

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
TERRITORIO E SISTEMI AGRO-FORESTALI

Corso di laurea magistrale in Scienze forestali e ambientali

Valutazione sulle potenzialità della progettazione di
linee di gru a cavo in ambiente GIS

Relatore

Prof. Stefano Grigolato

Correlatori

Mar. For. Magg. Davide Pozzo

Dott. Luca Marchi

Prof. Raffaele Cavalli

Laureando

Nicola Broseghini

Matricola n.

1182977

ANNO ACCADEMICO 2021 - 2022

Indice

Riassunto	1
Abstract	2
1. Introduzione	3
1.1. I sistemi a fune per il trasporto del legname	3
1.2. I sistemi di gru a cavo	3
1.3. Le stazioni motrici	5
1.4. Carrelli forestali	8
1.5. La pianificazione di una linea	10
1.6. Progettazione di un impianto di gru a cavo con metodo tradizionale	12
1.7. Metodi di tracciamento di una linea di gru a cavo	16
1.8. Obiettivi	17
2. Materiali e metodi	18
2.1. Seilaplan	18
2.2. Progettazione di un impianto di gru a cavo con Seilaplan	18
2.3. Pianificazione di un impianto di gru a cavo in ambiente GIS	21
2.4. Raccolta dati:	26
2.4.1. Cantiere sperimentale foreste demaniali	26
2.4.2. Cantieri forestali	29
3. Risultati	32
3.1. Progettazione linee di gru a cavo	32
Linea n° 1 - Casinelli	32
Linea n° 2 - Incasola	34
Linea n° 3 - Martin da Fist	36
Linea n° 4 - Pertiche	38
Linea n° 5 - Preda Molin	40
Linea n° 6 - Tres	42

Linea n° 7 - Val di Pac	44
3.2. Cantiere sperimentale foreste demaniali	46
3.3. Cantieri forestali	49
Linea n° 1 - Arcelline	49
Linea n° 2 - Martin da Fist	52
Linea n° 3 - Pler	54
Linea n° 4 - Pler - Mangiatoia	56
Linea n° 5 - Saline	58
Linea n° 6 - Sostino	60
Linea n° 7 - Sostino - Maruzaldo	62
Linea n° 8 - Stablo	64
Linea n° 9 - Stablo - Pozza	66
4. Discussione	68
4.1. Progettazione di linee in ambiente GIS	68
4.2. Cantiere sperimentale foreste demaniali e precisione di Seilaplan	69
4.3. Analisi cantieri forestali	72
5. Conclusioni	74
Bibliografia	76
Allegati	79
Allegato 1: Schede di progettazione	79
Linea n° 1 - località Pertiche	79
Linea n° 2 - località Incasola	84
Linea n° 3 - località Martin da Fist	89
Linea n° 4 - località Pertiche	94
Linea n° 5 - località Preda Molin	99
Linea n° 6 - località Tres	104
Linea n° 7 - località Val di Pac	109
Allegato 2: Schede di Rilievo	114

Linea n° 1 - località Arcelline	114
Linea n° 2 - località Martin da Fist	122
Linea n° 3 - località Pler	132
Linea n° 4 - località Pler - Mangiatoia	142
Linea n° 5 - località Saline	152
Linea n° 6 - località Sostino	162
Linea n° 7 - località Sostino - Maruzaldo	172
Linea n° 8 - località Stablo	182
Linea n° 9 - località Stablo - Pozza	192

Riassunto

L'uso di gru a cavo per la raccolta di legname è una pratica oramai consolidata nell'arco alpino. La progettazione di un impianto di gru a cavo è un'operazione tecnicamente complessa in cui la soluzione viene ricercata in forma iterativa. Tradizionalmente, al tracciamento in campo della linea segue la predisposizione del profilo della linea su carta tecnica o ambiente CAD e il successivo dimensionamento mediante una serie di equazioni lineari (formule di Pestal) che permettono la definizione della tensione di montaggio, il peso massimo del carico, la freccia di carico nonché il dimensionamento degli alberi con funzione di ancoraggio e supporto di linea. Queste operazioni, svolte in maniera tradizionale, possono impiegare fino a due giornate lavorative.

L'attuale disponibilità di un programma in ambiente GIS specifico per la progettazione e il dimensionamento delle linee di gru a cavo come l'applicativo Seilaplan per QGIS, rappresenta un metodo innovativo di progettazione, basato sulle formule di Zweifel, che permette di automatizzare il calcolo e di manipolare singolarmente gli elementi dell'impianto con un *feedback* grafico in tempo reale.

L'integrazione in ambiente GIS di Seilaplan consente la consultazione di più strati informativi utili alla pianificazione ed il telerilevamento mediante dati LiDAR delle piante adibite a supporto. Nel corso del seguente lavoro è stato definito un efficace *workflow* di progettazione, che sfrutta le potenzialità di Seilaplan, validato mediante la tracciatura in campo di 7 linee di esbosco. È stato poi realizzato un cantiere sperimentale atto alla validazione del metodo di calcolo di Seilaplan nei confronti di tensioni e franco libero da terra. Il cantiere sperimentale ha dimostrato un'ottima capacità di Seilaplan nel calcolo delle tensioni riscontrando un errore percentuale RMSE medio pari a 4,14 % ed un maggior errore percentuale RMSE, pari 22,3%, per il franco minimo da terra. Seilaplan è stato successivamente utilizzato anche per analizzare 9 cantieri forestali rilevati sul territorio col fine di valutare le soluzioni adottate dagli operatori del settore. Questo rilievo ha messo in evidenza come la mancanza di una progettazione preliminare causi frequentemente un uso improprio degli impianti, realizzando un coefficiente di sicurezza medio pari a 2,27 ed inferiore a quanto definito dalle buone pratiche tecniche di settore.

Abstract

Cable yarding is a consolidated extraction method for timber harvesting on the Italian alps. The design of a cable road is a complex and technical task where the solution is searched iteratively. Traditionally, after the cable-road stake out, the planning is done on a technical map or CAD environment and the design is done through Pestal equations, a series of linear expressions which define the mounting tension force, the load weight, the load deflection and the dimensioning of the anchor and support trees. These operations can requires up to two working days.

The QGIS plugin Seilaplan, based on the Zweifel equations, aims to innovate the design process by automating the calculus of the catenary and allow design freedom over every element of the cable-yarder with real-time graphical feedback. The integration within a GIS program allows the consultation of multiple layers, an useful tool in the planning process, and allows the remote sensing via LiDAR data of the support trees. In the following paper, a design workflow based on Seilaplan capabilities is proposed and then validated via the stake out of 7 cable-roads. To validate the theoretical computations implemented in Seilaplan, a study site has been monitored to record measurement data in regards to deflection and tensile forces. The study site proved excellent performance regarding the tensile forces with a mean percentage error RMSE of 4.14%, the deflection error where bigger with a mean percentage error RMSE of 22.3%. Seilaplan has also been used to analyze 9 harvesting sites with the objective of evaluating the solutions adopted by the logging company. This evaluation highlighted how the lack of a preliminary design frequently caused an improper use of the cable-yarder, generating an average safety factor of 2.27, a value bellow the standard ratings.

1. Introduzione

1.1. I sistemi a fune per il trasporto del legname

L'origine dell'uso delle funi sospese per la movimentazione dei carichi si perde nella notte dei tempi. Le teleferiche, utilizzate capillarmente nell'arco alpino nel corso della Prima Guerra Mondiale per trasportare materiale alle trincee in alta quota, nel dopoguerra hanno subito una notevole evoluzione e diffusione in diversi contesti (Bortoli, 1997). Nell'ambito delle utilizzazioni boschive, i sistemi aerei diventano l'unica soluzione tecnicamente possibile per l'esbosco del legname laddove le condizioni morfologiche, per pendenza ed accidentalità, non consentano l'ingresso in bosco di mezzi terrestri (Mologni et al. 2016).

La notevole variabilità della tipologia di cantieri dovuta al metodo di lavoro, dimensioni degli alberi, morfologia del terreno, densità e parametri della viabilità forestale, nonché la disponibilità di idonee aree di lavoro per dimensioni e posizionamento, ha portato negli anni allo sviluppo di gru a cavo e carrelli con specifici adattamenti per consentire la massima flessibilità di impiego in funzione della direzione di esbosco e della lunghezza della linea.

Tra le aree alpine con maggiore diffusione dell'impiego di gru a cavo si riscontra il Trentino (Spinelli et al. 2013). Considerando un recente studio che ha analizzato 142 imprese boschive censite nel 2021 in provincia di Trento, 80 (il 56.33%) dichiarano di avere in disponibilità aziendale sistemi a fune (Provincia autonoma di Trento, 2022a). Questi dati testimoniano l'importanza di tali sistemi per poter operare in un contesto montano come quello della provincia di Trento, in cui le modalità di esbosco possono essere vincolate dal progetto di taglio esclusivamente ai sistemi di gru a cavo.

1.2. I sistemi di gru a cavo

A differenza delle teleferiche, nelle quali è possibile caricare il materiale unicamente in stazioni puntuali disposte lungo il tracciato, le gru a cavo permettono di raccogliere il carico in qualunque punto della linea (Heinimann et al. 2001). Tale capacità, unita alla possibilità di concentrare i tronchi sottolinea in una fascia variabile dai 20 ai 60 metri in funzione della morfologia del suolo e della linea, rende la gru a cavo un sistema ottimale che minimizza i danni al legname esboscato al suolo, in quanto il materiale viene movimentato per lo più sospeso (Fabiano e Marchi, 2003).

La sospensione del carico rende indipendente il sistema di esbosco dalle condizioni del suolo, permettendo di lavorare anche in presenza di terreno saturo di acqua, condizione che limita invece l'uso dei mezzi terrestri.

Tutte le tipologie di gru a cavo sono accomunate dalla presenza dei medesimi elementi (Bortoli, 1997; Pozzo e Giovannini, 2006).

- La fune portante: si tratta di una fune ancorata alle estremità e sospesa tra due o più supporti. Ha lo scopo di sostenere il carico e permettere lo spostamento del carrello.
- La fune traente: collegata al carrello, ha lo scopo di accentrare il materiale mediante strascico, sollevare e movimentare il carico lungo la linea.
- La fune ausiliaria: non presente in tutte le tipologie di impianto, viene utilizzata laddove vi sia la necessità di movimentare il carrello in direzione opposta alla pendenza.
- La stazione motrice: è un mezzo motorizzato dotato di tamburo utilizzato per movimentare la fune traente.
- Il carrello: è una struttura in ferro dotata di carrucole che le permettono di scorrere sulla fune portante e movimentare il carico per mezzo della fune traente.
- Gli ancoraggi: possono prendere varie forme (alberi, ancoraggi artificiali, stazione motrice) ed hanno la funzione di resistere alle tensioni imposte dalla portante e come tali devono essere commisurati alle forze presenti nel sistema.
- I sostegni di linea: vengono realizzati alle estremità e laddove si ha la necessità di aumentare l'altezza della fune portante da terra. Vengono costruiti montando staffe su un supporto verticale (tipicamente un albero). Tali sostegni vengono predisposti idealmente sui punti topologicamente favorevoli (ad es. il colmo di un profilo concavo/convesso) per massimizzare il loro effetto. Si definiscono "ritti" i supporti posti alle estremità e che il carrello non è in grado di superare e "cavalletti" i supporti intermedi alla linea, in grado di consentire il passaggio del carico.
- Le controventature dei sostegni di linea: sono rinforzi in fune applicati ai sostegni e servono ad aumentarne la loro resistenza e limitarne i movimenti dovuti al passaggio del carico.
- Il sistema di tensionatura della fune portante: viene effettuato dalla stazione motrice nei mezzi più moderni o tensionato a mano con un paranco a taglie nei sistemi tradizionali. Un'adeguata tensione nella fune portante limita gli abbassamenti nella catenaria dovuti al passaggio del carico.

A seconda dalla tipologia di impianto, l'esbosco è possibile sia verso monte che verso valle. Viene differenziata la necessità di realizzare un impianto a due o tre funi in funzione della posizione della stazione motrice (Bortoli, 1997).

Laddove la stazione motrice sia posizionata a monte della linea e la pendenza della stessa sia sufficiente elevata, è possibile realizzare un impianto a due funi. In questa tipologia di linea, il carrello è movimentato verso valle per effetto della forza di gravità e la fune traente ha la funzione di trainare il carrello verso monte. Il carico può essere scaricato indipendentemente a monte o a valle. Al contrario, se la stazione motrice viene posizionata a valle vi è la necessità di realizzare un sistema

trifune, in cui la fune ausiliaria permetta lo spostamento verso monte del carrello e la fune traente abbia il compito di concentrare e sollevare il carico.

1.3. Le stazioni motrici

La principale differenza nella tipologia di impianto è data dalla tipologia di stazione motrice prescelta (Bortoli, 1997). In tale contesto si possono differenziare due tipologie:

- **Impianti di gru a cavo tradizionali**

Tali impianti sono caratterizzati da argani posizionati su telai a slitta e sono composti da un motore azionante un tamburo, su cui è avvolta la fune traente. La fune portante è trasportata autonomamente su un secondo tamburo. Questa tipologia di impianto, non presentando un tamburo di azionamento di una fune ausiliaria, permette unicamente il funzionamento con impianto a monte. In compenso l'argano presenta la facoltà di auto-issarsi verso monte e posizionarsi in cima all'impianto mediante l'uso della fune traente. Alcune tipologie di argano possono anche essere elitrasportate. Una volta posizionata a monte, la fune traente può essere utilizzata per sollevare la fune portante. L'uso tipico di questi impianti sono i contesti caratterizzati da una bassa densità viaria forestale e la conseguente costituzione di linee molto lunghe (600-1500 m). La necessità di realizzare entrambi i ritti di estremità e, in base al cantiere, posizionamento e l'installazione della stazione motrice, allunga considerevolmente i tempi di messa in funzionamento dell'impianto e necessita quindi la necessità di predisporre linee con elevate quantità di legname per rendere economico il funzionamento di questi impianti.

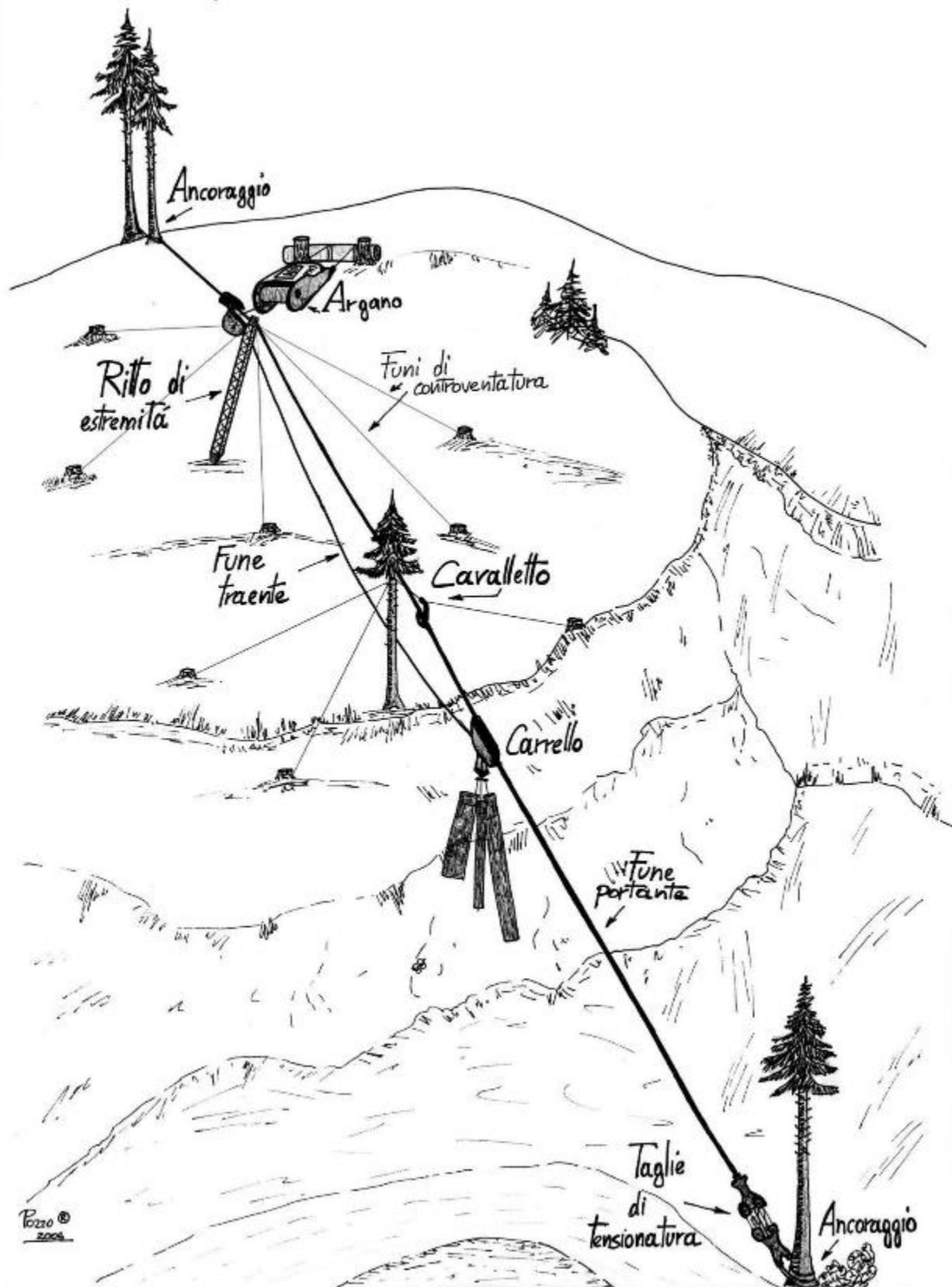


Figura 1.1 Schema illustrativo di un impianto di gru a cavo tradizionale (Pozzo e Giovannini, 2006)

- Impianti a stazione motrice mobile

Sviluppati per ridurre il più possibile i tempi di montaggio e smontaggio, tali impianti sono caratterizzati dalla presenza, sulla stessa struttura, di un ritto di estremità tra i 6 e i 12 m, un motore e più tamburi contenenti fune portante, fune traente, funi per la controventatura del ritto e, in base alla tipologia di stazione, fune ausiliaria. In questi tipi di impianto il tensionamento della fune portante viene effettuata dal motore della stazione motrice, permettendo rapidità del tensionamento, nei sistemi tecnologicamente più avanzati, sistemi ausiliari di sicurezza per non eccedere la tensione massima tollerabile della fune. Tali sistemi di sicurezza basano il proprio funzionamento su una valvola di *bypass* che stabilizza o riduce la pressione idraulica del cilindro azionante il sistema di tensionamento della fune portante. Queste tipologie di impianti si differenziano dalle precedenti anche per il supporto sul quale sono installate. Possono infatti essere montate sul sollevatore idraulico di un trattore ed azionate dalla presa di potenza dello stesso, oppure essere montate su rimorchi o autocarri e azionate da un motore autonomo. L'impiego tipico di questa tipologia di impianti è la realizzazione di linee verso monte, sfruttando le capacità aggiuntive offerte dalla presenza di una fune ausiliaria, o la realizzazione di linee relativamente corte (300-1000 m) la cui economicità viene agevolata dalla velocità di realizzazione dell'impianto. Rispetto ad impianti tradizionali, le limitate capacità di sviluppo lineare delle linee creano la necessità di una rete viaria più capillare e adeguata al transito di mezzi pesanti.

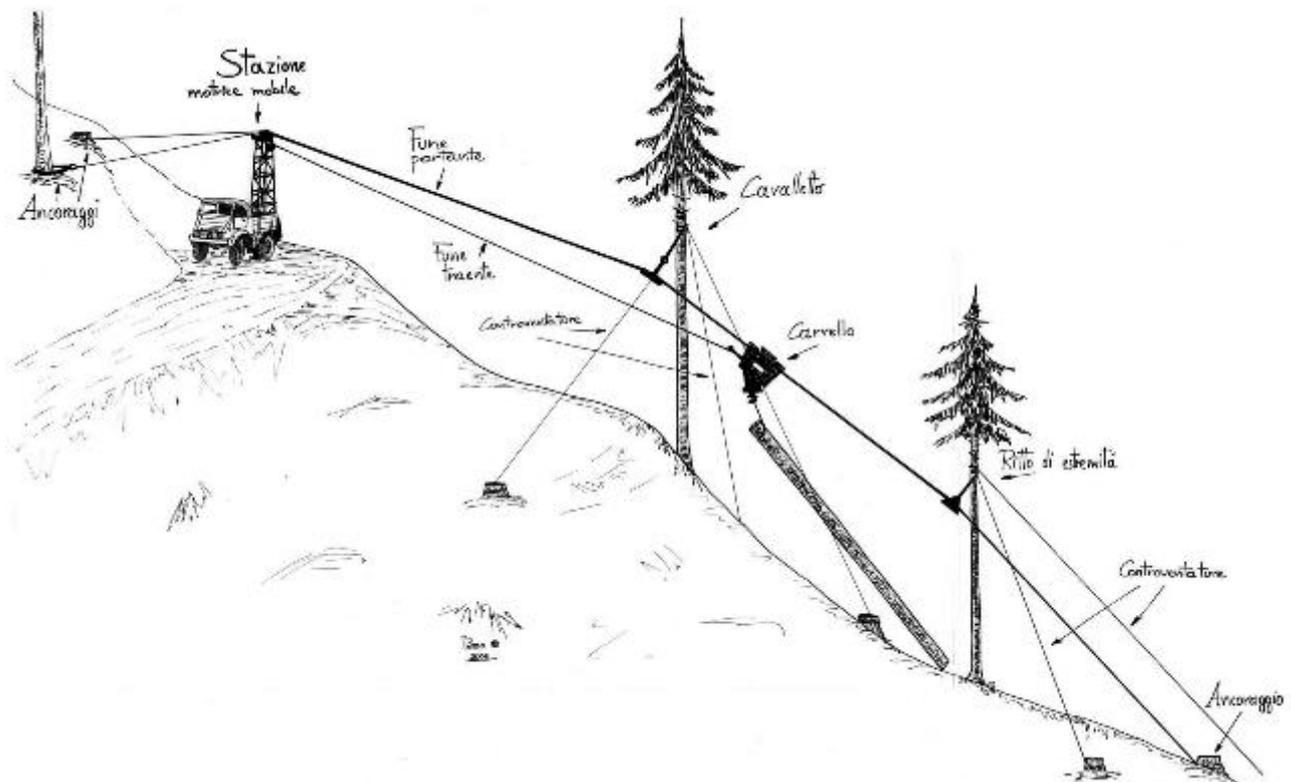


Figura 1.2 Schema illustrativo di un impianto di gru a cavo a stazione motrice mobile (Pozzo e Giovannini, 2006)

1.4. Carrelli forestali

Alcuni produttori offrono la possibilità di vendita di gru a cavo con carrelli appositamente dimensionati alle capacità della stazione motrice, altri si limitano alla produzione di stazioni motrici e lasciano agli operatori la ricerca di un carrello adeguato alle capacità del mezzo e delle necessità aziendali. Indipendentemente dalla tipologia di impianto si possono distinguere quattro categorie diverse di carrelli forestali che differiscono per il funzionamento (Bortoli, 1997; Cavalli e):

- Carrelli a taglia e carrelli semiautomatici

Schematicamente sono formati da un telaio incorporante due carrucole alle estremità, scorrevoli sulla fune portante e da un gancio di carico. Nei carrelli semiautomatici è presente anche una morsa di bloccaggio del gancio di carico. La semplicità di costruzione di questa tipologia di carrelli è controbilanciata dai suoi limiti di impiego. Infatti, tali sistemi basano il loro funzionamento sull'impiego di blocchi di linea, dispositivi posizionati sulla fune portante nei punti di carico e scarico con la funzione di bloccare il carrello mediante aggancio. Lo sgancio viene azionato da un operatore a terra mediante fune. Nei carrelli semiautomatici l'aggancio a un blocco di linea sblocca la morsa del gancio di carico e viceversa. La presenza di un blocco a monte del carrello limita in ogni caso la capacità di esbosco di questo tipo di carrelli unicamente verso valle.

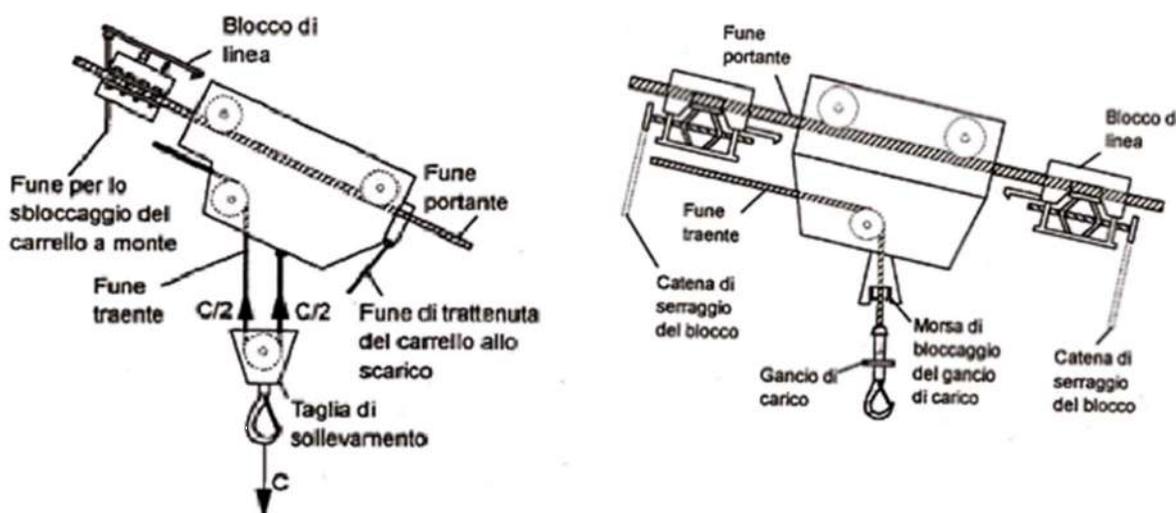


Figura 1.3 Schema illustrativo carrello a taglia (Sinistra) e carrello semiautomatico (destra) (Ballochini et al., 2014)

- Carrelli automatici

Sono la tipologia di carrelli più diffusi. Questa tipologia non necessita di blocchi di fune in quanto l'azione di bloccaggio sulla portante è esercitata da una morsa interna. Come la precedente, anche questa tipologia dispone di una morsa di bloccaggio del gancio di traino che si attiva quando il carico è in movimento e si sblocca quando il carrello viene bloccato sulla portante. I vari tipi di carrelli in questa categoria si differenziano per il sistema di azionamento delle morse:

- per inversione di marcia: il carrello viene fatto scorrere di poco oltre il punto di carico/scarico e successivamente recuperato in posizione; questa azione di inversione di marcia attiva l'azione delle morse;
- a tempo: le morse vengono attivate quando il carrello rimane stanziale per un certo intervallo di tempo (definito dall'operatore);
- radiocomando: l'azione delle morse è indipendente e indotta da un segnale radio emesso da un trasmettitore in uso agli operatori a terra.

In questa tipologia di carrelli vi è anche una differenza nella fune di sollevamento, intesa quale lo spezzone di fune che collega il carico al carrello (Varch et al. 2021). Questa può essere la fune traente, la fune ausiliaria o essere una fune indipendente bobinata nel carrello. L'espulsione della fune di sollevamento può avvenire mediante effetto della gravità o essere coadiuvata da un espulsore meccanico attivato dalla stazione motrice mediante una fune dedicata (espulsione attiva della fune di sollevamento).

Non presentando blocchi sulla fune questa tipologia di carrelli può essere usata sia per l'esbosco a monte che per l'esbosco verso valle.

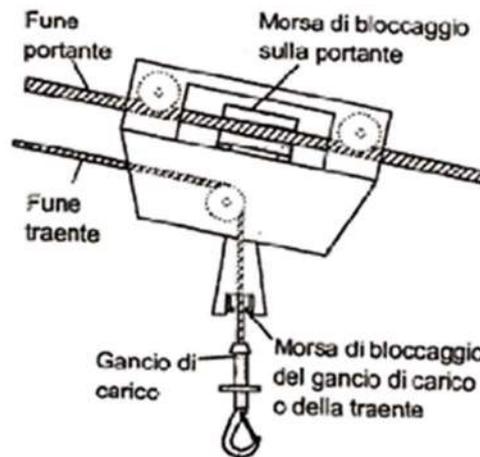


Figura 1.4 Schema illustrativo carrello automatico (Ballochini et al., 2014)

- Motorizzati

Simili ai carrelli automatici, ma caratterizzati dalla presenza di una fune di sollevamento azionata da un motore interno al carrello (Cavalli e Bolognani, 1996). I movimenti di tale fune sono controllati con radiocomando. Il movimento lungo la portante può essere imposto da una fune traente; alcuni modelli utilizzano invece la potenza del motore interno per auto-trasportarsi lungo la linea. Quest'ultimo sistema, pensato principalmente per linee con esbosco verso valle e linee pianeggianti in particolare, permette al carrello di operare in tali condizioni senza la necessità di fune ausiliaria, ma dimostra per contro ridotte capacità di carico anche in ragione dell'elevato peso del carrello.

1.5. La pianificazione di una linea

L'individuazione di un tracciato per l'esbosco con gru a cavo è una fondamentale operazione preliminare all'installazione della linea e sta alla base della fattibilità tecnica e dell'efficienza economica del cantiere. La pianificazione di un tracciato deve tenere in considerazione tutti i fattori influenzanti il cantiere e ricercare il percorso in grado di:

- consentire l'applicazione del modello culturale prescelto;
- massimizzare il volume legnoso recuperabile dall'impianto;
- permettere la prima lavorazione e il trasporto del materiale esboscato;
- minimizzare gli impatti del cantiere sull'area.

Tali fattori possono essere mutualmente esclusivi. Non risulta possibile quindi predisporre un algoritmo in grado di definire quale sia la soluzione migliore, ma ogni pianificazione dev'essere analizzata puntualmente, valutando costi e benefici delle varie soluzioni possibili. Per fare ciò è

necessaria un'estensiva conoscenza del territorio. La moderna disponibilità di cartografie e dati georeferenziati viene in supporto nel considerare i fattori influenzanti la linea.

Il primo passo di una pianificazione sta nell'individuazione dell'area da assoggettare al taglio. Nella pratica questa scelta viene prescritta dai piani di assestamento, che individuano le particelle da assoggettare al taglio e il modello culturale da applicare. La particella forestale è però composta da un'eterogeneità di boschi diversamente strutturati e raramente viene interessata interamente dal taglio.

La buona pratica prevede interventi localizzati in funzione dello stato di maturità del soprassuolo, individuando quindi all'interno della particella le porzioni mature e in grado di fornire un maggior volume legnoso. Ciò tradizionalmente viene eseguito mediante sopralluoghi di campo. Nella pratica moderna risulta possibile analizzare il soprassuolo mediante i dati LiDAR, in grado di fornire l'altezza puntuale del soprassuolo ed individuare così lo stato di maturità (Rizzi, 2012). Un'analisi più approfondita di questo aspetto verrà descritta nel capitolo 2.3.

Definita l'area di intervento, viene selezionato il punto di partenza della linea insito su un'infrastruttura forestale. Negli anni l'impiego del GPS è diventato lo strumento comunemente impiegato, nella consapevolezza che la precisione di rilievo è in funzione della densità di copertura di chioma e dalla posizione sul versante (Klun, e Robek, 2009; Messingerova et al 2009)

Indipendentemente dal tipo di impianto che si vorrà realizzare, vi è sempre la necessità che almeno uno dei due estremi della linea sia in corrispondenza di una strada forestale, per consentire l'accesso alle stazioni motrici e per avere un necessario punto di scarico del materiale esboscato. Nella scelta di tale punto va privilegiata la presenza di un piazzale per favorire le operazioni di prima lavorazione e accatastamento del materiale e l'accessibilità tramite autocarri necessaria per ridurre i costi di trasporto. Ove vi sia la possibilità, è da preferire una strada forestale a monte dell'area di intervento: ciò consente l'esbosco verso valle ed evita la necessità della predisposizione di un impianto con fune accessoria, riducendo così i costi di installazione della linea.

Individuati i punti di partenza e arrivo della linea, questi vengono riportati su un supporto cartografico in grado di evidenziare la morfologia del terreno. In questa fase vengono applicate correzioni della direzione della linea per ricercare la morfologia più favorevole. Profili con concavità accentuata permettono di ridurre il numero di supporti necessari lungo la linea riducendo così i costi di installazione. Al contrario, profili rettilinei o addirittura convessi richiedono un numero maggiore di supporti. Nella pratica tipicamente si riscontra un andamento misto, in cui va ricercato il profilo con la morfologia più favorevole.

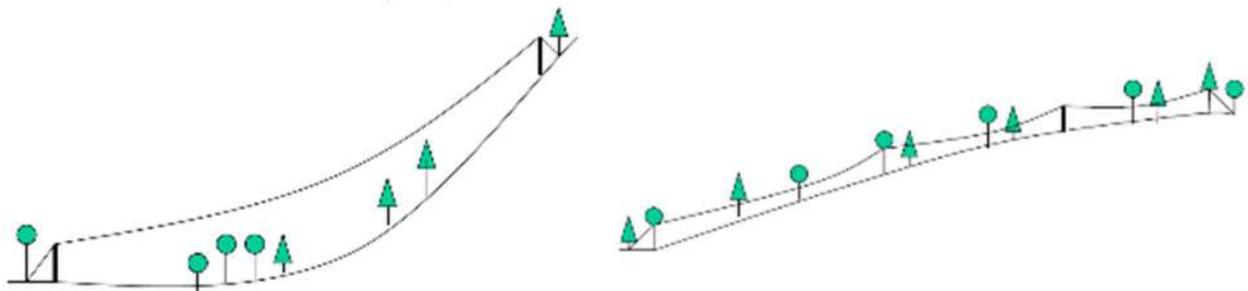


Figura 1.5 Profilo morfologico concavo (sinistra) e profilo morfologico convesso (destra) (Pozzo e Giovannini, 2006)

1.6. Progettazione di un impianto di gru a cavo con metodo tradizionale

La progettazione di una linea di gru a cavo è un'operazione tecnicamente complessa che analizza le forze generate nel sistema a fune e permette di definire la catenaria, ovvero il profilo che assumerà la fune portante sotto carico. Sulla base delle forze calcolate segue il dimensionamento, ovvero la definizione della dimensione minima che dovranno avere gli alberi con funzione di ancoraggio e supporto per resistere alle sollecitazioni imposte. L'analisi delle forze generate nel sistema è un problema fisico di complessa risoluzione. Tale complessità ha spinto diversi autori a proporre svariate metodologie di calcolo in grado di semplificare le operazioni di progettazione (Bont et al., 2022). Di seguito verrà esposto il metodo basato sulle indicazioni riportate in Bortoli (1997) e in Fabiano e Marchi (2003). Tale metodo si basa sulle formule di Pestal (1961), una serie di equazioni lineari che permettono la definizione della tensione di montaggio, il peso massimo del carico e la freccia di carico. Le formule di Pestal così come originariamente proposte hanno la tendenza a sovrastimare le frecce di carico (Fabiano e Marchi, 2003; Bont et al. 2021, Mologni et al. 2021). Per tale motivo il metodo di progettazione prevede l'utilizzo di coefficienti di calcolo per migliorarne la precisione. Per chiarezza espositiva vengono definiti e si riportati di seguito gli elementi del sistema necessari alla progettazione:

- Elementi della campata:
 - corda geometrica (c): rappresenta la linea retta che unisce due supporti contigui;
 - freccia di mezzeria (f_{scar}): rappresenta l'abbassamento di mezzeria della fune portante scarica rispetto la corda geometrica;
 - abbassamento di fune (a): rappresenta l'abbassamento di mezzeria rispetto a f_{scar} dovuto al passaggio del carico;
 - freccia di carico (f_{car}): è la somma della freccia di mezzeria e dell'abbassamento di fune.

- Dati tecnici sulla fune portante:
 - carico di rottura minimo della fune garantito (CR_{min}): rappresenta la soglia di carico al di sotto della quale viene garantito dal produttore che la fune nuova non si rompa;
 - peso al metro della fune (p) espresso in kg/m.

- Elementi progettuali:
 - coefficiente di sicurezza (S). Nell'impiego di funi è di fondamentale importanza evitare di raggiungere tensioni anche solo prossime al carico di rottura. Oltre che per ragioni di sicurezza, tale necessità è imposta anche per evitare lo snervamento della fune. Sollecitazioni continue con cicli di carico e scarico a valori prossimi al CR_{min} andranno ad indebolire l'acciaio costituente le funi e ridurre il carico di rottura. Il normale impiego di funi è comunque soggetto ad usura che andrà a ridurre il CR_{min} la cui entità risulta difficilmente quantificabile. Durante le operazioni di esbosco è anche possibile un picco di incremento dinamico della tensione dovuto a sobbalzi del carico durante il trasporto. Il coefficiente di sicurezza viene quindi previsto per massimizzare la vita utile della fune e sopperire alle incertezze di calcolo e tipicamente viene posto in un intervallo tra 2,5 e 3.
 - tensione massima di esercizio (T_{max}): rappresenta la tensione nella fune portante che non dovrebbe essere superata.
 - tensione di montaggio (T_{scar}): è la tensione che verrà imposta alla portante per azione del sistema di tensionatura.
 - peso massimo del carico (P) è composto dal peso del carico più il peso del carrello.

Individuata la zona di intervento e definiti i punti di ancoraggio della linea, così come descritto nel capitolo 1.5, si procede con la definizione del profilo longitudinale del terreno sotteso all'impianto. Ciò può essere fatto mediante carta tecnica rilevando i punti di intersezione tra il sedime della linea con le curve di livello e la relativa inter-distanza tra i punti. Questi vengono riportati su carta millimetrata ponendo la quota sull'asse Y e la distanza sull'asse X e prestando attenzione nell'uso della medesima scala. Tale metodo di definizione del profilo del suolo può avere una risoluzione massima pari alla densità delle curve di livello (tipicamente poste ogni 10 m di quota). Per una risoluzione maggiore risultano necessari rilievi di campo.

Si valuta poi la necessità di realizzare un impianto ad una o più campate. Nel primo caso basterà individuare i ritti di estremità e calcolarne l'altezza minima; nel secondo caso, oltre ai ritti, andranno definiti anche i cavalletti.

Nel calcolo dell'altezza minima occorre prestare attenzione al rispetto del franco minimo da terra. Questo risulta dipendente dal tipo di esbosco che si intende attuare:

- Esbosco per carichi sospesi:

Adottato per materiale allestito su letto di caduta, il franco si compone di: 2 metri per il passaggio del carrello coi relativi cordoli di collegamento; la lunghezza del materiale (tipicamente tra i 4 e gli 8 metri); 2 metri di franco libero con il terreno per possibili sobbalzi del materiale.

- Esbosco a semi-strascico:

Adottato nell'esbosco di pezzature lunghe o piante intere. In questo caso il materiale viene fatto strisciare lungo il terreno e vengono sollevate unicamente le teste del materiale. In questa tipologia si considereranno 2 metri di franco per il carrello; 1-2 metri per le teste; 2 metri di franco con il terreno. Questo tipo di esbosco può essere applicato unicamente ad impianti che esboscano in direzione della stazione motrice.

L'altezza dei supporti in ogni caso è un'operazione svolta in maniera interattiva, calcolando il profilo della catenaria e, se non sufficientemente alto, innalzando i supporti o aggiungendone di nuovi e ripetendo l'operazione.

Primo passo nel calcolo della catenaria (Bortoli, 1997) è la definizione la tensione massima di esercizio, data dal rapporto tra carico minimo e coefficiente di sicurezza $T_{max} = \frac{CR_{min}}{s}$. La tensione di montaggio sarà poi commisurata quale frazione di T_{max} nell'intervallo $T_{scar} = 3/5 \div 4/5 * T_{max}$. Similmente per il peso del carico massimo viene posto anch'esso quale frazione di T_{max} mediante l'intervallo $p = 1/7 \div 1/10 * T_{max}$. La scelta della frazione è dipendente dal numero e lunghezza delle campate. In tabella 1.1 viene riportato uno schema riassuntivo sulla scelta.

Tabella 1.1 Tabella di dimensionamento di tensione di montaggio e peso del carico massimo (Fabiano e Marchi, 2003)

	Tscar	P
Linee a 1 campata	$3/5 \div 2/3 * T_{max}$	$1/9 \div 1/10 * T_{max}$
Linee a 2 campate (circa uguali)	$2/3 \div 3/4 * T_{max}$	$1/8 \div 1/9 * T_{max}$
Linee a 3 o più campate (circa uguali)	$3/4 \div 4/5 * T_{max}$	$1/7 \div 1/8 * T_{max}$
Linee a più campate, la maggiore di lunghezza superiore ai 2/3 della linea	$3/5 \div 2/3 * T_{max}$	$1/8 \div 1/9 * T_{max}$

Tensioni di montaggio minori permettono di aumentare il peso del carico, tensioni troppo basse generano però inconvenienti nelle operazioni di esbosco quali sobbalzi del materiale durante il trasporto, limitata capacità di concentrazione del legname sotto linea e aumento dello sforzo sui supporti (Mologni et al. 2019).

Una volta definiti il peso del carico e la tensione di montaggio, è possibile calcolare le frecce di carico nella mezzeria della campata permettendo così di tracciare su carta millimetrata la catenaria. La

freccia di fune scarica è calcolata mediante la seguente formula: $f_{scar} = \frac{p * c^2}{8 * T_{scar}}$, mentre l'abbassamento di fune dovuto al passaggio del carico è calcolato con $a = \frac{P * c}{4 * T_{max}}$. La freccia di carico sarà poi data dalla somma delle precedenti: $f_{car} = f_{scar} + a$.

Definita la catenaria e misurata graficamente su carta una soluzione rispettante il franco da terra, si procede con il dimensionamento. Ciò consiste nel calcolare le forze esercitate su ancoraggi e supporti e definire la dimensione minima che questi dovranno avere. Il dimensionamento degli ancoraggi risulta un'operazione piuttosto semplice. Dalla sotto riportata tabella 1.2 è possibile ricavare il diametro minimo dell'albero ancorante in funzione della tensione massima di esercizio (T_{max}).

Tabella 1.2 Dimensionamento alberi con funzione di ancoraggio (Fabiano e Marchi, 2003)

Diametro a 1.3 m	T_{max}
20	1.000
25	2.000
30	3.000
35	4.000
40	5.000
45	6.500
50	8.000
55	10.000
60	12.000
65	14.000

Nel dimensionamento dei supporti si procede definendo lo sforzo gravante su di essi. Questo è formato dalla componente verticale della tensione di montaggio T_{scar} , dal peso della fune portante pf e dal peso del carico P . Per procedere al calcolo della componente verticale di T_{scar} occorre definire l'angolo di deviazione α formato dalle due tangenti alla fune scarica sul supporto. Ciò può essere fatto mediante goniometro sulla catenaria definita precedentemente. Tale componente viene poi calcolata mediante formula $T = 2 * T_{scar} * \text{sen } \alpha / 2$. La componente verticale di T_{scar} aumenta proporzionalmente oltre che con la tensione di montaggio anche con l'aumentare dell'angolo α , sono da evitare quindi angoli maggiori di 30° . Alla componente T viene sommato il peso della fune portante pf . Su ogni supporto grava il peso della fune dalle mezzerie delle due campate adiacenti. Dal disegno della catenaria vengono misurate le lunghezze dei due spezzoni di corda geometrica e questi vengono moltiplicati per il peso al metro della fune. Si somma infine il peso del carico P . Il carico totale esercitante sul supporto sarà quindi dato da $F = T + pf + P$. Trovato il valore di carico sul supporto F mediante la sotto riportata tabella 1.3, tabella a doppia entrata con valori di carico in riga

e altezza del supporto in colonna, viene ricavato il diametro minimo, all'altezza della staffa, di una pianta atta a resistere allo sforzo. Per conoscere il relativo diametro a petto d'uomo si può considerare un coefficiente di rastremazione standard pari a 1 cm/m.

Tabella 1.3 Dimensionamento alberi con funzione di supporto (Fabiano e Marchi, 2003)

Carico (kg)	Diametro (cm) nel punto di applicazione del carico ad un'altezza pari a:							
	6 m	8 m	10 m	12 m	14 m	16 m	18 m	20 m
1.000	12	13	14	15	16	16	17	17
2.000	15	17	18	19	19	21	22	22
3.000	17	19	20	22	23	24	25	26
4.000	18	20	22	24	25	26	27	28
5.000	19	22	24	25	27	28	29	30
6.000	20	23	25	27	29	30	31	32
7.000	21	24	26	28	30	31	33	34
8.000	22	25	27	29	31	33	34	36
9.000	23	26	28	3	32	34	36	37
10.000	24	27	29	31	33	35	37	38
12.000	25	28	31	33	35	37	39	40
14.000	27	29	32	35	37	39	41	42

1.7. Metodi di tracciamento di una linea di gru a cavo

A seguito della progettazione e una volta individuati in cartografia i punti di ancoraggio, viene ricavato l'*azimuth* del tracciato. Se la pianificazione viene effettuata su carta tecnica, questo può essere ricavato mediante l'uso di un goniometro, mentre se viene effettuata su un supporto informatico può essere fornito dal software GIS. Definito l'*azimuth* si procede alla tracciatura della linea sul terreno.

La tracciatura è un'operazione relativamente semplice: va effettuata da due operatori che materializzano la linea sul campo, predisponendo dei picchetti ben visibili lungo la traccia. È possibile tracciare la linea da valle verso monte o viceversa. Nel primo caso, l'operatore con funzione di tracciatore e dotato di strumento traguarda il secondo operatore, che è dotato di palina, e lo guida fino a posizionarlo sull'*azimuth* corretto. Viene predisposto un picchetto laddove si trova la palina e i due operatori salgono di quota. Il tracciatore si posiziona sul picchetto appena posto ed individua il punto successivo. Si procede in questa maniera per punti successivi da un ancoraggio all'altro. Nel caso di tracciatura da monte a valle, invece, l'operatore che porta la palina rimane fermo sul picchetto. Sarà compito del tracciatore spostarsi, finché traguardando la palina non sarà lui stesso sul corretto *azimuth*. Si predispongono un picchetto laddove si trova il tracciatore ed entrambi gli operatori scendono di quota. Generalmente è preferibile la tracciatura da valle verso monte in quanto è più rapida.

L'individuazione dei punti lungo la linea può essere effettuata mediante vari strumenti:

- Tre paline: metodo più rudimentale, consiste nel trovare il punto successivo traguardando con una palina i due picchetti precedenti. Quando tutti e tre i punti sono allineati, si predispongono un picchetto dove si trova la palina e si procede verso il punto seguente. Questo metodo presenta

vari svantaggi. Innanzitutto, consente unicamente di tracciare una linea retta della quale non è possibile garantire l'*azimuth*. In secondo luogo, è un metodo molto pronò ad errori in quanto all'interno di un bosco la visibilità è spesso limitata e risulta difficoltoso avere una visione diretta dei due picchetti precedenti.

- Con l'uso di tacheometri: metodo più preciso del precedente, consente anche di seguire un *azimuth*. Mediante lo strumento si traguarda l'operatore dotato di palina e ci si assicura sia sull'*azimuth* corretto. Risulta però laboriosa la predisposizione dello strumento in ogni punto di rilievo e c'è la necessità che gli operatori siano formati al suo uso.
- Con bussola topografica (tipo Wyssen): questo metodo presenta delle somiglianze con il precedente, anche se il suo utilizzo, rispetto all'uso di un tacheometro, risulta più leggero, rapido e di facile utilizzo. È lo strumento prediletto per gli impieghi forestali.

Durante la tracciatura vengono anche individuati gli alberi che verranno adibiti come supporti. Avendo individuato gli ancoraggi e i supporti su cartografia, capita frequentemente che una volta in campo non siano presenti alberi di dimensioni adeguate nel luogo individuato. Risulta in questi casi necessario correggere l'*azimuth* e ripetere l'operazione di tracciatura.

1.8. Obiettivi

Il seguente lavoro si prefigge un triplice scopo. Innanzitutto, si vuole valutare l'affidabilità e la precisione di Seilaplan, un innovativo plugin per il software QGIS a supporto delle operazioni di progettazione che verrà spiegato in dettaglio nel capitolo successivo. Tale valutazione verrà eseguita confrontando le forze presenti in un impianto di gru a cavo così come calcolate dal software, con quanto misurato in campo in un cantiere sperimentale. In secondo luogo, verrà fatta un'analisi delle potenzialità del plugin in fase di pianificazione-progettazione definendo un *workflow* basato sull'uso di Seilaplan e confrontandolo con l'omologo metodo tradizionale. Verrà poi analizzata una serie di cantieri forestali rilevati sul territorio, così come predisposti da diverse imprese boschive, e confrontati con una progettazione effettuata mediante Seilaplan per valutare le soluzioni adottate dagli operatori del settore.

2. Materiali e metodi

2.1. Seilaplan

Nel corso dell'ultimo decennio sono diversi i metodi di progettazione basati su un approccio di analisi su base software (Magaoud, 2011). Seilaplan® rappresenta invece il primo applicativo in ambiente GIS e specificatamente sviluppato per QGIS® da Bont et al. (2021) presso l'ETH di Zurigo nel 2012 e ulteriormente migliorato negli anni. Il plugin nasce dalla volontà di semplificare le complesse operazioni di progettazione di una linea per gru a cavo, tradizionalmente svolte in maniera iterativa, in cui ogni possibile soluzione necessita di lunghe operazioni di definizione e calcolo. Seilaplan nella sua concezione si propone i seguenti obiettivi:

- basarsi su metodi di calcolo delle forze presenti nell'impianto il più possibilmente fedeli alla realtà;
- contenere un algoritmo in grado di semi-automatizzare il processo di pianificazione ricercando tutte le possibili combinazioni di posizionamento dei sostegni di linea;
- integrarsi in ambiente GIS per usufruire degli abbondanti dati georeferenziati disponibili e semplificare il processo di pianificazione;
- essere *user-friendly* per favorirne l'uso da parte di tutti i portatori di interesse.

Ne risulta un programma che, definiti punto di partenza e arrivo della linea e tutti i necessari dati tecnici e scelte progettuali, è in grado di calcolare rapidamente una catenaria e proporre autonomamente una possibile progettazione, che può essere successivamente ottimizzata dall'utente.

2.2. Progettazione di un impianto di gru a cavo con Seilaplan

Per migliorare la fedeltà alla realtà Seilaplan non utilizza il metodo di Pestal (1961), esposto nel capitolo 1.6, e opta di calcolare la catenaria mediante il metodo di Zweifel (1960). Tale metodo è basato su una serie di equazioni non lineari che necessitano di linearizzazione mediante *serie di Taylor* per essere risolte analiticamente, l'avvento della computazione moderna ne permette la risoluzione numericamente (Bont et al., 2022). Analogamente al metodo di Pestal anche il metodo Zweifel non permette la previsione dei picchi di incremento dinamico e adotta quindi il medesimo coefficiente di sicurezza. Rispetto al metodo di Pestal che prevede una relazione rigida tra Carico minimo di rottura della fune, tensione di montaggio e carico massimo trasportabile l'approccio alla progettazione con Seilaplan risulta più flessibile.

Durante la progettazione è infatti possibile variare indipendentemente i valori di carico e tensione di montaggio prestando attenzione a rispettare il franco minimo da terra e a non superare il limite di carico di sicurezza, dato dal rapporto tra Carico minimo di rottura e Coefficiente di sicurezza. Questo approccio concede maggiore libertà nella progettazione consentendo un miglior adattamento della

linea alle condizioni specifiche locali ma necessità di particolare attenzione nei riguardi della tensione di montaggio in quanto tensioni non adeguate possono impattare negativamente le operazioni di concentrazione del materiale e trasporto.

La progettazione inizia dal caricamento di uno strato informativo contenente il profilo del suolo, tipicamente un modello digitale del terreno (DEM o DTM) basato su rilievo ad alta risoluzione con l'impiego di tecnica LiDAR, ormai diffuso e di pubblico accesso in molte aree forestali italiane ed europee. Si individuano poi i punti di inizio e fine linea. È possibile configurare se il punto in questione sia un ancoraggio, un ritto o una stazione motrice. L'utente avrà poi cura di inserire i sotto riportati dati tecnici necessari al calcolo, come evidenziato in figura 2.1:

- dati tecnici sulla fune utilizzata: risultano necessari alla definizione della catenaria il peso/m della fune, il diametro e il carico di rottura minimo;
- peso del carico complessivo del carrello;
- scelte progettuali: si definirà il fattore di sicurezza, la scelta tra una linea bi o tri fune, il franco da terra da rispettare.

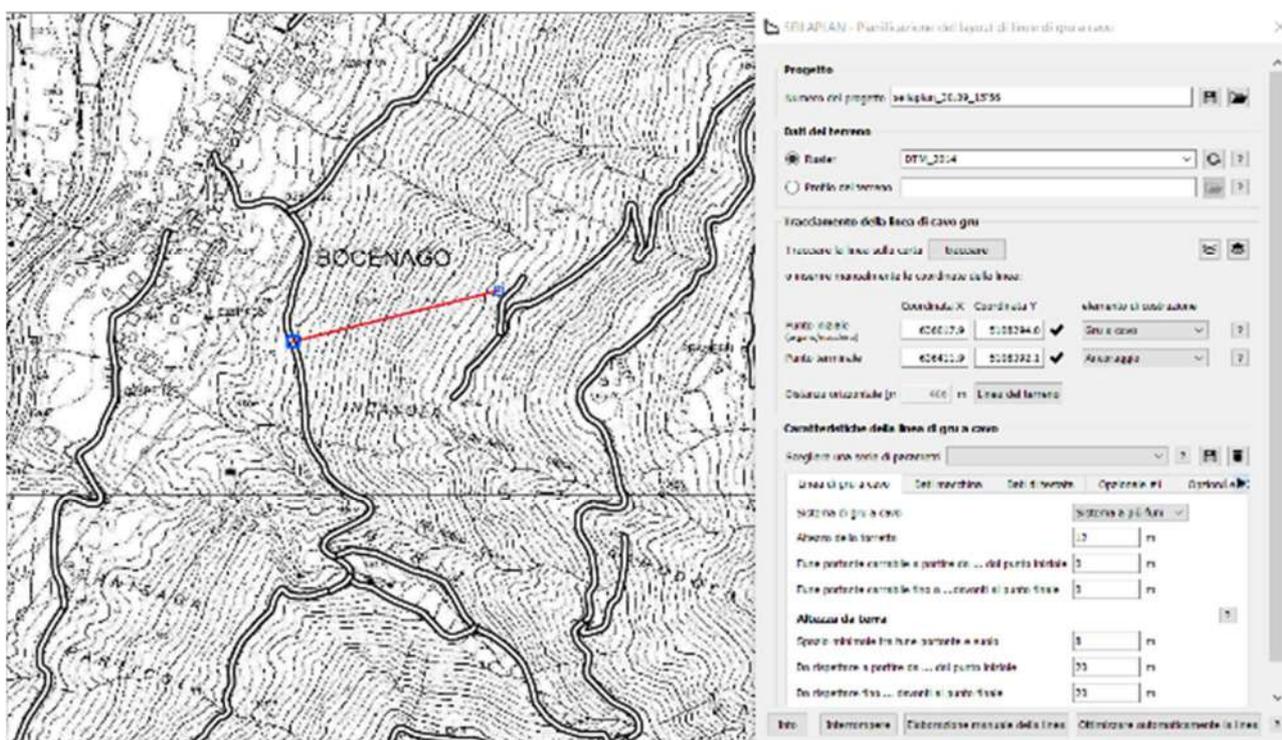


Figura 2.1 Interfaccia utente Seilaplan

Inseriti i dati necessari è possibile procedere nella progettazione della linea. Questa può essere fatta manualmente. Il *plugin* in questo caso permetterà la definizione a cura dell'utente dei supporti, riproducendo le scelte graficamente e definendo la catenaria aggiornata in tempo reale. In alternativa Seilaplan può calcolare automaticamente una proposta progettuale che rispetti tutti i vincoli imposti. Tale proposta può successivamente essere modificata come nel metodo manuale, andando a

modificare la posizione e l'altezza dei supporti. In entrambi i casi verranno riportati graficamente il profilo del terreno, la catenaria scarica e sotto carico come rappresentato in figura 2.2.

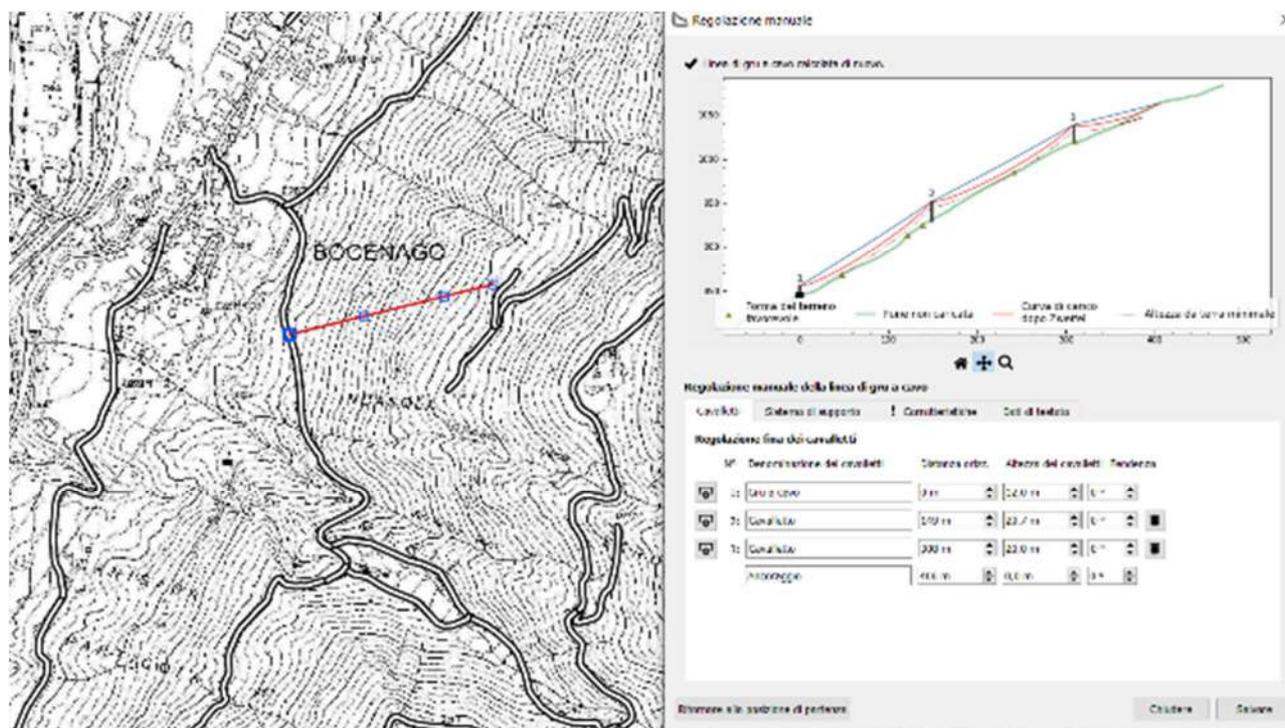


Figura 2.2 Rappresentazione grafica della catenaria e del profilo del suolo

Durante la progettazione l'interfaccia del *plugin* consente di tener traccia dei fattori vincolanti la progettazione, quali:

- franco minimo da terra: viene riportato il franco più basso raggiunto della catenaria e viene evidenziato se questo è inferiore al franco minimo progettuale;
- tensione massima della portante: calcolata nella mezzeria della campata, viene evidenziata se superiore a T_{max} ;
- carico massimo sul supporto: riportato unicamente per informare l'utente in quanto non vi è un valore massimo essendo dipendente dalle dimensioni dell'albero;
- angolo di deviazione: vengono evidenziati valori superiori ai 30° o minori di 1° .

Il *plugin* permette poi di identificare in che punto della linea tali valori sono massimi o superano i limiti progettuali permettendo così all'utente di procedere alle correzioni del caso.

Raggiunta una soluzione ottimale si procede esportando un report della linea. Questo report contiene tutti i dati necessari alla realizzazione della linea e funge quindi da manuale costruttivo utilizzabile in campo. Tale report riassume gli sforzi a cui soggiacciono le varie componenti della linea, i supporti previsti e il relativo dimensionamento, effettuato in automatico utilizzando il medesimo metodo di Pestal descritto nel capitolo 1.6.

2.3. Pianificazione di un impianto di gru a cavo in ambiente GIS

L'integrazione del *plugin* in ambiente GIS fornisce altri vantaggi alla progettazione oltre quelli esposti precedentemente. Innanzitutto, consente di consultare contemporaneamente diversi strati informativi quali, ad esempio, la locazione della viabilità forestale, il modello di altezza del popolamento (CHM), la Carta Tecnica, l'ortofoto, le Aree protette, l'Idrologia che vanno a supporto dei processi decisionali di pianificazione. I concetti fondamentali di scelta sono gli stessi indicati nel capitolo 1.5; la visualizzazione in ambiente GIS ha però il vantaggio di fornire una rappresentazione dell'area senza la necessità di sopralluoghi di campo o di un'estensiva conoscenza del territorio. Il contemporaneo accesso allo strumento progettuale e agli strati informativi di sfondo, specialmente il CHM e strato puntuale degli alberi, permette anche di accertarsi dell'effettiva presenza in loco delle piante adibite a supporto, riducendo così le probabilità di dover ricominciare le operazioni di tracciatura per mancanza dei supporti.

Nel corso del seguente lavoro è stato definito un possibile *workflow* in ambiente GIS delle operazioni di pianificazione e progettazione precedenti la tracciatura in campo.

In prima fase vengono reperiti tutti gli strati informativi utili alle operazioni di pianificazione, per la provincia di Trento:

- carta tecnica aggiornamento 2020;
- CHM LiDAR aggiornamento 2014 con risoluzione 0,5 m;
- viabilità forestale;
- dati particellari e assestamentali;
- strati aggiuntivi a supporto: Aree vincolate, Ortofoto, Idrografia.

Sulla base dei dati assestamentali vengono identificate le particelle in cui si intende procedere al taglio. Viene innanzitutto elaborato il CHM per ottenere uno strato puntuale degli alberi. Tale operazione può essere eseguita con diverse metodologie; si è scelto di usare l'algoritmo *Watershed segmentation* di SAGA in quanto di rapida elaborazione e disponibile nativamente in QGIS. L'algoritmo necessita comunque di un discreto tempo di calcolo: la predisposizione di uno strato puntuale viene quindi eseguita unicamente per la superficie particellare di interesse. Tale algoritmo analizza uno strato *Raster* e seguendo il gradiente di incremento massimo tra un *pixel* e gli adiacenti va ad individuare il valore massimo locale. Questa analisi viene eseguita su un'area definita dall'utente; si è scelto di porre quest'area pari a 5 m², dimensione ritenuta essere rappresentativa di un'ampiezza media di chioma, in cui l'algoritmo ricercherà la cima e vi porrà automaticamente un punto. Lo strato così predisposto risulta comprensivo di tutte le piante individuate a prescindere dalle dimensioni.

L'interesse di questo strato è di identificare le piante potenzialmente adatte a diventare un supporto di linea: risulta quindi necessario filtrare le piante di minor dimensione. Si è posto un diametro di 40

cm a petto d'uomo quale limite inferiore di filtraggio. Mediante una tavola di cubatura a due entrate, o nel caso specifico trentino mediante il sistema di tariffe localmente in uso, viene ricercata l'altezza corrispettiva del diametro soglia con cui filtrare lo strato puntuale. Il ridotto incremento in altezza rispetto all'incremento di diametro non consente un'elevata precisione del metodo. Il limite di 40 cm è stato scelto in quanto considerato sufficientemente elevato da garantire una buona probabilità di risultare in piante di dimensioni adeguate, anche in considerazione degli anni intercorsi dal rilievo LiDAR, senza correre il rischio di escludere piante potenzialmente idonee. Una volta eseguito il dimensionamento progettuale delle piante prescelte, questo verrà valutato puntualmente dapprima con quanto rilevabile in ambiente GIS e conseguentemente, durante le operazioni di tracciatura, in funzione della dimensione reale riscontrata in campo. Il risultato dell'elaborazione è riportato in figura 2.3.

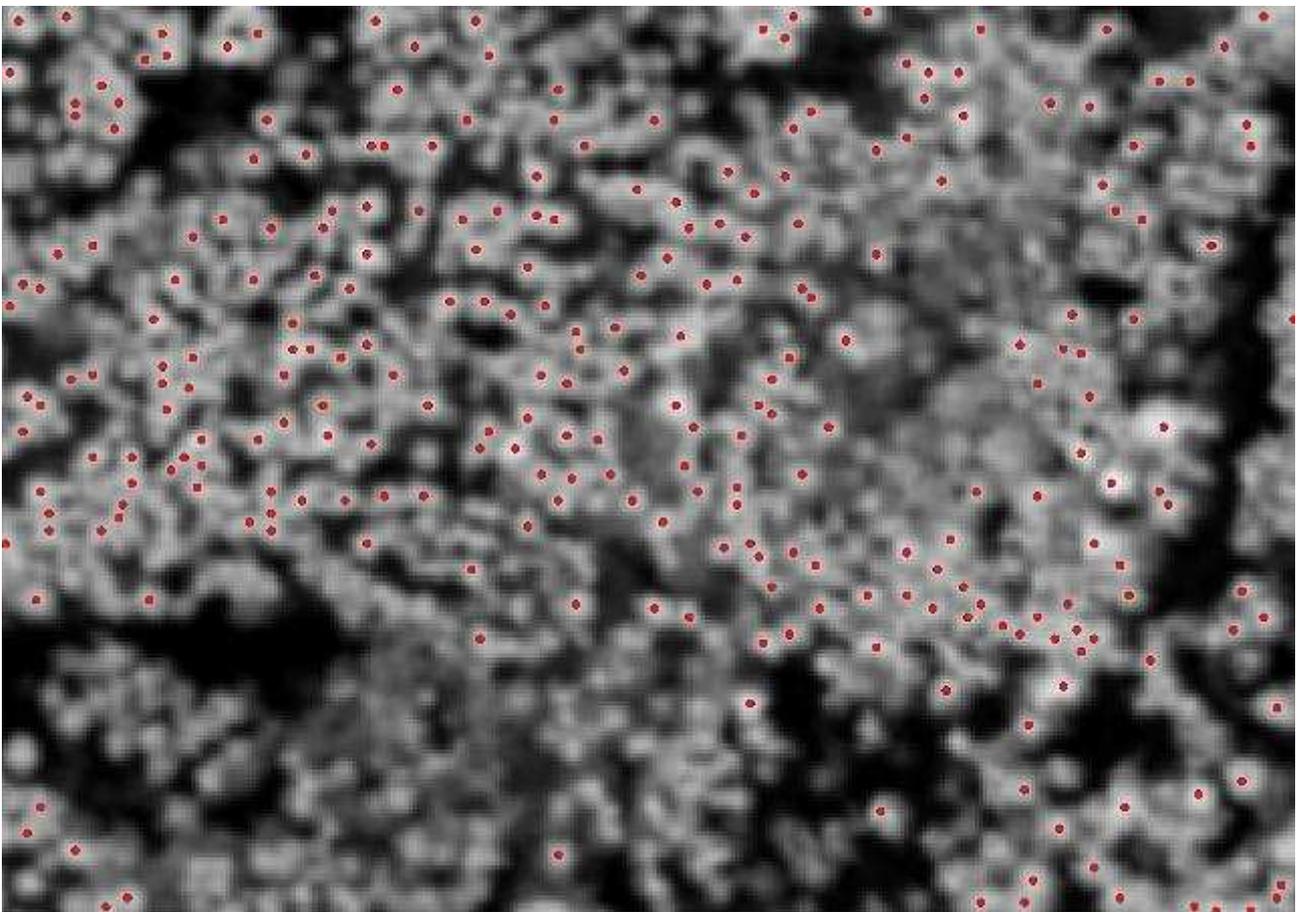


Figura 2.3 Telerilevamento delle piante idonee alla funzione di supporto (strato puntuale degli alberi)

Mediante un'analisi visiva del CHM nelle particelle soggette al taglio è possibile circoscrivere i soprassuoli maggiormente sviluppati, contenenti maggior provvigione, in cui verranno concentrate le operazioni selvicolturali e al contempo evitare soprassuoli in rinnovazione per non comprometterne lo sviluppo. Vengono in questa fase predisposte una o più ipotesi di linee potenzialmente adatte alla lavorazione dell'area, come esemplificato in figura 2.4.

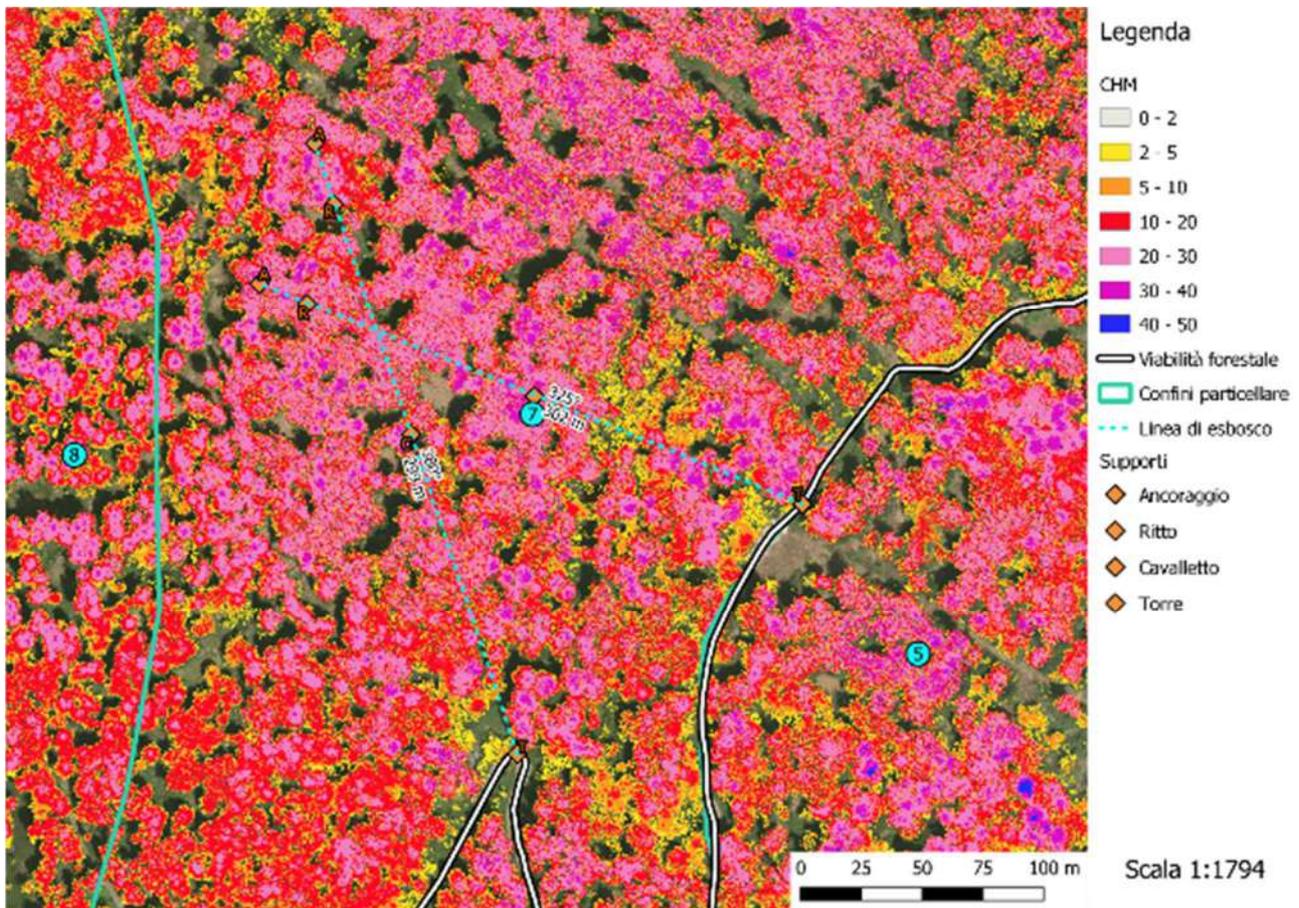


Figura 2.4 Nell'esempio riportato entrambe le linee ipotizzate risultano tecnicamente attuabili e simili per lunghezza e numero di supporti. Entrambe sono pianificate per consentire la lavorazione del soprassuolo maggiormente sviluppato, posto all'incirca all'incrocio delle stesse. La linea posizionata a destra interseca il soprassuolo più maturo e seguendo la massima pendenza consente una stretta finestra di esbosco, passante però in una piccola buca in rinnovazione. La linea di sinistra, risultando più inclinata, permette l'esbosco di una fascia boscata maggiore, a discapito di un maggior impatto paesaggistico. Il posizionamento della stazione motrice sul tornante della viabilità consente anche maggiori spazi per la prima lavorazione.

Le ipotesi vengono poi progettate nel dettaglio con Seilaplan come spiegato nel capitolo 2.2. In questa fase ci si accerta anche che i supporti e gli ancoraggi progettati siano presenti in loco mediante sovrapposizione con lo strato puntuale degli alberi; se così non fosse si procederebbe a correggere la progettazione e ripetere l'operazione. Il risultato di tale elaborazione è esemplificato in figura 2.5.

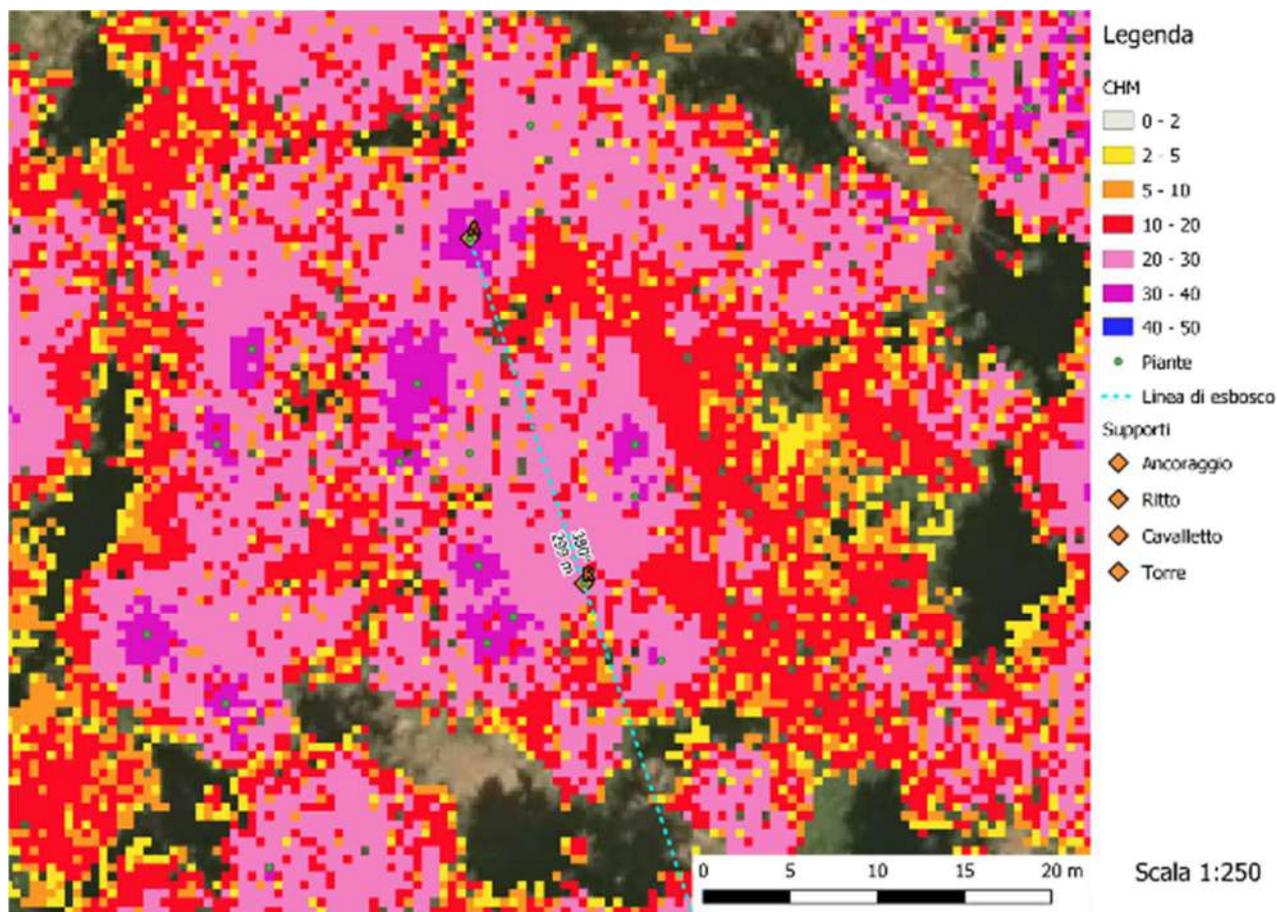


Figura 2.5 Progettazione delle piante con funzione di supporto e sovrapposizione con lo strato puntuale degli alberi

A progettazione compiuta è possibile valutare la soluzione migliore tra quelle ipotizzate considerando l'economicità di cantiere (minor lunghezza di impianto e minor numero di supporti), la presenza di spazi atti alla prima lavorazione e il minor impatto ambientale e paesaggistico.

È infine possibile caricare i punti prescelti per stazione motrice, ancoraggio e supporto su un dispositivo GPS per permetterne la locazione in campo. Si procede poi alle operazioni di tracciatura in campo così come indicato nel capitolo 1.7 avendo cura nella determinazione dell'*azimuth* della linea di correggere per la declinazione magnetica. L'angolo rilevato in ambiente GIS è infatti individuato nei confronti del Nord geografico mentre l'ago delle bussole topografiche segue il Nord magnetico. Un *plugin* di QGIS dedicato (*magnetic declination*) offre la possibilità di correggere automaticamente questa differenza e fornire l'*azimuth* magnetico da seguire in campo.

Questo *workflow* è stato valutato progettando n. 7 linee di esbosco riportate in figura 2.6. Le particelle forestali di intervento nonché la ripresa di linea sono stati desunti dalle disposizioni dei piani di

assestamento. Come parametri progettuali è stato prediletto l'uso di una stazione motrice mobile ed è stato prediletto il posizionamento della stessa a monte, ove tecnicamente possibile. Nella progettazione è stato ipotizzato un carico standard di 35 kN, comprensivo del carrello, e l'uso di una fune portante di 22 mm con un Carico di rottura minimo garantito pari a 458 kN. Tale scelta è stata effettuata sulla base dei rilievi dei cantieri forestali, riportati nel capitolo 2.4.2 in cui tale tipologia di fune è risultata la più diffusa tra le imprese forestali locali e la capacità di trazione media delle macchine rilevate. Si è considerato anche un esbosco per semi-strascico con un franco minimo da terra pari a 6 m per stazioni motrici mobili e un esbosco per carichi sospesi con franco minimo pari a 8 m per impianti tradizionali, come indicato nel capitolo 1.6. Similmente il coefficiente di sicurezza è stato valutato in funzione della tipologia di impianto ponendolo pari a 2.5 per stazioni motrici mobili e pari a 3 per impianti tradizionali in considerazione delle differenze costruttive dei mezzi come indicato nel capitolo 1.3. I punti di inizio - fine linea e supporto sono stati caricati sull'applicativo Qfield per dispositivi smartphone e mediante GPS integrato sono stati utilizzati, assieme a una bussola modello Wyssen, per tracciare le linee progettate.

