

Collegio dei Periti Industriali e Periti Industriali Laureati
della Provincia di Genova

Impianto Solare Termico della Piscina Comunale di Chiavari

Focus sulle problematiche progettuali INAIL

Russo Gaetano Fabio

Eppi Tour 2019, Milano



**COME SANNO BENE
I TECNICI
IL BENESSERE DELLE
STRUTTURE ABITATIVE,
RICREATIVE E LAVORATIVE
VIENE GARANTITO DA
IMPIANTI CHE SPESSO NON
SONO NEPPURE VISIBILI
AGLI UTILIZZATORI**



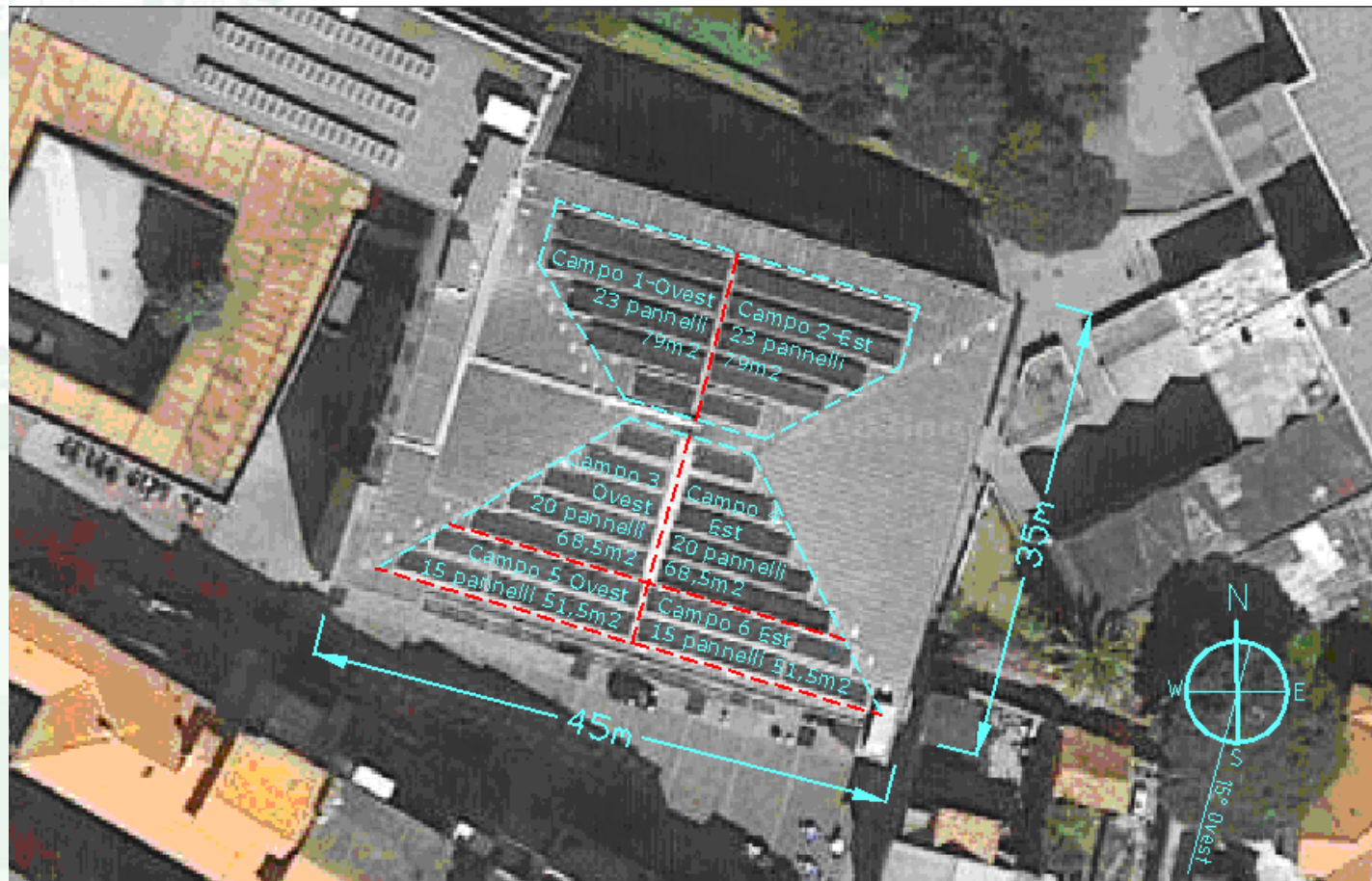


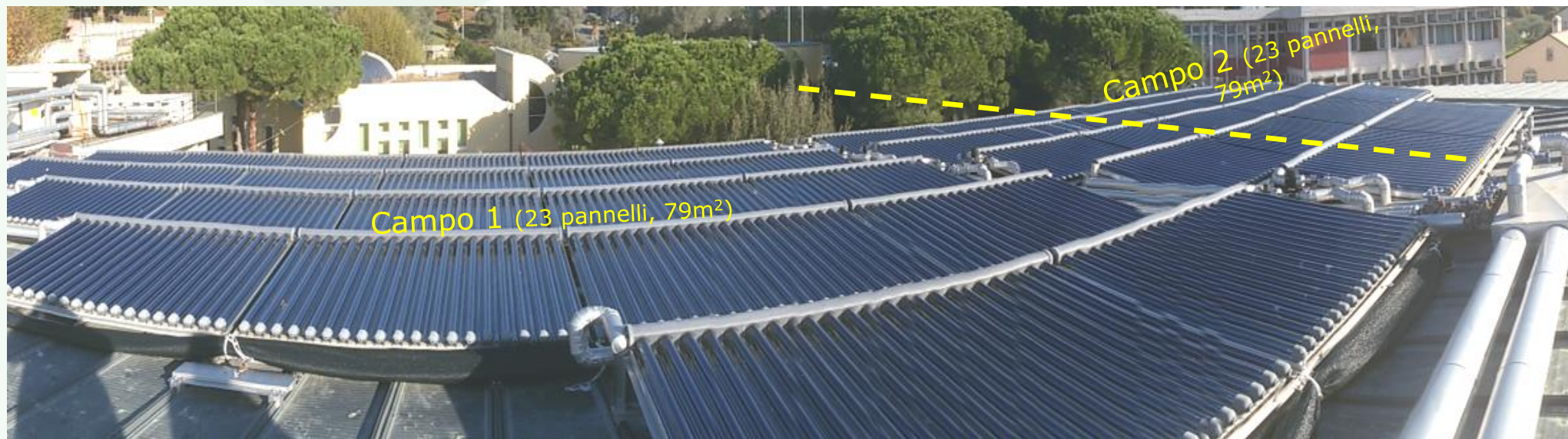
INDICE

- **Descrizione dell'impianto solare termico della Piscina di Chiavari**
- **Il Quadro Normativo INAIL per gli impianti solari: competenze PED e R2009**
- **Determinazione della potenza dell'impianto solare ai fini INAIL**
- **Il problema della stagnazione termica, soluzioni adottate per lo smaltimento del calore**
- **Conclusioni**

LA FONTE ENERGETICA: LA FALDA DI COPERTURA

La falda di copertura del centro polisportivo "Mario Ravera" è stata utilizzata per la posa di 116 pannelli solari aventi ciascuno una "superficie di apertura" di $3,43\text{m}^2$ ripartiti in 6 sottocampi costituenti complessivamente una superficie di captazione di 398m^2 .

