



COMUNE DI BIBBIANO

Piazza Damiano Chiesa 2

42021 Bibbiano (RE)

P.Iva/C.F.: 00452960354

pec: bibbiano@cert.provincia.re.it

 **Regione Emilia-Romagna**

Responsabile Unico del Procedimento:

Ing. Iunior Ivan Tamagnini



MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SEDE MUNICIPALE DEL COMUNE DI BIBBIANO (RE)

**REGIONE EMILIA ROMAGNA
SECONDO PIANO
DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI PRIORITARI
DI RAFFORZAMENTO LOCALE
O MIGLIORAMENTO SISMICO
DI EDIFICI PUBBLICI STRATEGICI,
DI CUI ALL'ART.2 COMMA 1 LETT B)
DELL'ORDINANZA C.D.P.C. N.532/2018
SECONDO LE DISPOSIZIONI
DELL'O.C.D.P.C. N.675/2020**

CODICE CUP : C69F22000040006

PROGETTO ESECUTIVO



R.06

**Relazione diagnostica
volta alla definizione
dello stato di ammaloramento
di elementi strutturali secondari
(controsoffittature di solai)**

emissione	aggiornamento	scala
OTTOBRE 2023	_____	_____

Architetto Stefano Fascini
Via Terrachini n.47
42122 Reggio Emilia
P.Iva 04963140969
stefano.fascini@libero.it

LIBRETTO SANITARIO SULLO SFONDELLAMENTO DEI SOLAI

*SEDE COMUNALE
Piazza Damiano Chiesa, 2 - Bibbiano (RE)*



*Committente:
Comune di Bibbiano
Piazza Damiano Chiesa, 2
42021 Bibbiano (RE)*



TECNOINDAGINI S.r.l.
Tel 02 36527601 fax 02 66304937 – www.tecnoindagini.it
con il supporto tecnico di: Ing. Elena Medici

INDICE

1. PREMESSA	3
2. DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO	4
3. ANALISI TERMOGRAFICA	5
3.1. Caratteristiche del metodo	5
3.2. Caratteristiche tecniche delle apparecchiature	5
3.3. Indicazioni ricavate	6
4. ANALISI COSTRUTTIVA	9
4.1. IDENTIFICAZIONE DEGLI INTRADOSSI	9
4.1.1. Tipologia Intradosso 1 - Incannicciato	10
4.1.2. Tipologia Intradosso 2 – Volte in muratura	13
4.1.3. Tipologia Intradosso 3 – Rete intonacata	14
4.1.4. Tipologia Intradosso 4 – Putrelle e tavelloni	16
5. ANALISI SFONDELLAMENTO	17
5.1. DIAGNOSI CON BATTITURA MANUALE	17
5.2. DIAGNOSI MEDIANTE SONISPECT®	17
5.2.1. Caratteristiche del metodo	17
5.2.2. Caratteristiche tecniche delle apparecchiature	20
6. RISULTATI DELLE ANALISI	21
6.1. TERMOGRAFIA	21
6.2. INTONACO	22
6.3. SFONDELLAMENTO	25
7. NOTE PARTICOLARI	26
8. CONCLUSIONI	27
ALLEGATO - ELABORATI GRAFICI	

1. PREMESSA

A seguito dell'incarico conferito dalla Committenza successivamente al cedimento dell'intradosso avvenuto nell'Ufficio 4 al piano primo si è proceduto ad una analisi diagnostica per individuare le condizioni all'intradosso dei solai dell'edificio che ospita la Sede Comunale sito in Piazza Damiano Chiesa, 2 a Bibbiano (RE).

La presente relazione è finalizzata alla diagnosi dello stato di conservazione dell'intradosso dei solai mediante valutazione del grado di aderenza dello strato di finitura al plafone e ricerca del fenomeno dello sfondellamento; non include pertanto la stima delle caratteristiche di stabilità strutturali dei solai.

L'analisi diagnostica di prevenzione segue un protocollo di indagine ed è necessario, in una prima fase, acquisire le informazioni utili ad impostare la fase operativa di monitoraggio. In particolare è fondamentale:

- risalire e/o rilevare le planimetrie del fabbricato in modo da compiere una ricostruzione dell'edificio e determinare l'eventuale presenza di ampliamenti o modifiche occorse al manufatto originario;
- conoscere le destinazioni d'uso, originali ed attuali dei locali, per poter risalire alle storie di carico dei diversi solai.

Queste operazioni risultano fondamentali al fine di riconoscere quale tipologia di struttura si andrà ad analizzare; successivamente si procede con le osservazioni in sito.

L'analisi preliminare condotta con l'ausilio della termocamera ad infrarossi può fornire importanti informazioni sullo stato di conservazione dell'intradosso dei solai; demolizioni localizzate permettono di definirne la tipologia costruttiva adottata e di rilevare le geometrie degli elementi impiegati. Questa seconda fase è indispensabile all'attività di indagine, infatti solo un solaio con sistema di alleggerimento in laterizio può essere soggetto al fenomeno dello sfondellamento.

In un primo momento l'analisi degli intradossi avviene mediante battitura manuale dei plafoni: tale procedura consente la ricerca e la valutazione sia dello sfondellamento che di degradi della coesione della finitura. Laddove osservata la presenza di zone ammalorate si procede, ove necessario, ad una diagnosi approfondita mediante Sonispect®.

L'elaborazione dei termogrammi registrati durante il sopralluogo ed il confronto con i risultati ottenuti dalla battitura dei plafoni, consentono infine di stilare una corretta diagnosi dello stato di conservazione degli intradossi. L'indagine così completata, è riassunta nelle mappature allegate alla presente relazione che indicano il grado di avanzamento dei fenomeni di degrado innescati nei vari punti.

2. DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO

Dalla documentazione raccolta non si è potuto risalire con precisione alla data di costruzione dell'edificio oggetto del monitoraggio, tuttavia è possibile affermare che lo stesso non sia di recente realizzazione.

Il manufatto è caratterizzato da un impianto planimetrico avente sagoma di forma pressochè quadrata ed è disposto su cinque livelli fuoriterza, di cui l'ultimo di minor estensione, collegati tra di loro da un vano scala ed un ascensore. L'organizzazione degli spazi interni prevede i vari locali disposti lungo atri o corridoi di collegamento mentre l'intradosso degli impalcati si mantiene ad una quota compresa tra 2,70÷4,35 m dal piano di calpestio; nel complesso l'indagine ha coperto una superficie complessiva pari a 1.200 mq (circa).

All'interno dell'edificio è stata riscontrata la presenza di sistemi di controsoffittatura che possono essere classificati come non ispezionabili e che riducono l'altezza interna degli ambienti in cui installati. Nelle planimetrie allegate con nomenclatura "Tipologia Controsoffitti", le differenti tipologie riscontrate sono individuate mediante apposite retinature colorate.

La presenza di sistemi di controsoffittatura continui o scarsamente ispezionabili ha di fatto impedito l'esecuzione della verifica del plafone sovrastante. Nelle mappature allegate, in questi casi viene pertanto adottata una retinatura colorata ad indicare unicamente la tipologia di controsoffitto; le stesse aree sono quindi da considerarsi escluse dal monitoraggio.

Alcuni dei locali dell'edificio sono risultati inaccessibili durante il sopralluogo e pertanto esclusi dalle indagini. Gli stessi sono indicati nelle planimetrie allegate mediante una campitura di colore giallo.

3. ANALISI TERMOGRAFICA

Prima di effettuare le indagini atte alla valutazione dello stato dei solai viene compiuta un'osservazione generale dei soffitti utilizzando una termocamera ad infrarossi che consente di individuare anomalie nella formazione dei solai. Ciò può avvenire grazie alla sensibilità di misurazione che permette di localizzare le zone in cui sono presenti delle differenze di temperatura.

3.1. Caratteristiche del metodo

Lo scopo principale della termografia consiste nell'individuazione di errori e difetti nelle strutture dei solai e nella determinazione della loro natura ed estensione. Generalmente viene utilizzata per studiare le variazioni di temperatura sulle superfici di una struttura. Le variazioni nella resistenza termica possono, in determinate condizioni, determinare variazioni di temperatura sulla superficie.

La termocamera permette di misurare e rappresentare la radiazione infrarossa emessa da un oggetto. La radiazione, quale funzione della temperatura della superficie di un oggetto, emessa dallo strumento permette di calcolare e visualizzare tale temperatura. La radiazione rilevata dalla termocamera non dipende solo dalla temperatura dell'oggetto, ma è anche una funzione dell'emissività.

L'emissività è una misura che si riferisce alla quantità di radiazione termica emessa dall'oggetto, comparata a quella emessa dal perfetto corpo nero. L'emissività della maggior parte dei materiali da costruzione ha valori compresi tra 0,85 e 0,90.

Le immagini termiche visibili con la termocamera ad infrarossi sono realizzate in modo da minimizzare il più possibile l'interferenza di fattori climatici esterni; di conseguenza risulta particolarmente importante impostare e bilanciare correttamente la temperatura ambiente.

3.2. Caratteristiche tecniche delle apparecchiature

- Campo di misura della temperatura da -20 °C a +120 °C
- Frequenza di immagine: 30 Hz
- Sensibilità termica (NETD mK) 50 mK @ +30°C
- Risoluzione spaziale a 45°: 1,23 mRad
- Tipo di sensore: Focal Plane Array (FPA), microbolometro non raffreddato 640x480 pixels, vanadium oxide.
- Campo spettrale da 7,8 a 14 µm

3.3. Indicazioni ricavate

L'osservazione dei plafoni compiuta con l'ausilio della termocamera ad infrarossi, ha permesso di individuare lo scheletro strutturale e l'orditura dei solai. Tali informazioni consentono di determinare le posizioni in cui procedere successivamente con l'analisi costruttiva, al fine di consentire il rilievo della geometria degli elementi costituenti le tipologie di solaio individuate, ed ottimizzare il numero di demolizioni da eseguire.

La documentazione fotografica riportata di seguito sintetizza le informazioni rilevate durante il sopralluogo e permette la distinzione delle principali situazioni riscontrate, confrontando i termogrammi all'infrarosso con le corrispondenti immagini nel visibile.

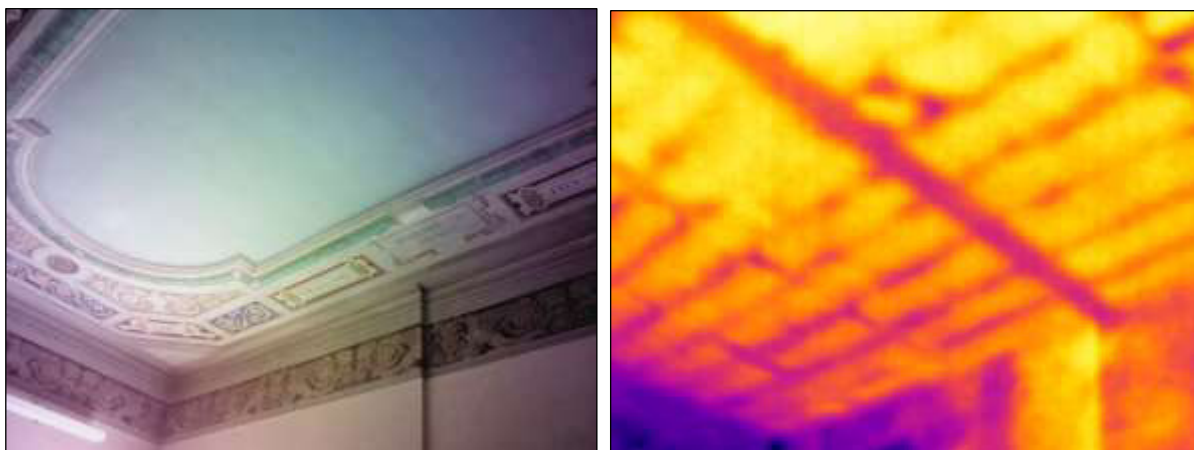


Foto n°1-2 - Individuazione della tramatura caratteristica dell'intradosso della Sala del Consiglio al piano primo.

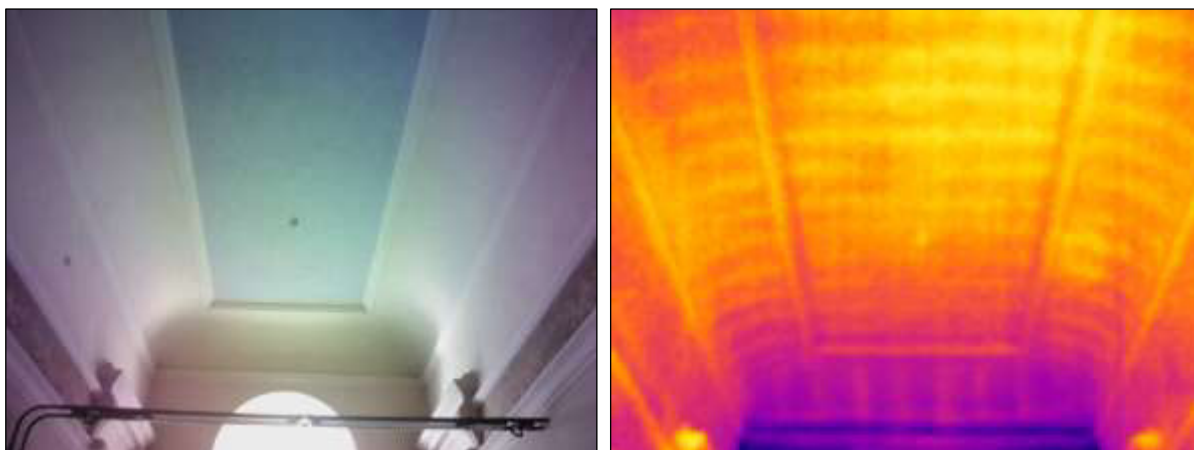


Foto n°3-4 - Scansione del plafone dell'Ufficio 6 al piano rialzato riscontrata mediante osservazione all'infrarosso.

