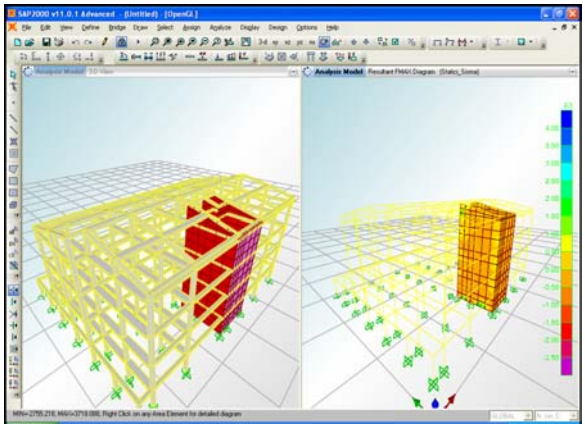
SAPEX – Extender Modules for SAP2000

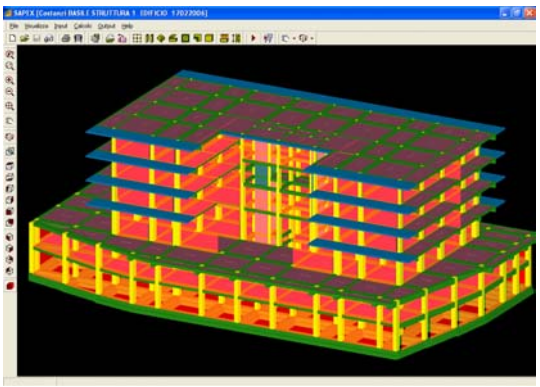
Da oltre trent'anni la sigla **SAP** (*Structural Analysis Program*), nel settore dell'ingegneria strutturale, è internazionalmente sinonimo di soluzioni allo stato dell'arte per il calcolo strutturale automatizzato.



Tramite una evoluzione, segnata dal susseguirsi di varie versioni (dalle prime: SAP, SOLIDSAP, SAPIV; fino alle più recenti: SAP80 e SAP90), si è oggi ottenuto, con l'attuale **SAP2000** della **CSI Computer & Structures, Inc.**, un programma per analisi e verifica, ineguagliato per efficienza e produttività in tutto il mondo ed utilizzato da migliaia di studi di ingegneria in oltre cento paesi.

Il software **SAPEX** nasce proprio dall'idea di sintetizzare i risultati di una così importante esperienza, **in un prodotto di semplice utilizzo, nel territorio italiano,** che possa permettere ai progettisti, anche non particolarmente specializzati nel settore strutturale, di usufruire in maniera completa di uno **strumento di calcolo, potente e sofisticato, e sempre in continua evoluzione.**

Il **SAPEX** però, non funge solo da "tramite" verso il SAP2000 ma ne **incrementa notevolmente le potenzialità di progettazione e verifica** soprattutto nell'ambito della progettazione di edifici multipiano in c.a., in zona sismica, realizzando una **piena *localizzazione* del SAP2000 nella realtà progettuale italiana ed europea**.



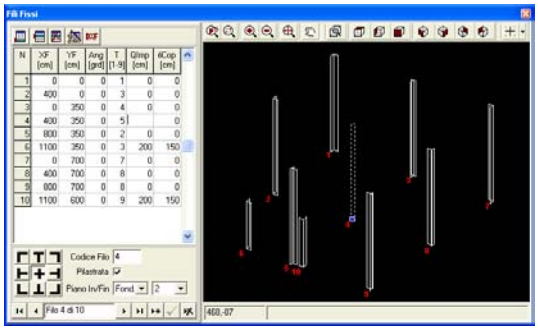
Attraverso degli strumenti appositamente sviluppati per la gestione degli edifici multipiano in cemento armato, il **SAPEX** integra in un unico ambiente tutte le diverse fasi della progettazione, dalla creazione del modello di calcolo, al disegno degli esecutivi di cantiere, il tutto sfruttando la potenza di calcolo del SAP2000, affiancando alla stabilità ed affidabilità del "*motore di calcolo*" del SAP2000, la progettazione e la verifica interattiva delle armature degli elementi strutturali nel pieno rispetto degli Eurocodici e delle ultime normative italiane.