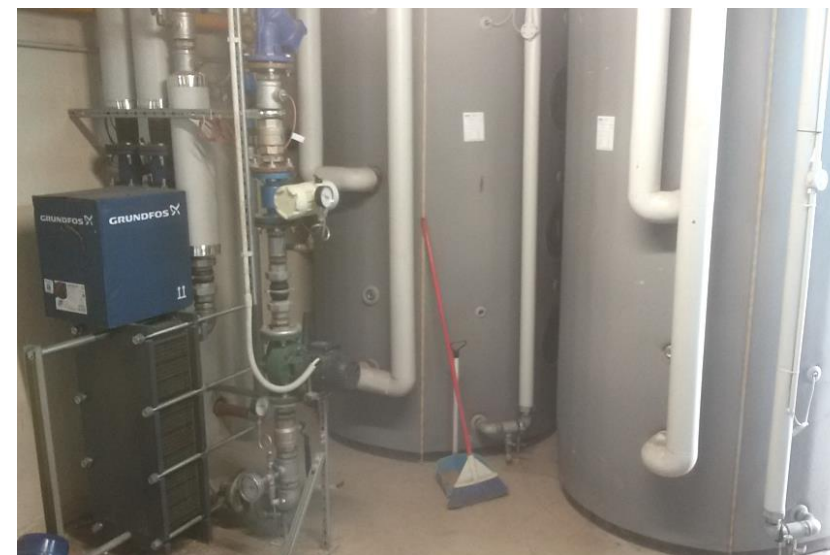




VISTA DEI CAMPI SOLARE 1 E 2



STAZIONE DI POMPAGGIO CAMPO SOLARE



STAZIONE DI SCAMBIO E ACCUMULO TERMICO



Staffaggi in alluminio



Sfiati aria maggiorati



Programmazione dedicata con PLC programmabili

L'affidabilità di funzionamento dipende molto spesso dai particolari costruttivi



Controllo del flusso e bilanciamento idraulico dei rami

Quadro Normativo INAIL per il Solare Termico

DISPOSIZIONI PER CIRCUITI AD ACQUA CON TEMPERATURA INFERIORE A 110°C

DM 01/12/1975	E' la norma di riferimento per la sicurezza da sovrappressioni e sovratemperature di qualsiasi impianto termico ad acqua con temperatura inferiore a 110°C e potenza superiore a 35kW
Raccolta R2009	E' il regolamento tecnico di attuazione del DM 01/12/1975, sostituisce la Raccolta R1982 e regola per la prima volta anche gli impianti termici solari (CAP. R.3.H)
prCTI 25300250	Progetto di revisione della norma UNI 10412; ricalca le disposizioni previste della Raccolta R2009 e introduce anch'essa le disposizioni di sicurezza per gli impianti solari.

DISPOSIZIONI PER APPARECCHI/SISTEMI AVENTI PRESSIONE MAGGIORE DI 0,5BAR

Direttiva PED 2014/68/CE	Questa Direttiva Comunitaria, più nota come PED (Pressure Equipment Directive), sostituisce la prima PED 97/23/CE e dà indicazioni agli Stati Europei per la progettazione, la costruzione, l'equipaggiamento e l'installazione in sicurezza di attrezzature in pressione di qualsiasi tipo che abbia pressione superiore a 0,5bar
DLgs 26/2016	E' l'attuazione, in questo caso senza variazioni, della Direttiva Comunitaria 2014/68/CE, sostituisce il precedente DLgs 93/2000 di recepimento della vecchia PED 97/23/CE
DM 329/2004	costituisce il regolamento applicativo della PED in Italia
UNI11325:2018	E' la norma tecnica per la messa in servizio e l'utilizzazione delle attrezzature e degli insiemi a pressione, si compone di 12 parti.

Fascicolo R.3. Impianti	IMPIANTI A PANNELLI SOLARI	CAP. R.3.H.
----------------------------	----------------------------	-------------

1. CAMPO DI APPLICAZIONE

Le seguenti disposizioni si applicano a tutti gli impianti solari produttori di energia termica per il riscaldamento degli ambienti, per la produzione di acqua calda sanitaria, e per altri usi tecnologici del calore, con superficie di apertura non inferiore a 50 m² e comunque con potenzialità nominale utile complessiva superiore a 35 kW.

2.6. Potenza nominale del Generatore solare

Quantità massima di calore prodotta nell'unità di tempo nel generatore solare, espressa in kW e riferita all'irraggiamento globale del sole (G) a cui è soggetto il generatore solare in relazione al luogo di installazione ed in condizioni di massima efficienza, dichiarata dal progettista.

2.8. Temperatura di stagnazione del circuito primario

E' la massima temperatura del fluido termovettore presente nel collettore che, in assenza di prelievo di energia da parte dell'impianto utilizzatore, si raggiunge all'equilibrio dell'energia termica dispersa dal pannello solare con l'energia termica captata dallo stesso.

Il valore della temperatura di stagnazione deve essere dichiarato dal costruttore del collettore solare.

3.2.2. Impianti a vaso chiuso

Gli scambiatori di calore degli impianti con vaso di espansione chiuso devono essere provvisti di:

- a) vaso di espansione chiuso;
- b) valvola di sicurezza;
- c) valvola di scarico termico;
- d) sistema o termostato di regolazione della temperatura;
- e) termostato di blocco;
- f) termometro con pozzetto per termometro di controllo;
- g) manometro con attacco per manometro di controllo;
- h) dispositivo di protezione pressione minima.

3.2.2.1. Vaso di espansione chiuso

Il dimensionamento del vaso di espansione chiuso sul circuito secondario si rimanda al Cap.R.3.B. punto 3.

**ESTRATTO RACCOLTA
R2009**

ESTRATTO RACCOLTA R2009

Ambito di applicazione
delle norme vigenti per
le attrezzature a
pressione.

