



PROGETTO

Riparazione dei danni e miglioramento sismico del Palazzo Ducale (da Varano), danneggiato dagli eventi sismici del 24 agosto 2016 e successivi

UBICAZIONE

Piazza Cavour - 62032 - Camerino (MC) - Marche - Italia

COMMITTENTE

UNICAM Università degli Studi di Camerino

Piazza Cavour 19F 62032 Camerino MC

P.I.: 00291600439

C.F.: 81001910439

Responsabile Unico del Procedimento:

Ing. Carl Luca Marzulli

Coordinamento Progetto:

Prof. Ing. Graziano Lenzi

Analisi statiche:

Prof. Arch. Gaba Remiddi

Analisi cinematiche delle componenti

materiali-costruttive:

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Dot. Gabriella Rivelli

Arch. Diana Lapucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

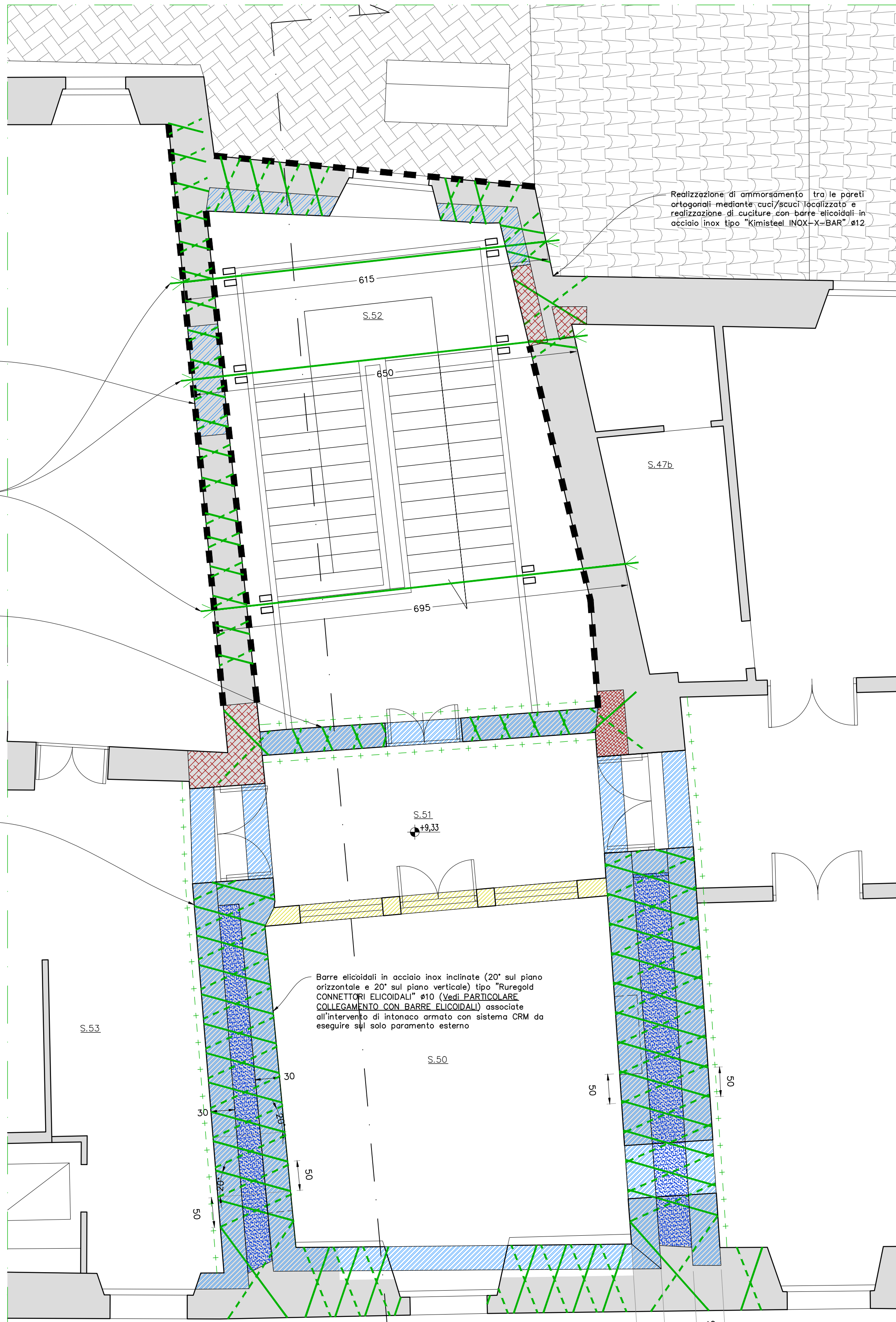
Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

