



CITTÀ DI MALNATE
PROVINCIA DI VARESE



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU

AREA GESTIONE DEL TERRITORIO
UFFICIO LAVORI PUBBLICI

**OPERE DI RIFACIMENTO PARZIALE DELLA COPERTURA
DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "A. SABIN"**

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

RELAZIONE ENERGETICA

Proprietà:

COMUNE DI MALNATE

Piazza Vittorio Veneto 2, 21046, Malnate (VA)
Tel. 0332 275111

Progettista:

Dott. Ing. Alessandro Martarello

Via A. Colombo n. 48, 21040 – Sumirago (VA)
Tel. 0331-909150
Ordine degli Ingegneri di Varese n. 2505

1. INTRODUZIONE

L'intervento consiste nel rifacimento di parte della copertura della Scuola dell'Infanzia Statale "A. Sabin" in Malnate via Del Bollerino.

Aree di intervento:



2. PROGETTO

In linea generale i materiali e le finiture avranno le medesime dimensioni e caratteristiche dell'esistente.

Dal punto di vista esecutivo si prevede l'intervento di miglioramento delle caratteristiche isolanti di due porzioni di copertura:

- 1) posa di isolante termico, in lana minerale sp. 14cm, densità >140 kg/mc, parte interna curva porzione 1; rifacimento della guaina, con posa di doppio strato di guaina bituminosa sp. 4+4.5mm.
- 2) sostituzione lana minerale a pavimento, parte esterna porzione 2, mediante posa di lana minerale d=35 kg/mc, sp. 20cm, protetta con feltro di velovetro su ambo i lati; sostituzione della copertura, in lamiera grecata mediante posa di pannello sandwich di spessore pari a 1cm, posto su piedini in

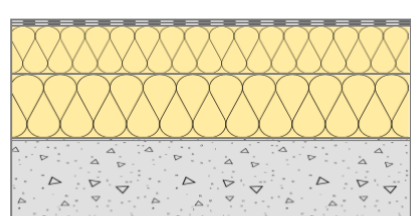
acciaio zincato, posati sul solaio in C.A. esistente, colore a scelta della DL.

3. VERIFICHE COMPONENTI OPACHI

Ai fini della verifica sul contenimento energetico, intervenendo su una porzione di superficie opaca minore del 25%, si procede con la verifica della trasmittanza dei componenti opachi interessati dall'intervento in progetto:

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI
secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370
Descrizione della struttura: Copertura - Porzione 1**Codice: S1**

Trasmittanza termica	0,237	W/m ² K
Spessore	249	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-4,8	°C
Permeanza	0,019	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	222	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	222	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,092	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,388	-
Sfasamento onda termica	-8,7	h

**Stratigrafia:**

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,080	-	-	-
1	Membrana bituminosa	4,00	0,1700	0,024	1200	0,92	50000
2	Membrana bituminosa	4,00	0,1700	0,024	1200	0,92	50000
3	ROCKWOOL - Flatrock 50 Bond	60,00	0,0360	1,667	140	1,03	1
4	ROCKWOOL - Flatrock 50 Bond	80,00	0,0360	2,222	140	1,03	1
5	Barriera vapore	1,00	220,0000	0,000	2700	0,88	9999999
6	C.I.S. in genere	100,00	1,0600	0,094	1900	1,00	96
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,100	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Caratteristiche igrometriche dei componenti opachi secondo UNI EN ISO 13788

Descrizione della struttura: *Copertura - Porzione 1***Codice:** *S1*

- [x] La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
- [x] La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
- [] La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale, ma la quantità è rievaporabile durante la stagione estiva.

Condizioni al contorno

Temperature e umidità relativa esterne variabili, medie mensili

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento **20,0 °C**Criterio per l'aumento dell'umidità interna **Classe di concentrazione del vapore (0,006 kg/m³)****Verifica criticità di condensa superficiale**Verifica condensa superficiale ($f_{RSI,max} \leq f_{RSI}$) **Positiva**Mese critico **novembre**Fattore di temperatura del mese critico $f_{RSI,max}$ **0,749**Fattore di temperatura del componente f_{RSI} **0,942**Umidità relativa superficiale accettabile **80 %****Verifica del rischio di condensa interstiziale (secondo UNI EN ISO 13788)**

Non si verifica formazione di condensa interstiziale nella struttura durante tutto l'arco dell'anno.

Risultati mensili condensa superficiale ed interstiziale secondo UNI EN ISO 13788

Descrizione della struttura: *Copertura - Porzione 1***Codice:** *S1***RISULTATI VERIFICA DELLA CONDENZA SUPERFICIALE**

Mese	θ_{int} [°C]	θ_{est} [°C]	P_{int} [Pa]	P_{est} [Pa]	θ_{acc} [°C]	P_{acc} [Pa]	f_{RSI} [-]
<i>ottobre</i>	20,0	11,1	1514	1098	16,6	1893	0,623
<i>novembre</i>	20,0	6,8	1518	950	16,7	1898	0,749
<i>dicembre</i>	20,0	3,4	1399	710	15,4	1749	0,723
<i>gennaio</i>	20,0	-0,4	1338	528	14,7	1672	0,740
<i>febbraio</i>	20,0	3,7	1207	528	13,1	1508	0,578
<i>marzo</i>	20,0	8,4	1221	709	13,3	1526	0,422
<i>aprile</i>	20,0	11,7	1323	929	14,5	1654	0,342

Legenda simboli

- θ_{int} Temperatura dell'ambiente interno
 θ_{est} Temperatura dell'ambiente esterno
 P_{int} Pressione dell'ambiente interno
 P_{est} Pressione dell'ambiente esterno
 θ_{acc} Temperatura minima accettabile sulla superficie interna

P_{acc} Pressione minima accettabile sulla superficie interna
 f_{RSI} Fattore di temperatura superficiale

RISULTATI VERIFICA DELLA CONDENZA INTERSTIZIALE

Mese	θ_{int} [°C]	θ_{est} [°C]	ϕ_{int} [%]	ϕ_{est} [%]	g_c [g/m ²]	M_a [g/m ²]	Periodi	Stato
<i>ottobre</i>	20,0	11,1	65	83	0,0	0	1	Asciutto
<i>novembre</i>	20,0	6,8	65	96	0,0	0	1	Asciutto
<i>dicembre</i>	20,0	3,4	60	91	0,0	0	1	Asciutto
<i>gennaio</i>	20,0	-0,4	57	89	0,0	0	1	Asciutto
<i>febbraio</i>	20,0	3,7	52	66	0,0	0	1	Asciutto
<i>marzo</i>	20,0	8,4	52	64	0,0	0	1	Asciutto
<i>aprile</i>	20,0	11,7	57	68	0,0	0	1	Asciutto
<i>maggio</i>	18,0	16,9	71	65	0,0	0	1	Asciutto
<i>giugno</i>	20,5	20,5	75	71	0,0	0	1	Asciutto
<i>luglio</i>	22,3	22,3	68	64	0,0	0	1	Asciutto
<i>agosto</i>	19,6	19,6	78	73	0,0	0	1	Asciutto
<i>settembre</i>	18,0	17,5	85	78	0,0	0	1	Asciutto

Legenda simboli

θ_{int} Temperatura dell'ambiente interno
 θ_{est} Temperatura dell'ambiente esterno
 ϕ_{int} Umidità relativa dell'ambiente interno
 ϕ_{est} Umidità relativa dell'ambiente esterno
 g_c Flusso di vapore condensato
 M_a Quantità di condensa accumulata
Periodi Periodi del mese

Distribuzione delle temperature e delle pressioni nella struttura**Descrizione della struttura:** *Copertura - Porzione 1***Codice:** *S1***DISTRIBUZIONE DELLA TEMPERATURA NELLA STRUTTURA [°C]**

