

# VEGETARIAN ARCHITECTURE

tecniche e strumenti pratici per  
la realizzazione dell'architettura  
in materiali naturali

candidata Maria Celeste Milanesio  
relatore Andrea Bocco



Anno Accademico 2023-2024



# INDICE

Abstract	5
0. Inroduzione	7
1. Fondazione	11
1.1 Pietra e legno	13
1.2 Gabbioni	23
2. Solaio	35
2.1 Legno e paglia	37
2.2 Legno e canna palustre	49
3. Parete	61
3.1 Paglia portante	63
3.2 Legno, terra-paglia e canna palustre	81
3.3 Calcecanapa portante	105
4. Copertura	117
4.1 Legno e paglia	119
4.2 Scandole	121
5. Finitura	141
5.1 Termintonaco in calcecanapa	143
6. Conclusione	147
Bibliografia	157



# ABSTRACT

*Non ci vuole un nuovo modo di costruire,  
ma un nuovo modo di vivere.*

Bernard Rudofsky

L'obiettivo di questa tesi è sostenere un radicale cambiamento delle nostre abitudini di vita: in un mondo basato su un modello di consumo e progresso insostenibili, non è di nuovi materiali o di nuove tecnologie che abbiamo bisogno per ridurre l'impatto del nostro costruire, quanto più di abbandonare l'idea che l'architettura debba essere perfetta e immutabile e vedere l'architettura con un occhio meno tecnico e più pratico, tenendo conto del benessere degli occupanti e dei loro bisogni più semplici e basilari.

L'ambito delle costruzioni è tra i più impattanti a livello di inquinamento, ma non lo è sempre stato. L'utilizzo di materiali naturali, vegetali e minerali, di origine locale consente di ridurre notevolmente questo impatto, se non addirittura di contrastarlo, senza nulla togliere dal punto dell'efficienza energetica. È qui, all'incontro tra progettazione e conoscenza pratica di questa "architettura vegetariana", che la mia tesi ha l'obiettivo di agire per un cambiamento sempre più necessario.

*What we need is not a new way of  
building but a new way of living.*

Bernard Rudofsky

The goal of this thesis is to argue for a radical change in our living habits: in a world based on an unsustainable pattern of consumption and progress, it is not new materials or new technologies that we need to reduce the impact of our building, so much as to abandon the idea that architecture should be perfect and unchanging and to see architecture with a less technical and more practical eye, taking into account the well-being of the occupants and their simplest and most basic needs. The field of construction is among the most impactful in terms of pollution, but it has not always been so. The use of natural, plant and mineral materials of local origin makes it possible to greatly reduce this impact, if not actually counter it, without detracting from the point of energy efficiency. It is here, at the meeting of design and practical knowledge of this "vegetarian architecture," that my thesis aims to act for an increasingly necessary change.



# INTRODUZIONE 0

# introduzione

Il progetto Vegetarian Architecture Lab nasce dalla volontà di valorizzare la conoscenza pratica del costruire tra gli studenti di architettura e di dimostrare le qualità e le potenzialità dell'utilizzo di materiali naturali, verso un'architettura che abbia un'impronta di carbonio neutra entro il 2040. Il termine "architettura vegetariana" si riferisce appunto ad una architettura fatta di materiali naturali il più possibile di provenienza locale, vegetali e minerali, e un minimo utilizzo di materiali plastici (isolanti, membrane...) con l'obiettivo di ridurre il più possibile l'impatto ambientale dell'edificio e di stoccare carbonio al suo interno. Tramite il Life Cycle Approach è possibile infatti calcolare l'impronta di carbonio di ogni materiale impiegato, dall'estrazione e produzione al trasporto, delle fasi operative del cantiere fino a fine vita dell'edificio. Questo approccio alla progettazione va oltre la ricerca dell'efficienza energetica e dell'energia incorporata dall'edificio (embodied energy), ricercando una migliore qualità della vita dei futuri occupanti, cercando di dimostrare che è necessario un cambiamento nelle attuali pratiche di costruzione e, di conseguenza e a priori,

di progettazione. Ma come si progetta con i materiali naturali? E come sceglierli? È per rispondere alla prima domanda che ho scelto di lavorare nel cantiere di Vegetarian Architecture Lab e di documentarne l'attività, poichè trovo fondamentale conoscere il processo costruttivo in tutte le sue fasi per poter progettare correttamente, oltre a conoscere i calcoli necessari per la struttura e l'efficienza energetica. In ambito universitario, purtroppo, il catalogo dei materiali utilizzabili in un progetto è limitato ai più diffusi (per esempio, per gli elementi strutturali, cemento, laterizio, acciaio, e legno ingegnerizzato, lamellare o X-lam) un po' per semplificare il calcolo un po' perchè manca un approccio etico che metta in discussione ciò che è normale oggi rispetto a ciò che era normale qualche secolo fa. Le tecniche di costruzione con materiali naturali sono sì aggiornate e attualizzate, ma nascono con l'architettura vernacolare in un tempo in cui i trasporti erano limitati e non c'era una fonte illimitata di materiale da cui attingere. L'architettura vegetariana sostiene l'uso di materiali a bassa emissione di carbonio, di provenienza locale e rinnovabili in approccio innova-

tivo che da vita ad edifici basati su tecnologie semplici e artigianato attraverso una scelta accurata di materiali naturali. Un concetto chiave dell'approccio dell'architettura vegetariana è l'importanza di scegliere materiali facilmente reperibili nell'area locale, come la paglia, la terra, il legno e la pietra. Trovo sia necessario specificare che non tutti i materiali naturali sono adatti a ogni tipologia di costruzione: oltre a dipendere dal contesto in cui si va a costruire, talvolta un progetto può richiedere prestazioni, principalmente strutturali, che un materiale completamente naturale non può soddisfare. Ad esempio un edificio che abbia necessità di un ambiente completamente libero con una grande luce: sarebbe sconveniente abbattere e trasportare la quantità necessaria di tronchi per la copertura, per cui una soluzione meno naturale, a livello di calcoli, potrebbe dare un risultato migliore anche dal punto di vista dell'impatto. La scelta di costruire in materiali naturali, per quanto radicale, deve ammettere il compromesso, per soddisfare le necessità dell'uomo contemporaneo e le sue normative.

Il cantiere di Vegetarian Architecture

Lab, che si trova a Grugliasco, è un cantiere sperimentale e didattico in cui per oltre due anni ho avuto la possibilità di fare esperienza sia per quanto riguarda le pratiche costruttive e artigianali dell'architettura naturale, sia per quanto riguarda la risoluzione di problematiche di cantiere quali imprevisti e incongruenze di progetto.

Questo mio progetto di tesi si vuole quindi proporre come manuale illustrato che raccoglie la nostra esperienza diretta nel costruire ciò che è stato progettato da altri e nel risolvere le problematiche che ci si sono presentate. Il fine è quello di fornire degli esempi per ogni componente architettonica (fondazioni, solai, pareti, copertura e finiture) per facilitare la progettazione dell'architettura vegetariana a chi abbia la volontà di approcciarsi e progetto di ampliare questo catalogo con esperienze future. Questo cantiere segue la costruzione di due padiglioni ed un prototipo sperimentale tramite tre principali tecnologie diverse: paglia, terra-paglia e calcecanapa. Essendo progettati con scopo didattico, le tre costruzioni presentano diverse soluzioni nelle componenti, in modo tale da poter verificare le prestazioni di ognuna.

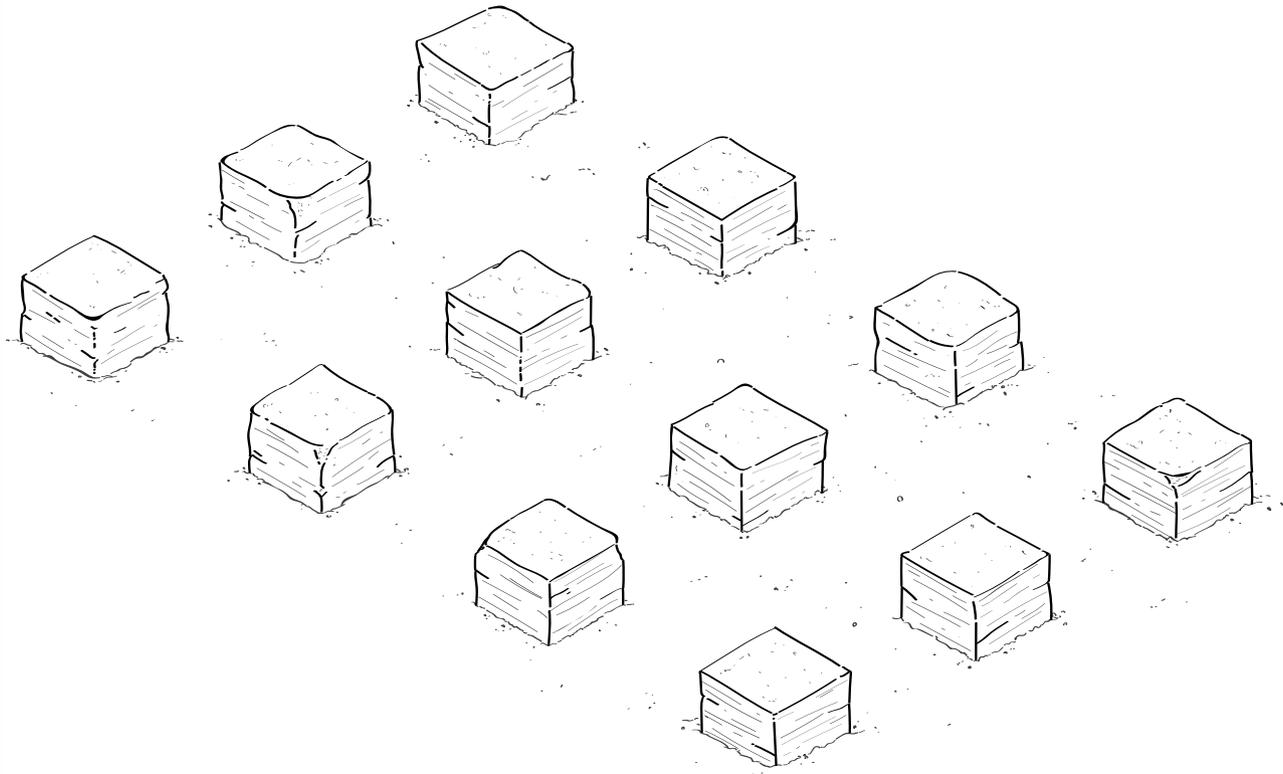


# FONDAZIONE 1.



# pietra e legno 1.1

# pietra e legno



1

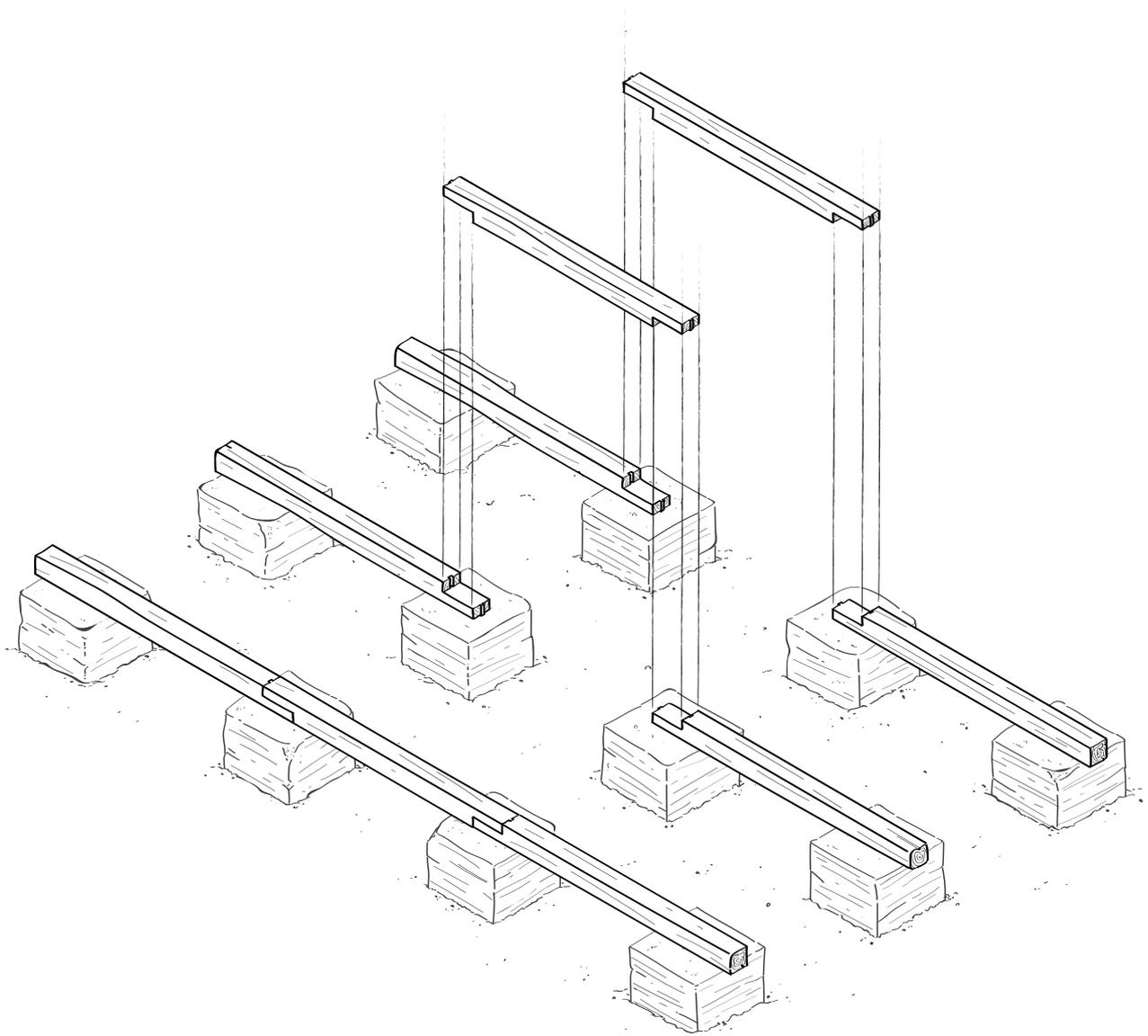
Il primo sistema di fondazioni, previsto per l'edificio in paglia portante, è composto da blocchi di pietra di luserna grezzi, di scarto della cava, su cui appoggia un telaio di travi e travetti in legno.

La pietra di luserna ha il vantaggio di essere di origine metamorfica lamellare, cioè composta a strati che, posti parallelamente al livello del suolo, impediscono la risalita dell'umidità.

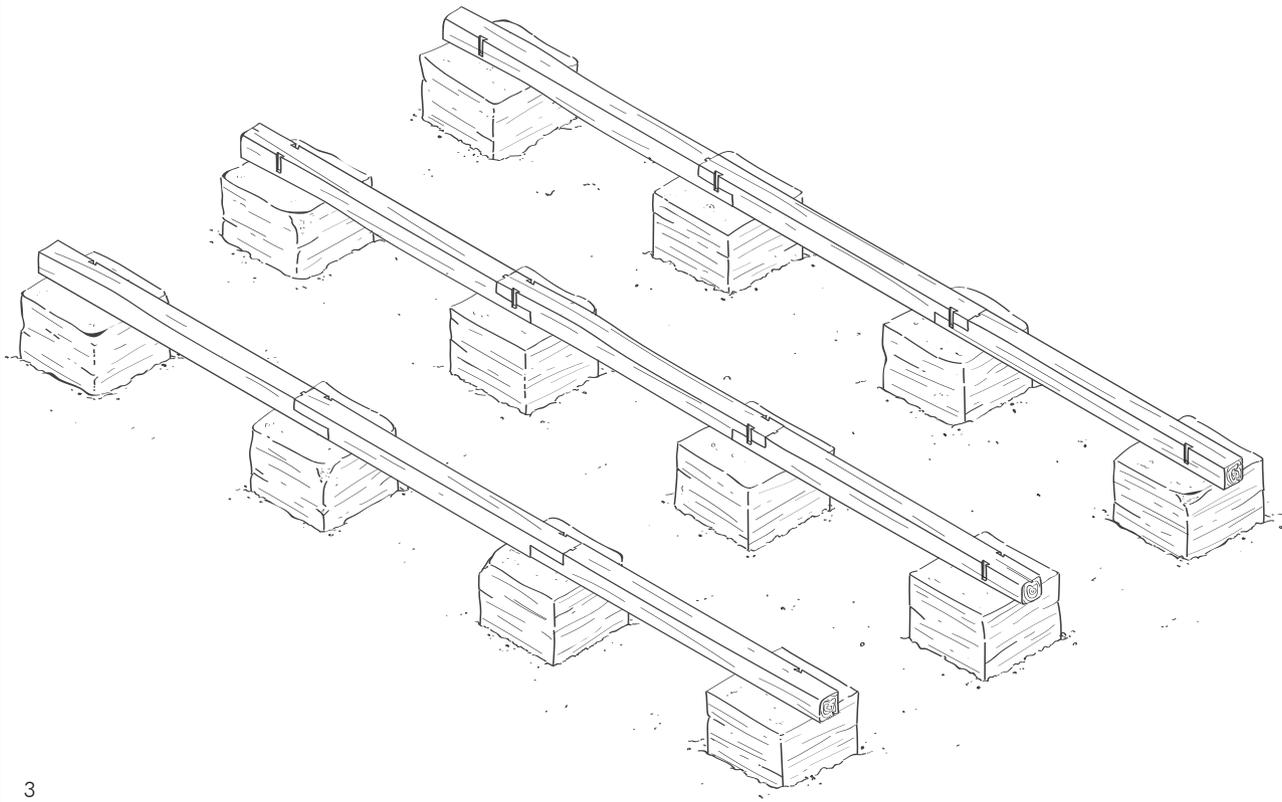
I materiali impiegati, dunque, sono:

- travi in castagno uso fiume 20x20cm
- travi in castagno 5x20cm
- blocchi di pietra di luserna

Una volta posizionati i blocchi di pietra in modo tale da portare la superficie superiore di ognuno sullo stesso piano orizzontale (1), sono state appoggiate e assemblate le tre travi principali (2, 8, 9 e 10). Ogni trave principale è derivata dall'assemblaggio a secco.



# pietra e legno



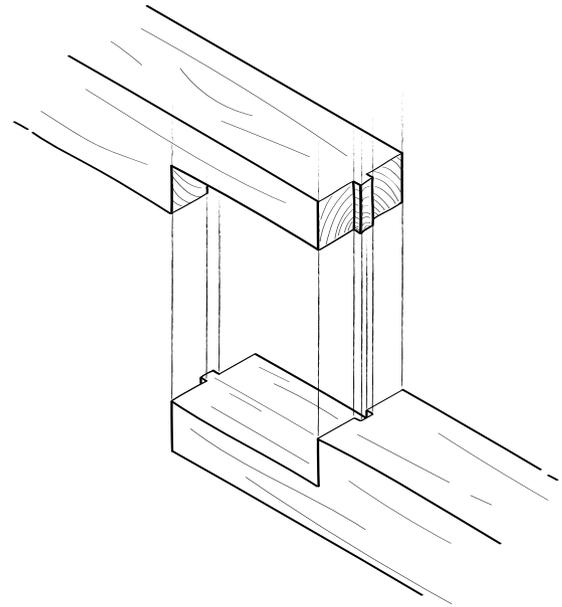
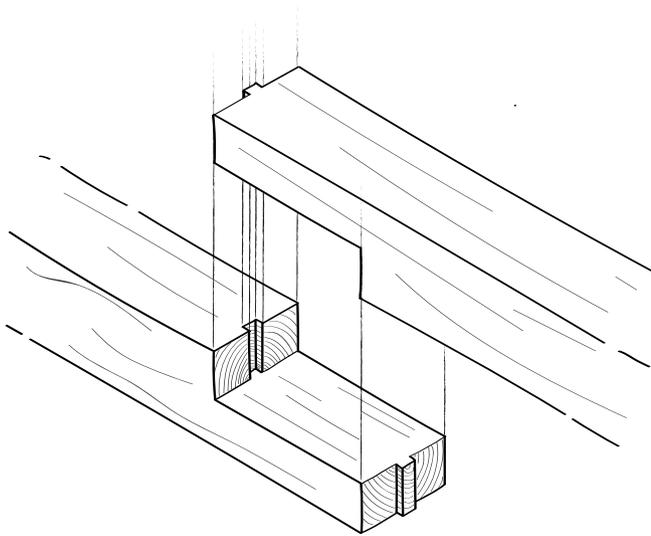
3

Si è scelto un incastro a mezzo legno con tenone e mortasa (3, 4, 4a e 7) che vincola gli spostamenti trasversali. Gli incastri sono stati fatti coincidere con l'appoggio sulle pietre di fondazione, che vincolano gli spostamenti verticali (4). Per agevolare l'assemblaggio sono state usate delle cinghie.

Successivamente sono stati ricavati gli alloggiamenti dei travetti secondari (5, 11 e 12). In questo caso è stato scelto un

incastro a coda di rondine che prende solo  $3/4$  dell'altezza della trave (6) in modo da essere vincolati sul movimento verticale alle travi principali. Gli incastri a coda di rondine servono inoltre come vincolo sull'asse longitudinale delle travi principali in corrispondenza dei primi incastri (6a e 6b).

Il risultato (13) è un sistema di fondazione molto semplice ma efficace: il solaio che verrà appoggiato sopra sarà al sicuro



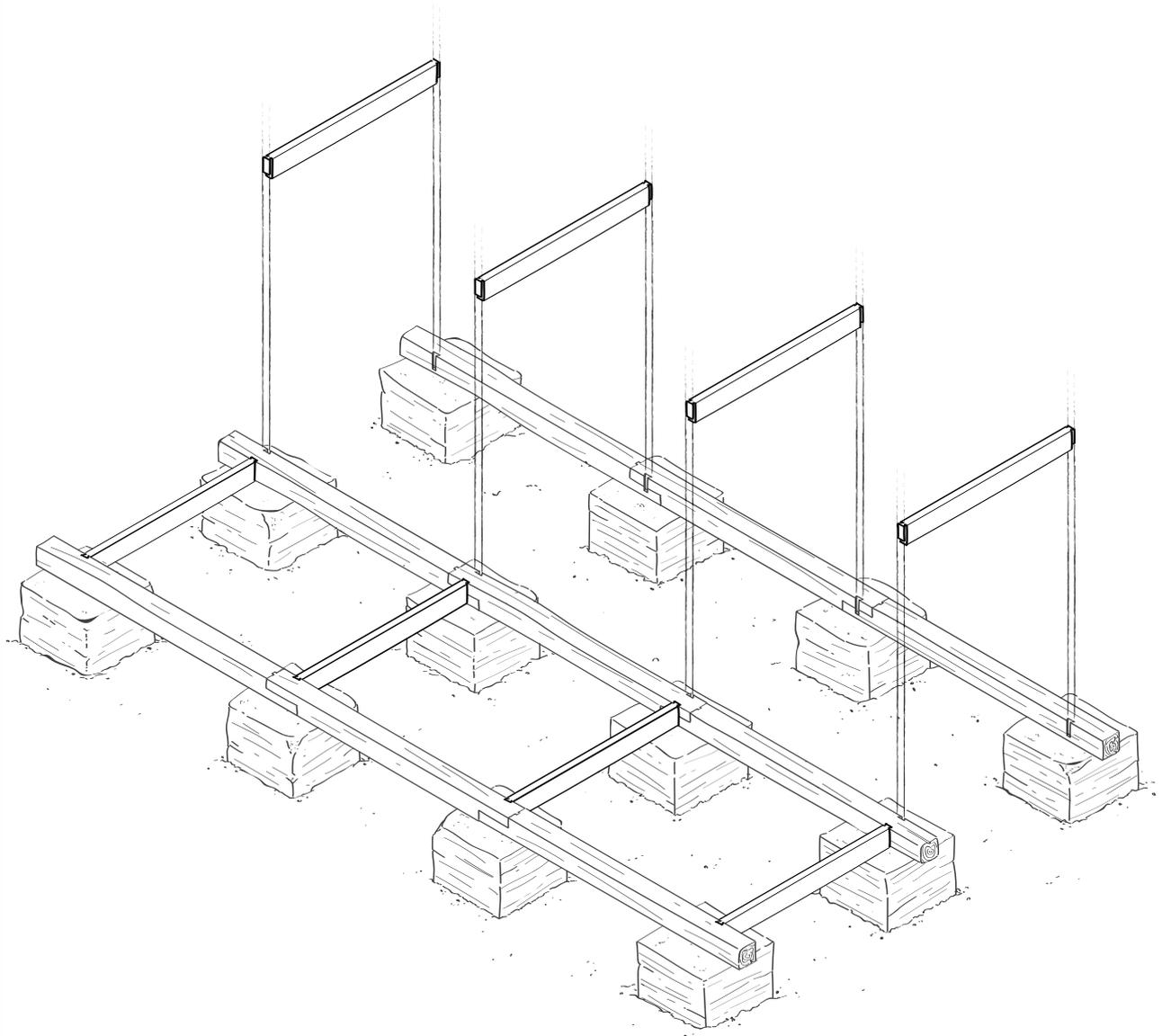
4

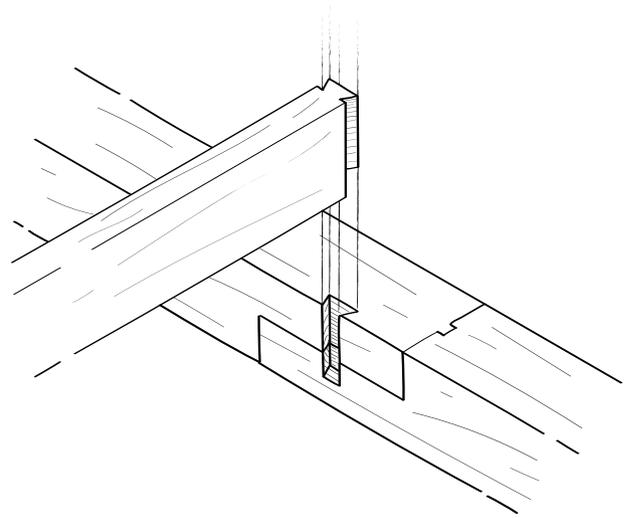
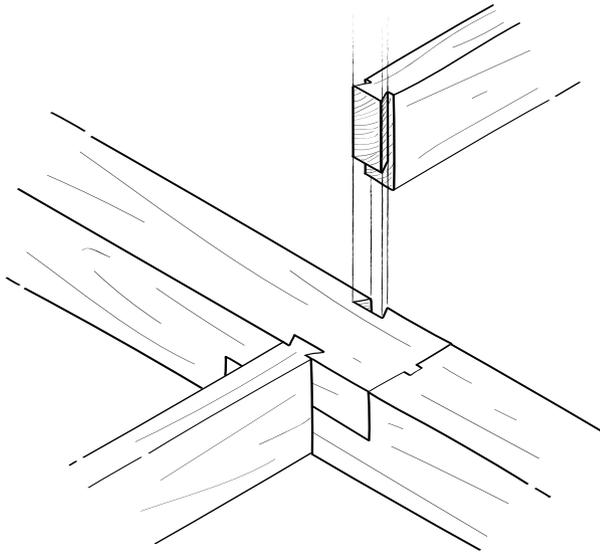
dall'umidità di risalita, le fondazioni saranno ispezionabili e areate e inoltre non è previsto l'utilizzo di viti o collanti poiché l'attrito pietra-legno è sufficiente da evitare spostamenti orizzontali dovuti al vento.



4a

# pietra e legno





6



6a



6b

# pietra e legno



7



10



8



11



9



12

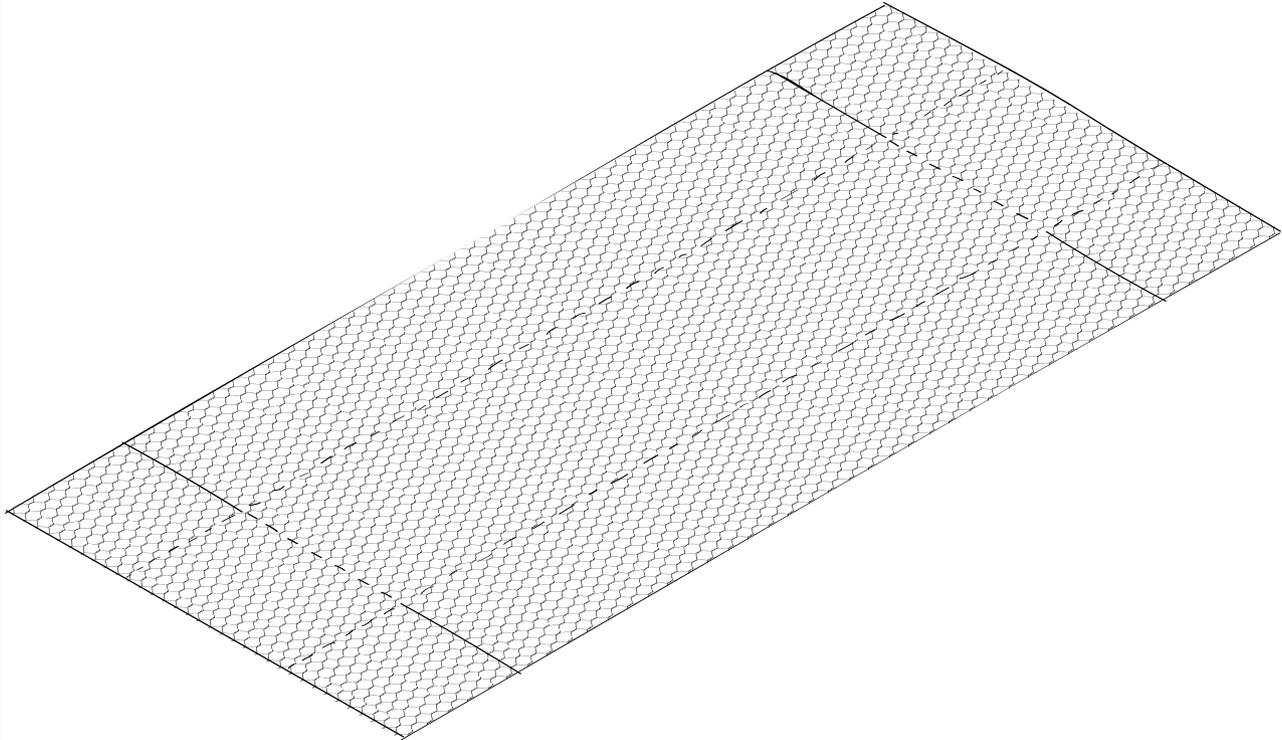


13



# **gabbioni 1.2**

# gabbioni



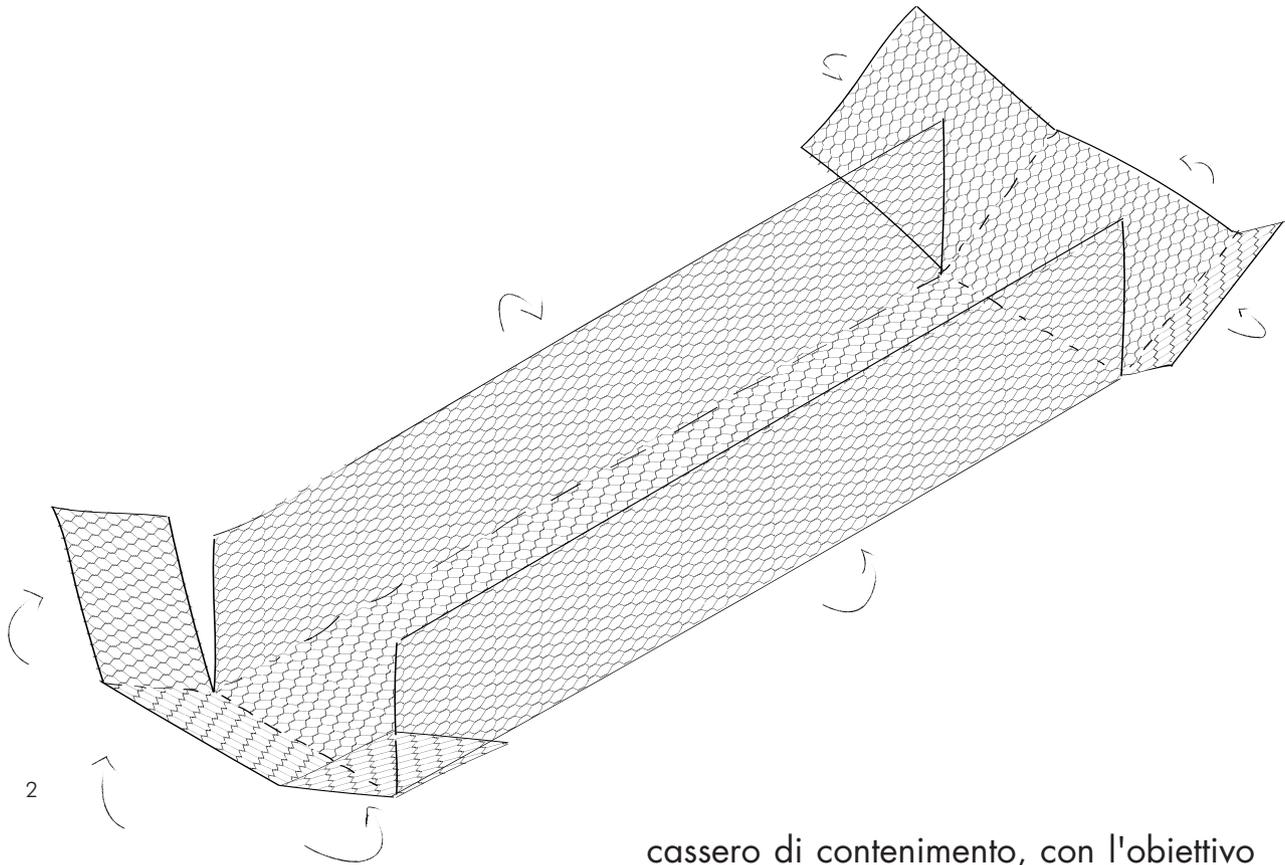
1

L'edificio in terra-paglia poggia su fondazioni a gabbioni fuori terra. Questa tecnica si adatta molto bene alla necessità di fondazioni aeree, che isolino dal suolo e dall'umidità, ed è possibile applicarla sia a fondazioni continue, come nel nostro caso, che puntuali, fuori terra o interrate. I materiali impiegati per la realizzazione sono:

- rete metallica zincata a maglia esagonale

- cavo metallico
- pannelli da armatura e listelli 5x5cm
- barre filettate
- aggregato (macerie frantumate e pietra)
- tavole di radice di sezione 24x5cm
- listelli distanziatori 5x5x2cm

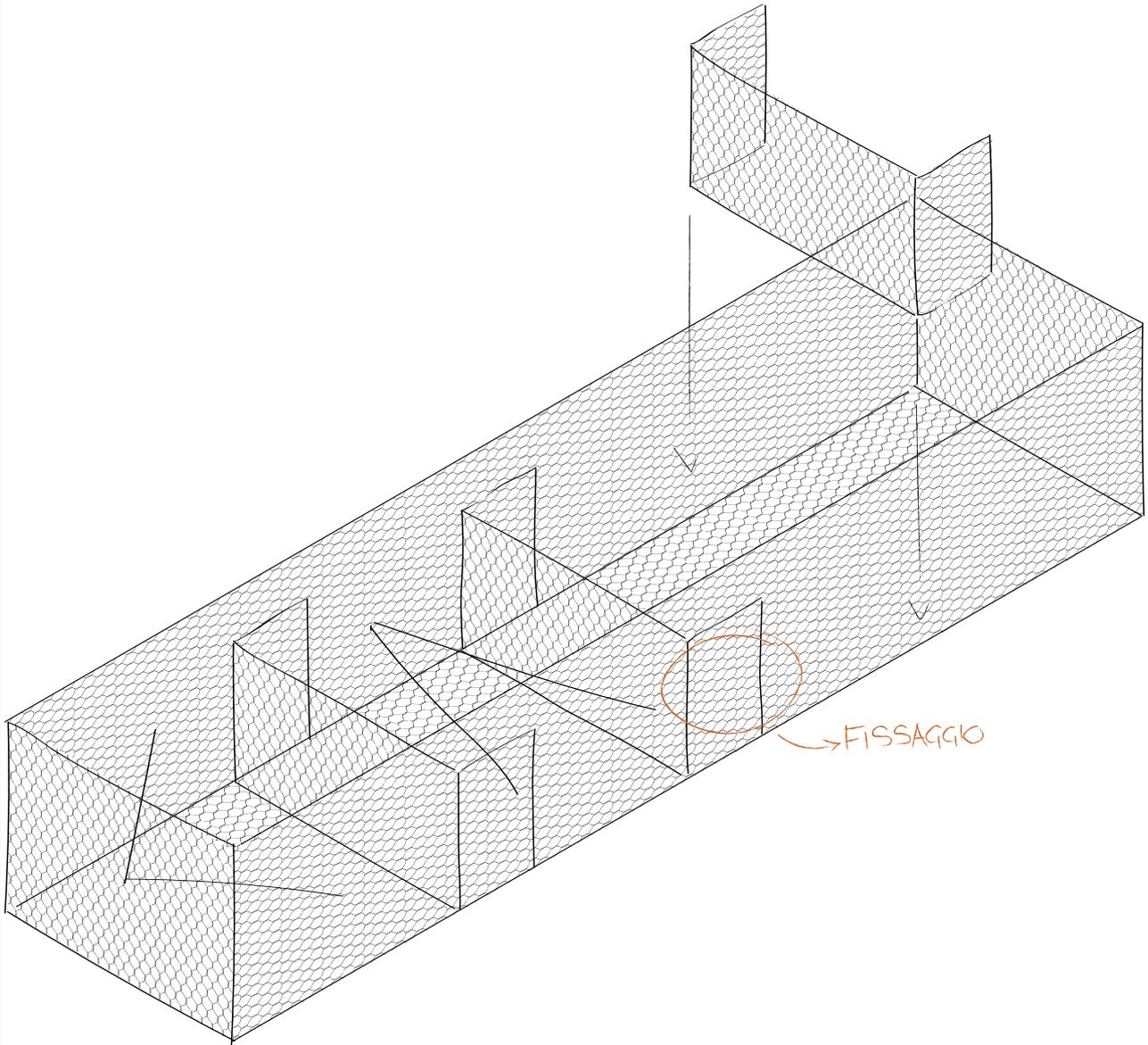
Come illustrato nella pagina precedente, viene innanzitutto tagliata la rete metallica della lunghezza necessaria per il gabbione più due altezze, lasciando un margine di circa due/tre celle, e

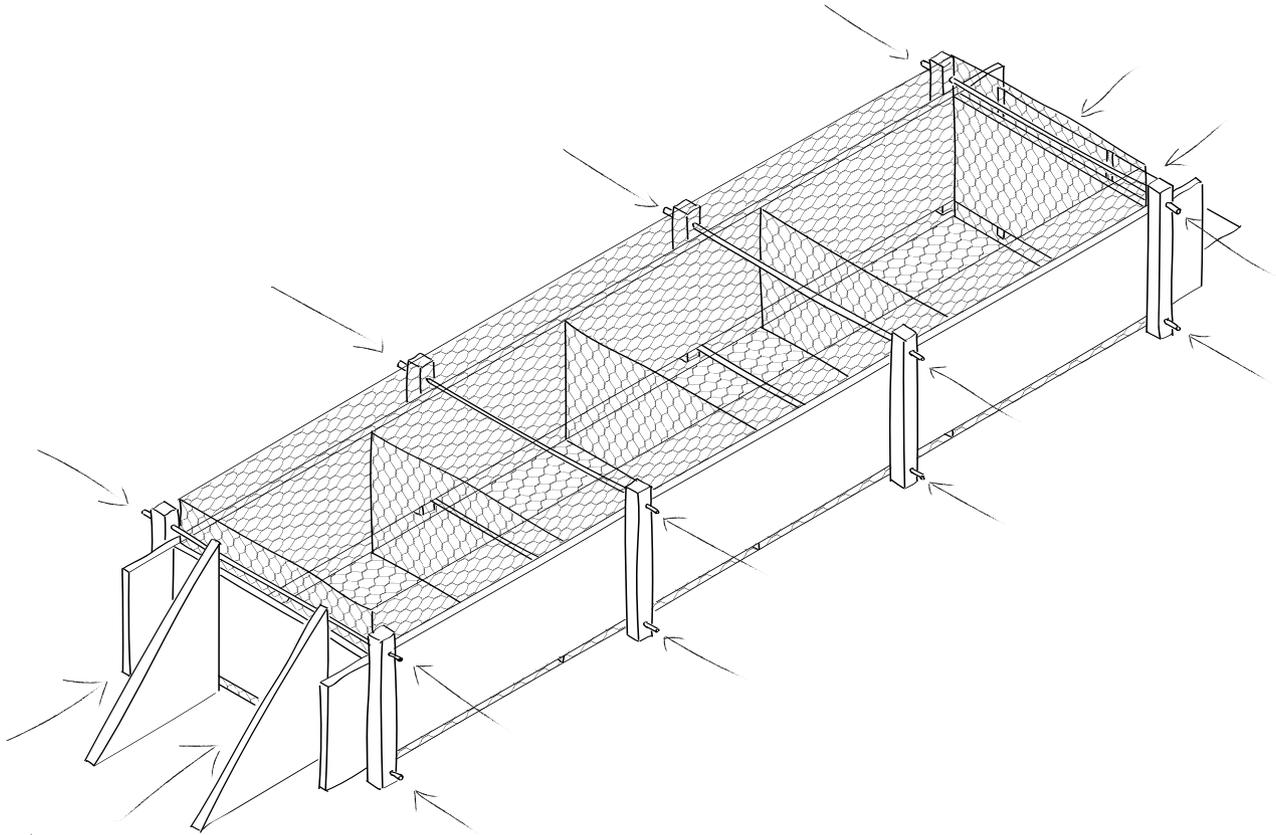


successivamente ne abbiamo ricavato lo sviluppo del solido contenitore (1 e 2). Per dare maggiore rigidità al gabbione ed evitare spanciamenti sono stati aggiunti dei diaframmi (a circa 75/100cm di distanza l'uno dall'altro) e dei cavi metallici posti diagonalmente con la medesima funzione (3), il cui fissaggio è illustrato nelle immagini 5 e 12. A questo punto viene costruito il

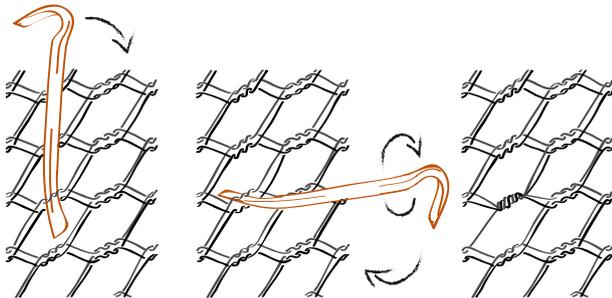
cassero di contenimento, con l'obiettivo di prevenire deformazioni della gabbia metallica durante il riempimento e la costipazione (4). Il cassero illustrato è composto da tavole da armatura e listelli in legno forati che vengono mantenuti a distanza tramite barre filettate. Sui lati corti si è optato per l'utilizzo di due contrafforti triangolari ancorati al suolo. Tutte le tavole da armatura sono state messe in bolla sul piano verticale (13).

