INARSIND

SINDACATO PROVINCIALE
INGEGNERI e ARCHITETTI
LIBERI PROFESSIONISTI

B E R G A M O

Aderente
INARSIND Nazionale
www.inarsind.it

Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Bergamo

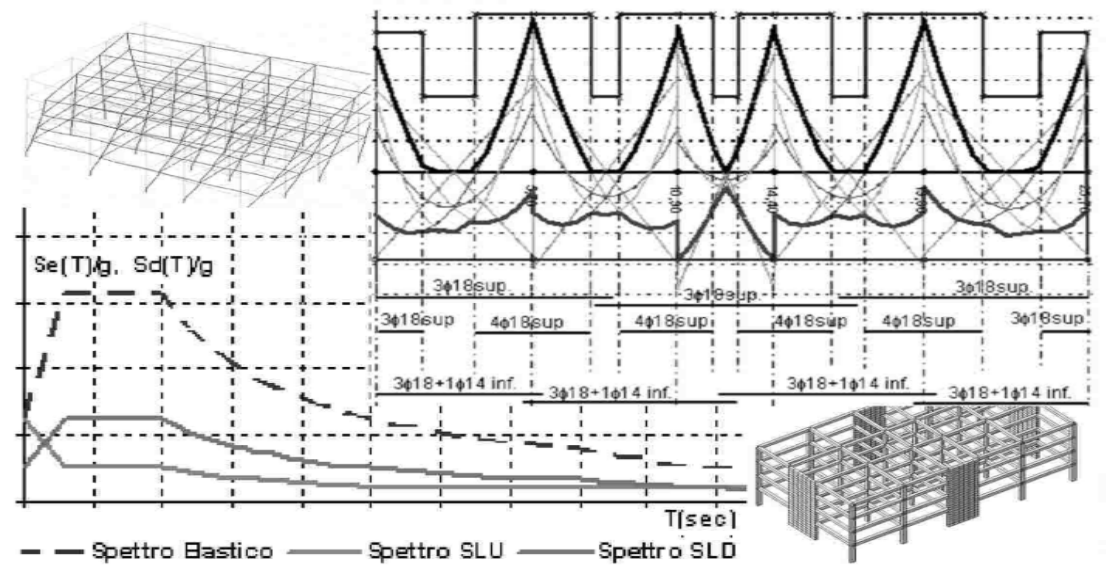
con il patrocinio

1563

COLLEGIO
DEGLI INGEGNERI E ARCHITETTI
DI MILANO

SEMINARIO DI PROGETTAZIONE STRUTTURALE

'PROGETTO E CALCOLO ANTISISMICO DI STRUTTURE IN C.A.



Sabato 11 e 18 febbraio 2006
Orari: 9.00-13.00 14.00-18.00

Sede:
INARSIND Bergamo
Sindacato Provinciale Ingegneri ed Architetti di Bergamo
www.snilpibergamo.it e www.inarsind.bergamo.it
c/o
Ordine degli ingegneri di Bergamo tel. 035. 223234 fax. 035.235238
Passaggio Canonici Lateranensi,
24121 BERGAMO

INARSIND
SINDACATO PROVINCIALE INGEGNERI ed ARCHITETTI
LIBERI PROFESSIONISTI DELLA PROVINCIA DI BERGAMO

SEMINARIO DI PROGETTAZIONE STRUTTURALE
'PROGETTO E CALCOLO ANTISISMICO DI STRUTTURE IN C.A.'

PRESENTAZIONE IN DETTAGLIO DEL MATERIALE DIDATTICO: TESTO E PROGRAMMI IN EXCEL

(a cura del Relatore del Corso: Dott. Ing. S. Palermo)

All'inizio del Seminario viene rilasciato ai partecipanti il materiale didattico elaborato dal Relatore, costituito da un testo cartaceo (complessive 400 pag. circa in formato A4) e da un cd-rom contenente, in una cartella denominata SISMA-EXCEL, 8 programmi di calcolo scritti su foglio elettronico Excel (per un totale di circa 7.5 MB).

Il testo, oltre ad ospitare gli argomenti delle relative lezioni del Seminario, costituisce anche manuale d'uso degli 8 programmi in Excel.

Tutto il materiale didattico (testo, programmi) viene proiettato e ampiamente commentato durante il Corso.

In questa brevissima introduzione si ritiene utile illustrare le caratteristiche dei Programmi in Excel che, scritti con finalità didattiche (*trasparenza* del foglio elettronico Excel in luogo di linguaggi *ermetici* di programmazione) si prestano ad essere integralmente utilizzati anche a livello professionale.

Si elencano i nomi degli 8 Programmi:

1. Modale-Spettri.xls
2. Travi(Msd-MRd)
3. Travi(Vsd-VRd)
4. Pilastri(Nsd-Msd)
5. Dominio-Pil-C
6. Dominio-Pil-R
7. Pilastri(Vsd-VRd)
8. Muri(N,M,V)

Degli 8 programmi: 6 sono nuovi, 2 (5.Dominio-Pil-R, 6.Dominio.Pil-C) *provengono* dal Seminario 'Calcolo rapido agli stati limite di sezioni in c.a.' e sono stati opportunamente rielaborati in chiave sismica.

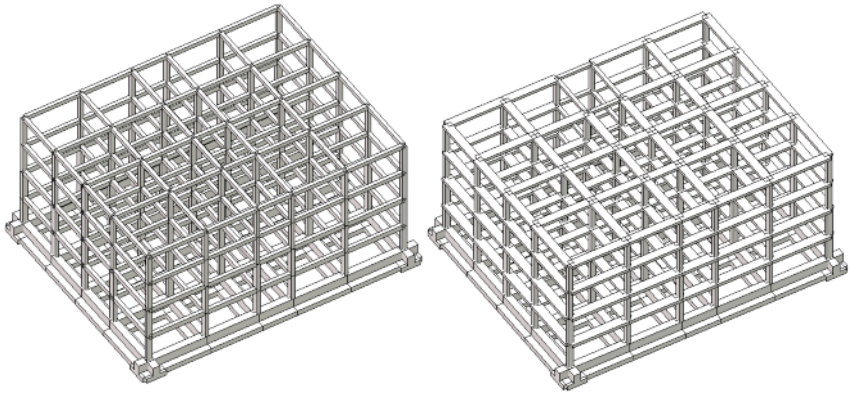
Ogni programma è realizzato con numerosi fogli di calcolo che affrontano in cascata le varie fasi del progetto e del calcolo strutturale.

I vari programmi, più che seguire regole *teoriche* o *accademiche*, sono stati impostati per rispecchiare quello che è l'abituale modo di lavorare di un Professionista che si occupa di progettazione strutturale.

Tutti i programmi prevedono, da parte del Progettista, la scelta del livello di duttilità e di procedere con il metodo degli Stati Limite nella versione italiana o nella versione europea, permettendo anche un utile confronto tra le due valutazioni attualmente previste nel regime normativo italiano.

Si riportano a seguire alcune note sul Corso e su ciascun programma, a solo titolo indicativo, senza la pretesa di esaurirne la descrizione, potenzialità o limiti che siano.

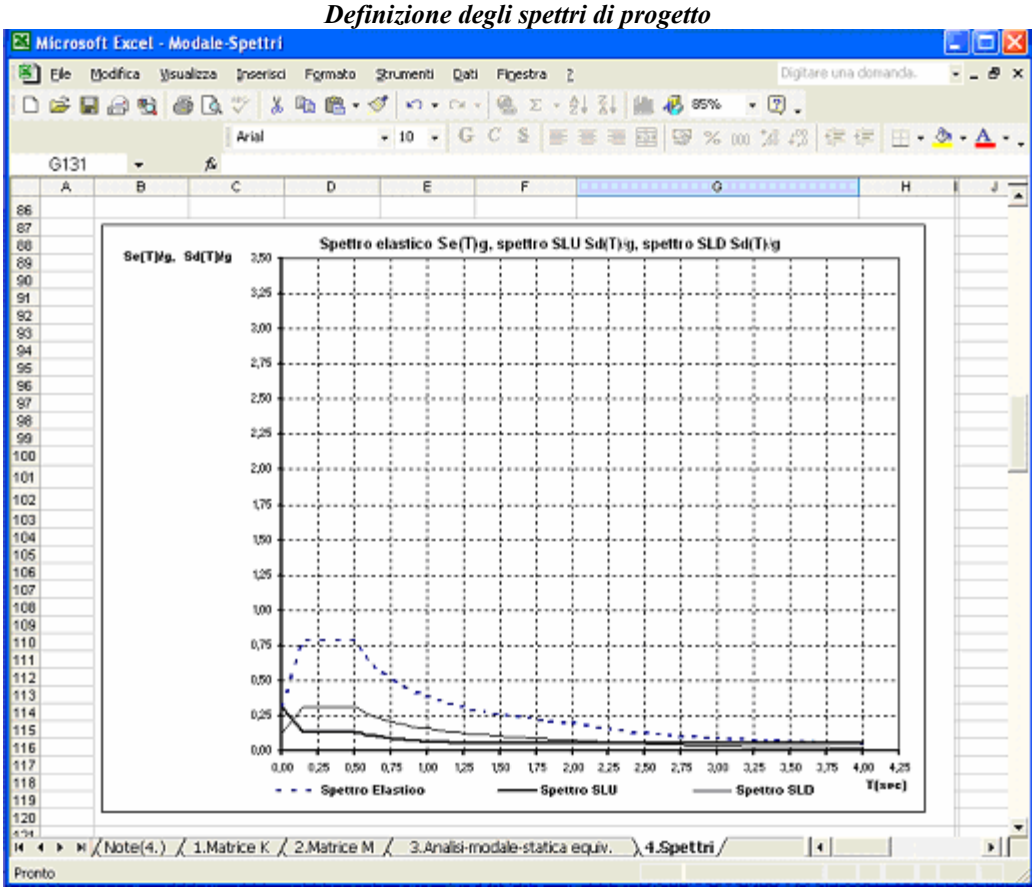
Nel Corso si prenderanno in considerazione due strutture tipo intelaiate: una con travi di elevazione in altezza e una con travi di elevazione in spessore, da progettare in zona sismica, di seguito rappresentate.



