Guida per l'utente per il
Sistema di marcatura laser FLM 100 P



DD INDUSTRIAL – Davide Defend
Via Caraglio, 45 – 10141 Torino - ITALY
2026.07
Versione 2.0

Sommario

1. Informazioni sulla sicurezza 5

1.1 Convenzioni di sicurezza utilizzate nella Guida per l'utente 5

1.2 Classificazione laser 5

1.3 Etichette sul Prodotto 7

1.4 Istruzioni di sicurezza per il funzionamento ottico 8

1.5 Istruzioni di sicurezza per il funzionamento elettrico 9

1.6 Altre istruzioni di sicurezza 10

2. Descrizione del prodotto 10

2.1 Introduzione 10

2.2 Descrizione del modello 12

2.3 Disimballaggio e ispezione 12

2.4 Condizioni di funzionamento 13

2.5 Istruzioni per l'uso 14

2.6 Parametri caratteristici 14

3. Installazione del laser 15

3.1 Dimensioni della macchina 15

3.2 La fibra ottica di trasporto del raggio laser. 16

3.3 Le lenti focali 17

3.4 Connessione e Requisiti 17

3.4.1 Collegamento al circuito elettrico 17

3.4.2 Requisiti del sistema di raffreddamento 17

3.5 Precauzioni per l'installazione 18

4. Utilizzo del prodotto 19

4.1 Elementi della macchina e dispositivi di comando 19

4.2 Collegamento dell'alimentazione elettrica 21

4.3 Operazioni di accensione della macchina 21

5. Il software di controllo: LightBurn 22

5.1 Documentazione Ufficiale e Supporto 22

6. Il software di controllo della messa a fuoco: Z FOCUS 24

6.1 Avvertenze di sicurezza 24

6.2 Sicurezza automatica integrata 25

6.3 Avvio dell'applicazione 25

6.4 Panoramica dell'interfaccia 25

6.5 Concetti fondamentali 26

6.6 I tre display 26

6.7 Collegare il dispositivo 26

6.8 Calibrazione 27

6.9 Operazioni di messa a fuoco 28

6.10 Memorie 28

6.11 Movimento manuale (Jog) 28

6.12 Pulsanti fisici sulla macchina 28

6.13 Messaggi e stati particolari 29

6.1 Finestra mini-display 29

6.2 Risoluzione dei problemi 29

7. Soluzioni per la risoluzione dei problemi 30

8. Manutenzione della macchina 30

8.1 Mantenere pulita la macchina 31

8.2 Mantenere e sostituire le lenti focali 31

9. Parametri di marcatura 32

9.1 Parametri di processo fondamentali 32

9.1.1 Marcatura di metalli ferrosi 36

9.1.2 Marcatura di leghe di alluminio 36

9.1.3 Marcatura di metalli preziosi 36

9.1.4 Marcatura delle plastiche 36

9.1.5 Marcatura della pietra 36

9.2 Parametri di processo 37

10. Automazione e inserimento in impianti automatizzati 37

10.1 Passaggio da modalità manuale a modalità remota/automatica. 37

10.2 Ritorno alla modalità di funzionamento manuale. 39

11. Garanzia e restituzione 39

11.1 Garanzia generale 39

11.2 Limite di garanzia 39

11.3 Imballo e Trasporto 39

12. Allegato 1 - Dichiarazione di conformità 40

13. Allegato 2 - Regole di sicurezza e Formazione dell'operatore 41

13.1 Obblighi e adempimenti vincolanti per l'utilizzatore 41

13.2 Protezione degli occhi 42

13.3 Protezione della cute 44

13.4 Altri rischi per l'operatore 45

1. Informazioni sulla sicurezza

Grazie per aver scelto il sistema di marcatura laser FLM100P.

Al fine di garantire la sicurezza operativa (sicurezza del personale, sicurezza delle apparecchiature, sicurezza della lavorazione) e il funzionamento del prodotto nelle migliori condizioni, forniamo questo documento con importanti informazioni sulla sicurezza, il funzionamento, la manutenzione e altre informazioni.

Si prega di leggere e comprendere questa guida per l'utente e di familiarizzare con le istruzioni per l'uso e la manutenzione prima di utilizzare il prodotto.

1.1 Convenzioni di sicurezza utilizzate nella Guida per l'utente

SIMBOLI	DESCRIZIONE
	***AVVERTIMENTO:*** ***Si riferisce a un potenziale pericolo che può causare lesioni personali o morte.***
	***ATTENZIONE:*** ***Si riferisce a un potenziale pericolo per il prodotto o a una potenziale lesione fisica per il personale.***
	***IMPORTANTE:*** ***Si riferisce a qualsiasi informazione relativa al funzionamento del prodotto.*** ***Si prega di non trascurare queste informazioni.***

1.2 Classificazione laser

Il sistema di marcatura laser FLM100P adotta un laser MOPA (Master Oscillator Power Amplifier) a fibra monomodale, in grado di emettere radiazione laser in modalità pulsata con una lunghezza d'onda nell'intorno di 1064 nm, che è luce invisibile. La potenza di uscita massima del laser è di circa 100 W, quindi il prodotto si classifica come strumento Laser di Classe 4 secondo la norma EN 60825-1. L'esposizione diretta o indiretta a questo livello di intensità luminosa può causare danni molto gravi agli occhi o danni alla pelle. In considerazione di ciò, è necessario indossare sempre abbigliamento adeguato e occhiali protettivi di sicurezza laser appropriati e approvati EN207 mentre il laser è in funzione. Non emettere il raggio laser né direttamente né per riflessione sulle persone.

La zona di lavoro dell'apparecchiatura deve essere fisicamente separata da altre zone di lavoro e l'accesso deve essere consentito solo da parte di personale che indossi gli occhiali protettivi e che sia adeguatamente informato e formato in merito ai rischi. Risulta opportuno dotare gli accessi a suddetta area di serrature interbloccate ed è obbligatorio dotare l'area di apposita segnaletica a norma di legge. Ove non sia tecnicamente possibile operare in una zona fisicamente separata, è opportuno utilizzare dispositivi di protezione collettiva (schermi e/o barriere a norma EN 12254 e/o EN 60825-4) per evitare che riflessioni indesiderate del raggio possano colpire persone o cose anche a distanza.

In considerazione della potenza elevata della sorgente laser, la DNRO (Distanza Nominale di Rischio Oculare) è tale da non rendere possibile la presenza in loco di personale non dotato di adeguati dispositivi individuali di protezione oculare.

Prima di istallare la macchina e per la valutazione dell'ambiente in cui la macchina dovrà operare, consultate sempre il vostro Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione e il vostro Tecnico della Sicurezza Laser. Nell'Allegato 2 – "Regole di sicurezza e Formazione dell'operatore" potrete trovare indicazioni utili su come allestire e gestire il vostro ambiente di lavoro e su come formare i vostri operatori.



AVVERTENZE:

- ***La zona di lavoro deve essere delimitata (fisicamente o tramite accesso controllato) e deve essere consentito l'accesso solo a personale adeguatamente informato e dotato di adeguata protezione oculare.***
- ***Gli occhiali protettivi di sicurezza laser sono selezionati in base alle lunghezze d'onda del laser di uscita. Gli utenti devono assicurarsi che gli occhiali protettivi di sicurezza laser coprano la corretta gamma di lunghezze d'onda dell'emissione laser pulsata (1064 nm) e che offrano un livello di protezione adeguata secondo la norma EN207.***
- ***Le radiazioni emesse dal processo di lavorazione possono essere pericolose: utilizzare abbigliamento e protezioni adeguate.***
- ***Fumi e particelle emesse dal materiale oggetto di lavorazione possono essere pericolosi: evitare di inalarli e disporre di adeguata ventilazione e impianti di estrazione.***
- ***Il raggio laser stesso può causare un incendio se diretto verso materiali infiammabili. Tenere un estintore nelle vicinanze e NON utilizzare in ambiente ATEX.***

1.3 Etichette sul Prodotto

Le etichette di sicurezza sono situate principalmente sull'involucro principale del laser e sulla testa galvanometrica, come mostrato nelle seguenti figure:

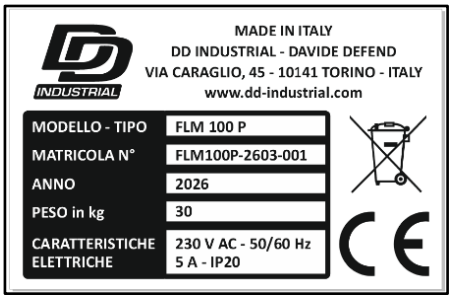
<table>
<tr>
<td>
</td>
<td>
</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td>Testa galvanometrica</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td>
</td>
</tr>
<tr>
<td>Pannello posteriore</td>
<td>Pannello anteriore</td>
<td>Colonna Asse Z</td>
</tr>
</table>

Figura 1.1 Posizioni dei simboli sulla macchina

Questi segnali di sicurezza includono principalmente: avviso di categoria di prodotto laser, avviso di pericolo per radiazioni laser, avviso di pericolo per corrente elettrica, targhetta del prodotto, ecc.

I dettagli di identificazione sono mostrati nella tabella seguente

Tabella 1.1 il dettaglio dei simboli

	
1: Etichetta del prodotto Laser di classe 2 per il laser di puntamento rosso	2: Etichetta del prodotto Laser di classe 4 per il fascio laser di marcatura
	
3: Etichetta di pericolo di radiazioni e raggi Laser	4: Pericolo elettrico
	
5: Targhetta di identificazione del prodotto e conformità CE	6: Avvertenze di sicurezza: indossare i dpi, uscita raggio laser

1.4 Istruzioni di sicurezza per il funzionamento ottico

Si consiglia vivamente di leggere le seguenti procedure prima di utilizzare il sistema di marcatura laser:

- Non guardare mai direttamente nell'uscita ottica della testa galvanometrica quando l'interruttore principale è acceso.
- Durante l'operazione di marcatura, evitare di osservare direttamente la zona di impatto del raggio laser.
- Assicurarsi che tutti i presenti indossino gli occhiali protettivi di sicurezza laser appropriati e approvati EN207 per tutto il tempo in cui il laser è in funzione.
- Assicurarsi che non vi siano persone sul percorso del raggio laser (luce diretta o riflessa, luce diffusa da materiale riflettente, ecc.), la direzione dell'uscita laser deve essere eventualmente protetta da ripari affidabili secondo le norme EN12254, EN60825-4 e EN207.
- Prima dell'uso, assicurarsi che la lente focale sia pulita e priva di polvere, altrimenti il laser potrebbe essere danneggiato.

- Se la testa galvanometrica si riscalda durante l'uso, interrompere immediatamente l'uso e verificare il problema.

1.5 Istruzioni di sicurezza per il funzionamento elettrico

	***AVVERTIMENTO:*** ***Nonostante gli occhiali protettivi siano indossati, è assolutamente vietato fissare l'uscita ottica mentre l'interruttore elettrico del laser è acceso.***
	***ATTENZIONE:*** ***Tenere pulita la lente focale. La polvere sulla lente focale può danneggiare la lente quando il raggio laser la colpisce.***

Si consiglia vivamente di leggere le seguenti procedure prima di utilizzare il sistema di marcatura laser:

1. Assicurarsi che la fonte di alimentazione collegata all'apparecchiatura sia adeguatamente collegata a terra. Qualsiasi interruzione del circuito di terra può causare lesioni personali.
2. Assicurarsi che la tensione e la capacità di corrente in ingresso soddisfino i requisiti della macchina.

	***AVVERTIMENTO:*** ***La tensione di ingresso della macchina è 230 V CA, che può causare il rischio di scosse elettriche.*** ***Tutti i relativi cavi e fili di collegamento presentano potenziali rischi e devono essere controllati periodicamente.***
	***ATTENZIONE:*** ***Qualsiasi metodo di cablaggio di alimentazione non corretto può causare danni a persone o strumenti.*** ***Non ci sono dispositivi all'interno del prodotto che debbano essere manovrati dall'operatore. Non tentare di aprire i pannelli dell'involucro del prodotto, altrimenti potrebbero verificarsi scosse elettriche e la garanzia del laser non sarà più valida di conseguenza.***

1.6 Altre istruzioni di sicurezza

1. Non utilizzare la macchina in ambienti bui o scarsamente illuminati, e verificare che gli occhiali protettivi utilizzati consentano comunque un valore di luce visibile adeguato.
2. Interrompere l'alimentazione quando la macchina non è in uso.
3. Non puntare mai il laser verso il corpo o verso superfici infiammabili o riflettenti.
4. L'uso di questa macchina è riservato ai professionisti informati, formati e addestrati. Tenere fuori dalla portata dei bambini.
5. Si prega di utilizzare il laser in stretta conformità con il manuale del prodotto, altrimenti eventuali danni al laser non saranno considerati in garanzia.
6. Per evitare scosse elettriche, non manomettere il prodotto, altrimenti eventuali danni al laser non saranno considerati in garanzia.

	***ATTENZIONE:*** • ***L'uso di questa attrezzatura è riservato a personale qualificato, adeguatamente informato, formato e addestrato.*** • ***L'attrezzatura è da intendersi utilizzabile soltanto in ambito professionale.*** • ***Durante l'uso di questa attrezzatura non devono essere presenti persone estranee alla lavorazione, e tutti i presenti devono indossare occhiali di protezione laser a norma EN207 con protezione adeguata per emissione laser diretta nella lunghezza d'onda di 1064 nm.***

2. Descrizione del prodotto

2.1 Introduzione

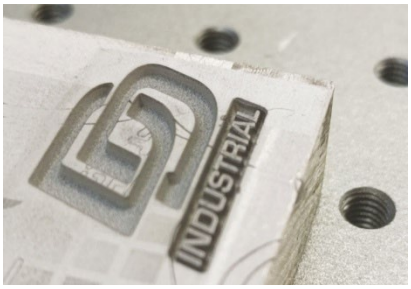
La marcatura laser funziona secondo il processo detto ablazione laser o foto-ablazione, che è il processo di rimozione di materiale da una superficie solida (substrato) mediante irradiazione con un raggio laser. Il materiale viene riscaldato dall'energia laser assorbita ed evapora o sublima, oppure vira il proprio colore tramite alterazione della struttura molecolare.