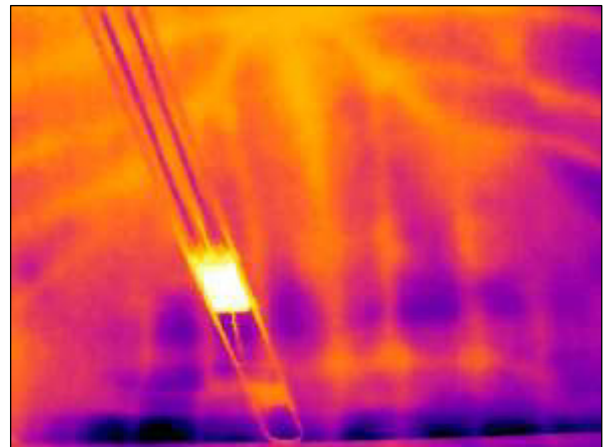


Foto n°5-6 - Immagine termografica dell'Ufficio 1 al piano rialzato.

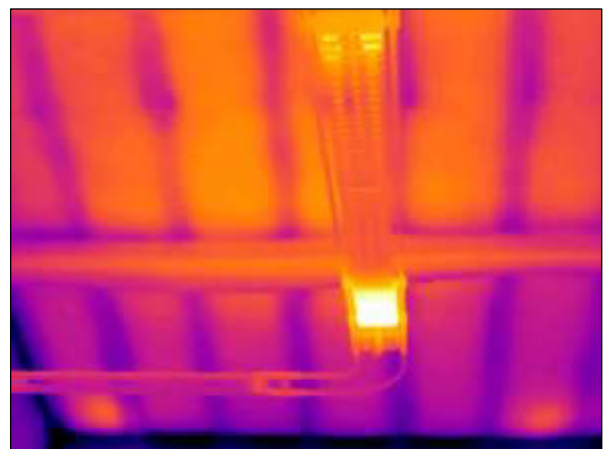


Foto n°7-8 - Il termogramma registrato nell'Ufficio 3 al secondo piano dà la possibilità di riscontrare una differente tipologia costruttiva.

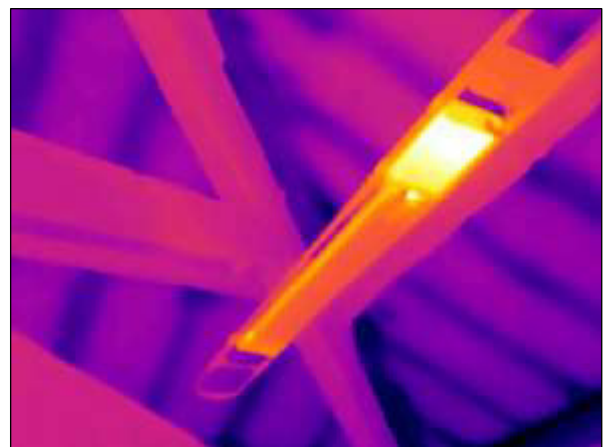


Foto n°9-10 - Individuazione della tramatura caratteristica dell'intradosso dell'Ufficio 1 al piano secondo.

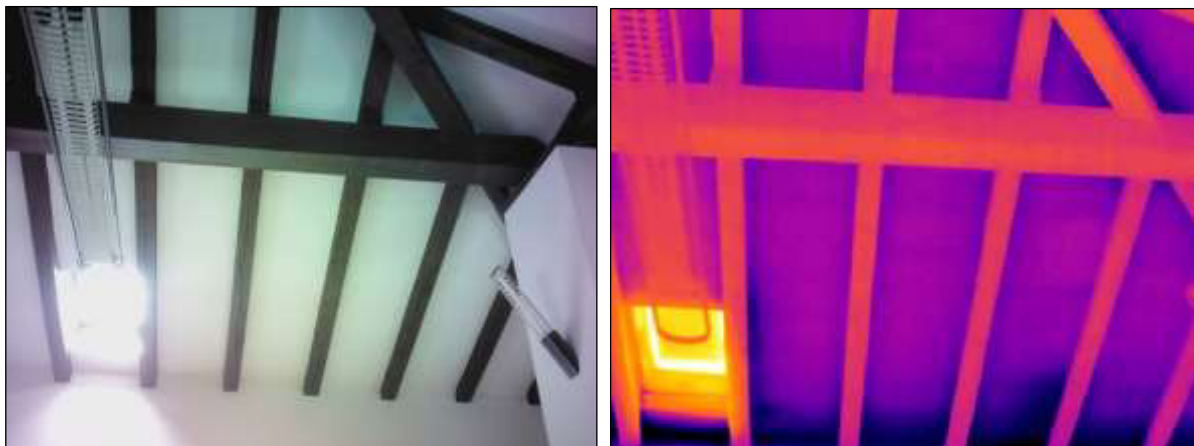


Foto n°11-12 - Individuazione della tramatura caratteristica dell'intradosso del piano altana.

4. ANALISI COSTRUTTIVA

Grazie all'analisi termografica è possibile individuare le posizioni in cui procedere con le demolizioni superficiali necessarie per conoscere le tipologie dei solai presenti e per constatarne lo stato di salute.

4.1. IDENTIFICAZIONE DEGLI INTRADOSSI

Le demolizioni localizzate effettuate in alcuni punti dell'edificio e le osservazioni condotte successivamente, hanno permesso di identificare le tipologie di solaio presenti. La maggior parte degli impalcati del fabbricato è realizzata secondo le caratteristiche riassunte nelle schede riportate di seguito. Leggere varianti potrebbero essere legate all'altezza e alla geometria degli alleggerimenti, al quantitativo di armatura in relazione alle luci coperte dai solai ed allo spessore dello strato di finitura che difficilmente è costante sull'intera superficie. Nelle planimetrie allegate con nomenclatura "Tipologia Solai", le diverse tipologie costruttive riscontrate sono indicate mediante campiture di colori differenti.

In particolare è stato possibile riscontrare la presenza di cinque differenti tipologie costruttive, delle quali la prima impiega un sistema di intradosso realizzato con un incanniccio intonacato, la seconda sfrutta il principio statico delle volte in muratura, la terza prevede un intradosso realizzato con una rete intonacata supportata da listelli in legno, al quarta è caratterizzata da putrelle in acciaio come elemento portante dell'impalcato mentre l'ultima impiega travetti in legno e tavole in laterizio (Tipologia Solaio 5). Infine si segnala la presenza anche di una tipologia di intradosso realizzata interamente in calcestruzzo.



Foto n°13 - Immagine della copertura al piano attico (Tipologia Solaio 5).

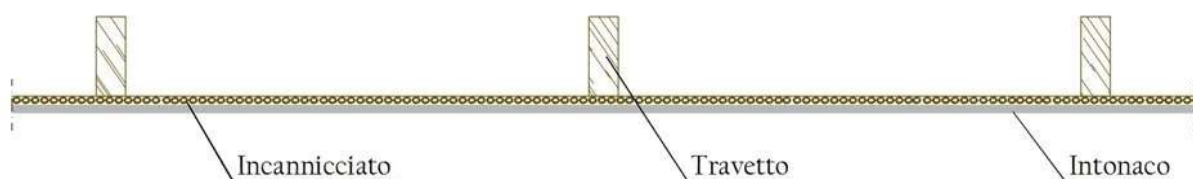


Foto n°14 - Immagine del Portico d'Ingresso con solaio a sezione omogenea in cemento armato.

4.1.1. Tipologia Intradosso 1 - Incannicciato

Le osservazioni effettuate a seguito dei saggi distruttivi eseguiti hanno evidenziato la presenza di un intradosso intonacato sostenuto da un'apposita struttura di supporto.

Lo schema della sezione trasversale e la tabella riportata di seguito mostrano le principali informazioni materiche e dimensionali. Completa la scheda una breve documentazione fotografica di quanto rinvenuto nel corso dell'indagine.



Disegno n°1 – Schematizzazione dell'andamento della sezione della Tipologia Solaio 1.

Caratteristiche Solaio

Tipologia supporto intonaco	Arelle	Altezza struttura di supporto [cm]	8
Sp. finitura min. [mm]	30	Larghezza struttura di supporto [cm]	10
Sp. finitura max. [mm]	70	Interasse struttura di supporto [cm]	50
Struttura di supporto finitura	Travetti in legno		

Note

L'analisi costruttiva condotta per la tipologia di intradosso in esame ha fatto registrare spessori dello strato di intonaco della finitura eccessivi e compresi tra 3,0÷7,0 cm. Tali valori determinano un'incidenza in peso del solo intonaco compresa tra 55÷125 Kg/mq. Si precisa che spessori eccessivi della finitura (vale a dire superiori a 2 cm) possono, con il loro peso proprio, indebolire la struttura di supporto (laterizio, legno, rete metallica, ecc.) oltrechè risultare più soggetti ad un eventuale distacco.

Il distacco dello strato di finitura avvenuto nell'Ufficio 4 al piano primo appare esser stato determinato dal cedimento della "treccia" che lega le arelle dell'incannicciato, a causa del peso eccessivo dello strato di finitura.

Laddove, lo strato di intonaco, ha mostrato gli spessori maggiori (superiori a 2,0 cm) è possibile distinguere la presenza di differenti strati, presumibilmente realizzati in tempi di intervento successivi. Tale aggravio di peso, non può che determinare un probabile fenomeno di distacco sempre più evidente nel tempo, sino al cedimento improvviso della finitura.



Foto n°15 - Immagine del distacco dell'intradosso avvenuto nell'Ufficio 4 al piano primo. Visione d'insieme della struttura in legno di supporto della finitura in arelle intonacate.



Foto n°16 - Particolare delle arelle intonacate e dello strato di finitura dell'intradosso.



Foto n°17 - Dettaglio in cui è visibile il distacco della "treccia" delle arelle dal supporto in travetti di legno.



Foto n°18 - Particolare della misurazione dello spessore della finitura presente all'intradosso del solaio.



Foto n°19 – In alcune porzioni l'intonaco di finitura raggiunge lo spessore di 7 cm.

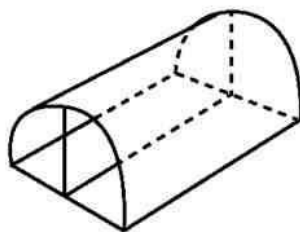


Foto n°20 - Porzione di intonaco oggetto del cedimento in cui è osservabile la composizione di più strati di finitura.

4.1.2. Tipologia Intradosso 2 – Volte in muratura

Al piano terra del fabbricato, sono state riscontrate strutture in muratura che impiegano lo schema statico delle volte a botte, che constano di una struttura semicilindrica poggiante su due muri di spalla.

La schematizzazione riportata di seguito offre una comprensione immediata di quanto descritto pocanzi, mentre all'interno della tabella sono riportate alcune informazioni inerenti lo strato di finitura. Completa la scheda una breve documentazione fotografica di quanto rinvenuto nel corso dell'indagine.



Disegno n°3 – Schematizzazione dell'andamento della sezione della Tipologia Solaio 3.

Caratteristiche Solaio

Tipologia volta	Mattoni	Sp. finitura min. [mm]	0
Tipologia finitura	Intonaco civile	Sp. finitura max. [mm]	15

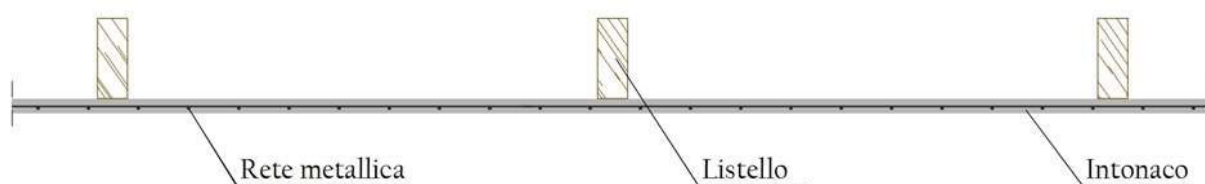


Foto n°21 - Individuazione della Tipologia Solaio 2; visione di insieme del solaio a volte in muratura osservato nell'Ingresso al piano terra.

