

# STAP

## Stabilità Pendii Terreni e Rocce

Il programma **STAP** è dedicato all'analisi di stabilità di pendii in terreni e rocce.

**STAP** è disponibile in tre versioni, indipendenti fra loro:

- **STAP Terreni** (Stabilità pendii in terreni sciolti);
- **STAP Rocce** (Stabilità pendii in rocce);
- **STAP Full** (che comprende sia il modulo Terreni che il modulo Rocce).

L'analisi viene condotta secondo i metodi dell'equilibrio limite, comunemente denominati metodi delle strisce.

L'input dei dati può avvenire in modo grafico e/o numerico. I dati inputati vengono immediatamente riportati in grafica, in tal modo si ha un controllo diretto dei dati digitati.

La procedura di input prevede le seguenti fasi:

- definizione dell'estensione del pendio;
- definizione e caratterizzazione della stratigrafia;
- definizione e caratterizzazione della falda;
- inserimento dei carichi sul profilo topografico (piano campagna);
- inserimento e caratterizzazione degli interventi di stabilizzazione.

La finestra grafica, relativa alla procedura di input, ha tutte le funzioni necessarie a gestire l'input della stratigrafia, della falda, dei carichi e degli interventi di stabilizzazione.

Nella fase di inserimento dati, **STAP** mette a disposizione dell'Utente la funzione di Undo (Annulla).

**STAP** consente l'importazione della stratigrafia tramite file formato DXF o formato testo, oppure, in alternativa, è possibile importare uno sfondo in formato WMF e BMP.

Una volta definiti gli strati, nella stessa finestra grafica è possibile assegnare il tipo di terreno ad ogni strato.

I tipi di terreno sono contenuti in un archivio, relativo al file in uso, e le caratteristiche fisiche e meccaniche, da fornire per ciascuno dei terreni definiti, sono tra le più comuni. Riportiamo di seguito i parametri che caratterizzano terreni e rocce.

### Terreni

I parametri che definiscono il terreno sono: peso di volume naturale e saturo, angolo di attrito e coesione sia in termini di tensioni efficaci che totali.

### Rocce

I parametri da definire per caratterizzare l'ammasso roccioso sono:

- resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta  $\sigma_C$ ;
- coefficiente materiale roccia intatta  $m_i$ ;
- qualità ammasso roccioso GSI (Geological Strength Index);
- fattore di disturbo ammasso roccioso D.

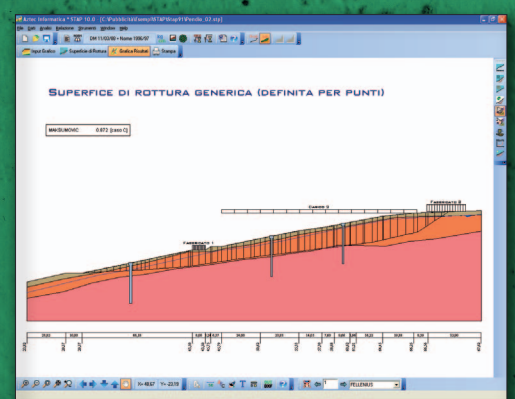
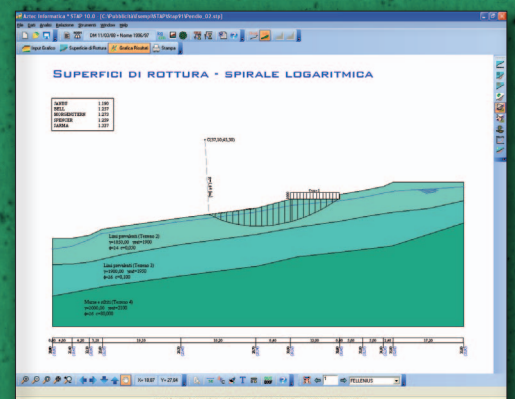
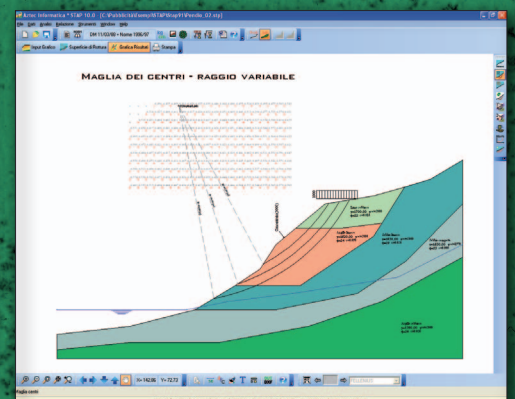
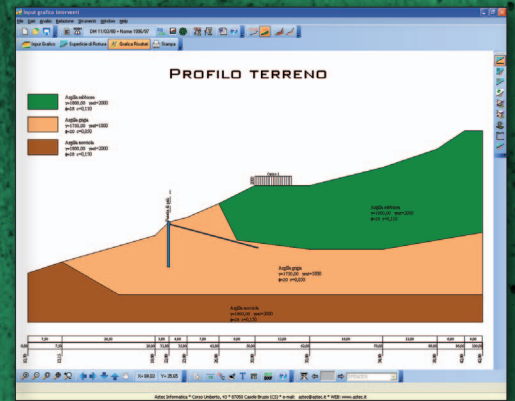
I parametri da definire per la caratterizzazione della discontinuità sono:

- coefficiente di rugosità JRC (Joint Roughness Coefficient);
- coefficiente di resistenza del giunto JCS (Joint Coefficient Strength);
- angolo di attrito di base  $\phi_b$ .

Il criterio di rottura impiegato per i terreni è quello di Mohr-Coulomb, mentre i criteri di rottura impiegati per le rocce sono quelli di Hoek-Brown, per quanto riguarda la caratterizzazione dell'ammasso roccioso, e quello di Barton-Bandis, per quanto riguarda la caratterizzazione delle discontinuità.

Infatti, mentre per il legame di Mohr-Coulomb si ha una relazione di tipo lineare tra pressione di confinamento e resistenza di taglio del terreno, negli ammassi rocciosi la correlazione è sicuramente di tipo non lineare. Gli autori sopra menzionati hanno trovato una correlazione tra i parametri di resistenza  $c$  e  $\phi$  e quei parametri che normalmente vengono utilizzati per descrivere il comportamento dell'ammasso roccioso o della discontinuità.

La falda può essere freatica o artesianiana; nel caso di falda freatica occorre definire la linea freatica, mentre, per la falda in pressione, occorre definire anche la linea piezometrica.



**STAP** permette di considerare sul pendio la presenza di interventi stabilizzanti quali:

- muri di sostegno anche con pali e/o tiranti;
- paratie (di pali e/o micropali) anche con tiranti;
- tiranti (attivi e passivi);
- gradonature;
- terre armate.

Gli interventi vengono definiti in una finestra ad input numerico con immediata visualizzazione grafica.

Gli interventi di stabilizzazione possono essere portati in conto, nel calcolo del fattore di sicurezza, come incremento di resistenza a taglio o come variazione delle forze di interstriscia.

Nel caso di incremento di resistenza a taglio, l'intervento di stabilizzazione è visto come elemento che si oppone allo scorrimento con la sua resistenza a tranciamento.

Nel caso di variazione delle forze di interstriscia, l'intervento viene visto come una forza di interstriscia nella sua posizione reale.

Il valore di resistenza può essere impostato dall'Utente o calcolato automaticamente dal programma. In quest'ultimo caso, tale contributo, in termini di resistenza allo scivolamento, è funzione sia della superficie di scivolamento intersecata che della profondità dal piano campagna.

