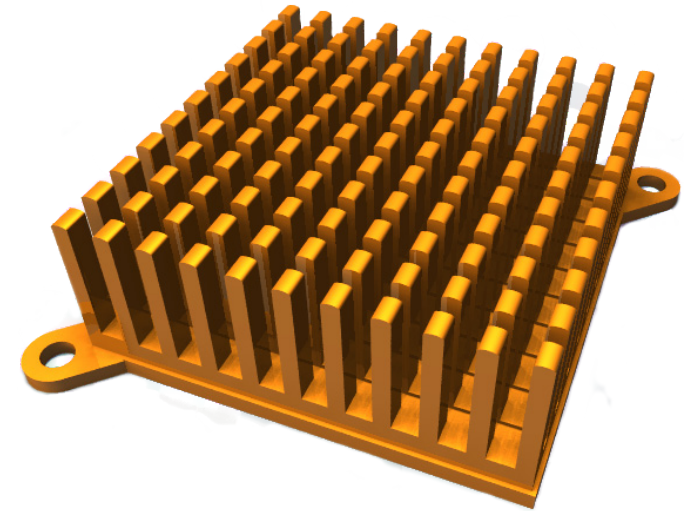
Una nota riguardo alla pulizia risulta doverosa: un computer o un qualsiasi apparato elettronico che abbia la necessità di un raffreddamento attivo (l'utilizzo di ventole) necessiterà di una accurata pulizia. La polvere aspirata all'interno dei case e depositata in modo spesso del tutto casuale, può arrivare a livelli di accumulo tali da comportarsi come una "copertina", riducendo talvolta, anche pesantemente, l'efficacia del sistema di raffreddamento. Infine c'è da dire che nei case di qualità superiore alla media, per scongiurare l'accumulo eccessivo di polvere all'interno del sistema, vengono disposti dei filtri prima delle ventole il cui flusso è orientato verso l'interno del sistema: una mancata pulizia di tali strumenti, a lungo termine non potrà che portare alla disfunzione, se non al blocco totale delle ventole di sistema, basti pensare che aziende elettroniche che adottano le normative ISO 9001 per garantirsi la qualità del proprio prodotto, gestiscono la regolare taratura degli strumenti utilizzati sulle linee di produzione a cadenza trimestrale, comprendente nella revisione, la pulizia dei filtri antipolvere.

## Dissipatori passivi

Sono costituiti da lamelle in rame o alluminio; il primo viene impiegato nei casi dove occorra la massima efficienza nel trasferimento termico, accettandone il maggior costo e il maggior peso specifico, l'alluminio viene scelto per condizioni operative meno impegnative. Le lamelle sono molto ravvicinate e tenute insieme da una struttura portante, anch'essa in rame e/o alluminio. Possono essere realizzate con procedimenti diversi: pressofusione dell'alluminio, ribattitura o saldatura delle stesse ad un blocco portante, o ricavate per fresatura dal pieno (il più costoso). Il calore viene dissipato grazie alla conduttività termica del metallo utilizzato ed alle correnti convettive che si generano, per effetto della differenza di temperatura, nell'aria intorno al dissipatore. Per questo è molto importante che il dissipatore venga posizionato nel verso giusto: ovvero bisogna fare in modo l'aria abbia la possibilità di scorrere in verticale lungo le superfici del dissipatore, perciò le alette del dissipatore devono essere orientate in verticale e mai in orizzontale.

Un'altra parte di calore viene ceduta all'ambiente circostante attraverso il fenomeno dell'irradiazione. Qualsiasi corpo che si trovi a temperatura superiore a zero kelvin emette energia sotto forma di radiazione elettromagnetica, riducendo di conseguenza la sua temperatura. In condizioni di equilibrio ciascun corpo emette la stessa quantità di energia che riceve dagli oggetti circostanti (fra cui sono comprese, ad esempio, le pareti della stanza in cui questo si trova). Nel caso del dissipatore, per il fatto che questo si trova a temperatura superiore rispetto agli oggetti circostanti l'energia emessa è maggiore di quella ricevuta. Il contributo dell'irradiazione alla dissipazione è predominante alle basse temperature e si può dire che sia praticamente l'unico mezzo di dissipazione di calore per i componenti elettronici comuni. Per i dissipatori in genere ha luogo un mix di scambio convettivo e irradiazione che viene raggruppato sotto la definizione di adduzione, a cui si riferiscono i coefficienti che solitamente si trovano in giro.

Questo sistema di raffreddamento, a parità di prestazioni è più ingombrante di



Dissipatore lamellare

un analogo sistema a ventilazione forzata, però ha il pregio di essere completamente silenzioso.

Spesso, in particolare quasi sempre sui processori, il dissipatore viene accoppiato a una ventola che forza l'aria tra le lamelle. Questo metodo prende il nome di dissipazione attiva.

Per migliorare la dissipazione termica della CPU si può agire su due aspetti specifici:

1. Utilizzo di pasta termoconduttiva (o gel termico)
2. Miglioramento della superficie dissipante (questa procedura è detta lapping o lappatura)

La pasta termoconduttiva è un composto elettricamente non conduttivo a base minerale, ha la consistenza di un gel in grado di aumentare la coesione termica tra due superfici secondo quanto enunciato nel primo principio della termodinamica. La pasta (o gel) viene spalmata tra il processore e il dissipatore che vi è sovrapposto, viene usata universalmente.

Esistono in commercio, inoltre, dissipatori con coefficiente di dissipazione molto elevato, adatti a temperature di esercizio molto elevate e prolungate.

E' possibile inoltre migliorare la dissipazione, eseguendo l'operazione di lapping, che consiste nel rendere più piana e liscia la superficie del dissipatore per aumentarne il coefficiente di dissipazione. Questo si ottiene artigianalmente tramite carta vetrata molto fine o con paste abrasive varie. I più esperti riescono a guadagnare alcuni gradi grazie al lapping.

### Metodi alternativi

Ci sono situazioni in cui l'energia termica da dissipare è troppo elevata per garantirne la dispersione con i metodi convenzionali.

Per questi casi sono stati progettati negli ultimi anni metodi alternativi di raffreddamento:

## A ghiaccio secco

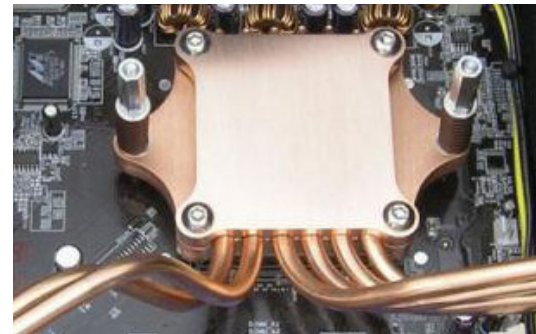
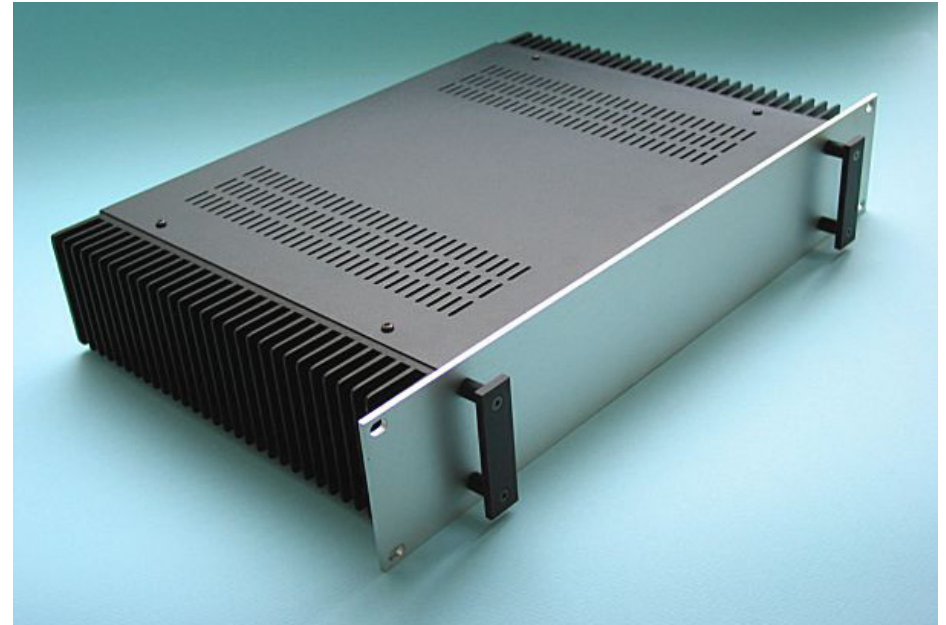
Possiamo sottolineare come per motivi "logistici" (la difficoltà a gestire alcuni sistemi di raffreddamento, che pongono problemi di coibentazione e, nel caso del ghiaccio secco e dell'azoto liquido, di dover controllare costantemente il livello del ghiaccio o dell'azoto nel tolotto), alcuni sistemi di raffreddamento non sono attualmente utilizzabili per un uso quotidiano (in "daily"), ma solo per "bench", ovvero per raggiungere determinati record in termini di frequenza o di punteggio utilizzando appositi benchmark (quindi si tratta in questo caso di un utilizzo solo di alcuni minuti o ore). Possiamo dunque dire che mentre l'azoto liquido ed il ghiaccio secco sono utilizzabili soltanto per bench, il liquido "semplice" e il liquido con celle di peltier sono utilizzabili anche in daily. Il raffreddamento a "phase change", benché considerato per la maggior parte un tipico raffreddamento per bench, da alcuni appassionati è utilizzato anche per il daily.

## Raffreddamento a liquido

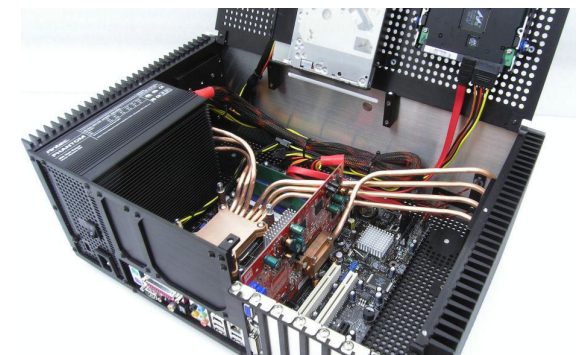
Per raffreddare una CPU a liquido viene disposto sulla CPU un supporto all'interno del quale passa dell'acqua (analogamente a quanto avviene delle automobili con il radiatore). L'acqua viene quindi spostata con una pompa attraverso un circuito idrico fino all'esterno del case dove viene poi raffreddata tipicamente in modo attivo mediante l'uso di un radiatore ed una ventola; in alcuni casi l'acqua viene fatta transitare attraverso grandi dissipatori in alluminio alti alcune decine di centimetri che, data la loro grande superficie dissipante e le buone caratteristiche termiche nell'alluminio, non necessitano di alcuna ventola e rimangono quindi totalmente silenziosi.

## Raffreddamento mediante Celle di Peltier e liquido

Consiste nell'accostare alla CPU, mediante pasta termica, una cella e quindi disporre il supporto di raffreddamento descritto nell'esempio precedente



Case dissipante:  
vista generale  
e dettagli interni



sopra la cella stessa. In questo modo si forza elettricamente lo spostamento dell'energia termica e si utilizza il circuito di raffreddamento per spostare all'esterno l'energia così raccolta. Il problema di questa soluzione è che può accadere che la parte esterna del processore si trovi a temperature molto basse tanto da causare la formazione di condensa in quantità tali da causare il blocco/danneggiamento funzionale dell'intero sistema.