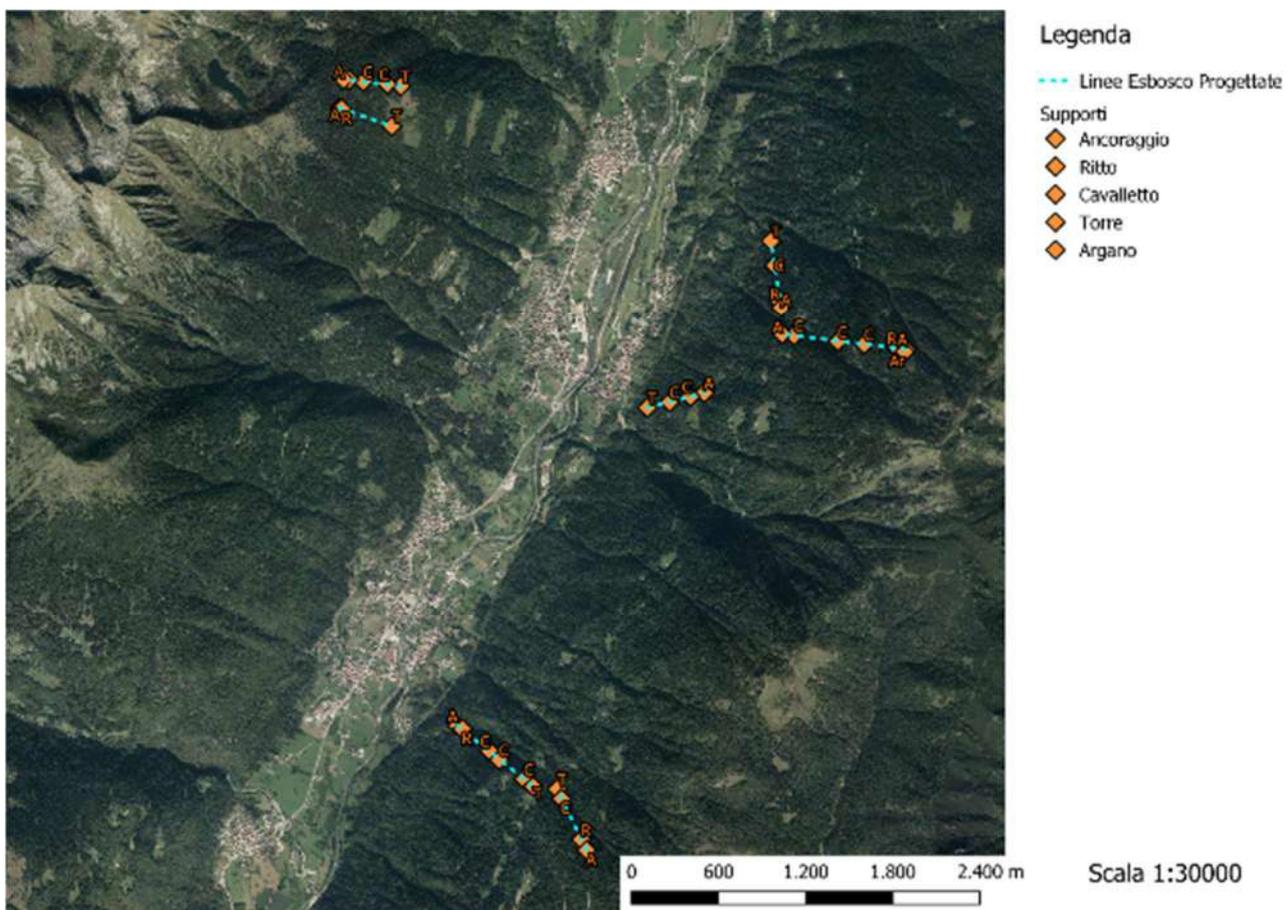


Figura 2.6 Panoramica linee di esbosco progettate

2.4. Raccolta dati:

2.4.1. Cantiere sperimentale foreste demaniali

Nell'ambito di una collaborazione tra il Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali dell'Università degli Studi di Padova e l'Agenzia provinciale delle foreste demaniali di Trento è stato realizzato un cantiere sperimentale in località "Pontera rossa" in Val di Sella, nel Comune di Borgo Valsugana (TN). Il cantiere, atto al recupero di materiale schiantato dalla tempesta Vaia, realizzato in economia diretta da parte dell'Agenzia con il proprio personale, non avendo scopo di lucro ha consentito la raccolta dati quale focus principale, assecondandone le necessità. L'Agenzia, nella filiera forestale trentina, tra i vari compiti istituzionali riveste anche il ruolo di ente preposto alla formazione delle imprese forestali operanti sul territorio. Il cantiere predisposto, progettato e coordinato dal personale tecnico ed istruttore è stato quindi realizzato secondo lo stato d'arte delle buone pratiche tecniche forestali. L'attività di ricerca si poneva come obiettivo la raccolta esaustiva di una grande varietà di dati per ogni componente dell'impianto; dati che potessero essere utilizzati in svariati progetti con finalità diverse. Nell'ambito del seguente lavoro i dati qui rilevati verranno usati come standard di confronto tra quanto progettabile mediante Seilaplan e quanto effettivamente rilevabile in campo.

L'attività di rilievo è stata eseguita su una linea costituita da un impianto di gru a cavo bi-fune di tipo tradizionale. La fune portante era sostenuta a monte da un ritto di estremità di altezza 7,2 m e a valle da un cavalletto di altezza 12 m che divideva la linea in due campate. La linea presentava una lunghezza planimetrica complessiva del tracciato pari a 260 m di distanza inclinata ripartita in 80 m per la campata di monte e 160 m per quella di valle. Le misure sono state eseguite in 8 punti di controllo disposti lungo il sedime della linea come riportato in figura 2.7.

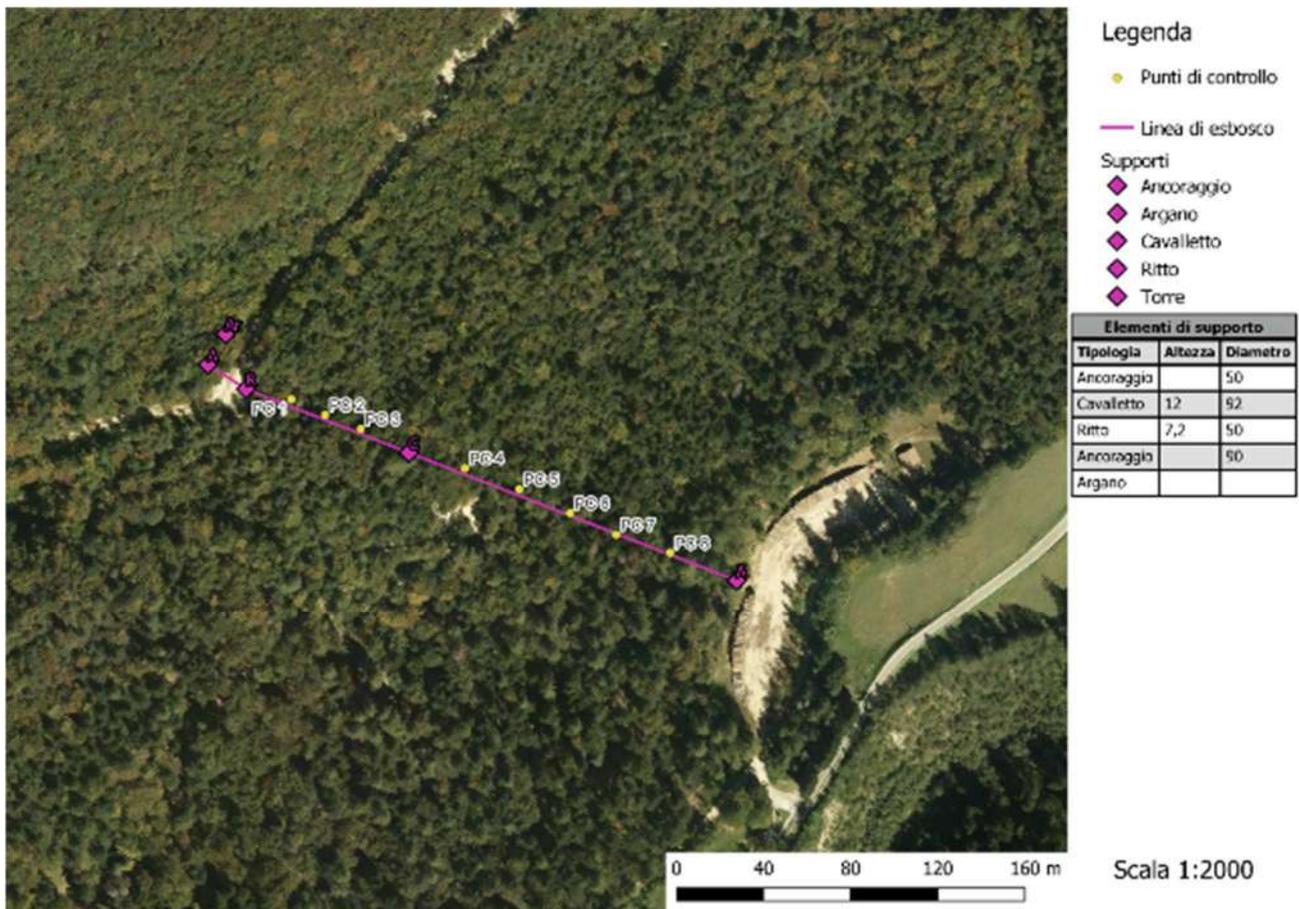


Figura 2.7 Schema realizzativo della linea e dislocazione punti di controllo

Il rilievo ha previsto il monitoraggio della tensione presente nella fune portante e nella misura del franco libero da terra. La tensione è stata misurata mediante la predisposizione di un dinamometro, montato sul grillo di giunto tra fune portante e ancoraggio di monte, e di un tensiometro in linea modello *CableBull® SR22/800 XR* presso l'ancoraggio di valle. Entrambi gli strumenti permettono la misura della tensione istantanea presente nella fune portante. Il dinamometro è stato utilizzato mediante lettura manuale nei punti di controllo e come dispositivo di confronto con il tensiometro che invece, presentando anche funzionalità di *data-logging*, ha permesso di registrare la tensione raggiunta dalla fune portante durante le varie fasi di esbosco di una serie di carichi di peso noto. Si è poi proceduto a determinare il franco da terra mediante misura con telemetro Laser *TruPulse 360* (errore $\pm 0.3\text{m}$) nei punti di controllo. Contestualmente, mediante ricevitore GPS ad alta precisione *Emlid Reach RS 2*, sono state rilevate le coordinate dei punti di controllo, della stazione motrice, ancoraggi e supporti. Per questi ultimi è stato anche rilevato il diametro mediante cavalletto forestale e l'altezza di applicazione della fune mediante telemetro Laser *TruPulse 360*.

La misura è avvenuta su tre cicli di transito con carichi distinti. Il peso dei carichi è stato determinato mediante pesatura con una cella di carico applicata all'estremo della fune di pescaggio. Si è successivamente proceduto alla modellazione della linea rilevata in *Seilaplan*. L'attività di rilievo qui effettuata ricalca il lavoro svolto da Bont et al. (2022) di cui si vogliono corroborare i risultati.

L'analisi di confronto tra quanto rilevato e quanto calcolato mediante Seilaplan viene quindi effettuata con le medesime metriche statistiche:

- Errore medio assoluto MAE

Misura l'errore medio del modello predittivo rispetto il dataset reale. Viene calcolato mediante formula

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|$$

- Errore medio assoluto percentuale MAPE [%]

MAE espresso in percentuale relativamente alla media dei valori reali. Viene calcolato mediante formula

$$MAPE = \frac{MAE}{y_{medio}} * 100$$

- Radice dell'errore quadratico medio RMSE:

Simile al MAE misura la magnitudine media dell'errore del modello predittivo rispetto il valore reale, rispetto al MAE risulta più influenzato dagli errori di grandi dimensioni. Viene

calcolato mediante formula

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}}$$

- Radice dell'errore quadratico medio relativo RMSE [%]

RMSE espresso in percentuale relativamente alla media dei valori reali. Viene calcolato mediante formula

$$RMSE[\%] = \frac{RMSE}{y_{medio}} * 100$$

2.4.2. Cantieri forestali

Nella pratica *trentina* è onere dell'autorità forestale contrassegnare mediante martellata ogni pianta soggetta al taglio. La scelta delle piante da abbattere avviene, in condizioni ordinarie, su base selvicolturale come previsto dai piani di assestamento. Nei casi in cui l'esbosco dovrà avvenire mediante sistemi di gru a cavo, il preventivo tracciamento della linea è condizione imprescindibile alle operazioni di martellatura. La vendita del legname avviene a martellata conclusa; spetta quindi all'autorità forestale pianificare e tracciare una linea tecnicamente appropriata che la ditta acquirente andrà ad utilizzare. Contrattualmente la ditta acquirente si impegna a esboscare il materiale contrassegnato, ma essendo la stessa responsabile del cantiere e degli oneri di sicurezza associati, ha la facoltà di utilizzare la soluzione prevista dall'autorità forestale o di modificarla secondo quanto ritenga opportuno. Al fine di analizzare le scelte effettuate dalle imprese boschive, sono state rilevate n. 9 linee di gru a cavo così come predisposte dalle imprese stesse e riportate in figura 2.8. In tali aree studio verrà ricreata la linea così come predisposta in Seilaplan per valutare le scelte effettuate dalle ditte soprattutto nel riguardo delle tensioni e coefficienti di sicurezza. Verrà poi proposta una soluzione alternativa rispettante le buone pratiche forestali. Per valutare l'efficacia dell'algoritmo di automazione di Seilaplan in tali aree verrà eseguita anche una progettazione automatica.

L'attività si è concentrata in Val Rendena (TN) e nelle sue vallate minori. La Val Rendena, caratterizzata da un elevato indice di boscosità nonché da versanti ad elevata pendenza, rende la maggior parte delle numerose utilizzazioni boschive tecnicamente attuabili esclusivamente mediante sistemi aerei. Le numerose ditte locali, operando da anni nel contesto, trovano nei sistemi a fune il principale mezzo di lavoro, accumulando di conseguenza una notevole esperienza d'uso.

L'attività di rilievo si è concentrata unicamente in cantieri in corso di utilizzazione. A differenza di quanto effettuato in collaborazione con l'Agenzia provinciale delle foreste demaniali, la natura dei cantieri qui rilevati, effettuati da operatori del settore con un interesse economico nell'utilizzazione, non ha permesso il rilievo con le stesse metodologie, in quanto sarebbero risultate troppo disturbanti per le operazioni di esbosco. L'attività del cantiere ha sollevato anche preoccupazioni in merito alla sicurezza delle operazioni di rilievo. Queste sono state svolte nelle brevi pause di funzionamento dell'impianto e si sono limitate al rilievo dei dati indispensabili per il confronto.

Per ogni cantiere è stato reperito il relativo progetto di taglio realizzato dai tecnici provinciali. In tale documentazione viene riportata una caratterizzazione dell'intervento e il volume legnoso presunto ricavabile dal cantiere. Tale volumetria viene stimata mediante cubatura del piedilista di martellata utilizzando il sistema di tariffe provinciale. Il sistema di tariffe fornisce un volume dendrometrico, questo viene convertito in volume cormometrico assegnando una resa sul materiale, tipicamente variabile tra il 70% e l'80%, in funzione del cantiere. L'attività in campo ha previsto il rilievo dell'*azimuth* della linea mediante bussola tipologia Wyssen. Si è poi proceduto a rilevare il diametro

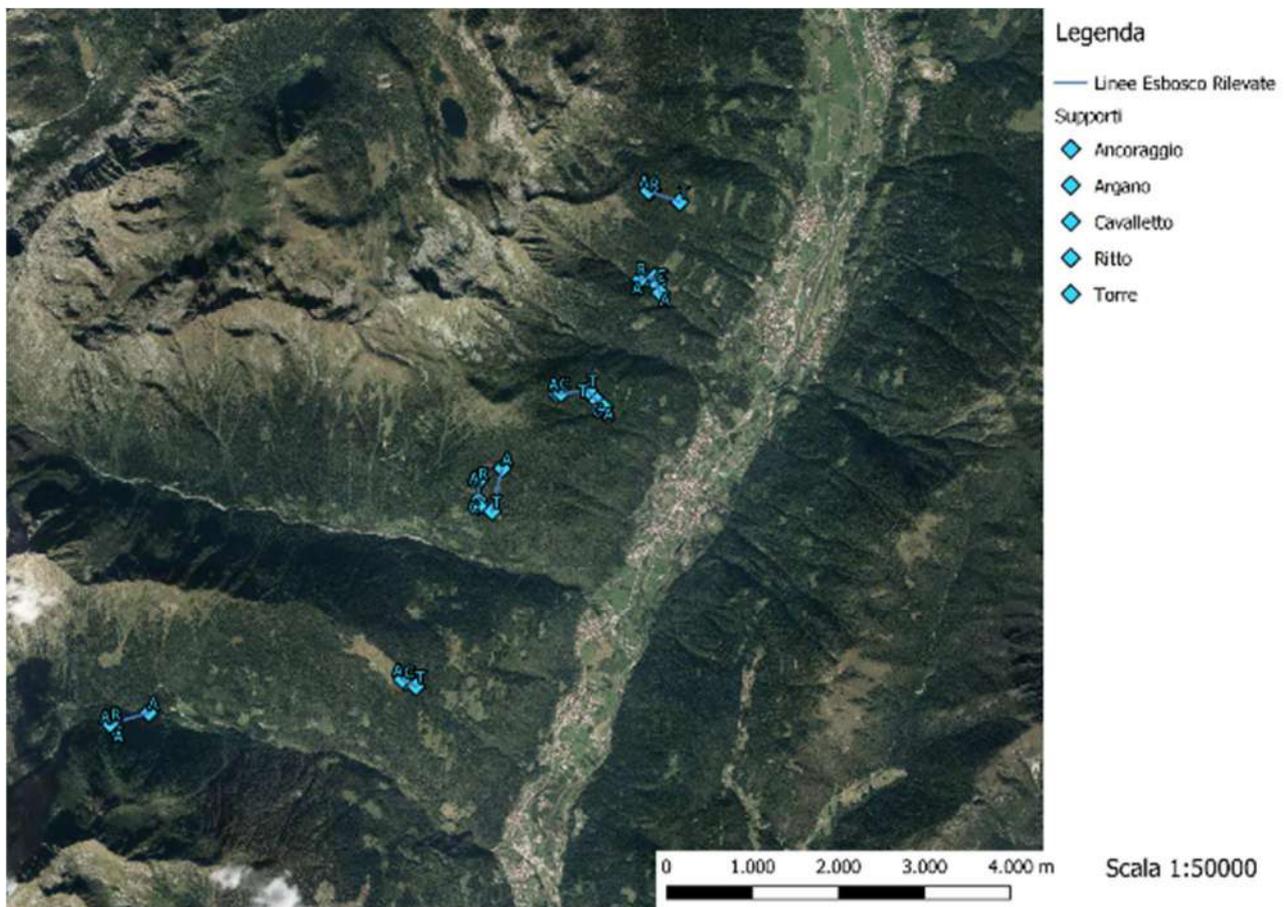
degli ancoraggi, dei ritti e dei cavalletti mediante un cavalletto forestale e per quest'ultimi l'altezza di applicazione della fune mediante corda metrica e clisimetro ottico, metodologia utilizzata anche per il rilievo dell'altezza delle stazioni motrici mobili. Per ogni elemento della linea sono state rilevate anche le coordinate GPS mediante Smartphone. Per migliorare la precisione strumentale del dato, che presenta un errore quantificabile in 6-8 m, in fase di elaborazione questo è stato corretto manualmente sovrapponendo il supporto rilevato con lo strato puntuale degli alberi così come predisposto nel capitolo 2.3. Nella riproduzione della linea in ambiente GIS identificando le piante presenti nell'area di errore mediante lo strato puntuale e ponendo come vincolo l'*azimuth* della linea rilevato in campo è stato possibile identificare univocamente le piante adibite a supporto e di conseguenza la posizione della stazione motrice, allignata sulla traccia della linea in concomitanza di piazzali e viabilità forestale.

Il rilievo ha previsto poi una breve intervista all'operatore della stazione motrice per raccogliere le informazioni sul mezzo, sul carrello, sulle funi impiegate e sulla tensione di montaggio della fune portante. Nei riguardi della fune portante, ci si è resi conto che gli operatori erano a conoscenza unicamente del diametro della fune e del livello di compattazione. Questo è anche spiegato dal fatto che si è rilevato frequentemente l'uso di mezzi di seconda mano, in cui le funi risultavano già presenti sul mezzo e gli operatori si sono limitati ad eseguire una certificazione sullo stato di usura senza approfondire il modello specifico di fune. Un'altra fattispecie riscontrata è data dalla presenza di realtà aziendali in cui le squadre di operai vengono dislocate su vari cantieri e l'acquisto e la gestione dei mezzi sono effettuati da una sede centrale, con la conseguenza di rendere gli operai ignari sulle specifiche di fune. Ai fini del seguente lavoro i dati tecnici sulla fune d'interesse sono limitati al peso lineare e carico di rottura minimo.

Tutte le stazioni motrici rilevate, eccetto una, operavano mediante fune di diametro 22 mm compattata. Da una ricerca bibliografica sulle funi comunemente in uso in cantieri boschivi nell'arco alpino italiano si è riscontrato che il peso lineare, in differenti tipologie di funi del medesimo diametro e livello di compattazione, è variabile tra 2.3 kg/m e 2.34 kg/m, differenza talmente ridotta da essere ininfluenza sul risultato. Il carico di rottura minimo presenta una maggior variabilità ed è compreso tra 430 kN e 485 kN (Molteni et al. 2019). Si è optato in questo caso di considerare il valore medio di 458 kN.

Difficoltà di rilievo si sono riscontrate anche sulla tensione di montaggio. La tensione effettiva di una fune portante può essere rilevata esclusivamente con dinamometri o tensiometri montati sulla fune. Tali strumentazioni non rientrano nella dotazione tipica delle imprese, che si limitano a stimare la tensione di montaggio in modo empirico, grazie all'esperienza maturata. Le stazioni motrici più moderne consentono la lettura della pressione idraulica raggiunta dai cilindri azionanti la tensionatura; questa viene espressa in bar e la trasformazione in forza (kN) è dipendente dalla tipologia e dal diametro dei cilindri idraulici della stazione motrice. Ciò fornisce agli operatori una

lettura relativa della tensione della fune portante, nel corso del cantiere o tra cantieri differenti, senza però che essa sia mai convertita nell'effettivo valore di forza. In questi casi il valore di pressione rilevato è stato convertito in forza mediante la seguente formula $Forza = \frac{Pressione}{2.615}$ ¹. In impianti sprovvisti di manometri di pressione ci si è limitati alla stima fornita dagli operatori. Nella modellazione dell'impianto in Seilaplan viene previsto un peso del carico pari alla capacità di traino della stazione motrice. Questa scelta è giustificata in quanto durante le operazioni di concentramento del materiale, soprattutto in cantieri riguardanti materiale abbattuto da schianti da vento, capita frequentemente di raggiungere le capacità di traino del mezzo. Il franco minimo da terra e il coefficiente di sicurezza di progetto utilizzato viene scelto con le stesse metodologie e motivazioni di quanto previsto per le linee progettate nel capitolo 2.3.



¹ Formula in uso dagli operatori locali

3. Risultati

3.1. Progettazione linee di gru a cavo

Si riporta di seguito una rappresentazione delle linee pianificate e delle scelte progettuali adottate. Corografie e dati di linea sono riportate nella relativa scheda di progettazione allegata, disponibile in Allegato 1.

Linea n° 1 - Casinelli

Lotto di utilizzazione ordinaria finalizzato al recupero della ripresa insita verso la mezzeria della traccia. La linea presenta una lunghezza inclinata pari a 524,7 m suddivisa in due campate lunghe rispettivamente 88 e 341 m. Il profilo morfologico del terreno risulta nel complesso lievemente concavo con un netto cambio di pendenza in prossimità del ritto terminale. La bassa densità al colmo dell'impianto ha necessitato un allungamento della linea fino alla viabilità di monte per trovare una pianta di dimensioni adeguate all'ancoraggio. L'altezza considerevole del primo cavalletto è giustificata dalla necessità di realizzare un supporto che superasse in altezza il profilo della catenaria scarica; diversamente si sarebbe generato un angolo negativo sul cavalletto e una conseguente fuoriuscita della fune dalla staffa di supporto.

La presenza di viabilità sia a monte che a valle consentiva una scelta sul posizionamento della stazione motrice. Generalmente un collocamento a monte risulta preferibile in quanto consente la realizzazione di un impianto bi-fune di più rapida realizzazione. Si è però preferito in questo caso il posizionamento a valle per la presenza di un piazzale forestale, questo anche in ragione della discreta ripresa recuperabile dall'impianto, 450 m³, che giova degli spazi di prima lavorazione e stoccaggio temporaneo ivi presenti.

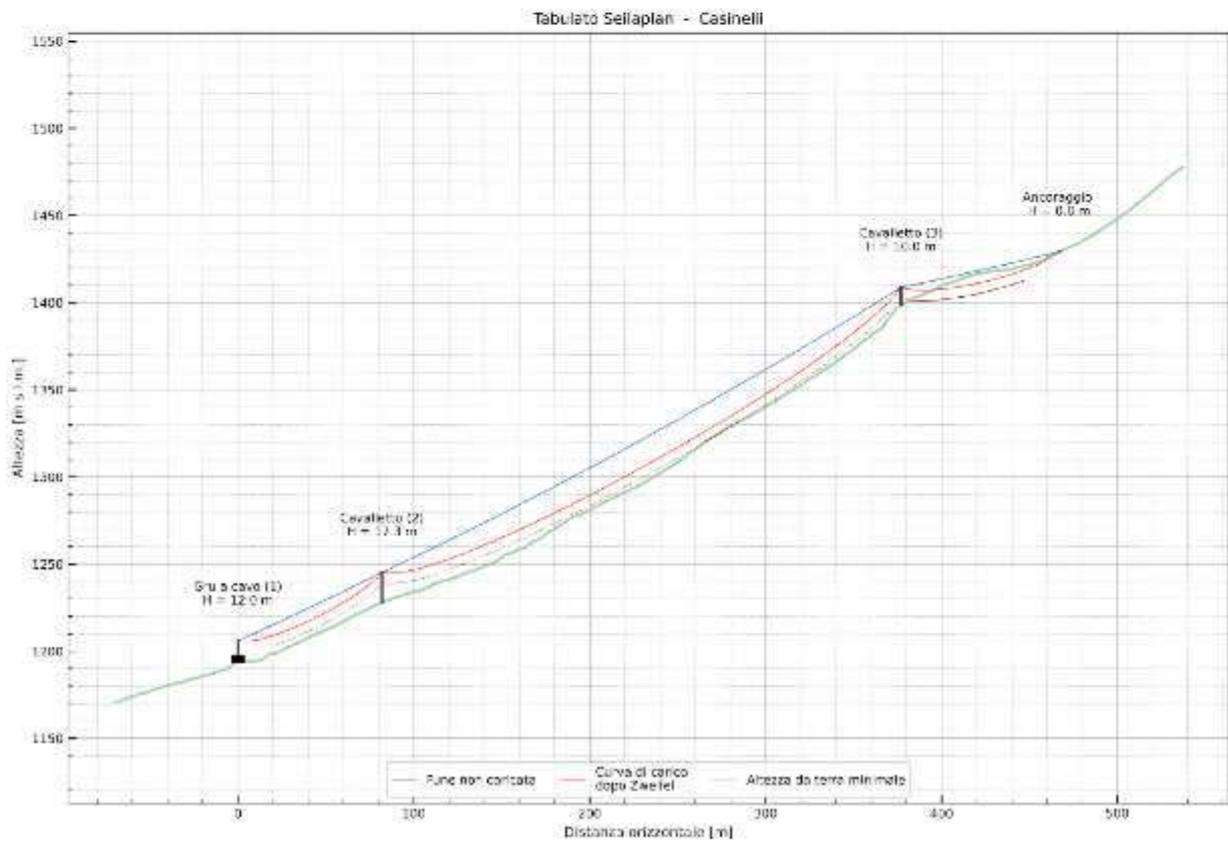
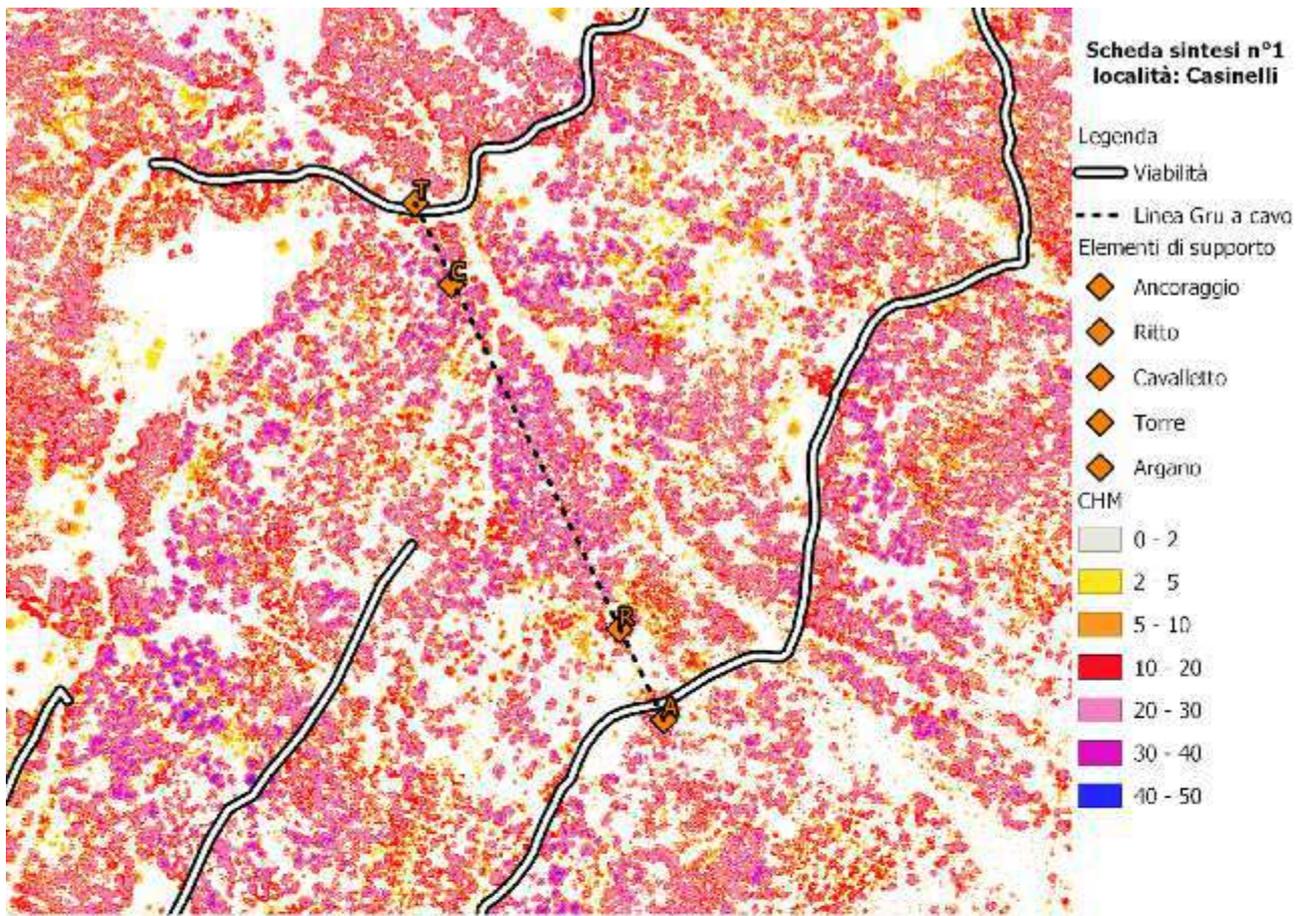


Figura 3.1 Sintesi scheda progettazione linea n° 1 - Casinelli

Linea n° 2 - Incasola

Lotto di utilizzazione ordinaria posto parallelo ad una linea esboscata nel periodo di assestamento precedente. La ripresa risulta prevalentemente concentrata nella parte medio - alta della traccia. La linea presenta una lunghezza inclinata pari a 459 m suddivisa in tre campate lunghe rispettivamente 163, 186 e 110 m. Il profilo morfologico del terreno risulta a pendenza costante e leggermente convesso, morfologia che richiede tipicamente un elevato numero di supporti per garantire il rispetto del franco minimo progettuale. La lunghezza moderata delle campate consente però di innalzare la tensione di montaggio a 130 kN al fine di limitare l'abbassamento della catenaria pur rimanendo nei limiti di carico di sicurezza della fune. Nonostante ciò risulta necessaria la realizzazione di due cavalletti di importanti dimensioni. Nella parte alta della linea la maturità del soprassuolo e la densità colma consente una discreta libertà nel posizionamento del supporto di linea, diversamente nella parte bassa il soprassuolo meno sviluppato risulta critico alla fattibilità dell'impianto con poche piante di dimensioni adeguate. La progettazione ha predisposto la stazione motrice presso la viabilità forestale di valle anziché l'adiacente viabilità di monte in quanto quest'ultima, realizzata ad uso privato per l'accesso all'edilizia montana locale, non risultava adeguatamente dimensionata al transito di mezzi pesanti.

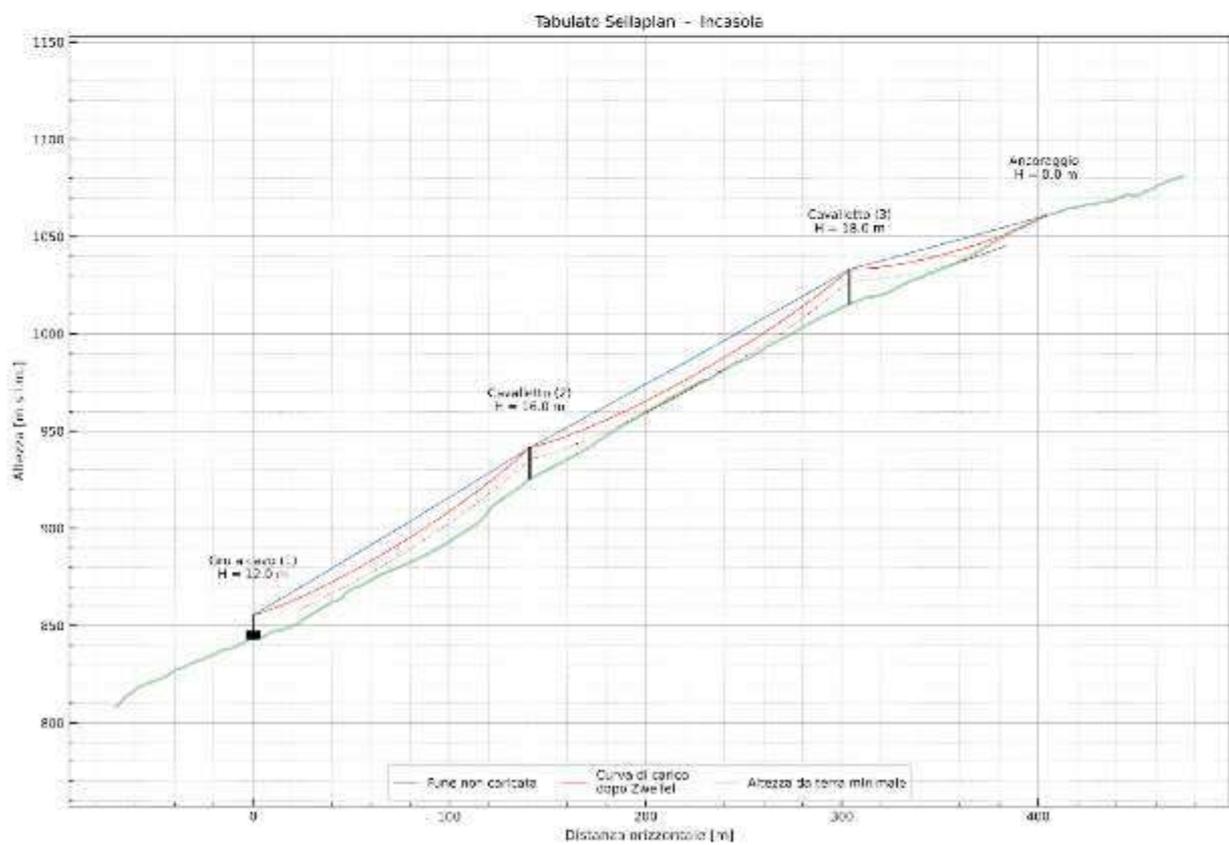
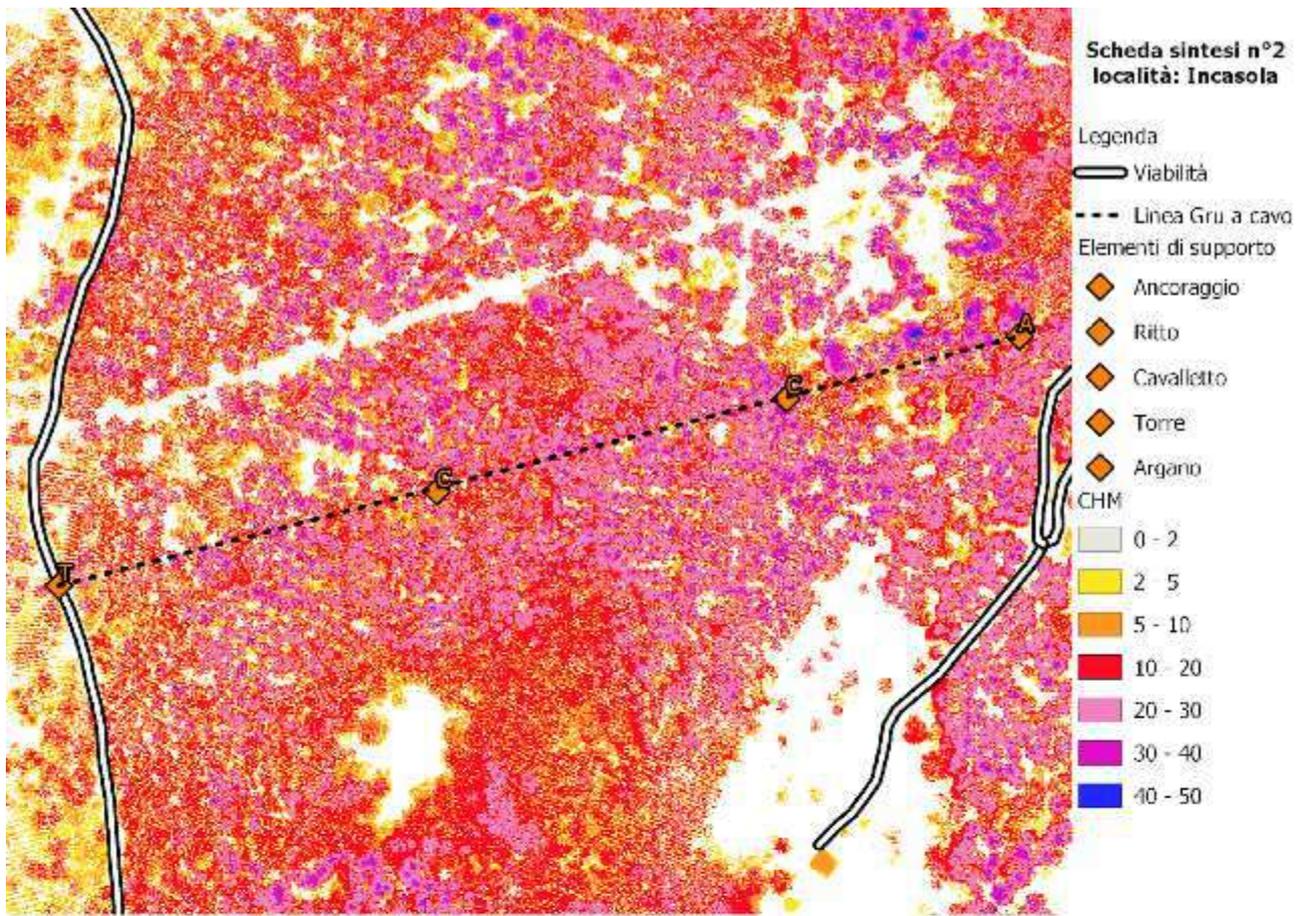


Figura 3.2 Sintesi scheda progettazione linea n° 2 - Incasola

Linea n° 3 - Martin da Fist

Lotto finalizzato al recupero del materiale schiantato dalla tempesta Vaia e conseguente epidemia di bostrico (*Ips typographus*) concentrato nella parte medio – alta della traccia. La linea presenta una lunghezza inclinata pari a 452 m realizzata in un'unica grande campata favorita dal profilo morfologico del terreno concavo. La realizzazione di una linea a campata unica risulta necessaria anche in funzione del soprassuolo, caratterizzato da una perticaia di piccole dimensioni nella parte inferiore della linea che non consentiva la predisposizione di supporti sufficientemente alti a superare il profilo di catenaria scarica. Ciò ha vincolato la progettazione ad un unico ritto di monte. La realizzazione di un impianto a campata unica causa anche un elevato aumento nella tensione generata nella mezzeria. È stata quindi prevista una tensione di montaggio pari a 80 kN, valore massimo consentito pur garantendo il rispetto del limite di carico di sicurezza nella mezzeria, e si è innalzato il ritto di estremità fino a garantire il rispetto del franco progettuale. L'area sommitale, in ragione dei disturbi che hanno interessato l'area, limitava nella scelta dei soggetti utilizzabili come supporto alle piante sopravvissute, fortunatamente di dimensioni adeguate. La sensibilità temporale causata dalla presenza di bostrico ha necessitato di una rapida utilizzazione, derogando alle ordinarie procedure di acquisto che invece è stato soggetto ad affidamento diretto. Per tali ragioni l'utilizzazione è stata svolta nel corso dell'anno corrente e rilevata secondo le metodologie descritte nel capitolo 2.4.2. Si veda a tal proposito la scheda di rilievo n° 2.

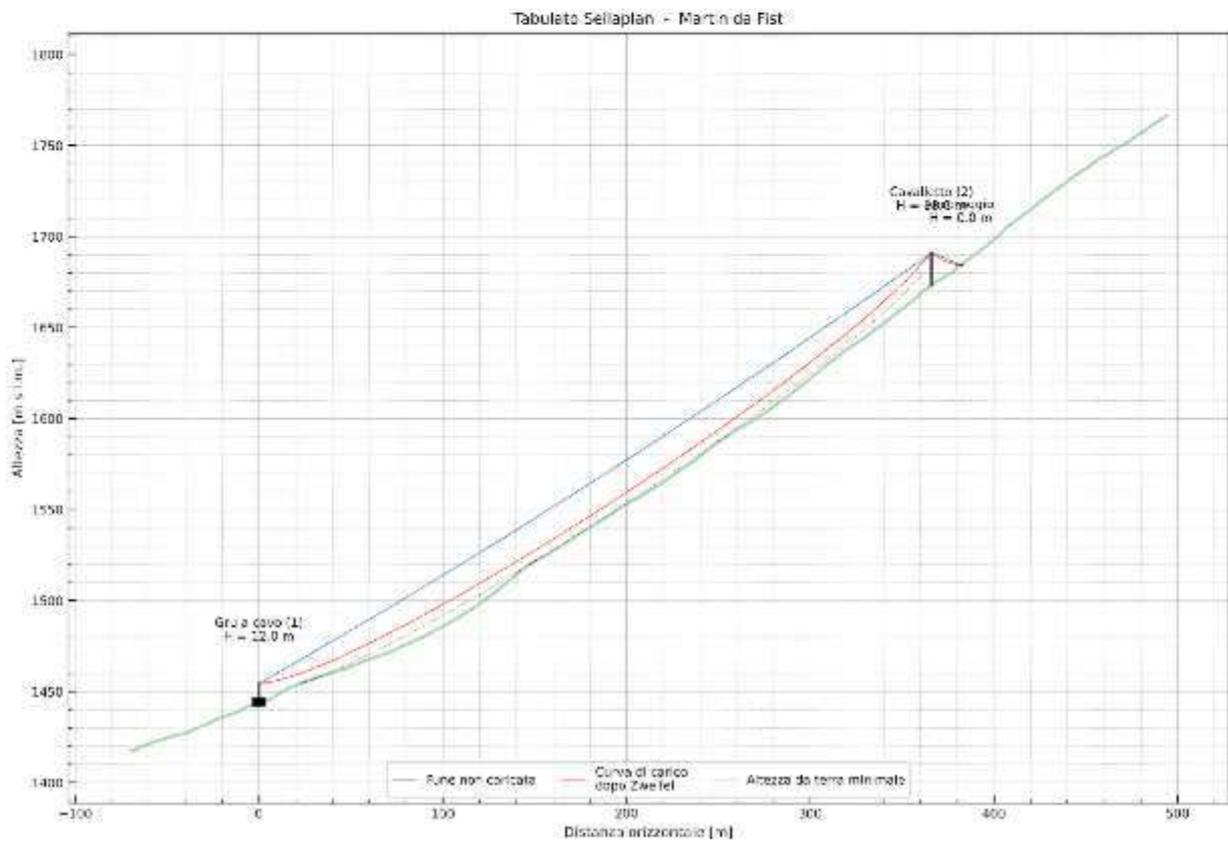
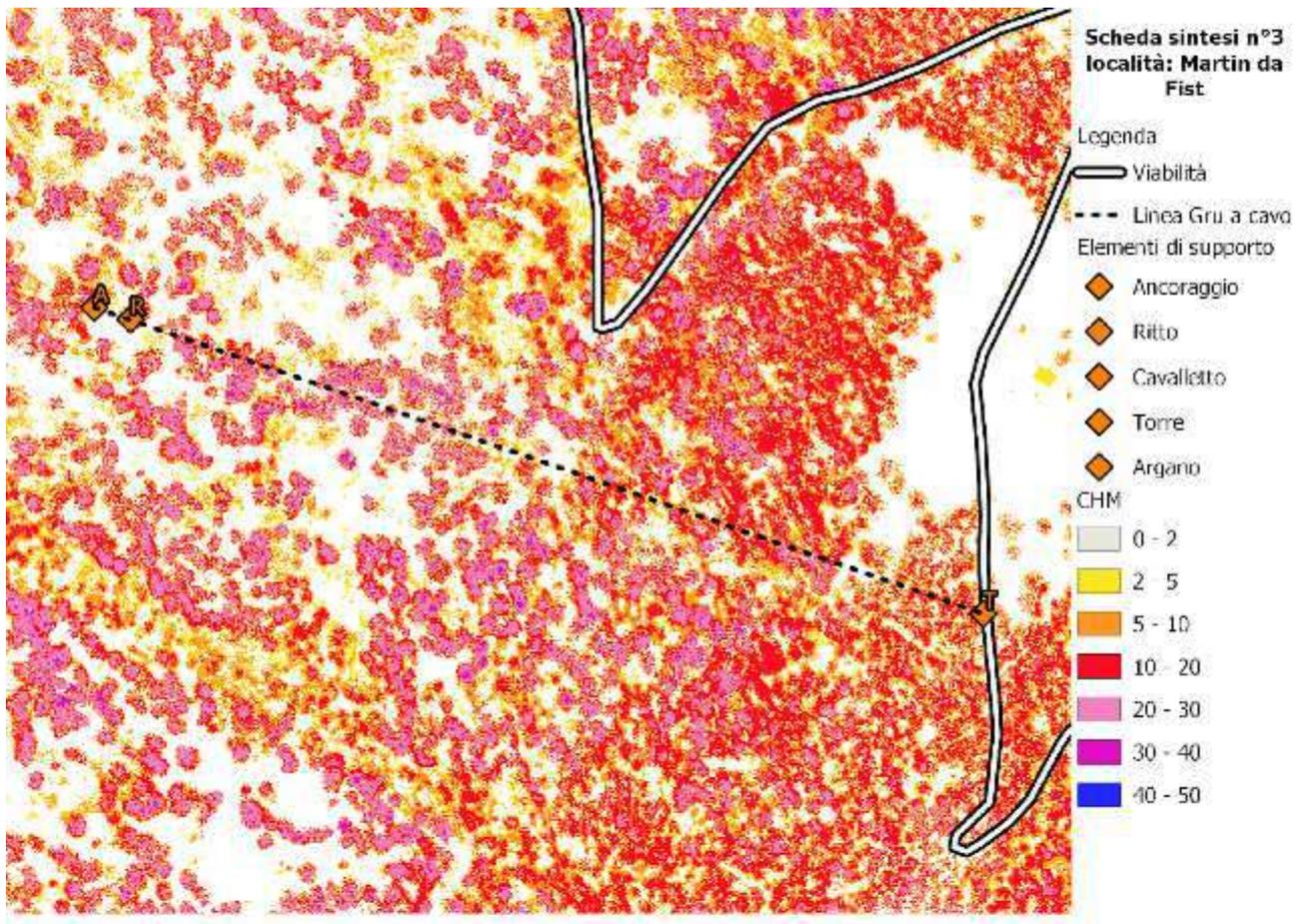


Figura 3.3 Sintesi scheda progettazione linea n° 3 – Martin da fist

Linea n° 4 - Pertiche

Lotto di utilizzazione ordinaria posto perpendicolarmente a due linee esboscate nel periodo di assestamento precedente e finalizzato a concludere la coltivazione dell'area mediante tagli di sgombero locali. La linea presenta una lunghezza inclinata pari a 507 m suddivisa in due campate lunghe rispettivamente 191 e 253 m. Il profilo morfologico del terreno risulta irregolare con andamento convesso. La maturità del soprassuolo e la buona densità consente una discreta libertà nel posizionamento dei supporti di linea che sono stati predisposti nei microrilievi più favorevoli. La notevole lunghezza della campata centrale genera un significativo innalzamento della tensione massima. Si è quindi anche in questo caso predisposta una tensione di montaggio tale da garantire il rispetto del limite di carico di sicurezza della fune e innalzato i supporti fino al rispetto del franco progettuale.

La linea interseca a valle con due distinte viabilità di cui è stata scelta quella inferiore per la presenza di un piazzale forestale.

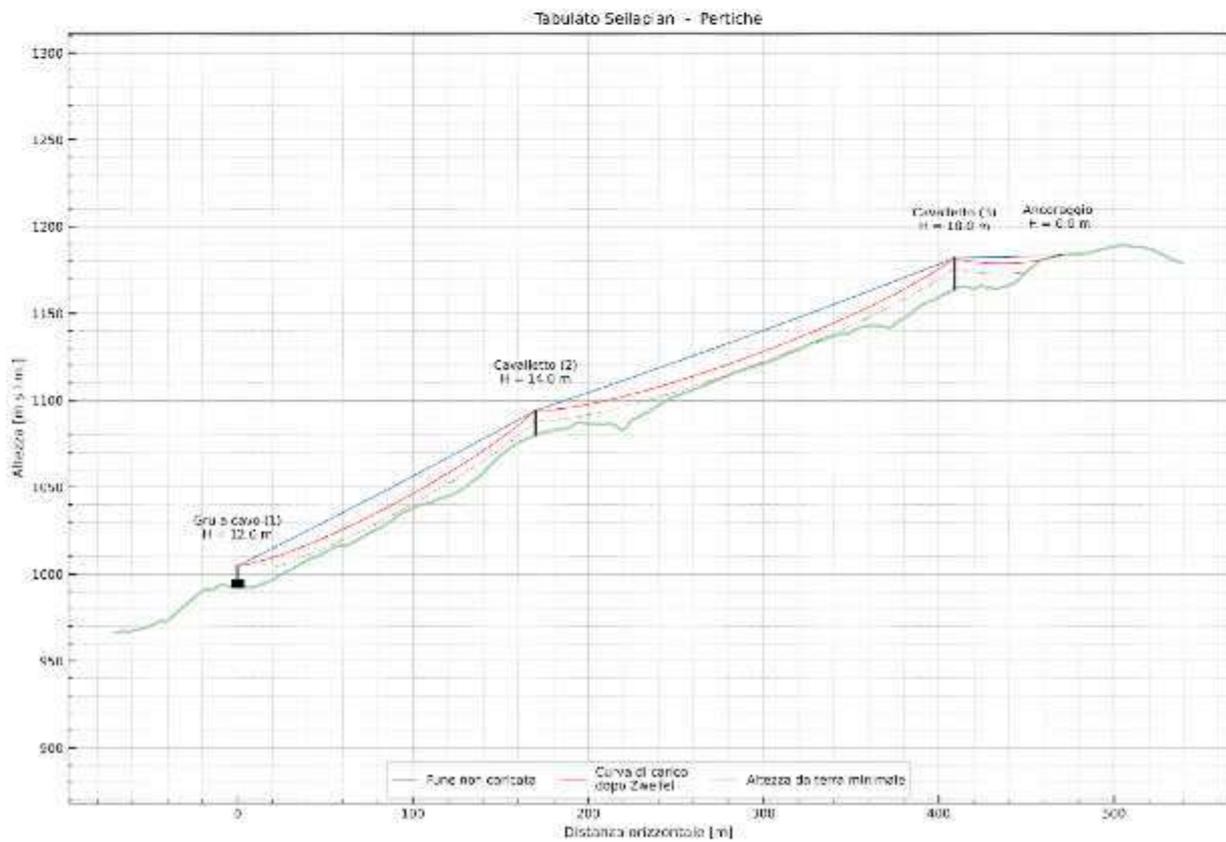
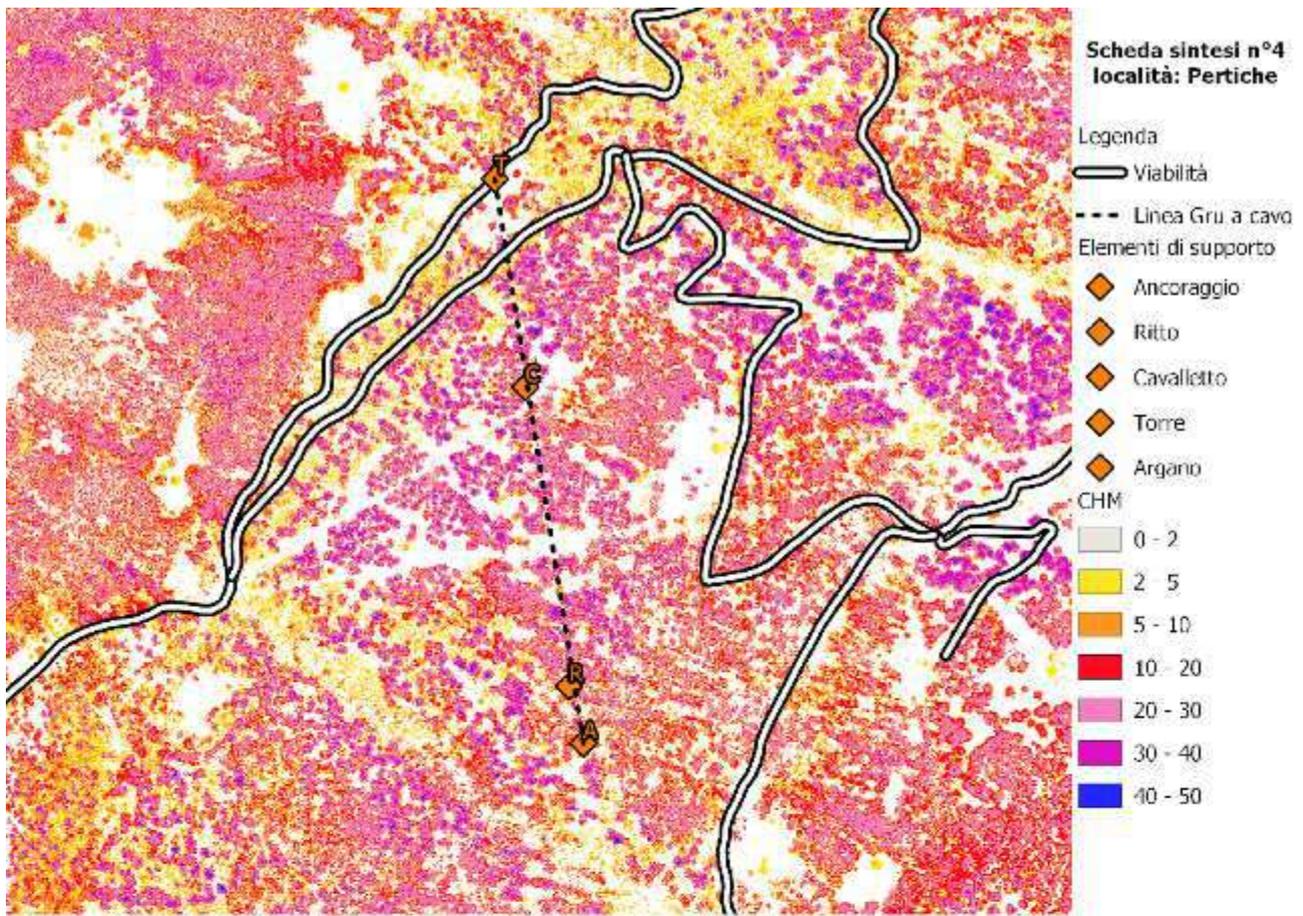


Figura 3.4 Sintesi scheda progettazione linea n° 4 - Pertiche

Linea n° 5 - Preda Molin

Lotto finalizzato al recupero del materiale schiantato dalla tempesta Vaia e parallelo alla precedente linea n° 3 Martin da Fist. La linea presenta una lunghezza inclinata pari a 452 m suddivisa in tre campate lunghe rispettivamente 119, 183 e 111 m. Nonostante la vicinanza alla precedente linea n° 3 il versante cambia morfologia ed assume un profilo più convesso necessitando così di un numero maggiore di supporti. Similmente alla linea Martin da Fist, il disturbo interessa l'area limitando le piante disponibili ed ha vincolato la predisposizione dei supporti ai margini delle aree schiantate. La predisposizione di un numero maggiore di campate consente un innalzamento della tensione di montaggio fino a 130 kN e un relativo abbassamento dei supporti, ad eccezione del primo cavalletto che vincolato dagli schianti è stato previsto prima del microrilievo favorevole e necessità di sufficiente altezza per svettare oltre il profilo di catenaria scarica.

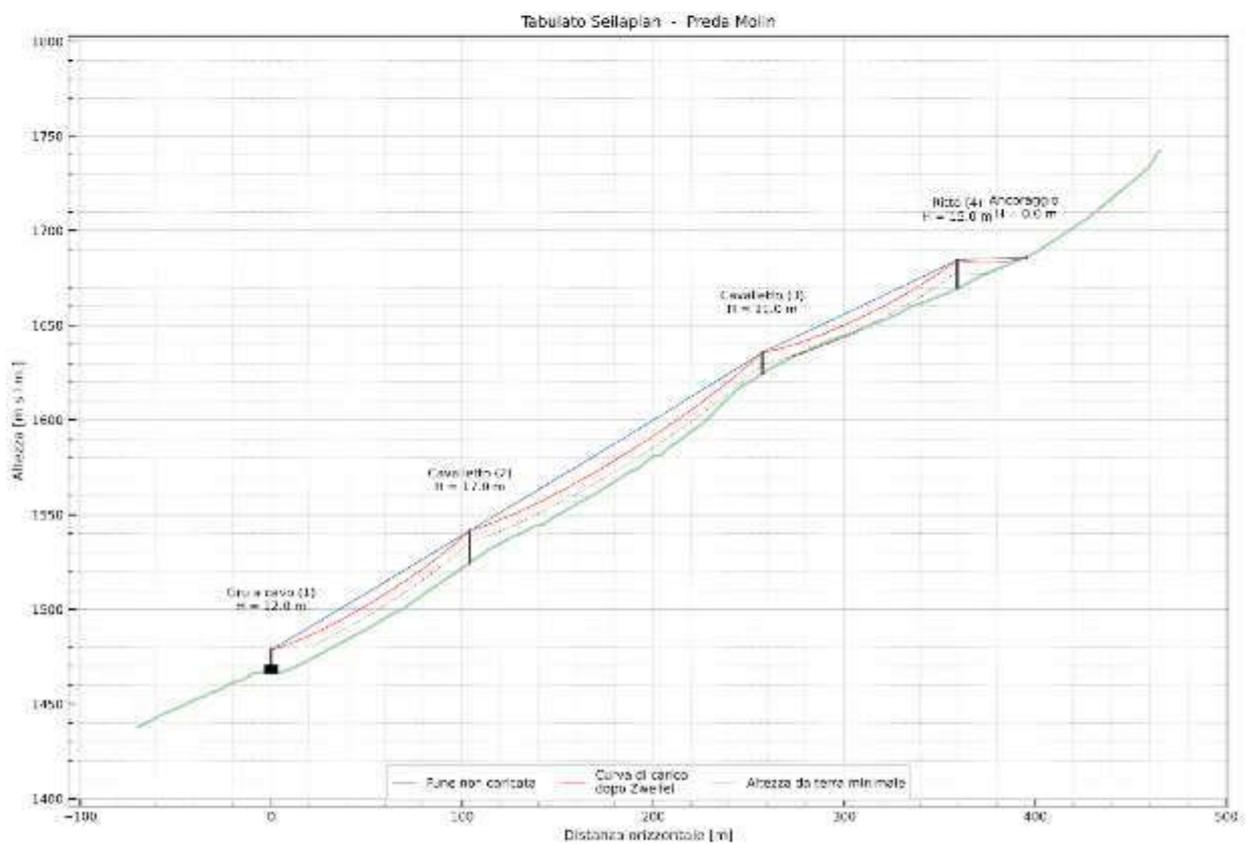
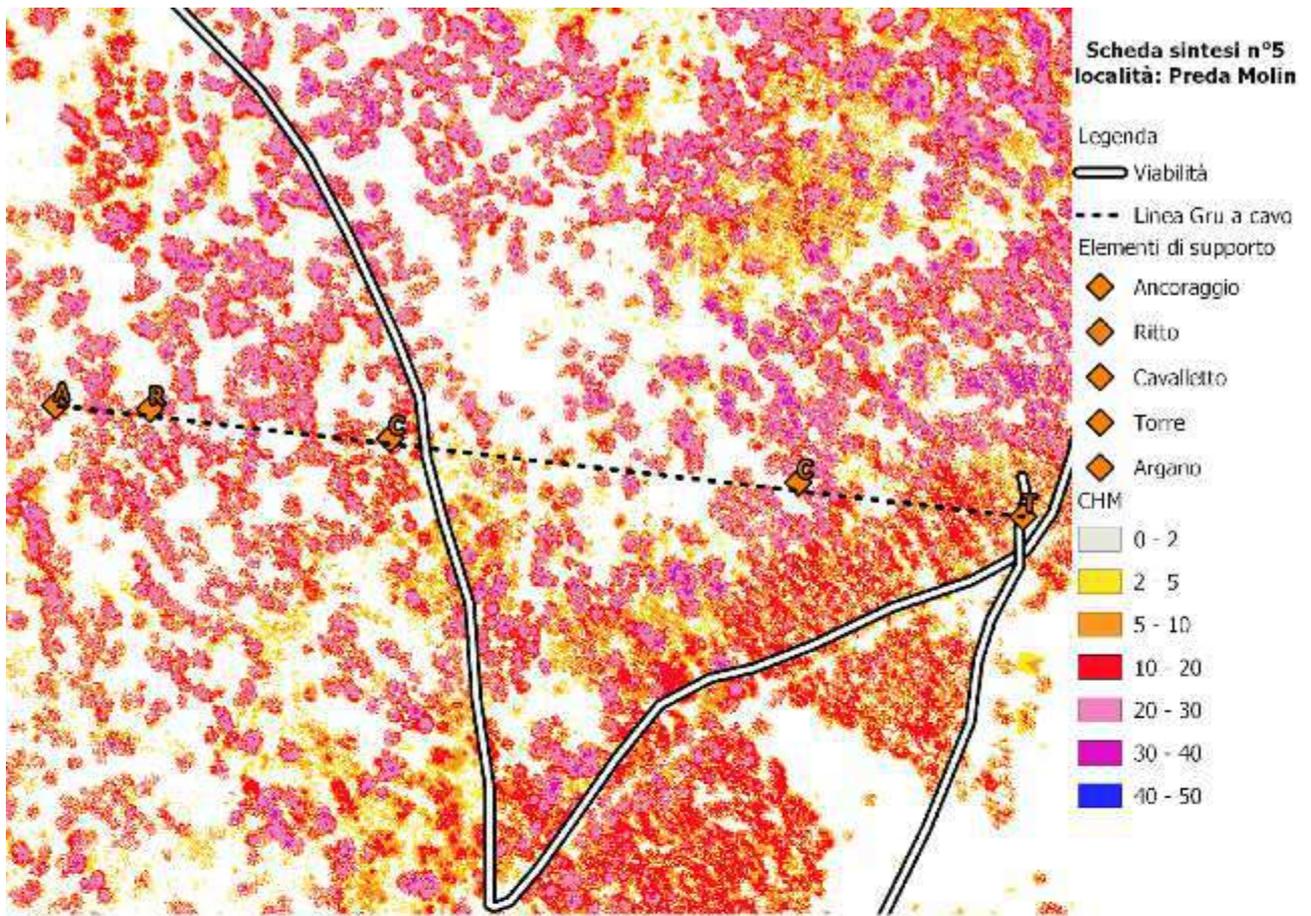


Figura 3.5 Sintesi scheda progettazione linea n° 5 – Preda Molin

Linea n° 6 - Tres

Lotto di utilizzazione ordinaria atto al recupero della ripresa insita principalmente nel versante sinistro orografico del canale adiacente e nel taglio di sgombero di un'area interessata da esbosco nel periodo di assestamento precedente. La linea presenta una lunghezza inclinata pari a 772 m suddivisa in 4 campate lunghe rispettivamente 81,248, 100 e 298 m. Il profilo morfologico del terreno risulta ad andamento misto, molto movimentato con numerosi dossi e avvallamenti. Il profilo risulta inizialmente convesso, nei pressi del terzo cavalletto è presente un punto di flesso nella morfologia che assume poi un profilo più concavo con un aumento di pendenza. La maturità del soprassuolo e la buona densità consente una discreta libertà nel posizionamento dei supporti di linea che sono stati predisposti nei microrilievi più favorevoli. L'iniziale bassa pendenza e l'andamento irregolare del suolo hanno comunque necessitato di un gran numero di supporti per superare gli ostacoli morfologici e garantire il rispetto del franco minimo progettuale.

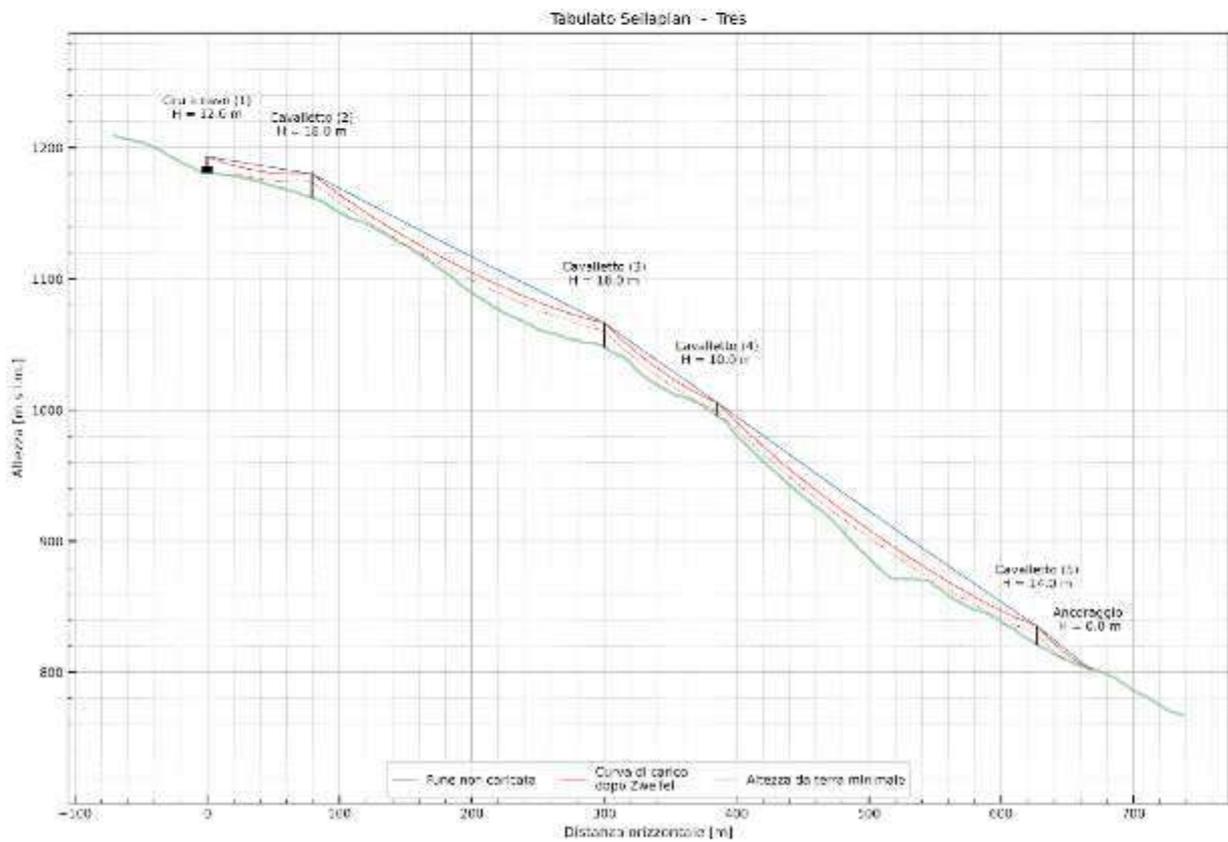
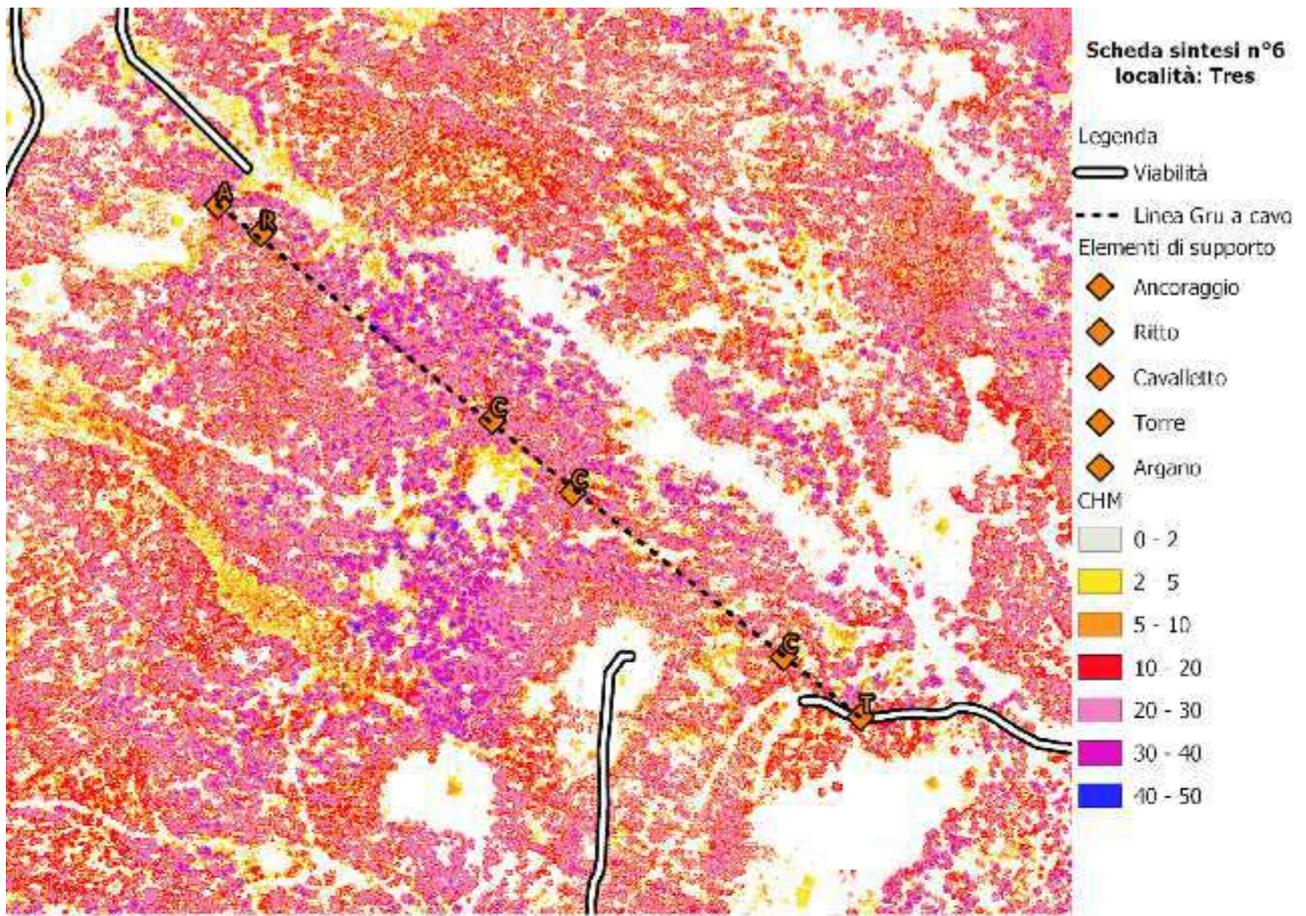


Figura 3.6 Sintesi scheda progettazione linea n° 6 - Tres

Linea n° 7 - Val di Pac

Lotto di utilizzazione ordinaria atto a terminare la coltivazione dell'area iniziata nel periodo di assestamento precedente. L'area è stata lavorata negli anni da tre diverse linee di esbosco, si è deciso di ricalcare il sedime della linea centrale per ridurre gli impatti sulla rinnovazione. Per garantire il rispetto della ripresa progettuale, la linea è stata allungata oltre il sedime originale per andare a coltivare anche la superficie sommitale. La linea presenta una lunghezza inclinata pari a 943 m suddivisa in tre campate lunghe rispettivamente 257, 187 e 364 m. Considerata la lunghezza generale della linea si è optato per progettare un impianto di tipo tradizionale in quanto le ordinarie stazioni motrici mobili non dispongono di funi sufficientemente lunghe. La lunghezza della linea impone anche che l'argano sia elitrasmportato sul posto. In ragione della tipologia di impianto è stato necessario inoltre prevedere un franco da terra minimo di almeno 8 m in quanto con questo tipo di impianti l'esbosco può avvenire unicamente per carichi sospesi. Il profilo morfologico del terreno risulta ad andamento misto, molto movimentato con diversi cambi di pendenza, dossi e avvallamenti. La morfologia, inizialmente convessa, presenta un punto di flesso nei pressi del secondo cavalletto ed assume poi un andamento concavo. Dal cambio di morfologia la linea prosegue attraversando la Val di Pac e incontra un dosso nel risalire il versante opposto. A causa delle utilizzazioni pregresse non vi è qui disponibilità di piante sufficientemente dimensionate da utilizzare come cavalletto. Ciò costringe la linea ad attraversare il dosso fino al successivo, adiacente al piazzale, in cui viene posto il terzo cavalletto. Nonostante i numerosi supporti, la necessità di garantire il rispetto del franco minimo da terra, specialmente critico in questo tipo di impianti, ha posto come unica alternativa alla fattibilità dell'impianto l'abbassamento del carico massimo a 20 kN. Ciò ha permesso anche una tensione di montaggio pari a 130 kN con conseguente riduzione della freccia di carico che consente il superamento degli ostacoli morfologici.