Prof. Arch. Enrico Petrucci

PARTICOLARE INTERVENTI TORRE E SCALA 2  
PIANO NOBILE

SCALA 1:50



Realizzazione di ammassamento tra le pareti ortogonali mediante cucì/scuci. Realizzata la realizzazione di aperture con barre elicoidali in acciaio inox tipo "Kunststoff INOX-X-BAR" #12

Realizzazione di un collegamento trasversale delle pareti del vano scala con barre #30 ancorate alle pareti mediante piastre metalliche di ancoraggio

Interventi da eseguire sul tre lati del vano scala non interessati dal crollo:

- Ripresa delle zone caratterizzate dalle lesioni più evidenti mediante cucì/scuci con muratura mista di pietra e mattoni e malta di calce idraulica naturale;
- Malta di calce idraulica naturale;
- Ristilatura armata dei giunti in tutte le zone caratterizzate da una mancanza superficiale di coesione;

Interventi da eseguire sulla parete interessata dal crollo:

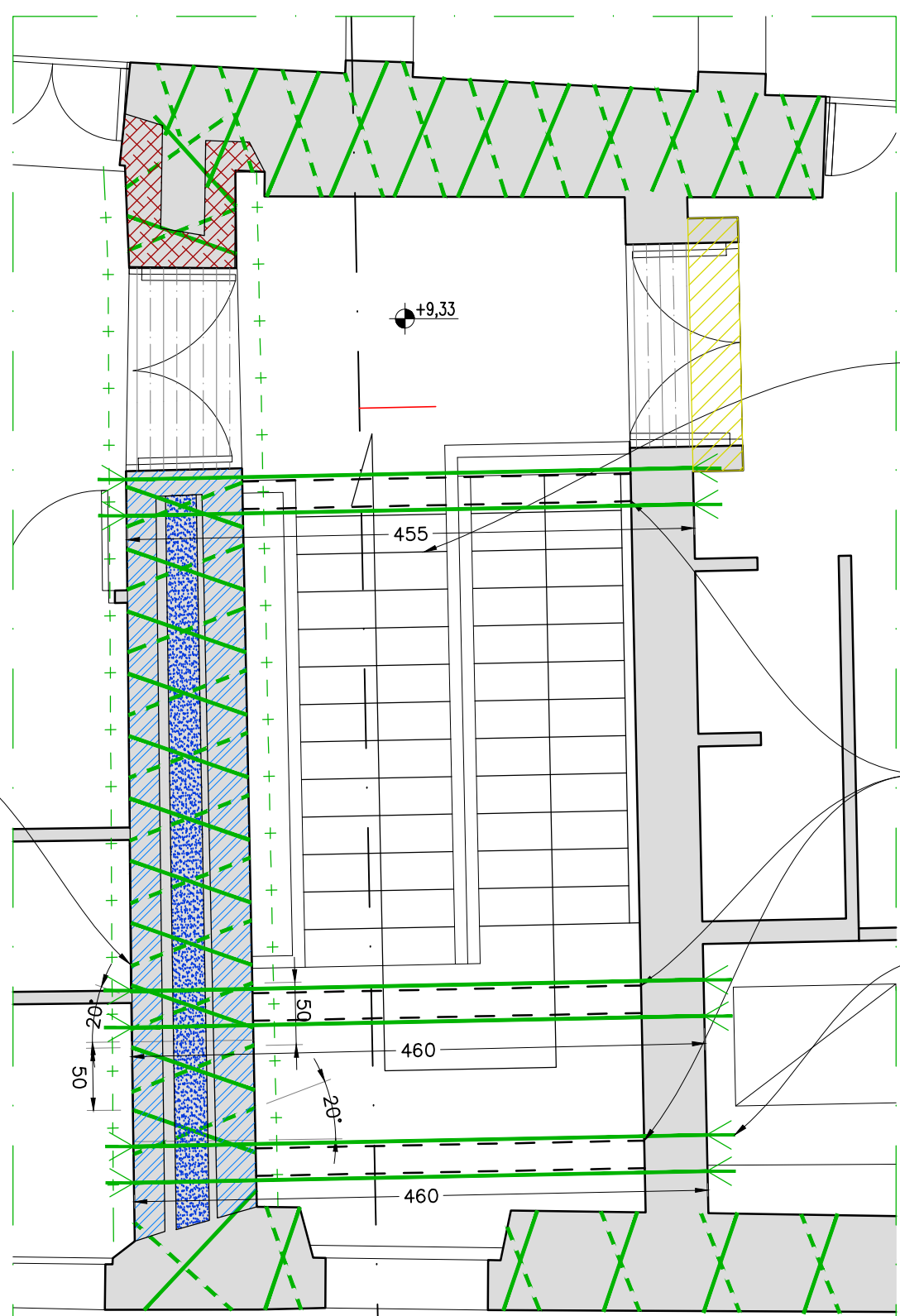
- Realizzazione cucì/scuci della parte bassa della parete con muratura mista di pietra e mattoni e malta di calce idraulica naturale;
- Ricostruzione della parte di parete crollata con muratura mista di pietra e mattoni e malta di calce idraulica naturale;
- Realizzazione di intonaco armato Sp. 3 cm con rete in fibra di vetro e collegamento trasversale con barre elicoidali in acciaio inox (Vedi PARTICOLARE COLLEGAMENTO CON BARRE ELICOIDALI);
- Realizzazione di un cordolo in c.a. in sommità alla parete, adeguatamente collegato alle pareti ortogonali