É anche possibile comporre una elegante e completa relazione di calcolo e stampare elaborati grafici di tutti gli elementi progettati.

SAPEX si compone di tre diversi moduli:

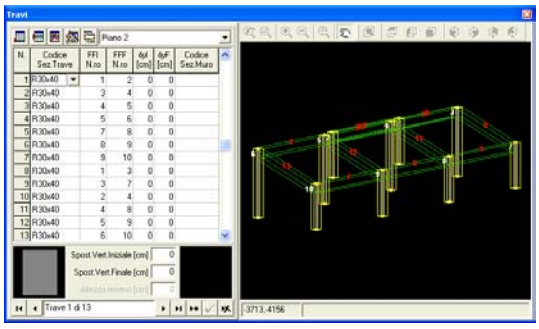
- **INPUT –** *Modulo di Input per edifici multipiano in cemento armato*
- **PRINT –** *Modulo di Stampa Relazione conforme alle NTC (D.M. 14/09/05)*
- **EPLOT –** *Modulo di input Disegno Esecutivi in c.a. con Editing Armature*

SAPEX – INPUT



Il modulo di Input del **SAPEX** compie in modalità di tipo "architettonico" – del tutto semplice ed intuitiva per l'utente – tutte quelle procedure di definizione degli elementi strutturali tipici dell'edificio multipiano in c.a., operazioni che nel SAP2000 andrebbero svolte in modalità manuale e soprattutto "strutturale" (definizione nodi, aste, vincoli e forze) manipolando in prima persona gli *Elementi Finiti* tramite i quali vengono svolte le analisi strutturali. Queste entità piuttosto astratte, (peraltro di competenza di una ristretta parte di tecnici (quella sostanzialmente di strutturisti), non consentono una restituzione delle carpenterie ed in particolare il disegno esecutivo delle armature degli elementi strutturali veri e propri (travi, pilastri, panneli, nuclei, etc). Specificatamente è il SAPEX che si occupa della fase tipicamente "architettonica" realizzando – esattamente – il modello strutturale, perfettamente aderente agli aspetti geometrico-architettonici dell'edificio, con assegnazione delle proprietà geometrico-meccaniche, e definizione delle varie opzioni di analisi. Queste procedure di definizione del modello strutturale, realizzate tramite la normale interfaccia grafica del SAP2000, nel caso specifico degli edifici multipiano in c.a., richiederebbero un lavoro lungo, laborioso e molto ripetitivo.

L'impiego del **SAPEX** permette, quindi, un notevole risparmio di tempo nella fase di creazione del modello di calcolo, riducendo al minimo la possibilità di compiere errori, anche per la contestuale interfaccia grafica a livello solido tridimensionale.

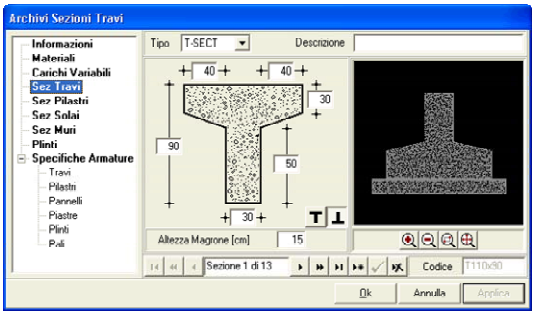


Infatti, grazie ad un **familiare ambiente grafico e ad un innovativo input "ad oggetti"**, si possono inserire rapidamente tutti gli elementi di un edificio multipiano.

L'analisi dei carichi viene automaticamente definita semplicemente "disegnando" od inserendo i dati di tipo geometrico ed architettonico.