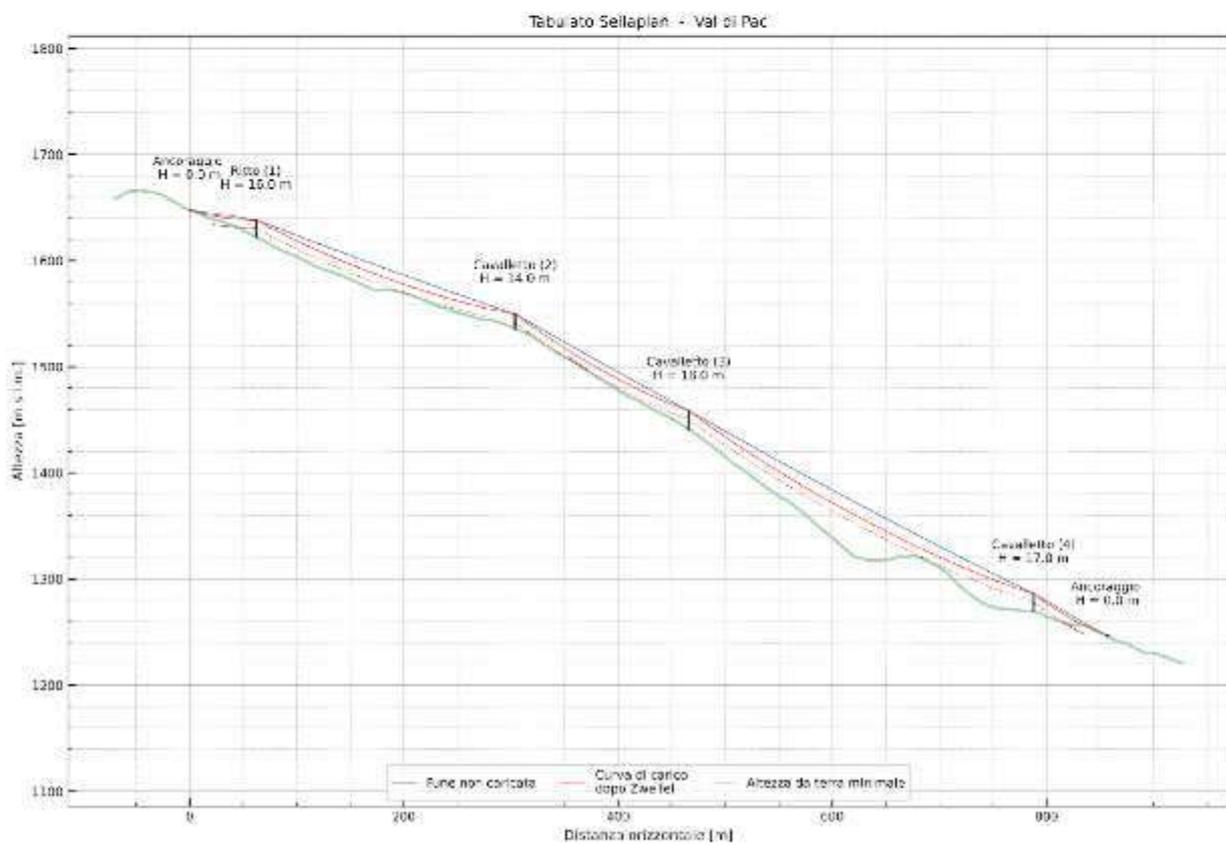
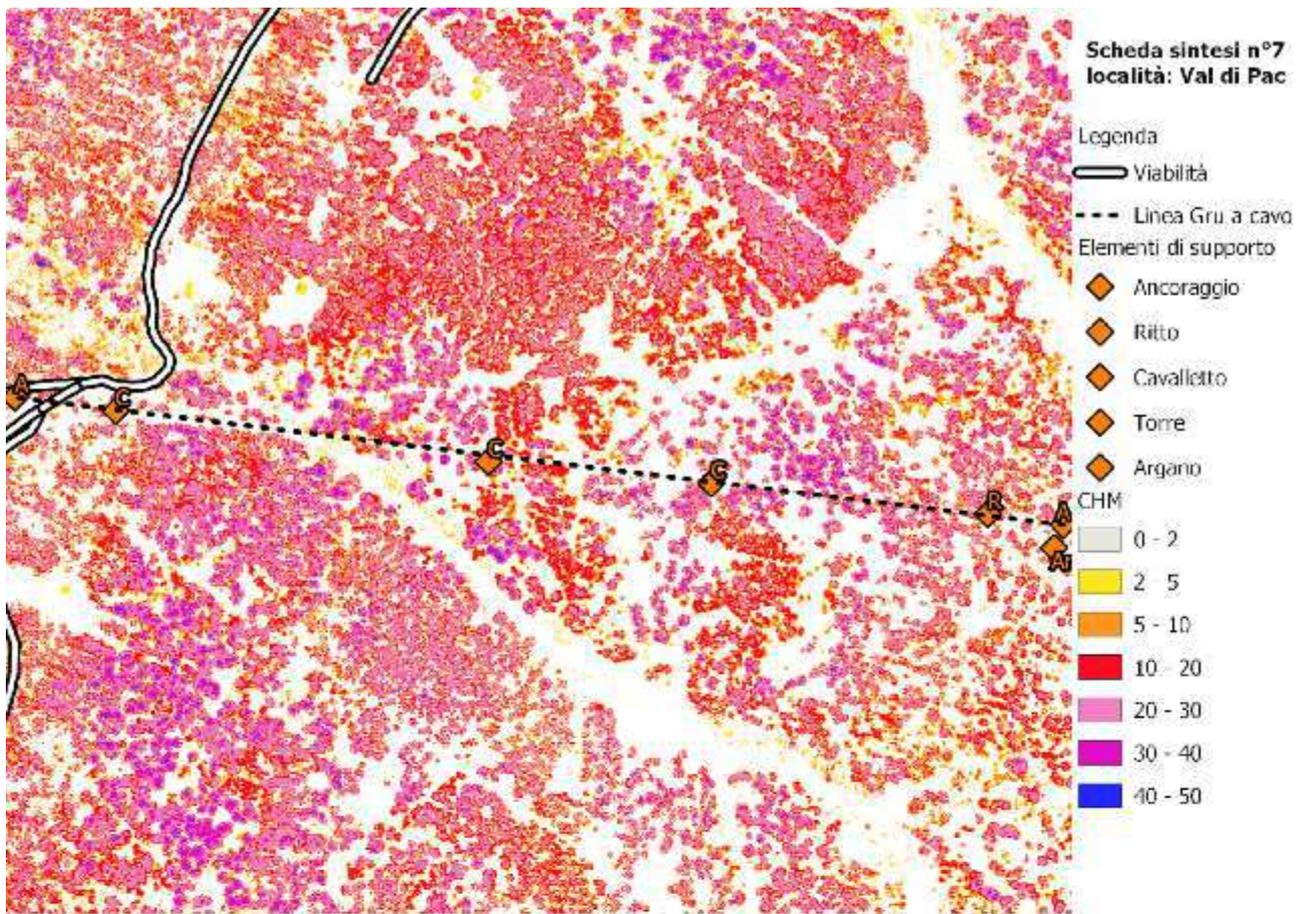


Figura 3.7 Sintesi scheda progettazione linea n° 7 – Val di Pac

3.2. Cantiere sperimentale foreste demaniali

L'attività sperimentale ha previsto il monitoraggio delle tensioni nella fune portante e la misura del franco libero da terra durante il transito di tre carichi di peso noto:

- Ciclo di transito con carrello scarico (carico complessivo solo carrello – 145 kg)
- Ciclo di transito con carico sospeso A (carico complessivo 885 kg)
- Ciclo di transito con carico sospeso A+B (carico complessivo 1190 kg)

I risultati del rilievo sono riportati in Tabella 3.1:

Tabella 3.1 Risultati monitoraggio tensione e franco libero da terra per i vari cicli di carico

	Franco (m) Carrello scarico	Franco (m) Carico A	Franco (m) Carico A+B	Tensione (kN) Carrello scarico	Tensione (kN) Carico A	Tensione (kN) Carico A+B
PC1	7.5	6.3	5.4	82.4	89.8	94.0
PC2	8.3	7.5	7.0	83.0	92.8	98.0
PC3	8.8	8.3	7.5	82.6	91.6	96.0
PC4	12	12	12	81.6	81.2	81.6
PC5	9.6	8.3	6.9	83.6	96.0	102.6
PC6	13.0	10.2	8.4	84.6	101.8	108.6
PC7	14.0	10.6	9.2	85.2	103.6	110.0
PC8	11.3	9.3	8.2	85.2	102.8	108.6
PC9	8.3	6.4	5.6	84.4	98.2	103.6

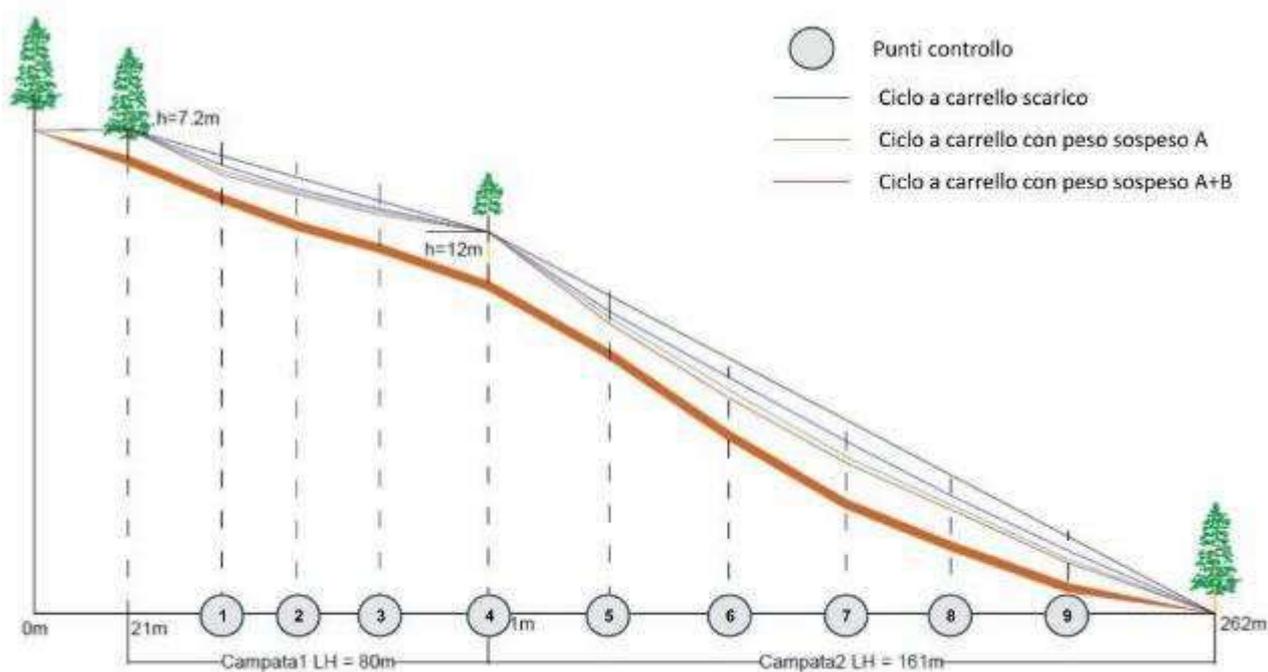


Figura 3.8 Profilo morfologico linea

I risultati del rilievo sono stati utilizzati per modellare la linea in Seilaplan fedelmente a quanto rilevato. La tensione di montaggio della fune portante è stata desunta dal valore rilevato nel punto di controllo 4 in cui il carrello risultava stazionato sulla scarpa e ha registrato valore pari a 81.4 kN. Mediante la funzione esportazione dati di Seilaplan è possibile ricavare il franco libero da terra della catenaria calcolata dal *plugin* in incrementi planimetrici con risoluzione pari a 1 m. Per eseguire il confronto con la misura effettuata sui punti di controllo è stato selezionato l'incremento planimetricamente più prossimo al punto di controllo rilevato. Le tensioni vengono calcolate da Seilaplan unicamente nella mezzaria della campata. Il confronto è stato quindi effettuato unicamente coi valori registrati sui punti di controllo PC2 e PC7, prossimi alla mezzaria. I risultati della modellazione di Seilaplan sono riportati in tabella 3.2.

Tabella 3.2 Risultati calcolo Seilaplan per i vari cicli di carico

	Franco (m) Carrello scarico	Franco (m) Carico A	Franco (m) Carico A+B	Tensione (kN) Carrello scarico	Tensione (kN) Carico A	Tensione (kN) Carico A+B
PC1	9.4	8.1	7.7			
PC2	10.6	8.9	8.4	82	90	94
PC3	10.2	8.8	8.3			
PC4	12	12	12			
PC5	11.6	9.7	9			
PC6	14.9	12.1	11.1			
PC7	16.3	13.1	12.1	84	98	104
PC8	13.8	10.8	9.8			
PC9	10.1	7.9	7.1			

Si è poi proceduto al confronto tra i valori rilevati in campo con quanto calcolato da Seilaplan secondo le metriche statistiche descritte nel paragrafo 2.4.1. Le metriche sono state calcolate per singolo ciclo di carico e per il totale dei dati rilevati. Con deflessione viene intesa la differenza tra il profilo della catenaria rilevata con quella calcolata mediante Seilaplan. In risultati sono riportati in tabella 3.3 comprensivi anche dei risultati ottenuti dai rilievi effettuati da Bont et al. (2022).

Tabella 3.3 Errore tra Seilaplan e misurazione

	Tensione				Deflessione			
	RMSE [kN]	RMSE[%]	MAE [kN]	MAPE[%]	RMSE [m]	RMSE[%]	MAE [m]	MAPE[%]
Carrello scarico	1.10	1.31	1.10	1.31	2.04	20.19	2.01	19.93
Carico A	4.43	4.51	4.20	4.28	1.65	19.73	1.56	18.68
Carico A+B	5.10	4.90	5.00	4.81	2.03	27.84	1.91	26.29
Totale	3.95	4.14	3.43	3.60	1.91	22.30	1.83	21.32
<i>Bont et al.</i>	6.75	4.78	4.39	3.22	0.47	8.14	0.39	6.55

Gli errori di calcolo mediante Seilaplan sono risultati sottostimati sia per tensione che per deflessione in ogni ciclo di transito. Si è rilevata una precisione migliore nei confronti dei valori di tensione con un errore massimo pari a 6 kN nel punto di controllo 7 per il carico A+B. Nel complesso le tensioni calcolate mediante Seilaplan sono risultate fedeli a quanto rilevato con un errore percentuale RMSE compreso tra il 1.31% - 4.9%. L'errore di calcolo sulla deflessione risulta significativamente maggiore con un valore massimo pari a 2.9 m nel punto di controllo 7 per il carico A+B e un errore percentuale RMSE compreso tra il 19.73% – 27.84%.

I valori di deflessione rilevati in campo sono stati confrontati anche con quanto calcolabile mediante il metodo di Pestal (1961), i cui risultati sono riportati in tabella 3.4, ottenendo errori comparabili con Seilaplan.

Tabella 3.4 Errore tra metodo di Pestal e misurazione

	Deflessione			
	RMSE [m]	RMSE[%]	MAE [m]	MAPE[%]
Carrello scarico	1.77	15.85	1.77	15.84
Carico A	1.93	21.28	1.85	20.45
Carico A+B	2.09	25.77	1.97	24.31
Totale	1.93	20.97	1.86	20.2

3.3. Cantieri forestali

Si riportano di seguito i risultati dei rilievi effettuati sui cantieri censiti nel periodo di studio. Ogni linea di gru a cavo censita è stata modellata tramite Seilaplan per permettere un'analisi del cantiere e della soluzione progettuale adottata dalla ditta utilizzatrice. Viene poi proposta una progettazione alternativa che rispetti le buone pratiche forestali, effettuata manualmente, ed una progettazione effettuata dall'algoritmo automatico di Seilaplan. Corografie e dati di linea sono riportate nella relativa scheda di rilievo allegata, disponibile in Allegato 2.

Linea n° 1 - Arcelline

La linea presenta una lunghezza inclinata pari a 489 m realizzata in un'unica campata. Trattasi della seconda linea realizzata nella medesima area di cantiere, entrambe accomunate dallo stesso ritto terminale. La prima linea, non rilevata, ha previsto il recupero di materiale schiantato dalla tempesta Vaia; la seconda linea è stata predisposta per terminare il recupero degli schianti più marginali e l'esbosco delle piante deperite a causa dall'epidemia di *Ips typographus* sopraggiunta durante il cantiere. L'impresa forestale ha realizzato un impianto tradizionale con stazione motrice ad argano su slitta che non è stata spostata per entrambe le linee. Similmente anche il ritto d'estremità è rimasto lo stesso mentre è ruotato l'ancoraggio di monte. Il profilo morfologico del terreno risulta di tipologia concava a moderata pendenza con un piccolo dosso terminale a monte della viabilità di fondovalle. La linea prosegue dalla viabilità per 100 m fino a trovare un gruppo di piante di dimensioni adeguate da ancoraggio. Nonostante una tensione di montaggio elevata, pari a 120 kN, la soluzione predisposta dalla ditta utilizzatrice risulta carente nel rispetto del franco minimo da terra che raggiunge valori minimi pari a 5,2 m. La lunghezza della campata implica anche un'elevata tensione massima, pari a 202 kN superiore al limite del carico di sicurezza quantificabile in 153 kN e realizzando un coefficiente di sicurezza pari a 2,27. Si rileva anche un ancoraggio di monte con un angolo di attacco elevato, pari a 62° e superiore al limite generalmente consentito di 45°. In ragione di ciò è stato realizzato un ancoraggio su più alberi per scaricare le elevate tensioni su più soggetti. Questo accorgimento costruttivo è stato anche correttamente applicato all'ancoraggio di valle che altrimenti non presentava un dimensionamento adeguato.

Per rimediare a queste criticità nella progettazione manuale si è optato per arretrare l'ancoraggio di monte, risultando così in un angolo di giunzione pari a 20,3°. Per ridurre le tensioni si è optato per ridurre la tensione di montaggio a 100 kN e suddividere la linea in più campate prevedendo la realizzazione aggiuntiva di due cavalletti. Questi necessitano di elevate altezze per svettare dalla linea di catenaria scarica. Ciò risulta in una tensione massima inferiore al limite di carico di sicurezza e a un rispetto del franco da terra previsto pari a 8 m.

Viste le difficoltà della linea l'algoritmo automatico di Seilaplan non è riuscito a fornire una soluzione.

La realizzazione di due cavalletti aggiuntivi incide sulla produttività ed economicità del cantiere. La predisposizione di un supporto di elevata altezza richiede mediamente 14.8 ore-uomo tra montaggio e smontaggio (Molteni et al., 2016). Considerando un costo orario pari a 29,36 €/h per un operaio specializzato (Elenco Prezzi P.A.T., 2022) la realizzazione di due cavalletti aggiuntivi genera un costo aggiuntivo pari a 869,05€. Questa spesa ripartita sul materiale ricavabile dalla linea pari a 590 m³ significa un costo di utilizzazione maggiorato pari a 1,47 €/m³.

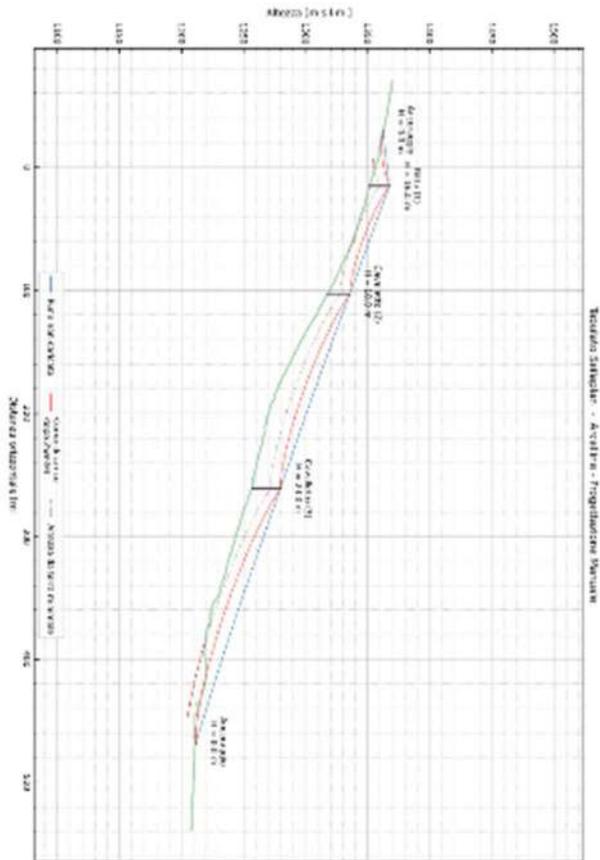
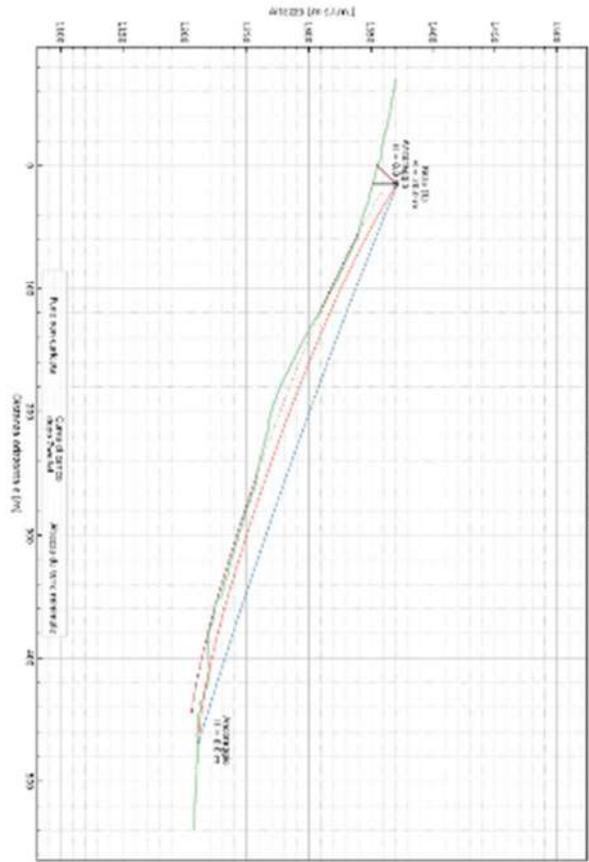
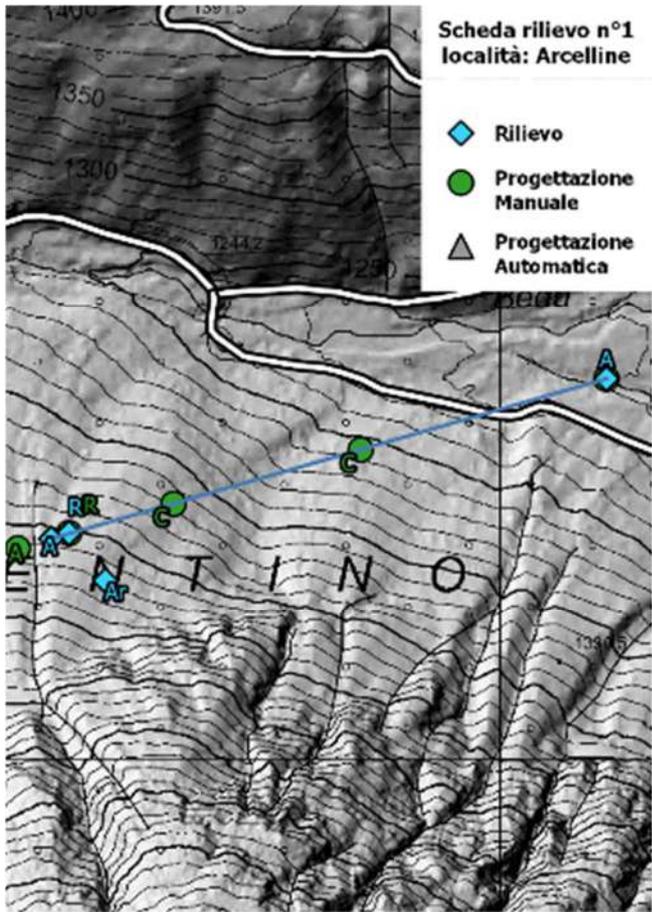


Figura 3.9 Sintesi scheda rilievo linea n° 1 - Arcelline

Linea n° 2 - Martin da Fist

Linea progettata nel capitolo 3.1 - linea n° 3 a cui si rimanda per la descrizione del cantiere. La soluzione adottata dalla ditta è stata fedele a quanto tracciato e predisposto in campo utilizzando il medesimo ancoraggio e ritto terminale. Rispetto a quanto progettato la ditta ha realizzato un ritto significativamente più basso: 8,5 m rispetto ai 20 m preventivati. Per garantire un franco da terra sufficiente alle operazioni di esbosco è stata incrementata la tensione di montaggio dell'impianto a 120 kN rispetto agli 80 kN di progetto. Questo incremento, considerata anche la lunghezza dell'unica campata, genera una tensione massima pari a 220 kN, superiore al limite di carico di sicurezza pari a 183 kN realizzando così un coefficiente di sicurezza pari a 2,08. Nonostante ciò, il franco da terra realizzato risulta basso, raggiungendo valori prossimi al metro nei punti più sfavorevoli.

La progettazione automatica di Seilaplan ha previsto un ritto terminale posto qualche metro più a valle di quanto realizzato e di altezza di 2 metri inferiore a quanto progettato manualmente. Questa previsione è fatta dall'algorithm in aggiunta di un cavalletto ulteriore posto a metà campata. Tale cavalletto non risulta però realizzabile per mancanza di soggetti adeguatamente dimensionati e anche in luce dell'angolo negativo che si genera sul supporto in condizione di fune portante scarica.

La realizzazione di un ritto terminale significativamente più alto richiede mediamente 5,6 ore-uomo aggiuntive di montaggio e smontaggio (Moloni et al., 2016). Considerando un costo orario pari a 29,36 €/h (Elenco Prezzi P.A.T., 2022) l'innalzamento del ritto terminale incide sull'economicità di cantiere per un valore pari a 164,41€. Questa spesa ripartita sul materiale ricavabile dalla linea pari a 293 m³ significa un costo di utilizzazione maggiorato pari a 0,56 €/m³.

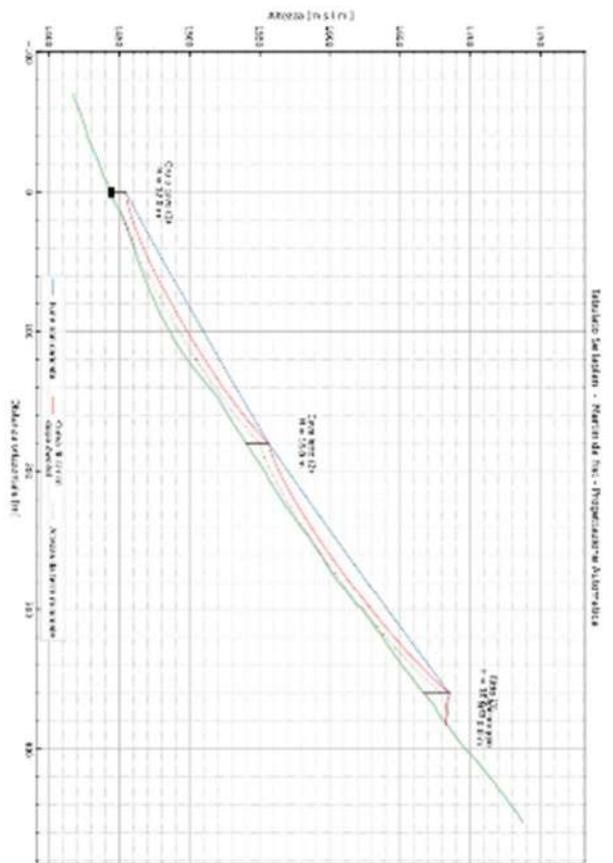
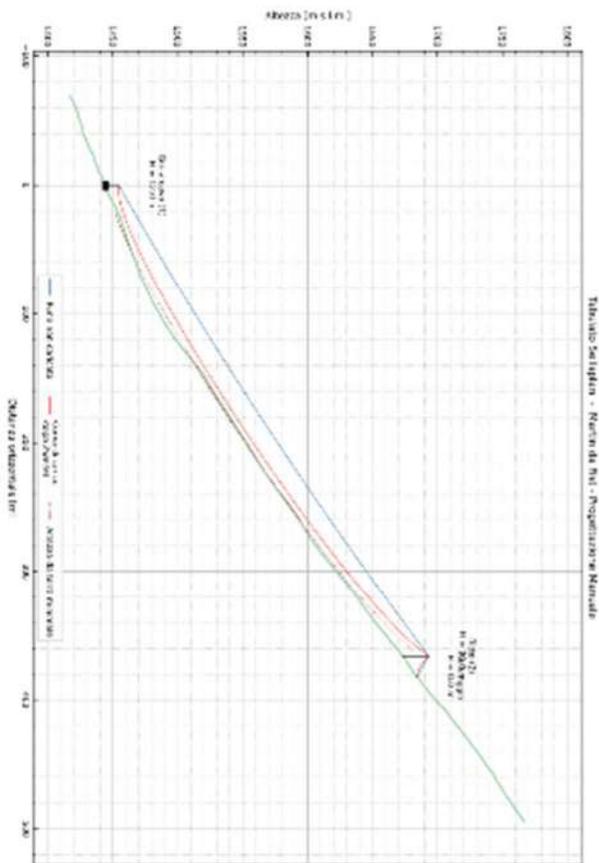
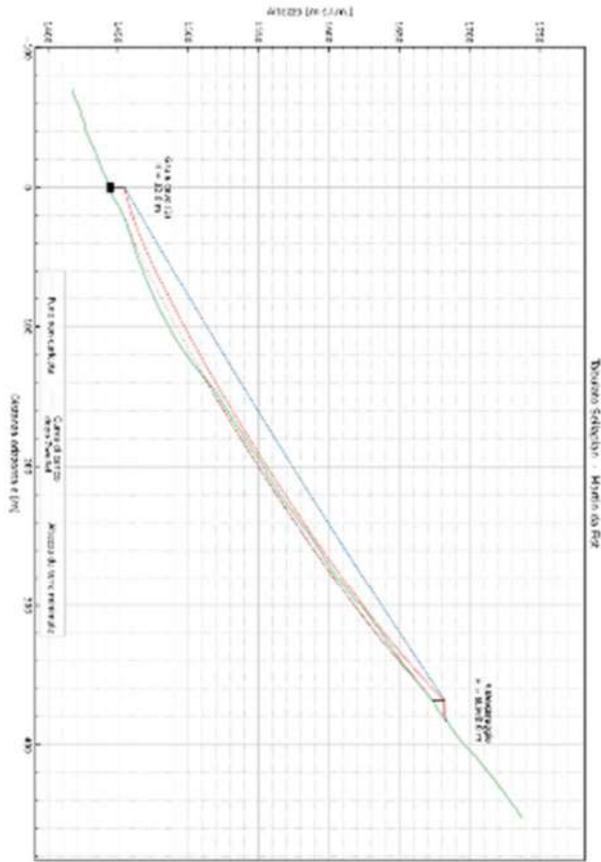
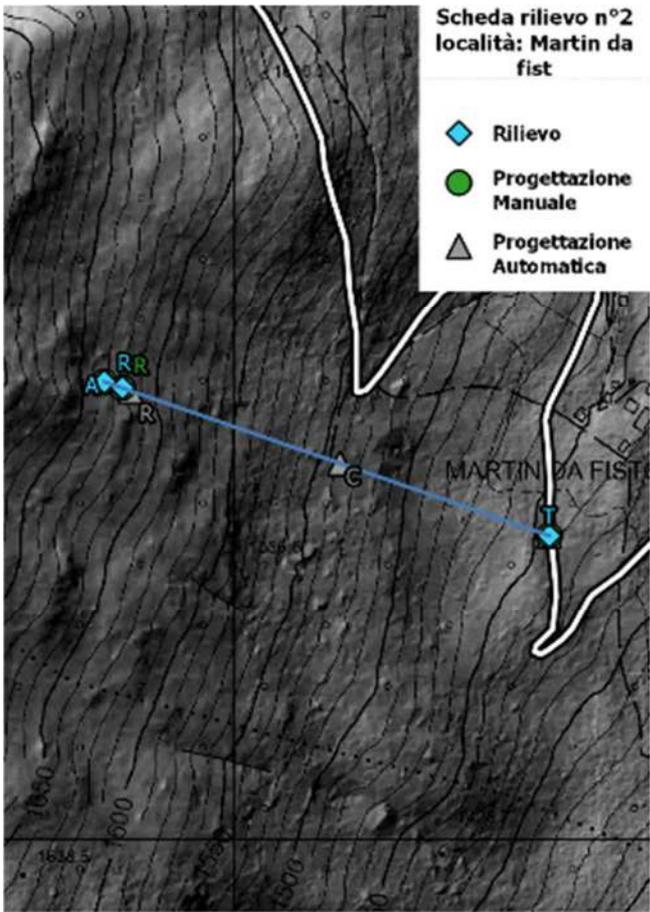


Figura 3.10 Sintesi scheda rilievo linea n° 2 – Martin da Fist

Linea n° 3 - Pler

Breve linea finalizzata al recupero di una macchia di bostrico posta tra la stazione motrice e il ritto terminale. La linea presenta una lunghezza inclinata pari a 165,2 m realizzata in un'unica campata lunga 101. Dal ritto terminale la linea prosegue per altri 64 m fino alla prima pianta di dimensioni adatte all'ancoraggio. Il profilo morfologico del terreno presenta un avvallamento tra la stazione motrice ed il ritto, posti circa alla medesima quota necessitando quindi la realizzazione di un impianto tri-fune. La soluzione proposta dalla ditta coincide con quanto pianificato manualmente ad eccezione di una tensione di montaggio più elevata, pari a 100 kN, rispetto agli 80 kN progettuali. Ciò si ripercuote in una tensione massima pari a 192 kN e leggermente superiore al limite del carico di sicurezza pari a 183 kN, generando un coefficiente di sicurezza pari a 2,39.

La progettazione automatica di Seilaplan coincide sostanzialmente con quanto realizzato, avanzando unicamente il ritto di 10 m e innalzandolo per compensare la quota persa.

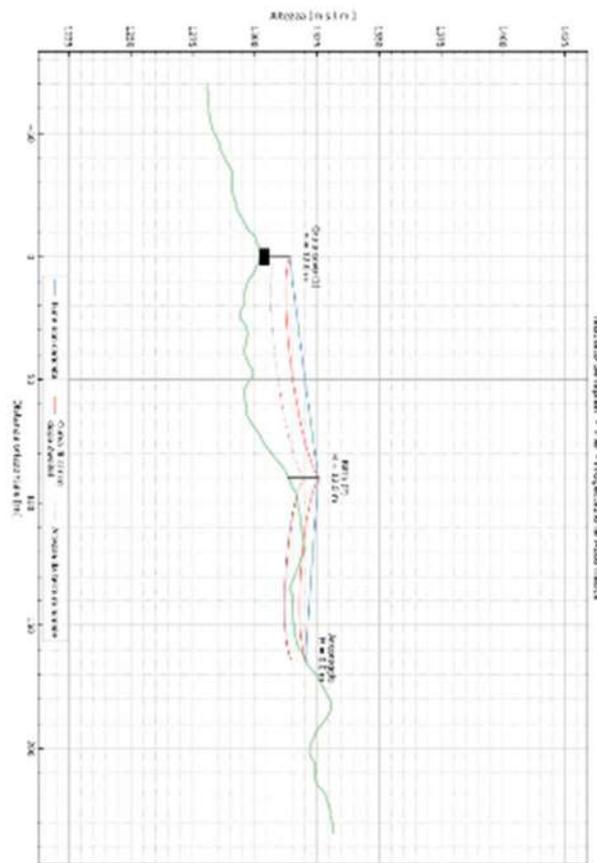
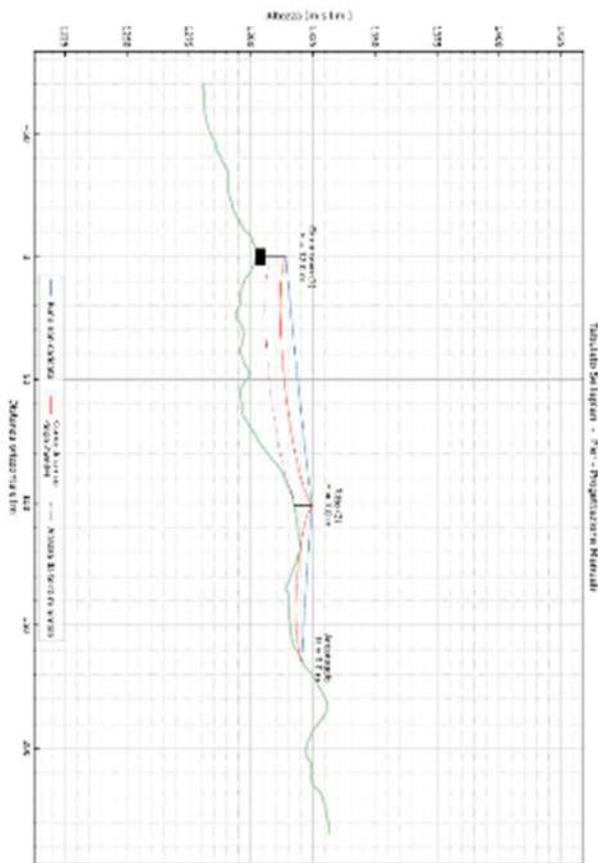
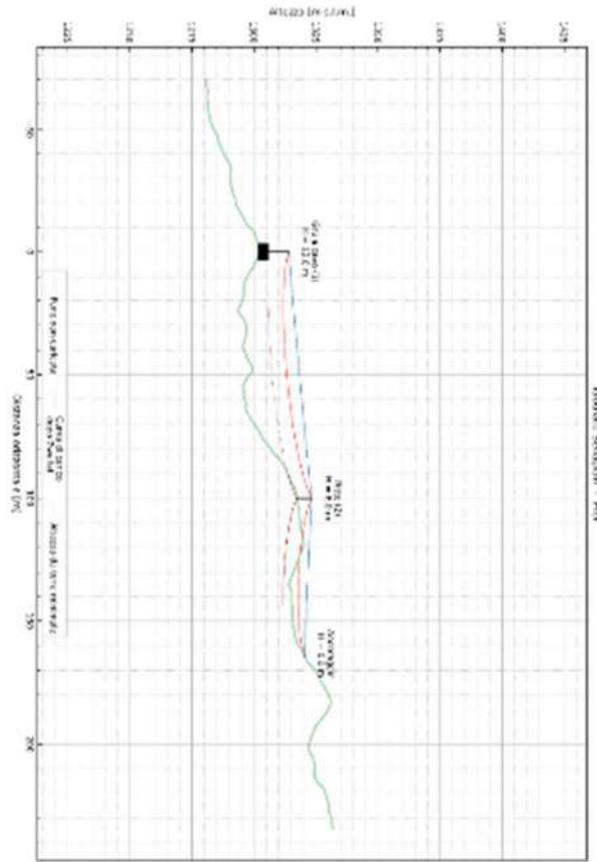
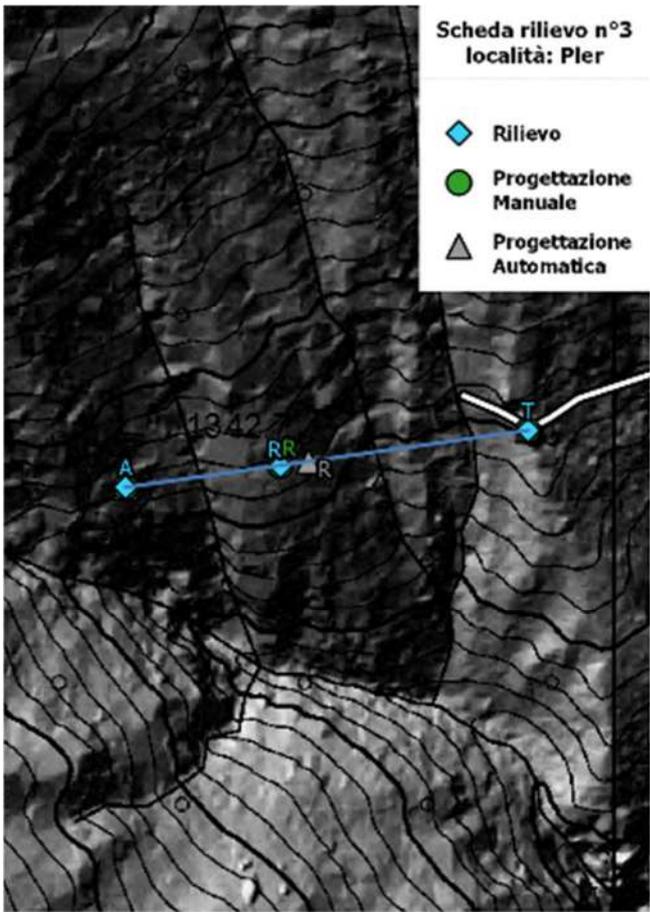


Figura 3.11 Sintesi scheda rilievo linea n° 3 - Pler

Linea n° 4 - Pler - Mangiatoia

Linea attigua alla precedente e finalizzata a concludere le operazioni di recupero dell'area bostricata in cui la stazione motrice permane nella medesima posizione. La linea presenta una lunghezza inclinata pari a 231,8 m suddivisa in due campate lunghe rispettivamente 110,3 e 121,5 m. Il profilo morfologico del terreno risulta convesso e presenta un piccolo salto in roccia a monte dell'ancoraggio terminale. La ripresa di linea si concentra nella sezione sommitale del tracciato con qualche pianta allignata a valle del cavalletto. La soluzione predisposta dalla ditta ha previsto una tensione di montaggio pari a 100 kN generando una tensione massima pari a 170 kN, inferiore al limite di carico di sicurezza e realizzando così un coefficiente di sicurezza pari a 2,69. Il franco minimo viene generalmente garantito nell'area di intervento con valori di poco inferiori nella sezione a valle del cavalletto. Nella soluzione realizzata vi è però un'intersezione della fune portante col terreno a ridosso del salto in roccia. L'abrasione generata dallo sfregamento della fune col terreno causa un'usura maggiore della fune e una conseguente riduzione della vita utile del materiale. La progettazione manuale ha ricalcato quanto predisposto dalla ditta prevedendo però un ritto terminale aggiuntivo, antecedente al salto in roccia, per evitare l'abrasione con il terreno e favorire l'esbosco dell'area a valle del cavalletto mediante un franco da terra maggiorato. La progettazione automatica ricalca essenzialmente quella manuale spostando il ritto terminale qualche metro più a valle, in una posizione morfologicamente favorevole ma in cui non vi sono piante adeguate.

La realizzazione di un ritto terminale aggiuntivo di altezza moderata richiede mediamente 8,4 ore-uomo tra montaggio e smontaggio (Molteni et al., 2016). Considerando un costo orario pari a 29,36 €/h (Elenco Prezzi P.A.T., 2022), la realizzazione di un supporto aggiuntivo incide sull'economicità di cantiere per un valore pari a 246,62 €. Questa spesa ripartita sul materiale ricavabile dalla linea pari a 177 m³ significa un costo di utilizzazione maggiorato pari a 1,39 €/m³.

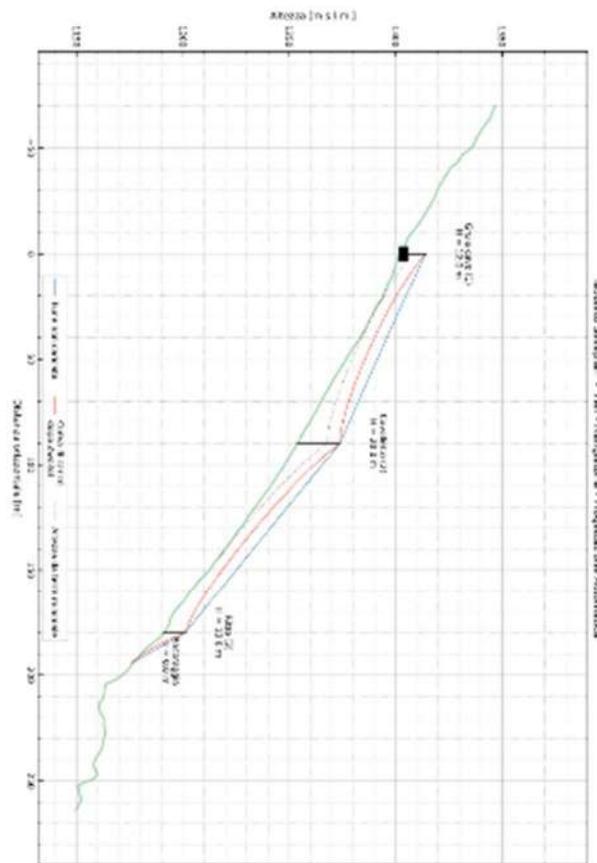
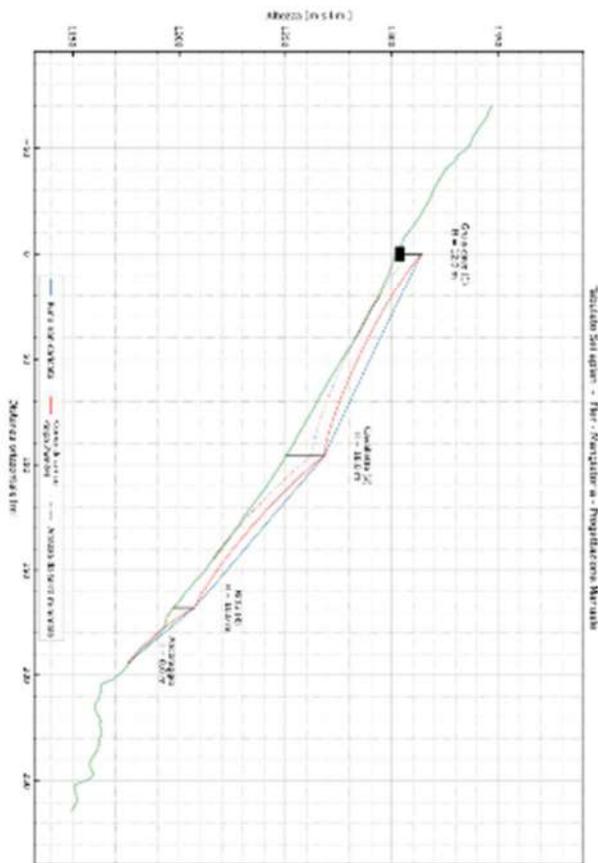
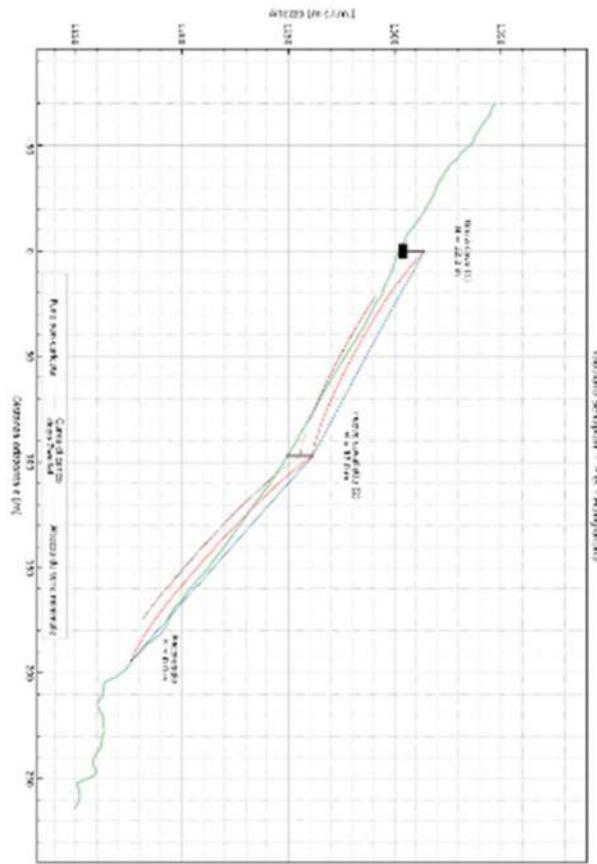
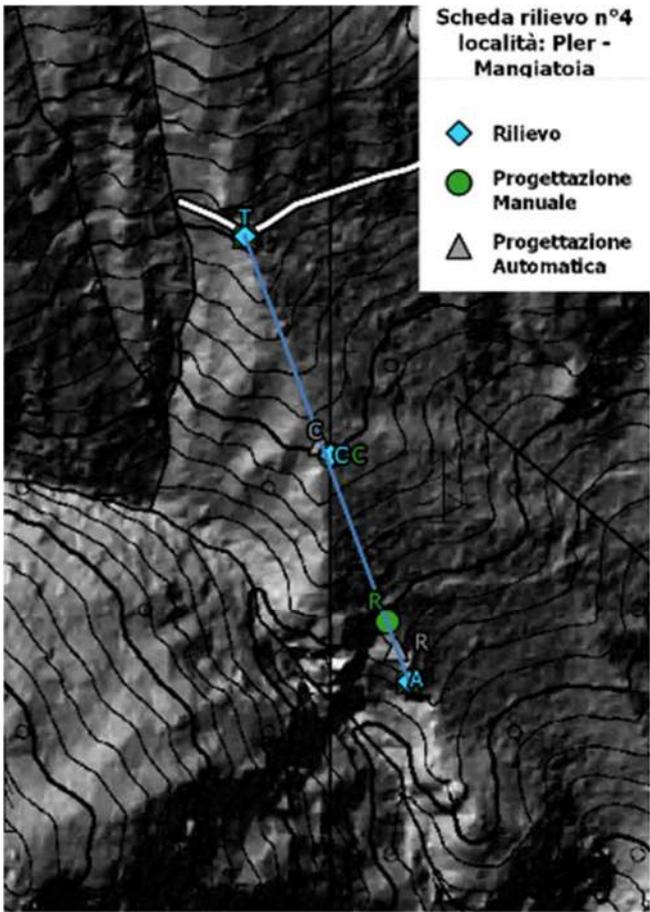


Figura 3.12 Sintesi scheda rilievo linea n° 4 – Pler - Mangiatòia

Linea n° 5 - Saline

Linea finalizzata al recupero di materiale schiantato dalla tempesta Vaia. La presenza di due grosse buche di schianti lungo il tracciato della linea vincola la predisposizione dei supporti alla mezzera di linea in cui rimangono soggetti in piedi. La linea presenta una lunghezza inclinata pari a 191,6 m suddivisa in due campate lunghe rispettivamente 145,9 e 45,7 m. Il profilo morfologico del terreno risulta lineare, mediamente pendente e con un cambio di pendenza nei pressi dell'ancoraggio. La soluzione predisposta dalla ditta ha previsto la realizzazione di un cavalletto ai margini dell'area schiantata superiore e di un cavalletto ai margini dell'area schiantata inferiore. Quest'ultimo è però ceduto nel corso dell'utilizzazione per ragioni che non si sono potute accertare. Il rilievo è avvenuto solo in seguito al cedimento ma con utilizzazione ancora in corso che ha progredito con un cavalletto unico fino al termine del cantiere. In ragione degli schianti dell'area e dei lavori di utilizzazione contigui non vi erano altre piante disponibili per sostituire il supporto ceduto. Si è proceduto ugualmente al rilievo evidenziando una tensione massima nella neo-condizione pari a 141 kN, superiore al limite di carico di sicurezza pari a 128 kN e realizzando un coefficiente di sicurezza pari a 2,27. La tensione di montaggio pari a 70 kN non poteva essere ridotta ulteriormente considerato il franco da terra pari a 1,5 m, necessario per concludere le operazioni. La progettazione manuale coincide con quella eseguita dalla ditta per il cavalletto di monte, innalzato però di 4 metri per garantire un maggior franco da terra, e prevede anche un cavalletto di valle che presumibilmente coincideva con quello realizzato. La progettazione automatica di Seilaplan coincide con quella manuale per il cavalletto di valle mentre prevede un ritto terminale, anziché un cavalletto, spostato verso l'ancoraggio che non risulta però realizzabile a causa degli schianti avvenuti nell'area.

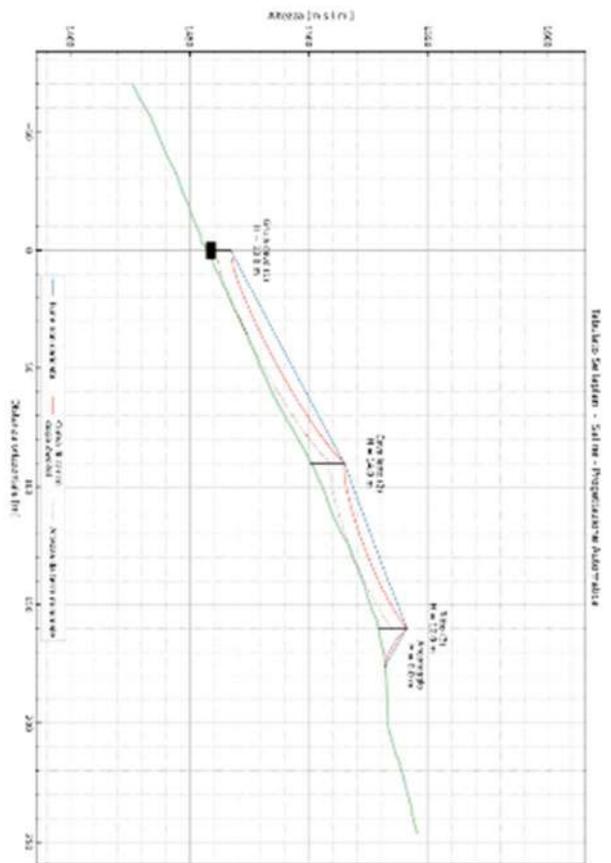
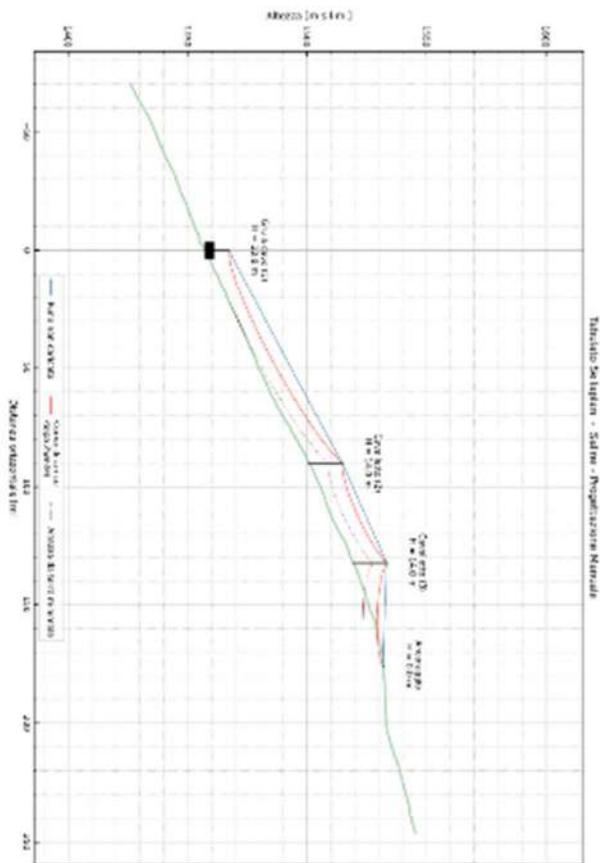
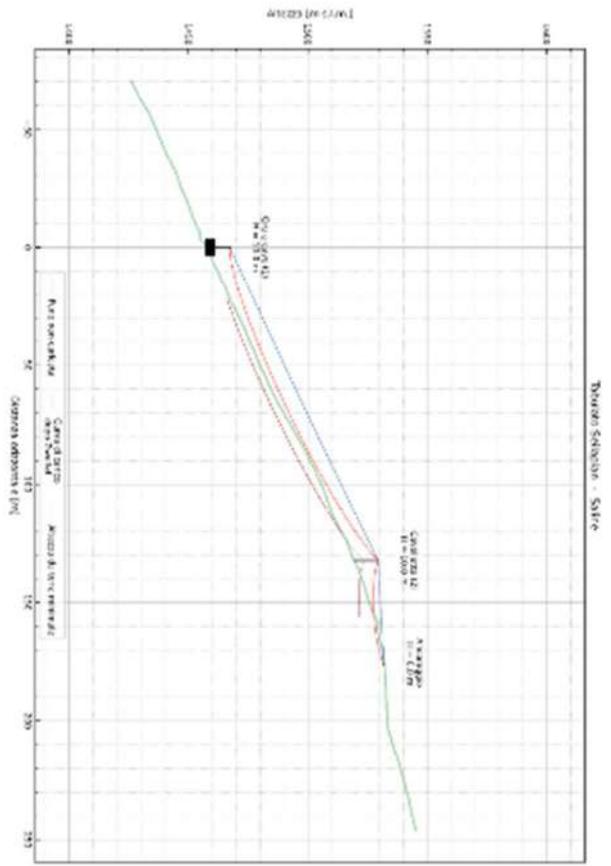
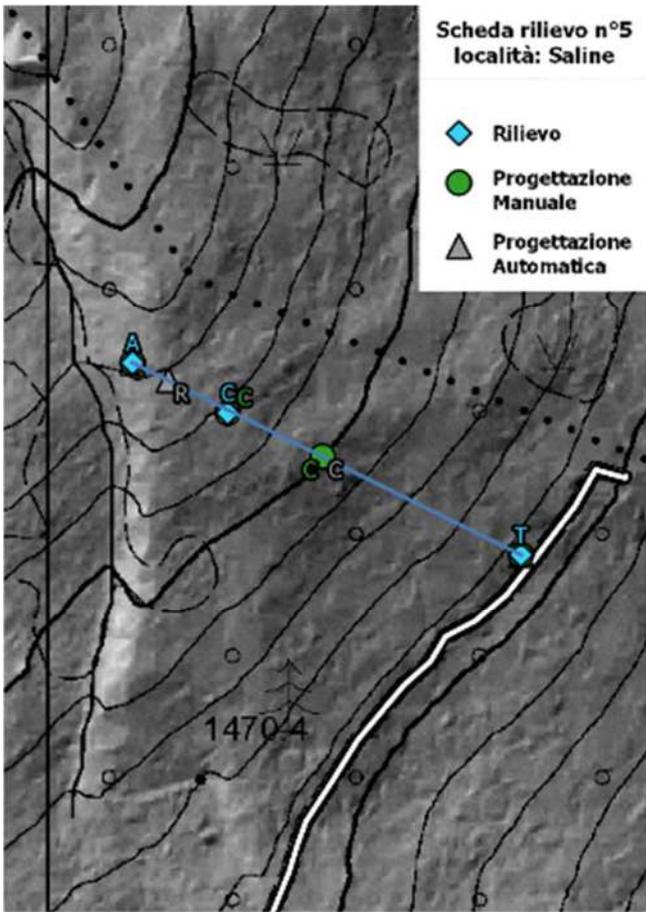


Figura 3.13 Sintesi scheda rilievo linea n° 5 - Saline

Linea n° 6 - Sostino

Linea finalizzata al recupero di materiale bostricato allignato lungo il tracciato. La linea presenta una lunghezza inclinata pari a 355 m suddivisa in due campate lunghe rispettivamente 75,2 e 250,7 m. Il profilo morfologico del terreno risulta ad andamento misto, con un piccolo dosso iniziale per poi proseguire con un andamento leggermente concavo. La soluzione predisposta dalla ditta ha previsto un primo cavalletto iniziale per alzare la linea e superare il dosso e successivamente una lunga campata fino ad un ritto terminale ed un ancoraggio di monte. Durante le prime fasi dell'utilizzazione la branca di montaggio della staffa del cavalletto ha subito un cedimento perdendo un metro e mezzo di quota rispetto quella di montaggio originale. Il cavalletto non è stato più risollevato e l'utilizzazione ha proseguito nella nuova configurazione. La perdita di quota del cavalletto ha necessitato di un aumento nella tensione di montaggio a un valore di 115 kN, necessario per mantenere il franco minimo da terra, particolarmente critico a monte del cavalletto per evitare danni materiali all'infrastruttura forestale adiacente. Ciò ha significato una tensione massima pari a 204 kN nella mezzeria della campata di monte, superiore al limite di carico di sicurezza pari a 183 kN realizzando un coefficiente di sicurezza pari a 2,25. La progettazione manuale coincide con quanto realizzato dalla ditta salvo un rialzo di 2 metri del cavalletto iniziale. Questo al fine di abbassare la tensione di montaggio a 77 kN pur rispettando il franco minimo da terra e il limite di carico di sicurezza.

La progettazione automatica di Seilaplan coincide sostanzialmente con la manuale posizionando i supporti a una decina di metri di distanza da quelli progettati manualmente. Questa posizione, morfologicamente più favorevole, non presenta però piante di dimensioni adeguate.

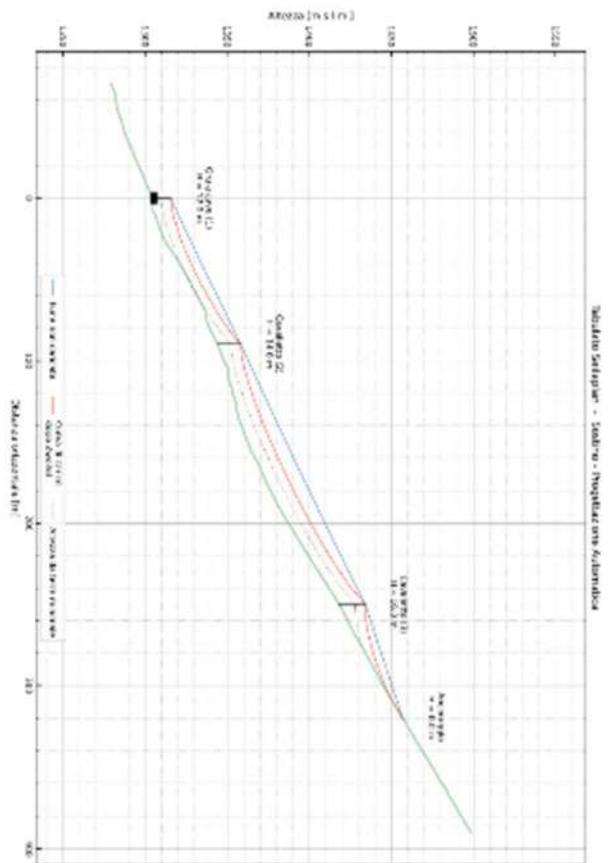
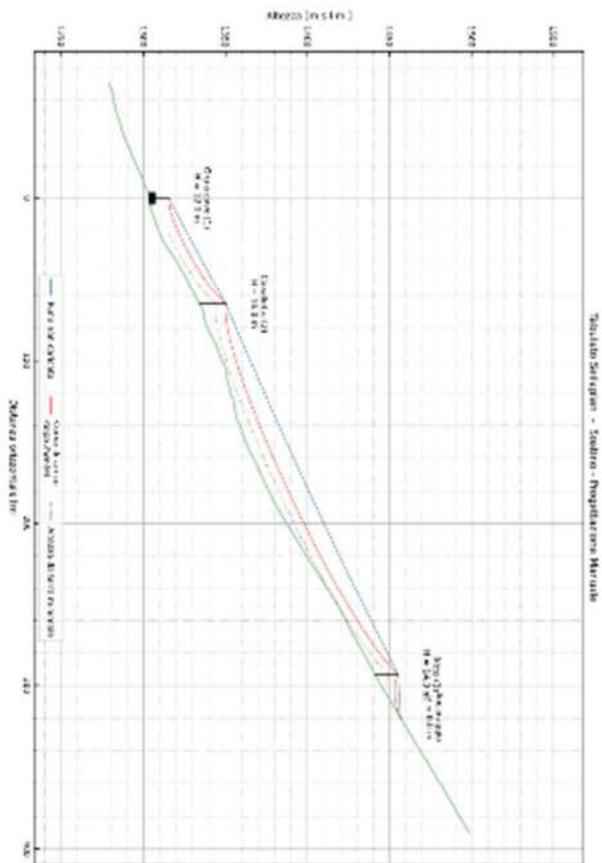
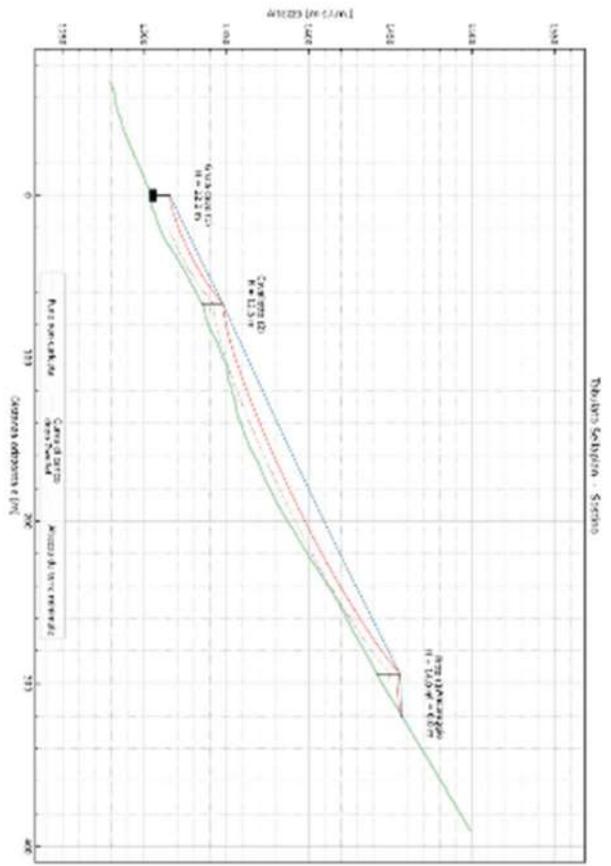
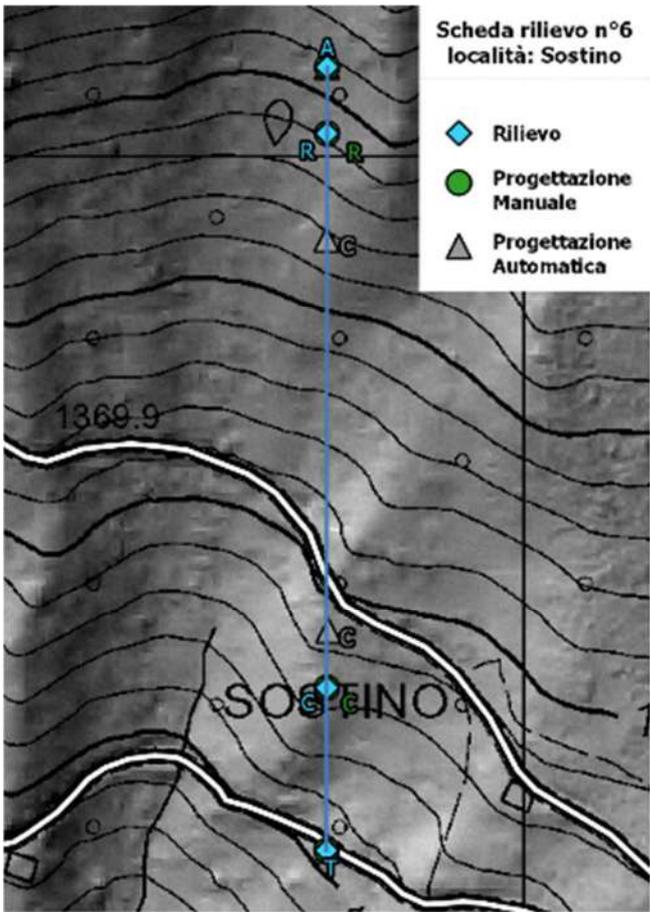


Figura 3.14 Sintesi scheda rilievo linea n° 6 - Sostino

Linea n° 7 - Sostino - Maruzaldo

Linea finalizzata al recupero di materiale bostricato presente nella prima metà dell'impianto. La linea presenta una lunghezza inclinata pari a 563,9 m realizzata in un'unica campata. Il profilo morfologico del terreno risulta concavo senza particolari accidentalità. La soluzione predisposta dalla ditta ha sfruttato questa morfologia favorevole e le necessità di esbosco concentrate unicamente nella prima mezzeria, evitando di realizzare alcun supporto ma unicamente un ancoraggio di monte. La soluzione così predisposta ha necessitato di una tensione di montaggio pari a 115 kN per rispettare il franco minimo da terra, ed in ragione della grande lunghezza della campata ha generato un'imponente tensione massima nella mezzeria, pari a 228 kN, superiore al limite del carico di lavoro pari a 183 kN, per un coefficiente di sicurezza pari a 2,01. Nonostante la soluzione predisposta garantisca il franco minimo nell'area soggetta ad esbosco, questa causa un'intersezione della fune portante con il terreno nella sezione più a monte della campata. La soluzione predisposta causa anche un angolo di attacco all'ancoraggio pari a $51,3^\circ$ che, nonostante le grosse dimensioni della pianta, è stato doppiato per garantire sufficiente condizione di stabilità. Per rimediare a queste criticità nella progettazione manuale si è prevista la realizzazione di un ritto terminale sulla pianta utilizzata dalla ditta quale ancoraggio e quest'ultimo è stato indietreggiato 25 m più a monte. Questa soluzione consente di sollevare la fune portante da terra e generare un angolo di attacco all'ancoraggio pari a $32,7^\circ$. Si è anche prevista una tensione di montaggio inferiore, pari a 55 kN, valore massimo per rispettare il limite del carico di sicurezza. Questa tensione potrebbe non risultare però sufficiente ad eseguire le operazioni di accentrimento, obbligando in tal caso ad aumentare la tensione di montaggio e conseguentemente ridurre il carico massimo trasportabile.

La progettazione automatica di Seilaplan ha previsto la realizzazione di un cavalletto a metà campata e di un ritto terminale avanzato di 60 m rispetto quello progettato manualmente. Tale soluzione non risulta praticabile oltre che per la mancanza di piante di dimensioni adeguate, anche per la generazione di un angolo negativo sul cavalletto in condizione di fune portante scarica.

La realizzazione di un ritto terminale aggiuntivo di altezza moderata richiede mediamente 8,4 ore-uomo tra montaggio e smontaggio (Mologni et al., 2016). Considerando un costo orario pari a 29,36 €/h (Elenco Prezzi P.A.T., 2022) la realizzazione di un supporto aggiuntivo incide sull'economicità di cantiere per un valore pari a 246,62 €. Questa spesa ripartita sul materiale ricavabile dalla linea pari a 438 m³ significa un costo di utilizzazione maggiorato pari a 0,56 €/m³.

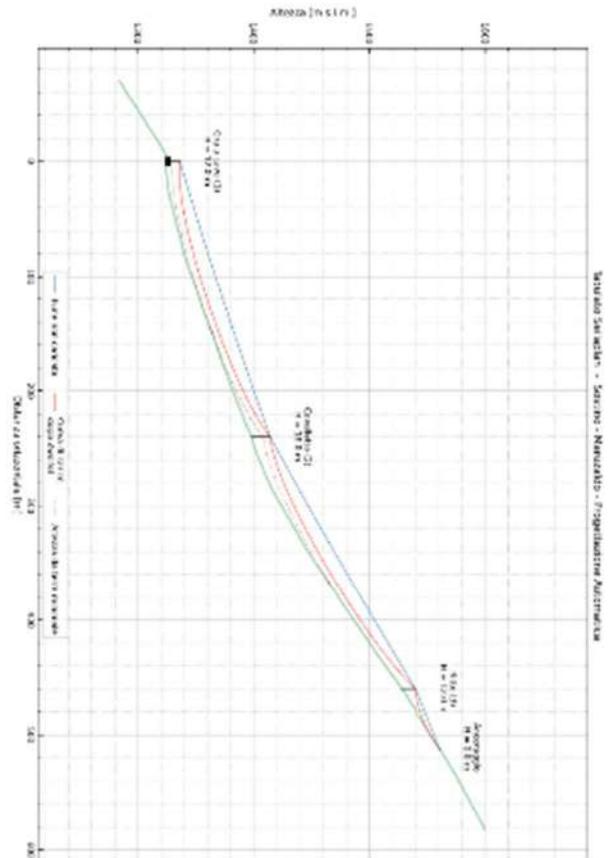
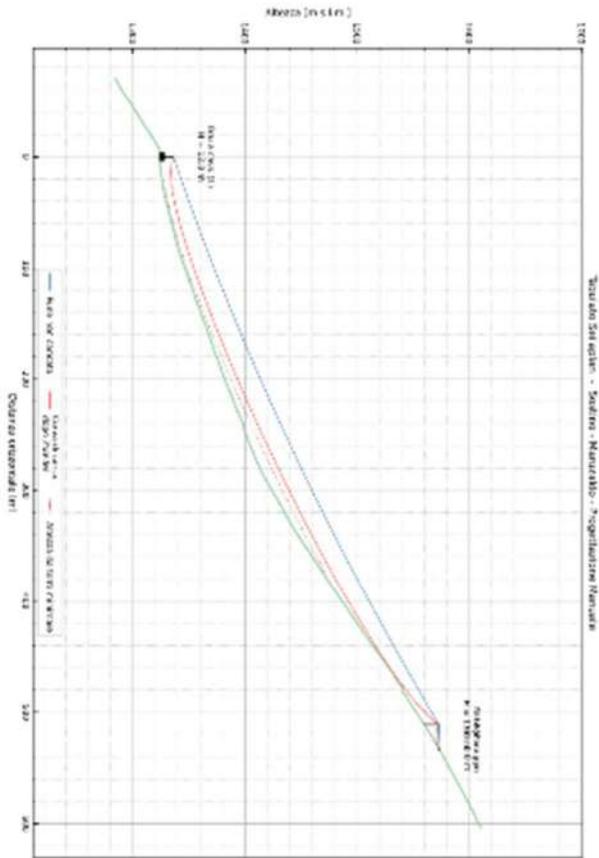
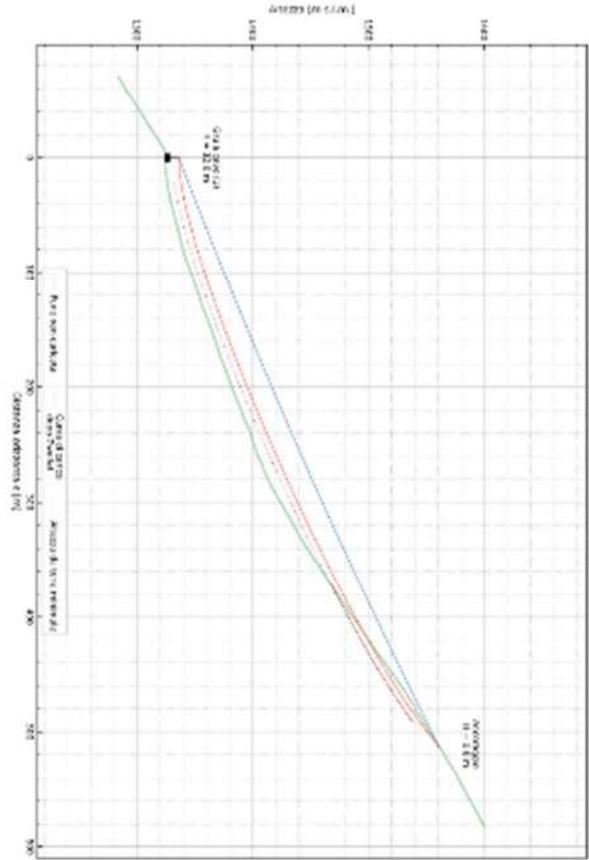
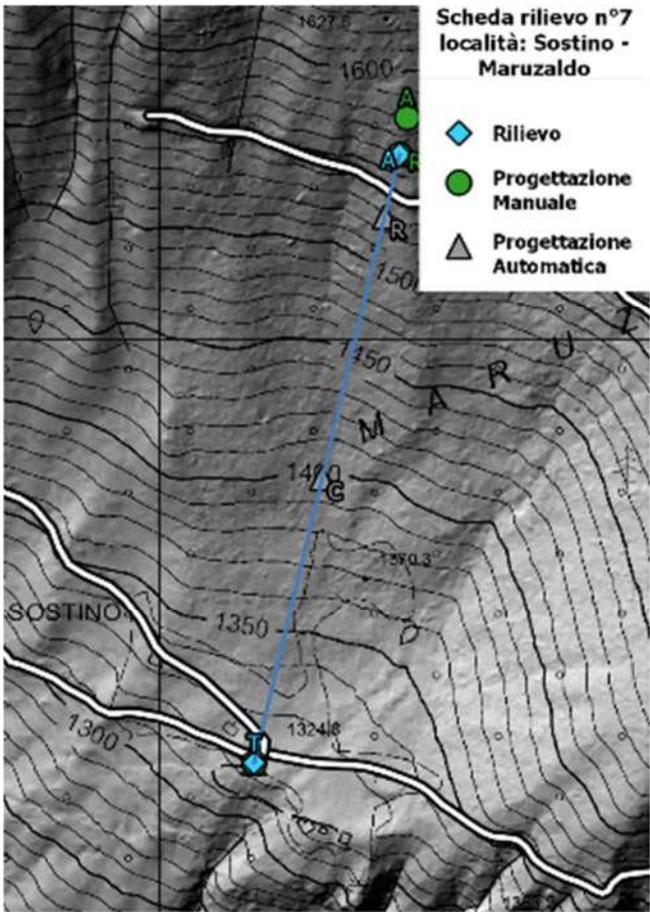


Figura 3.15 Sintesi scheda rilievo linea n° 7 – Sostino - Maruzaldo

Linea n° 8 - Stablo

Linea finalizzata al recupero di due aree schiantate dalla tempesta Vaia ed epidemia di bostrico connessa. La linea presenta una lunghezza inclinata pari a 370 m realizzata in un'unica campata. Il profilo morfologico del terreno risulta lievemente concavo. La soluzione predisposta dalla ditta ha previsto la realizzazione di un ritto di estremità alto solamente 5 m. Nonostante l'elevata tensione di montaggio, pari a 130 kN, l'altezza limitata del ritto terminale non è sufficiente a garantire il franco minimo da terra che durante i carichi nella mezzeria causa un abbassamento della fune portante tale da incidere con il terreno. L'alta tensione di montaggio causa anche un'elevata tensione massima che raggiunge valori di 223 kN, superiore al limite di carico di sicurezza pari a 183 kN, per un coefficiente di sicurezza pari a 2,05. Per tali ragioni nella progettazione manuale è stato previsto un innalzamento del ritto terminale a 14 m e la realizzazione di un cavalletto aggiuntivo nella mezzeria della linea. Dividendo la campata, un piccolo abbassamento della tensione di montaggio ad un valore di 115 kN ha permesso il rispetto del limite di carico di sicurezza. Il posizionamento del cavalletto risulta particolarmente delicato a causa degli schianti interessanti l'area. Per allinearsi con l'unica pianta idonea e sopravvissuta al disturbo si è previsto uno spostamento della posizione della stazione motrice di 5 metri.

La progettazione automatica di Seilaplan coincide sostanzialmente con quella manuale prevedendo però una soluzione non realizzabile, oltre che per la mancanza di piante sopravvissute al disturbo, anche per la generazione di un angolo negativo sul cavalletto in condizione di fune portante.

La realizzazione di un cavalletto aggiuntivo di elevata altezza richiede mediamente 14,8 ore-uomo tra montaggio e smontaggio (Molteni et al., 2016) e l'innalzamento del ritto richiede 5,6 ore-uomo. Considerando un costo orario pari a 29,36 €/h (Elenco Prezzi P.A.T., 2022), l'adeguamento dei supporti incide sull'economicità di cantiere per un valore pari a 598,94 €. Questa spesa ripartita sul materiale ricavabile dalla linea pari a 201 m³ significa un costo di utilizzazione maggiorato pari a 2,97 €/m³.