4.1.3. Tipologia Intradosso 3 – Rete intonacata

Le osservazioni effettuate a seguito dei saggi distruttivi eseguiti hanno evidenziato la presenza di un intradosso intonacato sostenuto da un'apposita struttura di supporto.

Lo schema della sezione trasversale e la tabella riportata di seguito mostrano le principali informazioni materiche e dimensionali. Completa la scheda una breve documentazione fotografica di quanto rinvenuto nel corso dell'indagine.



Disegno n°3 – Schematizzazione dell'andamento della sezione della Tipologia Solaio 3.

Caratteristiche Solaio

Tipologia supporto intonaco	Rete metallica	Altezza struttura di supporto [cm]	10
Sp. finitura min. [mm]	15	Larghezza struttura di supporto [cm]	10
Sp. finitura max. [mm]	20	Interasse struttura di supporto [cm]	60
Struttura di supporto finitura	Travetti in legno		



Foto n°22 - Visione d'insieme della micro-demolizione eseguita nel Bagno al piano secondo.



Foto n°23 - Particolare dell'ossatura del solaio sovrastante in travetti di legno e piano di tavelle superiori.

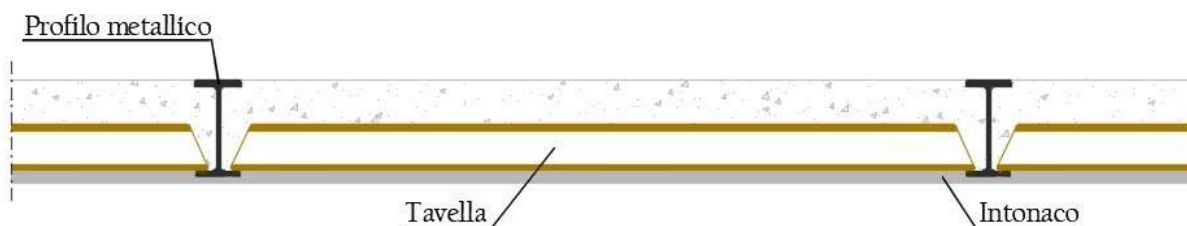


Foto n°24 - Dettaglio dello spessore dello strato di finitura applicato al plafone.

4.1.4. Tipologia Intradosso 4 – Putrelle e tavelloni

Questo tipo di solaio è realizzato con profilati in acciaio paralleli tra loro, a cui sono interposti elementi in laterizio che definiscono un intradosso piano.

Lo schema della sezione trasversale e la tabella riportata di seguito mostrano le principali informazioni materiche e dimensionali dell'impalcato. Completa la scheda una breve documentazione fotografica di quanto rinvenuto nel corso dell'indagine.



Disegno n°0 – Schematizzazione dell'andamento della sezione della Tipologia Solaio 0.

Caratteristiche Solaio

Altezza putrella [cm]	18	Tipologia appoggio	Ala putrelle
Larghezza ala putrella [cm]	9	Tipologia finitura	Civile
Interasse putrelle [cm]	75	Sp. finitura min. [mm]	10
Tipologia alleggerimento	Tavella	Sp. finitura max. [mm]	15



Foto n°25 - Immagine del rilievo effettuato nell'Ufficio 4 al piano primo.

5. ANALISI SFONDELLAMENTO

5.1. DIAGNOSI CON BATTITURA MANUALE

La battitura manuale della soletta è un metodo per la prima verifica dell'esistenza dello sfondellamento. Sollecitando la superficie del soffitto con colpi regolari si compie la prima valutazione di massima. La presenza di suoni vuoti in zone particolari del solaio indica l'esistenza del fenomeno. Questa operazione di scrematura ci permette di controllare l'intera superficie e di raffinare la diagnosi, in una seconda fase, mediante lo strumento di ispezione sonora. Osservata la presenza di zone ammalorate si procede, ove necessario, ad una diagnosi approfondita mediante Sonispect®.

5.2. DIAGNOSI MEDIANTE SONISPECT®

Il metodo ha lo scopo di individuare, con metodi non distruttivi, gli sfondellamenti o le lesioni negli elementi in laterizio e anche i distacchi del solo strato d'intonaco.

La strumentazione per l'indagine con il metodo Sonispect® è composta da un'asta alla cui estremità sono posti uno spintore elettromeccanico con testina battente e un microfono a condensatore direzionale. L'intensità di battuta è costante ed il microfono ne registra la risposta sonora. L'indagine viene svolta mediante auscultazione sonora di impulsi sequenziali emessi e ricevuti su una maglia a geometria fissa ed analizzati nel dominio delle frequenze.

Le valutazioni sull'eventuale difettosità delle aree sono espresse in base alla conoscenza della tipologia costruttiva dei solai, poiché ogni tipologia reagisce con risposte differenti nel campo delle vibrazioni.

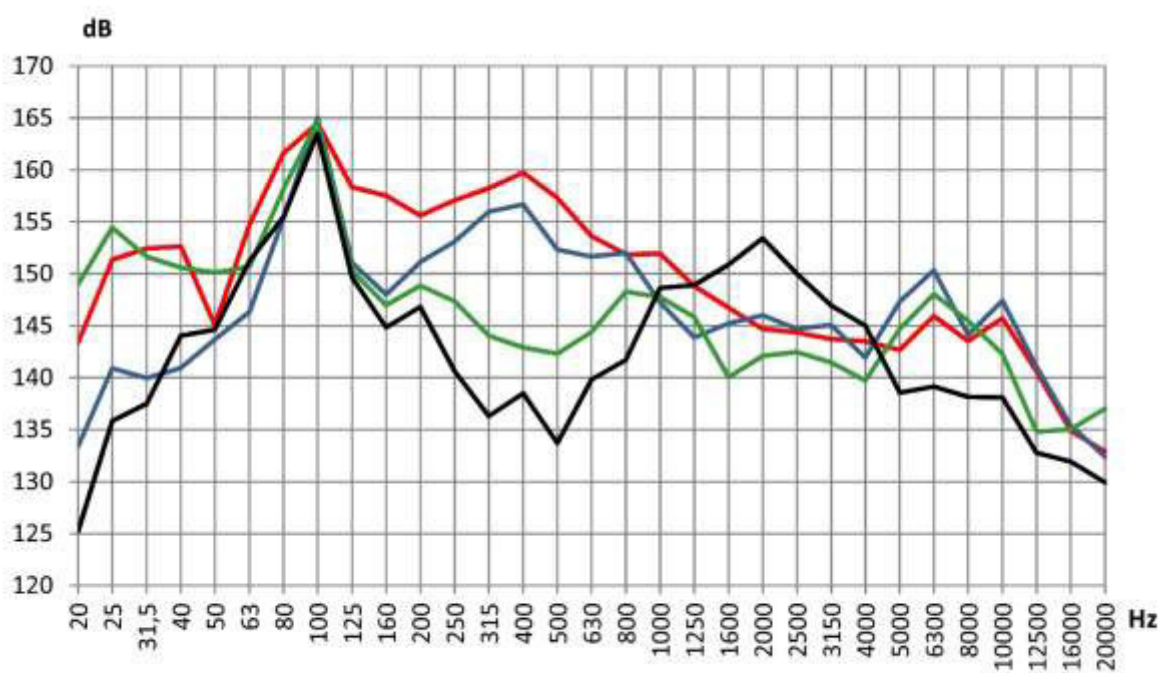
5.2.1. Caratteristiche del metodo

Il metodo presenta delle caratteristiche vantaggiose che ne consentono l'uso in qualsiasi situazione con la certezza dei risultati.

- Rapidità di indagine
- Alta risoluzione
- Rilievo strumentale con eccitatore meccanico a percussione e con microfono ad alta risoluzione
- Elaborazione immediata in terzi di ottava con analizzatore di spettro
- Restituzione a mezzo CAD di immediata comprensione

In base alle analisi effettuate mediante Sonispect® è possibile classificare le situazioni di danneggiamento secondo quattro diversi livelli. Partendo dalla situazione considerata normale, cioè che non presenta alcun fenomeno fessurativo, si arriva a situazioni pessime e pericolose, passando da uno stato mediocre e da uno scadente, in cui il fenomeno è in evoluzione, ma non presenta la precarietà di un probabile distacco. Lo strumento, attraverso l'analisi delle risposte alle battute, è in grado di percepire la differenza di situazione e di indicare le difettosità puntuali o diffuse. Come pessime e pericolose si indicano le risposte che segnalano la sicura rottura con possibile imminente distacco di intonaco e/o laterizio. È possibile compiere dei confronti tra le diverse risposte dalla lettura dei diagrammi di uscita.

Il diagramma presenta in ascissa la frequenza compresa tra 20 Hz e 20000 Hz ed in ordinata il livello di pressione sonora (misurata in dB). Il diagramma di confronto qui riportato si riferisce all'andamento tipico di un solaio analogo in cui sono state osservate patologie simili.



Leggendo i risultati riportati nel diagramma di uscita dello strumento sonico è possibile fare delle osservazioni generali. Si nota che le curve, per una frequenza di 100 Hz, presentano un picco che si assesta intorno ad un valore di 163÷165 dB. Tale picco si riferisce all'impulso di battitura dello spintore, che agendo con la medesima intensità di battuta su ogni punto della superficie procura un'analogia risposta.

Il giudizio sullo stato di salute dell'intradosso del solaio va compiuto nell'intervallo di frequenze compreso tra i 100 Hz ed i 1000 Hz. In tale range la risposta è ben approssimata ed è possibile trovare le variazioni di risposta in modo più preciso.

La linea di colore nero, più bassa, si riferisce ad un solaio normale, in cui non è presente la fessurazione. L'andamento, se pur irregolare, ha dei valori di sensibile decremento di risposta.

In modo analogo si comporta la linea di colore verde, che rappresenta uno stato mediocre. In questo caso la curva risulta leggermente superiore a quella nera indicando una variazione all'interno dell'intradosso. La struttura è globalmente omogenea, ma possono essere presenti delle fessurazioni nello strato superficiale dell'intonaco di finitura dell'intradosso.

La linea di colore blu segnala una condizione transitoria in cui la porzione di intradosso non possiede più le caratteristiche di stabilità del solaio normale, ma non ha raggiunto ancora la situazione di crisi. Per questi casi si può prevedere una degenerazione del problema fino ad un collasso finale. La mutabilità e l'evoluzione del problema, non permettono una previsione temporale del distacco, ma consigliano un periodico monitoraggio in modo da prevenire i rischi.

La linea superiore, di colore rosso, presenta invece da subito delle anomalie. La curva, infatti, non ha più una brusca caduta ed il suono vuoto che si produce mantiene più alta l'intera curva. Ciò significa che la struttura non è omogenea e che presenta un fenomeno piuttosto avanzato di sfondellamento o di perdita di aderenza della finitura intonacata. In queste condizioni potrebbero presentarsi delle situazioni pericolose per gli utenti dei locali.

Nelle mappature allegate le zone in condizione normale non presentano alcuna retinatura colorata, le zone mediocri presentano una retinatura di colore verde, le zone scadenti di colore blu, mentre le zone pessime sono indicate in rosso con retinatura piena. Con una retinatura rossa a righe incrociate vengono indicate porzioni di intradosso pericolose o al limite del distacco.

5.2.2. Caratteristiche tecniche delle apparecchiature

Analizzatore di spettro digitale

- Risposta in frequenza: 20 ÷ 20 kHz
- Impedenza in entrata (@ 1 kHz) : 1,6 kΩ
- Frequenza di campionamento: fino a 48 Hz
- 16 bit di conversione A/D
- Memoria RAM: 2 GH

Spintore elettromeccanico

- Testina battente in gomma dura
- Tensione: 12 V
- Resistenza nominale bobina: 1,05Ω
- Soglia rigidità dielettrica: 1 mA

Microfono a condensatore direzionale

- Risposta in frequenza: 20 ÷ 20 kHz
- Sensibilità: 9 mV/PA / -41 dBV
- Pressione acustica limite: 112 Pa / 135 dB SPL
- Impedenza elettrica: < 200Ω

6. RISULTATI DELLE ANALISI

L'insieme delle informazioni ottenute durante l'indagine ci permette di riassumere i risultati ottenuti con le diverse analisi.

6.1. TERMOGRAFIA

La termografia si è dimostrata uno strumento prezioso per la valutazione delle infiltrazioni e dell'umidità nell'edificio: la capacità di fornire un'immagine fisica dei percorsi di diffusione dell'umidità, offre infatti informazioni più sicure rispetto all'estrapolazione dei dati rilevati da sonde e comporta tempi inferiori. Ciò significa che i difetti di isolamento presenti nelle componenti strutturali che racchiudono un edificio possono essere localizzati ed ispezionati. A causa della sua maggiore capacità termica, la parte umida trattenerà il calore più a lungo di quella asciutta e sarà visibile nelle immagini all'infrarosso; inoltre il materiale da costruzione interessato dall'umidità ha una massa termica più elevata e la sua temperatura diminuisce più lentamente rispetto alle aree circostanti a causa dell'effetto capacitivo conduttivo e termico. Inoltre, la presenza di sacche d'aria tra lo strato di intonaco ed il supporto in laterizio ha permesso l'osservazione diretta delle zone col peggiore grado di conservazione dell'intradosso.