# gabbioni





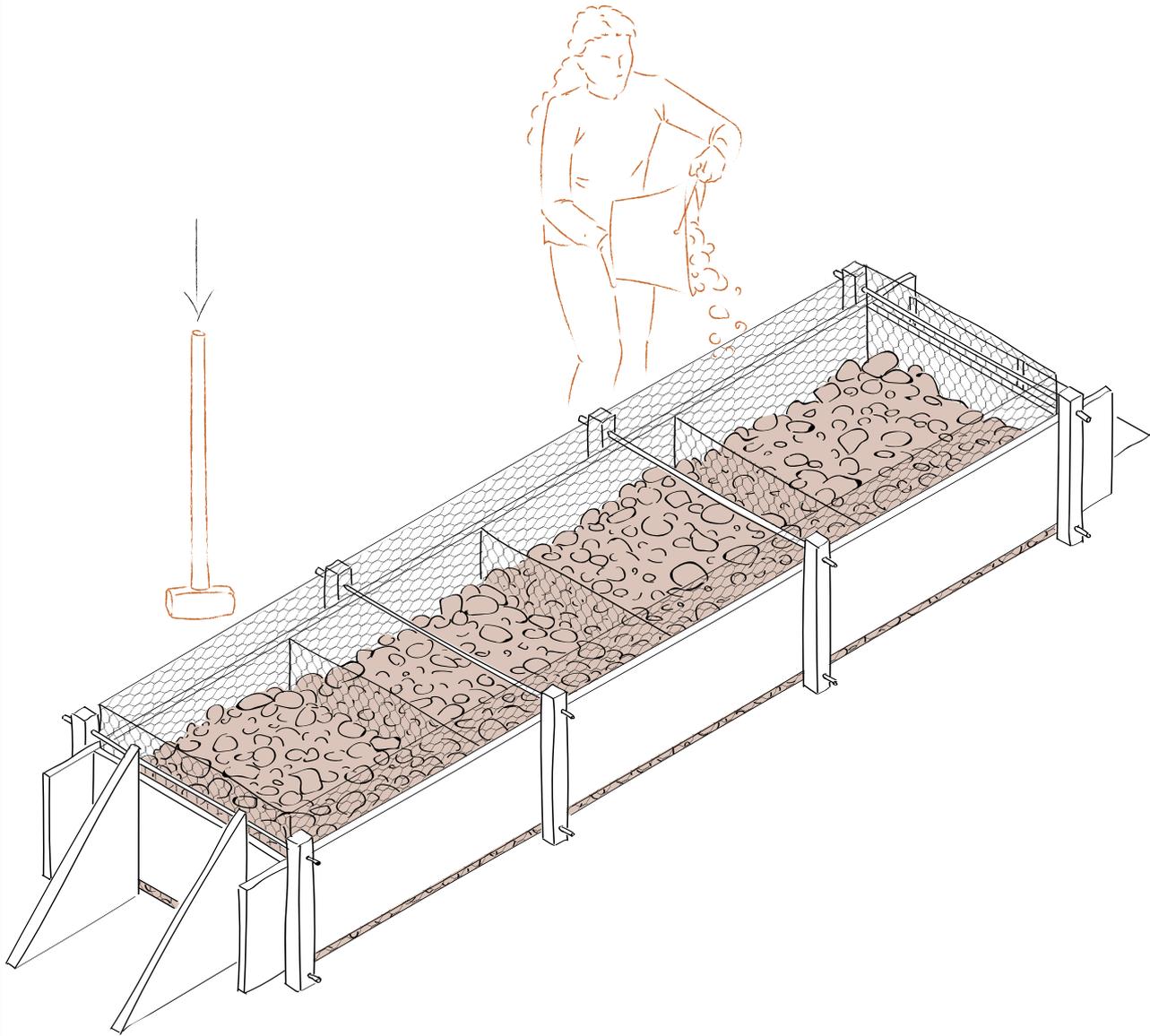
4

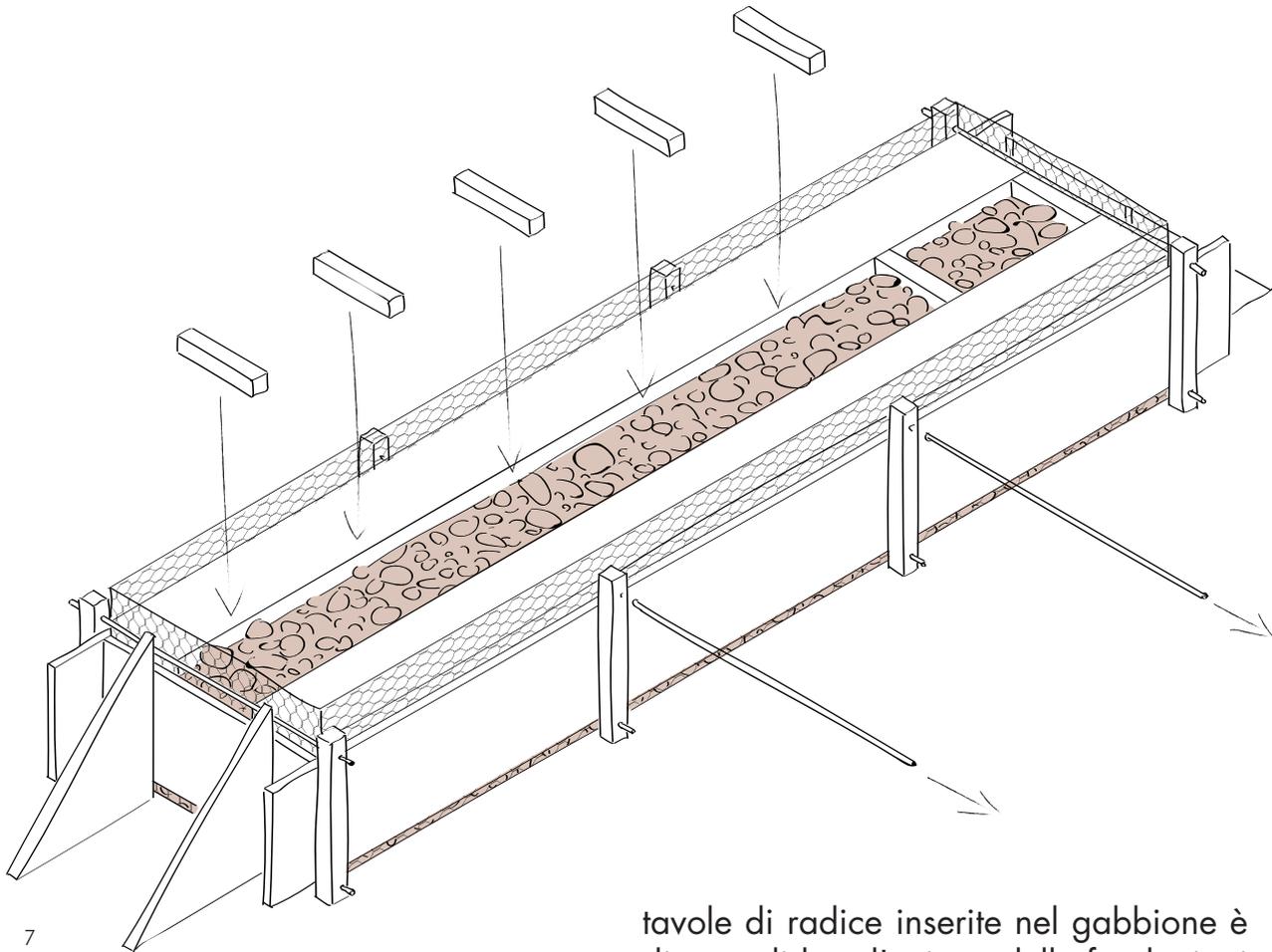


5

A questo punto si procede con il riempimento della gabbia, prestando attenzione a non piegarla e a posizionare gli aggregati di granulometria inferiore nell'area centrale, lontano dalla rete metallica per evitare successivi cedimenti per fuoriuscita di materiale. Per lo stesso motivo, circa ogni 10/15cm di altezza raggiunti con il riempimento, l'agglomerato viene costipato con una mazza (6 e 14).

# gabbioni

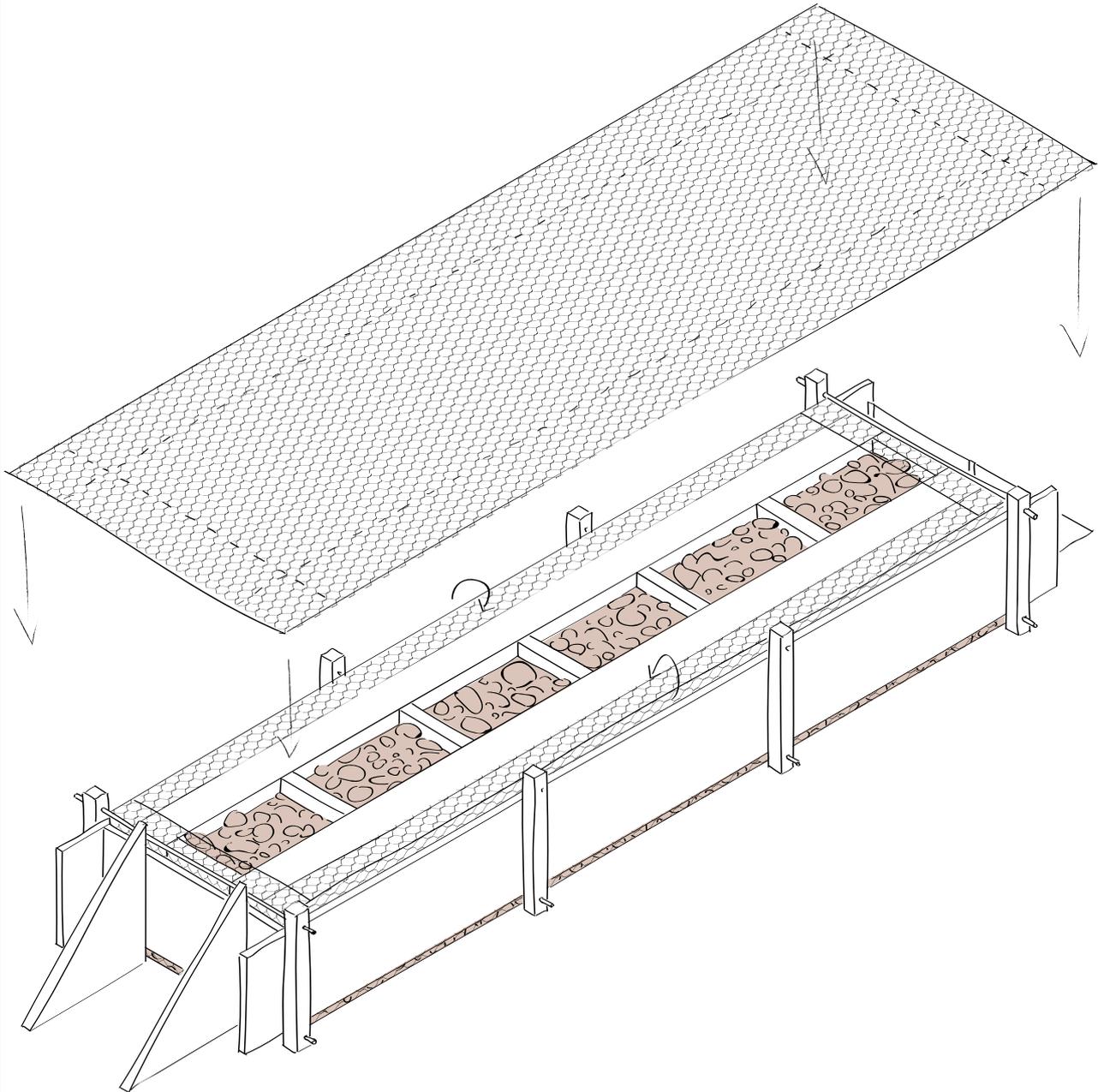


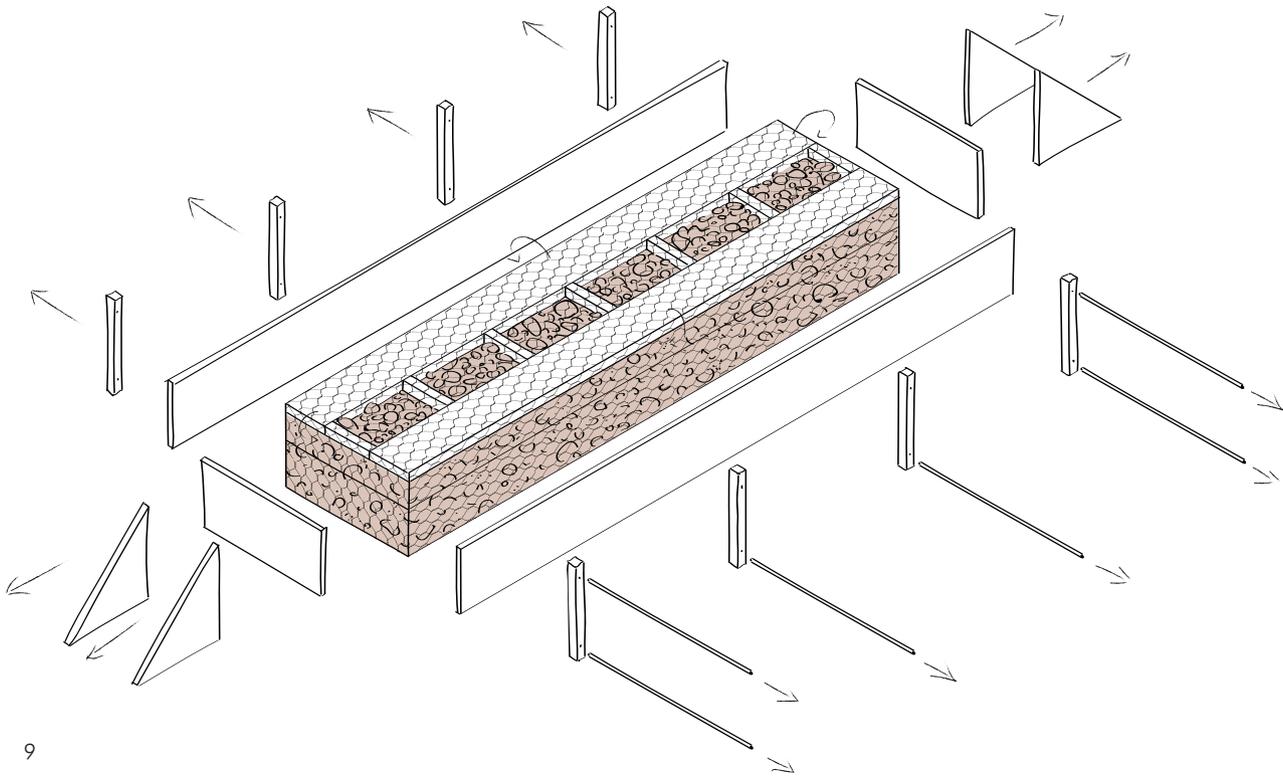


Raggiunta la quota desiderata di agglomerato, in questo caso 40cm dal suolo, vengono rimosse le barre filettate centrali superiori e inserite le tavole di radice (15) che vengono messe in piano (16) e tenute in posizione con dei distanziatori (7). La funzione delle

tavole di radice inserite nel gabbione è di consolidare l'unione delle fondazioni con pareti e solaio senza la necessità di un getto in calcestruzzo come superficie di aggrappo. Si procede quindi con la chiusura del gabbione risvoltando la rete in eccesso dei lati verticali (17) e coprendolo con un ulteriore pezzo di rete, anch'esso tagliato abbondante di

# gabbioni



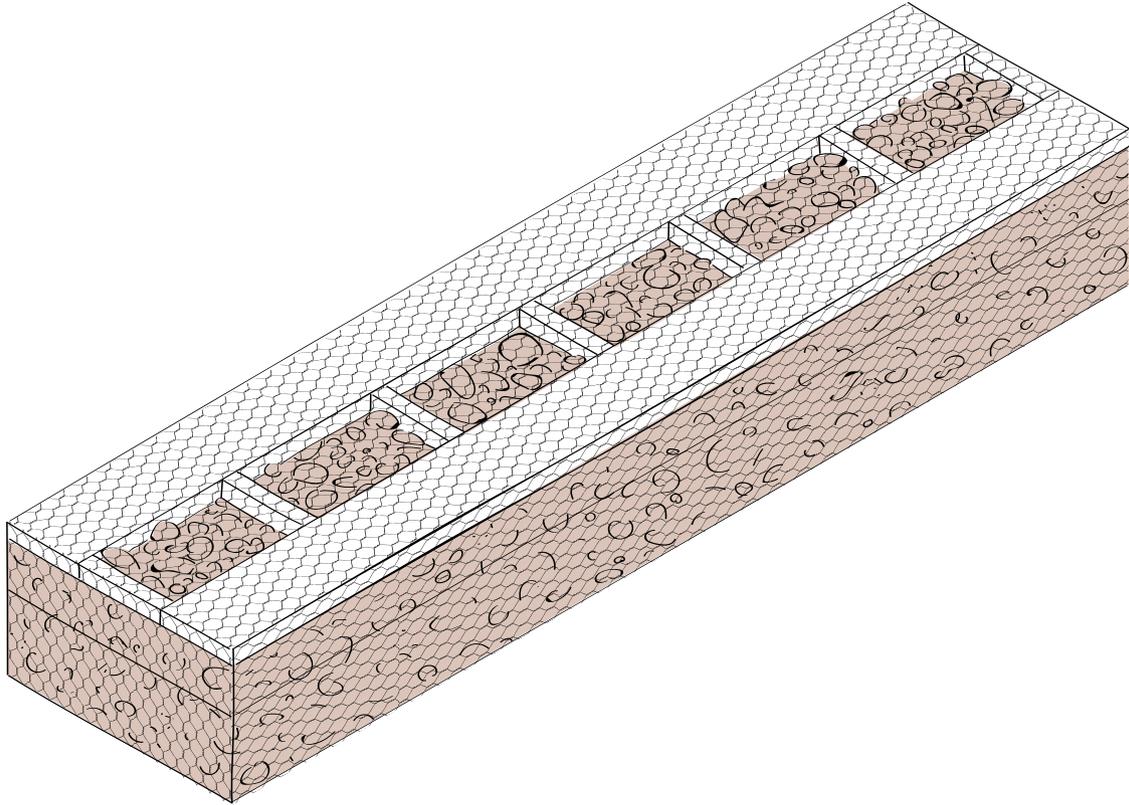


9

almeno 2/3 celle rispetto alla superficie superiore (8). Il fissaggio della copertura del gabbione (11) deve essere eseguito con attenzione nel mettere in tensione la gabbia di rete (è consigliabile lavorare a coppia, ai due lati del gabbione, e procedere parallelamente). Una volta chiuso il gabbione su tutto il perimetro è possibile rimuovere il cassero, sfilando le barre filettate dal suo interno e successivamente listelli e tavole (9). Infine si risvolta l'eccesso della copertura

sui lati e viene legato ulteriormente per una migliore distribuzione della tensione e conseguente miglioramento della prestazione del gabbione (10). La procedura che abbiamo seguito è molto semplice ma ha richiesto, nel nostro caso, una notevole quantità tempo per l'esecuzione (circa 4h/m lineare, considerando una manodopera di media 4 persone, per un gabbione di 45cm di altezza e 75cm di profondità).

# gabbioni



10



11



12



13



16



14



17



15



18

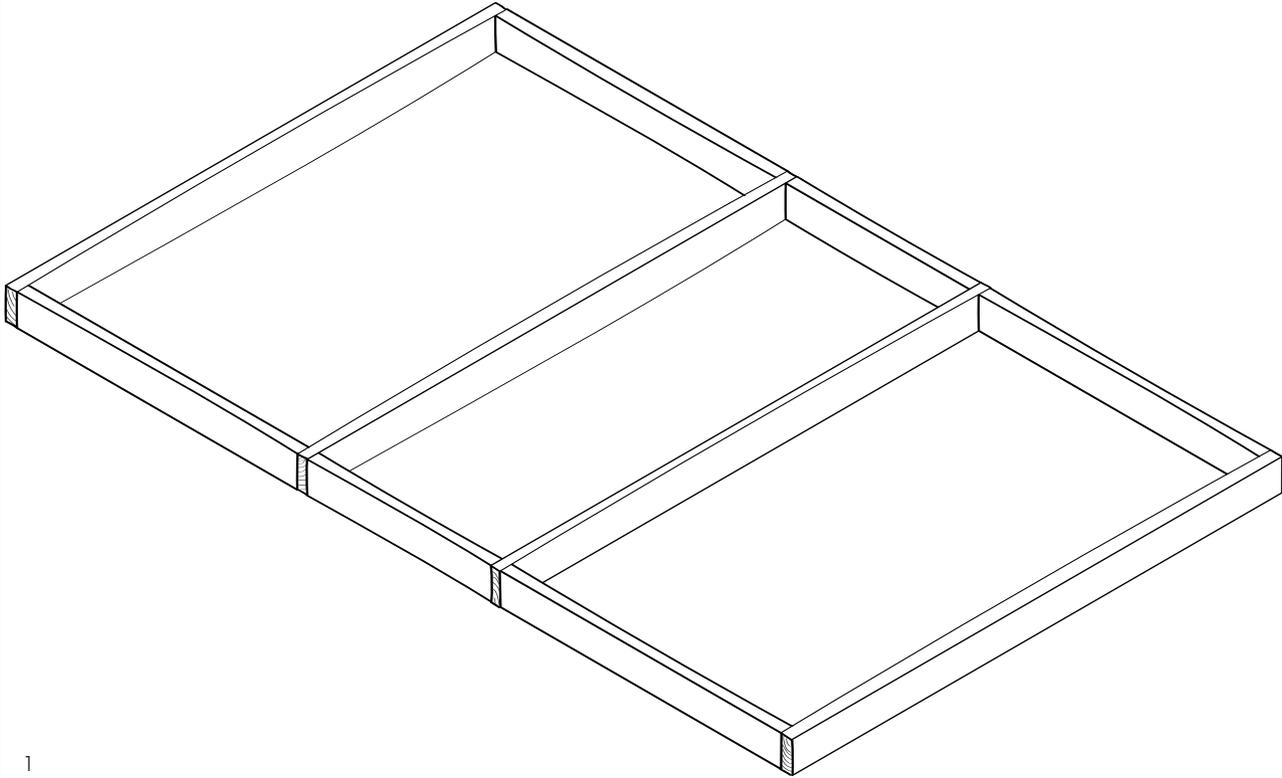


# SOLAIO 2.



# legno e paglia 2.1

# legno e paglia



1

Il solaio in legno e paglia è un unico blocco prefabbricato le cui dimensioni sono state principalmente dettate dalle misure delle balle di paglia utilizzate. Per cui, per motivazioni di impatto ambientale e reperibilità, il dimensionamento delle travi risulta svantaggioso ma necessario.

Nel dettaglio, sono stati utilizzati:

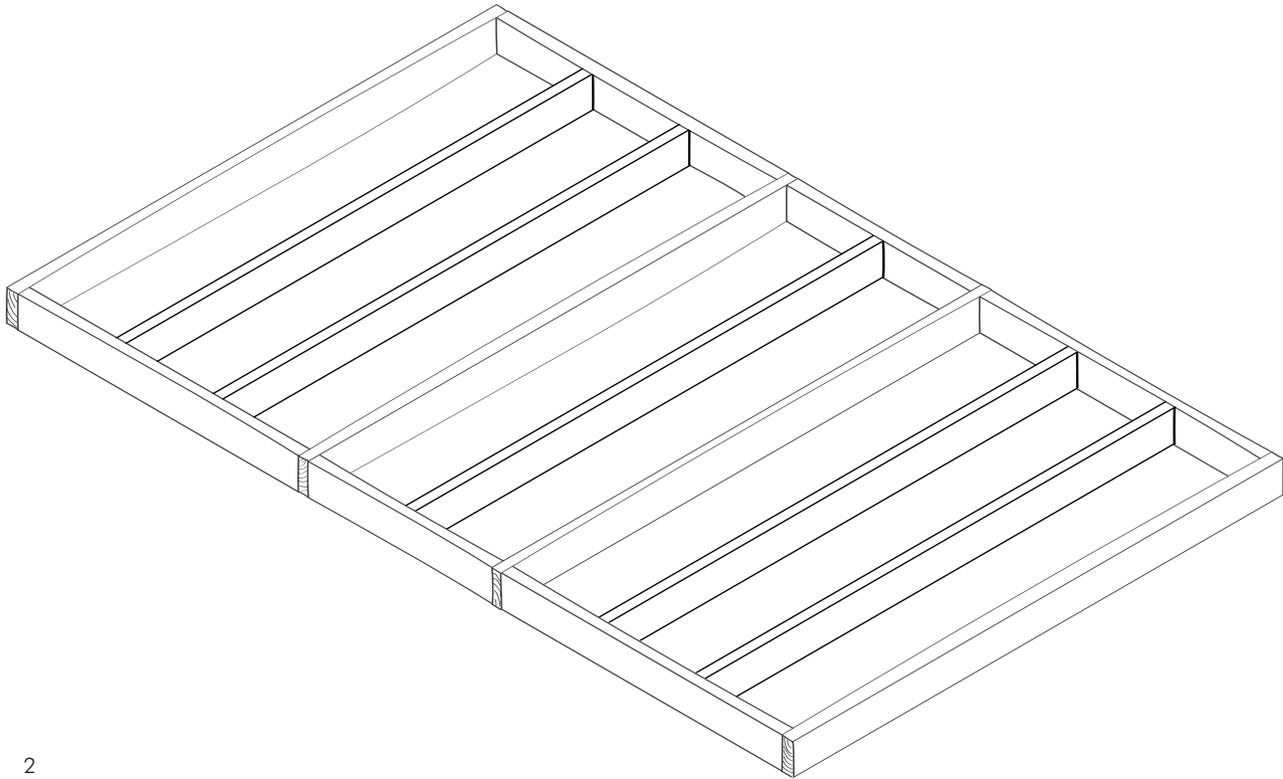
- travi in abete 12x33cm per le travi di bordo
- travi in abete 10x33cm per le travi

interne

- balle di grano 45x95x35cm per l'isolamento

- tavolato in abete di spessore 2,5cm

Il solaio è stato costruito a lato delle fondazioni, partendo dalle travi di bordo e procedendo poi con quelle trasversali alla lunghezza, che avrebbero appoggiato sulle travi principali delle fondazioni (1, 2 e 10). Successivamente sono stati inseriti i distanziatori della



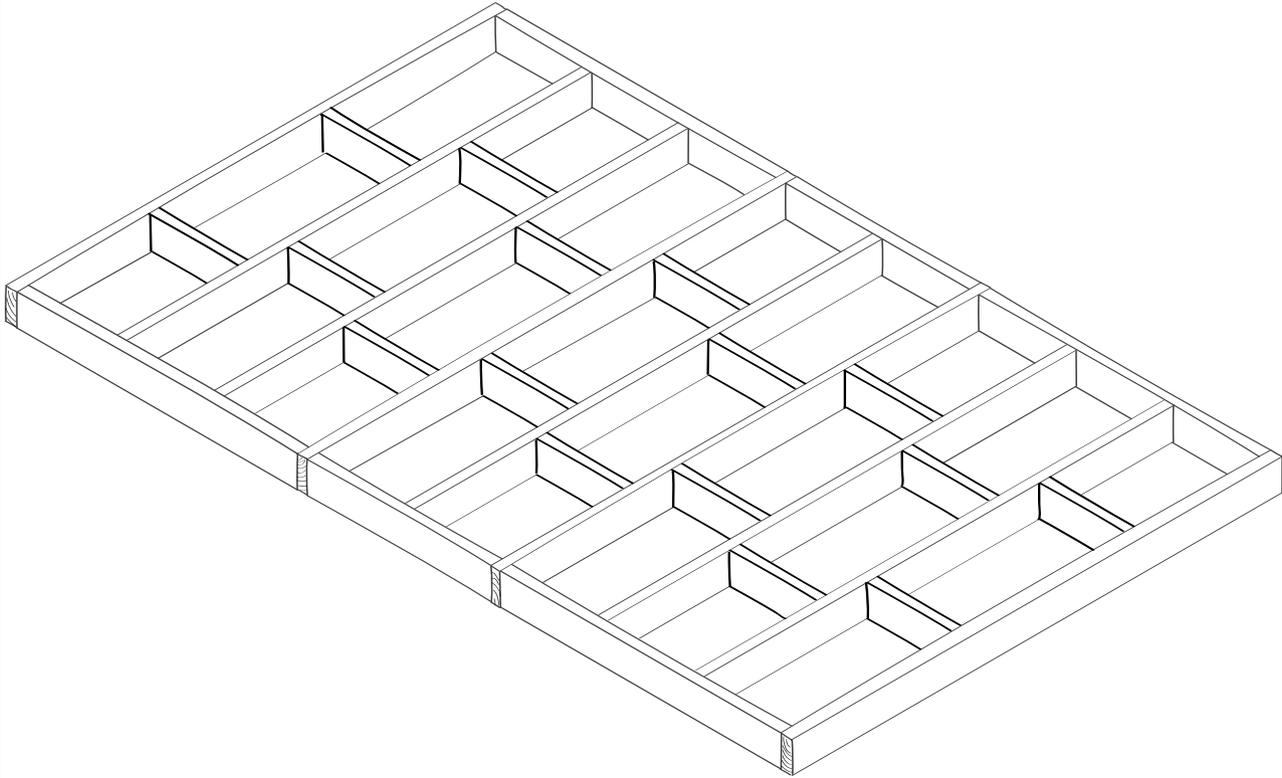
2

lunghezza di 92cm, sfalsati ai due lati delle travi, in modo da irrigidire la struttura (3 e 11). Il reticolo ligneo che ha funzione strutturale forma alloggiamenti della dimensione di 3 o 4 balle, per un totale di 88 balle. Il solaio è stato, a questo punto, chiuso con il tavolato avvitato (4, 12 e 13). Nel nostro caso, il solaio è stato diviso in tre moduli per facilitarne gli spostamenti, ribaltato di 180 gradi (5 e 6) e appoggiato sulle

fondazioni (7, 14 e 15).

Prima dell'inserimento delle balle di grano, per evitare che l'umidità e la condensa dessero origine a muffe, la struttura lignea è stata protetta da uno stato di calce (16) e sul tavolato di fondo sono stati aperti dei fori di ventilazione protetti da una rete anti-insetti (6a e 6b). Si è proceduto, quindi, con l'inserimento delle balle (8 e 17) e il riempimento di eventuali buchi con paglia di grano sfusa,

# legno e paglia



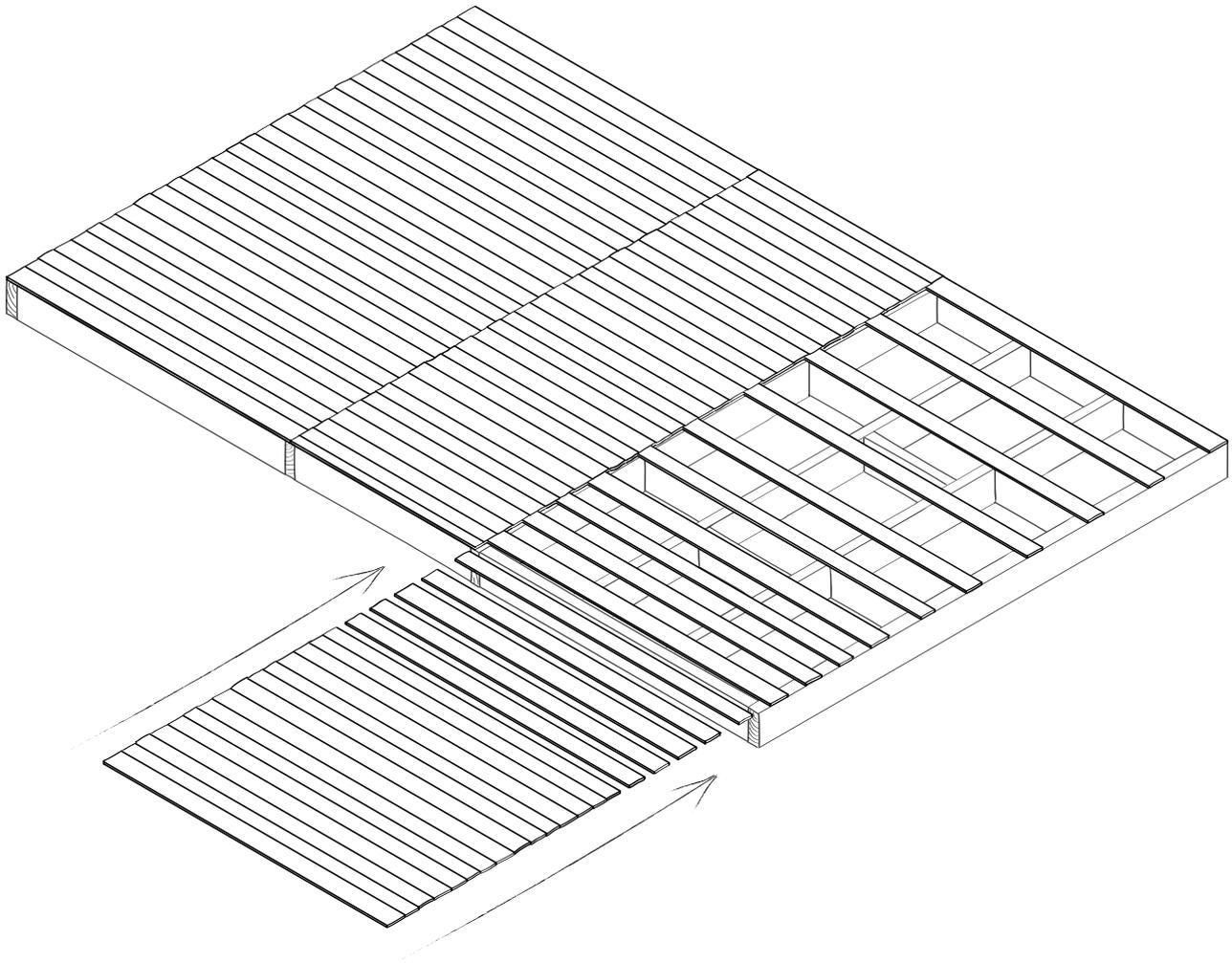
3

in modo tale da avere una densità alta e uniforme che aiuta a prevenire il degrado della paglia e favorisce una migliore prestanza in questione di isolamento (19 e 20).

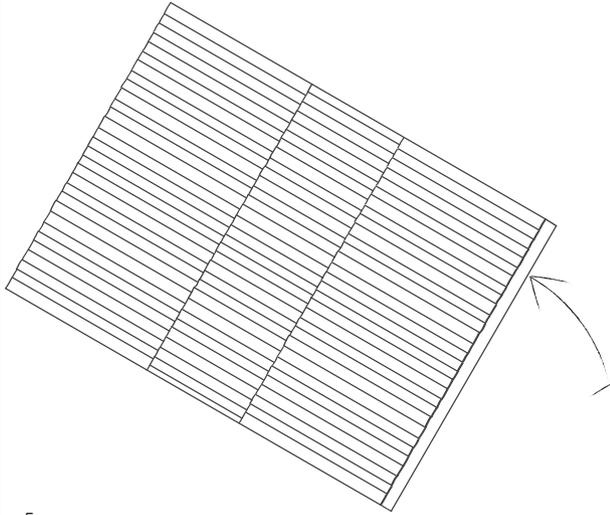
Oltre che per ragioni di ricerca accademica, ogni balledda è stata misurata in nove punti ( in tre punti

in lunghezza e a tre profondità per ogni punto) con uno specifico ago per controllarne e registrarne il grado di umidità (18).

