

# Lab Test Report

For Project Studio  
Via Malpensata, 7  
20042 Albiate (Mi)  
russo.consulenza@tiscali.it



Progressivo T.P.: -----

Data Compilazione: Martedì 28 Marzo 2006

Richiesta.: -----

Committente : -----

**Obiettivo del test:** Misura del rendimento di un elemento riscaldante tubolare

## Attrezzatura sotto misura:

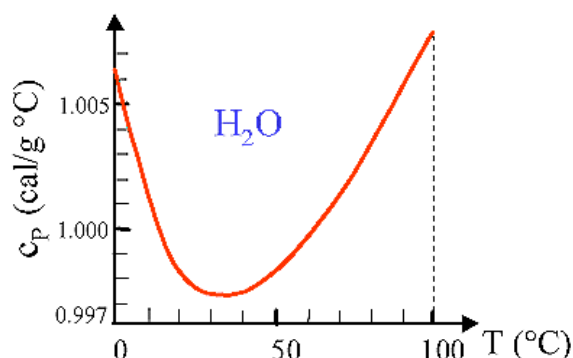
- ✓ Tubo riscaldante tipo IER 1/5, 5 KWatt. (Device Under Test) Produttore: sconosciuto
- Pompa sincrona 220-230 Vac, 34 Watt, Plaset
- Resistenza di riscaldamento ad immersione 230 Vac, 2100 Watt, Blackmann
- Sensore integrato di conducibilità e trasparenza APMS-10G Honeywell
- Struttura di supporto come da descrizione

## Strumentazione utilizzata:

- Power Meter VT210 Yokogawa
- Registratore temperatura MX 110 UNV M10 Yokogawa
- Sistema di registrazione monitor Yokogawa
- Sonde temperatura PT100 a tre conduttori, 3mm, 1500 Volt isolamento MgO
- Power Meter DRM 75A DMMetering (1600 pulses KWh)
- Termometro a termocoppia stand-alone Greisinger
- Bilancia digitale HC 12000 Avery Berkel (12 Kg - 0,1 gr)
- Termometro tecnico a mercurio da laboratorio
- Oscilloscopio portatile PM97 50 Mhz Philips - Fluke

## Premessa : Metodo di misura

Il sistema di misura del rendimento del tubo riscaldante (d'ora in poi chiamato DUT: Device Under Test) convenientemente scelto è quella di tipo comparativo con le prestazioni di un elemento riscaldante ad immersione.



La rese di tali componenti sono note e facilmente calcolabili.

La resistenza di riscaldamento utilizzata è una Blackmann il cui filo pesa approssimativamente 183 grammi (peso che comprende una leggera lamiera para-calore) contro una massa di fluido da riscaldare di 8 litri. Il suo rendimento teorico è molto alto e vicino al 98%.

Più precisamente 97,75 %. In effetti il rendimento risulta essere più elevato perché l'energia utilizzata

inizialmente viene restituita all'acqua alla fine della prova.

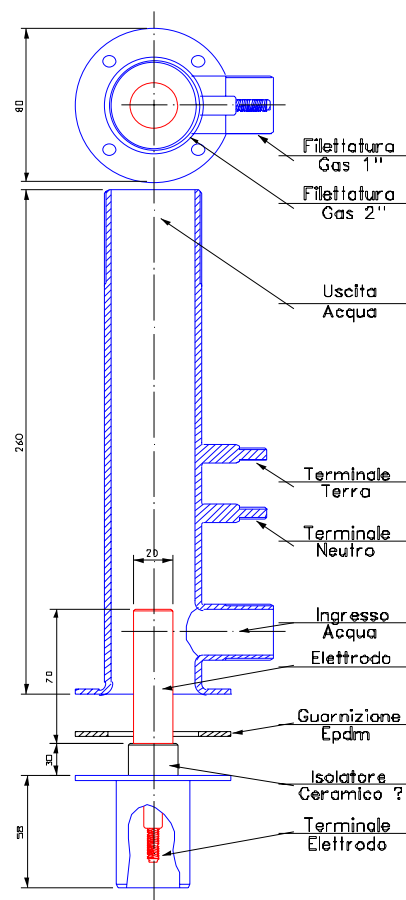
Di seguito verrà considerato il calore specifico dell'acqua  $C_p$  quale invariante nel range di misura. Tale termine, in effetti, si discosta dall'unità, ma con uno scarto di appena  $\pm 3 \%$ . Vedi diagramma.