Durante il sopralluogo è stato possibile escludere la presenza di porzioni dei plafoni risultate soggette a fenomeni di infiltrazione tuttora attivi o di recente formazione.

L'osservazione mediante termocamera ad infrarossi ha dato la possibilità di constatare che localmente, sono stati eseguiti interventi di ripristino dell'intradosso, segno come la situazione odierna sia la conseguente evoluzione di un fenomeno già localmente presente in passato.

6.2. INTONACO

La ricerca di porzioni degli intradossi degli orizzontamenti interessate dal fenomeno dello sfondellamento, ha in parallelo permesso di analizzare lo stato di conservazione del grado di aderenza dello strato di finitura al plafone. Le condizioni di coesione sono dovute sia a cause intrinseche che a fattori esterni: tra le prime possono essere considerate la fattura della malta impiegata, che diminuisce di qualità quando la sua consistenza risulta essere sabbiosa, lo spessore e la vetustà dello strato; come fattori esterni si può annoverare l'eventuale presenza di fenomeni di infiltrazioni e/o efflorescenze superficiali, che determina invece una diminuzione locale della coesione della finitura.

In diverse posizioni, l'osservazione dei soffitti ha evidenziato la presenza di zone di differente estensione degradate a causa di efflorescenze superficiali. In queste posizioni è stata intensificata la battitura al fine di individuare l'effettivo stato del solaio ed il grado di coesione dell'intonaco al plafone. Non è sempre possibile risalire all'origine della loro formazione, ma è evidente che l'umidità può diminuire la resistenza dei materiali e procurarne il deperimento.

Le analisi condotte hanno consentito di rilevare, per la *Tipologia di Solaio n°1* (Intradosso in incannicciato intonacato) spessori dello strato di intonaco della finitura eccessivi e compresi tra 3,0÷7,0 cm. Tali valori determinano un'incidenza in peso del solo intonaco compresa tra 55÷125 Kg/mq. Laddove, lo strato di intonaco, ha mostrato gli spessori maggiori (superiori a 2,0 cm) è stato possibile distinguere la presenza di differenti strati di finitura, presumibilmente realizzati in tempi di intervento successivi. Tale aggravio di peso, non può che determinare un probabile fenomeno di distacco sempre più evidente nel tempo, sino al cedimento improvviso della finitura, anche in aree che attualmente hanno mostrato uno stato di conservazione accettabile.

In alcune posizioni dei soffitti nella Sala del Consiglio, nella Sala Giunta, nell'Ufficio 2 e 4, nel Disimpegno 2 al piano primo; nell'Ingresso al piano rialzato, sono state individuate porzioni di differente estensione dei plafoni connotate da un eccessivo distacco della finitura: in relazione a tali situazioni si dovrà pianificare un tempestivo intervento teso al ripristino delle normali condizioni di sicurezza ed in parallelo inibire la fruizione degli stessi locali all'utenza sino al termine delle idonee lavorazioni.

Inoltre, le analisi condotte hanno dato la possibilità di ravvisare in diversi altri casi, un grado di coesione dello strato di finitura con il supporto classificabile come pessimo. Al fine di prevenire un ulteriore peggioramento delle condizioni di aderenza ed evitare l'innescio di situazioni critiche, si dovrà pianificare un intervento di rimozione e ripristino. Si consiglia inoltre di comprendere

negli stessi interventi anche le eventuali porzioni degradate limitrofe, infatti in questi casi il fenomeno è innescato e l'unica differenza è sul tempo di evoluzione.

Alla luce di quanto sopra citato, l'ampiezza e la diffusione dei degradi presenti suggeriscono di procedere con un intervento manutentivo da estendere all'intera superficie dei locali in cui presente l'intradosso in incannicciato intonacato (Tipologia Solaio n°1), piuttosto che con operazioni di bonifica puntuale.

La documentazione fotografica riportata a seguire permette di evidenziare alcune delle porzioni degradate, osservate durante il sopralluogo.

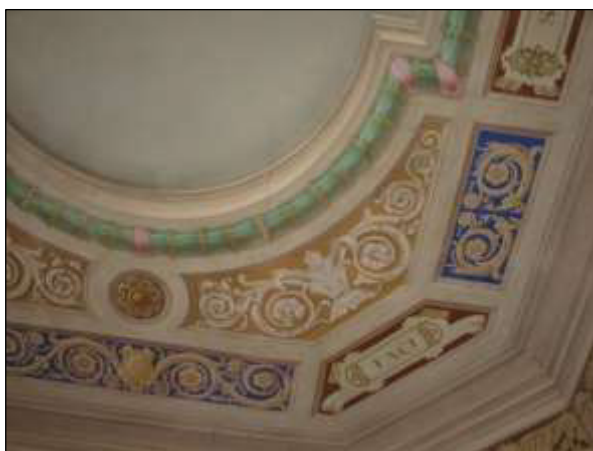


Foto n°26 – Porzione del plafone della Sala del Consiglio al primo piano connotata da un eccessivo distacco della finitura.

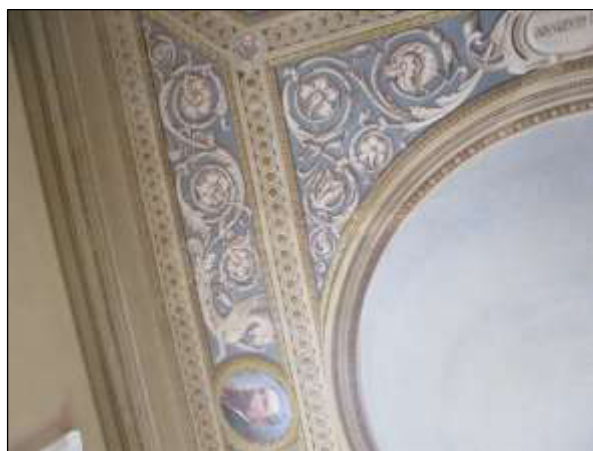


Foto n°27 – Porzione del plafone della Sala Giunta al primo piano connotata da un eccessivo distacco della finitura.

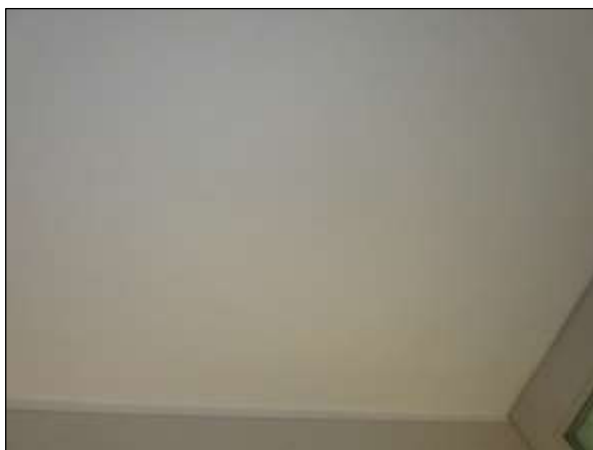


Foto n°28 – Porzione del plafone del Disimpegno 2 al primo piano connotata da un eccessivo distacco della finitura.



Foto n°29 – Porzione del plafone dell'Ufficio 2 al primo piano connotata da un eccessivo distacco della finitura.



Foto n°30 - Porzione del plafone dell'Ingresso al piano rialzato connotata da un eccessivo distacco della finitura.



Foto n°31 - Porzione del plafone dell'Ufficio 5 al piano rialzato connotata da un grado di aderenza pessimo della finitura.

6.3. SFONDELLAMENTO

Per le tipologie costruttive che impiegano un sistema di alleggerimento in pignatte o più generalmente blocchi forati in laterizio, il fenomeno dello sfondellamento è da attribuire a lesioni interne che si formano sui setti inferiori degli stessi laterizi mentre nel caso di solai caratterizzati dalla presenza di tavelle o tavelloni, deve essere inteso come fessurazione in corrispondenza del loro appoggio al travetto o all'elemento di supporto. Nella maggior parte dei casi, le porzioni maggiormente interessate sono collocate lungo o in prossimità delle fasce in cui l'orditura dei travetti risulta essere parallela ad elementi aventi un valore di rigidità elevato, quali sono le travi degli impalcati e gli elementi verticali. Tali posizioni non sono casuali ma dovute alla trasmissione di sforzi di natura torsionale che innescano fenomeni di sollecitazione assiale lungo i setti degli elementi di alleggerimento in corrispondenza della connessione al fondello. In questo modo le prime file degli stessi alleggerimenti risultano le più esposte; ciò non rende comunque le restanti parti degli impalcati immuni dal manifestarsi del fenomeno.

Le analisi condotte hanno permesso di escludere la presenza di zone tuttora connotate da una condizione “pessima” o “pericolosa” in relazione al fenomeno dello sfondellamento, secondo la scala di valori proposta, per le quali sarebbero necessari interventi manutentivi. Si consiglia tuttavia di mantenere attivo un monitoraggio in quanto localmente il fenomeno è innescato e l'unica differenza è sul tempo di evoluzione.

Le condizioni di degrado segnalate nelle Mappature Sonispect® allegate, fanno riferimento nella maggior parte dei casi allo stato di conservazione della finitura ad intonaco degli intradossi.

La documentazione fotografica riportata a seguire permette di evidenziare alcune delle situazioni di degrado, osservate durante il sopralluogo.



Foto n°32 - Porzione dell'intradosso del solaio del piano attico connotata da una conservazione scadente.

7. NOTE PARTICOLARI

Durante il corso delle indagini, è stato possibile riscontrare che nel Portico d'Ingresso al piano rialzato, la corrosione delle armature della trave ha causato l'espulsione del copriferro: in relazione a tali situazioni si dovrà pertanto intervenire ripristinando gli aspetti funzionali e strutturali dell'elemento portante.



Foto n°33 - Immagine della trave nel Portico d'ingresso al piano rialzato.



Foto n°34 - Dettaglio in cui è visibile l'assenza del copriferro all'intradosso della trave del portico d'ingresso.

8. CONCLUSIONI

I documenti e le informazioni raccolte permettono di avere un quadro complessivo dello stato di salute dei solai analizzati.

L'osservazione dei soffitti condotta mediante l'ausilio della termocamera ad infrarossi ha dato la possibilità di escludere la presenza di porzioni dei plafoni che risultano interessate da un fenomeno di infiltrazione tuttora attivo o di recente formazione. In altri casi è stata constatata invece la presenza di zone degradate a causa di efflorescenze superficiali.

Le analisi condotte hanno consentito di rilevare, per la Tipologia di Solaio n°1 (Intradosso in incannicciato intonacato) spessori dello strato di intonaco della finitura eccessivi e compresi tra 3,0÷7,0 cm. Tali valori determinano un'incidenza in peso del solo intonaco compresa tra 55÷125 Kg/mq. Laddove, lo strato di intonaco, ha mostrato gli spessori maggiori (superiori a 2,0 cm) è stato possibile distinguere la presenza di differenti strati di finitura, presumibilmente realizzati in tempi di intervento successivi. Tale aggravio di peso, non può che determinare un probabile fenomeno di distacco sempre più evidente nel tempo, sino al cedimento improvviso della finitura, anche in aree che attualmente hanno mostrato uno stato di conservazione accettabile.

In alcune posizioni dei soffitti nella Sala del Consiglio, nella Sala Giunta, nell'Ufficio 2 e 4, nel Disimpegno 2 al piano primo; nell'Ingresso al piano rialzato, sono state individuate porzioni di differente estensione dei plafoni connotate da un eccessivo distacco della finitura: in relazione a tali situazioni si dovrà pianificare un tempestivo intervento teso al ripristino delle normali condizioni di sicurezza ed in parallelo inibire la fruizione degli stessi locali all'utenza sino al termine delle idonee lavorazioni.

Inoltre, le analisi condotte hanno dato la possibilità di ravvisare in diversi altri casi, un grado di coesione dello strato di finitura con il supporto classificabile come pessimo. Al fine di prevenire un ulteriore peggioramento delle condizioni di aderenza ed evitare l'innescare di situazioni critiche, si dovrà pianificare un intervento di rimozione e ripristino. Si consiglia inoltre di comprendere negli stessi interventi anche le eventuali porzioni degradate limitrofe, infatti in questi casi il fenomeno è innescato e l'unica differenza è sul tempo di evoluzione.

Alla luce di quanto sopra citato, l'ampiezza e la diffusione dei degradi presenti suggeriscono di procedere con un intervento manutentivo da estendere all'intera superficie dei locali in cui presente l'intradosso in incannicciato intonacato (Tipologia Solaio n°1), piuttosto che con operazioni di bonifica puntuale.

Le analisi condotte hanno permesso di escludere la presenza di zone tuttora interessate da un degrado avanzato in riferimento al fenomeno dello sfondellamento. Si consiglia tuttavia di mantenere attivo un monitoraggio in quanto localmente il fenomeno è innescato e l'unica differenza è sul tempo di evoluzione.