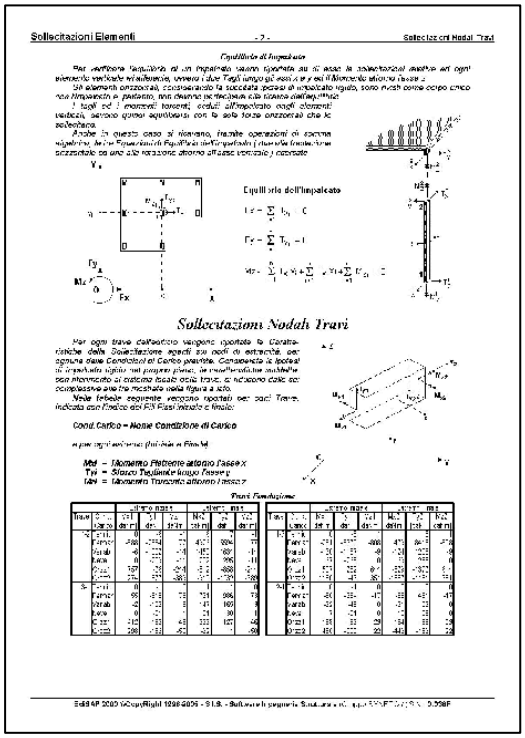
Ogni elemento strutturale viene inserito nel progetto attraverso specifiche finestre di **Input Grafico-Interattivo** che consentono di progettare in maniera rapida ed

estremamente intuitiva. Inoltre, anche l'input per i progetti con elevato numero di elementi risulta altrettanto rapido, grazie a potenti fasi di copiatura e generazione automatica dei dati di cui il programma è dotato.



La gestione delle proprietà dei vari elementi è semplificata ricorrendo ad un' **Archivio** associabile ad ogni progetto. È possibile utilizzare un archivio unico, ma più arricchito, disponibile per tutti i progetti. L'utente può ampliare gli archivi e crearne di personali al fine di adattarli alle proprie esigenze.

SAPEX – PRINT



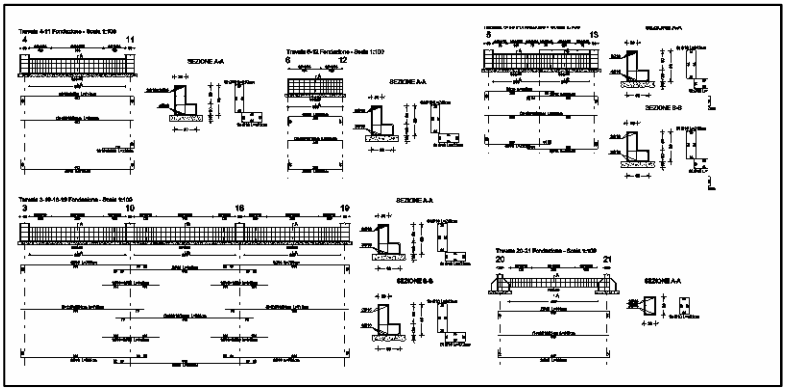
I risultati delle elaborazioni compiute dal SAP2000 sul modello strutturale generato dal SAPEX Input vengono sfruttati per produrre molteplici Tabulati di calcolo.

La Stampa avviene in un elegante formato e l'impaginazione è resa personalizzabile grazie alla possibilità di abilitare/disabilitare i singoli capitoli e le singole pagine. La Stampa dei Tabulati, del programma, è suddivisa nei seguenti capitoli:

- **Relazione di Calcolo, Geotecnica e di Esecuzione**
- **Proprietà geometriche, Azioni e Combinazioni di Carico**
- **Sollecitazioni Nodali e Sollecitazioni Inviluppo sugli elementi**
- **Verifiche Armature e Computo Materiali Elementi in c.a.**

