

SEZIONAMENTO DEL TERRENO E GENERAZIONE DI FILE PL3

Nicola Zoppetti e Daniele Andreuccetti, IFAC-CNR, maggio 2005

1 Introduzione

L'applicazione PLEIA-EMF consente di calcolare il campo magnetico generato da elettrodotto ad alta tensione che vengono modellati a partire dai dati contenuti nel catasto delle sorgenti oppure inseriti direttamente dall'utente mediante gli strumenti previsti dall'interfaccia grafica del programma stesso.

PLEIA-EMF supporta varie modalità di calcolo, ciascuna delle quali è associata ad un diverso dominio di calcolo, dove per dominio di calcolo si intende l'insieme dei punti su cui il campo viene effettivamente calcolato.

Mentre per alcune modalità l'utente specifica direttamente il dominio, in alcuni casi ci si riferisce a file in formato testo che contengono le informazioni che permettono di determinare le coordinate dei punti di calcolo; ciò è particolarmente utile nel caso in cui si voglia determinare l'intensità del campo su vaste porzioni di territorio, per cui l'inserimento manuale dei dati risulterebbe impraticabile.

Esistono due tipi di file da cui il programma può attingere per ricavare le coordinate dei punti di un dominio: il primo tipo consiste in un generico file di testo in cui sono elencate le coordinate X,Y,Z dei punti di calcolo senza nessuna particolare convenzione che vincoli l'ordinamento dei punti o le caratteristiche del dominio. I punti contenuti in questo tipo di file possono quindi essere sparsi piuttosto che allineati o coplanari. In questo caso, il risultato dei calcoli consiste in un file di testo in cui, su ciascuna riga, alle coordinate X,Y,Z del punto viene affiancata la relativa intensità del campo calcolato.

Il secondo tipo di file è invece più strutturato e si riferisce specificamente ad una striscia di territorio centrata sull'asse di un elettrodotto. Il formato di questo tipo di file (a cui è associata l'estensione PL3) è descritto nell'apposito documento dedicato ai formati dei file di interscambio. I file delle sezioni (così verranno denominati nel seguito i file PL3) possono essere utilizzati nell'ambito di tre diverse modalità di calcolo:

- nella determinazione di curve isocampo (modalità 'A');
- nel calcolo del campo su grigliati di punti (modalità 'B');
- nel calcolo del campo su sezioni trasversali alla linea (modalità 'F').

In questo documento verranno descritti vari aspetti relativi alla generazione dei file delle sezioni: in primo luogo verranno descritte le caratteristiche degli elementi detti appunto sezioni, quindi si parlerà dell'algoritmo secondo cui le sezioni sono generate e delle applicazioni attraverso cui l'algoritmo viene implementato.

2 Caratteristiche delle sezioni

Una sezione è costituita da punti appartenenti alla medesima porzione di piano verticale che interseca l'asse di un elettrodotto. Ciascuna sezione ha come punto di riferimento l'intersezione fra il piano verticale e la proiezione sul terreno dell'asse della linea a cui la sezione si riferisce; questo punto è detto *caposaldo della sezione*. Gli altri punti della sezione appartengono alla superficie del terreno e sono ricavati a partire dal caposaldo, procedendo nella direzione orizzontale individuata dalle componenti X e Y del *vettore trasversale* della sezione (che ha componente z nulla) in entrambi i versi (cioè da entrambe le parti rispetto all'asse della linea) a passi (orizzontali) regolari pari all'ampiezza del vettore trasversale stesso (Figura 1). I due sottoinsiemi di punti della sezione

definiti dai semipiani delimitati dalla retta verticale passante per il caposaldo vengono detti *semisezioni*. Si distinguono inoltre la semisezione di destra e quella di sinistra riferendosi al senso di percorrenza della linea come definito in archivio, cioè secondo il progressivo crescente assegnato alle campate.