Strato	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set
<i>Amb.</i>	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	18,0	20,5	22,3	19,6	18,0
<i>Int.</i>	19,5	19,2	19,0	18,8	19,1	19,3	19,5	17,9	20,5	22,3	19,6	18,0
6	19,3	18,9	18,7	18,4	18,7	19,1	19,3	17,9	20,5	22,3	19,6	18,0
5	19,3	18,9	18,7	18,4	18,7	19,1	19,3	17,9	20,5	22,3	19,6	18,0
4	14,7	12,2	10,1	7,9	10,3	13,1	15,1	17,3	20,5	22,3	19,6	17,7
3	11,3	7,1	3,7	0,0	4,0	8,6	11,9	16,9	20,5	22,3	19,6	17,5
2	11,2	7,0	3,6	-0,1	3,9	8,6	11,8	16,9	20,5	22,3	19,6	17,5
1	11,2	6,9	3,6	-0,2	3,9	8,5	11,8	16,9	20,5	22,3	19,6	17,5
<i>Est.</i>	11,1	6,8	3,4	-0,4	3,7	8,4	11,7	16,9	20,5	22,3	19,6	17,5

Valori sul lato esterno dello strato; Amb.=ambiente interno; Int.=a valle dello strato liminare interno; Est.=ambiente esterno

DISTRIBUZIONE DELLA PRESSIONE PARZIALE DEL VAPORE NELLA STRUTTURA [Pa]

Strato	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set
<i>Amb.</i>	1514	1518	1399	1338	1207	1221	1323	1459	1817	1828	1772	1744
<i>Int.</i>	1514	1518	1399	1338	1207	1221	1323	1459	1817	1828	1772	1744
6	1514	1518	1398	1337	1206	1220	1323	1459	1817	1828	1772	1744

5	1114	972	736	559	554	729	944	1257	1721	1732	1662	1563
4	1114	972	736	559	554	729	944	1257	1721	1732	1662	1563
3	1114	972	736	559	554	729	944	1257	1721	1732	1662	1563
2	1106	961	723	543	541	719	936	1253	1719	1730	1660	1559
1	1098	950	710	528	528	709	929	1249	1717	1728	1658	1556
Est.	1098	950	710	528	528	709	929	1249	1717	1728	1658	1556

Valori sul lato esterno dello strato; Amb.=ambiente interno; Int.=a valle dello strato liminare interno; Est.=ambiente esterno

DISTRIBUZIONE DELLA PRESSIONE DI SATURAZIONE NELLA STRUTTURA [Pa]

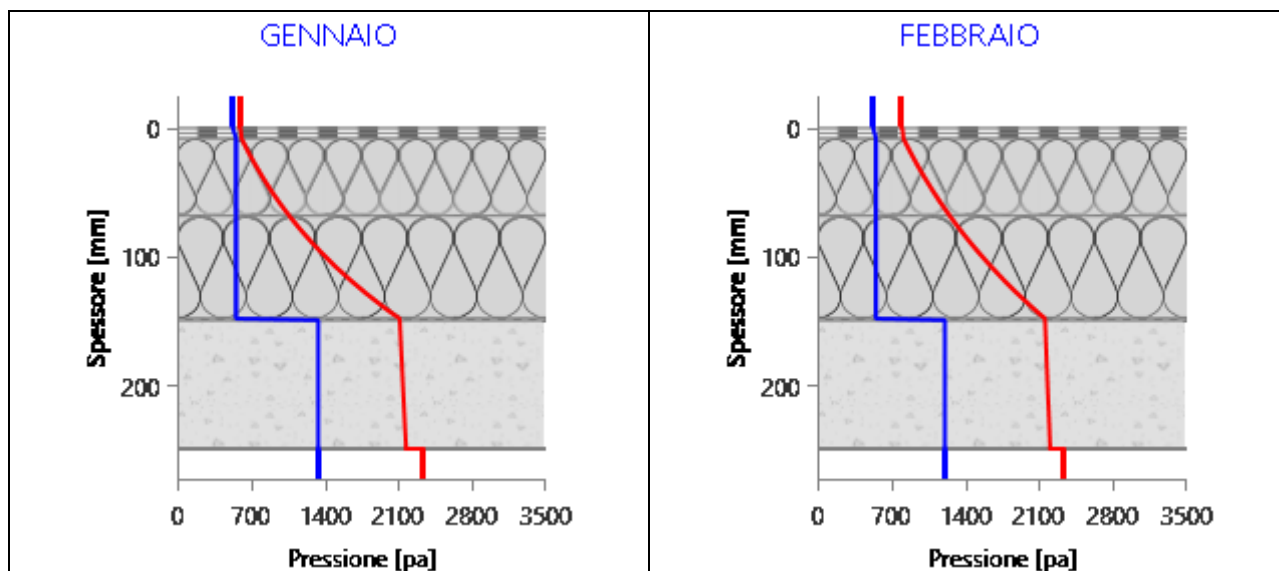
Strato	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set
Amb.	2337	2337	2337	2337	2337	2337	2337	2063	2410	2691	2280	2063
Int.	2263	2229	2202	2172	2204	2242	2268	2055	2410	2691	2280	2059
6	2236	2189	2152	2112	2155	2207	2243	2051	2410	2691	2280	2058
5	2236	2189	2152	2112	2155	2207	2243	2051	2410	2691	2280	2058
4	1673	1417	1239	1064	1254	1508	1712	1980	2410	2691	2280	2025
3	1337	1006	798	611	814	1119	1390	1927	2410	2691	2280	2000
2	1332	1001	793	605	809	1115	1385	1926	2410	2691	2280	2000
1	1328	996	788	600	804	1110	1381	1926	2410	2691	2280	1999
Est.	1321	988	779	591	796	1102	1374	1924	2410	2691	2280	1999

