

# SOLAR DECATHLON EUROPE 2012

## PROGETTO STRUTTURALE

**PROGETTO STRUTTURALE:** Prof. Ing. Ginevra Salerno; Ugo Carusi  
**AZIENDA PRODUTTRICE:** Rubner Gruppe



# PROGETTO STRUTTURALE REALIZZATO COMPROMESSI

Architettura **ORGANICA**

L'elemento **PARETE** ha funzione  
strutturale, architettonica, termica, etc.

Inoltre:

- La struttura doveva poter essere smontata e rimontata più volte
- Esigenza di prefabbricazione quasi completa

DESCRIPTION

Structure

DELIVERABLE

42. THematic DESIGN

43. DESIGN DEVELOPMENT PH.

44. CONSTRUCTION PH.

45. FINISH CONSTRUCTION PH.

46. DESIGN DEVELOPMENT PH.

47. AT RISK MANAGEMENT

DATE

2011.05.01

2011.05.15

2012.06.01

2012.05.01

2012.05.01

2012.05.01

SOLAR DECATHLON EUROPE 2012

Team Rome

www.mediality.eu

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA TRE

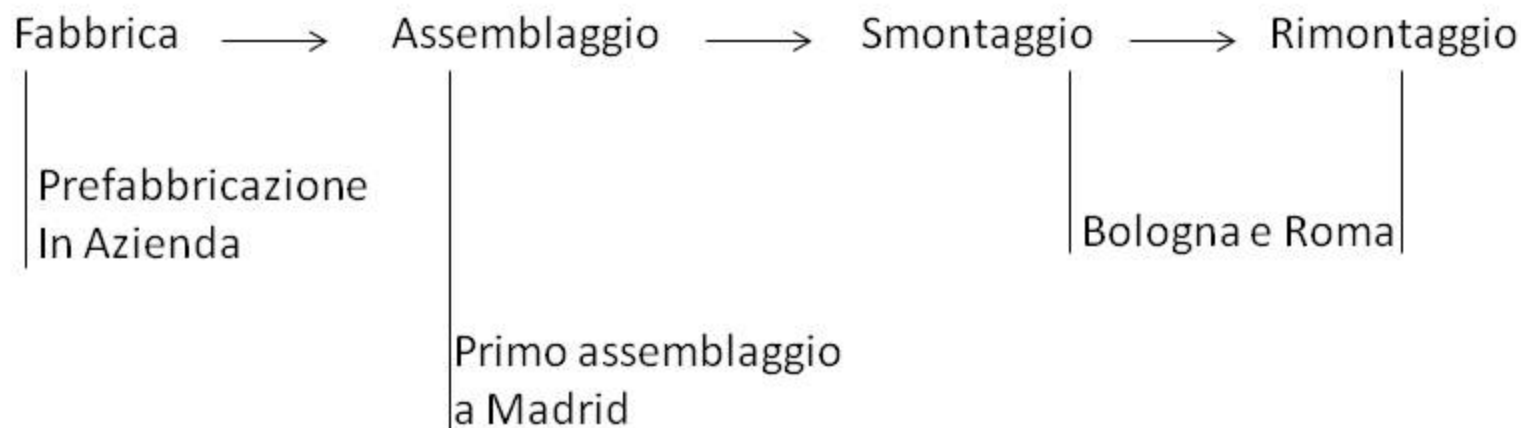
"SAPIENZA" UNIVERSITÀ DI ROMA



## ANALISI DEL PROGETTO REALIZZATO

### TECNOLOGIA

Scelta del **LEGNO** è stata dettata dalla necessità di realizzare una struttura il più possibile leggera e smontabile. L'intera costruzione avrebbe dovuto seguire il seguente iter:

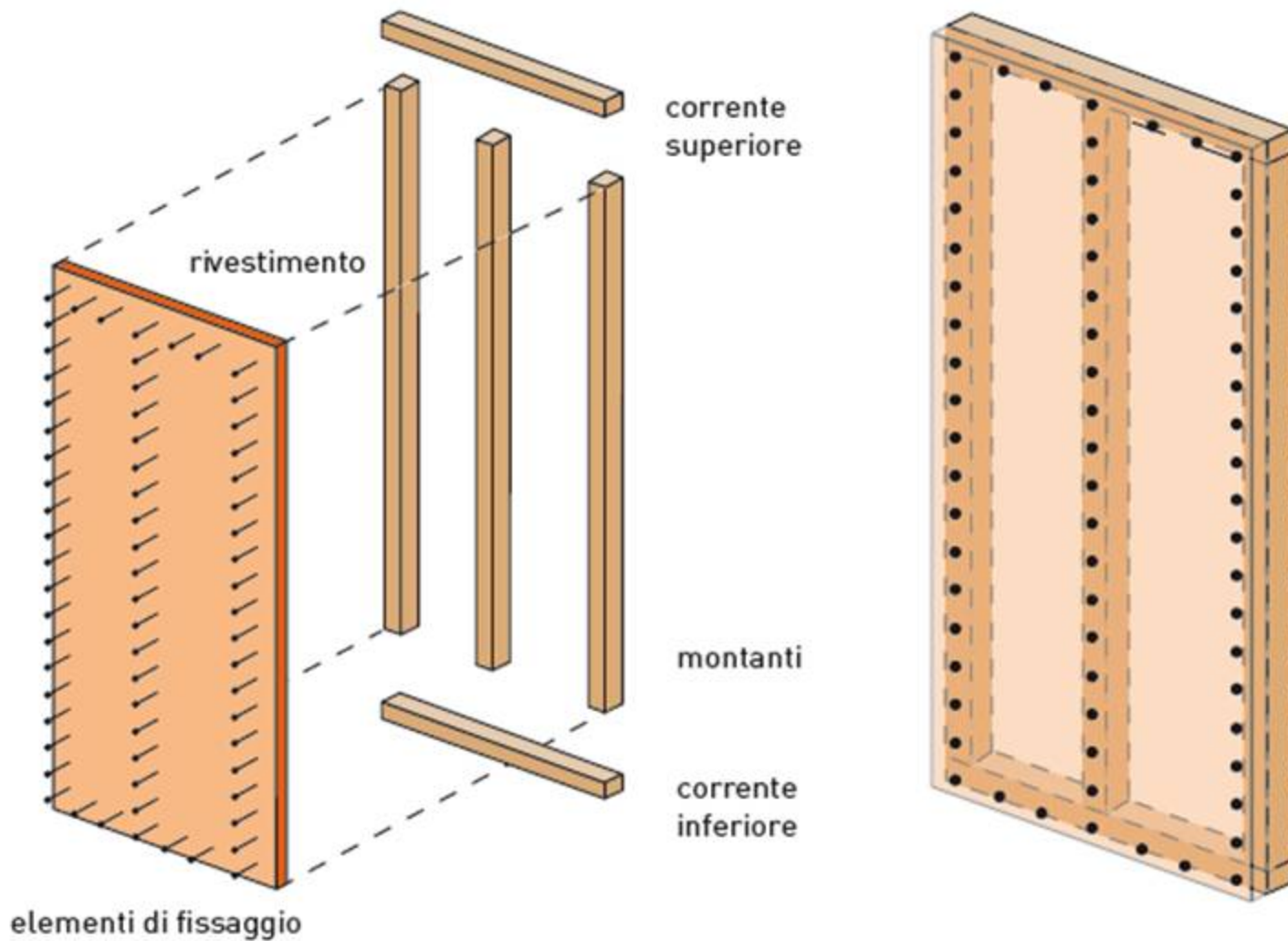


L'azienda **RUBNER GRUPPE** (<http://www.rubner.com/it/gruppo/1-0.html>) è stata tra i maggiori finanziatori del progetto ed ha promosso l'utilizzo di un sistema costruttivo detto **PLATFORM FRAME**



