

## **TASK 4.2 Misure di Risonanza Magnetica Portatile per la valutazione del contenuto e della distribuzione di umidità nella Chiesa di San Nicola in Carcere, Roma**

Noemi Proietti, Valeria Di Tullio, Donatella Capitani  
Istituto per i Sistemi Biologici, CNR, Monterotondo (Rm)

Nell'ambito del Progetto ADAMO (Tecnologie di Analisi, DiAgnostica e MOnitoraggio per la conservazione e il restauro di beni culturali), si è svolta una campagna di misure con la tecnica di Risonanza Magnetica portatile (NMR Unilaterale) per la valutazione del contenuto e della distribuzione dell'umidità nella parte bassa dell'abside della chiesa di San Nicola in Carcere a Roma.

La distribuzione dell'umidità nelle murature storiche è un'informazione molto utile anche ai fini degli interventi di restauro. Tuttavia, la determinazione dell'umidità nella muratura è una misura difficile da ottenere e ancora oggi uno dei metodi più utilizzati è altamente invasivo: il carotaggio della muratura con la determinazione dell'umidità ponderale.

L'utilizzo dell'NMR unilaterale rappresenta un metodo di elezione per la determinazione di questo parametro, non richiedendo campionamento, con una misura completamente non invasiva, fornisce una mappa dell'umidità presente nella muratura storica.



Figura 1. Risonanza Magnetica portatile durante le indagini alla Chiesa di San Nicola in Carcere

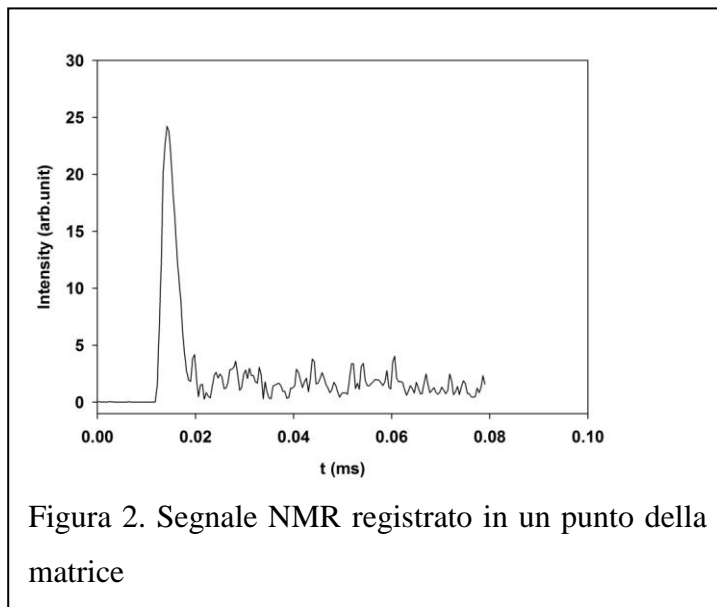


Figura 2. Segnale NMR registrato in un punto della matrice

Per queste misure è stata utilizzata una sonda di misura che consente di effettuare le misure a circa 0.3 cm di profondità trascurando il segnale della superficie. Le misure NMR sono state eseguite su una matrice di 50 punti. Un esempio del segnale NMR registrato in ogni punto della matrice è mostrato nella figura 2. Il segnale NMR è proporzionale alla quantità di umidità

presente nella muratura e tramite una calibrazione effettuata in laboratorio su provini di intonaco pozzolanico sia secchi che portati alla saturazione di acqua è possibile correlare il segnale NMR all'umidità ponderale presente nella muratura.

Di seguito la griglia dei punti con l'area del segnale NMR registrato.