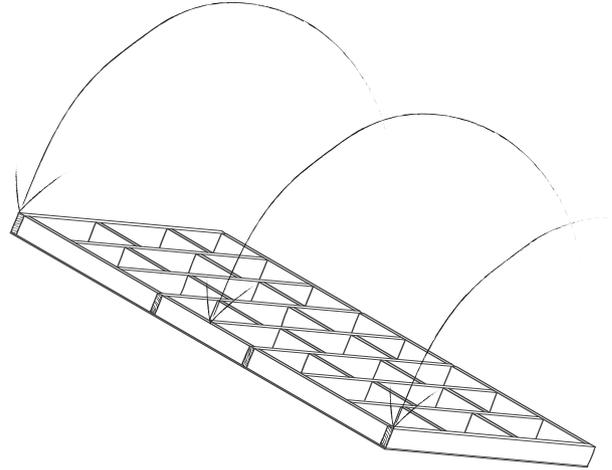
Infine, il solaio viene nuovamente chiuso con il tavolato in abete (9 e 21) e protetto da una membrana impermeabile e traspirante.



# legno e paglia



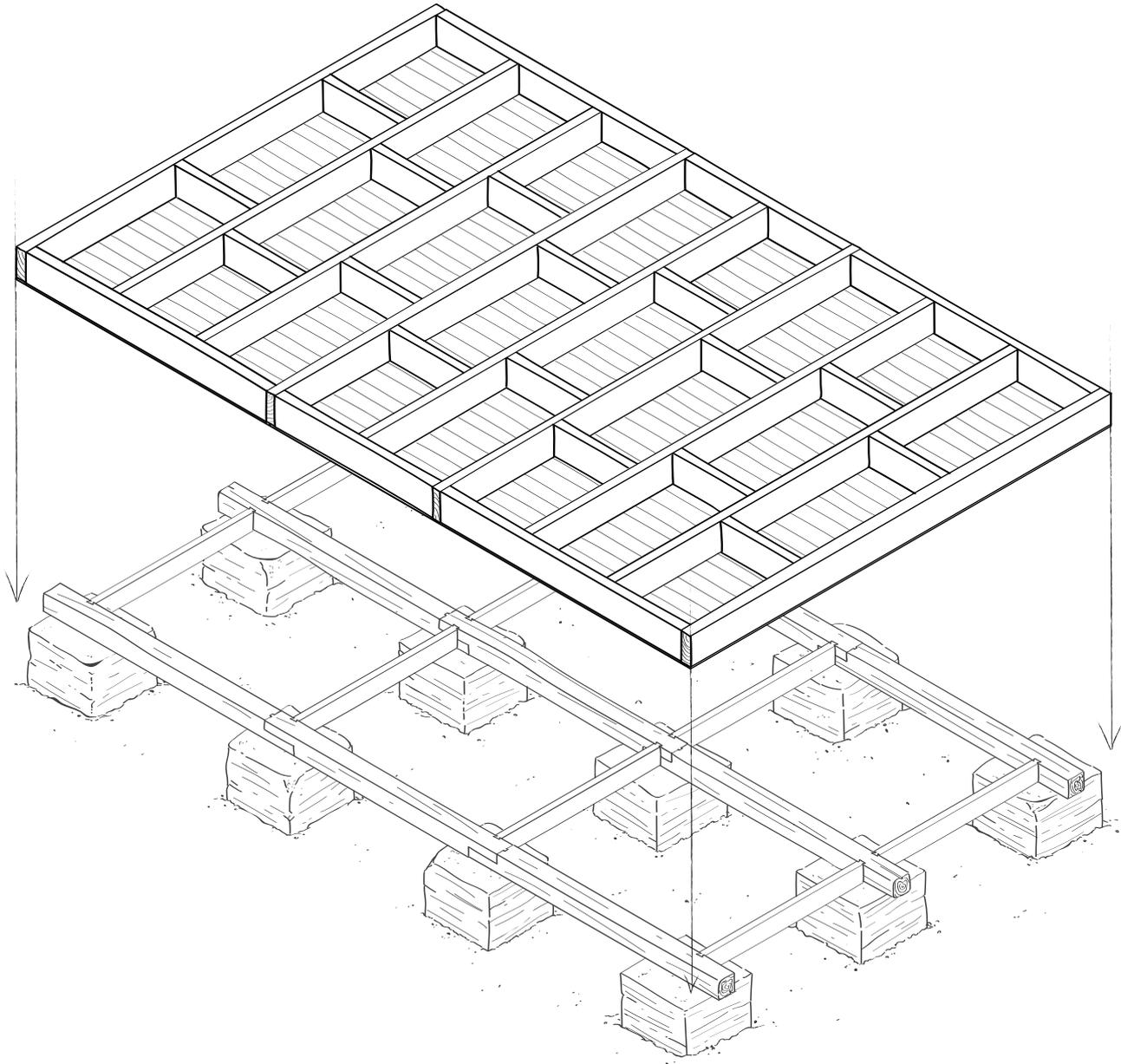
5



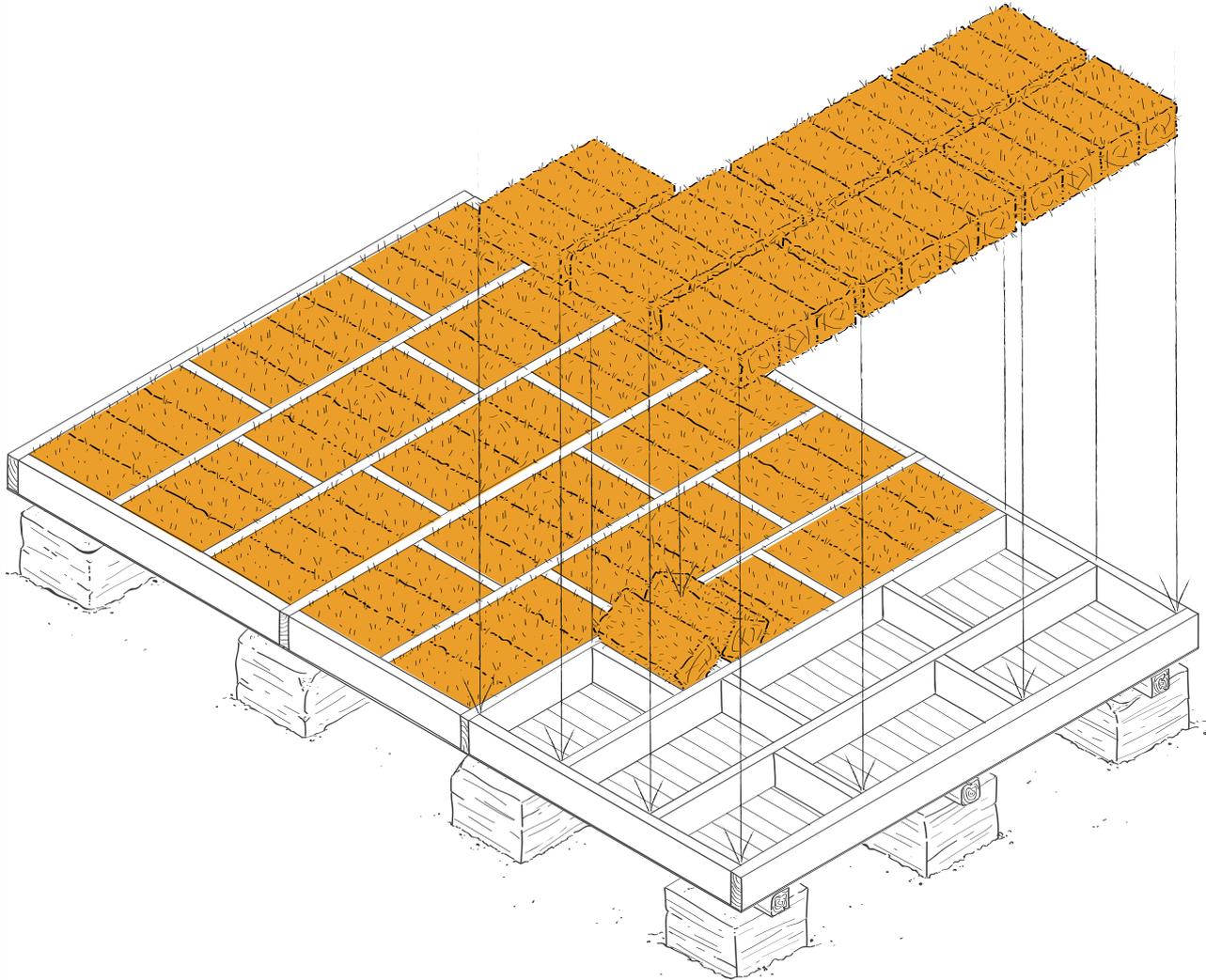
6a

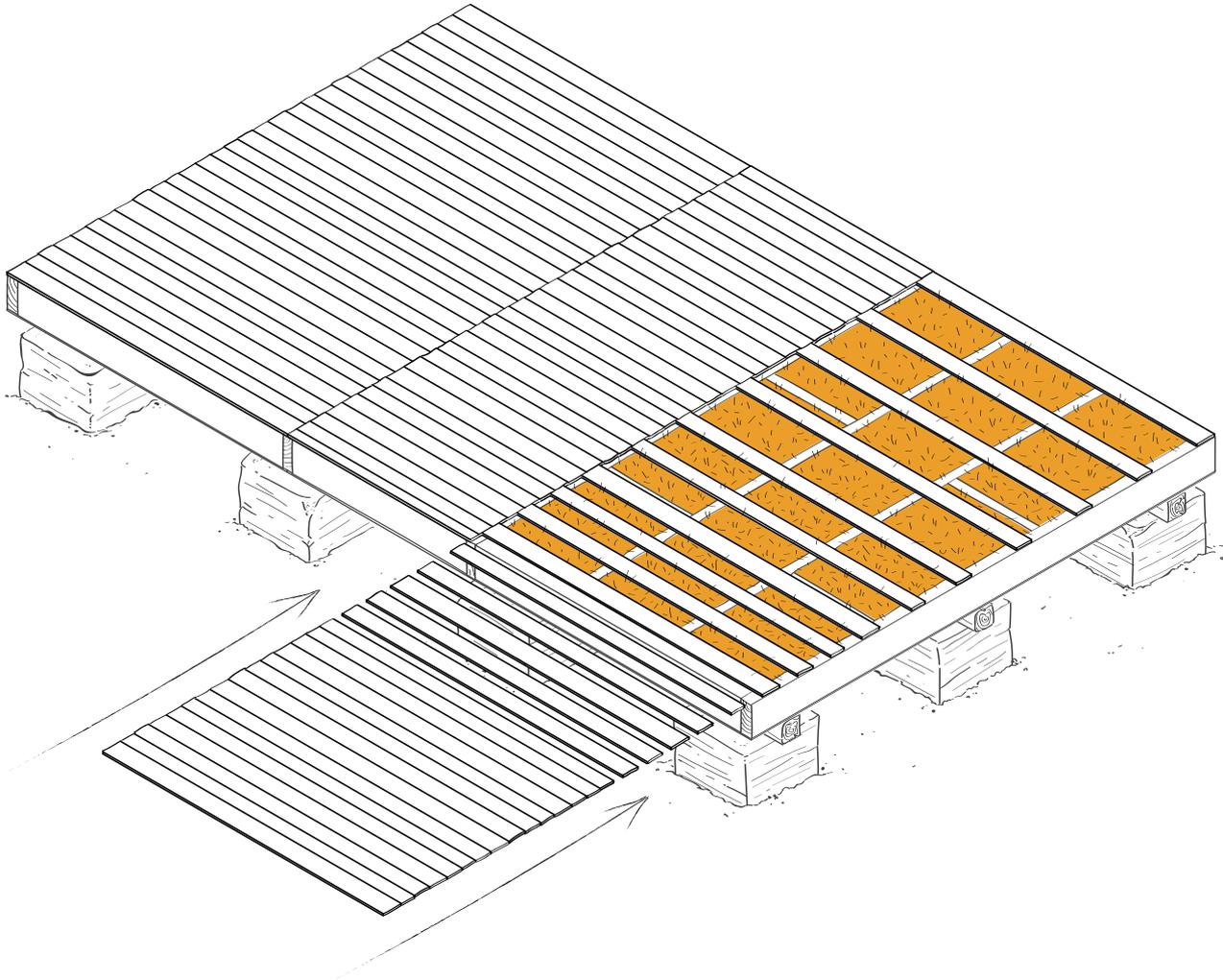


6b



# legno e paglia





# legno e paglia



10



13



11



14



12



15



16



19



17



20



18



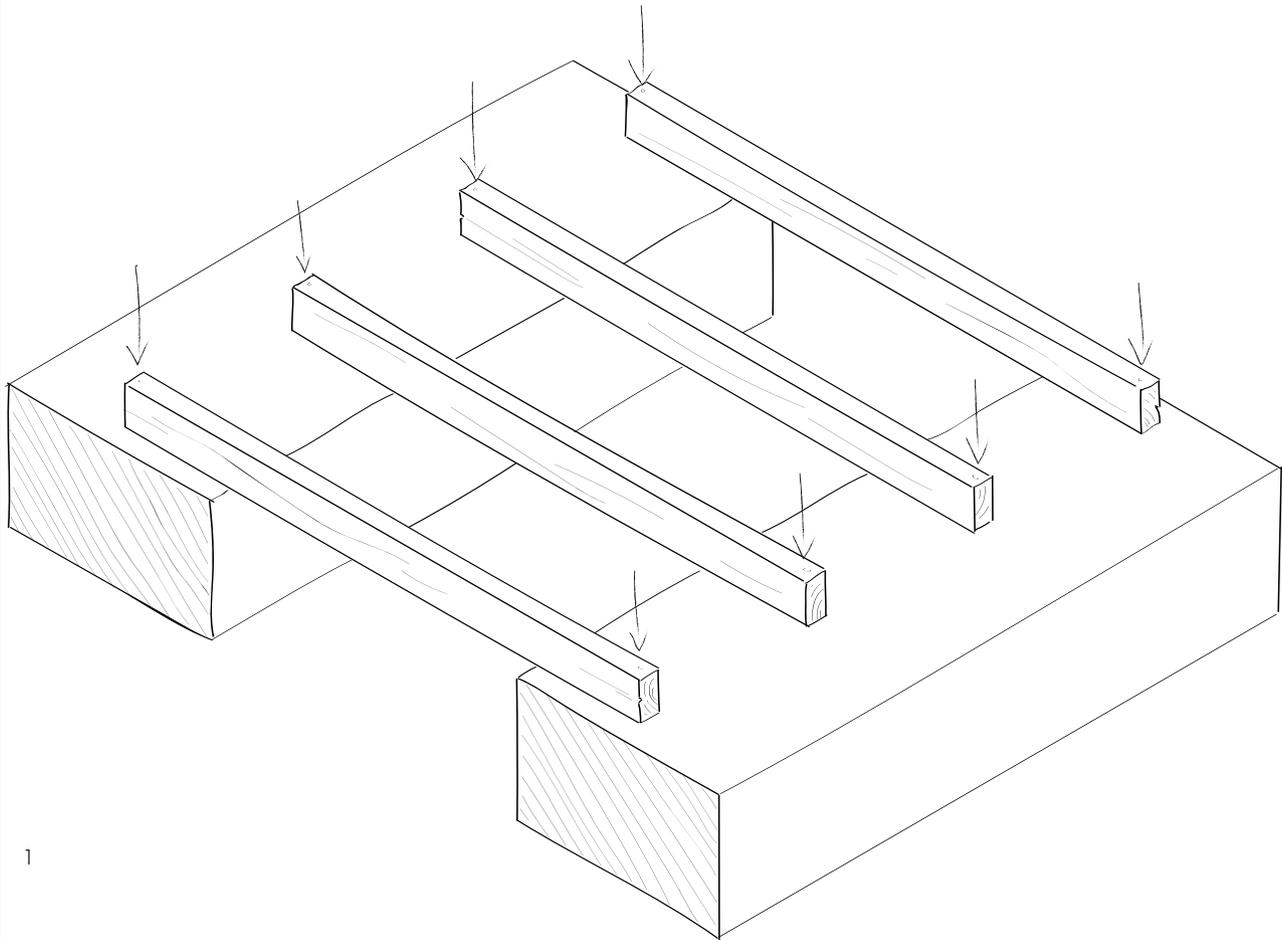
21



# legno e canna palustre

# 2.2

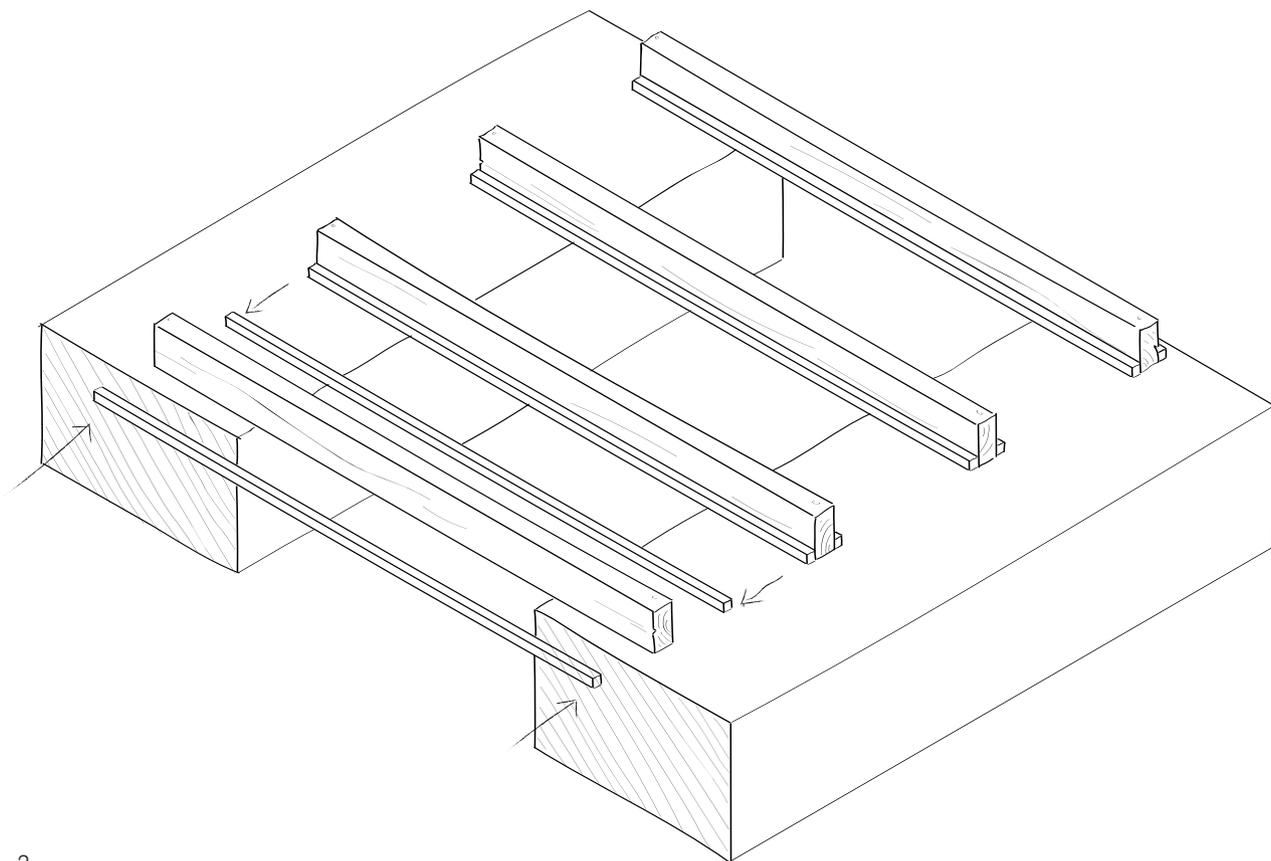
# legno e canna palustre



Il solaio dell'edificio in terra-paglia si compone di una struttura portante a doppia orditura in legno e isolamento in pannelli di canna palustre. Nello specifico, i materiali utilizzati sono:

- travi 7x15cm
- listelli 3x3cm
- pannelli di canna palustre da 3 e 5cm

- tavolato di chiusura in larice o castagno  
Una volta posizionate e messe in piano le travi della prima orditura, esse vengono avvitate alle fondazioni (1). Dopodichè si procede con l'aggiunta dei listelli allineati alla faccia inferiore delle travi, che serviranno come supporto per il tavolato di chiusura inferiore (2 e 9);



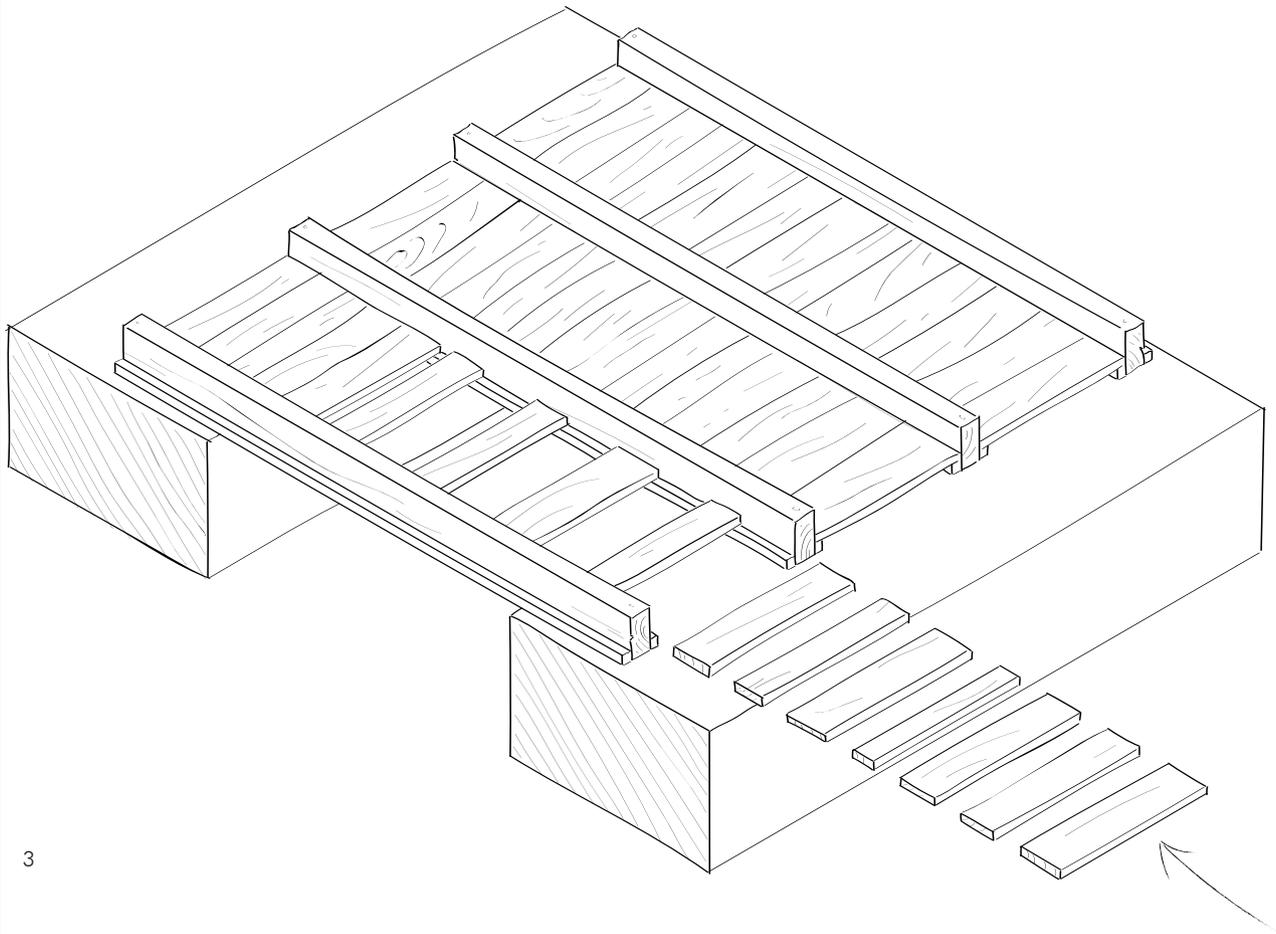
2

quindi il taglio su misura e l'inserimento delle tavole (3, 12, 13 e 14). A questo punto si passa al tamponamento con il primo strato isolante in pannelli di canna palustre, in questo caso uno di spessore 3 e uno di 5cm, tagliati a misura (4, 15 e 17), in modo da non lasciare vuoti che comprometterebbero le prestazioni

isolanti del materiale. La seconda orditura di travi viene posizionata trasversalmente alla prima e avvitata in corrispondenza delle travi inferiori (5). Come in precedenza, vengono inseriti i pannelli di canna palustre, questa volta tre di spessore 5cm (6 e 18).

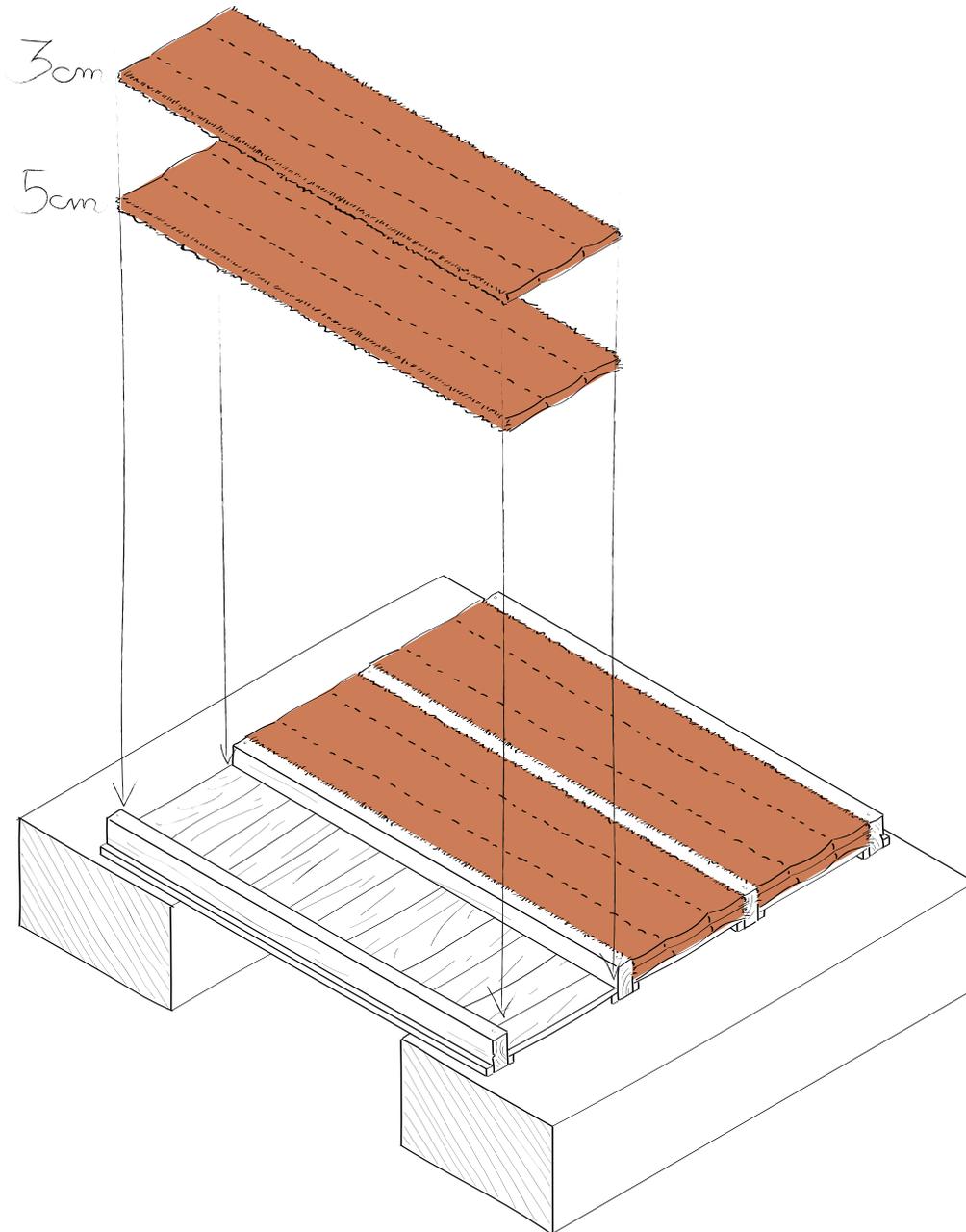
Il diverso orientamento delle travi ha

# legno e canna palustre

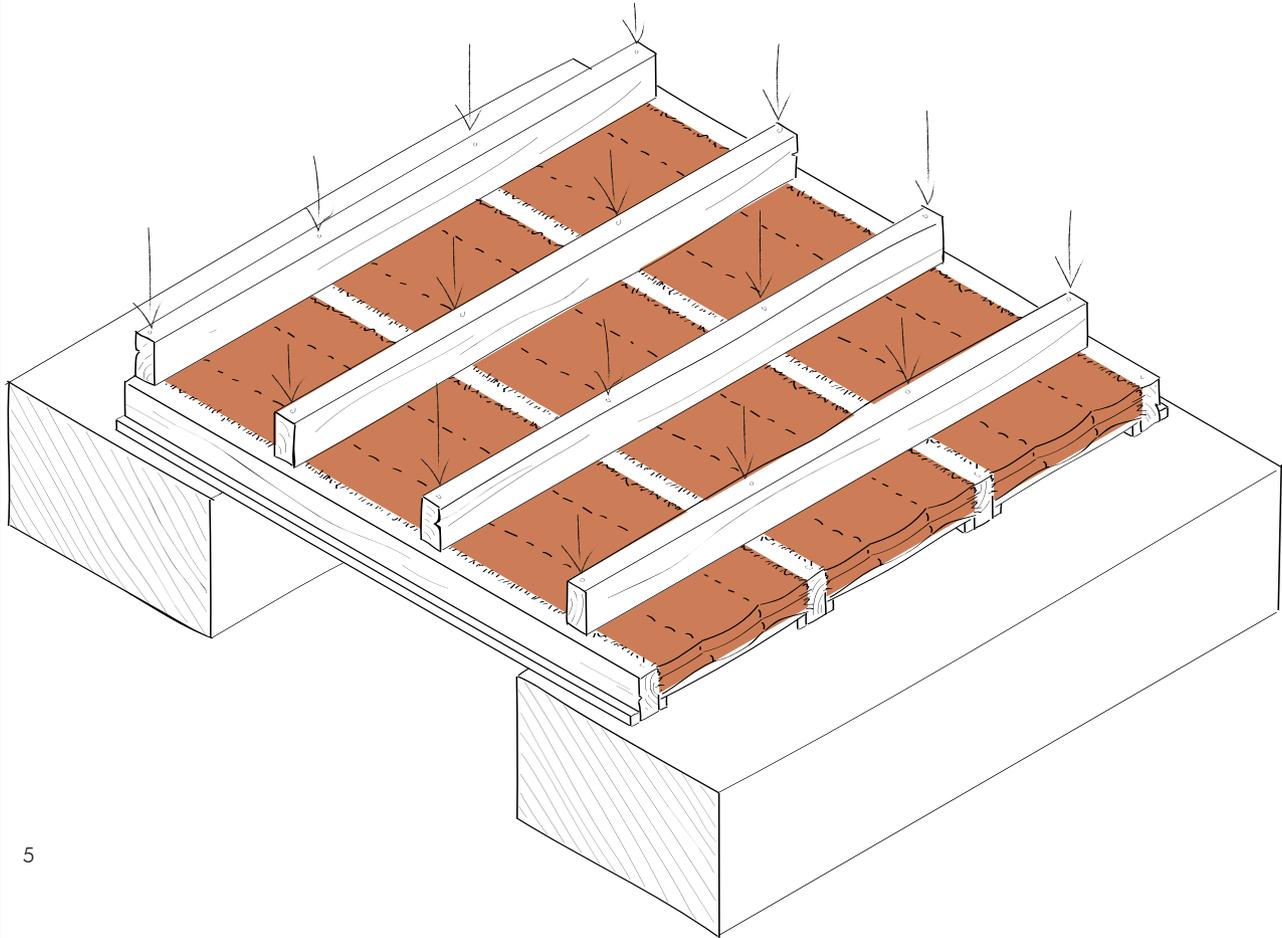


3

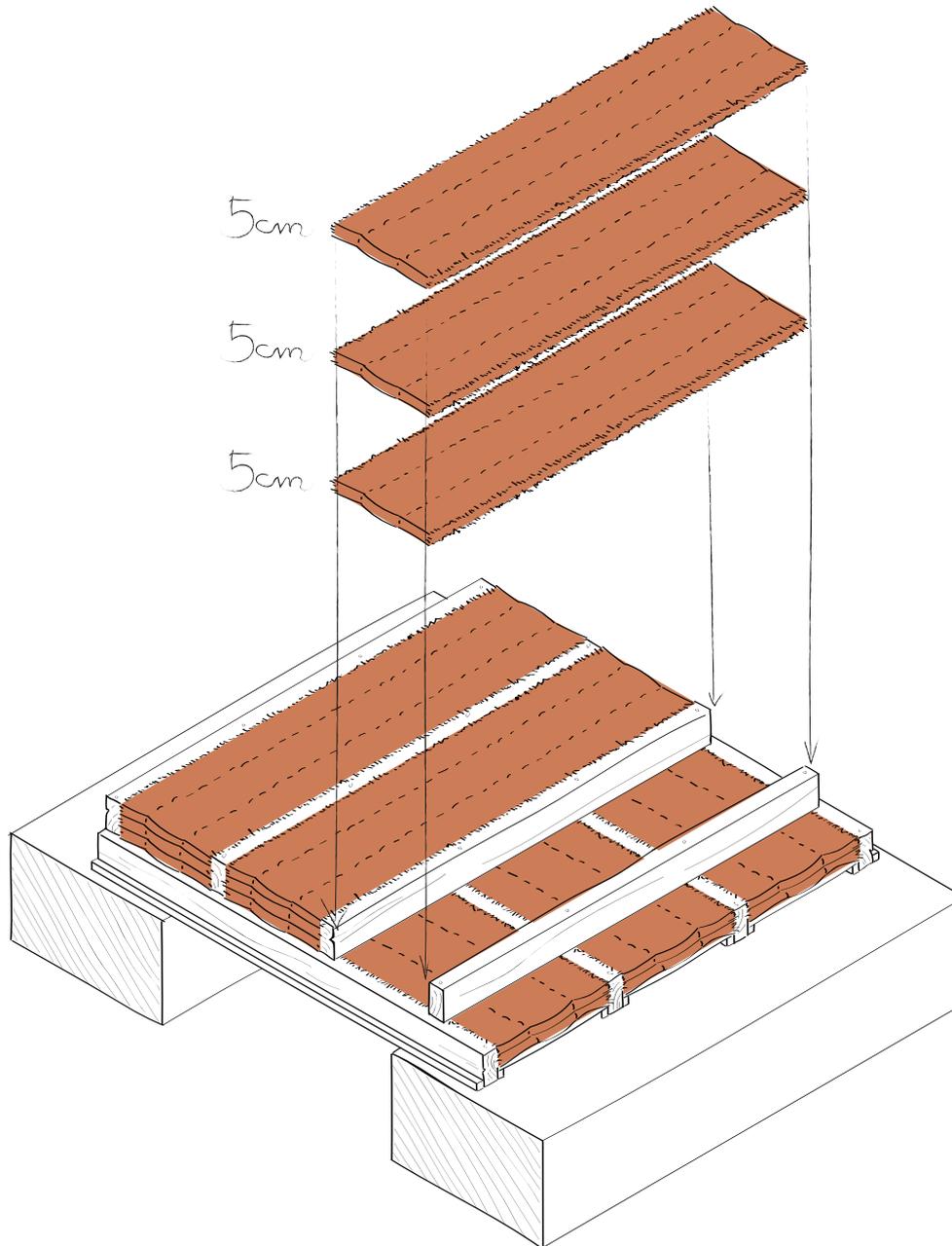
lo scopo di dare maggiore rigidità alla struttura del solaio e, allo stesso tempo, anche il diverso orientamento delle fibre di canna palustre è utile per fornire una maggiore barriera all'umidità di risalita, migliorandone le prestazioni isolanti. Infine il solaio viene chiuso superiormente dal tavolato (7, 8, 19, 7a e 7b).



