

COLLANA TECNICA

CONFRONTO SISTEMI COSTRUTTIVI

**SUL COMPORTAMENTO SISMICO E TERMICO
*DELLE STRUTTURE A METODOLOGIA
SETTI SISMOSYSTEK***

ANALISI DI CONFRONTO TECNICO-COMMERCIALE

DIVULGAZIONE SCIENTIFICA ELABORATA DA

Ing. Mastroianni Gilberto

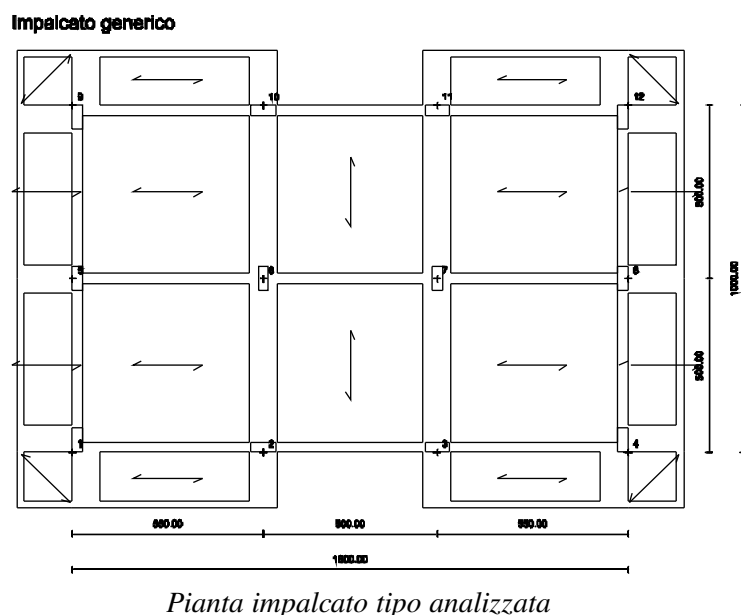
Sul comportamento sismico e termico delle strutture a metodologia setti Casa Semplice

pannello ND e SD

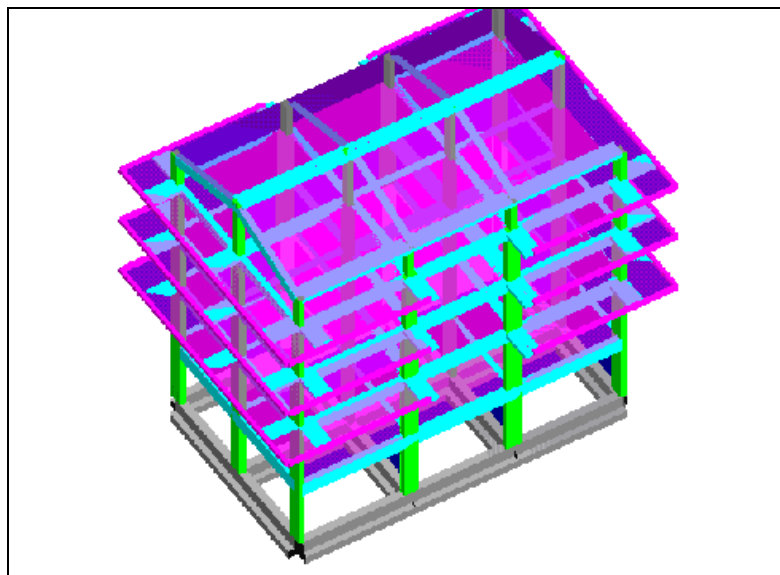
Introduzione

Il sistema costruttivo antisismico Pannello modulare Doppio è basato sullo schema a celle portanti o setti portanti commercialmente noti come Pannelli PlastBau versione traliccio e Nidyon versione rete zincata. Il sistema prevede anche una collaborazione con elementi monodimensionali (pilastri) ove le esigenze architettoniche non si conciliassero con lo schema statico della struttura.

In questo studio prenderemo in analisi una struttura multipiano di circa 160 mq a piano posta in zona sismica **uno** con una classe di terreno medio, C. Tale struttura viene elaborata secondo le nuove norme Testo Unico che integrano le disposizioni degli Eurocodici. La struttura viene considerata non regolare per via delle travi a spessore.