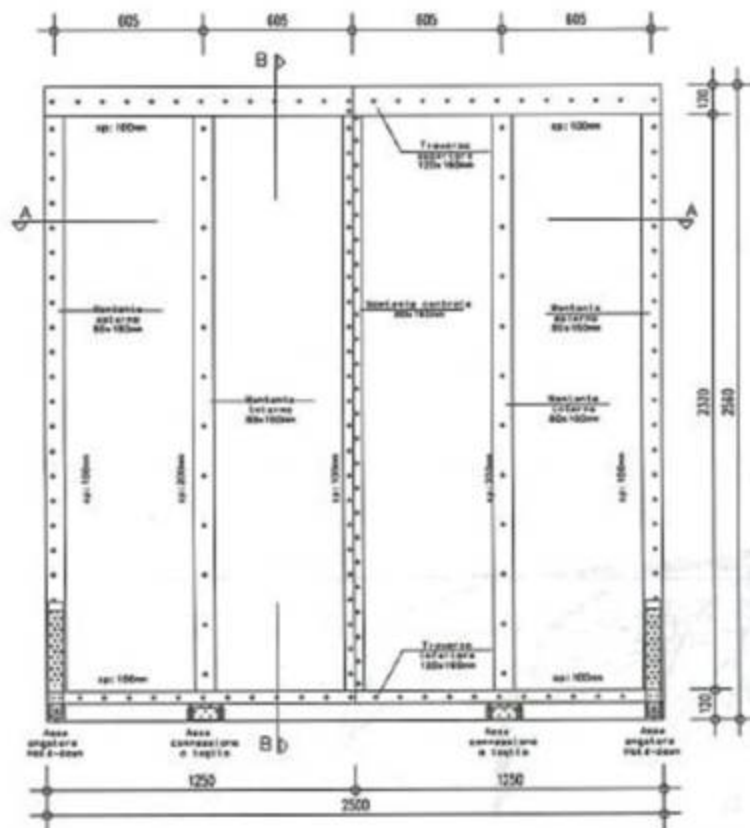
# SISTEMA COSTRUTTIVO PLATFORM FRAME

- Sistema che si sviluppa principalmente in Canada e Nord America, ad oggi in fase di diffusione
- Forte prefabbricazione e marcata standardizzazione

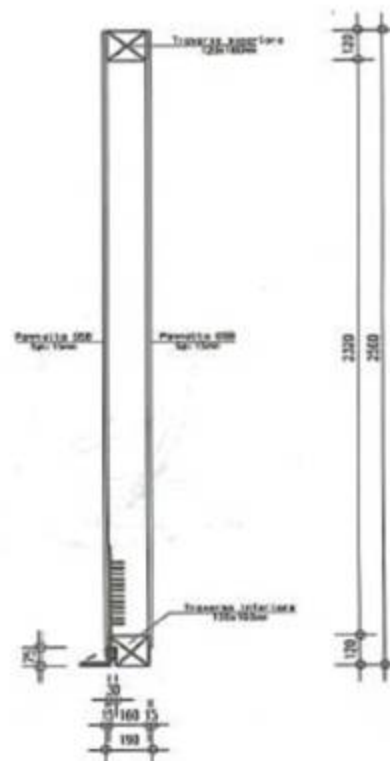


# PANNELLI STRUTTURALI

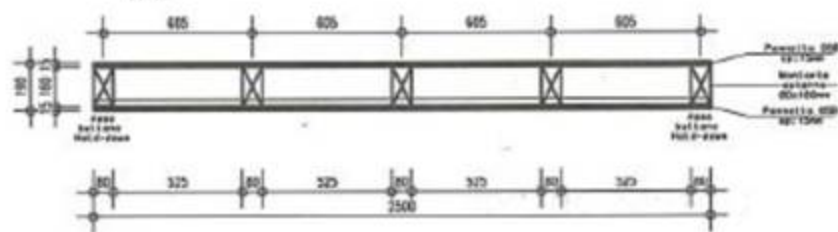
## ELEMENTI COSTITUTIVI



SEZIONE B-B



SEZIONE A-A



- VERTICALI (Pillars)/  
**DUO-LAM** profiles equivalente classe C24
- ORIZZONTALI (Beams)/  
**Legno Lamellare** Classe GL 24h
- PANNELLI di CHIUSURA/  
**OSB/3** (Oriented Strand Board for structural use)



SOLAR DECATHLON EUROPE 2012

Team Rome

www.teamitaly.eu

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA "TOR VERGATA"  
"SAPIENZA" UNIVERSITÀ DI ROMA

DELIVERABLE	DATE
41 THematic DESIGN	2011.05.01
42 DESIGN DEVELOPMENT Ph.	2011.05.15
43 CONSTRUCTION Ph.	2012.06.01
44 FINISH CONSTRUCTION Ph.	2012.05.01
45 DESIGN EVALUATION Ph.	2012.05.01
47 BY FINAL RECONSTRUCTION	2012.10.1

DESCRIPTION

Structure

## ELEMENTI VERTICALI DUO-LAM profiles



## ELEMENTI ORIZZONTALI Legno Lamellare



DESCRIPTION  
**Structure**

DELIVERABLE	DATE
41 TECHNICAL DRAWING	2012.02.02
42 DESIGN DEVELOPMENT	2012.05.16
43 CONSTRUCTION	2012.06.07
44 FINISH CONSTRUCTION	2012.07.09
45 DESIGN DEVELOPMENT	2012.10.08
47 3D FULL RENDERING	2012.12.12

SOLAR DECATHLON EUROPE 2012

**Team Rome**

[www.meditaly.eu](http://www.meditaly.eu)

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA TRE  
"SAPIENZA" UNIVERSITÀ DI ROMA



## CUCITURE CAMBRETTE



Acciaio duro 55x38 mm  
Sezione rettangolare  
equivalente a  $d = 1,53$  mm  
Distanziate 75mm o 150mm

## ELEMENTI di CHIUSURA OSB/3



L'OSB è un pannello a base di legno costituito da scaglie incollate insieme con una resina sintetica che sono successivamente pressate in diversi strati.

### CLASSIFICAZIONE:

OSB/1: pannelli per uso generale e per interni/ambiente secco

OSB/2: pannelli portanti/ambiente secco

OSB/3: pannelli portanti/ambiente umido

OSB/4: pannelli portanti per carichi pesanti/ambiente umido

L'**ASSEMBLAGGIO** dei pannelli avviene mediante connessioni metalliche lungo gli spigoli

Operando le dovute variazioni al modulo base, i pannelli sono stati utilizzati sia per le chiusure **VERTICALI** (pareti portanti), sia per i diaframmi **ORIZZONTALI** (solai)

Le differenze tra i pannelli utilizzati per le pareti e quelli utilizzati per i solai non si vedono dall'esterno, ma devono essere messe in conto in fase progettuale



Fondamentalmente, ai pannelli dei solai viene chiesto di resistere a **FLESSIONE**



Il vincolo tecnologico **DOMINANTE** è la larghezza dei fogli di OSB, fissata a 1250 mm