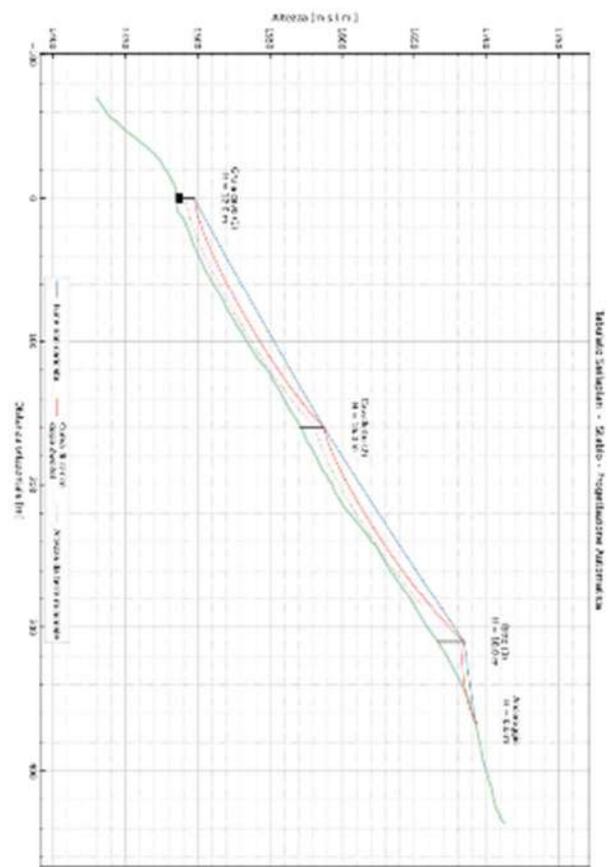
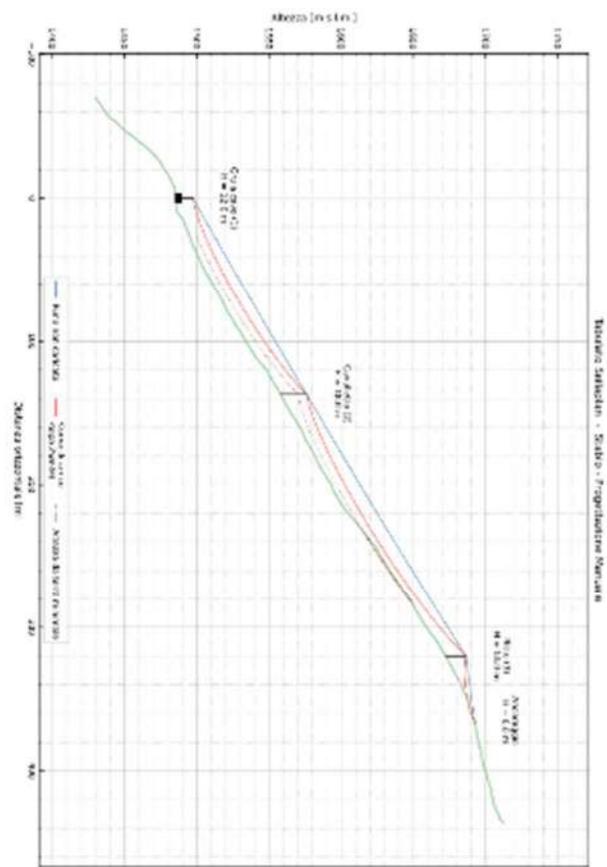
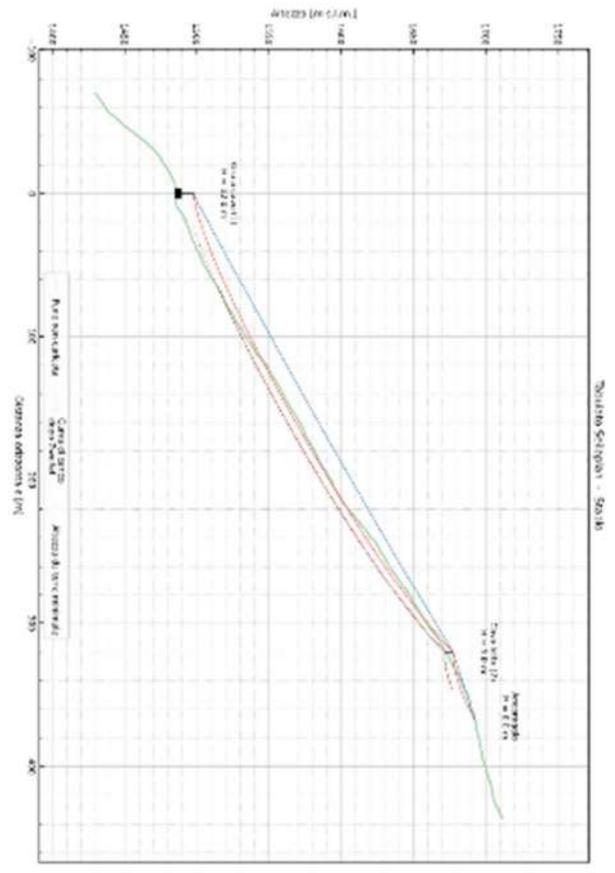
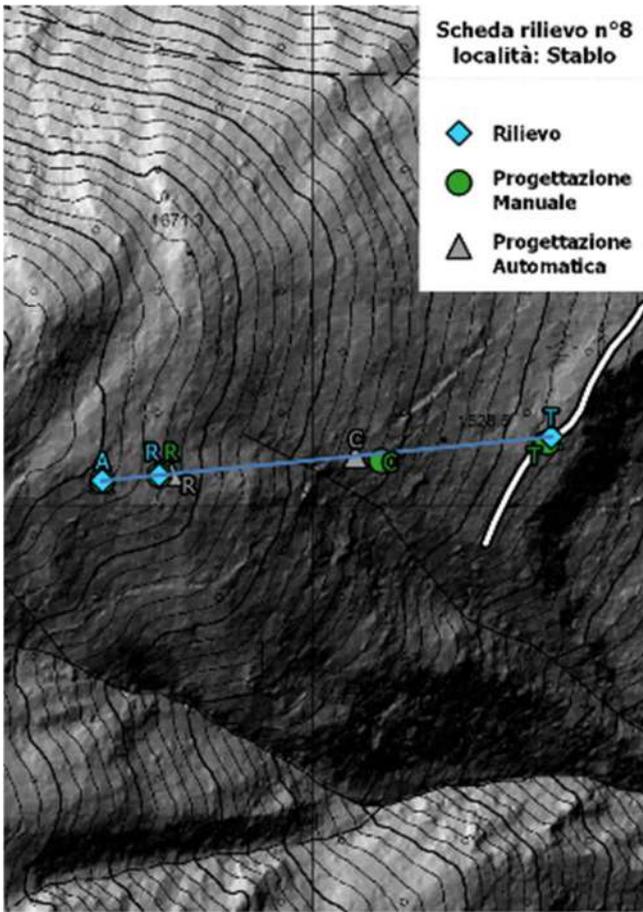


Figura 3.16 Sintesi scheda rilievo linea n° 8 - Stablo

Linea n° 9 - Stablo - Pozza

Linea finalizzata al recupero di materiale bostricato allignato lungo il tracciato. La linea presenta una lunghezza inclinata pari a 323 m suddivisa in due campate lunghe rispettivamente 193,2 e 128,8 m. Il profilo morfologico del terreno risulta generalmente concavo con un iniziale salto ad elevata pendenza. La soluzione predisposta dall'impresa ha previsto la realizzazione di un unico cavalletto posto nella mezzaria della linea che permettesse il rispetto del franco minimo indispensabile al recupero delle ultime piante bostricate poste 30 m più a valle. La soluzione così proposta necessita di un'elevata tensione di montaggio, pari a 130 kN per rispettare il franco minimo utile all'esbosco e soprattutto per rispettare il franco minimo nei pressi del salto presso la stazione motrice. Qui vi è la maggior criticità della linea in quanto la fune portante nei momenti di carico nella mezzaria della campata va ad incidere con il suolo. L'elevata tensione di montaggio genera una tensione massima pari a 192 kN, superiore al limite di carico di sicurezza pari a 183 kN, per un coefficiente di sicurezza pari a 2,39. Nella progettazione manuale si è quindi preventivata la realizzazione di un cavalletto aggiuntivo nei pressi del salto per evitare l'abrasione della fune portante con il suolo. Si è anche innalzato il cavalletto di valle per consentire un maggior franco da terra a valle dello stesso. La riduzione della lunghezza della campata, grazie al cavalletto aggiuntivo, permette il rispetto del limite di carico di sicurezza con la medesima tensione di montaggio.

La progettazione automatica di Seilaplan coincide sostanzialmente con quella manuale ad eccezione del cavalletto di valle, fatto indietreggiare lungo la linea e innalzato ulteriormente per compensare alla perdita di quota.

La realizzazione di un cavalletto aggiuntivo di altezza moderata richiede mediamente 8.4 ore-uomo tra montaggio e smontaggio (Molteni et al., 2016) e l'innalzamento del ritto richiede 5,6 ore-uomo. Considerando un costo orario pari a 29,36 €/h (Elenco Prezzi P.A.T., 2022), l'adeguamento dei supporti incide sull'economicità di cantiere per un valore pari a 411,04 €. Questa spesa ripartita sul materiale ricavabile dalla linea pari a 416 m³ significa un costo di utilizzazione maggiorato pari a 0,99 €/m³.

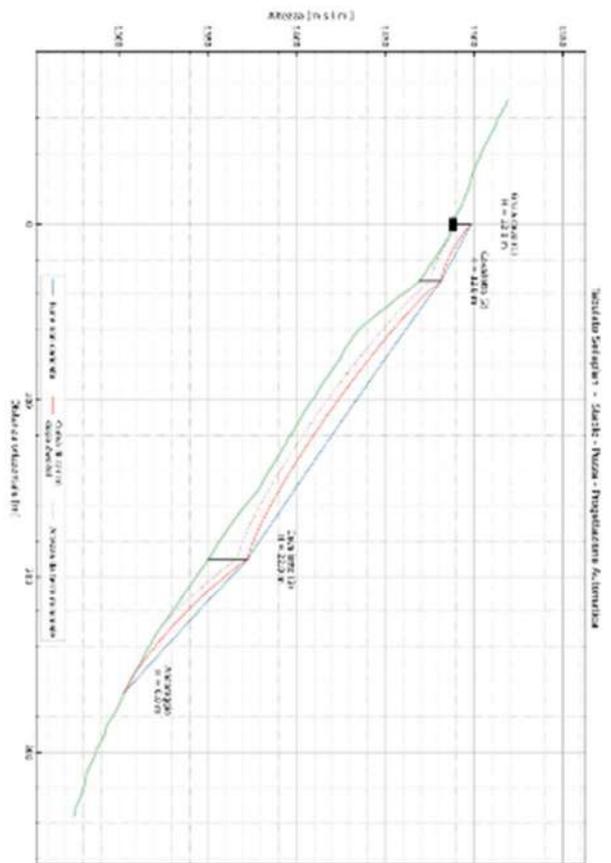
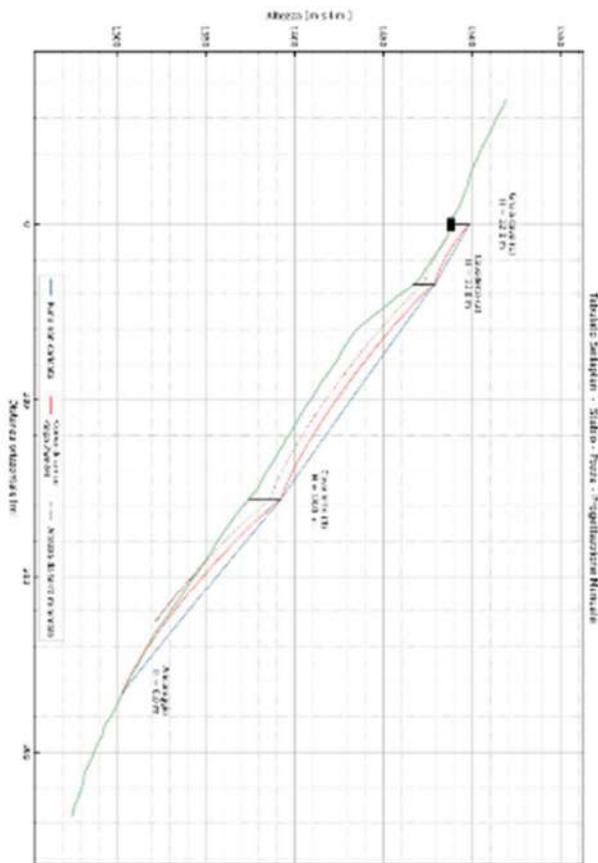
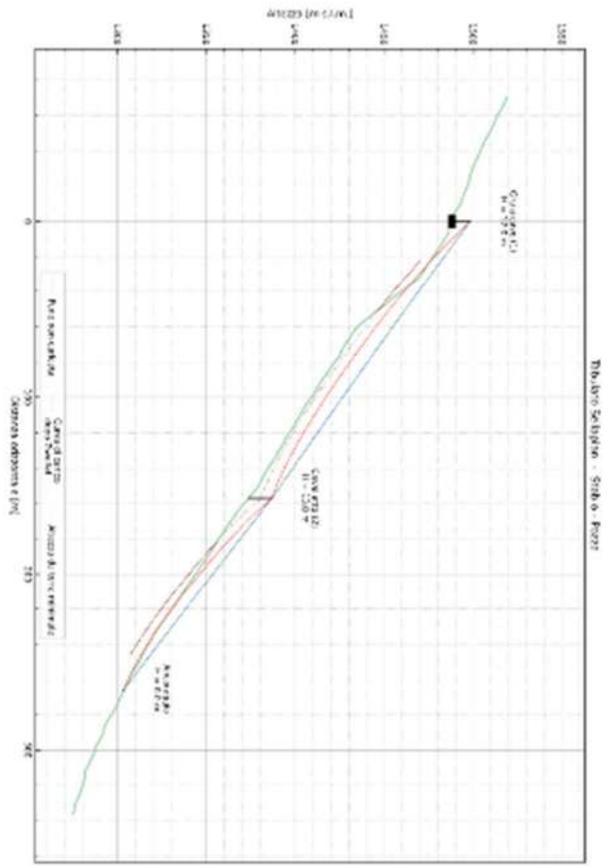
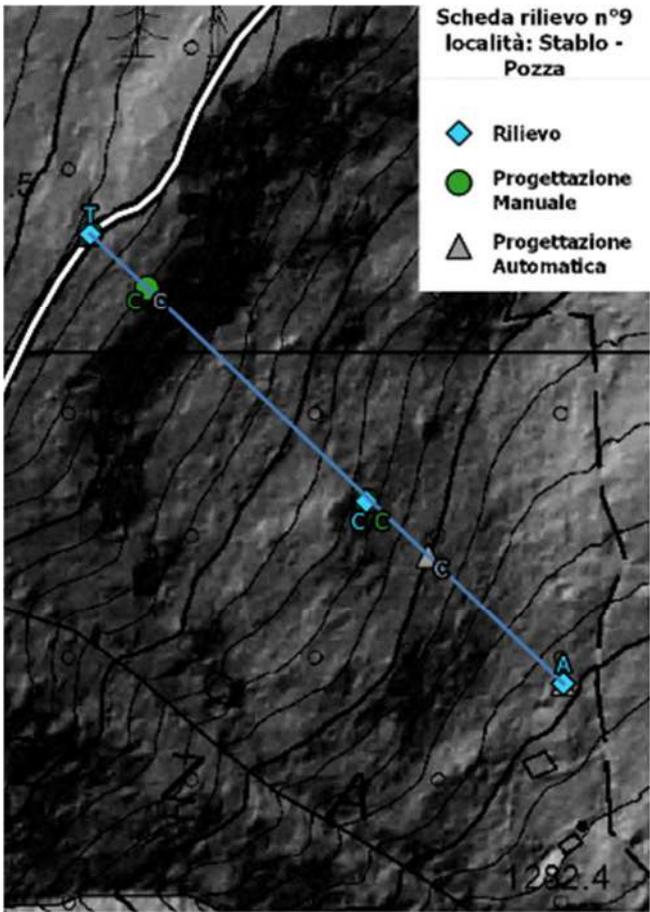


Figura 3.17 Sintesi scheda rilievo linea n° 9 – Stablo - Pozza

4. Discussione

4.1. Progettazione di linee in ambiente GIS

Il periodo storico della seguente ricerca è stato caratterizzato dalla lunga scia degli effetti della tempesta Vaia di ottobre 2018. I cantieri forestali rilevati sono stati predisposti dalle imprese boschive per il recupero del materiale schiantato dall'evento o per l'esbosco di piante affette dall'epidemia di *Ips typographus* che ne è derivata. La martellata, di conseguenza, devia dalle metodologie tradizionali in quanto la scelta del materiale da abbattere non è più effettuata su base colturale ma igienica, cercando di ridurre al minimo l'assegno di piante in vegetazione e limitandosi a rimuovere quelle indispensabili alle operazioni di esbosco. La presenza di materiale schiantato influenza anche la progettazione delle linee di gru a cavo, che vengono predisposte con lo scopo di massimizzare il materiale schiantato prelevabile e sono vincolate nella scelta dei sostegni alle piante effettivamente rimaste in piedi.

Per valutare il *workflow* di pianificazione proposto, in tutti i progetti pianificati eccetto due, si è quindi volutamente evitata la progettazione di questo tipo di cantiere, volendo analizzarne l'efficacia in situazioni ordinarie. Seppur infatti all'attualità, in provincia di Trento, vi sia la totale disponibilità degli strati informativi del territorio, una criticità riscontrata sta nel suo aggiornamento. Strati più semplici, quali la viabilità forestale e le aree protette, vengono aggiornati con cadenza annuale; strati che richiedono rilievi più costosi e complessi quali voli LiDAR, Ortofoto, Carte Tecniche hanno una frequenza di aggiornamento minore. Ciò rappresenta il limite principale di questo *workflow* che corre il rischio di operare scelte pianificatorie basandosi su dati non più fedeli alla realtà. Si tratta comunque di una possibilità remota in quanto nell'ordinarietà l'evoluzione di un soprassuolo boschivo è un processo lento e la cadenza di aggiornamento attuale risulta, salvo disturbi puntuali di varia origine, sufficiente allo scopo. Nelle linee progettate n° 3 e 5 - Martin da Fist e Preda Molin, cantieri finalizzati al recupero di materiale schiantato dalla tempesta Vaia, questo limite è stato superato utilizzando un'Ortofoto aggiornamento 2020 mediante il quale visivamente sono stati esclusi gli alberi di sostegno abbattuti dall'evento consentendo così una buona riuscita della progettazione.

Un secondo limite del *workflow* sta nella precisione del dispositivo GPS utilizzato per identificare il punto di partenza della linea per le operazioni di tracciamento. Linee che utilizzano come ancoraggio un punto ben definito sul territorio quali, per esempio, piante isolate o le estremità di un piazzale forestale visibili in ambiente GIS e facilmente identificabili in campo permettono una tracciatura fedele a quanto pianificato. Al contrario le linee insite sulla viabilità forestale o ancorate in un popolamento denso non consentono l'identificazione univoca in campo del punto di partenza della linea e sono limitate dalla precisione del dispositivo. L'uso di uno smartphone, facente parte dell'equipaggiamento di qualunque operatore, con la sua precisione di 6-8 m può risultare non

sufficiente allo scopo in quanto la realizzazione di un supporto di linea necessita che la stessa transiti entro i 4 m dalla pianta di sostegno. L'errore nel punto di partenza può risultare quindi in una linea parallela, spostata fino ad 8 m rispetto quella pianificata, e risultare in un divario tale da non consentire la realizzazione dei supporti o possibilità di ancoraggio finale. Per l'esperienza maturata nel corso del seguente lavoro delle 7 linee tracciate, questa circostanza si è riscontrata unicamente nella linea n° 2 - Incasola in cui la partenza insita sulla viabilità forestale e la sensibilità del primo supporto ubicato in un collettivo immaturo ha imposto la necessità di correggere il divario e ricominciare le operazioni di tracciamento per consentire la realizzazione del supporto nell'unica pianta presente di dimensioni adeguate. In tutti gli altri casi la linea è stata tracciata immediatamente con successo. Le operazioni di pianificazione, progettazione e tracciamento svolte in maniera tradizionale, secondo il modello di produttività HeProMo, per linee particolarmente lunghe (1500 m) possono impiegare fino a 20 ore (Holm et al., 2020). Gran parte di questo tempo è speso nella ricerca di una soluzione in forma iterativa costringendo di volta in volta a ricominciare le operazioni di tracciamento fino al raggiungimento di una soluzione tecnicamente attuabile. Il *workflow* pianificatorio proposto permette di ridurre questa tempistica automatizzando i calcoli di progettazione e dimensionamento della linea con Seilaplan e riducendo le iterazioni necessarie grazie all'individuazione preventiva degli alberi adibiti a supporto in ambiente GIS.

4.2. Cantiere sperimentale foreste demaniali e precisione di Seilaplan

I risultati dell'attività sperimentale dimostrano le potenzialità del *plugin* Seilaplan, specialmente nel riguardo delle tensioni che si generano in un impianto in funzione. È specialmente nel calcolo di queste forze che Seilaplan si è dimostrato più performante, dimostrando un'eccellente previsione di quanto è stato poi misurato con un errore percentuale RMSE medio pari a 4.14% e comparabile con quanto riscontrato da Bont et al. (2022) pari a 4.78%. La sperimentazione effettuata da Bont et al. (2022) ricalca le modalità di rilievo effettuato in collaborazione con le foreste demaniali ed ha riguardato un campione più consistente di 4 linee con 4 diversi cicli di transito con carichi incrementali. La sperimentazione su più linee, caratterizzate da variabile pendenza e lunghezza delle campate, ha evidenziato un'equa tendenza di Seilaplan tra la sovra e sottostima senza rilevare una correlazione significativa nella direzione e magnitudine dell'errore con gli attributi della campata. Lo stesso è stato evidenziato anche per la deflessione. In relazione a quest'ultimo aspetto, nell'attività sperimentale delle foreste demaniali si è notata una precisione inferiore del metodo con un errore percentuale RMSE medio pari a 22.3% significativamente maggiore rispetto all'errore pari a 8.14% rilevato da Bont et al. (2022). Oltre ad una differente strumentazione di rilievo vi è una sostanziale differenza nella metodologia di calcolo della deflessione. I rilievi effettuati da Bont et al. (2022) hanno implicato anche la misura del franco da terra della fune portante senza carico, misura non eseguita

nel cantiere sperimentale con le foreste demaniali. Il calcolo dell'errore nella deflessione tra Seilaplan con quanto rilevato è stato effettuato sulla differenza di quota tra la fune portante scarica e sotto carico analizzando quindi unicamente l'errore nella freccia di carico. Secondo gli autori questa scelta è stata effettuata per ridurre gli errori di misura strumentali e di rilievo, in quanto si riscontrava già una significativa differenza tra il profilo teorico e quello misurato della catenaria scarica. Qui sta la differenza principale con quanto rilevato nel cantiere foreste demaniali che ha misurato il valore di deflessione tra Seilaplan e rilievo comprensivo anche della freccia di mezzeria. L'errore rilevato nelle foreste demaniali è quindi comprensivo degli errori derivanti dal calcolo del profilo teorico per entrambe le frecce, più gli errori strumentali e di misura. Nel complesso la precisione di Seilaplan nel calcolo della deflessione, e quindi del franco minimo da terra, risultano soddisfacenti per le necessità di cantiere e considerevolmente migliori del metodo tradizionale utilizzante Pestal (1961). Seppur per la linea sperimentale foreste demaniali gli errori calcolati con Pestal siano comparabili con quelli di Seilaplan, questo è unicamente vero per il contesto favorevole di applicazione del metodo. In figura 4.1 è possibile notare come la precisione di Pestal diminuisca proporzionalmente all'aumentare della lunghezza della campata ed aumento del peso del carico, entrambi di ridotta entità nel caso studio delle foreste demaniali.

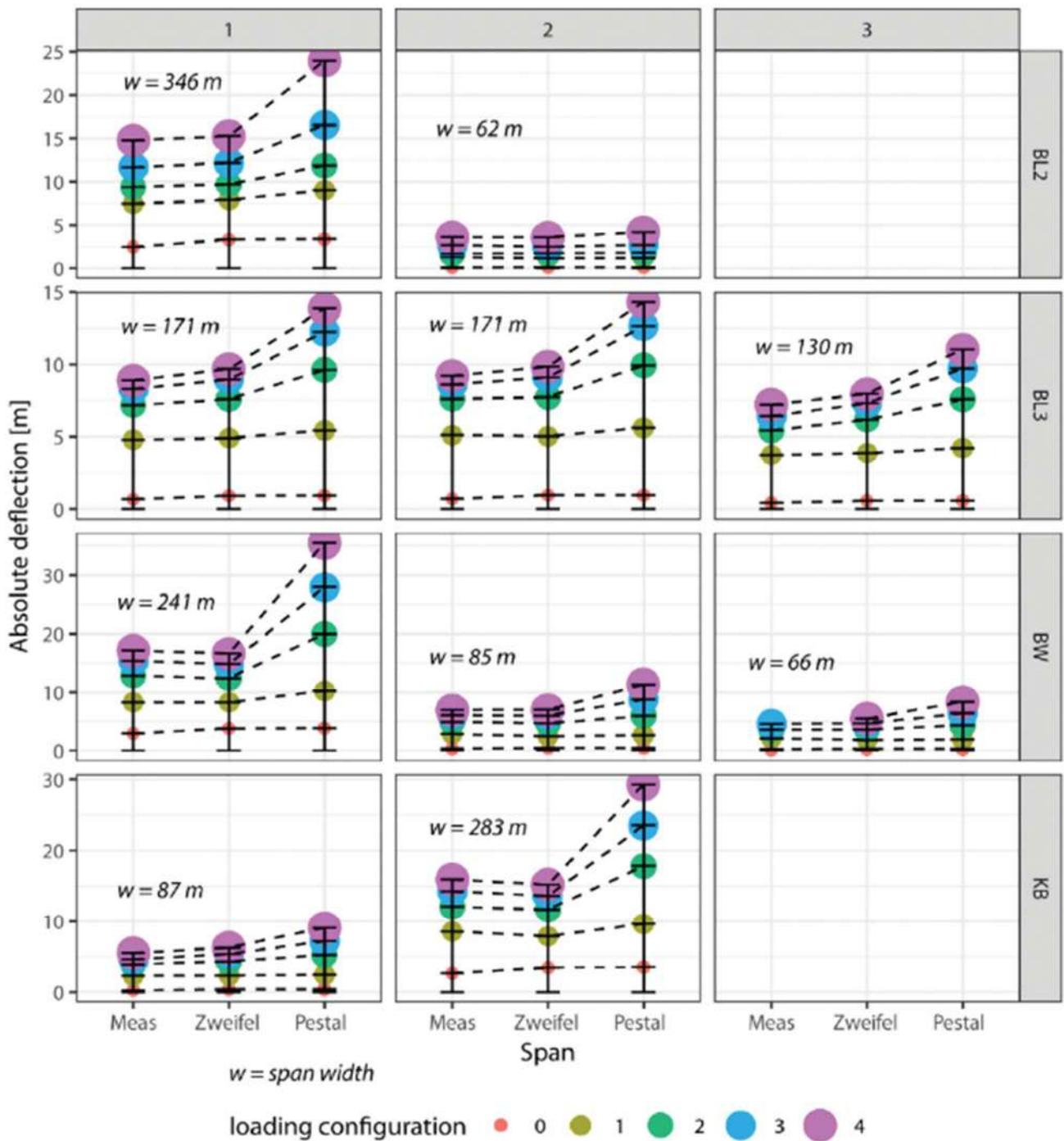


Figura 4.1 Deflessione della fune portante in 5 cicli di carico distinti con peso incrementale (0-4) calcolati con metodo di Pestal, Zweifel, e con quanto misurato in campo (meas) su 4 distinte linea di esbosco (BL2 – BL3 – BW – KB) (Bont et al., 2022)

4.3. Analisi cantieri forestali

L'attività di studio ha riguardato un insieme eterogeneo di cantieri. Questi risultano rappresentativi della realtà locale analizzata. La val Rendena, presentando versanti acclivi e disponibilità viaria concentrata nella fascia medio-bassa dei versanti, necessita dell'uso estensivo di stazioni motrici mobili e realizzazione di impianti tri-fune. I casi studio analizzati sono risultati comunque inclusivi di una buona varietà di mezzi e tipologie di impianto, escludendo unicamente i carrelli autotraslanti in quanto poco utilizzati dalle imprese boschive locali. Il rilievo ha anche incluso una buona variabilità di diverse imprese boschive, 6 in tutto, includendo sia piccole attività familiari che grosse realtà aziendali. Questo insieme eterogeneo di soggetti permette un'analisi sulle consuetudini degli operatori del settore minormente influenzato dalle attitudini personali. I casi studio analizzati sono risultati accomunati da un coefficiente di sicurezza minore rispetto a quanto previsto dalle buone pratiche tecniche. Ad eccezione della linea n° 4 Pler – Mangiatoia e della linea n° 6 – Saline tutte le altre hanno previsto soluzioni con un margine di sicurezza inferiore a quello ottimale. Per quanto riguarda la linea n° 6, rimane però il dubbio se la soluzione originariamente proposta fosse effettivamente entro i parametri di sicurezza e sulle ragioni del cedimento, se dovuto a un indebolimento della pianta a causa dei disturbi pregressi o dall'applicazione di un carico eccessivo. Il coefficiente di sicurezza medio realizzato tra tutte le aree di studio è risultato pari a 2,27 (0.2 deviazione standard) a fronte di un valore minimo di 2,5. Questo divario risulta particolarmente marcato nella linea n° 1 – Arcelline, impianto di tipo tradizionale in cui il coefficiente di sicurezza consigliato risulta pari a 3 a fronte di quello realizzato pari a 2,27, e nella linea n° 7 – Sostino – Maruzaldo in cui è stato riscontrato il coefficiente di sicurezza minore pari a 2.01. Le soluzioni predisposte dalle ditte sono nel complesso risultate le soluzioni minimali per la fattibilità tecnica del cantiere. Questo si può anche percepire nell'altezza dei supporti realizzati e nei franchi minimi da terra generati che sono risultati spesso i minimi indispensabili alle operazioni di utilizzazione e minori di quelli definiti dalle buone pratiche tecniche, tenuti generalmente ampi per avere un margine di garanzia. L'esperienza delle ditte nel valutare la fattibilità tecnica del cantiere può essere percepita anche nella posizione dei supporti che sono sempre stati realizzati nelle posizioni ottimali.

La progettazione alternativa proposta, rispettante le buone pratiche, ha permesso di stimare i costi aggiuntivi associati, che sono risultati compresi in un intervallo tra i 0.56 €/m³ e i 2.97 €/m³, con valori dipendenti dalle specifiche di cantiere. Tale valore aggiuntivo per la sicurezza risulterebbe quindi a scapito del profitto aziendale e risulta significativo nell'ambito dell'economicità di un cantiere. È bene sottolineare come il coefficiente di sicurezza non sia legato unicamente alla sicurezza di cantiere ma venga utilizzato anche per garantire la vita utile delle funi, il cui uso improprio si traduce in costi aggiuntivi per l'impresa. Queste considerazioni sull'usura delle funi non sembrano considerate prioritarie per le imprese in quanto in 4 cantieri differenti e realizzati da 3 diversi operatori

si è rilevata l'abrasione della fune portante con il suolo. Si presume che quest'usura maggiorata non venga percepita come costo in quanto i suoi effetti sul bilancio aziendale non risultano immediati. Diversamente è stata rilevata una grande attenzione sugli ancoraggi, che anche nelle situazioni non ottimali sono sempre stati percepiti come elementi critici sulla sicurezza dell'impianto e correttamente dimensionati e rafforzati laddove necessario.

La progettazione automatica di Seilaplan è risultata generalmente soddisfacente. Dei 9 casi analizzati, solo in uno non è riuscita a fornire una soluzione mentre in altri 3 casi ha fornito una soluzione tecnicamente non attuabile a causa di un angolo negativo sui supporti. Tale algoritmo è risultato molto efficace nell'individuare autonomamente le morfologie più favorevoli per il posizionamento di supporti. Generalmente questi sono risultati in posizioni prive di alberi adatti e hanno necessitato di una correzione manuale per coincidere con alberi effettivamente presenti. Questa discrepanza è anche esasperata dalla presenza di grossi disturbi sulle aree di analisi. In situazioni ordinarie, in boschi a densità colma, la probabilità di coincidere con alberi effettivamente presenti aumenta considerevolmente. L'individuazione di una soluzione automatica risulta comunque pratica come prima iterazione per individuare le morfologie migliori e procedere poi con correzioni e ottimizzazioni a cura dell'utente. Questa procedura operativa è anche quella prevista dai creatori del *plugin* nella documentazione ufficiale che descrive l'algoritmo come semi-autonomo.

5. Conclusioni

Le gru a cavo forestali sono attrezzature che per essere impiegate al meglio e in sicurezza necessitano di un'elevata preparazione tecnica ed esperienza nella progettazione, dimensionamento e montaggio degli impianti. Da ricerca bibliografica sul livello di preparazione degli operatori risulta che tradizionalmente l'attività di formazione professionale avviene unicamente nel corso di qualche ora e le informazioni rilevanti sulla strumentazione di lavoro vengono fornite dagli stessi costruttori al momento della consegna dell'attrezzatura (Ballochini et al., 2014). Questa modalità di comunicazione, seppur doverosa da parte dei costruttori, non è sufficiente per gli operatori che perseguono la loro formazione direttamente in campo in affiancamento a colleghi più anziani ed esperti ma carenti loro stessi di una formazione formale. L'attività di rilievo ha messo in evidenza come una corretta progettazione di impianto sia fondamentale nel garantire il successo del cantiere in sicurezza. In una analisi sugli incidenti di cantiere durante le operazioni di utilizzazione forestale mediante gru a cavo viene evidenziato come due incidenti su tre siano causati dalla rottura delle funi, dei supporti o degli ancoraggi, o dalla caduta di oggetti dall'alto, tutti infortuni che possono derivare da una scorretta progettazione (Tsioras et al., 2011). L'esperienza delle imprese boschive, maturata nel corso di numerosi cantieri, pur permettendo agli operatori il montaggio di impianti che garantiscono la fattibilità tecnica dell'utilizzazione non sostituisce la necessità di una progettazione estensiva dell'impianto. Nella consuetudine locale l'autorità forestale predispone unicamente il tracciato ma viene rimandato alle imprese, responsabili dell'utilizzazione e degli oneri di sicurezza associati, il dimensionamento dell'impianto. Quest'ultimo, fatto esclusivamente sulla base dell'esperienza maturata, pur consentendo l'utilizzazione non definisce l'entità della tensione massima che si andrà a generare nell'impianto, valore difficilmente percepibile e il cui rilievo necessita di una strumentazione dedicata. Si presuppone che questa difficoltà di rilievo della tensione spieghi anche i coefficienti di sicurezza rilevati. Tali valori, inferiori alle buone pratiche, si presuppone siano dovuti più che al vantaggio economico, limitato e ridotto dalla maggior usura delle funi, all'imperizia. In mancanza di progettazione dedicata infatti le imprese non possono essere al corrente delle tensioni che si generano nell'impianto durante l'utilizzazione, non ne percepiscono i rischi e non correggono il dimensionamento degli impianti nei cantieri successivi. Una corretta progettazione richiede però tempo e preparazione tecnica specifica. Seilaplan si inserisce in questo contesto come valido strumento a supporto di tutti gli operatori della categoria. La velocità di iterazione per la ricerca di una soluzione ottimale e l'integrazione in ambiente GIS consentono una progettazione e tracciatura più veloce di quanto consentito dai metodi tradizionali. L'abbandono delle formule di calcolo di Pestal (1961) a favore di quelle di Zweifel (1960) permette una rappresentazione più fedele alla realtà delle forze generate nell'impianto e nel profilo della catenaria. La presenza di un algoritmo di automazione della linea, seppur non rivelatosi ottimale, consente di velocizzare le

operazioni di progettazione e venire a supporto degli utenti meno esperti. Questo, unito alla potenzialità di manipolare singolarmente tutti i parametri dell'impianto, con *feedback* in tempo reale degli effetti sullo stesso, si ritiene renda Seilaplan anche un ottimo strumento di formazione. Tale approccio innovativo alla progettazione, che abbandona la struttura rigida di Pestal tra carico minimo di rottura, tensione di montaggio e peso del carico a favore di una libertà nella definizione dei singoli parametri, se da un lato concede maggior flessibilità nell'adattamento dell'impianto alle condizioni locali, all'attualità risulta carente di ricerche di supporto. Il metodo di Pestal è stato infatti validato negli anni da numerosi autori garantendo, soprattutto nei riguardi della tensione di montaggio, condizioni di lavoro adeguate in tutte le fasi dell'esbosco. Si evidenzia quindi la necessità di ricerche specifiche che indaghino l'effetto di diverse tensioni di montaggio sulla conduzione delle operazioni di utilizzazione, al fine di definire delle linee guida che possano informare la scelta in questa innovativa modalità di progettazione. Si ritiene inoltre che i casi studio analizzati evidenzino anche la necessità di una normativa specifica di settore che definisca standard minimi di sicurezza, che siano obbligatori e non più lasciati alle buone pratiche.

Bibliografia

- Balocchini E., Fabiano F. e Marroni L. (2014) Filiera bosco-legno-energia, elementi di sicurezza sul lavoro: cippatrici, gru a cavo e harvester. Direzione generale diritti di cittadinanza e coesione sociale - Settore prevenzione, igiene e sicurezza sui luoghi di lavoro, Regione Toscana, Firenze
- Bont L.G, Moll P.E, Ramstein L., Frutig F., Heinimann H.R. e Schweier J. (2021) SEILAPLAN, a QGIS Plugin for Cable Road Layout Design, Croatian Journal of Forest Engineering 43 (2):16-31
- Bont L.G, Ramstein L., Frutig F. e Schweier J. (2022) Tensile forces and deflections on skylines of cable yarders: comparison of measurements with close-to-catenary predictions, International Journal of Forest Engineering 33 (3):195-216
- Bortoli P. L. (1997). Le moderne teleferiche forestali. Direzione Regionale delle Foreste e Parchi, Regione Friuli-Venezia Giulia.
- Cadei A., Grigolato S., Cavalli R., Pozzo D. e Alberti R. (2021). Esbosco aereo con gru ibrida. Sherwood – Foreste ed alberi oggi. 27(4):7-11.
- Cavalli R. e Bolognani R. (1996). Un carrello semovente per sistemi di trasporto sospesi a cavo. Dendronatura. 2(2):48-60
- Cavalli R. (2012). Prospects of research on cable logging in forest engineering community. Croatian Journal of Forest Engineering 33(2):339–56.
- estimate wood harvesting productivities, PLOS ONE 15 (12)
- Fabiano F., Marchi E. (2003). Note pratiche sul dimensionamento di gru a cavo forestali. Arezzo: Compagnia delle foreste s.r.l.
- Heinimann H.R., Stampfer K., Loschek J. e Caminada L. 2001. Perspectives on Central European cable yarding systems. International Mounting Logging 11th Northwest Skyline Symposium. 123(1):268-279.
- Holm S., Frutig F., Lemm R., Thees O. e Schweier, J. (2020): HeProMo: A decision support tool to
- Klun, J., Robek, R. (2009). GPS-based design of skyline corridors and software solutions for analyzing of cableway system. In: Proceedings of FORMEC Conference, June 2–5, Schmollenberg, Germany
- Magaud, P., (2011). SIMULCABLE, a new software to optimize the line implantation for cable yarding. In: Proceedings of FORMEC Conference, October 9–13, Graz, Austria.
- Messingerova, V., Stanovsky, M., Ferencik, M., Kovacik, P., (2009). Technological planning in cableway terrains in Slovakia. In: Proceedings of FORMEC Conference, June 21–24, Kostelec nad Cernymi lesy, Czech Republic.

- Mologni O., Antonioli S., Grigolato S., Cavalli R. (2017). Gru a cavo nelle Alpi centrali, Caratteristiche delle linee e osservazioni sui tempi di montaggio e smontaggio, *Sherwood - Foreste ed alberi oggi*. 23(5):7-11
- Mologni O., Grigolato S. e Cavalli R. 2016. Harvesting systems for steep terrain in the Italian Alps: state of the art and future prospects. *Contemporary Engineering Sciences* 25(9):1229–42.
- Mologni O., Marchi L., Lyons K., Grigolato S., Cavalli R. e Roser D. 2021. Skyline tensile forces in cable logging: field observations vs. software calculations. *Croatian Journal of Forest Engineering*. 42(2):227-243
- Mologni O., Lyons K., Zambon G., Proto, A., Zimbalatti G., Cavalli R. e Grigolato S. (2019). Skyline tensile force monitoring of mobile tower yarders operating in the Italian Alps. *European Journal of Forest Research*. 138(5):847-862.
- Pestal E. (1961). *Seilbahnen und Seilkräne für Holz- und Materialtransporte*. Wien und München: Georg Fromme & Co.
- Pozzo D., Giovannini G. (2006). *Principi organizzativi e regole tecniche di base per l'installazione di gru a cavo forestali*. Agenzia provinciale foreste demaniali, Provincia autonoma di Trento.
- Provincia autonoma di Trento (2022a). *La filiera trentina del Legno. Indagine sul settore forestale in Provincia di Trento*. Servizio Foreste, Provincia autonoma di Trento. Centro duplicazioni - Provincia autonoma di Trento, Trento. 62p.
- Provincia autonoma di Trento (2022b). *Elenco Prezzi Provincia autonoma di Trento*. Osservatorio provinciale contratti pubblici, Trento.
- Rizzi C. (2012). Esperienze LiDAR in stazione forestale. Il tracciamento preventivo delle linee di gru a cavo. *Sherwood - Foreste ed alberi oggi*. 18(9):15–18.
- Spinelli R., Magagnotti N. e Facchinetti D. 2013. Logging companies in the European mountains: an example from the Italian Alps. *International Journal of Forest Engineering* 24(2):109-120
- Spinelli R., Marchi E., Visser R. et al. 2017. Skyline tension, shock loading, payload and performance for a European cable yarder using two different carriage types. *European Journal of Forest Research*. 136(1):161-170.
- Tsioras P.A., Rottensteiner C. e Stampfer K. (2011). Analysis of Accidents During Cable Yarding Operations in Austria 1998–2008, *Croatian Journal of Forest Engineering* 32 (2):549-560
- Varch T., Erber G., Visser R., Spinelli R., Harrill H. e Stampfer K. 2021. Advances in cable yarding: a review of recent developments in skyline carriage technology. *Current Forestry Reports*. 2021;7(4):181-194.
- Zweifel O. 1960. Seilbahnrechnung bei beidseitig verankerten Tragseilen. *Schweiz Bauztg*. 78:11.

Sitografia

<http://www.mm-forsttechnik.at/en/mm-sherpa/performance.php>

<https://www.valentini-teleferiche.it/it#section-solutions>

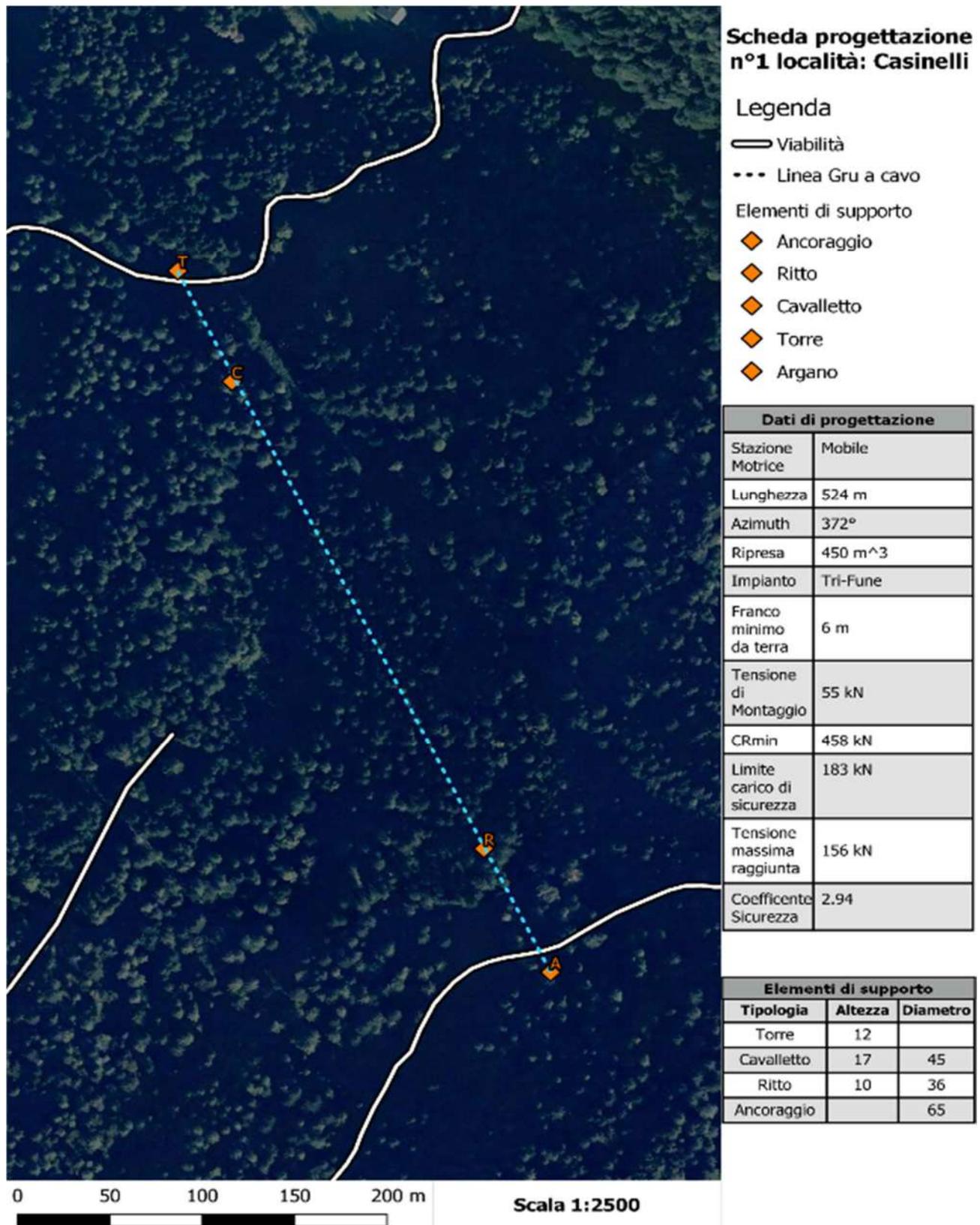
<https://www.forsttechnik.at/products>

<https://www.wyssenseilbahnen.com/>

Allegati

Allegato 1: Schede di progettazione

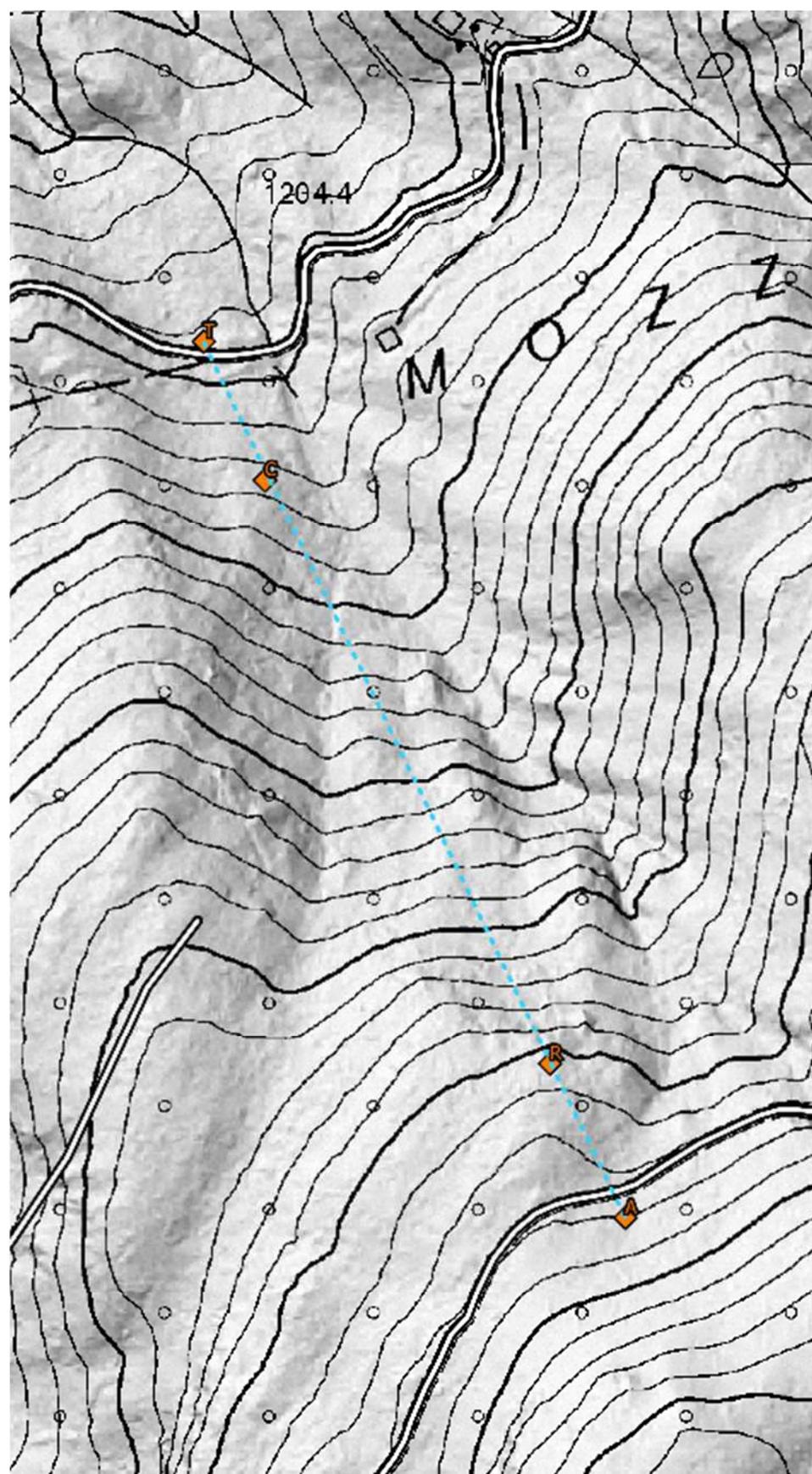
Linea n° 1 - località Casinelli



**Scheda progettazione
n°1 località: Casinelli**

Legenda

-  Viabilità
-  Linea Gru a cavo
- Elementi di supporto**
-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano



0 50 100 150 200 m

Scala 1:2500

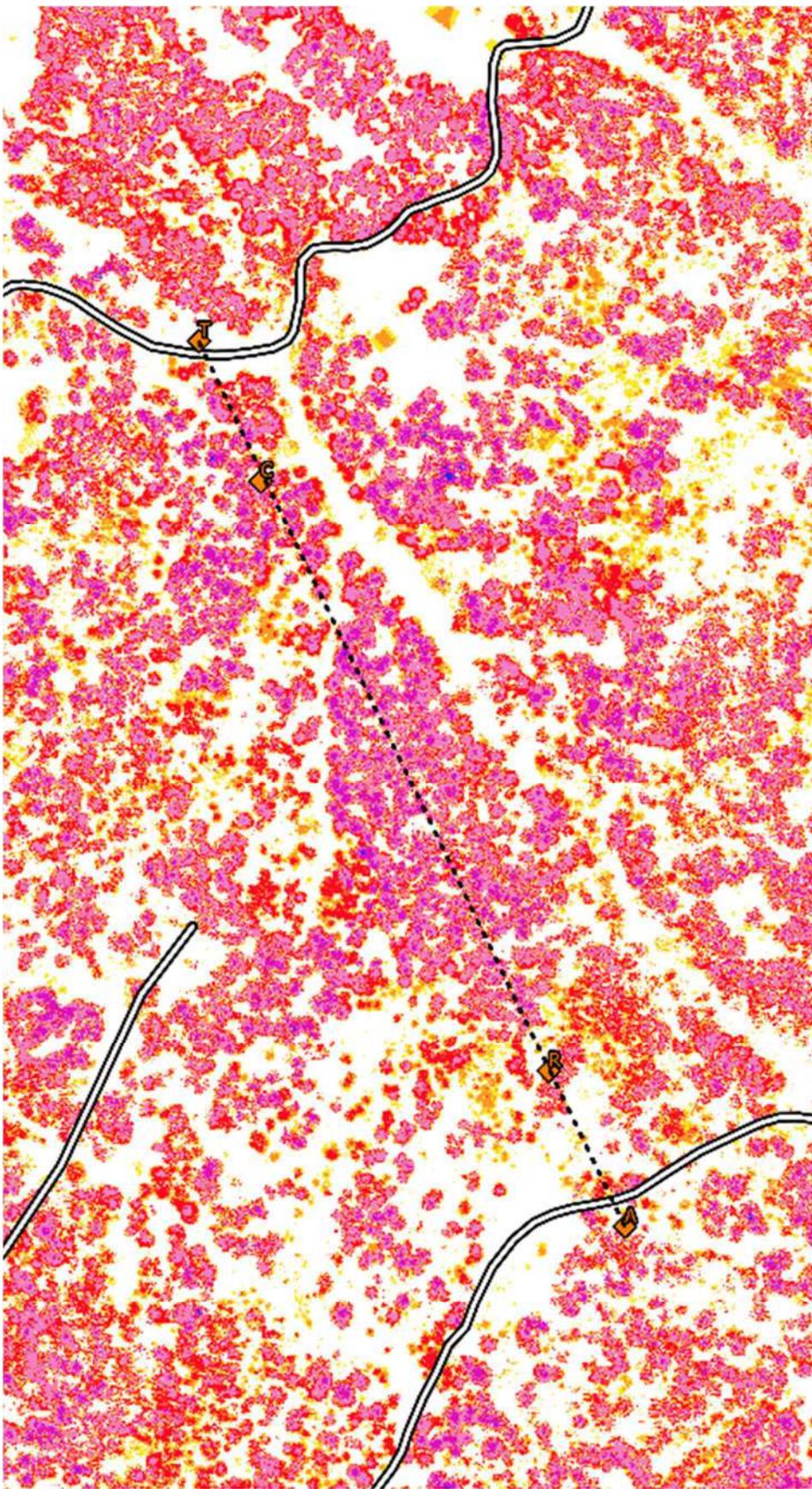
**Scheda progettazione
n°1 località: Casinelli**

Legenda

-  Viabilità
-  Linea Gru a cavo
- Elementi di supporto
 -  Ancoraggio
 -  Ritto
 -  Cavalletto
 -  Torre
 -  Argano

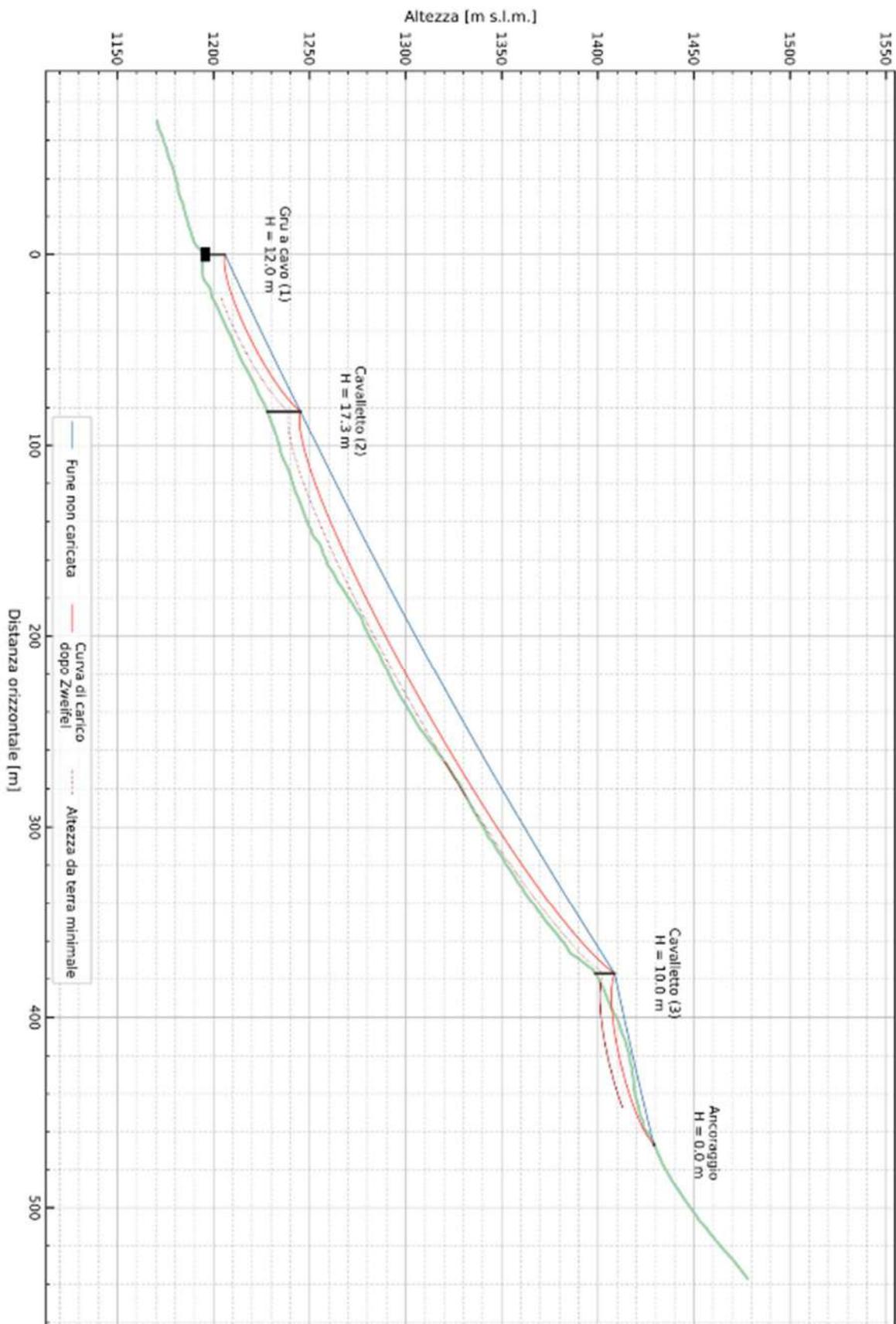
CHM

-  0 - 2
-  2 - 5
-  5 - 10
-  10 - 20
-  20 - 30
-  30 - 40
-  40 - 50



0 50 100 150 200 m

Scala 1:2500



SEILAPLAN progetto: Casinelli

Data	27.10.2022, 15:24 Uhr		
Autore del progetto	-	Numero del progetto	-
Commune	-	Sito forestale	-
Tipo di gru a cavo	-		
Nota	-		

Valori d'input

Serie di parametri: Torre			
Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	35 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	20 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	20 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	55 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	60 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	12.0 m	0 °	-	-
2	Cavalletto	17.3 m	0 °	45 cm	28 cm
3	Cavalletto	10.0 m	0 °	36 cm	26 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	65 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 156 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	- (Forza sulla sella)	-	-	-
2	Cavalletto	41 kN (Forza sulla sella)	1.1 °	15.3 °	-
3	Cavalletto	62 kN (Forza sulla sella)	20.4 °	38.4 °	-
	Ancoraggio	156 kN (F. trazione della fune)	-	-	32.5 °

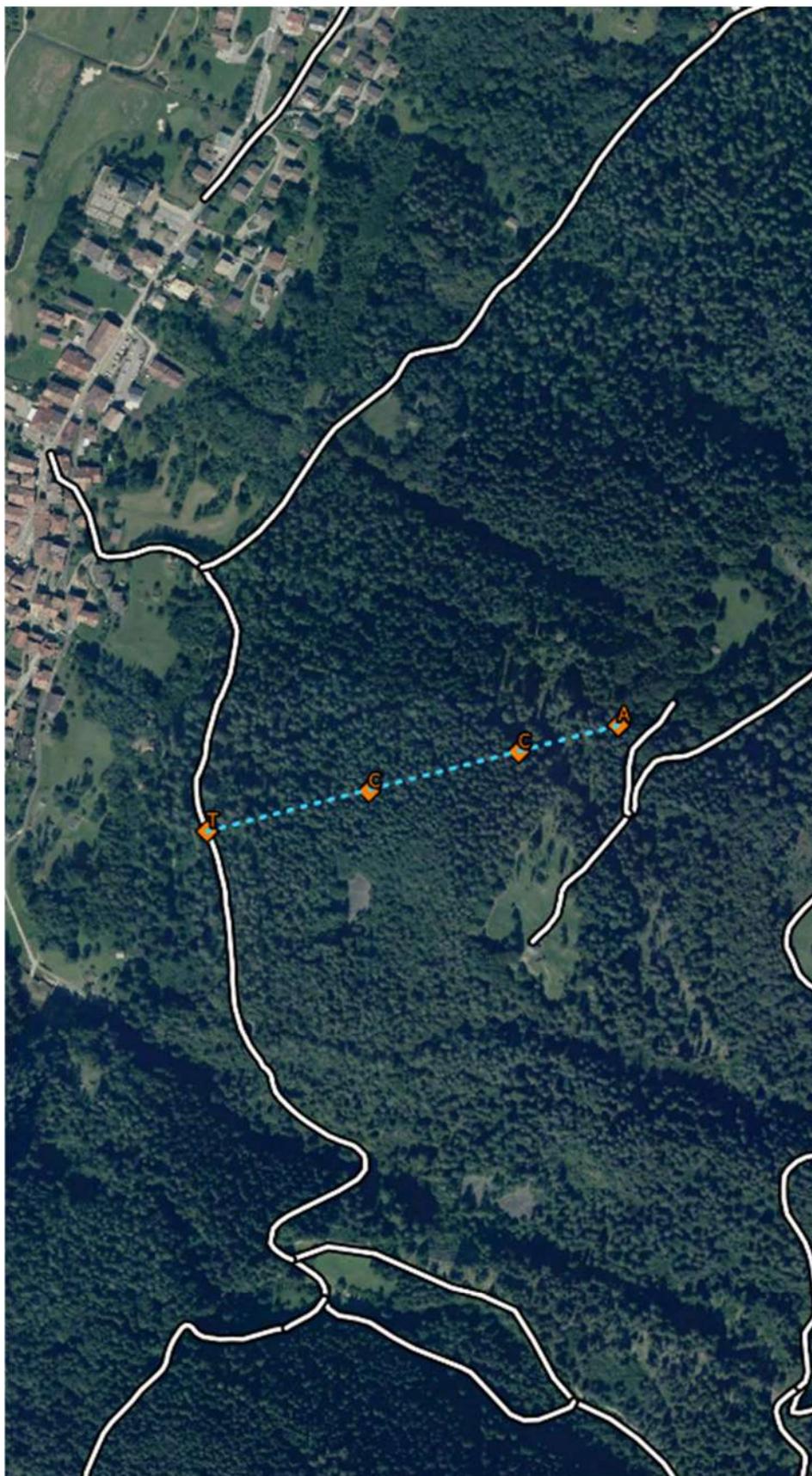
Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimet	171.7 gon / 154.5 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	521.8 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	26.2 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Cavalletto (2)	82.0 m	88.8 m	34.0 m	0.4 m	7.9 m
Cavalletto (2) -> Cavalletto (3)	295.0 m	340.9 m	170.8 m	5.7 m	21.7 m
Cavalletto (3) -> Ancoraggio	90.0 m	95.0 m	30.5 m	0.4 m	7.5 m
Somma finale	467.0 m	524.7 m	235.3 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata delle due parte con un ancoraggio fisso.

Linea n° 2 - località Incasola



Scheda progettazione n°2 località: Incasola

Legenda

-  Viabilità
-  Linea Gru a cavo
- Elementi di supporto**
-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

Dati di progettazione	
Stazione Motrice	Mobile
Lunghezza	457 m
Azimuth	84°
Ripresa	300 m ³
Impianto	Tri-Fune
Franco minimo da terra	6 m
Tensione di Montaggio	130 kN
CRmin	458 kN
Limite carico di sicurezza	183 kN
Tensione massima raggiunta	180 kN
Coefficiente Sicurezza	2.54

Elementi di supporto		
Tipologia	Altezza	Diametro
Ancoraggio		65
Torre	12	
Cavalletto	18	51
Cavalletto	16	45

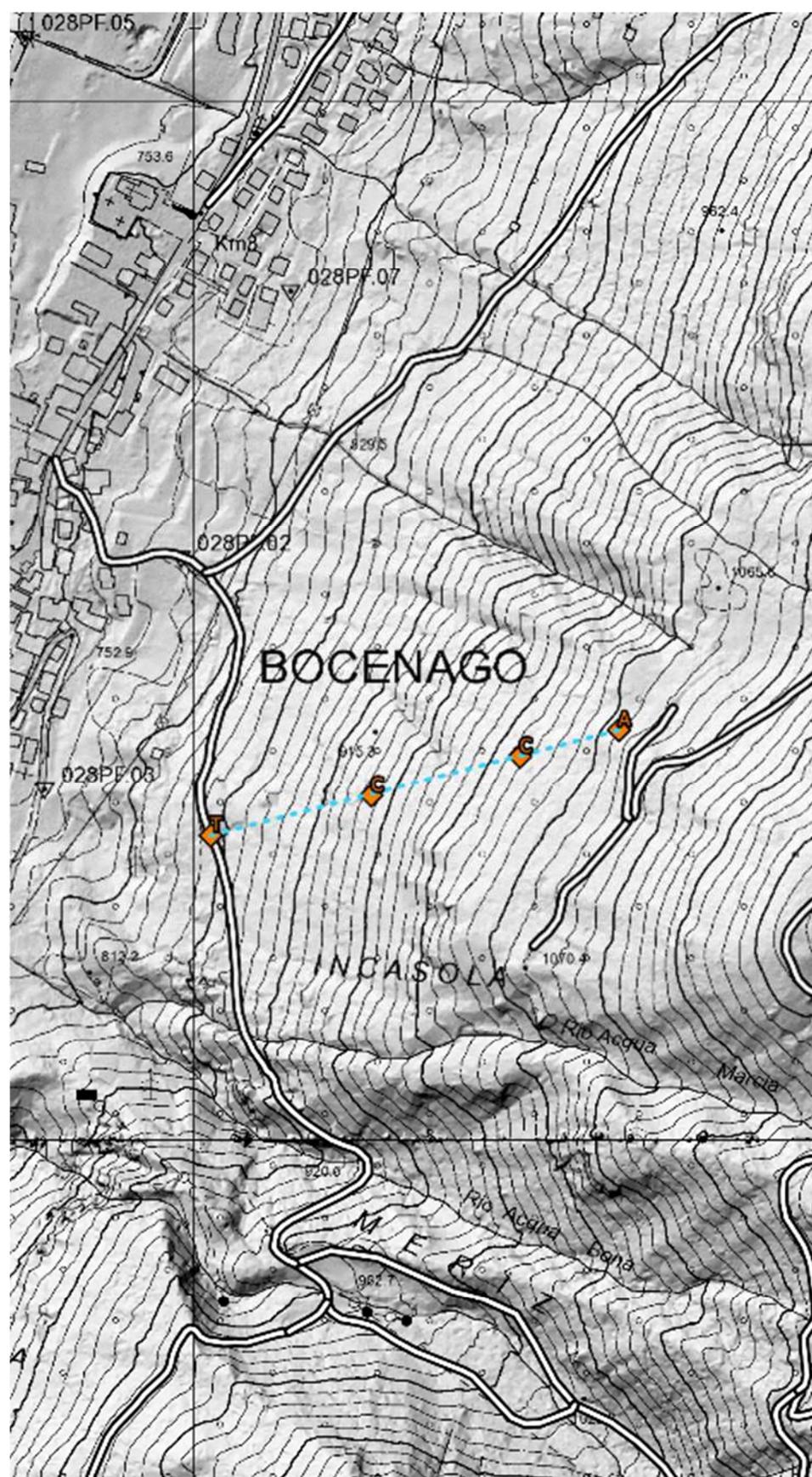
0 100 200 300 400 m

Scala 1:5000

**Scheda progettazione
n°2 località: Incasola**

Legenda

-  Viabilità
-  Linea Gru a cavo
- Elementi di supporto**
-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano



0 100 200 300 400 m

Scala 1:5000

**Scheda progettazione
n°2 località: Incasola**

Legenda

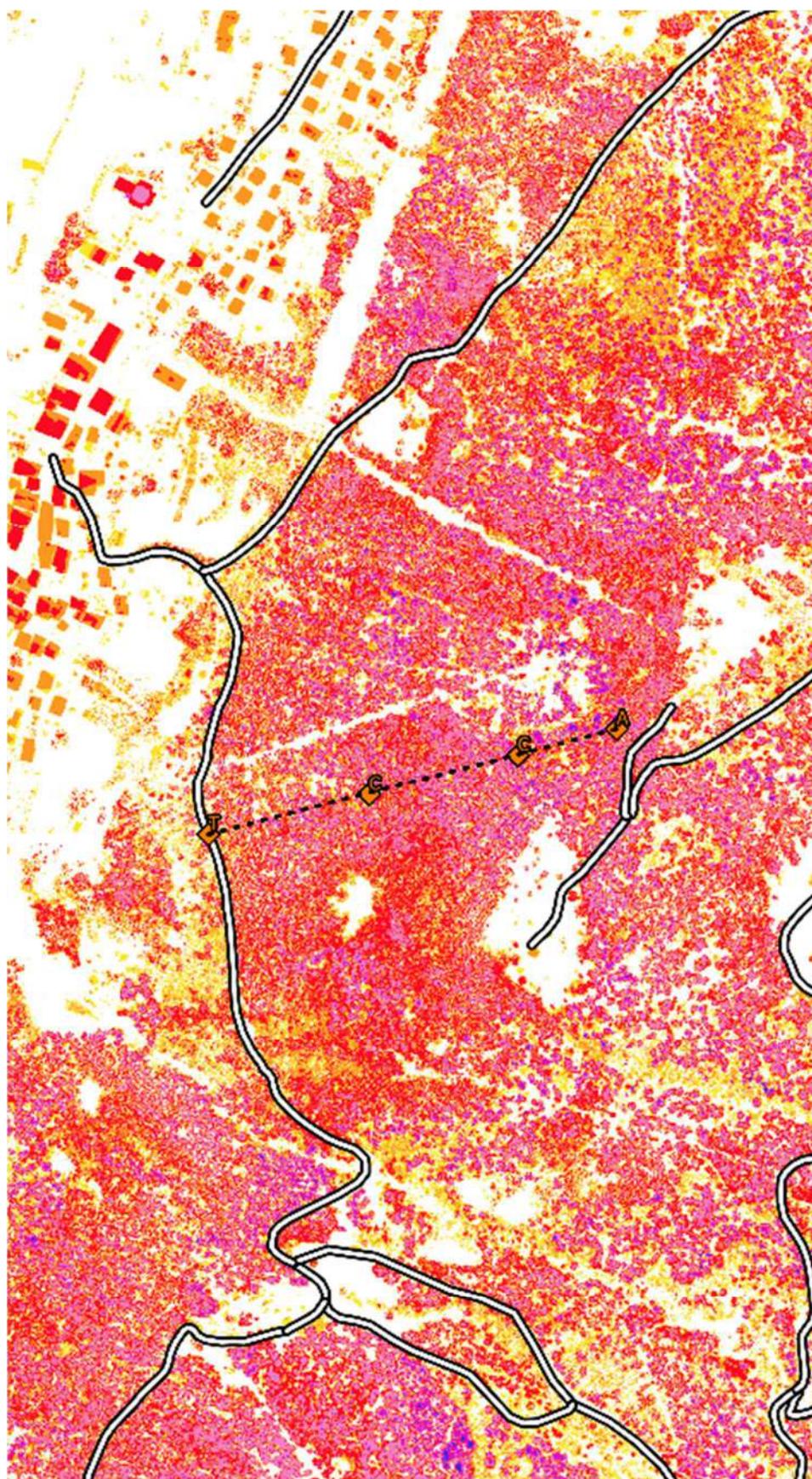
-  Viabilità
-  Linea Gru a cavo

Elementi di supporto

-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

CHM

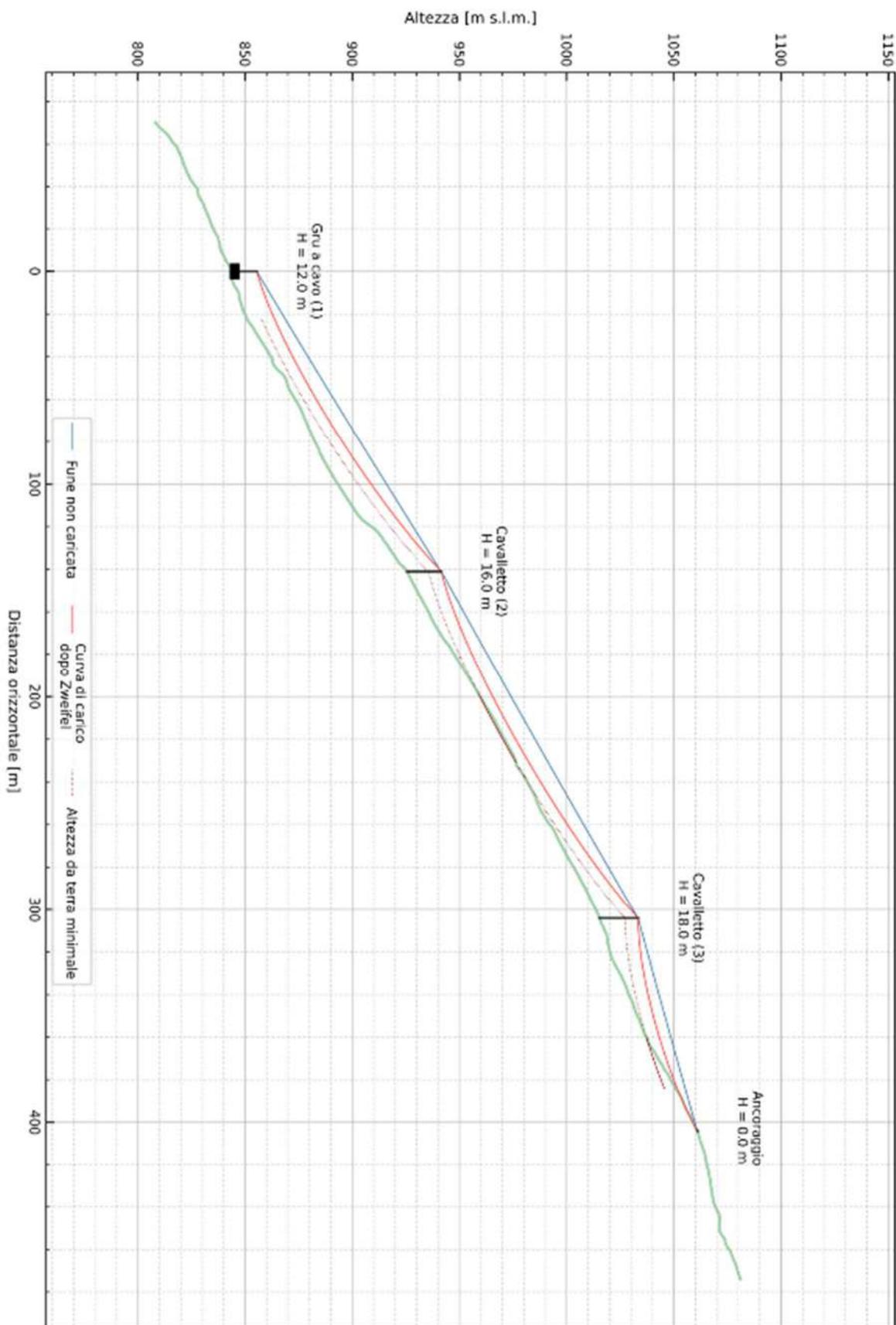
-  0 - 2
-  2 - 5
-  5 - 10
-  10 - 20
-  20 - 30
-  30 - 40
-  40 - 50



0 100 200 300 400 m

Scala 1:5000

Tabulato Seilaplan - Incasola



SEILAPLAN progetto: Incasola

Data	27.10.2022, 15:50 Uhr		
Autore del progetto	-	Numero del progetto	-
Commune	-	Sito forestale	-
Tipo di gru a cavo	-		
Nota	-		

Valori d'input

Serie di parametri: Torre			
Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	35 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	20 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	20 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	130 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	135 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	12.0 m	0 °	-	-
2	Cavalletto	16.0 m	0 °	45 cm	29 cm
3	Cavalletto	18.0 m	0 °	51 cm	33 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	65 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 180 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	- (Forza sulla sella)	-	-	-
2	Cavalletto	47 kN (Forza sulla sella)	3.6 °	14.3 °	-
3	Cavalletto	74 kN (Forza sulla sella)	15.3 °	27.3 °	-
	Ancoraggio	180 kN (F. trazione della fune)	-	-	40.5 °

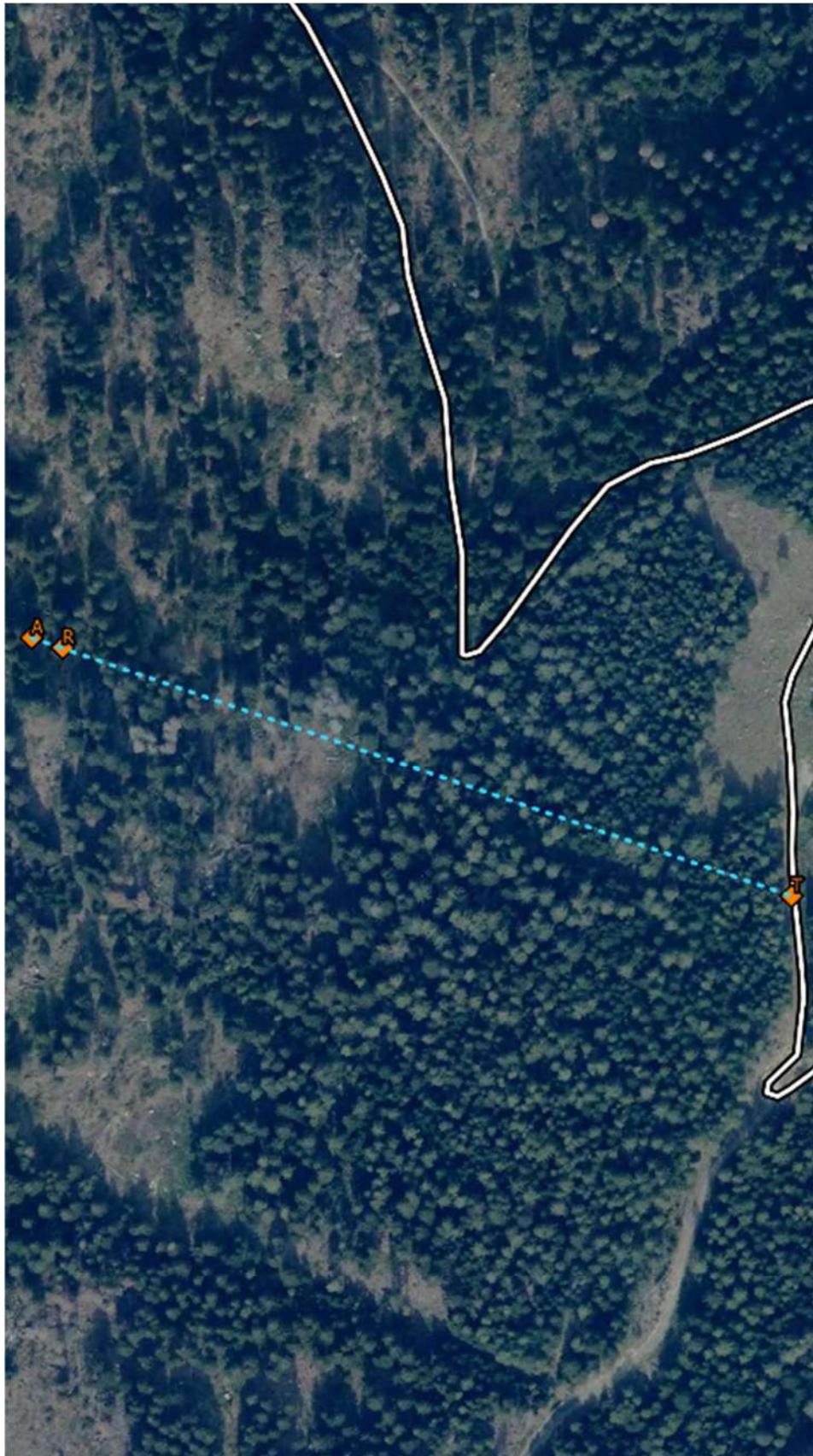
Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimut	84.1 gon / 75.7 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	458.3 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	23.4 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Cavalletto (2)	141.0 m	163.2 m	82.1 m	0.6 m	9.0 m
Cavalletto (2) -> Cavalletto (3)	163.0 m	186.1 m	89.8 m	0.8 m	9.9 m
Cavalletto (3) -> Ancoraggio	100.0 m	109.9 m	45.6 m	0.2 m	5.6 m
Somma finale	404.0 m	459.2 m	217.6 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata dalle due parte con un ancoraggio fisso.