Su alcuni telai di tali strutture, si svolgerà l'analisi dei carichi (che verrà presentata in modo dettagliato, passo passo, sia per le combinazioni sismiche che per quelle non sismiche) in modo da ottenere i pesi (masse) gravanti sui rispettivi telai.

Si potrà quindi accedere al programma **1.Modale-Spettri.xls** dove si potranno liberamente definire, in modo completamente interattivo, gli spettri di progetto allo Stato Limite Ultimo e allo Stato Limite di Danno.

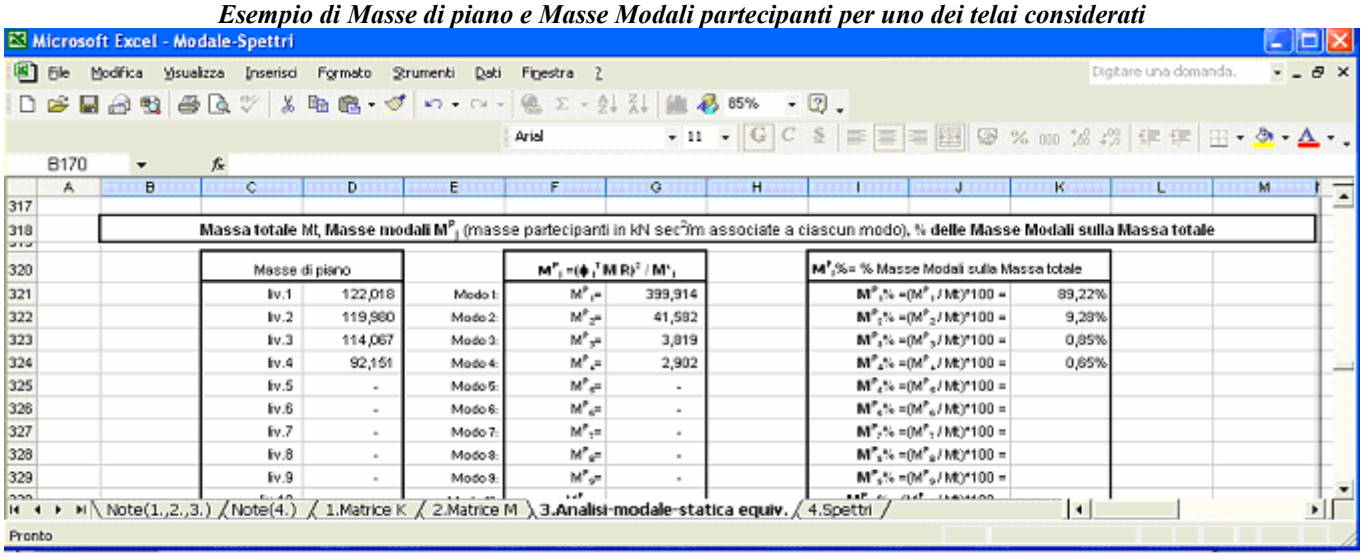
Definizione degli spettri di progetto



Ipotizzate le dimensioni delle sezioni delle strutture del telaio saranno note anche le inerzie o rigidezze resistenti. Si potranno quindi inserire i pesi e le rigidezze, effettuando contemporaneamente l'analisi sismica sia via dinamica modale che via statica equivalente.

Si otterranno quindi tutti i risultati di interesse progettuale. Ad esempio, nel caso dell'analisi dinamica modale, si avranno i valori delle masse partecipanti in ogni modo di vibrare (masse modali), per verificare il rispetto di talune prescrizioni normative (ad es. l'utilizzo di un n.o di modi di vibrare che coinvolga più dell'85% della massa totale).

Esempio di Masse di piano e Masse Modali partecipanti per uno dei telai considerati



Tra i risultati si otterranno anche i periodi di vibrazione; in corrispondenza di essi e per ciascuno spettro definito in precedenza, il programma fornirà le *accelerazioni.*

Periodi di vibrazione e relative accelerazioni per gli spettri precedentemente definiti

Microsoft Excel - Modale-Spettri

In funzione del periodo di ciascun modo, si calcolano le 'accelerazioni spettrali' secondo gli spettri di progetto definiti: SLU, SLD

	Periodi T=2 π/ω (sec)		Spettro SLU		Spettro SLD	
Modo 1:	T_1=	0,399	$Sd(T_1)/g$=	0,134	$Sd(T_1)/g$=	0,313
Modo 2:	T_2=	0,154	$Sd(T_2)/g$=	0,134	$Sd(T_2)/g$=	0,313
Modo 3:	T_3=	0,097	$Sd(T_3)/g$=	0,197	$Sd(T_3)/g$=	0,246
Modo 4:	T_4=	0,076	$Sd(T_4)/g$=	0,221	$Sd(T_4)/g$=	0,220
Modo 5:	T_5=	-	$Sd(T_5)/g$=	0,313	$Sd(T_5)/g$=	0,125
Modo 6:	T_6=	-	$Sd(T_6)/g$=	0,313	$Sd(T_6)/g$=	0,125
Modo 7:	T_7=	-	$Sd(T_7)/g$=	0,313	$Sd(T_7)/g$=	0,125
Modo 8:	T_8=	-	$Sd(T_8)/g$=	0,313	$Sd(T_8)/g$=	0,125
Modo 9:	T_9=	-	$Sd(T_9)/g$=	0,313	$Sd(T_9)/g$=	0,125
Modo 10:	T_{10}=	-	$Sd(T_{10})/g$=	0,313	$Sd(T_{10})/g$=	0,125

Note(1.,2.,3.) / Note(4.) / 1.Matrice K / 2.Matrice M / 3.Analisi-modale-statica equiv. / 4.Spettri

Ottenute le *accelerazioni* ed avendo già definito le *masse*, si otterranno le forze sismiche di piano; una forza infatti altri non è se non il prodotto di una massa per una accelerazione.

Forze sismiche di piano per SLU, SLD nell'analisi dinamica modale *(1 set di forze per ogni modo di vibrare)*

Modale-Spettri

Analisi dinamica modale

Analisi dinamica modale: calcolo, per ogni modo j, del set di Forze F_j(kN) di piano, per SLU [$F_j = M\,\phi_j\,\gamma_j\,g\,Sd(T_j)/g$]

	F1(Modo 1)	F2(Modo 2)	F3(Modo 3)	F4(Modo 4)	F5(Modo 5)	F6(Modo 6)	F7(Modo 7)	F8(Modo 8)	F9(Modo9)	F10(Modo 10)	F11(Modo 11)
F-liv.1	77,659	54,117	18,684	25,574	-	-	-	-	-	-	-
F-liv.2	121,556	53,457	- 1,160	- 28,262	-	-	-	-	-	-	-
F-liv.3	168,264	- 6,931	- 29,207	13,073	-	-	-	-	-	-	-
F-liv.4	156,446	- 46,166	19,061	- 4,080	-	-	-	-	-	-	-
F-liv.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-liv.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-liv.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-liv.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-liv.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-liv.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Note(4.) / 1.Matrice K / 2.Matrice M / 3.Analisi-modale-statica equiv. / 4.Spettri

Modale-Spettri

Analisi dinamica modale: calcolo, per ogni modo j, del set di Forze F_j(kN), di piano, per SLD [$F_j = M\,\phi_j\,\gamma_j\,g\,Sd(T_j)/g$]

	F1(Modo 1)	F2(Modo 2)	F3(Modo 3)	F4(Modo 4)	F5(Modo 5)	F6(Modo 6)	F7(Modo 7)	F8(Modo 8)	F9(Modo9)	F10(Modo 10)	F11(Modo 11)
F-liv.1	181,723	126,634	23,296	25,448	-	-	-	-	-	-	-
F-liv.2	284,440	125,088	- 1,445	- 28,123	-	-	-	-	-	-	-
F-liv.3	393,738	- 16,219	- 36,386	13,008	-	-	-	-	-	-	-
F-liv.4	366,085	- 108,029	23,753	- 4,060	-	-	-	-	-	-	-
F-liv.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-liv.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-liv.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-liv.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-liv.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-liv.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Note(4.) / 1.Matrice K / 2.Matrice M / 3.Analisi-modale-statica equiv. / 4.Spettri

Forze sismiche di piano per SLU, SLD nell'analisi statica equivalente *(1solo set di forze)*

Modale-Spettri

Analisi statica equivalente: Forze di piano Fi =Fliv-i= Fh (Zi Wi) / Σ(Zj Wj) (in kN) per SLU

	Fi (Ti)
F-liv.1	71,549
F-liv.2	132,688
F-liv.3	185,373
F-liv.4	197,616
F-liv.5	-
F-liv.6	-
F-liv.7	-
F-liv.8	-
F-liv.9	-
F-liv.10	-

Note(4.) / 1.Matrice K / 2.Matrice M / 3.Analisi-modale-statica equiv. / 4.Spettri

Modale-Spettri

Analisi statica equivalente: Forze di piano Fi =Fliv-i= Fh (Zi Wi) / Σ(Zj Wj) (in kN) per SLD

	Fi (Ti)
F-liv.1	167,426
F-liv.2	310,442
F-liv.3	433,772
F-liv.4	462,422
F-liv.5	-
F-liv.6	-
F-liv.7	-
F-liv.8	-
F-liv.9	-
F-liv.10	-