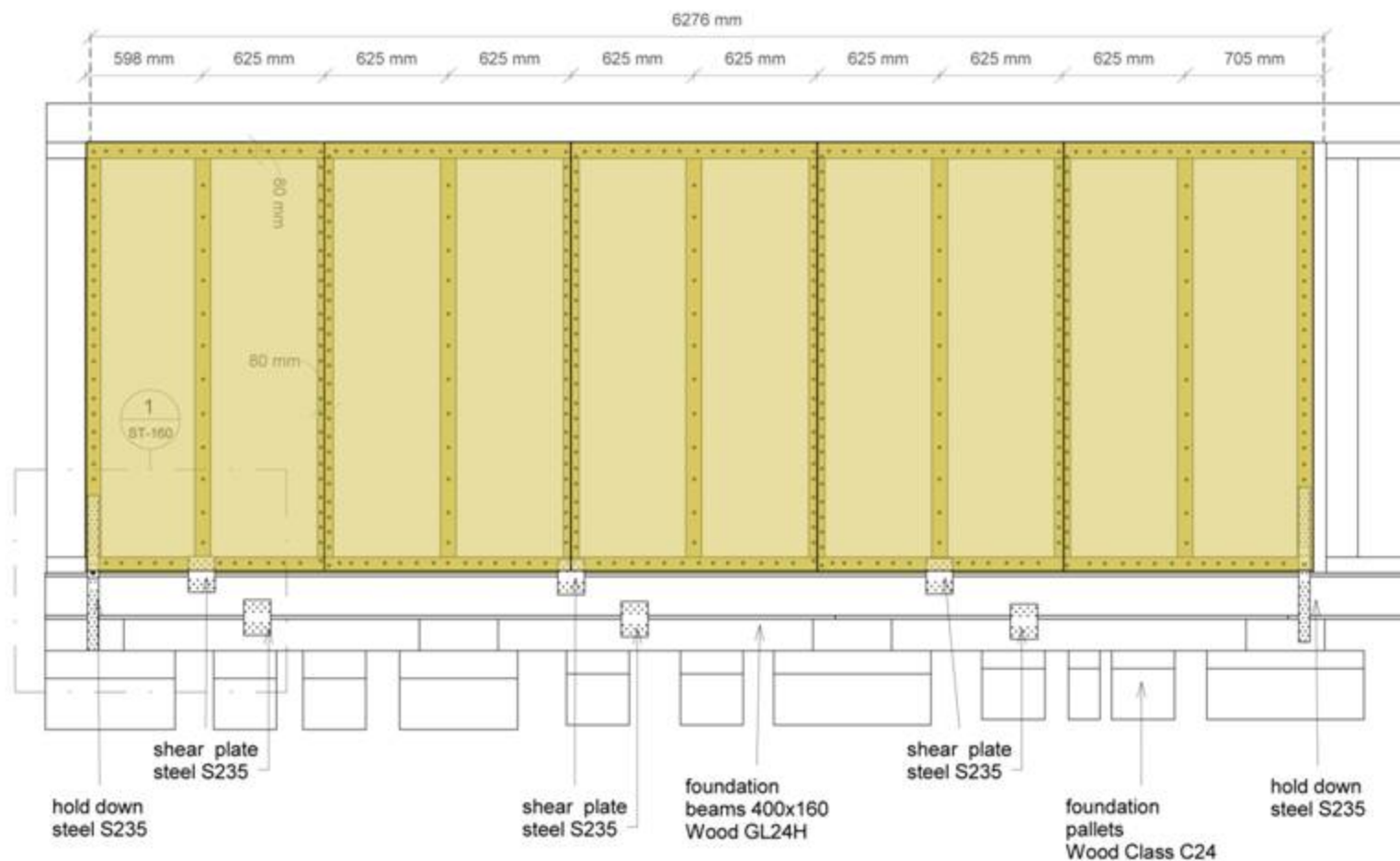
DELIVERABLE	DATE
41 THematic DESIGN	2011-01-01
42 DESIGN DEVELOPMENT	2011-05-15
43 CONSTRUCTION	2012-06-01
44 FINISH CONSTRUCTION	2012-11-01
45 DESIGN EVALUATION	2012-11-01
47 BY BUILT RECONSTRUCTION	2012-11-01



# DISPOSIZIONE PANNELLI PARETE **NORD\_1**



Larghezza pannello: 1250 mm  
 Altezza pannello: 2554 mm  
 Dimensione montanti: 80x80 mm  
 Interasse: 625 mm  
 Spessore OSB: 15 mm

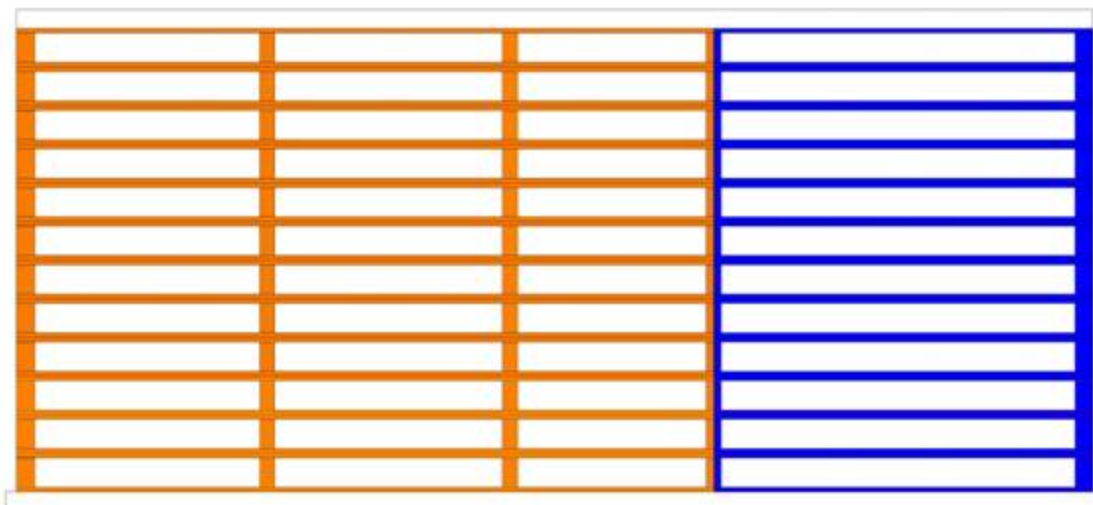


**SOLAR DECATHLON EUROPE 2012**  
**Team Rome**  
 www.meditaly.eu  
 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA "TOR VERGATA"  
 UNIVERSITÀ DI ROMA "LA SAPIENZA" UNIVERSITÀ DI ROMA

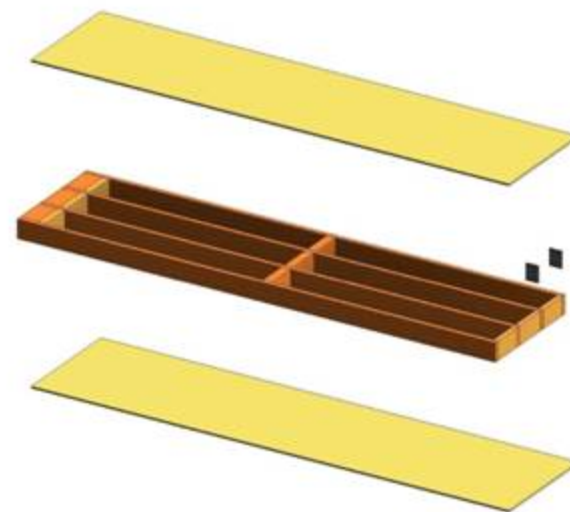
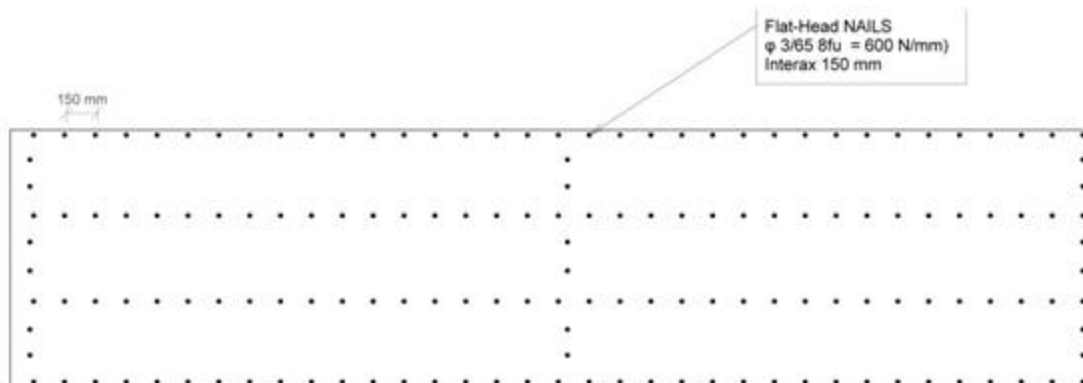
DELIVERABLE	DATE
41 THEMATIC BEAMS	2011.05.01
42 DESIGN DEVELOPMENT B.M.	2011.05.15
43 CONSTRUCTION B.M.	2012.06.01
44 DESIGN CONSTRUCTION B.M.	2012.05.01
45 DESIGN CONSTRUCTION B.M.	2012.05.01
47 BY BUILT RECONSTRUCTION	2012.05.01