### Raffreddamento a phase change

Questo sistema utilizza per la dissipazione un meccanismo simile a quello di un frigorifero, sfruttando l'assorbimento o il rilascio di energia delle sostanze al loro cambiamento di stato. Le parti più importanti per l'efficienza di un phase change sono il compressore (i più usati sono da 1/4 hp o da 1/2 hp, ma si utilizzano anche compressori da 1 hp o addirittura più di un compressore nei modelli più potenti a "multistadio"), il tipo di gas refrigerante utilizzato e l'evaporatore. Con un buon phase change si può raggiungere o superare (nel caso dei multistadio) il raffreddamento con ghiaccio secco. Lo svantaggio di questo sistema è che può consumare molta energia elettrica e può costare anche più di 1.000 euro.

### Raffreddamento ad immersione

Il metodo ad immersione richiede di immergere il processore con tutta la motherboard in una sostanza liquida, non conduttiva, a base minerale e tipicamente trasparente. In questo modo oltre a sfruttare la superficie di contatto del processore predisposta dal costruttore, si riesce ad indirizzare lo scambio termico anche sulla motherboard, il retro del processore, le memorie etc.

La soluzione comporta però alcuni inconvenienti:

Il tutto risulta ingestibile nel caso la configurazione dell'hardware vada spesso modificata.

Tutto ciò che di mobile si trovava nel case (interruttori, connettori, CD-ROM,

hard disk, etc) va spostato al di fuori del recipiente che conterrà solamente il liquido refrigerante e la motherboard.

Le ventole non sono concepite per spostare un liquido ma l'aria: risulta difficile, quindi, escogitare un sistema per far muovere il liquido nel recipiente e rendere così omogenea la temperatura in ogni parte del sistema.

A volte le potenze in gioco rendono comunque necessario raffreddare il fluido esternamente mediante un radiatore ed una ventola.

Dunque una soluzione di difficile approccio, ma che attualmente garantisce i risultati migliori.

### Raffreddamento ad azoto liquido

Consiste nel raffreddare la cpu con l'azoto che ha una temperatura di  $-180^{\circ}\text{C}$ . Per fare questo si mette il liquido all'interno di un recipiente in rame detto tolotto posizionato come un dissipatore, sopra la CPU. I rischi di tale tipo di raffreddamento sono elevati.

### Conclusione: tipo di raffreddamento selezionato:

Le temperature di esercizio del case non essendo particolarmente elevate, è possibile escludere tutti i metodi a liquido o con utilizzo di sostanze chimiche, costosi e sovradimensionati per il tipo di raffreddamento di cui si necessita, rimane valido l'utilizzo di ventole e la dissipazione termica mediante dissipatori interni o anche mediante un case interamente dissipante.

Il case dissipante viene scartato perchè oltre alla difficoltà di ottimizzare la trasmissione del calore direttamente alle pareti del case, influirebbe troppo sull'estetica della macchina (vd. Immagine) che si è scelto di mantenere semplice e quanto più pulita possibile. Il costo inoltre, risulta estremamente elevato per il tipo di materiali usati (rame, alluminio) e per la lunghezza delle lavorazioni richieste, fresatura dal pieno di volumi rilevanti e successiva lap-

patura.

## Layout e architettura interna

Avendo scelto di far fluire l'aria di raffreddamento in direzione longitudinale (vd cap. Scelta del sistema di raffreddamento, da finire), ho quindi iniziato a ragionare sulla disposizione interna dell'hardware, tenendo conto di alcuni criteri vincolanti, e cercando di fare attraversare i componenti che producono più calore (processori, alimentatore e hard-disk) dall'aria fresca il maniera il più possibile diretta evitando quindi ove possibile di far arrivare sui processori aria già riscaldata dagli hard disk, etc.

## Progettazione e ottimizzazione flussi di aria per raffreddamento

## Tecnologie di produzione adatte a piccole serie

Metalli:

Fresatura alluminio CNC

Lavorazioni base della lamiera:

Tranciatura/punzonatura

Piegatura

Saldatura

Polimeri:

Fresatura

Stampi per preserie

Termoformatura

## Definizione range possibili tecnologie utilizzabili

I volumi di produzione come già accennato in precedenza sono molti ridotti, inizialmente sono stati previsti 10-20 pezzi annui, con la possibilità di arrivare al massimo intorno al centinaio di pezzi nella migliore delle ipotesi. Le tecnologie utilizzabili sono quelle legate alle piccole serie, alla produzione artigianale, e alla produzione di prototipi.

La scelta delle tecnologia è stata legata inoltre a problemi di ordine pratico di gestione dei fornitori durante le fasi di progetto. Trovare fornitori disponibili a fare diversi prototipi e prove, considerando gli esigui volumi di produzione non è stato facile e ha limitato ulteriormente le possibilità in termini di tecnologie produttive.

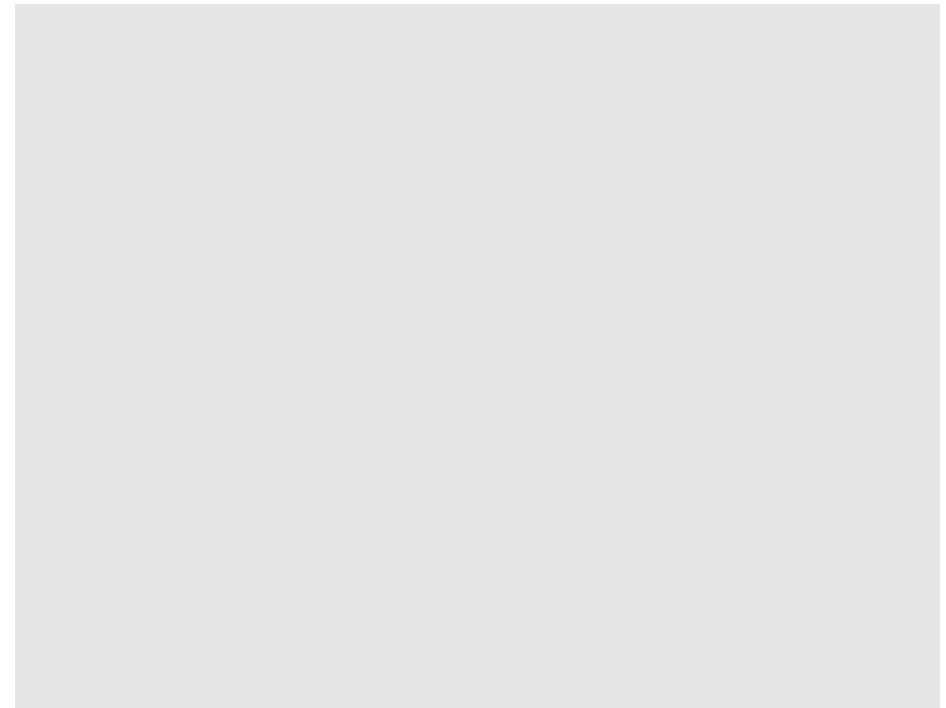
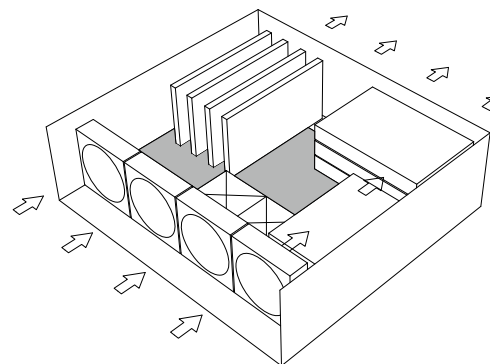
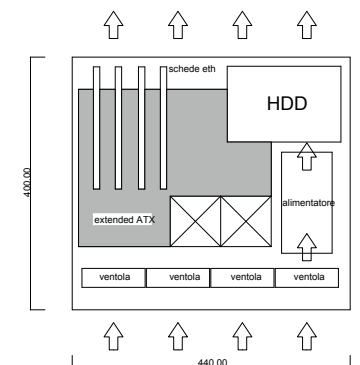


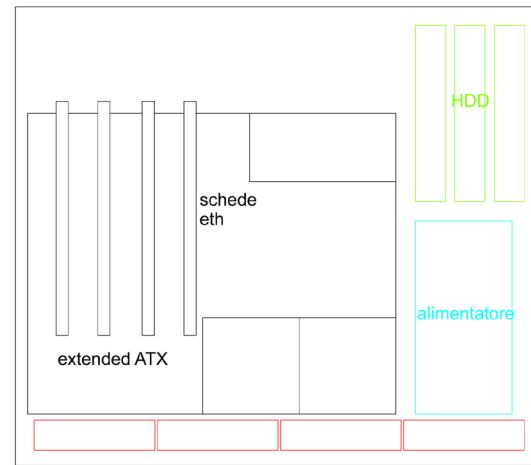
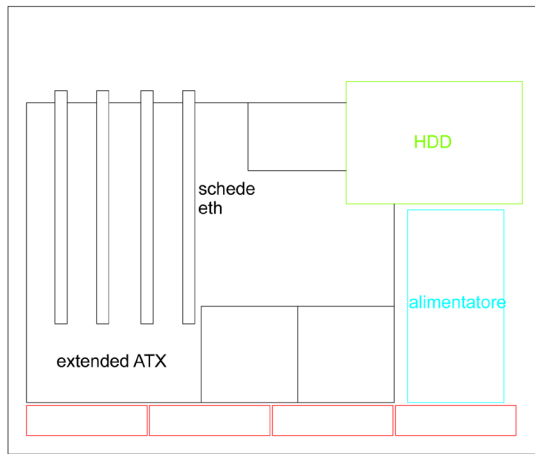
Tabella PRO e CONTRO sistemi di raffreddamento



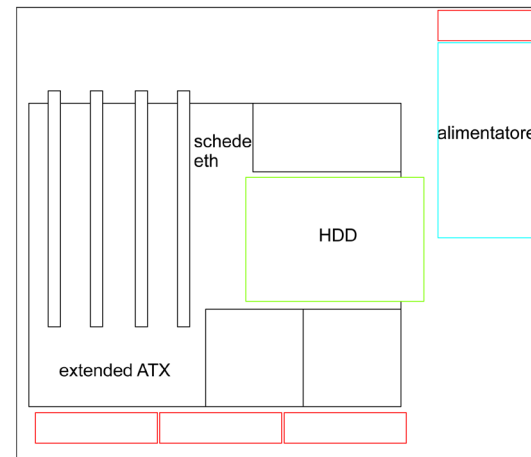
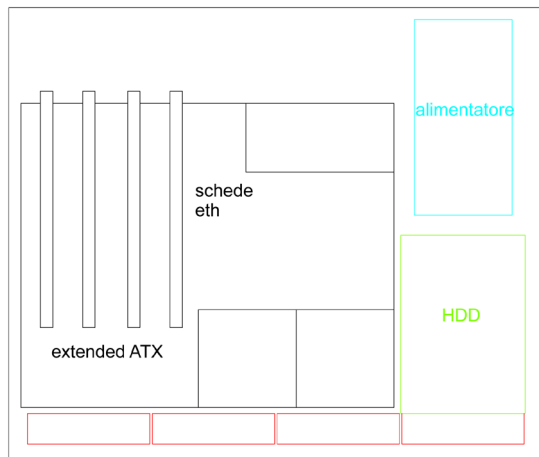
Soluzione layout interno







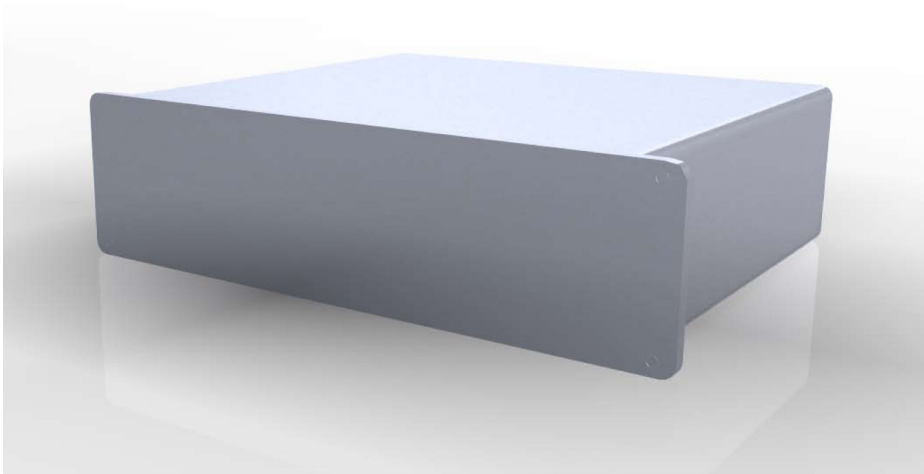
Layout interno: studi



## Primi concept con aspirazione frontale

Sono stati esplorati diversi concept sul tema dell'aspirazione frontale di cui riposto alcuni esempi di seguito, l'aspirazione perimetrale è stata scelta perchè oltre ad essere preferita per ragioni estetiche di pulizia del disegno, permette inoltre di sviluppare un sistema di manutenzione del filtro senza necessità di smontare la macchina dal rack, ma rimuovendone soltanto la parte centrale del frontale.