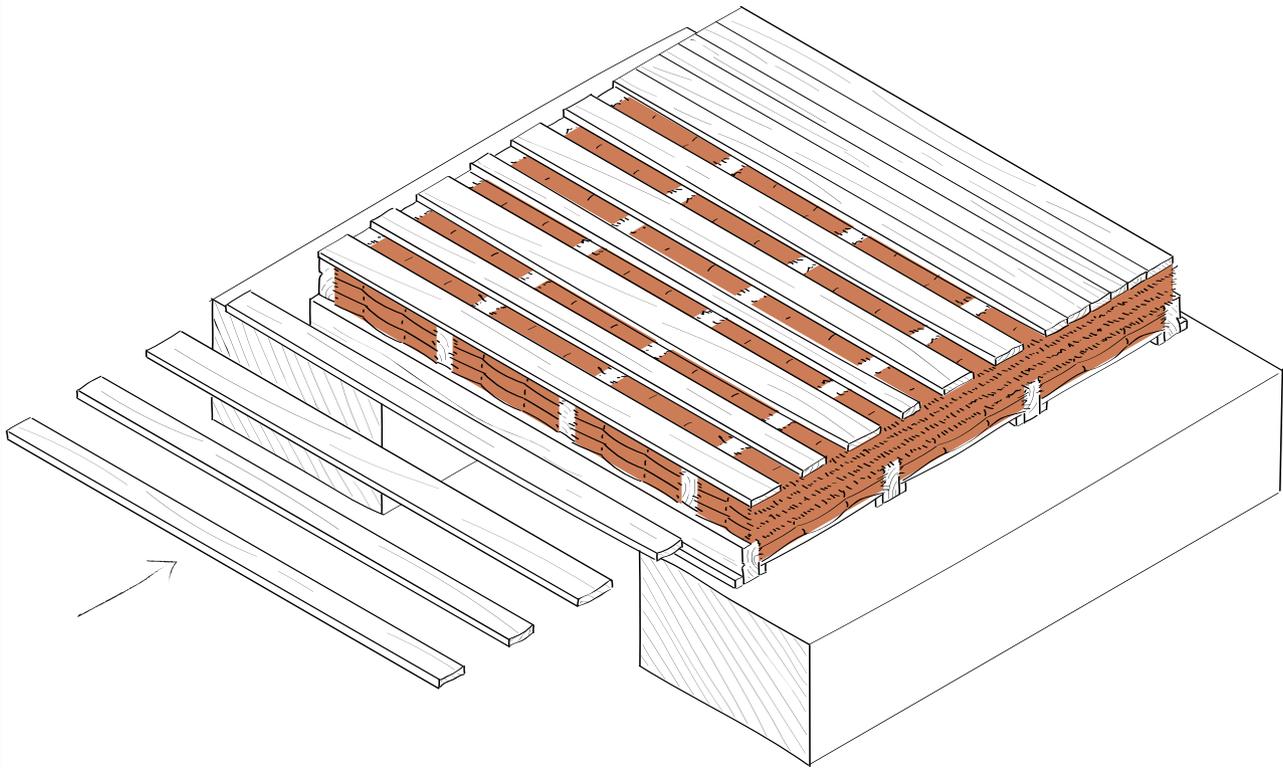
# legno e canna palustre



5



# legno e canna palustre



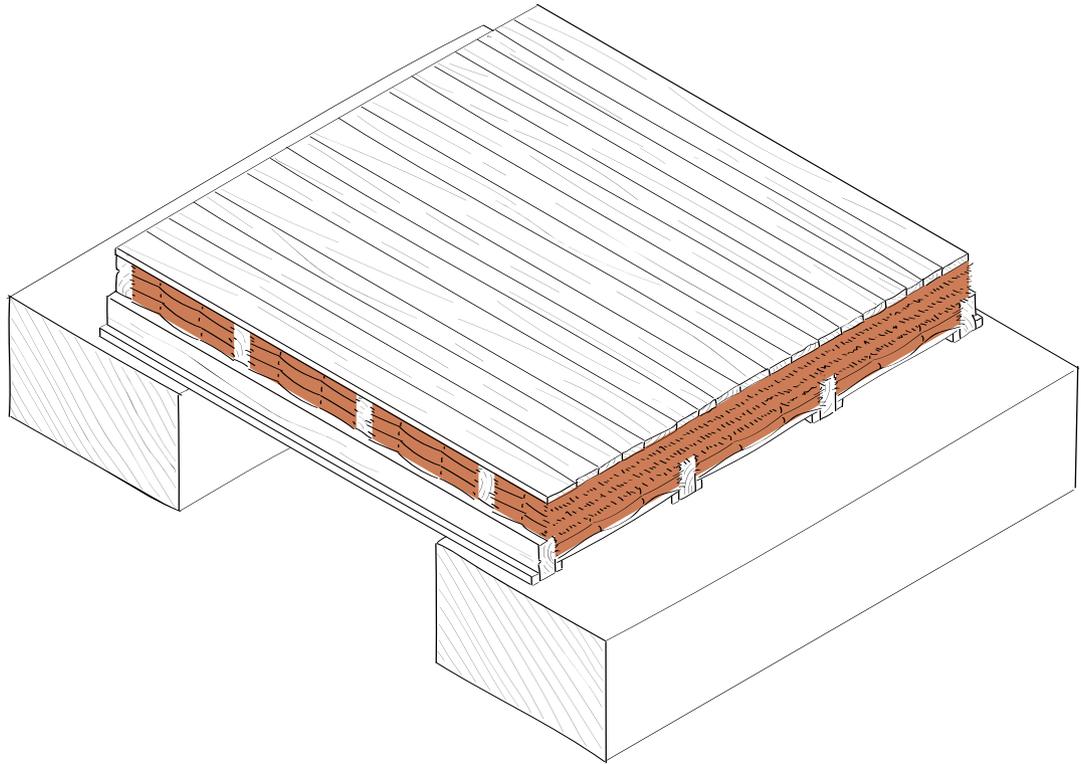
7



7a



7b



# legno e canna palustre



9



12



10



13



11



14



15



18



16



19



17



20



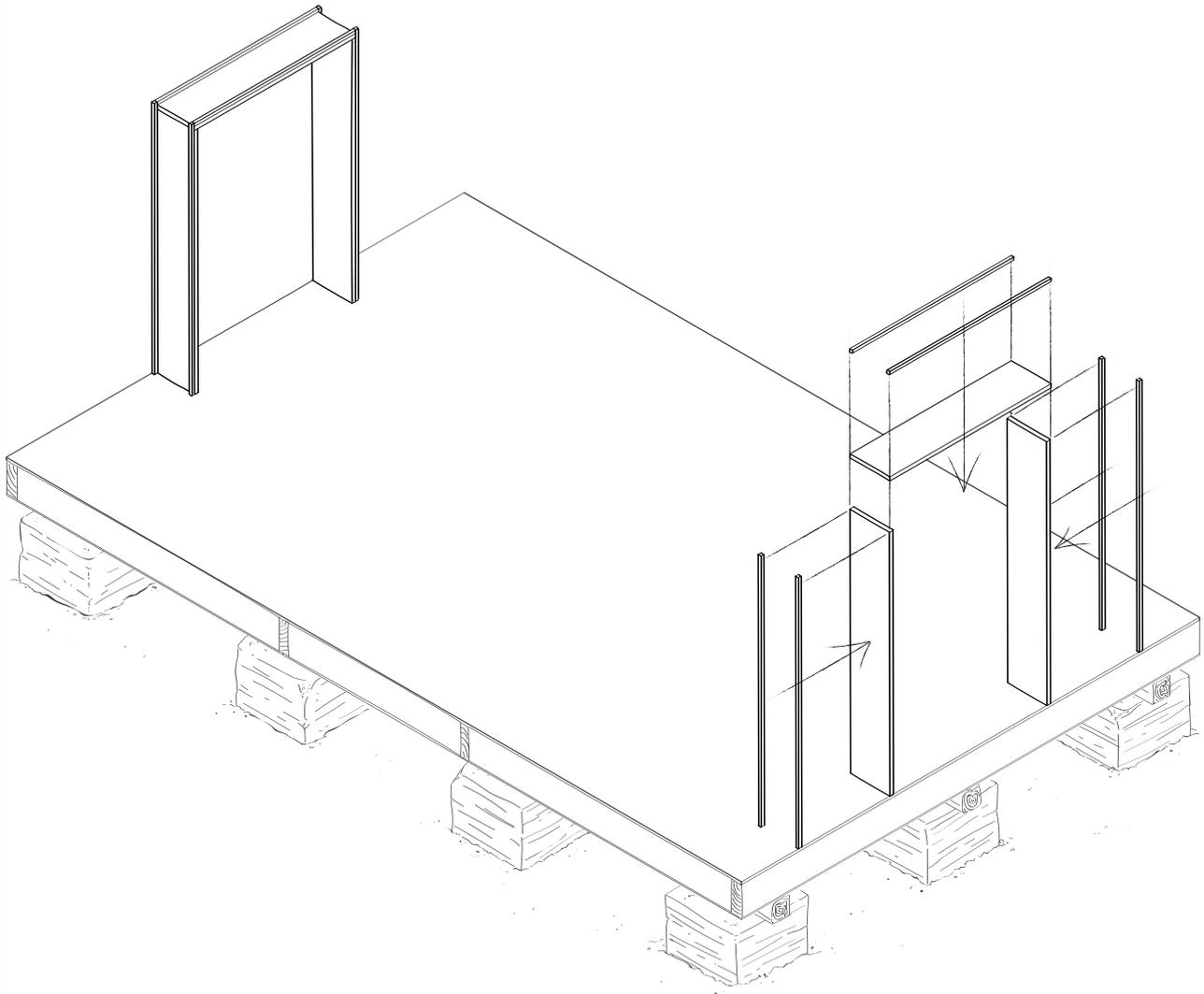
# PARETE 3.

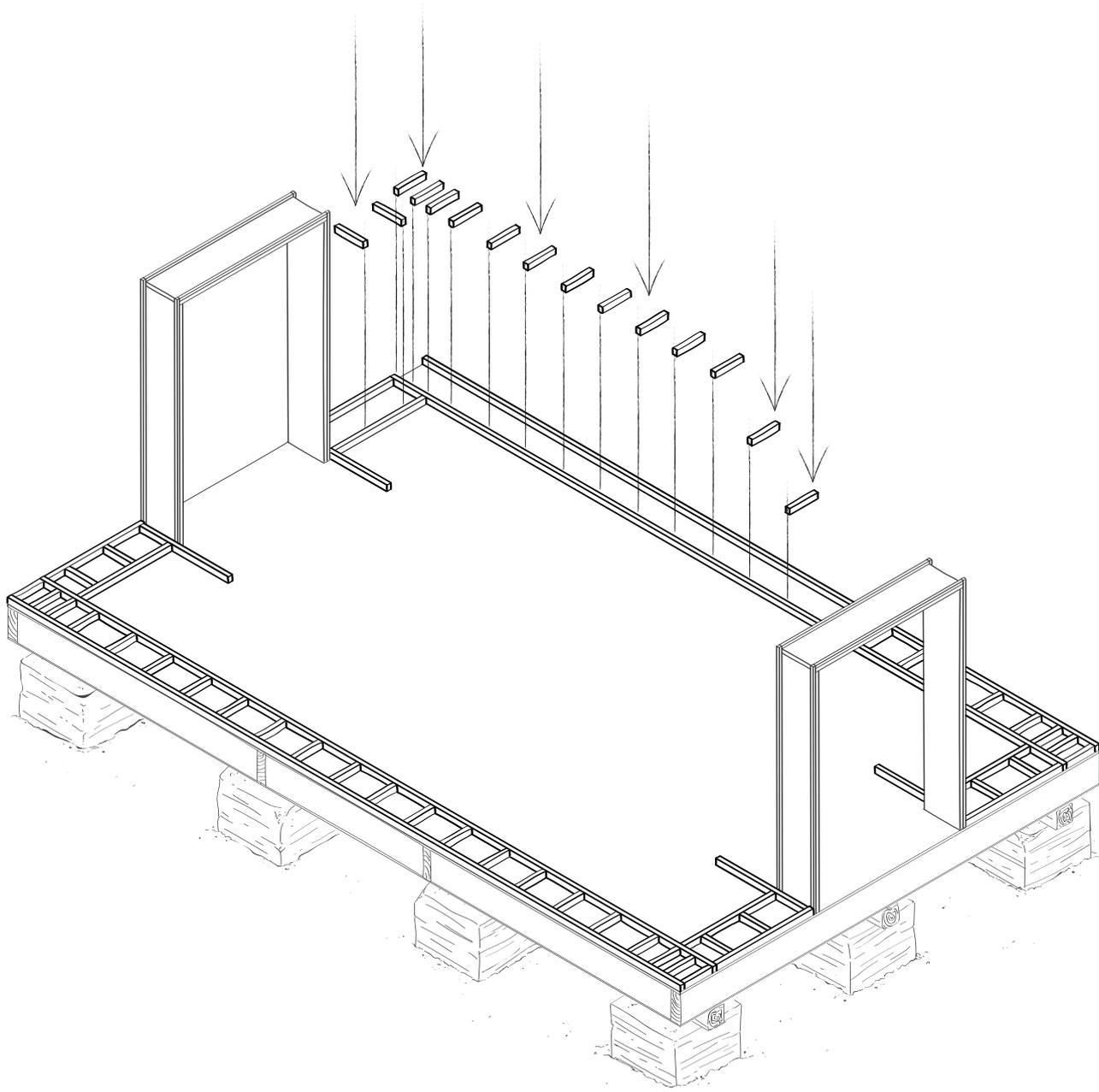


**paglia portante**

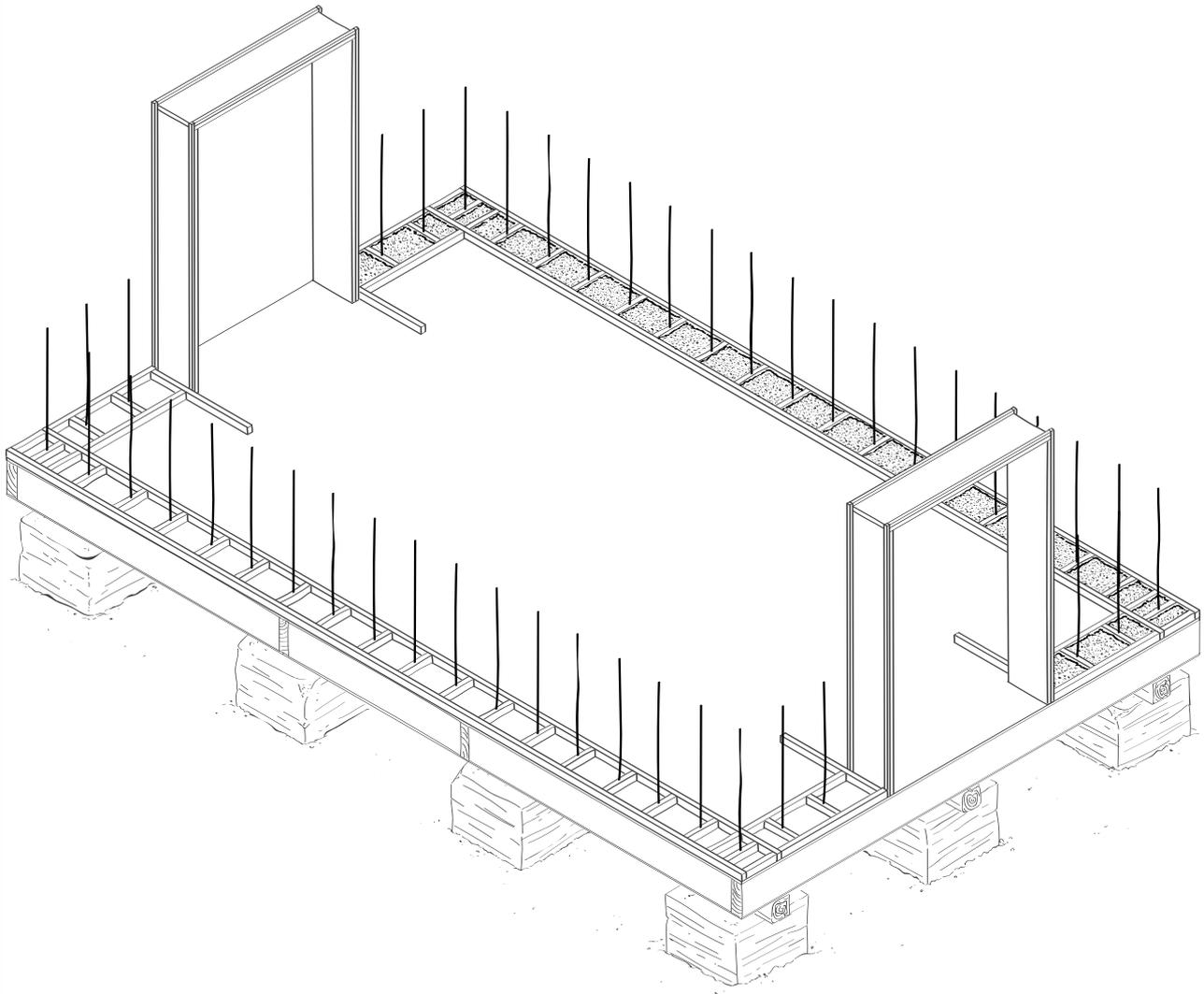
**3.1**

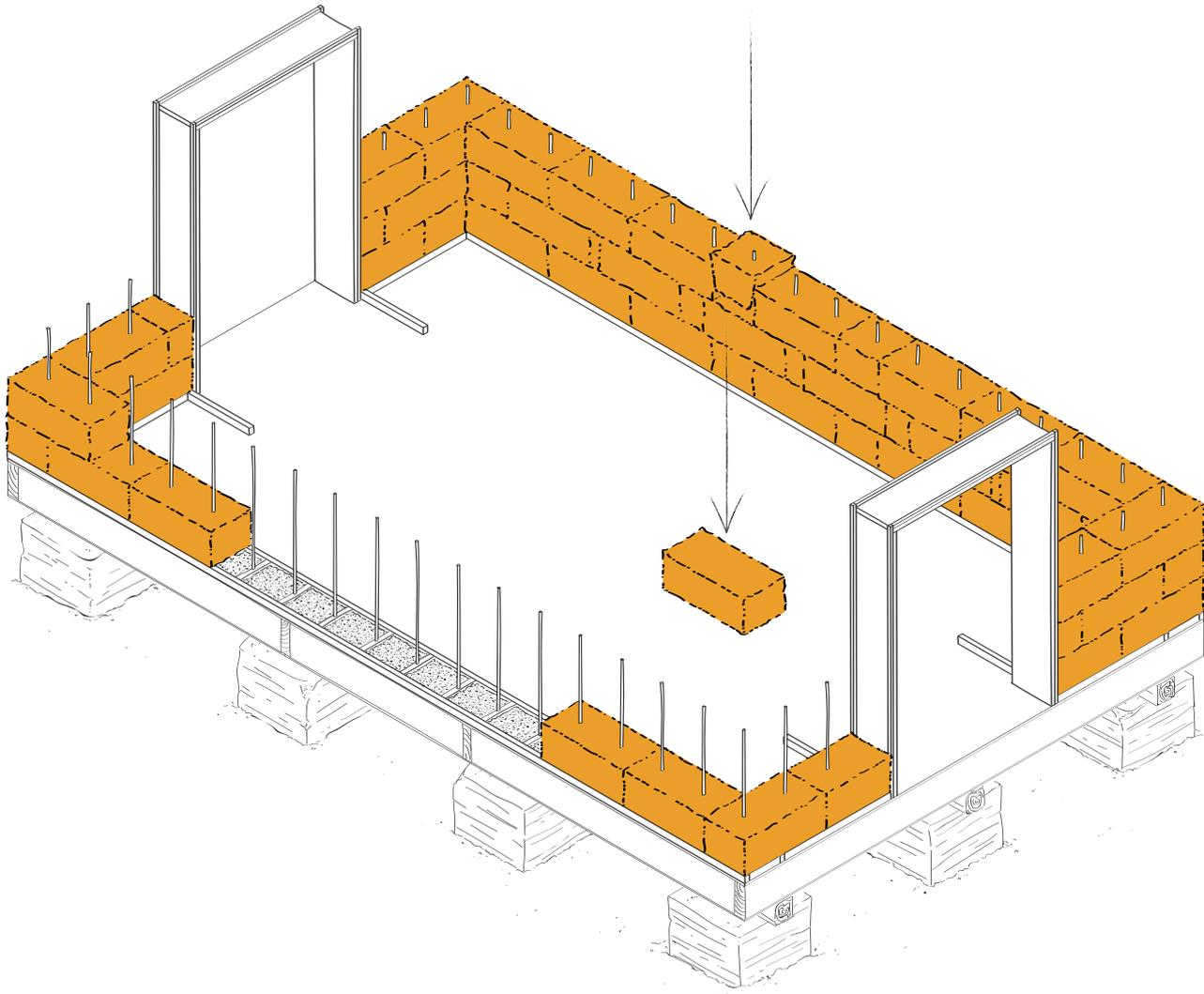
# paglia portante



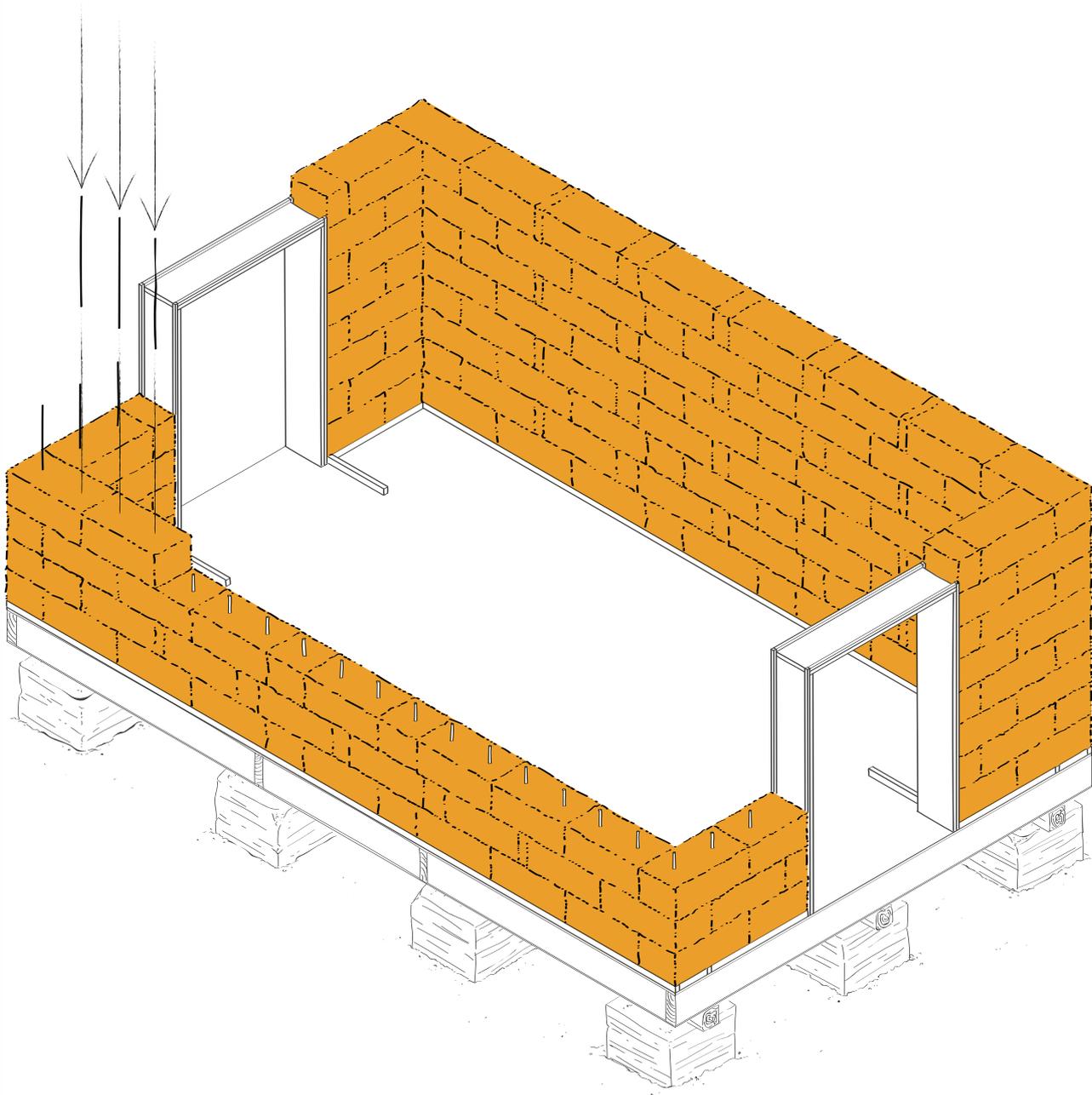


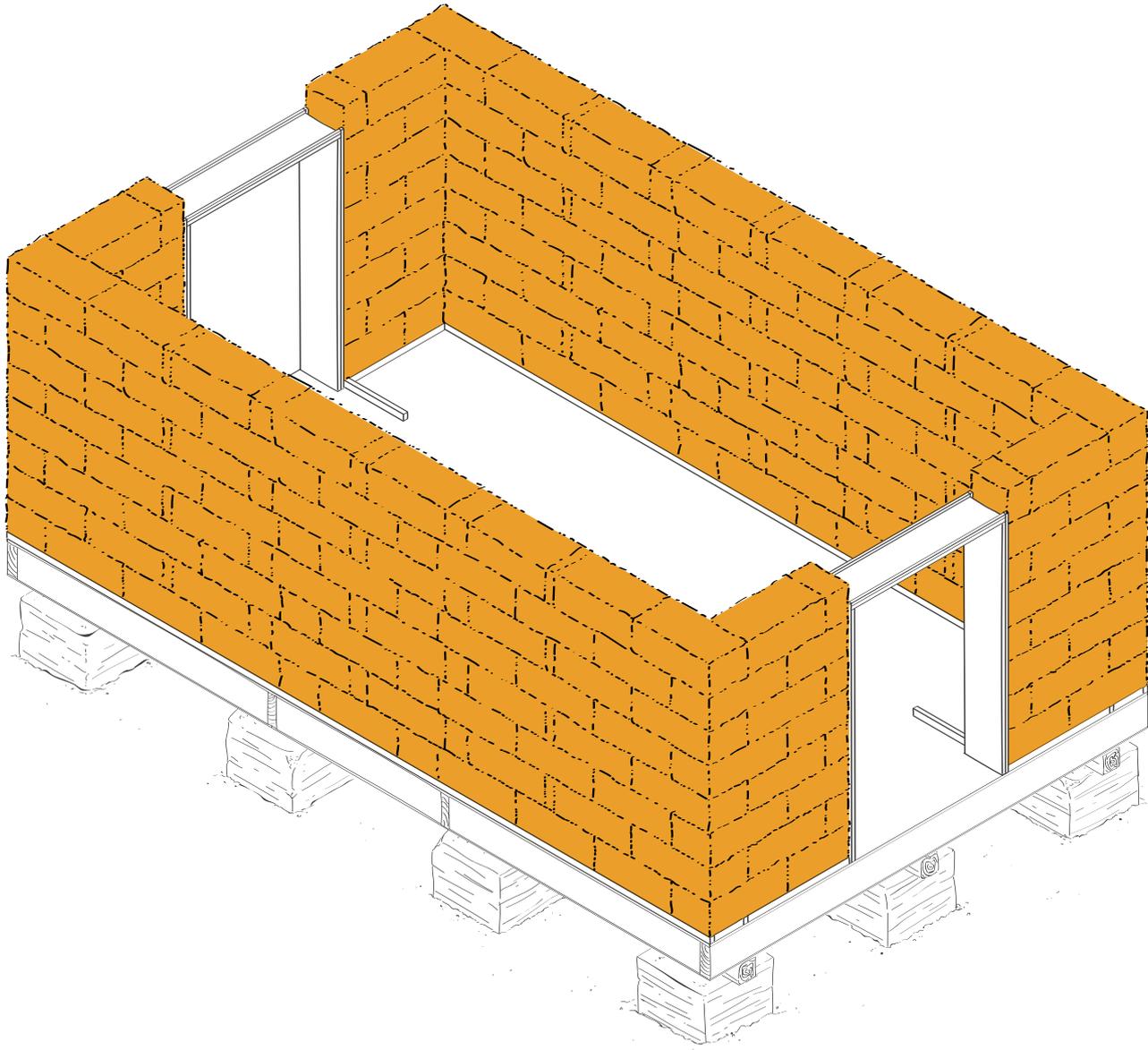
# paglia portante



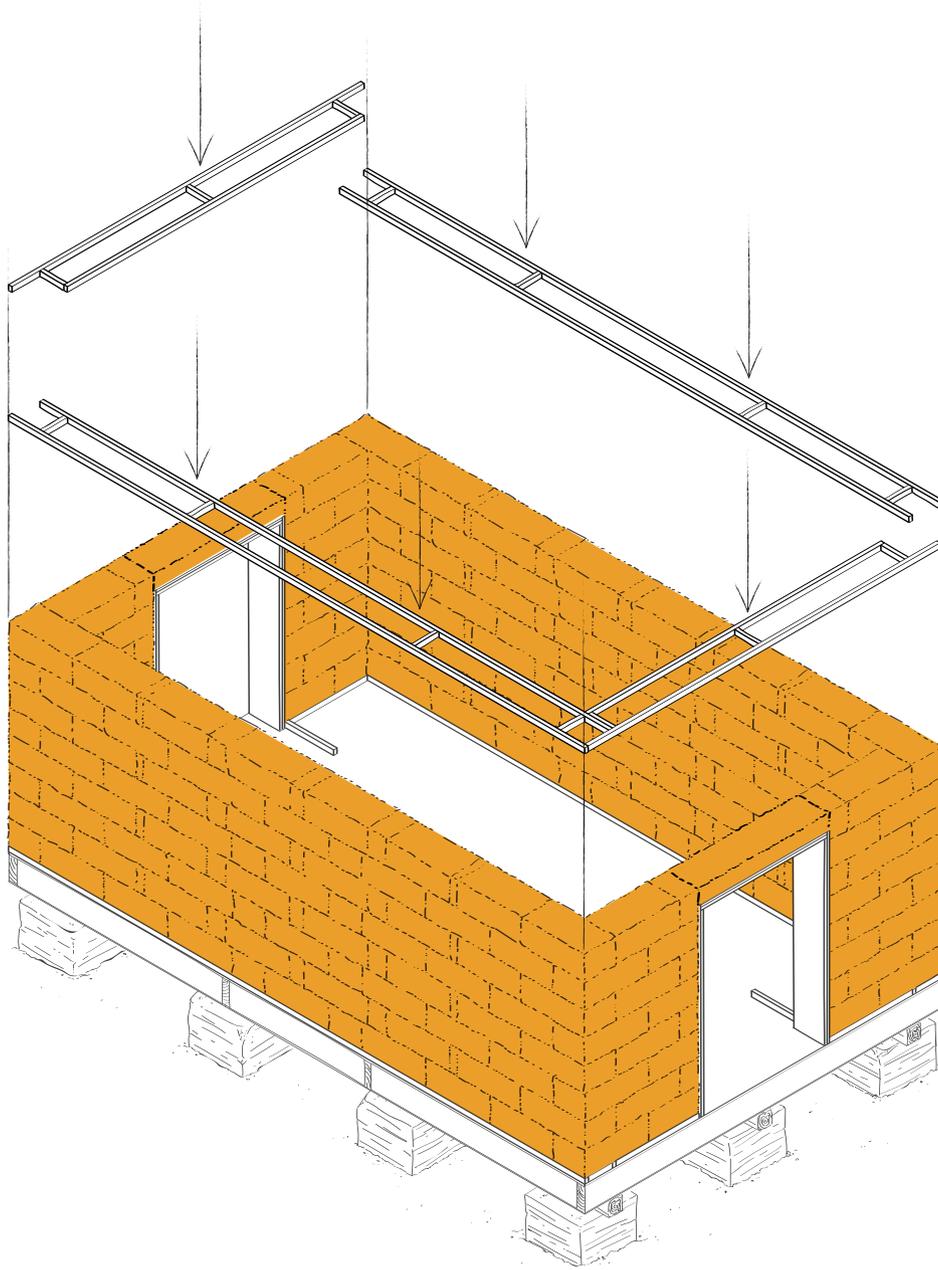


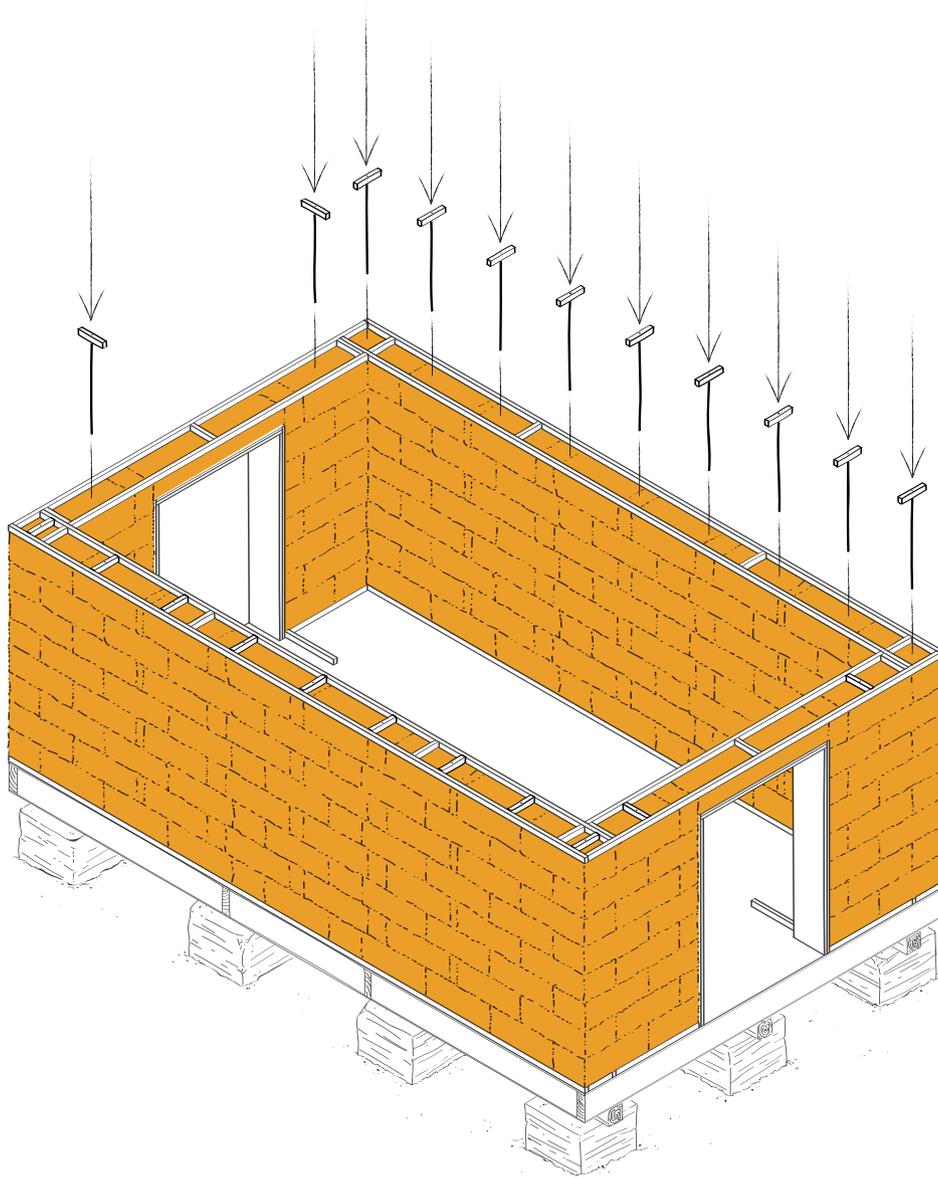
# paglia portante





# paglia portante





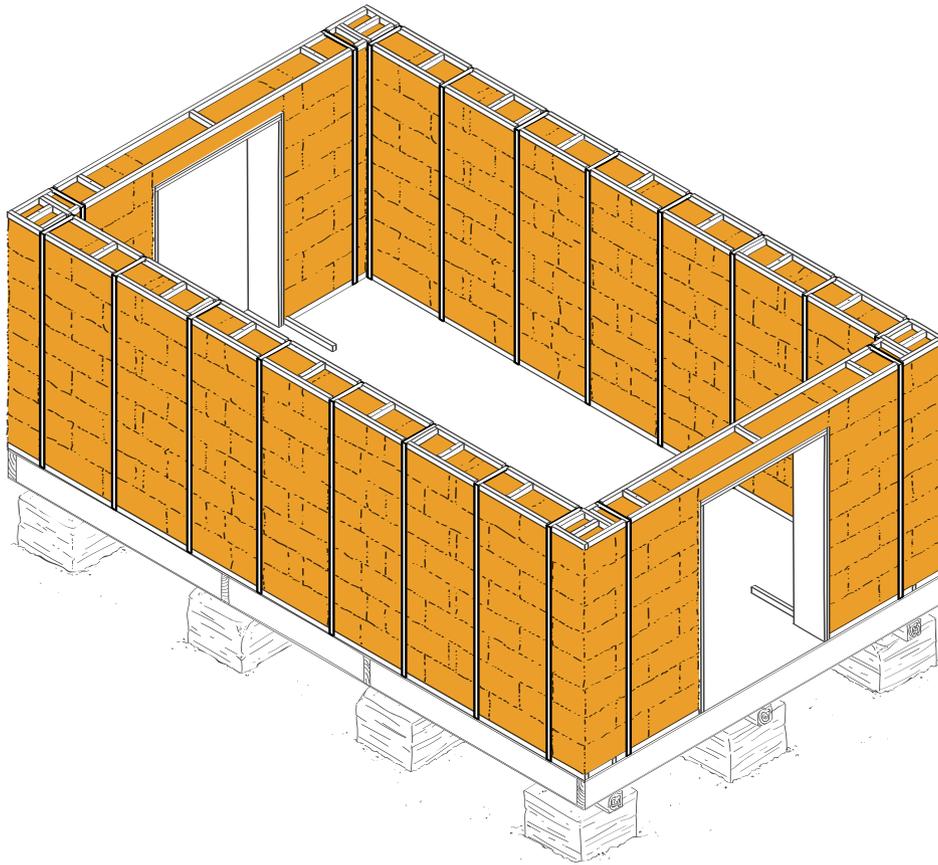
# paglia portante

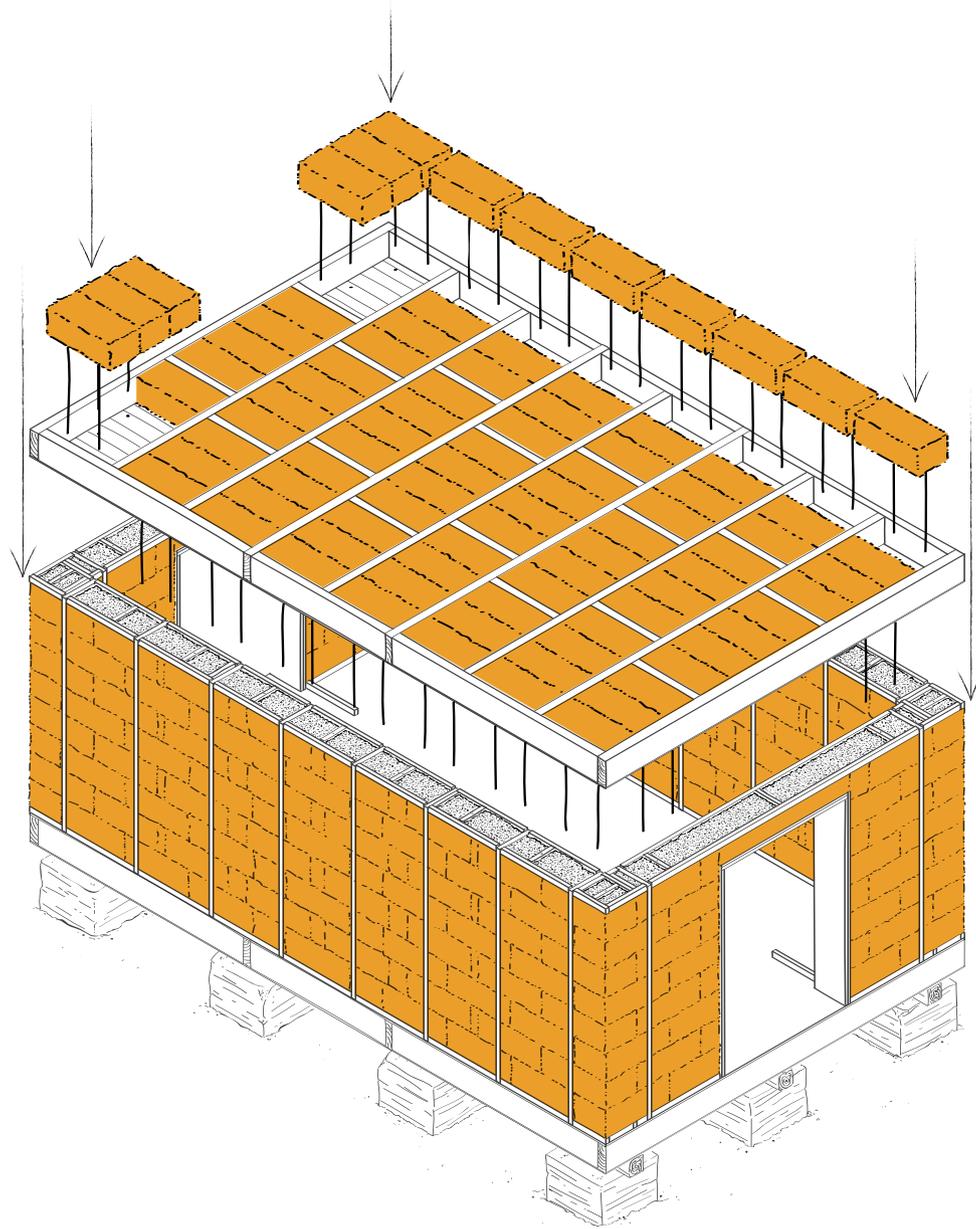


9a

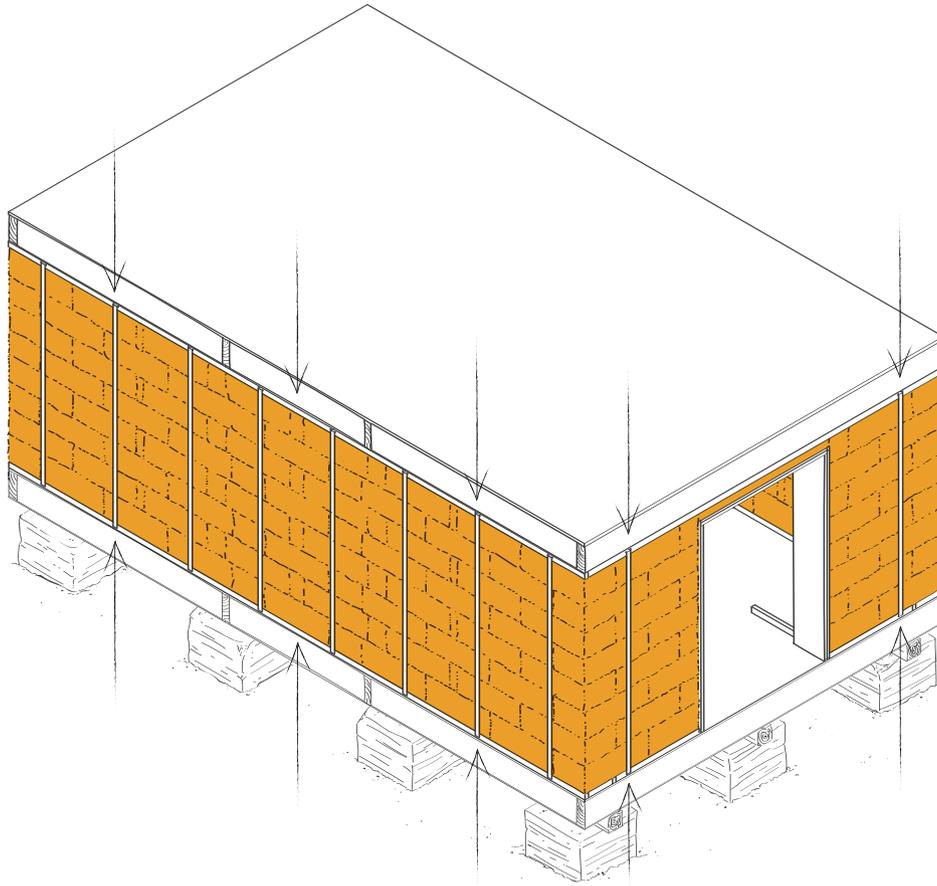


9b





# paglia portante

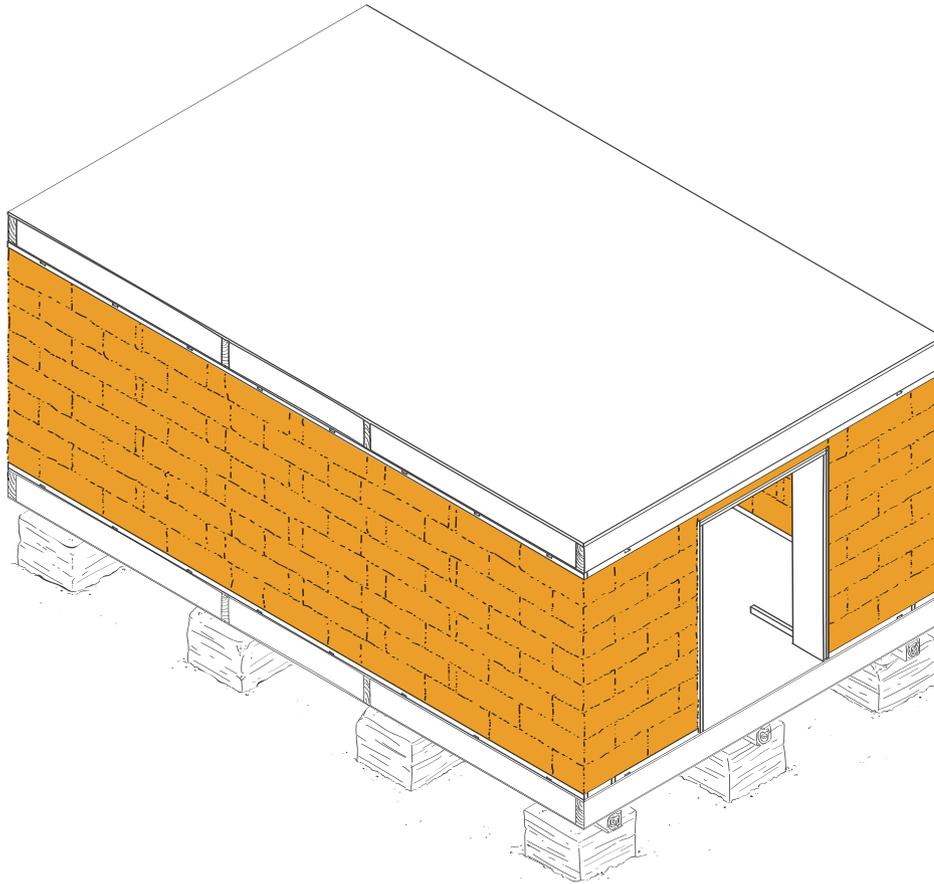


11

Le pareti in paglia portante sono eseguite con una tecnica molto semplice, ma che richiede molta attenzione nell'esecuzione e soprattutto nella manutenzione del cantiere almeno finchè esse non sono portate in compressione.