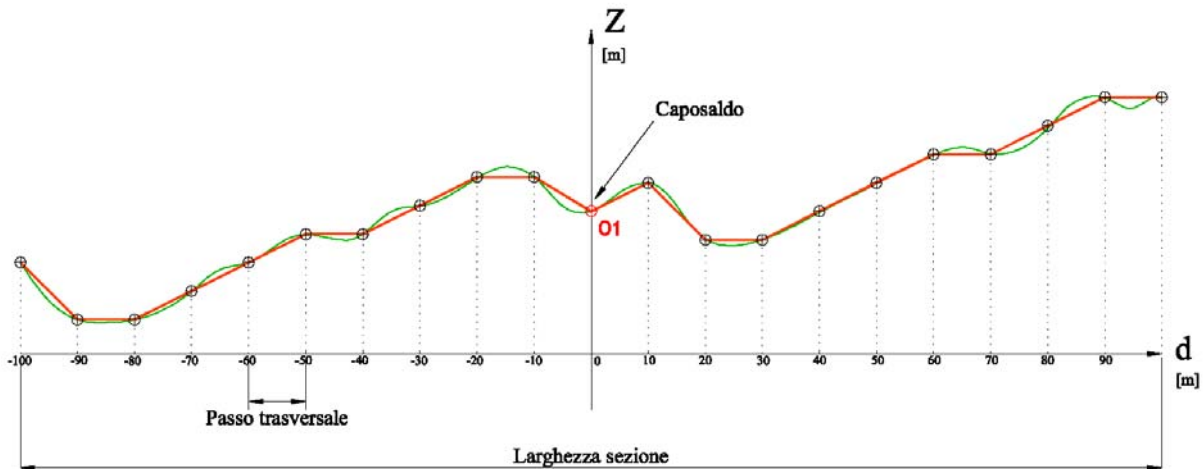


Figura 1: struttura di una generica sezione

Ciascuna sezione è caratterizzata dunque da:

- le coordinate x, y, z del caposaldo;
- le componenti V_x e V_y del suo vettore trasversale la cui ampiezza è pari al **passo trasversale**, cioè alla distanza orizzontale che separa due punti adiacenti della sezione;
- il numero dei punti n_{pt} appartenenti a ciascuna delle due semisezioni;
- le quote degli n_{pt} punti appartenenti a ciascuna delle due semisezioni.

La quota di un generico punto del terreno sulla porzione di piano della sezione può essere ricavata interpolando linearmente le quote dei punti più vicini appartenenti alla sezione stessa.

3 Algoritmo di sezionamento

Per *sezionamento del terreno* si intende l'estrazione delle sezioni dalla cartografia digitale relativamente ad una particolare linea elettrica. Le sezioni vengono ricavate procedendo a passi regolari lungo l'asse della linea ed orientando le sezioni in modo da evitare intersezioni tra di esse. La necessità di evitare sovrapposizioni tra le porzioni di piano relative alle sezioni ha due motivazioni.

- La prima, di carattere generale, è che una intersezione può essere considerata come una doppia rappresentazione della stessa porzione di territorio. Se le due rappresentazioni non dovessero essere allineate (e questo può succedere, visto che si sta cercando di estrarre dalla cartografia un modello di terreno intrinsecamente affetto da una certa approssimazione) ciò si potrebbe tradurre in una incongruenza tra risultati di calcolo dei campi relativi alla medesima area.
- La seconda, più specifica, si riferisce alla successiva fase di tracciamento delle curve isocampo. Senza addentrarsi in dettagli tecnici, si può infatti affermare che il tracciamento delle curve isocampo può diventare complicato o portare a risultati logicamente errati nel caso di intersezione tra sezioni.

L'algoritmo di calcolo sviluppato mira a determinare l'andamento del terreno in una fascia di territorio a larghezza costante centrata sull'asse di una linea.

I capisaldi delle sezioni si succedono lungo l'asse dell'elettrodotto a passo regolare, mentre l'orientamento degli sbracci (determinato dalla direzione del vettore trasversale della sezione) varia in modo da assecondare i cambi di direzione dell'elettrodotto evitando sovrapposizioni tra sezioni.

