



COMUNE DI MILANO

PISCINA SOLARI
VIA MONTEVIDEO, 20

COPERTURA



DIRETTORE TECNICO
ARCH. STEFANO PEDULLA'



R4M
engineering

Progetto strutture
ing. Massimo Panizza

ELABORATO

LAVORI DI ISOLAMENTO TERMICO ED IMPERMEABILIZZAZIONE DELLA
COPERTURA - RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA

AR01

13.02.2014

INDICE

1.	STATO DI FATTO	2
1.1.	DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO	2
1.2.	DESCRIZIONE DEL COMPORTAMENTO STRUTTURALE DELLA COPERTURA	4
2.	LA SOLUZIONE PROGETTUALE.....	6
2.1.	IL SISTEMA	6
2.2.	LA POSA	7
2.2.1.	Preparazione della superficie.....	7
2.2.2.	Posa del pannello isolante	7
2.2.3.	Posa del manto impermeabile.....	7
2.2.4.	Lattoneria	8
2.3.	LE CARATTERISTICHE TERMICHE FINALI DELLA COPERTURA	8
2.4.	LA LINEA VITA.....	9
ALLEGATO 1.....	11
ALLEGATO 2.....	12

1. STATO DI FATTO

Il presente documento riguarda opere di isolamento termico ed impermeabilizzazione della copertura della piscina Solari, in via Montevideo 20, nel comune di Milano.

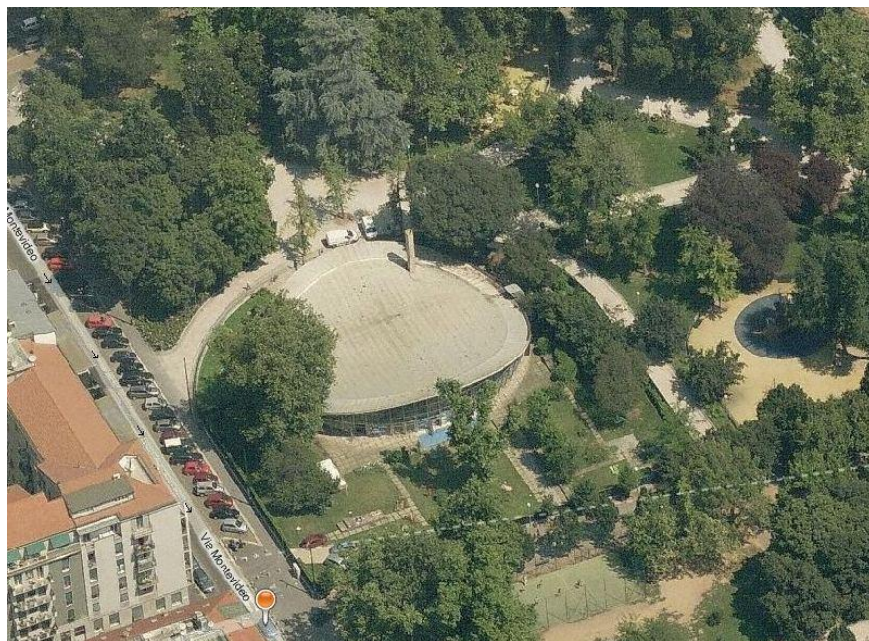


Figura 1 – Foto aerea della piscina Solari

1.1. DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO

La realizzazione della piscina Solari risale al 1963. La struttura si caratterizza per la particolare copertura: si tratta di una tensostruttura a sella formata da due famiglie di funi di acciaio che reggono pannelli in lamiera grecata. La forma della copertura è quella di una porzione di paraboloidi iperbolici. Le funi sono ancorate a una struttura portante in calcestruzzo armato, costituita da due archi inclinati attestati su due blocchi massicci laterali, che hanno la funzione di contrastare la spinta orizzontale. Il diametro della copertura è di circa 40 m, l'altezza massima da terra di circa 8.5 m.

