

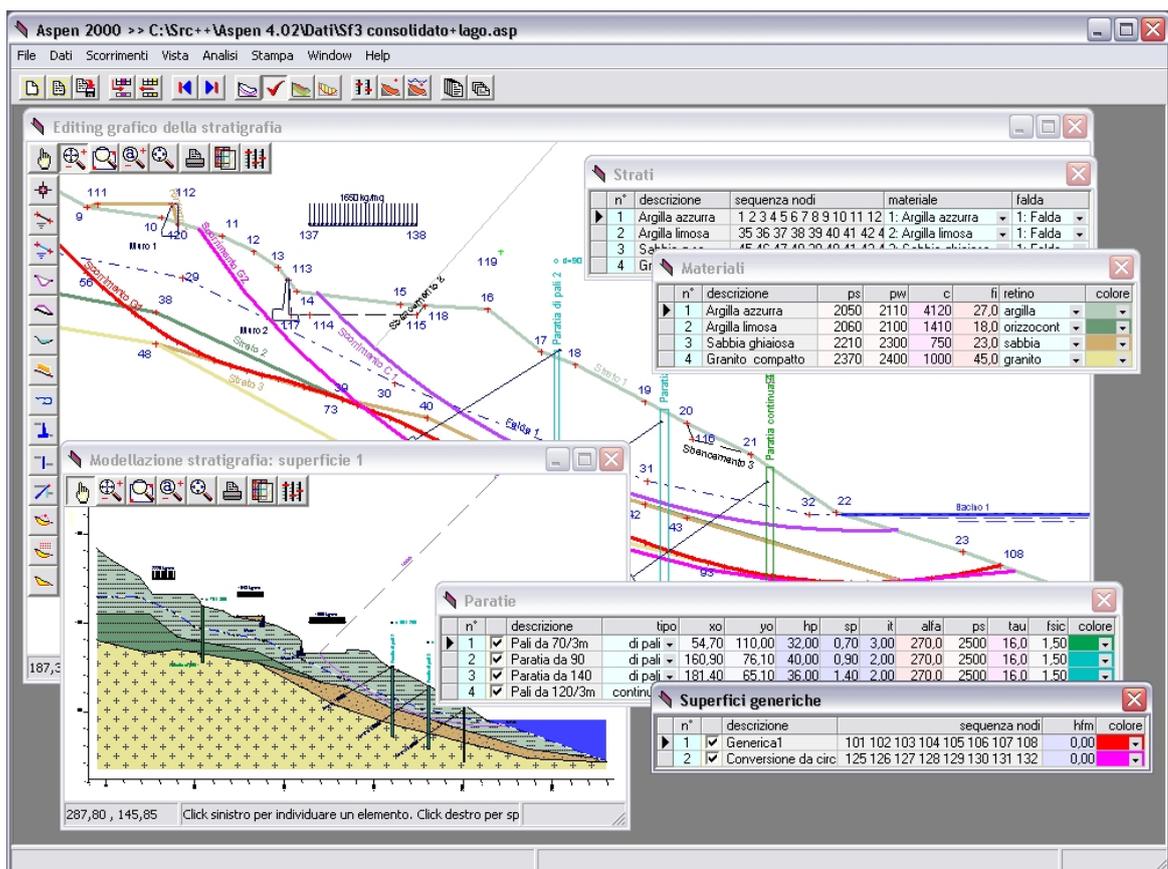
Aspen

Aspen di Newsoft è un programma Windows finalizzato all'analisi di stabilità di pendii secondo i metodi classici dell'equilibrio limite. Consente una definizione accurata del profilo campagna, della stratigrafia interna e del regime idrostatico prodotto da falde freatiche o in pressione. Sbancamenti, rinterri e bacini idrici superficiali, possono essere inseriti o rimossi dalla modellazione in maniera semplice, così come pure i carichi distribuiti e gli interventi strutturali di consolidamento, quali i muri, le paratie, le geogriglie e i tiranti. In questo modo si creano agevolmente configurazioni variate del pendio, corrispondenti a diverse situazioni in situ o a vari scenari di intervento.

L'utente può inoltre definire superfici di scorrimento generiche o circolari, assegnandole singolarmente o per maglia di centri ed effettuare l'analisi simultanea. Se desidera uno screening di maggiore accuratezza, può attivare l'analisi a ricerca automatica che, partendo da una superficie di scorrimento iniziale, ricerca configurazioni di equilibrio a sicurezza minore fino al raggiungimento del minimo locale, seguendo graficamente l'evoluzione del processo di ricerca.

Il programma è dotato di tutte le funzioni necessarie per seguire l'intero iter progettuale, dall'inserimento dei dati, al controllo grafico del modello, dall'esecuzione dell'analisi, alla stampa dei risultati e dei disegni. È interfacciabile con ambienti Cad tramite il formato Dxf e verso applicativi di Word Processing col formato Rtf. Se sul sistema operativo è installata una stampante virtuale Pdf, potrà essere utilizzata per ottenere l'esportazione Pdf del tabulato e dei disegni.