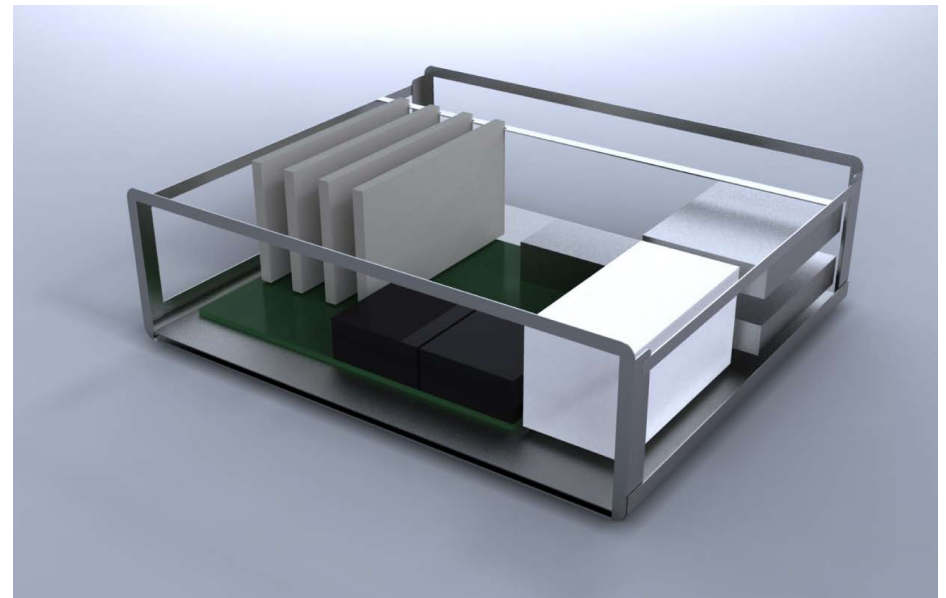
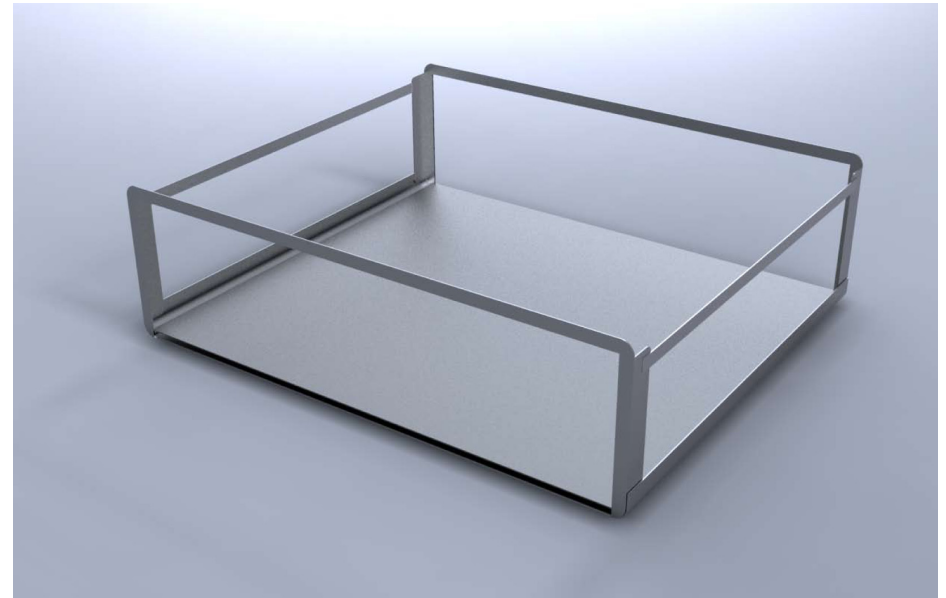
Alcune proposte di aspirazione frontale

## Concept struttura

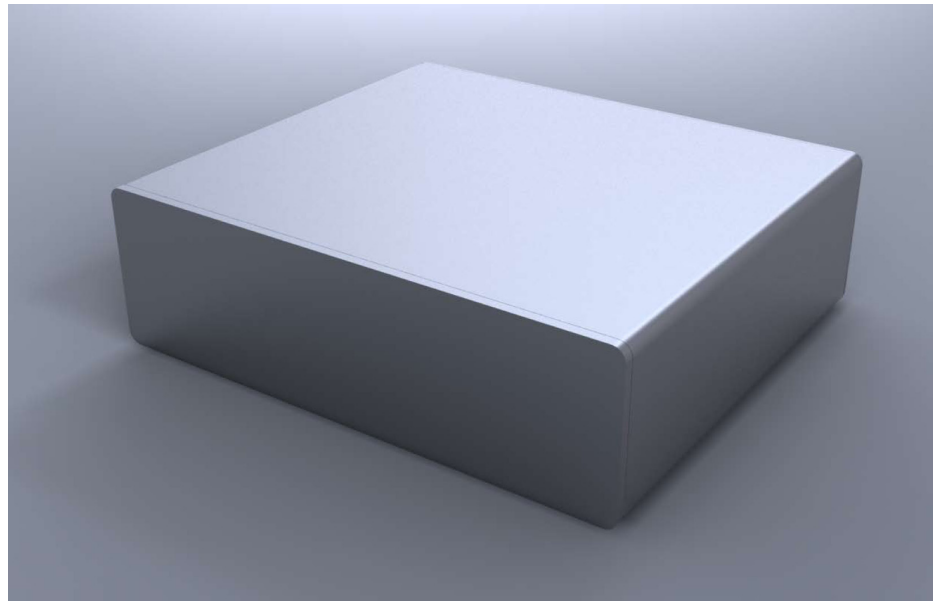
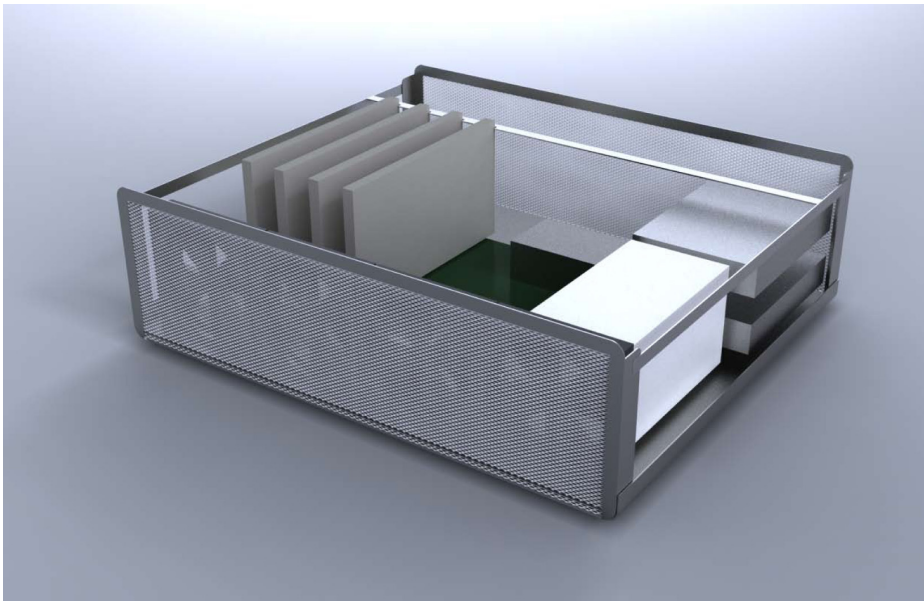
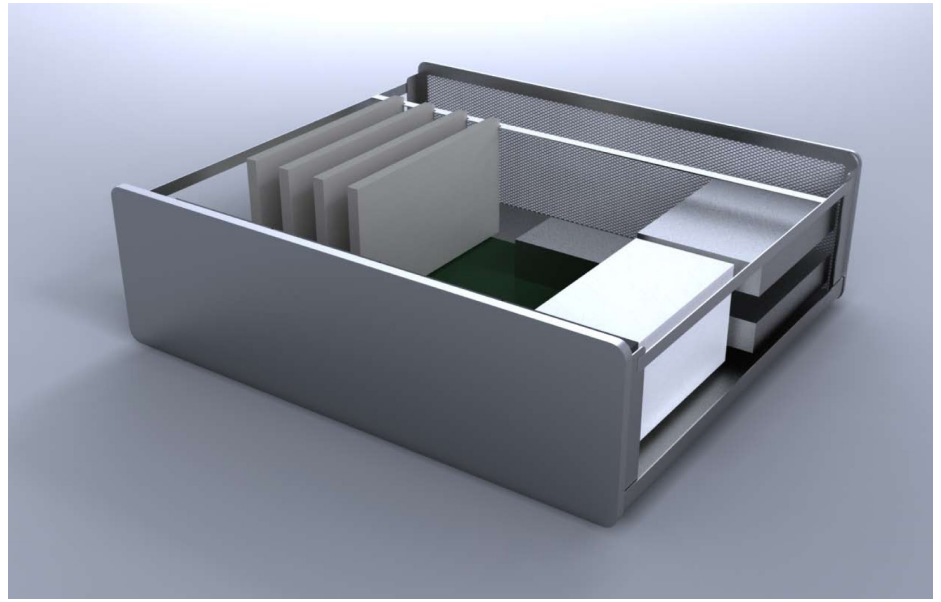
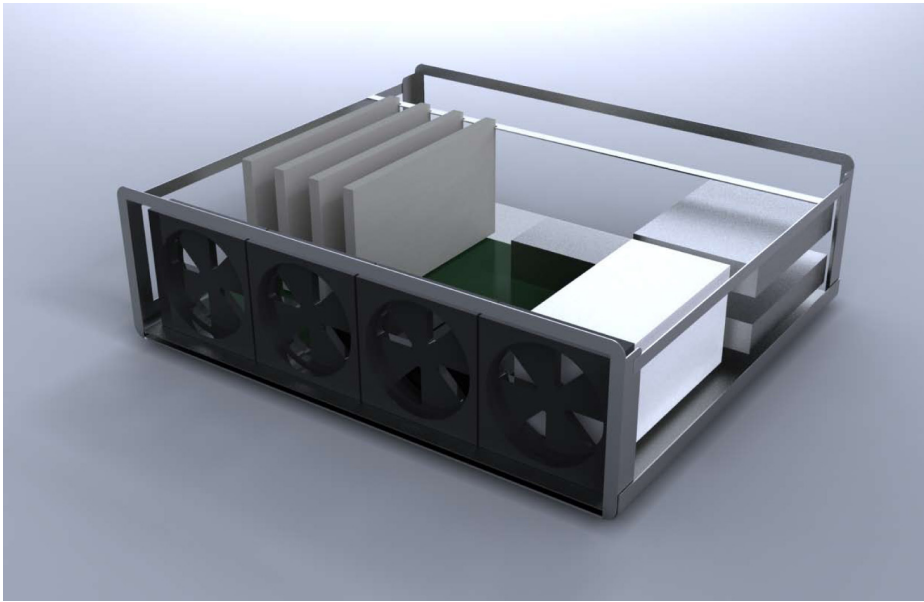
Avendo deciso di optare per l'aspirazione longitudinale, c'è da scegliere in che direzione far fluire l'aria. Considerando ottimizzare la velocità dell'aria (che è bene mantenere maggiore all'interno della macchina) le ventole vanno posizionate in prossimità dell'ingresso dell'aria. Com'è noto la pressione positiva all'interno della macchina raffredda in maniera migliore rispetto ad una pressione negativa, di conseguenza è preferibile aspirare l'aria all'interno piuttosto che spingerla all'esterno.