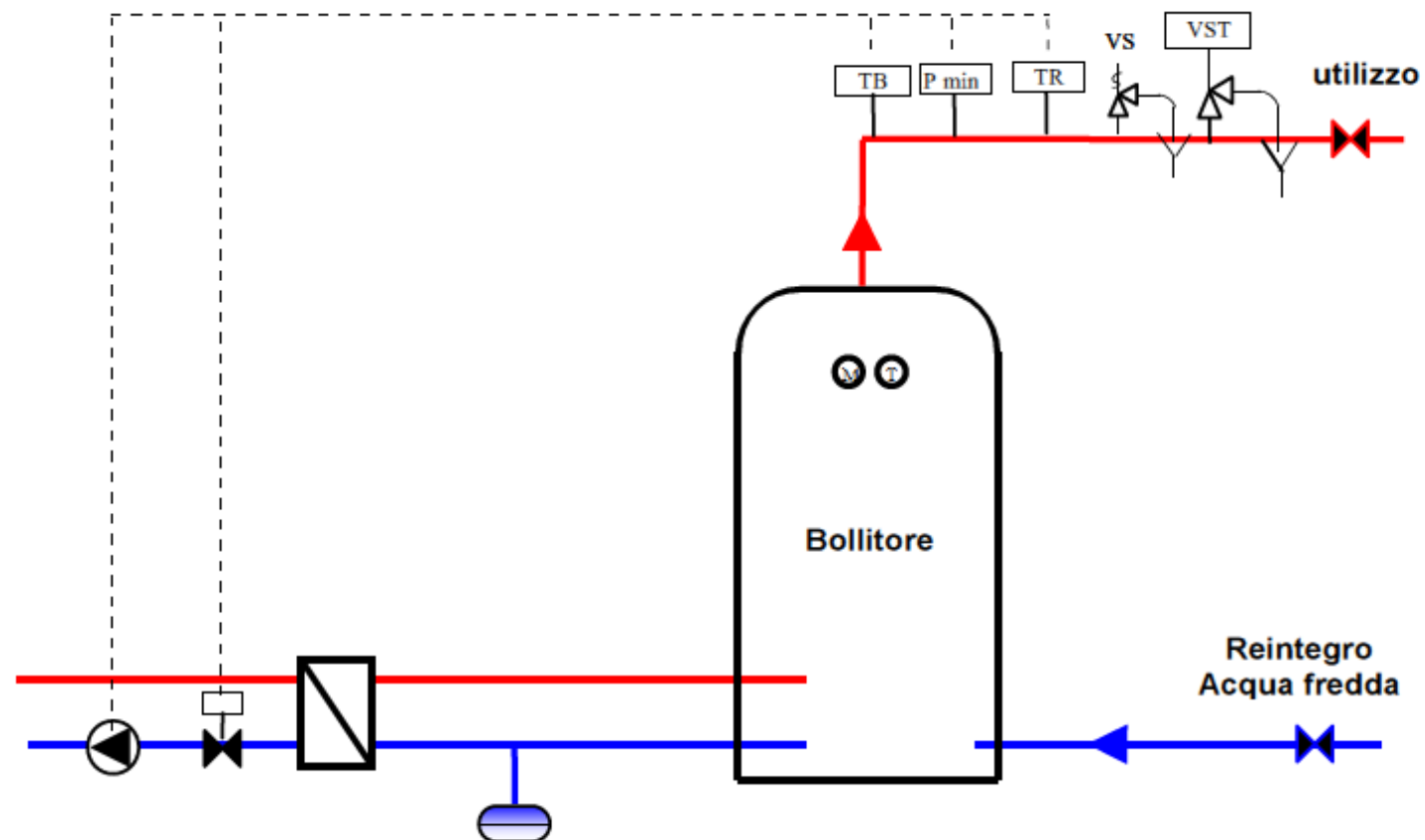
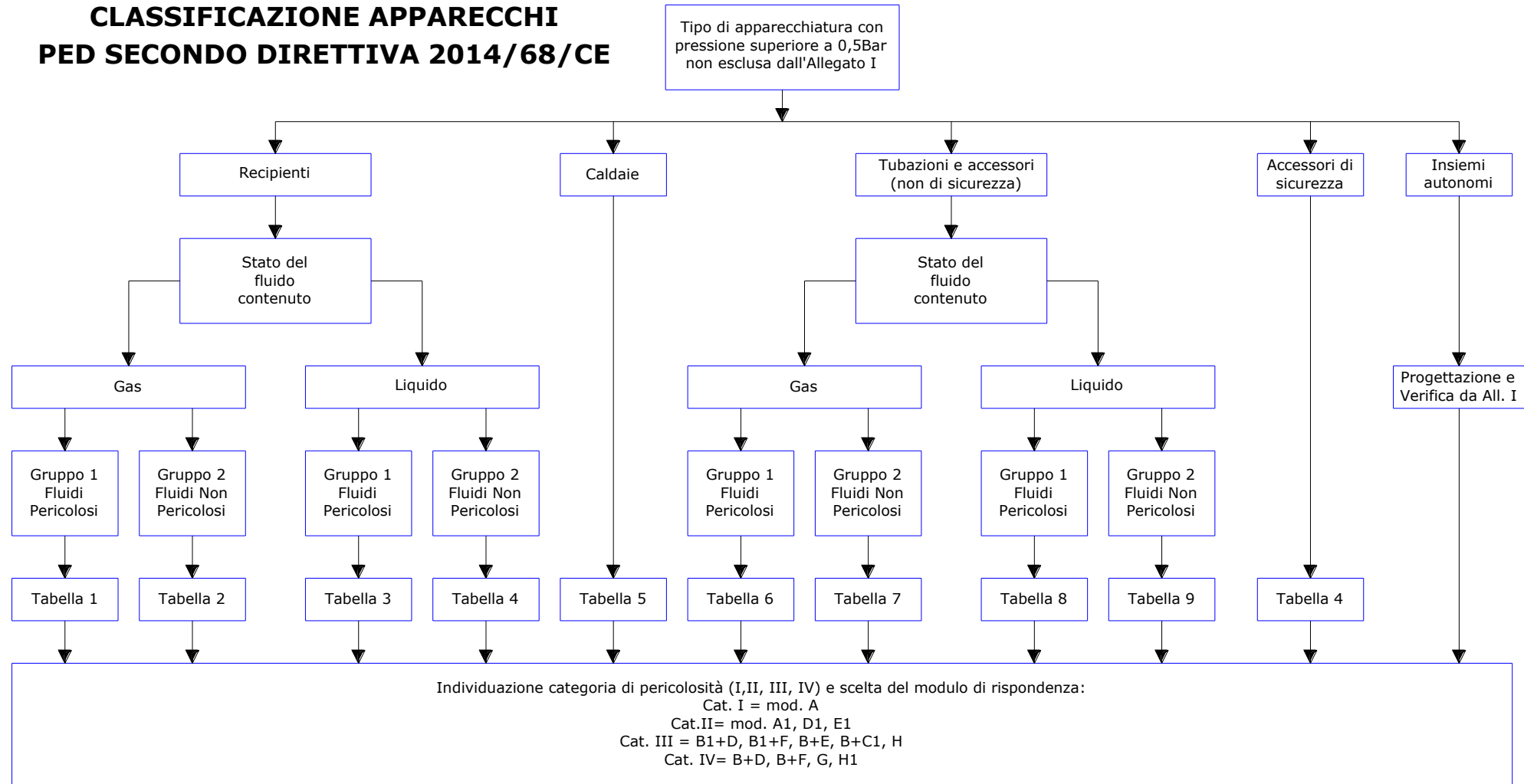


Fig.1. - Impianto semplice con scambiatore esterno

CLASSIFICAZIONE APPARECCHI PED SECONDO DIRETTIVA 2014/68/CE



La valutazione della possibile esenzione dalla PED non è immediata dato che la Direttiva prevede ben 9 tabelle che regolamentano le possibili differenti condizioni di esercizio delle attrezzature. Inoltre ogni componente (caldaia, pannello solare, scambiatore, vaso di espansione, tratto di tubazione, accessorio di sicurezza, ecc..) va valutato singolarmente dato che quasi mai nel settore civile è possibile considerare l'intero impianto solare come "unico insieme PED". Infatti per "insieme" sia l'art. 2.6 della recente Direttiva PED 2014/68/CE che l'art. 2.15 dell'ex 97/23/CE intendono "varie attrezzature a pressione assemblate (e commercializzate) da un unico Fabbricante, atte a costituire un tutto integrato e funzionale".