Linea n° 3 - località Martin da Fist



Scheda progettazione n°3 località: Martin da Fist

Legenda

-  Viabilità
-  Linea Gru a cavo
- Elementi di supporto**
-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

Dati di progettazione	
Stazione Motrice	Mobile
Lunghezza	452 m
Azimuth	121°
Ripresa	293 m ³
Impianto	Tri-Fune
Franco minimo da terra	6 m
Tensione di Montaggio	80 kN
CRmin	458 kN
Limite carico di sicurezza	183 kN
Tensione massima raggiunta	184 kN
Coefficiente Sicurezza	2.49

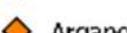
Elementi di supporto		
Tipologia	Altezza	Diametro
Torre	12	
Ancoraggio		65
Ritto	18	59

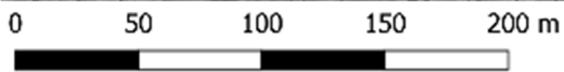
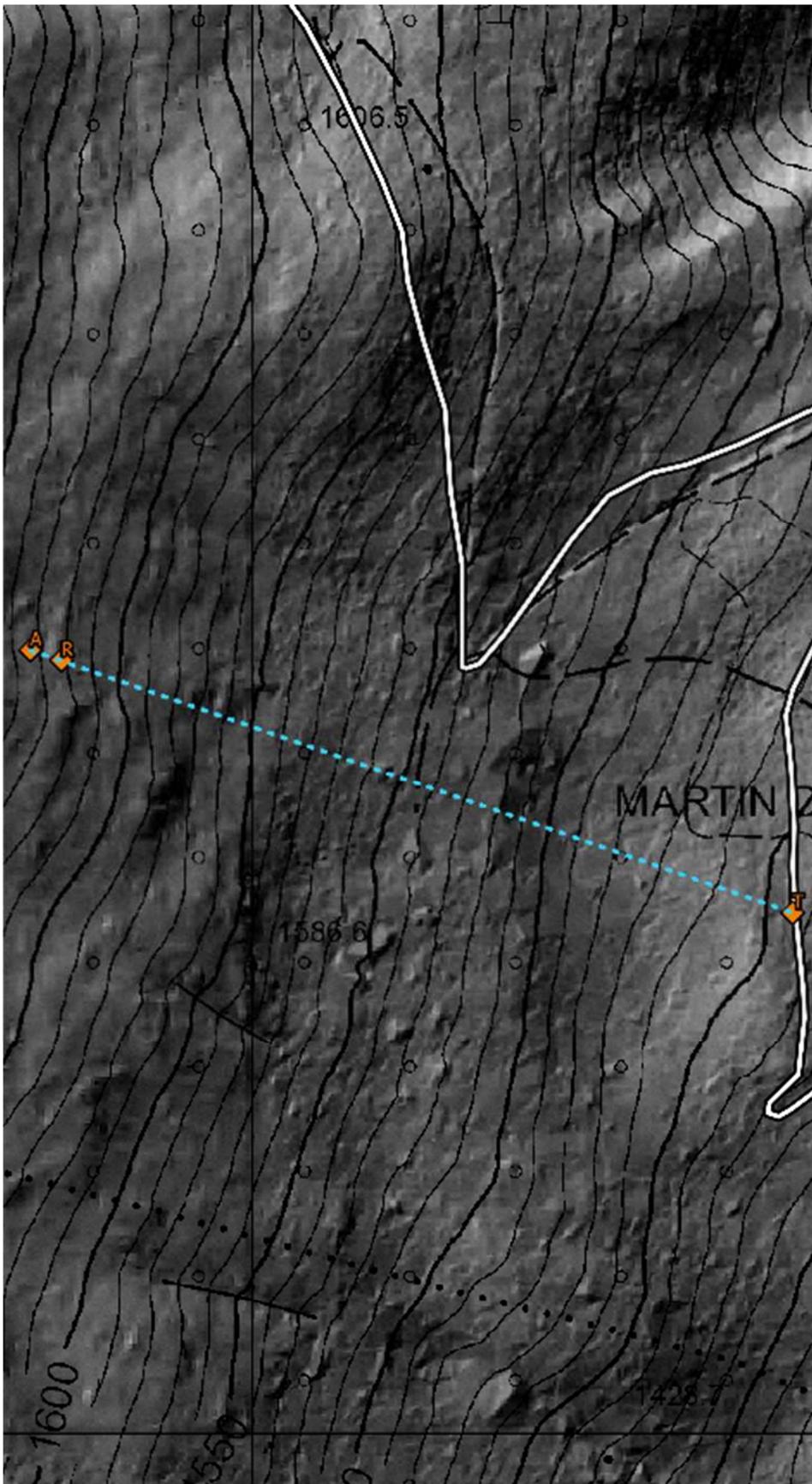


Scala 1:2500

**Scheda progettazione
n°3 località: Martin
da Fist**

Legenda

-  Viabilità
-  Linea Gru a cavo
- Elementi di supporto**
-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano



Scala 1:2500

**Scheda progettazione
n°3 località: Martin da
Fist**

Legenda

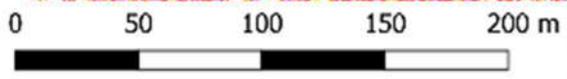
- Viabilità
- - - Linea Gru a cavo

Elementi di supporto

- ◆ Ancoraggio
- ◆ Ritto
- ◆ Cavalletto
- ◆ Torre
- ◆ Argano

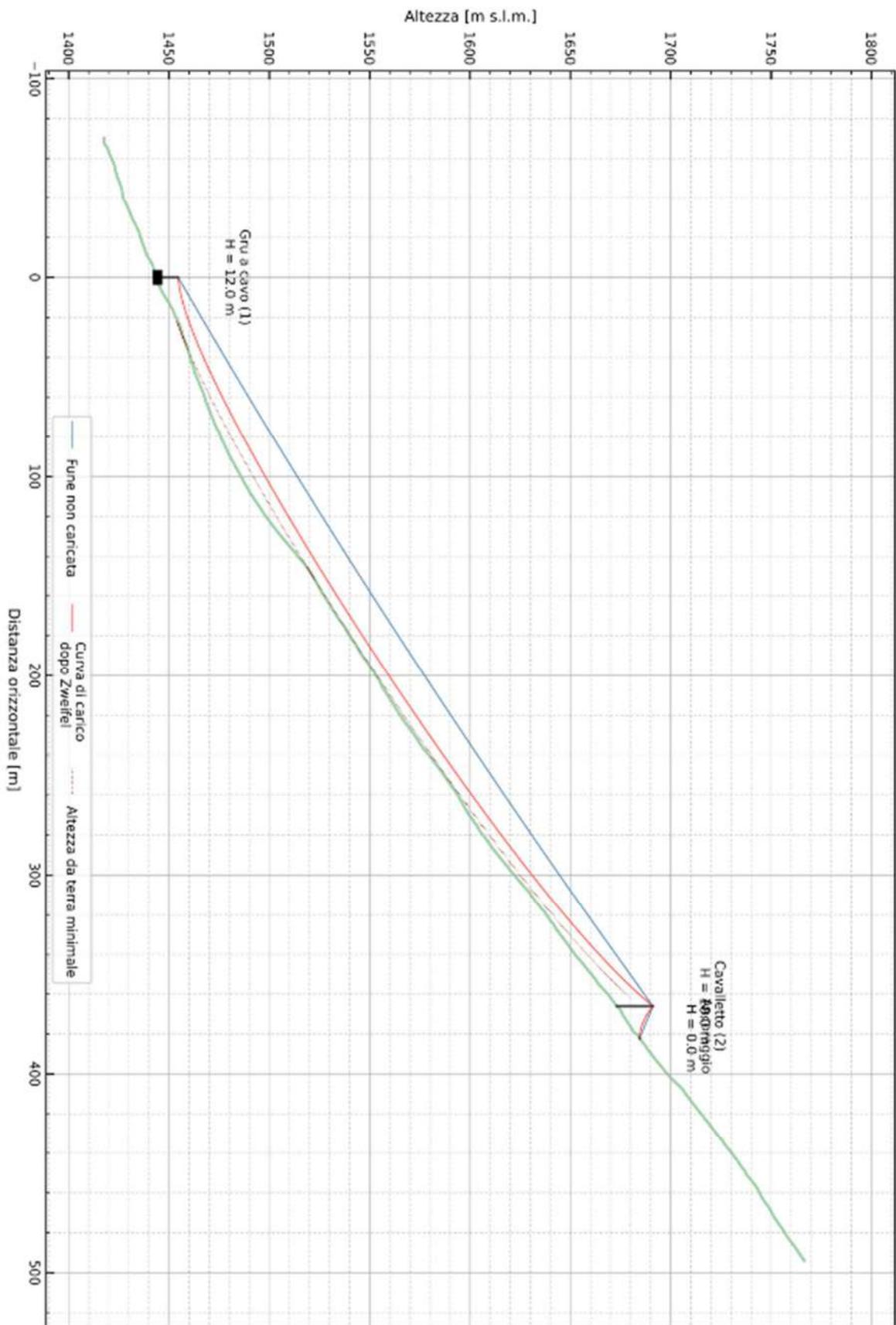
CHM

- 0 - 2
- 2 - 5
- 5 - 10
- 10 - 20
- 20 - 30
- 30 - 40
- 40 - 50



Scala 1:2500

Tabulato Selliplan - Martin da Fist



SEILAPLAN progetto: Martin da Fist

Data	21.10.2022, 12:12 Uhr	
Autore del progetto	-	Numero del progetto -
Comune	-	Sito forestale -
Tipo di gru a cavo	-	
Nota	-	

Valori d'input

Serie di parametri: Torre			
Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	35 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	20 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	20 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	80 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	85 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	12.0 m	0 °	-	-
2	Cavalletto	18.0 m	0 °	59 cm	41 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	65 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 184 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	- (Forza sulla sella)	-	-	-
2	Cavalletto	126 kN (Forza sulla sella)	58.6 °	74.8 °	-
	Ancoraggio	184 kN (F. trazione della fune)	-	-	12.6 °

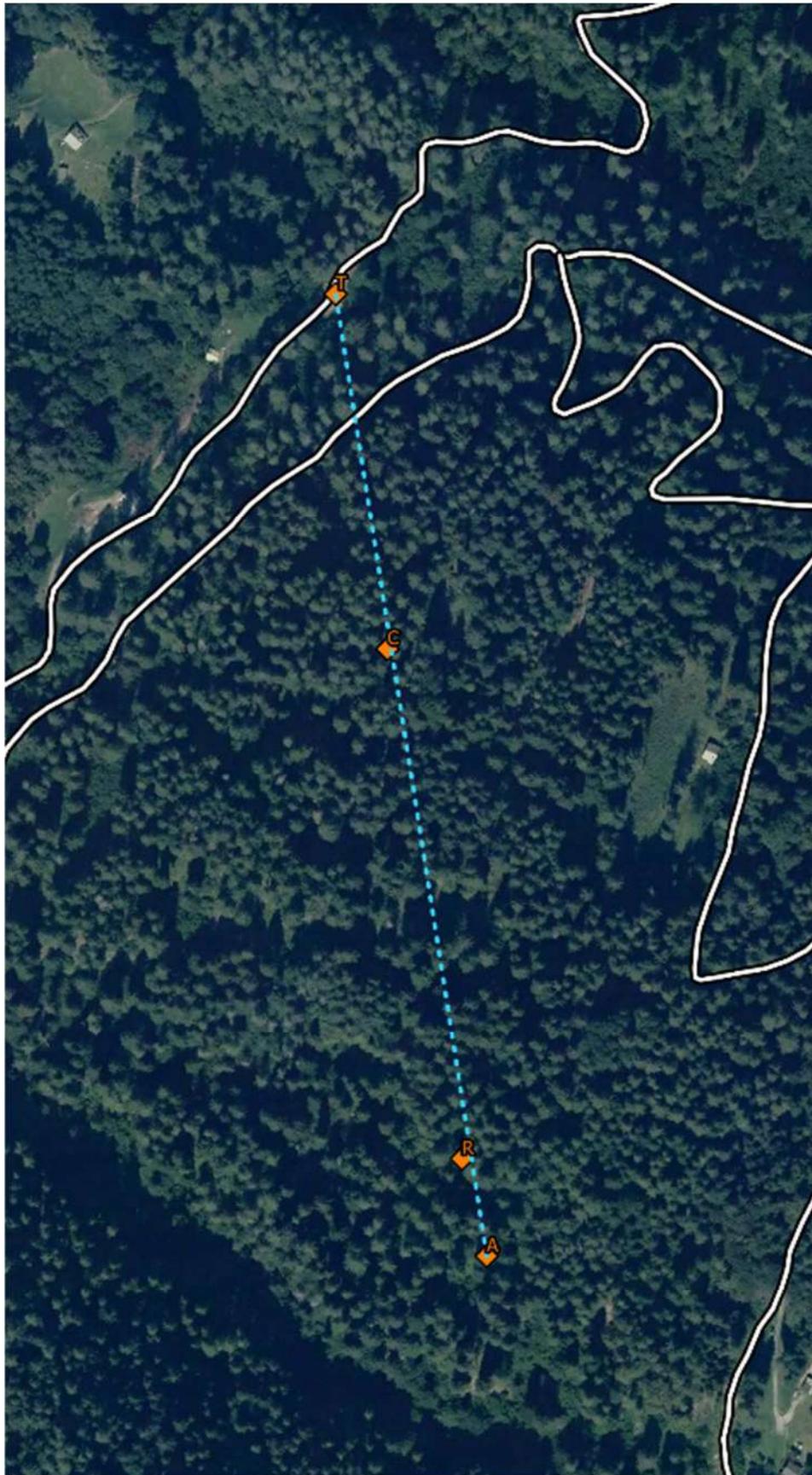
Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimet	320.6 gon / 288.5 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	454.7 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	29.5 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Cavalletto (2)	366.0 m	432.6 m	230.6 m	6.7 m	24.5 m
Cavalletto (2) -> Ancoraggio	16.0 m	19.6 m	11.3 m	0.0 m	1.6 m
Somma finale	382.0 m	452.2 m	241.9 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata delle due parte con un ancoraggio fisso.

Linea n° 4 - località Pertiche



Scheda progettazione n°4 località: Pertiche

Legenda

- Viabilità
- Linea Gru a cavo
- Elementi di supporto
 - Ancoraggio
 - Ritto
 - Cavalletto
 - Torre
 - Argano

Dati di progettazione	
Stazione Motrice	Mobile
Lunghezza	504 m
Azimuth	390°
Ripresa	390 m ³
Impianto	Tri-Fune
Franco minimo da terra	6 m
Tensione di Montaggio	107 kN
CRmin	458 kN
Limite carico di sicurezza	183 kN
Tensione massima raggiunta	177 kN
Coefficiente Sicurezza	2.59

Elementi di supporto		
Tipologia	Altezza	Diametro
Torre	12	
Cavalletto	14	43
Ritto	18	53
Ancoraggio	0	65

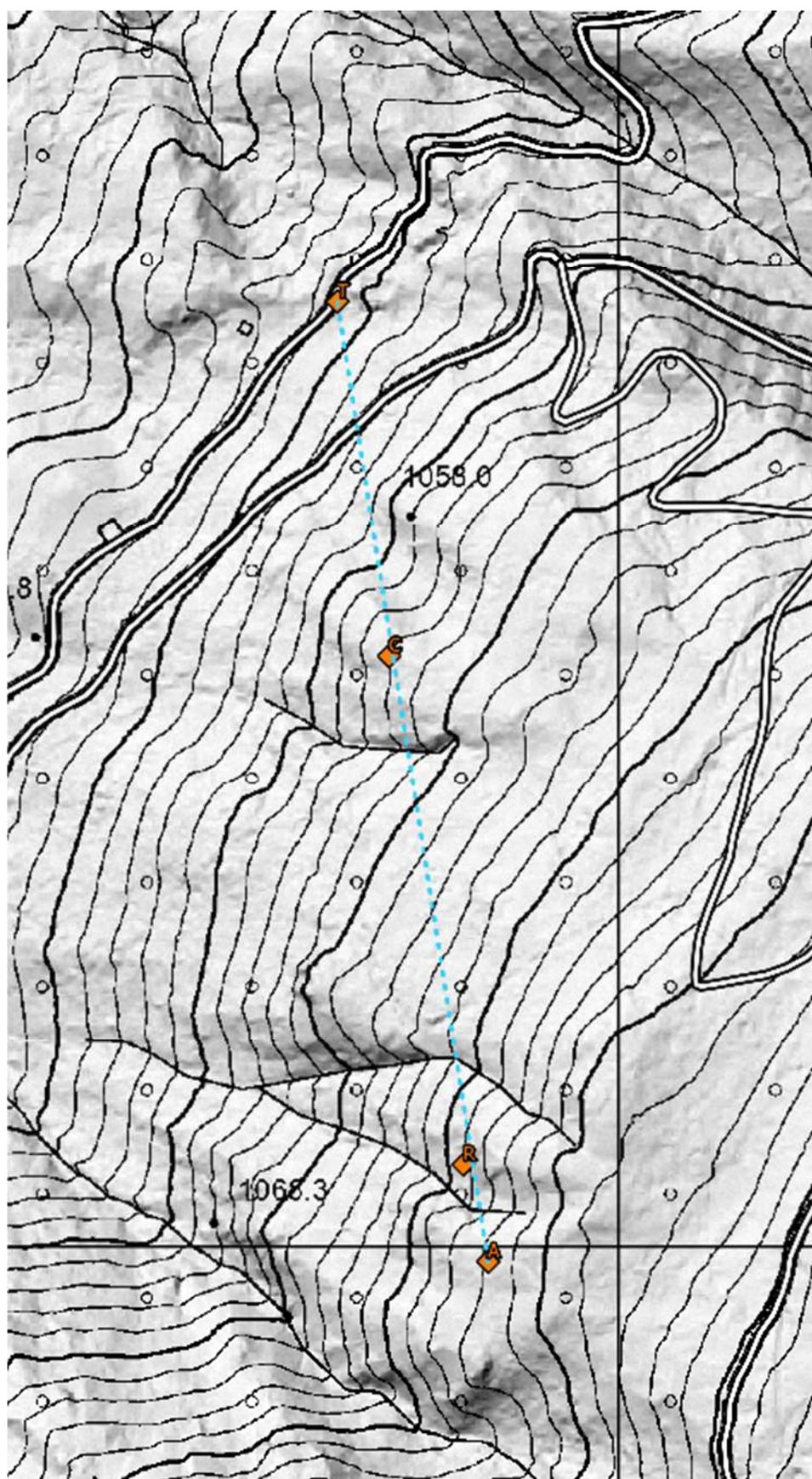


Scala 1:2500

**Scheda progettazione
n°4 località: Pertiche**

Legenda

-  Viabilità
-  Linea Gru a cavo
- Elementi di supporto**
-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano



0 50 100 150 200 m

Scala 1:2500

**Scheda progettazione
n°4 località: Pertiche**

Legenda

-  Viabilità
-  Linea Gru a cavo

Elementi di supporto

-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

CHM

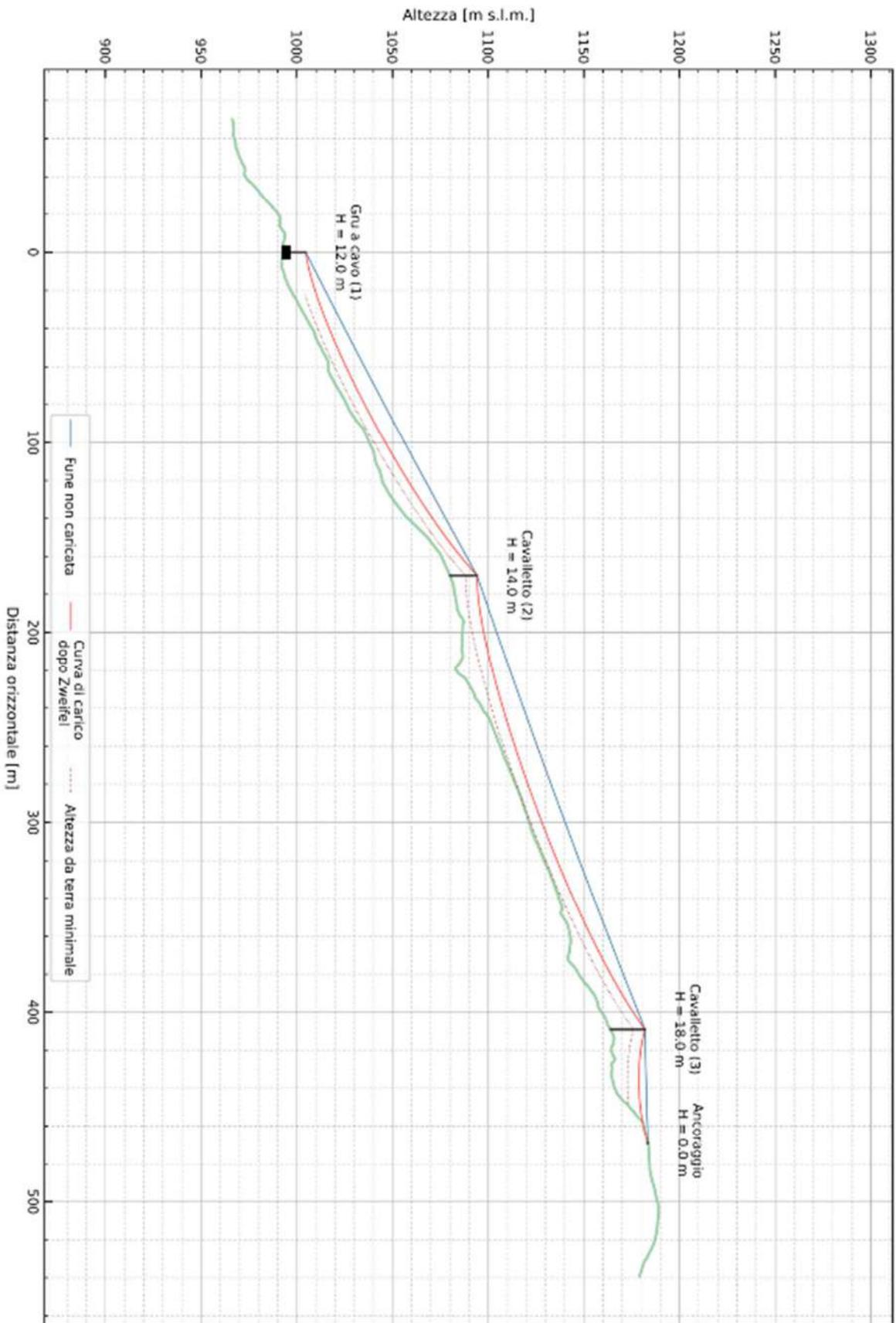
-  0 - 2
-  2 - 5
-  5 - 10
-  10 - 20
-  20 - 30
-  30 - 40
-  40 - 50



0 50 100 150 200 m

Scala 1:2500

Tabulato Seilaplan - Pertiche



SEILAPLAN progetto: Pertiche

Data	20.10.2022, 15:02 Uhr	Numero del progetto	-
Autore del progetto	-	Sito forestale	-
Commune	-		
Tipo di gru a cavo	-		
Nota	-		

Valori d'input

Serie di parametri: Torre			
Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	35 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	20 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	20 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	107 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	111 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	12.0 m	0 °	-	-
2	Cavalletto	14.0 m	0 °	43 cm	29 cm
3	Cavalletto	18.0 m	0 °	53 cm	35 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	65 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 177 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	- (Forza sulla sella)	-	-	-
2	Cavalletto	59 kN (Forza sulla sella)	10.1 °	21.1 °	-
3	Cavalletto	79 kN (Forza sulla sella)	20.5 °	34.9 °	-
	Ancoraggio	177 kN (F. trazione della fune)	-	-	19.8 °

Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimet	189.7 gon / 170.8 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	508.8 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	28.2 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Cavalletto (2)	170.0 m	191.2 m	87.5 m	1.0 m	11.3 m
Cavalletto (2) -> Cavalletto (3)	239.0 m	253.3 m	83.8 m	1.7 m	13.9 m
Cavalletto (3) -> Ancoraggio	60.0 m	63.1 m	19.5 m	0.1 m	3.9 m
Somma finale	469.0 m	507.5 m	190.8 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata delle due parte con un ancoraggio fisso.

Linea n° 5 - località Preda Molin



Scheda progettazione n°5 località: Preda Molin

Legenda

- Viabilità
- Linea Gru a cavo

Elementi di supporto

- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

Dati di progettazione	
Stazione Motrice	Mobile
Lunghezza	452 m
Azimuth	307°
Ripresa	220 m ³
Impianto	Tri-Fune
Franco minimo da terra	6 m
Tensione di Montaggio	130 kN
CRmin	458 kN
Limite carico di sicurezza	183 kN
Tensione massima raggiunta	178 kN
Coefficiente Sicurezza	2.57

Elementi di supporto		
Tipologia	Altezza	Diametro
Torre	12	65
Cavalletto	17	44
Cavalletto	11	36
Ritto	15	49
Ancoraggio		65



Scala 1:5000

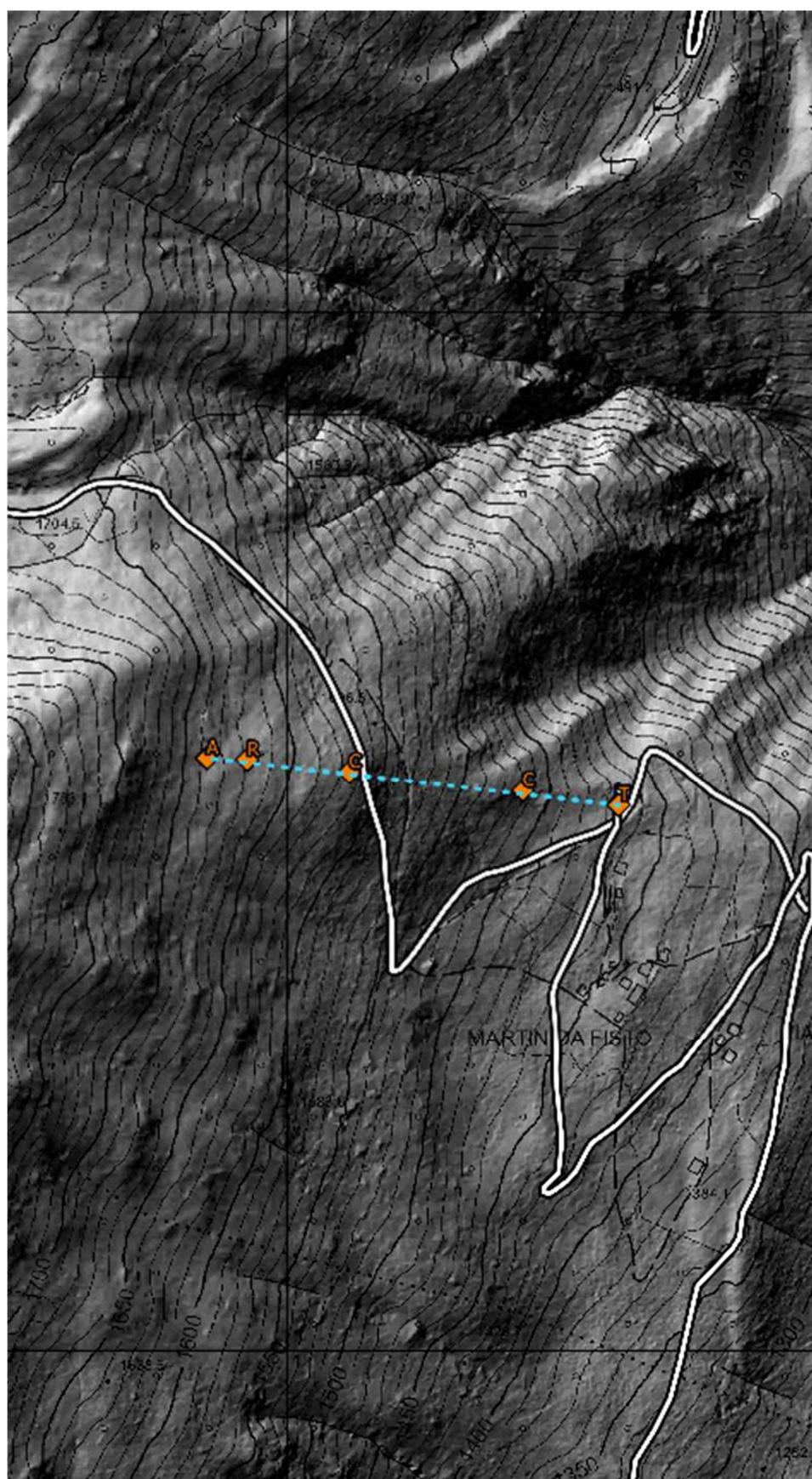
**Scheda progettazione
n°5 località: Preda
Molin**

Legenda

- Viabilità
- - - Linea Gru a cavo

Elementi di supporto

- ◆ Ancoraggio
- ◆ Ritto
- ◆ Cavalletto
- ◆ Torre
- ◆ Argano



0 100 200 300 400 m

Scala 1:5000

**Scheda progettazione
n°5 località: Preda
Molin**

Legenda

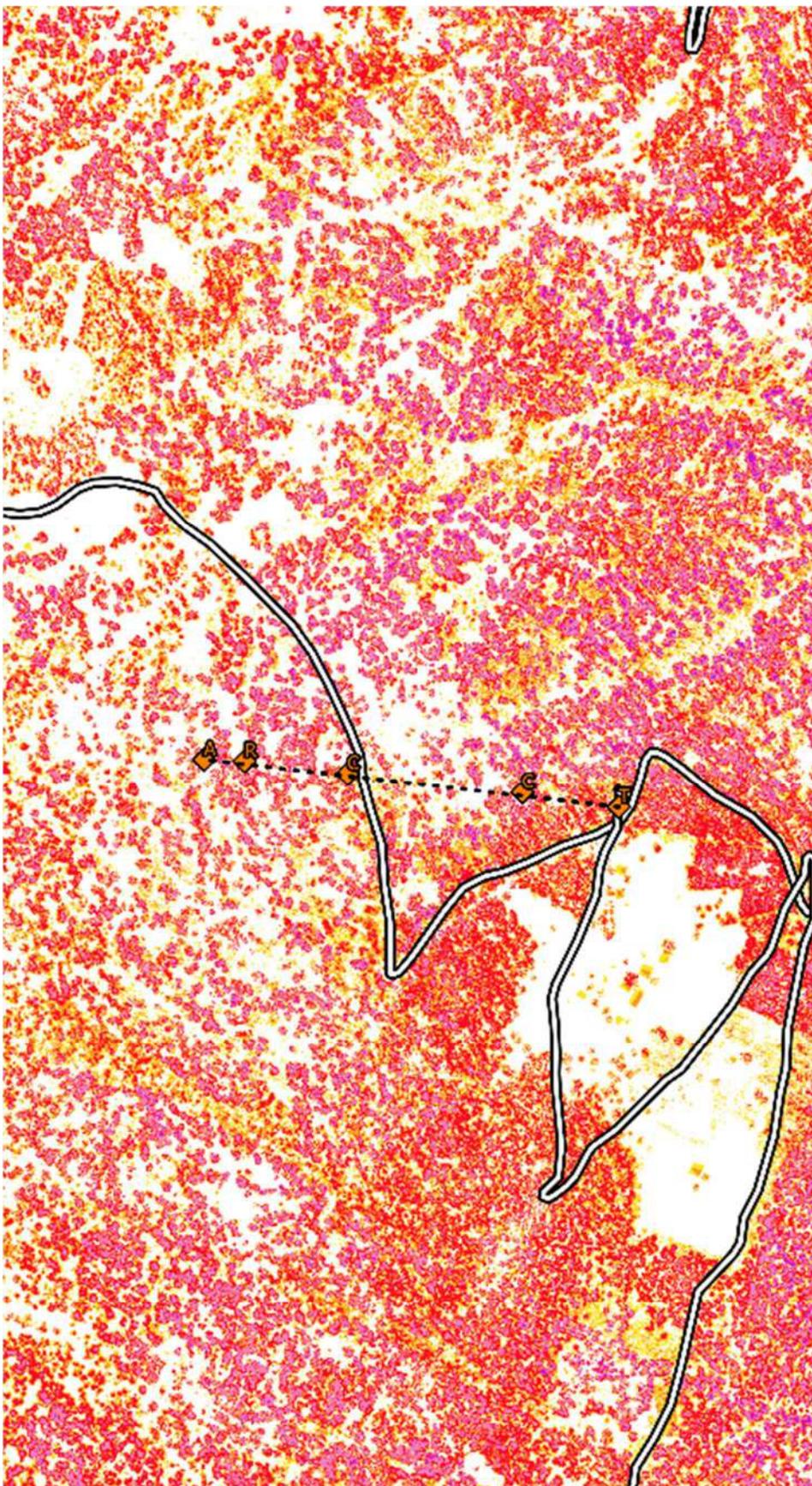
-  Viabilità
-  Linea Gru a cavo

Elementi di supporto

-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

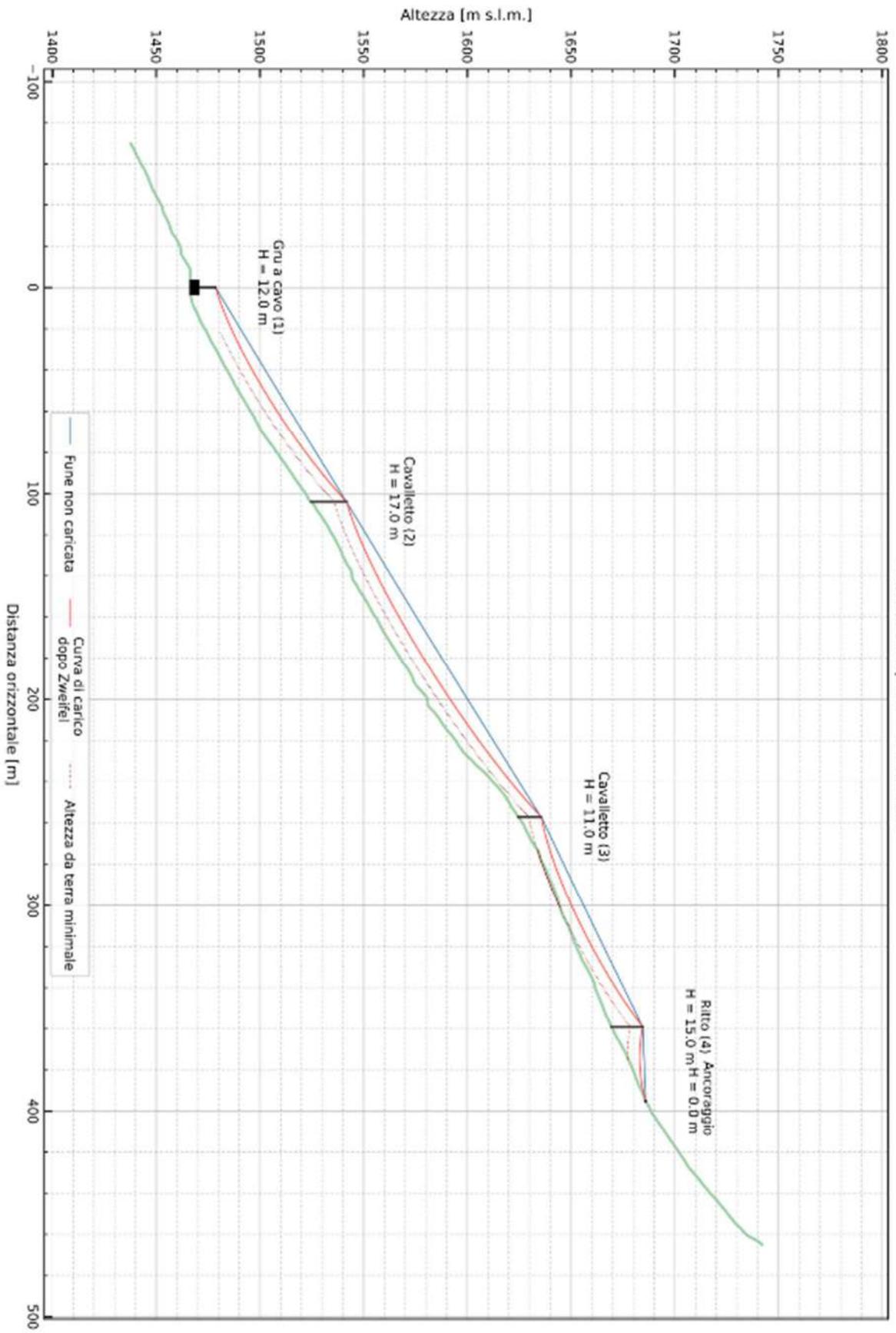
CHM

-  0 - 2
-  2 - 5
-  5 - 10
-  10 - 20
-  20 - 30
-  30 - 40
-  40 - 50



0 100 200 300 400 m

Scala 1:5000



SEILAPLAN progetto: Preda Molin

Data	27.10.2022, 16:57 Uhr	Numero del progetto	-
Autore del progetto	-	Sito forestale	-
Commune	-		
Tipo di gru a cavo	-		
Nota	-		

Valori d'input

Serie di parametri: Torre			
Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	35 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	20 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	20 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	130 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	135 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	12.0 m	0 °	-	-
2	Cavalletto	17.0 m	0 °	44 cm	27 cm
3	Cavalletto	11.0 m	0 °	36 cm	25 cm
4	Ritto	15.0 m	0 °	49 cm	34 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	65 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 178 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	-	(Forza sulla sella)	-	-
2	Cavalletto	41 kN	(Forza sulla sella)	1.0 °	11.8 °
3	Cavalletto	55 kN	(Forza sulla sella)	7.2 °	19.0 °
4	Ritto	94 kN	(Forza sulla sella)	24.1 °	37.3 °
	Ancoraggio	178 kN	(F. trazione della fune)	-	26.9 °

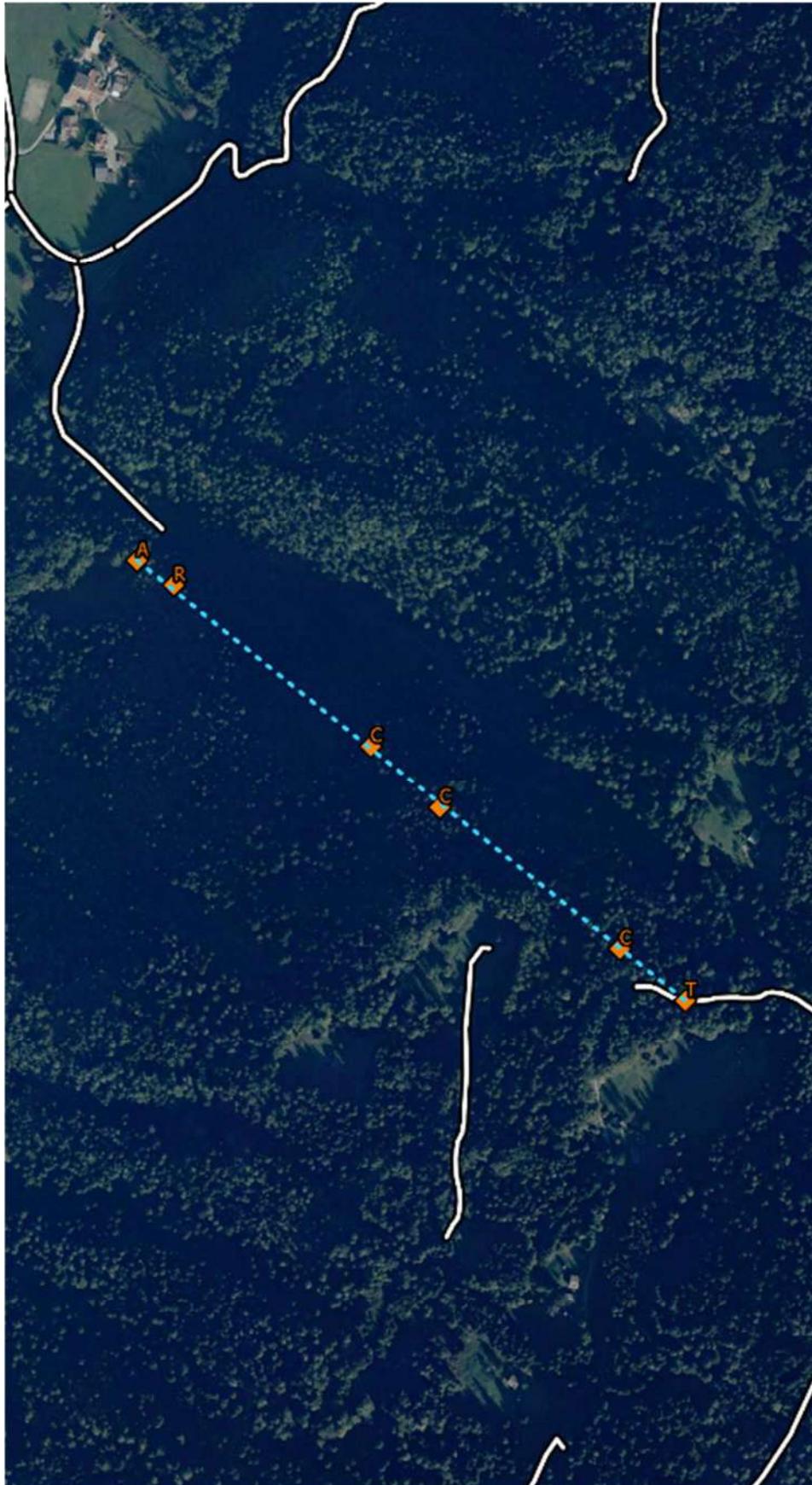
Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimet	307.4 gon / 276.6 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	452.5 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	23.9 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Cavalletto (2)	104.0 m	119.1 m	58.1 m	0.3 m	6.8 m
Cavalletto (2) -> Cavalletto (3)	153.0 m	182.7 m	99.9 m	0.7 m	9.6 m
Cavalletto (3) -> Ritto (4)	102.0 m	111.4 m	44.9 m	0.3 m	6.2 m
Ritto (4) -> Ancoraggio	36.0 m	39.6 m	16.4 m	0.0 m	2.1 m
Somma finale	395.0 m	452.8 m	219.3 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato e basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissato delle due parte con un ancoraggio fisso.

Linea n° 6 - località Tres



Scheda progettazione n°6 località: Tres

Legenda

-  Viabilità
-  Linea Gru a cavo

Elementi di supporto

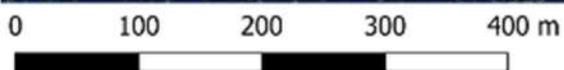
-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

Dati di progettazione

Stazione Motrice	Mobile
Lunghezza	769 m
Azimuth	143°
Ripresa	600 m ³
Impianto	Bi-Fune
Franco minimo da terra	6 m
Tensione di Montaggio	145 kN
CRmin	458 kN
Limite carico di sicurezza	183 kN
Tensione massima raggiunta	182 kN
Coefficiente Sicurezza	2.52

Elementi di supporto

Tipologia	Altezza	Diametro
Ancoraggio		58
Ritto	14	42
Cavalletto	16	33
Cavalletto	18	50
Cavalletto	18	54
Torre	12	

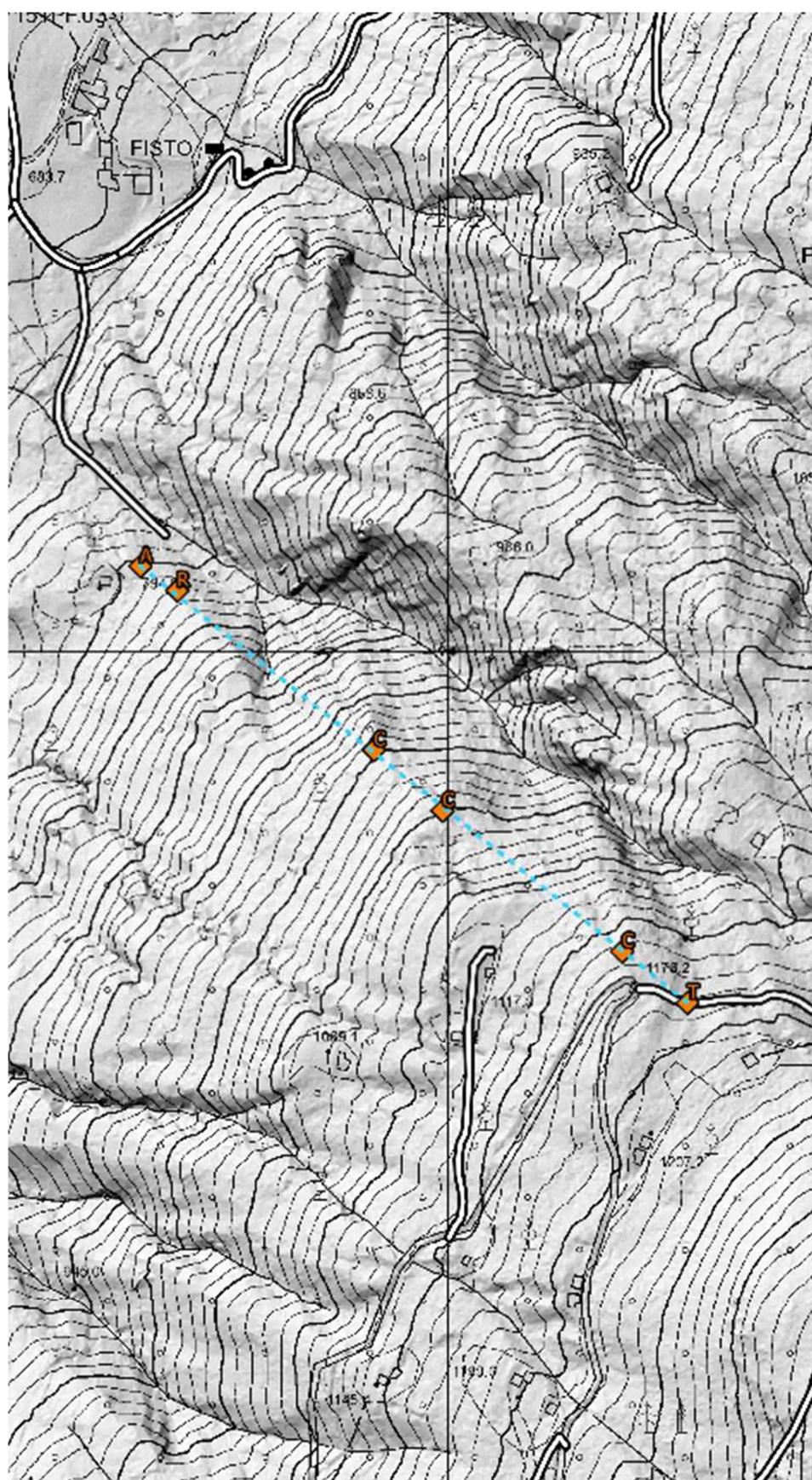


Scala 1:5000

**Scheda progettazione
n°6 località: Tres**

Legenda

-  Viabilità
-  Linea Gru a cavo
- Elementi di supporto**
-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano



0 100 200 300 400 m

Scala 1:5000

**Scheda progettazione
n°6 località: Tres**

Legenda

— Viabilità

- - - Linea Gru a cavo

Elementi di supporto

◆ Ancoraggio

◆ Ritto

◆ Cavalletto

◆ Torre

◆ Argano

CHM

0 - 2

2 - 5

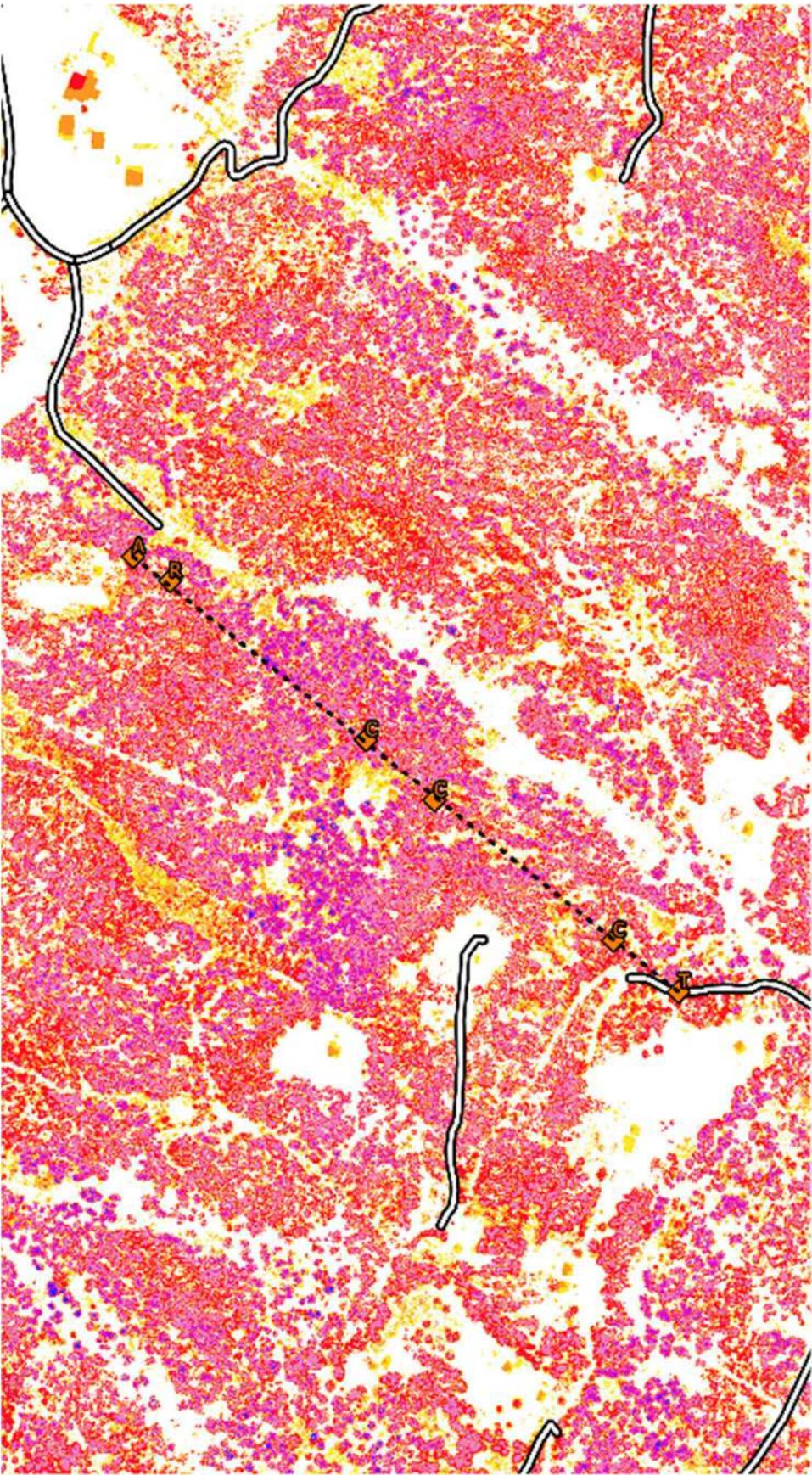
5 - 10

10 - 20

20 - 30

30 - 40

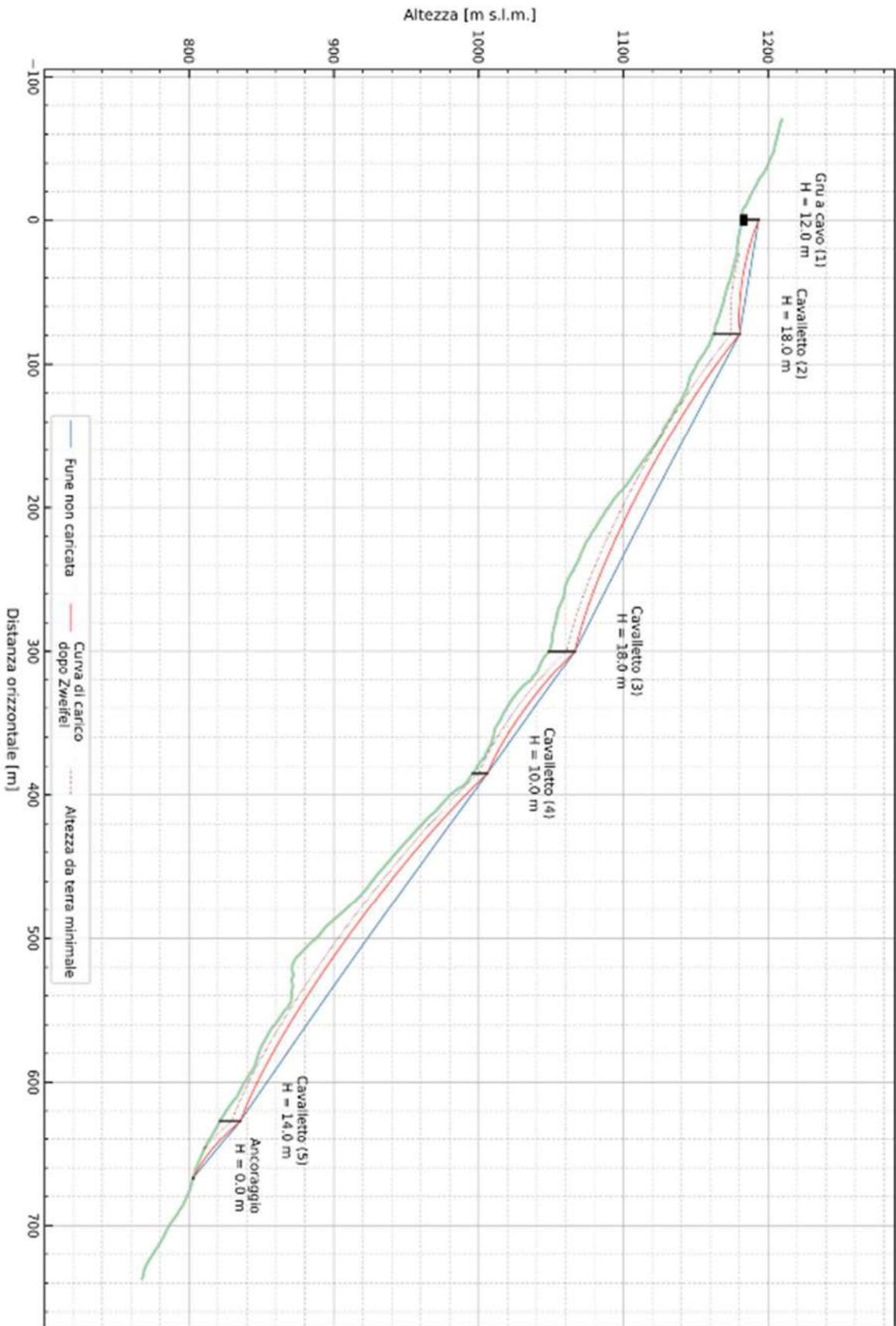
40 - 50



0 100 200 300 400 m

Scala 1:5000

Tabulato Sellaiplan - Tres



SEILAPLAN progetto: Tres

Data	20.10.2022, 15:40 Uhr	
Autore del progetto	-	Numero del progetto -
Comune	-	Sito forestale -
Tipo di gru a cavo	-	
Nota	-	

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	35 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	20 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	20 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	145 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	136 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm2

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	12.0 m	0 °	-	-
2	Cavalletto	18.0 m	0 °	54 cm	36 cm
3	Cavalletto	18.0 m	0 °	50 cm	32 cm
4	Cavalletto	10.0 m	0 °	33 cm	23 cm
5	Cavalletto	14.0 m	0 °	42 cm	28 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	58 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 182 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	- (Forza sulla sella)	-	-	-
2	Cavalletto	86 kN (Forza sulla sella)	19.3 °	31.9 °	-
3	Cavalletto	62 kN (Forza sulla sella)	9.6 °	20.5 °	-
4	Cavalletto	44 kN (Forza sulla sella)	1.3 °	13.2 °	-
5	Cavalletto	52 kN (Forza sulla sella)	5.4 °	15.8 °	-
	Ancoraggio	172 kN (F. trazione della fune)	-	-	-63.9 °

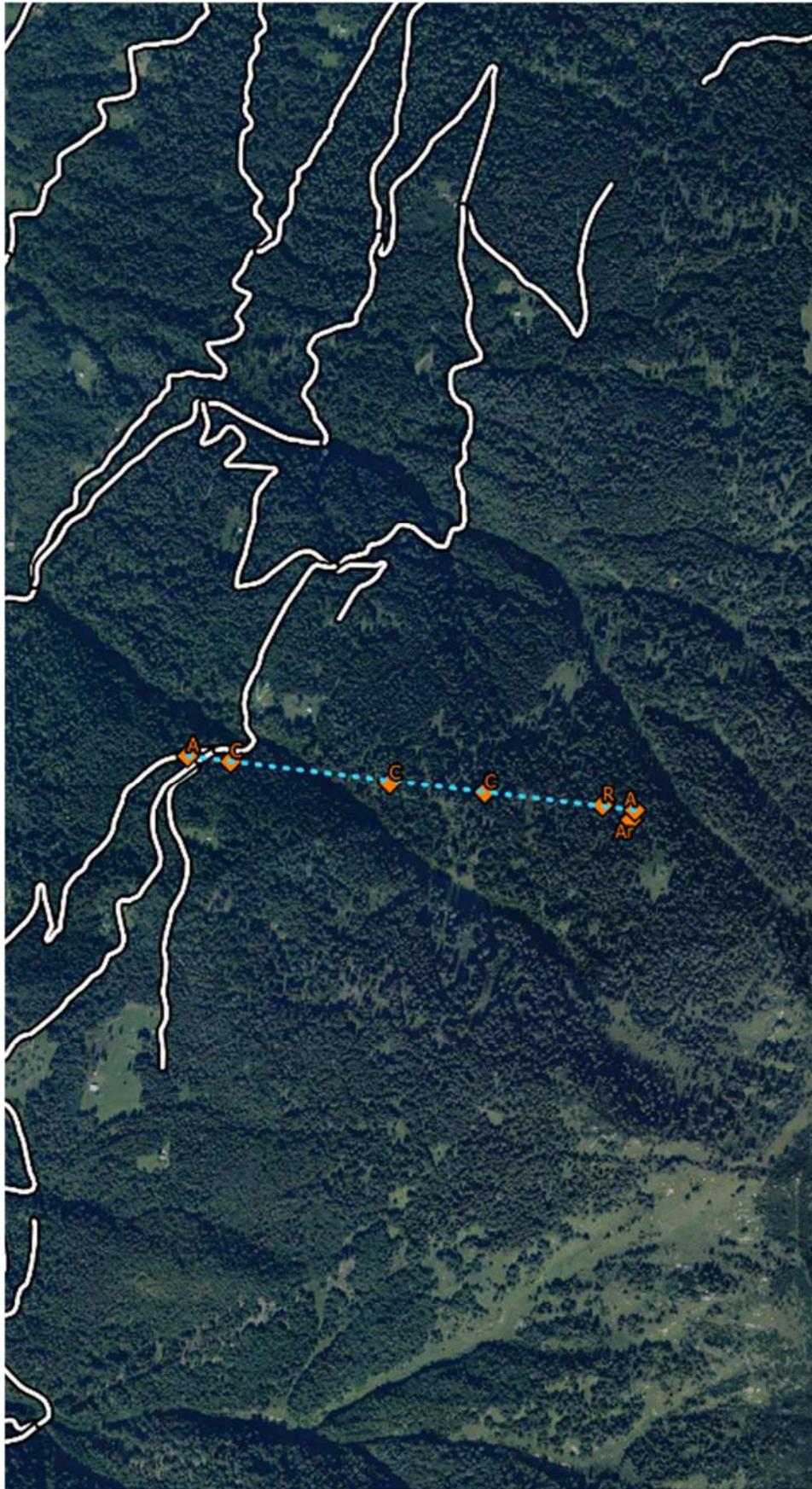
Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimet	343.3 gon / 308.9 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	785.0 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	46.0 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Cavalletto (2)	79.0 m	81.3 m	-19.0 m	0.1 m	4.5 m
Cavalletto (2) -> Cavalletto (3)	221.0 m	248.6 m	-113.8 m	1.2 m	13.2 m
Cavalletto (3) -> Cavalletto (4)	85.0 m	99.9 m	-52.5 m	0.2 m	6.1 m
Cavalletto (4) -> Cavalletto (5)	242.0 m	298.4 m	-174.7 m	1.8 m	16.2 m
Cavalletto (5) -> Ancoraggio	40.0 m	44.1 m	-18.6 m	0.1 m	3.2 m
Somma finale	667.0 m	772.3 m	-378.6 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato e basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissato delle due parte con un ancoraggio fisso.

Linea n° 7 - località Val di Pac



**Scheda progettazione
n°7 località: Val di
Pac**

Legenda

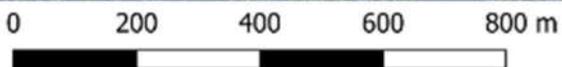
-  Viabilità
-  Linea Gru a cavo

Elementi di supporto

-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

Dati di progettazione	
Stazione Motrice	Tradizionale
Lunghezza	947 m
Azimuth	308°
Ripresa	600 m ³
Impianto	Bi-Fune
Franco minimo da terra	8 m
Tensione di Montaggio	130 kN
CRmin	458 kN
Limite carico di sicurezza	153 kN
Tensione massima raggiunta	155 kN
Coefficiente Sicurezza	2.95

Elementi di supporto		
Tipologia	Altezza	Diametro
Ancoraggio		65
Ritto	16	45
Cavalletto	14	42
Cavalletto	17	44
Ancoraggio		52
Argano		
Cavalletto	18	43

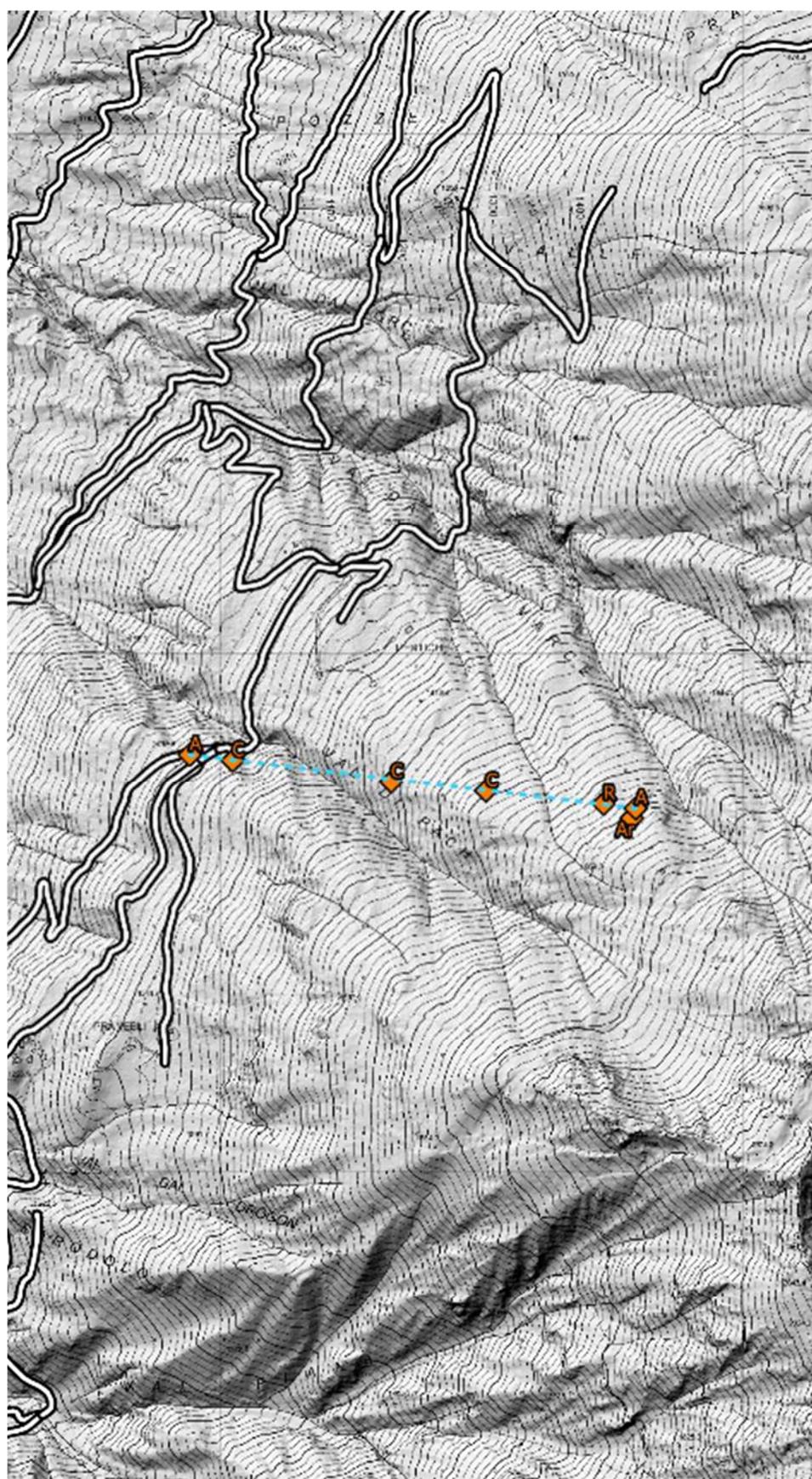


Scala 1:10000

**Scheda progettazione
n°7 località: Val di
Pac**

Legenda

-  Viabilità
-  Linea Gru a cavo
- Elementi di supporto**
-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano



0 200 400 600 800 m

Scala 1:10000

Scheda progettazione
n°7 località: Val di Pac

Legenda

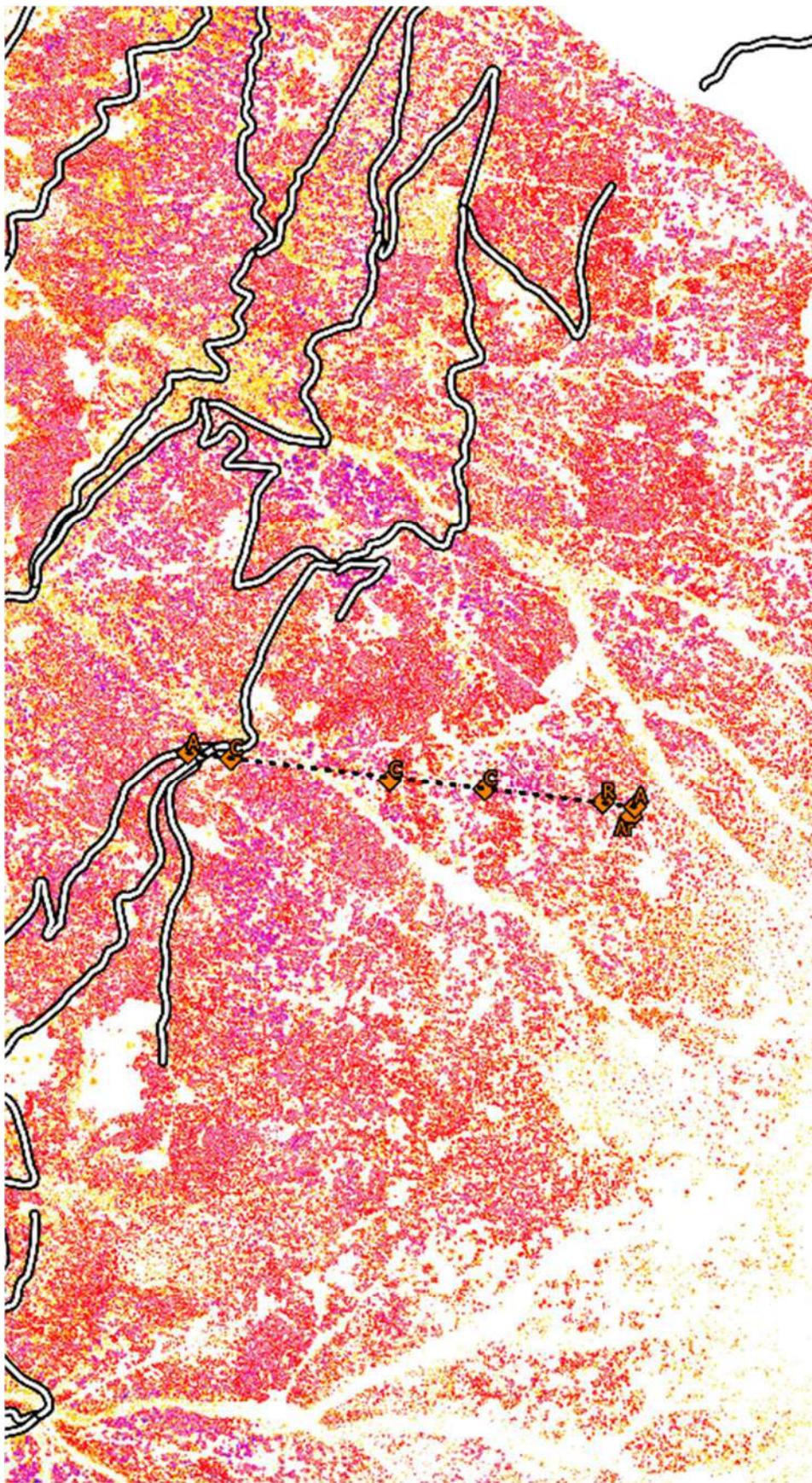
- Viabilità
- Linea Gru a cavo

Elementi di supporto

- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

CHM

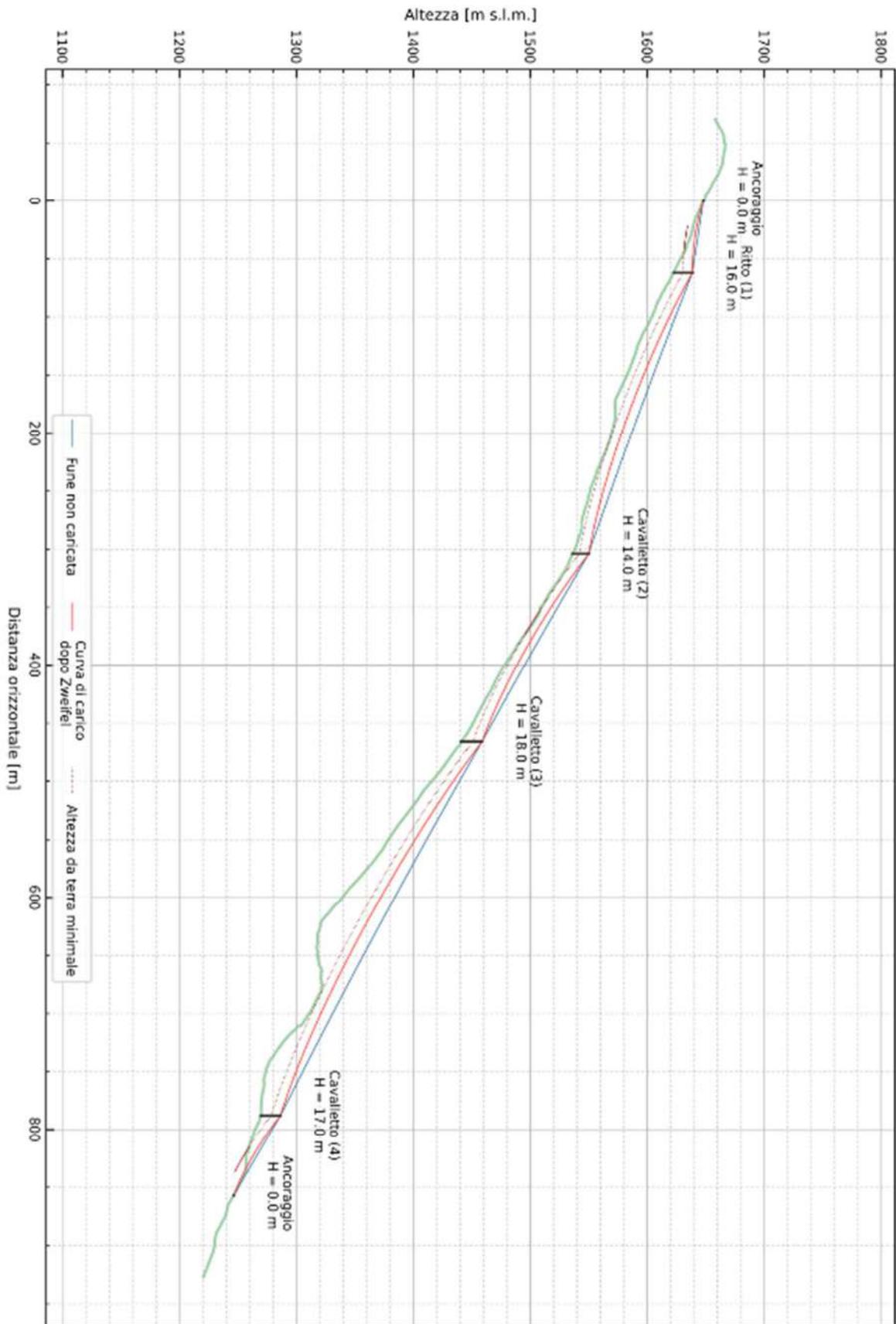
- 0 - 2
- 2 - 5
- 5 - 10
- 10 - 20
- 20 - 30
- 30 - 40
- 40 - 50



0 200 400 600 800 m

Scala 1:10000

Tabulato Selliplan - Val di Pac



SEILAPLAN progetto: Val di Pac

Data	28.10.2022, 11:15 Uhr		
Autore del progetto	-	Numero del progetto	-
Commune	-	Sito forestale	-
Tipo di gru a cavo	-		
Nota	-		

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	20 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	8 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	20 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	20 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	130 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	121 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	3	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	65 cm	-
1	Ritto	16.0 m	0 °	45 cm	29 cm
2	Cavalletto	14.0 m	0 °	42 cm	28 cm
3	Cavalletto	18.0 m	0 °	43 cm	25 cm
4	Cavalletto	17.0 m	0 °	44 cm	27 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	52 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 155 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
	Ancoraggio	155 kN (F. trazione della fune)	-	-	13.3 °
1	Ritto	53 kN (Forza sulla sella)	13.2 °	21.7 °	-
2	Cavalletto	50 kN (Forza sulla sella)	11.4 °	19.1 °	-
3	Cavalletto	31 kN (Forza sulla sella)	1.3 °	9.2 °	-
4	Cavalletto	36 kN (Forza sulla sella)	4.0 °	11.4 °	-
	Ancoraggio	146 kN (F. trazione della fune)	-	-	-48.0 °

Campate dei ancoraggi e cavalletti

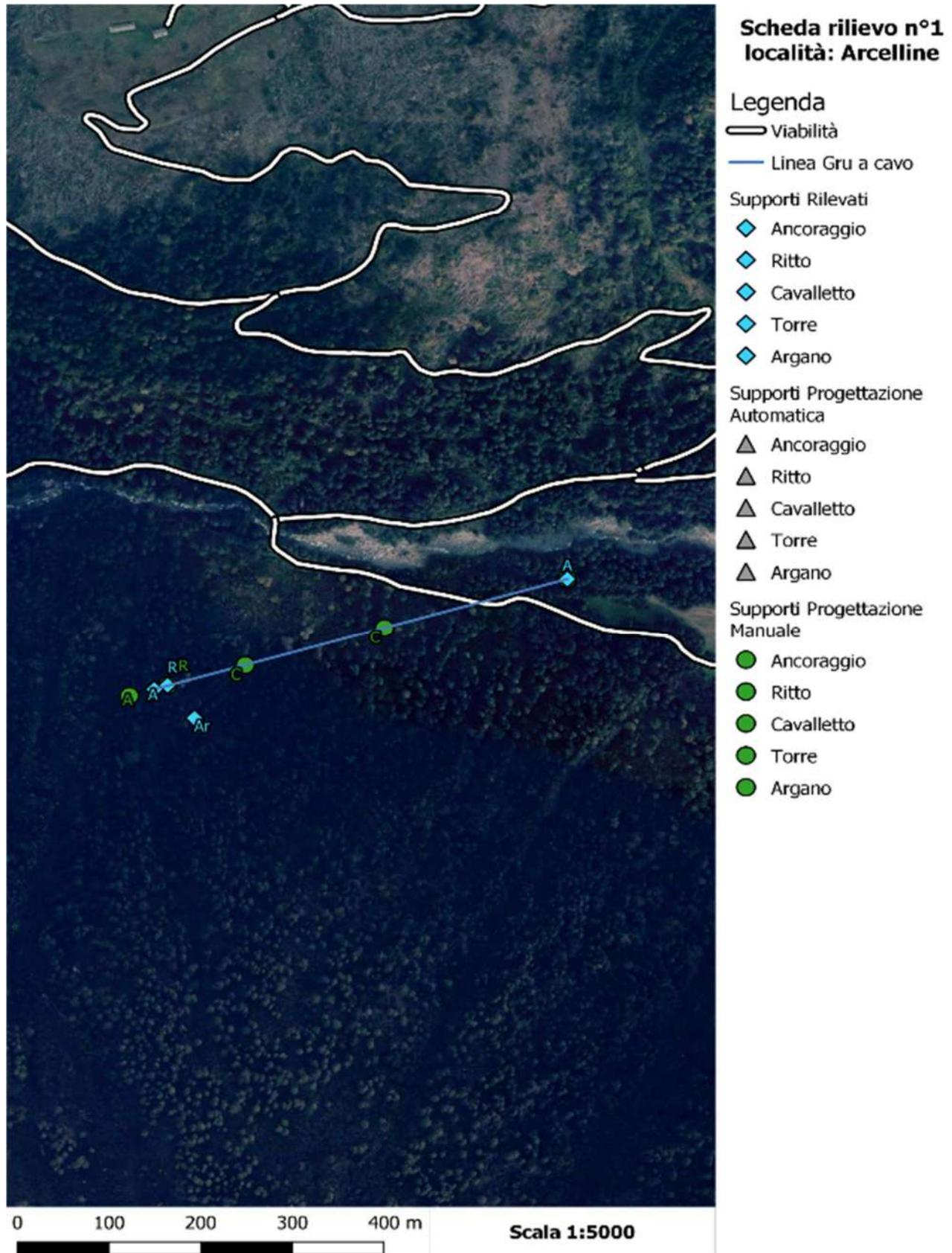
Azimet	307.8 gon / 277.0 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	956.0 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	55.8 m

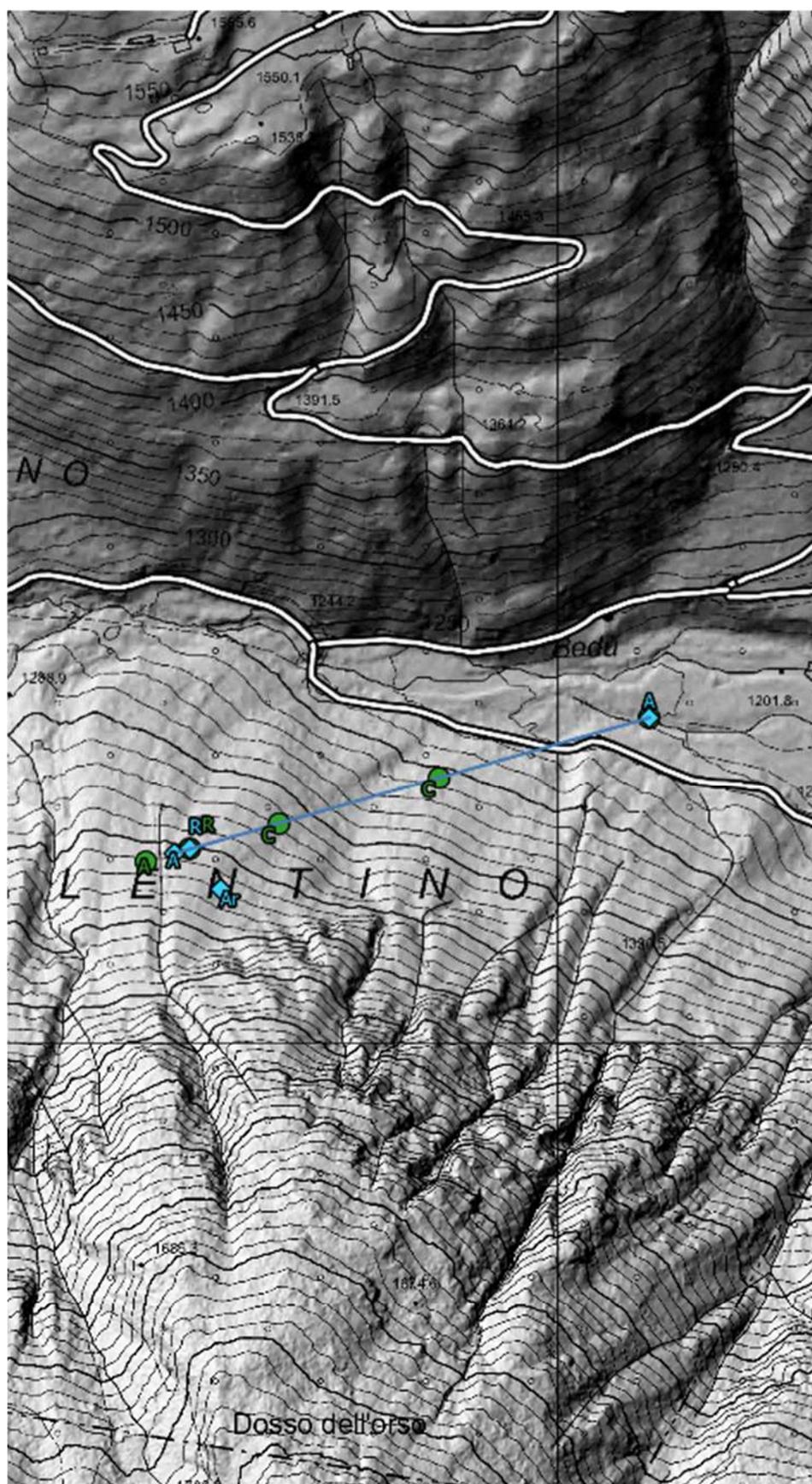
Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Ancoraggio -> Ritto (1)	62.0 m	66.9 m	-25.3 m	0.1 m	2.4 m
Ritto (1) -> Cavalletto (2)	242.0 m	257.1 m	-86.7 m	1.5 m	10.3 m
Cavalletto (2) -> Cavalletto (3)	162.0 m	187.9 m	-95.2 m	0.8 m	7.5 m
Cavalletto (3) -> Cavalletto (4)	322.0 m	364.7 m	-171.3 m	3.1 m	15.3 m
Cavalletto (4) -> Ancoraggio	69.0 m	72.7 m	-22.9 m	0.2 m	3.3 m
Somma finale	857.0 m	949.3 m	-401.3 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato e basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata delle due parte con un ancoraggio fisso.