In un ambiente non controllato, insieme all'aria entra la polvere che alla lunga compromette il funzionamento della macchina. Nei pc generalmente si lascia che la polvere entri, ricorrendo alla pulizia nel momento in cui diventa necessario. In una macchina di questo tipo però, che rimane accesa costantemente, anche per mesi di fila, e che creerebbe un danno non indifferente se non dovesse funzionare correttamente, un approccio del genere non è accettabile. E' quindi necessario utilizzare un filtro che protegga i componenti interni dalla polvere. Il filtro necessita comunque di manutenzione, per macchine di questo tipo può essere necessario pulirlo ogni 2/3 mesi, o anche più frequentemente. Diventa quindi necessario facilitare l'accesso al filtro senza dover per forza staccare la macchina dal rack. Abbiamo scelto di portare le operazioni frequenti sul fronte dell'apparecchio, e di lasciare quelle sporadiche sul retro, di più difficile accesso.

Si è scelto quindi di utilizzare un'aspirazione frontale, e, dopo alcune riflessioni alternative, di utilizzare un frontale asportabile per permettere l'accesso al filtro e la relativa manutenzione. La soluzione scelta è l'aspirazione perimetrale, con il frontale centrale amovibile. Questa soluzione è stata preferita anche per la pulizia formale che rende possibile.



Struttura e layout interno



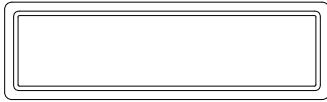
Concept definitivo da sviluppare:

Vista frontale  
concept selezionato

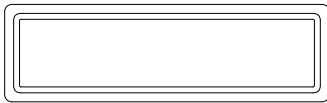


## Frontale

6 mm= 60 cm<sup>2</sup> ca.



8 mm= 80 cm<sup>2</sup> ca.

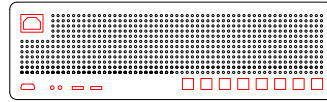


10 mm= 100 cm<sup>2</sup> ca.

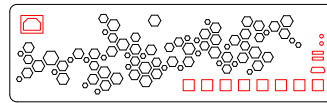


## Retro

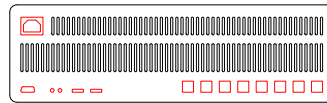
60 cm<sup>2</sup> ca.



90 cm<sup>2</sup> ca.



100 cm<sup>2</sup> ca.

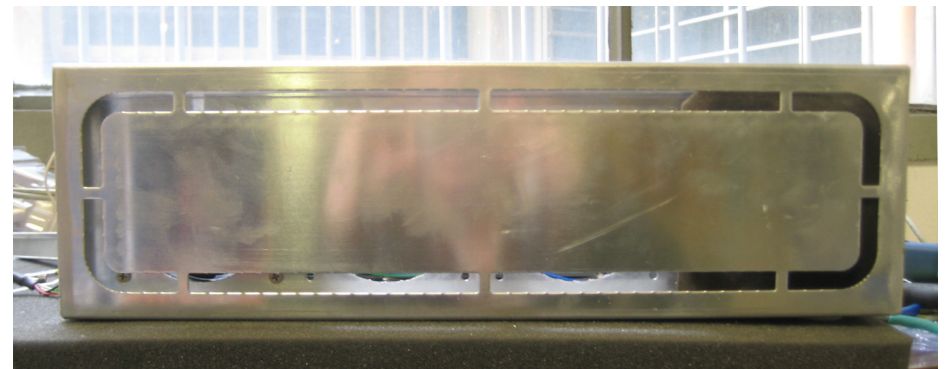
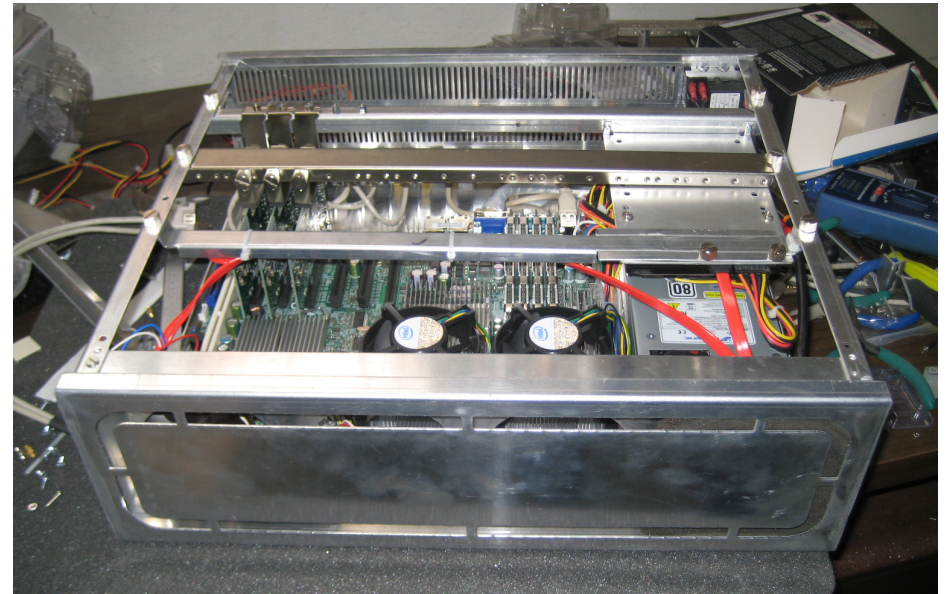


## Primo mock up di test

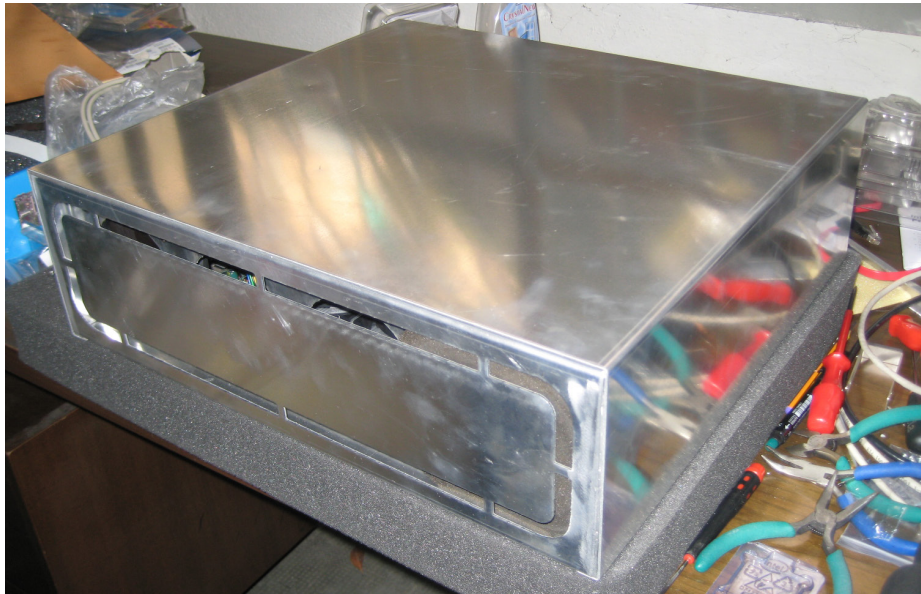
Un primo modello di studio è stato immediatamente montato per testare lo chassis, il posizionamento degli elementi, e in particolare la circolazione dell'aria.

E' stato assemblato a mano, prodotto interamente in lamiera d'acciaio da 6/10. Il frontale, saldato allo chassis, è stato punzonato con un punzone standard lasciando dei punti di collegamento tra la parte centrale e la "cornice" per simulare il flusso d'aria in termini di quantità e disposizione.

Per capire se, in condizione estreme la macchina era sufficientemente raffreddata con il tipo di presa d'aria frontale perimetrale scelto, il test è stato eseguito lasciando la macchina in funzione per un mese estivo (agosto) in un ambiente non raffrescato, lavorando a regime con picchi di intensità massima.







## Conclusioni Test

Il test ha verificato che il passaggio e la velocità dell'aria, utilizzando le ventole ad un velocità media è stato sufficiente per tutto il periodo e non sono stati riscontrati spegnimenti dovuti al surriscaldamento o malfunzionamenti di sorta.

Alla velocità minima invece, pur non arrivando a condizioni di allarme, il tecnico di laboratorio ha evidenziato un leggero surriscaldamento. Questo ha quindi evidenziato che una sezione minore poteva risultare insufficiente in condizioni estreme, e pertanto si è deciso di procedere con la sezione definita in prima battuta, per permettere, in condizioni migliori, un utilizzo delle ventole a velocità minima alla scopo di ridurre il rumore prodotto.

E' stato riscontrato inoltre il (prevedibile) peso eccessivo della macchina, peso che andrà quindi ridotto, sfruttando l'utilizzo di materiali alternatici e/o riducendo spessori e superfici.