### Descrizioni E.U.T. :

Il dispositivo è il risultato della saldatura di due tubi tra loro a 90° angolari. Due colonne terminanti con un tratto filettato metrico 8 sono per la connessione del contatto di terra e del neutro di alimentazione di rete. Entrambe saldate al corpo da 2" di diametro

Il cuore del dispositivo è l'elettrodo cilindrico che trova sede coassialmente al tubo da 2".

Il materiale di cui l'elettrodo è costituito è sconosciuto; lucido come zama, ma con un peso specifico molto superiore. Non sembra ottenuto da macchina utensile, piuttosto da una fusione, forse.



Alla base dell'elettrodo vi è un isolatore cilindrico bianco munito di guarnizione di tenuta.

La connessione alla fase di rete è garantita da una terza colonna d'acciaio filettato M8 sicuramente in contatto elettrico (saldata ?) con l'elettrodo.

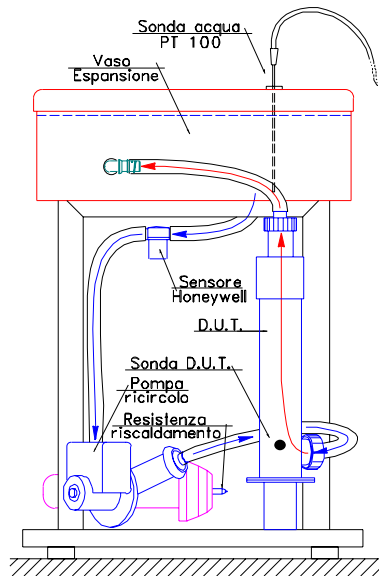
La chiusura tra le due parti principali, corpo idraulico e basamento elettrodo, è ottenuta con quattro viti M8 e relativi dadi che serrano due flangie circolari con interposto un disco di gomma epdm.

L'elettrodo appare non perfettamente in asse nel dispositivo consegnatomi. E' inclinato di 4° angolari, probabilmente per problemi intercorsi durante la spedizione e l'handling.

### Descrizione castello di prova:

L'intelaiatura di test supporta il vaso di contenimento e di espansione. Questo ultimo è in lamiera d'acciaio. La pompa di ricircolo, avendo la girante a pale dritte, ha bisogno di una certa prevalenza per lavorare. La corretta quota di lavoro è garantita dalla posizione del vaso a circa 45 cm dal piano di fissaggio. La capacità completa di tutto il sistema è di 8 litri.

La resistenza di riscaldamento è contenuta in un marsupio in plastica CC40, ed è termostata nell'intorno dei 95°C. La sonda di temperatura è in acqua e, a garanzia di ripetibilità, sistemata sempre nella stessa posizione. Il DUT è appoggiato verticalmente e collegato ai tubi di collegamento con sufficiente lasco per permettere un suo posizionamento inclinato sino a 45°



Nel disegno è indicata la posizione del sensore Honeywell per la misura della trasparenza e della conducibilità dell'acqua appena all'uscita dal contenitore in acciaio. Le frecce rosse e blu indicano il verso di ricircolo del fluido da riscaldare.

Indicata anche la posizione della termocoppia sistemata sull'esterno del tubo del DUT e trattenuta da una molla di acciaio a garantire un contatto intimo col metallo.



Foto -1-



Foto -2-

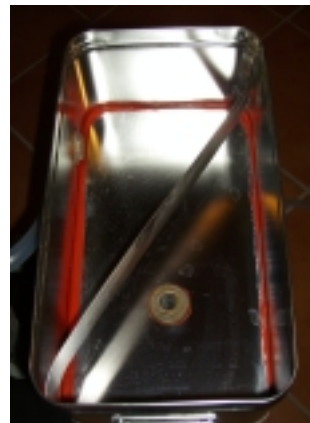


Foto -3-

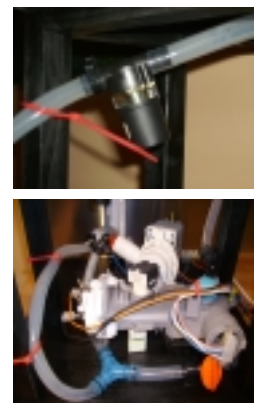


Foto -4- e -5-

Le foto sopra mostrano l'apparecchiatura di test (Foto -1-) appena approntata e testata alla tenuta all'acqua.