Il tipo di intervento che si andrà a realizzare, una volta effettuata l'analisi del pendio, può essere progettato con **MAX** (Muri di Sostegno), per quanto riguarda i muri di sostegno, con **PAC** (Paratie), per quanto riguarda le paratie, oppure con **TEA** (Terre armate), per quanto riguarda le terre armate, in modo da produrre gli esecutivi di queste opere.

Aspetto rilevante di **STAP**, è l'ampia possibilità di scelta tra le diverse Opzioni di analisi messe a disposizione.

I metodi di calcolo implementati sono:

- Fellenius;
- Bishop;
- Janbu semplificato;
- Janbu completo;
- Bell;
- Morgenstern-Price;
- Spencer;
- Sarma;
- Maksumovic.

**STAP** permette di effettuare l'analisi sia in termini di tensioni totali che efficaci.

Il tipo di superficie di rottura da analizzare può essere impostato come circolare, spirale logaritmica e generica.

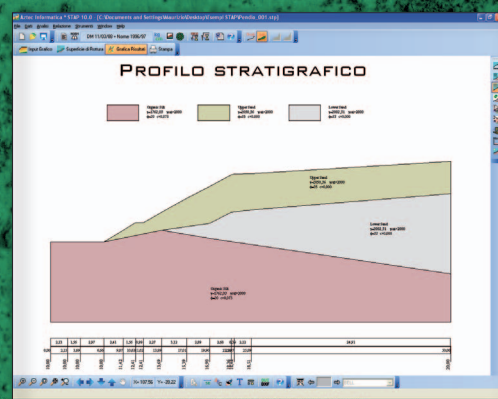
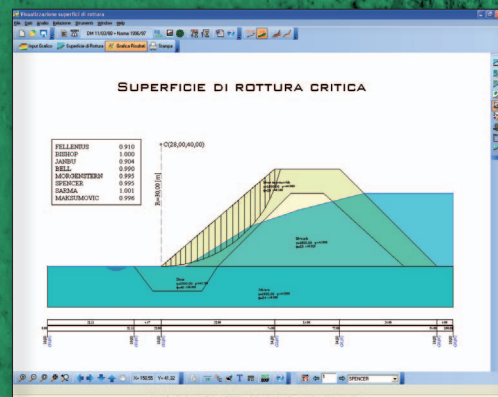
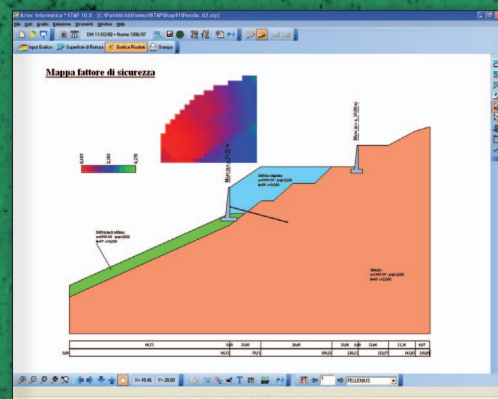
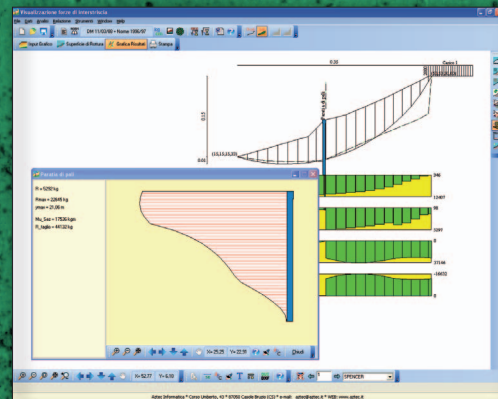
La superficie Circolare viene definita tramite la Maglia dei centri (origine e passo), il Raggio (costante o variabile) e gli eventuali Vincoli (cerchio passante per un punto, cerchio passante per due punti, cerchio tangente la retta).

La superficie Spirale logaritmica viene definita tramite maglia dei centri ed un punto di passaggio.