La struttura sarà dimensionata prendendo in esame i carichi dettati dalla normativa tecnica italiana TU 05 scegliendo come destinazione d'uso civile abitazione. Lo spessore dei solai sarà il minimo regolamentare ossia 22 cm uguale per tutte e due le analisi.



Modello tridimensionale analizzato

Sovraccarichi accidentali

Terra	- Uffici	300 kg/mq
I, II, III,	- Civile Abitazione	200 kg/mq

Carichi permanenti

<i>Solaio tradizionale latero cementizio e massetto in sabbia H=18+4cm [mq] – interasse 50</i>		<i>Solaio NST-RF e massetto leggero h= 4+18+4 [mq] – interasse 56 cm</i>	
Analisi dei carichi		Analisi dei carichi	
<i>Peso proprio</i>		<i>Peso proprio</i>	
Caldana 4 cm	100 Kg	Caldana 4 cm	100 Kg
Travetti da 10 cm	90 kg	Travetti da 10 cm	80 kg
Pignatte da 16 cm	70 kg	Pignatte da 16 cm	5 kg
	250 kg/mq		185 kg/mq
<i>Permanente</i>		<i>Permanente</i>	
Intonaco a calce 1.5 cm	20 Kg	Intonaco a cemento 2 cm	40 Kg
Pavimento in marmo	40 kg	Pavimento in marmo	50 kg
Massetto medio 10 cm	170 kg	Massetto medio 10 cm	45 kg
Tramezzi	80 kg	Tramezzi	80 kg
	310 kg/mq		215 kg/mq
TOTALE 570 kg		TOTALE 400 kg	

Copertura

Peso manto di copertura 90 kg/mq
Sovraccarico accidentale neve 130 kg/mq

Tamponature

La diversità dei sistemi sta proprio nella valutazione di tale elemento, infatti, mentre nella struttura tradizionale è un elemento aggiunto nei sistemi SismoSystek fa parte della struttura. Di fatti il sistema ha tutti i muri portanti.

1. Peso proprio tamponature tradizionali = 900/1000 kg/ml

2. Sistema Pannello Solaio EPS peso proprio del setto più 10 kg/mq

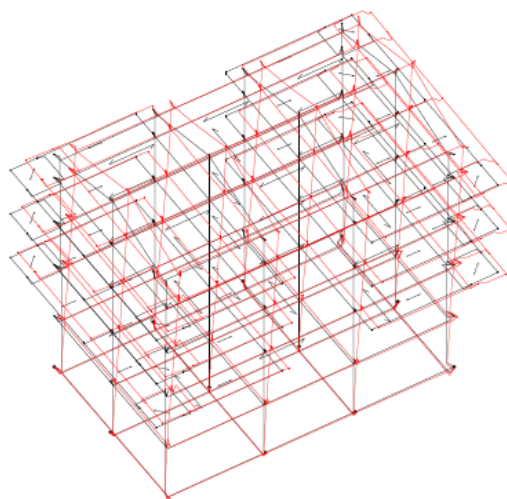
Modellazione strutturale

La modellazione strutturale viene condotta nel caso della struttura tradizionale con risoluzione di telai spaziali mentre il sistema Setto Modulare EPS rete (ND) o traliccio (SD) ha come base l'elemento piastra/lastra. La prima analisi prende in considerazione solo l'impiego del solaio Setto Pannello Casa Semplice e del massetto in perle di polistirolo. Riportiamo in forma tabellare le dimensioni strettamente necessarie per la verifica degli elementi strutturali.