Per ottenere una fascia a larghezza costante con sezioni orientate diversamente, ma caratterizzate però *dallo stesso numero di punti*, le varie sezioni hanno diversi *passi trasversali*, cioè diverse ampiezze del vettore trasversale. Il passo trasversale sarà quello minimo nel caso di sezioni ortogonali all'asse dell'elettrodotto; il passo trasversale minimo è dato dalla larghezza della fascia desiderata diviso il doppio del numero di punti appartenenti a ciascuno sbraccio della sezione.

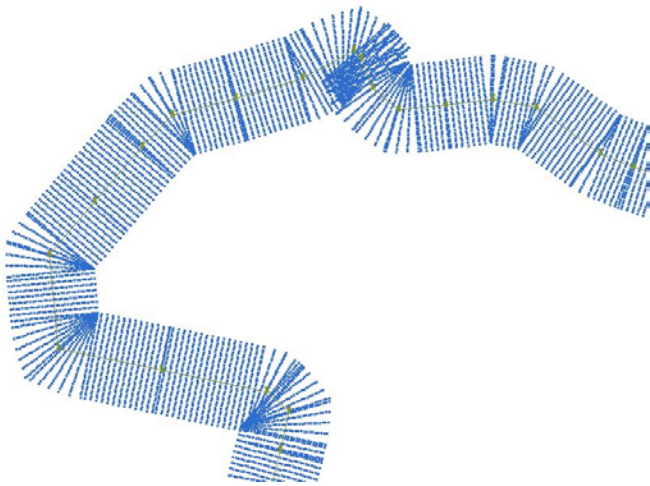


Figura 2: algoritmo di sezionamento versione 1

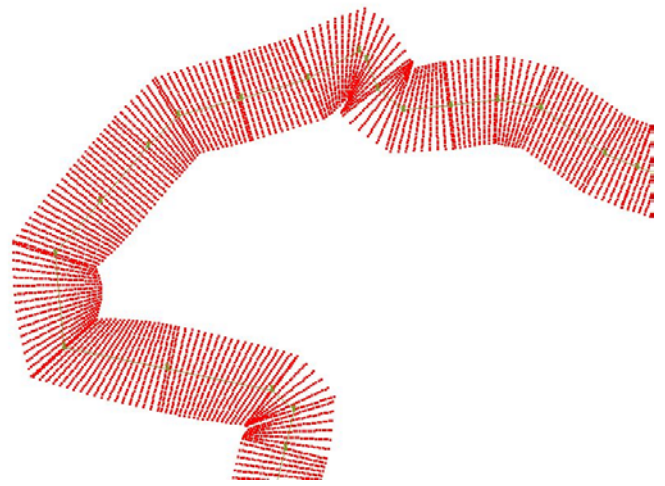


Figura 3: algoritmo di sezionamento versione 2 con sezioni a passo trasversale costante (2a)

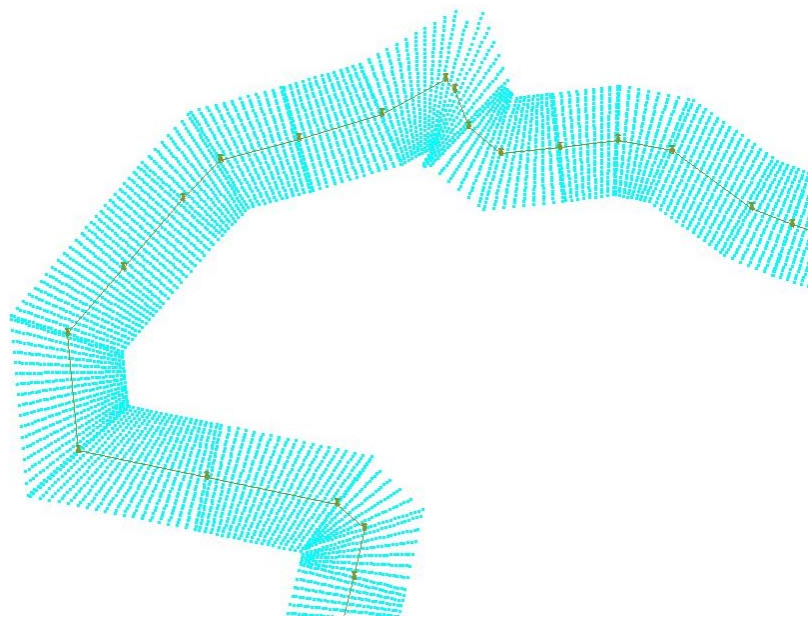


Figura 4: algoritmo di sezionamento versione 2 con fascia a larghezza costante (2b)