La superficie Generica viene definita graficamente per punti. Da questa è possibile generare ulteriori superfici mediante traslazione (in direzione X e/o Y) e rotazione.

Inoltre, nell'ambito delle superfici di scorrimento generiche, è possibile ricercare automaticamente la superficie di rottura critica con il metodo di R.V. Greco (metodo di Monte-Carlo).

La ricerca della superficie critica è mirata a minimizzare il fattore di sicurezza. Da una superficie di tentativo, discretizzata con pochi punti, e tramite un procedimento di generazione di nuovi punti, viene generata in modo random la successiva superficie,



sempre nel verso della minimizzazione del fattore di sicurezza. Il procedimento è arrestato quando la differenza tra i fattori di sicurezza di due superfici generate consecutivamente è minore di una certa tolleranza.

È possibile eliminare dal calcolo quelle superfici di rottura che presentano scarsa importanza dal punto di vista della stabilità (corda, freccia, volume interessato allo scivolamento minore di un valore prefissato).

**STAP** consente, inoltre, di impostare le condizioni al contorno ed un criterio di riordino delle superfici analizzate. Per tutti i metodi è possibile eseguire l'analisi di stabilità in condizioni statiche o in presenza di sisma. È possibile analizzare la presenza del sisma sulla stabilità globale della massa in frana secondo due approcci: metodo pseudostatico e metodo dinamico.

Nel metodo pseudostatico si suppone che il sisma agisca sul pendio con un sistema di forze costanti in verso ed intensità per tutta la sua durata. Nel metodo dinamico (analisi dinamica col modello di **Newmark**), invece, il sistema di forze sismiche agente sul pendio varia in verso ed intensità durante l'evento stesso.

Nel metodo pseudostatico, il programma utilizza i coefficienti di intensità sismica orizzontali e verticali, mentre, nel metodo dinamico, il programma genera degli accelerogrammi artificiali perfettamente compatibili con assegnato spettro di risposta di normativa.

**STAP** prevede diverse fasi di simulazione, che consentono all'Utente di ottenere informazioni utili, sia per l'inserimento di eventuali interventi di stabilizzazione, che per ottenere a ritroso (**back analysis**) informazioni sui parametri dei terreni. Le simulazioni agiscono sulla superficie di rottura selezionata ed operano con il metodo di calcolo impostato. Le simulazioni che si possono gestire sulla superficie sono le seguenti:

- variazione del coefficiente di sicurezza in funzione di una forza applicata a valle della superficie verso monte ( $E_a$ );
- variazione del coefficiente di sicurezza in funzione del livello di falda;
- variazione del coefficiente di sicurezza al variare dei parametri del terreno (coesione  $c$  ed angolo di attrito  $\phi$ );
- variazione del coefficiente di sicurezza al variare della resistenza e della posizione di un generico intervento.

All'avvio dell'analisi, **STAP** esegue un check completo dei dati forniti ed eventualmente segnala, con opportuna messaggistica, le incongruenze riscontrate.

Al termine dell'analisi vengono riportati sia risultati di sintesi che risultati di dettaglio.

Nei risultati di sintesi viene riportato il metodo per il calcolo del fattore di sicurezza, il numero di superfici analizzate, il valore massimo e minimo del coefficiente di sicurezza e le superfici di scorrimento alle quali si riferiscono.