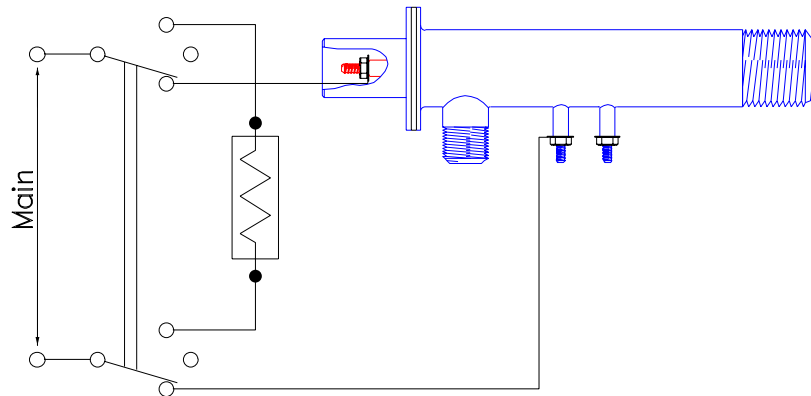
Nella Foto -2- un dettaglio del contenitore della resistenza di riscaldamento, notare l'attacco della pompa sulla sinistra. All'interno del contenitore (Foto -3-) è stato sistemato diagonalmente un setto in alluminio per garantire migliore miscibilità tra acqua calda e fredda.

Nelle Foto -4- e -5- sono visibili il sensore Honeywell di conducibilità e trasparenza ed una vista posteriore del castello di prova con il giunto ad Y ed il rubinetto per lo scarico ed il ricambio dell'acqua a fine prova.

### Schema elettrico:

Lo schema di collegamento dei componenti elettromeccanici subisce una piccola modifica rispetto alle istruzioni del costruttore del DUT.

Il contatto di terra non viene connesso al corpo metallico del DUT perché, essendo l'alimentazione del laboratorio derivata da una trifase a triangolo, tale connessione non è permessa.



Un selettore a tre posizioni permette di selezionare quale elemento riscaldante utilizzare durante la prova, se la resistenza corazzata o il DUT.

La pompa di ricircolo (non indicata) è alimentata indipendentemente.

### Sequenza prova:

La sequenza del singolo test prevede:

1. Il riempimento con 8 litri di acqua di rubinetto. Durante tale operazione tutto il castello di test è posto sulla bilancia elettronica. Il riempimento è fermato a 14.45 Kg (8 litri di acqua più i 6.45 Kg di attrezzatura).
2. Accensione della pompa di ricircolo per 10 minuti (attesa stabilizzazione termica)
3. Misura iniziale della trasparenza e conducibilità dell'acqua.
4. Azzeramento strumentazione elettrica di test.
5. Inizio registrazione parametri fisici ed elettrici.
6. Accensione elemento riscaldante.
7. Attesa raggiungimento temperatura di fine prova (80 o 85 °C)
8. Spegnimento elemento riscaldante.
9. Attesa del valore massimo di temperatura.
10. Fine registrazione parametri elettrici e fisici.
11. Misura finale della trasparenza e conducibilità dell'acqua.
12. Scarico e lavaggio dell'intera attrezzatura di test.
13. Spegnimento della pompa di ricircolo.
14. Fine prova.

Ogni singolo test viene ripetuto a parità di condizioni di prova con i due diversi elementi riscaldanti alimentati in modo esclusivo (un elemento per volta).

### La Prova e Risultati:

All'accensione del DUT la tensione e la corrente risultano essere in fase. Il suo  $\cos\theta$  è di fatto indistinguibile da quello della resistenza di riscaldamento classica, pari a 1.

Alimentando il tubo non si avverte nessun rumore udibile generato.

Tra i parametri registrati vi sono anche i valori di trasparenza e di conducibilità del mezzo. La trasparenza misura non solo la torbidità ma anche i solidi sospesi. Viene indicata con gradi Nefelometrici (Nephelometric Turbidity Unit) NTU.

La Conducibilità è misurata in  $\mu\text{Siemens/cm}$ .

Questi due parametri sono stati raccolti perché durante il test di prova si è notata un'alterazione della trasparenza dell'acqua attraverso i tubi silicnici di raccordo.