Le Figure 2, 3 e 4 mostrano la traccia delle sezioni sul piano XY ottenute utilizzando diversi algoritmi. Il primo algoritmo ad essere stato sviluppato (versione 1) tendeva a concentrare i cambi di direzione delle sezioni presso i cambi di direzione della linea; questo, se da un lato garantiva nei tratti centrali di ogni campata l'ortogonalità tra sezioni ed asse della linea, d'altra parte non riusciva ad evitare le sovrapposizioni tra sezioni presso i cambi di direzione più pronunciati.

La versione 2 dell'algoritmo di sezionamento fa in modo che le sezioni si adeguino ad un cambio di direzione della linea a partire dalla campata precedente all'angolo, per tutta la campata

successiva e, se necessario, anche durante quelle seguenti. Per tratti di linea rettilinei le campate tendono ad essere comunque trasversali all'asse della linea. Nelle Figure 3 e 4 in particolare sono visualizzati i risultati ottenuti utilizzando due diverse varianti dello stesso algoritmo: in Figura 3 (relativa alla versione 2a) la larghezza delle sezioni è fissata e quindi, al variare dell'orientamento delle sezioni rispetto all'asse della linea, varia anche la larghezza della fascia. In Figura 4 (relativa alla versione 2b) invece la larghezza delle sezioni (ed in particolare l'ampiezza del vettore trasversale) si adatta in modo che la larghezza della fascia rimanga costante.

4 Programmi per il sezionamento

Utilizzando l'algoritmo di sezionamento descritto nel precedente paragrafo si è in grado di specificare le coordinate planimetriche dei punti appartenenti alle sezioni, ricavate lungo una particolare linea, una volta fissati alcuni parametri ed in particolare la larghezza della fascia e la distanza tra due capisaldi di sezioni consecutive.

Il processo di sezionamento del terreno può dirsi però completato solo se si conoscono anche le quote di tutti i punti delle sezioni determinate e se si è creato un file delle sezioni (PL3) che ne contenga la descrizione secondo il formato specificato.

È possibile ricavare le quote dei punti in maniera automatica o semiautomatica solo se si dispone di un modello digitale tridimensionale del terreno (DTM, dall'inglese *Digital Terrain Model*) ricavato dalla cartografia. Mentre l'algoritmo di sezionamento descritto può essere considerato indipendente dal tipo di DTM di cui si dispone, i programmi che implementano l'algoritmo stesso devono potersi interfacciare con il software cartografico utilizzato per creare e gestire il DTM.

Come software cartografico di riferimento per la convenzione ARPAT-IFAC è stato scelto il pacchetto ArcGIS della ESRI. Per rendere l'approccio il più possibile modulare, si è scelta come modalità di interfacciamento tra i vari programmi quella di file di scambio in formato testo. Ciò oltre ad essere coerente con l'impostazione utilizzata per lo sviluppo degli altri programmi creati nell'ambito della Convenzione, è vantaggioso perché permette di rendere indipendenti gli aggiornamenti dei vari moduli.

Il processo di sezionamento è suddiviso in tre fasi, ciascuna delle quali fa riferimento ad una particolare applicazione:

- **prima fase:** determinazione delle coordinate XY dei punti delle sezioni ricavate lungo una linea (Step1.exe) utilizzando l'algoritmo di sezionamento versione 2b (cfr. Figura 4);
- **seconda fase:** attribuzione della quota a ciascuno dei punti trovati durante la fase precedente (utilizzando ESRI ArcView);
- **terza fase:** generazione del file delle sezioni (PL3) secondo il formato specificato (Step3.exe).