La marcatura laser ha grandi applicazioni nell'industria: ad esempio viene utilizzata per marcare loghi, nomi di prodotti, numeri di serie, numeri di modello e altre informazioni su un prodotto. La marcatura laser si rivela particolarmente adatta alla marcatura di metalli e plastiche. Rispetto ai metodi di marcatura tradizionali come la marcatura per impatto meccanico, per corrosione chimica, mediante l'uso di etichette o vernici, la marcatura laser presenta evidenti vantaggi.

1. La marcatura laser è un metodo di marcatura sostenibile. Non è necessario utilizzare prodotti chimici e solventi. I rifiuti della marcatura sono fondamentalmente polvere solida, di piccole dimensioni, facile da immagazzinare, e questo può facilmente aiutare a risolvere il problema dell'inquinamento ambientale che caratterizza altre tecniche di marcatura.
2. I metodi di marcatura tradizionali prevedono spesso la marcatura a contatto, che si basa su forza meccanica che agisce sulla superficie dell'oggetto da pulire. In questo modo si può danneggiare la superficie dell'oggetto, inoltre la dimensione della marcatura è condizionata dalla dimensione dei punzoni.
3. Il laser può essere indirizzato in modo molto preciso, quindi può marcare parti molto piccole o parti che non sono facilmente raggiungibili con i metodi tradizionali.
4. Con i metodi di etichettatura e stampa, le etichette o le superfici stampate possono staccarsi o sbiadirsi, rendendo impossibile identificare il contenuto stampato. Con la marcatura laser, invece, non ci si deve preoccupare di contenuti marcati che col tempo scompaiono.
5. La velocità di marcatura del laser è elevata, e questo si traduce in un risparmio di tempo e di mano d'opera.
6. Sebbene l'investimento iniziale del sistema di marcatura laser sia relativamente più elevato, il sistema di marcatura può essere utilizzato stabilmente per lungo tempo, il costo operativo è basso, non vi sono consumabili e la macchina ha un basso consumo di energia elettrica.

Figura 2.1 Esempi di possibili lavorazioni

		
Marcatura metalli	**Marcatura plastiche**	**Incisioni fotografiche**
		
Oggettistica e gioielleria	**Tracciabilità industriale**	**Medicale e attrezzi**

		
Incisione profonda	**Pietra e ardesia**	**Colore su inox e titanio**

Il sistema di controllo adotta una scheda interna di controllo della marcatura laser e il software è progettato in modo da controllare contemporaneamente i parametri del laser e quelli del sistema galvanometrico di scansione.

L'interfaccia di alimentazione è dotata di una spina europea standard da 230 V AC a tre poli, la macchina può essere utilizzata immediatamente dopo l'accensione.

2.2 Descrizione del modello

In questa serie di laser, la descrizione del nome del modello è illustrata nella seguente figura.

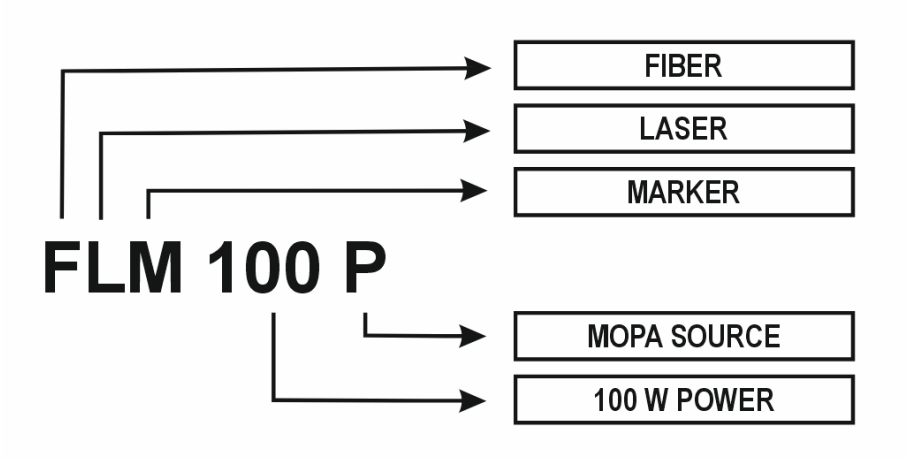


Figura 2.2 il significato del nome del modello

2.3 Disimballaggio e ispezione

Questa apparecchiatura è stata accuratamente testata e ispezionata e soddisfa le specifiche pubblicate prima della spedizione. Si consiglia al destinatario di controllare l'imballaggio, in quanto potrebbero verificarsi danni durante il trasporto. Si prega di fare come segue:

1. Verificare che l'imballaggio sia integro e che non vi siano urti, danni o segni di immersione in acqua sulla confezione.
2. Si prega di controllare gli articoli effettivi e fare riferimento alla lista di imballaggio.

In caso di danni evidenti sul laser o su parte dei suoi accessori durante il trasporto, contattare immediatamente il rivenditore e il vettore.

Raccomandiamo, se possibile, di far installare il prodotto dal personale qualificato inviato dal vostro rivenditore, che potrà verificare la corretta messa in funzione e provvederà a stilare un rapporto di collaudo.

2.4 Condizioni di funzionamento

Le condizioni di funzionamento di base sono elencate nella tabella seguente:

Modello	FLM 100 P
Tensione di alimentazione (V)	230 V CA 50/60Hz
Posizionamento	In piano, orizzontale, senza vibrazioni e urti
Temperatura ambiente	0 ~ 40 °C
Temperatura stoccaggio	-10 ~ 60 °C
Umidità relativa	< 80% UR
Ambiente elettromagnetico	Evitare interferenze elettromagnetiche troppo forti, che possono portare a falsi allarmi del laser
Qualità del raffreddamento	Il laser adotta la dissipazione del calore tramite aria forzata. Utilizzare l'apparecchiatura in un luogo con una buona circolazione dell'aria e assicurarsi che la distanza tra i lati dell'involucro principale e il muro sia > 10 cm.

Tabella 2.4 le condizioni di funzionamento per il laser FLM 100 P

Nota:

1. La testa galvanometrica è collegata alla sorgente. Prevedere una certa distanza tra la testa galvanometrica e l'involucro principale per evitare che polvere o altro inquinamento possano venire aspirati dal sistema di raffreddamento dell'involucro principale.
2. Si prega di utilizzare prodotti speciali per lenti se si desidera pulire la lente focale.
3. Non effettuare operazioni di manutenzione mentre l'apparecchiatura è accesa.
4. Indossare sempre occhiali protettivi certificati EN207.



ATTENZIONE:

Non far funzionare mai questo prodotto in condizioni di elevata umidità $: 80%), sebbene il prodotto abbia un'ottima adattabilità all'ambiente ad alta umidità.



IMPORTANTE:

La durata del laser sarà ridotta e la potenza in uscita diminuirà se il sistema di raffreddamento lavora a una temperatura più elevata per troppo tempo.

Assicurarsi che il sistema di raffreddamento sia sufficiente e che la temperatura dell'ambiente sia adatta.

2.5 Istruzioni per l'uso

1. Alla prima alimentazione del dispositivo, assicurarsi che l'alimentazione e il collegamento di tutti i cavi siano corretti.
2. Togliere il tappo protettivo dalla lente focale, ma reinserirlo mentre il dispositivo non è in uso, la protezione dalla polvere è importante.
3. Tenere tutte le parti della macchina pulite.

2.6 Parametri caratteristici

Nella successiva tabella sono illustrati i parametri caratteristici del laser a fibra modello FLM100P, la cui potenza media è stata testata prima della consegna e risulta almeno pari a 100 W.

Tabella 2.6 Parametri del laser FLM100P

MODELLO		**FLM 100 P**
Specifiche Ottiche	Potenza media in uscita (W)	≥ 100
	Energia massima del singolo impulso in uscita (mJ)	1,5
	Modalità operativa	Pulsata
	Polarizzazione	random
	Scala di potenza (%)	1 ~ 100
	Lunghezza d'onda centrale (nm)	1064
	Instabilità di alimentazione (%)	< 5
	Frequenza impulso (kHz)	1 - 4000
	Durata impulso ns	2 - 500
	Potenza del laser rosso (mW)	>0,5
	Diametro raggio in uscita (mm)	7,0 ± 0,5

	Lunghezza Cavo Fibra (m)	3 m
Specifiche Elettriche	Tensione di esercizio (VAC)	AC 230V 50/60Hz
	Consumo energetico (W)	< 1000
	Modalità di controllo	software
Altre Specifiche	Dimensioni w × h × d (mm) Involucro principale	205 x 435 x 500
	Dimensioni w × h × d (mm) Piano di lavoro con torre	350 x 700 x 700
	Peso Complessivo (kg)	30
	Temperatura operativa (℃)	0 ~ 40
	Umidità ambiente (%)	< 80
	Metodo di raffreddamento	Aria forzata
	Temperatura di stoccaggio (℃)	-10 ~ 60

3. Installazione del laser

3.1 Dimensioni della macchina

Il marcatore laser DD Industrial FLM100P è composto da due parti:

- Involucro principale, che contiene la sorgente laser a impulsi, in cui viene generato il fascio laser che, mediante una fibra di trasporto, viene inviato alla testa galvanometrica.
- Torre di supporto della testa, che è fissata al piano di lavoro e permette di regolare l'altezza della testa rispetto al materiale da marcare. All'interno della testa operano gli specchi galvanometrici, controllati dal software, che provvedono a indirizzare il fascio laser, attraverso la lente focale, sulla superficie da marcare.

Nella successiva figura vengono illustrate le parti della macchina e le relative dimensioni.

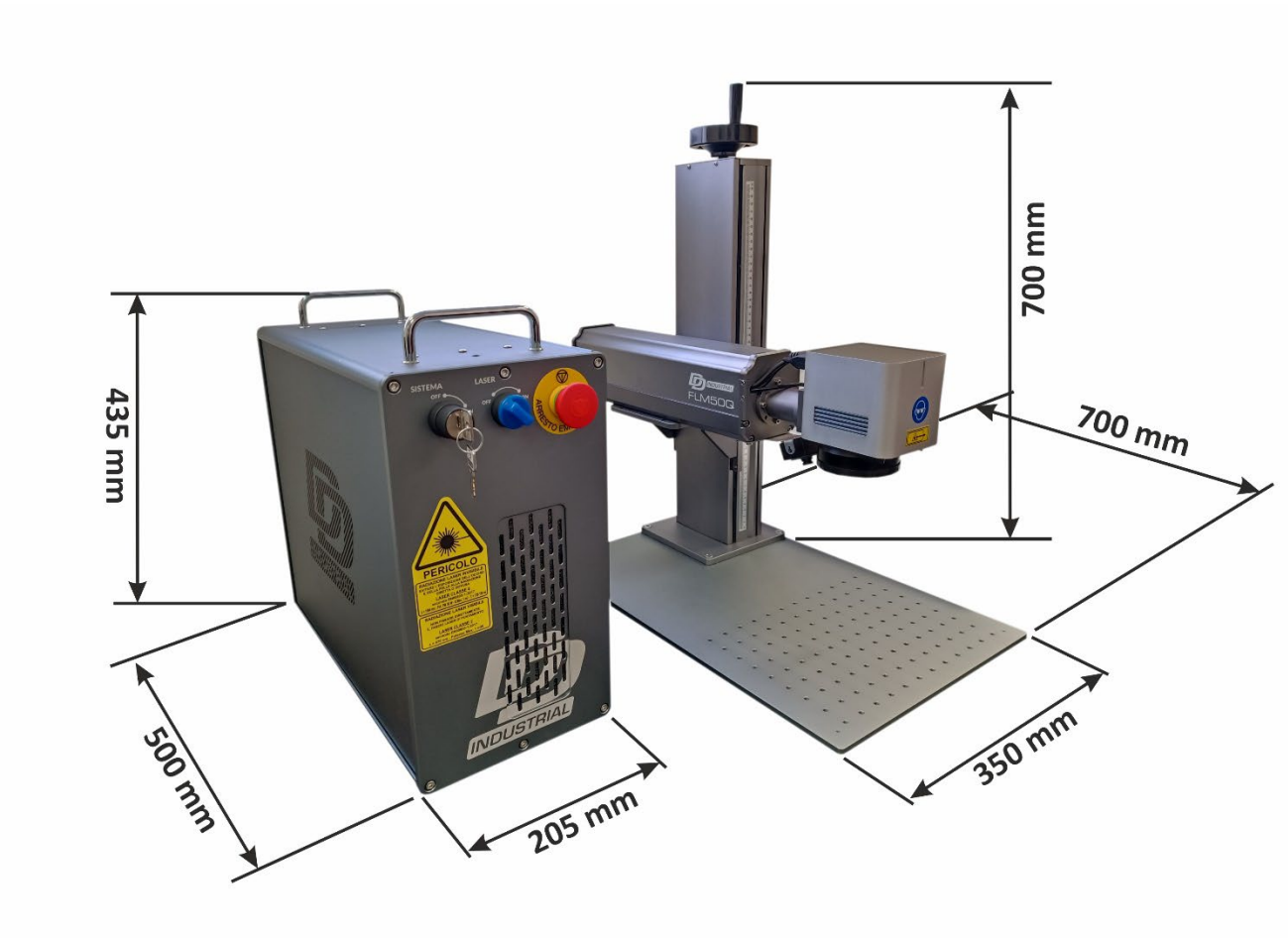


Figura 3.1 Dimensioni complessive

3.2 La fibra ottica di trasporto del raggio laser.

Il raggio laser viene trasportato dalla sorgente alla testa galvanometrica tramite una fibra ottica di lunghezza pari a circa tre metri (compresa la parte interna alla macchina). La fibra ottica è rivestita per resistere a eventuali sollecitazioni da parte dell'operatore, ma va comunque trattata in modo da evitare danneggiamenti.

Nelle normali operazioni di marcatura e durante l'eventuale trasporto della macchina, occorre evitare di piegare eccessivamente la fibra. Una curvatura troppo accentuata della fibra potrebbe causare la rottura della fibra stessa, che, oltre a creare un potenziale pericolo di fuoriuscita del raggio laser, costituisce un danno grave alla macchina, in quanto implica la sostituzione dell'intera sorgente.

Danni derivanti da un'errata modalità d'uso della fibra non saranno considerati in garanzia.