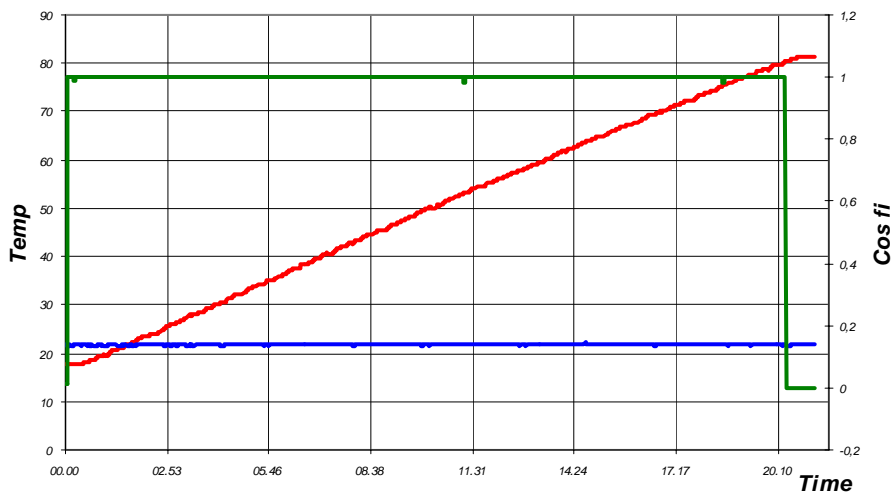
Inoltre, non riportate in tabella, sono state misurate le temperature a contatto del corpo del DUT e dei terminali della resistenza di riscaldamento.

L'andamento della temperatura del corpo del DUT si mantiene pressoché uguale, sia durante la prova con la resistenza elettrica alimentata, sia durante quella con il DUT acceso.

I terminali della resistenza rimangono prossimi alla temperatura ambiente e non subiscono variazioni di rilievo durante la prova.

I parametri elettrici e fisici registrati sono: Temperatura ambiente, Temperatura fluido, Tensione,

#### **Tubo Riscaldante**



Corrente, Potenza, Watt ora e  $\cos\theta$ . Il sistema genera dei file dati con la possibilità di avere su grafico i parametri che si desidera.

A titolo di esempio, il grafico di una prova eseguita con il DUT in acqua di rubinetto.

In rosso la temperatura del fluido (presa sempre nello stesso punto), in blu la temperatura ambiente ed in verde il  $\cos\theta$  del carico in uso.

Da notare come lo

sfasamento rimanga costante durante tutta la prova o almeno fino agli 80°C, temperatura di fine test.

La prima prova in assoluto è stata condotta in acqua sul DUT a targa. Ovvero è stato alimentato senza limitazioni in potenza.

La corrente assorbita cresce seguendo la temperatura da 1.87 fino a circa 3.5Kwatt. Purtroppo non disponendo di resistenza di riscaldamento di potenza analoga, si è optato per un controllo sulla tensione di alimentazione fornita da un variac motorizzato. La regolazione della tensione è funzione della potenza assorbita dal DUT. La soglia di regolazione viene imposta a 2.1 Kwatt, corrispondente alla potenza della resistenza di riferimento.

La tensione del DUT, in acqua di rubinetto, è regolata inizialmente fino a 235 Vac per poi scendere a 165 Vac.

Durante le prove condotte con conducibilità maggiore del mezzo, le tensioni scendono fino a 60 Vac.

La tabella che segue raccoglie i dati di 32 tests suddivisi in tre differenti trials: prova in acqua di rubinetto, prova in acqua di rubinetto con aggiunta di 500 gr di glicole etilenico ed infine acqua con disciolto coluro di sodio quanto basta per una conducibilità di 2100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

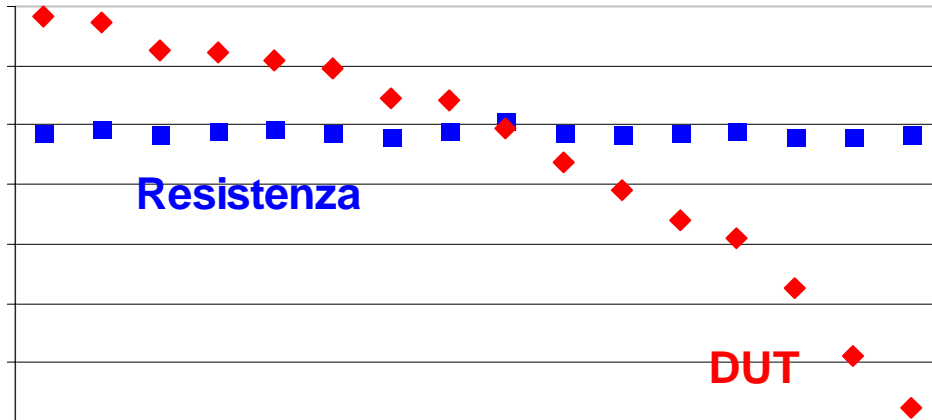
In nessuno dei casi si è alterato il peso complessivo dell'attrezzatura di test  $\pm 30$  grammi.