4.1 Determinazione delle coordinate XY dei punti delle sezioni

Il programma **Step1.exe** richiede che l'utente specifichi su riga di comando i seguenti parametri:

- **id_linea:** è l'identificativo di archivio della linea lungo cui si vogliono ricavare le sezioni;
- **passo_trasversale:** è la distanza orizzontale tra due punti della sezione in metri nel caso che questa sia ortogonale all'asse dell'elettrodotto;
- **passo_logitudinale:** è la distanza tra i capisaldi di due sezioni consecutive misurata lungo il segmento che unisce le basi dei sostegni della campata di linea a cui la sezione si riferisce (si tiene quindi conto anche dell'eventuale differenza di quota delle basi dei sostegni);
- **n_pt_semisezione:** è il numero dei punti appartenenti a ciascuna semisezione (moltiplicato per il passo trasversale dà la semilarghezza della fascia di territorio rappresentata dall'insieme delle sezioni).

Ad esempio la riga di comando:

```
Step1.exe 56314 10 15 20
```

fa sì che vengano determinate le sezioni procedendo lungo la linea 56314 con passo longitudinale pari a 15 m, con 20 punti per semisezione distanziati di 10 m con sezione ortogonale alla linea elettrica e quindi venga caratterizzata una fascia di territorio larga 400 metri (2x20 x10m).

Il programma accede all'archivio secondo le modalità specificate nel file "connect.def", che deve risiedere nella stessa cartella dell'eseguibile ed il cui formato è descritto nell'apposito documento sui formati dei file.

Il programma genera come risultato il file *id_linea_1.txt* (nella cartella dell'eseguibile) in cui sono elencati i punti appartenenti a ciascuna sezione, uno per riga, nel seguente ordine: prima il caposaldo, poi i punti della semisezione a sinistra del caposaldo ordinati secondo la distanza dal caposaldo crescente ed infine i punti della semisezione a destra, ordinati come i precedenti. Come già riportato, "sinistra" e "destra" si riferiscono al senso di percorrenza della linea come definito in archivio. Per ciascun punto viene riportato un progressivo numerico, le coordinate X e Y e, se il punto coincide con la base di un sostegno della linea considerata, viene riportato l'identificativo di archivio del sostegno.

La prima riga dopo le intestazioni riporta l'identificativo della linea, il numero dei suoi sostegni il numero dei punti di ciascuno sbraccio ed il passo longitudinale impostato. Nel seguente esempio sono riportate le prime quattro righe del file 56314_1.txt in cui sono elencati i punti ottenuti sezionando la linea 56314 con 20 punti per semisezione e passo longitudinale di 15 m:

ID	X	Y	ID_SOST	ID_LINEA	N_SOST	N_PT_SEMISEZ	PASSO_L
1	1618448.0	4845340.0	100114	56314	6	20	15
2	1618444.4	4845336.5					
3	1618440.8	4845333.1					
.....							

4.2 *Attribuzione delle quote ai punti delle sezioni*

Le operazioni descritte in questo paragrafo vengono eseguite utilizzando il programma GIS ArcView versione 3.2 della ESRI. Il presupposto di base consiste nella disponibilità degli elementi quotati della cartografia in formato SHP o direttamente di un DTM relativo alla porzione di territorio di interesse. Nel caso si disponga degli elementi di cartografia quotati, si deve creare il DTM seguendo la procedura descritta in 4.2.1. Una volta che si disponga del DTM, si genera il file di testo necessario per costruire il file delle sezioni seguendo i passaggi descritti in 4.2.2.

4.2.1 **Generazione del DTM (modello del terreno) a partire dagli shape-file con le curve di livello ed i punti quotati**

- Creare un progetto e caricare nella vista gli shapefile contenenti le curve di livello, i punti e tutti gli altri elementi quotati.
- Caricare le estensioni 3DAnalyst, CadReader e SpatialAnalyst.
- Attivare tutti i temi caricati nella vista e selezionare **Surface::CreateTINFromFeature**.
- Selezionare uno alla volta i temi nell'elenco della finestra *create TIN* ed indicare come **Height source** l'opzione **Value**.
- Scegliere un nome per il TIN.