Ripristino delle pareti perimetrali della torre, al piano Annessato ed al piano Nobile, mediante i seguenti interventi:

- Realizzazione cucì/scuci della parte esterna del paramento, per uno spessore di almeno 30 cm, con muratura mista di pietra e mattoni e malta di calce idraulica naturale;
- Consolidamento della porzione interna della parete con iniezioni di miscele leganti all'interno di fori nelle pareti restituite su entrambi i paramenti;
- Realizzazione di intonaco armato solo sul paramento esterno. Per prevenire la muratura facciata, sul paramento interno della torre, si prevede la realizzazione della sola cultura con barre elicoidali già previste per l'intonaco armato (Vedi PARTICOLARE COLLEGAMENTO CON BARRE ELICOIDALI), con l'uso di ripristini dei giunti di malta, in corrispondenza dei fori realizzati per le barre

PARTICOLARE INTERVENTO SCALA 1  
PIANO NOBILE

SCALA 1:50



Ricostruzione delle porzioni di scala danneggiate come nelle foto di fatto e collegamento del corpo scala in legno con le pareti perimetrali mediante l'inserimento di 2 barre metalliche #30 in affiancamento alle travi in legno di sostegno dei pianerottoli (Vedi PARTICOLARE COLLEGAMENTO SCALA IN LEGNO)

Travi in legno 40x22 cm di sostegno dei pianerottoli della scala in legno

Barre metalliche #30 in affiancamento alle travi di sostegno del pianerottolo della scala (Vedi PARTICOLARE COLLEGAMENTO SCALA IN LEGNO), ancorate alle pareti perimetrali tramite delle piastre metalliche

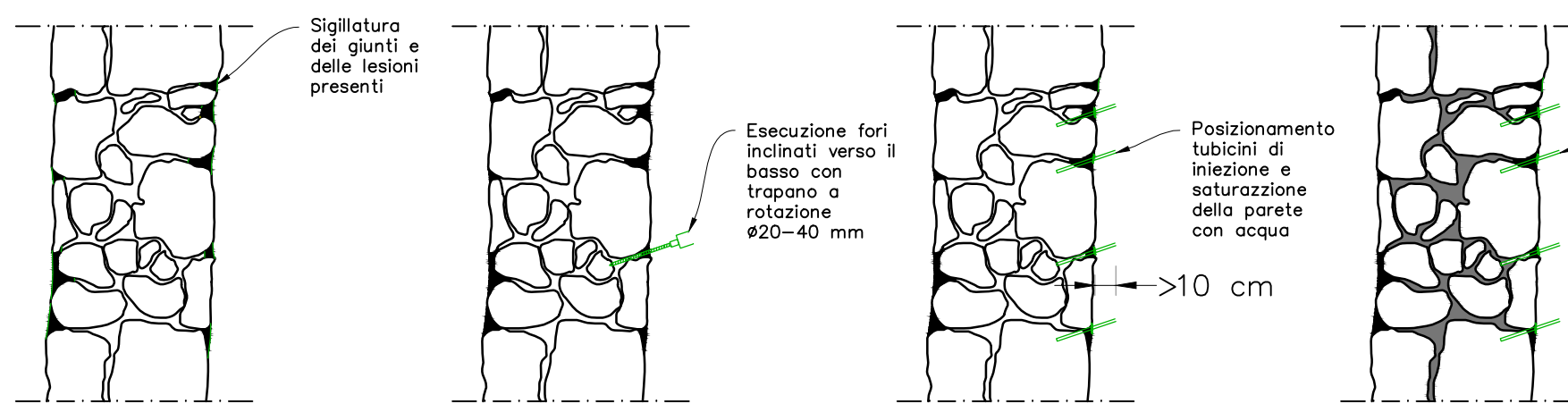
Ripresa mediante cucì/scuci di tutte le zone delle pareti caratterizzate da muratura scassinata o degradata e:

- Realizzazione di intonaco armato Sp. 3 cm con rete in fibra di vetro e collegamento trasversale con barre elicoidali (Vedi PARTICOLARE COLLEGAMENTO CON BARRE ELICOIDALI);
- Ricostruzione del tratto di parete crollata con muratura di pietra naturale adeguatamente ammassata alla parete esistente;
- Realizzazione di intonaco armato Sp. 3 cm con rete in fibra di vetro e collegamenti trasversali con barre elicoidali (Vedi PARTICOLARE COLLEGAMENTO CON BARRE ELICOIDALI)

PARTICOLARE INIEZIONI CON MISCELE CONSOLIDANTI

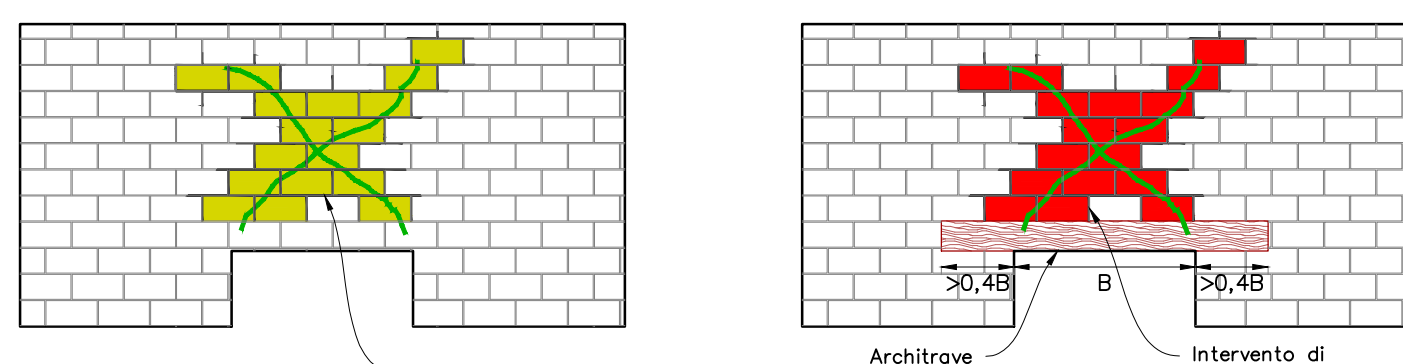
- Aportazione dell'intonaco, se presente, pulitura della muratura e sigillatura delle eventuali fessure e discontinuità presenti sul paramento murario per evitare la fuoriuscita della balsaca durante le operazioni di iniezione;
- Realizzazione, con trapano a rotazione, di fori di diametro 20-40 mm nei giunti di malta per una profondità pari a 2/3 dello spessore della parete, in un reticolo 50x50 cm, e con un'inclinazione di circa 5-7° a scendere verso l'interno della parete. Per spessori superiori ai 60 cm, i fori dovranno essere realizzati su entrambi i lati della parete;
- Introduzione dei tubicini di iniezione nei fori e loro fissaggio in superficie con malta M20 ad alta pozzolanicità. I tubicini devono sporgere di almeno 10 cm verso l'esterno, per garantire sovrapposizione di termine dell'operazione e per la chiusura dei fori durante il processo di iniezione;
- Saturazione della muratura da iniettare (assicurarsi che la muratura abbia assorbito tutta l'acqua prima di procedere con l'iniezione della balsaca);
- Iniezione della balsaca a base di legante tipo "MapaWall Inietta&Consolida" attraverso i tubicini impiegando pompe meccaniche ad una pressione non superiore a 0,15 MPa (iniettare il prodotto sempre dal basso verso l'alto). Alla prima fuoriuscita del prodotto dal tubicino posto nelle vicinanze, interrompere l'operazione, chiudere l'iniettore utilizzato e continuare l'iniezione dal tubicino dal quale è fuoriuscito il prodotto. Continuare fino alla fuoriuscita del prodotto dal tubicino posto più in alto;
- Terminato il consolidamento, rimuovere i tubicini e sigillare i fori con malta M15 a base di calce idraulica naturale NHL5.