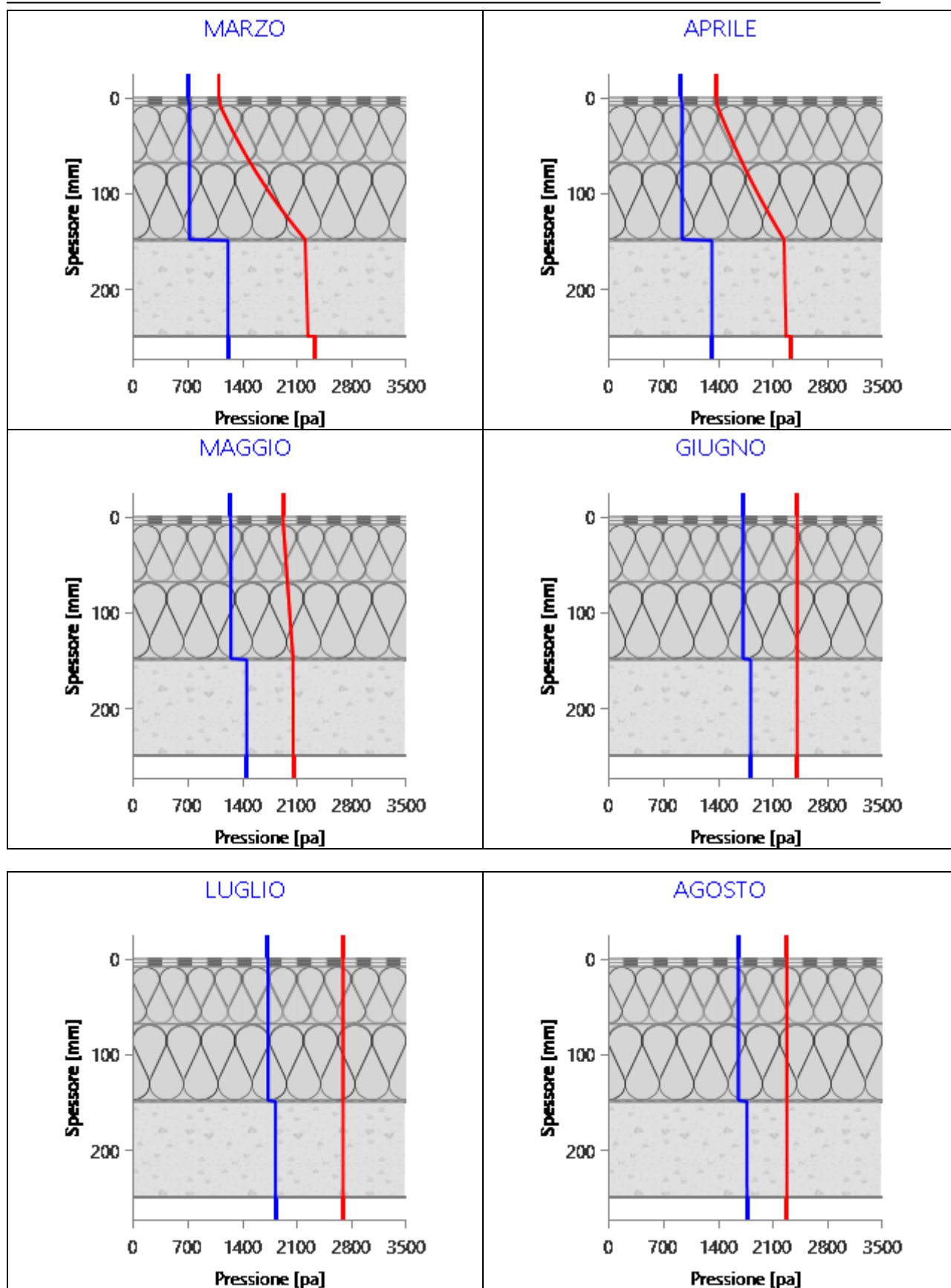
Valori sul lato esterno dello strato; Amb.=ambiente interno; Int.=a valle dello strato liminare interno; Est.=ambiente esterno

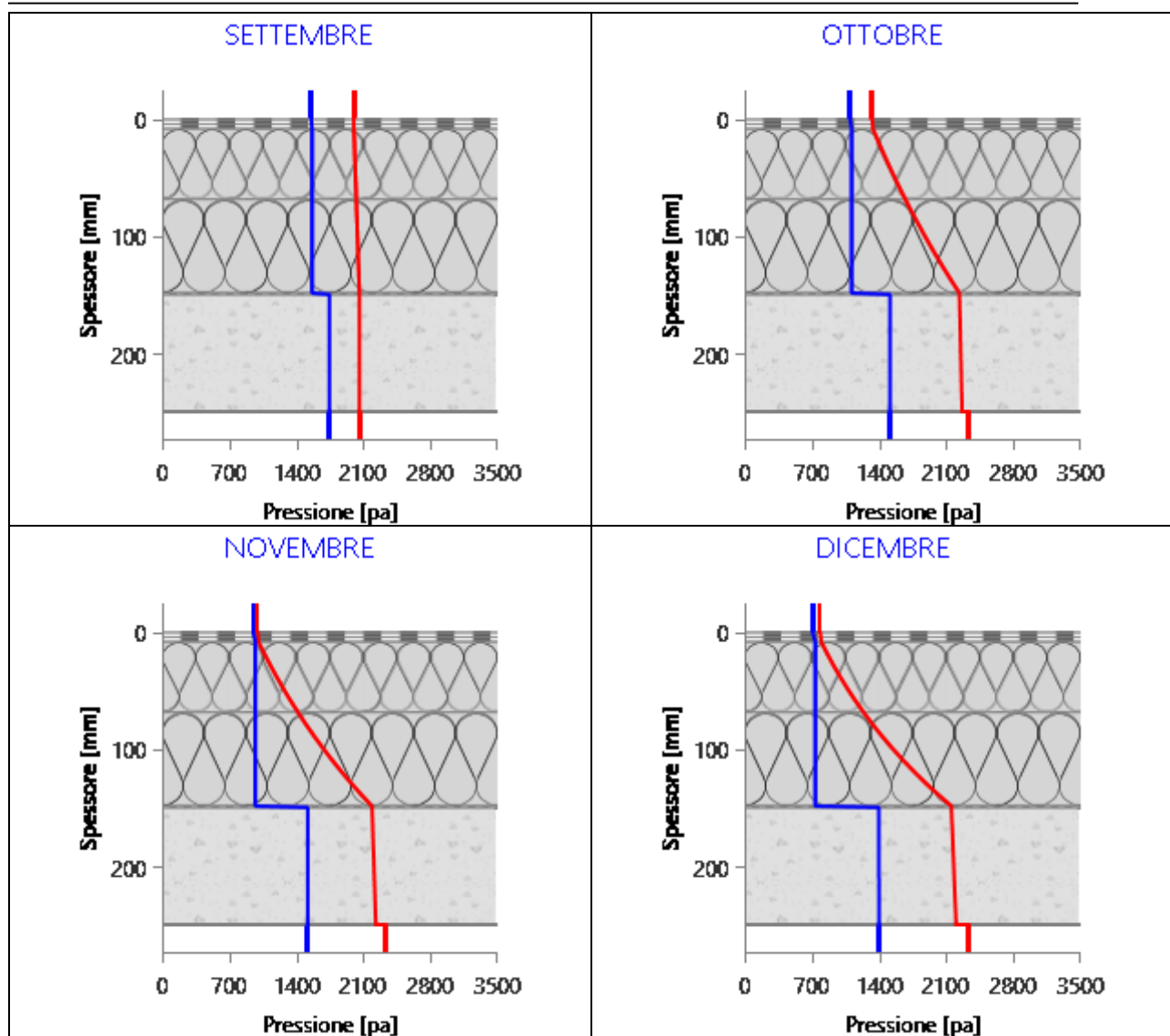
Grafici mensili delle pressioni parziali e di saturazione del vapore