Punto	x (cm)	y (cm)	Intensità	Area
A1	55	137	31.80	31.84
A2	39	170	29.22	28.12
A3	91	170	29.49	29.09
A4	52	98	34.62	35.78
A5	37	67	42.44	42.00
A6	84	67	37.06	35.93
B1	132	145	29.21	26.40
B2	180	145	18.62	20.04
B3	170	155	22.19	21.30
B4	170	99	37.98	37.38
B5	140	67	36.44	35.33
B6	203	67	36.80	37.87
C1	250	62	37.80	36.47
C2	343	70	38.63	36.82
C3	270	160	21.89	22.51
C4	300	120	29.52	28.94
C5	335	165	14.91	17.55
D1	405	70	31.60	32.04
D2	455	70	36.19	33.92
D3	512	70	29.14	28.99
D4	441	160	15.50	17.00
D5	497	160	13.53	15.74
D6	560	161	12.49	13.51
D7	560	133	22.46	22.72
D8	485	138	26.93	26.13
F1	866	174	10.27	11.30
F2	825	141	20.38	21.72
F3	824	98	37.43	37.66
F4	860	80	45.75	46.91
F5	786	74	40.51	40.53
F6	791	170	11.07	10.40
E1	983	72	33.70	33.40
E2	936	73	37.33	37.32
E3	940	95	35.75	35.78
E4	960	141	28.38	26.26
E5	936	168	13.97	12.63
E6	986	170	11.94	12.94
G1	1080	164	18.52	17.96
G2	1045	180	11.47	13.38
G3	1074	140	26.55	24.91
G4	1075	107	31.36	29.42
G5	1100	72	34.51	32.90
G6	1045	71	33.77	34.51

La mappa di distribuzione dell'umidità viene ottenuta attraverso una appropriata elaborazione dei dati sperimentali, applicando ai dati sperimentali un algoritmo che permette di ottenere un plot di livelli.

Un grafico di questo tipo è utile per rappresentare un grafico tridimensionale in due dimensioni. Sul piano (x, y) sono riportate le coordinate della matrice dei punti misurati sulla muratura, mentre la dimensione z, che rappresenta il contenuto di acqua rilevato, è rappresentata con differenti gradazioni di colore. Al colore rosso è associato un basso contenuto di acqua, mentre al colore blu è associato un alto contenuto di acqua.

In figura 3 è riportata la mappatura della distribuzione di umidità ottenuta nella parte bassa dell'abside. Si tenga conto che la mappa offre una visione estesa dell'abside.

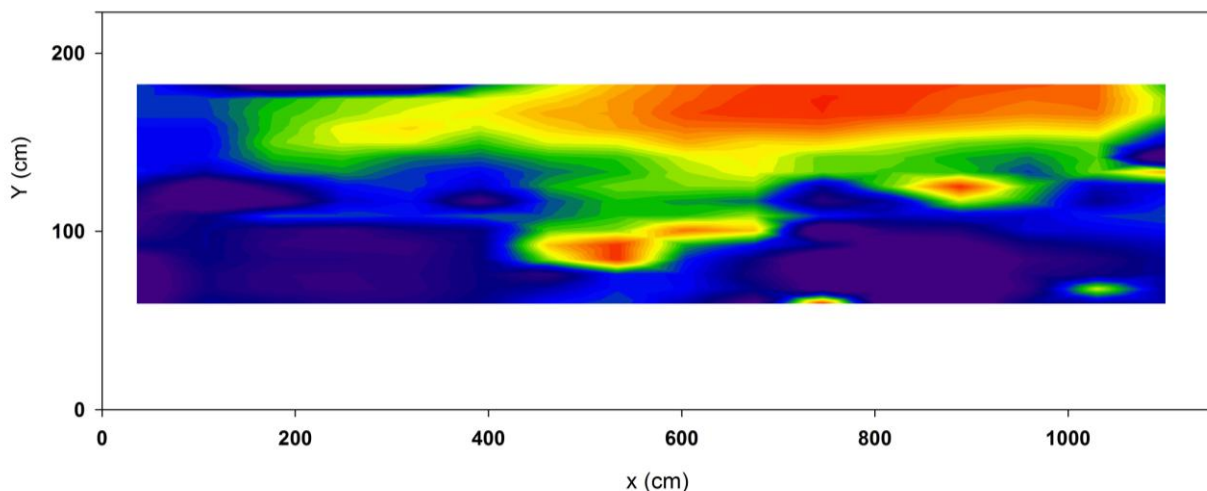


Figura 2 . Mappatura a 0.3 cm di profondità.