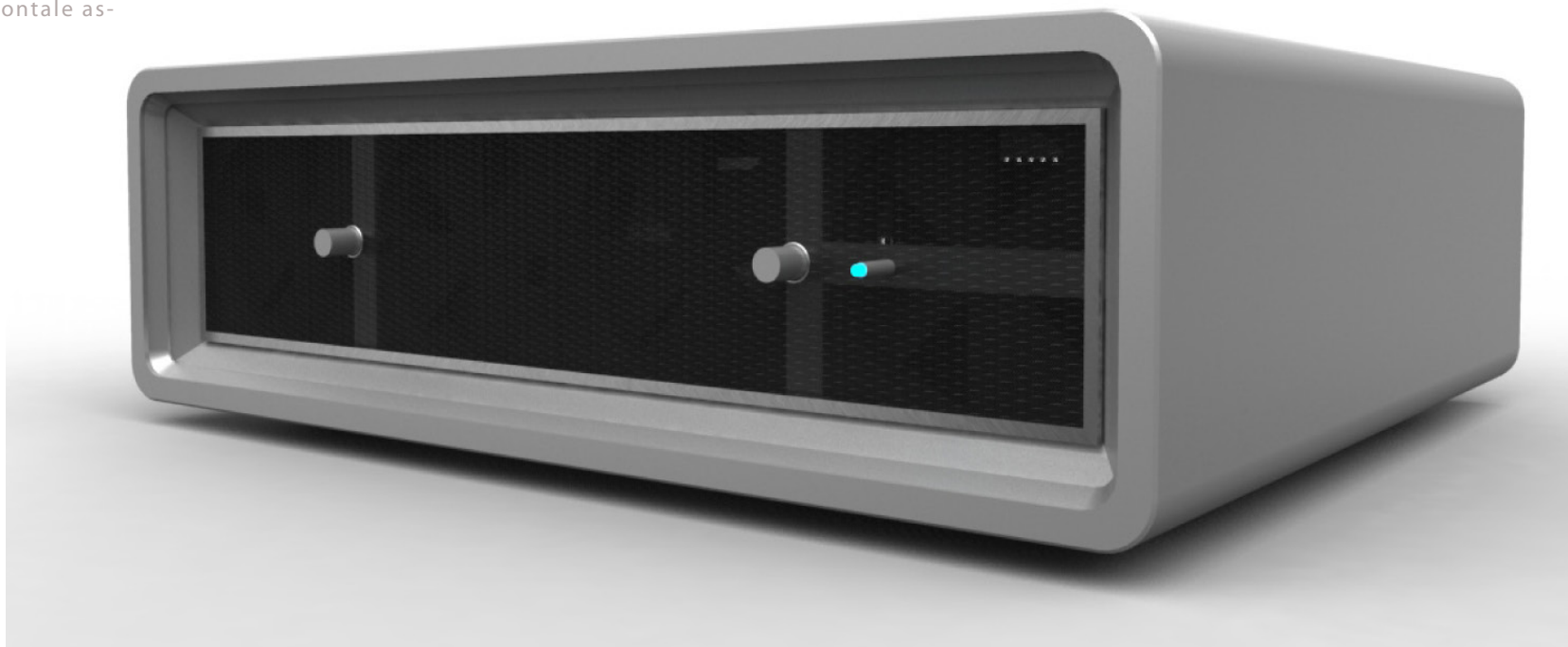
Foto primo mock up per test temperatura

## Il progetto

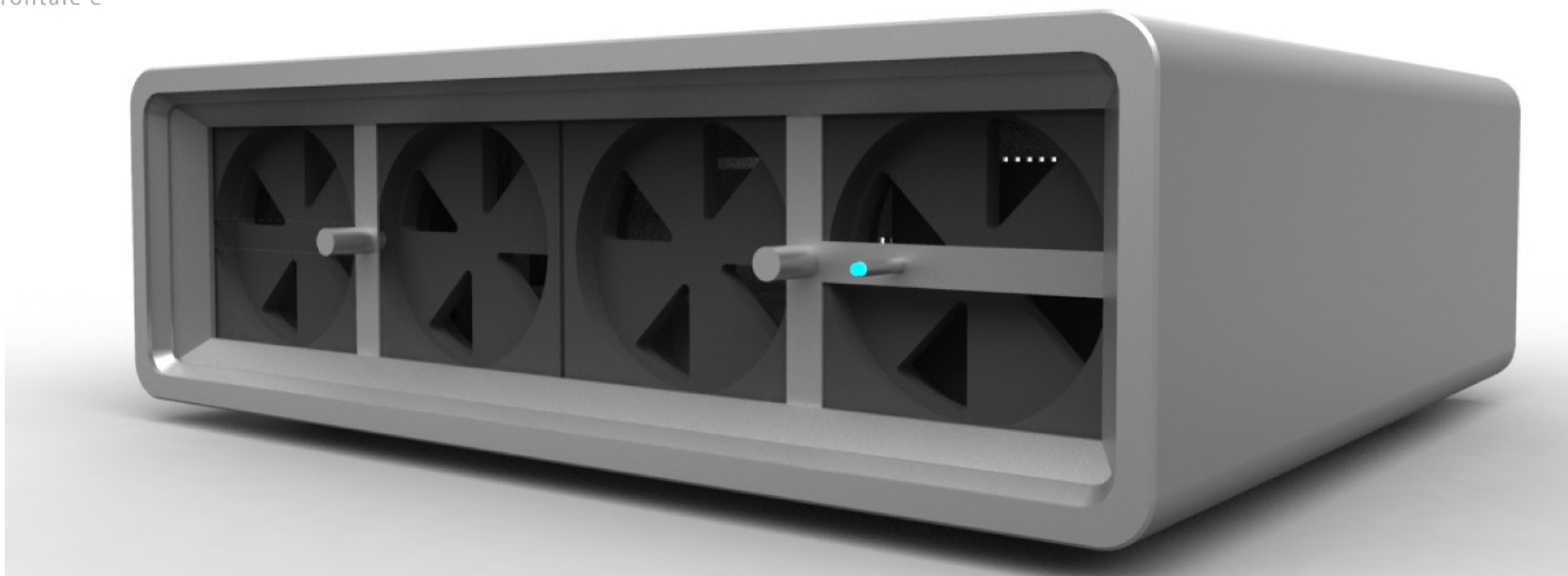


Vista frontale concept finale

Vista frontale con frontale asportato: vista filtro



Vista frontale con frontale e filtro asportati



## Materiali e tecnologie

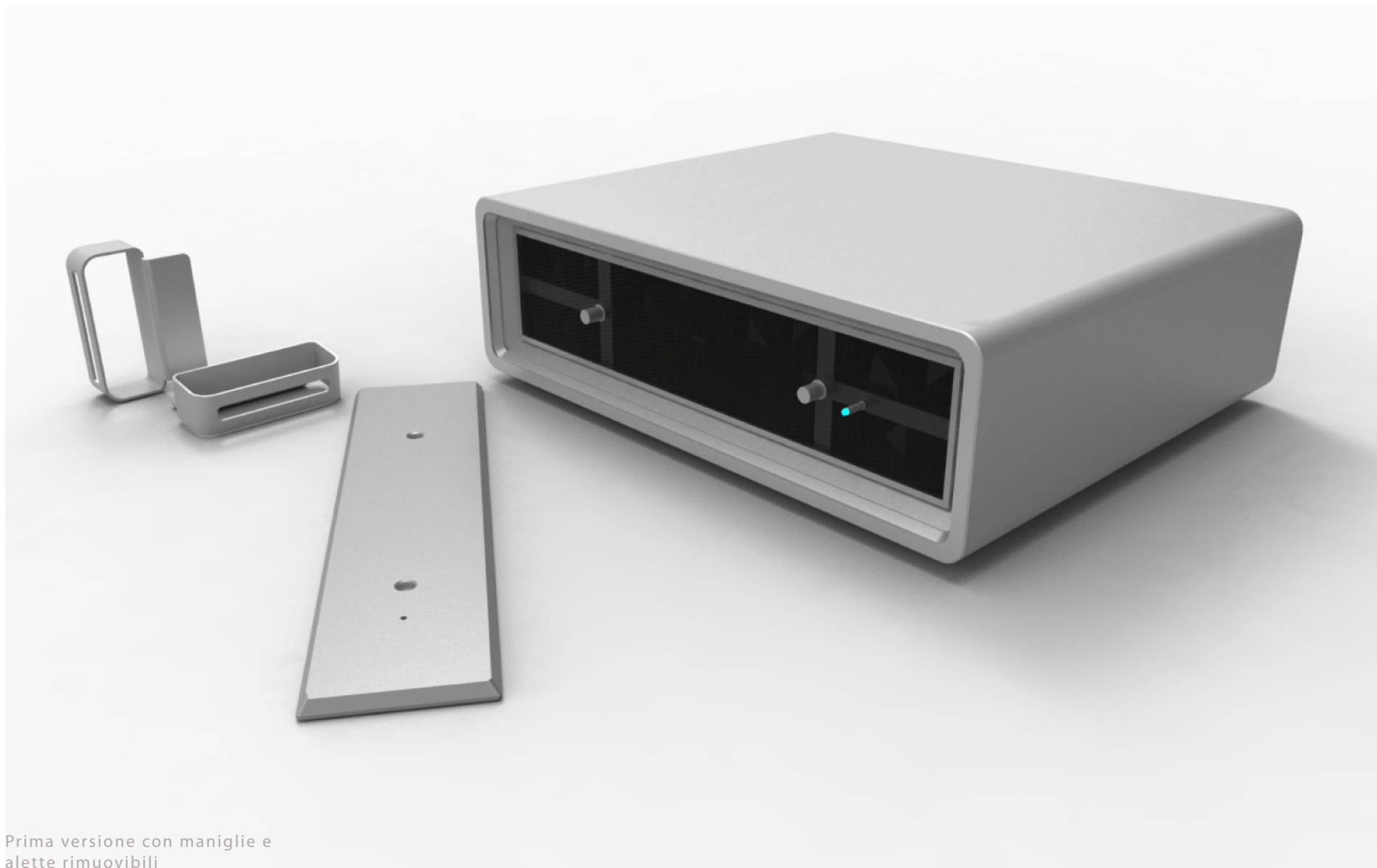
Si è scelto di utilizzare la tecnologia di taglio e punzonatura, piegatura e saldatura della lamiera per la struttura dello chassis. Ove possibile per questioni di peso è stata preferita la lamiera di alluminio, in particolare per quanto riguarda la copertura, e quelle parti che richiedevano uno spessore importante.

Per le parti strutturali come lo scheletro invece ho preferito utilizzare l'acciaio per avere una maggiore resistenza.

Per il frontale invece si è scelto di utilizzare l'alluminio fresato dal pieno, per la resa estetica, per la possibilità di fissare l'intero frontale dal retro, e per le tolleranze ristrette che permettono il centraggio e la messa a registro delle varie parti mobili con più precisione.