	***ATTENZIONE:*** ***Il cavo in fibra e la testa galvanometrica sono dispositivi ottici molto precisi, sono possibili danni irreparabili al laser se il cavo è attorcigliato o piegato eccessivamente.*** ***Evitare forti vibrazioni e urti sulla testa galvanometrica.***

3.3 Le lenti focali

In dotazione alla macchina troverete una lente focale F254, che equivale ad un campo di lavoro di circa 175x175 mm.
Su richiesta è possibile ordinare altre misure di focale, secondo la seguente tabella:

Tabella 3.3 Lenti focali e relativi campi di lavoro

Distanza focale (mm)	Area di marcatura (mm)
80	50 x 50
100	70 x 70
160	110 x 110
210	150 x 150
254	175 x 175
290	200 x 200
330	220 x 220
430	300 x 300

Sostituendo la lente focale varierà la distanza di messa a fuoco corretta, quindi occorrerà calibrare i puntatori a laser rosso.

Ingrandendo il campo di lavoro, la potenza effettiva del raggio laser verrà attenuata dalla maggior distanza, soprattutto in prossimità dei vertici dell'area di lavoro.

3.4 Connessione e Requisiti

3.4.1 Collegamento al circuito elettrico

Fare riferimento ai requisiti di alimentazione pertinenti nella tabella 2.6. Prima di collegare l'alimentazione elettrica assicurarsi che la tensione di ingresso sia conforme agli standard indicati nelle specifiche tecniche.

3.4.2 Requisiti del sistema di raffreddamento

Il laser adotta la dissipazione del calore tramite un sistema di raffreddamento ad aria forzata. Quando si posiziona la macchina, operare in uno spazio non chiuso e ristretto con buone condizioni di circolazione dell'aria, con almeno 10 cm di spazio libero intorno a tutti i lati della macchina.

Non posizionare oggetti che potrebbero bloccare il flusso di raffreddamento sulle griglie di aerazione della macchina. La direzione del flusso d'aria è diretta dal fronte al retro della macchina: aspirazione aria fresca sul pannello frontale, estrazione aria calda sul pannello posteriore.



IMPORTANTE:

Le prese d'aria di raffreddamento della sorgente laser devono essere pulite regolarmente.

Non appoggiare oggetti sopra la macchina.

I danni all'apparecchiatura causati da uso/manutenzione impropri non saranno considerati in garanzia.

3.5 Precauzioni per l'installazione

1. Il laser deve essere posizionato stabilmente su un piano orizzontale, senza possibilità di inclinazione o oscillazione e in assenza di vibrazioni e urti.
2. Quando si collega la linea di alimentazione, assicurarsi che l'alimentazione sia scollegata e non sotto tensione.
3. Evitare che il cavo di collegamento tra testa galvanometrica e sorgente venga calpestato, si pieghi eccessivamente, si rompa con oggetti pesanti durante l'installazione. Non ci sarà alcuna garanzia se il cavo è danneggiato a causa di una forza esterna.
4. Prima di accendere la macchina, assicurarsi che l'alimentazione elettrica sia quella corretta (230 V CA - 50/60 Hz) e che sia disponibile la connessione a terra.
5. Maneggiare delicatamente la testa galvanometrica di marcatura durante l'uso e l'installazione o la rimozione dal suo alloggiamento, evitando di farla cadere o di farle subire urti.
6. Mantenere il cavo di alimentazione ben disteso durante il funzionamento a laser acceso, per evitare surriscaldamenti.



ATTENZIONE:

1. ***Assicurarsi che l'uscita ottica del laser sia priva di polvere prima di utilizzare la macchina.***
2. ***Si prega di tenere al riparo dalla sporcizia la lente focale della testa galvanometrica, e pulirla con cura se necessario.***
3. ***Non eseguire mai manutenzioni con il cavo di alimentazione 230V inserito.***
4. ***Assicurarsi che la fibra ottica del laser e gli altri cavi della testa galvanometrica di marcatura siano mantenuti i più naturali possibile e non siano piegati o distorti.***
1. ***Un diametro di curvatura troppo stretto per il cavo di alimentazione può surriscaldare il cavo e danneggiare il dispositivo.***

4. Utilizzo del prodotto

4.1 Elementi della macchina e dispositivi di comando

La disposizione delle parti e dei dispositivi di comando è mostrata nella Figura 4.1.

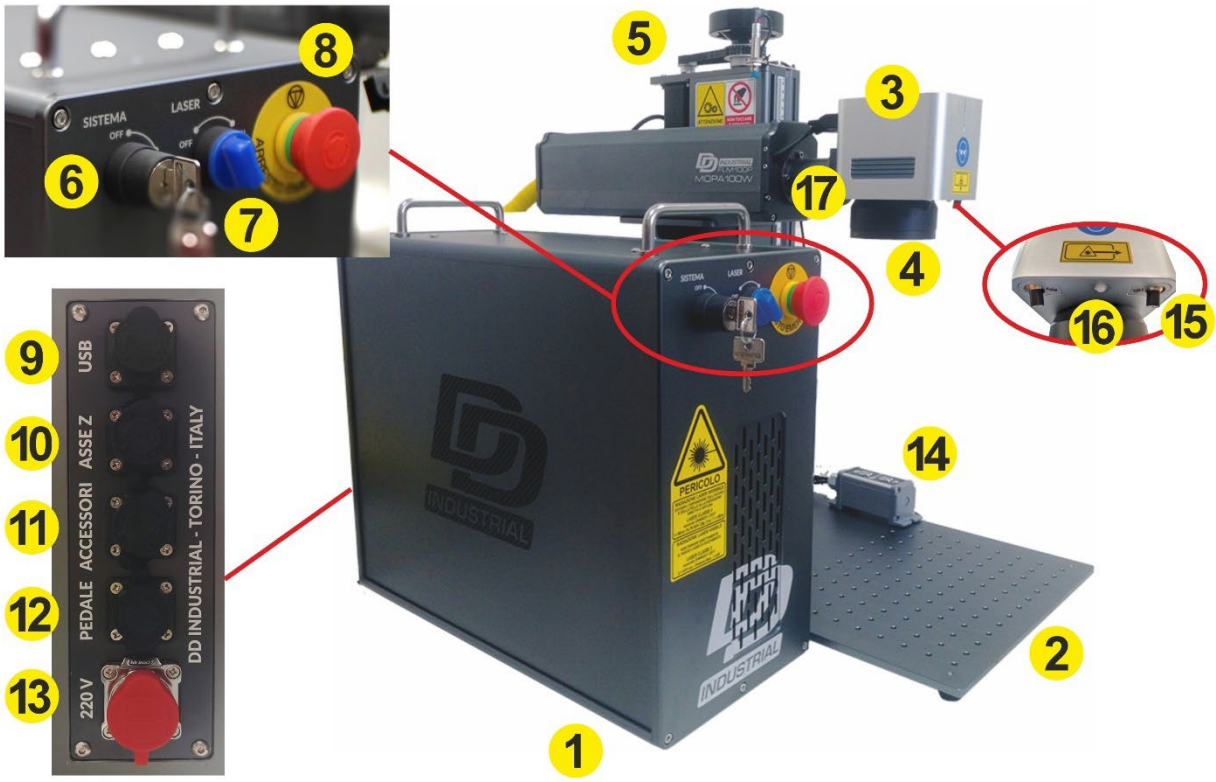


Figura 4.1 Elementi del laser a fibra FLM100P

I dispositivi di comando disponibili nel pannello interno della macchina sono descritti in tabella 4.1.

Tabella 4.1 Dispositivi di comando

N.	OGGETTI	DESCRIZIONE DELLA FUNZIONE
1	Involucro principale	Contiene la sorgente laser e tutta l'elettronica di alimentazione e controllo.
2	Piano di lavoro	Piano di appoggio del materiale da marcare, a cui è fissata la torre di supporto della testa galvanometrica.
3	Testa galvanometrica	Testa che contiene il sistema di specchi galvanometrici e la lente focale protetta da coperchio antipolvere.
4	Lente focale	Lente che focalizza il raggio laser sul materiale da marcare. Cambiando lente focale cambiano il campo di lavoro e la distanza focale.

N.	OGGETTI	DESCRIZIONE DELLA FUNZIONE
5	Torre	Torre di supporto della testa, con relativo volantino di regolazione della messa a fuoco.
6	Chiave di comando SISTEMA	Ruotare la chiave per accendere la macchina. Si accenderà la luce verde sulla testa galvanometrica di marcatura. **Togliere la chiave quando la macchina è incustodita.**
7	Interruttore luminoso LASER	Ruotare l'interruttore per attivare la sorgente e permettere l'uscita del raggio laser. Si accenderà la spia blu dell'interruttore.
8	Arresto di emergenza	Sospende temporaneamente l'alimentazione al laser. Se premuto, l'alimentazione della sorgente sarà disabilitata. Una volta premuto, può essere ripristinato ruotando la manopola rossa in senso orario. Prima di ripristinarlo, portare l'interruttore della sorgente su OFF.
9	Connettore USB	Connettore per il collegamento USB tra la macchina e il PC. Utilizzare preferibilmente un cavo USB-C/USB2 di ottima qualità.
10	Connettore Asse Z	Connettore per il collegamento del motore di azionamento dell'asse Z e dei relativi comandi a pulsante.
11	Connettore Accessori	Connettore per il comando di accessori quali posizionatori rotanti o altri sistemi di automazione.
12	Connettore Pedale	Connettore per il comando remoto dell'avvio del laser. Si può utilizzare con il pedale opzionale o altri sistemi di automazione, ma è necessario predisporre opportune misure di sicurezza.
13	Connettore 230 V	Connettore per il collegamento del cavo di alimentazione fornito in dotazione.
14	Pulsantiera Regolazione Asse Z	Comandi a pulsante che hanno la medesima funzione dei comandi presenti nel software Z FOCUS. Non è possibile utilizzare questi pulsanti se il software non è attivo e connesso alla macchina.
15	Puntatori di messa a fuoco	Allineando i due laser rossi sulla superficie da marcare si ottiene la corretta messa a fuoco. Se si cambia lente focale andranno calibrati nuovamente.
16	Pulsante Accensione puntatori	Premendolo si attivano i puntatori a laser rosso di messa a fuoco.

N.	OGGETTI	DESCRIZIONE DELLA FUNZIONE
17	Telecamera (Opzionale)	Telecamera che inquadra la superficie da marcare, consentendo il posizionamento rapido del pezzo da lavorare.

4.2 Collegamento dell'alimentazione elettrica

Il cavo di alimentazione a 3 poli fornito con la macchina dispone di spina europea tipo CEE 7/7 che va collegata ad una presa di alimentazione AC 230V – 16A.

Il cavo di alimentazione è collegato alla macchina tramite un connettore proprietario a tre poli, e va collegato ad una presa di adeguate caratteristiche (230 V monofase da 16 A). Non sostituire mai il cavo o i connettori con altri di diverse caratteristiche.

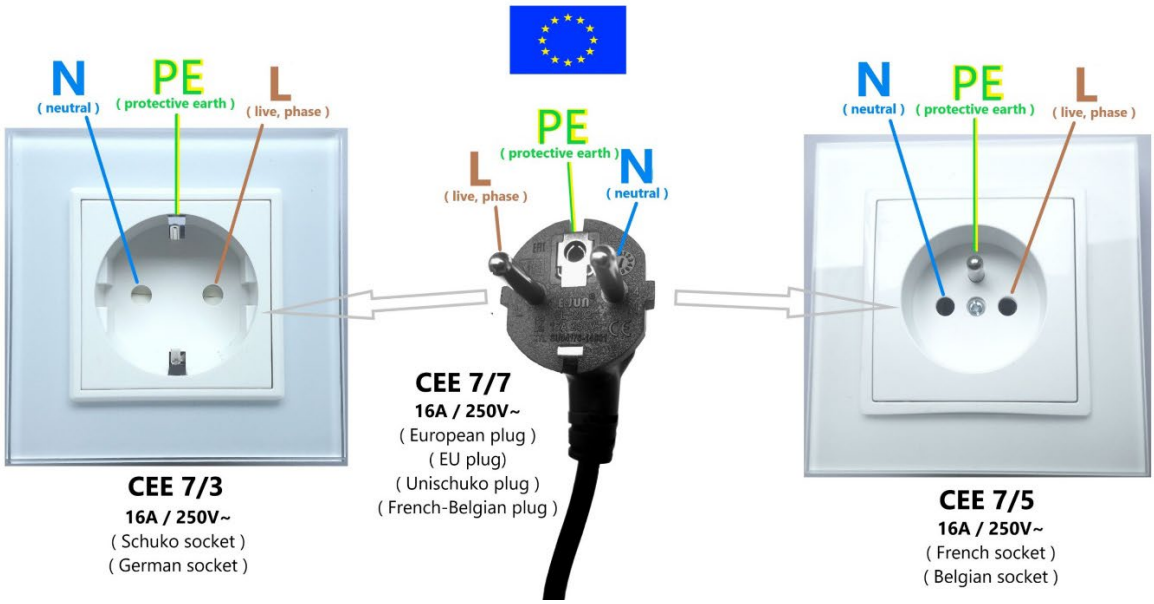


Figura 4.2 Standard di alimentazione 230 V CA

4.3 Operazioni di accensione della macchina

Per rendere operativo il sistema di marcatura laser, procedere in questo modo:

1. Togliere il tappo protettivo dalla lente focale montata sulla testa galvanometrica.
2. Azionare la chiave dell'interruttore di alimentazione sul pannello frontale della macchina, si accenderà la spia verde di sistema sulla testa galvanometrica.
3. Mettere a fuoco la testa galvanometrica operando sul software Z FOCUS.
4. Attivare l'interruttore LASER per l'alimentazione della sorgente laser; se la spia blu dell'interruttore si accende, significa che la macchina è pronta per l'attivazione del laser.

	***ATTENZIONE:*** ***Se viene azionato l'interruttore di emergenza, verrà tolta alimentazione a tutto il sistema. PRIMA di riattivare il sistema ruotando in senso orario, accertarsi di posizionare l'interruttore LASER sulla posizione OFF.***

5. Il software di controllo: LightBurn

Il funzionamento di questo sistema laser a fibra è ottimizzato per l'utilizzo con il software LightBurn (versione specifica per sistemi Galvo/Fibra).

LightBurn è una soluzione "All-in-One" che combina strumenti di disegno vettoriale avanzati con il controllo diretto della macchina, permettendo di gestire l'intero flusso di lavoro (importazione, posizionamento, impostazione parametri ed esecuzione) da un'unica interfaccia.

In dotazione alla macchina può essere fornita una licenza per tre postazioni del software di controllo in italiano LightBurn. La licenza completa darà diritto agli aggiornamenti per un anno dal primo utilizzo.