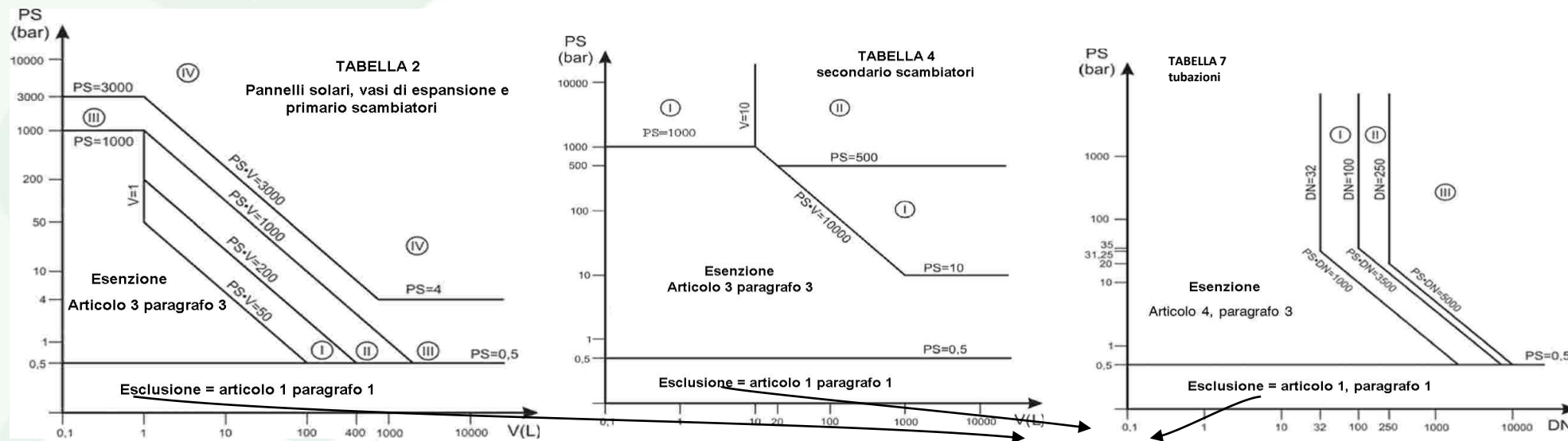


TABELLE PED DI RIFERIMENTO PER GLI IMPIANTI SOLARI TERMICI

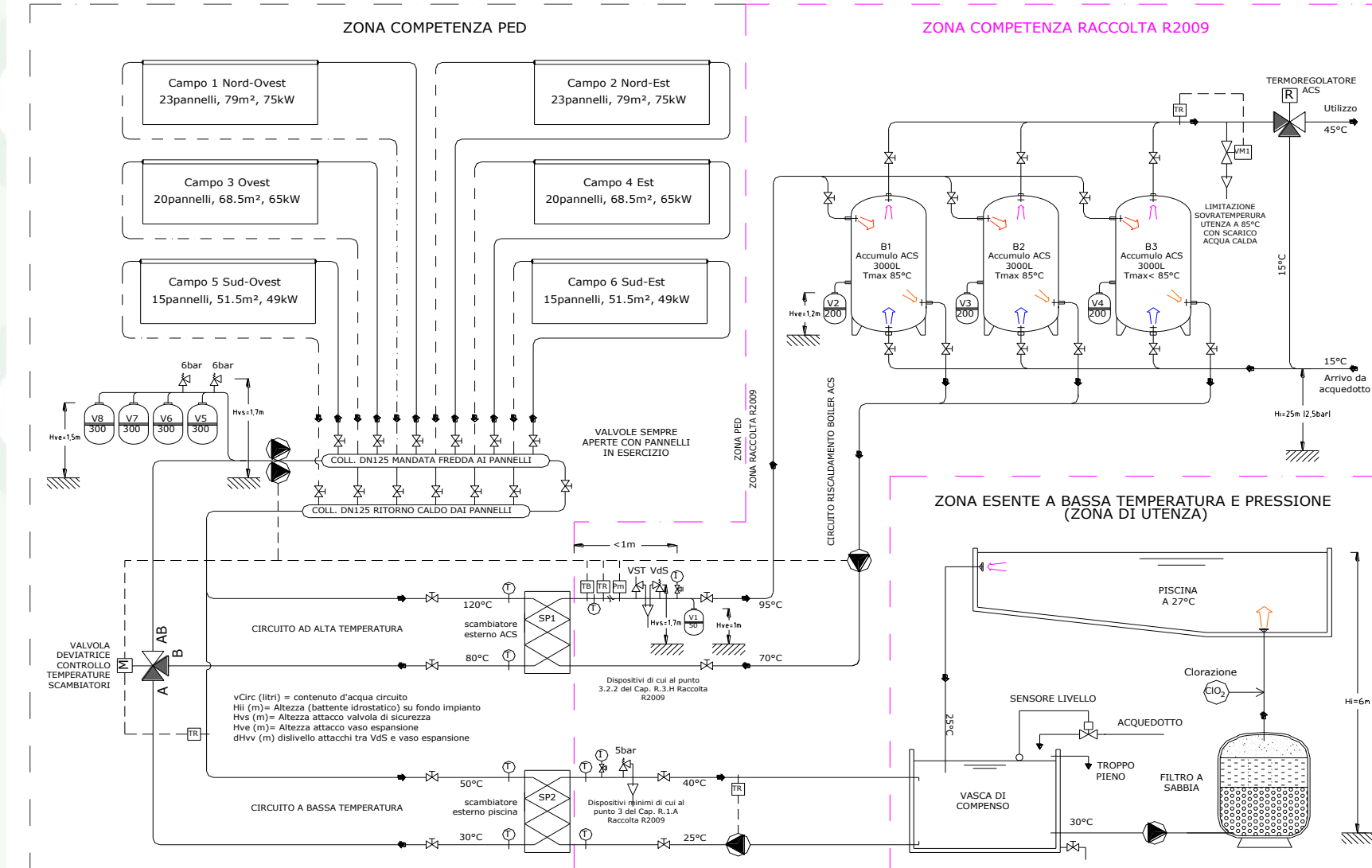
Attrezzatura	Fluido	Tab. PED	Rif. esenzione
Pannello solare con Tmax >110°C	Acqua+glicole	2	Ps*V≤50
Vaso di espansione	Aria/azoto	2	Ps*V≤50
Tubazioni con Tmax >110°C	Acqua+glicole	7	DN≤ 80 e Ps≤10bar
Primario Scambiatore con Tmax >110°C	Acqua+glicole	2	Ps*V≤50
Secondario Scambiatore con Tmax <110°C	Acqua	4	Ps≤10

I pannelli solari e gli scambiatori di calore a piastre risultano quasi sempre esentati PED dato che il singolo componente ha un limitato quantitativo di acqua che fa sì non venga superato il limite $Ps*V=50$ previsto dalla Tabella 2 Allegato 2.

Ancor meno risulta vincolato il lato secondario dello scambiatore dove, per effetto dei dispositivi di sicurezza, si ha sicuramente $T_s < 110^\circ\text{C}$ e $Ps < 10\text{bar}$. In tale condizione, trattandosi di acqua, la Tab. 4 All. 2 della Direttiva 2014/68/CE prevede l'esenzione dalla denuncia PED.

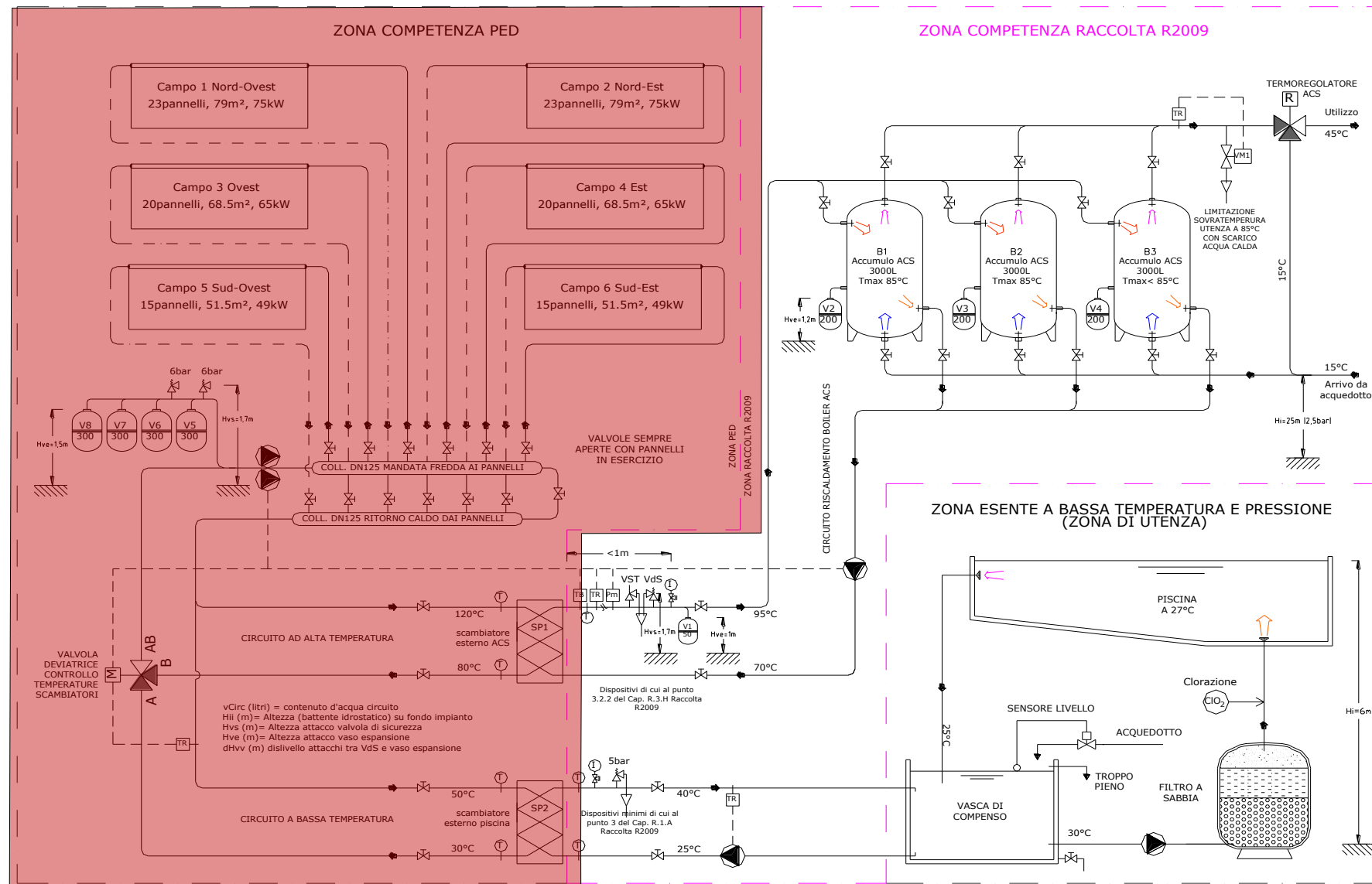
Per contro risultano quasi sempre soggetti a denuncia PED i vasi di espansione dato che è molto improbabile riscontrare in questo tipo di impianti vasi aventi prodotto $Ps*V$ inferiore a 50 bar*litro.