Analisi effetto del solo solaio alleggerito con pannello EPS e Massetto leggero

<i>Tradizionale</i>		<i>Metodologia Setto SismoSystek – Solaio NF/SF</i>		
Pilastrini PT	e	30x80 cm	Pilastrini PT e Seminterrato	30x70 cm
Pilastrini 1° piano		30x70 cm	Pilastrini 1° piano	30x70 cm
Pilastrini 2° piano		30x60 cm	Pilastrini 2° piano	30x60 cm
Pilastrini 3° piano		30x50 cm	Pilastrini 3° piano	30x50 cm
Travi Seminterrato PT		30x60 cm	Travi Seminterrato PT	30x60 cm
Travi 1° piano		30x60/80x22 cm	Travi 1° piano	30x60/60x22 cm
Travi 2° piano		30x60/80x22 cm	Travi 2° piano	30x60/60x22 cm
Travi 3° piano		30x50/80x22 cm	Travi 3° piano	30x50/60x22 cm
Travi copertura		30x50/60x22 cm	Travi copertura	30x50/60x22 cm

Effettuata l'analisi sismica otteniamo i seguenti risultati



Deformata sismica

Massimi spostamenti nodali in valore assoluto

Tradizionale

Traslazione X : 0.0404 al nodo:65 (nodo colmo)
 Traslazione Y : 0.0084 al nodo:94 (spigolo balcone sx)
 Traslazione Z : 0.0110 al nodo:123
 Rotazione X : 0.0023 al nodo:124
 Rotazione Y : 0.0028 al nodo:41
 Rotazione Z : 0.0008 al nodo:62
 Massima tensione sul terreno 2.76 kg/cmq

Tradizionale con solai alleggeriti

Traslazione X : 0.0422 al nodo:68
 Traslazione Y : 0.0076 al nodo:94
 Traslazione Z : 0.0109 al nodo:106
 Rotazione X : 0.0018 al nodo:111
 Rotazione Y : 0.0031 al nodo:92
 Rotazione Z : 0.0010 al nodo:62
 Massima tensione sul terreno 2.46 kg/cmq

Risultati Materiali impiegati

	Tradizionale	Solai alleggeriti
Peso complessivo del ferro	[Kg]=32110.20	[Kg]=26161.10 (-22%)
Volume del calcestruzzo	[mc]=187.84	[mc]=168.94 (-12%)
Superficie delle casseformi	[mq]=1214.17	[mq]=1133.08

In tale computo non è incluso il cls per i solaio così come le armature

Risultati Spostamenti relativi di piano - Tradizionale

Attenzione calcolo agli SLU. Gli spostamenti dovuti al sisma sono stati calcolati moltiplicando gli spostamenti derivanti dagli spettri al limite ultimo per il coefficiente 'c' (vedi p.to 4.8 Ordinanza 3274) dato dalle seguenti espressioni per le varie combinazioni. L'analisi viene spianta al limite portando un nodo fuori del capo limite. ipotizzando un intervento localizzato.

Combinazione	Spettro	
SismaX	Spettro	$c=\eta \cdot i_{mp} \cdot q/2.5=1.00 \cdot 1.00 \cdot 3.28/2.5=1.31$
SismaY	Spettro	$c=\eta \cdot i_{mp} \cdot q/2.5=1.00 \cdot 1.00 \cdot 3.28/2.5=1.31$

Interp.	Nodo1	Nodo2	Tradizionale			Solaio Alleggeriti		
			η [mm]	η_{Amm} [mm]	Ver.	η [mm]	η_{Amm} [mm]	Ver.
0-1	1	13	9.638	17.500	Si	9.101	17.500	Si
0-1	2	14	9.449	17.500	Si	8.952	17.500	Si
0-1	3	15	9.400	17.500	Si	8.926	17.500	Si
0-1	4	16	10.575	17.500	Si	9.765	17.500	Si
0-1	5	17	10.341	17.500	Si	9.765	17.500	Si
0-1	6	18	10.165	17.500	Si	9.627	17.500	Si
0-1	7	19	10.120	17.500	Si	9.603	17.500	Si
0-1	8	20	10.682	17.500	Si	10.474	17.500	Si
0-1	9	21	11.097	17.500	Si	10.474	17.500	Si
0-1	10	22	10.934	17.500	Si	10.345	17.500	Si
0-1	11	23	10.892	17.500	Si	10.322	17.500	Si
0-1	12	24	10.982	17.500	Si	11.398	17.500	Si
1-2	13	25	13.350	17.500	Si	12.843	17.500	Si
1-2	14	26	13.051	17.500	Si	12.628	17.500	Si
1-2	15	27	14.403	17.500	Si	12.628	17.500	Si
1-2	16	28	16.346	17.500	Si	14.447	17.500	Si
1-2	17	29	14.368	17.500	Si	13.771	17.500	Si
1-2	18	30	14.091	17.500	Si	13.571	17.500	Si
1-2	19	31	14.559	17.500	Si	13.719	17.500	Si
1-2	20	32	16.484	17.500	Si	15.409	17.500	Si
1-2	21	33	15.468	17.500	Si	14.762	17.500	Si
1-2	22	34	15.211	17.500	Si	14.575	17.500	Si
1-2	23	35	15.140	17.500	Si	15.111	17.500	Si
1-2	24	36	16.884	17.500	Si	16.661	17.500	Si
2-3	25	37	11.053	15.000	Si	11.018	15.000	Si
2-3	26	38	12.118	15.000	Si	10.835	15.000	Si
2-3	27	39	13.482	15.000	Si	11.585	15.000	Si
2-3	28	40	15.066	15.000	No	13.106	15.000	Si