Per quantificare il grado di rischio legato ad un possibile sfondellamento occorre analizzare i due principali fattori che definiscono la quantità di materiale soggetto a un possibile crollo.

Il peso dell'intonaco tradizionale di tipo civile è di circa 18 kg/mq per ogni centimetro di spessore. Nel caso di distacchi simultanei anche di parti di laterizio, tale peso va incrementato ulteriormente di circa 10 kg/mq.

Il secondo fattore fondamentale è l'estensione del fenomeno. L'esperienza ottenuta da anni di osservazioni insegna che in molti casi, tale aspetto è quello rilevante.

Infatti, se si considera di estendere i carichi ipotizzati precedentemente su una superficie di circa 1÷2 mq, è chiaro che un crollo improvviso di ≈125 kg di materiale costituisce un pericolo. Inoltre, spesso, il fenomeno risulta tanto più imprevedibile quanto più è elevata la superficie ammalorata. Tali considerazioni sono necessarie per una corretta interpretazione dei risultati ottenuti e per individuare un più corretto metodo di intervento. Per una valutazione puntuale si rimanda alle indicazioni riportate nella relazione, mentre per l'individuazione delle zone interessate da possibili cedimenti si rimanda alle planimetrie allegate che indicano puntualmente la situazione osservata.

E' doveroso ricordare che la presente relazione ha una limitata valenza temporale, in particolar modo nel caso di eventi eccezionali quali esplosioni, incendi o sismi, soprattutto se in un edificio di rilevanza strategica. Non è, infatti, possibile garantire la stabilità dell'intradosso dei solai per tempi illimitati.

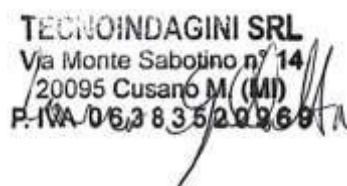
Per valutare l'evoluzione dei fenomeni registrati si suggerisce l'esecuzione di un monitoraggio di controllo sui soffitti dell'edificio periodico, ponendo particolare attenzione alle porzioni individuate come scadenti ed indicate in blu nelle planimetrie allegate.

Bibbiano (RE), 06/05/2019

Dott. Ing. Marco Gallotta



Tecnoindagini Srl



ALLEGATO

ELABORATI GRAFICI

INDICE

1. PLANIMETRIE

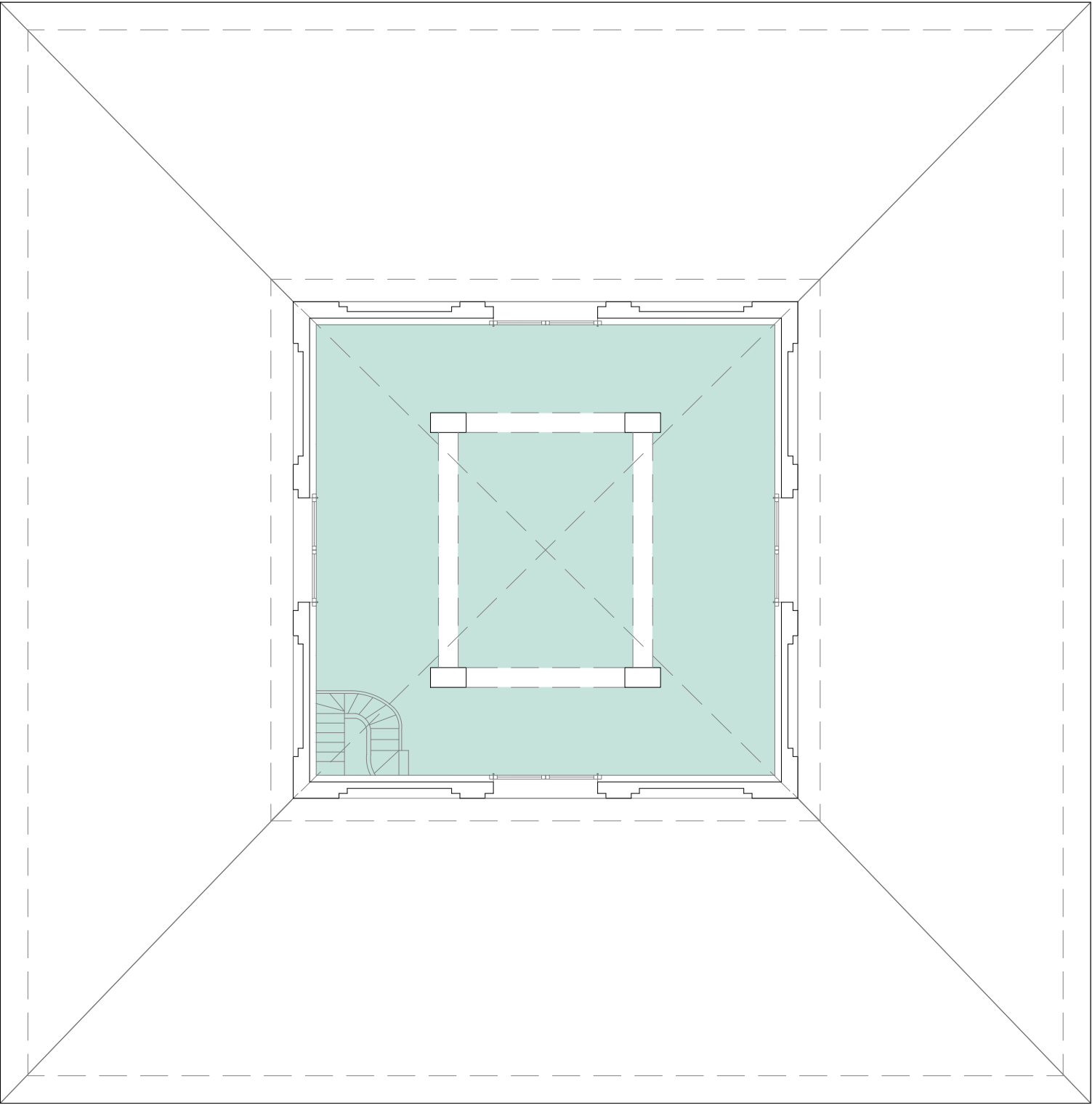
- 1.1. Tipologia Solai – Piano Altana
- 1.2. Tipologia Solai – Piano Secondo
- 1.3. Tipologia Solai – Piano Primo
- 1.4. Tipologia Solai – Piano Rialzato
- 1.5. Tipologia Solai – Piano Ammezzato
- 1.6. Tipologia Solai – Piano Terra
- 1.7. Tipologia Controsoffitti – Piano Secondo
- 1.8. Mappatura Sonispect® – Piano Altana
- 1.9. Mappatura Sonispect® – Piano Secondo
- 1.10. Mappatura Sonispect® – Piano Primo
- 1.11. Mappatura Sonispect® – Piano Rialzato
- 1.12. Mappatura Sonispect® – Piano Ammezzato
- 1.13. Mappatura Sonispect® – Piano Terra