4.2.2 **Aggiunta delle quote ricavate dal modello del terreno ai punti elencati nel file generato da Step1.exe**

- Caricare nel progetto il file di testo generato con Step1.exe:
 - Nella finestra del progetto aprire la scheda **table** e premere **Add**.
 - Selezionare come tipo di file "**delimited text**".
 - Una volta aggiunta la tabella selezionare nuovamente la vista e quindi **View::AddEventTheme**.

- iv. Selezionare i campi X e Y come coordinate (dovrebbe essere la scelta proposta automaticamente).
- b. Procedere con l'assegnazione delle quote ai punti del grigliato:
 - i. Caricare nella vista il tema del TIN e quello del grigliato.
 - ii. Selezionare il tema del grigliato e quindi **Theme::ConvertTo3Dshape**. Get Z from: surface, quindi selezionare il TIN ed infine salvare lo shapefile.
 - iii. Selezionare il tema del grigliato appena salvato e quindi **Theme::Table**.
 - iv. **Table::StartEditing** e quindi **Edit::AddField**
 - v. Name=Z e Decimali=1
 - vi. **Edit::SelectAll** quindi cliccare sull'intestazione della colonna Z e **Field::Calculate** dunque digitare “[Shape].GetZ” e salvare la tabella.
 - vii. Con la tabella attiva **File::export** come file di testo.

4.3 Generazione del file delle sezioni (PL3)

Il programma **Step3.exe** genera un file PL3 a partire dal file di testo generato utilizzando ArcView che contiene l'elenco delle coordinate X,Y,Z dei punti appartenenti alle sezioni.

I parametri da specificare su riga di comando sono:

- il percorso completo del file che contiene le coordinate X,Y,Z dei punti delle sezioni generato da Step1.exe e modificato utilizzando ArcView;
- il percorso completo del file PL3 che si vuole creare;
- il delimitatore che si vuole sostituire con il carattere di tabulazione.

Il programma ArcView genera dei file di testo a partire da tabelle del progetto GIS utilizzando come delimitatore il carattere ',' (virgola). Il programma **Step3.exe** prima sostituisce il delimitatore specificato su riga di comando con il carattere di tabulazione su ogni riga del file specificato come primo parametro, quindi crea un file di testo intermedio con i nuovi delimitatori ed infine genera il file delle sezioni con il nome ed il percorso specificati.

Ad esempio, lanciando il programma **Step3.exe** da prompt dei comandi come segue:

```
Step3.exe C:\PLEIA_EMF\Work\56314_2.txt C:\PLEIA_EMF\Work\sezioni_56314.pl3 ,
```

viene generato il file *C:\PLEIA_EMF\Work\sezioni_56314.pl3* a partire dal file di testo *C:\PLEIA_EMF\Work\56314_2.txt*, sostituendo con il carattere di tabulazione ogni occorrenza del carattere “virgola”.

5 Sviluppi futuri

Qualora se ne verificasse la effettiva necessità, si potrebbe modificare l'applicazione Step1.exe in modo da potersi riferire non solo a linee rappresentate in archivio, ma anche a linee generate localmente e descritte in un file con estensione PL2.

Si potrebbe pensare poi di aumentare l'integrazione tra le varie fasi del processo di sezionamento; questo ha comunque qualche controindicazione, specialmente in relazione agli aggiornamenti del software cartografico utilizzato. Infatti, mentre le applicazioni come Step1.exe e Step3.exe, essendo molto semplici e dedicate a scopi particolari, possono essere considerate poco soggette ad aggiornamenti, non così si può dire per il software cartografico. Basti pensare che la versione 3.2 di ArcView a cui ci si riferisce nel paragrafo 4.2 è considerata obsoleta e viene sostituita con versioni più moderne e complete, che poco hanno in comune con la versione originaria. Agire nel senso di una maggiore integrazione tra il software cartografico e le applicazioni dedicate potrebbe quindi portare a dover ripetere tali sforzi per ogni nuova versione del programma GIS che si vuole utilizzare. Per minimizzare l'entità degli interventi e nello stesso tempo aumentare la fruibilità delle applicazioni descritte avrebbe forse maggior senso agire, con gli strumenti messi a disposizione da ogni nuova versione del programma cartografico, per rendere meno laboriose possibili la generazione del DTM e l'estrazione da esso delle quote dei punti delle sezioni (paragrafi 4.2.1 e 4.2.2). In questo senso, potrebbe essere utile integrare le funzionalità dei

programmi Step1.exe e Step3.exe in un modulo DLL in modo da renderne possibile l'utilizzo anche in contesto ArcView, conservando al tempo stesso i vantaggi di una implementazione separata.