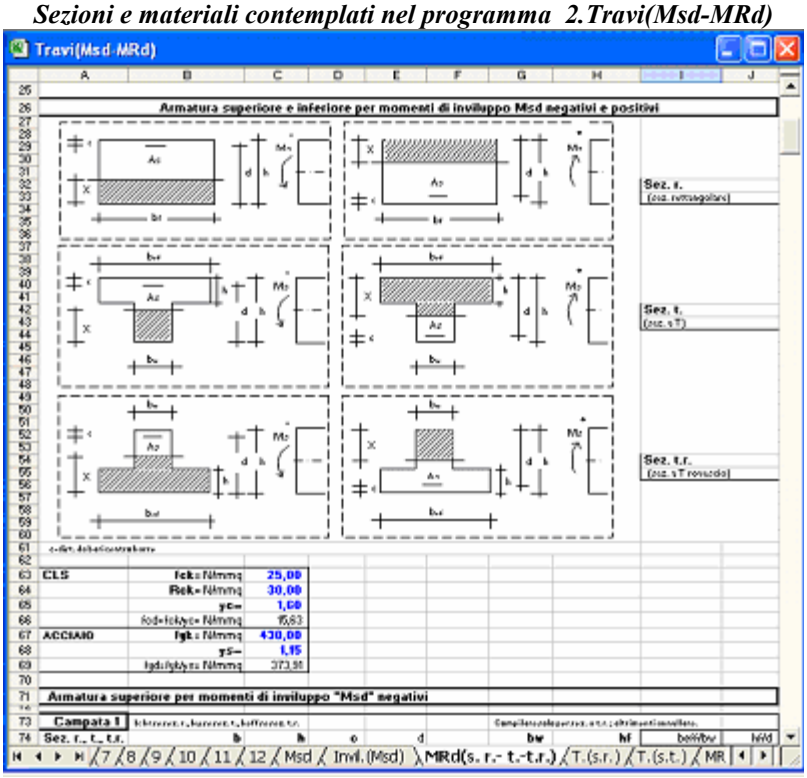
Note(4.) / 1.Matrice K / 2.Matrice M / 3.Analisi-modale-statica equiv. / 4.Spettri

Con la risoluzione dei telai sottoposti alle forze sismiche di piano, come sopra determinate, e alle altre combinazioni di carico si ottengono gli spostamenti di piano per le verifiche SLD e le sollecitazioni (sforzi normali, momenti, tagli) per le verifiche SLU.

Si può quindi procedere con i programmi di calcolo in Excel al progetto/verifica delle travi di elevazione, dei pilastri, delle travi di fondazione.

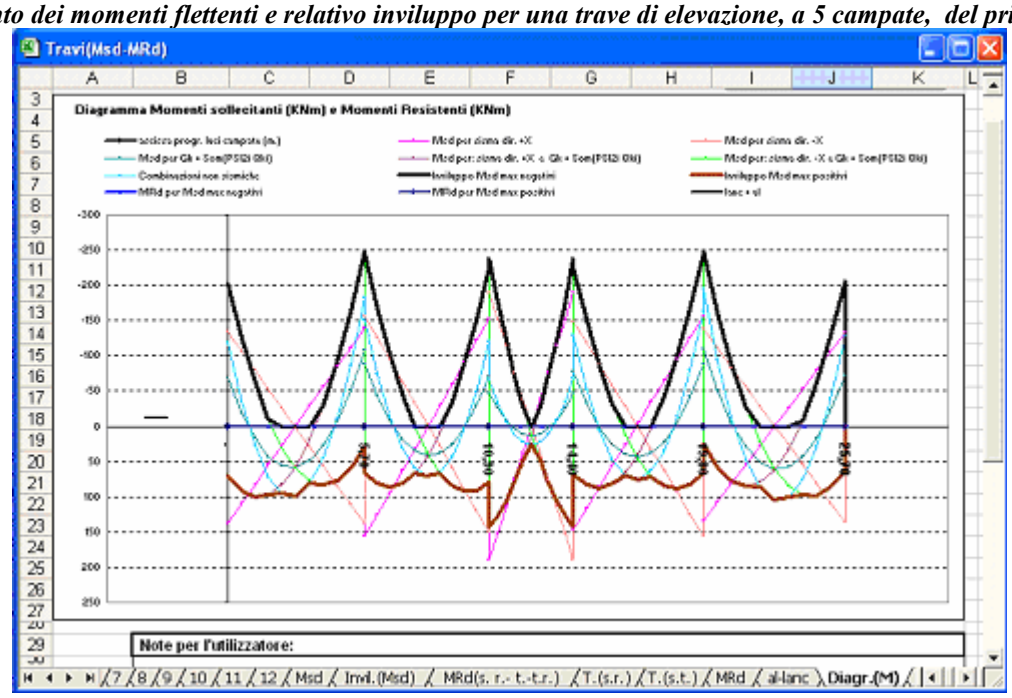
Utilizzando il programma **2.Travi(Msd-MRd)**, si possono progettare/verificare a flessione sia le travi di elevazione che quelle di fondazione; i materiali (cls, acciaio) possono essere liberamente attribuiti e per le sezioni sono previste tre tipologie: rettangolare, a T, a T rovescio.

Sezioni e materiali contemplati nel programma 2.Travi(Msd-MRd)



Sempre in **2.Travi(Msd-MRd)**, si ottiene l'andamento dei momenti flettenti, per le varie combinazioni di carico (sismiche e non) ed il relativo inviluppo.

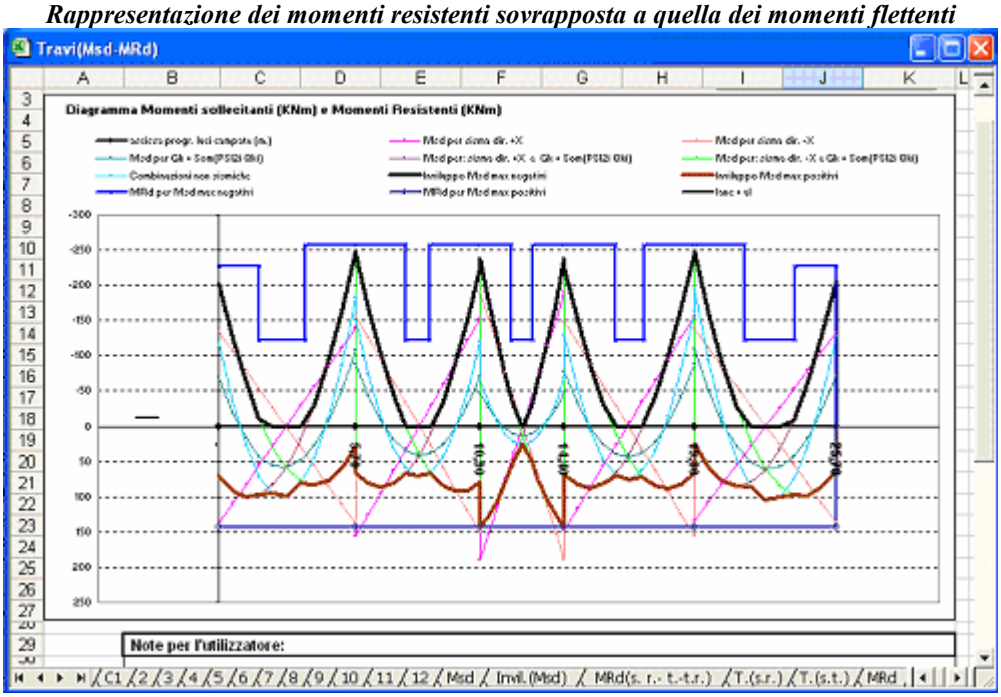
Andamento dei momenti flettenti e relativo inviluppo per una trave di elevazione, a 5 campate, del primo livello



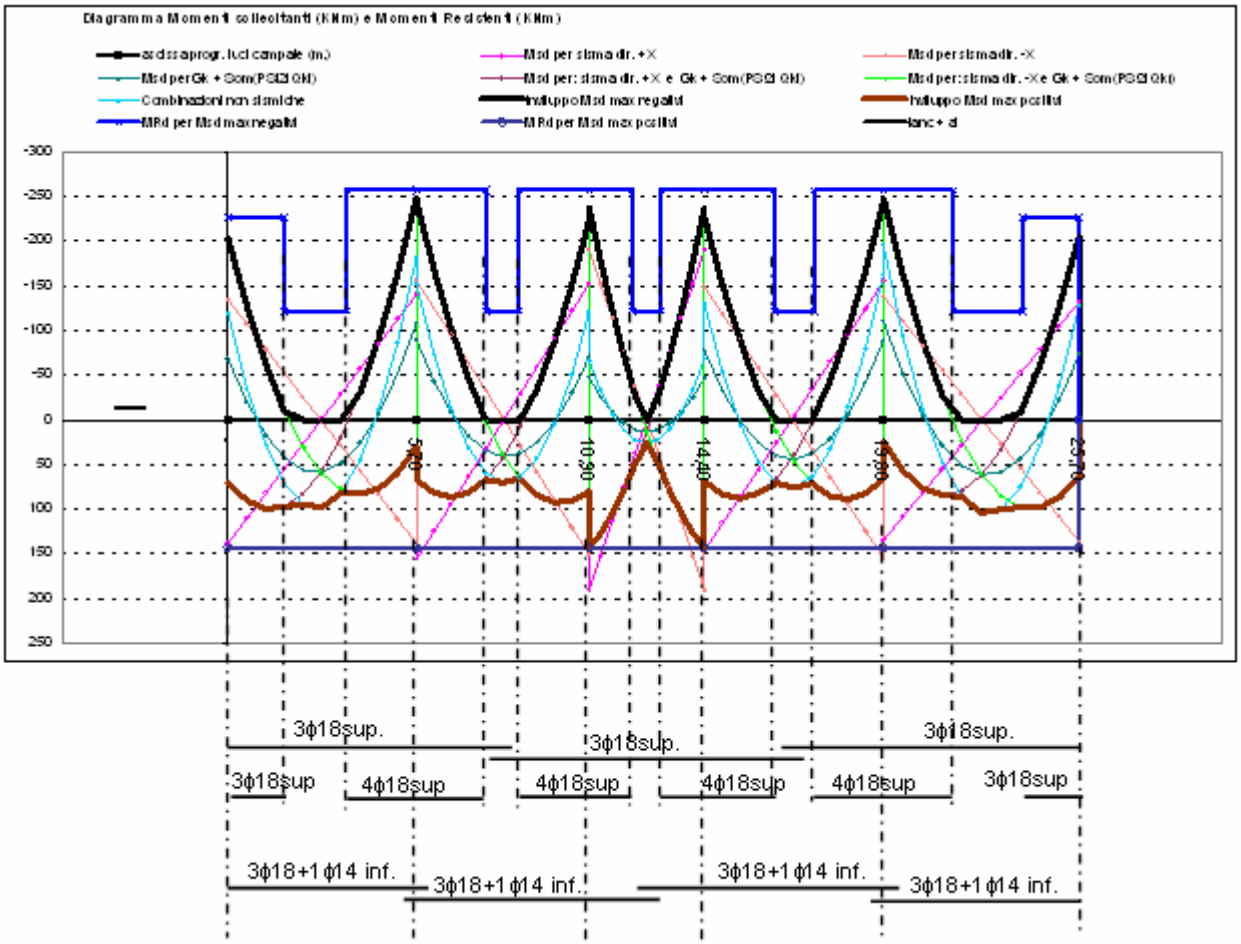
INARSIND Bergamo: progetto e calcolo antisismico di strutture in c.a. 11 e 18 febbraio 2006