Interp.	Nodo1	Nodo2		η	η_{Amm}	Ver.		η	η_{Amm}	Ver.
2-3	29	41		11.884	15.000	Si		11.788	15.000	Si
2-3	30	42		12.249	15.000	Si		11.616	15.000	Si
2-3	31	43		13.600	15.000	Si		12.461	15.000	Si
2-3	32	44		15.171	15.000	No		13.886	15.000	Si
2-3	33	45		12.784	15.000	Si		12.607	15.000	Si
2-3	34	46		12.616	15.000	Si		12.576	15.000	Si
2-3	35	47		13.931	15.000	Si		13.569	15.000	Si
2-3	36	48		15.469	15.000	No		14.888	15.000	Si
3-4	37	49		9.884	15.000	Si		11.691	15.000	Si
3-4	38	50		10.747	15.000	Si		11.546	15.000	Si
3-4	39	51		11.871	15.000	Si		11.513	15.000	Si
3-4	40	52		13.175	15.000	Si		12.543	15.000	Si
3-4	41	53		10.561	15.000	Si		12.397	15.000	Si
3-4	42	54		10.856	15.000	Si		12.260	15.000	Si
3-4	43	55		11.971	15.000	Si		12.229	15.000	Si
3-4	44	56		13.265	15.000	Si		13.344	15.000	Si
3-4	45	57		11.291	15.000	Si		13.142	15.000	Si
3-4	46	58		11.149	15.000	Si		13.013	15.000	Si
3-4	47	59		12.237	15.000	Si		13.184	15.000	Si
3-4	48	60		13.506	15.000	Si		14.332	15.000	Si
4-5	49	61		3.415	8.000	Si		3.571	8.000	Si
4-5	50	62		5.122	8.000	Si		4.270	8.000	Si
4-5	51	63		5.583	8.000	Si		4.776	8.000	Si
4-5	52	64		4.669	8.000	Si		3.976	8.000	Si
4-6	53	65		7.650	15.000	Si		9.012	15.000	Si
4-6	54	66		7.604	15.000	Si		9.005	15.000	Si
4-6	55	67		7.574	15.000	Si		9.006	15.000	Si
4-6	56	68		7.628	15.000	Si		9.058	15.000	Si
4-5	57	69		3.823	8.000	Si		4.038	8.000	Si
4-5	58	70		5.457	8.000	Si		4.770	8.000	Si
4-5	59	71		5.996	8.000	Si		5.408	8.000	Si
4-5	60	72		5.071	8.000	Si		4.591	8.000	Si