APPENDICE: L'ALGORITMO DI SEZIONAMENTO VERSIONE 2B

Con riferimento alle figure 5, 6 e 7 si definiscono:

- α_i vincoli sull' orientamento delle sezioni presso ciascun sostegno $i=[1..n_sost]$;
- i_1 versore della campata;
- L_{camp} lunghezza della campata;
- L semilarghezza della fascia;
- $\Delta\theta$ =variazione orientamento sezioni contigue;
- $\Delta\theta_{max}$ =massima variazione di orientamento consentita;
- S_i =sostegno i -esimo $i=[1..n_sost]$;
- $p_l = \text{Passo}_{long}$ passo longitudinale;
- n_{pl} passi longitudinali per campata;

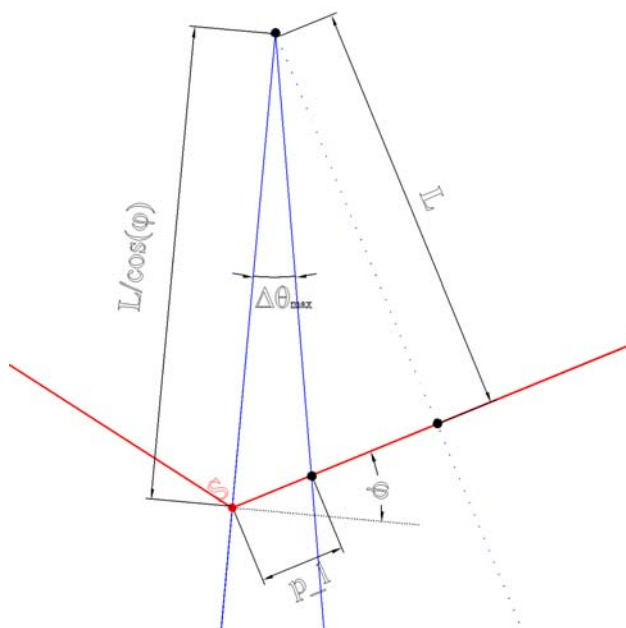


Figura 5: Algoritmo di sezionamento versione 2b

Il vincolo iniziale sull'orientamento delle sezioni presso i sostegni consiste nell' orientamento di ciascuna di esse secondo la bisettrice dell'angolo formato dalle campate che fanno capo al sostegno.

Si presentano di seguito due diagrammi di flusso; nel primo è rappresentato l'algoritmo di sezionamento di una intera linea, mentre nel secondo viene descritto l'algoritmo di sezionamento di una singola campata.