Nello stesso programma si può, a seguire, effettuare il dimensionamento interattivo delle armature (barre longitudinali sup. e inf.) con contestuale ed automatica rappresentazione dei momenti resistenti per verificare anche visivamente la *copertura* dei momenti flettenti.

Rappresentazione dei momenti resistenti sovrapposta a quella dei momenti flettenti



Esempio di disposizione delle armature (barre longitudinali) elaborata dal Progettista sulla base del precedente risultato elaborato dal Programma

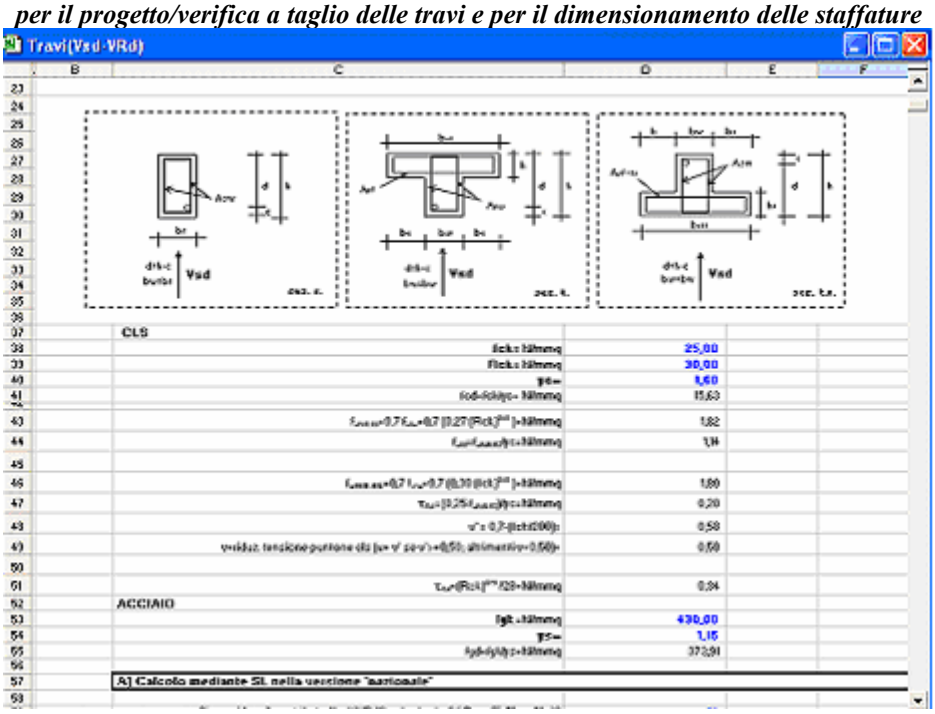


Utilizzando poi il programma **3.Travi(Vsd-VRd)** si possono progettare/verificare sia le travi di elevazione che quelle di fondazione, questa volta a taglio. Il progettista, nel calcolo a taglio, può liberamente scegliere se progettare con i tagli ottenuti dal calcolo o applicare **regole specifiche di duttilità,** come quella di utilizzare nelle verifiche, non i tagli *associati* ai momenti flettenti di calcolo, ma quelli *associati* ai momenti resistenti; regola orientata ad escludere rotture fragili dovute al taglio.

In quest'ultimo caso il calcolo dei tagli viene effettuato da **3.Travi(Vsd-VRd)** in modo automatico, ma *trasparente*, liberando il Progettista da una mole di calcoli insostenibile da un punto di vista *manuale.*

E' prevista anche la possibilità di calcolo a taglio deviato (per sisma x, y) con metodo semplificato.

Una delle schermate del programma 3.Travi(Vsd-VRd)
per il progetto/verifica a taglio delle travi e per il dimensionamento delle staffature



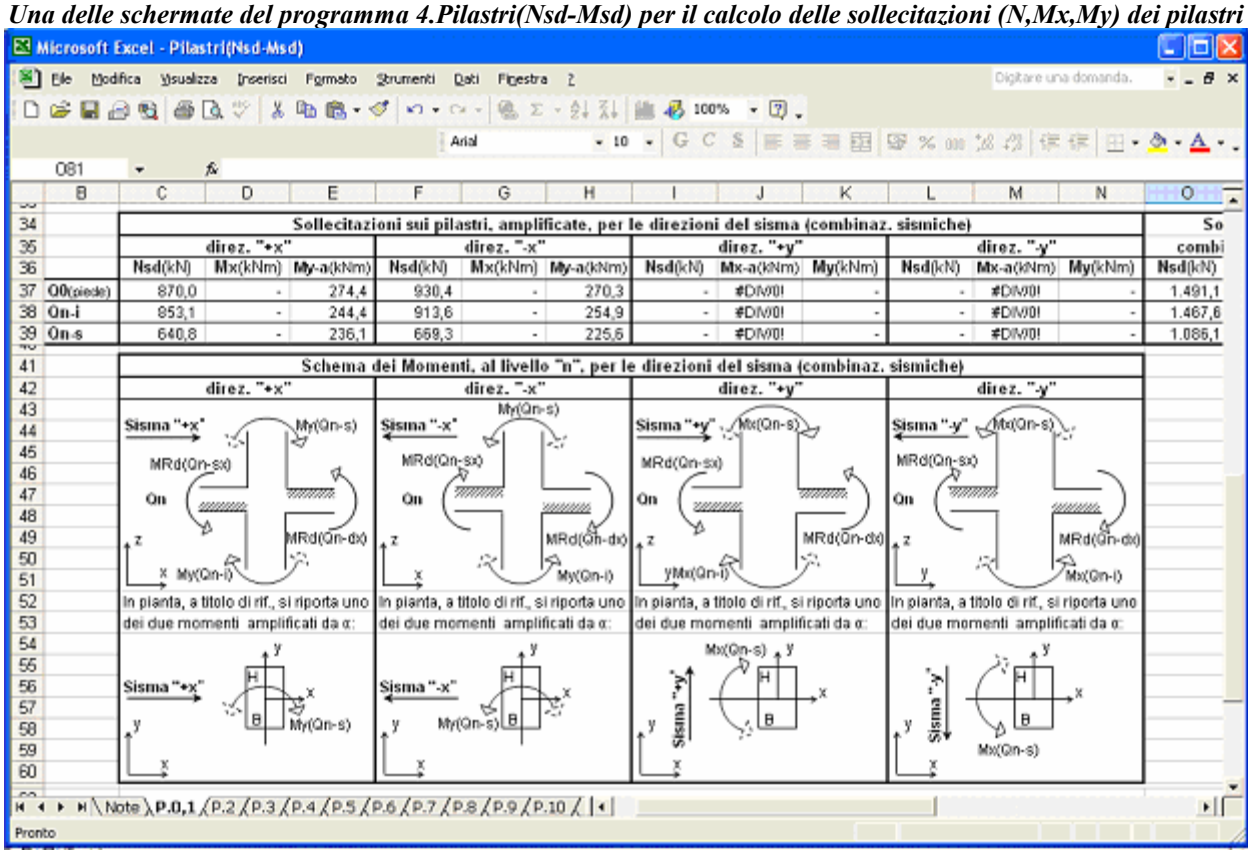
Si segnala che per le travi di fondazione, sia nel calcolo a flessione che a taglio, il Progettista può liberamente scegliere se progettare con i valori ottenuti dal calcolo o applicare **regole specifiche di *capacity design***, come quella di presidiare rotture nelle zone dissipative di attacco dei pilastri in fondazione, utilizzando nelle verifiche i tagli e i momenti *amplificati* che si ottengono dalla considerazione che in fase sismica le zone dissipative potrebbero essere *sollecitate*, al piede del pilastro, *dai momenti resistenti e non dai momenti flettenti di calcolo.*

E' possibile quindi passare al progetto/verifica a sforzo normale e a momento flettente dei pilastri.

Il programma **4.Pilastri(Nsd-Msd)** consente di scegliere se utilizzare le sollecitazioni provenienti dal calcolo o applicare **regole specifiche di gerarchia delle resistenze**, come quella della *trave debole nel pilastro forte*, consistente nell'amplificare opportunamente i momenti flettenti sui pilastri in modo da spostare la possibile rottura verso la trave, rottura sicuramente meno grave, ai fini del danno globale, rispetto ad una rottura localizzata in una sezione di un pilastro.

Anche in questo caso la mole dei calcolo manuali sarebbe insostenibile; il programma provvede in modo automatico ma *trasparente* al calcolo dei momenti flettenti amplificati per ciascuna direzione del sisma.