La licenza potrà essere utilizzata per sempre, ma se si desidera tenerla aggiornata occorrerà acquistare periodicamente gli aggiornamenti.

Vantaggi principali per sistemi Fibra:

- Gestione Galvo nativa: Controllo preciso di specchi, lenti f-theta e frequenze d'impulso specifiche per sorgenti a fibra (MOPA o Q-Switched).
- Strumento di framing avanzato: Anteprima visiva ultra-rapida dell'area di incisione direttamente sul pezzo da lavorare per un posizionamento millimetrico.
- Libreria dei materiali: Possibilità di salvare e richiamare istantaneamente le combinazioni di potenza, velocità, frequenza e intervallo di linea per ogni metallo o plastica.
- Incisione 3D e Deep Engraving: Gestione avanzata dei passaggi multipli con asse Z motorizzato e funzioni di "Hatch" (tratteggio) per asportazioni profonde o marcature colorate.

5.1 Documentazione Ufficiale e Supporto

Al fine di garantire l'accesso alle informazioni più aggiornate e a tutte le nuove funzionalità rilasciate dagli sviluppatori, il presente manuale non include una guida all'uso del software. Per qualsiasi necessità di configurazione, disegno o gestione dei parametri, si rimanda ai canali ufficiali del produttore:

- Manuale e Documentazione Web: La guida ufficiale, completa e costantemente aggiornata è consultabile sul sito ufficiale (Nota: La documentazione è in lingua inglese. Per la consultazione in italiano, si consiglia di aprire la pagina tramite browser e attivare la traduzione automatica integrata).
- Forum di Supporto Globale: Per quesiti tecnici avanzati, risoluzione di problemi o confronto con altri utilizzatori e sviluppatori.
- Video Tutorial Ufficiali: Per una formazione visiva passo-passo sulle funzioni principali.

Nota: Assicurarsi di possedere la licenza corretta (LightBurn Galvo License) per sbloccare le funzionalità di comunicazione con la scheda di controllo del laser a fibra (EzCad/JCZ).

Utilizzando questo software è possibile:

- Importare grafica in diversi formati comuni di immagine e grafica vettoriale (inclusi AI, PDF, SVG, DXF, PLT, PNG, JPG, GIF e BMP);
- Organizzare, modificare e persino creare nuove forme vettoriali all'interno dell'editor, con potenti funzionalità come offset, operazioni booleane, saldatura e modifica dei nodi;
- Applicare impostazioni come potenza, velocità, numero di passaggi, ordine di taglio, luminosità e contrasto, modalità dithering e molto altro;
- Monitorare le operazioni tramite l'interfaccia della telecamera;
- Inviare il risultato direttamente al marcatore laser.

LightBurn è un'applicazione nativa scritta per Windows, MacOS e Linux.

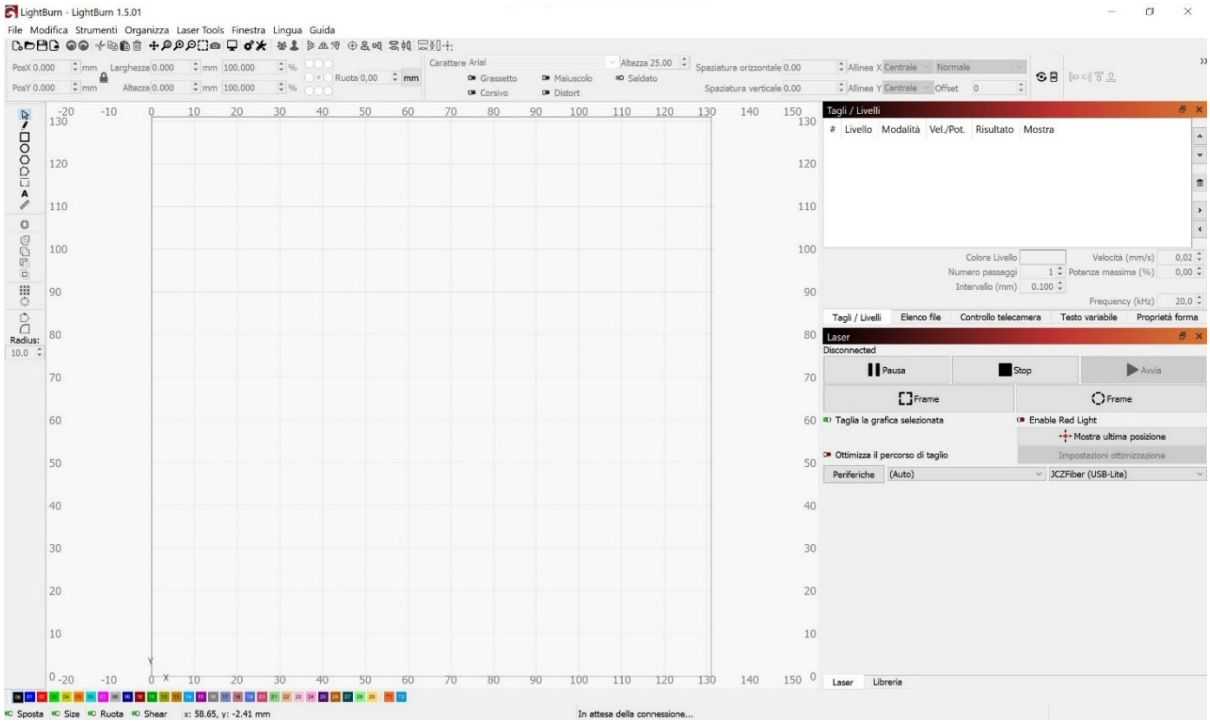


Figura 5.1 Interfaccia principale del software LightBurn

Al momento dell'installazione della macchina, verrete supportati nell'installazione corretta del software e nelle necessarie calibrazioni. DD Industrial si rende disponibile ad erogare su richiesta corsi di formazione mirati e/o a realizzare librerie di parametri testati sui vostri materiali e in base alle vostre necessità.

Per ulteriori informazioni sull'installazione e l'utilizzo del software, documentazione, video tutorial, manuali, community di supporto, ecc. vi preghiamo di fare riferimento direttamente al sito del produttore originale

https://lightburnsoftware.com/

6. Il software di controllo della messa a fuoco: Z FOCUS

Z FOCUS è l'applicazione che comanda il posizionamento motorizzato dell'asse Z del sistema di marcatura laser. La testa laser è montata su una colonna millimetrata e deve trovarsi a una precisa distanza focale dalla superficie da marcare: l'app muove la testa verso l'alto o verso il basso per portarla a fuoco, tenendo traccia della posizione in millimetri.

L'applicazione è disponibile per sistemi Windows, MacOS e Linux.

Il sistema è composto da alcuni elementi che lavorano insieme:

- **Il PC con l'applicazione Z FOCUS:** l'interfaccia da cui l'operatore comanda i movimenti e imposta i parametri.
- **L'unità di controllo:** collegata al PC via USB, riceve i comandi e pilota il motore.
- **Il gruppo motore e colonna:** muove fisicamente la testa laser lungo l'asse verticale; la colonna riporta una scala millimetrata di riferimento.
- **Il fine corsa:** un sensore che segnala il raggiungimento del limite superiore, usato come riferimento per la calibrazione automatica.
- **I pulsanti fisici SU e GIÙ:** collegati alla macchina, permettono il movimento manuale anche senza usare il mouse. Funzionano soltanto se l'applicazione software è attiva e connessa.

6.1 Avvertenze di sicurezza

	***ATTENZIONE:*** • ***Non avvicinare le mani ad organi in movimento e non eseguire manutenzione sugli stessi a macchina accesa.*** • ***Non utilizzare la manovella di movimentazione manuale quando la macchina è accesa. In caso contrario si possono verificare malfunzionamenti e danni al motore o ne può derivare un rischio per l'operatore.*** • ***Prima di ogni movimento automatico, assicurarsi che l'asse Z sia libero da ostacoli e che nessun oggetto interferisca con la corsa della testa. L'operatore è responsabile della sicurezza dell'area di lavoro.***

Il sistema comanda un movimento meccanico reale. Rispettare sempre queste regole:

- Verificare che la zona di corsa sia sgombra prima di avviare qualsiasi spostamento, in particolare prima dell'auto-calibrazione, che porta la testa fino al limite superiore.
- Tenere mani e utensili lontani dalle parti in movimento durante gli spostamenti.
- In caso di necessità, arrestare immediatamente il movimento con il pulsante di ARRESTO DI EMERGENZA della macchina, con il pulsante STOP a schermo o con lo STOP EMERGENZA durante la calibrazione.
- Dopo un arresto manuale la posizione visualizzata non è più garantita e gli indicatori sul display diverranno arancioni: ripetere l'auto-calibrazione prima di riprendere il lavoro.

6.2 Sicurezza automatica integrata

L'applicazione include protezioni che intervengono automaticamente:

- **Arresto in caso di perdita di comunicazione:** se l'app si chiude in modo anomalo o il collegamento con l'unità di controllo si interrompe mentre il motore è in movimento, il motore viene fermato automaticamente entro una frazione di secondo.
- **Limiti di corsa:** i movimenti che supererebbero il limite superiore o inferiore impostati vengono bloccati prima di iniziare il movimento.
- **Sessione unica:** è possibile aprire una sola sessione dell'app per volta, per evitare comandi in conflitto sulla stessa macchina.

6.3 Avvio dell'applicazione

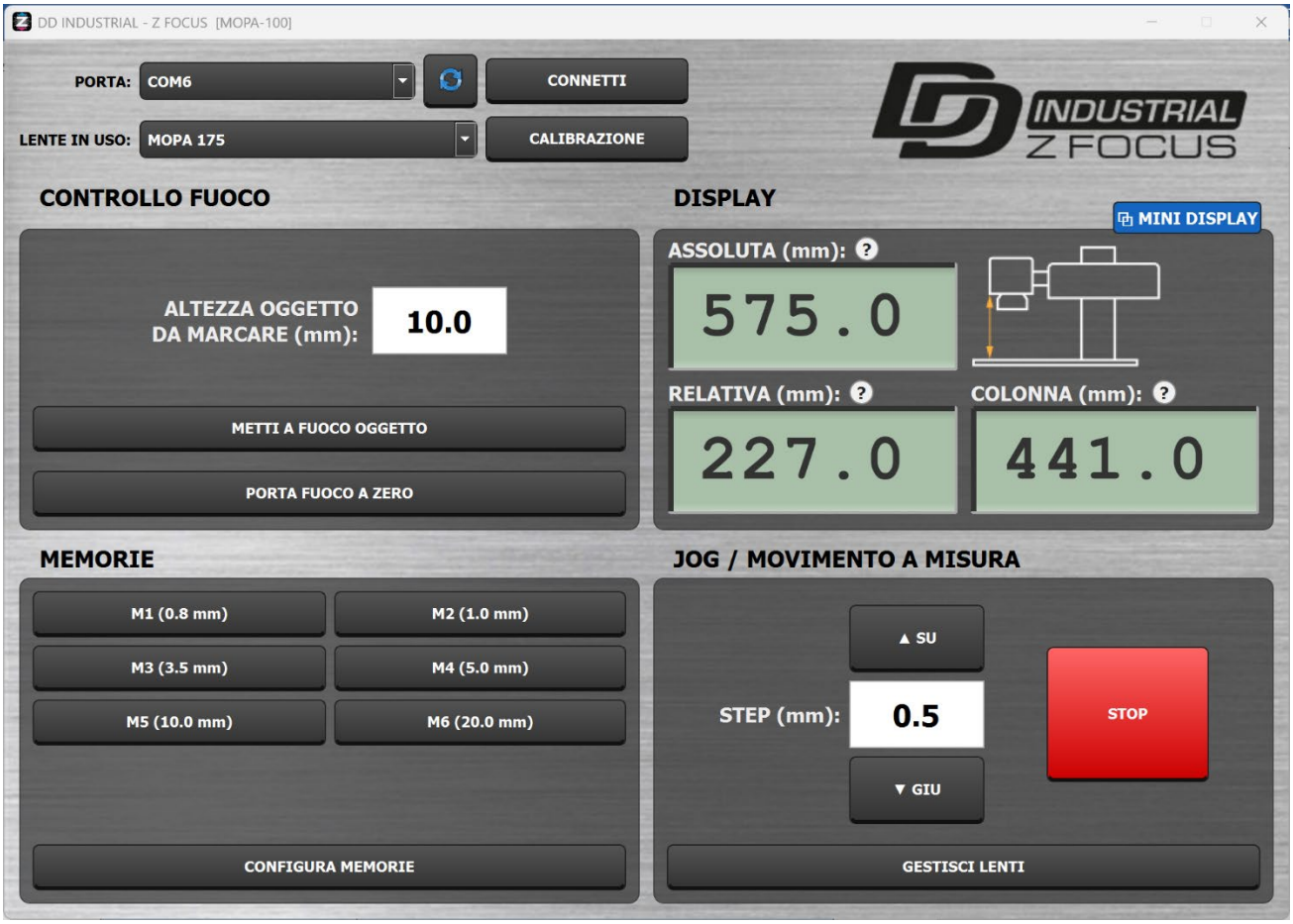
Avviare l'applicazione facendo doppio clic sull'eseguibile. L'unità di controllo deve essere collegata al PC tramite il cavo USB collegato alla pulsantiera fisica; l'app rileva automaticamente la porta e tenta la connessione all'ultima porta utilizzata.

All'avvio compare una schermata che ricorda di verificare la sicurezza dell'area. Leggere l'avviso e, solo dopo aver controllato che l'asse Z sia libero, premere il pulsante di conferma:

«**OK — HO VERIFICATO LA SICUREZZA**»

Finché non si conferma, l'applicazione non si apre.

6.4 Panoramica dell'interfaccia



La finestra principale è organizzata in aree funzionali:

- **Barra di connessione:** selezione della PORTA, pulsante CONNETTI/CONNESSO, indicazione della LENTE IN USO e accesso alla CALIBRAZIONE.
- **CONTROLLO FUOCO:** inserimento dell'altezza dell'oggetto da marcare e comandi «METTI A FUOCO OGGETTO» e «PORTA FUOCO A ZERO».
- **DISPLAY:** tre indicatori numerici: posizione ASSOLUTA, RELATIVA e COLONNA (in millimetri).
- **MEMORIE:** richiamo rapido di altezze memorizzate e loro configurazione.
- **JOG / MOVIMENTO A MISURA:** spostamento manuale SU/GIÙ di un passo (STEP) impostabile, con pulsante STOP.