**DESCRIPTION**  
**Structure**

## DISPOSIZIONE PANNELLI SOLAIO di COPERTURA (ROOF)



Larghezza pannello: 1250 mm  
Lunghezza pannello: varie  
Dim. travetti: 100x200 mm  
Interasse: 417 mm  
Spessore OSB: 18 mm



DESCRIPTION  
Structure

DELIVERABLE

DATE
2021.05.07
2021.05.14
2022.06.07
2022.05.09
2022.05.09
2022.05.08
2022.05.07

SOLAR DECATHLON EUROPE 2012

Team Rome

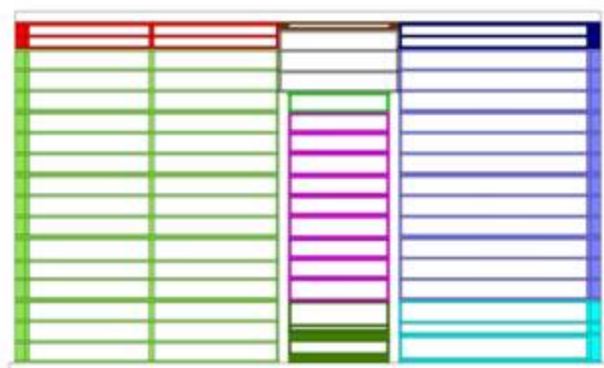
www.mediality.eu

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA "TOR  
"SAPIENZA" UNIVERSITÀ DI ROMA

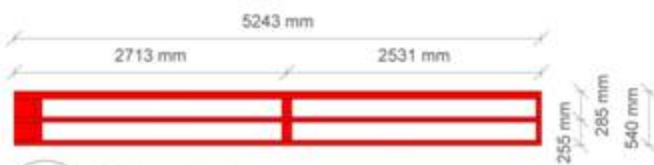


# DISPOSIZIONE PANNELLI SOLAIO PIANO TERRA (GROUND FLOOR)

Il codice cromatico distingue i pannelli di diverse dimensioni



**1 Slab Elements Distribution**  
ST-013 1 : 100



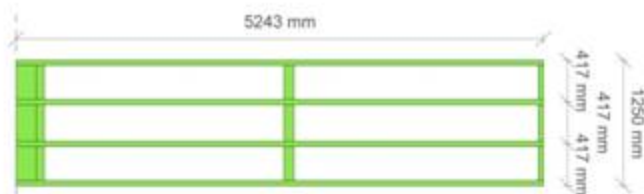
**2 Element A**  
ST-013 1 : 50



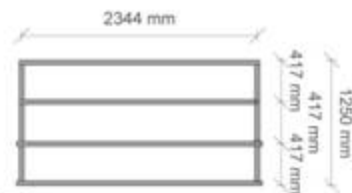
**9 Element B**  
ST-013 1 : 50



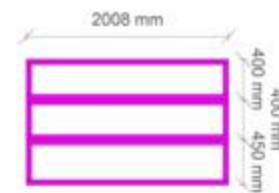
**4 Element C**  
ST-013 1 : 50



**3 Element D**  
ST-013 1 : 50



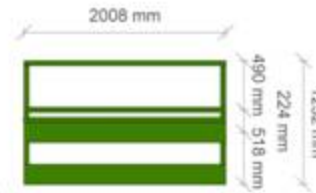
**5 Element E**  
ST-013 1 : 50



**6 Element H**  
ST-013 1 : 50



**7 Element F**  
ST-013 1 : 50



**11 Element I**  
ST-013 1 : 50



**10 Element G**  
ST-013 1 : 50



**8 Element L**  
ST-013 1 : 50



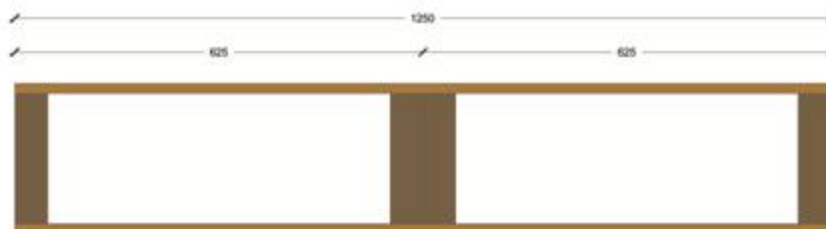
01/01/2012	01/01/2012
02/01/2012	02/01/2012
03/01/2012	03/01/2012
04/01/2012	04/01/2012
05/01/2012	05/01/2012
06/01/2012	06/01/2012
07/01/2012	07/01/2012
08/01/2012	08/01/2012
09/01/2012	09/01/2012
10/01/2012	10/01/2012
11/01/2012	11/01/2012
12/01/2012	12/01/2012

## INTERASSE E VARIAZIONE ELEMENTI

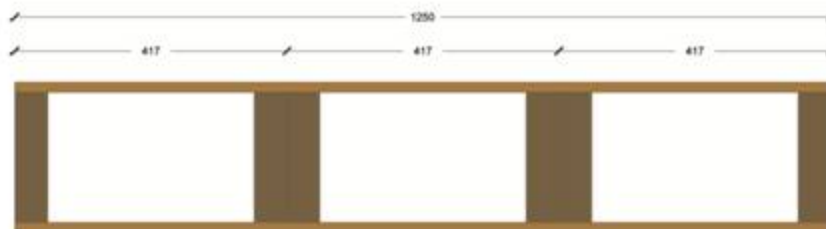
Prendiamo ad esempio uno dei pannelli utilizzati nel solaio di copertura.

Avendo come vincolo la larghezza dei fogli di OSB fissata a 1250 mm, e considerando che due travetti vanno comunque disposti all'inizio ed alla fine del foglio, l'interasse può essere di:

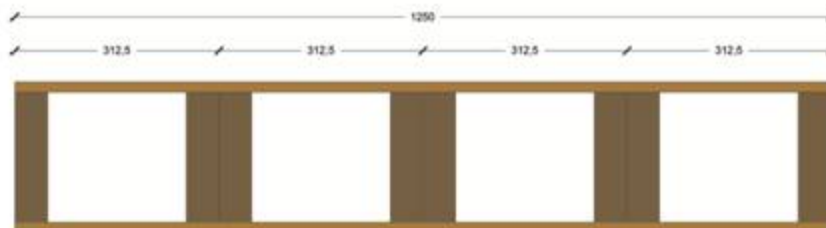
$$1250/2 = 625 \text{ mm}$$



$$1250/3 = 417 \text{ mm}$$



$$1250/4 = 312,5 \text{ mm}$$

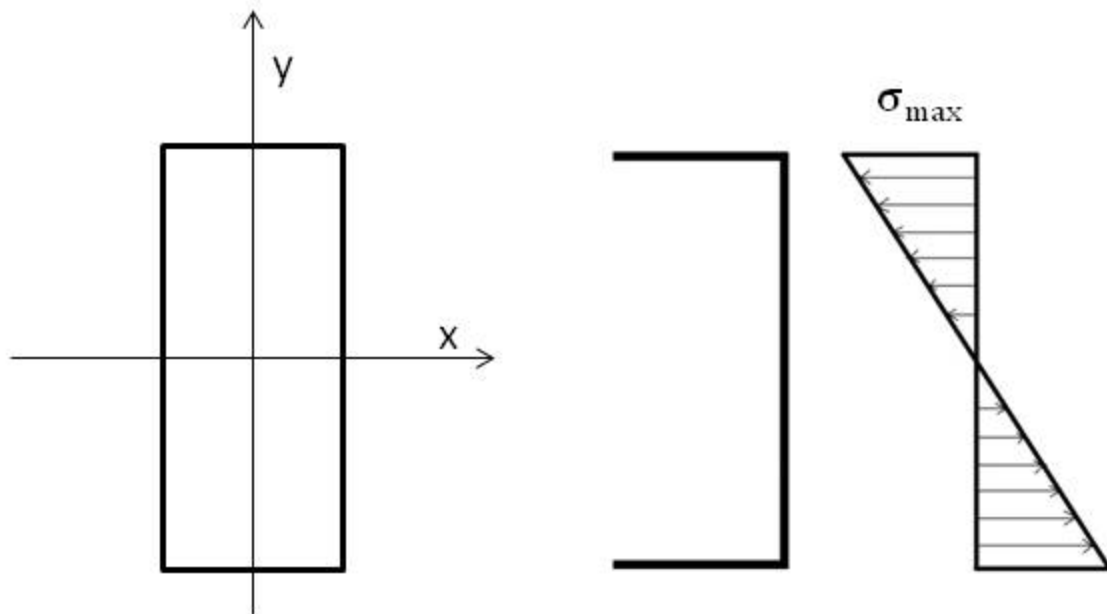


Dovendo resistere a flessione, l'interasse dei travetti del solaio è generalmente minore dell'interasse dei montanti delle pareti, mentre l'altezza dei travetti sarà maggiore di quella dei montanti, in quanto domina la verifica di resistenza a flessione

Il gioco tra **INTERASSE**, **BASE** ed **ALTEZZA** dei travetti si spiega facendo riferimento alla teoria di **NAVIER**:

$$\sigma = (M / I_x) y$$

$$\sigma_{\max} = M / W_x$$



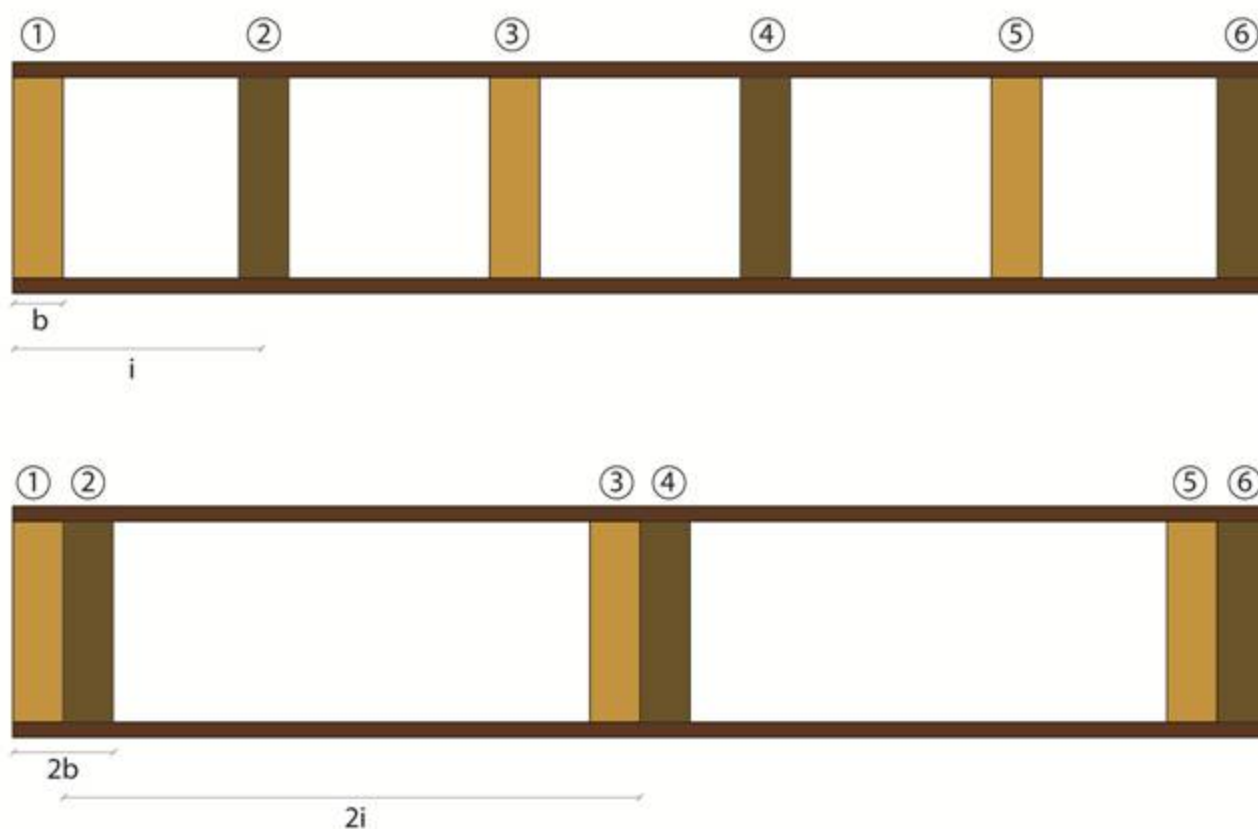
$$I_x = bh^3/12 = \text{Momento d'inerzia}$$

$$W_x = bh^2/6 = \text{Modulo di resistenza a flessione}$$



Per una trave di materiale omogeneo e sezione rettangolare, la base della sezione ( $b$ ) è proporzionale all'interasse dei travetti ( $i$ ).

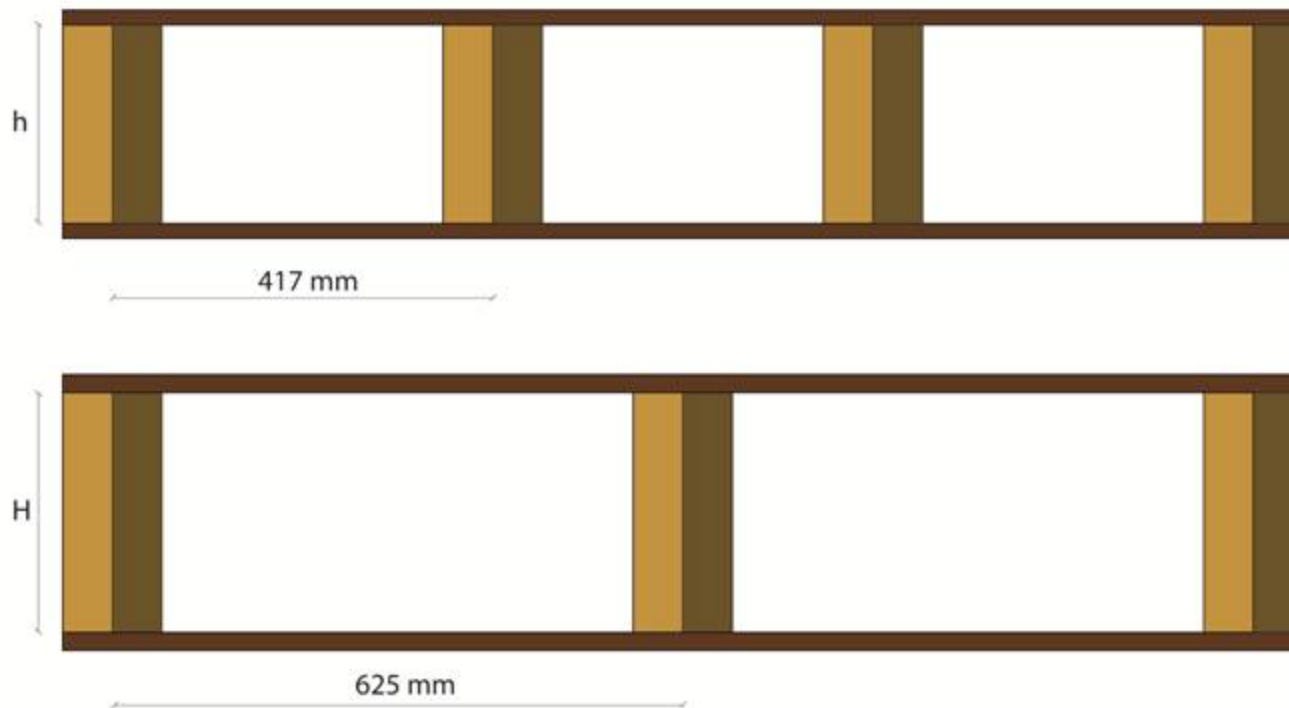
Rimanendo invariati luce, altezza e carichi a metro quadro del travetto, ad un aumento (o diminuzione) percentuale dell'**interasse** corrisponderà lo stesso aumento (o diminuzione) percentuale della **base** del travetto:



$$b \propto i$$

Rimanendo invariati luce, base del travetto e carichi a metro quadro sul solaio, per garantire la resistenza a flessione all'aumento dell'**interasse** deve corrispondere un aumento dell'**altezza** del travetto.