Il primo passaggio è stato costruire i portali delle aperture (1) per cui sono stati utilizzati dei pannelli in abete dello

spessore di 2,7cm. Successivamente si è andati a costruire un cordolo lungo il perimetro del solaio (2 e 13), il quale ha il compito sia di isolare le pareti da un'eventuale umidità di risalita dal solaio sia di distribuire uniformemente il carico delle pareti, soprattutto nel momento in cui si vanno a stringere le cinghie per la precompressione delle pareti.



12

Come si vede nell'immagine 14, sono stati previsti gli alloggiamenti per le cinghie, a distanza di circa 1m l'una dall'altra. Il cordolo è stato poi riempito di argilla espansa e ad esso è stato incastrato il primo corso di picchetti (3, 15 e 16), che hanno il compito di cucire i corsi di balle e contrastare gli spostamenti orizzontali.

Dopodichè, a partire dagli angoli, a corsi alternati, si è cominciato ad inserire le balle dall'alto (4 e 17), assicurandosi sempre di mantenere la densità uniforme andando ad inserire, dove necessario, delle losette ("fette" di balletta) aiutandosi con delle lame (4 e 23).

Progredendo verso l'alto, ogni corso

# paglia portante



13



16



14



17



15



18



19



20



21

viene cucito al precedente e al successivo con ulteriori picchetti (5 e 19). Per i picchetti è stato usato del legno verde di castagno, sufficientemente elastico da ben sopportare le successive sollecitazioni.

Giunti all'ultimo corso (6), viene tamponato lo spazio sopra ai portali per portarlo in quota e viene aggiunto il cordolo superiore (7) con i rispettivi distanziatori e picchetti che lo legano agli ultimi corsi (8).

A questo punto vengono messe le cinghie (9, 9a, 9b e 25) che servono a portare in compressione verticale le pareti in modo tale che il carico venga applicato uniformemente e possa essere controllato per evitare deformazioni.

Infine il solaio è stato appoggiato dall'alto (10, 27 e 28) e le balle poste lungo il perimetro sono state ulteriormente cucite agli ultimi corsi delle pareti tramite dei picchetti (10).

A questo punto l'edificio ha bisogno di circa un mese di assestamento prima della rimozione delle cinghie (11 e 12) e della rasatura della paglia in eccesso previa applicazione dell'intonaco, azioni necessarie per evitare crepe e spaccature ed avere una superficie pianeggiante su cui lavorare.

# paglia portante



22



25



23



26



24



27

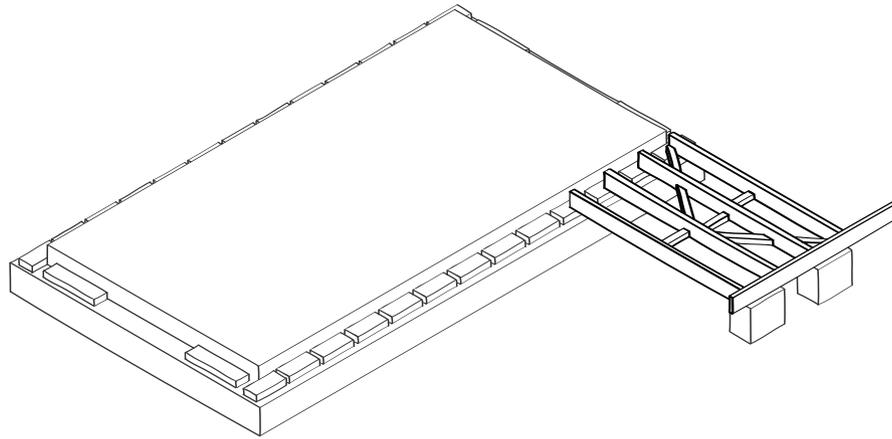




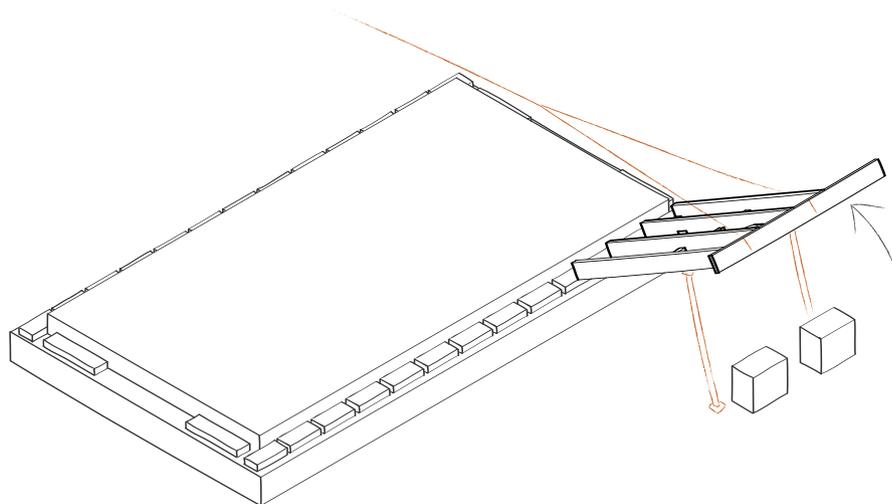
# **legno, terrapaglia e canna palustre**