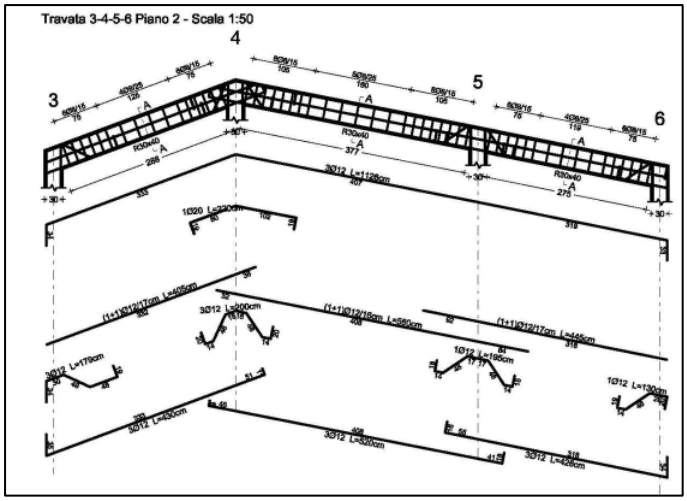
All'inizio di ogni capitolo, vengono inoltre riportati commenti ed ulteriori integrazioni, riferiti specificatamente ai singoli argomenti in questione; il significato delle quantità e delle unità di misura, sono riportate in leggende esplicative che precedono le singole tabelle di dati.

SAPEX – EPLOT



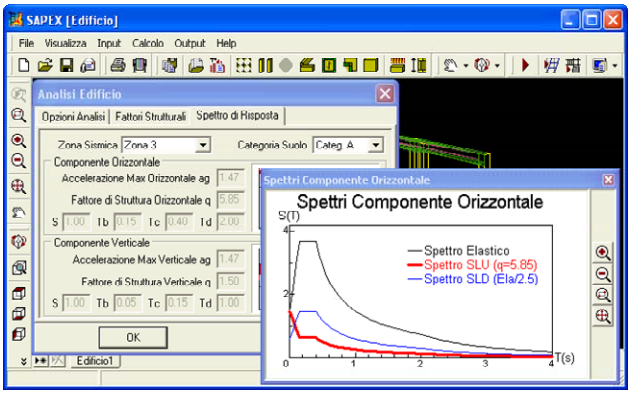
Il Modulo **SAPEX EPlot** permette la generazione automatica dei disegni esecutivi di tutti gli elementi strutturali di cui si compone l'edificio, consentendone la stampa diretta su qualsiasi stampante supportata da Windows. I disegni prodotti possono anche essere modificati su CAD esterni grazie alla possibilità di **esportazione files in formato "dxf".** Gli elaborati grafici previsti sono:

- **Piante Impalcati**
- **Armature Travi**
- **Armature Pilastri**
- **Armature Pannelli/Nuclei**
- **Armature Plinti**



Tale modulo esegue anche la progettazione e la verifica degli elementi strutturali principali (Pilastri, Travi, Pannelli, Fondazioni), nel **rispetto delle ultime normative italiane**; inoltre, tramite un'interfaccia visuale, permette l'editing interattivo delle armature verificando in maniera istantanea le deformazioni delle sezioni trasversali.

MODALITÀ DI CALCOLO



Il SAPEX predispone in maniera del tutto automatica le opzioni ottimali per implementare entro il SAP2000 tutte le analisi statiche e sismiche previste dalla vigente normativa italiana.

L'analisi sismica, in particolare, è compiuta tramite gli spettri di progetto da normativa, attraverso un'analisi **Dinamica di tipo Modale**.

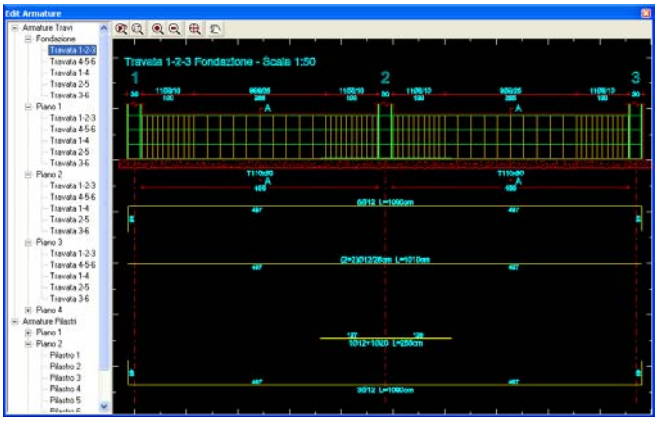
Tutte le sollecitazioni, valutate dalle analisi svolte dal SAP2000, vengono opportunamente combinate e processate dal **SAPEX** che compie tutte le operazioni di progettazione e verifica degli elementi strutturali, in accordo alle norme.