	Resistenza	DUT	Temperatura Ambiente [°C]	Trasparenza Iniziale H2O [NTU]	Trasparenza Finale H2O [NTU]	Conducibilità Iniziale H2O [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	Conducibilità Finale H2O [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	Temperatura Iniziale H2O [°C]	Temperatura Finale H2O [°C]	Time ON elemento riscaldante [sec]	Consumo [Watt ora]	Resa Specifica [°C/KWatt ora]	Rendimento DUT relativo [%]	NOTE
1	•		21,42	0,105	0,108	735	890	17,56	81,49	1304	758,02	84,34		
2		•	21,69	0,103	0,26	740	2100	17,58	81,43	1222	678,69	94,08	<b>109,74</b>	
3	•		20,45	0,107	0,109	740	855	18,01	81,42	1298	748,69	84,69		
4		•	20,02	0,11	0,32	745	2150	17,68	81,47	1225	680,87	93,69	<b>108,99</b>	
5	•		21,02	0,115	0,108	730	900	18,03	81,47	1285	752,54	84,30		
6		•	20,35	0,108	0,42	745	2250	18,19	81,28	1242	691	91,30	<b>107,00</b>	
7	•		18,36	0,104	0,109	735	935	17,54	81,47	1274	755,28	84,64		
8		•	19,01	0,108	0,49	745	2150	17,28	81,48	1242	703,86	91,21	<b>106,57</b>	
9	•		20,04	0,107	0,104	750	990	18,37	81,34	1301	743,2	84,73		
10		•	21,32	0,107	0,55	755	2350	18,05	81,43	1265	700,56	90,47	<b>105,74</b>	
11	•		20,95	0,108	0,101	750	870	17,94	81,15	1295	748,32	84,47		
12		•	20,07	0,109	0,52	0,81	2650	17,39	81,01	1251	708,25	89,83	<b>105,36</b>	
13	•		21,42	0,154	0,215	1050	1250	19,03	81,25	1286	740,21	84,06		
14		•	21,69	0,187	0,351	1155	2810	19,56	81,4	1251	709,25	87,19	<b>103,13</b>	
15	•		20,45	0,157	0,197	1190	1245	18,09	81,4	1288	749,32	84,49		
16		•	20,02	0,183	0,362	1145	2905	17,68	81,27	1235	729,87	87,13	<b>102,64</b>	
17	•		21,02	0,21	0,25	1195	1310	19,23	81,06	1304	723,25	85,49		
18		•	20,35	0,195	0,42	1200	3010	18,19	81,28	1302	745,25	84,66	<b>99,17</b>	
19	•		18,36	0,185	0,257	1185	1350	17,59	81,49	1309	757,78	84,33		
20		•	19,01	0,192	0,487	1145	2950	17,11	81,02	1332	781,25	81,80	<b>97,48</b>	
21	•		18,32	0,181	0,201	1155	1300	16,37	81,44	1341	773,2	84,16		
22		•	19,75	0,193	0,425	1195	3145	17,05	81,43	1365	810,23	79,46	<b>95,30</b>	
23	•		18,23	0,12	0,205	2100	2300	16,86	81,47	1325	765	84,46		
24		•	19,54	0,135	0,315	2115	5650	17,5	81,4	1360	830,27	76,96	<b>92,51</b>	
25	•		19,64	0,132	0,32	2090	2240	17,99	81,37	1297	750,01	84,51		
26		•	19,47	0,125	0,314	2145	5420	17,01	81,09	1356	849,25	75,45	<b>90,95</b>	
27	•		21,25	0,129	0,318	2135	2350	19,13	81,36	1314	740,25	84,07		
28		•	21,56	0,134	0,39	2105	5570	19,54	81,14	1373	865,28	71,19	<b>87,12</b>	
29	•		18,21	0,132	0,38	2110	2215	17,5	81,39	1329	759,68	84,10		
30		•	19,06	0,134	0,347	2150	5750	17,1	81,42	1392	981,25	65,55	<b>81,45</b>	
31	•		18,89	0,134	0,358	2140	2150	16,98	81,49	1354	765,5	84,27		
32		•	19,57	0,123	0,348	2125	5620	16,51	81,3	1395	1058,4	61,22	<b>76,95</b>	

Ad ogni test condotto sulla resistenza, segue quello sul DUT

In rosso è indicato il rendimento del DUT relativo a quello della resistenza realizzato precedentemente.