Osservando la mappatura della distribuzione dell'umidità all'interno della muratura, si nota come sia visibile il fronte di risalita dell'umidità che è presente ai lati destro e sinistro fino ad una altezza di circa 200 metri a sinistra e 150 metri a destra, mentre il fronte cala al centro rimanendo localizzato ad una altezza di circa 70-80 cm.

Effettuando una opportuna calibrazione del segnale NMR è possibile quantificare il contenuto di umidità nella muratura. La calibrazione è stata effettuata con 4 provini preparati da intonaco di malta sabbiosa e pozzolanica, di spessore 0.5cm, steso su laterizio e stagionati per diversi anni.

I 4 provini sono stati sottoposti ad analisi NMR nelle stesse condizioni di misura operate nella chiesa di San Nicola. La prima misura è stata effettuata “a secco”, cioè dopo che ogni campione è stato tenuto in stufa a 60°C fino a peso costante (in accordo con la procedura Normal 7/81). Questa misura ha permesso di individuare il segnale NMR relativo all’acqua residua dei materiali costitutivi.

Successivamente ogni provino è stato portato in condizioni di saturazione e quindi analizzato con l’NMR unilaterale.

Sapendo che l’area del segnale NMR è direttamente correlabile con la quantità di acqua all’interno del provino, è possibile associare ad ogni area della mappa un valore preciso del contenuto di umidità. In figura 4 è riportata la mappatura della distribuzione di umidità con la scala di valori riferita all’umidità ponderale misurata con l’NMR unilaterale.

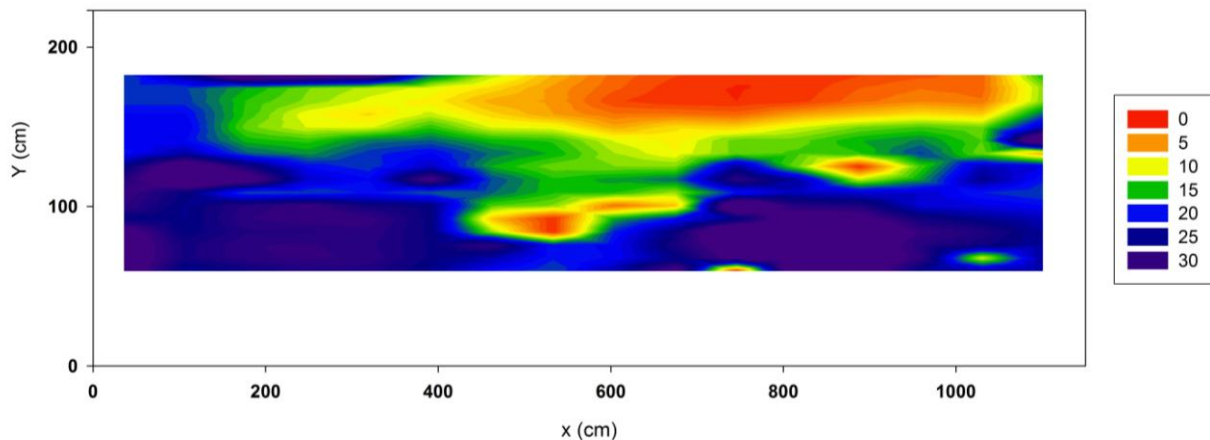


Figura 4. Mappatura a 0.3 cm di profondità con la scala di umidità ponderale.

In particolare, la massima quantità di acqua contenuta nei primi 3 millimetri di muratura corrisponde ad un valore di circa il 30% di umidità ponderale.

Dr.ssa Noemi Proietti Noemi Proietti

Dr. Valeria Di Tullio Valeria Di Tullio

Dr. Donatella Capitani Donatella Capitani