Una delle schermate del programma 4.Pilastri(Nsd-Msd) per il calcolo delle sollecitazioni (N,Mx,My) dei pilastri



In definitiva, ottenute le terne del tipo (N, Mx, My) nelle sezioni tipo dei pilastri, si può passare alla verifica a sforzo normale e a flessione (se deviata viene eseguita con metodo semplificato) utilizzando i programmi **5.Dominio-Pil-C** e **6.Dominio-Pil-R,** per sezione del pilastro rispettivamente circolare o rettangolare.

Questi due programmi contengono numerose funzionalità per velocizzare le verifiche come la generazione automatica delle barre, anche secondo i criteri costruttivi più consueti e la rappresentazione automatica dei domini di resistenza della sezione e delle coppie sollecitanti, per verificare se quest'ultime siano interne (sez. verificata) o esterne (sez. non verificata) a tali domini.

Esempio di verifica della sez. circolare di un pilastro e progetto delle armature (barre longitudinali) con il programma 5.Dominio-Pil-C

Microsoft Excel - Dominio-Pil-C

62	fcd(=0,83 Rck/γc)=fck/γc=N/mmq	15,63		
63				
64	**Acciaio**			
65	fyk=N/mmq	430,00		
66	γs=	1,15		
67	fyd=fyk/γs=N/mmq	373,91	Es=N/mmq	200.000,00
68				
69				
70	**Geometria sez. e Barre di Armatura**			
71	D=mm	600,00	Ac=mmq	282.743,34
72				
73	c=mm (dal baricentro barra)	45,00		
74	N.o barre=	12		
75	As (1 barra)=mmq	380,13	ϕ (1 barra)=mm	22,00
76	ΣAs=mmq	4.561,59		
77	ρs=ΣAs/Ac=	1,61%		

Calcolo Dominio (NRd,MRd)

Tabella Barre	As(mmq)	X(mm)	Y(mm)
1	380,13	255,00	300,00
2	380,13	220,84	427,50
3	380,13	127,50	520,84
4	380,13	0,00	555,00
5	380,13	-127,50	520,84
6	380,13	-220,84	427,50
7	380,13	-255,00	300,00

Valori / Dominio

Microsoft Excel - Dominio-Pil-C

126	32	-	-	- 360,11

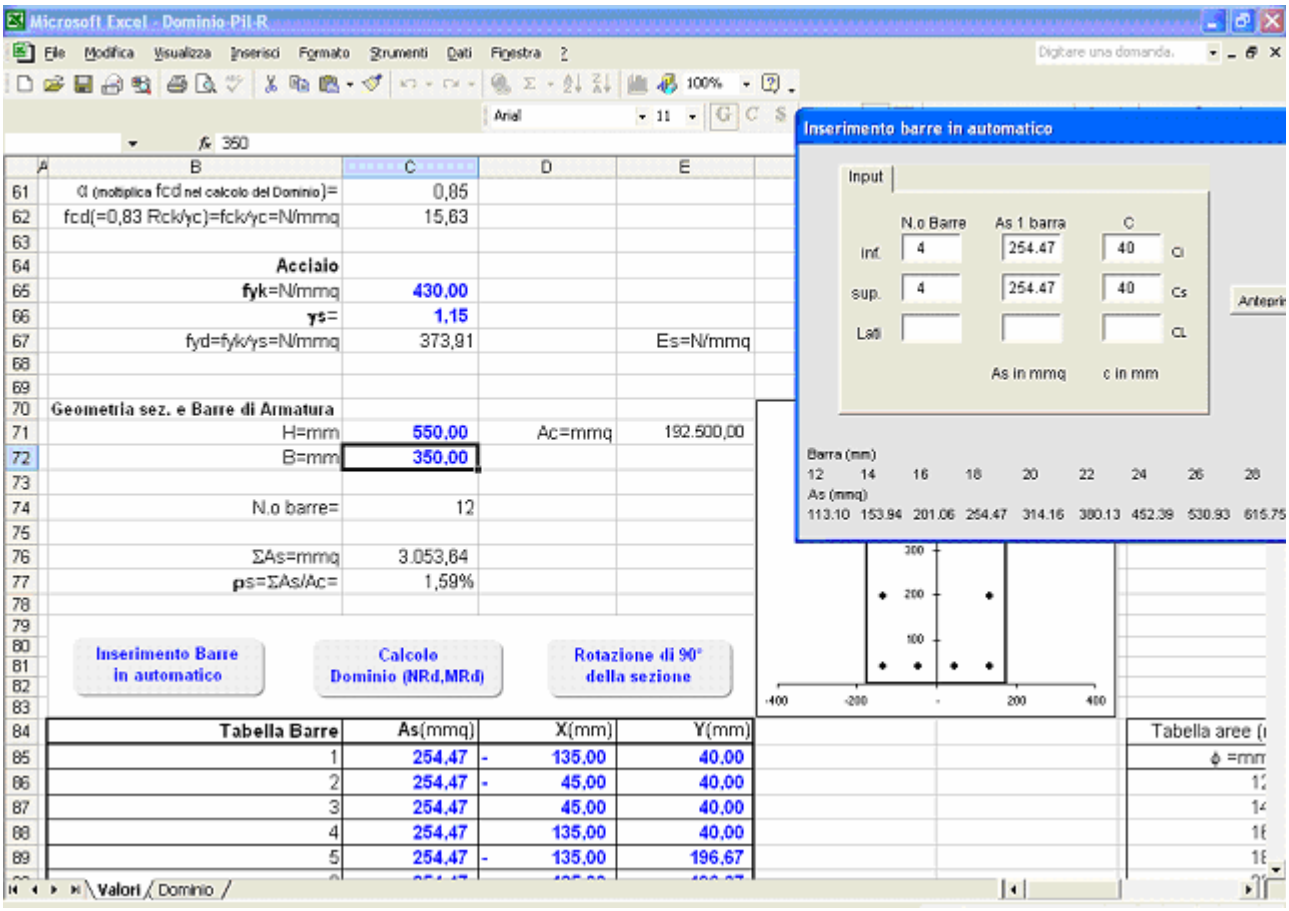
Dominio (NRd,MRd) e coppie (Nsd,Msd)

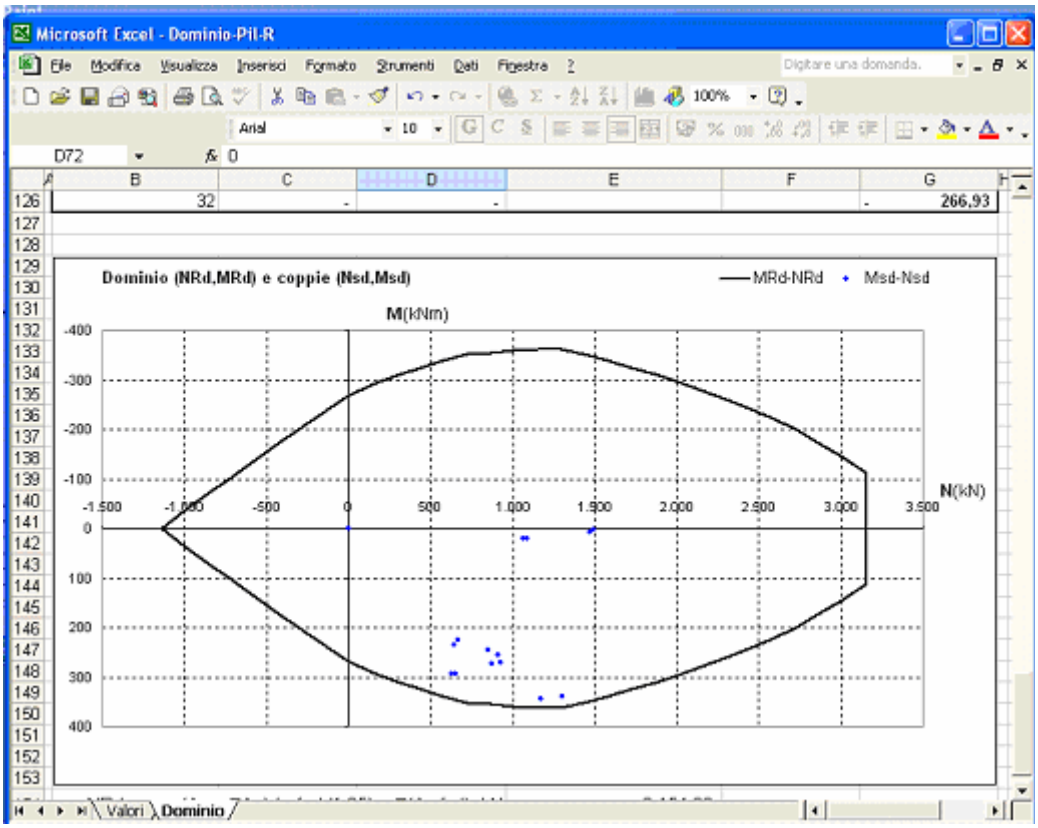
MRd-NRd · Msd-Nsd

M(kNm) · N(kN)