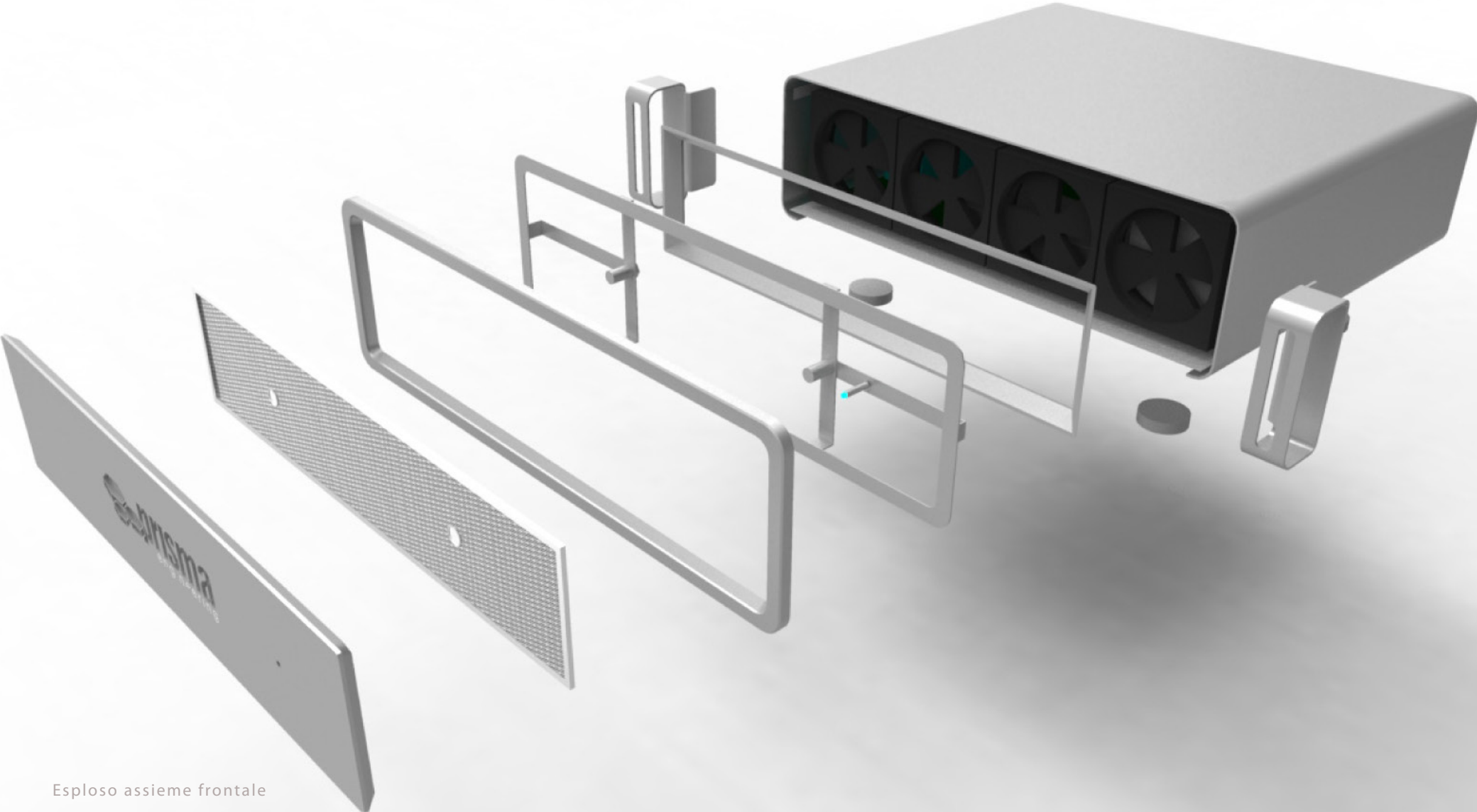


Cornice anteriore con frontale asportabile per accesso/  
manutenzione filtro



Prima versione con maniglie e  
alette rimuovibili

Definizione architettura di prodotto e layout



Esploso assieme frontale





Vita di insieme montato a rack



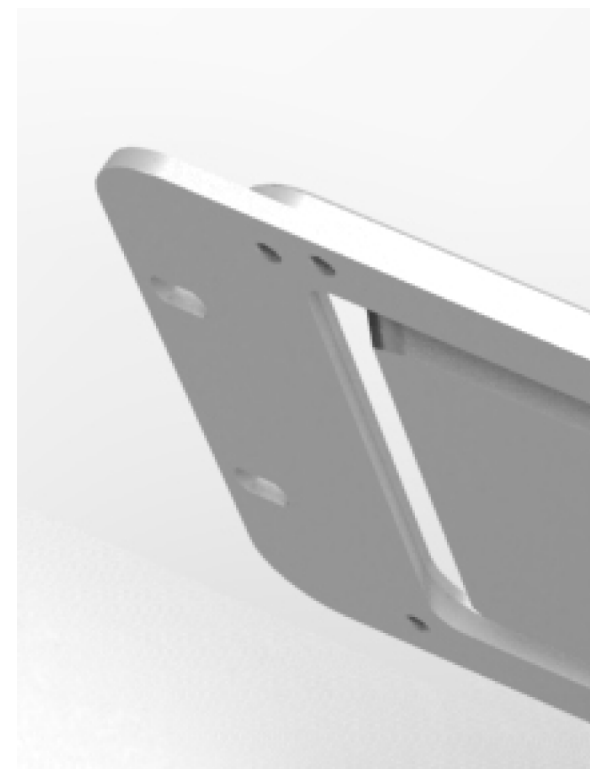
## Nuovo frontale con alette di fissaggio

Proposta A



Fronte e retro proposta frontale A

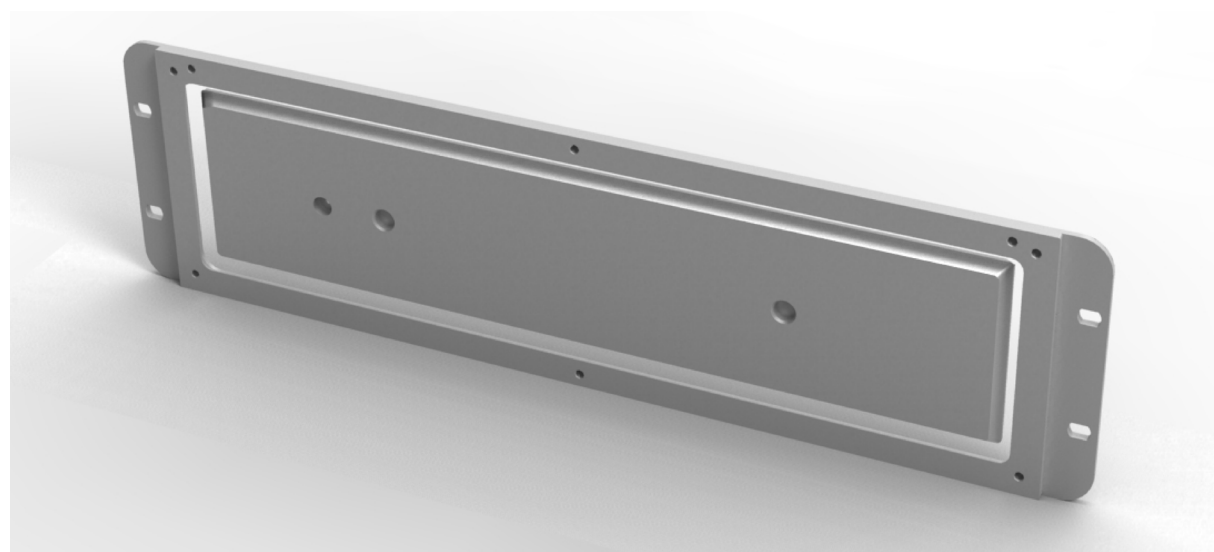
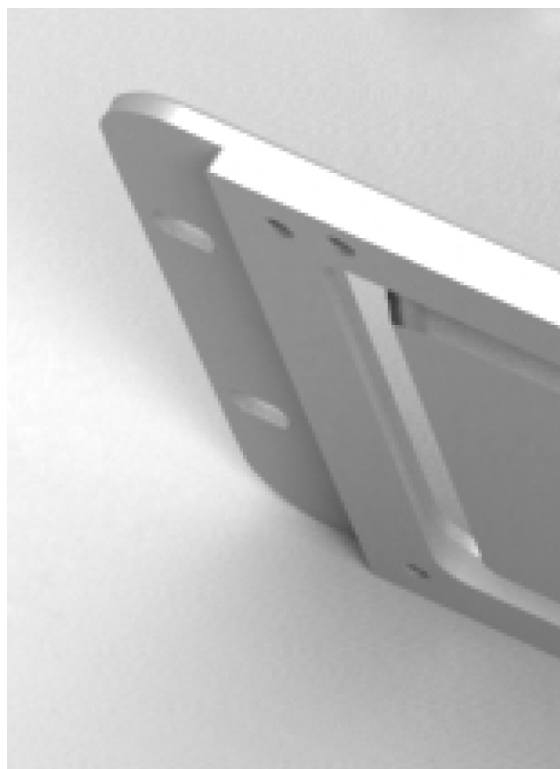
Dettaglio proposta frontale A



Proposta B

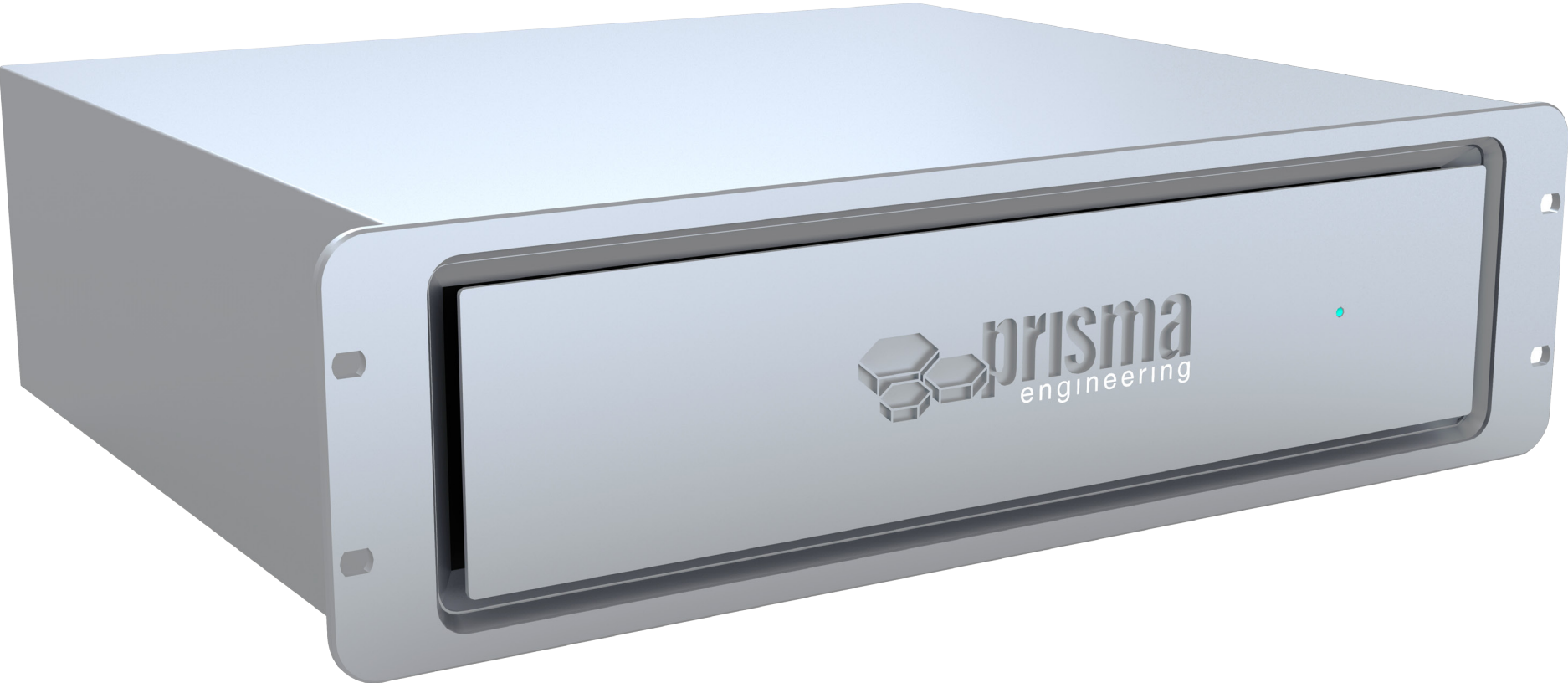


Dettaglio proposta frontale B

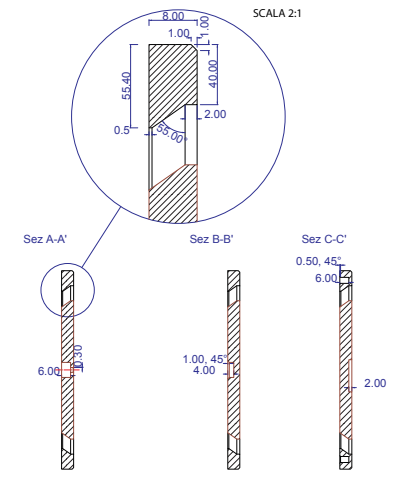
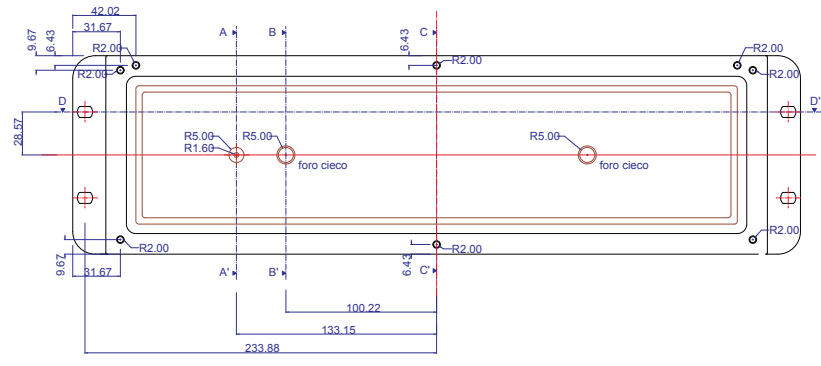
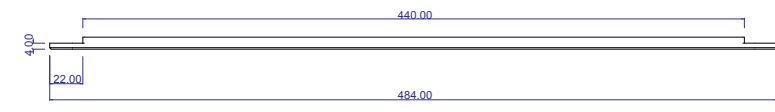
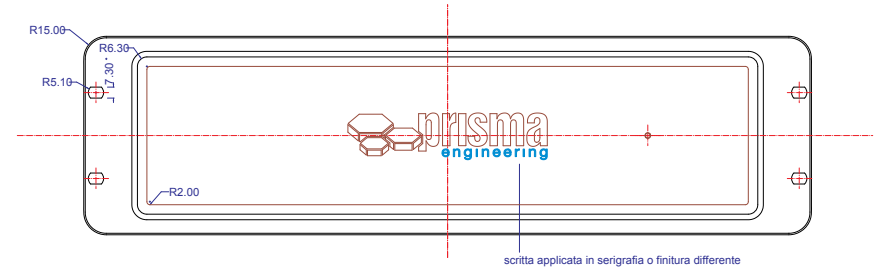
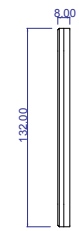
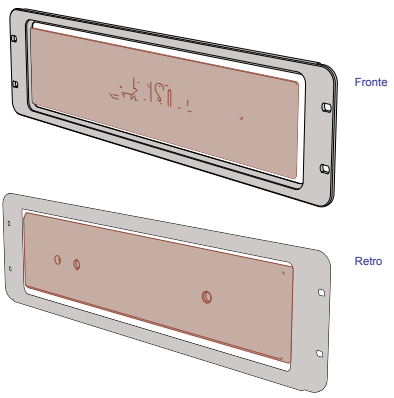
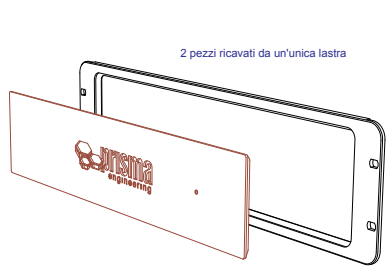