Allegato 2: Schede di Rilievo

Linea n° 1 - località Arcelline





Scheda rilievo n°8
località: Arcelline

Legenda

- Viabilità
- Linea Gru a cavo

Supporti Rilevati

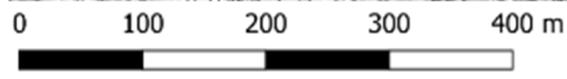
- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

Supporti Progettazione Automatica

- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

Supporti Progettazione Manuale

- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano



Scala 1:5000

Scheda rilievo n°8
località: Arcelline

Legenda

-  Viabilità
-  Linea Gru a cavo

Supporti Rilevati

-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

Supporti Progettazione Automatica

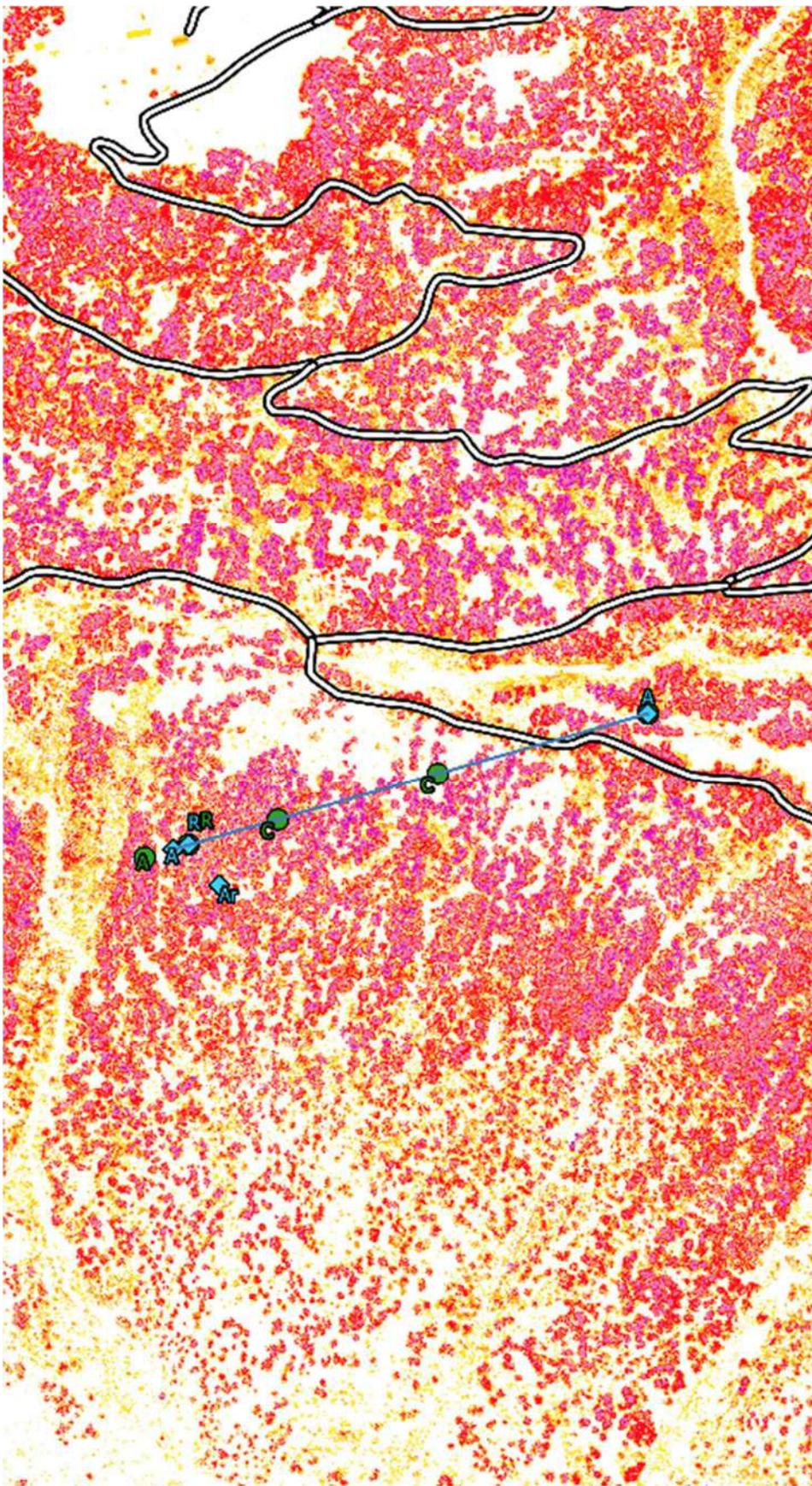
-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

Supporti Progettazione Manuale

-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

CHM

-  0 - 2
-  2 - 5
-  5 - 10
-  10 - 20
-  20 - 30
-  30 - 40
-  40 - 50



0 100 200 300 400 m

Scala 1:5000

Linea					
Data rilievo	Stazione Motrice	Impianto	Lunghezza	Azimuth	Ripresa
2022-07-31	Tradizionale	Bi-fune	491 m	82°	590 m^3

Dotazione aziendale			
Stazione Motrice	Carrello	Peso Carrello	Trazione Massima
Wyssen - hy-84	wyssen hy-2	385 kg	30 kN

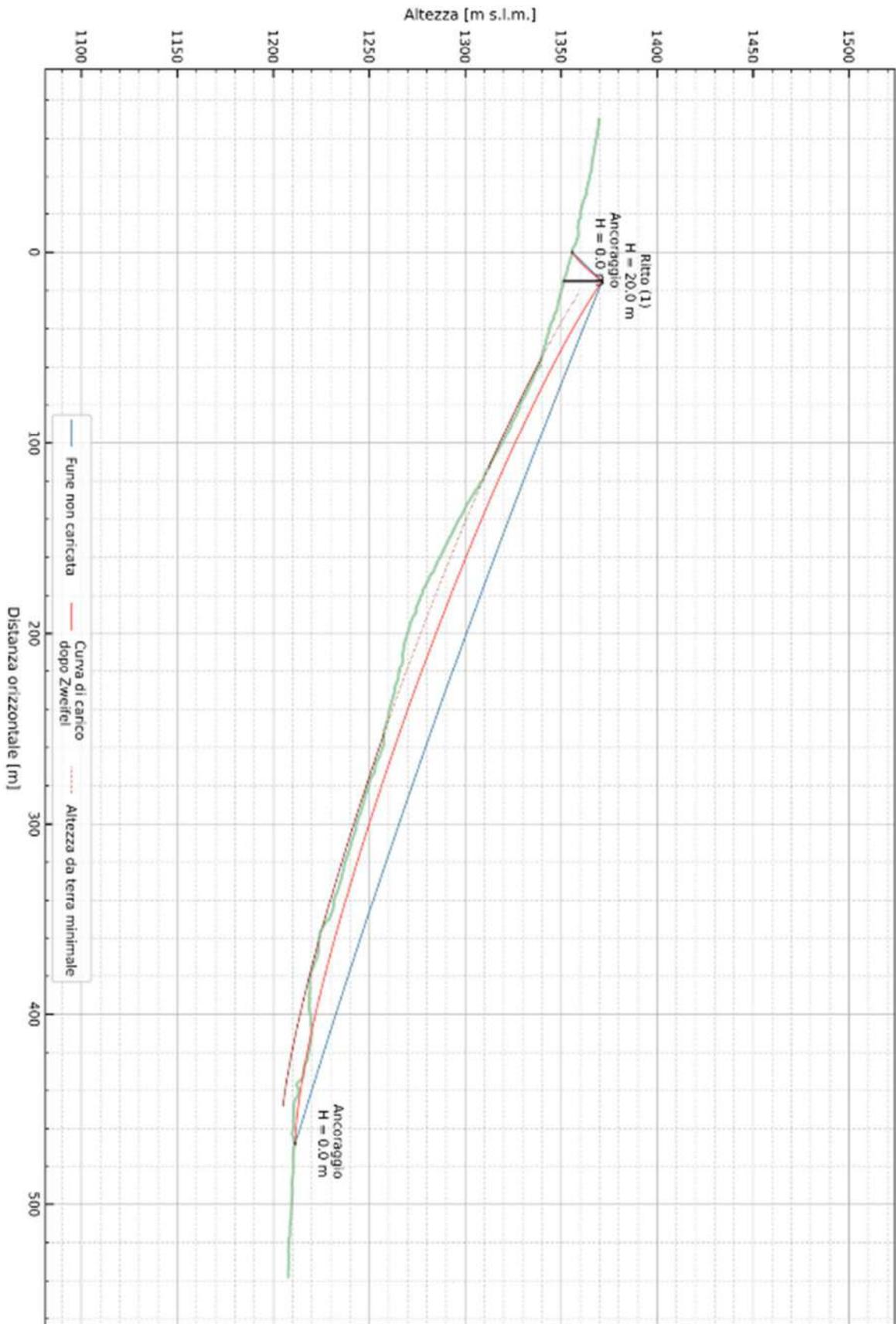
Fune Portante				
Fune Portante	Carico di Rottura Minimo	Limite carico di Sicurezza	Coefficiente di Sicurezza Progettuale	Franco da terra Progettuale
22mm compattata	458	153	3	8

Confronto Tensioni			
	Rilevato	Progettazione Manuale	Progettazione Automatica
Franco da Terra effettivo	5,2 m	7 m	
Tensione di Montaggio	120 kN	100 kN	
Tensione Massima	202 kN	155 kN	
Coefficiente di Sicurezza effettivo	2.27	2.95	

Confronto Elementi di Supporto								
Rilevato			Progettazione Manuale			Progettazione Automatica		
Tipologia	Altezza	Diametro	Tipologia	Altezza	Diametro	Tipologia	Altezza	Diametro
Ancoraggio		60*	Ancoraggio		65			
Ritto	20	70	Ritto	16	50			
Ancoraggio		55*	Cavalletto	18	46			
Argano			Cavalletto	23	53			
			Ancoraggio		56			

* Ancoraggio su più alberi

Tabulato Selliplan - Arcelline



SEILAPLAN progetto: Arcelline

Data	21.10.2022, 16:09 Uhr	Numero del progetto	-
Autore del progetto	-	Sito forestale	-
Commune	-		
Tipo di gru a cavo	-		
Nota	-		

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	30 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	8 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	20 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	20 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	120 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	117 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	3	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	* cm	-
1	Ritto	20.0 m	0 °	65 cm	45 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	60 cm	-

* l'indicazione del DPU minimale non è possibile in caso di un angolo troppo ripido

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 202 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
	Ancoraggio	202 kN (F. trazione della fune)	-	-	62.3 °
1	Ritto	177 kN (Forza sulla sella)	68.3 °	76.4 °	-
	Ancoraggio	199 kN (F. trazione della fune)	-	-	-34.0 °

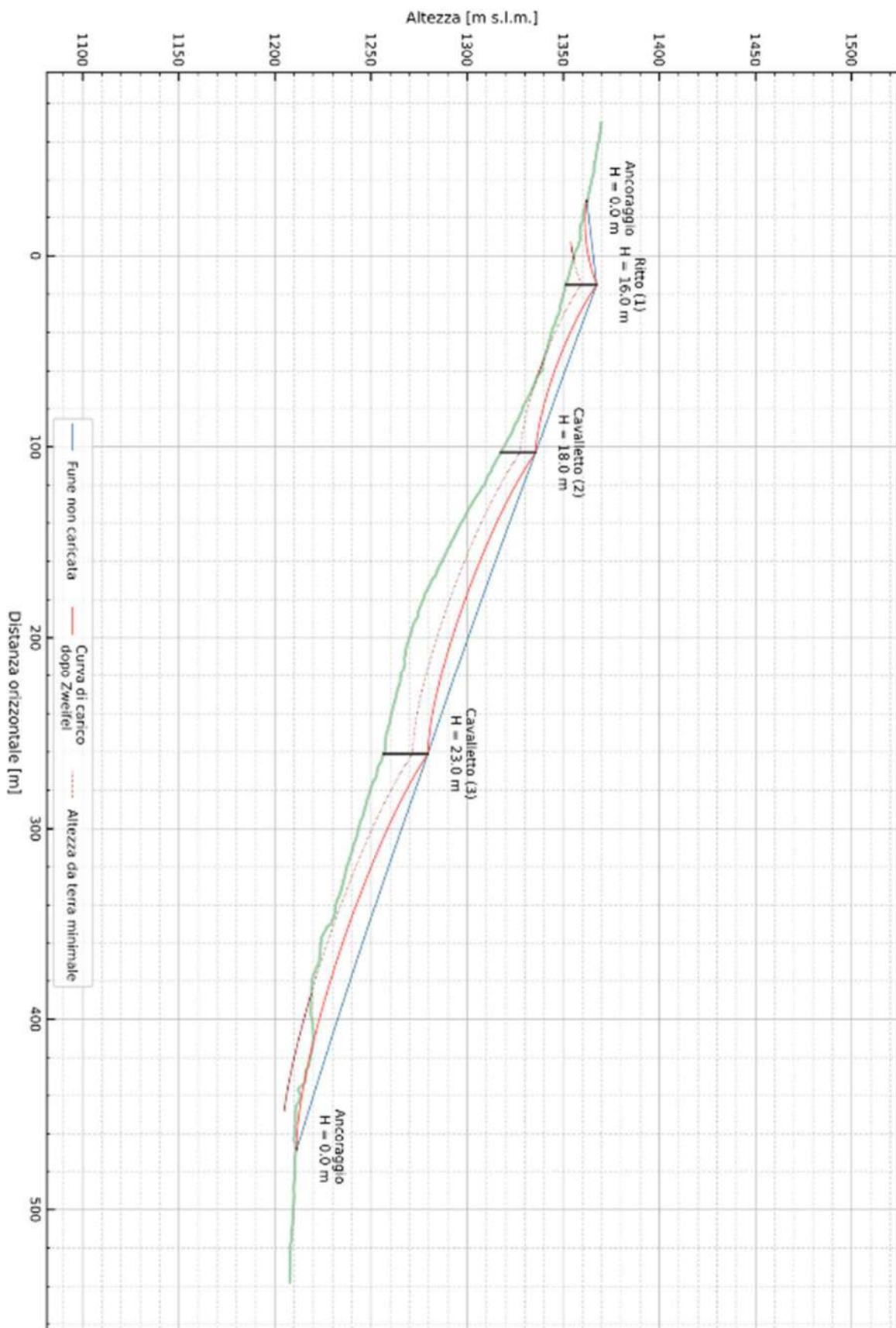
Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimet	82.0 gon / 73.8 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	504.6 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	18.5 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Ancoraggio -> Ritto (1)	15.0 m	15.6 m	-4.3 m	0.0 m	1.3 m
Ritto (1) -> Ancoraggio	453.0 m	474.1 m	-140.0 m	5.6 m	21.8 m
Somma finale	468.0 m	489.8 m	-144.3 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata delle due parte con un ancoraggio fisso.

Tabulato Selliplan - Arcelline - Progettazione Manuale



SEILAPLAN progetto: Arcelline - Progettazione Manuale

Data	26.10.2022, 15:00 Uhr		
Autore del progetto	-	Numero del progetto	-
Commune	-	Sito forestale	-
Tipo di gru a cavo	-		
Nota	-		

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	30 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	8 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	20 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	20 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	100 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	97 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	3	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	65 cm	-
1	Ritto	16.0 m	0 °	50 cm	34 cm
2	Cavalletto	18.0 m	0 °	46 cm	28 cm
3	Cavalletto	23.0 m	0 °	53 cm	30 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	56 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 155 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
	Ancoraggio	155 kN (F. trazione della fune)	-	-	20.3 °
1	Ritto	79 kN (Forza sulla sella)	27.5 °	41.2 °	-
2	Cavalletto	36 kN (Forza sulla sella)	1.3 °	14.6 °	-
3	Cavalletto	38 kN (Forza sulla sella)	1.2 °	13.0 °	-
	Ancoraggio	152 kN (F. trazione della fune)	-	-	-29.1 °

Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimut 82.0 gon / 73.8 °

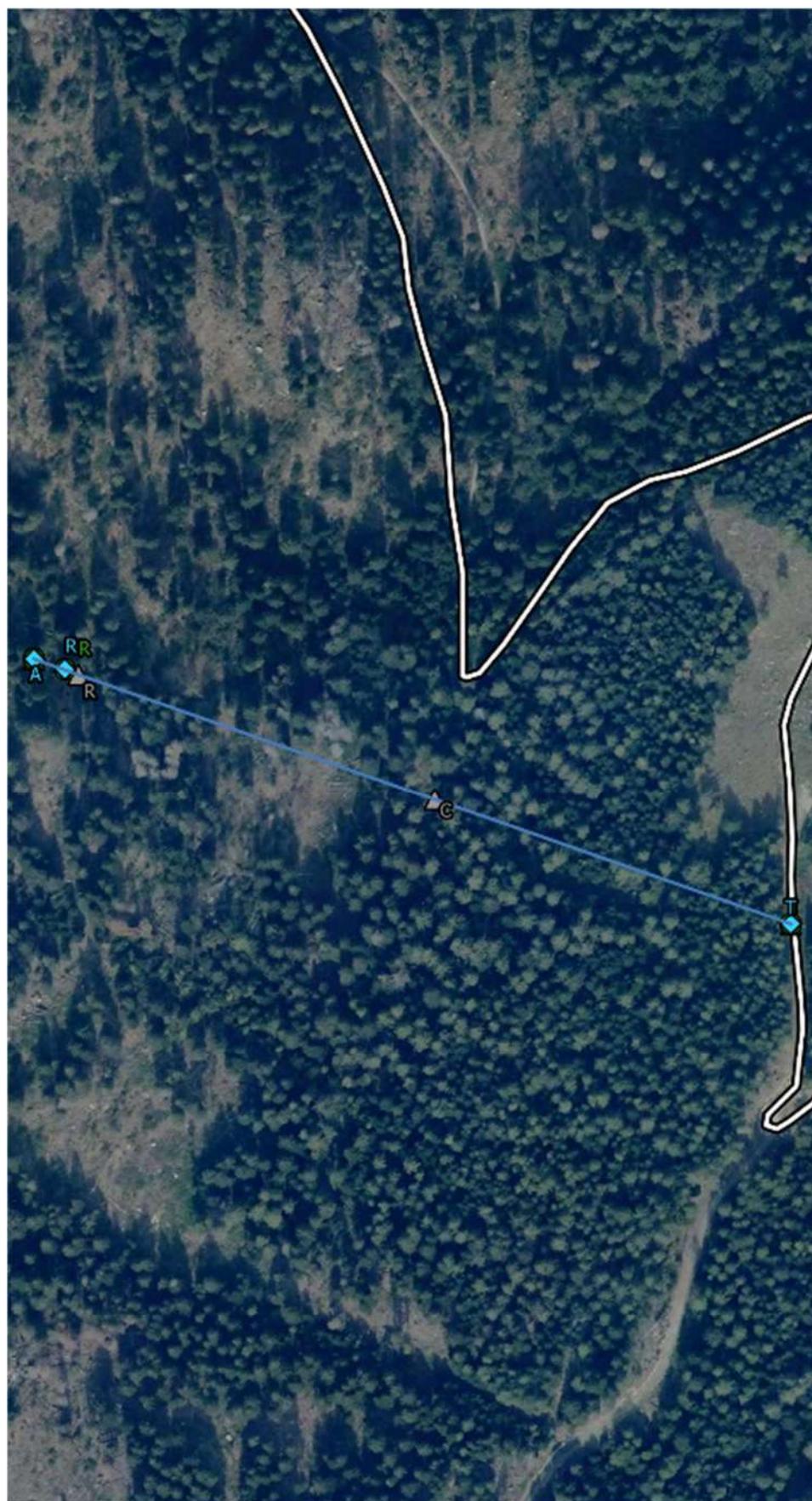
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale) 525.5 m

Spazio maximal tra fune non caricata e suolo 30.9 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Ancoraggio -> Ritto (1)	44.0 m	45.3 m	-10.8 m	0.1 m	2.9 m
Ritto (1) -> Cavalletto (2)	88.0 m	94.3 m	-33.8 m	0.3 m	5.6 m
Cavalletto (2) -> Cavalletto (3)	158.0 m	169.4 m	-61.0 m	0.8 m	9.4 m
Cavalletto (3) -> Ancoraggio	207.0 m	211.9 m	-45.2 m	1.4 m	11.8 m
Somma finale	497.0 m	520.8 m	-150.9 m		

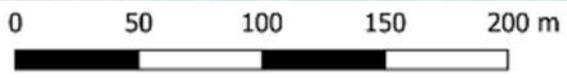
E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata delle due parte con un ancoraggio fisso.

Linea n° 2 - località Martin da Fist



Scheda rilievo n°2
località: Martin da fist

- Legenda**
- Viabilità
 - Linea Gru a cavo
- Supporti Rilevati**
- Ancoraggio
 - Ritto
 - Cavalletto
 - Torre
 - Argano
- Supporti Progettazione Automatica**
- Ancoraggio
 - Ritto
 - Cavalletto
 - Torre
 - Argano
- Supporti Progettazione Manuale**
- Ancoraggio
 - Ritto
 - Cavalletto
 - Torre
 - Argano



Scala 1:2500

Scheda rilievo n°2
località: Martin da fist

Legenda

- Viabilità
- Linea Gru a cavo

Supporti Rilevati

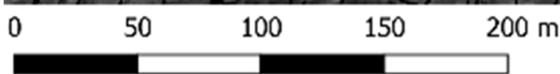
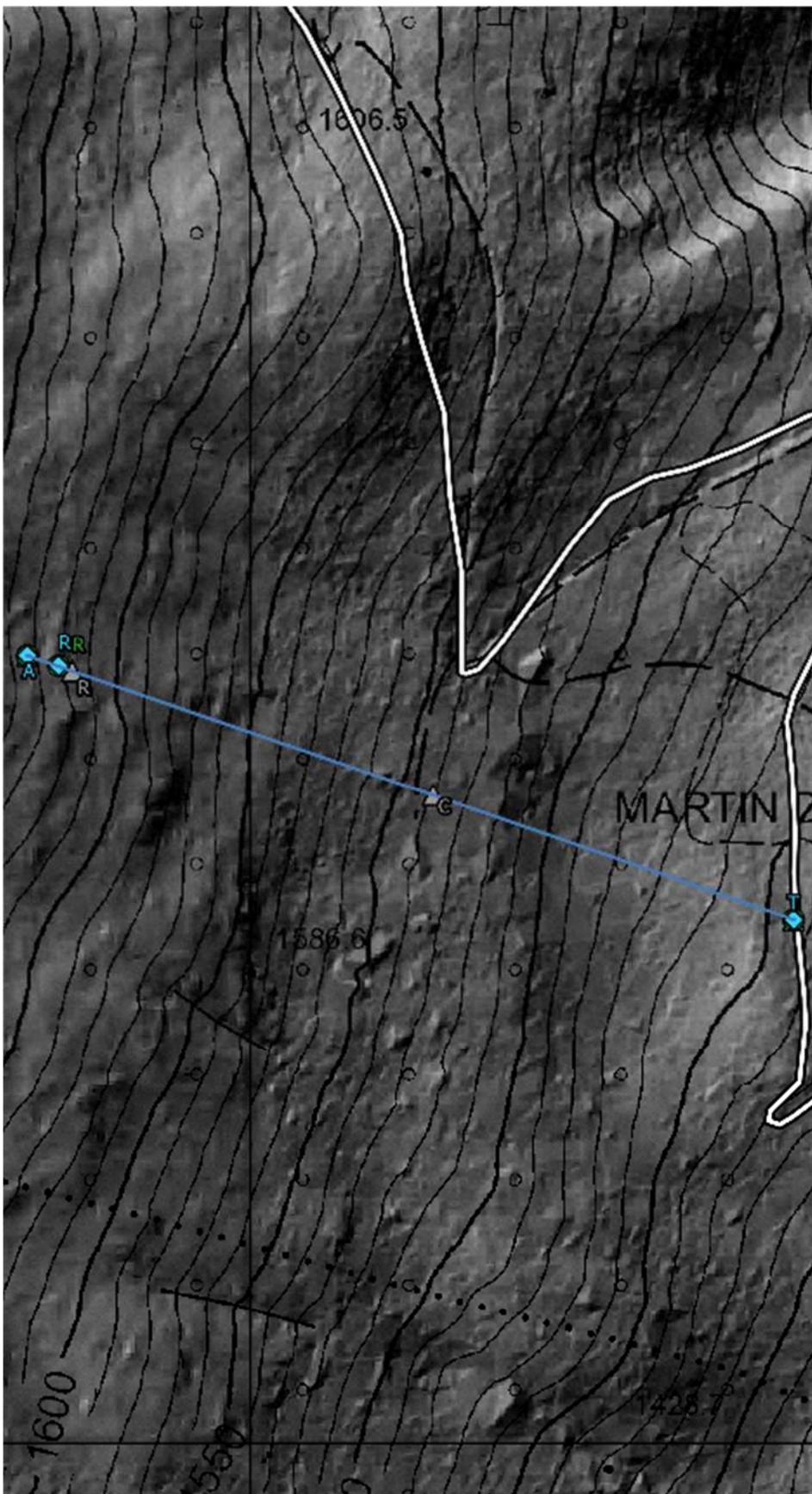
- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

Supporti Progettazione Automatica

- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

Supporti Progettazione Manuale

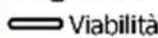
- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano



Scala 1:2500

Scheda rilievo n°2
località: Martin da fist

Legenda

-  Viabilità
-  Linea Gru a cavo

Supporti Rilevati

-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

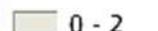
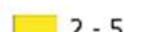
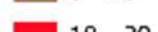
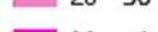
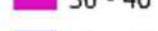
Supporti Progettazione Automatica

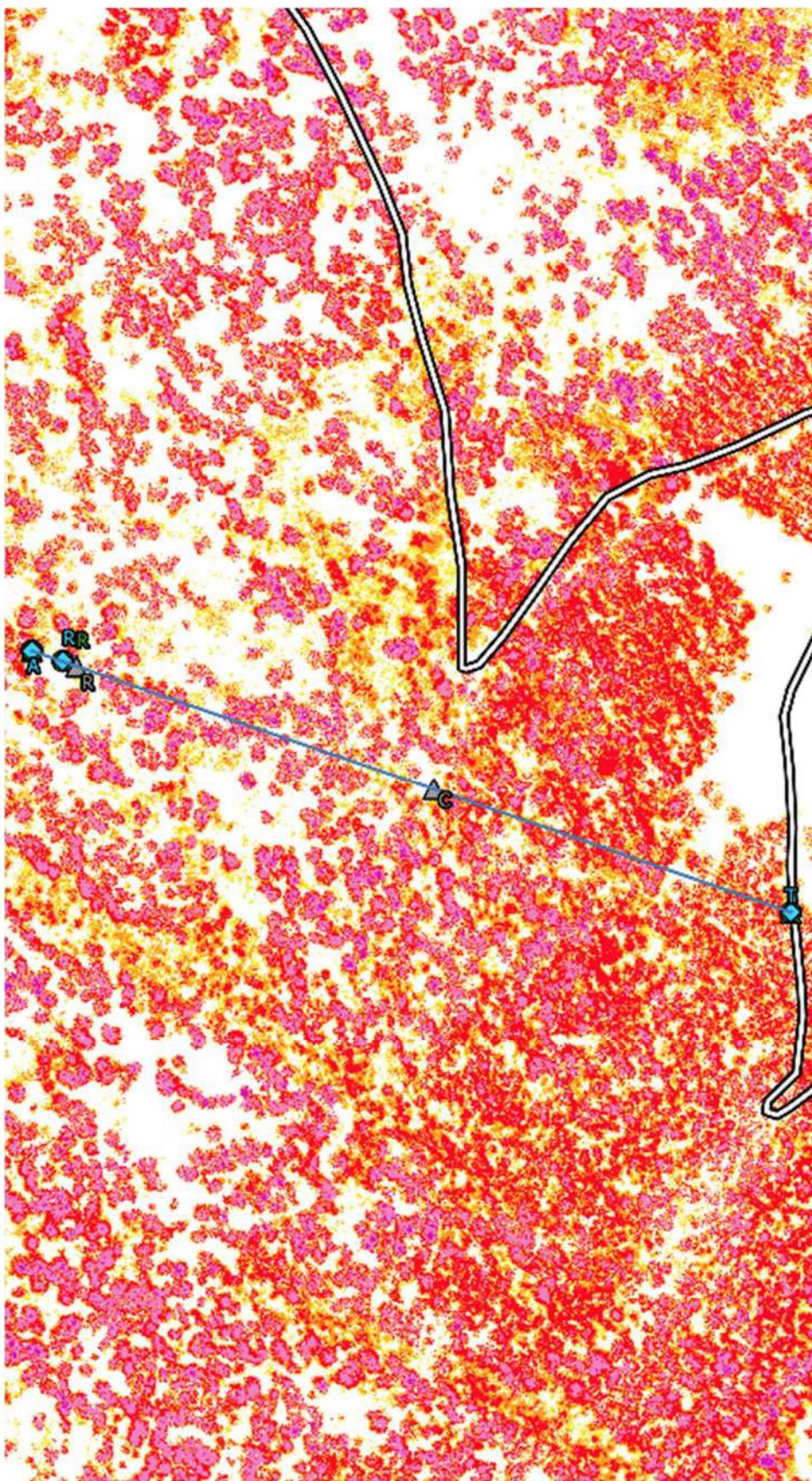
-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

Supporti Progettazione Manuale

-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

CHM

-  0 - 2
-  2 - 5
-  5 - 10
-  10 - 20
-  20 - 30
-  30 - 40
-  40 - 50



Scala 1:2500

Linea					
Data rilievo	Stazione Motrice	Impianto	Lunghezza	Azimuth	Ripresa
2022-05-16	Mobile	Tri-fune	452 m	321°	293 m^3

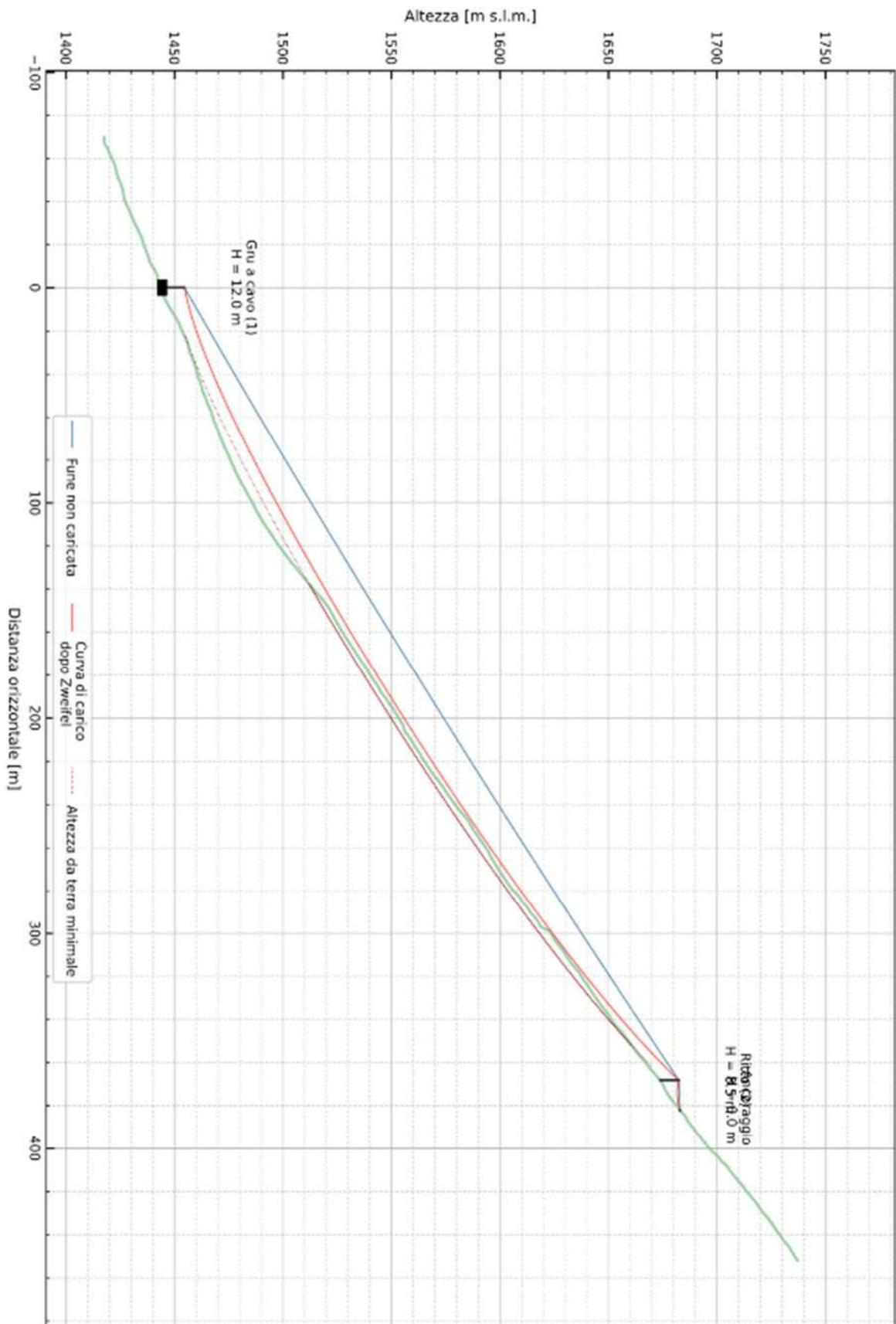
Dotazione aziendale			
Stazione Motrice	Carrello	Peso Carrello	Trazione Massima
MM Forest technik - Syncrofalke 4t	MM Sherpa	490 kg	40 kN

Fune Portante				
Fune Portante	Carico di Rottura Minimo	Limite carico di Sicurezza	Coefficiente di Sicurezza Progettuale	Franco da terra Progettuale
22mm compattata	458	183	2,5	6

Confronto Tensioni			
	Rilevato	Progettazione Manuale	Progettazione Automatica
Franco da Terra effettivo	1 m	3,75 m	6 m
Tensione di Montaggio	120 kN	65 kN	105 kN
Tensione Massima	220 kN	188 kN	178 kN
Coefficiente di Sicurezza effettivo	2.08	2.44	2.57

Confronto Elementi di Supporto								
Rilevato			Progettazione Manuale			Progettazione Automatica		
Tipologia	Altezza	Diametro	Tipologia	Altezza	Diametro	Tipologia	Altezza	Diametro
Torre	12		Torre	12		Torre	12	
Ritto	8,5	70	Ritto	20	63	Cavalletto	16	43
Ancoraggio		80	Ancoraggio		60	Ritto	18	58
						Ancoraggio		65

Tabulato Selliplan - Martin da Fist



SEILAPLAN progetto: Martin da Fist

Data	21.10.2022, 16:15 Uhr	Numero del progetto	-
Autore del progetto	-	Sito forestale	-
Commune	-		
Tipo di gru a cavo	-		
Nota	-		

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	40 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	20 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	20 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	120 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	125 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	12.0 m	0 °	-	-
2	Ritto	8.5 m	0 °	38 cm	30 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	65 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 220 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	- (Forza sulla sella)	-	-	-
2	Ritto	113 kN (Forza sulla sella)	31.3 °	48.2 °	-
	Ancoraggio	220 kN (F. trazione della fune)	-	-	35.5 °

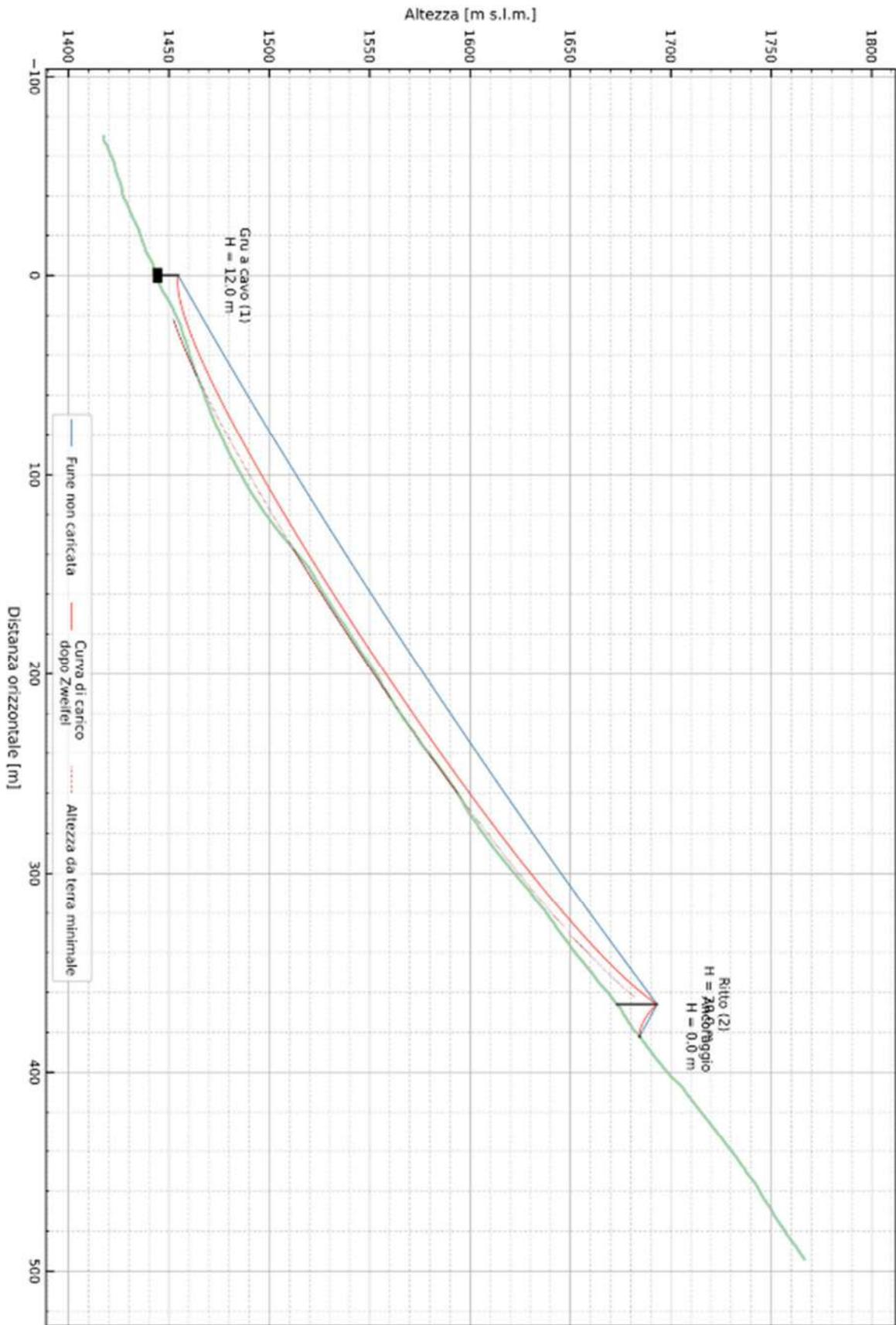
Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimut 321.3 gon / 289.2 °
 Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale) 448.9 m
 Spazio maximal tra fune non caricata e suolo 25.1 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Ritto (2)	368.0 m	434.6 m	231.3 m	4.4 m	22.8 m
Ritto (2) -> Ancoraggio	14.0 m	16.7 m	9.1 m	0.0 m	1.1 m
Somma finale	382.0 m	451.3 m	240.3 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata delle due parte con un ancoraggio fisso.

Tabulato Seliaplan - Martin da Fist - Progettazione Manuale



SEILAPLAN progetto: Martin da Fist - Progettazione Manuale

Data	26.10.2022, 20:13 Uhr		
Autore del progetto	-	Numero del progetto	-
Commune	-	Sito forestale	-
Tipo di gru a cavo	-		
Nota	-		

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	40 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	20 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	20 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	65 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	70 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	12.0 m	0 °	-	-
2	Ritto	20.0 m	0 °	63 cm	43 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	60 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 188 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	- (Forza sulla sella)	-	-	-
2	Ritto	128 kN (Forza sulla sella)	65.2 °	83.6 °	-
	Ancoraggio	187 kN (F. trazione della fune)	-	-	6.8 °

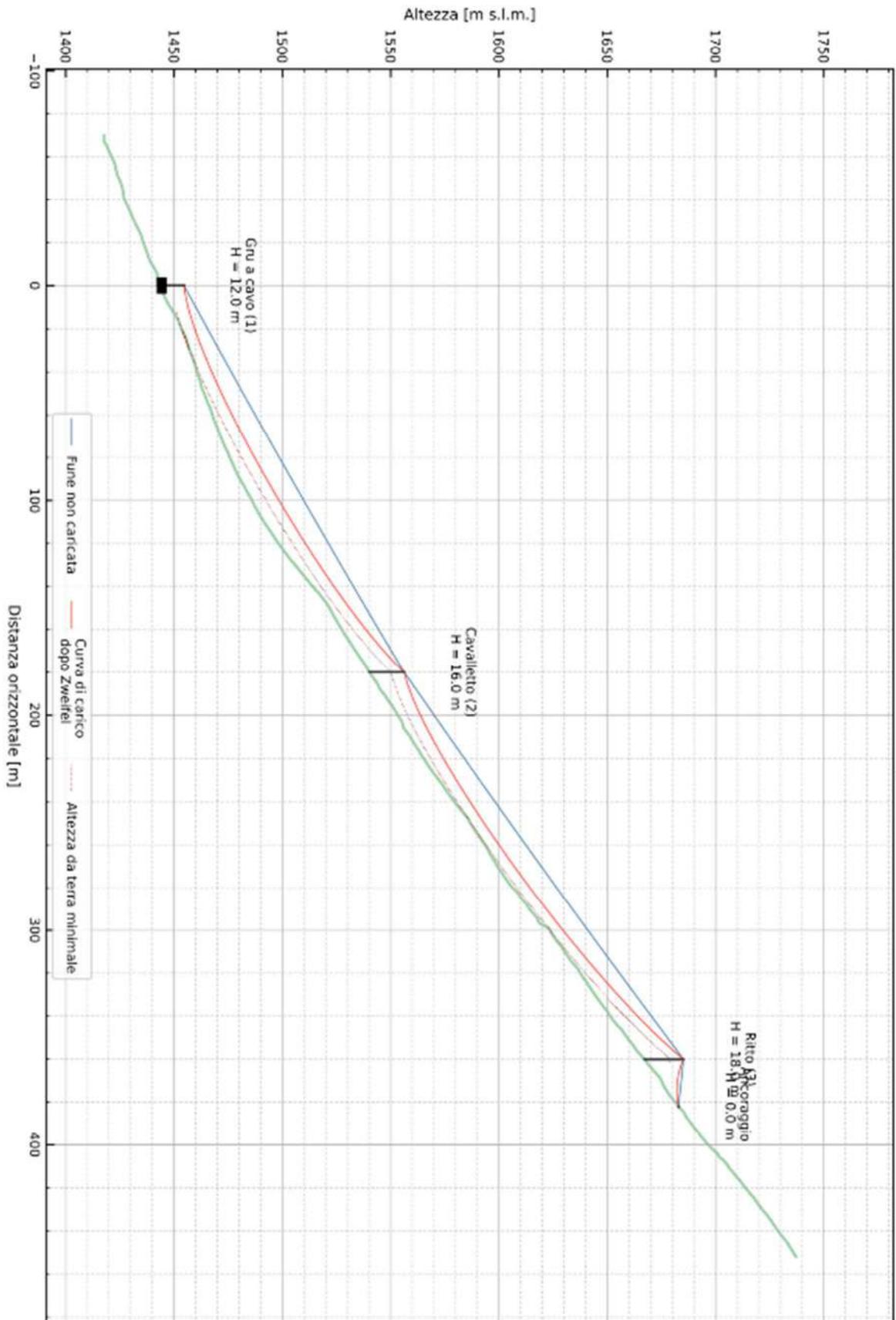
Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimet 320.6 gon / 288.5 °
 Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale) 456.5 m
 Spazio maximal tra fune non caricata e suolo 28.6 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Ritto (2)	366.0 m	432.6 m	230.6 m	8.2 m	27.1 m
Ritto (2) -> Ancoraggio	16.0 m	19.6 m	11.3 m	0.0 m	2.1 m
Somma finale	382.0 m	452.2 m	241.9 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata delle due parte con un ancoraggio fisso.

Tabulato Sellaplan - Martin da Fist - Progettazione Automatica



SEILAPLAN progetto: Martin da Fist - Progettazione Automatica

Data	26.10.2022, 15:05 Uhr	
Autore del progetto	-	Numero del progetto -
Commune	-	Sito forestale -
Tipo di gru a cavo	-	
Nota	-	

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	40 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	10 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	20 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	105 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	110 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	12.0 m	0 °	-	-
2	Cavalletto	16.0 m	0 °	43 cm	27 cm
3	Ritto	18.0 m	0 °	58 cm	40 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	65 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 178 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	- (Forza sulla sella)	-	-	-
2	Cavalletto	40 kN (Forza sulla sella)	-4.0 °	8.2 °	-
3	Ritto	124 kN (Forza sulla sella)	42.8 °	59.8 °	-
	Ancoraggio	178 kN (F. trazione della fune)	-	-	29.7 °

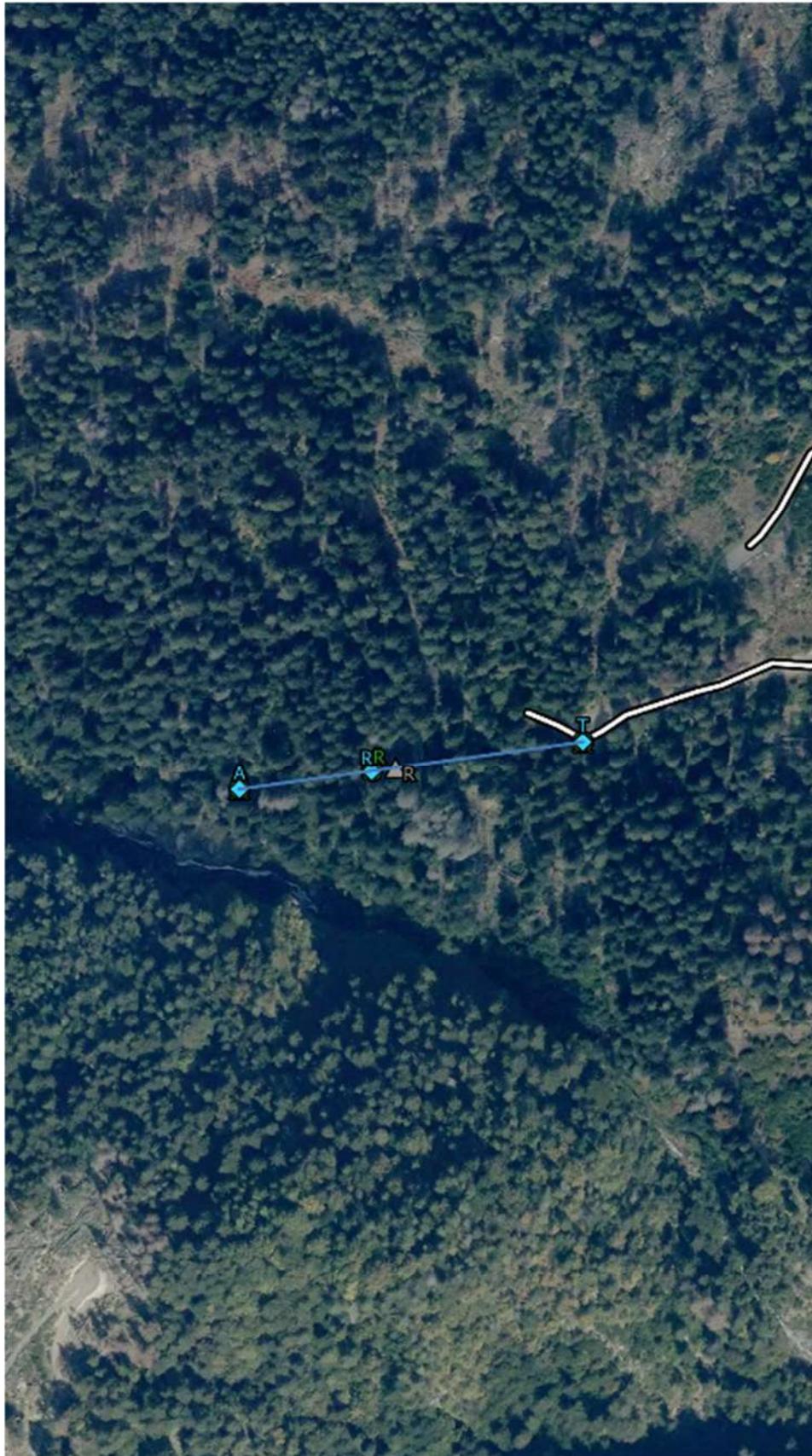
Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimut	321.3 gon / 289.2 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	452.1 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	24.2 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Cavalletto (2)	180.0 m	204.8 m	97.6 m	1.2 m	12.7 m
Cavalletto (2) -> Ritto (3)	180.0 m	220.3 m	127.0 m	1.3 m	13.8 m
Ritto (3) -> Ancoraggio	22.0 m	27.0 m	15.7 m	0.0 m	1.8 m
Somma finale	382.0 m	452.1 m	240.3 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata dalle due parte con un ancoraggio fisso.

Linea n° 3 - località Pler



Scheda rilievo n°3
località: Pler

Legenda

- Viabilità
- Linea Gru a cavo

Supporti Rilevati

- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

Supporti Progettazione Automatica

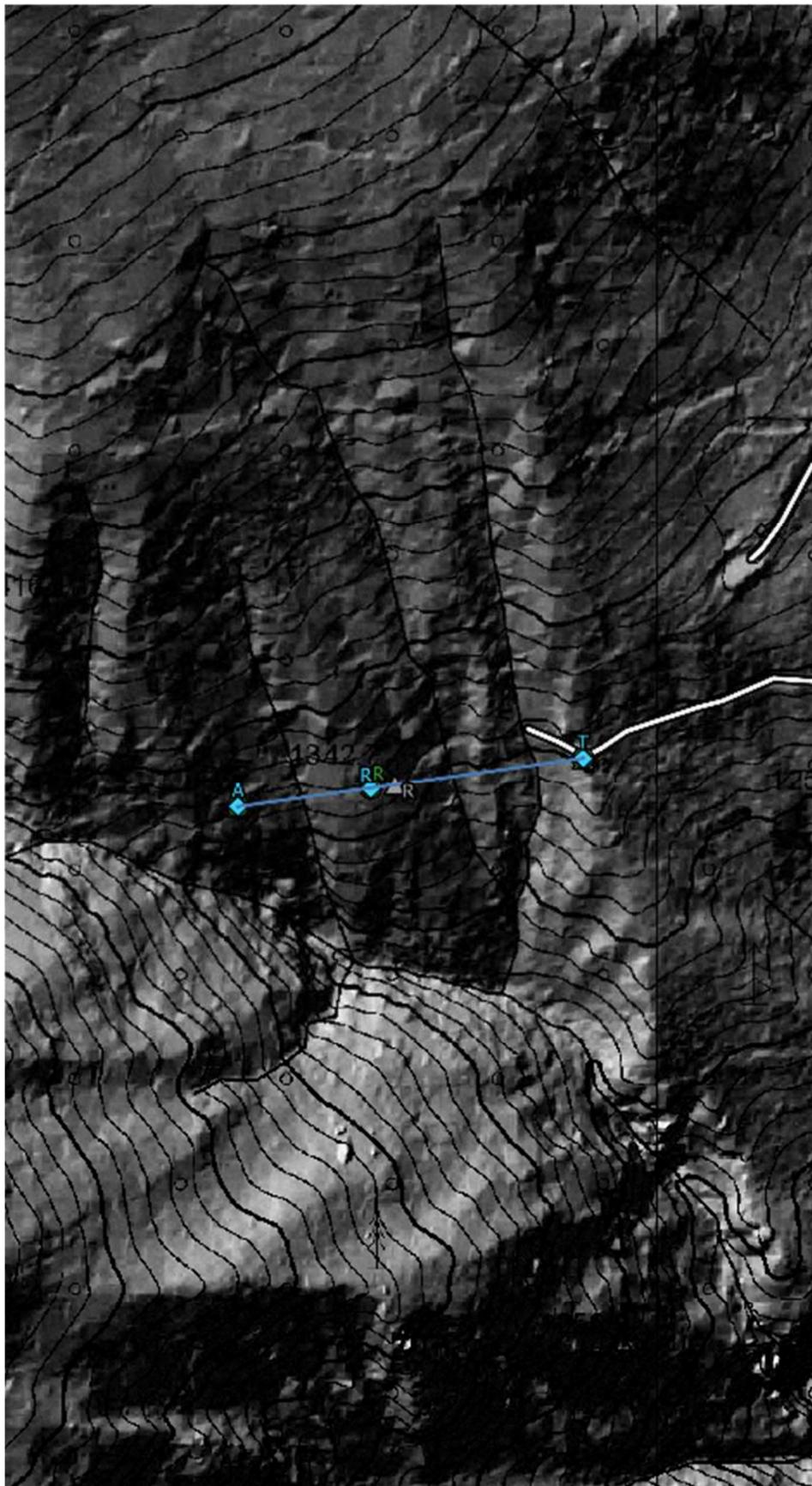
- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

Supporti Progettazione Manuale

- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

0 50 100 150 200 m

Scala 1:2500



Scheda rilievo n°3
località: Pler

Legenda

-  Viabilità
-  Linea Gru a cavo

Supporti Rilevati

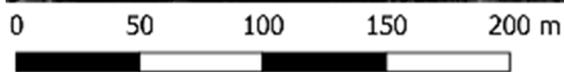
-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

Supporti Progettazione Automatica

-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

Supporti Progettazione Manuale

-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano



Scala 1:2500

Scheda rilievo n°3
località: Pler

Legenda

— Viabilità

— Linea Gru a cavo

Supporti Rilevati

◆ Ancoraggio

◆ Ritto

◆ Cavalletto

◆ Torre

◆ Argano

Supporti Progettazione Automatica

▲ Ancoraggio

▲ Ritto

▲ Cavalletto

▲ Torre

▲ Argano

Supporti Progettazione Manuale

● Ancoraggio

● Ritto

● Cavalletto

● Torre

● Argano

CHM

0 - 2

2 - 5

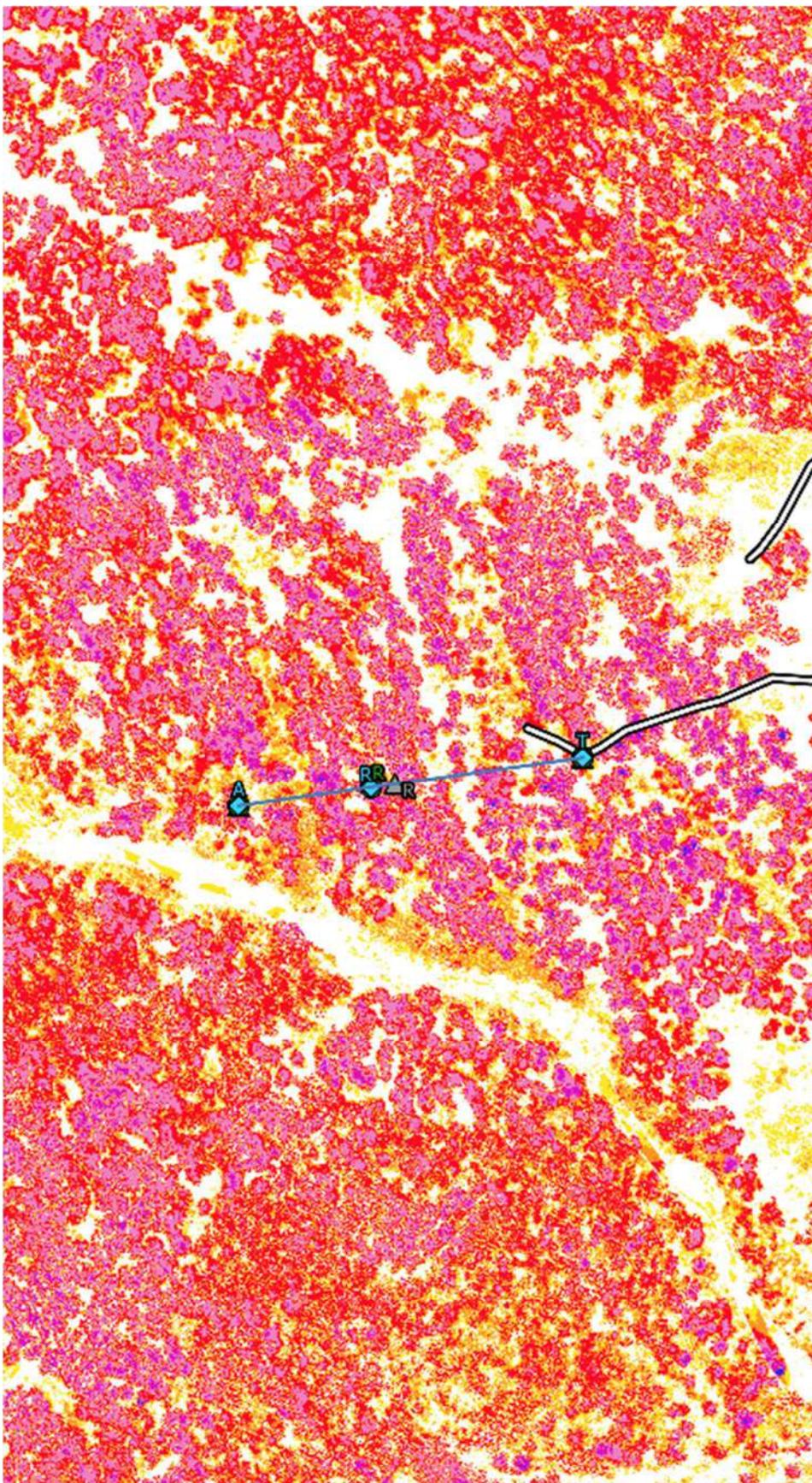
5 - 10

10 - 20

20 - 30

30 - 40

40 - 50



0 50 100 150 200 m

Scala 1:2500

Linea					
Data rilievo	Stazione Motrice	Impianto	Lunghezza	Azimuth	Ripresa
2022-06-06	Mobile	Tri-fune	166 m	291°	123 m ³

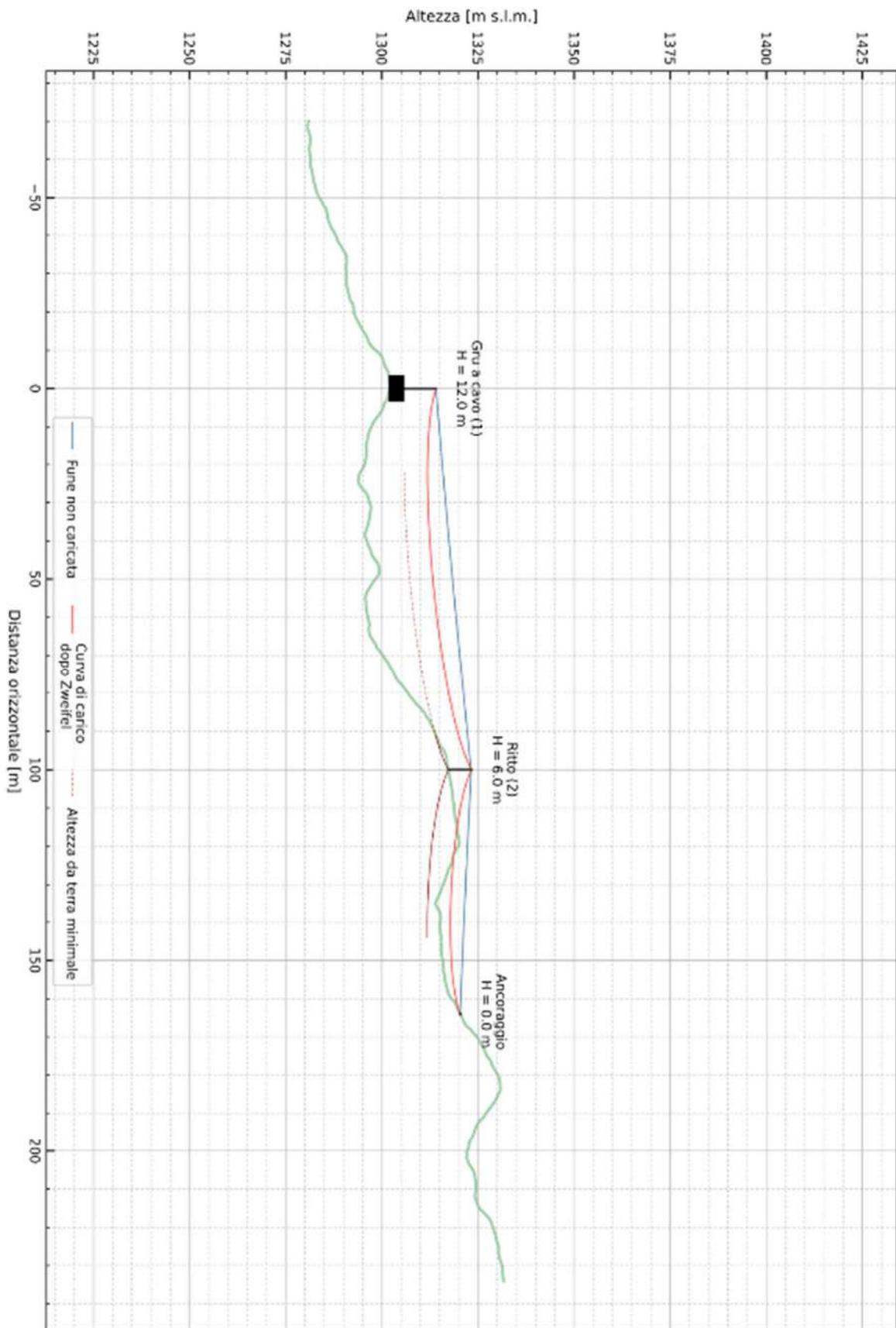
Dotazione aziendale			
Stazione Motrice	Carrello	Peso Carrello	Trazione Massima
MM Forest technik - Syncrofalke 4t	MM Sherpa	490 kg	40 kN

Fune Portante				
Fune Portante	Carico di Rottura Minimo	Limite carico di Sicurezza	Coefficiente di Sicurezza Progettuale	Franco da terra Progettuale
22mm compattata	458	183	2,5	6

Confronto Tensioni			
	Rilevato	Progettazione Manuale	Progettazione Automatica
Franco da Terra effettivo	6 m	6 m	12 m
Tensione di Montaggio	100 kN	80 kN	86 kN
Tensione Massima	192 kN	182 kN	180 kN
Coefficiente di Sicurezza effettivo	2.39	2.52	2.54

Confronto Elementi di Supporto								
Rilevato			Progettazione Manuale			Progettazione Automatica		
Tipologia	Altezza	Diametro	Tipologia	Altezza	Diametro	Tipologia	Altezza	Diametro
Torre	12		Torre	12		Torre	12	
Ritto	6	45	Ritto	7	30	Ritto	12	40
Ancoraggio		85	Ancoraggio		60	Ancoraggio		60

Tabulato Sellaplan - Pler



SEILAPLAN progetto: Pler

Data	21.10.2022, 16:18 Uhr	Numero del progetto	-
Autore del progetto	-	Sito forestale	-
Commune	-		
Tipo di gru a cavo	-		
Nota	-		

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	40 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	20 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	20 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	100 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	100 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	12.0 m	0 °	-	-
2	Ritto	6.0 m	0 °	28 cm	22 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	60 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 192 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	- (Forza sulla sella)	-	-	-
2	Ritto	58 kN (Forza sulla sella)	8.9 °	21.7 °	-
	Ancoraggio	192 kN (F. trazione della fune)	-	-	0.6 °

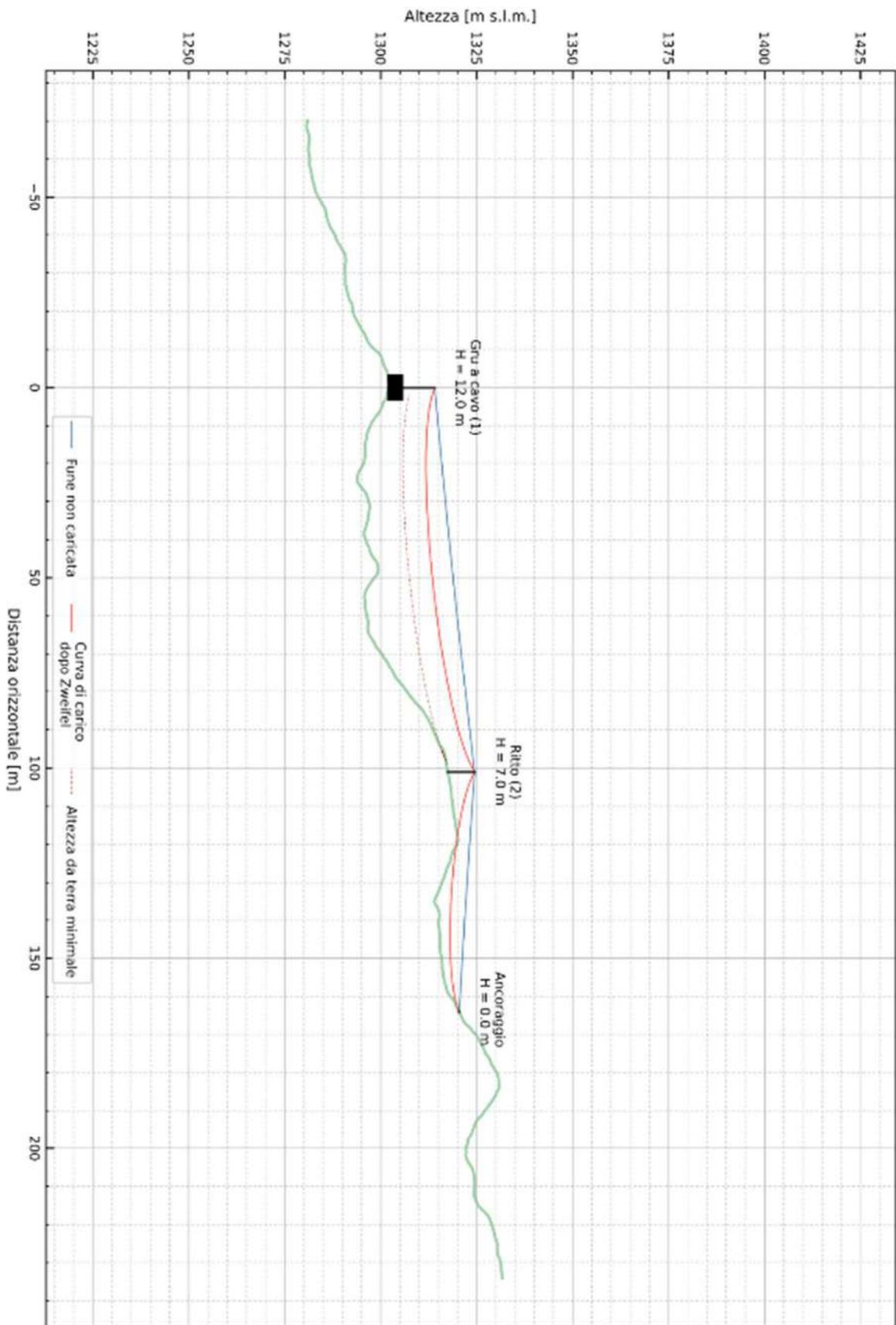
Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimet 291.0 gon / 261.9 °
 Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale) 165.1 m
 Spazio maximal tra fune non caricata e suolo 20.8 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Ritto (2)	100.0 m	101.2 m	15.2 m	0.3 m	5.4 m
Ritto (2) -> Ancoraggio	64.0 m	64.1 m	3.1 m	0.1 m	3.8 m
Somma finale	164.0 m	165.2 m	18.4 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata delle due parte con un ancoraggio fisso.

Tabulato Sellaplan - Pier - Progettazione Manuale



SEILAPLAN progetto: Pler - Progettazione Manuale

Data	26.10.2022, 15:13 Uhr	
Autore del progetto	-	Numero del progetto -
Commune	-	Sito forestale -
Tipo di gru a cavo	-	
Nota	-	

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	40 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	0 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	65 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	80 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	80 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	12.0 m	0 °	-	-
2	Ritto	7.0 m	0 °	30 cm	23 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	60 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 182 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	- (Forza sulla sella)	-	-	-
2	Ritto	57 kN (Forza sulla sella)	10.9 °	24.4 °	-
	Ancoraggio	182 kN (F. trazione della fune)	-	-	-0.4 °

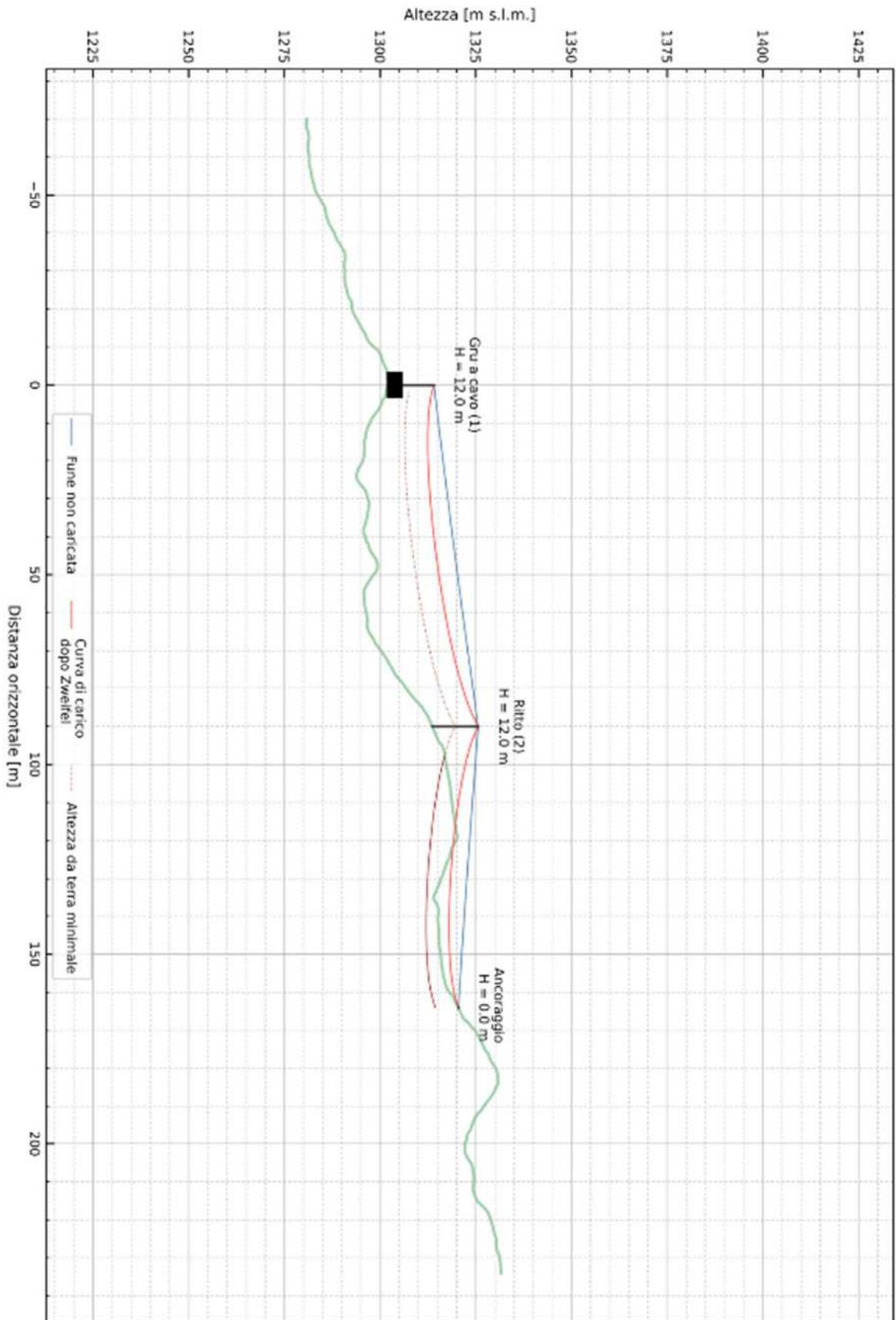
Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimet	291.0 gon / 261.9 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	165.2 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	23.7 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Ritto (2)	101.0 m	102.2 m	15.4 m	0.4 m	5.8 m
Ritto (2) -> Ancoraggio	63.0 m	63.1 m	3.0 m	0.1 m	4.0 m
Somma finale	164.0 m	165.2 m	18.4 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata delle due parte con un ancoraggio fisso.

Tabulato Selliplan - Pier - Progettazione Automatica



SEILAPLAN progetto: Pler - Progettazione Automatica

Data	26.10.2022, 15:11 Uhr		
Autore del progetto	-	Numero del progetto	-
Commune	-	Sito forestale	-
Tipo di gru a cavo	-		
Nota	-		

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	40 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	0 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	0 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	86 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	86 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	12.0 m	0 °	-	-
2	Ritto	12.0 m	0 °	40 cm	28 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	60 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 180 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	- (Forza sulla sella)	-	-	-
2	Ritto	61 kN (Forza sulla sella)	12.6 °	25.4 °	-
	Ancoraggio	180 kN (F. trazione della fune)	-	-	1.8 °

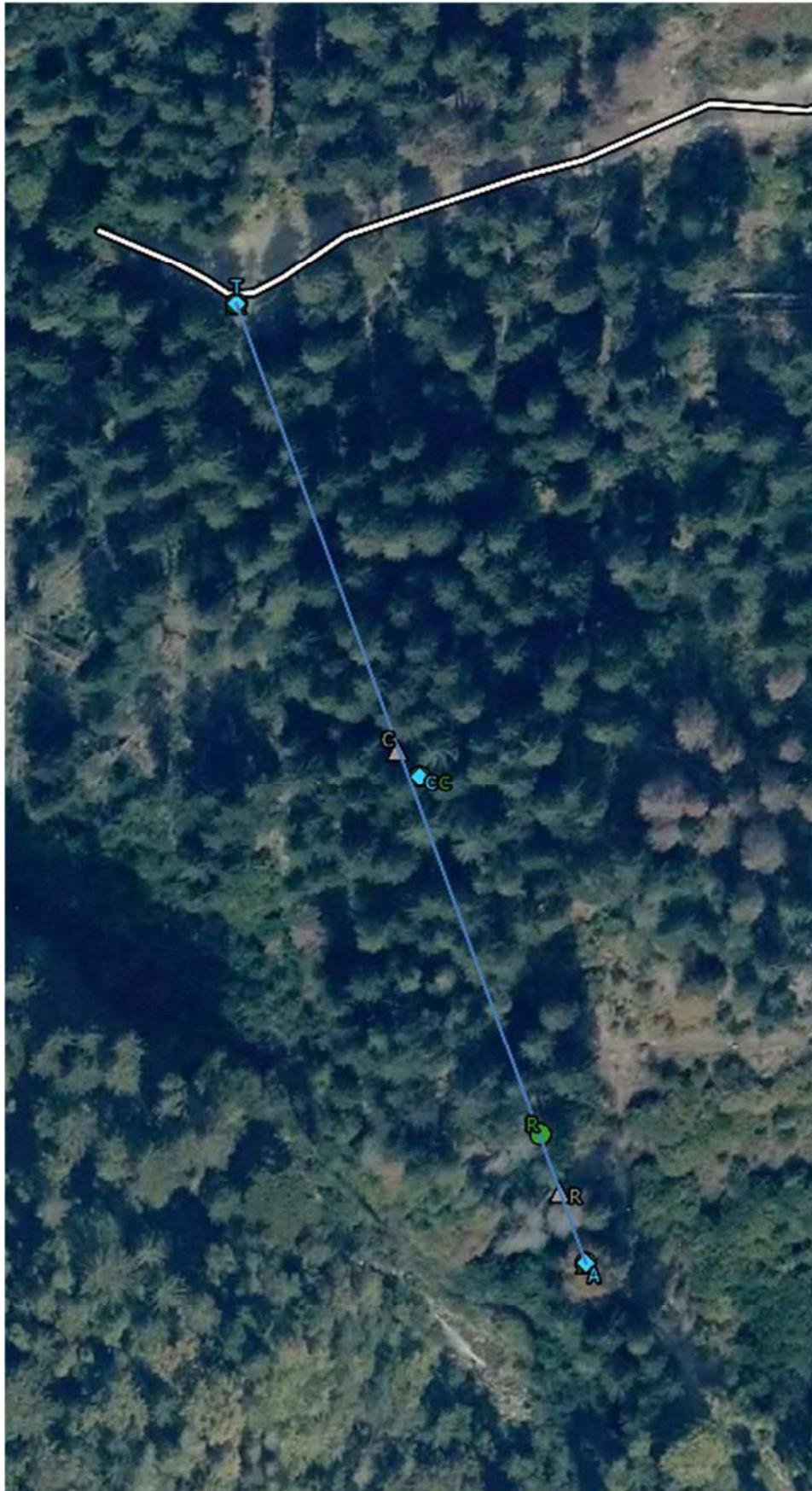
Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimet	291.0 gon / 261.9 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	165.5 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	25.4 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Ritto (2)	90.0 m	90.7 m	11.6 m	0.3 m	5.2 m
Ritto (2) -> Ancoraggio	74.0 m	74.3 m	6.8 m	0.2 m	4.5 m
Somma finale	164.0 m	165.1 m	18.4 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata delle due parte con un ancoraggio fisso.