Allo stato attuale l'isolamento termico è garantito solo da uno strato di scorrimento di circa 1 cm in materiale fibroso che si interpone tra la lamiera grecata e la guaina bituminosa, oltre che dai benefici derivanti dalla presenza di un film di alluminio preaccoppiato alla guaina bituminosa esterna che consente di aumentare la riflessione dei raggi solari nei periodi caldi. Osservando la continuità del manto impermeabile si può osservare l'andamento delle cimose, che, non solo suggeriscono la presenza di una doppia guaina, ma anche la probabile esistenza di un ulteriore strato steso trasversalmente rispetto agli altri nella porzione sud-est della copertura. Lo stato di conservazione risulta idoneo al suo scopo, nonostante l'essfoliazione in più punti della pellicola di alluminio ed il distacco puntuale delle cimose con presenza di vegetazione. Il sistema di raccolta delle acque piovane avviene per gravità, lungo la sella e si realizza mediante due grossi bocchettoni posti nei punti più bassi, in prossimità dei blocchi massicci laterali.



Figura 2 – Copertura – Viste laterali

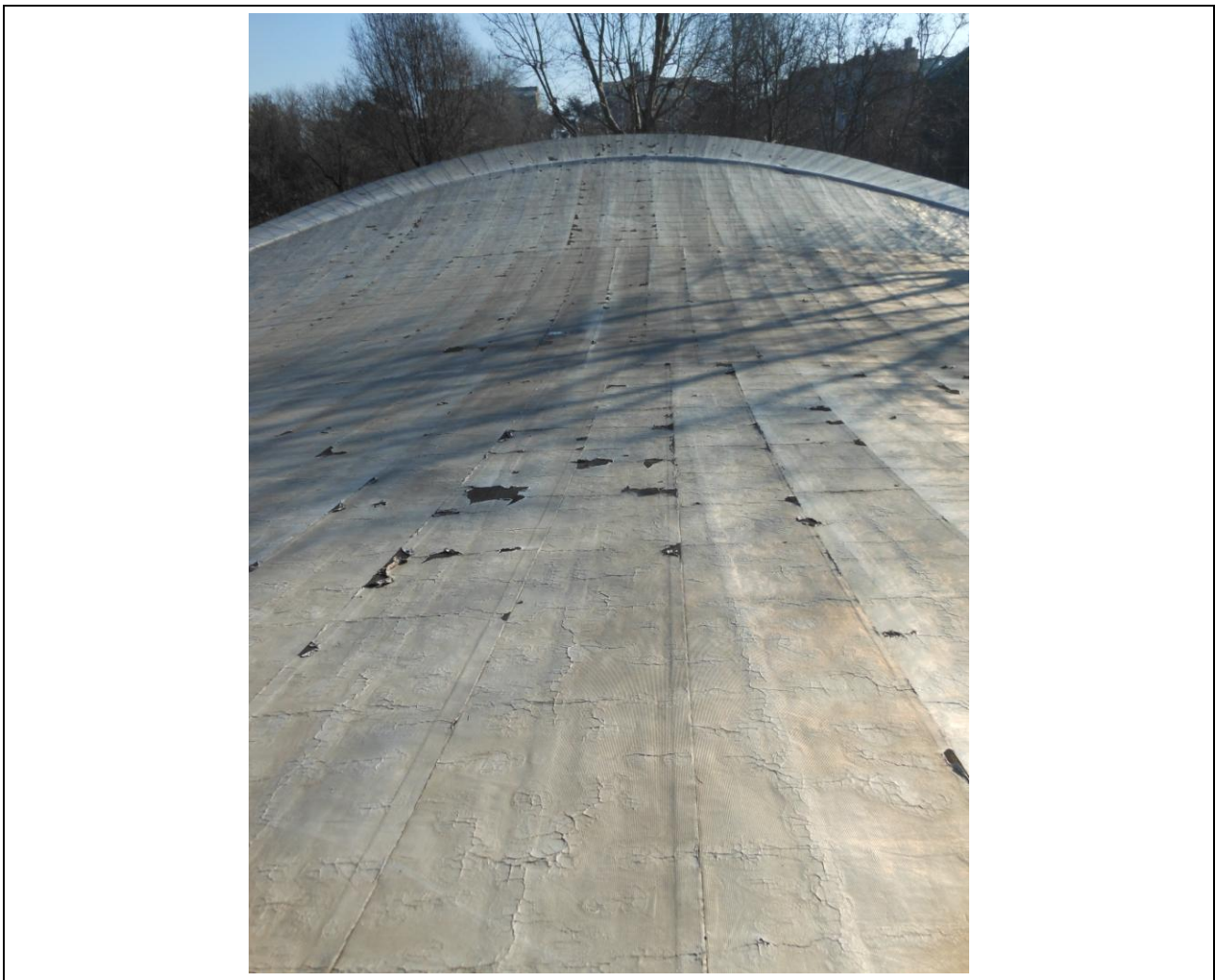


Figura 3– Copertura – Vista frontale

1.2. DESCRIZIONE DEL COMPORTAMENTO STRUTTURALE DELLA COPERTURA

Al fine di definire il sistema coibente ed impermeabilizzante, risulta importante capire il comportamento strutturale della copertura.