La seguente figura mostra una fase di lavoro col programma, in cui sono visibili la vista Editing, con l'editore grafico del pendio, la vista Modello e alcune griglie dati.



Riferimenti normativi

Aspen è aggiornato alle disposizioni delle norme tecniche attualmente in vigore ma consente il calcolo anche secondo la normativa precedente:

- **Legge 02/02/1974, n.64**, "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche."
- **DM LL.PP. 11/03/88** "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione."
- **D.M. 16/01/1996**, "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche."
- **D.M. 14/01/2008**, "Norme tecniche per le costruzioni."
- **C.M. 02/02/2009, n.617**, "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni."

Campi di impiego

Le caratteristiche del programma lo rendono adatto per la verifica di stabilità di pendii naturali o artificiali e per il dimensionamento di massima degli eventuali interventi di consolidamento.

I professionisti maggiormente interessati ad Aspen sono i geologi o gli ingegneri operanti nel campo geotecnico, coinvolti nel recupero e consolidamento di pendii storicamente instabili o nella progettazione di opere ricadenti su pendii, per i quali sia importante effettuare l'analisi di stabilità sotto carichi variati.

Elementi di definizione

Sono gli elementi caratteristici che intervengono nella definizione del pendio, previsti da programma:

- Materiali,
- Nodi,
- Strati,
- Falde,
- Sbancamenti,
- Rinterri,
- Bacini,
- Carichi,
- Muri o blocchi,
- Paratie,
- Tiranti,
- Geogriglie,
- Superfici di rottura circolari,
- Superfici di rottura generiche,
- Superfici di rottura a maglia di centri.

Elementi essenziali ed opzionali

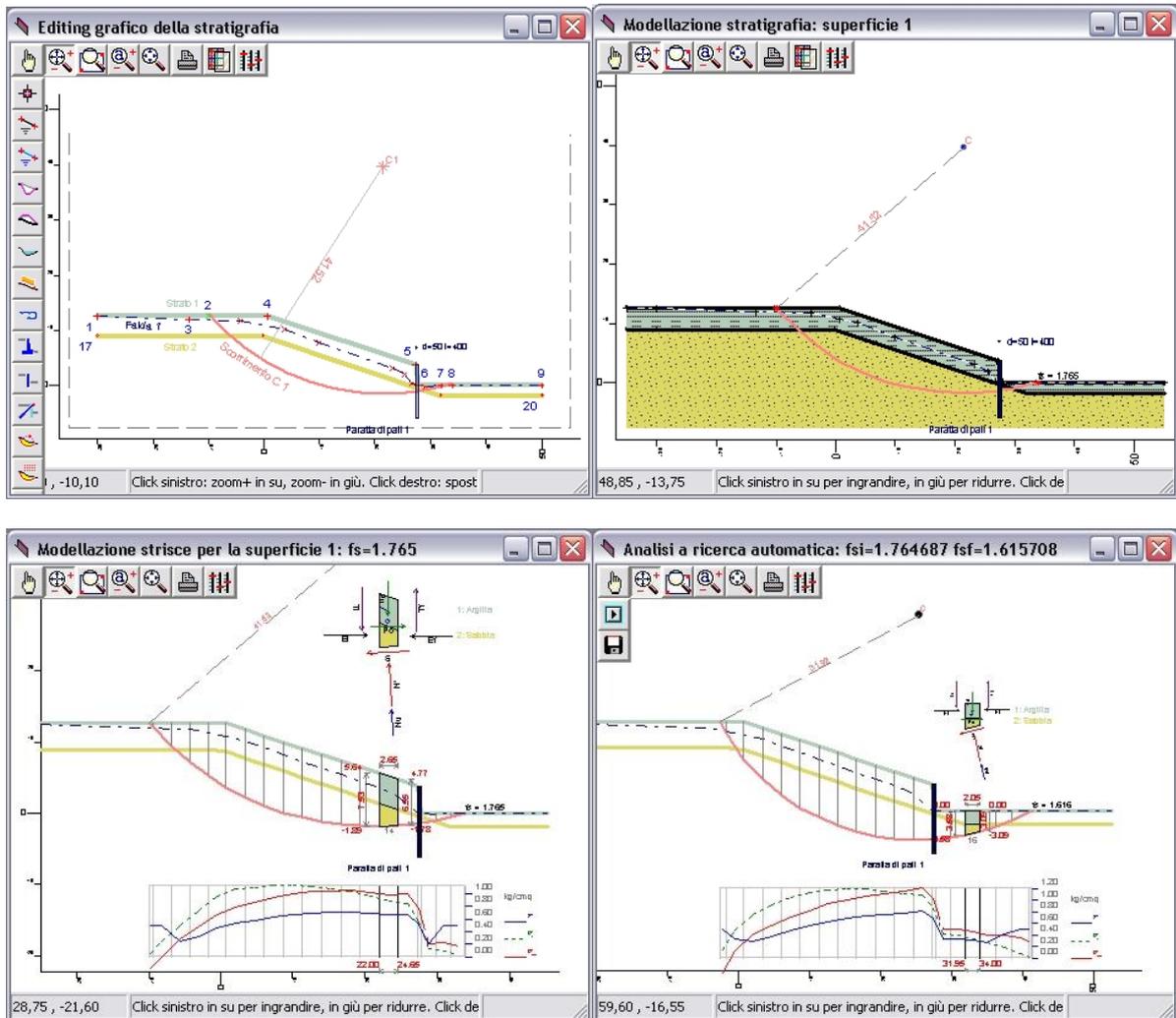
Elementi essenziali sono i primi tre: Materiali, Nodi e Strati, che necessariamente devono essere presenti anche sul pendio più semplice, unitamente alla definizione di almeno una superficie di rottura.