SCHEMA IMPIANTO SOLARE TERMICO PISCINA COMUNALE DI CHIAVARI



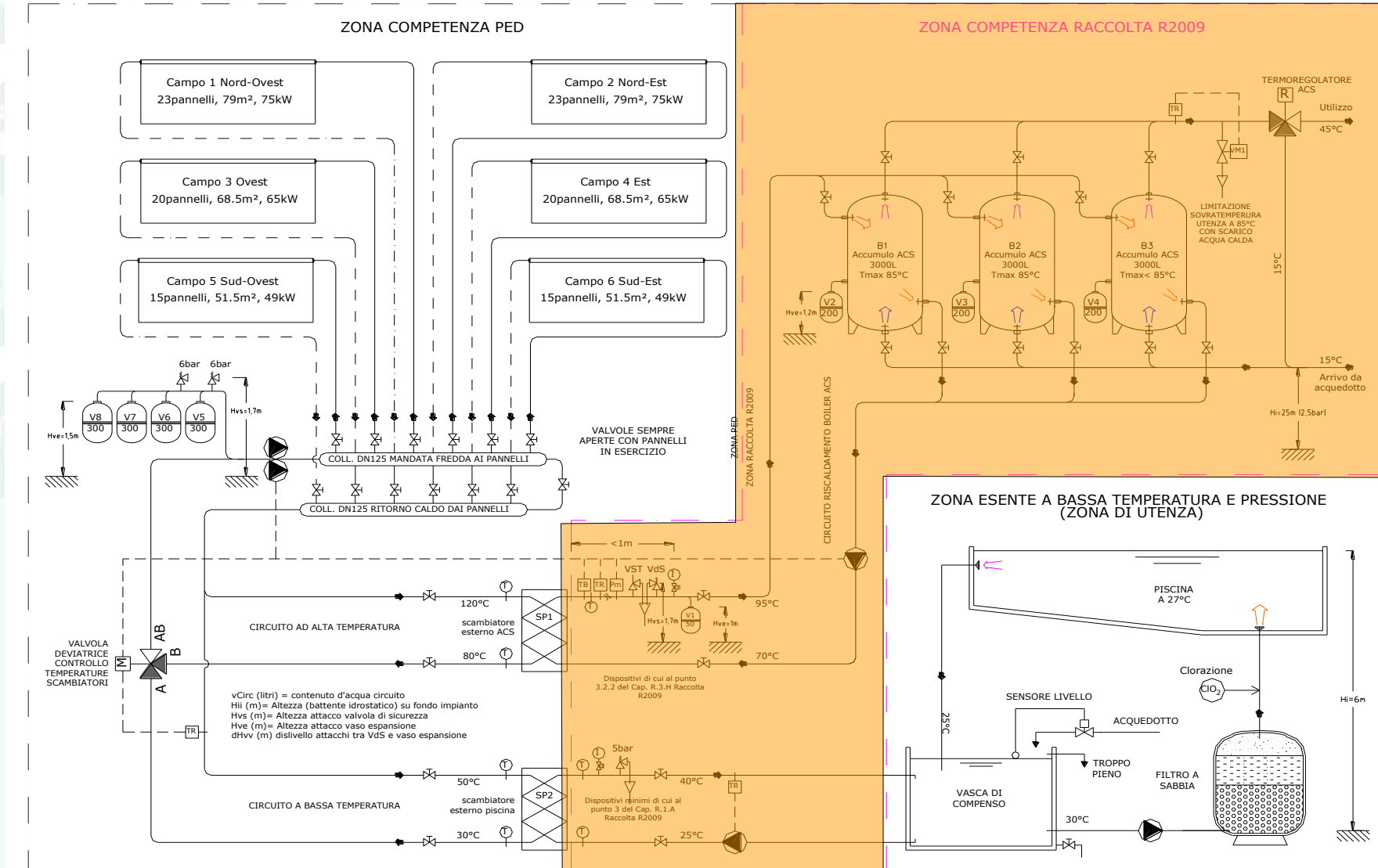
Ai fini INAIL l'impianto solare termico della piscina di Chiavari presenta 3 distinte zone di valutazione