# **3.2**

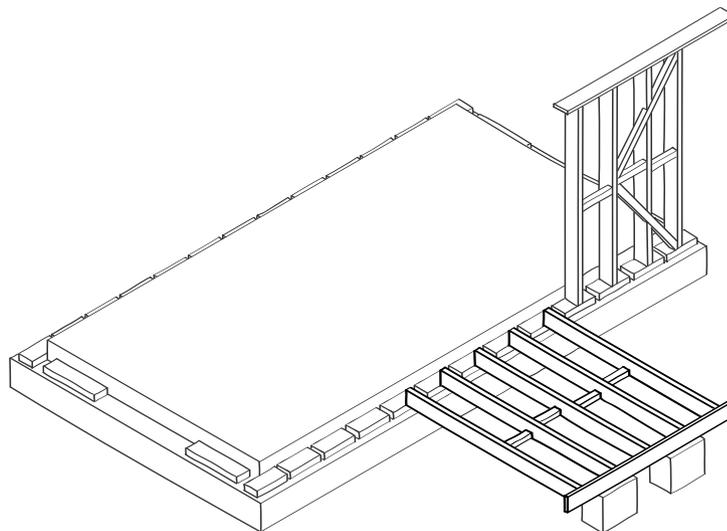
# struttura portante in legno



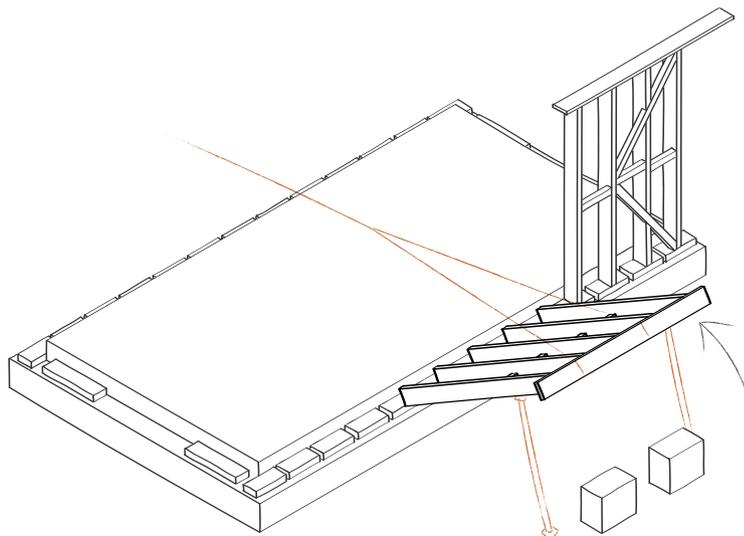
1



2

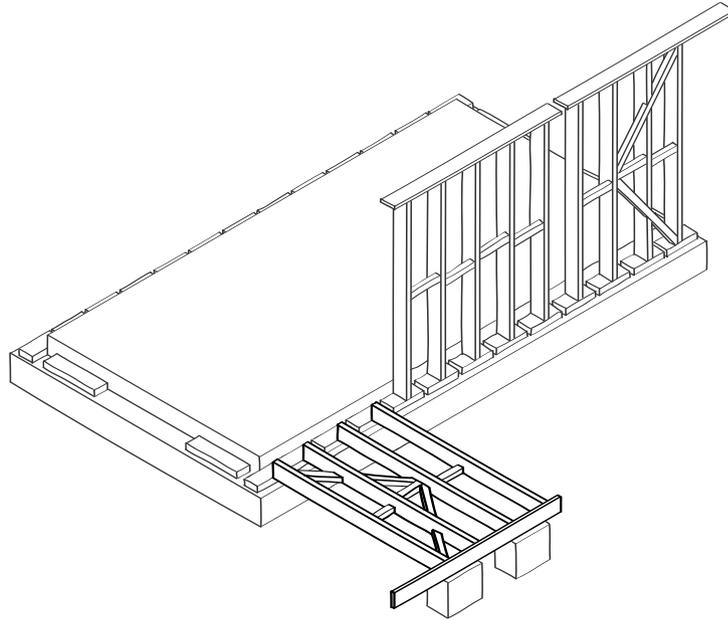


3

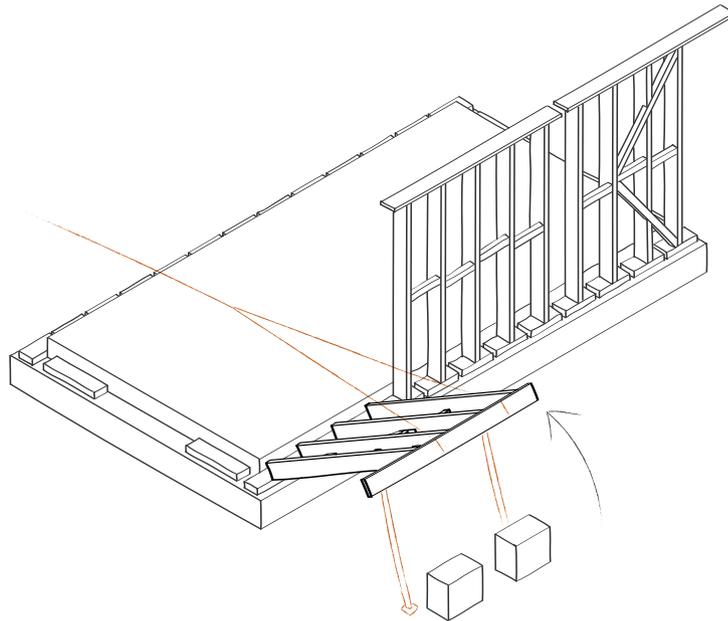


4

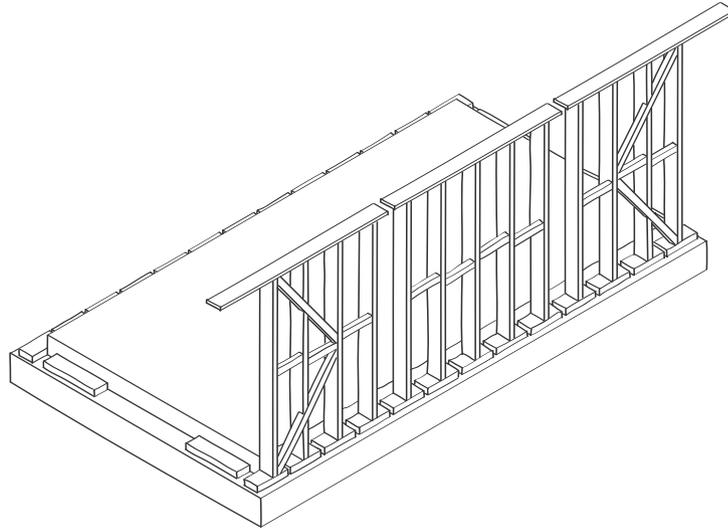
# struttura portante in legno



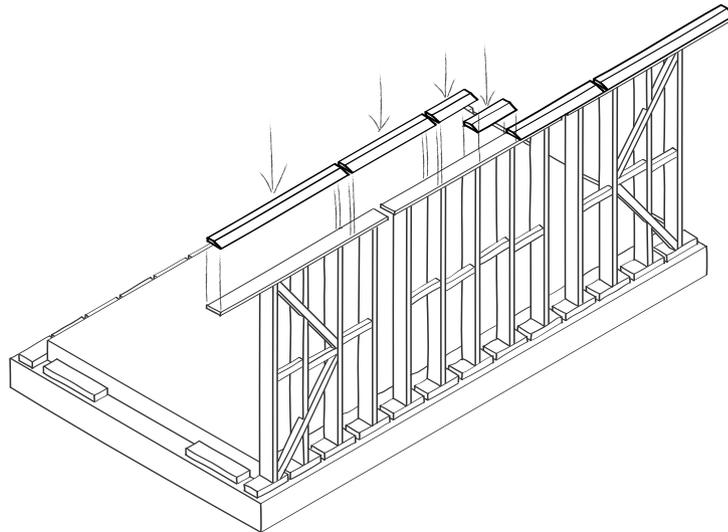
5



6

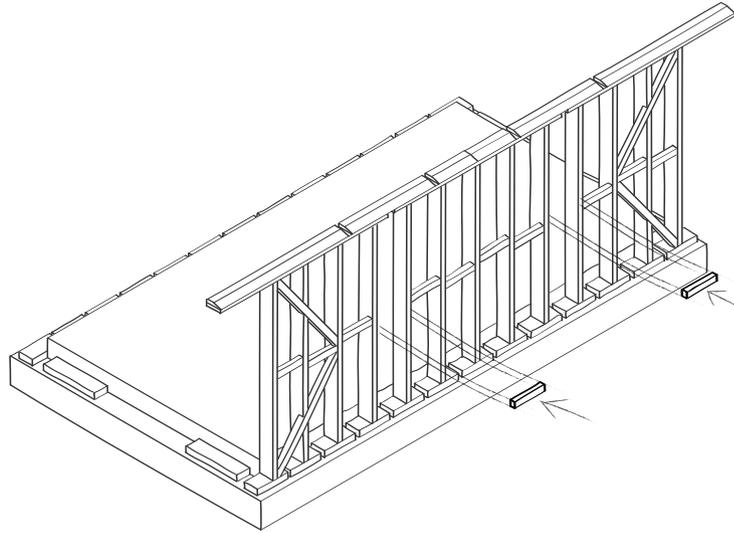


7

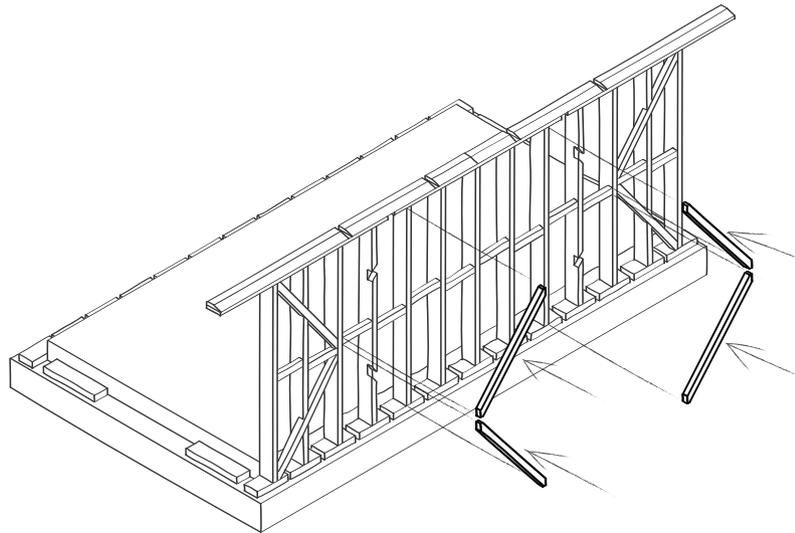


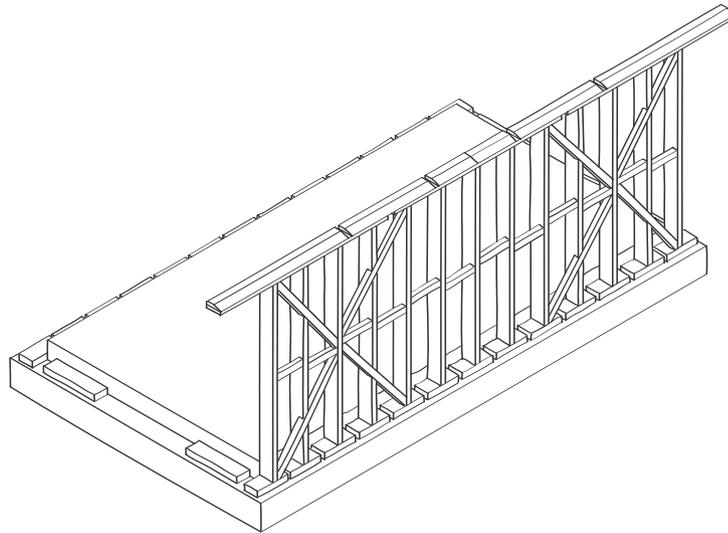
8

# struttura portante in legno

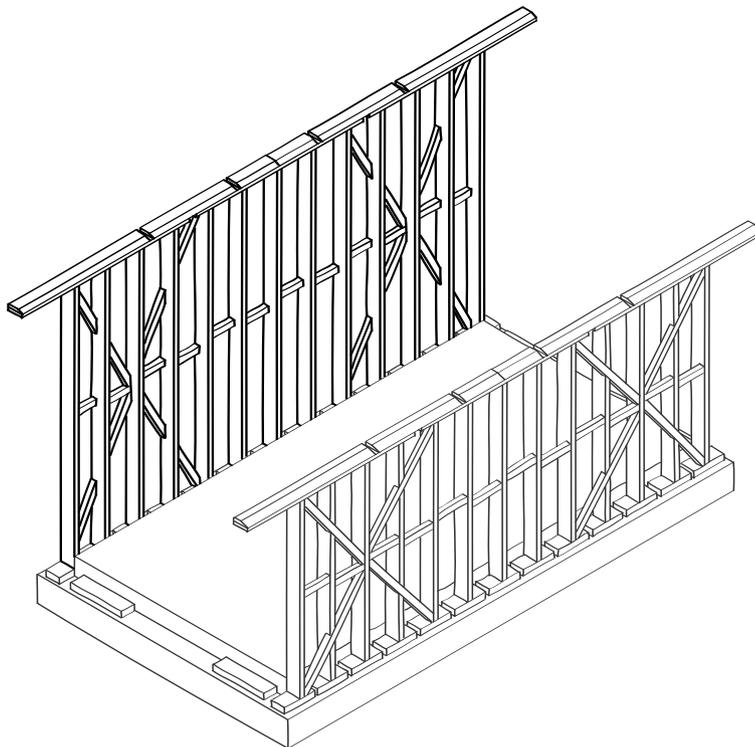


9



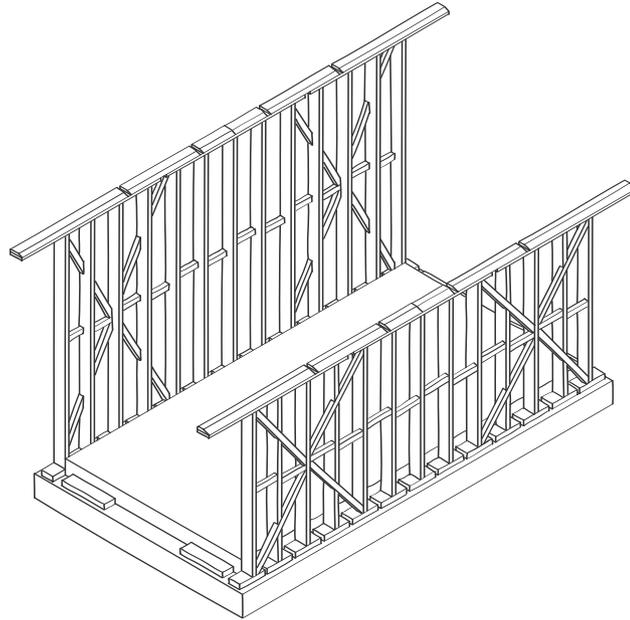


11

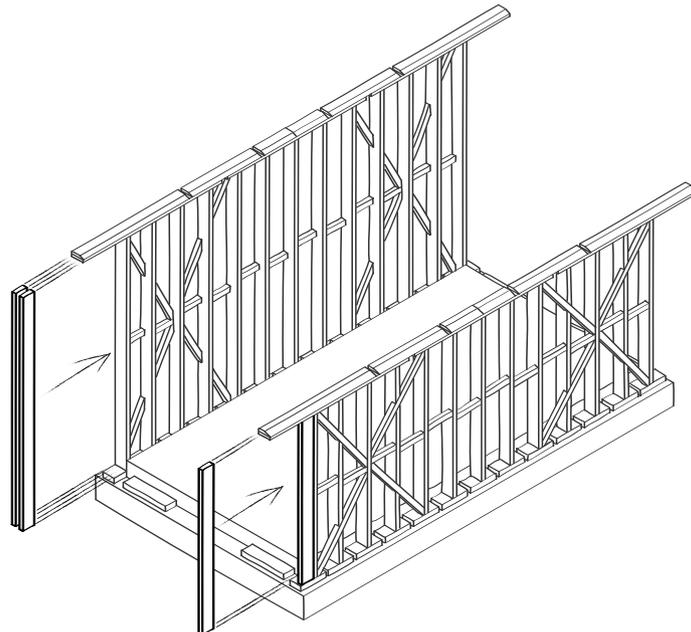


12

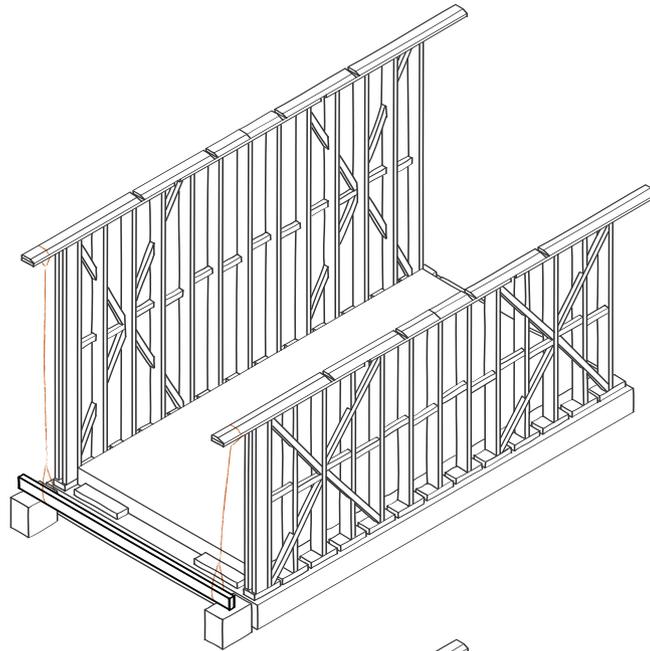
# struttura portante in legno



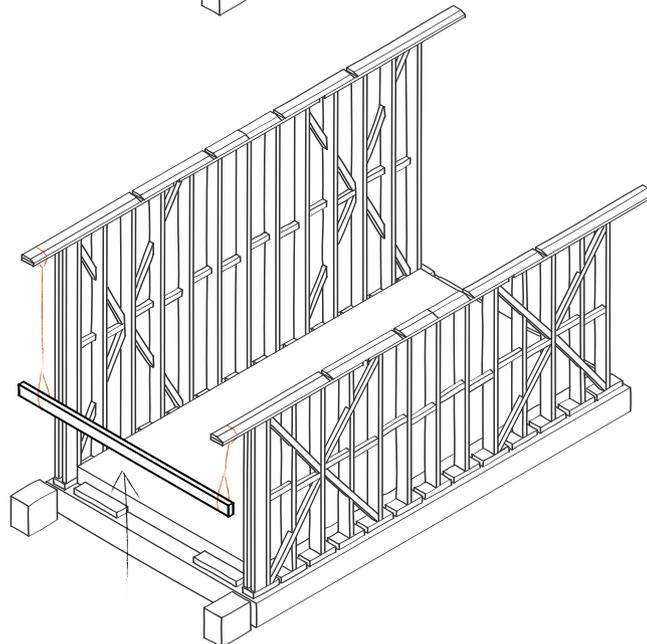
13



14

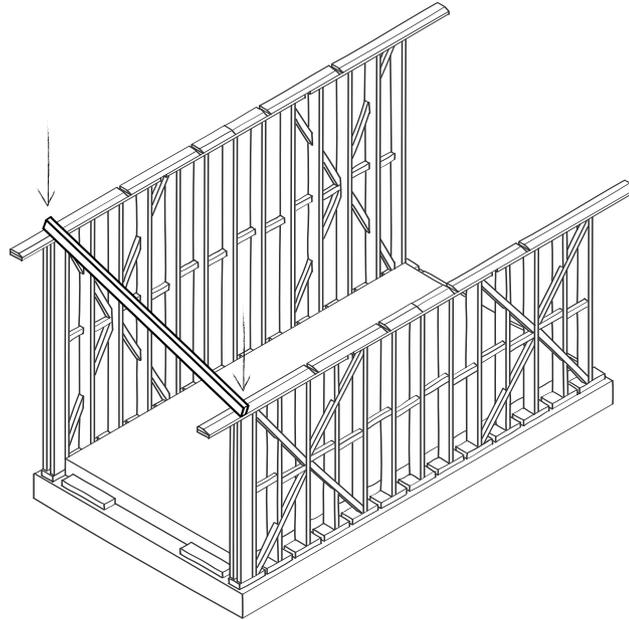


15

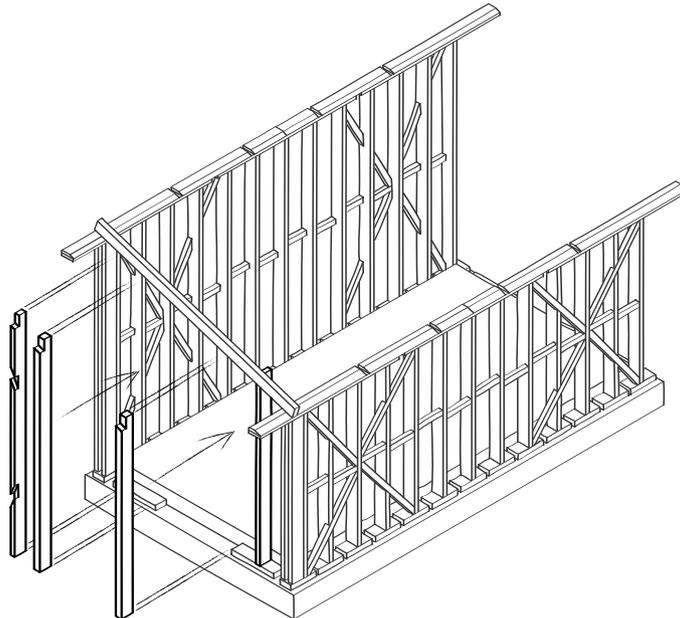


16

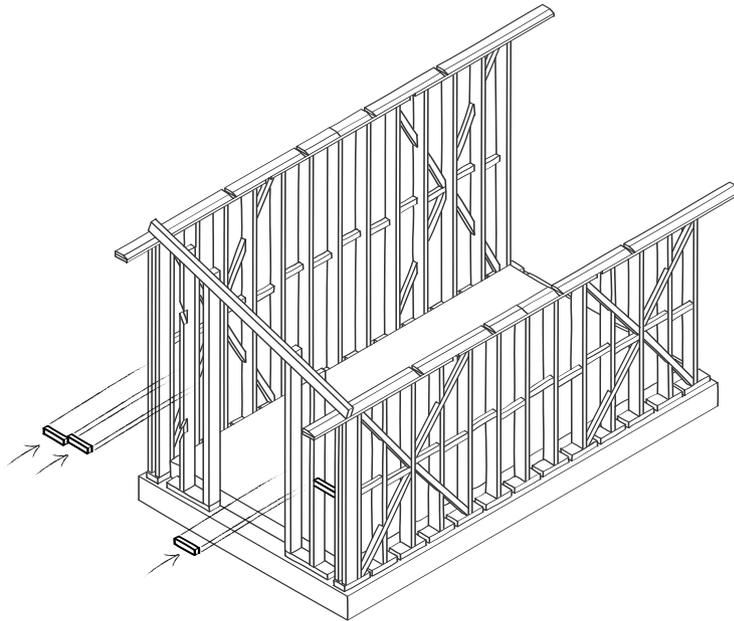
# struttura portante in legno



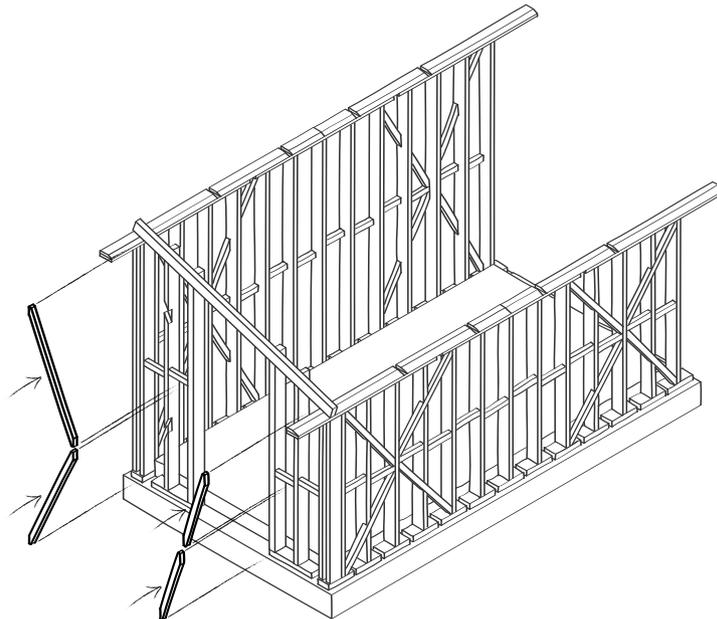
17



18

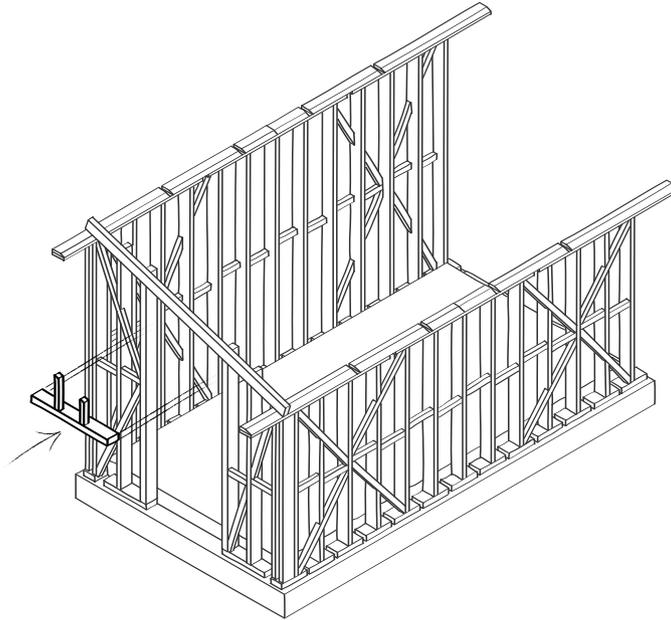


19

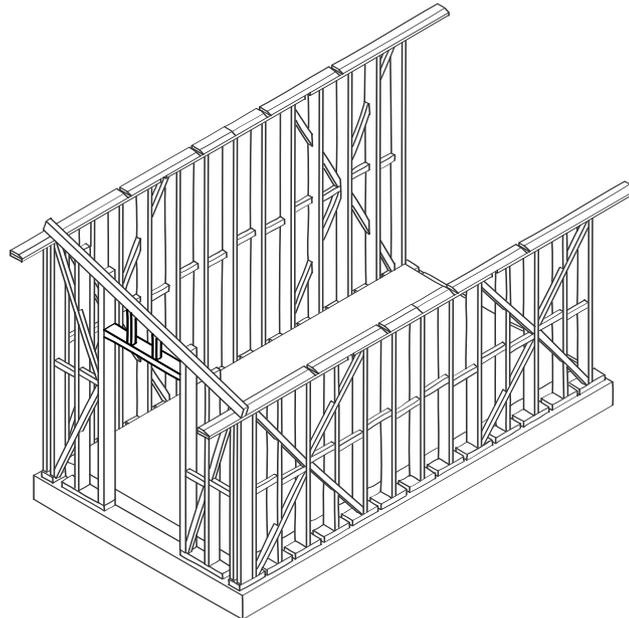


20

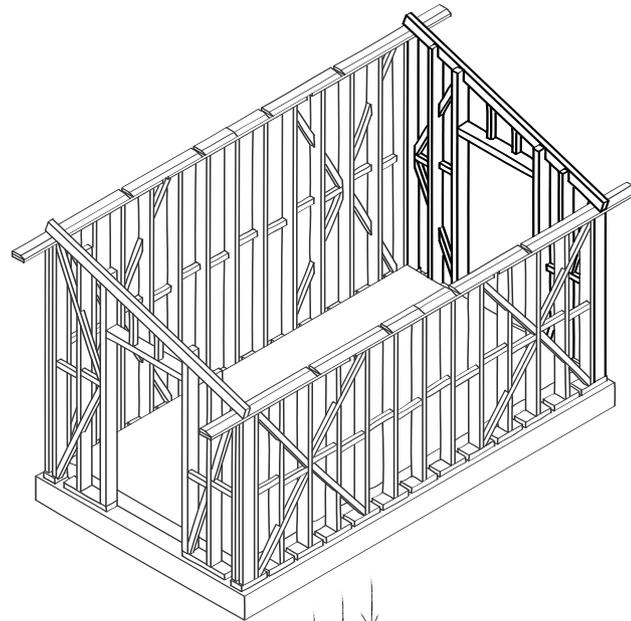
# struttura portante in legno



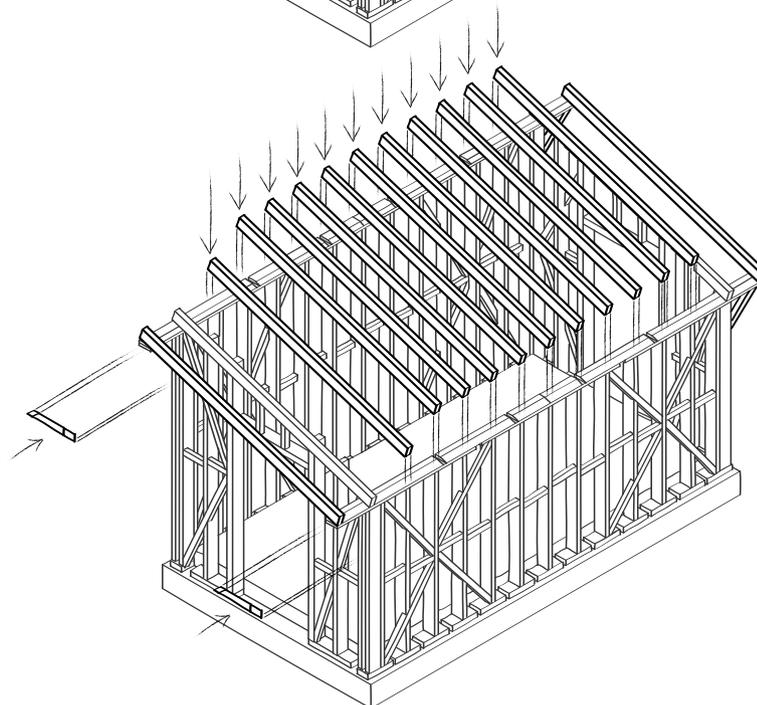
21



22

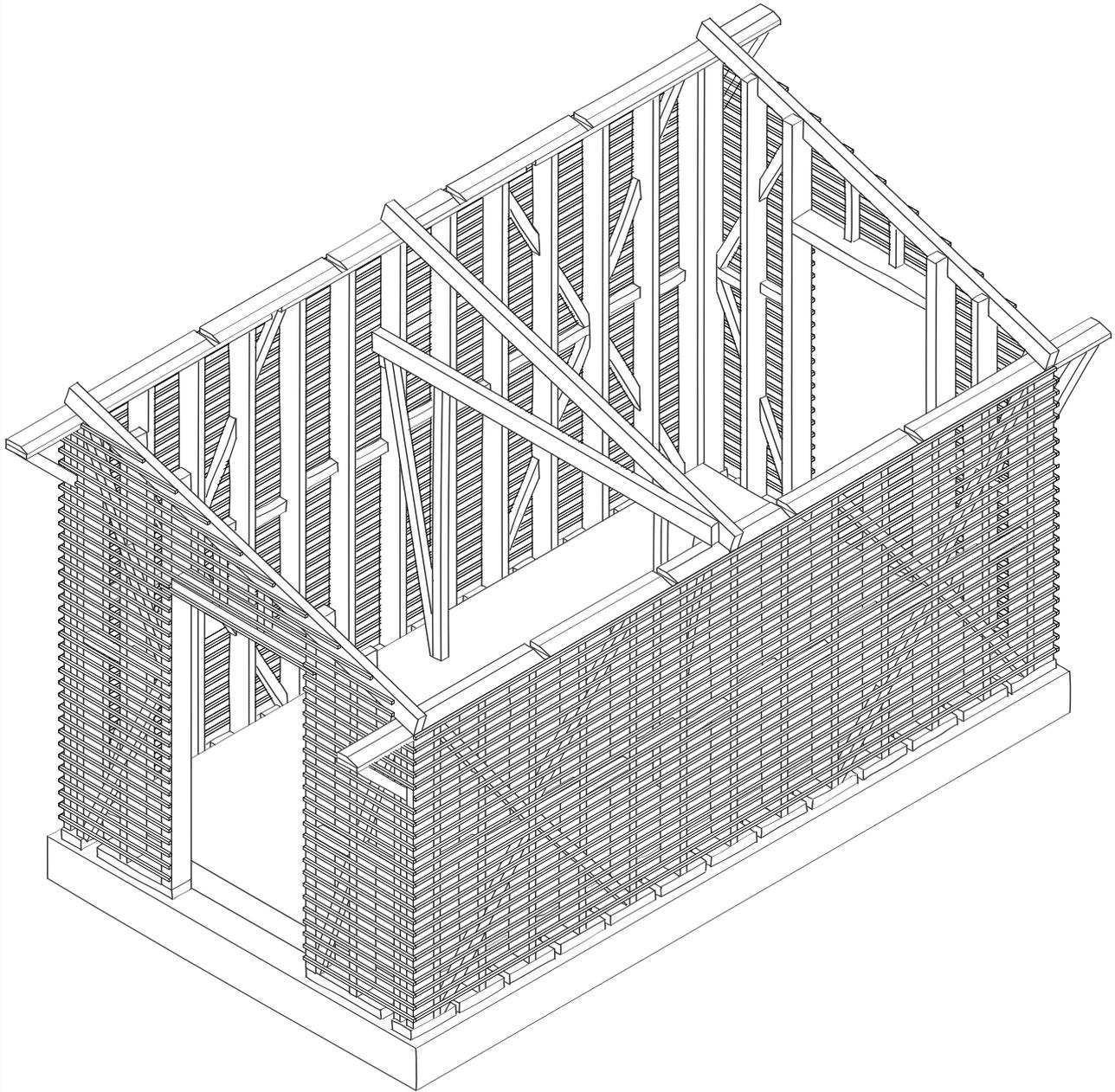


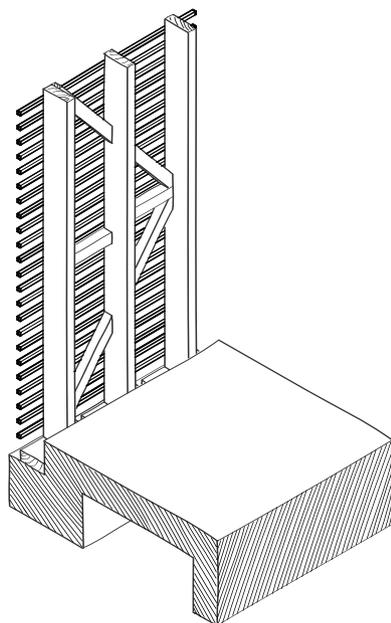
23



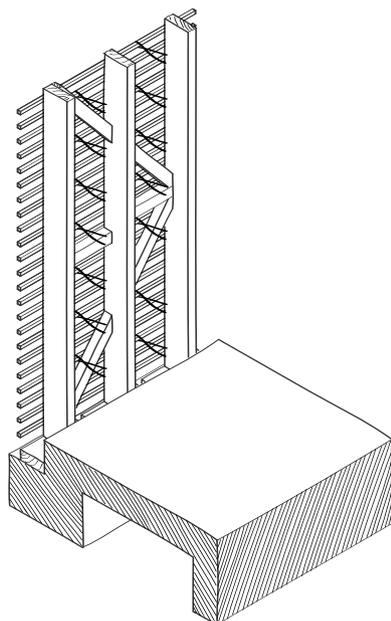
24

# tamponamento





26



27

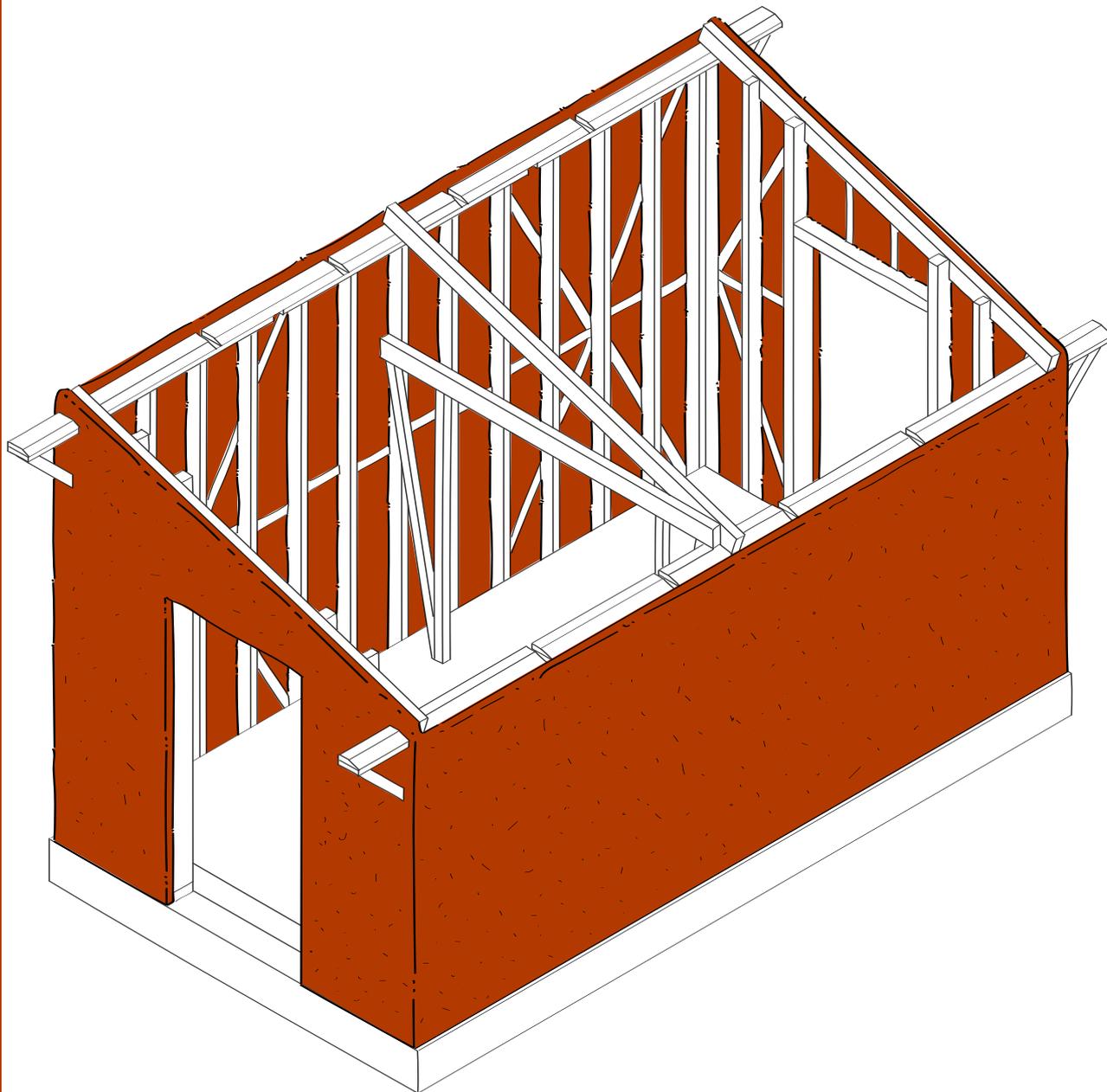
Le pareti del padiglione in terra-paglia hanno un'importante struttura portante in legno che serve da supporto anche al tamponamento in terra-paglia e canna palustre.

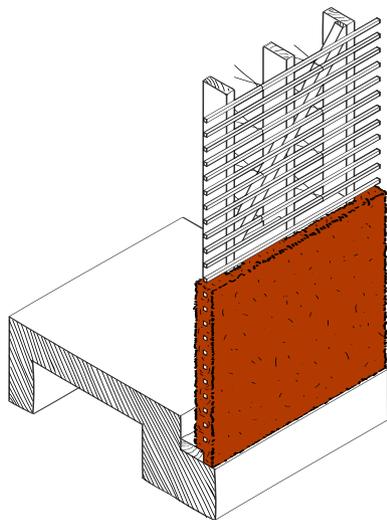
La prima parete longitudinale è stata assemblata orizzontalmente, divisa in tre moduli, e poi ribaltata verticalmente e fissata alle tavole di radice delle fondazioni e al solaio (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7). Una volta allineati e portati in bolla, i tre moduli sono prima stati cuciti tra loro da una tavola di bordo (8) e successivamente tramite i distanziatori intermedi (9) e i controventi (10 e 11). Lo stesso procedimento è stato eseguito per la parete opposta (12).

Successivamente sono stati rinforzati i pilastri angolari (14) con due pilastri paralleli orientati trasversalmente al primo.

Tramite l'utilizzo di paranchi a catena, è stata sollevata la prima trave di copertura (15 e 16) e fissata alle due travi di bordo, in corrispondenza dei pilastri angolari (17). A questo punto sono stati inseriti gli altri pilastri della facciata (18) e la struttura è stata nuovamente irrigidita con l'inserimento di distanziatori (19) e controventi (20). Viene inoltre inserita l'architrave sull'apertura (21) e due

# tamponamento



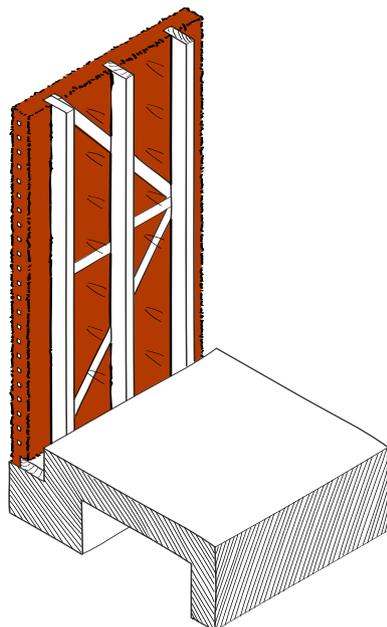


montanti che serviranno da sostegno al tamponamento. Anche questo procedimento viene realizzato speculare sulla facciata opposta (23).

Infine, sempre con l'utilizzo dei paranchi, vengono sollevate e fissate tutte le travi della copertura e vengono aggiunti due modiglioni di rinforzo allo sporto in facciata (24).

Per il tamponamento in terra-paglia si è proceduto fissando su tutte le facciate dei listelli 3x3cm a circa 10cm di distanza (25, 26, 50 e 51) a cui sono stati annodati dei fili metallici che serviranno da supporto ai pannelli di canna palustre (27). Si procede dunque con l'annodare la terra-paglia intorno ai listelli fino ad ottenere lo spessore desiderato, dal basso verso l'alto (28, 29, 30, 30a e 52).

29

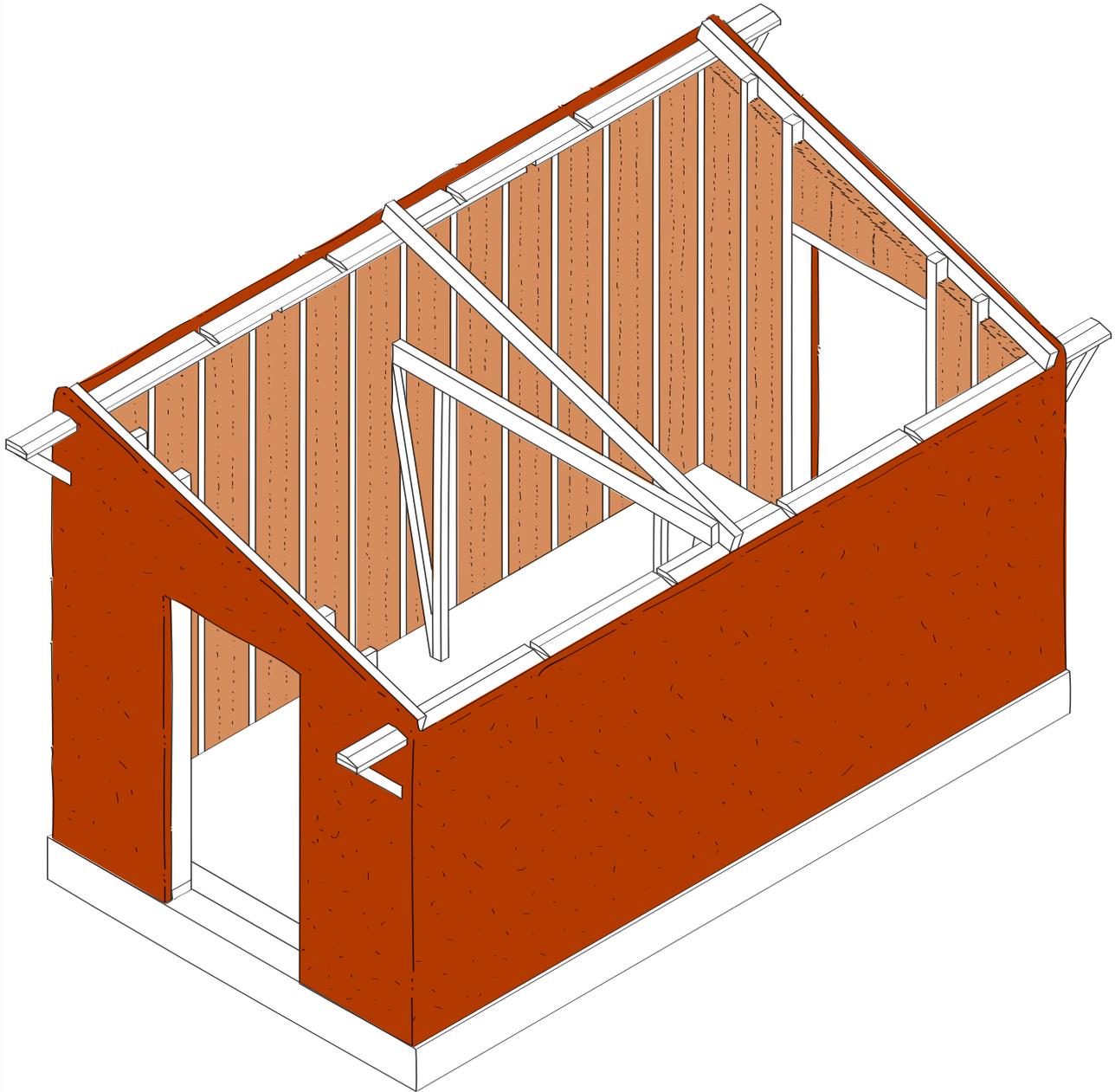


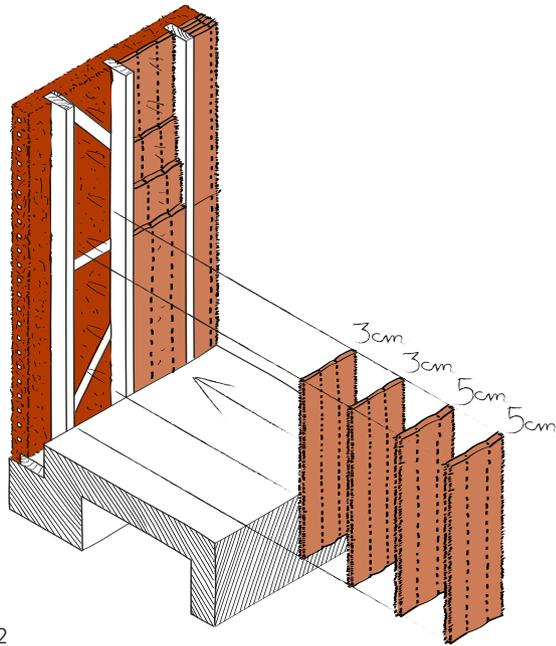
30



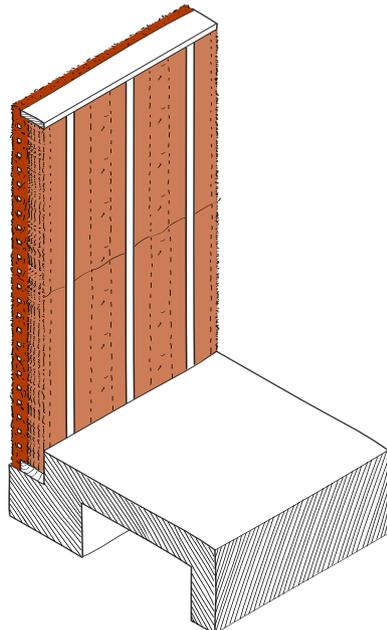
30a

# tamponamento





32



33

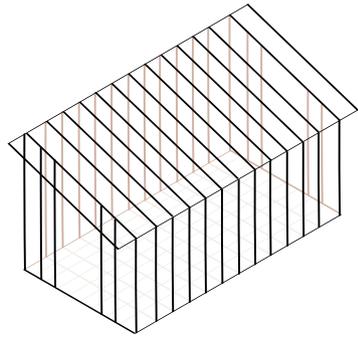
Una volta finito di rivestire la struttura con la miscela, vengono aggiunti i materassini di canna palustre, facendoci passare attraverso i cavi metallici in modo da fissarli alla struttura (31, 32, 33 e 33a).

Nell'immagine 33a, il prototipo di muro che abbiamo costruito a Restructura 2023 a cui abbiamo avuto il piacere di partecipare.

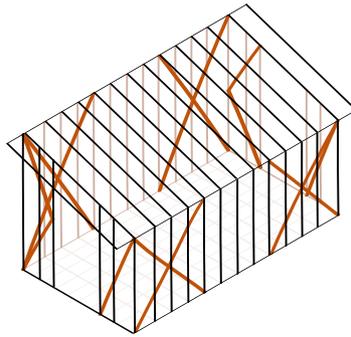


33a

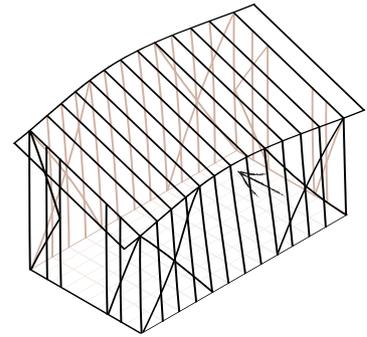
# controventatura della struttura



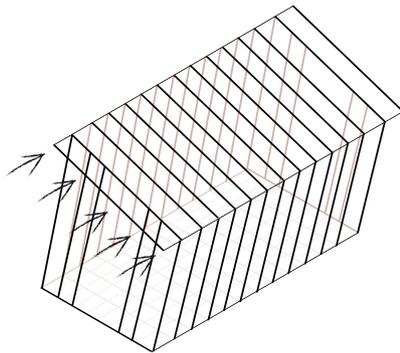
34



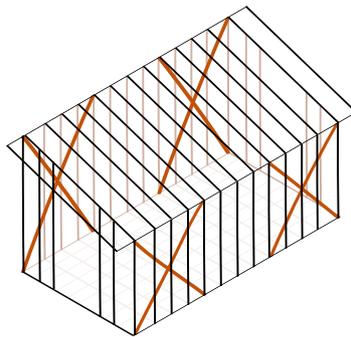
37



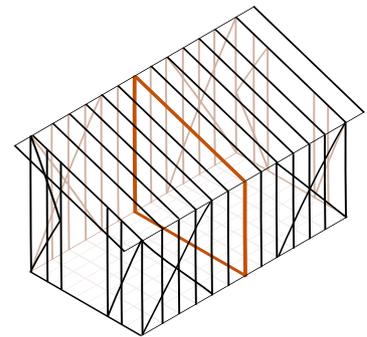
40



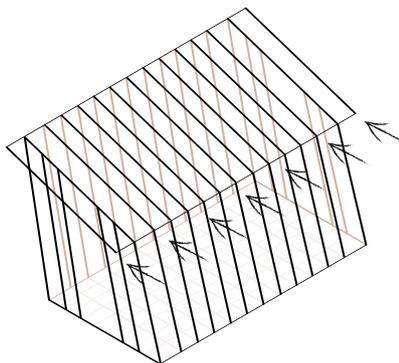
35



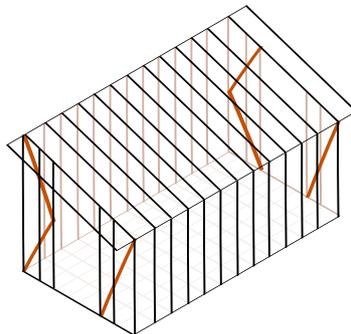
38



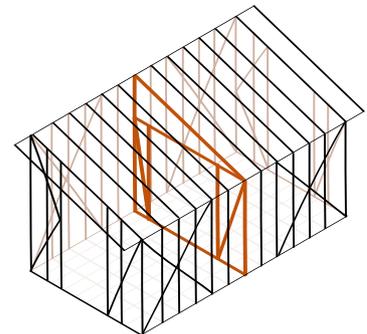
41



36



39



42



43



44



45

Il sistema di controventatura della struttura, che viene semplificato nella pagina accanto, prevedeva l'inserimento di diagonali, che sarebbero poi risultati inglobati nel tamponamento in terrapaglia, in modo da contrastare le spinte in entrambe le direzioni (34, 35, 36, 37, 38 e 39). In fase di cantiere si è deciso di rinforzare ulteriormente la struttura in corrispondenza del portale centrale, poiché nel punto mediano delle pareti longitudinali lo spostamento orizzontale non era sufficientemente vincolato (40, 41, 42, 45 e 45b).



45b

# legno, terrapaglia e canna palustre



46



49



47



50



48



51

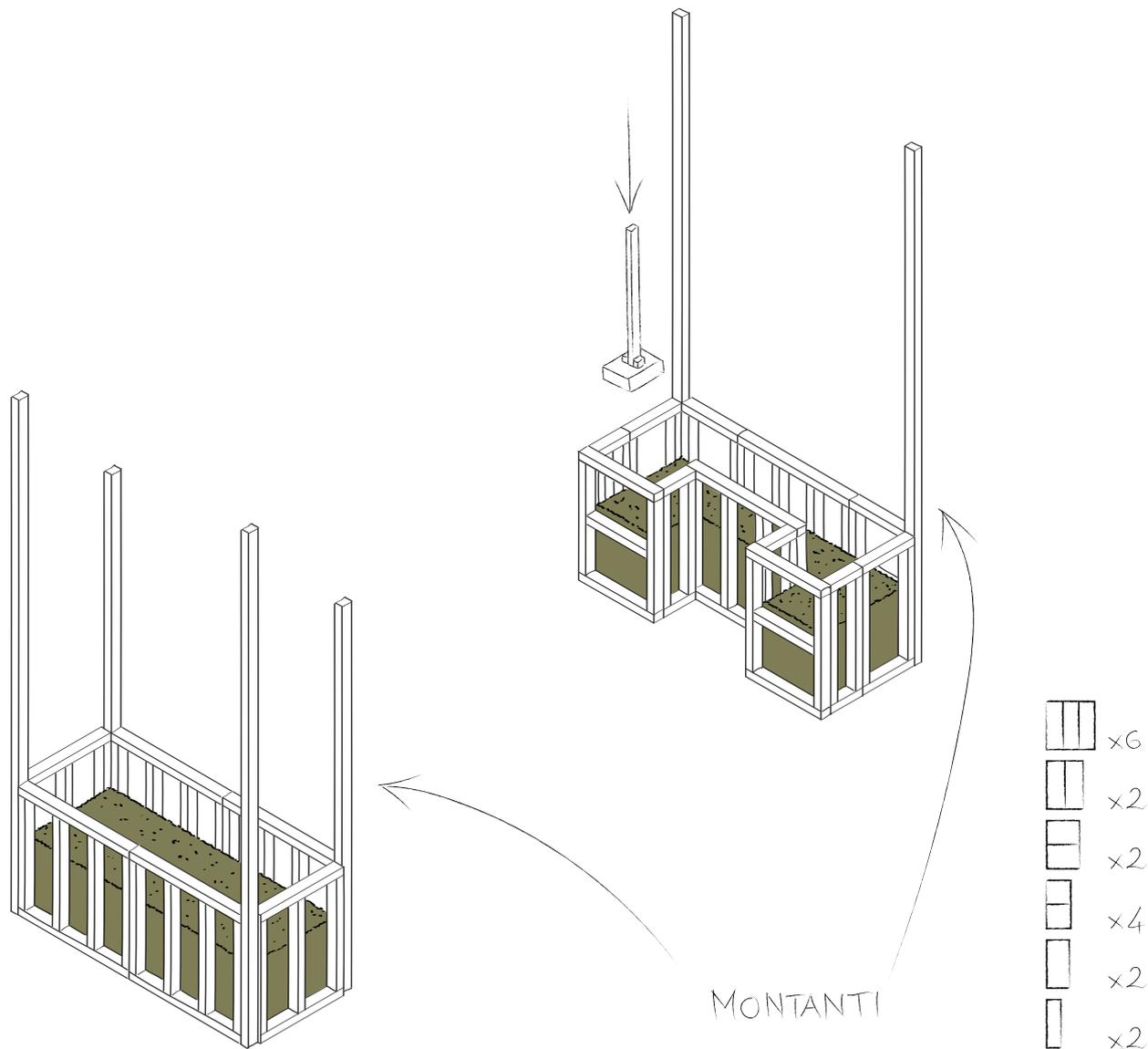




**calcecanapa portante**

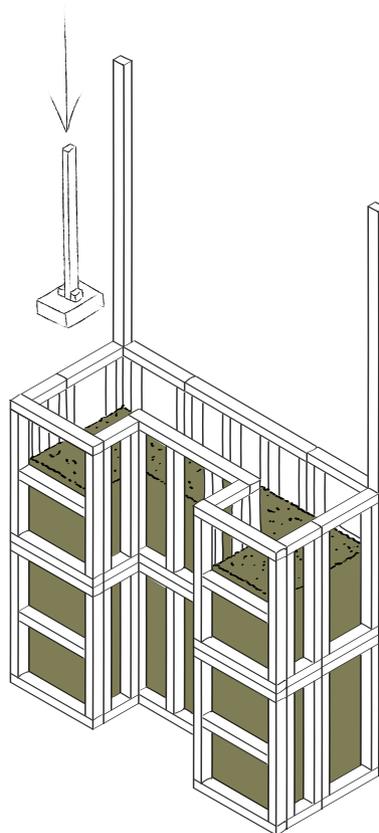
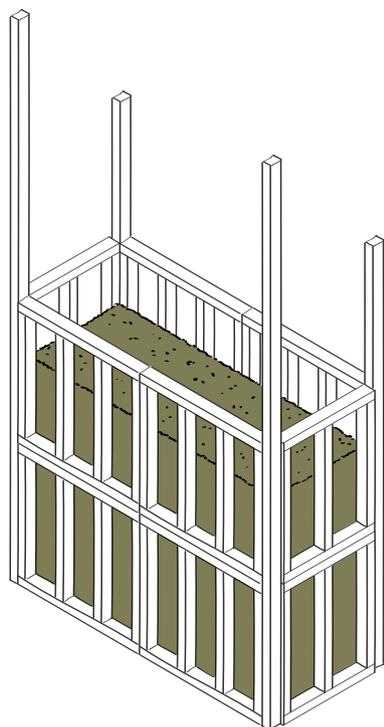
**3.3**

# calcecanapa portante



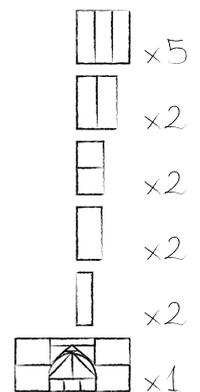
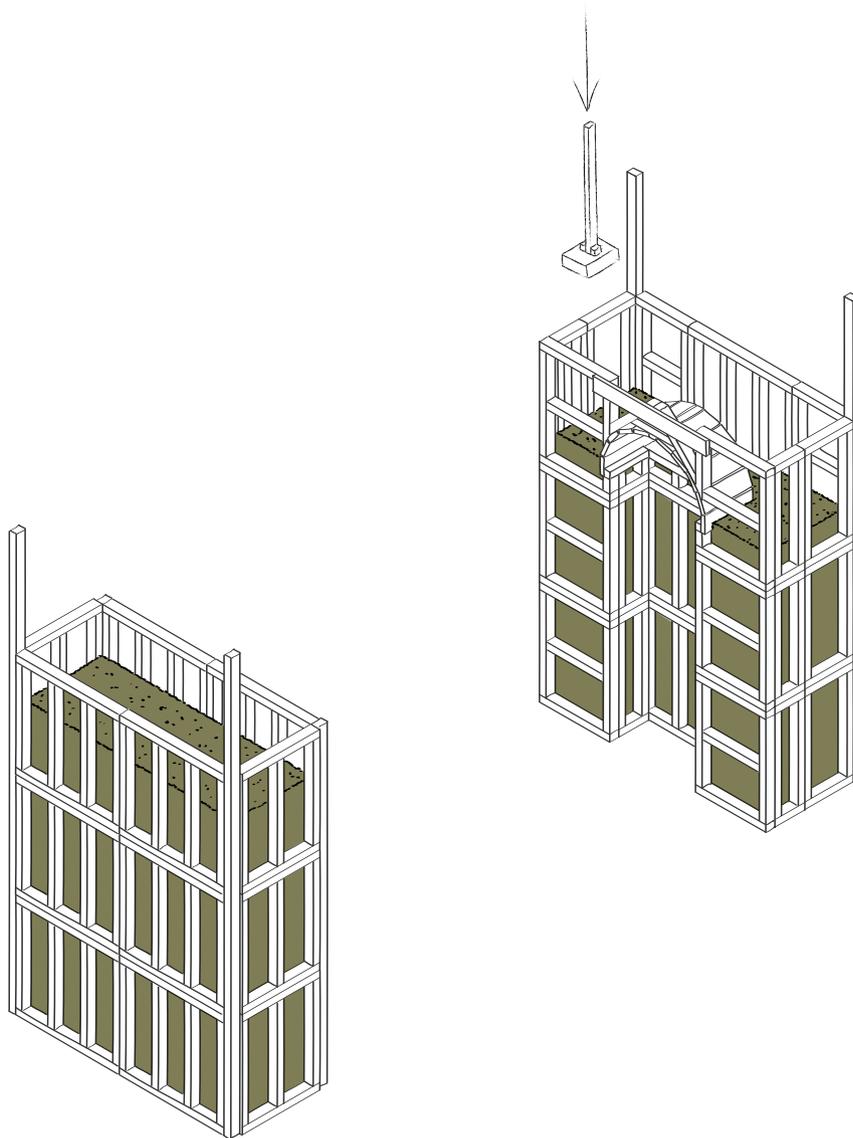
# calcecanapa portante