Fronte e retro proposta frontale B

Prodotto finale

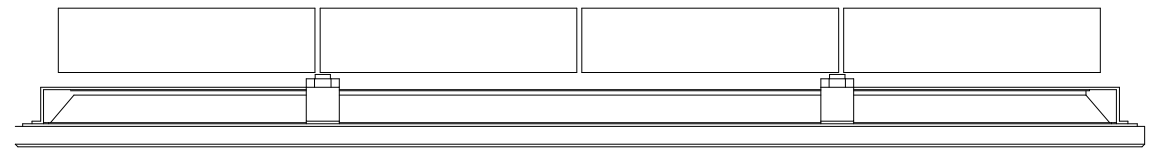
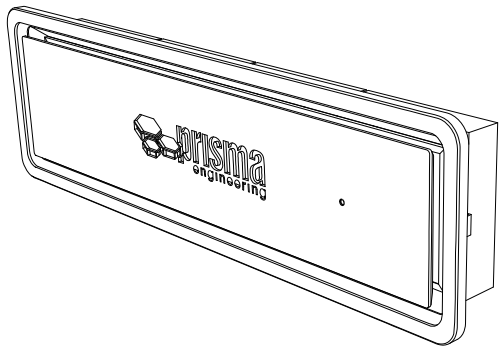
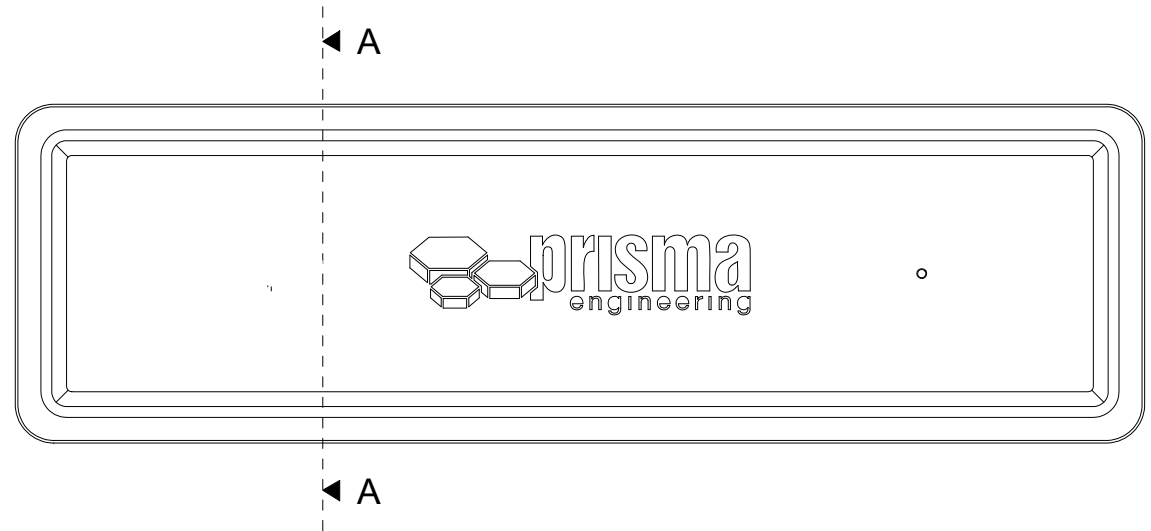
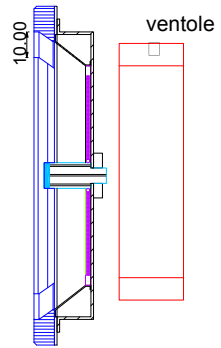
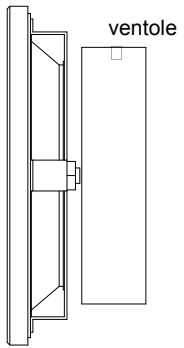


Vista frontale progetto finale



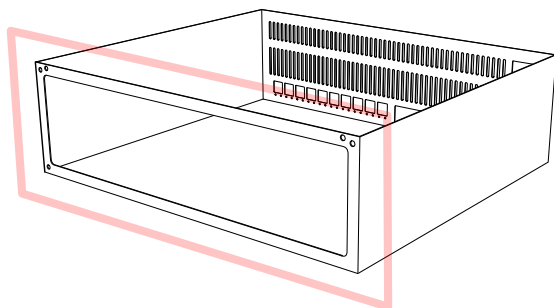
Disegno tecnico:  
Frontale in alluminio fresato

sez A - A'

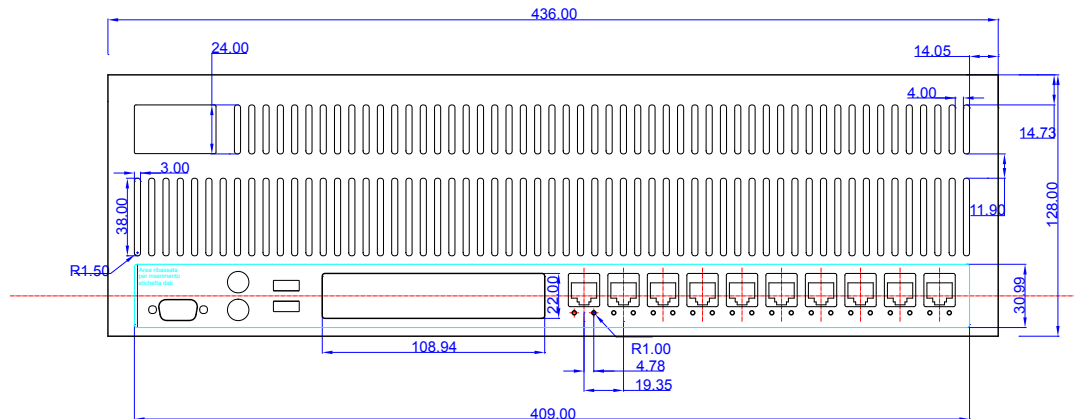
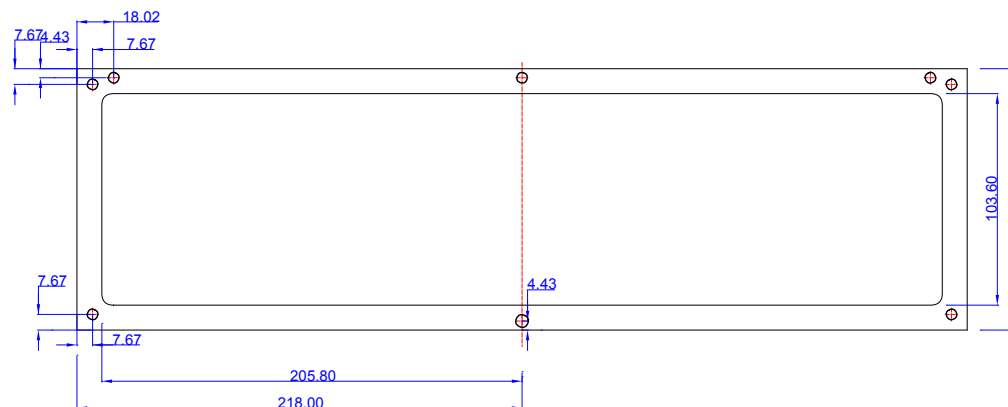
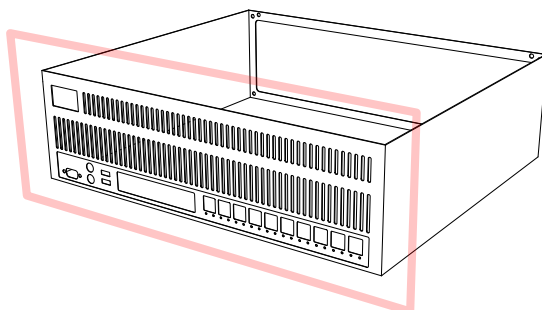


Disegno tecnico:  
Assieme frontale

Fronte per fissaggio  
frontale in alluminio  
(vd. assieme tavola 2)

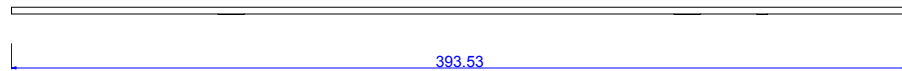
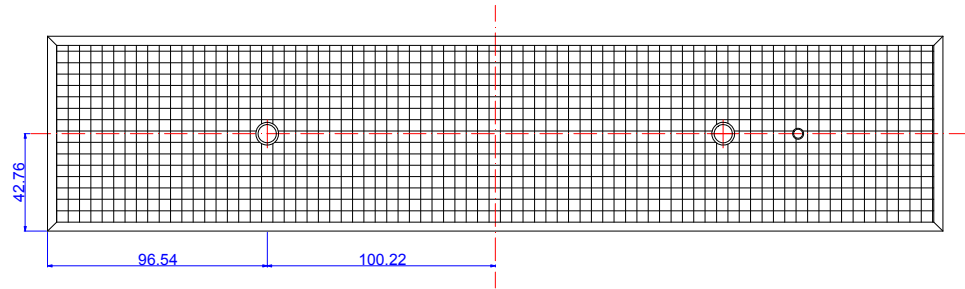
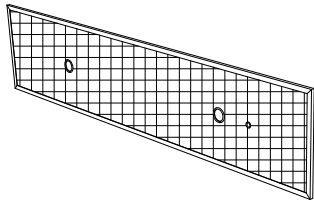
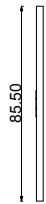


Retro



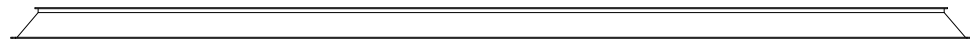
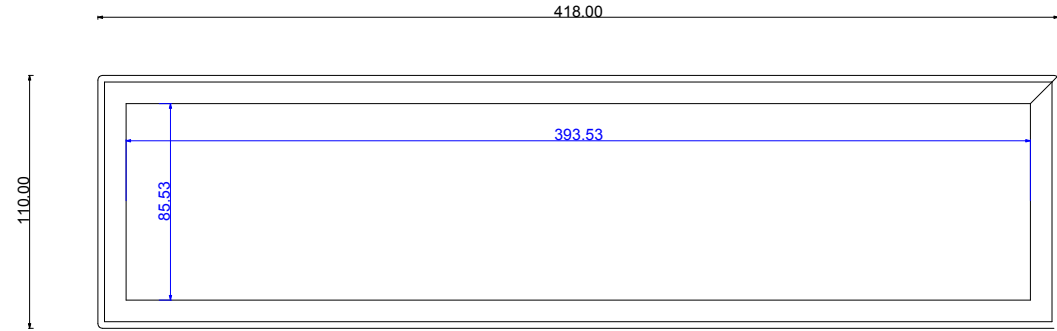
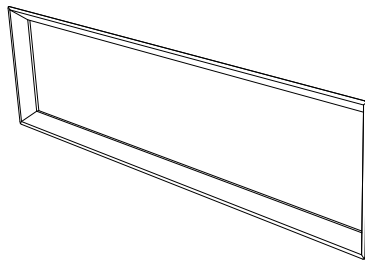
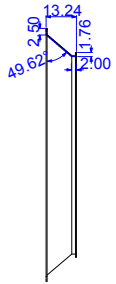
— taglio  
— fresta: profondità  
5 mm