Accanto a ciascun display è presente un piccolo pulsante informativo **(?)** che, al passaggio del mouse, mostra una breve spiegazione del valore.

6.5 Concetti fondamentali

La lente e il valore focale di base: Ogni lente ha una distanza focale caratteristica, memorizzata nell'app come «valore di base». È la posizione dell'asse alla quale il fuoco cade sul piano di lavoro (oggetto di altezza zero). Selezionando la lente corretta in «LENTE IN USO», tutti i calcoli di messa a fuoco usano il valore di base riferito a quella lente.

L'altezza dell'oggetto: Per marcare la superficie superiore di un oggetto, la testa deve salire di una quantità pari all'altezza dell'oggetto. Il principio che regola la messa a fuoco è semplice: Posizione di fuoco = valore di base della lente + altezza dell'oggetto.

6.6 I tre display

I tre indicatori mostrano la stessa posizione da tre punti di vista diversi:

Display	Cosa indica	Descrizione
ASSOLUTA (mm)	Posizione assoluta dell'asse	Distanza dal bordo inferiore della testa al piano di lavoro.
RELATIVA (mm)	Altezza dell'oggetto a fuoco	Altezza in millimetri dell'oggetto attualmente messo a fuoco (posizione meno valore di base della lente).
COLONNA (mm)	Lettura sulla colonna	Valore corrispondente a quello indicato sulla colonna millimetrata della macchina.

Il display COLONNA serve a confrontare il dato dell'app con la posizione fisica reale: l'indicatore sulla colonna millimetrata deve coincidere con il valore mostrato. Se non coincide, eseguire l'auto-calibrazione.

Quando la posizione non è più certa (ad esempio dopo un arresto manuale), i display cambiano colore per segnalarlo: è un invito a ricalibrare.

6.7 Collegare il dispositivo

1. Collegare l'unità di controllo al PC tramite il cavo USB disponibile sulla pulsantiera fisica.
2. Selezionare la PORTA corretta dall'elenco a tendina (il pulsante di aggiornamento accanto ricarica l'elenco delle porte disponibili).

3. Premere **CONNETTI**. A connessione avvenuta il pulsante mostra «CONNESSO»; in caso di problema mostra «ERRORE» e diventa rosso.

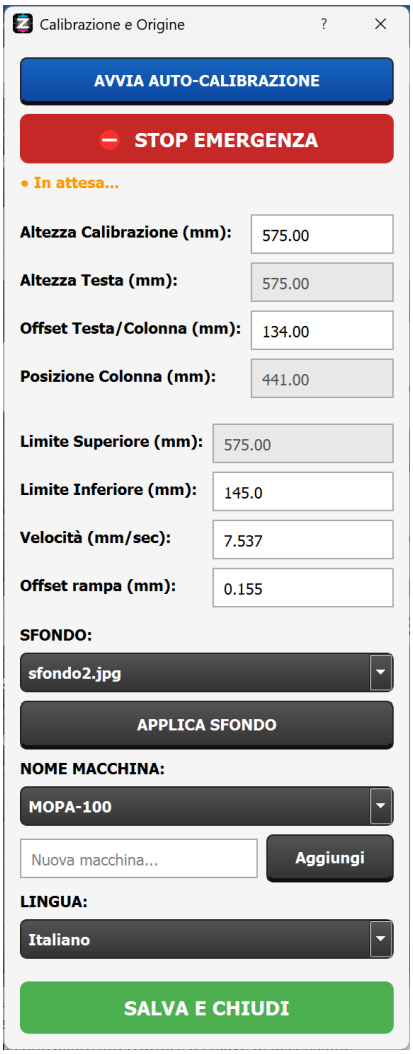
All'avvio l'app tenta automaticamente di riconnettersi all'ultima porta usata, quindi spesso questo passaggio non è necessario.

ATTENZIONE: Se compare «Attenzione dispositivo non Connesso» al momento di un comando, significa che l'unità non è collegata o la porta non è selezionata: ripetere i passaggi qui sopra.

6.8 Calibrazione

La calibrazione stabilisce il riferimento di posizione, in modo che i valori in millimetri mostrati dall'app corrispondano alla realtà. Va eseguita alla prima messa in servizio, dopo un arresto manuale (posizione incerta) e ogni volta che la lettura sulla colonna non coincide con il display.

Si apre premendo il pulsante **CALIBRAZIONE** nella barra in alto.



1. **Rimuovere ogni ostacolo dall'asse Z.** La testa salirà fino al fine corsa.
2. Premere **«AVVIA AUTO-CALIBRAZIONE»**.
3. Confermare la richiesta «Muoverò SU fino al limite superiore — RIMUOVI OSTACOLI DALL'ASSE Z! CONFERMI?». Durante la ricerca lo stato mostra **«Cercando fine corsa…»**.
4. Al raggiungimento del sensore lo stato diventa **«Fine corsa TROVATO! Ritiro in corso…»** e la testa si ritira automaticamente.
5. Quando appare **«INSERIRE MISURA CALIBRAZIONE»**, digitare nel campo «Altezza Calibrazione» il valore reale misurato in quella posizione di riferimento.
6. Premere **«SALVA E CHIUDI»** per memorizzare la calibrazione.

In qualsiasi momento durante la calibrazione è disponibile il pulsante «STOP EMERGENZA». Se la calibrazione viene interrotta, lo stato indica «Calibrazione interrotta – RICALIBRARE» e occorre ripeterla.

Tramite la finestra di calibrazione è possibile anche impostare:

- **SFONDO:** consente di scegliere l'immagine di sfondo della finestra e applicarla.
- **LINGUA:** commuta l'interfaccia tra Italiano e Inglese.
- **NOME MACCHINA:** permette di gestire più configurazioni: selezionando «Nuova macchina…» e premendo «Aggiungi» si crea un profilo distinto, con parametri e calibrazione propri.

Portata la testa nella posizione di lettura del sensore di fine corsa superiore, si può inserire un valore in “Altezza Calibrazione” per assegnare alla posizione attuale un valore noto, confermando la richiesta a schermo. Tale valore deve essere quello effettivamente misurato tra il bordo inferiore della testa galvanometrica e il piano di lavoro della macchina.

ATTENZIONE: Questi sono parametri tecnici. Modificandoli l'app chiede conferma: intervenire solo con cognizione, perché incidono sulla precisione e sui limiti di sicurezza.

Parametro	Funzione
Altezza Testa (mm)	Altezza di riferimento della testa usata nei calcoli.
Posizione Colonna (mm)	Valore di riferimento letto sulla colonna millimetrata.
Limite Superiore (mm)	Massima posizione raggiungibile: i movimenti oltre questo valore vengono bloccati.
Limite Inferiore (mm)	Minima posizione raggiungibile: i movimenti sotto questo valore vengono bloccati.
Velocità (mm/sec)	Velocità di spostamento del motore.
Offset rampa (mm)	Correzione fine per compensare lo spazio di rampa/arresto del movimento.
Offset Testa/Colonna (mm)	Differenza fissa tra il riferimento della testa e la lettura della colonna.
Altezza Calibrazione (mm)	Misura reale inserita al termine dell'auto-calibrazione.

6.9 Operazioni di messa a fuoco

Selezionare la lente: Prima di mettere a fuoco, verificare che in «LENTE IN USO» sia selezionata la lente effettivamente montata. La scelta della lente determina il valore di base impiegato nei calcoli.

Mettere a fuoco un oggetto:

- Inserire nel campo **«ALTEZZA OGGETTO DA MARCARE (mm)»** l'altezza dell'oggetto.
- Premere **«METTI A FUOCO OGGETTO»**. La testa si sposta alla posizione: valore di base della lente più altezza inserita.

Portare il fuoco a zero: Il pulsante **«PORTA FUOCO A ZERO»** riporta la testa alla posizione di fuoco sul piano di lavoro, corrispondente al solo valore di base della lente (oggetto di altezza zero).

6.10 Memorie

Le **MEMORIE** permettono di richiamare con un clic altezze usate di frequente: premendo un pulsante di memoria la testa va a fuoco su quell'altezza. Con **«CONFIGURA MEMORIE»** si impostano i valori memorizzati.

6.11 Movimento manuale (Jog)

Nella sezione **JOG / MOVIMENTO A MISURA** si sposta la testa manualmente di una quantità precisa:

- Impostare il passo nel campo **STEP (mm)**.
- Premere ▲ **SU** o ▼ **GIÙ** per spostare la testa di un passo nella direzione scelta.
- Il pulsante **STOP** arresta immediatamente qualsiasi movimento in corso.

6.12 Pulsanti fisici sulla macchina

Anche i pulsanti SU e GIÙ presenti sulla macchina comandano il movimento:

- **Pressione breve:** sposta la testa di un passo (pari allo STEP impostato).
- **Pressione mantenuta:** avvia il movimento continuo nella direzione scelta fino al limite di corsa; al rilascio il movimento si arresta.

Quando il fine corsa è attivo, il movimento verso l'alto è bloccato e il relativo pulsante lo segnala.

Dopo un movimento continuo arrestato al rilascio, la posizione viene considerata incerta.

6.13 Messaggi e stati particolari

- **Posizione incerta:** Se un movimento viene interrotto manualmente (pulsante STOP o rilascio di un jog continuo), l'app segnala che la posizione visualizzata potrebbe non corrispondere a quella reale dell'asse. I display cambiano colore e viene proposta automaticamente la finestra di calibrazione: eseguire l'auto-calibrazione prima di proseguire.
- **Movimento bloccato dai limiti:** Se un comando porterebbe la testa oltre il limite superiore o inferiore, il movimento non viene eseguito e compare un avviso con la posizione finale che sarebbe stata raggiunta e il limite superato.
- **Errore di validazione:** In calibrazione, la «Posizione Colonna» deve essere inferiore all'«Altezza Testa». In caso contrario l'app segnala l'incongruenza e non salva il valore errato.

6.1 Finestra mini-display

Dalla finestra principale è possibile aprire una **finestra mini**: una versione compatta e sempre in primo piano, utile per tenere i comandi essenziali a portata di mano mentre si lavora con altri programmi.

Dalla finestra mini-display si può portare il fuoco a zero e tornare alla finestra principale quando serve l'interfaccia completa.



6.2 Risoluzione dei problemi

DESCRIZIONE	SOLUZIONE
Attenzione dispositivo non Connesso	L'unità non è collegata o la porta non è selezionata. Collegare l'USB, selezionare la porta e premere CONNETTI.
I display sono evidenziati (posizione incerta)	La posizione non è garantita dopo un arresto. Eseguire l'auto-calibrazione.
Il movimento non parte	Verificare la connessione, che non si stia superando un limite di corsa e che il fine corsa non blocchi la salita.
Movimento bloccato» per superamento limite	La destinazione supera un limite impostato. Ridurre lo spostamento o verificare i limiti in calibrazione.
La lettura sulla colonna non coincide col display	Eseguire l'auto-calibrazione per riallineare il riferimento.
L'applicazione è già in esecuzione	È già aperta un'altra sessione. Usare quella; è consentita una sola sessione per volta.
Il motore si è fermato da solo	Probabile perdita di comunicazione (app chiusa o cavo scollegato): il sistema arresta il motore per sicurezza. Ripristinare il collegamento e ricalibrare.

7. Soluzioni per la risoluzione dei problemi

Se la macchina presenta un problema, prima di consultare il rivenditore o il servizio assistenza, vi preghiamo di provvedere a verificare che l'anomalia non sia risolvibile in autonomia seguendo i suggerimenti descritti qui di seguito.

In ogni caso i nostri tecnici saranno sempre disponibili ad aiutarvi e consigliarvi la soluzione migliore.

Le istruzioni di guasto e le possibili soluzioni sono le seguenti：

Tabella 7.1 Descrizioni di guasto e possibili soluzioni

DESCRIZIONE	SOLUZIONE
La macchina non si accende	Controllare cavo di alimentazione, controllare pulsante di emergenza, controllare interruttore a chiave di accensione del sistema.
Il software non si connette al sistema	Controllare il cavo USB. Spegnere e riaccendere la macchina. Riavviare il computer. Controllare che i driver del controller siano installati correttamente.
Il raggio laser rosso di messa a fuoco non si accende	Controllare l'interruttore di accensione del sistema di puntamento. Contattare il nostro personale del servizio assistenza tecnica.
I risultati della marcatura risultano variati senza variare i parametri di controllo	Messa a fuoco non corretta o superficie non in piano. Calo di potenza del laser o diametro di piegatura della fibra troppo stretto.
Alimentazione attiva e spia blu accesa, ma non c'è uscita laser	Verificare la messa a fuoco. Togliere tappo protettivo dalla lente. Guasto dell'interruttore o guasto della sorgente laser, contattare il nostro personale del servizio assistenza tecnica.
L'asse Z non si muove	Verificare che il software Z FOCUS sia attivo e connesso al computer. Verificare la calibrazione della posizione della testa sulla colonna. Vedere sezione 6.15
Altra anomalia	Contattare il personale del servizio assistenza tecnica

8. Manutenzione della macchina

Se non diversamente specificato, eseguire le operazioni di regolazione e di manutenzione di questo dispositivo solo quando l'alimentazione è stata interrotta e l'alimentazione è stata scollegata.

8.1 Mantenere pulita la macchina

La prima forma di manutenzione consiste nel mantenere pulita la macchina, soprattutto nella zona di aspirazione ed estrazione dell'aria di raffreddamento. La sorgente laser e l'elettronica vengono raffreddate mediante un sistema ad aria forzata, che deve quindi essere mantenuto in grado di svolgere il proprio compito. Se si rimuove la polvere dalle prese d'aria del dispositivo utilizzando un aspirapolvere, utilizzare solo l'impostazione di potenza più bassa per evitare danni ai componenti interni.

8.2 Mantenere e sostituire le lenti focali

La testa galvanometrica di marcatura in dotazione è dotata di una lente focale che funge anche da protezione per il sistema galvanometrico da fumi, polveri e residui di marcatura. La lente focale dispone a sua volta di un vetro esterno di protezione e di tappi antipolvere.

Le caratteristiche di lavorazione tipiche della marcatura laser richiedono una manutenzione regolare della lente. Se l'azione di marcatura risulta essere scarsa, controllare che la lente di protezione o il vetro di protezione esterno non siano sporchi, e nel caso pulirli o sostituirli per tempo se deteriorati.