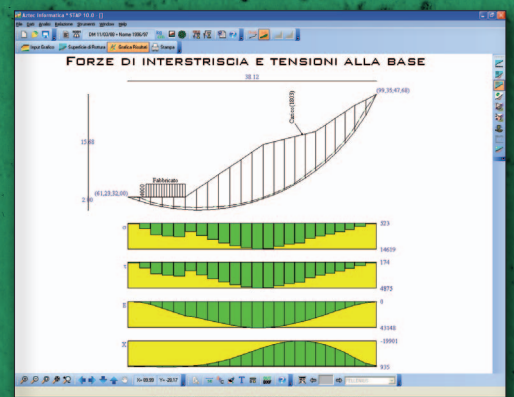
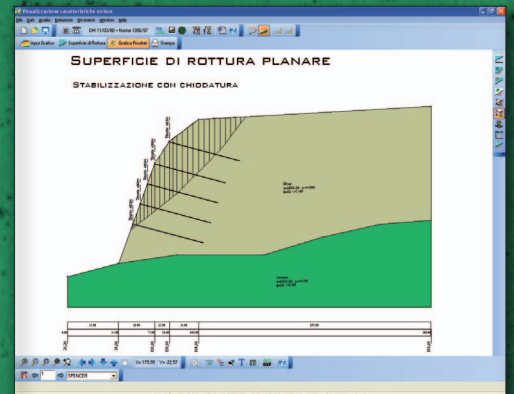
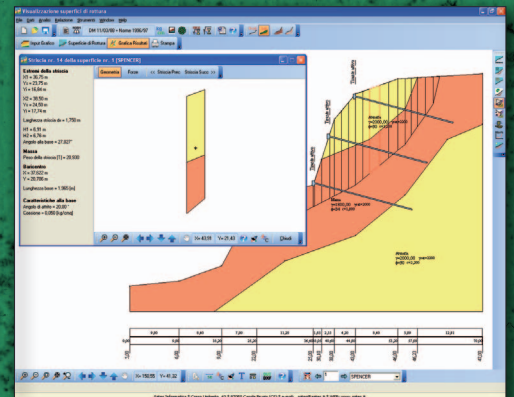
Nei risultati di dettaglio è invece possibile ottenere i risultati specifici di tutte le superfici analizzate: fattore di sicurezza, volume della superficie di scorrimento analizzata e punti di intersezione con il pendio.

Se la superficie è interessata da interventi di stabilizzazione, il programma visualizza il coefficiente di sicurezza di tutte le "sotto-superfici" individuate dagli interventi stessi.

Il programma fornisce le caratteristiche più significative delle superfici analizzate e delle strisce che le compongono.

**STAP** consente il ricalcolo immediato del coefficiente di sicurezza per tutte le superfici analizzate. I risultati dei metodi utilizzati possono essere così messi a confronto.

A valle dell'analisi è possibile, tramite la funzione di **FILTRO**, visualizzare tutti i risultati solo per quelle superfici che corrispondono al filtro impostato.



La grafica del programma consente la visualizzazione di:

- profilo stratigrafico quotato;
- maglia dei centri;
- fattore di sicurezza per curve di livello;
- coefficienti di sicurezza per mappa di colori con la legenda quotata;
- superfici di rottura con le relative strisce di suddivisione;
- andamento dei diagrammi delle forze agenti sulle strisce.

Nella visualizzazione della maglia dei centri analizzata, è possibile scorrere tutte le superfici con indicazione delle grandezze che le riguardano (caratteristiche della superficie di rottura, coefficiente di sicurezza, volume e peso totale del terreno relativo alla superficie visualizzata, etc.). Dalle superfici di rottura analizzate, è possibile selezionare la striscia della quale si desidera avere maggiori informazioni.

La striscia viene riportata in una finestra grafica dove è possibile visualizzare:

- caratteristiche geometriche (coordinate dei vertici, larghezza, altezze, lunghezza della base, baricentro, angolo alla base);
- caratteristiche riguardanti la massa (peso);
- caratteristiche alla base (angolo di attrito, coesione);
- forze sulla striscia (intensità delle forze, direzione e verso);
- forze di interstriscia (intensità delle forze, direzione e verso).

Dalla finestra è possibile scorrere le strisce della superficie.

Se la superficie visualizzata interseca gli interventi, è possibile visualizzare il diagramma di resistenza dell'intervento in un'apposita finestra di interrogazione.

Per ogni superficie è possibile visualizzare l'andamento dei diagrammi delle forze di interstriscia.