Descrizione della struttura: **Copertura - Porzione 1**

Codice: **S1**



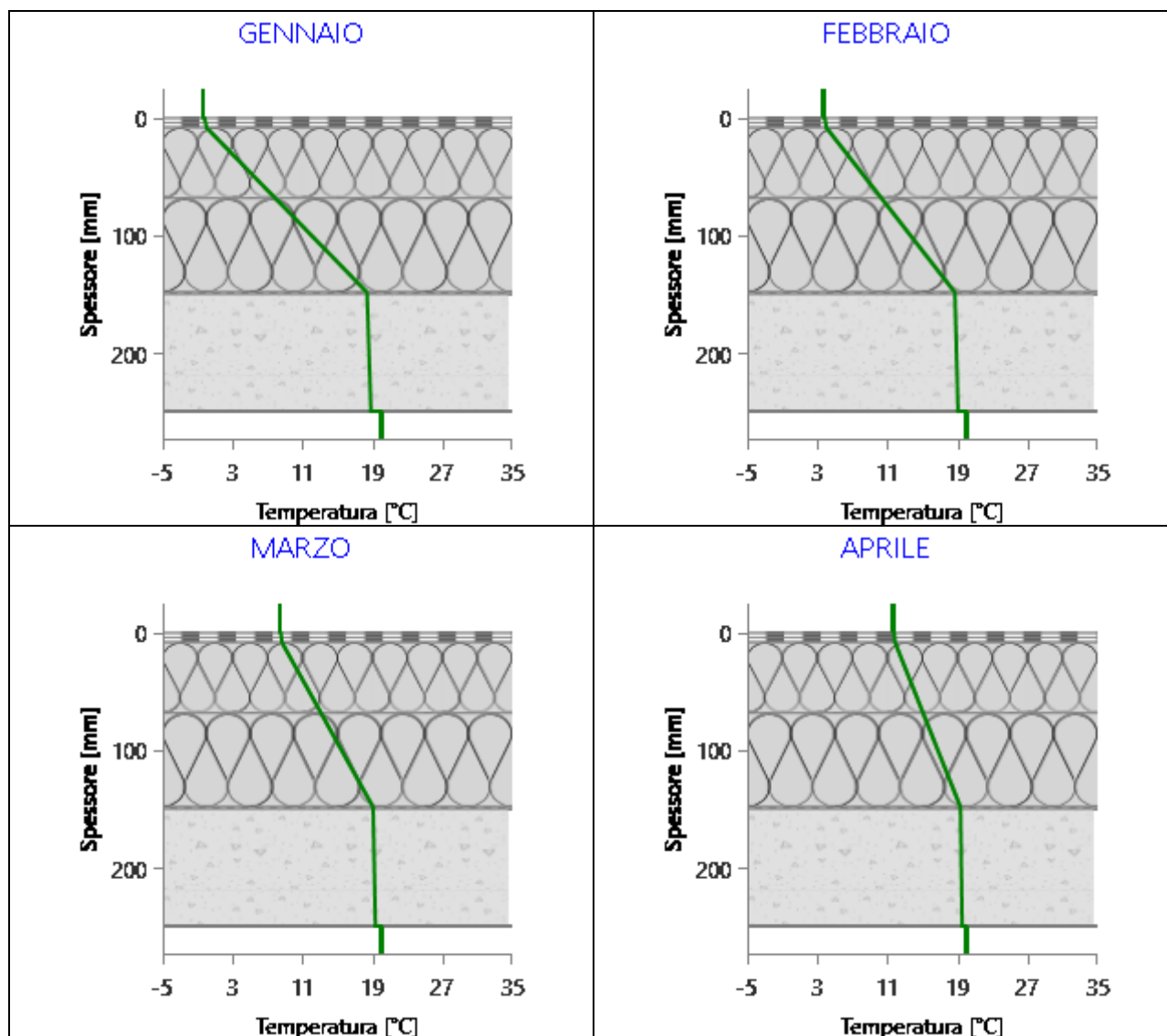


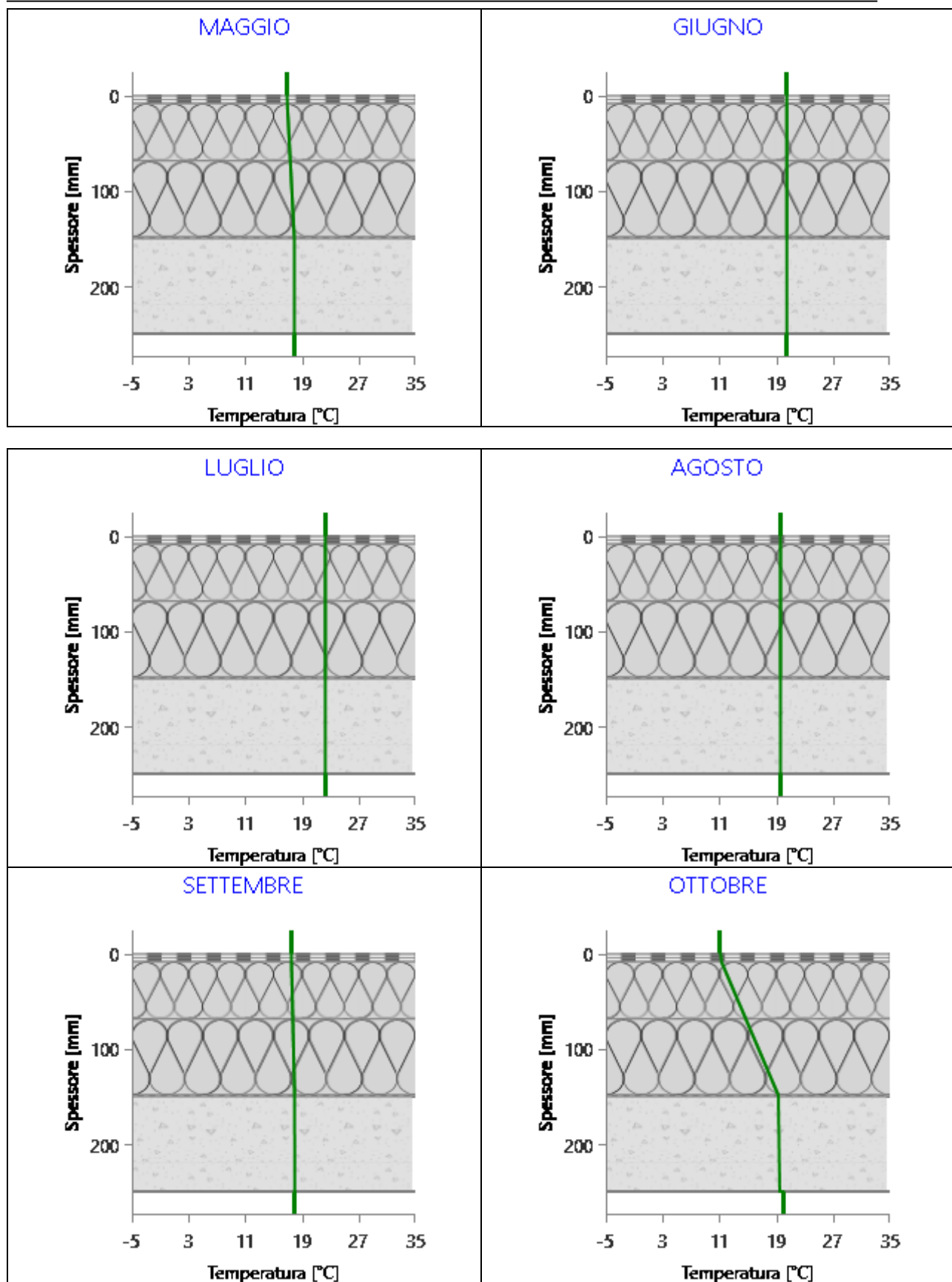


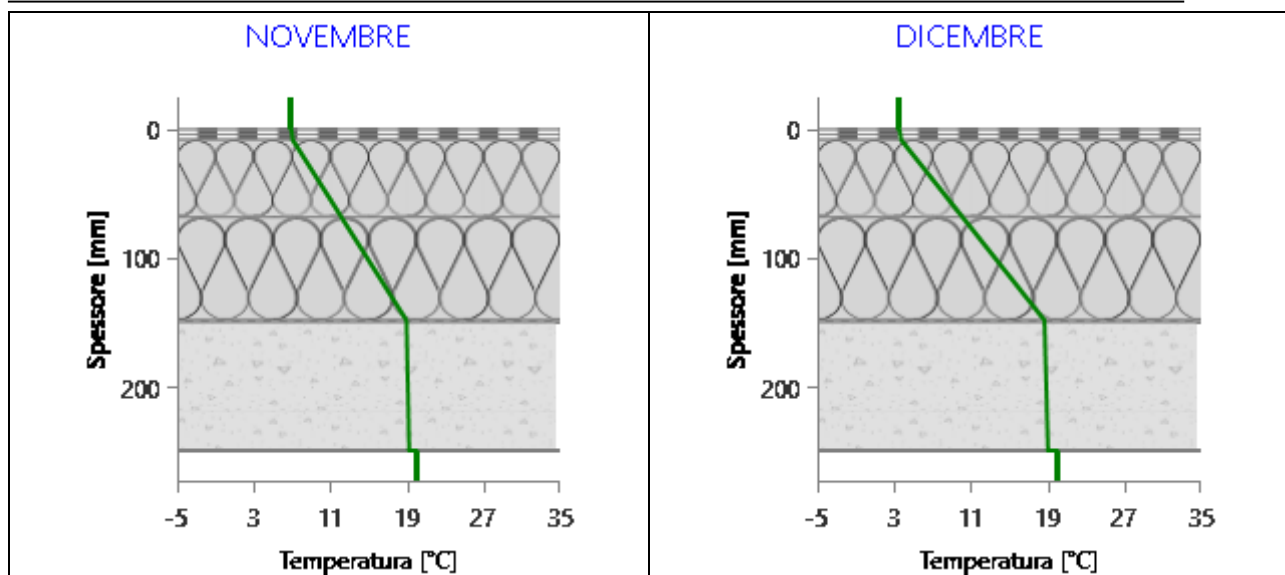
Grafici mensili delle temperature [°C]