La modalità di pulizia della lente è estremamente importante, se non viene eseguita correttamente le prestazioni della lente saranno ridotte e la lente stessa o il sistema galvanometrico possono venire danneggiati se non viene pulita.

Pertanto, è necessario prestare la massima attenzione nelle operazioni seguenti:

- Prima di qualsiasi operazione, lavarsi accuratamente le mani con detergente neutro e asciugarle attentamente.
- Tenere a disposizione alcol industriale puro al 99%, pezze di cotone, carta di pulizia per lenti.
- Lavorare in un ambiente pulito e sostanzialmente privo di polvere e indossare preferibilmente guanti di lattice.
- Svitare la lente focale dalla testa galvanometrica di marcatura e controllare lo stato di pulizia della lente.
- Se la lente risulta contaminata, è necessario pulirla con carta di pulizia per lenti imbevuta di alcol puro.
- Se la lente presenta segni di deterioramento evidenti, procedere immediatamente alla sua sostituzione.
- Controllare il vetro protettivo esterno che si trova avvitato sul lato esterno della lente focale.
- Durante le operazioni di pulizia della lente focale, proteggere l'interno della testa galvanometrica di marcatura laser dalla contaminazione.

	***IMPORTANTE:*** ***La sostituzione della lente focale con una di diversa lunghezza focale, oltre a variare il campo di lavoro e l'altezza di messa a fuoco, implica la necessità di effettuare una nuova calibrazione della lente nel software Lightburn.***

	***ATTENZIONE:*** • ***La sostituzione delle lenti focali va effettuata in ambiente pulito, preservando dalla contaminazione l'interno della testa galvanometrica di pulizia.*** • ***Si prega di tenere al riparo dalla sporcizia la lente focale della testa galvanometrica, e pulirla con cura se necessario.*** • ***Quando la macchina non è in uso, proteggere sempre la lente focale con il suo tappo protettivo.*** • ***Non eseguire mai manutenzioni con il cavo di alimentazione 230V inserito.***



Figura 8.2 Lente focale, vetro di protezione e tappi antipolvere

9. Parametri di marcatura

9.1 Parametri di processo fondamentali

Nella realizzazione della marcatura, occorre intervenire su alcuni parametri fondamentali:

- Velocità di marcatura
- Frequenza del laser
- Durata dell'impulso
- Potenza del laser
- Interlinea
- Numero di passaggi di lavorazione

Ciascuno di questi parametri può variare in modo significativo il risultato della marcatura, quindi è necessario regolarli accuratamente in base al materiale.

<u>ATTENZIONE</u>: Parametri come frequenza e durata del singolo impulso sono strettamente legati e devono rientrare in specifici intervalli correlati tra loro.

Questo sistema di pulizia laser è dotato di una sorgente pulsata, in grado quindi di emettere in un determinato tempo un certo numero di impulsi di una certa durata. Risulta chiaro che queste grandezze sono necessariamente correlate, perché in un determinato periodo di tempo, scelta una durata dell'impulso, ci sarà un limite al numero di impulsi ottenibile.

In particolare, esiste una **frequenza di soglia (Cut-off)**, al di sotto della quale la potenza emessa dalla sorgente viene ridotta in modo automatico al fine di proteggere la sorgente stessa.

Questo significa che resta possibile impostare valori di frequenza al di sotto della soglia di Cut-off, ma la potenza ottenibile sarà ridotta automaticamente.

Questo meccanismo è descritto nella seguente figura 9.1(a)

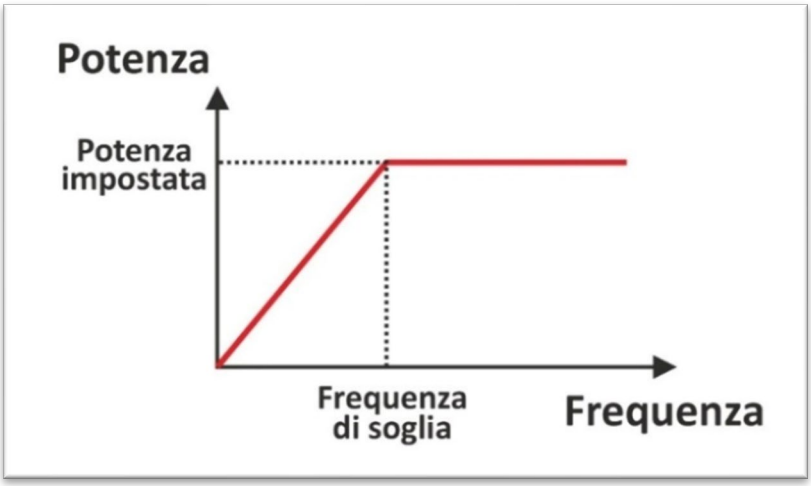


Figura 9.1(a) Frequenza di soglia

Ne risulta che per ottenere la potenza desiderata in uscita, è necessario impostare una frequenza coincidente con quella di soglia, quindi l'intervallo utile di frequenza ad una data potenza è compreso tra la frequenza di soglia e la frequenza massima che la sorgente è in grado di sostenere in base alla durata di impulso scelta. Scegliendo una frequenza superiore a quella di soglia, la potenza massima verrà mantenuta, ma diminuirà progressivamente l'energia dell'impulso.

Gli intervalli corretti di frequenza in base alla durata dell'impulso sono descritti nella seguente tabella:

Tabella 9.1 Intervalli di frequenza ammissibili

Durata Impulso (ns)	Frequenza di soglia (kHz) MINIMO	Frequenza massima (kHz) MASSIMO
2	2960	4000
4	2160	4000
6	1400	4000
9	960	4000

Durata Impulso (ns)	Frequenza di soglia (kHz) MINIMO	Frequenza massima (kHz) MASSIMO
13	680	3000
20	420	3000
30	300	3000
45	250	2000
60	200	2000
80	180	2000
100	160	1000
150	95	1000
200	75	1000
250	70	900
350	67	600
500	67	500

La potenza esprimibile dalla sorgente in base alla durata dell'impulso è osservabile nelle seguenti figure 9.1(b) e 9.1(c)

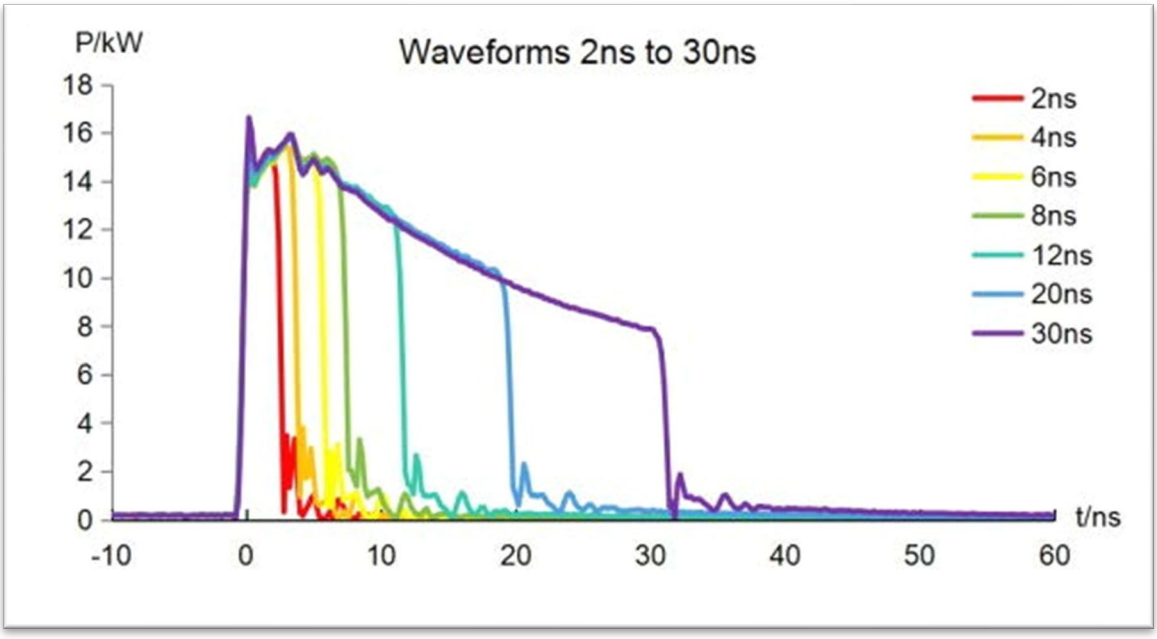


Figura 9.1(b) Potenza ottenibile in base alla durata dell'impulso (da 2 a 30 ns)

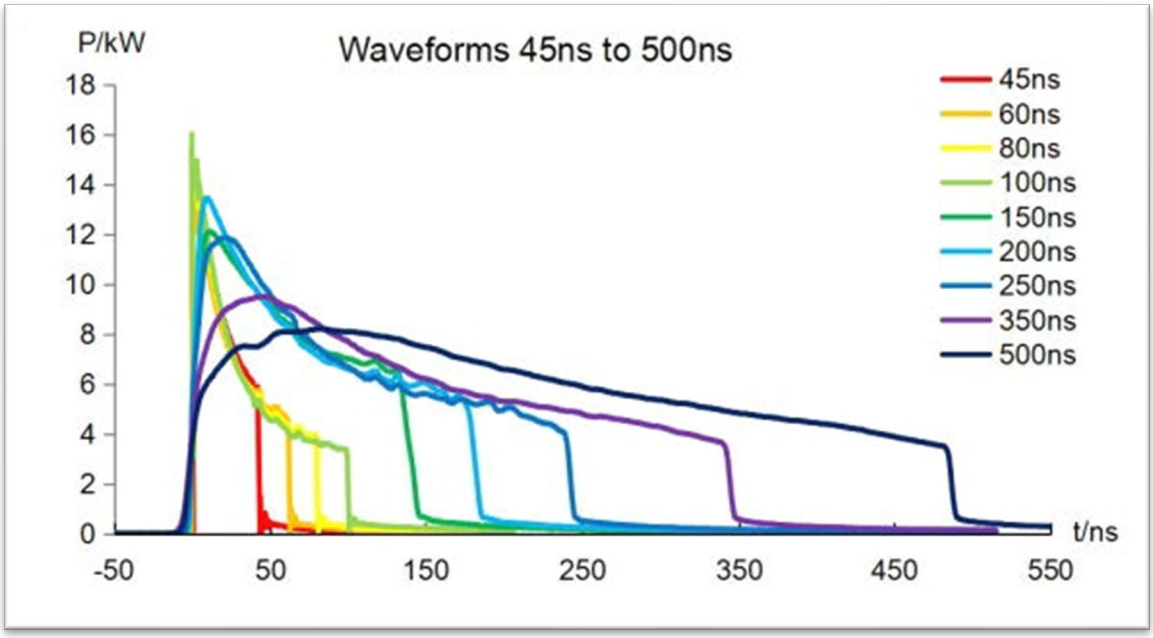


Figura 9.1(c) Potenza ottenibile in base alla durata dell'impulso (da 45 a 500 ns)

Quando si incide un nuovo materiale, può essere utile marcare un Test del Materiale, ovvero una matrice di prova con varie impostazioni di velocità, potenza e frequenza per ottenere esattamente l'effetto che si sta cercando. Questa funzione è disponibile direttamente in Lightburn.

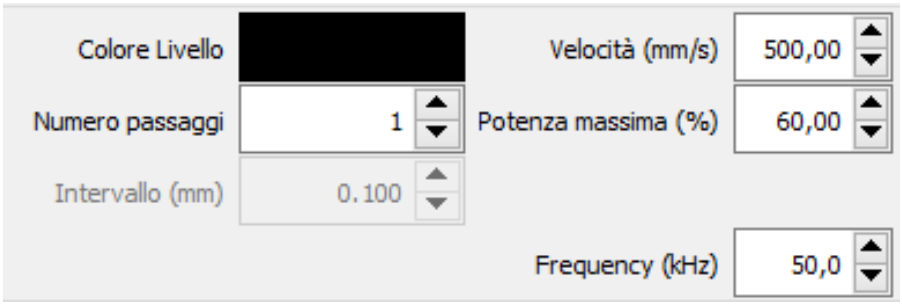


Figura 9.1.1 Parametri di marcatura

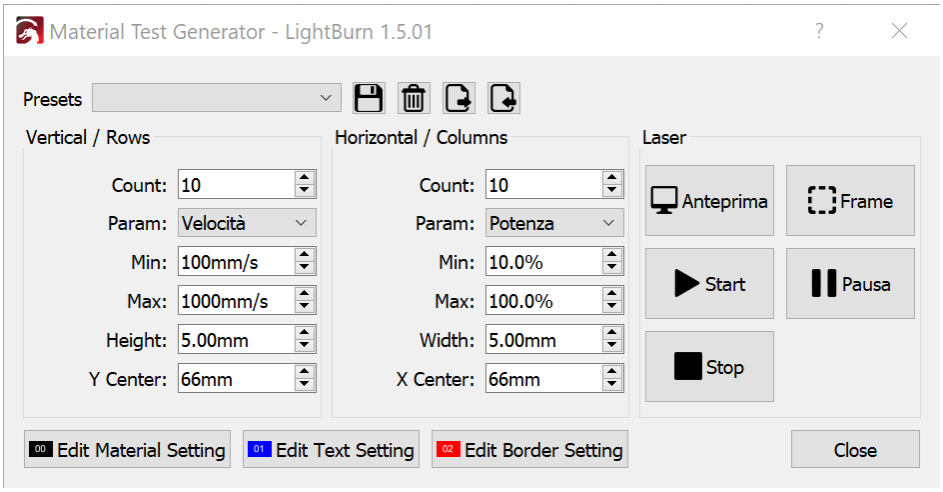


Figura 9.1.2 Test del Materiale in Lightburn

Per accelerare il processo, riportiamo in seguito alcune linee guida generali per i materiali comunemente incisi. Anche in questo caso, tuttavia, si tratta solo di linee guida per orientarsi ed è responsabilità dell'utente consultare le schede di sicurezza dei materiali e altre fonti per garantire la sicurezza del lavoro con vari materiali e configurazioni. Alcuni dei materiali elencati potrebbero richiedere spazio di lavoro aggiuntivo e dispositivi di protezione individuale oltre a quelli forniti con la macchina.