Linea n° 4 - località Pler – Mangiatoia



Scheda rilievo n°4
località: Pler -
Mangiatoia

Legenda

- Viabilità
- Linea Gru a cavo

Supporti Rilevati

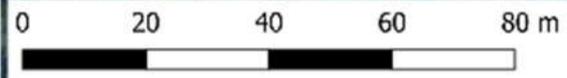
- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

Supporti Progettazione Automatica

- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

Supporti Progettazione Manuale

- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano



Scala 1:1000

Scheda rilievo n°9
località: Pler -
Mangiatoia

Legenda

-  Viabilità
-  Linea Gru a cavo

Supporti Rilevati

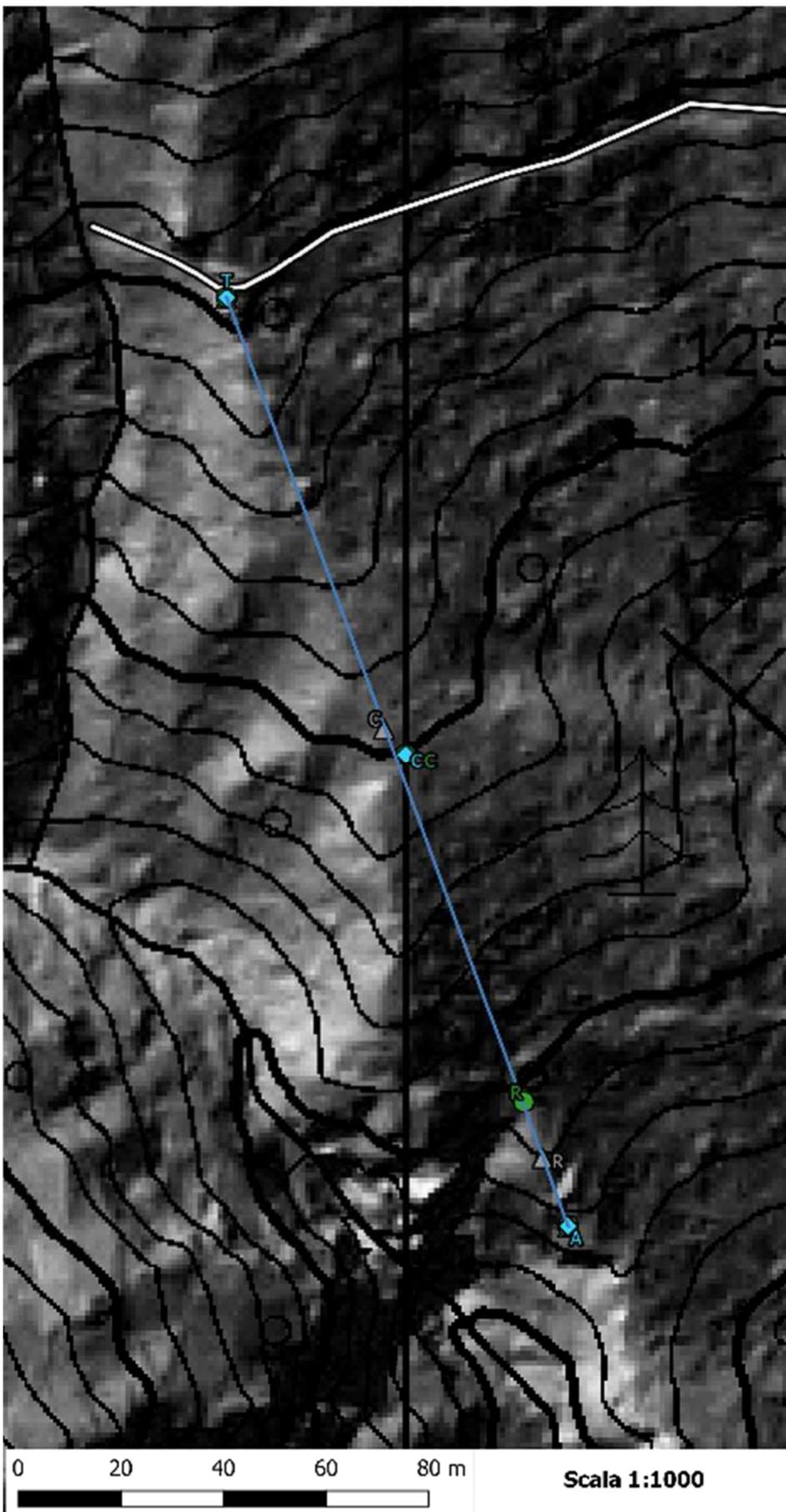
-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

Supporti Progettazione Automatica

-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

Supporti Progettazione Manuale

-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano



Scheda rilievo n°9
località: Pler -
Mangiatoia

Legenda

-  Viabilità
-  Linea Gru a cavo

Supporti Rilevati

-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

Supporti Progettazione Automatica

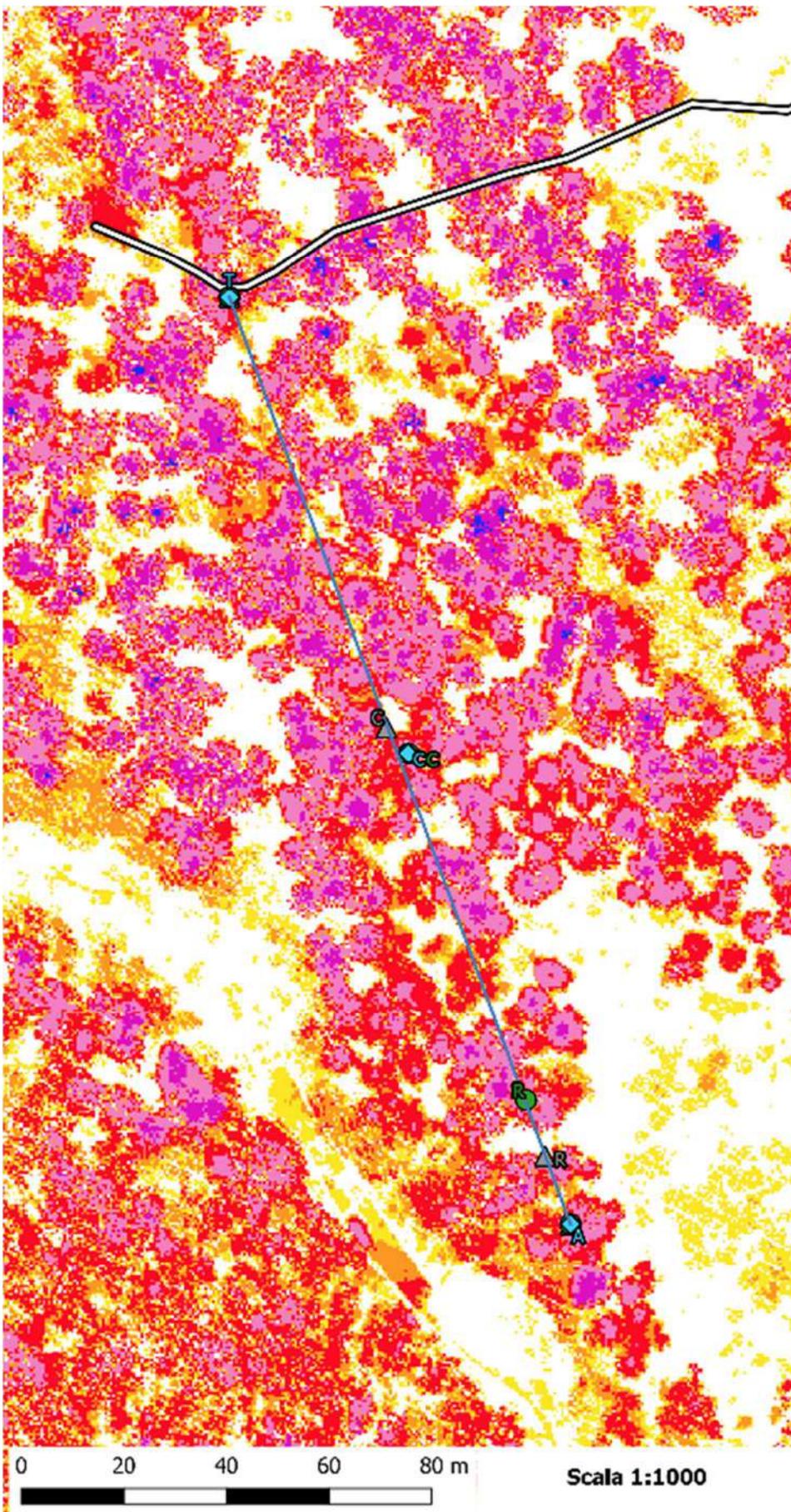
-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

Supporti Progettazione Manuale

-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

CHM

-  0 - 2
-  2 - 5
-  5 - 10
-  10 - 20
-  20 - 30
-  30 - 40
-  40 - 50



Linea					
Data rilievo	Stazione Motrice	Impianto	Lunghezza	Azimuth	Ripresa
2022-08-03	Mobile	Bi-fune	232 m	178°	177 m ³

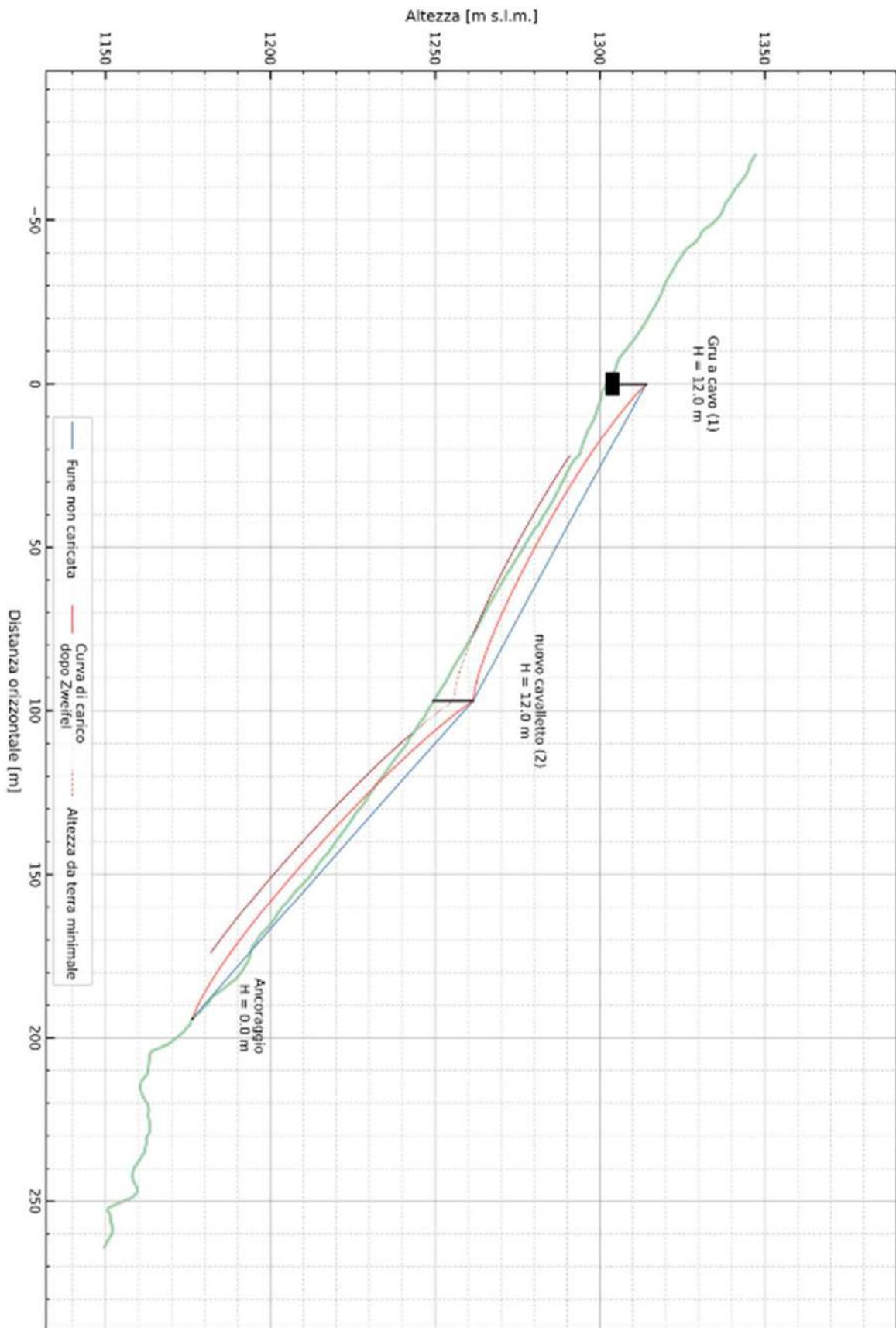
Dotazione aziendale			
Stazione Motrice	Carrello	Peso Carrello	Trazione Massima
MM Forest technik - Syncrofalke 4t	MM Sherpa	490 kg	40 kN

Fune Portante				
Fune Portante	Carico di Rottura Minimo	Limite carico di Sicurezza	Coefficiente di Sicurezza Progettuale	Franco da terra Progettuale
22mm compattata	458	183	2,5	6

Confronto Tensioni			
	Rilevato	Progettazione Manuale	Progettazione Automatica
Franco da Terra effettivo	3 m	5 m	5,25 m
Tensione di Montaggio	100 kN	120 kN	98 kN
Tensione Massima	170 kN	182 kN	166 kN
Coefficiente di Sicurezza effettivo	2.69	2.52	2.76

Confronto Elementi di Supporto								
Rilevato			Progettazione Manuale			Progettazione Automatica		
Tipologia	Altezza	Diametro	Tipologia	Altezza	Diametro	Tipologia	Altezza	Diametro
Torre	12		Torre	12		Torre	12	
Cavalletto	12	55	Cavalletto	18	51	Cavalletto	20	55
Ancoraggio		60	Ritto	10	36	Ritto	10	37
			Ancoraggio		58	Ancoraggio		56

Tabulato Selliplan - Pier - Mangiatoria



SEILAPLAN progetto: Pler - Mangiatoria

Data	21.10.2022, 16:28 Uhr	
Autore del progetto	-	Numero del progetto -
Commune	-	Sito forestale -
Tipo di gru a cavo	-	
Nota	-	

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	40 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	20 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	20 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	100 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	97 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	12.0 m	0 °	-	-
2	nuovo cavalletto	12.0 m	0 °	40 cm	28 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	58 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 170 kN

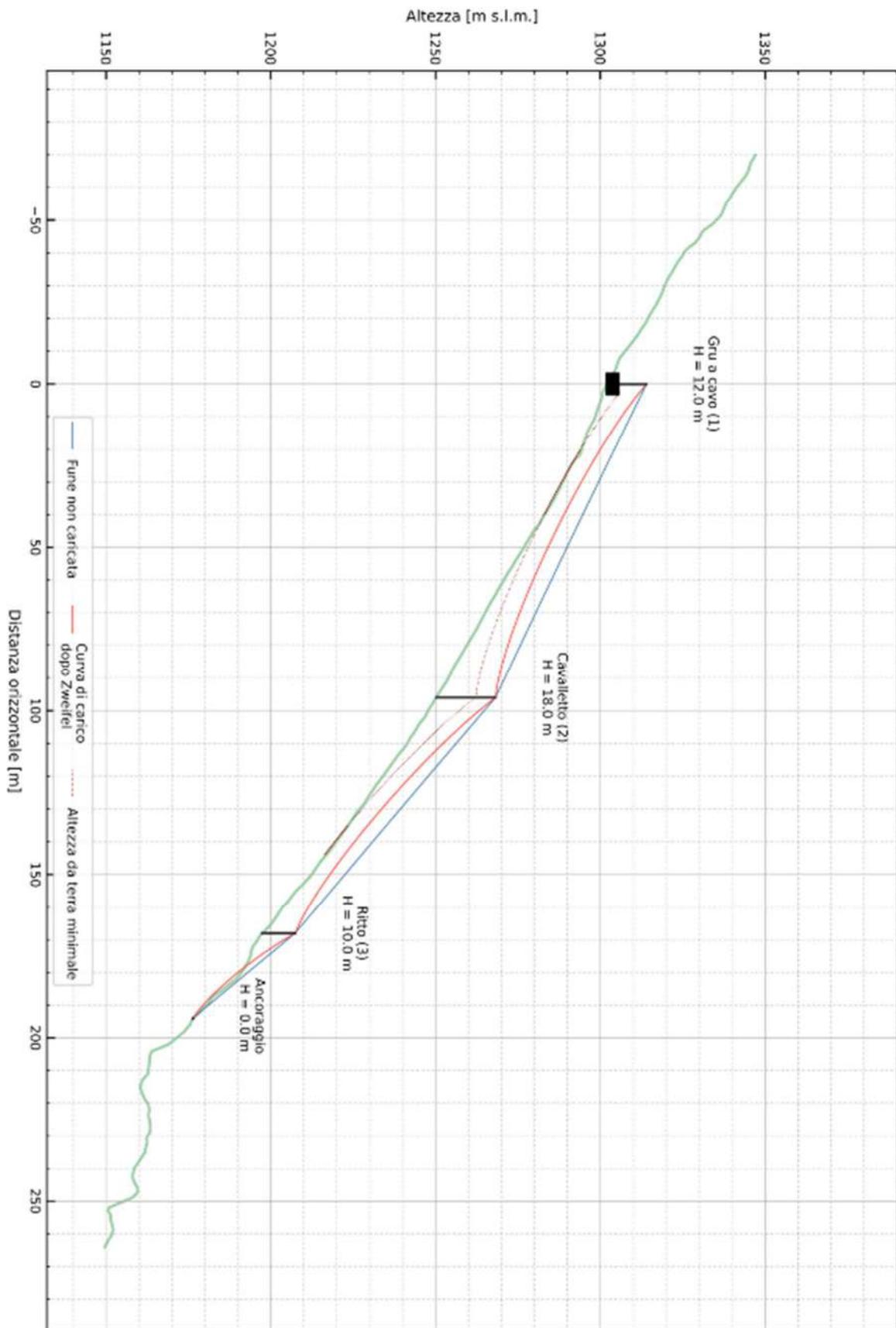
N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	- (Forza sulla sella)	-	-	-
2	nuovo cavalletto	65 kN (Forza sulla sella)	14.2 °	27.3 °	-
	Ancoraggio	167 kN (F. trazione della fune)	-	-	-77.7 °

Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimet 177.7 gon / 159.9 °
 Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale) 240.3 m
 Spazio maximal tra fune non caricata e suolo 12.0 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> nuovo cavalletto (2)	97.0 m	110.3 m	-52.4 m	0.4 m	6.7 m
nuovo cavalletto (2) -> Ancoraggio	97.0 m	121.5 m	-73.2 m	0.5 m	8.2 m
Somma finale	194.0 m	231.8 m	-125.6 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata delle due parte con un ancoraggio fisso.



SEILAPLAN progetto: Pler - Mangiatoria - Progettazione Manuale

Data	26.10.2022, 15:20 Uhr		
Autore del progetto	-	Numero del progetto	-
Commune	-	Sito forestale	-
Tipo di gru a cavo	-		
Nota	-		

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	40 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	0 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	50 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	120 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	117 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	12.0 m	0 °	-	-
2	Cavalletto	18.0 m	0 °	51 cm	33 cm
3	Ritto	10.0 m	0 °	36 cm	26 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	58 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 182 kN

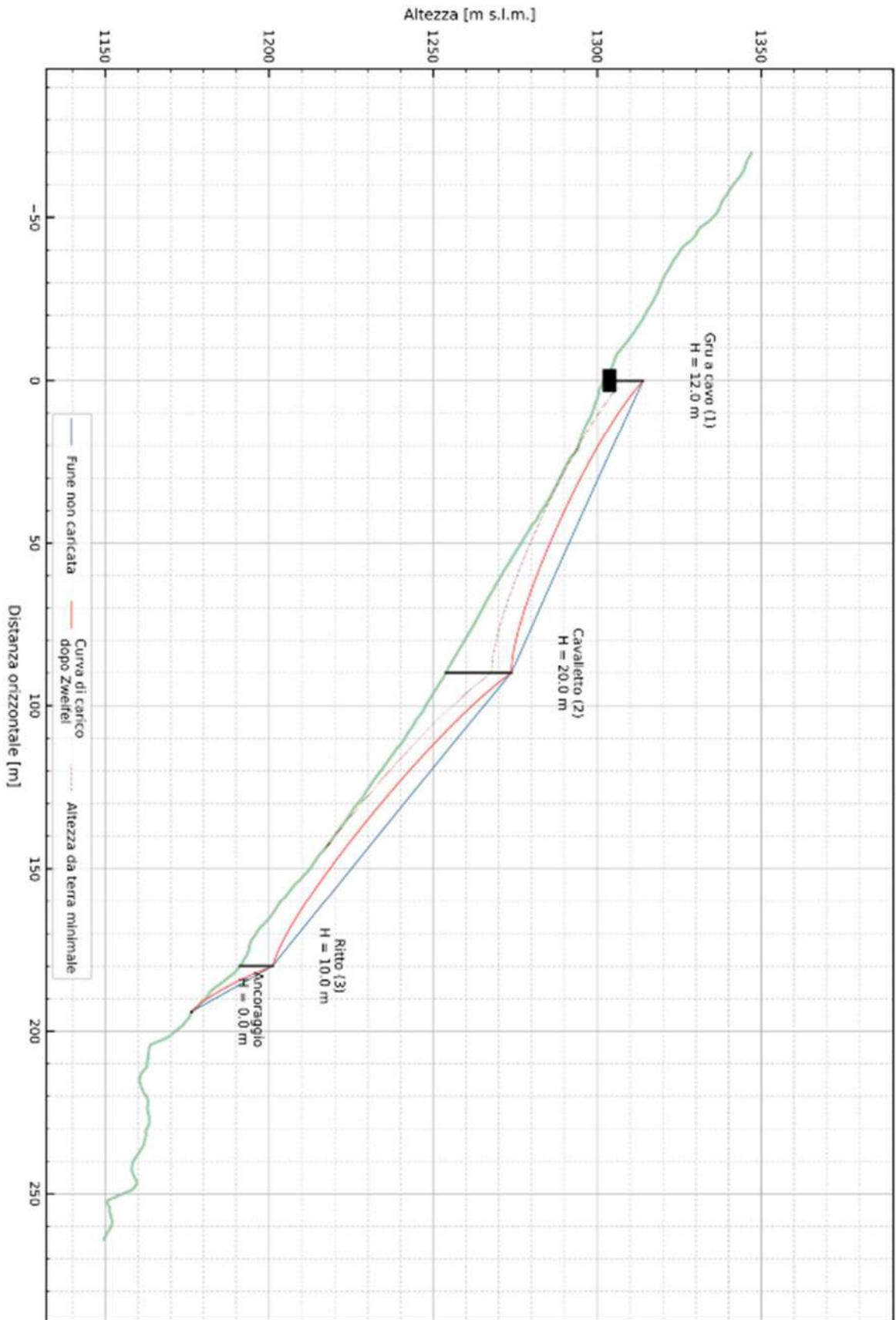
N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	- (Forza sulla sella)	-	-	-
2	Cavalletto	72 kN (Forza sulla sella)	15.6 °	27.9 °	-
3	Ritto	59 kN (Forza sulla sella)	10.5 °	23.0 °	-
	Ancoraggio	179 kN (F. trazione della fune)	-	-	-89.0 °

Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimut	177.7 gon / 159.9 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	242.2 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	20.0 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Cavalletto (2)	96.0 m	109.1 m	-51.8 m	0.3 m	6.1 m
Cavalletto (2) -> Ritto (3)	72.0 m	89.3 m	-52.8 m	0.2 m	5.9 m
Ritto (3) -> Ancoraggio	26.0 m	33.5 m	-21.1 m	0.0 m	3.0 m
Somma finale	194.0 m	231.8 m	-125.6 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata dalle due parte con un ancoraggio fisso.



SEILAPLAN progetto: Pler - Mangiatoria - Progettazione Automatica

Data	26.10.2022, 15:15 Uhr	
Autore del progetto	-	Numero del progetto -
Commune	-	Sito forestale -
Tipo di gru a cavo	-	
Nota	-	

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	40 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	0 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	50 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	98 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	95 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	12.0 m	0 °	-	-
2	Cavalletto	20.0 m	0 °	55 cm	35 cm
3	Ritto	10.0 m	0 °	37 cm	27 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	56 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 166 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	- (Forza sulla sella)	-	-	-
2	Cavalletto	68 kN (Forza sulla sella)	16.1 °	29.7 °	-
3	Ritto	72 kN (Forza sulla sella)	22.3 °	35.3 °	-
	Ancoraggio	163 kN (F. trazione della fune)	-	-	-107.0 °

Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimut	177.7 gon / 159.9 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	243.6 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	20.0 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Cavalletto (2)	90.0 m	102.1 m	-48.2 m	0.3 m	6.2 m
Cavalletto (2) -> Ritto (3)	90.0 m	109.7 m	-62.7 m	0.4 m	7.5 m
Ritto (3) -> Ancoraggio	14.0 m	20.4 m	-14.8 m	0.0 m	2.7 m
Somma finale	194.0 m	232.1 m	-125.6 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata dalle due parte con un ancoraggio fisso.

Linea n° 5 - località Saline



Scheda rilievo n°5
località: Saline

Legenda

- Viabilità
- Linea Gru a cavo

Supporti Rilevati

- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

Supporti Progettazione Automatica

- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

Supporti Progettazione Manuale

- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

0 50 100 150 200 m

Scala 1:2500

Scheda rilievo n°5
località: Saline

Legenda

- Viabilità
- Linea Gru a cavo

Supporti Rilevati

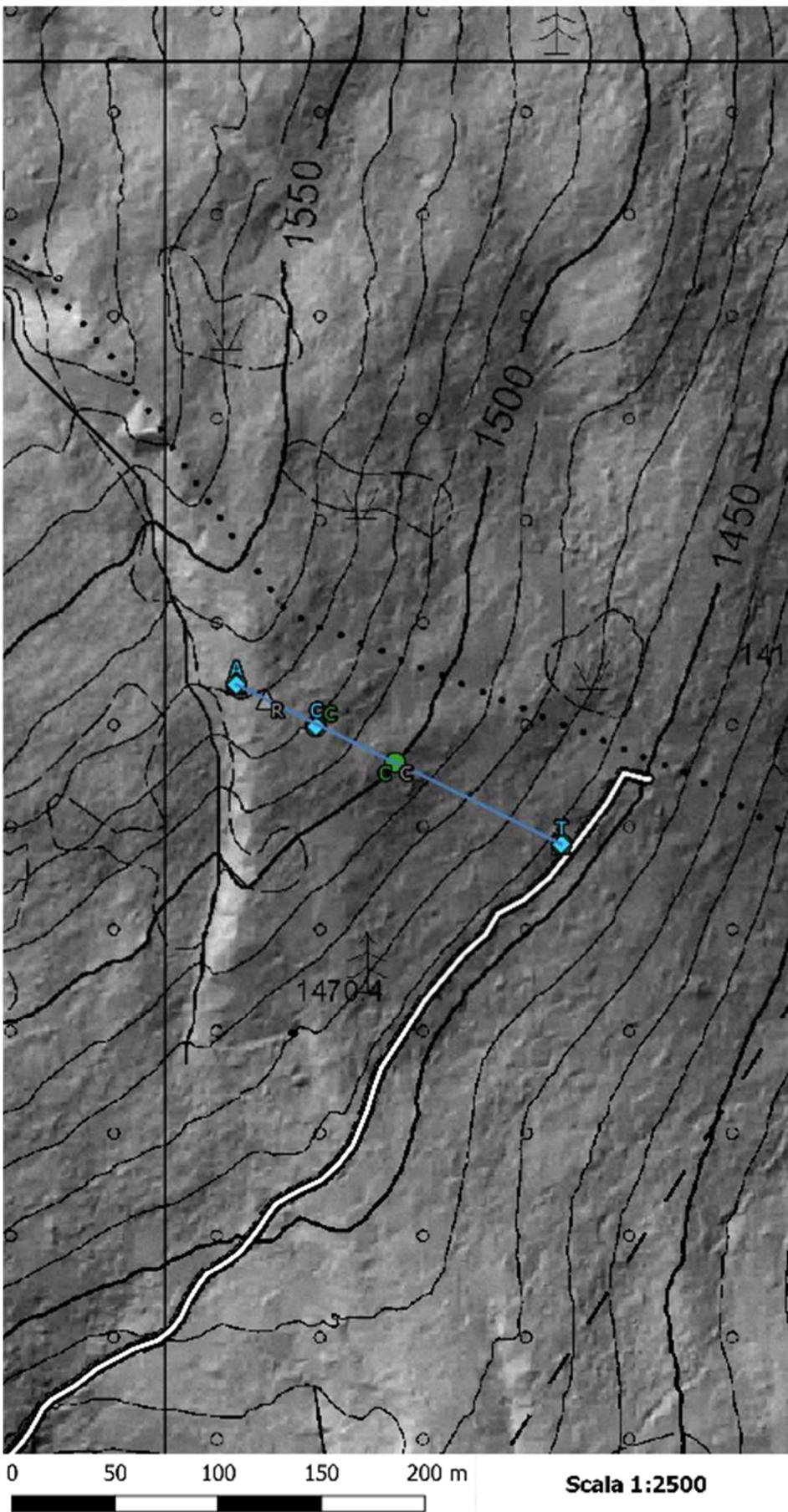
- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

Supporti Progettazione Automatica

- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

Supporti Progettazione Manuale

- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano



Scheda rilievo n°5
località: Saline

Legenda

- Viabilità
- Linea Gru a cavo

Supporti Rilevati

- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

Supporti Progettazione Automatica

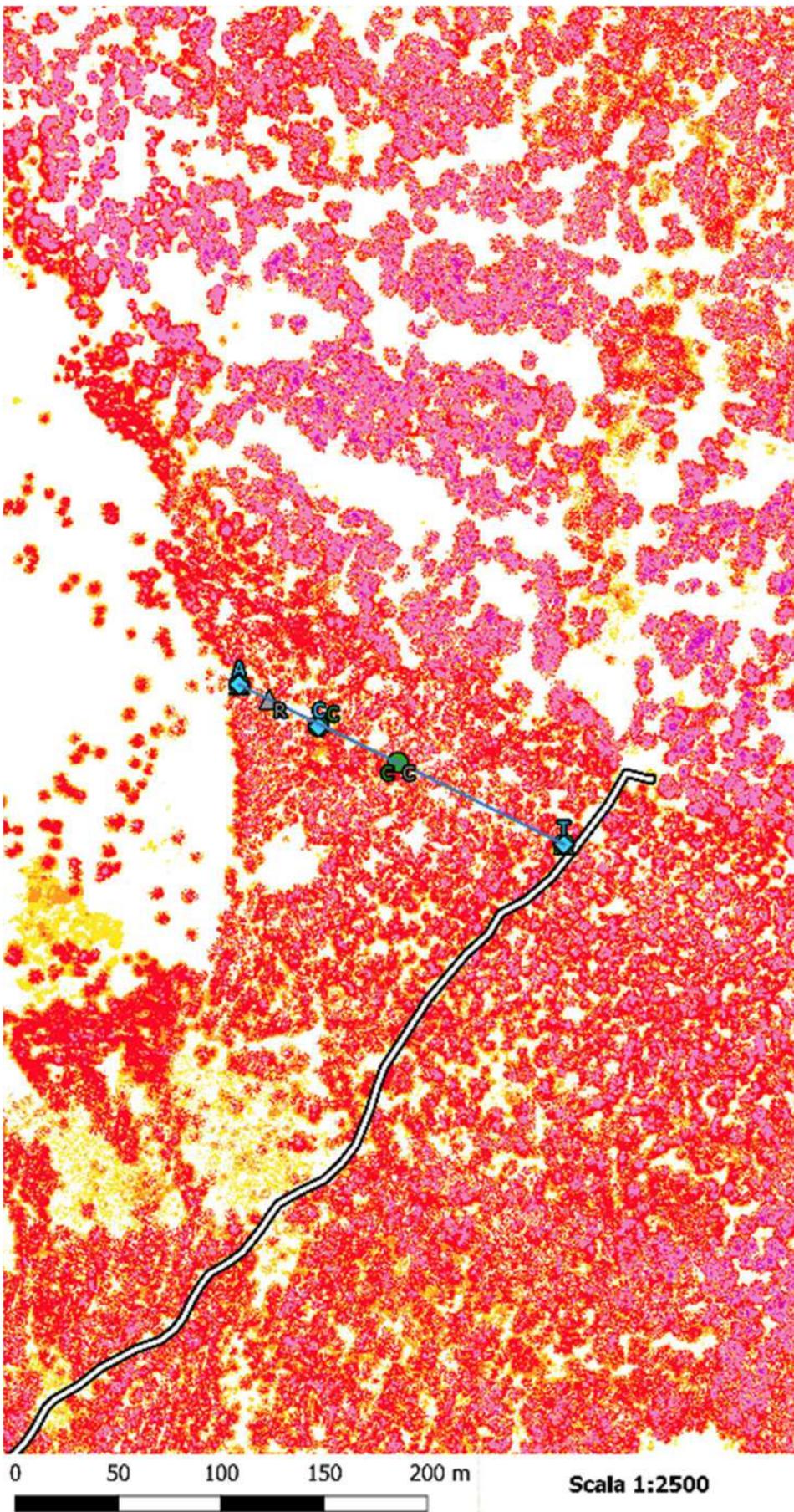
- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

Supporti Progettazione Manuale

- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

CHM

- 0 - 2
- 2 - 5
- 5 - 10
- 10 - 20
- 20 - 30
- 30 - 40
- 40 - 50



Linea					
Data rilievo	Stazione Motrice	Impianto	Lunghezza	Azimuth	Ripresa
2022-06-25	Mobile	Tri-fune	191 m	329°	273 m ³

Dotazione aziendale			
Stazione Motrice	Carrello	Peso Carrello	Trazione Massima
MM Forest technik - Syncrofalke 3t	MM Sherpa	490 kg	30 kN

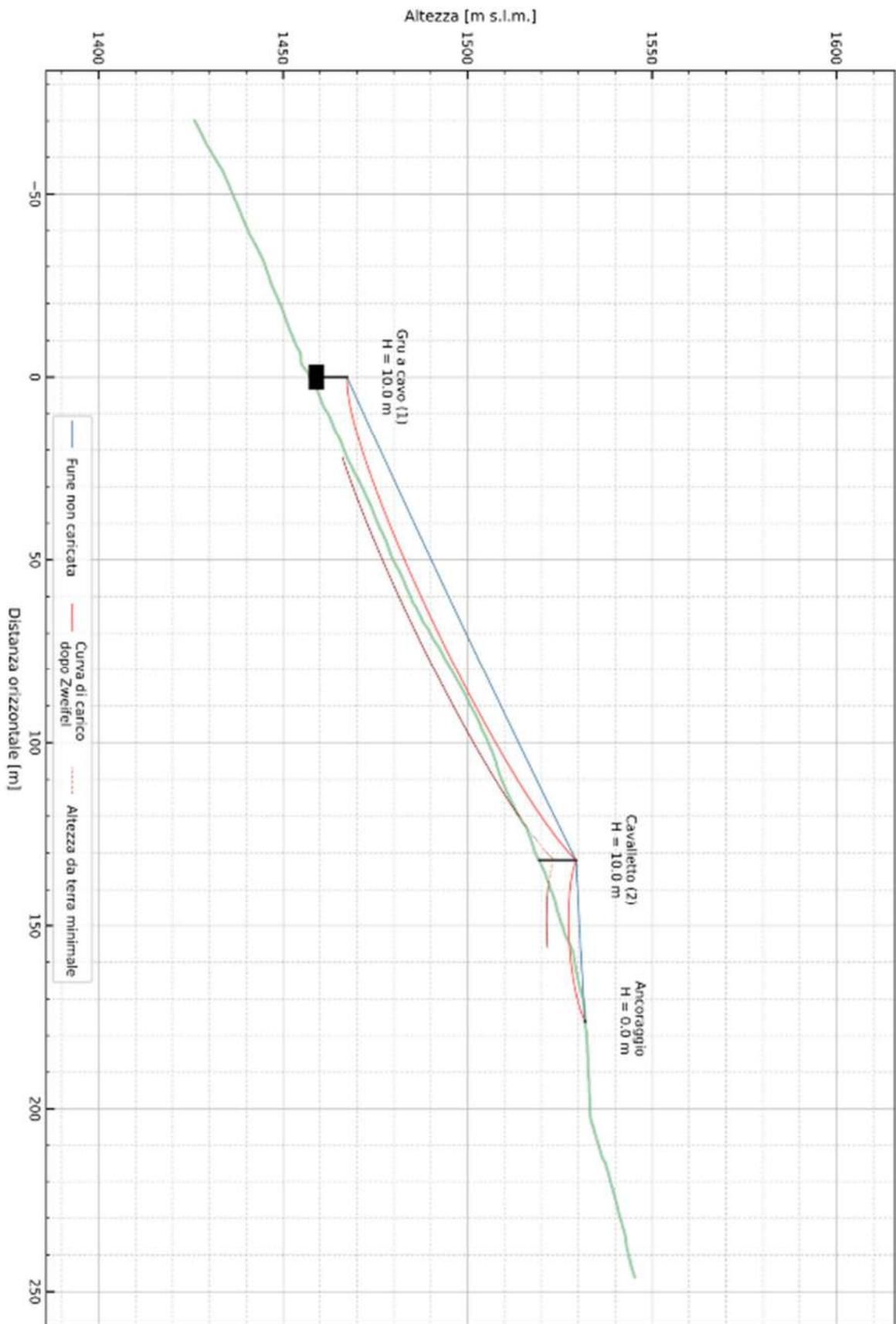
Fune Portante				
Fune Portante	Carico di Rottura Minimo	Limite carico di Sicurezza	Coefficiente di Sicurezza Progettuale	Franco da terra Progettuale
18mm martellata	320	128	2,5	6

Confronto Tensioni			
	Rilevato	Progettazione Manuale	Progettazione Automatica
Franco da Terra effettivo	1,5 m	5 m	6 m
Tensione di Montaggio	70 kN	61 kN	67 kN
Tensione Massima	141 kN	122 kN	124 kN
Coefficiente di Sicurezza effettivo	2.27	2.62	2.58

Confronto Elementi di Supporto								
Rilevato			Progettazione Manuale			Progettazione Automatica		
Tipologia	Altezza	Diametro	Tipologia	Altezza	Diametro	Tipologia	Altezza	Diametro
Torre	10		Torre	10		Torre	10	
Cavalletto	10	45	Cavalletto	14	40	Cavalletto	14	40
Ancoraggio		55*	Cavalletto	14	43	Ritto	12	43
			Ancoraggio		60	Ancoraggio		48

* Ancoraggio su più alberi

Tabulato Sellaplan - Saline



SEILAPLAN progetto: Saline

Data	21.10.2022, 16:33 Uhr	Numero del progetto	-
Autore del progetto	-	Sito forestale	-
Commune	-		
Tipo di gru a cavo	-		
Nota	-		

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	18 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	320 kN
Peso del carico, carrello compreso	30 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	20 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	20 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	70 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	71 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	10.0 m	0 °	-	-
2	Cavalletto	10.0 m	0 °	36 cm	26 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	65 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 141 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	- (Forza sulla sella)	-	-	-
2	Cavalletto	61 kN (Forza sulla sella)	23.4 °	38.7 °	-
	Ancoraggio	141 kN (F. trazione della fune)	-	-	19.2 °

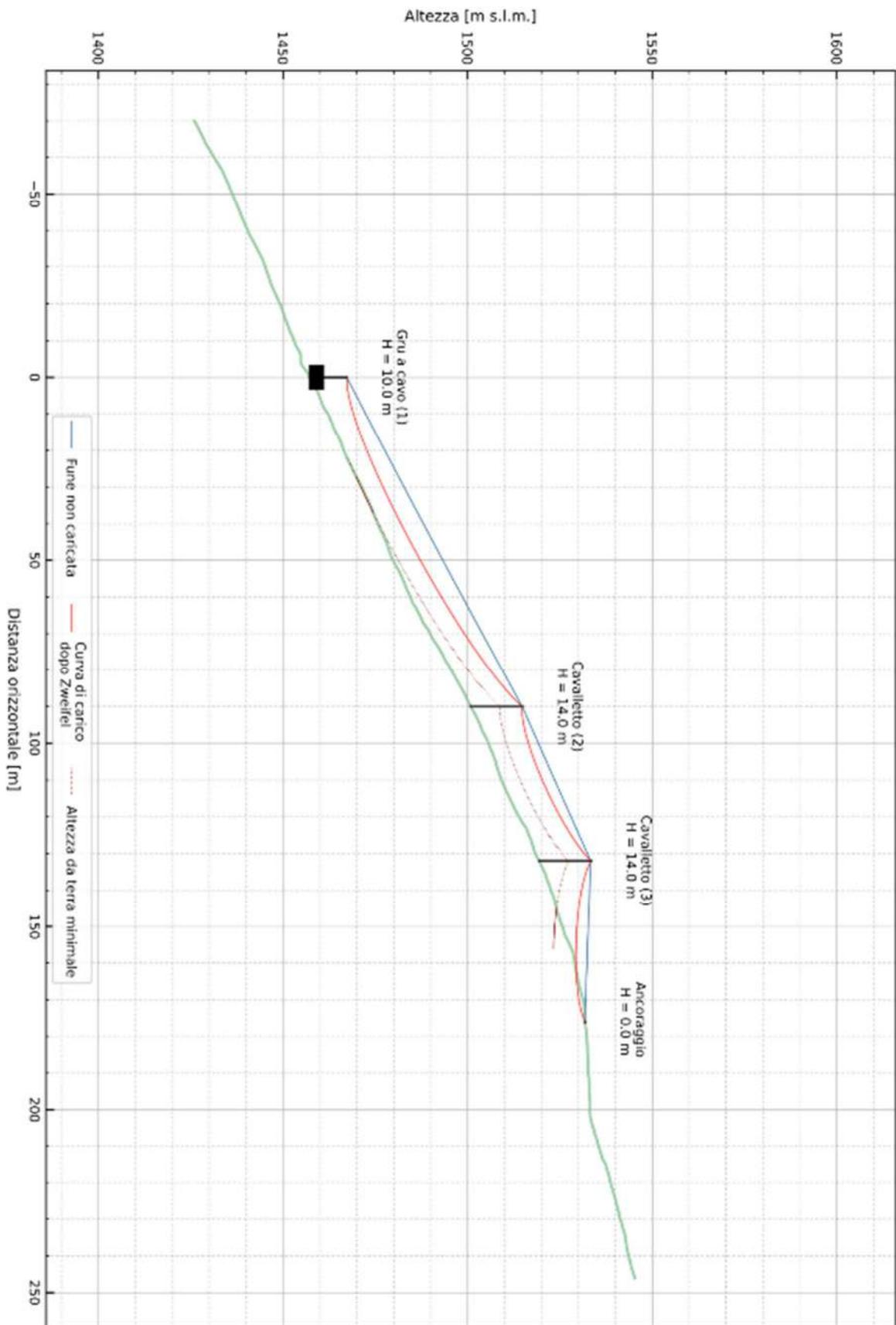
Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimet	329.4 gon / 296.4 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	190.7 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	10.0 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Cavalletto (2)	132.0 m	145.9 m	62.1 m	0.7 m	8.2 m
Cavalletto (2) -> Ancoraggio	44.0 m	45.7 m	12.4 m	0.1 m	3.0 m
Somma finale	176.0 m	191.6 m	74.6 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata delle due parte con un ancoraggio fisso.

Tabulato Sellaplan - Saline - Progettazione Manuale



SEILAPLAN progetto: Saline - Progettazione Manuale

Data	26.10.2022, 15:36 Uhr		
Autore del progetto	-	Numero del progetto	-
Commune	-	Sito forestale	-
Tipo di gru a cavo	-		
Nota	-		

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	18 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	320 kN
Peso del carico, carrello compreso	30 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	20 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	20 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	61 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	62 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	10.0 m	0 °	-	-
2	Cavalletto	14.0 m	0 °	40 cm	26 cm
3	Cavalletto	14.0 m	0 °	43 cm	29 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	60 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 122 kN

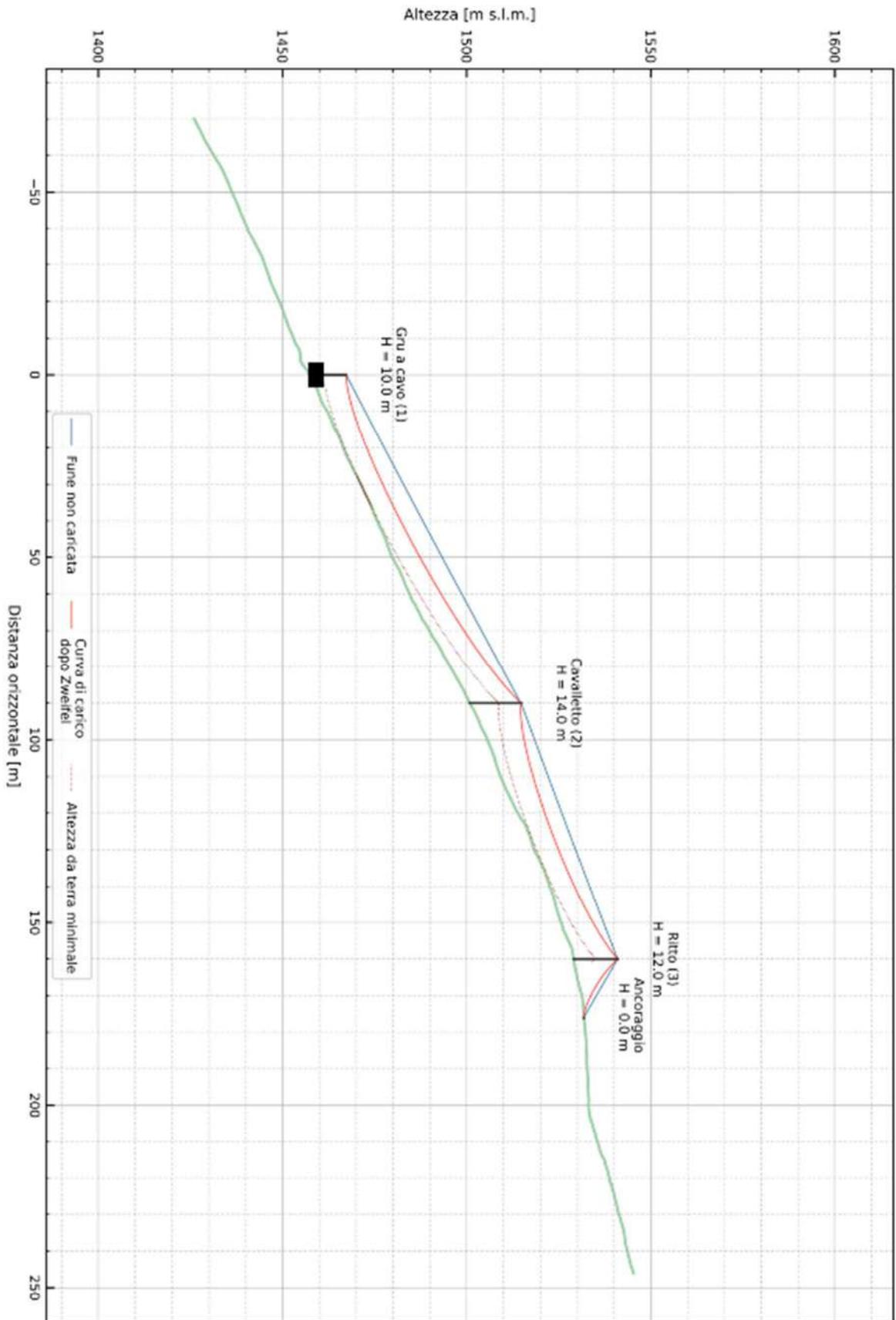
N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	-	(Forza sulla sella)	-	-
2	Cavalletto	37 kN	(Forza sulla sella)	5.1 °	22.0 °
3	Cavalletto	60 kN	(Forza sulla sella)	26.7 °	42.5 °
	Ancoraggio	122 kN	(F. trazione della fune)	-	- 14.1 °

Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimut	329.4 gon / 296.4 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	192.4 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	14.5 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Cavalletto (2)	90.0 m	100.0 m	43.5 m	0.4 m	6.5 m
Cavalletto (2) -> Cavalletto (3)	42.0 m	45.9 m	18.6 m	0.1 m	3.4 m
Cavalletto (3) -> Ancoraggio	44.0 m	45.7 m	12.4 m	0.1 m	3.2 m
Somma finale	176.0 m	191.6 m	74.6 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata dalle due parte con un ancoraggio fisso.



SEILAPLAN progetto: Saline - Progettazione Automatica

Data	26.10.2022, 15:33 Uhr		
Autore del progetto	-	Numero del progetto	-
Commune	-	Sito forestale	-
Tipo di gru a cavo	-		
Nota	-		

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	18 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	320 kN
Peso del carico, carrello compreso	30 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	0 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	15 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	67 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	68 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	10.0 m	0 °	-	-
2	Cavalletto	14.0 m	0 °	40 cm	26 cm
3	Ritto	12.0 m	0 °	43 cm	31 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	48 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 124 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	- (Forza sulla sella)	-	-	-
2	Cavalletto	41 kN (Forza sulla sella)	8.5 °	23.1 °	-
3	Ritto	94 kN (Forza sulla sella)	51.1 °	65.4 °	-
	Ancoraggio	124 kN (F. trazione della fune)	-	-	-19.9 °

Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimut	329.4 gon / 296.4 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	195.7 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	14.4 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Cavalletto (2)	90.0 m	100.0 m	43.5 m	0.4 m	6.4 m
Cavalletto (2) -> Ritto (3)	70.0 m	75.5 m	28.2 m	0.2 m	4.9 m
Ritto (3) -> Ancoraggio	16.0 m	16.2 m	2.8 m	0.0 m	1.6 m
Somma finale	176.0 m	191.7 m	74.6 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata dalle due parte con un ancoraggio fisso.

Linea n° 6 - località Sostino



Scheda rilievo n°6
località: Sostino

Legenda

- Viabilità
- Linea Gru a cavo

Supporti Rilevati

- Ankoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

Supporti Progettazione Automatica

- Ankoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

Supporti Progettazione Manuale

- Ankoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano



Scala 1:2500

Scheda rilievo n°7
località: Sostino

Legenda

-  Viabilità
-  Linea Gru a cavo

Supporti Rilevati

-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

Supporti Progettazione Automatica

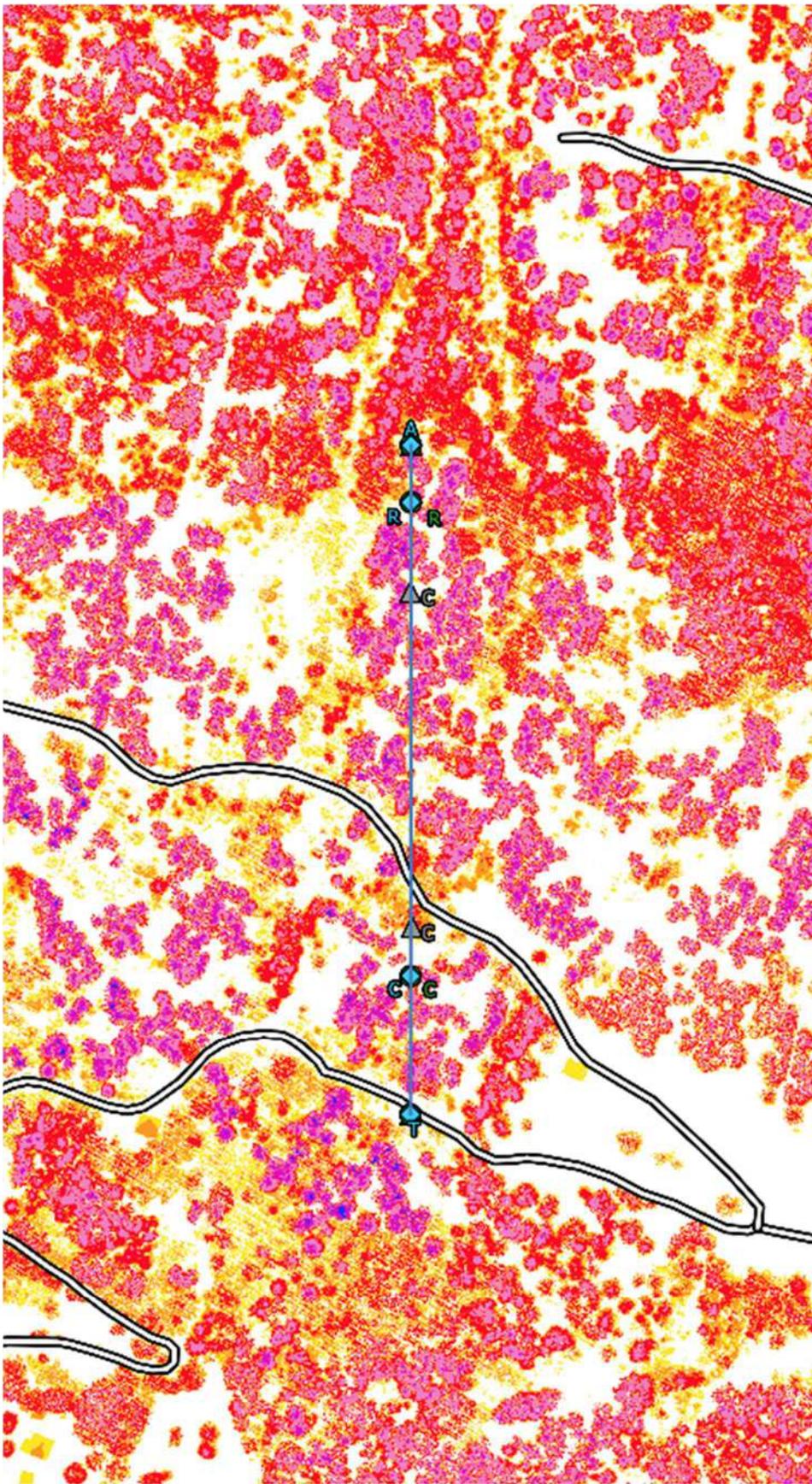
-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

Supporti Progettazione Manuale

-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

CHM

-  0 - 2
-  2 - 5
-  5 - 10
-  10 - 20
-  20 - 30
-  30 - 40
-  40 - 50



0 50 100 150 200 m

Scala 1:2500

Linea					
Data rilievo	Stazione Motrice	Impianto	Lunghezza	Azimuth	Ripresa
2022-07-01	Mobile	Tri-fune	356 m	200°	345 m ³

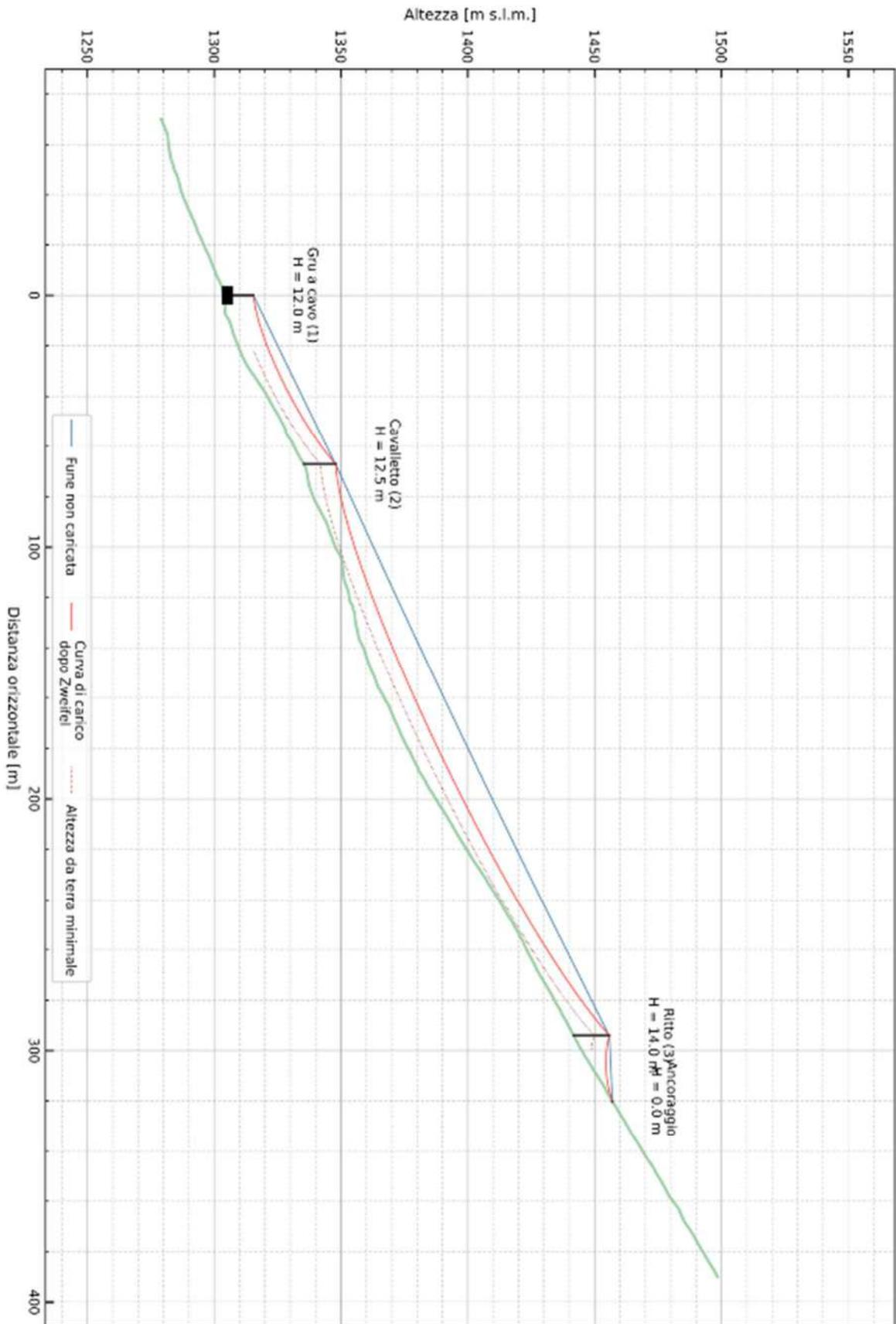
Dotazione aziendale			
Stazione Motrice	Carrello	Peso Carrello	Trazione Massima
Konrad Forest technik - Mouny MT40-2	Konrad lifliner LL40-1	1020 kg	40 kN

Fune Portante				
Fune Portante	Carico di Rottura Minimo	Limite carico di Sicurezza	Coefficiente di Sicurezza Progettuale	Franco da terra Progettuale
22mm compattata	458	183	2,5	6

Confronto Tensioni			
	Rilevato	Progettazione Manuale	Progettazione Automatica
Franco da Terra effettivo	6 m	6 m	6 m
Tensione di Montaggio	115 kN	77 kN	101 kN
Tensione Massima	204 kN	184 kN	180 kN
Coefficiente di Sicurezza effettivo	2.25	2.49	2.54

Confronto Elementi di Supporto								
Rilevato			Progettazione Manuale			Progettazione Automatica		
Tipologia	Altezza	Diametro	Tipologia	Altezza	Diametro	Tipologia	Altezza	Diametro
Torre	12		Torre	12		Torre	12	
Cavalletto	12,5	55	Cavalletto	16	45	Cavalletto	14	42
Ritto	14	50	Ritto	14	46	Cavalletto	16	47
Ancoraggio		80	Ancoraggio		65	Ancoraggio		

Tabulato Selliplan - Sostino



SEILAPLAN progetto: Sostino

Data	21.10.2022, 16:40 Uhr		
Autore del progetto	-	Numero del progetto	-
Commune	-	Sito forestale	-
Tipo di gru a cavo	-		
Nota	-		

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	40 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	20 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	20 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	115 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	118 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	12.0 m	0 °	-	-
2	Cavalletto	12.5 m	0 °	40 cm	27 cm
3	Ritto	14.0 m	0 °	47 cm	33 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	65 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 204 kN

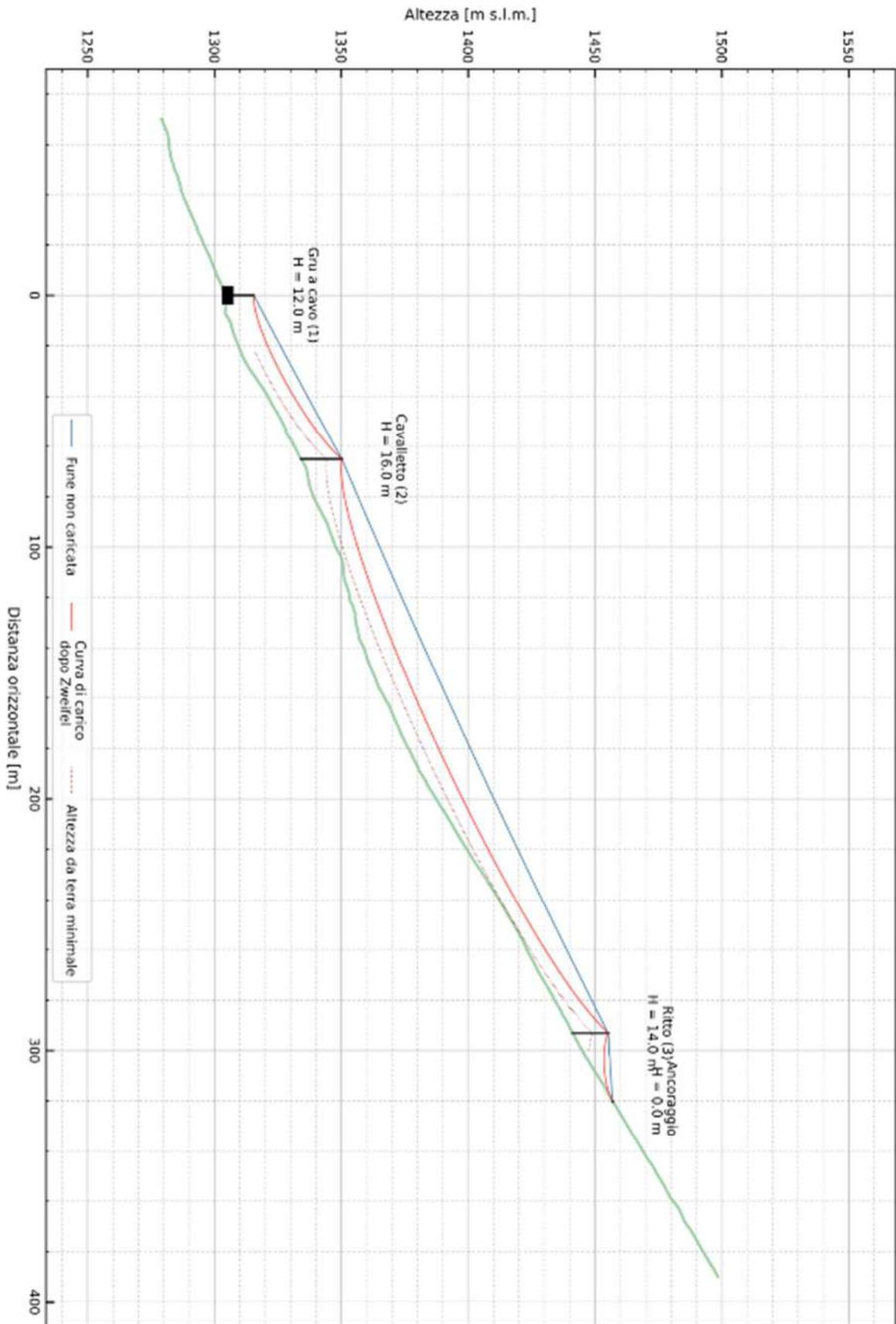
N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	- (Forza sulla sella)	-	-	-
2	Cavalletto	48 kN (Forza sulla sella)	2.1 °	13.8 °	-
3	Ritto	93 kN (Forza sulla sella)	24.2 °	40.5 °	-
	Ancoraggio	204 kN (F. trazione della fune)	-	-	33.1 °

Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimut	0.0 gon / 0.0 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	353.3 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	16.6 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Cavalletto (2)	67.0 m	74.2 m	31.9 m	0.1 m	4.9 m
Cavalletto (2) -> Ritto (3)	227.0 m	250.7 m	106.4 m	1.6 m	13.4 m
Ritto (3) -> Ancoraggio	26.0 m	30.1 m	15.2 m	0.0 m	1.9 m
Somma finale	320.0 m	355.0 m	153.4 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata dalle due parte con un ancoraggio fisso.



SEILAPLAN progetto: Sostino - Progettazione Manuale

Data	26.10.2022, 15:45 Uhr		
Autore del progetto	-	Numero del progetto	-
Commune	-	Sito forestale	-
Tipo di gru a cavo	-		
Nota	-		

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	40 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	20 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	20 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	77 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	80 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	12.0 m	0 °	-	-
2	Cavalletto	16.0 m	0 °	45 cm	29 cm
3	Ritto	14.0 m	0 °	46 cm	32 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	65 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 184 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	-	(Forza sulla sella)	-	-
2	Cavalletto	51 kN	(Forza sulla sella)	5.9 °	19.0 °
3	Ritto	76 kN	(Forza sulla sella)	23.2 °	43.2 °
	Ancoraggio	184 kN	(F. trazione della fune)	-	- 34.0 °

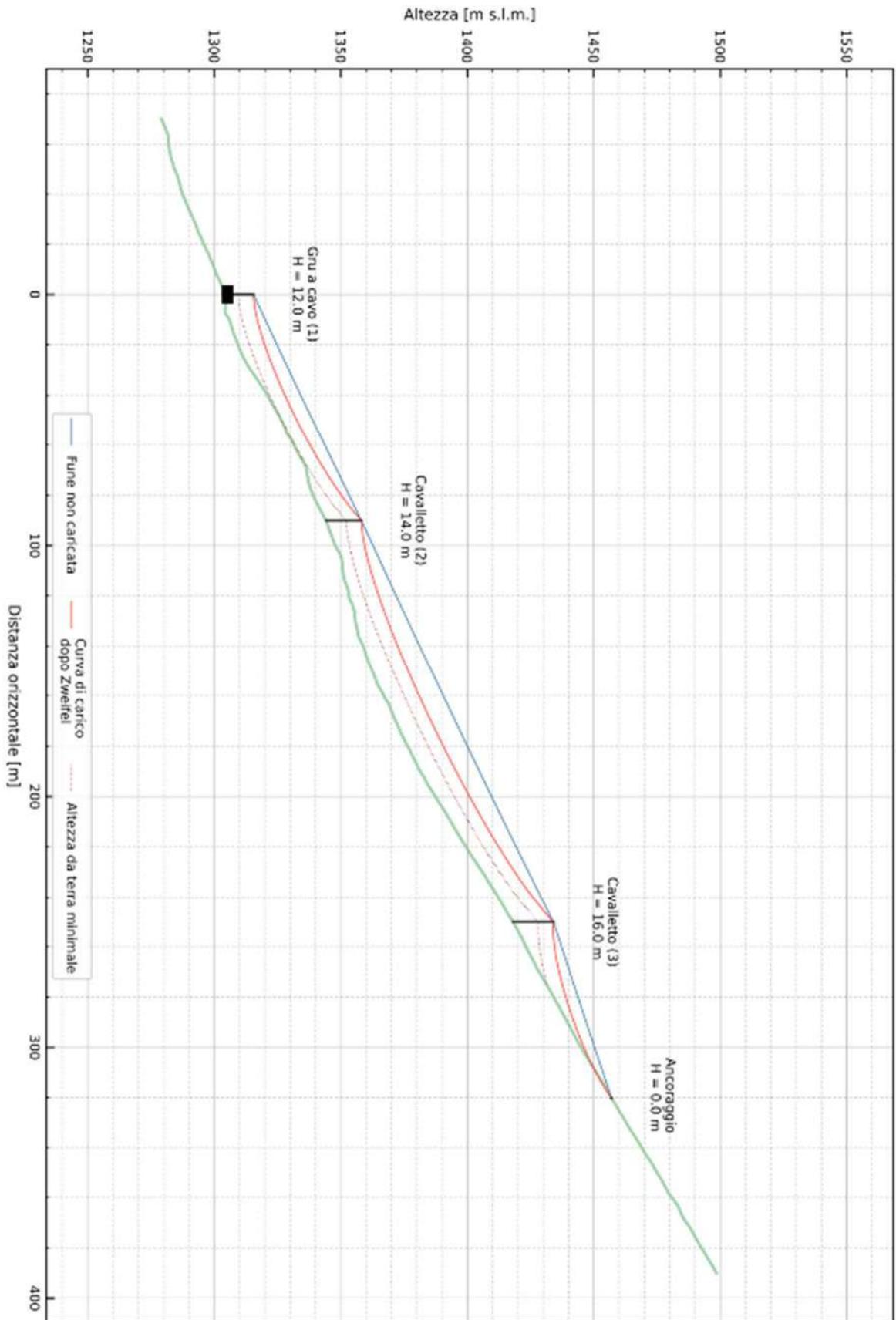
Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimut	0.0 gon / 0.0 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	352.8 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	25.8 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Cavalletto (2)	65.0 m	71.9 m	30.7 m	0.2 m	5.8 m
Cavalletto (2) -> Ritto (3)	228.0 m	251.9 m	107.0 m	2.3 m	14.9 m
Ritto (3) -> Ancoraggio	27.0 m	31.2 m	15.7 m	0.0 m	2.4 m
Somma finale	320.0 m	355.0 m	153.4 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata dalle due parte con un ancoraggio fisso.

Tabulato Sellapian - Sostino - Progettazione Automatica



SEILAPLAN progetto: Sostino - Progettazione Automatica

Data	26.10.2022, 15:40 Uhr	Numero del progetto	-
Autore del progetto	-	Sito forestale	-
Commune	-		
Tipo di gru a cavo	-		
Nota	-		

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	40 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	0 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	45 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	101 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	104 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	12.0 m	0 °	-	-
2	Cavalletto	14.0 m	0 °	42 cm	28 cm
3	Cavalletto	16.0 m	0 °	47 cm	31 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	* cm	-

* l'indicazione del DPU minimale non è possibile in caso di un angolo troppo ripido

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 180 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	- (Forza sulla sella)	-	-	-
2	Cavalletto	46 kN (Forza sulla sella)	1.6 °	14.0 °	-
3	Cavalletto	59 kN (Forza sulla sella)	8.7 °	24.1 °	-
	Ancoraggio	180 kN (F. trazione della fune)	-	-	47.6 °

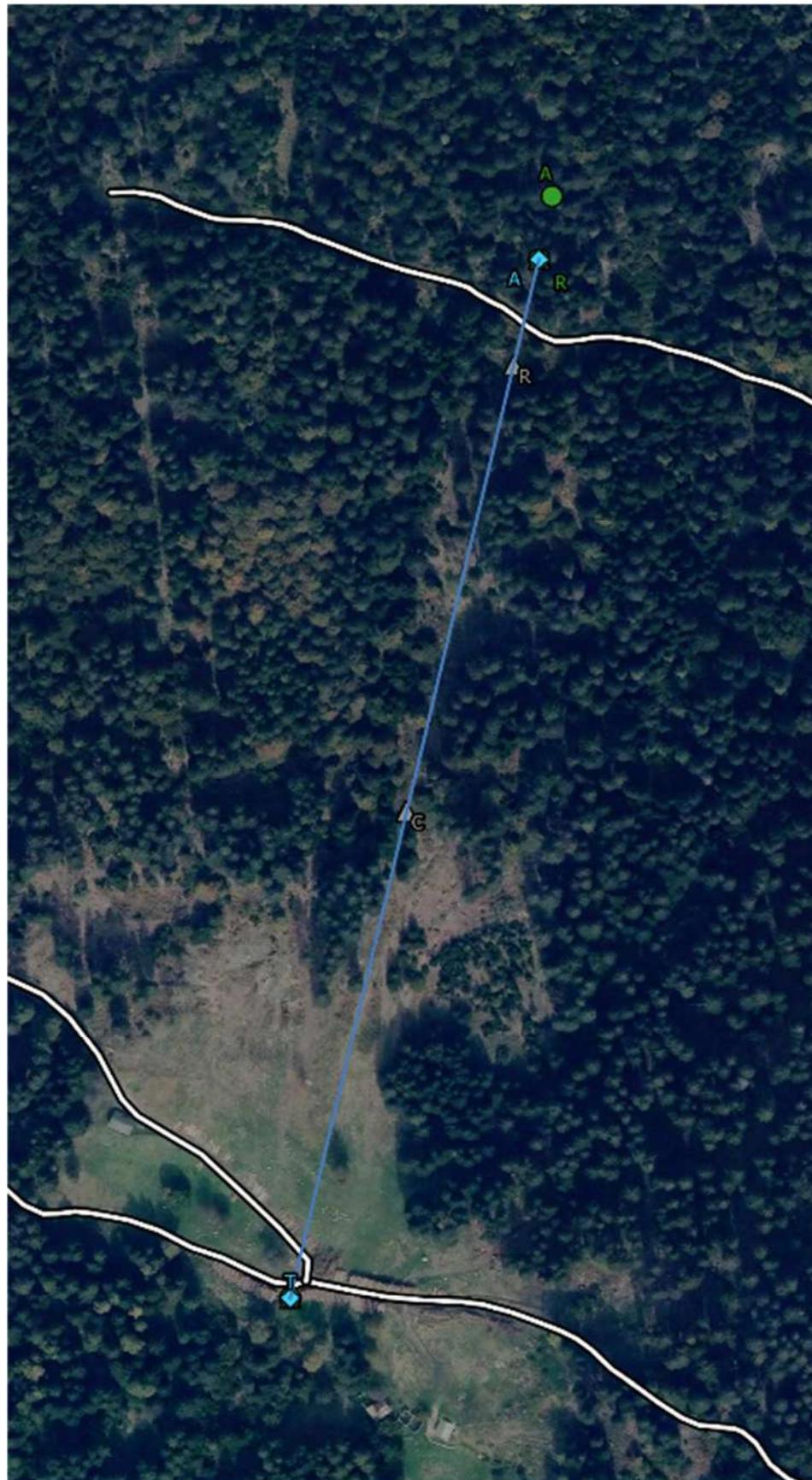
Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimet	0.0 gon / 0.0 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	351.7 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	23.9 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Cavalletto (2)	90.0 m	98.8 m	40.7 m	0.3 m	6.6 m
Cavalletto (2) -> Cavalletto (3)	160.0 m	176.2 m	73.9 m	0.9 m	10.5 m
Cavalletto (3) -> Ancoraggio	70.0 m	80.1 m	38.9 m	0.2 m	5.0 m
Somma finale	320.0 m	355.1 m	153.4 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissato delle due parte con un ancoraggio fisso.