SCHEMA IMPIANTO SOLARE TERMICO PISCINA COMUNALE DI CHIAVARI



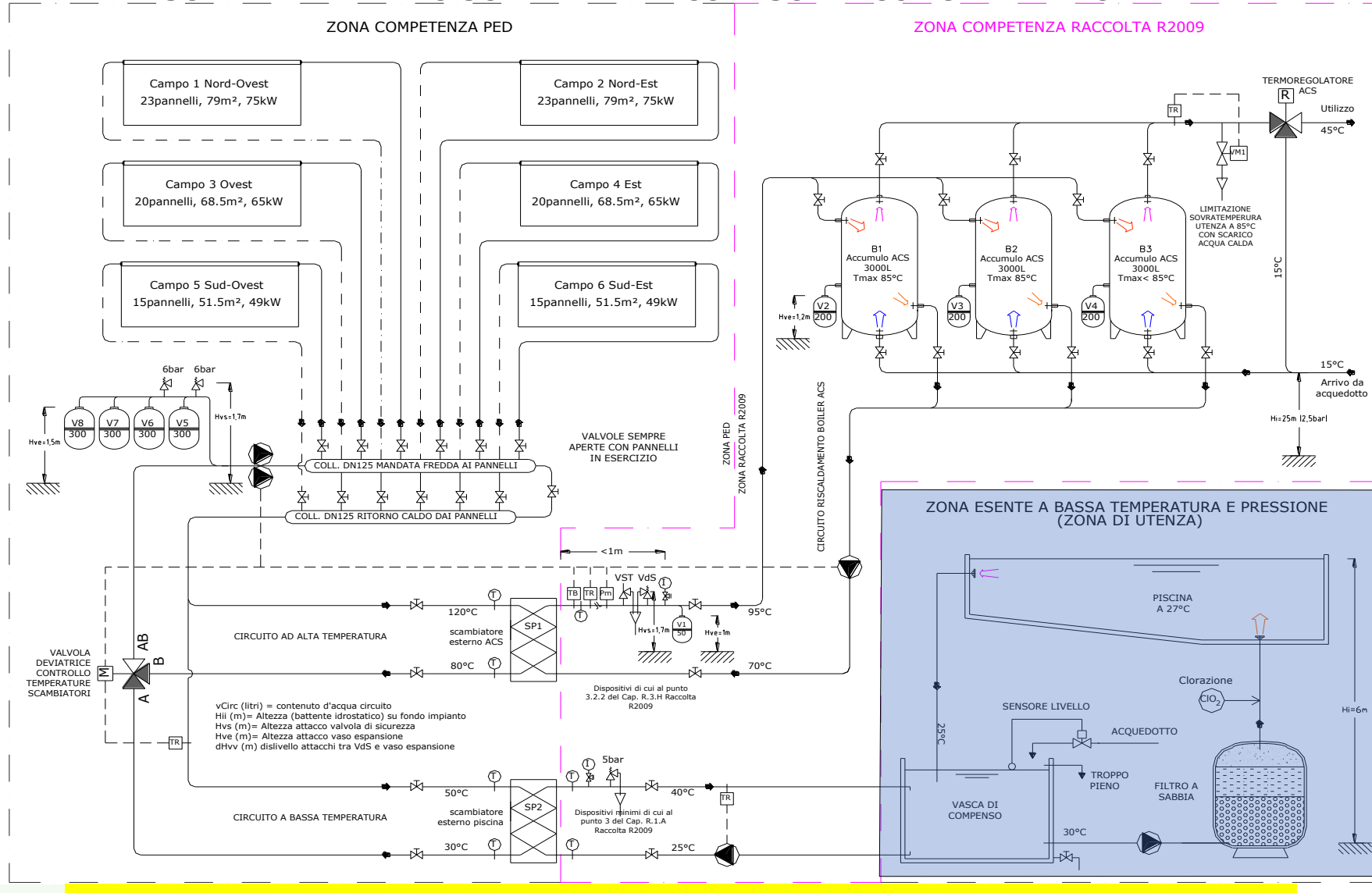
Zona con $T_s > 110^\circ\text{C}$ di competenza PED, costituita dall'impianto dei pannelli fino agli scambiatori di calore a piastre (inclusi)

SCHEMA IMPIANTO SOLARE TERMICO PISCINA COMUNALE DI CHIAVARI



Zona con Ts<110°C di competenza della Raccolta R2009, costituita dal limite PED fino all'uscita dei boiler ACS

SCHEMA IMPIANTO SOLARE TERMICO PISCINA COMUNALE DI CHIAVARI

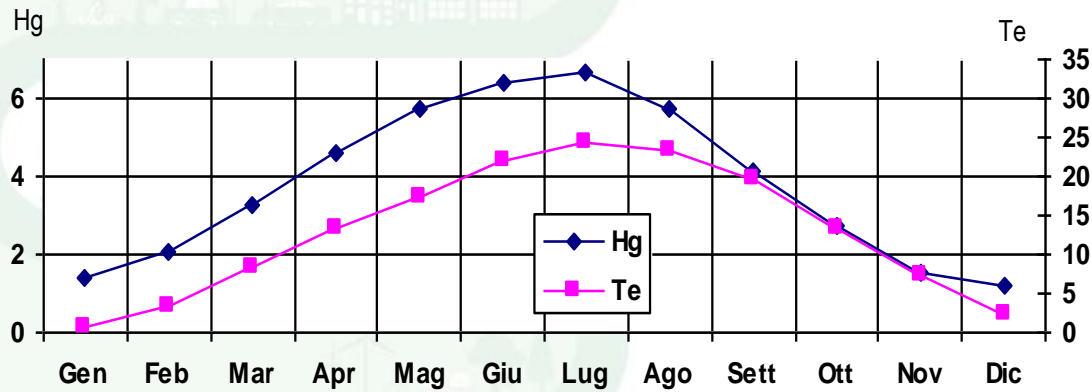


Zona lato utenza (senza produzione di calore), esente da vincoli INAIL (in verde)








LA POTENZA DELL'IMPIANTO AI FINI INAIL

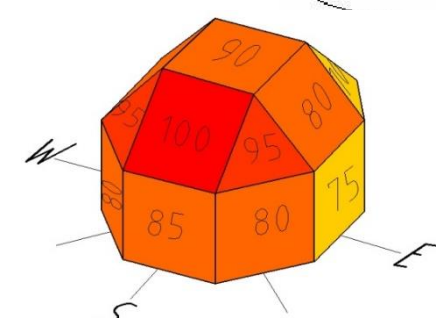
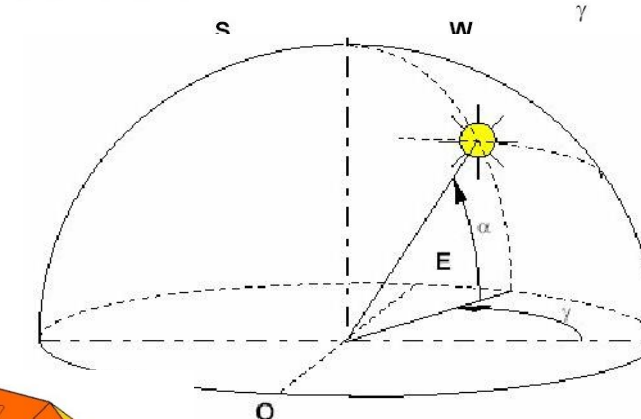
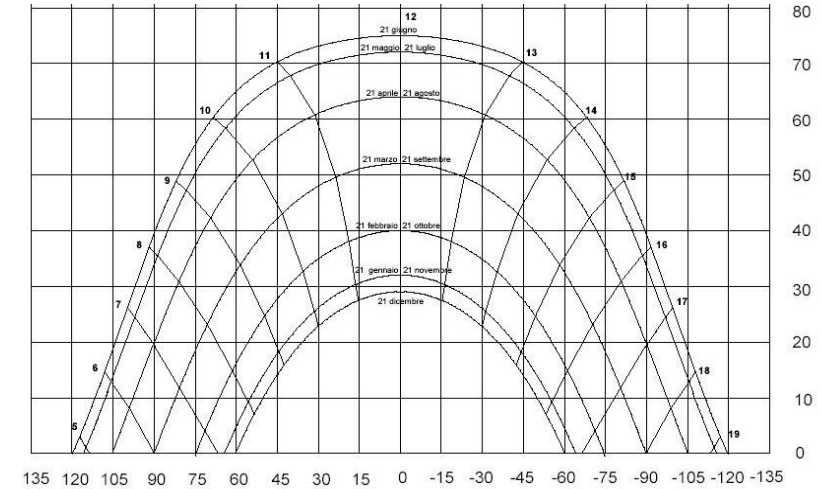
Nel dimensionamento degli impianti solari termici (vedasi norma UNI 11300-4) l'obiettivo è quello di soddisfare il fabbisogno termico richiesto dall'utente con l'irradiazione disponibile nel mese di massima insolazione, tipicamente luglio.

L'irradianza (Hg) prevista dalle norme UNI rappresenta il valore statistico di **energia** giornaliera (kWh/m² giorno) disponibile in un dato luogo. Estrapolarne il valore della **potenza** incidente (kW/m²) utilizzabile ai fini INAIL costituirebbe un errore grossolano a scapito della sicurezza, in quanto otterremmo un valore di molto inferiore alla potenza di picco che si avrebbe con il sole a mezzogiorno e in condizioni climatiche ottimali.