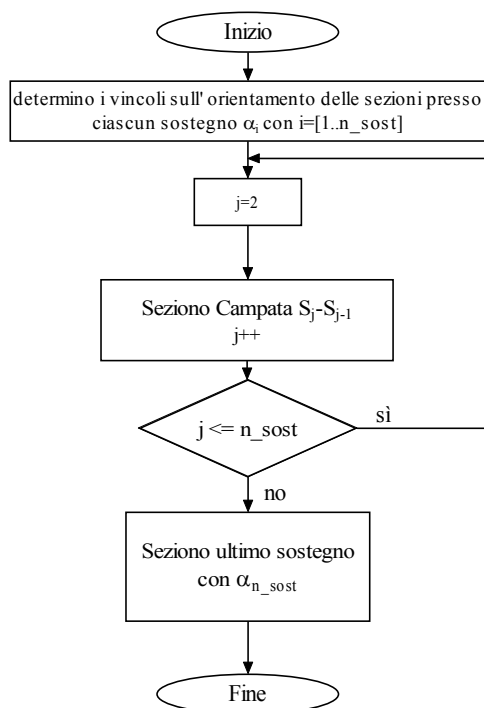


Figura 6: Algoritmo di sezionamento di una linea

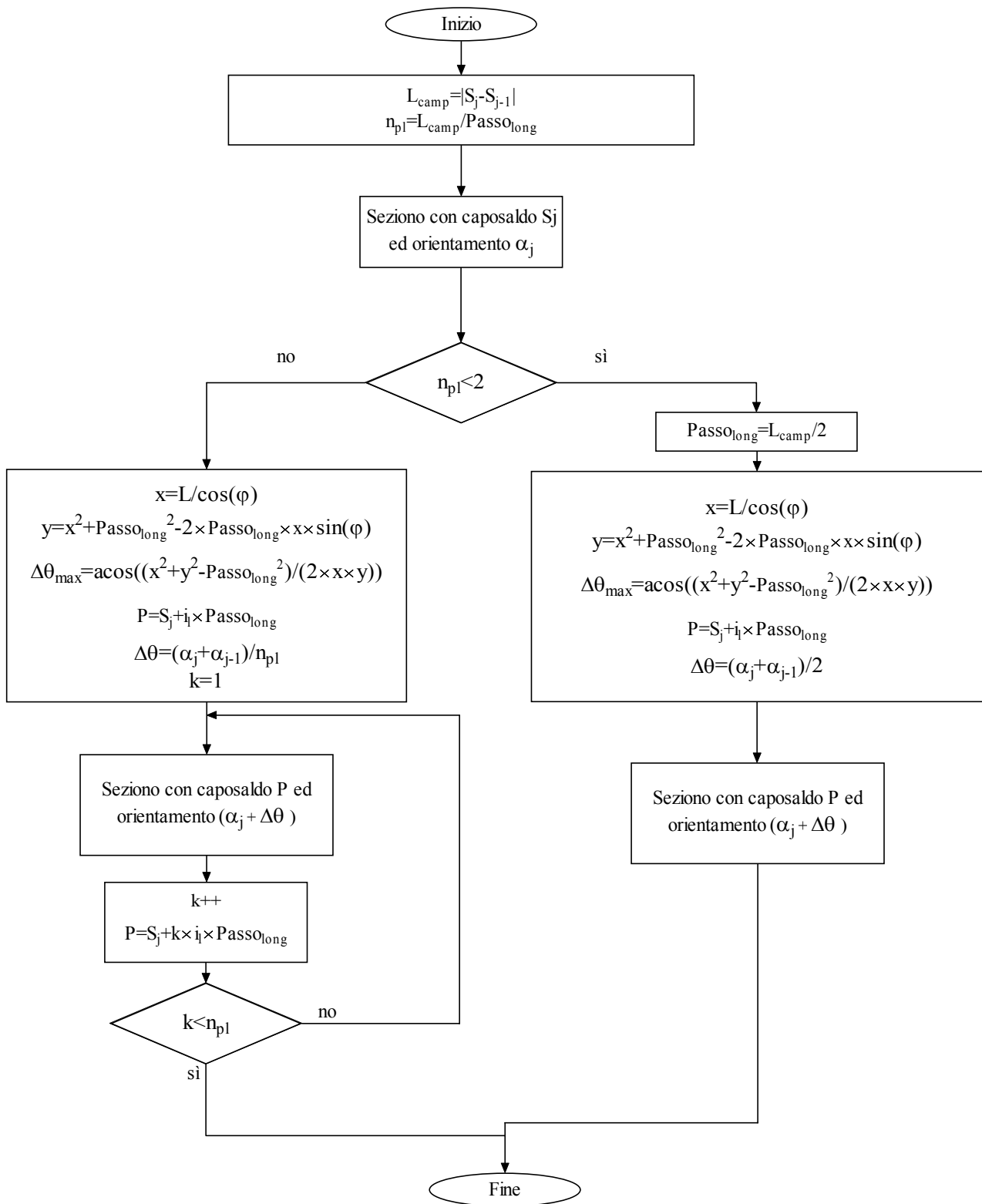


Figura 7: Algoritmo di sezionamento di una campata di linea