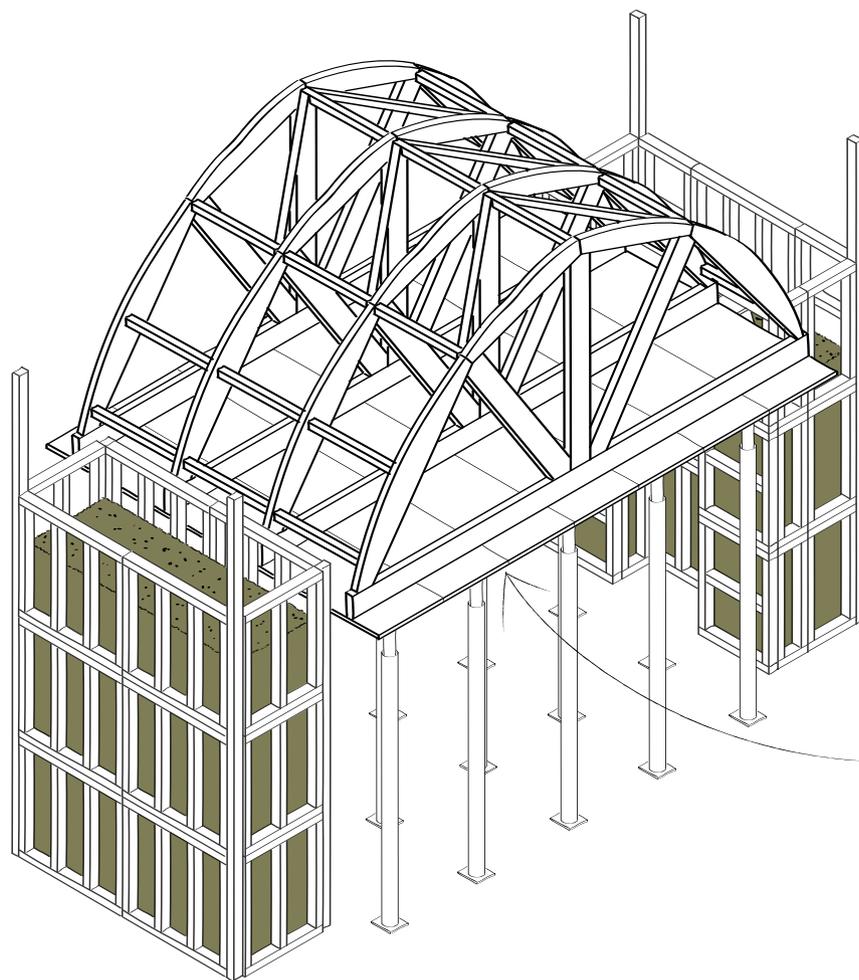
# 3.3



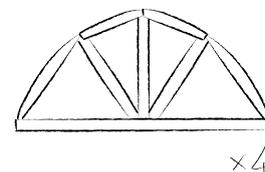
-  x6
-  x2
-  x2
-  x4
-  x2
-  x2

# calcecanapa portante

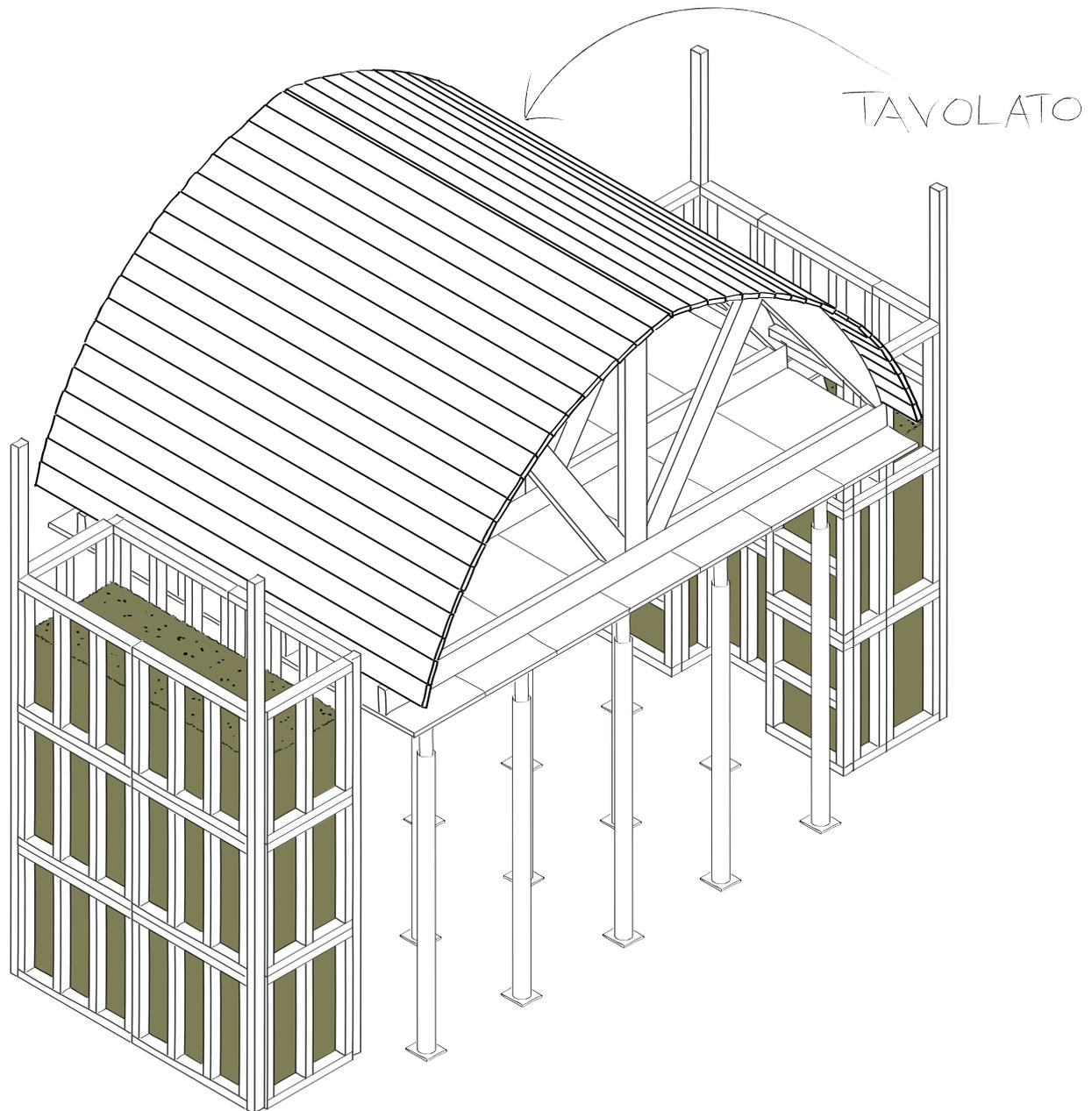


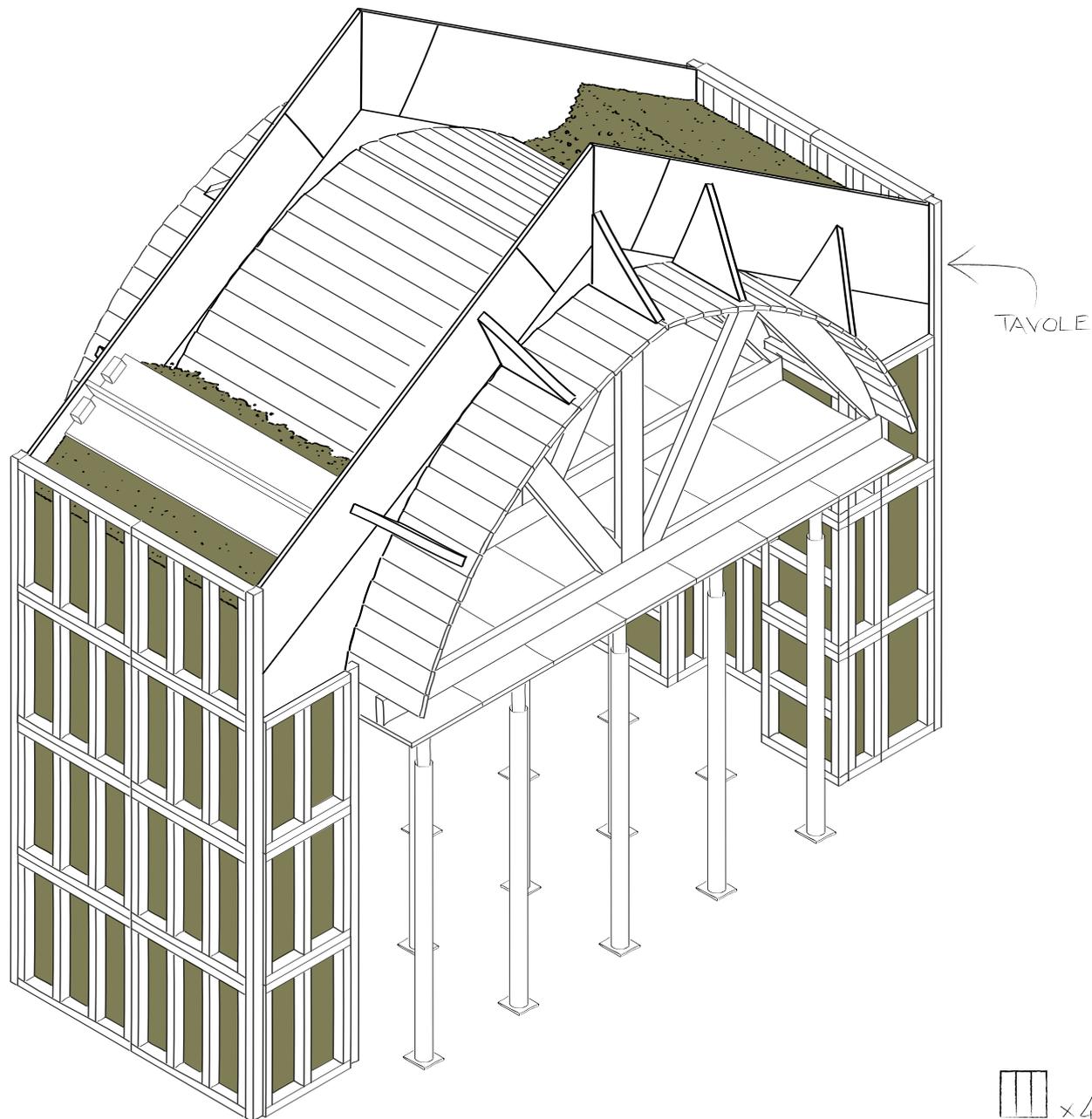


TAVOLATO

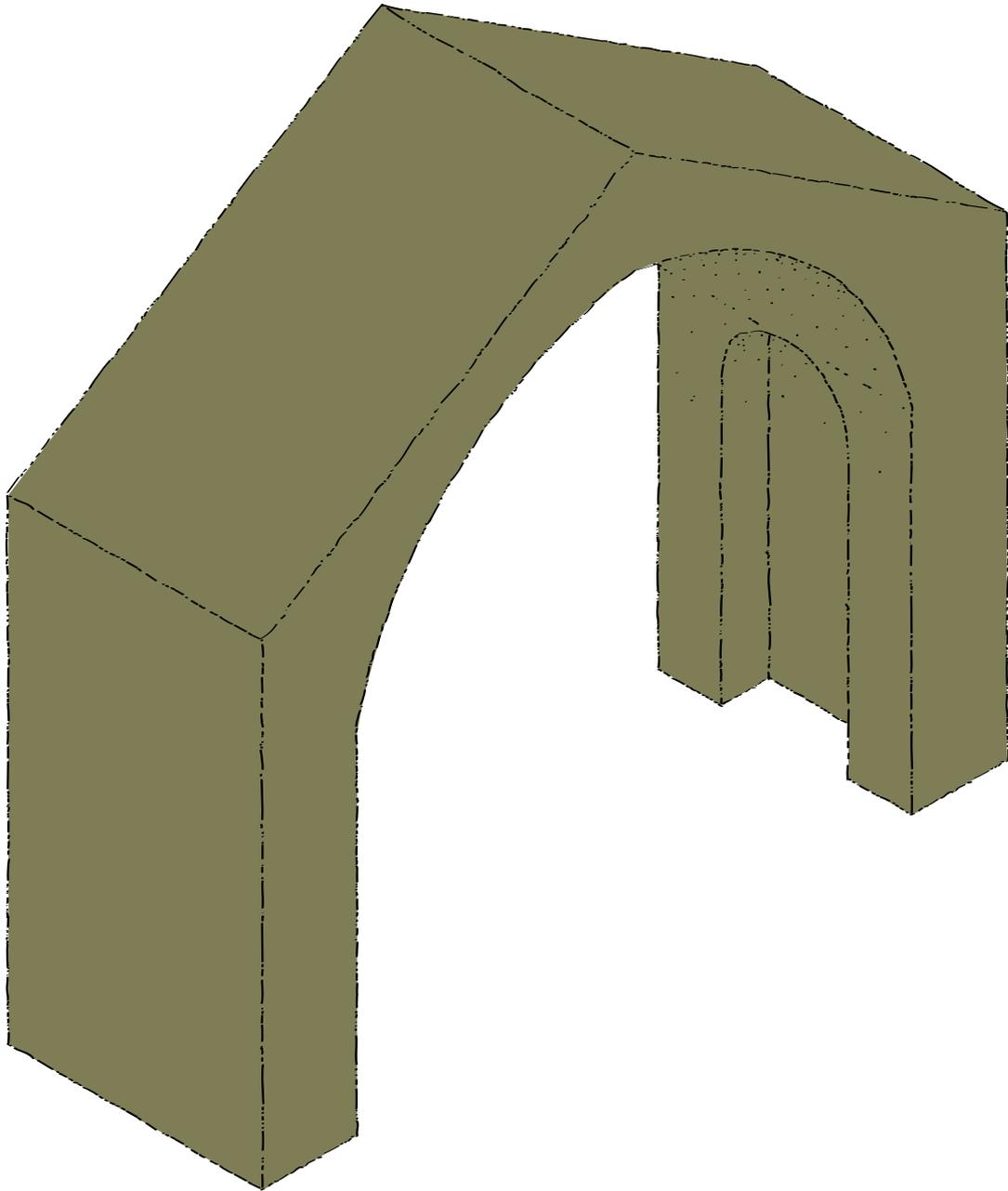


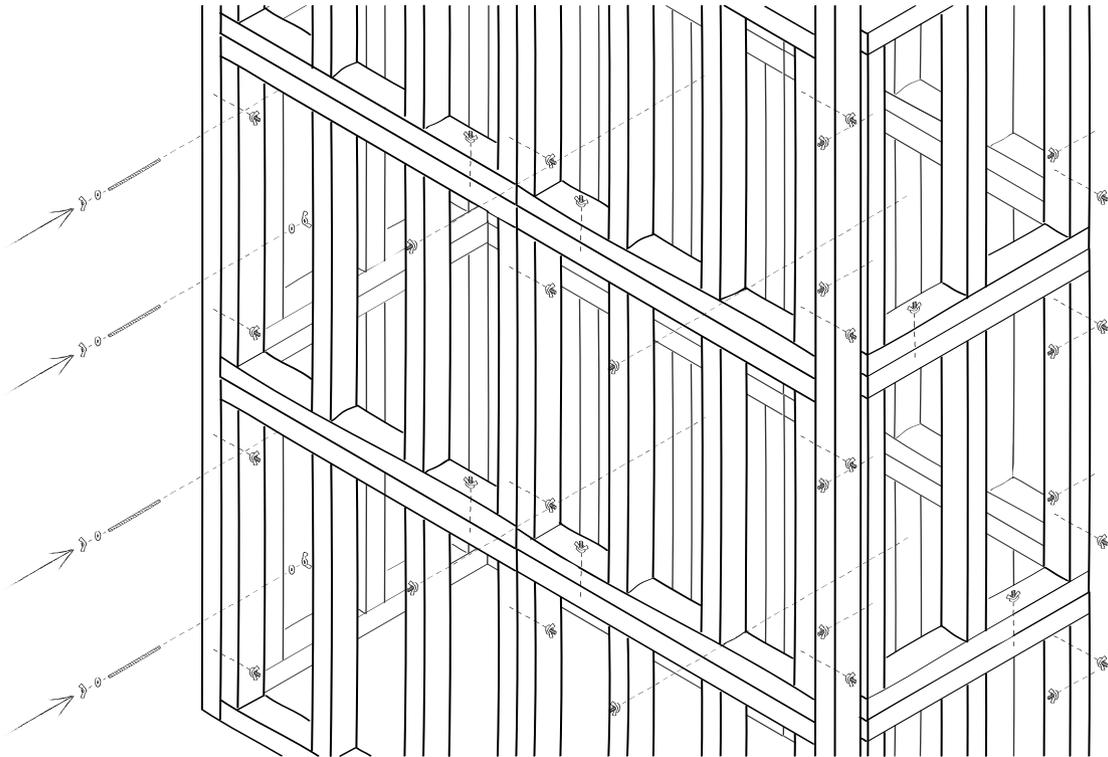
# calcecanapa portante





# calcecanapa portante





8

Il prototipo in calcecanapa portante si propone come un arco autoportante, una porzione del padiglione progettato originariamente, che serve per testare e conoscere le potenzialità e le criticità di un materiale molto utilizzato nell'ambito dell'isolamento, applicato in ambito strutturale.

Molta importanza è stata data alla progettazione del cassero, poiché era necessario che la struttura gettata fosse libera di respirare e liberarsi

dell'acqua in eccesso e, allo stesso tempo, che la struttura del cassero fosse sufficientemente rigida da non subire deformazioni a causa della costipazione della miscela. Si è deciso di progettare un cassero composto da moduli che fosse possibile smontare e rimontare senza l'utilizzo di viti. Ogni modulo è composto da un telaio in legno (5x7cm), uno strato di rete metallica elettrosaldata a maglia 3x3cm per la rigidità e uno di rete metallica elettrosaldata di maglia

# calcecanapa portante



10



13



11



14



12



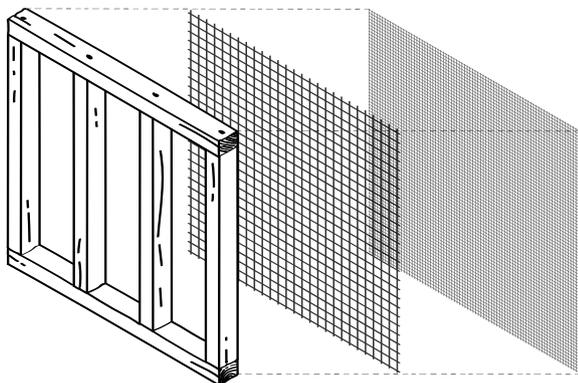
15



16



17



18

3x3cm per la rigidità e uno di rete metallica elettrosaldata di maglia 0,5x0,5cm per il contenimento (18). I moduli sono uniti uno all'altro tramite barre filettate che passano in appositi buchi e stretti con rondelle e farfalle (8). A sostegno della volta sono state posizionate quattro centine che poggiano su puntoni, sormontate da un tavolato (4 e 5).

La miscela con cui è stato realizzato il prototipo segue le seguenti percentuali:

- 51% di canapulo (41% fine, 10% grosso)
- 31,7% di calce pozzolanica
- 17,3% di acqua

La miscela ottenuta si presenta in palline (13) e viene compattata con dei pestelli (14), come nella tecnica del pisé o rammed earth, strato dopo strato (15).

Per facilitare i movimenti, il cassero è stato assemblato un piano alla volta, fino al raggiungimento dell'imposta della volta (1, 2, 3, 10, 11 e 12). Infine è stato montato il sostegno alla volta (5). Per mantenere la giusta pendenza della copertura e direzionare la spinta di costipamento parallelamente all'arco, è stata utilizzata una tavola avvitata alle tavole di contenimento (6 e 16) che veniva spostata verso la sommità.



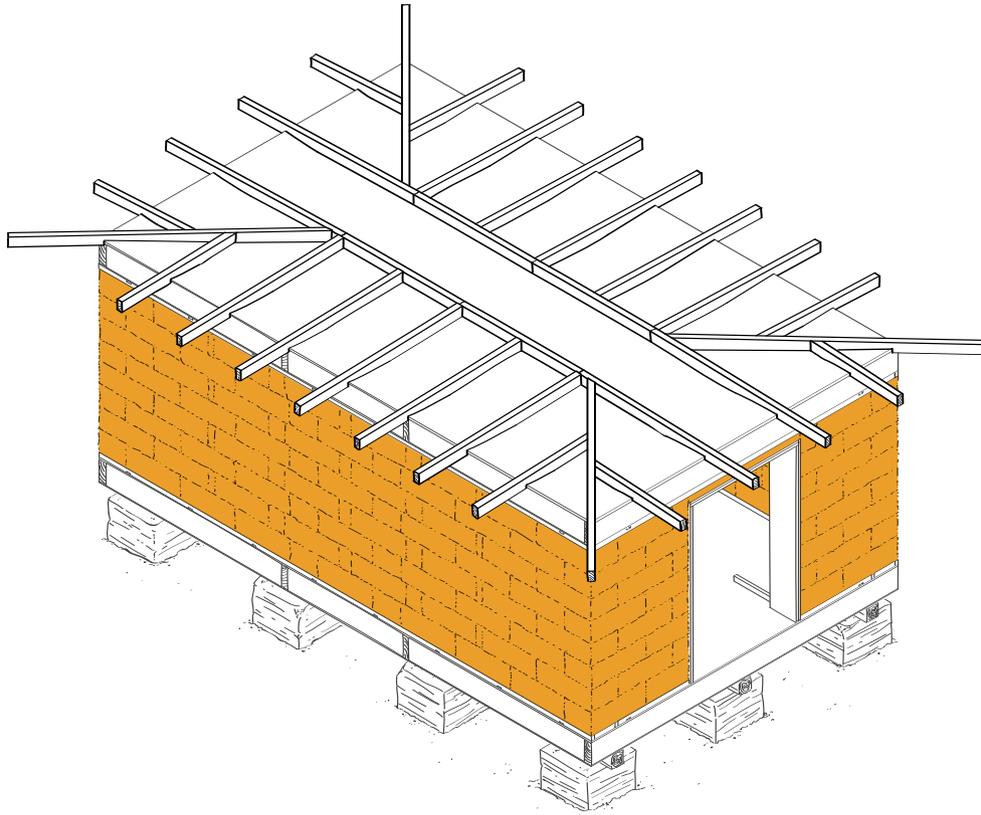
# COPERTURA 4.



**tetto verde ventilato**

**4.1**

# tetto verde ventilato



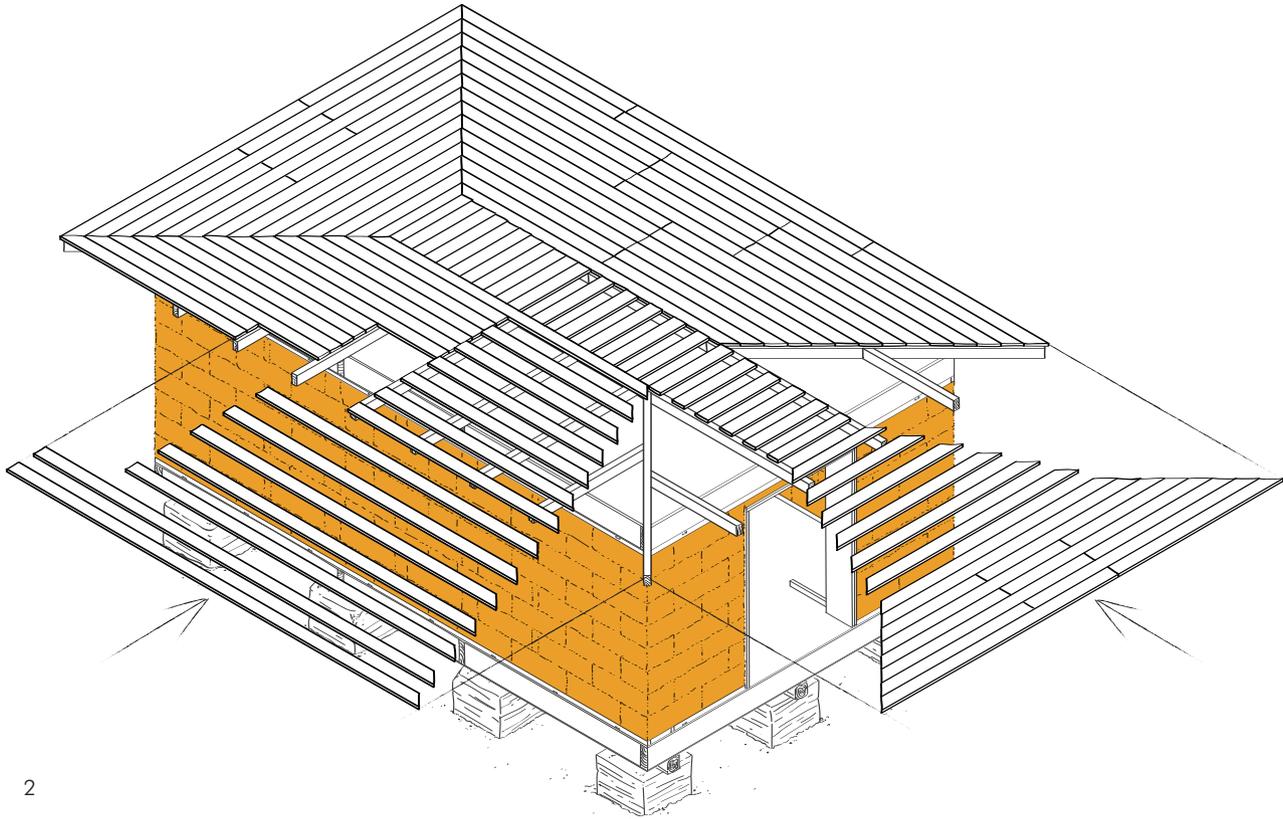
1



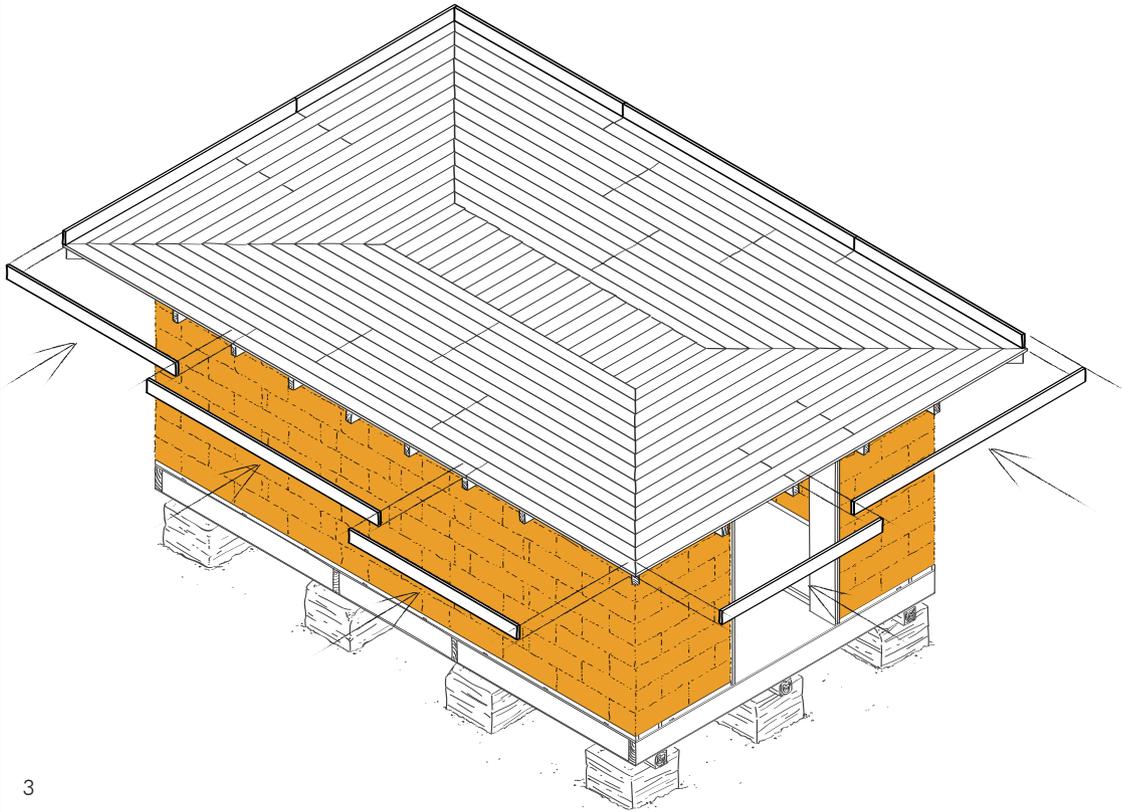
1a



1b



# tetto verde ventilato



3

Il progetto del padiglione in paglia portante prevede la realizzazione di un tetto verde ventilato per cui si sono utilizzati i seguenti materiali:

- travetti di ventilazione in castagno 9x15cm
- tavolato di sostegno in larice 20x5cm
- travi di bordo in castagno di altezza 20cm
- membrana antiradice e impermeabile all'acqua

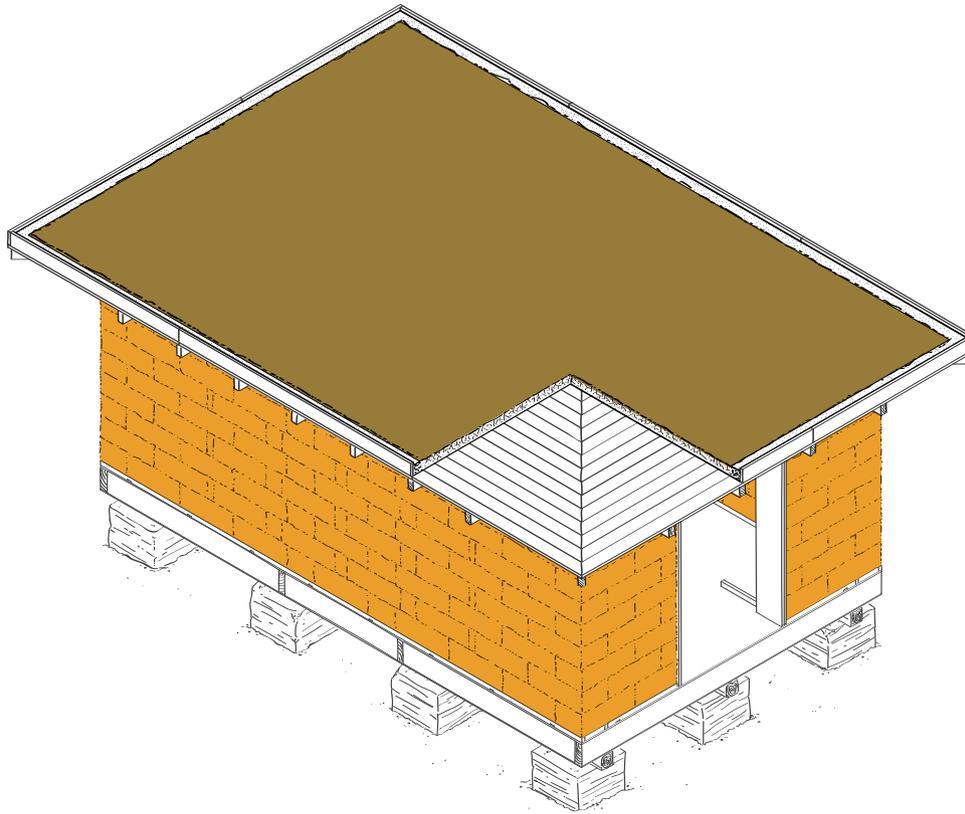
- strato di substrato drenante di spessore 5cm

- strato di substrato drenante d'intorno di larghezza 30cm

- membrana filtrante

- strato di substrato vulcanico di spessore 10cm

La struttura portante del tetto verde consiste in un telaio di travetti che grazie al proprio spessore forniscono al solaio di copertura la necessaria ventilazione e



4

che consentono di realizzare la pendenza necessaria alla raccolta e allo scolo delle acque meteoriche e verso le travi di bordo. Come si evince dalle immagini (1, 1a, 1b, 1c e 1d), questo è stato il procedimento più delicato nella realizzazione della copertura. Il tetto verde ha una sporgenza di circa 80cm rispetto alle pareti e ciò implica che l'ancoraggio al solaio dei travetti di ventilazione debba contrastare il peso

che un tetto verde può raggiungere quando bagnato (anche se lo spessore del substrato è minimo), oltre al peso della struttura stessa (5, 6, 7 e 8).

Successivamente è stato posizionato il tavolato, che ha anche funzione portante, di spessore 5cm, in maniera tale da assecondare la pendenza dei travetti (2, 9, 10 e 11). Si procederà poi con la stesura della membrana antiradice, impermeabile, e al fissaggio delle travi

# tetto verde ventilato



5



8



6



9



7



10



11

di bordo per il contenimento del substrato (3). La stratigrafia prevista in seguito (4) è composta, dal basso verso l'alto, da un substrato drenante di 5cm per la raccolta delle acque meteoriche, che filtrano attraverso una membrana filtrante e il superiore strato di substrato culturale per il manto erboso, di spessore 10cm (4). Lungo il perimetro del tetto corre un

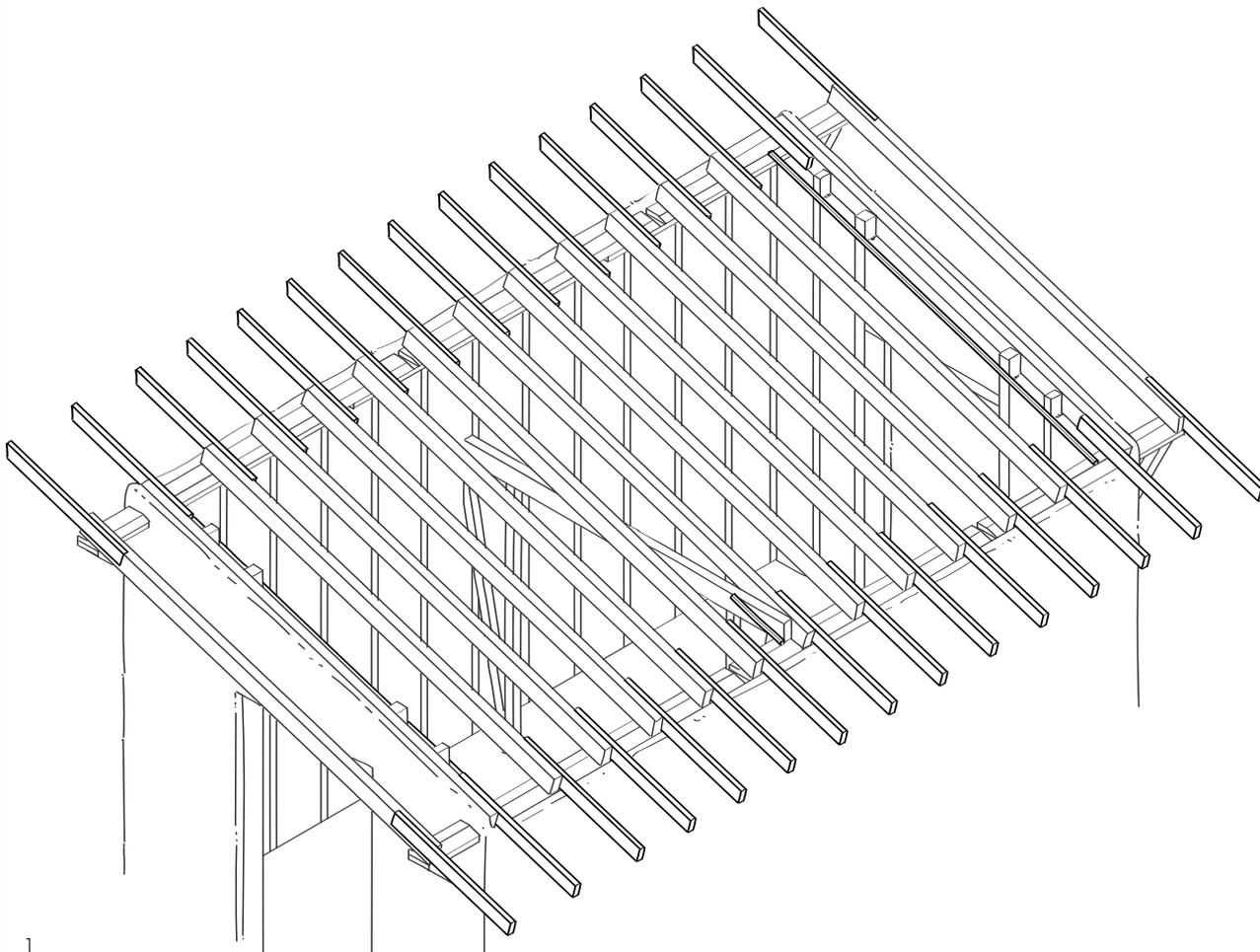
cordolo di raccolta delle acque reflue di larghezza 30cm composto anch'esso da substrato drenante.

La stratigrafia scelta è adatta ad un tetto verde non calpestabile e a bassa manutenzione. Inoltre, la scelta di una copertura verde apporta vantaggi come un buon isolamento termico e una maggiore protezione dagli agenti atmosferici.



# scandole 4.2

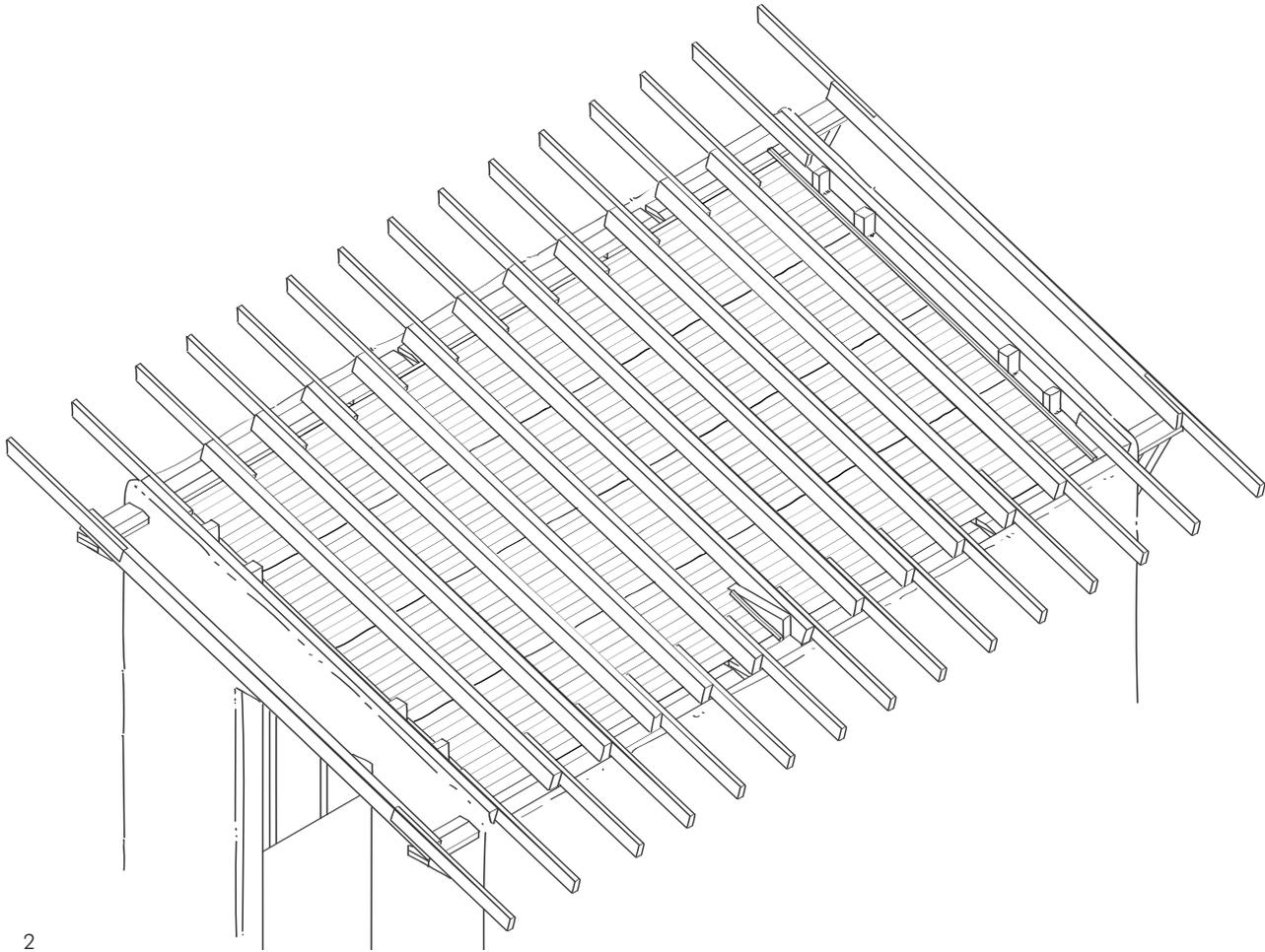
# tamponamento



Della copertura del padiglione in terrapaglia verranno illustrate sia le fasi di tamponamento e isolamento del solaio superiore sia del rivestimento in scandole. La stratigrafia, come per le pareti, prevede uno strato interno in canna palustre e uno esterno in terra-

paglia. Oltre, quindi, a questi materiali, gli altri scelti sono stati:

- travetti 5x15cm per i passafuori
- tavolato di chiusura orizzontale del solaio superiore in larice o castagno
- listelli longitudinali per i torchis del solaio 4x4cm



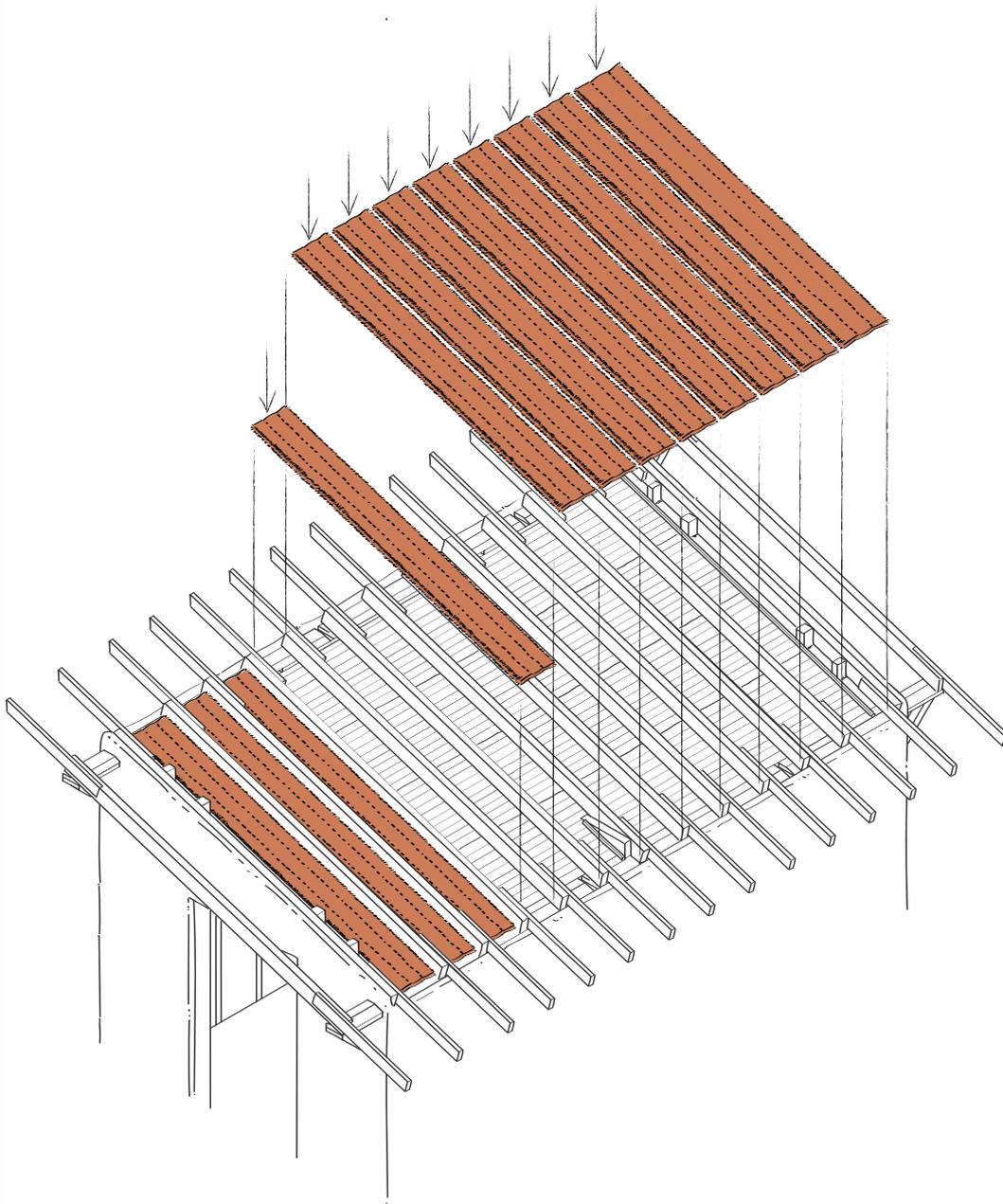
2

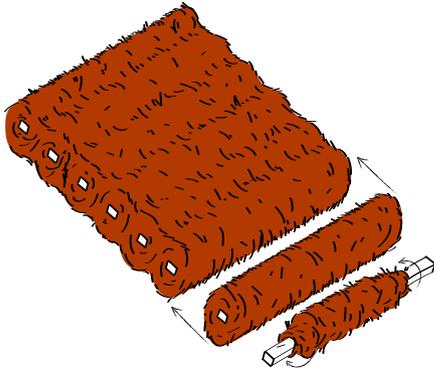
- listelli trasversali per i torchis del solaio superiore 3x3cm
- listelli di copertura verticali in larice o castagno 4x4cm
- listelli di copertura orizzontali di supporto alle scandole in larice o castagno 4x4cm

- scandole di larice 20x50cm

Si è cominciato con il fissaggio dei passafuori alle travi di copertura della struttura lignea per creare lo sporto necessario di circa 1m (1 e 9) e successivamente si è chiuso il solaio con il tavolato a vista a soffitto,

# tamponamento





4a



4b



4c

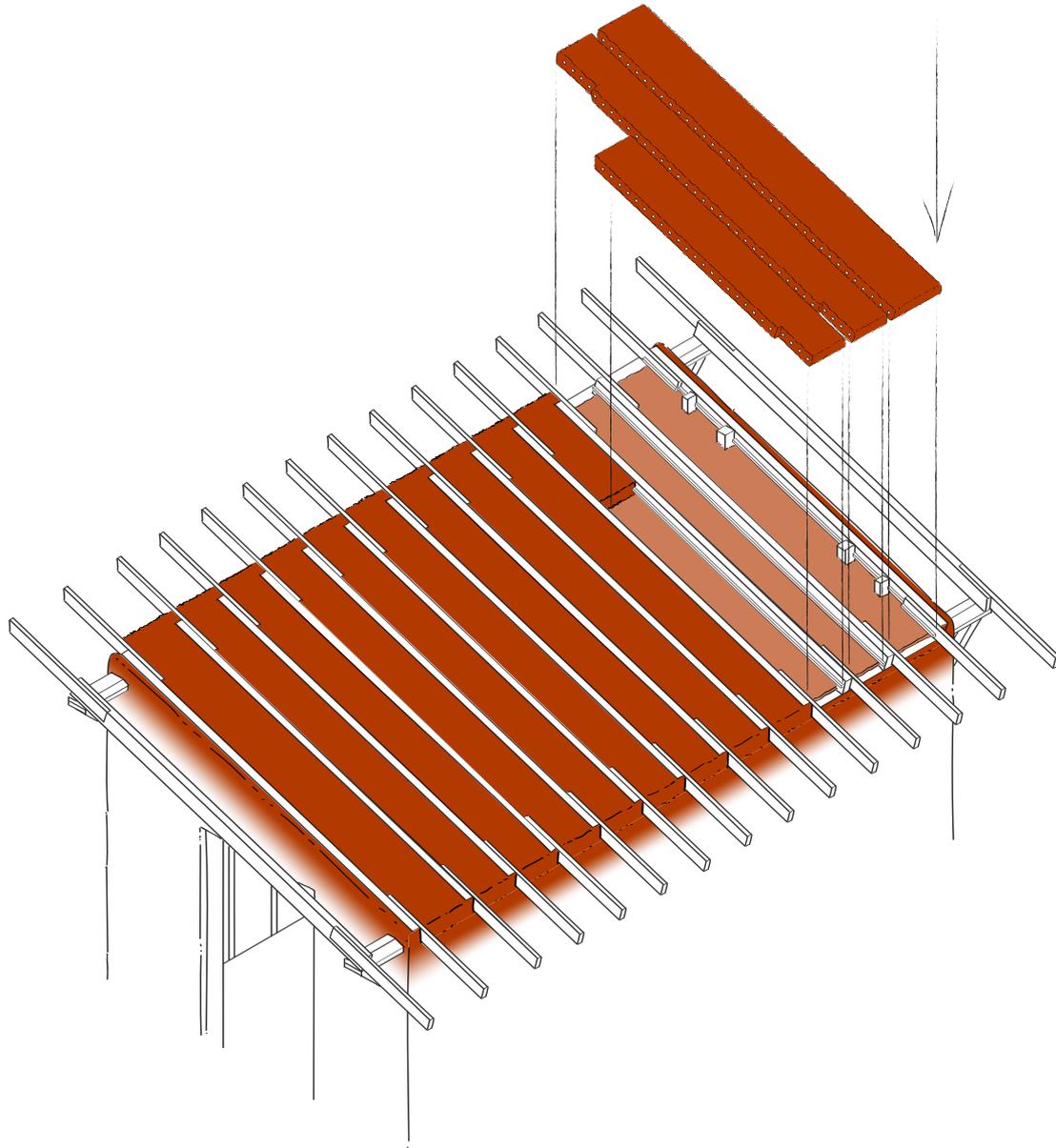
dall'interno dell'edificio (2, 10, 11, 12 e 13).