	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Sett	Ott	Nov	Dic	U.misura
Hg	1,43	2,08	3,27	4,59	5,74	6,37	6,69	5,71	4,15	2,76	1,55	1,22	kWh/m ² g
hSole	4,1	4,5	5,4	6,3	7,6	8,4	9,6	8,7	6,8	5,5	3,5	3,6	h (ore)
∠sole	30	38	46	62	62	66	62	54	46	38	30	26	° (angolo)
Ted	9,6	10,7	13,1	16,3	20,1	24	26,8	26,9	23,8	18,8	13,9	11,1	°C
Tem	0,7	3,3	8,4	13,3	17,4	21,9	24,3	23,4	19,7	13,4	7,2	2,5	°C
Taf	7,5	8,1	9,3	10,8	12,3	12,4	14,1	15,8	14,5	12,2	9,8	8,3	°C

Condizioni atmosferiche	Sereno	Schiarite	Foschia	Poco nuv.	Nuvoloso	Molto nuv.	Nebbia
							
%Hi utile	100%	60%	50%	40%	30%	20%	10%





LA POTENZA MASSIMA DELL'IMPIANTO AI FINI INAIL

Il pannello solare rappresenta una macchina termica particolare dato che la potenza teorica disponibile (radiazione solare) dipende da numerose variabili. Per tale motivo non è possibile, a meno di riferirsi a valori convenzionali, riscontrare in targa valori riferibili alla potenza termica.

La stessa Raccolta R2009 Cap. R.3.H al punto 2.6 lascia al progettista la facoltà di determinazione della potenza nominale di picco: "*potenza nominale del generatore solare: Quantità massima di calore prodotta nell'unità di tempo nel generatore solare, espressa in kW e riferita all'irraggiamento globale del sole (G) a cui è soggetto il generatore solare in relazione al luogo di installazione ed in condizioni di massima efficienza, dichiarata dal progettista*".

Seguendo tale riferimento, più cautelativo, si ritiene che la potenza di riferimento INAIL assegnabile ad un impianto solare debba essere calcolata nel seguente modo:

1. Si calcola lo spessore dello strato di atmosfera (Air Mass) attraversato dalla radiazione solare, con:

$$AM = \frac{1}{\sin \varphi} = \frac{1}{\sin 44,316603} = 1,431$$

in cui φ rappresenta l'angolo della latitudine del luogo, in questo caso con latitudine $\varphi = 44,316603$.

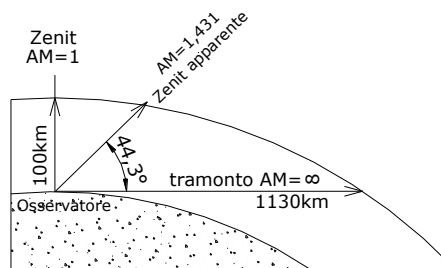
2. Si calcola l'irradianza massima disponibile al suolo con:

$$I_g = G_0 \cdot fs^{(AM^{0,678})} = 1367 \cdot 0,75^{(1,431^{0,678})} = 950W / m^2$$

in cui G_0 è la costante solare extra atmosferica pari a $1367W/m^2$, fs è il fattore di schermatura solare pari a $0,75$ per cielo limpido, mentre $0,678$ è un valore empirico osservato da Meinel

3. Infine si determina la potenza massima incidente con:

$$P_{rad} = \frac{I_g \cdot A_u \cdot nP}{1000} = \frac{950 \cdot 3,43 \cdot 116}{1000} = 378kW$$



N. ordine	Colore	COEFFICIENTE	NUMERO DI FOCALARE	Potenza (kW)	Locali (n. unità)	Potenza (kW)
1	G	Stallo	10	1		378
2						
3						
4						
5						
						POTENTIALITÀ GLOBALE DELL'IMPIANTO
						378

Ai fini INAIL il valore massimo della potenza solare incidente sui pannelli è da riportare nel modulo RR nella casella «potenza al focolare».

LA POTENZA UTILE AI FINI INAIL

Come noto la potenza termica utile di una macchina termica rappresenta la potenza disponibile al fluido termovettore, calcolabile con la formula:

$$P_u = P_{in} \cdot \eta_p$$

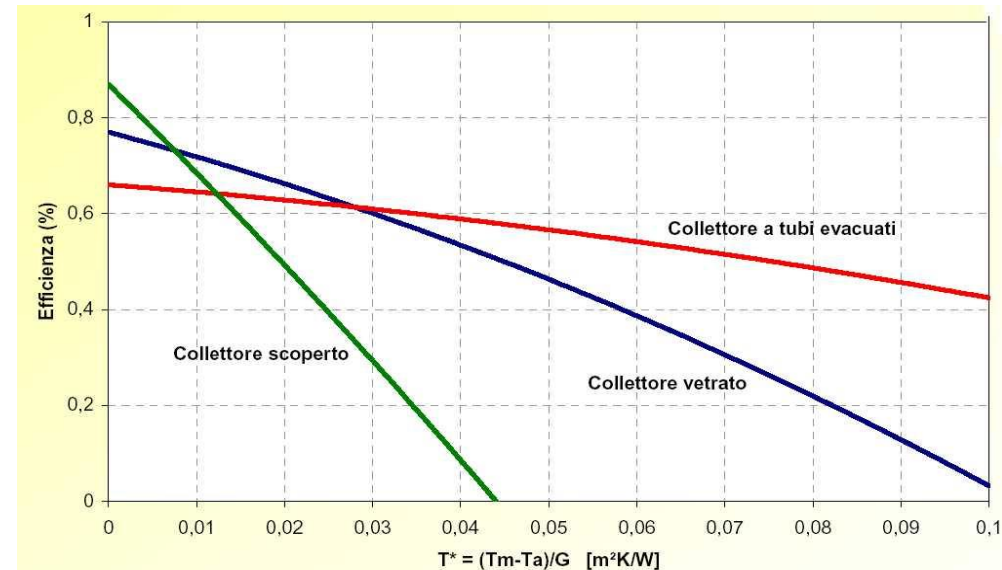
Il rendimento di un pannello è variabile in quanto le perdite energetiche dipendono fortemente dalla differenza (Tm-Ta) tra la temperatura media del pannello e quella dell'aria circostante ma anche dall'irraggiamento solare (G) effettivamente incidente sul collettore. Il diagramma a fianco riporta un esempio dei rendimenti tipici di 3 tipologie di collettori.

Da rilevare che il rendimento riportato dal costruttore è riferito alle condizioni standard di scambio termico previste dalla norma UNI-EN 12975, ovvero con T=0,04m²/kW.

Ecco quindi che lo stesso rendimento del collettore non è utilizzabile ai fini INAIL in quanto non considera le condizioni di stagnazione, ovvero di forte insolazione e assenza di prelievo di calore da parte dell'utenza. Con tale riflessione, prettamente cautelativa, si ritiene necessario assegnare alla potenza utile nominale il valore della potenza solare incidente ridotta unicamente delle perdite di emissione (e), ovvero al netto del fattore di assorbimento (a) dichiarato dal Costruttore, quindi:

$$P_u = P_{rad} \cdot \alpha = 378 \cdot 0,94 = 356kW$$

Ai fini INAIL questo valore rappresenta la massima potenza utile trasferita al fluido termovettore, valore da inserirsi nel modulo RR/Generatori nella casella «potenza nominale».