1. PLANIMETRIE
1.1. TIPOLOGIA INTRADOSSI - PIANO ALTANA

LEGENDA

INTRADOSSO 5 - TRAVETTI IN LEGNO E PIANELLE

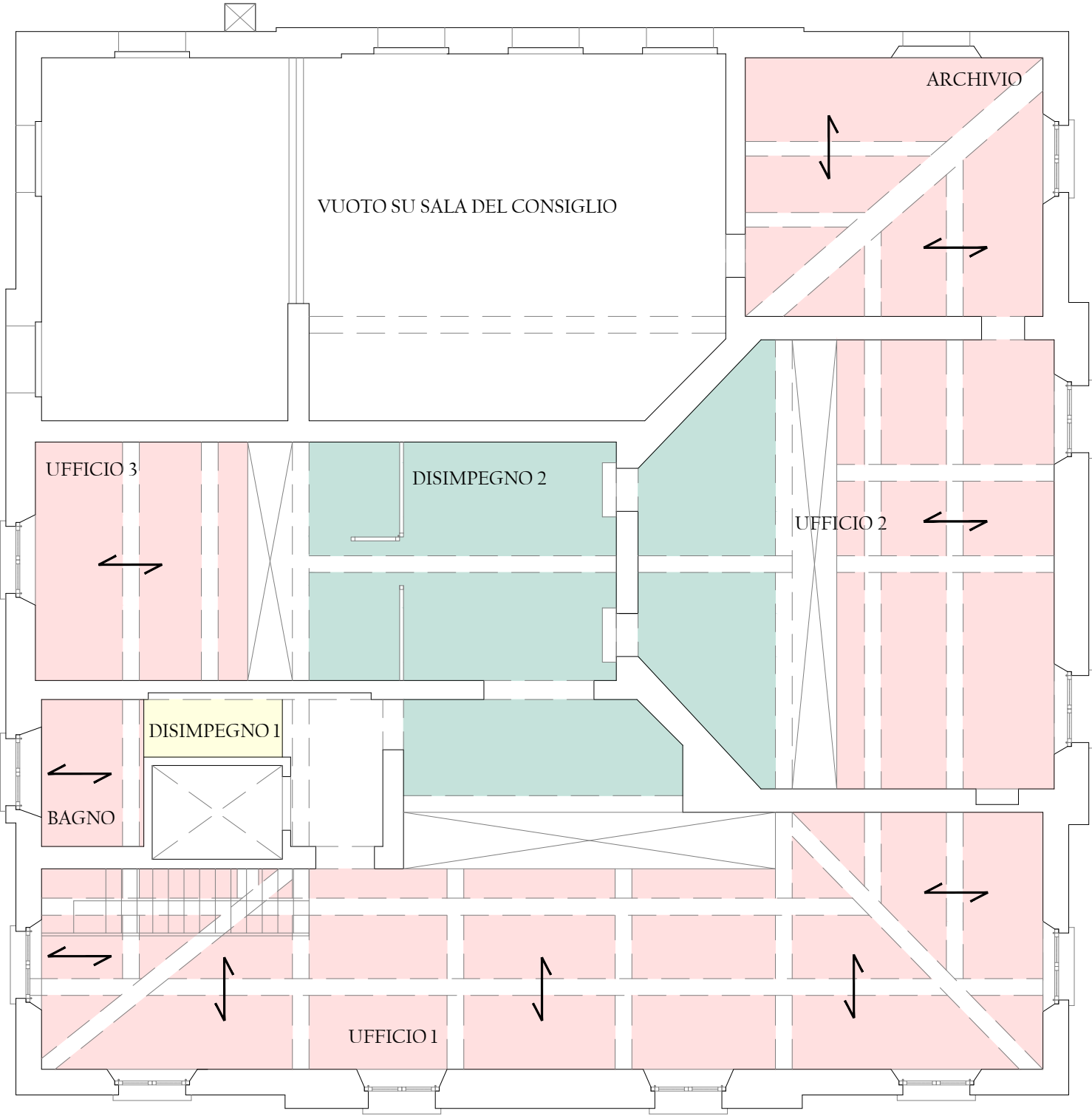
ORDITURA



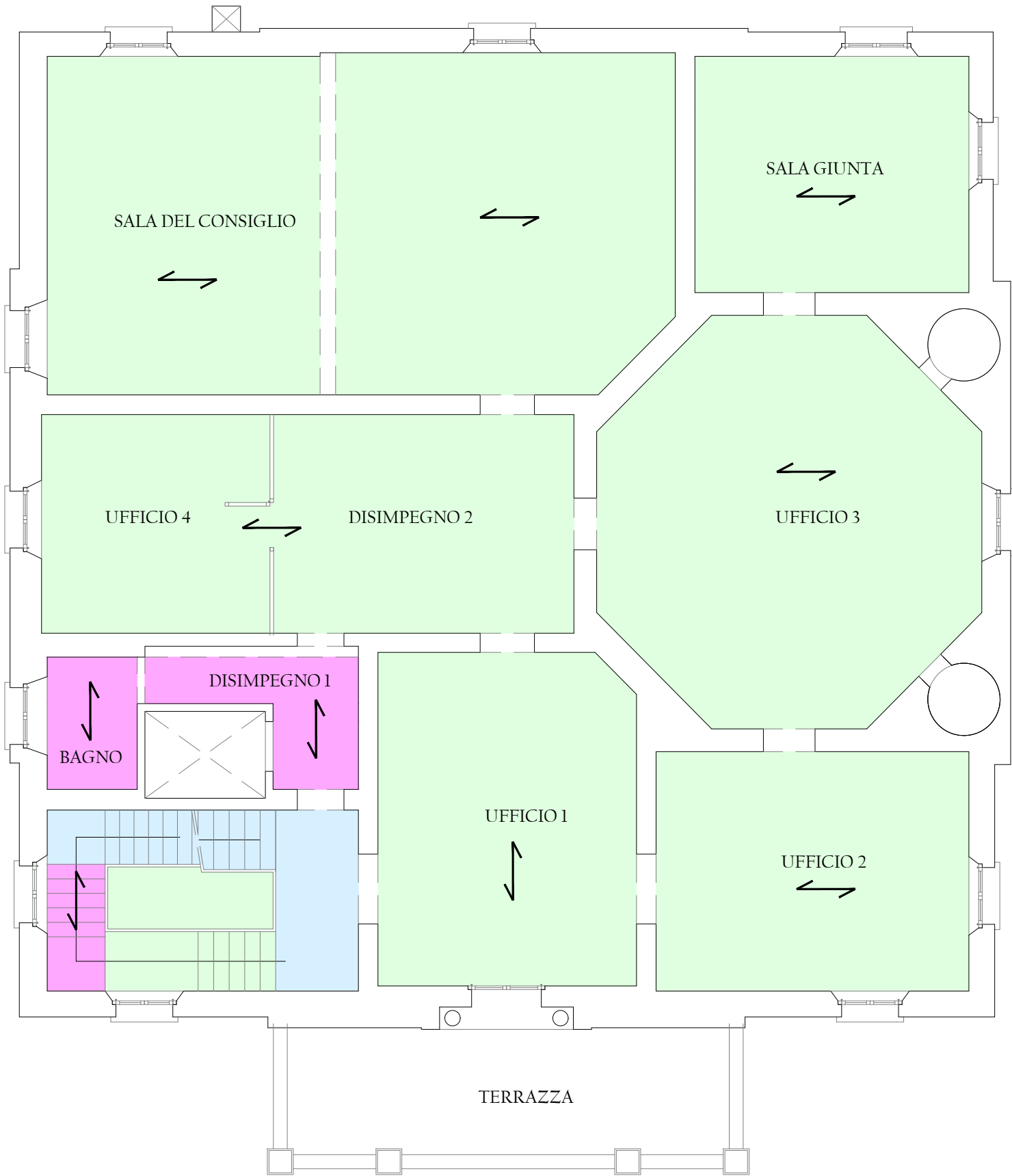
1.2. TIPOLOGIA INTRADOSSI - PIANO SECONDO

LEGENDA

- INTRADOSSO 3 - RETE INTONACATA
- INTRADOSSO 5 - TRAVETTI IN LEGNO E PIANELLE
- NON RILEVABILE
- ORDITURA



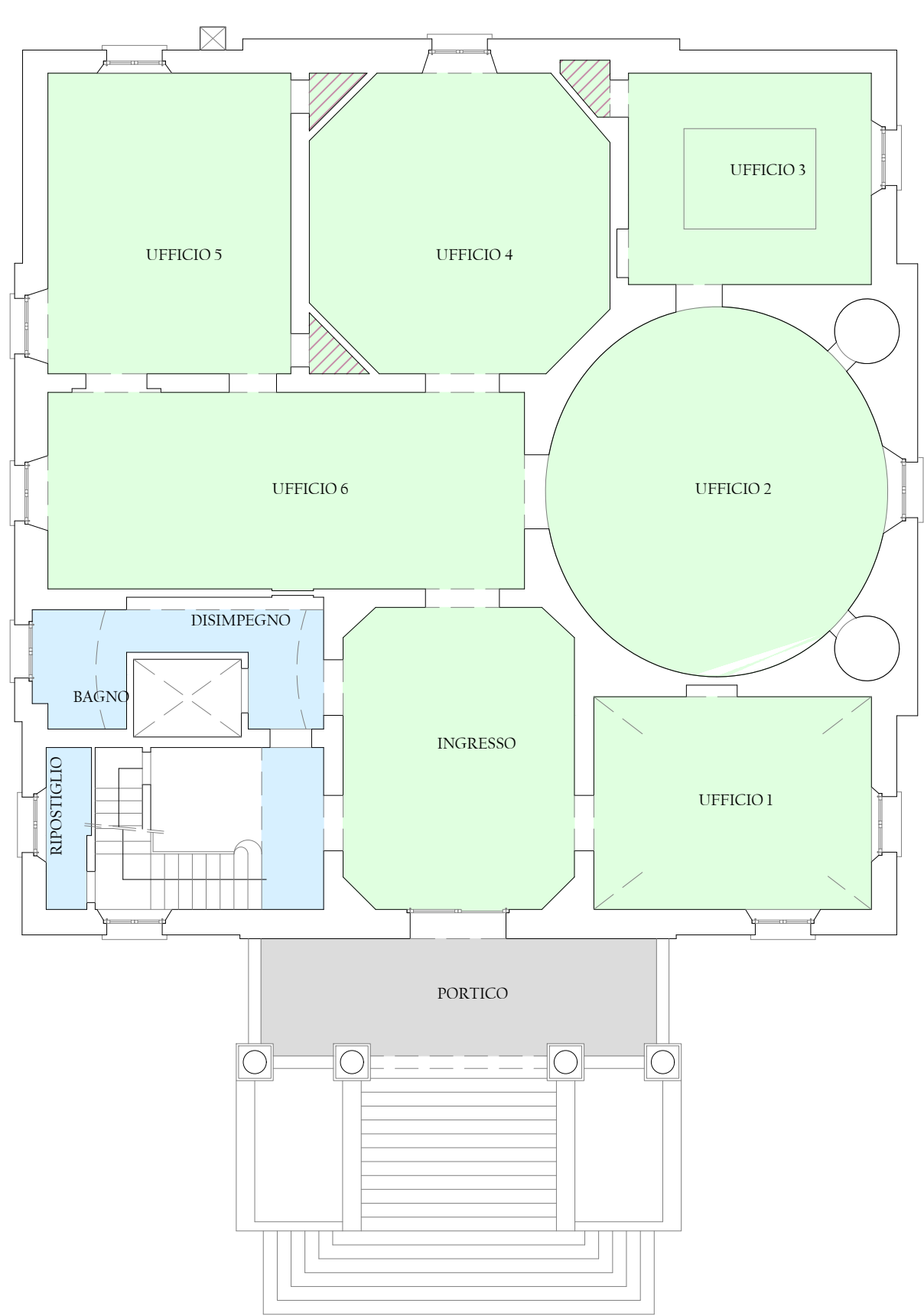
1.3. TIPOLOGIA INTRADOSSI - PIANO PRIMO



LEGENDA

- INTRADOSSO 1 - INCANNICCIATO
- INTRADOSSO 2 - VOLTE IN MURATURA
- INTRADOSSO 4
- ORDITURA

1.4. TIPOLOGIA INTRADOSSI - PIANO RIALZATO

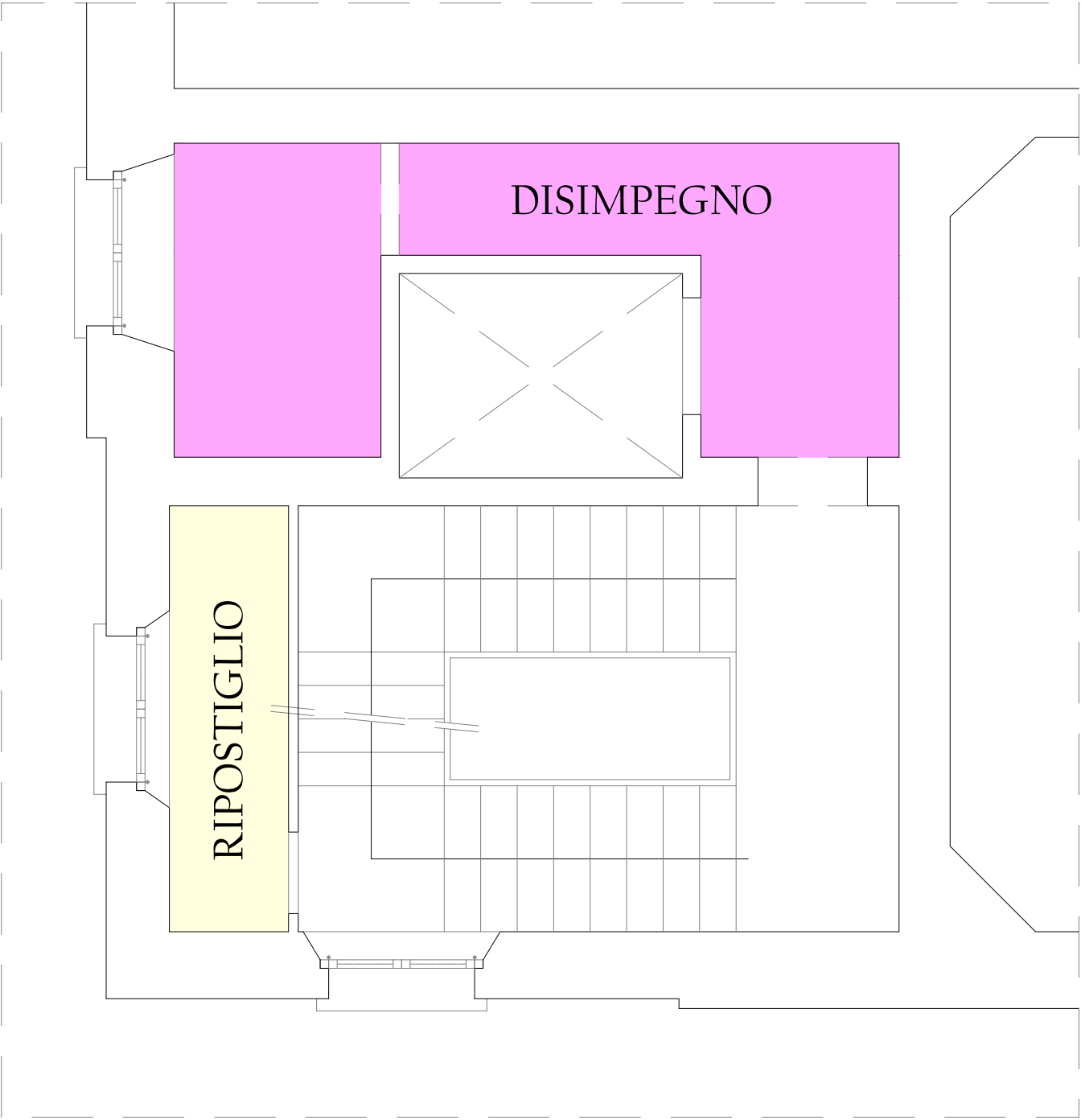


- LEGENDA
- INTRADOSSO 1 - INCANNICCIATO
 - INTRADOSSO 2 - VOLTE IN MURATURA
 - C.A.
 - RIB. IN TAVELLONI

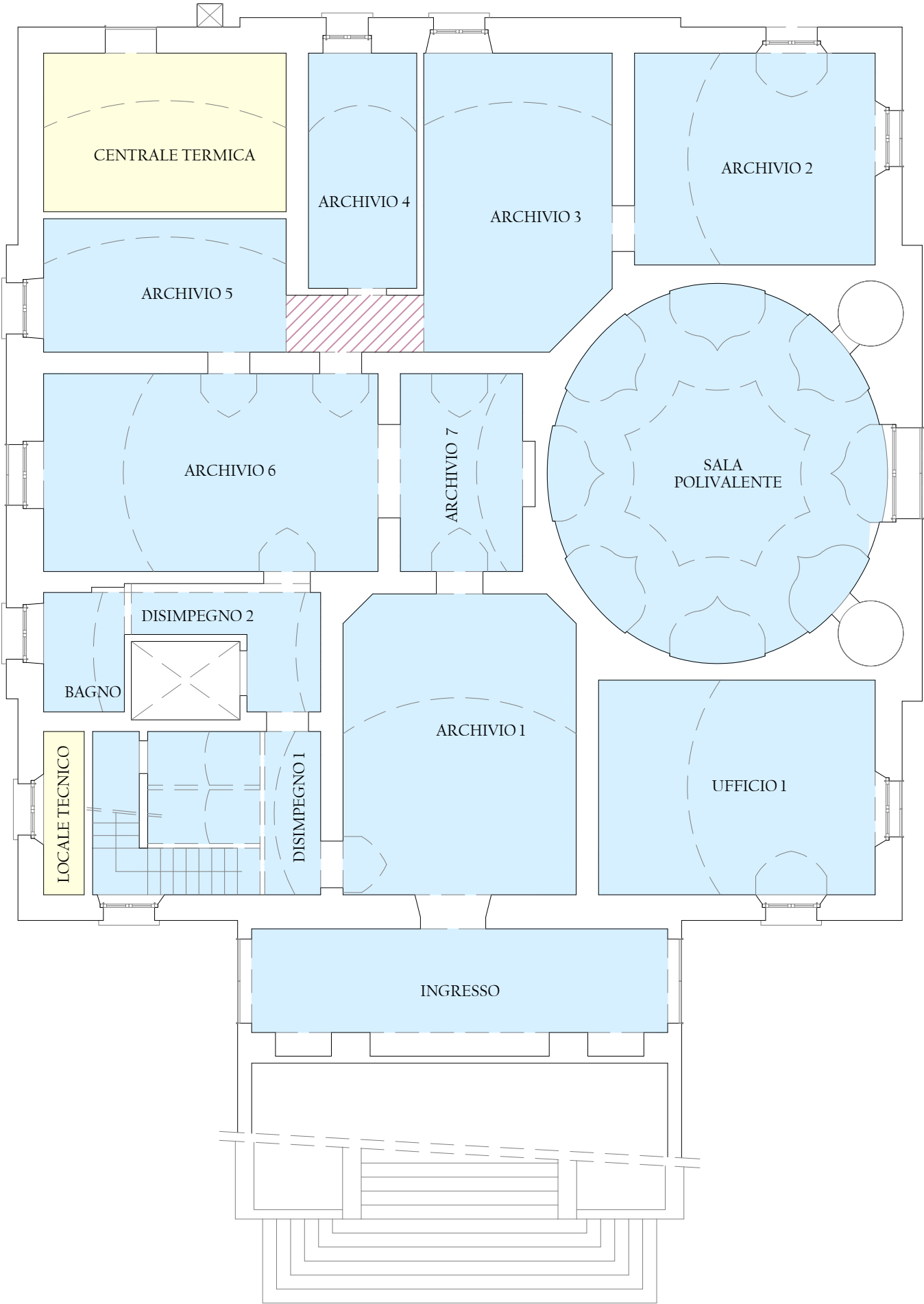
1.5. TIPOLOGIA INTRADOSSI - PIANO AMMEZZATO