Descrizione della struttura: **Copertura - Porzione 1**

Codice: **S1**



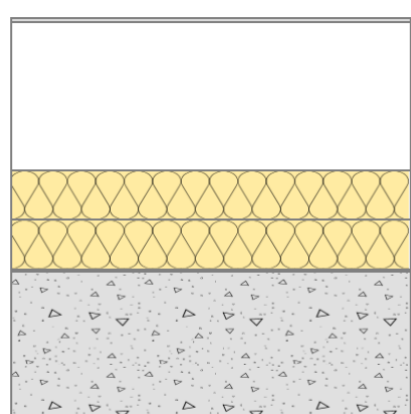




CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI
secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

Descrizione della struttura: Copertura - Porzione 2**Codice: S2**

Trasmittanza termica	0,162	W/m ² K
Spessore	811	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-4,8	°C
Permeanza	0,020	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	628	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	628	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,008	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,051	-
Sfasamento onda termica	-17,9	h

**Stratigrafia:**

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,080	-	-	-
1	Lamiera	10,00	220,000 0	-	2700	0,88	-
2	Intercapedine debolmente ventilata	300,00	-	-	-	-	-
3	ROCKWOOL - Flatrock 50 Bond	100,00	0,0360	-	140	1,03	1
4	ROCKWOOL - Flatrock 50 Bond	100,00	0,0360	-	140	1,03	1
5	Barriera vapore	1,00	220,000 0	-	2700	0,88	9999999
6	C.l.s. in genere	300,00	1,0600	-	1900	1,00	96
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,100	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conducibilità termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Caratteristiche igrometriche dei componenti opachi secondo UNI EN ISO 13788

Descrizione della struttura: *Copertura - Porzione 2***Codice:** *S2*

- [x] La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
- [x] La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
- [] La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale, ma la quantità è rievaporabile durante la stagione estiva.

Condizioni al contorno

Temperature e umidità relativa esterne variabili, medie mensili

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento **20,0 °C**Criterio per l'aumento dell'umidità interna **Classe di concentrazione del vapore (0,006 kg/m³)****Verifica criticità di condensa superficiale**Verifica condensa superficiale ($f_{RSI,max} \leq f_{RSI}$) **Positiva**Mese critico **novembre**Fattore di temperatura del mese critico $f_{RSI,max}$ **0,749**Fattore di temperatura del componente f_{RSI} **0,961**Umidità relativa superficiale accettabile **80 %****Verifica del rischio di condensa interstiziale (secondo UNI EN ISO 13788)**

Non si verifica formazione di condensa interstiziale nella struttura durante tutto l'arco dell'anno.

Risultati mensili condensa superficiale ed interstiziale secondo UNI EN ISO 13788

Descrizione della struttura: *Copertura - Porzione 2***Codice:** *S2***RISULTATI VERIFICA DELLA CONDENZA SUPERFICIALE**

Mese	θ_{int} [°C]	θ_{est} [°C]	P_{int} [Pa]	P_{est} [Pa]	θ_{acc} [°C]	P_{acc} [Pa]	f_{RSI} [-]
<i>ottobre</i>	20,0	11,1	1514	1098	16,6	1893	0,623
<i>novembre</i>	20,0	6,8	1518	950	16,7	1898	0,749
<i>dicembre</i>	20,0	3,4	1399	710	15,4	1749	0,723
<i>gennaio</i>	20,0	-0,4	1338	528	14,7	1672	0,740
<i>febbraio</i>	20,0	3,7	1207	528	13,1	1508	0,578
<i>marzo</i>	20,0	8,4	1221	709	13,3	1526	0,422
<i>aprile</i>	20,0	11,7	1323	929	14,5	1654	0,342

Legenda simboli

θ_{int}	Temperatura dell'ambiente interno
θ_{est}	Temperatura dell'ambiente esterno
P_{int}	Pressione dell'ambiente interno
P_{est}	Pressione dell'ambiente esterno
θ_{acc}	Temperatura minima accettabile sulla superficie interna

P_{acc} Pressione minima accettabile sulla superficie interna
 f_{RSI} Fattore di temperatura superficiale

RISULTATI VERIFICA DELLA CONDENZA INTERSTIZIALE

Mese	θ_{int} [°C]	θ_{est} [°C]	ϕ_{int} [%]	ϕ_{est} [%]	g_c [g/m ²]	M_a [g/m ²]	Periodi	Stato
<i>ottobre</i>	20,0	11,1	65	83	0,0	0	1	Asciutto
<i>novembre</i>	20,0	6,8	65	96	0,0	0	1	Asciutto
<i>dicembre</i>	20,0	3,4	60	91	0,0	0	1	Asciutto
<i>gennaio</i>	20,0	-0,4	57	89	0,0	0	1	Asciutto
<i>febbraio</i>	20,0	3,7	52	66	0,0	0	1	Asciutto
<i>marzo</i>	20,0	8,4	52	64	0,0	0	1	Asciutto
<i>aprile</i>	20,0	11,7	57	68	0,0	0	1	Asciutto
<i>maggio</i>	18,0	16,9	71	65	0,0	0	1	Asciutto
<i>giugno</i>	20,5	20,5	75	71	0,0	0	1	Asciutto
<i>luglio</i>	22,3	22,3	68	64	0,0	0	1	Asciutto
<i>agosto</i>	19,6	19,6	78	73	0,0	0	1	Asciutto
<i>settembre</i>	18,0	17,5	85	78	0,0	0	1	Asciutto

Legenda simboli

θ_{int} Temperatura dell'ambiente interno
 θ_{est} Temperatura dell'ambiente esterno
 ϕ_{int} Umidità relativa dell'ambiente interno
 ϕ_{est} Umidità relativa dell'ambiente esterno
 g_c Flusso di vapore condensato
 M_a Quantità di condensa accumulata
Periodi Periodi del mese

Distribuzione delle temperature e delle pressioni nella struttura**Descrizione della struttura:** *Copertura - Porzione 2***Codice:** *S2***DISTRIBUZIONE DELLA TEMPERATURA NELLA STRUTTURA [°C]**

Strato	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set
<i>Amb.</i>	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	18,0	20,5	22,3	19,6	18,0
<i>Int.</i>	19,6	19,5	19,3	19,2	19,4	19,5	19,7	18,0	20,5	22,3	19,6	18,0
6	19,3	18,9	18,6	18,3	18,6	19,0	19,3	17,9	20,5	22,3	19,6	18,0
5	19,3	18,9	18,6	18,3	18,6	19,0	19,3	17,9	20,5	22,3	19,6	18,0
4	15,4	13,1	11,3	9,3	11,5	13,9	15,7	17,4	20,5	22,3	19,6	17,7
3	11,5	7,3	4,1	0,4	4,3	8,9	12,0	16,9	20,5	22,3	19,6	17,5
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Est.</i>	11,1	6,8	3,4	-0,4	3,7	8,4	11,7	16,9	20,5	22,3	19,6	17,5