Schema tipologico di esecuzione



N.B.: L'efficacia dell'intervento è legata alla capacità di penetrazione della malta all'interno dei vuoti nella muratura, perciò è necessario, prima della realizzazione dell'intervento, verificare l'applicabilità dello stesso alle pareti oggetto di intervento.

PARTICOLARE INSTALLAZIONE ARCHITRAVE



FASE 1

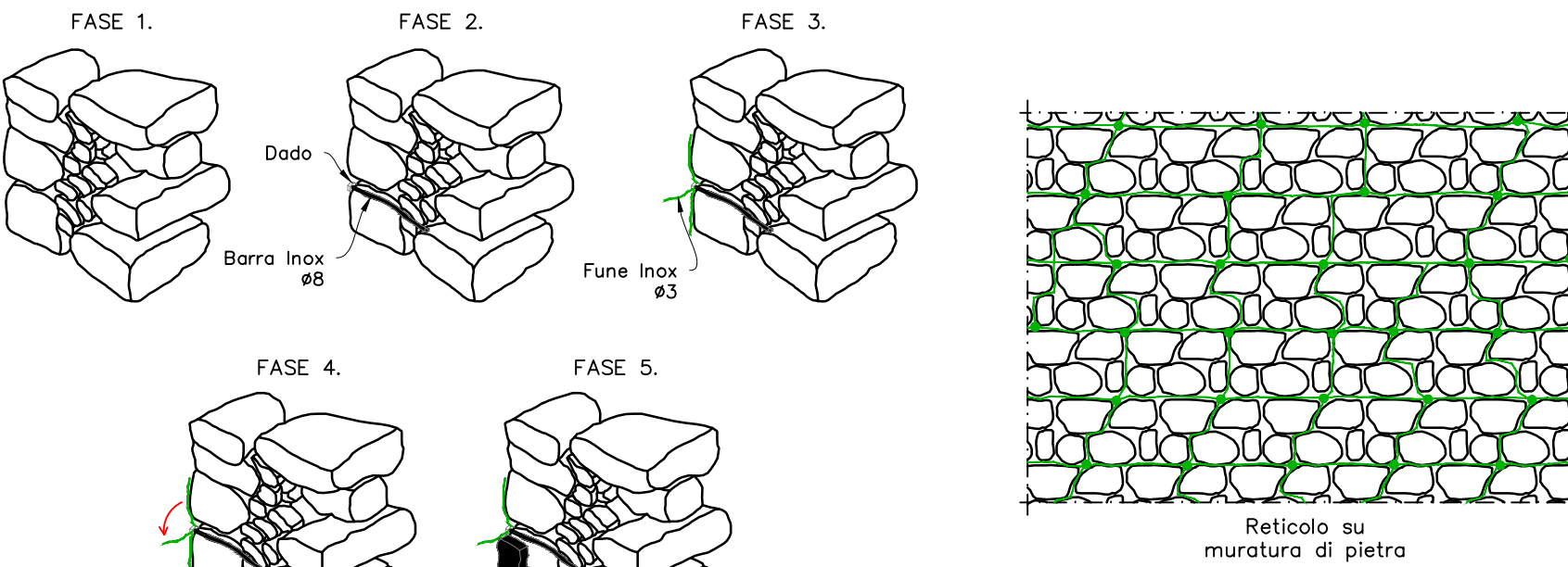
Individuazione della zona di intervento (lesioni di maggiore entità) e suddivisione degli eventuali contorni, nel caso in cui le lesioni coprano le aperture presentino un'estensione maggiore di 1,50 m. Realizzazione di puntellature e sostegni provvisori.