Elementi opzionali sono tutti gli altri. Questi elementi sono caratterizzati dal fatto che la loro definizione non implica necessariamente l'applicazione nel modello. Ad esempio, si può definire un pendio senza la definizione di falde, oppure definire una o più falde, ma senza applicarle. Il risultato è identico. Questa caratteristica torna utile per semplificare la creazione di configurazioni variate del pendio, che possono verificarsi nel tempo o utili a valutare possibili scenari di intervento. Si possono, ad esempio, definire vari interventi di consolidamento, ma applicarli uno alla volta per valutarne separatamente il contributo ai fini di una decisione progettuale.

Le viste grafiche

Il programma prevede quattro diversi ambienti grafici:

- Vista Editing,
 - Vista Modello,
 - Vista Strisce,
 - Vista di ricerca automatica,
- riportate alle figure seguenti per un semplice pendio con una paratia applicata.



La Vista Editing

Nella Vista Editing sono attive le funzioni di input grafico per tutti gli elementi che concorrono alla definizione del pendio, dalla stratigrafia, agli interventi di consolidamento e alle superfici di scivolamento. Sono visibili tutti gli interventi definiti, quelli applicati sono disegnati nel colore assegnato, quelli non applicati in grigio.

La Vista Modello

La vista Modello riporta la vista del pendio dopo la costruzione del modello, quindi con i profili modificati dall'applicazione di eventuali sbancamenti e rinterri e con i soli interventi effettivamente applicati. Se sono state definite più superfici di scivolamento, esiste una vista modello per ognuna di queste.

La Vista Strisce

La Vista Strisce riporta la suddivisione in strisce per ogni superficie di scivolamento definita. Come la precedente, tale vista è disponibile dopo la costruzione del modello. Altri particolari, sono

disponibili a valle dell'analisi, come i diagrammi delle tensioni mobilitate sulla superficie di scivolamento.

La Vista di Ricerca automatica

A queste si aggiunge la Vista di ricerca automatica, che consente di avviare e seguire graficamente l'evoluzione dell'analisi automatica. Questa è una caratteristica di analisi peculiare del programma, che, partendo da una superficie iniziale assegnata, ricerca configurazioni di equilibrio a sicurezza minore, fino a raggiungere un punto di minimo del coefficiente di sicurezza.

Ogni finestra grafica ha le sue barre di strumenti che compiono funzioni specifiche, come l'input grafico nella Vista Editing. In tutte sono presenti le funzioni comuni di gestione del disegno, come zoom, spostamento, riconoscimento elementi per il sincronismo con le griglie dati, preview di stampa e assegnazione preferenze.

L'input

Il pendio si costruisce nell'ambiente grafico della Vista Editing, eventualmente su sfondo Dxf importato, col supporto dei comandi di inserimento, modifica, cancellazione, disponibili per ogni elemento di modellazione.

In maniera equivalente, è possibile l'assegnazione numerica dei dati, in griglie sincronizzate con l'ambiente grafico, sia per operazioni di inserimento di un nuovo elemento, sia per la modifica di uno già esistente.