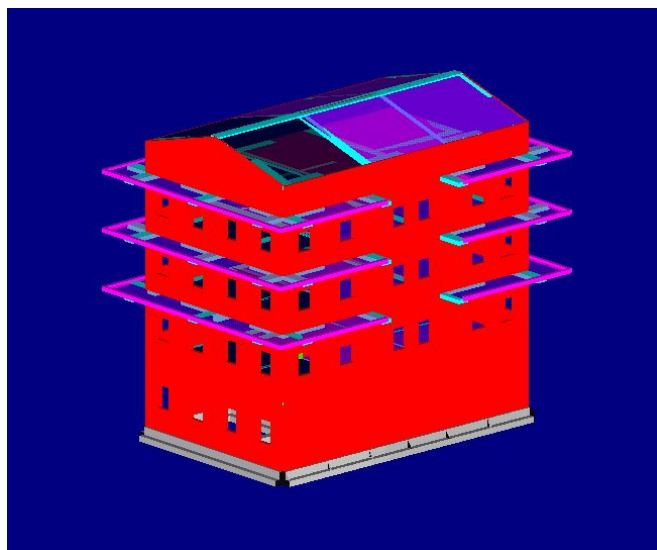
Primo commento ci porta a dire che solo l'impiego del solaio e dei massetti alleggeriti porta ad un risparmio notevole dei materiali (22%) di acciaio, nonché una piena verifica degli spostamenti relativi a differenza di una sofferta verifica per la struttura con solai tradizionali.

Analisi di confronto su modello 3d tra la struttura a telai e la struttura a setti.

Passiamo ora alla verifica della struttura completa solaio più setti. Le dimensioni di verifica sono di seguito riportate, a seguire i nuovi risultati:

Dimensione di verifica

Tradizionale		Metodologia Setto SismoSystek	
Pilastrini PT e Seminterrato	30x80 cm	Setti PT seminterrato	18 cm
Pilastrini 1° piano	30x70 cm	Pilastrini 1° piano	18 cm
Pilastrini 2° piano	30x60 cm	Pilastrini 2° piano	18 cm
Pilastrini 3° piano	30x50 cm	Pilastrini 3° piano	18 cm
Travi Seminterrato PT	30x60 cm	Travi Seminterrato PT	30x60 cm
Travi 1° piano	30x60/80x22 cm	Travi 1° piano	30x60/60x22 cm
Travi 2° piano	30x60/80x22 cm	Travi 2° piano	30x60/60x22 cm
Travi 3° piano	30x50/80x22 cm	Travi 3° piano	30x50/60x22 cm
Travi copertura	80x22 cm	Travi copertura	30x50/60x22 cm



Modello 3d setti

Massimi spostamenti nodali in valore assoluto

Tradizionale (sisma lungo x)

Traslazione X : 0.0404 al nodo:65 (nodo colmo)
 Traslazione Y : 0.0084 al nodo:94 (spigolo balcone sx)
 Traslazione Z : 0.0110 al nodo:123
 Rotazione X : 0.0023 al nodo:124
 Rotazione Y : 0.0028 al nodo:41
 Rotazione Z : 0.0008 al nodo:62

Massima tensione sul terreno 2.76 kg/cmq (carichi verticali)

Struttura Setto pannelli modulari in EPS SD o ND (sisma lungo x)

Traslazione X : 0.0042 al nodo:65
 Traslazione Y : 0.0005 al nodo:184
 Traslazione Z : 0.0078 al nodo:106
 Rotazione X : 0.0019 al nodo:105
 Rotazione Y : 0.0013 al nodo:8
 Rotazione Z : 0.0001 al nodo:187

Massima tensione sul terreno 1.90 kg/cmq (carichi verticali)

Risultati Materiali impiegati

	Tradizionale	Metologia SismoSystek
Peso complessivo del ferro	[Kg]=32110.20	28836.63 (-11%)
Volume del calcestruzzo	[mc]=187.84	262.70 con tamponature
Superficie delle casseformi	[mq]=1214.17	529 + 360 = 889
Elementi di tamponatura	[mq]= 700	inclusa

Risultati Spostamenti relativi di piano – Setto NST-ND e NST-SD

Interp.	Comb.	ηX_v	ηX_h	ηY_v	ηY_h	Nodo1	Nodo2	η	ηA_{mm}	Ver.
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]			[mm]	[mm]	
0-1	(5+6)-II-2	0.054	0.004	0.030	2.619	6	18	2.650	17.500	Si
0-1	(5+6)-II-2	0.054	0.004	0.031	2.607	7	19	2.638	17.500	Si
1-2	(5+6)-II-2	0.057	0.003	0.033	2.564	18	30	2.597	17.500	Si
1-2	(5+6)-II-2	0.057	0.003	0.033	2.572	19	31	2.605	17.500	Si