FASE 2

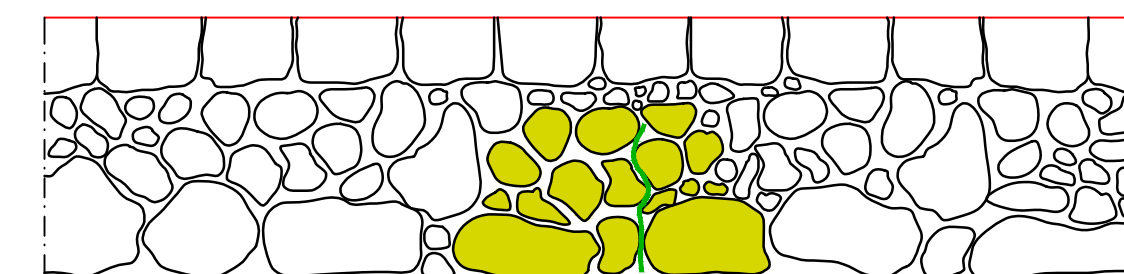
Installazione dell'architrave ed ammassamento per almeno 0,4B all'interno della parete. Consolidamento e ripristino della porzione di parete superiore all'apertura mediante ristilatura dei giunti, in presenza di lesioni superficiali, a cucì-scuci, in presenza di lesioni più profonde.

PARTICOLARE RISTILATURA ARMATA DEI GIUNTI

- Aportazione dell'intonaco, se presente, scaratura dei giunti di malta della muratura per una profondità media di 6 cm e idropulizia degli stessi, effettuando l'operazione alcune ore prima della successiva applicazione della malta;
- Esecuzione delle perforazioni mediante trapano a rotazione nelle sedi stabilite per i "concretori trasversali" (min 5/mq), iniezione delle perforazioni con malta a ritiro compensato o resina di adeguate caratteristiche e inserimento delle barre #8 mm in acciaio inox;
- Esecuzione di un primo rabbocco con malta M20 a base di calce idraulica ad alta pozzolanicità nei giunti e disposizione delle funi di acciaio inox # 3 mm dietro il restio realizzato;
- Tensionamento dei trefoli metallici mediante il serraggio dei dadi;
- Esecuzione della ristilatura finale dei giunti con malta M20 a base di calce idraulica ad alta pozzolanicità, ricoprendo completamente sia le funi che le teste delle barre;



PARTICOLARE CUCI-SCUCI SU MURATURA IN PIETRA



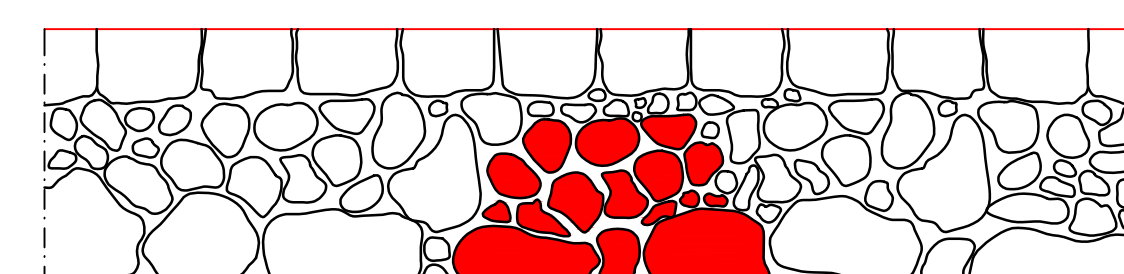
FASE 1

Individuazione della zona di intervento (lesioni di maggiore entità) e suddivisione degli eventuali contorni, nel caso in cui le lesioni presentino un'estensione maggiore di 1,50 m. Eventuale realizzazione di puntellature e sostegni provvisori. Sbriciolaggio del paramento murario in pietra più esterna, accostamento e pulizia del materiale per la successiva ricollocazione.