Disegno tecnico:  
Assieme frontale

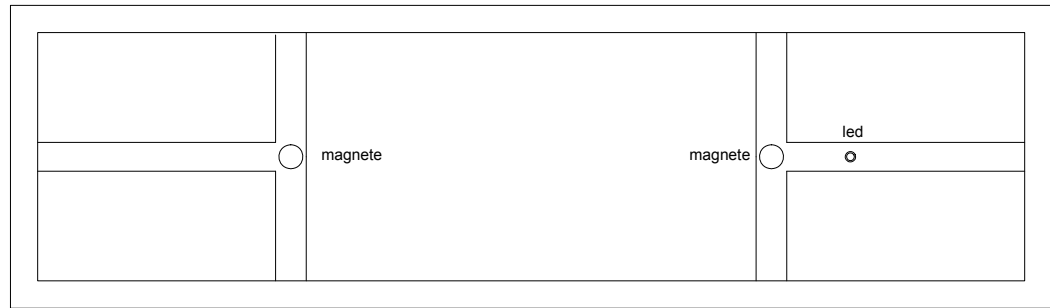
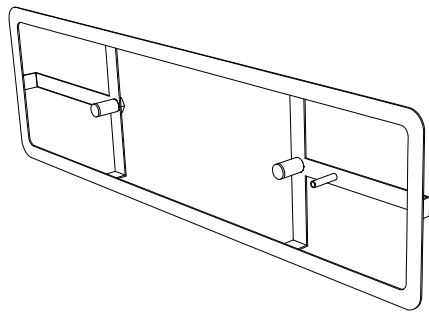
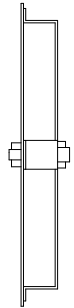


Disegno tecnico:  
Filtro



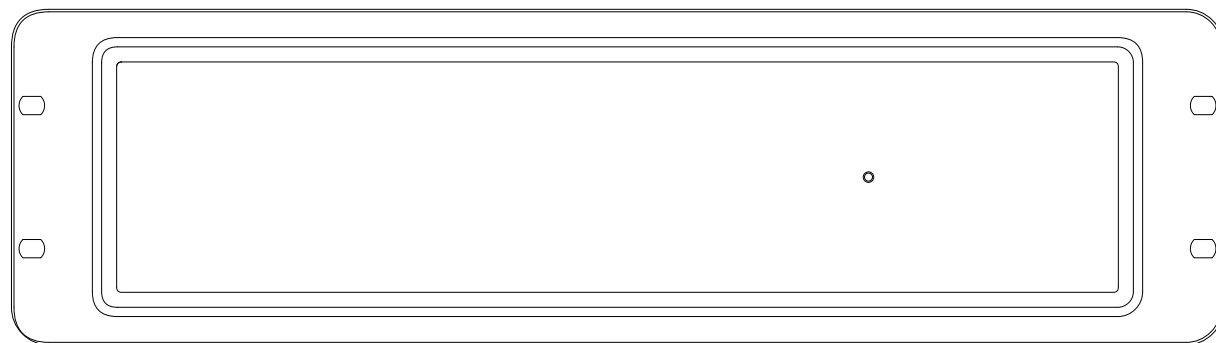
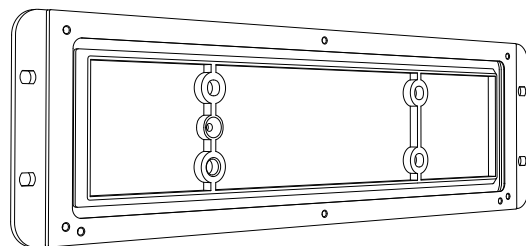
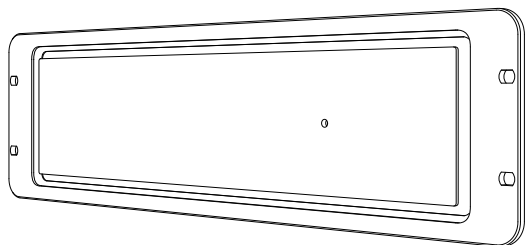
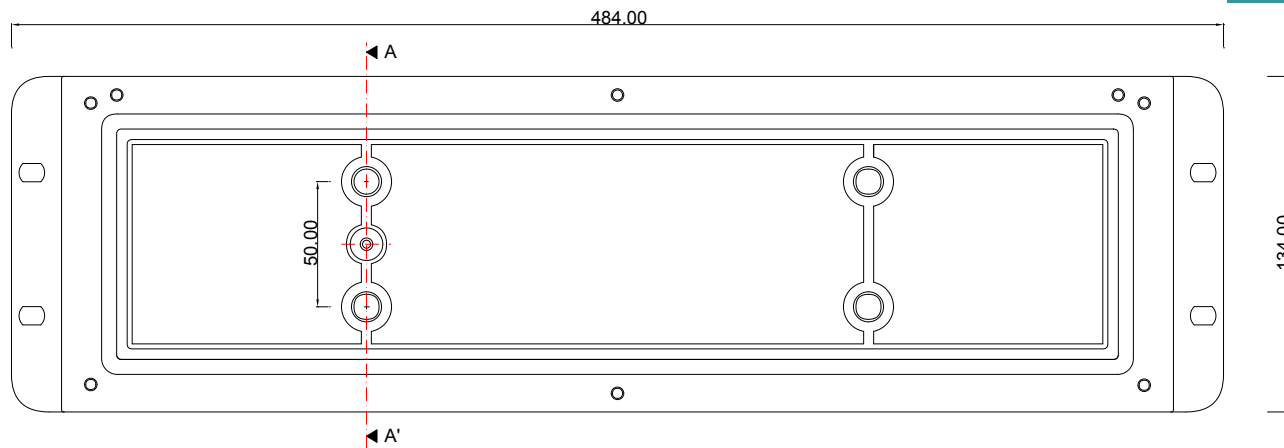
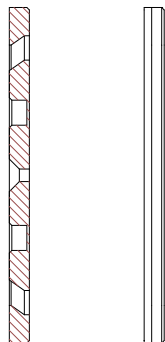


Disegno tecnico:  
Convogliatore

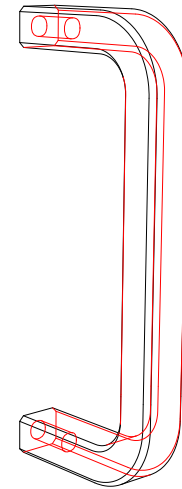
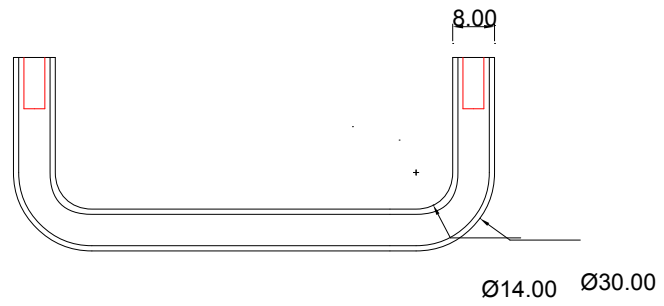
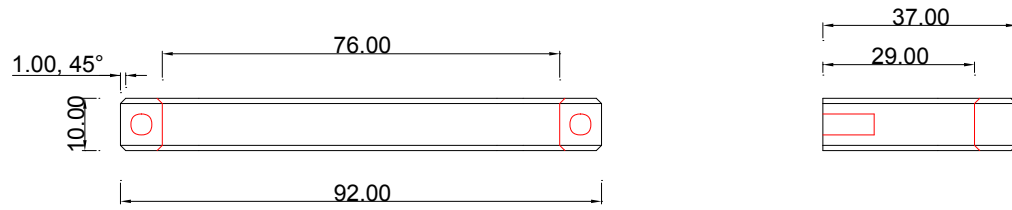


Disegno tecnico:  
Struttura frontale

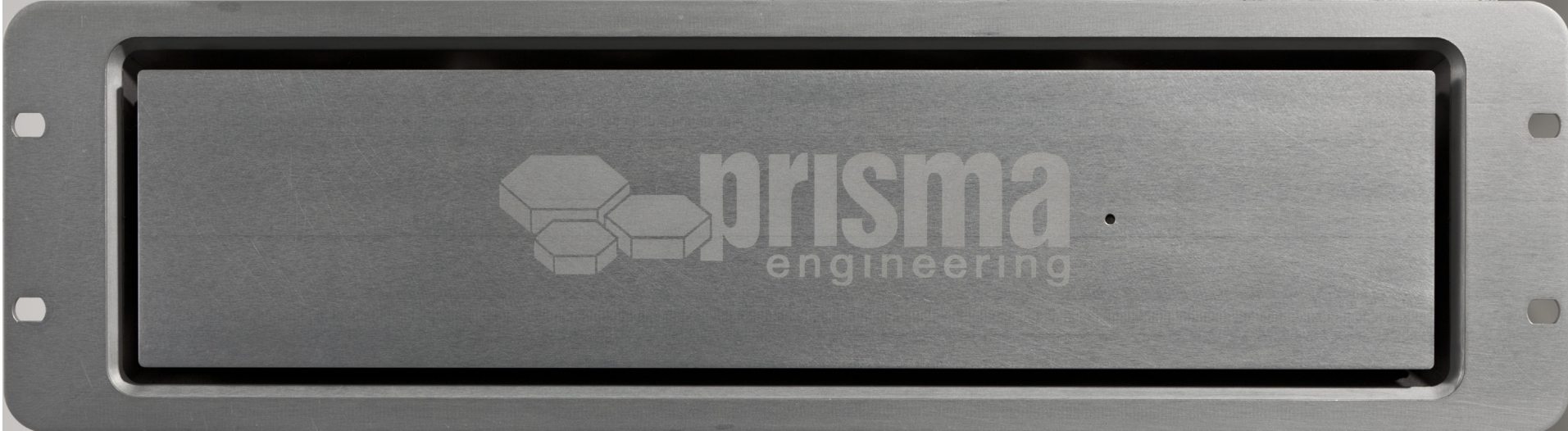
sez. A-A'



Disegno tecnico:  
Frontale



interasse tra i fori: 83.96 mm





Prototipo finale:  
Vista frontale con frontale asportato.  
Aperto



Prototipo finale:  
Vista retro  
Aperto

Prototipo finale:  
Vista frontale con frontale  
Chiuso







Prototipo finale:  
Vista di tre quarti con frontale  
Chiuso

## Bibliografia

*Manufacturing process for design professionals*

*Edizione: Thames & Hudson*

*Autore: Rob Thompson*

*Materiali e design: L'arte e la scienza della selezione dei materiali per il progetto*

*Edizione: Casa Editrice Ambrosiana*

*Autori: Mike Ashby, Kara Johnson*

*Process - 50 product designs from concept to manufacture*

*Autore: Jennifer Hudson*

*Edizione: Laurence King*

*[www.wikipedia.it](http://www.wikipedia.it)*

*[www.prisma-eng.com](http://www.prisma-eng.com)*

*[www.dell.com](http://www.dell.com)*

*[www.apple.com](http://www.apple.com)*