La struttura presenta due ordini di funi, suddivise in base alla funzione statica, in "funi portanti" e "funi traenti". Le funi portanti hanno un diametro di 22 mm, mentre le funi traenti hanno un diametro di 9 mm. Le funi traenti sono necessariamente pretese per assorbire le deformazioni della tensostruttura dovute al carico neve e al carico vento. La lamiera grecata è collegata a queste ultime mediante anelli saldati in corrispondenza delle nervature.

Il manto di copertura soprastante la lamiera grecata è costituito da 10-15 mm di materiale isolante e da una doppia guaina impermeabilizzante. La finitura superficiale è costituita da un foglio riflettente.

Il comportamento strutturale di queste coperture comporta deformazioni importanti in occasione di grandi nevicate. Anche la sola variabilità termica, giornaliera o stagionale, determina continue variazioni di lunghezza dei cavi.

Si tratta dunque di coperture che non devono essere vincolate rigidamente, proprio per consentire piena libertà deformativa ai cavi sia in direzione verticale che sulla stessa superficie del paraboloide.



Figura 4 – Particolari della copertura

Il comportamento strutturale delle tensostrutture è direttamente influenzato dal valore dei carichi permanenti e variabili e la stessa morfologia del paraboloide è individuata a partire dall'entità dei carichi agenti.

Gli elementi che costituiscono la struttura di copertura sono schematicamente rappresentati nella figura seguente.