L'altezza del travetto è meno che proporzionale all'interasse, bensì alla sua radice quadrata: se l'interasse raddoppia l'altezza deve essere moltiplicata per  $\sqrt{2}$ , se l'interasse triplica l'altezza va moltiplicata per  $\sqrt{3}$ , etc.



$$h \propto \sqrt{i}$$

$$h \propto \sqrt{417}$$

$$H \propto \sqrt{625}$$



$$H/h = 1,22$$

Aumento  
percentuale  
di  $h = 22\%$



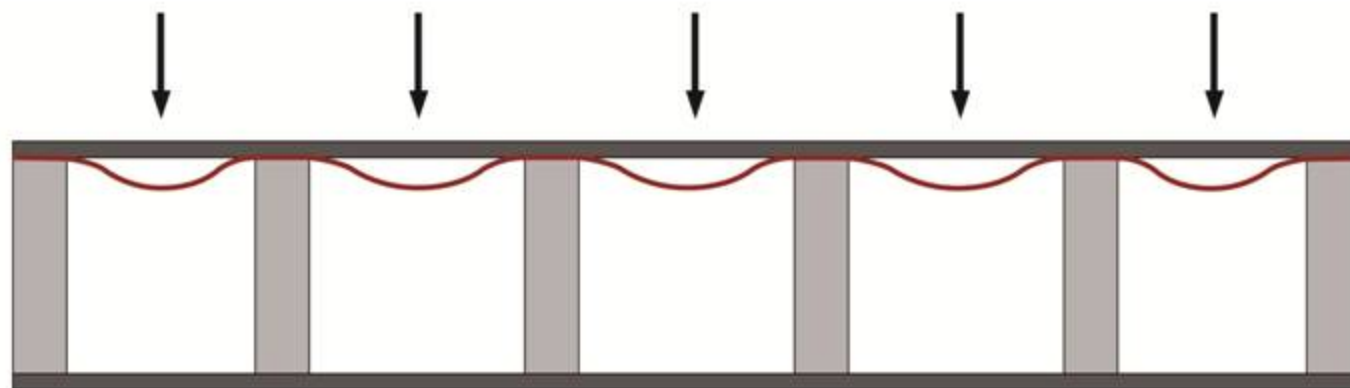
DELIVERABLE	DATE
A1. THematic DESIGN	2011.05.01
A2. DESIGN DEVELOPMENT	2011.05.15
A3. CONSTRUCTION	2012.06.01
A4. FINISH CONSTRUCTION	2012.11.01
A5. DESIGN EVALUATION	2012.11.01
A6. FINISH EVALUATION	2012.11.01

Oltre alla sezione dei travetti, tra i pannelli delle pareti verticali e i pannelli di solaio, c'è un'ulteriore differenza: lo **SPESORE** dei pannelli OSB.

Questa prescrizione progettuale è necessaria perché anche i fogli di OSB collaborano con la **resistenza a flessione** del solaio, in particolare nella resistenza del solaio tra travetto e travetto.



Sotto effetto dei carichi verticali, infatti, il foglio OSB del solaio si deforma come schematizzato in figura:





## DISPOSIZIONE IN PIANTA DELLE PARETI

La disposizione delle pareti deve soddisfare due requisiti fondamentali:

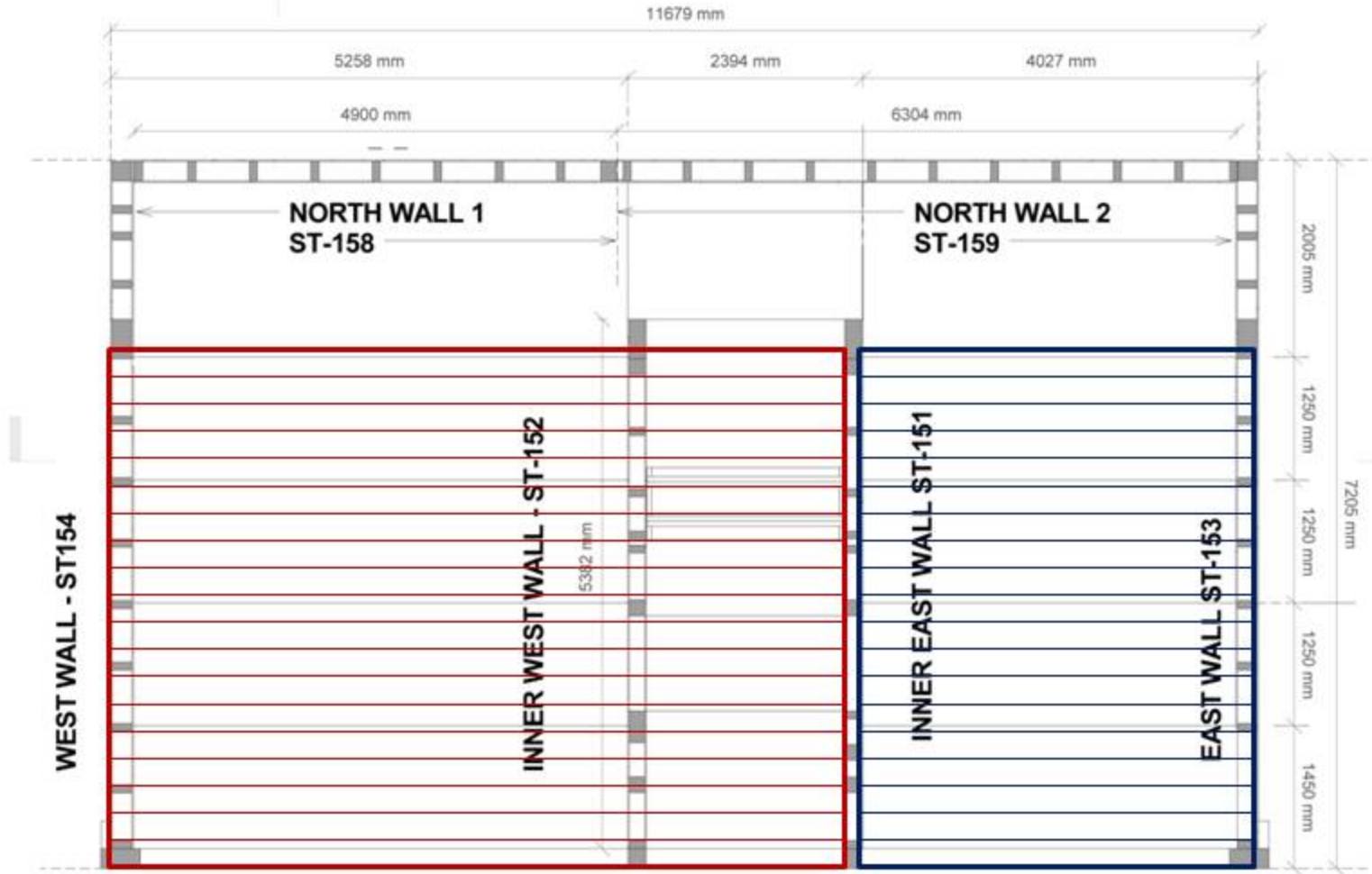
Capacità di portare a terra i **carichi verticali** (derivanti dai solai)

Capacità di portare a terra le **azioni orizzontali** (derivanti da vento e sisma)

Il regolamento di **Solar Decathlon** prevede che il progetto strutturale debba soddisfare sia le norme tecniche del luogo della competizione, sia le norme tecniche del paese partecipante. Pertanto, visto che siamo in Italia, dobbiamo verificare che la **struttura resista alle azioni sismiche**.