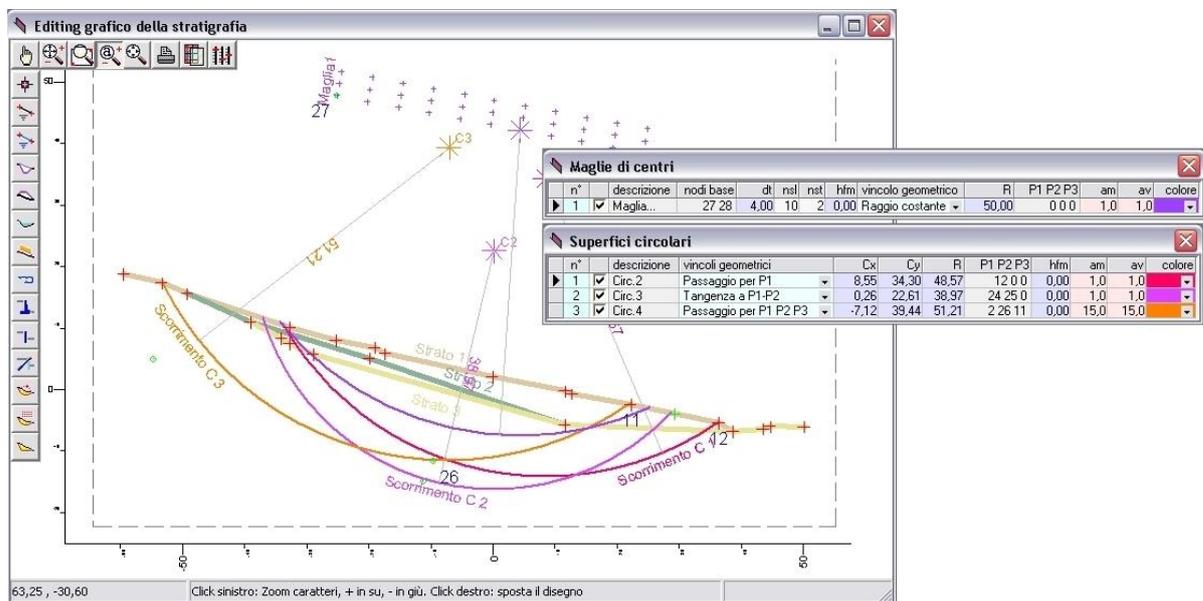
Esempi di inserimento di superfici circolari

Nell'esempio seguente si definiscono da griglia tre superfici circolari e una maglia di centri.

Per l'inserimento da griglia si possono seguire le seguenti istruzioni:

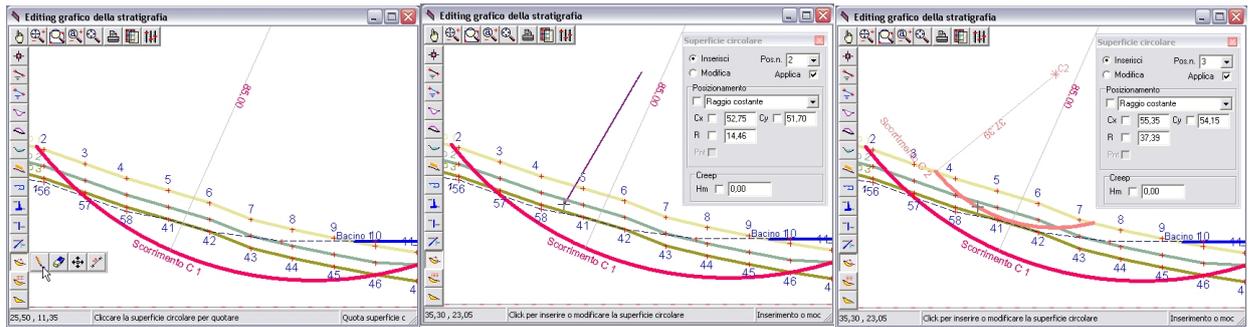
- aggiungere la riga, cliccando sul pulsante *Inserisci riga* della barra comandi,
- assegnare i dati di definizione dell'elemento,
- ripetere l'operazione per tutti gli elementi da inserire.

In figura, gli effetti finali degli inserimenti nelle griglie *Superfici circolari* e *Maglie di centri*.



Nell'esempio seguente vediamo alcune fasi operative per l'inserimento di una superficie circolare nella Vista Editing, utilizzando l'input grafico. Le operazioni sono le seguenti:

- selezione del comando *Circolare|Inserisci*,
- tracciamento del centro e del raggio col mouse,
- risultato finale dell'operazione di inserimento.



I dati dell'inserimento si ritrovano nella griglia *Superfici circolari*, riportata di seguito.

n°	descrizione	vincoli geometrici	Cx	Cy	R	P1	P2	P3	hfm	am	av	colore
1	Circolare1	Raggio costante	75,00	90,00	85,00	11	0	0	0,00	1,0	1,0	
2	Circolare...	Raggio costante	55,35	54,15	37,39	0	0	0	0,00	1,0	1,0	

Impostazione di alcuni dati tipici

Per i terreni che compongono la stratigrafia sono richieste le caratteristiche meccaniche essenziali e la scelta del retino grafico di visualizzazione, che si assegnano nella griglia *Materiali* riportata in basso.

n°	nome	ps	pw	c	fi	retino	colore
1	Argilla azzurra	2050	2110	4120	27,0	argilla	
2	Argilla limosa	2060	2100	1410	18,0	orizzocont	
3	Sabbia ghiaiosa	2210	2300	750	23,0	sabbia	
4	Granito compatto	2370	2400	1000	45,0	granito	

I profili della stratigrafia, delle falde, degli sbancamenti e dei rinterri si definiscono come poligonali. Riportiamo di seguito la griglia *Strati*, in cui la poligonale è riportata nella colonna *sequenza nodi*.

n°	descrizione estesa	sequenza nodi	materiale	falda
1	Argilla azzurra	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16	1: Argilla azzurra	2: Falda
2	Argilla limosa	35 36 37 38 39 40 41 42 44 24	2: Argilla limosa	2: Falda
3	Sabbia g.sa	45 46 47 48 39 40 41 42 43 44 24	3: Sabbia ghiaiosa	2: Falda
4	Granito	45 46 47 48 49 50 51 34	3: Sabbia ghiaiosa	2: Falda

La definizione degli interventi di consolidamento è articolata per tipologia e, in linea generale, prevede la descrizione di dettaglio in termini geometrici e meccanici.