Mod. RR/Generatori

DATI TECNICI DELL'IMPIANTO (R) _____ con riferimento al generatore n. SP1 scamb. ACS (Barrare solo le caselle interessate)

Contenuto di acqua del circuito: 500 litri

VASO DI ESPANSIONE APERTO Capacità totale: _____ litri Dislivello vaso/generatore _____ m Tubo di sfogo: diametro interno _____ mm, protezione dal gelo <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO Tubi di troppo pieno: diametro interno _____ mm, scarico visibile <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO, protezione dal gelo <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO TUBAZIONE DI SICUREZZA: protezione dal gelo? <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO Potenzialità nominale resa all'acqua dei generatori servizi _____ kW Diametro interno minimo _____ mm TUBO DI CARICO: protezione dal gelo <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO, diametro interno minimo _____ mm	VASO DI ESPANSIONE CHIUSO Capacità totale: 50 litri Dislivello generatore/ommità impianto _____ m Dislivello valvola di sicurezza/vaso ± _____ m Tipo: <input type="checkbox"/> autopressurizzato <input checked="" type="checkbox"/> a diaframma <input type="checkbox"/> pre-pressurizzato Potenzialità nominale globale dei generatori servizi → 356 KW Ripartita su _____ circuiti intercettabili Pressione iniziale P _i relativa _____ bar Pressione di targa _____ bar Diametro interno tubo di collegamento _____ mm VALVOLE DI SICUREZZA n° 1 Tipo: <input type="checkbox"/> ordinaria <input type="checkbox"/> ad alzata controllata <input checked="" type="checkbox"/> qualificata Diametro interno orifizio _____ mm Pressione di taratura _____ bar Sovrapressione _____ % Portata di scarico vapore _____ kg/h
VALVOLA A TRE VIE DI INTERCETTAZIONE DEL GENERATORE Diametro della valvola _____ mm Tubo di sfogo: diametro interno _____ mm	DISPOSITIVI DI CONTROLLO Manometro, graduato in _____ bar, fino a _____ con flangia per il controllo. Termometro, graduato fino a _____ °C con pozzetto per il controllo.
VALVOLA DI SCARICO TERMICO	DISPOSITIVI DI SICUREZZA TEMPERATURA

PROTEZIONE DALLE SOVRATEPERATURE

L'impianto solare termico è progettato in modo da evitare che il sistema subisca danno a seguito di periodi di forte insolazione e bassa richiesta energetica dell'utenza come ad esempio durante un breve periodo estivo di sospensione dell'attività per ferie.

I sistemi di smaltimento del calore possono essere dei più vari, generalmente nel settore solare lo scarico termico è preferito rispetto altri sistemi dissipativi, quali ad esempio gli aerotermi.



DISSIPAZIONE CON VENTILAZIONE FORZATA



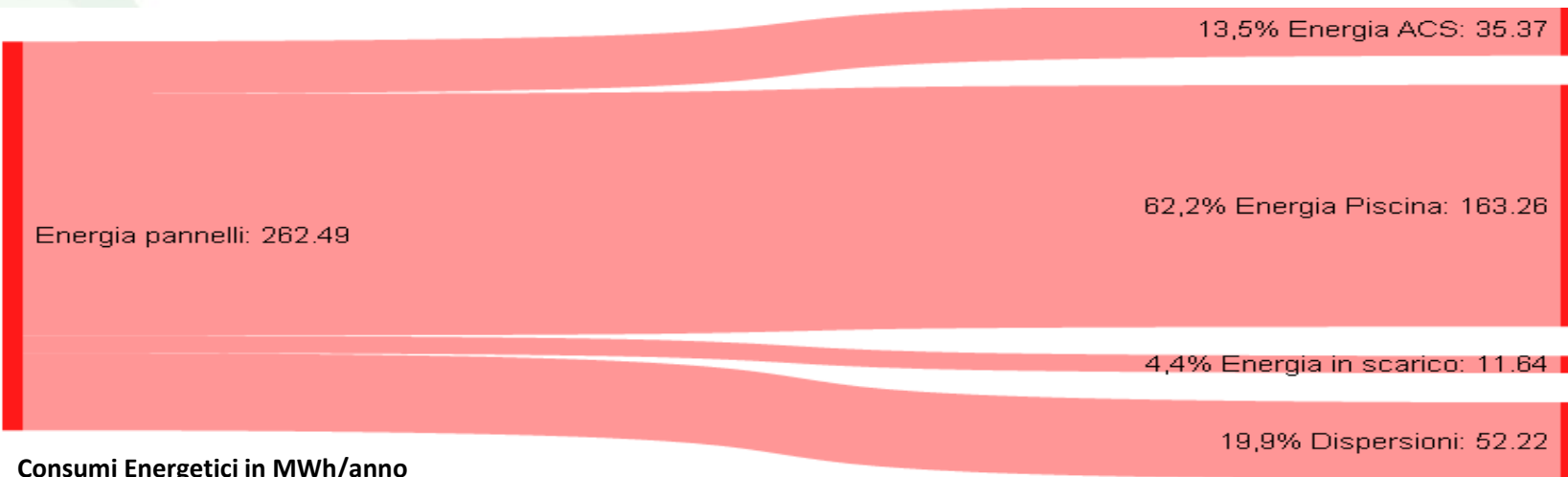
DISSIPAZIONE CON SCARICO TERMICO

In caso di sovratemperatura lato utenza, il sistema di controllo è in grado di scaricare automaticamente acqua calda dagli accumuli sanitari mediante una elettrovalvola a due vie, acqua che viene reintegrata con l'acqua fredda dell'acquedotto in modo da fornire all'impianto solare termico lo smaltimento di calore necessario ad evitare che si raggiungano temperature critiche tali da portare il circuito primario solare nella condizione di intervento dei dispositivi di sicurezza.

Tuttavia se nel periodo estivo sono programmati interventi di manutenzione o di fermo dell'attività sportiva cautelativamente i collettori solari vengono coperti mediante teli in grado di diminuire l'energia captata, ciò al fine di evitare il frequente intervento del suddetto sistema di limitazione della temperatura massima d'impianto, ovvero evitando lo scarico a perdere di acqua calda che viene integrata con nuova acqua fredda da acquedotto.

La scelta di un sistema di dissipazione con acqua di raffreddamento a perdere è abbastanza frequente, non solo perché consentito dalle attuali disposizioni INAIL (le VST previste dalla Raccolta R2009 funzionano su questo principio), ma soprattutto perché rappresenta **un sistema dal costo di realizzazione molto contenuto.**

Piscina Comunale "M. Ravano" Chiavari - Consumi energetici e idrici medi del periodo 30/03/2015-10/08/2018												
Produzione Energia Pannelli			Consumi docce				Consumi Piscina				Raffreddam. idrico	
Valori medi		Picco estivo	Energia		Acqua		Energia		Acqua		Energia	Acqua
MWh/a	kWh/g	kWh/g	MWh/a	kWh/g	m3/a	Litri/g	MWh/a	kWh/g	m3/a	Litri/g	MWh/a	m3/a
262,49	707,3	2.040	35,37	96,9	2.087,8	5.720	163,26	447,3	6.300	19.000	11,64	170,2



Nella tabella sottostante si elencano i sistemi più diffusi di protezione dal surriscaldamento evidenziandone i punti critici:

Sistemi di protezione dal surriscaldamento	Costo impianto	Costo gestione	Punti critici
Ombreggiamento automatico	Alto	Medio	Manutenzione periodica
Ombreggiamento manuale	Basso	Alto	Tempestività
Raffreddamento con acqua a perdere lato utenza	Basso	Alto	Fumane
Svuotamento circuito pannelli con recupero liquido termovettore (drain back)	Alto	Basso	Sfiati, pendenze e ingombri
Raffreddamento circuito pannelli con termoconvettori statici	Medio	Basso	Ingombri
Raffreddamento circuito pannelli con aerotermini	Medio	Medio	Ingombri
Accumulo termico supplementare	Alto	Medio	Ingombri

Ovviamente i sistemi di dissipazione termica, di qualunque tipo, rappresentano "l'estrema ratio" per far fronte all'impossibilità di ridurre la fonte solare, quando l'energia incidente supera la possibilità di prelievo e/o stoccaggio dell'energia termica da parte dell'utenza.



GRAZIE PER L'ATTENZIONE