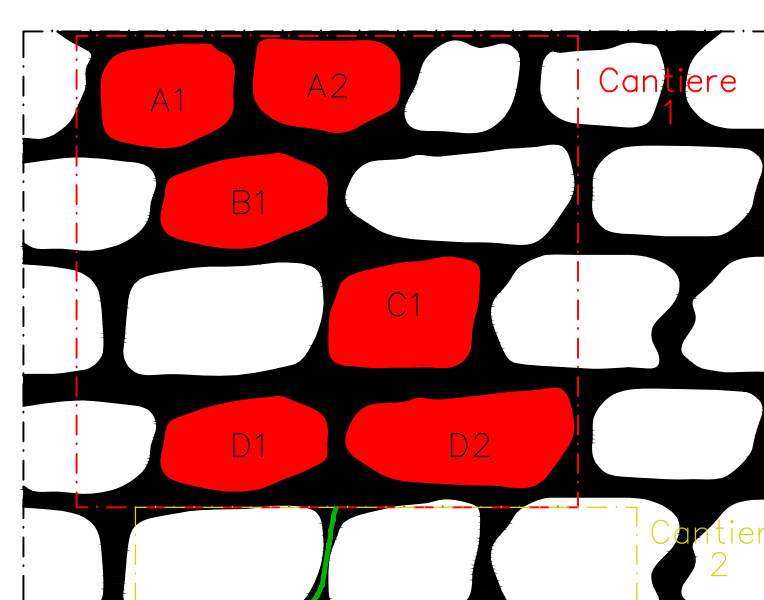
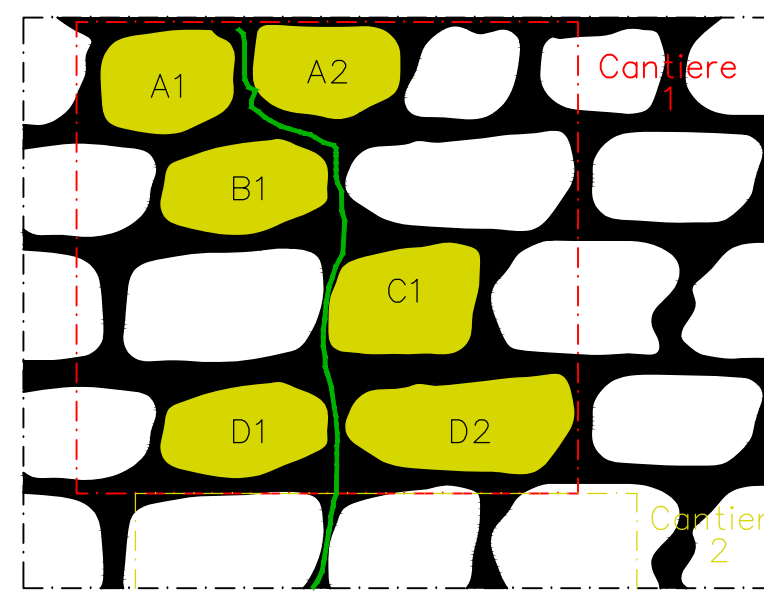
FASE 2

Intervento di cucì-scuci in prossimità della lesione e dove la muratura risulta decessa, per una superficie pari al 50% di quella di partenza, e per circa 25/30 cm di profondità (o per l'intero spessore del blocco indecisa in oggetto), mediante: -rimozione degli eventuali elementi deformati e installati presenti sul contorno; -pulitura delle superfici di connessione dei nuovi elementi, eseguita con strumenti meccanici e con l'ausilio di acqua.