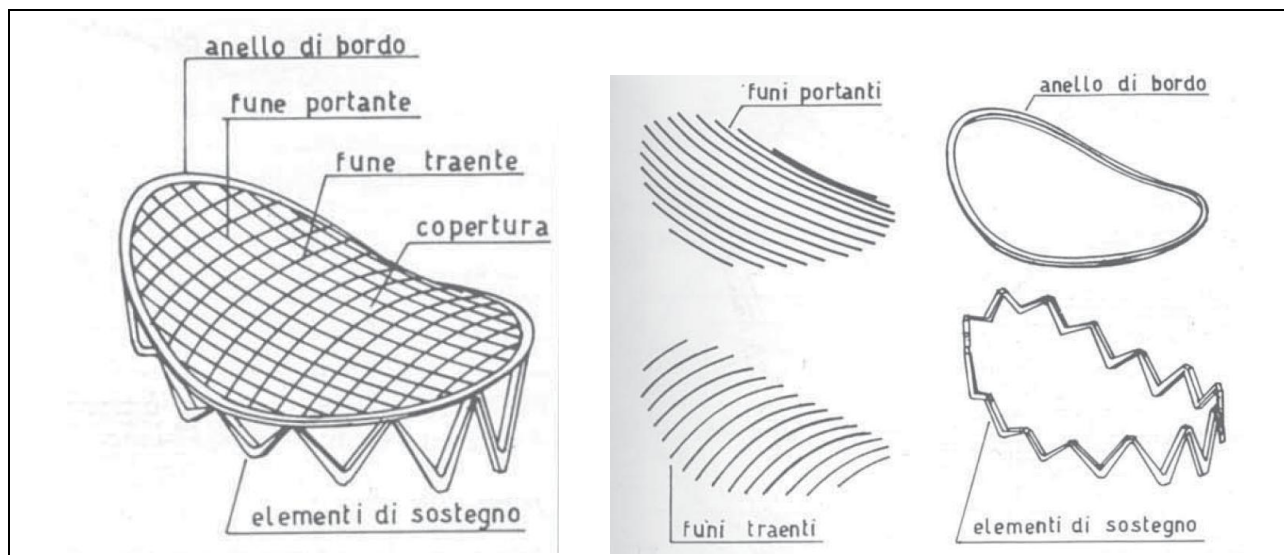


Figura 5 – Schema strutturale della copertura

La lamiera è vincolata alle funi secondarie mediante anelli che permettono uno scorrimento dei pannelli rispetto alle funi quando queste si abbassano e si deformano per effetto dei sovraccarichi applicati.

Per effetto di un incremento del sovraccarico verticale le funi principali subiscono un allungamento, mentre quelle secondarie tendono ad accorciarsi.

Grazie alla presenza degli anelli, si verifica anche uno scorrimento della lamiera sulle funi, che può quindi adattarsi alla nuova configurazione assunta dalla tensostruttura.

Il sistema coibente ed impermeabilizzante, risultando solidale con la struttura portante, dovrà quindi essere in grado di garantire i comportamenti suddetti, assecondando eventuali dilatazioni o assorbendo eventuali compressioni.

2. LA SOLUZIONE PROGETTUALE

2.1. IL SISTEMA

La stratigrafia di una copertura, escludendo la struttura portante, può essere riassunto essenzialmente in tre elementi principali:

- Barriera al vapore (ove necessaria);
- Strato isolante termo-acustico;
- Strato impermeabilizzante.

Nel caso specifico, la barriera al vapore può essere omessa, essendo la sua funzione già soddisfatta dalla doppia guaina bituminosa esistente che non verrà rimossa, ad eccezione della pellicola di finitura in alluminio, in parte già esfoliata.

Per quanto concerne il materiale coibente e quello impermeabilizzante devono essere in grado non solo di soddisfare le loro peculiari ed intrinseche funzioni, ma anche di assorbire le dilatazioni ed i movimenti della struttura portante, al fine di garantire la massima durata nel tempo e la minima manutenzione.

Si è pertanto optato per un pannello rigido in lana di roccia non rivestito a doppia densità, ad elevata resistenza a compressione, calpestabile, atto a garantir un alto grado di isolamento termico e acustico oltre che la sicurezza in caso di incendio, tipo Durock Energy della Rockwool, nello spessore di 14 cm, mentre per il manto impermeabile ci si è indirizzati verso una tipologia sintetica caratterizzata da un allungamento a trazione superiore al 20%, oltre che da ottime caratteristiche meccaniche e di durabilità, tipo Thermofol U 15 V della Bauder.