9.1.1 Marcatura di metalli ferrosi

Quando si marcano metalli, utilizzare generalmente impostazioni di potenza elevata, bassa frequenza e velocità da bassa a media. Per evitare di utilizzare il laser a una potenza superiore all'80% per periodi prolungati, puoi anche ottenere effetti simili riducendo leggermente la potenza e aumentando il numero di passaggi o diminuendo la velocità di marcatura.

Nella marcatura dell’acciaio inox, può essere utile lavorare fuori fuoco di qualche millimetro al fine di ottenere una marcatura superficiale perfettamente nera.

Occorre tenere presente che alcuni metalli producono polvere conduttrice, riflettente e/o tossica. I metalli più morbidi producono naturalmente più polvere durante l'incisione, mentre i metalli più duri possono richiedere impostazioni di potenza più elevate che producono anche più polvere. Oltre al rischio per la pelle e gli occhi dell'utente, la polvere prodotta (soprattutto per applicazioni industriali ripetitive) potrebbe richiedere un sistema di aspirazione per affrontare il problema. Allo stesso modo, gli operatori e le altre persone nell'area di lavoro potrebbero dover utilizzare DPI per la respirazione come maschere e respiratori.

9.1.2 Marcatura di leghe di alluminio

L'alluminio richiede una frequenza leggermente superiore rispetto ad altri metalli e non produrrà mai una marcatura nera simile a quella creata dall'incisione dell'acciaio. Quando è richiesta una marcatura più scura, prendere in considerazione l'impiego di materiali anodizzati o verniciati oppure la produzione di un'incisione profonda che può essere oscurata utilizzando resina epossidica nera o altro riempitivo. L'alluminio anodizzato richiede un po' più di velocità ma una frequenza molto bassa. I metalli con rivestimento a polvere richiedono solitamente una frequenza molto elevata e, per ottenere i migliori risultati, almeno 3 passaggi per rimuovere il rivestimento e lucidare lo strato inferiore.

9.1.3 Marcatura di metalli preziosi

L'oro e i metalli similmente morbidi dovrebbero essere incisi con una potenza inferiore ma una velocità moderata. L'argento e altri metalli semidurevoli sono incisi al meglio con una potenza leggermente superiore e una velocità leggermente inferiore, ma non alla stessa potenza e velocità dell'acciaio o dell'alluminio.

9.1.4 Marcatura delle plastiche

Quando si incide la plastica, utilizzare generalmente impostazioni a bassa potenza e alta velocità. Marcare e incidere con troppa potenza o a una velocità troppo bassa può concentrare troppa energia nel punto di contatto, provocando la fusione della plastica. Tra gli altri problemi, ciò può produrre una scarsa qualità dell'incisione, fumi nocivi e persino incendi.

9.1.5 Marcatura della pietra

Quando si incidono vari tipi di pietra, utilizzare generalmente una potenza e una velocità moderate a bassa frequenza. Come per la ceramica e i metalli, prestare attenzione alla polvere creata (soprattutto per

applicazioni industriali ripetitive) e adottare misure simili per garantire la sicurezza degli utenti e delle altre persone nell'area di lavoro.

9.2 Parametri di processo

Oltre ai parametri fondamentali quali potenza, velocità e frequenza, occorre prestare attenzione ad altri parametri che possono risultare determinanti nella riuscita della marcatura.

Ad esempio, la lineatura di riempimento (interlinea) può contribuire in maniera determinante al risultato della marcatura.

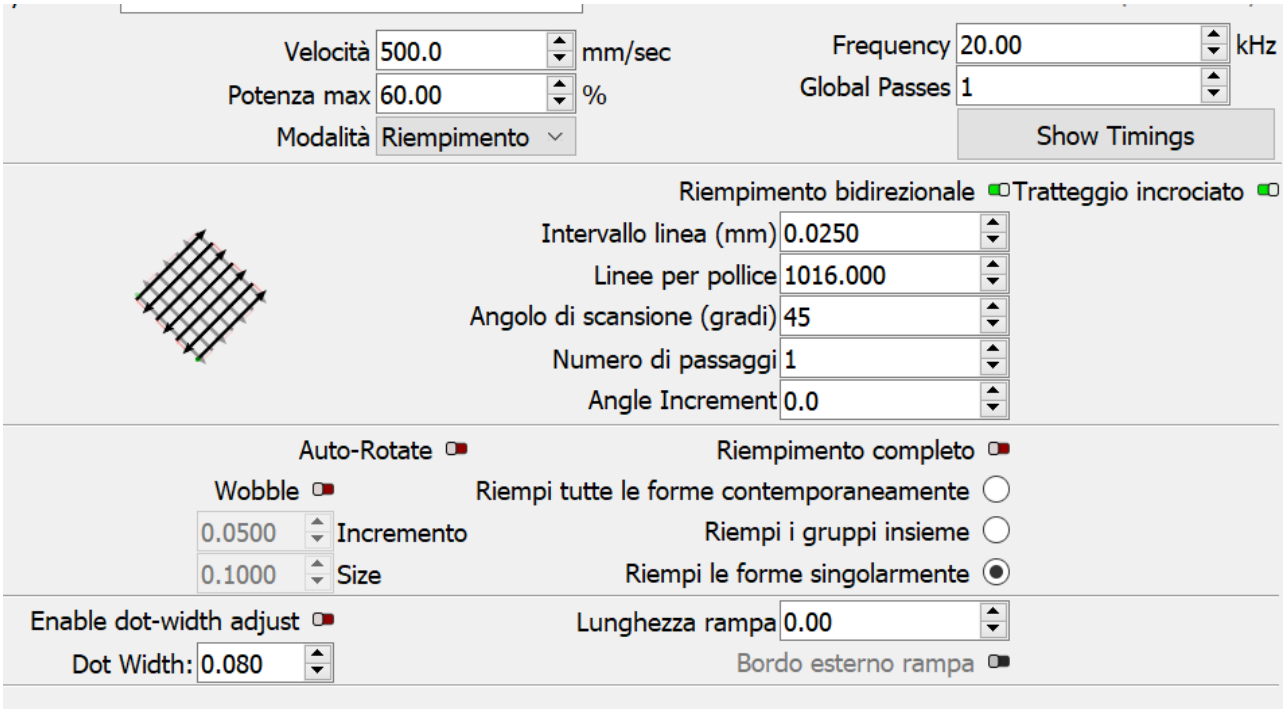


Figura 9.2 Scelta dei parametri di riempimento

10. Automazione e inserimento in impianti automatizzati

10.1 Passaggio da modalità manuale a modalità remota/automatica.

Il nostro sistema di marcatura laser FLM100P è normalmente predisposto per essere utilizzato in modalità manuale, ma può essere inserito in un sistema automatizzato o robotizzato a comando remoto.

	***ATTENZIONE:*** ***Il cliente ha la responsabilità di mettere in opera tutte le precauzioni e le sicurezze aggiuntive necessarie (barriere, sensori, ecc.) se intende inserire questa macchina in un sistema automatizzato/robotizzato.*** ***I danni causati da un'errata installazione non sono coperti da garanzia e saranno considerati responsabilità del cliente. In caso di dubbi consultare sempre il rivenditore.***

Se si intende utilizzare il sistema in modalità automatica, per passare a tale modalità occorre procedere in questo modo **(si raccomanda, prima di operare, di scollegare la macchina dall'alimentazione elettrica):**

- Installare il sistema di automazione desiderato (posizionatore rotante, tavola, caricatore, ecc.) sul piano sottostante la testa galvanometrica, oppure installare la testa galvanometrica sull'eventuale sistema di posizionamento (ad esempio robot, pantografo, supporto fisso o altro) in modo che il raggio laser sia orientato verso una zona sicura e mai verso persone.
- Individuare gli appositi connettori "ACCESSORI" (a 4 poli) e "PEDALE" (a due poli) sul pannello posteriore della macchina.
- Collegare il dispositivo di automazione (posizionatore rotante, tavola, caricatore o altri sistemi di automazione) al connettore "ACCESSORI".
- Collegare il dispositivo di comando (pedale opzionale o cavo collegato al sistema di controllo di automazione) al connettore "PEDALE".
- La chiusura del contatto sul connettore "PEDALE" equivarrà alla selezione del comando di avvio marcatura nel software di controllo e attiverà istantaneamente il raggio laser di marcatura.

	***ATTENZIONE:*** • ***Il contatto "PEDALE" di avvio remoto attiverà istantaneamente il laser, quindi dovranno essere implementate procedure e/o sistemi di sicurezza esterni su responsabilità del cliente.*** • ***Eseguire le operazioni di collegamento a macchina spenta e scollegata dall'alimentazione 230 VAC.***

Si prega di progettare e impostare adeguatamente il proprio sistema di controllo in modo che un interruttore di consenso si attivi prima dell'interruttore di avvio laser, e che il contatto di avvio venga aperto al mancare di uno qualunque dei sistemi di sicurezza previsti (barriere, involucri, sensori, ecc.).
Non impostare MAI il sistema in modo che l'interruttore di consenso risulti costantemente chiuso.

	***ATTENZIONE:*** • ***Il cliente ha la responsabilità di operare con competenza nel progettare e/o programmare correttamente i propri dispositivi di controllo dell'automazione, e nel predisporre le corrette barriere di protezione o altri adeguati sistemi di protezione.*** • ***I danni causati da un'errata installazione o progettazione del sistema di automazione restano a responsabilità esclusiva del cliente.*** • ***La certificazione e marcatura CE dell'impianto resta a esclusivo carico del cliente e/o del responsabile della realizzazione dello stesso.***

10.2 Ritorno alla modalità di funzionamento manuale.

Per impostare nuovamente la macchina sulla modalità di funzionamento manuale è sufficiente spegnere la macchina e scollegare i sistemi esterni dai connettori “ACCESSORI” e “PEDALE” sul pannello posteriore.

11. Garanzia e restituzione

11.1 Garanzia generale

Tutti i prodotti sono realizzati secondo gli ordini o le specifiche e, una volta consegnati, se presentano problemi derivanti da materiali o tecnologie, sono garantiti dal produttore, purché il laser venga utilizzato secondo le specifiche.
Quando viene rilevato un problema, i clienti dovrebbero procedere come di seguito:

- Contattare dapprima il personale del servizio post vendita, quindi presentare i difetti rilevati per iscritto entro un mese (30 giorni) dall'individuazione dei problemi.
- In caso di rientro in fabbrica per manutenzione, imballaggio e trasporto devono essere effettuati in modo da garantire l’integrità del prodotto.
- La garanzia non coprirà mai eventuali danni a terzi.

11.2 Limite di garanzia

Non sono coperti dalla garanzia i seguenti danni (incluso il danno complessivo della macchina, il danneggiamento di parti, fibra ottica, lenti, ecc.):

- Danni causati da manomissioni, aperture, installazioni errate, intenzioni di miglioramento eseguite da personale non autorizzato.
- Danni causati da operazioni improprie e negligenza.
- Danni causati da un utilizzo oltre il limite del prodotto.
- Danni causati da una violazione delle informazioni e degli avvisi nella guida per l'utente.

11.3 Imballo e Trasporto

Prima del trasporto, tutte le macchine da riparare o sostituire devono essere imballate in modo affidabile, preferibilmente con gli imballi originali forniti al momento della vendita, in caso contrario eventuali danni causati non saranno riparati gratuitamente.
Si prega di eseguire l'ispezione e l'accettazione in base all'elenco di imballo quando si prepara il prodotto alla riparazione o alla restituzione. Qualora la macchina da riparare o sostituire non venisse restituita accompagnata da tutti i suoi cavi e accessori, tali componenti non saranno forniti nuovamente.

	***ATTENZIONE:*** ***Il cliente ha la responsabilità di comprendere e operare secondo le istruzioni operative nella guida per l'utente. I danni causati da errate operazioni non sono coperti da garanzia.***

12. Allegato 1 - Dichiarazione di conformità

DICHIARAZIONE DI CONFORMITÁ
DECLARATION OF CONFORMITY
DECLARATION DE CONFORMITE
DECLARACION DE CONFORMIDAD
KONFORMITATSERKLARUNG
DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE
FÖRSÄKRAN OM ÖVERENSSTÄMMELSE
VAATIMUSTENMUKAISUUSVAKUUTUS
CONFORMITEITSVERKLARING
СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ
DEKLARACJA ZGODNOŚCI

Si dichiara che l'apparecchio tipo:
We hereby state that the machine type:
On déclare que la machine type:
Se declara que el aparato tipo:
Die Maschine Typ:
Se declara que o aparelho tipo:
Vi försäkrar att denna typ av apparat:
Vakuutamme, että laitetyyppi:
Men verklaart dat het apparaat type:
Утверждается, что аппарат:
Niniejszym oświadczamy, że maszyna typu:

Laser Marking Equipment:

Laser Marker FLM 100 P

è conforme alle direttive:
is in compliance with the directives:
est conforme aux directives:
es conforme a las directivas:
entspricht den Richtlinien:
é dentro das diretivas:
överensstämmer med direktiven:
täyttää seuraavat direktiivit:
conform de volgende richtlijnen is:
соответствует Директивам:
jest zgodna z dyrektywami :

2006/42/EC (MD)

2014/30/EU (EMC)

2011/65/EU - 2015/863/EU(RoHS)

e che sono state applicate le norme:
and that the following standards apply:
et qu'on a appliqué le normes:
y que se han aplicado la normas:
folgende Normen kamen zur Anwendung:
e que foram aplicadas as normas:
och att man tillämpat standarder:
ja että seuraavia standardeja on noudatettu:
en dat de volgende normen toegepast werden:
произведено в соответствии с нормами:
i spełnia wymagania norm:

EN ISO 12100:2010
EN 60204-1:2018
EN 60825-1:2014+A11:2021
EN ISO 11553-1:2020+A11 - EN ISO 11553-2:2013

EN IEC 61000-6-2:2019 - EN IEC 61000-6-4:2019
EN IEC 61000-3-2:2019+A1:2021
EN 61000-3-3:2013+A1:2019+A2:2021

EN IEC 63000:2018

DD INDUSTRIAL

Davide Defend
Via Caraglio n. 45, 10141,
Torino (TO) - ITALY

01/02/2026
Davide Defend

DD INDUSTRIAL

OGNI INTERVENTO NON AUTORIZZATO DA **DD INDUSTRIAL** FARÁ DECADERE QUESTA DICHIARAZIONE.
TOUTE MODIFICATION APPORTEE A LA MACHINE SANS L'AUTORISATION DE **DD INDUSTRIAL** ANNULERA CETTE DECLARATION.
ANY TAMPERING OR CHANGE UNAUTHORIZED BY **DD INDUSTRIAL** SHALL IMMEDIATELY INVALIDATE THIS STATEMENT.
TODA MODIFICACIÓN DE LA MAQUINA SIN LA AUTORIZACIÓN DE **DD INDUSTRIAL** INVALIDARA ESTA DECLARACIÓN.
JEDE VERÄNDERUNG DER MACHINE OHNE GENEHMIGUNG DER FIRMA **DD INDUSTRIAL** ANNULLIERT DIESE ERKLÄRUNG.
CADA INTERVENÇÃO NÃO AUTORIZADA PELA **DD INDUSTRIAL** FARÁ ANULAR ESTA DECLARAÇÃO.
ALLA INGREPP SOM INTE AUKTORISERATS AV **DD INDUSTRIAL** OGILTIGGÖR DENNA FÖRSÄKRAN.
MIKÄ TAHANSA LAITTEESEEN TEHTÄVÄ TOIMENPIDE, JOKA EI OLE **DD INDUSTRIAL**:N VALTUUTTAMA, JOHTAA TÄMÄN VAKUUTUKSEN RAUKEAMISEEN.
ELKE INTERVENTIE DIE NIET GEAUTORISEERD IS DOOR **DD INDUSTRIAL** ZAL DEZE VERKLARING TENIET DOEN.
ДАННЫЙ СЕРТИФИКАТ ТЕРЯЕТ СВОЮ СИЛУ В СЛУЧАЕ ЛЮБОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА НЕАВТОРИЗИРОВАННОГО КОМПАНИЕЙ **DD INDUSTRIAL** ЛИЦА.
JAKIEKOLWIEK ZMIANY LUB PRZERÓBKI NIEAUTORYZOWANE PRZEZ **DD INDUSTRIAL** UNIEWAŻNIAJĄ NINIEJSZĄ DEKLARACJĘ.