Le superfici di scivolamento

Il programma accetta superfici di scivolamento di forma circolare o generica. Le superfici generiche sono definite tramite poligonali. Per quelle circolari si assegna il centro e il raggio o altre condizioni di vincolo, come il passaggio per punti assegnati o condizioni di tangenza. Per le circolari, inoltre, i tratti terminali di riaffioramento possono essere definiti con raccordi rettilinei di assegnata pendenza. L'utente può comporre una lista di superfici da sottoporre a verifica o anche definire famiglie di superfici circolari utilizzando le maglie di centri.

La costruzione del modello

Partendo dalla configurazione originaria e applicando tutti gli elementi opzionali selezionati, il programma costruisce il modello del pendio e ne esegue la scomposizione in strisce per ogni superficie di scivolamento definita ed applicata.

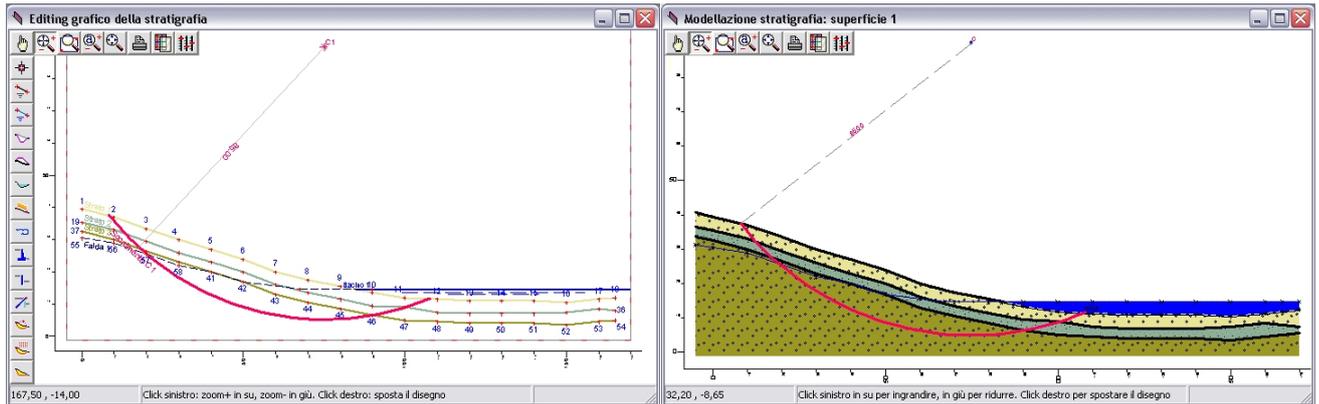
L'operazione si esegue cliccando sul pulsante *Genera il modello* posto nella *Barra dei comandi frequenti*. Il pulsante ha anche la funzione di azzerare il modello, se questo è stato già costruito.

La modellazione eseguita è visibile nella vista stratigrafica del modello e nella vista della modellazione in strisce, entrambe caratterizzate da un elevato livello di dettaglio.