I vantaggi di tale soluzione risultano essere:

- Per quanto concerne il materiale coibente:
 - Alte prestazioni termiche: la combinazione di conducibilità termica ed alta densità media assicura un ottimo comfort estivo ed invernale;
 - Ottime proprietà meccaniche: l'elevata resistenza a compressione (carico puntuale e distribuito) del pannello, lo rende un solido supporto per il manto impermeabilizzante, assicurando inoltre una calpestabilità ottimale, sia in fase di esecuzione delle lavorazioni, che ai fini manutentivi; nel contempo la sua natura fibrosa gli consente di assecondare eventuali dilatazioni della struttura sottostante e di assorbire eventuali compressioni;
 - Alte prestazioni acustiche: la struttura a celle aperte della lana di roccia contribuisce significativamente al miglioramento delle prestazioni fonoisolanti della copertura;
 - Comportamento al fuoco: il pannello è di tipo incombustibile e se esposto a fiamme libere, non genera né fumo, né gocce ed aiuta a prevenire la propagazione del fuoco;
 - Permeabilità al vapore: il pannello, grazie ad un valore μ pari a 1, consente la traspirazione di eventuale umidità residua verso l'esterno.
- Per quanto concerne il manto sintetico:
 - Ottime proprietà meccaniche, in particolar modo per quanto concerne la stabilità dimensionale, l'allungamento a trazione, la resistenza a punzonamento e a lacerazione, e la flessibilità a freddo;
 - Il manto, essendo accoppiato sul lato inferiore con un tessuto in poliestere, può essere

incollato sulla superficie mediante un adesivo in PU, evitando così un fissaggio di tipo meccanico, che andrebbe a creare punti di debolezza nella lamiera grecata, con possibile degrado puntuale della stessa derivante dall'ambiente sottostante particolarmente umido;

- Durabilità nel tempo superiore ad una guaina bituminosa;
- Colore grigio chiaro, per un impatto estetico piacevole e consono alla struttura;
- Permeabilità al vapore: il manto, grazie ad un valore $\mu < 20.000$, consente la traspirazione di eventuale umidità residua verso l'esterno.

2.2. LA POSA

Per una corretta realizzazione delle lavorazioni si dovranno seguire attentamente le indicazioni date dai produttori dei singoli materiali, allo scopo di dare l'opera finita a regola d'arte. Sinteticamente si dovrà comunque procedere secondo lo schema seguente.

2.2.1. Preparazione della superficie

Si dovrà provvedere alla rimozione della scossalina di coronamento e/o battiacqua dei cordoli perimetrali e allo smaltimento presso pubbliche discariche del materiale di risulta. Successivamente si dovrà procedere con la delaminazione della pellicola in alluminio preaccoppiata alla guaina bituminosa esterna, mediante semplice asportazione o taglio e riscaldamento con apposite apparecchiature ove necessario. Il piano dovrà quindi essere pulito attentamente e preparato per la posa a colla del materiale coibente.

2.2.2. Posa del pannello isolante

La posa dell'isolamento continuo sarà realizzato con pannelli in lana di roccia a doppia densità tipo Rockwool Durock Energy o similari, incollati sulla copertura mediante collante tipo Bauder con un consumo pari a circa 300 gr/mq. Prima di operare l'incollaggio si dovrà testare l'aggrappo. Sul bordo perimetrale dovranno inoltre essere posti elementi di legno di dimensioni indicative 120x140 cm fissati meccanicamente alla struttura a chiusura dello strato coibente.

Il pannello isolante dovrà avere i seguenti requisiti minimi:

- spessore: 140 mm.
- Caratteristiche termiche: conducibilità termica a 10°C: $\lambda_D = 0,037$ W/mK secondo UNI EN 12667, 12939.
- Densità media: circa 150 kg/m³ (strato superficiale circa 210 kg/m³, corpo del pannello circa 130 kg/m³)
- Classe di reazione al fuoco: euroclasse A1, secondo UNI EN 13501-1.
- Resistenza alla diffusione di vapore acqueo: $\mu = 1$, secondo UNI EN 13162.
- Caratteristiche meccaniche:
 - resistenza a compressione (carico distribuito) $\sigma_{10} \geq 50$ kPa, secondo UNI EN 826;
 - resistenza a compressione (carico puntuale) $F_p \geq 600$ N, secondo UNI EN 12430.