Interp.	Comb.	η_{Xv}	η_{Xh}	η_{Yv}	η_{Yh}	Nodo1	Nodo2	η	η_{Amm}	Ver.
2-3	(5+6)-II-2	0.051	0.002	0.030	2.177	30	42	2.207	15.000	Si
2-3	(5+6)-II-2	0.051	0.002	0.030	2.182	31	43	2.213	15.000	Si
3-4	(5+6)-II-2	0.051	0.002	0.030	2.122	42	54	2.152	15.000	Si
3-4	(5+6)-II-2	0.051	0.002	0.030	2.126	43	55	2.156	15.000	Si
4-6	(5+6)-II-2	0.067	0.003	0.053	3.518	54	66	3.572	15.000	Si
4-6	(5+6)-II-2	0.033	0.003	0.053	3.658	55	67	3.712	15.000	Si

Da tali analisi vediamo come pur realizzando tutte le tamponature (muri) e le strutture portanti abbiamo un decremento delle armature, il volume di calcestruzzo aumenta ma solo perché realizziamo anche la tamponatura dell'involucro e varia di soli 75 mc ossia 0.1 mc/mq che a livello di costo è nettamente inferiore a ciò che implicherebbe la muratura.

Gli spostamenti di piano sono nettamente inferiori così come gli spostamenti relativi, ciò porta a dire che la struttura Setti PB o Rete è più rigida, conclusione abbastanza logica.

Si fa notare anche che la tensione massima sul terreno è nettamente inferiore, questo perché si passa da uno scarico puntuale ad uno scarico lineare.

Riportiamo l'analisi pushover dei due edifici

Spostamento max = 41.0 mm
 s_{max} terreno = 2.93 kg/cmq
 Incidenza kg acciaio/mc = 180 Kg
 PGA ds cs = 1.56

Spostamento max = 5.30 mm
 s_{max} terreno = 1.53 kg/cmq
 Incidenza kg acciaio/mc = 100 Kg
 PGA ds cf = 3.63

La prima rilevanza che salta agli occhi di tutti è la quantità di acciaio per mc ossia circa 80% in meno, ai tecnici non sfuggirà anche il fatto che l'edificio ha uno spostamento 10 volte inferiore con un coefficiente di sicurezza doppio rispetto all'edificio "tradizionale".

Lo spostamento inferiore implica che la struttura tradizionale può avere in campo sismico il famoso problema dell'espulsione delle tamponature, esempio

Danni agli elementi non strutturali: le tamponature

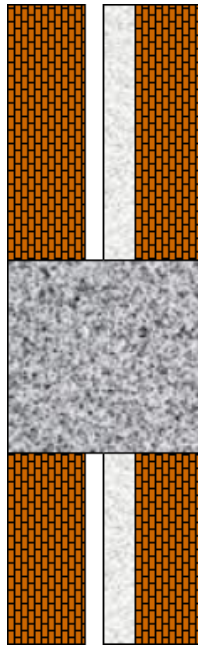


Ribaltamento della fodera esterna della tamponatura.
elevata snellezza
Assenza di vincolo laterale

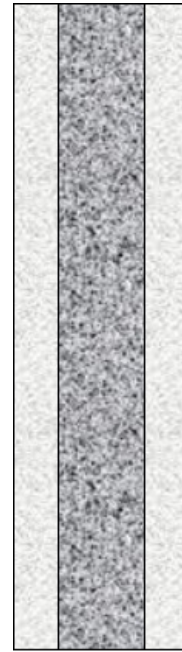
Problematica non esiste nella struttura a pannelli PB

ANALISI TERMICA

Riportiamo le due stratigrafie delle pareti esterne così come si vengono a creare nei dettami della metodologia classica in uso, muratura a cassa vuota Pannello Setto Casa Semplice