Per quanto riguarda i carichi **verticali**, è sufficiente fare in modo che ogni pannello di cui è costituito il solaio si appoggi su **due pareti** portanti disposte **perpendicolarmente** all'orditura dei travetti



Per la funzione resistente alle forze **orizzontali**, invece, è necessario che l'edificio risulti ben **controventato**.

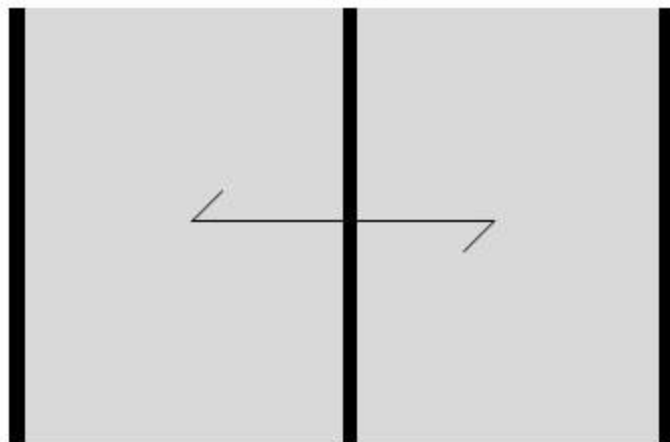


**Regola generale:** nella pianta dell'edificio devono essere disposte almeno tre pareti (controventi) adeguatamente dimensionate e non tutte lungo la stessa direzione.

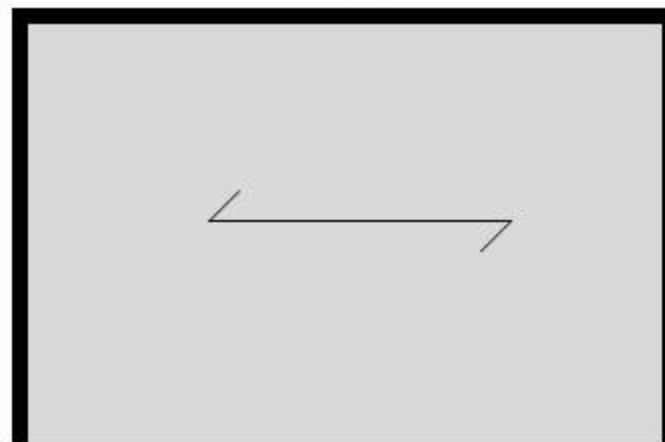
— Parete

■ Pianta edificio

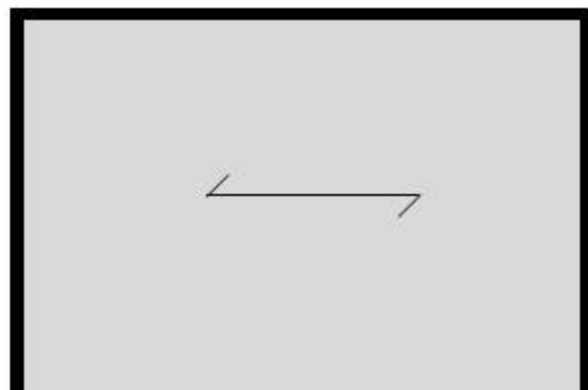
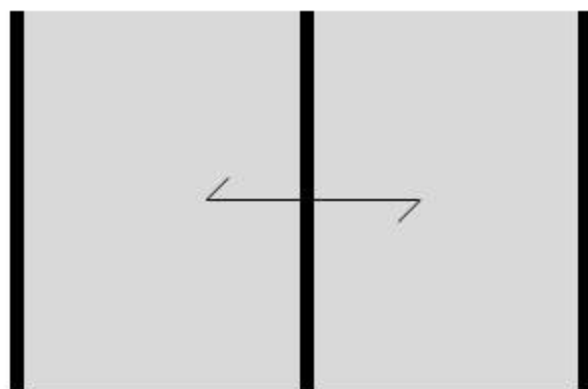
NO



OK



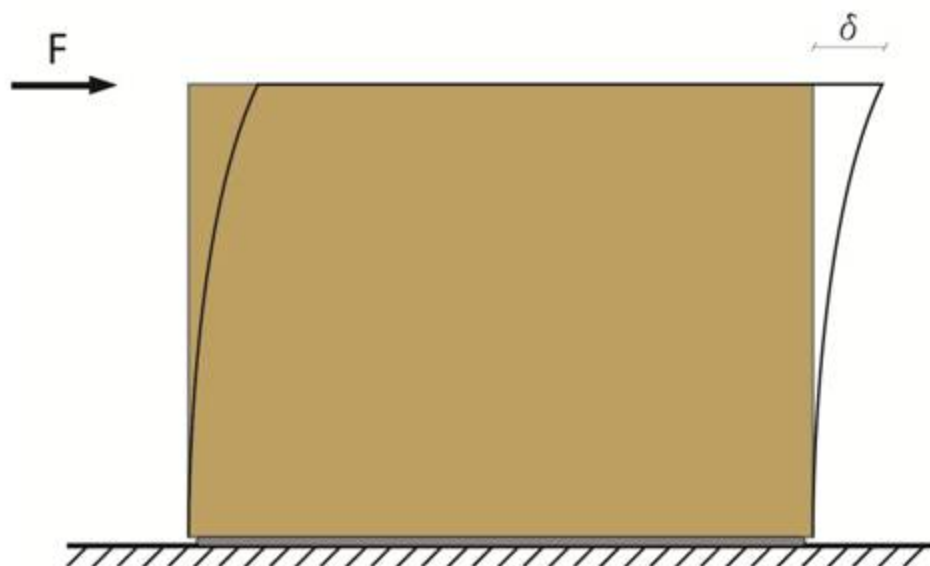
Una spiegazione semplice di questa prescrizione può essere la seguente: un solaio può essere modellato come un **corpo rigido piano**, ossia avente tre gradi di libertà. Per bloccare il moto rigido nel piano c'è bisogno di un **grado di vincolo almeno pari a tre**. Ogni parete può essere modellata ad esempio come un carrello. Per fermare i moti rigidi di un corpo rigido piano con tre carrelli, è necessario che il piano di scorrimento dei tre carrelli non sia lo stesso:



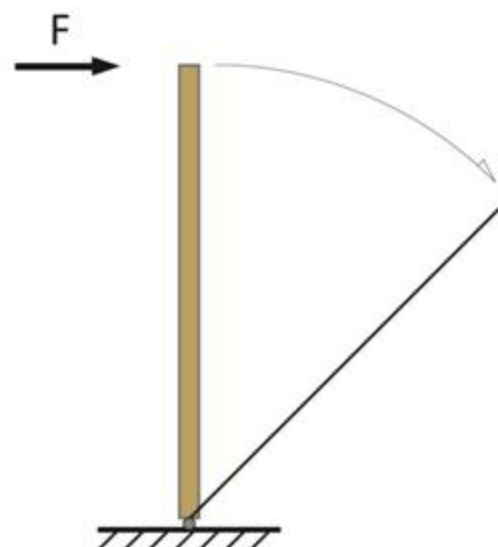
Il motivo per cui la singola parete può essere modellata come un carrello, e non come una cerniera, risiede nella differenza del suo comportamento nel piano medio (**in-plane behaviour**) ed al di fuori di esso (**out-of-plane behaviour**)



Il collegamento tra pannello verticale (parete) e diaframmi orizzontali (per esempio, fondazione) non soddisfa la condizione di incastro e può essere visto come una serie di collegamenti a cerniera:



Buona resistenza all'interno del piano medio della parete



Resistenza della parete trascurabile fuori del piano medio

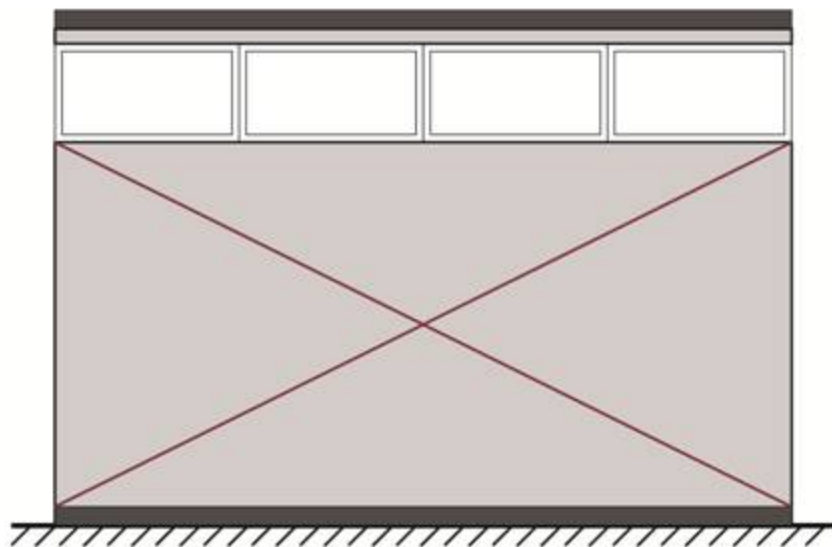


Perché la singola parete possa funzionare da controvento deve essere saldamente collegata **senza soluzione di continuità** o a due solai successivi oppure al solaio di copertura ed alla fondazione



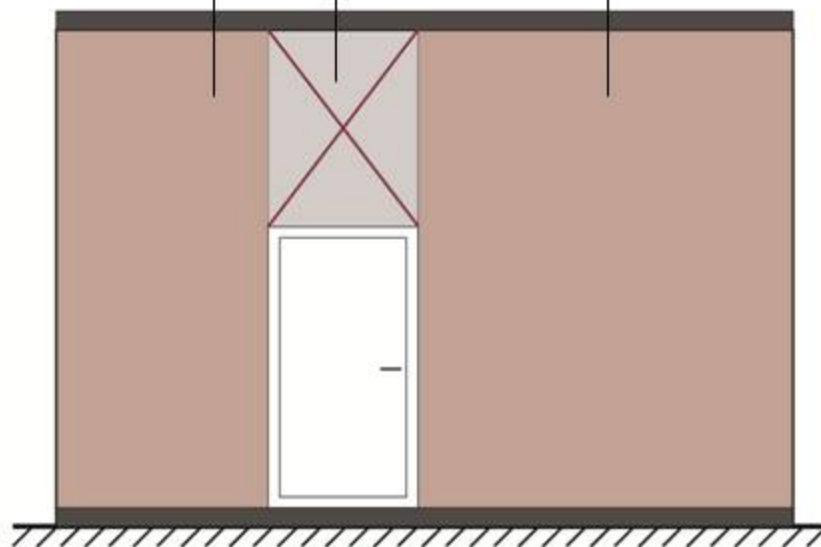
Può essere considerata controvento solo la porzione di parete correttamente connessa ai diaframmi orizzontali

La finestra a nastro rende una parete inutilizzabile come controvento



Porzioni utilizzabili come controventi

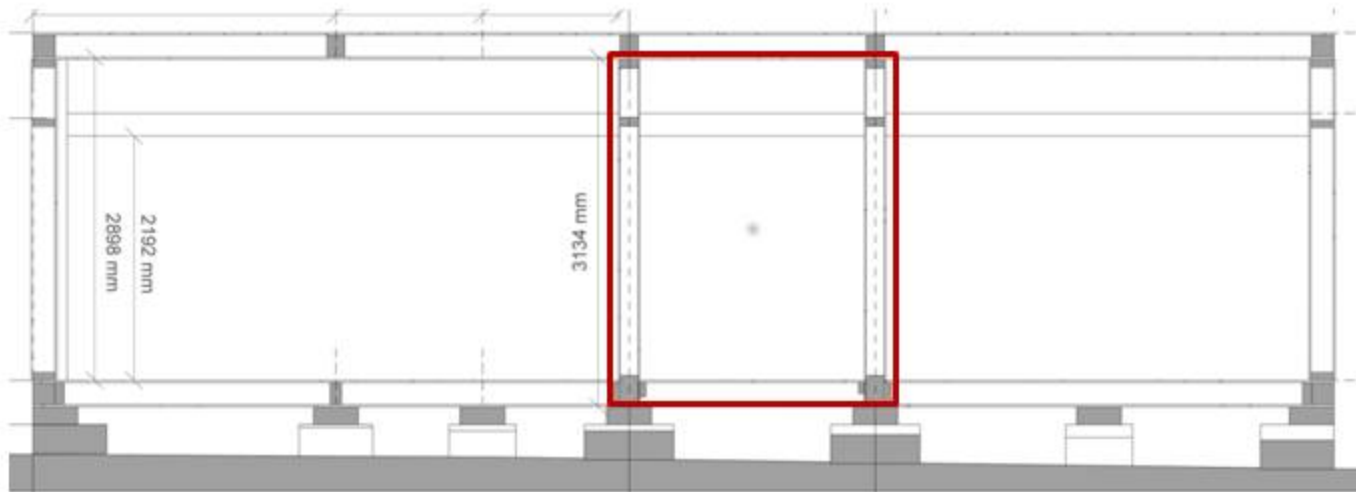
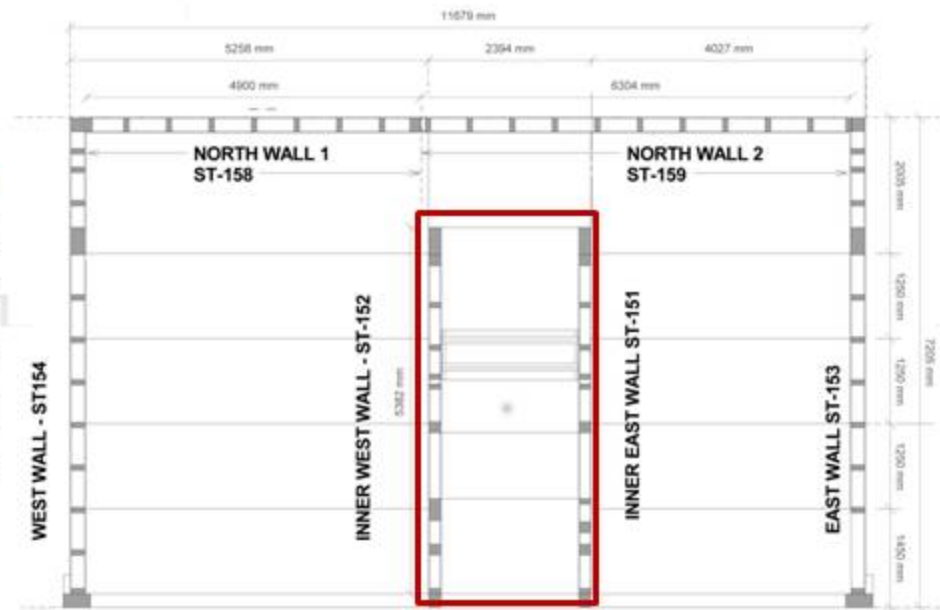
Porzione non utilizzabile



Qualora ci fosse un **blocco servizi** prefabbricato, a forma scatolare chiusa, potrebbe essere utilizzato come controvento efficace



Nel progetto di **Solar Decathlon Europe 2012** l'eccesso di forature nelle pareti del blocco servizi ha impedito che questo elemento collaborasse efficacemente alla resistenza alle forze orizzontali in direzione Est-Ovest



DELIVERABLE	DATE
41. THematic DESIGN	2011.05.07
42. DESIGN DEVELOPMENT	2011.05.16
43. CONSTRUCTION	2012.06.07
44. FINISH CONSTRUCTION	2012.07.09
45. DESIGN EVALUATION	2012.08.08
47. BY FINAL RECONSTRUCTION	2012.10.17