LEGENDA

- INTRADOSSO 4 - PUTRELLE E TAVELLONI
- NON RILEVABILE



1.6. TIPOLOGIA INTRADOSSI - PIANO TERRA

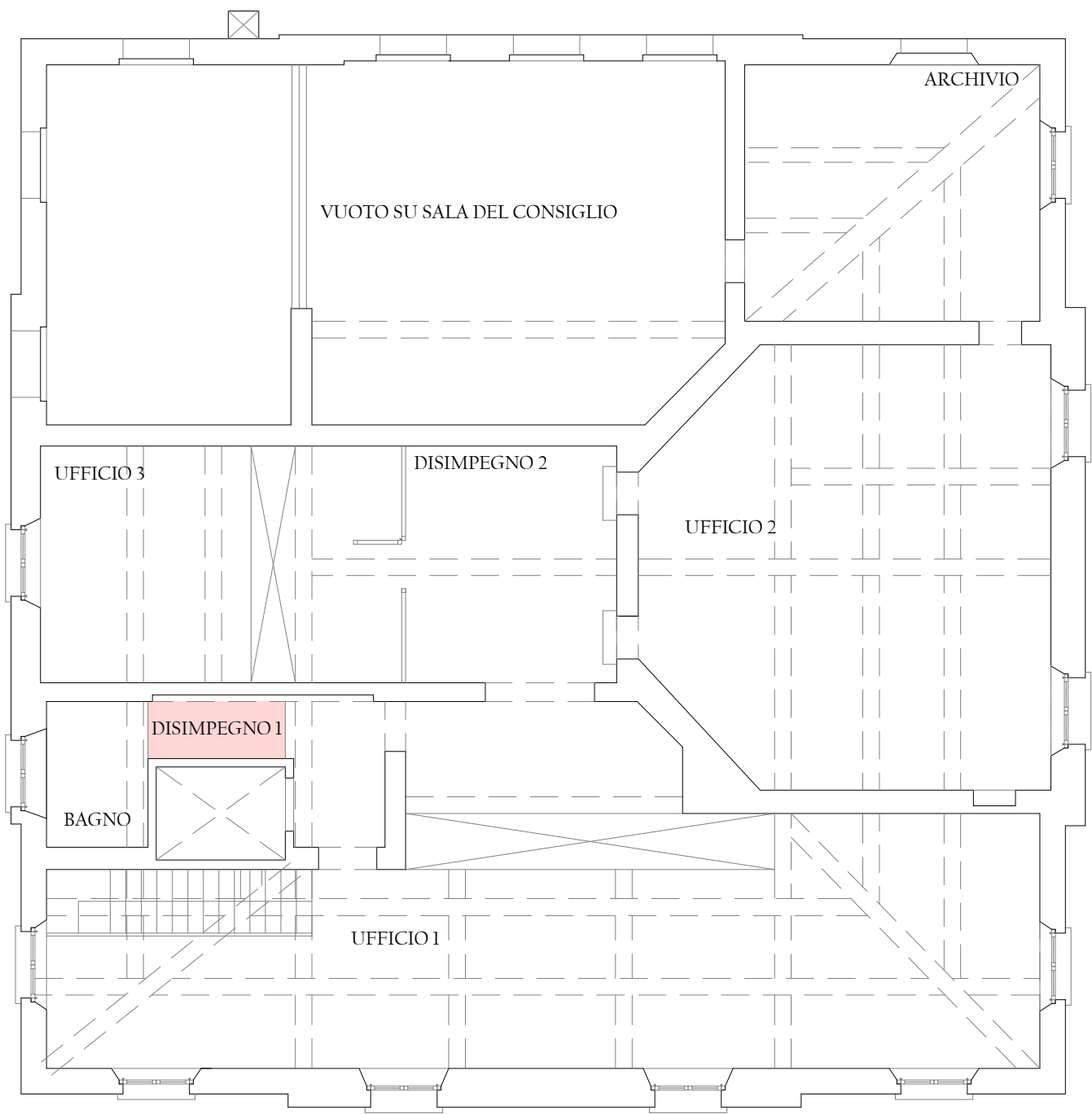


LEGENDA

- INTRADOSSO 2 - VOLTE IN MURATURA
- RIB. IN TAVELLONI
- NON RILEVABILE

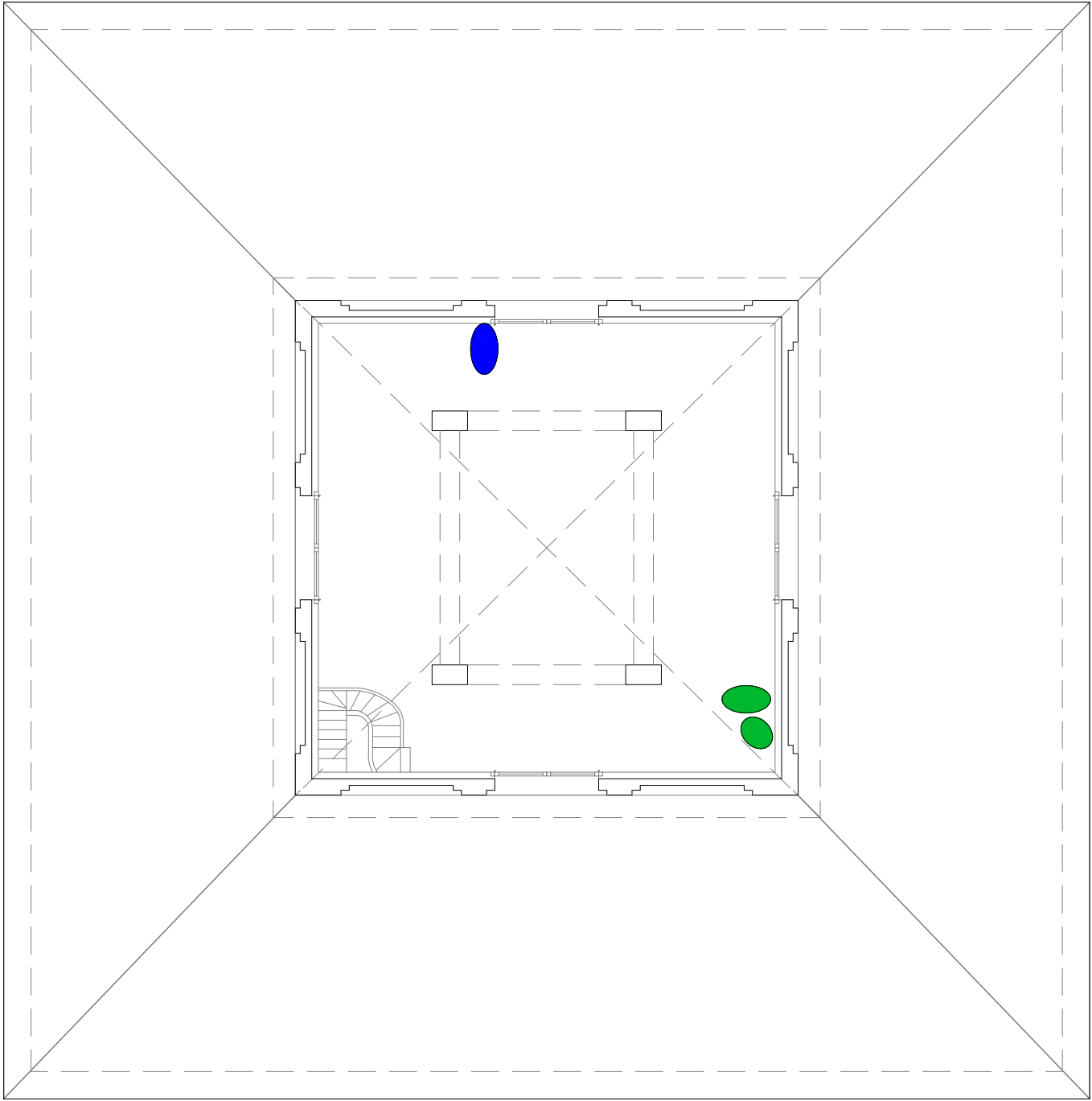
1.7 . TIPOLOGIA CONTROSOFFITTI - PIANO SECONDO