Valori sul lato esterno dello strato; Amb.=ambiente interno; Int.=a valle dello strato liminare interno; Est.=ambiente esterno

DISTRIBUZIONE DELLA PRESSIONE PARZIALE DEL VAPORE NELLA STRUTTURA [Pa]

Strato	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set
<i>Amb.</i>	1514	1518	1399	1338	1207	1221	1323	1459	1817	1828	1772	1744
<i>Int.</i>	1514	1518	1399	1338	1207	1221	1323	1459	1817	1828	1772	1744
6	1513	1517	1397	1336	1205	1219	1322	1459	1817	1828	1772	1744

5	1098	950	710	528	528	709	929	1249	1717	1728	1658	1556
4	1098	950	710	528	528	709	929	1249	1717	1728	1658	1556
3	1098	950	710	528	528	709	929	1249	1717	1728	1658	1556
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Est.	1098	950	710	528	528	709	929	1249	1717	1728	1658	1556

Valori sul lato esterno dello strato; Amb.=ambiente interno; Int.=a valle dello strato liminare interno; Est.=ambiente esterno

DISTRIBUZIONE DELLA PRESSIONE DI SATURAZIONE NELLA STRUTTURA [Pa]

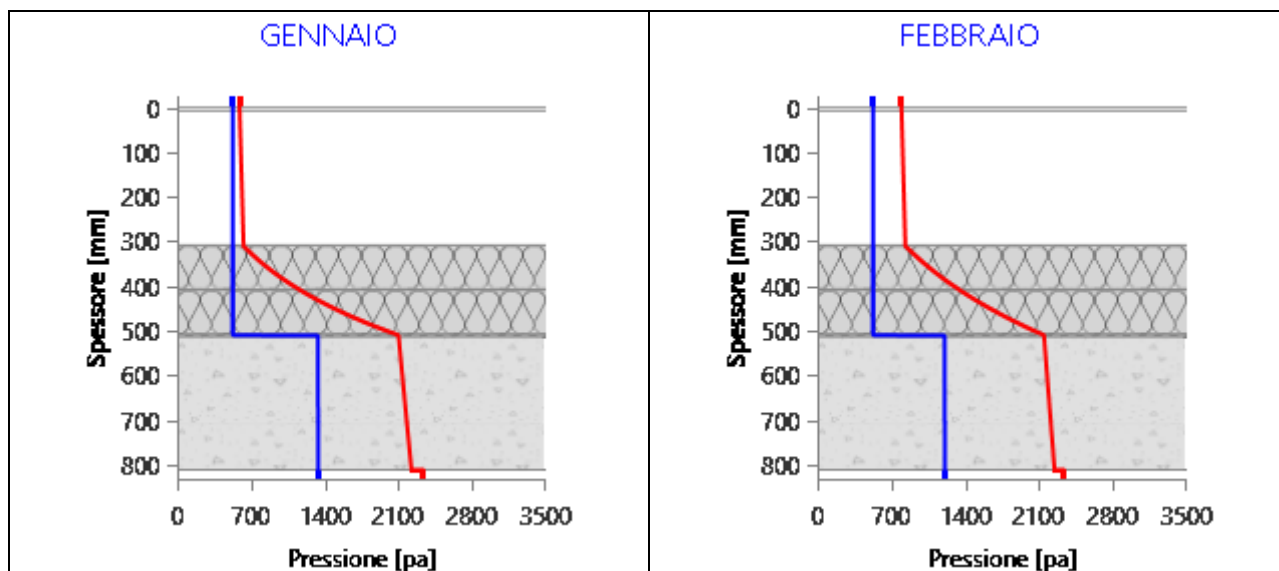
Strato	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set
Amb.	2337	2337	2337	2337	2337	2337	2337	2063	2410	2691	2280	2063
Int.	2287	2263	2244	2223	2246	2272	2290	2057	2410	2691	2280	2060
6	2231	2181	2142	2100	2146	2200	2238	2051	2410	2691	2280	2057
5	2231	2181	2142	2100	2146	2200	2238	2051	2410	2691	2280	2057
4	1743	1507	1341	1174	1355	1592	1779	1989	2410	2691	2280	2029
3	1352	1024	816	629	833	1136	1404	1930	2410	2691	2280	2001
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Est.	1321	988	779	591	796	1102	1374	1924	2410	2691	2280	1999

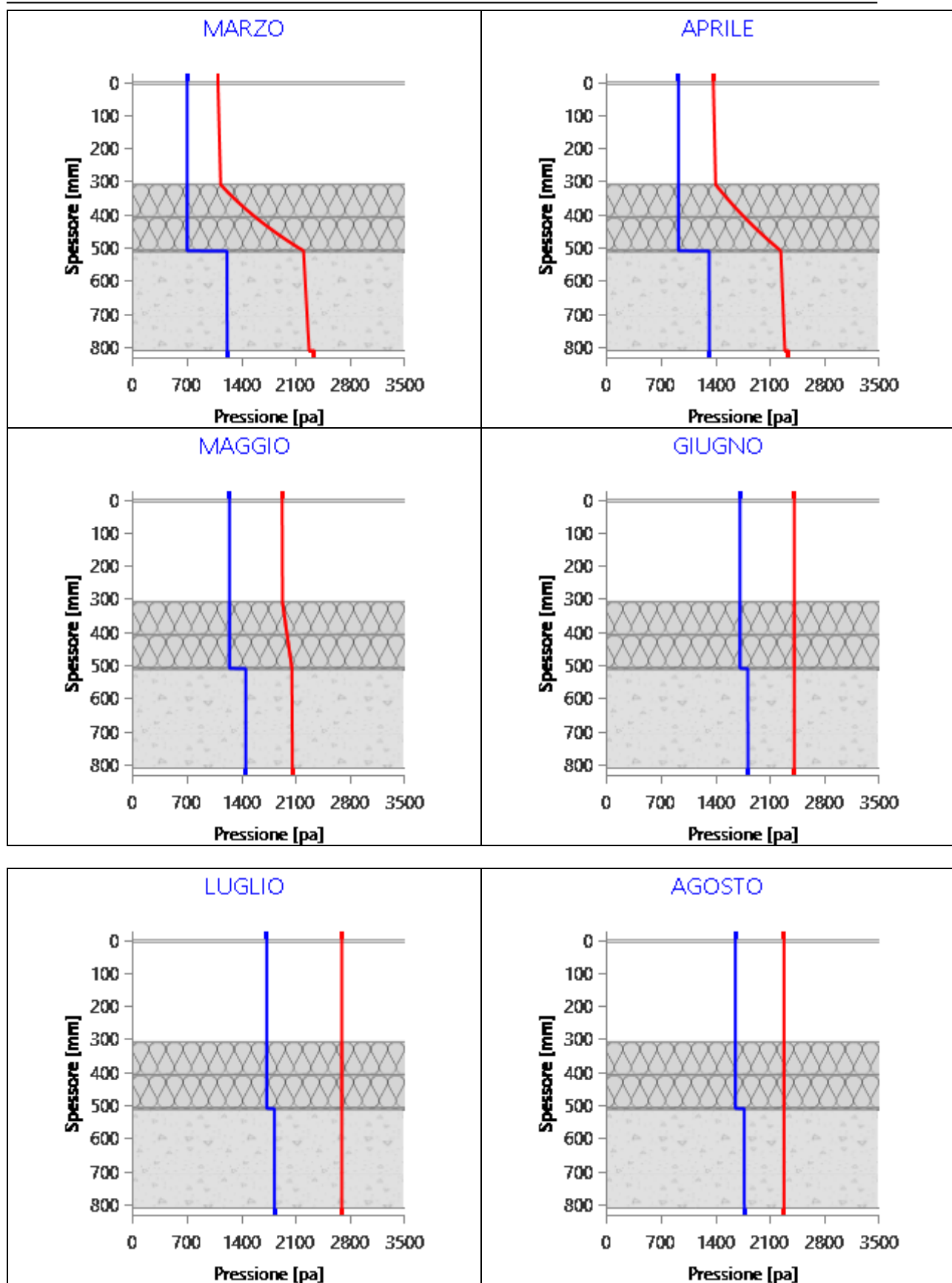
Valori sul lato esterno dello strato; Amb.=ambiente interno; Int.=a valle dello strato liminare interno; Est.=ambiente esterno