Tali diagrammi possono essere interrogati. Vengono riportati: la superficie selezionata opportunamente quotata, i diagrammi delle forze normali e tangenziali alla base della striscia e delle forze normali e tangenziali all'interfaccia.

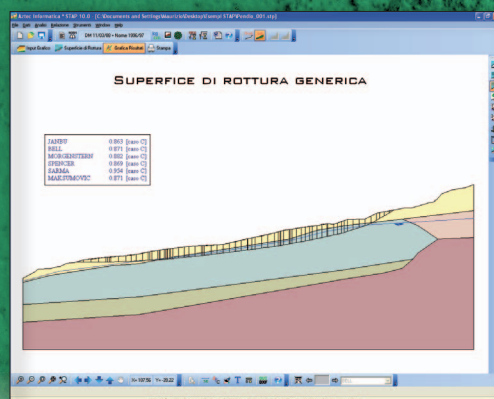
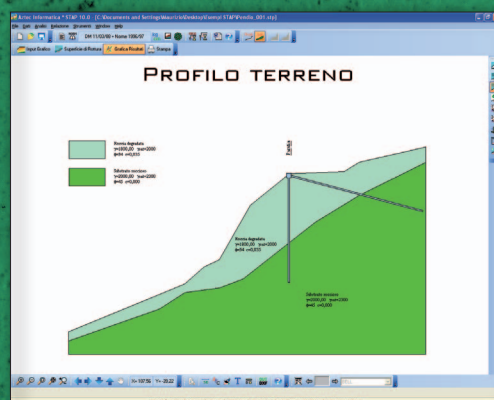
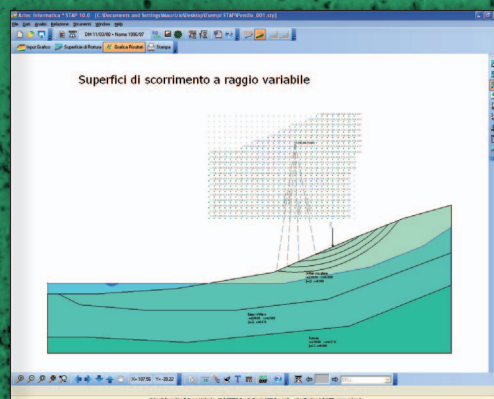
La relazione di calcolo, in formato RTF, viene generata in modo "intelligente" in funzione del tipo di analisi effettuata. È possibile selezionare sia i moduli da generare (dati, risultati, descrizione dei metodi di calcolo, etc.) sia il formato stesso della relazione. In tal modo la relazione generata risulta pressochè definitiva.

Ogni disegno visualizzato può essere stampato su qualsiasi dispositivo gestito da Windows®, previa impostazione di scala, caratteri, didascalie, etc. Il programma è dotato, inoltre, di un impaginatore grafico molto efficiente che consente di comporre i disegni secondo le proprie esigenze.

È possibile l'esportazione dei disegni in formato DXF, BMP, WMF e JPEG.

**STAP** è dotato di un potente Help sensibile al contesto e viene fornito con un manuale d'uso completo, in formato PDF, che riporta anche cenni teorici sui metodi di calcolo implementati nel programma.

Il programma consente l'analisi secondo la Normativa di cui al D.M. 88 + D.M. 96 (tensioni ammissibili e stati limiti), secondo la NTC 2008 (D.M. 14/01/08 + Circ. 617/09) e secondo la NTC 2018 (D.M. 17/01/18).



**Aztec Informatica S.r.l.**

il Software per l'Ingegneria Geotecnica e Strutturale  
Corso Umberto I, 43  
87059 Casali del Manco (CS) - loc. Casole Bruzio  
Tel. +39.0984.432617 - 438325  
Fax +39.0984.432617  
web: [www.aztec.it](http://www.aztec.it)  
e-mail: [aztec@aztec.it](mailto:aztec@aztec.it)