Il **SAPEX** si occupa anche del calcolo delle strutture di fondazione secondo il **modello del grigliato di travi su suolo alla Winkler.** Questa modalità di modellazione dell'interazione suolo struttura è implementata entro il SAPEX in forma chiusa, mediante le specifiche matrici di rigidezza dell'elemento trave su letto continuo di molle. Questo approccio ha consentito di superare un noto limite del SAP2000 che invece opera in maniera discretizzata, non continua.

Il Dimensionamento e la Verifica degli Elementi strutturali viene effettuato a presso-tenso-flessione deviata, taglio e torsione, ottenendo **il progetto delle armature e delle staffe, sempre nel pieno rispetto delle norme agli Stati Limite.**

Si distinguono varie situazioni limite, completamente differenti, denominate **Stato Limite Ultimo (SLU), Stato Limite di Esercizio (SLE) e Stato Limite di Danno (SLD)**, quest'ultimo solo per gli eventi sismici.

Le azioni sulla costruzione comprendono: **Pesi Propri dei materiali, Carichi Permanenti, Sovraccarichi Variabili e Carico da Neve, Azione Termica, del Vento e Sismica** e sono cumulate in modo da determinare combinazioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della durata prevista per ciascuna azione, della sua frequenza di verifica e della probabilità ridotta d'intervento simultaneo di tutte le azioni con i valori più sfavorevoli. Il programma, in accordo alle attuali disposizioni, considera più combinazioni di carico, nei riguardi di tutti gli Stati Limite **(SLU, SLE, SLD).**



EVOLUZIONE CONTINUA DEL SOFTWARE

La caratteristica principale del SAPEX, il ricorrere ad un motore di calcolo di grande flessibilità ed affidabilità quale il SAP2000, consente di avere un software facilmente e rapidamente aggiornabile in grado di seguire quasi "in tempo reale" i mutamenti del quadro normativo italiano.

Proprio in relazioni agli ultimi sviluppi della legislazione tecnica, si prevede di **dotare il SAPEX anche di uno specifico modulo per la gestione delle analisi statiche non lineari (push over)**. Questa tipologia di analisi strutturale riguarda l'edifico nella sua globalità in quanto mira ad indagarne il comportamento ultimo complessivo sotto l'effetto delle azioni sismiche, cercando di offrire una valutazione sulle "prestazioni" dell'opera stessa.

Si tratta, dunque, di una modalità di analisi piuttosto complessa, non ancora particolarmente diffusa in Italia, che trova nel SAP2000 lo strumento ideale per la sua esecuzione. Però, il considerare la non linearità e la duttilità, non solo dei materiali, ma dell'intera struttura, porta a delle difficoltà non indifferenti sia nell'implementazione di questa analisi (sono tantissimi i parametri che l'utente deve settare in maniera corretta) che nell'interpretazione dei suoi risultati. Ancora una volta il **SAPEX** interviene in aiuto dell'utente poiché **il modulo di push over richiede solo i parametri strettamente necessari per l'analisi**, nel rispetto delle prescrizioni normative italiane, occupandosi in maniera del tutto automatico della sua effettiva messa a punto. Anche i risultati di queste analisi non lineari vengono opportunamente processate dal **SAPEX** superando così il limite intrinseco del SAP2000 che, nonostante sia in grado di eseguire delle push over molto sofisticate e approfondite, lo fa solo seguendo le indicazioni normative Statunitensi (FEMA e ATC).

Il Modulo **PUSH** del **SAPEX,** nonostante sia in fase di sviluppo avanzato, non è ancora pienamente implementato nella versione commerciale del software a causa del quadro normativo italiano, a tutt'oggi, in fase di ridefinizione.

Non appena chiarito normativo, nel giro di pochi giorni, questa importante funzione verrà resa disponibile nel SAPEX.