Valori / Dominio

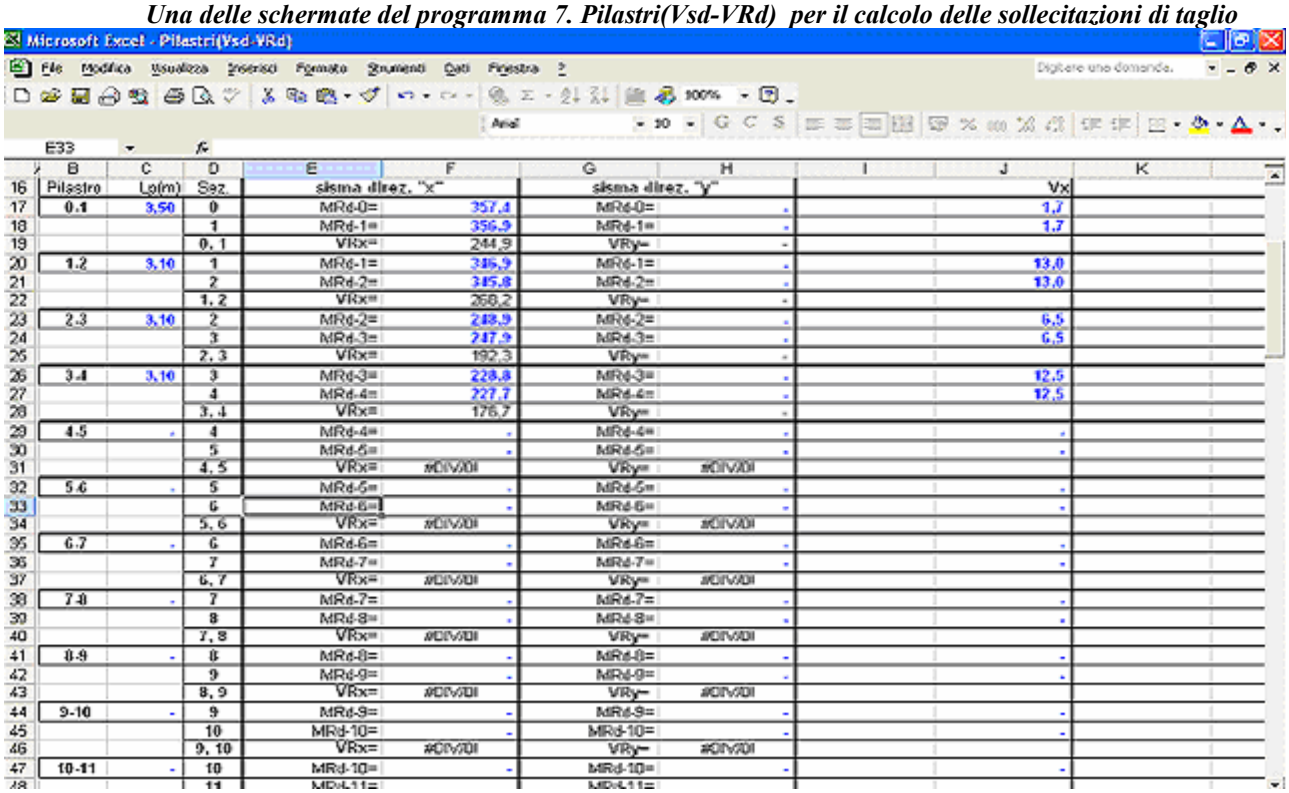
Esempio di verifica della sez. rettangolare di un pilastro e progetto delle armature (barre longitudinali) con il programma 6.Dominio-Pil-R





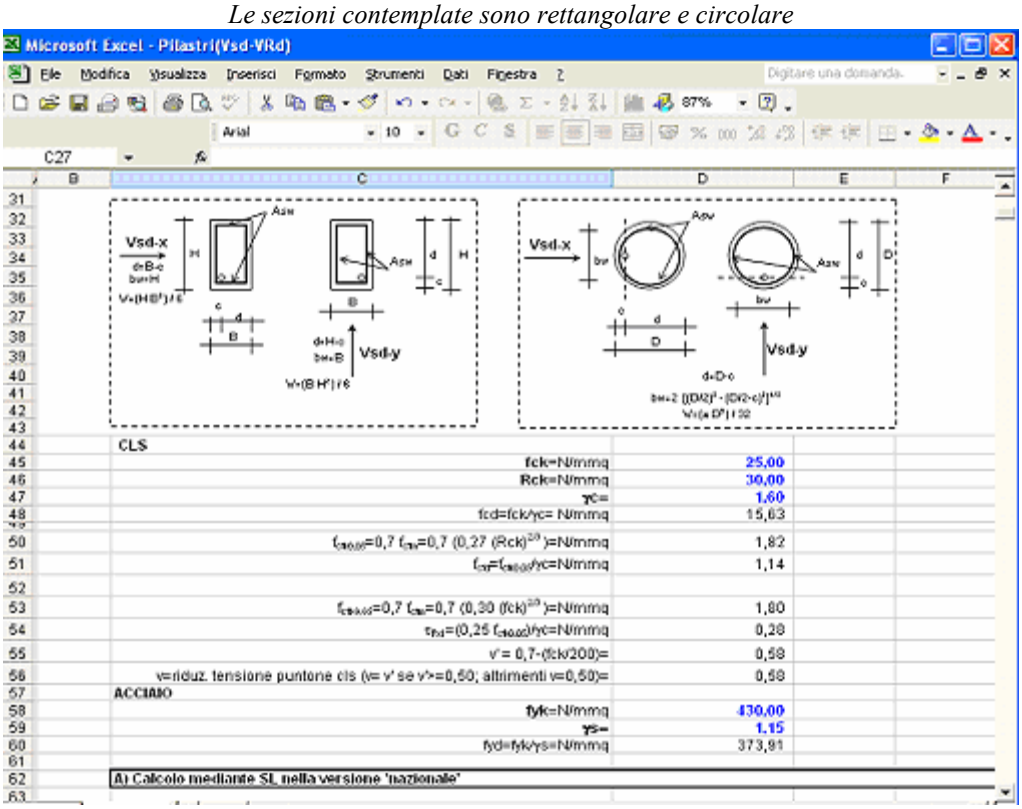
Anche per i pilastri si potrà poi procedere per le verifiche a taglio, il programma da utilizzare è **7.Pilastri(Vsd-VRd)**. Come per le travi, si può liberamente scegliere se progettare con i tagli ottenuti dal calcolo o applicare **regole specifiche di duttilità**, come quella di utilizzare nelle verifiche non i tagli *associati* ai momenti flettenti di calcolo ma quelli *associati* ai momenti resistenti; regola orientata ad allontanare la formazione di meccanismi inelastici dovuti al taglio.

Una delle schermate del programma 7. Pilastri(Vsd-VRd) per il calcolo delle sollecitazioni di taglio



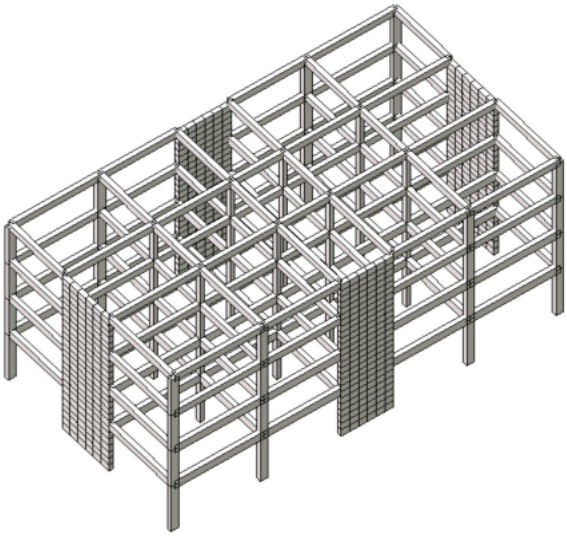
	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
16	Pilastro	Lo(m)	Sez.	sisma direz. "x"		sisma direz. "y"			Vx	
17	0-1	3,50	0	MRd-0=	357,4	MRd-0=	-		1,7	
18			1	MRd-1=	356,9	MRd-1=	-		1,7	
19			0, 1	VRx=	244,9	VRy=	-			
20	1-2	3,10	1	MRd-1=	346,9	MRd-1=	-		13,0	
21			2	MRd-2=	345,8	MRd-2=	-		13,0	
22			1, 2	VRx=	268,2	VRy=	-			
23	2-3	3,10	2	MRd-2=	248,9	MRd-2=	-		6,5	
24			3	MRd-3=	247,9	MRd-3=	-		6,5	
25			2, 3	VRx=	192,3	VRy=	-			
26	3-4	3,10	3	MRd-3=	228,8	MRd-3=	-		12,5	
27			4	MRd-4=	227,7	MRd-4=	-		12,5	
28			3, 4	VRx=	176,7	VRy=	-			
29	4-5	-	4	MRd-4=	-	MRd-4=	-		-	
30			5	MRd-5=	-	MRd-5=	-		-	
31			4, 5	VRx=	#DIV/0!	VRy=	#DIV/0!			
32	5-6	-	5	MRd-5=	-	MRd-5=	-		-	
33			6	MRd-6=	-	MRd-6=	-		-	
34			5, 6	VRx=	#DIV/0!	VRy=	#DIV/0!			
35	6-7	-	6	MRd-6=	-	MRd-6=	-		-	
36			7	MRd-7=	-	MRd-7=	-		-	
37			6, 7	VRx=	#DIV/0!	VRy=	#DIV/0!			
38	7-8	-	7	MRd-7=	-	MRd-7=	-		-	
39			8	MRd-8=	-	MRd-8=	-		-	
40			7, 8	VRx=	#DIV/0!	VRy=	#DIV/0!			
41	8-9	-	8	MRd-8=	-	MRd-8=	-		-	
42			9	MRd-9=	-	MRd-9=	-		-	
43			8, 9	VRx=	#DIV/0!	VRy=	#DIV/0!			
44	9-10	-	9	MRd-9=	-	MRd-9=	-		-	
45			10	MRd-10=	-	MRd-10=	-		-	
46			9, 10	VRx=	#DIV/0!	VRy=	#DIV/0!			
47	10-11	-	10	MRd-10=	-	MRd-10=	-		-	

Una delle schermate del programma 7. Pilastri(Vsd-VRd)
per il progetto/verifica a taglio e per il calcolo delle staffature
Le sezioni contemplate sono rettangolare e circolare



	C	D
44	CLS	
45	fck=N/mmq	25,00
46	Rck=N/mmq	30,00
47	γc=	1,60
48	fcd=fck/γc= N/mmq	15,63
50	$f_{ctd,0,05}$=0,7 f_{ctk}=0,7 (0,27 (Rck)$^{2/3}$)=N/mmq	1,82
51	f_{ctd}=$f_{ctd,0,05}$/γc=N/mmq	1,14
53	$f_{ctk,0,05}$=0,7 f_{ctk}=0,7 (0,30 (fck)$^{2/3}$)=N/mmq	1,80
54	τ_{Rd}=(0,25 $f_{ctd,0,05}$)/γc=N/mmq	0,28
55	ν' = 0,7-(fck/200)=	0,58
56	ν=riduz. tensione puntone cls (ν= ν' se ν'>=0,50; altrimenti ν=0,50)=	0,58
57	ACCIAIO	
58	fyk=N/mmq	430,00
59	γs=	1,15
60	fyd=fyk/γs=N/mmq	373,91
62	A) Calcolo mediante SL nella versione 'nazionale'	

Oltre alla trattazione delle strutture intelaiate verranno presentati anche i criteri progettuali utili ad affrontare strutture miste in cui la resistenza alle azioni sismiche è affidata a telai abbinati con pareti o muri in c.a.