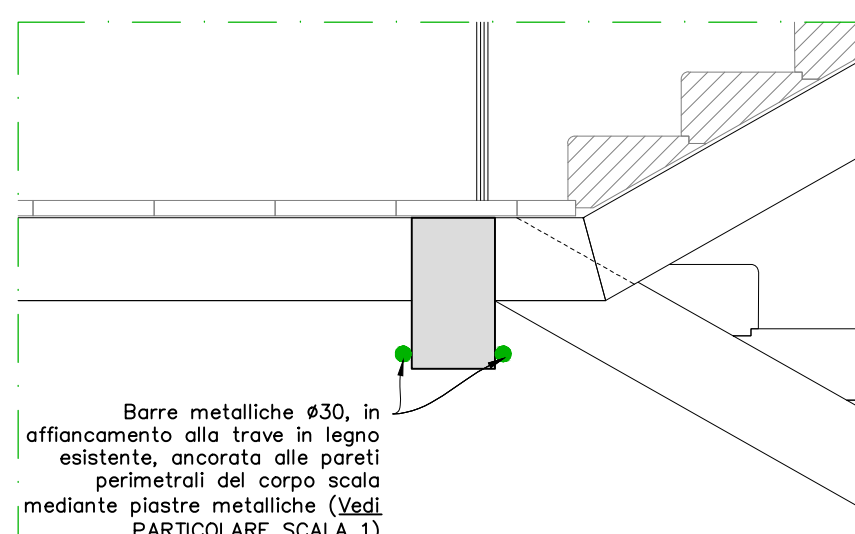
FASE 3

Riposizionamento nelle posizioni originali delle pietre del paramento esterno precedentemente rimosse, prevedendo l'eventuale integrazione di elementi lapidei in sostituzione degli elementi lesionati, dotate con malta di tipo tradizionale o additivata in modo da garantire elevato aderenza e basso ritiro. Finitura e stuccatura dei giunti posti fra i nuovi elementi e soprattutto tra quelli del nuovo tratto di muratura e quelli preesistenti. Per eseguire un buon ammassamento della porzione rimossa è possibile integrare la muratura anche con mattoni pieni. Ripetizione delle fasi 1 e 2 per gli eventuali contorni successivi (se presenti), fino a completo ripristino della lesione.



PARTICOLARE COLLEGAMENTO SCALA IN LEGNO ALLE PARETI PERIMETRALI CON BARRE Ø30 IN AFFIANCAMENTO

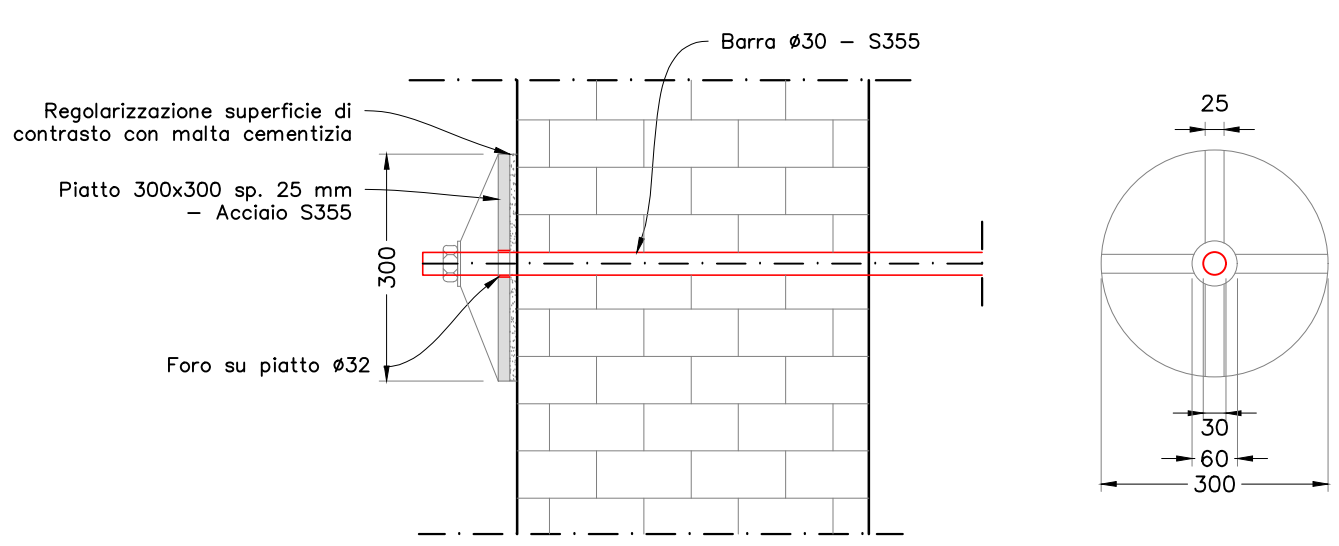
SCALA 1:20



Barre metalliche #30, in affiancamento alle travi in legno esistenti, ancorate alle pareti perimetrali del corpo scala mediante piastre metalliche (Vedi PARTICOLARE SCALA 1)

PARTICOLARE CONTROPIASTRA BARRE IN CORRISPONDENZA DELLE SCALE

SCALA 1:10



Muratura da risanare e compattare dietro la piastra di contrasto, mediante intervento locale di ristilatura dei giunti di malta, dove non sia previsto il cucì-scuci