LEGENDA
CARTONGESSO



1.8. MAPPATURA SONISPECT®- PIANO ALTANA

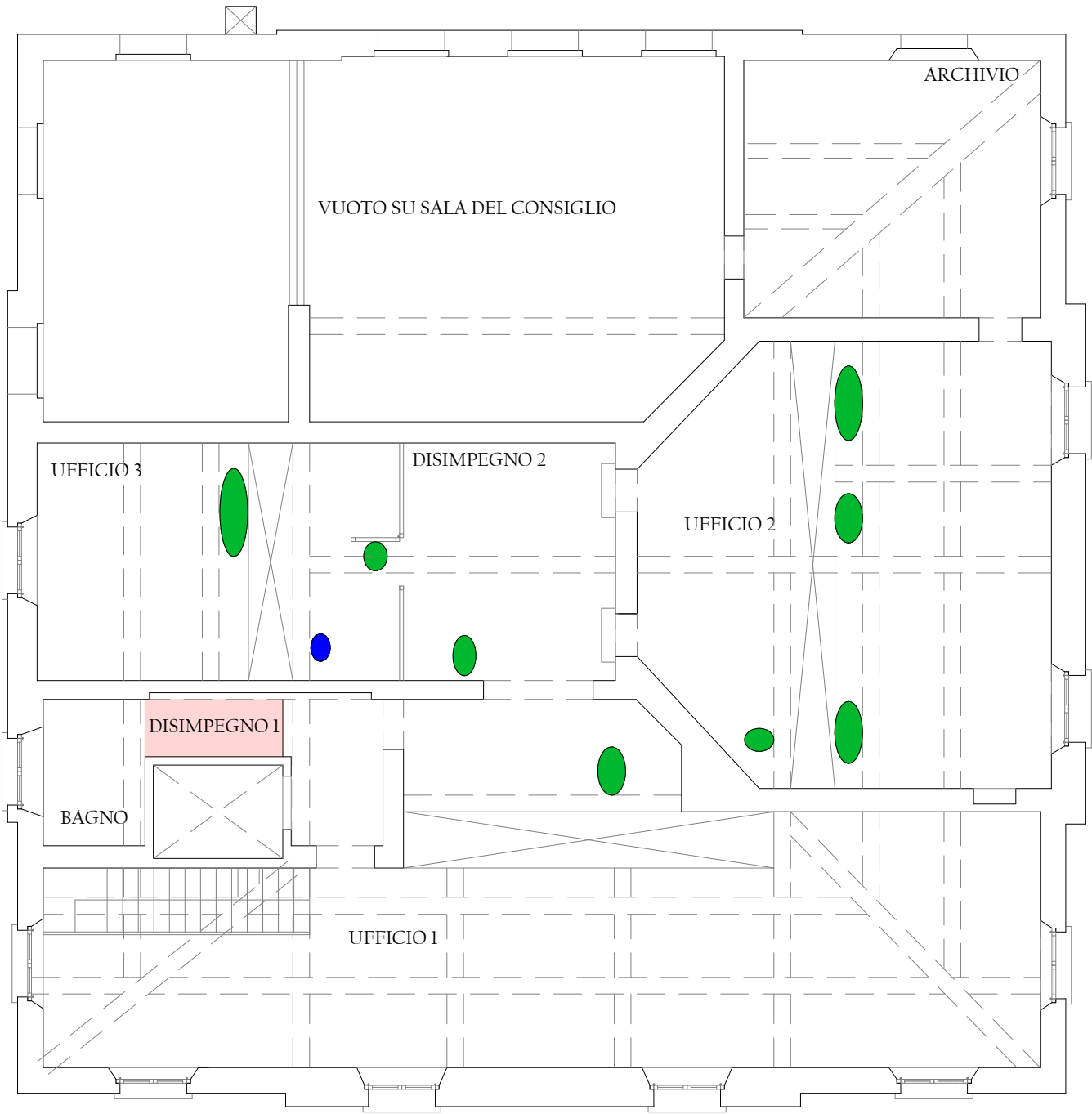
- LEGENDA
- PERICOLOSO
 - PESSIMO
 - SCADENTE
 - MEDIOCRE
 - NORMALE



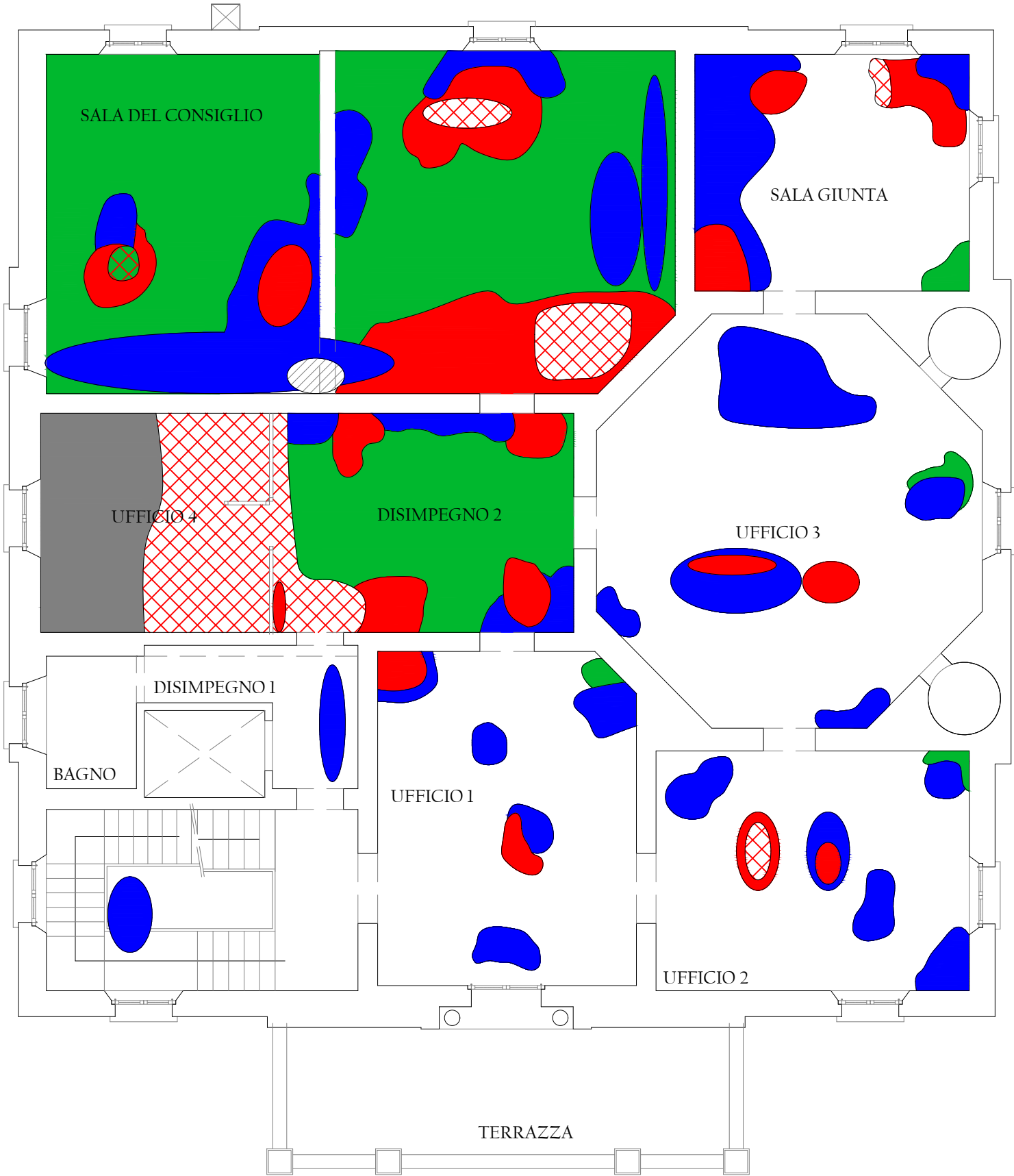
1.9. MAPPATURA SONISPECT®- PIANO SECONDO

LEGENDA

- PERICOLOSO
- PESSIMO
- SCADENTE
- MEDIOCRE
- NORMALE
- CARTONGESSO



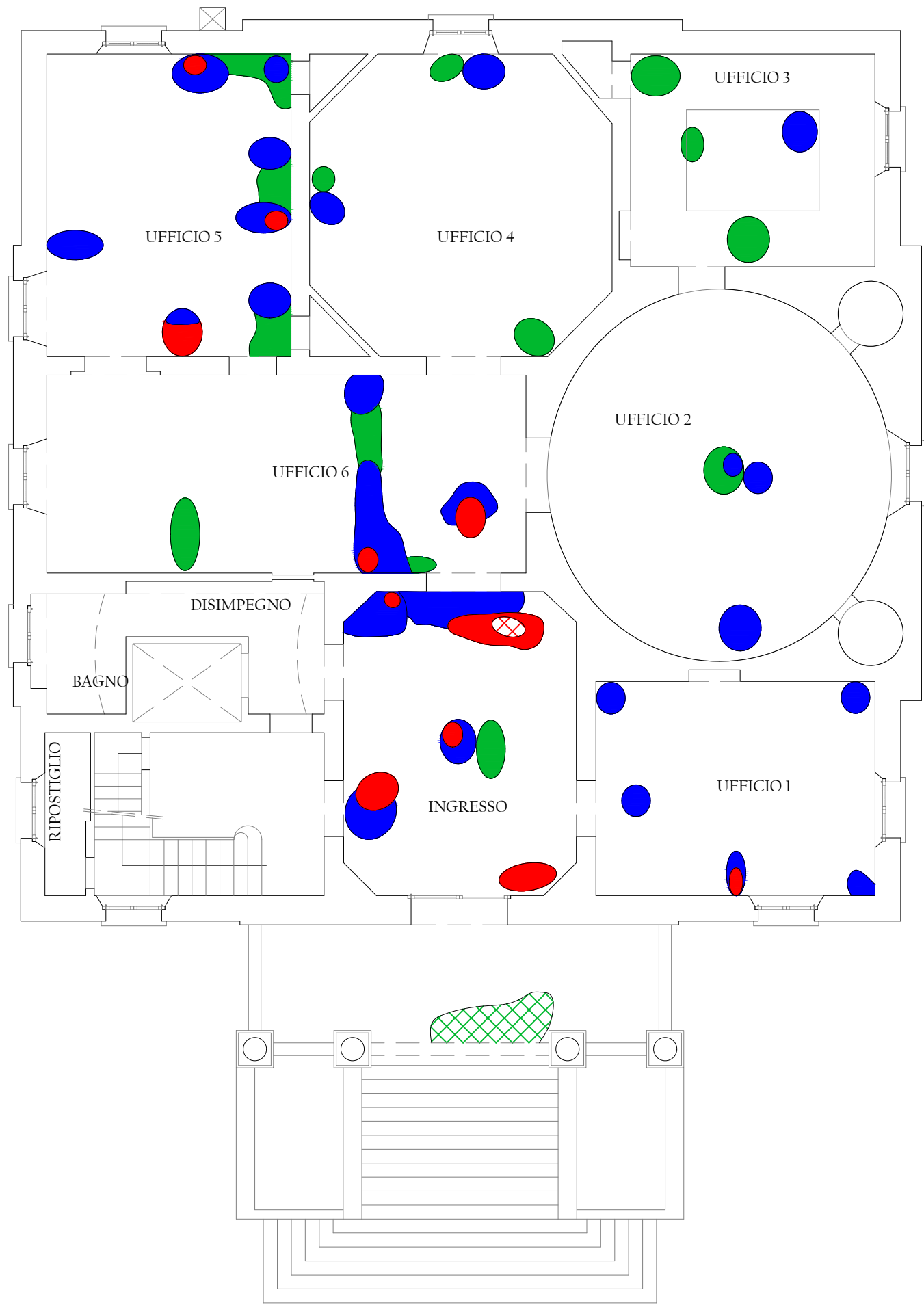
1.10. MAPPATURA SONISPECT®- PIANO PRIMO



LEGENDA

- PERICOLOSO
- PESSIMO
- SCADENTE
- MEDIOCRE
- NORMALE
- RIPRISTINO
- INTRADOSSO RIMOSSO

1.11. MAPPATURA SONISPECT® - PIANO RIALZATO



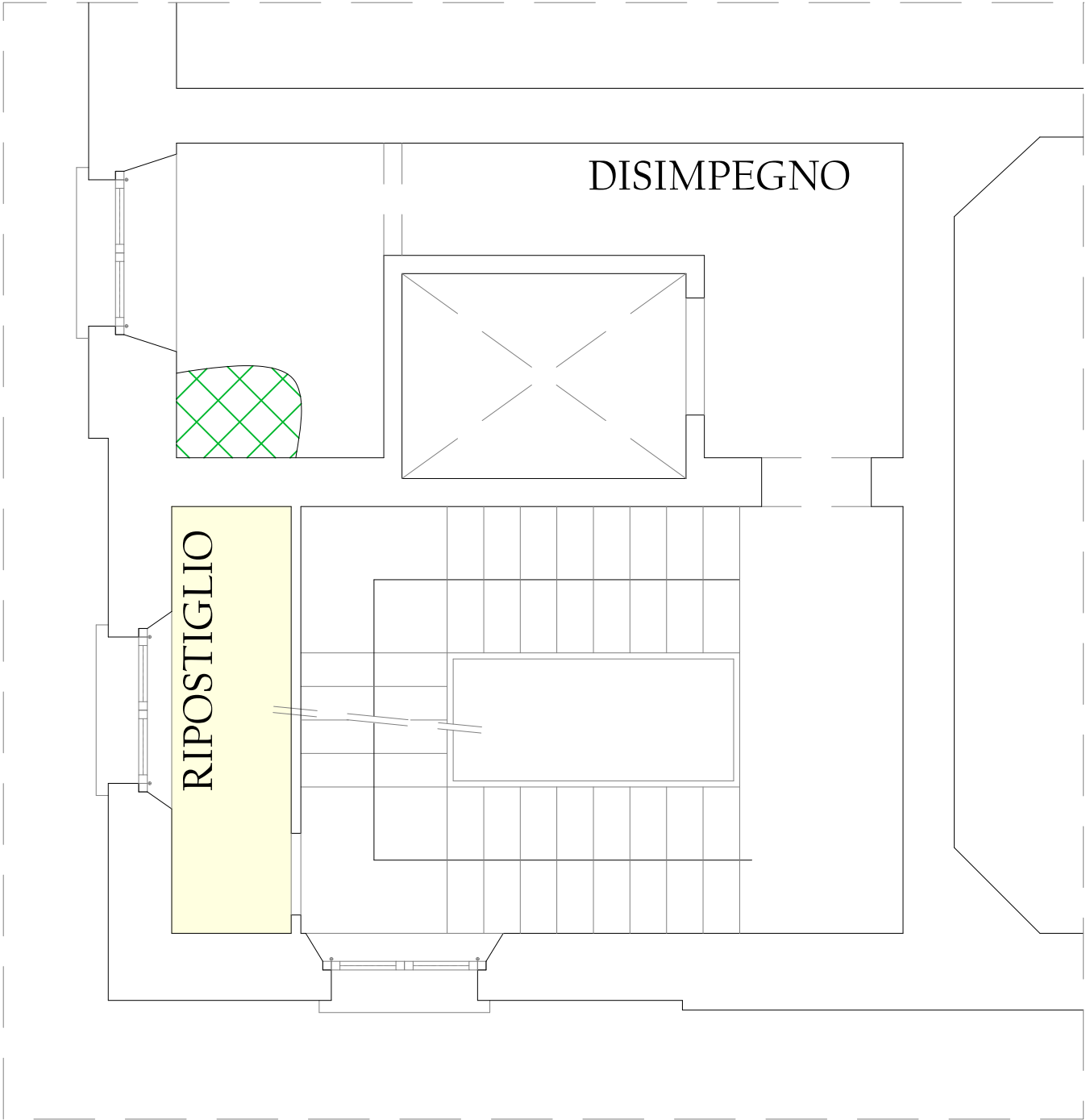
LEGENDA

- PERICOLOSO
- PESSIMO
- SCADENTE
- MEDIOCRE
- NORMALE
- INFILTRAZIONI

1.12. MAPPATURA SONISPECT® - PIANO AMMEZZATO

LEGENDA

- PERICOLOSO
- PESSIMO
- SCADENTE
- MEDIOCRE
- NORMALE
- INFILTRAZIONI
- ZONE ESCLUSE



1.13. MAPPATURA SONISPECT® - PIANO TERRA