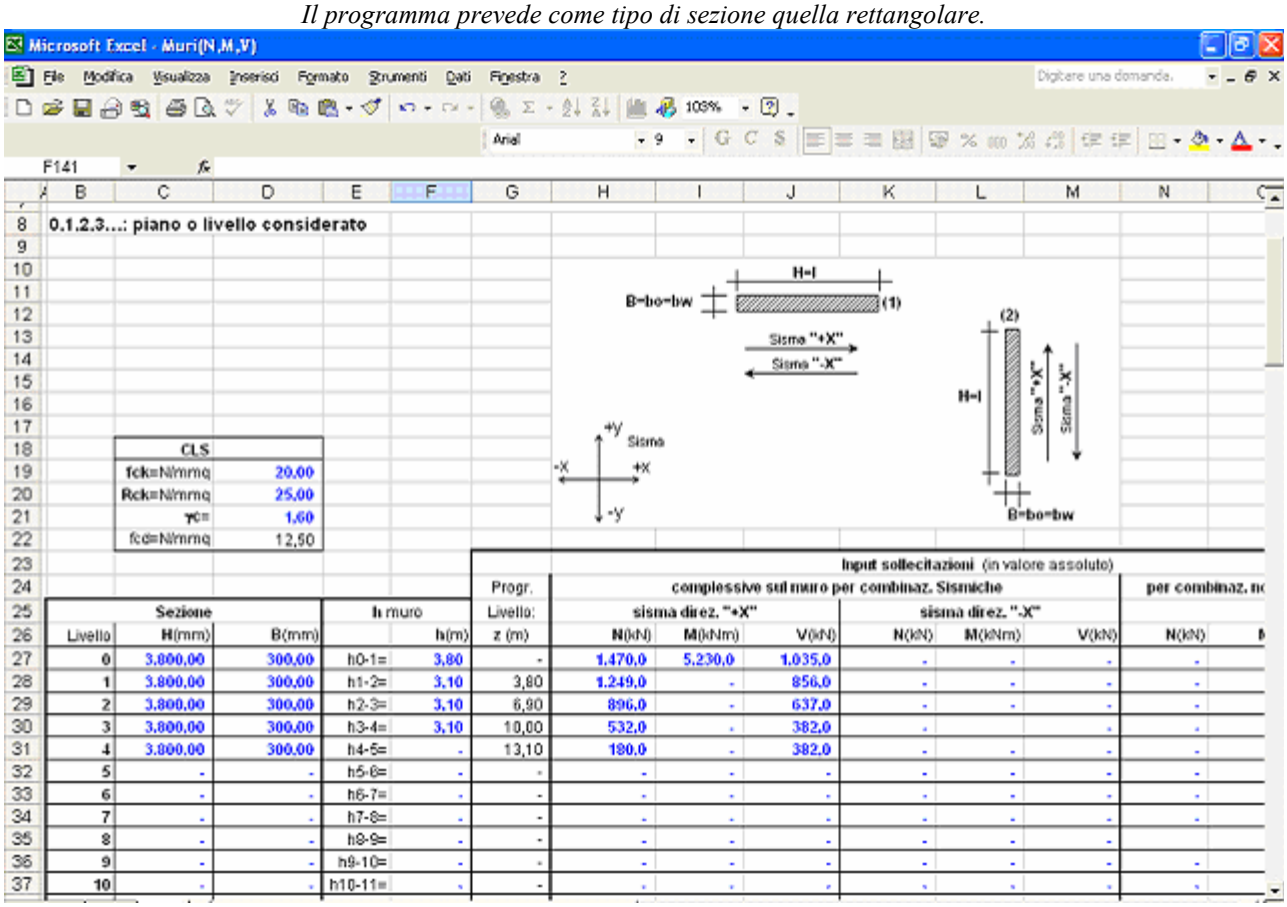


Il programma **8.Muri(N,M,V)** è stato sviluppato per progettare/verificare pareti o muri in c.a. In quest'unico programma viene effettuato il progetto/verifica per le sezioni di estremità del muro, a ciascun livello, sia a sforzo normale/flessione che a taglio.

Il programma consente al Progettista di scegliere se utilizzare le sollecitazioni (momenti e tagli) provenienti dal calcolo o se applicare **regole specifiche di *capacity design*** come quella di presidiare rotture nelle zone dissipative alla base effettuando una opportuna amplificazione dei momenti flettenti e dei tagli.

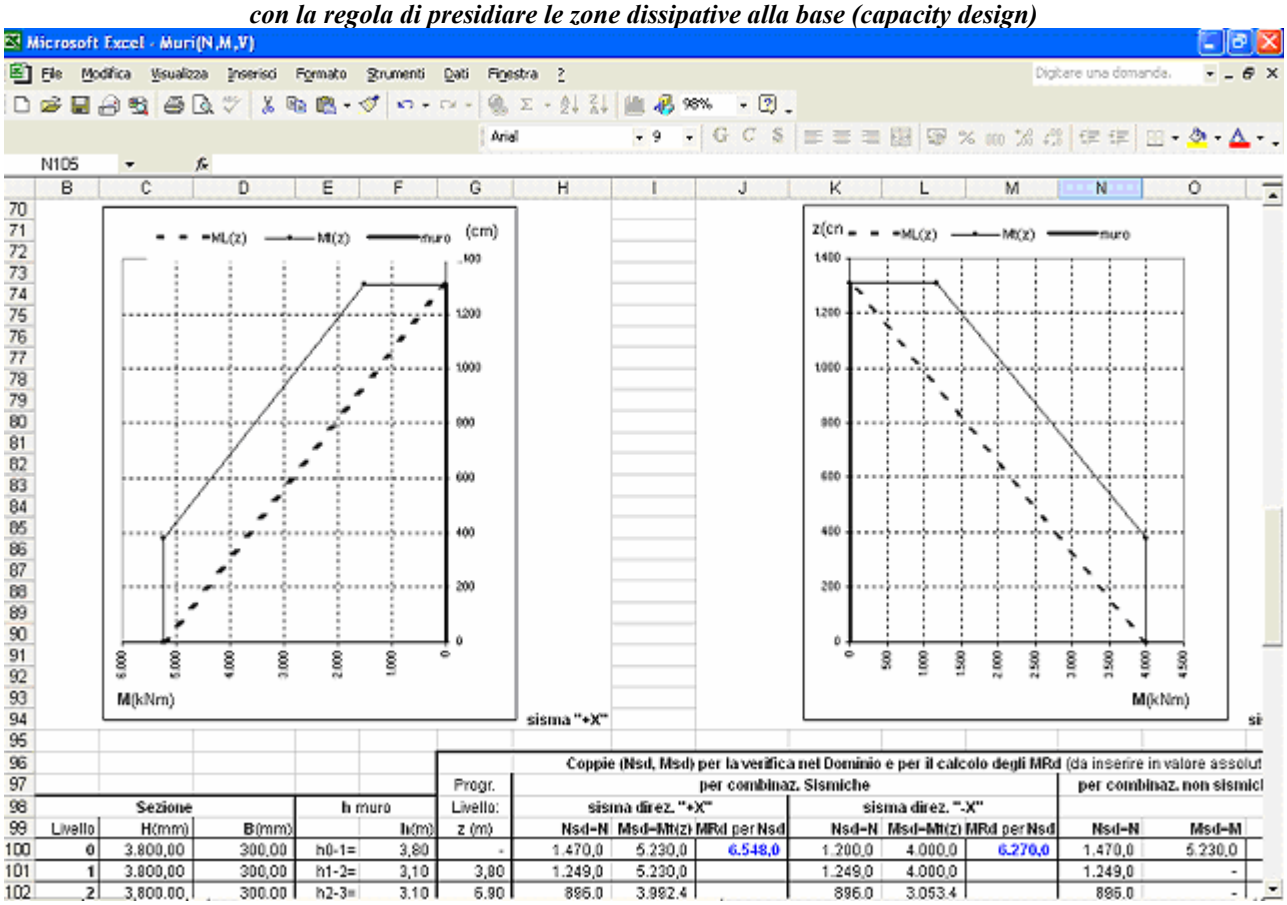
Una delle schermate del programma 8.Muri(N,M,V)

Il programma prevede come tipo di sezione quella rettangolare.