1/1

13. Allegato 2 - Regole di sicurezza e Formazione dell’operatore



ATTENZIONE:
L’INTERO CONTENUTO DI QUESTO ALLEGATO CONTIENE INFORMAZIONI DETERMINANTI PER LA SICUREZZA NELL’USO DEL SISTEMA DI MARCATURA LASER FLM 100 P.

Questo allegato fornisce informazioni sulle caratteristiche dei raggi laser e sui pericoli che comportano, sui requisiti di sicurezza e di tutela della salute per le apparecchiature laser, nonché sugli obblighi degli utilizzatori di tali apparecchi. Può darsi che quanto descritto in maniera semplificata non sempre riproduca fedelmente le situazioni riscontrate nella pratica quotidiana. In caso di dubbio sono vincolanti le prescrizioni di sicurezza contenute nelle norme vigenti e le procedure e i regolamenti stabiliti dal vostro Responsabile del Servizio di Protezione e Prevenzione e dal vostro Tecnico della Sicurezza Laser.

Chi mette in commercio apparecchiature laser è tenuto per legge a segnalare agli utilizzatori tutti i pericoli derivanti dall’uso dei loro prodotti.

L’utilizzatore ha l’obbligo di consultare attentamente il manuale d’uso e le regole di sicurezza, forniti assieme all’apparecchio, prima di metterlo in funzione.

Le disposizioni in materia di sicurezza sul lavoro obbligano le aziende ad adottare tutte le misure necessarie al fine di garantire la sicurezza e la tutela della salute dei lavoratori, di documentarle e di verificarne periodicamente il rispetto.

Ai fini della tutela della salute e della sicurezza degli operatori, nonché in ottemperanza alle disposizioni del D.Lgs. 81/2008 (Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro) in materia di Radiazioni Ottiche Artificiali (ROA), il presente manuale d'istruzioni integra formalmente e adotta integralmente come propria guida di riferimento il testo ufficiale emanato dall'INAIL: "SICUREZZA LASER. Rischi e prevenzione" (Edizione INAIL 2024).

Il documento INAIL sopra citato è da considerarsi a tutti gli effetti parte integrante e sostanziale della documentazione tecnica di questo macchinario. Ciascun datore di lavoro, responsabile della sicurezza (RSPP) e operatore addetto all'uso del laser a fibra è tenuto a prenderne visione, comprenderne il contenuto e applicarne rigidamente le direttive operative.

Il manuale INAIL aggiornato è scaricabile gratuitamente in formato PDF dal portale istituzionale. Per comodità dell'utilizzatore, ne verrà fornita una copia in pdf nella chiavetta USB in dotazione alla macchina, ma è possibile effettuare il download diretto cliccando sul seguente link ufficiale:

SICUREZZA LASER. Rischi e prevenzione" (Edizione INAIL)

oppure può essere ricercato sul Portale Agenti Fisici dell’INAIL e scaricato gratuitamente in formato pdf.

13.1 Obblighi e adempimenti vincolanti per l'utilizzatore

In accordo con le linee guida INAIL e la normativa vigente per i sistemi laser industriali (Classi 3B e 4), sono obbligatori i seguenti adempimenti:

- **Valutazione dei Rischi:** Il Datore di Lavoro deve integrare il proprio DVR (Documento di Valutazione dei Rischi) con i rischi ROA specifici derivanti dalla radiazione laser.
- **Nomina del TSl/ESL-II:** È obbligatoria la nomina di un Tecnico della Sicurezza Laser (TSL) o di un Esperto in Sicurezza Laser di grado II (ESL-II) qualificato per monitorare le misure di controllo e mitigazione del rischio all'interno dell'azienda.
- **Formazione degli Operatori:** Tutto il personale che opera in prossimità del macchinario deve ricevere una formazione teorico-pratica specifica e certificata in merito ai pericoli della radiazione laser e all'uso dei DPI.
- **Dispositivi di Protezione Individuale (DPI)**: È fatto obbligo tassativo di indossare occhiali di protezione laser certificati secondo la norma UNI EN 207 / EN 208, aventi una Densità Ottica (OD) e una marcatura adeguate alla specifica lunghezza d'onda del laser installato (1064 nm).
- **Delimitazione Area:** il laser opera in Classe 4, l'area di lavoro deve essere classificata come "Zona Laser Controllata", opportunamente delimitata, dotata di cartellonistica di avviso e accessibile solo al personale autorizzato.

	***ATTENZIONE:*** ***L'inosservanza delle prescrizioni contenute nel manuale INAIL allegato comporta il decadimento di qualsiasi responsabilità del costruttore per danni a cose o persone causati dall'uso improprio o non protetto della macchina.***

13.2 Protezione degli occhi

Il marcatore laser FLM100P è dotato di una sorgente di potenza pari a 100W che emette un fascio laser di lunghezza d'onda pari a 1064 nm. La testa galvanometrica da cui viene emesso il fascio laser è montata rivolta verso il basso, per cui in normali condizioni di lavoro l'operatore non può essere esposto al fascio diretto, ma resta esposto ad un eventuale fascio riflesso dal materiale in lavorazione.
Per questo motivo è obbligatorio che l'operatore e qualsiasi persona presente indossino appositi occhiali di protezione laser. La DNRO (distanza nominale di rischio oculare) è stata calcolata mediante un apposito software di simulazione e risulta la seguente:

- **DNRO = 57,55 metri**

Questo significa che l'operatore si trova certamente entro quella distanza e necessita di DPI oculari.

```
=== SICUREZZA OCULARE ===
 • DNRO                          : 57.55 m
 • MPE occhio                    : 5.0000e-02 J/m²  [H=0.01·Ca·Cc·Ce=5.0000e-02 J/m²]
 • t esposizione                 : 10.0 s
 • Regola più restrittiva        : #2
   R1: DNRO=    7.09 m   MPE=5.000e-02 J/m²   [singolo E_max vs MPE(τ_min)]
   R2: DNRO=   57.55 m   MPE=5.061e+02 J/m²   [treno P_nom×T_e vs MPE(10.0s)]  ◂ ATTIVA
   R3: DNRO=   37.91 m   MPE=1.750e-03 J/m²   [singolo E_max vs MPE(τ_min)·Cp  Cp=0.0350]
```

Fig. 13.2.1 Calcolo della DNRO

Nella situazione ipotizzata nella simulazione, la valutazione degli effetti di una riflessione del fascio laser su una superficie perfettamente speculare direttamente verso gli occhi dell'operatore ha portato ad individuare come idonei occhiali di protezione con le seguenti caratteristiche:

```
=== DPI OCULARI – EN 207:2017 ===
 • Modalità                      : RAGGIO RIFLESSO (Speculare (worst-case))
 • Materiale / ρ                  : Worst case (rho=1)  ρ=1.000
 • E riflessa all'occhio         : 3.353e+05 W/m²
 • Marcatura richiesta           : 1064 D LB6 + R LB2
 • Numero di scala               : LB6
 • Modo operativo                : R
 • Scala criterio impulso        : LB2  [H=6.706e-04 Hc=1.611e-02 J/m² (riflessione, N=333333)]
 • Scala criterio CW media       : LB6  [E=3.353e+05 W/m² (riflessione)]
 • Criterio predominante         : potenza media
 • OD richiesto                  : 3.82  ✗ DPI necessari

 • OD fascio diretto (dist 0.5 m)    : 4.71  ✗  DPI necessari
   OD singolo impulso             : 4.35
   OD potenza media               : 4.71
 • OD da riflessione              : 3.82  ✗  DPI necessari
 • OD da adottare (max)           : 4.71
```

Fig. 13.2.2 Calcolo dei DPI oculari

Ovviamente è possibile utilizzare prodotti con protezione superiore, verificando che il filtro ottico nel campo della luce visibile non risulti eccessivo: il valore di VLT (che rappresenta la quota di luce visibile che attraversa la lente) deve comunque garantire la buona visibilità da parte dell'operatore.

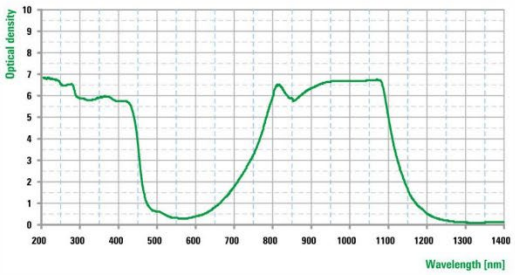


ATTENZIONE:

- ***Non osservare mai direttamente il fascio laser.***
- ***Durante l'uso di questa attrezzatura non devono essere presenti persone estranee alla lavorazione, e tutti i presenti devono indossare occhiali di protezione laser a norma EN207 con protezione adeguata per emissione laser diretta nella lunghezza d'onda di 1064 nm.***

Il costruttore può fornire insieme alla macchina il seguente prodotto commerciale certificato che soddisfa pienamente i requisiti richiesti.





Wavelength	Optical Density	Protection Level
745 – 1115 nm	3	DIR LB3
770 – 1100 nm	4	DIR LB4
785 – 1085 nm	5	DIR LB5
800 – 825 nm	6	DIR LB6
885 – 1075 nm	6	DIR LB6
1000 – 1070 nm	7	D LB6 IR LB7 M LB7Y
1030 – 1065 nm	8	D LB6 IR LB8 M LB7Y
9000 – 11000 nm	6	DI LB4
660 – 690 nm	1	0.01W 2E-6J 660-690 RB1 U S CE

Fig. 13.2.3 DPI oculari consigliati dal costruttore

13.3 Protezione della cute

Quando si utilizzano sistemi laser a radiazione invisibile, soprattutto se in presenza di radiazione diffusa, è opportuno proteggere la pelle dell'operatore dagli effetti termici della radiazione. Ricordiamo che il sistema di marcatura laser FLM100P utilizza una sorgente pulsata con lunghezza d'onda pari a 1064 nm, quindi nel campo dell'infrarosso vicino.

I raggi infrarossi possono provocare eritemi e scottature, soprattutto per esposizioni prolungate, ma in questo caso la potenza emessa dal laser è relativamente moderata.

Un vantaggio è che il corpo umano reagisce istintivamente all'insulto termico derivante dai raggi infrarossi, sottraendosi immediatamente all'esposizione ed evitando danni gravi.

Considerando questi aspetti, e sempre tenendo presente il corretto comportamento da parte dell'operatore, e osservando che la DNRP (distanza nominale di rischio per la pelle) risulta molto contenuta, per la protezione della cute dell'operatore si può ritenere sufficiente indossare abbigliamento non infiammabile che garantisca una adeguata copertura.

Sebbene la ridotta potenza media di questo particolare laser pulsato consenta di esporre la pelle al raggio laser senza subire ustioni, se il raggio dovesse trovarsi perfettamente a fuoco sulla cute si avrebbe un possibile rischio di lesioni, quindi è assolutamente da evitare l'esposizione della cute al raggio laser diretto.

La DNRP (Distanza nominale di rischio cutaneo) è stata calcolata mediante un apposito software di simulazione e risulta la seguente:

- **DNRP = 4,09 metri**

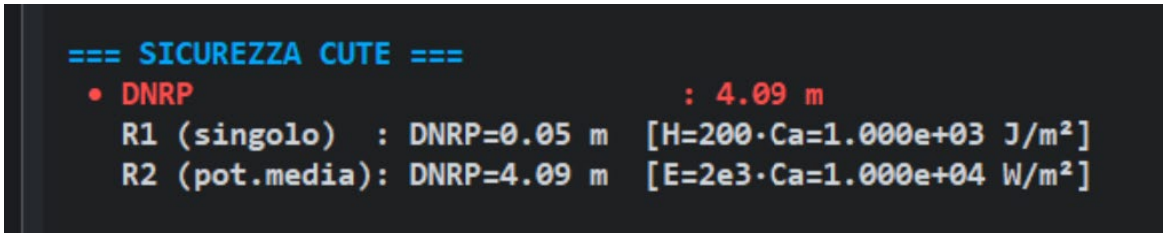


Fig. 13.2.2 Calcolo della DNRP

13.4 Altri rischi per l'operatore

La lavorazione laser può interagire con i diversi materiali creando fumi, particolato e prodotti gassosi anche tossici, quindi la zona di lavoro deve essere dotata di apposito impianto di aspirazione e depurazione dei fumi.

L'utilizzo di apparecchiature laser in Classe 4 rappresenta sempre un potenziale rischio di incendio, quindi occorre attenersi alle procedure previste dal vostro RSPP e/o TSL/ESL-II in merito a questi rischi e a qualsiasi altro rischio legato alla presenza di una lavorazione laser.