Come si può vedere le prime prove risultano dare un rendimento in over unit, in particolare quelle condotte in acqua. Nel prosieguo dei test il rendimento del DUT è progressivamente sceso fino sotto il 77%.



Il grafico mostra il progressivo degrado delle prestazioni del tubo. Come d'altronde, anche i test con risultati in Over Unit.

La resa della resistenza è rimasta pressoché inalterata.



### Analisi Finale:

Alla fine dei test si è provveduto a valutare lo stato del DUT. Nella foto il tubo libero dalle connessioni idrauliche, mostra l'elettrodo centrale coperto da una patina verde e le pareti del corpo metallico principale presentano ampie macchie rosse alternate a verdi.



L'elettrodo visto da più vicino mostra efflorescenza di un verde brillante soprattutto in punta e un morbido accrescimento color ruggine alla sua base.

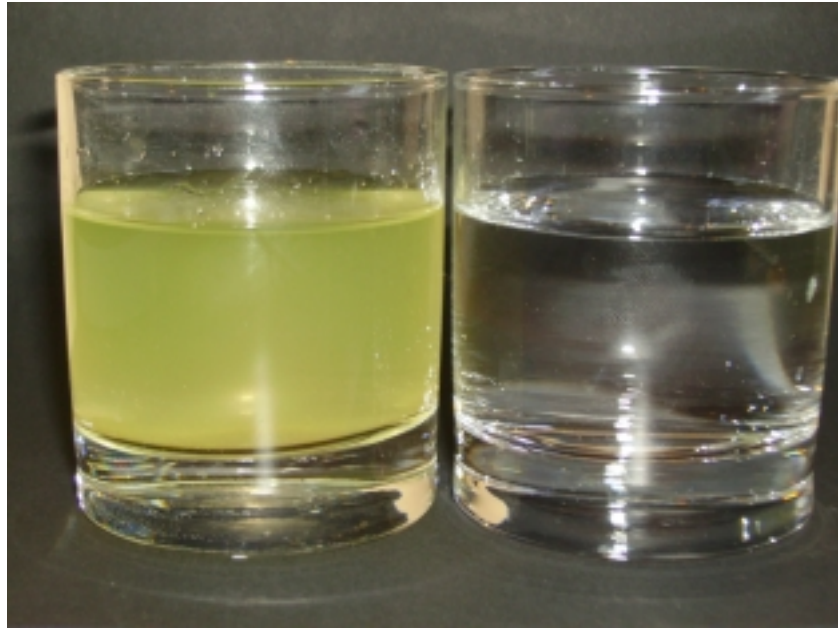


Con buona probabilità la colorazione verde è data dal glicole, il cui colorante ha tinto la ruggine di base.

Asportando la patina si torna a vedere il corpo dell'elettrodo, il suo aspetto non è più lucido, appare ingrigito. Si è preferito non provvedere ad una asportazione più profonda.



Questa invece è la foto dell'acqua alla fine di uno dei test con il DUT acceso, confrontata con l'acqua di inizio prova.



Lasciando decantare, sul fondo appare una patina color oca, quasi certamente ruggine. Tale deposito è ben visibile sul fondo del vaso di contenimento acqua dopo lo svuotamento per la successiva pulizia



### Conclusioni:

La prima impressione è stata che il dispositivo potesse funzionare per elettrolisi. Tale fenomeno, però, da solo non basta a spiegare i risultati dei primi tests.

Il laboratorio non è attrezzato per la misura della quantità di idrogeno liberato per stimare quanta parte di energia va effettivamente in calore.

Per ottenere la massima dissipazione da una soluzione elettrolitica si dovrebbe avere il mezzo privo il più possibile di ioni e sicuramente la comune acqua non ha questa particolarità, ha sempre dissociato un pò di  $H^+$  e  $OH^-$ .

Per questo ritengo che dall'elettrolisi è difficile aspettarsi alte rese nella generazione di calore o che comunque possano spiegare un rendimento fino al 10% sopra una resistenza ad immersione.

Purtroppo il degrado, probabilmente conseguente alla copertura dell'elettrodo, non ha permesso la conferma di OU del 120% come dichiarato dal costruttore.

Fernando Russo