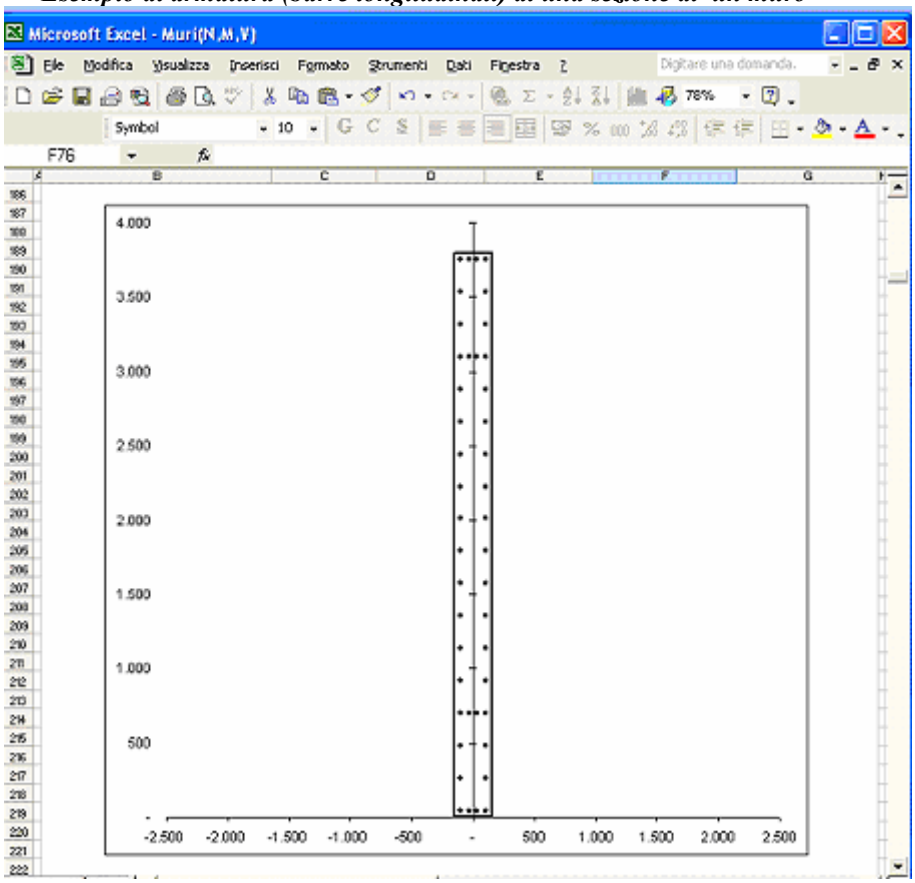
INARSIND Bergamo: progetto e calcolo antisismico di strutture in c.a. 11 e 18 febbraio 2006

Andamento dei momenti flettenti ottenuto in automatico
con la regola di presidiare le zone dissipative alla base (capacity design)

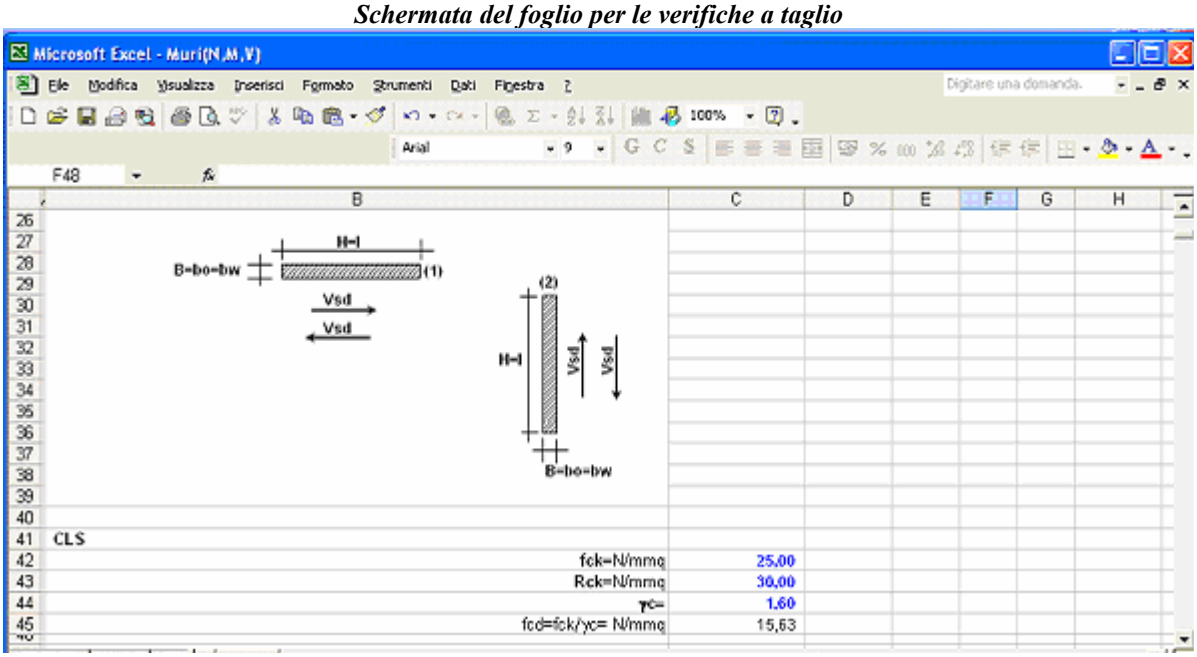


						Coppie (Nsd, Msd) per la verifica nel Dominio e per il calcolo degli MRd (da inserire in valore assolut								
						Progr.	per combinaz. Sismiche						per combinaz. non sismicl	
Sezione			h muro			Livello:	sisma direz. "+X"			sisma direz. "-X"				
Livello	H(mm)	B(mm)		h(m)		z (m)	Nsd=N	Msd=Mt(z)	MRd per Nsd	Nsd=N	Msd=Mt(z)	MRd per Nsd	Nsd=N	Msd=M
0	3.800,00	300,00	h0-1=	3,80		-	1.470,0	5.230,0	6.548,0	1.200,0	4.000,0	6.270,0	1.470,0	5.230,0
1	3.800,00	300,00	h1-2=	3,10		3,80	1.249,0	5.230,0		1.249,0	4.000,0		1.249,0	-
2	3.800,00	300,00	h2-3=	3,10		6,90	896,0	3.982,4		896,0	3.053,4		896,0	-

Esempio di armatura (barre longitudinali) di una sezione di un muro

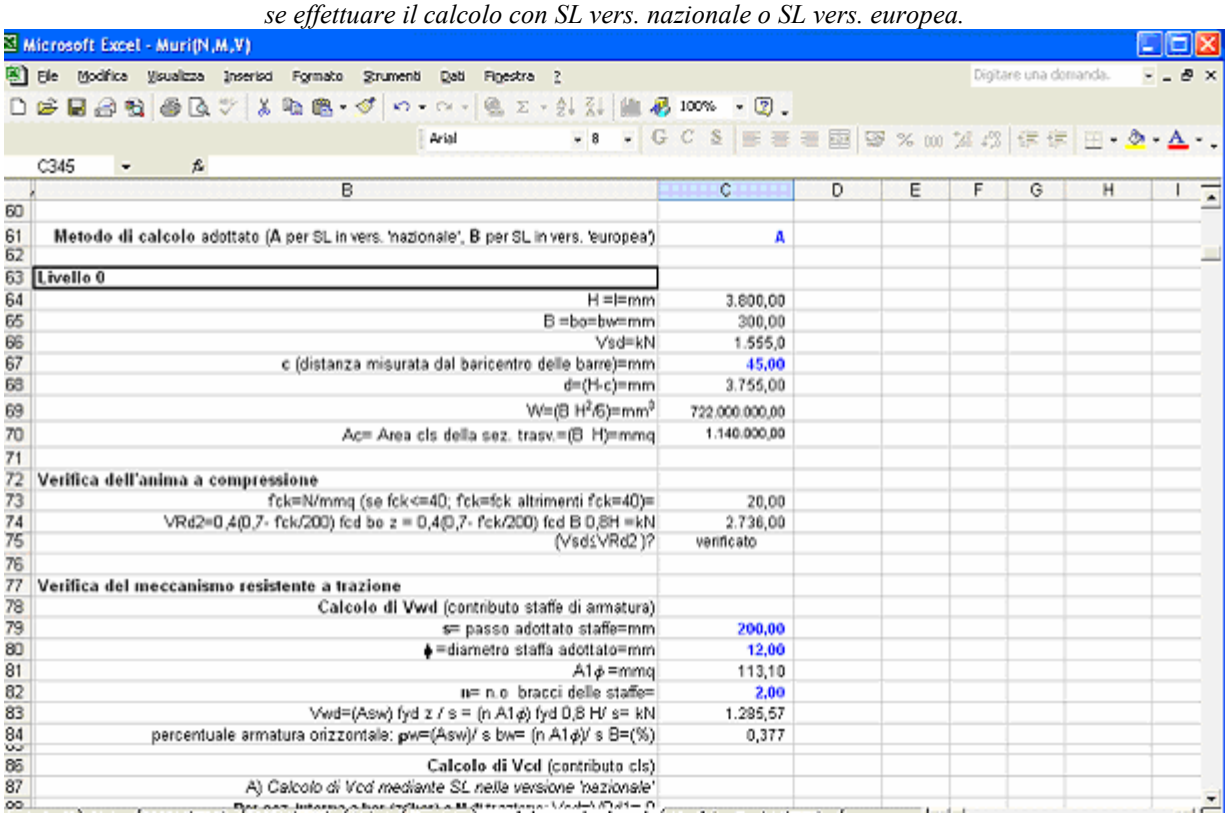


Schermata del foglio per le verifiche a taglio



Esempio di verifica a taglio al piede del muro (livello 0) e dimensionamento delle staffature

Come in tutti gli altri programmi anche in questo è possibile scegliere se effettuare il calcolo con SL vers. nazionale o SL vers. europea.



I **programmi in Excel**, solo succintamente sopra accennati, assolvono dunque ad un duplice scopo: durante il Corso costituiscono **strumento didattico** *nelle mani* del Relatore e, al termine del Corso, **strumento professionale** *nelle mani* dei partecipanti.

Si segnala infine che tutte le verifiche non eseguite dai programmi sono verifiche *complementari*, che non richiedono di solito una grande quantità di calcoli; sono state comunque riportate all'interno del testo cartaceo e verranno ampiamente illustrate durante il Corso.