Linea n° 7 - località Sostino – Maruzaldo



Scheda rilievo n°7
località: Sostino -
Maruzaldo

Legenda

- Viabilità
- Linea Gru a cavo

Supporti Rilevati

- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

Supporti Progettazione Automatica

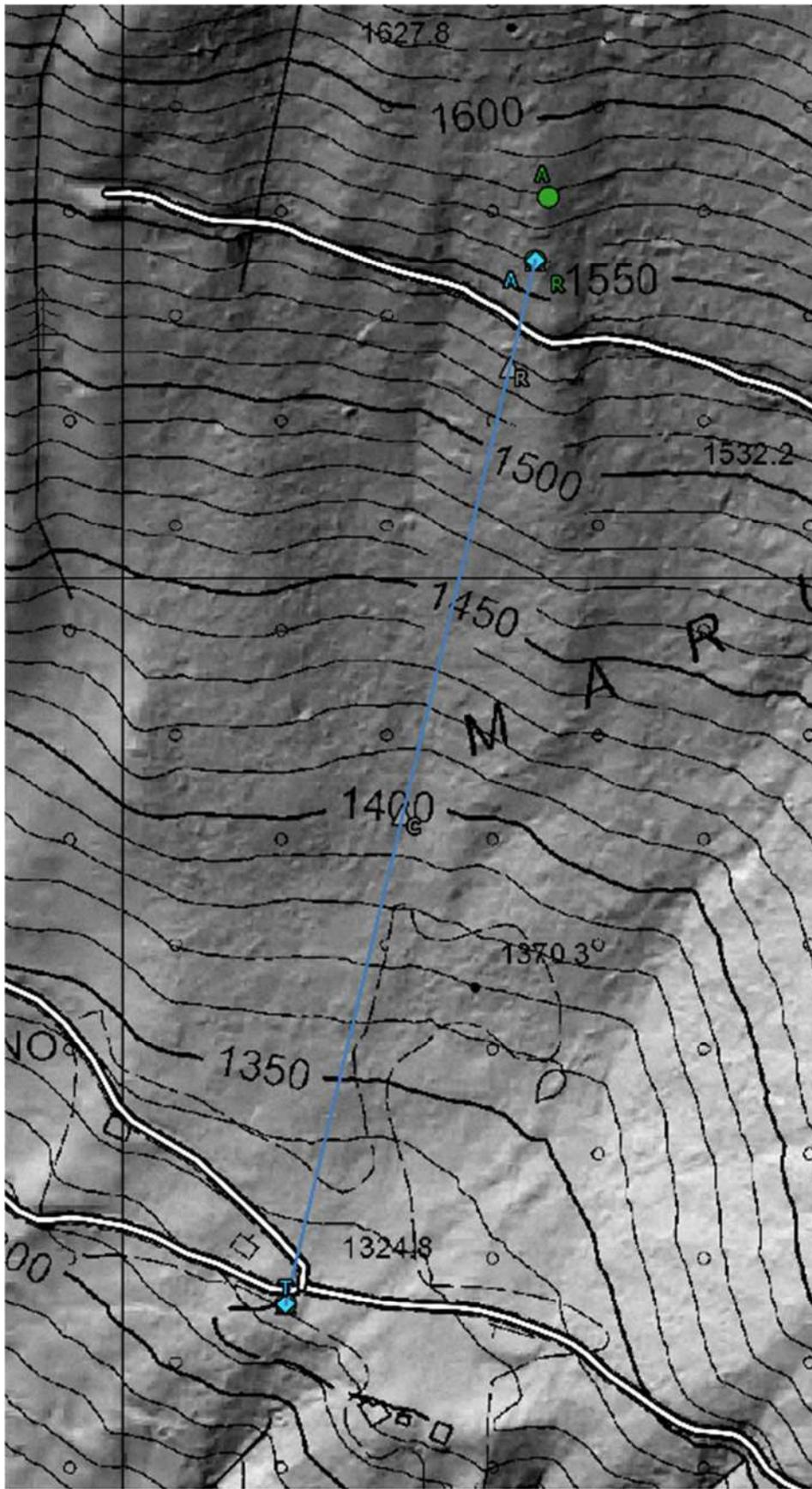
- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

Supporti Progettazione Manuale

- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

0 50 100 150 200 m

Scala 1:2500



Scheda rilievo n°4
località: Sostino -
Maruzaldo

Legenda

- Viabilità
- Linea Gru a cavo

Supporti Rilevati

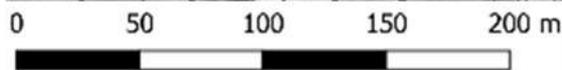
- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

Supporti Progettazione Automatica

- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

Supporti Progettazione Manuale

- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano



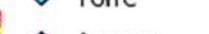
Scala 1:2500

Scheda rilievo n°4
località: Sostino -
Maruzaldo

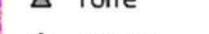
Legenda

-  Viabilità
-  Linea Gru a cavo

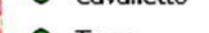
Supporti Rilevati

-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

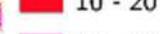
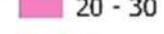
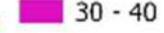
Supporti Progettazione Automatica

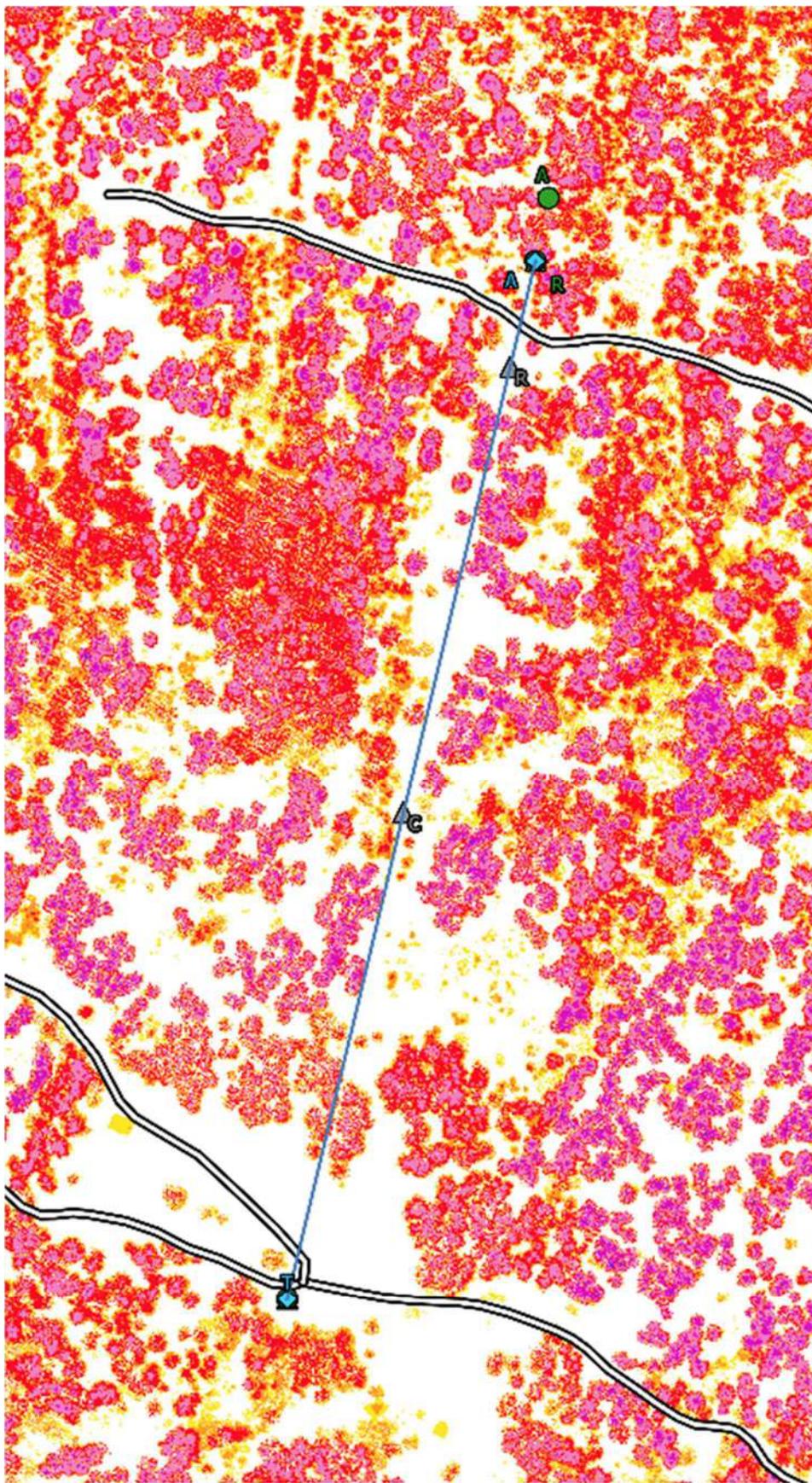
-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

Supporti Progettazione Manuale

-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

CHM

-  0 - 2
-  2 - 5
-  5 - 10
-  10 - 20
-  20 - 30
-  30 - 40
-  40 - 50



0 50 100 150 200 m

Scala 1:2500

Linea					
Data rilievo	Stazione Motrice	Impianto	Lunghezza	Azimuth	Ripresa
2022-06-22	Mobile	Tri-fune	564 m	15°	438 m ³

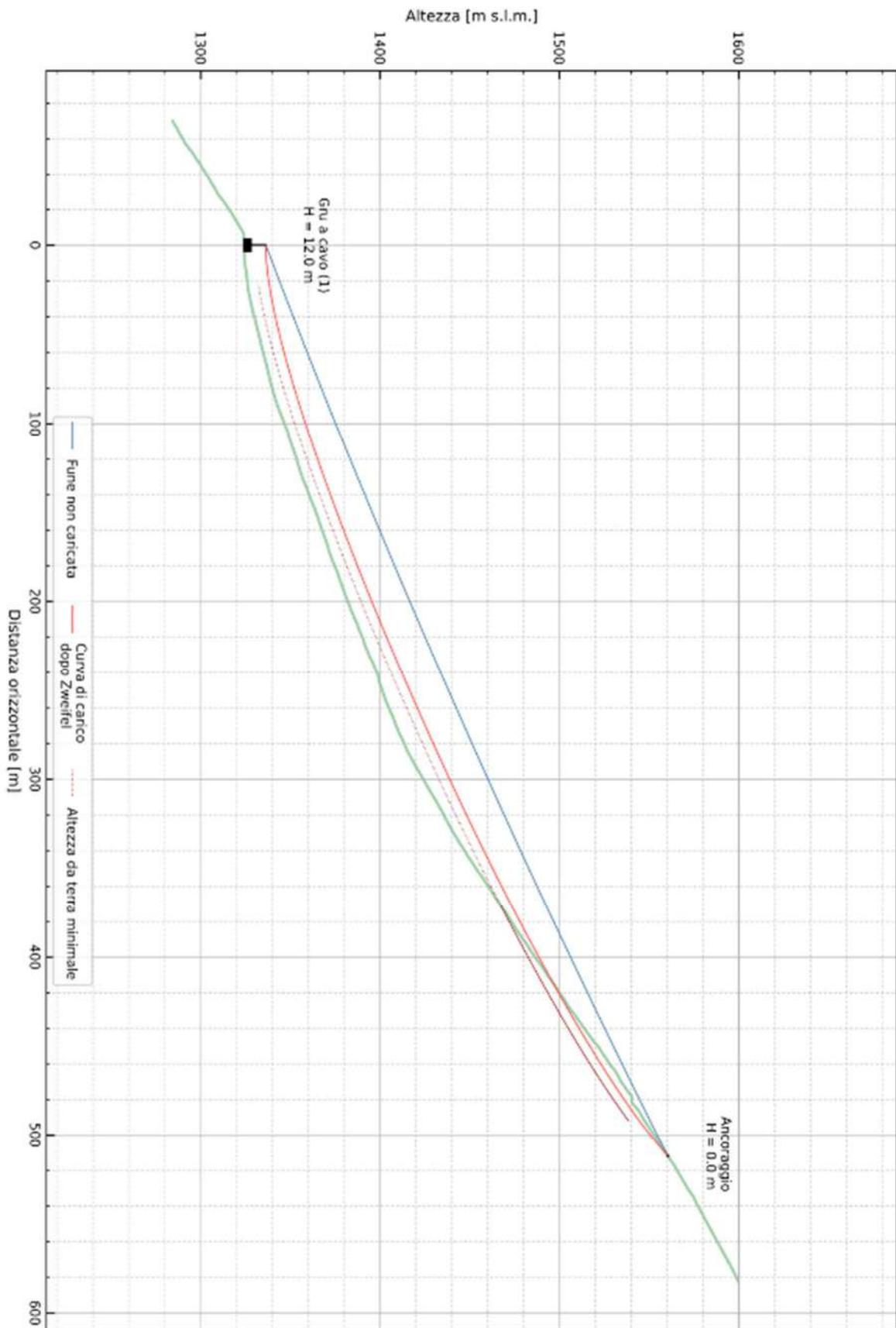
Dotazione aziendale			
Stazione Motrice	Carrello	Peso Carrello	Trazione Massima
Konrad Forest technik - Mouny MT40-2	Konrad lifliner LL40-1	1020 kg	40 kN

Fune Portante				
Fune Portante	Carico di Rottura Minimo	Limite carico di Sicurezza	Coefficiente di Sicurezza Progettuale	Franco da terra Progettuale
22mm compattata	458	183	2,5	6

Confronto Tensioni			
	Rilevato	Progettazione Manuale	Progettazione Automatica
Franco da Terra effettivo	6 m	6 m	6 m
Tensione di Montaggio	115 kN	55 kN	99 kN
Tensione Massima	228 kN	186 kN	181 kN
Coefficiente di Sicurezza effettivo	2.01	2.46	2.53

Confronto Elementi di Supporto								
Rilevato			Progettazione Manuale			Progettazione Automatica		
Tipologia	Altezza	Diametro	Tipologia	Altezza	Diametro	Tipologia	Altezza	Diametro
Torre	12		Torre	12		Torre	12	
Ancoraggio		75*	Ritto	13	44	Cavalletto	16	40
			Ancoraggio		65	Ritto	12	40
						Ancoraggio		

* Ancoraggio su più alberi



SEILAPLAN progetto: Sostino - Maruzaldo

Data	21.10.2022, 16:43 Uhr		
Autore del progetto	-	Numero del progetto	-
Commune	-	Sito forestale	-
Tipo di gru a cavo	-		
Nota	-		

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	40 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	20 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	20 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	115 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	120 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	12.0 m	0 °	-	-
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	* cm	-

* l'indicazione del DPU minimale non è possibile in caso di un angolo troppo ripido

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 228 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	- (Forza sulla sella)	-	-	-
	Ancoraggio	228 kN (F. trazione della fune)	-	-	51.3 °

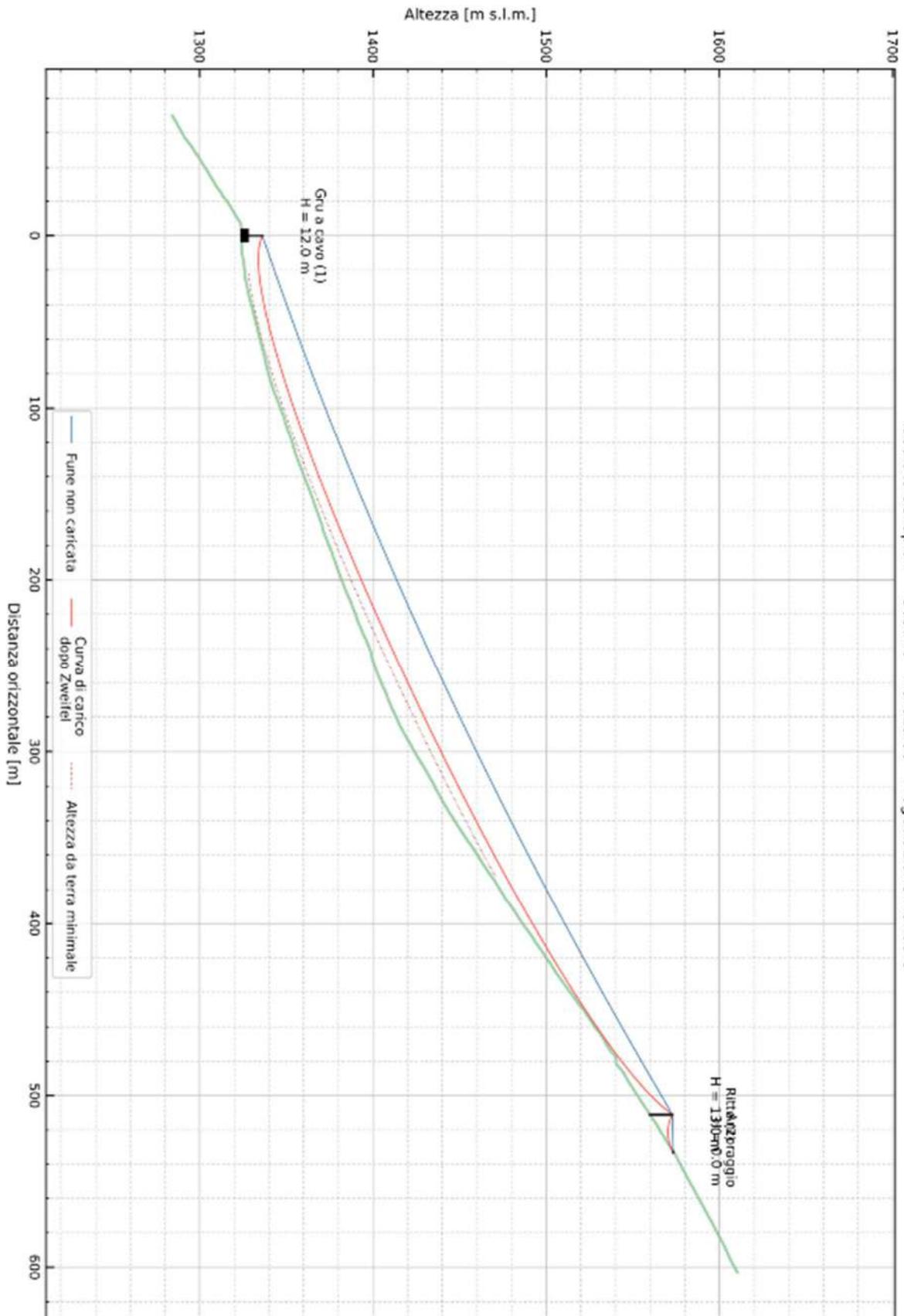
Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimet	14.8 gon / 13.3 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	561.6 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	38.0 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Ancoraggio	512.0 m	563.9 m	236.3 m	7.7 m	29.4 m
Somma finale	512.0 m	563.9 m	236.3 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissato delle due parte con un ancoraggio fisso.

Tabulato Selliplan - Sostino - Maruzaldo - Progettazione Manuale



SEILAPLAN progetto: Sostino - Maruzaldo - Progettazione Manuale

Data	26.10.2022, 15:51 Uhr		
Autore del progetto	-	Numero del progetto	-
Commune	-	Sito forestale	-
Tipo di gru a cavo	-		
Nota	-		

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	40 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	20 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	160 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	55 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	61 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	12.0 m	0 °	-	-
2	Ritto	13.0 m	0 °	44 cm	31 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	65 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 186 kN

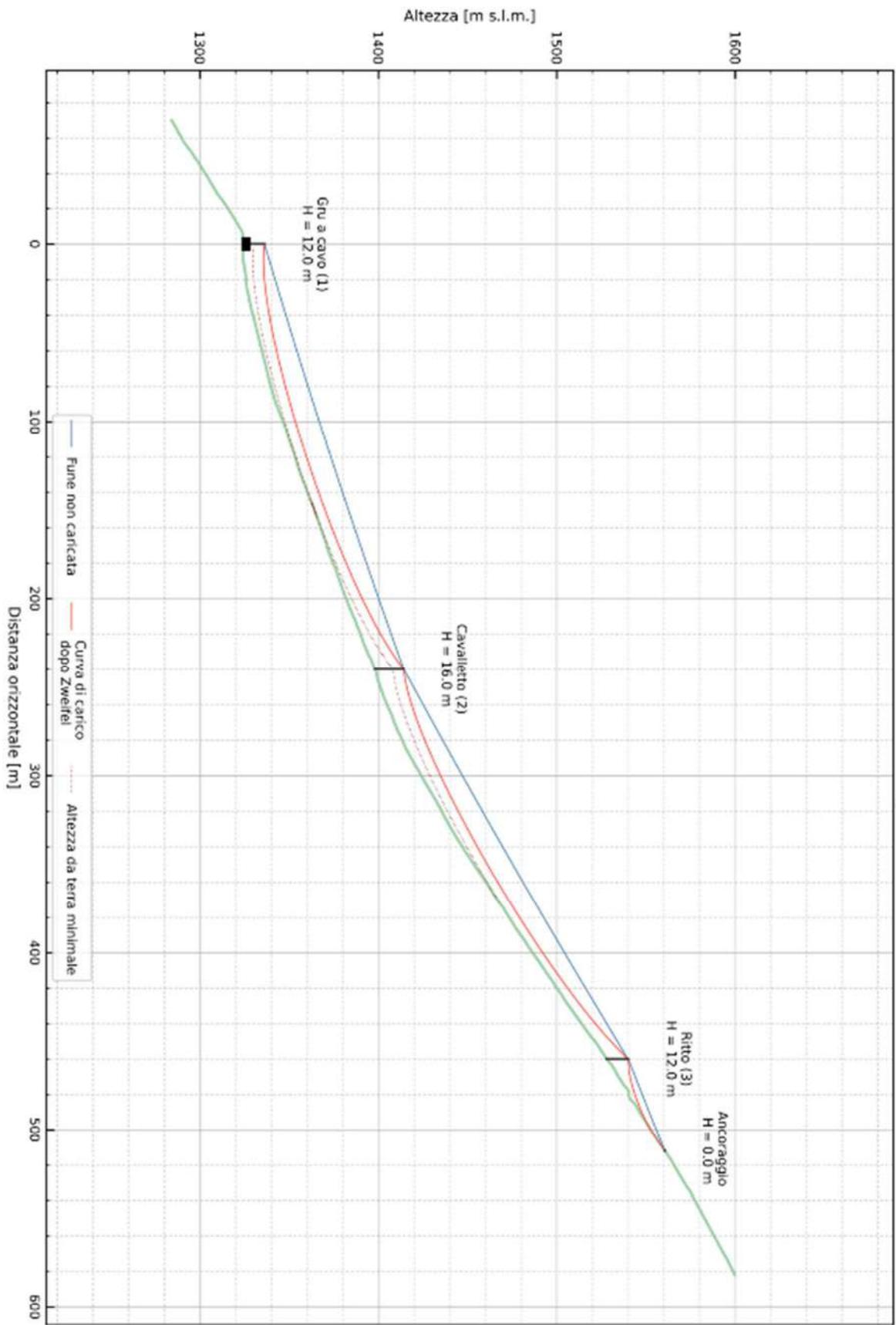
N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	- (Forza sulla sella)	-	-	-
2	Ritto	79 kN (Forza sulla sella)	29.7 °	57.3 °	-
	Ancoraggio	186 kN (F. trazione della fune)	-	-	32.7 °

Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimut	14.8 gon / 13.4 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	587.4 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	39.2 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Ritto (2)	511.0 m	562.7 m	235.7 m	15.9 m	36.5 m
Ritto (2) -> Ancoraggio	22.0 m	25.8 m	13.4 m	0.0 m	2.9 m
Somma finale	533.0 m	588.5 m	249.1 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata dalle due parte con un ancoraggio fisso.



SEILAPLAN progetto: Sostino - Maruzaldo - Progettazione Automatica

Data	26.10.2022, 15:58 Uhr	Numero del progetto	-
Autore del progetto	-	Sito forestale	-
Commune	-		
Tipo di gru a cavo	-		
Nota	-		

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	40 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	0 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	140 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	99 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	104 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	12.0 m	0 °	-	-
2	Cavalletto	16.0 m	0 °	40 cm	24 cm
3	Ritto	12.0 m	0 °	40 cm	28 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	* cm	-

* l'indicazione del DPU minimale non è possibile in caso di un angolo troppo ripido

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 181 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	- (Forza sulla sella)	-	-	-
2	Cavalletto	33 kN (Forza sulla sella)	-8.7 °	3.9 °	-
3	Ritto	62 kN (Forza sulla sella)	10.0 °	27.8 °	-
	Ancoraggio	181 kN (F. trazione della fune)	-	-	53.9 °

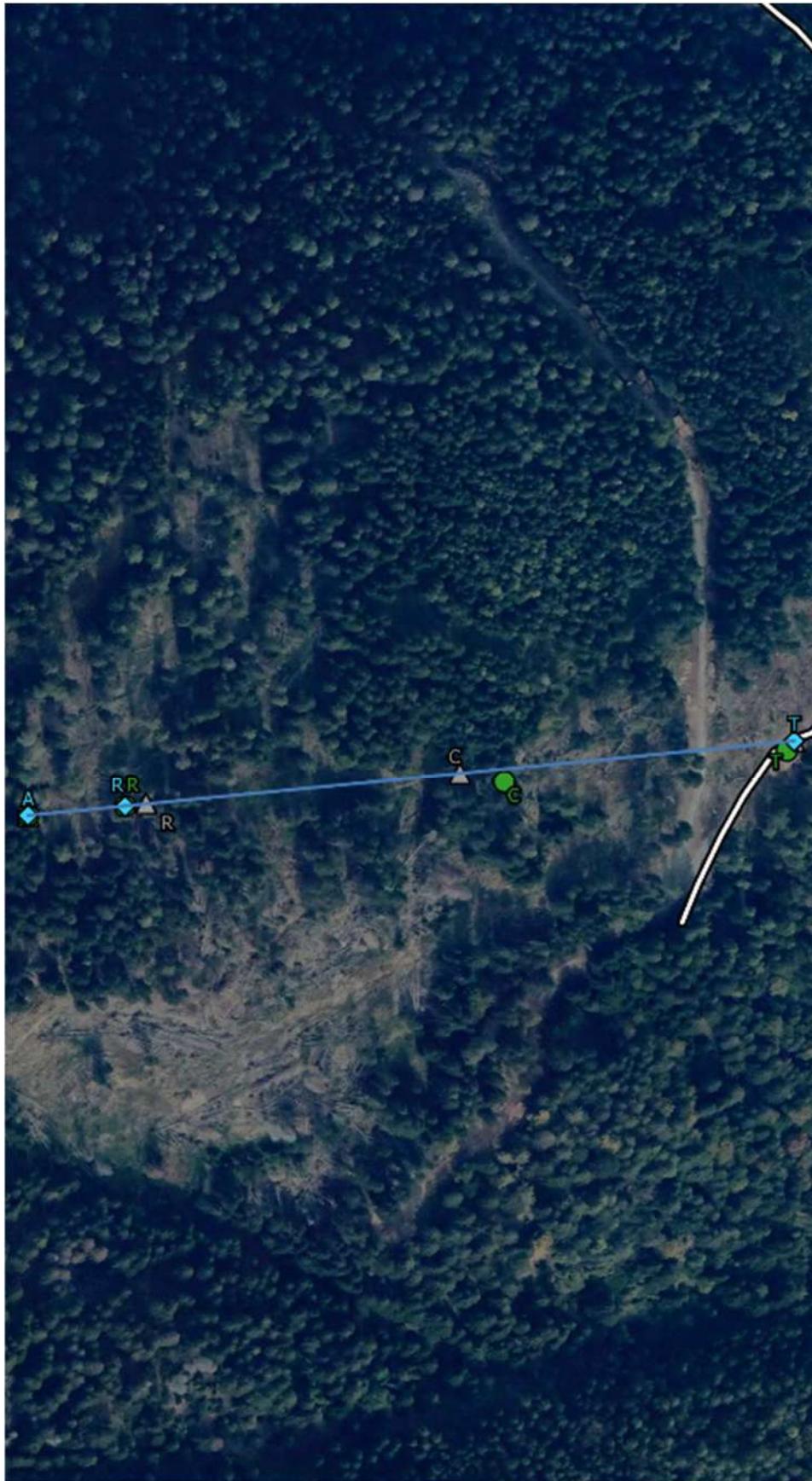
Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimet	14.8 gon / 13.3 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	563.8 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	23.2 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Cavalletto (2)	240.0 m	251.1 m	74.0 m	1.8 m	15.5 m
Cavalletto (2) -> Ritto (3)	220.0 m	255.5 m	129.8 m	1.8 m	16.1 m
Ritto (3) -> Ancoraggio	52.0 m	61.3 m	32.5 m	0.1 m	4.3 m
Somma finale	512.0 m	567.9 m	236.3 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata dalle due parte con un ancoraggio fisso.

Linea n° 8 - località Stablo



Scheda rilievo n°8
località: Stablo

Legenda

-  Viabilità
-  Linea Gru a cavo
- Supporti Rilevati**
 -  Ancoraggio
 -  Ritto
 -  Cavalletto
 -  Torre
 -  Argano
- Supporti Progettazione Automatica**
 -  Ancoraggio
 -  Ritto
 -  Cavalletto
 -  Torre
 -  Argano
- Supporti Progettazione Manuale**
 -  Ancoraggio
 -  Ritto
 -  Cavalletto
 -  Torre
 -  Argano

0 50 100 150 200 m



Scala 1:2500

Scheda rilievo n°11
località: Stablo

Legenda

- Viabilità
- Linea Gru a cavo

Supporti Rilevati

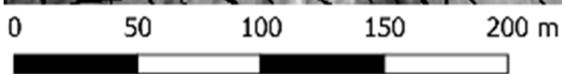
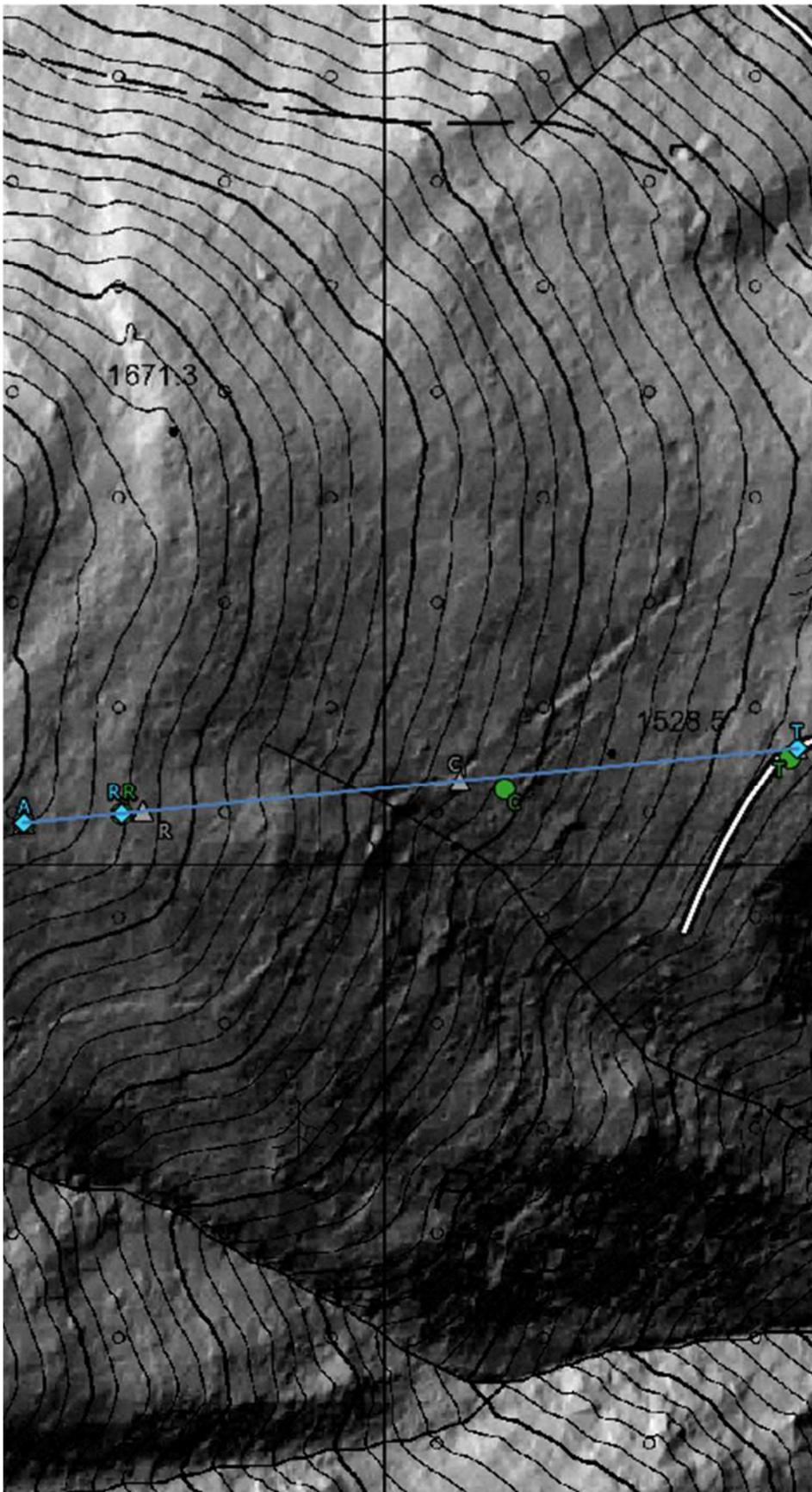
- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

Supporti Progettazione Automatica

- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

Supporti Progettazione Manuale

- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano



Scala 1:2500

Scheda rilievo n°11
località: Stablo

Legenda

-  Viabilità
-  Linea Gru a cavo

Supporti Rilevati

-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

Supporti Progettazione Automatica

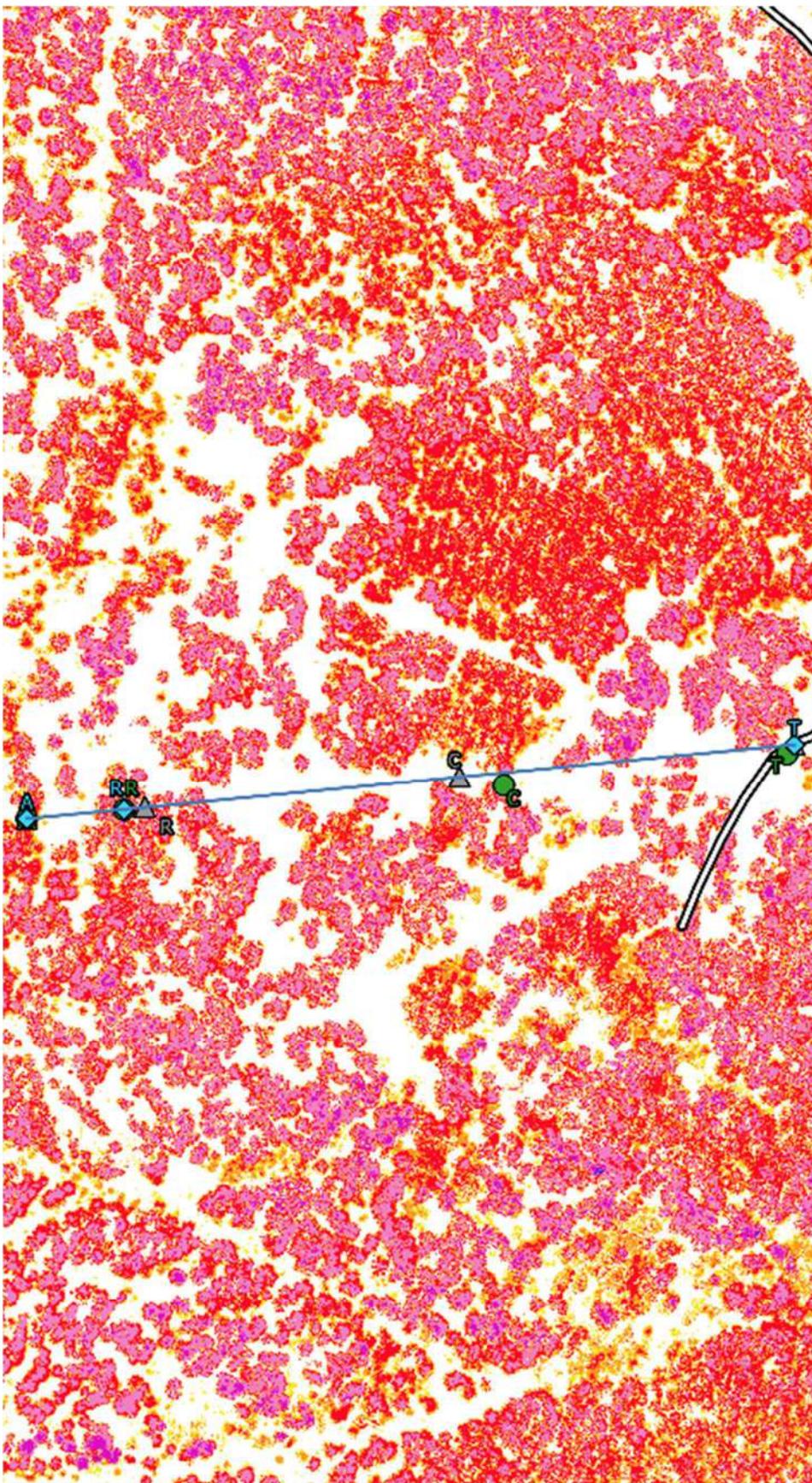
-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

Supporti Progettazione Manuale

-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

CHM

-  0 - 2
-  2 - 5
-  5 - 10
-  10 - 20
-  20 - 30
-  30 - 40
-  40 - 50



0 50 100 150 200 m

Scala 1:2500

Linea					
Data rilievo	Stazione Motrice	Impianto	Lunghezza	Azimuth	Ripresa
2022-09-07	Mobile	Tri-fune	420 m	94°	201 m^3

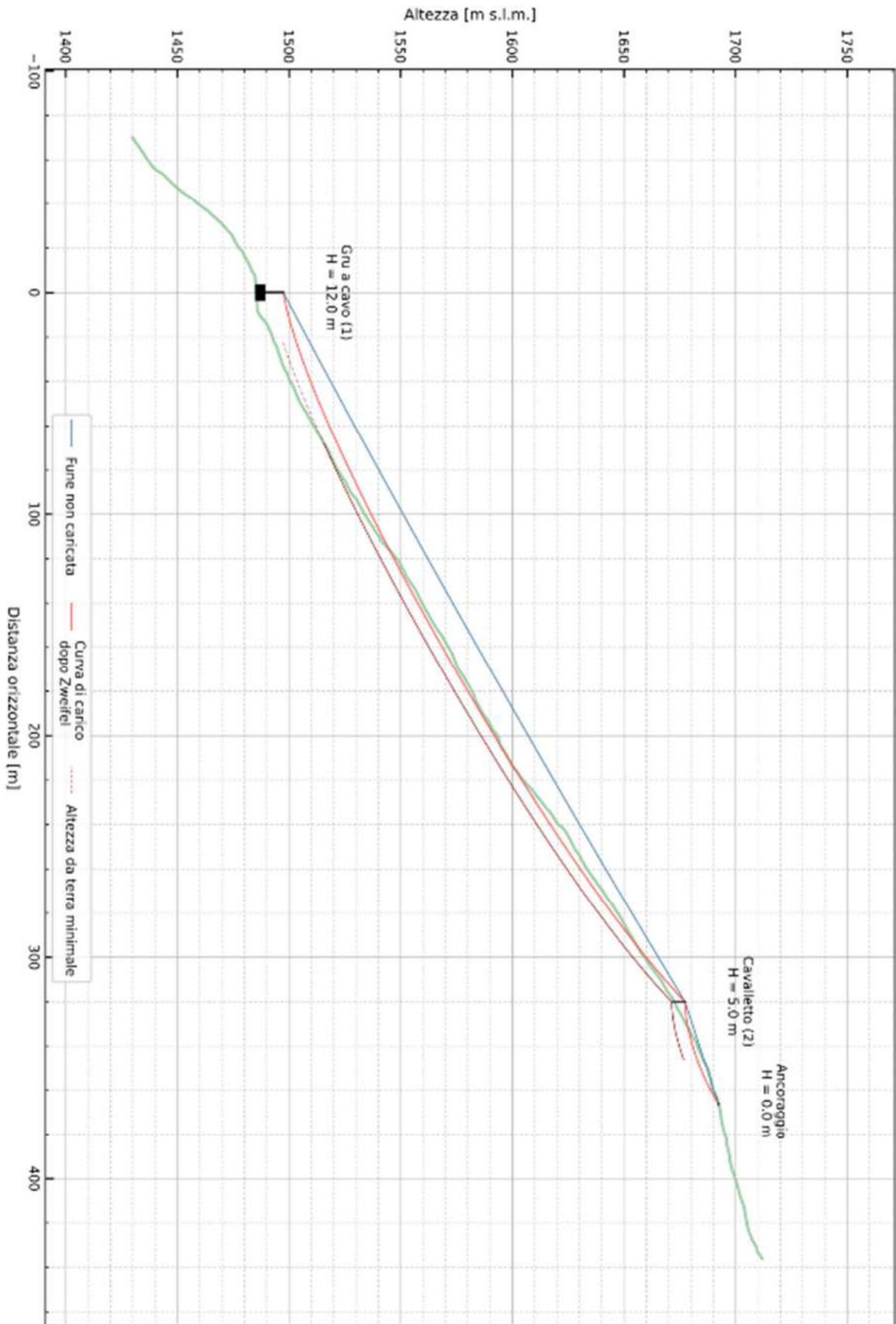
Dotazione aziendale			
Stazione Motrice	Carrello	Peso Carrello	Trazione Massima
Valentini - V850	Hochleitner Bergwald 4000	690 kg	40 kN

Fune Portante				
Fune Portante	Carico di Rottura Minimo	Limite carico di Sicurezza	Coefficiente di Sicurezza Progettuale	Franco da terra Progettuale
22 mm compattata	458	183	2,5	6

Confronto Tensioni			
	Rilevato	Progettazione Manuale	Progettazione Automatica
Franco da Terra effettivo	0 m	4,2 m	6 m
Tensione di Montaggio	130 kN	115 kN	111 kN
Tensione Massima	223 kN	186 kN	179 kN
Coefficiente di Sicurezza effettivo	2.05	2.46	2.56

Confronto Elementi di Supporto								
Rilevato			Progettazione Manuale			Progettazione Automatica		
Tipologia	Altezza	Diametro	Tipologia	Altezza	Diametro	Tipologia	Altezza	Diametro
Torre	12		Torre	12		Torre	12	
Ritto	5	50	Cavalletto	18	48	Cavalletto	16	43
Ancoraggio		60	Ritto	14	47	Ritto	18	54
			Ancoraggio		65	Ancoraggio		65

Tabulato Selliplan - Stablio



SEILAPLAN progetto: Stablo

Data	21.10.2022, 16:47 Uhr	Numero del progetto	-
Autore del progetto	-	Sito forestale	-
Commune	-		
Tipo di gru a cavo	-		
Nota	-		

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	40 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	20 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	20 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	130 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	135 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm2

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	12.0 m	0 °	-	-
2	Cavalletto	5.0 m	0 °	-	-
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	65 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 223 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	- (Forza sulla sella)	-	-	-
2	Cavalletto	75 kN (Forza sulla sella)	13.1 °	27.9 °	-
	Ancoraggio	223 kN (F. trazione della fune)	-	-	41.8 °

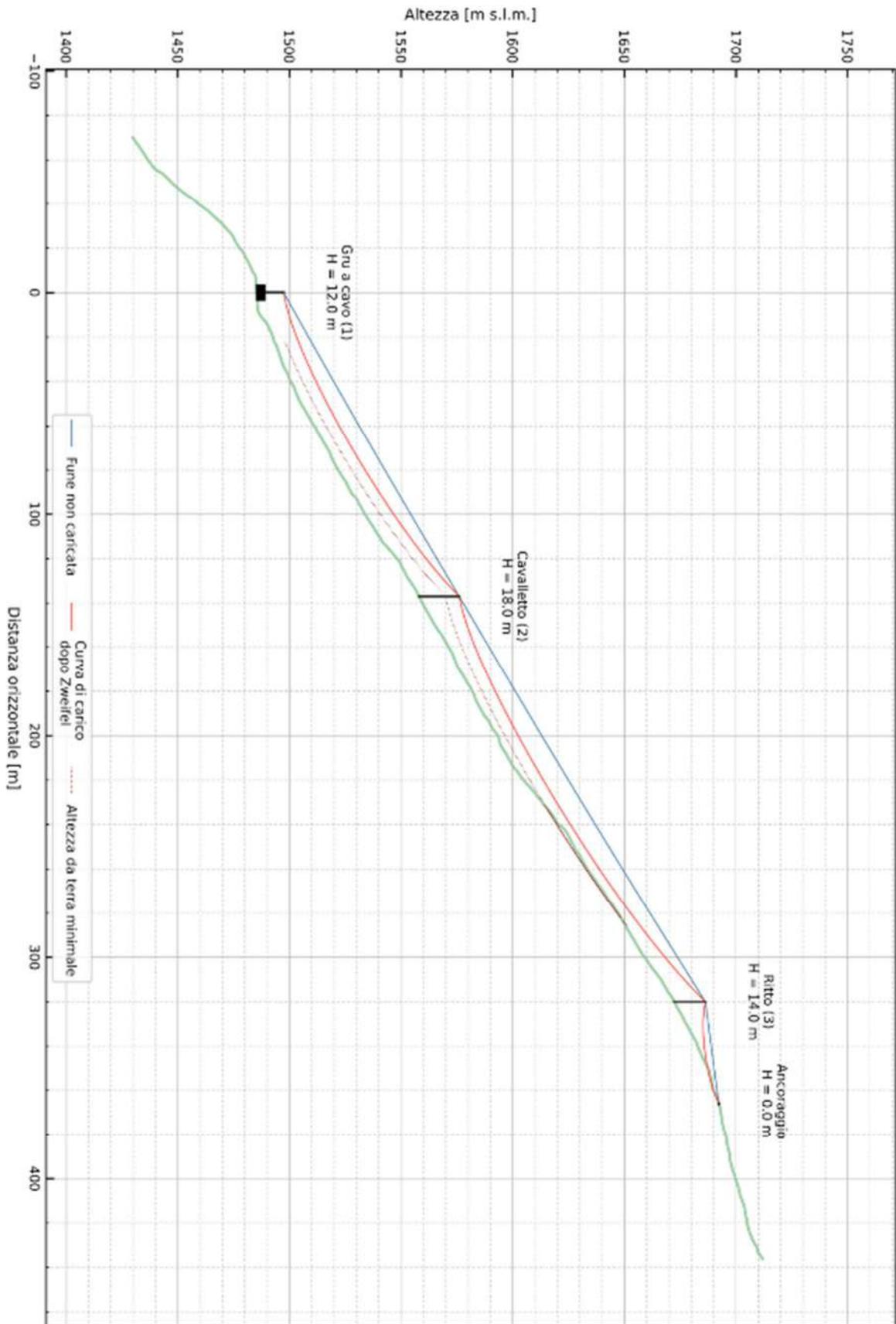
Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimet	293.8 gon / 264.4 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	417.6 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	17.1 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Cavalletto (2)	320.0 m	370.6 m	186.9 m	3.0 m	18.7 m
Cavalletto (2) -> Ancoraggio	46.0 m	50.2 m	20.0 m	0.1 m	3.1 m
Somma finale	366.0 m	420.7 m	206.9 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata dalle due parte con un ancoraggio fisso.

Tabulato Sellaplan - Stablio - Progettazione Manuale



SEILAPLAN progetto: Stablo - Progettazione Manuale

Data	26.10.2022, 16:03 Uhr		
Autore del progetto	-	Numero del progetto	-
Commune	-	Sito forestale	-
Tipo di gru a cavo	-		
Nota	-		

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	40 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	20 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	80 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	115 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	120 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	12.0 m	0 °	-	-
2	Cavalletto	18.0 m	0 °	48 cm	30 cm
3	Ritto	14.0 m	0 °	47 cm	33 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	65 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 186 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	- (Forza sulla sella)	-	-	-
2	Cavalletto	46 kN (Forza sulla sella)	0.6 °	12.3 °	-
3	Ritto	94 kN (Forza sulla sella)	24.9 °	40.5 °	-
	Ancoraggio	186 kN (F. trazione della fune)	-	-	31.2 °

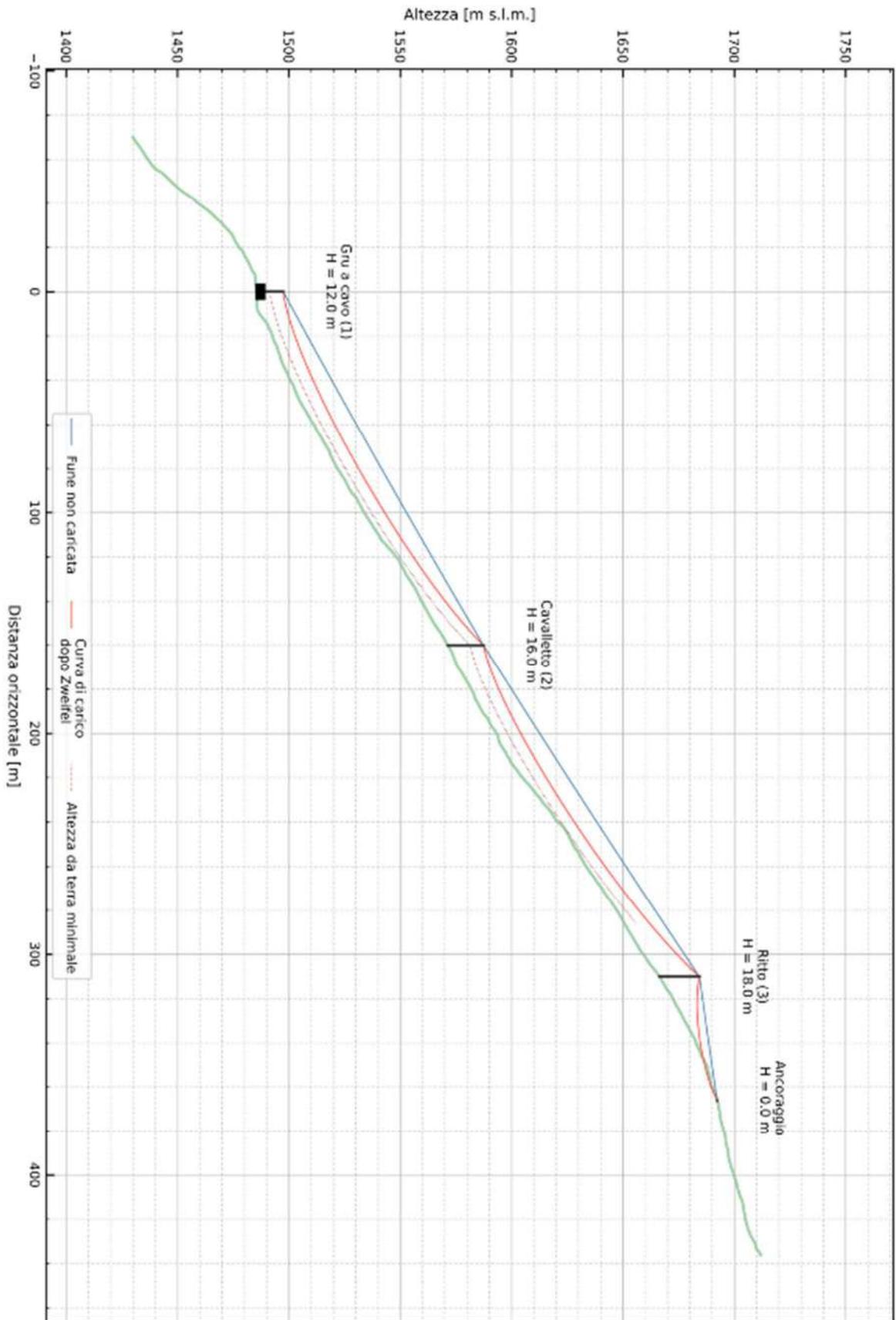
Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimut	293.8 gon / 264.4 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	419.8 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	21.6 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Cavalletto (2)	137.0 m	155.1 m	72.6 m	0.6 m	9.7 m
Cavalletto (2) -> Ritto (3)	183.0 m	215.7 m	114.3 m	1.1 m	12.4 m
Ritto (3) -> Ancoraggio	46.0 m	50.2 m	20.0 m	0.1 m	3.2 m
Somma finale	366.0 m	421.0 m	206.9 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata dalle due parte con un ancoraggio fisso.

Tabulato Sellaplan - Stablo - Progettazione Automatica



SEILAPLAN progetto: Stablo - Progettazione Automatica

Data	26.10.2022, 16:01 Uhr		
Autore del progetto	-	Numero del progetto	-
Commune	-	Sito forestale	-
Tipo di gru a cavo	-		
Nota	-		

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	40 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	0 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	80 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	111 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	116 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	12.0 m	0 °	-	-
2	Cavalletto	16.0 m	0 °	43 cm	27 cm
3	Ritto	18.0 m	0 °	54 cm	36 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	65 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 179 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	- (Forza sulla sella)	-	-	-
2	Cavalletto	42 kN (Forza sulla sella)	-1.7 °	10.7 °	-
3	Ritto	94 kN (Forza sulla sella)	26.0 °	41.5 °	-
	Ancoraggio	179 kN (F. trazione della fune)	-	-	33.2 °

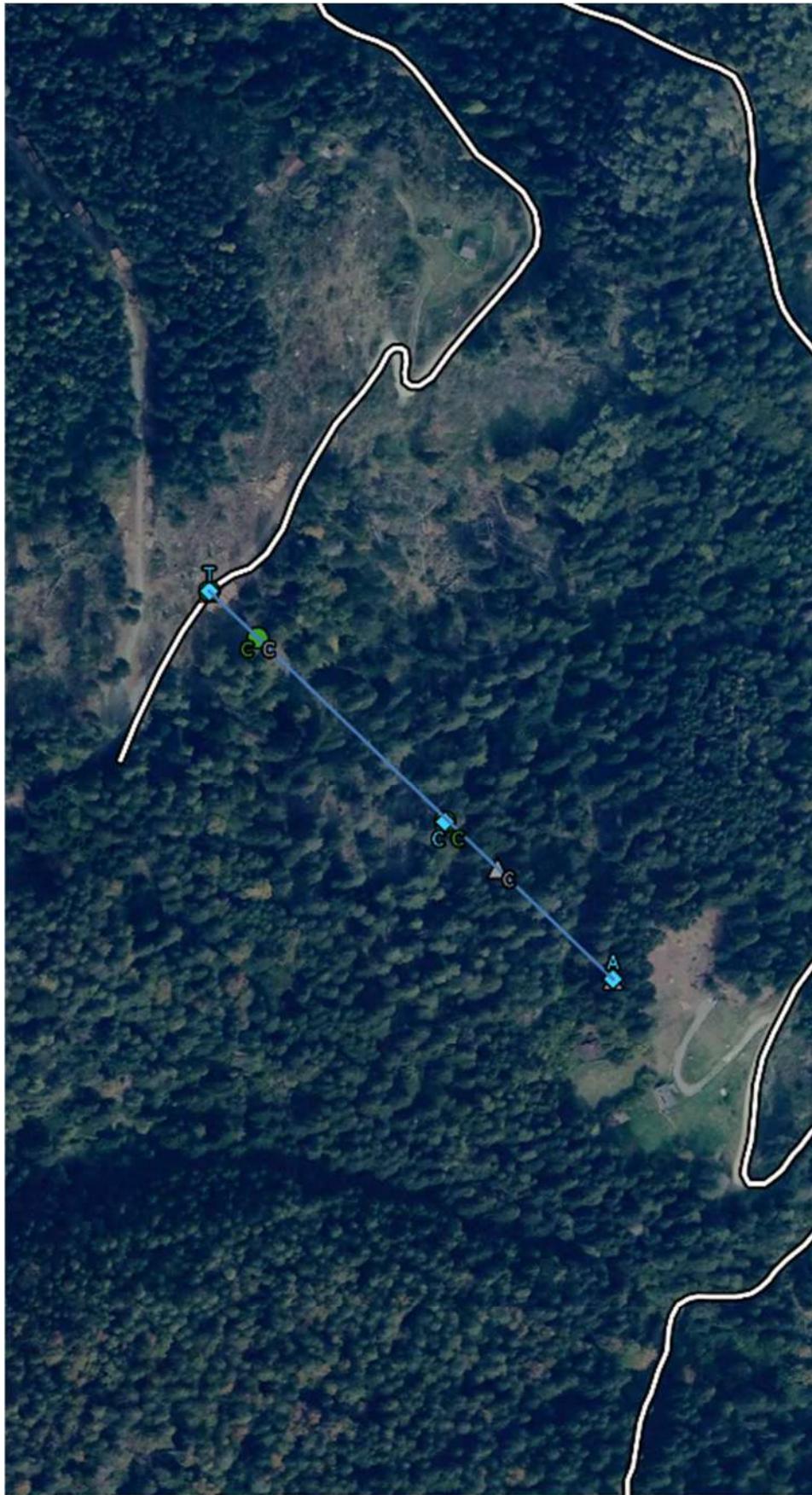
Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimut	293.8 gon / 264.4 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	420.5 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	21.2 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Cavalletto (2)	160.0 m	181.6 m	85.9 m	0.9 m	11.1 m
Cavalletto (2) -> Ritto (3)	150.0 m	177.6 m	95.0 m	0.8 m	10.9 m
Ritto (3) -> Ancoraggio	56.0 m	61.7 m	25.9 m	0.1 m	3.9 m
Somma finale	366.0 m	420.9 m	206.9 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata dalle due parte con un ancoraggio fisso.

Linea n° 9 - località Stablo – Pozza



Scheda rilievo n°9
località: Stablo -
Pozza

Legenda

- Viabilità
- Linea Gru a cavo

Supporti Rilevati

- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

Supporti Progettazione Automatica

- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano

Supporti Progettazione Manuale

- Ancoraggio
- Ritto
- Cavalletto
- Torre
- Argano



Scala 1:2500

Scheda rilievo n°10
località: Stablo -
Pozza

Legenda

-  Viabilità
-  Linea Gru a cavo

Supporti Rilevati

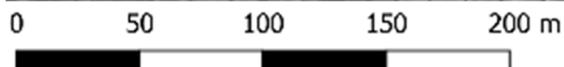
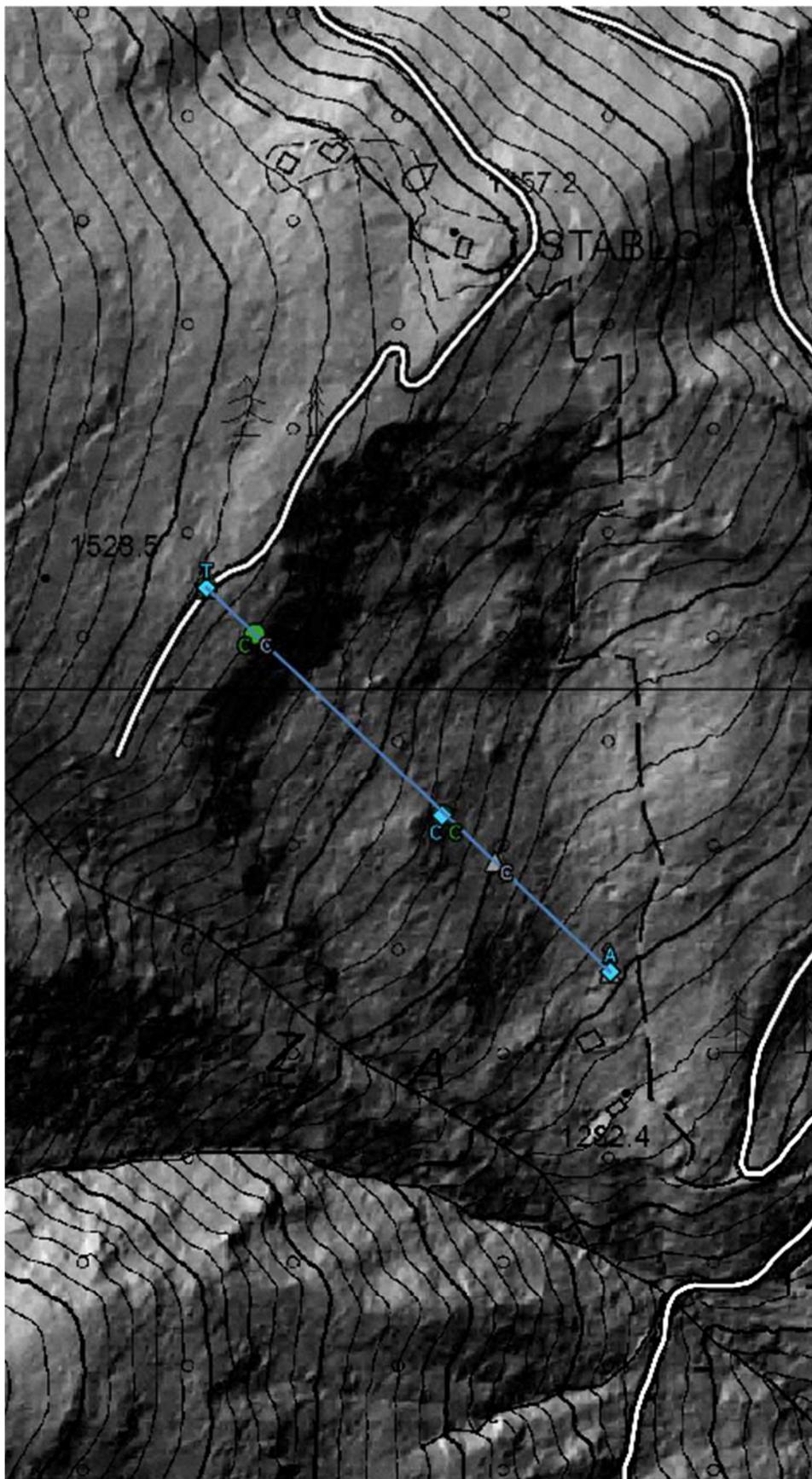
-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

Supporti Progettazione Automatica

-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

Supporti Progettazione Manuale

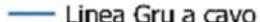
-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano



Scala 1:2500

Scheda rilievo n°10
località: Stablo -
Pozza

Legenda

-  Viabilità
-  Linea Gru a cavo

Supporti Rilevati

-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

Supporti Progettazione Automatica

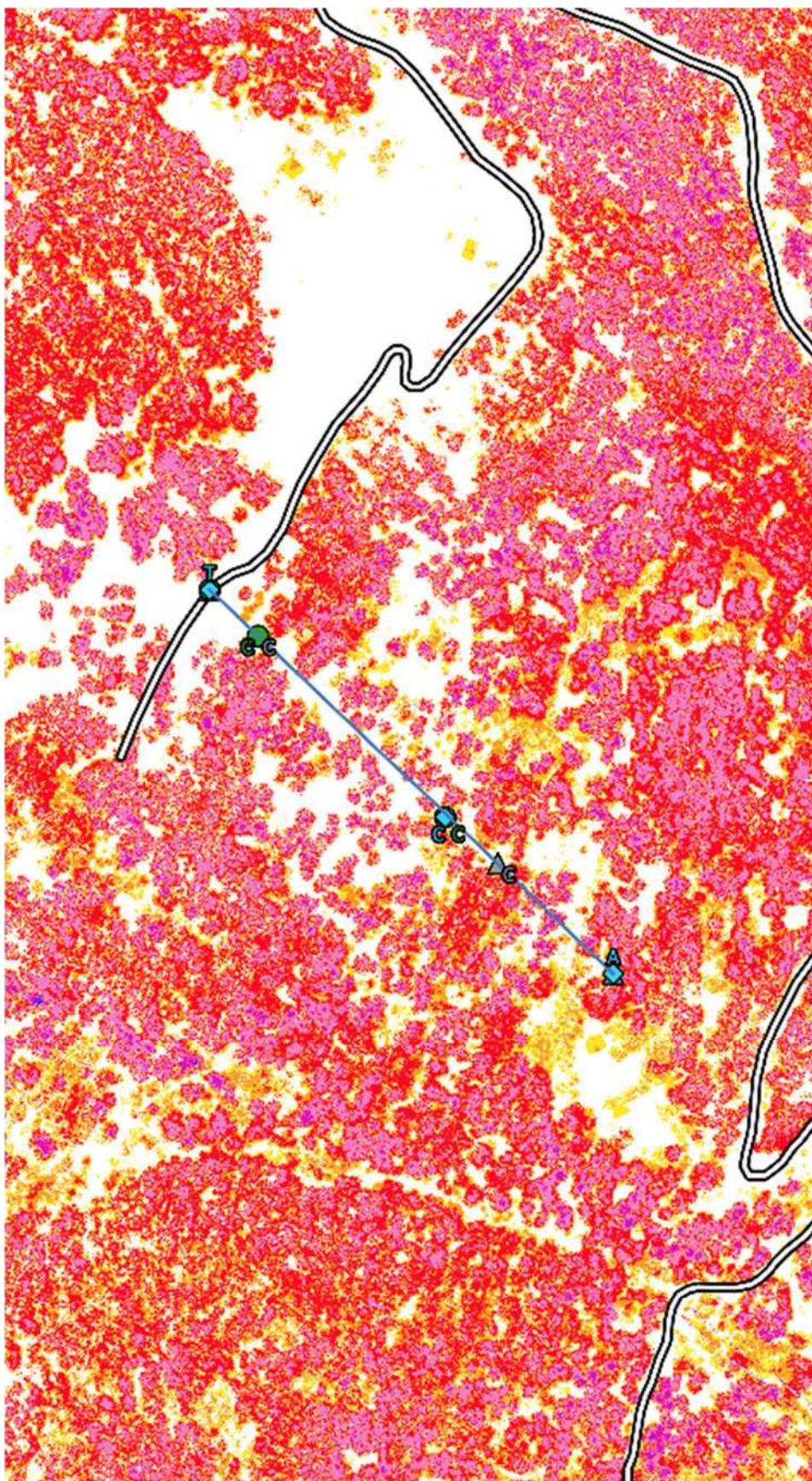
-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

Supporti Progettazione Manuale

-  Ancoraggio
-  Ritto
-  Cavalletto
-  Torre
-  Argano

CHM

-  0 - 2
-  2 - 5
-  5 - 10
-  10 - 20
-  20 - 30
-  30 - 40
-  40 - 50



0 50 100 150 200 m

Scala 1:2500

Linea					
Data rilievo	Stazione Motrice	Impianto	Lunghezza	Azimuth	Ripresa
2022-08-03	Mobile	Bi-fune	323 m	149°	416 m^3

Dotazione aziendale			
Stazione Motrice	Carrello	Peso Carrello	Trazione Massima
Valentini - V850	Hochleitner Bergwald 4000	690 kg	40 KN

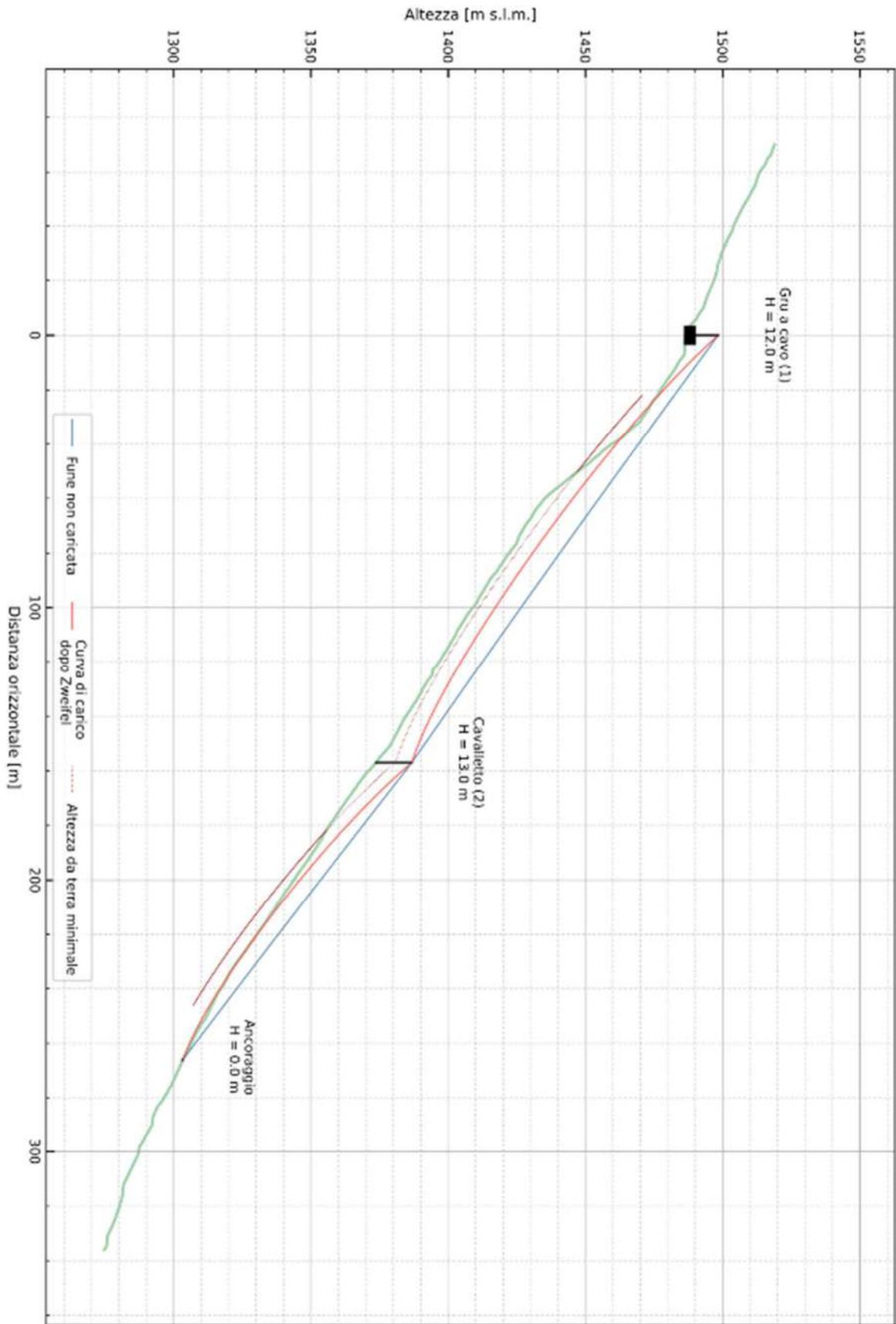
Fune Portante				
Fune Portante	Carico di Rottura Minimo	Limite carico di Sicurezza	Coefficiente di Sicurezza Progettuale	Franco da terra Progettuale
22 mm compattata	458	183	2,5	6

Confronto Tensioni			
	Rilevato	Progettazione Manuale	Progettazione Automatica
Franco da Terra effettivo	0 m	1,5 m	6 m
Tensione di Montaggio	130 kN	130 kN	111 kN
Tensione Massima	192 kN	182 kN	182 kN
Coefficiente di Sicurezza effettivo	2.39	2.52	2.52

Confronto Elementi di Supporto								
Rilevato			Progettazione Manuale			Progettazione Automatica		
Tipologia	Altezza	Diametro	Tipologia	Altezza	Diametro	Tipologia	Altezza	Diametro
Torre	12		Torre	12		Torre	12	
Cavalletto	13	60	Cavalletto	12	40	Cavalletto	12	40
Ancoraggio		45*	Cavalletto	18	48	Cavalletto	22	56
						Ancoraggio		58

* Ancoraggio su più alberi

Tabulato Selliplan - Stabio - Pozza



SEILAPLAN progetto: Stablo - Pozza

Data	21.10.2022, 16:50 Uhr	Numero del progetto	-
Autore del progetto	-	Sito forestale	-
Comune	-		
Tipo di gru a cavo	-		
Nota	-		

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	40 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	20 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	20 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	130 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	125 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	12.0 m	0 °	-	-
2	Cavalletto	13.0 m	0 °	40 cm	27 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	60 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 192 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	- (Forza sulla sella)	-	-	-
2	Cavalletto	51 kN (Forza sulla sella)	3.4 °	14.4 °	-
	Ancoraggio	187 kN (F. trazione della fune)	-	-	-69.7 °

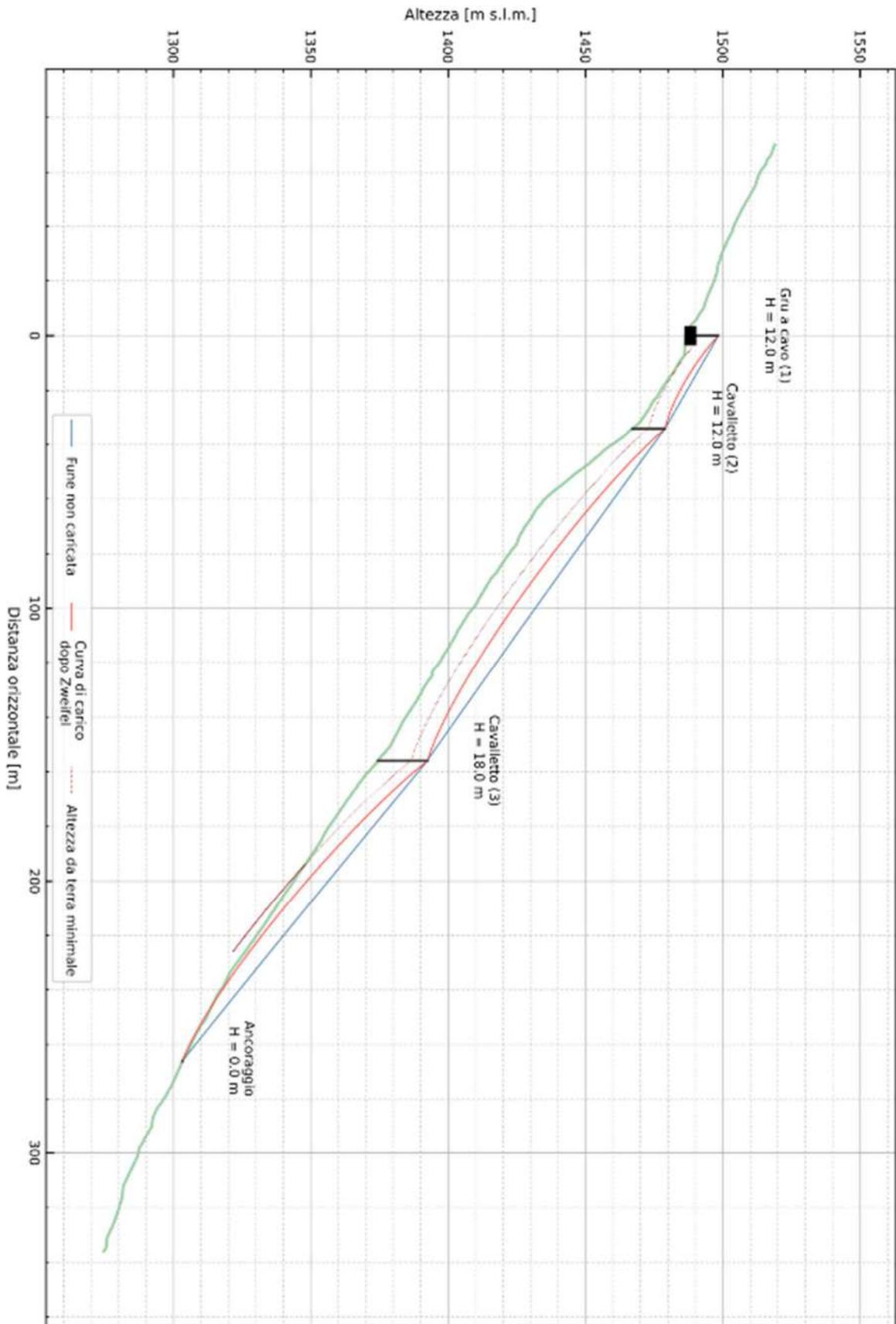
Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimet	148.6 gon / 133.8 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	331.5 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	17.7 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Cavalletto (2)	157.0 m	193.2 m	-112.6 m	0.8 m	10.8 m
Cavalletto (2) -> Ancoraggio	109.0 m	129.8 m	-70.4 m	0.4 m	8.2 m
Somma finale	266.0 m	323.0 m	-183.1 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata dalle due parte con un ancoraggio fisso.

Tabulato Sellaplan - Stablo - Poza - Progettazione Manuale



SEILAPLAN progetto: Stablo - Pozza - Progettazione Manuale

Data	26.10.2022, 16:17 Uhr		
Autore del progetto	-	Numero del progetto	-
Commune	-	Sito forestale	-
Tipo di gru a cavo	-		
Nota	-		

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	40 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	0 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	40 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	130 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	125 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	12.0 m	0 °	-	-
2	Cavalletto	12.0 m	0 °	40 cm	28 cm
3	Cavalletto	18.0 m	0 °	48 cm	30 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	58 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 182 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	- (Forza sulla sella)	-	-	-
2	Cavalletto	55 kN (Forza sulla sella)	6.4 °	21.2 °	-
3	Cavalletto	53 kN (Forza sulla sella)	4.9 °	16.6 °	-
	Ancoraggio	177 kN (F. trazione della fune)	-	-	-71.4 °

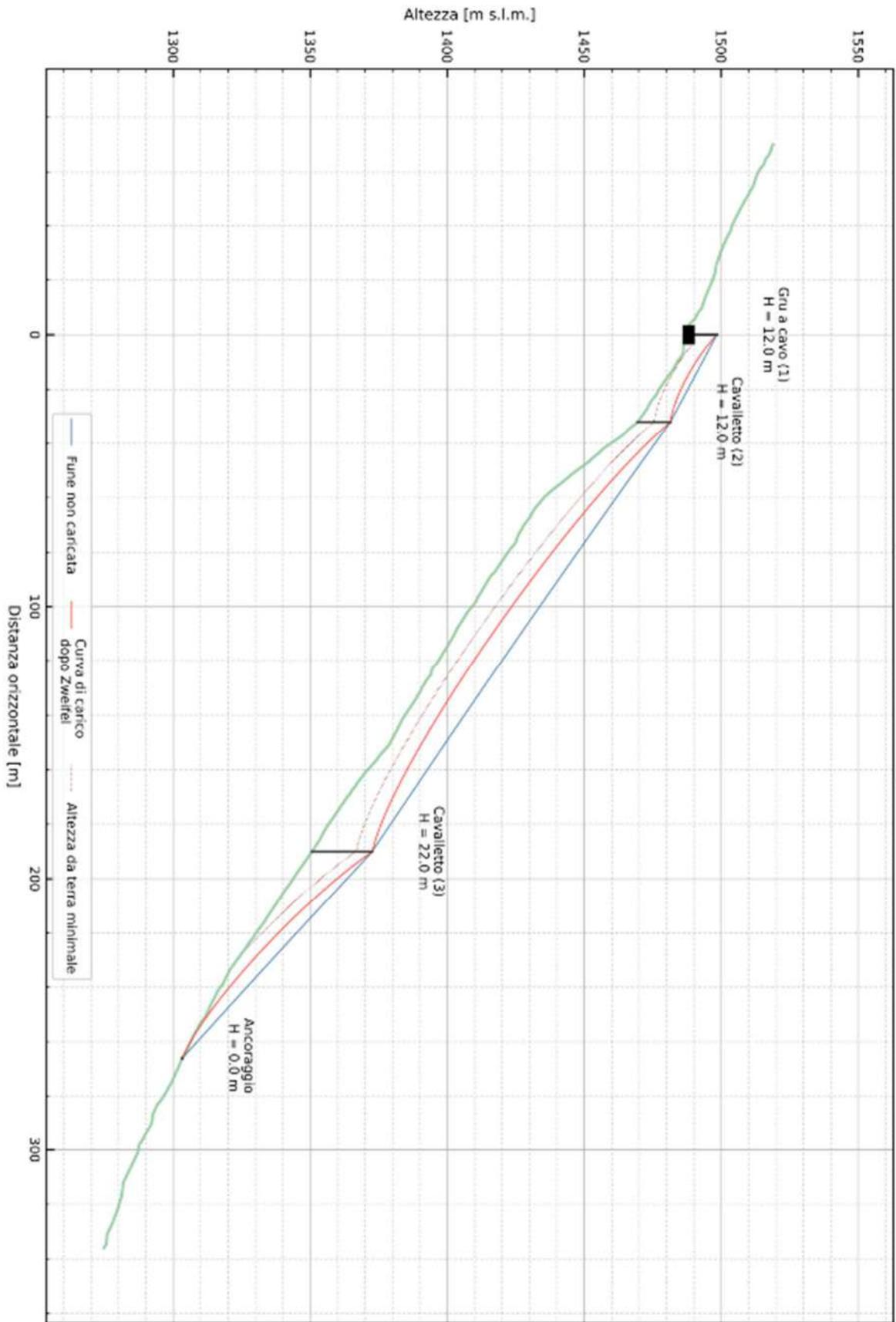
Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimut	148.6 gon / 133.8 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	331.9 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	25.9 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Cavalletto (2)	34.0 m	39.1 m	-19.4 m	0.0 m	2.6 m
Cavalletto (2) -> Cavalletto (3)	122.0 m	153.1 m	-92.5 m	0.5 m	8.7 m
Cavalletto (3) -> Ancoraggio	110.0 m	131.0 m	-71.2 m	0.5 m	8.5 m
Somma finale	266.0 m	323.3 m	-183.1 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato e basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata delle due parte con un ancoraggio fisso.

Tabulato Sellapian - Stabio - Pozza - Progettazione Automatica



SEILAPLAN progetto: Stablo - Pozza - Progettazione Automatica

Data	26.10.2022, 16:14 Uhr		
Autore del progetto	-	Numero del progetto	-
Commune	-	Sito forestale	-
Tipo di gru a cavo	-		
Nota	-		

Valori d'input

Serie di parametri: -

Diametro della fune portante	22 mm	Carico di rottura minimale della fune portante	458 kN
Peso del carico, carrello compreso	40 kN		
Spazio minimale tra fune portante e suolo	6 m	Da rispettare a partire da ... dal punto iniziale	0 m
		Da rispettare fino ... davanti al punto finale	40 m
Forza di trazione iniziale (punto d'inizio)	111 kN	Forza di trazione iniziale (punto terminale)	106 kN
Fattore di sicurezza della fune portante	2.5	Coeff. del potere elastico della fune portante	100 kN/mm ²

Dimensione dei cavalletti e dei ancoraggi

N°	Denominazione	Altezza della sella	Pendenza	DPU minimale	Ø punto di attacco
1	Gru a cavo	12.0 m	0 °	-	-
2	Cavalletto	12.0 m	0 °	40 cm	28 cm
3	Cavalletto	22.0 m	0 °	56 cm	34 cm
	Ancoraggio	0.0 m	0 °	58 cm	-

Forze e angoli

Forza di trazione massimale 182 kN

N°	Denominazione	Forze massimale	Angolo della fune non caricata	Angolo della fune caricata	Angoli di attacco
1	Gru a cavo	- (Forza sulla sella)	-	-	-
2	Cavalletto	56 kN (Forza sulla sella)	7.9 °	24.7 °	-
3	Cavalletto	59 kN (Forza sulla sella)	9.2 °	20.9 °	-
	Ancoraggio	177 kN (F. trazione della fune)	-	-	-73.8 °

Campate dei ancoraggi e cavalletti

Azimut	148.6 gon / 133.8 °
Lunghezza della fune non caricata e tesa (dal punto iniziale al punto finale)	332.3 m
Spazio maximal tra fune non caricata e suolo	26.9 m

Campata	Distanza orizzontale	Distanza obliqua	Differenza di altezza	Flessione fune non caricata	Flessione fune caricata
Gru a cavo (1) -> Cavalletto (2)	32.0 m	36.2 m	-16.9 m	0.0 m	2.7 m
Cavalletto (2) -> Cavalletto (3)	158.0 m	197.7 m	-118.8 m	1.0 m	11.3 m
Cavalletto (3) -> Ancoraggio	76.0 m	89.5 m	-47.3 m	0.3 m	7.1 m
Somma finale	266.0 m	323.4 m	-183.1 m		

E esclusa qualsiasi responsabilità nel quadro della GNU General Public Licence versione 2 e ulteriori (www.gnu.org/licenses). Il metodo di calcolo implementato è basato su Zweifel (1960). Per il calcolo si presume che la fune portante sia fissata dalle due parte con un ancoraggio fisso.