Muro perimetrale tradizionale

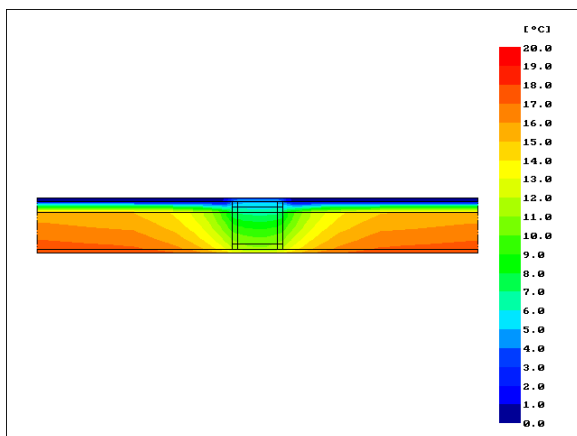


Muro SismoSystek

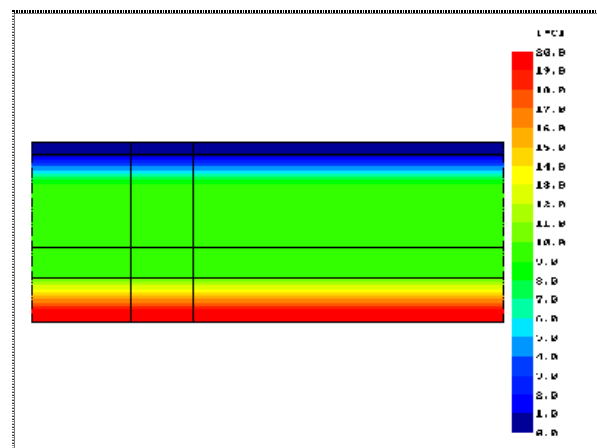
Come si può subito notare lo spessore del materiale isolante nel pannello Setto Innovativo EPS è quasi il doppio ed uniforme mentre nella parete tradizionale è interrotto generando così un ponte termico.

Una semplice analisi termica della parete evidenzia molto bene tale effetto con possibili situazioni di condensa nella parete tradizionale (pilastro a 8 °C), mentre la temperatura è uniforme ed uguale alla temperatura ambiente nella parete Modulare EPS

Distribuzioni temperature



Pareti tradizionali



Pareti SismoSystek

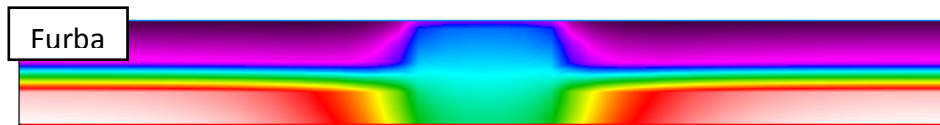


Diagramma temperature parete “tradizionale” analisi fem con Isolante sul pilastro

La trasmittanza reale è circa doppia del limite consentito (zona termica C/D), ossia fuori norma. Purtroppo la maggior parte dei tecnici non considera la trasmittanza effettiva ma quella della parete escluso pilastro (ponte termico, e per il momento trascuriamo il solaio!) la quale con il laterizio più performante che oggi trova impiego porta valori di circa 0.30-0.40 W/mqK (attenzione al grado di umidità introdotto nei calcoli generalmente i dati sono in condizioni di umidità di laboratorio, solo in specifiche documentazioni viene calcolato il deprezzamento di tale trasmittanza che varia dai 7 al 10% per la sola variazione di umidità, per non parlare dell'invecchiamento che ha coefficienti di deprezzamento fino al 30%, norme UNI). Nelle murature anni 80-90, basta ricercare in letteratura, le verifiche di trasmittanza in opera sulle murature che indicano valori medi da 0.7-1.4 W/mqK. La trasmittanza parete PB con pannelli in EPS con lo stesso spessore isolante è circa 0.28- 0.32 W/mqK ossia un valore tranquillamente inferiore alla norma è stabile nel tempo.

Conclusioni

Il sistema costruttivo Setto modulare Casa Semplice offre quindi un risparmio a livello costruttivo nella riduzione di impiego dei materiali con un grado di sicurezza superiore, inoltre il sistema offre un isolamento termico con assenza di ponti termici e di standard superiore a parità di costo. Questo è facilmente dimostrabile se pensiamo al solo costo di una tamponatura con l'aggiunta del cappotto (unico sistema ad eliminazione del ponte termico) ed invece il costo del solo pannello con il relativo getto.