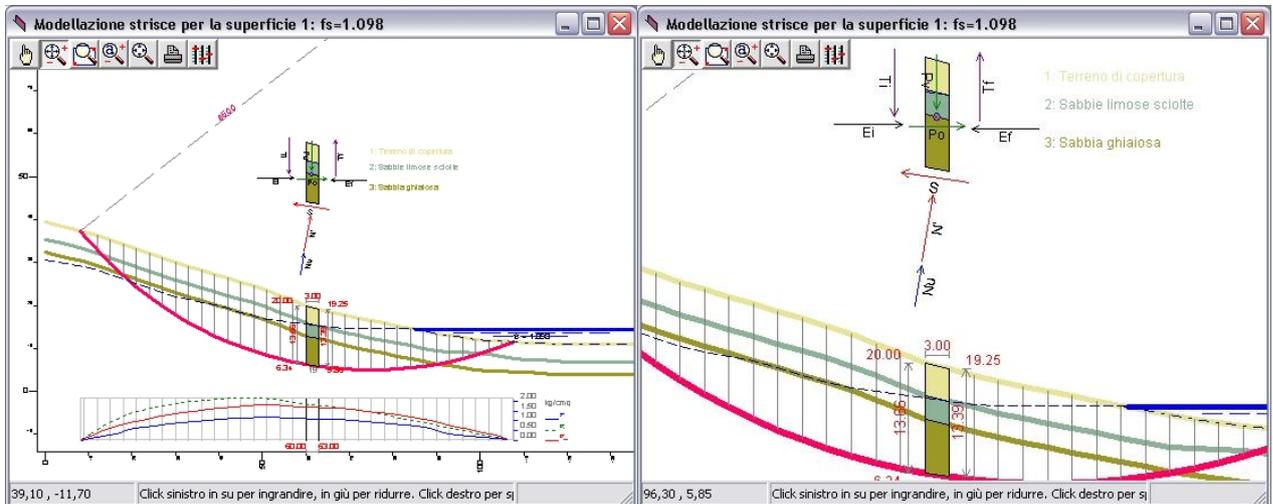
Il controllo di congruenza

Nel corso della costruzione del modello, il programma esegue un approfondito controllo dei dati e nel caso dovesse riscontrare delle incongruenze, rilascia in un'apposito pannello, messaggi di avviso. I messaggi preceduti da punto esclamativo si riferiscono a incongruenze gravi che non consentono la generazione del modello. In questi casi è necessario modificare o integrare la definizione per risolvere la situazione d'incongruenza segnalata. I messaggi non preceduti da punto esclamativo si limitano a richiamare l'attenzione su aspetti particolari o segnalano situazioni di incongruenza che il programma può risolvere temporaneamente disapplicando d'autorità un particolare elemento e continuando con la costruzione del modello. L'utente presterà attenzione alle situazioni segnalate e interverrà per correggerle.

Vediamo nelle figure seguenti la vista Editing e la vista Modello per un pendio semplice.



Le figure successive si riferiscono invece alla discretizzazione in strisce e ai dettagli grafici presenti sul disegno, come i diagrammi delle tensioni sulla superficie di rottura e l'indicazione della forze agenti sulla singola striscia.



Caratteristiche di analisi

L'analisi è eseguita con il metodo dell'equilibrio limite, di cui sono disponibili le formulazioni date da Morgenstern-Price, Bell, Jambu, Bishop, Fellenius, implementate nel programma in forma particolarmente ottimizzata, per migliorare il processo di convergenza e ampliare il campo di applicabilità. Il pendio è analizzato sotto l'azione dei pesi propri, dei carichi assegnati, della spinta idrostatica sulla frattura di distacco e dell'accelerazione sismica orizzontale e verticale, definite queste ultime in base al sistema normativo adottato (Ntc08 o Ntc96). L'azione sismica orizzontale è applicata in direzione dello scorrimento, mentre per quella verticale si considerano entrambi i versi, corrispondenti all'incremento e al decremento dei pesi agenti, e valutando i coefficienti di sicurezza per entrambi i casi.

Contributo alla stabilità offerto dagli interventi

Il contributo alla stabilità offerto dagli interventi varia in funzione della loro tipologia, ma in linea generale tiene conto sia delle caratteristiche meccaniche dell'intervento, sia della situazione geotecnica locale. Per i tiranti e le geogriglie, ad esempio, si considerano gli effetti dovuti all'incompleto sviluppo dell'ancoraggio. Per i muri e le paratie si valuta la spinta stabilizzante massima, compatibile con diversi possibili meccanismi di crisi, come lo scorrimento o il ribaltamento dell'opera, la rottura del fronte spingente o del terreno compreso fra pali distanziati, la crisi strutturale dell'opera stessa.

Una volta eseguita l'analisi è possibile conoscere il contributo offerto dall'intervento, sia con una interrogazione immediata da mouse, sia nel report di stampa.

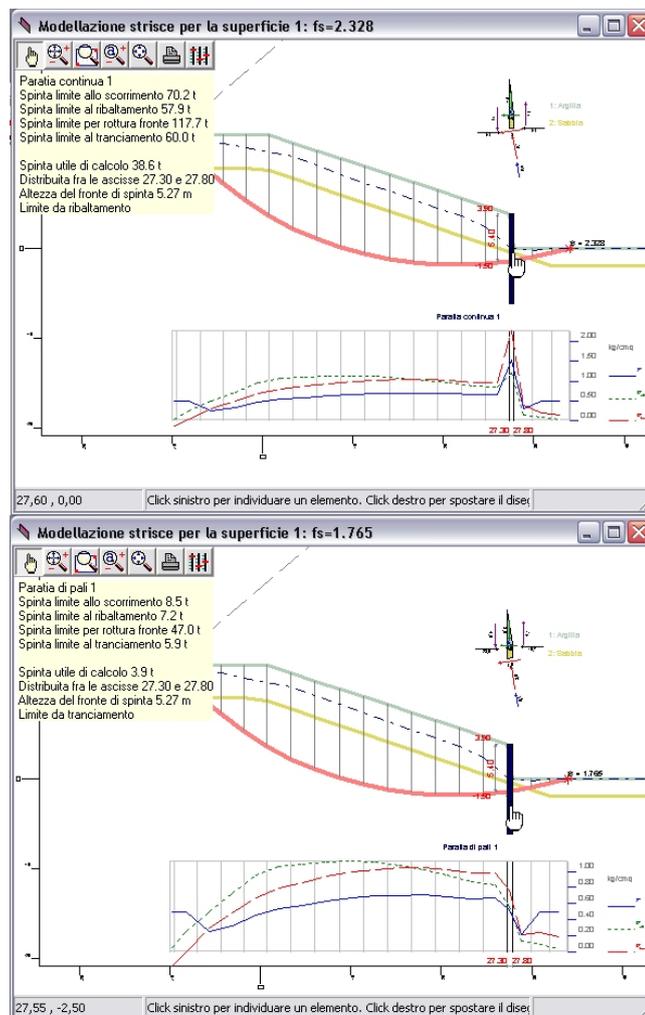
Informazioni sul contributo offerto dagli interventi