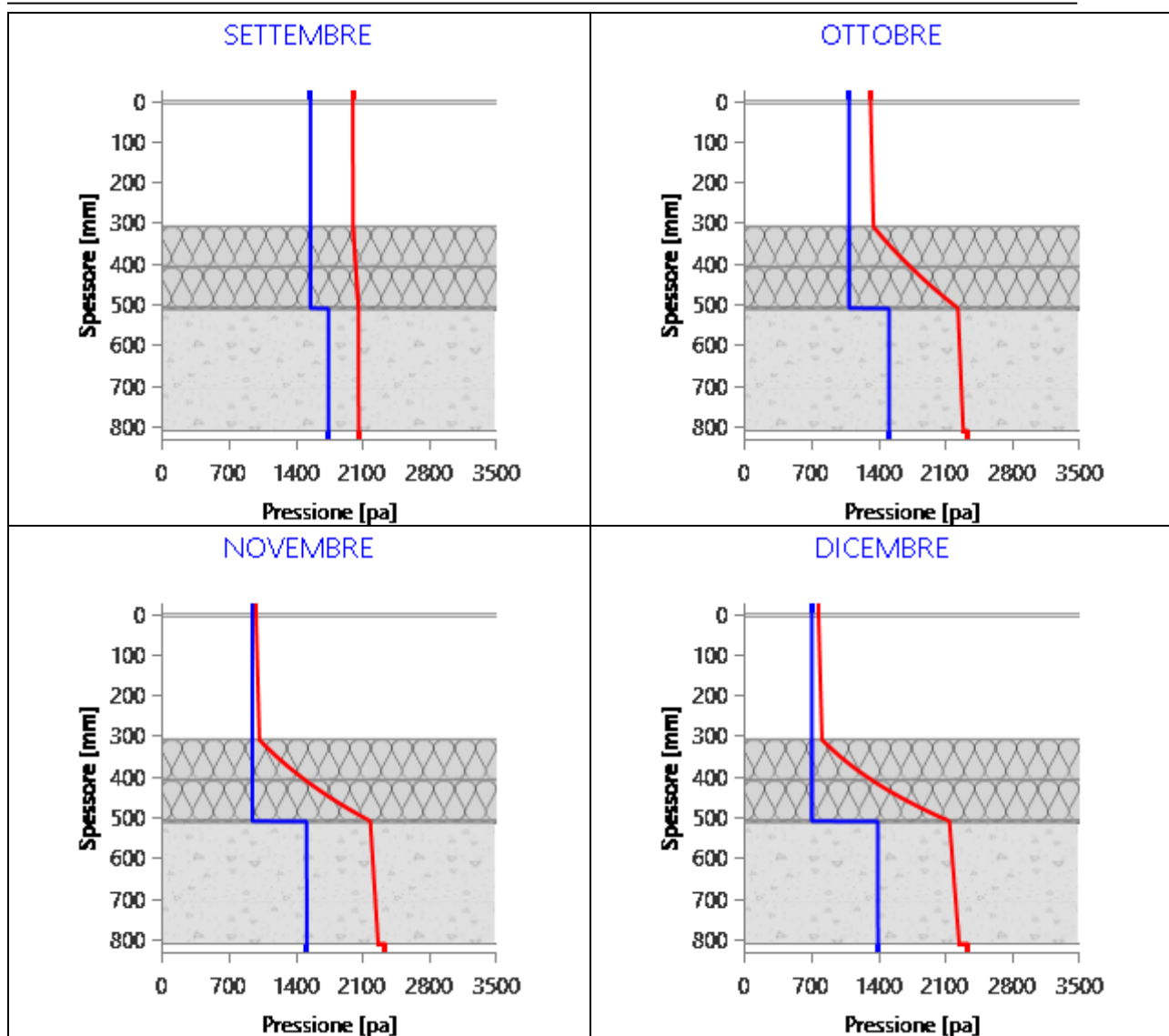
Grafici mensili delle pressioni parziali e di saturazione del vapore