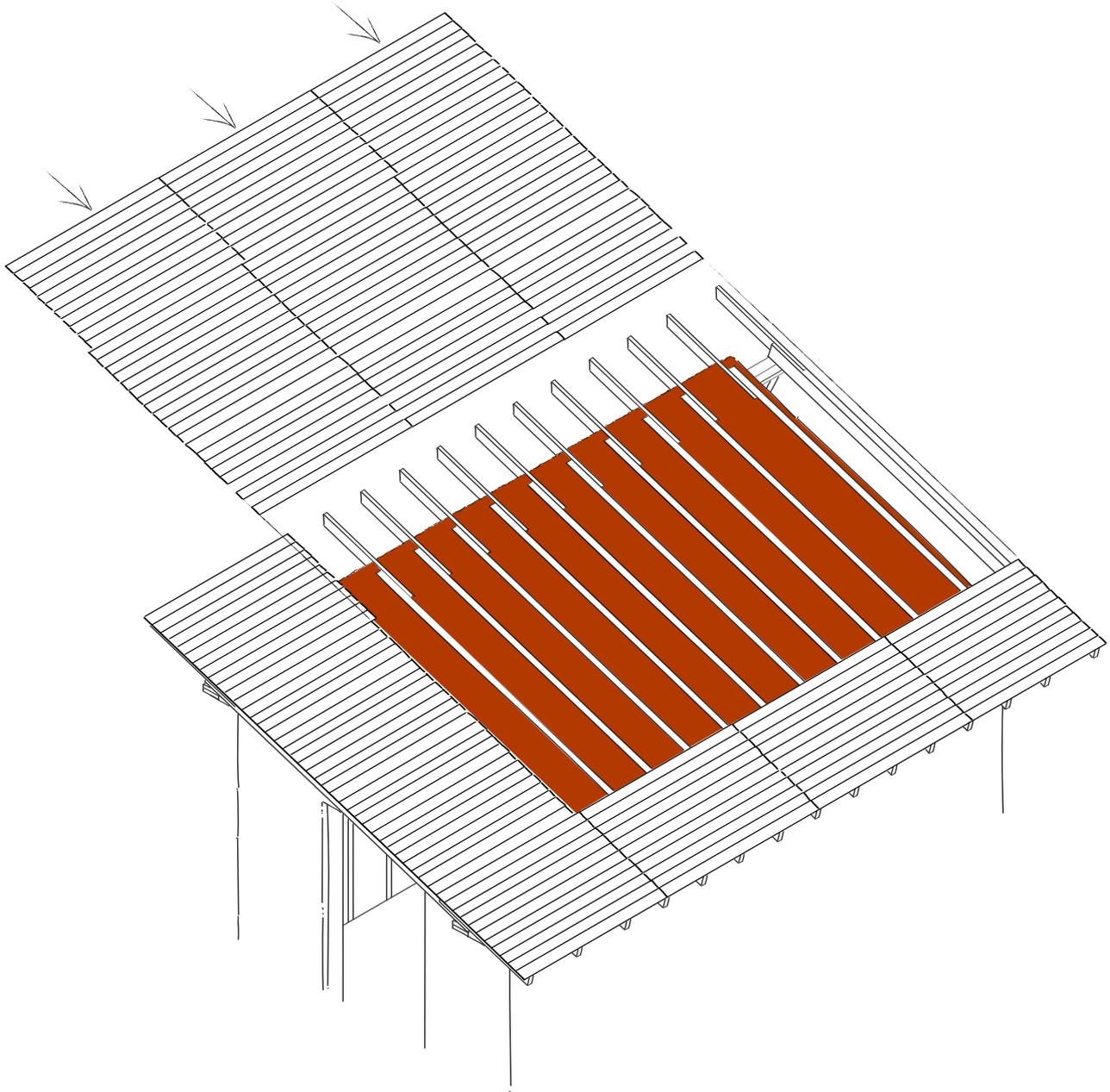
Una volta avuto il tavolato come sostegno è stato possibile procedere con il posizionamento dei pannelli di canna palustre e il riempimento dei vuoti risultanti con la paglia sfusa (3, 14, 15, 16, 17 e 18).

A questo punto sono stati fissati i listelli longitudinali per i torchis (4x4cm) lungo le travi portanti e si è passati alla produzione, a terra con conseguente movimentazione in copertura, dei torchis (4, 4a, 4b e 4c). La tecnica tradizionale del torchis (come anche il pan de bois) associa l'utilizzo della terra cruda con funzione di rivestimento del legno (nel colombage ha invece semplice funzione di riempimento). Nel nostro caso la terra cruda è impastata con paglia e avvolta attorno ai listelli trasversali per i torchis (4b) che vengono poi posizionati uno accanto all'altro e avvitati ai listelli longitudinali (4c).

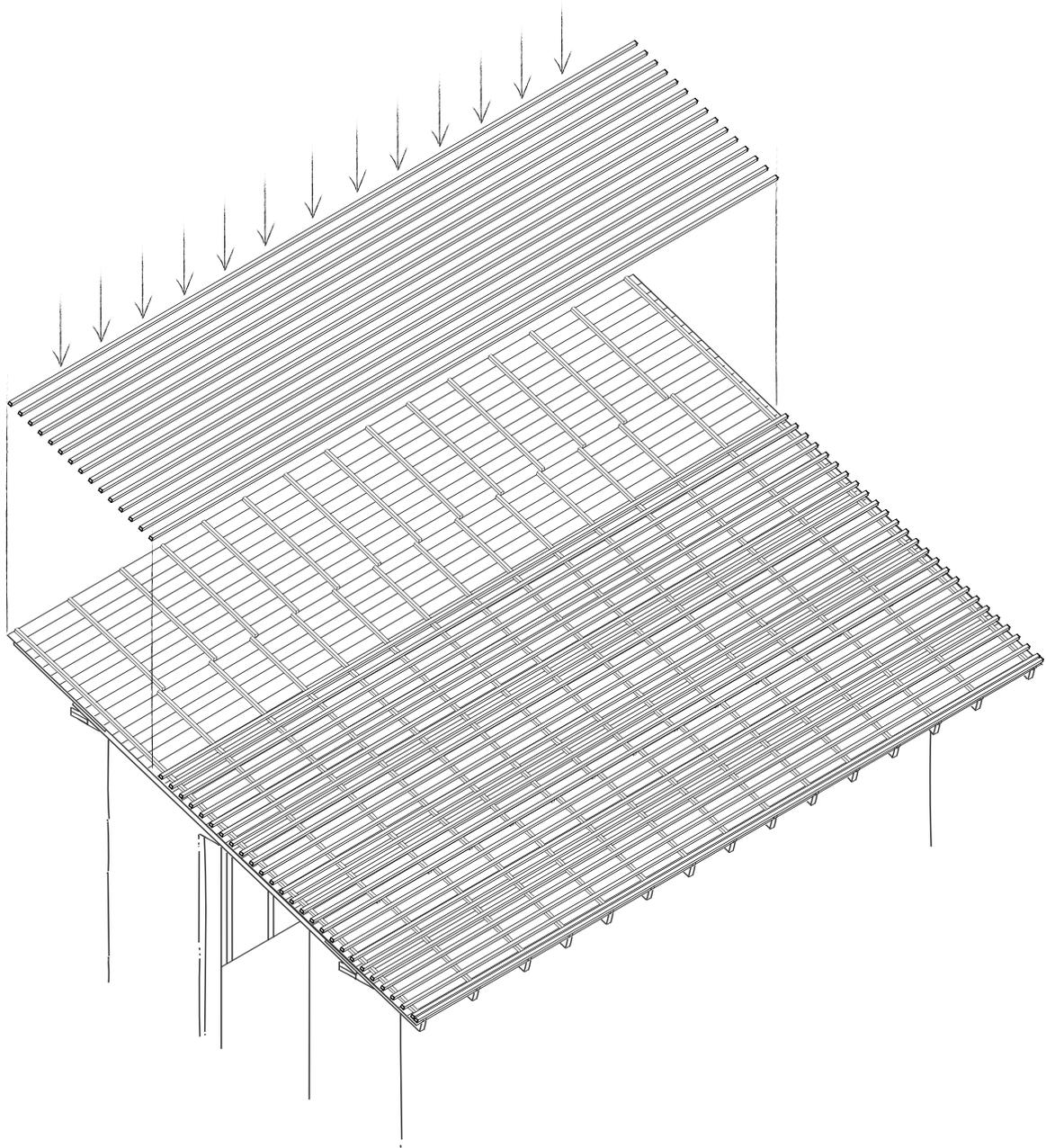
Il risultato è un tamponamento altamente performante in fatto di isolamento termico.

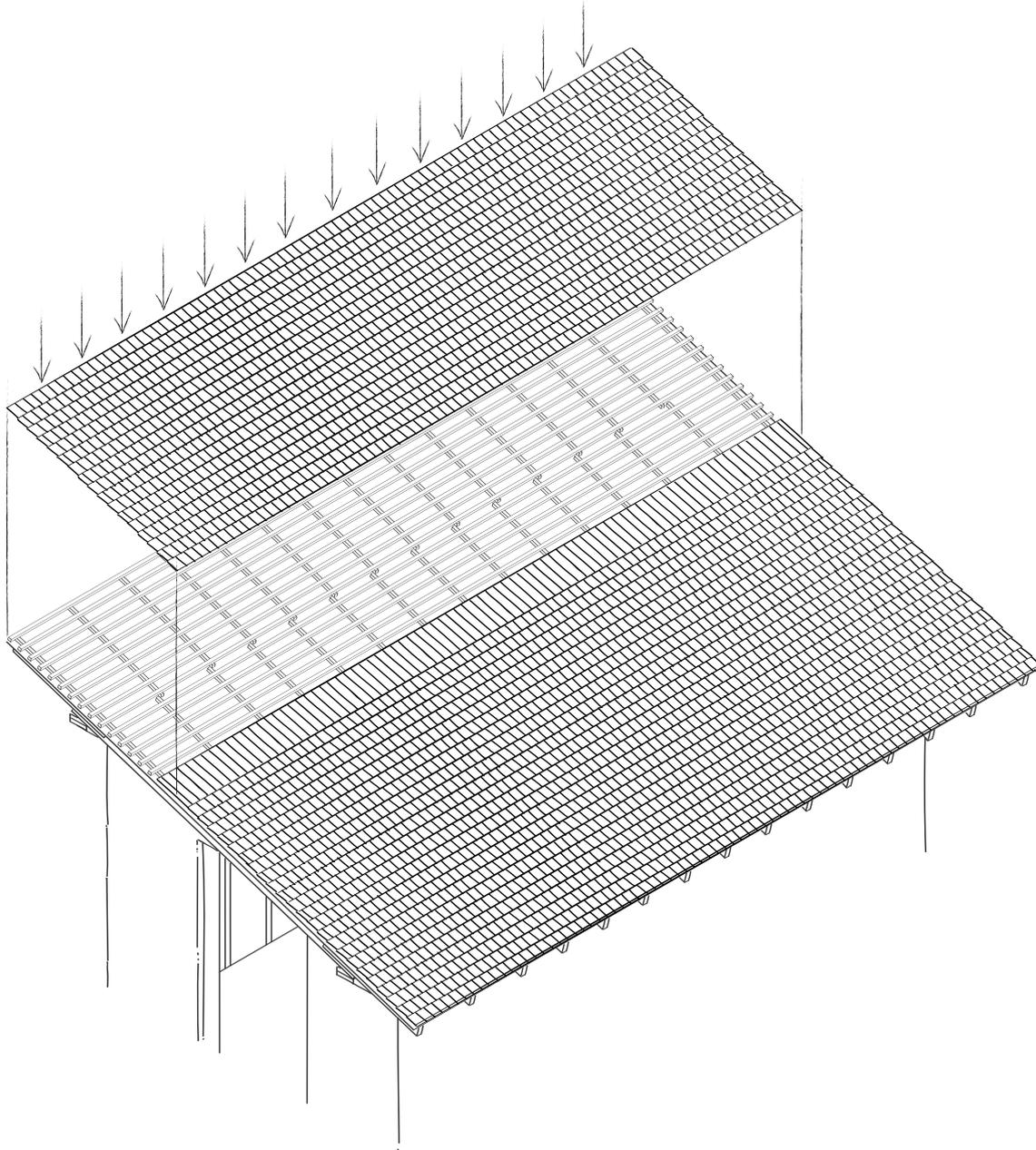
# tamponamento



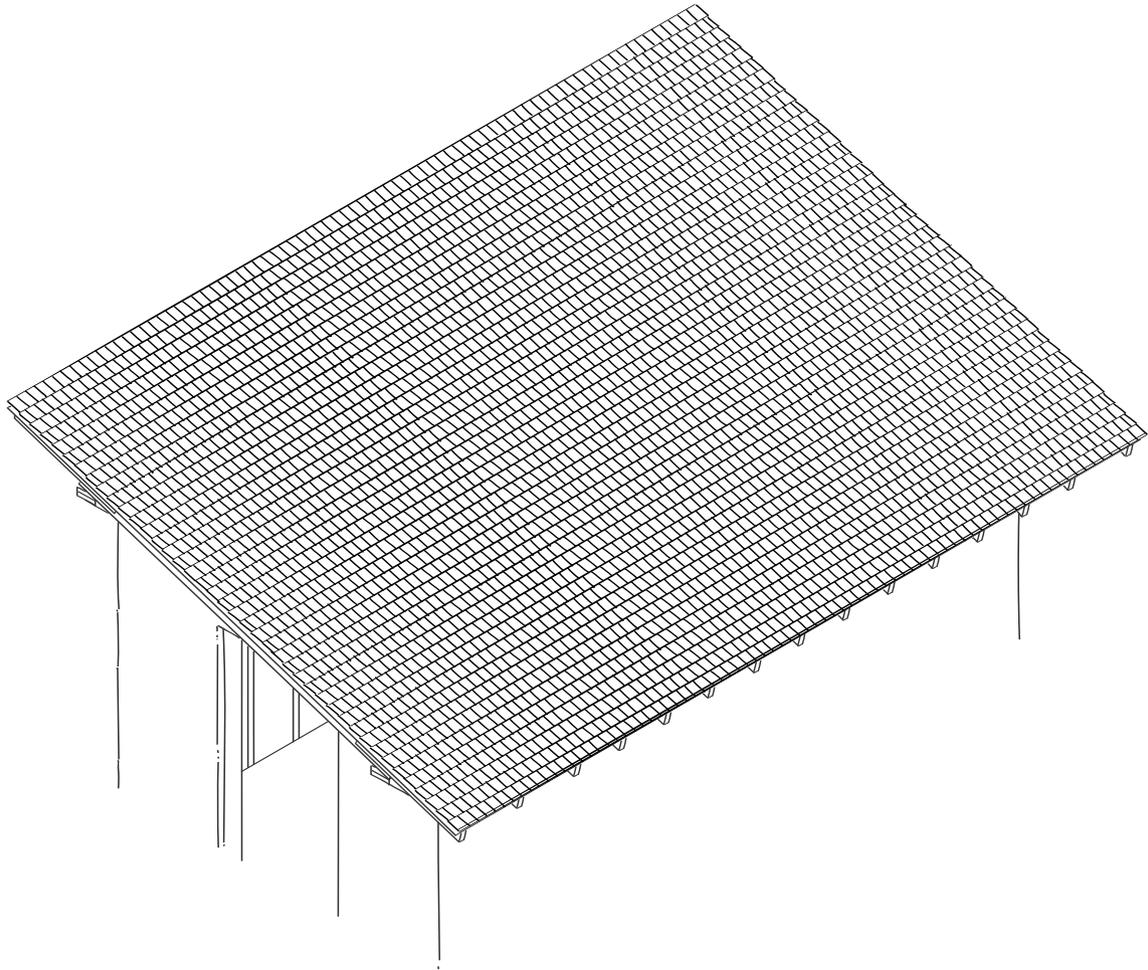


# scandole





# scandole





9



10



11

Finito di posizionare i torchis e ultimata la loro asciugatura, il solaio di copertura viene chiuso anche superiormente con un tavolato (5) a protezione del tamponamento.

Su questo tavolato, in corrispondenza delle travi principali della copertura e dei passafuori, viene fissata la prima orditura di listelli 4x4cm, longitudinale alle travi, e poi una seconda, trasversale, a effettivo supporto alle scandole (6).

Le scandole, che saranno posizionate dal corso più basso, di gronda, al colmo, verranno posizionate a corsi sfalsati. Questa metodologia, insieme al fattore di impermeabilità del legno tagliato parallelamente alla fibra e alle dimensioni del taglio, fa in modo che il punto di incontro tra due scandole di un corso corrisponda al punto medio della scandola del corso inferiore, facendo scorrere le acque meteoriche verso il basso senza penetrare al di sotto (7 e 8).

# scandole



12



15



13



16



14



17





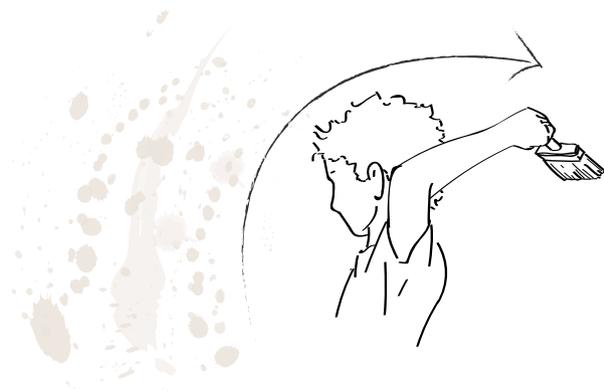
# FINITURA 5.



# **termointonaco in calcecanapa**

# **5.1**

# termointonaco in calcecanapa



1



2



3



4



5



6

Il cantiere in cui è stata realizzata questa finitura è a Ghesc e prevede il recupero e il restauro dell'antico borgo. Il termointonaco che abbiamo applicato è stato ottenuto miscelando:

- 33kg di grassello
- 16,28l di acqua
- 0,44kg di calce idraulica
- 1,33kg di canapulo

La miscela è stata ottenuta inserendo innanzitutto acqua e grassello nella betoniera, fino ad ottenere un composto omogeneo. Dopodiché è stata aggiunta la prima metà di canapulo e nuovamente miscelato, seguita dalla calce. Infine, una volta che la miscela risulta ben equilibrata, viene aggiunta la seconda metà di canapulo. L'intonaco è stato applicato dopo aver bagnato la parete con una pennellina bagnata (1) e averlo lavorato e dosato con le spatole americane (2). La stesura avviene dal basso verso l'alto, esercitando una lieve pressione e senza lavorare la superficie finale. L'aggiunta di canapulo all'intonaco in calce ne rinforza la struttura e aggiunge la componente isolante, mantenendo la traspirabilità della parete. È una soluzione molto versatile, soprattutto per superfici irregolari, ma ha lunghi tempi di asciugatura.



# CONCLUSIONE 6

# conclusione

*There are no bad materials, just erroneously utilised.*

Werner Schmidt

Una delle domande poste nell'introduzione riguarda la scelta dei materiali e delle tecniche costruttive in fase di progettazione. Questa scelta deve essere influenzata da:

- reperibilità in loco dei materiali
- tempo e forza lavoro disponibili (alcune di queste tecniche sono applicabili anche all'autocostruzione)
- applicabilità della tecnica e dei materiali alle necessità del progetto

Come si può evincere dalle illustrazioni e dalle fotografie, i progetti da noi realizzati hanno un volume sufficiente da permettere di ottenere risultati attendibili dalle rilevazioni di umidità e temperatura, ma relativamente piccoli se immaginati rapportati ad un normale edificio sul mercato. È quindi necessario fare una riflessione per quanto riguarda la scalabilità e la replicabilità delle diverse tecniche costruttive in modo da contestualizzarle in rapporto alla realtà dell'architettura e dell'edilizia.

Penso sia necessario premettere, inoltre, che tali tecniche costruttive non necessitano obbligatoriamente di

manodopera specializzata (la quale sicuramente aiuta ad accorciare i tempi di cantiere), poiché tutto ciò che è stato costruito in questo cantiere è principalmente frutto del lavoro di studenti e dottorandi della facoltà di architettura. Principalmente per quanto riguarda le componenti in legno, ci siamo affidati alle mani più esperte di carpentieri, per eseguire ed imparare ad eseguire un lavoro artigianalmente di qualità migliore. Va infatti tenuto da conto che un legno naturale, non trattato, non eccessivamente lavorato ed essiccato naturalmente non presenta le caratteristiche di uniformità e precisione che ci si aspetterebbe invece da un legno ingegnerizzato, lamellare o laminato. Scegliere un'architettura vegetale significa utilizzare materiali naturali non trattati o il meno trattati chimicamente possibile, il che implica che si debba prestare particolare attenzione alla loro deperibilità, essendo organici, sia nello stoccaggio in cantiere sia durante le fasi costruttive: l'acqua, e l'umidità, sono la principale causa di eventuali problemi.

1.1 \_ Le fondazioni scelte per il padiglione in paglia si sono rivelate di rapida esecuzione e non hanno

necessitato di molta manovalanza, soprattutto se, a differenza nostra, si sceglie di utilizzare attrezzatura elettrica anziché strumenti a mano come seghe e scalpelli. A mio parere, un simile sistema di fondazioni può ben adattarsi anche ad un suolo non pianeggiante, benché sia molto importante che dalle analisi geologiche non risulti esserci rischio di cedimenti. Come detto in precedenza, l'attrito legno-pietra consente di evitare completamente l'utilizzo di viti o malte, rendendo questo elemento strutturale completamente reversibile e anche adatto ad interventi invasivi di restauro che coinvolgono la sostituzione di uno o più elementi. In termini di scalabilità e adattabilità a progetti differenti dal nostro è versatile e i costi possono essere anche molto contenuti poiché sia travi che blocchi di pietra non necessitano di particolari lavorazioni.

1.2 \_ La fase più pesante e lunga in termini di forza lavoro e tempi di cantiere è stata quella riguardante le fondazioni a gabbioni del secondo padiglione, soprattutto per quanto riguarda la movimentazione delle macerie per il riempimento e la costipazione. Da calcoli e annotazioni di cantiere, movimentando

circa 1,1 tonnellate di macerie al giorno, ci sono voluti tre giorni di lavoro per chiudere un gabbione di 8m lineari. Per ovviare al problema dei lunghi tempi di esecuzione si può ricorrere all'utilizzo di gabbioni prefabbricati in rete elettrosaldata e alla movimentazione dei carichi attraverso gru o altri macchinari. Va considerato, però, che l'utilizzo delle macerie come materiale da riempimento implica l'utilizzo di una rete a maglia sufficientemente stretta, si possono altrimenti usare pietre di dimensioni maggiori. Le fondazioni a gabbioni possono adattarsi a diverse tipologie di progetto e possono essere eseguite secondo diverse metodologie, a seconda delle necessità. A differenza delle fondazioni descritte in precedenza, non possono essere modificate una volta messe in opera, per cui la costipazione deve essere eseguita attentamente per evitare cedimenti e conseguenti problemi strutturali.

2.1 e 3.1 \_ Per quanto riguarda l'edificio in paglia portante, di cui si hanno numerosi esempi in Svizzera ad opera dell'architetto Werner Schmidt, la maggiore causa di problemi nel nostro cantiere è stata appunto l'acqua, poiché

## conclusione

non eravamo adeguatamente preparati inizialmente per proteggere sia la struttura in fase di costruzione, sia il materiale stoccato.

La costruzione di un edificio in balle di paglia portanti non è molto lento se si utilizzano le jumbo bales (240x120cmx90cm), come nel caso di numerosi progetti di Schmidt, le quali però devono per forza essere mobilitate con una gru (7-8 balle in un ora, che corrispondono a circa 20m<sup>2</sup> di parete). Nel nostro caso sono state utilizzate ballette di dimensioni minori (45x95x35cm) mobilitate e posizionate a mano, e i tempi si sono rivelati piuttosto lunghi: circa 1,4m<sup>2</sup> di parete all'ora. Nonostante quindi il procedimento non sia complicato nella pratica, risulta essere lungo e impegnativo in termini di forza lavoro. I lunghi tempi di costruzione implicano inoltre la necessità di una corretta protezione dagli agenti atmosferici della struttura durante il processo costruttivo: non solo la pioggia, ma anche il vento può arrecare importanti danni alle pareti che ancora non sono in compressione. Se infatti, una volta portate in compressione, le pareti portanti risultano ignifughe (con l'aggiunta di uno strato di intonaco) e,

se bagnate, l'acqua non penetra per più di 10-15cm (rendendo possibile l'asciugatura previa formazione di muffe), anche dal punto di vista strutturale le pareti reagiscono in modo elastico alle sollecitazioni orizzontali senza subire danni. Il momento più delicato è quindi l'effettivo processo costruttivo pre compressione.

La scelta della paglia come materiale portante attutisce visibilmente i costi poiché funziona perfettamente come isolante con una conducibilità termica pari a 0.045W/mK (dati FASBA), un basso fattore di diffusione del vapore acqueo e un accumulo di calore latente (secondo Gernot Minke) maggiore di quello dei materiali isolanti standard, anche se minore di quello dei comuni materiali portanti.

In fase di progettazione è necessario tener conto dell'ingombro di una parete in paglia, soprattutto se si sceglie di utilizzare le jumbo bales, e l'importanza di un perfetto isolamento dal suolo e dall'umidità di risalita. Al contrario di ciò che si può pensare, l'utilizzo di balle di paglia come materiale portante non pone vincoli alla geometria dell'edificio limitandosi a forme squadrate: Werner Schmidt ci mostra un catalogo di forme

e geometrie molto diverse, mostrandoci anche la possibilità di strutture ibride, in cui la paglia viene utilizzata sia come materiale portante che come tamponamento. Inoltre, Schmidt è arrivato a progettare e costruire un edificio a tre piani con pareti di paglia portanti, in jumbo bales.

Una cosa di cui tener conto quando si progetta un edificio in paglia portante è che l'altezza cambierà notevolmente durante l'assestamento, per cui è necessario conoscere bene il carico che verrà applicato alle pareti.

2.2 e 3.2 \_ La tecnica della terra-paglia, scelta per la realizzazione dei tamponamenti di pareti e solaio di copertura del secondo padiglione, è una tra le più antiche e diffuse. Prevede l'impiego del legno con funzione portante e l'impasto di terra e paglia come materiale di riempimento. Attualizzata, è stata anche recentemente utilizzata nelle sperimentazioni nel quartiere-terra dell'Isle d'Abeou nel Lionese (Jean Dethier, 1986) e in Olanda dall'architetto Sijap Holst per edifici pubblici ecologici. Per quanto riguarda la tecnica effettiva della terra-paglia nel nostro cantiere, i tempi necessari non sono eccessivamente

lunghi e la precisione richiesta dalla tecnica non è millimetrica, e ben si presta infatti all'autocostruzione. Abbiamo avuto la possibilità di costruire un prototipo di muro durante i tre giorni di Restructura 2023, presso Lingotto Fiere, testando la stratigrafia con l'aggiunta dei pannelli in canna palustre e la prima finitura della parete in terra alleggerita. La fase più delicata di questa tecnica è l'asciugatura, durante la quale c'è il rischio che si formino crepe o spaccature se la miscela non è ben equilibrata tra terra e paglia (la quale ha anche il compito di contrastarle) e se essa avviene troppo rapidamente. Al contempo, lavorare con la terra cruda implica il rischio di dilavamento in caso di forti piogge, per cui è necessaria una buona cura del cantiere in fase di costruzione.

Sui tempi di cantiere un grande impatto l'ha avuto la costruzione della struttura portante in legno, durante la quale non sono stati utilizzati macchinari pesanti per la movimentazione delle parti della struttura. Inoltre, la scelta del torchis invece del colombage (in cui la terra ha funzione di riempimento e non di rivestimento) ha probabilmente prolungato i tempi di cantiere poiché

## conclusione

è stato necessario applicare tutto il telaio di listelli a sostegno della paglia sulla superficie delle pareti dell'edificio.

Una volta eretta la struttura in legno, il tamponamento può essere eseguito in tempi anche molto brevi, a seconda della quantità di personale che ci si può dedicare e non necessita di strumenti o capacità particolari, quanto solo di terra argillosa, possibilmente di origine locale viste le discrete quantità necessarie (non è necessario che la terra sia già pulita, nel nostro caso è arrivata direttamente dalla cava ed è stata setacciata in cantiere) e di paglia sfusa. Spessore e densità della miscela possono essere adeguate alle necessità di progetto per quanto riguarda l'isolamento termico e l'accumulo di calore latente.

Essendo una tecnica molto antica e molto diffusa ne esistono numerosi esempi con caratteristiche diverse: nel nostro caso è stato scelto di utilizzare dei listelli di legno per il supporto della miscela, ma esistono casi in cui è stata utilizzata corda in canapa intrecciata alla struttura portante.

La presenza di una struttura portante in legno consente l'applicazione della tecnica ad ogni tipologia architettonica e la velocità di esecuzione la rende

utilizzabile sia su edifici di grandi dimensioni che in autocostruzione.

3.3 \_ Infine, l'ultima tecnica di cui abbiamo parlato è la calcecanapa a funzione portante: il nostro è un prototipo sperimentale costruito con un materiale che ad oggi è stato utilizzato in queste modalità solamente da David Lea alla Welsh School of Architecture (Cardiff University, United Kingdom) e di cui di conseguenza non posso descrivere le prestazioni, mi limiterò a dare un giudizio sulla tecnica esecutiva, sui tempi e sulla forza lavoro che sono stati necessari nel nostro cantiere.

Una volta costruito il primo livello del cassero, il procedimento costruttivo è molto simile a quello del pisè: questa tecnica consiste nel battere, corso dopo corso, la miscela in calce e canapa, assicurandosi di non lasciare vuoti d'aria. Attraverso questo processo di compattazione con un pestello ligneo, la miscela perde di volume e l'acqua in eccesso inizia a spurgare: per questo è stato necessario progettare e costruire un cassero non in tradizionali tavole di legno, ma in rete. Questa tecnica si è rivelata essere molto lunga e faticosa e ha richiesto un minimo di 6-7 persone

che lavorassero contemporaneamente. Per il solo prototipo ad arco, i tempi di lavorazione sono stati molto lunghi, per cui è necessario valutare, in fase di progetto, la fattibilità in cantiere. Va considerato, tuttavia, che con uno spessore di parete, come nel nostro progetto, di 60cm, il prodotto finale è pronto per la finitura (e può internamente essere lasciato a vista) poiché è perfettamente isolante e non patisce l'umidità. Sui tempi di asciugatura, però, va detto che tendono ad allungarsi maggiore è la dimensione del getto.

Il cassero è stato progettato e realizzato in maniera tale da poter essere riutilizzato, per cui, dal punto di vista della progettazione, si può pensare a come applicare questa tecnica in un'ottica modulare e di prefabbricazione.

5.1 \_ Ho anche avuto la possibilità di utilizzare la calcecanapa applicata come termointonaco presso il cantiere didattico di Forti Polito nel borgo di Ghesc presso l'Associazione Canova (Montecrestese, VB), tecnica più comune e diffusa che ben si adatta a situazioni in cui la superficie da rifinire non sia piana e siano presenti avvallamenti, come nel caso di restauri di antiche case in pietra.

I tempi di applicazione, a differenza dei tempi di asciugatura, non sono molto lunghi. Il termointonaco può essere applicato con spessori che vanno dai 2,5 ai 5cm, ma maggiore è lo spessore più tempo ci metterà a fare presa e asciugare.

Sempre in questo cantiere, ma in un altro edificio, la calcecanapa è stata utilizzata come materiale isolante, compattata in un cassero che viene spostato verticalmente, dal basso verso l'alto, parallelo alla parete tramite guide lignee a perdere. In questo caso, il risultato è una parete liscia e regolare, poiché lo strato isolante va a colmare avvallamenti e sporgenze.

Per quanto riguarda intonaci e isolamento, la calce canapa è uno dei materiali naturali più versatili e meglio applicabili sia a situazioni già esistenti, di recupero o di restauro, che a nuovi progetti.

Per concludere, l'obiettivo della mia tesi è quello di normalizzare e incitare il cambiamento nell'ambito delle costruzioni e della progettazione, dimostrando che è possibile oltre che necessario e non implica uno stravolgimento o ritorno alle origini,

## conclusione

quanto più un cambio di visione dell'insieme, che deve venire dal progettista in primis. Trovo inoltre di fondamentale importanza che i progettisti, e soprattutto i futuri tali, conoscano le pratiche costruttive, che abbiano la conoscenza delle fasi di cantiere necessarie alla realizzazione di un progetto e ritengo che l'esperienza diretta per questo sia fondamentale. Per questo e per incentivare la scelta di un'architettura vegetariana, o che almeno coinvolga i materiali naturali, ho scelto di impostare la mia tesi come un manuale illustrato: per aiutare a capire e a conoscere chi, a differenza mia, non si ha la possibilità di fare esperienza diretta sul campo.

conclusione

6





# BIBLIOGRAFIA

## Libri

**Bertagnin, M.** (1999), *Architetture di terra in Italia. Tipologie, tecnologie e culture costruttive*, Edicom Edizioni, Monfalcone (Gorizia)

**Bocco Guarneri, A.** (2013), *Werner Schmidt architekt. Ecology craft invention*, Ambra/V, Vienna

**Friedman, Y.** (2009), *L'architettura di sopravvivenza. Una filosofia della povertà*, Bollati Boringhieri editore, Torino

**Sparrow, A., Stanwix, W.** (2014), *The hempcrete book. Designing and building with hemp-lime*, Green Books, Cambridge

## Articoli

**Harris, S., Lea, D.** (2010), *The hemplime vault*, in "Educating Architects towards Innovative Architecture", (pp. 245-252), Constantin Spiridonidis e Maria Voyatzaki

**Mazelli, R., Bohn, A., Escamilla, E. Z., Habert, G., Bocco, A.** (2023), *Comparative Life Cycle Assessment of Two "Vegetarian Architecture" Pavilions*, DIST, Politecnico di Torino, Torino, Italia, Chair for Sustainable Construction, ETHz, Zürich, Switzerland