2.2.3. Posa del manto impermeabile

La posa del manto impermeabile sarà realizzata con teli in PVC tipo BauderTHERMOFOL U 15V, o similare, conforme alla norma EN 13956 e EN 13967, accoppiato sul lato inferiore a tessuto speciale con armatura in

fibra sintetica di poliestere, atto a consentire la posa a colla.

Il telo dovrà avere i seguenti requisiti minimi:

- Spessore: 1,5 mm
- Spessore con tessuto: 2,5 mm
- Peso: 2,3 kg/m²
- Flessibilità a freddo: -30 °C
- Forza a trazione massima: >1000 N/5cm
- Allungamento a trazione: >20 %
- Stabilità dimensionale: <0,3 %
- Resistenza al punzonamento dinamico: >1000 mm (fondo morbido)
- Resistenza al punzonamento statico: >20 kg
- Resistenza alla lacerazione: >250 N
- Classe di reazione al fuoco: E
- Certificato antiradice: EN 13948/FLL

Il manto andrà incollato in totale aderenza con adesivo tipo Bauder 1014, e saldato a tenuta con 10 cm di sormonto fino alla marcatura. La quantità di adesivo sarà determinata come da calcolo di estrazione del vento fornito dal produttore.

In prossimità del bordo perimetrale e analogamente sulle pareti del camino dovrà essere posizionato un profilo perimetrale dello sviluppo di 16,6 cm in lamiera zincata dello spessore di 0,6 mm accoppiata a membrana in PVC dello spessore di 1,2 mm sagomato a "L", fissato mediante tasselli ad espansione.

In prossimità del cordolo e comunque al piede di ogni verticale (camino), dovrà essere utilizzato un pezzo speciale costituito da una barra preforata, fissata mediante tasselli ad espansione, in lamiera zincata dello spessore di 1,2 mm predisposta per il fissaggio meccanico del manto impermeabile mediante scine.

Lungo gli assi longitudinale e trasversale dovranno essere realizzati giunti in opera, mediante l'interruzione del pannello coibente e l'interposizione di un pannello semirigido tipo Rockwool 211 o similare, caratterizzato da una densità σ di 40 kg/mc, di spessore 2 cm e altezza pari allo spessore dello strato isolante (14 cm). Superiormente andrà posizionato un cordolo in polietilene espanso di diametro 4 cm, su cui verrà posato il manto impermeabile senza soluzione di continuità.

Particolare attenzione dovrà infine essere posta alla realizzazione in opera dei bocchettoni di scolo delle acque piovane, che dovranno aderire saldamente sia al manto della copertura che al pluviale di scarico. I medesimi dovranno essere dotati di sistema parafoglie.

2.2.4. Lattoneria

A completamento dell'opera, dovranno essere posati elementi in alluminio naturale di spessore 10/10 a formare cappellotti (in prossimità del cordolo perimetrale) e scossaline (lungo il perimetro e al piede del camino). Il fissaggio di questi dovrà essere di tipo meccanico, sul lato privo di manto impermeabile. La lunghezza degli elementi dovrà essere uniforme e tale da limitare al minimo le giunture, che dovranno essere sigillate.

2.3. LE CARATTERISTICHE TERMICHE FINALI DELLA COPERTURA

La stratigrafia finale, riassumibile partendo dall'interno in:

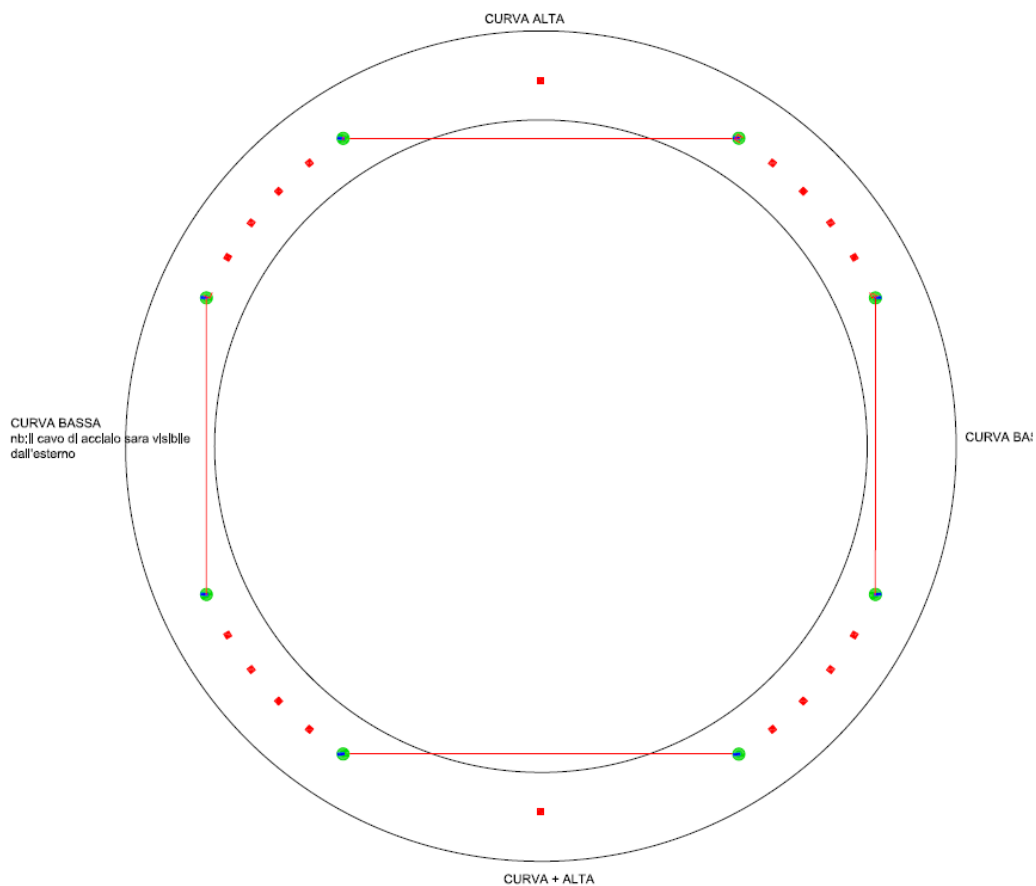
- Lamiera grecata (esistente);
- Strato separatore e di scorrimento in materiale fibroso (esistente);
- Doppia guaina bituminosa (esistente);
- Strato coibente tipo Rockwool Durock Energy o similare di sp. 14 cm;
- Manto sintetico impermeabile tipo Bauder Thermofol U 15 V o similare

Permetterà di conseguire una trasmittanza complessiva pari a 0,248 W/mqK, ottemperando quanto previsto nella DGR 22.12.08, n. 8/8745 "Determinazione in merito alle disposizioni per l'efficienza energetica in edilizia e per la certificazione energetica degli edifici" e dal DPR 59/09.

Si evidenzia inoltre che la struttura risulta regolamentare sia per quanto riguarda la condensa superficiale, sia per quanto concerne quella interstiziale, come meglio illustrato nell'allegato 1.

2.4. LA LINEA VITA

In adempimento della circolare della regione Lombardia n° 4/SAN/2004, che ha comportato l'integrazione del Titolo III del Regolamento d'Igiene Tipo della Regione Lombardia, con l'art. 3.2.11, recepito dal Comune di Milano nel nuovo Regolamento Edilizio di prossima adozione, è stato studiato un sistema di prevenzione delle cadute dall'alto, che si realizza mediante la fornitura e posa in opera di linea vita in classe C con ganci in classe A1. La soluzione proposta mira al pieno rispetto della normativa vigente in materia, adottando uno schema teso a limitare al minimo gli ancoraggi che necessitano la foratura del manto impermeabile, come meglio illustrato nell'allegato 2.



Il Responsabile Tecnico del Servizio
dott. ing Massimo Panizza

Milano, 13 febbraio 2014