Nella vista Modello e nella vista Strisce, si possono ottenere informazioni sul contributo alla stabilità offerto dagli interventi con lo strumento *Individua*.

La procedura in dettaglio è la seguente:

- selezionare lo strumento *Individua* dalla barra strumenti,
- cliccare sul muro, paratia, tirante o geogriglia di cui si vuole conoscere il contributo e tenere premuto,
- l'informazione compare in alto a sinistra e scompare non appena si rilascia il mouse.

Nelle due figure seguenti si mostra il confronto fra i contributi di una paratia continua e una paratia di pali distanziati.



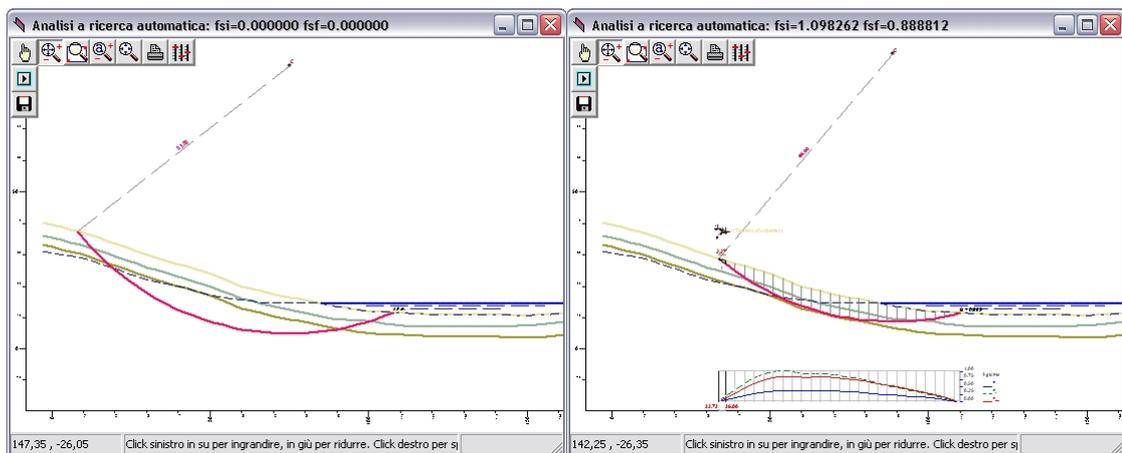
Analisi di superfici assegnate

Il programma prevede l'analisi simultanea di tutte le superfici assegnate dall'utente, definite come singole superfici o tramite maglie di centri. Ad analisi conclusa, compare immediatamente una tabella sintetica con i fattori di sicurezza registrati. Nella vista delle strisce è invece disponibile il

diagramma delle tensioni mobilitate sulla superficie di scivolamento e, nel caso delle maglie di centri, anche le curve di livello per i centri ad uguale sicurezza, visualizzate con codice colore.