Descrizione della struttura: *Copertura - Porzione 2*

Codice: *S2*



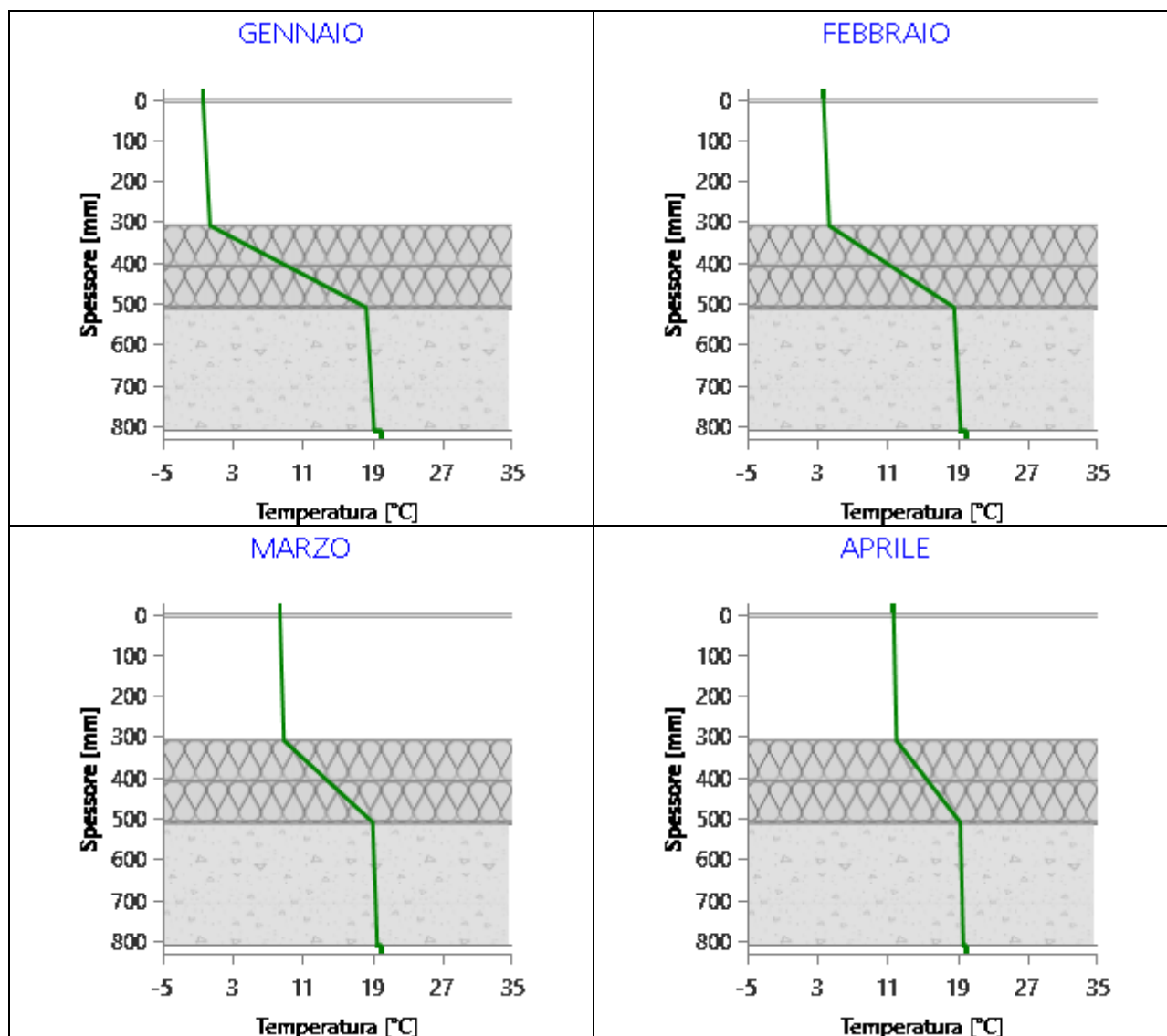


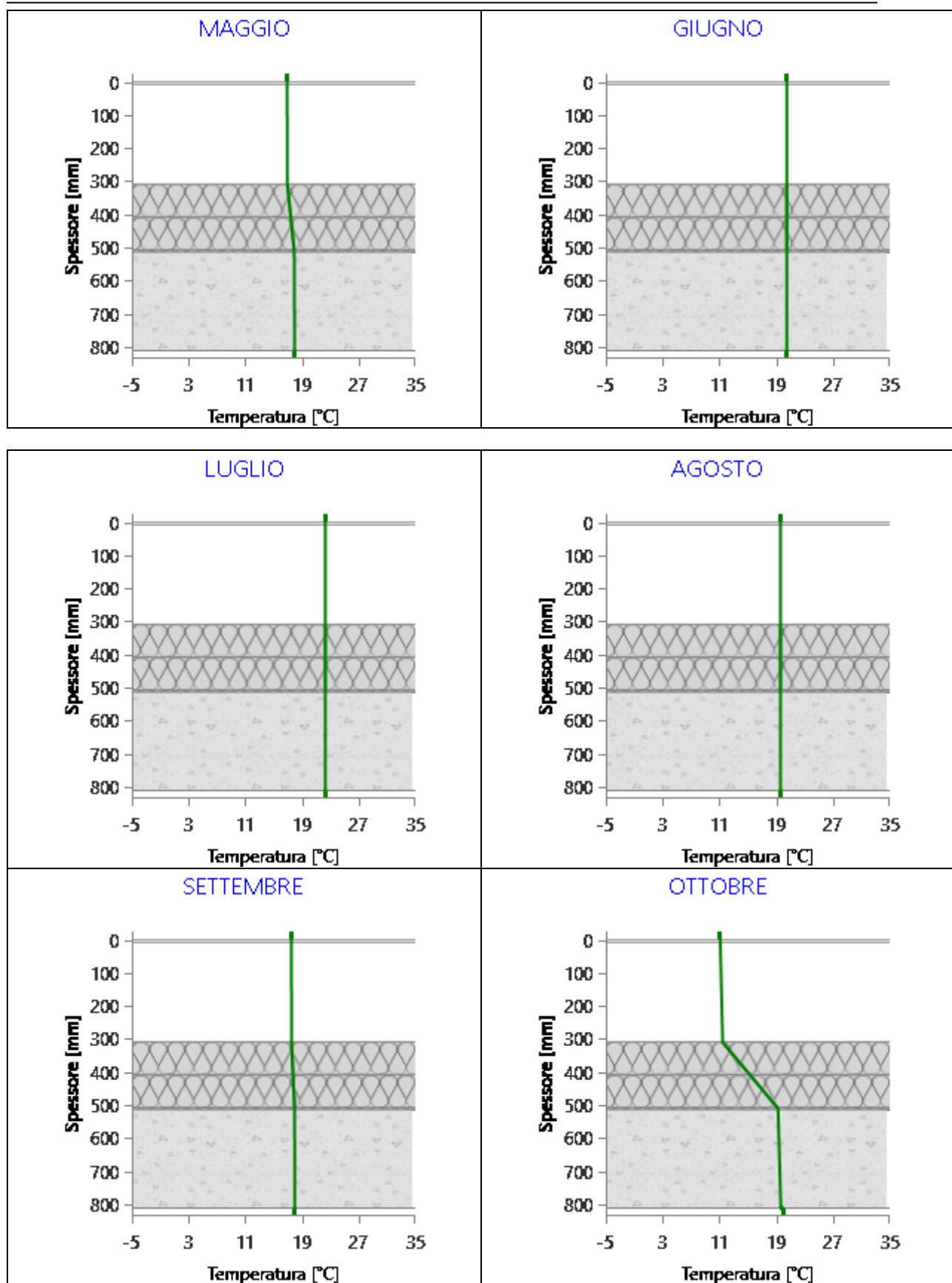


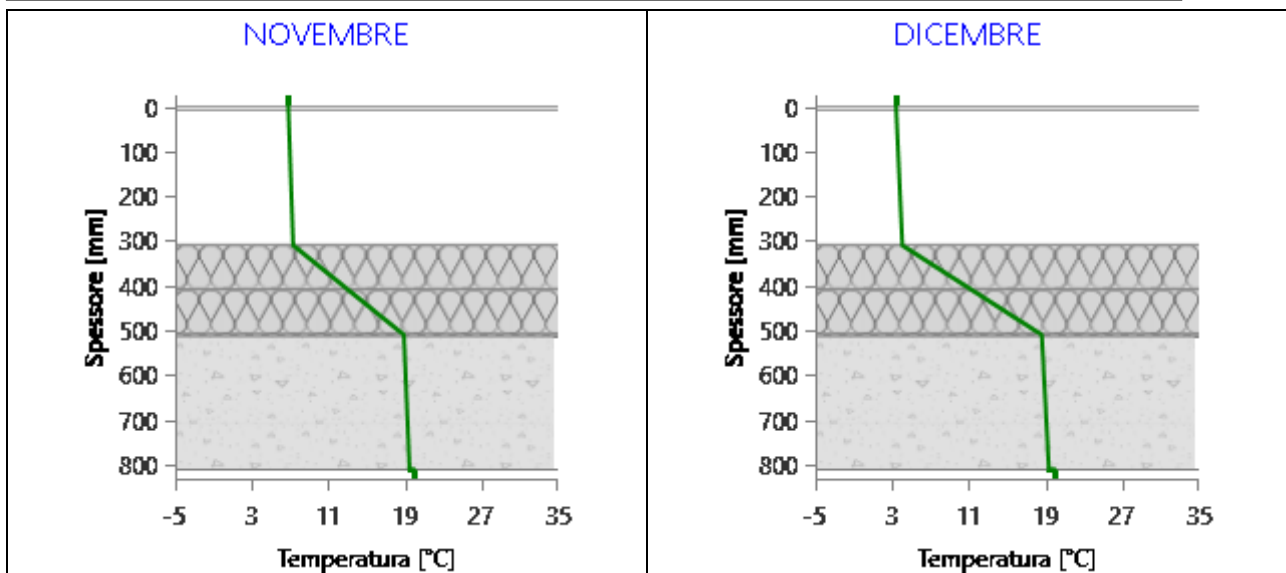
Grafici mensili delle temperature [°C]

Descrizione della struttura: **Copertura - Porzione 2**

Codice: **S2**







Sumirago, 31.08.2022

Il Progettista