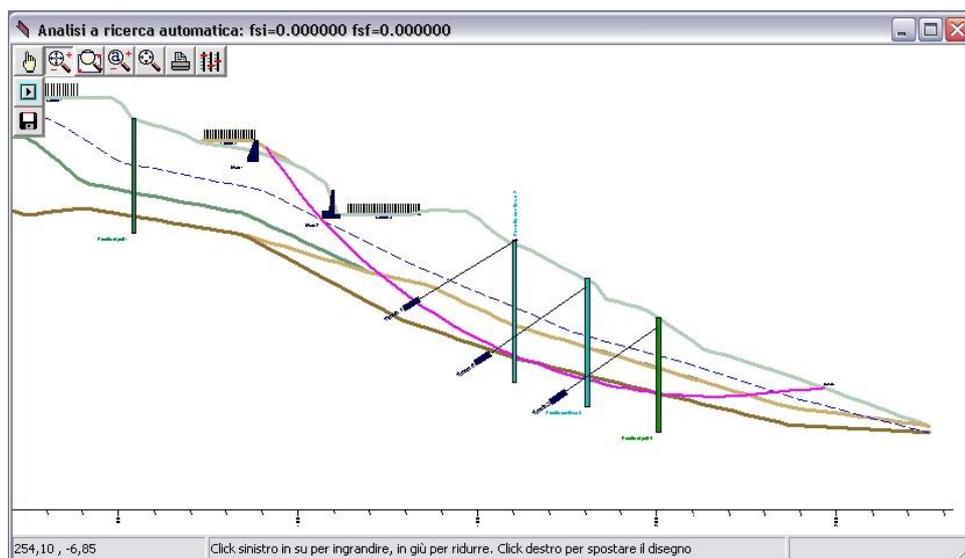
Analisi a ricerca automatica

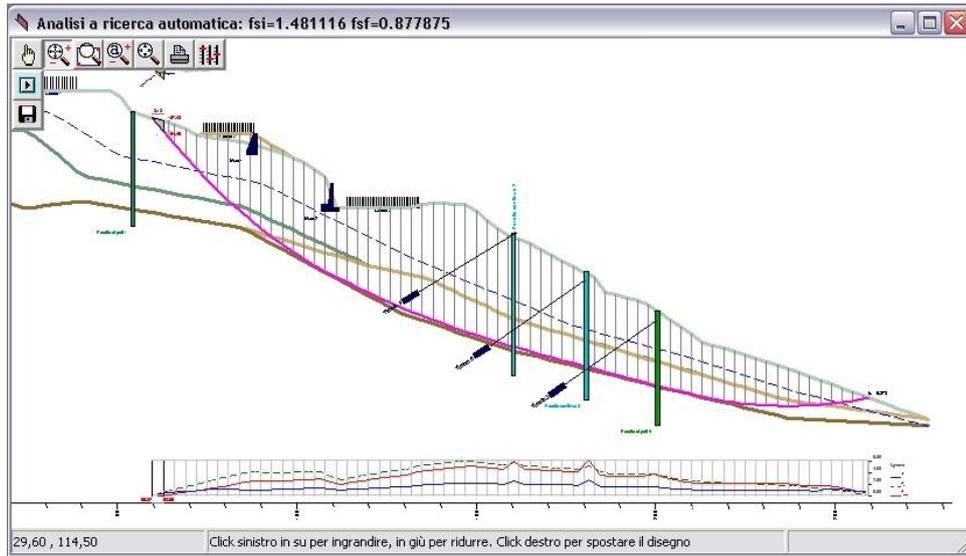
Una delle caratteristiche di eccellenza del programma è l'analisi automatica, basata su una strategia numerica iterativa che, a partire da una superficie d'innesto iniziale, evolve in maniera automatica verso configurazioni di scivolamento a coefficiente minore, fino a pervenire ad una soluzione di minimo. Il processo viene attuato ricercando il punto di minimo della funzione coefficiente di sicurezza, in termini di opportuni parametri descrittivi della superficie di scivolamento. L'evoluzione grafica della superficie e l'andamento decrescente del coefficiente di sicurezza possono essere seguiti a video in animazione grafica, fino al raggiungimento della configurazione critica. Nel processo si tiene conto di tutte le influenze prodotte dalla condizione stratigrafica e idrostatica del pendio, dei carichi e dei contributi offerti dagli interventi di consolidamento.



Nelle figure precedenti si vede il risultato dell'analisi automatica condotta su superficie circolare. La prima figura si riferisce allo stato iniziale del processo e mostra la superficie iniziale da cui parte il processo di ricerca. La seconda si riferisce, invece, allo stato finale ad analisi conclusa e mostra la superficie ottenuta dal processo di minimizzazione. I coefficienti di sicurezza iniziale e finale sono riportati nel titolo e consentono di valutare la differenza di sicurezza fra le due configurazioni.

Le due figure seguenti si riferiscono ad un'analisi automatica condotta su superficie generica e, come le precedenti, mostrano la configurazione di partenza e quella finale.





Le stampe

Le opzioni di stampa del programma, consentono di impaginare un elaborato di calcolo finale completo di dati, risultati e disegni.

Il tabulato

Il tabulato di calcolo viene impaginato in base alla selezione degli argomenti e può includere la relazione introduttiva, le legende esplicative, le tabelle dei dati e dei risultati di analisi. La funzione di preview consente una agevole lettura a video, la stampa diretta e l'esportazione Rtf/Pdf.

n.	Nome	geometria	vol mc	esito	Svt kg	sio ok
1	Circolare	C: [19,46 101,75] R:140,00 [m]	142,1	eseguita	0	1,872 si
2	Generica1	Nodi: 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108	3536,0	eseguita	0	0,929 no
3	Conversione Nodi	121 122 123 124 125 126 127 128 129 2881,7 da circolare...	130 131 132	eseguita	0	1,467 si

I disegni

I disegni sono impaginati in base ad una selezione delle tavole e delle scale, considerando il formato di foglio correntemente impostato nella stampante attiva. Le tavole così formate sono visibili in anteprima e possono quindi essere stampate o esportate in formato Dxf/Pdf.

